



**39. Međunarodni kongres
o procesnoj industriji**
Negotin, 3. i 4. jun 2026.

**ZBORNIK
REZIMEA RADOVA
Book of abstracts**

ZBORNIK REZIMEA RADOVA

**pisanih za 39. Međunarodni kongres o procesnoj industriji
PROCESING '26**



ZBORNİK REZİMEA RADOVA

39. Međunarodni kongres o procesnoj industriji (Negotin, 3. i 4. jun 2026)

IZDAVAČ

*Savez mašinskih i elektrotehničkih
inženjera i tehničara Srbije (SMEITS)
– Društvo za procesnu tehniku –
Kneza Miloša 7a/II, 11000 Beograd
2026. god.*

UREDNICI

Prof. dr Nikola Karličić, *mast. inž. maš.*
Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd
Prof. dr Marko Obradović, *dipl. inž. maš.*
Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd
Prof. dr Miroslav Stanojević, *dipl. inž. maš.*
Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd
Prof. dr Dejan Radić, *dipl. inž. maš.*
Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

TIRAŽ

200 primeraka

ŠTAMPA

Paragon, Beograd

ISBN

978-86-85535-25-3

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

621(048)
66.01(048)

МЕЂУНАРОДНИ конгрес о процесној индустрији ПРОЦЕСИНГ (39 ; 2026 ; Неготин)

Zbornik rezimea radova = Book of Abstracts / 39. Međunarodni kongres o procesnoj industriji, [PROCESING '26], Negotin, 3. i 4. jun 2026. ; [urednici Nikola Karličić ... [et al.]]. - Beograd : Savez mašinskih i elektrotehničkih inženjera i tehničara Srbije (SMEITS), Društvo za procesnu tehniku, 2026 (Beograd : Paragon). - 160 str. ; 17 cm

Kor. nasl. - Apstrakti uporedo na srp. i engl. jeziku. - Tiraž 200.

ISBN 978-86-85535-25-3

a) Машинство -- Апстракти b) Процесна индустрија -- Апстракти

COBISS.SR-ID 194085385

Sva rezimea su objavljena pod licencom
CC BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Generalni pokrovitelj



Sponzori



Beograd



Beograd



Hrvatska



Beograd



Beograd



Beograd



Beograd



Beograd

Održavanje 39. Međunarodnog kongresa o procesnoj industriji
finansijski je pomoglo
Ministarstvo nauke, tehnološkog razvoja
i inovacija Republike Srbije
ugovorom broj 451-03-76/2026-03

**ORGANIZATOR
ORGANIZER**

Društvo za procesnu tehniku
pri Savezu mašinskih i elektrotehničkih inženjera
i tehničara Srbije (SMEITS),
Kneza Miloša 7a/II, 11000 Beograd
Tel. 011/3230-041, 3031-696, tel./faks 3231-372
E-mail: procesing@smeits.rs
www.procesing.smeits.rs

**SUORGANIZATOR
COORGANIZER**

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd,
Katedra za procesnu tehniku

ORGANIZACIONI ODBOR ORGANIZING COMMITTEE

Slavica Bogdanović	<i>Elixir Group</i>
Dr Mirjana Čujić	<i>Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke „Vinča“, Laboratorija za hemijsku dinamiku i permanentno obrazovanje</i>
Doc. dr Maja Đolić	<i>Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Srbija</i>
Dr Mladen Đurić	<i>Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd</i>
Doc. dr Miloš Ivošević	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet</i>
Jelena Jolić	<i>Beo Čista Energija d.o.o.</i>
Prof. dr Nikola Karličić	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet (predsednik)</i>
Dragan Mančić	<i>ANDRITZ TEP d.o.o. Ogranak Beograd</i>
Prof. dr Aleksandar Petrović	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet</i>
Doc. dr Jelena Ruso	<i>Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd</i>
Jelena Salević	<i>SMEITS</i>
Alija Salkunić	<i>Elixir Group</i>
Dr Zoran Simić	<i>Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Srbija</i>
Prof. dr Miroslav Stanojević	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet</i>
Prof. dr Dušan Todorović	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet</i>
Branislav Todorović	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet</i>
Dušan Trajković	<i>Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta</i>

MEĐUNARODNI NAUČNI ODBOR INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMITTEE

Dr Martina Balać	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, Srbija</i>
Dr Aleksandar Dedić	<i>Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Beograd</i>
Dr Maja Đolić	<i>Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Srbija</i>
Dr Sandira Eljšan	<i>Univerzitet u Tuzli, Mašinski fakultet, Tuzla, Bosna i Hercegovina</i>
Dr Srbislav Genić	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Srbija</i>
Dr Dušan Golubović	<i>Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Mašinski fakultet, BiH</i>
Dr Dijana Grgas	<i>Faculty of Food Technology and Biotechnology University of Zagreb, Croatia</i>
Dr Gorica Ivaniš	<i>Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Srbija</i>
Dr Jelena Janevski	<i>Univerzitet u Nišu, Mašinski fakultet, Srbija</i>
Dr Aleksandar Jovović	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Srbija</i>
Dr Rade Karamarković	<i>Fakultet za mašinstvo i građevinarstvo u Kraljevu Univerziteta u Kragujevcu, Srbija</i>
Dr Nikola Karličić	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet</i>
Dr Anes Kazagić	<i>„Elektroprivreda Bosne i Hercegovine“, Sarajevo, Bosna i Hercegovina</i>
Dr Katarina Knežević	<i>Venergi GmbH, Austrija</i>
Dr Atanas Kočov	<i>Mašinski fakulteta Univerziteta Skopje, Severna Makedonija</i>
Dr Filip Kokalj	<i>Univerzitet u Mariboru, Mašinski fakultet, Maribor, Slovenija</i>
Dr Tibela Landeka Dragičević	<i>Faculty of Food Technology and Biotechnology University of Zagreb, Croatia</i>
Dr Dorin Lelea	<i>University Politehnica Timisoara, Rumunija</i>
Dr Ljiljana Medić-Pejić	<i>Universidad Politécnica de Madrid Madrid, Španija</i>
Dr Sanja Milivojević	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Srbija</i>
Dr Biljana Miljković	<i>Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu, Novi Sad</i>
Dr Nenad Mitrović	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Srbija</i>
Dr Miloš Nikolić	<i>Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet za mašinstvo i građevinarstvo u Kraljevu, Kraljevo, Srbija</i>
Dr Nataša Nord	<i>Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norveška</i>
Dr Marko Obradović	<i>Mašinski fakulteta Univerziteta u Beogradu, Beograd (predsednik)</i>
Dr Olga Petrov	<i>School of Construction and the Environment, British Columbia Institute of Technology, Canada</i>
Dr Andrija Petrović	<i>Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Srbija</i>
Dr Milan M. Petrović	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Srbija</i>

Dr Darko Radenković	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Srbija</i>
Dr Dejan Radić	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Srbija</i>
Dr Ivona Radović	<i>Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Srbija</i>
Dr Niko Samec	<i>Mašinski fakultet Univerziteta u Mariboru, Slovenija</i>
Dr Olivera Stamenković	<i>Tehnološki Fakultet Univerziteta u Nišu, Leskovac</i>
Dr Snežana Stevanović	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, Srbija</i>
Dr Vladimir Stevanović	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Srbija</i>
Dr Dušan Todorović	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, Srbija</i>
Dr Jasna Tolmač	<i>Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihailo Pupin“, Zrenjanin, Srbija</i>
Dr Radoje Vujadinović	<i>Mašinski fakultet Univerziteta Crne Gore, Crna Gora</i>
Dr Igor Vušanović	<i>Mašinski fakultet Univerziteta Crne Gore, Crna Gora</i>
Dr Nikola Živković	<i>Institut za nuklearne nauke „Vinča“, Beograd</i>

RECENZENTI REVIEWERS

Prof. dr Miroslav Stanojević	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd</i>
Prof. dr Nikola Karličić	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd</i>
Prof. dr Marko Obradović	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd</i>
Prof. dr Dušan Todorović	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd</i>
Doc. dr Maja Đolić	<i>Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd</i>
Prof. dr Mladen Đurić	<i>Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd</i>
Doc. dr Jelena Ruso	<i>Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd</i>
Dr Zoran Simić	<i>Univerzitet u Beogradu, Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu</i>

POČASNI ODBOR HONORARY COMMITTEE

Prof. dr Bratislav Blagojević	<i>SMEITS, Beograd</i>
Ljuba Stojčić	<i>Elixir Prahovo, Prahovo</i>
Prof. dr Vladimir Popović	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd</i>
Prof. dr Mirjana Kijevčanin	<i>Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd</i>
Prof. dr Marko Mihić	<i>Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd</i>
Dr Slavko Dimović	<i>Institut za nuklearne nauke „Vinča“, Beograd</i>
Prof. dr Martin Bogner	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd,</i>
Dejan Dotlić	<i>Kazantrade Solution, Beograd</i>
Vladimir Milovanović	<i>Beo Čista Energija, Beograd</i>
Veljko Todorović	<i>Grundfos Srbija, Beograd</i>
Nemanja Tubić	<i>Wilo, Beograd</i>
Zdravko Ivančić	<i>Numikon, Hrvatska</i>
Aleksandar Milosavljević	<i>Geotaur, Beograd</i>

PROGRAM UKRATKO

Sreda, 3. jun 2026

Sala 1

10:00-11:00	Registracija učesnika
11:00-12:00	Svečano otvaranje i predstavljanje <i>Izveštaja o održivom poslovanju kompanije Elixir Group</i>
12:00-13:00	Koktel dobrodošlice
13:00-13:50	Sesija 1. Izlaganje radova tematskih oblasti: ▪ Energija u procesnoj industriji ▪ Procesne tehnologije, operacije, aparati i mašine u procesnoj industriji
13:50-14:00	Pauza
14:00-15:00	Panel: Industrija i veštačka inteligencija: od digitalne spremnosti do industrije 5.0 ▪ <i>Od regresije do neuronskih operatora: pregled metoda mašinskog učenja u procesnoj industriji</i>, Andrija Petrović (Rad po pozivu)
15:15-15:25	Pauza
15:25-16:10	Sesija 3. Izlaganje radova tematskih oblasti: ▪ Projektovanje, izgradnja, eksploatacija i održavanje procesnih postrojenja
16:10-16:15	Pauza
16:15-17:15	Panel: Industrija i klimatski zahtevi: smanjenje emisije gasova gasova sa efektom staklene bašte, monitoring i regulatorni okvir
17:15-18:15	Sesija 4. Prezentacija postera sledećih tematskih oblasti: ▪ Energija u procesnoj industriji ▪ Procesne tehnologije, operacije, aparati i mašine ▪ Projektovanje, izgradnja, eksploatacija i održavanje procesnih postrojenja ▪ Menadžment kvaliteta i standardizacija u organizacijama

Sala 2

09:30-10:30	Konferencija Društva za procesnu tehniku
13:00-13:55	Sesija 2. Izlaganje radova tematskih oblasti: ▪ Menadžment kvaliteta i standardizacija u organizacijama
13:55-14:00	Pauza
14:00-18:00	Panel: Oprema pod pritiskom ▪ <i>Primena pravila odlučivanja na primeru ispitivanja ventila sigurnosti prema ILAC G8:09/2019</i>, Dejan Radić (Rad po pozivu)

20:00 h - Svečana večera za učesnike sa kotizacijom

Četvrtak, 4. jun 2026

Sala 1

09:00-10:00	Sesija 5. Prezentacija postera sledeće tematske oblasti ▪ Inženjerstvo životne sredine i održivi razvoj u procesnoj industriji, cirkularna ekonomija
10:00-11:05	Sesija 6. Izlaganje radova tematske oblasti: ▪ Inženjerstvo životne sredine i održivi razvoj u procesnoj industriji, cirkularna ekonomija
11:05-12:15	Panel: Industrija u zelenoj tranziciji: novi zahtevi, realni izazovi
12:15-13:00	Zatvaranje skupa i koktel
13:30	Poseta fabrici Elixir Prahovo

PREDGOVOR

Društvo za procesnu tehniku pri SMEITS-u i Katedra za procesnu tehniku, Mašinskog fakulteta u Beogradu, sa velikim zadovoljstvom predstavljaju Zbornik apstrakata 39. Međunarodnog kongresa o procesnoj industriji – Procesing '26. Izuzetno interesovanje i veliki odziv javnosti za ovogodišnji skup jasno pokazuju da se Procesing vraća na poziciju koja mu tradicionalno pripada. U vremenu intenzivnih tehnoloških promena, kada se pred procesnu industriju postavljaju visoki zahtevi u pogledu zelene tranzicije, energetske efikasnosti i održivosti, kongres iznova potvrđuje svoju ulogu centralnog mesta za razmenu ideja i predstavljanje inovacija, podsećajući nas pritom koliko su direktan kontakt i živa reč među kolegama zapravo nezamenljivi.

Procesing '26 se održava u Negotinu, 3. i 4. juna 2026. godine.

Generalni pokrovitelj kongresa je Elixir Prahovo – Elixir Group, kompanija koja je 2025. godine obeležila dva velika jubileja, 65 godina tradicije hemijske industrije u Prahovu i 35 godina postojanja kompanije Elixir Group.

Visok akademski i stručni nivo skupa i ove godine garantuju Naučni i Organizacioni odbor, u kojima su na najbolji način udruženi znanje i iskustvo predstavnika najznačajnijih obrazovnih i naučnih institucija, strukovnih organizacija i privrede.

Međunarodni karakter Procesinga i ove godine potvrđen je učešćem inostranih autora i članova naučnog odbora. Zvanični jezici za izlaganje radova su srpski i engleski.

Pred vama je 80 rezimea radova autora iz zemlje i inostranstva koje je Naučni odbor prihvatio za izlaganje nakon obavljenih recenzija.

Osnovni ciljevi kongresa su usavršavanje i povezivanje inženjera i istraživača u oblastima procesne tehnike, procesnih tehnologija, energetike, inženjerstva zaštite životne sredine, menadžmenta kvaliteta i standardizacije u organizacijama i srodnih industrijskih grana, uz podršku u predstavljanju ostvarenih rezultata istraživačkih projekata, razmeni iskustava i primeni savremenih inženjerskih rešenja u praksi.

Fokus Procesinga '26 je na primeni obnovljivih izvora energije i smanjenju negativnog uticaja na životnu sredinu u procesnoj industriji. Posebna pažnja biće posvećena primeni principa cirkularne ekonomije, ostvarivanju ciljeva održivog razvoja, smanjenju emisija i proizvodnji održivih proizvoda, sa ciljem potpunog zatvaranja ciklusa od proizvoda, preko otpada, do novog proizvoda.

Tematske oblasti Procesinga '26 obuhvataju:

- Procesne tehnologije, operacije, aparate i mašine u procesnoj industriji;*
- Projektovanje, izgradnju, eksploataciju i održavanje procesnih postrojenja;*
- Energiju u procesnoj industriji;*
- Inženjerstvo životne sredine, održivi razvoj i cirkularnu ekonomiju;*
- Merenje, upravljanje, modelovanje i optimizaciju procesnih i termoenergetskih postrojenja;*
- Menadžment kvaliteta i standardizaciju u organizacijama.*

Pored izlaganja radova, program obuhvata i četiri panela posvećena najaktuelnijim pitanjima procesne industrije. Ove dinamične platforme za otvoreni dijalog okupiće predstavnike industrije, akademske zajednice i nadležnih institucija oko sledećih tema:

- 1. Industrija i veštačka inteligencija: od digitalne spremnosti do Industrije 5.0 Primena veštačke inteligencije danas više nije pitanje budućnosti, već opstanka i konkurentnosti. Na panelu će se diskutovati o proceni digitalne spremnosti industrijskih sistema, realnim mogućnostima primene AI rešenja u proizvodnim procesima, kao i o ulozi digitalnih blizanaca i Industrije 5.0 u prelasku ka otpornijoj i čoveku usmerenoj industriji.*
- 2. Industrija i klimatski zahtevi: smanjenje emisije gasova sa efektom staklene bašte, monitoring i regulatorni okvir Smanjenje emisija postalo je ključno pitanje zbog održivosti i strogih regulatornih zahteva. Razmatraće se mogućnosti za ostvarivanje realnih ušteda CO₂ u industrijskim procesima, postupci verifikacije i aktuelni regulatorni okvir u Srbiji, uz posebnu analizu uticaja mehanizma CBAM.*
- 3. Industrija u zelenoj tranziciji: novi zahtevi, realni izazovi Proces implementacije Direktive o industrijskim emisijama (IED) otvara važna pitanja usklađivanja, prelaznih perioda i potrebnih ulaganja. Govoriće se o primeni novih Seveso propisa i izmenama u upravljanju otpadom u praksi, kao i o uticaju ovih zahteva na konkurentnost domaće industrije.*
- 4. Oprema pod pritiskom Panel se fokusira na jednu od najzahtevnijih oblasti procesne industrije, donoseći konkretna znanja i tumačenja aktuelne prakse i propisa. U okviru programa biće predstavljen srpski prevod i stručna redakcija PED 2014/68/EU Smernica, a razmatraće se i potencijalni problemi pri ispitivanju pritiskom opreme koja je dugo u eksploataciji. Poseban osvrt biće dat mogućnostima ispitivanja akustičnim metodama, kao delu programa periodičnih pregleda čeličnih posuda na stanicama za snabdevanje komprimovanim prirodnim gasom. Uz to, detaljno će se analizirati uloga imenovanih tela u odobravanju osoblja za izvođenje i ispitivanje bez razaranja nerastavljivih spojeva na opremi pod pritiskom (uključujući mogućnost prihvatanja inostranih sertifikata), kao i nadležnosti inspektora opreme pod pritiskom i propisani poslovi koje obavljaju lica sa položenim stručnim ispitom iz ove oblasti u skladu sa Zakonom o gasu i Zakonom o nafti.*

Kao dodata vrednost ovogodišnjem programu, učesnicima je omogućena stručna poseta postrojenju za dobijanje energije iz otpada, što predstavlja jedinstvenu priliku za upoznavanje sa savremenim tehnološkim rešenjima na terenu.

*U Beogradu,
maj 2026.*

Predgovor

Energija u procesnoj industriji

1. **OGRANIČENJA ASME I EN NORMI U PRORAČUNU NESTANDARDNIH PRIRUBNIČKIH SPOJEVA I ISPRAVNA METODOLOGIJA ANALIZE KVADRATNIH I PRAVOUGAONIH PRIRUBNICA**
Limitations of ASME and EN Standards in the Analysis of Non-Standard Flanged Joints and the Proper Methodology for Evaluating Square and Rectangular Flanges
Zdravko Ivančić, Matej Tuferdžić 17
2. **KORIŠĆENJE OTPADNE TOPLOTE U TERMoeLEKTRANAMA PRIMENOM SUPERKRITIČNIH CO₂ BRAJTON CIKLUSA**
Waste Heat Recovery in Thermal Power Plants Using Supercritical CO₂ Brayton Cycles
Miloš Ivošević, Nikola Karličić, Branislav Gajić, Nikola Budimir 19
3. **ENERGANA NA OTPAD U PRAHOVU: ODRŽIVA ENERGIJA ZA ODRŽIVU BUDUĆNOST**
Waste-to-Energy Plant in Prahovo: Sustainable Energy for a Sustainable Future
Dragan Mančić, Dragan Stanojević, Perica Jukić, Goran Mišić, Nenad Milutinović, Damjan Karlovčan 20
4. **DVOSTRUKO – HELIKOIDNI RAZMENJIVAČ TOPLOTE U BIOGASNIM ELEKTRANAMA**
Double – Helix Heat Exchanger in Biogas Power Plants
Aleksa Trifković, Mirjana Stamenić, Srbislav Genić, Radovan Karić 23
5. **MODELIRANJE POGONSKE SILE ZA RAZMENU TOPLOTE U PLAMENOCEVNOM TOPLOVODNOM KOTLU SA TRI PROLAZA GASA**
Modeling the Driving Force for Heat Exchange in a Three-Pass Flame-Tube Hot Water Boiler
Saša Stašević 24
6. **TESTIRANJE MODELA SA DVA SLOJA SAGOREVANJA BIOMASE CFD SIMULACIJOM**
Testing Two Bed Models in CFD Simulations of Biomass Combustion
Filip Kokalj, Niko Samec, Vesna Alivojvodić, Aleksandar Jovović 25
7. **UNAPREĐENJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI I STANDARDIZOVANO MODELOVANJE ENERGETSKE BAZNE LINIJE U VINSKOJ INDUSTRIJI KROZ ISO 50001 I ISO 14064**
Energy Efficiency Improvement and Standardized Energy Baseline Modeling in Wine Industry through ISO 50001 and ISO14064
Aleksandar Gjerasimovski, Mitko Gjorgjievski, Nikola Jovanovski, Kristina Jakimovska 26

Procesne tehnologije, operacije, aparati i mašine u procesnoj industriji

8. **BRZA IDENTIFIKACIJA NATRIJUM-POLIAKRILATA KAO SUPERAPSORBUJUĆEG POLIMERA ZASNOVANA NA TESTU GORENJA**
Burning Test-Based Rapid Identification of Sodium Polyacrylate as a Super-Absorbent Polymer
Dragan Halas, Matilda Lazić, Aleksandar Dedić, Duško Salemović 27
9. **EKOLOŠKI PRIHVATLJIVA SINTEZA HIDROGELOVA AKRILAMIDA ZA KONTROLISANO OTPUŠTANJE AKTIVNIH SUPSTANCI**
Eco-Friendly Preparation of Acrylamide Hydrogels for Drug Delivery
Maja D. Marković, Miloš Radovanović, Rada V. Pjanović 29
10. **UTICAJ HEMIJSKE STRUKTURE NA FARMAKOLOŠKU AKTIVNOST DERIVATA AKRIDIN-1,8-DIONA**
Structure–Activity Relationship Study of Acridine-1,8-Dione Derivatives
Kristina Gak Simić, Luka Matović, Aleksandra Mašulović, Nemanja Trišović, Jelena Lađarević, Marija Dimitrijević, Ivana Đorđević, Anita Lazić 30
11. **EVALUACIJA UTICAJA RASTVARAČA NA POMERANJE APSORPCIONOG MAKSIMUMA AZO BOJA**
Solvent-Dependent Shifts in the Absorption Maxima of Azo Dyes
Kristina Gak Simić, Luka Matović, Aleksandra Mašulović, Nemanja Trišović, Jelena Lađarević, Anita Lazić, Petar Jovanović, Marija Dimitrijević 31
12. **ANALIZA KINETIKE LUŽENJA BAKRA IZ KONCENTRATA SFALERITA POMOĆU MnO₂-KI OKSIDACIONOG SISTEMA**
Kinetic Analysis of Copper Leaching from a Sphalerite Concentrate by the MnO₂-Ki Leaching Oxidation System
Dimitrije Andić, Aleksandar Jovanović, Mladen Bugarčić, Vaso Manojlović, Nela Vujović, Corby Anderson, Miroslav Sokić 33

13.	ODREĐIVANJE UKUPNOG SADRŽAJA POLIFENOLA U EKSTRAKTIMA <i>Determination of total Polyphenol Content in Extracts of Different Coffee Varieties and the Influence of Extraction Parameters</i> Zdravka Jovanović, Nebojša Vasiljević, Vladan Mičić	35
14.	ANALIZA VISKOZNOSTI SISTEMA NA BAZI PEG KAO KANDIDATA ZA RASTVARAČE U PROCESIMA ODSUMPORAVANJA DIMNIH GASOVA <i>Viscosity Study of PEG-Based Systems as Candidate Solvents for Flue Gas Desulfurization Processes</i> Divna Majstorović, Nikola Živković, Emila Živković	37
15.	UTICAJ GEOMETRIJE, BRZINE DESTILACIJE I ODNOSA BILJNA MASA-VODA NA KINETIKU HIDRODESTILACIJE ETARSKOG ULJA LAVANDE <i>Influence of Geometry, Distillation Rate, and Plant-to-Water Ratio on Hydrodistillation Kinetics of Lavender Essential Oil</i> Miljana Krstić, Aleksandra Perović, Ana V. Veličković, Jelena. M. Avramović, Bojana Danilović, Ivana Karabegović, Vlada B. Veljković	39
16.	DVOSTEPENA EKSTRAKCIJA ULJA IZ SEMENA ULJANE ROTKVE PRIMENOM PUŽNOG PRESOVANJA I EKSTRAKCIJE RASTVARAČEM <i>Two-Stage oil Extraction from Oilseed Radish Seeds Using Screw Pressing and Solvent Extraction</i> Vesna Zlatković, Nada Grahovac, Ivana Banković-Ilić, Petar Mitrović, Zoran Todorović, Ivan Stojković, Ana Marjanović Jeromela, Vlada Veljković	41
17.	ANALIZA UTICAJNIH PARAMETARA NA SNAGU PUMPE PRI TRANSPORTU SIROVE NAFTE <i>Analysis of Influential Parameters on Pump Power during the Transportation of Crude Oil</i> Jasna Tolmač, Slavica Prvulović, Uroš Šarenac, Milan Marković	43
18.	KOLIKO PLAMENOGASITELJI MENJAJU STABILNOST JEDNOBAZNIH BARUTA? <i>How much Do Fire Retardants Affect the Stability of Single-Base Propellants?</i> Mladen Bugarčić, Janko Živanić, Lazar Lapčević, Aleksandar Jovanović, Dimitrije Anđić, Anđela Simović, Jovica Nešić	44
19.	IDENTIFIKACIJA POLIMERNIH MATERIJALA I ELASTOMERA NA BAZI BRZIH METODA PROCENE GUSTINE I TESTA GORENJA <i>Identification of Thermoplastic Polymer Materials Based on Floathing and Burning Test Methods</i> Dragan Halas, Matilda Lazić, Aleksandar Dedić, Duško Salemović, Jelena Bera	46
20.	UTICAJ VISINE CENTRALNE CEVI NA HIDRODINAMIKU U FONTANSKOM SLOJU SA CEVNIM UMETKOM <i>Effect of Central Tube Height on Hydrodynamics i a Draft-Tube Spouted Fluid Bed</i> Dunja Šijaković, Katarina Šučurović, Tatjana Kaluđerović Radoičić, Nevenka Bošković-Vragolović	47
21.	PROCENA KOMPATIBILNOSTI KOMPONENTI TERMOBARIČNIH EKSPLOZIVA PRIMENOM MIKROKALORIMETRIJE TOPLOTNOG FLUKSA <i>Compatibility Assessment of Thermobaric Explosive Components by Heat Flow Microcalorimetry</i> Danica Bajić, Mirjana Krstović, Vesna Petrović, Teodora Stančić	49
22.	NOVE AZO BOJE IZVEDENE IZ PIRIDONA: SINTEZA, STRUKTURNA KARAKTERIZACIJA I SOLVATOHROMNA SVOJSTVA <i>Novel Pyridone-Derived Azo Dyes: Synthesis, Structural Characterization, and Solvatochromic Properties</i> Luka Matović, Vojkan Stamenković, Dušan Mijin, Jelena Lađarević, Nemanja Trišović, Anita Lazić, Aleksandra Mašulović	51
23.	SINTEZA, KARAKTERIZACIJA I TAUTOMERIJA NOVE AZO BOJE NA BAZI OROTIČNE KISELINE <i>The Synthesis, Characterization, and Solvatochromic Properties of Novel Azo Dye Bearing Orotic Acid Core</i> Luka Matović, Vojkan Stamenković, Dušan Mijin, Jelena Lađarević, Nemanja Trišović, Anita Lazić, Aleksandra Mašulović	53
24.	OD REGRESIJE DO NEURONSKIH OPERATORA: PREGLED METODA MAŠINSKOG UČENJA U PROCESNOJ INDUSTRIJI <i>From Regression to Neural Operators: A Review of Machine Learning Methods in the Process Industry</i> Andrija Petrović	55

Projekтовanje, izgradnja, eksploatacija i održavanje procesnih postrojenja

25.	PRIKAZ ULOGE I IZAZOVA KOD IMPLEMENTACIJE BIM-A U PROCESNOJ INDUSTRIJI KROZ PRIZMU GRČKE NACIONALNE STRATEGIJE <i>Overview of the Role and Challenges of BIM Implementation in Process Industry through the Prism of the Greek National Strategy</i> Ioanis Bafas, Branislav Todorović	57
-----	---	----

26.	UPRAVLJAČKI SISTEM ZA REGULACIJU RADA TANDEM EKSTRUZONE LINIJE <i>Control System for Regulating the Operation of the Tandem Extrusion Line</i> Igor Kocić, Saša S. Nikolić, Dragan S. Antić, Marko T. Milojković, Staniša Lj. Perić, Miroslav B. Milovanović, Nikola B. Danković	59
27.	NUMERIČKO-EKSPERIMENTALNI PRISTUP U PROCENI ČVRSTOĆE (INTEGRITETA) ELEMENATA PROCESNIH POSTROJENJA <i>Numeričko-eksperimentalni pristup u proceni čvrstoće (integriteta) elemenata procesnih postrojenja</i> Ana Petrović	61
28.	STUDIJA SLUČAJA UPRAVLJANJA DEPONIJSKIM GASOM <i>Case Study of Landfill Gas Management</i> Marina Mihajlović, Ana Dajić	63
29.	PROCENA FAKTORA KONCENTRACIJE NAPONA U FERITNO-AUSTENITNOM ZAVARENOM SPOJU CEVOVODA <i>Stress Concentration Factor Assesment in a Ferritic-Austenitic Steel Welded Joint on a Pipeline</i> Ana Petrović, Aleksandar Jovanović, Mihajlo Arandelović, Simon Sedmak, Branislav Đorđević	65
30.	HIDRAULIKA PRANJA PEŠČANIH FILTERA U POSTROJENJIMA ZA PREČIŠĆAVANJE VODE <i>Hydraulic of Sand Filters Washing in Water Treatment Plants</i> Miodrag Stanojević	67
31.	ANALIZA TERMOTEHNIČKIH USLOVA U OBJEKTIMA ZA ODSUMPORAVANJE DIMNIH GASOVA BLOKOVA B1 I B2 TERMoeLEKTRANE „NIKOLA TESLA B“, OBRENOVAC <i>Analysis of Thermotechnical Conditions in Facilities for Flue Gas Desulfurization of Blocks B1 and B2 of the “Nikola Tesla B” Thermal Power Plant, Obrenovac</i> Đorđe Karić, Vladimir Jevtić, Mirko Komatina	69
32.	ULOGA PROJEKTANTA TEHNOLOGIJE U IZRADI TEHNIČKE DOKUMENTACIJE U REPUBLICI SRBIJI <i>The Role of the Technology Designer in the Creation of Technical Documentation in the Republic of Serbia</i> Ivan Stojković	71
33.	PRIMENA SAVREMENIH GEODETSKIH I SENZORSKIH TEHNOLOGIJA U MONITORINGU I INSPEKCIJI OBJEKATA PROCESNE INDUSTRIJE <i>Application of Modern Geodetic and Sensor Technologies in Monitoring and Inspection of Process Industry Facilities</i> Aleksandar Milosavljević	73
34.	MEHANIČKE I HEMIJSKE KARAKTERISTIKE MATERIJALA ZA BARBOTAŽNE BIOREAKTORE U BIOLOŠKOJ OBRADI OTPADNIH VODA, PREGLED <i>Mechanical and Chemical Properties of Materials for Bubble Column Bioreactors in Biological Wastewater Treatment: A Review</i> Katarina Telebak, Nikola Karličić, Isaak Trajković, Tibela Landeka Dragičević, Dijana Grgas, Marko Obradović, Dušan Todorović, Snežana Bećirić	75
35.	RASPOREĐIVANJE APARATA ZA GAŠENJE POŽARA U ZAVISNOSTI OD KLASSE POŽARA <i>Distribution of Fire Extinguishers According to Fire Classification</i> Ivan Arandelović, Nikola Tanasić, Radenko Rajić	77
36.	PROJEKTOVANJE I ANALIZA KOMBINOVANE KOMORE ZA PREMAZIVANJE I SUŠENJE SA ATMOSFERSKIM GORIONICIMA <i>Design and Analysis of a Combined Coating and Drying Chamber with Atmospheric Burners</i> Martina Balać, Vladimir Jovanović, Jovan Šaula	78

Menadžment kvaliteta i standardizacija u organizacijama

37.	INTEGRISANI FILOZOFSKO KOMUNIKOLOŠKI PRISTUP UPRAVLJANJU KVALITETOM: HERMENEUTIKA, TEHNIKA I AKTERSKE MREŽE U POSTROJENJIMA ODRŽIVE ENERGETIKE <i>Integrated Philosophical–Communicological Approach to Quality Management: Hermeneutics, Technology and Actor-Networks in Sustainable Energy Facilities</i> Andrea Ratković Novković	80
38.	FAKTORI KOJI UTIČU NA KVALITET USLUGE U MOBILNOM UČENJU: PLS-SEM PRISTUP <i>Factors Influencing Service Quality in Mobile Learning: A PLS-SEM Approach</i> Lidija Krstić, Sanela Arsić, Aleksandra Radić, Isidora Milošević	82
39.	KVALITET TIMSKOG RAZVOJA I KOHEZIJE U HIBRIDNIM RADNIM OKRUŽENJIMA <i>Quality of Team Development and Cohesion in Hybrid Work Environments</i> Snežana Nestić, Aleksandar Aleksić, Danijela Tadić, Strahinja Stijović	84

40.	PROCENA KVALITETA ERP REŠENJA KROZ PERFORMANSE SISTEMA: DOKAZI ZASNOVANI NA ANOVA ANALIZI IZ DISKRETNE I PROCESNE INDUSTRIJE <i>Assessing ERP Solution Quality through System Performance: ANOVA-Based Evidence from Discrete and Process Industries</i> Aleksandra Radić, Sanela Arsić, Lidija Krstić	85
41.	ULOGA INFRASTRUKTURE KVALITETA U OBEZBEĐIVANJU ODGOVORNOG UPRAVLJANJA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE <i>The Role of Quality Infrastructure in Ensuring Responsible AI Governance</i> Biljana Tošić, Ana Rakić, Jelena Ruso, Jovan Filipović	87
42.	STRATEŠKI MODELI I PERFORMANSE SA FOKUSOM NA BALANCED SCORECARD <i>Strategic Models and Performance with a Focus on the Balanced Scorecard</i> Nedeljka Živković, Maja Glogovac, Biljana Tošić, Isidora Milošević, Sanela Arsić, Nedeljko Živković	89
43.	MENADŽMENT KVALITETA U JAVNOJ UPRAVI: STUDIJA SLUČAJA NACIONALNIH ORGANIZACIJA ZA PODRŠKU PRIVREDI <i>Quality Management in Public Administration: A Case Study of an Organization Supporting the Business Sector</i> Teodora Križanić, Dušan Trajković, Ana Rakić	91
44.	PRIMENA ESG KONCEPTA U AVIO-INDUSTRIJI <i>Implementation of the ESG Concept in the Aviation Industry</i> Mila Marković, Mladen Đurić	93
45.	LOKALNA SAMOUPRAVA I OČUVANJE ŽIVOTNE SREDINE <i>Local Self-Government and Environmental Protection</i> Sara Dimitrijević	95
46.	MEĐUSOBNI ODNOSI KAIZEN PRISTUPA I IT RESURSA U POBOLJŠAVANJU PROCESA U ORGANIZACIJI <i>Relationship between the Kaizen Approach and IT Resources in Quality Improvement of Processes in an Organization</i> Milica Ljubojević, Mladen Đurić	97
47.	EFEKTIVNOST OBUKA IZVRŠILACA U SISTEMU MENADŽMENTA KVALITETA U MEDICINSKOJ I FARMACEUTSKOJ INDUSTRIJI <i>Effectiveness of Employee Training in Quality Management Systems in the Medical and Pharmaceutical Industry</i> Nevena Krstajić, Mladen Đurić	99
48.	PRIMENA ISO/IEC 42001 U PROCESNOJ INDUSTRIJI: UPRAVLJANJE VEŠTAČKOM INTELIGENCIJOM U FUNKCIJI ODRŽIVOG RAZVOJA <i>Applying ISO/IEC 42001 in Process Industry: AI Governance for Sustainable Development</i> Nikola Vojtek, Vladan Pantović	101
49.	MODERNIZACIJA OBRAZOVNOG PROFILA „TEHNIČAR GREJANJA I KLIMATIZACIJE” U SKLADU SA ZAHTEVIMA PROCESNE INDUSTRIJE <i>Modernization of the Educational Profile “Heating and Air Conditioning Technician” in Accordance with the Requirements of the Process Industry</i> Milica Gerasimović, Snežana Bećirić	103
50.	BIBLIOMETRIJSKA ANALIZA ISTRAŽIVANJA O ZELENUM KUPOVNOM PONAŠANJU KAO POKRETAČU ODRŽIVOG RAZVOJA <i>A Bibliometric Analysis of Research on Green Purchasing Behaviour as a Driver of Sustainable Development</i> Sanela Arsić, Aleksandra Fedajev, Dušan Mladenović, Danijela Voza, Milica Veličković, Marija Panić	105
51.	POKRETAČI ZELENOG KUPOVNOG PONAŠANJA I NJIHOV ZNAČAJ ZA ODRŽIVI INDUSTRIJSKI RAZVOJ: SLUČAJ SRBIJE I ČEŠKE REPUBLIKE <i>Drivers of Green Purchasing Behaviour and their Implications for Sustainable Industrial Development: Evidence from Serbia and The Czech Republic</i> Aleksandra Fedajev, Sanela Arsić, Dušan Mladenović, Danijela Voza, Milica Veličković, Marija Panić	107
52.	PRIMENA PRAVILA ODLUČIVANJA NA PRIMERU ISPITIVANJA VENTILA SIGURNOSTI PREMA ILAC G8:09/2019 <i>Application of Decision Rules to Safety Valve Testing in Accordance with ILAC G8:09/2019</i> Dejan Radić	109

Inženjerstvo životne sredine i održivi razvoj u procesnoj industriji, cirkularna ekonomija

53.	KAKO EVROPSKA POLITIKA OBLIKUJE BUDUĆNOST PROCESNE TEHNIKE <i>How European Policy Shapes the Future of Process Engineering</i> Miloš Ivošević, Nikola Karličić, Branislav Gajić, Nikola Budimir	110
-----	--	-----

54.	PRIMENA NOVE EU DIREKTIVE O KVALITETU VAZDUHA I PROCENA PREKORAČENJA PM2.5 U SRBIJI: IMPLIKACIJE NA GODIŠNJU KLASIFIKACIJU ZAGAĐENJA <i>Application of the New EU Air Quality Directive and Assessment of PM2.5 Exceedances in Serbia: Implications for Annual Air Pollution Classification</i> Aleksandar Madžarević, Miroslav Crnogorac, Filip Miletić	111
55.	STRUKTURNA I MORFOLOŠKA KARAKTERIZACIJA KOMPOZITA Y₂O₃/TiO₂ SA PRIMENOM U TRETMANU OTPADNIH VODA <i>Structural and Morphological Characterization of Y₂O₃/TiO₂ Composite with Application in Waste Water Treatment</i> Aleksandar Jovanović, Jelena Petrović, Marija Simić, Jelena Dimitrijević, Luka Matović, Nikola Vuković, Miroslav Sokić	113
56.	ISPITIVANJE MOGUĆNOSTI OBEZBOJAVANJA RASTVORA BOJE REACTIV BLUE 5 U MIKROREAKTORSKOM SISTEMU <i>Investigation of the Potential for Reactive Blue 5 Dye Solution Decolorization in Microreactor Systems</i> Ana Dajić, Marina Mihajlović	115
57.	VALORIZACIJA FOSFOGIPSA SEKVESTRACIJOM CO₂ IZ INDUSTRIJSKIH OTPADNIH TOKOVA <i>Phosphogypsum Valorization through CO₂ Sequestration from Industrial Waste Streams</i> Marija Miladinović, Biljana Đorđević, Milan Kostić, Ana Bijelić, Ljiljana Veselinović, Aleksandar Stanković, Olivera Stamenković	116
58.	FARMACEUTSKI PROIZVODI SA ISTEKLIM ROKOM TRAJANJA KAO ODRŽIVI INHIBITORI KOROZIJE ČELIKA U PROCESIMA DEKAPIRANJA KISELINOM <i>Expired Pharmaceutical Compounds as Sustainable Corrosion Inhibitors for Steel in Acid Pickling Environments</i> Aleksandra S. Popović, Amil Aligayev, Dušan V. Trajković, Gvozden Jovanović, Lazar Rakočević, Branimir N. Grgur	118
59.	MOGUĆNOST VALORIZACIJE PEPELA SUNCOKRETOVE LJUSKE U PROIZVODNJI MINERALNIH GRANULISANIH ĐUBRIVA U SKLADU SA PRINCIPIMA CIRKULARNE EKONOMIJE <i>Possibility of Sunflower Husk Ash Valorization in the Production of Mineral Granulated Fertilizers in Accordance with the Principles of Circular Economy</i> Alija Salkunić, Dejan Todorović, Nikola Belobaba, Julijana Bogićević, Slavica Bogdanović	120
60.	ODREĐIVANJE PODATAKA ZA RAVNOTEŽU TEČNOST-TEČNOST U SVRHU PROJEKTOVANJA SEPARACIONIH PROCESA VODA-ACETON KORIŠĆENJEM ZELENIH RASTVARAČA <i>Determination of Liquid–Liquid Equilibrium Data for the Design of Water–Acetone Separation Processes Using Green Solvents</i> Zoran Simić, Mirjana Kijevčanin, Ivona Radović	122
61.	KARAKTERIZACIJA PRIPREMLJENOG BIOSORBENTA OD LJUSKE KESTENA ZA UKLANJANJE ZAGAĐUJUĆE MATERIJE IZ VODE <i>Characterization of a Chestnut Shell-Derived Biosorbent for the Removal of Pollutants from Water</i> Nataša Knežević, Valentina Vukobrat, Aleksandar Marinković	123
62.	KOMPOZITI ZEOLIT/HITOZAN SA ANTIBAKTERIJSKIM DELOVANJEM <i>Antibacterial Zeolite/Chitosan Composite Materials</i> Jelena Dikić, Sanja Jevtić, Katarina Sokić, Nikola Milašinović, Jelena Pajnik	125
63.	PARADOKS DEKARBONIZACIJE: UTICAJ NET ZERO CILJEVA NA DOSTUPNOST SUMPORA <i>The Decarbonization Paradox: The Impact of Net Zero Targets on Sulfur Availability</i> Milica Bučkić, Marija Ilić, Alija Salkunić	127
64.	PREGLED HEMOMETRIJSKIH PRISTUPA ZA IDENTIFIKACIJU IZVORA TEŠKIH METALA U VODAMA POD UTICAJEM METALURŠKIH AKTIVNOSTI <i>A Review of Chemometric Approaches for Identifying Sources of Heavy Metals in Waters Affected by Metallurgical Activities</i> Đorđe Ogrizović, Milica Delić, Ivana Jelić, Maja Đolić, Marija Šljivić Ivanović	129
65.	SAVREMENI PRISTUPI UNAPREĐENJU HABER-BOSCH-OVOG PROCESA U PROIZVODNJI ZELENOG AMONIJAKA <i>Modern Approaches to Improving the Haber-Bosch Process in Green Ammonia Production</i> Kristina Aščerić, Ana Simić, Jelena Ignjatović	131
66.	IZBOR MATERIJALA I TEHNOLOGIJE ZAVARIVANJA U FUNKCIJI SMANJENJA UGLJENIČNOG OTISKA <i>Reducing Carbon Footprint through Material and Welding Process Optimization</i> Dejan Ilić, Jovana Plavjanović, Ivica Radelović, Željko Kurić	133

67.	TERMODINAMIČKA ANALIZA SMEŠA PRISUTNIH U PROCESU VALORIZACIJE BIOMASE KOJE SADRŽE EUGENOL <i>Thermodynamic Analysis of the Mixtures Present in the Biomass Valorisation Process Containing Eugenol</i> Gorica R. Ivaniš, Milica Vasović, Milica Đukić, Ivona R. Radović, Mirjana Lj. Kijevčanin	134
68.	UPRAVLJANJE PREČIŠĆAVANJEM I NEUTRALIZACIJOM OTPADNIH VODA U POGONU ZA PROIZVODNJU MINERALNE VUNE <i>Control of Wastewater Treatment and Neutralization in a Mineral Wool Production Plant</i> Stanko P. Stankov	136
69.	TEHNOLOŠKE OTPADNE VODE U PROIZVODNJI BETONA: MOGUĆNOSTI PONOVDNE UPOTREBE <i>Process Wastewater in Concrete Production: Opportunities for Water Reuse</i> Nevena Purić, Darko T. Đorđević, Jelena R. Tripković, Jelena Ruso, Maja Đolić	137
70.	NUKLEARNE TEHNOLOGIJE U KONTROLI ZAGAĐENJA MIKROPLASTIKOM <i>Nuclear Technologies for Controlling Microplastic Pollution</i> Ljiljana Janković Mandić, Mirjana Čujić, Vojislav Stodić, Valentina Vukobrat	139
71.	PRIMENA ZELENIH RASTVARAČA ZA IZOLOVANJE BIOAKTIVNIH JEDINJENJA IZ PRIRODNIH IZVORA <i>Application of Green Solvents for the Isolation of Bioactive Compounds from Natural Sources</i> Kosana Popović, Jelena Đuričić-Milanković, Ivana Jevtić, Mirjana Antonijević-Nikolić, Dragana Ilić-Udovičić	141
72.	FOSFOR KAO KRITIČNA SIROVINA U CIRKULARNOJ EKONOMIJI: IZDVAJANJE I ISKORIŠĆENJE IZ KOMUNALNIH OTPADNIH TOKOVA <i>Phosphorus as a Critical Raw Material in the Circular Economy: Recovery and Utilisation from Municipal Sludge and Liquid Fractions</i> Vesna Alivojvodić, Aleksandra Vučinić, Nela Vujović	143
73.	TERMOVIZIJSKE I GASNE INSPEKCIJE DEPONIIJA KOMUNALNOG OTPADA <i>Thermal Imaging and Gas Inspections of Municipal Solid Waste Landfills</i> Dimitrije Stevanović, Mirjana Kijevčanin, Gorica Ivaniš, Milorad Mandić, Ivona Radović	145
74.	ULTRAZVUČNA EKSTRAKCIJA BIOAKTIVNIH KOMPONENTI IZ VINSKIH NUSPROIZVODA: ODRŽIVI PRISTUP I INDUSTRIJSKA PRIMENA <i>Ultrasound-Assisted Extraction of Bioactive Compounds from Winery by-Products: A Sustainable Approach for Industrial Utilization</i> Nataša Obradović, Mina Volić	147
75.	KONDICIONIRANJE DIMNOG GASA IZ KOTLOVA NA BIOMASU <i>Conditioning of Flue Gas from Biomass Boilers</i> Rade Karamarković, Miloš Nikolić, Milan Marjanović, Dušan Todorović, Đorđe Novčić	149
76.	ANALIZA KOGENERACIONIH I TRIGENERACIONIH ENERGETSKIH SISTEMA U SAVREMENOJ URBANOJ INFRASTRUKTURI <i>Analysis of Cogeneration and Trigeration Energy Systems in Modern Urban Infrastructure</i> Dušan Velović, Vladimir Jovanović, Nedžad Rudonja, Martina Balać	151
77.	UTICAJ AKTIVNE KONDENZACIJE NA EMISIJE I FRAKCIONU RASPODELU ČVRSTIH ČESTICA IZ KOTLOVA NA DRVNU BIOMASU <i>Impact of Active Condensation on Emissions and Particle Size Distribution from Biomass-Fired Boilers</i> Dušan Velović, Vladimir Jovanović, Nedžad Rudonja, Martina Balać	153
78.	TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA PRIMENE ADIJABATSKIH SUSAČA VAZDUHA U INDUSTRIJI PROIZVODNJE BATERIJA <i>Techno-Economic Analysis of Desiccant Dehumidification Systems for Battery Manufacturing Applications</i> Aleksandar Đurićin, Milan Travica, Nenad Mitrović, Aleksandar Petrović	155
79.	NAPREDNO ENERGETSKI EFIKASNO SUŠENJE VOĆA PRIMENOM MIKROTALASNOG ZAGREVANJA I ZATVORENOG SISTEMA RECIRKULACIJE VLAŽNOG VAZDUHA <i>Advanced Energy-Efficient Fruit Drying Using Microwave Heating and Closed-Loop Humid Air Recirculation</i> Zaga Trišović, Tomislav Trišović	157
80.	RAZVOJ NAPREDNIH TEHNOLOGIJA ZA HVATANJE UGLJENIKA IZ INDUSTRIJSKIH EMITERA <i>Development of Advanced Technologies for Carbon Capture from Industrial Emitters</i> Gorica R. Ivaniš, Ivona R. Radović, Mladen Crnomarković, Marcel Eijkenboom, Mirjana Lj. Kijevčanin	159

Stručni rad

Ključne reči:
prirubnica;
projektovanje;
proračun;
MKE

**OGRANIČENJA ASME I EN NORMI U PRORAČUNU
NESTANDARDNIH PRIRUBNIČKIH SPOJEVA
I ISPRAVNA METODOLOGIJA ANALIZE KVADRATNIH
I PRAVOUGAONIH PRIRUBNICA**

Key words:
flange;
design;
calculation;
FEA

**LIMITATIONS OF ASME AND EN STANDARDS
IN THE ANALYSIS OF NON-STANDARD FLANGED JOINTS
AND THE PROPER METHODOLOGY FOR EVALUATING
SQUARE AND RECTANGULAR FLANGES**

Zdravko IVANČIĆ*

* zdravko.ivancic@numikon.hr

Numikon d.o.o. Zagreb, Hrvatska

ORCID: 0000-0002-1904-2468

Matej TUFERDŽIĆ

Numikon d.o.o. Zagreb, Hrvatska

ORCID: 0009-0004-3545-1319

Prirubnički spojevi nestandardnih geometrija, naročito kvadratnog i pravougaonog preseka, sve se češće koriste u procesnoj industriji zbog specifičnih konstruktivnih i tehnoloških zahteva. Međutim, postojeće norme – ASME BPVC Section VIII Div. 1 i evropske EN 1591-1 i EN 13445-3 – razvijene su isključivo za osno-simetrične kružne prirubnice, uz pretpostavku prstenastog savijanja i ravnomerne raspodele opterećenja. Zbog toga faktori krutosti i rigidnosti (ASME J-faktor, EN rotaciona fleksibilnost Z_F i k-faktori) nisu matematički ni fizički primenljivi na prirubnice nestandardne geometrije.

