

Универзитет у Београду – Хемијски факултет
Студентски трг 12-16
11000 Београд, Србија
Наставно-научном већу Хемијског факултета у Београду

Предмет: Извештај о оцени научне заснованости и оправданости предложене теме за израду докторске дисертације кандидата Дајане Јањушевић, мастер хемичара.

На редовној седници Наставно-научног већа Универзитета у Београду – Хемијског факултета, одржаној 12. фебруара 2026. године, изабрани смо за чланове Комисије за подношење извештаја о оцени научне заснованости и оправданости предложене теме за израду докторске дисертације кандидата Дајане Јањушевић, мастер хемичара, студента докторских академских студија пријављене под измењеним насловом:

„Развој, припрема и карактеризација одрживих биокомпозитних материјала на бази агроиндустријских остатака“.

На основу увида у поднету документацију и досадашњи рад поменутог кандидата, подносимо Наставно-научном већу следећи

ИЗВЕШТАЈ

А. Биографски подаци о кандидату

Дајана Јањушевић рођена је 12. јула 1995. године у Лозници, Република Србија. Основно образовање стекла је у Малом Зворнику, а средње у Зворнику.

Основне академске студије на Хемијском факултету Универзитета у Београду уписала је 2014. године, а дипломирала 2019. године са просечном оценом 9,21. Дипломски рад под називом „*Испитивање каталитичких особина џером допираног титан-диоксида*“ одбранила је под менторством др Горана Роглића, док је члан комисије био др Драган Манојловић.

Мастер академске студије на Хемијском факултету Универзитета у Београду завршила је 2020. године са просечном оценом 9,75. Мастер рад под називом

„Катализатори у копиролизи биомасе и полимера“ одбранила је под менторством др Весне Антић и др Бранимира Јованчићевића, док је члан комисије био др Горан Роглић.

Докторске академске студије на студијском програму Хемија на Хемијском факултету Универзитета у Београду уписала је 2020. године. Њен научно-истраживачки рад усмерен је на развој, припрему и карактеризацију одрживих биокомпозитних материјала на бази био-полимерних матрица и агроиндустријских остатака.

Након завршетка основних студија, у периоду од 2019. до 2020. године радила је као аналитичар у хемијској лабораторији Института МОЛ д.о.о. у Старој Пазови, где је била ангажована на развоју и оптимизацији *LC-MS* аналитичких метода. Затим је од 2020. године ангажована је као асистент у настави на Катедри за хемију и биохемију Пољопривредног факултета Универзитета у Београду, где активно учествује у реализацији наставе из опште и органске хемије.

Б. Научноистраживачки рад кандидата

Дајана Јањушевић је коаутор једног научног рада објављеног у научном часопису међународног значаја, једног саопштења са међународног скупа штампаног у изводу и једне наставне публикације. Целокупна библиографија докторанда, категорисана према Правилнику о стицању истраживачких и научних звања (Сл. гласник РС, бр. 159/2020-82), дата је у Прилогу 1 овог извештаја.

В. Образложење теме

1. Научна област

Предложена тема докторске дисертације припада научној области **примењене хемије**, са значајним ослонцем на науку о материјалима и одрживе полимерне материјале.

2. Предмет истраживања

Предмет истраживања предвиђен овом докторском дисертацијом обухвата развој, припрему и карактеризацију одрживих биокомпозитних материјала заснованих на биоразградивим полимерним матрицама, ојачаним агроиндустријским остацима.

У оквиру дисертације, полимљечна киселина (PLA) разматра се као један од репрезентативних биоразградивих полимера погодних за примену у одрживим биокомпозитним системима. Експериментални део истраживања биће фокусиран на пивски

троп, као значајан нуспроизвод пиварске индустрије, који ће бити коришћен као репрезентативни агроиндустријски остатак и потенцијални пунилац у PLA матрици.

