

## NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU FAKULTETA ZA FIZIČKU HEMIJU

**Predmet:** Izveštaj Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata mastera fizikohemičara Jelene Petrović

Odlukom Nastavno-naučnog veća Fakulteta za fizičku hemiju Univerziteta u Beogradu, sa IV redovne sednice održane 16. januara 2017. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata **mastera fizikohemičara Jelene Petrović**, pod naslovom: **Optimizacija konverzionih modela za izračunavanje intenziteta erozije zemljišta na osnovu aktivnosti radioizotopa  $^{137}\text{Cs}$** .

Izrada doktorske disertacije pod navedenim naslovom odobrena je odlukom Nastavno-naučnog veća sa IX redovne sednice od 16. juna 2016. godine. Na osnovu te odluke, Veće naučnih oblasti prirodnih nauka Univerziteta u Beogradu je na svojoj XXVIII sednici od 30. juna 2016. godine dalo saglasnost da se prihvati predložena tema doktorske disertacije. Na osnovu pregleda i analize doktorske disertacije podnosimo Veću sledeći

### IZVEŠTAJ

#### A. Prikaz sadržaja disertacije

Doktorska disertacija mastera fizikohemičara Jelene Petrović napisana je na 114 strana, a u skladu sa *Uputstvom za oblikovanje doktorske disertacije Univerziteta u Beogradu*. Sastoji se od sledećih celina: *Sažetak* (4 strane), *Sadržaj* (2 strane), *Uvod* (1 strana), *Teorijske osnove* (20 strana), *Materijal i metode rada* (19 strana), *Rezultati i diskusija* (44 strane), *Zaključak* (4 strane), *Literatura* - 144 navoda (16 strana), *Prilozi* (3 strane) *Biografija* (5 strana). Disertacija sadrži ukupno 29 slika i 15 tabela.

U delu *Sažetak* na srpskom i engleskom jeziku, prikazana je oblast kojom se disertacija bavi i dati su najvažniji rezultati.

U poglavlju *Uvod* kratko su opisani osnovi ove doktorske disertacije.

U poglavlju *Teorijske osnove* detaljno je opisano poreklo i ponašanje  $^{137}\text{Cs}$  u zemljištu. Opisana su erozioni procesi zemljišta i predstavljeno je stanje erozije u Srbiji. Prikazani su razvijeni modeli za procenu intenziteta erozije zemljišta na osnovu aktivnosti radioizotopa  $^{137}\text{Cs}$ . Cilj doktorske disertacije i istraživani prostor opisani su u okviru ovog poglavlja.

U poglavlju *Materijal i metode rada* opisani su način sakupljanja i pripreme zemljišnih uzoraka, korišćena gamaspektrometrijska metoda, prikazane su metode za određivanje fizikohemijskih karakteristika zemljišta, kao i metode statističke obrade

podataka. Predstavljene su osnove modela za izračunavanje intenziteta erozije zemljišta na osnovu aktivnosti radioizotopa  $^{137}\text{Cs}$  (model profilne distribucije - model PD, model difuzije i migracije - model DM i model MODERN - modelovanje intenziteta erozije korišćenjem radionuklida). Date su i osnove modela USLE, tradicionalnog modela za izračunavanje intenziteta erozije zemljišta.

U poglavlju **Rezultati i diskusija** su prikazani rezultati specifičnih aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$ , fizičko-hemijskih karakteristika zemljišta dobijenih na osnovu eksperimentalnih analiza sakupljenih uzoraka zemljišta na istraživanom prostoru. Prikazani su rezultati dobijeni primenom metoda statističke analize podataka, kao i rezultati dobijeni primenom modela za izračunavanje intenziteta erozije zemljišta korišćenjem aktivnosti radioizotopa  $^{137}\text{Cs}$ . Svi prikazani rezultati u disertaciji praćeni su odgovarajućom diskusijom.

U poglavlju **Zaključak** su dati zaključci izvedeni na osnovu rezultata dobijenih u ovoj doktorskoj disertaciji.

## B. Opis rezultata teze

U okviru ove disertacije u sakupljenim uzorcima neobrađivanog zemljišta sa 44 lokacije (ukupno 264 uzorka) u periodu 2013-2015. godine sa veće - A i manje - B oblasti na istraživanom prostoru jugoistočne Srbije, doline reka Pčinje i Južne Morave, određene su specifične aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  (gamaspektrometrijskom metodom) i fizičko-hemijske karakteristike zemljišta, kao što su: granulometrijski sastav (krupan pesak (2-0,2 mm), sitan pesak (0,2-0,05 mm), prah (0,05-0,002 mm) i glina (<0,002 mm)), ukupni kapacitet izmene katjona (CEC), sadržaj humusa, sadržaj kalcijum-karbonata ( $\text{CaCO}_3$ ), pH vrednost i specifična električna provodljivost (K).

