



SEDMA NAUČNO-STRUČNA KONFERENCIJA SA  
MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM

# STANJE I ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE – MULTIDISCIPLINARNI PRISTUP

ZBORNIK RADOVA



Fakultet za informacione tehnologije i inženjerstvo  
Fakultet za poslovne studije i pravo  
Univerzitet „Union-Nikola Tesla“, Beograd

**Sedma naučno-stručna konferencija sa međunarodnim učešćem  
“Stanje i zaštita životne sredine – multidisciplinarni pristup”**

**Izdavač**

Fakultet za informacione tehnologije i inženjerstvo  
Univerzitet “Union – Nikola Tesla”, Beograd, Republika Srbija

**Suizdavač**

Fakultet za poslovne studije i pravo  
Univerzitet “Union – Nikola Tesla”, Beograd, Republika Srbija

**Za izdavača**

Prof. dr Maja Anđelković  
Dekan Fakulteta za informacione tehnologije i inženjerstvo

**Urednici**

Prof. dr Ivana Ilić  
Prof. dr Dragana Barjaktarević  
Prof. dr Cvetko Smilevski

**Tehnička obrada**

Dušan Stamenović

**Štampa**

Draslar List, Beograd

**Tiraž**

200

**Redakcija**

Fakultet za informacione tehnologije i inženjerstvo – Beograd  
Jurija Gagarina 149A, Novi Beograd, Srbija  
[www.fiti.edu.rs](http://www.fiti.edu.rs); [info@fsp.edu.rs](mailto:info@fsp.edu.rs)

**ISBN 978-86-81400-98-2**

**Softverski je provereno i potvrđeno autorstvo publikacije**  
© 2024. Fakultet za informacione tehnologije i inženjerstvo i  
Fakultet za poslovne studije i pravo

**Fakultet za informacione tehnologije i inženjerstvo  
Fakultet za poslovne studije i pravo  
Univerzitet „Union-Nikola Tesla“, Beograd**

**SEDMA NAUČNO-STRUČNA KONFERENCIJA  
SA MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM:**

**„STANJE I ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE  
– MULTIDISCIPLINARNI PRISTUP“**

**Urednici**

Prof. dr Ivana Ilić

Prof. dr Dragana Barjaktarević

Prof. dr Cvetko Smilevski

Beograd, 2024.

**7<sup>th</sup> scientific-expert conference with international participation**  
**“State and protection of the environment – a multidisciplinary approach”**

**Publisher**

Faculty of Information Technology and Engineering  
University “Union – Nikola Tesla”, Belgrade, Republic of Serbia

**Co Publisher**

Faculty of Business Studies and Law  
University “Union – Nikola Tesla”, Belgrade, Republic of Serbia

**For the Publisher**

Maja Anđelković, PhD  
Dean of Faculty of Information Technology and Engineering

**Editors**

Ivana Ilić, PhD  
Dragana Barjaktarević, PhD  
Cvetko Smilevski, PhD

**Technical preparation**

Dušan Stamenović

**Print**

Draslar List, Belgrade

**Circulation**

200

**Editorial office**

Faculty of Information Technology and Engineering – Belgrade  
Jurija Gagarina 149A, Novi Beograd, Serbia  
[www.fiti.edu.rs](http://www.fiti.edu.rs); [info@fsp.edu.rs](mailto:info@fsp.edu.rs)

**ISBN 978-86-81400-98-2**

**The authorship of the publication has been verified and confirmed by software.**

**© 2024. Faculty of Information Technology and Engineering and  
Faculty of Business Studies and Law**

**Faculty of Information Technology and Engineering  
Faculty of Business Studies and Law  
University „Union-Nikola Tesla“, Belgrade**

**7<sup>th</sup> SCIENTIFIC-EXPERT CONFERENCE  
WITH INTERNATIONAL PARTICIPATION:**

**„STATE AND PROTECTION OF THE  
ENVIRONMENT – A MULTIDISCIPLINARY  
APPROACH“**

**Editors**

Ivana Ilić, PhD

Dragana Barjaktarević, PhD

Cvetko Smilevski, PhD

Belgrade, 2024.

## ODRŽAVANJE KONFERENCIJE PODRŽALI

**SUPERLAB**<sup>®</sup>  
Your lab – Our passion

SUPERLAB, Beograd, Republika Srbija



Ministarstvo za zaštitu životne sredine,  
Agencija za zaštitu životne sredine, Beograd, Republika Srbija



International Commission  
for the Protection  
of the Danube River

Internationale Kommission  
zum Schutz der Donau

Međunarodna komisija za očuvanje reke Dunav, Beč, Austrija



**CENTAR ZA UNAPREĐENJE  
ŽIVOTNE SREDINE**  
ENVIRONMENT IMPROVEMENT CENTRE

Centar za unapređenje životne sredine, Beograd, Republika Srbija



**БАС**

**ПРОФЕСИОНАЛНИ СТУДИИ  
ПО МЕНАЏМЕНТ**

Biznis akademija Smlevski, Bitolj i Skoplje, Republika Severna Makedonija

## NAUČNI ODBOR / SCIENTIFIC COMMITTEE

1. Emeritus Života Radosavljević, PhD, Faculty of Busines Studies and Law, “Union – Nikola Tesla” University, Belgrade, Republic of Serbia
2. Emeritus Larisa Jovanović, PhD, Alfa BK Univerzitet, Beograd, Srbija
3. Aleksandar Anđelković, PhD, Faculty of Busines Studies and Law, “Union – Nikola Tesla” University, Belgrade, Republic of Serbia
4. Aleksandra Gajdobranski, PhD, Faculty of Busines Studies and Law, “Union – Nikola Tesla” University, Belgrade, Republic of Serbia
5. Aleksandra Mitrović, PhD, Faculty of Information Technology and Engineering, “Union – Nikola Tesla” University, Belgrade, Republic of Serbia
6. Aleksandra Pavićević, PhD, Faculty of Busines Studies and Law, “Union – Nikola Tesla” University, Belgrade, Republic of Serbia
7. Aleksios Panagopoulos, PhD, Ministry of Education, Greece (Retired professor)
8. Alexandra Kartseva, PhD, Saint-Petersburg State Agrarian University, Saint-Petersburg, Russian Federation, Head of the Center for Russian-Slavic Intercultural Cooperation and Internationalization, Saint-Petersburg, Russian Federation
9. Andrzej Banaszek, PhD, West Pomeranian University of Technology, Szczecin, Poland
10. Božidar Forca, PhD, Faculty of Busines Studies and Law, “Union – Nikola Tesla” University, Belgrade, Republic of Serbia
11. Branko Tešanović, PhD, Faculty of Busines Studies and Law, “Union – Nikola Tesla” University, Belgrade, Republic of Serbia
12. Cvetko Smilevski, PhD, Business Academu Smilevski - Management Insitute, BASIM, Skopje, Bitola, North Macedonia
13. Deasún Ó Conchúir, PhD, Scatterwork GmbH, Switzerland
14. Dejan Ilić, PhD, Faculty of Busines Studies and Law, “Union – Nikola Tesla” University, Belgrade, Republic of Serbia
15. Dragana Barjaktarević, PhD, Faculty of Busines Studies and Law, “Union – Nikola Tesla” University, Belgrade, Republic of Serbia
16. Dragana Radosavljević, PhD, Faculty of Busines Studies and Law, “Union – Nikola Tesla” University, Belgrade, Republic of Serbia
17. Gordana Taševska, PhD, Business Academy Smilevski (BAS), Skopje and Bitola, Republic of North Macedonia
18. Ivana Ilić, PhD, Faculty of Information Technology and Engineering, “Union – Nikola Tesla” University, Belgrade, Republic of Serbia
19. Iztok Podbregar, PhD, Faculty of Organizational Sciences, Maribor, Slovenia
20. Josef Navrly, PhD, Faculty of Mechanical Engineering, Brno University of Technology, Brno, Czech Republic
21. Jurij Dorošenko, PhD, Belgorod State Technological University B. G. Shukhov, Belgorod, Russian Federation

