

Univerzitet Crne Gore
Prirodno – matematički fakultet, smjer – biologija

**Ekofiziologija biljaka antropogeno narušenih staništa –
Eutrofikacija**

Predmet: Ekofiziologija biljaka

Mentor: dr Danka Caković

Student: Marija Vujičić 5/20

17. Mart 2021.

Sadržaj:

- 1) Uvod.....
- 2) Materijal i metode.....
- 3) Diskusija.....
- 4) Zaključak.....
- 5) Literatura.....

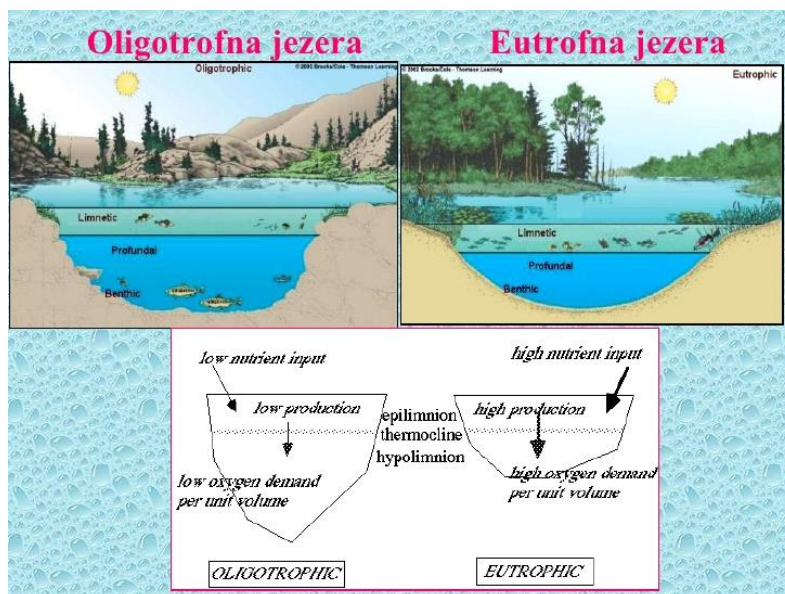
Uvod:

Eutrofikacija predstavlja proces povećanja količine nutrijenata u vodenim ekosistemima, najčešće jezerima, koje ima za posljedicu povećanje količine produktivnosti. Ona može biti dugotrajan, prirodan proces, tj. rezultat starenja jezera i tada govorimo o *prirodnoj eutrofikaciji*. Takođe, može biti ubrzana, kao posljedica antropogenog dejstva, najčešće zagađenja – *kulturna, antropogena eutrofikacija*.

Cvjetanje vode je posljedica eutrofikacije, kada uglavnom usljed ljudskih djelatnosti dolazi do prenamnoženosti vodenih biljaka, najčešće algi, što ima negativne posljedice po vodeni živi svijet.

U odnosu na trofičnost, jezera se dijele na:

- Ultraoligotrofna i oligotrofna jezera* - karakteriše generalno siromaštvo u pogledu nutrijenata, bista, izuzetno providna voda i mala produktivnost. Karakteristična su za visokoplaninska područja i većina ledničkih jezera su ovog tipa (većina crnogorskih i visokoplaninskih jezera).
- Eutrofna i hipertrofna jezera* - karakteriše velika količina nutrijenata, mala providnost vode, bogato razvijen fitoplankton i velika produktivnost. U našem okruženju tipično eutrofno jezero je Dorjansko.
- Mezotrofna jezera* predstavljaju međustadijum tj. prelaz između oligotrofnih i eutrofnih jezera, jer se karakterišu umjerenom količinom nutrijenata i fitoplanktona. Npr. Skadarsko jezero se u periodu maj – oktobar nalazi na eutrofičnom stupnju, dok je za ostatak godine karakteristična mezotrofija.



Slika 1.1. Eutrofikacija u jezeru

Koristeći sljedeće parametre: koncentracija hlorofila a, providnost vode i koncentracija ukupnog fosfora, Carlson predlaže tri trofična indeksa (TSI) na osnovu kojih se procjenjuje trofični status ekosistema :

- a) TSI (HI) – koncentracija hlorofila a;
- b) TSI (TP) – koncentracija ukupnog fosfora;
- c) TSI (SD) – providnost vode.

