

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Факултет за физичку хемију
Датум: 09.04.2026.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Веће научних области природних наука

Захтев број: 525/2

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на одлуке о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и о именовану комисије за одбрану

Молимо да, сходно члану 48 ст. 5 тач. 4) Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", бр. 201/18, 207/19, 213/20, 214/20, 217/20, 230/21, 232/22, 233/22, 236/22, 241/22, 243/22, 244/23 245/23 и 247/23), дате сагласност на одлуку о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације:

Угљенични нанокомпозити добијени карбонизацијом електрохемијски умрежених алгината помоћу катјона гвожђа, никла и цинка, за примену у конверзији и складиштењу енергије

КАНДИДАТ: Јелена (Славољуб) Рупар

студент докторских студија на студијском програму: **докторске академске студије физичке хемије**

уписан на докторске студије: **2016.**

пријавио је тему докторске дисертације дана **15.03.2024. године** под називом:

Угљенични нанокомпозити добијени карбонизацијом електрохемијски умрежених алгината помоћу катјона гвожђа, никла и цинка, за примену у конверзији и складиштењу енергије

из научне области: **Физичка хемија – електрохемија и физичка хемија – хемијска термодинамика, материјали**

Универзитет је дана **28.03.2024. године**, својим актом **02-07 Број: 61206-1003/2-24 МЦ** од **28.03.2024. године**, дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила „**Угљенични нанокомпозити добијени карбонизацијом електрохемијски умрежених алгината помоћу катјона гвожђа, никла и цинка, за примену у конверзији и складиштењу енергије**“.

Име и презиме ментора: **др Немања Гаврилов, ванредни професор Факултета за физичку хемију и др Александра Јаношевић Лежаић, редовни професор Фармацеутског факултета.**

Комисија за оцену докторске дисертације образована је на седници одржаној **22.01.2026. године**, одлуком факултета под **бр. 80** од **22.01.2026. године**, у саставу:

- 1) др Биљана Шљукић Паунковић, редовни професор, физичка хемија – електрохемија, Факултет за физичку хемију,
- 2) др Маја Милојевић-Ракић, ванредни професор, физичка хемија - контрола и заштита животне средине, Факултет за физичку хемију,
- 3) др Мара Алексић, редовни професор, физичка хемија, Фармацеутски факултет.

Датум стављања извештаја Комисије и докторске дисертације на увид јавности: **27.02.2026. године.**

Наставно - научно веће факултета усвојило је извештај Комисије за оцену докторске дисертације на седници одржаној дана: **09.04.2026. године.**

Комисија за одбрану докторске дисертације образована је на седници одржаној **09.04.2026.године**, одлуком факултета под бр. **525** од **09.04.2026. године**, у саставу:

- 1) др Биљана Шљукић Паунковић, редовни професор, физичка хемија – електрохемија, Факултет за физичку хемију,
- 2) др Маја Милојевић-Ракић, ванредни професор, физичка хемија - контрола и заштита животне средине, Факултет за физичку хемију,
- 3) др Мара Алексић, редовни професор, физичка хемија, Фармацеутски факултет.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Прилози:

1. Одлука Наставно-научног већа о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и одлука о именовану Комисије за одбрану докторске дисертације
2. Извештај Комисије о оцени докторске дисертације
3. Примедбе на извештај Комисије о оцени докторске дисертације (уколико их је било) и мишљење Комисије о примедбама

Напомена: Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и у једном писаном примерку за архиву Универзитета

Датум: 09.04.2026.

Број: 525

На основу члана 33. Статута Универзитета у Београду - Факултета за физичку хемију, Наставно-научно веће Факултета на VI редовној седници одржаној 09.04.2026. године, доноси следећу

О Д Л У К У

1.- Прихвата се позитивни извештај Комисије за оцену докторске дисертације кандидата **магистра фармације Јелене Рупар** под називом **„Угљенични нанокompозити добијени карбонизацијом електрохемијски умрежених алгината помоћу катјона гвожђа, никла и цинка, за примену у конверзији и складиштењу енергије“**, Комисија у саставу:

- 1) др Биљана Шљукић Паунковић, редовни професор, Факултет за физичку хемију,
- 2) др Маја Милојевић-Ракић, ванредни професор, Факултет за физичку хемију,
- 3) др Мара Алексић, редовни професор, Фармацеутски факултет.

2.- Именује се Комисија за одбрану докторске дисертације у саставу:

- 1) др Биљана Шљукић Паунковић, редовни професор, Факултет за физичку хемију,
- 2) др Маја Милојевић-Ракић, ванредни професор, Факултет за физичку хемију,
- 3) др Мара Алексић, редовни професор, Фармацеутски факултет.

3.- Универзитет је дана **28.03.2024.године**, својим актом **02-07 Број: 61206-1003/2-24 МЦ** од **28.03.2024. године**, дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила **„Угљенични нанокompозити добијени карбонизацијом електрохемијски умрежених алгината помоћу катјона гвожђа, никла и цинка, за примену у конверзији и складиштењу енергије“**.

4.- Објављени резултати који чине део докторске дисертације:

Радови у врхунском међународном часопису (M21):

1. Rupar J.; Bajuk-Bogdanović D.; Milojević-Rakić M.; Krstić J.; Upadhyay K.; Gavrilov N.; Janošević Ležaić A. Tailored Porosity Development in Carbons via Zn²⁺ Monodispersion: Fitting Supercapacitors. Microporous Mesoporous Mater. 2022, 335, 111790, <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2022.111790>

Научни радови објављени у истакнутим међународним часописима (M22):

1. Rupar J, Hrnjić A, Uskoković-Marković S, Bajuk-Bogdanović D, Milojević-Rakić M, Gavrilov N, Janošević Ležaić A. Electrochemical Crosslinking of Alginate – Towards Doped Carbons for Oxygen Reduction. Polymers. 2023, 15, 3169, <https://doi.org/10.3390/polym15153169>

2. Rupan J, Tekić D, Janošević Ležaić A, Upadhyay KK. ORR Catalysts Derived from Biopolymers. Catalysts 2022, 13, 80, <https://doi.org/10.3390/catal13010080>

5.- Извештај Комисије за оцену и одбрану о урађеној докторској дисертацији доставља се Универзитету у Београду – Већу научних области природних наука, ради давања сагласности на исти.

6.- По добијеној сагласности из тачке 4., кандидат може да приступи одбрани докторске дисертације.

Одбрана докторске дисертације је јавна. Датум и место одбране се оглашавају на сајту Факултета и огласној табли Факултета, најмање три дана пре одбране.

