Usporedba učinkovitosti metoda uzorkovanja vodenih kukaca (Heteroptera, Coleoptera) u Parku prirode Kopački rit

Bistrović, Matea

Master's thesis / Diplomski rad

2012

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of biology / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:181:778852

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-20**

ODJEL ZA BIOLOGIJU
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Repository / Repozitorij:

Repository of Department of biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

ODJEL ZA BIOLOGIJU

Diplomski znanstveni studij biologije

Matea Bistrović

Usporedba učinkovitosti metoda uzorkovanja vodenih kukaca (Heteroptera, Coleoptera) u Parku prirode Kopački rit

Diplomski rad

Osijek, 2012.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku **Diplomski rad**

Odjel za biologiju

Diplomski znanstveni studij biologije

Znanstveno područje: Prirodne znanosti

Znanstveno polje: Biologija

USPOREDBA UČINKOVITOSTI METODA UZORKOVANJA VODENIH KUKACA (HETEROPTERA, COLEOPTERA) U PARKU PRIRODE KOPAČKI RIT

Matea Bistrović

Rad je izrađen na Odjelu za biologiju, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.

Mentor: prof. dr. sc. Enrih Merdić

Kratak sadržaj diplomskog rada:

U vremenskom periodu od travnja do kolovoza 2012. godine provedeno je istraživanje faune vodenih stjenica (Heteroptera) i vodenih kornjaša (Coleoptera) na trajnim vodenim staništima šireg područja Parka prirode Kopački rit te poplavnom području Posebnog zoološkog rezervata. Korištene su dvije metode uzorkovanja, metoda aktivnog poteza mrežom i metoda klopka-boca s konzerviranom tunjevinom i mačjom hranom kao atraktantima. Nakon obrade 1036 uzorkovanih jedinki, utvrđeno je ukupno 56 vrsta, od kojih 14 pripada redu Heteroptera, a 42 redu Coleoptera. Najviše jedinki uzorkovano je metodom aktivnog poteza mrežom, ukupno 892 jedinke, od kojih je 837 uzorkovano na trajnim vodenim staništima, a 55 na poplavnom području. Metodom klopka-boca ukupno je uzorkovano 144 jedinke, 120 na trajnim vodenim staništima (89 tunjevina : 31 mačja hrana) i 24 na poplavnom području (23 tunjevina : 1 mačja hrana). Vrijednost Sörensonovog indeksa od 32,8% pokazuje malu sličnost faune uzorkovanih vrsta na trajnim vodenim staništima i poplavnom području. Utvrđeno je da je konzervirana tunjevina učinkovitiji atraktant nego mačja hrana te da je metoda klopka-boca visoko selektivna metoda za velike predatorske vrste *Acilius sulcatus*, *Dytiscus dimidiatus*, *Dytiscus circumcintus* te *Cybister lateralimarginalis*.

Broj stranica: 66

Broj slika: 21

Broj tablica: 11

Broj literaturnih navoda: 62

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: vodeni kukci, fauna, trajna vodena staništa, poplavna područja, metoda uzorkovanja aktivno mrežom, metoda lovnih klopki, atraktanti

Datum obrane: 31.10.2012.

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. prof.dr.sc. Jasna Vidaković

2. prof.dr.sc. Stjepan Krčmar

3. prof.dr.sc. Enrih Merdić

Rad je pohranjen u knjižnici Odjela za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku i na web stranici Odjela za biologiju.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University Josip Juraj Strossmayer in Osijek **MS thesis**

Department of Biology

Graduate Study of Biology

Scientific Area: Natural science

Scientific Field: Biology

COMPARISSON OF SAMPLING METHODS OF AQUATIC INSECTS (HETEROPTERA, COLEOPTERA) IN THE NATURE PARK KOPAČKI RIT

Matea Bistrović

Thesis performed at Department of Biology, University Josip Juraj Strossmayer in Osijek.

Supervisor: Prof. Dr. Sc. Enrih Merdić

Short abstract:

The research of aquatic bugs (Heteroptera) and aquatic beetles (Coleoptera) in permanent water habitats of wider area of Nature Park Kopački Rit and of the floodplain area in the Special Zoological Reserve was carried out during the period from April to August 2012. We used two different types of sampling methods, big net and botlle traps with atractants. After processing the sampled 1036 individuals, the data showed a total of 56 species, 14 from order Heteroptera and 42 from order Coleoptera. The most individuals are sampled with big net, 892 individuals, of which 837 is sampled on permanent water habitats, and 55 on floodplain area. With bottle trap method we sampled 144 individuals in total, of which 120 on permanent water habitats (89 tuna : 31 cat food), and 24 on floodplain area (23 tuna : 1 cat food). Value of Sörenson similarity index of 32,8% is showing low similarity between fauna on permanent water habitats and floodplain area. Bottle trap method with attractants is a highly-selective method for big predatory species *Acilius sulcatus*, *Dytiscus dimidiatus*, *Dytiscus circumcintus* te *Cybister lateralimarginalis* and canned tuna is more effective than cat food.

Number of pages: 66

Number of figures: 21

Number of tables: 11

Number of referencis: 62

Original in: Croatian

Key words: water bugs, fauna, permanent water habitats, floodplain area, sampling methods, big net, botlle trap, atractants

Date of thesis defence: 31.10.1012.

Reviewers:

1. prof.dr.sc. Jasna Vidaković

2. prof.dr.sc. Stjepan Krčmar

3. prof.dr.sc. Enrih Merdić

Thesis deposited in Library of Department of Biology, University of J..J. Strossmayer in Osijek and on wep page of Department of Biology.

Zahvaljujem se svom mentoru prof dr. sc. Enrihu Merdiću na strpljenju, pomoći i vodstvu pri izradi ovog diplomskog rada. Posebno se zahvaljujem asistentici Nataši Turić na susretljivosti i ustupljenim materijalima.

Hvala mojim prijateljima koji su studentske dane učinili nezaboravnim. Hvala ti M., što si bio uz mene.

Najveće hvala mojim roditeljima i bratu na razumijevanju i podršci tijekom studiranja.

SADRŽAJ

1. UVOD 1

1.1. Prilagodbe kukaca na vodeni ekosustav 2

1.2. Metode uzorkovanja vodenih kukaca 5

1.3. Cilj istraživanja 9

2. MATERIJALI I METODE 10

2.1. Područje istraživanja 10

2.2. Opis postaja i uzorkovanja vodenih kukaca 12

2.3. Laboratorijski dio istraživanja 15

2.4. Statistička analiza podataka 16

3. REZULTATI 19

3.1. Fauna vodenih kukaca (Heteroptera, Coleoptera) 19

3.1.1. Brojnost i dominantnost porodica vodenih kukaca 19

3.1.2. Sezonske promjene brojnosti i konstantnost vrsta 25

3.1.3. Sistematski popis vrsta 28

3.1.4. Utjecaj vodostaja Drave i Dunava na brojnost jedinki 32

3.1.5. Temperaturni uvjeti tijekom pet mjeseci uzorkovanja 34

3.2. Usporedba učinkovitosti metoda uzorkovanja vodenih kukaca 35

3.2.1. Usporedba učinkovitosti metoda uzorkovanja na trajnim staništima i poplavnom području 37

3.2.2. Usporedba sličnosti faune uzorkovanih vrsta s obzirom na tip staništa i metodu uzorkovanja 40

3.2.3. Usporedba veličine uzorkovanih vrsta metodom poteza mrežom i metodom klopka-boca s atraktantima 45

3.3. Analiza indeksa raznolikosti 49

4. RASPRAVA 52

5. GLAVNI REZULTATI I ZAKLJUČAK 60

6. LITERATURA 62

1. UVOD

Kukci imaju veliku važnost u gotovo svakom ekosustavu, bilo kopnenom ili vodenom, te su značajni u životu biljaka, drugih životinja pa i čovjeka. Oprašivanje i rasprostranjenje biljaka, razlaganje mrtvih organizama, parazitiranje na drugim životinjama, održavanje biološke ravnoteže i bitna sastavnica hranidbenih lanaca samo su neke od važnih uloga kukaca. Njihovi produkti izravno koriste čovjeku, ali mogu biti i štetni kao prenosioci uzročnika bolesti. Važni su i za biološka istraživanja te u forenzičnoj entomologiji.

Njihovoj uspješnosti doprinosi prisutnost krila, malo tijelo, hitinski egzoskelet i vrlo brzi rad mišića – artropodizam. Većinom su vrlo plodni te daju nekoliko generacija godišnje, a mnogi su prilagođeni okolišu oblikom i bojom tijela.

Zbog svoje izrazite sposobnosti prilagođavanju okolišu, nastanili su brojna staništa, uključujući i vodena. Nastanjuju sve kopnene vode, od plitkih stajaćica do litoralnih zona jezera i rijeka tekućica. Životu u vodi prilagodili su se oblikom tijela, nogama s dlačicama za plivanje i različitim prilagodbama dišnog sustava.

Vodene stjenice (Heteroptera) i vodeni kornjaši (Coleoptera) vrlo su raznolika grupa vodenih kukaca kada su u pitanju njihovi zahtjevi prema životnim staništima, a posebno njihove mikrostanišne sklonosti i aktivnosti. Upravo područje Kopačkog rita, jedno od najvećih fluvijalno-močvarnih područja u Europi, pruža povoljne životne uvjete i mnoštvo različitih mikrostaništa za vodene kukce. Njihova dosadašnja istraženost je u porastu u odnosu na prošlo desetljeće, ne samo na području kanala već i na samom poplavnom području Parka prirode. Usprkos poteškoćama uzorkovanja zbog nepristupačnosti terena na području istraživanja, postoji širok raspon metoda za uzorkovanje vodenih kukaca koje daju velik doprinos u istraživačkim radovima.

1.1. Prilagodbe kukaca na vodeni ekosustav

Vodeni kukci čine svega 3-5% svih vrsta kukaca, ali se oni taksonomski vrlo razlikuju (Daly i sur., 1988). To su kukci iz redova: Ephemeroptera (vodencvjetovi), Odonata (vretenca), Plecoptera (obalčari), Megaloptera (muljari), Neuroptera (mrežnokrilci), Coleoptera (kornjaši), Diptera (dvokrilci), Lepidoptera (leptiri), Trichoptera (tulari), Heteroptera (raznokrilci), Orthoptera (ravnokrilci) i Hymenoptera (opnokrilci). Svi navedeni redovi vodenih kukaca barem su u jednom od stadija razvoja vezani za vodu.

Najveći broj vodenih kukaca obitava u literalnoj zoni gdje svjetlost prodire sve do dna te ju čini najboljim staništem. Voda nudi i obilje hrane, a vodeni su kukci bitna sastavnica hranidbenih lanaca. Hrane se drugim beskralježnjacima, sitnim ribama, vodenim biljkama, algama i detritusom, ali su i dobar izvor hrane za ptice, ribe, gmazove, vodozemce i neke sisavce koji tako osjetno kontroliraju njihov broj.

Život u vodi zahtjeva mnoge prilagodbe kao što je oblik tijela, pokretanje, disanje i osmoregulacija (Daly i sur., 1988; McCafferty, 1981). Oblik tijela im je ovalan, spljošten i na površini gladak što omogućava da se lagano, brzo i bez otpora kreću kroz vodu. Osim oblika tijela i morfološke promjene stražnjih nogu također im pomažu pri plivanju. Naime, stražnji par nogu je duži od druga dva para, a na vrhu nogu se nalaze dlačice. Prilikom plivanja, dvije duže noge strše sa strane i služe kao vesla. Međutim, vodeni kukci ne mogu neprekidno boraviti ispod površine vode jer moraju obnoviti zalihe zraka za disanje. To čine tako da izbace zadak i malo ga zgrče kako bi omogućili da zrak prođe između zatka i pokrilja i napuni zračne vrećice. Kada ponovno zarone ponesu sa sobom mjehurić zraka koji je vidljiv na kraju zatka. Osim uloge disanja, mjehurić ima veliku ulogu i prikom uranjanja, odnosno izranjanja. Prilagodbe u osmoregulaciji jesu voštana epikutikula, aktivni i pasivni transport iona te ekskrecija dušika u obliku mokraćne kiseline (Daly i sur., 1998; McCafferty, 1981).

Vodeni kukci mogu se koristiti i kao bioindikatori kvalitete voda prema prisutnosti pojedinih vrsta i njihovoj brojnosti, na primjer: prisutnost velike količine nutrijenata ili zagađenosti vode različitim polutantima (Sanchez-Fernandez i sur., 2004). Neki herbivorni vodeni kukci imaju potencijal za korištenje u biološkoj kontroli invazivnih vodenih biljnih vrsta (McCafferty, 1981).

Kukci iz redova Heteroptera i Coleoptera povezani su i ličinačkim i odraslim stadijem razvoja s vodenim medijem. Većina odraslih jedinki ima sposobnost da trenutno napuste vodeno stanište u potrazi za boljim uvijetima ili to čine prilikom parenja u potrazi za partnerom (Bauchard, 2004).

Vrste iz reda Heteroptera (vodene stjenice) čine Gerromorpha (poluvodene stjenice) i Nepomorpha (vodene stjenice; šest porodica iz kojih su sve vrste potpuno vezane uz vodu) i svi su predatori ili strvinari. Ličinački stadiji izgledom su slični odraslim jedinkama, osim što nemaju razvijena i formirana krila. Takav razvoj naziva se nepotpuna ili hemimetabolna preobrazba. Većina vrsta živi u tekućicama, dok je samo nekoliko vrsta pronađeno u stajaćim vodama (McCafferty, 1981).

Vodene stjenice imaju specifičnu morfologiju nogu, odnosno prednje noge služe za hvatanje plijena, dok srednje i stražnje noge služe za plivanje i imaju čvrste dlačice. Osim za plivanje, stražnje noge služe i za kretanje po površini vode što je moguće zbog površinske napetosti vode, na primjer porodica Gerridae (McCafferty, 1981).

Stjenice su također prilagođene disanju pod vodom. Zanimljive su vrste iz porodice Nepidae, *Nepa cinerea* i *Ranatra linearis*, koje imaju na kraju zatka dugačak nastavak koji služi kao dišna cijev. Budući da su to gmizajuće i sporo-plivajuće vrste, većinom borave između guste vegetacije, pridržavajući se nogama za biljke i s dišnom cijevi izbačenom na površinu (Usinger i sur., 1968; McCafferty, 1981).

Vrste iz porodice Notonectidae prepoznatljive su po svom načinu plivanja na leđima. Vrlo su dobri plivači, a imaju i otrovan ubod kojima ubijaju žrtve (Wilcox i sur., 1995). Njihova brojnost u europskim zemljama je značajna, no najbrojnije su ipak vrste iz porodice Corixidae. Vrste iz porodica Naucoridae i Pleidae imaju samo po jednog predstavnika u europskim vodama, a to su *Ilyocoris cimicoides* i *Plea minutissima*.

Procjenjuje se da na svijetu postoji oko 8 500 vodenih kornjaša (Coleoptera), a na području Kopačkog rita zabilježene su vrste iz 5 porodica koje su cijelim životnim ciklusom vezane uz vodu (Turić, 2007). Ličinke kornjaša prolaze kroz 3-8 životnih stadija u vodi, a zatim ju napuštaju i zakukulje se u zemlji. Faza kukuljice traje 2-4 tjedna i razvija se odrasla jedinka (Wichard i sur., 2002; Bauchard, 2004).

Odrasle jedinke iz reda Coleoptera mogu se prepoznati po čvrstom pokrilju ili elitri koja pokriva nježna stažnja krila.

Vrste iz porodice Dytiscidae (kozaci) obitavaju u gotovo svim vodenim staništima, posebno u stajaćicama i sporim tekućicama gdje ima puno vodene vegetacije (Bauchard, 2004). Poznati su kao jako dobri plivači zahvaljujući suženom abdomenu i ovalnom obliku (McCafferty, 1981), ali i dlačicama na raznim dijelovima tijela koje služe kao potpora plivanju (Lehmkuhl, 1979). Ličinke su predatori, a odrasli su strvinari i predatori. Plijen ličinki i odraslih može biti isti, npr. ličinke komaraca. Sve odrasle jedinke žive u vodi, ali mogu napustiti vodu zbog prezimljavanja, tako da u jesen odlete. Njihova je raznolikost jako velika, a u manjim jezerima može zajedno živjeti do 30 vrsta (Nilsson, 1996). Odrasle jedinke na kraju zatka nose mjehurić sa zrakom te izlaze na površinu vode okrenute vrhom zatka te pune spremište za zrak ispod krila. Za razliku od njih, kukci iz porodice Hydrophilidae prvo izlaze na provršinu vode s glavom, odnosno antenama, te zatim pohranjuju kisik u obliku mjehurića ispod elitre. Hydrophilidae su također i lošiji plivači, oni više pužu nego što plivaju (Lehmkuhl, 1979; McCafferty, 1981).

Vrste iz porodice Hydrophilidae (vodoljupci) vezane su i ličinačkim i odraslim stadijem za vodeni medij. Obitavaju u sporim tekućicama i jezerima, a obično se zadržavaju na mjestima s gustom vegetacijom. Zrak isto uzimaju izranjanjem na površinu i spremanjem ispod krila, ali karakteristične su i po spremištima za kisik na kukovima. Tako skladišten zrak više koriste za bolju plovnost u vodi nego za disanje pa zbog toga odrasle jedinke rađe plove nego što plivaju i većinom pužu po vodenoj vegetaciji. Ličinke se kreću jako sporo, a prilikom uznemiravanja obustavljaju sve aktivnosti i dobiva se dojam kao da su uginule (Bauchard, 2004).

1.2. Metode uzorkovanja vodenih kukaca

Vodene stjenice i vodeni kornjaši imaju velik biodiverzitet, te s obzirom na njihova životna staništa, mikrostanišne sklonosti i aktivnost, postoji širok raspon metoda koje se koriste za njihovo uzorkovanje. Sve metode mogu se podijeliti na kvalitativne i kvantitativne, a najbolji rezultati faunističkih istraživanja dobivaju se kombinacijom nekoliko komplementarnih metoda. Dosadašnji rezultati pokazali su da je metoda poteza ručnom mrežom najbolja jer se u kratkom vremenu može uzorkovati velik broj jedinki i vrsta. Za kvantitativnu metodu klopka-boca s atraktantima dobro je poznato da je pogodna za uzorkovanje velikih kornjaša koji su dobri plivači i teško ih je uzorkovati ručnom mrežom.

Osnovna oprema za prikupljanje vodenih kukaca uključuje mrežu, a poželjno je imati i cjediljku s promjerom okna od 0.5 mm, upravo zbog malih vrsta iz porodica Elmidae i Hydraenidae. Najmanje vrste preferiraju lokve i bare, te se uz obalu mogu uzorkovati s cjedilom. Velike mreže koriste se za brze tekućice, jer jačina struje može isprati sadržaj manjih cjedila. Zabilježeni su i dobri rezultati s manjom mrežom, promjera 25-30 cm i polukružnog oblika, sa ravnim dnom. Ručka može biti fiksna ili se može mijenjati, a promjeri okna mreže 0.3-0.4 mm što je dovoljno da voda prođe kroz mrežu, a da se zadrže i najmanje vrste (Boukal i sur., 2007).

U kvalitativne metode ubrajamo metode uzorkovanja mrežom u stajaćim vodama, dok su za tekuće vode karakteristične još i metode udaraca i ispiranja kamenja i vodene vegetacije. Vrste koje žive u stajaćim vodama najlakše je uzorkovati duž obale s velikom mrežom ili cjedilom, a posebno je uspješna za vrste iz porodice Hydradephaga i Hydrophiloidea. Uzorkuje se laganim prolaskom mrežom uz obalu i između vodene vegetacije i korijenja, ali i povlačenjem mreže po dnu, bilo da je ono pokriveno slojem biljnog detritusa ili da je čisto dno. Budući da većina kukaca obitava u blizini obale, uzorkovanje se može obaviti i ispiranjem obale ili gaženjem po dnu. Također, manje vrste koje se zadržavaju ispod same površine vode, moguće je privući stavljanjem prsta u vodu te čekati da priđu i tada ih uzorkovati, jer te vrste traže mjesto za koje bi se mogle uhvatiti (Boukal i sur., 2007; Klečka, 2008).

Uzorkovanje u tekućim vodama se malo razlikuje od uzorkovanja u stajaćim vodama. U tekućicama vodeni kukci žive u šljunčanim područjima, na podvodnoj vegetaciji ili ispod kamenja pa je najlakša metoda uzorkovanja tzv. metoda udaraca.

Velika mreža se postavi nizvodno, a na području uzorkovanja se udarcima po površini vode i okolnom sadržaju pokušavaju uznemiriti vodeni kukci i na taj način uhvatiti u postavljenu mrežu. Treba obratiti pozornost i na obalnu vegetaciju i korijenje koje se mogu također isprati u mreži. Ostala važna mikrostaništa uključuju male bazene koji nastaju erozijom same obale, kao i površinu kamenja koji se nalaze u vodi. Neke vrste, osobito iz porodice Elmidae, žive na potopljenom drveću. Tada se uzorkuje na način da se deblo izvuče iz vode i pričeka da ličinke i odrasle jedinke počnu izlaziti na površinu, jer se drvo polako suši, te ih se može lako pojedinačno uzorkovati. Također se takvo deblo može i ispirati te skupljati kukce u mrežu koju postavimo nizvodno (Boukal i sur., 2007).

Uzorkovanje poluvodenih vrsta je jednostavno pretraživanje staništa i bazira se na pojedinčnom uzorkovanju. Npr. neke vrste iz porodica Dryopidae i Limnichidae mogu se pronaći ispod kamenja i šljunka na vlažnim staništima duž obale. Međutim, vrste iz porodice Heteroceridae, koje žive na muljevitim, ilovastim i pjeskovitim obalama, brzi su letači tako da uzorkovanje zahtjeva brze reakcije. Mnoge vrste vodenih strvinara mogu se uzorkovati prosijavanjem mokrog biljnog detritusa na obalama. Vrste koje žive u mulju lako je uzorkovati promatrajući njihovo kretanje jer su tada lako uočljivi (Boukal i sur., 2007).

Metodama prolaženja i udaranja po vegetaciji mogu se uzorkovati i vrste u letu. Neke od tih vrsta najbolje je uzorkovati u sumrak, a svjetlost se pokazala kao najbolji atraktant. Kopnene strvinarske vrste mogu se skupljati u izmetu konja ili ovaca, ili sijanjem komposta i trulog sijena. Neke vrste mogu se uzorkovati klopkama s atraktantima, komadićem ribe ili užeglog sira (Boukal i sur., 2007).

