

Močvare i njihova ekološka važnost

Basrek, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2009

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/um:nbn:hr:217:688074>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-13**



Repository / Repozitorij:

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



SVEU ILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO - MATEMATI KI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

MO VARE I NJIHOVA EKOLOŠKA VAŽNOST
WETLANDS AND THEIR ECOLOGICAL IMPORTANCE

Luka Basrek

Preddiplomski studij biologije

(Undergraduate Study of Biology)

Mentor: doc. dr. sc. Zlatko Mihaljevi

SADRŽAJ

1	UVOD.....	1
2	DEFINICIJA	2
3	NASTANAK MO VARA.....	3
4	FIZIKALNA I KEMIJSKA SVOJSTVA VODE	4
5	HIDROLOŠKA SVOJSTVA MO VARA	4
6	MO VARNO BILJE.....	5
7	MIKROBIOTA.....	8
7.1	Bakterije	8
7.2	Gljive	10
7.3	Alge	10
7.4	Beskralješnjaci.....	11
7.4.1	Vodeni insekti	11
8	MAKROBIOTA	11
8.1	Ptice mo varice	12
8.2	Ribe	13
8.3	Vodozemci, gmazovi I sisavci.....	13
9	PROMJENE U MO VARAMA	14
9.1	Makrosukcesija.....	14
9.2	Fluktuacije i mikrosukcesija.....	14
10	FUNKCIJE MO VARA.....	15
10.1	Primarna produkcija	15
10.2	Razlaganje mrtve organske tvari	16
10.3	Hranidbene mreže.....	16
10.4	Kruženje nutrijenata	17
10.4.1	Ciklus ugljika	18
10.4.2	Ciklusi dušika i sumpora.....	19
10.4.3	Ciklus fosfora	20
11	BUDU NOST MO VARA.....	20
11.1	Gubitak mo vara	20
11.2.	Degradacija mo vara i invazivne vrste	21
11.3	Globalne klimatske promjene	21
11.4	Obnova mo vara	22
12	LITERATURA	23
13	SAŽETAK	24
14	SUMMARY.....	25

1 UVOD

Iako ovjek ve jako dugo prouava mo vare, tek krajem 20. stoljea shva a važnost i specifičnost močvarnih ekosustava. Naime do tada su močvare pretežno istraživali botaničari, ornitolozi i limnolozi koji su se bavili samo dijelom močvare koji je bio bitan za skupinu organizama kojom su se oni bavili, ne uviđajući i važnost močvara kao cjeline. Smatralo se da su močvare prijelazna zona između kopnenih i vodenih ekosustava, a zbog sličnosti sa kopnenim ekosustavima, močvare su tako bile kategorizirane kao vlažne verzije kopnenih sustava ili plitki dijelovi jezera. U ovom radu biti će objašnjeno što su to močvare, početku ih razlikujemo od drugih ekosustava, zašto su važne, te specifičnosti organizama koji žive u njima.

Postoji niz skupina biljaka i životinja koje su specifične za močvare. Na prvi pogled vidjetemo biljke koje strše iz zemlje koja je prekrivena ili je zasaćena vodom, ali tu se nalaze i biljke koje plutaju ili se nalaze ispod površine vode. Od životinja, najskarakterističnija skupina su ptice, od kojih su mnoge ograničene samo na močvarnu području. Močvarna područja su dakle područja jedinstvene flore i faune. Močvare se međusobno jako razlikuju, a izgled najviše ovisi o 2 imbenikima: izvoru vode tj. hidrološkom imbeniku te o geografskoj lokaciji tj. o geomorfologiji (van der Valk, 2006.).

Močvarna staništa nalazimo na svim kontinentima osim na Antarktici. Pokrivaju površinu od oko $5,5 \times 10^6 \text{ km}^2$. Procjenjeno je da je oko 5% Zemljine površine prekriveno močvarama. Geografska rasprostranjenost je nejednaka, sa velikim močvarnim područjima u arktičkim i subarktičkim područjima Sjeverne Amerike, Europe i Azije te područja vezana uz velike rijeke i jezera Južne Amerike i Afrike. Od svih močvarnih staništa oko polovica su tresetišta. Tresetišta se razlikuju od drugih močvarnih staništa po vrsti tla i iji slojevi se satoje od djelomično razgrađenih ostataka biljaka, tj. od treseta (van der Valk, 2006.).

Velike površine močvare (oko 50%) su uništene ljudskom aktivnošću, kao što je melioracija, izgradnja brana i kopanje rudnika, a trend uništenja močvarnih staništa se i dalje nastavlja.

2 DEFINICIJA

Termin mo varna obuhva a veliku raznolikost staništa, od mangrova duž tropске obalne linije do tresetišta koja se nalaze južno od Arktika. Slijede e definicije omogu uju prepoznavanje zajedni kih karakteristika izme u ovih jako razli itih ekoloških sustava.

- a) Ekološka definicija – Glavni imbenik u mo varnim podru jima je voda. U velikoj mjeri, hidrologija odre uje kemijska svojstva tla, topografiju i vegetaciju. Sva mo varna podru ja imaju dotoke vode koji trpe gubitke barem sezonski. Teško je re i koliko to no vode treba imati neko podru je u bilo kojem razdoblju da bi se moglo nazvati mo varnim podru jem. Mo varno podru je može imati staja u vodu tokom cijele godine ili samo u jednom dijelu godine. Mo varna podru ja imaju zajedni ke ekološke karakteristike i sa vodenim i sa kopnenim ekosustavima. Ipak, dvije karakteristike zajedno ih ine jedinstvenima. Prva karakteristika je anaerobni sediment. Do anaerobnih uvjeta u sedimentu zasi enom vodom dolazi jer dostupni kisik vrlo brzo biva potrošen. Anaerobni sloj obi no nije ograni en samo na dno ve i na sloj vode iznad dna, pa je prisutnost kisika limitiraju i imbenik za mnoge biljke i životinje. Zbog toga, organizmi koji žive u mo varama moraju imati razli ite prilagodbe, bilo anatomske, morfološke, fiziološke ili pak prilagodbe u ponašanju, koje im omogu uju pronalazak, uzimanje, pohranu i iskorištavanje kisika. Druga karakteristika su velike biljke zajedni ki nazvane makrofiti. Makrofiti koji habitusom naj eš e izgledaju kao kopnene biljke, glavni su primarni proizvo a i u mo varnim podru jima. Alge su pak najve i primarni proizvo a i u vodenim ekološkim sustavima (potoci, rijeke, jezera). Alge mogu biti prisutne i u mo varnim podru jima te mogu preuzeti ulogu glavnog primarnog proizvo a a. S obzirom da dominiraju makrofiti, vegetacija mo varnih podru ja ima mnogo toga zajedni kog s vegetacijom kopnenih ekosustava.
- b) Meunarodna definicija (definicija Ramsarske konvencije) – 1971. godine održana je meunarodna konvencija o mo varnim podru jima u gradu Ramsaru u Iranu, a sazvala ju je IUCN (International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources). Postignut je dogovor o mo varnim podru jima od meunarodne važnosti, naro ito staništa važnih za ptice mo varice, a taj dogovor je poznat i kao Ramsarska konvencija. Predstavlja okvir za meunarodnu suradnju u o uvanju i pametnom korištenju mo varnih staništa i

njihovih bogatstava. U smislu ove Konvencije mo varna staništa obuhva aju podru ja mo vara, cretova, tresetišta ili vode, kako prirodna tako i umjetna, stalna ili povremena, sa staja om ili teku om vodom, slatkom, bo atom ili slanom, uklju uju i podru ja morske vode duboke do 6 metara za vrijeme oseke.

