

 **Processing '22**

# ZBORNİK RADOVA

**35. Međunarodni kongres  
o procesnoj industriji**

**Holiday Inn, Beograd**

**1–3. jun 2022.**



**SET**  
SAMIT ENERGETIKE TREBINJE



# ZBORNİK RADOVA

---

pisanih za 35. Međunarodni kongres o procesnoj industriji  
PROCESING '22



2022

**ZBORNİK RADOVA**  
**pisanih za 35. Međunarodni kongres o procesnoj industriji**  
**PROCESING '22**  
Holiday Inn, Beograd

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

**Predsednik Društva za procesnu tehniku**  
**pri SMEITS-u**  
prof. dr Aleksandar Jovović, dipl. inž.

**Urednici**  
Prof. dr Dušan Todorović, dipl. inž.  
Prof. dr Miroslav Stanojević, dipl. inž.  
Prof. dr Aleksandar Jovović, dipl. inž.

**Tiraž**  
150 primeraka

**CD umnožava**  
Paragon, Beograd

**ISBN**  
978-86-85535-12-3

**Godina izdavanja**  
2022.



Društvo za procesnu tehniku  
pri SMEITS-u



Katedra za procesnu tehniku  
Mašinskog fakulteta u Beograd



Samit energetike Trebinje  
Trebinje

CIP - Каталогизација у публикацији

Народна библиотека Србије, Београд

621(082)(0.034.2)

66.01(082)(0.034.2)

МЕЂУНАРОДНИ конгрес о процесној индустрији ПРОЦЕСИНГ (35 ; 2022 ; Београд)

Zbornik radova [pisanih za] 35. Međunarodni kongres o procesnoj industriji, PROCESING '22, 1-3. jun 2022, Beograd [Elektronski izvor] / [organizator Savez mašinskih i elektrotehničkih inženjera i tehničara Srbije (SMEITS), Društvo za procesnu tehniku] ; [urednici Dušan Todorović, Miroslav Stanojević, Aleksandar Jovović]. - Beograd : Savez mašinskih i elektrotehničkih inženjera i tehničara Srbije (SMEITS), Društvo za procesnu tehniku, 2022 (Beograd : Paragon). - 1 elektronski optički disk (CD-ROM) ; 12 cm

Sistemska zahteva: Nisu navedeni. - Radovi na srp. i engl. jeziku. - Nasl. sa naslovne strane dokumenta. - Tiraž 150. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-85535-12-3

a) Mašinstvo -- Zbornici б) Процесна индустрија -- Зборници

COBISS.SR-ID 78806281

Održavanje 35. Procesinga finansijski je pomoglo  
Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog  
razvoja Republike Srbije



**Programski pokrovitelji**

- MAŠINSKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU, BEOGRAD
- TEHNOLOŠKO-METALURŠKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU, BEOGRAD
- FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA UNIVERZITETA U NOVOM SADU, NOVI SAD
- DEPARTMAN ZA ENERGETIKU I PROCESNU TEHNIKU FAKULTETA TEHNIČKIH NAUKA UNIVERZITETA U NOVOM SADU, NOVI SAD
- FAKULTET ORGANIZACIONIH NAUKA UNIVERZITETA U BEOGRADU, BEOGRAD

**35. Procesing se održava uz podršku**



Ministarstvo rudarstva i  
energetike  
Republike Srbije



Privredna komora Srbije  
Beograd



Inženjerska komora Srbije  
Beograd

**Sponzori**



Indija



Beograd



Beograd



Beograd



Beograd



Beograd



Subotica



Beograd



Beograd



Mionica



Ruma



Beograd

## MEĐUNARODNI NAUČNI ODBOR

- Dr Ivan Božić** *Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd*  
**Dr Mirko Dobrnjac** *Mašinski fakultet Banja Luka, BiH*  
**Dr Damir Đaković** *Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*  
**Dr Maja Đolić** *Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd*  
**Dr Mladen Đurić** *Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd*  
**Dr Srbislav Genić** *Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd*  
**Dr Milan Gojak** *Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd*  
**Dr Zvonimir Guzović** *Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Hrvatska*
- Dr Jelena Janevski** *Univerzitet u Nišu, Mašinski fakultet, Niš*  
**Dr Rade Karamarković** *Fakultet za mašinstvo i građevinarstvo, Kraljevo*  
**Dr Nikola Karličić** *Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd*  
**Dr Mirjana Kijevčanin** *Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd*  
**Dr Miroslav Kljajić** *Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*  
**Dr Atanas Kočov** *Univerziteta Skopje, Mašinski fakultet, Severna Makedonija*  
**Dr Dejan Krčmar** *Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad*
- Dr Čedo Lalović** *Akademija strukovnih studija Šumadija – Odsek Arandjelovac*  
**Dr Dorin Lelea** *University Politehnica Timisoara, Rumunija*  
**Dr Stefan Mandić-Rajčević** *University of Milan, Italija*  
**Dr Ljiljana Medić-Pejić** *Universidad Politécnic de Madrid Madrid, Španija*  
**Dr Sanda Midžić-Kurtagić** *Univerzitet u Sarajevu, Mašinski fakultet, Sarajevo, BiH*  
**Dr Sanja Milivojević** *Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd*  
**Dr Dobrica Milovanović** *Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac*
- Dr Biljana Miljković** *Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*  
**Dr Srđan Nešić** *Ohio University, Russ College of Engineering and Technology, Ohio, SAD*
- Dr Branislava Nikolovski** *Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad*  
**Dr Nataša Nord** *Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norveška*
- Dr Marko Obradović** *Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd*  
**Dr Nataša Petrović** *Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd*  
**Dr Dejan Radić** *Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd*  
**Dr Ivona Radović** *Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd*  
**Dr Niko Samec** *Univerzitet u Mariboru, Mašinski fakultet, Slovenija*  
**Dr Dunja Sokolović** *Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*  
**Dr Mirjana Stamenić** *Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd*  
**Dr Olivera Stamenković** *Univerzitet u Nišu, Tehnološki Fakultet, Leskovac*  
**Dr Dušan Todorović** *Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd (predsednik)*  
**Dr Radoje Vujadinović** *Univerzitet Crne Gore, Mašinski fakultet, Crna Gora*  
**Dr Igor Vušanović** *Univerzitet Crne Gore, Mašinski fakultet, Crna Gora*  
**Dr Nikola Živković** *Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke "Vinča", Laboratorija za termotehniku i energetiku, Beograd, Srbija*