22. Karl Schoph, PhD, Sigmund Freud University, Vienna, Austria
23. Ljubinko Mitrović, PhD, Faculty of Legal Sciences of the Pan-European University APEIRON, Banja Luka, Bosnia and Herzegovina
24. Maden Vuruna, PhD, Faculty of Information Technology and Engineering, "Union – Nikola Tesla" University, Belgrade, Republic of Serbia
25. Maja Anđelković, PhD, Faculty of Information Technology and Engineering, "Union – Nikola Tesla" University, Belgrade, Republic of Serbia
26. Marjan Marjanović, PhD, Institute for Critical Infrastructure Assessment, Podgorica, Montenegro
27. Milan Janković, PhD, Faculty of Business Studies and Law, "Union – Nikola Tesla" University, Belgrade, Republic of Serbia
28. Milan Radosavljević, PhD, Faculty of Business Studies and Law, "Union – Nikola Tesla" University, Belgrade, Republic of Serbia
29. Mirjana Puharić, PhD, Faculty of Information Technology and Engineering, "Union – Nikola Tesla" University, Belgrade, Republic of Serbia
30. Nataliya Kireyenko, PhD, Institute for Advanced Studies and Retraining of Personnel in the Agricultural Industry, Belarusian State Agricultural Technical University, Minsk, Republic of Belarus
31. Nedžad Korajlić, PhD, Faculty of Criminology, Criminology and Security Studies, University of Sarajevo, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina,
32. Pawan Fowdur, PhD, University of Mauritius, Republic of Mauritius
33. Polona Šprajc, PhD, Faculty of Organizational Sciences, Maribor, Republic of Slovenia
34. Rok Strašek, PhD, Faculty for Management, University of Primorska, Koper, Republic of Slovenia
35. Suzana Pajić, PhD, Faculty of Business Studies and Law, "Union – Nikola Tesla" University, Belgrade, Republic of Serbia
36. Teodora Ivanušna, PhD, Faculty of Organizational Sciences, Maribor, Republic of Slovenia
37. Tamara Premović, PhD, Faculty of Information Technology and Engineering, "Union – Nikola Tesla" University, Belgrade, Republic of Serbia
38. Vjačeslav Mutavči, PhD, Faculty of Information Technology and Engineering, "Union – Nikola Tesla" University, Belgrade, Republic of Serbia
39. Vladimir Brusić, PhD, University of Nottingham Ningbo, Ningbo, China (UNNC), People's Republic of China
40. Vladislav Minin, PhD, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production - Branch of Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific AgroEngineering Centre VIM, Saint-Petersburg, Russian Federation



## **ORGANIZACIONI ODBOR / ORGANISING COMMITTEE**

1. Ivana Ilić, PhD, Faculty of Information Technology and Engineering, “Union – Nikola Tesla” University, Belgrade, Republic of Serbia
2. Mladen Vuruna, PhD, Faculty of Information Technology and Engineering, “Union – Nikola Tesla” University, Belgrade, Republic of Serbia
3. Vjačeslav Mutavči, PhD, Faculty of Information Technology and Engineering, “Union – Nikola Tesla” University, Belgrade, Republic of Serbia
4. Vladana Lilić, MA, Faculty of Business Studies and Law, “Union – Nikola Tesla” University, Belgrade, Republic of Serbia
5. Bojan Zdravković, MA, Faculty of Business Studies and Law, “Union – Nikola Tesla” University, Belgrade, Republic of Serbia

## RECENZENTI / REVIEWERS

1. Mirjana Puharić, PhD, Faculty of Information Technology and Engineering, “Union – Nikola Tesla” University, Belgrade, Republic of Serbia
2. Jurij Dorošenko, PhD, Belgorod State Technological University B. G. Shukhov, Belgorod, Russian Federation
3. Rok Strašek, PhD, Faculty for Management, University of Primorska, Koper, Republic of Slovenia
4. Ivana Ilić, PhD, Faculty of Information Technology and Engineering, “Union – Nikola Tesla” University, Belgrade, Republic of Serbia
5. Vladislav Minin, PhD, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production - Branch of Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific AgroEngineering Centre VIM, Saint-Petersburg, Russian Federation
6. Alexandra Kartseva, PhD, Saint-Petersburg State Agrarian University, Saint-Petersburg, Russian Federation, Head of the Center for Russian-Slavic Intercultural Cooperation and Internationalization, Saint-Petersburg, Russian Federation

## PREDGOVOR

Sedmi naučno-stručni skup „Stanje i zaštita životne sredine – multidisciplinarni pristup” sa međunarodnim učešćem održava se u trenutku kada je optimizacija upotrebe prirodnih resursa neophodna, jer živimo u vremenu velikih oskudica, pre svega vode, a zatim i čistog vazduha i zemljišta.

Ovaj naučno-stručni skup ima za cilj da prezentuje najnovija istraživanja i naučna saznanja iz oblasti koje se odnose na bezbednosne, pravne, ekonomske, strategijske, ekološke i upravljačke aspekte zaštite životne sredine, održivog razvoja, kao i primenu IKT i AI u zaštiti životne sredine i analizu stanja i monitoring vodnih resursa, vazduha, zemljišta i buke i vibracija, tj. u oblastima koje se izučavaju na Fakultetu za informacione tehnologije i inženjerstvo i Fakultetu za poslovne studije i pravo, koji se nalaze u sastavu Univerziteta „UNION-Nikola Tesla” iz Beograda.