(http://www.dzzp.hr/projekti_crowet.htm#ramsar)

3 NASTANAK MO VARA

Za nastanak mo vara najbitnije je da postoji stalni izvor vode. Kako bi voda ostala u mo vari, mo vare moraju biti na nižoj nadmorskoj visini od okoline. Glavni izvor vode odre en je geomorfološkim karakteristikama podru ja i lokalnim klimatskim uvjetima, a ne odre uje samo koli inu vode koja je prisutna i vrijeme kada e biti prisutna, ve odre uje i kemijske karakteristike vode, a to je vrlo bitno za biološki sastav mo varnog ekološkog sustava. Primjerice, mo varno podru je iji glavni izvor vode su padaline imati e znatno drugačija svojstva od onog iji se izvor nalazi u podzemlju.

Mogu je i prelazak podru ja na višoj nadmorskoj visini u mo vare ako do e do promjena u hidrologiji te tlo postaje zasi eno vodom, a taj proces se zove paludifikacija. Paludifikacija može nastupiti ako iz nekog razloga biljke prestanu vršiti transpiraciju, a to se najčešće događa zbog sjeća šuma i zbog požara.

Podzolizacija je još jedan mehanizam uspostave mo varnih ekoloških sustava gdje se oksidi željeza i aluminija talože u jedan sloj koji postaje slabo propustan za vodu. Posljedica toga je porast vlažnosti tla i spuštanje pH, što omogućuje vrstama roda *Sphagnum* (mah tresetar) da se nasele što dodatno smanjuje drenažu vode i povećava zasićenje tla vodom. Smanjuje se intenzitet razgradnje organskih ostataka zbog niskog redoks potencijala i niskog pH. Na taj način iz kopnenih ekosustava nastaje tresetište. Ako se paludifikacija nastavi mogu se formirati spuštena ili uzdignuta tresetišta. Kako se tresetišta sve više šire, vegetacija u njima lokalno se dijeli u zone uslijed razvoja topografski nepravilnog sustava, kemijskog gradijenta u vodi i dotoka vode u tresetište (van der Valk, 2006.).

Velika populacija dabrova može uzrokovati nastanak mo vara na način da izgradnjom brana stvaraju niz plitkih rezervoara vode. Ako rezervoari opstanu duže vrijeme, dolazi do sedimentacije i naseljenja mo varnim biljkama. Ako se to dogodi, dabrovi će napustiti takva novonastala mo varna podru ja. U većini slučajeva će tok vode odnjeti neodržavanu branu

te mo varno podru je ne e opstati. Ako je brana dovoljno vrsta ili je tok vode vrlo slab, može se razviti dugotrajni mo varni ekosustav ili pak tresetište, u slu aju da ga nasele vrste koje stvaraju treset (van der Valk, 2006.).

4 FIZIKALNA I KEMIJSKA SVOJSTVA VODE

Voda prekriva 71% Zemljine površine, a svega 3% ukupne koli ine ini slatka voda. Najve i dio vode na Zemlji u teku em je obliku. Voda je u teku em obliku 770 puta guš a od zraka, a ima i visoku viskoznost, zbog ega pruža veliki otpor za kretanje organizmima koji žive u vodenom stupcu, ali istovremeno pruža potporu plutaju im biljkama, zbog ega one nemaju turgor niti skeletno tkivo, ve koriste vodu kao potporu. Vodene struje izazvane razlikama u temperaturi, vjetrom ili gravitacijom su vrlo važne za kretanje mikroskopski malih organizama. Voda ima visoki toplinski kapacitet zbog ega su promjene u temperaturi manje nego u terestri kim ekosustavima. Ima maksimalnu gusto u na 4°C, a ne na 0 °C, zbog ega led ima za 8% manju gusto u od vode na 4 °C. Zbog tog svojstva led pluta na vodi, a to omogu uje opstanak života tijekom zime u vodenoj sredini. Voda je odli no otapalo pa zbog toga ima ulogu izvora nutrijenata, CO₂, O₂, itd., za biljke, alge i gotovo sve organizme koji žive u njoj. Voda porijeklom iz zemlje ima mnogo otopljenih tvari dok voda porijeklom od padalina ima malo otopljenih tvari.

5 HIDROLOŠKA SVOJSTVA MO VARA

S obzirom da su vode u mo varama plitke, jako su podložne promjenama, a najmanje promjene u razini vode mogu uzrokovati velike promjene u pojedinim mikrostaništima unutar mo vare. S obzirom da koli ina padalina varira od godine do godine, tako varira i koli ina vode u mo varama, posebice u onima iji su glavni izvor vode padaline. Kao odgovor na te promjene, flora i fauna se stalno mora prilago avati novonastalim uvjetima. U nekim klimatskim zonama postoji suho-vlažni ciklusi, gdje ciklus može trajati i do 20 godina, pa se organizmi koji žive u takvim uvjetima moraju prilagoditi.

Za ptice mo varice su suha razdoblja bitna, jer olakšavaju pronađazak hrane, a posebice kad imaju mlade koji još nisu postali samostalni.

6 MO VARNO BILJE

Mo varnim biljkama smatramo one vrste koje normalno nalazimo na mo varnim podru jima, u ili na vodi, ili gdje je tlo potopljeno ili zasi eno vodom dovoljno dugo da se razviju anaerobni uvjeti u zoni korijena, te koje su razvile neke specijalne prilagodbe anaerobnom okolišu (Cronk, Fennessy. 2005).

Neke od prilagodbi su:

1. Mo varne biljke posjeduju niz zra nih komora izme u lista i korijena, kao adaptaciju na anoksiju, a kroz njih se kisik i drugi plinovi mogu preraspodjeliti izme u razli itih dijelova biljke. Zra ne komore mogu zauzimati i do 50% volumena biljke. Zbog tih struktura, emergentne biljke se ponašaju kao cijevi koje povezuju supstrat sa atmosferom. Dio kisika koji dospije u korijen, može difundirati u okolni supstrat i to se naziva radikalni gubitak kisika, a naj eš e se doga a u mladim korijenima. U submerznih biljaka to nije mogu e, pa one primaju plinove difuzijom iz vode. Ti zra ni prostori tako er služe kao rezerva plinova. Zra ne komore su este i dobro razvijene u zeljastih biljaka dok drvenaste biljke imaju neke druge prilagodbe poput lenticela i zra nog korijenja. Neke biljke imaju adventivno korijenje koje se razvija uz površinu vode gdje ima najviše kisika. (van der Valk, 2006.).
2. Heterofilija – mo varne biljke esto posjeduju dva tipa listova. Podvodni listovi nemaju kutikulu, tanki su i nemaju pu i. esto nemaju cjelovite rubove, kako bi lakše podnosili silu koju stvaraju vodene struje. Listovi iznad površine koji su u doticaju sa zrakom su deblji, te imaju kutikulu i pu i.
3. Vegetativno se razmnožavaju ime nastaju klonovi. Uslijed u estalih promjena u razini vode znatno se smanjuje uspješnost opršivanja, stvaranja i kljanja sjemenki, te zbog toga vegetativno razmnožavanje pove ava šanse za opstankom. U poplavnim godinama bolje uspijevaju biljke s vegetativnim razmnožavanjem dok u suhim godinama bolje uspijevaju neke druge biljke, zbog ega postoje promjene u dominantnim vrstama što nazivamo fluktuacijama (van der Valk, 2006.).

