

УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ

ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ  
кандидаткиње Милане С. Ракић

**I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ**

1. Датум и орган који је именовео комисију

**18.07.2019.**, електронска седница Наставно-научног већа Природно-математичког факултета Универзитета у Новом Саду

2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:

**др Софија Форкапић**, научни сарадник, ужа научна област: Нуклеарна физика, датум избора: 17.12.2014., Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду, **председник**.

**др Маја Караман**, ванредни професор, ужа научна област: Микробиологија, датум избора: 15.05.2015., Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду, **ментор**.

**Др Владислава Галовић**, виши научни сарадник, ужа научна област: Биотехничке науке - Генетика и оплемењивање шумског и украсног дрвећа, датум избора: 27.05.2019., Институт за низијско шумарство и животну средину, Универзитет у Новом Саду, **ментор**.

**Др Мирослав Марковић**, научни сарадник, ужа научна област: Заштита шума - Фитопатологија, датум избора: 23.05.2013., Институт за низијско шумарство и животну средину, Универзитет у Новом Саду, **члан**.

**др Марко Кеберт**, научни сарадник, ужа научна област: Биотехничке науке – Семенарство, расадничарство и пошумљавање, датум избора: 16.05.2016., Институт за низијско шумарство и животну средину, Универзитет у Новом Саду, **члан**.

<p><b>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</b></p> <p>1. Име, име једног родитеља, презиме: <b>Милана, Станислав, Ракић</b></p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: <b>02.07.1981., Нови Сад, Србија</b></p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив <b>Природно-математички факултет Универзитета у Новом Саду, Департман за биологију и екологију, дипломске академске – мастер студије, мастер биолог, модул: микробиологија</b></p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија <b>2010. год., Доктор наука – Биолошке науке</b></p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: -</p> <p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: -</p>
<p><b>III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b></p> <p><b>„Диверзитет макрогљива и њихова улога у мониторингу стања шумских екосистема Србије“</b></p>
<p><b>IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b> Навести кратак садржај са назнаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.</p> <p>Докторска дисертација Милане С. Ракић је написана на укупно 220 страна, садржи 8 поглавља, 26 потпоглавља, 30 слика, 38 графикона, 37 табела, 143 литературна навода и 10 прилога.</p> <p>На почетку дисертације су дати: Захвалница, Садржај, Листа слика, Листа графикона и Листа табела., док се на крају дисертације налазе: Биографија и Кључна документацијска информација.</p> <p><b>Прво поглавље – Увод</b> (1 страна) – приказује основну проблематику истраживања дисертације.</p> <p><b>Друго поглавље – Општи део</b> (42 стране) – Даје преглед значајних појмова, досадашњих истраживања и релевантне литературе из области дисертације.</p> <p><b>Треће поглавље – Циљ</b> (1 страна) – даје преглед општих и специфичних циљева истраживања.</p>

**Четврто поглавље – Експериментални део** (24 стране) – даје преглед методологије истраживачког рада, у складу са дефинисаним циљевима.

**Пето поглавље – Резултати и дискусија** (133 стране) – обухвата приказ добијених, анализираних резултата и њихову дискусију.

**Шесто поглавље – Закључак** (3 стране) – даје релевантне закључке спроведених истраживања, у складу са постављеним циљевима и добијеним резултатима.

**Седмо поглавље – Литература** (6 страна) – представља списак свих литературних навода који се спомињу у дисертацији.

**Осмо поглавље – Прилози** (10 страна) – дати су додатни графички и табеларни прикази резултата из петог поглавља дисертације.

