

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА
ВЕЋУ ЗА ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКЕ НАУКЕ УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ**

На седници Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу одржаној 23.06.2022. године (број одлуке: 01-1/1943-24) и на седници Већа за техничко-технолошке науке одржаној 12.07.2022. године (број одлуке: IV-04-518/22) којом смо одређени као чланови Комисије за подношење извештаја за оцену научне заснованости теме и испуњености услова кандидаткиње за израду докторске дисертације:

**„МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ПРЕДВИЂАЊЕ И МОНИТОРИНГ ВРЕДНОСТИ СТЕПЕНА
РЕЦИКЛАЖЕ КОМУНАЛНОГ ОТПАДА НА НАЦИОНАЛНОМ НИВОУ“**

у научној области Машинско инжењерство, ужа научна област: Енергетика и заштита животне средине, кандидаткиње **Ангелине Цветановић, маг. инж. заштите животне средине.**

На основу података, којима располажемо, достављамо следећи:

ИЗВЕШТАЈ

1. Научни приступ проблему предложеног нацрта докторске дисертације и процена научног доприноса крајњег исхода рада

У предложеном нацрту докторске дисертације, кандидаткиња је образложила предмет истраживања, наводећи актуелност и значај истраживања у области управљања отпадом.

Поред глобалног загревања, деградације животне средине, контаминације воде, ваздуха и земљишта - отпад представља један од приоритетних еколошких проблема у домену заштите животне средине на глобалном нивоу. Као последица процеса урбанизације и унапређења животног стандарда популације, стопа генерисања отпада је у константном порасту. У циљу ублажавања негативних последица које генерисање комуналног отпада има на животну средину, потребно је имплементирати системе интегралног управљања отпадом, чије се досадашње праксе ослањају на хијерархију управљања отпадом. Под хијерархијом управљања отпадом подразумева се редослед приоритета у пракси управљања отпадом, који омогућава да се отпадом управља начином којим се постиже најбољи ефекат по заштиту животне средине.

Принципи хијерархије управљања отпадом се заснивају на смањењу генерисане количине отпада, трансформацији отпада у ресурсе, редукацији трајног одлагања отпада који је могуће поново искористити, али и на обезбеђењу висококвалитетног рециклирања кроз развој концепта продужене одговорности произвођача и унапређења тржишта секундарних сировина¹. Процес рециклаже јесте процес под којим се подразумева издвајање материјала и супстанци из отпада. у циљу поновног

¹ Decision No 1386/2013/EU of the European Parliament and of the Council of 20 November 2013 on a General Union Environment Action Programme to 2020 'Living well, within the limits of our planet' Интернет адреса: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32013D1386> [online], датум приступа 06. мај 2022. године.

коришћења таквих материјала у процесима производње. Повећањем степена рециклаже остварују се бројни економски, еколошки и социјални бенефити, кроз истовремено подстицање циркуларног економског модела, који се карактерише као регенеративни модел у оквиру којег се препоручује кружење и продужавање материјалних и енергетских токова током животног циклуса производа.

Према проценама Светске банке², 19 % укупно генерисаног комуналног отпада на глобалном нивоу подвргава се поступцима поновног искоришћења отпада, а у оквиру процеса рециклаже. Како наведени степен рециклаже утиче на угрожававање остваривања одрживог развоја и постизања основних принципа циркуларне економије, у државама широм света се усвајају стратегије за контролу и мере смањења настајања отпада и повећање степена рециклаже. На примеру држава које су се укључили у креирање стратегија за одрживо и интегрално управљање комуналним отпадом, може се закључити да је овај процес дуготрајан и да захтева финансијска улагања, али да су последице значајне при ублажавању последица отпада по околину.

Законска регулатива Европске уније и дефинисани приоритетни циљеви у области управљања отпадом, могу у значајној мери да утичу на смањење генерисања отпада, чиме би цео европски континент остварио бројне друштвене, еколошке, али и економске користи. Стога, тежња Европске уније јесте успоставити интегралне системе управљања комуналним отпадом чија је сврха спречавање настајања истог, али и употреба генерисаног отпада као ресурса, превасходно за добијање секундарних сировина. Дефинисани циљеви Европске уније јесу повећање степена рециклаже генерисаног комуналног отпада на 55 % до 2025. године, 60 % до 2030. године и 65 % до краја 2035. године³.

Управљање отпадом у Републици Србији захтева темељне трансформације будући да се од Републике Србије, као кандидата за чланство у Европској унији, захтева да усаглашава своје законодавство са новим европским политикама за управљање отпадом и транзицију ка циркуларној економији. На основу последњег доступног Програма управљања отпадом за период од 2022. до 2031. године, постојећи степен рециклаже у Републици Србији износи 15,45 %⁴. Упоредивањем националног степена рециклаже комуналног отпада са постављеним циљевима Европске уније, закључује се да је потребно уложити значајне напоре у промене активности и организацију система управљања отпадом, који су уређени од стране јединица локалних самоуправа, а реализовани од стране комуналних предузећа која послују на територији Републике Србије. Постојећи систем управљања отпадом треба да буде унапређен на тај начин да се постигне што већи степен раздвојено сакупљеног и рециклираног отпада, применом концепта искоришћења максималног рециклажног потенцијала на националном нивоу. Као основни проблем при искоришћењу максималног рециклажног потенцијала у Републици Србији, препознаје се недостатак инфраструктурног система за рециклажу. У циљу подстицања рециклаже на локалном нивоу, неопходно је унапредити инфраструктуру за интегрално управљање отпадом. Примарно, потребно је побољшати постојеће системе за сакупљање и транспорт издвојених рециклабила, али и мрежу постројења за третман издвојене количине комуналног отпада.

² Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., Van Woerden, F. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Urban Development Series. Washington, DC: World Bank. DOI:10.1596/978-1-4648-1329-0. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO.

³ *Directive (EU) 2018/851 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018*. Интернет адреса: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.150.01.0109.01.ENG [online], датум приступа: 10. мај 2022. године.

⁴ *Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on Waste and Repealing Certain Directives; Amended by Directive (EU) 2018/851 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018*. Интернет адреса: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.150.01.0109.01.ENG [online], датум приступа: 10. мај 2022. године.

Сходно свему наведеном, кандидаткиња је предложила програм и план истраживања у наведеној области, који је у складу са савременим научним методама истраживања. Истраживање се заснива на развијању нове методологије за предвиђање и мониторинг вредности степена рециклаже комуналног отпада на националном нивоу.

Имајући у виду приказ проблема истраживања, полазне хипотезе и предложене научне методе истраживања, приказани нацрт докторске дисертације садржи све елементе који су потребни, да би се у изради докторске дисертације дао научни допринос, а који је притом значајан за даљи развој научних студија у области истраживања.

Очекивани резултати предложене докторске дисертације су:

- Преглед стања и систематизација резултата у подручју досадашњих истраживања;
- Дефинисање нове методологије за предвиђање и мониторинг вредности степена рециклаже комуналног отпада на националном нивоу;
- Развијена методологија послужиће као основа за процену напретка ка ефикасном постизању све ригорознијих еколошких захтева у области управљања отпадом;
- Идентификација кључних ризика који утичу на постизање дефинисаних циљева вредности степена рециклаже у динамичном систему управљања комуналним отпадом.