Mo varno bilje dijelimo na:

1. Emergentne biljke – ukorijenjene su u tlo sa bazalnim dijelovima koji uobi ajeno rastu ispod površine vode, ali njihovi listovi i stabljike (fotosintetski dijelovi) te reproduktivni organi su u zraku. Ve ina biljaka ove skupine su zeljaste iako ima i drvenastih. Od svih mo varnih biljaka, ova skupina je najsli nija terestri kim biljkama, oslanjaju i se na prostor iznad vode za razmnožavanje, a na tlo kao jedini izvor nutrijenata. esto naseljavaju plitka obalna podru ja gdje su dominantne iz razloga što koriste svjetlost prije nego što ona uspije do i do plutaju ih biljaka (Cronk, Fennessy. 2005).
2. Submerzne biljke (podvodno bilje) – sa mogu im izuzetkom cvijeta, ove biljke provode itav život ispod površine vode, a rasprostranjene su u obalnim podru jima, estuarijima i u teku icama. Ve ina ih je ukorijenjena u supstrat iako postoje neke iznimke gdje biljka itav život provodi u vodenom stupcu. Fotosintetski organi su ispod vode, listovi i stabljika ne sadrže lignin pa su mekani, listovi su produženi i nalik vrpcu ili višedijelni što omogu uje dovoljnu fleksibilnost kako bi mogli podnjeti vodena gibanja bez ošte enja. Op enito, krajnji dio biljke ne dodiruje površinu vode iako ve i dio biljke može ležati neposredno ispod površine u horizontalnom položaju. U ve ine vrsta cvjetovi se nalaze u zra nom mediju te se oplodnja odvija ili uz pomo kukaca ili uz pomo vjetra, a u drugih se polen prenosi pomo u vode. One uzimaju otopljeni kisik i ugljikov dioksid izravno iz vodenog stupca, a mnoge imaju sposobnost korištenja otopljenog bikarbonata (HCO_3^-) za fotosintezu. Biljke koje su zakorijenjene uzimaju ve inu nutrijenata iz supstrata iako mogu primati neke mikroelemente iz vodenog stupca. Biljke bez korijena su u potpunosti ovisne o vodenom stupcu kao jedinom izvoru nutrijenata (Cronk, Fennessy. 2005).
3. Biljke plutaju ih listova – to su biljke iji listovi plutaju na površini dok je njihov korijen usidren u supstratu, a listovi su s korijenom povezani pomo u peteljki ili kombinacijom peteljki i stabljike. Ve ina vrsta iz ove skupine imaju okrugle, ovalne ili srcolike listove sa cjelevitim rubom, što reducira kidanje, i sa kožastom debelom teksturom koja štiti od herbivora i pretjeranog ulaska vode. Pu i, kroz koje zrak ulazi u biljku smještene su samo sa gornje strane lista (Cronk, Fennessy. 2005).
4. Plutaju e biljke – listovi i peteljke plutaju ih biljaka slobodno plutaju na vodi, a ako posjeduju korijen, on tako er slobodno visi u vodu i nije usidren za podlogu. Korijen osim što služi za apsorpciju nutrijenata, služi i kao uteg koji stabilizira biljku. Kre u se na vodi nošene vjetrom ili vodenim strujama. U ovu skupinu spadaju neke od najmanjih

kritosjemenja a kao što su predstavnici rodova *Lemna* i *Wolffia*. Najčešće se razmnožavaju vegetativno (Cronk, Fennessy. 2005).

Vodeno bilje je osnova hranidbenih lanaca i kao takvo ključno je za protok energije u ekološkom sustavu. Kroz proces fotosinteze, vodeno bilje povezuje anorganski okoliš sa onim organskim. Neke vodene biljke imaju visoku primarnu proizvodnju koja se može uspoređivati sa onom u tropskim kišnim šumama. Za razliku od kopnenih ekoloških sustava, većina proizvedene organske tvari se ne koristi kao hrana herbivorima, već se proslijeđuje u detritivorne hranidbene lanci. Vodeno bilje je ključna staništa za mnoge organizme kao što su epifitske bakterije, perifiton, makroskopski beskralješnjaci i ribe. Vrlo snažno utječe na kemijski sastav vode, djelujući i dvojako, kao odvodi nutrijenata uzimajući ih i trošeći, te kao crpke nutrijenata, premještajući tvari iz sedimenta u vodenim stupacima. Njihova sposobnost poboljšavanja kvalitete vode kroz uzimanje nutrijenata, metala i drugih zagađivača je dobro istražena. Submerzne biljke u vodu otpuštaju kisik kojeg zatim drugi organizmi koriste za respiraciju. Isto tako stabiliziraju obalu, smanjuju eroziju. Vegetacija može kontrolirati vodni režim na razne načine, kao što su nakupljanje treseta, bacanje sjene na vodu (što utječe na temperaturu vode) i transpiracija. Primjerice, močvarne biljke mogu graditi treset do trenutka kad površinska voda više ne dotječe u močvaru područje.

Močvarne biljke imaju veliki utjecaj na fizikalna (temperatura, prodiranje svjetla, karakteristike tla) i kemijska obilježja močvarne vode (otopljeni kisik, dostupnost nutrijenata), te čine bazu za sve biološke sustave močvarnih područja. One su predvodnici produkcije ekoloških sustava i ciklusa nutrijenata, djelomice iz razloga što zauzimaju granično područje između sedimenta i vodenog stupca. Iako su neke od prilagodbi koje posjeduju močvarne biljke pronađene i u srodnih terestričnih vrsta, mnoge značajke su jedinstvene ili ako ih nalazimo i drugdje, u močvarnih biljaka su dostigle visok stupanj (Cronk, Fennessy. 2005).

Zeljaste biljke mogu iz godine u godinu mijenjati brojnost i veličinu individualnih biljaka ovisno o uvjetima koji vladaju te godine. Kao rezultat velikih promjena neke vrste mogu izumrijeti te druge vrste zauzeti njihovo mjesto. Kao odgovor na novonastale uvjete postoje tri vrste promjena: rast biljaka što dovodi do povećanja biomase, fluktuacije (promjene u gustoći pojedinih biljnih vrsta iz godine u godinu kao odgovor na promjene u uvjetima) i mikrosukcesija (uspostavljanje novih i izumiranje postojećih vrsta kao odgovor na promjene).

Neke biljke imaju alelopatiju, tj ispuštaju tvari koje spre avaju rast ili klijanje drugih vrsta. Drugi imbenici koji mogu ograni iti neke vrste ili smanjiti njihovu gusto u su herbivori i patogeni. Tako er, problemi u rasprostranjivanju dijaspora mogu ograni iti neku biljku na odre eno podru je iako su uvjeti povoljni i na drugim lokacijama (van der Valk, 2006.).

7 MIKROBIOTA

U mikrobiota spada ve ina mikroorganizama i organizama jedva vidljivih golim okom, a prisutni su i u drugim vodenim ekološkim sustavima, ne samo u mo varama. Osim mikroorganizama u mikrobiota ubrajamo i beskralješnjake, koji su vrlo esto vidljivi golim okom. Makroskopske životinje za život u mo vari moraju razviti posebne prilagodbe, pa je ve i postotak tih vrsta specifi an za mo vare. Iako mikrobiota nisu specifi ni za mo vare, njihova važnost u ekološkom sustavu je vrlo velika. Igraju važnu ulogu u hranidbenim mrežama i u ciklusima nutrijenata.

7.1 Bakterije

Veli ine su 0,5-2 μm . Klasificiraju se s obzirom na metabolizam. Bakterije koje nalazimo u mo varama su jednake onima koje nalazimo u jezerima i vodotocima sli nih kemijskih karakteristika. Mogu biti slobodno plutaju e, ili se mogu nalaziti na biljkama ili tlu, ili pak u samom sedimentu. Imaju visoku stopu metabolizma i kratak reproduksijski ciklus, a oboje je ovisno o temperaturi. U mo varama nalazimo ve inom saprofitske bakterije te mnogo rije e fotosintetske. Neke od njih su poznate kao patogeni. Od fotosintetskih srodnika, dosta su este cijanobakterije (van der Valk, 2006.).

U mo varama su prisutne heterotrofne i autotrofne bakterije. Heterotrofne bakterije koriste organske tvari iz okoliša kao izvor energije i kao sirovini za sintezu stani nih komponenti. Igraju i važnu ulogu u razgradnji mrtvih organizama. Autotrofne bakterije koriste C-1 molekule (CO_2 , metan, metanol) kao izvor ugljika. Razlikujemo fotoautotrofe koji koriste sun evu energiju dok kemoautotrofi oksidacijom anorganskog supstrata dobivaju energiju. Neke bakterije su i autotrofi i heterotrofi, pa ih nazivamo miksotrofi.

