

VIJEĆU METALURŠKO-TEHNOLOŠKOG FAKULTETA

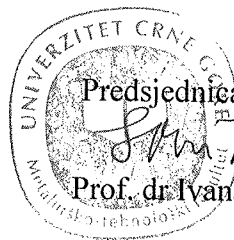
Ovdje

PREDMET: Predlog mentora i Komisije za ocjenu master rada

Shodno dopisu broj 966 od 13. 5. 2024. godine, a nakon dobijanja pozitivnog mišljenja Odbora za monitoring master studija UCG, Komisija za postdiplomske/master studije MTF-a dostavlja Vijeću Metalurško-tehnološkog fakulteta predlog mentora i Komisije za ocjenu master rada pod nazivom: "**Komina masline kao resurs za održivu proizvodnju elektrodnih materijala za superkondenzatore**", kandidatkinje Kristine Lalatović, BSc Hemijske tehnologije:

1. Prof. dr Ivana Bošković, redovni profesor MTF-a, predsjednica
2. Prof. dr Veselinka Grudić, redovni profesor MTF-a, mentorka
3. Dr Jana Mišurović, MTF, komentorka
4. Dr Milica Vujković, naučni savjetnik Fakulteta za fizičku hemiju Univerziteta u Beogradu i gostujući istraživač i predavač u Centru za interdisciplinarne i multidisciplinarne studije Univerziteta Crne Gore, članica
5. Doc. dr Milica Kosović Perutović, docent na MTF-u, članica

U dogovoru sa kandidatkinjom, Komisija predlaže prof. dr Veselinku Grudić za mentorku.



Predsjednica Komisije,
Ivana Bošković
Prof. dr Ivana Bošković

METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

KOMISIJI ZA MASTER STUDIJE

PREDSJEDNIKU KOMISIJE

U skladu sa nadležnostima definisanim članom 13 Pravilnika o organizaciji i radu sistema za osiguranje i unapređenje kvaliteta na Univerzitetu Crne Gore (Bilten UCG, broj 343/15) i članom 17 Pravila master studija (Bilten UCG, broj 493/20), a u vezi sa prijavom teme master rada pod nazivom „Komina masline kao resurs za održivu proizvodnju elektrodnih materijala za superkondenzatore“ kandidatkinje **Kristine Lalatović**, Odbor za monitoring master studija, na sjednici od 08.04.2024. godine, daje sljedeće

MIŠLJENJE

Prijava teme master rada „Komina masline kao resurs za održivu proizvodnju elektrodnih materijala za superkondenzatore“ kandidatkinje **Kristine Lalatović** sadrži elemente propisane Formularom za prijavu teme master rada.

Odbor predlaže sprovođenje dalje procedure, uz obavezu Komisije za master studije da prati dalji tok izrade master rada i usklađenost sa predloženom prijavom teme.

Napomena: U toku rasprave povodom predmetne prijave Odbor je konstatovao da, shodno Pravilima studiranja na master studijama (član 14. i 15.), mentori master rada mogu biti nastavnici, pa je u skladu sa navedenim potrebno imenovati mentora koji ispunjava navedeni uslov.

ZA ODBOR ZA MONITORING MASTER STUDIJA



Prof. dr Svetlana Perović

S Perović

UNIVERZITET CRNE GORE

ODBORU ZA MONITORING MASTER STUDIJA

Crna Gora
UNIVERZITET CRNE GORE
METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

Broj 577/1
Podgorica, 18.03 20 god.

PREDMET: Saglasnost

Shodno članu 17. Pravila studiranja na postdiplomskim/master studijama Univerziteta Crne Gore, Komisija za postdiplomske/master studije MTF-a je razmotrila dostavljenu dokumentaciju za prijavu teme master rada kandidatkinje **Kristine Lalatović**, BSc hemijske tehnologije, i saglasna je da je dostavljena dokumentacija u skladu sa Pravilima studiranja na postdiplomskim/master studijama Univerziteta Crne Gore, kao i da navedena tema ispunjava uslove za izradu master rada.

Predsjednica Komisije



Prof. dr Ivana Bošković

UNIVERZITET CRNE GORE

METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

Crna Gora
UNIVERZITET CRNE GORE
METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

Broj 577 24
Podgorica, 18-03 20 24 god.

PREDMET: Saglasnost

Shodno dopisu broj 457 od 4. marta 2024. godine, Komisija za postdiplomske/master studije MTF-a dostavlja Izvještaj za davanje saglasnosti na podnesenu prijavu teme za izradu master rada kandidatkinje **Kristine Lalatović**, BSc hemijske tehnologije, pod nazivom: " **Komina masline kao resurs za održivu proizvodnju elektrodnih materijala za superkondenzatore**".

Prema članu 17. Pravila studiranja na postdiplomskim/master studijama Univerziteta Crne Gore, Komisija za postdiplomske/master studije MTF-a je razmotrila dostavljenu dokumentaciju za prijavu teme master rada kandidatkinje Kristine Lalatović, BSc hemijske tehnologije, i nakon usvojenih sugestija članova Komisije i unijetih izmjena od strane kandidatkinje, saglasna je da je dostavljena dokumentacija u skladu sa Pravilima studiranja na postdiplomskim/master studijama Univerziteta Crne Gore, kao i da navedena tema ispunjava uslove za izradu master rada.

Komisija u sastavu:

1. Prof. dr Ivana Bošković, predsjednica

2. Prof. dr Darko Vuksanović, član

3. Prof. dr Zorica Leka, član

Zorica Leka

PRIJAVA TEME MASTER RADA (popunjava magistrand u saradnji sa mentorom)		CRNA GORA UNIVERZITET CRNE GORE METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET Broj <u>44611</u> 14.03.2024 god.	Studijska godina 2023/2024
OPŠTI PODACI MAGISTRANDA			
Ime i prezime:	Kristina Lalatović		
Fakultet:	Metalurško tehnološki fakultet		
Studijski program:	Hemijska tehnologija		
Godina upisa master studija:	2022		

BIOGRAFIJA - CV

LIČNE INFORMACIJE

Kristina Lalatović



📍 Ul. Vukašina Markovića, 130, Podgorica, 81110, Crna Gora.