Резултати рада на дисертацији могу омогућити доносиоцима одлука олакшано планирање и примену одрживог система управљања отпадом у дужем временском периоду у Републици Србији.

Веза са досадашњим истраживањима

Увидом у објављене радове у научним и стручним часописима, као и радове објављене на међународним конференцијама може се закључити да се кандидаткиња **Ангелина Цветановић** бавила истраживањем у ужој научној области Енергетике и заштите животне средине.

Рад у оквиру предложене дисертације омогућава кандидаткињи да оствари континуитет у свом истраживачком раду, што поред стручног усавршавања кандидаткиње, има за циљ и развој нове методологије за предвиђање и мониторинг вредности степена рециклаже комуналног отпада на националном нивоу, која може бити примењена у пракси на реалним проблемима. Наступајућа истраживања кандидаткиње у оквиру израде докторске дисертације ослањала би се на наредну литературу:

Планирање система управљања отпада је веома сложен процес, како са методолошког, тако и са практичног аспекта будући да актери морају да формализују различите стратегије упоређујући све аспекте одрживог развоја - економски, социјални и еколошки аспект. Иако су стопе генерисања отпада по глави становника у државама у развоју ниже него у развијенијим државама, капацитет одговорних локалних власти да управљају отпадом је ограничен у готово свим елементима система за управљање чврстим отпадом: настанак чврстог отпада, руковање отпадом на извору, сакупљање и транспорт отпада, третман отпада и трајно одлагање отпада (*Barton et al., 2008*)⁵.

⁵ Barton, J.R., Issaias, I., Stentiford, E.,I. (2008). *Carbon - Making the right choice for waste management in developing countries*. Waste Management, 28, pp. 690–698, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.09.033>.

*Silva de Souza Lima Cano et al. (2022)*⁶ су у својој студији открили да је основни проблем приликом разумевања изазова ланца вредности рециклаже комуналног отпада, различита терминологија која се користи широм света. Стога, аутори су прегледом 58 научних радова интегрисали ланце вредности рециклаже комуналног отпада у три основна типа: формални, потиснути неформални и хибридни ланац вредности рециклаже. Новоформирана типологија омогућава приказ рециклажног потенцијала на глобалном нивоу и омогућава компарацију ланца вредности рециклаже комуналног отпада између држава.

Рециклажна индустрија поседује значајан потенцијал, али тај потенцијал није искоришћен у већини држава. Рециклажни потенцијал представља однос количине отпада која се потенцијално може прикупити за процес рециклаже и укупне количине генерисаног отпада. Да су потенцијали рециклажне индустрије знатно већи од искоришћеног, показали су у свом истраживању *Williams et al. (2020)*⁷. Аутори су се поред анализе рециклажног потенцијала комуналног отпада, бавили и анализом рециклажног потенцијала грађевинског отпада, али и електричног и електронског отпада на нивоу Европске уније. Закључено је да рециклажни потенцијал комуналног отпада износи 80 % што је значајно више од тренутног степена рециклаже који износи 43 %.

Степен рециклаже комуналног отпада се сматра метриком којом је могуће показати ефикасност система управљања отпадом, а уједно представља и кључну метрику транзиције ка циркуларној економији (*Fellner and Lederer, 2020*)⁸. Национални степени рециклаже се пријављују одговорним организацијама широм света, али различите методе одређивања наведених степена отежавају њихову компарацију. Премда, реални степени рециклаже приказују количину отпада која је заправо рециклирана и враћена у економију без било каквог остатка, државе чланице Европске уније су у обавези да извештавају само количине отпада које се издвоје и пошаљу ка постројењима за рециклажу.

*Abbott et al. (2011)*⁹ су у свом раду показали да постоје и знатне варијације у степену рециклаже општина на територији једне државе. Анализа је спроведена за 434 општине на територији Уједињеног Краљевства у периоду између 2006. и 2008. године. Резултати истраживања су показали да су варијације степена рециклаже у општинама последице различитих метода прикупљања издвојених рециклабила и учесталости прикупљања истих, а које су дефинисане од стране локалних власти.

Систематизацијом репрезентативних искустава, могуће је извршити идентификацију варијабли које утичу на повећање степена издвајања рециклабила, последично и на укупни степен рециклаже. Прегледом литературе се не препоручује посебна функција између степена рециклаже и независних

⁶ Silva de Souza Lima Cano, N., Iacovidou, E., Rutkowski, E., W. (2022). *Typology of municipal solid waste recycling value chains: A global perspective*, Journal of Cleaner Production, Volume 336, 130386, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130386>.

⁷ Williams, R., Artola, I., Beznea, A., Nicholls, G.. (2020). *Emerging Challenges of Waste Management in Europe Limits of Recycling*. TEC2119EU, 84.

⁸ Fellner, J., Lederer, J. (2020). *Recycling rate – The only practical metric for a circular economy?*, Waste Management, Vol. 113, pp. 319-320, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.06.013>

⁹ Abbott, A., Nandeibam, Sh., O'Shea L. (2011). *Explaining the variation in household recycling rates across the UK*, Ecological Economics, Vol. 70, No. 11, pp. 2214-2223, ISSN 0921-8009, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.06.028>.

варијабли, које могу бити политичке, географске, демографске, социо-економске, еколошке и техничке (Hage and Söderholm, 2008¹⁰; Iacovidou et al., 2017¹¹).

Struk and Boda (2022)¹² су анализирали факторе који утичу на перформансе система управљања отпадом у општинама на територији Републике Чешке. У оквиру овог рада, идентификовано је дванаест фактора који могу имати позитиван или негативан утицај на еколошку компоненту система управљања отпадом, а користећи податке из 470 општина. Процена учинка и накнадна анализа утицаја идентификованих фактора извршена је коришћењем анализе обавијања података (енгл. *Data envelopment analysis - DEA*). DEA је постала веома заступљено квантитативно, аналитичко средство за мерење и процену различитих перформанси, али и за упоредну анализу ефикасности специфичних јединица у једном скупу (Li & Xu, 2008¹³). Најпре, DEA је била намењена за одређивање ефикасности непрофитних организација, али касније примена ове методе се проширила за мерење ефикасности јединица одлучивања у готово свим областима.

Прва непараметарска студија која се фокусира на мерење ефикасности у сектору управљања отпадом, тачније у сектору сакупљања комуналног отпада извршена је крајем осамдесетих година прошлог века. Vilardell i Riera (1989)¹⁴ су применили анализу обавијања података за процену ефикасности процеса сакупљања комуналног отпада у укупно 46 јединица локалних самоуправа у Каталонији, аутономној заједници Шпаније.