**V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

**Садржај** – наводи сва поглавља и потпоглавља дисертације и тиме омогућава ефикасну претрагу свих кључних целина.

**Увод** – на систематичан и концизан начин даје јасан преглед основне проблематике истраживања дисертације.

**Комисија оцењује да увод на одговарајући начин представља проблематику којом се бави ова докторска дисертација.**

**Општи део** – је подељен у 13 потпоглавља, у којима су на јасан и концизан начин обрађени основни појмови и проблематика од значаја за истраживање микодиверзитета, уз преглед релевантних досадашњих истраживања из области дисертације у протеклих 20 година. У првом потпоглављу дати су подаци о историји класификације и филогеније царства гљива. Друго потпоглавље даје сажето и јасно објашњење појма „макрогљиве“ и његов значај и примену у свакодневном животу људи. Треће потпоглавље адекватно дефинише и даје поделу основних функционалних (еколошких/трофичких) група гљива, уз примере одговарајућих врста. Четврто и пето потпоглавље на врло јасан начин обрађују основне концепте врсте (морфолошки, биолошки, филогенетски) и биодиверзитета који су значајни у миколошким истраживањима. Шесто и седмо потпоглавље дају преглед најзначајнијих метода које се користе у истраживању микодиверзитета (методологија тернских истраживања, мере процене биодиверзитета, молекуларне методе). Осмо потпоглавље даје преглед досадашњих истраживања микодиверзитета у шумским екосистемима. Девето, десето и једанаесто потпоглавље обрађују утицаје различитих фактора средине (абиотички фактори, загађење) на развој макрогљива и њихов диверзитет. У дванаестом и тринаестом потпоглављу приказан је морфолошки опис истакнутих врста гљива са највећом фреквенцијом појављивања и најширим диверзитетом на подручју истраживања, као и врста које су анализирани на молекуларном нивоу .

**Комисија оцењује да општи део представља адекватан приказ досадашњих истраживања и проблематике из области ове докторске дисертације.**

**Циљеви истраживања**, су јасно дефинисани и представљени:

Општи циљ је утврђивање стања специфичних заједница макрогљива (микоценоза) шумских екосистема одабраних планинских подручја у Србији (Видлич, Тара, Копаоник).

Специфични циљеви се односе на:

Утврђивање биодиверзитета макрогљива одабраних шумских станишта (на локалитетима Взганица, Митровац и Метође) са:

- морфолошког (специјски диверзитет),
- еколошког (функционални диверзитет) и
- генетичког становишта (анализа полиморфизама, генетичких дистанци и филогенетских односа),

Утврђивање стања микопопулација - анализом и поређењем истраживаних станишта на основу различитих параметара који указују на:

- бројност врста,
- специфичан састав врста унутар микоценоза,
- заступљеност и састав различитих функционалних група,
- утицај абиотичких фактора станишта на микоценозе,

Испитивање метала и радионуклида у макрогљивама, са аспекта:

- утврђивања акумулаторске способности макрогљива
- утврђивања утицаја специфичног станишта и припадности макрогљива различитим функционалним групама на њихову акумулацију;
- процене безбедности конзумирања акумулаторских врста,

Процену значаја макрогљива као индикатора стања самих станишта.

**Комисија сматра да су циљеви ове докторске дисертације јасно и концизно дефинисани.**

**Експериментални део**— даје детаљан опис методологије истраживања : дизајнирања експерименталних површина (плотова – П1, П2, П3, П4, П5) постављених у истраживаним шумским састојинама, узорковања гљива и њиховог супстрата, морфолошке идентификације гљива, припреме узорака за молекуларне анализе и анализе садржаја метала и радионуклида, утврђивања абиотичких фактора, молекуларних анализа (изолације ДНК, амплификације ITS региона, припреме PCR продукта за секвенцирање, анализе ITS секвенци, филогенетске анализе), одређивања садржаја радионуклида (гамаспектрометријска читавања, израчунавање трансфер фактора као односа садржаја у плодном телу гљиве и њеном супстрату - ТФ), одређивања садржаја метала атомском апсорпционом спектрофотометријом (припремања матичних раствора, читавање, израчунавање трансфер фактора), примењених статистичких анализа (PCA, PLS, CA, CCA).