U današnje vreme čovečanstvo se suočava sa brojnim egzistencijalnim izazovima, a ekološka kriza predstavlja značajnu zabrinutost. Uprkos naporima, čovečanstvo tek treba da uspostavi besprekoran civilizacijski sistem da spreči krize. Razvijanje ekološke svesti je ključno za održivu zaštitu životne sredine i napredak. Ona služi kao osnova za napredovanje ka većim sistemima, širim ciljevima i dubljem razumevanju faktora životne sredine koji su u igri. Zaštita i unapređenje čovekove sredine je goruće globalno pitanje u današnjem društvu. Rešavanje ovog pitanja podrazumeva pronalaženje načina za odgovorno korišćenje prirodnih resursa, sprovođenje delotvorne demografske politike i unapređenje međunarodne saradnje u naučno-istraživačkom radu. Pomeranje perspektive ka životnoj sredini i transformacija u savremenoj sferi rada su od suštinskog značaja.

Koncept održivog razvoja nudi put ka uravnoteženom napretku. Zagađenje i očuvanje životne sredine su decenijama veliki globalni izazovi, bez obzira na društveni i tehnološki napredak u različitim regionima. Hitnost rešavanja ovih pitanja je očigledna, pošto je životna sredina sve više ugrožena, a neki elementi se suočavaju sa nepovratnom štetom. Zaštita i unapređenje životne sredine su globalni problemi, koji zahtevaju koordinirane napore širom sveta. Neophodno je da društvo posluš upozorenja stručnjaka i naučnika u vezi sa pogoršanjem stanja životne sredine, jer se netaknuta životna sredina smanjuje, dok se degradirana i zagađena područja šire alarmantnom brzinom. Narušavanje ekološke

ravnoteže prvenstveno je vođeno ljudskim aktivnostima, koje ne samo da štete ekosistemima već i ugrožavaju ljudsko blagostanje i opstanak.

U prošlosti su se ljudske zajednice često suočavale sa pretnjama kao što su prirodne katastrofe, epidemije, ratovi i nestašice hrane, koje su obično bile ograničene na određena geografska područja. Međutim, današnje krize proističu iz globalne disharmonije unutar industrijske civilizacije, a ne iz izolovanih događaja. Uprkos naporima da se stvori idealan civilizacijski sistem, čovečanstvo tek treba da pronađe rešenje da spreči krize. Različiti naučni pristupi imaju za cilj da se bave ovim pitanjima, ali nedostaje sveobuhvatnih studija koje u potpunosti razumeju obim problema i realna rešenja. Preovlađujući način razmišljanja konzumerizma daje prednost jeftinoj i masovnoj proizvodnji, bez obzira na posledice po životnu sredinu. To zahteva pomak ka ekološkoj svesti i zaštiti životne sredine, što često dovodi do većih troškova i smanjenja profita.

Organizatori ovog naučno-stručnog skupa sa međunarodnim učešćem prepoznali su problem zaštite životne sredine, što je dokaz i velikog broja pristiglih apstrakata i radova koji obrađuju ovu problematiku od strane domaćih i međunarodnih eksperata koji se bave ovim pitanjem. Organizatori se zahvaljuju svim autorima, kao i svima koji su podržali ovaj naučno-stručni skup, u nadi da će radovi i izlaganja autora pomoći da se pitanje zaštite životne sredine obradi i doprinese održivom razvoju i unapređenju resursa životne sredine kako u teorijskom, tako i u praktičnom smislu.

Beograd, mart 2024. god.

**Organizacioni odbor**

## FOREWORD

The seventh scientific and professional conference “State and protection of the environment - a multidisciplinary approach” with international participation is being held at a time when the optimization of the use of natural resources is necessary, because we live in a time of great scarcity, first of all water, and then clean air and soil .

This scientific-expert conference aims to present the latest research and scientific knowledge in the fields related to security, legal, economic, strategic, ecological and management aspects of environmental protection, sustainable development, as well as the application of ICT and AI in environmental protection and analysis of the state and monitoring of water resources, air, soil and noise and vibrations, i.e. in the fields studied at the Faculty of Information Technology and Engineering and the Faculty of Business Studies and Law, which are part of the University “Union-Nikola Tesla” from Belgrade.

Nowadays, humanity faces numerous existential challenges, and the environmental crisis is a significant concern. Despite efforts, humanity has yet to establish a flawless civilizational system to prevent crises. Developing environmental awareness is key to sustainable environmental protection and progress. It serves as a basis for moving toward larger systems, broader goals, and a deeper understanding of the environmental factors at play. Protection and improvement of the human environment is a pressing global issue in today’s society. Solving this issue involves finding a way for responsible use of natural resources, implementing an effective demographic policy and improving international cooperation in scientific and research work. Shifting perspective towards the environment and transformation in the modern sphere of work are essential.

The concept of sustainable development offers a path towards balanced progress. Pollution and environmental protection have been major global challenges for decades, regardless of social and technological progress in different regions. The urgency of solving these issues is obvious, as the environment is increasingly threatened, and some elements face irreversible damage. Protection and improvement of the environment are global problems, which require coordinated efforts worldwide. It is necessary for society to heed the warnings of experts and scientists regarding the deterioration of the environment, because the intact environment is shrinking, while degraded and polluted areas are

expanding at an alarming rate. Disruption of the ecological balance is primarily driven by human activities, which not only harm ecosystems but also threaten human well-being and survival.

In the past, human communities often faced threats such as natural disasters, epidemics, wars, and food shortages, which were usually limited to specific geographic areas. However, today's crises arise from global disharmony within industrial civilization, not from isolated events. Despite efforts to create an ideal civilizational system, humanity has yet to find a solution to prevent crises. Various scientific approaches aim to address these issues, but there is a lack of comprehensive studies that fully understand the scope of the problem and realistic solutions. The prevailing mindset of consumerism favors cheap and mass production, regardless of environmental consequences. This requires a shift towards environmental awareness and environmental protection, which often leads to higher costs and lower profits.

The organizers of this scientific and professional meeting with international participation recognized the problem of environmental protection, which is evidence of the large number of received abstracts and papers written by domestic and international experts dealing with this issue. The organizers would like to thank all the authors, as well as all those who supported this scientific and professional meeting, in the hope that the papers and presentations of the authors will help to address the issue of environmental protection and contribute to the sustainable development and improvement of environmental resources both theoretically and practically.

Belgrade, March 2024.

