



UNIVERSITY OF EAST SARAJEVO
FACULTY OF MECHANICAL
ENGINEERING



4th INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



COMETa2018

***„Conference on Mechanical Engineering
Technologies and Applications“***

PROCEEDINGS

27th-30th November
East Sarajevo-Jahorina, RS, B&H

COMET α 2018

4th INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

27th - 30th November 2018
Jahorina, Republic of Srpska, B&H



University of East Sarajevo
Faculty of Mechanical Engineering

Conference on Mechanical Engineering Technologies and Applications

Z B O R N I K R A D O V A

P R O C E E D I N G S

*Istočno Sarajevo – Jahorina, BiH, RS
27 - 30. Novembar 2018.*

*East Sarajevo – Jahorina, B&H, RS
27th – 30th November 2018.*

ZBORNİK RADOVA SA 4. MEĐUNARODNE
NAUČNE KONFERENCIJE
"Primijenjene tehnologije u mašinskom inženjerstvu"
COMETA2018, Istočno Sarajevo - Jahorina 2018.

PROCEEDINGS OF THE 4th INTERNATIONAL
SCIENTIFIC CONFERENCE
"Conference on Mechanical Engineering
Technologies and Applications"
COMETA2018, East Sarajevo - Jahorina 2018.

<i>Organizator:</i>	Univerzitet u Istočnom Sarajevu Mašinski fakultet Istočno Sarajevo
<i>Organization:</i>	University of East Sarajevo Faculty of Mechanical Engineering East Sarajevo
<i>Izdavač:</i>	Univerzitet u Istočnom Sarajevu Mašinski fakultet Istočno Sarajevo
<i>Publisher:</i>	University of East Sarajevo Faculty of Mechanical Engineering East Sarajevo
<i>Za izdavača: For publisher:</i>	Assistant professor Milija Krašnik PhD
<i>Urednici: Editors:</i>	Full professor Dušan Golubović PhD Assistant professor Aleksandar Košarac PhD Assistant professor Dejan Jeremić PhD
<i>Tehnička obrada i dizajn: Technical treatment and desing:</i>	Davor Milić, senior assistant Jelica Anić, senior assistant
<i>Izdanje: Printing:</i>	Prvo 1 st
<i>Register: Register:</i>	ISBN 978-99976-719-4-3 COBISS.RS-ID 7818520

REVIEWERS

PhD Antunović Ranko, FME UES (B&H)
PhD Banić Milan, FME Niš (Serbia)
PhD Blagojević Mirko, FE Kragujevac (Serbia)
PhD Dubonjić Ljubiša, FMCE Kraljevo (Serbia)
PhD Golubović Dušan, FME UES (B&H)
PhD Ivanović Lozica, FE Kragujevac (Serbia)
PhD Jovanović Jelena, FME Podgorica (MNE)
PhD Jovović Aleksandar, FME Belgrade (Serbia)
PhD Košarac Aleksandar, FME UES (B&H)
PhD Kraišnik Milija, FME UES (B&H)
PhD Krstić Branimir, University of Defence, Military Academy (Serbia)
PhD Lozančić Silva, Faculty of Civil Engineering Osijek (Croatia)
PhD Lubura Slobodan, FEE UES (B&H)
PhD Marić Bogdan, FME UES (B&H)
PhD Marković Biljana, FME UES (B&H)
PhD Medaković Vlado, FME UES (B&H)
PhD Milovančević Miloš, FME Nis (Serbia)
PhD Milutinović Miroslav, FME UES (B&H)
PhD Milutinović Mladimir, FTS Novi Sad (Serbia)
PhD Moljević Slaviša, FME UES (B&H)
PhD Nestić Snežana, FE Kragujevac (Serbia)
PhD Orašanin Goran, FME UES (B&H)
PhD Pekez Jasmina, TF "Mihajlo Pupin" Zrenjanin (Serbia)
PhD Prodanović Saša, FME UES (B&H)
PhD Pršić Dragan, FMCE Kraljevo (Serbia)
PhD Rackov Milan, FTS Novi Sad (Serbia)
PhD Radić Nebojša, FME UES (B&H)
PhD Stanojević Miroslav, FME Belgrade (Serbia)
PhD Tabaković Slobodan, FTS Novi Sad (Serbia)
PhD Tanasić Nikola, FME Belgrade (Serbia)
PhD Tomić Mladen, FTS Novi Sad (Serbia)
PhD Tomović Radoslav, FME Podgorica (MNE)
PhD Vasković Srđan, FME UES (B&H)
PhD Vučina Adisa, FMCE Mostar (B&H)
PhD Vukelić Đorđe, FTS Novi Sad (Serbia)
PhD Zeljković Milan, FTS Novi Sad (Serbia)
PhD Žigić Miodrag, FTS Novi Sad (Serbia)
PhD Živanović Saša, FME Belgrade (Serbia)
PhD Živković Aleksandar, FTS Novi Sad (Serbia)

INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMITTEE

PhD Golubović Dušan, FME UES (B&H) – president

PhD Aleksandrov Sergej, Institute for Problems in Mechanics (Russia)
PhD Anđelić Nina, FME Belgrade (Serbia)
PhD Antunović Ranko, FME UES (B&H)
PhD Arsovski Slavko, FE Kragujevac (Serbia)
PhD Balasaheb M. Patre, SGGS Institute of Engineering and Technology (India)
PhD Bjelonja Izet, FME US (B&H)

PhD Blagojević Bratislav, FME Niš (Serbia)
PhD Blagojević Mirko, FE Kragujevac (Serbia)
PhD Bulatović Radislav, FME Podgorica (MNE)
PhD Ciconkov Risto, Univerzitet St Kiril i Metodije (Republic of Macedonia)
PhD Dobrnjac Mirko, FME Banja Luka (B&H)
PhD Gašić Milomir, FMCE Kraljevo (Serbia)
PhD I.Thirunavukkarasu, Manipal Institute of Technology (Indija)
PhD Ivanović Lozica, FE Kragujevac (Serbia)
PhD Jovović Aleksandar, FME Belgrade (Serbia)
PhD Karabegović Isak, University of Bihac, Faculty of Technical Sciences (B&H)
PhD Karapetrović Stanislav, University of Alberta (Canada)
PhD Knežević Darko, FME Banja Luka (B&H)
PhD Kovač Pavel, FTS Novi Sad (Serbia)
PhD Krajar Slavko, FER Zagreb (Croatia)
PhD Krivokapić Zdravko, FME Podgorica (MNE)
PhD Krstić Branimir, University of Defence, Military Academy (Serbia)
PhD Kuzmanović Siniša, FTS Novi Sad (Serbia)
PhD Lukić Ljubomir, FMCE Kraljevo (Serbia)
PhD Lukić Nebojša, FE Kragujevac (Serbia)
PhD Ljuboje Zoran, FEE UES (B&H)
PhD Marić Bogdan, FME UES (B&H)
PhD Marković Biljana, FME UES (B&H)
PhD Miladinov Ljubomir, FME Belgrade (Serbia)
PhD Milčić Dragan, FME Niš (Serbia)
PhD Milovančević Milorad, FME Belgrade (Serbia)
PhD Miltenović Vojislav, FME Niš (Serbia)
PhD Milutinović Miroslav, FME UES (B&H)
PhD Mitrović Radivoje, FME Belgrade (Serbia)
PhD Moljević Slaviša, FME UES (B&H)
PhD Nedić Novak, FMCE Kraljevo (Serbia)
PhD Novak Peter, UNM FPUV (Slovenia)
PhD Nyers Jozsef, Obuda University, Budapest (Hungary)
PhD Ognjanović Milosav, FME Belgrade (Serbia)
PhD Pavlović Nenad, FME Niš (Serbia)
PhD Perić Sreten, University of Defence, Military Academy (Serbia)
PhD Posavljak Strain, FME Banja Luka (B&H)
PhD Putnik Goran, Univerzitet Minho (Portugal)
PhD Radić Nebojša, FME UES (B&H)
PhD Radovanović Radovan, Academy of Criminalistic and Police Studies (Serbia)
PhD Rosić Božidar, FME Belgrade (Serbia)
PhD Simić Stojan, FME UES (B&H)
PhD Spasić Dragan, FTS Novi Sad (Serbia)
PhD Stankovski Stevan, FTS Novi Sad (Serbia)
PhD Stanojević Miroslav, FME Belgrade (Serbia)
PhD Stefanović Velimir, FME Niš (Serbia)
PhD Tanasić Zorana, FME Banja Luka (B&H)
PhD Tanović Ljubodrag, FME Belgrade (Serbia)
PhD Tica Milan, FME Banja Luka (B&H)
PhD Tomić Mladen, FTS Novi Sad (Serbia)
PhD Tomović Radoslav, FME Podgorica (MNE)
PhD Vasković Srđan, FME UES (B&H)
PhD Vilotić Dragiša, FTS Novi Sad (Serbia)
PhD Vučijak Branko, FME US (B&H)