**Комисија сматра да су примењене методе савремене и адекватне и омогућавају добијање валидних научно-истраживачких резултата.**

**Резултати и дискусија** – обухватају 6 потпоглавља:

**Прво потпоглавље**— у овом делу дата је анализа укупног диверзитета и свих забележених врста, преглед укупне бројности врста, анализа и дискусија заступљености врста по годинама истраживања, фреквенце појављивања врста, просторне дистрибуције врста, приказани су и дискутовани резултати упоредне анализе шумских станишта на основу броја и састава врста у склопу микоценоза, као и према заступљености појединих функционалних група, коресподентном статистичком анализом (CA) обрађени су подаци о заступљености појединих врста у оквиру истраживаних плотова и дата је анализа и дискусија састава врста у оквиру сваке функционалне групе, као и анализа њихове дистрибуције; на крају потпоглавља дат је приказ истакнутих

врста макрогљива и евалуација испитиваних шумских станишта и њихових микоценоза са конзервационог становишта.

**Друго потпоглавље** - у овом делу су приказани и дискутовани резултати анализе испитиваних шумских станишта на основу абиотичких фактора, као и утицаја абиотичких фактора на бројност и састав врста у микоценозама, применом различитих статистичких метода (PCA, PLS, CCA).

**Треће потпоглавље** – представља резултате и дискусију молекуларних анализа одабраних врста које су се јављале у оквиру више истраживаних шумских станишта, урађене су одвојене филогенетске анализе у оквиру одговарајућих родова, утврђене су генетичке дистанце, а у оквиру сваке врсте су генерисане ITS секвенце упоређене са одабраним секвенцама исте врсте из различитих делова света, при чему је урађена и анализа присутних полиморфизама.

**Четврто потпоглавље** – представља резултате и дискусију упоредне анализе истраживаних шумских станишта на основу утврђеног садржаја метала и радионуклида у земљишту.

**Пето и шесто потпоглавље** – представљени су и дискутовани резултати испитивања садржаја метала и радионуклида у плодним телима и супстратима макрогљива, који су адекватно статистички обрађени, образложена је интерспецијска и интраспецијска варијабилност утврђених садржаја у испитиваним врстама макрогљива, као и варијабилност између различитих функционалних група; указано је на ризике употребе установљених акумулаторских врста и врста са високим садржајима испитиваних полутаната.

**Комисија оцењује да су резултати адекватно анализирани, приказани прегледно и систематично, као и да су критички продискутовани, у складу са досадашњим истраживањима и доступним литературним подацима.**

**Закључци** – у овом поглављу су наглашене најважније чињенице из претходног поглавља дисертације и изложени најважнији закључци до којих се дошло након научне анализе експериментално добијених резултата.

**Комисија оцењује да су изнети закључци правилно изведени, утемељени на добијеним експерименталним подацима и да су у складу са постављеним циљевима докторске дисертације.**

Поглавље **Литература** садржи списак од 432 литературна извора, у виду актуелних, оригиналних научних радова, научних монографија и поглавља који су цитирани у докторској дисертацији.

**Комисија закључује да је у поглављу Литература сва литература прецизно наведена и да у потпуности одговара проблематици ове дисертације.**

Поглавље **Прилог** садржи 4 прилога који омогућавају лакше праћење резултата истраживања ове докторске дисертације.

**Комисија позитивно оцењује све делове докторске дисертације.**

**VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ  
ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ  
РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ  
ДИСЕРТАЦИЈИ**

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01.јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

**Радови и саопштења проистекли из истраживања у оквиру рада на докторској дисертацији:**

**M<sub>21</sub> Рад у међународном часопису**

1. **Rakić, M.**, Karaman, M., Forkapić, S., Hansman, J., Kebert, M., Bikit, K., Mrdja, D. (2014): Radionuclides in some edible and medicinal macrofungal species from a Tara Mountain, Serbia. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(19): 11283-11292.