**Organizing Committee**

## SADRŽAJ / CONTENT

NAUČNI ODBOR / SCIENTIFIC COMMITTEE .....	7
ORGANIZACIONI ODBOR / ORGANISING COMMITTEE .....	9
RECENZENTI / REVIEWERS.....	10
PREDGOVOR .....	11
FOREWORD .....	13
ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE U STRATEGIJAMA NACIONALNE BEZBEDNOSTI.....	21
ENVIRONMENTAL PROTECTION IN NATIONAL SECURITY STRATEGIES ...	23
<i>Goran Župac, Božidar Forca</i>	
PRAVNI ASPEKTI ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE .....	41
LEGAL ASPECTS OF ENVIRONMENT PROTECTION.....	42
<i>Dragana Barjaktarević</i>	
СОЦИАЛЬНАЯ ЭКО-ДОКТРИНА МЮРРЕЯ БУКЧИНА .....	51
MURRAY BOOKCHIN'S SOCIAL ECO-DOCTRINE .....	53
<i>Garyavin Alexey, Talerov Pavel</i>	
EKOLOŠKI SPOROVI U SVETLU EKOLOŠKE PRAVDE I REŠAVANJA PUTEM POSREDOVANJA .....	66
ENVIRONMENTAL DISPUTES IN THE LIGHT OF ENVIRONMENTAL JUSTICE AND SETTLEMENT THROUGH MEDIATION .....	68
<i>Predrag Dedeić</i>	

ZELENA TRANZICIJA I RADNI ODNOSI U SRBIJI: BALANSIRANJE EKOLOŠKIH CILJEVA I PRAVA RADNIKA . . . . .	77
GREEN TRANSITION AND LABOR RELATIONS IN SERBIA: BALANCING ENVIRONMENTAL GOALS AND WORKER'S RIGHTS . . . . .	79
<i>Nedeljko Krajišnik, Dragan Golijan</i>	
ЗЕЛЕНЕ АГЕНДЕ ЕВРОПСКИХ ПОКРЕТА И УТИЦАЈ НА СРБИЈУ . . . . .	89
GREEN AGENDA OF EUROPEAN MOVEMENTS AND INFLUENCE ON SERBIA . . . . .	90
<i>Милена Милосављевић Сишевић</i>	
INSTITUCIONALNO I EKONOMSKO SAGLEDAVANJE ŠIRENJA SVESTI ZA ZAŠTITOM ŽIVOTNE SREDINE . . . . .	100
INSTITUTIONAL AND ECONOMIC CONSIDERATION OF SPREADING AWARENESS FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION . . . . .	101
<i>Sladjana Neogradi</i>	
НАЈЗНАЧАЈНИЈИ МЕЂУНАРОДНИ УГОВОРИ ПОСВЕЂЕНИ ОЧУВАЊУ И ЗАШТИТИ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ. . . . .	109
THE MOST IMPORTANT INTERNATIONAL AGREEMENTS DEDICATED TO THE PRESERVATION AND PROTECTION OF THE ENVIRONMENT. . . . .	111
<i>Марија Вучић, Валенти́на Манџукић, Владимир Данилов</i>	
ЕКОЛОГИЈА, ЕТИКА I ЕКОНОМИЈА U UPRAVLJANJU ПАМЕТНИМ ГРАДОВИМА SA OSVRTOMA NA БЕОГРАД . . . . .	122
ECOLOGY, ETHICS AND ECONOMY IN THE MANAGEMENT OF SMART CITIES WITH REFERENCE TO BELGRADE . . . . .	124
<i>Maja Anđelković, Dragana Radosavljević, Života Radosavljević</i>	
ЕКОЛОГИЈА, ЕКОНОМИЈА I ЕТИКА КАО ОСНОВЕ UPRAVLJANJA ŽIVOTNOM SREDINOM . . . . .	142
ECOLOGY, ECONOMICS AND ETHICS AS THE BASIS OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT . . . . .	144
<i>Milan Radosavljević, Aleksandar Anđelković, Suzana Pajić</i>	
ZAGAĐENJE – EFIKASNOST - NEUSPEH TRŽIŠTA - ALTERNATIVNA REŠENJA . . . . .	164
POLLUTION - EFFICIENCY - MARKET FAILURE - ALTERNATIVE SOLUTIONS. . . . .	166
<i>Branko Tešanović, Saša Jović, Ljupka Petrevska</i>	



ОТРАБОТАННЫЕ СМАЗОЧНЫЕ МАСЛА – ВТОРИЧНОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СЫРЬЁ: ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ . . . . .	173
USED LUBRICATING OILS - SECONDARY ENERGY RAW MATERIALS: ENVIRONMENTAL ASPECTS RAW MATERIALS: ENVIRONMENTAL ASPECTS. . . . .	175
<i>Kartoshkin Alexander, Filimonov Vladimir, Agapov Dmitry</i>	
ГЕОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ЛЕЖИШТА ЗЕОЛИТА ТОПОНИКА КАО СИРОВИНЕ ЗА УПОТРЕБУ У РАЗЛИЧИТИМ ОБЛАСТИМА ЕКОЛОГИЈЕ . . . . .	186
THE USE OF ZEOLITE FROM THE TOPONICA DEPOSIT IN DIFFERENT AREAS OF ECOLOGY AND ITS GEOLOGICAL CHARACTERISTICS . . . . .	187
<i>Vladan Kašić, Slavica Mihajlović, Nataša Đorđević</i>	
ЉУДСКИ ПОТЕНЦИЈАЛИ У СПРЕЧАВАЊУ УГРОЖАВАЊА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ СА ОСВРТОМ НА СРБИЈУ . . . . .	194
HUMAN POTENTIAL IN PREVENTING ENVIRONMENTAL THREAT WITH REFERENCE TO SERBIA . . . . .	196
<i>Dragana Radosavljević, Milan Radosavljević, Dušan Lukić</i>	
МОДЕЛ ЕКОЛОШКОГ АСПЕКТА ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ СОЛАРНЕ ЕЛЕКТРАНЕ „БРАНЕМАРК“ У ЕЛЕКТРОМРЕЖИ СРБИЈЕ . . . . .	211
MODEL OF THE ENVIRONMENTAL ASPECT OF THE ENERGY EFFICIENCY OF THE SOLAR POWER PLANT “BRANEMARK” IN THE SERBIAN POWER GRID . . . . .	212
<i>Irena Tasić, Srđan Tasić</i>	
ОДРЖИВО УПРАВЉАЊЕ ВОДНИМ РЕСУРСИМА И МЕРЕ ЗАШТИТЕ ОД ЗАГАЂЕЊА . . . . .	221
SUSTAINABLE WATER RESOURCES MANAGEMENT AND MEASURES OF PROTECTION AGAINST POLLUTION. . . . .	222
<i>Violeta Stefanović, Ivana Mladenović-Ranisavljević, Snežana Urošević</i>	
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ВЕКТОР РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОГО ТУРИЗМА В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ . . . . .	228
ECOLOGICAL VECTOR OF RURAL TOURISM DEVELOPMENT IN THE LENINGRAD REGION . . . . .	230
<i>Kartseva Alexandra</i>	
ИНТЕРНАЦИОНАЛИЗОВАЊЕ ЕКСТЕРНАЛИЈА И ОДРЖИВИ РАЗВОЈ . . . . .	240

