

Broj 756
29.09.22
god.

VIJEĆU METALURŠKO-TEHNOLOŠKOG FAKULTETA

Ovdje

PREDMET: Predlog mentora i Komisije za ocjenu master rada

Shodno dopisu broj 543/1 od 23.03.2022. godine, a nakon dobijanja pozitivnog mišljenja Odbora za monitoring master studija UCG i izvršenih konsultacija sa kandidatom, Komisija za postdiplomske/master studije MTF-a dostavlja Vijeću Metalurško-tehnološkog fakulteta predlog mentora i Komisije za ocjenu master rada pod nazivom: *Fizičko-hemijska karakterizacija aktivnog ugljenika dobijenog hidrotermalnom karbonizacijom otpadne biomase*", kandidatkinje Jelene Korać, BSc. Hem. Tehnologije:

1. Prof. dr Veselinka Grudić, redovni profesor MTF-a, mentor
2. Prof. dr Ivana Bošković, redovni profesor MTF, predsjednik
3. Doc. dr Milica Kosović, MTF, član

U dogovoru sa kandidatom, Komisija predlaže prof.dr Veselinku Grudić za mentora.

Predsjednik Komisije,



Prof. dr Ivana Bošković



Univerzitet Crne Gore
Centar za unapređenje kvaliteta

telefon: +382 20 414 252
e-mail: office@qas.ac.me



Crna Gora
UNIVERZITET CRNE GORE
METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

Broj: 01/3- 4824

Podgorica, 16.03.2022. godine

Broj: 543
22-03-22
Podgorica, 20.03.2022. METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET
KOMISIJI ZA POSTDIPLOMSKE 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, a u vezi sa prijavom teme master rada pod nazivom „Hidrotermalna karbonizacija otpadne biomase“ kandidatkinje **Jelene Korać**, Odbor za monitoring master studija, na sjednici od 14.03.2022. godine, daje sljedeće

MIŠLJENJE

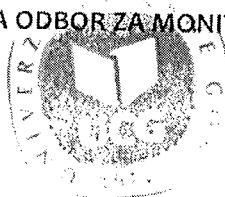
Prijava teme master rada pod nazivom „Hidrotermalna karbonizacija otpadne biomase“ kandidatkinje **Jelene Korać**, sadrži elemente propisane Formularom za prijavu teme master rada, u skladu sa članom 22 Pravila studiranja na postdiplomskim studijama. Odbor predlaže sprovođenje dalje procedure, uz obavezu Komisije za postdiplomske studije da prati dalji tok izrade master rada i usklađenost sa predloženom prijavom teme.

Napomena: U toku rasprave povodom predmetne prijave, u cilju unapređenja samog master rada, iznijete su određene sugestije za izmjene. Naime, na sjednici Odbora konstatovano je da bi trebalo razmotriti mogućnost da se preciznije formuliše naslov rada, u skladu sa predmetom istraživanja i postavljenim ciljevima. Dodatno, hipoteza u Prijavi nije ispravno formulisana (više liči na cilj istraživanja), tako da se kandidatkinji sugerše da se dodatno edukuje kada je formulisane hipoteza (istraživačkih pitanja) u pitanju, kako bi razumjela njihovu suštinu i pravilno ih formulisala u budućem radu. U Prijavi su metode istraživanja sažeto prikazane, tako da se očekuje da u budućem radu budu detaljno opisane, kako bi se omogućila reproducibilnost istraživanja.

U Poglavlju VII Struktura rada trebalo bi, ukoliko je moguće, jasnije izdvojiti Rezultate rada kao cjelinu, ili odvojeno (prije Diskusije rezultata) ili kao poglavlje Rezultati i diskusija. Odbor sugerše da se u budućem master radu povede računa o pravilnom navođenju literature, u skladu sa izabranim stilom. Na primjer, da u svim referencama prvo ide prvo slovo imena pa prezime (ili obrnuto, npr. ref 6. i 14.), da je naveden isti broj autora prije skraćenice al. (npr. ref. 1. i 10. i sl.), da se uklone znaci navoda i izvoda kod naziva radova, da se publikacije pišu ujednačeno, prema izabranom stilu citiranja (ili puni ili skraćeni nazivi referenci, npr. ref. 10. i 11.), itd.