Докторска дисертација се брани пред Комисијом, која по завршеној одбрани оцењује кандидата, утврђујући да је "одбранио" или "није одбранио" дисертацију.

Одлуку доставити:

- кандидату,
- Комисији,
- Стручном већу Универзитета,
- Служби за студентска питања,
- архиви Факултета.

**Председник Наставно-научног већа
Факултета за физичку хемију**

**проф. др Мирослав Кузмановић,
декан**

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ – ФАКУЛТЕТ ЗА ФИЗИЧКУ ХЕМИЈУ

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

На III редовној седници Наставно-научног већа Факултета за физичку хемију Универзитета у Београду, одржаној 22.01.2026. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације кандидаткиње Јелене С. Рупар, доктора медицинских наука - фармација, под насловом:

„Угљенични наноконтрополи добијени карбонизацијом електрохемијски умрежених алгината помоћу катјона гвожђа, никла и цинка, за примену у конверзији и складиштењу енергије“.

Одлуком Наставно-научног већа Факултета за физичку хемију Универзитета у Београду, са VI редовне седнице одржане 15.03.2024. године одобрена је израда докторске дисертације под наведеним насловом. На основу те одлуке, Веће научних области природних наука Универзитета у Београду је на својој седници одржаној 28.03.2024. године дало сагласност да се прихвати предложена тема докторске дисертације.

Након прегледа и анализе докторске дисертације кандидаткиње, Наставно-научном већу подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Приказ садржаја дисертације

Докторска дисертација кандидаткиње Јелене С. Рупар је написана на српском језику, и обухвата 93 стране А4 формата куцаног текста (фонт Times New Roman величине 12 pt и проред 1). Дисертација је припремљена према упутству за обликовање докторске дисертације Универзитета у Београду. Дисертација садржи следећа поглавља: **Увод** (16 страна), **Циљ рада** (1 страна), **Експериментални део** (12 страна), **Резултати и дискусија** (38 страна), **Закључак** (2 стране), **Литература** (9 страна), **Прилози** (1 страна) и **Биографија** (1 страна). Поред наведеног, дисертација садржи **Насловну страну на српском језику** (1 страна), **Насловну страну на енглеском језику** (1 страна), **Листу ментора и чланова комисије за одбрану** (1 страна), **Захвалницу** (1 страна), **Резиме на српском језику** (1 страна), **Резиме на енглеском језику** (1 страна), **Садржај** (2 стране), **Листу скраћеница** (1 страна), као и **Прилоге – Изјаву о ауторству, Изјаву о истовестности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјаву о коришћењу** (4 стране).

Дисертација садржи 44 слике (5 у Уводу, 6 у Експерименталном делу и 33 у Резултатима и дискусији) и 17 табела (1 у Уводу, 6 у Експерименталном делу и 10 у Резултатима и дискусији) од којих 39 слика и 15 табела приказују резултате истраживања кандидаткиње.

Поглавље **Увод** подељено је на 2 целине које описују основне теоријске принципе на којима се заснива експериментални рад у овој дисертацији. У првој целини описани су уређаји за складиштење и конверзију енергије, са подцелинама које описују електрохемијске кондензаторе и горивне ћелије. Друга целина посвећена је разматрању својстава алгината. У овој целини дат је литературни преглед примене алгината са циљем добијања угљеничних материјала који се могу употребити у суперкондензаторима за складиштење енергије или као катализатори у реакцији редукције кисеоника (ORR) или у реакцији издвајања водоника (HER).

У поглављу **Циљ рада** описан је предмет истраживања ове докторске дисертације, тј. примена алгинатних филм-гелова, као прекурсора за синтезу угљеничних наноконтролисаних композита са циљем испитивања могућности њихове примене у уређајима за складиштење и конверзију енергије. Постављени су подциљеви који обухватају оптимизацију електрохемијски контролисане синтезе алгинатних филм-гелова, добијање угљеничних материјала, чистих и допираних, карбонизацијом припремљених филм-гелова, затим физичко-хемијску карактеризацију синтетисаних узорака и испитивање могућности складиштења електричне енергије унутар двојног електричног слоја материјала и испитивање електрокаталитичке активности за ORR или HER у алкалној средини, зависно од примењеног метала за умрежавање.

Поглавље **Експериментални део** обухвата 5 целина. У првој целини приказан је детаљан опис припреме гелова натријум-алгината. У другој целини приказан је опис припреме електрода за синтезу филм-гелова. Трећа целина обухвата опис синтезе филм-гелова. Посебна пажња посвећена је опису оптимизације експерименталних услова за добијање цинк-, гвожђе- и никл-алгинатних филм-гелова. У четвртој целини приказани су услови при којима је вршена карбонизација алгинатних филм-гелова са циљем добијања угљеничних материјала. У петој целини описане су методе карактеризације угљеничних материјала. Приказани су услови карактеризације узорака применом раманске спектроскопије, инфрацрвене спектроскопије са Фуријеовом трансформацијом (FTIR), фотоелектронске спектроскопије X-зрака (XPS). Такође, описани су услови карактеризације узорака методама скенирајуће електронске микроскопије са енергетски дисперзивном спектроскопијом (SEM) и трансмисионе електронске микроскопије (TEM). За електрохемијска мерења, детаљно су приказани услови снимања.

У поглављу **Резултати и дискусија** јасно су приказани и детаљно анализирани резултати ове докторске дисертације коришћењем оригиналних графичких приказа и табела.

Резултати су груписани у три целине. У првој целини описани су резултати испитивања узорака добијених карбонизацијом цинк-алгинатних филм-гелова. Ова целина обухвата резултате електрохемијске анализе ових узорака, XPS и елементарне анализе узорака, затим TEM, испитивања порозне структуре угљеничних материјала, као и испитивање капацитивних својстава узорака добијених карбонизацијом цинк-алгинатних филм-гелова применом цикличне волтаметрије. У другој целини описани су резултати карактеризације узорака добијених карбонизацијом гвожђе-алгинатних филм-гелова. Ови резултати обухватају електрохемијску и микроскопску анализу узорака, и испитивање каталитичке активности наведених узорака према ORR применом цикличне волтаметрије. У трећој целини описани су резултати карактеризације узорака добијених карбонизацијом никл-алгинатних филм-гелова. Ови резултати обухватају електрохемијску и микроскопску анализу узорака и испитивање каталитичке активности према HER применом цикличне волтаметрије.

У поглављу **Закључак** наведени су најзначајнији закључци који произлазе из резултата истраживања и који су у складу са постављеним циљевима.

