

Časopis "Poslovne studije", 2016, 15–16:

Rad primljen: 16.05.2016.

Rad odobren: 06.06.2016.

UDK 628.385:592/595(282.243)

DOI: 10.7251/POS1616313J

Pregledni rad

Mr Dragana Đurica¹

Mr Mirjana Delić Jović²

Mr Slobodanka Vujčić³

INTERAKCIJE MAKROFITA I MAKROINVERTEBRATA

Rezime: *Makrofite predstavljaju značajnu komponentu u vodenim ekosistemima, zahvaljujući kojima postoji prisustvo većeg broja makroinvertebrata, tako da je njihova interakcija veoma značajna. Istraživanje makrofita i makroinvertebrata u rijekama, jezerima i akumulacijama nije samo od naučnog značaja već je značajno i za upravljanje i očuvanje vodenih ekosistema. Pored fizičko-hemijskih uslova, svako stanje vodenog sistema karakteriše se određenim vrstama ili grupama organizama, tzv. bioindikatorima. Vodena staništa spadaju u red najosetljivijih staništa, koja istovremeno trpe veoma jak uticaj antropogenog faktora, zbog čega je jako bitno vršiti istraživanja i odrediti diverzitet biljnih i životinjskih vrsta. Kvalitet slatkovodnih ekosistema je promjenljiv jer mnogi produkti koji nastaju kao posljedica ljudske aktivnosti završavaju u vodi, a takođe i drugi, koji se ispuštaju u vazduh ili zemljište, različitim procesima dopijevaju u vodene ekosisteme. Cilj ovog rada je da se predstave neka istraživanja koja ukazuju na značaj interakcije makrofita i makroinvertebrata.*

Ključne riječi: *makrofite, makroinvertebrate, prečišćavanje voda.*

JEL klasifikacija: *Q57.*

¹ Viši asistent, Fakultet za ekologiju, Univerzitet za poslovne studije, Jovana Dučića 23a, Banja Luka, draganaristic16@yahoo.com

² Viši asistent, Fakultet za ekologiju, Univerzitet za poslovne studije, Jovana Dučića 23a, Banja Luka, mdelicjovic@yahoo.com

³ Viši asistent, Fakultet za ekologiju, Univerzitet za poslovne studije, Jovana Dučića 23a, Banja Luka, vujcicslobodanka@yahoo.com

UVOD

Voda je u prirodi najrasprostranjenija supstanca i dijeli se na: površinsku, podzemnu i atmosfersku. Sastav površinskih voda je veoma različit zbog specifičnih fizičko-hemijskih i bioloških procesa koji se u njima odvijaju. Površinske vode podložne su promjenama, ali ne samo onim koje su posljedica geološkog starenja već i onima koje su, posebno u sadašnje vrijeme, izazvane djelovanjem čovjeka. Kvalitet slatkovodnih ekosistema je promjenljiv jer mnogi produkti koji nastaju kao posljedica ljudske aktivnosti završavaju u vodi, a takođe i drugi, koji se ispuštaju u vazduh ili zemljište, različitim procesima dopijevaju u vodene ekosisteme. Kvalitet vode određuje se na osnovu ispitivanja njenih fizičkih, hemijskih i bioloških karakteristika (Stevanović i Janković 2001, 126).

Površinske vode teško je dosljedno razvrstati samo prema jednom od kriterijuma. Tako se vode mogu podijeliti prema kriterijumu količine hranljivih materija i intenziteta primarne produkcije na: oligotrofne (slabo produktivne i siromašne hranljivim materijama), eutrofne (vrlo produktivne i bogate hranljivim materijama) i distrofne (slabo produktivne, siromašne, u izvjesnom smislu „odumiruće“ vode, bogate huminskim kiselinama, sa oskudnom vegetacijom i planktonom).

Biološki procesi imaju značajnu ulogu u održavanju ravnoteže vodenih ekosistema. Pored fizičko-hemijskih uslova, svako stanje vodenog sistema karakteriše se određenim vrstama ili grupama organizama, tzv. bioindikatorima.