☎ 069/676/086

✉ kristinalalatovic176@gmail.com

Pol	Datum rođenja	Državljanstvo
ž	27/04/1999	Crnogorsko

RADNO ISKUSTVO

Upišite datume (od - do)

PRIPRAVNIK

15. januar 2024-15. oktobra 2024

Hemomont, Ul. 8. MARTA 55A, Podgorica, Crna Gora

- Dužnost je praćenje procesa proizvodnje aseptičnih sprejeva, bilježenje promjena, revizija radnih uputstava, obuke zaposlenih lica, pisanje dnevnih izvještaja i kontrola kvaliteta proizvoda.

Proizvodnja aseptičnih sprejeva u okviru farmaceutske industrije na odjeljenju SNUP.

OBRAZOVANJE I OSPOSOBLJAVANJE

Upišite datume (od - do)

Upišite dodijeljene kvalifikacije

Zamjenite
nivoom EKO
a ako je
prihvaćeno

2022-	MSc Hemijska tehnologija Metalurško-tehnološki fakultet, Univerzitet Crne Gore, Podgorica
-------	--

2018-2022	BSc Hemijska tehnologija Metalurško-tehnološki fakultet, Univerzitet Crne Gore, Podgorica
-----------	--

2014-2018	Gimnazija „Stojan Cerović“, Nikšić
-----------	------------------------------------

2005-2014	OŠ „Radoje Čizmović“, Nikšić
-----------	------------------------------

BIOGRAFIJA - CV

LIČNE VJEŠTINE

Maternji jezik crnogorski jezik

Ostali jezici	RAZUMIJEVANJE		GOVOR		PISANJE
	Slušanje	Čitanje	Govorna interakcija	Govorna produkcija	
Engleski jezik	B2	B2	B2	B2	B2
Ruski jezik	A2	A2	A2	A2	A2

Nivoi: A1/2: Elementarna upotreba jezika - B1/B2: Samostalna upotreba jezika - C1/C2 Kompetentna upotreba jezika

Komunikacione vještine Sposobnost aktivnog slušanja, feedback unapredjen sa ciljem davanja i primanja povratnih informacija na konstruktivan način kako bi se unaprijedila saradnja. Izražene prezentacijske vještine, dobro timsko komuniciranje, jasno izražavanje uz odgovarajući jezik i ton sa ciljem unapredjenja poslovne saradnje.

Organizacione / rukovodeće vještine Liderstvo je stečeno sa ciljem motivisanja, vodjenja i inspiracije tima prema postizanju zajedničkih ciljeva. Uz sposobnost strukturiranja zadataka i resursa kako bi se željeni rezultati postigli. Izražene analitične vještine i prioriterizacija.

Digitalna kompetencija

SAMOPROJEKCIJA				
Obrada informacija	Komunikacija	Stvaranje sadržaja	Sigurnost	Rješavanje problema
Kompetentna upotreba	Kompetentna upotreba	Kompetentna upotreba	Kompetentna upotreba	Samostalna upotreba

Nivoi: Elementarna upotreba - Samostalna upotreba - Kompetentna upotreba

RAD NA RAČUNARU

- dobro upravljanje kancelarijskim protokolom (procesorom teksta, tablica, prezentacija)
- dobro upravljanje aplikacijama za uređivanje fotografija stečeno amaterskim bavljenjem dizajnom
- Microsoft office (Word, Excel, Power Point)
- Kreiranje tehničke dokumentacije (AUTO-CAD) basic level
- Vodjenje dokumentacije i protokola (SAP program)

DODATNE INFORMACIJE

- Project „Water” Katowice, Poland Erasmus + project (2023)
- Dani nauke i inovacija- Univerzitet Crne Gore, Metalurško-tehnološki fakultet Podgorica, demonstrator iz oblasti elektrohemije i eksperimentalne hemije (2023)
- Edukativni program “ZeTraCG-3D štampa hrane i kuhinjskog mobilijara koristeći biorazgradive filamente” (2023)
- Coursera course “Learning for a Sustainable Future: Live at COP28” (2023)
- MAIA Intenzivna obuka AL4Allhealthcare- podsticanje medicinske izvrsnosti kroz vještačku inteligenciju (2023)
- EHEDG-Advanced Course on Hygienic engineering and design(2023)
- Seminar “ Core Leadership” CRU Montenegro (2023)
- Nagrada za postignut uspjeh na prvoj godini dvogodišnjih master studija (2023)
- Cresento Summer School on Circular Economy (osvojeno drugo mjesto sa idejom o EKO gradjevinskim materijalima, 2023)
- Vebinar- Digitalni mostovi kroz Canvu i Erasmus+ (2023)
- Kurs “Transformiši dileme u dobre odluke: 5 efikasnih alata i tehnika” (2023)
- Ljetnja škola- Fizičko-hemijske metode karakterizacije materijala za skladištenje energije (nagrada za treće osvojeno mjesto na kvizu znanja, 2022)
- Kurs Time management (2021)
- Kampster kurs “Socijalno preduzetništvo” (2021)
- Duke university-online course- Introduction to Chemistry: Reaction and Ratios (2020)
- Georgia Institute of Technology- online course- Mechanics of Materials: Fundamentals of Stress and Axial Loading (2020)
- Alison Certificate- Microsoft Power Point 2010- Revised 2018 (2020)
- Kampster kurs “Rezilijentnost-ključ uspjeha u teškim situacijama” (2020)
- Duke university-online course- Introduction to Chemistry: Structures and Solutions (2020)
- CNRS course “How to write and publish a scientific paper” (2020)
- Centre of Excellence diploma – Improve your memory (2020)
- Kurs “Rezilijentnost-ključ uspjeha u teškim situacijama (2020)
- University of Michigan -online course- The Science of success: What Researchers know that you should know (2020)
- Certificate of Achievement University of Wollongong Australia- The power of podcasting for storytelling (2020)
- Johns Hopkins University- Psychological First Aid (2020)
- University of London- online course- Managing the Company of the Future (2020)
- Kings College London- Introduction to nursing (2020)
- Verified Certificate how to learn online (2020)
- Murdoch university- Global biosecurity for one health (2020)
- Course “Living a values driven life” (2020)
- University of Virginia- New models of business in Society (2020)
- Monash University- The Science of medicines (2020)
- HubSpot Academy Inbound Certified (2020-2022)
- Diploma Luča za odličan uspjeh i primjerno vladanje u osnovnoj i srednjoj školi (2018)