U inženjerskoj praksi često se primenjuju različite aproksimacije, kao što su određivanje „ekvivalentnog prečnika“ ili modifikovanje formula za kružne prirubnice radi procene ponašanja pravougaonih spojeva. Ovakvi pristupi dovode do značajnih grešaka: lokalnog smanjenja krutosti u uglovima, neravnomerne rotacije, redistribucije sila u vijcima, kao i pojave vršnih naprezanja koja nisu vidljiva analitičkim metodama. Posledice mogu biti potpune pogrešne procene nosivosti, brtvene sile i rizika od curenja.

Rad prikazuje ograničenja normativnih metoda i najčešće greške u praksi, uz detaljno poređenje analitičkih proračuna i numeričkih rezultata. Kroz 3D MKE simulacije demonstrira se realno ponašanje kvadratnih i pravougaonih prirubnica, uključujući savijanje, kontaktne pritiske, preraspodelu sila u vijcima i uticaj geometrijskih nelinearnosti. Prikazani su i praktični kriterijumi za prepoznavanje situacija u kojima analitičke metode postaju neupotrebljive.

Cilj rada je da pokaže da numerička analiza metodom konačnih elemenata predstavlja jedini pouzdan pristup projektovanju i verifikaciji prirubničkih spojeva nestandardnih geometrija u procesnoj industriji, kao i da pruži smernice za pravilno modeliranje i interpretaciju rezultata.

Flanged joints with non-standard geometries, particularly square and rectangular flanges, are increasingly encountered in process industry applications. However, existing design standards – ASME BPVC Section VIII Division 1 and the European EN 1591-1 and EN 13445-3 – are developed exclusively for axisymmetric circular flanges, assuming ring-type bending behaviour and uniform load distribution. Consequently, stiffness and rigidity parameters (ASME J-factor, EN rotational

flexibility Z_F and k -factors) are mathematically and physically inapplicable to non-circular geometries.

In engineering practice, various simplifications are often attempted, such as calculating an “equivalent diameter” or adapting circular-flange formulas to rectangular configurations. These approximations lead to significant errors due to the fundamentally different structural behaviour of rectangular flanges: reduced stiffness in corner regions, non-uniform rotation, bolt-load redistribution, and localized peak stresses not predicted by analytical methods. This may result in overly optimistic capacity estimates, incorrect bolt preload evaluation, and inaccurate prediction of gasket contact pressure and leakage risk.

This paper presents the limitations of ASME and EN analytical methods when applied to non-axisymmetric flanges, as well as the most common engineering mistakes. A detailed comparison between analytical predictions and numerical simulations is provided. Using 3D finite element analysis (FEA), the study demonstrates the actual behaviour of square and rectangular flanges, including bending deformation, contact pressure distribution, bolt-load variation, and the influence of geometric and contact nonlinearities. Practical criteria are proposed to identify situations where analytical calculations are no longer valid.

The work concludes that finite element analysis is the only reliable method for the design and verification of non-standard flange geometries in the process industry and provides engineering guidelines for proper modelling and interpretation of FEA results.

Originalni naučni rad

Ključne reči:

*superkritični CO₂; Brejtonov ciklus;
iskorišćenje otpadne toplote;
rekompresija; rekuperator;
termoelektrana; prenos toplote;
optimizacija*

Key words:

*supercritical CO₂; Brayton cycle;
waste heat recovery; recompression;
recuperator; thermal power plant;
heat transfer; optimization*

Miloš IVOŠEVIĆ*

* mivosevic@mas.bg.ac.rs

Nikola KARLIĆ

Branislav GAJIĆ

Nikola BUDIMIR

KORIŠĆENJE OTPADNE TOPLOTE U TERMoeLEKTRANAMA PRIMENOM SUPERKRITIČNIH CO₂ BRAJTON CIKLUSA

WASTE HEAT RECOVERY IN THERMAL POWER PLANTS USING SUPERCRITICAL CO₂ BRAYTON CYCLES

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0001-8167-5672

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0002-5510-9500

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0002-6651-0498

Inovacioni centar Mašinskog fakulteta, Beograd
ORCID: 0000-0001-9359-9240

Povrat toplote može značajno poboljšati neto efikasnost termoelektrana, ali konvencionalni donji ciklusi su ograničeni zauzetim prostorom, troškovima i performansama izmenjivača toplote pri visokim temperaturama. Superkritični CO₂ (sCO₂) Brajtonovi ciklusi nude kompaktnu turbomašineriju i konkurentnu efikasnost, omogućavajući praktičnu integraciju povrata toplote. Ovaj rad razvija matematički model za rekombinacioni sCO₂ Brayton-ov donji ciklus spregnut sa generičkim visokotemperaturnim izvorom izduvnih gasova. Predstavljamo termodinamičke i modele prenosa toplote za turbinu, kompresore, rekuperatore, primarni grejač i hladnjak; i formulišemo optimizacioni problem za maksimizaciju neto snage pod ograničenjima opreme. Radi utemeljenja studije, uključujemo objavljene radne uslove i performanse pokazatelje iz simulacionog istraživanja rekombinacionog zatvorenog Brajtonovog ciklusa snage 25 MWe i iz eksperimentalnog povrata postrojenja snage 50 kWe projektovanog za visokotemperaturne izduvne gasove. Podaci iz literature koriste se za parametarsko definisanje graničnih uslova, validaciju trendova i demonstraciju realnih performansnih opsega pri različitim temperaturama na ulazu u turbinu i različitim temperaturnim pristupima rekuperatora.

Waste heat recovery (WHR) can materially improve the net efficiency of thermal power plants, but conventional bottoming cycles are constrained by footprint, cost, and heat-exchanger performance at high temperatures. Supercritical CO₂ (sCO₂) Brayton cycles offer compact turbomachinery and competitive efficiency, enabling practical WHR integration. This paper develops a mathematical model for a recompression sCO₂ Brayton bottoming cycle coupled to a generic high-grade exhaust source. We present thermodynamic and heat-transfer models for the turbine, compressors, recuperators, primary heater, and cooler; and formulate optimization problem for maximizing net power under equipment constraints. To ground the study, we incorporate published operating conditions and performance metrics from a simulation study of a 25 MWe recompression closed Brayton cycle and from a 50 kWe experimental WHR facility designed for high-temperature exhaust. The literature data are used to parameterize boundary conditions, validate trends, and demonstrate realistic performance ranges under varying turbine inlet temperatures and recuperator temperature approaches.

Stručni rad

Ključne reči:
energetsko iskorišćenje otpada;
termički tretman;
dekarbonizacija

Key words:
energy recovery from waste;
thermal treatment;
decarbonization

Dragan MANČIĆ
„dragan.mancic@elixircraft.rs

Dragan STANOJEVIĆ

Perica JUKIĆ

Goran MIŠIĆ

Nenad MILUTINOVIĆ

Damjan KARLOVČAN

ENERGANA NA OTPAD U PRAHOVU: ODRŽIVA ENERGIJA ZA ODRŽIVU BUDUĆNOST

WASTE-TO-ENERGY PLANT IN PRAHOVO: SUSTAINABLE ENERGY FOR A SUSTAINABLE FUTURE

Elixir Craft, Elixir Group, Prahovo, Srbija

Elixir Craft, Elixir Group, Prahovo, Srbija

Elixir Craft, Elixir Group, Prahovo, Srbija

Elixir Craft, Elixir Group, Prahovo, Srbija

Elixir Craft, Elixir Group, Prahovo, Srbija

Elixir Craft, Elixir Group, Prahovo, Srbija

Elixir Grupa je u cilju odgovornijeg i održivijeg razvoja svojih proizvodnih postrojenja započela Prahovo2027, veliki ciklus investicija usmerenih ka Elixir Prahovu, svojoj kompaniji koja se bavi proizvodnjom fosforne kiseline i mineralnih đubriva. Cilj ovog investicionog ciklusa je modernizacija proizvodnje, dostizanje punog potencijala u domenu efikasnosti korišćenja resursa i ubrzavanje prelaska na obnovljive izvore energije.

Jedna od ključnih aktivnosti u dostizanju tih ciljeva predstavlja i projekat Elixir Eco Energy, koji u više faza ima za cilj da proizvodnju u Elixir Prahovu u potpunosti osloni na odgovornije i obnovljive izvore energije. Sprovođenjem ovog projekta Elixir Grupa dekarbonizuje proizvodnju i time aktivno doprinosi spovođenju globalnih planova za borbu protiv klimatskih promena i očuvanje naše životne sredine.

Prva faza Elixir Eco Energy projekta obuhvata izgradnju dva kompleksa: Postrojenje za energetsko iskorišćenje otpada, odnosno Energana na otpad, i Deponiju neopasnog otpada. Lokacija ovih kompleksa nalazi se u sklopu Elixir Prahova, u Prahovu, u opštini Negotin.

Energana na otpad podrazumeva industrijsko postrojenje koje putem termičkog tretmana otpada proizvodi toplotnu energiju. Vrste otpada koje će Energana koristiti kao alternativno gorivo je nerekiclabilni industrijski, komercijalni i komunalni otpad, i neke vrste opasnog otpada. Dobijena toplotna energija koristiće se za proizvodnju vodene pare koja će se dalje isporučiti i koristiti za rad industrijskih pogona u Elixir Prahovu. Energana se gradi na planiranoj površini od približno 6 hektara, u granicama od 217×270,7 metara, a ukupan kapacitet kotla biće 30 MW.

Deponija neopasnog otpada gradi se za potrebe odlaganja nesagorelih ostataka koji preostanu u procesu termičke obrade. Ti ostaci se specijalnim procesima stabilizacije i solidifikacije pretvaraju u tzv. soldifikat, jednoličnu masu u formi betona bezbednu za deponovanje. Kao površinu za odlaganje ovih ostataka predviđeno je ukupno 8,5 hektara, koji će se popunjavati u više faza u skladu sa savremenim tehnološkim praksama, ekološkim standardima i regulativama. Mogući kapacitet deponije biće 1.142.952,00 kubnih metara. Oko deponije će se organizovati jednosmerni saobraćaj, a sama deponija će biti ogradaena žičanom ogradom visine oko 2 m.

Ukupan kapacitet Energane na otpad se projektuje za termički tretman 12.5 Tona /h , odnosno 100000 tona/g otpada za 8000 h godišnje

Ključni koraci toka otpada u Energani u Prahovu:

1 Prijemna kontrola i prijem. Svi otpadni materijali prolaze kroz detaljnu kontrolu pri prijemu, uključujući opasan i neopasan otpad.

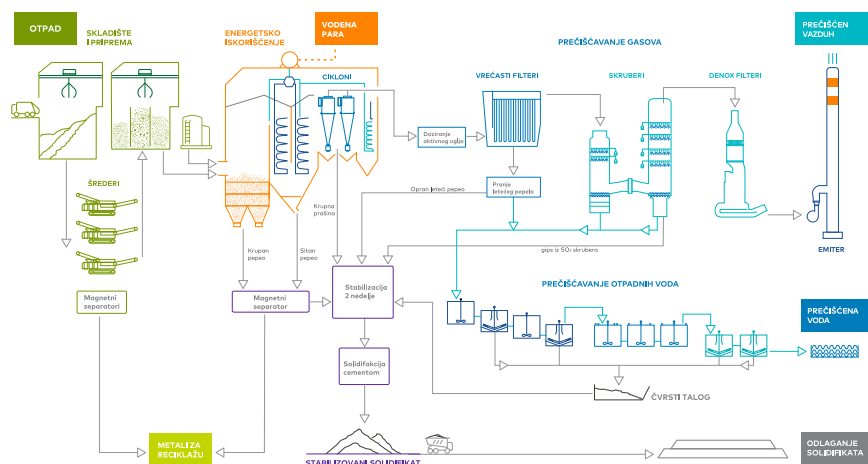
2 Merenje otpada i pranje točkova vozila. Obezbeđujemo da sva vozila koja prevoze otpad budu temeljno očišćena, smanjujući rizik od kontaminacije.

3 Istovar i skladištenje. Čvrsti i tečni otpadni materijali se privremeno skladište u sigurnim uslovima do dalje obrade.

4 Predtretman otpada. Uključuje procese kao što su pranje, presovanje, šredovanje, i separacija, pripremajući otpad za dalju obradu.

5 Transport i manipulacija. Sve operacije premeštanja otpada obavljaju se uz maksimalnu pažnju i efikasnost.

6 Termički tretman. *Otpad se pretvara u toplotnu energiju, čime se smanjuje njegov volumen i negativni uticaj na okolinu.*



Prateće aktivnosti toka otpada

1 Priprema procesne vode. *Esencijalno za efikasan rad postrojenja, obezbeđujući neophodne resurse za procese tretmana.*

2 Razvod pomoćnih fluida. *Uključuje upravljanje esencijalnim fluidima poput CNG-a, azota, i amonijačne vode.*

3 Tretman gasova. *Emisije gasova iz različitih faza procesa se temeljno tretiraju kako bi se minimizirao uticaj na kvalitet vazduha.*

4 Obrada ostataka iz termičkog tretmana. *Stabilizacija i solidifikacija otpadnih materijala pripremaju ih za sigurno odlaganje.*

5 Reciklaža i otprema. *Sekundarne sirovine kao što su metal i plastika se recikliraju ili šalju ovlašćenim operaterima za dalje zbrinjavanje.*

6 Sakupljanje i tretman otpadnih voda. *Obezbeđuje da sve otpadne vode budu adekvatno prečišćene pre ispuštanja.*

Elixir Group, with the aim of achieving more responsible and sustainable development of its production facilities, has launched the „Prahovo2027“ project – a major investment cycle directed toward Elixir Prahovo, its company engaged in the production of phosphoric acid and mineral fertilizers. The goal of this investment cycle is the modernization of production, reaching full potential in terms of resource efficiency, and accelerating the transition to renewable energy sources.

One of the key activities in achieving these goals is the „Elixir Eco Energy“ project, which in several phases aims to fully base production at Elixir Prahovo on more responsible and renewable energy sources. By implementing this project, Elixir Group is decarbonizing production and thereby actively contributing to the implementation of global plans to combat climate change and preserve our environment.

The first phase of the „Elixir Eco Energy“ project includes the construction of two complexes: a Waste-to-Energy Plant and a Non-hazardous Waste Landfill. The location of these complexes is within Elixir Prahovo, in Prahovo, Negotin municipality.

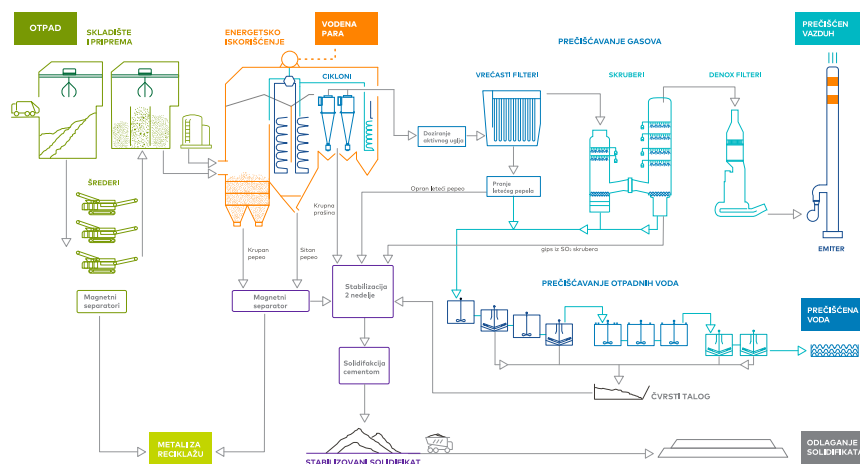
The Waste-to-Energy Plant is an industrial facility that produces thermal energy through the thermal treatment of waste. The types of waste to be used as alternative fuel include non-recyclable industrial, commercial, and municipal waste, as well as certain types of hazardous waste. The thermal energy obtained will be used to produce steam, which will then be delivered and utilized for the operation of industrial facilities at Elixir Prahovo. The plant is being built on a planned area of approximately 6 hectares, within boundaries of 217 × 270.7 meters, and the total boiler capacity will be 30 MW.

The Non-hazardous Waste Landfill is being constructed for the disposal of unburned residues remaining from the thermal treatment process. These residues are transformed through special stabilization and solidification processes into so-called solidificate – a uniform concrete-like mass safe for disposal. The area designated for disposal covers a total of 8.5 hectares, which will be filled in several phases in accordance with modern technological practices, environmental standards, and regulations. The possible capacity of the landfill will be 1,142,952.00 m³. One-way traffic will be organized around the landfill, and the landfill itself will be fenced with wire mesh approximately 2 meters high.

The total capacity of the Waste-to-Energy Plant is projected for the thermal treatment of 12.5 tons per hour, i.e., 100,000 tons of waste annually for 8,000 operating hours.

Key steps in the waste flow at the Prahovo Waste-to-Energy Plant:

1. **Reception control and intake.** All waste materials undergo detailed inspection upon arrival, including hazardous and non-hazardous waste.
2. **Weighing of waste and vehicle wheel washing.** All vehicles transporting waste are thoroughly cleaned, reducing the risk of contamination.
3. **Unloading and storage.** Solid and liquid waste materials are temporarily stored under safe conditions until further processing.
4. **Waste pretreatment.** Includes processes such as washing, pressing, shredding, and separation, preparing the waste for further treatment.
5. **Transport and handling.** All waste transfer operations are carried out with maximum care and efficiency.
6. **Thermal treatment.** Waste is converted into thermal energy, reducing its volume and negative environmental impact.



Supporting activities in the waste flow:

1. **Process water preparation.** Essential for efficient plant operation, ensuring necessary resources for treatment processes.
2. **Distribution of auxiliary fluids.** Includes management of essential fluids such as CNG, nitrogen, and ammonia water.
3. **Gas treatment.** Emissions from various process stages are thoroughly treated to minimize impact on air quality.
4. **Processing of residues from thermal treatment.** Stabilization and solidification of waste materials prepare them for safe disposal.
5. **Recycling and dispatch.** Secondary raw materials such as metal and plastic are recycled or sent to authorized operators for further handling.
6. **Collection and treatment of wastewater.** Ensures that all wastewater is adequately purified before discharge.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
razmenjivač toplote; biomasa;
energetska efikasnost

Key words:
heat exchanger; biomass;
energy efficiency

Aleksa TRIFKOVIĆ*
* trifkovic.aleksa@montdoo.com
Mirjana STAMENIĆ

Srbislav GENIĆ

Radovan KARIĆ

DVOSTRUKO – HELIKOIDNI RAZMENJIVAČ TOPLOTE U BIOGASNIM ELEKTRANAMA

DOUBLE – HELIX HEAT EXCHANGER IN BIOGAS POWER PLANTS

Mont Stubline d.o.o., Obrenovac, Srbija
ORCID: 0000-0002-1811-962X

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0002-7163-8584

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0001-7792-2386

Mont Stubline d.o.o., Obrenovac, Srbija

Razmenjivači toplote predstavljaju važnu komponentu postrojenja biogasnih elektrana, sa primarnom funkcijom pasterizacije biomase pre njene fermentacije u digestoru. U kontekstu razmene toplote sa viskoznim medijima kao što je biomasa, dvostruko – helikoidni (double – helix) tip razmenjivača toplote se ističe zbog svoje efikasnosti, kompaktnosti kao i prednosti u pogledu čišćenja i održavanja. Primena ovakvih razmenjivača za iskorišćenje otpadne toplote sistema doprinosi povećanju ukupne energetske efikasnosti i održivosti rada biogasnih elektrana. Preduzeće Mont iz Obrenovca je razvilo ovakav tip razmenjivača i proizvodi ga i izvozi u zemlje Evropske unije gde on nalazi primenu u farmama u kojima se koristi za sopstvene potrebe kao i u elektranama gde se proizvodi energija i đubrivo za tržište. U ovom radu je predstavljeno konstruktivno rešenje, princip rada i opisana eksploatacija u sistemu biogasne elektrane.

Heat exchangers represent an important component of biogas power plant facilities, with the primary function of pasteurizing biomass prior to its fermentation in the digester. In the context of heat exchange with viscous media such as biomass, the double-helix type heat exchanger stands out due to its efficiency, compact design, as well as advantages in terms of cleaning and maintenance. The application of such heat exchangers for the utilization of waste heat contributes to increasing the overall energy efficiency and sustainability of biogas power plant operation. The company Mont from Obrenovac has developed this type of heat exchanger and manufactures and exports it to European Union countries, where it is used on farms for their own needs as well as in plants that produce energy and fertilizer for the market. This paper presents the design solution, operating principle, and describes its exploitation within a biogas power plant system.

Stručni rad

Ključne reči:
prenos toplote;
kotlovi;
energetika

MODELIRANJE POGONSKE SILE ZA RAZMENU TOPLOTE U PLAMENOCEVNOM TOPLOVODNOM KOTLU SA TRI PROLAZA GASA

Key words:
heat transfer; boilers;
energy systems

**MODELING THE DRIVING FORCE FOR HEAT EXCHANGE
IN A THREE-PASS FLAME-TUBE HOT WATER BOILER**

Saša STASEVIĆ*

* sasa.stasevic2@gmail.com
d16-2024@studenti.mas.bg.ac.rs

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

ORCID: 0009-0004-9071-3748

Mirjana STAMENIĆ

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0002-7163-8584

Modeliranje pogonske sile za razmenu toplote u plamenocevnim toplovodnim kotlovima sa tri prolaza gasa predstavlja ključni korak za razumevanje, projektovanje i analizu ovakvih sistema. Na ovaj način dobija se matematički opis transporta toplote sa jasnim uvidom u temperaturne profile dimnih gasova sa cevne i vode sa međucevne strane. Analitičko modeliranje daje mogućnost da se u odustvu preciznih modela i eksperimentalnih rezultata dobiju okvirni trendovi, identifikuju parametri i granice sistema bez kompleksnih i dugih simulacija. Dobijeni rezultati pružaju osnovu za procenu efikasnosti kotla, određivanje potrebnog protoka vode i optimizaciju konstrukcije za različite kapacitete. Ovaj pristup se pokazuje kao pogodan alat za unapređenje energetske efikasnosti, sigurnosti i pouzdanosti toplovodnih kotlova, kao i za razvijanje kriterijuma koji olakšavaju projektovanje i kontrolu rada u praksi.

Modeling the driving force for heat exchange in fire-tube hot-water boilers with three gas passes represents a key step in understanding, designing, and analyzing such systems. In this way, a mathematical description of the heat transfer process is obtained, providing clear insight into the temperature profiles of flue gases on the tube side and water on the shell side. Analytical modeling makes it possible, even in the absence of precise models and experimental results, to determine general trends, identify parameters, and establish system boundaries without complex and time-consuming simulations. The obtained results form the basis for assessing boiler efficiency, determining the required water flow, and optimizing the design for different capacities. This approach proves to be a suitable tool for improving the energy efficiency, safety, and reliability of hot-water boilers, as well as for developing criteria that facilitate practical design and operational control.

Originalni naučni rad

Ključne reči:

CFD modeliranje sagorevanja;
spregnuti 1D empirijski pristup;
kotao na drvene pelete;
emisija azotnih oksida;
fazni dovod vazduha

Key words:

CFD combustion modeling;
coupled 1D empirical approach;
wood pellet boiler;
nitrogen oxide emission;
air staging

Filip KOKALJ*

* *filip.kokalj@um.si*

Vesna ALIVOJVODIĆ

Aleksandar JOVOVIĆ

Niko SAMEC

TESTIRANJE MODELA SA DVA SLOJA SAGOREVANJA BIOMASE CFD SIMULACIJOM

TESTING TWO BED MODELS IN CFD SIMULATIONS OF BIOMASS COMBUSTION

Univerzitet u Mariboru, Mašinski fakultet, Maribor, Slovenija

ORCID: 0000-0001-9234-7834

Akademija strukovnih studija Politehnika, Beograd

ORCID: 0000-0002-4578-7519

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0003-2294-5729

Univerzitet u Mariboru, Mašinski fakultet, Maribor, Slovenija

ORCID: 0000-0001-8500-5393

Rad ispituje tačnost pojednostavljenog pristupa numeričkom modeliranju pod različitim uslovima faznog dovoda vazduha kod sagorevanja biomase malih razmera. Model A predstavlja strategiju niskog faznog dovoda vazduha. Ciljni sadržaj O₂ u suvim dimnim gasovima za Model A bio je oko 10%, sa odnosom primarnog i sekundarnog vazduha od 1,4, što znači da je u komoru za sagorevanje kotla na biomasu snage 32 kW, dovedeno 40% više primarnog nego sekundarnog vazduha. Nasuprot tome, Model B predstavlja scenario visokog faznog dovoda vazduha. Za Model B, ciljni sadržaj O₂ u suvim dimnim gasovima bio je oko 5%, a odnos primarnog i sekundarnog vazduha iznosio je skoro 0,6. Rezultati su upoređeni sa merenjima temperature u komori za sagorevanje i prosečnim emisijama CO i NO na izlazu dimnih gasova. CFD predviđanja temperature pratila su isti trend kao i izmerene vrednosti, iako su temperature bile blago precenjene. CFD predviđanja emisija CO i NO takođe su pratila isti trend kao i merenja, ali su pokazala znatno manje smanjenje CO i znatno veće smanjenje NO prilikom prelaska sa slabe na snažnu strategiju faznog dovoda vazduha.

The paper examines the accuracy of a simplified numerical modeling approach under various air staging conditions for small-scale biomass combustion. Model A represents a low air staging strategy. The target O₂ content in the dry flue gases for Model A was around 10%, with a primary/secondary air ratio of 1.4, meaning that 40% more primary air than secondary air was supplied to the combustion chamber of a 32 kW biomass boiler. In contrast, Model B represents a high air staging scenario. For Model B, the target O₂ content in the dry flue gases was around 5%, and the primary/secondary air ratio was nearly 0.6. The results were compared to measurements of temperature in the combustion chamber and the average emissions of CO and NO at the flue gas outlet. The CFD temperature predictions followed the same trend as the measured values, although the temperatures were overpredicted. The CFD predictions of CO and NO emissions also showed the same trend as the measurements, but indicated a considerably smaller reduction of CO and a considerably larger reduction of NO when switching from a weak to a strong air staging strategy.

Originalni naučni rad

Ključne reči:

sistemi upravljanja energijom; emisije
gasova sa efektom staklene bašte;
energetska efikasnost; energetska
bazna linija; regresiona analiza;
vinska industrija

Key words:

energy management systems;
greenhouse gas emissions; energy
efficiency; energy baseline; regression
analysis; winery industry

Aleksandar GJERASIMOVSKI*

* aleksandar.gerasimovski@mf.edu.mk

Mitko GJORGJIEVSKI

Nikola JOVANOVSKI

Kristina JAKIMOVSKA

UNAPREĐENJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI I STANDARDIZOVANO MODELOVANJE ENERGETSKE BAZNE LINIJE U VINSKOJ INDUSTRIJI KROZ ISO 50001 I ISO 14064

**ENERGY EFFICIENCY IMPROVEMENT AND STANDARDIZED
ENERGY BASELINE MODELING IN WINE INDUSTRY
THROUGH ISO 50001 AND ISO 14064**

Univerzitet „Sv. Ćirilo i Metodije“, Mašinski fakultet, Skoplje, Severna Makedonija

ORCID: 0009-0004-3746-7840

AD Tikveš, Kavadarci,

Severna Makedonija

Green Energy Group / Green Energy Trade,

Severna Makedonija

Univerzitet „Sv. Ćirilo i Metodije“, Institut za motorna vozila, transport
i mehanizaciju, Skoplje, Severna Makedonija

Modeliranje pogonske sile za razmenu toplote u plamenocevnim toplovodnim kotlovima sa tri prolaza gasa predstavlja ključni korak za razumevanje, projektovanje i analizu ovakvih sistema. Na ovaj način dobija se matematički opis transporta toplote sa jasnim uvidom u temperaturne profile dimnih gasova sa cevne i vode sa međucevne strane. Analitičko modeliranje daje mogućnost da se u odustvu preciznih modela i eksperimentalnih rezultata dobiju okvirni trendovi, identifikuju parametri i granice sistema bez kompleksnih i dugih simulacija. Dobijeni rezultati pružaju osnovu za procenu efikasnosti kotla, određivanje potrebnog protoka vode i optimizaciju konstrukcije za različite kapacitete. Ovaj pristup se pokazuje kao pogodan alat za unapređenje energetske efikasnosti, sigurnosti i pouzdanosti toplovodnih kotlova, kao i za razvijanje kriterijuma koji olakšavaju projektovanje i kontrolu rada u praksi.

Modeling the driving force for heat exchange in fire-tube hot-water boilers with three gas passes represents a key step in understanding, designing, and analyzing such systems. In this way, a mathematical description of the heat transfer process is obtained, providing clear insight into the temperature profiles of flue gases on the tube side and water on the shell side. Analytical modeling makes it possible, even in the absence of precise models and experimental results, to determine general trends, identify parameters, and establish system boundaries without complex and time-consuming simulations. The obtained results form the basis for assessing boiler efficiency, determining the required water flow, and optimizing the design for different capacities. This approach proves to be a suitable tool for improving the energy efficiency, safety, and reliability of hot-water boilers, as well as for developing criteria that facilitate practical design and operational control.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
natrijum-poliakrilat; superapsorbujući
polimeri; napredni polimerni
materijali; test sagorevanja; procena
tipa polimera

Key words:
sodium polyacrylate; super-absorbent
polymers; advanced polymer
materials; burning test, assessment of
polymer type

Matilda LAZIĆ*

* matildalazic@outlook.com

Dragan HALAS

Aleksandar DEDIĆ

Duško SALEMOVIĆ

BRZA IDENTIFIKACIJA NATRIJUM-POLIAKRILATA KAO SUPERAPSORBUJUĆEG POLIMERA ZASNOVANOG NA TESTU GORENJA

BURNING TEST-BASED RAPID IDENTIFICATION OF SODIUM POLYACRYLATE AS A SUPER-ABSORBENT POLYMER

Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu, Zrenjanin, Srbija
ORCID: 0009-0000-9174-554X

Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu, Zrenjanin, Srbija
ORCID: 0009-0005-1426-0326

Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0001-6120-6414

Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu, Zrenjanin, Srbija

U ovom radu ispitivana je mogućnost primene testa gorenja kao brze metode za identifikaciju natrijum-poliakrilata koji se koristi kao superapsorbujući polimer (SAP). Uzorci superapsorbujućeg sloja (koji sadrži granule natrijum-poliakrilata) ispitivani su kao funkcionalni deo higijenskih uložaka. Pretpostavljeno je da se primenom testa gorenja na uzorcima, koji predstavljaju proizvod sa kristalima za koje se, na osnovu podataka proizvođača, smatra da su natrijum-poliakrilat, može izvršiti preliminarna potvrda toga. Takođe je pretpostavljeno da prisustvo aditiva u polimernom materijalu na bazi natrijum-poliakrilata, kao i drugih polimernih ili nepolimernih materijala prisutnih u proizvodu formiranom od superapsorbujućeg sloja (koji čini funkcionalnu celinu sa ostalim slojevima higijenskih uložaka i ne može se u potpunosti odvojiti od njih), utiče na odstupanje njihovog ponašanja tokom ispitivanja u odnosu na literaturne podatke. Dobijeni rezultati su u skladu sa ograničenjima primenjene metode i predstavljaju preliminarnu procenu vrste polimernog materijala od kojeg je izrađen superapsorbujući sloj ispitivanih uzoraka higijenskih uložaka. Dobijeni rezultati potvrdili su postavljene pretpostavke. Ova se objašnjava prisustvom dodataka natrijum-poliakrilatu, kao i prisustvom drugih polimera i/ili nepolimernih materijala u ispitivanim uzorcima. Rezultati mogu ukazivati na to da je osnova superapsorbujućeg sloja, koji čini funkcionalnu celinu sa ostalim slojevima u strukturi komercijalno ispitivanih higijenskih uložaka, polimerni materijal na bazi natrijum-poliakrilata. Zahvaljujući svojim svojstvima, natrijum-poliakrilat omogućava formiranje gela, odnosno ostvarivanje funkcije „zaključavanja“ apsorbovane tečnosti u ispitivanim higijenskim ulošcima i, posledično, njihovu efikasnost.

In this work, the possibility of applying the burning test as a quick method for the identification of sodium polyacrylate used as super-absorbent polymer (SAP) was investigated. Samples of the super absorbent layer (containing sodium polyacrylate granules) were tested as a functional part of sanitary pads/napkins. It was assumed that by applying the burning test to the samples, which are a product with contained crystals that were considered to be sodium polyacrylate - based on the manufacturer's data; can make a preliminary confirmation of the same. It was also assumed that the presence of additives in the polymer material based on sodium polyacrylate, as well as other polymer or non-polymer materials, present in the product formed by the super-absorbent layer (which forms

a functional whole with the other layers of sanitary pads/napkins and cannot be completely separated from them) affect the deviation of their behavior during the test, in relation to literature data. The obtained results are in accordance with the limitations of the used method and represent a preliminary assessment of the type of polymer material from which the super-absorbent layer of the tested samples of sanitary pads/napkins is made. The obtained results confirmed the assumptions. The phenomenon is explained by the presence of additions to sodium polyacrylate, as well as the presence of other polymers and/or non-polymer materials in the examined samples. The results may indicate that the basis of the super-absorbent layer, which forms a functional unit with other layers in the structure of commercially tested sanitary pads/napkins; is a polymer material based on sodium polyacrylate. Thanks to its properties, sodium polyacrylate enable the creation of a gel, that is, the so-called the function of locking the absorbed liquid in the tested sanitary pads/napkins and, consequently, enable their effectiveness.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
hidrogelovi akrilamida; vitamin C;
ekološki prihvatljiva sinteza; N-acetil
glukozamin; diklofenak

EKOLOŠKI PRIHVATLJIVA SINTEZA HIDROGELOVA AKRILAMIDA ZA KONTORLISANO OTPUŠTANJE AKTIVNIH SUPSTANCI

Key words:
acrylamide hydrogels; vitamin C; eco-
friendly synthesis; N-acetyl
glucosamine; diclofenac

ECO-FRIENDLY PREPARATION OF ACRYLAMIDE HYDROGELS FOR DRUG DELIVERY

Miloš RADOVANOVIĆ

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

Rada V. PJANOVIĆ

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0002-0817-182X

Maja D. MARKOVIĆ*

Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd

* mmarkovic@tmf.bg.ac.rs

ORCID: 0000-0002-8466-8539

Hidrogelovi su polimerni materijali meke konzistencije koji zbog toga imaju veliku primenu u biomedicini i srodnim oblastima. Hidrogelovi na bazi akrilamida (AAM) su posebno interesantni zbog svojih dobrih mehaničkih svojstava i stabilnosti u fiziološkim uslovima, kao i mogućnosti da im se poroznost prilagodi zahtevima primene. U ovom radu, AAM hidrogelovi su sintetisani u ambijentalnim uslovima primenom inicijatorskog sistema vodonik peroksid/vitamin C (H_2O_2/VC) kao ekološki prihvatljive alternative konvencionalnim inicijatorima. Karakterizacija dobijenih AAM hidrogelova je izvedena primenom različitih metoda: FTIR i SEM analiza, testovi kompresije i ispitivanje svojstva bubrenja. Ispitana je i mogućnost primene ovih hidrogelova za kontrolisano otpuštanje aktivnih supstanci. N-acetil glukozamin i diklofenak su korišćeni kao model lekovi koji mogu da se koriste za tretiranje rana. Postignuto je kontrolisano otpuštanje oba leka tokom tri dana. Takođe je ispitano kako povećanje količine H_2O_2 utiče na bubrenje i otpuštanje inkapsuliranih model lekova. Dobijeni rezultati pokazuju da se AAM hidrogelovi mogu pripremiti na ekološki prihvatljiv način primenom inicijatorskog sistema H_2O_2/VC i da poseduju potencijal za kontrolisano otpuštanje N-acetil glukozamina i diklofenka.

Hydrogels are soft polymeric networks widely investigated for biomedical applications. Hydrogels based on acrylamide (AAM) are particularly interesting because they possess favourable mechanical properties, tunable porosity and stability under physiological conditions. In this study, AAM hydrogels are synthesized under ambient conditions using hydrogen peroxide/vitamin C (H_2O_2/VC) initiation system as eco-friendly alternative to conventional initiators. Prepared AAM hydrogels are characterized by various technics: FTIR analysis, SEM analysis, compression testing, and analysis of swelling behaviour of the AAM hydrogels. The potential of these hydrogels for controlled release of drugs is evaluated. N-acetyl glucosamine and diclofenac are used as model drugs that can be used in wound treatment. Both model drugs are released in controlled manner for three days. It is also analysed how the increase in the H_2O_2 amount affects swelling behaviour and release of the encapsulated drugs. The results show that AAM hydrogels can be efficiently prepared in eco-friendly manner using H_2O_2/VC initiation system and have potential for controlled release of N-acetyl glucosamine and diclofenac.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
antioksidativna aktivnost;
lipofilnost; linearna korelacija

Key words:
antioxidant activity;
lipophilicity; linear correlation

UTICAJ HEMIJSKE STRUKTURE NA FARMAKOLOŠKU AKTIVNOST DERIVATA AKRIDIN-1,8-DIONA

STRUCTURE–ACTIVITY RELATIONSHIP STUDY OF ACRIDINE-1,8-DIONE DERIVATIVES

Kristina GAK SIMIĆ	Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd ORCID: 0000-0003-3928-9967
Luka MATOVIĆ	Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd ORCID: 0000-0003-4945-7776
Aleksandra MAŠULOVIĆ	Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd ORCID: 0000-0002-5279-7694
Nemanja TRIŠOVIĆ	Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd ORCID: 0000-0002-9231-4810
Jelena LAĐAREVIĆ	Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd ORCID: 0000-0002-5554-7295
Marija DIMITRIJEVIĆ	Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd ORCID: 0000-0002-4999-1664
Ivana ĐORĐEVIĆ	Univerzitet u Beogradu, Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Beograd ORCID: 0000-0001-5981-9385
Anita LAZIĆ*	Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd ORCID: 0000-0003-4855-3782

* alazic@tmf.bg.ac.rs

Derivati akridina predstavljaju jedinstvenih fizičko-hemijskih i farmakoloških svojstava, sa značajnom primenom u medicini i industriji. Zahvaljujući planarnoj strukturi i sposobnosti da uspostavljaju interakcije sa različitim biološkim receptorima, brojni analozi ovog heterocikla imaju terapijski značaj. Kvinakrin se koristi u lečenju malarije, akriflavin i proflavin u terapiji bakterijskih infekcija, dok se amsakrin i nitracin primenjuju kao antineoplastični agensi. Pored toga, poznata su njihova antiinflamatorna, antituberkulozna, antiviralna i antifungicidna svojstva, a u industriji boja i pigmenata prisutni su još od 19. veka. U ovom radu, pručavani su derivati 3,3,6,6-tetrametil-3,4,6,7,9,10-heksahidroakridin-1,8-diona sa p-hidroksifenil-grupom u položaju 9 i p-supstituisanom benzil-grupom u položaju 10. Antioksidativna aktivnost ispitana je ABTS metodom. Efekat različitih interakcija između molekula rastvarača i molekula rastvorene supstance na pomeranje apsorpcionih maksimuma analiziran je metodom linearne korelacije energije solvatacije, što je dalje omogućilo da se procene efekti solvatacije na njihovu potencijalnu farmakološku aktivnost.

Acridine derivatives represent an important class of heterocyclic compounds characterized by unique physicochemical features and broad pharmacological potential. Their planar tricyclic structure enables multiple interactions with biomacromolecules, underlying diverse biological activities. Quinacrine is used in the treatment of malaria, acriflavine and proflavine in the treatment of bacterial infections, while amsacrine and nitracin are used as antineoplastic agents. Clinically relevant representatives include antiinflammatory, antitubercular, antiviral, and antifungal activity. In addition to their biomedical significance, acridine-based compounds have permanent applications in the dye and pigment industry due to their stability and strong chromophoric properties. Herein, a series of derivatives of 3,3,6,6-tetramethyl-3,4,6,7,9,10-hexahydroacridine-1,8-dione was synthesized and structurally characterized. The synthesized compounds contain a p-hydroxyphenyl group at position 9 and various p-substituted benzyl groups at position 10. The antioxidant activity was investigated using the ABTS assay. Furthermore, solvent effects on the absorption maxima shifts were analyzed using the linear solvation energy relationship (LSER) concept, providing insight into solvent–solute interactions and their possible influence on pharmacological activity.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
azobenzen; solvatohromizam;
Kamlet-Taftova jednačina

Key words:
azobenzene; solvatochromism;
Kamlet-Taft equations

EVALUACIJA UTICAJA RASTVARAČA NA POMERANJE APSORPCIONIH MAKSIMUMA AZO BOJA

SOLVENT-DEPENDENT SHIFTS IN THE ABSORPTION MAXIMA OF AZO DYES

Kristina GAK SIMIĆ	Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd ORCID: 0000-0003-3928-9967
Luka MATOVIĆ	Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd ORCID: 0000-0003-4945-7776
Aleksandra MAŠULOVIĆ	Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd ORCID: 0000-0002-5279-7694
Nemanja TRIŠOVIĆ	Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd ORCID: 0000-0002-9231-4810
Jelena LAĐAREVIĆ	Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd ORCID: 0000-0002-5554-7295
Anita LAZIĆ	Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd ORCID: 0000-0003-4855-3782
Petar JOVANOVIĆ	Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd
Marija DIMITRIJEVIĆ*	Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd ORCID: 0000-0002-4999-1664
* mmilosevic@tmf.bg.ac.rs	

Azo boje predstavljaju strukturno najraznovrsniju klasu organskih jedinjenja, koju karakteriše prisustvo jedne ili više azo-grupa ($-N=N-$) koje povezuju dva organska fragmenta, pri čemu je bar jedan aromatičan. Najčešće se dobijaju metodom diazokuplovanja, gde diazonijumove soli reaguju sa aromatičnim jedinjenjima poput fenola, naftola ili arilamina. Značaj azo boja u industriji je ogroman, koriste se za bojenje tekstila, kože, plastike i kozmetičkih proizvoda, a njihov udeo u ukupnoj proizvodnji boja prelazi 60%. U ovom radu, ispitivan je uticaj rastvarača na pomeranje apsorpcionih maksimuma dve azobenzenske boje. Da bi se istražile intermolekulske interakcije koje se uspostavljaju između molekula ove dve azobenzenske boje i molekula rastvarača, snimljeni su apsorpcioni spektri u setu rastvarača i njihovim binarnim smešama. Analiziran je uticaj polarnosti rastvarača i efekata supstituenata na položaj, intenzitet i oblik apsorpcionog maksimuma. Dobijeni rezultati omogućiće bolje razumevanje uticaja hemijske strukture na spektroskopska svojstva ovih boja. Obzirom na širok spektar primene azobenzenskih boja i očekivani porast njihovog značaja, rezultati ovog istraživanja predstavljaju korisnu osnovu za buduće studije u oblasti sintetskih boja, sa potencijalom za razvoj novih boja i poboljšanje svojstava postojećih.