Kvantitativne metode za uzorkovanje vodenih kukaca također su brojne. Klopka-kutija je metoda tipična za istraživanja gustoće naseljenosti i koristi se u ekološkim istraživanjima u stajaćim vodama. To je kutija bez dna i poklopca, veličine 50-70 cm, a s gornje strane je postavljena mreža. Stranice se mogu napraviti od metalnog materijala, pleksiglasa ili nekog drugog čvrstog materijala. Za uzorkovanje određenog područja zamka se zabije u dno, te se cijelo područje prekrije mrežom koja je pričvrćena za gornji rub stranica. Vrlo je bitno da se što manje mijenja stanište prilikom postavljanja klopke, što je osobito teško na mjestima s jednogodišnjim vodenim biljem (trska i šaš) jer se zamka ne može čvrsto postaviti. Postoji i jednostavniji oblik ove metode koja isključuje kutiju, a uzorkuje se samo prolaženjem

mrežom kroz željeno područje, no ova metoda nije vjerodostojna i dobiveni rezultati teško su usporedivi (Boukal i sur., 2007; Klečka, 2008).

Još jedna poznata kvantitativna metoda jest klopka-boca. To je metoda koja se lako može napraviti od plastičnih boca. Prvo se održe gornji dio veće boce i postavi ga se naopako, kukci koji uđu u takvu bocu ne znaju više izaći. Ovakva klopka postavlja se horizontalno uz obalu, najbolje odmah uz površinu vode, te se vadi tek nakon jedanog ili više dana, ovisno o temperaturi vode. Ova metoda je pogodna za uzorkovanje velikih vodenih kukaca i strvinarnih vrsta iz roda *Hydrophilus* i *Hydrochara*. Bolja učinkovitost klopke može se postići stavljanjem atraktanata, npr. pileća jetra ili suha hrana za pse. Međutim, dodavanjem atraktanata povećava se i selektivnost, jer nisu svi atraktanti jednako privlačni za sve vrste te su zbog toga manje učinkovite. Klopke se mogu koristiti kroz cijelu godinu, čak i tijekom zime ispod leda. Kako bi se spriječilo ugibanje uhvaćenih jedinki, klopke ne bi trebale biti potpuno u vodi ili moraju sadržavati mjehurić zraka. Također je poželjno češće provjeravati klopke zbog velikog predatorstva među vrstama (Boukal i sur., 2007). Postoji i još jedna vrsta ovakvih klopki, koje se postavljaju uz samu površinu vode, a baziraju se na činjenici da kukci moraju doći do površine da obnove zalihu kisika (Molle, 1998).

Kvantitativno uzorkovanje u tekućim vodama slično je kvalitativnom uzorkovanju. Metoda udaraca je metoda koja se koristi u tekućim vodama s pjeskovitim, šljunčanim ili kamenitim dnom. Metoda uključuje miješanje supstrata sa čizmama ili rukama, te ispiranje većih kamenja. Jedinke koje su protjerane sa svog staništa bivaju odnešene stujom u mrežu koja se postavi nizvodno. Standardizirani udarci na nekom određenom području mogu dati približne podatke o osjetljivosti populacija i vrsta na uzorkovanom području (Boukal i sur., 2007). Također se može uzorkovati velikom mrežom ili cjedilom u određenom vremenskom razdoblju, a uzorkovanje se obavlja na svim vrstama mikrostaništa. Rezultati ovakvog uzorkovanja mogu se uspoređivati s drugim lokalitetima, a manje je zahtjevno od metode klopa-kutija. Međutim, ova metoda daje manje precizne podatke, pa je prema tome i njena upotreba u kvantitativnim ekološkim istraživanjima ograničena (Boukal i sur., 2007).

Svjetlosna klopka je metoda koja se koristi u tropskim područjima i na staništima koja su teško dostupna, kao naprimjer nizinske rijeke. Međutim, ova metoda koristi se i u srednjoj Europi i drugim područjima s umjerenom klimom. Nakon obrade podataka mogu se dobiti vrijedni podaci o aktivnosti leta mnogih vodenih kukaca. Većina vrsta

leti samo za toplih dana, npr. prema prijašnjim istraživanjima, poznato je da kukci iz porodice Sphaeridiinae zahtijevaju minimalnu temperaturu od 20˚C. Povećana aktivnost leta zabilježena je za vrijeme sušnih razdoblja, a gotovo sve vrste vodenih kukaca uhvaćene su za vrijeme dana, tj. jake svjetlosti (Jackson, 1952). Svjetlosne klopke su naizgled veoma korisne za većinu vodenih kukaca, no vrste iz porodica Haliplidae, Hydraenidae i Elmidae su jako rijetko uzorkovane na ovaj način (Jäch, 1993; Vondel, 1997). Mnogo vrsta iz središnje Europe uopće ne privlači svjetlost, neke vrste su slabi letači iako imaju razvijena krila, a neke vrste uopće ne lete (Jackson, 1952).

Još jedan zanimljiv način uzorkovanja jest metoda polarizirajuće svjetlosti. To je metoda u kojoj se koristi polarizirano svjetlo preko reflektirajuće površine. Ova metoda je bazirana na činjenici da reflektirajuće površine, kao na primjer staklenici ili crveni krov od auta, mogu reflektirati polarizirajuće svjetlo na vrlo sličan način kao što je to na vodenoj površini, što može privući vodene kukce (Jäch, 1993; Nilsson, 1996; Kriska i sur., 2006).

Opisane metode dobro su poznate entomolozima i zaista postoji širok raspon metoda za uzorkovanje vodenih beskralježnjaka, te su upravo zbog toga istraživanja uspoređivanja nužna (Klečka, 2008). Kod istraživanja na osnovi usporedbi uvijek se očekuje da će se dobiti uočljive razlike među uzorkovanim vrstama s obzirom na metode, te posebno atraktante i njihovu učinkovitost.

1.3. Cilj istraživanja

Glavni cilj ovog istraživanja jest utvrditi učinkovitost metoda uzorkovanja vodenih kukaca (Heteroptera, Coleoptera) na trajnim staništima šireg područja Parka prirode Kopački rit i na poplavnom području Posebnog zoološkog rezervata. Odredit će se i učinkovitost dvaju atraktanata korištenih u metodi klopki s atraktantima. Usporedit će se raznolikost faune obzirom na tip staništa i metodu kojom su uzorkovane, te utvrditi utjecaj temeperaturnih uvjeta okoliša i vodostaja Drave i Dunava na dobivene rezultate o brojnosti.

2. MATERIJALI I METODE

2.1. Područje istraživanja

Kopački rit jedna je od najvećih fluvijalno-močvarnih nizina u Europi, smješten na sjeveroistoku Hrvatske, u kutu što ga čine Drava i Dunav. Njegov zemljopisni položaj je između 45°15'- 45°53' geografske širine i 16°06'- 16°41' geografske dužine, a površina iznosi približno 100 km². Ovalnog je oblika te dužine oko 8-10 km u smjeru zapad-istok i oko 7-9 km u smjeru sjever-jug (Mihaljević, 1999). Njegov izgled i struktura ovise o specifičnom vodnom režimu Dunava i Drave, pogotovo u proljeće kad se počinje otapati snijeg i led u Alpama, pa vodostaj tih rijeka raste. Drava ima kraći i ravniji tok pa njezine nabujale vode prve stižu do ušća u Dunav. Tok Dunava široko zavija po Srednjoj Europi i kada njegov vodni val stigne do ušća Drave, njegovo korito ne može primiti tu novu količinu vode i počinje ulaziti sustavom kanala u Kopački rit uzrokujući poplave (Springer i sur., 2003).

Na području Parka prirode Kopački rit provodi se nekoliko velikih projekata sufinanciranih od strane MZOS-a. Upravo zbog tih projekata entomološka i hidrobiološka istraživanja su u napretku, a sve u cilju prikazivanja važnosti i biološkog bogatstva ovog područja. Na temelju hidrobioloških istraživanja dobiveni su rezultati pokazali značajnu eutrofikaciju Sakadaškog jezera, kanala Čonakut, ušća u Kopačko jezero te Hulovskog kanala (Vidaković i sur., 2005; Vidaković i sur., 2007). Najniže granice kisika, ispod biološki dopuštene granice, zabilježene su tijekom ljetnih mjeseci u pridnenom sloju vode Sakadaškog jezera i kanala Čonakut.

Na području Kopačkog rita vodena staništa možemo podijeliti na 3 osnovna tipa: poplavno područje, kanali i bare. Poplavno područje je protočni ili poluprotočni tip staništa čija je količina vode u izravnoj vezi s tekućicom, ali samo u razdobljima kada ima dovoljno vode da naplavi stanište. Ovakvi tipovi staništa nikada u potpunosti ne ostaju bez vode, tj. ne presušuju. Drugi tip staništa su kanali, odnosno protočni kanali koji prihvaćaju vodu iz Baranje i raspoređeni su unutar Parka tvoreći složenu kanalsku mrežu, a čiji je kapacitet protoka manji od onoga što ga imaju rijeke Drava i Dunav i kanala koji su izravno povezani s njima. Na ovim staništima značajnu ulogu za kvalitetu vode ima blizina poljoprivrednih površina. Posljednji tip zatvorenih staništa su bare, koje nemaju izravan doticaj s otvorenom tekućicom i najčešće sadrže barske, močvarne i ritske elemente. Na području Parka istraživane su do sada dvije bare smještene na području šume Tikveš, a to su Batina bara i Tikveš

bara (Temunović i sur., 2011). Na poplavnom području i kanalima prisutan je velik antropogeni učinak, dok na barama nije toliko značajan, ali je proces eutrofikacije daleko prisutniji na barama.

Područje Kopačkog jezera, Sakadaš, Čonakut, Hulovski kanal i Novi kanal su uvijek pod vodom, ne isušuju (Bonacci i sur., 2002). Voda ulazi i izlazi preko sustava bara međusobno povezanih putem „fokova“ i „žila“ od matičnih rijeka, Drave i Dunava. Najpoznatije bare su Bijelo jezero, Isenj bara, Sarvaš bara, Kan bara, Remet bara, Andrić bara i mnoge druge.

Na sjeverozapadom dijelu Parka prirode karakteristična je mreža melioracijskih kanala i to je ujedno najuređenije područje, no do sada nema raspoloživih mjerenih podataka (Bonacci i sur., 2002). Ovo područje ispresijecano je kanalskom mrežom kojoj osnovu čine nekada prirodni tokovi i novo izgrađeni pravilni kanali za odvodnju. Svi kanali su međusobno povezani, a cijeli sustav potpomognut je radom crpnih stanica (Podunavlje, Tikveš i Zlatna greda). Brzina protoka vode u kanalima kada crpke ne rade približno su jednake nuli, a obzirom na veličinu kanala nije za očekivati niti velike brzine pri radu crpki (Bonacci i sur., 2002).

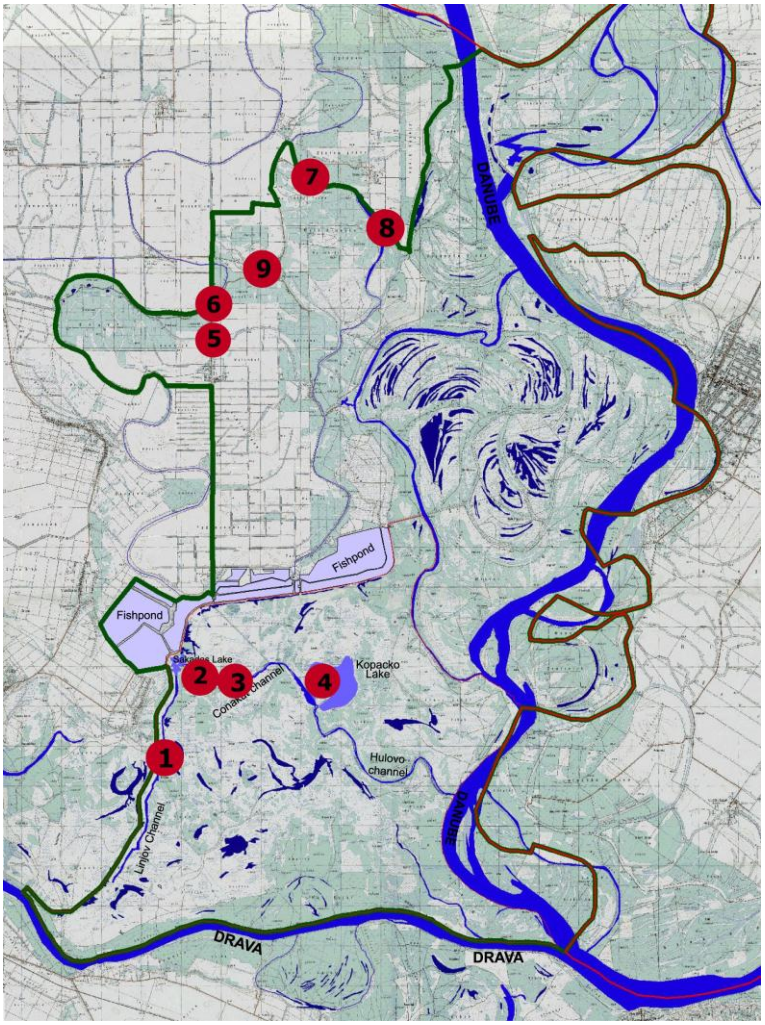
Područje Parka prirode većim je dijelom godine u tzv. sušnom razdoblju, odnosno u tom periodu vode jezera, bara i kanala otječu Hulovskim kanalom u Dunav, a kada je vodostaj ispod praga prestaje dotok površinske vode. Upravo u mjesecima najveće insolacije, a time i najveće evaporacije i evapotranspiracije, javlja se deficit vode. U sušnom razdoblju voda je uglavnom u postojećoj kanalnoj mreži i jezerima koja su dublja, kao Sakadaš i Kopačko jezero. Komunikacije voda uglavnom nema, a površine jezera i bara vidljivo se smanjuju (Bonacci i sur., 2002). Početkom i sredinom ljeta stiže voda iz Dunava i poplavljuje cijelo područje rita. Prosječno trajanje poplava je oko 90 dana (Mikuška, 1979). Biološka raznolikost koja je na prostoru Kopačkog rita doista ogromna, a stoga i odgovarajuće vrijedna, izravna je posljedica hidrološkog režima (Bonacci i sur., 2002).

2.2. Opis postaja i uzorkovanja vodenih kukaca

Terenski dio istraživanja proveden je tijekom pet mjeseci, od travnja do kolovoza 2012. godine, u vremenskim intervalima od približno mjesec dana. Uzorkovalo se na ukupno devet postaja koje su bile smještene na širem području Parka Prirode Kopački rit i unutar poplavnog područja Posebnog zoološkog rezervata. Na širem području Kopačkog rita postaje su obuhvatile trajna vodena staništa (kanale i jednu baru), dok je područje Posebnog zoološkog rezervata smješteno usred poplavne ravnice gdje su se i odredile postaje za terenski dio istraživanja. Od ukupno devet određenih postaja za uzorkovanje, pet postaja bilo je na trajnim vodenim staništima (kanali i jedna bara), a četiri postaje na poplavnom području. Na kanalima su bile smještene sljedeće postaje: Podunavski kanal I, Podunavski kanal II, Čarna I i Čarna II, te jedna postaja na bari nazvana Batina bara. Dok su na poplavnom području bile su smještene postaje: Čonakut I, Čonakut II, Kopačko jezero i Novi kanal.

Na području Parka prirode prevladavaju bijela vrba (*Salix alba* L.) i crna topola (*Populus nigra* L.), a od makrofitske vegetacije najčešća je obična trska (*Phragmites communis* Trin.) i šaš (*Carex* sp.). Područja Parka prirode do kojih ne dolazi voda tijekom poplavnog razdoblja prekrivaju zajednice hrastove šume (*Carpino betuli – Quercetum roboris*).

Postaje na poplavnom području smještene su uz rub obale i za vrijeme niskog vodostaja klopke se postavljaju blizu vodene vegetacije, a za vrijeme visokog vodostaja klopke se postavljaju na poplavljene livade, također između vodene vegetacije. Na poplavnom području u vrijeme poplave vodena vegetacija buja i ima je u većim količinama, ali kada je voda u opadanju ima i sve manje vodene vegetacije. Na trajnim staništima vodena vegetacija je bogatija jer vode ima tijekom cijele godine u kanalima, što je pogodno i za vodene kukce. Postaje Podunavlje I i Podunavlje II smještene su na kanalima koji se nalaze uz prometnicu koja vodi prema Tikvešu, dok su postaje Čarna I i Čarna II smještene ispred i iza Zlatne Grede.



Slika 1. Karta istraživanog područja s označenim postajama uzorkovanja (Poplavno područje: 1- Novi kanal, 2- Čonakut I, 3- Čonakut II i 4- Kopačko jezero; Trajna staništa: 5- Podunavlje I, 6- Podunavlje II, 7- Čarna I, 8- Čarna II i 9- Batina bara)

Tijekom ovog istraživanja koristile su se dvije metode uzorkovanja na svim postajama, metoda poteza ručnom mrežom te metoda klopka-boca s atraktantima. Svako uzorkovanje provelo se u trajanju od dva dana. Prvi dan postavljale su se plastične boce za metodu kopka-boca s dva različita atraktanta i obavljeno je uzorkovanje metodom poteza ručnom mrežom. Za ovu metodu korištena je velika mreža, promjera 60 cm, s drvenom ručkom dužine 3 metra. Pri svakom uzorkovanju učinjeno je pet poteza vodenom površinom i vodenom i podvodnom vegetacijom litoralne zone i tako se uvijek dobila površina uzorkovanja od oko 3 m². Upravo se zbog toga svi podaci, dobiveni nakon ovakvog uzorkovanja, mogu međusobno uspoređivati.

Na području postaje Batina bara, tijekom ovog istraživanja, nismo bili u mogućnosti uzorkovati kroz svih 5 mjeseci. Zbog sušnog razdoblja i jake evaporacije uslijed visokih temperatura, postupno se smanjivala količina vode u bari. Na kraju nije bilo moguće uzorkovati mrežom niti postavljati klopke jer je u bari bila prevelika količina organske tvari i detritusa, a premalo vode.

Metoda klopka-boca s astraktantima sastoji se od klopke od plastičnih boca. Klopke su napravljene samostalno na Odjelu za biologiju. Jednoj većoj plastičnoj boci odrezano je dno, a drugoj je odrezan vrh, zajedno sa zatvaračem, koji se postavlja obrnuto u bocu kojoj je odrezano dno. Radi lakšeg uočavanja klopke, na klopku je zavezana manja plastična boca sa zatvaračem koja slobodno pluta na površini vode i može služiti za pričvršćivanje za okolnu vegetaciju. Na svakoj postaji postavljale su se dvije klopke s dva različita atraktanta. Jedan atraktant je bila konzervirana tunjevina, a drugi konzervirana mačja hrana. Klopke su se postavljale u horizontalan položaj, blizu obale i uz vodenu i podvodnu vegetaciju. Postavljanje klopki obavljalo se u popodnevnim satima, a praznile su se odmah idući dan zbog visokih temperatura vode, a i predatorstva među uzorkovanim jedinkama (Boukal i sur., 2007). Vrijeme uzorkovanja je bila jedna lovna noć. Ukupno je postavljeno 88 klopki, od planiranih 90, jer u kolovozu nije bio moguć pristup Kopačkom jezeru zbog preniskog vodostaja uslijed sušnog razdoblja.

Slika 2. Uzorkovanje metodom poteza ručnom mrežom i priprema metode klopka-boca s atraktantima

2.3. Laboratorijski dio istraživanja

Nakon terenskog dijela istraživanja i prikupljenih vodenih kukaca (Heteroptera, Coleoptera) uslijedila je obrada prikupljenog materijala i statistička obrada podataka.

Prikupljeni materijal odmah prilikom uzorkovanja usmrćen je i konzerviran u 70% otopini etanola te donešen u laboratorij gdje se odmah pristupilo procesu determinacije. Za determinaciju su korišteni ključevi Csabai (2000), Csabai (2002), Nilsson (1996) i Macan (1976). Za određivanje morfoloških karakteristika vrsta koristila se binokularna lupa LEICA MZ6 povećanja 6.2-40x. Svi podaci o determiniranim vrstama i njihovoj brojnosti zabilježeni su u laboratorijski dnevnik, od kojih je kasnije napravljena baza podataka.

Nakon determinacije vrsta pristupili smo postupku prepariranja vodenih kukaca i pravljenju entomološke zbirke koja se sastoji od 56 vrsta (preparirano je nekoliko jedinki od svake vrste). Za preparaciju smo materijal prethodno ovlažili tako što smo kukce stavili u Petri posude u kojima se nalazio pijesak i 5-10% octena kiselina te ostavili dva do tri dana. Nakon toga kukci su dovoljno omekšali da ih se može napeti i nabosti. Za prepariranje su potrebne entomološke igle različitih veličina (broj 1, 2 ili 3) i minucije za vrlo male kukce, zatim igle za prepariranje, šiljasta pinceta, posebno organsko ljepilo za kukce, kartonske podloge, male škare i etikete za oznake. Kukci se nabadaju tako da glava igle bude 1-1,5 cm iznad leđne strane, a gornji dio igle služi da se objekt može prihvatiti. Kod kornjaša je bitno da se iglom ubada u desno pokrilje, u blizini srednjeg šava, s izlazom na trbušnoj strani, između drugog i trećeg para nogu. Prilikom napinjanja treba omogućiti da sve glavne karakteristike budu vidljive: udovi, ticala, antene, čeljusti i kraj zatka. Manji kukci se lijepe na kartonske podloge. Ovako obrađene jedinke spremljene su u entomološku kutiju sa svim potrebnim podacima: datum, mjesto nalaza, UTM oznakom i imenom vrste, a zbirka se nalazi na Odjelu za biologiju, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.

2.4. Statistička analiza podataka

Na osnovi prikupljenih podataka i nakon cjelokupne obrade određene su tri glavne karakteristike populacija: brojnost, dominantnost i konstantnost. Također su izračunati indeksi raznolikosti pomoću programa PRIMER v5, a za izradu baze podataka, usporedbu podataka te izradu grafičkih prikaza korišten je program Microsoft Office Excel.

Dominantnost

Dominantnost je postotni udio jedne vrste na jednom staništu. Izračuna se pomoću formule u kojoj se ukupan broj jedne vrste (ili skupine) na nekom staništu podijeli s ukupnim brojem jedinki na tom staništu, a kvocijent se pomnoži sa sto. Dominantnost se izračunava po formuli (Bick, 1989):

D=n / N x 100 (%), gdje je:

D=dominantnost u %; n=broj jedinki jedne vrste (skupine); N=ukupan broj jedinki

Kategorije dominantnosti:

Eudominantne vrste	D>10%
Dominantne vrste	D=5-10%
Subdominantne vrste	D=2-5%
Recedentne vrste	D=1-2%
Subrecedentne vrste	D<1%

Konstantnost

Konstantnost vrsta unutar biocenoze pokazuje poveznost neke vrste s određenim staništem, odnosno u kojem je broju uzoraka zastupljena određena vrsta. Konstantnost ovisi o brojnosti vrste, ali isto tako i o njezinoj prostornoj i vremenskoj distribuciji u staništu.