## ORGANIZACIONI ODBOR

<b>Dr Miroslav Stanojević</b>	<i>Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd (predsednik)</i>
<b>Dr Aleksandar Petrović</b>	<i>Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd</i>
<b>Dr Miloš Ivošević</b>	<i>Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd</i>
<b>Dr Gorica Ivaniš</b>	<i>Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd</i>
<b>Jelena Jolić</b>	<i>Beo čista energija, Beograd</i>
<b>Dr Jelena Ruso</b>	<i>Fakultet organizacionih nauka Univerziteta u Beogradu, Beograd</i>
<b>Dr Milica Karanac</b>	<i>Envico doo, Beograd</i>
<b>Dr Marta Trninić</b>	<i>Akademija tehničkih strukovnih studija Beograd – Odsek Beogradska politehnika, Beograd</i>
<b>Branislav Todorović</b>	<i>Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd</i>
<b>Milan Travica</b>	<i>Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd</i>
<b>Aleksandar Branković</b>	<i>SET Trebinje, Bosna i Hercegovina</i>
<b>Jelena Salević</b>	<i>SMEITS, Beograd</i>
<b>Vladan Galebović</b>	<i>SMEITS, Beograd</i>

## POČASNI ODBOR

<b>Prof. dr Bratislav Blagojević</b>	<i>predsednik SMEITS-a</i>
<b>Prof. dr Vladimir Popović</b>	<i>dekan Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu</i>
<b>Prof. dr Petar Uskoković</b>	<i>dekan Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu</i>
<b>Prof. dr Milan Martić</b>	<i>dekan Fakulteta organizacionih nauka Univerziteta u Beogradu</i>
<b>Prof. dr Srđan Kolaković</b>	<i>dekan Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu</i>
<b>Prof. dr Martin Bogner</b>	<i>Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu</i>
<b>Prof. dr Goran Jankes</b>	<i>Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu</i>
<b>Prof. dr Snežana Pajović</b>	<i>Institut za nuklearne nauke "Vinča" - Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju – Univerzitet u Beogradu</i>
<b>Marica Mijajlović</b>	<i>Inženjerska komora Srbije, Beograd</i>
<b>Vladimir Milovanović</b>	<i>Beo čista energija, Beograd</i>
<b>Aleksandar Branković</b>	<i>SET Trebinje</i>
<b>Bratislav Sadžaković</b>	<i>GasTeh, Indija</i>
<b>Dušan Durković</b>	<i>Grundfos Srbija, Beograd</i>
<b>Jovanka Jovanović</b>	<i>Robert Bosch, Beograd</i>
<b>Bojan Sretenović</b>	<i>Ovex inženjering, Beograd</i>
<b>Čaba Kern</b>	<i>Cim Gas, Subotica</i>
<b>Mario Mrkonjić-Detmers</b>	<i>APIS Centar, Beograd</i>
<b>Nemanja Tubić</b>	<i>Wilo Beograd, Beograd</i>
<b>Aleksandar Klevernić</b>	<i>Vupis, Ruma</i>
<b>Dejan Margetić</b>	<i>Vodavoda, Mionica</i>

## ORGANIZATOR

Savez mašinskih i elektrotehničkih  
inženjera i tehničara Srbije (SMEITS),  
**Društvo za procesnu tehniku**  
Kneza Miloša 7a/II, 11000 Beograd  
Tel. +381 (0) 11 3230-041, +381 (0) 11 3031-696,  
tel./faks +381 (0) 11 3231-372  
E-mail: office@smeits.rs  
web: www.smeits.rs





# PREDGOVOR

*Od preko 50 radova prijavljenih za ovogodišnji Procesing, za izlaganje je prihvaćeno 47 radova autora iz zemlje i inostranstva.*

*Zbornik celih radova će u režimu slobodnog pristupa biti objavljen na sajtu [www.izdanja.smeits.rs](http://www.izdanja.smeits.rs). Kao integralni dokument biće dostupan na sajtu [www.smeits.rs](http://www.smeits.rs)*

*Međunarodni karakter Procesinga '22 i ove godine ostvaren je inostranim učesnicima sa radovima, kao i članovima naučnog odbora. Zvanični jezici za izlaganje radova na kongresu su srpski i engleski.*