Azo dyes represent one of the most structurally diverse classes of organic compounds, characterized by one or more azo groups ($-N=N-$) connecting two organic moieties, at least one of which is aromatic. They are predominantly synthesized via classical diazocoupling, in which diazonium salts react with aromatic compounds such as phenols, naphthols, arylamines. Owing to their unique coloration, chemical stability, and versatility, azo dyes play a central role in industrial applications, including the coloring of textiles, leather, plastics, and cosmetics, accounting for over 60% of global dye production. In this study, the influence of solvents on the absorption maxima of two synthesized azobenzene dyes was extensively investigated. The effects of solvent polarity and substituent effects

on the position, intensity, and shape of the absorption maxima were analyzed, providing insight into the underlying intermolecular interactions. These findings provide a detailed understanding of solvent–solute interactions and offer predictive guidance for modulating dye properties. Given the growing industrial relevance of these dyes, the insights gained in this work will establish a starting point for the rational design of new dyes

Originalni naučni rad

Ključne reči:
hidrometalurgija; površinska difuzija;
energija aktivacije;
temperaturna zavisnost

ANALIZA KINETIKE LUŽENJA BAKRA IZ KONCENTRATA SFALERITA POMOĆU MnO_2 -KI OKSIDACIONOG SISTEMA

Key words:
hydrometallurgy;
surface diffusion; activation energy;
temperature dependence

KINETIC ANALYSIS OF COPPER LEACHING FROM A SPHALERITE CONCENTRATE BY THE MnO_2 -KI LEACHING OXIDATION SYSTEM

Dimitrije ANDIĆ*
* d.andjic@itnms.ac.rs
Aleksandar JOVANOVIĆ

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd
ORCID: 0009-0001-6824-5202
Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd
ORCID: 0000-0001-9867-9282

Mladen BUGARČIĆ

„Milan Blagojević“ AD, Lučani, Srbija
ORCID: 0000-0002-6119-4414

Vaso MANOJLOVIĆ

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0002-3009-2909

Nela VUJOVIĆ

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd
ORCID: 0009-0004-7451-8897

Corby ANDERSON

Kroll Institute for Extractive Metallurgy,
Mining Engineering Department, Colorado School of Mines, Golden, Colorado, USA
ORCID: 0000-0003-0193-2208

Miroslav SOKIĆ

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd
ORCID: 0000-0002-4468-9503

Bakar predstavlja jedan od najvažnijih industrijskih metala zbog svoje široke primene i izuzetne toplotne i električne provodljivosti, kao i otpornosti na koroziju. Najznačajniji izvor bakra je halkopirit ($CuFe_2S_2$), koji se u prirodi javlja zajedno sa drugim sulfidnim mineralima, kao što su pirit, galenit i sfalerit, u polimetaličnim rudnim ležištima. Sa iscrpljivanjem bogatih ruda, hidrometalurški procesi dobijaju sve veći značaj u preradi siromašnijih i složenijih sulfidnih koncentrata. U ovom istraživanju ispitivano je luženje bakra iz sfaleritnog koncentrata u sumpornoj kiselini uz dodatak pomoćnog sistema oksidansa MnO_2 -KI. Rezultati su pokazali da temperatura značajno utiče na kinetiku procesa, pri čemu povećanje temperature u opsegu od 40 do 80 °C dovodi do povećanja stepena luženja bakra. Dodatak KI ima ključnu ulogu u smanjenju pasivacije površine i povećanju dostupnosti oksidacionog sredstva, pri čemu je maksimalni stepen luženja od 82,1% postignut pri dodatku od 3 mas.% KI. Kinetička analiza ukazuje na relativno nisku energiju aktivacije (28,90 kJ mol⁻¹), što sugerise da se proces efikasno odvija na umerenim temperaturama i da prati mehanizam rastvaranja bakra kontrolisan difuzijom. Dobijeni rezultati ukazuju na značajan potencijal primene ovog sistema u hidrometalurškoj preradi složenih sulfidnih sirovina.

Copper represents one of the most important industrial metals due to its wide application and exceptional thermal and electrical conductivity, as well as corrosion resistance. The most important source of copper is chalcopyrite ($CuFe_2S_2$), which occurs in nature together with other sulphide minerals, such as pyrite, galena and sphalerite, in polymetallic ore deposits. With the depletion of rich ores, hydrometallurgical processes gain increasing importance in the processing of poorer and more complex sulphide concentrates. In this study, the leaching of copper from sphalerite concentrate in sulphuric acid combined with auxiliary oxidans MnO_2 -KI system was investigated. The results

showed that temperature significantly affects the kinetics of the process, whereby an increase in temperature in the range from 40 to 80 °C leads to an increase in the degree of copper leaching. The addition of KI plays a key role in reducing surface passivation and increasing the availability of the oxidizing agent, with the maximum degree of leaching of 82.1% achieved at the addition of 3 wt.% KI. Kinetic analysis indicates a relatively low activation energy (28.90 kJ mol⁻¹), suggesting that the process proceeds efficiently at moderate temperatures and follows a diffusion-controlled copper dissolution mechanism. The obtained results indicate the significant potential of the application of this system in the hydrometallurgical processing of complex sulphide raw materials.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
ekstrakcija; flavonoidi; kafa;
maceracija; polifenoli

Key words:
coffee; extraction; flavonoids;
maceration; polyphenols

Zdravka JOVANOVIĆ*

* zdravka.j97@gmail.com

Nebojša VASILJKOVIĆ

Vladan MICIĆ

ODREĐIVANJE UKUPNOG SADRŽAJA POLIFENOLA U EKSTRAKTIMA RAZLIČITIH SORTI KAFE I UTICAJ PARAMETARA EKSTRAKCIJE

**DETERMINATION OF TOTAL POLYPHENOL CONTENT
IN EXTRACTS OF DIFFERENT COFFEE VARIETIES
AND THE INFLUENCE OF EXTRACTION PARAMETERS**

Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet, Zvornik, Bosna i Hercegovina

Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet, Zvornik, Bosna i Hercegovina
ORCID: 0000-0002-3789-9975

Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet, Zvornik, Bosna i Hercegovina
ORCID: 0000-0002-4383-4879

U ovom radu ispitivan je uticaj procesnih parametara — temperature, vremena i odnosa biljna droga:rastvarač - na efikasnost ekstrakcije ukupnih fenolnih jedinjenja i flavonoida iz tri različita uzorka mlevene pržene kafe. Kafa, kao kompleksna smeša bogata fitohemikalijama, predstavlja značajan izvor prirodnih antioksidanasa, prvenstveno hlorogenske kiseline, čija izolacija direktno zavisi od primenjenih uslova ekstrakcije.

Metodološki pristup obuhvatio je detaljnu karakterizaciju polaznog materijala. Za određivanje raspodele veličine čestica mlevene, pržene kafe primenjena je metoda difrakcije laserske svetlosti, dok je za identifikaciju funkcionalnih grupa i hemijskih karakteristika uzorka korišćena infracrvena spektroskopija sa Furijeovom transformacijom (FTIR).

Granulometrijskom analizom utvrđene su značajne razlike u veličini čestica, gde je Uzorak 1 bio najfinije mleven, dok su uzorci 2 i 3 pokazali znatno krupniju strukturu. FTIR spektroskopija potvrdila je prisustvo ključnih funkcionalnih grupa polifenola, pri čemu je intenzitet pikova na ≈ 3300 i 1030 cm^{-1} ukazao na to da Uzorak 3 poseduje najviši inicijalni bioaktivni potencijal.

Eksperimentalni rezultati dobijeni metodom maceracije pokazali su da su temperatura od 85°C i vreme ekstrakcije od 30 minuta optimalni za postizanje maksimalnog prinosa kod svih uzoraka. Povećanje odnosa faza sa 1:20 na 1:30 (m/v) dodatno je unapredilo efikasnost procesa obezbeđivanjem povoljnijeg koncentracionog gradijenta.

Ključni nalaz istraživanja je da Uzorak 3, uprkos najnepovoljnijem granulometrijskom sastavu, ostvaruje apsolutne maksimalne vrednosti sadržaja fenola i flavonoida. Ovo potvrđuje da hemijski sastav sirovine i optimizacija procesnih parametara (visoka temperatura i veća zapremina rastvarača) imaju presudan uticaj na finalni kvalitet ekstrakta, nadmašujući fizička ograničenja veličine čestica. Dobijeni rezultati pružaju naučnu osnovu za optimizaciju ekstrakcije antioksidanasa iz kafe na industrijskom nivou za potrebe prehrambene i farmaceutske industrije.

This study investigated the influence of process parameters—temperature, time, and the solid-to-liquid ratio - on the extraction efficiency of total phenolic compounds and flavonoids from three

distinct samples of ground roasted coffee. Coffee, a complex mixture rich in phytochemicals, represents a significant source of natural antioxidants, primarily chlorogenic acid, the isolation of which directly depends on the applied extraction conditions.

The methodological approach included a detailed characterization of the raw material. Laser diffraction was applied to determine the particle size distribution of the ground roasted coffee, while Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) was used to identify functional groups and chemical characteristics.

The particle size analysis revealed significant differences in grain size, where Sample 1 was the most finely ground, while Samples 2 and 3 showed a considerably coarser structure. FTIR spectroscopy confirmed the presence of key polyphenol functional groups, with peak intensities at ≈ 3300 and 1030 cm^{-1} indicating that Sample 3 possesses the highest initial bioactive potential.

Experimental results obtained through the maceration method showed that a temperature of 85°C and an extraction time of 30 minutes were optimal for achieving maximum yield across all samples. Increasing the phase ratio from 1:20 to 1:30 (w/v) further improved process efficiency by providing a more favorable concentration gradient.

The key finding of this research is that Sample 3, despite having the least favorable particle size distribution, achieved the absolute maximum values for phenol and flavonoid content. This confirms that the chemical composition of the raw material and the optimization of process parameters (high temperature and larger solvent volume) have a decisive influence on the final extract quality, surpassing the physical limitations of particle size. The obtained results provide a scientific basis for optimizing the extraction of antioxidants from coffee at an industrial level for the needs of the food and pharmaceutical industries.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
dimetil anilin; polietilen glikol;
viskoznost; molekulske interakcije;
modelovanje

Key words:
dimethyl aniline; polyethylene glycol;
viscosity; molecular interactions;
modelling

ANALIZA VISKOZNOSTI SISTEMA NA BAZI PEG KAO KANDIDATA ZA RASTVARAČE U PROCESIMA ODSUMPORAVANJA DIMNIH GASOVA

VISCOSITY STUDY OF PEG-BASED SYSTEMS AS CANDIDATE SOLVENTS FOR FLUE GAS DESULFURIZATION PROCESSES

Divna MAJSTOROVIĆ*

* dbajic@tmf.bg.ac.rs

Nikola ŽIVKOVIĆ

Emila ŽIVKOVIĆ

Univerzitet U Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0002-0294-1352

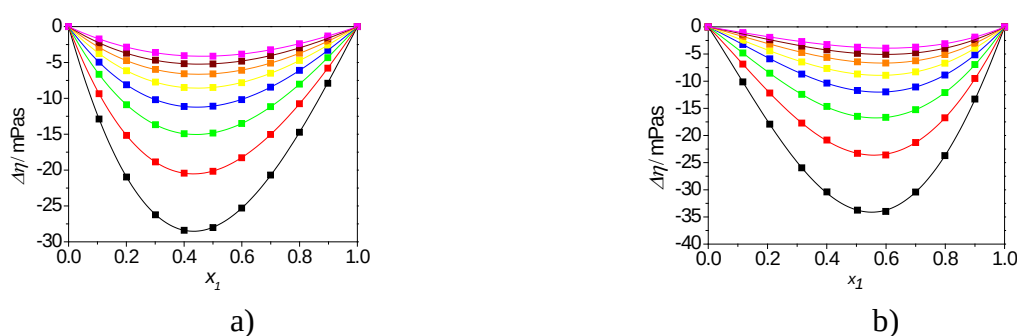
Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet, Zvornik, Bosna i Hercegovina

ORCID: 0000-0003-3399-1229

Univerzitet U Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0001-5843-8230

Razvoj i optimizacija novih rastvarača koji se koriste u regenerativnim procesima prečišćavanja gasa zahtevaju poznavanje pouzdanih podataka o termofizičkim svojstvima. Ova studija istražuje viskoznost binarnih smeša sastavljenih od dimetil anilina (DMA) i polietilen glikola (PEG 200 ili PEG 400). Iako je DMA dobro poznati rastvarač koji se već primenjuje u komercijalnim "FGD" procesima, PEG 200 i PEG 400 kao rastvarači pokazuju povoljne karakteristike poput visoke rastvorljivosti SO₂ i relativno lake desorpcije, što smanjuje potrošnju energije u fazi regeneracije rastvarača. Merenja su sprovedena pomoću viskozimetra Anton Paar Stabinger SVM 3000/G2, na temperaturama u rasponu od 288,15 do 323,15 K i na atmosferskom pritisku. Iz eksperimentalnih podataka izračunate su vrednosti promene viskoznosti, korelisane Redlih-Kisterovom jednačinom (Slika 1) i korišćene za analizu molekulskih interakcija prisutnih u ispitivanim smešama. Eksperimentalni podaci su takođe korelisani korišćenjem nekoliko modela: McAllister, Eyring-UNIQUAC i Eyring-NRTL, kao i pristupa zasnovanog na primeni jednačine stanja za simultano modelovanje dopunske molarne zapremine i viskoznosti. Pored toga, izvršeno je poređenje sa rezultatima dobijenim korišćenjem prediktivnih UNIFAC-VISCO i ASOG-VISCO modela, modela teorije trenja i slobodne zapremine. Sprovedeno istraživanje doprinosi daljoj inženjerskoj evaluaciji sistema rastvarača na bazi PEG kao ekološki prihvatljivije alternative konvencionalnim industrijskim procesima sa aminom i krečnjakom pri odsumporavanju dimnih gasova.



Slika 1. Eksperimentalne vrednosti promene viskoznosti $\Delta\eta$ u funkciji molarnog udela DMA x_1 za sisteme a) DMA (1) + PEG 200 (2); b) DMA (1) + PEG 400 (2) na sledećim temperaturama: (■)

288.15 K, (■) 293.15 K, (■) 298.15 K, (■) 303.15 K, (■) 308.15 K, (■) 313.15 K, (■) 318.15 K, (■) 323.15 K, (-) RK jednačina.

Zahvalnica

Autori se zahvaljuju na finansijskoj podršci koju su dobili od Ministarstva za nauku, tehnološki razvoj i inovacije Republike Srbije (broj ugovora 451-03-34/2026-03/200135).

Development and optimization of advanced solvent systems used in regenerative gas cleaning operations require knowledge of reliable thermophysical property data. This study investigates the viscosity of binary mixtures composed of dimethyl aniline (DMA) and polyethylene glycol (PEG 200 or PEG 400). While DMA is a well-known solvent already applied in commercial FGD processes, PEG 200 and PEG 400, as physical solvents, exhibit favorable characteristics like high SO₂ solubility and relatively easy desorption which reduces power consumption in the solvent regeneration phase. Measurements were conducted with the Anton Paar Stabinger SVM 3000/G2 viscometer, at temperatures ranging from 288.15 to 323.15 K and at atmospheric pressure. From experimental values, deviations in viscosity were calculated, correlated with Redlich-Kister equation (Figure 1) and used for analysis of molecular interactions present in the investigated mixtures. Experimental data were also correlated using several models: McAllister, Eyring-UNIQUAC and Eyring-NRTL as well as the approach based on the application of equation of state for simultaneous modelling of excess molar volume and viscosity. In addition, a comparison was made with the results obtained using the predictive UNIFAC –VISCO and ASOG-VISCO models, friction and free-volume theory. The conducted research contributes to further engineering evaluation of PEG-based solvent systems as a greener alternative to conventional amine and limestone processes in industrial flue gas desulfurization.

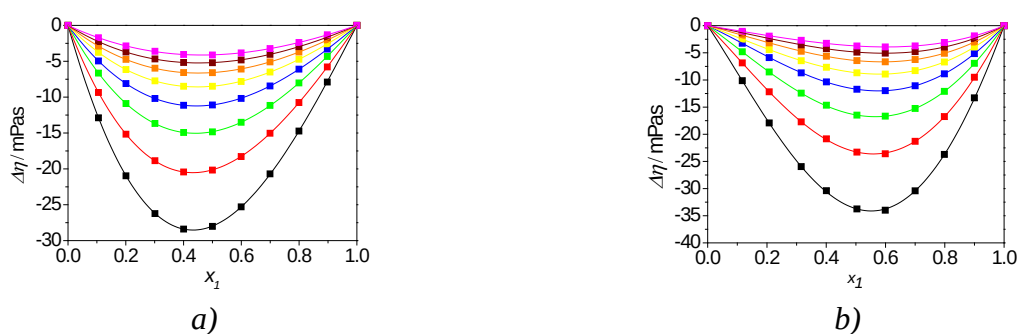


Figure 1. Experimental values of viscosity deviations $\Delta\eta$ as a function of DMA molar fraction x_1 for the systems a) DMA (1) + PEG 200 (2); b) DMA (1) + PEG 400 (2) at following temperatures: (■) 288.15 K, (■) 293.15 K, (■) 298.15 K, (■) 303.15 K, (■) 308.15 K, (■) 313.15 K, (■) 318.15 K, (■) 323.15 K, (-) RK equation.

Acknowledgment

The authors gratefully acknowledge the financial support received from the Ministry of Science, Technological Development and Innovation of the Republic of Serbia (Contract No. 451-03-34/2026-03/200135).

Originalni naučni rad

Ključne reči:

*Hidrodestilacija; lavanda;
kinetika; ispiranje; difuzija*

Key words:

*hydrodistillation; lavender;
kinetics; washing; diffusion*

UTICAJ GEOMETRIJE, BRZINE DESTILACIJE I ODNOSA BILJNA MASA–VODA NA KINETIKU HIDRODESTILACIJE ETARSKOG ULJA LAVANDE

**INFLUENCE OF GEOMETRY, DISTILLATION RATE,
AND PLANT-TO-WATER RATIO ON HYDRODISTILLATION
KINETICS OF LAVENDER ESSENTIAL OIL**

Miljana KRSTIĆ

Univerzitet u Prištini, Fakultet tehničkih nauka, Kosovska Mitrovica
ORCID: 0000-0002-8280-7689

Aleksandra PEROVIĆ

Univerzitet u Nišu, Tehnološki fakultet, Leskovac
ORCID: 0000-0001-5528-3536

Ana V. VELIČKOVIĆ

Univerzitet u Prištini, Fakultet tehničkih nauka, Kosovska Mitrovica
ORCID: 0009-0000-6160-7859

Jelena M. AVRAMOVIĆ

Univerzitet u Prištini, Fakultet tehničkih nauka, Kosovska Mitrovica
ORCID: 0000-0001-6088-909X

Bojana DANILOVIĆ

Univerzitet u Nišu, Tehnološki fakultet, Leskovac
ORCID: 0000-0002-4444-2746

Ivana KARABEGOVIĆ

Univerzitet u Nišu, Tehnološki fakultet, Leskovac
ORCID: 0000-0003-2191-4082

Vlada B. VELJKOVIĆ*

Srpska akademija nauka i umetnosti, Ogranak SANU, Niš
* veljkovicvb@yahoo.com ORCID: 0000-0002-1671-2892

Ovaj rad ispituje uticaj geometrije destilacionog suda, brzine destilacije i odnosa biljna masa–voda na kinetiku hidrodestilacije etarskog ulja lavande. Mehanistički pristup zasnovan na razdvajanju faza ispiranja i difuzije primenjen je kroz dva komplementarna modela: dvofazni kinetički model ispiranja–difuzije i redukovani kinetički model. Utvrđeno je da se proces odvija kroz simultane faze kontrolisane ispiranjem i difuzijom. Zapremina destilacionog suda značajno povećava efikasnost ispiranja, povećavajući ispirljivu frakciju etarskog ulja, uz ograničen uticaj na difuziju. Brzina destilacije ubrzava obe faze bez značajnog uticaja na ukupan prinos. Nasuprot tome, odnos biljna masa–voda utiče na transportna svojstva i pomera ekstrakciju ka difuzionom režimu. Uprkos razlikama u kinetici, ukupan prinos ulja ostaje u uskom opsegu ($\approx 5\text{--}8\%$), što ukazuje da operativni uslovi prvenstveno utiču na kinetiku, a ne na dostupnost ulja.

Zahvalnica

Ovaj rad je podržalo Ministarstvo za nauku, tehnološki razvoj i inovacije u okviru projekta 451-03-34/2026-03/200155 dodeljenog Fakultetu tehničkih nauka u Kosovskoj Mitrovici i projekata 451-03-33/2026-03/200133 i 451-03-34/2026-03/200133 dodeljenog Tehnološkom fakultetu u Leskovcu, kao i Srpska akademija nauka i umetnosti (SANU) u okviru projekta F-78 i Ogranak SANU u Nišu u okviru projekta O-35-24.

This study examines the effects of flask geometry, distillation rate, and plant-to-water ratio on the kinetics of lavender essential oil hydrodistillation. A mechanistic framework distinguishing washing and diffusion stages was applied using two complementary models: the two-stage washing–diffusion kinetic model and the reduced-form global kinetic model. Hydrodistillation was found to proceed through overlapping washing- and diffusion-controlled stages. Flask volume significantly

enhanced washing efficiency, reducing the characteristic washing time (τ_w) and increasing the washable fraction, with minor influence on diffusion. Distillation rate acted primarily as a temporal scaling factor, accelerating both stages without substantially affecting total oil yield. In contrast, the plant-to-water ratio influenced phase behavior and mass transfer, shifting extraction toward diffusion-controlled release. Despite notable differences in extraction dynamics, total recoverable oil remained within a narrow range ($\approx 5\text{--}8\%$), indicating that operating variables govern extraction kinetics rather than oil availability. These findings support mechanistic interpretation, process optimization, and scale-up of hydrodistillation systems.

Acknowledgment

This work was supported by the Ministry of Science, Technological Development, and Innovation under Project 451-03-34/2026-03/200155 assigned to the Faculty of Technical Sciences in Kosovska Mitrovica, and Projects 451-03-33/2026-03/ 200133 and 451-03-34/2026-03/200133 assigned to the Faculty of Technology in Leskovac, as well as the Serbian Academy of Sciences and Arts (SASA) under Project F-78, and the SASA Branch in Niš under Project O-35-24.

Originalni naučni rad

Ključne reči:

*uljana rotkva; dvostepena ekstrakcija;
pužno presovanje;
ekstrakcija rastvaračem; n-heksan*

Key words:

*oilseed radish; two-stage extraction;
screw pressing; solvent extraction;
n-hexane*

DVOSTEPENA EKSTRAKCIJA ULJA IZ SEMENA ULJANE ROTKVE PRIMENOM PUŽNOG PRESOVANJA I EKSTRAKCIJE RASTVARAČEM

TWO-STAGE OIL EXTRACTION FROM OILSEED RADISH SEEDS USING SCREW PRESSING AND SOLVENT EXTRACTION

Vesna ZLATKOVIĆ

Univerzitet u Nišu, Tehnološki fakultet, Leskovac
ORCID: 0000-0003-3872-8403

Nada GRAHOVAC

Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

Ivana BANKOVIĆ-ILIĆ

Univerzitet u Nišu, Tehnološki fakultet, Leskovac
ORCID: 0000-0002-6304-7960

Petar MITROVIĆ

Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

Zoran TODOROVIĆ

Univerzitet u Nišu, Tehnološki fakultet, Leskovac
ORCID: 0000-0001-5761-2217

Ivan STOJKOVIĆ

Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd
ORCID: 0000-0002-5957-7395

Ana MARJANOVIĆ JEROMELA

Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad
ORCID: 0000-0002-7663-0696

Vlada VELJKOVIĆ*

* vlada.veljkovic@sanu.ac.rs

Srpska akademija nauka i umetnosti, Ogranak SANU, Niš
ORCID: 0000-0002-1671-2892

Uljana rotkva (*Raphanus sativus* var. *oleiformis*) predstavlja perspektivnu uljaricu zbog relativno visokog sadržaja ulja u semenu i potencijala za proizvodnju biogoriva, tehničkih ulja i drugih industrijskih proizvoda. Ovaj rad je usmeren na razvoj dvostepenog laboratorijskog procesa ekstrakcije ulja iz semena uljane rotkve u cilju povećanja ukupnog prinosa ulja i efikasnosti procesa. Predloženi pristup kombinuje mehaničko presovanje kao primarni korak ekstrakcije, nakon čega sledi ekstrakcija rastvaračem radi izdvajanja preostalog ulja iz pogače. U prvoj fazi, seme uljane rotkve (sorta NS Bora, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, Srbija) presovano je pomoću pužne prese (model SPU 20, Elektromotor-Simon, Srbija). Najveći prinos ulja (17,6%) postignut je pri optimalnim procesnim uslovima (frekvencija puža 50 Hz, temperatura glave 80 °C i prečnik dizne 8 mm). Dobijena pogača je sakupljena, usitnjena na kućnom dvovaljnom mlinu i prosejana na frakciju veličine čestica od 0,5 mm. Krupnija frakcija je dodatno samlevena u laboratorijskom mlinu (A11 basic, IKA, Nemačka) i ponovo prosejana na istu frakciju. Dobijeni prah je ručno homogenizovan kako bi se obezbedila ujednačenost uzorka. U drugoj fazi, preostalo ulje iz pogače ekstrahovano je maceracijom pod optimalnim uslovima (temperatura 70 °C, odnos rastvarač–čvrsta faza 10 ml/g, vreme ekstrakcije 15 min), pri čemu je kao organski rastvarač korišćen n-heksan. Nakon maceracije, tečni ekstrakt je odvojen vakuum filtracijom, a pogača je isprana dva puta sa po 20 ml svežeg n-heksana. Filtrati su objedinjeni i koncentrisani pod vakuumom na 50 °C do konstantne mase. Prinos ulja u drugoj fazi iznosio je 24,2%, dok je ukupni prinos ulja dostigao 37,3%, čime je potvrđena efikasnost dvostepenog procesa ekstrakcije.

Zahvalnica

Ovaj rad su podržali Ministarstvo za nauku, tehnološki razvoj i inovacije u okviru projekta 451-03-34/2026-03/200133 dodeljeni Tehnološkom fakultetu u Leskovcu i Novom Sadu (451-03-136/2025-03/200032) i Srpska akademija nauka i umetnosti (SANU) u okviru projekta F-78 i Ogranak SANU u Nišu u okviru projekta O-35-24.

Oilseed radish (*Raphanus sativus* var. *oleiformis*) is a promising oilseed crop due to its relatively high seed oil content and potential for biofuel, technical oil, and other industrial product production. This study focuses on developing a two-stage laboratory oil-extraction process for oilseed radish seeds to enhance overall oil yield and process efficiency. The proposed approach combines mechanical pressing as the primary extraction step with subsequent solvent extraction to recover residual oil from the press cake. In the first phase, fodder radish seeds (variety NS Bora, Institute of Crops and Vegetables, Novi Sad, Serbia) were pressed using a screw press (model SPU 20, Elektromotor-Simon, Serbia). The highest oil yield (17.6%) was achieved under optimal process conditions (screw frequency 50 Hz, head temperature 80 °C, and nozzle diameter 8 mm). The resulting cake was collected, ground using a domestic two-roll mill, and sieved to a particle size fraction of 0.5 mm. The larger particle fraction was further ground in a laboratory mill (A11 basic, IKA, Germany) and sieved again to the same fraction. The final cake powder was mixed manually to ensure sample homogeneity. In the second stage, residual oil from the press cake was extracted by maceration under optimal conditions (temperature 70 °C, solvent-to-solid ratio 10 mL/g, extraction time 15 min) using *n*-hexane as the organic solvent. After maceration, the liquid extract was separated by vacuum filtration, and the cake was washed twice with 20 mL of fresh *n*-hexane. The filtrates were combined and concentrated under vacuum at 50 °C to constant mass. The second-stage oil yield was 24.2%, and the total oil yield was 37.3%, confirming the efficiency of the two-stage extraction process.

Acknowledgment

This work was supported by the Ministry of Science, Technological Development, and Innovation under Project 451-03-34/2026-03/200133 assigned to the Faculty of Technology in Leskovac, as well as the Serbian Academy of Sciences and Arts (SASA) under Project F-78, and the SASA Branch in Niš under Project O-35-24.

Originalni naučni rad

Ključne reči:

*sirova nafta; transport cevima;
magistralni naftovod; pad pritiska;
protok; snaga pumpe*

ANALIZA UTICAJNIH PARAMETARA NA SNAGU PUMPE PRI TRANSPORTU SIROVE NAFTE

Key words:

*crude oil; pipeline transport;
oil pipeline; pressure drop;
flow; pump power*

ANALYSIS OF INFLUENTIAL PARAMETERS ON PUMP POWER DURING THE TRANSPORTATION OF CRUDE OIL

Jasna TOLMAČ*

** jasna.tolmac@tfzr.rs*

Slavica PRVULOVIĆ

Saša JOVANOVIĆ

Milan MARKOVIĆ

Uroš ŠARENAC

*Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin
ORCID: 0000-0003-3860-2034*

*Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin
ORCID: 0000-0001-6353-7145*

*Univerzitet u Prištini, Fakultet tehničkih nauka, Kosovska Mitrovica
ORCID: 0009-0006-9728-0695*

*Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin
ORCID: 0009-0007-8130-7467*

*Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin
ORCID: 0009-0007-6619-6076*

U radu su prikazani rezultati eksperimentalnih i teorijskih istraživanja parametara transporta sirove nafte cevima. Sadržaj parafina u nafti ima dominantan uticaj na svojstva sirove nafte, a posebno ima uticaj na smanjenje protočnih svojstava nafte. Fizičke osobine sirove nafte se modifikuju zagrevanjem kako bi se sprečio nastanak voska unutar naftovoda. Zagrevanjem nafte poboljšavaju se protočna svojstva, smanjuje se viskoznost, kao i gubici pritiska na trenje pri transportu cevima, posledično tome smanjuje se i snaga pumpe. Na osnovu eksperimentalnih i teorijskih istraživanja na realnom naftnom postrojenju, simulacijom na Origin softveru, određeni su sledeći odnosi i numeričke vrednosti za sledeće parametre procesa: koeficijent trenja, Rejnoldsov broj, pad pritiska, protok i snaga pumpe.

This work shows the results of experimental and theoretical research of parameters of transport crude oil with pipeline. Content of paraffine in oil has dominant influence on crude oil properties, especially on decrease on its flow rate. Physical properties of crude oil are modified by its heating in order to prevent occurrence of wax inside the oil pipeline. Oil heating improves its flow properties, decreases viscosity and losses of pressure on friction during pipeline transport, consequently, the power of the pump decreases. Based on experimental and theoretical researches on a real oil pipeline, by simulation on Origin software, following relations and numerical values has been determined for the following parameters of the process: friction coefficient, Reynolds number, pressure decrease, flow and power of the pump.

Originalni naučni rad

*plamenogasitelj,
stabilnost, jednobazni barut,
kalijum sulfat, nitroestri*

Key words:

*flame retardant, stability,
single-base propellant, potassium
sulfate, nitric esters*

Mladen BUGARČIĆ*

* m.bugarcic@itnms.ac.rs

Janko ŽIVANIĆ

Larar LAPČEVIĆ

Aleksandar JOVANOVIĆ

Dimitrije ANĐIĆ

Andela SIMONOVIĆ

Jovica NEŠIĆ

KOLIKO PLAMENOGASITELJI MENJAJU STABILNOST JEDNOBAZNIH BARUTA?

HOW MUCH DO FIRE RETARDANTS AFFECT THE STABILITY OF SINGLE-BASE PROPELLANTS?

„Milan Blagojević“ – Namenska AD, Lučani,

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd

ORCID: 0000-0002-6119-4414

„Milan Blagojević“ – Namenska AD, Lučani

„Milan Blagojević“ – Namenska AD, Lučani

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd

ORCID: 0000-0001-9867-9282

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd

ORCID: 0009-0001-6824-5202

Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Beograd

ORCID: 0000-0003-4026-5647

Ministarstvo odbrane Republike Srbije, Vojnotehnički institut, Beograd

ORCID: 0000-0002-0941-2445

Plamenogasitelji, pojedine kalijumove soli, koriste se kao aditivi radi smanjenja bljeska na ustima cevi. Uticaj se zasniva na inhibiciji postplamenih reakcija, odnosno na vezivanju reaktivnih radikala u gasnoj fazi i usporavanju sekundarnih lančanih reakcija sagorevanja, čime se smanjuje intenzitet vidljivog plamena. Brojni primeri iz prakse, kao i dostupni literaturni podaci, ukazuju da prisustvo kalijum-sulfata u barutnoj masi nepovoljno utiče na hemijsku stabilnost jednobaznih baruta. U ovom radu analiziraće se uticaj sastava barutne mase i tehnološkog postupka prerade na krajnju hemijsku stabilnost tri jednobazna baruta različite namene, NC-151, NC-48 i NCD-27, kojima je zajedničko prisustvo određene količine kalijum-sulfata. Poređenjem njihovog hemijskog sastava, sadržaja stabilizatora i ključnih faza tehnološke obrade biće razmotreno na koji način sastav i procesni parametri utiču na hemijsku stabilnost jednobaznih baruta. Procena hemijske stabilnosti biće izražena parametrom Bergmann–Junk, a Dobijeni rezultati su interpretirani u skladu sa dostupnim teorijskim postavkama i specifičnostima proizvodnog procesa, sa ciljem identifikacije ključnih parametara koji utiču na hemijsku stabilnost jednobaznih baruta koji sadrže kalijum sulfat kao plamenogasitelj.

Flame retardants, particularly certain potassium salts, are used as additives to reduce muzzle flash. Their effect is based on the inhibition of post-flame reactions, i.e., on the scavenging of reactive gas-phase radicals and the suppression of secondary combustion chain reactions, thereby reducing the intensity of visible flame. Numerous practical examples, as well as available literature data, indicate that the presence of potassium sulfate in the propellant composition adversely affects the chemical stability of single-base propellants. This paper analyzes the influence of propellant composition and processing technology on the final chemical stability of three single-base propellants of different applications, NC-151, NC-48, and NCD-27, all of which contain a certain amount of potassium sulfate. By comparing their chemical composition, stabilizer content, and the key stages of technological

processing, the study examines how compositional and process parameters affect the chemical stability of single-base propellants. The assessment of chemical stability will be expressed by the Bergmann–Junk parameter, and the obtained results will be interpreted in accordance with the available theoretical principles and the specific features of the manufacturing process, with the aim of identifying the key parameters affecting the chemical stability of single-base propellants containing potassium sulfate as a flame retardant.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
brza identifikacija polimera;
test gorenja;
procena tipa polimera

IDENTIFIKACIJA POLIMERNIH MATERIJALA I ELASTOMERA NA BAZ BRZIH METODA PROCENE GUSTINE I TESTA GORENJA

Key words:
Rapid identification of polymers;
burning test; evaluation
of polymer type

IDENTIFICATION OF THERMOPLASTIC POLYMER MATERIALS BASED ON FLOATHING AND BURNING TEST METHODS

Matilda LAZIĆ

Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu, Zrenjanin, Srbija
ORCID: 0009-0000-9174-554X

Dragan HALAS*

* draganhalas@gmail.com

Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu, Zrenjanin, Srbija
ORCID: 0009-0005-1426-0326

Aleksandar DEDIĆ

Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0001-6120-6414

Duško SALEMOVIĆ

Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu,
Zrenjanin, Srbija

Jelena BERA

Samostalna radnja za proizvodnju sirove gume Edos,
Edvin Bera PR, Zrenjanin

U radu je izvršena preliminarana identifikacija odabranih polimernih materijala i elastomera na bazi ispitivanja njihovog ponašanja u otvorenom plamenu kao i na bazi procene gustine (plutanje/tonjenje) u odgovarajućoj tečnosti, uz primenu brzih metoda identifikacije. Pretpostavljeno je da se na osnovu jednostavnih nestandardnih testova, brzih metoda identifikacije, može izvršiti procena vrste materijala od koje su izrađeni krajnji proizvodi od polimera/elastomera, a da dobijeni rezultati mogu odstupati od literaturnih vrednosti za čiste polimere/kaučuk. Na osnovu identifikovanih karakteristika prema primenjenim metodama, može se smatrati da su ispitivani uzorci izrađeni od sledećih materijala: ABS kaučuk, PET, PS, PP. Modifikacija osnovnog polimera u procesu kompaundiranja polimernog materijala utiče na promenu ispitivanih svojstava u odnosu na vrednosti za čiste komponente.

In this paper, a preliminary identification of the type of polymer materials from which samples of commercial polymer products were made was performed. The burning test was used to examine the behavior of the samples in an open flame. The method of flotation of samples in water was used to estimate the density of the samples from the tested series. It was assumed that additives for plastics cause deviations of the formulated plastics in relation to the expected behaviors shown in the literature for the basic polymer. It was estimated that the samples from the tested series, according to both applied methods, were made of thermoplastic polymer materials based on: HPP; PET, HIPS, ABS. Testing samples of commercial products made of thermoplastic materials are widely used for the production of various packaging due to the satisfactory application properties formed by the processing of the basic polymer, that is, by the formulation of modern types of polymer materials.

Originalni naučni rad

Ključne reči:

fontanski sloj; cevni umetak;
fluido-dinamika; pad pritiska;
maseni protok čestica

Key words:

spouted bed; draft tube;
fluid dynamics; pressure drop;
particle mass flow rate

Dunja ŠIJAKOVIĆ*

* dsijakovic@tmf.bg.ac.rs

Katarina ŠUĆUROVIĆ

Tatjana

KALUĐEROVIĆ RADOIČIĆ

Nevenska

BOŠKOVIĆ-VRAGOLOVIĆ

UTICAJ VISINE CENTRALNE CEVI NA HIDRODINAMIKU U FONTANSKOM SLOJU SA CEVNIM UMETKOM

EFFECT OF CENTRAL TUBE HEIGHT ON HYDRODYNAMICS IN A DRAFT-TUBE SPOUTED FLUID BED

Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd

ORCID: 0009-0007-5728-9713

Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Beograd

ORCID: 0000-0001-9587-2773

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0003-4294-0343

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0002-3365-6052

Fontanski sloj predstavlja efikasan sistem za kontakt gas–krupne čestice sa širokom primenom u hemijskoj industriji. Posebno mesto zauzima fontanski sloj sa cevnom umetkom, koji kombinuje prednosti pakovanog sloja sa karakterističnim fontanskim režimom strujanja, omogućavajući bolju kontrolu procesnih parametara i veću efikasnost sistema. U ovom radu prikazano je eksperimentalno ispitivanje fluido-dinamike u laboratorijskoj koloni sa fontanskim slojem i cevnom umetkom. Eksperimentalna instalacija obuhvata kolonu sa ugrađenim mernim mestima za pritisak duž centralne cevi (p_1 – p_6) i u anularnom prostoru (pA_1 i pA_2). Na dnu kolone nalaze se dva seta mlaznica za kontrolisano uvođenje vazduha u sistem: kompresor obezbeđuje strujanje vazduha kroz centralnu cev, dok ventilator omogućava protok kroz anularni prostor. Ispitivanja su izvedena korišćenjem sfernih staklenih čestica, pri čemu je variran protok vazduha kroz centralnu cev i anulus. Posebna pažnja posvećena je ispitivanju uticaja visine centralne cevi, koja je podešavana na 3, 4,5, 6 i 8 cm. Analizirani su profili pritiska i maseni protok čestica kao ključni fluido-dinamički parametri. Rezultati pokazuju da visina centralne cevi značajno utiče na hidrodinamičko ponašanje i stabilnost sistema. Niže pozicije centralne cevi (3–4,5 cm) obezbeđuju stabilniji rad, manji pad pritiska i jednostavniju regulaciju procesa. Poređenjem četiri ispitivane konfiguracije utvrđeno je da smanjenje visine centralne cevi dovodi do poboljšanja ukupne efikasnosti sistema. Dobijeni rezultati potvrđuju da fontanski sloj sa cevnom umetkom predstavlja efikasnu tehniku za procese kontakta gas–čestice, uz mogućnost optimizacije kroz izbor odgovarajućih geometrijskih parametara.

A spouted bed represents an efficient gas–coarse particle contact system with wide application in the chemical industry. In particular, a spouted bed with a draft tube (central tube insert) combines the advantages of packed beds with the characteristic spouting regime, enabling improved control of process parameters and enhanced operational efficiency. In this study, an experimental investigation of fluid dynamics in a laboratory-scale spouted bed column with a draft tube was performed. The experimental setup consisted of a column equipped with pressure measurement ports located along the central tube (p_1 – p_6) and in the annular region (pA_1 and pA_2). Air was introduced into the system through two sets of nozzles at the bottom of the column: compressed air supplied the central tube, while a fan provided airflow through the annular space. Experiments were conducted using spherical

glass particles, with systematic variation of airflow rates through both the central tube and the annulus. The influence of central tube height on system performance was investigated for four configurations: 3, 4.5, 6, and 8 cm. Key fluid-dynamic parameters, including pressure profiles and particle mass flow rate, were measured and analyzed. The results demonstrate that the central tube height has a significant impact on the hydrodynamic behavior and stability of the spouted bed. Lower central tube positions (3–4.5 cm) resulted in more stable operation, lower pressure drop, and improved process controllability. Comparative analysis of the four tested configurations indicates that reduced central tube height enhances overall system efficiency. These findings confirm that spouted beds with draft tubes represent a highly effective technique for gas–solid contact processes, with potential for optimization through appropriate geometric configuration.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
kompatibilnost; termobarični
eksplozivi; metalni prahovi; polimerno
vezivo; kalo-rimetrija toplotnog fluksa

Key words:
compatibility; thermobaric explosives;
metal powders; polymer binder;
heat flow calorimetry

PROCENA KOMPATIBILNOSTI KOMPONENTI TERMOBARIČNIH EKSPLOZIVA PRIMENOM MIKROKALORIMETRIJE TOPLOTNOG FLUKSA

COMPATIBILITY ASSESSMENT OF THERMOBARIC EXPLOSIVE COMPONENTS BY HEAT FLOW MICROCALORIMETRY

Danica BAJIĆ*

* simic_danica@yahoo.com

Mirjana KRSTOVIĆ

Vesna PETROVIĆ

Teodora STANČIĆ

Ministarstvo odbrane Republike Srbije, Vojnotehnički institut, Beograd
ORCID: 0000-0002-2170-1995

Ministarstvo odbrane Republike Srbije, Vojnotehnički institut, Beograd
ORCID: 0000-0002-5469-3581

Tehnički remontni zavod „Đurđe Dimitrijević – Đura“,
Kragujevac, Srbija

Ministarstvo odbrane Republike Srbije, Vojnotehnički institut, Beograd
ORCID: 0009-0009-1974-5727

Neželjene hemijske interakcije između komponenti visokoenergetskih materijala, poput termobaričnih eksplozivnih smeša, mogu smanjiti stabilnost i povećati bezbednosne rizike tokom njihove proizvodnje, skladištenja i primene. Zato je veoma važno pravovremeno detektovati i kvantifikovati ove interakcije, odnosno proceniti kompatibilnost komponenti. Termobarični eksplozivi su složeni višekomponentni sistemi koji sadrže nitraminske eksplozive, metalne prahove, oksidatore i polimerna veziva. Poseban značaj ima ispitivanje interakcija između polimernih veziva i metalnih prahova, jer direktno utiču na dugoročnu stabilnost sistema. U ovom radu kompatibilnost komponenti ispitivana je primenom kalorimetrije toplotnog fluksa, kao osetljive metode za detekciju sporih i niskoenergetskih procesa. Kao model sistem korišćeno je vezivo na bazi hidroksil-terminiranog polibutadiena (HTPB) sa umreživačem izoforon diizocijanatom (IPDI), u kombinaciji sa prahovima metala, koji se često koriste kao goriva komponenta u formulacijama visokoenergetskih materijala. Ispitivanja su sprovedena na mikrokalo-rimetru TAM IV u izotermnim uslovima, praćenjem toplotnog fluksa u funkciji vremena za pojedinačne komponente i njihove smeše. Analizom dobijenih termičkih signala procenjena je kompatibilnost, sa fokusom na egzotermne interakcije koje mogu ukazivati na neželjene reakcije tokom homogenizacije, umrežavanja polimera ili skladištenja. Rezultati pokazuju različit stepen interakcije između HTPB/IPDI veziva i metalnih prahova. Razlike u intenzitetu i kinetici oslobađanja toplote omogućavaju identifikaciju potencijalno kritičnih kombinacija. SEM analiza metalnih prahova je pokazala značajne razlike u morfologiji i veličini čestica, što se može dovesti u korelaciju sa stepenom interakcije u sistemu vezivo/metalni prah i uočenim termičkim ponašanjem smeša. Dobijeni rezultati doprinose boljem razumevanju interakcija konstituenata u termobaričnim formulacijama i predstavljaju osnovu za optimizaciju sastava sa aspekta bezbednosti i dugoročne stabilnosti.

Unwanted chemical interactions between components of high-energy materials, such as thermobaric explosive mixtures, can reduce stability and increase safety risks during their production, storage and application. That is why it is very important to timely detect and quantify these interacti-

ons, i.e. assess the compatibility of components. Thermobaric explosives are complex multicomponent systems containing nitramine explosives, metal powders, oxidizers and polymer binders. Examining interactions between polymer binders and metal powders is of particular importance, as they directly affect the long-term stability of the system. In this paper, the compatibility of the components was examined using heat flow calorimetry, as a sensitive method for detecting slow and low-energy processes. As a model system, a binder based on hydroxyl-terminated polybutadiene (HTPB) with crosslinker isophorone diisocyanate (IPDI) was used, in combination with metal powders, which are often used as a fuel component in the formulation of high-energy materials. Tests were carried out on the TAM IV microcalorimeter in isothermal conditions, by monitoring the heat flow as a function of time for individual components and their mixtures. By analyzing the obtained thermal signals, the compatibility was evaluated, with a focus on exothermic interactions that may indicate unwanted reactions during homogenization, polymer cross-linking or storage. The results show a different degree of interaction between the HTPB/IPDI binder and the metal powders. Differences in the intensity and kinetics of heat release allow the identification of potentially critical combinations. SEM analysis of metal powders showed significant differences in particle morphology and size, which can be correlated with the degree of interaction in the binder/metal powder system and the observed thermal behavior of the mixtures. The obtained results contribute to a better understanding of the interactions of constituents in thermobaric formulations and represent the basis for optimizing the composition from the aspect of safety and long-term stability.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
azo boje; UV-Vis spektroskopija;
solvatohromizam; tautomerija;
kiselo-bazna ravnoteža

Key words:
azo dyes; UV-Vis spectroscopy;
solvatochromism; tautomerism;
acid-base equilibrium

NOVE AZO BOJE IZVEDENE IZ PIRIDONA: SINTEZA, STRUKTURNA KARAKTERIZACIJA I SOLVATOHROMNA SVOJSTVA

**NOVEL PYRIDONE-DERIVED AZO DYES:
SYNTHESIS, STRUCTURAL CHARACTERIZATION,
AND SOLVATOCHROMIC PROPERTIES**

Luka MATOVIĆ*
* lmatovic@tmf.bg.ac.rs
Vojkan STAMENKOVIĆ
Dušan MIJIN

Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd
ORCID: 0000-0003-4945-7776

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0001-5691-2971

Jelena LAĐAREVIĆ

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0002-5554-7295

Nemanja TRIŠOVIĆ

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0002-9231-4810

Anita LAZIĆ

Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd
ORCID: 0000-0003-4855-3782

Aleksandra MAŠULOVIĆ

Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd
ORCID: 0000-0002-5279-7694

Azo boje predstavljaju najznačajniju klasu organskih boja zahvaljujući svojoj strukturnoj raznovrsnosti, podesivim svojstavima i širokom spektru primena u različitim naučnim i industrijskim oblastima. Heterociklične azo boje predstavljaju značajnu potklasu ovih jedinjenja, pri čemu se posebno izdvajaju azo boje na bazi piridona zbog jednostavne sinteze, visoke funkcionalnosti i visokih vrednosti molarne ekstinkcionog koeficijenta (ϵ). U ovom radu izvršena je sinteza i detaljna karakterizacija tri nova molekula azo boja izvedenih iz piridona. Boje su dobijene reakcijom diazotovanja anilina, 4-(N,N-dimetilamino)anilina i 4-nitroanilina, a zatim reakcijom diazo-kuplovanja sa novim 4-(piridin-3-il)-6-hidroksi-3-cijano-2-piridonom.