Izračunava se prema formuli (Tischler, 1949):

K=c / C x 100 %, gdje je:

K=konstantnost vrste u %; c=broj uzoraka u kojima se pojavljuje vrsta na jednom staništu; C=ukupan broj uzoraka

Kategorije konstantnosti:

Eukonstantne vrste	C=75-100%
Konstantne vrste	C=50-75%
Akcesorne vrste	C=25-50%
Akcidentalne vrste	C=0-25%
Subrecedentne vrste	C<1%

Indeksi raznolikosti

Broj vrsta na određenom staništu i ukupna brojnost jedinki na tom staništu glavni su parametri za izradu indeksa raznolikosti. Za razumijevanje ovih indeksa potrebno je poznavati pojmove: bogatstvo vrsta i njihovu ujednačenost. Ukoliko u nekom uzorku ima više vrsta, on će naravno biti i bogatiji. No, uzorak koji ima sličnu brojnost jedinki pojednih vrsta, imat će veću ujednačenost. Ovi parametri najčešće se koriste za obradu velikih baza podataka, a uz dodatne podatke (npr. fizikalno-kemijski parametri) mogu imati važnu ulogu u utvrđivanju ekološkog stanja istraživanog područja.

Koristeći program PRIMER v5 napravljene su višestruke analize i ukupno četiri indeksa raznolikosti. Margalefov indeks najbolje pokazuje brojnost vrsta u određenom uzorku (Southwood, 1966), odnosno pokazatelj je bogatstva vrsta.

Izračunava se prema formuli:

$D= (S-1) / \ln N$, gdje je:

N=ukupan broj jedinki u nekom uzorku; S=ukupan broj vrsta

Pielouov indeks i Shannon-Wienerov indeks su međusobno povezani, a također se zasnivaju na brojnosti jedinki i vrsta u uzorku. Shannon-Wienerov indeks započinje od nule ukoliko je samo jedna vrsta prisutna u uzorku, a kako se povećava brojnost vrsta, povećava se i vrijednost indexa.

Izračunava se po formuli (Lloyd i sur., 1968):

$H(s)= C / N \{(N \log10 N) - \sum n_i \log10 n_i\}$, gdje je:

C= 3.321928 konstanta; N= ukupan broj jedinki; n_i= broj jedinki određene vrste; S= ukupan broj vrsta

Pielouov indeks daje vrijednosti na temelju sličnosti broja jedinki u uzorcima, a izračunava se prema formuli (Pielou, 1966):

J= H(s) / H(max.), gdje je:

H(s)= vrijednost Shannon-Wienerovog indeksa; H(max.)= teoretski postavljena maksimalna vrijednost za H(s) ako su sve vrste u uzorku jednake brojnosti

Simpsonov indeks pokazuje raznolikost na više načina. Kada je u obliku 1 **– λ** tada je pretpostavka da će dvije jedinke iz istog uzorka biti različitih vrsta. Glavna formula za izračunavanje (Simpson, 1949):

λ = $\sum (n_i / N)^2$, gdje je:

n_i= broj jedinki određene vrste; N= ukupan broj jedinki; S= ukupan broj vrsta

Sörensenov indeks sličnosti

Usporedba faune vodenih kukaca (Heteroptera, Coleoptera) uzorkovanih s dvije različite metode te na dva tipa vodenih staništa izvršena je zbog uspoređivanja stupnja faunističke sličnosti. U tu svrhu izračunat je Sörensenov indeks sličnosti (Krebs, 1999) koji pokazuje stupanj identičnosti vrsta dviju metoda, dvaju staništa, dviju asocijacija i sl.

Ovakav indeks uzima u obzir samo kvalitativnu zastupljenost vrsta, ne i kvantitativnu, a može poprimiti vrijednosti od 0 do 100. Što je index veći, to je struktura uspoređivanih populacija sličnija.

Izračunava se prema formuli:

Ss=2a / 2a+b+c x 100 (%), gdje je:

a= broj vrsta u uzorku A i u uzorku B (zajedničko pojavljivanje); b= broj vrsta u uzorku B, ali ne i u uzorku A; c= broj vrsta u uzorku A, ali ne i u uzorku B

Izračun srednje vrijednosti veličine vrsta

Usporedba veličine uzorkovanih vrsta s obzirom na metodu uzorkovanja napravljena je prema modelu:

Ā=V x n / N x 100 (%), gdje je:

V=veličina jedinki određene vrste; n=brojnost jedniki određene vrste; N=ukupna brojnost jedinki uzorkovanih određenom metodom

3. REZULTATI

Istraživanje učinkovitosti dviju različitih metoda uzorkovanja vodenih kukaca (Heteroptera, Coleoptera) na trajnim i poplavnim područjima Parka prirode Kopački rit provedeno je tijekom pet mjeseci, od travnja do kolovoza. Ukupno je, s obje metode, uzorkovano 1036 jedinki. Determinacijom je utvrđeno 56 vrsta, od kojih 14 vrsta vodenih stjenica i 42 vrste vodenih kornjaša.

3.1. Fauna vodenih kukaca (Heteroptera, Coleoptera)

3.1.1. Brojnost i dominantnost porodica vodenih kukaca

Tijekom istraživanja uzorkovano je ukupno 1036 jedinki vodenih kukaca. Red Heteroptera zastupljen je sa 713 jedinki, koje pripadaju u dva podreda i 8 porodica. Podred Nepomorpha zastupljen je s ukupno 614 jedinki, koje pripadaju u 5 porodica (Pleidae, Naucoridae, Nepidae, Corixidae i Notonectidae), a podred Gerromorpha zastupljen je s 99 jedinki, koje pripadaju u 3 porodice (Gerridae, Mesovelidae i Hydrometridae). Red Coleoptera zastupljen je s 323 jedinke, koje pripadaju u dva podreda i 5 porodica. Podred Adephaga zastupljen je s ukupno 276 jedinki, koje pripadaju u tri porodice (Haliplidae, Noteridae i Dytiscidae), a podred Polyphaga zastupljen je s 47 jedinki, koje pripadaju u dvije porodice (Spercheidae i Hydrophilidae). Brojnost i dominantnost vrsta po postajama prikazana je u tablici 1, a u tablici 2 prikazana je brojnost i dominantnost prema mjesecu uzorkovanja. Porodice su popisane sistematski po Nilssonu (1966).

Tablica 1. Brojnost i dominantnost porodica vodenih kukaca (Heteroptera, Coleoptera) na devet postaja uzorkovanja (postaje: Pd I – Poduavlje I, Pd II – Podunavlje II, Čar I – Čarna I; ispred Zlatne Grede, Čar II - Čarna II; iza Zlatne Grede, Bb – Batina bara, Čon I - Čonakut I, Čon II - Čonakut II, Kj - Kopačko jezero i Nk - Novi kanal)

Porodica / metoda	Pd I	Pd II	Čar I	ČarII	Bb	Čon I	ČonII	Kj	Nk	∑	D%
Pleidae	149	20	209	83	0	0	0	0	0	461	**44,49**
Naucoridae	30	16	26	43	1	0	0	0	0	116	**11,19**
Nepidae	0	2	0	0	0	1	0	0	0	3	**0,28**
Corixidae	1	1	24	0	0	0	0	0	0	26	**2,51**
Notonectidae	0	0	0	8	0	0	0	0	0	8	**0,77**
Gerridae	6	12	28	3	2	7	2	12	18	90	**8,68**
Mesovelidae	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	**0,19**
Hydrometridae	0	0	0	5	0	0	0	0	2	7	**0,67**
Haliplidae	4	4	13	18	2	0	0	0	0	41	**3,95**
Noteridae	1	5	3	4	2	0	0	0	0	15	**1,44**
Dytiscidae	37	25	27	68	37	0	7	18	1	220	**21,23**
Spercheidae	0	0	0	1	0	1	1	0	0	3	**0,28**
Hydrophilidae	4	1	13	12	7	1	5	0	1	44	**4,24**
∑	232	86	343	245	51	10	15	30	24	1036	

Tablica 2. Brojnost i dominantnost porodica vodenih kukaca (Heteroptera, Coleoptera) tijekom pet mjeseci uzorkovanja

Porodica / mjesec	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	∑	D%
Pleidae	163	16	32	63	187	461	**44,49**
Naucoridae	12	2	13	50	39	116	**11,19**
Nepidae	0	0	0	2	1	3	**0,28**
Corixidae	4	0	0	20	2	26	**2,51**
Notonectidae	8	0	0	0	0	8	**0,77**
Gerridae	17	10	31	26	6	90	**8,68**
Mesoveliidae	0	0	2	0	0	2	**0,19**
Hydrometridae	5	0	2	0	0	7	**0,67**
Haliplidae	16	10	0	10	5	41	**3,95**
Noteridae	9	0	1	4	1	15	**1,44**
Dytiscidae	94	30	66	18	12	220	**21,23**
Spercheidae	0	1	1	1	0	3	**0,28**
Hydrophilidae	23	5	1	11	4	44	**4,24**
∑	351	74	149	205	257	1036	

D% - dominantnost			
			subdominantne 2-5%
	eudominantne <10%		recedentne 1-2%
	dominantne 5-10%		subrecedentne >1%

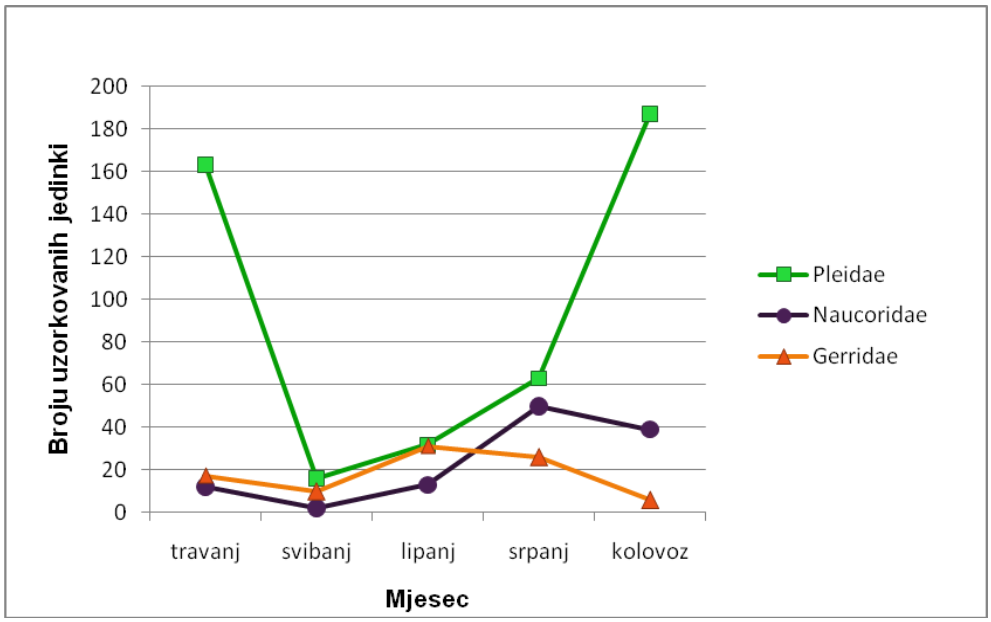
Najveća zabilježena brojnost jedinki je na postaji Čarna I (Čar I; ispred Zlatne Grede) s 33,1% svih uzorkovanih jedinki. Zatim slijede postaje Čarna II (Čar II; iza Zlatne Grede) s 23,6% i Podunavlje I (Pd I) s 22,3% na kojima je zabilježena brojnost podjenaka, te postaja Podunavlje II (Pd II) s 8,3% uzorkovanih jedinki (Tablica 1). Na ostalih pet postaja zabilježen je puno manji broj uzorkovanih jedinki (Bb - Batina bara, Čon I - Čonakut I, Čon II - Čonakut II, Kj - Kopačko jezero i Nk - Novi kanal).

Na postaji Čarna I najbrojnija je porodica Pleidae s 60,9% uzorkovanih jedinki, dok su porodice Gerridae, Dytiscidae, Naucoridae i Corixidae zastupljene u približno jednakim postocima (Gerridae 8,1%, Dytiscidae 7,8%, Naucoridae 7,5% i Corixidae 6,9%). Porodica Pleidae najbrojnija je i na postajama Podunavlje I (64,2%) i Čarna II (33,8%), a zatim slijede porodice Dytiscidae (15,9% i 27,7%) te Naucoridae (12,9% i 17,5%). Postaja Batina bara ukupno ima 4,9% uzorkovanih jedinki, a najbrojnija je porodica Dytiscidae sa 72,5% ukupno uzorkovanih jedinki. Na postajama poplavnog područja uzorkovano je sveukupno puno manji broj jedinki, a najviše uzorkovanih jedinki je na postajama Kopačko jezero (2,8%) i Novi kanal (2,3%).

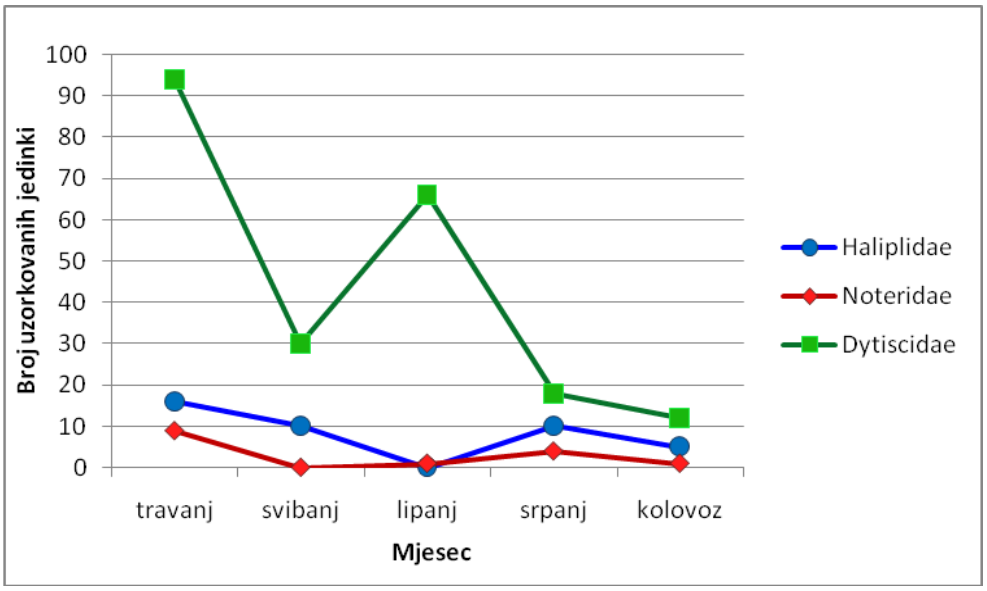
Od porodica reda Heteroptera, podreda Nepomorpha, najbrojnija je porodica Pleidae, zastupljena s jednom vrstom (*Plea minutissima*). Ova porodica je i eudominantna za ukupan broj uzorkovanih jedinki, a izračunom dominantnosti može vidjeti da je ova porodica eudominantna na postajama Podunavlje I, Čarna I i Čarna II. Eudominantna je i porodica Naucoridae, međutim pojedinačno na postajama Podunavlje I, Čarna I i Čarna II ova porodica je subdominantna. Porodica Corixidae je subdominantna, dok su porodice Nepidae i Notonectidae subrecedentne i pojavljuju se u vrlo malom broju. Iz reda Gerromorpha najbrojnija je porodica Gerridae, koja je dominantna za ukupan broj uzorkovanih jedinki, a gledajući po postajama ova porodica je subdominantna na postaji Čarna I, a recedentna na postajama Podunavlje II, Kopačko jezero i Novi kanal. Porodice Mesoveliidae i Hydrometridae su subrecedentne. Na slici 3 grafički je prikazana razlika u brojnosti eudominantnih porodica (Pleidae i Naucoridae) i dominantne porodice Gerridae vodenih stjenica.

Od porodica reda Coleoptera, podreda Adephaga, najbrojnija je porodica Dytiscidae, a ujedno je i eudominantna. Pojedinačno gledano po postajama ova porodica je dominantna na postaji Čarna II, a na postajama Podunavlje I, Podunavlje II, Čarna I i Batina bara subdominantna. Porodica Haliplidae je subdominantna, dok

je porodica Noteridae recedentna. Iz podreda Polyphaga najbrojnija je porodica Hydrophilidae, koja je subdominantna gledano po svim postajama. a gledano pojedinačno na postajama Čarna I i Čarna II je recedentna. Porodica Spercheidae je subrecedentna, zabilježena je samo jedna jedinaka na postajama Čarna II, Čonakut I i Čonakut II, dok na ostalim postajama nije zabilježena. Na slici 4 prikazana je razlika u brojnosti eudominantne porodice Dytiscidae i subdominantnih porodica (Haliplidae i Hydrophilidae).

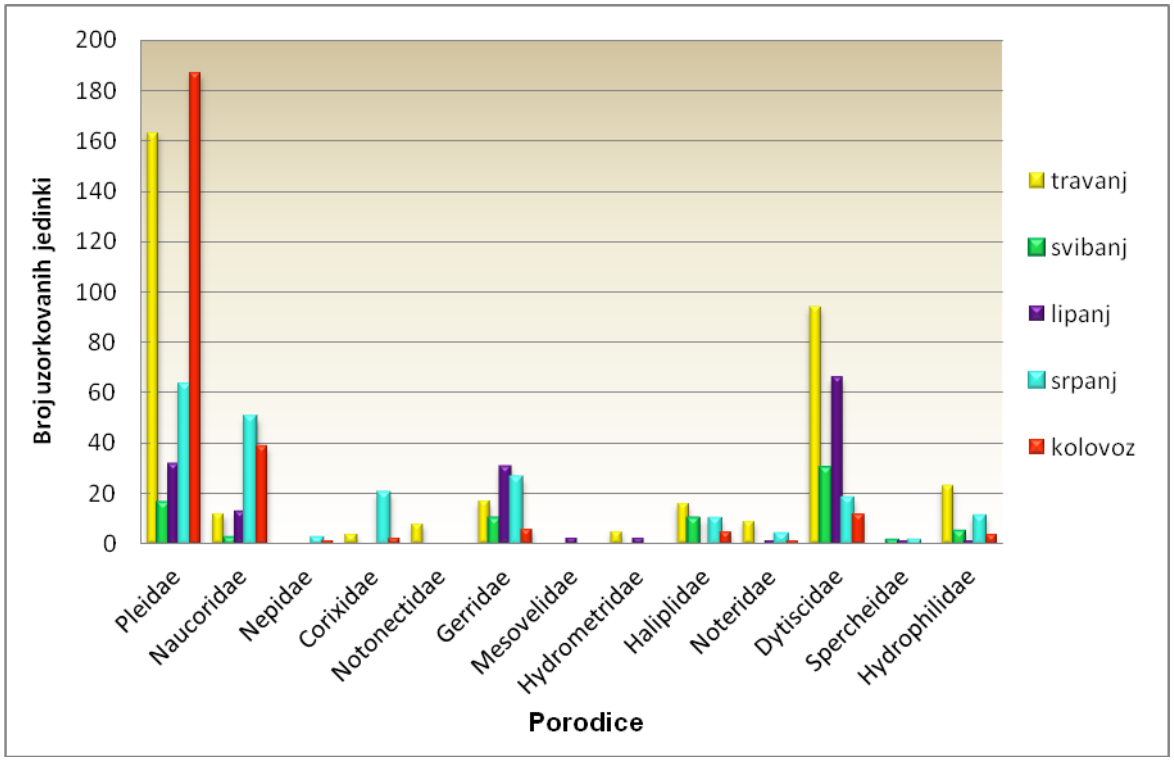


Slika 3. Eudominantne i dominantne porodice vodenih stjenica (Heteroptera)



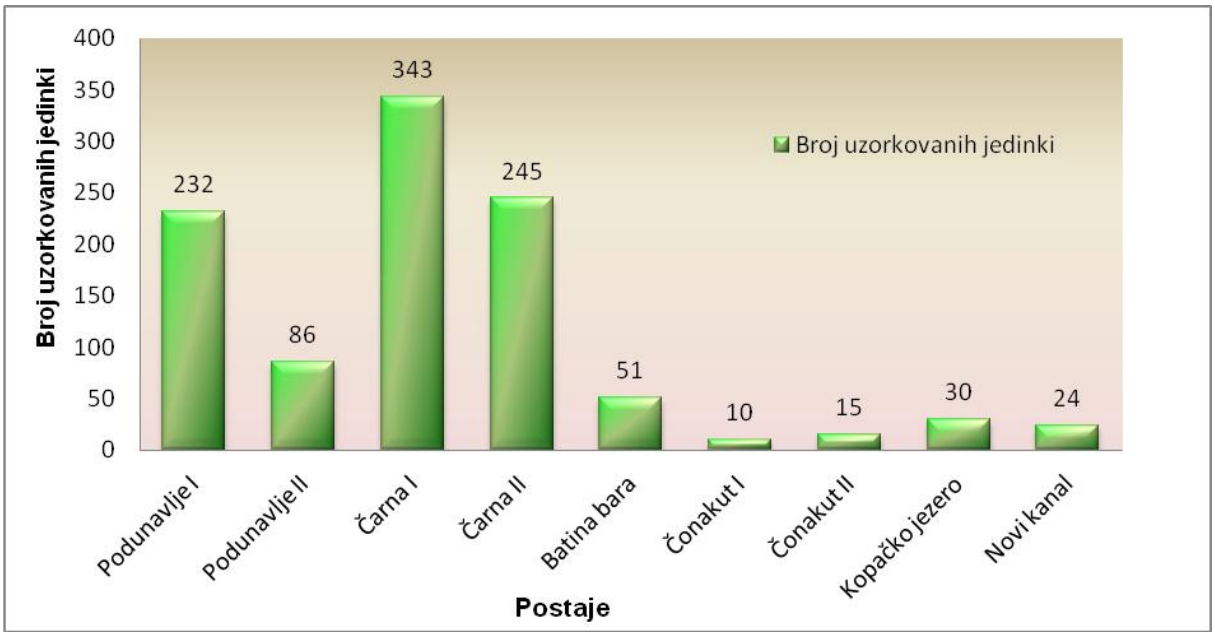
Slika 4. Eudominantne i subdominantne porodice vodenih kornjaša (Coleoptera)

Usporednim prikazom brojnosti porodica po mjesecima uzorkovanja (Tablica 2) vidljivo je da je u travnju uzorkovano najviše jedinki (33,8%), zatim u kolovozu 24,8%, srpnju 19,7%, lipnju 14,3 %, dok je u svibnju uzorkovano najmanje jedinki (7,1%). Na grafičkom je prikazu različitim bojama mjeseca prikazana upravo ta raspodjela brojnosti jedinki tijekom pet mjeseci uzorkovanja (Slika 5). Vidljivo je da su u travnju najbrojnije porodice Pleidae i Dytiscidae. U svibnju ima najmanje uzorkovanih jedinki, a porodica Dytiscide je najzastupljenija, kao i u lipnju. Tijekom mjeseca srpnja uzorkovano je najviše jedinki iz porodica Pleidae, Naucoridae, Gerridae i Corixidae, a zatim Dytiscidae. Porodica Pleidae najbrojnija je u mjesecu kolovozu, a tada je uzorkovan i veći broj jedinki iz porodice Naucoridae, dok su ostale porodice uzorkovane u puno manjem broju. Također je dobro prikazana i eudominantnost porodica Pleidae, Naucoridae i Dytiscidae, te dominantnost porodice Gerridae.