У периоду од 2010. до 2017. године, Lo Storto (2021)¹⁵ је извршио свеобухватно испитивање повезаности ефективности и ефикасности перформанси система управљања отпадом у укупно 258 општина на територији Апулије, регије у Јужној Италији. У оквиру прве фазе истраживања, мере за три индикатора ефикасности су израчунате применом *DEA* методе са излазно орјентисаним моделом. Друга фаза истраживања се заснивала на *Panel Tobit* регресионој анализи са насумичним параметрима, која је коришћена да се испита једносмерна веза између ефективности и ефикасности система управљања отпадом, а узимајући у обзир хетерогеност свих анализираних општина и специфичних фактора, као што су: социо-економске варијабле, социо-демографске варијабле, понашање друштва, карактеристике генерисаног отпада, институционални оквир и законска регулатива, инфраструктура система управљања отпадом, итд. Резултати непараметарске *DEA* методе показали су да је неколико општина далеко од постизања прихватљивих нивоа ефикасности. Нефикасност система управљања отпадом на нивоу једне општине се односи на оптималну величину услуге, коришћење ресурса и организацију, али и планирање.

¹⁰ Hage, O., Söderholm, P., 2008. *An econometric analysis of regional differences in household waste collection: the case of plastic packaging waste in Sweden*. Waste Management, 28 (10), pp. 1720–1731, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.08.022>.

¹¹ Iacovidou, E., Velis, C.A., Purnell, Ph., Zwirner O., Brown, A., Hahladakis, J., Millward-Hopkins, J., Williams, P., T. (2017). *Metrics for optimising the multi-dimensional value of resources recovered from waste in a circular economy: A critical review*, Journal of Cleaner Production, Vol. 166, pp. 910-938, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.100>.

¹² Struk, M., Boďa, M. (2022). *Factors influencing performance in municipal solid waste management – A case study of Czech municipalities*, Waste Management, Volume 139, Pages 227-249, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.09.022>

¹³ Li, B., & Xu, J. (2008). *An evaluation model based on data envelopment analysis and its application to county circular economy*. World Journal of Modelling and Simulation, 4(1), pp. 35-43.

¹⁴ Vilardell, L., Riera, I. (1989). *L'eficiència en l'actuació de les administracions municipals: una avaluació del servei de recollida de residus sòlids urbans*. Revista Econòmica de Catalunya, 1.11: 20-33.

¹⁵ Lo Storto, C.L., (2021). *Effectiveness-efficiency nexus in municipal solid waste management: A non-parametric evidence-based study*. Ecological Indicators, Volume 131, November 2021, 108185, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108185>.

Huang et al. (2011)¹⁶ проценили су перформансе процеса сакупљања комуналног чврстог отпада на Тајвану, а кроз развој композитног агрегатног индекса за процену ефикасности комуналног отпада. Агрегатни индекс је креиран на основу кључних индикатора перформанси, који су одабрани на основу различитих критеријума. Коначни резултати агрегатног индекса су израчунати према резултатима DEA методе и применом тежинских коефицијената. Свака локална самоуправа у Тајвану имала је могућност да процени своје перформансе упоређујући резултат добијеног индикатора са сопственим резултатима из прошлости.

DEA метода се често користи у комбинацији са другим методама што су и показали Cristóbal et al. (2016)¹⁷. Аутори су развили методологију за комбиновану употребу DEA методе и анализе животног циклуса, која је примењена на систем управљања отпадом од хране. Могућности ове методологије су илустроване помоћу студије случаја која анализира шест опција управљања отпадом од хране у просечној европској држави. На основу свеобухватне анализе заснованој на сету различитих категорија еколошких утицаја, резултати показују да се четири од шест опција сматрају ефикасним, док се остале две сматрају неефикасним.

Halkos & Petrou (2019)¹⁸ одредили су еколошку ефикасност 28 држава Европске уније у националном генерисању отпада применом DEA методе, а у периоду од 2008. до 2014. године. За одређивање ефикасности, коришћено је осам параметара, односно генерисање чврстог комуналног отпада, стопа запошљавања, формирање капитала, бруто домаћи производ, густина насељености и емисије сумпор-оксида, азот-оксида и гасова са ефектом стаклене баште из сектора отпада. Добијени емпиријски резултати су кориговани како би се добили тачни резултати ефикасности за сваку анализирану државу, а као најефикасније државе у националном генерисању отпада издвајају се Немачка, Ирска и Уједињено Краљевство. У раду је извршена компарација добијених резултата и степена рециклаже сваке разматране државе, на основу чега је закључено да степен рециклаже заправо осликава резултате DEA методе, односно државе које су се показале као ефикасније имају виши степен рециклаже.

Giannakitsidou et al. (2020)¹⁹ приказали су начин мерења перформанси европских држава у управљању и експлоатацији комуналног чврстог отпада имплементацијом DEA методе, а на основу ког је извршено рангирање држава у складу са њиховим еколошким перформансама и перформансама циркуларне економије. Проблем управљања и експлоатације комуналног чврстог отпада је решен коришћењем генерисане количине чврстог комуналног отпада по глави становника и три димензије индекса друштвеног напретка као улазног податка и степена рециклаже, као излазног материјала. Након компарације перформанси 26 европских држава, установљено је да Белгија поседује најбоље еколошке перформансе и перформансе циркуларне економије.

¹⁶ Huang, Y., T., Pan, T., C., Kao, J. J. (2011). *Performance assessment for municipal solid waste collection in Taiwan*, 92(4), pp. 1277–1283. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.12.002>

¹⁷ Cristóbal, J., Limleamthong, Ph., Manfredi, S., Guillén-Gosálbez, G. (2016). *Methodology for combined use of data envelopment analysis and life cycle assessment applied to food waste management*. *Journal of Cleaner Production*, 135, (1), pp. 158-168, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.085>.

¹⁸ Halkos, G., Petrou, K. N. (2018). *Assessing 28 EU Member States' environmental efficiency in national waste generation with DEA*. *Journal of Cleaner Production*, 208, pp. 509-521, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.145>.

¹⁹ Giannakitsidou, O., Giannikos, I., Chondrou, A. (2020). *Ranking European countries on the basis of their environmental and circular economy performance: A DEA application in MSW*. *Waste Manag.* 109, pp. 181-191. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.04.055>.

Систем управљања комуналним отпадом јесте комплексан и динамичан систем, који би требало прилагођавати кроз време, а у складу са променама у самој структури система. Будући да се *DEA* метода већ увелико користи за одређивање перформанси специфичних јединица у систему управљања отпадом, потребно је пратити и перформансе кроз одређени временски период, а истовремено пратити и њихову динамику.

Употреба динамичких система је препозната као ефикасан алат за подршку одлучивању који има способност да на основу специфичних елемената и токова, формира повратне петље које омогућавају ефективно предвиђање будућег понашања система. *Forrester (1994)*²⁰ је истакао да се динамички системи баве комплексним временски променљивим интеракцијама различитих сегмената система, а у циљу идентификације образаца на који одговарајући фактори у одлукама и акцијама утичу на успех целог система, што је и разлог примене овог приступа у различитим областима. Системска динамика се карактерише као приступ који помаже у предвиђању образаца понашања варијабли и корелација зависних и независних варијабли. Како наводе *Popli et al. (2017)*²¹, укључивање системске динамике у области управљања отпадом све је чешћа појава, с обзиром да је наведени приступ један од најбољих могућих начина да се пронађе квантитативни и квалитативни однос између различитих варијабли управљања отпадом, а све у циљу избегавања даљих еколошких, друштвених, технолошких и економских проблема. Један од првих примера употребе системске динамике у систему управљања отпадом потиче из 1973. године (*Randers and Meadows, 1973*)²², док су нешто касније спроведена многа истраживања широм света.