PhD Vučina Adisa, FMEC Mostar (B&H)
PhD Zeljković Milan, FTS Novi Sad (Serbia)
PhD Živković Miroslav, FE Kragujevac (Serbia)

ORGANIZING COMMITTEE

PhD Krašnik Milija, FME UES – president

PhD Golubović Dušan, FME UES

PhD Košarac Aleksandar, FME UES

PhD Marković Biljana, FME UES

PhD Milutinović Miroslav, FME UES

PhD Orašanin Goran, FME UES

PhD Prodanović Saša, FME UES

PhD Radić Nebojša, FME UES

PhD Jeremić Dejan, FME UES - Technical Secretary

MSc Milić Davor, senior assistant, FME UES - Technical Secretary

MSc Anić Jelica, senior assistant, FME UES- Technical Secretary

Stanišić Vera – Secretary

GENERAL SPONSOR

Ministry of Science and Technology Republic of Srpska



SPONSORS



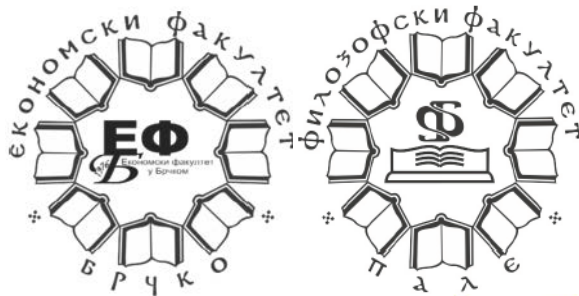
The conference has been supported by:



*International Federation for
the Promotion of Mechanism
and Machine Science*



*Association for Design,
Elements and Constructions*



KOLEKTOR

unis fabgas
FABRIKA GASNIH APARATA d.o.o. SARAJEVO

АН Инжењеринг



TERMoeLEKTRO
SINCE 1997

ECO TRADE



САРАЈЕВО-ГАС А.Д.





TEHNIČKI PREGLED VOZILA



SERVITEC BALKAN

ipCENTER
room for learning



Mješoviti holding „ERS“ - MP a.d. Trebinje

ZP „Elektrodistribucija“ a.d. Pale

PREFACE

Faculty of Mechanical Engineering East Sarajevo is organizing the 4th International Scientific Conference COMETA 2018 - "Conference on Mechanical Engineering Technologies and Applications". The aim of the conference is to contribute to the implementation of new technologies in production processes by achieving better cooperation between scientific research institutions and companies, and to enable practical application of research results presented in the proceedings.

The main objective of the conference is to bring together eminent domestic and international experts in the field of engineering and the application of new technologies and the development of mechanical systems, and to contribute increasing the competitiveness of the domestic economy through the exchange of experience and knowledge, public presentations of current research and new construction solutions.

The organization of previous conferences COMETA2012, COMETA2014 and COMETA2016, according to the assessments of participants, especially foreign colleagues, were successful.

The efforts were recognized by the Ministry of Science and Technology of the Republic of Srpska, since in May 2018 the COMETA conference was ranked among international scientific conferences of the first category.

The COMETA 2018 conference program consists of the following thematic areas:

- Manufacturing technologies and advanced materials,
- Applied mechanics and mechatronics,
- Machine design and product development,
- Energy and environmental protection,
- Maintenance and technical diagnostic,
- Quality, management and organization.

At this year's COMETA2018 conference, a record number of papers from the country and abroad have been submitted. In total 277 authors from 13 countries participates in the international conference COMETA2018, 112 papers were accepted, including 4 plenary papers. Within the COMETA2018 conference, it is planned to organize two working meetings that will focus on the current topics of the Conference.

With the desire to improve the organizational as well as the scientific effect of the Conferences, and appreciating the contributions made by the scientific community in this way, we want to emphasize that each of your suggestions is more than welcome and will be appreciated in connection with the above.

On behalf of the Organizing and Scientific Committee of the COMETA2018 conference, we would like to express our gratitude to all authors, reviewers, institutions, companies and individuals who contributed to the Conference.

Hoping that the results of our joint work will meet expectations, the organizer of the Conference, Faculty of Mechanical Engineering East Sarajevo, wants you active participation that will contribute to the development of modern ideas and solutions, in the spirit of technical and technological development of the modern world.

We wish you a pleasant stay in Jahorina. Welcome to the COMETA2018 conference.

East Sarajevo, November 21st, 2018.

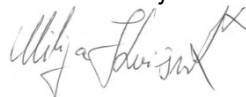
President of the Scientific Committee

Full Professor Dušan Golubović, PhD



President of the Organizing Committee

Assistant Professor Milija Krašnik, PhD



CONTENT

PLENARY LECTURES

1. **Saša Živanović, Slobodan Tabaković, Milan Zeljković**
MACHINE TOOLS AND INDUSTRY 4.0 - TRENDS OF DEVELOPMENT 2
2. **Dragan T. Spasić**
A NEW APPROACH IN MODELING AND SIMULATION FOR ENGINEERING PROBLEMS 20
3. **Vojislav Miltenović, Biljana Marković**
THIRD MISSION OF UNIVERSITY - STATE, CHALLENGES, PERSPECTIVE 29
4. **Jozsef Nyers, Arpad Nyers**
LOCAL ENERGY OPTIMUM OF HOT WATER LOOP IN A HEAT PUMP HEATING SYSTEM 48

MANUFACTURING TECHNOLOGIES AND ADVANCED MATERIALS

Chairpersons: Dragiša Vilotić, Milan Zeljković, Saša Živanović, Mladomir Milutinović, Jasmina Pekez, Aleksandar Košarac

5. **Dragiša Vilotić, Milija Krašnik, Mladomir Milutinović, Dejan Movrin, Marko Vilotić, Jelica Anić, Mirko Ficko**
MATERIAL FORMABILITY AT BULK METAL FORMING, CRITERIA, METHOD OF DETERMINATION AND APPLICATION 58
6. **Dejan Lukić, Mijodrag Milošević, Aco Antić, Stevo Borojević, Mića Đurđev**
MANUFACTURING PROCESS PLANNING FOR FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEMS 68
7. **Aleksandar Košarac, Cvijetin Mladenović, Milan Zeljković, Lana Šikuljak**
EXPERIMENTAL METHOD FOR IDENTIFICATION THE STABILITY LOBE DIAGRA IN MILLING Č4732 STEEL 77
8. **Miloš Knežev, Aleksandar Živković, Milan Zeljković, Cvijetin Mladenović**
NUMERICAL AND EXPERIMENTAL MODAL ANALYSIS OF HIGH SPEED SPINDLE 83
9. **Obrad Spaić, Mirjana Jokanović, Aleksandra Koprivica, Miloš Lambeta, Veljko Vasiljević**
THE INFLUENCE OF THE REGIMES ON THE CUTTING TEMPERATURE 89

10. Miloš Pjević, Mihajlo Popović, Ljubodrag Tanović, Radovan Puzović, Goran Mladenović	
LAYERS OPTIMISATION OF THE PLA PARTS FORMED BY ADDITIVE TECHNOLOGIES	97
11. Borislav Savković, Pavel Kovač, Dušan Ješić, Dušan Golubović, Marin Gostimirović	
POWER CONSUMPTION MONITORING IN MILLING WITH CONSUMED ELECTRICITY	105
12. Bekir Novkinić, Aleksandar Košarac, Nebojša Radić, Milan Jurković	
LOCATING AND CLAMPING OF WORKPIECE BY ONE SURFACE	114
13. Uros Zuperl	
PLATFORM FOR SURFACE ROUGHNESS MONITORING VIA CUTTING TOOL LOAD CONTROL	125
14. Ibrahim Plančić, Edin Begović, Behar Alić	
STRENGTHENING MATERIALS IN THE FUNCTION OF DEFORMATION DEGREE DURING PROCESS COLD WIRE DRAWING	131
15. Stipo Buljan, Himzo Đukić, Darko Šunjić	
APPLICATION OF EXPLOSIVE ENERGY IN METAL FORMING TECHNOLOGIES	139
16. Dragoslav Dobraš, Milisav Marković, Saša Đurić	
INFLUENCE OF PARAMETERS OF PLASMA CUTTING TO CHANGING STRUCTURE FOR PREPARATION EDGE OF THE WELDING GROOVE	145
17. Darijo Božičković, Dragoslav Dobraš, Milisav Marković	
ANALYSIS OF THE APPLICATION OF THE MAG LOW SPATTER CONTROL FUNCTION	149
18. Jure Bernetič, Borut Kosec, Mirko Gojić, Milan Rimac, Zijah Burzić, Gorazd Kosec, Aleš Nagode	
ARMOUR STEEL PLATES OF NEW GENERATION	155
19. Belma Fakić	
CHANGES OF PHYSICO-METALIC PROPERTIES OF 16Mo3 and 13CrMo4-5 STEELS IN THE TIG WELDING PROCEDURE	162
20. Lamine Rebhi, Branimir Krstić, Boudiaf Achraf, Aderraouf Zemmour, Dragan Trifković	
STUDY OF THE INFLUENCE OF CYCLE FACTORS ON THE THERMAL FATIGUE BEHAVIOR OF ALUMINUM ALLOY 2017A	170
21. Vladimir Milovanović, Aleksandar Dišić, Vukašin Slavković, Miroslav Živković	
DETERMINATION OF TENSILE STRAIN-HARDENING EXPONENT AND STRENGTH COEFFICIENT FOR HIGH STRENGTH STEEL AT ELEVATED TEMPERATURE	181
22. Aida Imamović, Marina Jovanović, Mustafa Hadžalić, Mirsada Oruč	
THE PERSPECTIVES OF THE USE OF BLASTFURNACE SLAG AS THE REPLACEMENT OF THE NATURAL MINERAL AGREGATES IN TECHNOLOGY OF PRODUCING THE STONE WOOL	187
23. Svetomir Simonović	
ON NANOMECHANICAL PROPERTIES IDENTIFICATION BY OPTICAL TWEEZERS	195