Naslov rada <i>Tema mora biti aktuelna, nova, naslov treba precizno da odražava cilj i predmet istraživanja.</i>	Komina masline kao resurs za održivu proizvodnju elektrodnih materijala za superkondenzatore
I UVOD	
U uvodnom dijelu dati obrazloženje naziva rada (≤ 1200 karaktera) <i>Argumentovanim naučnim stilom obrazložiti aktuelnost i primjerenost predložene teme.</i>	Superkondenzatori su uređaji za skladištenje i konverziju energije koje karakteriše brzo punjenje i pražnjenje, dug životni vijek, velika gustina snage, širok raspon radnih temperatura i ekološka prihvatljivost. Jedan od glavnih izazova za njihov razvoj je pronalaženje ekoliški prihvatljivih elektrodnih materijala. Najčešće korišćeni materijal u superkondenzatorima je aktivirani ugljenik sa velikom specifičnom površinom dostupnom za skladištenje jona. Otpadna biomasa predstavlja idealan i potpuno ekološki prihvatljiv izvor ugljenika. Konverzija komine masline, nusproizvoda proizvodnje maslinovog ulja, u aktivirani ugljenik može biti od vitalnog značaja za smanjenje ekološkog uticaja sistema za skladištenje energije. Tema predloženog master rada ima značajne implikacije za energetska održivost, multidisciplinarni karakter, podstiče valorizaciju otpada, promociju ekološke osvješćenosti u industriji maslinovog ulja, kao i inovacije u području materijala za skladištenje energije.
Predmet istraživanja (≤ 1200 karaktera) <i>Koncizno obrazložiti predmet istraživanja.</i>	Predmet istraživanja je optimizacija procesa sinteze aktiviranog ugljenika, kako bi se dobio materijal pogodnih karakteristika koje će omogućiti skladištenje velike količine naelektrisanja, polazeći od prekursora komine masline. U poređenju sa konvencionalnim procesima aktivacije, hidrotermalni tretman (HT) je prepoznat kao važna alternativa za dobijanje ugljeničnih materijala zbog niske cijene, blagih uslova sinteze i ekološke prihvatljivosti. Posebno je pogodan za tretiranje vlažne otpadne biomase kakva je komina masline, jer ne zahtijeva prethodno sušenje i pripremu prekursora. U ovom radu HT vlažnog prekursora biće uparen sa hemijskom aktivacijom hidrotermalno tretiranog materijala na višim temperaturama i atmosferskom pritisku (u inertnoj atmosferi) kako bi se obezbijedilo njegovo prevođenje u visokokvalitetni ugljenik. Pritom će biti proučeno dejstvo različitih aktivatora na osobine i elektrohemijske performanse sintetisanih ugljenika. Materijali će biti ispitani u termodinamičkom intervalu stabilnosti vodenih elektrolita različitih pH vrijednosti kako bi se procijenila njihova aktivnost u uslovima rada superkondenzatora.

Motiv i cilj istraživanja

(≤ 4000 karaktera)

Jasno i nedvosmisleno definisati razloge, svrhu i glavne ciljeve u procesu istraživanja.

Uglenik je jedan od centralnih materijala koji se u različitim oblicima koristi u uređajima za skladištenje i konverziju energije. Aktivirani ugljenik sa razvijenom mikro- i mezoporoznošću glavna je komponenta u elektrohemijskim superkondenzatorima. Imajući u vidu globalne izazove u pogledu smanjenja nivoa emisije štetnih gasova i potrebu za alternativnim izvorima energije, istraživanje razvoja materijala dobijenih iz obnovljivih resursa kao što je biootpad predstavlja ključan korak u neophodnoj tranziciji. Biomasa kao sirovina sa velikim sadržajem ugljenika predstavlja odlično rješenje i sa ekološkog aspekta, ali i sa aspekta efikasnosti procesa i kvaliteta konačnog proizvoda. Stoga je **suštinski cilj ovog istraživanja zaštita životne sredine kroz korišćenje alternativnih izvora energije.**

Svrha ovog rada je **razvoj efikasne strategije za iskorišćavanje otpada kao vrijedne sirovine i njeno prevođenje do proizvoda visoke vrijednosti.** Konkretno cilj je smanjenje količine otpadne biomase kroz njenu transformaciju u materijal s visokim kapacitetom za skladištenje energije. Ovo će biti postignuto kroz rad na optimizaciji sinteze kako bi se razvio održiv način za dobijanje materijala sa željenim svojstvima.

Rad će takođe pružiti detaljan uvid u strukturu i elektrohemijsku aktivnost sintetisanih aktiviranih ugljeničnih materijala sa ciljem **utvrđivanja korelacije parametri sinteze-struktura-svojstva-primjena.** Važan aspekt istraživanja je i razumijevanje uticaja procesa aktivacije na elektrohemijsko ponašanje materijala u tipičnim vodenim elektrolitima kako bi se poboljšale postojeće performanse uređaja za skladištenje energije.