*Baetz and Neebe (1994)*²³ су у свом раду развили модел оптимизације програма рециклаже, заснован на мешовитом целобројном линеарном програмирању, који је искоришћен за разматрање и добијање техно-економских параметара процеса рециклаже, као кључног елемента ефикасног система управљања отпадом. У азијским државама је изражено динамичко моделирање система управљања отпадом. Методологију за разумевање узрочно-последичних интеракција сепарације отпада на извору настајања и ефикасности система управљања отпадом развили су *Sukholthaman and Sharp (2016)*²⁴. Развијена методологија је имплементирана у главном граду Тајланда, Бангкоку, који се састоји од педесет округа. За сваки округ дефинисано је 96 варијабли сврстаних у шест група које утичу на перформансе система управљања отпадом. Формирано је шест динамичких сценарија у софтверу *Vensim*, а на основу којих је закључено да количине рециклабилног и органског отпада, као и количине отпада који се одлаже на депонију зависе од праксе издвајања на извору настајања отпада, односно степена издвајања рециклабилних сировина које је за развијене сценарије износио 8 %, 40 % и 80 %. Степен издвајања отпада на месту настанка утиче и на потребне трошкове и ефикасност услуга сакупљања отпада. Употребом креираних модела доносиоцима одлука је омогућено да врше планирање и моделирање ефикасних начина сакупљања и транспорта отпада на локалном нивоу према предложеним степенима издвајања отпада.

²⁰ Forrester, J.W. (1994). *System dynamics, systems thinking, and soft OR*. Syst Dyn Rev 10(2–3), pp. 245–256, <https://doi.org/10.1002/sdr.426010021>.

²¹ Popli, K., Gamal, S., Seungdo, K. (2017). *A Review of Solid Waste Management using System Dynamics Modeling*. Journal of Environmental Science International. 26 (10). 1185-1200. <https://doi.org/10.5322/JESI.2017.26.10.118.5>

²² Randers, J., Meadows, D.L., (1973). *The dynamics of solid waste generation*. Wright-Allen Press, Inc., Cambridge, MA, 141-211.

²³ Baetz, B., and Neebe A. W. (1994). *A Planning Model for the Development of Waste Material Recycling Programmes*, The Journal of the Operational Research Society, Vol. 45, No. 12, pp. 1374-1384, <https://www.jstor.org/stable/2583931>.

²⁴ Sukholthaman, P., Sharp A. (2016). *A system dynamics model to evaluate effects of source separation of municipal solid waste management: A case of Bangkok, Thailand*. Waste Manag.;52:50-61. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.03.026>

Проблем генерисања и одлагања отпада у Бандунгу, једном од највећих градова Индонезије уочио је *Rahayu et al. (2013)*²⁵. Из тог разлога, у наведеној студији је развијен симулациони модел за који се сматра да ће користити доносиоцима одлука приликом развоја политика и стратегија за унапређење система управљања отпадом у Бандунгу. Развијена нова методологија се заснива на интегралном коришћењу математичке оптимизације, *backcasting* приступу и динамици система, која је коришћења у сврху евалуације специфичних сценарија. Предности овакве методологије се огледају у чињеници да се резултати симулација могу користити приликом креирања дугорочног плана интегралног управљања отпадом на локалном нивоу. Након спроведене симулације, добијени резултати показују да ће у периоду од 2010. до 2035. године количина генерисаног отпада у Бандунгу порасти услед пораста популације и економског развоја, али да би неколико постројења за третман отпада постигло смањење отпада који би био трајно одложен на депоније.

У оквиру свог истраживања, *Lee et al. (2019)*²⁶ су користили динамичко моделирање за процену ефикасности система управљања отпадом од хране у Хонг Конгу. Ефикасност система управљања отпадом од хране је анализирана на основу смањења количине трајно одложеног отпада за 40% у односу на тренутно стање. Истраживањем су предложена три сценарија у којима су се посматрали начини за редукацију генерисања отпада од хране, а на основу повећања степена рециклаже и увођења система наплате одлагања отпада од хране сходно одложеној количини отпада. Софтверски пакет *Stella* је коришћен у циљу креирања динамичког система, а у оквиру ког су најпре идентификоване варијабле које утичу на ефикасност система управљања отпадом од хране: величина домаћинства, партиципација грађана млађих од 65 година у систему управљања отпадом, бруто домаћи производ по глави становника, наплата услуга у области управљања отпадом и образовни ниво становништа. Закључено је да постоји мала вероватноћа да ће се постићи дефинисани циљ смањења одлагања отпада од хране, уколико се не донесу нове смернице или модификују постојеће политике управљања отпадом од хране.

Применом системске динамике, *Madden et al. (2016)*²⁷ су дефинисали смернице за побољшање опоравка ресурса из више различитих токова отпада - комуналног, грађевинског и комерцијалног отпада. Користећи социо-економске податке и податке о систему управљања отпадом у Новом Јужном Велсу (Аустралија) као улазне податке, аутори су предвиђали стопу генерисања отпада и степен рециклаже у референтним условима, које су упоређиване са сценаријима где је примењиван поступак инсинерације. Сврха овог истраживања јесте процена потенцијала опоравка ресурса, односно опоравка енергије из отпада у постизању локалних циљева управљања отпадом.

*Dyson and Chang (2005)*²⁸ су једни од првих аутора који су применили динамичко моделирање система управљања отпадом у Северној Америци. Њихова студија је приказала нови приступ за предвиђање генерисане количине чврстог отпада, који је заснован на скупу ограничених узорака у

²⁵ Rahayu, N., Arai, T., Yudoko, G., Morimoto, H. (2013). *System dynamics models for planning long-term integrated municipal solid waste management in Bandung city*. WIT Transactions on Ecology and the Environment. 179. 1153-1168. <https://doi.org/10.2495/SC130982>

²⁶ Lee, C. K. M., Ng, K. K. H., Kwong, C. K., Tay, S. T. (2019). *A system dynamics model for evaluating food waste management in Hong Kong, China*. Journal of Material Cycles and Waste Management, 21, pp. 433-456 –. <https://doi.org/10.1007/s10163-018-0804-8>.

²⁷ Madden, B., Florin, N., Damien, G. (2016). *Assessment of waste to energy as a resource recovery intervention using system dynamics: A case study of New South Wales, Australia*, Life Cycle Assessment and Other Assessment Tools for Waste Management and Resource Optimization, Cetraro, Italy, https://dc.engconfintl.org/lca_waste/5.