INTERNATIONALIZATION OF EXTERNALITIES AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT . . . . .	242
<i>Milan Janković, Adriana Jović Bogdanović, Dušan Lukić</i>	
POBOLJŠANJE KVALITETA VODE U REPUBLICI SRBIJI U KONTEKSTU ODRŽIVOG RAZVOJA . . . . .	254
THE WATER QUALITY IMPROVEMENT IN THE REPUBLIC OF SERBIA IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT . . . . .	255
<i>Vjačeslav Mutavči</i>	
INTEGRISANJE PRAKSI ODRŽIVOG RAZVOJA RADI UNAPREĐENJA ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE . . . . .	261
INTEGRATING SUSTAINABLE DEVELOPMENT PRACTICES FOR ENHANCED ENVIRONMENTAL PROTECTION . . . . .	263
<i>Aleksandra Pavićević</i>	
ANALIZA OTPADA NASTALOG U OBLASTI RUDARSTVA KAO POTENCIJALNOG ZAGAĐIVAČA ŽIVOTNE SREDINE . . . . .	271
WASTE GENERATED ANALYSIS IN THE MINING FIELD AS A POTENTIAL ENVIRONMENT POLLUTER . . . . .	273
<i>Slavica Mihajlović, Nataša Đorđević, Vladan Kašić</i>	
UPRAVLJANJE OTPADOM U ZEMLJAMA U RAZVOJU . . . . .	280
WASTE MANAGEMENT IN THE DEVELOPING COUNTRIES . . . . .	282
<i>Adriana Jović Bogdanović, Suzana Pajić, Vladana Lilić</i>	
VODA I OTPADNA VODA PRERAMBENE INDUSTRIJE-EVROPSKO ZAKONODAVSTVO . . . . .	291
WATER AND WASTEWATER OF THE FOOD INDUSTRY -EUROPEAN LEGISLATION . . . . .	293
<i>Tamara Premović, Svetlana Premović, Seddiq Mrihil Ali Esalami</i>	
GRANIČNE VREDNOSTI EMISIJE ZA OTPADNE VODE PREHRAMBENE INDUSTRIJE . . . . .	308
EMISSION LIMIT VALUES FOR FOOD INDUSTRY WASTEWATER. . . . .	310
<i>Tamara Premović, Svetlana Premović, Aleksandra Gajdobranski</i>	
VODE I OTPADNE VODE INDUSTRIJSKE PROIZVODNJE MESA . . . . .	320
WATER AND WASTEWATER OF INDUSTRIAL MEAT PRODUCTION. . . . .	322
<i>Tamara Premović</i>	
MOGUĆNOSTI ISKORIŠĆENJA OTPADNOG MATERIJALA SA DIVLJIH DEPONIJAMA GRADA BEOGRADA. . . . .	335

POSSIBILITIES OF USE OF WASTE MATERIAL FROM WILD LANDFILLS OF THE CITY OF BELGRADE.....	336
<i>Mladen Vuruna</i>	
TRAJNO REŠAVANJE PROBLEMA LETEĆEG PEPELA IZ TERMOELEKTRANA VEZIVANJEM ZA ELEMENTARNI SUMPOR ....	346
PERMANENT SOLUTION OF THE PROBLEM OF FLY ASH FROM THERMAL POWER PLANT BY BONDING TO ELEMENTAL SULFUR.....	348
<i>Nataša Đorđević, Slavica Mihajlović, Mirko Grubišić, Srđan Matijašević, Vladan Kašić</i>	
ZAGAĐENJE VAZDUHA U BORU.....	354
AIR POLLUTION IN BOR.....	356
<i>Ivana Ilić, Mirjana Puharić, Vjačeslav Mutavči</i>	
TRENING U ZATVORENOM PROSTORU TOKOM PERIODA POVIŠENOG VAZDUŠNOG ZAGAĐENJA .....	364
INDOOR TRAINING DURING PERIODS OF ELEVATED AIR POLLUTION ..	366
<i>Filip Lalić, Srećko Paležević, Vladimir Miletić</i>	
PROCENA EKOLOŠKOG STATUSA KVALITETA VODE DUNAVA U SRBIJI U FUNKCIJI NUTRIJENATA .....	372
ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATUS OF THE DANUBE WATER QUALITY IN SERBIA IN TERMS OF NUTRIENTS.....	373
<i>Ivana Mladenović-Ranisavljević, Ljiljana Takić, Milovan Vuković</i>	
VODA KAO ZNAČAJAN RESURS U ODBRANI OD SUŠE .....	377
WATER AS AN IMPORTANT RESOURCE IN DEFEND AGAINST DROUGHT .....	379
<i>Aleksandra Gajdobranski, Milan Janković, Tamara Premović</i>	
МУЛТИДИСЦИПЛИНАРНИ ПРИСТУП ТОКОМ УПРАВЉАЊА ПРОЦЕСИМА КАНАЛИСАЊА И ПРЕЧИШЋАВАЊА УПОТРЕБЉЕНИХ ВОДА УРБАНИХ СРЕДИНА .....	389
MULTIDISCIPLINARY APPROACH IN THE MANAGEMENT OF RECLAIMED WATER DRAINAGE AND PURIFICATION PROCESSES IN URBAN AREAS .....	391
<i>Душан Н. Лукић, Милан Јанковић, Косџа Тривић</i>	
ANALIZA KVALITETA RIJEKE VRBAS KROZ PRIMJENU EKOLOŠKIH INDIKATORA.....	403
ANALYSIS OF THE QUALITY OF THE RIVER VRBAS THROUGH THE APPLICATION OF ECOLOGICAL INDICATORS.....	405
<i>Slobodanka Pavlović, Kristina Kajiš</i>	

OTPADNE VODE INDUSTRIJE PROIZVODNJE I PRERADE MLEKA . . . . .	413
WASTEWATER OF MILK PRODUCTION AND PROCESSING INDUSTRY . . . . .	415
<i>Tamara Premović, Aleksandar Brčić, Zoran Papović</i>	
UTICAJ PREHRAMBENE INDUSTRIJE NA VODNE SISTEME I ŽIVOTNU SREDINU . . . . .	428
INFLUENCE OF THE FOOD INDUSTRY ON WATER SYSTEMS AND THE ENVIRONMENT . . . . .	430
<i>Tamara Premović, Seddiq Mrihil Ali Esalami</i>	
ZEMLJIŠTE U URBANIM EKOSISTEMIMA – TERITORIJA GRADA BEOGRADA . . . . .	442
LAND IN URBAN ECOSYSTEMS – TERRITORY OF THE CITY OF BELGRADE . . . . .	444
<i>Aleksandra Mitrović, Jelena Vučićević, Ivana Ilić</i>	
NENADZORANI ALGORITAM ISODATA KORIŠĆEN U LANDSAT SLIKAMA ZA KLASIFIKACIJU ŠUMSKE VEGETACIJE . . . . .	456
THE UNSUPERVISED ISODATA ALGORITHM USED IN THE LANDSAT IMAGES FOR THE CLASSIFICATION OF FOREST VEGETATION . . . . .	457
<i>Dragan Stević, Mimica Milošević, Dušan Milošević</i>	
TEHNOLOGIJA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE U SVRHU PREDVIĐANJA I PREVENTIVNOG DELOVANJA ZA ZAŠTITU ŽIVOTNE SREDINE . . . . .	466
ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGY FOR THE PURPOSE OF PREDICTION AND PREVENTIVE ACTION TO PROTECT THE ENVIRONMENT . . . . .	467
<i>Njegoš Dragović, Milovan Vuković, Snežana Urošević</i>	
ZAGAĐENJE ŽIVOTNE SREDINE BUKOM – UTICAJ NA ZDRAVLJE I MOGUĆNOSTI ZAŠTITE . . . . .	479
NOISE POLLUTION - HEALTH IMPACT AND PROTECTION POSSIBILITIES . . . . .	481
<i>Ivana Ilić, Aleksandra Mitrović, Dejan Ilić</i>	