Poseban fokus je na ispitivanju elektrohemijskih performansi sintetisanih materijala, uključujući proučavanje mehanizma skladištenja naelektrisanja, određivanje specifičnog kapaciteta i stabilnosti u različitim elektrolitima. Rezultat ovih istraživanja biće selekcija najboljeg materijala koji će biti iskorišćen za konstruisanje prototipa simetričnog superkondenzatora. **Konačni cilj je postići poboljšanje performansi vodenog superkondenzatora na bazi ugljenika izvedenog iz biomase** kako bi se postigla što veća konkurentnost sa do sada neprevaziđenim superkondenzatorima sa organskim elektrolitom.

II PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA/LITERATURE IZ NAVEDENE OBLASTI

Pregled dosadašnjih istraživanja

(pozvati se na najmanje 10 primarnih referenci na kojima se istraživanje bazira, od toga minimum 5 iz posljednjih 10 godina)

**Izuzetak se odnosi na stručne radove za koje nije moguće navesti literaturu novijeg datuma, pa je u tom slučaju potrebno pozvati se na relevantne literaturne izvore. Takođe, izuzetak se odnosi i na master radove iz oblasti umjetnosti za koje nije moguće navesti isključivo teorijske reference, pa je potrebno pozvati se na relevantna umjetnička istraživanja i umjetničke reference (djela u oblasti likovnih, muzičkih, dramskih i interdisciplinarnih umjetnosti).*

≤ 6000 karaktera)

Pregled dosadašnjih istraživanja je narativan. Prikazati stanje u oblasti nauke i umjetnosti u vezi sa predmetom istraživanja.

Komina masline (eng. olive mill waste, OMW) je nusproizvod procesa ekstrakcije maslinovog ulja, karakterističan po visokom sadržaju vode, masti, organskih materija, fenola i toksina. Pored toga što je u pitanju otpad maslinarske industrije, OMW se može koristiti za proizvodnju biogoriva, organskog đubriva, proizvodnju bioaktivnih supstanci, kompostiranje, bioremedijaciju, za proizvodnju enzima za industrijske svrhe, kao i za proizvodnju ugljenika. Ova posljednja primjena je posebno interesantna jer se dobijeni ugljenik može koristiti kao elektrodni materijal u sistemima za skladištenje i konverziju električne energije [1].

Hidrotermalna karbonizacija (HTC) je metoda koja se pokazala veoma korisnom za tretiranje biomase, a razvio ju je njemački hemičar Bergius 1913. godine. U odnosu na druge konvencionalne metode sinteze ugljeničnih materijala, HTC se istakla zahvaljujući prednostima kao što su niska cijena i jednostavnost procesa koji ne traži mnogo energije i vremena. Intenzivnija primjena ove metode za dobijanje ugljeničnih materijala počela je sredinom 20. vijeka [2,3].

Komina masline sa 39 mas% pulpe masline, 5 mas% košpica i 56 mas% otpadne vode se pokazala kao dobar polazni materijal za dobijanje ugljeničnih materijala. Ova mješavina je podvrgnuta hidrotermalnoj karbonizaciji na temperaturama od 180, 220 i 250 °C tokom 3 sata. Rezultati su pokazali povećanje stepena karbonizacije i energetske gustine dobijene hidročadi (do 142 %) sa porastom temperature do 250 °C [4].

Hidročad takođe ima obećavajuća fizičko-hemijska svojstva za potencijalne primjene u sorpcijama različitih polutanata [5,6].

Hidročad dobijena iz komine masline HTC metodom može se hemijskom i fizičkom aktivacijom dodatno poboljšati za šire primjene. Za hemijsku aktivaciju kao aktivatori su korišćeni KOH i H₃PO₄, a za fizičku CO₂ na 840 °C u različitim vremenskim periodima. Dobijeni rezultati pokazuju da je hemijska aktivacija sa KOH na 800°C, u inertoj atmosferi, dala aktivirani ugljenik sa najvećom specifičnom površinom, nižim sadržajem pepela i razvijenijom mikro-, mezo- i makroporoznošću [7].

Kalijum hidroksid i fosforna kiselina su korišćeni kao aktivatori za dobijanje ugljenika od hidrotermalno tretiranog otpada masline, a ispitani su različiti radni uslovi, uključujući temperaturu i vrijeme reakcije. Rezultati su pokazali da uzorak aktiviran sa H₃PO₄ ima veće vrijednosti specifičnih kapaciteta i bolju stabilnost uprkos manjoj specifičnoj površini. To je objašnjeno prisustvom i prirodom površinskih grupa fosfora, što je dokazano strukturnom karakterizacijom [8]. Aktivacija hidročadi sa H₃PO₄ i KOH rezultirala je ugljenicima velike BET površine sa pretežno mikroporoznom strukturom. Ovako tretirana hidročad može se primijentiti kao adsorbens za zagađivače vode [9,10].

Sa druge strane, elektrode sa aktiviranim ugljenikom, proizvedene hemijskom aktivacijom koštica maslina, pokazale su izuzetne performanse za elektrohemijske kondenzatore. Optimizacija uslova aktivacije sa KOH pokazala je da prosječna veličina pora doživljava skoro linearan rast sa porastom masenog odnosa KOH/C, i da do odnosa KOH/C = 5/1 glavnu poroznost predstavljaju subnanometarske pore [11]. Ovako optimizovani uslovi sinteze omogućili su dobijanje mikroporoznih elektroda sa visokim kapacitetom u vodenoj sredini, dostižući gravimetrijski kapacitet od 260 F g⁻¹ pri 0,5 A g⁻¹. Istraživanja su pokazala jako kompleksan odnos između kapaciteta, specifične površine, veličine pora i dielektrične permitivnosti, ukazuje da više faktora utiče na sposobnost materijala da skladišti energiju i da je potrebno optimizovati osobine materijala kako bi se dobio veći kapacitet i zadržala elektrohemijska svojstva nakon više hiljada ponovljenih ciklusa [11,12,13].