Srednje vrednosti specifične aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  na ukupnom istraživanom prostoru (A+B), istraživanom prostoru velike površine (A) i istraživanom prostoru male površine (B) iznosile su 39 (opseg: 0,29-363); 22 (opseg: 0,29-184); i 63 (opseg: 1,7-363) Bq kg<sup>-1</sup>, redom. Ispitivanjem vertikalne distribucije specifične aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  u neobrađivanim zemljišnim profilima sa istraživanih prostora A i B, uočeno je opadanje aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  sa dubinom zemljišta. Na istraživanim prostorima A i B približno 66% odnosno 78% od ukupne specifične aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$ , nađeno je u površinskom sloju zemljišta do 10 cm dubine.

Srednje vrednosti analiziranih fizičko-hemijskih karakteristika zemljišta na ukupnom istraživanom prostoru (A+B) iznosile su: 32 (opseg: 4,1-73)% za krupan pesak; 27 (opseg: 12-47)% za sitan pesak; 34 (opseg: 9,1-57)% za prah; 7,4 (opseg: 0,36-33)% za glinu; 23 (opseg: 2,0-104) cmol kg<sup>-1</sup> za CEC; 1,9 (opseg: 0,26-5,9)% za humus; 1,2 (opseg: 0,14-21)% za  $\text{CaCO}_3$ ; 6,7 (opseg: 5,5-9,9) za pH (u H<sub>2</sub>O); i 38 (opseg: 8,7-114) μS cm<sup>-1</sup> za K. Ispitivanjem vertikalne distribucije fizičko-hemijskih karakteristika zemljišta uočeno je sledeće: distribucija mehaničkih frakcija zemljišta je relativno ujednačena, sadržaj humusa opada sa dubinom zemljišta, CEC i pH (u H<sub>2</sub>O) pokazuju blagi porast ispod 25 cm dubine profila na istraživanom prostoru A, dok je viši sadržaj  $\text{CaCO}_3$  utvrđen u zemljištu do 25 cm dubine na istraživanom prostoru A, i K pokazuje trend opadanja sa dubinom u zemljištu istraživanog prostora B.

Primenom Spirmanovog koeficijenta korelacije rangova na istraživanom prostoru određene su međusobne korelacije između specifične aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  i ispitivanih fizičkohemijjskih karakteristika zemljišta. Pozitivne korelacije utvrđene su između specifične aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  i sledećih fizičkohemijjskih karakteristika zemljišta: krupnog peska (na prostoru A+B), sitnog peska (na prostoru A+B i A), humusa (na prostoru A+B, A i B) i K (na prostoru B), dok su negativne korelacije utvrđene između specifične aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  i sledećih fizičkohemijjskih karakteristika zemljišta: praha (na prostoru A+B), gline (na prostoru A+B i A), CEC (na prostoru A+B),  $\text{CaCO}_3$  (na prostoru A+B) i pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) (na prostoru A+B i B).

Ispitivanje intenziteta erozije zemljišta korišćenjem radioizotopa  $^{137}\text{Cs}$  sprovedeno je na istraživanom prostoru male površine B korišćenjem optimizovanih modela PD i DM, u kojima je 1986. godina (to je godina černobiljske katastrofe) naznačena kao godina depozicije  $^{137}\text{Cs}$  na tom prostoru. Primenjen je, takođe, i model MODERN za izračunavanje srednjeg godišnjeg intenziteta erozije zemljišta ( $\text{t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ ) za period od 1986. do 2014. godine, kao i tradicionalni model USLE. Srednje vrednosti intenziteta erozije na istraživanom prostoru male površine B primenom modela PD, DM, MODERN i USLE iznosile su -12; -4,0; -11; i -5,8  $\text{t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ , redom. Rezultati dobijeni primenom modela PD, DM, MODERN na istraživanom prostoru B, ukazuju na akumulaciju odnosno eroziju na istim lokacijama duž proučavanih transekata nezavisno od primenjenog modela, ali vrednosti intenziteta erozije na proučavanim lokacijama zavise od modela koji je korišćen za izračunavanje intenziteta erozije. Pokazano je da su vrednosti intenziteta erozije zemljišta dobijeni primenom konverzionih modela korišćenjem radioizotopa  $^{137}\text{Cs}$  na prostoru sa dominantnom černobiljskom depozicijom u skladu sa vrednostima dobijenim primenom modela USLE, što je jedan od važnijih rezultata ove disertacije.