## TRAJNO REŠAVANJE PROBLEMA LETEĆEG PEPELA IZ TERMOELEKTRANA VEZIVANJEM ZA ELEMENTARNI SUMPOR

**Nataša Đorđević<sup>1</sup>**

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Franše d'Eperea 86,  
11000 Beograd, Republika Srbija; e-mail: n.djordjevic@itnms.ac.rs

**Slavica Mihajlović<sup>2</sup>**

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Franše d'Eperea 86,  
11000 Beograd, Republika Srbija; e-mail: s.mihajlovic@itnms.ac.rs

**Mirko Grubišić<sup>3</sup>**

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Franše d'Eperea 86,  
11000 Beograd, Republika Srbija; e-mail: m.grubisic@itnms.ac.rs

**Srđan Matijašević<sup>4</sup>**,

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Franše d'Eperea 86,  
11000 Beograd, Republika Srbija; e-mail: s.matijasevic@itnms.ac.rs

**Vladan Kašić<sup>5</sup>**

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Franše d'Eperea 86,  
11000 Beograd, Republika Srbija; e-mail: v.kasic@itnms.ac.rs

***Apstrakt:** Lignit je osnovna sirovina koju u Srbiji termoelektrane koriste za proizvodnju električne energije. U procesu sagorevanja uglja se kao sekundarni proizvod javlja pepeo u količini od 17% (podaci iz Termoelektrane Nikola Tesla). Leteći pepeo, koji predstavlja ultrafini sadržaj pepela, uzrokuje zagađenje vazduha, vode, zemljišta, i glavni je uzrok značajnog povećanja broja različitih oboljenja kod okolnog stanovništva. Izvršena hemijska analiza uzoraka letećeg pepela iz termoelektrane Nikola Tesla iz Obrenovca dobijeni su rezultati koji neminovno zahtevaju reagovanje u smislu eliminacije komponenti koje se*

*nalaze u ovom proizvodu. Ustanovljeno je prisustvo teških metala: Zn, Cr, Cd, Sr, Pb, Co i Ni. I pored toga što su ovi elementi teško rastvorljivi u vodi, doveli su do ozbiljnog zagađenja životne sredine, što je na kraju dovelo do veoma teških zdravstvenih komplikacija, primarno kod stanovništva koje živi neposredno uz termoelektranu. Ovaj leteći pepeo se veoma lako rasejava vazduhom, pa pored njega zagađuje i vodu i zemljište, ne samo u okolini već i na većoj površini zemljišta, čestice nošene vetrom se šire i u udaljenije predele. Toksičnost ovih teških metala je naročito opasna zbog svoj kumulativnog taloženja u organizmu čoveka, koji se nalazi poslednji u lancu ishrane, te se nalazi u direktnoj opasnosti zbog prisustva letećeg pepela i iz vazduha, vode i iz zemljišta, preko gajenih poljoprivrednih proizvoda. Ovo je veoma kompleksan problem, koji se nalazi kao tema istraživanja i pronalaženja rešenja u mnogim zemljama*

*U isto vreme se kao sekundarni proizvod rafinacije nafte javlja elementarni sumpor. Primenom sumpora u procesu homogenizacije i aglomeracije pepela u količinama od 15% do 22%, postiže se oblaganje i povećanje ultrafinih čestica pepela dimenzija <63μm i smanjenje njihovog prisustva sa 17,5% na 1%. Ovako dobijen produkt se lako i bez dodatnih ulaganja može odlagati na deponije bez mogućnosti zagađenja okoline. Ovim bi se sprečilo i značajno smanjilo zagađenje životne sredine, kao i dalje oboljevanje stanovništva usled uticaja prisustva letećeg pepela. Takođe bi se rešio problem odlaganja sumpora kao sekundarnog proizvoda rafinerija nafte. Dobijeni aglomerat pepela i sumpora bi bilo moguće dalje koristiti u građevinarstvu.*

**Ključne reči:** lignit, leteći pepeo, sekundarni elementarni sumpor, zaštita životne sredine

## PERMANENT SOLUTION OF THE PROBLEM OF FLY ASH FROM THERMAL POWER PLANT BY BONDING TO ELEMENTAL SULFUR

**Nataša Đorđević<sup>1</sup>**

Institute for Technology of Nuclear and Other Mineral Resources, Franše d'Eperea 86,  
11000 Belgrade, Republic of Serbia; e-mail: n.djordjevic@itnms.ac.rs

**Slavica Mihajlović<sup>2</sup>**

Institute for Technology of Nuclear and Other Mineral Resources, Franše d'Eperea 86,  
11000 Belgrade, Republic of Serbia; e-mail: s.mihajlovic@itnms.ac.rs

**Mirko Grubišić<sup>3</sup>**

Institute for Technology of Nuclear and Other Mineral Resources, Franše d'Eperea 86,  
11000 Belgrade, Republic of Serbia; e-mail: m.grubisic@itnms.ac.rs

**Srđan Matijašević<sup>4</sup>**,

Institute for Technology of Nuclear and Other Mineral Resources, Franše d'Eperea 86,  
11000 Belgrade, Republic of Serbia; e-mail: s.matijasevic@itnms.ac.rs

**Vladan Kašić<sup>5</sup>**

Institute for Technology of Nuclear and Other Mineral Resources, Franše d'Eperea 86,  
11000 Belgrade, Republic of Serbia; e-mail: v.kasic@itnms.ac.rs

**Abstract:** Lignite is the basic raw material used by thermal power plants in Serbia to produce electricity. In the process of burning coal, ash appears as a secondary product for 17% (data from the Nikola Tesla Power Plant). Fly ash, which is an ultrafine ash content, causes air, water, and soil pollution, and is the main cause of a significant increase in the number of various diseases among the surrounding population. A chemical analysis of fly ash samples from the Nikola Tesla thermal power plant in Obrenovac was performed, and results were obtained that inevitably require a reaction in terms of eliminating the components