**M<sub>33</sub> Саопштење са међународног скупа штампано у целини**

1. **Novaković, M.**, Karaman, M., Marković, M., Matavulj, M., Rućando, M., Trudić, B. (2012): Survey of Macrofungal Diversity in the Forest Ecosystems of Stara Planina, Kopaonik and Tara. In: Proceedings of International Scientific Conference "FORESTS IN FUTURE-Sustainable Use, Risks and Challenges", 4th-5th October 2012, Beograd, 2012., pp. 195 – 202.

**M<sub>34</sub> Саопштење са међународног скупа штампано у изводу**

1. Bošković, E., Karaman, M., **Rakić, M.**, Orlović, S., Tamaš, I., Galović, V. (2017): Geographic variations in ITS1 and ITS2 regions of medicinal lignicolous fungal species *Fomitopsis pinicola*. In: The 9<sup>th</sup> International Medicinal Mushrooms Book of Abstracts, 24-28 September, 2017, Palermo, Italy. p.47
2. Marković, M., **Rakić, M.**, Galić, Z., Orlović, S., Karaman, M., Pap, P. (2017): Influence of climate factors on the occurrence of different macrofungal genera in selected forest habitats on Kopaonik Mt. Book of abstracts of the International Scientific Conference "Sustainable forestry: Fact or fiction?", Skopje, 4-6th October 2017. Ss. Cyril and Methodius University in Skopje - Faculty of Forestry in Skopje, p. 52.
3. Marković, M., **Rakić, M.**, Katanić, M., Orlović, S., Karaman, M. (2017): Influence of climate factors on the occurrence of macrofungi within selected spruce stands on mountains Tara and Kopaonik. Abstract Book of the International Scientific Conference "Forest science for sustainable development of forests", December 7-9, 2017, Banja Luka, Republic of Srpska/B&H, Faculty of Forestry, University of Banja Luka, p. 65.
4. Rućando, M., **Rakić, M.**, Karaman, M., Markovic, M., Vukov, D., Igić, R. (2015): Influence of alien species reforestation on herb and mycodiversity. In: Book of Abstracts – 6th Balkan Botanical Congress, 14.-18. September, Rijeka, Croatia, 2015, p. 104-105.
5. **Rakić, M.**, Karaman, M., Forkapić, S., Hansman, J., Bikit, I., Matavulj, M. (2014): Natural and artificial radionuclides in three wild mushroom species from Serbia. In: Book of Abstracts – Second international conference on



Radiation and dosimetry in various fields of research RAD2014, May 27-30, 2014, Niš, Serbia, p. 410.

6. **Novaković, M.**, Karaman, M., Matavuly, M., Marković, M., Čapelja, E. (2013): Mycodiversity Comparison of Autochthonous and Allochthonous Forest Stands in the Beech Habitat on Mt. Vidlič. In: Program and Abstracts of ClimTree 2013 – International Conference on Climate Change and Tree Responses in Central European Forests, 1<sup>th</sup> – 5<sup>th</sup> September, 2013, Zurich, Switzerland, p. 104.
7. **Novaković, M.**, Karaman, M., Galović, V., Matavulj, M. (2013): Macrofungi in monitoring of heavy metals and radionuclides in forest ecosystems. In: Abstract book of the 2<sup>nd</sup> ICP Forests Scientific Conference 2013, 28/29 May 2013, Belgrade, Serbia, p. 61.

## VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Током трогодишњег микоценолошког истраживања, утврђено је укупно 245 таксона, припадника раздела Basidiomycota (227, 93%) и Ascomycota (18, 7%), који су разврстани у оквиру 100 родова, 53 фамилије, 16 редова и 5 класа.