У поглављу **Литература** наведено је 156 референци. Референце су наведене по редоследу њиховог навођења у тексту.

2. Кратак преглед остварених резултата

У овој дисертацији је предложена нова метода за *in situ* електрохемијску синтезу алгинатних филм-гелова као прекурсора за синтезу угљеничних и азотом допираних угљеничних материјала са монодиспергованим јонима цинка, гвожђа или никла. У ту сврху, описани су услови карбонизације и спроведена су детаљна испитивања добијених угљеничних материјала (са освртом на карактеризацију прекурсорских алгинатних филм-гелова) која осим физичко-хемијске карактеризације материјала обухватају и испитивање могућности складиштења електричне енергије унутар двојног електричног слоја материјала, као и

испитивање електрокаталитичке активности угљеничних материјала за реакцију редукције кисеоника у алкалној средини или за реакцију издвајања водоника у алкалној средини, зависно од примењеног метала за умрежавање.

Резултати наведених испитивања представљени су у складу са постављеним циљевима и подељени су у три поглавља. Свако поглавље представља опис резултата карактеризације узорака добијених карбонизацијом цинк-, гвожђе- или никл алгинатних филм-гелова.

У првом поглављу представљени су резултати који показују да је материјал добијен умрежавањем алгинатног прекурсора (натријум-алгината који је растворен у дејонизованој води или 0,1% риванолу са циљем допирања азотом) електрохемијски генерисаним катјонима цинка, након карбонизације настао угљенични материјал. Резултати FTIR су указали на структурне разлике полазног цинк-алгинатног филм-гела и добијеног угљеничног материјала након карбонизације филм-гела. Такође, FTIR спектри су указали на постојање функционалних група кисеоника у угљеничном материјалу које су корисне за електрохемијску активност, а у великој мери зависе од присуства азота и цинка у прекурсорском материјалу. Анализом раманских спектра потврђено је да су термичком обрадом алгинатних прекурсора формирани угљенични материјали. XPS анализе потврђују редукцију цинка и постепено уклањање цинка из угљеничног матрикса, као и да допирање азотом има заштитни ефекат према кисеоничним групама. Цинк који је монодиспергован током карбонизације прелази из јонског облика у карбонат или оксид са порастом температуре карбонизације, а на 800 °C редукује се и испарава што омогућава кретање цинка кроз угљенични скелет, што за последицу има формирање пора. Сматра се да је ово кључан корак у механизму активације цинка. Нижа специфична површина ($718 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$) за узорак ZnAlgN800 у односу на недопирани узорак ZnAlg800 ($1056 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$) указује да је испаравање цинка у материјалу допираном азотом делимично ограничено, вероватно услед комплексирања са риванолом у прекурсорском алгинатном материјалу. TEM анализе су потврдиле ове резултате и показале да се већина цинка при 800 °C редукује и испарава. Електрохемијска испитивања применом цикличне волтаметрије показала су да присуство Zn и N у току карбонизације омогућава да угљенични материјал добијен од алгинатног прекурсора ZnAlgN800 има значајан капацитет (265 F g^{-1} при брзини промене потенцијала 5 mV s^{-1}) највећу вредност уочену међу испитиваним узорцима. При умереном оптерећењу од 1 A g^{-1} , овај материјал је имао капацитет од 225 F g^{-1} , а даље повећање оптерећења на 2 и 10 A g^{-1} , резултирало је капацитетима од 189 и 131 F g^{-1} , редом. Задржавање капацитета од 58% при растућем оптерећењу струјом је значајно и упоредиво је са оним у литератури. Такође, галваностатско испитивање стабилности овог узорка (при 1 A g^{-1}) за више од 1000 циклуса са око 1% губитка капацитета, потврдило је одличну стабилност материјала. Ови резултати могу послужити као основа за оптимизацију угљеничних материјала допираних азотом добијених карбонизацијом алгинатних филмова уз додатак риванола, који би могли пронаћи примену у супекондензаторима.

У другом поглављу представљени су резултати испитивања узорака добијених карбонизацијом гвожђе-алгинатних филм-гелова који су добијени умрежавањем натријум-алгината (који је претходно растворен у дејонизованој води или 0,1% риванолу), електрохемијски генерисаним катјонима гвожђа. Резултати FTIR указују на структурне разлике алгинатног прекурсора и одговарајућег угљеничног материјала добијеног након карбонизације. Применом раманске спектроскопије потврђено је да је термичким третманом прекурсора на 700 °C добијен угљенични материјал. Како је са циљем допирања сумпором прекурсор тј. алгинатни филм-гел пре карбонизације третиран натријум-сулфидом, рамански спектри су показали такође да постоји разлика између спектра угљеничних материјала са сумпором и без сумпора. TEM слике узорака добијених карбонизацијом Fe-алгинатних филм-гелова потврдиле су присуство монодиспергованих наночестица гвожђа у угљеничном матриксу. SEM анализе су показале да увођење риванола као растварача за натријум-алгинат уместо дејонизоване воде, за последицу има формирање уједначених низова наночестица гвожђа након карбонизације филм-гела. Третман филм-гелова алгината умрежених гвожђем натријум-сулфидом доводи до смањења садржаја гвожђа и промене морфологије угљеничног

материјала. Уместо ламинарне, морфологија постаје глобуларна, што је последица распетљавања делова алгинатне мреже. SEM анализе такође су показале да је предложена метода за добијање угљеничног материјала са униформном расподелом наночестица различитих метал-кисеоник/сумпор врста поуздана и ефикасна.

Узорци добијени карбонизацијом добијених филм-гелова Fe-алгината су тестирани као катализатори за редукцију кисеоника у алкалном раствору применом цикличне волтаметрије. Резултати су показали да активност расте следећим редоследом: FeAlgNS1,5V30min > FeAlgS1,5V30min > FeAlgN1,5V30min \approx FeAlg1,5V30min. Кодопирање азотом и сумпором, поред гвожђа, показало је синергистички и позитивни ефекат на активност материјала према ORR у односу на допирање једним хетероатомом. Потенцијал почетка редукције износио је $-0,26 \text{ V vs. SCE}$ за узорак FeAlgNS1,5V30min што је вредност блиска вредностима које су објављене за материјале сличног састава. Потенцијал почетка редукције износио је $-0,21 \text{ V vs. SCE}$ за узорак FeAlgNS2,1V5min. Селективност је била иста у случају свих испитиваних материјала синтетисаних на потенцијалу 1,5 V. Узорци синтетисани на потенцијалу 2,1 V показали су специфичне капацитете у опсегу од 130 до 260 F g^{-1} , при чему је FeAlgNS2,1V30min имао највећу вредност специфичног капацитета од 262,2 F g^{-1} .