Makrofite igraju značajnu ulogu u balansu vodenog ekosistema. U njemu se sreću različiti tipovi makrofita: emersne, flotantne i submersne, koje imaju kapacitet da poboljšaju kvalitet vode tako što apsorbuju nutritijente efektivnim korijenjskim sistemom. Istovremeno, smrt i raspad makrofita povećava koncentraciju nutritijenata, što vodi do eutrofičnosti. Na primjer, *Ranunculus fluitans* je netolerantan na eutrofikaciju, dok je *Mycrophyllum spicatum* i *Potamogeton pectinatus* dobro podnose. Međutim, upravo submersne makrofite su prve na udaru pri eutrofikaciji, jer se u jezeru, u slučajevima povećane količine nutrijenata razvija gusta fitoplanktonska zajednica, koja sada zasjenjuje podvodne biljke i onemogućava im iskorišćavanje svjetlosti, tako da alge postaju glavni primarni producenti i često dovode čak i do cvejtanja vode. Sve to dodatno povećava zamućenost vode.

Osim promjene u kvalitetu vode, mijenja se i sastav vrsta. Vrste koje su prilagođene životu u čistoj vodi zamjenjuju one kojima odgovaraju novonastali uslovi. Po uginuću nekih vrsta algi u vodu dospijevaju takozvani *endotoksini*, koji su po hemijskom sastavu alkaloidi, ciklični polipeptidi ili kompleksnija hemijska jedinjenja koja se međusobno razlikuju u pogledu fiziološke aktivnosti. Shodno tome, biljke moraju razvijati različite ekofiziološke adaptacije. S obzirom na dugoročnost posljedica, eutrofikacija je jedan od najznačajnijih negativnih trendova u vezi sa vodenim ekosistemima.

Primjer broj 1:

- *Primjena Lemna-testa u procjeni kvalitete površinskih voda (Horvatić, Dora)*

Makrofite su glavna skupina primarnih proizvođača i nalaze se pri dnu hranidbenih lanaca u vodenim ekosistemima, pa prema tome bilo kakav negativni uticaj na makrofitskoj vegetaciji mogu imati ozbiljne posljedice na cijeli hranidbeni lanac i time narušiti njihovu funkcionalnost. Akvatične makrofite koji pripadaju porodici *Lemnaceae* privlačne su kao eksperimentalni modelni organizmi iz nekoliko razloga:

jednostavne su strukture, vrlo su male biljke, imaju visoki stepen homogenosti, te ih karakteriše velika lakoća uzgoja u kulturama i visoka stopa rasta. Ove biljke imaju i važnu ekološku ulogu, široko su rasprostranjene, a poznato je i da su vrlo osjetljive na organske i neorganske stvari, uključujući herbicide i metale.

Lemna-test je jedan od nakorišćenijih standizovanih testova za više biljke koji se može koristiti u širokom rasponu složenosti, od metaboličkog nivoa, do nivoa zajednice. Test se temelji na inhibiciji rasta, odnosno razmnožavanja biljaka u periodu od sedam dana, a preporučeno je korištenje ukupne površine frondova („frond“ ili članak je tijelo biljke). Najčešće korištene vrste u standardnom Lemna-testu su mala vodena leća (*Lemna minor L.*), i grbasta vodena leća (*Lemna gibba L.*). *L. Minor* je široko rasprostranjena, slatkovodna makrofita, koja se može naći u stajaćim i sporotekućim vodama, slobodno na površini vode ili neznatno ispod nje. Ima široku primjenu u ekofiziološkim i ekotoksikološkim istraživanjima. Takođe, ima visok kapacitet bioakumulacije, odnosno akumulacije hranjivih stvari iz otpadne vode, zbog čega ima potencijal za korištenje u tehnologijama bioremedijacije.

Sa morfološko – anatomske strane, na biljkama se mogu uočiti promjene intenziteta obojenosti, nekroza, gubitak korijena, razdvajanje kolonija i druge slične promjene. Pokazatelji toksičnosti koji se najčešće prate u Lemna-testu su prirast broja biljaka, prirast mase svježe i suve stvari, ukupna površina biljaka, koncentracija fotosintetskih pigmenata, dužina korijena, fluorescencija hlorofila a... Takođe, se prate parametri oksidativnog stresa i lipidne peroksidacije, nivo proteina i kao i aktivnost antioksidativnih enzima.

