

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ

1. Орган који је именовао (изабрао) комисију и датум:

Одлуком Наставно-научног већа Шумарског факултета у Београду, број одлуке 01-2/79, од 31.5.2018. године, образована је Комисија за оцену израђене докторске дисертације кандидата MSc Дарка Јарамаза.

2. Састав комисије:

1. др Снежана Белановић Симић, редовни професор, Ерозија и конзервација земљишта и вода, 27.10.2017. год., Шумарски факултет у Београду;
2. др Милан Кнежевић, редовни професор, Екологија шума, Заштита и унапређивање животне средине, 11.06.2003. год., Шумарски факултет у Београду;
3. др Ратко Ристић, редовни професор, Ерозија и конзервација земљишта и вода, 14.12.2011. год., Шумарски факултет у Београду;
4. др Весна Мрвић, виши научни сарадник, Биотехничке науке, 20.04.2011. год., Институт за земљиште у Београду;
5. др Драган Чакмак, виши научни сарадник, Биотехничке науке, 20.04.2011. год., Институт за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ у Београду.

II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1. Име, име једног родитеља, презиме:
Дарко, Илија, Јарамаз
2. Датум и место рођења, општина, држава:
29. јул 1981., Панчево, Република Србија
3. Датум одбране, место и назив магистарске тезе/мастер рада:
30.11.2011.год., Универзитет у Београду - Факултет организационих наука (Београд), Интеграција просторних база података
4. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука/мастера:
Информациони системи и технологије

III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Утицај антропогеног загађења на деградацију земљишта шире околине града Бора

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Докторска дисертација под насловом: „Утицај антропогеног загађења на

деградацију земљишта шире околине града Бора“ обухвата 164 стране. У оквиру текста приложено је 50 табела и 59 слика (карте, графици, хистограми и др.). Списак релевантне стране и домаће литературе везане за област истраживања обухвата 184 библиографских јединица. На почетку рада су дате информације о ментору и члановима комисије, резиме, основни подаци о докторској дисертацији на српском и енглеском језику и кључне речи. Поглавља су структурирана тако да представљају посебне и логички повезане целине:

1. Увод (1-7 стр.)
2. Преглед досадашњих истраживања (8-18 стр.)
3. Истраживано подручје (19-28 стр.)
4. Материјал и метод рада (29-44 стр.)
5. Резултати и дискусија (45-139 стр.)
6. Закључна разматрања и правци будућих истраживања (140-145 стр.)
7. Литература (146-163 стр.)
8. Индекс термина (164 стр.)

Иза поглавља које садржи индекс термина, налази се биографија аутора, а затим следи изјаве кандидата о ауторству, истовестности штампане и дигиталне верзије рада, као и коришћењу.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

1. УВОД (1-7 стр.)

У овом поглављу, приказан је значај земљишта као основног природног ресурса, природни и антропогени чиниоци који доводе до његове деградације, као и примена информација о простору које омогућавају детаљнију анализу приликом проучавања.

Имајући ово у виду, у потпоглављу *1.1. Предмет докторске дисертације* кандидат наводи да се од свих хемијских загађивача, концентрације тешких метала посебно разматрају јер имају велики еколошки, биолошки и здравствени значај. Земљиште има ограничен капацитет ретенције загађујућих материја, што пре свега зависи од природних функција земљишта и то кружења материја и филтерске, пуферске и трансформаторске функције. Садржај органских и хемијских материја у земљишту је значајан због њиховог утицаја на стабилност агрегата. Еродибилност земљишта представља отпорност земљишта према спољним утицајима, односно степен његове угрожености ерозионим процесима.