Postoje dva oblika metabolizma:

- a) disimilacija – Postoji pet osnovnih načina dobivanja energije tj. disimilacije u bakterijama: fotosinteza, fermentacija, aerobno disanje, anaerobno disanje i metanogeneza. Anaerobno disanje i metanogeneza su specifični za bakterije.

Fotosinteza se može odvijati na dva načina: uz prisustvo kisika (oksigena fotosinteza) i bez prisustva kisika (anoksigena fotosinteza). Za oksigenu fotosintezu, gdje se iz CO_2 i molekule H_2O dobiva molekula šeera potrebna je neka od molekula klorofila i prisustvo izvora energije. Među bakterijama i njihovim srodnicima, jedino cijanobakterije mogu vršiti oksigenu fotosintezu. U anoksigenoj fotosintezi, H_2S se može koristiti kao elektron donor tj. kao reducens. Kao rezultat akumulacije žive i mrtve organske tvari nastale fotosintezom, možemo vare su kemijski reducirana staništa. Heterotrofi koriste energiju pohranjenu u reduciranim organskim molekulama njihovom oksidacijom (van der Valk, 2006.).

Fermentacija je aerobni proces u kojem se organski supstrat sekvencialno transformira i u kojem nema vanjskog elektron akceptora. Fermentacija rezultira sa malim kolim inama energije u odnosu na disanje. Konačni produkt fermentacije je etanol ili laktat. U aerobnom disanju, krajnji akceptor elektrona je kisik. Ovaj proces rezultira sa najviše energije od svih procesa, a jednak je aerobnom disanju u gljiva, algi, viših biljaka i životinja. Većina bakterija oksidira organsku tvar ali postoje i bakterije koje oksidiraju anorgansku tvar i zovu se kemoautotrofi. U međuvremenu postoje etiri važne skupine kemoautotrofnih bakterija: metanogene, nitrificirajuće, sulfid oksidirajuće te željezo i mangan oksidirajuće. Metanogene bakterije oksidiraju metan do ugljičnog dioksida, nitrificirajuće bakterije oksidiraju amonijak do nitrita u dva koraka, sulfid oksidirajuće bakterije oksidiraju sulfid do sulfata, a željezo i mangan oksidirajuće bakterije oksidiraju fero ion (Fe_2^+) i reducirani oblik mangana (Mn_2^+) do njihovih oksidiranih oblika feri iona (Fe_3^+) i Mn_3^+ . Oksidacija Fe i Mn se može odvijati bez bakterija uz prisustvo kisika (van der Valk, 2006.).

U anaerobnom disanju postoji vanjski terminalni akceptor elektrona, ali to nije kisik. To mogu biti nitrat, sulfat te oksidirani oblici željeza i mangana.

- b) asimilacija - bakterijama su potrebni razni elementi (C,O,N,H,P,S) kako bi mogle sintetizirati različite spojeve nužne za život (še eri, aminokiseline, nukleinske kiseline, enzimi, proteini, itd.). Kad je za uzimanje tih elemenata potrebna energija, tada se to naziva asimilatorni metabolizam. Najbitniji proces asimilacije odvija se tijekom oksigene fotosinteze gdje se ugljični dioksid asimilira u organsku molekulu tijekom Calvinovog ciklusa. Fiksacija dušika (asimilacijska redukcija N_2) može se odvijati samo u anaerobnim

uvjetima, jer kisik uništava jedan od enzima koji sudjeluju u fiksaciji, dinitrogenaza reduktazu. Cijanobakterije mogu fiksirati dušik i uz prisustvo kisika zahvaljuju i posebnim stanicama – heterocistama (imaju debeli ovoj koji sprjeava ulazak kisika u stanicu). Neke bakterije koje fiksiraju dušik ulaze u simbiozu sa biljkama, posebice onima iz porodice *Fabaceae*. U anaerobnim uvjetima bakterije mogu fiksirati amonijak, a u aerobnim uvjetima mogu asimilirati nitrate koje onda reduciraju do amonijaka. (van der Valk, 2006.).

7.2 Gljive

Postoje parazitske i saprofitske gljive, a neke mogu biti oboje, ovisno o uvjetima. Ekološki, igraju vrlo važnu ulogu u razgradnji biljnih i životinjskih ostataka. Imaju sposobnost razgradnje velikih organskih polimera kao što su hitin, celuloza, pektini, hemiceluloza i škrob. S obzirom da bakterije koje žive u anaerobnom supstratu ne mogu razgraditi složene organske polimere, a gljive tamo nisu prisutne, razgradnja organskih tvari je vrlo spora. Gljive ne mogu opstati u tom supstratu iz razloga što su bakterije kompetitivnije za kisik, pa i ono malo kisika što ima gljive ne mogu dobiti.

7.3 Alge

Filogenetski su odvedenija grupa fotosintetskih organizama koje nalazimo u svim vodenim ekološkim sustavima. Postoje malene alge koje ne možemo vidjeti golim okom pa sve do velikih kolonija velikih nekoliko metara. To su “jednostavne” eukariotske biljne stanice koje imaju klorofil *a* kao fotosintetski pigment i u pravilu imaju slobodne reproduktivne strukture. Tu ne spadaju modrozelene alge (cijanobakterije) jer su one prokarioti, pa ih zbog toga smatraju fotosintetskim bakterijama.

Plankton se najvećim dijelom sastoji od algi i beskralježnjaka i njihovih razvojnih stadija. Alge čine fitoplankton, a beskralježnjaci koji plutaju u vodenom stupcu čine zooplankton. Osim u planktonu, alge nalazimo u perifitonu (alge pričvršćene na neku biljku ili površinu ispod vode) i metafitonu (na površini vode, nisu pričvršćene). Perifiton se ponekad koristi kao termin za neplanktonske alge.

7.4 Beskralješnjaci

Najbitniji beskralješnjaci su mahovnjaci, žarnjaci, spužve, plošnjaci, kolnjaci, obli i, mukušci, koluti avci, razli iti pauci, insekti te rakovi. Nalazimo ih u bentosu, u vodenom stupcu (plankton i nekton), na i u biljkama, na kamenju i u sedimentu. Većina ima kompleksne razvojne cikluse sa više stadija. Za njih, kao i za druge životinje, glavni problem je nedostatak kisika u vodenom stupcu i u sedimentu.

7.4.1 Vodeni insekti

Najbitnije skupine insekata u močvarama su Ephemeroptera (vodencvjetovi), Odonata (vretenca), Plecoptera (obalari), Hemiptera (polukrilci), Coleoptera (kornjaši), Diptera (dvokrilci) i Trichoptera (tulari). Njihovi raniji razvojni stadiji su obično vrlo dobro prilagođeni na život u vodi dok odrasli obično žive izvan vode. Prilagodbe koje posjeduju ličinke: preobrazba udova u spljoštene veslolike strukture, dlake na nogama kako bi povećali površinu, produljenje tijela ličinke koje omogućuje crvoliko kretanje kroz supstrat, snažne kukice koje im omogućuju penjanje po kamenju i po biljkama, neke vrlo egzotične prilagodbe kao primjerice mlaz iz rectuma kod ličinki vretenaca. Najvažniji problem s kojim se vodeni insekti suočavaju je kako doći do kisika. Postoje 2 skupine kukaca s obzirom na način na koji se opskrbljuju kisikom. Prva skupina kukaca udiše zrak, a druga iskorištava kisik iz vode (van der Valk, 2006.).

Ličinke dipterske skupine *Chironomidae* najbolje su prilagođene na smanjene koncentracije kisika. Osim što posjeduju hemoglobin koji značajno povećava iskorištenje kisika u uvjetima jako male koncentracije kisika, ličinke mogu postati inaktivne na par tjedana ili mjeseci. Žive u sedimentu i procjenjuje se da ih može biti par tisuća po m² močvare, a važna su hrana za mnoge ribe i ptice (van der Valk, 2006.).