Истраживање ће обухватити детаљно испитивање утицаја величине честица и масеног удела пивског тропа на структуру, морфологију, механичка, термичка и физичко-хемијска својства добијених PLA биокompозита. Посебна пажња биће посвећена анализи међуповршинских интеракција између полимерне матрице и пуниоца, као и утврђивању корелација између карактеристика улазних компоненти (PLA и пивског тропа) и крајњих својстава композитних материјала.

Поред експерименталне карактеризације материјала, предмет истраживања обухватиће и процену њиховог утицаја на животну средину применом методологије процене животног циклуса (енгл. *Life Cycle Assessment, LCA*). Анализа животног циклуса биће спроведена кроз релевантне фазе производње полимлечне киселине, припреме и обраде пивског тропа, процеса израде биокompозита, као и потенцијалних сценарија краја животног века, са циљем свеобухватног сагледавања еколошког аспекта развијених материјала.

На овај начин, предмет истраживања обједињује експериментални и аналитички приступ, са циљем бољег разумевања могућности примене агроиндустријских остатака у развоју одрживих полимерних композитних материјала.

3. Актуелност и значај теме

Комисија констатује да је предложена тема изузетно актуелна и научно оправдана. Савремени развој полимерних материјала усмерен је ка замени конвенционалних полимера биоразградивим и одрживим алтернативама.

Полимлечна киселина представља један од најзначајнијих биоразградивих полимера, али је њена примена ограничена механичким и функционалним својствима. Са друге стране, агроиндустријски остаци, попут пивског тропа, представљају значајан и недовољно искоришћен ресурс.

Њиховом применом у биокompозитима омогућава се истовремено унапређење својстава материјала и валоризација отпада, у складу са принципима циркуларне економије и одрживог развоја.

4. Циљ истраживања

Основни циљ предложеног истраживања јесте развој и оптимизација биокompозитних материјала на бази полимлечне киселине (PLA), ојачаних пивским тропом као репрезентативним агроиндустријским остатком, уз систематско испитивање утицаја структурних параметара минимално третираног ојачивача на својства добијених материјала.

У оквиру истраживања посебна пажња биће посвећена испитивању утицаја величине честица и масеног удела пивског тропа на морфологију, међуповршинске интеракције и расподелу пуниоца у полимерној матрици, као и на термичка и динамичко-механичка својства биокомпозита. Циљ је да се утврде корелације између структуре улазних компоненти и коначних својстава материјала, као и да се дефинишу оптимални услови припреме и састава система.

Посебан сегмент истраживања обухватиће процену утицаја развијених материјала на животну средину применом методологије процене животног циклуса (LCA), са циљем свеобухватног сагледавања њиховог еколошког профила у односу на конвенционалне полимерне материјале.

5. Очекивани резултати и научни допринос

Очекује се да резултати овог истраживања допринесу бољем разумевању утицаја агроиндустријских остатака, као што је пивски троп, на структуру и својства биокомпозитних материјала на бази полимлечне киселине.

Научни допринос огледаће се у:

- утврђивању зависности између величине честица и удела ојачивача у полимерној матрици и морфологије и својстава резултујућих биокомпозита
- разјашњењу улоге међуповршинских интеракција између полимерне матрице и лигноцелулозног ојачивача
- оптимизацији састава и услова припреме биокомпозита
- процени хидрофилности/хидрофобности материјала и њиховог утицаја на потенцијалну примену
- свеобухватној процени еколошког утицаја применом LCA методологије

Очекује се да добијени резултати омогуће развој одрживих материјала са потенцијалном применом у индустрији амбалаже и допринесу ширем разумевању могућности валоризације агроиндустријских остатака у складу са принципима циркуларне економије.

