

ISSN 2637-3298



UNIVERSITY PIM BANJA LUKA  
UNIVERZITET PIM BANJA LUKA

X INTERNATIONAL CONFERENCE  
ON SOCIAL AND TECHNOLOGICAL  
DEVELOPMENT

PROCEEDINGS

X MEĐUNARODNA KONFERENCIJA  
O DRUŠTVENOM I TEHNOLOŠKOM RAZVOJU  
ZBORNİK RADOVA



Trebinje, June 03-06, 2021  
Trebinje, 03-06. juni 2021. godine

[WWW.CONF.UNIVERZITETPIM.COM](http://WWW.CONF.UNIVERZITETPIM.COM)

ISSN 2303-498X



**UNIVERZITET PIM BANJA LUKA**  
UNIVERZITET ZA POSLOVNI INŽENJERING I MENADŽMENT

**UNIVERSITY PIM BANJA LUKA**

**INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL AND  
TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT**

**PROCEEDINGS**

**MEĐUNARODNA KONFERENCIJA O  
DRUŠTVENOM I TEHNOLOŠKOM RAZVOJU**

**ZBORNIK RADOVA**

Trebinje, June, 03-06, 2021  
Trebinje, 03.- 06. juni 2021. godine



**UNIVERZITET PIM BANJA LUKA**

**UNIVERZITET ZA POSLOVNI INŽENJERING I MENADŽMENT**

**X INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL  
AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT**

**PROCEEDINGS**

X INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT  
X MEĐUNARODNA KONFERENCIJA O DRUŠTVENOM I TEHNOLOŠKOM RAZVOJU

Co-organizers:



Univerza v Mariboru

Fakulteta za logistiko



Fakultet  
ZA MENADŽMENT  
HERCEG NOVI



**VUB**

VISOKA ŠKOLA ZA USLUŽNI BIZNIS



PRIVREDNA KOMORA  
REPUBLIKE SRPSKE

X INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT  
X MEĐUNARODNA KONFERENCIJA O DRUŠTVENOM I TEHNOLOŠKOM RAZVOJU

*PROCEEDINGS*

*Publisher:*

*University PIM, Banja Luka, Republic of Srpska, B&H*

*For publisher*

*Ilija Džombić, PhD, General Manager*

*Editorial board:*

*Dejan Kojić, PhD, Vice-Rector for Science*

*Design and Computer processing:*

*Ljubica Janjetović, PhD*

*Print:*

*„Vilux“ Banja Luka*

*Circulation:*

*50 copies*

CIP - Каталогизacija у публикацији  
Народна и универзитетска библиотека  
Републике Српске, Бања Лука

33:005(082)  
62(082)  
502/504(082)  
34(082)  
004(082)  
62+66(082)  
159.9(082)  
37(082)  
316(082)  
61(082)

INTERNATIONAL conference on social and  
technological development (10 ; 2021 ; Trebinje)

Proceedings / International conference on social  
and technological development, Trebinje, June, 03-06,  
2021 = Zbornik radova / Međunarodna konferencija o  
društvenom i tehnološkom razvoju, Trebinje, 03.- 06.  
juni 2021. godine ; [editorial board Dejan Kojić]. -  
Banja Luka : Univerzitet za poslovni inženjering i  
menadžment =University PIM, 2021 (Banja Luka :  
Vilux). - 833 стр. : илустр. ; 25 cm. - (Međunarodna  
konferencija o društvenom i tehnološkom razvoju =  
International conference on social and technological  
development, ISSN 2303-498X)

Радови на срп. и енгл. језику. - Текст ћир. и лат. -  
Тираж 50. - Напомене и библиографске референце  
уз текст. - Библиографија уз сваки рад. - Сажети на  
енгл. и срп. језику уз радове.

ISBN 978-99955-40-55-5

COBISS.RS-ID 134338049

**Organizing Committee:**

*Dejan Kojić, PhD, president, Mladen Ivić, PhD, vice-president, Nikola Vojvodić, PhD  
Predrag Raosavljević, PhD Dara Cvijetić, PhD Nada Banović, MSc., Jelena Asanović,  
MSc., Darjana Sredić, Igor Šabić, Jelena Prelo, Aleksandar Sofrić*

**Students:** *Milica Pljevaljić, Kristina Brčić, Andrea Šaraba, Brankica Perišić, Danica  
Runjavac*

**Scientific and Program Committee:**

*Dr Dragan Đuranović, president, University PIM, Banja Luka, **B&H**; Dr Ilija Džombić,  
University PIM, Banja Luka, **B&H**; Dr Bojan Rosi, Faculty of Logistics, University of  
Maribor, Celje, **Slovenia**; Dr Aneta Vasiljević Sikaleska, Integrated Business Institute,  
Skopje, **North Macedonia**; Dr Biljana Gjozinska, Integrated Business Faculty, Skopje,  
**North Macedonia**; Dr Mladen Ivić, University PIM, Banja Luka, **B&H**; Dr Irena  
Petrušić, Faculty of Management Herceg Novi, **Montenegro**; Dr Svetlana Karić,  
Academy of vocational studies in Šabac, **Serbia**; Dr Boris Dorbić, scientific- expert  
association "FUTURA", Šibenik, **Croatia**; Dr Darina Duplákóvá, Technical University of  
Kosice, Faculty of Manufacturing Technologies with a seat in Prešov, Institute of  
Advanced Technologies, Prešov, **Slovakia**; Dr Svetlana Radchenko, Technical University  
of Kosice, Faculty of Manufacturing Technologies with a seat in Prešov, Institute of  
Advanced Technologies, Prešov, **Slovakia**; Dr Lucia Knapčíková, Technical University of  
Kosice, Faculty of Manufacturing Technologies with a seat in Prešov, Institute of  
Advanced Technologies, Prešov, **Slovakia**; Dr Osman Khan, Institute of Customer  
Management, **United Kingdom**; Dr Bagrat Yerzenkyan, Central Economics and  
Mathematics Institute, Russian Academy of Science / State University of Menagment  
Moscow, **Russia**, Dr Isaac Lera, University of the Balearic Islands, Dept. of Mathematics  
and Computer Science, **Spain**; Dr Benea Marius Calin, Politehnica University Timisoara,  
Faculty of Engineering Hunedoara, **Romania**, Dr Ayse Aroguz, Istanbul University-  
Cerrahpasa, Engineering Faculty, Istanbul, **Turkey**, Dr Milena Špírková, Institute of  
Macromolecular Chemistry, Prague, **Czech Republic**, Dr Božana Odžaković, University  
of Banja Luka, Faculty of Technology, Banja Luka, **B&H**; Dr Dragan Brenjo, Food  
safety agency of **B&H**; Dr Yaroslav Kusyi, National University "Lviv Polytechnic",  
**Ukraine**; Dr Tigran Petrosyan, Yerevan Haybusak University, Yerevan, **Armenia**;  
Dr Martin G. Abrahamyan, Yerevan Haybusak University, Yerevan, **Armenia**; Dr  
Azemina Mašović, Integrated Business Faculty, Skoplje, **North Macedonia**, Dr Milena  
Marinović-Cincović, University of Belgrade, Vinča Institute of nuclear Sciences,  
Belgrade, **Serbia**, Dr Veselin Drašković, University of Montenegro, Maritime Faculty,  
Kotor, **Montenegro**, Dr Jelena Pavličević, University of Novi Sad, Faculty of Technology,  
Novi Sad, **Serbia**; Dr Yajnya Dutta Nayak, P.G. Dept. of Commerce, Khallikote Auto.  
College, Berhampur, Odisha, **India**; Dr Borut Jereb, Faculty of Logistics, University of  
Maribor, Celje, **Slovenia**; Dr Tomaž Kramberger, Faculty of Logistics, University of  
Maribor, Celje, **Slovenia**; Dr Bojana Ikonić, University of Novi Sad, Faculty of  
Technology, Novi Sad, **Serbia**; Dr Mirjana Jovičić, University of Novi Sad, Faculty of  
Technology, Novi Sad, **Serbia**; Dr Nikša Grgurević, Faculty of Management, Herceg  
Novi, **Montenegro**; Dr Oskar Bera, University of Novi Sad, Faculty of Technology, Novi  
Sad, **Serbia**; Dr Nataša Lukić, University of Novi Sad, Faculty of Technology, Novi Sad,  
**Serbia**; Dr Ljiljana Tanasić, Academy of vocational studies in Šabac, **Serbia**, Dr Hafiz  
Imtiaz Ahmad, Faculty of Business, Higher Colleges of Technology, Ali Alin, Abu Dhabi,  
**UAE**; Dr Mile Vasić, European Marketing and Management Association, **B&H**; Dr*

