

# Primena modela transporta idealne čestice na primeru razvoja Površinskog kopa Jakovačka Kumša

Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić, Vesna Ristić Vakanjac, Marina Čokorilo Ilić



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Primena modela transporta idealne čestice na primeru razvoja Površinskog kopa Jakovačka Kumša | Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić, Vesna Ristić Vakanjac, Marina Čokorilo Ilić | 9. Međunarodni simpozijum o upravljanju prirodnim resursima | 2019 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0007266>

Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду омогућава приступ издањима Факултета и радовима запослених доступним у слободном приступу. - Претрага репозиторијума доступна је на [www.dr.rgf.bg.ac.rs](http://www.dr.rgf.bg.ac.rs)

The Digital repository of The University of Belgrade Faculty of Mining and Geology archives faculty publications available in open access, as well as the employees' publications. - The Repository is available at: [www.dr.rgf.bg.ac.rs](http://www.dr.rgf.bg.ac.rs)



# ZBORNİK RADOVA BOOK OF PROCEEDINGS

**Urednici/Editors:**

**Dragan Mihajlović**

**Bojan Đorđević**

**Zaječar, 2019.**

## 9. Međunarodni simpozijum o upravljanju prirodnim resursima 9<sup>th</sup> International Symposium on Natural Resources Management

<b>Izdavač/Publisher:</b>	Faculty of Management, Zajecar, Megatrend University, Belgrade
<b>Za izdavača/For the publisher:</b>	Dragan Randelović, Executive Director
<b>Urednici/Editors:</b>	Dragan Mihajlović, Full Professor Bojan Đorđević, Full Professor
<b>Tehnički urednici/Technical editors:</b>	Dragan Jelenković Dragica Stojanović, Assistant Professor
<b>Štampa/Printed:</b>	Printing office "Happy" Zajecar
<b>Tiraž/Copies:</b>	100

*The publisher and the authors retain all rights. Copying of some parts or whole is not allowed. Authors are responsible for the communicated information.*

**ISBN 978-86-7747-606-9**

CIP - Katalogizacija u publikaciji  
Narodna biblioteka Srbije, Beograd

005:330.15(082)  
502.131.1(082)  
620.9(082)  
338.48(082)

### **МЕЂУНАРОДНИ СИМПОЗИЈУМ О УПРАВЉАЊУ ПРИРОДНИМ РЕСУРСИМА (9 ; 2019 ; ЗАЈЕЧАР)**

maj; [organizatori] Fakultet za menadžment Zajecar, Univerzitet Megatrend [etc.] = Proceedings / 9th International Symposium on Natural Resources Management, Zajecar, Serbia 2019, Masy 31 ; [organizers] Faculty of Management Zajecar, Megatrend University [etc.] ; urednici, editors Dragan Mihajlović, Bojan Đorđević. - Zajecar : Faculty of Management, Megatrend University, Belgrade, 2019 (Zajecar : Happy trend). - 461 str. : graf. prikazi, tabele ; 30 cm

Tiraž 100. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-7747-606-9

а) Природна богатства -- Управљање -- Зборници б) Животна средина -- Одрживи развој -- Зборници  
в) Енергија -- Коришћење -- Зборници г) Туризам -- Зборници

COBISS.SR-ID 276822796



**9. MEĐUNARODNI SIMPOZIJUM O UPRAVLJANJU  
PRIRODNIM RESURSIMA FINANSIJSKI JE PODRŽAN OD  
MINISTARSTVA PROSVETE, NAUKE I TEHNOLOŠKOG  
RAZVOJA REPUBLIKE SRBIJE**

**9<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NATURAL  
RESOURCES MANAGEMENT IS FINANCIALLY  
SUPPORTED BY THE MINISTRY OF EDUCATION,  
SCIENCE AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT OF THE  
REPUBLIC OF SERBIA**

## NAUČNI ODBOR/SCIENTIFIC COMMITTEE

- John A. Naisbitt, *Naisbitt China Institute, China*  
Dominick Salvatore, *Fordham University, New York, USA*  
Radomir A. Mihajlović, *New York Institute of Technology, USA*  
Shekhovtsova Lada, *Faculty of Economics, University of Novosibirsk, Russia*  
Yuriy Skolubovich, *Faculty of Economics, University of Novosibirsk, Russia*  
Sung Jo Park, *Free University, Berlin, Germany*  
Lisa Fröhlich, *CBS Cologne Business School GmbH, European University of Applied Sciences, Köln, Germany*  
Julia Maintz, *CBS Cologne Business School GmbH, European University of Applied Sciences, Köln, Germany*  
Jean Jacques Chanaron, *Grenoble Ecole de Management, France*  
Dominique Jolly, *CERAM, Sophia Antipolis, Nice, France*  
Antonello Garzoni, *Universita LUM "Jean Monnet", Bari, Italy*  
Antonio Salvi, *Universita LUM "Jean Monnet", Bari, Italy*  
Angeloantonio Russo, *Universita LUM "Jean Monnet", Bari, Italy*  
Candida Bussoli, *Universita LUM "Jean Monnet", Bari, Italy*  
Ljuben Ivanov Totev, *"St. Ivan Rilski" University of Mining and Geology, Sofia, Bulgaria*  
Vencislav Ivanov, *"St. Ivan Rilski" University of Mining and Geology, Sofia, Bulgaria*  
Srećko Devjak, *MLC Management and Law College Ljubljana, Slovenia*  
Žarko Lazarević, *Institute for Contemporary History, Ljubljana, Slovenia*  
Nikolae Georgesku, *Alma Mater University of Sibiu, Romania*  
Mihai Botu, *University of Craiova, Department of Horticulture & Food Science, Craiova, Romania*  
Violeta Nour, *University of Craiova, Department of Horticulture & Food Science, Craiova, Romania*  
Maria Popa, *Faculty of Economic Sciences, "1 December 1918" University in Alba Iulia, Romania*  
Gavrila - Paven Ionela, *Faculty of Economic Sciences, "1 December 1918" University in Alba Iulia, Romania*  
Pastiu Carmen, *Faculty of Economic Sciences, "1 December 1918" University in Alba Iulia, Romania*  
Jan Polcyn, *Economics Institute of Stanislaw Staszic University of Applied Sciences in Pila, Poland*  
Bazyli Czyzewski, *Economics Institute of Stanislaw Staszic University of Applied Sciences in Pila, Poland*  
Sebastian Stepien, *Economics Institute of Stanislaw Staszic University of Applied Sciences in Pila, Poland*  
Stavros Lalas, *Department of Food Technology Technological Educational Institute of Thessaly, Karditsa, Greece*  
Biserka Dimiskovska, *Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology, Skopje, Macedonia*

Nadežda Čalić, *Faculty of Mining Prijedor, Banja Luka University, Bosnia and Herzegovina*

Milinko Ranilović, *International University of Travnik, Bosnia and Herzegovina*

Marija Janković, *Faculty of Economics and Business, Mediterranean University, Podgorica, Montenegro*