У потпоглављу *1.2. Научни циљеви истраживања* се наводи да истраживања имају за циљ да се утврди: утицај рецентног стања земљишта на шумске екосистеме и агроекосистеме, при чему је акценат на проучавању укупног садржаја Cu, Pb, Zn и Cd у односу на законске нормативе, природне концентрације и антропогено загађење изучаваних елемената, појединачни и укупни утицај елемената на наведене екосистеме, еродибилност земљишта и његову корелацију са хемијским облицима деградације, као и одговарајућу синтезу и интерпретацију добијених резултата. Таксативно се наводе следећи циљеви:

- Утврдити степен загађења тешким металима у односу на удаљеност од РТБ Бор, као и дистрибуцију тешких метала у односу на висински градијент.
- Утврдити однос природних концентрација и утицај антропогеног загађења тешким металима за поједине типове земљишта.
- Анализа утицаја хемијске деградације на процесе физичке деградације (еродибилност).
- Анализа утицаја садржаја тешких метала у земљишту на еколошки ризик за екосистем.

У оквиру потпоглавља **1.3. Основне хипотезе** постављене су четири хипотезе и то:

- Активности РТБ Бор имају негативан утицај на садржај тешких метала у земљишту.
- Садржај тешких метала у земљишту опада са дубином у профилу.
- Дистрибуција тешких метала у земљишту зависи од типа земљишта, хемијских својстава земљишта, као и од садржаја тешких метала у земљишту.
- Степен еколошког ризика зависи од токсичности елемената и од удаљености проучаваног подручја у односу на извор загађења.

2. ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА (8-18 стр.)

У оквиру потпоглавља **2.1. Извори загађења земљишта** кандидат наводи да извори загађења земљишта тешким металима могу бити природног (распадање матичног супстрата) и антропогеног порекла (атмосферско таложење продуката сагоревања фосилних горива и процеса у металургији и другим гранама индустрије, примена и одлагање отпада, коришћење минералних ђубрива, и др.). Приликом процене природног (геолошког) загађења земљишта важно је утврдити вредности нултог стања земљишта (енгл. background) као неопходне мера приликом процене загађености земљишта, обзиром да се не може проценити антропогени утицај због чињенице да геолошки супстрат у свом саставу већ има одређену количину микроелемената. Такође, приликом процене антропогеног загађења земљишта од стране различитих врста загађивача, тешки метали су посебно опасни због њихове токсичности и слабе биоразградивости, чије дуготрајно уношење може довести до смањења пуферног капацитета земљишта што за последицу може имати трајну контаминацију како земљишта тако и подземних вода.

У потпоглављу **2.2. Облици деградације земљишта** кандидат наводи да хемијска деградација земљишта, према процени GLASOD, учествује са 12 % у укупној деградацији светског земљишта, а подразумева: губитке органске материје, салинизацију, ацидификацију и загађивање. Ацидификација земљишта је процес у којем се током времена смањује рН-вредност земљишног раствора, и често нема јасно видљивих назнака, а што доводи до губитка хранљивих елемената (калцијума, магнезијума и калијума) путем процеса испирања и њихову замену киселим елементима (водоником и алуминијумом). Поред директног ефекта, рН-вредност земљишног раствора има индиректан утицај на равнотежу адсорпције, стабилност органо-минералног комплекса и редокс потенцијал, који мењају односе растворљивости. Кретање тешких метала кроз земљиште је директно узроковано адсорпционим процесима. Степен загађења земљишта тешким металима дефинише се одређеним референтним факторима, као што су индекси загађења.

Индекси загађења земљишта и њихова геопросторна дистрибуција представља моћан алат за процену геохемијских својстава проучаваног подручја, односно добијају се значајне информације о стању животне средине. При процени утицаја загађивача на земљиште у литератури се наводе различити референтни фактори, међу којима се издвајају: индекс загађења (Pollution index, PI), фактор обогаћења (Enrichment factors, EF), индекс еколошког ризика (Ecological risk index, RI), Немеров индекс загађења (Nemerow's syntetical pollution index), индекс гео-акумулације (The geo-accumulation index Igeo) и др. Индекс загађења указује на степен загађења одређеног земљишта неким металом у односу на законске нормативе појединих земаља. Фактор обогаћења представља квантитативну процену антропогеног извора загађења посматрану на површини земљишта. Еколошки индекс ризика збирно указује на ризик од проучаваних тешких метала на површини земљишта. Кандидат наводи да су ерозиони процеси најчешћи узроци који доводе до физичке деградације земљишта, и подразумевају спирање и подривање земљишта, а понекад и матичне стене под утицајем површинског отицања вода. Даље, ови процеси нарушавају структуру земљишта што се манифестује кроз стварање покорнице, сабијање и смањење дренажности и аерације. Такође, кандидат наводи везу између ерозије и начина коришћења земљишта, односно интензитет ерозије је израженији на незаштићеном пољопривредном земљишту у односу на земљишта под шумским екосистемима.