	Materijal sa odličnim elektrohemijskim performansama za superkondenzatore, dobijen je primjenom hidrotermalne obrade i aktivacionog tretmana sa KOH/NaOH. Tako je postignuta specifična površina od $2900 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ i specifična kapacitivnost od 549 F g^{-1} pri 1 A g^{-1}, uz visoko zadržavanje kapacitivnosti od 79,5% pri 30 A g^{-1}. Konstruisani uređaj isporučuje visoku specifičnu energiju od $38,8 \text{ Wh kg}^{-1}$ čak i pri visokoj specifičnoj snazi od 650 W kg^{-1} pri 1 A g^{-1} [13]. Solvotermička obrada se pokazala kao još jedan efikasan tretman poboljšanja elektrohemijskih svojstva, tretman je uveo veliki udio sumpora i kiseonika, koji se uglavnom nalaze na spoljnoj površini uzorka. Ova modifikacija je dovela do funkcionalizovanih materijala sa ne samo većim kapacitetom (325 naspram 158 F g^{-1} na $0,125 \text{ A g}^{-1}$ u H_2SO_4 1 M), već i sa većim zadržavanjem kapaciteta pri većim gustinama struje, zbog njihovog manjeg električnog otpora. U velikoj mjeri je povećana količina električne energije uskladištene ovim materijalima (sa $21,8$ na $37,0 \text{ Wh kg}^{-1}$ u H_2SO_4 1 M), kao i njihova gustina snage (sa 7393 na 34360 W kg^{-1} u H_2SO_4 1 M). Urađeno je nekoliko ciklusa punjenja/praznjenja kako bi se testirala cikličnost ovih materijala, što nije pokazalo značajno smanjenje njihovih elektrohemijskih svojstava nakon 12.500 ciklusa [14]. Porozni aktivirani ugljenik (AC) dobijen od koštica masline obložen je silicijumom radi poboljšanja njegovih elektrohemijskih svojstava. Ovaj tretman je dao poboljšanje kapacitivnog ponašanja elektrode. Superkondenzator sa ugljenik-silicijum elektrodama pokazao je značajno povećanje specifičnog kapaciteta na 141 F g^{-1} pri $0,5 \text{ A g}^{-1}$, uz rad na većem radnom naponu od $1,25 \text{ V}$ u poređenju sa AC elektrodama. Postignuta specifična energija uređaja iznosila je $30,6 \text{ Wh kg}^{-1}$, dok je specifična snaga iznosila 1661 W kg^{-1} pri gustini struje od $0,5 \text{ A g}^{-1}$ [15]. Ugljenični materijali dobijeni iz biootpada koštica maslina uspješno su iskorišćeni za proizvodnju hibridnih Na- i Li-jonskih superkondenzatora velike gustine energije i snage [16].
--	---

III HIPOTEZA/ISTRAŽIVAČKO PITANJE

Hipoteza/e i/ili istraživačko/a pitanje/a sa obrazloženjem

(≤ 2400 karaktera)

Jasno definisati hipotezu/e i/ili istraživačka pitanja. Hipoteza treba da sadrži ključne riječi iz naslova, odnosno predmeta istraživanja.

Strukturne i elektrohemijske osobine aktiviranog ugljenika dobijenog hidrotermalnom karbonizacijom iz biomase, određuju njegovu primjenu u elektrohemijskim sistemima za skladištenje i konverziju. Međutim, elektrohemijske osobine zavise od velikog broja faktora kao što su tip prekursora, predtretman, uslovi pri kojima je vršena sinteza, tip aktivatora, temperatura i vrijeme žarenja, itd. U ovom radu biće ispitana struktura i elektrohemijske osobine ugljeničnih materijala izvedenih iz komine masline uz primjenu hidrotermalne aktivacije kombinovane sa karbonizacijom na višim temperaturama u prisustvu različitih aktivatora.

Hipoteze na kojima se zasniva ovo istraživanje su:

- hidrotermalni tretman komine masline, biootpada sa visokim sadržajem ugljenika, će omogućiti njenu efikasnu konverziju do visokokvalitetne hidročadi,
- u kombinaciji hidrotermalnog postupka sa hemijskom aktivacijom hidročadi dobiće se ugljenični materijal sa visokom upotrebnom vrijednošću, razvijenom poroznošću i pogodnom površinskom hemijom,
- hemijska aktivacija sa aktivacionim agensima kao što su $ZnCl_2$, $NaCl$, KCl i H_3PO_4 značajno će doprinijeti prilagođavanju teksturalnih osobina ugljeničnih materijala za željene primjene,
- optimizovani proces sinteze rezultovaće aktiviranim ugljenikom sa poboljšanim svojstvima u odnosu na materijale dobijene konvencionalnim metodama,
- aktivirani ugljenik izveden iz komine masline i aktiviran na predloženi način će pokazati visoku stabilnost i specifični kapacitet skladištenja jona u vodenim rastvorima različitog pH (H_2SO_4 , Na_2SO_4 , KOH),
- aktivirani ugljenik izveden iz komine masline se može iskoristiti za konstruisanje prototipa novog tipa vodenog i ekološki-prihvatljivog superkondenzatora sa poboljšanim performansama.

