

ОБРАЗАЦ 3

ИСТОПНУТ СЕРГАН
11/3/2026
Ђушић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ
и
ВЕЋУ ЗА ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКЕ НАУКЕ
УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

ВРИЈЕМЕНО:	11.03.2026
Орг. јед.	03
Број	202/4-1
Предмет	-

На седници Већа за природно-математичке науке Универзитета у Крагујевцу одржаној 18.2.2026. године (број одлуке: IV-01-72/6) одређени смо за чланове Комисије за писање Извештаја о оцени научне заснованости теме докторске дисертације под насловом: „Функционализовани кополимерни хидрогелови на бази N-изопропилакриламида за сорпцију тешких метала из водених раствора”, и испуњености услова кандидата **Аните С. Младеновић**, истраживача-приправника и предложеног ментора **др Зоране З. Рогоћ Миладиновић**, научног сарадника за израду докторске дисертације.

На основу података којима располажемо достављамо следећи:

ИЗВЕШТАЈ
О ОЦЕНИ НАУЧНЕ ЗАСНОВАНОСТИ ТЕМЕ И ИСПУЊЕНОСТИ УСЛОВА
КАНДИДАТА И ПРЕДЛОЖЕНОГ МЕНТОРА
ЗА ИЗРАДУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

1. Подаци о теми докторске дисертације
1.1. Наслов докторске дисертације: Функционализовани кополимерни хидрогелови на бази N-изопропилакриламида за сорпцију тешких метала из водених раствора
1.2. Научна област докторске дисертације: Хемијске науке
1.3. Образложење теме докторске дисертације (до 15000 карактера): 1.3.1. Дефинисање и опис предмета истраживања Предмет истраживања обухвата радијациону синтезу кополимерних хидрогелова заснованих на N-изопропилакриламиду, као и њихову детаљну структурну и функционалну карактеризацију, са циљем развоја материјала погодних за примену у области заштите животне средине, посебно у третману отпадних вода контаминираних јонима тешких метала. Синтетисани хидрогелови биће подвргнути инфрацрвеној спектроскопији са Фуријеовом трансформацијом (ФТИЦ) спектроскопској анализи и одређивању гел-фракције ради провере успешности умрежавања. Степен бубрења биће испитан у функцији температуре и

pH средине применом гравиметријског праћења, како би се проценила температурна и pH осетљивост материјала, као и његов капацитет задржавања воде у различитим условима.

Морфолошке карактеристике материјала биће анализирани скенирајућом електронском микроскопијом (SEM), док ће механичка својства бити процењена одговарајућим методама испитивања. Способност акумулације јона тешких метала биће испитана сорпционим тестовима, при чему ће се квантитативна анализа спровести применом масеног спектрометра с индуктивно спрегнутом плазмом (ИСП-МС). Енергетски-дисперзивна X-зрачна спектроскопија (ЕДС), у оквиру SEM карактеризације, биће примењена ради утврђивања елементарног састава и просторне расподеле јона метала у структури хидрогела.

Тестови биокомпатибилности биће коришћени за процену интеракције хидрогелног материјала са биолошким окружењем, како би се утврдио степен потенцијалне токсичности и оценила подобност материјала за примену у еколошким условима.

1.3.2. Полазне хипотезе

Предмет истраживања обухвата радијациону синтезу кополимерних хидрогелова заснованих на N-изопропилакриламиду, као и њихову детаљну структурну и функционалну карактеризацију, са циљем развоја материјала погодних за примену у области заштите животне средине, посебно у третману отпадних вода контаминираних јонима тешких метала.

Синтетисани хидрогелови биће подвргнути ФТИЦ спектроскопској анализи и одређивању гел-фракције ради процене степена умрежавања. Степен бубрења биће испитан у функцији температуре и pH вредности средине применом гравиметријског праћења, како би се проценила температурна и pH осетљивост материјала, као и његов капацитет задржавања воде у различитим условима.

Морфолошке карактеристике биће анализирани скенирајућом електронском микроскопијом, док ће стандардним методама бити оцењена механичка својства материјала. Способност акумулације јона тешких метала биће испитана сорпционим тестовима, при чему ће се квантитативна анализа спровести помоћу масеног спектрометра с индуктивно спрегнутом плазмом. Енергетски-дисперзивна X-зрачна спектроскопија (ЕДС), у оквиру SEM карактеризације, биће примењена ради утврђивања елементарног састава и просторне расподеле јона метала у структури хидрогела.

Тестови биокомпатибилности биће коришћени за процену интеракције хидрогелног материјала са биолошким окружењем, како би се утврдио степен потенцијалне токсичности и оценила подобност материјала за примену у еколошким условима.

1.3.3. План рада

- Прикупљање података - претраживање литературе у вези са хидрогеловима за акумулацију тешких метала и повезаност ове теме са N-изопропилакриламидом.
- Оптимизација услова радијационе синтезе (доза, растварач, неопходност употребе умреживача) и фино подешавање односа кополимера у циљу добијања адекватних кополимерних хидрогелова са високим садржајем гела.
- Хидрогелови ће бити подвргнути процесима испирања и сушења ради уклањања неизреагованих компоненти и обезбеђивања њихове погодности за даља испитивања.
- Примена ФТИЦ спектроскопије у циљу анализе карактеристичних апсорпционих трака

које указују на формирање ковалентних веза између мономерних јединица, односно потврде умрежености полимерне структуре.