ZA ODBOR ZA MONITORING MASTER STUDIJA

Prof. dr Sanja Peković



Sanja Peković

UNIVERZITET CRNE GORE

ODBORU ZA MONITORING MASTER STUDIJA

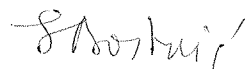
Crna Gora
UNIVERZITET CRNE GORE
METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

Broj 390/1
25.02.22
Podgorica, 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 Jelene Korać, Spec. Sci. 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.

Predsjednik Komisije



Prof. dr Ivana Bošković

UNIVERZITET CRNE GORE

METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

Broj 390
Podanica 25.02.2022. god.

PREDMET: Saglasnost

Shodno Vašem dopisu broj 378 od 23.02.2022. godine, Komisija za postdiplomske/master studije MTF-a dostavlja Izveštaj za davanje saglasnosti na podnesenu prijavu teme za izradu master rada kandidatkinje Jelene Korać, Spec. Sci. Hemijske tehnologije, pod nazivom: "**Hidrotermalna karbonizacija otpadne biomase**".

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 Jelene Korać, Spec. Sci. 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.

Komisija u sastavu:

1. Prof. dr Ivana Bošković, predsjednik

2. Prof. dr Kemal Delijić, član

3. Prof. dr Zorica Leka, član

PRIJAVA TEME MASTER RADA (popunjava magistrand u saradnji sa mentorom)		Crna Gora UNIVERZITET CRNE GORE METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET Broj <u>372/1</u> Podgorica, <u>29. 09</u> <u>22</u> god.	Studijska godina 2021/22.
OPŠTI PODACI MAGISTRANDA			
Ime i prezime:	Jelena Korać		
Fakultet:	Metalurško-tehnološki fakultet		
Studijski program:	Hemijska tehnologija		
Godina upisa master studija:	2020.		

LIČNE INFORMACIJE

Jelena Korać



📍 IV Crnogorska 4B, Nikšić, 81400, Cma Gora

☎ +38268007903

✉ koracjelena01@gmail.com

Pol ž | Datum rođenja 02/01/1999 | Državljanstvo Crnogorsko

OBRAZOVANJE I
OSPOBLJAVANJE

Upišite datume (od - do) 2020-2022. Master student Hemijske tehnologije
2017-2020. BSc Hemijske tehnologije
2013-2017. Gimnazija „Stojan Cerović“ Nikšić

Zamijenite nivoom
CKO-a ako je
primjenjivo

Metalurško-tehnološki fakultet, Podgorica, UCG

Gimnazija „Stojan Cerović“ Nikšić, opšti smjer

- Tokom studija smo izučavali strukturu materije, osnovne organske i neorganske sinteze, osnovne zakone hemije, kao i hemijske reakcije i njihove zakonitosti. Upoznali smo se sa raznim metodama analize i karakterizacije materijala. Naučili smo da primjenimo sve zakone hemije u industriji.

LIČNE VJEŠTINE I KOMPETENCIJE

Maternji jezik Crnogorski jezik

Ostali jezici	RAZUMIJEVANJE		GOVOR		PISANJE
	Slušanje	Čitanje	Govorna interakcija	Govorna produkcija	
Engleski jezik	B2	B2	B2	B2	B2
Italijanski jezik	B2	B2	B1	B1	B1

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

Komunikacione vještine Upišite svoje komunikacione vještine. Navedite u kojem su kontekstu stečene.

Komunikativna i društvena, odlične govorne sposobnosti.

Organizacione / rukovodeće vještine Upišite svoje organizacione / rukovodeće vještine. Navedite u kojem su kontekstu stečene.

Sposobna da vodi druge u situacijama velikog značaja.

Digitalna kompetencija

SAMOPROCJENA				
Obrada informacija	Komunikacija	Stvaranje sadržaja	Sigurnost	Rješavanje problema
Samostalna upotreba	Samostalna upotreba	Samostalna upotreba	Samostalna upotreba	Samostalna upotreba

Nivoi: Elementarna upotreba - Samostalna upotreba - Kompetentna upotreba

Dobro poznavanje MS Office paketa, osnovno znanje AutoCad-a

Ostale vještine i kompetencije Upišite ostale važne vještine i kompetencije koje nijesu prethodno navedene. Navedite u kojem su kontekstu stečene.