### C. Uporedna analiza rezultata disertacije sa rezultatima iz literature

U ovoj tezi ispitivana je distribucija  $^{137}\text{Cs}$  u neobrađivanom zemljištu istraživanog prostora, kao i uticaj različitih fizičkohemijjskih karakteristika zemljišta na njegovu distribuciju, a sve radi procene intenziteta erozije tog zemljišta. Cezijum ( $^{137}\text{Cs}$ ) je veštački radionuklid sa vremenom poluraspada 30,2 godina i veoma je prisutan u životnoj sredini kao posledica testiranja nuklearnog oružja i akcidenata na nuklearnim reaktorima i drugim nuklearnim postrojenjima. Dobijene vrednosti specifične aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  u ovoj tezi upoređene su sa vrednostima dobijenim za teritoriju Srbije [S. Dragović, L. Janković-Mandić, R. Dragović and M. Đorđević, Natural and man-made radionuclides in soil as sources of radiation exposure, in *Radiation Exposure: Sources, Impacts and Reduction Strategies*, New York, Nova Science Publishers, Inc., 2012, pp. 1-42.]. Korelacije između fizičkohemijjskih karakteristika zemljišta i  $^{137}\text{Cs}$  ispitivane u ovoj tezi upoređivane su sa velikim brojem dostupnih literaturnih podataka [L. Gaspar and A. Navas, Vertical and lateral distributions of  $^{137}\text{Cs}$  in cultivated and uncultivated soils on Mediterranean hillslopes, *Geoderma*, 207-208, 131-143, 2013.; A.-R. Iurian, L. Mabit and C. Cosma, Uncertainty related to input parameters of  $^{137}\text{Cs}$  soil redistribution model for undisturbed fields, *Journal of Environmental Radioactivity*, 136, 112-120, 2014.].

Za procenu intenziteta erozije neobrađivanog i obrađivanog zemljišta korišćenjem radioizotopa  $^{137}\text{Cs}$  razvijen je veliki broj modela, kao i programa za njihovu implementaciju [L. Arata, K. Meusburger, E. Frenkel, A. A'Campo-Neuen, A.-R. Iurian, M. E. Ketterer, L. Mabit and C. Alewell, Modelling Deposition and Erosion rates with RadioNuclides (MODERN) Part 1: A new conversion model to derive soil redistribution rates from inventories of fallout radionuclides, *Journal of Environmental Radioactivity*, 162-163, 45-55, 2016.; D. Walling, Y. Zhang and Q. He, Models for deriving estimates of erosion and deposition rates from fallout radionuclide (caesium-137, excess lead-210, and beryllium-7) measurements and the development of user-friendly software for model implementation, in *Impact of Soil Conservation Measures on Erosion Control and Soil Quality*, Vienna, IAEA-TECDOC-1665, 2011, pp. 11-33.]. Modeli razvijeni za neobrađivana zemljišta uspešno su primenjeni u izvornom ili optimizovanom obliku u velikom broju studija širom sveta [P. Porto, D. Walling, V. Ferro and C. Di Stefano, Validating erosion rate estimates provided by caesium-137 measurements for two small forested catchments in Calabria, Southern Italy, *Land Degradation and Development*, 14, 389-408, 2003.; E. Ceaglio, K. Meusburger, M. Freppaz, E. Zanini and C. Alewell, Estimation of soil redistribution rates due to snow cover related processes in a mountainous area (Valle d'Aosta, NW Italy), *Hydrology and Earth System Sciences*, 16, 517-528, 2012.; A.-R. Iurian, L. Mabit and C. Cosma, Uncertainty related to input parameters of  $^{137}\text{Cs}$  soil redistribution model for undisturbed fields, *Journal of Environmental Radioactivity*, 136, 112-120, 2014.].

Sva navedena, ali i druga naučna i praktična iskustva koja se odnose na primenu radioizotopa za procenu erozije zemljišta, govore o tome koliko je ova oblast aktuelna. Neki postojeći modeli (PD, DM i MODERN) su u ovoj tezi optimizovani i primenjeni za neobrađivana zemljišta. Tako je, analizom literaturnih podataka i eksperimentalnih rezultata, utvrđeno da različiti modeli daju različite rezultate za intenzitet erozije zemljišta. Analizom intenziteta erozije zemljišta primenom USLE modela izvršenom u disertaciji je utvrđeno da su vrednosti veoma bliske srednjim vrednostima intenziteta erozije zemljišta dobijenim primenom navedenih (konverzionih) modela PD, DM i MODERN.