*found in this product. The presence of heavy metals was established: Zn, Cr, Cd, Sr, Pb, Co and Ni. Despite the fact that these elements are difficult to dissolve in water, they led to serious environmental pollution, which eventually led to very serious health complications, primarily in the population living directly next to the thermal power plant. The air very easily disperses this fly ash, and besides it pollutes water and soil, not only in the surroundings but also on a larger surface of the land, the particles carried by the wind spread to areas that are more distant. The toxicity of these heavy metals is particularly dangerous due to their cumulative deposition in the human body, which is the last in the food chain, and is in direct danger due to the presence of fly ash from the air, water and soil, through cultivated agricultural products. This is a very complex problem, which is the subject of research and finding solutions in many countries. At the same time, elemental sulfur appears as a secondary product of oil refining. By applying sulfur in the process of homogenization and agglomeration of ash in amounts from 15% to 22%, coating and increase of ultrafine ash particles <63μm in size is achieved and their presence is reduced from 17.5% to 1%. The product obtained in this way can easily and without additional investment be disposed of in landfills without the possibility of polluting the environment. This would prevent and significantly reduce environmental pollution, as well as further illness of the population due to the influence of the presence of fly ash. It would also solve the problem of sulfur disposal as a secondary product of oil refineries. The resulting agglomerate of ash and sulfur could be further used in construction.*

**Keywords:** lignite, fly ash, secondary elemental sulfur, environmental protection



## 1. UVOD

Leteći pepeo je veoma ozbiljan problem, a rezultat je rada termoelektrana. Leteći pepeo se vezuje vodom i smešta u specijalno pripremljene bazeze, ali čestice koje imaju jako mali prečnik se lako prenose vetrom, i njihovo rasejavanje je jako teško kontrolisati. Kao takve, one dospevaju u sve prirodne segmente, vodu, zemljište, u vazduhu su već prisutne, a kako u svom sastavu sadrže toksične metale, svojim prisustvom veoma zagađuju okolinu. Među patentima koji su prijavljeni u cilju saniranja ovog problema se nalaze i sledeći pronalasci:

- “Coal ash agglomeration device”, pod brojem 3935825, prijavljen 24. 02.1975., prihvaćen 3.02.1976., čiji su autori Charls W. Matthews i Jitendra G. Patel., Internacionalna klasifikacija F23J 100
- “Method of agglomeration of fly ash into pallets”, pod brojem 4473519, prijavljen 29.09.1982., prihvaćen 25.09.1984., autor Nikolaas A. Hasenack. Internacionalna klasifikacija C04B 3332
- “Continuos air agglomeration method for high carbon fly ash” pod brojem 6126014, prijavljen 29.09.1998., odobren 3.10.2000., autora Mc.Mahon L. Grey, Kenneth J. Champagne i Dennis H. Finseth. Internacionalna klasifikacija B03B 530, B03B 536, B03B 544, B03B 100.
- “Agglomeration of particulate materials with reticulated cellulose”, pod brojem 5228900, prijavljen 21.11.1991. odobren 20.07.1993., autora R. Scott Stephens, John A. Westland i Douglas R. Shaw. Internacionalna klasifikacija C21C 702

Ove procedure primenjuju metode saniranja letećeg pepela različitim metodama aglomeracije. Briketiranje je jedna od primenjenih metoda, zati, vezivanje celulozom, i drugim materijalima [2,3]. Sve ove metode imaju za cilj sprečavanje rasejavanja letećeg pepela po okolini. U tom cilju su razvijene tehnologije koje postupcima različitih hemijskih reakcija i razvoj tehnologija, kojima se vrši zagrevanje u višestepenim postupcima u cilju prevođenja mikroelemenata u ekološki prihvatljive forme. Naučne ekspertize su se bavile i aglomeracijom ovog otpadnog materijala elementarnim sumporom, a takođe je vršeno istraživanje u cilju primene dobijenog materijala u konkretnom postupku, pa je razvijen takozvani sumporni beton koji je našao primenu u građevinarstvu [4,5]. Ovakav proizvod se pokazao kao izuzetan u više segmenata, a rešila je dva goruća ekološka problema. Jedan problem je leteći pepeo, a drugi ne manje bitan problem je eliminacija elementarnog sumpora kao sekundarnog proizvoda u rafinaciji nafte, koji nije hemijski aktivan u prirodi, ali zauzima veliki prostor jer zahteva deponovanje. Primenom proizvoda koji je dobijen vezivanjem letećeg pepela elementarnim sumporom, dobijen je proizvod koji je našao izvrsnu promenu u niskogradnju u građevinarstvu.

Mi smo se u ovom istraživanju upravo bavili tehnologijom vezivanja pepela za elementarni sumpor, i mogućnošću modifikacije iz aromatične u alifatičnu fazu.

U ovu svrhu su ispitivanje tehnologije da se elementarni sumpor modifikovan iz aromatičnog u alifatičnu modifikaciju, nakon čega on vezuje leteći pepeo i nastaje

hidrofobna masa koja je potpuno nerastvorna u vodi. Na ovaj način se u potpunosti sprečava mogućnost rastvaranja teških metala u bilo kojoj sredini, vodenoj ili u zemljištu, i apsorbovanje od strane biljaka, i daljim korišćenjem u ishrani ili primeni vode u cilju snabdevanja stambenih naselja. U odnosu na gere pomenute metode vezivanja pepela u prethodno navedenim prijavama,

Pepeo koji nastaje kao nusprodukt procesa dobijanja električne energije iz uglja veže procesom aglomeracije za modifikovani elementarni sumpor. Time se dobija stabilna, hidrofobna supstanca, nerastvorna u vodi, čime bi se sprečilo raznošenje pepela eolskom erozijom a time i zagađenje životne sredine. Prednost ove tehnologije u odnosu na ostale opisane u prethodno navedenim patentiranim rešenjima se sastoji u sledećem:

- Utvrđeno je da se primenom naše tehnologije ne vrše velike promene u samoj termoelektrani, već se koriste postojeći kapaciteti i reaktori. Za vezivanje pepela za sumpor je potrebna visoka temperatura, ali kako je na izlazu iz termoelektrane već postignuta željena temperatura, potrebno je dodati mešalicu koja bi obavila aglomeraciju. Dovoljnim brojem okretaja odgovarajućom brzinom omogućava se dovoljan kontakt čestica elementarnog pepela sa sumporom i njihovo vezivanje.
- Do sada je voda bila vezivni element za saniranje problema letećeg pepela i u tu svrhu je bila potrebna velika količina vode koju je trebalo obezbediti, posebno zato što je bilo nepochodno da nivo vode bude viši od nivoa pepela, kako pepeo ne bi rasejavao naknadno vetrom. Ovako vezan pepeo nije bio potpuno bezbedan, jer isparavanjam vode zbog vremenskih uslova je moglo da dodje do toga da nivo vode padne ispod željenog nivoa, što je predstavljalo dodatnu opasnost od zagađivanja teškim metalima. Vezivanje elementarnim i modifikovanim sumporom se postiže apsolutno i trajno vezivanje pepela, i to bez dodatnih ulaganja, kao i smanjenje nivoa kontrole u svim dobima tokom godine bez obzira na meteorološke uslove.
- Dostupnost elementarnog sumpora je takođe bitna stavka u postupku saniranja pepela, jer je zbog prirode proizvodnje nafte i njegovog kontinuiranog dobijanja uvek dostupan u dovoljnim količinama.
- Dobijen materijal nakon aglomeracije je moguće kvalitetno primeniti u građevinskoj industriji, posebno u oblasti niskogradnje.