DODATNE INFORMACIJE

Vozačka dozvola Vozačka dozvola B kategorije.

Projekti: Učestvovala sam u projektu „Materijali za skladištenje energije“ čiji je rukovodilac prof. dr Veselinka Grudić

Priznanja i nagrade: Diploma Luča za osnovno i srednje obrazovanje

Certifikati:

1. Interkalatni materijali za litijum – jonske baterije

2. Elektroodni materijali za superkondenzatore

Kao i certifikat o pohađanju MCAA ljetnje škole pod nazivom „From Research to Innovation“, 2021.

Naslov rada <i>Tema mora biti aktuelna, nova, naslov treba precizno da odražava cilj i predmet istraživanja.</i>	Fizičko- hemijska karakterizacija aktivnog ugljenika dobijenog hidrotermalnom karbonizacijom otpadne biomase
I UVOD	
U uvodnom dijelu dati obrazloženje naziva rada (≤ 1200 karaktera) <i>Argumentovanim naučnim stilom obrazložiti aktuelnost i primjerenost predložene teme.</i>	Sve razvijenija globalna svijest o zaštiti životne sredine nameće neophodnost korišćenja alternativnih izvora energije koji su obnovljivi, ekološki prihvatljivi i široko dostupni i kao takvi zadovoljavaju rastuću potražnju za energijom. Efikasno korišćenje alternativnih izvora energije, uzimajući u obzir njihov nestalan karakter, zahtijeva razvoj sistema za skladištenje energije. Superkondenzatori, zahvaljujući velikoj gustine snage, brzom punjenju i stabilnosti tokom višestrukog punjenja i pražnjenja se smatraju perspektivnim uređajima za skladištenje energije. Glavni nedostatak superkondenzatora je niska gustina energije (~10 Wh kg⁻¹ za komercijalne superkondenzatore). Izbor odgovarajućeg elektrodnog materijala sa visokim specifičnim kapacitetom je jedan od načina povećanja gustine energije. Među elektrodnim materijalima, uključujući ugljenične materijale, metalne okside i provodne polimere, ugljenični materijali se smatraju najperspektivnijim kandidatima zbog razvijene poroznosti i velike specifične površine. Navedene osobine ugljeničnih materijala pogoduju skladištenju naelektrisanja na granici elektroda/elektrolit, što omogućava dostizanje visokih vrijednosti kapaciteta. Imajući u vidu odnos superiornosti i cijene komercijalnih aktivnih ugljeva, u savremenoj naučno-istraživačkoj praksi akcenat se stavlja na korišćenju novih, do sada neispitanih organskih sirovina za dobijanje ugljeničnih materijala. Značajno mjesto u proizvodnji visoko poroznih aktivnih ugljenika zauzima lignocelulozna biomasa aktivirana i funkcionalizovana hemijskim, fizičko-hemijskim ili termohemijskim postupcima, što ima za cilj hemijske, strukturne i morfološke promjene, a koje će omogućiti njihovu primjenu u sistemima za skladištenje energije. Osnovna ideja je da se hidrotermalnom karbonizacijom, u kombinaciji sa hemijskom aktivacijom lignocelulozne otpadne biomase nastale rezidbom vinograda, sintetiše visokoporozni aktivni ugljenik sa ciljem njegove primjene kao elektrodnog materijala u superkondenzatorima vodenog tipa.

Predmet istraživanja

(≤ 1200 karaktera)

Koncizno obrazložiti predmet istraživanja.

Predmet istraživanja ovog rada je razvoj i optimizacija procesa hidrotermalne karbonizacije otpadne biomase u cilju dobijanja visoko poroznih ugljeničnih materijala kao potencijalnih elektrodnih materijala u superkondenzatorima. Hidrotermalna karbonizacija (HTC) je obećavajući termohemijski proces koji može pretvoriti organski otpad u vrijedne proizvode na relativno niskim temperaturama (180–250°C) i pritisku (2–10 MPa). Glavni proizvod HTC-a je čvrsta supstanca pod nazivom hidročad. Ugljenični materijali dobijeni aktivacijom hidročadi imaju veliki potencijal u različitim aplikacijama kao što su čvrsto gorivo, superkondenzatori, gorivne ćelije i sorbent.