8 MAKROBIOTA

U makrobiota močvara ubrajamo ptice, ribe, gmazove, vodozemce i sisavce. Makrofiti i makrofauna močvara se razlikuju po tome koliko često ih nalazimo u močvarnim područjima i

prema tom kriteriju podijeljeni su u četiri skupine: obligatni, amfibijski, fakultativni te vrste koje služe ajno dospiju u močvaru

Obligatne vrste nalazimo ili u vodenom stupcu ili na potopljenom sedimentu. To su vrste koje ne mogu preživjeti bez vode, osim u nekom mirujućem stadiju. Organizme iz ove skupine, primjerice ribe, takođe nalazimo i u drugim vodenim ekosustavima. Mnogi makrofiti spadaju u ovu kategoriju.

Amfibijske vrste provode barem dio svog života u vodi, a dio na kopnu. Ovo je vrlo velika i raznolika skupina koja uključuje vodozemce, gmazove i ptice.

Fakultativne vrste su one koje možemo naći i u močvarnim i u kopnenim ekološkim sustavima. Razlikuju se od amfibijskih vrsta po tome što nemaju niti jedan životni stadij koji nužno mora provesti dio života u vodi. Zbog toga kod isušivanja močvara fakultativne vrste preživljavaju, a amfibijske ne (van der Valk, 2006.).

8.1 Ptice močvarice

Različiti tipovi vegetacije u močvarama pružaju niz mikrostaništa koje ptice mogu iskoristiti kao izvor vode, hrane i kao sklonište. Tijekom evolucije, mnoge su se vrste ptica prilagodile na različita močvarna mikrostaništa. Zajedničkim nazivom te ptice zovu se ptice močvarice, a obuhvaćaju rončeve, gnjurce, patke, guske, labudove, aplje, rode, ibise, prutke, kulike, ždralove, kokošice, pelikane, plamence, pjevice, koseve, galebove, igre, urline vodomare i grabljivice. Od svih njih, uz močvaru se najčešće povezuju patke i urlini. Većina prilagodbi služi za ulazak i izlazak iz močvara (slijetanje na vodu, plivanje, poletavanje sa vode, hodanje po plitkoj vodi te polijetanje sa muljevitog sedimenta) te za uzimanje hrane. Noge su prilagođene plivanju, ronjenju, hodanju po blatu, gaženju po plitkoj vodi te hvatanju plijena. Ovisno o vrsti hrane kljun je oblikom i funkcijom prilagođen ishrani. Vodonepropusno perje je takođe dosta estetska prilagodba. Među močvarnim pticama nalazimo herbivorne (pr. guske), omnivorne (pr. patke) i karnivorne vrste (pr. aplje). Prehrana se takođe mijenja sezonski, pa tako neke ženke patki tijekom nesenja jaja postaju karnivorne kako bi zadovoljile povremenu potrebu za proteinima. Slike promjene u prehrani može izazvati i mitarenje. Neke ptice poput koseva, palčića i trstenjaka gnijezde u močvarama, ali nemaju nikakve posebne prilagodbe za život u močvaru. To ukazuje na to da i ptice koje nisu morfološki prilagođene za život u močvarnom staništu pokazuju ovisnost o močvarama, bilo

za hranu ili za gnjež enje. injenica da u mo varama nalazimo gotovo sve vrste ptica ukazuje na njihovu važnost za pti ji svijet (van der Valk, 2006.).

8.2 Ribe

Najve i problemi sa kojima se ribe u mo varama suo avaju su periodi sa vrlo niskim koncentracijama kisika ili bez kisika te periodi sa vrlo niskim vodostajem. Ribe se razlikuju prema toleranciji na nedostatak kisika, pa su tako mo vare vrlo selektivne za sastav vrsta koje emo na i. Prva prilagodba na smanjene koncentracije kisika je migracija u dijelove koji imaju više kisika, a te migracije mogu biti dnevne ili sezonske. Neke ribe odlaze do sloja uz površinu gdje ima najviše kisika kako bi ventilirale svoje škrge, dok druge imaju specijalizirane organe za udisanje zraka. Postoji oko 350 vrsta riba koje mogu iskoristiti kisik iz zraka. Me u ribama koje udišu zrak razlikujemo fakultativne vrste, tj. one koje samo u uvjetima niske koncentracije kisika u vodi udišu zrak, te one koje kontinuirano udišu zrak (neke od njih ne mogu iskorištavati kisik niti iz dobro oksigenirane vode). Iz razloga što te ribe moraju stalno biti blizu površine konstantno su izložene predatorima iz zraka. Zbog toga se naj eš e skrivaju u zajednicama makrofita. Budu i da takve prilagodbe zahtjevaju mnogo energije, mo varne ribe su obično manje od njihovih srodnika iz drugih akvati kih ekoloških sustava.

8.3 Vodozemci, gmazovi I sisavci

Velika mo varna podru ja uz rijeke imaju najve u raznolikost kralježnjaka. Žabe i daždevnjaci su vrlo esti stanovnici mo vara, ali ve inom koriste mo vare samo za polaganje jaja, dok odrasli oblici velik dio života provode u kopnenim ekološkim sustavima. Iz razloga što ribe pojedu mnogo jaja i li inki vodozemaca, ve ina preferira mo vare u kojima ima malo ili uop e nema riba (van der Valk, 2006.).

Mnogi gmazovi provode ve inu života u mo varama, primjerice aligatori i kornja e. Mo vare su idealna staništa za njih, jer im pružaju idealne uvjete za regulaciju tjelesne temperature. Voda im pomaže da se rashlade, a sun ana mesta da povise svoju tjelesnu temperature.

Od sisavaca koji se klasificiraju kao vodeni, vrlo malo njih obitava u mo varama. Najve i sisavac kojeg nalazimo u mo varama svijeta je nilski konj, *Hippopotamus amphibius*, a živi u afri kim mo varama. Ve ina amfibijskih i fakultativnih sisavaca u mo varama su maleni. Obi no imaju tanka izdužena tijela i noge prilago ene plivanju, a u mo vare dolaze radi hrane i u vrijeme kad imaju mlade (van der Valk, 2006.).

9 PROMJENE U MO VARAMA

Postoje dugoro ne promjene koje traju par stotina ili tisu a godina i u tom periodu se taloži sediment ili treset što dovodi do promjena u svojstvima tla. Te dugoro ne promjene zovu se makrosukcesija. Kratkoro ne promjene traju par godina ili desetlje a i to su reverzibilne promjene kao što su promjene u razini vode uzrokovane vlažno-sušnim ciklusima. Te promjene nazivamo mikrosukcesivnim i ponekad negativno djeluju na makrosukcesivne promjene jer taloženje organskog materijala može biti reducirano ili ak negativno tijekom sušnih perioda. (van der Valk, 2006.).

9.1 Makrosukcesija

Makrosukcesija se esto naziva okopnjavanjem jer mo vare postaju pli e ispunjavaju i se talogom ili tresetom te se naposlijetku pretvaraju u kopneni sustav. U praksi se to vrlo rijetko doga a, a gubitak mo vara prirodnim putem naj eš e je rezultat promjene klime, promjene toka rijeke i promjena u razini mora. U posljednjih nekoliko tisu a godina razlog nestanka ve ine mo vara bilo je isušivanje i va enje treseta ljudskom aktivnoš u. Mo vare su smještene u nizinskim predjelima te skupljaju okolnu vodu ak ako su i ispunjene talogom autohtonog ili alohtonog porijekla.

9.2 Fluktuacije i mikrosukcesija

Ako su promjene u razini vode izme u godina male (manje od 50 cm), tada su fluktuacije, tj promjene u gusto i populacija pojedinih vrsta, primarna vrsta promjene. Ako su promjene ve e (100 cm i više), tada se javlja sukcesija tj. promjena u sastavu vrsta (van der Valk, 2006.).