- Испитивање степена бубрења хидрогела у зависности од рН вредности окружења биће спроведено ради процене његове рН-осетљивости, која је од посебног значаја за примену у третману отпадних вода. Наиме, присуство карбоксилних и других група у структури хидрогела, омогућава промену степена јонизације у зависности од рН средине, што директно утиче на степен бубрења, доступност активних места и, последично, на ефикасност акумулације јона тешких метала. Стога је анализа рН-осетљивости кључна за оптимизацију сорпционих својстава хидрогела у условима променљиве рН вредности које су карактеристичне за отпадне воде.
- Морфолошке карактеристике хидрогела ће бити испитане помоћу скенирајуће електронске микроскопије која омогућава визуелизацију микроструктуре и процену порозности материјала. Промене у порозности, као резултат различитих услова синтезе или степена умрежености, директно утичу на степен бубрења, као и дифузију молекула кроз хидрогел, па тако и ефикасност акумулације јона метала.
- Испитивање способности хидрогелних материјала за акумулацију јона метала, биће спроведено ради процене њихове применљивости у третману загађених водених система. Тестови ће обухватити испитивање сорпционих својстава хидрогела према специфичним јонима метала, са циљем процене ефикасности акумулације и потенцијалне применљивости материјала у третману загађених водених система.
- Биолошка испитивања на нивоу *in vitro* биокомпатибилности, као и сâма биодеградација материјала.
- Добijени подаци биће подвргнути статистичкој и аналитичкој обради ради извођења релевантних закључака о својствима и применљивости испитиваних кополимерних хидрогелова.
- Дисеминација резултата (постерске и усмене презентације).

1.3.4. Методе истраживања

- Синтетичке методе биће примењене за добијање хидрогелова на бази N-изопропилакриламида (NIPAM), уз додавање олиго(етилена гликол) метакрилата као функционалног ко-мономера ради модификације хидрофилности и температурне осетљивости, као и органских киселина као ко-мономера ради увођења рН-осетљивости и побољшања сорпционих својстава према јонима тешких метала.
- Спектроскопске методе карактеризације: ФТИЦ спектроскопија.
- Гравиметријска метода одређивања степена бубрења и садржаја гела.
- Испитивања механичких својстава.
- Морфолошка испитивања скенирајућом електронском микроскопијом (СЕМ).
- ИСП-МС и ЕДС методе за испитивање акумулације јона тешких метала из водених раствора.
- Одређивање биокомпатибилности добијених хидрогела.

1.3.5. Циљ истраживања

- Унапређење постојећих протокола синтеза за добијање кополимерних хидрогелова на

бази N-изопропилакриламида применом радијационе технике, уз оптимизацију реакционих параметара ради постизања бољих структурних, функционалних и еколошких својстава материјала.

- Примена радијационе технике као ефикасног и прихватљивог начина синтезе који омогућава истовремену полимеризацију, умрежавање и стерилизацију хидрогелних материјала, чиме се поједностављује процес и обезбеђује висок степен чистоће добијених кополимерних хидрогелова.
- Испитивање биокompatбилности кополимерних хидрогелова има за циљ идентификацију нових, еколошки прихватљивих приступа за акумулацију и уклањање тешких метала из водених система, уз потенцијалну примену у биомедицинским и еколошким технологијама.
- Развијање способности кандидата за научну активност и самостални научноистраживачки рад.

1.3.6. Резултати који се очекују

Очекује се да ће резултати овог истраживања допринети развоју нових кополимерних хидрогелова на бази N-изопропилакриламида (NiPAM) и метакрилатних мономера на бази етилен гликола, са побољшаним структурним и функционалним својствима који би инкорпорирањем киселинских функционалних група у структуру кополимера дао материјал способан за хемијско комплексирање метала из водених раствора.

1.3.7. Оквирни садржај докторске дисертације са предлогом литературе која ће се користити (до 10 најважнијих извора литературе)

1. Општи део

1.1. Хидрогелови: Појам и класификација.

1.2. Синтеза хидрогелова

1.2.1 Синтеза хидрогелова применом јонизујућег зрачења високе енергије

1.3. Паметни хидрогелови

1.4. Хидрогелови на бази NiPAM-а

1.5. Примена хидрогелова у третманима отпадних вода

1.5.1. Својства и токсичност тешких метала

1.6. Преглед литературе

2. Предмет и циљ рада

3. Експериментални део

3.1. Хемикалије и реагенси

3.2. Синтеза хидрогелова

3.3. Методе карактеризације хидрогелова

3.3.1. Гравиметријске методе

- 3.3.2. Скенирајућа електронска микроскопија (СЕМ)
- 3.3.3. Инфрацрвена спектроскопија са Фуријеовом трансформацијом (ФТИЦ)
- 3.3.4. Диференцијална скенирајућа калориметрија (ДСК)
- 3.3.5. Механичка мерења
- 3.3.6. Биолошке методе испитивања биокомпатибилности
- 3.4. Методе за детекцију и квантификовање метала у растворима соли тешких метала
- 3.4.1. Индуктивно спрегнута плазма масена спектрометрија (ИСП-МС)
- 3.4.2. Енергетски дисперзивна спектроскопија (ЕДС)

4. Дискусија резултата

- 4.1. Синтеза кополимерних хидрогелова
- 4.2. Карактеризација кополимерних хидрогелова
- 4.3. Одређивање количине акумулације тешких метала у хидрогелу