Cilj ovog rada bio je utvrditi potencijal Lemna-testa u praćenju kvaliteta voda, na primjeru uzoraka vode Odvodnog kanala Karašica. U tu svrhu bilo je potrebno izmjeriti odabrane fiziološko – hemijske i mikrobiološke parametre kao pokazatelje zagađenosti u vodi. Mjerenjem pokazatelja toksičnosti u Lemna-testu (prirast broja biljaka i masa svježe stvari, koncentracije fotosintetskih pigmenata, ukupnih proteina), bilo je potrebno eksperimentalno ispitati utjecaj prisutnog zagađenja u vodi na rast *L. minor*, i utvrditi primjenljivost Lemna-testa u procjeni ukupne toksičnosti realnih uzoraka vode iz okoline.

Materijal i metode:

Uzorci vode iz Odvodnog kanala Karašica su uzeti uzvodno s mosta na cesti pomoću boce za uzorkovanje po Van Dorn-u volumena 2,2 L. Uzorkovanje za analizu fiziološko - hemijskih pokazatelja kvaliteta vode obavljeno je jednom mjesečno, od Marta 2015. godine do Februara 2016. godine na sedam mjesta slivnog područja Odvodnog kanala Karašica, ukupne dužine 29,594 km.

Mjerena je koncentracija otopljenog kiseonika, zasićenost vode kiseonikom, pH i električna provodljivost (EC). Mjerenje koncentracija amonijumovih ($\text{NH}_4\text{-N}$), nitritnih ($\text{NO}_2\text{-N}$) i nitratnih ($\text{NO}_3\text{-N}$) jona, ukupnog fosfora (TP), natrijuma, kalijuma, magnezijuma i kalcijuma obavljeno je u Ekološkom laboratorijumu Vodovoda.

L. minor L., korištena u ovom eksperimentu uzorkovana je u drenažnim kanalima istočne Hrvatske. Prilikom uvođenja vodene makrofite u kulturu in vitro 2006. godine, biljke su sterilizovane etanolom i živinim hloridom i dalje kultivisane u sterilnim uslovima u Laboratoriji za ekofiziologiju u Osijeku. Uzorci vode za potrebe izvođenja Lemna testa uzeti su u Maju, Septembru i Novembru 2015. I Februaru 2016. godine. Za određivanje uticaja vode sa istraživanih područja Odvodnog kanala Karašica na rast vodene leće, uzgojena je jedna subkultura zdrave kolonije u 1L hranjivog rastvora i šolji od 3L. Nakon 14 dana nova subkultura je dobijena prebacivanjem 30 zdravih kolonija u novu šolju od 3L. Biljke su uzgajane u uslovima temperature $25\pm 1^\circ\text{C}$ i izložene kontinuiranoj svjetlosti intenziteta $70 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Za potrebe ekperimenta, 2-3 kolonije vodene leće su nasađivane u polje plastičnih komorica u koje je prethodno dodato po 10 ml uzorkovane vode, odnosno hranjivog medija. Jedna komorica ima šest polja i svaka je volumena 15 mL.

Plan nasađivanja u eksperimentalne komorice:

1 komorica (6 polja \times volumen uzorka od 10 ml); 1 uzorak, 1 mjesec rađen je u 2 komorice, za šta je ukupno bilo potrebno 120 ml uzorka vode. Potreban broj biljaka za nasađivanje bio je $7 \text{ FN/polju} \approx 42 \text{ FN/komorici} \approx 84 \text{ FN/uzorku}$.

Nakon toga je određivan prirast broja i mase biljaka, kao i koncentracja fotosintetskih pigmenata. Dobijene vrijednosti su uvršćene u formule.

Rezultati:

Osnovni pokazatelji prisustva organskog zagađenja koje se može razgraditi u površinskim kopnenim vodama su biološka potrošnja kiseonika (BPK5) i hemijska potrošnja kiseonika (KPK). Biološka potrošnja (BPK5, izraženo kao mg O₂/L) se izražava kao količina kiseonika potrebna za oksidaciju organskog ugljenika i dijelom organskog azota, pa je jedna od najstarijih metoda za ocjenu organskog zagađenja. Hemijska potrošnja kiseonika (KPK) predstavlja utrošak K₂Cr₂O₇ potrebnog za oksidaciju organskih materija u vodi izražen u mg O₂/L.