10 FUNKCIJE MO VARA

To su mjerljive karakteristike mo vara kao što su primarna produkcija, hranidbeni lanci, kruženje nutrijenata, vodni kapacitet i drugo. Postoje i razliite koristi koje ljudsko društvo ima od mo vara a to su primjerice: drvo, krvno, riba, patke, treset, reduciranje poplava, prošavjanje voda i drugo. Makrofiti sakupljaju najveći dio sunčeve energije koja ulazi u mo varni ekosustav te su najveći živi rezervoari fosfora i dušika. Najveći broj funkcija mo vara su posljedica prisustva makrofita (van der Valk, 2006.).

10.1 Primarna produkcija

Živi ili mrtvi biljni materijal prisutan u mo varama, najveći im dijelom porijeklom je od oksigene fotosinteze. Oksigena fotosinteza je redukcija CO₂ do organskih tvari uz pomoć svjetlosne energije zaraobljene pomoću klorofila pri čemu je voda reducens, a vrše ju makrofiti, alge i cijanobakterije. Ukupna kolичina ugljika fiksiranog fotosintezom kroz neki period naziva se bruto primarnom produkcijom (BPP). Biljke, međutim, vrše respiraciju i na svjetlu i u tamni kako bi osigurale energiju potrebnu za rast i život. Zbog toga je kolичina organskih tvari koje se skupljaju manja od one nastale fotosintezom, za koliko su organske tvari potrošene respiracijom (R). To se zove neto primarna produkcija (NPP) i računa se kao:

$$NPP = BPP - R$$

Iako je moguće mjeriti NPP, najčešće se skupe sve biljke koje žive na određenoj površini mo varu te se izmjeri njihova biomasa. Podaci dobiveni mjeranjem biomase su u pravilu manji od NPP iz razloga što u biomasu nisu uključeni gubici zbog herbivora, bolesti i opadanja listova, cvjetova i slično. U biomasu bi trebalo uključiti i podzemne i nadzemne dijelove biljaka, ali najčešće se radi samo sa podacima o nadzemnim dijelovima biljaka. Procjenjena godišnja totalna primarna produkcija jako varira i krećete se od 100 do 9000 g/m². U mo varama koje imaju velike promjene u kolici vode iz godine u godinu, biomasa se takođe mijenja.

Makrofiti nisu jedini primarni producenti u mo varama. Alge i cijanobakterije takođe znaju pridonose primarnoj produkciji. Znajući njihove produkcije se može zanemaruje jer alge zauzimaju manji prostor od makrofita. Gledajući prinos biomase po vegetacijskom

ciklus, alge imaju zna ajno manju produkciju, ali kad uzmemo u obzir da alge imaju mnogo bržu izmjenu tvari i da imaju više ciklusa godišnje, u mnogim mo varnim sustavima alge mogu imati jednak visoku primarnu produkciju kao i makrofiti. Njihova produkcija jako varira izme u vegetacijskih zona i od godine do godine.

10.2 Razlaganje mrtve organske tvari

Nakon smrti, ostaci organizama postaju dostupni heterotrofnim bakterijama kao izvor energije. Razlaganje ostataka osloba a preostalu energiju i kemijske elemente koje su makrofiti i alge asimilirali tijekom života. Koli ina i kvaliteta organske tvari proizvedene u mo varama uvelike utje e na druge funkcije mo vara, posebice na hranidbene lance i kruženje nutrijenata. Organski ostaci su kompleksna smjesa od najjednostavnijih spojeva kao što su monosaharidi i aminokiseline pa do dugolan anih polimera poput lignina. Bakterije vrlo brzo koloniziraju organske ostatke i kako se broj bakterija pove ava, tako se i brzina razgradnje proporcionalno pove ava. Kad se lako iskoristive molekule potroše, razina razgradnje pada. Nakon što se mikroorganizmi nasele na organske ostatke dobivamo nerazdvojivu smjesu mikroorganizama i organskih tvari koju nazivamo detritus. Gusto a mikroorganizama može biti stotinu milijuna po cm kvadratnom, pa detritus esto ima više fosfora i dušika po molekuli ugljika od netaknutih ostataka. Zbog toga detritus ima mnogo ve u hranjivu vrijednost nego sami organski ostaci i njime se hrane mnogi organizmi, koje nazivamo detritivori.

Prije po etka razgradnje mikroorganizmi moraju osigurati dovoljno dušika i fosfora iz okoliša. Omjer C:N mora biti manji od 30 da bi mineralizacija mogla po eti. U po etnim fazama razgradnje organskih ostataka, asimilacija nutrijenata od strane bakterija može nadvisiti otpuštanje nutrijenata tijekom mineralizacije ostataka.

Osim sastava organskih ostataka, na brzinu razgradnje utje u i okolišni imbenici kao što su pH, temperatura, koncentracija kisika, jer oni utje u na vrstu i koli inu prisutnih mikroorganizama. Razgradnja je najviša u aerobnim uvjetima i temperaturi iznad 25 °C.

10.3 Hranidbene mreže

Primarna produkcija mo vara podržava mnoge heterotrofne organizme od bakterija pa do nilskog konja. U ve ini mo vara, samo 5-10% biomase makrofita iskorištavaju

“grazeri”(životinje koje brste), ve inom mali sisavci i beskralježnjaci. Neke mo vare služe kao pašnjaci doma im životnjama, pa je u njima mnogo ve i postotak iskorištenja biomase makrofita. Beskralježnjaci koji su “grazeri” i filtratori koriste velike koli ine biomase algi. Ipak, najve i dio biomase proizveden od algi i makrofita postane mrtva organska tvar.

Postoje dva osnovna puta kojima se energija premješta iz jedne trofi ke razine u drugu: autotrofni (herbivorni) i heterotrofni (detritivorni) put. U autotrofnom putu herbivore jedu žive makrofite ili alge. U heterotrofnom putu bakterije jedu ostatke makrofita, algi i životinja, a zatim beskralježnjaci pojedu bakterije. Nekad se smatralo da je heterotrofni put mnogo važniji od autotrofnog, ali nakon što je dokazano da alge nose zna ajan dio produkcije u mo varama, smatra se da je autotrofni put jednako važan ili važniji od heterotrofnog.

Hranidbeni lanci i mreže su najjednostavnije re eno, prikazi tko jede koga.

Postoje tri osnovna na ina analize prehrane heterotrofa:

1. promatranje pojedinih životinja na terenu ili u laboratoriju kako bi vidjeli što jedu
2. prou avanje sadržaja želuca životinja kako bi vidjeli što su pojeli
3. korištenje stabilnih izotopa ili drugih markera koji ostaju stabilni kroz cijelu hranidbenu mrežu

Promatranje životinja i sadržaja želuca su naj eš e upotrebljavanje metode u ve ih organizama poput riba i ptica mo varica. Te metode su korisne za odre ivanje vrste i koli ine hrane koju neka odre ena vrsta jede, ali su nepraktične za odre ivanje cijele hranidbene mreže. Stabilni izotopi i sli ni markeri mogu nam pokazati prijenos energije i esencijalnih elemenata od producenta do potroša a.

Mnogi organizmi na višim trofi kim razinama mo vara su karnivorne vrste koje se hrane beskralježnjacima i malom ribom (pr. patke i mnoge ptice mo varice). Bekskralježnjaci nisu uvijek prisutni u gusto ama koje podupiru te vrste. Mo varne ptice koriste sušna razdoblja, jer kada se spusti razina vode, plijen je dostupniji pa oni lakše mogu prehraniti svoje mlade.

10.4 Kruženje nutrijenata

Ciklusi nutrijenata predstavljaju prikaz gdje su nutrijenti smješteni u mo vari, kako se nutrijenti transportiraju s jednog mjesta na drugo te kemijskih promjena do kojih dolazi. Najbitniji ciklusi nutrijenata u mo varama su ciklusi ugljika, dušika, sumpora i fosfora. Dominantni ciklus je ciklus ugljika.