Kao otpadna biomasa u ovom radu će se koristiti grane vinove loze. U **prvoj fazi istraživanja** optimizovaće se najznačajniji parametar hidrotermalne karbonizacije – temperatura, kako bi se dobila hidročad, čijom će se hemijskom aktivacijom pomoću ZnCl_2 dobiti finalni proizvod- aktivni ugljenik. U **drugoj fazi** istraživanja vršiće se detaljna fizičko-hemijska karakterizacija sintetisanih ugljeničnih materijala primjenom metoda: rendgenostrukturne analize (XRD), adsorpcije azota/ CO_2 (BET metoda), skenirajuće elektronske mikroskopije (SEM) i energetske disperzione spektroskopije (EDS), infracrvene spektroskopije sa Furijeovom transformacijom (FTIR). Cilj ove faze je dobijanje informacija o faznim, morfološkim i hemijskim karakteristikama sintetisanih ugljeničnih materijala.

Treća faza istraživanja podrazumijeva ispitivanje potencijalne primjene dobijenih ugljeničnih materijala u superkondenzatorima, elektrohemijskim metodama, kao što su ciklična voltometrija (CV) i hronopotencimetrija (CP). Elektrohemijska mjerenja će se vršiti u troelektrodnoj ćeliji uz korišćenje vodenih rastvora elektrolita (KOH , H_2SO_4 , Na_2SO_4) kako bi se okarakterisala granica faza ugljenik/elektrolit tokom rada superkondenzatora i procijenila količina skladištenih jona.

Motiv i cilj istraživanja

(≤ 4000 karaktera)

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

Negativni uticaji fosilnih goriva na životnu sredinu dovode do globalnog povećanja udjela obnovljive i čiste energije u ukupno proizvedenoj energiji. Razvoj obnovljivih izvora energije, poput vjetra i sunca, zbog promjenljivog intenziteta, značajno se oslanja na napredne sisteme za skladištenje energije. Sa druge strane, brzo rastuće tržište električnih vozila, pametnih mreža i prenosivih elektronskih uređaja također zahtijeva napredne sisteme za skladištenje energije, visokih performansi i niske cijene.

Među sistemima za skladištenje energije, punjive baterije i superkondenzatori se ističu kao najperspektivniji kandidati. Superkondenzatori, zahvaljujući većoj gustini snage od baterija, dugom životnom vijeku (> 100.000 ciklusa) se koriste u aplikacijama koje zahtijevaju mnogo brzih ciklusa punjenja/pražnjenja i trenutnu veliku snagu. Većina trenutno dostupnih komercijalnih superkondenzatora ima znatno nižu gustinu energije u odnosu na baterije, što ograničava njihovu praktičnu primjenu. Stoga su i industrija i naučna zajednica okrenuti ka razvoju nove generacije superkondenzatora. Rješenje navedenog problema je sinteza elektrodnih materijala koji su održivi, isplativi, stabilni i visokih elektrohemijskih performansi. Sve navedene zahtjeve, zahvaljujući visokoj specifičnoj površini, razvijenoj poroznosti, dobroj električnoj provodljivosti ispunjava aktivni ugljenik.

Otpadna biomasa predstavlja jeftin i obnovljiv izvor aktivnog ugljenika za različite primjene. Konverzija otpadne biomase u aktivni ugljenik ima dvostruki značaj. Sa jedne strane rješava se problem zbrinjavanja otpada, a sa druge dobija se potencijalno jeftina alternativa postojećim skupim komercijalnim aktivnim ugljenicima, kao elektrodnim materijalima u sistemima za skladištenje energije.

Glavni cilj planiranih istraživanja je sinteza jeftinih, netoksičnih i ekološki prihvatljivih nanoporoznih ugljeničnih materijala hidrotermalnom karbonizacijom i naknadnom hemijskom aktivacijom otpadne biomase. Variranjem temperature u toku hidrotermalne karbonizacije i naknadnom hemijskom aktivacijom dobiće se ugljenični materijali koji bi svojom strukturom i morfologijom omogućili brze reakcije na granici faza elektroda/elektrolit neophodne za postizanje visokih kapaciteta superkondenzatora.