6. Методе истраживања

С обзиром на дефинисане циљеве истраживања, у току израде ове докторске дисертације биће примењене следеће експерименталне и аналитичке методе:

- **Припрема пивског тропа као биопуниоца:** сушење, млевење и фракционисање пивског тропа ради добијања честица дефинисане величине, уз контролу параметара који могу утицати на структуру и својства пуниоца.
- **Припрема PLA биокompозита:** израда биокompозитних материјала са различитим масеним уделима пивског тропа и различитим величинама честица, применом компресионог пресовања, уз оптимизацију параметара припреме.
- **Морфолошка анализа:** испитивање структуре и расподеле пуниоца у полимерној матрици применом скенирајуће електронске микроскопије (SEM), са циљем анализе међуповршинских интеракција и хомогености система.
- **Термичка анализа:** испитивање термичке стабилности и понашања материјала применом термогравиметријске анализе (TG) и диференцијалне скенирајуће калориметрије (DSC).
- **Спектроскопска анализа:** идентификација хемијских група и могућих интеракција између компоненти применом инфрацрвене спектроскопије (FTIR).
- **Одређивање површинских својстава:** мерење контактнoг угла воде ради процене хидрофилности/хидрофобности добијених биокompозита.
- **Динамичко-механичка анализа:** испитивање вискоеластичних својстава материјала применом динамичко-механичке анализе (DMA), у циљу одређивања утицаја пуниоца на механичко понашање система.
- **Анализа животног циклуса (LCA):** процена утицаја биокompозита на животну средину кроз релевантне фазе животног циклуса, укључујући производњу полимера, припрему пуниоца, израду материјала и потенцијалне сценарије краја животног века.
- **Обрада и интерпретација резултата:** примена одговарајућих аналитичких и компаративних приступа у циљу утврђивања зависности између структуре, састава и својстава биокompозита.

7. Литература

Arnaud, S. P. (in press). Valorisation of brewer's spent grain: Lignocellulosic fractionation and its potential for polymer and composite material applications. *Chemistry Africa*. <https://hal.science/hal-04437457>

Lopes, A. C., Klosowski, A. B., Carvalho, B. M., & Olivato, J. B. (2022). Application and characterisation of industrial brewing by-products in biodegradable starch-based expanded composites. *International Journal of Food Science & Technology*, 57(8), 5523–5531. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15893>

- Mitri, S., Salameh, S.-J., Khelfa, A., Leonard, E., Maroun, R. G., Louka, N., & Koubaa, M. (2022). Valorization of Brewers' Spent Grains: Pretreatments and Fermentation, a Review. *Fermentation*, 8(2), 50. <https://doi.org/10.3390/fermentation8020050>
- Mohanty, A. K., Misra, M., & Hinrichsen, G. (2000). Biofibres, biodegradable polymers and biocomposites: An overview. *Macromolecular Materials and Engineering*, 276–277(1), 1–24. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1439-2054\(20000301\)276:1<1::AID-MAME1>3.0.CO;2-W](https://doi.org/10.1002/(SICI)1439-2054(20000301)276:1<1::AID-MAME1>3.0.CO;2-W)
- Moldovan, A., Sarosi, I., Cuc, S., Prodan, D., Taut, A. C., Petean, I., Bombos, D., Doukeh, R., Nemes, O., & Man, S. C. (2025). Development and characterization of PLA food packaging composite. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 150(4), 2469–2481. <https://doi.org/10.1007/s10973-024-13841-x>
- Mustăţea, G., Ungureanu, E. L., & Belc, N. (2019). Polylactic acid (PLA) for food packaging applications: A short overview. *Annals of Food Science and Technology*, 20(1).
- Olonisakin, K., Fan, M., Xin-Xiang, Z., Ran, L., Lin, W., Zhang, W., & Wenbin, Y. (2022). Key Improvements in Interfacial Adhesion and Dispersion of Fibers/Fillers in Polymer Matrix Composites; Focus on PLA Matrix Composites. *Composite Interfaces*, 29(10), 1071–1120. <https://doi.org/10.1080/09276440.2021.1878441>
- Ranakoti, L., Gangil, B., Mishra, S. K., Singh, T., Sharma, S., Ilyas, R. A., & El-Khatib, S. (2022). Critical Review on Polylactic Acid: Properties, Structure, Processing, Biocomposites, and Nanocomposites. *Materials*, 15(12), 4312. <https://doi.org/10.3390/ma15124312>
- Shekhar, N., & Mondal, A. (2024). Synthesis, properties, environmental degradation, processing, and applications of polylactic acid (PLA): An overview. *Polymer Bulletin*, 81, 1–37. <https://doi.org/10.1007/s00289-024-05252-7>
- Trivedi, A. K., Gupta, M. K., & Singh, H. (2023). PLA based biocomposites for sustainable products: A review. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, 6(4), 382–395. <https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2023.02.002>