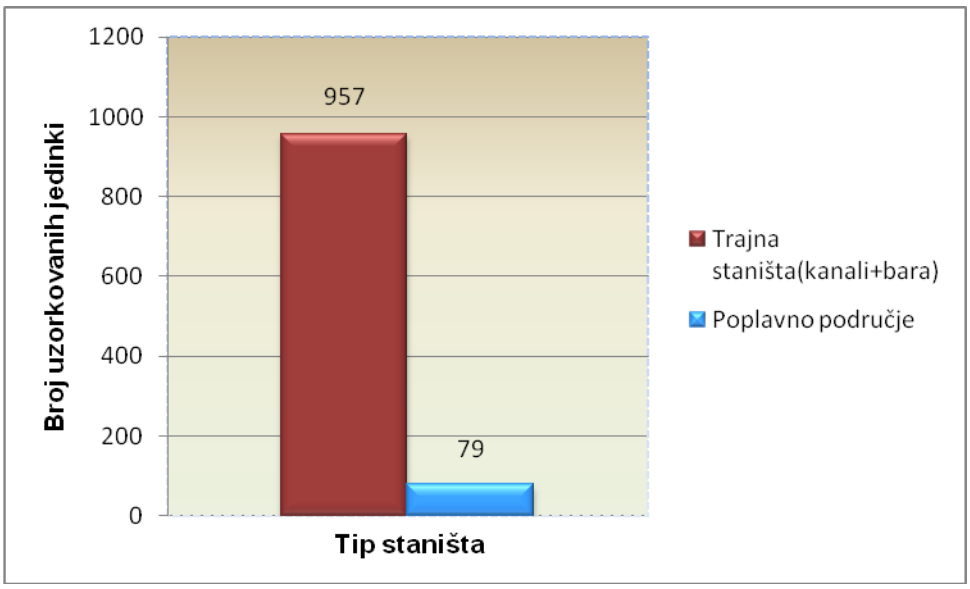


Slika 5. Usporedba brojnosti porodica vodenih kukaca (Heteroptera, Coleoptera) tijekom pet mjeseci uzorkovanja

Usporedbom broja uzorkovanih jedinki na devet postaja u Parku prirode Kopački rit vidljivo je da je na postaji Čarna I uzorkovano najviše jedinki, a zatim na postajama Čarna II i Podunavlje I. Na postajama Podunavlje II i Batina bara uzorkovan je također veći broj jedinki, dok je na ostalim postajama taj broj znatno manji (Slika 6). Na ovom grafičkom prikazu vidljiv je nesrazmjeran odnos uzorkovanih jedinki na dva različita tipa staništa. Radi bolje usporedbe napravljen je grafički prikaz usporedbe trajnih staništa i poplavnog područja prema brojnosti uzorkovanih jedinki (Slika 7).



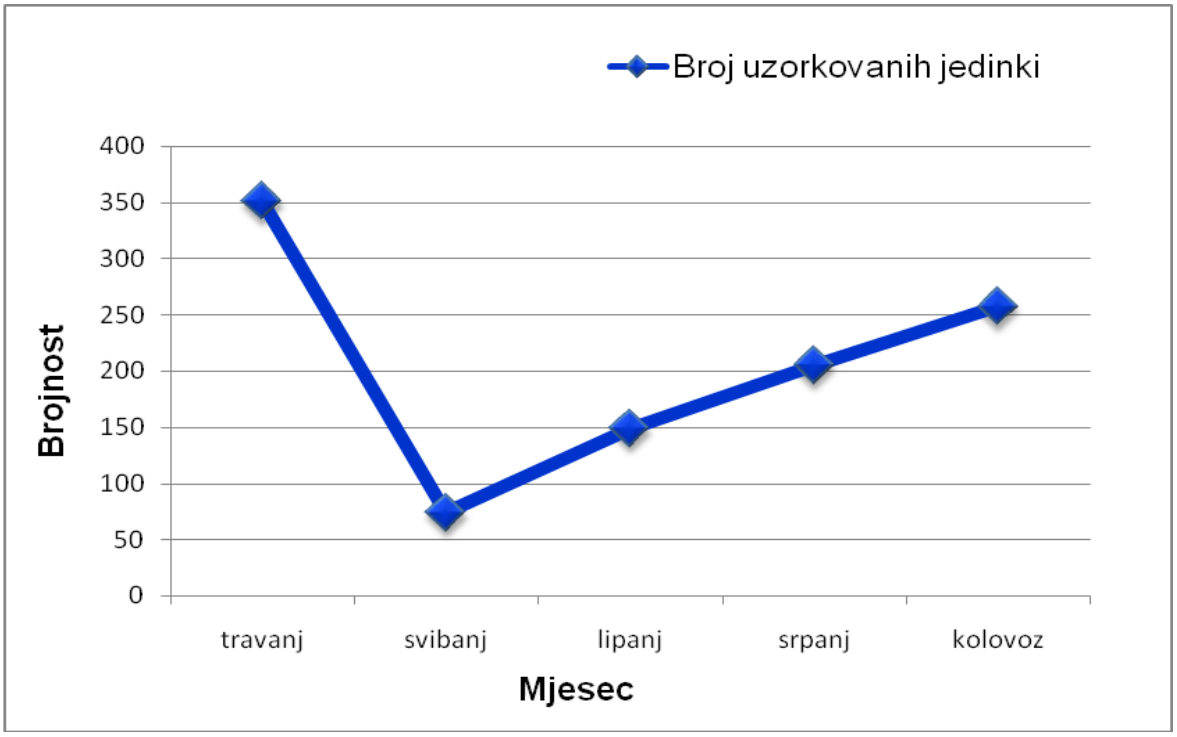
Slika 6. Usporedba brojnosti jedinki vodenih kukaca (Heteroptera, Coleoptera) na devet postaja uzorkovanja



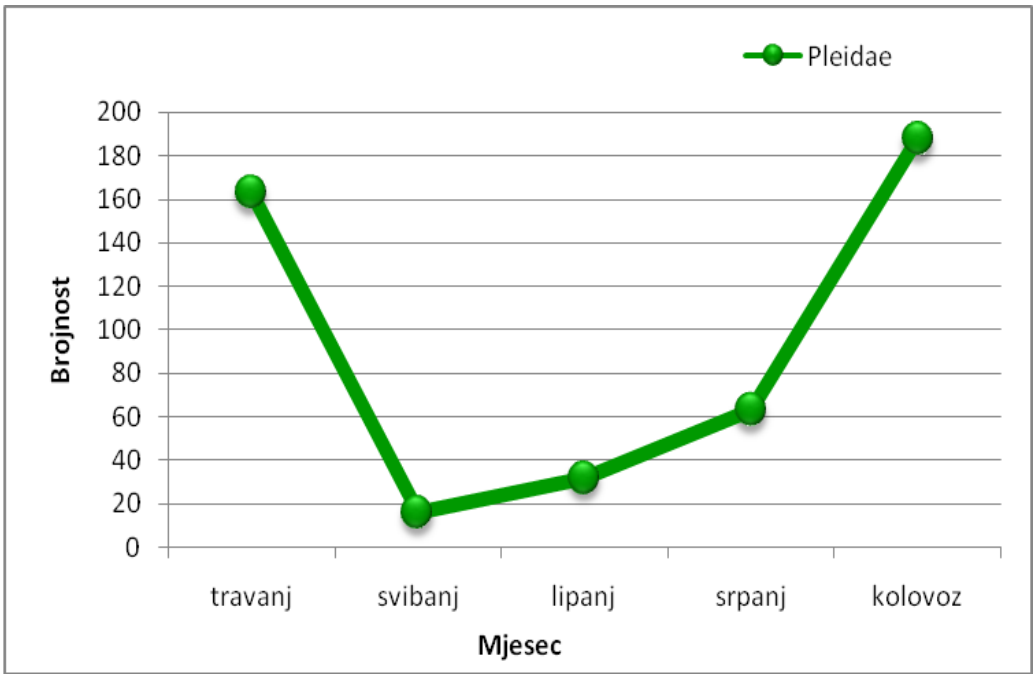
Slika 7. Usporedba brojnosti jedinki na trajnim staništima i poplavnom području

3.1.2. Sezonske promjene brojnosti i konstantnost vrsta

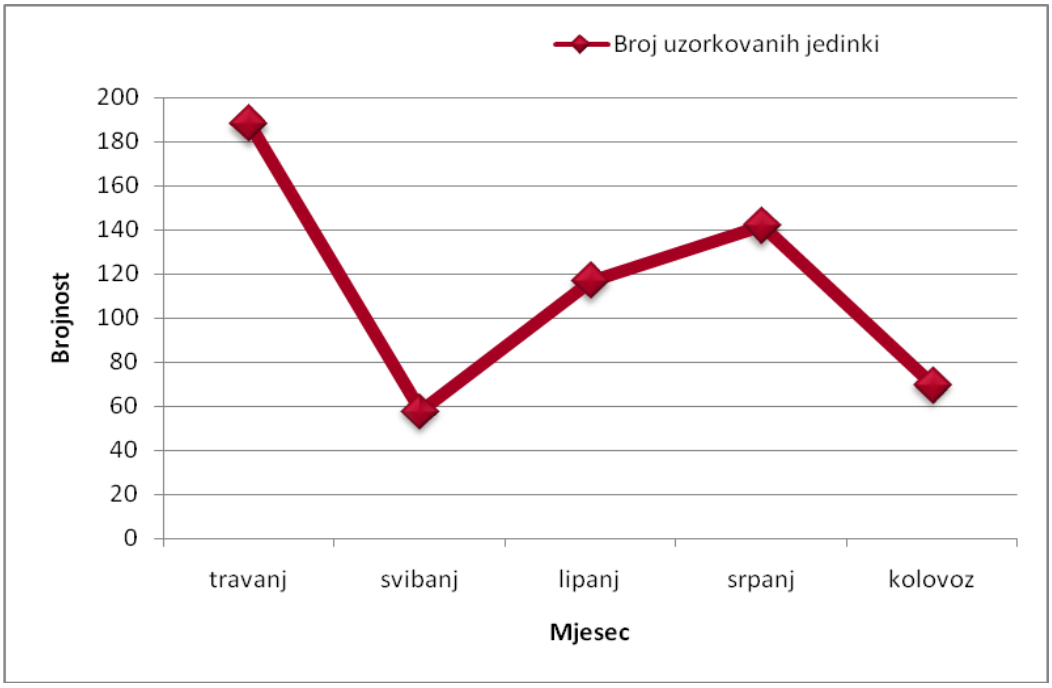
Sezonska dinamika brojnosti vodenih kukaca utvrđena je na osnovi ukupne prisutnosti jedinki na svim postajama prilikom svakog izlaska na teren u vremenskom periodu od pet mjeseci (Slika 8). Vidljiva je najveća brojnost jedinki u travnju, a zatim naglo opada u svibnju. Tijekom lipnja, srpnja i kolovoza brojnost se postupno povećava. Najbrojnija i eudominantna je porodica Pleidae, a najveći pik uzorkovanih jedinki vidljiv je u travnju i kolovozu (Slika 9). Međutim, ukoliko izdvojimo najbrojniju i eudominantnu porodicu Pleidae, grafički prikaz sezonske promjene brojnosti drastično se mijenja (Slika 10). U travnju je i dalje brojnost najveća, zatim opada naglo u svibnju, te postupno raste tijekom lipnja i srpnja, dok tijekom kolovoza broj vrsta ponovno naglo opada.



Slika 8. Sezonske promjene brojnosti vodenih kukaca (Heteroptera, Coleoptera) tijekom pet mjeseci uzorkovanja



Slika 9. Sezonske promjene brojnosti eudominantne porodice Pleidae tijekom pet mjeseci uzorkovanja



Slika 10. Sezonske promjene brojnosti vodenih kukaca (Heteroptera, Coleoptera), bez eudominantne porodice Pleidae, tijekom pet mjeseci uzorkovanja

Konstantnost vrsta je vrijednost koja na osnovi brojnosti uzoraka određuje u kojem postotku je određena vrsta zastupljena na nekom staništu. Iz tablice 3 vidljivo je da je samo 5 vrsta vodenih stjenica i kornjaša zastupljeno u više od 25% uzoraka na barem jednoj od postaja. Nakon određivanja kategorija konstantnosti utvrđeno je da niti jedna vrsta nije eukonstantna, ali su tri vrste konstantne. Vrste iz reda Heteroptera, *Plea minutissima* i *Gerris lacustris*, su konstantne vrste na dvije postaje. *Plea minutissima* konstantna je vrsta na postajama Podunavlje I (64,22%) i Čarna I (60,93%), a na postaji Čarna II je akcesorna (33,87%). *Gerris lacustris* konstantna je vrsta na postajama Čonakut I (50%) i Novi kanal (62, 50%). Još jedna vrsta iz reda Heteroptera je zastupljena u većem postotku, vrsta *Aquarius paludum*, i to samo na postaji Kopačko jezero (40%) i prema tome je akcesorna vrsta. Treća konstantna vrsta je iz reda Coleoptera, *Cybister lateralimarginalis*, na postaji Kopačko jezero (50%). Vrsta *Rhantus latitans*, također iz reda Coleoptera, akcesorna je vrsta na postaji Čonakut II. Na ostalim postajama koje nisu navedene, ove vrste su akcidentalne. Također je ustanovljeno da je od ukupno 56 uzorkovanih vrsta, 51 vrsta akcidentalna.

Tablica 3. Konstantnost vrsta vodenih kukaca (Heteroptera, Coleoptera) na devet postaja uzorkovanja (postaje: Pd I – Poduavlje I, Pd II – Podunavlje II, Čar I – Čarna I; ispred Zlatne Grede, Čar II - Čarna II; iza Zlatne Grede, Bb – Batina bara, Čon I - Čonakut I, Čon II - Čonakut II, Kj - Kopačko jezero i Nk - Novi kanal)

Vrsta/postaja	Pod I	Pod II	Čar I	Čar II	Bb	Čon I	Čon II	Kj	Nk
Plea minutissima	64,22%	23,25%	60,93%	33,87%	0	0	0	0	0
Gerris lacustris	2,58%	13,95%	7,80%	1,22%	3,92%	50%	13,30%	0	62,50%
Aquarius paludum	0	0	0,29%	0	0	20%	0	40%	12,50%
Rhantus latitans	0	0	0	0	3,92%	0	26,66%	3,33%	0
Cybister lateralimarginalis	3,44%	25,58%	2,04%	0	0	0	6,66%	50%	0

Konstantnost u postocima

	eukonstantne 75-100%
	konstantne 50-75%
	akcesorne 25-50%
	akcidentalne 0-25%

3.1.3. Sistematski popis vrsta

Sistematski popis vrsta prikazan je prema zastupljenosti vrsta na dva tipa staništa istraživanog područja, trajnim staništima i poplavnom području. Na trajnim staništima prisutan je puno veći biodiverzitet vrsta. Zabilježeno je 53 vrste od ukupno 56 vrsta, što je posljedica znatno većeg broja uzorkovanih jedinki na tim područjima. Na poplavnom području zabilježeno je 14 vrsta, od kojih su svega tri vrste prisutne samo na poplavnom području, a ostalih 11 na oba staništa. Popis sistematskih kategorija usklađen je prema ključevima za determinaciju vrsta (Csabai Z, 2000; Csabai i sur., 2002; Nilsson A. N, 1996).

Sistematski popis vrsta vodenih stjenica (Heteroptera) i kornjaša (Coleoptera) zabilježenih na trajnim staništima (kanali i bara) u Parku prirode Kopački rit:

Red **Heteroptera**

Podred Nepomorpha

Porodica Pleidae

- *Plea minutissima* (Leach, 1817)

Porodica Naucoridae

- *Ilyocoris cimicoides* (Linnaeus, 1758)

Porodica Nepidae

- *Ranatra linearis* (Linnaeus, 1758)

Porodica Corixidae

- *Sigara nigrolineata* (Fieber, 1848)
- *Sigara semistriata* (Fieber, 1848)
- *Sigara dorsalis* (Leach, 1817)
- *Cymatia coleoptrata* (Fabricius, 1777)
- *Hesperocorixa linnaei* (Fieber, 1848)

Porodica Notonectidae

- *Notonecta glauca* (Linnaeus, 1758)

Podred Gerromorpha

Porodica Gerridae

- *Aquarius paludum* (Fabricius, 1794)
- *Gerris lacustris* (Linné, 1758)

Porodica Hydrometridae

- *Hydrometra stagnorum* (Linnaeus, 1758)

Red **Coleoptera**

Podred Adephaga

Porodica Haliplidae

- *Haliplus ruficollis* (De Geer, 1774)
- *Haliplus fluviatilis* (Aubé, 1836)
- *Haliplus immaculatus* (Gerhardt, 1877)
- *Haliplus furcatus* (Seidlitz, 1887)
- *Peltodytes caesus* (Duftschmid, 1805)

Porodica Noteridae

- *Noterus crassicornis* (Müller, 1776)
- *Noterus clavicornis* (De Geer, 1774)

Porodica Dytiscidae

- *Hydroporus palustris* (Linnaeus, 1761)
- *Laccophilus poecilus* (Klug, 1834)
- *Laccophilus minutus* (Linnaeus, 1758)
- *Hygrotus impressopunctatus* (Schaller, 1783)
- *Hygrotus inaequalis* (Fabricius, 1792)
- *Hygrotus versicolor* (Schaller, 1783)
- *Copelatus haemorrhoidalis* (Fabricius, 1787)
- *Hydroglyphus geminus* (Fabricius, 1792)
- *Hyphydrus ovatus* (Linnaeus, 1761)
- *Rhantus latitans* (Sharp, 1882)
- *Rhantus exoletus* (Forster, 1771)
- *Agabus undulatus* (Schrank, 1776)
- *Agabus affinis* (Paykull, 1798)
- *Ilybius fenestratus* (Fabricius, 1781)
- *Acilius sulcatus* (Linnaeus, 1758)
- *Hydaticus seminiger* (De Geer1774)
- *Dytiscus dimidiatus* (Bergstrasser, 1778)
- *Dytiscus circumcinctus* (Ahrens, 1811)
- *Cybister lateralimarginalis* (De Geer, 1774)

Podred Polyphaga

Porodica Spercheidae

- *Spercheus emarginatus* (Schaller, 1783)

Porodica Hydrophilidae

- *Anacaena limbata* (Fabricius, 1792)
- *Anacaena lutensces* (Stephens, 1829)
- *Helochares obscurus* (Müller, 1776)
- *Helophorus brevipalpis* (Bedel, 1881)
- *Laccobius minutus* (Linnaeus, 1758)
- *Enochrus quadripunctatus* (Herbst, 1797)
- *Enochrus nigritus* (Sharp, 1872)
- *Enochrus testaceus* (Fabricius, 1801)
- *Limnoxenus niger* (Zschach, 1788)
- *Hydrochara caraboides* (Linnaeus, 1758)
- *Berosus signaticollis* (Charpentier, 1825)
- *Berosus geminus* (Reiche et Saulcy, 1856)
- *Hydrophilus piceus* (Linnaeus, 1758)

Sistematski popis vrsta vodenih stjenica (Heteroptera) i kornjaša (Coleoptera) zabilježenih na poplavnom području Parka prirode Kopački rit:

Red **Heteroptera**

Podred Nepomorpha

Porodica Nepidae

- *Ranatra linearis* (Linnaeus, 1758)

Podred Gerromorpha

Porodica Gerridae

- *Aquarius paludum* (Fabricius, 1794)
- *Gerris lacustris* (Linné, 1758)

Porodica Mesovelidae

- *Mesoveliia furcata* (Mulsant et Rey, 1852)

Porodica Hydrometridae

- *Hydrometra stagnorum* (Linnaeus, 1758)

Red **Coleoptera**

Podred Adephaga

Porodica Dytiscidae

- *Porhydrus lineatus* (Fabricius, 1775)
- *Laccophilus poecilus* (Klug, 1834)
- *Rhantus latitans* (Sharp, 1882)
- *Acilius sulcatus* (Linnaeus, 1758)
- *Graphoderus bilineatus* (De Geer, 1774)
- *Cybister lateralimarginalis* (De Geer, 1774)

Podred Polyphaga

Porodica Spercheidae

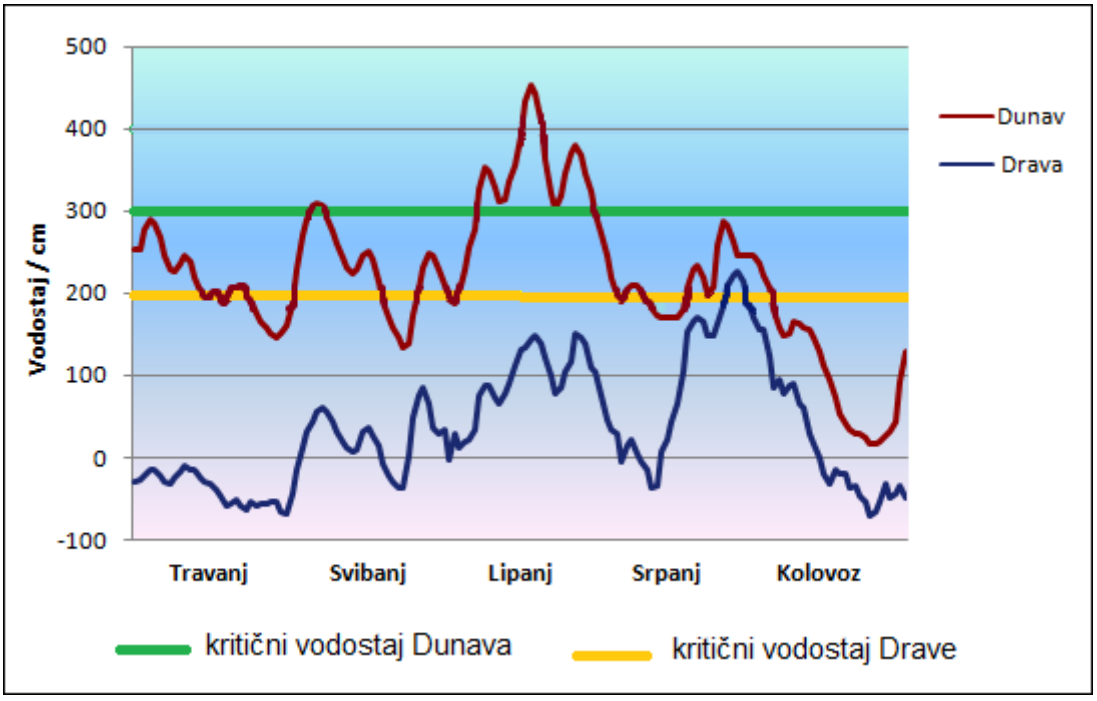
- *Spercheus emarginatus* (Schaller, 1783)