Za razliku od tradicionalnih procesa konverzije, postupak hidrotermalne karbonizacije omogućava korišćenje biomase sa visokim sadržajem vlage bez potrebe za intenzivnim i skupim

predtretmanom sušenja, čime se omogućava upotreba različitih prekursora za proizvodnju ugljeničnih materijala.

Hidrotermalna karbonizacija grana vinove loze nije dovoljno istražen proces. Stoga je cilj optimizovati uslove sinteze u cilju dobijanja ugljeničnog materijala pogodne strukture i morfologije.

Implementacija ove tehnologije pruža veliki potencijal zemljama u razvoju u domenu upravljanja otpadnom biomasom, ali i industrijskim otpadom, kao i rješavanju njihovog nekontrolisanog odlaganja sa potencijalnim posledicama na životnu sredinu.

Pregled dosadašnjih istraživanja

(pozvati se na najmanje 10 primarnih referenci na kojima se istraživanje bazira, od toga minimum 5 iz posljednjih 10 godina ≤ 6000 karaktera)

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

Termička konverzija se posljednjih decenija sve više koristi za pretvaranje prirodnih prekursora u ugljenične nanomaterijale koji se mogu koristiti kao elektroдни materijali superkondenzatora [1-4]. Konverzija biomase se vrši pirolizom u odsustvu kiseonika, pri čemu se dobijaju: biougalj, bio-ulja ili gasovi, u zavisnosti od temperature [5-7]. Posljednjih godina hidrotermalna karbonizacija (HTC) dobija sve veći značaj zbog relativne jednostavnosti procesa, uključujući i činjenicu da se biomasa ne mora sušiti prije tretmana, što značajno smanjuje potrošnju energije [8,9]. Naime, voda sadržana u prirodnim prekursorima je dio medijuma u kome se odvijaju hidrotermalne reakcije.

Hidročad dobijena hidrotermalnom karbonizacijom biomase generalno ima nizak sadržaj pepela, visok sadržaj ugljenika, ujednačene hemijske i strukturne osobine i više površinskih kiseoničnih funkcionalnih grupa u poređenju sa konvencionalnim biougljem proizvedenim pirolizom [10].

Različita istraživanja su pokazala da hidročad ima veoma malu specifičnu površinu i slabo razvijenu poroznost [11,12], što ograničava njegovu upotrebu u sistemima za skladištenje energije. Poboljšanje navedenih osobina može se postići naknadnom karbonizacijom i hemijskom aktivacijom [13]. Naime, hidrotermalna karbonizacija rezultuje efikasnom hidrolizom i dehidratacijom biomase i daje hidročad sa visokim sadržajem kiseoničnih funkcionalnih grupa, što ga čini idealnim prekursorom za proizvodnju hemijski aktivnog ugljenika [14].

Jain i saradnici su hidrotermalnom karbonizacijom kokosovih ljuski u prisustvu ZnCl_2 i H_2O_2 kao aktivatora, na temperaturi od 275°C sintetisali aktivni ugljenik specifične površine 2440 i $1121\text{ m}^2/\text{g}$, respektivno [15]. Polazeći od istog prekursora, Azeveda i saradnici [15,16] su pirolizom uz hemijsku aktivaciju pomoću ZnCl_2 (500°C tokom 3 h), sintetisali ugljenični materijal specifične površine $1266\text{ m}^2/\text{g}$.

Na značaj naknadne aktivacije i karbonizacije hidročađi u cilju poboljšanja njegovih performansi ukazali su i Zhu i saradnici [17]. Pokazali su da se hidrotermalnom karbonizacijom gljiva (120°C tokom 6 h) dostiže veoma mala specifična površina ($14\text{ m}^2/\text{g}$). Značajno povećanje specifične površine i električne provodljivosti postignuto je pirolizom (700°C tokom 3 h), što je rezultiralo specifičnim kapacitetom aktivnog ugljenika od 196 F/g .

Hidrotermalnom karbonizacijom soka pomorandže i aktivacijom pomoću KOH u atmosferi azota na 800°C dobijen je porozni aktivni ugljenik sa određenim stepenom grafitizacije i visokim sadržajem azota, specifične površine od $1725\text{ m}^2/\text{g}$ što ga čini potencijalnim kandidatom za elektrode

superkondenzatora. [18]

Hijerarhijski porozni ugljenik, dobijen hidrotermalnom karbonizacijom ljuske kikirikija i aktivacijom pomoću ZnCl_2 , zahvaljujući velikoj specifičnoj površini ($1069 \text{ m}^2/\text{g}$), dostiže kapacitet od 340 F/g , takođe se može koristiti kao elektrodni materijal u superkondenzatorima. [19]

III HIPOTEZA/ISTRAŽIVAČKO PITANJE

Hipoteza/e istraživanja 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.