У трећем поглављу су представљени резултати испитивања узорака добијених карбонизацијом никл-алгинатних филм-гелова који су добијени умрежавањем натријум-алгината (који је претходно растворен у дејонизованој води или 0,1% риванолу) електрохемијски генерисаним катјонима никла. Елементарна анализа површине узорака угљеничног материјала потврдила је присуство никла у свим испитиваним материјалима. SEM анализа потврдила је да су проводне врсте никла равномерно распоређене у угљеничном матриксу. Применом цикличне волтаметрије испитана је примена угљеничних материјала као потенцијалних катализатора за HER. Показано је да активност материјала према HER зависи од форме никла који је у њему присутан. Узорци 2NiAlg2,5V и 2NiAlg2V су показали ниску активност према HER, вероватно зато што никл у њима постоји углавном у облику $\alpha\text{-Ni(OH)}_2$ и јер имају нешто нижи површински садржај никла. Насупрот томе, угљенични материјал 5NiAlgN2V који садржи већи удео $\beta\text{-Ni(OH)}_2$, показује добру електрокаталитичку активност. Ово побољшање може бити додатно повезано и са уграђеним азотом у структуру угљеничног материјала.

Из сва три дела поглавља Резултати произилазе предлози за електрохемијску синтезу угљеничног материјала допираног азотом или сумпором или азотом и сумпором. Резултати представљени и дискутовани у овој тези нуде увиде у еколошки прихватљив и економски исплатив начин дизајнирања ефикасног наноструктурираног неплеменитог потенцијалног катализатора за редукцију кисеоника, катализатора за реакцију издвајања водоника или суперкапацитивног материјала, зависно од примењеног метала за умрежавање алгината.

3. Упоредна анализа резултата дисертације са подацима из литературе

Како је један од великих проблема савременог друштва несклад између потрошње и производње енергије, електрохемијски уређаји за складиштење и конверзију наелектрисања могли би имати значајан допринос у решавању овог проблема. За перформансе ових уређаја од пресудног је значаја одабрати одговарајући материјал који је економски исплатив, еколошки прихватљив и ефикасан. У литератури се све чешће помиње биомаса, као важан ресурс који се може искористити за добијање порозних угљеничних материјала са одговарајућим распоредом и величином пора. Алгинат представља широко распрострањени полисахарид и природни кополимер који се може умрежити двовалентним или тровалентним катјонима [1], што може бити полазни материјал за синтезу угљеничних материјала. Најчешће се примењује хемијско умрежавање додавањем одговарајућих катјона; међутим, недостатак ове методе огледа се у ограниченој могућности контролisaња морфологије, хомогености и порозности добијене структуре. Примена електрохемијског умрежавања омогућава бољу

контролу процеса и добијање материјала са хомогеном расподелом металних катјона унутар алгинатне структуре, као и бољу контролу морфологије и порозности добијене структуре, што представља значајну предност у односу на класично хемијско умрежавање [2].

У овој докторској дисертацији, коришћен је натријум-алгинат растворен у дејонизованој води или 0,1% риванолу са циљем допирања азотом и поступак електрохемијског умрежавања применом електроде од цинка, гвожђа или никла као аноде. Синтетисани филм-гел алгината коришћен је као прекурсор, који је карбонизован, након чега је добијен порозни угљенични материјал. Физичко-хемијска карактеризација добијених угљеничних материјала као и електрохемијска испитивања ових материјала у овој дисертацији извршена су са циљем испитивања могућности примене добијених материјала за складиштење електричне енергије унутар двојног електричног слоја материјала, као и за испитивање електрокаталитичке активности угљеничних материјала за реакцију редукције кисеоника у алкалној средини или за реакцију издвајања водоника у алкалној средини, зависно од примењеног метала за умрежавање.

Испитивањем узорка који су добијени карбонизацијом Zn-алгинатних филм-гелова утврђено је да приликом карбонизације долази до испаравања цинка које утиче и на формирање пора. У случају када је као растварач за алгинат коришћен риванол, утврђено је да је губитак цинка ограничен, што указује да допирање азотом за последицу има заштитни ефекат на групе кисеоника и ово је у складу са литературним подацима [3]. *Brunauer-Emmett-Teller* (BET) анализа узорка показала је да узорци карбонизовани на 800 °C достижу вредности BET површина од 718 m² g⁻¹ и 1056 m² g⁻¹ (узорци ZnAlgN800 и ZnAlg800, редом). Ови подаци указују да би испитани материјали потенцијално могли да се користе за израду електрода суперкондензатора, имајући у виду да се ове електроде израђују од материјала које карактерише велика специфична површина (преко 1000 m² g⁻¹) [4].

Испитивањем капацитета угљеничних материјала добијених карбонизацијом Zn-алгинатних филм-гелова, утврђено је да је вредност капацитета узорка ZnAlgN800 која износи 265 F g⁻¹ при брзини промене потенцијала од 5 mV s⁻¹ блиска вредностима капацитета за узорке добијене из биомасе који се наводе у литератури [5]. При умереном оптерећењу од 1 A g⁻¹, овај материјал је имао капацитет од 225 F g⁻¹, а даље повећање оптерећења на 2 и 10 A g⁻¹, резултирало је капацитетима од 189 и 131 F g⁻¹, редом. Задржавање капацитета од 58% при растућем оптерећењу струјом је значајно и упоредиво је са оним у литератури [6]. Такође, галваностатско испитивање стабилности овог узорка (при 1 A g⁻¹) за више од 1000 циклуса са око 1% губитка капацитета, потврдило је одличну стабилност материјала. Резултати испитивања капацитета узорка ZnAlgN800 упоредиви су са електрохемијским перформансама угљеничних електрода суперкондензатора добијених од биоматеријала различитим синтетским поступцима, који су у поређењу са методом предложеном у овој дисертацији комплекснији и скупљи [5].

Испитивањем узорка који су добијени карбонизацијом Fe-алгинатних филм-гелова потврђено је да су након карбонизације филм-гела наночестице гвожђа монодиспреговане у угљеничном матриксу (TEM анализа). SEM анализа је потврдила да је формирана планарна структура, што је у складу са литературним подацима [7]. Из раманских спектра испитиваних узорка добијених карбонизацијом Fe-алгинатних филм-гелова, може се закључити да су након карбонизације добијени угљенични материјали. Испитивањем каталитичке активности за ORR, одређено је да узорак FeAlgNS1,5V30min показује најпозитивнију вредност потенцијала на коме почиње процес редукције (-0,26 V vs. SCE), што је вредност блиска вредностима коју су објавили Fang и сар. [8] за узорке FeS/FeS₂/rGO.