24. Dragan Lazarević, Bogdan Nedić, Živče Šarkoćević, Ivica Čamagić, Jasmina Dedić	THE DEVELOPMENT OF OPTICAL SYSTEMS FOR ON-MACHINE INSPECTION OF PARTS MADE WITH MACHINING PROCESS	203
25. Isak Karabegović	FLEXIBILITY OF PRODUCTION PROCESSES IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY BY APPLICATION OF COLLABORATIVE ROBOTS	211
26. Uros Zuperl	AN APPLICATION OF FOUR ROBOTS AND AN INTELLIGENT CONVEYER SYSTEM FOR AUTOMATED FIXTURING IN MACHINING	217
27. Ivan Palinkaš, Jasmina Pekez, Eleonora Desnica, Ljiljana Radovanović	APPLICATION OF MODERN TECHNOLOGY FOR INCREASING EXPERTISE OF EMPLOYEES IN MECHANICAL INDUSTRY	221

APPLIED MECHANICS AND MECHATRONICS

Chairpersons: Novak Nedić, Stevan Stankovski, Nebojša Radić

28. Nebojša Radić, Dejan Jeremić	INVESTIGATION OF VIBRATION RESPONSE OF ORTHOTROPIC DOUBLE-NANOPLATE SYSTEM SUBJECTED TO INITIAL IN-PLANE PRELOAD	230
29. Ranko Antunović, Goran Šiniković, Nikola Vučetić, Amir Halep	DIAGNOSTICS AND FAILURE OF PLAIN BEARINGS	243
30. Snežana Vulović, Miroslav Živković, Rodoljub Vujanac, Jelena Živković	SOLUTION OF CONTACT PROBLEMS USING THE FINITE ELEMENT METHOD	253
31. Radoslav Tomović, Vuk Vujošević, Marko Mumović, Aleksandar Tomović	KINEMATIC MODEL OF ROBOT BASED ON JANSEN MECHANISM	261
32. Spasoje Trifković, Miroslav Milutinović, Saša Golijanin	CALCULATION OF THREE SECTION PUBLIC LIGHTING POLES	269
33. Nikola Vučetić, Gordana Jovičić, Vladimir Milovanović, Branimir Krstić, Dragan Rakić, Radoslav Tomović, Ranko Antunović	RESEARCH WITH THE AIM OF METHODOLOGY FOR THE INTEGRITY ASSESSMENT OF AIRCRAFT PISTON ENGINE CYLINDER ASSEMBLY DEVELOPMENT	277
34. Biljana Mijatović, Dejan Jeremić, Nebojša Radić	ANALYSIS OF VIBRATION BEHAVIOUR OF SINGLE-LAYERED GRAPHENE NANOPATES USING NONLOCAL STRAIN GRADIENT THEORY	286
35. Boris Crnokić, Miroslav Grubišić	DEVELOPMENT OF A GRAPHICAL USER INTERFACE FOR MOBILE ROBOT MOTION CONTROL	296
36. Vojislav Filipović, Vladimir Djordjević	PREMISES PARAMETER ESTIMATION OF TS MODELS FOR RATIONAL NONLINEAR SYSTEMS WITH DISTURBANCE	304
37. Saša Lj. Prodanović, Novak N. Nedić, Ljubiša M. Dubonjić	ON THE DIVERSITIES OF MULTIVARIABLE CONTROL SYSTEMS	312

38. **Jelena Erić Obućina, Stevan Stankovski, Gordana Ostojić, Stanimir Čajetinac, Slobodan Aleksandrov**
U/ř CONTROL FOR VARIABLE SPEED THREE - PHASE AC MOTOR IN HYDRAULIC SYSTEM 320
39. **Silva Lozančić, Davorin Penava, Mirjana Bošnjak Klečina, Aleksandar Jurić**
A CASE STUDY ON INFLUENCE OF TRAFFIC-INDUCED VIBRATIONS ON BUILDINGS AND RESIDENTS 326

DEVELOPMENT OF PRODUCTS AND MECHANICAL SYSTEMS
Chairpersons: Biljana Marković, Lozica Ivanović, Milan Tica, Siniša Kuzmanović, Mirko Blagojević, Tale Geramitcioski

40. **Lozica Ivanović, Miloš Matejić**
FEM ANALYSIS OF GEROTOR MACHINES IMPELLER WITH PLANETARY MOTION 335
41. **Goran Pavlović, Mile Savković, Goran Marković, Nebojša Zdravković**
MASS-OPTIMIZED DESIGN OF THE MAIN GIRDER WITH BOX-SECTION OF THE DOUBLE-GIRDER BRIDGE CRANE WITH THE RAIL PLACED IN THE MIDDLE OF THE TOP FLANGE 343
42. **Milan Tica, Nikola Radulović, Tihomir Mačkić**
PRODUCT DESIGN CASE STUDY: CONCEPTUAL SOLUTION OF HAND DRILL/ANGLE GRINDER TABLE STAND 351
43. **Radivoje Mitrović, Marko Tasić, Źarko Mišković, Milan Tasić, Zoran Stamenić**
GENERATION OF DYNAMIC RADIAL LOAD COMPONENTS IN TESTING OF TRANSPORT ROLLERS 359
44. **Slavica Miladinović, Sandra Veličković, Blaža Stojanović, Stefan Milojević**
OPTIMIZATION OF RAVIGNEAUX PLANETARY GEAR SET 366
45. **Nebojša Rašović, Adisa Vučina, Remzo Dedić**
LIFTING TABLE DESIGN IN A LEARNING FACTORY AT UNIVERSITY OF MOSTAR 374
46. **Predrag V. Źivković**
ASSESSMENT OF THE SERVICE LIFE TO DESTRUCTION OF THE GEARS PLANETARY GEAR UNITS 380
47. **Predrag V. Źivković**
COMPUTATIONAL MODAL ANALYSIS OF PLANETARY GEAR UNITS 388
48. **Pugin Konstantin Georgievich**
IMPROVEMENT OF THE SYSTEM OF SAFETY OF TECHNOLOGICAL MACHINES WORKING ON THE POLYGONS OF THE DISPOSAL OF MUNICIPAL WASTE 396
49. **Lyalin E. A., Trutnev M. A.**
DISCRETE METHOD OF DOSING FREE-FLOWING CONCENTRATED FEED WITH SPIRAL-SCREWED FEEDER 401
50. **Ivan Pantić, Miloš Matejić, Mirko Blagojević**
SINGLE-STAGE CYCLOID REDUCER DYNAMIC ANALYSES USING PLM SOFTWARE 406
51. **Mirjana Bojanić Šejat, Aleksandar Źivković, Ivan Knežević, Milan Rackov, Milan Zeljković**
INFLUENCE THE AMOUNT OF LUBRICATION ON DYNAMIC BEHAVIOR OF THE BALL BEARING 414

52. Rade Vasiljević	COMPARATIVE MODAL ANALYSIS OF THE SPATIAL BEAM FRAMES OF A TYPE "H" AND "X"	420
53. Milica Borisavljević, Zorica Djordjević, Sonja Kostić, Dragomir Miljanić	MODELING AND STRUCTURAL ANALYSIS OF CYLINDRICAL COIL SPRING	428
54. Milan Blagojević, Miroslav Živković, Saša Jovanović, Đorđe Marković, Sava Sretenović	CALIBRATION CERTIFICATION OF ATTRIBUTE CHECK FIXTURES FOR TUBE MANUFACTURING USING STRUCTURED LIGHT 3D SCANNERS	434
55. Biljana Marković, Marijana Krajišnik, Aleksija Đurić	DEVELOPMENT OF A RIGID CONSTRUCTION PRINCIPLE, PRACTICE EXAMPLE	442
56. Milan Rackov, Ivan Knežević, Siniša Kuzmanović, Maja Čavić, Marko Penčić	ANALYSIS OF HOUSING MODELS OF MODERN TWO-STAGE UNIVERSAL GEAR REDUCERS	450
57. Dejan Momčilović, Ivana Atanasovska, Radivoje Mitrović	DESIGN OF THE TRANSITION ZONE OF TURBINE SHAFT TO FLANGE BY BIOMIMETICS PRINCIPLES	458
58. Nenad Petrović, Nenad Kostić, Nenad Marjanović	A COMPARISON OF TRUSS STRUCTURAL OPTIMIZATION TYPES WITH AND WITHOUT BUCKLING DYNAMIC CONSTRAINTS	464
59. Saša Vasiljević, Dragan Rajković, Sonja Kostić, Jasna Glišović	MEASUREMENT THE INFLUENCE OF AIR PRESSURE ON THE EXAMPLE OF KARTING VEHICLES USING CAE TECHNOLOGY	472
60. Marko Rastija, Krešimir Vučković, Stjepan Risović	PARAMETRIC MODELLING OF SPUR GEAR WITH INVOLUTE TEETH	478
61. Tale Geramitcioski, Ljupco Trajceovski, Stefan Talevski	DESIGN OF THE MACHINE FOR PIPE SHAPING WITH BENDING	486