Osnovna hipoteza u ovom naučno istraživačkom radu jeste da se dokaže mogućnost da se aktivni ugljenični materijali, dobijeni hidrotermalnom karbonizacijom otpadne lignocelulozne biomase uz hemijsku aktivaciju, zahvaljujući velikoj specifičnoj površini i poroznosti, mogu koristiti kao elektrodni materijali u superkondenzatorima. Na taj način bi otpadna biomasa, neznatne upotrebne vrijednosti dobila potencijalni status sekundarne sirovine koja se, inovativnim postupkom, pretvara u materijal, odnosno proizvod, sa mogućnošću upotrebe u elektrohemijskim izvorima energije. Hidrotermalna karbonizacija pretvara rekordno visok procenat ugljenika iz biljnog otpada (do 90%) u čvrsti ugljenični materijal-hidročad bez oslobađanja CO₂ ili CH₄ u atmosferu. Iz tog razloga, HTC se smatra tehnologijom budućnosti za konverziju otpadne biomase u proizvod sličan uglju koji se može koristiti za širok spektar ekoloških, elektrohemijskih, katalitičkih i drugih primjena. Glavna prednost HTC je upotreba biomase sa visokim sadržajem vode, bez potrebe njenog predsušenja.

IV METODE

Naučne 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.

Planiranim istraživanjem biće obuhvaćena karakterizacija sintetisanih aktivnih ugljenika sledećim metodama:

1. **Rendgenskom difrakcionom analizom (XRD)** će biti dokazana amorfna struktura aktivnih ugljenika, kao i eventualno prisustvo nekih drugih elemenata ili jedinjenja u strukturi, zatim nečistoća itd.
2. **BET metodom** će se odrediti specifična površina i poroznost sintetisanih materijala.
3. **Skenirajućom elektronskom mikroskopijom (SEM) i energetsom disperzionom spektroskopijom (EDS)** biće određena struktura na mikronskom nivou i elementarna analiza dobijenih aktiviranih ugljenika.
4. **Infacrvenom spektroskopijom sa Furijeovom transformacijom (FTIR)** će se izvršiti karakterizacija površinskih funkcionalnih grupa na sintetisanim aktivnim ugljenicima.
5. **Cikličnom voltametrijom (CV)** biće ispitana priroda dvojnog električnog sloja dobijenih aktivnih ugljenika, sa različitom raspodelom mikro/mezopora, u različitim vodenim elektrolitima (KOH, H₂SO₄ i Na₂SO₄), sa akcentom na kulonski kapacitet materijala.
6. **Hronopotenciometrijom** će biti utvrđena vrijednost specifičnih kapaciteta aktivnih ugljenika u različitim vodenim elektrolitima, kao i njegova stabilnost tokom višestrukog punjenja/praznjenja.

V OČEKIVANI REZULTATI ISTRAŽIVANJA I NAUČNI DOPRINOS

Očekivani rezultati istraživanja, primjena i naučni 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.

U okviru ovog master rada očekuje se da se optimizacijom procesa hidrotermalne karbonizacije otpadne biomase dobiju visokoporozni nanostrukturni ugljeni materijali koji bi, zahvaljujući visokom kapacitetu, mogli da se koriste kao elektrodni materijali u superkondenzatorima. Izbor pogodnog vodenog elektrolitičkog rastvora u kojem sintetisani aktivni ugljenik pokazuje najbolje elektrohemijske performanse omogućuje njegovu potencijalnu primjenu u superkondenzatorima vodenog tipa. Vodeni kondenzatori su ekološki mnogo prihvatljiviji i znatno jeftiniji u odnosu na, do sada proizvedene i komercijalizovane, kondenzatore organskog tipa.