Г. Закључак

На основу анализе поднете документације, као и увида у образложење теме, Комисија констатује да је тема докторске дисертације научно заснована, актуелна и у складу са савременим истраживачким правцима у области примењене хемије. Предложено истраживање обухвата развој одрживих биокомпозитних материјала на бази полимлечне киселине и агроиндустријских остатака, са посебним освртом на валоризацију пивског тропа као биопуниоца, што представља значајан научни и практични допринос у контексту циркуларне економије и одрживог развоја. Комисија сматра да су циљеви истраживања јасно дефинисани, методолошки приступ адекватан, а очекивани резултати релевантни и научно оправдани. У складу са Законом о високом образовању и Статутом Универзитета у Београду – Хемијског факултета, Комисија сматра да кандидат Дајана Јањушевић, мастер хемичар, испуњава све услове за одобравање израде докторске дисертације.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Хемијског факултета Универзитета у Београду да кандидату Дајани Јањушевић одобри израду докторске дисертације под предложеним насловом: **„Развој, припрема и карактеризација одрживих биокомпозитних материјала на бази агроиндустријских остатака“**.

За ментора се предлажу др Бранимир Јованчићевић, редовни професор Универзитета у Београду - Хемијског факултета и др Весна Антић, редовни професор Универзитета у Београду – Пољопривредног факултета. Списак радова предложених ментора из којих се може видети да испуњавају услове из Стандарда за акредитацију студијских програма дати су у Прилогу 2.

У Београду, _____ 2026. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Бранимир Јованчићевић, редовни професор (председајући комисије),
Универзитет у Београду – Хемијски факултет

др Весна Антић, редовни професор,
Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет

др Горан Роглић, редовни професор,
Универзитет у Београду – Хемијски факултет

др Владимир Бешкоски, редовни професор,
Универзитет у Београду – Хемијски факултет

др Милица Балабан, редовни професор,
Универзитет у Бањој Луци – Природно математички факултет

Прилог 1: Библиографија докторанда, категорисана према Правилнику о стицању истраживачких и научних звања (Сл. гласник РС, бр. 159/2020-82)

M23 – Rad објављен у научном часопису међународног значаја

1. **Savić, D.**, Balaban, M., Pantelić, N., Savić, D., Antić, M., Dekić, R., & Antić, V. (2022). Determination of bisphenol A traces in water samples from the Vrbas River and its tributaries, Bosnia and Herzegovina. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 87(1), 109–119. <https://doi.org/10.2298/JSC211001098S>

M34- Саопштење са међународног скупа штампано у изводу

1. **Savić, D.**, Isailović, J., Vukićević, E., Jovančićević, I., Gajica, G., Antić, M., Jovančićević, B., Schwarzbauer, J., Antić, V. (2022). *GC-MS analysis of liquid fraction obtained by off-line pyrolysis of reference synthetic and natural polymers*. 22nd European Meeting on Environmental Chemistry, Ljubljana, Slovenia, 5–8 December 2022, poster presentation, Book of Abstracts, p. 107, ISBN 978-961-297-035-2.

Наставна литература

1. Antić, V., Antić, M., **Savić, D.**, Pantelić, N. (2022). *Praktikum iz organske hemije za studente prehrambene tehnologije*. Београд: Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет.