ENERGY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION

Chairpersons: Dušan Golubović, Mirko Dobrnjac, Blaža Stojanović

62. Danijela Nikolić, Jasmina Skerlić, Blaža Stojanović, Radoslav Tomović, Dragan Cvetković, Saša Jovanović	ENERGY CONSUMPTION AND ECONOMIC ANALYSIS OF DIFFERENT HEATING SYSTEMS IN SERBIAN BUILDING	495
63. Gordana Tica, Danijela Kardaš, Petar Gvero	POSSIBILITY OF USE OF GEOTHERMAL ENERGY IN BOSNIA AND HERZEGOVINA	503
64. Valentino Stojkovski, Zvonimir Kostikj, Filip Stojkovski	UPGRADING A MEASURING PIPE LINE IN HEATING POWER PLANT BY CFD TECHNOLOGY	510
65. Nemanja Koruga, Mirko Dobrnjac	SOLAR SYSTEM IN COMBINATION WITH A PYROLYSIS BOILER IN THE SYSTEM OF HEAT SUPPLY OF THE BUILDING	518

66. Mirko Dobrnjac, Radoslav Grujić, Dragana Dragojević, Miloš Marković	
HEAT AND MATERIAL BALANCE OF DRYING PROCESS IN THE TUNNEL DRYER	525
67. Srđan Vasković , Zoran Radović , Krsto Batinić , Velid Halilović , Petar Gvero , Anto Gajić Maja Mrkić Bosančić	
SENSITIVITY ANALYSIS OF WOOD PELLETS SUPPLY CHAIN FOR REAL CONDITIONS CORRESPONDING TO BOSNIA AND HERZEGOVINA	534
68. Lozica Ivanović, Andreja Ilić, Aleksandar Aleksić, Miroslav Vulić	
IMPROVING THE QUALITY OF INNOVATIVE PROCESSES IN THE CONSTRUCTION OF ELV RECYCLING EQUIPMENT	544
69. Velid Halilović, Srđan Vasković, Jusuf Musić, Jelena Knežević, Besim Balić, Jasmin Softić	
INSTALLATIONS FOR THE PRODUCTION SECONDARY ENERGY SOURCES FROM WOOD WASTE – CAPACITIES AND POSSIBILITIES ON THE AREA OF ZE-DO CANTON	552
70. Natalia Nikitskaya	
THE POSSIBILITY OF USING LIQUID WASTE BIOGAS PLANT AS FERTILIZER FOR CORN	565
71. Dragutin Funda, Ema Vlahek, Goran Funda	
ENERGY EFFICIENCY AND INTERNATIONAL STANDARDS	570
72. Dragan Vujović , Pavle Popović, Dragan Protić	
ECONOMIC JUSTIFICATION OF THE USE OF SOLAR ENERGY IN THE ZLATIBOR REGION	578
73. Novak Nikolić, Nebojša Lukić, Miloš Proković, Aleksandar Nešović	
THE USE OF PV/T SOLAR COLLECTORS FOR DOMESTIC HOT WATER PREPARATION WITHIN A RESIDENTIAL HOUSE IN THE CITY OF KRAGUJEVAC (SERBIA)	586
74. Aleksandar Nešović, Nebojša Lukić, Novak Nikolić, Marko Radaković	
THE INFLUENCE OF THERMAL PARAMETERS OF DIFFERENT TYPES OF SOIL ON THE CONSUMPTION OF FINAL ENERGY FOR HEATING THE LOW-ENERGY RESIDENTIAL BUILDING AND THE INVESTMENT COST OF PLACING GEOTHERMAL VERTICAL PROBES	594
75. Saša Jovanović, Slobodan Savić, Zorica Đorđević, Danijela Nikolić, Goran Bošković	
DEFINING AN OPTIMAL CITY AND REGIONAL MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT SYSTEM BY USING MULTI - CRITERIA DECISION MAKING METHOD	601
76. Svetlana Stevović, Slađana Mirjanić, Dušan Golubović	
INNOVATIVE BIONIC SYSTEMS IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND ENVIRONMENTAL QUALITY	611
77. Tanja Glogovac, Mirjana Jakanović, Nikolina Miletić	
QUALITY IMPROVEMENT OF WASTE WATER BY ADSORPTION OF LEAD AND ZINC ON METAKAOLINE	621
78. Anto Gajić, Slavica Šijaković	
MODELING TEST OF CAPLAN TURBINE	628

MAINTENANCE AND TECHNICAL DIAGNOSTICS

Chairpersons: Bogdan Marić, Ljiljana Radovanović, Ljupco Trajchevski

79. **Ljiljana Radovanović, Jasmina Pekez, Eleonora Desnica, Ivan Palinkas, Dragoljub Ilić**
APPLICATION OF NON-DESTRUCTIVE METHODS IN THE DIAGNOSTICS OF THE TURBINE SHAFT IN THE HYDROELECTRIC POWER PLANT 635
80. **Miloš Milovančević, Natalija Tomić, Ana Kitić**
OPTIMIZED TURBO MACHINES CONDITION MONITORING MODEL 643
81. **Miloš Milovančević, Natalija Tomić, Ana Kitić**
FUZZY LOGIC IN MACHINE CONDITION MONITORING 652
82. **Rade Vasiljević, Dragan Pantelić**
REVIEW OF PERFORMED RECONSTRUCTIONS OF MECHANICAL SYSTEMS 663
83. **Miroslav Grubišić, Boris Crnokić**
CONNECTION MODEL OF THE ELECTRONIC CONTROL UNIT IN A VEHICLE USING DATA BUSES 671
84. **Ljupco Trajcevski, Tale Geramitchioski**
QUANTIFICATION OF THE DAMAGE TO THE GEAR TOOTH 677
85. **Olivera Janković, Đorđe Babić**
MAINTENANCE IN AIRCRAFT INDUSTRY AND DATA DRIVEN MODELS 688
86. **Goran Radoičić, Miomir Jovanović, Miodrag Arsić, Vojislav Tomić**
EXPERIMENTAL RESEARCH OF LIFTING MACHINES FOR VERTICAL MINING TRANSPORT 696

QUALITY, MANAGEMENT AND ORGANIZATION

Chairpersons: Branko Vučijak, Galia Marinova, Slaviša Moljević, Mirsada Oruč, Zorana Tanasić, Vassil Guliashki

87. **Robin Støckert, Vojislav Novaković, Aleksandar Košarac**
DESIGNING A LEARNING SPACE FOR MECHANICAL ENGINEERING EDUCATION 707
88. **Branko Vučijak, Tim Scholze**
KEY ENTREPRENEURIAL COMPETENCIES WITHIN THE CONTEXT OF MECHANICAL ENGINEERS EDUCATION IN BIH 717
89. **Slaviša Moljević, Ranka Gojković, Snežana Nestić, Goran Orašanin, Dino Tihic**
PROCESS OF IMPROVING THE ENTREPRENEURIAL COMPETENCIES 723
90. **Vlado Medaković, Bogdan Marić**
ORGANIZATIONAL CULTURE AND SUCCESS OF MANAGEMENT 729
91. **Zorana Tanasić, Goran Janjić, Biljana Vranješ, Miroslav Dragić, Borut Kosec**
FMEA FOR ISO 9001 – RISK MANAGEMENT 733
92. **Zdravko Krivokapić, Slaviša Moljević, Budimirka Marinović, Jelena Lojović**
APPLICATION OF FMEA METHODS AS A UNIVERSAL METHOD FOR ESTIMATE ELECTRICITY LOSS IN DISTRIBUTION COMPANIES 739