**X INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT  
X MEĐUNARODNA KONFERENCIJA O DRUŠTVENOM I TEHNOLOŠKOM RAZVOJU**

*Marijana Žiravac-Mladenović, University PIM, Banja Luka, B&H; Dr Dejan Kojić, University PIM, Banja Luka, B&H; Emilija Friganović, mag. ing. preh. teh., scientific-expert association "FUTURA", Šibenik, Croatia; Dr Nikola Vojvodić, University PIM, Banja Luka, B&H; Dr Željko Grublješić, University PIM, Banja Luka, B&H; Dr Branko Latinović, Panevropski univerzitet „APEIRON“, Banja Luka, B&H; Dr Saša Salapura, University PIM, Banja Luka, B&H; Dr Enes Sukić, Faculty of Information technology and engineering, Belgrade, Serbia; Dr Predrag Raosavljević, University PIM, Banja Luka, B&H; Dr Snežana Samardžić, University PIM, Banja Luka, B&H; Dr Rada Kučinar, University PIM, Trebinje, B&H.*

**NOTE:**

***The authors have full responsibility for the originality and content of their own papers***

**CONTENT**  
**SADRŽAJ**

<b>PLENARY LECTURERS .....</b>	<b>1</b>
<b>PLENARNA PREDAVANJA .....</b>	<b>1</b>
EARTHQUAKE AS A SOCIO-TECHNOLOGICAL CHALLENGE .....	2
<i>Lidija Babić .....</i>	2
STRUCTURAL AND STATISTICAL ANALYSIS OF LARGE DATASETS OF TERMS AND RELATED ARTICLES: EXAMPLES FROM WIKIPEDIA .....	15
<i>Zoran Nikolić .....</i>	15
PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF NOVEL COMPOSITES INCLUDING BORON NITRIDE .....	25
<i>Vesna Teofilović, Henda S. A. Abdussalam, Jelena Pavličević, Ayse Z. Aroguz .....</i>	25
<b>ECOLOGY, ENERGETIC EFFICIENCY AND GREEN ENERGY .....</b>	<b>31</b>
<b>EKOLOGIJA, ENERGETSKA EFIKASNOST I ZELENA ENERGIJA .....</b>	<b>31</b>
ESTIMATION OF SOLAR IRRADIANCE ON TILTED SURFACE FACING SOUTH IN ČAČAK, SERBIA .....	32
<i>Snežana Dragičević, Milan Marjanović, Vojislav Vujičić, Danijela Milošević .....</i>	32
ZELENI KROVOVI – KORAK KA ODRŽIVOM URBANOM RAZVOJU .....	39
<i>Marija Jevrić, Ivana Čipranić, Nataša K. Vuković, Milena Ostojić .....</i>	39
KEY ISSUES OF DEVELOPMENT OF ALTERNATIVE ENERGY AND FORM OF ENERGY EFFICIENCY IN ARMENIA .....	48
<i>Anna Arshak Mkhtchyan-Arshakyan, Marine Armen Nalbandyan .....</i>	48
NERALY ZERO ENERGY BUILDINGS - THE ROAD TO LOW- CARBON CITIES .....	53
<i>Ana Radojević, Danijela Nikolić, Jasmina Skerlić, Jasna Radulović .....</i>	53
ZELENE ULICE - MODEL ZA UNAPREĐENJE KVALITETA ŽIVOTA I ŽIVOTNE SREDINE .....	62
<i>Tanja Trkulja, Dubravko Aleksić .....</i>	62
JAVNI ŽIVOT – ULOGA KORISNIKA U DIZAJNU OTVORENIH JAVNIH PROSTORA GRADA .....	73
<i>Dubravko Aleksić, Tanja Trkulja .....</i>	73
ORGANSKI OTPAD KAO IZVOR ENERGIJE I ORGANSKOG ĐUBRIVA .....	82
<i>Ljiljana Tanasić, Biljana Delić, Saša Spasojević, Bojan Damnjanović .....</i>	82
OTPADNE VODE U ŠAPCU- SADAŠNJE STANJE I BUDUĆI PRAVCI TRETIRANJA .....	93
<i>Suzana Knežević .....</i>	93
INDUSTRIJSKI OTPAD KAO NOVI ADSORBENS ZA UKLANJANJE Cu <sup>2+</sup> IZ VODENIH RASTVORA .....	102
<i>Milena Tadić, Irena Nikolić, Dijana Đurović, Nevena Cupara, Ivana Milašević, .....</i>	102
HEALTH RISK ASSESSMENT IN AGRICULTURAL SOILS IN A CITY OF PLJEVLJA (MONTENEGRO) .....	108
<i>Nevena Cupara, Dijana Đurović, Ivana Milašević, Irena Nikolić .....</i>	108
<b>ECONOMY AND MANAGEMENT .....</b>	<b>115</b>
<b>EKONOMIJA I MENADŽMENT .....</b>	<b>115</b>
INSTITUCIONALNE PROMJENE LUČKIH FUNKCIJA, SERVISA I ADMINISTRATIVNIH MODELA .....	116
<i>Nikša Grgurević, Gordana Radović .....</i>	116
STRUČNI RAD – PROFESSIONAL PAPER .....	124
OSNOVA NOVOG KONCEPTA SOCIJALNE EKONOMIJE .....	124
<i>Mirko Miličević, Milorad Đukić .....</i>	124



**X INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT  
X MEĐUNARODNA KONFERENCIJA O DRUŠTVENOM I TEHNOLOŠKOM RAZVOJU**