Mića Jovanović, *Rector Megatrend University Belgrade*

Miodrag Jevtić, *Deputy rector Megatrend University Belgrade*

Milivoje Pavlović, *Vice-rector Megatrend University Belgrade*

Dragan Nikodijević, *Vice-rector Megatrend University Belgrade*

Dragan Ž. Đurđević, *Vice-rector Megatrend University Belgrade*

Slobodan Pajović, *Faculty of Geoeconomics, Megatrend University Belgrade*

Milan Milanović, *Faculty of Law, Megatrend University Belgrade*

Andrija Blanuša, *Faculty of Law, Megatrend University Belgrade*

Dragana Trifunović, *Faculty of Business Studies, Megatrend University Belgrade*

Ranka Mitrović, *Faculty of Business Studies, Megatrend University Belgrade*

Gorica Cvijanović, *Faculty of Biofarming, Bačka Topola, Megatrend University Belgrade*

Gordana Dozet, *Faculty of Biofarming, Bačka Topola, Megatrend University Belgrade*

Dragan Mihajlović, *Faculty of Management Zaječar, Megatrend University Belgrade*

Džejn Paunković, *Faculty of Civil Aviation, Megatrend University Belgrade*

Bojan Đorđević, *Faculty of Management Zaječar, Megatrend University Belgrade*

Srđan Žikić, *Faculty of Management Zaječar, Megatrend University Belgrade*

Igor Trandafilović, *Faculty of Management Zaječar, Megatrend University Belgrade*

Dalibor Miletić, *Faculty of Management Zaječar, Megatrend University Belgrade*

Krunislav Sovtić, *Faculty of Management Zaječar, Megatrend University Belgrade*

Jelena Bošković, *Faculty of Economics and Engineering Management, Novi Sad*

Radmilo Pešić, *Faculty of Agriculture, University of Belgrade*

Petar Veselinović, *Faculty of Economics, University of Kragujevac*

Svetislav Milenković, *Faculty of Economics, University of Kragujevac*

Drago Cvijanović, *Faculty of Hotel Management and Tourism in Vrnjačka Banja, University of Kragujevac*

Dejan Sekulić, *Faculty of Hotel Management and Tourism in Vrnjačka Banja, University of Kragujevac*

Miljan Leković, *Faculty of Hotel Management and Tourism in Vrnjačka Banja, University of Kragujevac*

Marija Lakićević, *Faculty of Hotel Management and Tourism in Vrnjačka Banja, University of Kragujevac*

Vojin Đukić, *Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad*

Nada Štrbac, *Technical Faculty Bor, University of Belgrade*

Dejan Riznić, *Technical Faculty Bor, University of Belgrade*

Ljubiša Papić, *DQM, Research center Prijedor, Čačak*

Dragan Kostić, *Free zone Pirot*

Vladan Jeremić, *RARIS - Regional Development Agency Eastern Serbia, Zaječar*

Zoran Milovanović, *RARIS - Regional Development Agency Eastern Serbia, Zaječar*

## ORGANIZATORI / ORGANIZERS



**PWS2**  
Instytut Ekonomiczny



FAKULTET ZA EKONOMIJU I BIZNIS



Regionalna agencija za razvoj istočne Srbije  
Regional Development Agency Eastern Serbia



## ORGANIZACIONI ODBOR/ORGANISING COMMITTEE

**Dragan Mihajlović**, Chairman

**Dragan Randelović**, Deputy Chairman

Bojan Đorđević

Džejn Paunković

Srdan Žikić

Saša Ivanov

Gabrijela Popović

Sanja Stojanović

Milica Paunović

Dragica Stojanović

Sanja Jevtić

Ivana Nikolić

Nebojša Simeonović

Mira Đorđević

Andrijana Petrović

Aleksandar Simonović

Mirko Šobot

## SADRŽAJ/TABLE OF CONTENT

<b>Vasilije Isajev</b> SPECIFIČNOSTI UPRAVLJANJA GENETIČKIM RESURSIMA ŠUMSKIH VRSTA.....	15-22
<b>Šemsudin Plojović, Senad Bušatlić, Senadin Plojović</b> MOGUĆNOSTI PRIMENE IKT U FUNKCIJI PROMOCIJE TURISTIČKIH POTENCIJALA SRBIJE .....	23-30
<b>Dragan Kostić, Aleksandar Simonović</b> LOGISTIČKI CENTRI U ČETVRTOJ INDUSTRIJSKOJ REVOLUCIJI .....	31-38
<b>Marija Janković, Anđela Jakšić-Stojanović</b> BRENDIRANJE GRADOVA KAO PREDUSLOV TURISTIČKOG RAZVOJA CRNE GORE.....	39-43
<b>Mirjana Radaković, Milinko Ranilović, Miloš Radaković</b> EKONOMSKI POTENCIJAL PRIRODNIH RESURSA .....	44-49
<b>Milinko Ranilović, Mirjana Radaković, Miloš Radaković</b> EKONOMIJA I EKONOMSKI INSTRUMENTI U FUNKCIJI ODRŽIVOG RAZVOJA.....	50-55
<b>Gordana Dozet, Gorica Cvijanović, Nenad Đurić, Zlatica Miladinov</b> UTICAJ MIKROBIOLOŠKOG ĐUBRIVA NA PRINOS I POLEGANJE KOD BAŠTENSKOG GRAŠKA.....	56-62
<b>Danijela Trkulja, Radivoj Prodanović, Jelena Bošković</b> INFLUENCE OF AERO-POLLUTANTS ON PLANT PRODUCTION OF PERIURBAN AREAS.....	63-70
<b>Borislava Borislavova Galabova, Boriana Yordanova Trifonova</b> ECOLOGICAL SECURITY AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN THE MINING INDUSTRY: THE CASE OF BULGARIA .....	71-75
<b>Emanuele Doronzo, Rosamartina Schena, Marianna Zito</b> THE WELL-BEING OF THE WORLD'S CITIZENS: WHAT IS THE ROLE OF SUSTAINABILITY AND THE DISTANCE OF POWER? .....	76-84
<b>Czékus Borisz</b> KOLIKI JE EKOOTISAK NAŠIH MLADIH? .....	85-93
<b>Marina Anatovljeva Vakula, Radmila Pokrajac</b> PROBLEM PRAVNOG REGULISANJA USMERENOG NA SMANJENJE NEGATIVNOG UTICAJA NA ATMOSFERSKI VAZDUH.....	94-100



