

UNIVERZITET CRNE GORE

Prirodno-matematički fakultet

Vijeću Prirodno-matematičkog fakulteta

PREDMET: Izvještaj Komisije o ocjeni master rada pod nazivom: *Sadržaj i distribucija odabranih metala u sistemu voda - sediment - biljke - zemljište u Parku prirode „Rijeka Zeta”* kandidatkinje Slavene Vuković.

Na XCI sjednici Vijeća Prirodno-matematičkog fakulteta održanoj 22.11. 2022. godine određena je Komisija za pregled i ocjenu master rada kandidatkinje Slavene Vuković pod naslovom: „Sadržaj i distribucija odabranih metala u sistemu voda - sediment - biljke - zemljište u Parku prirode „Rijeka Zeta” u sastavu: prof. dr Slađana Krivokapić (redovni profesor Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta Crne Gore), prof. dr Miljan Bigović (vanredni profesor Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta Crne Gore) i dr Vlatko Kastratović (vanredni profesor Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta Crne Gore).

Komisija je detaljno pregledala master rad i na osnovu toga podnosi Vijeću sljedeći

IZVJEŠTAJ

I Podaci o master radu

Master rad Slavene Vuković pod navedenim naslovom napisan je na 62 strane kucanog teksta formata A4 i podijeljen je na sedam poglavlja: Uvod (2 strane), Pregled literature (16 strana), Materijal i metode (8 strana), Rezultati (8 strana), Diskusija (17 strana), Zaključci (2 strane) i 7. Literatura (8 strana). Pored toga, master rad sadrži Predgovor, Izvod na maternjem i engleskom jeziku i Sadržaj. U radu se nalazi ukupno 23 tabele, 13 slika i 105 literaturnih navoda.

U **Uvodu** je dat kraći osvrt na oblast istraživanja i temu rada i istaknut je značaj praćenja hemijskog sastava polutanata u abiotičkim i biotičkim djelovima Parka Prirode „Rijeka Zeta“ za sagledavanje trenutnog stanja i ocjene tendencije promjena riječnog ekosistema. U ovom dijelu navedeni su i osnovni ciljevi rada. U radu su ispitivani: voda rijeke Zete, sediment, priobalno plavno zemljište, dominantna submerzna makrofita *Potamogeton perfoliatus* i priobalna brzorastuća drvenasta biljka *Salix alba* sa lokaliteta: Tunjevo, Danilovgrad i Spuž. Biljke, voda, sediment i zemljište su ispitivani na sadržaj: cinka, bakra, nikla, hroma, olova i kadmijuma.

U **Pregledu literature** kandidatkinja je između ostalog opisala moguće pojavne oblike, ponašanje i dostupnost metala u životnoj sredini. Pored toga, dat je pregled literaturnih navoda o kompleksnom biološkom procesu usvajanja metala od strane *Potamogeton perfoliatus* i *Salix alba*. Kandidatkinja je u ovom poglavlju istakla dosadašnja istraživanja, koja su doduše vrlo oskudna, sadržaja metala u vodi, sedimentu, zemljištu i biljkama ekosistema rijeke Zete, potom nacionalne Zakone u oblasti životne sredine i na kraju je navela polazne hipoteze istraživanja.

U poglavlju **Materijal i metode** opisani su ispitivano područje i biljke. Potom je objašnjeno uzorkovanje ispitivanog materijala i njihova priprema za analizu. Navedena je primjenjena analitička instrumentalna tehnika za utvrđivanje sadržaja ispitivanih metala i uslovi pod kojima su eksperimenti i analize rađeni kao i referentni uzorci koji su korišćeni u validaciji metoda. Posebnu cjelinu predstavlja primjena geohemijskog normiranja i načina kvantifikovanja zagađenja sedimenta i zemljišta mikroelementima. Navedeni su i statistički programi korišćeni u radu.

Poglavlje **Rezultati** sadrži prikaz dobijenih rezultata. Prikazane su koncentracije Zn, Cu, Ni, Cr, Pb i Cd, sa tri ispitivane lokacije, u vodi, sedimentu, priobalnom zemljištu i pojedinim organima *Potamogeton perfoliatus* i *Salix alba*. U posebnom podpoglavlju predstavljene su promjene bioakumulacionih faktora pojedinih dijelova ispitivanih biljaka i promjene translokacione sposobnosti kroz njihova tkiva.