UTICAJ EPIDEMIJE COVID-19 NA PRIVREDNA KRETANJA U BOSNI I HERCEGOVINI... 131 <i>Ljiljana Jović, Mladen Ivić</i> .....	131
KOMPARATIVNA ANALIZA EKONOMSKOG RASTA DRŽAVA BIVŠE JUGOSLAVIJE .... 140 <i>Ognjen Bakmaz, Mina Kovljenić, Nenad Marković</i> .....	140
INOVACIONI KAPACITET ZEMALJA ZAPADNOG BALKANA KAO LIMITIRAJUĆI FAKTOR NJIHOVOG EKONOMSKOG RASTA ..... 147 <i>Andrea Andrejević Panić, Aleksandar Kostić, Slobodan Cvetanović</i> .....	147
COMPETITIVENESS IN MODERN BUSINESS PRESENTED THROUGH BASIC STRUCTURAL INDICATORS OF BUSINESS OPERATIONS OF ENTERPRISES AND ENTREPRENEURS: THE CASE OF THE REPUBLIC OF SRPSKA ..... 157 <i>Mirjana Milovanović, Ružica Đervida, Branka Marković</i> .....	157
DIGITALNA TRANSFORMACIJA POSLOVANJA U USLOVIMA PANDEMIJE COVID 19 U REPUBLICI SRPSKOJ..... 169 <i>Mihajlo Travar, Saša Ristić, Igor Dugonjić</i> .....	169
KONCEPT REALNOG DEVIZNOG KURSA I JAČANJA KONKURENTNOSTI PREDUZEĆA I DRŽAVE KAO PREDUSLOV IZLASKA IZ KRIZE I ELIMINISANJA NERAVNOTEŽE ..... 178 <i>Dejan Grujić</i> .....	178
ZNAČAJ VJEŠTINA KOMUNICIRANJA U SAVREMENOM POSLOVANJU ..... 184 <i>Ljubomir Zuber</i> .....	184
HOW INNOVATIVE LEADERS COULD ENCOURAGE CREATION OF NEW VALUES IN THE ORGANIZATION ..... 192 <i>Tatjana Mamula Nikolić</i> .....	192
THE EFFECT OF WORK-RELATED STRESS ON EMPLOYEE SATISFACTION: A CASE STUDY ..... 199 <i>Azamina Mashovic</i> .....	199
SPECIFIČNOSTI UPRAVLJANJA LJUDSKIM RESURSIMA U PORODIČNIM PREDUZEĆIMA ..... 207 <i>Marko Simonović, Jelena Stojanović Alcaraz, Stefan Milojević, Jovan Travica</i> .....	207
UPRAVLJANJE PROMENAMA KAO SASTAVNI DEO UPRAVLJANJA KOMPANIJOM..... 213 <i>Biljana Bjelica, Ognjen Bakmaz, Dragan Vukasović</i> .....	213
UBLAŽAVANJE I UPRAVLJANJE MIGRACIJSKOM KRIZOM NA UNSKO-SANSKOM KANTONU ..... 221 <i>Amela Čolić, Hamdija Lipovača, Belma Bajrić</i> .....	221
COMPARISON OF MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING METHODS: IS IT ALL THE SAME?..... 232 <i>Nenad Medić, Zoran Anišić</i> .....	232
UTICAJ KORONA VIRUSA NA PONAŠANJE POTROŠAČA ..... 241 <i>Mladen Milić, Jelena Vitomir, Dražen Vrhovac</i> .....	241
IMPLIKACIJE MARKETINGA BEZBJEDNOSTI NA POSLOVNI AMBIJENT I MULTIPLIKOVANJE TRŽIŠNIH AKTIVNOSTI ..... 248 <i>Saša Mitrić</i> .....	248
MARKETING BEZBJEDNOSTI, KAO POJAVNI OBLIK I FAZA INSTITUCIONALNOG RAZVOJA..... 256 <i>Saša Mitrić</i> .....	256
TESTING THE SATISFACTION OF PROFESSIONAL CUSTOMERS IN THE AUTOMOTIVE AFTERMARKET SPARE PARTS INDUSTRY WITH THE PURPOSE OF IMPROVING SALES: THE CASE OF BALKANS..... 264 <i>Mirjana Milovanović</i> .....	264
FIRMA (POSLOVNO IME) PRIVREDNOG DRUŠTVA U DRŽAVAMA KOJE SU NASTALE OD BIVŠIH REPUBLIKA SFRJ ..... 272 <i>Miroslav Milosavljević, Jelena Milosavljević, Isidora Milošević</i> .....	272
SAVREMENI OBLICI PRODAJE I PROMOCIJE U KONTEKSTU PANDEMIJE ..... 279 <i>Biljana Rađenović Kozic</i> .....	279

**X INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT  
X MEĐUNARODNA KONFERENCIJA O DRUŠTVENOM I TEHNOLOŠKOM RAZVOJU**

PROMOCIJA VISOKOOBRAZOVNIH USTANOVA NA DRUŠTVENIM MREŽAMA .....	286
<i>Jelena Ružić, Sanja Poznanović, Đorđe Janevski, Branko Ćurlić .....</i>	286
SIMULATED ENTERPRISE - INNOVATIVE TOOL WORK FOR ROMANIAN HIGHER EDUCATION.....	296
<i>Marius Calin Benea .....</i>	296
KRIZNI MENADŽMENT I MARKETING U TURIZMU .....	305
<i>Dragan Bulatović, Bojana Ostojić .....</i>	305
KLASIFIKACIJA TRŽIŠTA „ZELENIH“ POTROŠAČA NA PODRUČJU DUBROVNIKA.....	315
<i>Marija Dragičević Ćurković, Antonija Grgat .....</i>	315
THE ROLE OF TOUR OPERATORS AND HOTELS IN THE SUSTAINABLE TOURISM DEVELOPMENT .....	322
<i>Marija Dragičević Ćurković .....</i>	322
FINANSIJSKA RACIO ANALIZA UGOSTITELJSKOG PREDUZEĆA “UGOSTITELJSTVO - SIMIĆ M”: STUDIJA SLUČAJA .....	329
<i>Vujić Milan, Stefan Milojević Jelena Stojanović Alcaraz, Jovan Travica, Tamara Vujić .....</i>	329
TOURISM AND ENVIRONMENT.....	338
<i>Denis Stojkanović, Lazar Ivanov.....</i>	338
UTICAJ PANDEMIJE COVID-19 NA PREHRAMBENU SIGURNOST, SIROMAŠTVO I SOCIJALNU ISKLJUČENOST.....	348
<i>Mina Kovljenić, Jovana Škorić.....</i>	348
MODERN PERSPECTIVES FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL POLICY .....	355
<i>Denis Stojkanović, Zdravka Petković.....</i>	355
BANKARSKA UNIJA EVROZONE U PERIODU FINANSIJSKE KRIZE .....	367
<i>Ivana Rađenović.....</i>	367
ETHICAL ADVERTISING FOR A POSITIVE SOCIAL IMPACT.....	376
<i>Miro Mihec.....</i>	376
<b>LAW SECTION.....</b>	<b>383</b>
<b>PRAVO .....</b>	<b>383</b>
OCJENA DJELOVANJA SAVJETA BEZBJEDNOSTI U RJEŠAVANJU SPOROVA MIRNIM PUTEM.....	384
<i>Predrag Raosavljević, Onahti Čerkez .....</i>	384
LIABILITY FOR DEFECTIVE PRODUCTS AND THE EPITOME OF COMPENSATION UNDER EU CONSUMER LAW: IS THE LEGAL FRAME ADEQUATELY SHAPED? .....	396
<i>Juanita Goicovici .....</i>	396
OBAVEZE IZVJEŠTAVANJA U FUNKCIJI ZAŠTITE PRAVA NEKONTROLNIH AKCIONARA.....	404
<i>Miloš Grujić, Boris Srdić, Zdravko Zečević, Gordana Drobnyak .....</i>	404
ПРИПАДНИЦИ ЛГБТ ЗАЈЕДНИЦЕ У ОКВИРУ ЧЛАНА 10 ЕВРОПСКЕ КОНВЕНЦИЈЕ О ЗАШТИТИ ЉУДСКИХ ПРАВА .....	419
<i>Дарко Димовски, Иван Илић, Катарина Момировић.....</i>	419
POSLEDICE PREGOVORA SA SVETSKOM TRGOVINSKOM ORGANIZACIJOM I NJIHOV UTICAJ NA ŽIVOTNU SREDINU REPUBLIKE SRBIJE.....	428
<i>Aleksandra Milošević, Milena Milojević, Goran Stanišić.....</i>	428
KRIMINALISTIČKO ISTRAŽIVANJE PRANJA NOVCA NA TRŽIŠTU NEKRETNINA .....	435
<i>Ajla Šurković.....</i>	435
KRIMINOLOŠKI ASPEKTI INTERNETA I NJEGOVA ULOGA U CYBER KRIMINALU .....	444
<i>Biljana Dimitrić.....</i>	444
GEOPOLITIKA, GLOBALIZACIJA I BEZBJEDNOST .....	451
<i>Dražan Erkić, Aco Bobić.....</i>	451
PRAVNE, OBIČAJNE I MORALNE NORME KOD ODRICANJA OD NASLJEDSTVA.....	459