²⁸ Dyson, B., Chang, N. B. (2005). *Forecasting municipal solid waste generation in a fast-growing urban region with system dynamics modeling*. Waste Management, 25(7), pp. 669–679, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2004.10.005>

брзорастућој урбаној средини, у граду Сан Антонио, у Тексасу. Базни модел управљања отпадом у анализираном граду је формиран на основу традиционалне регресионе анализе, док је у софтверском пакету *Stella*, развијено још пет модела на основу комбинација варијабли које утичу на генерисање чврстог отпада попут броја становника, величине домаћинства и прихода домаћинства. Резултати моделирања су корисни за планирање целог система управљања отпадом, али првенствено за одабир локације и капацитета постројења за рециклажу чиме би се поспешили одрживи развој у наведеном граду. Да системска динамика обезбеђује свеобухватан и софистицирани метод симулације за интегрисану процену сложених процеса управљања отпадом, показали су и *Kollikkathara et al. (2010)*²⁹. Динамичка симулација која је извршена за Њуарк, највећи град америчке савезне државе Њу Џерзи, подразумевала је две независне процене у периоду од 2003. до 2013. године. Прогнозе су извршене одвојено и подразумевале су процену количине генерисаног отпада и процену одвојено сакупљених рециклабила, односно процену издвојеног папира и картона, метала, пластике, стакла, опасног и органског отпада. Осим наведених процена, студијом случаја је обухваћена и евалуација искоришћења капацитета локалне депоније, као и трошкова управљања.

Примери истраживања о системској динамици у области управљања отпадом постоје и у Јужној Америци. *Giraldo Retuerto et al. (2021)*³⁰ формирали су динамички модел система управљања отпадом у Лими, главном граду Перуа, који је читавој заједници омогућио холистички поглед на проблем. Применом одговарајућег софтверског пакета, успостављен је динамички систем управљања отпадом у периоду од десет година, који је омогућио анализу и разумевање понашања наглашеног система. Резултати симулација су показали да ће се загађење животне средине услед генерисања отпада полако смањивати, уколико се подигне свест друштва о анализираном проблему и потреби сортирања чврстог комуналног отпада.

*Oriola (2014)*³¹ је утврдио утицај различитих техника, које се примењују приликом сакупљања отпада, на количине генерисаног и сакупљеног отпада али и на залихе отпада у афричкој држави, Нигерији. Софтвер за системску динамику *Vensim* је коришћен за дефинисање динамичког модела и симулацију активности у оквиру система управљања отпадом за период од десет година. Перформансе техника управљања отпадом одређиване су у смислу сакупљеног отпада и залиха отпада. Симулацијама је установљено да се количине сакупљеног отпада повећавају услед повећања стопе генерисања отпада, док се залихе отпада последично повећавају услед повећавања стопе генерисања отпада, али се и смањују повећањем обухвата прикупљања отпада.

Широм Европе су развијене револуционарне студије о динамичким системима управљања отпадом. *Karavezyris et al. (2002)*³² применили су системску динамику и фази логику у циљу решавања проблема чврстог комуналног отпада на локалном нивоу, тачније на нивоу Берлина. Укључивањем фактора као што су рециклажа, трошкови третмана отпада, количине сакупљеног

²⁹ Kollikkathara, N., Feng, H., Yu, D. (2010). A system dynamic modeling approach for evaluating municipal solid waste generation, landfill capacity and related cost management issues. *Waste Manag.*, 30(11), pp. 2194–2203. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.05.012>.

³⁰ Giraldo Retuerto, M., Ysla Espinoza, D., Andrade-Arenas, L. (2021). *System Dynamics Modeling for Solid Waste Management in Lima Peru*. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, 12(7), pp. 537–542. 10.14569/IJACSA.2021.0120762.

³¹ Oriola, A. O. (2014). *System dynamics modelling of waste management system*. *Proceedings of the 2014 Asia-Pacific System Dynamics Conference*, pp. 1–14.

³² Karavezyris, V., Timpe, K. P., Marzi, R. (2002). *Application of system dynamics and fuzzy logic to forecasting of municipal solid waste*, *Mathematics and Computers in Simulation*, 60(3), pp. 149–158, [https://doi.org/10.1016/S0378-4754\(02\)00010-1](https://doi.org/10.1016/S0378-4754(02)00010-1).

отпада, законска регулатива и стање животне средине, основан је динамички модел. Користећи *Vensim* софтвер и међусобним повезивањем варијабли, аутори су закључили да би услед смањења нелегалног одлагања отпада, дошло до повећања степена рециклаже, и обратно.

*Jovičić et al. (2022)*³³ су креирали нову методологију управљања комуналним отпадом у Републици Србији, која се заснива на моделирању динамичког система. Резултати истраживања показују да тренутном праксом управљања отпадом, степен рециклаже у 2035. године би износио 39,45 % што је и даље испод дефинисаног циља Европске уније. Стога, употребљен је приступ одоздо према горе (енгл. *bottom-up*) како би се проценио максимални рециклажни потенцијал. Назначени приступ је омогућио развој сценарија у симулационом софтверу *Vensim*, који показује да би се ниво рециклаже од 65,07 % могао достићи 2035. године у Србији, а узимајући у обзир литературне вредности максималног нивоа издвајања сваке фракције комуналног отпада. Као основни проблем за достизање дефинисаних циљева рециклаже, аутори закључују учешће неформалног сектора, који доприноси 62,3 % укупно издвојеном комуналном отпаду.

У већини држава у развоју, највећи удео рециклаже се обавља од стране неформалног сектора (*Scheinberg et al., 2016*)³⁴. Да неформално сакупљање отпада утиче на укупни степен рециклаже, закључили су и *Botello-Álvarez et al. (2018)*³⁵ у свом истраживању које су спровели за Селају, град у Мексику у савезној држави Гванахуато. Прикупљање, складиштење и комерцијализација вредног чврстог комуналног отпада од стране неформалног сектора представља сложен и динамичан друштвено-економски феномен, који се уједно сматра и еминентним фактором система управљања комуналним отпадом. У Селају удео неформалног сектора при прикупљању отпада износи 72 % што ствара бројне проблеме, од којих се као најзначајнији истичу: проблеми при извештавању о количинама прикупљеног отпада и проблеми везани за националне политике извоза/увоза секундарних сировина (*Botello-Álvarez et al., 2018; Mrkajić et al., 2018*)³⁶.

Ослањајући се на претходне референце и досадашња истраживања кандидаткиње Ангелине Цветановић, закључује се да у области истраживања постоји потреба за формирањем методологије за предвиђање и мониторинг вредности степена рециклаже комуналног отпада на националном нивоу, која би даљим унапређивањем могла бити примењена и на друге врсте отпада.

³³ Jovičić, M., Bošković, G.B., Jovičić, N., Savković, M., Mačuzić, I., Stefanović, M., Klochkov, Y. (2022). *Assessment of the Fragility of the Municipal Waste Sector in Serbia Using System Dynamics Modelling*. Sustainability, 14(2), 862. <https://doi.org/10.3390/su14020862>.

³⁴ Scheinberg, A., Nesic, J., Savain, R., Luppi, P., Sinnott, P., Petean, F., Pop, F. (2016). *From collision to collaboration - Integrating informal recyclers and re-use operators in Europe: A review*. Waste Management & Research, 34(9), doi: 10.1177/0734242X16657608.