Otpadna biomasa predstavlja jeftin i obnovljiv izvor aktivnog ugljenika za različite primjene. Ovi otpadni materijali imaju malu ili nikakvu ekonomsku vrijednost i često predstavljaju problem zbrinjavanja. Stoga, konverzija ovih jeftinih biomaterijala u aktivni ugljenik (biougalj) ima dvostruki značaj. Sa jedne strane rješava se problem zbrinjavanja otpada, a sa druge dobija se potencijalno jeftina alternativa postojećim skupim komercijalnim aktivnim ugljenicima, kao elektrodnim materijalima u sistemima za skladištenje energije.

Prema našim saznanjima, planirani način konverzije otpadne biomase, tj. istovremeno rješavanje problema otpada i razvoj elektrodnih materijala je novina u Crnoj Gori.

Naučni doprinosi rezultata istraživanja u okviru ovog master rada su :

- Održivo upravljanje otpadnom biomasom iz industrije vina
- Razvoj nove tehnologije konverzije otpadne biomase u Crnoj Gori
- Ispitivanje uticaja temperature konverzije na karakteristike hidročadi, kao i uticaja hemijske aktivacije na karakteristike aktivnog ugljenika u cilju dobijanja materijala pogodnih elektrohemijskih performansi
- Razvoj novog, ekonomski i ekološki prihvatljivog elektrodnog materijala superkondenzatora vodenog tipa

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.

Bilo koji materijal bogat ugljenikom može se uz optimizaciju procesnih parametara uspješno transformisati u aktivni ugljenik. Stoga bi buduća istraživanja trebalo usmjeriti na karbonizaciju drugih vrsta otpadne biomase (iz industrije vina, piva, prerade maslina).

Alternativni način povećanja kapacitivnosti ugljeničnog materijala je dopiranje heteroatomima azota, bora, sumpora i fosfora. Heteroatomi povećavaju elektronsku provodljivost i kroz učešće u faradejskim procesima doprinose pseudokapacitivnom ponašanju ugljenika [20]. Dopiranje tj. uvođenje heteroatoma u strukturu ugljeničnog materijala vrši se pomoću dopirajućih agenasa: tiourea [21], urea [22], fosforna kiselina [23], amini [24], melamin [25], borna kiselina [26] itd. koji se dodaju biomasi u procesu karbonizacije.

Istraživanje, u skladu sa navedenim, bi se moglo proširiti i na ovaj aspekt poboljšanja performansi aktivnog ugljenika kao elektrodnog materijala u sistemima za skladištenje energije.

VII STRUKTURA RADA

Struktura rada po poglavljima:

Struktura rada će obuhvatiti sledeća poglavlja:

UVOD koji će sadržati kratak osvrt na oblast istraživanja, predmet i cilj istraživanja, kao i značaj konverzije otpadne biomase postupkom hidrotermalne karbonizacije. Takođe će biti opisan značaj aktivnih ugljenika kao elektrodnih materijala u superkondenzatorima. .

TEORIJSKI DIO koji će obuhvatiti prikaz:

- značaja i principa rada superkondenzatora
- vrsta elektrodnih materijala i elektrolita u superkondenzatorima, sa posebnim osvrtom na ugljenične materijale.
- strukture lignocelulozne biomase i njenih osnovnih gradivnih jedinica
- značaja i prednosti hidrotermalne konverzije biomase u odnosu na ostale postupke termohemijske konverzije
- pregled dosadašnjih istraživanja u oblasti sinteze ugljeničnih materijala hidrotermalnom karbonizacijom otpadne biomase.

EKSPERIMENTALNI DIO će obuhvatiti:

- plan eksperimentalnog rada kojim će biti obuhvaćena metodologija ispitivanja konverzije biomase postupkom hidrotermalne karbonizacije i primjena dobijenog aktivnog ugljenika u superkondenzatorima.
- opis postupka pripreme biomase (pranje, mljevenje, odvajanje frakcija određene granulacije)
- optimizaciju samog procesa sinteze aktivnog ugljenika
- eksperimentalne tehnike za karakterizaciju sintetisanih ugljeničnih materijala (opisane u poglavlju Naučne metode)

REZULTATI I DISKUSIJA će obuhvatiti prikaz i detaljnu analizu dobijenih rezultata, što podrazumijeva:

- analizu uticaja temperature hidrotermalne konverzije i ZnCl_2 kao aktivatora na fizičke, strukturne i površinske osobine dobijenog mikro/mezoporoznog aktivnog ugljenika.
- analizu elektrohemijske aktivnosti i poređenje vrijednosti specifičnih kapaciteta sintetisanih materijala pri različitim uslovima sinteze, kao i stabilnosti kapaciteta tokom višestrukog punjenja pražnjenja.
- analizu elektrohemijskih performansi sintetisanih materijala sa aspekta skladištenje naelektrisanja na ugljeničnoj površini u vodenim elektrolitičkim rastvorima.