3. ИСТРАЖИВАНО ПОДРУЧЈЕ (19-28 стр.)

Кандидат наводи у оквиру поглавља да истраживано подручје обухвата области под називом: Тилва Њагра, Чока Купјатра и Чока Курута, које чине комплекс од 152.91 км², 10 км северозападно од Бора. Поголавље је приказано кроз пет потпоглавља:

- физичко-географске карактеристике,
- климатске карактеристике (утицај доминатних ветрова и квалитет ваздуха),
- геолошке карактеристике,
- педолошке карактеристике, и
- вегетацијске карактеристике.

4. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА (29-44 стр.)

Поголавље **4. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА** се састоји од пет потпоглавља.

У оквиру потпоглавља **4.1. Методе проучавања земљишта** кандидат наводи обухваћена теренска и лабораторијска истраживања.

У потпоглављу **4.2. Методе проучавања начина коришћења даљинском детекцијом** се наводи да метода даљинске детекције пружа доста информација о стању и квалитету животне средине, нарочито приликом одређивања начина коришћења земљишта. Могућности примене даљинске детекције су различите, што првенствено зависи од начина интерпретације спектралних канала путем специјализованих софтвера. За потребе ове дисертације начин коришћења земљишта кандидат је одредио употребом сателитских снимака из Ландсат 8 мисије.

У оквиру потпоглавља **4.3. Математичке и статистичке методе** кандидат је

приказао:

- Методе за прорачун нултог стања земљишта (енгл. background) коришћењем рачунских метода ($[\text{Mean} + 2\text{Sdev}]$ и $[\text{Median} + 2\text{MAD}]$), као и графичких метода („boxplot“ и дијаграм дистрибуције кумулативне криве).
- Еродибилност земљишта је приказана израчунавањем фактора К из једначине Wischmeier и Smit (1978).
- Коришћене једначина за прорачун индекс загађења (енгл. Pollution index - PI), фактора обогаћења (енгл. Enrichment factors - EF), индекса еколошког ризика (енгл. Ecological risk index - Ei) и индекса укупног еколошког ризика (енгл. Risk Index - RI).
- Методу анализа главних компоненти (енгл. Principal Components Analysis - PCA) која се примењује у циљу стварања компоненти на основу познатих варијабли ради могућности интерпретирања међусобних зависности, као и методу вишеструке регресија (енгл. Multiple Regression - MLR) која се користи за проучавање односа између једне зависне варијабле и једне или више независних варијабли, при чему одваја ефекте независних варијабли на зависну варијаблу тако да може анализирати јединствени допринос сваке варијабле.

У потпоглављу **4.4. Геостатистичке методе** наводе се основни концепти везани за географске информационе системе (ГИС) коришћени приликом израде докторске дисертације: простор, координатни систем, као и растерски и векторски модели података. Представљена је метода интерполације која омогућава формирање површина, а која се заснива на подацима са мерних тачака и предвиђеним вредностима исте променљиве на свим осталим тачкама неке територије.

У оквиру потпоглавља **4.5. Методе аналитичког хијерахијског процеса (АХП)** кандидат наводи да се примењена математичка метода користи за одређивање важности фактора приликом вишекритеријумског одлучивања. АХП метода је до сада употребљавана у многобројним истраживањима у комбинацији са географским информационим системима за изучавање међусобних веза између еродибилности земљишта и других фактора. Кандидат у циљу процене укупне деградације земљишта, користи АХП методу узимајући четири фактора и то: еродибилност земљишта, индекс укупног еколошког ризика, киселост земљишта и начин коришћења земљишта.

5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА (45-139 стр.)