5. Закључак

6. Литература

1. M. Kafetzi, K.B.L. Borchert, C. Steinbach, D. Schwarz, S. Pispas, S. Schwarz, Thermoresponsive PNIPAM-b-PAA block copolymers as “smart” adsorbents of Cu(II) for water restore treatments, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, **614** (2021), 126049, <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.126049>
2. M. Shahid, Z.H. Farooqi, R. Begum, M. Arif, A. Irfan, M. Azam, Extraction of cobalt ions from aqueous solution by microgels for in-situ fabrication of cobalt nanoparticles to degrade toxic dyes: A two fold-environmental application, *Chemical Physics Letters*, **754** (2020), 137645, <https://doi.org/10.1016/j.cplett.2020.1376459>
3. A. Jain, J. Bajpai, A. Bajpai, A. Mishra, Thermoresponsive cryogels of poly(2-hydroxyethyl methacrylate-co-N-isopropyl acrylamide) (P(HEMA-co-NIPAM)): fabrication, characterization and water sorption study, *Polymer Bulletin*, **77** (2020), <https://doi.org/10.1007/s00289-019-02971-0>
4. Guo Y, Zhang X, Sun X, Kong D, Han M, Wang X. Nanoadsorbents Based on NIPAM and Citric Acid: Removal Efficacy of Heavy Metal Ions in Different Media, *ACS Omega*, **10** (2019), 14162-14168, <https://doi.org/10.1021/acsomega.9b00573>
5. B. Taşdelen, D. İzlen Çifçi, S. Meriç, Preparation of N-isopropylacrylamide/itaconic acid/Pumice highly swollen composite hydrogels to explore their removal capacity of methylene blue, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, **519** (2017), 245-253, <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2016.11.003.10>
6. N. Wu, Z. Li, Synthesis and characterization of poly(HEA/MALA) hydrogel and its application in removal of heavy metal ions from water, *Chemical Engineering Journal*, **215–216** (2013) 894-902, <https://doi.org/10.1016/j.cej.2012.11.084>
7. J. Liu, Y. Ma, T. Xu, G. Shao, Preparation of zwitterionic hybrid polymer and its application for the removal of heavy metal ions from water, *Journal of Hazardous Materials*, **178** (2010) 1021-1029, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.02.041>

8. Y. Zheng, S. Hua, A. Wang, Adsorption behavior of Cu^{2+} from aqueous solutions onto starch-g poly(acrylic acid)/sodium humate hydrogels, *Desalination*, **263** (2010) 170-175, <https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.06.054>
9. N. Milosavljevic, Sinteza, karakterizacija i primena hidrogelova za izdvajanje bakra, kadmijuma i cinka iz vodenih rastvora, Doktorska disertacija, Beograd, TMF, 2010.
10. B. Taşdelen, N. Kayaman-Apohan, O. Güven, B.M. Baysal, Preparation of poly(isopropylacrylamide/itaconic acid) copolymeric hydrogels and their drug release behavior, *International Journal of Pharmaceutics*, **278** (2004) 343-351, <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2004.03.017>

1.4. Веза са досадашњим истраживањем у овој области уз обавезно навођење до 10 релевантних референци:

Поли(N-изопрпилакриламид) (PNiPAM) представља један од најистраживанијих температурно осетљивих полимера. Карактерише га изражен температурни прелаз (LCST) на око 32 °C, као и способност реверзибилног бубрења и скупљања у форми хидрогела и микрогела. Савремена истраживања у области PNiPAM превасходно су усмерена на његову кополимеризацију са функционалним мономерима, као што су акрилна, метакрилна, итаконска и лимунска киселина, са циљем увођења додатних својстава осетљивости на спољашње услове, пре свега рН-осетљивости и способности хелатног везивања. Ове модификације су од посебног значаја за процесе контролисане сорпције и ослобађања активних супстанци, укључујући лекове [1-3].

Значајан део доступне литературе бави се применом система базираних на PNiPAM у биомедицини, нарочито у области контролисаног ослобађања лекова и развоја паметних носача терапеутских агенаса [4, 5]. Ипак, способност ових система да одговоре на више стимулуса из окружења (температура, рН, светлост) од изузетног је значаја и за еколошке примене, посебно у технологијама третмана отпадних вода.

Кључни напредак у примени PNiPAM за уклањање тешких метала из водених средина постигнут је инкорпорирањем карбоксилних функционалних група у полимерну матрицу. Кополимерни хидрогелови PNiPAM са акрилном [2] или метакрилном киселином [6] показују значајно повећан капацитет везивања јона тешких метала, који се приписује електростатичким интеракцијама и механизмима комплексирања. Овакви системи су посебно интересантни јер омогућавају „паметно“ уклањање и регенерацију сорбента путем контролисаних промена температуре и рН вредности, без употребе додатних хемијских реагенаса [1, 3].

Поред хемијског састава, нано- и микроструктура сорбената на бази PNiPAM имају значајан утицај на кинетику и капацитет сорпције. Показано је да порозност, величина честица и степен умрежавања директно утичу на ефикасност уклањања јона метала, што је од посебног значаја за примену у реалним системима третмана вода [7, 8].