*Osnovni ciljevi kongresa su inoviranje i proširivanje znanja inženjera u procesnoj industriji, energetici, rudarstvu, komunalnom sektoru (vodovodima, toplanama) i podrška istraživačima u predstavljanju ostvarenih rezultata istraživačkih projekata.*

*Tematika Procesinga '22 obuhvata osnovne procesne operacije – mehaničke, hidromehaničke, toplotne, difuzione, hemijske i biohemijske, kao i procesna postrojenja i opremu (aparate i mašine).*

*Program Procesinga '22 obuhvata oblasti: procesne tehnologije; projektovanje, izgradnja, eksploatacija i održavanje procesnih postrojenja; inženjerstvo životne sredine i održivi razvoj u procesnoj industriji; energetska efikasnost u procesnoj industriji; procesi i postrojenja u pripremi i prečišćavanju vode u procesnoj industriji; modelovanje i optimizacija procesnih i termoenergetskih postrojenja; merenja i upravljanje u procesnoj industriji; menadžment kvaliteta i standardizacija u organizacijama.*

*Osim izlaganja radova, program Procesinga '22 obuhvata i dva okrugla stola na sledeće teme:*

- Nova domaća zakonska regulativa u oblasti opreme pod pritiskom.*
- Savremeni postupci termičkog tretmana otpada. Iskustva u primeni biomase kao goriva.*

*Procesing '22 organizuje Društvo za procesnu tehniku pri SMEITS-u, a u Naučnom i Organizacionom odboru prisutni su predstavnici svih Mašinskih fakulteta u Srbiji kao i Tehnoloških i drugih fakulteta u okviru kojih je oblast procesne tehnike zastupljena u nastavi.*

*Pomoć u organizovanju Procesinga '22 dali su članovi Katedre za procesnu tehniku Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu i mnogih drugih fakulteta iz Srbije.*

*Ovogodišnji skup završava se posetom novom Centru za upravljanje otpadom u Vinči.*

*U Beogradu  
juni 2022.*



# SADRŽAJ

## Procesne tehnologije

1. ISPITIVANJE MEŠLJIVOSTI SA VODOM  
METANOLA KAO PETROHEMIKALIJE  
Matilda LAZIĆ, Dragan HALAS, Duško SALEMOVIĆ, Aleksandar DEDIĆ . . . . . 13
2. KONTROLISANO OTPUŠTANJE KOFEINA IZ TRODIMENZIONIH MREŽA  
NA BAZI POLI(METAKRILNE KISELINE) I KAZEINA – ISPITIVANJE UTICAJA  
KONCENTRACIJE KOFEINA NA PROCES OTPUŠTANJA  
Maja D. MARKOVIĆ, Rada V. PJANOVIĆ,  
Pavle M. SPASOJEVIĆ, Sanja I. SAVIĆ, Vesna V. PANIĆ . . . . . 19
3. ISPITIVANJE ANTIMIKROBNIH SVOJSTAVA  
NEKIH BIĐINELI-AZO PIRIDONSKIH BOJA  
Julijana TADIĆ, Ivana GAZIKALOVIĆ, Jelena LAĐAREVIĆ,  
Aleksandra MAŠULOVIĆ, Milica SVETOZAREVIĆ,  
Slavica POROBIĆ, Dušan MIJIN . . . . . 25
4. PROUČAVANJE A-CIJANOSTILBENA KAO  
POTENCIJALNIH MOLEKULSKIH PREKIDAČA METODOM  
LINEARNE KORELACIJE ENERGIJE SOLVATACIJE  
Anita LAZIĆ, Nemanja TRIŠOVIĆ, Nataša VALENTIĆ . . . . . 29
5. ISPITIVANJE ANTIOKSIDATIVNE AKTIVNOSTI AZO BOJA  
NA BAZI 6-HIDROKSI-4-METIL-2-PIRIDONA  
Aleksandra MAŠULOVIĆ, Jelena LAĐAREVIĆ, Julijana TADIĆ,  
Vanja VERUŠEVSKI, Luka MATOVIĆ,  
Milica SVETOZAREVIĆ, Dušan MIJIN . . . . . 37
6. KOMPOZITNI MATERIJALI NA BAZI NEZASIĆENIH POLIESTARSKIH SMOLA  
DOBIJENIH IZ BIOOBNOVLJIVIH IZVORA I OTPADNE KAFE  
Olga PANTIĆ, Vesna PANIĆ, Sanja SAVIĆ, Maja MARKOVIĆ,  
Melina KALAGASIDIS KRUŠIĆ, Pavle SPASOJEVIĆ . . . . . 41
7. TERMIČKA OBRADA PREHRAMBENIH PROIZVODA POMOĆU  
UHT (ULTRA HIGH TEMPERATURE) TEHNOLOGIJE U FABRICI POLIMARK  
Lazar MANDIĆ . . . . . 49
8. UTICAJ ČUVANJA U KONTROLISANOJ ATMOSFERI  
NA KVALITET PLODOVA JABUKE  
Snežana M. STEVANOVIĆ, Dragan MARKOVIĆ,  
Uroš MILOVANČEVIĆ, Milena OTOVIĆ . . . . . 55