Поглавље **5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА**, је приказано у осам потпоглавља.

У потпоглављу **5.1. Морфолошке карактеристике земљишта** кандидат приказује једанаест типова земљишта детерминисаних у оквиру истраживаног подручја.

У оквиру потпоглавља **5.2. Основне физичке и хемијске карактеристике земљишта** наводи се механички састав проучаваних земљишта приказом средње, минималне и максималне вредности за крупан песак ($>0,2 \text{ mm}$), ситан песак ($0,2 - 0,02 \text{ mm}$), прах ($0,02-0,002 \text{ mm}$), глину ($<0,002 \text{ mm}$) и укупан песак и укупну глину. Механички састав земљишта је различит у зависности од типа земљишта,

супстрата и других педогенетских чинилаца. Хемијске карактеристике проучаваних земљишта приказане су као средње, минималне и максималне вредности за: pH (H₂O), pH (KCl), хумус (%), N (%), садржај лакоприступачног фосфора и садржај лакоприступачног калијума (mg·100g⁻¹земљ.), укупан адсорптивни комплекс, сума базних катјона и сума киселих катјона (cmol ·kg⁻¹) и засићеност базама (%). На проучаваном подручју вредности супституционе киселост земљишта (pH у KCl) по локацијама узорковања се крећу у распону од 2,9 до 6,7 pH јединица. Доминирају земљишта јако киселе и средње киселе реакције, док је заступљеност земљишта слабо киселе и неутралне реакције знатно мања.

У потпоглављу **5.3. Садржаји тешких метала у земљишту** приказани су укупни садржаји тешким метала у површинским и најдубљим хоризонтима проучаваних земљишта, као средња, минимална и максимална вредности за Cd (mg·kg⁻¹), Cu (mg·kg⁻¹), Pb (mg·kg⁻¹), Zn (mg·kg⁻¹) и Fe (%). Однос концентрација елемената у површинском и најдубљем хоризонту показује да се посебно Cu, Pb и Cd издвајају као елементи на чије концентрације вероватно утичу антропогене активности. Геопросторна дистрибуција је обухватила анализу садржаја Cu, Pb, Cd и Zn у површинским слојевима на укупно 208 локација. Анализа порекла тешких метала у земљишту кандидат је извршио применом PCA (енгл. Principal component analysis - PCA) и MLR (Multiple Regression) метода. Анализа главних компоненти у оквиру истраживања је обухватила следеће: проверу веродостојности сета података, корелацију варијабли, вредност компоненти, и корелацију варијабли и компоненти.

У оквиру потпоглавља **5.4. Анализа нултог стања земљишта** извршен је прорачун нултог стања земљишта за Cu, Pb, Cd, Zn и Fe коришћењем рачунских метода ([Mean + 2Sdev] и [Median + 2MAD]), као и графичких метода („boxplot“ и дијаграм дистрибуције кумулативне криве). У овом истраживању кандидат је усвојио ниже „background“ вредности израчунате методом Median+2MAD, јер је подручје више деценија изложено антропогеном загађивању из Борског рударско-металуршког комплекса. У подручју доминирају кисела земљишта, у којима је могуће испирање полутаната у дубље хоризонте (на шта указује и предходно урађена PCA анализа). Избор нижих „background“ вредности представља строжи критеријум за одређивање степена загађености потенцијалним полутантима.

У потпоглављу **5.5. Индекси загађења земљишта** кандидат просторно и табеларно приказује резултате индекса загађења, фактора обogaђења, индекса еколошког ризика и индекса укупног еколошког ризика за Cu, Zn, Pb и Cd.

У оквиру потпоглавља **5.6. Фактор еродибилности земљишта** просторно и графички је приказан фактор еродибилност земљишта у оквиру истраживаног подручја, а које је у 60,6% отпорно на водну ерозију и 39,4 % слабо осетљиво на водну ерозију.

У потпоглављу **5.7. Начин коришћења земљишта** кандидат приказује резултате на основу анализе сателитског снимка методом надзирање класификације, при чему утврђује четири класе начина коришћења земљишта (шуме, ливаде и пањњаци, њиве и деградиране површине).