Prema prilagođenostima na različite uslove života, u pojedinim dijelovima vodene sredine postoje različite adaptivne ili životne forme. Vodeni organizmi najčešće sadrže širok opseg životnih formi, koje obuhvataju:

- organizme dna (bentos) – pljosnati i prstenasti crvi, mekušci, rakovi i insekti;
- slobodnoplivajuće organizme (bakterioplankton, akvatične gljive, fitoplankton i zooplankton);
- biljne i životinjske vrste pričvršćene za plutajuće predmete (perifiton);
- organizme na samoj površini vode (neuston);
- životinjske vrste koje se aktivno kreću kroz vodu (nekton) i
- biljke (makrofite).

Vodena staništa spadaju u red najosjetljivijih staništa, koja istovremeno trpe veoma jak uticaj antropogenog faktora, zbog čega je vrlo važno vršiti istraživanja i odrediti diverzitet biljnih i životinjskih vrsta.

Činjenica je da se čovjek oduvijek suočavao sa izazovima opstanka ljudske vrste (Ilić i Praća 2012, 15).

Cilj ovog rada je da se predstave neka istraživanja koja ukazuju na značaj interakcije makrofita i makroinvertebrata.

1. AKVATIČNE MAKROFITE

Akvatične biljke obuhvataju složenu grupu različitih adaptivnih tipova biljaka koje naseljavaju različite vodene basene. Neki autori sve vodene vaskularne biljke, vodene mahovine i makroskopske alge obuhvataju imenom „akvatične makrofite“. Međutim, s obzirom na veličinu, vodene biljke se dijele na mikrofite (mikroskopske alge) i makrofite, koje obuhvataju sve više biljke i višćelijske alge iz reda *Charales*. Osim hara, tu se uključuje makroalga *Cladophora*, tresetne mahovine i paprati.

Makrofite vodenih ekosistema se, na osnovu njihove strukture i adaptacije na životnu sredinu, odnosno na osnovu položaja u vodi, javljaju u tri životne forme: helofite, hidrofite i amfifite. Osnovne odlike vodenih biljaka su: površina submerznih listova je povećana pri njihovoj maloj zapremini, heterofilija, mehanički elementi imaju centralni položaj, intercelularne šupljine su veoma razvijene, redukcija korijenovog sistema i vegetativno razmnožavanje (Stevanović i Janković 2001, 140). U vodenim ekosistemima postoji pojas emerznih, flotantnih i submerznih biljaka (Krischik i sar. 1999, 15; Valta-Hulkkonen i sar. 2003, 123). Emerzne makrofite sreću se u plitkim litoralnim zonama, do oko 1 m dubine. Biljke sa plutajućim listovima se uobičajeno nalaze na dubinama od 1 do 3 m, a submerzne biljke rastu od obale do granice fotičke zone i rijetko prelaze dubinu od 10 m.

Zahvaljujući ekofiziološkim adaptacijama vodenih biljaka, omogućena je intenzivna fotosinteza submerznih listova, što je uslovljeno abiotičkim uslovima i dubinom na kojoj se biljka nalazi. Najintenzivnija fotosinteza je kod biljaka koje se nalaze neposredno ispod površine vode. Submerzne biljke, koje nastanjuju relativno mali prostor vodenih ekosistema, prilagođavaju se smanjenoj količini Sunčevog zračenja, dok su flotantne

biljke izložene veoma intenzivnom zračenju na površini vodenog basena. Na velikim dubinama, u uslovima male osvjetljenosti, prisutne su samo primarne vodene biljke, odnosno alge koje se odlikuju prisustvom komplementarnih pigmenata koji im omogućavaju da obezbijede dovoljne količine Sunčeve energije talasnih dužina koje dopiru do tih dubina (Stevanović i Janković 2001, 160).

U zavisnosti od uslova vodene i vazdušne sredine, transpiracija može biti veoma intenzivna i kod flotantnih i kod emerznih listova (Stevanović i Janković 2001, 178).