<b>Mihajlo Jovanović, Jane Paunković, Violeta Jovanović</b> LEARNING FROM THE PAST: USING CONTEMPORARY METHODS FOR PALEOENVIRONMENTAL AND PALEOCLIMATIC QUANTITATIVE RECONSTRUCTIONS FROM THE SMALL MAMMAL FOSSIL RECORD FROM SERBIA.....	101-106
<b>Gabrijela Popović, Dragan Mihajlović</b> KLJUČNI FAKTORI RAZVOJA ŠUMA U NACIONALNOM PARKU FRUŠKA GORA .....	107-114
<b>Jelena Bošković, Radivoj Prodanović, Jelena Mladenović</b> NATIONAL PARKS OF SERBIA .....	115-120
<b>Nenad Marić, Jana Štrbački, Zoran Nikić</b> NATURAL ATTENUATION OF GROUNDWATER CONTAMINANTS: FROM SUBSURFACE PHENOMENA TO COST-EFFECTIVE REMEDICATION APPROACH.....	121-127
<b>Milica Paunović, Anđelija Radonjić</b> EKOLOŠKI OTISAK – ODRŽIVI INDIKATOR ŽIVOTNOG STILA POJEDINCA I GRUPA .....	128-136
<b>Petar Veselinović, Nevena Veselinović</b> POLJOPRIVREDA U FUNKCIJI ODRŽIVOG RAZVOJA REPUBLIKE SRBIJE ....	137-146
<b>Maja Andrijašević, Vesna Pašić Tomić</b> ENVIRONMENT IN SERBIA IN FIGURES .....	147-155
<b>Vojin Đukić, Svetlana Balešević-Tubić, Zlatica Miladinov, Predrag Randelović, Gordana Dozet</b> UTICAJ GUSTINE SETVE NA NEKE MORFOLOŠKE OSOBINE SOJE (GLYCINE MAX) .....	156-162
<b>Gorica Cvijanović, Jelena Marinković, Marija Cvijanović</b> UZAJAMNI ODNOS IZMEĐU ZEMLJIŠNIH MIKROBA I HERBICIDA .....	163-169
<b>Gelert Gligor, Milena Žuža, Petar Pižurica</b> EFEKTIVNO SMANJENJE KONCENTRACIJE FOSFORNIH JEDINJENJA U GRADSKIM OTPADNIM VODAMA U SUBOTICI IZMEĐU 2010. I 2018. GODINE.....	170-175
<b>Goran Anđelković, Ivan Samardžić</b> PROMENE TEMPERATURE VAZDUHA U ISTOČNOJ SRBIJI U PERIODU 1961-2017. GODINA .....	176-183
<b>Sanja Stojanović, Nina Petković</b> PRIMENA METODA ODLUČIVANJA U VOĆARSKOJ PROIZVODNJI.....	184-191
<b>Zoran Milovanović, Vladan Jeremić, Gabriel Vladut</b> RAZVOJ ODRŽIVOG PLANINSKOG TURIZMA U KARPATSKOM PREKOGRANIČNOM PODRUČJU RUMUNIJA – SRBIJA .....	192-203

<b>Vidoje Stefanović, Biljana Ilić</b> MENADŽMENT MODEL TURIZMA U SRBIJI .....	204-211
<b>Bojan S. Đorđević</b> PREDVIĐANJE SPOT CENE BAKRA PRIMENOM ARIMA MODELA.....	212-224
<b>Silvana Ilić, Dejan Riznić, Nenad Andrić</b> ZNAČAJ SARADNJE SRBIJE SA EVROPSKOM BANKOM ZA OBNOVU I RAZVOJ.....	225-231
<b>Silvana Ilić, Nina Petković, Sanja Stojanović</b> STRATEGIJSKO UPRAVLJANJE ENERGETIKOM U FUNKCIJI PRIVREDNOG RASTA .....	232-237
<b>Milica Kovačević, Milica Raičević, Olivera Simović</b> ZNAČAJ ZELENOG MARKETINGA U ZAŠTITI ŽIVOTNE SREDINE .....	238-244
<b>Dragan Mihajlović, Violeta Jovanović, Jane Paunković</b> MULTINACIONALNE KOMPANIJE I PRIRODNI RESURSI.....	245-252
<b>Gabrijela Popović, Bojan Đorđević, Dragan Milanović</b> GRINDING CIRCUIT DESIGN SELECTION BASED ON THE OCRA METHOD..	253-258
<b>Goran Puzić, Aleksandar Klevernić</b> RURAL DEVELOPMENT – MAIN POINTS FOR FURTHER DEVELOPMENT OF LOCAL COMMUNITY DOBRINCI .....	259-265
<b>Olivera Randelović, Vladan Milojević</b> EKOTURIZAM - MODEL ODRŽIVOG TURISTIČKOG RAZVOJA NA PROSTORU STARE PLANINE .....	266-272
<b>Dragoljub Bajić, Dušan Polomčić, Jelena Ratković, Predrag Pajić</b> ODREĐIVANJE PROSTORNE DISTRIBUCIJE VREDNOSTI HIDRAULIČKIH PARAMETARA IZDANI: PRIMER POVRŠINSKOG KOPA “RADLJEVO” .....	273-279
<b>Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić, Vesna Ristić Vakanjac, Marina Čokorilo Ilić</b> PRIMENA MODELA TRANSPORTA IDEALNE ČESTICE NA PRIMERU RAZVOJA POVRŠINSKOG KOPA JAKOVAČKA KUMŠA .....	280-286
<b>Slavica Miletić, Dejan Bogdanović</b> EVALUACIJA ZADOVOLJSTVA KORISNIKA PROIZVODIMA I USLUGAMA RUDARSKIH KOMPANIJA .....	287-293
<b>Momčilo Manić</b> TRANSPARENTNO I DELOTVORNO INFORMISANJE I OGLAŠAVANJE U FUNKCIJI BOLJEG KVALITETA VAZDUHA U SRBIJI.....	294-302
<b>Drago Cvijanović, Vuk Mirčetić, Svetlana Vukotić</b> RAZVOJ I DEFINISANJE BRENDA TURISTIČKE DESTINACIJE .....	303-309

<b>Ljubiša Stajić, Jelena Božinović, Srđan Žikić</b> MOTIVACIJA I INTERNA KOMUNIKACIJA U INOVACIONIM ORGANIZACIJAMA U REPUBLICI SRBIJI .....	310-317
<b>Marko Trišić</b> UTICAJ ZELENOG MARKETINGA NA MARKETING MIKS KOMPANIJA .....	318-325
<b>Dragica Stojanović, Gordana Đukić</b> ZELENO FINANSIRANJE NA MEĐUNARODNOM NIVOU – POREĐENJE SRBIJE I SINGAPURA .....	326-333
<b>Miloš Radaković</b> ENERGETSKI EFIKASNI I EKOLOŠKI GRAĐEVINSKI ASPEKTI GRADNJE.....	334-339
<b>Biljana Ilić, Marko Trišić, Miloš Nikolić</b> POSLOVNA KULTURA U ZEMLJAMA CENTRALNE EVROPE .....	340-347
<b>Dragica Stojanović</b> ZELENE FINANSIJE - TREND KOJI PRATI KONCEPT ODRŽIVOG EKONOMSKOG RAZVOJA.....	348-355
<b>Georgi Nikolov, Nikola Tanakov, Desislava Botseva</b> INTEGRATION OF THE CIRCULAR ECONOMY IN MODERN MODELS OF EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT: THE CONCEPT "SWITCH TO GREEN" .....	356-361
<b>Goran Radisavljević, Goran Milovanović, Gordana Đukić</b> UDEO I STRUKTURA POLJOPRIVREDNIH PROIZVODA U SPOLJNOTRGOVINSKOJ RAZMENI REPUBLIKE SRBIJE.....	362-368
<b>Goran Puzić, Aleksandar Klevernić</b> PRISTUPANJE ZEMALJA CENTRALNE I JUGOISTOČNE EVROPE EVROPSKOJ UNIJI – JAČANJE POLJOPRIVREDE I/ILI STRUKTURNA REFORMA.....	369-373
<b>Miroslav D. Stevanović, Dragan Ž. Đurđević</b> ODRŽIVI RAZVOJ IZMEĐU SVOG VREDNOSNOG I NORMATIVNOG KONCEPTA .....	374-382
<b>Nicola Raimo, Marianna Zito, Alessandra Caragnano</b> DOES NATIONAL CULTURE AFFECT INTEGRATED REPORTING QUALITY? A FOCUS ON GLOBE DIMENSIONS .....	383-392
<b>Dalibor Miletić, Krunislav Sovtić, Anton Vorina</b> EKONOMSKI ASPEKTI PROCENE UTICAJA ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE EVROPSKE UNIJE I SRBIJE .....	393-400
<b>Andrija Blanuša, Slobodan Petrović</b> MENADŽMENT GRADOVA – PROBLEMI, REŠENJA I POTENCIJALI RAZVOJA MENADŽMENTA U GRADOVIMA .....	401-405

