

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ БИОЛОШКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

На I редовној седници Наставно-научног већа Биолошког факултета Универзитета у Београду, одржаној 14.10.2016. године, прихваћен је извештај ментора др Јасмине Крпо-Ћетковић и др Весне Ђикановић о урађеној докторској дисертацији Ариана Г. Морине, под насловом "РЕЧНА МРЕНА (*BARBUS BARBUS*) КАО БИОИНДИКАТОР ЗАГАЂЕЊА РЕЧНИХ СЕДИМЕНАТА МЕТАЛИМА", и одређена је Комисија за преглед и оцену докторске дисертације у саставу: др Јасмина Крпо-Ћетковић, ванредни професор Биолошког факултета Универзитета у Београду, др Весна Ђикановић, научни сарадник Института за биолошка истраживања "Синиша Станковић" Универзитета у Београду, др Слађана Спасић, виши научни сарадник Института за мултидисциплинарна истраживања Универзитета у Београду, др Божидар Рашковић, доцент Пољопривредног факултета Универзитета у Београду, и др Александар Хегедиш, доцент Биолошког факултета и научни саветник Института за мултидисциплинарна истраживања Универзитета у Београду.

Комисија је прегледала урађену докторску дисертацију кандидата и Већу подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

Општи подаци о докторској дисертацији:

Докторска дисертација кандидата Ариана Г. Морине, под насловом "Речна мрена (*Barbus barbus*) као биоиндикатор загађења речних седимената металима", обухвата 120 страна текста. Дисертација садржи 19 табела и 40 слика. На почетку дисертације приложени су, а необухваћени пагинацијом, апстракти на српском и енглеском језику. Пагинирани текст (120 страна) подељен је у седам поглавља: Увод (29 страна), Циљеви истраживања (1 страна), Материјал и методе (9 страна), Резултати (34 страна), Дискусија (11 страна), Закључци (3 стране), и Литература (33 стране).

Анализа докторске дисертације:

У поглављу "УВОД", кандидат Ариан Морина наводи начине на који метали доспевају у водене екосистеме и изворе загађења (природне и антропогене; тачкасте и дифузне). Такође, указује и на недостатак података о квалитету акватичног седимента у Републици Србији у односу на остале земље Европе. У оквиру овог поглавља описано је 15 елемената (специјација у воденим екосистемима, извори загађења и акумулација у одређеним ткивима риба). Дат је такође и преглед биологије и екологије мрене који обухвата анализу распрострањености, морфолошке карактеристике и исхрану, станиште, раст и размножавање, активност и осетљивост мрене на загађиваче и паразите. На крају поглавља објашњава се појам биоиндикатора, уз осврт на рибе и паразите риба као биоиндикаторе, и употребу хистологије у анализи риба као биоиндикатора загађења водених екосистема.

У поглављу "ЦИЉЕВИ ИСТРАЖИВАЊА", кандидат Ариан Морина наводи циљеве истраживања који обухватају:

- квалитативну и квантитативну анализу укупног садржаја 15 елемената у површинским седиментима река Дунав, Западна Морава и Јужна Морава;

- квалитативну и квантитативну анализу садржаја доступне фракције 15 елемената у површинским седиментима све три реке;
- одређивање присуства и концентрације 15 елемената на различитим дубинама седимента (0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm);
- одређивање сезонских промена у концентрацијама 15 елемената у површинским седиментима наведених река (пролеће, лето, јесен);
- утврђивање гранулометријског састава седимента у три посматране реке;
- процену квалитета узоркованих речних седимената у складу са максимално дозвољеним концентрацијама (МДК) за Републику Србију;
- процену главних извора загађења река металима;
- квалитативну и квантитативну анализу 15 елемената у јединкама речне мрене у четири ткива (мишићи, шкрге, црева, јетра) и анализа концентрације истих елемената у интестиналном паразиту мрене *Pomphorhynchus laevis*;
- хистолошку анализу узоркованих јединки са освртом на деловање анализираних елемената;
- општу процену вредности речне мрене као биоиндикатора квалитета површинских седимената река у односу на загађење металима.

У поглављу "МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ" дат је детаљан преглед локалитета, методе сакупљања седимента и технике лабораторијских анализа метала у седиментима, ткивима рибе и паразитима, као и хистолошких анализа. Укупно је узорковано 27 профила седимената дубине 0-15 cm, у априлу, јулу и новембру 2012. године на по једном локалитету на три реке (Дунав, Западна Морава и Јужна Морава). На истим локалитетима сакупљене су и јединке мрене, такође током 2012. године. Анализа укупне и доступне концентрације 15 елемената у седиментима и концентрације у шкргама, мишићима, јетри и цреву мрене урађене су коришћењем оптичке емисионе спектрометрије са индуковано спрегнутом плазмом (ICP-OES, Spectro-Genesis EOP II). Урађена је и гранулометријска анализа речног седимента све три реке, а детаљна анализа честица седимента из Западне Мораве урађена је помоћу скенирајуће електронске микроскопије са енерго-дисперзивном спектроскопијом (SEM-EDS, JEOL JSM-6610LV, X-Max Large Area Analytical Silicon Drift). Иста метода употребљена је и за детаљну анализу биоакумулације јона метала у ткивима мрене из Дунава.