Иако се поједини радови односе превасходно на биомедицинске примене PNiPAM, као што су системи за контролисано ослобађање лекова и биоматеријали [4, 5, 9, 10], уочено је да су системи на бази PNiPAM изузетно прилагодљиви, функционални и осетљиви на стимулусе из окружења. Својства, као што су осетљивост на температуру, прилагођавање порозности и

специфичне интеракције са јонима, могу се применити и у заштити животне средине, нарочито за селективно везивање и уклањање јона тешких метала из водене средине.

Дизајнирањем температурно и рН осетљивих хидрогелова могуће је развијати ефикасне и одрживе технологије за уклањање токсичних материја из вода. Поред тога, значајан напредак у области регенерације сорбената и контролисаних процеса ослобађања и сорпције доприноси повећању ефикасности ових система, чинећи их атрактивним за широк спектар еколошких примена. Ови трендови указују на велики потенцијал PNIPAM-а као једног од најперспективнијих паметних полимера за развој будућих технологија за уклањање тешких метала из отпадних вода.

1. J.J. Chen, A.L. Ahmad, B. S. Ooi, Poly(N-isopropylacrylamide-co-acrylic acid) hydrogels for copper ion adsorption: Equilibrium isotherms, kinetic and thermodynamic studies, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, **1** (2013), 339-348, <https://doi.org/10.1016/j.jece.2013.05.012>
2. A. Zdravković, Lj. Nikolić, S. Ilić-Stojanović, V. Nikolić, S. Najman, Ž. Mitić, A. Ćirić, S. Petrović, The removal of heavy metal ions from aqueous solutions by hydrogels based on N-isopropylacrylamide an acrylic acid, *Polymer Bulletin*, **75** (2018), 4797-4821, <https://doi.org/10.1007/s00289-018-2295-0>
3. M. Kafetzi, K. B.L. Borchert, C. Steinbach, D. Schwarz, S. Pispas, S. Schwarz, Thermoresponsive PNIPAM-b-PAA block copolymers as “smart” adsorbents of Cu(II) for water restore treatments, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, **614** (2021), 126049, <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.126049>
4. C. Molina, B. Ivanoff, M. A. L. Huvelle, G. J. A. A. S. Illia, C. B. Contreras, Temperature and pH-Responsive Nanocarrier for Paclitaxel Controlled Release Based on P(NIPAM-co-HEMA)-Modified Silica Microgel, *ACS Applied Polymer Materials*, **7** (2025), 8396-8410, <https://doi.org/10.1021/acsapm.5c00648>
5. Y. Cai, D. Li, Y. Ling, H. Jiang, H. Liu, Triple Stimuli Responsive p(NIPAM-co-MAA-co-SPMA) Hydrogel for Controlled Anticancer Drug Delivery: Synthesis, Characterization, and Performance Evaluation, *Journal of Applied Polymer Science*, **143** (2026), e58023, <https://doi.org/10.1002/app.58023>
6. A. Zdravković, V. Nikolić, S. Ilić-Stojanović, S. Stojanović, A. Dinić, M. Urošević, I. Gajić, L. Nikolić, Synthesis and application of poly(N-isopropylacrylamide-co-methacrylic acid) hydrogels as sorbent materials for wastewater treatment, *Separations*, **12** (2025), 100, <https://doi.org/10.3390/separations12040100>
7. J. Wang, Y. Liu, R. Chen, Z. Zhang, G. Chen, H. Chen, Ultralow Self-Cross-Linked Poly(N-isopropylacrylamide) Microgels Prepared by Solvent Exchange, *Langmuir*, **35** (2019), 13991-13998, <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.9b02722>
8. Y. Guo, X. Zhang, X. Sun, D. Kong, M. Han, X. Wang, Nanoadsorbents Based on NIPAM and

Citric Acid: Removal Efficacy of Heavy Metal Ions in Different Media, *ACS Omega*, **4** (2019), 14162-14168, <https://doi.org/10.1021/acsomega.9b00573>

9. B. Taşdelen, N. Kayaman-Apohan, O. Güven, B. M. Baysal, Preparation of poly(N-isopropylacrylamide/itaconic acid) copolymeric hydrogels and their drug release behavior, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, **519** (2017), 245–253, <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2004.03.017>
10. J. Spasojevic, M. Milošević, M. Djuric, D. Rankovic, S. Vidicevic-Novakovic, Z. Kacarevic-Popovic, J. Tasic, P. Milovanovic, A. Radosavljevic, Multifunctional Ag-Poly(N-isopropylacrylamide/itaconic Acid) Hydrogel Nanocomposites Prepared by Gamma Irradiation for Potential Application as Topical Treatment Dressings, *Polymers*, **16** (2024), 3211, <https://doi.org/10.3390/polym16223211>

1.5. Оцена научне заснованости теме докторске дисертације:

Предложена тема докторске дисертације под називом „**Функционализовани кополимерни хидрогелови на бази N-изопропилакриламида за сорпцију тешких метала из водених раствора**“ научно је утемељена и припада актуелном истраживачком правцу, са значајним потенцијалом у области заштите животне средине. Очекује се да резултати истраживања допринесу проширењу постојећих знања о примени паметно-осетљивих хидрогелова на бази N-изопропилакриламида, као ефикасних апсорбената тешких метала из водених система. Поред тога, истраживање ће омогућити боље разумевање повезаности поступака синтезе добијања оваквих хидрогелова са њиховом применом у процесима акумулације и уклањања јона метала из раствора. Додатни значај истраживања огледа се у испитивању биолошке активности функционализованих хидрогелова, што ће пружити нове информације о њиховом потенцијалу у биомедицинским и еколошким применама. На тај начин, дисертација ће проширити сазнања о полимерним материјалима, хидрогелима и њиховој примени у зеленој хемији. На основу предложеног предмета истраживања, полазних хипотеза, дефинисаних циљева и очекиваних резултата, констатује се да тема докторске дисертације кандидата Аните С. Младеновић има јасну научну заснованост и оправданост. Стога се предлаже Наставно-научном већу Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу, као и Већу за природно-математичке науке Универзитета у Крагујевцу, да усвоје предложену тему и спроведу даљи поступак у складу са важећим академским процедурама.