<b>Leposava Jovanović, Ivana Avramović</b> JAČANJE PREDUZETNIŠTVA I NUŽNOST INOVACIJA U CILJU IZLASKA PRIVREDE SRBIJE IZ KRIZE .....	406-413
<b>Tomislav Radović, Aleksandra Cvetković</b> ZAŠTITA PRAVA NA ADEKVATNU ŽIVOTNU SREDINU U EVROPSKOJ UNIJI (EU) .....	414-419
<b>Miljan Jeremić, Radojica Točilovac, Milan N. Božinović, Saša Ivanov</b> PRIMENA STATISTIČKIH PARAMETARA U ANALIZI REFERENTNE EVAPOTRANSPIRACIJE .....	420-425
<b>Dragana Cvetković</b> METODE VIŠESTRUKIJE REGRESIJE I DISKRIMINACIONE ANALIZE .....	426-433
<b>Ivan Živić, Safet Pavlović</b> EKONOMSKI I DRUŠTVENI ASPEKTI INVESTIRANJA .....	434-440
<b>Ivan Stojanović</b> ZNAČAJ TEHNOLOŠKOG PROCESA DOZREVANJA ZELENE BANANE U KONTROLISANIM USLOVIMA U SRBIJI.....	441-448
<b>Ivan Stojanović</b> UTICAJ ZELENOG MARKETINGA U ORGANSKOJ POLJOPRIVREDI KAO RAZVOJNOJ PERSPEKTIVI OPŠTINE ALEKSINAC .....	449-456
<b>Vojkan Bižić, Mladen Vuksanović</b> MARKETINŠKE AKTIVNOSTI PROMOCIJE SRBIJE POSREDSTVOM SPORTSKOG TURIZMA.....	457-461

## **PREDGOVOR**

Kao i prethodnih, i ove godine Fakultet za menadžment u Zaječaru okupio je veliki broj naučnika i stručnjaka sa jednim ciljem – da se ukaže na neprocenjiv značaj prirodnih resursa, kao i na metode i tehnike koje omogućavaju domaćinsko upravljanje njima. Prirodni resursi, neobnovljivi kao i obnovljivi, imaju izuzetan značaj za razvoj određene države. Međutim, rezerve neobnovljivih resursa se neumitno smanjuju, životna sredina izložena je sve većem stepenu zagađenja, i još uvek ne postoji mogućnost zadovoljenja ukupnih potreba za energijom iz obnovljivih izvora. Mnoga pitanja su otvorena, a autori radova koji se nalaze u Zborniku koji je pred vama, pokušali su da daju odgovore na neka od njih. Nadamo se da će čitaoci doći do novih saznanja i generisati nove ideje koje će omogućiti uspešno upravljanje prirodnim resursima u budućnosti.

Zaječar, maj 2019.

Predsednik organizacionog odbora,  
Prof. dr Dragan Mihajlović

## **FOREWORD**

This year, the faculty of Management in Zajecar gathers again a great number of scientists and practitioners with one goal – to point out to the invaluable importance of the natural resources, methods, and techniques which enable its responsible managing. Natural resources, non-renewable as well as renewable, are extremely important for the development of a certain country. Besides, the reserves of non-renewable resources are stringently decreasing, the environment is exposed to a high level of pollution, and there is no possibility of satisfying the total need for energy from renewable resources. Many questions arise and the authors whose papers are in the Proceedings which is before you, try to give the answers to some of them. We hope that the readers will come to the new knowledge and generate new ideas which will enable successful natural resource management in the future.

Zajecar, May 2019

President of the Organizing Committee,  
Dragan Mihajlovic, Ph.D.

# PRIMENA MODELA TRANSPORTA IDEALNE ČESTICE NA PRIMERU RAZVOJA POVRŠINSKOG KOPA JAKOVAČKA KUMŠA

## APPLICATION OF PARTICLE TRACKING MODEL: CASE STUDY OF THE JAKOVAČKA KUMŠA OPEN-CAST MINE DEVELOPMENT

Dušan Polomčić<sup>1</sup>  
Dragoljub Bajić<sup>2</sup>  
Vesna Ristić Vakanjac<sup>3</sup>  
Marina Čokorilo Ilić<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, Beograd, [dušan.polomcic@rgf.bg.ac.rs](mailto:dušan.polomcic@rgf.bg.ac.rs)

<sup>2</sup>Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, Beograd, [dragoljub.bajic@rgf.bg.ac.rs](mailto:dragoljub.bajic@rgf.bg.ac.rs)

<sup>3</sup>Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, Beograd, [vesna.risitc@rgf.bg.ac.rs](mailto:vesna.risitc@rgf.bg.ac.rs)

<sup>4</sup>Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, Beograd, [marina.cokorilo@rgf.bg.ac.rs](mailto:marina.cokorilo@rgf.bg.ac.rs)

### REZIME

Hidrodinamičkim proračunima transporta „idealne“ čestice prikazan je uticaj eksploatacije peskova sa površinskog kopa „Jakovačka Kumša“ na beogradsko izvorište podzemnih voda. Potencijalnu opasnost od zagađenja podzemnih voda izvorišta za vodosnabdevanje čini skup različitih procesa koji se odvijaju na površinskom kopu. U radu je prikazano poređenje dva modela transporta idealne čestice. Prvi model se odnosi na analizu putanje i vremena putovanja idealne čestice od površinskog kopa do izvorišta za stanje pre otvaranja kopa, dok se drugi model odnosi na stanje kada se na površinskom kopu vrši eksploatacija.

### KLJUČNE REČI

upravljanje podzemnim vodama, zaštita podzemnih voda, hidrodinamički model, metoda praćenja „idealne“ čestice, modflow, modpath

### ABSTRACT

Hydrodynamic and particle tracking model show the influence of the exploitation of the sand from the open-cast mine "Jakovačka Kumša" on the Belgrade's groundwater source. The potential risk of contamination of groundwater is a set of different processes that take place in the open-cast mine. The paper presents a comparison of two particle tracking models. The first model refers to the analysis of the pathways and travel time of contaminants from the open-cast mine to the groundwater source for the state prior to the exploitation, while the second model refers to the state when the exploitation is carried out on an open-cast mine.