93. Jelena Jovanović, Zdravko Krivokapić, Aleksandar Vujović	
APPROACH OF THE ENTREPRENEURSHIP DEVELOPMENT AT THE UNIVERSITY OF MONTENEGRO	747
94. Bogdan Marić, Željko Batinić, Vlado Medaković	
5S AS A TOOL OF LEAN CONCEPT IN THE MACHINE PROCESSING OF PLATE MATERIALS	754
95. Darko Petković, Ibrahim Plančić, Merima Ramić	
THE LOGISTIC FUNCTIONS IMPROVEMENT OF THE TOOLROOM AND EFFECTIVE CHANGE SHEET FORMING TOOLS	762
96. Branko Popović	
INCREASING QUALITY WITH CHANGES AND TOOL REPLACEMENT	770
97. Tatjana Savić-Šikoparija, Ljubica Duđak, Tamara Kliček	
THE DIFFERENCES IN ATTITUDES REGARDING CORPORATE RESPONSIBILITY OF THE COMPANY TOWARDS THE WIDER SOCIAL COMMUNITY IN RELATION TO THE TYPE OF THE EMPLOYEES EDUCATION	779
98. Misada Oruč, Raza Sunulahpašić, Branka Muminović, Aida Imamović	
NEW EDITION STANDARD FOR COMPETENCE LABORATORY FOR EXAMINATION AND CALIBRATION	787
99. Nina Đurica, Dragan Soleša, Jovana Radulović, Maja Đurica	
STRATEGIC MANAGEMENT AND MOBILE TECHNOLOGY IMPLEMENTATION IN HIGHER EDUCATION	794
100. Vassil Guliashki, Gašper Mušič, Galia Marinova	
A HEURISTIC "MINIMAL DEVIATION" ALGORITHM FOR SOLVING FLEXIBLE JOB SHOP SCHEDULING PROBLEMS	799
101. Lana Šikuljak, Ranka Gojković, Slaviša Moljević	
STATISTICAL PROCESS CONTROL – CASE STUDY	807
102. Mirjana Jokanović, Aleksandra Koprivica, Petar Ivanković	
THE MOTIVATION IN PRIVATE AND PUBLIC SECTOR	815
103. Alexey Fominykh, Eldar Kurbanov, Marina Kurdiumova	
UNUSUAL APPLICATIONS, INTANGIBLE OUTCOMES: THE ERASMUS+ REBUS PROJECT AT VOLGA TECH	823
104. Dmitry Kaznacheev, Boris Kruk, Ekaterina Meteleva, Sophia Plakidina	
EXPERIENCE IN FORMING ENTREPRENEURIAL COMPETENCES OF STUDENTS AT THE SIBERIAN STATE UNIVERSITY OF TELECOMMUNICATIONS AND INFORMATION SCIENCES WITHIN THE FRAMEWORK OF THE EUROPEAN ERASMUS+ PROJECT «REBUS»	830
105. Predrag Petrović	
IS THE TRANSITION THEIR MANAGERS IN SERBIA AT THE BEGINNING OF XXI CENTURY JUSTIFY HOPES POPULATION	836
106. Vlastimir Pantić, Ljubomir Lukić	
CROWDFUNDING PLATFORMS AS OPPORTUNITY FOR FINANCING OF INNOVATION DEVELOPMENT	843
107. Uran Rraci, Armend Berisha	
ASSESSING THE NEED FOR VALIDATION TOOLS IN THE ICT SECTOR IN KOSOVO	847

STUDENT SESSION

Chairpersons: Davor Milić, Aleksija Đurić, Nikola Vučetić

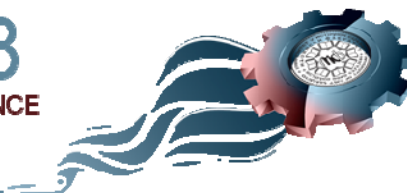
- | | |
|--|-----|
| 108. Dušan Josipović, Nikola Kurdulija | |
| SIMULATION OF THE CAD / CAM PROGRAMMING PROCESS
SYSTEM FOR CATIA GENERAL PURPOSE | 854 |
| 109. Njegoslav Đokić | |
| INFLUENCE FRICTION COEFFICIENT OF THE BRAKING SYSTEM
AT FREIGHT MOTOR VEHICLES AND PREVENTIVE TECHNICAL
INSPECTION OF DISC BRAKE | 860 |
| 110. Nemanja Milidragović | |
| DETECTION OF LEAKAGE OF WATER IN THE WATER NETWORK
USING ACOUSTIC DEVICES | 868 |
| 111. Aleksandar Miljković, Milan Blagojević | |
| NUMERICAL SIMULATION OF EXPERIMENTAL EXAMINATION OF
IMPACT ATTENUATOR | 876 |
| 112. Aleksandar Reljić | |
| SYNHRONIZATION OF MITSUBISHI ROBOT AND CNC MACHINING
CENTER EMCO CONCEPT MILL 105 | 883 |

INDEX OF AUTORS

891

PRESENTATIONS OF COMPANIES

900



DEFINISANJE OPTIMALNOG GRADSKOG I REGIONALNOG SISTEMA UPRAVLJANJA KOMUNALNIM ČVRSTIM OTPADOM PRIMENOM METODE VIŠEKRITERIJUMSKOG ODLUČIVANJA

Saša Jovanović¹, Slobodan Savić², Zorica Đorđević³, Danijela Nikolić⁴, Goran Bošković⁵

Rezime: Definisanje optimalnog i održivog sistema upravljanja komunalnim čvrstim otpadom na lokalnom i posebno, regionalnom nivou, predstavlja veoma složen zadatak tokom čijeg se rešavanja donosi odluka suočavaju sa nizom različitih problema. Definisanje osnovnih ulaznih parametara, odnosno sastava i generisanih količina komunalnog otpada predstavlja, praktično, početnu fazu rešavanja postavljenog zadatka. Izbor optimalne tehnologije podrazumeva sagledavanje uticaja velikog broja faktora, kao i specifičnosti okruženja. U ovom radu, kao deo odgovora na kompleksan zadatak ukupne kvantifikacije i rangiranja predloženih rešenja za gradski i regionalni sistem upravljanja otpadom, izabran je metod višekriterijumskog odlučivanja (MCDM). Fazi valorizacije alternativnih opcija i samom izboru optimalne varijante za oba sistema, prethodilo je definisanje i izbor relevantnih kriterijuma. Pritom se posebno vodilo računa o definisanju i izboru kriterijuma, kao i određivanju njihovih težinskih koeficijenata. Softverski alat za podršku metodi višekriterijumskog odlučivanja, DSS (Decision Support Software), je upotrebljen za ocenu i rangiranje četrdeset osam scenarija za budući gradski i regionalni sistem upravljanja komunalnim otpadom.

Ključne reči: Komunalni čvrsti otpad, upravljanje otpadom, višekriterijumsko odlučivanje, MCDM

DEFINING AN OPTIMAL CITY AND REGIONAL MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT SYSTEM BY USING MULTI-CRITERIA DECISION MAKING METHOD

¹ Dr Saša Jovanović, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Kragujevac, Srbija, dviks@kg.ac.rs

² Dr Slobodan Savić, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Kragujevac, Srbija, ssavic@kg.ac.rs

³ Dr Zorica Đorđević, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Kragujevac, Srbija, zoricadj@kg.ac.rs

⁴ Dr Danijela Nikolić, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Kragujevac, Srbija, daniijela1.nikolic@gmail.com

⁵ Dr Goran Bošković, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Kragujevac, Srbija, gboskovic@gmail.com

Abstract: Defining an optimal and sustainable municipal solid waste management system at a local and regional level is a very complex task. In order to solve this task, decision-makers have to face different problems. Defining basic input parameters, i.e. the content and generated amount of the municipal waste practically presents the initial phase of the solution. The choice of the optimal technology involves taking into account a large number of factors, as well as the specific characteristics of the given area. In this paper, the method of multi-criteria decision making (MCDM) has been chosen to quantify and rank the proposed solutions for the city and regional waste management system. Prior to valorisation of the alternatives and the choice of the optimal variant, relevant criteria had to be defined. A special attention was paid to the choice and definition of the criteria and determination of their weight coefficients. Decision Support Software (DSS) was used to assess and rank forty-eight scenarios for future city and regional municipal waste management system.

Key words: *Municipal solid waste, waste management, multi-criteria decision making, MCDM*

1 UVOD

Izbor optimalnog i održivog sistema upravljanja komunalnim čvrstim otpadom na lokalnom i regionalnom nivou, predstavlja kompleksan proces u okviru koga se donosi odluka suočavaju sa brojnim izazovima i usaglašavanjem niza protivurečnosti. Imajući u vidu da postojeće stanje u našoj zemlji značajno odstupa od prakse razvijenih zemalja, otvara se relativno veliki prostor za njegovo unapređenje.

Definisanje sistema i njegovih osnovnih ulaznih parametara predstavlja praktično početnu fazu postupka. Konceptije budućih sistema upravljanja otpadom treba da se, u najvećoj mogućoj meri, oslanjaju na savremena rešenja i primere dobre prakse. Stanje u sektoru upravljanja komunalnim otpadom u Republici Srbiji, karakteristike postojećeg lokalnog sistema, kao i procena postojeće i potrebne infrastrukture, takođe, predstavljaju neke od polaznih tačaka u procesu.