## Projektovanje, izgradnja, eksploatacija i održavanje procesnih postrojenja

9. DODATNA ZAŠTITA OD KOROZIJE KULA ZA HLAĐENJE VODE  
Nemanja STOJANOVIĆ, Mirko DIMITRIJEVIĆ, Martin BOGNER . . . . . 61
10. ANALIZA I PRORAČUN GMRS I PRIMARNE GASNE DISTRIBUTIVNE MREŽE  
U URBANOJ SREDINI – STUDIJA SLUČAJA KUČEVO  
Aleksandar MADŽAREVIĆ, Pavle JANKOVIĆ . . . . . 67
11. OSNOVNI ASPEKTI ODRŽAVANJA, EKSPLOATACIJE  
I PROJEKTOVANJA NAFTOVODA  
Jasna TOLMAČ, Slavica PRVULOVIĆ,  
Saša JOVANOVIĆ, Milan MARKOVIĆ . . . . . 89

12.	ANALIZA KORELACIJA ZA PRORAČUN KOEFICIJENTA TRENJA ZA FORMIRANJE NUMERIČKOG MODELA ZA PRORAČUN PADA PRITISKA ZA SLUČAJ PNEUMATSKOG TRANSPORTA LETEĆEG PEPELA LIGNITA U TERMOENERGETSKIM POSTROJENJIMA Nikola KARLIČIĆ, Marko OBRADOVIĆ, Dušan TODOROVIĆ, Milan M. PETROVIĆ, Dejan RADIĆ, Aleksandar JOVOVIĆ . . . . .	99
13.	UTICAJ SADRŽAJA VLAGE U DRVNOJ SEČKI NA GUBITKE SA DIMNIM GASOVIMA I EFIKASNOST KOTLA Marko OBRADOVIĆ, Nikola KARLIČIĆ, Dušan TODOROVIĆ, Dejan RADIĆ, Aleksandar JOVOVIĆ . . . . .	101
14.	FAKTOR SAGOREVANJA I NJEGOVA PRIMENA U PROCENI OTPORNOSTI NA POŽAR Ivan ARANĐELOVIĆ, Branislav GAJIĆ, Filip JEKIĆ . . . . .	103
15.	OTPORNOST PREMA POŽARU NOSEĆE KONSTRUKCIJE OBJEKTA KOTLARNICA NA ČVRSTO GORIVO Marko SAVANOVIĆ, Ivan ARANĐELOVIĆ, Nikola TANASIĆ, Radenko RAJIĆ . . . . .	107
16.	GLAVNO PROVETRAVANJE JAMA PODZEMNIH RUDNIKA UGLJA U SRBIJI Dejan DRAMLIĆ, Vladica RISTIĆ, Dragan ZLATANOVIĆ, Duško ĐUKANOVIĆ . . . . .	113
17.	ZNAČAJNO POVEĆANJE INDEKSA TROŠKOVA PROCESNIH POSTROJENJA I OPREME TOKOM 2021. Srbislav GENIĆ, Branislav JAČIMOVIĆ, Vladislav STANKOVIĆ, Branislav GAJIĆ . . . . .	115
18.	POVEĆAN HIDRAULIČKI OTPOR U CEVIMA JEDNOPROTOČNOG PARNOG KOTLA USLED ZAPRLJANJA: STUDIJA SLUČAJA NA PARNOM BLOKU SNAGE 650 MWE NA LIGNIT Vladimir D. STEVANOVIĆ, Sanja MILIVOJEVIĆ, Milan M. PETROVIĆ, Milica ILIĆ . . . . .	117
19.	INVESTIGATION OF THERMAL AND DIMENSIONAL BEHAVIOR OF 3D PRINTED MATERIALS USING THERMAL IMAGING AND 3D SCANNING Zorana GOLUBOVIĆ, Milan TRAVICA, Isaak TRAJKOVIĆ, Aleksandar PETROVIĆ, Nenad MITROVIĆ . . . . .	131

## **Inženjerstvo životne sredine i održivi razvoj u procesnoj industriji**

20.	MAGNEZIJUM I HIPERTENZIJA U PROCESNOJ INDUSTRIJI Nikolina BANJANIN . . . . .	133
21.	UPOTREBA MIKROREAKTORSKIH SISTEMA U PROCESIMA PREČIŠĆAVANJA OTPADNE VODE Ana DAJIĆ, Marina MIHAJLOVIĆ, Milica SVETOZAREVIĆ . . . . .	137
22.	IMOBILIZACIJA PEROKSIDAZE IZ KROMPIROVIH LJUSKI U OBLIKU UMREŽENIH ENZIMSKIH AGREGATA ZA „ZELENU“ RAZGRADNJU ANTRAHINONSKE BOJE Milica SVETOZAREVIĆ, Nataša ŠEKULJICA, Ana DAJIĆ, Marina MIHAJLOVIĆ, Zorica KNEŽEVIĆ-JUGOVIĆ, Dušan MIJIN . . . . .	141
23.	BIOSORPCIJA NIKLA IZ OTPADNIH VODA KORIŠĆENJEM EGZOPLOISAHARIDA IZOLOVANOG IZ BAKTERIJSKOG SOJA KLEBSIELLA OXYTOCA J7 Verica LJUBIĆ, Jovana PERENDIJA, Slobodan CVETKOVIĆ, Mina POPOVIĆ . . . . .	147