Елементарна анализа површине угљеничних материјала добијених карбонизацијом Ni-алгинатних филм-гелова потврдила је присуство никла у свим испитиваним материјалима. SEM микрографије ових узорка указују на равномерно распоређени никл у угљеничном матриксу, што представља потврду да се предложена метода може користити и за синтезу угљеничних материјала карбонизацијом Ni-алгинатних филм-гелова. Резултати испитивања електрохемијски активне површине (ESCA), добијени применом цикличне волтаметрије, на

основу положаја пикова указују на то да се код узорка 5NiAlgN2V доминантно формира β -Ni(OH)₂. Анализом цикловолтамограма уочено је да β -Ni(OH)₂ показује добру електрокаталитичку активност која је упоредива са неким Ni/rGO композитима [9]. Узорак 5NiAlgN2V има најнижу ESCA што указује да би β -Ni(OH)₂ био активнији према HER у односу на другу форму никла, што је у складу са резултатима других аутора [10].

Резултати представљени у овој дисертацији нуде увиде у нову електрохемијску синтезу алгинатног прекурсора умрежавањем катјонима цинка, гвожђа или никла, који након карбонизације показује повољно електрохемијско понашање. Ови резултати указују на могућност еколошки прихватљивог и економски исплативог дизајнирања ефикасног наноструктурираног неплеменитог материјала који би потенцијално нашао примену за складиштење електричне енергије унутар двојног електричног слоја материјала или за електрокатализу реакције редукције кисеоника у алкалној средини или реакције издвајања водоника у алкалној средини, зависно од примењеног метала за умрежавање.

Референце

- [1] D. Massana Roquero, A. Othman, A. Melman, E. Katz. Iron(III)-Cross-Linked Alginate Hydrogels: A Critical Review. *Materials Advances* 3 (2022) 1849–1873, <https://doi.org/10.1039/D1MA00959A>
- [2] F. Sciortino, G. Rydzek, F. Boulmedais. Electrochemical Assembly Strategies of Polymer and Hybrid Thin Films for (Bio)sensors, Charge Storage, and Triggered Release. *Langmuir* 39 (2023) 11149–11165, <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.3c00860>
- [3] B. Perez-Roman, J. Lopez-Sanchez, M. A. Mazo, F. Rubio-Marcos. Nitrogen-doped porous carbon materials: synthetic pathways, structural tuning, and functional applications. *Coordination Chemistry Reviews*. 551 (2026) 217330, <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2025.217330>
- [4] S.-S. Wang, C.-H. Hsu, C.-T. Tsai, H.-P. Lin, C.-W. Yan, J.-K. Chang, T.-H. Hsieh, C.-W. Huang, C.-H. Lee. Conversion of wood waste into nitrogen-doped graphite-like multiporous carbon with high specific surface area and electrical conductivity for high-voltage supercapacitors. *Sustainable Energy Fuels* 9 (2025) 2355–2368, <https://doi.org/10.1039/D4SE01603C>
- [5] M. Zhang, L. Peng. Research progress of biomass-derived carbon for the supercapacitors. *Materials Research Express* 11 (2024) 012004, <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ad1013>
- [6] Y. Dong, J. Zhu, Q. Li, S. Zhang, H. Song, D. Jia. Carbon materials for high mass-loading supercapacitors: filling the gap between new materials and practical applications. *J. Mater. Chem. A* 8 (2020) 21930–21946, <https://doi.org/10.1039/D0TA08265A>
- [7] Y. Yan, W. Sun, Y. Wei, K. Liu, J. Ma, G. Hu. Review of Biomass-Derived Carbon Nanomaterials-From 0D to 3D-For Supercapacitor Applications. *Nanomaterials* 15 (2025) 315, <https://doi.org/10.3390/nano15040315>
- [8] H. Fang, T. Huang, J. Mao, S. Yao, M. M. Dinesh, Y. Sun, D. Liang, L. Qi, J. Yu, Z. Jiang. Investigation on the Catalytic Performance of Reduced-Graphene-Oxide-Interpolated FeS₂ and FeS for Oxygen Reduction Reaction. *ChemistrySelect* 3 (2018) 10418–10427, <https://doi.org/10.1002/slct.201800835>
- [9] M. J. Gomez, A. Loiacono, L. A. Perez, E. A. Franceschini, G. I. Lacconi. Highly Efficient Hybrid Ni/Nitrogenated Graphene Electrocatalysts for Hydrogen Evolution Reaction. *ACS Omega* 4 (2019) 2206–2216, <https://doi.org/10.1021/acsomega.8b02895>
- [10] F. Navarro-Pardo, G. S. Selopal, A. P. Hernandez-Gonzalez, E. Ghasemy, J. Liu, K. K. Ghuman, A. C. Tavares, Z. M. Wang, F. Rosei. Nickel oxide/nickel nanohybrids for oxygen and hydrogen evolution in alkaline media. *Electrochimica Acta* 506 (2024) 145002, <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2024.145002>

Научни радови и саопштења публиковани из резултата дисертације

Из тезе кандидаткиње проистекао је један рад објављен у врхунском међународном часопису категорије M21 и два рада објављена у истакнутом међународном часопису категорије M22, једно саопштење на међународном скупу штампано у целини M33 и 2 саопштења на међународним скуповима штампана у изводу M34

Научни радови објављени у врхунским међународним часописима M21

1. **Rupar J.**; Bajuk-Bogdanović D.; Milojević-Rakić M.; Krstić J.; Upadhyay K.; Gavrilov N.; Janošević Ležaić A. Tailored Porosity Development in Carbons via Zn²⁺ Monodispersion: Fitting Supercapacitors. Microporous Mesoporous Mater. 2022, 335, 111790, <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2022.111790>

Научни радови објављени у истакнутим међународним часописима M22

1. **Rupar J.**, Hrnjić A, Uskoković-Marković S, Bajuk-Bogdanović D, Milojević-Rakić M, Gavrilov N, Janošević Ležaić A. Electrochemical Crosslinking of Alginate – Towards Doped Carbons for Oxygen Reduction. Polymers. 2023, 15, 3169, <https://doi.org/10.3390/polym15153169>
2. **Rupar J.**, Tekić D, Janošević Ležaić A, Upadhyay KK. ORR Catalysts Derived from Biopolymers. Catalysts 2022, 13, 80, <https://doi.org/10.3390/catal13010080>