**X INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT  
X MEĐUNARODNA KONFERENCIJA O DRUŠTVENOM I TEHNOLOŠKOM RAZVOJU**

<i>Zoran Filipović</i> .....	459
UTICAJ NADNACIONALNIH SUDOVA NA UPRAVNO SUDSKO PRAVO .....	471
<i>Goran Branković</i> .....	471
WHO HAS THE RIGHT TO A DECEASED BODY? .....	477
<i>Nina Planojević, Dragica Živojinović</i> .....	477

**IT SECTION ..... 489**

**IT SEKCIJA ..... 489**

NOVI MATEMATIČKI MODEL ZA SOFTVERSKO REŠENJE MODIFIKOVANOG TRANSPORTOG PROBLEMA .....	490
<i>Vladimir Milićević, Nemanja Zdravković, Jovana Jović</i> .....	490
PRIMER PROJEKTOVANJA DIGITALNOG SISTEMA ZA INDIKACIJU NIVOA TEČNOSTI KORIŠĆENJEM KOMBINACIONIH MREŽA I MIKROKONTROLERSKIH SISTEMA .....	500
<i>Ivan Petrović, Hristina Delibašić Marković, Violeta Petrović</i> .....	500
RAZVOJ PROGRAMSKE PODRŠKE ZA IGRU „SEAWAYS”.....	510
<i>Blagodar Lovčević, Miodrag Milićević, Nikola Marković, Marko Boljanić, Mladen Lovčević</i> .....	510
MATERIJALI I SENČENJE NA OBJEKTIMA U 3 DS MAX PROGRAMU.....	519
<i>Miodrag Milićević, Blagodar Lovčević, Danijel Čabarkapa</i> .....	519
ONLINE TEACHING DURING COVID-19, ITS – BELGRADE, THE CASE STUDY .....	528
<i>Svetlana Anđelić, Bojan S. Ristić, Goran Radić, Velimir Dedić, Milena Ilić</i> .....	528
TRAFFIC ACCIDENT ANALYSIS USING DATA MINING TECHNIQUES .....	533
<i>Marija Blagojević, Željko Jovanović, Danijela Milošević, Snežana Dragičević</i> .....	533
OPTIMIZACIJA POTROŠNJE IoT UREĐAJA IZGRAĐENIH NA AVR ARHITEKTURI .....	537
<i>Saša Salapura, Nebojša Kuduz</i> .....	537
E - KNJIGA I NJENA BUDUĆNOST U AKADEMSKOM OKRUŽENJU .....	546
<i>Aldin Obućina, Ahmed Palić, Admir Šupić</i> .....	546

**ENGINEERING, TECHNOLOGY AND MATERIALS ..... 557**

**INŽENJERSTVO, TEHNOLOGIJE I MATERIJALI..... 557**

SWELLING KINETICS OF ENERGY EFFICIENTLY SYNTHESIZED HYDROGELS INTENDED FOR HYGIENE PRODUCTS .....	558
<i>Tamara Erceg, Suzana Cakić, Vesna Teofilović, Nevena Vukić, Jelena Tanasić, Ivan Ristić</i> .....	558
BIDINELJEVA JEDINJENJA KAO POTENCIJALNI MONOMERI U FORMIRANJU GELOVA.....	563
<i>Nenad Janković, Emilija Milović, Jelena Petronijević, Nenad Joksimović, Dušan Milivojević</i> .....	563
UKLANJANJE JONA $Pb^{2+}$ IZ VODNIH RASTVORA POMOĆU MODIFIKOVANE HIDROČAĐI ISKORIŠĆENOG SUPSTRATA GLJIVA .....	567
<i>Marija Kojić, Slavica Porobić, Đurica Katnić, Biljana Sikirić, Antonije Onjia, Milena Marinović- Cincović</i> .....	567
REOLOŠKA JEDNAČINA ZA MODEL BETONA ARMIRANOG FRP ARMATUROM .....	572
<i>Nataša Kopitović-Vuković, Nikola Baša, Radomir Zejak, Marija Jevrić</i> .....	572
KOROZIJA SMA MATERIJALA.....	579
<i>Stanica Nedović, Špiro Ivošević</i> .....	579
THE DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR CNC MACHINING QUALITY IMPROVEMENT.....	588
<i>Strahinja Đurović, Dragan Lazarević, Jelena Stanojković, Živče Šarkočević, Jasmina Dedić</i> .....	588
EFFECT OF CAM SYSTEMS INTEGRATION INTO PRECISE PRODUCTION OF TOLERATED GROOVES.....	593
<i>Jan Duplak, Darina Duplakova, Michal Hatala, Enes Sukic</i> .....	593
DIGITAL ERGONOMICS – A PART OF INDUSTRY 4.0 STRATEGY .....	600
<i>Darina Duplakova, Jan Duplak, Svetlana Radchenko, Enes Sukic</i> .....	600