#### **D. Naučni radovi i saopštenja u kojima su publikovani rezultati iz doktorske disertacije**

##### ***M13 - Monografska studija/poglavlje u knjizi M11 ili rad u tematskom zborniku vodećeg međunarodnog značaja***

1. Snežana Dragović, Jelena Petrović, Ranko Dragović, Milan Đorđević, Mrđan Đokić, and Boško Gajić, *The Influence of Edaphic Factors on Spatial and Vertical Distribution of Radionuclides in Soil*, In: Radionuclides in the Environment Influence of chemical speciation and plant uptake on radionuclide migration, C. Walther, D.K. Gupta (Eds.), Springer International Publishing, ISBN 978-3-319-22170-0, Switzerland 2015, pp. 61-80.

**M21 - Rad vrhunskom međunarodnom časopisu**

1. Jelena Petrović, Snežana Dragović, Ranko Dragović, Milan Đorđević, Mrđan Đokić and Mirjana Čujić, *Spatial and vertical distribution of <sup>137</sup>Cs in soils in the erosive area of southeastern Serbia (Pčinja and South Morava River Basins)*, Journal of Soils and Sediments, 2016, 16:1168–1175.

**M22 - Rad u istaknutom međunarodnom časopisu**

1. Jelena Petrović, Snežana Dragović, Ranko Dragović, Milan Đorđević, Mrđan Đokić, Bojan Zlatković and Desmond Walling, *Using <sup>137</sup>Cs measurements to estimate soil erosion rates in the Pčinja and South Morava River Basins, southeastern Serbia*, Journal of Environmental Radioactivity, 2016, 158-159:71-80.

**M33 - Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini**

1. Jelena Petrović, Ranko Dragović, Milan Đorđević, Mrđan Đokić, Milena Nikolić, Mirjana Čujić and Snežana Dragović, *Vertical distribution of <sup>137</sup>Cs in the undisturbed soil profiles in the basin of Pčinja River, southeastern Serbia*, 12<sup>th</sup> International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, Belgrade, Serbia, September 22-26, 2014, Proceedings, pp. 877-880, ISBN 978-86-82475-32-3.

## E. Zaključak komisije

Na osnovu svega izloženog, komisija zaključuje da rezultati kandidata mastera fizikohemičara Jelene Petrović, prikazani u ovoj doktorskoj disertaciji predstavljaju originalan i značajan naučni, ali i praktični doprinos oblasti fizičke hemije, posebno u domenu zaštite životne sredine. Doprinos se prvenstveno ogleda u primeni i optimizaciji konverzionih modela za procenu intenziteta erozije zemljišta korišćenjem radioaktivnih izotopa.

Delovi disertacije kandidata objavljeni su kao poglavlje u istaknutoj monografiji međunarodnog značaja (M13), te kao dva rada objavljena u naučnim časopisima međunarodnog značaja; jedan je iz kategorije M21, a drugi iz kategorije M22.

Polazeći od svega što je navedeno u ovom izveštaju, komisija pozitivno ocenjuje doktorsku disertaciju mastera fizikohemičara Jelene Petrović pod naslovom „**Optimizacija konverzionih modela za izračunavanje intenziteta erozije zemljišta na osnovu aktivnosti radioizotopa  $^{137}\text{Cs}$** ” i predlaže Nastavno-naučnom veću Fakulteta za fizičku hemiju Univerziteta u Beogradu da je prihvati i odobri njenu javnu odbranu, čime bi bili ispunjeni svi uslovi da kandidat stekne zvanje *doktor fizičkohemijskih nauka*.

## KOMISIJA

-----  
dr Šćepan Miljanić, red. profesor u penziji  
Univerzitet u Beogradu - Fakultet za fizičku hemiju

-----  
dr Snežana Dragović, naučni savetnik  
Univerzitet u Beogradu - Institut za nuklearne nauke Vinča

-----  
dr Marko Daković, docent  
Univerzitet u Beogradu - Fakultet za fizičku hemiju

-----  
dr Boško Gajić, redovni profesor  
Univerzitet u Beogradu – Poljoprivredni fakultet

U Beogradu, 25. januar 2017. god.