Прилог 2а: Изабрани радови предложеног ментора проф. др Бранимира Јованчићевића (Категорије М21а, М21, М22 и М23)

1. Ivan Samelak, Milica Balaban, Mališa Antić, Tatjana Šolević Knudsen, Branimir Jovančićević, Geochromatographic migration of oil pollution from a heating plant to river sediments, *Environmental Chemistry Letters*, (2020) 459-466. <https://doi.org/10.1007/s10311-019-00937-2>

2. Aleksandra Šajnović, Nenad Grba, Franz Neubauer, Milica Kašanin-Grubin, Ksenija Stojanović, Nenad Petković, Branimir Jovančićević, Geochemistry of sediments from the Lopare Basin (Bosnia and Herzegovina): Implications for paleoclimate, paleosalinity, paleoredox and provenance, *Acta Geologica Sinica – English Edition*, (2019). <https://doi.org/10.1111/1755-6724.14324>

3. Milica Kašanin-Grubin, Lukas Hagemann, Gordana Gajica, Snežana Štrbac, Branimir Jovančićević, Nebojša Vasić, Aleksandra Šajnović, Svetlana Djogo Mračević, Jan Schwarzbauer, Geochronological investigation of the Danube Djerdap Lake sediments (Serbia): sedimentology and inorganic composition, *Environmental Geochemistry and Health*, 42 (2019) 693-707. <https://doi.org/10.1007/s10653-019-00403-6>

4. Gordana Gajica, Aleksandra Šajnović, Ksenija Stojanović, Aleksandar Kostić, Ian Slipper, Milan Antonijević, Hans P. Nytoft, Branimir Jovančićević, Organic geochemical study of the upper layer of Aleksinac oil shale in the Dubrava block, Serbia, *Oil Shale*, 34 (2017) 197–218. <https://doi.org/10.3176/oil.2017.3.01>

5. Gordana Gajica Aleksandra Šajnović, Ksenija Stojanović, Milan Antonijević, Nikoleta Aleksić, Branimir Jovančićević, The influence of pyrolysis type on shale oil generation and its composition (Upper layer of Aleksinac oil shale, Serbia), *Journal of the Serbian Chemical Society* 82 (2017) 1461-1477. <https://doi.org/10.2298/JSC170421064G>

6. Vladimir Beškoski, Srđan Miletić, Mila Ilić, Gordana Gojgić-Cvijović, Petar Papić, Nenad Marić, Tatjana Šolević-Knudsen, Branimir Jovančićević, Takeshi Nakano, Miroslav Vrvic, Microbial biodegradation of isoprenoids, steranes, terpanes and phenanthrenes during in situ bioremediation of petroleum contaminated groundwater, *CLEAN – Soil, Air, Water*, 45 (2017) 1600023. <https://doi.org/10.1002/clen.201600023>

7. Zoran Milićević, Dragan Marinović, Gordana Gajica, Milica Kašanin-Grubin, Verka Jovanović, Branimir Jovančićević, Organic geochemical approach in the identification of oil-type pollutants in water and sediment of the River Ibar, *Journal of the Serbian Chemical Society*, 82 (2017) 593-605. <https://doi.org/10.2298/JSC161129022M>

8. Musbah Abduljalil M. Faraj, Tatjana Šolević Knudsen, Ksenija Stojanović, Sonja Ivković Pavlović, Hans Peter Nytoft, Branimir Jovančićević, GC-MS vs. GC-MS-MS analysis of

pentacyclic terpanes in crude oils from Libya 2 and Serbia – a comparison of two methods, *Journal of the Serbian Chemical Society*, 82 (2017) 1315-1331. <https://doi.org/10.2298/JSC170419075A>