24. PRIPREMA KOMPANIJE ELIXIR GROUP ZA UVOĐENJE PREKOGRANIČNOG MEHANIZMA ZA PRILAGOĐAVANJE UGLJENIKA NA GRANICAMA (CBAM)  
Alija SALKUNIĆ, Nikola BELOBABA, Bajro SALKUNIĆ,  
Ljiljana STANOJEVIĆ, Slavica BOGDANOVIĆ . . . . . 155

### **Energetska efikasnost u procesnoj industriji**

25. UTICAJ RADNIH FLUIDA ZA ORC NA EFIKASNOST  
KOMBINOVANOG SISTEMA INTEGRISANOG SA GORIVOM ČELIJOM,  
GASNOM TURBINOM, ORGANSKIM RANKINOVIM CIKLUSOM  
I PARNOM TURBINOM  
Nurdin ČEHAJIĆ, Jasmin FEJZIĆ . . . . . 165
26. MOGUĆNOSTI UŠTEDE VODE I ISKORIŠTENJA  
OTPADNE TOPLOTE IZ PROCESA ODMULJIVANJA  
I ODSOLJAVANJA INDUSTRIJSKIH PARNIH KOTLOVA  
Jasmin FEJZIĆ, Indira BULJUBAŠIĆ, Nurdin ČEHAJIĆ . . . . . 183
27. POTENCIJAL KOGENERATIVNIH POSTROJENJA  
NA BIOMASU U POSTIZANJU KLIMATSKE NEUTRALNOSTI  
BIH DO 2050.GODINE  
Azrudin HUSIKA, Nurin ZEČEVIĆ, Ejub DŽAFEROVIĆ . . . . . 195
28. METODOLOGIJA AEROAKUSTIČNE ANALIZE  
TROKRAKE H-DARIJUS VETROTURBINE  
Boško RAŠUO, Marta TRNINIĆ, Mirko DINULOVIĆ . . . . . 205
29. EKSPERIMENTALNA I CFD ANALIZA TURBULATORA  
U OBLIKU OPRUGE KOD KOTLOVA NA BIOMASU  
Đorđe A. NOVČIĆ, Miloš V. NIKOLIĆ, Dušan M. TODOROVIĆ,  
Rade M. KARAMARKOVIĆ, Marko O. Obradović . . . . . 215
30. PRODAJA ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ KOGENERACIONIH POSTROJENJA, NA  
ORGANIZOVANIM TRŽIŠTIMA  
U JUGOISTOČNOJ EVROPI  
Zorana BOŽIĆ, Dušan DOBROMIROV . . . . . 217

### **Procesi i postrojenja u pripremi i prečišćavanju vode u procesnoj industriji**

31. DEFINSANJE POTROŠNJE VAZDUHA U PROCESU BIOLOŠKE OBRADE  
SANITARNIH OTPADNIH VODA U SEKVENCIJALNOM ŠARŽNOM  
REAKTORU (SBR) NA PRIMERU POSTROJENJA KAPACITETA 1000 ES  
Ognjen ĐORĐEVIĆ, Nikola KARLIČIĆ, Miroslav STANOJEVIĆ . . . . . 219
32. PRIMENA KOMPOZITNOG GRAĐEVINSKOG OTPADA  
U PREČIŠĆAVANJU INDUSTRIJSKIH OTPADNIH VODA  
Ivana JELIĆ, Dragi ANTONIJEVIĆ,  
Marija ŠLJIVIĆ-IVANOVIĆ, Slavko DIMOVIĆ . . . . . 225
33. KVALITET OTPADNIH VODA MLEKARA  
NA TERITORIJI CENTRALNE SRBIJE  
Radmila LIŠANIN, Čedo LALOVIĆ . . . . . 227

### **Modelovanje i optimizacija procesnih i termoenergetskih postrojenja**

34. MODELIRANJE SAGOREVANJA PREDMEŠANOG CH<sub>4</sub>/VAZDUH PLAMENA  
PRI RAZLIČITIM TURBULENTNIM REŽIMIMA STRUJANJA  
Andrijana STOJANOVIĆ, Srđan BELOŠEVIĆ, Nenad CRNOMARKOVIĆ,  
Ivan TOMANOVIĆ, Aleksandar MILIĆEVIĆ . . . . . 237

35. PIROLIZA STABLJIKE KUKURUZA U ŠARŽNOM REAKTORU:  
UTICAJ PARAMETARA PROCESA NA PRODUKTE  
Biljana MILJKOVIĆ . . . . . 239

### **Merenja i upravljanje u procesnoj industriji**

36. ZAKONSKA REGULATIVA I STANDARDIZACIJA  
U OBLASTI MERENJA PRIRODNOG GASA  
Mileva CVETKOVIĆ . . . . . 255
37. ISPITIVANJE OTPORNOSTI PREMA POŽARU  
POŽARNO OTPORNIH KLAPNI  
Aleksandar KIJANOVIĆ,  
Milica MIRKOVIĆ MARJANOVIĆ, Snežana ILIĆ . . . . . 257