Kao i svi primarni producenti, i ove biljke reaguju na kvalitet vode u kojoj rastu, pa su dobri bioindikator stanja površinskih voda. Rasprostranjenost akvatičnih makrofita zavisi od mnogih faktora, kao što su temperatura, svjetlost, hemijski sastav vode, pH, dubina vode, tip podloge, brzina vode i vodni režim (Weisner 1993, 94; Krischik et al. 1999, 12). Pored toga što doprinose zarastanju vodenog okna, smanjivanju protoka i prosvjetljenosti vodenog biotopa, a samim tim i narušavanju osnovnih ekoloških odlika, vodene makrofite imaju i višestruko pozitivnu ulogu.

Značaj vodenih biljaka je višestruk (Janković 1985, 112). Njihova uloga ogleda se u produkciji biomase, proizvodnji kiseonika i stvaranju specifične strukture vodene vegetacije. Makrofite su esencijalna komponenta u mnogim akvatičnim ekosistemima. To se ogleda kroz ekološku ulogu, jer su biljke (uzimajući u obzir alge) u vodenoj sredini primarni producenti, prva karika u lancima ishrane i svi drugi oblici života u akvatičnoj sredini zavise od biljaka. Osim obezbjeđivanja hrane za ribe, invertebrate, kao i vodene ptice, one predstavljaju i mjesta za mriješćenje riba, kao i sklonište za ribe i invertebrate koji se opet dalje uključuju u lance ishrane (Krischik et al. 1999, 9). Takođe, stvaraju veliki broj mikrostaništa neophodnih za životinjske vrste. Njihovu površinu na prostoru među korijenjem, stablom i lišćem nastanjuju brojne životne forme, bakterije i sesilne alge, fito i zooplankton, invertebrate, bilo da su pričvršćene ili nepričvršćene za površinu biljaka, zatim različite vrste riba, vodozemaca i gmizavaca, vodenih ptica i sisara. Na njima su razvijene nitrifikacione i denitrifikacione zajednice bakterija, zavisno od toga da li je njihova površina na svjetlosti ili u mraku, kao i mnogi drugi oblici (Kim 2004, 120). Savršena su podloga za razvoj perifitona, koji je vema značajan za makroinvertebrate.

2. AKVATIČNE MAKROINVERTEBRATE

Akvatične makroinvertebrate (vodeni beskičmenjaci) jesu grupa organizama koji naseljavaju dno (sedimente, detritus, makrofite, filamentozne alge) slatkovodnih ekosistema tokom cijelog svog života ili dijela svog životnog ciklusa. Veličina ovih organizama je od 200 do 500 mikrometara. Fauna dna (zajednica bentosnih makroinvertebrata) pripada akvatičnoj zoocenozi, pored planktonskih, perifitonskih, nektonskih i neustonskih organizama. Ovi organizmi igraju značajnu ulogu u proticanju energije i kruženju materije. Takođe, imaju široku primjenu u biomonitoringu vodenih ekosistema. Abiotički faktori u akvatičnom ekosistemu, izraženi kroz hidromorfološke i fizičko-hemijske odlike vodenih staništa, znatno utiču na strukturu zajednica bentosnih makroinvertebrata. Od fizičko-hemijskih faktora, najveći značaj imaju temperatura; koncentracije rastvorenog kiseonika, a s njima u vezi i vrijednosti kiseonične saturacije; pH vrijednost vode; koncentracije organskih materija i dr. Od hidromorfoloških parametara, na strukturu bentosne zajednice utiče, prije svega, tip podloge, brzina vode (u tekućim ekosistemima), vodni režim i drugo. Svi ovi faktori djeluju sinergistički na bentosne makroinvertebrate, a svaka vrsta posjeduje ekološku valencu u čijim granicama za dati parametar određena vrsta preživljava.