IV METODE

**Naučne/istraživačke/umjetničke/
projektne metode koje će biti
primijenjene u istraživanju**
(≤ 3000 karaktera)

*Detaljno navesti i obrazložiti koje će se metode
koristiti kako bi se testirale hipoteza/e i/ili
istraživačka pitanja.*

U ovoj master tezi biće sintetisan aktivirani ugljenik polazeći od komine masline kao prekursora. Proces sinteze će se odvijati u dva stupnja:

i) **hidrotermalni tretman** prekursora i
ii) **aktivacija/karbonizacija** dobijene hidročadi na 700 °C. Hidrotermalna karbonizacija (HTC) je proces termičke sinteze ugljeničnog materijala iz biomase, u vodenom okruženju pod povišenom temperaturom i pritiskom. Na temperaturi od 200 °C, u trajanju od 4 h tretiraće se vlažni otpad iz maslinarske proizvodnje sa ciljem dobijanja hidročadi (HTC) – materijala sa povećanim sadržajem ugljenika. Metoda aktivacije ugljeničnog materijala podrazumijeva miješanje različitih aktivatora (H_3PO_4 , eutektička smjesa nekoliko soli hlorida) u tačno određenim masenim odnosima sa HTC, a zatim žarenje pripremljenih smjesa HTC/aktivator na temperaturi 700 °C u kontrolisanoj inertnoj atmosferi sa ciljem dobijanja aktiviranog ugljenika razvijene mikro- i mezoporoznosti.

Sintetisani materijali biće okarakterisani sledećim metodama:

- **Infracrvena spektroskopija sa Furijeovom transformacijom (FTIR)** biće primijenjena za strukturnu karakterizaciju prekursora, HTC i aktiviranih ugljenika dobijenih nakon aktivacije na 700 °C.

- **Rendgenostrukturalna analiza (XRD)** će pored FTIR spektroskopije dodatno pomoći da se opiše struktura sintetisanih ugljenika i isprati tok sinteze od prekursora do aktiviranog ugljenika. Takođe, ova metoda može dati važne podatke o prisustvu nečistoća (najčešće različitih metala) u uzorcima što je od velike važnosti za elektrohemijske primjene.

- **Termogravimetrijskom analizom (TG)** biće ispitana termička stabilnost sintetisanih materijala i dodatno okarakterisan njihov sastav u pogledu sadržaja ugljenika i pepela.

Aktivirani ugljenici biće detaljno ispitani u pogledu elektrohemijskih osobina metodama **ciklične voltametrije i hronopotencimetrije**, u troelektrodnom sistemu. Ovaj sistem čine: radna elektroda (sintetisani aktivirani ugljenik koji se nanosi na štapić od staklastog ugljenika), referentna elektroda i pomoćna elektroda. Troelektrodni sistem omogućava precizno praćenje i kontrolu elektrohemijskih procesa na ispitivanoj elektrodi i u tom smislu njenu potpunu elektrohemijsku karakterizaciju. Cikličnom voltametrijom će se ispitati mehanizam skladištenja naelektrisanja, dok će hronopotencimetrija dati uvid u stabilnost materijala i procijenu specifičnog kapaciteta u različitim vodenim elektrolitima.

Stabilnost materijala tokom cikliranja biće ispitana u dvoelektrodnom sistemu (biće konstruisan prototip simetričnog kondenzatora) **galvanostatskim punjenjem i pražnjenjem**, a na osnovu istih mjerenja biće određena i gustina energije razvijenog uređaja.

V OČEKIVANI REZULTATI ISTRAŽIVANJA I NAUČNI/UMJETNIČKI/STRUČNI DOPRINOS

Očekivani rezultati istraživanja, primjena i naučni/umjetnički/ stručni doprinos

(≤ 3000 karaktera)

*Koncizno navesti važnije očekivane rezultate.
Ukazati na eventualnu praktičnu primjenu
rezultata istraživanja. Sažeto navesti očekivani
doprinos rada u odnosu na postojeća
istraživanja.*

Rezultat ovog istraživanja biće u potpunosti optimizovan proces sinteze aktiviranog ugljenika iz otpadne biomase. Upotreba komine masline predstavlja poboljšanje u pogledu ekološki prihvatljivih resursa, što daje značajan doprinos očuvanju životne sredine kroz smanjenje količine otpada. Ovaj rad predstavlja direktno sprovođenje modela cirkularne ekonomije u Crnoj Gori s obzirom da se bavi prevodenjem otpada u materijal koji ima značaj u sistemima za skladištenje i konverziju energije.

Rezultati će dati doprinos optimizaciji procesa hidrotermalne karbonizacije i njenog uparivanja sa hemijskom aktivacijom hidročadi, kako bi se utvrdili najbolji parametri za dizajniranje materijala sa željenim svojstvima.

Važan proizvod predloženog rada jeste detaljna karakterizacija sintetisanih materijala u pogledu strukture, funkcionalnosti površine i električne provodljivosti, što će omogućiti uspostavljanje korelacija između uslova sinteze i konačnih performansi proizvoda u uređajima za skladištenje energije.

Na osnovu detaljne karakterizacije sintetisanih materijala biće moguće predložiti širenje mogućnosti njihove primjene ka drugim specifičnim pravcima izvan sistema za skladištenje energije, na primjer za sorpcije različitih polutanata, u elektrokatalizi i sl, što predstavlja dodatnu vrijednost sprovedenog istraživanja.

Takođe, jedan od značajnih rezultata ovog rada biće i nova znanja stečena proučavanjem procesa koji se odigravaju na granici faza aktivirani ugljenik/elektrolit, koja su veoma važna u kontekstu razvoja novih poboljšanih modela superkondenzatora.

Praktična primjena rezultata istraživanja podrazumijeva napredak u razvoju elektrohemijskih sistema za skladištenje energije, kroz razvoj prototipa simetričnog vodenog superkondenzatora na bazi ugljenika izvedenog od otpadne biomase koji će imati performanse uporedive sa komercijalnim modelima.