**X INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT  
X MEĐUNARODNA KONFERENCIJA O DRUŠTVENOM I TEHNOLOŠKOM RAZVOJU**

UVOĐENJE PRINCIPA „INDUSTRY 4.0“ U PROIZVODNI PROCES MIKRO-PREDUZEĆA – STUDIJA SLUČAJA .....	607
<i>Igor Fürstner, László Gogolák, Árpád Pletikoszity.....</i>	607
APPLICATION OF TAGUCHI METHOD AND REGRESSION ANALYSIS ON SURFACE ROUGHNESS IN END MILLING OF ALUMINUM 6082-T6.....	615
<i>Jelena Stanojković, Dragan Lazarević, Ivica Čamagić, Živče Šarkočević.....</i>	615
EFFECT OF MILK FAT CONTENT ON THE QUALITY CHARACTERISTICS OF FRESH CHEESE.....	620
<i>Danica Savanović, Ana Velemir, Jovo Savanović, Bojana Dmitrović .....</i>	620
INFLUENCE OF COAGULATION CONDITIONS ON THE MINERAL COMPOSITION OF ACID-COAGULATING CHEESES .....	629
<i>Danica Savanović, Ana Velemir, Nevena Ritan, Jovo Savanović .....</i>	629
KARAKTERISTIKE IZOLATA <i>PSEUDOMONAS</i> SPP. IZ SIROVOG MLEKA.....	637
<i>Biljana Delić Vujanović, Ljiljana Tanasić, Radoslava Savić Radovanović .....</i>	637
GASTRONOMSKA PONUDA JELA OD POVRČA.....	648
<i>Gordana Jovanović, Đorđe Alavuk, Bojan Damnjanović, Ana Vasić .....</i>	648
TIJELO I TEHNOLOGIJA – KIBORG KAO NOVA PARADIGMA KONTEKSTA IDENTITETA U UMJETNOSTI.....	655
<i>Ljubica Janjetović .....</i>	655
<b>PSYCHOLOGY, SOCIOLOGY, PEDAGOGY AND ANDRAGOGY .....</b>	<b>665</b>
<b>PSIHOLOGIJA, PEDAGOGIJA I ANDRAGOGIJA .....</b>	<b>665</b>
SOCIODEMOGRAFSKE KARAKTERISTIKE PSIHOTIČNIH PACIJENATA, POČINILACA I NEPOČINILACA KRVNIH DELIKATA .....	666
<i>Snežana Samardžić.....</i>	666
GRUPNA PSIHOTERAPIJA SOCIJALNE ANKSIOZNOSTI STUDENATA: PRIKAZ JEDNOG CIKLUSA GRUPNOG PSIHOTERAPIJSKOG RADA .....	679
<i>Darjana Sredić .....</i>	679
SOCIO-DEMOGRAPHIC CHARACTERISTICS AND JOB SATISFACTION OF HEALTHCARE WORKERS.....	690
<i>Dijana Đurić, Biljana Mirković .....</i>	690
STAVOVI ZAPOSLENIH U DRŽAVNIM I PRIVATNIM SREDNJIM ŠKOLAMA O ZNAČAJU POSLOVNE KOMUNIKACIJE .....	699
<i>Danijela Jokanović.....</i>	699
PSIHOPATIJA IZ UGLA NEURONAUKA SA OSVRTOM NA PRAVNE IMPLIKACIJE.....	710
<i>Mladen Cimeša, Biljana Dimitrić.....</i>	710
<b>MEDICAL SCIENCES.....</b>	<b>721</b>
<b>MEDICINSKE NAUKE.....</b>	<b>721</b>
IMPLEMENTACIJA INFORMACIONIH TEHNOLOGIJA U ZDRAVSTVENI SISTEM SRBIJE – STAVOVI PACIJENATA O E-RECEPTU .....	722
<i>Svetlana Stojkov, Jadranka Đuranović-Miličić, Dejan Živanović, Nataša Jovanović Lješković, Jovan Javorac .....</i>	722
EFEKTI MAS-MEDIJA U PANDEMIJI COVID-19 NA PROMOCIJU ZDRAVLJA.....	729
<i>Jadranka Đuranović-Miličić, Svetlana Stojkov, Dejan Živanović, Jovan Javorac .....</i>	729
<b>EDUCATION .....</b>	<b>743</b>
<b>OBRAZOVANJE.....</b>	<b>743</b>

X INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT  
X MEĐUNARODNA KONFERENCIJA O DRUŠTVENOM I TEHNOLOŠKOM RAZVOJU

RAZVIJANJE DIVERGENTNOG MIŠLJENJA U MATEMATICI KROZ ZADATKE OTVORENOG TIPA KOD DECE PREDŠKOLSKOG UZRASTA.....	744
<i>Nebojša Budimirović</i> .....	744
КВАЛИТЕТ ШКОЛОВАЊА У УГОСТИТЕЉСКО-ТРГОВИНСКО-ТУРИСТИЧКОЈ ШКОЛИ У БАЊОЈ ЛУЦИ .....	753
<i>Предраг Тошић, Бојана Калењук, Маја Бањац, Горан Радивојевић</i> .....	753
MASTER APPLIED STUDIES FOR PRESCHOOL TEACHERS WITH SPECIAL REFERENCE TO PROFESSIONAL PRACTICE DURING THE COVID 19 EPIDEMIC .....	762
<i>Ljiljana Stankov, Mira Jovanović, Sanja Vuletić</i> .....	762
(SAMO)PROCENA NASTAVNIKA OSNOVNIH ŠKOLA U SRBIJI O NASTAVNIM MODELIMA U PRAKSI .....	770
<i>Ivana Vučetić, Snežana Kirin, Nena A. Vasojević, Aleksandar Sedmak</i> .....	770
METODIČKE INOVACIJE U RAZREDNOJ NASTAVI .....	778
<i>Dragana Aleksić</i> .....	778
UTICAJ PANDEMIJE VIRUSA COVID-19 NA VISOKO OBRAZOVANJE .....	786
<i>Irena Petrušić, Bojana Ostojić, Dragan Bulatović, Milutin Pečić</i> .....	786
VISOKO OBRAZOVANJE U CRNOJ GORI: ADAPTACIJA SA TRADICIONALNOG NA SISTEM UČENJA NA DALJINU .....	795
<i>Sanja Samardžić, Dragana Savić</i> .....	795
UTICAJ DIGITALIZACIJE NA USVAJANJE ENGLESKOG KAO STRANOG JEZIKA .....	808
<i>Irena Petrušić, Jelena Poznanović</i> .....	808
PASSIVE CONSTRUCTIONS IN THE ENGLISH AND SERBIAN LANGUAGE.....	814
<i>Nada Buzadžić Nikolajević</i> .....	814
OD GOTSKOG DO FEMINISTIČKOG ŽENSKI LIKOVI U ROMANU <i>ORKANSKI VISOVI</i> .....	825
<i>Ivana Aleksić, Snježana Milačak</i> .....	825
WOMEN'S QUEST FOR THE INDIVIDUAL IDENTITY LOST IN THE COLLECTIVE ONE IN CONTEMPORARY AMERICAN POETRY.....	832
<i>Snježana Milačak, Ivana Aleksić</i> .....	832