### **Menadžment kvaliteta i standardizacija u organizacijama**

38. MODEL OPTIMANOG UPRAVLJANJA INTEGRISANIM KVALITETOM  
U PROCESNOJ INDUSTRIJI  
Mitar BIJELIĆ, Biljana MILANOVIĆ, Zdravko BIJELIĆ . . . . . 259
39. ODNOS MENADŽMENTA KVALITETA I BLOKČEJN TEHNOLOGIJE  
U LANCIMA SNABDEVANJA  
Andrej POPADIĆ, Mladen ĐURIĆ, Luka POPADIĆ . . . . . 261
40. ANALIZA STANDARDA ISO 30405 ZA REGRUTACIJU KADROVA  
I NJEGOV ZNAČAJ U POSLOVANJU ORGANIZACIJA  
Milica STOJILJKOVIĆ, Mladen ĐURIĆ, Jelena RUSO . . . . . 285
41. PRELED STANDARDA ZA KOMPANIJE IZ  
PREHRAMBENE INDUSTRIJE I NJIHOV LANAC SNABDEVANJA  
Milena TOKIĆ, Mladen ĐURIĆ . . . . . 295
42. PRELED STANDARDA ZA MENADŽMENT LJUDSKIH RESURSA,  
UZ ANALIZU METRIKE KOJA SE KORISTI U NJIMA  
Valentina MARKOVIĆ, Mladen ĐURIĆ . . . . . 309

### **Oglasni deo**

# ISPITIVANJE ANTIMIKROBNIH SVOJSTAVA NEKIH BIĐINELI-AZO PIRIDONSKIH BOJA

## THE ANTIMICROBIAL EVALUATION OF SOME BIGINELLI-BASED AZO PYRIDONE DYES

Julijana TADIĆ<sup>1</sup>, Ivana GAZIKALOVIĆ<sup>2</sup>, Jelena LAĐAREVIĆ<sup>3</sup>,  
Aleksandra MAŠULOVIĆ<sup>2</sup>, Milica SVETOZAREVIĆ<sup>2</sup>,  
Slavica POROBIĆ<sup>1</sup>, Dušan MIJIN<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Institut za nuklearne nauke „Vinča“, Univerzitet u Beogradu,  
Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju,

<sup>2</sup> Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd

<sup>3</sup> Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

*Heterociklična azo jedinjenja predstavljaju značajnu klasnu organskih sintetskih boja. Pored njihovih izuzetnih svojstava za bojenje, heterociklična azo jedinjenja imaju i biološku aktivnost. Mnoge studije pokazuju da azo boje sa heterocikličnim fragmentima u strukturi mogu ispoljavati antibakterijska, antifungalna, antivirusna, antiinflamatorna i antikancerogena svojstva. Rezistencija mikroorganizama na postojeće antimikrobne agense predstavlja jedan od najvećih problema u svetском zdravstvu. Zbog toga je razvijanje novih molekula sa antimikrobnim svojstvima kako značajno, tako i neophodno za globalno očuvanje zdravlja. U ovom radu, ispitivanje antimikrobne aktivnosti dve Biđineli-azo piridonske boje je urađeno pomoću metode difuzije na agarnoj podlozi. Antimikrobna svojstva su ispitana prema patogenim sojevima Staphylococcus aureus (Gram-pozitivna bakterija), Escherichia coli (Gram-negativna bakterija) i Candida albicans (oportunistički kvasac). Preliminarni rezultati istraživanja ukazali su na antimikrobni potencijal ispitivanih azo jedinjenja.*

**Ključne reči:** *Candida albicans; dihidropirimidinon; hidrazon*

*The heterocyclic azo dyes represent significant synthetic organic colorants. In addition to their exceptional coloration properties, heterocyclic azo compounds exhibit antibacterial, antifungal, antiviral, antioxidant, anti-inflammatory and anticancer properties. The antimicrobial resistance is one of the major problems for global public health. Therefore, finding new organic structures with antimicrobial properties represents a challenging research field. In this study, antimicrobial screening of two Biginelli-based azo pyridone dyes has been carried out. The antimicrobial activity of synthesized dyes was studied against bacteria (Staphylococcus aureus, Escherichia coli) and yeast (Candida albicans), using agar diffusion method. The preliminary research results indicate the antimicrobial potential of the investigated compounds.*

**Key words:** *Candida Albicans; dihydropyrimidinone; hydrazone*

### 1 Introduction

Nowadays, heterocyclic azo dyes have gained growing attention, considering their broad spectrum of applications in both traditional and high-tech industry [1]. Besides their excellent coloration ability, it is no longer surprising that many heterocyclic azo compounds are ecologically acceptable, and moreover, promising candidates for new antibacterial, antifungal, antiviral, anti-inflammatory and anticancer agents [2]. On the other side, especial interest can be noted in synthesis of 3,4-dihydropyrimidin-2-(1*H*)-ones (DHPM), *i.e.* products of Biginelli reaction, related to their pharmacological and therapeutic properties [3]. Having in mind that microbial resistance to the medicaments, in standard use, is becoming more prevalent, development of new antimicrobial agents represents challenging and significant research field [4].

In our previously published study, we have investigated anticancer and antioxidant properties of some Biginelli-based azo pyridone compounds [5], and in this work we present the evaluation of

their antimicrobial properties. Two azo compounds consisted of 2-pyridone and 3,4-dihydropyrimidin-2-(1*H*)-one pharmacophores have been synthesized starting from DHPM derivative, as diazo-component, and two different 2-pyridones as coupling-components. The antimicrobial activity of synthesized compounds was studied against Gram positive bacteria *Staphylococcus aureus*, Gram negative bacteria *Escherichia coli*, and yeast *Candida albicans*, by the agar diffusion method.