VI DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Ograničenja i dalji pravci u istraživanju

(≤ 1800 karaktera)

Diskusija o mogućim prijedlozima za buduća istraživanja u ovoj oblasti i njihovoj opravdanosti (putem rezultata istraživanja ili literature). Identifikovati i opisati potencijalna ograničenja istraživanja. Rezultate i doprinose istraživanja je potrebno razmotriti u svjetlu ograničenja – npr. teorijski i konceptualni problemi, problemi metodoloških ograničenja, nemogućnost odgovora na istraživačka pitanja i tome slično.

Ograničenja ovog istraživanja mogla bi uključivati nedostatak naprednih tehnika karakterizacije ili opreme. Na primjer, mogućnost *in situ* mjerenja strukturnih promjena na samoj površini materijala tokom elektrohemijskih mjerenja bi olakšalo razumijevanju procesa koji se odvijaju tokom rada na superkondenzatoru. Takođe, varijabilnost uzoraka zbog različitih izvora otpada i procesa hidrotermalne karbonizacije može ograničiti ponovljivost i pouzdanost rezultata. Konačno, ograničenja u praktičnoj primjeni materijala, kao što su ekonomska ili tehnička ograničenja, mogu umanjiti potencijalne koristi istraživanja u industrijskoj primjeni.

Buduća istraživanja u oblasti elektrohemijske i strukturne analize aktiviranog ugljeničnog materijala dobijenog hidrotermalnom karbonizacijom iz komine masline mogla bi se usmjeriti na nekoliko ključnih područja. Za početak buduća istraživanja bi mogla istražiti nove primjene ovog sintetisanog aktiviranog ugljeničnog materijala, poput njegove upotrebe u senzorima, filtraciji vode ili kao i kod elektrokatalizatora. Ovakva istraživanja bi mogla proširiti razumijevanje potencijala aktiviranog ugljeničnog materijala i otvoriti nove mogućnosti primjene u različitim granama industrije. Dalji pravci istraživanja takođe mogu podrazumijevati detaljniju analizu procesne vode nakon procesa hidrotermalne karbonizacije i njenu upotrebu/tretiranje kako bi se proces u potpunosti ekološki zaokružio. Jedan od jako važnih budućih pravaca je i izrada tehnološko-ekonomske analize koja bi prikazala realnu procjenu relevantnosti i primjenjivosti ovih rezultata u praksi. Istraživanje bi nakon toga moglo da se usmjeri ka komercijalizaciji ovog materijala, uključujući razvoj industrijske proizvodnje.

VII STRUKTURA RADA

Struktura rada po poglavljima:

Voditi računa da naslovi poglavlja budu jasno formulisani.

Dati opis sadržaja rada po poglavljima.

1. UVOD (*otpadna biomasa masline, mogućnostim njenog korišćenja za dobijanje aktiviranog ugljenika, i pravci primjene tog materijala u superkondenzatorima*)

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Superkondenzatori – princip rada (*opisani karakteristike i princip rada superkondenzatora*)

2.2. Ugljenični materijali kao elektrode u uređajima za skladištenje energije (*potencijal i primjena ugljeničnih materijala u elektrohemijским sistemima za skladištenje energije*)

2.3. Agro-otpad kao sirovina za dobijanje aktiviranog ugljenika (*potencijal agro-otpada kao sirovine, sadržaj ugljenika i karakteristične primjene, postupci prerade i dobijanja ugljeničnih materijala*)

2.4. Metode karakterizacije ugljeničnih materijala (*opisane metode kojima će se ispitivati ugljenični materijali i izvršiti karakterizacija*)

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. Sinteza aktiviranog ugljenika (*predtretman biomase, opis načina sinteze, radnih uslova i parametara procesa*)

3.2. Metode karakterizacije i uslovi mjerenja (*navešće se metode karakterizacije, korišćeni uređaji, uslovi mjerenja*)

4. REZULTATI I DISKUSIJA

4.1 Promjene tokom procesa sinteze i analiza procesne vode (*karakteristike procesne vode, potencijal, pH, provodljivost*)

4.2 Karakterizacija aktivnog ugljenika (*diskusija i tumačenje rezultata*)

4.2.1 Infracrvena spektroskopija sa Furijevom transformacijom

4.2.2 Rendgenostrukturalna analiza

4.2.3 Termogravimetrijska analiza

4.3 Elektrohemijška mjerenja (*karakterizacija elektrohemijških osobina ugljeničnih materijala*)

4.3.1 Električna provodljivost

4.3.2 Ciklična voltametrija

4.3.3 Hronopotenciometrija

4.3.4 Galvanostatsko punjenje i pražnjenje

5. ZAKLJUČAK (*ističe se potencijal i rezultati karakterizacije sintetisanog materijala, elektrohemijške performanske konstruisanog prototipa, budući pravci istraživanja*)

6. LITERATURA (pregled literature koja je korišćena prilikom pisanja rada)

VIII LITERATURA

Literaturu citirati u APA, MLA, Harvard, Čikago, Vankuver ili nekom drugom stilu, primjenjivijem za određenu oblast nauke, pritom voditi računa da navođenje literature bude dosljedno. Sve navedene reference moraju biti citirane u tekstu prijave.