2. Подаци о кандидату

2.1. Име и презиме кандидата:

Анита С. Младеновић

2.2. Студијски програм докторских академских студија и година уписа:

Хемија, година уписа: школска 2020/2021 година

2.3. Биографија кандидата (до 1500 карактера):

Анита Младеновић је рођена 25. августа 1996. године у Крагујевцу. Основну школу „Бранислав Нушић“ и средњу стручну школу, Текстилно-технолошка и пољопривредна „Деспот Ђурађ“ школа, смер Техничар за заштиту животне средине, завршила је у Смедереву са одличним успехом. Природно-математички факултет у Крагујевцу, група Хемија, смер Хемија – заштита животне средине, уписала је школске 2015/16. године, где је дипломирала 28. септембра 2019. са просечном оценом 9,05. Мастер студије на Природно-математичком факултету уписала је школске 2019/20. године, а мастер рад, област Аналитичка хемија, одбранила је 25. септембра 2020. године са оценом 10. Докторске академске студије уписала је на Природно-математичком факултету Универзитета у Крагујевцу, школске 2020/21. године. У звање истраживач-приправник изабрана је новембра 2020. године и од тада ради као истраживач у Институту за нуклеарне науке „Винча“ (Лабораторија за радијациону физику и хемију). Истраживачки рад, област Органска хемија, обухвата синтезу и карактеризацију органских, синтетисаних хидрогелова, са циљем проналазка нових, термоосетљивих хидрогелова који могу имати потенцијалну примену у медицини и заштити животне средине.

2.4. Преглед научноистраживачког рада кандидата (до 1500 карактера):

Анита С. Младеновић усмерила је своја истраживања на област полимерних хидрогелова, са акцентом на температурно осетљиве хидрогелове на бази N-изопропилакриламида. Њен научни рад обухвата синтезу и детаљну карактеризацију ових материјала, као и испитивање њихове примене у различитим контекстима. Посебан значај њених истраживања огледа се у проучавању примене синтетисаних хидрогелова у процесима сорпције и акумулације тешких метала из водених раствора, чиме се доприноси развоју напредних материјала за еколошку и индустријску примену. Истраживања су усмерена на проширење знања о способности различитих јона метала да буду ефикасно апсорбовани у структури хидрогелова, што има потенцијалну примену у третману отпадних вода и заштити животне средине. Досадашњи научни прогрес Аните С. Младеновић може се сагледати кроз два објављена рада, сврстана у категорије M21 и M22, при чему је у једном од њих носилац првог ауторства. Поред тога, остварила је и једно саопштење на међународном научном скупу штампано у изводу (категирија M34), као и више од три саопштења на националним научним скуповима (M64). Ови резултати сведоче о континуитету њеног истраживачког рада и значајном доприносу развоју области полимерних хидрогелова и њихове примене у еколошкој хемији.

2.5. Списак објављених научних радова кандидата из научне области из које се пријављује тема докторске дисертације (аутори, наслов рада, назив часописа, волумен, година објављивања, странице од-до, DOI број¹, категорија):

1. Научни радови

1.1. **A. S. Mladenović**, Z. D. Stanić, M. M. Krstić, Z. Z. Rogić Miladinović, E. H. Suljovrujić, Thermoresponsive hydrogels obtained by gamma radiation: Poly(alkylene glycol) methacrylates vs. poly(n-isopropylacrylamide), *Thermal Science*, **29** (2025), 4409-4420, <https://doi.org/10.2298/TSCI250815165M>

Категорија: M22

1.2. M. Krstic, Z. Rogic Miladinovic, T. Barudzija, **A. Mladenović**, E. Suljovrujic, Stimuli-responsive

¹ Уколико публикација нема DOI број уписати ISSN и ISBN

copolymeric hydrogels based on oligo(ethylene glycol) dimethacrylate for biomedical applications: An optimisation study of pH and thermoresponsive behaviour, *Reactive and Functional Polymers*, **170** (2022), 105140, <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2021.105140>

Категорија: M21

2. Саопштења на научним скуповима

2.1. Саопштења са међународног скупа штампана у изводу (M34)

2.1.1. Z. Rogić Miladinović, **A. Mladenović**, D. Milicevic, E. Suljovrujić, S. Meseldzija, Efficient Copper Ion Removal from Wastewater Using Copolymeric Hydrogels Based on NIPAM, OEGMA, and Acids Synthesized via Gamma Radiation, *Third International Conference on Applications of Radiation Science and Technology (ICARST-2025)*, Vienna, April 7 – 11th, 2025, IAEA-CN-332/709

2.2. Саопштења са скупова националног значаја у изводу (M64)