Следеће врсте су се истакле са изразито високом фреквенцом појављивања (присутне више пута током све три истраживачке године): *Ceriosporus varius*, *Mycetinis alliaceus*, *Ganoderma applanatum*, *Hymenopellis radicata*, *Fomitopsis pinicola*, *Mycena pura*, *Hypholoma fasciculare*, док су се као врсте са највећом просторном дистрибуцијом (присутне на свим истраживаним локалитетима) истакле: *Bjerkandera adusta*, *Calocera viscosa*, *Cantharellus cibarius*, *Ceriosporus varius*, *Gymnopus androsaceus*, *Gymnopus dryophilus*, *Hymenopellis radicata*, *Lycoperdon perlatum*, *Mycena sanguinolenta*, *Pluteus cervinus*, *Hypholoma fasciculare*, *Mycena galericulata* i *Mycena pura*.

Међу регистрованим врстама, посебно се истичу оне на листи заштићених и строго заштићених врста Србије: *Cantharellus cibarius*, *Hydnum repandum*, *Russula cyanoxantha*, *Boletus edulis*, *Hericium coralloides*, *Strobilomyces strobilaceus*, као и 34 врсте које се налазе на различитим националним Црвеним листама гљива европских земаља (Хрватске, Словеније, Мађарске, Чешке, Холандије, Немачке...).

Између бројности макрогљива истраживаних шумских станишта и анализираних станишних фактора (састава дрвенастих врста и њихове старости, надморске висине и нагиба терена) није утврђена статистички значајна разлика, што упућује на закључак да бројност макрогљива у већој мери зависи од антропогеног утицаја којем су изложене различите састојине (измена састава самих шумских заједница, шумски пожари, изградња инфраструктуре, коришћење природних ресурса).

Идентификоване врсте гљива груписане су у оквиру три функционалне групе: лигниколне (104 врсте, 43 %), микоризне (79 врста, 32 %) и териколне сапротрофи (62 врста, 25 %).

Коресподентном анализом састава врста у оквиру функционалних група и

њихове дистрибуције, утврђено је следеће: у оквиру микоризних и лигниколних група доминирају врсте које се јављају само у оквиру једног испитиваног шумског станишта, док су териколне макрогљиве, с обзиром да нису специфично везане за одређене биљне партнере/домаћине, су имале најширу дистрибуцију у оквиру различитих шумских станишта.

Микоценозе састојина на Тари се истичу у односу на остале: по бројности забележених врста макрогљива (289 налаза и од тога 190 идентификованих таксона), по заступљености јединствених врста (присутних само на локалитету Митровац), по највећем броју микоризних врста (30 врста на П4 и 21 врста на П5), као и по броју посебно значајних, ретких и заштићених врста (24), што нам указује да се ради о диверзитетски вредним и још увек добро очуваним шумским стаништима.

Микоценоза станишта аутохтоне букве на Видличу (П2) по стању диверзитета макрогљива следи станишта на Тари (101 налаз, 53 врсте) и предњачи у односу на станишта са природном састојином смрче и букве на Копаонику (П3 – И степен заштите, 91 налаз).

Микоценоза алохтоне састојине дуглазије на Видличу (П2) се одликује најмањим микодиверзитетом (64 налаза, 48 таксона) и најмањом бројношћу (16) лигниколних врста, што се доводи у везу са недовољном прилагођеношћу аутохтоних лигниколних макрогљива на "нови супстрат" у виду ове алохтоне четинарске врсте (лат. *Pseudotsuga menziesii*).

Добијени резултати о богатству и саставу врста различитих микоценоза, указују на то да диверзитет макрогљива осликава стање самог станишта и да дугорочним мониторингом могу указати на промене у њему.

Испитивани абиотички фактори (просечне месечне падавине – П, влажност ваздуха – ВВ, влажност земљишта – ВЗ, температура ваздуха - Т) утицали су на бројност и састав врста у оквиру микоценоза истраживаних станишта, при чему су:

- о укупна бројност идентификованих врста и број лигниколних врста у највећој мери зависиле од ВВ и ВЗ; бројност микоризних врста зависила је скоро у потпуности од П, док је на бројност териколних сапротрофа највише утицала ВЗ,

- о на састав микоризних врста у оквиру истраживаних микоценоза у највећој мери су утицале П, а у мањој мери ВЗ и ВВ, док су на састав лигниколних врста највећи утицај имали ВВ и Т. Састав териколних врста на истраживаним стаништима није зависио од испитиваних абиотичких фактора.