9. Gorica Grbović, Olga Malev, Darko Dolenc, Roberta Sauerborn Klobučar, Želimira Cvetković, Bruno Cvetković, Branimir Jovančičević, Polonca Trebše, Synthesis, characterization and aquatic ecotoxicity of the UV filter diethylaminohydroxybenzoylbenzoate (DHHB) and its chlorinated by-products, *Environmental Chemistry*, 13 (2016) 119-126. <http://dx.doi.org/10.1071/EN15013>

10. Musbah Abduljalil M. Faraj, Tatjana Šolević Knudsen, Hans P. Nytoft, Branimir Jovančičević, Organic geochemistry of crude oils from the Intisar oil field (East Sirte Basin, Libya), *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 147 (2016) 605-616. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2016.09.030>

Прилог 26: Изабрани радови предложеног ментора проф. др Весне Антић (Категорије М21а, М21, М22 и М23)

1. Vukicevic, E., Gajica, G., Isailovic, J., Jakšic, S., Antic, V., Schwarzbauer, J., Jovancevic B. (2026). Co-pyrolysis of plastics and agricultural waste: a strategy for designing biochars with fuel and adsorption potential. *Waste Management and Research*, <https://doi.org/10.1177/0734242X251405969>

2. Jovančičević, I., Antić, V., Schwarzbauer, J. (2025). Co-pyrolysis of corn stalks and plastic waste: Chemical composition of the pyrolyzates as a base for producing environmentally sustainable fuels. *Hemijaska Industrija*, 79, 179–189. <https://doi.org/10.2298/HEMIND240608010J>

3. Isailović, J., Vukičević, E., Schwarzbauer, J., Lević, S., Antić, M., Brčeski, I., Jovančičević, B., Antić, V. (2025). V. Solvent-Assisted Vapor Condensation: A Strategy to Enhance Bio-Oil Yield and Quality from the Pyrolysis of Agro-Industrial Waste. *Molecules*, 30, 3945. <https://doi.org/10.3390/molecules30193945>

4. Vukičević, E., Isailović, J., Gajica, G., Antić, V., Jovančičević, B. (2024). Biochar from agricultural biomass: green material as an ecological alternative to solid fossil fuels. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 89(6), 907–919. <https://doi.org/10.2298/JSC240126048V>

5. Isailović, J., Vukičević, E., Antić, M., Schwarzbauer, J., Ignjatović, I., Gajica, G., Antić, V. (2024). Pyrolysis of corn stalks: the potential of using bio-oil as a fuel. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 89(12), 1675-1687. <https://doi.org/10.2298/JSC240110043I>

6. Vidović, N., Antić, V., Schwarzbauer, J. (2024). Simultaneous identification and quantification of three water-soluble polymers (PVP, PNVC and PEI) in wastewater samples by continuous-flow off-line pyrolysis GC/MS. *Science of the Total Environment*, 170320. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170320>

7. Vidović, N., Antić, V., Schwarzbauer, J. (2023). Determination of the water-soluble polymer poly(ethyleneimine) (PEI) in wastewater by continuous-flow off-line pyrolysis GC/MS. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 172, 106001. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2023.106001>

8. Stojanović, B., Janković, S., Đorđević, V., Marjanović, S., Vasilev, D., Stojanović, Z., Balaban, M., Antić, V. (2021). Determination of toxic elements in meat products from Serbia packaged in tinplate cans. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(35), 48330–48342. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14051-w>

9. Stojanović, B., Vasilev, D., Stojanović, Z., Parunović, N., Janković, S., Stanojević, S., Balaban, M., Antić, V. (2021). Determination of sensory properties and levels of trace elements during storage of canned meat products. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(3), e15278. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15278>

10. Stojanović, B., Radović, Lj., Natić, D., Dodevska, M., Vraštanović-Pavičević, G., Balaban, M., Stojanović, Z., Antić, V. (2020). Migration of bisphenol A into food simulants and meat rations during initial time of storage. *Packaging Technology and Science*, 33, 75-82. <https://doi.org/10.2298/JSC181015100S>