2.2.1. **A. S. Mladenović**, Z. Z. Rogić Miladinović, Z. D. Stanić, J. M. Potočnik, E. H. Suljovrujić, Effect of ethanol on the thermoresponsive behavior of P(NiPAM) hydrogels, *11th Conference of Young Chemists of Serbia, Kragujevac, Serbia, October 25th*, 2025, SCFM PP 02, p. 117, ISBN 978-86-7132-090-0

2.2.2. A. B. Stolić, **A. S. Mladenović**, Z.Z. Rogić Miladinović, E. H. Suljovrujić, Controlled drug delivery using methacrylate-based hydrogels: Copolymerization as a strategy to mitigate the burst effect, *10th Conference of Young Chemists of Serbia, Belgrade, Serbia, October 26th*, 2024, SCFM PP 10, p. 175, ISBN 978-86-7132-087-0

2.2.3. **A. S. Mladenović**, Z. Z. Rogić Miladinović, A. B. Stolić, E. H. Suljovrujić, Methacrylate-based hydrogels as sorbents for the removal of Mn⁺² from aqueous solutions, *9th Conference of Young Chemists of Serbia, Novi Sad, November 4th*, 2023, SCFM PP 03, p. 154, ISBN 978-86-7132-084-9

2.2.4. **A. S. Mladenović**, Z. Z. Rogić Miladinović, M. M. Krstić, E. H. Suljovrujić, Preparation and swelling characterization of P(NiPAM/OPGMA) hydrogels, *8th Conference of Young Chemists of Serbia, Belgrade, Serbia, October 29th*, 2022, MS PP 06, p. 89, ISBN 978-86-7132-080-1

2.6. Оцена испуњености услова кандидата у складу са студијским програмом, општим актом факултета и општим актом Универзитета (до 1000 карактера):

Анита С. Младеновић, мастер хемичар, школске 2020/21. године уписала је докторске студије Анита С. Младеновић, мастер хемичар, школске 2020/21. године уписала је докторске студије на Природно-математичком факултету Универзитета у Крагујевцу, студијска група Хемија. Испунила је све обавезе предвиђене планом и програмом докторских академских студија хемије на Природно-математичком факултету Универзитета у Крагујевцу. Положила је све испите, предвиђене студијским програмом, са просечном оценом 9,83. Као доказ, приложила је Уверење о положеним испитима и укупном броју стечених ЕСПБ бодова. На основу прегледа научноистраживачког рада Аните С. Младеновић, закључује се да је испунила све услове

прописане Правилником о пријави, изради и одбрани докторске дисертације на Институту за хемију Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу. Кандидат је објавила рад из области докторске дисертације у часопису категорије M22, у којем је први аутор. На основу наведеног, Комисија позитивно оцењује подобност кандидата Аните С. Младеновић за израду предложене теме докторске дисертације и констатује да кандидат испуњава све услове у складу са студијским програмом Института за хемију, општим актом Природно-математичког факултета и општим актом Универзитета у Крагујевцу.

3. Подаци о предложеном ментору

3.1. Име и презиме предложеног ментора:

др Зоране З. Рогич Миладиновић

3.2. Звање и датум избора:

Научни сарадник, 28.02.2023. године

3.3. Научна област/ужа научна област за коју је изабран у звање:

Хемијске науке/Физичко-хемијске науке

3.4. НИО у којој је запослен:

Универзитет у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча“

3.5. Списак референци којима се доказује испуњеност услова за ментора у складу са Стандардом 9 (аутори, наслов рада, назив часописа, волумен, година објављивања, странице од-до, DOI број, категорија):

1. **Z. Rogic Miladinovic**, M. Krstic, E. Suljovrujic, Swelling behavior, biocompatibility, and controlled delivery of sodium–diclofenac in new temperature-responsive P(OEGMA/OPGMA) copolymeric hydrogels. *Gels*, **11** (2025), 201, <https://doi.org/10.3390/gels11030201>
Категорија: M21a
2. A. Stolic, **Z. Rogic Miladinovic**, M. Krstic, G. Stamboliev, V. Petrovic, E. Suljovrujic, Radiation-induced synthesis of polymer networks based on thermoresponsive ethylene glycol propylene glycol monomers. *Gels*, **11** (2025), 488, <https://doi.org/10.3390/gels11070488>
Категорија: M21a
3. M. Krstic, **Z. Rogic Miladinovic**, T. Barudzija, A. Mladenovic, E. Suljovrujic, Stimuli-responsive copolymeric hydrogels based on oligo(ethylene glycol) dimethacrylate for biomedical applications: An optimisation study of pH and thermoresponsive behaviour. *Reactive and Functional Polymers*, **170** (2022), 105140, <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2021.105140>
Категорија: M21
4. **Z. Rogic Miladinovic**, M. Micic, A. Mrakovic, E. Suljovrujic, Smart hydrogels with ethylene glycol propylene glycol pendant chains. *Journal of Polymer Research*, **25** (2018), <https://doi.org/10.1007/s10965-017-1408-z>

Категорија: M22

5. **Z. Rogic Miladinovic**, M. Micic, E. Suljovrujic, Temperature/pH dual responsive OPGMA based copolymeric hydrogels prepared by gamma radiation: an optimisation study. *Journal of Polymer Research*, **23** (2016), 77, <https://doi.org/10.1007/s10965-016-0975-8>