### KEYWORDS

groundwater management, groundwater protection, hydrodynamic model, particle tracking, modflow, modpath

## 1. UVOD

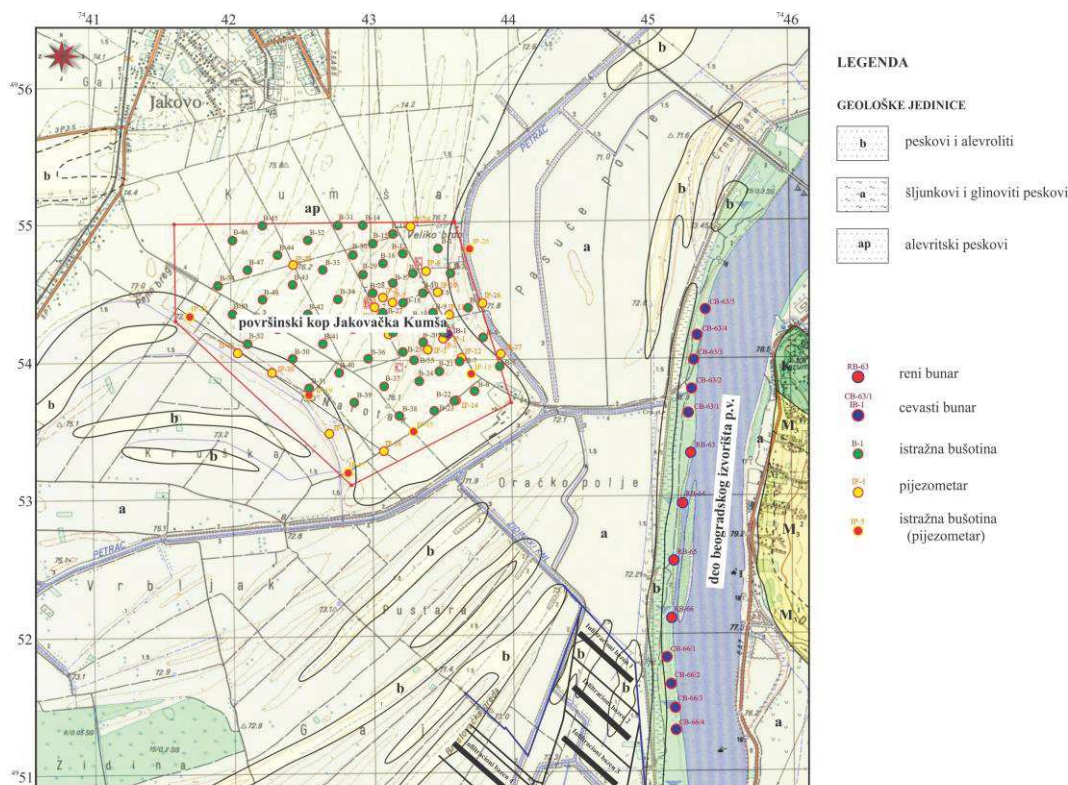
Za obezbeđivanje građevinskog materijala, koji se koristi prilikom izvođenja radova na području opštine Surčin, vrši se eksploatacija žutih i sivih alevritskih peskova na površinskom kopu „Jakovačka Kumša“, u priobalju Save (Slika 1).

U neposrednoj blizini površinskog kopa, nalazi se više bunara sa horizontalnim drenovima koji služe za vodosnabdevanje Beograda. Hidrodinamičkom analizom i simulacijom transporta idealne čestice utvrđen je uticaj eksploatacije alevritskih peskova na beogradsko izвориšte podzemnih voda. S jedne strane, eventualnu opasnost od zagađenja izvorišta podzemnih voda predstavlja mogućnost nekontrolisanog izlivanja dizel goriva iz građevinskih i rudarskih mašina i vozila. S druge strane, radi se o zagađivačima koji se nalaze na nelegalnom odlagalištu otpada koje se nalazi u okviru površinskog kopa.

Analize uticaja eksploatacije alevritskih peskova sa površinskog kopa Jakovačka Kumša na bunare sa horizontalnim drenovima dela beogradskog izvorišta izvršena je za dva vremenska preseka. Prvi vremenski presek predstavlja „nulto stanje“ i obuhvata režimska osmatranja podzemnih voda tokom 2010. god., kada na površinskom kopu još nije vršena eksploatacija peska. Drugi vremenski presek obuhvata period iz 2016. godine, kada postoje aktivnosti na površinskom kopu i eksploatacija peska. Za oba slučaja, određeno je vreme i putanja zagađivača od površinskog kopa do dela beogradskog izvorišta podzemnih voda. Korišćena metodologija zasniava se na simulaciji kretanja nereagujuće čestice sa podzemnim vodama i poroznom sredinom („idealna“ čestica). Rezultati hidrodinamičkog modela (Matić et al., 2011; Polomčić et al., 2019), kojim se vrši simulacija režima podzemnih voda, predstavljaju osnovu za model praćenja „idealne“ čestice.

Za simulaciju režima podzemnih voda i analizu putanje i vremena „idealne“ čestice korišćen je softver Groundwater Vistas Advanced verzija 64-Bit 6.93 b.9 (Rumbaugh & Rumbaugh, 2011), a u okviru njega numerički kodovi Modflow (Harbaugh et al., 2000) i Modpath (Pollock, 2004).

Rezultati su predstavljani u vidu karata putanje „idealnih“ čestica u prostoru i vremenu, sa prikazom rasporeda pijezometarskih nivoa podzemnih voda.



Slika 1. Geografski položaj istražnog područja i prikaz litostratigrafskih jedinica



## 2. METODOLOGIJA

Za određivanje vremena i putanje zagađivača, u osnovi, primenjuje se metoda hidrodinamičkog modeliranja režima izdani za ove potrebe. Postupak se sastoji u tome da se izradi i kalibriše hidrodinamički model analiziranog istražnog područja, a zatim se koriste specifični softverski kodovi za analizu putanje i vremena putovanja potencijalnog zagađivača od izvora zagađenja do bunara izvorišta podzemnih voda. Postoje različiti softveri koji se koriste u hidrogeološkoj praksi za ovakvu vrstu analize. U ovom radu korišćen je numerički kod Modpath (Pollock, 2004), dok je za simulaciju režima podzemnih voda korišćen numerički kod Modflow (Harbaugh et al., 2000). Metodologija se zasniva na simulaciji kretanja nereagujuće čestice sa podzemnim vodama i poroznom sredinom, tzv. - metoda praćenja "idealne" čestice.

Proračun transporta „idealne“ čestice predstavlja najprimenljiviju metodu za određivanje putanje i vremena putovanja zagađivača u podzemnim vodama u hidrodinamičkoj analizi. Kod ove metode zanemaruje se efekat disperzije i usvaja se pretpostavka da ne dolazi ni do kakvih reakcija između čestice i podzemnih voda, kao ni između čestice i porozne sredine. Primenom pomenute metode se relativno brzo može utvrditi pravac transporta zagađenja, kao i prosečno vreme putovanja zagađivača od izvora zagađenja do bunara izvorišta podzemnih voda. Metoda praćenja „idealne“ čestice najveću primenu ima kod određivanja zona sanitarnih zaštitnih podzemnih voda (Ministarstvo zdravlja R. Srbije, 2008), kod izvorišta i pojedinačnih vodozahvatnih objekata (Warner et al., 2009; Yidana, 2011; Dimkić et al., 2013; Polomčić et al., 2015; Polomčić et al., 2016; Polomčić et al., 2018).