Истраживањем ове тезе је генерисана укупно 41 секвенца ITS региона рДНК из осам врста макрогљива присутних у оквиру више различитих шумских станишта (*Cerioporus varius*, *Fomitopsis pinicola*, *Ganoderma applanatum*, *Hymenopellis radicata*, *Mycena pelianthina*, *Mycena pura*, *Mycetinis alliaceus*, *Phallus impudicus*), које представљају прве податке за територију Србије (осим у случају врста *F. pinicola* и *M. alliaceus*).

Филогенетске анализе одабраних врста подржавају тренутно прихваћено груписање у оквиру одговарајућих родова, врста и секција на основу макро- и микроморфолошких карактера и потврђују заједничко порекло са другим

анализираним европским секвенцама.

На основу анализе полиморфизама унутар ITS региона, врсте са највећом интраспецијском варијабилношћу су *P. impudicus* (17% укупних варијација у ITS региону) и *H. radicata* (14% укупних варијација у ITS региону), док су се као најмање варијабилне показале врсте *M. alliaceus* (2%) и *M. pelianthina* (4%).

Садржај радионуклида у плодним телима макрогљива опадао је у следећем низу:  $^{40}\text{K} > ^{137}\text{Cs} > ^{232}\text{Th} > ^{226}\text{Ra}$ , при чему је међу различитим функционалним групама макрогљива афинитет према усвајању радионуклида растао следећим редоследом: териколни сапротрофи < лигниколне < микоризне врсте.

Међу анализираним макрогљивама, по високим концентрацијама активности радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  и способностима акумулације (ТФ), истакле су се следеће врсте: *Hydnum repandum* (10 240 Bq kg<sup>-1</sup>, ТФ = 73,40), *Sarcodon imbricatus* (1 008 Bq kg<sup>-1</sup>, ТФ = 7,23), *Tricholoma pessundatum* (787 Bq kg<sup>-1</sup>, ТФ = 11,42), *Hericium coralloides* (735 Bq kg<sup>-1</sup>, 5,45). Ово је посебно важно, узимајући у обзир нутритивна и медицинска својства наведених врста макрогљива.

Врста *P. cervinus* истакла се као најбољи акумулатор  $^{40}\text{K}$  (3 020 Bq kg<sup>-1</sup>, TF = 12,38); по високим концентрацијама активности и способности усвајања  $^{226}\text{Ra}$  из супстрата (земљишта – ТФ<sub>з</sub> и дрвета - ТФ<sub>д</sub>) издвојиле су се: *Gyroporus cyanescens* (45 Bq kg<sup>-1</sup>, ТФ<sub>з</sub> = 1,56), *Ganoderma applanatum* (39 Bq kg<sup>-1</sup>, ТФ<sub>д</sub> = 7,96), *Cerionporus varius* (33 Bq kg<sup>-1</sup>, ТФ<sub>д</sub> = 2,75), *Trametes gibbosa* (25 Bq kg<sup>-1</sup>, ТФ<sub>д</sub> = 2,60) и *Fomitopsis pinicola* (22 Bq kg<sup>-1</sup>), док су се у случају садржаја и способности акумулације  $^{232}\text{Th}$  истакле: *C. varius* (70 Bq kg<sup>-1</sup> и 48 Bq kg<sup>-1</sup>), *Hydnum repandum* (33 Bq kg<sup>-1</sup>, ТФ<sub>з</sub> = 1,20), *Clitocybe nebularis* (32 Bq kg<sup>-1</sup>), *Ganoderma applanatum* (ТФ<sub>д</sub>: 2,09 – 6,67) и *Huipholoma fasciculare* (ТФ<sub>д</sub> = 2,14).