Категорија: M22

3.6. Списак референци којима се доказује компетентност ментора у вези са предложеном темом докторске дисертације (аутори, наслов рада, назив часописа, волумен, година објављивања, странице од-до, DOI број, категорија):

1. **Z. Rogic Miladinovic**, M. Krstic, E. Suljovrujic, Swelling behavior, biocompatibility, and controlled delivery of sodium–diclofenac in new temperature-responsive P(OEGMA/OPGMA) copolymeric hydrogels. *Gels*, **11** (2025), 201, <https://doi.org/10.3390/gels11030201>

Категорија: M21a

2. E. Suljovrujic, **Z. Rogic Miladinovic**, M. Micic, D. Suljovrujic, and D. Milicevic, The influence of monomer/solvent feed ratio on POEGDMA thermoresponsive hydrogels: Radiation-induced synthesis, swelling properties and VPTT. *Radiation Physics and Chemistry*, **158** (2019), 37-45, <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2018.12.034>

Категорија: M21a

3. **Z. Rogic Miladinovic**, M. Micic, A. Mrakovic, E. Suljovrujic, Smart hydrogels with ethylene glycol propylene glycol pendant chains. *Journal of Polymer Research*, **25** (2018), <https://doi.org/10.1007/s10965-017-1408-z>

Категорија: M22

4. M. Micic, **Z. Rogic Miladinovic**, and E. Suljovrujic, Tuning the thermoresponsive properties of poly (oligo (propylene glycol) methacrylate) hydrogels via gradient copolymerization with 2-hydroxyethyl methacrylate. *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*, **65(1)** (2016), 18-27, <https://doi.org/10.1080/00914037.2015.1055627>

Категорија: M21

5. **Z. Rogic Miladinovic**, M. Micic, E. Suljovrujic. Temperature/pH dual responsive OPGMA based copolymeric hydrogels prepared by gamma radiation: an optimisation study. *Journal of Polymer Research*, **23** (2016), 77, <https://doi.org/10.1007/s10965-016-0975-8>

Категорија: M22

3.7. Да ли се предложени ментор налази на Листи ментора акредитованог студијског програма ДАС?

ДА

3.8. Оцена испуњености услова предложеног ментора у складу са студијским програмом, општим актом факултета и општим актом Универзитета (до 1000 карактера):

Предложени ментор, научни сарадник др Зорана З. Рогић Миладиновић, бави се истраживањима у области хемијских наука, са ужом специјализацијом у области физичко-хемијских наука. Предмет њених истраживања дуги низ година представљају полимерни хидрогелови осетљиви на спољне стимулансе, као и њихова примена у различите сврхе. Посебан акценат њеног научног рада усмерен је на примену хидрогелова у биомедицинске сврхе, што представља значајан допринос развоју савремене хемије и биоматеријала. Др Рогић Миладиновић је аутор и коаутор великог броја научних публикација објављених у часописима са SCI листе, чиме је потврдила континуитет и релевантност свог научног рада. Она се налази на Листи ментора докторских академских студија (ДАС) хемије на Природно-математичком факултету Универзитета у Крагујевцу и испуњава услове за ментора у складу са Стандардом 9. На основу наведеног, Комисија закључује да др Зорана З. Рогић Миладиновић испуњава све неопходне услове да буде ментор предложене докторске дисертације, у складу са студијским програмом ДАС хемије, општим актом Природно-математичког факултета и општим актом Универзитета у Крагујевцу.

4. Подаци о предложеном коментору

4.1. Име и презиме предложеног коментора:

др Зорка Д. Станић

4.2. Звање и датум избора:

Редован професор, 14.07.2022. године

4.3. Научна област/ужа научна област за коју је изабран у звање:

Хемијске науке/Аналитичка хемија

4.4. НИО у којој је запослен:

Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет, Институт за хемију

4.5. Списак референци којима се доказује испуњеност услова коментора у складу са Стандардом 9 (аутори, наслов рада, назив часописа, волумен, година објављивања, странице од-до, DOI број*, категорија):

1. K.S. Postolović, **Z.D. Stanić***, Simultaneous determination of dopamine and folic acid using chitosan-carrageenan hydrogel/graphene oxide modified glassy carbon electrode. *Microchemical Journal*. **207** (2024) 111660, <https://doi.org/10.1016/j.microc.2024.111660>
Категорија: M21
2. K. Postolović, B. Ljujić, M.M. Kovačević, S. Đorđević, S. Nikolić, S. Živanović, **Z. Stanić***, Optimization, characterization, and evaluation of carrageenan/alginate/poloxamer/curcumin hydrogel film as a functional wound dressing material. *Materials Today Communications*, **31** (2022), 103528, <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2022.103528>
Категорија: M22
3. **Z. Stanić**, Natural sulfide minerals as electrode materials for electrochemical analysis in dipolar aprotic solvents, *International Journal of Electrochemical Science*, **13** (2018), 11113-

11135,
<https://doi.org/10.20964/2018.11.74>.
Категорија: M22

4. **Z. Stanić**, Improving therapeutic effects of curcumin – a review, *Journal of Food and Nutrition Research*, **57** (2018), 109-129,
file:///C:/Users/korisnik/Downloads/jfnr201809%20(7).pdf

Категорија: M22

5. **Z. Stanić***, J. Stepanović, Potentiometric determination of ascorbic acid in water–acetonitrile solution using pyrite and chalcopyrite electrodes. *Journal of Solid State Electrochemistry*, **20** (2016), 2879-2893, <https://doi.org/10.1007/s10008-016-3295-3>