## 3. PRIKAZ REZULTATA I DISKUSIJA

Hidrodinamički modeli (Matić et al., 2011; Polomčić et al., 2019) šireg područja „Jakovačka Kumša“ urađeni su za periode režimskih osmatranja nivoa podzemnih voda tokom 2010. i 2016. god. Koncipirani su i izrađeni kao višeslojeviti modeli, sa ukupno tri sloja, posmatrano u vertikalnom profilu (Tabela 1), površine 17,5 km<sup>2</sup> i sastoje se od 47.085 aktivnih modelskih ćelija, pojedinačno.

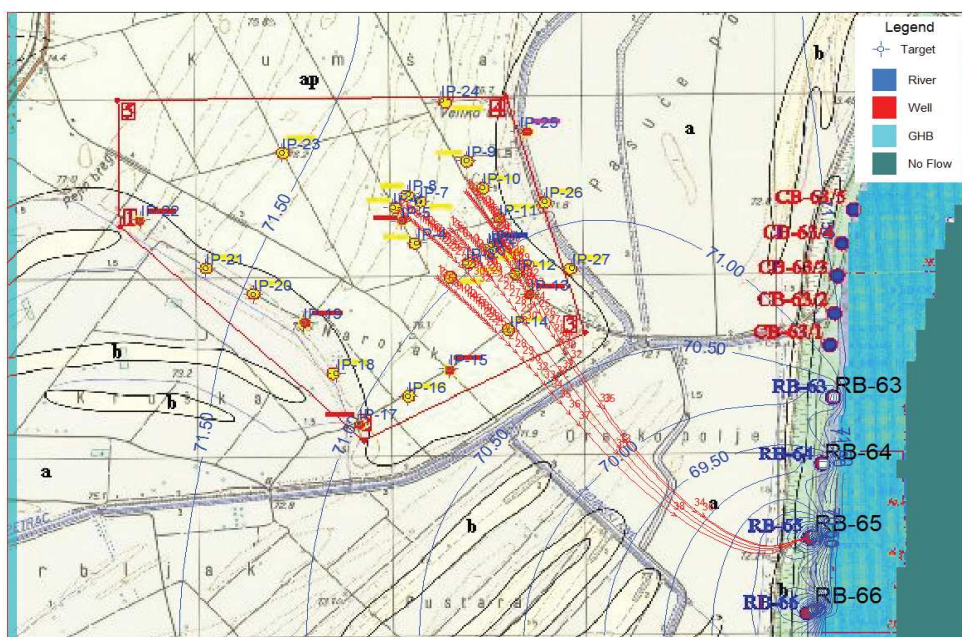
Prvi hidrodinamički model i kalibracija urađeni su za period kada eksploatacija peskova na površinskom koku još nije počela („nulto stanje“). Nakon toga, vršena je eksploatacija peska, površinski kop je proširen, a za nove uslove na terenu, koji obuhvataju tri površinska kopa (na Slici 5 i 6 - „Kop 1“, „Kop 2“ i „Kop 3“) i novi režim podzemnih voda, urađena je rekalkibracija hidrodinamičkog modela.

**Tabela 1.** Šematizacija strujne oblasti

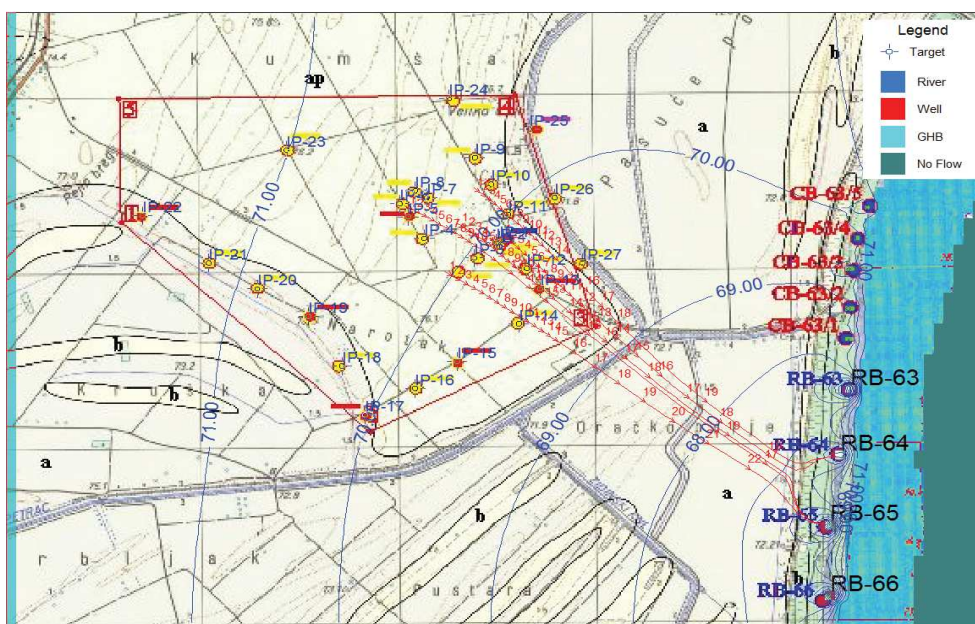
Modelski sloj	Litološki članovi sa kotama rasprostiranja slojeva (mnm)
prvi izolatorski sloj	kompleks glinovitih i alevritskih peskovitih povlatnih sedimenata (68.22 - 57.30)
drugi vodonosni sloj	sivi peskovi (62.70 - 54.74)
treći vodonosni sloj	vodonosni peskoviti šljunkovi (58.55 - 37.24)

Za prvi vremenski presek, izvršena je simulacija kretanja „idealne“ čestice koje su postavljene po konturi kopa i jedna u središtu kopa, a smeštene su u prvi modelski sloj. U sprovedenoj hidrodinamičkoj analizi uzete su u obzir dve varijante, a na slikama 2 i 3 su prikazane hidroizohipse i putanje „idealnih“ čestica od površinskog kopa do bunara izvorišta sa vremenom putovanja (izraženom u mesecima) u planu:

- simulacija postojeće eksploatacije u kojoj su aktivna četiri bunara sa horizontalnim drenovima, u ukupnom kapacitetu od 88.9 l/s (Slika 2) i
- simulacija u kojoj su pored četiri bunara sa horizontalnim drenovima uključeni i pet bušenih bunara, u ukupnom kapacitetu od 240 l/s (Slika 3).



Slika 2. Putanja i vreme putovanja „idealne“ čestice od površinskog kopa „Jakovačka Kumša“ do bunara beogradskog izvorišta (u mesecima) za kapacitet izvorišta od 88,9 l/s



Slika 3. Putanja i vreme putovanja „idealne“ čestice od površinskog kopa „Jakovačka Kumša“ do bunara beogradskog izvorišta (u mesecima) za kapacitet izvorišta od 240 l/s

Sa Slike 2 se uočava da je potrebno od 35 do 39 meseci da „idealna“ čestica stigne od površinskog kopa do bunara beogradskog izvorišta. Sa Slike 3, vidi se da sve čestice gravitiraju bunaru RB-65. Ovo je posledica najvećeg obaranja nivoa podzemnih voda u ovom vodozahvatu, usled njegovog položaja u sredini bunarskog niza i najvećeg kapaciteta (izuzev bunara RB-66, pored koga se uzvodno ne nalazi u blizini drugi bunar).