Sveobuhvatna analiza prethodno navedenih segmenata treba da rezultira predlogom određenog broja alternativnih rešenja koja, kao takva, ulaze u proces ocenjivanja njihovih relevantnih performansi. Alternativna rešenja se definišu u skladu sa primerima dobre prakse, kao i stanjem postojeće lokalne infrastrukture u sektoru upravljanja otpadom. U okviru takvih varijantnih rešenja, mora se predvideti maksimalno efikasan i održiv tretman svih frakcija komunalnog čvrstog otpada. Ulazni parametri, kao što su količina i sastav generisanog otpada, predstavljaju značajan uticajni faktor u početnom koncipiranju sistema upravljanja otpadom.

U okviru postupka višekriterijumskog odlučivanja [1], primenjenog u radu, uključen je širok spektar kriterijuma, koji se mogu grupisati u nekoliko glavnih kategorija:

1. ekološki kriterijumi,
2. energetske kriterijumi,
3. ekonomski kriterijumi,
4. sociološki kriterijumi i
5. kriterijumi iz oblasti zakonske regulative.

Neophodno je da svaki od kriterijuma dobije odgovarajući težinski koeficijent, na osnovu koga će vršiti svoj relativni uticaj u fazi vrednovanja (ocenjivanja) alternativnih rešenja. Za potrebe modeliranja, simulacije i vrednovanja određenog broja mogućih varijantnih rešenja u radu je korišćen softverski alat DSS [2].

2 DEFINISANJE SISTEMA I OSNOVNI ULAZNI PARAMETRI

Za potrebe istraživanja u ovom radu, definisana su dva različita sistema upravljanja komunalnim čvrstim otpadom. U okviru prvog, modeliran je sistem upravljanja komunalnim otpadom, koji bi se odnosio na grad Kragujevac. Drugi sistem je koncipiran na bazi teritorijalnih smernica navedenih u Nacionalnoj strategiji upravljanja otpadom 2010. – 2019. [3]. S tim u vezi, razmatrane su opcije upravljanja otpadom za teritorijalnu oblast (u daljem tekstu Region), koja, pored Kragujevca kao regionalnog centra za upravljanje komunalnim otpadom, obuhvata i opštine Aranđelovac, Gornji Milanovac, Topolu i Knić. U tabeli 1 predstavljeni su osnovni podaci, za grad Kragujevac i Region [4].

Tabela 1. Osnovni podaci za grad Kragujevac i Region

	GRAD KRAGUJEVAC	REGION
Broj stanovnika	179.417	320.000*
Proračunski period (vremenski horizont)	2014 – 2034	2014 – 2034
Produkcija otpada po stanovniku (kg/dnevno)	0,75	1,25
Godišnja stopa rasta produkcije otpada	1,5	1,5

U tabeli 1, broj stanovnika za grad Kragujevac u skladu je sa rezultatima popisa stanovništva u Republici Srbiji iz 2011. godine. Vrednost generisane količine otpada predstavlja rezultat obrade i sistematizacije podataka višegodišnjeg evidentiranja i merenja masenih tokova otpada koja su sprovedena u okviru postojećeg sistema upravljanja komunalnim otpadom na teritoriji grada Kragujevca [5]. Jedinичna produkcija otpada na nivou Regiona, uvećana je u odnosu na odgovarajuću vrednost za grad Kragujevac. Treba istaći da ovaj nivo produkcije može da se prihvatiti u kontekstu očekivanih trendova u bliskoj budućnosti, vezanih za promene u načinu života i standardu stanovništva. Sa druge strane, u svrhu istraživanja, hipotetičkim povećanjem jedinичne produkcije komunalnog čvrstog otpada, na teritoriji sa 320.000 stanovnika, stiču se uslovi da se u razmatranje uključe i opcije termičkog tretmana otpada. Naime, izvodljivost, odnosno ekonomska opravdanost izgradnje postrojenja za insineraciju otpada, uslovljena je odgovarajućom količinom otpada koja je neophodna da bi investiciona ulaganja bila u zoni isplativosti.

Neki od osnovnih ciljeva koje svaki od predloženih i odabranih alternativnih scenarija mora da ispuni, a u kontekstu obima deponovanog otpada i nivoa reciklaže (izdvajanja materijala iz otpada), definisani su u skladu sa zakonskom regulativom Evropske unije, budući da je Republika Srbija u statusu kandidata za članstvo u EU od januara 2014. godine. Usklađenost je izvršena prema odredbama Okvirne direktive o otpadu (Waste Framework Directive, 2008/98/EC), Direktive o deponijama (Landfill Directive, 1999/31/EC), kao i Direktive o ambalažnom otpadu (Packaging Directive, 94/62/EC).

Ukupan obim reciklaže za komunalni otpad predviđen je na nivou od 54,39%, a samo za ambalažni otpad 79,35% (tabela 2). Ove vrednosti su dobijene kao suma proizvoda masenog udela pojedinačne frakcije u celokupnom otpadu [5] i usvojenog procenta planiranog izdvajanja određenog materijala (tabela 2). Istovremeno, na

osnovu odredbi Direktive o deponijama (1999/31/EC), kao i Uredbe o odlaganju otpada na deponije (Službeni glasnik Republike Srbije 92/2010), obim deponovanog biorazgradivog i ukupnog komunalnog čvrstog otpada, do 2020. godine potrebno je svesti na nivo od 35% količina iz 1995. godine. Treba istaći da za grad Kragujevac i analizirani Region nisu evidentirani pouzdani podaci o komunalnom čvrstom otpadu za 1995. godinu. Otuda, ove vrednosti su dobijene ekstrapolacijom raspoloživih aktuelnih podataka i usvojene stope rasta produkcije komunalnog otpada.

Tabela 2. Količine otpada i procenat reciklaže za referentnu 2020. godinu

DIREKTIVA O DEPONIJAMA							
Komunalni otpad	Odloženo na deponiju (u tonama)			Preusmereno sa deponije (u tonama)			
	Kragujevac	Region		Kragujevac	Region		
Biorazgradivi	8.873	26.376		27.911	82.967		
Ukupno	13.547	40.268		42.611	126.667		
DIREKTIVA O AMBALAŽNOM OTPADU							
Materijal	Papir	Staklo	Metal	Plastika	Drvo	Ukupno (>60%)	
Procenat izdvajanja	80	80	80	80	60	79,35	
OKVIRNA DIREKTIVA O OTPADU							
Fracija otpada	Organski	Baštenski	Papir i karton (amb.) >60%	Papir (ostalo)	Drvo (amb.) >15%	Drvo (ostalo)	Staklo (amb.) >60%)
Procenat izdvajanja	50	50	80	30	60	30	80
Fracija otpada	Staklo (ostalo)	Metal (amb.) >50%	Metal (ostalo)	Plastika (amb.) >22,5%	Plastika (ostalo)	Ostali otpad	Ukupno (>50%)
Procenat izdvajanja	30	80	30	80	30	30	54,39

U tabeli 3 prikazani su potrebni kapaciteti predviđenih postrojenja za tretman komunalnog otpada za oba razmatrana sistema.

Tabela 3. Potrebni kapaciteti postrojenja za tretman komunalnog otpada

Potrebni kapaciteti postrojenja (u tonama, KG- Kragujevac, R- Region)										
God.	Ukupna količina otpada		Ambalažni otpad (izdvojen na izvoru)		Biorazgradivi otpad (izdvojen na izvoru)		Mešani otpad		Ostali otpad	
	KG	R	KG	R	KG	R	KG	R	KG	R
1995	38.704 [*]	115.053 [*]	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	51.359	152.669	15.466	45.975	10.970	32.610	23.425	69.632	1.498	4.452
2020	56.158	166.935	16.912	50.271	11.995	35.657	25.614	76.139	1.638	4.868
2034	69.173	205.623	20.831	61.922	14.775	43.921	31.550	93.784	2.017	5.996

*ne postoje podaci, ekstrapolirana vrednost

U skladu sa iskustvom i savremenim rešenjima u razvijenim zemljama, uzimajući u obzir trenutno stanje u oblasti upravljanja otpadom u Republici Srbiji, na

lokalnom i regionalnom nivou, kao i odgovarajuće karakteristike otpada, u svrhu analize, odabrane su sledeće tehnologije tretmana:

- 1) Kompostiranje,
- 2) Anaerobna digestija (AD),
- 3) Postrojenja za izdvajanje materijala (separacija i reciklaža) (MRF),
- 4) Mehaničko - biološki tretman (sa opcijom kompostiranja dela mešanog otpada) (MBT),
- 5) Mehaničko - biološki tretman (sa opcijom anaerobne digestije dela mešanog otpada) (MBT),
- 6) Biološko sušenje mešanog otpada,
- 7) Spaljivanje – insineracija mešanog otpada.

Kroz formiranje relativno velikog broja scenarija, svaka od navedenih tehnologija (postrojenja) za tretman mešanog dela otpada je uključena u bar neko od varijantnih rešenja. Na taj način je sprovedena i odgovarajuća valorizacija primene tih tehnologija, i ocenjen stepen kompatibilnosti sa tehnologijama tretmana ostalih frakcija komunalnog otpada. Treba napomenuti da je, iz razloga kapacitativnih ograničenja, postrojenje za insineraciju uključivano samo u predložena rešenja za regionalni sistem upravljanja otpadom.