Категорија: M22

- a. Списак референци којима се доказује компетентност коментатора у вези са предложеном темом докторске дисертације (аутори, наслов рада, назив часописа, волумен, година објављивања, странице од-до, DOI број, категорија):

1. K.S. Postolović, **Z.D. Stanić***, Simultaneous determination of dopamine and folic acid using chitosan-carrageenan hydrogel/graphene oxide modified glassy carbon electrode. *Microchemical Journal*, **207** (2024), 111660, <https://doi.org/10.1016/j.microc.2024.111660>

Категорија: M21a

2. K.S. Postolović, M.D. Antonijević, B. Ljujić, S. Radenković, M. Miletić Kovačević, Z. Hiezl, S. Pavlović, I. Radojević, **Z. Stanić***, Curcumin and diclofenac therapeutic efficacy enhancement applying transdermal hydrogel polymer films, based on carrageenan, alginate and poloxamer. *Polymers*, **14** (2022), 4091, <https://doi.org/10.3390/polym14194091>

Категорија: M21a

3. K.S. Postolović, M.D. Antonijević, B. Ljujić, M. Miletić Kovačević, M. Gazdić Janković, **Z.D.Stanić***, pH-responsive hydrogel beads based on alginate, κ-carrageenan and poloxamer for enhanced curcumin, natural bioactive compound, encapsulation and controlled release efficiency. *Molecules*, **27** (2022), 4045, <https://doi.org/10.3390/molecules27134045>

Категорија: M21

4. K. Postolović, B. Ljujić, M.M. Kovačević, S. Đorđević, S. Nikolić, S. Živanović, **Z. Stanić*** Optimization, characterization, and evaluation of carrageenan/alginate/poloxamer/curcumin hydrogel film as a functional wound dressing material. *Materials Today Communications*, **31** (2022), 103528, <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2022.103528>

Категорија: M22

5. **Z. Stanić***, J. Stepanović, Potentiometric determination of ascorbic acid in water–acetonitrile solution using pyrite and chalcopyrite electrodes. *Journal of Solid State*

Electrochemistry **20** (2016), 2879-2893, <https://doi.org/10.1007/s10008-016-3295-3>
Категорија: M22

b. Да ли се предложени коментор налази на Листи ментора акредитованог студијског програма ДАС?

ДА

c. Оцена испуњености услова предложеног коментора у складу са студијским програмом, општим актом факултета и општим актом Универзитета (до 1000 карактера):

Проф. др Зорка Д. Станић, редовни професор Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу, активно се бави научноистраживачким радом у области Аналитичке хемије. До сада је објавила значајан број научних радова у међународним часописима, чиме је потврдила континуитет и релевантност свог научног доприноса. Поред бројних истраживачких области, др Станић је у домену наставних активности и анализе реалних узорака, написала универзитетски уџбеник Аналитика воде и земљишта (Крагујевац, 2013). Њено дугогодишње искуство и ангажовање у настави у области Аналитичке хемије представљају значајну основу за подршку и допринос реализацији предложене докторске дисертације. Проф. др Зорка Д. Станић налази се на Листи ментора докторских академских студија (ДАС) хемије на Природно-математичком факултету и испуњава услове за ментора у складу са Стандардом 9. На основу наведеног, Комисија закључује да проф. др Зорка Д. Станић испуњава све неопходне услове да буде коментор предложене докторске дисертације, у складу са студијским програмом ДАС хемије, општим актом Природно-математичког факултета и општим актом Универзитета у Крагујевцу.

6. ЗАКЉУЧАК

На основу анализе приложене документације Комисија за писање извештаја о оцени научне заснованости теме и испуњености услова кандидата и предложеног ментора предлаже да се кандидату Анити С. Младеновић одобри израда докторске дисертације под насловом „Функционализовани кополимерни хидрогелови на бази N-изопропилакриламида за сорпцију тешких метала из водених раствора” и да се за ментора/коментора именује др Зоране З. Рогић Миладиновић, научни сарадник / др Зорка Д. Станић, редовани професор.

Чланови комисије:


др Владимир П. Петровић, ванредни професор

Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет

Хемијске науке/Органска хемија

Председник комисије



др Вера М. Дивац, ванредни професор

Универзитет у Крагујевцу, Природно-
математички факултет

Хемијске науке/Органска хемија

Члан комисије

др Един Суљоврујић, научни саветник

Универзитет у Београду, Институт за нуклеарне
науке „Винча”

Физичке науке/Физика полимера

Члан комисије



НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ
И
ВЕЋУ КАТЕДРЕ ИНСТИТУТА ЗА ХЕМИЈУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

Извештај о оцени научне заснованости теме и испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације са темом: „Функционализовани кополимерни хидрогелови на бази N-изопропилакриламида за сорпцију тешких метала из водених раствора“ кандидата Аните Младеновић, задовољава критеријуме прописане Законом о високом образовању, Правилником о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу, Правилником о докторским академским студијама на Природно-математичком факултету Универзитета у Крагујевцу и Правилником о пријави, изради и одбрани докторске дисертације на Природно-математичком факултету Универзитета у Крагујевцу.

У Крагујевцу

9.3.2026.

Продекан за наставу

Sanja Janićević

др Сања Јанићевић