Саопштења на међународним скуповима штампана у целини: M33

1. **Rupar J.**, Janošević Ležaić A., Gavrilov N., Hydrogen evolution at nickel/nickel oxide/carbon composites electrochemically prepared in alginate solution, Proceedings of the 15th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, 2021 September 20-24, Belgrade, Serbia, Belgrade: Society of Physical Chemists of Serbia; 2021.E-08-P.(M33)

Саопштења на међународним скуповима штампана у изводу: M34

1. Janošević Ležaić A., **Rupar J.**, Gavrilov N., ZnO/Carbon from biopolymer crosslinking as a supercapacitor material, Proceedings of the 4th International Meeting on Material Science for Energy Related Applications, 2021 September 22-23, Belgrade, Serbia, Belgrade: Faculty of Physical Chemistry, p.13-14

2. **Rupar J.**, Gavrilov N., Milojević-Rakić M., Janošević Ležaić A, Carbon encapsulated Fe-species as anodes in alkaline batteries, COIN2022, Contemporary batteries and Supercapacitors, International Symposium, June 1-2, 2022, Belgrade, Serbia

4. Провера оригиналности докторске дисертације

Провера оригиналности докторске дисертације извршена је на начин прописан Правилником о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду („Гласник Универзитета у Београду“ број 204 од 22.06.2018.). Помоћу програма iThenticate извршена је провера оригиналности докторске дисертације кандидаткиње под називом „Угљенични нанокмозити добијени карбонизацијом електрохемијски умрежених алгината помоћу катјона гвожђа, никла и цинка, за примену у конверзији и складиштењу енергије“ и установљено је да количина подударности текста (similarity index) износи 6%. Наведени степен подударности последица је употребе цитата, личних имена, библиографских података о коришћеној литератури, тзв. општих места и података, као и претходно публикованих резултата докторандових истраживања, који су проистекли из дисертације што је у складу са чланом 9. поменутог Правилника. На основу

свега изнетог, Комисија је утврдила да је докторска дисертација кандидаткиње Јелене С. Рупар оригинална као и да су у потпуности поштована академска правила цитирања, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

5. Закључак комисије

На основу изложеног може се закључити да резултати кандидаткиње Јелене С. Рупар представљају оригиналан и значајан научни допринос у области физичке хемије, посебно у ужој научној области физичке хемије - електрохемије и физичке хемије – хемијске термодинамике и физичке хемије материјала.

Део резултата докторске дисертације кандидаткиње публикован је у оквиру једног рада у врхунском међународном часопису (M21), два рада у истакнутом међународном часопису (M22), једног саопштења са међународног скупа штампаног у целини (M33) и два саопштења са међународног скупа штампана у изводу (M34).

У складу са наведеним, Комисија сматра да кандидаткиња испуњава услове за прихватање завршене докторске дисертације прописане од стране Универзитета у Београду и услове дефинисане Правилником о изради и оцени докторске дисертације на Факултету за физичку хемију Универзитета у Београду.

На основу изложеног, Комисија позитивно оцењује дисертацију доктора медицинских наука - фармација Јелене С. Рупар под називом „**Угљенични нанокмозити добијени карбонизацијом електрохемијски умрежених алгината помоћу катјона гвожђа, никла и цинка, за примену у конверзији и складиштењу енергије**“, те предлаже Наставно-научном већу Факултета за физичку хемију Универзитета у Београду да прихвати ову оцену Комисије, чиме би били испуњени сви услови за одобрење јавне одбране докторске дисертације и стицање звања кандидаткиње доктор физичкохемијских наука.

У Београду, 27.02.2026.

Чланови комисије:

Др Биљана Шљукић Паунковић, редовни професор
Универзитет у Београду – Факултет за физичку хемију

Др Маја Милојевић-Ракић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Факултет за физичку хемију

Др Мара Алексић, редовни професор
Универзитет у Београду – Фармацеутски факултет

Ugljenični nanokompoziti dobijeni karbonizacijo...

By: Jelena Rupar

As of: Feb 19, 2026 8:22:43 PM
28,128 words - 133 matches - 73 sources

Similarity Index

6%

Mode: ▾

sources:

120 words / 1% - from 25-May-2024 12:00AM

fedorabg.bg.ac.rs

112 words / 1% - Internet from 19-Jan-2023 12:00AM

ffhglasnik.ffh.bg.ac.rs

48 words / < 1% match - from 22-Nov-2025 12:00AM

fedorabg.bg.ac.rs

19 words / < 1% match - from 01-Nov-2025 12:00AM

fedorabg.bg.ac.rs

16 words / < 1% match - Internet

[Dobrota, Ana S.. "Theoretical analysis of graphene functionalization for energy conversion and storage applications", Универзитет у Београду, Факултет за физичку хемију, 2017](#)

16 words / < 1% match - Internet

[Balanč, Bojana D.. "Liposomes and liposomes-alginate systems for controlled release of resveratrol.", Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет, 2016](#)

8 words / < 1% match - Internet

[Gavrilov, Nemanja M.. "Application of carbonized nanostructured polyaniline in electrocatalysis and electrical energy storage", Универзитет у Београду, Факултет за физичку хемију, 2013](#)

8 words / < 1% match - Internet from 25-Feb-2020 12:00AM

fedorabg.bg.ac.rs

8 words / < 1% match - Internet from 21-Jun-2022 12:00AM

ffhglasnik.ffh.bg.ac.rs

87 words / < 1% match - Crossref

[Jelena Rupar, Danica Bajuk-Bogdanović, Maja Milojević-Rakić, Jugoslav Krstić et al. "Tailored porosity development in carbons via Zn²⁺ monodispersion: Fitting supercapacitors", Microporous and Mesoporous Materials, 2022](#)

79 words / < 1% match - Internet

[Rakočević, Lazar. "Electrocatalysis of hydrogen evolution reaction on bimetallic nanostructures of PdAu, PtAu, and PdPt on carbon supports", Универзитет у Београду, Факултет за физичку хемију, 2023](#)

29 words / < 1% match - from 03-May-2023 12:00AM

[uvidok.rcub.bg.ac.rs](#)

16 words / < 1% match - from 30-Jun-2023 12:00AM

[uvidok.rcub.bg.ac.rs](#)

13 words / < 1% match - from 20-May-2023 12:00AM

[uvidok.rcub.bg.ac.rs](#)

8 words / < 1% match - Internet from 24-Nov-2017 12:00AM

[uvidok.rcub.bg.ac.rs](#)

8 words / < 1% match - from 03-May-2023 12:00AM

[uvidok.rcub.bg.ac.rs](#)