Vrste makroinvertebrata koje naseljavaju tekuće vode karakterišu određene adaptivne odlike, uglavnom su slabo pokretne, a neke su i sesilne. Da bi ostvarile što prisniji kontakt sa podlogom, a sa ciljem sprečavanja otplovljavanja, mnoge vrste su leđno-trbušno spljoštene (npr. *Plecoptera* i *Ephemeroptera*). Neke vrste, osim što su leđno-trbušno spljoštene, izlučuju i sluz (*Turbellaria*) i na taj način su još bolje vezane za podlogu. Vrste koje žive u najjačoj struji vode imaju posebne organe za prihvatanje (*Diptera*) ili poseban vijenac kukica za prihvatanje na kraju tijela (*Diptera*). Larve (*Trichoptera*) koje žive ispod kamenja pletu posebne mreže za lov kojima hvataju hranu, a neke vrste imaju kućice od zrnaca pijeska i kamenčića, pa zbog težine ne mogu biti odnesene strujanjem vode. Količina rastvorenog kiseonika je od posebnog značaja u vodenom ekosistemu. Prilagođenost bentosnih makroinvertebrata na variranje ovog ekološkog faktora odvijala se u različitim pravcima. Usljed intenzivne bakteriološke razgradnje u organski opterećenim vodama može doći do drastičnog smanjenja količine

kiseonika u vodi, što za posljedicu ima pojavu vrsta koje mogu opstati u vodi sa malo kiseonika, kao što su larve hironomida (*Diptera*) i oligohete iz porodice (*Tubificidae*). Te vrste u tjelesnoj tečnosti imaju posebnu vrstu hemoglobina pomoću kojeg mogu vezati dovoljno kiseonika za svoje potrebe i kod vrlo malih količina kiseonika u okolnoj sredini. Vrste (*Turbellaria*) nemaju nikakve prilagođenosti i posebne organe za disanje, jer primaju kiseonik preko površine tijela, a rakovi i insekti čija površina tijela je tvrda i onemogućava disanje preko kože imaju posebne organe za disanje – škrge.

3. INTERAKCIJA MAKROFITI I MAKROINVERTEBRATA

Sastav vrsta i populacija ili gustine individua po jedinici površine su uniformni u stabilnim vodenim sredinama, a do većih i manjih variranja može doći sezonski. Ove zajednice odgovaraju na promjenu sredine promjenom strukture zajednica. Zajednice faune dna reaguju na promjene životne sredine, naročito na promjene kvaliteta vode pod antropogenim uticajem, pa mogu poslužiti kao bioindikator stanja akvatičnih sistema. Dokazano je da makroinvertebrate mijenjaju strukturu zajednice u slučaju organskog opterećenja i toksično-hemijskog zagađenja.

Makrofite predstavljaju značajnu komponentu u vodenim ekosistemima i zahvaljujući njima postoji prisustvo većeg broja makroinvertebrata, tako da je njihova interakcija veoma značajna. Istraživanje makrofita i makroinvertebrata u rijekama, jezerima i akumulacijama nije samo od naučnog značaja već je značajno i za upravljanje i očuvanje vodenih ekosistema.

Na osnovu brojnih istraživanja sistematske pripadnosti, može se konstatovati da je najveća zastupljenost među makrofitskim makroinvertebratama vrsta iz klase *Insecta*.

Vodeni insekti su bogata i razovrsna grupa organizama koja naseljava različite tipove vodenih ekosistema, od malih površina privremenih (efemernih) stajaćih voda (npr. bare), preko izvora, potoka, velikih jezera, do velikih rijeka. U lentičkim, odnosno stajaćim vodama, akvatični insekti se javljaju na dnu dubokih jezera, uz vegetaciju, kao i u otvorenim vodama. U lotičkim ili tekućim vodama nalaze se ispod kamenja, opalog lišća i ostataka biljnog materijala, ili u pukotinama debala, zakopani u pijesku ili