Među hranjivim materijama, azot i fosfor su bili zastupljeni u različitim koncentracijama, u zavisnosti od vremenu uzorkovanja i istraživane stanice. Azot se u obliku nitrita (NO₂-N) pojavljuje kao prelazno stanje u biološkoj razgradnji jedinjenja, koja sadrže organski azot. Na istraživanim mjestima nitriti su se nalazili u vrlo malim količinama, jer lako oksidiraju u nitrate. Koncentracija nitrata varirala je od 0,0030mg/L u Aprilu do 14,0870 mg/L u Avgustu 2015. godine. Najmanja koncentracija nitrita, (0,0017 mg/L) izmjerena je u Julu 2015. Godine, gdje je i srednja vrijednost koncentracije nitrita za istraživano razdoblje bila najmanja (0.0220 mg/L). Suprotno tome, najveća koncentracija nitrita (0.8130 mg/L) utvrđena u Septembru 2015. Godine, gdje je i srednja vrijednost bila najveća (0,1319 mg/L). Najveća koncentracija N jona (4,8800 mg/L) utvrđena je u Avgustu 2015. godine, gdje je i srednja vrijednost (1.6347 mg/L) za istraživano razdoblje bila najveća. Koncentracija N jona bila je najmanja (0.100 mg/L) u Oktobru 2015. Godine.

Sulfate u vodi nalazimo najčešće u obliku magnezijum sulfata, kalcijum sulfata ili natrijum sulfata. Najveća koncentracija sulfata (176,500 mg/L) izmjerena je u Januaru 2016. Godine gdje je utvrđena i najveća srednja vrijednost (99,0481 mg/L) u istraživanom razdoblju. Najmanja vrijednost sulfata (11,8100 mg/L) izmjerena je u Oktobru 2015. Godine. Koncentracija hlorida bila je maksimalna (161,510 mg/L) u Septembru na, a minimalna (20,460 mg/L) u Aprilu 2015. Godine.

Prirast broja biljaka

Srednji prirast broja biljaka vodene leće (*L. minor*) uzgajane tokom 7 dana uzorcima vode Odvodnog kanala Karašica iz Maja 2015. godine bio je najveći u uzorcima vode označenim S7 ($0,25 \pm 0,08$ dan⁻¹), dok je najmanji srednji prirast bio u uzorcima vode označenim S4 i S5 ($0,22 \pm 0,05$ dan⁻¹).

Koncentracije hlorofila:

U Februaru 2016. godine izmjerene su maksimalne vrijednosti Chla (0,3798 mg/g sv. tv.) i Chlb (0,1424 mg/g sv. tv.) vrste *L. minor* u uzorcima vode označene kao S4, dok su najmanje vrijednosti izmjerene u S5, takođe u Februaru 2016. godine. Maksimalne vrijednosti Chla i Chlb Odvodnog kanala Karašica 2015. godine bile su tokom Maja, Septembra i Novembra u uzorcima vode označenim kao S1.

Vodena leća koja je rasla u uzorcima vode S1 iz Maja 2015. godine imala je maksimalnu vrijednost karotenoida, Car (0,1189 mg/g svj.tv.), a slična vrijednost (0,1101mg/g svj.tv.) bila je u uzorku označenom kao S4 u Februaru 2016. godine. Sadržaj Car bio je najmanji (0,0379mg/g svj.tv.) u vodenoj leći u S5, takođe u Februaru 2016. godine.