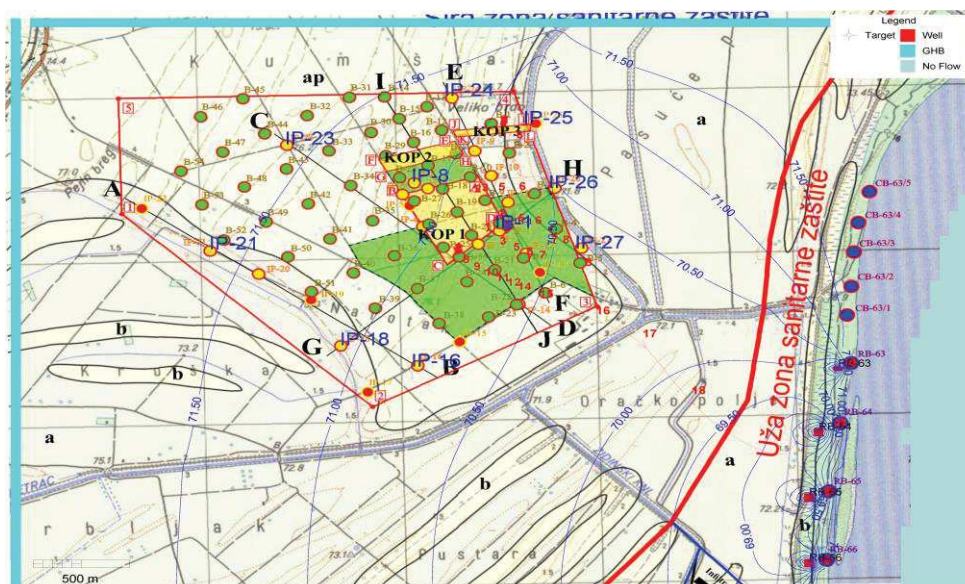
Sa Slike 3, kao rezultat povećanja zahvatanja podzemnih voda od 50 l/s po objektu i uključenjem u rad bušenih bunara sa pojedinačnim kapacitetom od 8 l/s, dolazi do brže filtracije podzemnih voda i smanjenja zadržavanja čestice u vodonosnoj sredini. Vreme putovanja čestice na putu od površinskog kopa do bunara beogradskog izvorišta se kreće od 18 do 23 meseca, sa smerom ka bunarima RB-64 i RB-65, u kojima je najviše oboren nivo podzemnih voda. Treba napomenuti da dolazi do dodatnog obaranja nivoa podzemnih voda na području kopa za oko 1 m, a bliže bunarima i do 2 m.

Za drugi vremenski presek, izvršena je simulacija kretanja „idealnih“ čestica koje su postavljene po obodu celog površinskog kopa (na Slikama 4 i 5: „Kop 1“, „Kop 2“ i „Kop 3“). U sprovedenoj hidrodinamičkoj analizi uzete su u obzir dve varijante:

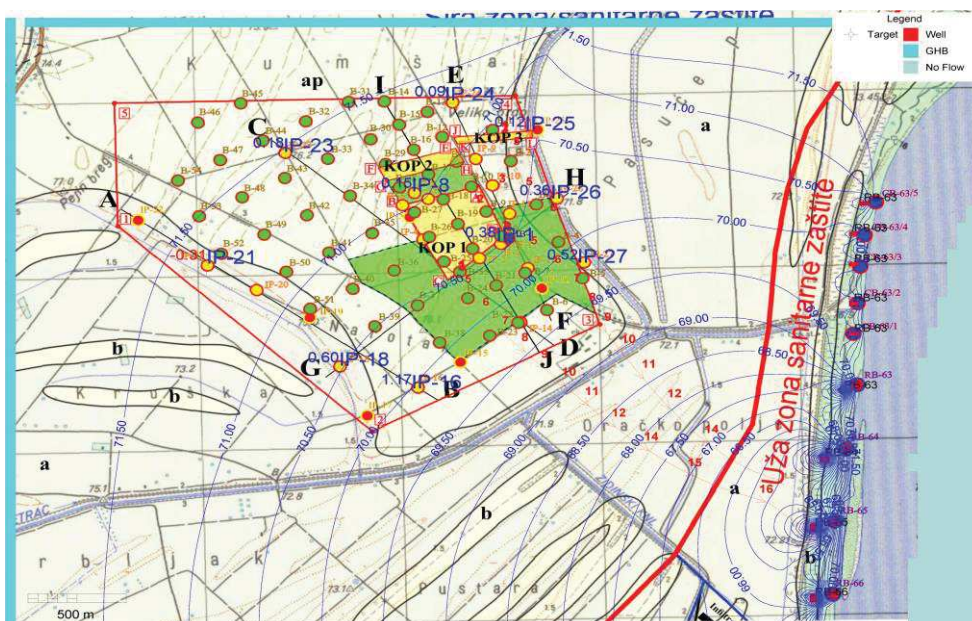
- simulacija postojeće eksploatacije podzemnih voda sa ukupnim kapacitetom bunara od 62.9 l/s, gde su bila uključena u rad 4 bunara sa horizontalnim drenovima (Slika 4) i
- simulacija eksploatacije podzemnih voda sa ukupnim kapacitetom bunara od 240 l/s, gde su bili uključeni, pored 4 bunara sa horizontalnim drenovima, još 5 cevastih bunara koji se nalaze u toj zoni beogradskog izvorišta (Slika 5).

Sa Slike 4 se uočava da vode iz kopa uglavnom gravitiraju ka drenažnim kanalima do kojih „idealne“ čestice dolaze prosečno za 6 do 9 meseci. Izuzetak je krajnja jugoistočna zona površinskog kopa („Kop 1“), odakle vode gravitiraju ka bunaru sa horizontalnim drenovima RB-64 i čestice stižu za 19 meseci.

Sa Slike 5 jasno se vidi da dolazi do promene strujne slike i preraspodele proticaja u okviru simulirane strujne oblasti. Iz udaljenijih kopova, u odnosu na bunare beogradskog izvorišta („Kop 2“ i „Kop 3“), vode gravitiraju ka drenažnim kanalima i „idealne“ čestice do njih stižu za 5 do 6 meseci. S druge strane, duž najbliže konture površinskog kopa bunarima beogradskog izvorišta („Kop 1“) sve vode gravitiraju ka bunarima sa horizontalnim drenovima i čestice stižu u vremenskom dijapazonu od 15 meseci (RB-64) do 17 meseci (RB-65). Dalje, izvršeno je poređenje rezultata za oba vremenska preseka, koja obuhvataju stanja kada površinski kop nije postojao i kada je vršena eksploatacija peskova na površinskom kopu. U odnosu na rezultate sprovedene hidrodinamičke analize za prvi vremenski presek (režimska osmatranja nivoa podzemnih voda iz 2010. god.), uočava se da je u uslovima egzistovanja površinskih kopova peska „Jakovačka Kumša“ došlo do promene putanja „idealnih“ čestica i vremena za koje stižu do bunara sa horizontalnim drenovima beogradskog izvorišta (Slike 2 i 3 u odnosu na Slike 4 i 5). Eksploatacijom peska na površinskom kopu nastala je depresija zapunjena vodom koja u određenoj meri menja strujnu sliku. Na osmatrani režim podzemnih voda uticaj imaju i drenažni kanali, što nije bilo izraženo za osmatrani režim iz 2010. godine. Za drugi vremenski presek, „idealne“ čestice u hidrodinamičkim proračunima locirane su po obodu sva tri kopa. Kako na tim lokacijama nema povlatnog zaštitnog sloja, infiltracija ovih trasera u vodonosne peskove je mnogo brža nego za uslove kada kopovi nisu postojali (prvi vremenski presek).