У оквиру потпоглавља **5.8. Анализа укупне деградације земљишта** кандидат приказује резултате добијене на основу коришћења концептуалног модела за процену укупне деградације земљишта. Модел је примењен коришћењем методологије аналитичког хијерархијског процеса (АХП) која користи четири фактора (еродибилност земљишта, индекс укупног еколошког ризика, киселост земљишта, и начин коришћења земљишта). На основу овог концептуалног модела за процену укупне деградације земљишта кандидат наводи да у оквиру проучаваног подручја 57,6 % слабо деградирано земљиште (категорија I), 38,4 % средње деградирано (категорија II), и 4 % значајно деградирано земљиште (категорија III) пре свега у подручју око Црног врха.

6. ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА И ПРАВЦИ БУДУЋИХ ИСТРАЖИВАЊА (140-145 стр.)

На основу добијених резултата изведени су следећи закључци:

- Механички састав земљишта је различит у зависности од типа земљишта, супстрата и других педогенетских чинилаца.
- На проучаваном подручју углавном су заступљена јако кисела земљишта, у којима је снабдевеност хранљивим материјама обично слабије, а растворљивост већине полутаната повећана.
- Рачунска метода [Median+2MAD] пружа најниже границе природног садржаја микроелемената, јер су утицаји екстрема у овој методи значајно мањи. Резултати добијени путем наведене методе изабрани су јер је подручје проучавања више деценија изложено антропогеном загађивању из Борског рударско-металуршког комплекса, као и због могуће миграције полутаната у доње делове профила земљишта.
- Коришћењем тродимензионалне анализе главних компоненти (три компоненте) кандидат закључује: значајну корелацију компоненте која представља мешовит утицај са Pb и Zn, затим, значајну корелацију компоненте која представља антропогени утицај са Cd и Cu, као и значајну корелацију компоненте која представља утицај геолошког супстрата са Fe.
- На основу просечне вредности индекса загађења кандидат закључује да су индекси загађења за Pb и Zn у категорију чистог земљишта, индекс загађења за Cd у земљишту у категорији слабо загађених, док индекс загађења за Cu припадају у категорију тешко загађених земљишта.
- Просечне вредности фактора обogaђења за Cd, Pb и Zn налазе се у категорији слабо загађене области, док за Cu припада категорији умерено загађених земљишта истраживаног подручја.
- На основу просечне вредности еколошког ризика за све проучаване микроелементе (Cu, Cd, Pb и Zn) кандидат констатује да се налазе у категорији мало загађених области.
- Просечна вредност укупног еколошког ризика сврстава целокупно истраживано подручје у категорију мало загађених земљишта, мада важно је напоменути да области око Црног врха (локација у централном делу проучаваног подручја али са највећом надморском висином) има вредности

које припадају категорији средње загађености и у мањој површини категорији високе загађености. Вредности наведеног индекса зависе највише од одабира проучаваних микроелемената и фактора токсичности који се њима додељују, при чему треба узети у обзир високе вредности фактора токсичности за тешке метале чије се повишене концентрације углавном приписују антропогеном утицају.

- Применом концептуалног модела укупне деградације земљишта приказана је карта укупне деградације земљишта на основу које истраживано подручје припада категорији средње деградираних земљишта. Кандидат закључује да је супституциона киселост (рН у KCl) земљишта имала снажан утицај на укупну деградацију земљишта, узимајући у обзир да просечне вредности фактори еродибилности земљишта и индекса укупног еколошког ризика припадају првој категорији деградације, као и да је више од половине истраживаног подручја под шумском вегетацијом, која заједно са травном вегетацијом обухвата 90,9 % истраживаног подручја.

7. ЛИТЕРАТУРА (146-163 стр.)

Наведено поглавље садржи 184 библиографских јединица. Коришћена литература је мултидисциплинарна, парвильно одабрана како за теоријску основу ове докторске дисертације, тако и за поређење са резултатима истраживања сличне тематике. Увидом у коришћену литературу може се закључити да кандидат поседује шире познавање области, као и да је свеобухватно проучио проблематику истраживања.