## UKLANJANJE JONA $Pb^{2+}$ IZ VODNIH RASTVORA POMOĆU MODIFIKOVANE HIDROČAĐI ISKORIŠĆENOG SUPSTRATA GLJIVA

Marija Kojić<sup>1</sup>, Slavica Porobić<sup>1</sup>, Đurica Katnić<sup>1</sup>, Biljana Sikirić<sup>3</sup>, Antonije Onjia<sup>2</sup>, Milena Marinović-Cincović<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke “Vinča”, Mike Petrovića Alasa 12-14, 11 001 Beograd, Srbija, milena@vin.bg.ac.rs

<sup>2</sup>Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Karnegijeva 4, 11 000 Beograd, Srbija

<sup>3</sup>Institut za zemljište, Teodora Drajzera 7, 11000 Beograd, Srbija, [marija.kojic@vin.bg.ac.rs](mailto:marija.kojic@vin.bg.ac.rs)

### SAŽETAK

U ovom istraživanju je korišćena hemijski aktivirana hidročađ iskorišćenog supstrata gljiva radi ispitivanja njegove potencijalne primene kao sorbenta, u cilju uklanjanja  $Pb^{2+}$  iz vodenih rastvora. Hidročađ je pripremana u hidrotermalnom reaktoru na temperaturi od 200°C, a nakon toga hemijski modifikovana pomoću  $CaCl_2$ . Strukturna analiza iskorišćenog supstrata i modifikovane hidročađi vršena je pomoću SEM analize. Na osnovu ove analize je uočeno povećanje poroznosti materijala nakon hidrotermalne karbonizacije. Povećanje adsorpcionog kapaciteta modifikovane hidročađi u odnosu na iskorišćeni supstrat se objašnjava formiranjem pora na površini ugljeničnog materijala, ali i prisustvom  $CaCl_2$ , koji može imati značajnu ulogu prilikom uklanjanja  $Pb^{2+}$  iz vodenih rastvora. Na osnovu dobijenih rezultata primećeno je da se tokom procesa adsorpcije oslobađaju joni  $Ca^{2+}$  iz sorbenta, dok se na njihovo mesto vezuju joni  $Pb^{2+}$ . Rezultati su pokazali da se procesom hidrotermalne karbonizacije dobija novi, ekološki prihvatljiv materijal, koji se može koristiti kao sorbent teških metala u cilju prečišćavanja otpadnih voda.

**Cljučne riječi:** iskorišćeni supstrat gljiva, hidročađ, fizičko-hemijska modifikacija, uklanjanje  $Pb^{2+}$ .

### UVOD

Ubrzan rast populacije, industrijalizacije i poljoprivredne aktivnosti uticali su na zagađenje vode teškim metalima (Cheng, Zhang, Guoa, Jiang, & Li, 2015). S obzirom da su teški metali vrlo toksični i nisu razgradivi, njihovo prisustvo u vodama ima negativne efekte na životnu sredinu. Elementi kao što su Cu, Zn, Mn, Fe, Ni i Co smatraju se neophodnim za funkcionisanje živih organizama ali su toksični u višim koncentracijama, dok Cd, Hg, Ag, Se i Pb mogu biti izuzetno toksični (Mohan, Singh, Sarswat, Steele, & Pittman, 2015). Olovo je jedan od najotrovnijih teških metala. Ovaj metal u prirodu najčešće dospeva putem otpadnih voda iz rudnika i flotacije, ali takođe i usled nekontrolisanog ispuštanja otpadnih voda iz industrijskih postrojenja (Deng et al., 2020). Olovo ispoljava toksične efekte na sve žive organizme. U ljudski organizam može dospeti putem ishrane, vode i vazduha. Ukoliko se nađe u ljudskom organizmu, ovaj metal se vezuje za crvena krvna zrnca i transportuje se u sve delove organizma narušavajući zdravlje čoveka (Guyo, Mhonyera, & Moyo, 2015). Što se tiče vodene sredine, olovo najpre ima tendenciju da se veže za sediment, ali pri niskim pH vrednostima ima tendenciju da se akumulira u vodenim organizmima. Kako bi se izbegli negativni uticaji teških metala na zdravlje živih organizama, potrebno je industrijske otpadne vode prečistiti i reciklirati odgovarajućim metodama.

Poslednjih godina koriste se razne konvencionalne metode prečišćavanja otpadnih voda, kao što su: taloženje, razmena jona, adsorpcija, elektrohemijski procesi i membranski procesi (Elaigwu, Rocher, Kyriakou, & Greenway, 2014). Adsorpcija u odnosu na druge metode je najčešće korišćena metoda jer se pokazala kao efikasna, ekološki prihvatljiva i ekonomična (Xu et al.,

2013). Poslednjih godina akcenat je stavljen na upotrebu otpadne biomase u svrhu uklanjanja teških metala iz vodene sredine. Biosorbenti su najčešće nusproizvodi poljoprivrede, koji su lako dostupni. Karakteriše ih visoka efikasnost i sposobnosti uklanjanja organskih i neorganskih zagađivača iz vodene sredine. U poslednje vreme istraživači su otišli korak dalje i sintetisali novi ekološki prihvatljiv ugljenični materijal, hidročađ, koji se dobija hidrotermalnom karbonizacijom. Petrović i sar. (2016) navode da hidročađ ima znatno veći adsorpcioni kapacitet od sirove biomase, što se objašnjava prisustvom kisoničnih funkcionalnih grupa i većom poroznom strukturom.

Hidrotermalna karbonizacija (HTC) je termohemijska metoda koja može konvertovati različite vrste organskih otpadnih materijala u funkcionalne proizvode sa minimalnim zagađenjem životne sredine (Danso-Boateng et al., 2013). HTC se odvija u vodi kao reakcionom medijumu, na temperaturama (180–260 °C) i autogenom pritisku (Funke & Ziegler, 2010). Glavni proizvodi HTC-a su: hidročađ i procesna voda. Na stepen karbonizacije otpadnih organskih materija utiču procesni parametri kao što su pritisak, temperatura, reakciono vreme i odnos biomase i vode (Tondl, Hammere, Pfeifer, Pum, 2020). Do sada HTC je razmatrana u razne svrhe, kao što su kataliza, adsorpcija, gorivo, elektrohemija, nanostrukturni materijali itd.

Petrović i sar. (2016) su ispitivali proces uklanjanja jona  $Pb^{2+}$  iz vodenog rastvora pomoću hidročađi koja je hemijski modifikovana KOH. Otkrili su da KOH modifikovana hidročađ pokazuje adsorpcioni kapacitet  $Pb^{2+}$  od 137 mg g<sup>-1</sup>.

U ovom istraživanju biće prikazana hidrotermalna konverzija iskorišćenog supstrata gljiva u cilju dobijanja potencijalnog sorbenta za uklanjanje jona  $Pb^{2+}$ , zatim će se izvršiti hemijska modifikacija pomoću  $CaCl_2$  radi poboljšanja adsorpcionog kapaciteta dobijene čađi. Takođe, vršiće se strukturna karakterizacija iskorišćenog supstrata gljiva, hidročađi i hemijski modifikovane hidročađi SEM analizom, kako bi se utvrdila veza između strukturnih promena korišćenog materijala nakon karbonizacije i dobijenih adsorpcionih kapaciteta.