За хистолошке анализе, узорци шкрга и јетре 19 мрена из Дунава и Јужне Мораве фиксирани су у 4% формалдехиду и, након дехидратације у растућем градијенту етанола, калуљења узорака у парафинске калупе и њиховог сечења помоћу микротоме, добијени су пресеци који су посматрани на светлосном микроскопу. За хистолошко бојење пресека коришћен је хематоксилин-еозин, а пресеци су оцењивани семиквантитативном анализом коју су предложили Bernet *et al.* (1999)¹. Овом методом одређени су и хистопатолошки индекси анализираних органа, као и укупни хистопатолошки индекс.

Сакупљени су и цревни паразити *P. laevis* мрене из Дунава, и утврђена је концентрација елемената у њима ICP-OES методом, а присуство метала потврђено је и SEM-EDS анализом.

За статистичку обраду укупне концентрације елемената у седиментима три реке (просечна и по сезонама) коришћена је анализа главних компоненти како би се утврдила варијабилност података (програм Solo Version 7.0). За експлораторне и дескриптивне анализе података коришћен је програм SPSS 13.0. За тестирање разлика између

¹ Bernet D, Schmidt H, Meier W, Burkhardt-Holm P, Wahli T. 1999. Histopathology in fish: proposal for the protocol to assess aquatic pollution. J. Fish Dis. 22, 25–34.

концентрација 15 елемената у седиментима три реке, за три сезоне и на три дубине, коришћена је трофакторска MANOVA. За тестирање разлика у концентрацији доступне фракције елемената у седиментима и у четири различита ткива мрене коришћена је двофакторска MANOVA. Данканов тест је коришћен за међусобно поређење група, а Тамханеов тест је коришћен кад између група нису претпостављене једнаке варијансе. Значајне разлике у оцењивању хистопатолошких узорака добијене су коришћењем Ман-Витнијевог *U*-теста.

Кандидат је поглавље "**РЕЗУЛТАТИ**" груписао у три тематске целине.

У првој целини приказани су резултати анализе укупне и доступне концентрације елемената, као и сезонских промена у концентрацији укупних елемената у седиментима три реке, као и концентрација елемената у четири анализирана ткива мрене и њеном интестиналном паразиту. У оквиру ове целине приказани су и резултати гранулометријског састава седимента све три реке, као и дистрибуција елемената на одређеним дубинама. Статистичка анализа и трофакторска MANOVA показале су постојање значајних разлика у величини честица седимента, просечној концентрацији елемената и сезонским променама у концентрацији елемената између три посматране реке. Концентрације бакра и никла у Западној Морави и Дунаву биле су веће од максимално дозвољених концентрација за седимент у Републици Србији, док је концентрација живе била већа од МДК у све три реке. Концентрације алуминијума, баријума, гвожђа, мангана и цинка варирале су између сезона у Западној Морави и Дунаву, са највећим вредностима у летњем периоду. У Јужној Морави варирале су концентрације алуминијума, арсена, гвожђа, мангана и цинка, са најмањим концентрацијама у летњем периоду. Западна Морава је садржала највеће количине финих честица у седименту, док се највећи део седимента Јужне Мораве састојао од честица песка.

Друга целина обухвата резултате добијене SEM-EDS анализом седимента Западне Мораве, анализом ткива мрене (црево и шкрге), и анализом јединки интестиналног паразита мрене сакупљених из узорака мрене из Дунава. SEM-EDS анализом седимента Западне Мораве уочени су оксиди и хидроксиди гвожђа, као и карбонатни хидроксиди бакра. У шкргама мрене уочено је присуство јона цинка, док је у цревима уочено повећано присуство јона бакра. На површини паразита уочени су различити сулфиди и сулфати бакра, као и оксиди и хидроксиди гвожђа.

Трећа целина обухвата резултате хистопатолошке анализе ткива шкрга и јетре мрене из Дунава и Јужне Мораве. Уочене хистопатолошке промене на ткивима, као и статистичке разлике између посматраних промена представљене су табеларно, а приложене су и одговарајуће микрографије промена. Поред полуквантитативне анализе, дата је и дескриптивна анализа промена у шкргама и јетри. На шкргама мрене из Јужне Мораве уочене су хипертрофија пехарастих ћелија и фузија примарне ламеле и присуство хематома у секундарним ламелама шкрга, а у јетри мрене из Јужне Мораве дислоцираност једара хепатоцита, конгестија синусоида и већих крвних судова, као и присуство стаза и некроза.