16 words / < 1% match - Internet

[Tomić, Nataša M.. "Adsorption and photocatalytic properties of nanomaterials based on cerium\(IV\) oxide and titanium\(IV\) oxide", Универзитет у Београду, Хемијски факултет, 2017](#)

11 words / < 1% match - Internet

[Jovanović, Aleksandra A.. "Optimization of the extraction process from Thymus serpyllum L. herb, biological activities and encapsulation of extracts", Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет, 2018](#)

8 words / < 1% match - Internet

[Marković, Slobodanka. "Tourism as a factor of spatial intergration and socioeconomic development of Donje Podrinje", Универзитет у Београду, Географски факултет, 2020](#)

8 words / < 1% match - Internet

[Котуревић, Биљана. "Effect of physical fields on kinetics of extraction of caffeine from guarana seed \(Paullinia cupana, Sapindaceae\)", Универзитет у Београду, Факултет за физичку хемију, 2019](#)

8 words / < 1% match - Internet

[Veličković, Ivona. "Phytochemical analysis and biological activity of Prunus mahaleb L., P. spinosa L., Rubus discolor Weihe & Nees and R. serpens Weihe ex Lej & Court extracts \(Rosaceae\)", Универзитет у Београду, Биолошки факултет, 2021](#)

8 words / < 1% match - Internet

[Jugović, Branimir Z.. "Electrochemical energy sources based on a metal | electroconducting polymers system from water solutions", 'National Library of Serbia', 2008](#)

6 words / < 1% match - Internet

[Dimitrijević, Aleksandra N.. "Evaluation of N,N'- dialkyl-imidazolium ionic-liquid-based aqueous biphasic systems and their application for organic pollutants extraction", Универзитет у Београду, Факултет за физичку хемију, 2017](#)

35 words / < 1% match - Internet

[Dorontić, Slađana D.. "Synthesis and modification of graphene quantum dots and their application in Cu²⁺, Co²⁺, Pd²⁺ and Fe³⁺ detection", Универзитет у Београду, Факултет за физичку хемију, 2023](#)

10 words / < 1% match - Internet from 20-Oct-2021 12:00AM

[nardus.mpn.gov.rs](#)

8 words / < 1% match - Internet from 03-Nov-2017 12:00AM

[nardus.mpn.gov.rs](#)

27 words / < 1% match - Internet from 27-Jun-2022 12:00AM

[coek.info](#)

9 words / < 1% match - from 16-May-2023 12:00AM

[coek.info](#)

9 words / < 1% match - Internet from 13-Oct-2021 12:00AM

[coek.info](#)

38 words / < 1% match - Internet from 21-Oct-2022 12:00AM

[www.socphyschemserb.org](#)

35 words / < 1% match - ProQuest

[Simić, Marija D.. "Деградација бисфенола А електрохемијским унапређеним оксидационим процесима.", University of Belgrade \(Serbia\).](#)

33 words / < 1% match - ProQuest

[Slavković, Branko P.. "Модалитети примене пасивних соларних система при санацији индустријских објеката у Србији", University of Belgrade \(Serbia\), 2023](#)

28 words / < 1% match - ProQuest

[Pijović Radovanović, Milena M.. "Оптимизација процеса добијања високопорозних угљеничних материјала термохемијском конверзијом биомасе за примену у зеленим технологијама.", University of Belgrade \(Serbia\).](#)

17 words / < 1% match - from 10-Jan-2026 12:00AM

[www.mdpi.com](#)

9 words / < 1% match - from 21-Dec-2025 12:00AM

[www.mdpi.com](#)

23 words / < 1% match - ProQuest

[Дучић, Марија Ј. Јечменица. "Примена Композитних Угљеничних Електрода за Електрохемијско Уклањање Органских Боја из Водених Раствора - Експериментални и Теоријски Приступ.", University of Belgrade \(Serbia\).](#)

17 words / < 1% match - Crossref

[Zehong Chen, Hao Zhuo, Yijie Hu, Linxin Zhong et al. "Self-Biotemplate Preparation of Hierarchical Porous Carbon with Rational Mesopore Ratio and High Oxygen Content for an Ultrahigh Energy-Density Supercapacitor", ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 2018](#)

17 words / < 1% match - from 15-Nov-2025 12:00AM

[iris.cnr.it](#)

16 words / < 1% match - Internet from 20-Sep-2017 12:00AM

[digital.csic.es](#)

13 words / < 1% match - ProQuest

[Јанићијевић, Јелена З. "Карактеризација Природних и Модификованих Дијатомиа као Потенцијалних Функционалних Материјала / Експципијенаса за Фармацеутску Примену", University of Belgrade \(Serbia\), 2024](#)

13 words / < 1% match - ProQuest

[Јовановић, Бојана В. "Систем Менаџмента Енергије у Прерађивачкој Индустији у Србији", University of Belgrade \(Serbia\), 2024](#)

13 words / < 1% match - ProQuest

[Вуковић, Зоран. "Утицај Топлотног Дејства и Фреквенције Примењеног Магнетног Поља на Функционална Својства Феромагнетног Наноструктурног Праха Ni85,8Fe10,6W1,4Cu2,2", University of Kragujevac \(Serbia\), 2024](#)

12 words / < 1% match - Crossref

[Filippo Renò. "Atmospheric Pressure Plasma Surface Modification of Poly\(D,L-lactic acid\) Increases Fibroblast, Osteoblast and Keratinocyte Adhesion and Proliferation", Plasma Processes and Polymers, 02/23/2012](#)

12 words / < 1% match - Internet from 27-May-2019 12:00AM

[lindarmano.org](#)

11 words / < 1% match - ProQuest

[Костић, Ивана Т. "Процесно Очуване Мембране Еритроцита Добијене Из Кланичне Крви Као Системи За Продужено Ослобађање Активних Супстанци", University of Belgrade \(Serbia\), 2024](#)

11 words / < 1% match - ProQuest

[Милошевић, Милена Д. "Винил и Имино Деривати Пиридина: Синтеза, Физичко-хемијска Карактеризација, Биолошка Активност и Теоријске Студије Електронске Структуре", University of Belgrade \(Serbia\), 2024](#)

10 words / < 1% match - Internet from 03-Nov-2017 12:00AM
fedorani.ni.ac.rs

10 words / < 1% match - from 06-Feb-2026 12:00AM
lirias.kuleuven.be

9 words / < 1% match - from 05-Jun-2024 12:00AM
1library.co

9 words / < 1% match - Crossref
[Shao-Qing Liu, Hao-Ran Wen, Ying-Guo, Yan-Wu Zhu, Xian-Zhu Fu, Rong Sun, Ching-Ping Wong. "Amorphous Ni\(OH\)₂ encounter with crystalline CuS in hollow spheres: A mesoporous nano-shelled heterostructure for hydrogen evolution electrocatalysis", Nano Energy, 2018](#)