**Slika 4.** Putanja i vreme putovanja „idealne“ čestice od površinskog kopa „Jakovačka Kumša“ do bunara beogradskog izvorišta (u mesecima) za kapacitet izvorišta od 62.9 l/s



Slika 5. Putanja i vreme putovanja „idealne“ čestice od površinskog kopa „Jakovačka Kumša“ do bunara beogradskog izvorišta (u mesecima) za kapacitet izvorišta od 240 l/s

#### 4. ZAKLJUČAK

Hidrodinamičkim proračunima transporta „idealne“ čestice na primeru površinskog kopa „Jakovačka Kumša“ prikazan je uticaj eksploatacije peskova na beogradsko izvorište podzemnih voda. Potencijalnu opasnost od zagađenja podzemnih voda izvorišta za vodosnabdevanje čini skup različitih procesa koji se odvijaju na površinskom koku. Analiza je sprovedena za dva vremenska preseka:

- prvi („nulto stanje“), koji obuhvata režimska osmatranja podzemnih voda tokom 2010. god., kada na površinskom koku još nije vršena eksploatacija peska i
- drugi, koji obuhvata period režimskih osmatranja podzemnih voda tokom 2016. god. i kada postoje aktivnosti na površinskom koku i eksploatacija peska.

Za analizirane uslove zahvatanja podzemnih voda, vreme putovanja „idealne“ čestice, za slučaj rada samo bunara sa horizontalnim drenovima i slučaj gde se pored bunara sa horizontalnim drenovima uključuju u rad i cevasti bunari, se generalno kreće od 18 do 39 meseci za prvi vremenski presek, dok za drugi to vreme iznosi od 5 do 19 meseci.

Bitan činilac koji utiče na pravac i smer putanje i vreme putovanja „idealne“ čestice od površinskog kopa do bunara beogradskog izvorišta je depresija koja je nastala tokom eksploatacije peska. Pored toga, veliki uticaj ima i sistem drenažnih kanala.

Ako se posmatra stanje iz drugog vremenskog preseka u odnosu na prvi, infiltracija „idealne“ čestice je mnogo brža jer nema povlatnog zaštitnog sloja. Isto tako, smer putanje „idealne“ čestice je uglavnom ka drenažnim kanalima, sa postojanjem zone na jugoistočnoj strani u kojoj putanja čestica vodi do bunara izvorišta podzemnih voda.

Kako bi se zaštitilo izvorište podzemnih voda i smanjio uticaj kretanja potencijalnog zagađivača, predlaže se da donja granica dela ležišta, gde će se dalje vršiti eksploatacija, bude površ koja se nalazi na 2 m iznad glavnog peskovito-šljunkovitog vodonosnog sloja u okviru alevritskih peskova, a koju treba kontrolisati i održavati tokom celog vremena eksploatacije peskova. Postojanje te „tampon“ zone peskova, koja poseduje dobre apsorpcione osobine, produžuje se vreme za intervenciju ako bi došlo do eventualnog ekscesa.

## ZAHVALNICA

Autori se zahvaljuju Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije za finansiranje projekata OI-176022, TR-33039 i III-43004.

## REFERENCE

- Dimkić M., Pušić M., Vidović D., Đurić D. & Boreli-Zdravković Đ. (2013). Analiza transporta zagađenja kod određivanja zona sanitarne zaštite izvorišta podzemnih voda u aluvijalnim sredinama. *Vodoprivreda*, 264-266: 203-218
- Harbaugh, A. W., Banta, E. R., Hill, M. C. and McDonald, M. G. (2000). MODFLOW-2000: The U.S. Geological Survey Modular Ground-Water Model, User Guide to Modularization Concepts and the Ground-Water Flow Process, U.S. Geological Survey Open-File Report 00-92, Reston, VA, USA, pp 121
- Matić I., Polomčić D., Vujasinović S., Sorajić S., Marić N. & Zarić J. (2011). The impact of sand open pit "Jakovačka Kumša" on groundwater in a part of Belgrade source. Proceedings of the IWA Specialist Groundwater Conference, Belgrade, Serbia, 08-10 May, 2011; Institute for the Development of Water Resources "Jaroslav Černi", pp. 397-403
- Ministarstvo zdravlja R. Srbije (2008). Pravilnik o načinu određivanja i održavanja zona sanitarne zaštite izvorišta vodosnabdevanja, Službeni glasnik RS, br. 92/2008
- Pollock, D. W. (1994). User's Guide for MODPATH/MODPATHPLOT, Version 3: A Particle Tracking Post-processing Package for MODFLOW, the US Geological Survey Finite-difference Ground-water Flow Model, US Geol Surv Open-File Rep 94-464
- Polomčić D., Bajić D., Zarić J. (2015). Determining the groundwater balance and radius of influence using hydrodynamic modeling: Case study of the groundwater source Šumice in Serbia. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 3(3): 217-229
- Polomčić D., Bajić D., Močević J., Špadijer S. & Drašković D. (2016). Simulation of the operating regime and determination of the radius of influence of the groundwater sources „Parmenac“ and „Beljina“ (Čačak). In Vranješ A., Vukićević M. (Ed.), Proceedings of the XV Serbian Symposium on Hydrogeology, Kopaonik, Serbia, 14-17 September, 2016; University of Belgrade - Faculty of mining and geology: Belgrade; pp. 141-146
- Polomčić D., Bajić D., Ristić Vakanjac V., Ratković J., Čokorilo Ilić M. (2018). Methodology of determining the travel time and pathways of contaminants in instances of groundwater source protection. In Rikalović M. (Ed.), Proceedings of the VII Scientific National Conference with International participation: „Ecoremediation and economic valorization of water resources - models and application“, Belgrade, Serbia, 04-05 October 2019, pp. 68-73. University Singidunum in Belgrade, Faculty for Applied Ecology Futura
- Polomčić D., Bajić D., Ratković J., Božović Đ. & Pajić P. (2019). Simulation of groundwater regime and quantification of groundwater balance by means of hydrodynamic analysis: case of open-cast mine "Jakovačka Kumša". *Tehnika*, 70(1): 56-65. DOI: 10.5937/tehnika1901056P
- Rumbaugh J.O. & Rumbaugh D.B. (2011). Guide to using Groundwater Vistas: version 6. New York: Environmental Simulations
- Yidana M.S. (2011). Groundwater flow modeling and particle tracking for chemical transport in the southern Voltaian aquifers. *Environmental Earth Science*, 63: 709-721
- Warner J.W., Khazaeib W., Warnerc J., Manghid F., Phranere R.W., Mortazavie B. & Namvarf R. (2009). Flow and transport modelling of a highly stressed aquifer to refine management strategies. *Water International*, 34(2): 264-279