Predviđena mogućnost instalacije dva postrojenja za tretman mešane komponente otpada je iskorišćena u gotovo polovini kreiranih scenarija.

U okviru dvadeset četiri scenarija za Kragujevac, u trinaest je za tretman biološkog otpada korišćen proces kompostiranja, a u jedanaest proces anaerobne digestije, Potpuno isti odnos zastupljenosti ove dve vrste tretmana je i kod scenarija upravljanja otpadom formiranih i za Region. Ambalažni otpad je u svim scenarijima usmeravan u postrojenja za sekundarnu separaciju. Što se tiče mešanog otpada, dominantna je tehnologija mehaničko – biološkog tretmana. Ovaj vid tretmana je primenjen u jednom od dva predviđena postrojenja i to u dvadeset tri scenarija za grad i dvadeset jedan za Region. Biološko sušenje mešanog otpada je predviđeno u četrnaest scenarija za grad i u pet za Region. Insineracija kompletnog dela mešanog otpada je primenjena samo u jednom scenariju za upravljanje otpadom na nivou Regiona. Spalionica, kao primarno postrojenje za tretman mešane komponente komunalnog otpada, predviđena je u još jednom scenariju (4R), gde se određeni deo ovog tipa otpada tretira kroz proces biološkog sušenja. Proces spaljivanja preostalog mešanog otpada u okviru eventualnog sekundarnog postrojenja čini sastavni deo četiri predložena alternativna rešenja za regionalni sistem.

Dva postrojenja za tretman mešanog otpada, predviđena su u ukupno trinaest scenarija za grad i deset za Region.

RDF i SRF (gorivo iz otpada i čvrsta goriva masa iz otpada) su, u predloženim rešenjima gradskog sistema upravljanja komunalnim čvrstim otpadom, šesnaest puta iskorišćeni za dobijanje energije iz otpada dok je, u preostalih osam varijanti, planirano njihovo deponovanje. U slučaju regionalnog sistema, ovi produkti su sedam puta transportovani na deponiju a devet puta su predstavljali energetske gorivo. U šest scenarija, koji uključuju opciju spaljivanja preostalog mešovito otpada, ove komponente se i ne pojavljuju u procesu.

U tabelama 4 i 5 korišćene su sledeće skraćenice: TBO (tretman biološkog otpada), TAO (tretman ambalažnog otpada), TMOT1 (tehnologija za postrojenje 1 za tretman mešanog otpada), TMOT2 (tehnologija za postrojenje 2 za tretman mešanog otpada), komp. (kompostiranje), rec. (reciklaža), %1 (procenat mešanog otpada koji se tretira u postrojenju 1) i %2 (procenat mešanog otpada koji se tretira u postrojenju 2).

Tabela 4. Alternativni scenariji upravljanja otpadom za grad Kragujevac

GRAD KRAGUJEVAC (Ukupna količina otpada: 56 158 t)							
Scenario	Tehnologija tretmana otpada za:						
	Biološki otpad (11 995 t)	Ambalažni otpad (16 912 t)	Preostali, mešani rezidualni otpad (25 614 t)				Ostali otpad (1 638 t)
	TBO	TAO	TMOT1	% 1	TMOT2	% 2	RDF/SRF tretman
1G	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	100	-	0	Deponovanje
2G	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (komp. RDF)	100	-	0	Deponovanje
3G	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (AD, rec.)	100	-	0	Deponovanje
4G	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (AD, RDF)	100	-	0	Deponovanje
5G	AD	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	100	-	0	Otpad u energiju
6G	AD	MRF postrojenje	MBT (AD, RDF)	100	-	0	Otpad u energiju
7G	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	80	Biološko sušenje	20	Otpad u energiju
8G	AD	MRF postrojenje	MBT (AD, rec.)	80	Biološko sušenje	20	Otpad u energiju
9G	Kompostiranje	MRF postrojenje	Biološko sušenje	100	-	0	Deponovanje
10G	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (komp. RDF)	75	Biološko sušenje	25	Otpad u energiju
11G	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	50	Biološko sušenje	50	Deponovanje
12G	AD	MRF postrojenje	Biološko sušenje	51	MBT (AD, rec.)	49	Otpad u energiju
13G	AD	MRF postrojenje	Biološko sušenje	60	MBT (komp., rec.)	40	Deponovanje
14G	AD	MRF postrojenje	Biološko sušenje	60	MBT (komp., RDF)	40	Otpad u energiju
15G	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (AD, RDF)	60	Biološko sušenje	40	Otpad u energiju
16G	AD	MRF postrojenje	MBT (komp., RDF)	80	Biološko sušenje	20	Otpad u energiju
17G	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	100	-	0	Otpad u energiju
18G	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (AD, rec.)	100	-	0	Otpad u energiju
19G	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	50	Biološko sušenje	50	Otpad u energiju
20G	AD	MRF postrojenje	Biološko sušenje	60	MBT (komp., rec.)	40	Otpad u energiju
21G	AD	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	100	-	0	Deponovanje
22G	AD	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	80	Biološko sušenje	20	Otpad u energiju
23G	AD	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	50	Biološko sušenje	50	Otpad u energiju
24G	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (komp., RDF)	100	-	0	Otpad u energiju

Tabela 5. Alternativni scenariji upravljanja otpadom za Region

REGION (Ukupna količina otpada: 166 935 t)							
Scenario	Tehnologija tretmana otpada za:						
	Biološki otpad (35 657 t)	Ambalažni otpad (50 271 t)	Preostali, mešani rezidualni otpad (76 139 t)				Ostali otpad (4 868 t)
	TBO	TAO	TMOT1	% 1	TMOT2	% 2	RDF/SRF tretman
1R	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	100	-	0	Deponovanje
2R	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (komp. RDF)	100	-	0	Deponovanje
3R	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (AD, RDF)	100	-	0	Otpad u energiju
4R	Kompostiranje	MRF postrojenje	Insineracija	60	Biološko sušenje	40	-
5R	AD	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	100	-	0	Otpad u energiju
6R	Kompostiranje	MRF postrojenje	Insineracija	100	-	0	-
7R	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	40	Insineracija	60	-
8R	AD	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	40	Insineracija	60	-
9R	Kompostiranje	MRF postrojenje	Biološko sušenje	100	-	0	Deponovanje
10R	AD	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	40	Insineracija	60	-
11R	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (komp. RDF)	75	Biološko sušenje	25	Otpad u energiju
12R	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (AD, RDF)	40	Insineracija	60	-
13R	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	50	Biološko sušenje	50	Deponovanje
14R	AD	MRF postrojenje	Biološko sušenje	75	MBT (AD, rec.)	25	Otpad u energiju
15R	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (komp. RDF)	40	Insineracija	60	-
16R	AD	MRF postrojenje	MBT (AD, RDF)	40	Insineracija	60	-
17R	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	100	-	0	Otpad u energiju
18R	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (komp. RDF)	100	-	0	Otpad u energiju
19R	AD	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	100	-	0	Deponovanje
20R	AD	MRF postrojenje	MBT (komp. RDF)	100	-	0	Deponovanje
21R	AD	MRF postrojenje	MBT (komp. RDF)	100	-	0	Otpad u energiju
22R	AD	MRF postrojenje	MBT (AD, rec.)	100	-	0	Deponovanje
23R	AD	MRF postrojenje	MBT (AD, rec.)	100	-	0	Otpad u energiju
24R	AD	MRF postrojenje	MBT (AD, RDF)	100	-	0	Otpad u energiju

3 MULTIPARAMETARSKA ANALIZA I VIŠEKRITERIJUMSKO ODLUČIVANJE

U skladu sa navedenim projektovanim ciljevima, definisani su i odgovarajući kriterijumi u okviru procesa simulacije i vrednovanja alternativnih tehnologija upravljanja komunalnim čvrstim otpadom. Ovi kriterijumi se mogu svrstati u sledećih pet kategorija [6]:

- 1) *Ekološki kriterijumi* (emisije gasova staklene bašte, emisije sumpor-dioksida, ušteda konvencionalnih goriva, generisanje otpadnih voda, potrošnja vode, produkcija neopasnog otpada, produkcija opasnog otpada, zagađenje bukom),
- 2) *Tehničko – energetski kriterijumi* (postojeće iskustvo – pouzdanost, prilagodljivost lokalnim uslovima, fleksibilnost, energetska potrošnja, energetska produkcija, sekundarni proizvodi, povezanost sa reciklažnim aktivnostima),
- 3) *Ekonomski kriterijumi* (kapitalni troškovi, troškovi funkcionisanja i održavanja, prihodi od proizvoda, potrebna površina zemljišta, tržišno stanje proizvoda, eksterni troškovi i dobiti),
- 4) *Sociološki kriterijumi* (društvena prihvatljivost, vizuelni uticaj, prihvatanje rizika, kvalitet zapošljavanja, stvaranje novih radnih mesta) i
- 5) *Zakonsko – regulativni kriterijumi* (usklađivanje sa prioritetima domaćeg i zakonodavstva EU, doprinos dostizanju ciljeva Direktive o deponijama).