³⁵ Botello-Álvarez, J., E. Rivas-García, P., Fausto-Castro, L., Estrada-Baltazar, A., Gomez-Gonzalez, R. (2018). *Informal collection, recycling and export of valuable waste as transcendent factor in the municipal solid waste management: A Latin-American reality*, Journal of Cleaner Production, Vol. 182, pp. 485-495, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.065>.

³⁶ Mrkajić, V., Stanisavljević, N., Wang, X., Tomas, L., Haro, P. (2018). *Efficiency of packaging waste management in a European Union candidate country*. Resources, Conservation and Recycling, 136(0), 130–141. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.04.008>.

2. Образложење предмета, метода и циља који уверљиво упућују да је предложена тема од значаја за развој науке

Предмет, циљеви и хипотезе ове дисертације обухватају следеће

Предмет рада ове докторске дисертације је развој методологије за симулацију међусобних утицаја различитих варијабли на степен рециклаже применом развијеног динамичког модела система управљања отпадом на националном нивоу. Овакав приступ би омогућио предвиђање и мониторинг вредности степена рециклаже у дужем временском периоду, и такође би послужио као подршка одлучивању локалним властима за ефикасније управљање и планирање система раздвојеног сакупљања, према дефинисаним националним и међународним циљевима.

Сматрајући да су тема, али и област истраживања значајне за побољшање квалитета животне средине, како у свету тако и у Републици Србији, полазни циљ докторске дисертације јесте развој нове методологије која ће коришћењем Анализе обавијања података (енгл. *Data envelopment analysis - DEA*) омогућити креирање индекса комбиновањем варијабли које утичу на степен рециклаже на локалном нивоу, као и мониторинг ефикасности система управљања отпадом у целини. Предложени индекси ће се користити при развијању динамичког модела оптимизованог система управљања отпадом у ком је могуће да се у дефинисаном временском периоду, симулира промена улазних параметара и да се на основу тога прати промена успешности целог система, односно степена рециклаже. Како се управљање отпадом сматра једним од најбитнијих задатака који се поставља представницима локалних власти, закључује се да јединице локалне самоуправе и комунална предузећа представљају главне актере у постизању дефинисаних еколошких циљева. Идентификација варијабли, односно улазних параметара који утичу на степен раздвојеног сакупљања отпада, а уједно и на степен рециклаже, од суштинског је значаја за планирање и евалуацију политике управљања отпадом на локалном нивоу. Осим наведених варијабли, дефинисање основних проблема и изазова са којима се сусрећу јединице локалне самоуправе и комунална предузећа у имплементацији система раздвојеног сакупљања отпада би допринела унапређењу степена рециклаже пре свега на локалном, а самим тим и на националном нивоу.

Основни научни циљ докторске дисертације јесте успостављање методологије за предвиђање и мониторинг степена рециклаже комуналног отпада на националном нивоу у дефинисаном временском периоду. Применом развијене методологије креираће се различити сценарији на бази зависности између специфичних улазних и излазних варијабли, а како би се пратило понашање система управљања отпадом и како би се утврдило у којој мери је реално очекивати да ће степен рециклаже у Србији износити 65 % до краја 2035. године. Поред основног научног циља, током рада на предложеној дисертацији биће дефинисани кључни проблеми и недостаци који спречавају потпуно искоришћење рециклажног потенцијала у Републици Србији.

На основу дефинисаног предмета и циља истраживања одређене су хипотезе докторске дисертације.

Општа полазна хипотеза истраживања је:

X0: Могуће је развити методологију за предвиђање и мониторинг степена рециклаже комуналног отпада на националном нивоу, коришћењем Анализе обавијања података кроз моделирање динамичког система управљања комуналним отпадом.

Посебне хипотезе предложене докторске дисертације, које су проистекле из анализе досадашњих литературних извора у домену истраживања, сачињене су од следећих претпоставки:

X1: На основу прегледа доступних литературних података о стању система за управљање отпадом за поједине државе Европске уније и државе из региона, може се претпоставити да у Србији постоји значајан рециклажни потенцијал комуналног отпада.

X2: Правно обавезујуће циљеве Европске уније, које се односе на рециклажу комуналног отпада, није могуће постићи тренутном праксом управљања отпадом у Републици Србији.

X3: Развијену методологију могуће је поуздано користити за мониторинг вредности степена рециклаже кроз симулације динамичког система управљања отпадом и формирање различитих сценарија управљања комуналним отпадом.

X4: На основу развијене методологије могуће је пратити промене варијабли које утичу на ефикасност система управљања комуналним отпадом и вредности степена рециклаже у Републици Србији.

Методe истраживања

Како би се на успешан начин реализовала идеја истраживања и потврдиле или оповргле наведене хипотезе, приликом израде докторске дисертације ће се користити опште, односно основне методе, посебне научне методе, али и емпиријске методе.

Опште научне методе подразумевају теоријска разматрања у области управљања отпадом, као и анализу метода које су до сада коришћене у истраживањима овог типа. Применом дескриптивних статистичких метода, потребно је извршити систематизацију података о тренутном стању управљања комуналним отпадом у Републици Србији, а у циљу формирања “Status Quo” модела.

За упоређивање ефикасности рециклаже у одређеном броју јединица локалне самоуправе и дефинисање одговарајућих композитних индекса користиће се Анализа обавијања података - *DEA*, која се последњих година истиче као један од актуелних начина за процену перформанси система управљања отпадом на националном, али и на локалном нивоу. Стога, у овом раду ће се користити наведена анализа која се базира на употреби модела, који могу бити улазно или излазно оријентисани. *DEA* метода на конкретном примеру ће бити спроведена уз употребу неког од савремених софтверских решења - *DEA MS Excel*, *DEA Solver PRO*, *DEAFrontier*, *EMS: Efficiency Measurement System*, *OSDEA*, итд. . Добијени резултати наведене анализе представљаће улазне податке за посебну научну методу, примењену на динамичко моделирање система управљања отпадом, на основу ког ће се формирати различити сценарији за постизање циљева степена рециклаже до одговарајућег временског периода. Рачунарске симулације ће бити базиране на раду у програмским пакетима као што су *Vensim*, *Stella* или *Powersim studio* будући да се исти истичу као најчешће коришћени софтвери у овој области.

Под емпиријским методама за које се планира да буду обухваћене овим истраживањем, подразумевају се различите аналитичке и експерименталне методе, као и верификација и тестирање предложеног модела.

У оквиру дисертације ће бити коришћене следеће методе прикупљања података:

- метода анализе и синтезе података из базе Националног регистра извора загађивања, званичних докумената и извештаја Агенције за заштиту животне средине Републике Србије и Републичког завода за статистику,
- анкетна метода (анкетирање лица одговорних за управљање отпадом на територији јединица локалних самоуправа), и
- метода интервјуа (прикупљање података телефонским, усменим испитивањем одговорног лица за управљање отпадом у комуналним предузећима).