- [1] Patricia Gullón, Beatriz Gullón, Gonzalo Astray, María Carpena, María Fraga-Corral, Miguel A. Prieto, Jesus Simal Gandara, Valorization of by-products from olive oil industry and added-value applications for innovative functional foods, *Food Research International*, 137 (2020) 109683.
- [2] Sunil Kumar, Snehalata Ankaram, Waste-to-Energy Model/Tool Presentation, *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering, Waste Treatment Processes for Energy Generation* (2019) 239-258.
- [3] Suman Thodhal Yoganandham, Gayathri Sathyamoorthy, Remya Rajan Renuka, Emerging extraction techniques: Hydrothermal processing, *Sustainable Seaweed Technologies, Cultivation, Biorefinery, and Applications Advances in Green and Sustainable Chemistry* (2020) 191-205.
- [4] Doula, Maria, Moreno-Ortego, Jose, Tinivella, Federico, Inglezakis, Vassilis, Sarris, Apostolos, Komnitsas, Olivemill waste: Recent advances for the sustainable development of olive oil industry, *Recent Advances for Sustainable Management* (2017) 29-56.
- [5] Marianela Gimenez, Manuel Rodríguez, Laura Montoro, Fabiana Sardella, Guillermo Rodríguez-Gutierrez, Pablo Monetta, Cristina Deiana, Two phase olive mill waste valorization. Hydrochar production and phenols extraction by hydrothermal carbonization, *Biomass and Bioenergy*, 143 (2020) 105875.
- [6] Gizem Balmuk, Hakan Cay, Gozde Duman, Ismail Cem Kantarli, Jale Yanik, Hydrothermal carbonization of olive oil industry waste into solid fuel: Fuel characteristics and combustion performance, *Energy*, 278 (2023) 127803.
- [7] Carlos Moreno-Castilla, Francisco Carrasco-Marín, M.Victoria López-Ramón, Miguel A. Alvarez-Merino, Chemical and physical activation of olive-mill waste water to produce activated carbons, *Carbon*, 39(9) (2001) 1415-1420.
- [8] Abdelhakim Elmouwahidi, Esther Bailón-García, Agustín F. Pérez-Cadenas, Francisco J. Maldonado-Hódar, Francisco Carrasco-Marín, Activated carbons from KOH and H₃PO₄-activation of olive residues and its application as supercapacitor electrodes, *Electrochimica Acta*, 229 (2017) 219-228.
- [9] Meltem Şirazi, Sibel Aslan, Comprehensive characterization of high surface area activated carbon prepared from olive pomace by KOH activation, *Chemical Engineering Communications*, 208:10 (2021) 1479-1493.
- [10] Ghizlane Enaime, Widad El Bouaidi, Mehdi Louarrat, Abdelaziz Baçaoui, Abdelrani Yaacoubi, Mohammed Loudiki, Marc Wichern, Manfred Lübken, Activated-hydrochar derived from olive mill wastes for the removal of phenolic compounds from olive mill wastewater, *Biomass Conversion and Biorefinery* (2024).
- [11] Edurne Redondo, Javier Carretero-González, Eider Goikolea, Julie Ségalini, Roman Mysyk, Effect of pore texture on performance of activated carbon supercapacitor electrodes derived from olive pits, *Electrochimica Acta*, 160 (2015) 178-184.
- [12] Katia Ait Kaci Azzou, Achour Terbouche, Chafia Ait Ramdane-Terbouche, Hakim Belkhalifa, Khaldoun Bachari, Didier Hauchard, Djillali Mezaoui, Electrochemical performance of new hybrid activated carbon materials from binary and ternary Date-Olive pits for supercapacitor electrodes, *Journal of Energy Storage*, 47 (2022) 103559.
- [13] Ramzi Nasser, Jian Tiantian, Ji-Ming Song, Hierarchical porous activated carbon derived from olives: Preparation, (N, S) co-doping, and its application in supercapacitors, *Journal of Energy Storage*, 51 (2022) 104348.
- [14] Abdelhakim Elmouwahidi, Jesica Castelo-Quibén, Jose F. Vivo-Vilches, Agustín F. Pérez-Cadenas, Francisco J. Maldonado-Hódar, Francisco Carrasco-Marín, Activated carbons from agricultural waste solvothermally doped with sulphur as electrodes for supercapacitors, *Chemical Engineering Journal*, 334 (2018) 1835-1841.
- [15] Mouna Jaouadi, Moomen Marzouki, Ahmed Hichem Hamzaoui, Ouassim Ghodbane, Enhanced electrochemical performance of olive stones-derived activated carbon by silica coating for supercapacitor applications, *Journal of Applied Electrochemistry*, 52 (2022) 125-137.
- [16] Jon Ajuria, Edurne Redondo, Maria Arnaiz, Roman Mysyk, Teófilo Rojo, Eider Goikolea, Lithium and sodium ion capacitors with high energy and power densities based on carbons from recycled olive pits, *Journal of Power Sources*, 359 (2017) 17-26.

PRIJEDLOG ZA MENTORA:

U skladu sa članom 15 stav 1 i članom 16 Pravila studiranja na master studijama,
predlažem dr Janu Mišurović za mentora i podnosim prijavu teme master rada pod nazivom
Komina masline kao resurs za održivu proizvodnju elektrodnih materijala za superkondenzatore.

Potpis studenta: *Kristina Lalatović*

Kristina Lalatović, 3/22

SAGLASNOST MENTORA ZA PRIHVATANJE MENTORSTVA I PRIJAVE TEME MASTER RADA:

Potpis mentora: *Jana Mišurović*
dr Jana Mišurović

Potpis komentora:
Prof. dr / Doc. dr,

* **NAPOMENE:**

- Definirati termine – objašnjenje svih termina koji su upotrijebljeni u prijavi teme master rada, a koji nisu uobičajeni, po mogućnosti pronaći i sličnu interpretaciju koja bi bila razumljivija;
- Koristiti opciju *italic* za naslove slika, tabela, crteža i grafikona; kao i za sve strane riječi i izraze;
- Navesti reference za sve ideje, koncepte, dijelove teksta i podatke koji nisu lični i nisu nastali kao rezultat istraživanja. Neadekvatno navođenje referenci može izazvati sumnju da je rad plagijat;
- Strogo voditi računa o pravopisu i gramatici;
- Naziv rada (radni), hipoteze i ciljevi istraživanja moraju biti usklađeni.

Napominjemo da se nepotpuna dokumentacija neće razmatrati – dostavljene prijave tema master radova moraju sadržati sve navedene elemente. Nadležni na fakultetskoj jedinici, kao i studenti, u obavezi su da se pridržavaju dostavljene forme za izradu prijave teme master rada.