Diskusija:

In-situ mjerenja omogućuju brzu aproksimaciju fiziološko – hemijskih svojstava određenog vodnog tijela u vrijeme uzorkovanja. Otopljeni kiseonik je jedan od najčešće korištenih parametara za procjenu stanja vodenih ekosistema, a osim toga utiče i na topljivost potencijalno štetnih metala. U ovom istraživanju koncentracija otopljenog kiseonika bila je obrnuto proporcionalna temperaturi vode Odvodnog kanala Karašica, što potvrđuje činjenicu da su dobijeni podaci adekvatni za procjenu stanja. Količina hranjivih materija u vodotocima može varirati tokom vremena i često je pod različitim uticajima, bilo autohtonog ili alohtonog podrijetla. Antropogeni utjecaj i način korištenja zemljišta najvjerojatnije su odgovorni za promjene u kvalitetu vode Odvodnog kanala Karašica. Naime, u mnogim je slivovima glavni izvor zagađenja azotom ispiranje sa poljoprivrednog zemljišta, iako i komunalne otpadne vode mogu, također biti značajan izvor. Što se tiče fosfora, najznačajniji izvor su industrija i kućanstva.

Visoke koncentracije N i P u vodi ukazuju na veliki potencijal daljnje eutrofikacije Odvodnog kanala Karašica nizvodno, prvenstveno zbog priticanja otpadnih voda, a tek onda zbog voda koje se slijevaju sa okolnog poljoprivrednog zemljišta, ali i sezonskih promjena u klimatskim parametrima. Visoki organski sadržaj u vodi dovodi do povećanja rasta mikroorganizama koji doprinose smanjenju količine kiseonika, što uzrokuje nepovoljne uslove za život u vodi.

Za dobijanje potpunije slike kvaliteta voda Odvodnog kanala Karašica korišten je Lemna test, kao jedan od najviše korištenih standardnih testova toksičnosti. Većina standardnih Lemna-testova preporučuje praćenje prirasta broja biljaka i prinosa kao krajnje tačke, jer se biljke brzo razmnožavaju, a promjene u biomasi su lako uočljive. Prirast broja biljaka i ukupna svježa masa biljaka u Lemna-testu važni su pokazatelji uticaja zagađenja u okolini, budući da vodena leća reaguje na različite hemikalije prisutne u vodi. Jedan od bioloških parametara koji se mijenja u zavisnosti od kvaliteta vode u kojoj se uzgajaju vodene leće je i sadržaj pigmenata. Sadržaj pigmenata je jednako važan za procjenu vitalnosti kao i broj i prinos biljaka.

Primjer broj 2:

- *Impact of water depth and sediment type on root morphology of the submerged plant Vallisneria natans (Xiang Bai)*

Jezero Taihu, kao tipično plitko jezero, suočava se sa mnogim ekološkim izazovima pod stresom okoline i njegovo okruženje se drastično promijenilo posljednjih decenija. Neki od naučnika koji rade na pronalaženju metoda za spriječavanje dalje degradacije jezera Taihu promovisali su obnavljanje močvara kao efikasno rešenje. Međutim, na aktivnosti restauracije mogu uticati faktori okoline koji mogu ograničiti rast močvarnih biljaka. Dakle, uspješna obnova močvara zahtijeva proučavanje uticaja faktora životne sredine na močvarne biljke koje se obično koriste za obnavljanje.

Kao odgovor na dubinu vode i tip sedimenta, morfološka plastičnost je važan adaptivni mehanizam za potopljene biljke. Na primjer, morfološka plastičnost korijena u potopljenim biljkama veoma je važna za sticanje hranljivih sastojaka i može se genetski modifikovati uslovima okoline. Studije o interakciji između rasta i nivoa hranljivih sastojaka u sedimentu sugerišu da se potopljene biljke mogu prilagoditi sedimentu mijenjajući obrasce rasta korijena; visok odnos mase korijena i lista karakteristično je povezan sa biljkama koje rastu u slabo hranljivom ili neplodnom sedimentu. Drugi eksperiment je, također, pokazala da se odnos mase korijena i lista može regulisati i dubinom vode i tipom sedimenta. Međutim, efikasno prikupljanje hranljivih sastojaka ne zavisi samo od raspodjele biomase već i od morfologije korijena. Postoje značajne razlike u morfologiji korijena potopljenih biljaka kao odgovor na tip sedimenta. Fini i dugački korijeni i visoka specifična dužina korijena usko su povezani sa okruženjima sa niskim hranljivim sastojcima ili neplodnim okruženjem. Međutim, dostupno je malo podataka o interakcionim efektima dubine vode i tipa sedimenta na morfologiju korijena potopljenih biljaka.