8. ИНДЕКС ТЕРМИНА (164 СТР.)

Наведено поглавље садржи 21 термин на српском и енглеском језику, најчешће употребљаваних у оквиру докторске дисертације.

VI ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Комисија констатује да је MSc Дарко Јарамаз у потпуности испунио план предвиђен пријавом докторске дисертације. Добијени резултати истраживања су систематично и прегледно приказани, а дискусија заснована на добром познавању проучаване научне области и на најновијим научним сазнањима. Закључци прате структуру истраживања и исправно су формулисани. Имајући у виду да се као услов за одбрану докторске дисертације поставља објављен рад у часопису међународног значаја, комисија констатује да је кандидат коаутор у пет радова објављених у часописима међународног значаја (M21 - 1 рад, M22 – 3 рада и M23 - 1 рад).

VII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Имајући у виду одабрани предмет истраживања, као и постављене циљеве и хипотезе од којих се у истраживању пошло, Комисија сматра да је кандидат резултате базирао на добро утемељеној теоријској основи, до њих дошао квалитетном применом одговарајућих и савремених, посебно геоинформационих метода, доказујући дефинисане хипотезе и успешно реализујући постављене циљеве истраживања. Комисија констатује да су резултати истраживања јасно и прегледно изложени, методолошки исправно анализирани и тумачени, и илустровани релевантним картама, табелама и графичким приказима.

VIII КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

1. Комисија констатује да је докторска дисертација MSc Дарка Јарамаза написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме за коју је, одлуком бр. 61206-70/2-15 од 21.01.2015. године Веће Научних области Биотехничких наука Универзитета у Београду дало сагласност.

2. Комисија такође констатује да дисертација садржи све неопходне елементе: насловну страну на српском и енглеском језику, информације о ментору и члановима комисије, резиме на српском и енглеском језику, садржај, текст рада по поглављима, списак литературе, изјаву о ауторству, изјаву о истовестности штампане и електронске верзије докторског рада и изјаву о коришћењу.

3. Докторска дисертација MSc Дарка Јарамаза под насловом: „Утицај антропогеног загађења на деградацију земљишта шире околине града Бора“ представља оригиналан допринос науци. Оригиналност докторске дисертације огледа се, пре свега, у идентификовању истраживачког проблема, приступу његовој обради, квантификован је утицај антропогеног загађења на деградацију земљишта, при чему су добијени нови резултати, објашњени на јединствен начин. Један од значајних резултата овог рада су и израчунате вредности природног садржаја проучаваних микроелемената (нулто стање земљишта), различитих индекса загађења, као и вредности утицаја геолошких и антропогених компоненти за проучавање тешке метале. Посебан допринос овог рада је и креирање концептуалног модела укупне деградације земљишта, заснованом на четири фактора деградације, при чему добијене вредности зона деградације земљишта, представљају значајне информације за планирање даљег мониторинга и одрживог управљања екосистемима.

4. Комисија није уочила недостатке који би евентуално могли утицати на резултате истраживања у току израде докторске дисертације.

IX ПРЕДЛОГ:

На основу укупне оцене докторске дисертације, комисија предлаже Наставно-научном већу Универзитета у Београду Шумарског факултета, да докторску дисертацију кандидата MSc Дарка Јарамаза под насловом „Утицај антропогеног загађења на деградацију земљишта шире околине града Бора“ прихвати за јавну одбрану.

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ:

ментор

др **Снежана Белановић Симић**, ред. проф.
Универзитет у Београду, Шумарски факултет

члан комисије

др **Милан Кнежевић**, ред. проф.
Универзитет у Београду, Шумарски факултет

члан комисије

др **Ратко Ристић**, ред. проф.
Универзитет у Београду, Шумарски факултет

члан комисије

др **Весна Мрвић**, виши научни сарадник,
Институт за земљиште у Београду

члан комисије

др **Драган Чакмак**, виши научни сарадник,
Институт за биолошка истраживања
„Синиша Станковић“ у Београду