sedimentu, gdje vode sedentarni način života ili puze. Vodeni insekti predstavljaju važnu komponentu akvatičnih lanaca ishrane. Usitnjavaju organsku materiju, a hrane se i raspadnutim dijelovima gljiva, mrtvih životinja i bakterija. Asimilacijom ovih materija, razlažući velike dijelove u manje, akvatični insekti stvaraju energiju i hranjive materije koje postaju dostupne drugim beskičmenjacima i kičmenjacima (npr. ribama, pticama). Bez obzira na njihov značaj u vodenim ekosistemima, samo rijetki predstavnici provode cijeli svoj život u vodi (*Coleoptera*). Najveći broj vodenih insekata vezan je za vodenu sredinu preko stadijuma larve, a adultni stadijumi su im terestrični (*Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Odonata*, *Trichoptera*, *Diptera*). Tipični odgovori zajednice akvatičnih insekata (zajedno sa ostalim organizmima makroinvertebrata) na svaku promjenu fizičkih i hemijskih faktora vodene sredine su sljedeći:

- a) kada sadržaj sedimenata u vodenom biotopu raste, relativna brojnost određenih vrsta *Ephemeroptera* i larvi *Trichoptera*, koje se hrane filtriranjem hrane, takođe raste;
- b) kada sadržaj rastvorenog kiseonika u vodi opada, broj larvi insekata koje sadrže hemoglobin raste (*Chironomidae*);
- c) sa porastom temperature vode opada broj larvi *Plecoptera*;
- d) dotok pesticida u vodenu sredinu utiče na smanjenje diverziteta vrsta;
- e) ako dođe do povećanog unosa organskih materija u vodenu sredinu (đubriva ili otpad sa farmi), doći će do povećanja brojnosti samo nekoliko vrsta, sa istovremenim padom diverziteta vrsta.

Vršena su brojna istraživanja kojima se dokazuje da su prisustvo makroinvertebrata i gustina populacija veći u prisustvu makrofita u odnosu na akvatične ekosisteme, gdje makrofite nisu prisutne. Naselja akvatičnih makrofita predstavljaju stanište velikog broja invertebrata u odnosu na mjesta bez vegetacije, kako u pogledu vrsta, tako i u pogledu ukupne biomase (Popijač 2003).

Gerrish i Bristow (1979) pratili su povezanost makroinvertebrata i makrofita. Njihovo istraživanje bazirano je na praćenju i upoređivanju prisustva makroinvertebrata na prirodnim biljkama *Myriophyllum exalbescens*, *Potamogeton richardsonii* i *Vallisneria americana* i vještačkim podlogama koje po izgledu podsjećaju na *Potamogeton richardsonii*, u dva različita perioda (jun i jul 1974). Nije uočena značajna razlika u gustini populacije

na prirodnim biljkama i vještačkim podlogama. Prema rezultatima analiza iz juna mjeseca, može se vidjeti da su najviše zastupljeni predstavnici *Chironomidae* i *Oligochaeta* na svim podlogama. *Oligochaete* su bile najbrojnije na *Myriophyllumu*, a njihovo prisustvo na vještačkoj podlozi je veće nego na prirodnom *Potamogetonu* i *Vallisnerii*. Za razliku od *Oligochaeta*, gustina populacija *Chironomidae* bila je najveća na *Potamogetonu* te na vještačkoj podlozi, dok je najmanja gustina populacija vezana za *Vallisneriu*. Na osnovu rezultata iz jula mjeseca, gustina populacija *Ephemeroptera* takođe je povećana, i to na prirodnim biljkama. Gustina populacija *Chironomidae* bila je manja na vještačkim podlogama u odnosu na prirodne biljke, dok je gustina populacija *Oligochaeta* bila veća na vještačkim podlogama u odnosu na prirodne biljke. Na osnovu ovih rezultata može se konstatovati da makrofite predstavljaju stanište makroinvertebrata i služe kao podloga za obrazovanje perifitona, koji makroinvertebrate koriste kao izvor hrane. U istraživanjima Forstera i Schlichting 1965. godine, utvrđeno je da svaka vrsta makrofita ima određene karakteristike zahvaljujući kojima dolazi do formiranja perifitona. U istraživanjima Gerich i Bristow (1979) konstatovano je da prirodne biljke i vještačke podloge mogu slično izvršiti kolonizaciju perifitona i da gustina populacija makroinvertebrata zavisi od morfoloških karakteristika makrofita.