У поглављу "**ДИСКУСИЈА**", кандидат је анализирао разлике у концентрацији елемената по рекама и по различитим сезонама и указао на могуће изворе загађења. Дата је компаративна анализа литературних података, и указано је на потребу за мониторингом Западне Мораве као реке најзагађеније металима. Кандидат повезује гранулометријски састав седимента и везивање честица метала и упоређује своје резултате са литературним подацима и максималним дозвољеним концентрацијама за метале у седименту, док сезонске промене објашњава различитим морфолошким и хидролошким карактеристикама посматраних река. Кандидат користи резултате SEM-EDS-а за додатно дефинисање антропогенних извора загађења (акумулација бакра као последица

индустријских и рударских активности у Западној Морави, и акумулација цинка као последица пољопривредних активности у Дунаву). У делу дискусије који се односи на процену мрене као биоиндикатора, кандидат пореди концентрације елемената у различитим ткивима мрене, и дискутује разлике у концентрацији елемената између три посматране реке и њихову акумулацију у четири одабрана ткива. Кандидат пореди добијене концентрације елемената у анализираним ткивима са литературним подацима који се односе на акумулацију елемената у истој врсти рибе. Кандидат у дискусији обрађује и значај врсте *P. laevis*, интестиналног паразита мрене, у акумулацији специфичних елемената и његову могућу улогу као биоиндикатора. Хистолошка анализа јетре и шкрга мрене из Дунава и Јужне Мораве показала је постојање статистички значајно већих оштећења на овим ткивима код мрене из Јужне Мораве, што кандидат објашњава повећаном концентрацијом фосфата и повећаном потрошњом кисеоника у Јужној Морави, као последицом еутрофикације. Кандидат повезује уочене хистопатолошке промене са литературним подацима и пореди их са другим сличним објављеним студијама.

У поглављу "ЗАКЉУЧЦИ" кандидат јасно сумира добијене резултате који указују на значај истраживања концентрације елемената у речном седименту и акумулације елемената у ткивима риба, са посебним освртом на улогу коју речна мрена може имати као биоиндикаторска врста загађења речних седимената металима.

Поглавље "ЛИТЕРАТУРА" садржи 364 библиографске јединице, које су адекватно и на одговарајућим местима цитиране у тексту докторске дисертације.

Радови из докторске дисертације:

.Радови у часописима међународног значаја

1. Morina, A., Morina, F., Djikanović, V., Spasić, S., Krpo-Ćetković, J., & Lenhardt, M. (2016). Seasonal variation in element concentrations in surface sediments of three rivers with different pollution input in Serbia. *Journal of Soils and Sediments* 16, 255-265.

<http://link.springer.com/article/10.1007/s11368-015-1211-6>

2. Morina, A., Morina, F., Djikanović, V., Spasić, S., Krpo-Ćetković, J., Kostić, B., & Lenhardt, M. (2016). Common barbel (*Barbus barbus*) as a bioindicator of surface river sediment pollution with Cu and Zn in three rivers of the Danube River Basin in Serbia. *Environmental Science and Pollution Research* 23, 6723-6734.

<http://link.springer.com/article/10.1007/s11356-015-5901-9>

Мишљење и предлог Комисије:

На основу свега изнетог, Комисија сматра да докторска дисертација кандидата Ариана Г. Морине, под насловом "РЕЧНА МРЕНА (*BARBUS BARBUS*) КАО БИОИНДИКАТОР ЗАГАЂЕЊА РЕЧНИХ СЕДИМЕНАТА МЕТАЛИМА" представља оригинални допринос истраживању квалитета површинског седимента три значајне реке Дунавског слива на територији Републике Србије, као и истраживању потенцијалне улоге мрене и њеног интестиналног паразита *P. laevis* као биоиндикатора загађења металима.

Током израде дисертације, кандидат је показао задовољавајући степен познавања научне основе проблематике, добро поставио циљеве истраживања и применио адекватне

и савремене методе истраживања и обраде добијених резултата, које је критички дискутовао уз одговарајуће литературне податке.

Са практичног становишта, резултати ове дисертације значајно доприносе познавању акумулације елемената у акватичним седиментима и биоаккумуляције елемената у ткивима мрене, и указују на значај мрене као биоиндикаторске врсте стања акватичних екосистема. Резултати такође указују на потребу за даљим испитивањима квалитета седимента и примене адекватне ремедијационе технике, а у случају Јужне Мораве указује се и на потребу чешћег узорковања мрене за рано откривање загађења металима.

На основу свега наведеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу Биолошког факултета Универзитета у Београду да прихвати извештај и одобри Ариану Г. Морини јавну одбрану докторске дисертације под насловом "РЕЧНА МРЕНА (*BARBUS BARBUS*) КАО БИОИНДИКАТОР ЗАГАЂЕЊА РЕЧНИХ СЕДИМЕНАТА МЕТАЛИМА".

КОМИСИЈА:

др Јасмина Крпо-Ћетковић, ванредни професор
Биолошког факултета Универзитета у Београду

др Весна Ђикановић, научни сарадник
Института за биолошка истраживања "Синиша
Станковић" Универзитета у Београду

др Слађана Спасић, виши научни сарадник
Института за мултидисциплинарна истраживања
Универзитета у Београду

др Божидар Рашковић, доцент Пољопривредног
факултета Универзитета у Београду

др Александар Хегедиш, доцент Биолошког
факултета и научни саветник Института за
мултидисциплинарна истраживања
Универзитета у Београду

У Београду, 08.11.2016. године.