Strukture svih jedinjenja su potvrđene ATR-FTIR i NMR spektroskopijom, temperaturom topljenja i elementalnom analizom. UV-Vis spektroskopija korišćena je za ispitivanje solvatohromnih i tautomernih svojstava ovih jedinjenja u setu rastvarača različite polarnosti. Pored toga, ispitivano je i dejstvo pH vrednosti rastvarača na tautomernu ravnotežu ovih jedinjenja (kiselo-bazna ravnoteža).

Azo dyes are widely recognized as the most significant class of organic colorants due to their extensive structural diversity, tunable properties, and a wide range of applications across multiple scientific and industrial fields. Heterocyclic azo dyes constitute a notable subclass of these compounds, with pyridone-based azo dyes being especially significant, due to their straightforward synthetic route, functionality, and a high molar extinction coefficient values (ϵ). In this paper, three novel pyridone-derived azo dye molecules were synthesized and thoroughly characterized. The dyes were obtained by a diazotation reaction of aniline, 4-(N,N-dimethylamino)aniline, and 4-nitroaniline, and subsequent diazo-coupling reaction with a novel 4-(pyridin-3-yl)-6-hydroxy-3-cyano-2-pyridone.

The structures of all compounds were confirmed by ATR-FTIR and NMR spectroscopy, melting point, and elemental analysis. The UV-Vis spectroscopy was employed to investigate the solvatochromic and tautomeric properties of these compounds in a set of solvents of different polarity. In addition, the influence of the solvent's pH value on tautomeric equilibrium was investigated (acid-base equilibrium).

Originalni naučni rad

Ključne reči:
azo boje; UV-Vis spektroskopija;
solvatohromizam; tautomerija;
kiselo-bazna ravnoteža

Key words:
azo dyes; UV-Vis spectroscopy;
solvatochromism; tautomerism;
acid-base equilibrium

SINTEZA, KARAKTERIZACIJA I TAUTOMERIJA NOVE AZO BOJE NA BAZI OROTIČNE KISELINE

THE SYNTHESIS, CHARACTERIZATION, AND SOLVATOCHROMIC PROPERTIES OF NOVEL AZO DYE BEARING OROTIC ACID CORE

Luka MATOVIĆ*
*lmatovic@tmf.bg.ac.rs
Vojkan STAMENKOVIĆ
Dušan MIJIN

Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd
ORCID: 0000-0003-4945-7776
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0001-5691-2971

Jelena LAĐAREVIĆ

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0002-5554-7295

Nemanja TRIŠOVIĆ

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0002-9231-4810

Anita LAZIĆ

Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd
ORCID: 0000-0003-4855-3782

Aleksandra MAŠULOVIĆ

Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd
ORCID: 0000-0002-5279-7694

Sinteza azo boja koje u svojoj strukturi sadrže heterociklična jedinjenja postala je predmet sve većeg interesovanja poslednjih godina, prvenstveno zbog širokog spektra bioloških i farmakoloških aktivnosti ovih jedinjenja. Pored ovoga, heterociklične azo boje nalaze primenu kao fluorescentni materijali, nelinearni optički (NLO) materijali drugog reda, kao i komponente tečnih kristala. Takođe, uvođenje heterocikličnih jedinjenja u molekule azo boja omogućava modifikaciju njihovih elektronskih i optičkih svojstava, čime se povećava intenzitet boje i poboljšava efikasnost bojenja. Značajnu podklasu heterocikličnih jedinjenja predstavljaju derivati pirimidina koji ispoljavaju raznovrsna fiziološka i biološka svojstva. Orotična kiselina (vitamin B13) ima ključnu ulogu u biosintezi pirimidina i često se uključuje u formulacijama dijetetskih suplemenata i multivitamina. Orotična kiselina takođe nalazi primenu u raznim jonoizmenjivačkim procesima, očuvanju hrane, a koristi se i kao biokatalizator u medicini. U ovom radu prikazana je sinteza i detaljna karakterizacija nove azo boje dobijene iz 5-aminoorotične kiseline. Ova azo boja je sintetizovana konvencionalnim reakcijama diazotovanja i diazo-kuplovanja, a njena struktura je potvrđena ATR-FTIR i NMR spektroskopijom, temperaturom topljenja i elementalnom analizom. Da bi se ispitala veza između molekulske strukture i optičkog svojstva sintetizovanog jedinjenja, sprovedena je solvatohromna analiza u setu rastvarača različite polarnosti. Pored toga, UV-Vis spektroskopijom je ispitana zavisnost tautomerne ravnoteže od pH vrednosti rastvarača (kiselo-bazna ravnoteža).

The synthesis of heterocycle-containing azo dyes and their derivatives has attracted increasing attention in recent years, primarily due to their diverse biological and pharmacological activities, in addition to their applications as fluorescent materials, second-order nonlinear optical (NLO) materials, components of liquid crystals, etc. Also, heterocyclic moieties are incorporated into azo dye chromophores to modulate their electronic and optical characteristics, thereby enhancing color intensity and overall dyeing performance. Pyrimidine derivatives represent an important subclass of these

compounds, exhibiting diverse physiological and biological effects, among which orotic acid (vitamin B13), a uracil-derived compound, plays an essential role in pyrimidine biosynthesis and is widely incorporated into dietary supplements and multivitamin preparations. Besides, applications of orotic acid also expand to ion-exchange processes, food preservation, and as a biocatalyst in medical applications. In this paper, the synthesis and thorough characterization of a novel azo dye derived from 5-aminoorotic acid was presented. This azo dye was synthesized through conventional synthetic methods via diazotation and subsequent diazo-coupling reactions, and its structure was validated by ATR-FTIR and NMR spectroscopy, melting point, and elemental analysis. To investigate the relationship between molecular structure and optical behavior, the solvatochromic analysis was conducted in a set of solvent differing in polarity. Likewise, the UV-Vis spectroscopy was performed to assess the dependence of tautomeric equilibrium on the pH of the solvent (acid-base equilibrium).

Originalni naučni rad

Ključne reči:
mašinsko učenje;
fizički informisane neuronske mreže;
neuronski operatori;
digitalni blizanci

Key words:
machine learning;
physical informed neural networks;
neural operators

OD REGRESIJE DO NEURONSKIH OPERATORA: PREGLED METODA MAŠINSKOG UČENJA U PROCESNOJ INDUSTRIJI

**FROM REGRESSION TO NEURAL OPERATORS:
A REVIEW OF MACHINE LEARNING METHODS
IN THE PROCESS INDUSTRY**

Andrija PETROVIĆ*

* andrija.petrovic@fon.bg.ac.rs

Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd

ORCID: 0000-0003-4516-495X

Prirodne i inženjerske nauke se sve više oslanjaju na metode mašinskog učenja (ML) kao dopunu, a u nekim slučajevima i alternativu klasičnim modelima zasnovanim na prvim principima. Cilj ovog predavanja je da pruži pregledan i pristupačan uvod u spektar ML tehnika relevantnih za inženjerstvo, namenjen stručnjacima iz industrije i akademske zajednice koji žele da se informišu o trenutnim mogućnostima i pravcima razvoja ove oblasti.

Predavanje polazi od klasičnih statističkih i regresionih pristupa, koji već decenijama čine osnovu za prediktivno održavanje, kontrolu kvaliteta i meka senzorska merenja. Zatim se razmatraju metode nadgledanog i nenadgledanog učenja, sa naglaskom na njihovoj ulozi u detekciji anomalija, monitoringu procesa i optimizaciji radnih režima. Poseban segment posvećen je dubokom učenju i njegovim mogućnostima za rad sa kompleksnim vremenskim serijama, slikovnim podacima i topološki strukturiranim sistemima karakterističnim za procesna postrojenja.

Težište predavanja stavljeno je na noviju generaciju metoda koje prevazilaze jaz između podataka i fizike procesa. Fizički informisane neuronske mreže (PINN) omogućavaju ugrađivanje zakona održanja mase, energije i količine kretanja direktno u proces učenja, čime se postiže fizička konzistentnost modela i smanjuje potreba za velikim skupovima podataka. Neuronski operatori, poput DeepONet i Fourier Neural Operator arhitektura, predstavljaju dalji konceptualni iskorak ka učenju preslikavanja između funkcionalnih prostora i omogućavanju rešavanje parametarskih parcijalnih diferencijalnih jednačina znatno brže od klasičnih numeričkih solvera. Na ovaj način otvaraju se nove mogućnosti za digitalne blizance, simulacije u realnom vremenu i optimizaciju složenih procesa.

Kroz ovaj pregled biće diskutovane prednosti, ograničenja i praktični izazovi primene pojedinih pristupa, kao i budući pravci razvoja u kontekstu procesne industrije.

Natural and engineering sciences are increasingly relying on machine learning (ML) methods as a complement to, and in some cases an alternative to, traditional first-principles-based models. The goal of this lecture is to provide a clear and accessible introduction to the spectrum of ML techniques relevant to engineering, intended for professionals from both industry and academia who wish to gain insight into the current capabilities and future directions of this field.

The lecture begins with classical statistical and regression-based approaches, which have served for decades as the foundation for predictive maintenance, quality control, and soft sensing applications. It then explores supervised and unsupervised learning methods, with an emphasis on their role in anomaly detection, process monitoring, and operational optimization. A dedicated segment

focuses on deep learning and its capabilities for handling complex time series, image-based data, and topologically structured systems characteristic of industrial process plants.

The main focus of the lecture is placed on the newer generation of methods that bridge the gap between data-driven modeling and process physics. Physics-Informed Neural Networks (PINNs) enable the incorporation of conservation laws of mass, energy, and momentum directly into the learning process, resulting in physically consistent models while reducing the need for large datasets. Neural operators, such as DeepONet and Fourier Neural Operator architectures, represent a further conceptual step toward learning mappings between functional spaces and solving parametric partial differential equations significantly faster than traditional numerical solvers. In this way, new possibilities are emerging for digital twins, real-time simulations, and optimization of complex industrial processes.

Throughout this overview, the advantages, limitations, and practical challenges of applying these approaches will be discussed, along with future research and development directions in the context of the process industry.

Stručni rad

Ključne reči:
procesno inženjerstvo; informaciono
modelovanje objekata (BIM);
EPC projekti; interdisciplinarna
inženjerska primena

Key words:
process engineering; building
information modelling (BIM);
EPC projects; interdisciplinary
engineering application

Ioannis BAFAS*

* i.bafas@gk-consultants.gr

Branislav TODORVIĆ

PRIKAZ ULOGE I IZAZOVA KOD IMPLEMENTACIJE BIM-A U PROCESNOJ INDUSTRIJI KROZ PRIZMU GRČKE NACIONALNE STRATEGIJE

OVERVIEW OF THE ROLE AND CHALLENGES OF BIM IMPLEMENTATION IN PROCESS INDUSTRY THROUGH THE PRISM OF THE GREEK NATIONAL STRATEGY

G. Karavokyris & Partners Consulting Engineers S.A.,

Athens, Greece

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0001-5786-3710

Može se uočiti značajan napredak u implementaciji BIM-a širom EU tokom poslednje decenije, mada sa приметnim varijacijama gledano po zemljama na temu usvajanja relevantnih zakona. Grčka je 2024. godine usvojila Nacionalnu strategiju sa planom aktivnosti za implementaciju informacionog modelovanja objekata (BIM).

Ovaj dokument i njegova dosadašnja primena, u odnosu na preporuke Radne grupe EU za BIM, pružaju zanimljiv primer za posmatranje. Glavna upotreba BIM-a u EU i dalje je kod radova građevinskih inženjera, ali mašinstvo dobija na značaju, posebno u sistemima za grejanje, ventilaciju i klimatizaciju, cevovodima i protivpožarnoj zaštiti.

U prvom odeljku, ovaj rad pokušava da sumira generalne mogućnosti korišćenja BIM-a u procesnoj industriji, uključujući interdisciplinarnu inženjersku primenu, optimizaciju energije i slične teme.

U nastavku se analiziraju relevantni segmenti grčke Nacionalne strategije i plana aktivnosti za BIM u pogledu mogućnosti prilagođavanja različitim inženjerskim disciplinama, a posebno procesnom inženjerstvu. Zaključci mogu biti od posebnog interesa za profesionalce koji se bave EPC (inženjering, nabavka i izgradnja) projektima, ali se mogu koristiti i kao smernice za inženjere uključene u razne druge segmente domena procesne industrije.

Significant progress can be noticed in the implementation of BIM across the EU over the last decade, though with variations per country in the adoption of pertinent legislations. Greece has adopted the National Strategy and Roadmap for the Implementation of Building Information Modelling (BIM) in 2024.

This document and its application so far, in relation to EU BIM Task Group's recommendations, provides an interesting example to observe. Main utilization of BIM in EU still resides with civil engineers, but mechanical engineering is gaining ground, in particular in HVAC, piping and fire protection systems.

In the first section, this paper attempts to summarize the possibilities of using BIM in process industry in general, including interdisciplinary engineering application, energy optimization, and similar issues. In continuation, relevant segments of Greek National Strategy and Roadmap for BIM are analyzed in regard to the capability for accommodating various engineering disciplines, and in particular the process engineering.

Conclusions might be of particular interest to professionals dealing with EPC (Engineering, Procurement, and Construction) projects, but also used as guidance for engineers involved in various other segments of the process industry domain.

Originalni naučni rad

Ključne reči:

višemotorni pogon; regulacija brzine;
sile zatezanja; regulacija temperature;
PLC S7 1500; HMI; Sinamics DCM;
Sinamics G120 inverter; PID 2DOF

Key words:

multi-motor drive; speed control;
tensile force control; temperature
control; PLC S7-1500; HMI; Sinamics
DCM; Sinamics G120 inverter;
PID 2DOF

Igor B. KOCIĆ*

* igor.kocic@elfak.ni.ac.rs

Saša S. NIKOLIĆ

Dragan S. ANTIĆ

Darko B. MITIĆ

Marko T. MILOJKOVIĆ

Staniša LJ. PERIĆ

Miroslav B. MILOVANOVIĆ

Nikola B. DANKOVIĆ

UPRAVLJAČKI SISTEM ZA REGULACIJU RADA TANDEM EKSTRUZIONE LINIJE

CONTROL SYSTEM FOR REGULATING THE OPERATION OF THE TANDEM EXTRUSION LINE

Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet, Niš, Srbija

ORCID: 0009-0002-8569-1180

Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet, Niš, Srbija

ORCID: 0000-0003-2745-3862

Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet, Niš, Srbija

ORCID: 0000-0002-5880-5173

Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet, Niš, Srbija

ORCID: 0000-0001-9483-0176

Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet, Niš, Srbija

ORCID: 0000-0001-7623-1495

Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet, Niš, Srbija

ORCID: 0000-0003-4766-195X

Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet, Niš, Srbija

ORCID: 0000-0003-0535-0790

Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet, Niš, Srbija

ORCID: 0000-0003-0986-5695

U radu je razvijen nov elektro upravljački sistem kojim je zamenjen stari upravljački sistem linije proizvođača Rosendahl za plaširanje i ili ispunu pojedinačnih ili použenih provodnika na kojoj su ugrađeni ekstruderi proizvođača Nokia Maillefer sa cilindrima od 30mm, 60mm i 80mm u skladu sa projektnim zadatkom i svim tehničkim i tehnološkim zahtevima. U okviru elektro projekta urađena je elektro dokumentacija distributivnog ormana, ormana PLC kontrolera i ormana u kojima su instalirani regulatori za pogon pojedinačnih uređaja, urađeno je šemiranje, izrada i instalacija i napisan softver za regulaciju brzine, sile zatezanja i temperature, a potom izvršeno testiranje rada pojedinačnih tehnoloških celina i cele linije čime je obezbeđeno optimalno upravljanje linijom prema zadatim tehnološkim zahtevima. Regulacija brzine i održavanje sile zatezanja zasnovana je na upotrebi kombinovanih metoda upravljanja sa senzorima pozicije, merenjem sile zatezanja i indirektno kontrole sile zatezanja a realizovana upotrebom kaskadnih upravljačkih petlji na bazi PID upravljačkih zakona. Za izradu upravljačkog sistema za kontrolu brzine linije iskorišćen je master slave princip upravljanja višemotornim pogonom, gde je ulazni vučni uređaj vodeći (master), a svi ostali uređaji (slave) prate njegovu brzinu sa zadatim odnosom i pri tome se materijal koji se obrađuje zateže zdatom silom zatezanja. Temperaturna regulacija zona ekstrudera urađena je upotrebom 2DOF PID upravljačkih zakona pri čemu se vodilo računa o međusobnom termičkom uticaju zona, takođe je razvijen deo softvera za podešavanja parametara regulatora pojedinih zona ekstrudera i svih zona istovremeno uz mogućnost uključivanja automatskog podešavanja parametara. Softveri za PLC kontroler S7 1500 serije razvijeni su upotrebom Siemens alata za programiranje TIAPortal. Upravljački softver je napisan u jeziku Ladder dijagrama, STL i SCL u zavisnosti od složenosti pojedinih tehnoloških

celina. Za upravljanje DC i AC motorima upotrebljeni su konvencionalni regulatori Siemens serije 6RA80 Sinamics DCM i invertori serije G120 Sinamics koji su podešeni upotrebom StartDrive alata koji je sastavni deo TIAPortal softvera. Ekrani za panele urađeni su upotrebom TIAPortal WinCC okruženja. Upotrebom operatorskih panela ostvarena je intuitivna vizuelizacija procesa rada delova linije i linije u celini, pri čemu su tehnološke celine linije prikazane grafičkim simbolima koji menjaju boju, oblik i itd u zavisnosti od statusa ili nastalih događaja uz aktiviranje alarma. Arhiviranje relevantnih podataka vrši se upotrebom mysql baze i KepServerEx activex drajvera za komunikaciju sa Siemens PLC-ovima.

This paper presents the development of a new electrical control system that replaces the existing control system of a Rosendahl production line for filling and sheathing of single or stranded conductors, equipped with Nokia Maillefer extruders (30 mm, 60 mm, and 80 mm cylinders), in accordance with project requirements and all technical and technological constraints. The project included the design of electrical documentation for distribution cabinets, PLC control cabinets, and drive control cabinets, as well as wiring, installation, and development of software for speed, tensile force, and temperature control. After implementation, individual technological units and the complete line were tested, ensuring optimal operation according to defined technological requirements. Speed regulation and tensile force control are based on combined control methods using position sensors, direct and indirect tensile force measurements, implemented through cascade control loops based on PID control laws. The control of the multi-motor drive system is realized using a master-slave principle, where the inlet pulling device acts as the master, while all other devices follow its speed with a defined ratio, maintaining the required tensile force of the processed material. Temperature control of extruder zones is implemented using 2DOF PID control, taking into account thermal coupling between zones. Additionally, software modules for both individual and simultaneous tuning of controller parameters for all extruder zones were developed, including automatic tuning functionality. The PLC software for the Siemens S7-1500 controller was developed using TIA Portal, with control algorithms implemented in Ladder, STL, and SCL languages depending on system complexity. Control of DC and AC motors is achieved using Siemens Sinamics DCM (6RA80 series) converters and G120 inverters configured via the StartDrive tool. HMI visualization is implemented using WinCC, enabling intuitive monitoring and control of the process. Data acquisition and archiving are performed using a MySQL database and KepServerEx communication drivers.

Originalni naučni rad

Ključne reči:

*metoda konačnih elemenata;
metoda korelacije digitalnih slika;
modelsko ispitivanje;
dinamička reanaliza; granična čvrstoća*

Key words:

*finite element method;
digital image correlation;
model testing; dynamic reanalysis;
ultimate strength*

NUMERIČKO-EKSPERIMENTALNI PRISTUP U PROCENI ČVRSTOĆE (INTEGRITETA) ELEMENATA PROCESNIH POSTROJENJA

**NUMERICAL AND EXPERIMENTAL APPROACH
IN EVALUATING THE STRENGTH (INTEGRITY)
OF STRUCTURAL ELEMENTS
IN PROCESS INDUSTRY PLANTS**

Ana PETROVIĆ*

* aspetrovic@mas.bg.ac.rs

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0002-5996-1485

Numeričko-eksperimentalni pristup čvrstoći konstrukcija zasniva se na primeni numeričkih metoda proračuna, prvenstveno metode konačnih elemenata, zajedno sa tehnikama eksperimentalnog ispitivanja. Prvo, biće predstavljen konvencionalni pristup proceni čvrstoće konstrukcija, koji uključuje statičnu analizu, radna opterećenja i linearnu analizu korišćenjem metode konačnih elemenata.

Kasnije će biti predstavljene neuobičajene metode za razumevanje čvrstoće strukturnih elemenata koji se obično koriste u procesnoj industriji. Ove metode uključuju dinamičku reanalizu i testiranje modela, koje obe pružaju detaljniji uvid u ponašanje konstrukcije. Dinamička reanaliza zasniva se na ideji da sam napon nije uvek dovoljan pokazatelj kritičnih mesta na konstrukciji. Umesto toga, ova metoda koristi raspodelu razlike potencijalne i kinetičke energije kako bi se identifikovale slabe tačke i predložila moguća poboljšanja dizajna. Modelsko ispitivanje podrazumeva izradu i ispitivanje umenjenog modela konstrukcije. Testiranje modela umesto konstrukcije u punoj veličini značajno smanjuje troškove i vreme testiranja. Štaviše, laboratorijska ispitivanja omogućavaju upotrebu sofisticirane opreme, kao što je sistem za korelaciju digitalnih slika, koja je često nepraktična za primenu u samom postrojenju. Pošto su mnogi strukturni elementi u procesnoj industriji oblika ljuske izložene unutrašnjem pritisku (membransko naprezanje), oni su posebno pogodni za modelsko ispitivanje, ali u zonama gde su efekti savijanja dominantni, moraju se formulisati koeficijenti sličnosti.

Na kraju, analizira se granična čvrstoća konstrukcije. Tradicionalni postupci proračuna generalno uzimaju u obzir elemente konstrukcije koje utiču na krutost i čvrstoću, dok se zavareni spojevi zanemaruju u linearno-elastičnim analizama pod normalnim radnim opterećenjima. Ali šta je sa neočekivanim preopterećenjima koja mogu dovesti do otkaza konstrukcije? Kada se razmatraju granična čvrstoća i plastična deformacija, zavareni spojevi moraju biti uključeni u analizu, jer razlike u mehaničkim svojstvima različitih regiona zavarenog spoja imaju značajan uticaj na integritet konstrukcije.

Numerical and experimental approach to structural strength is based on the application of numerical computation methods, primarily finite element method analysis, together with experimental testing techniques. Firstly, the conventional approach to structural strength assessment, which includes static loading conditions, service loads, and linear analysis using the finite element method, will be presented.

Later, advanced methods for understanding structural behavior of structural elements commonly used in the process industry, will be presented. These methods include dynamic reanalysis and model testing, both of which provide a more detailed insight into structural performance. Dynamic reanalysis is based on the idea that stress alone is not always a sufficient indicator of critical regions in a structure. Instead, this method evaluates the distribution (differences) of potential and kinetic energy in order to identify weak points and suggest possible design improvements. Model testing involves the production and examination of sub-scaled structural models. Testing a model instead of the full-scale structure significantly reduces both costs and testing time. Furthermore, laboratory testing allows the use of advanced equipment, such as Digital Image Correlation system, which are often impractical for on-site applications. Since many structural elements in the process industry are shell structures subjected to internal pressure (membrane stress), they are particularly suitable for model testing, but in the zones where bending effects are dominant, similarity coefficients must be formulated.

Finally, ultimate structural strength is analyzed. Traditional design procedures generally consider only the structural components that affect rigidity and strength, while welded joints are neglected in linear-elastic analyses under normal service loads. But what about unexpected overloads that may lead to structural failure? When ultimate strength and plastic deformation are considered, welded joints must be included in the analysis because variations in the mechanical properties of different weld regions have a significant influence on the overall structural integrity.

Stručni rad

Ključne reči:
deponijski gas;
obnovljiv izvor energije;
metan

Key words:
landfill gas;
renewable energy source;
methane

Marina MIHAJLOVIĆ*

* msavic@tmf.bg.ac.rs

Ana DAJIĆA

STUDIJA SLUČAJA UPRAVLJANJA DEPONIJSKIM GASOM

CASE STUDY OF LANDFILL GAS MANAGEMENT

Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd

ORCID: 0000-0003-3643-345X

Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd

ORCID: 0000-0002-4427-1393

Deponijski gas nastaje kao proizvod anaerobnog razlaganja biodegradabilnih komponenti ostatka komunalnog otpada na deponiji i prosečno sadrži oko 50-55% metana i 45-50% ugljen-dioksida. To znači on predstavlja obnovljivi izvor energije, ali se može posmatrati i kao značajan izvor gasova sa efektom staklene bašte.

Cilj upravljanja deponijskim gasom je najpre sprečavanje zagađenja koje on može uzrokovati, a nakon toga i iskoristiti njegove potencijale kao izvora energije.

Istovremeno, podatke o količinama generisanog i emitovanog gasa potrebno je dostaviti nadležnim organima koji se bave životnom sredinom. Prvi korak u procesu projektovanja sistema za iskorišćenje deponijskog gasa je određivanje raspoloživih količina gasa.

Osim toga, sa stanovišta upravljanja otpadom, neophodno je imati i uvid u predikcije o generisanim količinama gasa u nekom vremenskom periodu.

Cilj ovog rada je prikazati na studiji slučaja metodologiju za efikasno upravljanje deponijskim gasom na primeru regionalne deponije. Ona ima dve osnovne funkcije:

a) praćenje količina i sastava odloženog otpada, kao i vremena njegovog odlaganja što ima za posledicu izračunavanje količina generisanog deponijskog gasa dostupnog za iskorišćenje i

b) predviđanje budućih količina gasa.

Landfill gas (LFG) is a product of anaerobic decomposition of biodegradable components of municipal waste disposed on landfills. It contains about 50-55% methane and 45-50% carbon dioxide. This means that it is a renewable energy source, but it can also be a significant source of greenhouse gases.

The main goal of landfill gas management is to prevent the pollution it can cause, but also to use its potential as an energy source. Also, LFG emitters should report data on the quantities of generated and emitted gas to the environmental protection agency. The first step in the process of designing a system for landfill gas utilization is to determine the available quantities of gas.

The aim of this paper is to present a methodology for landfill gas management using a case study of a regional landfill. It has two basic functions:

a) monitoring the quantities and composition of disposed waste, as well as the time of its disposal, which results in determination of generated landfill gas available for utilization, and

b) predicting future LFG quantities.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
cevovod; inverzna iterativna
metodologija; feritno-austenitni
zavareni spojevi;
zone zavarenog spoja

Key words:
pipeline; inverse iterative
methodology; ferritic-austenitic
steel welded joints;
welded joint regions

Ana PETROVIĆ*

* aspetrovic@mas.bg.ac.rs

Aleksandar JOVANOVIĆ

Mihajlo ARANĐELOVIĆ

Simon SEDMAK

Branislav ĐORĐEVIĆ

PROCENA FAKTORA KONCENTRACIJE NAPONA U FERITNO-AUSTENITNOM ZAVARENOM SPOJU CEVOVODA

STRESS CONCENTRATION FACTOR ASSESMENT IN A FERRITIC-AUSTENITIC STEEL WELDED JOINT ON A PIPELINE

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0002-5996-1485

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

ORCID: 0009-0009-6539-1325

Inovacioni centar Mašinskog fakulteta, Beograd

ORCID: 0000-0002-5040-5167

Inovacioni centar Mašinskog fakulteta, Beograd

ORCID: 0000-0002-2674-541X

Inovacioni centar Mašinskog fakulteta, Beograd

ORCID: 0000-0001-8595-6930

U prethodnim istraživanjima je pokazano da, u okviru elastične analize zavarenih konstrukcija, razlika u mehaničkim svojstvima pojedinih zona zaverenog spoja ne utiče značajno na integritet konstrukcije. Posledično, kada naprezanja ostanu unutar elastične oblasti, nije potrebno eksplicitno modelirati zavarene spojeve u numeričkim simulacijama. Međutim, kada naponi premaše granicu razvlačenja materijala i dođe do plastične deformacije, razlike u mehaničkim svojstvima između osnovnog materijala, metala šava i zone uticaja toplote postaju vrlo značajan faktor u proceni integriteta konstrukcije.

Kako bi se dobili odgovarajući ulazni podaci za modeliranje zavarenih spojeva feritno-austenitnog čelika (mehanička zatezna svojstva svih zona zavarenog spoja), za karakterizaciju materijala zavara od dva materijala primenjena je metodologija prethodno razvijena za zavare od jednog materijala, koja kombinuje numeričko-eksperimentalni pristup. Ovde je eksperimentalnim metodama dobijeno polje deformacije (dobijena korelacijom digitalnih slika) dok je uzorak ispitivan na zatezanje, koje je ko-rišćeno za poboljšanje numeričkih proračunskih modela. Na taj način su određena mehanička svojstva svih pojedinačnih zona zavarenog spoja.

Koristeći prethodno opisane ulazne podatke, razvijena su dva proračunska modela cevovoda izrađenog od dva materijala, sa i bez zavarenih spojeva. Pri tipičnim radnim uslovima, nema razlike između dva modela, jer su naprezanja i dalje u elastičnom području. Međutim, nakon što su naprezanja dosegla plastičnost, u zoni zavarenih spojeva (u modelu koji sadrži zavarene spojeve) bila je prisutna приметna koncentracija napona. Faktor koncentracije napona u modelu koji sadrži zavareni spoj procenjen je u odnosu na proračunski model bez zavarenih spojeva i bez koncentracije napona. Ova analiza može lako da se primeni i na procenu integriteta posude pod pritiskom, jer su i cevovod i posuda pod pritiskom zavarene konstrukcije izrađene od elemenata ljuske opterećene unutrašnjim pritiskom, koji prvenstveno izaziva membranska naprezanja.

Previous studies have demonstrated that, within the framework of elastic analysis of welded structures, variations in mechanical properties across individual weld regions do not significantly influence the accuracy of structural integrity assessments. Consequently, when stresses remain within the elastic range, it is not necessary to explicitly model welded joints in numerical simulations. However, once stress levels exceed the material's yield strength and plastic deformation occurs, the differences in mechanical properties between the base material, weld metal, and heat-affected zone become highly significant factor in structural integrity assessment.

In order to obtain proper input data for ferritic-austenitic steel welded joints modeling (mechanical tensile properties of all welded joint regions), methodology previously developed for one-material welds, that combines experimental and numerical method, is applied for material characterization of a two-material weld. Herein the experimental approach provided the strain fields (as obtained by digital image correlation) while specimen was subjected to tensile testing, which were used to improve numerical computational models. In this way, it was possible to accurately determine the mechanical properties of all individual welded joint regions.

Using the previously described input data, two computational models of a two-material pipeline is developed, with and without welded joints. During typical exploitation conditions under service operations, there was no difference between the two models, as the stresses were still in the elastic area. However, once the stresses reached plasticity, noticeable stress concentration was present in the zone of welded joints (in a computational model containing welded joints). Stress concentration factor in a model containing welded joint is estimated in comparison to computational model without welded joints and without stress concentration. This analysis can be easily transferred to pressure vessel integrity assessment, since both pipeline and pressure vessel are both welded structures made of shell elements loaded with internal pressure, which primarily induces membrane stresses.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
pranje filtera; fluidizacija;
ekspanzija; viskoznost

Key words:
filter backwashing; fluidization;
expansion; viscosity

Miodrag STANOJEVIĆ*

* miodragstanojevic60@gmail.com

HIDRAULIKA PRANJA PEŠČANIH FILTERA U POSTROJENJIMA ZA PREČIŠĆAVANJE VODE

HYDRAULIC OF SAND FILTERS WASHING IN WATER TREATMENT PLANTS

Lola institut, Beograd

Pri pranju brzih gravitacionih filtera vodom dolazi do ekspanzije filterskog medijuma i podizanja nivoa vode iznad filtera kako bi se nečistoće koje su se na njemu zadržale prilikom procesa filtracije, a koje su lakše od materijala medijuma, preko preliva odvele u kanalizaciju. Veličina ekspanzije zavisi od brzine strujanja vode kroz filterski medijum prilikom pranja kao i od viskoznosti vode koja se menja u zavisnosti od njene temperature.

Za filterske medijume kao što su kvarcni pesak ili kombinacija peska i drugih materijala (antracit, tuf, zeoliti i sl.) postoje u literaturi različite metode za određivanje brzina strujanja vode prilikom pranja sloja primenjenog medijuma, koje bi omogućile ostvarivanje njegove ekspanzije dovoljne da se uklone nečistoće deponovane tokom procesa filtracije vode.

Te metode se svode na teorijske, odnosno računске, i praktične, korišćenjem statističkih podataka sa već izgrađenih postrojenja koja su duže vreme u eksploataciji. U evropskim zemljama se najčešće primenjuje Carman-Kozeny-jeva jednačina koja daje dobre rezultate pri izračunavanju pada pritiska u toku filtracije. Međutim, kada se ista formula upotrebi za određivanje potrebne brzine strujanja vode prilikom pranja peščanog filtera, dobijaju se rezultati koji ne odgovaraju realnim vrednostima. Zbog toga se operateri u eksploataciji najčešće oslanjaju na statističke podatke sa sličnih postrojenja.

Autor u radu iznosi sopstveni pokušaj za rešavanje ovog problema, oslanjajući se pre svega na praktična iskustva stečena praćenjem 38-godišnjeg rada PPV „Makiš“ u Beogradu, kao i brojnih drugih postrojenja.

During backwashing rapid gravity filters with water, the filter medium expands and the water level rises above the filter in order to carry away the impurities that have been retained on it during the filtration process, which are lighter than the medium material, through the overflow into the sewage system. The extent of expansion depends on the rate of water flow through the filter medium during washing as well as on the viscosity of the water, which changes depending on its temperature.

For filter media such as quartz sand or a combination of sand and other materials (anthracite, tuff, zeolites, etc.), there are various methods in the literature for determining the water flow rates during the washing of the applied medium layer, which would allow achieving its sufficient expansion to remove impurities deposited during the water filtration process.

These methods are divided into theoretical, or computational, and practical, using statistical data from already constructed plants that have been in operation for a long time. In European countries, the Carman-Kozeny equation is most commonly applied, which gives good results when calculating the pressure drop during filtration. However, when the same formula is used to determine the

required water flow rate during the washing of a sand filter, the results do not correspond to real values. For this reason, operators in practice most often rely on statistical data from similar plants.

The author in this work presents his own attempt to solve this problem, relying primarily on practical experiences gained from monitoring 38 years of operation of the PPV „Makiš“ in Belgrade, as well as numerous other plants.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
mehanička ventilacija;
vlažno odsumporavanje;
termomehanika; termotehnika

**ANALIZA TERMOTEHNIČKIH USLOVA
U OBJEKTIMA ZA ODSUMPORAVANJE DIMNIH GASOVA
BLOKOVA B1 I B2 TERMoeLEKTRANE
„NIKOLA TESLA B“, OBRENOVAC**

Key words:
mechanical ventilation;
wet desulfurization;
thermomechanics

**ANALYSIS OF THERMOTechnical CONDITIONS
IN FACILITIES FOR FLUE GAS DESULFURIZATION
OF BLOCKS B1 AND B2 OF THE “NIKOLA TESLA B”
THERMAL POWER PLANT, OBRENOVAC**

Vladimir JEVTIĆ

Republika Srbija, Ministarstvo za javna ulaganja, Beograd

Dorđe KARIĆ*

* djordje.karic@yahoo.com

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0003-3150-7093

Mirko KOMATINA

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0002-5035-446X

U radu je analizirana uloga termotehničkih sistema u procesnim objektima postrojenja za vlažno odsumporavanje dimnih gasova blokova B1 i B2 termoelektrane „Nikola Tesla B“ u Obrenovcu. Proces odsumporavanja zasniva se na apsorpciji sumpor-dioksida iz dimnih gasova u suspenziji krečnjaka, pri čemu nastaje gips kao nusproizvod. Kontinuitet ovog hemijskog procesa direktno zavisi od stabilne pripreme i transporta krečnjačke suspenzije, kao i od rada sistema za tretman i sušenje gipsa. U objektima pripreme krečnjaka i sušenja gipsa dolazi do značajne procesne disipacije toplote usled rada mlinova, pumpi, transportnih sistema i elektroenergetske opreme. Projektom je definisan temperaturni opseg rada (minimalno +5 °C u zimskom periodu radi sprečavanja smrzavanja instalacija i maksimalno 38 °C u letnjem periodu), kao i mehanička ventilacija velikog kapaciteta radi odvođenja viška toplote. Rad pokazuje da odvođenje toplote predstavlja faktor pouzdanosti sistema za odsumporavanje. Porast temperature iznad projektovanih vrednosti dovodi do pregrevanja elektromotora, smanjenja pouzdanosti mehaničkih sklopova i povećanog rizika od zastoja u pripremi reagensa. Svako narušavanje kontinuiteta pripreme krečnjačke suspenzije direktno utiče na stepen uklanjanja sumpor-dioksida, čime se smanjuje ekološka efikasnost postrojenja. Mehanička ventilacija, stoga, nije samo prateći tehnički sistem, već integralni deo tehnološke stabilnosti procesa odsumporavanja. Analiza ukazuje da održavanje projektovanog temperaturnog režima obezbeđuje stabilan rad sistema pripreme reagensa, kontinuitet hemijske reakcije u apsorberu i pouzdano ispunjavanje ekoloških zahteva. Rad naglašava značaj integracije termotehničkih i procesnih aspekata u analizi i projektovanju savremenih postrojenja za odsumporavanje dimnih gasova.

The paper work analyzes the role of thermal engineering systems in the process facilities of the wet flue gas desulfurization units of blocks B1 and B2 at the "Nikola Tesla B" thermal power plant in Obrenovac. The desulfurization process is based on the absorption of sulfur dioxide from flue gases in a limestone suspension, resulting in gypsum as a by-product. The continuity of this chemical process directly depends on the stable preparation and transportation of the limestone suspension, as well as the operation of the gypsum treatment and drying systems. In the limestone preparation and

gypsum drying facilities, significant process heat dissipation occurs due to the operation of mills, pumps, transport systems, and electrical equipment. The project defines the operating temperature range (minimum +5 °C in the winter period to prevent freezing of installations and a maximum of 38 °C in the summer period), as well as high-capacity mechanical ventilation to remove excess heat. The study shows that heat removal is a reliability factor for the desulfurization system. An increase in temperature above the designed values leads to overheating of the electric motors, reduced reliability of mechanical assemblies, and an increased risk of downtime in reagent preparation. Any disruption in the preparation of the limestone suspension directly affects the degree of sulfur dioxide removal, thereby reducing the environmental efficiency of the plant. Mechanical ventilation, therefore, is not just an auxiliary technical system, but an integral part of the technological stability of the desulfurization process. The results indicate that maintaining the designed temperature regime ensures stable operation of the reagent preparation system, continuity of the chemical reaction in the absorber, and reliable fulfillment of environmental requirements. The paper emphasizes the importance of integrating thermotechnical and process aspects in the analysis and design of modern flue gas desulfurization plants.

Stručni rad

Ključne reči:
projektant tehnologije;
industrijski objekti; projektovanje;
koordinacija struka

ULOGA PROJEKTANTA TEHNOLOGIJE U IZRADI TEHNIČKE DOKUMENTACIJE U REPUBLICI SRBIJI

Key words:
technology designer;
industrial facilities; design;
professional coordination

THE ROLE OF THE TECHNOLOGY DESIGNER IN THE CREATION OF TECHNICAL DOCUMENTATION IN THE REPUBLIC OF SERBIA

Ivan STOJKOVIĆ*
* ivantehno@gmail.com

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0002-1870-7042

Uloga projektanta tehnologije u izradi tehničke dokumentacije u Republici Srbiji definisana je kroz širi normativni okvir, pre svega Zakon o planiranju i izgradnji i prateće podzakonske akte. Iako zakon ne izdvaja uvek eksplicitno ovu struku kao posebnu kategoriju, njen značaj je suštinski u projektovanju objekata sa složenim tehnološkim procesima, naročito u industriji, energetici i infrastrukturi. Ovaj rad analizira položaj i ulogu projektanta tehnologije u svim fazama izrade tehničke dokumentacije, od generalnog projekta do upotrebne dozvole. Projektant tehnologije ima ključnu funkciju u definisanju tehnoloških procesa, izboru i dimenzionisanju opreme, kao i u određivanju tokova materijala i energije. Njegova uloga obuhvata i usklađivanje tehnoloških zahteva sa arhitektonskim, građevinskim i instalacionim rešenjima, uz obavezno poštovanje propisa kao što su Pravilnik o sadržini, načinu i postupku izrade i načinu vršenja kontrole tehničke dokumentacije, kao i regulativa iz oblasti zaštite životne sredine, zaštite od požara i bezbednosti i zdravlja na radu. Poseban značaj ima interdisciplinarna koordinacija, koja omogućava integraciju funkcionalnih i tehničkih zahteva u jedinstveno projektno rešenje. Analizom prakse identifikovani su ključni izazovi, uključujući nedovoljno precizno normativno definisanje uloge projektanta tehnologije, kao i neujednačen kvalitet tehnološke dokumentacije. Zaključuje se da je za unapređenje procesa projektovanja neophodno ranije uključivanje projektanta tehnologije, bolja standardizacija dokumentacije i jačanje koordinacije među učesnicima u projektovanju. Time se doprinosi povećanju efikasnosti, bezbednosti i održivosti realizovanih projekata.

Zahvalnica

Ovaj rad je podržalo Ministarstvo za nauku, tehnološki razvoj i inovacije Republike Srbije (kontakt broj 451-03-33/2026-03/200287).

The role of the technology designer in the preparation of technical documentation in the Republic of Serbia is defined through a broader normative framework, primarily the Law on Planning and Construction and the accompanying by-laws. Although the law does not always explicitly distinguish this profession as a special category, its importance is essential in the design of facilities with complex technological processes, especially in industry, energy, and infrastructure. This paper analyzes the

position and role of the technology designer in all stages of the preparation of technical documentation, from the general project to the use permit. The technology designer has a key function in defining technological processes, selecting and dimensioning equipment, as well as determining material and energy flows. Its role includes the harmonization of technological requirements with architectural, construction, and installation solutions, with mandatory compliance with regulations such as the Rulebook on the content, method, and procedure of preparation and the method of control of technical documentation, as well as regulations in the field of environmental protection, fire protection and occupational safety and health. Of particular importance is interdisciplinary coordination, which enables the integration of functional and technical requirements into a unique project solution. Analysis of practice identified key challenges, including an insufficiently precise normative definition of the role of the technology designer, as well as uneven quality of technological documentation. It is concluded that in order to improve the design process, earlier involvement of technology designers, better standardization of documentation and strengthening of coordination among design participants is necessary. This contributes to increasing the efficiency, safety and sustainability of implemented projects.

Acknowledgment

This work was supported by the Ministry of Science, Technological Development and Innovation of the Republic of Serbia (contact number 451-03-33/2026-03/ 200287).

Stručni rad

Ključne reči:

*lasersko skeniranje; dronovi;
monitoring; procesna industrija;
multispektralna analiza*

Key words:

*laser scanning; UAV (drones);
monitoring, process industry;
multispectral analysis*

PRIMENA SAVREMENIH GEODETSKIH I SENZORSKIH TEHNOLOGIJA U MONITORINGU I INSPEKCIJI OBJEKATA PROCESNE INDUSTRIJE

APPLICATION OF MODERN GEODETIC AND SENSOR TECHNOLOGIES IN MONITORING AND INSPECTION OF PROCESS INDUSTRY FACILITIES

Aleksandar MILOSAVLJEVIĆ*

** a.milosavljevic@geotaur.com*

Geotaur d.o.o., Beograd

ORCID: 0009-0002-0932-5090

U savremenoj procesnoj industriji postoji izražena potreba za unapređenjem metoda monitoringa, inspekcije i održavanja složenih industrijskih postrojenja. Tradicionalni pristupi često su vremenski zahtevni, rizični i ograničeni u pogledu dostupnosti i obima podataka. Razvoj savremenih geodetskih i senzorskih tehnologija, kao što su lasersko skeniranje, bespilotne letelice (UAV) i različiti tipovi senzora, omogućava značajno unapređenje ovih procesa.

U radu je prikazana primena laserskog skeniranja za izradu preciznih 3D modela industrijskih objekata, sa posebnim osvrtnom na kontrolu geometrije rezervoara, uključujući analizu odstupanja kao što su ovalnost i ravnost. Takođe je predstavljena upotreba UAV sistema opremljenih različitim senzorima, uključujući multispektralne i gasne senzore, za potrebe detekcije anomalija, curenja i termalnih nepravilnosti.

Kroz nekoliko praktičnih primera iz realnih projekata, uključujući modelovanje kompleksnih industrijskih postrojenja, analizu stanja rezervoara i detekciju žarišta na deponijama, demonstrirane su prednosti ovih tehnologija u pogledu bezbednosti, efikasnosti i dostupnosti podataka.

Rezultati ukazuju na značajan potencijal primene ovih metoda u procesu digitalizacije industrijskih sistema, unapređenja održavanja i donošenja informisanih odluka, čime se otvara prostor za dalji razvoj koncepta digitalnih blizanaca i integrisanih sistema monitoringa.

Modern process industry faces an increasing need for advanced methods for monitoring, inspection, and maintenance of complex industrial facilities. Traditional approaches are often time-consuming, risky, and limited in terms of data availability and coverage. The development of modern geodetic and sensor-based technologies, such as laser scanning, unmanned aerial vehicles (UAVs), and various types of sensors, enables significant improvements in these processes.

This paper presents the application of laser scanning for the generation of accurate 3D models of industrial structures, with a particular focus on geometric control of storage tanks, including the analysis of deviations such as roundness and flatness. Additionally, the use of UAV systems equipped with different sensors, including multispectral and gas sensors, is demonstrated for the detection of anomalies, leaks, and thermal irregularities.