Оквирни садржај докторске дисертације

1. Увод
2. Уводна разматрања у области управљања комуналним чврстим отпадом
3. Преглед актуелних истраживања у области предвиђања и мониторинга вредности степена рециклаже
4. Анализа постојећег стања система управљања комуналним отпадом у Републици Србији
5. Методе и софтверска решења за квантификовање вредности степена рециклаже
6. Дефинисање методологије за предвиђање и мониторинг вредности степена рециклаже
7. Симулација предвиђених сценарија и анализа добијених резултата
8. Закључна разматрања
9. Литература

3. Образложење теме за израду докторске дисертације које омогућава закључак да је у питању оригинална идеја или оригиналан начин анализирања проблема

На основу пријаве теме докторске дисертације Комисија закључује да постоји потреба за формирањем методологије за предвиђање и мониторинг вредности степена рециклаже комуналног отпада на националном нивоу, која би даљим унапређивањем могла бити примењена и на друге врсте отпада. Реална и практична примена развијене методологије ће доносиоцима одлука на локалном нивоу помоћи при планирању степена издвајања рециклабила, и даље, омогућити планирање ефикасног система управљања отпадом на националном нивоу, што чини значајан научни допринос.

Комисија закључује да је предложена тема докторске дисертације „Методологија за предвиђање и мониторинг вредности степена рециклаже комуналног отпада на националном нивоу“ кандидаткиње Ангелине Цветановић, са образложеним предметом као и циљевима рада, научним доприносима и очекиваним резултатима, насталим досадашњим самосталним истраживањима и детаљном анализом доступних научних радова у научном и стручном смислу, оригинална идеја.

4. Усклађеност дефиниције предмета истраживања, основних појмова, предложене хипотезе, извора података, метода анализе са критеријумима науке уз поштовање научних принципа у изради коначне верзије докторске дисертације

Кандидаткиња Ангелина Цветановић ће у својој дисертацији обухватити све елементе савременог научно-истраживачког начина рада поштујући основне критеријуме науке, научних циљева и

метода анализе, имплементацијом постојећих и развијањем оригиналних идеја научног истраживања.

Кандидаткиња ће детаљно проверавати полазне хипотезе, теоријски - анализом обимне литературе и експериментално.

У достављеној пријави теме, кандидаткиња се служила одговарајућом терминологијом из области, која је предмет рада. Дефиниција предмета истраживања је усклађена са основним појмовима, предложеним хипотезама и методама истраживања. Кандидаткиња је показала способност за селекцију и анализу литературних извора.

С обзиром на то да су циљеви проистекли из запажене чињенице да тренутно не постоји методологија за предвиђање и мониторинг вредности степена рециклаже комуналног отпада на националном нивоу, која се заснива на комбинованој употреби анализе обавијања података и системске динамике, добијени резултати представљали би оригинални допринос истраживачкој области.

5. Преглед научно-истраживачког рада кандидата

а. Лични подаци

Ангелина Цветановић, од оца Милана и мајке Мирјане Павловић, рођена је 11. јула 1995. године у Крагујевцу. Основно образовање стекла је у школи „Рада Шубакић“ у Гружи као носилац дипломе „Вук Караџић“, а потом је наставила школовање у Економској школи у Крагујевцу, смер: банкарски службеник – огледно одељење, коју је са одличним успехом завршила 2014. године.

Школске 2014/2015 године уписала је основне академске студије на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, студијски програм Урбано инжењерство у трајању од четири године. Последњи семестар основних академских студија завршила је на Техничком универзитету у Виљнусу као стипендиста *Erasmus + KA1* програма, остваривши укупно 19 *ECTS*. Дипломски рад под називом „Могућности имплементације циркуларне економије у Републици Србији“ под менторством доцента др Горана Бошковића, одбранила је 24.09.2018. године са највишом оценом, након чега је стекла звање Дипломирани инжењер урбаног инжењерства и регионалног развоја. Основне академске завршила је са просечном оценом 9,36 (девет и 36/100).

По завршетку основних академских студија, исте године уписала је једногодишње мастер академске студије на Факултету инжењерских наука, студијски програм Инжењерство заштите животне средине, које је завршила 2019. године са просечном оценом 10 (десет и 00/100). Мастер рад из предмета Напредне технике управљања чврстим и опасним отпадом под називом „Анализа токова пластичног амбалажног отпада од хране и пића у Републици Србији“ под менторством доцента др Горана Бошковића одбранила је 9.10.2019. године са оценом 10.

Током основних и мастер академских студија била је стипендиста Министарства просвете, науке и технолошког развоја.

Докторске академске студије, у трајању од три године према плану и програму, на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, на Катедри за енергетику и процесну технику

уписала је 2019. године, под менторством доцента др Горана Бошковића. Положила је све испите предвиђене планом и програмом, са просечном оценом 10.

У октобру 2019. године изабрана је у истраживачко звање истраживач-приправник на период од 3 године на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу. Као истраживач-приправник, од децембра 2019. године ангажована је на научно-истраживачком пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије: Истраживање когенерационих потенцијала у комуналним и индустријским енерганама Републике Србије и могућности за ревитализацију постојећих и градњу нових когенерационих постројења (ИИИИ42013).

Од исте године, ангажована је на организацији и реализацији аудиторних вежби из следећих предмета: Отпорност материјала (БМ2200), Основи урбанистичког пројектовања и планирања (БУИ2200), Принципи одрживог развоја урбаних и руралних подручја (БУИ3300), Регионално планирање и развој (БУИ4100), Основе архитектонског пројектовања 1 (БУИ4200), Пројектовање рачунаром (БУИ3500), Географски информациони системи (БУИ5300), Е-управа (БУИ6100), Комплексни програми у урбанизму (БУИ7302), Основе архитектонског пројектовања 2 (БУИ7402), Мониторинг параметара животне средине (БУИ8101), Компјутерске симулације и оптимизација процеса (МИИ1100-2), Напредне технике управљања чврстим и опасним отпадом (МИЗЖС1301), Информационе технологије у инжењерству заштите животне средине (МИЗЖС2100) и Одрживи развој и циркуларна економија (ММ2342) на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

б. Научно-истраживачки рад

Кандидаткиња Ангелина Цветановић је опредељена за научни рад и усавршавање у пољу техничко-технолошких наука, области машинског инжењерства, ужа научна област: Енергетика и заштита животне средине.

Ангелина Цветановић је, као аутор или коаутор, објавила укупно 12 радова у научно-стручним часописима као и на међународним и домаћим научно-стручним скуповима.

Списак резултата М33

Саопштење са међународног скупа штампано у целини

1. **Pavlović Angelina**, Bošković Goran, Jovičić Nebojša, Nestić Snežana, Stanisavljević Nemanja, *The possibility of implementing circular economy in companies in the Republic of Serbia*, 3rd International conference on Quality of Life, Kopaonik, Serbia, 2018, 28-30.11, pp. 105-112, ISBN 978-86-6335-056-4, 2018.
2. **Pavlović Angelina**, Jovanović Saša, Savić Slobodan, Nikolić Danijela, Skerlić Jasmina, *Analysis of natural gas consumption in households*, 13th International Quality Conference, QUALITY FESTIVAL, Kragujevac, 2019, May 29 - June 01, pp. 979-988, 2019.
3. **Pavlović Angelina**, Bošković Goran, Jovičić Nebojša, *Simulation of road traffic noise pollution in Kragujevac using QGIS software*, International Congress Motor Vehicles & Motors, Kragujevac, 2020, October 8th-9th, pp. 291-305, 2020,
4. **Pavlović Angelina**, Nestić Snežana, Bošković Goran, *Monitoring circular economy at the micro-level*, 3rd International Scientific Conference Circular and Bioeconomy "CIBEK 2021", Belgrade, 2021, pp. 240-254

5. **Pavlović Angelina**, Bošković Goran, Jovičić Nebojša, *Material flow analysis of glass packaging waste in the Republic of Serbia*, XIV International Mineral Processing and Recycling Conference, Belgrade, 2021, 12-14 May 2021, pp. 263-270, 2021.