Da bi se sproveda efikasna i pouzdana simulacija izabranih scenarija upravljanja otpadom, potrebno je definisati rejtinge i težinske koeficijente za svaki od pojedinačnih kriterijuma. Vrednost rejtinga može da varira od 0 (potpuno nevažno) do 100 (maksimalno važno). Težinski koeficijenti, zavisno od odgovarajuće vrednosti rejtinga i ukupnog broja kriterijuma, predstavljaju relativnu vrednost uticaja pojedinačnog kriterijuma. U preliminarnoj fazi simulacija, korišćene su preporučene vrednosti, nastale kao rezultat analiza i istraživanja sprovedenih za susedne zemlje članice Evropske unije [6]. Tokom glavne faze procesa simulacije, izvršeno je specifično variranje rejtinga i težinskih koeficijenata, sa ciljem utvrđivanja uticaja važnosti pojedinih vrsta kriterijuma. Tokom postupka koncipiranja jednog složenog sistema upravljanja komunalnim otpadom, realno je očekivati izvestan sukob interesa različitih učesnika u procesu. Otuda, varijacijom vrednosti rejtinga i težinskih koeficijenata može se uporediti veličina uticaja tih promena što će, u krajnjoj instanci, svakako pružiti dodatne korisne informacije donosiocima konačnih odluka.

U okviru analize i ocenjivanja predloženih scenarija definisano je ukupno 26 različitih kriterijuma kroz simuliranje 5 varijanti različitih vrednosti rejtinga i težinskih koeficijenata. Svaka od varijanti je predviđala dodeljivanje prioriteta (odnosno povećanja vrednosti rejtinga i težinskih koeficijenata) pojedinim grupama kriterijuma (ekološkim, tehničko energetskim itd.) [4].

Treba istaći da je, zbog ograničenog broja scenarija koji u okviru jedne analize mogu da se uporede, u preliminarnoj fazi simulacija uvek vršena zatvorena analiza za po osam alternativnih rešenja (razmatranje relativno malog broja alternativa je karakteristično za sve metode višeatributskog odlučivanja u koje spada i PROMETHEE metoda, na bazi koje je koncipiran softverski paket DSS). U cilju poređenja scenarija koji, u preliminarnoj fazi nisu pripadali istoj grupi, ova algoritamska specifičnost je prevaziđena naknadnim, parcijalnim, poređenjima varijantnih rešenja sa bliskim vrednostima ocena. Konačno, poređenjem ocena svih četrdeset osam scenarija (u okviru dve podgrupe, 24 + 24), izvršen je izbor od po devet najbolje ocenjenih scenarija za grad Kragujevac i Region. Na kraju, u okviru tih grupa, konačno su rangirani scenariji.

Tehnologije tretmana i količine otpada za pojedine vrste otpada, za najbolje ocenjene scenarije za oba sistema (17G i 17R), predstavljene su u tabeli 6. U tabeli 7, prikazani su maseni bilansi za ta dva scenarija.

Tabela 6. Tehnologije i količine tretiranog otpada za najbolje rangirane scenarije

Scenario	Vrsta otpada				
	Biološki otpad	Ambalažni otpad	Preostali mešani otpad	Mešani otpad Postrojenje 1	RDF/SRF
17G	Kompostiranje (11.995 t)	MRF postrojenje (16.912 t)	MBT (kompostiranje i reciklaža) (25.614 t)	100 %	Otpad u energiju
17R	Kompostiranje (35.657 t)	MRF postrojenje (50.271 t)	MBT (kompostiranje i reciklaža) (76.139 t)	100 %	Otpad u energiju

Tabela 7. Maseni bilansi kod najbolje ocenjenih scenarija

M A S E N I B I L A N S (za dva najbolja scenarija)		
(u tonama)	Scenario 17G	Scenario 17R
Ukupno reciklirano	18.643	55.417
Fe	1.207	3.587
Al	234	696
Plastika	7.081	21.048
Papir	8.351	24.825
Staklo	1.358	4.036
Drvo	412	1.226
RDF	3.785	11.250
SRF	0	0
Kompost (nizak kvalitet)	3.838	11.410
Kompost (visok kvalitet)	4.198	12.480
Biogas	0	0
Gubici	12.715	37.796
Rezidue, ostaci	11.341	33.713

4 ZAKLJUČAK

Stanje u sektoru upravljanja otpadom, prepoznato je kao jedan od ključnih problema zaštite životne sredine. Izbor optimalne tehnologije podrazumeva

sagledavanje uticaja velikog broja faktora, kao i specifičnosti okruženja [7]. Veliki broj i raznovrsnost kriterijuma za vrednovanje performansi sistema upravljanja otpadom, nameće potrebu za primenom složenih metoda i alata koji treba da pomognu donosiocima odluka prilikom procedure izbora optimalnih rešenja. Za sistem upravljanja komunalnim otpadom na teritoriji grada Kragujevca, najpovoljniju alternativu predstavlja scenario sa oznakom 17G. U okviru ovog sistema, za tretman biološkog otpada predviđen je proces kompostiranja, za tretman ambalažnog otpada MRF postrojenje, dok je za tretman mešanog otpada planirana izgradnja samo jednog postrojenja, koje uključuje mehaničko–biološki tretman sa kompostiranjem organske komponente otpada, kao i reciklažu reciklabilnih materijala. RDF i SRF komponente se, prema ovom scenariju, usmeravaju u postrojenja za dobijanje energije. Na nivou Regiona, najbolje ocenjeni scenario je 17R. Proces kompostiranja biološkog otpada pokazao se kao relativno superioran u pogledu uticaja na opšte performanse sistema. Pod odgovarajućim okolnostima i u skladu sa određenim interesima, i postupak anaerobne digestije daje visoko rangirane rezultate.

ZAHVALNOST

Ovaj rad predstavlja deo istraživanja realizovanih na projektu TR 33015, finansiranom od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] Marttunen, M.,(2011), Description of Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA), Finnish Environment Institute.
- [2] Panagiotidou, N., Stavrakakis, G., Maria, E., (2010), Decision Support Software, Technical University of Crete.
- [3] Službeni glasnik Republike Srbije (2010). Nacionalna strategija za upravljanje otpadom za period 2010-2019, Vlada Republike Srbije, Beograd, Srbija, *Službeni glasnik RS*, br. 29, str. 13-57.
- [4] Jovanović, S. (2015). Modeliranje ekološko-energetskih i ekonomskih performansi održivih tehnologija upravljanja čvrstim otpadom, *Doktorska disertacija*, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Kragujevac.
- [5] Vujić, G., Ubavin, D., Batinić, B., Vojinović Miloradov, M., Štrbac, D., Gvozdenac, B., Stanisavljević, N., Milovanović, D., Adamović, D., Bačlić, S., Dvornić, A., (2009), Utvrđivanje sastava otpada i procene količine u cilju definisanja strategije upravljanja sekundarnim, sirovinama u sklopu održivog razvoja Republike Srbije, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
- [6] Alevridou, A., Venetis, C., Malini, D., Epoglou, O., Papatīs, T., Skopa, T.,(2011), BALKWASTE - Report on the Criteria for the Assessment of Alternative Technologies version 2, Technical University of Crete.
- [7] Jovanović, S., Jovičić, N., Bošković, G., Đorđević, Z. (2016). Izbor optimalnog sistema upravljanja komunalnim čvrstim otpadom na osnovu ekoloških, energetskih i ekonomskih performansi. *Energija, ekonomija, ekologija*, vol. 18, no. 3-4, p.p. 304-312.

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

621.03(082)(0.034.4)

МЕЂУНАРОДНА научна конференција "Примијењене технологије у машинском инжењерству" COMETA (4 ; 2018 ; Источно Сарајево)
Zbornik radova [Elektronski izvor] / [4. Међународна научна конференција "Primijenjene tehnologije u mašinskom inženjerstvu", COMETA 2018.], Istočno Sarajevo - Jahorina, BiH, RS 27 - 30. Novembar 2018. = Proceedings / 4th International Scientific Conference "Conference on Mechanical Engineering Technologies and Applications" COMETA 2018, 27th - 30th November 2018, East Sarajevo - Jahorina ; [urednici, editors Milija Krašnik]. - 1 izd. - Istočno Sarajevo : Mašinski fakultet, 2018. - 1 optički disk (CD-ROM) : tekst, slika ; 12 cm

Sistemske zahtjevi nisu navedeni. - Radovi na srp. i engl. jeziku. -
Napomene i bibliografske reference uz tekst. - Bibliografija uz svaki rad.
- Rezimeji na engl. i srp. jeziku.

ISBN 978-99976-719-4-3

COBISS.RS-ID 7818520

ISBN 978-99976-719-4-3

ISBN 978-99976-719-4-3



9 789997 671943