Marcel i saradnici su 1997. godine analizirali odnos makroinvertebrata i potopljenih *Charophyta* u dva eutrofna jezera Veluwemeer i Wolderwijd u Holandiji. Biomasa, sastav vrsta i vegetacioni period makrofita utiče na sastav i gustinu populacije makroinvertebrata. Kako pokazuju istraživanja krajem 1960-ih godina, podvodna vegetacija u pomenutim jezerima bila je smanjena zbog eutrofikacije. Tokom 70-ih i 80-ih godina javljaju se vrste *Potamogeton pectinatus* L. i *Potamogeton perfoliatus* L., a nakon sanacije jezera 1979. godine dolazi do pojave *Charophyta*, i to vrsta *Chara aspera* u jezeru Veluwemeer i *Chara contraria* i *Chara vulgaris* u jezeru Wolderwijd (Hosper, Meijer 1986, 184). U istom periodu dolazi do smanjenja gustine populacije *Potamogeton pectinatus*, a za gustinu populacije *Potamogeton perfoliatus* bilježi se lagani porast. Nakon deset godina vršeno je uzorkovanje makrozoobentosa i makrofita u jezeru Veluwemeer. Tim istraživanjem utvrđeno je prisustvo 37 vrsta makroinvertebrata, od kojih su najbrojniji bili predstavnici familija *Gamaridae* i *Chironomidae*. U daljim analizama utvrđeno je da su u uzorcima koji su uzeti na mjestima

gdje je zastupljen *Potamogeton* najdominantnije bile tri vrste – *Einfeldia dissidens*, *Cricotopus gr. sylvestris* i *Sphaeriidae*, dok je u uzorcima koji su uzeti gdje su dominirale *Charophyte* najbrojniji *Endochironomus albipennis*. Biomasa *Charophyta* je bila značajno veća u odnosu na biomasu vrste *Potamogeton*. Takođe je utvrđeno da je biomasa *Charophyta* u pozitivnoj korelaciji sa dvije vrste iz familije *Gastropoda* (*Valvata picinalis* i *Bitinia tentaculata*), kao i sa vodenim insektima *Endochironomus albipennis*, *Chironomus sp.* i *Psectrocladius sp.*, dok su vrste *Potamopyrgus antipodarum*, *Cladotanytarsus sp.* i *Cryptochironomus sp.* u negativnoj korelaciji.

Na osnovu prethodnih rezultata može se vidjeti da prisustvo makroinvertebrata zavisi od biljnih vrsta i njihove biomase, jer je utvrđeno da nema značajnih razlika u prisustvu makroinvertebrata koje su pronađene između *Potamogeton perfoliatus* i *Potamogeton pectinatus*. Vegetacija *Charophyta* ima drugačije morfološke karakteristike i biomasu veću od vrsta *Potamogeton*, zbog čega je povoljno stanište za vrste koje se hrane stružuci perifiton sa vodenih biljaka, kao što su *Valvata piscinalis* i *Bitinia tentaculata*.

Takođe su rađena brojna istraživanja koima se ukazuje na značaj makrofita kao staništa i skloništa od predatora. U prilog tome govore i podaci istraživanja Hunter et al. (1986, 6) koji su vršili komparativno istraživanje na četiri kaveza jednakih fizičko-hemijskih karakteristika (Maine, SAD). U dva kaveza zbog promjene pH vrijednosti (povećanje kiselosti) došlo je do uginuća riba, a gustina populacije invertebrata je bila znatno veća u odnosu na ribnjake gdje nije bilo promjene pH vrijednosti. Invertebrate predstavljaju značajnu kariku u lancu ishrane riba. Primjer je *Tinca tinca*, koji je najveći predator mekušaca – moluskivor, i uglavnom se hrani mekušcima, ali u nedostatku može koristiti i druge izvore hrane. Ribe konzumenti mekušaca imaju značajan uticaj na gustinu njihove populacije, kao i posredan pozitivan uticaj na rast obraštaja. Biomasa obraštaja povećala se u kavezima sa ribama zbog smanjenog pritiska mekušaca koji se hrane obraštajem struganjem (Popijač 2003).