Генетске предиспозиције врста (*species* специфичност) су показале већи утицај на усвајање радионуклида у односу на утицај локалитета узорковања и трофичког режима анализираних гљива. Такође је утврђено да тип плодног тела (меснато-ефемерно/чврсто-вишегодишње), највероватније због различите брзине метаболизма, има веома важну улогу у акумулацији радионуклида. Макрогљиве са меснатим спорокарпима (*Hydnum repandum*, *Sarcodon imbricatus*, *Tricholoma pessundatum*...) су имале већу концентрацију активности испитиваних радионуклида.

Садржај метала у гљивама опадао је следећим редоследом: K > Mg > Fe Pb > Mn > Zn > Ni > Cu > Cd > Cr, док су на основу вредности TF, макрогљиве показале акумулацију само 5 метала (K > Mg > Cu > Zn > Cd).

Садржај метала у спорокарпима макрогљива варирао је међу различитим металима тј. специфично за сваки метал, интерспецијски (међу различитим врстама), интраспецијски (унутар врсте), међу различитим функционалним групама гљива.

На садржај K у анализираним макрогљивама утицао је тип плодног тела (макрогљиве са меким плодним телима имале су знатно више концентрације овог метала), на садржај Zn утицао је тип плодног тела и тип супстрата, док су у случају осталих метала највећи утицај имале генетске предиспозиције врста (*species* специфичност).

Утврђено је да садржај K, Zn, Cu и Pb статистички значајно варира међу функционалним групама макрогљива (микоризне и териколне гљиве - већи

садржај К и Zn, териколне - предњаче по садржају Cu, лигниколна група - значајно већи садржај Pb), док у садржају осталих елемената (Mg, Fe, Mn, Cd и Ni) није утврђена статистички значајна разлика међу анализираним функционалним групама.

По високим концентрацијама утврђеним у плодним телима и способности акумулације тешких метала, посебно су се истакле врсте: *Cerioporus varius* – Pb (TF: 3,79 – 4,27), *Ramaria flava* - Cd (TF = 2,94), Ni (33,09 mg kg<sup>-1</sup>), *Clitocybe nebularis* - Pb (180,45 mg kg<sup>-1</sup>, TF = 1,83), Cu (76,95 mg kg<sup>-1</sup>, TF = 3,20), Cd (TF = 2,28), *Tricholoma pessundatum* - Cd (7,28 mg kg<sup>-1</sup>, TF = 1,51), *Lactarius volemus* - Cd (4,09 mg kg<sup>-1</sup>, TF = 1,64), *Hydnum repandum* – Pb (102,49 mg kg<sup>-1</sup>), *Ganoderma applanatum* – Pb (113,24 mg kg<sup>-1</sup>).

Резултати тезе указују на изузетну способност гљива у акумулацији радионуклида и тешких метала, као и да спорокарпи јестивих и медицинских макрогљива истраживаних шумских станишта могу садржати концентрације полутаната изнад вредности дозвољених за гљиве које се користе у исхрани, услед чега се препоручује опрез у случају њихове употребе и избегавање врста за које су потврђени високи садржаји полутаната и велика способност акумулације.

#### **VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА**

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Кандидаткиња је резултате своје докторске дисертације представила у виду логичких целина, на прегледан и систематичан начин. Резултати су приказани у виду текста и слика, табеларно и графички, а у складу са захтевима прописаним за научно-истраживачки рад. Резултати добијени применом савремених експерименталних метода су обрађени одговарајућим статистичким анализама, адекватно су интерпретирани и критички продискутовани. Коначно, изведени су релевантни закључци који одговарају постављеним циљевима.