10.4.1 Ciklus ugljika

Ugljik je najzastupljeniji element u svim živim biima te njegov udio iznosi 45-55%. Udio dušika je 2-10%, a udjeli sumpora i fosfora su znatno manji. Najviše nutrijenata u močvarama se nalazi u tlu i u makrofitima. Makrofiti su pumpe nutrijenata koje premještaju sumpor, dušik i fosfor iz sedimenta. Ciklus ugljika je središnji ciklus u razumijevanju za što je močvarni sediment anaeroban, za što močvarne vode pohranjuju ugljik i za što oslobađaju metan i druge staklene ke plinove. Ciklus ugljika je povezan sa drugim mikrobnim ciklusima, a energija potrebna za transformaciju dušića i sulfatnih nutrijenata dolazi iz spojeva nastalih u ciklusu ugljika. Najveći dio ugljika u močvarama nastao je oksigenom fotosintezom u algama i makrofitima. Iako je dio te organske tvari pojeden od herbivora, za ciklus ugljika to je samo kratko skretanje sa puta za pretvorbu ugljika u DOC (toplji oblik koji se izlučuje izravno u vodenim stupcima gdje ga mogu uzeti aerobni organizmi i na kraju se mineralizira) ili u POC (Particulate organic carbon compartments – esti ni oblik ugljika koji možemo naći u različitim oblicima, a s vremenom se razbija u sve manje estice koje mogu biti pretvorene ili u DOC ili u CO₂). Dio POC-a se ne razlaže, već pada na dno močvarne vode gdje ga prekrivaju nove naslage organskih tvari i tako dospijeva u anaerobne i reduktivne uvjetove. U anaerobnim uvjetima, fermentatori hidroliziraju veće organske molekule (lignin, celuloza, hemiceluloza) u manje molekule (masne kiseline, acetat, alkoholi,...). Mnogi mikroorganizmi sposobni za anaerobnu respiraciju mogu koristiti te spojeve kao izvor energije okisdacijom do CO₂ dok god je pogodni terminalni akceptor elektrona prisutan. U vrlo reduktivnim uvjetima, kad su ostali terminalni akceptori elektrona potrošeni, metanogene bakterije mogu proizvoditi metan iz produkata fermentacije, ponekad koristeći CO₂ kao elektron akceptor. Mnogo organske tvari u močvarama se napisljeku iskoristi u anaerobnoj respiraciji kao izvor energije, a ta energija služi kao gorivo za transformaciju mnogih kemijskih spojeva u ciklusu dušika i sumpora.

Jedna uobičajena karakteristika močvarne vode je visok sadržaj organske tvari u sedimentu u usporedbi sa okolnim terestričnim sustavima, tj. u močvarama se manje organske tvari koja se proizvede svake godine u potpunosti mineralizira. Iz razloga što se mnogo razgradnje odvija u anaerobnim uvjetima, razgradnja je manje inkovitica nego u okolnim kopnenim sustavima.

10.4.2 Ciklusi dušika i sumpora

Oba su podložna redoks reakcijama koje uključuju oksidaciju reduciranih oblika kao što su NH_4^+ i H_2S ili redukciju visoko oksidiranih spojeva poput NO_3^- i SO_4^{2-} . Kao u svim redoks reakcijama, neke se primarno odvijaju u aerobnim uvjetima, a neke u anaerobnim uvjetima. pet najbitnijih takvih reakcija je:

1. Fiksacija dušika – Plinoviti N_2 se može pretvoriti u NH_4^+ . U močvarama su mnoge anaerobne bakterije, neke fakultativno anaerobne bakterije i cijanobakterije, primarni fiksatori dušika. Za taj proces potrebna je energija.
2. Nitrifikacija – Pretvorba NH_4^+ u NO_3^- . Odvija se samo u aerobnim uvjetima. Uobičajeno, jedino mjesto gdje možemo naći NH_4^+ u močvarama je anaerobni supstrat. Ponekad ga možemo naći u stupcu vode kad difundira iz sedimenta, ili je tu dospio mineralizacijom organskih ostataka, sa površine. U aerobnoj zoni, brzo se oksidira do nitrata u više koraka uz pomoč bakterija (*Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrobacter*).
3. Denitrifikacija – Kad nitrati difundiraju u anaerobnu zonu, nitrati mogu poslužiti kao terminalni akceptori elektrona u anaerobnom disanju mnogih anaerobnih bakterija. Denitrifikacija je pretvorba nitrata u plinoviti dušik(N_2) ili dušikov oksid N_2O . Denitrifikacija trajno uklanja nitrate iz močvara.
4. Imobilizacija – Pretvorba anorganske forme u organsku uz pomoč biljaka.
5. Amonifikacija – Pretvorba organskog dušika u NH_4^+ , a može se odvijati i u aerobnim i u anaerobnim uvjetima.

Močvare su dobri odvodi za dušik jer kad povežemo amonifikaciju sa nitrifikacijom u aerobnoj zoni i denitrifikacijom u anaerobnoj zoni, može ukloniti bilo koji oblik dušika iz močvare pretvarajući ga u plinoviti dušik.

Ciklus sumpora ima mnoge slike slične ciklusu dušika. Različiti kemijski oblici sumpora se mogu naći u močvarama. Sumpor takođe nalazimo u različitim oksidacijskim stanjima, a s obzirom da je H_2S plinovit, vrlo lako se može odstraniti iz močvare. U anaerobnim uvjetima, SO_4^{2-} , koji može biti terminalni akceptor u anaerobnom disanju, može se reducirati do H_2S . H_2S reagira sa željezom te tvori netopivi željezni sulfid.

10.4.3 Ciklus fosfora

Razliku je od ciklusa ugljika, dušika i sumpora jer ne uključuje niz redoks reakcija. U tom vremenu fosfor nalazimo u dva oblika, anorganskom kojeg nazivamo i ortofosfat te organskom. Ciklus fosfora je taložni ciklus. Anorganski fosfat imobilizacijom, tj. kad ga neki organizmi uzmu, prelazi u organski fosfat. Organski fosfat prelazi u anorganski mineralizacijom. Fosfor vrlo brzo nestaje iz mrtve organske tvari jer ga uzimaju mikroorganizmi. I mineralizacija i imobilizacija se mogu odvijati i u aerobnim i u anaerobnim uvjetima. Glavni mehanizmi za uklanjanje anorganskog fosfora iz vodenog stupca su adsorpcija na sediment i ko-taloženje sa karbonatima. Tlo varno ima ograničen kapacitet za vezanje fosfora. Zakopavanje organskih ostataka sa fosforom vezanim na njihini može odvoditi za fosfor.

11 BUDUĆNOST MOŽE VARA

Oko 50% svjetskih možvara je već izgubljeno, a u nekim regijama izgubljeno je i 99% možvara. U zaštiti možvara najviše se naglašava važnost možvara kao staništa za ptice i varice. Iako su možvara do danas prepoznate kao važni i vrlo vrijedni ekološki sustavi, još uvek su nedovoljno zaštićene i nestaju diljem svijeta. Ne samo da nestaju, već i one koje opstaju postaju sve više degradirane.

11.1 Gubitak možvara

U zemljama koje su uvelike zakone protiv isušivanja i zatrpuvanja možvara, gubitak možvara se je značajno smanjio. Kako bi se omogućio razvitak možvara, esto je potrebno provesti obnovu možvara. U većini zemalja ne postoje zakoni koji sprečavaju uništavanje možvara.

Jedan od najutjecajnijih programa za očuvanje možvara je Ramsarska konvencija. Cilj je Ramsarske konvencije pametno korištenje možvara. Ramsarska konvencija je jedini međunarodni mehanizam za zaštitu možvara i rezultirao je zaštitom mnogih velikih možvarnih područja u svijetu. Do kolovoza 2009. bilo je 149 zemalja potpisnica, 1879

lokaliteta na popisu, ukupne površine 181365679 ha. Kad je osnovana, Ramsarska konvencija je imala za cilj zaštiti ključna staništa za ptice selice. U Hrvatskoj su 4 lokaliteta uvrštena na Ramsarski popis: Lonjsko polje, Crna Mlaka, Kopački rit i donji tok rijeke Neretve.