U kavezima sa ribama rijetke su bile populacije mekušaca zbog predacije od strane riba, a u zajednici perifitona dominirale su *Diatomeae* i končaste alge. U kavezima bez riba, gdje je veća brojnost mekušaca, u perifitonskoj zajednici dominirale su manje i jako pričvršćene vrste algi.

Iz prethodnih istraživanja može se uočiti pozitivan uticaj mekušaca na rast potopljenih makrofita i negativan uticaj moluskivornih riba. Mekušci, hraneći se obraštajem, smanjuju biomasu obraštaja, čime se podstiče rast makrofita. Ovo je potvrđeno sa više eksperimenata rađenih u plitkom kavezu sa ribama u Švedskoj (Popijač 2003). *Tinca tinca* je korišten kao moluskivor, pri čemu se biomasa mekušaca smanjila u tom kavezu, a došlo je do povećanja biomase obraštaja i značajnog smanjenja biomase dominantne makrofite (*Elodea Canadensis*).

Korištenje vodenih biljaka kao skloništa od riblje predacije jedan je od važnih uzroka za mnogo bogatije zajednice invertibrata u gustim naseljima biljaka, ali važni su i drugi faktori. To je vidljivo iz činjenice da, čak i kad su ribe isključene, gustina i raznovrsnost vrsta makrofaune invertibrata veći su u područjima koja su bogata podvodnom vegetacijom nego u područjima gdje nema biljaka ili su vrlo rijetke (Popijač 2003).

Pored toga što makroinvertibrata koriste makrofite kao sklonište od riba kao predatora, jedan od važnih uzroka za mnogo bogatije zajednice makroinvertibrata u gustim naseljima biljaka jeste dostupnost hrane. Veoma mali broj makroinvertibrata može konzumirati značajne količine svježih makrofita, ali raspadajuće biljke osiguravaju relativno visokokvalitetan detritus, kojim se hrane npr. predstavnici *Isopoda*, puževi i larve kukaca (Popijač 2003). Mnogo važniji izvor hrane za njih predstavlja perifiton, odnosno sloj obraštaja koji pokriva makrofite. Hoyer i saradnici (1997) vršili su istraživanje protoka ugljenika poredeći udjele stabilnih izotopa ugljenika u različitim organizmima kroz lanac ishrane. Istraživanja su rađena u dva jezera na Floridi, pri čemu je jedno jezero bilo obraslo vegetacijom, a drugo jezero je bilo bez vegetacije. U jezeru bez vegetacije izvor ugljenika je bio fitoplankton, dok je u jezeru sa vegetacijom izvor ugljenika bio perifiton, a makrofite su imale samo mali udio u lancu ishrane.

ZAKLJUČAK

Na osnovu pregleda rezultata mnogih autora prikazanih u ovom radu može se zaključiti da vodene biljke odnosno makrofite imaju višestruki značaj. One su esencijalna komponenta u mnogim vodenim ekosistemima, predstavljaju stanište velikog broja makroinvertibrata i služe kao podloga za

obrazovanje perifitona, koji makroinvertebrate koriste kao izvor hrane. Svaka vrsta makrofita ima određene karakteristike zahvaljujući kojima dolazi do formiranja perifitona. Na osnovu rezultata, zaključili smo da prirodne biljke i vještačke podloge mogu slično izvršiti kolonizaciju perifitona i da gustina populacija makroinvertebrata zavisi od morfoloških karakteristika makrofita.