## 2 Experimental

### 2.1 Synthesis

All chemicals were obtained from Merck, Fluka and Acros and were used without further purification. Overall synthesis of dyes **1** and **2** (Fig. 1) was presented in our published study [5]. In brief, **a** (1 mmol) was dissolved in the diluted hydrochloric acid, then sodium nitrite (1.1 mmol) was dissolved in cold water and added dropwise to the DHPM-acid solution. The mixture was stirred in an ice bath for 1 hour to obtain diazonium chloride (**b**). The corresponding 2-pyridone (**c**) (1 mmol) was dissolved in an aqueous solution of potassium hydroxide (1 mmol) and then cooled to 0–5 °C. The obtained diazonium chloride (**b**) was added dropwise to the corresponding pyridone solution. The resulting reaction mixture was stirred for 3 hours and maintained at 0–5 °C. When the reaction was completed the obtained azo dyes (**1** and **2**) were filtered, washed with water, air dried and recrystallized from ethanol.

The spectroscopic data (FT-IR, NMR, ESI-MS, UV-Vis) for synthesized compounds are given within our published work [5].

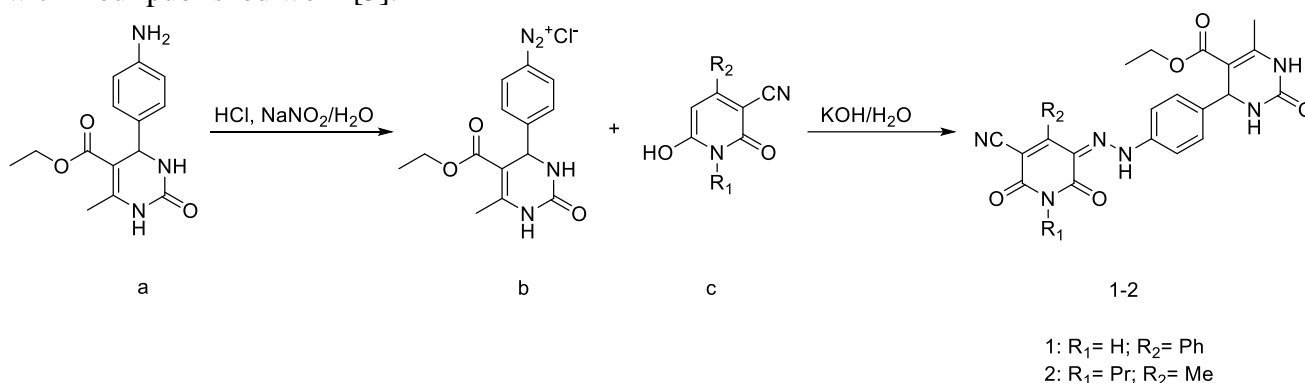


Figure 1. The synthesis of Biginelli-based azo pyridone dyes **1** and **2**

### 2.2 The antimicrobial assay

The antimicrobial activity of dyes **1** and **2** was tested by the agar diffusion method [6]. The assay was performed using *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* ATCC 25922 and *Candida albicans* ATCC 24433. In brief, TSB (Tryptic soy broth) and TSA (Tryptic soy agar) were used to prepare the agar nutrient medium. Nutrient media were poured onto Petri dishes and incubated for 24 hours at 30 °C. After incubation, 8 mm tubes were placed in Petri dishes, and a soft TOP agar medium, inoculated with corresponding pathogen ( $2 \times 10^5$  CFU/ml, 200  $\mu$ l of pathogen in 6 ml of TOP agar), was added. Subsequently, tubes were removed to form 8 mm wells. 100  $\mu$ l of each sample with a concentration of 125  $\mu$ g/ml of compounds **1** and **2**, dissolved in DMSO, was introduced into the wells. After incubation for 24 h at 37 °C, the size of inhibition zones was measured (in mm), regarding the control well (neat DMSO).

## 3 Results and discussion

### 3.1 Structure of the investigated dyes

The synthesized pyridone dyes **1** and **2**, contain hydroxy group in the pyridone moiety, in the *ortho*- position to the azo bond, which enables intramolecular proton transfer, and thus the existence of azo and hydrazone tautomeric forms (Fig. 2) [5].