Several practical case studies are presented, including modeling of complex industrial facilities, geometric analysis of storage tanks, and detection of hotspots at waste disposal sites. These examples highlight the advantages of the proposed technologies in terms of safety, efficiency, and data availability.

The results indicate a strong potential for the application of these methods in the digitalization of industrial systems, improvement of maintenance processes, and support for informed decision-making, opening the way for further development of digital twins and integrated monitoring systems.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
aditivna proizvodnja; materijali;
otpada voda; bioreaktor

MEHANIČKE I HEMIJSKE KARAKTERISTIKE MATERIJALA ZA BARBOTAŽNE BIOREAKTORE U BIOLOŠKOJ OBRADI OTPADNIH VODA: PREGLED

Key words:
additive manufacturing; materials;
wastewater; bioreactor

MECHANICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF MATERIALS FOR BUBBLE COLUMN BIOREACTORS IN BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT: A REVIEW

Katarina TELEBAK*

* ktelebak@mas.bg.ac.rs

Nikola KARLIČIĆ

Isaak TRAJKOVIĆ

Tibela LANDEKA DRAGIČEVIĆ

Dijana GRGAS

Marko OBRADOVIĆ

Dušan TODOROVIĆ

Snežana BEĆIRIĆ

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

ORCID: 0009-0001-5689-6745

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0002-5510-9500

Inovacioni centar Mašinskog fakulteta, Beograd

ORCID: 0000-0001-6671-4733

Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb, Hrvatska

ORCID: 0000-0001-6389-824X

Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb, Hrvatska

ORCID: 0000-0003-0687-6524

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0002-4467-5777

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0003-3119-1324

Zavod za unapređivanje obrazovanja i vaspitanja, Beograd

ORCID: 0009-0007-9784-8284

Trodimenzionalna (3D) štampa omogućava direktnu izradu komponenti sloj po sloj, vođenu digitalnim podacima iz CAD modela, bez potrebe za specijalizovanim alatima za svaku pojedinačnu komponentu. Tokom protekle tri decenije razvijene su brojne tehnologije 3D štampe, što je doprinelo poboljšanju direktne proizvodnje delova u različitim primenama. Često se ističe kao ključni element nove industrijske revolucije, u kojoj digitalizacija, informacione tehnologije i povezanost podataka podstiču inovacije proizvoda. Ipak, iako 3D štampa pruža značajan potencijal, postojeća istraživanja sugerišu da očekivane prednosti naprednih proizvodnih tehnologija retko budu u potpunosti ostvarene u praksi.

Keramika je takođe našla primenu u mašinskoj industriji i biotehnološkim procesima. Zbog svojih izuzetnih osobina, kao što su mehanička čvrstoća, krutost, dugovečnost i termička stabilnost, kompozitni keramički materijali široko se primenjuju u automobilskoj, vazduhoplovnoj industriji, kao i u biomedicinskim i elektronskim uređajima.

S obzirom da monolitna keramika ima slabu otpornost na lom i nisku električnu provodljivost, ovi materijali su tokom poslednje decenije značajno unapređeni.

Posebno je značajno što se reaktori sa složenom unutrašnjom geometrijom mogu lako izraditi, optimizovati i zameniti kako bi ispunili specifične zahteve procesa, kao što su poboljšano mešanje i povećana specifična površina. Ove prednosti ih čine posebno značajnim, jer omogućavaju razvoj funkcionalnih, jeftinih alternativa konvencionalnoj opremi, što može olakšati i ubrzati ukupan proces u barbotажnim bioreaktorima, istovremeno smanjujući investicione troškove.

Ovaj pregled razmatra različite karakteristike materijala u izradi bioreaktora i upoređuje njihove mehaničke i hemijske osobine kroz numerička i eksperimentalna istraživanja. Literatura je pregledana korišćenjem ključnih reči kao što su: bioreaktor, materijali, 3D štampa, analiza i otpadne vode u publikacijama na engleskom jeziku. Svi sažeci iz indeksiranih časopisa su pažljivo pročitani i analizirani kako bi se dodatno suzio izbor uključenih studija.

Three-dimensional (3D) printing enables the direct fabrication of components layer by layer, guided by digital data from CAD models, without the need for specialized tooling for each individual part. Over the past three decades, numerous 3D printing technologies have been developed, transforming the concept of direct part manufacturing across a wide range of applications. It is often highlighted as a key element of the new industrial revolution, in which digitalization, information, and connectivity drive product innovation. Nevertheless, although 3D printing offers considerable potential, current studies suggest that the expected advantages of advanced manufacturing technologies are seldom fully achieved in practice.

Ceramics have also found applications in mechanical engineering and biotechnological processes. Due to their outstanding properties such as mechanical strength, stiffness, durability, and thermal stability ceramic composite materials are widely used in the automotive, industrial, and aerospace sectors, as well as in biomedical and electronic devices. Since monolithic ceramics exhibit brittle behavior and low electrical conductivity, these materials have been significantly enhanced over the past decade.

Notably, reactors with complex internal geometries can be easily fabricated, optimized, and replaced to meet specific process requirements, such as improved mixing and increased specific surface area. These advantages make them particularly appealing, as functional, low-cost alternatives to analytical equipment can be developed, which can facilitate or even accelerate the overall process in bubble column bioreactors while reducing investment costs.

This review examines various material characteristics in bioreactor fabrication and compares their mechanical and chemical properties through both numerical and experimental investigations. The literature survey was conducted using keywords such as: bioreactor, materials, 3D printing, analysis and wastewater in English-language publications. All abstracts retrieved from indexed journals were read and analyzed to further narrow the selection of included studies.

Stručni rad

Ključne reči:

*ručni aparat za gašenje požara;
prevozni aparat za gašenje požara;
klasifikacija požara*

Key words:

*portable fire extinguishers;
mobile fire extinguishers;
fire classifications*

Ivan ARANĐELOVIĆ*

** iarandjelovic@mas.bg.ac.rs*

Nikola TANASIĆ

Radenko RAJIĆ

RASPOREĐIVANJE APARATA ZA GAŠENJE POŽARA U ZAVISNOSTI OD KLASIFIKACIJE POŽARA

DISTRIBUTION OF FIRE EXTINGUISHERS ACCORDING TO FIRE CLASSIFICATION

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0002-7343-9538

Akademija strukovnih studija Politehnika, Beograd

ORCID: 0009-0005-9278-386X

Akademija strukovnih studija Politehnika, Beograd

ORCID: 0009-0001-1276-8629

Biće prikazano nekoliko postupaka za izbor tipa i definisanje raspored protivpožarnih aparata, i najvažnije metode će biti ukratko opisane. Te metode imaju slične osnovne komponente parametara, vrednosti i međusobnih odnosa. Biće razmatrana ograničenja zapažena u primeni tih komponenti. Takođe biće data i uporedna analiza rezultata dobijenih navedenim postupcima.

Several concepts for choice and distribution of fire extinguishers are presented and some major methods for are briefly described. These procedures have similar basic components of parameters, values, and relationships. Limitations found in application of these components are discussed. Furthermore, a comparative analysis of the results obtained by these methods is given.

Stručni rad

Ključne reči:

kombinovana komora;
atmosferski gorionici;
distribucija toplote; kinetika sušenja;
energetska efikasnost

Key words:

combined chamber;
atmospheric burners;
heat distribution; drying kinetics;
energy efficiency

Martina BALAC*

* mbalac@mas.bg.ac.rs

Vladimir JOVANOVIĆ

Jovan ŠAULA

PROJEKTOVANJE I ANALIZA

KOMBINOVANE KOMORE ZA PREMАЗIVANJE I SUŠENJE SA ATMOSFERSKIM GORIONICIMA

DESIGN AND ANALYSIS OF A COMBINED COATING AND DRYING CHAMBER WITH ATMOSPHERIC BURNERS

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0002-2135-0179

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0001-9929-8545

Vatrostalna Inženjering d.o.o., Beograd

Kombinovane komore za nanošenje premaza i sušenje široko se koriste u procesnoj industriji, uključujući prehrambenu, farmaceutsku i hemijsku industriju, za nanošenje tankih slojeva materijala i njihovo naknadno sušenje. U ovom istraživanju predstavljeno je projektovanje i razvoj kombinovane komore za premazivanje i sušenje sa atmosferskim gorionicima za direktno sagorevanje. Predloženo rešenje omogućava preciznu kontrolu temperature i vlažnosti unutar komore, što je neophodno za obezbeđivanje ravnomernog premazivanja i konzistentnih uslova sušenja. Posebna pažnja je posvećena integraciji atmosferskih gorionika, koji obezbeđuju direktan prenos toplote kroz gasove sagorevanja, što rezultira visokom termičkom efikasnošću i brzim odzivom na zahteve procesa. Atmosferski gorionici obezbeđuju preciznu regulaciju temperature i vlažnosti unutar komore, što je neophodno za kontrolisano nanošenje premaza i ravnomerno sušenje materijala, obezbeđujući konzistentan kvalitet proizvoda. Sistem gorionika je dizajniran da obezbedi stabilno sagorevanje, ravnomernu raspodelu toplote i bezbedan rad pod različitim uslovima opterećenja. Takođe se razmatra uticaj radnih parametara gorionika na raspodelu temperaturnog polja i kinetiku sušenja. Pored toga, sistem pokazuje poboljšanu energetska efikasnost u poređenju sa konvencionalnim rešenjima električnog grejanja, posebno u primenama koje uključuju velike površine i proizvodnju u industrijskim razmerama. Razvijeni dizajn komore zadovoljava relevantne tehničke i operativne zahteve, kao i važeće standarde i direktive. Predstavljeno rešenje doprinosi optimizaciji proizvodnih procesa smanjenjem potrošnje energije, skraćivanjem vremena obrade i poboljšanjem ukupnog kvaliteta i konzistentnosti premazanih proizvoda.

Combined coating and drying chambers are widely used in the process industry, including food processing, pharmaceuticals, and chemical production, for the application of thin material layers and their subsequent drying. The design and development of a combined coating and drying chamber with atmospheric burners for direct combustion is presented in this research. Proposed solution enables precise control of temperature and humidity within the chamber, which is essential for ensuring uniform coating and consistent drying conditions. Special attention is given to the integration of atmospheric burners, which provide direct heat transfer through combustion gases, resulting in high thermal efficiency and rapid response to process demands. Atmospheric burners provide precise regulation of temperature and humidity within the chamber, which is essential for controlled coating

application and uniform drying of materials, ensuring consistent product quality. The burner system is designed to ensure stable combustion, uniform heat distribution, and safe operation under varying load conditions. The influence of burner operating parameters on temperature field distribution and drying kinetics is also considered. In addition, the system demonstrates improved energy efficiency compared to conventional electric heating solutions, particularly in applications involving large surfaces and industrial-scale production. The developed chamber design satisfies relevant technical and operational requirements, as well as applicable standards and directives. The presented solution contributes to the optimization of production processes by reducing energy consumption, shortening processing time, and improving the overall quality and consistency of coated products.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
upravljanje kvalitetom;
vizitorski centar;
održiva energetika

Key words:
quality management;
visitor center;
sustainable energy

INTEGRISANI FILOZOFSKO KOMUNIKOLOŠKI PRISTUP UPRAVLJANJU KVALITETOM: HERMENEUTIKA, TEHNIKA I AKTERSKE MREŽE U POSTROJENJIMA ODRŽIVE ENERGETIKE

INTEGRATED PHILOSOPHICAL–COMMUNICOLOGICAL
APPROACH TO QUALITY MANAGEMENT: HERMENEUTICS,
TECHNOLOGY AND ACTOR-NETWORKS IN SUSTAINABLE
ENERGY FACILITIES

Andrea RATKOVIĆ NOVKOVIĆ*

* andrea.ratkovicnovkovic@elixircraft.rs

Elixir Craft, Prahovo, Srbija

ORCID: 0009-0007-1365-0757

Rad razmatra mogućnosti integrisanog filozofsko komunikološkog pristupa upravljanju organizacionim kvalitetom u industrijskim postrojenjima održive energetike, polazeći od pretpostavke da se transparentnost tehnoloških procesa i edukativna uloga vizitor centara mogu posmatrati kao sastavni elementi kvaliteta, a ne kao sporedne prakse organizacijske komunikacije. Kao studija slučaja uzeta je Energana na otpad u Prahovu, čiji Vizitor centar omogućava empirijski okvir za ispitivanje načina na koje se složene tehnološke strukture tumače, predstavljaju i društveno utemeljuju. Teorijski pristup zasniva se na nekoliko komplementarnih filozofskih perspektiva. Gadamerova hermeneutika omogućava razumevanje Vizitor centra kao prostora u kojem se tehnološki procesi prevode u iskustvo koje je moguće razumeti u horizontu posetioca. Habermasova teorija komunikativne racionalnosti obezbeđuje kriterijume za analizu institucionalne transparentnosti i uslova u kojima se može konstituisati poverenje javnosti. Rikerov koncept narativnog identiteta osvetljava način na koji organizacija kroz interpretativne strukture gradi koherentan prikaz sopstvenih praksi i ciljeva održivosti. Hajdegerova analiza tehnike kao oblika otkrivanja sveta otvara mogućnost da se tehnološki procesi Energane promišljaju van usko-strukovnog tehničkog pojmovnika. Laturova teorija akterskih mreža doprinosi razumevanju Vizitor centra i Energane na otpad kao elemenata šireg spleta odnosa između tehnoloških, institucionalnih i društvenih aktera. Manhajmova dijagnostika modernog društva pruža okvir za razmatranje promena vrednosnih orijentacija i očekivanja koja prate održive industrijske inicijative. Rad pokazuje da integracija ovih perspektiva otvara mogućnost za promišljanje koncepta kvaliteta kao relacijski zasnovane kategorije koja uključuje i načine predstavljanja tehnike, oblikovanja poverenja i stabilizacije društvenih odnosa u kojima industrijska postrojenja deluju.

The paper examines the possibilities of an integrated philosophical communicological approach to organizational quality management in industrial facilities of sustainable energy production, starting from the assumption that transparency of technological processes and the educational role of visitor centers can be understood as integral elements of quality, rather than as secondary practices of organizational communication. The waste to energy plant in Prahovo is used as a case study, with its Visitor Center providing an empirical framework for exploring how complex technological structures are interpreted, presented, and socially grounded.

The theoretical approach is based on several complementary philosophical perspectives. Gadamer's hermeneutics enables an understanding of the Visitor Center as a space in which technological processes are translated into an experience comprehensible within the visitor's horizon. Habermas's theory of communicative rationality provides criteria for analyzing institutional transparency and the conditions under which public trust can be constituted. Ricoeur's concept of narrative identity illuminates how an organization constructs a coherent representation of its practices and sustainability goals through interpretive structures. Heidegger's analysis of technology as a mode of revealing opens the possibility of reflecting on the plant's technological processes beyond narrowly technical terminology. Latour's actor network theory contributes to understanding both the Visitor Center and the waste to energy plant as elements within a broader network of relationships between technological, institutional, and social actors. Mannheim's diagnostics of modern society offers a framework for considering value orientation shifts and expectations associated with sustainable industrial initiatives.

The paper demonstrates that integrating these perspectives opens the possibility of conceptualizing quality as a relationally grounded category that includes ways of presenting technology, shaping trust, and stabilizing the social relations within which industrial facilities operate.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
mobilno učenje; kvalitet usluga;
menadžment kvaliteta; PLS-SEM

FAKTORI KOJI UTIČU NA KVALITET USLUGE U MOBILNOM UČENJU: PLS-SEM PRISTUP

Key words:
mobile learning; service quality; quality
management; PLS-SEM

FACTORS INFLUENCING SERVICE QUALITY IN MOBILE LEARNING: A PLS-SEM APPROACH

Lidija KRSTIĆ*

* lkrstic@tfbor.bg.ac.rs

Sanela ARSIĆ

Aleksandra RADIĆ

Isidora MILOŠEVIĆ

Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Bor, Srbija

ORCID: 0009-0009-6618-4723

Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Bor, Srbija

ORCID: 0000-0002-1957-566X

Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Bor, Srbija

ORCID: 0000-0003-4253-8004

Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Bor, Srbija

ORCID: 0000-0001-5539-8253

Razvoj mobilnih tehnologija značajno je uticao na obrazovno okruženje, ističući značaj upravljanja kvalitetom i standardizacije u pružanju obrazovnih usluga. Mobilno učenje (m-učenje), kao nastavak e-učenja, omogućava studentima fleksibilan i interaktivan pristup obrazovnom sadržaju putem mobilnih uređaja, što doprinosi standardizaciji i poboljšanju kvaliteta obrazovnog procesa u visokom obrazovanju. Cilj ovog istraživanja je ispitivanje faktora koji oblikuju percepciju kvaliteta usluga mobilnog učenja, sa fokusom na očekivani napor, uticaj predavača, i ličnu inovativnost studenata. Predloženi model istraživanja testiran je korišćenjem modeliranja strukturnih jednačina parcijalnih najmanjih kvadrata (PLS-SEM), na osnovu podataka ankete prikupljenih od studenata Univerziteta u Beogradu, pružajući uvid u ključne determinante koje doprinose kvalitetu usluga mobilnom učenju. Rezultati istraživanja potvrđuju sve postavljene hipoteze, ukazujući da očekivani napor, uticaj predavača i lična inovativnost studenata imaju statistički značajan i pozitivan efekat na percepciju kvaliteta usluga mobilnog učenja. Dobijeni rezultati pružaju smernice donosiocima odluka i visokoškolskim institucijama za unapređenje dizajna i implementacije mobilnih obrazovnih platformi u cilju postizanja višeg nivoa kvaliteta i standardizacije obrazovnih usluga.

The development of mobile technologies has significantly affected the educational environment, emphasizing the importance of quality management and standardization in the provision of educational services. Mobile learning (m-learning), as a continuation of e-learning, allows students flexible and interactive access to educational content via mobile devices, which contributes to the standardization and improvement of the quality of the educational process in higher education. The aim of this research is to examine the factors that shape the perception of the quality of mobile learning services, with a focus on the expected effort, the influence of the lecturer and the personal innovativeness of the students. The proposed research model was tested using partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM), based on survey data collected from students at the University of Belgrade, providing insight into the key determinants that contribute to the quality of services in mobile learning. The research results confirm all proposed hypotheses, indicating that effort expectancy,

instructor influence, and students' personal innovativeness have a statistically significant and positive effect on the perceived quality of mobile learning services. The obtained findings provide valuable guidance for decision-makers and higher education institutions in improving the design and implementation of mobile learning platforms, with the aim of achieving higher levels of service quality and standardization in education.

Originalni naučni rad

Ključne reči:

kvalitet timskog razvoja; kohezija;
hibridni rad; komunikacija,
organizaciono ponašanje

Key words:

team development quality; cohesion;
hybrid work; communication;
organizational behavior

Snežana NESTIĆ

Aleksandar ALEKSIĆ*

* aaleksic@kg.ac.rs

Danijela TADIĆ

Strahinja STIJOVIĆ

KVALITET RAZVOJA TIMOVA I KOHEZIJE U HIBRIDNIM RADNIM OKRUŽENJIMA

QUALITY OF TEAM DEVELOPMENT AND COHESION IN HYBRID WORK ENVIRONMENTS

Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac, Srbija
ORCID: 0000-0003-1461-9595

Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac, Srbija
ORCID: 0000-0002-7990-9123

Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac, Srbija
ORCID: 0000-0003-2236-967X

Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac, Srbija

U savremenom poslovnom okruženju, organizacije se suočavaju sa sve većim pritiskom da usvoje hibridne modele rada koji kombinuju tradicionalno prisustvo u kancelariji sa radom na daljinu. Ovo istraživanje fokusira se na analizu kvaliteta timskog razvoja i kohezije u hibridnim okruženjima, sa posebnim osvrtom na izazove u komunikaciji, jasnoću uloga i nivo međusobnog poverenja među članovima tima. Ključni cilj istraživanja je identifikacija promena koje se dešavaju u dinamici tima usled prostorne distance, kao i analiza faktora koji direktno utiču na socijalnu i koheziju usmerenu na zadatak. Kroz empirijsku analizu stavova zaposlenih koji rade u hibridnom režimu, istraživanje teži da utvrdi kako tehnološki alati i leaderski pristupi mogu prevazići osećaj izolovanosti i neravnopravnosti. Na osnovu dobijenih rezultata, rad pruža smernice i preporuke za preduzeća kako bi efikasno unapredila timsku povezanost i osigurala efikasno poslovanje u digitalnom okruženju.

In the contemporary business environment, organizations face increasing pressure to adopt hybrid work models that combine traditional office presence with remote work. This research focuses on analyzing the quality of team development and cohesion in hybrid environments, with reference to communication challenges, role clarity, and the level of mutual trust among team members. The key goal of the research is the identification of changes that occur in team dynamics due to spatial distance, as well as the analysis of factors that directly affect social and task-oriented cohesion. Through an empirical analysis of the attitudes of employees working in a hybrid mode, the research aims to determine how technological tools and leadership approaches can overcome the feeling of isolation and inequality. Based on the results obtained, the work provides guidelines and recommendations for companies to effectively improve team bonding and ensure efficient business in the digital environment.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
kvalitet ERP sistema; ANOVA;
diskretna industrija;
procesna industrija

Key words:
ERP system quality; ANOVA;
discrete industry; process industry

PROCENA KVALITETA ERP REŠENJA KROZ PERFORMANSE SISTEMA: DOKAZI ZASNOVANI NA ANOVA ANALIZI IZ DISKRETNE I PROCESNE INDUSTRIJE

ASSESSING ERP SOLUTION QUALITY THROUGH SYSTEM PERFORMANCE: ANOVA-BASED EVIDENCE FROM DISCRETE AND PROCESS INDUSTRIES

Aleksandra RADIĆ*

* aradic@tfbor.bg.ac.rs

Sanela ARSIĆ

Lidija KRSTIĆ

Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Bor, Srbija

ORCID: 0000-0003-4253-8004

Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Bor, Srbija

ORCID: 0000-0002-1957-566X

Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Bor, Srbija

ORCID: 0009-0009-6618-4723

Kvalitet ERP sistema igra ključnu ulogu u poboljšanju organizacione efikasnosti integriranjem poslovnih procesa omogućavanjem razmene informacija u realnom vremenu. Međutim, percepcija kvaliteta ERP sistema može da varira u različitim industrijskim kontekstima. Ova studija ispituje da li postoje statistički značajne razlike u percipiranim performansama ERP sistema između korisnika u diskretnoj i procesnoj industriji. Empirijski podaci su prikupljeni putem onlajn ankete među 100 korisnika ERP sistema zaposlenih u preduzećima koja posluju u Srbiji. Kvalitet ERP sistema meren je efikasnošću pretrage podataka, vremenom učitavanja sistema, preuzimanjem podataka, kreiranjem dokumenata i izvršavanjem zadataka. Metoda analize varijanse (ANOVA) primenjena je za testiranje razlika u percepciji korisnika između dva tipa industrija. Rezultati ukazuju na statistički značajne razlike u percepcijama vezanim za efikasnost pretrage podataka i brzinu učitavanja sistema, dok nisu pronađene značajne razlike za preuzimanje podataka, kreiranje dokumenata i izvršavanje zadataka. Studija doprinosi literaturi pružajući empirijske dokaze o razlikama u percepciji performansi ERP sistema zasnovanim na industriji. Sa praktične perspektive, rezultati ističu važnost prilagođavanja dizajna i konfiguracije ERP sistema specifičnim operativnim potrebama različitih industrijskih okruženja. Buduća istraživanja bi mogla proširiti analizu uključivanjem dodatnih dimenzija kvaliteta ERP-a i šireg uzorka.

Enterprise Resource Planning (ERP) system quality plays a critical role in improving organizational efficiency by integrating business processes and enabling real-time information exchange. However, perceptions of ERP system quality may vary across different industrial contexts. This study examines whether statistically significant differences exist in perceived ERP system performance between users in discrete and process industries. Empirical data were collected through an online survey of 100 ERP users employed in enterprises operating in Serbia. ERP system quality was measured by data search efficiency, system loading time, data downloading, document creation, and task execution. The analysis of variance (ANOVA) method was applied to test differences in user perceptions between the two industry types. The results indicate statistically significant differences in perceptions related to data search efficiency and system loading speed, while no significant differences were found for data downloading, document creation, and task execution. The study contributes to

the literature by providing empirical evidence on industry-based differences in ERP system performance perceptions. From a practical perspective, the results highlight the importance of adapting ERP system design and configuration to the specific operational needs of different industrial environments. Future research could extend the analysis by including additional ERP quality dimensions and a broader sample.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
veštačka inteligencija;
upravljanje veštačke inteligencije;
infrastruktura kvaliteta

ULOGA INFRASTRUKTURE KVALITETA U OBEZBEĐIVANJU ODGOVORNOG UPRAVLJANJA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE

Key words:
artificial intelligence (AI);
AI governance;
quality infrastructure (QI)

THE ROLE OF QUALITY INFRASTRUCTURE IN ENSURING RESPONSIBLE AI GOVERNANCE

Biljana TOŠIĆ*

* biljana.tosic@fon.bg.ac.rs

Ana RAKIĆ

Jelena RUŠO

Jovan FILIPOVIĆ

Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd

ORCID: 0000-0003-4343-3001

Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd

ORCID: 0000-0001-7110-6441

Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd

ORCID: 0000-0003-4120-8759

Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd

ORCID: 0000-0002-8315-5002

Veštačka inteligencija i tehnologije zasnovane na veštačkoj inteligenciji prožimaju naš svakodnevni život, sve više menjajući način na koji živimo i radimo. Ako se pravilno upravljaju, tehnologije veštačke inteligencije imaju potencijal da doprinesu rešavanju nekih od najznačajnijih izazova širom sveta, posebno onih koji se odnose na klimatske promene, ekonomski rast i održivi razvoj. Ako se loše upravljaju, tehnologije veštačke inteligencije mogu imati ozbiljne posledice. Stoga, kako bi se ostvario potencijal veštačke inteligencije, uz, ujedno, umanjivanje sa njom povezanih rizika na najmanju moguću meru, odgovorno upravljanje veštačke inteligencije postaje ključno. Oslanjajući se na mnogobrojne međunarodne inicijative (eng. the United Nations' (UN) Global Digital Compact), brojne regionalne inicijative (eng. the European Union (EU) Artificial Intelligence Act – AI Act), kao i brojne nacionalne inicijative (uključujući nacionalne strategije veštačke inteligencije koje su usvojile određene zemlje), kreatori politika širom sveta sve više prepoznaju potrebu za uspostavljanjem odgovarajućih mehanizama za odgovorno upravljanje veštačke inteligencije. Iako je uloga standarda u odgovornom upravljanju veštačke inteligencije obrađena u literaturi, uloga infrastrukture kvaliteta (IK), koja uključuje standardizaciju, metrologiju, akreditaciju, ocenjivanje usaglašenosti i nadzor tržišta, obrađena je, uglavnom, pojedinačno (i to kroz specifične studije slučaja). Ipak, istraživanje koje bi ukazalo na ulogu celokupne IK (svih elemenata IK) u obezbeđivanju odgovornog upravljanja veštačke inteligencije još uvek nije sprovedeno. Shodno tome, ovo istraživanje ima za cilj da ukaže na to da li IK (ili koji od elemenata IK) doprinosi odgovornom upravljanju veštačke inteligencije. Uz to, ostvareni rezultati bi trebalo da ilustruju u kojoj meri IK (uključujući elemente IK) doprinosi odgovornom upravljanju veštačke inteligencije, pružajući osnovu za javne politike zasnovane na dokazima i značajna ulaganja u IK. Kako tehnologije zasnovane na veštačkoj inteligenciji nastavljaju da se razvijaju, opstojna i robusna IK postaje osnova za odgovorno upravljanje veštačke inteligencije.

Artificial Intelligence (AI) and AI technologies are being embedded in our everyday lives, increasingly changing the ways in which we live and work. If governed properly, AI technologies have the potential to address some of the most critical challenges around the world, especially the ones related

to climate change, economic growth, and sustainable development. If governed poorly, AI technologies may entail serious consequences. Thus, to explore its potential while minimizing risks, responsible AI governance seems crucial. Drawing upon various international initiatives (e.g., the United Nations' (UN) Global Digital Compact), several regional initiatives (e.g., the European Union's (EU) legislation and the EU AI Act), and a variety of national initiatives (e.g., the national AI strategies adopted by countries), policymakers all over the world have increasingly recognized the need to establish adequate mechanisms for responsible AI governance. Although the role of standards in ensuring the responsible AI governance has been explored in the literature, the role of Quality Infrastructure (QI), encompassing standardization, metrology, accreditation, conformity assessment, and market surveillance, has been explored individually (through specific case studies). Still, a study examining the role of the entire QI (all of its elements) in ensuring the responsible AI governance remains lacking. As a result, our study aims to demonstrate whether QI (and which of its elements) contributes to the responsible AI governance. Additionally, our results demonstrate the extent to which the QI (including its individual elements) contributes to the responsible AI governance, thereby offering a rationale for evidence-based public policies and substantial investments in QI. As AI technologies continue to evolve, resilient and robust QI becomes a basis for responsible AI governance.

Originalni naučni rad

Ključne reči:

Balanced Scorecard;
performanse; organizacije;
strateški model

Key words:

Balanced Scorecard;
performance; organizations;
strategic model

Nedeljka ŽIVKOVIĆ*

* nedeljka.zivkovic@bpa.edu.rs

Maja GLOGOVAC

Biljana TOŠIĆ

Isidora MILOŠEVIĆ

Sanela ARSIĆ

Nedeljko ŽIVKOVIĆ

STRATEŠKI MODELI I PERFORMANSE SA FOKUSOM NA BALANCED SCORECARD

STRATEGIC MODELS AND PERFORMANCE WITH A FOCUS ON THE BALANCED SCORECARD

Beogradska akademija poslovnih i umetničkih strukovnih studija, Beograd

ORCID: 0000-0001-6663-7467

Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd

ORCID: 0000-0003-3268-8543

Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd

ORCID: 0000-0003-4343-3001

Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Bor, Srbija

ORCID: 0000-0001-5539-8253

Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Bor, Srbija

ORCID: 0000-0002-1957-566X

Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd

ORCID: 0000-0002-3698-1045

Jedan od načina za poboljšanje organizacionih performansi ali i povećanje konkurentske prednosti jeste primena strateških modela. Jedan od strateških modela u tu svrhu jeste Balanced scorecard. Ovaj model uljučuje četiri perspektive kao što su perspektiva korisnika i stejkholdera, perspektiva internih poslovnih procesa, perspektiva učenja i rasta kao i finansijska perspektiva. Prema tome, cilj rada je sistematizovanje literature opšteprihvaćenog modela Balanced scorecard.

Ovaj model je pronašao široku primenu u raznim oblastima svih sektora. Iako je u prethodnom period ovaj model bio svojstven proizvodnim organizacijama, tokom vremena pronašao je uspešnu primenu i u uslužnim delatnostima kao i neprofitnim organizacijama. Pored toga, ovaj strateški model doprinosi povezivanju organizacionih strategija sa operativnim ciljevima što može imati uticaj na povećanje sposobnosti organizacija za poboljšanje organizacionih performansi.

Ovaj rad može biti od koristi menadžerskim strukturama organizacija kao početni putokaz i upoznavanje sa usvajanjem, primenom ali i benefitima koji primena ovog modela može obezbediti za mogućnost oblikovanja željenog nivoa organizacionih performansi.

One of the ways to improve organizational performance, as well as to increase competitive advantage, is the application of strategic models. One of the strategic models used for this purpose is the Balanced Scorecard. This model includes four perspectives: the customer and stakeholder perspective, the internal business process perspective, the learning and growth perspective, and the financial perspective. Accordingly, the aim of this paper is to systematize the literature on the widely accepted Balanced Scorecard model.

This model has found wide application in various fields across all sectors. Although in the past it was primarily characteristic of manufacturing organizations, over time it has also been successfully applied in service activities as well as in non-profit organizations. In addition, this strategic model contributes to linking organizational strategies with operational objectives, which can influence the enhancement of organizations' capabilities to improve organizational performance.

This paper may be useful to managerial structures of organizations as an initial guideline and introduction to the adoption, implementation, and benefits that the application of this model can provide in shaping the desired level of organizational performance.

Stručni rad

Ključne reči:
menadžment kvaliteta;
javna uprava;
ISO 9001; efikasnost

MENADŽMENT KVALITETA U JAVNOJ UPRAVI: STUDIJA SLUČAJA NACIONALNIH ORGANIZACIJA ZA PODRŠKU PRIVREDI

Key words:
quality management;
public administration;
ISO 9001; efficiency

QUALITY MANAGEMENT IN PUBLIC ADMINISTRATION: A CASE STUDY OF AN ORGANIZATION SUPPORTING THE BUSINESS SECTOR

Teodora KRIŽANIĆ*

* teodora.krizanica00@gmail.com

Dušan TRAJKOVIĆ

Ana RAKIĆ

Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd

Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd
ORCID: 0009-0007-7830-0192

Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd
ORCID: 0000-0001-7110-6441

Poboljšanje efikasnosti, transparentnosti i odgovornosti predstavlja jedan od osnovnih izazova sa kojima se suočavaju organizacije javne uprave. U tom kontekstu, menadžment kvaliteta predstavlja jedno od ključnih sredstava za unapređenje sistema javne uprave. Poseban fokus ovog pristupa ogleda se u primeni standarda ISO 9001, totalnog upravljanja kvalitetom (TQM) i Lean menadžmenta, čiji je osnovni cilj unapređenje poslovnih procesa, povećanje efikasnosti upravljanja ljudskim resursima i unapređenje zadovoljstva korisnika usluga. U okviru ovog rada sprovedena je analiza studija slučaja nacionalnih privrednih komora u različitim zemljama sveta, posmatrana kroz prizmu primene sistema kvaliteta u javnoj upravi. Pored toga, izvršena je analiza ključnih indikatora performansi, analiza troškova, kao i anketno istraživanje među zaposlenima i korisnicima usluga, kako bi se dodatno sagledali efekti primene sistema menadžmenta kvaliteta. Dobijeni rezultati ukazuju da primena sistema menadžmenta kvaliteta dovodi do unapređenja efikasnosti poslovnih procesa, smanjenja budžetskih troškova, povećanja transparentnosti i odgovornosti, skraćivanja trajanja administrativnih postupaka, kao i pojednostavljenja procedura za građane i privredu. Navedeni zaključci potvrđuju da primena principa menadžmenta kvaliteta predstavlja važan korak u transformaciji nacionalnih privrednih komora, kao sistema javne uprave, ka efikasnijem, transparentnijem i korisnički orijentisanom sistemu, koji u većoj meri odgovara potrebama građana i privrede.

Improving efficiency, transparency, and accountability represents one of the main challenges faced by public administration organizations. In this context, quality management is one of the key instruments for enhancing the public administration system. Particular emphasis of this approach is reflected in the application of ISO 9001 standards, Total Quality Management (TQM), and Lean management, whose primary goal is to improve business processes, increase the efficiency of human resource management, and enhance user satisfaction. Within this paper, an analysis of case studies of national chambers of commerce in different countries around the world was conducted, observed through the lens of the application of quality systems in public administration. In addition, an analysis of key performance indicators, cost analysis, as well as a survey conducted among employees and service users were carried out in order to further assess the effects of implementing quality management systems. The obtained results indicate that the implementation of quality management systems

leads to improved efficiency of business processes, reduction of budgetary costs, increased transparency and accountability, shortening of administrative procedures, as well as simplification of procedures for citizens and businesses. These conclusions confirm that the application of quality management principles represents an important step in transforming the public administration system into a more efficient, transparent, and user-oriented system that better responds to the needs of citizens and the economy.

Stručni rad

Ključne reči:

ESG concept; avio-industrija;
održivo poslovanje; zaštita životne
sredine; društvena odgovornost

Key words:

ESG concept; aviation industry;
sustainable business; environmental
protection; social responsibility

Mila MARKOVIĆ*

* markovicmila09@gmail.com

Mladen ĐURIĆ

PRIMENA ESG KONCEPTA U AVIO-INDUSTRIJI

IMPLEMENTATION OF THE ESG CONCEPT IN THE AVIATION INDUSTRY

Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd

ORCID: 0009-0005-7745-2341

Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd

ORCID: 0000-0002-8219-2899

Savremeni uslovi poslovanja nameću potrebu za odgovornim, transparentnim i održivim upravljanjem organizacija, usled čega ESG koncept sve više dobija na značaju kao okvir za procenu dugoročne uspešnosti organizacija. Ključna prednost njegove primene uočava se u avio-industriji, koja, kao složen i razvojno značajan sistem, ima izražen uticaj na životnu sredinu, društvene tokove i upravljačke procese.

Imajući u vidu da se procesna industrija sve intenzivnije usmerava ka održivim modelima poslovanja, analiza ESG principa u ovoj oblasti postaje od posebnog stručnog i naučnog interesa. Predmet rada jeste razmatranje pojma, značaja i osnovnih dimenzija ESG koncepta, sa posebnim osvrtom na njegovu primenu u avio-industriji.

Poseban segment rada odnosi se na analizu primera iz prakse, odnosno na sagledavanje mera i inicijativa koje pojedini aerodromi i avio-kompanije sprovode radi unapređenja poslovanja u skladu sa ESG principima.

Na osnovu sprovedene analize zaključuje se da primena ESG koncepta više ne predstavlja samo dodatni element reputacione vrednosti, već važan uslov za održivo i konkurentno poslovanje, usaglašavanje sa savremenim regulatornim i tržišnim zahtevima, kao i za jačanje poverenja investitora, korisnika i šire društvene zajednice.

Contemporary business conditions require responsible, transparent, and sustainable management, which has made the ESG concept an increasingly important framework for evaluating the long-term performance of organizations.

Its application is particularly relevant in the aviation industry, which, as a complex and strategically important sector, has a significant impact on the environment, social processes, and corporate governance.

Given that the process industry is becoming increasingly oriented toward sustainable business models, the analysis of ESG principles in this field is gaining professional and scientific importance. This paper examines the concept, importance, and main dimensions of ESG, with a special focus on its application in the aviation industry.

Special attention is given to practical examples, namely the measures and initiatives implemented by certain airports and airlines in order to improve their operations in accordance with ESG principles.

Based on the conducted analysis, it can be concluded that the application of the ESG concept no longer represents only an additional element of reputational value, but an essential requirement for sustainable and competitive business performance, compliance with modern regulatory and market demands, and strengthening the trust of investors, users, and the wider community.

Stručni rad

Ključne reči:

ISO 14001; životna sredina;
lokalna samouprava; ISO 18091

Key words:

ISO 14001; environment;
local self-government; ISO 18091

Sara DIMITRIJEVIĆ*

* sara.dimitrijevic@fon.bg.ac.rs

LOKALNA SAMOUPRAVA I OČUVANJE ŽIVOTNE SREDINE

LOCAL SELF-GOVERNMENT AND ENVIRONMENTAL PROTECTION

Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd
ORCID: 0009-0000-2278-9952

Lokalna samouprava ima važnu ulogu u očuvanju životne sredine kroz sprovođenje zakona, praćenje smernica strategija za očuvanje životne sredine, kao i rešavanje ekoloških izazova savremenog doba i podsticanje održivog razvoja. Neke od ključnih nadležnosti u očuvanju životne sredine odnose se na zaštitu vode i vazduha, prostorno planiranje, upravljanje otpadom, održavanje zelenih površina, javni prevoz i slično tome. Kroz sprovođenje zakona o zaštiti životne sredine, lokalna samouprava utiče na ispunjavanje ovih zahteva. U Republici Srbiji postoji Zakon o zaštiti životne sredine.

Sistem menadžmenta životne sredine zasniva se na celovitom i integrisanom pristupu upravljanju, koji organizacijama omogućava da dosledno uočavaju, kontrolišu i umanjuju štetne uticaje svojih aktivnosti na životnu sredinu, uz istovremeno unapređenje ekoloških rezultata i poštovanje relevantnih zakonskih i drugih propisanih zahteva. Razvoj i uvođenje ovih sistema u praksi u velikoj meri se oslanjaju na međunarodno priznate standarde, među kojima se posebno izdvaja ISO 14001, koji pruža metodološki okvir za prepoznavanje značajnih ekoloških aspekata, procenu njihovih uticaja, postavljanje ciljeva u oblasti zaštite životne sredine, kao i praćenje postignutih rezultata. Kroz primenu ovog standarda organizacijama se omogućava da na sistematičan i kontinuiran način unapređuju upravljanje ekološkim pitanjima i doprinose principima održivog razvoja.

Takođe, standard ISO 18091 Sistem menadžmenta kvalitetom - Smernice za primenu ISO 9001 u lokalnoj samoupravi, takođe ističe važnost zaštite životne sredine, kao jedne od nadležnosti lokalne samouprave. U upitniku koji se nalazi u prilogu ovog standarda, a koji meri kvalitet lokalne samouprave, postoji grupa pitanja koja se tiče isključivo životne sredine i kroz različite indikatore meri kvalitet ovog aspekta upravljanja na lokalnom nivou.

Cilj rada je analiza uloge lokalne samouprave u zaštiti životne sredine i kvaliteta njenog delovanja kroz zakonske okvire i standarde.

Obezbeđivanje održivosti u upravljanju na lokalnom nivou zahteva, takođe, usklađenost sa širim nacionalnim i međunarodnim programima, spremnost i strateško donošenje odluka na ovom nivou vlasti.

Local self-government plays a significant role in environmental protection through the implementation of laws, the monitoring of environmental strategies and guidelines, as well as by addressing contemporary environmental challenges and promoting sustainable development. Key responsibilities in this domain include the protection of water and air, spatial planning, waste management, maintenance of green areas, public transportation, and related activities. By enforcing environmental protection legislation, local self-government contributes to meeting these requirements. In the Republic of Serbia, this framework is defined by the Law on Environmental Protection.

The concept of an environmental management system is based on a comprehensive and integrated approach that enables organizations to systematically identify, control, and mitigate the adverse environmental impacts of their activities, while simultaneously improving environmental performance and ensuring compliance with relevant legal and regulatory requirements. The development and implementation of such systems are strongly supported by internationally recognized standards, particularly ISO 14001, which provides a structured framework for identifying significant environmental aspects, assessing their impacts, setting environmental objectives, and monitoring performance improvements. The application of this standard allows organizations to continuously and systematically enhance their environmental management practices and contribute to sustainable development.

Furthermore, the ISO 18091 standard, Quality Management Systems – Guidelines for the Application of ISO 9001 in Local Government, highlights the importance of environmental protection as one of the key responsibilities of local self-government. The questionnaire included in the annex of this standard, which is used to assess the quality of local governance, contains a dedicated set of questions focused exclusively on environmental issues, measuring this aspect of governance through a range of indicators at the local level.

The aim of this paper is to analyze the role of local self-government in environmental protection and to assess the quality of its performance within the framework of legal regulations and international standards.

Ensuring sustainability in local governance also requires alignment with broader national and international frameworks, as well as institutional readiness and strategic decision-making at the local level.

Stručni rad

Ključne reči:

kaizen, IT resursi;
menadžment kvaliteta;
poboljšanje procesa;
organizacija

Key words:

kaizen, IT resources;
quality management;
process improvement;
organization

Milica LJUBOJEVIĆ*

* milica.ljubojevic98@gmail.com

Mladen ĐURIĆ

MEĐUSOBNI ODNOSI KAIZEN PRISTUPA I IT RESURSA U POBOLJŠAVANJU KVALITETA PROCESA U ORGANIZACIJI

RELATIONSHIP BETWEEN THE KAIZEN APPROACH AND IT RESOURCES IN QUALITY IMPROVEMENT OF PROCESSES IN AN ORGANIZATION

Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd

ORCID: 0009-0001-1152-5975

Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd

ORCID: 0000-0002-8219-2899

Rad se bavi sagledavanjem međusobnih odnosa Kaizen pristupa i IT resursa u poboljšavanju kvaliteta procesa u organizaciji. Kaizen se u radu posmatra kao pristup menadžmentu kvaliteta koji se zasniva na stalnom poboljšanju, usmerenosti na procese, standardizaciji i uključivanju zaposlenih u svakodnevno rešavanje problema i traženje boljih načina rada. U tom smislu, rad najpre pokazuje osnovne karakteristike Kaizen pristupa i njegovu povezanost sa konceptom Total Quality Management, kao i sa zahtevima standarda ISO 9001. Posebno se ukazuje na značaj PDCA ciklusa, gemba pristupa i 5S metodologije, jer oni predstavljaju važnu osnovu za poboljšavanje procesa u organizaciji.

Drugi deo rada usmeren je na IT resurse kao podršku primeni Kaizen principa. Razmatraju se BPM alati, QMS softverska rešenja, alati za upravljanje zadacima i radnim tokovima, data i BI alati, kao i kolaboracioni alati. Njihova uloga se ogleda u tome što omogućavaju veću preglednost procesa, lakše praćenje rezultata, bolju dokumentovanost aktivnosti i jednostavniju komunikaciju među učesnicima procesa.

Cilj rada jeste da pokaže da se kvalitet procesa ne poboljšava samo primenom određenih metoda menadžmenta kvaliteta, već i njihovim povezivanjem sa odgovarajućim IT resursima. Zaključuje se da IT resursi predstavljaju značajnu podršku Kaizen pristupu, jer olakšavaju praćenje procesa, analizu podataka, standardizaciju aktivnosti i sprovođenje stalnog poboljšanja u organizacionoj praksi.

The paper examines the relationships between the Kaizen approach and IT resources in improving process quality within an organization. In the paper, Kaizen is viewed as a quality management approach based on continuous improvement, process orientation, standardization, and the involvement of employees in everyday problem-solving and in finding better ways of working. In this context, the paper first presents the main characteristics of the Kaizen approach and its connection with the concept of Total Quality Management, as well as with the requirements of the ISO 9001 standard. Special attention is given to the importance of the PDCA cycle, the gemba approach, and the 5S methodology, as they represent an important basis for process improvement in an organization.

The second part of the paper is focused on IT resources as support for the application of Kaizen principles. It discusses BPM tools, QMS software solutions, task and workflow management tools, data and BI tools, as well as collaboration tools. Their role is reflected in enabling greater process

visibility, easier monitoring of results, better documentation of activities, and simpler communication among process participants.

The aim of the paper is to show that process quality is improved not only through the application of certain quality management methods, but also through their connection with appropriate IT resources. It is concluded that IT resources represent significant support for the Kaizen approach, as they facilitate process monitoring, data analysis, activity standardization, and the implementation of continuous improvement in organizational practice.

