

UNIVERZITET CRNE GORE
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET
Podgorica

Crna Gora
UNIVERZITET CRNE GORE
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET
Broj 391
Podgorica, 26. 02. 2021. god.

VIJEĆU PRIRODNO-MATEMATIČKOG FAKULTETA

PREDMET: Izveštaj komisije o magistarskom radu pod nazivom „Bioakumulacija metala u mesu i hitinskoj kutikuli riječnog raka (*Astacus astacus*) u gornjem toku rijeke Zete” kandidata Mire Stanić,, diplomiranog biologa.

Na sjednici LVI Vijeća Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta Crne Gore, održanoj 22.12.2020. godine imenovana je Komisija za pregled i ocjenu magistarskog rada pod naslovom „**Bioakumulacija metala u mesu i hitinskoj kutikuli riječnog raka (*Astacus astacus*) u gornjem toku rijeke Zete**” kandidata Mire Stanić,, diplomiranog biologa. Na osnovu pregledanog rada i uslova utvrđenih Zakonom o visokom školstvu i Statutom Univerziteta Crne Gore, podnosimo sledeći

IZVJEŠTAJ

Analiza magistarskog rada

Rad je prikazan na 72 stranice i sadrži sledeća poglavlja: Izvod, Abstract, Uvod, Cilj istraživanja, Materijal i metode, Rezultate, Diskusiju, Zaključak i Literaturu. U radu se nalazi 18 grafikona, 10 tabela i 9 fotografija. Poglavlje Literatura sadrži 111 referenci.

Postavljeni ciljevi rada

Opšte je poznato da bioakumulacija metala kod pojedinih organizama varira u zavisnosti od vrste i mnogih drugih faktora, kao i da akumulacija u pojedinim organima nije ista, čak i na pojedinim lokalitetima. Postoje i određene pravilnosti, pogotovo u zavisnosti od mjesta organizma u lancu ishrane, ali to ponekad zavisi i od količine prisutnih materija u vodi, sedimentu i drugih faktora. Takođe, u određenim ekosistemima, pogotovo riječnim, postoji longitudinalni efekat koji nije isti kod svih vrsta. Slabo pokretne vrste, kakav je riječni rak,

dobar su pokazatelj stanja rijeke na manjim odsječcima njenog toka, a analize na više lokaliteta doprinose procijeni stanja vodotoka na njegovom cijelom longitudinalnom profilu.

U ovom radu je istraživao riječni rak (*Astacus astacus*) koji je bioindikator čistih voda sa dosta kiseonika. Kako riječni rak ulazi u veoma složene lance ishrane, a teški i toksični metali imaju osobinu bioakumulacije u tkivima i organima različitih organizama, akumulirani metali se mogu prenositi i izvan vodenih ekosistema. Metali su najčešće esencijalni za funkciju organizma, ali ukoliko su u životnoj sredini prisutni u većoj količini, imaju toksičan efekat. Obzirom da je riječni rak organizam komercijalnog značaja i da je ulov u rijeci Zeti znatan, tj. da se meso ovog raka koristi u ishrani čovjeka, bilo je važno izvršiti analizu eventualnih štetnih materija, u prvom redu teških metala. Poznavanje zdravstvene ispravnosti hrane je jedan od osnovnih parametara kada se planira ulov u komercijalne svrhe.

Shodno naprijed navedenom, u radu su obrađeni i prezentovani svi ciljevi, koji su zacrtani u prijavi. Postavljena su dva glavna cilja. Prvi cilj je bio da se analizira količina metala u mesu i hitinskoj kutikuli riječnog raka (*Astacus astacus*), tj. da se utvrdi kvalitet jestivog dijela, a drugi cilj - da se na osnovu dobijenih rezultata procijeni opterećenje riječnog toka zagađivačima, obzirom da su objekti koji izlučuju otpadne materije dobro poznati. Pored toga, cilj je bio i predložiti maksimalno dozvoljene količine metala u vodi (MDK), koje još uvijek nijesu zakonom definisane.

Metod rada – primjenjene naučne metode

U cilju ostvarivanja prethodno navedenih ciljeva korištene se tri vrste metoda: terenske (sakupljanje jedinki), laboratorijske (morfometrijska mjerenja, priprema tkiva za analizu i spektrofotometrijska analiza) i statističko-matematičke metode. Riječni rak (*Astacus astacus*) je uzorkovan na četiri lokaliteta u gornjem toku rijeke Zete, a lokaliteti su jedan od drugog udaljeni oko 3 km. Riječni rakovi su prikupljeni sa vršama koje se koriste i u komercijalnom lovu. Za potrebe istraživanja, na svakom lokalitetu ulovljeno je i laboratorijski analizirano 20 do 30 primjeraka.