Vallisneria natans, višegodišnja potopljena biljka, može da raste u mnogim vrstama taloga u raznim slatkovodnim ekosistemima. Takođe, je važna vrsta za obnavljanje slatkovodnih biljaka u močvarama. Na rast ove biljke utiču faktori životne sredine.

Materijal i metode:

Eksperiment je sproveden u otvorenom ribnjaku jezera Gehu. Eksperiment je bio 3 × 2 kombinacija dubine vode i vrsta sedimenta. Tri nivoa dubine vode (60, 120 i 180 cm) i dve vrste sedimentata (glina i pjeskovita ilovača, koji predstavljaju sedimente sa visokim hranljivim sastojcima i sedimentima sa niskim hranljivim sastojcima) obezbijedili su šest eksperimentalnih tretmana. 72 odabrane biljke su pojedinačno presađene u 72 saksije sa prečnikom od 15 cm i visinom od 15 cm (jedna biljka po saksiji); 36 lonaca bilo je ispunjeno glinom, a još 36 lonaca pjeskovitom ilovačom. Lonci su bili postavljeni u šest tacni, a svaka tacna je bila tretman koji je sadržavao 12 lonaca istog tipa sedimenta. Potom su tacne okačene na tri dubine u ribnjaku pomoću konopaca vezanih za čelične cijevi. Svaka dubina vode sadržala je dva poslužavnika, jedan sa glinom, a drugi sa pjeskovitom ilovačom. Jezero je bilo u potpunosti napunjeno vodom iz jezera i svakodnevno se proveravao nivo vode kako bi se održale konstantne dubine vode. Tokom eksperimentalnog perioda, voda je ostala bistra i svaka biljka je preživela.

Eksperimentalne biljke su sakupljane nakon 42 dana rasta (od 18. aprila do 30. maja). Biljke su izrasle u velike kolone povezane stolonama. Početne biljke su pažljivo sakupljene, a stolone uklonjene. Biljke su podijeljene u dvije grupe od po 36, a svaki tretman je sadržao šest ponovljenih biljaka. Jedna grupa je korišćena za određivanje biomase: biljke su secirane na korijenje i lišće, sušene su u peći 72 sata na 65 ° C i vagane. Ukupna biomasa izračunata je dodavanjem mase korijena masi lišća, a odnos masa korijen / list bio je odnos između mase korijena i lista. Druga grupa je korišćena za određivanje morfologije korena. Svaki korijen *V. natans* skeniran je korijenskim skenerom. Korijeni su zatim sušeni u peći. Morfološki parametri korijena u ovoj studiji su uključivali prečnik korijena, dužinu, površinu i zapreminu.

Rezultati:

Rezultati su pokazali da je na biomasu, masu lišća i masu korijena značajno uticala samo dubina vode ($p < 0,001$, tabela 2), a ne vrsta sedimenta. Međutim, na odnos mase korijena i lista značajno su uticali i dubina vode ($p < 0,001$) i tip sedimenta ($p < 0,05$). Odnos mase korena / lista u glini pokazao je najnižu vrijednost na 120 cm. Razlike u biomasu i masi lišća bile su slične: bile su znatno veće u glini na 60 cm od one na 120 i 180 cm u dva tipa sedimenta ($p < 0,05$), dok se ostali tretmani međusobno nisu značajno razlikovali. Masa korijena u dva tipa nanosa na 60 cm bila je znatno veća od mase na druge dve dubine vode ($p < 0,05$).

Četiri parametra bila su veća u glini nego u pjeskovitoj ilovači na istoj dubini vode i smanjivala su se sa povećanjem dubine vode u istom tipu sedimenta. Prečnik korijena kretao se od 0,26 do 0,40 mm, a prečnik u glini na 60 cm značajno se razlikovao od prečnika u glini na 180 cm i pjeskovitoj ilovači na 120 i 180 cm ($p < 0,05$). Dužina korijena, površina i zapremina pokazali su isti obrazac kao i masa, tj. Bili su značajno veći u dva sedimenta na 60 cm nego na ostalim dubinama vode ($p < 0,05$), dok među njima nije bilo značajne razlike sedimenti na 120 i 180 cm.