Porodica Hydrophilidae

- *Helochares obscurus* (Müller, 1776)
- *Berosus signaticollis* (Charpentier, 1825)

3.1.4. Utjecaj vodostaja Drave i Dunava na brojnost jedinki

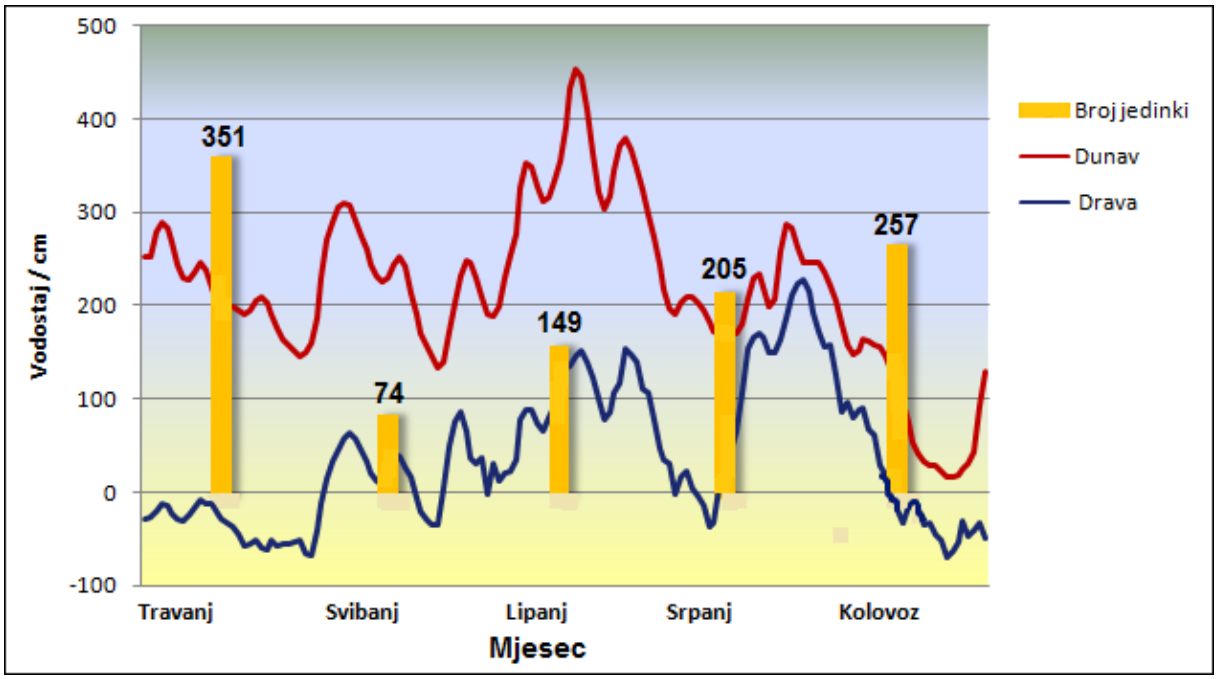
Kritične granice vodostaja nakon kojih se voda počinje ulijevati u Kopački rit iznose: +300 cm za Dunav i +200 cm za Dravu. Iz baze podataka Hrvatskih voda Zagreb dobiveni su podaci o vrijednostima vodostaja tijekom pet mjeseci ovog istraživanja te su prikazane grafički (Slika 11). Tijekom prvog uzorkovanja razine vodostaja za obje rijeke su bile ispod kritičnih vrijednosti i nije bilo plavljenja u Parku prirode. Tijekom svibnja nije bilo značajnijih promjena vodostaja, no u lipnju je vodostaj Dunava značajno porastao preko kritične vrijednosti i tada je Kopački rit bio poplavljen. U srpnju je vodostaj Dunava polako opadao, no vodostaj Drave je porastao preko kritične vrijednosti. Nakon toga, u kolovozu, oba vodostaja su opadala, temperature su dosezale visoke vijednosti, te je poplavno područje bilo izloženo velikoj evaporaciji i insolaciji i voda je postupno nestajala.



Slika 11. Vodostaj Drave i Dunava od travnja do kolovoza 2012. godine

Ovakav vodni režim i plavljenje Kopačkog rita imao je utjecaj i na faunu vodenih kukaca (Heteroptera, Coleoptera). Grafičkim prikazom uspoređena je brojnost jedinki u odnosu na vodostaje rijeka Drave i Dunava (Slika 12). Vidljivo je da brojnost jedinki ne prati vrijednosti vodostaja Drave i Dunava, odnosno da je za vrijeme najvećih

vodostaja uzorkovan manji broj jedinki. U svibnju, kada je uzorkovan najmanji broj jedinki, vrijeme je bilo nestabilno i tijekom oba dana uzorkovanja padala je kiša, što može također utjecati na rezultate. Bitan je i podatak da je u lipnju uzorkovanje obavljeno dan poslije ulaska velike količine nove vode u Kopački rit. Tijekom srpnja broj jedinki se povećava, a za kolovoz je potrebno uzeti u obzir dominantnost vrste *Plea minutissima* (Slika 9) jer zapravo broj ostalih jedinki opada u odnosu na srpanj.



Slika 12. Usporedba brojnosti uzorkovanih jedinki vodenih kukaca (Heteroptera, Coleoptera) i vodostaja Drave i Dunava tijekom pet mjeseci uzorkovanja

3.1.5. Temperaturni uvjeti tijekom pet mjeseci uzorkovanja

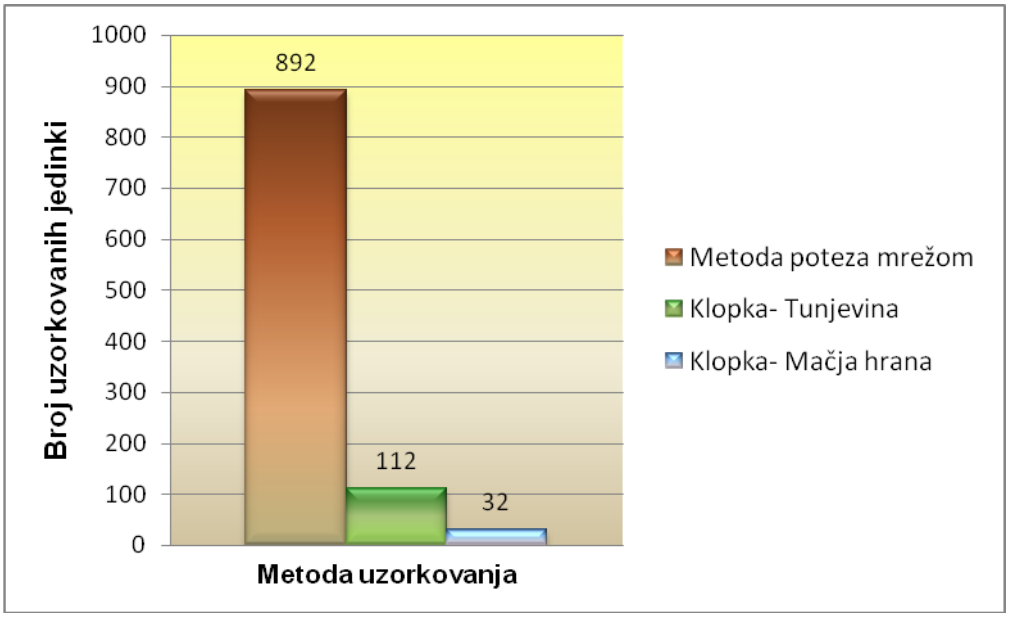
Temperatura je također važan abiotički čimbenik koji uvjetuje stanje u okolišu. Od Državnog hidrometeorološkog zavoda preuzete su karte koje prikazuju temperaturne vrijednosti tijekom 2011. i 2012. godine. Za 2011. godinu vidljivo je da je na području istraživanja, odnosno Kopačkog rita, temperatura označena kategorijom vrlo toplo (Slika 13). Za razliku od te godine, za 2012. godinu prisutna je samo kategorija ektremno toplo za cijelu Hrvatsku (Slika 14), što govori da je temperatura vode, kao i evaporacija bila znatno veća ove godine u odnosu na prošlu, što može utjecati na podatke o brojnosti uzorkovanih jedinki vodenih stjenica i kornjaša.

Slika 13. Prosječne vrijednosti temperature za 2011. godinu (web 1)

Slika 14. Prosječna vrijednost temperature za 2012. godinu (web 2)

3.2. Usporedba učinkovitosti metoda uzorkovanja vodenih kukaca

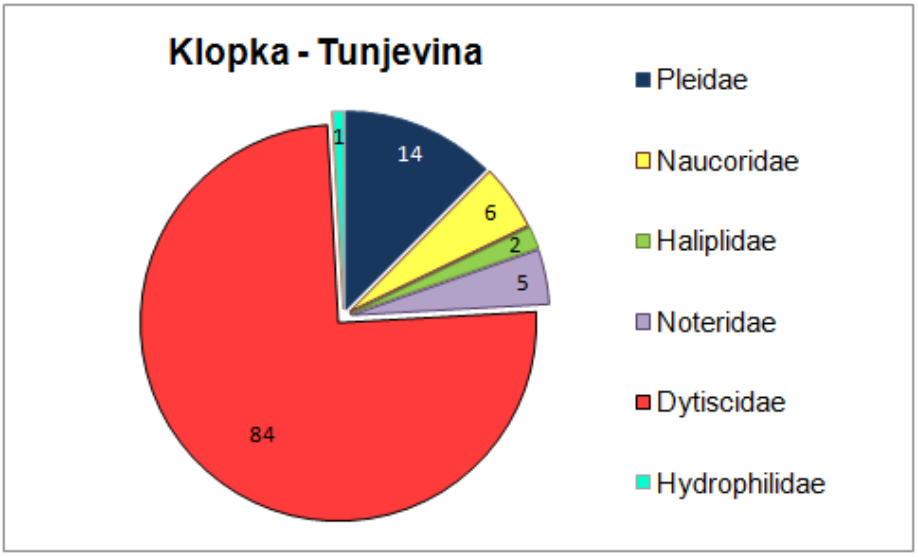
Uzorkovanje vodenih kukaca tijekom pet mjeseci u Parku prirode Kopački rit provedeno je s dvije različite metode uzorkovanja. Kvalitativom metodom poteza ručnom mrežom uzorkovano je ukupno 892 jedinka, dok je kvantitativnom metodom klopka-boca uzorkovano ukupno 144 jedinke. Za metodu klopka-boca važan je i podatak da je 112 jedinki uzorkovano u klopkama gdje je atraktant bila tunjevina, a samo 32 jedinke u klopkama s mačjom hranom kao atraktantom (Slika 15).



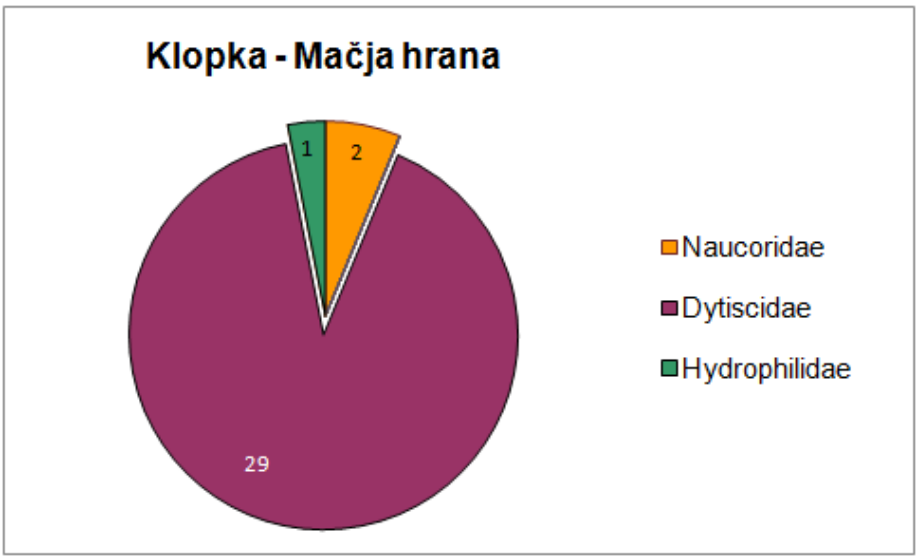
Slika 15. Usporedba brojnosti uzorkovanih vodenih kukaca (Heteroptera, Coleoptera) s metodom poteza mrežom i klopkama s dva atraktanta

Metodom aktivnog poteza mrežom uzorkovano je ukupno 44 vrste, a metodom klopki s atraktantima 12 vrsta, od kojih 11 pripada porodici Dytiscidae i jedna vrsta iz porodice Hydrophilidae. Metodom klopka-boca, s tunjevinom kao atraktantom, uzorkovano je ukupno 112 jedinki koje su svrstane u 6 porodica. Najbrojnije su vrste iz reda Coleoptera, čak 84 jedinke pripadaju porodici Dytiscidae (Slika 16). Zatim slijede porodica Noteridae s uzorkovanih 5 jedinki, porodica Haliplidae s uzorkovane dvije jedinke, te porodica Hydrophilidae s uzorkovanom jednom jedinkom. Od reda Heteroptera najbrojnija je porodica Pleidae s 14 uzorkovanih jedinki, te porodica Naucoridae s uzorkovanih 6 jedinki. Atraktant mačja hrana je manje učinkovita, uzorkovano je ukupno 32 jedinke, a najviše ih pripada porodici Dytiscidae (29

jedinki). Porodici Naucoridae pripadaju dvije jedinke, a porodici Hydrophilidae samo jedna jedinka (Slika 17).



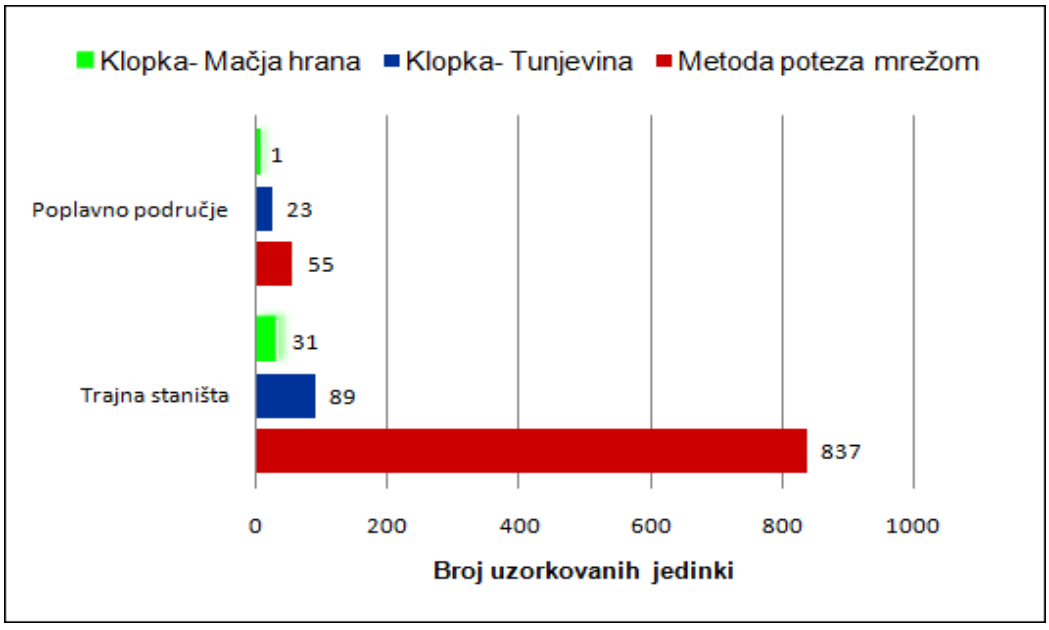
Slika 16. Usporedba brojnosti uzorkovanih porodica metodom klopka-boca s tunjevinom kao atraktantom



Slika 17. Usporedba brojnosti uzorkovanih porodica metodom klopka-boca s mačjom hranom kao atraktantom

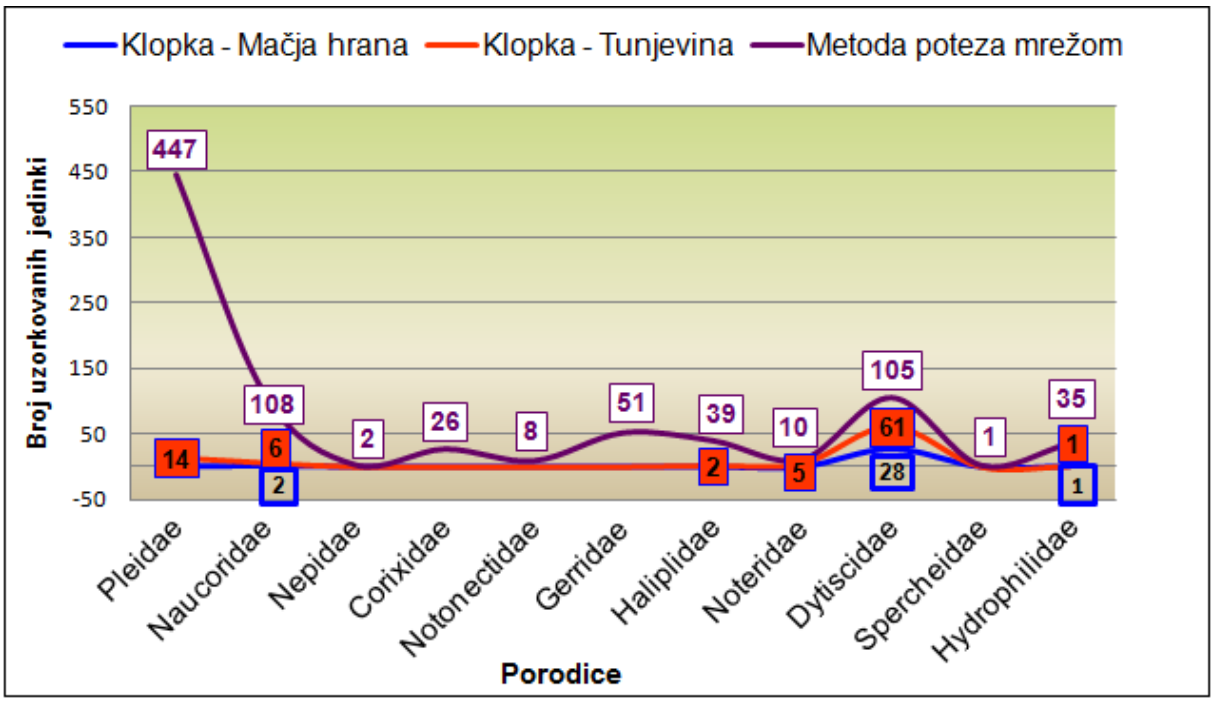
3.2.1. Usporedba učinkovitosti metoda uzorkovanja na trajnim staništima i poplavnom području

Usporedbom dviju metoda uzorkovanja vodenih kukaca na trajnim vodenim staništima i poplavnom području, vidljiva je sličnost u učinkovitosti ovih metoda, izuzevši brojnost kao parametar u ovom grafičkom prikazu (Slika 18). Za oba staništa najučinkovitija je metoda poteza ručnom mrežom, zatim slijedi metoda klopka-boca s tunjevinom kao atraktantom, dok najmanju učinkovitost ima ista metoda, ali s mačjom hranom kao atraktantom. Na trajnim staništima uzorkovan je puno veći broj jedinki, a čak 837 jedinki uzorkovano je metodom poteza mrežom, od ukupno 957 jedinki uzorkovanih s obje metode na tim staništima. Na poplavnom području uzorkovan je puno manji broj jedinki, a najučinkovitijom metodom se također pokazala metoda poteza mrežom kojom je uzorkovano 55 jedinki, od ukupno 79 jedinki uzorkovanih s obje metode na ovim područjima. Metodom klopka-boca na trajnim staništima uzorkovano je ukupno 120 jedinki, od kojih je 89 jedinki uzorkovano u klopkama s tunjevinom kao atraktantom, a 31 jedinka u klopkama s mačjom hranom, što pokazuje veću učinkovitost tunjevine kao atraktanta. Istom metodom na poplavnom području uzorkovano je ukupno 24 jedinke, od kojih su 23 jedinke uzorkovane u klopkama s tunjevinom, a samo jedna jedinka uzorkovana je u klopci s mačjom hranom.



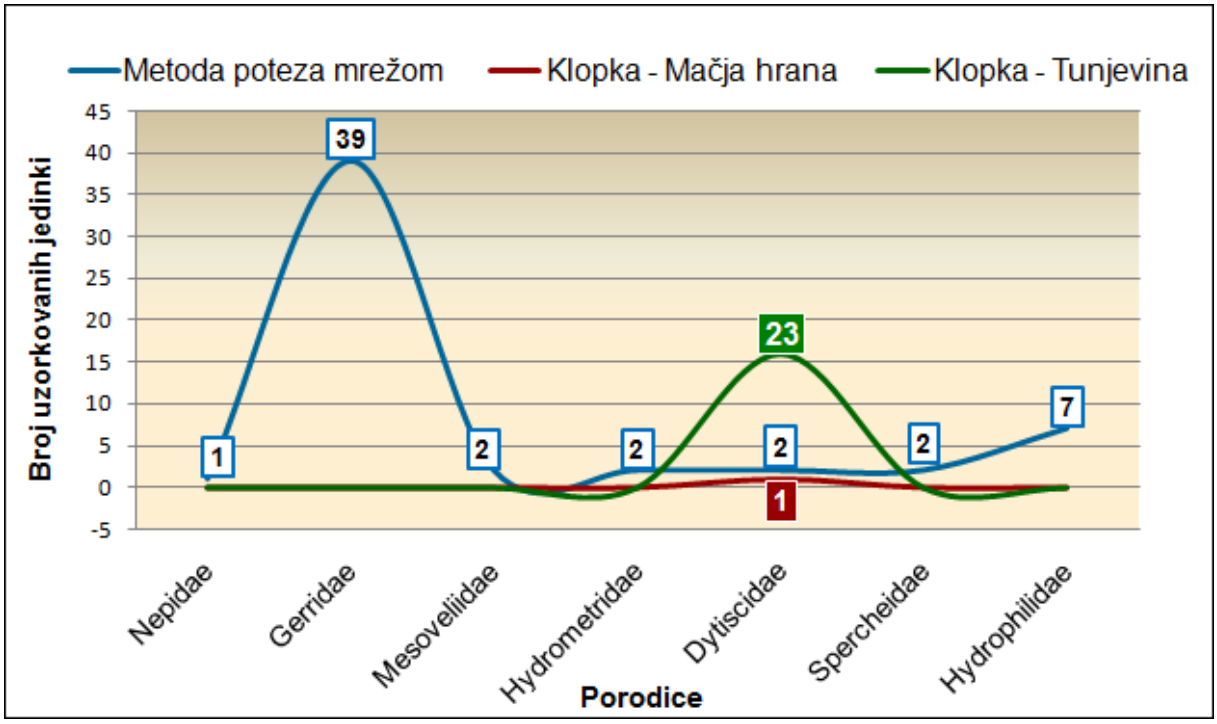
Slika 18. Usporedba učinkovitosti metoda uzorkovanja vodenih kukaca (Heteroptera, Coleoptera) na trajnim staništima i poplavnom području Parka prirode Kopački rit

Na trajnim staništima, s obje metode, uzorkovano je ukupno 957 jedinki vodenih kukaca svrstanih u 53 vrste i 11 porodica. Na grafičkom prikazu vidljiva je najveća brojnost porodice Pleidae pri uzorkovanju metodom poteza mrežom, a zatim porodice Naucoridae i Dytiscidae (Slika 19). Od ukupno 21 vrste iz porodice Dytiscidae, na trajnim je staništima metodom poteza mrežom uzorkovano 19 vrsta. Metodom klopka-boca s atraktantima uzorkovan je manji broj jedinki, a od uzorkovanih najviše pripada porodici Dytiscidae. Klopke s tunjevinom kao atraktantom pokazale su se učinkovitijima, s uzorkovanom 61 jedinkom, dok je klopkama s mačjom hranom uzorkovano 28 jedinki. Mačja hrana pokazala se kao lošiji atraktant, a jedinke koje su uzorkovane tom metodom pripadaju porodicama Naucoridae, Dytiscidae i Hydrophilidae, od kojih je najzastupljenija porodica Dytiscidae s 28 uzorkovanih jedinki.