## MATERIJAL I METODE RADA

### Materijal

Iskorišćeni supstrat gljiva (SMS) je dobijen od lokalne industrije za gajenje gljiva u blizini Beograda. Supstrat je sačinjen od sledećih komponentata: pšenične slame, konjskog stajnjaka i gipsa.

### Priprema uzorka

HTC je vršena u autoklavu, čija je zapremine 250 ml (Carl Roth, Model II), na temperaturi od 200 °C sa reakcionim vremenom od 1 h. Smeša za HTC je napravljena tako što je 10 g iskorišćenog supstrata gljiva pomešano sa 150 ml dejonizovane vode, zatim je održavan na temperaturi od 200°C 60 min, a potom hlađen do sobne temperature. Na kraju je dobijena hidročađ (HC) koja je ispirana dejonizovanom vodom i sušena 24 h na 105°C.

### Hemijska modifikacija hidročađi

Hemijska modifikacija dobijene hidročađi je vršena pomoću 20 %  $CaCl_2$  tako što je 24 g hidročađi mešano tokom 3 h sa 300 mL 20 %  $CaCl_2$  rastvora. Smeša hidročađi i rastvora soli je filtrirana i sušena na 60 °C tokom 24 h. Aktivirana hidročađ je obeležena kao Ca-HC.

### Karakterizacija

Ispitivanje površinske morfologije materijala pre i nakon karbonizacije izvršeno je metodom skenirajuće elektronske mikroskopije (SEM). Uzorci su pre analize napareni tankim provodnim slojem zlata. Ispitivani uzorci su snimani na SEM uređaju tipa JEOL JSM-6610.

### Adsorpcioni eksperiment

Osnovni rastvori od 100 i 200 mg L<sup>-1</sup>  $Pb^{2+}$  je pripremljen rastvaranjem  $Pb(NO_3)_2$ . Za adsorpcioni eksperiment, 0,050 g hidročađi (HC) i hemijski modifikovane hidročađi (Ca-HC) je pomešano sa 50 mL  $Pb^{2+}$  rastvora. Uzorci su mučkani 120 min, pri brzini od 250 ob min<sup>-1</sup>. Nakon

toga je smeša filtrirana. Sadržaj  $Pb^{2+}$  u filtartu određivan je atomskom apsorpcionom spektroskopijom (Perkin Elmer, AAS Analyst 300).

Adsorpcioni kapacitet  $Q$  ( $mg\ g^{-1}$ ) izračunat je prema sledećoj formuli:

$$Q = \frac{(C_0 - C_e) \cdot V}{m}$$

gde je  $V$ , zapremina rastvora  $Pb^{2+}$ ,  $m$  je količina adsorbenta ( $g$ );  $C_0$  i  $C_e$  su početne i ravnotežne koncentracije  $Pb^{2+}$  jona ( $mg\ L^{-1}$ ).

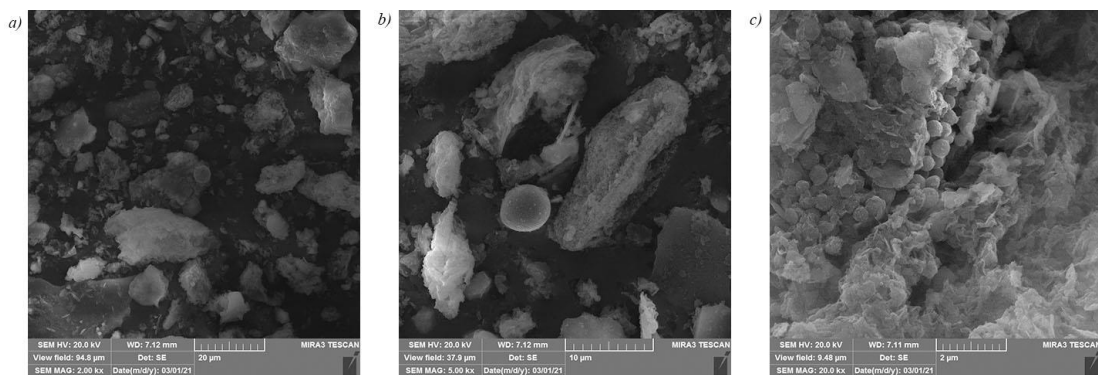
### Jonska izmena

U cilju određivanja jonske izmene, HC i Ca-HC su mešani 120 min ( $250\ ob\ min^{-1}$ ) sa  $Pb^{2+}$  rastvorom koncentracije od  $100\ mg\ L^{-1}$ . Zatim je suspenzija filtrirana i koncentracija  $Ca^{2+}$  je određivana je atomskom apsorpcionom spektroskopijom (Perkin Elmer, AAS Analyst 300).

## REZULTATI I DISKUSIJA

### SEM analiza

SEM analiza je korišćen za ispitivanje površinske morfologije SMS, HC i Ca-HC. Može se primetiti (Slika 1. (b)) da je na površini HC formirana sfera, što potiče od degradacije celuloznih vlakana tokom HTC procesa (Sevilla, Maciá-Agulló, & Fuertes, 2011). Doatno, uočeno je sa Slike 1. (b, c) da HC i Ca-HC pokazuju poroznu strukturu, sa neorganizovanim strukturnim pukotinama. Kako navode Petrović i sar. (2016), formiranje pora na površini hidročađi može biti korisno ukoliko se ovaj materijal koristi kao sorbent teških metala iz vodenih rastvora, zato što pore olakšavaju unutrašnju difuziju jona metala iz vodenih ratvora.



Slika 1. SEM mikrografije uzoraka SMS (a), HC (b) i Ca-HC (c).

Figure 1 SEM micrograph of samples SMS (a) HC (b) and Ca-HC (c).

### Adsorpcija teških metala iz vodenih rastvora

Rezultati prikazani u Tabeli 1. pokazuju da Ca-HC ima veći afinitet ka uklanjanju jona  $Pb^{2+}$  iz vodenih rastvora od Ca-HC. Povećanje adsorpcionog kapacitet može biti direktno povezano sa hemijskom modifikacijom hidročađi, kao i obiljem pora na površini ispitivanog materijala. Značaj hemijske modifikacije hidročađi je potvrđen i određivanjem koncentracije jona  $Ca^{2+}$  pre i nakon adsorpcije jona  $Pb^{2+}$ . Odnosno, koncentracija  $Ca^{2+}$  za HC je iznosila pre adsorpcije jona  $Pb^{2+}$   $0,7\ mg\ L^{-1}$ , dok je nakon adsorpcije njegova koncentracija u vodenom rastvoru bila  $2,8\ mg\ L^{-1}$ . Sa druge strane, kod Ca-HC je uočena značajno veća koncentracije  $Ca^{2+}$  nakon adsorpcije od  $16,5\ mg\ L^{-1}$ , dok je pre adsorpcije ta vrednos bila  $3,2\ mg\ L^{-1}$ . Ovi rezultati pokazuju da je tokom adsorpcije došlo do jonske izmene, odnosno da se joni  $Ca^{2+}$  oslobađaju iz sorbenta i na njihovo mesto vezuju  $Pb^{2+}$ . Intezivnija jonska izmena se odigrala u uzorku Ca-HC, što je potvrđeno većom vrednošću



adsorpcionog kapaciteta. Pored toga, uočava se (Tabela 1.) da sa porastom početne koncentracije jona  $Pb^{2+}$  raste adsorpcioni kapacitet ispitivanih materijala.