Laboratorijske metode uključuju mjerenje osnovnih morfoloških karakteristika i u tu svrhu se koriste jednostavni alati kao što su precizne vage, ihtimetri, šubleri i sl. Hemijske analize kojima je određena količina 18 metala u mesu i hitinu riječnog raka, sprovedene su u Institutu

za javno zdravlje Podgorica, ICP-OES metodom - atomska spektrofotometrija. U samom radu je ova metoda detaljno opisana. Za utvrđivanje razlika sa različitih lokaliteta korišćene su biometrijsko-statistične metode, ANOVA i t-test.

Dobijeni rezultati

Da bi se isključio eventualni uticaj veličine (krupnoće) jedinki na akumulaciju metala odabrane su jedinke približno jednake veličine, za šta je korišćena analiza testom ANOVA.

U poglavlju Rezultati predstavljeni su rezultati istraživanja za 18 metala, od kojih dva nisu uopšte detektovana (olovo i kadmijum), a jedan je detektovan na samo jednom lokalitetu (hrom). Svi ostali ispitivani hemijski elementi su prisutni na svim istraživanim lokalitetima u manje-više različitim količinama. Samo je aluminijum na prvom lokalitetu u mesu rakova ispod granice detekcije. Rezultati su prikazani u tabeli, a zbog preglednosti i poređenja neki su prikazani i grafički. Metali su u znatno većoj količini prisutni u hitinskoj kutikuli u odnosu na meso riječnog raka. Opšte je poznato da hitinska kutikula ima zaštitnu ulogu i logično je očekivati da u njoj ima i najviše teških metala, što znači da kutikula pored mehaničke ili fizičke zaštite (npr. od povreda), unutrašnje organe i meso raka štiti i od štetnih metala. Najmanja količina u mišićima je registrovana za sledećih dvanaest metala (80%): As; Al; Cu; Ca; Fe; Cr; K; Ni; Na; Sn; Si i Mn, dok su najveće vrijednosti u mesu nađene za Hg i Mg. Vrijednosti ova dva elementa bile su vrlo visoke na svakom ispitivanom mjestu (Hg - 97,1 do 33,1 mg, Mg - 253,5 do 200,1 mg). Najmanje vrijednosti nađene su na prvom lokalitetu jer je ovaj lokalitet najmanje opterećen zagađivačima. Hrom je detektovan samo na drugom lokalitetu. Koncentracije šest metala: Al, Cu, Ca, Fe, Mn i Sn bile su statistički značajno veće u hitinskoj kutikuli raka nego u njegovim trbušnim mišićima. Najveće koncentracije proučavanih metala registrovane su na trećem i četvrtom lokalitetu. S obzirom na koncentracije metala može se formirati sljedeći poredak u mišićima:

Mg > Hg > Ca > Si > Zn > Cu > Fe > As > Al > Mn > K > Na > Sn > Ni > Cr, dok je u egzoskeletu: Ca > Mn > Fe > Si > Sn > Al > Cu > Zn > As > Hg > K > Na > Mg > Ni > Cr.

Vrijednosti određenih metala nagomilanih u trbušnom mišiću premašili su granične vrijednosti utvrđene zakonodavstvom EU (na primjer u slučaju Hg). Zakonodavcima se predlaže *A. astacus* za upotrebu kao bioindikator teških metala zbog njegove sposobnosti da akumulira ove zagađivače iz okoline. Konačno, rezultati takođe dokazuju da plemeniti rak koji živi u rijeci Zeti nije pogodan za prehranu ljudi.

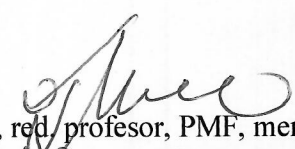
Zaključak i predlog Komisije:

Nakon pregledanog magistarskog rada, analize rezultata i značaja ostvarenih istraživanja, Komisija konstatuje da rad zadovoljava sve uslove naučno istraživačkog rada. Zadana tema ovog rada je naučno aktuelna, a istraživanje je dalo rezultate koji sveobuhvatno prikazuju zadate ciljeve. Prikazano istraživanje je dalo značajne rezultate o zdravstvenoj ispravnosti jestivih dijelova riječnog raka, kao i prilog procjeni stanja vodotoka rijeke Zete u uslovima kada nije izgrađen kolektor za prečišćavanje otpadnih voda. Dobijeni rezultati predstavljaju dobru osnovu za dalja istraživanja slatkovodnih organizama i praćenje stanja u životnoj sredini.

Na osnovu izloženog, Komisija predlaže Vijeću Prirodno-matematičkog fakulteta da rad kandidata Mire Stanić, diplomiranog biologa, pod naslovom: „Bioakumulacija metala u mesu i hitinskoj kutikuli riječnog raka (*Astacus astacus*) u gornjem toku rijeke Zete”, **prihvati kao magistarski rad i odobri njegovu javnu usmenu odbranu.**

Podgorica, 26.02.2021. god.

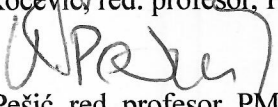
Komisija:



1. Dr Drago Marić, red. profesor, PMF, mentor



2. Dr Jelena Rakočević, red. profesor, PMF, član



3. Dr Vladimir Pešić, red. profesor, PMF, član