9 words / < 1% match - from 21-Jan-2024 12:00AM
ajcmi.umsha.ac.ir

9 words / < 1% match - from 23-Oct-2024 12:00AM
docplayer.rs

9 words / < 1% match - from 10-Jan-2024 12:00AM
dokumen.pub

9 words / < 1% match - from 06-May-2024 12:00AM
drpress.org

9 words / < 1% match - Internet from 08-Feb-2019 12:00AM
repository.up.ac.za

9 words / < 1% match - Internet
www.mathiit.com

9 words / < 1% match - ProQuest
[Žugić-Petrović, Tanja. "Mikrobiota Autohtonog Fermentisanog Proizvoda Sjenička Ovčija Stelja", University of Kragujevac \(Serbia\), 2024](#)

8 words / < 1% match - from 13-Jan-2024 12:00AM
mdpi-res.com

8 words / < 1% match - Internet from 27-Mar-2022 12:00AM
scindeks-bic.ceon.rs

8 words / < 1% match - ProQuest
[Малетић, Марија Љ.. "Развој Модела Е-Гласања Заснован на Cloud Computing Технологији", University of Belgrade \(Serbia\), 2024](#)

8 words / < 1% match - ProQuest

[Марјановић, Весна М.. "Примена Полимерних Наноконтропозита Модификованих Гетитом и Магнетитом за Уклањање Селената из Воде.", University of Belgrade \(Serbia\)](#)

8 words / < 1% match - ProQuest

[Стојановић, Бранислав Ђ.. "Миграција Токсичних Супстанци из Металне Амбалаже у Конзервисане Производе од Меса, Произведене за Потребне Војске Републике Србије", University of Belgrade \(Serbia\), 2024](#)

7 words / < 1% match - ProQuest

[Kalkan, Kristina. "Application of radioactive methods in geomorphological research of Titelski breg", University of Novi Sad \(Serbia\), 2022](#)

7 words / < 1% match - ProQuest

[Kandić, Irina A.. "Синтеза, карактеризација и биолошка активност угљеничних материјала добијених од листова урмине палме \(Phoenix dactylifera L.\) и плода црне јове \(Alnus glutinosa L.\)", University of Belgrade \(Serbia\)](#)

7 words / < 1% match - Crossref

[Springer Handbook of Nanomaterials, 2013.](#)

7 words / < 1% match - Internet

[Milenković, Dejan. "Mehanizmi antioksidativnog delovanja bajkaleina", 'National Library of Serbia', 2014](#)

7 words / < 1% match - ProQuest

[Јевремовић, Анка Д.. "Оптимизација зеолита \(Fau Vea и Mfi\) за уклањање пестицида из водених средина", University of Belgrade \(Serbia\), 2024](#)

7 words / < 1% match - ProQuest

[Вујовић, Милан М.. "Радијациона Стабилност Полимерних, Геополимерних и Композитних Материјала за Примене у Управљању Радиоактивним Отпадом", University of Belgrade \(Serbia\), 2024](#)

7 words / < 1% match - ProQuest

[Симовић, Бојана М.. "Синтеза и Карактеризација Наноструктурних Материјала на Бази Цинк-Оксида Титан-Диоксида и Церијум-Диоксида за Примену у Фотокатализи", University of Belgrade \(Serbia\), 2024](#)

6 words / < 1% match - Crossref

["Advanced Electrocatalysts for Low-Temperature Fuel Cells", Springer Science and Business Media LLC, 2018](#)

6 words / < 1% match - Crossref

["Nanocarbons for Energy Conversion: Supramolecular Approaches", Springer Science and Business Media LLC, 2019](#)

6 words / < 1% match - Crossref

[Veronica Augustyn, Patrice Simon, Bruce Dunn. "Pseudocapacitive oxide materials for high-rate electrochemical energy storage", Energy & Environmental Science, 2014](#)

6 words / < 1% match - ProQuest

[Васић, Милица М.. "Кинетика Кристализације и Промене Микроструктуре Термички Третираних Аморфних Легура на Бази Гвожђа", University of Belgrade \(Serbia\), 2024](#)

paper text:

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ ФАКУЛТЕТ ЗА ФИЗИЧКУ ХЕМИЈУ Јелена С

. Рупар УГЉЕНИЧНИ НАНОКОМПОЗИТИ ДОБИЈЕНИ КАРБОНИЗАЦИЈОМ ЕЛЕКТРОХЕМИЈСКИ
УМРЕЖЕНИХ АЛГИНАТА ПОМОЋУ КАТЈОНА ГВОЖЂА, НИКЛА И ЦИНКА,

ЗА ПРИМЕНУ У КОНВЕРЗИЈИ **И СКЛАДИШТЕЊУ ЕНЕРГИЈЕ** докторска дисертација Београд ,
2026. **UNIVERSITY OF BELGRADE FACULTY OF PHYSICAL CHEMISTRY**

Jelena S. Rupar CARBON NANOCOMPOSITES OBTAINED BY CARBONIZATION OF ELECTROCHEMICALLY
CROSSLINKED ALGINATES USING IRON, NICKEL AND ZINC CATIONS

FOR APPLICATION IN ENERGY CONVERSION **AND STORAGE** Doctoral Dissertation Belgrade , 2026

МЕНТОРИ: _____ Др Немања Гаврилов, **ванредни професор Универзитета у**
Београду – Факултет за физичку хемију _____ Др

Александра Јаношевић Лежаић,

редовни професор Универзитета у Београду – Фармацеутски **факултет ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:**
_____ Др Биљана Шљукић Паунковић, **редовни професор Универзитета у Београду**
– **Факултет** за физичку хемију _____ Др Маја Милојевић-Ракић, **ванредни**
професор Универзитета у Београду – Факултет за физичку хемију _____ Др
Мара Алексић, **редовни професор Универзитета у Београду** – Фармацеутски **факултет Датум**
одбране : _____ Захвалница Експериментални део **докторске дисертације**

урађен је у лабораторији

Универзитета у Београду ? Факултета за физичку хемију и у

лабораторији Катедре

за физичку хемију и инструменталне методе Универзитета у Београду ? Фармацеутског факултета

. Посебно се захваљујем својим менторима, др Немањи Гаврилову, ванредном професору
Универзитета