Tabela 1. Adsorpcioni kapaciteti HC i Ca-HC.  
Table 1. Adsorption capacity of HC and Ca-HC.

Uzorak	$C_0 (Pb^{2+})$ ( $mg L^{-1}$ )	$C_e (Pb^{2+})$ ( $mg L^{-1}$ )	Q ( $mg g^{-1}$ )
HC	100,0	10,0	90,0
	200,0	200,0	110,0
Ca-HC	100,0	3,00	97,00
	200,0	50,00	150,0

## ZAKLJUČCI

Na osnovu preliminarnih istraživanja, SEM analiza je pokazala da je HTC proces značajno promenio strukturu iskorišćenog supstrata gljiva. Uočeno je da se na površini hidročadi formirao veliki broj pora, koje su značajno olakšale unutrašnju difuziju jona  $Pb^{2+}$  iz ispitivanih vodenih rastvora. Takođe je pokazano da je modifikacija pomoću  $CaCl_2$  doprinela povećanju adsorpcionog kapaciteta. Došlo je do intezivnije izmene jona  $Ca^{2+}$  sa površine Ca-HC sorbenta sa jonima  $Pb^{2+}$  iz rastvora u odnosu na HC. Može se zaključiti da je hemijski aktivirana hidročađ, novi potencijalni ekološki prihvatljiv sorbent za uklanjanje teških metala iz otpadnih voda.

## ZAHVALNICA

Istraživanja su finansirana od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (broj ugovora 451-03-68/2020-14/200017).

## LITERATURA

- Cheng, Z., Zhang, L., Guoa, X., Jiang, X., Li, T. (2015). Adsorption behavior of direct red 80 and Congo red onto activated carbon/surfactant: process optimization, kinetics and equilibrium. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 137, 1126–1143.
- Danso-Boateng, E., Holdich, R.G., Shama, G., Wheatley, A.D., Sohail, M., Martin, S.J. (2013). Kinetics of faecal biomass hydrothermal carbonisation for hydrochar production. *Applied Energy*, 111, 351–357.
- Denga J., Lia X., Weia X., Liua Y., Lianga J., Songa B., Shaoa Y., Huang W. (2020). Hybrid silicate-hydrochar composite for highly efficient removal of heavy metal and antibiotics: Coadsorption and mechanism, *Chemical Engineering Journal*, 387, 124097.
- Elaigwu, S.E., Rocher, V., Kyriakou, G., Greenway, G.M. (2014). Removal of  $Pb^{2+}$  and  $Cd^{2+}$  from aqueous solution using chars from pyrolysis and microwave-assisted hydrothermal carbonization of *Prosopis africana* shell. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20, 3467-3473.
- Funke, A., Ziegler, F. (2010). Hydrothermal carbonization of biomass: a summary and discussion of chemical mechanisms for process engineering. *Biofuels Bioproduction Biorefinery*, 4, 160–177.
- Guyo, G., Mhonyera, J., Moyo, M. (2015). Pb (II) adsorption from aqueous solutions by raw and treated biomass of maize stover-A comparative study. *Process Safety and Environmental Protection*, 93, 192-200.
- Mohan, D., Singh, P., Sarswat, A., Steele, P.H., Pittman Jr., C.U. (2015). Lead sorptive removal using magnetic and nonmagnetic fast pyrolysis energy cane biochars. *Jornal of Colloid and Interface Science*, 448, 238-250.

- Petrović, J., Stojanović, M., Milojković, J., Petrović, M., Šošćarić, T., Laušević, M., Mihajlović, M. (2016). Alkali modified hydrochar of grape pomace as a perspective adsorbent of  $Pb^{2+}$  from aqueous solution. *Journal of Environmental Management*, 182, 292-300.
- Sevilla M., Maciá-Agulló J. A., Fuertes A. B. (2011). Hydrothermal carbonization of biomass as a route for the sequestration of  $CO_2$ : Chemical and structural properties of the carbonized products. *Biomass Bioenergy*, 35, 3152-3159.
- Tondl, G., Hammere, C., Pfeifer, C., Pum, D. (2020). Reaction and Diffusion Kinetics during Hydrothermal Carbonization by Means of SEM–EDX Analysis. *ACS Industrial and Engineering Chemistry Research*, 59(5), 1829–1835.
- Xu, X., Cao, X., Zhao, L., Wang, H., Yu, H., Gao, B. (2013). Removal of Cu, Zn, and Cd from aqueous solutions by the dairy manure-derived biochar. *Environmental Science and Pollution Research*, 20, 358–368.

## REMOVAL OF $Pb^{2+}$ IONS FROM AQUEOUS SOLUTIONS BY MODIFIED HYDROCHAR OF THE SPENT MUSHROOM SUBSTRATE

Marija Kojić<sup>1</sup>, Slavica Porobić<sup>1</sup>, Đurica Katnić<sup>1</sup>, Biljana Sikirić<sup>2</sup>, Antonije Onjia<sup>3</sup>, Milena Marinović-Cincović<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>University of Belgrade, Institute of Nuclear Sciences “Vinča”, Mike Petrovića Alasa 12-14, 11 001 Belgrade, Serbia, milena@vin.bg.ac.rs

<sup>2</sup>Institute of Soil Science, Teodora Drajzera 7, Belgrade, Serbia

<sup>3</sup>University of Belgrade, Faculty of Technology and Metallurgy, Karnegijeva 4, 11000 Belgrade, Serbia

### ABSTRACT

In this study, the chemical activation hydrochar of the spent mushroom substrate was used to examine its potential for application as a sorbent in order to remove  $Pb^{2+}$  from aqueous solutions. The hydrochar was prepared in a hydrothermal reactor at a temperature of 200 °C for a reaction time of 1 h. It was then chemically modified with 20 %  $CaCl_2$ . Structural analysis of spent mushroom substrate and modified hydrochar was performed by SEM analysis. Based on this analysis, an increase in the porosity of the material was observed after hydrothermal carbonization. Also, the increase in the adsorption capacity of the modified hydrochar in relation to the spent mushroom substrate can be explained by the formation of pores on the surface of the carbon material. Respectively, based on the obtained results, it was noticed that during the adsorption process,  $Ca^{2+}$  ions are released into the filtrate, while  $Pb^{2+}$  ions occupy the binding sites. Preliminary results have shown that the process of hydrothermal carbonization can synthesize a new, eco-friendly material, which can be used as a sorbent of heavy metals for wastewater treatment.

**Keywords:** spent mushroom substrate; hydrochar; chemical modification; removal of  $Pb^{2+}$ .