Slika 19. Usporedba metoda uzorkovanja po porodicama vodenih kukaca (Heteroptera, Coleoptera) na trajnim staništima u Parku prirode Kopački rit

Na poplavnom području Parka prirode Kopački rit s obje metode uzorkovano je ukupno 79 jedinki, koje su svrstane u 14 vrsta i 7 porodica. Metodom poteza velikom mrežom uzorkovano je najviše jedinki, ukupno 55, dok je metodom klopka-boca uzorkovano ukupno 24 jedinke. Usporedbom rezultata (Slika 20) vidljivo je da je metoda aktivnog poteza mrežom najučinkovitija za porodicu Gerridae s ukupno 39 uzorkovanih jedinki. Ova porodica zastupljena je s dvije vrste na poplavnom području, *Gerris lacustris* i *Aquarius paludum*. Metodom poteza velikom mrežom uzorkovano je još sedam jedinki iz porodice Hydrophilidae, po dvije jedinke iz porodica Medoveliidae, Hydrometridae, Dytiscidae i Spercheidae te jedna jedinka iz porodice Nepidae, *Ranatra linearis*. Na poplavnom području, za metodu klopka-boca također se tunjevina pokazala kao bolji atraktant, te je uzorkovano 23 jedinke. Sve jedinke pripadaju porodici Dytiscidae što ukazuje na veliku selektivnost ove metode. Rezultat za klopke s mačjom hranom je samo jedna jedinka koja pripada porodici Dytiscide, vrsta *Laccophilus poecilus*.



Slika 20. Usporedba metoda uzorkovanja po porodicama vodenih kukaca (Heteroptera, Coleoptera) na poplavnim područjima Parka prirode Kopački ri

3.2.2. Usporedba sličnosti faune uzorkovanih vrsta s obzirom na tip staništa i metodu uzorkovanja

Radi usporedbe faunističke sličnosti s obzirom na tip staništa i metodu uzorkovanja, izračunat je Sörensenov indeks. Tablica 4 prikazuje popis svih uzorkovanih vrsta na oba staništa, a zvjezdicom je označeno kojom metodom su uzorkovane. Od ukupno 56 vrsta, 31 je uzorkovana samo metodom poteza mrežom (Tablica 4; vrste označene zelenom bojom), a 12 vrsta je uzorkovano samo metodom klopka-boca (Tablica 4; vrste označene ljubičastom bojom). Ostalih 13 vrsta uzorkovano je s obje metode, a stupanj faunističke sličnosti za metode uzorkovanja iznosi 37,6%.

Stupanj sličnosti za trajna staništa i poplavno područje iznosi 32,8%. Ukupno 42 vrste pojavljuju se samo na trajnim vodenim staništima (Tablica 5; vrste označene s dvije zvjezdice), dok se tri vrste pojavljuju samo na poplavnom području i to su vrste: *Mesovelia furcata*, *Porhydrus lineatus* i *Graphoderus bilineatus*. Broj vrsta koji se pojavljuje na oba staništa je 11 (Tablica 5; vrste označene plavom bojom).

Faunistička sličnost za metodu poteza mrežom na trajnim staništima i poplavnom području iznosi 30,7%. Ovom metodom je ukupno uzorkovano 44 vrste, na oba staništa, od kojih su 33 vrste uzorkovane samo na trajnim vodenim staništima, tri vrste samo na poplavnom području; *Mesovelia furcata, Rhantus latitans* i *Graphoderus bilineatus*, a osam vrsta je uzorkovano na oba staništa: *Gerris lacustris*, *Aquarius paludum*, *Hydrometra stagnorum*, *Ranatra linearis*, *Spercheus emarginatus*, *Helochares obscurus*, *Berosus signaticolis* i *Hydrochara caraboides*.

Tablica 4. Usporedba uzorkovanih jedinki s obzirom na metodu uzorkovanja

Vrsta	Metoda poteza mrežom	Metoda klopka-boca
Plea minutissima	*	*
Ilyocoris cimicoides	*	*
Gerris lacustris	*	
Aquarius paludum	*	
Mesovelia furcata	*	
Hydrometra stagnorum	*	
Hydrometra gracilienta	*	
Sigara nigrolineata	*	
Sigara semistriata	*	
Sigara dorsalis	*	
Cymatia coleoptrata	*	
Hesperocorixa linnaei	*	
Ranatra linearis	*	
Notonecta glauca	*	
Haliplus ruficollis	*	
Haliplus fluviatilis	*	
Haliplus immaculatus	*	
Haliplus furcatus	*	*
Peltodytes caesus	*	*
Noterus crassicornis	*	*
Noterus clavicornis	*	
Porhydrus lineatus		*
Hydroporus palustris	*	*
Laccophilus poecilus	*	*
Laccophilus minutus	*	
Hygrotus impressopunctatus		*
Hygrotus inaequalis	*	*
Hygrotus versicolor	*	*
Copelatus haemorrhoidalis		*
Hydroglyphus geminus	*	*
Hyphydrus ovatus	*	
Rhantus latitans	*	*
Rhantus exoletus		*
Agabus undulatus		*
Agabus affinis		*
Ilybius fenestratus	*	*
Acilius sulcatus		*
Hydaticus seminiger		*
Graphoderus bilineatus	*	
Dytiscus dimidiatus		*
Dytiscus circumcinctus		*
Cybister lateralimarginalis	*	*
Spercheus emarginatus	*	
Anacaena limbata	*	
Anacaena lutensces	*	
Helochares obscurus	*	
Helophorus brevipalpis	*	
Laccobius minutus	*	
Enochrus quadripunctatus	*	
Enochrus nigritus	*	
Enochrus testaceus	*	
Limnoxenus niger		*
Hydrochara caraboides		*
Berosus signaticollis	*	
Berosus geminus	*	
Hydrophilus piceus	*	

Tablica 5. Usporedba uzorkovanih jedinki s obzirom na metodu uzorkovanja na trajnim vodenim staništima (** - vrste prisutne samo na trajnim vodenim staništima)

Vrsta	Metoda poteza mrežom	Metoda klopka-boca
Plea minutissima	**	**
Ilyocoris cimicoides	**	**
Gerris lacustris	*	
Aquarius paludum	*	
Hydrometra stagnorum	*	
Hydrometra gracilienta	*	
Sigara nigrolineata	**	
Sigara semistriata	**	
Sigara dorsalis	**	
Cymatia coleoptrata	**	
Hesperocorixa linnaei	**	
Ranatra linearis	**	
Notonecta glauca	*	
Haliplus ruficollis	**	
Haliplus fluviatilis	**	
Haliplus immaculatus	**	
Haliplus furcatus	**	**
Peltodytes caesus	**	**
Noterus crassicornis	**	**
Noterus clavicornis	**	
Hydroporus palustris	**	**
Laccophilus poecilus	*	*
Laccophilus minutus	**	
Hygrotus impressopunctatus		**
Hygrotus inaequalis	**	**
Hygrotus versicolor	**	**
Copelatus haemorrhoidalis		**
Hydroglyphus geminus	**	**
Hyphydrus ovatus	**	
Rhantus latitans		*
Rhantus exoletus		**
Agabus undulatus		**
Agabus affinis		**
Ilybius fenestratus	**	**
Acilius sulcatus		*
Hydaticus seminiger		**
Dytiscus dimidiatus		*
Dytiscus circumcinctus		*
Cybister lateralimarginalis	*	*
Spercheus emarginatus	*	
Anacaena limbata	**	
Anacaena lutensces	**	
Helochares obscurus	*	
Helophorus brevipalpis	**	
Laccobius minutus	**	
Enochrus quadripunctatus	**	
Enochrus nigritus	**	
Enochrus testaceus	**	
Limnoxenus niger	*	**
Hydrochara caraboides		**
Berosus signaticollis	*	
Berosus geminus	**	
Hydrophilus piceus	**	

Faunistička sličnost na poplavnom području za obje metode iznosi 7,1%. Od ukupno 14 vrsta, devet vrsta uzorkovano je samo metodom poteza mrežom, četiri vrste uzorkovane su samo metodom klopka-boca, a jedino je vrsta *Rhantus latitans* uzorkovana je s obje metode (Tablica 6).

U tablici 7 prikazane su vrste uzorkovane na oba staništa s metodom klopka-boca s obzirom na atraktant. Jedino vrsta *Porhydrus lineatus*, koja je uzorkovana metodom klopka-boca s tunjevinom kao atraktantom, nije prisutna u tablici 8, odnosno nije uzorkovana na trajnim staništima.

U tablici 8 raspisane su vrste uzorkovane metodom klopka-boca na trajnim vodenim staništima prema atraktantu. U klopkama s tunjevinom uzorkovano je 12 vrsta, u klopkama s mačjom hranom pet vrsta, a s oba atraktanta uzorkovano je sedam vrsta, a to su vrste: *Ilyocoris cimicoides*, *Hygrotus inaequalis*, *Rhantus latitans*, *Agabus undulatus*, *Ilybius fenestratus*, *Acilius sulcatus* i *Cybister lateralimarginalis*. Faunistička sličnost iznosi 45,1 %.

Vrste uzorkovane metodom klopka-boca na poplavnom području s obzirom na atraktant prikazane su u tablici 9. Uzorkovano je ukupno pet vrsta; četiri vrste u klopkama s tunjevinom (*Porhydrus lineatus*, *Rhantus latitans*, *Acilius sulcatus* i *Cybister lateralimarginalis*) i jedna vrsta u klopkama s mačjom hranom (*Laccophilus poecilus*).

Tablica 6. Usporedba uzorkovanih jedinki s obzirom na metodu uzorkovanja na poplavnom području

Vrsta	Metoda poteza mrežom	Metoda klopka-boca
Gerris lacustris	*	
Aquarius paludum	*	
Mesovelia furcata	*	
Hydrometra stagnorum	*	
Ranatra linearis	*	
Porhydrus lineatus		*
Laccophilus poecilus		*
Rhantus latitans	*	*
Acilius sulcatus		*
Graphoderus bilineatus	*	
Cybister lateralimarginalis		*
Spercheus emarginatus	*	
Helochares obscurus	*	
Berosus signaticollis	*	

Tablica 7. Usporedba uzorkovanih vrsta s metodom klopka-boca s obzirom na atraktant

Vrsta	Klopka-boca (tunjevina)	Klopka-boca (mačja hrana)
Plea minutissima	*	
Ilyocoris cimicoides	*	*
Haliplus furcatus	*	
Peltodytes caesus	*	
Noterus crassicornis	*	
Porhydrus lineatus	*	
Hydroporus palustris		*
Laccophilus poecilus		*
Hygrotus impressopunctatus	*	
Hygrotus inaequalis	*	*
Hygrotus versicolor		*
Copelatus haemorrhoidalis	*	
Hydroglyphus geminus		*
Rhantus latitans	*	*
Rhantus exoletus	*	
Agabus undulatus	*	*
Agabus affinis	*	
Ilybius fenestratus	*	*
Acilius sulcatus	*	*
Hydaticus seminiger	*	
Dytiscus dimidiatus	*	
Dytiscus circumcinctus	*	
Cybister lateralimarginalis	*	*
Limnoxenus niger		*
Hydrochara caraboides	*	

Tablica 8. Usporedba uzorkovanih vrsta s metodom klopka-boca s obzirom na atraktant na trajnim vodenim staništima

Vrsta	Klopka-boca (tunjevina)	Klopka-boca (mačja hrana)
Plea minutissima	*	
Ilyocoris cimicoides	*	*
Haliplus furcatus	*	
Peltodytes caesus	*	
Noterus crassicornis	*	
Hydroporus palustris		*
Laccophilus poecilus		*
Hygrotus impressopunctatus	*	
Hygrotus inaequalis	*	*
Hygrotus versicolor		*
Copelatus haemorrhoidalis	*	
Hydroglyphus geminus		*
Rhantus latitans	*	*
Rhantus exoletus	*	
Agabus undulatus	*	*
Agabus affinis	*	
Ilybius fenestratus	*	*
Acilius sulcatus	*	*
Hydaticus seminiger	*	
Dytiscus dimidiatus	*	
Dytiscus circumcinctus	*	
Cybister lateralimarginalis	*	*
Limnoxenus niger		*
Hydrochara caraboides	*	

Tablica 9. Usporedba uzorkovanih vrsta s metodom klopka-boca s obzirom na atraktant na poplavnom području

Vrsta	Klopka-boca (tunjevina)	Klopka-boca (mačja hrana)
Porhydrus lineatus	*	
Laccophilus poecilus		*
Rhantus latitans	*	
Acilius sulcatus	*	
Cybister lateralimarginalis	*	

3.2.3. Usporedba veličine uzorkovanih vrsta metodom poteza mrežom i metodom klopka-boca s atraktantima

Na osnovi dobivenih rezultata napravljena je analiza prema veličini uzorkovanih vrsta obzirom na metodu uzorkovanja (Tablica 10). Izračunata je srednja vrijednost veličine vrsta (Ā) za obje metode uzorkovanja. Za metodu poteza mrežom srednja vrijednost veličine vrsta iznosi 0,53 cm, dok je za metodu klopka-boca s atraktantima srednja vrijednost 1,74 cm.

Tablica 10. Popis i srednja vrijednost veličine uzorkovanih vrsta (Ā) te prosječna veličina jedinki uzorkovanih metodom poteza mrežom i metodom klopka boca s atraktantima

Vrsta	Veličina (cm)	Metoda poteza mrežom	Broj jedinki	Ā	Metoda klopka -boca	Broj jedinki	Ā
Plea minutissima	0,2	*	447	89,4	*	14	2,8
Ilyocoris cimicoides	1,5	*	108	162	*	8	12
Gerris lacustris	0,9	*	72	64,8			
Aquarius paludum	1,6	*	18	28,8			
Mesovelia furcata	0,3	*	2	0,6			
Hydrometra stagnorum	1,0	*	3	3			
Hydrometra gracilienta	1,0	*	4	4			
Sigara nigrolineata	0,5	*	6	3			
Sigara semistriata	0,5	*	17	8,5			
Sigara dorsalis	0,5	*	1	0,5			
Cymatia coleoptrata	0,5	*	1	0,5			
Hesperocorixa linnaei	0,5	*	1	0,5			
Ranatra linearis	4,5	*	3	13,5			
Notonecta glauca	1,6	*	8	12,8			
Haliplus ruficollis	0,2	*	3	0,6			
Haliplus fluviatilis	0,2	*	17	3,4			
Haliplus immaculatus	0,2	*	6	1,2			

Haliplus furcatus	0,2	*	3	0,6	*	1	0,2
Peltodytes caesus	0,3	*	10	3	*	1	0,3
Noterus crassicornis	0,3	*	3	0,9	*	5	1,5
Noterus clavicornis	0,4	*	7	2,8			
Porhydrus lineatus	0,3				*	1	0,3
Hydroporus palustris	0,3	*	1	0,3	*	1	0,3
Laccophilus poecilus	0,3	*	39	11,7	*	3	0,9
Laccophilus minutus	0,4	*	7	2,1			
Hygrotus impressopunctatus	0,4				*	2	0,8
Hygrotus inaequalis	0,3	*	2	0,6	*	2	0,6
Hygrotus versicolor	0,3	*	30	9	*	3	0,9
Copelatus haemorrhoidalis	0,7				*	2	1,4
Hydroglyphus geminus	0,1	*	9	0,9	*	1	1
Hyphydrus ovatus	0,4	*	3	1,2			
Rhantus latitans	1,1	*	1	1,1	*	6	6,6
Rhantus exoletus	0,9				*	2	1,8
Agabus undulatus	0,7				*	12	8,4
Agabus affinis	0,6				*	2	1,2
Ilybius fenestratus	1,1	*	13	14,3	*	11	12,1
Acilius sulcatus	1,6				*	9	14,4
Hydaticus seminiger	1,4				*	2	2,8
Graphoderus bilineatus	1,4	*	1	1,4			
Dytiscus dimidiatus	3,4				*	1	3,4
Dytiscus circumcinctus	3,2				*	1	3,2
Cybister lateralimarginalis	3,3	*	1	3,3	*	52	171,6
Spercheus emarginatus	0,5	*	3	1,5			
Anacaena limbata	0,2	*	1	0,2			
Anacaena lutensces	0,2	*	1	0,2			
Helochares obscurus	0,5	*	22	11			
Helophorus brevipalpis	0,3	*	1	0,3			
Laccobius minutus	0,3	*	5	1,5			
Enochrus quadripunctatus	0,5	*	3	1,5			
Enochrus nigritus	0,3	*	1	0,5			
Enochrus testaceus	0,6	*	1	0,5			
Limnoxenus niger	0,8				*	1	0,8
Hydrochara caraboides	1,5				*	1	1,5
Berosus signaticollis	0,5	*	3	1,5			
Berosus geminus	0,5	*	2	1			
Hydrophilus piceus	4,2	*	2	8,4			
Prosječna veličina				**0,53**			**1,74**

Vrste su prema veličini podijeljene u tri kategorije: male, srednje velike i velike vrste, radi boljeg prikaza rezultata (Tablica 11). Od ukupno 44 vrsta uzorkovanih metodom poteza mrežom, 31 pripada malim vrstama (0,2 – 0,5 cm), osam pripada srednje velikim vrstama (0,6 – 1,5 cm), a šest pripada velikim vrstama (<1,6 cm). Metodom klopka-boca ukupno je uzorkovano 25 vrsta, od kojih 11 pripada malim vrstama, 10 srednje velikim i 4 velikim vrstama.

Iz ovih rezultata vidljivo je da su male vrste najviše uzorkovane metodom poteza mrežom. Od ukupno 33 male vrste, 22 vrste uzorkovano je samo metodom poteza mrežom, devet vrsta uzorkovano je s obje metode, a dvije vrste uzorkovane su samo metodom klopka-boca s tunjevinom kao atraktantom (*Porhydrus lineatus* i *Hygrotus impressopunctatus*). Karakteristično je da su čak četiri vrste, od ukupno devet uzorkovanih s obje metode, uzorkovane metodom poteza mrežom i metodom klopka-boca s mačjom hranom kao atraktantom. To su vrste: *Hydroporus palustris*, *Laccophilus poecilus*, *Hygrotus versicolor* i *Hydroglyphus geminus*. Vrsta *Hygrotus inaequalis* jedina je uzorkovana s oba atraktanta.

Srednje velike vrste uzorkovane su podjednako s obje metode. Od ukupno 15 srednje velikih vrsta, pet je uzorkovano samo metodom poteza mrežom, sedam metodom klopka-boca, a tri vrste su uzorkovane s obje metode. Karakteristično je da su te tri vrste uzorkovane svim metodama, uključujući i oba atraktanta, a to su vrste: *Ilyocoris cimicoides*, *Rhantus latitans* i *Ilybius fenestratus*. Od sedam vrsta koje su uzorkovane metodom klopka-boca, pet je uzorkovano samo u klopkama s tunjevinom i to su vrste: *Copelatus haemorrhoidalis*, *Rhantus exoletus*, *Agabus affinis*, *Hydaticus seminiger* i *Hydrochara caraboides*. U klopkama s mačjom hranom uzorkovana je samo jedna vrsta (*Limnoxenus niger*), dok je *Agabus undulatus* jedina vrsta uzorkovana s oba atraktanta.

Velike vrste su također podjednako uzorkovane s obje metode, ali kod analiziranja prosječne veličine velikih vrsta mora se uzeti u obzir brojnost jedinki uzorkovanih vrsta te njihov način života. Od ukupno osam uzorkovanih velikih vrsta, četiri su uzorkovane samo metodom poteza mrežom, metodom klopka-boca tri velike vrste iz porodice Dytiscidae. Za predatorsku vrstu *Cybister lateralimarginalis*, koja je jedina uzorkovana s obje metode, mora se uzeti u obzir brojnost uzorkovanih jedinki.

Tablica 11. Kategorije veličina uzorkovanih vrsta s obzirom na metodu uzorkovanja

Kategorije veličina vrsta	Mreža	Klopka (tunjevina)	Klopka (mačja hrana)
MALE VRSTE			
Plea minutissima	*	*	
Mesovelia furcata	*		
Sigara nigrolineata	*		
Sigara semistriata	*		
Sigara dorsalis	*		
Cymatia coleoptrata	*		
Hesperocorixa linnaei	*		
Haliplus ruficollis	*		
Haliplus fluviatilis	*		
Haliplus immaculatus	*		
Haliplus furcatus	*	*	
Peltodytes caesus	*	*	
Noterus crassicornis	*	*	
Noterus clavicornis	*		
Porhydrus lineatus		*	
Hydroporus palustris	*		*
Laccophilus poecilus	*		*
Laccophilus minutus	*		
Hygrotus impressopunctatus		*	
Hygrotus inaequalis	*	*	*
Hygrotus versicolor	*		*
Hydroglyphus geminus	*		*
Hyphydrus ovatus	*		
Spercheus emarginatus	*		
Anacaena limbata	*		
Anacaena lutensces	*		
Helochares obscurus	*		
Helophorus brevipalpis	*		
Laccobius minutus	*		
Enochrus quadripunctatus	*		
Enochrus nigritus	*		
Berosus signaticollis	*		
Berosus geminus	*		
SREDNJE VELIKE VRSTE			
Ilyocoris cimicoides	*	*	*
Gerris lacustris	*		
Hydrometra stagnorum	*		
Hydrometra gracilienta	*		
Copelatus haemorrhoidalis		*	
Rhantus latitans	*	*	*
Rhantus exoletus		*	
Agabus undulatus		*	*
Agabus affinis		*	
Ilybius fenestratus	*	*	*
Hydaticus seminiger		*	
Graphoderus bilineatus	*		
Enochrus testaceus	*		
Limnoxenus niger			*
Hydrochara caraboides		*	
VELIKE VRSTE			
Aquarius paludum	*		
Ranatra linearis	*		
Notonecta glauca	*		
Acilius sulcatus		*	*
Dytiscus dimidiatus		*	
Dytiscus circumcinctus		*	
Cybister lateralimarginalis	*	*	*
Hydrophilus piceus	*		

3.3. Analiza indeksa raznolikosti

Obradom baze podataka o brojnosti uzorkovanih jedinki u programu PRIMER v5 dobiveni su rezultati četiri indeksa raznolikosti (Tablica 4). Margalefov index (d), koji se naziva i indeksom bogatstva, pokazuje na kojim postajama je prisutan najveći broj uzorkovanih vrsta. Vidljivo je da je na postaji Batina bara indeks najveći (5, 341), a zatim slijede postaje Čarna II i Čarna I. Za postaje Podunavlje I i Podunavlje II približno su jednake vrijednosti, te na postaji Čonakut II koja je ujedno i nabogatija vrstama na poplavnom području. Iduća postaja poplavnog područja po bogatstvu vrsta je Čonakut I (1,737), a zatim Novi kanal (1,573), dok postaja Kopačko jezero ima najnižu vrijednost indeksa (0,882).