Iako pretvorba močvarnih područja u poljoprivredna predstavlja jedan od glavnih problema u Africi, Aziji i Južnoj Americi, projekti vezani uz vodu su još jedan veliki problem. Odvodnjom velikih količina vode iz nekih močvarnih sustava vezanih uz rijeke, odvodi se i velika količina sedimenta, te se razina vode spušta. Na kraju razina pada ispod morske, te more po inje ulaziti u rijeku i na kraju uništava slatkovodni močvarni ekološki sustav.

11.2. Degradacija močvara i invazivne vrste

Povećan ulazak nutrijenata u močvaru, posebice onih ispranih sa poljoprivrednih površina, promjene u hidrologiji i invazivne vrste, najčešći su uzroci degradacije močvara. Invazivne vrste su vrste koje se povijesno nisu nalazile na nekom području, a svojom aktivnošću su istisnule neke druge vrste koje su prije obitavale na tom staništu. Postoje brojne invazivne vrste, a njihova agresivnost rezultira smanjenjem biodiverziteta.

Močvara Everglade je proučavana kako bi se vidjeli utjecaji ulaska nutrijenata ispranih sa poljoprivrednih zemljišta. Voda koja dolazi sa poljoprivrednih zemljišta je mnogo bogatija nutrijentima, pogotovo fosforom, od vode koja je prije postojanja poljoprivrednih zemljišta tim kanalima ulazila u močvaru, a to je dovelo do istiskivanja nekih vrsta makrofita. Istraživanja su pokazala da je povećani unos nutrijenata glavni razlog tome, ali požari i promjene u hidrologiji također igraju važnu ulogu. Niz postupaka je proveden kako bi se višak fosfora uklonio iz močvara.

11.3 Globalne klimatske promjene

Utječu na močvaru na dva načina:

1. Promjene u temperaturi i padalinama mijenjaju hidrologiju močvara, a na taj način posredno i floru i faunu.
2. Mogu uzrokovati otpuštanje velikih količina ugljika pohranjenog u močvarama

Mo vare pohranjuju ugljik 10-20 puta brže nego što to ine terestri ki ekosustavi. Taj visoki postotak se javlja zbog sporije dekompozicije u anaerobnim uvjetima i nižih temperatura u borealnim i arkti kim regijama gdje je smješteno najviše mo vara. Zbog toga, danas mo vare sadrže oko 40% sedimentnog ugljika od ukupne koli ine sedimentnog ugljika. Iako prekrivaju samo 3% površine kopna, tresetišta sadrže oko 25% sedimentnog ugljika. Iako su mo vare važan spremnik za ugljik, ne o ekuje se da e mo i pohraniti sav višak ugljika kako e razina CO_2 rasti i uzrokovati globalno zatopljenje. Predvi a se upravo suprotno, tj. da e globalno zatopljenje smanjiti period u kojem se mo vare na sjeveru nalaze pod ledom svake godine, izlažu i mo vare kisiku, a to e dovesti do oksidacije ugljika što bi moglo znatno pove ati godišnju emisiju CO_2 i CH_4 . Procjenjuje se da su mo vare izvor emisije oko 40% CH_4 na Zemlji. Zbog kolebanja u razini vode koja imaju snažan utje aj na emisiju stakleni kih plinova, pad razine vode bi mogao rezultirati u pove anoj emisiji CO_2 kako se sve više organske tvari oksidira u aerobnim uvjetima, i na taj na in smanjiti razinu CH_4 .

11.4 Obnova mo vara

Dosad su sve provedene obnove mo vara bile relativno male, obnavljaju i mo vare površine od nekoliko ha. Postoje planovi za obnovu rije nih mo varnih ekoloških sustava površine nekoliko tisu a ili ak desetaka tisu a hektara. Jedan od glavnih kriterija u obnovi i uspostavi novih mo vara je da su prisutne vrste biljaka i životinja koje karakteriziraju mo varu kakvu mi želimo napraviti. Drugi važan kriterij je da to mjesto ima neke od glavnih funkcija mo vara, primjerice da barem 90% fosfora koji dolazi na to mjesto ostaje na tom mjestu. Tresetišta su mo varni ekosustavi koja je najteže obnoviti. Neke obnovljene ili novonastale mo vare nikada ne e biti poput onih prirodnih. To je zbog bioloških ili okolišnih prepreka koje ne možemo ukloniti. Zbog toga cilj obnove ne treba biti uspostaviti mo varu koja e biti identična mo vari koja se prethodno nalazila na tom mjestu, ve uspostava mo vare koja e osigurati o uvanje što ve eg biodiverziteta i diverziteta gena.

12 LITERATURA

Arnold G. van der Valk (2006) : The Biology of Freshwater wetlands. Oxford University Press, New York

Julie C. Cronk, M. Siobhan Fennessy (2001): Wetland Plants, Biology and Ecology. Lewis Publishers, New York, str. 4 – 102

Internetski izvori:

http://www.dzzp.hr/projekti_crowet.htm#ramsar

SAŽETAK

Mo vare su ekološkisustavi koji imaju mnoge slike i sa vodenim i sa kopnenim ekosustavima. Dvije značajke ih jedinstvenima: anaerobni supstrat (nastaje jer bakterije vrlo brzo iskorištavaju dostupni kisik u vodom zasićenim tlama) i prisustvo makrofita. Makrofiti imaju veliki utjecaj na svojstva močvara, jer su glavni primarni proizvod, a djeluju kao crpke nutrijenata iz supstrata u vodenom stupac, utječući na hidrologiju i smanjuju eroziju tla te ih najveći spremnik nutrijenata, tijekom i nakon života. Razgradnja organske tvari jedan je od ključnih procesa koji se zbivaju u močvarama. Glavni razlagač u močvarama su bakterije i gljive, koje na taj način imaju središnju ulogu u kruženju nutrijenata. Močvare imaju vrlo visok kapacitet prijeavanja vode i sprečavanja poplava. Za ekologiju močvara su vrlo bitni i beskralješnjaci jer su njihovi razvojni stadiji esto glavna hrana većim životinjama, kao što su ribe i ptice. Močvare su vrlo bitno stanište za ptice i ribe koje u močvarama pronalaze izvor hrane i mjesto za podizanje mладunaca. Iz razloga što se močvare konstantno uništavaju, a ovjek je esto glavni krivac za to, potrebno je zaštititi močvare zakonskim propisima i obrazovati ljudе koji žive ili rade u močvarnim područjima, kako bi se sprječilo daljnje uništavanje. Također treba unaprijediti tehnologiju obnove močvara.

13 SUMMARY

Wetlands are ecological systems which have many features in common with both aquatic and terrestrial systems. They have two features that together make them unique: anaerobic soil (develops because dissolved oxygen in water saturated soils is quickly depleted by microorganisms) and large plants, collectively called macrophytes. Macrophytes have big influence on wetland properties because they are main primary producers, and they strongly influence water chemistry, acting as both nutrient sinks through uptake, and as nutrient pumps, moving compounds from the sediment to the water column. They influence the hydrology and sediment regime of wetlands, through sediment and shoreline stabilization. They are the biggest reservoir of nutrients during and after their life. Litter decomposition is one of the most important processes in wetlands. Fungi and bacteria have central position in litter decomposition and consequently central position in nutrient cycles. Wetlands have very high capacity of purifying water and in flood control. Invertebrates and their larvae are very important for wetlands ecology because they are often main food for bigger animals like birds and fish. Wetlands are very important habitat for birds and fish because they are good source of food and nesting sites. Because wetlands are constantly being destroyed, and man is often main reason for that, it is necessary to make laws to protect wetlands and to educate people who live or work there. Procedures for restoration of wetlands should be also improved.