Stručni rad

Ključne reči:
ISO 13485; GDP;
GMP; ALCOA;
обуке

**ЭФЕКТИВНОСТ ОБУКА ИЗВРШИЛАЦА
У СИСТЕМУ МЕНАЏМЕНТА КВАЛИТЕТА
У МЕДИЦИНСКОЈ И ФАРМАЦЕУТСКОЈ ИНДУСТРИЈИ**

Key words:
ISO 13485; GDP;
GMP; ALCOA;
training

**EFFECTIVENESS OF EMPLOYEE TRAINING
IN QUALITY MANAGEMENT SYSTEMS
IN THE MEDICAL AND PHARMACEUTICAL INDUSTRY**

Невена КРСТАЈИЋ*

* nkrstajic3@gmail.com

Младен БУРИЋ

Универзитет у Београду, Факултет организационих наука, Београд

ORCID: 0009-0002-6447-7572

Универзитет у Београду, Факултет организационих наука, Београд

ORCID: 0000-0002-8219-2899

Ефективност обука запослених представља један од кључних фактора за успешно функционисање система менаџмента квалитета у регулисаним индустријама, као што су медицинска и фармацеутска индустрија. У овим индустријама, примена међународних стандарда и регулаторних захтева условљава потребу за адекватно обученим кадровима који разумеју и исправно примењују дефинисане процедуре у пракси. Ефективност обука се огледа у степену у којем запослени примењују стечена знања у свакодневном раду. Број спроведених обука и њихова формална реализација не гарантују да ће се стечена знања примењивати у пракси на нивоу који се захтева, у складу са процедурама.

Кроз рад се врши анализа значаја обука и њихове ефективности у контексту система менаџмента квалитета. Посебан фокус је на доброј документационој пракси GDP и ALCOA принципима интегритета података, који представљају основу за обезбеђивање поузданости, тачности и следљивости података у свим фазама процеса производње.

У раду је приказана студија случаја у којој су анализиране неусаглашености у производној документацији применом GDP и ALCOA принципа. Применом Ishikawa методе идентификовани су кључни узроци одступања, при чему је САРА приступ коришћен за дефинисање корективних и превентивних мера.

Резултати указују да неефективне обуке, недовољна стандардизација документације, као и недовољна контрола процеса доводе до појаве неусаглашености и повећања ризика од грешака током рада.

Закључује се да јачање везе између обука и документације, као и системски планирано и ефективно спровођење обука запослених усклађених са захтевима стандарда и регулаторних смерница, значајно доприноси унапређењу система менаџмента квалитета у медицинској и фармацеутској индустрији.

The effectiveness of employee training is one of the key factors for the successful functioning of quality management systems in regulated industries such as the medical device and pharmaceutical industries. In these sectors, the application of international standards and regulatory requirements creates the need for adequately trained personnel who understand and correctly apply defined procedures in practice. Training effectiveness is reflected in the extent to which employees apply acqui-

red knowledge in their daily work. The number of conducted trainings and their formal implementation do not guarantee that the acquired knowledge will be applied in practice at the required level, in accordance with established procedures.

This study analyzes the importance of training the reliability and its effectiveness within the context of quality management systems. Special focus is placed on Good Documentation Practice (GDP) and ALCOA data integrity principles, which form the basis for ensuring reliability, accuracy and traceability of the data throughout all stages of the production process.

A case study is presented in which nonconformities in production documentation were analyzed using GDP and ALCOA principles. The Ishikawa method was applied to identify the root causes of deviations, while the CAPA approach was used to define corrective and preventive actions.

The results indicate that ineffective training, insufficient standardization of documentation and inadequate process control lead to nonconformities and an increased risk of errors during operations.

It is concluded that strengthening the link between training and documentation, as well as systematically planned and effectively implemented employee training aligned with standard requirements and regulatory guidelines, significantly contributes to improving quality management systems in both the medical device and pharmaceutical industries.

Stručni rad

Ključne reči:

ISO/IEC 42001;
veštačka inteligencija;
upravljanje kvalitetom;
procesna industrija;
održivi razvoj

Key words:

ISO/IEC 42001;
artificial intelligence;
quality management;
process industry;
sustainability

Nikola VOJTEK*

* nikola@smartconsulting-agency.com

Vladan PANTOVIĆ

PRIMENA ISO/IEC 42001 U PROCESNOJ INDUSTRIJI: UPRAVLJANJE VEŠTAČKOM INTELIGENCIJOM U FUNKCIJI ODRŽIVOG RAZVOJA

**APPLYING ISO/IEC 42001 IN PROCESS INDUSTRY:
AI GOVERNANCE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT**

Smart Consulting Agency, Beograd

ORCID: 0000-0001-9380-7046

Digital Business Consulting, Beograd

ORCID: 0009-0001-6319-8822

Sve intenzivnija primena veštačke inteligencije u procesnoj industriji donosi značajne mogućnosti za optimizaciju proizvodnje i operacija, kao i efikasnije korišćenje resursa. Međutim, paralelno sa pozitivnim aspektima, javljaju se i izazovi u vezi sa pouzdanošću samih sistema, transparentnošću odluka, upravljanjem podacima i usklađenošću sa regulatornim i etičkim zahtevima.

ISO/IEC 42001, predstavlja prvi međunarodni standard za sistem menadžmenta veštačkom inteligencijom (AIMS), i kao takav pruža strukturiran okvir i smernice za upravljanje AI sistemima kroz ceo njihov životni ciklus. Iako je primarno prepoznat u IT sektoru, njegova primena u procesnoj industriji može predstavljati ključni korak ka odgovornoj i održivoj digitalnoj transformaciji.

U okviru rada se analizira mogućnosti implementacije ISO/IEC 42001 u ne-IT okruženjima, sa fokusom na procesnu industriju, uključujući energetiku, hemijsku i proizvodnu industriju. Poseban akcenat stavljen je na integraciju AIMS elemenata sa postojećim sistemima menadžmenta kvaliteta (ISO 9001), zaštite životne sredine (ISO 14001) i informacione bezbednosti (ISO 27001).

Na kraju, rad sadrži i predlog praktičnog okvira za implementaciju koji povezuje zahteve standarda sa operativnim procesima, ciljevima održivog razvoja i principima ekonomije. Kroz ovaj pristup, kompanije mogu obezbediti veću transparentnost, smanjiti rizike i unaprediti donošenje odluka zasnovano na podacima.

The increasingly intensive application of artificial intelligence in the process industry brings significant opportunities for optimizing production and operations, as well as for more efficient resource utilization. However, alongside these benefits, challenges also arise related to system reliability, decision transparency, data governance, and compliance with regulatory and ethical requirements.

ISO/IEC 42001 represents the first international standard for Artificial Intelligence Management Systems (AIMS), providing a structured framework and guidelines for managing AI systems throughout their entire lifecycle. Although it is primarily recognized in the IT sector, its application in the process industry can represent a key step toward responsible and sustainable digital transformation.

This paper analyzes the possibilities of implementing ISO/IEC 42001 in non-IT environments, with a focus on the process industry, including energy, chemical, and manufacturing sectors. Special

emphasis is placed on integrating AIMS elements with existing management systems such as ISO 9001 (quality management), ISO 14001 (environmental management), and ISO 27001 (information security).

Finally, the paper proposes a practical implementation framework that connects standard requirements with operational processes, sustainable development goals, and principles of circular economy. Through this approach, companies can achieve greater transparency, reduce risks, and improve data-driven decision-making.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
tehničar grejanja i klimatizacije;
procesna industrija; energetska
efikasnost; digitalizacija; upravljanje
kvalitetom

Key words:
heating and air conditioning
technician; process industry; energy
efficiency; digitalization; quality
management

Milica GERASIMOVIĆ*

* mgerasimovic@politehnika.edu.rs

Snežana BEĆIRIĆ

MODERNIZACIJA OBRAZOVNOG PROFILA „TEHNIČAR GREJANJA I KLIMATIZACIJE” U SKLADU SA ZAHTEVIMA PROCESNE INDUSTRIJE

**MODERNIZATION OF THE EDUCATIONAL PROFILE
“HEATING AND AIR CONDITIONING TECHNICIAN”
IN ACCORDANCE WITH THE REQUIREMENTS
OF THE PROCESS INDUSTRY**

Akademija strukovnih studija Politehnika, Beograd

ORCID: 0009-0005-8094-761X

Zavod za unapređivanje obrazovanja i vaspitanja, Beograd

ORCID: 0009-0007-9784-8284

U radu je urađena analiza postojećeg standarda kvalifikacije Tehničar grejanja i klimatizacije, sa ciljem da se istakne neusklađenost između važećeg standarda i onoga što zahteva moderna industrija, posebno u oblastima kao što su digitalizacija, energetska efikasnost, održivi razvoj i upravljanje kvalitetom. Neophodnost navedenog, sadržana je u činjenici da savremeni razvoj procesne industrije zahteva stalno unapređenje obrazovnih profila u stručnom obrazovanju, jer su društvu sve potrebni stručnjaci sa tehničkim, digitalnim i održivim kompetencijama.

U radu se predlaže model unapređenja kroz jačanje veza između obrazovanja i industrije, kao i primena dualnog modela obrazovanja, koji omogućava učenicima da steknu praktična iskustva u realnim industrijskim uslovima rada.

Modernizovane oblasti kompetencija, učenicima bi pružile mogućnost da ovladaju veštinama koje industrija prepoznaje kao ključne, uključujući upotrebu digitalnih i automatizovanih sistema, energetske optimizovane rešenja, i principe održivog razvoja.

Realno je očekivati da bi implementacija ovih promena dovela do lakšeg pronalaženja posla i profesionalnog razvoja, i podigla kvalitet kadrova koji su spremni za rad u digitalizovanim, energetski efikasnim i održivim procesnim postrojenjima.

The paper analyzes the existing qualification standard Heating and Air Conditioning Technician, with the aim of highlighting the mismatch between the current standard and what modern industry requires, especially in areas such as digitalization, energy efficiency, sustainable development and quality management. The necessity of the above lies in the fact that the modern development of industrial processes requires constant improvement of educational profiles in vocational education, because society needs specialists with technical, digital and sustainable competencies.

The paper proposes a model of improvement through strengthening the links between education and industry, as well as the application of a dual model of education, which allows students to gain practical experience in real industrial working conditions.

Modernized competency areas would provide students with the opportunity to master skills recognized by industry as key, including the use of digital and automated systems, energy-optimized solutions, and principles of sustainable development.

It is realistic to expect that the implementation of these changes would lead to easier job finding and professional development, and raise the quality of personnel who are ready to work in digitized, energy-efficient and sustainable process plants.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
održivi razvoj; zeleno kupovno
ponašanje; bibliometrijska analiza;
Scopus; VOSviewer

Key words:
sustainable development; green
purchasing behavior; bibliometric
analysis; Scopus; VOSviewer

BIBLIOMETRIJSKA ANALIZA ISTRAŽIVANJA O ZELENUM KUPOVNOM PONAŠANJU KAO POKRETAČU ODRŽIVOG RAZVOJA

A BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF RESEARCH ON GREEN PURCHASING BEHAVIOUR AS A DRIVER OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Sanela ARSIĆ*

* sarsic@tfbor.bg.ac.rs

Aleksandra FEDAJEV

Dušan MLADENović

Danijela VOZA

Milica VELIČKOVIĆ

Marija PANIĆ

Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Bor, Srbija

ORCID: 0000-0002-1957-566X

Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Bor, Srbija

ORCID: 0000-0002-6974-6631

Masaryk University, Faculty of Economics and Administration, Česka Republika

ORCID: 0000-0001-5101-2181

Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Bor, Srbija

ORCID: 0000-0003-0895-731X

Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Bor, Srbija

ORCID: 0000-0002-4332-2216

Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Bor, Srbija

ORCID: 0000-0001-7287-758X

Ovo istraživanje ima za cilj da prikaže bibliometrijsku analizu naučne literature o zelenom kupovnom ponašanju u kontekstu održivog razvoja. Analiza je sprovedena korišćenjem baze Scopus, uz primenu strukturisane strategije pretrage zasnovane na relevantnim ključnim rečima. U uzorak su uključeni naučni i pregledni radovi objavljeni na engleskom jeziku u periodu od 2000. do 2025. godine. Podaci su analizirani primenom odgovarajućih bibliometrijskih metoda, dok je za vizualizaciju i mapiranje odnosa među publikacijama korišćen alat VOSviewer. Analiza obuhvata trendove publikovanja, identifikaciju najuticajnijih autora, časopisa i zemalja, kao i ispitivanje strukture istraživačke oblasti putem analize ko-pojavljivanja ključnih reči. Rezultati ukazuju na kontinuiran rast broja publikacija, posebno u poslednjoj deceniji, što potvrđuje sve veći značaj održive potrošnje i ekološki odgovornog ponašanja potrošača. Identifikovani tematski klasteri ukazuju na snažnu povezanost zelenog kupovnog ponašanja sa konceptima održivosti, cirkularne ekonomije i svesti potrošača. Rad doprinosi literaturi kroz sistematizaciju postojećih istraživanja i identifikaciju budućih pravaca razvoja, pružajući korisne uvide za istraživače i donosiocje odluka u oblasti održivog razvoja.

Zahvalnica

Ovaj projekat je podržan od strane Fonda za nauku Republike Srbije, 9029-YF-SAIGE GRANT br., Enhancing Collaboration in Promoting Attitudes and Consumption Trends for Green Products and Services (ECO-PACT).

This research aims to show a bibliometric analysis of the scientific literature on green purchasing behaviour in the context of sustainable development. The analysis was conducted using the Scopus database, with a structured search strategy based on relevant keywords. Scientific and review papers published in English in the period from 2000 to 2025 are included in the sample. The data

were analyzed using appropriate bibliometric methods, while the VOSviewer tool was used to visualize and map the relationship between publications. The analysis includes publication trends, identification of the most influential authors, journals, and countries, and an examination of the structure of the research area through keyword co-occurrence analysis. The results indicate a continuous growth in the number of publications, especially in the last decade, which confirms the increasing importance of sustainable consumption and environmentally responsible consumer behavior. The identified thematic clusters indicate a strong connection between green purchasing behavior and the concepts of sustainability, circular economy and consumer awareness. The paper contributes to the literature through the systematization of existing research and the identification of future development directions, providing useful insights for researchers and decision makers in the field of sustainable development.

Acknowledgment

This project was supported by the Science Fund of the Republic of Serbia, 9029-YF-SAIGE GRANT No, Enhancing Collaboration in Promoting Attitudes and Consumption Trends for green products and services ECO-PACT.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
zeleno kupovno ponašanje;
ekološka zabrinutost; namera kupovine
zelenih proizvoda; održivi industrijski
razvoj; ponašanje potrošača

Key words:
green purchasing behaviour;
environmental concern; perceived
environmental knowledge; green
purchase intention; sustainable
industrial development

POKRETAČI ZELENOG KUPOVNOG PONAŠANJA I NJIHOV ZNAČAJ ZA ODRŽIVI INDUSTRIJSKI RAZVOJ: SLUČAJ SRBIJE I ČEŠKE REPUBLIKE

**DRIVERS OF GREEN PURCHASING BEHAVIOUR
AND THEIR IMPLICATIONS FOR SUSTAINABLE INDUSTRIAL
DEVELOPMENT: EVIDENCE FROM SERBIA
AND THE CZECH REPUBLIC**

Aleksandra FEDAJEV*

* afedajev@tfbor.bg.ac.rs

Sanela ARSIĆ

Dušan MLADENović

Danijela VOZA

Milica VELIČKOVIĆ

Marija PANIĆ

Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Bor, Srbija

ORCID: 0000-0002-6974-6631

Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Bor, Srbija

ORCID: 0000-0002-1957-566X

Masaryk University, Faculty of Economics and Administration, Češka Republika

ORCID: 0000-0001-5101-2181

Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Bor, Srbija

ORCID: 0000-0003-0895-731X

Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Bor, Srbija

ORCID: 0000-0002-4332-2216

Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Bor, Srbija

ORCID: 0000-0001-7287-758X

Ovaj rad istražuje ključne determinante zelenog kupovnog ponašanja u širem kontekstu održivog industrijskog razvoja. Empirijski podaci prikupljeni su putem strukturisanog upitnika koji obuhvata ekološku zabrinutost (EC), percipirano ekološko znanje (PEK), nameru kupovine zelenih proizvoda (GPI) i zeleno kupovno ponašanje (GPB), uz primenu sedmostepene Likertove skale. Istraživanje je sprovedeno u Srbiji ($n=329$) i Češkoj Republici ($n=324$). Za svaki konstrukt izračunate su srednje vrednosti, nakon čega je sprovedena korelaciona analiza odnosa između EC, PEK, GPI i GPB. Rezultati pokazuju da svi posmatrani faktori značajno utiču na zeleno kupovno ponašanje, pri čemu namera kupovine ima najjaču povezanost u obe zemlje. U Srbiji koeficijenti korelacije iznose 0,61 (EC–GPB), 0,65 (PEK–GPB) i 0,77 (GPI–GPB), dok u Češkoj Republici iznose 0,54, 0,64 i 0,71, redom. Nešto više vrednosti u Srbiji mogu se objasniti razlikama u razvijenosti tržišta i izraženošću stavova i ponašanja u tržištima u razvoju. Rezultati ukazuju na značaj podsticanja potražnje za zelenim proizvodima, jer povećana potrošnja može doprineti održivoj industrijskoj proizvodnji, efikasnijem korišćenju resursa i ostvarivanju dugoročnih ciljeva zaštite životne sredine.

Zahvalnica

Ovaj projekat je podržan od strane Fonda za nauku Republike Srbije, 9029-YF-SAIGE GRANT br., Enhancing Collaboration in Promoting Attitudes and Consumption Trends for Green Products and Services (ECO-PACT).

This paper investigates key determinants of green purchasing behaviour within the broader context of sustainable industrial development. Empirical data were collected through a structured questionnaire covering environmental concern (EC), perceived environmental knowledge (PEK), green purchase intention (GPI), and green purchasing behaviour (GPB), using a seven-point Likert

scale. The survey was conducted in Serbia ($n=329$) and the Czech Republic ($n=324$). Mean values for each construct were calculated, followed by correlation analysis to examine relationships between EC, PEK, GPI, and GPB. The results indicate that all three factors significantly influence green purchasing behaviour, with green purchase intention showing the strongest correlation in both countries. Slightly higher correlation coefficients were observed in Serbia (0.61; 0.65; 0.77) compared to the Czech Republic (0.54; 0.64; 0.71), which may reflect differences in market maturity and the stronger alignment between attitudes and behaviour in emerging markets. The findings highlight the importance of stimulating demand for green products, as increased consumption can support sustainable industrial production, resource efficiency, and long-term environmental goals.

Acknowledgement

This project was supported by the Science Fund of the Republic of Serbia, 9029-YF-SAIGE GRANT No, Enhancing Collaboration in Promoting Attitudes and Consumption Trends for green products and services ECO-PACT.

Stručni rad

Ključne reči:
pravila odlučivanja;
lažno prihvatanje ili odbijanje
rezultata; ventil sigurnosti

PRIMENA PRAVILA ODLUČIVANJA NA PRIMERU ISPITIVANJA VENTILA SIGURNOSTI PREMA ILAC G8:09/2019

Key words:
decision rules; false acceptance or
rejection of results; safety valve

APPLICATION OF DECISION RULES TO SAFETY VALVE TESTING IN ACCORDANCE WITH ILAC G8:09/2019

Dejan RADIĆ*
* dradic@mas.bg.ac.rs

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0002-8143-3224

Opšte smernice za primenu pravila odlučivanja koje koriste laboratorije za ispitivanje date su u dokumentu ILAC G8:09/2019. Pravila odlučivanja definišu kako se merna nesigurnost uzima u obzir kada se iskazuje usaglašenost sa specificiranim zahtevom. Laboratorije koje se bave ispitivanjem ventila sigurnosti se jasno opredeljuju za neko od ponuđenih pravila odlučivanja i njega iskazuju u izveštajima o ispitivanju. Međutim, izuzetno je mali broj laboratorija za ispitivanje ventila sigurnosti koje su u svojim procedurama definisala i primenjuju postupak izračunavanja verovatnoće lažnog prihvatanja ili odbacivanja rezultata ispitivanja, pri primeni usvojenog pravila odlučivanja. U svojim izveštajima samo navode maksimalnu verovatnoću lažnog prihvatanja rezultata, a ne izračunavaju je. Cilj ovog rada je da upravo prikaže postupak procene verovatnoće lažnog prihvatanja ili odbacivanja rezultata na primeru ispitivanja ventila sigurnosti. Iako je postupak prikazan na primeru ispitivanja ventila sigurnosti, procedure statističke obrade rezultata ispitivanja su univerzalne i mogu se primeniti na druge oblasti ispitivanja.

General guidelines for the application of decision rules used by testing laboratories are given in document ILAC G8:09/2019. The decision rules define how the measurement uncertainty is taken into account when declaring conformity with the specified requirement. Laboratories dealing with safety valve testing clearly determines for one of the offered decision rules and report it in the test reports. However, there is an extremely small number of safety valve testing laboratories that have defined and apply the procedure for calculating the probability of false acceptance or rejection of test results in their procedures, when applying the accepted decision rule. In their reports, they only state the maximum probability of false acceptance of the result, and do not calculate it. The aim of this paper is to show the procedure for estimating the probability of falsely accepting or rejecting results on the example of a safety valve test. Although the procedure is shown on the example of safety valve testing, the procedures for statistical processing of test results are universal and can be applied to other areas of testing.

Stručni rad

Ključne reči:
dekarbonizacija industrije;
procesna tehnika;
European Green Deal;
cirkularna ekonomija

Key words:
decarbonization of industry;
process engineering;
European Green Deal;
circular economy

Miloš IVOŠEVIĆ*

* mivosevic@mas.bg.ac.rs

Nikola KARLIČIĆ

Branislav GAJIĆ

Nikola BUDIMIR

KAKO EVROPSKA POLITIKA OBLIKUJE BUDUĆNOST PROCESNE TEHNIKE

HOW EUROPEAN POLICY SHAPES THE FUTURE OF PROCESS ENGINEERING

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0001-8167-5672

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0002-5510-9500

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0002-6651-0498

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0001-9359-9240

Evropska politika, kroz European Green Deal, Fit for 55, reformu ETS-a, implementaciju CBAM-a, taksonomiju održivih finansija, industrijsku strategiju EU i Inovacione fondove, usmerava disciplinu procesne tehnike ka dekarbonizaciji, digitalizaciji i cirkularnoj ekonomiji. Ovaj rad analizira regulatorni okvir, tehnološke implikacije na projektovanje, vođenje i optimizaciju procesa, kao i obrazovne i istraživačke posledice za formiranje nove generacije inženjera. Dodatno, razmatra se finansijska i infrastrukturna izvodljivost tranzicije i rizici implementacije. Zaključak ističe potrebu za integrisanim pristupom u kojem se klimatski ciljevi i industrijska konkurentnost saglasno ostvaruju.

European policy, through the European Green Deal, Fit for 55, ETS reform, CBAM implementation, sustainable finance taxonomy, the EU industrial strategy, and Innovation Funds, is steering the discipline of process engineering toward decarbonization, digitalization, and the circular economy. This paper analyzes the regulatory framework, the technological implications for process design, operation, and optimization, as well as the educational and research consequences for shaping a new generation of engineers. In addition, it considers the financial and infrastructural feasibility of the transition and the risks of implementation. The conclusion highlights the need for an integrated approach in which climate goals and industrial competitiveness are achieved in harmony.

Originalni naučni rad

Ključne reči:

PM2.5; kvalitet vazduha; EU Direktiva
2024; prekoračenje graničnih
vrednosti; Srbija

Key words:

PM2.5; air quality; EU Directive
2024; limit value exceedance; Serbia

PRIMENA NOVE EU DIREKTIVE O KVALITETU VAZDUHA I PROCENA PREKORAČENJA PM2.5 U SRBIJI: IMPLIKACIJE NA GODIŠNJU KLASIFIKACIJU ZAGAĐENJA

APPLICATION OF THE NEW EU AIR QUALITY DIRECTIVE AND ASSESSMENT OF PM2.5 EXCEEDANCES IN SERBIA: IMPLICATIONS FOR ANNUAL AIR POLLUTION CLASSIFICATION

Aleksandar MADŽAREVIĆ*

* aleksandar.madzarevic@rgf.bg.ac.rs

Miroslav CRNOGORAC

Filip MILETIĆ

Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0002-8997-1393

Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0002-8078-2684

Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0001-5402-5818

Ovaj rad analizira implikacije primene nove EU Direktive o kvalitetu vazduha iz novembra 2024. godine na stanje kvaliteta vazduha u Srbiji, sa posebnim fokusom na suspendovane čestice PM2.5. Direktiva po prvi put uvodi dnevnu graničnu vrednost od $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, uz dozvoljeno maksimalno 18 dana prekoračenja u toku jedne kalendarske godine. Cilj istraživanja je da prikaže kako bi izgledala klasifikacija kvaliteta vazduha u Srbiji kada bi se ovi kriterijumi odmah primenili na dostupne podatke sa automatskih mernih stanica. Analiza podataka za januar 2026. godine pokazuje da je u velikom broju gradova već tokom prvog meseca premašen dozvoljeni godišnji limit od 18 dana sa prekoračenjem dnevne koncentracije PM2.5. U pojedinim urbanim sredinama zabeleženo je prekoračenje tokom svih 31 dana, što bi prema novim pravilima značilo da je vazduh za celu godinu ocenjen kao zagađen. Rezultati ukazuju da problem nije ograničen na pojedinačne lokalitete, već je široko rasprostranjen i obuhvata različite regione zemlje. Rad naglašava značaj usklađivanja nacionalnog zakonodavstva sa evropskim standardima, kao i potrebu za sistemskim merama smanjenja emisija iz sektora grejanja, saobraćaja i industrije. Zaključuje se da bi primena strožih kriterijuma dovela do realnijeg sagledavanja stanja i mogla poslužiti kao snažan podsticaj za unapređenje politika zaštite vazduha i javnog zdravlja u Srbiji.)

This paper analyzes the implications of the new EU Air Quality Directive adopted in November 2024 for air quality assessment in Serbia, with a particular focus on fine particulate matter (PM2.5). For the first time, the Directive introduces a daily limit value of $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for PM2.5, allowing a maximum of 18 exceedance days per calendar year. The aim of this study is to evaluate how air quality in Serbia would be classified if these criteria were immediately applied to data obtained from the national automatic monitoring network. The analysis of data for January 2026 indicates that in numerous cities the annual limit of 18 exceedance days was surpassed within the first month of the year. In several urban areas, exceedances were recorded on all 31 days, which, under the new EU standards, would result in the classification of air quality as polluted for the entire year. The findings demonstrate that the issue is not limited to isolated locations but is geographically widespread, affecting cities of different sizes and regions across the country. The paper highlights the importance

of harmonizing national legislation with updated European standards and emphasizes the need for systemic emission reduction measures in the residential heating, transport, and industrial sectors. It is concluded that the adoption of stricter criteria would provide a more realistic assessment of air quality conditions and could serve as a strong policy driver for improving air protection strategies and safeguarding public health in Serbia.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
fotokataliza; unapređeni oksidacioni
proces; SEM; FTIR; XRD

Key words:
photocatalysis; advanced oxidation
processes; SEM; FTIR; XRD

STRUKTURNA I MORFOLOŠKA KARAKTERIZACIJA KOMPOZITA Y_2O_3/TiO_2 SA PRIMENOM U TRETMANU OTPADNIH VODA

STRUCTURAL AND MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF Y_2O_3/TiO_2 COMPOSITE WITH APPLICATION IN WASTE WATER TREATMENT

Aleksandar JOVANOVIĆ*

* a.jovanovic@itmms.ac.rs

Jelena PETROVIĆ

Marija SIMIĆ

Jelena DIMITRIJEVIĆ

Luka MATOVIĆ

Nikola VUKOVIĆ

Miroslav SOKIĆ

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd
ORCID: 0000-0001-9867-9282

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd
ORCID: 0000-0003-4841-1899

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd
ORCID: 0000-0003-1717-7796

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd
ORCID: 0000-0002-3830-2392

Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd
ORCID: 0000-0003-4945-7776

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd
ORCID: 0000-0002-3607-5907

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd
ORCID: 0000-0002-4468-9503

Očuvanje zdrave životne sredine jedan je od globalnih ciljeva održivog razvoja. Posebna sfera pripada vodama, kako prirodnim, tako i otpadnim koje je potrebno prečistiti pre ispuštanja u vodonosnike. Različiti tehnološki procesi našli su svoju primenu u realnim, konvencionalnim sistemima za tretman otpadnih voda. Unapređeni oksidacioni procesi (UOP), a među njima i fotokataliza, predstavljaju budućnost u ovoj oblasti. Naime, u odnosu na standardne postupke, primenom UOP postiže se trajno uklanjanje organskih zagađujućih materija bez potrebe za sekundarnim tretmanom.

U ovom radu, novosintetisani fotokatalizator TiO_2/Y_2O_3 je podvrgnut detaljnim strukturnomorfološkim ispitivanjima radi utvrđivanja teksturalnih svojstava, a potom i hemijskih i fotohemijskih osobina. Primjenjene su različite analitičke tehnike karakterizacije dobijenog praha, kao što su skenirajuća elektronska mikroskopija (SEM), Infracrvena spektroskopija sa Furijeovom transformacijom (FTIR), Rendgenska difraktometrija praha (XRD). Korišćene tehnike su pokazale efikasno sintetisanje nanometarskih čestica, uz uspešno deponovanje Y_2O_3 na površini početnog TiO_2 .

Pored toga, visoka fotokatalitička efikasnost od 99% prema model polutantu anjonskog tipa svrstava ovaj fotokatalizator u veoma efikasne. Primenom ultraviolettne/vidljive (UV/Vis) spektroskopije nije primećeno prisustvo model polutanata u zaostalom vodenom rastvoru.

Preservation of a healthy environment is one of the global goals of sustainable development. A special sphere belongs to waters, both natural and waste, which need to be purified before being discharged into waterways. Various technological processes have found their application in real, conventional wastewater treatment systems. Advanced oxidation processes (AOP), among them pho-

tocatalysis, represent the future in this field. Namely, compared to standard procedures, the application of UOP achieves the permanent removal of organic pollutants without the need for secondary treatment.

In this work, the newly synthesized photocatalyst $\text{TiO}_2/\text{Y}_2\text{O}_3$ was subjected to detailed structural and morphological tests in order to determine the textural properties, and then the chemical and photochemical properties. Various analytical techniques were applied to characterize the obtained powder, such as scanning electron microscopy (SEM), Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), X-ray powder diffractometry (XRD). The techniques used showed efficient synthesis of nanometer particles, with successful deposition of Y_2O_3 on the surface of initial TiO_2 .

In addition, the high photocatalytic efficiency of 99% according to the anion-type pollutant model classifies this photocatalyst as very efficient. Using ultraviolet/visible (UV/Vis) spectroscopy, the presence of model pollutants in the residual aqueous solution was not observed.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
Fenton proces; mikroreaktorski
sistem; Reactive Blue 5

ISPITIVANJE MOGUĆNOSTI OBEZBOJAVANJA RASTVORA BOJE REACTIV BLUE 5 U MIKROREAKTORSKOM SISTEMU

Key words:
Fenton process; microreactor system;
Reactive Blue 5

INVESTIGATION OF THE POTENTIAL FOR REACTIVE BLUE 5 DYE SOLUTION DECOLORIZATION IN MICROREACTOR SYSTEMS

Ana DAJIĆ*
* aveljasevic@tmf.bg.ac.rs
Marina MIHAJLOVIĆ

Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd
ORCID: 0000-0002-4427-1393
Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd
ORCID: 0000-0003-3643-345X

Rad ispituje mogućnost tretmana rastvora boje Reactive Blue 5 u vodi u mikroreaktorskim sistemima primenom unapređenog procesa oksidacije. Otpadne vode tekstilne industrije karakteriše visok sadržaj boja i njihovo ispuštanje u vodoprijemnike bez primene odgovarajućeg tretmana predstavlja značajan rizik za životnu sredinu. Ovu vrstu otpadnih voda je moguće tretirati na razne načine ali nusproizvode ovih tretmana je često potrebno dalje obraditi pre ispuštanja. Alternativno rešenje je tretman u mikroreaktorskim sistemima. U radu je ispitan tretman rastvora boje Fentonovim reagensom u mikroreaktorskom sistemu. Sistem se sastoji od dve klipne pumpe, mešalice i PTFE cevi. Uspešnost procesa je ispitana spektrofotometrijskom analizom proizvoda reakcije sa fokusom na parametre sistema, brzinu protoka reaktanata kroz sistem i molski odnos reaktanata u reakcionoj smeši.

The study examines the possibility of treating aqueous solutions of the dye Reactive Blue 5 in microreactor systems using an improved oxidation process. Wastewater from the textile industry is characterised by a high dye content, and its discharge into water bodies without appropriate treatment poses a significant environmental risk. This type of wastewater can be treated in various ways, but the by-products of these treatments often require further processing before discharge. An alternative solution is treatment in microreactor systems. The paper investigates the treatment of dye solutions with Fenton's reagent in a microreactor system. The system consists of two plunger pumps, a stirrer, and a PTFE tube. The effectiveness of the process was evaluated by spectrophotometric analysis of the reaction products, focusing on system parameters, the flow rate of the reactants through the system, and the molar ratio of the reactants in the reaction mixture.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
kalcijum-oksidi; kalcijum-karbonat;
mineralna karbonizacija; fosfogips

Key words:
carbon oxide; calcium carbonate;
mineral carbonation; phosphogypsum

VALORIZACIJA FOSFOGIPSA SEKVESTRACIJOM CO₂ IZ INDUSTRIJSKIH OTPADNIH TOKOVA

PHOSPHOGYPSUM VALORIZATION THROUGH CO₂ SEQUESTRATION FROM INDUSTRIAL WASTE STREAMS

Marija MILADINOVIĆ*

* miladinovici@tf.ni.ac.rs

Biljana ĐORĐEVIĆ

Milan KOSTIĆ

Ana BIJELIĆ

Ljiljana VESELINOVIĆ

Aleksandar STANKOVIĆ

Olivera STAMENKOVIĆ

Univerzitet u Nišu, Tehnološki fakultet u Leskovcu, Leskovac, Srbija

ORCID: 0000-0001-5922-3151

Univerzitet u Nišu, Tehnološki fakultet u Leskovcu, Leskovac, Srbija

ORCID: 0000-0002-7790-4679

Univerzitet u Nišu, Tehnološki fakultet u Leskovcu, Leskovac, Srbija

ORCID: 0000-0002-2674-6615

Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu, Niš, Srbija

ORCID: 0000-0002-8073-1641

Institut tehničkih nauka Srpske akademije nauka i umetnosti, Beograd

ORCID: 0000-0002-6100-9178

Elixir Prahovo, Industrija hemijskih proizvoda, d.o.o.,

Prahovo, Srbija

Univerzitet u Nišu, Tehnološki fakultet u Leskovcu, Leskovac, Srbija

ORCID: 0000-0002-9981-5845

Povećana potreba za smanjenjem industrijskog otpada i emisija gasova sa efektom staklene bašte podstakla je razvoj cirkularnih pristupa valorizaciji industrijskih nusproizvoda. Kompanija Elixir Prahovo d.o.o. je vodeći proizvođač fosforne kiseline i mineralnih đubriva u jugoistočnoj Evropi. Proizvodnja fosforne kiseline generiše velike količine fosfogipsa (FG), koji se najčešće odlaze uprkos visokom sadržaju kalcijum-sulfata. U ovom radu ispitivana je valorizacija FG putem mineralne karbonizacije primenom gasne smeše CO₂-N₂ (10:90 vol.%), koja simulira tok dimnih gasova nastalih sagorevanjem pri-rodnog gasa. Cilj istraživanja je konverzija FG, koji je pretežno sastavljen od CaSO₄-2H₂O, u proizvode sa dodatkom vrednošću, pre svega CaCO₃, uz istovremeno dobijanje (NH₄)₂SO₄, koji predstavlja značajnu sirovinu u proizvodnji mineralnih đubriva. Elementarni i fazni sastav polaznog FG određeni su ICP-OES i XRD analizama, respektivno. Ispitivan je uticaj reakcionih uslova (molskog odnosa N/S i vremena karbonizacije) na efikasnost karbonizacije FG, sa ciljem identifikacije uslova koji omogućavaju efikasnu konverziju pri umerenim radnim uslovima. Molski odnos N/S i vreme karbonizacije imaju pozitivan uticaj na stepen konverzije FG i sadržaj CaCO₃ u finalnom čvrstom proizvodu, pri čemu je pri odabranim uslovima postignuta konverzija FG od 96,6%, odnosno sadržaj CaCO₃ u finalnom proizvodu od 80%. Dobijeni rezultati ukazuju na izvodljivost korišćenja FG i emisija CO₂ kao sirovina za proizvodnju vrednih proizvoda, uz istovremeno smanjenje akumulacije FG i emisije CO₂. Predloženi tehnološki postupak predstavlja obećavajući pristup za integraciju valorizacije industrijskog otpada i korišćenja CO₂, doprinoseći prelasku ka održivim i cirkularnim hemijskim procesima.

Zahvalnica

Ovaj rad je finansijski podržan kroz međunarodni projekat „Valorization of phosphogypsum by CO₂ sequestration from waste streams of production processes“, Ref: 00131890/1138320/2024/01-07, realizovan u okviru Javnog poziva za unapređenje saradnje nauke i privrede u

oblasti cirkularnih inovacija - CIRKULARNI VAUČERI 2024, koji finansiraju Ministarstvo zaštite životne sredine i UNDP Srbija, kao i kroz Program za finansiranje naučnoistraživačkog rada Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije (br. 451-03-34/2026-03/200133, Projekat dodeljen Tehnološkom fakultetu u Leskovcu, Univerzitet u Nišu).

The increasing need to reduce industrial waste and greenhouse gas emissions has driven the development of circular approaches for the valorization of industrial byproducts. Elixir Prahovo d.o.o. is a leading producer of phosphoric acid and mineral fertilizers in Southeast Europe. Phosphoric acid production generates large quantities of phosphogypsum (PG), which is commonly disposed of despite its high calcium sulfate content. This study investigates the PG valorization through mineral carbonation using $\text{CO}_2\text{-N}_2$ gas mixture (10:90 vol.%) that simulates the flue gas stream from natural gas combustion. The aim was to convert PG, mainly composed of $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, into value-added products, primarily CaCO_3 with co-production of $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, a significant raw material in production of mineral fertilizer. The elemental and phase composition of the initial PG were determined by ICP-OES and XRD analyses, respectively. The influence of reaction conditions (N/S molar ratio and carbonation time) on carbonation efficiency was analyzed to identify conditions enabling effective conversion under moderate operating conditions. Both N/S molar ratio and carbonation time had a positive influence on the PG conversion degree and CaCO_3 content in the final solid product, achieving 96.6% PG conversion and 80% CaCO_3 under selected conditions. The results demonstrate the feasibility of utilizing PG and CO_2 emissions as raw materials to produce valuable products while simultaneously reducing PG accumulation and CO_2 emissions. The proposed approach represents a promising pathway for integrating industrial waste valorization and carbon utilization, supporting the transition toward more sustainable and circular chemical processes.

Acknowledgments

This work was supported by the international project “Valorization of phosphogypsum by CO_2 sequestration from waste streams of production processes“, Ref: 00131890/1138320/2024/01-07, implemented under the Public Call for the Improvement of Cooperation Between Science and Economy in the Field of Circular Innovations – CIRCULAR VOUCHERS 2024, funded by the Ministry of Environmental Protection of the Republic of Serbia and UNDP Serbia, and by the Program for Financing Scientific Research Work of the Ministry of Science, Technological Development and Innovations of the Republic of Serbia (No. 451-03-34/2026-03/200133, project assigned to the Faculty of Technology, Leskovac, University of Niš).

Originalni naučni rad

Ključne reči:
inhibicija korozije;
dekapiranje kiselinom;
cirkularna ekonomija

Key words:
corrosion inhibition;
acid pickling;
circular economy

FARMACEUTSKI PROIZVODI SA ISTEKLIM ROKOM TRAJANJA KAO ODRŽIVI INHIBITORI KOROZIJE ČELIKA U PROCESIMA DEKAPIRANJA KISELINOM

**EXPIRED PHARMACEUTICAL COMPOUNDS
AS SUSTAINABLE CORROSION INHIBITORS
FOR STEEL IN ACID PICKLING ENVIRONMENTS**

Aleksandra S. POPOVIĆ*

* apopovic@tmf.bg.ac.rs

Amil ALIGAYEV

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0002-4432-0183

¹ NOMATEN Centar izvrsnosti,

Nacionalni centar za nuklearna istraživanja, Otvočak, Poljska

² Baku Inženjerski univerzitet, Naučnoistraživački centar, Baku, Azerbejdžan

ORCID: 0000-0002-6900-4419

Dušan V. TRAJKOVIĆ

Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd

ORCID: 0009-0007-7830-0192

Gvozden JOVANOVIĆ

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd

ORCID: 0000-0002-9754-2230

Lazar RAKOČEVIĆ

Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke „Vinča“, Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Beograd

ORCID: 0000-0001-6199-8087

Branimir N. GRGUR

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0003-4684-9053

Korozija predstavlja jedan od najznačajnijih tehnoloških i ekonomskih problema savremene industrije, pri čemu se procenjuje da globalni gubici uzrokovani korozijom premašuju 3,4% svetskog bruto domaćeg proizvoda godišnje. U procesnoj industriji, procesi dekapiranja metala kiselinom stvaraju izrazito agresivne uslove koji ubrzavaju degradaciju metalnih materijala i skraćuju radni vek opreme. Iako se konvencionalni sintetički inhibitori široko primenjuju u cilju ublažavanja korozije, sve veći ekološki i regulatorni zahtevi podstiču razvoj održivijih i ekološki prihvatljivijih rešenja. U tom kontekstu, farmaceutski proizvodi sa isteklim rokom trajanja, koji se danas uglavnom tretiraju kao opasan otpad, predstavljaju perspektivan, ali nedovoljno istražen resurs u okviru koncepta cirkularne ekonomije. U ovom radu ispitana je efikasnost inhibicije korozije niskougljeničnog čelika u rastvoru 1 M HCl primenom metformina sa isteklim rokom trajanja, pri uslovima koji simuliraju industrijske procese tokom dekapiranja metala kiselinom. Efikasnost inhibicije određena je primenom elektrohemijskih metoda, potentiodinamičke polarizacije i elektrohemijske impedansne spektroskopije, kao i merenjem gubitka mase metala. Karakterizacija površine izvršena je primenom skenirajuće elektronske mikroskopije (SEM), dok je digitalna analiza slike korišćenjem softvera MIPAR omogućila kvantitativnu procenu korodirane i nekorodirane površine. Koncentracija inhibitora varirana je u opsegu od 100 do 600 ppm kako bi se odredili optimalni uslovi za zaštitu od korozije. Dobijeni rezultati pokazuju da metformin ostvaruje najveću efikasnost inhibicije pri koncentraciji od 400 ppm, pri čemu maksimalna vrednost efikasnosti iznosi 89,4% na osnovu potentiodinamičkih polarizacionih merenja. Mehanizam inhibicije dodatno je analiziran primenom proračuna u okviru teorije funkcionala gustine (DFT) u kombinaciji sa eksperimentalnim rezultatima. Dobijeni rezultati ukazuju se adsorpcija metformina na čeliku uključuje kombinaciju dva tipa adsorpcije, uključujući

inicijalnu elektrostatičku interakciju između protonovanih molekula metformina i površine čelika, nakon čega dolazi do hemisorpcije putem koordinacionih veza između azotovih atoma i nepopunjenih orbitala gvožđa. Dobijeni rezultati potvrđuju da metformin sa isteklim rokom trajanja može delovati kao efikasan inhibitor korozije niskougledničkog čelika u kiselim sredinama, ukazujući na potencijal primene farmaceutskih jedinjenja sa isteklim rokom trajanja kao održivih i vrednosno korisnih materijala za zaštitu od korozije u industrijskim uslovima.

Corrosion remains a major technological and economic challenge for modern industry, with global losses estimated to exceed 3.4% of the world's GDP each year. In process industries, acid pickling operations create highly aggressive conditions that accelerate the degradation of metallic materials and reduce equipment lifetime. Although conventional synthetic inhibitors are widely used to mitigate corrosion, increasing environmental and regulatory constraints encourage the development of sustainable and environmentally acceptable alternatives. In this context, expired pharmaceutical compounds, commonly classified as hazardous waste, represent a promising yet insufficiently explored resource within circular economy strategies. The present study investigates the corrosion inhibition performance of expired metformin for low - carbon steel in 1 M HCl solution, simulating industrial acid pickling conditions. The inhibition efficiency was evaluated using a combination of weight loss measurements and electrochemical techniques, including potentiodynamic polarization and electrochemical impedance spectroscopy. Surface characterization was performed using scanning electron microscopy (SEM), while digital image analysis with MIPAR software enabled quantitative assessment of the corroded and uncorroded surface areas. The inhibitor concentration was varied in the range of 100 - 600 ppm in order to determine the optimal conditions for corrosion protection. The results indicate that metformin exhibits the highest inhibition efficiency at 400 ppm, reaching a maximum value of 89.4% according to potentiodynamic polarization measurements. The inhibition mechanism was further analyzed through density functional theory (DFT) calculations combined with experimental observations. The results suggest a dual adsorption process, involving initial electrostatic interactions between protonated metformin species and the steel surface, followed by stronger chemisorption through coordination between nitrogen atoms and vacant iron orbitals. Overall, the obtained results demonstrate that expired metformin can act as an efficient corrosion inhibitor for low-carbon steel in acidic media, highlighting the potential of expired pharmaceutical compounds as sustainable and value-added materials for corrosion protection in industrial applications.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
pepeo suncokretove ljuske;
NPK đubriva;
cirkularna ekonomija

**MOGUĆNOST VALORIZACIJE PEPELA
SUNCOKRETOVE LJUSKE U PROIZVODNJI
MINERALNIH GRANULISANIH ĐUBRIVA
U SKLADU SA PRINCIPIIMA CIRKULARNE EKONOMIJE**

Key words:
sunflower husk ash;
NPK fertilizers;
circular economy

**POSSIBILITY OF SUNFLOWER HUSK ASH VALORIZATION
IN THE PRODUCTION OF MINERAL GRANULATED
FERTILIZERS IN ACCORDANCE WITH THE
PRINCIPLES OF CIRCULAR ECONOMY**

Alija SALKUNIĆ* * alija.salkunic@elixirzorka.rs	Elixir Zorka – Mineralna đubriva, Šabac, Srbija ORCID: 0000-0002-5372-1018
Dejan TODORVIĆ	Centar za primenjenu cirkularnu ekonomiju d.o.o., Šabac, Srbija
Nikola BELOBABA	Elixir Zorka – Mineralna đubriva, Šabac, Srbija
Julijana BOGIĆEVIĆ	Elixir Zorka – Mineralna đubriva, Šabac, Srbija
Slavica BOGDANOVIĆ	Elixir Zorka – Mineralna đubriva, Šabac, Srbija

U radu je ispitana mogućnost valorizacije pepela suncokretove ljuske, nastalog kao nusproizvod termičkog tretmana biomase, u cilju delimične supstitucije mineralnih sirovina u proizvodnji NPK đubriva. Primarni cilj bio je razvoj formulacije kompleksnog granulisanog đubriva NPK 6:12:24 + 6% S koja zadržava visok nutritivni kvalitet uz potpunu bezbednost po zdravlje ljudi i životnu sredinu.