Pielouov indeks ujednačenosti (J') se također temelji na odnosu broja vrsta i ukupne brojnosti jedinki. Njegove vrijednosti kreću se od nule do jedan, a što je vrijednost bliža broju jedan znači da je brojnost jedninki na postajama sličnija. Naime, vrste su na postajama zastupljene s određenim brojem jedinki, a sličnije su one postaje na kojoj su vrste zastupljene s jedinkama podjednako obilno, a manje slične one postaje na kojoj neke vrste dominiraju, a druge su prisutne s vrlo malim brojem jedinki (Pielou E.C, 1966). Prema ovom indeksu postaje Batina bara, Čonakut I i Čonakut II imaju najmanji broj vrsta koje dominiraju postajom, a posebno su slične Batina bara i Čonakut II.

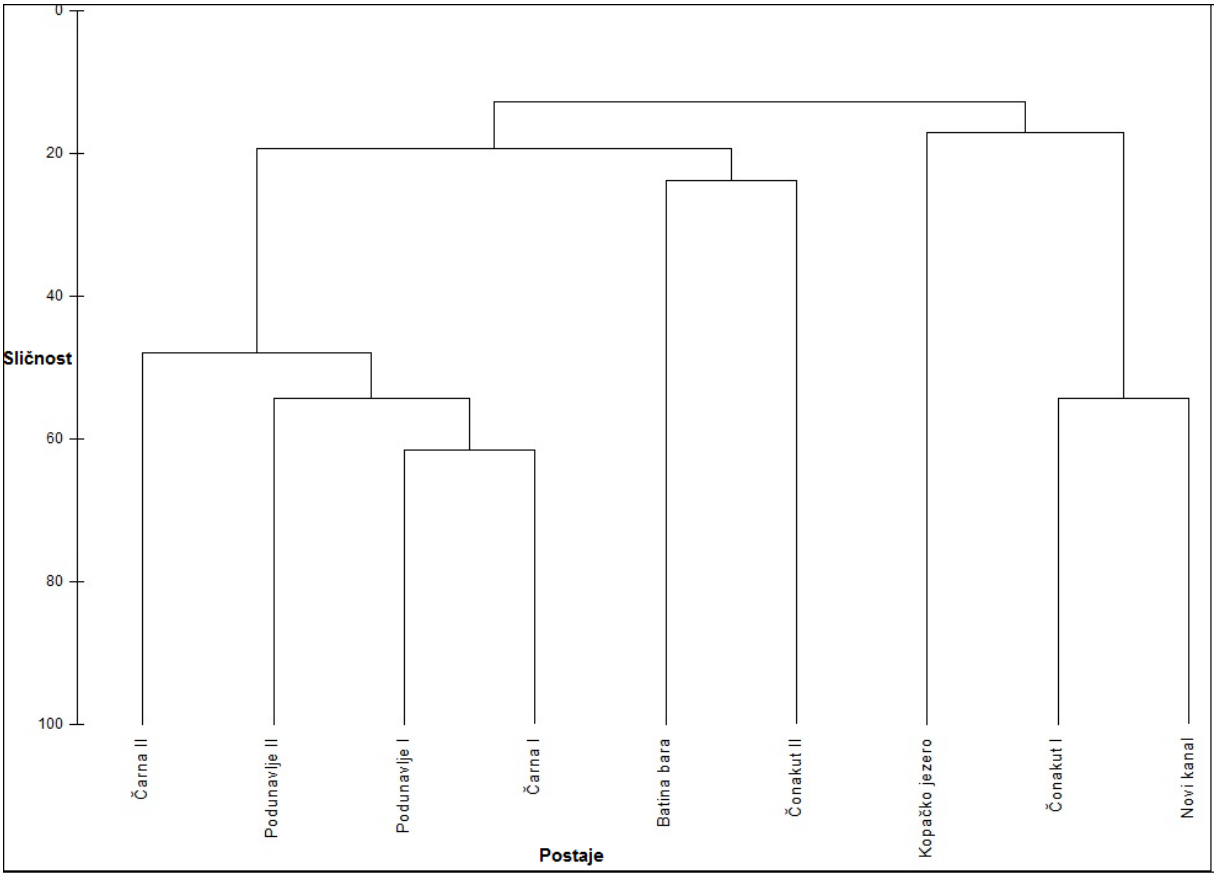
Shannon-Wienerov indeks (H') pripada indeksima raznolikosti tipa I, koji su osjetljiviji na promjene rijetkih vrsta u uzorku, dok su indeksi tipa II najosjetljiviji na promjene učestalnih vrsta (Peet, 1974). Vrijednost indeksa raste što je više vrsta uzorkovano na određenoj postaji. Prema tom indeksu najviše vrsta, od ukupnog broja uzorkovanih na toj postaji, je na postaji Batina bara, a zatim na postaji Čarna II.

Simpsonov indeks pripada tipu II indeksa raznolikosti, a što je vrijednost indeksa manja to je raznolikost veća. Međutim, oblik indeksa 1-λ je komplement Simpsonovog indeksa i u ovom obliku izražava vjerojatnost da dvije slučajno uzorkovane jedinke pripadaju različitim vrstama (Krebs, 1999). Na postaji Podunavlje I vrijednost indeksa je najmanja, dok je na postaji Batina bara najveća što bi značilo da je na postaji Batina bara vrlo mala vjerojatnost da dvije slučajno uzorkovane jedinke pripadaju istoj vrsti.

Tablica 6. Rezultati indeksa raznolikosti

Postaje	**S**	**N**	**D**	**J'**	**H'**	**1-λ**
Podunavlje I	13	232	2,203	0,4884	1,253	0,5564
Podunavlje II	14	86	2,918	0,7523	1,985	0,8312
Čarna I	27	343	4,454	0,5161	1,701	0,615
Čarna II	26	245	4,544	0,7008	2,283	0,8303
Batina bara	22	51	5,341	0,8788	2,716	0,9192
Čonakut I	5	10	1,737	0,8445	1,359	0,7556
Čonakut II	7	15	2,216	0,8785	1,709	0,8381
Kopačko jezero	4	30	0,882	0,7264	1,007	0,6046
Novi kanal	6	24	1,573	0,688	1,233	0,6014

Tijekom obrade podataka napravljena je i Bray-Curtis klaster analiza, koja na temelju metoda povezivanja po prosjeku grupa, formira klastere ili grupe najsličnijih uzoraka (Bray i Curtis, 1957). Rezultat klaster analize prikazan je dendrogramom (Slika 21), a uzorci su uglavnom grupirani prema sličnosti uzorkovanih vrsta i njihovoj brojnosti u uzorku. Na dendrogramu možemo uočiti dva velika, glavna klastera. Jedan glavni klaster podijeljen je na dva veća klastera, a jedan od tih klastera čine četiri postaje trajnih staništa, od koji su Podunavlje I i Čarna I najsličniji i čine zaseban klaster, a prate ih postaje Podunavlje II i Čarna II kao individualni klasteri koji se još nazivaju i lančani klasteri. U drugom većem klasteru nalaze se postaje Batina bara i Čonakut II, koje su najsličnije jer imaju najmanje dominantnih vrsta. Drugi veliki klaster čine postaje s poplavnog područja, od koji postaje Čonakut I i Novi kanal imaju veću sličnost i čine zaseban klaster, dok je postaja Kopačko jezero kao individualni, prateći klaster.



Slika 21. Dendrogram; Bray-Curtis klaster analiza međusobne sličnosti brojnosti jedinki na devet postaja uzorkovanja

4. RASPRAVA

U ovom diplomskom radu istraživali smo učinkovitost metoda uzorkovanja vodenih kukaca (Heteroptera, Coleoptera) s posebnim osvrtom na faunu istraživanog područja. Fauna određenog područja pod velikim je djelovanjem različitih biotičkih i abiotičkih faktora, kao i antropodenog utjecaja, koji zajedno utječu na raznolikost i formiranje faune nekog područja. Tijekom istraživanja faune vodenih stjenica (Heteroptera) i vodenih kornjaša (Coleoptera) u Parku prirode Kopački rit utvrđeno je ukupno 56 vrsta. Sve uzorkovane vrste iz reda Heteroptera, ukupno 14 vrsta, kao i sve vrste iz reda Coleoptera, ukupno 42 vrste, poznate su već na ovom području i zabilježene su u nedavnim radovima s ovog područja (Merdić i sur., 2005; Turić N., 2007; Turić i sur., 2012), a mogu se pronaći i na popisu faune kukaca (Insecta) Hrvatske (www.agr.hr/hed/) ili na stranici Fauna Europe (www.faunaeur.org) za područje Hrvatske.

Najčešće porodice vodenih kukaca koje su utvrđene ovim istraživanjem prikazane su u tablicama brojnosti i dominantnosti po postajama i mjesecima uzorkovanja. Najbrojnije porodice vodenih stjenica su Pleidae, Naucoridae i Gerridae, a od vodenih kornjaša najbrojnija je porodica Dytiscidae (kozaci). Vodene stjenice najviše su uzorkovane u travnju i kolovozu, a kornjaši u travnju i lipnju.

Ovim istraživanjem dobiveni su neočekivani rezultati što se tiče brojnosti jedinki na poplavnom području. Naime, na trajnim staništima ukupno je uzorkovano 957 jedinki koje pripadaju u 53 vrste, a dok je na poplavnom području uzorkovano samo 79 jedinki i svega 14 vrsta. Trajanje poplave ili hidroperiod najvažniji je čimbenik koji utječe na strukturu vodene faune kukaca (Schneider i sur., 1996). Ovako drastično smanjen broj uzorkovanih jedinki na poplavnom području povezan je s visokim vrijednostima temperature zraka kroz cijelu godinu, što je i prikazano na kartama Državnog hidrometeorološkog zavoda, a time i smanjenjem trajanja hidroperioda. Iako je tijekom ovih pet mjeseci uzorkovanja bilo prisutno plavljenje Kopačkog rita, ono vjerojatno nije bilo dovoljno da se fauna vodenih kukaca obnovi od stresnog sušnog razdoblja. Uz tu činjenicu, još jedan razlog za ovakvu nisku brojnost uzorkovanih jedinki je vjerojatno i podatak da se voda vrlo kratko zadržala na poplavnom području jer je tijekom svih 5 mjeseci insolacija bila u ekstremnim vrijednostima. Ovakvi rezultati mogu se objasniti i činjenicom da vodeni kornjaši tijekom sezone mogu nebrojeno puta migrirati na male udaljenosti i kolonizirati nova vodena staništa

(Rundle i sur., 2002). Tijekom istraživanja provedenih u Švedskoj, također su u godini koja je bila toplija i sušna, uzorkovali manji broj jedinki (Lundkvist i sur., 2002). Brojnost vodenih kornjaša osjetljiva je i na neke biotičke faktore, kao npr. predacija riba (Fairchild i sur., 2000). Tijekom uzorkovanja u lipnju je u klopkama na poplavnom području zabilježen veći broj riblje mlađi što upućuje da je bilo puno i odraslih riba, a i vodena vegetacija je na poplavnom području bila oskudija, što ne pogoduje vodenim kornjašima jer vodena vegetacija utječe na predaciju i na dostupnost hrane, te služi kao skrovište (Nilsson i Holmen, 1995). Najbrojnija porodica na poplavnom području je Dytiscidae, s 26 uzorkovanih jedinki, a i na trajnim staništima je najbrojnija među vodenim kornjašima. Poznato je da ova porodica nastanjuje trajna i povremena staništa, te su prvi od velikih predatora beskralježnjaka koji nastanjuju novonastala poplavna područja (Layton i sur., 1991). Velika većina su dobri su letači, pa prema tome mogu migrirati, što je tipično za poplavna staništa (Lundkvist i sur., 2002). Na trajnim staništima brojnije su vrste koje imaju manju sposobnost leta, dok je kod vrsta koje obitavaju na povremenim staništima let jako dobro razvijen (Jackson, 1952).

Na trajnim staništima uzorkovan je puno veći broj jedinki. Najveća brojnost jedinki zabilježena je na postaji Čarna I na kojoj je uzorkovan i najveći broj vrsta, ukupno 28. Najzastupljenija je porodica Pleidae koja je ujedno i dominantna porodica, a prisutna je u Europi samo s jednom vrstom *Plea minutissima*. Eudominantna vrsta *Plea minutissima* vrlo je otporna vrsta vodenih stjenica. Jedinke ove vrste mogu preživjeti zimu i u potpuno zaleđenom staništu, a u proljeće, s povećanjem temperature, postaju ponovno aktivne te mogu živjeti do dvije godine (Papaček i sur., 1988). Također mogu preživjeti i u kratkim sušnim razdobljima tako što se povuku u mulj ispod korijena vodene vegetacije. Budući da je u takvim uvjetima jako smanjena koncentracija kisika, za preživljavanje koriste zračni mjehurić kojeg povremeno obnavljaju metatorakalne mirisne žlijezde (Kovač i sur., 1989). Istraživanja na području Parka prirode Kopački rit iz 2010., odnosno 2011. godine, najbolje su pokazala stresne sposobnosti ove vrste. Naime, 2011. godine, koja je bila sušna godina, uzorkovano je više jedinki, dok je 2010. godine, za vrijeme plavljenja i visokih vodostaja, ova vrsta zabilježena u puno manjem broju (Turić i sur., 2011). Ženke ove vrste polažu jajašca u svibnju i lipnju na vodenu vegetaciju, a sam embrionalni razvoj traje 3 tjedna, dok postembrionalni razvoj može trajati i do dva mjeseca (Papaček i sur., 1988). Ukoliko pogledamo sezonsku dinamiku vidljivo je da ova vrsta ima dva pika po brojnosti uzorkovanih jedinki, u travnju i kolovozu, što ukazuje da jedinke ove

vrste mogu reproducirati više od jedne generacije godišnje. Visoka brojnost jedinki u kolovozu podudara se s reproduktivnim ciklusom i ektremnim sposobnostima prilagodbe na sušna razdoblja.

Postaja Batina bara najviše se razlikuje sastavom vrsta od ostalih postaja na trajnim staništima. Od ukupno 22 uzorkovane vrste, 9 vrsta se pojavljuje samo na toj postaji. Međutim, budući da je to postaja kod koje uzorkovanje nije bilo moguće u lipnju i kolovozu, jer zbog smanjene količine vode i povećane količine detritusa nismo bili u mogućnosti, ovi rezultati trebaju se uzeti s rezervom. No, s druge strane, ova bara ima dugu povijest postojanja, te uz zasjenjenost staništa i stalni hidroperiod, daje opravdanje za veliko bogatstvo vrsta (Lundkvist i sur., 2002). Eudominantna porodica na ovoj postaji je porodica Dytiscidae, a najbrojnije vrste su *Agabus undulatus* i *Acilius sulcatus*. Trajna staništa imaju veću brojnost i bogatstvo vrsta vodenih kornjaša, jedan od razloga je duže vrijeme za kolonizaciju na takvim staništima, a također i manji broj vrsta koje mogu tolerirati velike oscilacije i nagle promjene okolišnih uvjeta na povremenim staništima (Rundle i sur., 2002). Trajna vodena staništa u kojima je voda prisutna kroz cijelu godinu predstavljaju stabilna staništa za vodene kukce. Istraživanjem u Gorskom kotaru također je najveći broj jedinki uzorkovan na trajnom staništu (Turić i sur., 2011). U istraživanjima u Švedskoj, na staništima u blizini poljoprivrednih površina, s bujnom vegetacijom i na kratkoj udaljenosti od močvarnog područja uzorkovan je isto velik broj vrsta (Lundkvist i sur., 2002).

Na kanalima je prisutna vrlo velika raznolikost uzorkovanih vrsta, a najviše ih je uzorkovano na postajama Čarna II (ukupno 28) i Čarna I (ukupno 26). Te su postaje bogate vodenom, podvodnom i plutajućom vegetacijom, a poznato je da se na takvim staništima uzorkuje više jedinki nego na staništima bez vegetacije (Nilsson i sur., 1995). Na postajama Podunavlje I određeno je 13 vrsta, a na postaji Podunavlje II 14 vrsta, a čak devet je zajedničkih vrsta, što upućuje na veliku sličnost faune. Vrlo su brojne vrste iz porodice Dytiscidae, a najbrojnije su *Cybister lateralimarginalis*, *Ilybius fenestratus* i *Hygrotus versicolor.* U prijašnjim istraživanjima također su na kanalima zabilježene predatorske vrste kornjaša, *Ilybius fenestratus* i *Cybister lateralimarginalis* (Turić i sur., 2012), budući da su to kanali melioracijskog tipa bez velikih populacija riba i tada su glavni predatori kornjaši iz porodice Dytiscidae. Osim vrsta iz reda Coleoptera, na kanalima su brojne i vrste iz reda Heteroptera. Već je

spomenuta dominantna vrsta *Plea minutissima*, a osim nje veliku brojnost ima i vrsta *Ilyocoris cimicoides* iz porodice Naucoridae, te vrsta *Gerris lacustris* iz porodice Gerridae. No, vrste iz porodice Gerridae u većem broju uzorkovane su i na poplavnom području, budući da je poznato da većinom žive na površini vode hraneći se malim organizmima koje hvataju u zraku i zbog toga nisu toliko osjetljivi na redukciju vodene vegetacije na staništu, dok za vrste iz reda Coleoptera vodena vegetacija osigurava sklonište i hranu (Ortmann-Ajkai i sur., 2011).

Analizirajući sezonsku dinamiku uočava se da je najmanji broj jedinki uzorkovan u svibnju i lipnju kada je od prije poznato da je tada glavni period migriranja za vrste koji su dobri letači (Lundkvist i sur., 2002). Tijekom lipnja broj vrsta polako raste, dok je u kolovozu najveći. Međutim, u kolovozu je najbrojnija vrsta *Plea minutissima* i to za dvije trećine od ukupno uzorkovanih vrsta, pa prema tome brojnost svih ostalih jedinki u kolovozu u biti opada. Poznato je da je kolonizacija vodenih staništa vodenih kornjaša ograničena na proljeće, ljeto i ranu jesen, a najveća brojnost dostiže se u proljeće, dok je najmanja u jesen (Williams, 1987). Tijekom lipnja bio je zabilježen i najveći vodostaj Dunava, tada je Park prirode bio poplavljen, a tijekom kolovoza voda je polako nestajala i tada odrasle jedinke novih generacija migriraju i prezimljavaju u trajnim vodenim staništima (Velasco i sur., 1998). Prema tome, budući da je uzorkovanje u kolovozu odrađeno pred kraj mjeseca, vodeni kornjaši su vjerojatno ranije migrirali.

Određivanjem konstantnosti vrsta zabilježeno je tek pet vrsta koje se pojavljuju u više od 25% uzoraka na barem jednoj od postaja. *Plea minutissima* je konstantna vrsta na trajnim staništima, odnosno na kanalima. Dok je *Gerris lacustris* konstantna vrsta na poplavnim područjima. *Aquarius paludum* i *Rhantus latitans* su akcesorne vrste na poplavnim područjima, dok je vrsta *Cybister lateralimarginalis* akcesorna na trajnim staništima, a konstantna na poplavnom području. Ovakva slična konstantnost vrsta određena je i ranijim istraživanjima (Turić, 2007).

Tijekom ovog istraživanja vodeni kukci uzorkovani su s dvije različite metode, metodom aktivnog poteza mrežom i metodom klopka-boca s atraktantima, te su zabilježene značajne razlike usporedbom rezultata između brojnosti jedinki, sastavu i veličini uzorkovanih vrsta. Metodom aktivnog poteza mrežom ukupno je uzorkovano 892 jedinke, od kojih je 837 uzorkovano na trajnim staništima, a samo 55 na poplavnom području. Međutim, vidljivo je da je ova metoda učinkovita za oba

staništa, i trajna i poplavna, bez obzira na brojnost uzorkovanih jedinki. Upravo o brojnosti jedinki koje obitavaju na određenom staništu ovise i rezultati uzorkovanih jedinki, te se preporuča uvijek koristiti kombinaciju nekoliko metoda, osobito za močvarna i poplavna područja (Klečka, 2008). Metodom aktivnog poteza mrežom uzorkovano je najviše vrsta iz reda Heteroptera, odnosno iz porodica Pleidae, Naucoridae i Gerridae. Također je uzorkovan veći broj vrsta iz reda Coleoptera, a najviše iz porodica Dytiscidae, Haliplidae i Hydrophilidae. Uspješnost bilo koje metode ovisi o strukturi staništa na kojem se uzorkuje. Velika brojnost uzorkovanih jedinki na trajnim staništima usko je povezana i s bogatom vodenom i podvodnom vegetacijom, slabom protočnosti vode u kanalima te obalama na kojima podvodna vegetacija stvara mala skrovišta za vodene kukce. Staništa na kojima su prisutni jarci i male uvale pogodnija su za uzorkovanje mrežom, dok su jezera i veći jarci pogodniji za klopke s atraktantima (Koese i sur., 2006).

Metodom klopka-boca s atraktantima uzorkovano je ukupno 144 jedinke, 112 jedinki u klopkama s konzerviranom tunjevinom kao atraktantom i 32 jedinke u klopkama s mačjom hranom kao atraktantom. Vidljivo je da je puno veća učinkovitost tunjevine nad mačjom hranom po brojnosti jedinki. Rezultati za ova dva atraktanta razlikuju se i po sastavu vrsta. U klopkama s tunjevinom uzorkovano je 20 vrsta, a u klopkama s mačjom hranom 12 vrsta, te je ukupno sedam zajedničkih vrsta za oba atraktanta. Najbrojnija porodica za klopke s tunjevinom je Dytiscidae, a od vrsta dominira *Cybister lateralimarginalis.* Vrste iz porodice Dytiscidae su poznati kao predatori generalisti (Thomas i sur., 2009) i poznato je da su klopke visoko selektivne za porodicu Dytiscidae (Cuppen i sur., 2006; Koese i sur., 2006)., što je pokazano i ovim eksperimentom s 52 uzorkovane jedinke vrste *Cybister lateralimarginalis* u klopkama. Prijašnjim istraživanjima atraktanata zaključeno je da se za vrstu *Cybister lateralimarginalis* mačja hrana uvijek može koristiti kao prvi izbor (Koese i sur., 2006). No prema ovim rezultatima, gdje je vrsta *Cybister lateralimarginalis* uzorkovana s 48 jedinki u klopkama s tunjevinom i sa samo 4 jedinke u klopkama s mačjom hranom, koje su bile postavljene na udaljenosti od jednog metra, može se sa sigurnošću reći da je konzervirana tunjevina učinkovitiji atraktant za ovu vrstu.