Diskusija:

Ovaj eksperiment je pokazao da dubina vode i tip sedimenta imaju različite efekte na raspodjelu biomase i morfologiju korijena *V. natans*. Dubina vode značajno utiče na sve parametre korijena, dok tip sedimenta značajno utiče u smislu odnosa masa korijen / list i prečnika korijena. Optimalan rast korijena kod *V. natans* dogodio se na 60 cm dubine vode u glini.

Dostupnost svjetlosti je jedan od najvažnijih faktora koji može uticati na rast i obnavljanje potopljenih biljaka. Generalno, dostupnost svjetlosti može biti ozbiljno umanjena dubinom vode, što je glavni faktor koji ograničava rast potopljenih biljaka. Smanjenje dostupnosti svjetlosti u vodi, takođe se smatra glavnim razlogom izumiranja potopljenih biljaka. Na slabljenje svjetlosti u vodi utiče ne samo apsorpcija same vode, već i apsorpcija, refleksija i rasipanje suspendovanih materija, što je povezano sa prozirnošću vode. Dostupnost svjetlosti duž gradijenta dubine vode utiče na rast potopljenih biljaka uglavnom u smislu fotosinteze. Potopljene biljke razvijaju posebne adaptivne mehanizme za suzbijanje slabljenja svjetlosti u vodi, kao što je promena sastava hlorofila ili tačka kompenzacije pri slabom svjetlu. Dalje, postoje razlike među potopljenim biljkama u njihovim prilagođavanjima dostupnosti svjetlosti u vodi; stoga biljke rastu samo u ograničenim rasponima dubine vode, što rezultira zonacijom zajednice. Kao odgovor na dubinu vode, potopljene biljke suočavaju se sa potrebom za rastom lišća i rastom korijena. Međutim, biljke se mogu usredsrediti na uzgajanje lišća za fotosintezu po cenu ograničavanja rasta korijena. Fotosinteza potopljenih biljaka ograničena je u dubokoj vodi i nema dovoljno fotosinteta za korijenje, što zauzvrat ograničava rast korijena.

Visoka masa korijena primijećena je samo u pjeskovitoj ilovači na 60 cm i ne postoji značajna razlika između dva sedimenta na svakoj dubini vode, što može biti zbog kratkog trajanja eksperimenta. Dalje, pješćana ilovača predstavljala je sediment sa niskim hranljivim sastojcima, a ne neplodni. U njemu je bila ograničena količina hranljivih sastojaka, što je moglo umanjiti značajne efekte vrste sedimenta na raspodelu biomase u korijen. Visok odnos mase korijena i lista karakteristično je povezan sa biljkama koje rastu u slabo hranljivim ili neplodnim sedimentima, što nesumnjivo pomaže u prikupljanju hranljivih sastojaka biljaka povećavajući upijajuću površinu izloženu sedimentu. U poređenju sa visokohranjivim sedimentom (glina), *V. natans* je imala veći odnos mase korijena / lista u sedimentu sa niskim hranljivim sastojcima (pješčana ilovača). Dostupnost hranljivih sastojaka u sedimentu ima izvanredne efekte na odnos mase korijen / list potopljenih biljaka, a povećana dostupnost hranljivih sastojaka rezultira malim odnosom mase korijen / list, što je u skladu sa drugim studijama.

Primjer broj 3:

- *Role of Macrophytes in improving water quality of an aquatic eco-system (Sangeeta Dhotte)*

Danas, eutrofikacija prirodnih voda jedan je od najčešćih opadanja kvaliteta vode. Prati ga velika količina biljnog materijala u vodi. Nitrati i fosfati su vjerovatno ključne hranljive materije u kontroli rasta vodenih biljaka. Makrofitska vegetacija igra važnu ulogu u održavanju ekosistema jezera.

Eichhornia crassipes je slobodno plutajuća vodena biljka čiji korijeni igraju važnu ulogu u uklanjanju hranljivih sastojaka. Ima ogroman kapacitet apsorpcije hranljivih materija i drugih supstanci iz vode. Smatra se da je najefikasniji u uklanjanju azota, fosfora, organskog ugljenika, suspendovanih čvrstih materija, fenola, pesticida iz otpadnih voda.

Zbog prekomernog opterećenja zagađenjem masivan rast makrofita se često primećuje. Makrofite koje su prisutne, osim *Eichhornia crassipes*, su i *Hidrilla verticillata*, *Phragmites sp.* Svrha eksperimenta je iskoristiti ih kao bio-filter za uklanjanje zagađujućih materija u jezeru.