Sprovedena je detaljna fizičko-hemijska karakterizacija uzorka pepela, sa posebnim fokusom na sadržaj primarnih nutrijenata i teških metala. Laboratorijska granulacija varijanti sa dodatkom 30 kg/t i 50 kg/t pepela realizovana je u Eirich granulatoru, uz primenu mineralnih kiselina i soli koje se standardno koriste u procesu proizvodnje đubriva. Finalni proizvodi su podvrgnuti laboratorijskom testiranju, a bezbednost je proverena u skladu sa kriterijumima Uredbe (EU) 2019/1009.

Laboratorijske analize potvrdile su da je pepeo suncokreta izuzetno bogat kalijumom (48,33% K₂O), pri čemu je preko 93% ovog elementa u vodorastvornom obliku. Iako sam pepeo sadrži povišene koncentracije nikla i šestovalentnog hroma, rezultati ispitivanja finalnih đubriva pokazuju da su vrednosti svih teških metala višestruko niže od zakonski dozvoljenih granica, zahvaljujući efektu razblaživanja unutar normativa. Varijanta sa 50 kg/t pepela pokazala je najveći potencijal za supstituciju mineralnih soli, uz blago povećanje egzotermne reakcije tokom procesa granulacije.

Istraživanje dokazuje da pepeo suncokretove ljuske predstavlja konkurentnu i ekološki opravdanu alternativu tradicionalnim izvorima kalijuma. Implementacija ovog rešenja direktno doprinosi principima cirkularne ekonomije, omogućavajući povratak nutrijenata u zemljište i smanjenje depoziranja industrijskog otpada, uz punu usklađenost sa evropskom regulativom.

The paper investigates the possibility of valorizing sunflower husk ash, generated as a byproduct of thermal biomass treatment, for the partial substitution of mineral raw materials in NPK fertilizer production. The primary objective was to develop a complex granulated fertilizer formulation,

NPK 6:12:24 + 6% S, which maintains high nutritional quality while ensuring complete safety for human health and the environment.

A detailed physicochemical characterization of the ash sample was conducted, with a specific focus on the content of primary nutrients and heavy metals. Laboratory granulation of variants with the addition of 30 kg/t and 50 kg/t of ash was performed in an Eirich granulator, utilizing mineral acids and salts standardly used in the fertilizer manufacturing process. Final products underwent laboratory testing, and safety was verified according to the criteria of Regulation (EU) 2019/1009.

Laboratory analyses confirmed that sunflower ash is exceptionally rich in potassium (48.33% K₂O), with over 93% of this element in water-soluble form. Although the raw ash contains elevated concentrations of nickel and hexavalent chromium, the testing results of the final fertilizers show that the values of all heavy metals are several times lower than the legally permitted limits, thanks to the dilution effect within the formulation. The variant with 50 kg/t of ash demonstrated the highest potential for mineral salt substitution, alongside a slight increase in the exothermic reaction during the granulation process.

The research proves that sunflower husk ash represents a competitive and environmentally justified alternative to traditional potassium sources. The implementation of this solution directly contributes to the principles of circular economy, enabling the return of nutrients to the soil and reducing the landfilling of industrial waste, while maintaining full compliance with European regulations.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
otpadne vode; zelena hemija;
ravnoteža tečnost-tečnost

**ODREĐIVANJE PODATAKA ZA RAVNOTEŽU
TEČNOST–TEČNOST U SVRHU PROJEKTOVANJA
SEPARACIONIH PROCESA VODA–ACETON
KORIŠĆENJEM ZELENIH RASTVARAČA**

Key words:
wastewater; green chemistry;
liquid-liquid equilibria

**DETERMINATION OF LIQUID–LIQUID EQUILIBRIUM DATA
FOR THE DESIGN OF WATER–ACETONE SEPARATION
PROCESSES USING GREEN SOLVENTS**

Zoran SIMIĆ*
* zsimic@tmf.bg.ac.rs
Mirjana KIJEVČANIN

Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd
ORCID: 0000-0001-8258-5492
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0001-7126-3965
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0002-2726-1564

Ivona RADOVIĆ

Jedan od glavnih izazova u savremenim industrijskim procesima je efikasno razdvajanje vode i acetona, naročito korišćenjem ekološki prihvatljivih metoda. Zamena konvencionalnih, energetski intenzivnih rastvarača zelenim alternativama je ključna za održivo projektovanje procesa. U ovom radu ispitivana je ravnoteža tečnost-tečnost za dva trokomponentna sistema - voda + aceton + etil miristat i voda + aceton + 1-dekenol na 295,15 K i pri atmosferskom pritisku. Binodalne krive određene su metodom titracije, dok su sastavi ravnotežnih linija određeni analizom indeksa refrakcije. Izračunati su ključni parametri razdvajanja, uključujući koeficijente distribucije i faktore separacije. Pouzdanost eksperimentalnih podataka procenjena je korišćenjem Othmer–Tobias i Hand korelacija. Eksperimentalni LLE podaci uspešno su modelovani korišćenjem UNIQUAC modela koeficijenata aktivnosti. Rezultati ukazuju da su etil miristat i 1-dekenol potencijalno efikasni zeleni rastvarači za selektivnu ekstrakciju acetona iz vodenih rastvora, pri čemu dobijeni termodinamički podaci predstavljaju značajnu osnovu za dizajn i optimizaciju separacionih procesa.

One of the major challenges in modern industrial processes is the efficient separation of water–acetone mixtures, particularly using environmentally friendly methods. Replacing conventional, energy-intensive solvents with green alternatives is essential for sustainable process design. In this study, liquid–liquid equilibrium (LLE) for two ternary systems water + acetone + ethyl myristate and water + acetone + 1-decanol was investigated at 295.15 K and atmospheric pressure. The binodal curves were determined using the cloud point titration method, while tie-line compositions were measured via refractive index analysis. Key separation parameters, including distribution coefficients and separation factors, were calculated for the immiscible regions. Reliability of the experimental data was evaluated using Othmer–Tobias and Hand correlations. The experimental LLE data were successfully modeled with the UNIQUAC activity coefficient framework. The results indicate that ethyl myristate and 1-decanol are potentially efficient green solvents for the selective extraction of acetone from aqueous solutions, while the obtained thermodynamic data provide a valuable basis for the design and optimization of separation processes.

Originalni naučni rad

Ključne reči:

*Ljuska kestena; adsorpcioni proces;
tekstilne boje; zaštita životne sredine*

Key words:

*shell-based sorbent;
adsorption process; textile dyes;
environmental protection*

KARAKTERIZACIJA PRIPREMLJENOG BIOSORBENTA OD LJUSKE KESTENA ZA UKLANJANJE ZAGAĐUJUĆE MATERIJE IZ VODE

CHARACTERIZATION OF A CHESTNUT SHELL-DERIVED BIOSORBENT FOR THE REMOVAL OF POLLUTANTS FROM WATER

Nataša KNEŽEVIĆ*

* natasa.knezevic@vin.bg.ac.rs

Valentina VUKOBRAT

Aleksandar MARINKOVIĆ

*Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke „Vinča“,
Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Beograd
ORCID: 0000-0003-4572-4398*

*Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke „Vinča“,
Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Beograd
ORCID: 0009-0003-3862-9963*

*Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0003-3239-5476*

Sorbent na bazi ljuske kestena inkapsuliran je u natrijum-alginat sa ciljem dobijanja kompozitnog biomaterijala (CS-Alg) pogodnog za primenu u adsorpcionim procesima prečišćavanja vode sa prisutnim katjonskim tekstilnim bojama.

Pripremljeni materijal je karakterisan primenom FTIR spektroskopije, skenirajuće elektronske mikroskopije (SEM) i dinamičkog rasejanja svetlosti (DLS), dok je analiza zeta potencijala korišćena za ispitivanje površinskog naelektrisanja i stabilnosti sistema.

Adsorpciona svojstva ispitana su u seriji eksperimenata na tri različite temperature (25, 35 i 45 °C). Dobijeni rezultati pokazuju da se kinetika adsorpcije može uspešno opisati modelom pseudo-drugog reda, dok ravnotežni podaci najbolje prate Frojndlihov model.

Termodinamička analiza ukazuje da je proces adsorpcije spontan i endoterman. Maksimalni adsorpcioni kapaciteti materijala CS-Alg iznosili su 195 mg g⁻¹ BR2 (Basic Red 2) i 131 mg g⁻¹ za BY28 (Basic Yellow 28) pri temperaturi od 45 °C. Ostvareni rezultati potvrđuju da CS-Alg predstavlja održivo i efikasno rešenje sa značajnim potencijalom za primenu u uklanjanju katjonskih tekstilnih boja iz vodenih sistema.

A chestnut shell-based sorbent was encapsulated in sodium alginate to obtain a composite biomaterial (CS-Alg) suitable for application in adsorption processes for water treatment containing cationic textile dyes.

The prepared material was characterized using Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), scanning electron microscopy (SEM), and dynamic light scattering (DLS), while zeta potential analysis was employed to evaluate surface charge and system stability.

The adsorption performance was investigated through a series of experiments conducted at three different temperatures (25, 35, and 45 °C). The results indicated that the adsorption kinetics were best described by the pseudo-second-order model, whereas the equilibrium data were well fitted by the Freundlich isotherm model.

Thermodynamic analysis revealed that the adsorption process is spontaneous and endothermic. The maximum adsorption capacities of CS-Alg were 195 mg g⁻¹ for BR2 (Basic Red 2) and 131 mg g⁻¹ for BY28 (Basic Yellow 28) at 45 °C. These findings demonstrate that CS-Alg is a sustainable and efficient material with significant potential for the removal of cationic textile dyes from aqueous systems.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
zeolit; nadkritična ekstrakcija;
mentol; antibakterijska aktivnost

Key words:
zeolite; supercritical extraction;
menthol; antibacterial activity

KOMPOZITI ZEOLIT/HITOZAN SA ANTIBAKTERIJSKIM DELOVANJEM

ANTIBACTERIAL ZEOLITE/CHITOSAN COMPOSITE MATERIALS

Jelena DIKIĆ*

*jdikic@tmf.bg.ac.rs

Sanja JEVTIĆ

Katarina SOKIĆ

Nikola MILAŠINOVIĆ

Jelena PAJNIK

Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd

ORCID: 0000-0002-3454-735X

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0003-1870-1553

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

ORCID: 0009-0004-0746-4569

Kriminalističko-policijski univerzitet, Beograd

ORCID: 0000-0002-2744-4002

Tehnički univerzitet u Minhenu, Nemačka

ORCID: 0000-0001-5159-3422

Zeoliti su kristalni, neorganski materijali sa poroznom strukturom i razvijenom specifičnom površinom. Iako ne poseduju antibakterijsku aktivnost, zeoliti su perspektivni nosači antimikrobnih jedinjenja zbog svoje specifične strukture i potencijalno velikog kapaciteta vezivanja. Direktna primena zeolita u prahu u dezinfekciji vode je nepraktična, jer se čestice slepljuju zbog čega se ne disperguju ravnomerno, teško se odvajaju i ponovo koriste.

Biopolimerni materijal, hitozan ima povoljna mehanička i termička svojstva i može služiti kao matrica za čestice zeolita pa se dispergovanjem zeolita u hito-zanu dobijaju materijali koji su pogodni za dezinfekciju vode. Dobar antibakterijski efekat postiže se impregnacijom bioaktivnih jedinjenja na kompozite.

Biljna jedinjenja, uključujući terpene (na primer mentol), poznata su po svom antibakterijskom dejstvu. Za ekstrakciju ovih jedinjenja iz biljaka upotrebljavaju se toksični rastvarači koji ostavljaju nus-produkte. Superkritični CO₂ (scCO₂) omogućava ekološku ekstrakciju i impregnaciju pri niskim temperaturama, sa uniformnim unošenjem jedinjenja u čvrste materijale.

Cilj ovog rada je razvoj zeolit/hitozan kompozita sa antibakterijskim svojstvima za dezinfekciju vode. Pripremane su mikrokuglice sa i bez zeolita. Mentol kao aktivna komponenta inkorporiran je scCO₂ tehnikom. Svojstva dobijenog kompozita su detaljno ispitana kao i njegova antibakterijska aktivnost.

Zahvalnica

Ovaj rad podržan je od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije (ugovori br. 451-03-136/2026-03/200135 i 451-03-136/2026-03/200287) i bilateralnog projekta između R. Srbije i R. Nemačke (br. 001545243 2025 13440 003 000 000 001 03 006).

Zeolites are crystalline, inorganic, and chemically inert materials with porous structures and high specific surface areas. They do not possess the antimicrobial activity, but they are promising carriers for antimicrobial compounds due to their high loading capacity. Direct application of

powdered zeolites in water disinfection is impractical because fine particles do not disperse uniformly, tend to aggregate, and are difficult to separate and reuse.

Polymer chemistry enables fabrication of composites (membranes, beads, films) with uniform zeolite distribution. Eco-friendly polymers such as chitosan provide suitable matrices with good mechanical and thermal properties. Effective antimicrobial performance is achieved by loading composites with bioactive compounds.

Plant-derived compounds, including terpenes (for example menthol), are promising antibacterial agents but their extraction commonly requires toxic solvents, which may leave residues. Supercritical CO₂ (scCO₂) extraction offers an environmentally friendly alternative, as it is nonpolar, recyclable, and allows extraction at low temperatures without solvent residues.

This paper aims to develop zeolite/biopolymer composites with antibacterial properties for water disinfection. Microbeads with and without zeolite were prepared, and menthol was incorporated using supercritical CO₂ impregnation and extraction. Antibacterial activity and material properties were determined in detail.

Acknowledgments

This work was supported by the Ministry of Science, Technological Development and Innovation of the Republic of Serbia (Contract No. 451-03-136/2026-03/200135 and 451-03-136/2026-03/200287) and the Serbia–Germany bilateral project (No. 001545243 2025 13440 003 000 000 001 03 006).

Stručni rad

Ključne reči:
sumpor; sumporna kiselina;
dekarbonizacija;
cirkularna ekonomija

PARADOKS DEKARBONIZACIJE: UTICAJ NET ZERO CILJEVA NA DOSTUPNOST SUMPORA

Key words:
sulfur; sulfuric acid;
decarbonization;
circular economy

THE DECARBONIZATION PARADOX: THE IMPACT OF NET ZERO TARGETS ON SULFUR AVAILABILITY

Milica BUČKIĆ*
* milica.buckic@elixirzorka.rs

Elixir Zorka – Mineralna đubriva d.o.o., Šabac, Srbija

Marija Ilić

Elixir Zorka – Mineralna đubriva d.o.o., Šabac, Srbija

Alija Salkunić

Elixir Zorka – Mineralna đubriva d.o.o., Šabac, Srbija
ORCID: 0000-0002-5372-1018

Sumpor direktno utiče na visinu prinosa i kvalitet poljoprivrednih proizvoda. On omogućava efikasno usvajanje azota kroz sintezu aminokiselina cisteina i metionina, bez kojih nije moguće formiranje biljnih proteina. Iako nije direktan sastojak hlorofila, sumpor je neophodan za njegovu izgradnju, pa se deficit manifestuje kroz hlorozu mlađih listova i pad intenziteta fotosinteze. Njegova primena je naročito važna kod uljanih kultura, poput suncokreta i uljane repice, jer direktno određuje sadržaj ulja u zrnu. Kod pšenice i drugih žitarica, sumpor je presudan za tehnološki kvalitet glutena i sadržaj proteina. S obzirom na to da su kisele kiše praktično eliminisane, a zemljišta osiromašena intenzivnom obradom, sumpor se više ne može smatrati elementom koji je prirodno dostupan u dovoljnim količinama. Zbog toga on danas predstavlja obavezan sastojak mineralnih đubriva radi održavanja biološke stabilnosti i nutritivne vrednosti useva.

Decenijama je sumpor tretiran kao jeftin i obilan nusproizvod desulfurizacije fosilnih goriva, čineći osnovu za proizvodnju mineralnih đubriva i razvoj „Zelene revolucije“. Međutim, globalni prelazak na obnovljive izvore energije i dekarbonizaciju (Net Zero ciljevi) paradoksalno ugrožava stabilnost snabdevanja ovim „četvrtim makroelementom“ (pored azota, fosfora i kalijuma). Ovaj rad analizira trenutnu tržišnu situaciju, aktuelne tehnologije proizvodnje, ali i tehnološke rute valorizacije otpadne sumporne kiseline i elementarnog sumpora u regionima sa visokom eksploatacijom kiselog gasa.

Oslanjajući se na projekcije deficita sumpora do 2040. godine (tzv. Sulfur Gap), rad ispituje rizike povratka na ekološki invazivno direktno rudarenje. Zaključak rada ukazuje na neophodnost tranzicije ka cirkularnoj ekonomiji koja postaje primarni mehanizam opstanka. Kroz valorizaciju industrijskih nusproizvoda i otpada, sumpor se redefiniše iz nusproizvoda u stratešku rezervu, čime se obezbeđuje dugoročna stabilnost proizvodnje mineralnih đubriva i globalna bezbednost hrane.

Sulfur directly influences the yield and quality of agricultural products. It enables the efficient uptake of nitrogen through the synthesis of the amino acids cysteine and methionine, which are essential for the formation of plant proteins. Although not a direct component of chlorophyll, sulfur is necessary for its synthesis; therefore, its deficiency manifests as chlorosis in younger leaves and a decline in photosynthetic intensity. Its application is particularly critical for oilseed crops, such as

sunflower and oilseed rape, as it directly determines the oil content in the seed. In wheat and other cereals, sulfur is crucial for the technological quality of gluten and overall protein content. Given that acid rain has been virtually eliminated and soils have been depleted by intensive cultivation, sulfur can no longer be considered a naturally abundant element. Consequently, it has become an essential component of mineral fertilizers to maintain the biological stability and nutritional value of crops.

For decades, sulfur has been treated as an inexpensive and abundant by-product of fossil fuel desulfurization, forming the basis for mineral fertilizer production and the advancement of the "Green Revolution." However, the global transition to renewable energy and decarbonization (Net Zero targets) paradoxically threatens the supply stability of this "fourth macro-element" (alongside nitrogen, phosphorus, and potassium). This paper analyzes the current market situation, existing production technologies, and technological routes for the valorization of waste sulfuric acid and elemental sulfur in regions with high sour gas exploitation.

Drawing on projections of a sulfur deficit by 2040 (the so-called "Sulfur Gap"), the study examines the risks of returning to ecologically invasive primary mining. The paper concludes by highlighting the necessity of transitioning toward a circular economy as a primary survival mechanism. Through the valorization of industrial by-products and waste, sulfur is redefined from a mere by-product into a strategic reserve, thereby ensuring long-term stability in mineral fertilizer production and global food security.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
teški metali; hemometrijska analiza;
receptorski modeli;
identifikacija izvora zagađenja

Key words:
heavy metals; chemometric analysis;
receptor models; source identification
of pollution

PREGLED HEMOMETRIJSKIH PRISTUPA ZA IDENTIFIKACIJU IZVORA TEŠKIH METALA U VODAMA POD UTICAJEM METALURŠKIH AKTIVNOSTI

A REVIEW OF CHEMOMETRIC APPROACHES FOR IDENTIFYING SOURCES OF HEAVY METALS IN WATERS AFFECTED BY METALLURGICAL ACTIVITIES

Đorđe OGRIZOVIĆ*
* djogrizovic@tmf.bg.ac.rs
Milica DELIĆ
Ivana JELIĆ
Maja ĐOLIĆ
Marija ŠLJIVIĆ IVANOVIĆ

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd
ORCID: 0009-0003-4977-9553
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0002-0353-3959
Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke „Vinča“,
Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Beograd
ORCID: 0000-0003-1406-2416
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0002-4125-6497
Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke „Vinča“,
Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Beograd
ORCID: 0000-0001-5897-0083

Zagađenje vode teškim metalima koji potiču iz metalurških i rudarskih područja predstavlja značajan rizik po životnu sredinu i zdravlje ljudi, zbog njihove toksičnosti, perzistentnosti i sklonosti ka bioakumulaciji. Kvantitativna identifikacija izvora zagađenja predstavlja preduslov za efikasnu remedijaciju i upravljanje životnom sredinom. Ovaj pregledni rad razmatra aktuelna istraživanja o primeni hemometrijskih i multivarijacionih statističkih metoda za utvrđivanje udela pojedinačnih izvora zagađenja u vodama koje su posledica metalurških aktivnosti. Ključni receptorski modeli, uključujući analizu glavnih komponenti (engl. Principle component analysis, PCA), pozitivnu faktori-zaciju matrice (engl. Positive Matrix Factorization, PMF), apsolutne skorove glavnih komponenti–višestruku linearnu regresiju (engl. Absolute Principal Component Scores–Multiple Linear Regression, APCS-MLR) i klastersku analizu (engl. Hierarchical Cluster Analysis, HCA), ocenjuju se sa stanovišta njihove efikasnosti u razlikovanju prirodnog, geološki uslovljenog porekla od antropogenih izvora, kao što su topljenje rude, ispiranje jalovišta i industrijska ispuštanja otpadnih voda. Studije slučaja koje su razmotrene za različita vodna tela, uključujući reke, podzemne vode i jezera, pokazuju da integrisani pristupi modelovanju, poput PCA-PMF-SOM (engl. Principal Component Analysis – Positive Matrix Factorization – Self-Organizing Map), obezbeđuju veću tačnost i manju nesigurnost u poređenju sa primenom pojedinačnih modela. Budući pravci istraživanja ukazuju na potrebu za hibridnim modelovanjem, integracijom sa geografskim informacionim sistemima (engl. Geographic Information System, GIS) i razvojem novih algoritama radi rešavanja složenog problema zagađenja koje teški metali uzrokuju.

Water pollution by heavy metals originating from metallurgical and mining areas poses a significant risk to the environment and human health due to their toxicity, persistence, and tendency to

bioaccumulate. Quantitative identification of pollution sources is a prerequisite for effective remediation and environmental management. This review paper examines current research on the application of chemometric and multivariate statistical methods for determining the contribution of individual pollution sources in waters affected by metallurgical activities. Key receptor models, including Principal Component Analysis (PCA), Positive Matrix Factorization (PMF), Absolute Principal Component Scores–Multiple Linear Regression (APCS-MLR), and Hierarchical Cluster Analysis (HCA), are evaluated in terms of their effectiveness in distinguishing natural, geologically conditioned sources from anthropogenic ones, such as ore smelting, tailings leaching, and industrial wastewater discharges. The case studies reviewed for different water bodies, including rivers, groundwater, and lakes, show that integrated modeling approaches, such as PCA-PMF-SOM (Principal Component Analysis–Positive Matrix Factorization–Self-Organizing Map), provide higher accuracy and lower uncertainty compared with the application of individual models. Future research directions indicate the need for hybrid modeling, integration with Geographic Information Systems (GIS), and the development of new algorithms to address the complex problem of pollution caused by heavy metals.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
zeleni amonijak;
Haber-Bosch postupak;
otisak ugljenika

SAVREMENI PRISTUPI UNAPREĐENJU HABER-BOSCH-OVOG PROCESA U PROIZVODNJI ZELENOG AMONIJAKA

Key words:
green ammonia;
Haber-Bosch process;
carbon footprint

MODERN APPROACHES TO IMPROVING THE HABER-BOSCH PROCESS IN GREEN AMMONIA PRODUCTION

Kristina AŠĆERIĆ*
* kristinaasceric006@gmail.com
Ana SIMIĆ

Jelena IGNJATOVIĆ

Akademija strukovnih studija Šabac,
Odsek za medicinske i poslovno-tehnološke studije, Šabac, Srbija
Akademija strukovnih studija Šabac,
Odsek za medicinske i poslovno-tehnološke studije, Šabac, Srbija
Akademija strukovnih studija Šabac,
Odsek za medicinske i poslovno-tehnološke studije, Šabac, Srbija

Amonijak je ključna hemijska sirovina, koja nalazi primenu u proizvodnji đubriva, vlakana i plastike, pesticida, farmaceutskih proizvoda, kao i u oblasti rudarstva, prečišćavanja voda, rashladnim sistemima i dr. Najveći procenat ukupno sintetisanog amonijaka koristi se u proizvodnji veštačkih azotnih đubriva. Poslednjih godina, ukazuje se na mogućnosti upotrebe tečnog amonijaka kao ekološki prihvatljivog izvora energije usled visoke energetske gustine, bogatog sadržaja vodonika i sagorevanja bez emisije gasova sa efektom staklene bašte. Takođe, amonijak se razmatra i kao efikasan nosač čiste energije, prvenstveno u transportu i skladištenju vodonika.

U proizvodnji amonijaka i dalje je dominantan Haber-Bosch-ov postupak, koji zahteva visoke radne temperature i pritiske i odlikuje se velikom potrošnjom energije. U ovom postupku godišnje se troši 1-2% ukupne svetske potrošnje energije.

Zahtevni radni uslovi u konvencionalnom Haber-Bosh-ovom postupku, kao i značajan otisak ugljenika uslovi su razvoj alternativnih postupaka sinteze. Proizvodnja zelenog amonijaka, pod blažim uslovima, uz manju potrošnju energije i primenu obnovljivih izvora energije, dovela je do značajnog smanjenja energetske potrošnje i zagađenje životne sredine. Zeleni amonijak se definiše kao amonijak sintetisan uz praktično nulti otisak ugljenika.

U ovom radu prikazani su savremeni pristupi unapređenju Haber-Bosh-ovog procesa sinteze zelenog amonijaka, uz isticanje izazova i mogućnosti koje ovi pristupi pružaju u cilju održive proizvodnje amonijaka.

Ammonia is a key chemical feedstock widely used in the production of fertilizers, fibers and plastics, pesticides, pharmaceuticals, as well as in mining, water treatment, refrigeration systems, and many other applications. The largest share of the total synthesized ammonia is utilized in the manufacture of synthetic nitrogen fertilizers. In recent years, increasing attention has been directed toward the potential use of liquid ammonia as an environmentally friendly energy source due to its high energy density, high hydrogen content, and carbon-free combustion. Ammonia is also being considered an efficient carrier of clean energy, particularly for the transport and storage of hydrogen.

Ammonia production is still dominated by the Haber–Bosch process, which requires high operating temperatures and pressures and is characterized by substantial energy consumption. It is estimated that this process accounts for approximately 1–2% of the total global energy consumption annually.

The demanding operating conditions of the conventional Haber–Bosch process, together with its significant carbon footprint, have driven the development of alternative synthesis approaches. Green ammonia production, carried out under milder conditions, with lower energy demand and the use of renewable energy sources, has led to a considerable reduction in the energy footprint and environmental pollution. Green ammonia is defined as ammonia synthesized with a virtually zero carbon footprint.

This paper presents modern approaches to improving the Haber–Bosch process for green ammonia synthesis, highlighting the challenges and opportunities these approaches provide toward achieving sustainable ammonia production.

Stručni rad

Ključne reči:
ugljenični otisak; izbor materijala;
tehnologija zavarivanja

Key words:
carbon footprint; welding technology;
sustainable material selection

Dejan ILIĆ*
* dejan.ilic@elixircraft.rs
Jovana PLAVNJANOVIĆ

IZBOR MATERIJALA I TEHNOLOGIJE ZAVARIVANJA U FUNKCIJI SMANJENJA UGLJENIČNOG OTISKA

**REDUCING CARBON FOOTPRINT THROUGH MATERIAL
AND WELDING PROCESS OPTIMIZATION**

Elixir Craft, Prahovo, Srbija
ORCID: 0009-0001-5535-9331
Elixir Craft, Prahovo, Srbija

Ivica RANĐELOVIĆ Elixir Craft, Prahovo, Srbija

Željko KURIĆ Elixir Craft, Prahovo, Srbija

U radu se razmatra uticaj industrijskih procesa na životnu sredinu, koristeći energetske ekološki otisak kao ključnu meru aktivnosti, sa fokusom na prerađivanje metala. Deo rada posvećen je izboru osnovnih i dodatnih materijala, kao i tehnologija zavarivanja, u cilju smanjenja ugljeničnog otiska. Analizira se uticaj različitih vrsta čelika, naročito visokolegiranih nerđajućih čelika, na ugljenični otisak tokom njihove proizvodnje i prerade. Analizom ekoloških i ekonomskih pokazatelja identifikovane su prednosti primene visokokvalitetnih materijala, koji zahvaljujući boljim performansama zahtevaju znatno manje održavanja i obezbeđuju produženi radni vek konstrukcija. Takođe, tema su i ekološki izazovi u procesu zavarivanja, analizirajući štetne produkte, izvore emisije CO₂, i metode za njihovo smanjenje.

This paper examines the environmental impact of industrial processes, using the energy ecological footprint as a key measure of activity, with a focus on metal processing. A part of a paper is focused to the selection of base and filler materials, as well as welding technologies, aimed at reducing the carbon footprint. The research analyzes the impact of various steel grades, particularly high-alloy stainless steels, on the carbon footprint during their production and processing. Through the analysis of ecological and economic indicators, the benefits of high-quality materials are identified; due to superior performance, these materials require significantly less maintenance and provide an extended service life for structures. Additionally, the paper addresses environmental challenges in the welding process, analyzing harmful by-products, CO₂ emission sources, and methods for their reduction.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
eugenol; 4-propilgvajakol;
gvajakol; gustina; viskoznost

Key words:
eugenol; 4-propylguaiaicol;
guaiaicol; density; viscosity

TERMODINAMIČKA ANALIZA SMEŠA PRISUTNIH U PROCESU VALORIZACIJE BIOMASE KOJE SADRŽE EUGENOL

THERMODYNAMIC ANALYSIS OF THE MIXTURES PRESENT IN THE BIOMASS VALORISATION PROCESS CONTAINING EUGENOL

Gorica R. IVANIŠ

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0001-6870-0714

Milica VASOVIĆ

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

Milica ĐUKIĆ

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd
ORCID: 0009-0005-0430-3759

Ivona RADOVIĆ

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0002-2726-1564

Mirjana Lj. KIJEVČANIN*

* mirjana@tmf.bg.ac.rs

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0001-7126-3965

Ekološki i socio-ekonomski problemi do kojih dovodi upotreba fosilnih goriva povećali su istraživanja u oblasti obnovljivih izvora energije. Osnovni nedostaci fosilnih goriva su ograničene rezerve i njihova nejednaka raspodela na zemlji, što dovodi u pitanje zadovoljavanje sve većih energetske zahteva čovečanstva. Biomasa se istakla kao odgovarajuća zamjena za fosilna goriva kako za proizvodnju energije, tako i hemikalija i materijala. Biomasa je otpad organskog porekla, koja predstavlja veoma bogat i obnovljiv izvor energije i koji je, u različitom obliku, dostupan na čitavoj površini zemlje. Lignocelulozna biomasa je biljnog porekla, bilo iz drvne industrije ili poljoprivrede, i sastoji se od celuloze, hemiceluloze i lignina.

Upotreba lignocelulozne biomase u proizvodnji hemikalija je vrlo izazovna zbog spomenute složenosti njene strukture, što izolovanje i preradu pojedinih komponenti čini veoma komplikovanim. Stoga, proces valorizacije biomase zahteva detaljnu analizu svih komponenti prisutnih u procesu i razvoj modela koji bi predvideli njihovo ponašanje pri različitim reakcionim uslovima.

Eugenol, gvajakol i 4-propilgvajakol predstavljaju platformne hemikalije od izuzetnog značaja za proizvodnju širokog opsega različitih hemikalija. Poznavanje njihovih termodinamičkih i transportnih svojstava je neophodno, kako za njihovu dalju konverziju, tako i za razvoj modela kojim će se optimizovati njihova proizvodnja iz lignina. U ovom radu su merene gustine, viskoznosti i brzine zvuka binarnih smeša eugenol + gvajakol i eugenol + 4-propilgvajakol na atmosferskom pritisku u temperaturnom intervalu 293.15-343.15 K. Ispitan je uticaj sastava smeše na spomenuta svojstva u čitavom opsegu koncentracija (0,1-0,9). Dobijeni rezultati su pokazali da ponašanje ispitivane smeše eugenol+gvajakol odstupa od ponašanja koje bi se očekivalo za idealnu smešu što ukazuje na odbojne sile među komponentama. U slučaju smeše eugenol+4-propilgvajakol odstupa od ponašanja idealne smeše je manje izraženo zbog sličnosti strukture komponenata.

Environmental and socio-economic problems caused by the use of fossil fuels have increased research in the field of renewable energy sources. The main disadvantages of fossil fuels are limited

reserves and their unequal distribution on earth, which calls into question the satisfaction of the ever-increasing energy demands of humanity. Biomass has emerged as a suitable renewable substitute for fossil fuels for the production of energy, chemicals and materials which, in different forms, is available on the entire surface of the earth. Lignocellulosic biomass is waste of plant origin, either from the wood industry or agriculture, and consists of cellulose, hemicellulose and lignin.

The use of lignocellulosic biomass in the production of chemicals is very challenging due to the aforementioned complexity of its structure, which makes the isolation and processing of individual components very complicated. Therefore, the biomass valorization process requires a detailed analysis of all components present in the process and the development of models that would predict their behavior under different reaction conditions.

Eugenol, guaiacol and 4-propylguaiacol are platform chemicals of importance for the production of a wide range of different chemicals. Knowledge of their thermodynamic and transport properties is necessary, both for their further conversion, and for the development of a model that will optimize their production from lignin. In this work, the densities, viscosities and sound speeds of the binary mixtures eugenol + guaiacol and eugenol + 4-propylguaiacol were measured at atmospheric pressure in the temperature interval 293.15-343.15 K. The obtained results showed that the behavior of the tested eugenol+guaiacol mixture deviates from the behavior that would be expected for an ideal mixture, which indicates repulsive forces between the components. In the case of the eugenol+4-propylguaiacol mixture, the deviation from the behavior of the ideal mixture is less pronounced due to the similarity of the components' structure.

Stručni rad

Ključne reči:
prečišćavanje; pH vrednost;
nelinearnost; fazi logika

UPRAVLJANJE PREČIŠĆAVANJEM I NEUTRALIZACIJOM OTPADNIH VODA U POGONU ZA PROIZVODNJU MINERALNE VUNE

Key words:
purification; pH value;
nonlinearity; phase logic

CONTROL OF WASTEWATER TREATMENT AND NEUTRALIZATION IN A MINERAL WOOL PRODUCTION PLANT

Stanko P. STANKOV*
* stanko.stankov@elfak.ni.ac.rs

Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet, Niš, Srbija
ORCID: 0009-0002-4264-3111

U procesu proizvodnje mineralne vune neophodne su značajne količine vode koje bivaju kontaminirane u raznim fazama proizvodnog ciklusa. Ove otpadne vode sadrže velike količine suspendovanih čestica (fenola, ulja, vlakana, prašine), mineralnih čestica koje potiču od osnovnih sirovina (bazalt, dolomit, kvarc, koks). Štetne supstance nastaju i usled pranja gasova, hlađenja opreme, pranja opreme i podova, od kondenzata iz filtracionih sistema, voda iz postrojenja za pripremu veziva. U tretmanu ovih voda vrši se automatska regulacija pH vrednosti. Budući da se doziranjem reagensa (kiselina ili baza) pH vrednost menja izrazito nelinearno, primenjena je regulacija zasnovana na fazi logici. Savremeni sistemi za prečišćavanje i neutralizaciju omogućavaju da se 70-90% ovih voda vraća u proizvodnju, pri čemu se smanjuje potrošnja vode i količina otpadnih voda, što je u saglasnosti sa strogim propisima i standardima koji regulišu ovu oblast.

In the mineral wool production process, significant amounts of water are required, and this water becomes contaminated at various stages of the production cycle. These wastewater streams contain large quantities of suspended particles (phenols, oils, fibers, dust), as well as mineral particles originating from the primary raw materials (basalt, dolomite, quartz, coke). Harmful substances are also generated during gas scrubbing, equipment cooling, washing of equipment and floors, condensate from filtration systems, and water from binder preparation plants. During the treatment of this wastewater, automatic control of the pH value is performed. Since the pH value changes highly nonlinearly when reagents (acid or base) are dosed, a control strategy based on fuzzy logic is applied. Modern purification and neutralization systems enable 70–90% of this water to be recycled back into the production process, thereby reducing both water consumption and the volume of wastewater, in accordance with strict regulations and standards governing this field.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
kvalitet vode; ISO 14001;
proizvodnja betona;
cirkularna ekonomija;
održiva gradnja

Key words:
water quality; ISO 14001;
concrete production;
circular economy;
sustainable construction

Nevena PURIĆ*

* nevena.puric@imsi.bg.ac.rs

Darko T. ĐORĐEVIĆ

Jelena R. TRIPKOVIĆ

Jelena RUSO

Maja ĐOLIĆ

TEHNOLOŠKE OTPADNE VODE U PROIZVODNJI BETONA: MOGUĆNOSTI PONOVNE UPOTREBE

PROCESS WASTEWATER IN CONCRETE PRODUCTION: OPPORTUNITIES FOR WATER REUSE

Univerzitet u Beogradu – Institut za multidisciplinarna istraživanja,
Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Beograd
ORCID: 0009-0001-9797-2791

Q&A Consulting, Beograd
ORCID: 0009-0005-6600-6012

A.D. Putevi Užice, Srbija
ORCID: 0009-0007-2305-7308

Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd
ORCID: 0000-0003-4120-8759

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0002-4125-6497

U procesu proizvodnje betona nastaje tehnološka otpadna voda tokom pranja bubnjeva mešalica, ispiranja agregata i održavanja opreme. U praksi se ova voda najčešće podvrgava osnovnom tretmanu, nakon čega se odlaže kao otpad umesto da se ponovo uključi u proizvodni ciklus. Ovakva praksa predstavlja propušten potencijal za efikasnije korišćenje resursa i dodatno opterećenje životne sredine. U radu se analizira fizičko-hemijski kvalitet otpadne vode pre i nakon tretmana u postrojenju za proizvodnju betona, sa ciljem procene njene pogodnosti za ponovnu upotrebu kao vode za mešanje u skladu sa zahtevima standarda SRPS EN 1008:2010. U radu se razmatra mogućnost uspostavljanja zatvorenog sistema ponovne upotrebe vode unutar proizvodnog procesa, sa fokusom na potencijal njene primene u zavisnosti od utvrđenog kvaliteta otpadne vode. Rezultati analize interpretirani su u okviru zahteva standarda SRPS ISO 14001:2015 i SRPS ISO 9001:2015, koji omogućavaju sistemski pristup upravljanju resursima kroz kontrolisane i dokumentovane procese, kao i njihovo kontinuirano unapređenje u skladu sa principima cirkularne ekonomije u sektoru građevinskih materijala. Dobijeni rezultati ukazuju na značajan potencijal ponovne upotrebe tretirane tehnološke otpadne vode, posebno kroz smanjenje upotrebe vode i smanjenje količine otpadnih voda koje se odlažu, čime se otvaraju mogućnosti za održivije upravljanje vodnim resursima u proizvodnji betona.

Concrete production generates process wastewater from drum washing, aggregate rinsing, and equipment maintenance operations. Despite undergoing on-site treatment, this effluent is still frequently discharged as waste rather than reintegrated into the production cycle, representing both a lost opportunity for resource recovery and a quantifiable environmental burden. The paper evaluates the physicochemical quality of wastewater before and after treatment at a concrete plant, assessing its suitability for reuse as mixing water in accordance with SRPS EN 1008:2010. The study further examines the technical feasibility of replacing landfill disposal with a closed-loop water reuse system

within the plant, focusing on the potential for reuse based on the assessed wastewater quality. The environmental assessment is interpreted within the frameworks of SRPS ISO 14001:2015 and SRPS ISO 9001:2015, highlighting their role in structuring water reuse as a controlled and continuously improved operational process aligned with circular economy principles in the construction materials sector. The findings underscore the potential of reusing treated process wastewater, particularly through reduced reliance on freshwater and the minimization of wastewater disposal, supporting its integration into sustainable production practices.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
mikroplastika;
nuklearne metode;
NUTEC; zračenje

Key words:
microplastics;
nuclear technologies;
NUTEC; irradiation

Ljiljana JANKOVIĆ MANDIĆ*

* ljmandic@vin.bg.ac.rs

Mirjana ČUJIĆ

Vojislav STODIĆ

Valentina VUKOBRAT

NUKLEARNE TEHNOLOGIJE U KONTROLI ZAGAĐENJA MIKROPLASTIKOM

NUCLEAR TECHNOLOGIES FOR CONTROLLING MICROPLASTIC POLLUTION

Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke „Vinča“,
Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Beograd
ORCID: 0000-0003-1031-9106

Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke „Vinča“,
Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Beograd
ORCID: 0000-0002-8906-3694

Anahem d.o.o., Beograd

Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke „Vinča“,
Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Beograd
ORCID: 0009-0003-3862-9963

Zagađenje plastikom jedan je od globalnih ekoloških problema današnjice. Mikroplastika su polimerne čvrste čestice, veličine ≤ 5 mm, primarnog i sekundarnog porekla, koje su nerastvorljive u vodi. Inicijativa Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA) pod nazivom NUTEC Plastics (NUclear TEChnology for Controlling Plastic Pollution) pokrenuta je 2021. godine, u primeni nuklearnih tehnologija u rešavanju problema zagađenja plastikom. Postoje dva cilja u ovoj primeni nuklearnih tehnologija. Jedan cilj je u korišćenju nuklearnih i srodnih tehnika kao što su radioaktivni markeri, gama i beta detektori i precizni alati za snimanje i praćenje mikroplastike u okeanu, a drugi cilj u recikliranju - koršćenju zračenja za pretvaranje plastičnog otpada u druge vredne proizvode kao što su goriva, voskovi, aditivi.

Nuklearne tehnike omogućavaju praćenje kretanja i ponašanja mikroplastike u morskom okruženju, identifikovanje izvora i analizu procesa razgradnje. U laboratorijskim eksperimentima koji koriste radioaktivne markere, može se posmatrati kako se čestice mikroplastike ponašaju unutar morskih organizama i kako se kreću u morskom lancu ishrane i akumuliraju u morskim vrstama.

Recikliranje uz pomoć zračenja ima prednosti, bolju kontrolu procesa, bolji kvalitet reciklirane plastike i mogućnost prilagođavanja svojstava proizvoda, kao i značajne uštede troškova i energije. Prednost tehnike se zasniva na mogućnosti kontrole načina na koji se hemijske veze u plastičnim polimerima formiraju ili raskidaju, čime se omogućava promena posebnih svojstava polimera, stvaranje novih hemijskih jedinjenja ili njihovo razlaganje.

Plastic pollution is one of today's global environmental problems. Microplastics are solid polymer particles, ranging in size ≤ 5 mm, of primary and secondary production origin, which are insoluble in water.

The initiative of the International Atomic Energy Agency called NUTEC Plastics (NUclear TEChnology for Controlling Plastic Pollution) was launched in 2021, in the application of nuclear technologies in solving the problem of plastic pollution. There are two goals in this application of

nuclear technologies. One goal is in using nuclear and related techniques, such as radioactive markers, gamma and beta counters and precise imaging tools, to monitor microplastics in the ocean and others in recycling in using irradiation to turn plastic waste into valuable products.

Nuclear techniques enables track the movement and behaviour of microplastic in the marine environment, identify sources and analyse degradation processes. In laboratory experiments using radioactive markers, they can observe how microplastic particles behave inside marine organisms and how they move in the marine food chain and accumulate in seafood species.

Irradiation recycling has the advantages of better process control, better quality of recycled plastic and the ability to tailor the properties of products, as well as significant cost and energy savings. The advantages of the technique rest on the ability to control how chemical bonds in plastic polymers are formed or broken, thereby allowing the special properties of the polymers to be altered, creating new chemical compositions or their decomposition.

Originalni naučni rad

Ključne reči:

bioaktivna jedinjenja;
zelena ekstrakcija;
zeleni rastvarači; održivost

Key words:

bioactive compounds;
green extraction; green solvents;
sustainability

Kosana POPOVIĆ*

* kosanal@gmail.com

Jelena ĐURIČIĆ-MILANKOVIĆ

Ivana JEVTIĆ

Mirjana ANTONIJEVIĆ-NIKOLIĆ

Dragana ILIĆ-UDOVČIĆ

PRIMENA ZELENIH RASTVARAČA ZA IZOLOVANJE BIOAKTIVNIH JEDINJENJA IZ PRIRODNIH IZVORA

APPLICATION OF GREEN SOLVENTS FOR THE ISOLATION OF BIOACTIVE COMPOUNDS FROM NATURAL SOURCES

Akademija strukovnih studija Šabac,

Odsek za medicinske i poslovno-tehnološke studije, Šabac, Srbija

ORCID: 0009-0007-5516-3711

Akademija strukovnih studija Šabac,

Odsek za medicinske i poslovno-tehnološke studije, Šabac, Srbija

ORCID: 0000-0001-9624-8534

Akademija strukovnih studija Šabac,

Odsek za medicinske i poslovno-tehnološke studije, Šabac, Srbija

ORCID: 0000-0001-7280-6255

Akademija strukovnih studija Šabac,

Odsek za medicinske i poslovno-tehnološke studije, Šabac, Srbija

ORCID: 0000-0003-4277-9780

Akademija strukovnih studija Šabac,

Odsek za medicinske i poslovno-tehnološke studije, Šabac, Srbija

ORCID: 0009-0001-6969-1861

Bioaktivna jedinjenja su supstance koje u malim koncentracijama ispoljavaju merljivu biološku aktivnost i direktno utiču na žive organizme, tkiva i ćelije. Bioaktivna jedinjenja obuhvataju različite hemijske grupe, kao što su: polifenoli, flavonoidi, tanini, fenolne kiseline, karotenoidi, alkaloidi, terpeni i etarska ulja, masne kiseline i polisaharidi. Ova jedinjenja ispoljavaju antioksidansno, antiinflamatorno, antimikrobno i imunomodulatorno delovanje. Zbog potencijalnog delovanja na zdravlje i doprinosa prevenciji i suzbijanju bolesti, neprestano se ispituju novi obnovljivi prirodni izvori za izolovanje bioaktivnih jedinjenja.

U izolovanju bioaktivnih jedinjenja iz prirodnih izvora ključnu ulogu ima ekstrakcija.

U konvencionalnim metodama ekstrakcije (maceracija, perkolacija, cirkulaciona ekstrakcija) koriste se organski rastvarači. Zbog toksičnosti, zapaljivosti i visokih energetske zahteva, njihova upotreba se često vezuje sa ekološkim, bezbednosnim i zdravstvenim rizicima.

Razvojem i primenom inovativnih metoda ekstrakcije (ultrazvučna ekstrakcija, mikrotalasna ekstrakcija, ekstrakcija fluidima u superkritičnom stanju, ekstrakcija subkritičnom vodom) i uvođenjem zelenih rastvarača prevazilaze se ovi nedostaci. Procesi ekstrakcije postaju ekološki prihvatljivi, uz zadovoljenje zakonske regulative u pogledu bezbednosti i kvaliteta proizvoda.