Neke vrste su uzorkovane s obje metode, uključujući i oba atraktanta, a to su vrste: *Ilyocoris cimicoides*, *Ilybius fenestratus*, *Hygrotus inaequalis*, *Rhantus latitans* i *Cybister lateralimarginalis*. Za vrstu *Ilybius fenestratus* omjer brojnosti jedinki može

se smatrati značajnim rezultatom budući da je metodom poteza mrežom uzorkovano 13 jedinki, klopkama s tunjevinom pet, a s mačjom hranom šest jedinki, dok su ostale jedinke s jednom od metoda uzorkovane s znatno manjom brojnošću. No mnoge vrste su zabilježene samo jednom metodom, npr. vrste vodenih stjenica *Gerris lacustris* i *Aquarius paludum* uzorkovane su samo metodom poteza mrežom, a budući da se hrane i žive na površini vode (Ortmann-Ajkai i sur., 2011) ova metoda može se smatrati prvim izborom.

Sličnost uzorkovanih jedinki na trajnim staništima i na poplavnom području prikazana je Sörensenovim indeksom i iznosi 32,8%, što pokazuje malu sličnost između faune uzorkovanih vrsta na ova dva tipa vodenih staništa. Nedavna istraživanja ovih staništa u Kopačkom ritu, također upućuju da postoje velike razlike u uzorkovanim vrstama (Turić i sur., 2012). Ukupno 42 vrste pojavljuju se samo na trajnim vodenim staništima, a svega tri vrste pojavljuju se samo na poplavnom području i to su vrste: *Mesovelia furcata*, *Porhydrus lineatus* i *Graphoderus bilineatus*, pa je prema tome i sličnost na poplavnom području znatno manja i iznosi 7,1%.

Usporedbom veličine uzorkovanih vrsta pokazalo se da su male vrste najviše uzorkovane metodom poteza mrežom, dok su za srednje velike i velike vrste obje metode podjedanako učinkovite. Znatan broj vrsta srednje velike do velike veličine uzorkovan metodom klopka-boca s atraktantima, većinom vrste iz porodice Dytiscidae, pokazuje visoku učinkovitost i selektivnost ove klopke, što je ustanovljeno i ranijim istaživanjima učinkovitosti lovnih klopki (Klečka, 2008). U studiji gdje je korištena i kontrolna klopka bez atraktanta, nije uzorkovana niti jedna jedinka što potvrđuje tezu da atraktant privlači kukce (Koese i sur., 2006). Hilsenhoff je (1987) zaključio da je metoda poteza mrežom učinkovita za uzorkovanje malih i srednje velikih vrsta, dok za velike vrste nije toliko učinkovita. Zbog toga su klopke s atraktantima često korištene za uzorkovanje vrsta iz rodova *Cybister* i *Dytiscus.* Rezultati istraživanja u Nizozemskoj također su se temeljili na usporedbi veličine uzorkovanih jedinki u odnosu na metodu. Usporedbom dviju metoda, klopki s atraktantima i metodom poteza mrežom, donijeli su zaključke da se vrlo velike vrste lakše uzorkuju klopkama, srednje velike do velike vrste podjednako se uzorkuju s obje metode, dok se srednje velike vrste lakše uzorkuju metodom poteza mrežom (Koese i sur., 2006) , što je potvrđeno i ovim eksperimentom. Međutim, tri velike vrste iz reda vodenih stjenica: *Aquarius paludum*, *Ranatra linearis*, *Notonecta glauca* i

jedna vrsta iz reda vodenih kornjaša, porodice Hydrophilidae; *Hydrophilus piceus*, uzorkovane su metodom poteza mrežom. Poznavajući da su to sporo-plivajuće vrste koje se obično zadržavaju na mjestima s gustom vegetacijom (Usinger i sur., 1968; McCafferty, 1981) i vrste koje se kreću po površini vode (*Aquarius paludum*), ovakav rezultat je bio za očekivati. Također, rezultat da su četiri velike vrste iz porodice Dytiscidae; *Acilius sulcatus*, *Dytiscus dimidiatus*, *Dytiscus circumcintus* i *Cybister lateralimarginalis*, uzorkovane metodom klopka-boca s atraktantima, potvrda je da se ova metoda može koristiti za selektivno uzorkovanje velikih predatorskih vrsta. Iako su vrste roda Dytiscus tijekom ovog istraživanja uzorkovane samo s jednom jedinkom, jer je zbog izuzetno visokih temperatura i sušne godine većina jedinki uzorkovana u manjem broju, prema podacima iz prijašnjih istraživanja (Turić i sur., 2012.) ove vrste također su uzorkovane metodom klopka-boca tako da ovaj rezultat smatramo jednako bitnim.

U ovom istraživanju veliki broj vrsta zabilježen je sa svega jednom ili dvije jedinke. Takve vrste često se nazivaju rijetkim vrstama i ukupno ih je uzorkovano 22 u ovom istraživanju. Budući da je i u prijašnjim istraživanjima prisutan veliki broj rijetkih vrsta (Turić, 2007; Turić i sur., 2012.) vjerojatost da je riječ o lošem uzorkovanju ili nepoznavanju biologije vrste (Kučinić, 1997) se smanjuje. Među rijetkim vrstama je jedna strogo zaštićena i rijetka vrsta. Radi se o vrsti *Graphoderus bilineatus* koja se nalazi na Svjetskom crvenom popisu ugroženih svojti. Tijekom ovog istraživanja ova je vrsta uzorkovana metodom poteza mrežom na poplavnoj postaji Čonakut II. *Graphoderus bilineatus* voli čiste, prozirne i nezagađene vode, siromašne hranjivim tvarima (Temunović i sur., 2011). Prema IUCN-ovoj listi ova vrsta je u kategoriji pred izumiranjem, a u kategoriji ugroženosti je osjetljiva (VU) što znači da postoji visoki rizik od izumiranja (Helsdingen i sur., 1996). Trenutno su istraživanja ugroženosti i rasprostranjenosti ove vrste na području Hrvatske u tijeku, a njena prisutnost na području Parka prirode Kopački rit i Lonjskog polja prvi je put stručno spomenuta u stručno-znanstvenoj analizi za potrebe izrade prijedloga potencijalnih NATURA 2000 područja (Temunović i sur., 2011). Očekuje se da će nakon potrebnih istraživanja ova vrsta biti i na Crvenom popisu ugroženih svojti u Hrvatskoj.

Istraživanjem učinkovitosti dviju različitih metoda uzorkovanja vodenih kukaca potvrđeno je da su obje metode potrebne da bi se u potpunosti istražila fauna nekog

područja. Metoda klopka-boca s atraktanima i metoda poteza mrežom su komplementarne (Hilsenhoff, 1991). Budući da je sa svakom metodom uzorkovana specifična vrsta koja nije uzorkovana s drugom metodom, nužno je uzorkovati sa više različitih metoda, što je potvrđeno i uspoređivanjem četiriju metoda na području Češke (Klečka, 2008), a također i ovim istraživanjem.

Ovo istraživanje je samo mali osvrt na učinkovitost metoda uzorkovanja koje se u zadnjem desetljeću intenzivno koriste za istraživanje entomofaune na području Parka prirode Kopački rit. Za daljnja istraživanja entomofaune bilo bi korisno uvesti i druge metode uzorkovanja, koje su u drugim zemljama poznate već dulji niz godina, a na našem području nisu još provedene.

5. GLAVNI REZULTATI I ZAKLJUČCI

Na osnovi provedenih istraživanja može se zaključiti:

- obradom i determinacijom 1036 uzorkovanih jedinki određeno je 56 vrsta vodenih kukaca, od kojih 14 vrsta pripada redu Heteroptera (stjenice) i 42 vrste redu Coleoptera (kornjaši) koje su svrstane u 13 porodica
- tri su porodice eudominantne: Pleidae, Naucoridae i Dytiscide, a jedna je porodica subdominantna; Gerridae
- najbrojnije vrste su iz reda Heteroptera, iz porodice Pleidae *Plea minutissima* (44,49%) i iz porodice Naucoridae *Ilyocoris cimicoides* (11,19%)
- tri su vrste konstantne (*Plea minutissima*, *Gerris lacustris* i *Cybister lateralimarginalis*), pet vrsta se pojavljuje u više od 25% uzoraka
- metodom aktivnog poteza mrežom na trajnim staništima (kanali i bara) uzorkovano je 837 jedinki, a na poplavnom području 55 jedinki, a najviše vrsta uzorkovano je iz porodica Pleidae, Naucoridae i Dytiscidae
- metodom klopka-boca s atraktatima, na trajnim staništima (kanali i bara), uzorkovano je 120 jediniki, od kojih je 89 uzorkovano u klopkama s konzerviranom tunjevinom, a 31 jedinka u klopkama s mačjom hranom kao atraktantom; najviše vrsta s oba atraktanta je iz porodice Dytiscidae
- metodom klopka-boca s atraktantima, na poplavnom području, uzorkovano je 24 jedinke, od kojih je 23 jedinke uzorkovano u klopkama s konzerviranom tunjevinom, a samo jedna jedinka u klopci s mačjom hranom kao atraktantom; uzorkovane su jedino vrste iz porodice Dytiscidae
- za vrstu iz porodice Dytiscidae *Cybister lateralimarginalis* najučinkovitija je metoda klopki s konzerviranom tunjevinom kao atraktantom
- metoda aktivnog poteza mrežom najučinkovitija je za male vrste vodenih kukaca, a metoda klopka-boca s atraktantima za srednje velike i velike predatorske vrste kornjaša
- vrste *Ilyocoris cimicoides*, *Ilybius fenestratus*, *Hygrotus inaequalis*, *Rhantus latitans* i *Cybister lateralimarginalis* uzorkovane su s obje metode, uključujući oba atraktanta

- vrijednost Sörensenovog indeksa od 32,8% pokazuje neznatnu sličnost između faune vodenih stjenica i kornjaša poplavnog područja i trajnih staništa
- bogatstvo rijetkih vrsta, ukupno 22, te jedne strogo zaštićene vrste *Graphoderus bilineatus,* ukazuje na veliku vrijednost Parka prirode Kopački rit

6. LITERATURA

Bick H, 1989. Ökologie: Grundlagen, terrestrische und aquatische Ökosysteme, angewandte Aspekte, 327 str.

Bonacci O, 2002. Development of catchment area in karst as a result of natural and anthropogenical factors. In: F. Gabrovšek (ed.) Evolution of karst: from prekarst to cessation. Institut za Raziskovanje Krasa ZRC SAZU, Postojna-Ljubljana, 359-365.

Bouchard, R.W., Jr. 2004. Guide to aquatic macroinvertebrates of the Upper Midwest. Water Resources Center, University of Minnesota, St. Paul, MN. 208 str.

Boukal D. S, Boukal M, Fikacek M, Hajek J, Klecka J, Skalicky S, Stastny J & Trávnicek D, 2007. Catalogue of water beetles of the Czech Republic (Coleoptera: Sphaeriusidae, Gyrinidae, Haliplidae, Noteridae, Hygrobiidae, Dytiscidae, Helophoridae, Georissidae, Hydrochidae, Spercheidae, Hydrophilidae, Hydraenidae, Scirtidae, Elmidae, Dryopidae, Limnichidae, Heteroceridae, Psephenidae). Klapalekiana, 43 (Suppl.): 1-289.

Bray J.R, Curtis J.T, 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. Ecol Monogr 27: 325–349.

Csabai Z. 2000. Vízibogarak kishatározója, I. kötet. Vízi természet- és kornyezetvedelem. 15. kötet, Környezetgazdálkodási intézet, Budapest, 267 str.

Csabai Z, Gidó Zs, Szél Gy. 2002. Vízibogarak kishatározója II. kötet. Vízi természet- és kornyezetvedelem. 16. kötet, Környezetgazdálkodási intézet, Budapest, 206 str.

Cuppen, J.G.M., B. Koese & H. Sierdsema 2006. Distribution and habitat of *Graphoderus bilineatus* in the Netherlands (Coleoptera: Dytiscidae). Nederlandse Faunistische Mededelingen: 24: 29-40.

Daly HV, Doyen JT, Purcell AH. 1988. Introduction to insect biology and diversity (2nd ed.). Oxford University Press, New York, 257 str.

Fairchild G.W., Faulds A.M., Matta J.F., 2000: Beetle assemblages in ponds: effects of habitat and site age. Freshwater Biology 44: 523-534.

Helsdingen P.J. Van, Willemse L, Speight M.C.D. 1996. Background information on invertebrates of the Habitats Directive and the Bern Convection. Part I-Crustacea, Coleoptera and Lepidoptera. Nature and environment 79. European Commission, Strasbourg, 9-73 str.

Hilsenhoff W.L., 1987: Effectiveness of bottle traps for collecting Dytiscidae (Coleoptera).The Coleopterists Bulletin 41: 377-380.

Hilsenhoff W.L., 1991: Comparison of bottle traps with a d-frame net for collecting adults and larvae of Dytiscidae and Hydrophilidae (Coleoptera). The Coleopterists Bulletin 45: 143-146.

Jach M.A, 1993: Taxonomic revision of the Palearctic species of the genus Limnebius Leach, 1815 (Coleoptera:Hydraenidae). Koleopterologische Rundschau, 63: 99-187.

Jackson D.J., 1952: Observations on the capacity for flight of water beetles. Proceedings of the Royal Entomological Society of London A 27: 57-70.

Klečka, J., 2008: The structure and dynamics of a water beetle community in a semipermanent wetland (Vrbenské rybníky Nature Reserve, South Bohemia). Bachelor Thesis. České Budějovice, The University of South Bohemia, 5-37.

Koese, B. & J. Cuppen 2006. Sampling methods for *Graphoderus bilineatus* (Coleoptera: Dytiscidae). Nederlandse Faunistische Mededelingen: 24: 41-48.

Kovac D, Maschwit U, 1989. Secretion-grooming in the water bug *Plea minutissima*; a chemical defense against microorganisms interfering with the hydrofuge properties of the respiratory region. Ecol. Entomol. 14: 403-411.

Krebs C.J, 1999. Ecological methodology. Benjamin/Cummings, Menlo Park, California, SAD, 620 str.

Kriska G, Csabai Z, Boda P, Malik P, Horvath G, 2006. Why do red and darkcoloured cars lure aquatic insects? The attraction of water insects to car paintwork explained by reflection–polarization signals. Proceedings of the Royal Society 273, 1667-1671.

Kučinić M, 1997. Faunističke, ekološke i zoogeografske značajke sovica (Insecta, Lepidoptera) Hrvatske. Magistarski rad, Zagreb: Prirodoslovno-matematički fakultet, 131 str.

Layton R, Foley R, Williams E, 1991. “The Transition between Hunting and Gathering and the Specialized Husbandry of Resources: A Socio-ecological Approach.” Current Anthropology. 32. 3: 255-274.

Lehmkuhl D.M, 1979. Ephemeroptera. Danks H.V. Canada and Insect Fauna. Mem. Entomol. Soc. Can. 108: 305-308.

Lloyd, H., Zar, J.H., and Karr, J.R., 1968. On the calculation of information - theoretical measures of diversity. Am. Mid Nat. 79, 257-272.

Lundkvist E, Landin J. & Karlsson F. 2002: Dispersing diving beetles (Dytiscidae) in agricultural and urban landscapes in south-eastern Sweden. – Ann. Zool. Fennici 39: 109-123.

Macan T.T, 1976. A revised key to the british Water Bugs (Hemiptera.Heteroptera) with notes on their ecology. Freshwater biological association, 16; 77 str.

McCafferty W.P. 1981. Aquatic entomology: the fishermans and ecologists illustrated guide to insects and their relatives. Science Book International, Boston, 127 str.

Merdić E, Keža N, Csabai Z. 2005. Aquatic insects in Kopački rit Nature Park (Heteroptera: Nepomorpha, Gerromorpha and Coleoptera: Hydradephaga, Hydrophiloidea). Natura Croatica (4) 14: 263-272.

Mihaljević M, 1999. Zaštita Kopačkog rita. Kopački rit – pregled istraživanja i bibliografija (ur. J. Martinčić), 133-139, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Osijek, 167 str.

Mikuška J, 1979. Ekološke osobine i zaštita specijalnog zoološkog rezervata Kopački rit s posebnim osvrtom na ekologiju kralježnjaka. Disertacija, Prirodoslovno-matematički fakulete Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 17-47.

Molle G, Sitzia M, Decandia M, Fois N and Ligios S, 1998. Feeding value of Mediterranean forages assessed by the n-alkane method in grazing dairy ewes. In: Proc. of XVII European Grassland Federation General Meeting, Vol. 3, Nagy, G. and Peto K. (eds), Debrecen (Hungary), 18-21 May 1998, pp. 365-368.

Nilsson A.N., 1996. Aquatic insects of North Europe, A Taxonomic Handbook. Vol. 1. Apollo Books, Strenstrup, 76-194.

Nilsson A.N., Holmen M. 1995. The aquatic Adephaga (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. Dytiscidae. Fauna ent. scand. E. J. Brill, Leiden, New York, Köln, 286 str.

Ortmann- Ajkai A, Kalman Z, 2011. Aquatic beetle and bug assemblages of standing waters with different succesional stages in the floodplain of Drava. Acta Biol. Debr. Oecol. Hung. 26: 161-178.

Papaček M, Štys P, Tonner M, 1988. A new subfamily of Helotrephidae (Heteroptera, Nepomorpha) from Southeast Asia. Acta Entomol.Bohemos. 85: 120–152.

Peet R.K. 1974. The measurement of species diversity. Ann. Rev. Ecol. Syst. 5:285-307.

Pielou, E.C., 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. J. Theor. Biol., 13, 131-144.

Rundle H, Nosil P, 2005. Ecological speciation. Ecology Letters, 8:336–352.

Sanchez-Fernandez D, Abellan P, Velasco J, Milan, 2004. Areas prioritarias de conservacion en la Cuenca del rio Segura utilizando a los coleopteros acuaticos como indicadores. Limnetica, 23 (3-4): 209–228.

Schneider, D.W. and T.M. Frost. 1996. Habitat duration and community structure in temporary ponds. Journal of the North American Benthological Society 15:64-86.

Simpson, E.H., 1949. Measurement of diversity. Nature, London. 163, 688.

Springer, O. P., Mihaljević, M., Getz, D., Božičević, S., Bognar, A., Topić, J., Merdić, E., Krčmar, S. (2003.): Kopački rit - Park prirode: ekološki turistički vodič. Barbat, Zagreb; Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja RH, Zagreb, 89 str.

Southwood, T.R.E. 1966. Ecological methods. London. Methuen and Co. 391 str.

Thomas Z, Persson V, Lundström O. J, Erik Petersson and Jan Landin, 2009. Diving beetle assemblages of flooded wetlands in relation to time, wetland type and Bti-based mosquito control, 2009, Hydrobiologia, (635), 1, 189-203.

Tischler W, 1949. Grundzuge der terrestrischen Tierokologe. Vieweg, Braunschweig, 219 str.

Temunović M, Turić N, Lugić E, Vignjević G, Merdić E, Csabai Z, 2011. Distribution of *Graphoderus bilineatus* (De Geer, 1774) in Croatia – first results, SIEEC 22 Symposium Internationale Entomofaunisticum Europae Centralis XXII / Barić, Božena ; Hrašovec, Boris ; Kučinić, Mladen ; Mičetić Stanković, Vlatka, Previšić, Ana (ur.).Varaždin, 65-66.

Turić N, 2007. Vodeni kukci (Heteroptera, Coleoptera) Parka prirode Kopački rit s posebnim osvrtom na rijetke, zaštićene i ugrožene vrste. Poslijediplomski sveučilišni interdisciplinarni znanstveni studij Zaštita prirode i okoliša. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku i Institut Ruđer Bošković Zagreb. Magistarski rad, 82 str.

Turić N, Merdić E, Hackenberger Kutuzović B, Jeličić Ž, Bogdanović T. 2011. Diversity of aquatic insects (Heteroptera: Nepomorpha, Gerromorpha and Coleoptera: Hydradephaga, Hydrophilidae) in karst area of Gorski kotar, Croatia. Natura Croatica (20) 1: 179-188.

Turić N, Merdić E, Hackenberger K. B, Jeličić Ž, Vignjević G, Csabai Z. 2012. Structure of aquatic assemblages of Coleoptera and Heteroptera in relation to habitat type and flood dynamic structure. Aquatic insect: International Journal of Freshwater Entomology, DOI: 10.1080/01650424.2012.643059.

Usinger R, 1968. Aquatic insects of California. Los Angelos (CA): University of California Press, 507 str.

Velasco P, Malvar R.A, Revilla P, Butrón A, Ordás A, 1999. Ear resistance of sweet corn populations to Sesamia nonagrioides (Lepidoptera: Noctuidae) and Ostrinia nubilalis (Lepidoptera:Pyralidae). J. Econ. Entomol. 92:732–739.

Vidaković J, Bogut I, Palijan G, Čerba D, Zahirović Ž, 2005. Trophic indicators and the state of waterbodies within Kopački rit Nature Park (Croatia) in 2003 and 2004. Abstract of Fourth Symposium for European Freshwter Sciences, Krakow, 154 str.

Vidaković J, Bogut I, Mihaljević M, Palijan G, Čerba D, Čačić Lj, Vuksan B, Galir A, Stević F, Zahirović Ž, 2007. Pregled sustavnih hidrobioloških istraživanja u parku prirode Kopački rit u razdoblju 1977. – 2007. Hrvatske vode 10: 134-152.

Vondel B. Van, 1997. Insecta: Coleoptera: Haliplidae. In: Schwoerbel, J. & Zwick, P. (eds), Süßwasserfauna von Mitteleuropa, Volume 20/ 2, 3, 4. Fischer, Stuttgart, 1-95.

Wichard W, Arens, W, Eisenbeis G. 2002. Biological Atlas of Aquatic Insects. Apollo Books: Stenstrup, Denmark, 339 str.

Wilcox, B.P., J.Pitlick, C.D. Allen, and D.W. Davenport. 1995. Runoff and erosion from a rapidly eroding pinyon-juniper hillslope. Journal of Soil and Water conservation. 25:653-666.

Williams D.D, 1987. The ecology of temporary waters. Timber Press, Portland, Oregon, 213 str.

WEB STRANICE:

Web 1. http://klima.hr/klima.php?id=ocjgodina (12.9.2012.)

Web 2. http://klima.hr/klima.php?id=ocjgodina (12.9.2012.)