На основу извештаја тестирања докторске дисертације на плагијаризам коришћењем софтвера iThenticate (<https://www.ithenticate.com/>) и на основу прегледа 57230 речи, пронађено је 242 преклапања из 83 различита извора и утврђен је индекс сличности (енгл. similarity index) од 7% (према упутству произвођача све вредности испод 15% представљају оригиналан рад), што потврђује оригиналност докторске дисертације.

**Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања.**

## **IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

**Комисија констатује да је докторска дисертација кандидаткиње Милане С. Ракић написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.**

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

**Докторска дисертација кандидаткиње Милане С. Ракић садржи све неопходне елементе.** Током израде дисертације, кандидаткиња је показала висок степен познавања проблематике истраживања и зрелости у анализи података; припремила је обиман преглед савремених литературних навода; коректно је поставила циљеве рада и у складу са тим применила адекватне, савремене методе истраживања; добијене резултате је јасно анализирао, приказала и критички их продискутовала, а на основу истих је извела релевантне закључке.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Истраживања ове докторске дисертације дала су 6 нових врста у односу на постојећу листу гљива Копаоника и 21 нову врсту у односу на постојећу листу гљива Таре. За Видлич, све регистроване врсте представљају прве налазе с обзиром да за ову планину не постоје литературни подаци о диверзитету макрогљива. По први пут је спроведено вишегодишње, систематско истраживање микоценоза шумских екосистема и упоредно анализиран микодиверзитет више различитих шумских станишта у Србији и то са неколико различитих станишта (морфолошки, функционални и генетски). За нашу земљу, ово су и први подаци о утицају абиотичких фактора на микоценозу. Филогенетске анализе врста *Cerioporus varius*, *Ganoderma applanatum*, *Hymenopellis radicata*, *Mycena pelianthina*, *Mycena pura* и *Phallus impudicus* по први пут дају увид о сродничким односима наведених врста са територије Србије, са истим врстама које потичу из различитих делова Европе и света. Генерисане секвенце ITS региона (укупно 41) представљају прве секвенце ових врста са територије Србије депоноване у јавну банку гена (NCBI GenBank). Такође, у досадашњој научној литератури није дата детаљна анализа полиморфизама ITS секвенци наведених врста, као што је то урађено у овој дисертацији. Истраживања садржаја полутаната у гљивама наше земље су изузетно ретка, те су резултати ове тезе који се односе на анализу концентрација метала и радионуклида у макрогљивама од посебног значаја с обзиром да су указала на изузетну способност макрогљива (посебно јестивих и лековитих), наизглед незагађених подручја, да акумулирају полутанте из животне средине.

**На основу свега наведеног, комисија закључује да дисертација кандидаткиње Милане С. Ракић представља оригиналан допринос науци.**

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

**Комисија са задовољством констатује да у овој докторској дисертацији нису уочени било какви недостаци.**

**X ПРЕДЛОГ:**

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:  
На основу укупне оцене докторске дисертације и увида у самостални научно-истраживачки рад кандидаткиње, Комисија предлаже да се докторска дисертација под насловом: „**Диверзитет макрогљива и њихова улога у мониторингу стања шумских екосистема Србије**“ прихвати, а кандидаткињи **Милани С. Ракић** одобри одбрана.

Нови Сад, 26. јул 2019.

**ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ**

---

**др Софија Форкапић**  
научни сарадник, ПМФ,  
Универзитет у Новом Саду, **председник**

---

**др Маја Караман**  
ванредни професор, ПМФ,  
Универзитет у Новом Саду, **ментор**

---

**др Владислава Галовић**  
виши научни сарадник,  
Институт за низијско шумарство и заштиту животне средине  
Универзитет у Новом Саду, **ментор**

---

**др Мирослав Марковић,**  
научни сарадник,  
Институт за низијско шумарство и заштиту животне средине  
Универзитет у Новом Саду, **члан**

---

**др Марко Кеберт**  
научни сарадник,  
Институт за низијско шумарство и заштиту животне средине  
Универзитет у Новом Саду, **члан**