## 2. EKSPERIMENTALNI DEO

U pepeluu koji je nusprodukt u termoelektranama je nalazi veliki broj teških metala ko ji zagađuju direktno kako vazduh, tako i vodu i zemljište. Urađena je hemijska analiza i utvrđeno je da su u pepelu prisutni teški metali: nikal, koblat, olovo, cink, hrom, kadmijum i stroncijum. Ovi elementi su teško rastvorni u vodi, ali i u najmanjim količinama toksično utiču na životnu sredinu.

U termoelektranama se na kraju procesa sagorevanja uglja nalaze kolektori pepela, koji velikim količinama vode odvođe pepeo do deponija. I pored konstantnog kvašenja,

zbog različitih vremenskih uslova i otvorenih deponija, kao u zbog mikronskih dimenzija pepela, veoma teško se postiže da se pepeo drži pod kontrolom, i bila je neophodna mera koja će efikasnije rešiti ovaj problem. U našim elektranama je lignih glavni gorivni element, sa prosečno potrošnjom od oko 35 miliona tona uglja na godišnjem nivou. Ova vrsta uglja ostavlja iza sagorevanja veliku količinu pepela. Lignit ima donju toplotnu moć 6000-8000kJ/kg, sadržaja vlage je u opsegu 45-53% dok je procenat pepela koja se stvara nakon procesa sagorevanja 10-23%. U Termoelektrani "Nikola Tesla" je potrošnja uglja na dnevnom nivou je od 17000 do 19000 tona po bloku elektrane, te je i količina pepela koja zaostaje velika. Deponije na kojima se odlaže pepeo su ukupne površine oko 1.639 hektara. Utvrđeno je da je između 250 do 300 miliona tona pepela i šljake zaostalo u procesu proizvodnje struje u periodu od 1974. godine do danas.

Naše istraživanje je osmišljeno tako da se izvrši vezivanje čestica letećeg pepela sumporom. Ovaj proces bi se izvodio u reaktoru uz intenzivno mešanje na temperaturama od 150° do 170°C ubacivanjem sumpora u količini od 15% do 22%. Obzirom da je u procesu proizvodnje struje na kraju postrojenja temperatura produkta već na visokoj temperaturi, nije potrebno dodatno zagrevanje pepela. Pepeo se ubacuje u sistem reaktora sa mešalicom zajedno sa elementarnim sumporom, koji je na ovoj temperaturi u tečnoj fazi. Istopljen sumpor se u ovom sistemu punioca i vezivo sredstvo, i oblaže čestice pepela, te ih na taj način vezuje i formira materijal koji ima hidrofobna svojstva. Dimenzije finih čestica pepela sa sumporom povećava dimenzije i težinu i pri tome se sadržaj čestica manjih od 63µm smanjuje sa udela od 17,5% na 7% (pri dodatku 15% sumpora), odnosno na 1% (pri dodatku 22% sumpora). Dobijeni aglomerisani produkt se nakon hlađenja lakše deponuje, hidrofoban je, i potpuno nerastvoran u vodi. Takođe je zbog potpunog oblaganja čestica pepela mogućnost rastvaranja u vodi potpuno smanjena na minimum, te je i time postignut efekat zaštite životne sredine. Ovakav proizvod je moguće primeniti u procesu proizvodnje sumpornog betona, koji u niskogradnji u građevinarstvu ima primenu posebno u agresivnim sredinama.

## ZAKLJUČAK

Elementarni sumpor u procesu dobijanja nafte i leteći pepeo u termoelektranama predstavljaju veliki ekološki problem. Pojedinačno, njih je teško eliminisati, sanirati, i deponovati, a da se životna sredina ne zagađuje. Ovo je značajan problem koji je bilo neophodno sanirati na kvalitetan način, koji podrazumeva da se dobije proizvod koji nije opasan ni na koji način za životnu sredinu, i koji se eventualno može i primeniti u nekog grani industrije.

Leteći pepeo je sam po sebi toksičan za životnu sredinu jer u sebi sadrži teške metale koji, iako su teško rastvorni u vodi, jako zagađuju vazduh, vodu i zemljište, i kroz sva tri medijuma dolaze do čoveka i narušavanju njegovo zdravlje kao i zdravlje životinja. Utvrđeno je prisustvo teških metala iz pepela i u poljoprivrednim biljkama koje se gaje na području koje je blizu termoelektrana.

U procesu dobijanja nafte, kao sekundarni proizvod se dobija elementarni sumpor. On nije materijal koji direktno utiče na životnu sredinu, ali obzirom da ga ima mnogo, postao je problem da deponovanje, jer je zahtevao puno mesta za odlaganje. Kako je naftna industrija veoma razvijena, problem deponovanja sumpora može da preraste u veoma značajan problem. Posebno zato što postoje evropske ustanovljene norme koje moraju da se usklade sa normama Evropske unije kad je u pitanju ova problematika. U cilju saniranja ovog problema se takođe vrše značajna istraživanja u svetu.

Primena našeg rešenja koja podrazumeva vezivanje aglomeracijom pepela koji se nalazi na izlazu termoelektrane elementarnim sumporom, rešava dva veoma bitna problema. Najveći problem predstavljaju čestice pepela manje od 63 $\mu$ m i procedura koja zahteva smanjivanje količine ovih ultrafinih čestica sa 17,5% na 1%. Ovo se upravo oorešava primenom razvijene tehnologije, dobijanje trajno vezanog proizvoda za tlo. Eolska erozija, kao najveći problem, se na ovaj način rešava, a na taj način je dobijeno kvalitetno rešavanje dva veoma bitna problema u procesu rešavanja zagađenja životne sredine.

**Zahvalnica:** Autori se zahvaljuju Ministarstvu nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije na finansijskoj podršci istraživanju čiji su rezultati prikazani u radu (ugovor 451-03-66/2024-03/200023).

## LITERATURA

1. Tsimas S., A. Moutsatsou-Tsima, 2005., High-calcium fly ash as the fourth constituent in concrete: problems, solutions and perspectives, *Cement and Concrete Composites*, Volume 27, Issue 2, Pages 231-237
2. Anmaruzzaman M, 2010., A review on the utilization of fly ash, *Progress in Energy and Combustion Science*, Volume 36, Issue 3, Pages 327-363
3. Rashad A., Gharieob M., 2021., Solving the perpetual problem of imperative use heat curing for fly ash geopolymer cement by using sugar beet waste, *Construction and Building Materials*, Volume 307, 124902
4. Basu M., Panda M., Bhadovia P., Mahapatra S., 2009., Potential fly-ash utilization in agriculture: A global review, *Progress in Natural Science*, Volume 19, Issue 10, 10 October 2009, Pages 1173-1186
5. Harry J. White, 1977., Electrostatic Precipitation Of Fly Ash, *Journal of the Air Pollution Control Association*, 27:1, 15-22,