Takođe, gusta naselja biljaka značajna su za makroinvertebrate zbog dostupnosti hrane. Mali broj koristi svježe makrofite, ali za većinu je značajan visokokvalitetni detritus, kao i obraštaj odnosno perifiton na makrofitama. Takođe se može uočiti značajan uticaj riba na gustinu populacije makroinvertebrata – mekušaca, kao i pozitivan uticaj na rast obraštaja. Biomasa obraštaja se povećava u kavezima sa ribama zbog smanjenog pritiska mekušaca koji se hrane obraštajem.

Praćenjem makrofita kao staništa i skloništa makroinvertebrata od predatora, uočeno je da je gustina i raznovrsnost makroinvertebrata veća u područjima koja su bogata potopljenom vegetacijom nego u područjima gdje biljaka nema ili su rijetke.

Makrofite predstavljaju značajnu komponentu u vodenim ekosistemima, zahvaljujući kojoj postoji prisustvo većeg broja makroinvertebrata, tako da je njihova interakcija veoma značajana. Istraživanje makrofita i makroinvertebrata u rijekama, jezerima i akumulacijama nije samo od naučnog značaja već je značajno i za upravljanje i očuvanje vodenih ekosistema.

LITERATURA

1. Gerich, Nancy and Bristow, Michael. 1979. „Makroinvertebrate associations with aquatic macrophytes and artificial substrates“. *Internat. assoc. Great Lakes Res.* 69–72.
2. Hosper, Hamer and Meijer, Michael. 1986. „Control of phosphorus loading and flushing as restoration methods for Lake Veluwe, The Netherlands“. *Hydrobiologia Bull.* 183–194.
3. Hoyer, Viliams and Schelske, Lucy. 1997. „Sources of organic carbon in the food-webs of two Florida lakes indicated by stable isotopes“. *International Association for Ecology Springer*, 326–330.

4. Ilić, Bogdan i Praća, Nebojša. 2012. „Neshvatanje značaja ekologije za ostvarivanje održivog razvoja i bezbednosti savremene privrede i društva“. Poslovne studije, 7–32.
5. Janković, Milorad. 1985. „Makrofite naše zemlje i mogućnost proizvodnje i eksploatacije njihove biomase“. Glasnik Instituta za botaniku Botaničke bašte Univerziteta u Beogradu. XIX, 107–169.
6. Kim, In-Sun. 2004. „Microbial colonization of the aquatic duckweed, *Spirodela polyrhiza*, during development“. International Association for Ecology Springer, 103–111.
7. Krischik, Newman. 1999. Managing Aquatic Plants in Minnesota Lakes. 1–15. [http://: www.extension.umn.edu/distribution/horticulture/DG6955.html](http://www.extension.umn.edu/distribution/horticulture/DG6955.html)
8. Marcel van den Berg, Hugo Coops, Ruurd Noordhuis, John van Schie, Jan Simons. 1997. „Macroinvertebrate communities in relation to submerged vegetation in two Chara-dominated lakes“. Hydrobiologia 342/343: 143–150.
9. Martin, Thomas, et al. 1992. „Indirect effects of fish on macrophytes in Bays Mountain Lake Evidence for a littoral trophic cascade“. International Association for Ecology Springer, 476–481.
10. Popijač, Aleksandar. 2003. Makrozoobentos i trofička obilježja akumulacija jezera Ponikve na otoku Krku. Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek.
11. Stevanović, Branka i Janković, Milorad. 2001. Ekologija biljaka sa osnovama fiziološke ekologije biljaka. Beograd: NNK International, 120–220.
12. Valta Hulkkonen, Kirsi and Kanninen, Antti. 2003. „Remote sensing as a tool in the aquatic macrophyte mapping of a eutrophic lake: a comparison between visual and digital classification“. International Association for Ecology Springer.
13. Weisner, Stefan. 1993. „Long-term competitive displacement of *Typha latifolia* by *Typha angustifolia* in an eutrophic lake“. International Association for Ecology Springer, 451–456.