Списак резултата M34

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу

1. **Pavlović Angelina**, Nikolić Danijela, Jovanović Saša, Bošković Goran, Skerlić Jasmina, *Life cycle assessment of the car tire with Eco Indicator 99 methodology*, 9th International Scientific Conference “Research and Development of Mechanical Elements and Systems” IRMES, Kragujevac, Republic of Serbia, 2019, 5th – 7th September, pp. 268-269, ISBN 978-86-6335-061-8, 2019.

Списак резултата M51

Рад у водећем часопису националног значаја

1. **Pavlović Angelina**, Bošković Goran, Jovičić Nebojša, Nestić Snežana, Sliusar Natalia, Stanisavljević Nemanja, *Determination of circularity indicators - a case study of MB International Company*, Recycling and Sustainable Development 13 (2020) 9-21, doi: 10.5937/ror2001009P, 2020.

Списак резултата M52

Рад у часопису националног значаја

1. **Pavlović Angelina**, Nikolić Danijela, Jovanović Saša, Bošković Goran, Skerlić Jasmina, *Analiza životnog ciklusa automobilske gume sa metodologijom eko-indikatora 99*, Motorna vozila i motori, Vol.45, No.3, pp. 13-23, ISSN 1450-5304, 2019.
2. Denić Dimitrije, Bošković Goran, **Pavlović Angelina**, Jovičić Nebojša, *Cirkularna ekonomija u tekstilnoj industriji*, Tekstilna industrija, Vol.69, No.1, pp. 58-64, ISSN 0040-2389, 2021
3. **Pavlović Angelina**, Bošković Goran, Jovičić Nebojša, *Simulation of road traffic noise pollution in Kragujevac using QGIS software*, Mobility & Vehicle Mechanics, Vol.47, No.1, pp. 27-48, ISSN 1450-5304, 2021.

Списак резултата M53

Рад у научном часопису

1. **Pavlović Angelina**, Nestić Snežana, Bošković Goran, *Upravljanje cirkularnom ekonomijom u poslovnim organizacijama primenom digitalnih tehnologija*, Serbian Journal of Engineering Management, Vol.6, No.1, pp. 22-29, ISSN 2466-4693, 2021.

Списак резултата M63

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини

1. **Pavlović Angelina**, Đapan Marko, Bošković Goran, Jovičić Nebojša, *Bezbednost i zdravlje na radu u kontekstu održivog razvoja i cirkularne ekonomije u automobilskoj industriji*, OR-02, 9. Memorijalni naučni skup iz zaštite životne sredine „Docent dr Milena Dalmacija“ 31.03. - 01.04.2022., Novi Sad : Prirodno-matematički fakultet, ISBN 978-86-7031-604-1, 2022.

6. Предлог за ментора са његовим референцама којима се доказује испуњеност услова за менторство

Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде **др Горан Бошковић**, ванредни професор, Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

- Референце којима се доказује испуњеност услова за менторство:

1. **Bošković, G.**, Jovičić, N., Jovanović, S., Simović, V., *Calculating the costs of waste collection: A methodological proposal*, Waste Management & Research, Vol.34, No.8, pp. 775-783, ISSN 1096-3669, Doi 10.1177/0734242X16654980, 2016 [M22].
2. **Bošković, G.**, Josijević, M., Jovičić, N., Babić, M., *Cogeneration potentials of municipal solid waste landfills in the Republic of Serbia*, Thermal Science, Vol.20, No.4, pp. 1271-1281, ISSN 2334-7163, Doi 10.2298/TSCI150626063B, 2016 [M22].
3. Jovanović, S., Savić, S., Jovičić, N., **Bošković, G.**, Đorđević, Z., *Using multi-criteria decision making for selection of the optimal strategy for municipal solid waste management*, Waste Management & Research, Vol.34, No.9, pp. 884-895, ISSN 1096-3669, Doi 10.1177/0734242X16654753, 2016 [M22].
4. Jovičić, M., **Bošković, G.**, Jovičić, N., Savković, M., Mačužić, I., Stefanović, M., Klochkov, Y., *Assessment of the Fragility of the Municipal Waste Sector in Serbia Using System Dynamics Modelling*, Sustainability, Vol.2, No.14, pp. 1-22, <https://doi.org/10.3390/su14020862>, ISSN 2071-1050, 2022 [M22].
5. **Bošković, G.**, Jovičić, N., *Fast methodology to design the optimal collection point locations and number of waste bins: a case study*, Waste management & Research, Vol.33, No.12, pp. 1094-1102, ISSN 1096-3669, Doi 10.1177/0734242X15607426, 2015 [M23]

На основу свега наведеног у претходним тачкама овог извештаја Комисија доноси следећи

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Ангелина Цветановић, мастер инжењер заштите животне средине, испунила је све предвиђене услове за одобрење израде докторске дисертације.

Предложена тема докторске дисертације је оригинална и има научну заснованост, а методологија израде докторске дисертације је у складу са научним принципима. Очекивани резултати докторске дисертације треба да представљају научни допринос у области енергетике и заштите животне средине будући да би се дефинисањем нове методологије за предвиђање и мониторинг вредности степена рециклаже комуналног отпада на националном нивоу омогућила процена напретка ка ефикасном постизању еколошких захтева у области управљања отпадом.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и Већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу да наведену предложену тему за докторску дисертацију:

„МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ПРЕДВИЂАЊЕ И МОНИТОРИНГ ВРЕДНОСТИ СТЕПЕНА РЕЦИКЛАЖЕ КОМУНАЛНОГ ОТПАДА НА НАЦИОНАЛНОМ НИВОУ“

која припада ужој научној области: **Енергетика и заштита животне средине**, прихвати и одобри њену израду кандидаткињи **Ангелини Цветановић**, мастер инжењеру заштите животне средине. Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде **др Горан Бошковић, ванредни професор**, Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

У Крагујевцу, Новом Саду и Београду,
25. август 2022. године

КОМИСИЈА:



Др Горан Бошковић, ванредни професор – председник Комисије
Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу
Ужа научна област: Енергетика и процесна техника

Др Небојша Јовичић, редовни професор – члан Комисије
Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу
Ужа научна област: Енергетика и процесна техника

Др Немања Станисављевић, ванредни професор – члан Комисије
Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду
Ужа научна област: Инжењерство заштите животне средине

Др Бојан Батинић, ванредни професор – члан Комисије
Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду
Ужа научна област: Инжењерство заштите животне средине

Др Јован Филиповић, редовни професор – члан Комисије
Факултет организационих наука Универзитета у Београду
Ужа научна област: Управљање квалитетом