U prvom dijelu poglavlja **Diskusija** razmatrani su rezultati sadržaja metala u vodi rijeke Zete. Potom se diskutuje procjena antropogenog unosa i ekotoksični status ispitivanog riječnog sedimenta i priobalnog zemljišta i određuje stepen njihovog kvaliteta geohemijskim normiranjem kroz računanje indeksa geoakumulacije, faktora kontaminacije, indeksa opterećenja zagađenjem, faktora obogaćenja, indeksa potencijalnog ekološkog rizika i potencijala procjene ekološkog rizika. Zatim autorka komentariše za svaki pojedinačno, ispitivani metal kod dvije istraživane biljke promjene akumulacije kroz pojedine organe, bioakumulacioni kapacitet i translokacionu sposobnost i upoređuje ih sa istim sa drugih lokaliteta. Biokoncentracioni faktor (BCF) je izračunat kao odnos sadržaja elemenata u biljci (dijelu biljke) i sedimentu/zemljištu na kojim je biljka rasla. Kandidatkinja koristi izračunate BCF-vrijednosti kao model za procjenu dinamike i intenziteta usvajanja metala iz sedimenta/zemljišta na osnovu čega zaključuje o biodostupnosti, načinu usvajanja i mogućnosti akumulacije datog metala u biljci. Za sve metale je izračunata translokaciona sposobnost (TA), kao odnos sadržaja metala u pojedinim dijelovima biljke, na osnovu kojih kandidatkinja procjenjuje sposobnost biljke da translocira metal iz korijena (stabla) do viših dijelova, stabla (lista), odnosno kapacitet korijena da zadrži metale kada su dostupni u koncentracijama štetnim za biljku. Analizom apsolutnog sadržaja metala, raspodjele u različitim biljnim tkivima kao i odnosa sadržaja u makrofiti/drvenastoj biljci i sedimentu/zemljištu, autorka predviđa moguće puteve apsorpcije metala od strane ispitivanih biljaka. Poseban dio poglavlja **Diskusija** predstavlja uporedni prikaz akumulacije metala u ispitivanim biljkama. Na osnovu njega kandidatkinja utvrđuje razliku u akumulaciji i bioakumulaciji ispitivanih metala u zavisnosti od ispitivanog bioindikatora i lokacije. Tokom ispitivanja uočeni su različiti stepeni korelacije sadržaja metala između pojedinih dijelova biljaka potom između sedimenta/zemljišta i pojedinih dijelova biljaka kao i između parova ispitivanih metala, posebno, u *P. perfoliatus* i *S.*

alba. Na osnovu toga autorka ukazuje na potrebu određivanja sadržaja metala u pojedinim organima biljke prije nego cijele biljke. Kandidatkinja uočava razliku u sekvenci sadržaja metala u pojedinim dijelovima biljaka od sekvence njihove bioakumulacione i translokacione sposobnosti kao i njihovi relativni odnosi. Ta razlika ukazuje na različit kapacitet biljaka za pojedine metale i sposobnost njihove translokacije do viših dijelova. Biljka akumulira i translocira pojedine metale nezavisno od njihove koncentracije u vodi i sedimentu/zemljištu, što je očigledno njeno svojstvo određeno njenim kapacitetom za pojedine metale.

U poglavlju **Zaključci** kandidatkinja je na osnovu analiziranih i detaljno prodiskutovanih rezultata, sistematski navela rezimirane najznačajnije rezultate u vidu zaključaka koji se sastoje od 16 stavki.

Navedena **Literatura** sadrži listu od 105 citiranih radova koji obuhvataju radove iz oblasti istraživanja i u potpunosti pokrivaju sve dijelove disertacije.

II Predmet istraživanja

Predmet istraživanja u okviru ovog master rada je analiza sadržaja odabranih metala u vodi rijeke Zete, sedimentu, priobalnom zemljištu, vodenoj i priobalnoj biljci. Prisustvo metala reflektuje prirodni i antropogeni uticaj na karakteristike akvatičnog ekosistema rijeke Zete.

Vodni resurs je integralni dio životne sredine, tako da je zaštita Parka prirode nezamisliva bez očuvanja, unapređenja i klasifikacije vodotoka Zete. Aktuelni problemi mogućih zagađenja vodotoka zahtijevaju karakterizaciju i procjenu ekološkog statusa kvaliteta vode i sedimenta radi ostvarivanja principa održivog upravljanja vodama u skladu sa Direktivom 2000/60EC i očuvanja kvaliteta životne sredine.

Namjera ovog rada je i ispitivanje kvaliteta sedimenta u cilju sagledavanja trenutnog stanja vodenog sistema. Hemijska analiza sedimenta potrebna je za procjenu nivoa zagađenja akvatičnih ekosistema zbog njihove sposobnosti da akumuliraju zagađujuće materije i mogućnosti njihovog oslobađanja u vodu.

Biljni organizmi su uzeti za analizu zagađenja riječne sredine teškim metalima jer imaju niz prednosti u odnosu na standardne hemijske metode analize metala u vodi. Za razliku od vode i sedimenta, kod makrofita se uočavaju značajne promjene koncentracije metala tokom vremena. Upotreba makrofita, pored ostalog, zbog visoke varijabilnosti i trenutnog karaktera hemijskih parametara obezbjeđuje relativno brz način za utvrđivanje prostornih i vremenskih varijacija biodostupnosti teških metala. Tkiva makrofita se na osnovu velikog broja analiza smatraju pouzdanijim indikatorima zagađenja akvatičnih ekosistema od analize vode ili sedimenta.