Zeleni rastvarači moraju da ispune stroge zahteve u pogledu netoksičnosti, biorazgradivosti, reciklaže, održivosti, dostupnosti i ekonomičnosti. Primena zelenih rastvarača za izolovanje bioaktivnih jedinjenja iz obnovljivih prirodnih izvora predstavlja savremeni pristup usklađen sa principima zelene hemije, održivosti i cirkularne bioekonomije. Za izdvajanje visokovrednih biohemijskih komponenti iz obnovljivih prirodnih izvora, kao vrlo efikasni zeleni rastvarači navode se: voda, superkritični ugljendioksid, jonske tečnosti i prirodni duboki eutektični rastvarači.

U ovom radu urađen je prikaz zelenih rastvarača koji se koriste za ekstrakovanje pojedinih grupa bioaktivnih jedinjenja iz obnovljivih prirodnih izvora.

Bioactive compounds are substances that exhibit measurable biological activity at low concentrations and directly affect living organisms, tissues, and cells. These compounds encompass a wide range of chemical groups, including polyphenols, flavonoids, tannins, phenolic acids, carotenoids, alkaloids, terpenes, essential oils, fatty acids, and polysaccharides. They display antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial, and immunomodulatory activities. Due to their potential health benefits and role in the prevention and suppression of diseases, new renewable natural sources for the isolation of bioactive compounds are continuously being investigated.

Extraction plays a key role in the isolation of bioactive compounds from natural sources. Conventional extraction methods (maceration, percolation, and continuous extraction) typically employ organic solvents. However, due to their toxicity, flammability, and high energy demands, the use of these solvents is often associated with environmental, safety, and health risks.

The development and application of innovative extraction methods (ultrasonic extraction, microwave-assisted extraction, supercritical fluid extraction, subcritical water extraction) and the introduction of green solvents overcome these limitations. These extraction processes become environmentally friendly while ensuring compliance with regulatory standards regarding product safety and quality.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
fosfor; kritične sirovine;
komunalni mulj;
cirkularna ekonomija;
ISO 59020

Key words:
phosphorus; critical raw
materials; municipal sludge;
circular economy;
ISO 59020

FOSFOR KAO KRITIČNA SIROVINA U CIRKULARNOJ EKONOMIJI: IZDVAJANJE I ISKORIŠĆENJE IZ KOMUNALNOG MULJA I TEČNIH FRAKCIJA

**PHOSPHORUS AS A CRITICAL RAW MATERIAL
IN THE CIRCULAR ECONOMY:
RECOVERY AND UTILISATION FROM
MUNICIPAL SLUDGE AND LIQUID FRACTIONS**

Vesna ALIVOJVODIĆ*
* valivojvodic@politehnika.edu.rs
Aleksandra VUČINIĆ*
* aleksandra.vucinic@eko.gov.rs
Nela VUJOVIĆ

Akademija strukovnih studija Politehnika, Beograd
ORCID: 0000-0002-4578-7519
Republika Srbija, Ministarstvo zaštite životne sredine, Beograd
ORCID: 0000-0002-8531-9306
Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd
ORCID: 0009-0004-7451-8897

Fosfor je nezamenljiv biogeni makroelement u poljoprivrednoj proizvodnji i značajan preduslov stabilnosti sistema proizvodnje hrane. Evropska unija u velikoj meri zavisi od uvoza fosfatnih stena i elementarnog fosfora. Uredba (EU) 2024/1252 i Direktiva (EU) 2024/3019 otvaraju pitanje kako meriti stvarni oporavak fosfora, a ne samo njegovo uklanjanje iz otpadne vode, i naglašavaju obavezu izdvajanja kritičnih sirovina i nutrijenata iz sekundarnih tokova. Ovaj rad razvija operativni okvir za primenu indikatora standarda ISO 59020:2024 za merenje i ocenu cirkularnosti izdvajanja fosfora iz komunalnog mulja i tečnih frakcija, povezujući regulatorne zahteve sa procesnim indikatorima cirkularnosti. Procena obuhvata mapiranje regulatornih zahteva, izbor relevantnih ISO 59020 indikatora i primer bilansa mase za postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda (PPOV) kapaciteta 50.000 ekvivalent stanovnika (ES). Upoređuju se tri tehnološke putanje: kristalizacija struvita, poboljšano biološko uklanjanje fosfora (enhanced biological phosphorus removal, EBPR) sa nizvodnom kristalizacijom i oporavak fosfora iz pepela komunalnog mulja. Proračun pokazuje da visok stepen uklanjanja fosfora iz otpadne vode ne znači automatski i visok stepen cirkularnog oporavka: indikator A.3.4 meri udeo oporavljenog materijala usmerenog ka ponovnoj upotrebi ili reciklaži, dok konvencionalni pokazatelji uklanjanja mogu opisivati samo prenos fosfora u mulj ili pepeo. Za srednja postrojenja u regionu Zapadnog Balkana, EBPR sa nizvodnom kristalizacijom struvita najrealističnija prva opcija tretira se kao najizvodljivija prva faza uvođenja cirkularnog oporavka fosfora, pod uslovom da se reše status proizvoda i tržišni pristup oporavljenim đubrivima.

Phosphorus is non-substitutable in agricultural production and remains directly linked to food-system resilience. The European Union depends heavily on imported phosphate rock and elemental phosphorus. Regulation (EU) 2024/1252 and Directive (EU) 2024/3019 strengthen the obligation to recover critical raw materials and nutrients from secondary flows. The paper applies the ISO 59020:2024 standard for measuring and assessing circularity performance to phosphorus recovery from municipal sludge and liquid fractions by connecting regulatory requirements with process-level circularity indicators. The assessment combines regulatory mapping, selection of relevant ISO 59020 indicators and a mass-balance example for a 50,000 population equivalent (PE) urban wastewater

treatment plant (UWWTP). Three routes are compared: struvite crystallisation, enhanced biological phosphorus removal (EBPR) with downstream crystallisation, and recovery from sewage sludge ash (SSA). The calculation shows that high phosphorus removal from wastewater does not automatically mean high circular recovery: indicator A.3.4 measures recovered material directed to reuse or recycling, whereas conventional removal metrics may only describe transfer to sludge or ash. For mid-sized Western Balkan plants, EBPR with downstream struvite crystallisation is treated as the most feasible first-stage option, provided that product status and market access for recovered fertilisers are resolved.

Originalni naučni rad

Ključne reči:

*termovizijska inspekcija iz vazduha;
akreditovana laboratorija za termalna
ispitivanja; deponijski požari; emisije
u vazduh; nedestruktivna ispitivanja*

Key words:

*thermal imaging inspection from the
air; accredited laboratory for thermal
tests; landfill fires; emissions into the
air; non-destructive testing*

Dimitrije STEVANOVIĆ*

* dimitrije.stevanovic@tekon.rs

Mirjana KIJEVČANIN

Gorica IVANIŠ

Milorad MANDIĆ

Ivona RADOVIĆ

TERMOVIZIJSKE I GASNE INSPEKCIJE DEPONIIJA KOMUNALNOG OTPADA

THERMAL IMAGING AND GAS INSPECTIONS OF MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILLS

TEKON – Tehnokonsalting, d.o.o., Beograd

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0001-7126-3965

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0001-6870-0714

TEKON – Tehnokonsalting, d.o.o., Beograd

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0002-2726-1564

U poslednjih deset godina, požari na sanitarnim i nesanitarnim deponijama predstavljaju jedan od ključnih problema lokalnih samouprava. Broj požara na deponijama, kao i na otvorenom prostoru, kontinuirano raste, što se najčešće dovodi u vezu sa više faktora: globalnim zagrevanjem, promenama u strukturi otpada i nepažnjom korisnika. U zavisnosti od mesta nastanka, deponijski požari se dele na površinske, dubinske i tinjajuće podzemne požare.

Ovi požari, koji se manifestuju pojavom tamnog dima i neprijatnih mirisa, kao i emisijama značajnih količina opasnih materija i produkata sagorevanja u vazduh zahtevaju vanredno angažovanje komunalnih službi, vatrogasnih jedinica i drugih relevantnih subjekata. Procenjuje se da se u Srbiji godišnje registruje više od 2000 požara na deponijama, što ima dugoročne ekološke, ekonomske i društvene posledice.

Termovizijsko nedestruktivno ispitivanje predstavlja jedan od ključnih alata za procenu termalnog stanja deponija i prevenciju požara. Deponije sa više od 50.000 tona otpada i visinom većom od 5 m ponašaju se kao složeni bioreaktori, u kojima se odvijaju procesi razgradnje organske materije, uključujući metanogenezu. Tokom ovih procesa dolazi do oslobađanja toplote, ali su temperature unutar tela deponije u stabilnim uslovima relativno ujednačene tokom godine.

Rezultati termovizijskih ispitivanja uključuju ortofoto snimke koji omogućavaju identifikaciju zona sa povišenim temperaturama, što može ukazivati na prisustvo podzemnih ili tinjajućih požara, kao i na zone sa povećanim pritiskom deponijskog gasa.

Kombinovana analiza termovizijskih snimaka i rezultata gasnih analiza od ključnog je značaja za pravovremenu detekciju rizičnih zona, prevenciju požara i efikasno operativno upravljanje deponijama, čime se smanjuje rizik od akcidentnih situacija i negativnih uticaja na životnu sredinu.

Over the past ten years, fires at both sanitary and non-sanitary landfills have become one of the key challenges for local governments. The number of fires at landfill sites, as well as in open areas, is continuously increasing, most often due to a combination of several factors: global warming,

changes in waste structure, and careless behavior by users. Depending on the location of ignition, landfill fires are classified as surface, deep-seated, or smoldering underground fires.

These fires, which manifest through visible smoke, unpleasant odors, and the emission of significant amounts of hazardous substances and combustion products into the air, require extraordinary engagement from municipal services, firefighting units, and other relevant stakeholders. It is estimated that more than 2,000 landfill fires are reported annually in Serbia, leading to long-term ecological, economic, and social consequences.

Non-destructive thermographic inspection represents one of the key tools for assessing the thermal condition of landfills and preventing fires. Landfills containing more than 50,000 tons of waste and exceeding 5 meters in height behave as complex bioreactors, where processes of organic matter decomposition occur, including methanogenesis. During these processes, heat is released; however, under stable conditions, temperatures within the landfill body remain relatively uniform throughout the year.

The results of thermographic inspections include orthophoto images that enable the identification of zones with elevated temperatures, which may indicate the presence of underground or smoldering fires, as well as areas with increased landfill gas pressure.

Combined analysis of thermographic imagery and gas analysis results is of crucial importance for the timely detection of risk zones, fire prevention, and efficient operational management of landfills, thereby reducing the risk of accidental incidents and minimizing negative impacts on the environment.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
vinski nusproizvodi;
valorizacija otpada; polifenoli;
ekstrakcija; prehrambena industrija

Key words:
winery by-products;
waste valorization; polyphenols;
extraction; food industry

Nataša OBRADOVIĆ*

* ntomovic@tmf.bg.ac.rs

Mina VOLIĆ

ULTRAZVUČNA EKSTRAKCIJA BIOAKTIVNIH KOMPONENTI IZ VINSKIH NUSPROIZVODA: ODRŽIVI PRISTUP I INDUSTRIJSKA PRIMENA

ULTRASOUND-ASSISTED EXTRACTION OF BIOACTIVE COMPOUNDS FROM WINERY BY-PRODUCTS: A SUSTAINABLE APPROACH FOR INDUSTRIAL UTILIZATION

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0001-7118-495X

Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd

ORCID: 0000-0002-1743-293X

Komina grožđa, kao glavni nusproizvod procesa proizvodnje vina, predstavlja značajan izvor bioaktivnih jedinjenja sa velikim industrijskim potencijalom. Biološka aktivnost ovog materijala prvenstveno se pripisuje visokom sadržaju fenolnih jedinjenja, uključujući fenolne kiseline, flavonoide, antocijanine i tanine, koji ispoljavaju snažna antioksidativna svojstva. Cilj ovog istraživanja bio je da se ispita uticaj različitih uslova ekstrakcije na prinos fenolnih jedinjenja i antioksidativnu aktivnosti ekstrakata komine grožđa. Uzorci su podvrgnuti ultrazvučnoj ekstrakciji uz variranje frekvencije (20–30 kHz), vremena ekstrakcije (1–15 min) i amplitude (30–70%). Pri ekstrakcionim uslovima od 15 min, 30 kHz i 40% amplitude, određen je najviši sadržaj ukupnih fenolnih jedinjenja u ekstraktu, a pokazana je i najbolja DPPH antioksidativna aktivnost. Ukupan sadržaj fenola određen je primenom Folin–Ciocalteu metode, dok je zastupljenost pojedinačnih jedinjenja analizirana HPLC metodom. Rezultati ukazuju na to da komina grožđa predstavlja vrednu sirovinu za održivu ekstrakciju fenolnih jedinjenja sa visokim antioksidativnim potencijalom. Ukupni sadržaj polifenola u tropu grožđa iznosi 461 mg GAE/100 g sveže mase, dok ekstrakt pokazuje izuzetnu antioksidativnu aktivnost ekvivalentnu 632 mg GAE na 100 g sveže mase. Prema dobijenim rezultatima, ultrazvučna ekstrakcija se pokazala kao najefikasnija metoda za maksimalno iskorišćenje bioaktivnih komponenti u poređenju sa konvencionalnim postupcima ekstrakcije. Dalja istraživanja bi trebala da budu usmerena na detaljnu karakterizaciju fenolnog profila tropa, procenu bioraspoloživosti aktivnih komponenti, kao i na razvoj funkcionalnih prehrambenih proizvoda, nutraceutika i drugih proizvoda sa dodatom vrednošću na bazi ekstrakata komine grožđa.

Grape pomace, the main by-product of the winemaking process, represents a great source of bioactive compounds with considerable industrial potential. The biological activity of this material is primarily attributed to its high content of phenolic compounds, including phenolic acids, flavonoids, anthocyanins, and tannins, which exhibit strong antioxidant properties. The aim of this study was to evaluate the influence of different extraction conditions on the recovery of phenolic compounds and the antioxidant activity of grape pomace extracts. The samples were subjected to ultrasound-assisted extraction at different frequencies (20–30 kHz), extraction times (1–15 min), and power levels (30–70%), in order to obtain valuable information regarding potential technological transferability. The sample obtained by ultrasound-assisted extraction (15 min, 30 kHz, and 40% power)

showed the highest content of total phenolic compounds, as well as the highest DPPH scavenging antioxidant activity. Total phenolic content was determined using the Folin–Ciocalteu method, while individual compounds were analyzed by HPLC. The results indicate that grape pomace is a valuable raw material for the sustainable recovery of phenolic compounds with high antioxidant potential. The total polyphenol content of grape pomace amounts to 461 mg GAE/100 g of fresh weight, while the extract exhibits exceptional antioxidant activity equivalent to 632 mg GAE per 100 g of fresh material. Among the investigated conditions, ultrasound-assisted extraction proved to be the most efficient method for maximizing the yield of bioactive compounds compared to conventional extraction procedures. Further research should focus on the detailed characterization of the phenolic profile, assessment of bioavailability, and the development of functional food ingredients, nutraceuticals, and other value-added products based on grape pomace extracts.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
kotlovi; gornja toplotna moć;
biomasa; dimni gas; kondicioniranje

Key words:
boiler; higher heating value; biomass;
flue gas; conditioning

Rade KARAMARKOVIĆ*
* karamarkovic.r@mfv.kg.ac.rs

Miloš NIKOLIĆ

Milan MARJANOVIĆ

Dušan TODOROVIĆ

Đorđe NOVČIĆ

KONDICIONIRANJE DIMNOG GASA IZ KOTLOVA NA BIOMASU

CONDITIONING OF FLUE GAS FROM BIOMASS BOILERS

Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet za mašinstvo i građevinarstvo
u Kraljevu, Kraljevo, Srbija
ORCID: 0000-0003-2607-7041

Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet za mašinstvo i građevinarstvo
u Kraljevu, Kraljevo, Srbija
ORCID: 0000-0002-4610-7458

Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet tehničkih nauka u Čačku, Čačak, Srbija
ORCID: 0000-0003-2669-6694

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0003-3119-1324

Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet za mašinstvo i građevinarstvo
u Kraljevu, Kraljevo, Srbija
ORCID: 0000-0002-4610-7458

Zahtev za povećanje energetske efikasnosti dovodi do sve češćeg korišćenja latentne toplote iz dimnog gasa. U tu svrhu gasu se toplota odvodi indirektno, preko kondenzatora dimnog gasa, ili direktno, raspršivanjem vode ili apsorpcionog rastvora u njega. U zavisnosti od temperature medijuma koji se greje kod oba načina se koriste pasivna ili aktivna kondenzacija. Ova poslednja, podrazumeva korišćenje toplotnih pumpi za grejanje medijuma na temperaturi višoj od temperature kondenzacije dimnog gasa. Radi ekonomske uštede i kompaktnosti konstrukcija paralelno sa povećanjem energetske efikasnosti teži se smanjenju emisija, kod kotlova na biomasu prevashodno praškastih materija. Kad mu se oduzima deo latentna toplota, dimni gas napušta kotao najčešće zasićen vodenom parom. U ovom stanju on može da ugrozi nizvodni ventilator, postojeći dimnjak, ali i da uzrokuje tzv. vizuelno zagađenje. Iako zapravo očišćen, dimni gas je zbog karakteristične bele boje vodene pare često pod sumnjom od okolne populacije. U radu se predstavlja konstrukcija koja koristi direktan i indirektan način uzimanja latentne toplote od dimnog gasa, kao i mere kojima se gas kondicionira na izlazu iz postrojenja. Pod kondicioniranjem se podrazumeva upravljanje temperaturom i relativnom vlažnošću dimnog gasa na ispustu u atmosferu. Analiziraju se tri konceptualno različita načina za kondicioniranje dimnog gasa: 1. indirektna razmena toplote dimnog gasa sa samim sobom, 2. mešanje dimnih gasova različitih temperatura i 3. sistem sa predgrevanjem vazduha za mešanje sa dimnim gasom i/ili sagorevanje.

The requirement for energy efficiency improvement leads to the utilization of latent heat from flue gases. The latent heat is extracted in two ways: (i) indirectly, by flue gas condensers, or (ii) directly by spraying water or absorption solution into the gas stream. Depending on the heated medium temperature, both ways use passive or active condensation. The latter presumes the employment of heat pumps for heating a medium at a temperature higher than the flue gas dew point. In parallel with the improvement of energy efficiency, the utilization of latent heat is accompanied by particulate matter removal from flue gases that originate from biomass combustion. When a share of latent heat

is removed, flue gas exits a boiler, typically saturated with water vapor. The water droplets can endanger a downstream fan or an existing stack in the case of a retrofit, as well as cause a white plume. The paper presents a design which uses indirect and direct latent heat extraction and is used for flue gas conditioning, i.e., for adjusting the flue gas exit temperature and relative humidity. The paper analyzes three methods for flue gas conditioning: (i) indirect heat exchange within flue gas, (ii) mixing of two different flue gases, and (iii) air preheating by heat exchange with flue gas, followed by mixing with flue gas and/or using the air for biomass combustion.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
kogeneracija;
trigeneracija; CHP sistemi;
energetska efikasnost

ANALIZA KOGENERACIONIH I TRIGENERACIONIH ENERGETSKIH SISTEMA U SAVREMENOJ URBANOJ INFRASTRUKTURI

Key words:
cogeneration; trigeneration;
CHP systems; energy efficiency

ANALYSIS OF COGENERATION AND TRIGENERATION ENERGY SYSTEMS IN MODERN URBAN INFRASTRUCTURE

Dušan VELOVIĆ*
* d.d.velovic@gmail.com
Vladimir JOVANOVIĆ

PEM d.o.o., Beograd

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0001-9929-8545

Nedžad RUDONJA

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0001-6260-9215

Martina BALAC

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0002-2135-0179

Ovaj rad analizira potencijalnu primenu i performanse kogeneracionog/trigeneracionog energetskog sistema namenjenog za implementaciju u okviru područja „Nacionalnog stadiona” u Beogradu. Studija je usmerena na procenu mogućnosti simultane proizvodnje električne i toplotne energije, kao i rashladne energije za potrebe planiranog kompleksa i prateće infrastrukture. Razmatrane su različite tehnološke konfiguracije, uključujući kombinovane sisteme za proizvodnju električne i toplotne energije (CHP) zasnovane na gasnim motorima, kao i trigeneracione sisteme sa gasnim turbinama. Analizirana rešenja projektovana su za instalisanu električnu snagu od 5–10 MW, sa odgovarajućim toplotnim kapacitetom od 8–15 MW, u zavisnosti od izabrane konfiguracije i režima rada.

Istraživanje obuhvata analizu mogućnosti iskorišćenja otpadne toplote iz procesa konverzije primarne energije, koja se može dalje koristiti za potrebe daljinskog grejanja i proizvodnje rashladne energije putem apsorpcionih rashladnih uređaja, omogućavajući ukupni stepen korisnosti sistema veći od 85–90 %. Posebna pažnja posvećena je analizi ključnih podsistema, uključujući menjivače toplote, apsorpcione i mehaničke rashladne uređaje, sisteme za snabdevanje i regulaciju pritiska gasa, postrojenja za pripremu vode, kao i strategije upravljanja sistemom.

Konačno, studija istražuje radne performanse sistema u uslovima promenljivih sezonskih opterećenja, sa posebnim osvrtom na fleksibilnost kogeneracionih jedinica i njihovu integraciju sa sistemima za skladištenje toplotne energije, kao što su ledene banke, radi pokrivanja vršnih opterećenja i smanjenja instalisanog rashladnog kapaciteta. Takođe je analiziran i ekološki aspekt predloženog sistema, posebno u pogledu mogućeg smanjenja emisija CO₂ i NO_x u poređenju sa konvencionalnom odvojenom proizvodnjom električne i toplotne energije. Očekuje se da rezultati istraživanja pruže uvid u primenljivost, efikasnost i održivost kogeneracionih i trigeneracionih sistema u savremenoj urbanoj energetskoj infrastrukturi.

This paper analyzes the potential application and performance of a cogeneration/trigeneration energy system intended for implementation within the “National Stadium” area in Belgrade. The study focuses on evaluating the feasibility of simultaneous production of electricity and heat, as well

as cooling applications, for the planned complex and associated infrastructure. Various technological configurations were considered, including combined heat and power (CHP) systems based on gas engines, as well as trigeneration systems utilizing gas turbines. The analyzed solutions are designed to provide an installed electrical capacity of 5–10 MW, with corresponding thermal outputs of 8–15 MW, depending on the selected configuration and operational regime.

The research examines the potential for recovery and utilization of waste heat from primary energy conversion processes, which can be further used for district heating supply and cooling through absorption chillers, enabling overall system efficiencies exceeding 85–90 %. Particular attention is given to the analysis of key subsystems, including heat exchangers, absorption and mechanical chillers, gas supply and pressure regulation systems, water treatment units, and system control strategies.

Finally, the study explores operational performance under varying seasonal load conditions, with emphasis on the flexibility of cogeneration units and their integration with thermal energy storage systems, such as ice banks, for peak shaving and reduction of installed cooling capacity. The environmental aspect of the proposed system is also analyzed, particularly in terms of potential reductions of CO₂ and NO_x emissions compared to conventional separate production of electricity and heat. The results are expected to provide insight into the applicability, efficiency, and sustainability of cogeneration and trigeneration systems in modern urban energy infrastructure.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
biomasa; aktivna kondenzacija;
emisija čestica;
kaskadni impaktor

UTICAJ AKTIVNE KONDENZACIJE NA EMISIJE I FRAKCIONU RASPODELU ČVRSTIH ČESTICA IZ KOTLOVA NA DRVNU BIOMASU

Key words:
biomass; active condensation;
particulate matter emissions;
cascade impactor

IMPACT OF ACTIVE CONDENSATION ON EMISSIONS AND PARTICLE SIZE DISTRIBUTION FROM BIOMASS-FIRED BOILERS

Dušan TODORVIĆ*

* dtodorovic@mas.bg.ac.rs

Marko OBRADOVIĆ

Aleksandar JOVOVIĆ

Dejan RADIĆ

Rade KARAMARKOVIĆ

Miloš NIKOLIĆ

Nikola KARLIČIĆ

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0003-3119-1324

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0002-4467-5777

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0003-2294-5729

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0002-8143-3224

Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet za mašinstvo i građevinarstvo
u Kraljevu, Kraljevo, Srbija

ORCID: 0000-0003-2607-7041

Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet za mašinstvo i građevinarstvo
u Kraljevu, Kraljevo, Srbija

ORCID: 0000-0002-4610-7458

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0002-5510-9500

Kotlovi na drvnu biomasu termičke snage do 500 kW predstavljaju značajan izvor emisije praškastih materija. U ovom radu prikazani su rezultati ispitivanja uticaja uređaja za aktivnu kondenzaciju na ukupnu emisiju i frakcionu raspodelu čvrstih čestica. Uređaj objedinjuje kondenzator dimnog gasa, komoru za raspršivanje tečnosti, odvajač kapljica i sistem recirkulacije kondenzata, omogućavajući istovremeno povećanje energetske efikasnosti i prečišćavanje dimnih gasova.

Ukupna koncentracija čvrstih čestica merena je izokinetičkom gravimetrijskom metodom uzvodno i nizvodno od uređaja. Frakciona raspodela određena je kaskadnim impaktorom Dekati HT-DLPI+ sa 14 kaskada, u opsegu aerodinamičkih prečnika od 16 nm do 10 μm .

Rezultati pokazuju značajno smanjenje masene koncentracije praškastih materija, pri čemu efikasnost direktno zavisi od protoka vode kroz mlaznice. Frakciona analiza takođe ukazuje da postoji uticaj na preraspodelu veličina čestica, sa izraženijim smanjenjem krupnijih frakcija iznad 1 μm u odnosu na submikronske čestice. Rezultati predstavljaju osnovu za optimizaciju konstruktivnih parametara uređaja za aktivnu kondenzaciju.

Zahvalnica

Istraživanje sprovedeno uz podršku Fonda za nauku Republike Srbije, 5959, Active Condensation Hybrid Systems in Biomass Combustion - AC-BC

Biomass-fired boilers with thermal capacities up to 500 kW represent a significant source of particulate matter emissions. This paper presents the results of an investigation into the influence of an active condensation device on total particulate emissions and fractional particle size distribution.

The device combines a flue gas condenser, a liquid spray chamber, a droplet separator, and a condensate recirculation system, simultaneously improving boiler energy efficiency and flue gas purification.

Total particulate matter concentrations were measured using the isokinetic gravimetric method, upstream and downstream of the device. Fractional particle size distribution was determined using a Dekati HT-DLPI+ cascade impactor with 14 stages, covering an aerodynamic diameter range from 16 nm to 10 μm .

The results demonstrate a significant reduction in particulate matter mass concentration, with separation efficiency directly depending on water flow rate through the nozzles. Fractional analysis further indicates a redistribution of particle size, with more pronounced reduction of coarser fractions above 1 μm compared to submicron particles. The obtained results provide a basis for the optimization of the design parameters of the active condensation device.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
adsorpcioni sušači;
vazduh; tačka rose;
litijum-jonske baterije; fisair

TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA PRIMENE ADIJABATSKIH SUSAČA VAZDUHA U INDUSTRIJI PROIZVODNJE BATERIJA

Key words:
desiccant dehumidifiers;
air; dew point;
lithium-ion batteries; Fisair

TECHNO-ECONOMIC ANALYSIS OF DESICCANT DEHUMIDIFICATION SYSTEMS FOR BATTERY MANUFACTURING APPLICATIONS

Aleksandar ĐURIČIN

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

Milan TRAVICA*

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

* mtravica@mas.bg.ac.rs

ORCID: 0000-0003-1156-6563

Nenad MITROVIĆ

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0001-9296-2669

Aleksandar PETROVIĆ

Inovacioni centar Mašinskog fakulteta, Beograd

ORCID: 0000-0003-1366-1898

Savremeni industrijski procesi, posebno proizvodnja litijum-jonskih baterija, zahtevaju preciznu kontrolu vlage radi očuvanja elektrohemijske stabilnosti i kvaliteta proizvoda. Prisustvo vlage u proizvodnim prostorima može izazvati neželjene hemijske reakcije sa aktivnim materijalima baterijskih ćelija, što direktno utiče na performanse i bezbednost baterija. Zbog toga je u „suvim sobama“ neophodno održavanje ekstremno niskih vrednosti tačke rose, najčešće u opsegu od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Postizanje ovakvih uslova najefikasnije se ostvaruje primenom adsorpcionih sušača sa rotorima od silika-gela. Ovi sistemi omogućavaju kontinuirano uklanjanje vlage iz vazduha, ali istovremeno predstavljaju značajne energetske potrošače, prvenstveno zbog procesa regeneracije desikantnog rotora koji zahteva konstantan unos toplote. Toplotna energija za regeneraciju može se obezbediti korišćenjem električne energije, tople vode ili vodene pare, pri čemu izbor energenta značajno utiče na energetska efikasnost i operativne troškove sistema. Ovaj rad obuhvata tehno-ekonomsku analizu adsorpcionih sistema za regulaciju vlage sa jednim (DFLOW-013D) i dva rotora (DFLOW-003B013B), uz poređenje različitih izvora energije za regeneraciju tokom karakterističnih dnevnih režima rada i celogodišnje eksploatacije. Rezultati obavljenih analiza prikazuju da je potrošnja tople vode ili pare za zagrevanje vazduha veća kod uređaja sa dva rotora u proseku za 60%, dok je potrošnja električne energije manja za oko 57% kod uređaja sa dva rotora. Investiciona vrednost sistema sa jednim rotorom ili dva rotora je približno identična. Izbor optimalnog sistema zavisi od dostupnosti energenta i troškova eksploatacije.

Modern industrial processes, particularly lithium-ion battery production, require precise humidity control in order to preserve the electrochemical stability and quality of the final product. The presence of moisture in production areas can cause undesirable chemical reactions with active battery cell materials, directly affecting battery performance and safety. Therefore, maintaining extremely low dew point temperatures, typically ranging from $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$, is essential in dry rooms. Such conditions are most efficiently achieved using desiccant dehumidifiers equipped with silica-gel rotors. These systems enable continuous moisture removal from the air but simultaneously represent significant energy consumers, primarily due to the desiccant rotor regeneration process,

which requires a constant heat supply. Thermal energy for regeneration can be provided by electricity, hot water, or steam, while the selected energy source significantly influences the energy efficiency and operational costs of the system. This paper presents a techno-economic analysis of humidity control systems with a single rotor (DFLOW-013D) and a double rotor configuration (DFLOW-003B013B), including a comparison of different energy sources for rotor regeneration during characteristic daily operating regimes and year-round operation. The obtained results indicate that the consumption of hot water or steam for air heating is, on average, 60% higher in double-rotor systems, while electricity consumption is approximately 57% lower compared to single-rotor systems. The investment costs of single-rotor and double-rotor systems are approximately identical. The selection of the optimal system depends on the availability of the energy source and the overall operational costs.

Originalni naučni rad

Ključne reči:
sušenje uz pomoć mikrotalasa;
energetska efikasnost;
povraćaj toplote;
recirkulacija vlažnog vazduha;
optimizacija sušenja voća

Key words:
microwave-assisted drying;
energy efficiency; heat recovery;
humid air recirculation;
fruit drying optimization

Zaga TRIŠOVIĆ*
* zaga.app@gmail.com
Tomislav TRIŠOVIĆ

NAPREDNO ENERGETSKI EFIKASNO SUŠENJE VOĆA PRIMENOM MIKROTALASNOG ZAGREVANJA I ZATVORENOG SISTEMA RECIRKULACIJE VLAŽNOG VAZDUHA

**ADVANCED ENERGY-EFFICIENT FRUIT DRYING
USING MICROWAVE HEATING AND CLOSED-LOOP
HUMID AIR RECIRCULATION**

Akademija strukovnih studija Politehnika, Beograd

ORCID: 0009-0006-0376-6425

Institut tehničkih nauka Srpske akademije nauka i umetnosti, Beograd

ORCID: 0000-0003-2400-5984

Sušenje voća predstavlja energetske intenzivan termički proces koji značajno utiče na kvalitet proizvoda, efikasnost konzerviranja i održivost sistema za preradu hrane. Konvencionalne metode sušenja toplim vazduhom često dovode do neujednačenog uklanjanja vlage, prekomerne potrošnje energije, očvršćavanja površine i degradacije nutritivnih i senzornih svojstava proizvoda. U ovom radu predstavljen je napredni hibridni sistem sušenja zasnovan na mikrotalasnom zagrevanju u kombinaciji sa zatvorenim sistemom recirkulacije vlažnog vazduha i tehnologijom pothlađivanja. Predloženi sistem omogućava efikasan povraćaj toplote i kontrolisane termodinamičke uslove kondenzacijom vlage iz izlaznog vazduha i ponovnim korišćenjem latentne toplote unutar ciklusa sušenja. Energija mikrotalasa obezbeđuje brzo zapreminsko zagrevanje i ubrzava unutrašnju migraciju vlage, dok kontrolisana cirkulacija vlažnog vazduha smanjuje pregrevanje i poboljšava ravnomernost sušenja. Integracija mehanizama pothlađivanja i recirkulacije doprinosi smanjenju toplotnih gubitaka, manjoj potrebi za spoljnim izvorima energije i povećanoj stabilnosti procesa. U radu su analizirani termodinamički principi, konstrukciona rešenja i strategije upravljanja energijom razvijenog sistema za sušenje. Posebna pažnja posvećena je termičkoj efikasnosti, kontroli strujanja vazduha i sprečavanju degradacionih pojava kao što su karamelizacija i očvršćavanje površine proizvoda. Predloženi pristup predstavlja održivo i skalabilno rešenje za visokoperformansne procese sušenja voća uz poboljšano iskorišćenje energije i očuvanje kvaliteta proizvoda.

Fruit drying is an energy-intensive thermal process that significantly influences product quality, preservation efficiency and sustainability in food processing systems. Conventional hot-air drying methods often result in non-uniform moisture removal, excessive energy consumption, surface hardening, and degradation of nutritional and sensory properties. This study presents an advanced hybrid drying system based on microwave-assisted heating combined with closed-loop humid air recirculation and subcooling technology. The proposed system enables efficient heat recovery and controlled thermodynamic conditions by condensing moisture from the exhaust air and reusing latent heat within the drying cycle. Microwave energy provides rapid volumetric heating and accelerates internal moisture migration, while controlled humid air circulation minimizes overheating and improves drying uniformity. The integration of subcooling and recirculation mechanisms contributes to reduced thermal losses, lower external energy demand, and enhanced process stability. The paper

discusses the thermodynamic principles, structural design, and energy management strategies of the developed drying system. Particular attention is given to thermal efficiency, airflow control, and prevention of quality degradation phenomena such as caramelization and surface hardening. The proposed approach represents a sustainable and scalable solution for high-performance fruit drying applications with improved energy utilization and product quality preservation.

Originalni naučni rad

Ključne reči:

hvatanje ugljenika;
zeleni rastvarači;
membranski kontaktor; VLE;
cementna industrija

Key words:

carbon capture;
green solvents; membrane contactor;
VLE; cement industry

RAZVOJ NAPREDNIH TEHNOLOGIJA ZA HVATANJE UGLJENIKA IZ INDUSTRIJSKIH EMITERA

DEVELOPMENT OF ADVANCED TECHNOLOGIES FOR CARBON CAPTURE FROM INDUSTRIAL EMITTERS

Gorica R. IVANIŠ

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd,
ORCID: 0000-0001-6870-0714

Ivona R. RADOVIĆ

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd,
ORCID: 0000-0002-2726-1564

Mladen CRNOMARKOVIĆ

Maturus Optimi industrial consulting BV, Sittard, Netherlands,
ORCID: 0000-0003-2512-3069

Marcel EIJKENBOOM

Maturus Optimi industrial consulting BV,
Sittard, The Netherlands

Mirjana Lj. KIJEVČANIN*

* mirjana@tmf.bg.ac.rs

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd,
ORCID: 0000-0001-7126-3965

Cilj klimatske neutralnosti Evrope do 2050. godine, uključujući smanjenje emisije gasova staklene bašte (GHG) za 55% do 2030. godine, dodatno je povećao napore EU da smanji upotrebu fosilnih goriva i razvije tehnologije za hvatanje ugljenika. Projekat STEROPE se bavi izazovima dekarbonizacije u zahtevnim sektorima, posebno u brodarstvu i avijaciji, pokazujući održive načine za proizvodnju naprednih e-goriva. Cilj STEROPE-a je povećanje efikasnosti i održivosti transformacije CO₂ iz različitih industrija (rafinerija, cementara i hemijska industrija) u održiva goriva za avione (SAF), e-metanol i e-dimetil etar (e-DME) za avijaciju i pomorski transport.

Efikasna konverzija CO₂ u e-metanol/e-DME zahteva visok kvalitet i čistoću sakupljenog CO₂. Hvatanje CO₂ pomoću membranskih kontaktora sa apsorbujućim tečnostima izdvojilo se kao najadekvatnija metoda za planirane aktivnosti, uzimajući u obzir različite dimne gasove koji će se tretirati. Rastvarači na bazi amina su među najefikasnijim za hvatanje CO₂ i služiće kao referentni sistem za procenu ispitivanih naprednih rastvarača. Procena rastvarača će se fokusirati i na njihov kapacitet apsorpcije (>90%) i na kapacitet oslobađanja CO₂ na nižim temperaturama (npr. temperatura regeneracije ispod 120°C). Termodinamička i transportna svojstva odabranih rastvarača, uključujući čiste amine i smeše amina, biće ispitivana u širokim opsezima temperature i pritiska. Eksperimentalni rezultati će biti modelovani korišćenjem termodinamike fazne ravnoteže kako bi se simuliralo hvatanje CO₂ u membranskom kontaktoru. Primenom mašinskog učenja će biti optimizovan sastav rastvarača i uslovi rada za hvatanje CO₂ iz industrijskih dimnih gasova. Koncept će biti validiran pomoću smeše gasova koja simulira dimni gas iz cementare. Na osnovu podataka koje je obezbedila cementara, biće sprovedena kompjuterska simulacija energetske integracije procesa sa posebnim osvrtom na potencijalni oporavak toplote koja se može koristiti za regeneraciju rastvarača za hvatanje CO₂.

The goal of climate neutrality by 2050, including reduction in greenhouse gas (GHG) emissions of 55% by 2030, has further strengthened the EU's efforts to reduce the use of fossil fuels and develop

carbon capture technologies. STEROPE project addresses decarbonization challenges in hard-to-abate sectors, particularly shipping and aviation, by demonstrating sustainable pathways for producing advanced e-fuels. STEROPE aims to increase the efficiency and sustainability of the transformation of CO₂ emissions from different industries (Refinery, Cement Plant, and Chemical Industry) into sustainable Jet fuels (SAFs), e-methanol, and e-dimethyl ether (e-DME) for aviation, and marine transportation.

The efficient conversion of CO₂ to e-methanol/e-DME requires a high quality and purity of captured CO₂. The CO₂ capture using membrane contactors with absorbing liquids has stood out as the most adequate for the planned activities considering the different streams to be exploited. Amine-based solvents are among the most efficient for CO₂ capture and will serve as the benchmark for the evaluation of advanced CO₂ capture solvents. The assessment will focus on both their absorption capacity (>90%) and the CO₂ release capacity at lower temperatures (e.g. regeneration temperature below 120°C). Thermodynamic and transport properties of the selected solvents, including pure and mixtures of amine, will be studied in wide ranges of temperature and pressure. Experimental results will be modeled using liquid-phase thermodynamics to simulate CO₂ capture in a membrane contactor. Machine learning will optimize solvent composition and operating conditions for industrial CO₂ waste gas. The concept will be validated with a CO₂ stream that simulates the flue gas from a cement plant. Based on the data provided by the cement plant, a computer simulation of the energy integration of the process will be carried out with special reference to the potential recovery of heat that can be used for the CO₂ capture solvents regeneration.

OGLASNI DEO



Elixir Prahovo

Inovacijama do održive industrije.

Stvaramo nasleđe kroz održivi razvoj.



elixirgro

Pioneering for You

wilo

Wilo pumpe i pumpni sistemi za otpadnu vodu

Efikasno. Pouzdano. Kvalitetno.

Primena u industriji, komunalnim preduzećima, PPOV

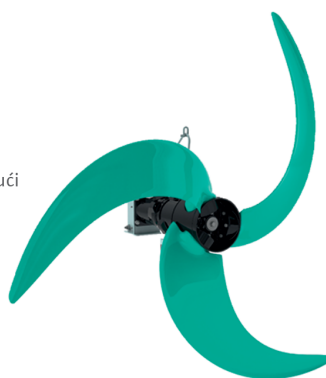


Wilo pumpe i sistemi za otpadne vode i mehanizmi za mešanje sa uronjivim motorom. Savladavaju velike izazove i dugoročno obezbeđuju vrhunski kvalitet u tretmanu otpadnih voda.



Wilo-EMU FA:

- Pumpanje otpadne vode sa ili bez čvrstih materija
- Mogućnost suve i mokre ugradnje
- Veliki, slobodni sferni prolaz
- Visoka efikasnost i kvalitet zahvaljujući motorima IE3 generacije



Wilo-EMU TR:

- Energetski optimizovano mešanje i obrtanje aktivnog mulja
- Stvaranje brzine protoka u kanalima za kružnu cirkulaciju
- Visoka efikasnost i kvalitet zahvaljujući motorima IE3/IE4 generacije

***više informacija o proizvodima kompanije Wilo na www.wilo.rs**

Wilo Beograd d.o.o. · Tetovska 72, 11000 Beograd Srbija · T/F +381 11 2853 258, 2853 259, 4043 820, 4043 821, 4043 822 · office@wilo.rs · www.wilo.rs

Bosch industrijski kotlovi i postrojenja

Kompetencija i poverenje



Bosch Industriegessel je u svetskim razmerama renomirani proizvođač toplotnih i vrelovodnih kotlova, parnih kotlova, kotlovskih sistema i opreme za kotlarnice.

Počevši od našeg osnivanja 1865. godine, specijalizovani smo za industrijsku kotlogradnju, te našim klijentima možemo ponuditi sveobuhvatni specijalizovani Know-how. Merila našeg proizvodnog programa i naših servisnih usluga su snaga inovacija, svest o kvalitetu proizvoda i efikasnost.

Više od 100.000 isporučenih kotlovskih sistema u više od 140 zemalja, dokaz su visoke pouzdanosti naših industrijskih kotlova. Naša kotlovska postrojenja možete naći gotovo u svakoj grani industrije - između ostalog i u industriji pića, prehrambenoj industriji, industriji građevinskog materijala, hemijskoj industriji, tekstilnoj industriji i industriji papira i td. Globalne kompanije kao što su Coca Cola, BASF, Siemens, Ytong, Michelin, Heineken, Carlsberg, Nestle ili Esso, poklonile su poverenje našim inovativnim parnim i vrelovodnim kotlovskim postrojenjima.



Kazantrade Solution d.o.o.
Kneza Višeslava 61A
11090 Beograd
www.kazantrade.rs
Mail: dejan.dotlic@kazantrade.rs

<https://www.bosch-thermotechnology.com/global/en/commercial-industrial/home/>



BOSCH
Tehnologija za život

DDA: Nova generacija – jednostavna i precizna

- * Brzo i lako puštanje u rad
- * Unapređena povezanost i nadzor
- * Laka i jednostavna popravka, servis i održavanje

Hoćete li nam se pridružiti u misiji da svaka kap bude važna?

Skenirajte QR kod i saznajte više o novoj generaciji dozir pumpi



reddot winner 2024

Grundfos Srbija d.o.o.
Omladinskih brigada 90v
RS-11070 Novi Beograd Serbia
Phone: (+381) 11 2258 740
www.grundfos.rs

GRUNDFOS

Possibility in every drop

NUMIKON PRO - Vaš partner u inženjerskim izazovima.

NUMIKON PRO pomaže vam u odabiru optimalnih softverskih rešenja, procesa nabavke, do brze i kvalitetne obuke zaposlenika te stalne tehničke podrške.

- Vodeći svetski softveri za projektovanje, konstruisanje, te proračune procesnih i energetskih postrojenja
- Implementacija rešenja kroz jasno definisane faze
- Profesionalna tehnička podrška i obuka

Naša misija je da obezbedimo kvalitetna i prilagođena softverska rešenja koja povećavaju produktivnost i efikasnost naših klijenata. Djelujući kao višegodišnji regionalni zastupnik tvrtke Hexagon, razvili smo specijalizovane usluge za sve korisnike Hexagon softverskih rešenja.

CADWorx Suite

Paket snažnih i prilagodljivih alata koji omogućuju jednostavnu izradu potpuno inteligentnih 2D i 3D modela energetskih i procesnih postrojenja, uključujući modele cevovoda, opreme cevovoda, HVAC, čelične i betonske konstrukcije.

- CADWorx Plant
- CADWorx P&ID
- CADWorx Structure
- CADWorx Specification Editor
- Isogen za CADWorx
- Orthogen za CADWorx
- CADWorx Design Review

Analysis Suite

- **CAESAR II**
Softver za analizu naprezanja i elastičnosti, te dinamike cevovoda.
- **PV Elite**
Kompletno rešenje za projektovanje i proračun posuda pod pritiskom i izmenjivača.
- **TANK**
Sveobuhvatan programski paket za projektovanje, analizu i procenu naftnih spremnika.
- **PIPESTRESS**
Kompletna sustav izračuna za nuklearne i nenuklearne sustave.
- **GT STRUDL**
Softver za strukturne analize visoke kvalitete za sveobuhvatnu analizu metodom konačnih elemenata čeličnih i betonskih konstrukcija.

NUMIKON PRO TIPS

Training - Započinjemo obukom Vašeg tima
Implementation - Implementiramo softverska rešenja
Project - Projektna i tehnička podrška
Support - Podrška tokom celog projektnog procesa



scan
me

Ogranak NUMIKON
programska rešenja i oprema d.o.o.

Subotička 94, 21000 Novi Sad
E-mail: info@numikon-pro.rs
M: +381 62 55 1656





BC

Beo Čista
Energija d.o.o.

 **VEOLIA**

 **ITOCHU**

 **Marguerite**

ZELENA ENERGIJA DANAS ČUVA NAŠE SUTRA

www.bcenergy.rs

**Smanji
rizik.**

**Povećaj
kontrolu.**

Bespilotne letelice, lasersko skeniranje i specijalizovani senzori za monitoring i inspekciju procesnih postrojenja. Od isporuke opreme, implementacije sistema, obuke osoblja, merenja i obrade, do finalnih izveštaja –
Geotaur d.o.o.

+381 65 835 22 15

GEOTUR.COM



Procesing '26

39. Međunarodni kongres
o procesnoj industriji

Negotin
3. i 4. jun 2026.

Organizator

Društvo za procesnu tehniku
Savez mašinskih i elektrotehničkih
inženjera i tehničara Srbije
(SMEITS)



Suorganizator

Katedra za procesnu tehniku
Univerzitet u Beogradu,
Mašinski fakultet, Beograd



Generalni pokrovitelj



Elixir Prahovo

Sponzori