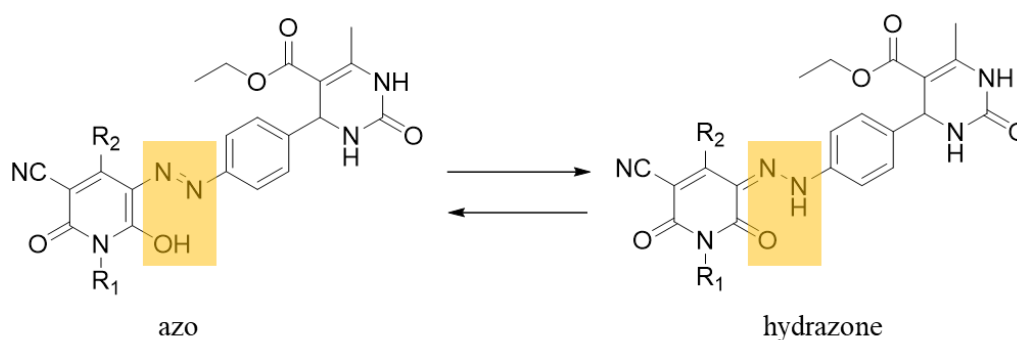


Figure 2. Azo and hydrazone tautomeric forms

The ATR-FTIR and NMR spectra of investigated dyes suggest the existence of the hydrazone tautomeric form in the solid state, as well as, in the DMSO- $d_6$  solution [5]. The stretching vibrations of the carbonyl groups appear in the ATR-FTIR spectra in the region of 1709–1651  $\text{cm}^{-1}$ . The N-H stretching vibrations of the hydrazone group appear in the region of 3221–3210  $\text{cm}^{-1}$ . Additional confirmation of the presence of the hydrazone form is intensive band appearing in the region of 1514–1505  $\text{cm}^{-1}$  which is ascribed to mutual stretching of C=N and bending of N–H vibrations. The  $^1\text{H}$  NMR spectra of dyes **1** and **2**, obtained in DMSO- $d_6$  solution, contain the signal of the hydrazone N–H group in the range of 14.62–14.60 ppm [5].

Since that hydrazone derivatives display a wide variety of biological activities, i.e., antibacterial, antifungal, anticancer and anti-inflammatory actions [7], the antimicrobial properties of the synthesized hydrazones have been studied.

### 3.2 The evaluation of antimicrobial activity

In order to evaluate the antimicrobial activity of compounds **1** and **2**, an antimicrobial assay was performed by the agar diffusion method, as previously described. The antimicrobial properties were tested against *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *Candida albicans*. Table 1 shows the obtained results, i.e., the diameter of the inhibition zones, regarding the control sample (neat DMSO).

Table 1. Antimicrobial activity of dyes **1** and **2**

Sample	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Candida albicans</i>
Inhibition zone [mm]			
<b>1</b>	11	-	-
<b>2</b>	-	-	10
DMSO	-	-	-

The presented results indicate that compound **1** exhibits antibacterial properties against *Staphylococcus aureus*, while compound **2** causes the growth inhibition of yeast *Candida albicans*. However, *Escherichia coli* was resistant to the action of the tested compounds.

## 4 Conclusion

In this work, the antimicrobial properties of two Biginelli-based azo pyridone dyes were investigated to discover new antimicrobial agents. The spectroscopic data, published in our previous study, confirmed that synthesized dyes **1** and **2** exist in hydrazone tautomeric form, in solid state, as well as in DMSO- $d_6$  solution. The conducted antimicrobial assay evinced that studied Biginelli-based dyes have promising antimicrobial properties against *Staphylococcus aureus* and *Candida albicans*. These results represent a good starting point for further development of new antimicrobial Biginelli-based azo pyridone compounds.

## 5 Acknowledgment

This work was supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia (Contract Nos. 451-03-68/2022-14/200017, 451-03-68/2022-14/200287, 451-03-68/2022-14/200135).

## 6 References

- [1] **Benkhaya, S., M'rabet, S., el Harfi, A.** (2020). Classifications, properties, recent synthesis and applications of azo dyes. *Heliyon*, 6(1), e03271, 10.1016/j.heliyon.2020.e03271.
- [2] **Ghasemi, Z., Azizi, S., Salehi, R., & Kafil, H. S.** (2018). Synthesis of azo dyes possessing N-heterocycles and evaluation of their anticancer and antibacterial properties. *Monatshefte Fur Chemie*, 149(1), 149–157, 10.1007/s00706-017-2073-y.
- [3] **El-Malah, A., Zeinab Mahmoud, Z., Salem, H.H., Abdou, A.M., Soliman, M.M.H., Hassan, R.A.** (2021). Design, ecofriendly synthesis, anticancer and antimicrobial screening of innovative Biginelli dihydropyrimidines using  $\beta$ -aroylpyruvates as synthons, *Green Chemistry Letters and Reviews*, 14(2), 221-233, 10.1080/17518253.2021.1896789.
- [4] **Hofer, U.** (2019). The cost of antimicrobial resistance. *Nature Reviews Microbiology*, 17(1), 10.1038/s41579-018-0125-x.
- [5] **Tadić, J. D., Ladarević, J. M., Vitnik, Ž. J., Vitnik, V. D., Stanojković, T. P., Matić, I. Z., & Mijin, D. Ž.** (2021). Novel azo pyridone dyes based on dihydropyrimidinone skeleton: Synthesis, DFT study and anticancer activity. *Dyes and Pigments*, 187, 109123, 10.1016/j.dyepig.2020.109123.
- [6] **Aničić, N., Dimitrijević, S., Ristić, M., Petrović, S.S., Petrović, S.D.** (2005). Antimicrobial activity of essential oil of *Melissa officinalis L.*, *Lamiaceae*, *Hemijaska industrija*, 59, 243-247.
- [7] **Popiolek, Ł.** Hydrazide–hydrazones as potential antimicrobial agents: overview of the literature since 2010. *Med Chem Res* 26, 287–301 (2017), 10.1007/s00044-016-1756-y.