Različite biljne vrste se odlikuju različitim afinitetom za usvajanje teških metala, pa se samim tim razlikuju i u sposobnosti da vrše dekontaminaciju zemljišta. Među kandidatima za proces fitoremedijacije, široku primjenu našle su brzorastuće drvenaste vrste, poput predstavnika roda *Salix* (vrbe). Ove vrste se odlikuju nizom poželjnih osobina za proces fitoremedijacije, kao

što su brz rast, velika produkcija biomase, dobro razvijen korijenov sistem, lako vegetativno razmnožavanje, visok stepen tolerantnosti prema toksičnom dejstvu teških metala.

III Ciljevi istraživanja

Osnovni cilj ovog master rada je bio kontrola sadržaja metala (Zn, Cu, Ni, Cr, Pb i Cd) u površinskoj vodi, sedimentu, priobalnom, plavnom zemljištu, dominantnoj makrofiti i drvenastoj biljci ekosistema Park prirode "Rijeka Zeta".

Cilj rada je bio i da se procijeni antropogeni unos i eventualna kontaminacija metalima sedimenta rijeke Zete i priobalnog, plavnog zemljišta i odredi stepen njegovog kvaliteta. U te svrhe su korišćeni geohemijski parametri: Geo-akumulacioni indeks (I_{geo}), Faktor kontaminacije (CF), Faktor obogaćenja (EF), Indeks opterećenja zagađenjem (PLI), Indeks potencijalnog ekološkog rizika (RI) i potencijal procjene ekološkog rizika (PECq). Geohemijska karakterizacija sedimenata i priobalnog zemljišta je neophodna prilikom procijene ekotoksičnog statusa riječnih sedimenata i može biti valjana preporuka za aktivnosti upravljanja akvatičnim ekosistemima.

Pored navedenog, namjera ovog rada je bila i da se odredi stepen usvajanja i bioakumulacije vodene biljke *Potamogeton perfoliatus* i brzorastuće drvenaste vrste *Salix alba* i isti primjeni u smanjenju zagađenja riječnih voda čime bi se dao doprinos održavanju riječnog ekosistema. Cilj rada je i da se utvrdi translokacija usvojenih metala do pojedinih djelova ispitivanih biljaka. Analiza odgovarajućih odnosa sadržaja metala u vodi, sedimentu, priobalnom zemljištu, pojedinim dijelovima makrofite i drvenaste biljke ukazuje na moguće puteve migracije, apsorpcije, distribucije i sposobnost bioakumulacije.

Detaljnim pregledom rada, Komisija je utvrdila da su ciljevi ovog master rada u potpunosti ispunjeni.

IV Dobijeni rezultati i njihov značaj

Rezultati ovog rada uočavaju, opisuju i predviđaju efekte koji mogu uticati na promjenu hemije vode, sedimenta, priobalnog plavnog zemljišta i biljaka rijeke Zete i poboljšavaju važeće programe za njen monitoring. Dobijeni rezultati jasno ukazuju da se planskim praćenjem hemijskog sastava biljaka uz analizu i drugih pokazatelja stanja u vodenoj sredini, može brže i sveobuhvatnije doći do sagledavanja stanja tako važnog ekosistema kao što je Park prirode "Rijeka Zeta". Pristupi izloženi u ovom radu predstavljaju osnov za dalja ispitivanja u svrhu utvrđivanja metoda sistemskog praćenja stanja životne sredine Parka prirode "Rijeka Zeta" i definisanja modela za predviđanje zagađenja na osnovu komparativnih analiza polutanata u abiotičkim i biotičkim djelovima riječnog ekosistema.

IV Mišljenje i zaključak Komisije

Na osnovu prethodno navedenog, uz mišljenje da je rad napisan jezički i stilski korektno, naučno jasno i precizno, Komisija smatra da master rad Slavene Vuković pod nazivom *„Sadržaj i distribucija odabranih metala u sistemu voda - sediment - biljke - zemljište u Parku prirode „Rijeka Zeta“* ispunjava uslove i kriterijume predviđene Pravilima studiranja na master studijama.

Stoga, Komisija predlaže Vijeću Prirodno-matematičkog fakulteta da rad prihvati i odobri javnu odbranu master rada.

U Podgorici, 09. 05. 2023. godine

KOMISIJA:



dr Sladana Krivokapić, redovni profesor PMF-a, član



dr Miljan Bigović, vanredni profesor PMF-a, član



dr Vlatko Kastratović, vanredni profesor PMF-a, mentor