Eksperiment je sproveden u jezeru Mansarovar, grad Bhopal u Indiji. Jezero je plitki vodeni ekosistem uglavnom blatnjav, zbog nakupljanje mulja. Neophodnost istraživanja ogleda se u svakodnevnom opadanju kvaliteta vode u jezeru. Akumulacija lokalnog otpada, toksičnih hemikalija i sedimenata su vrlo česte pojave.

Materijal i metode:

Dva ex-situ istraživanja su obavljena uzimajući makrofite vrsta *Eichhornia crassipes* i *Hydrilla verticillata*. Za posmatranje stope upijanja nutritijenata, potrebna je posuda za vodu (otprilike 5 litara). Zatim, treba dodati 2 litra nepročišćenje vode iz uvale i 100.0 grama vrste *Eichhornia crassipes*. Zapaža se početna koncentracija nutritijenata u uzorku iz uvale. Uzorci se kupe u regularnim intervalima od nedjelju dana i posmatra se koncentracija nutritijenata u njima.

Hydrilla verticillata u velikoj mjeri pokazuje naklonost ka fosfatima, nitratima, jonima natrijuma i kalijuma. Vodene biljke apsorbuju veliki dio biljnih nutritijenata, kao što su azot i fosfor, koji čine veliki dio zagađivača domaćih otpadnih voda i omogućavaju jako velik rast u njima. Javlja se velika redukcija u nitratima (33,4%). Kao i biološka i hemijska potreba za kiseonikom opadaju za 37,5%. Drugi parametri, poput pH, potpuno rastvorene materije i suspendovane materije itd. također opadaju korištenjem vrste *Hydrilla verticillata*.

Eichhornia crassipes (vodeni zumbul) se vodi kao jedan od najgorih svjetskih korova. Velika produktivnost i otpornost ovog korova ga čine idealnom makrofitom za tretman otpadnih voda.

Diskusija:

Samoprečišćenje močvara se u velikoj mjeri pripisuje makrofitskoj vegetaciji. Ova sposobnost makrofita za apsorpciju hranljivih sastojaka u velikim količinama značajna je za prečišćenje otpadnih voda. *Eichhornia crassipes* efikasno smanjuje nitrat i fosfat. Takođe, vodeni zumbul smanjuje količine suspendovanih čestica, rastvorene nečistoće, azot, fosfor i druge hranljive materije. *Hydrilla Verticillata* se može koristiti kao bolji bio-filter za fosfor. Nitrat smanjuje za 33,41%, a fosfat smanjuje za 46,01% Veisner je 1994. primetio da *Hydrilla* raste dobro u vodi sa kiseonikom i zato ne može biti od koristi u prečišćavanju otpadnih voda. Visoka koncentracija kiseonika, također, stvara povoljne uslove za mineralizaciju organskih materija.

Zaključak:

Kvalitet vode i osobine vodenih ekosistema direktno utiču na diverzitet i kvantitet pojedinih vrsta vodenih biljaka, koje su prema tome, indikatori uslova staništa. Pošto su akvatične makrofite biljni organizmi za koje voda ne predstavlja samo ekološki faktor nego i životnu sredinu, one akumuliraju veću količinu hemijskih elemenata, doprinose kruženju nutrijenata, stabilizaciji sedimenta i bitno određuju stepen eutrofikacije.

Akvatične makrofite nemaju regulatorne mehanizme u pogledu usvajanja nutrijenata i teških metala, te se stoga njihov uticaj na spoljašnju sredinu ispoljava kroz procese biokoncentracije hemijskih elemenata, a povećana akumulacija nutrijenata i metala u njihovom tkivu najčešće je posljedica njihove povećane koncentracije u vodenoj sredini. Efekte zagađenja moguće je utvrditi na osnovu stepena akumulacije pojedinih nutrijenata i teških metala u biljnom tkivu uz prethodnu korektnu procijenu neophodne količine istih elemenata za metabolizam biljaka. Tada bi se povećana akumulacija u tkivu biljke mogla objasniti njihovom povećanom koncentracijom u vodenoj sredini, odnosno zagađenjem.