ZAKLJUČAK u kojem će biti sumirani zaključci proistekli iz rezultata master rada. Takođe, biće predloženi mogući pravci daljih istraživanja u ovoj oblasti.

LITERATURA sa navedenim relevantnim radovima iz oblasti istraživanja u okviru master rada.

VIII LITERATURA

- [1] Lyu, L.; Seog, K.-D.; Ko, D.; Choi, J.; Lee, C.; Hwang, T., et al. Recent development of biomass-derived carbons and composites s electrode materials for supercapacitors. *Mater. Chem. Front.* 2019, 3, 2543–2570.
- [2] Ghosh, S.; Santhosh, R.; Jeniffer, S.; Raghavan, V.; Jacob, G.; Nanaji, K., et al. Natural biomass derived hard carbon and activated carbons as electrochemical supercapacitor electrodes. *Sci. Rep.* 2019; 9, 16315.
- [3] Elmouwahidi, A.; Bailón-García E.; Romero-Cano, L.A.; Zárate-Guzmán, A.I.; Pérez-Cadenas, A.F.; Carrasco-Marín, F. Influence of surface chemistry on the electrochemical performance of biomass-derived carbon electrodes for its use as supercapacitors. *Materials.* 2019, 12, 2458.
- [4] Yang, H.; Ye, S.; Zhou, J.; Liang, T. Biomass-derived porous carbon materials for supercapacitor. *Front. Chem.* 2019, 7, 274.
- [5] Uddin, M.N.; Techato, K.; Tawekun, J.; Rahman, M.M.; Rasul, M.G.; Mahlia, T.M.I., et al. An overview of recent developments in biomass pyrolysis technologies. *Energies.* 2018, 11, 3115.
- [6] Wang, J.; Kaskel, S. KOH activation of carbon-based materials for energy storage. *J. Mater. Chem.* 2012, 22, 23710.
- [7] Qu, S.; Wan, J.; Dai, C.; Jin, T.; Ma, F. Promising as high-performance supercapacitor electrode materials porous carbon derived from biological lotus leaf. *J. Alloys Compd.* 2018, 751, 107–116.
- [8] Zhao, Y.-Q.; Lu, M.; Tao, P.-Y.; Zhang, Y.-J.; Gong, X.-T.; Yang, Z., et al. Hierarchically porous and heteroatom doped carbon derived from tobacco rods for supercapacitors. *J. Power Sources.* 2016, 307, 391–400.
- [9] Nizamuddin, S.; Mubarak, N.M.; Tiripathi, M.; Jayakumar, N.S.; Sahu, J.N.; Ganesan, P. Chemical, dielectric and structural characterization of optimized hydrochar produced from hydrothermal carbonization of palm shell. *Fuel.* 2016, 163, 88–97.
- [10] Kang, S.; Li, X.; Fan, J.; Chang, J.; Characterization of Hydrochars Produced by Hydrothermal Carbonization of Lignin, Cellulose, d-Xylose, and Wood Meal. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2012, 51, 9023-9031.
- [11] Xu, Q.; Qian, Q.F.; Quek, A.; Ai, N.; Zeng, G.; Wang, J. Hydrothermal carbonization of macroalgae and the effect of experimental parameters on the properties of hydrochars. *ACS Sustain. Chem. Eng.* 2013, 1, 1092–1101.
- [12] Buapeth, P.; Watcharin, W.; Dechtrirat, D.; Chuenchom, L. Carbon adsorbents from sugarcane bagasse prepared through hydrothermal carbonization for adsorption of methylene blue: Effect of heat treatment on adsorption efficiency. *IOP Conf. Ser. Sci. Eng.* 2019, 515, 12003.
- [13] Lee, K. K.; Björkman, E.; Morin, D.; Lilliestråle, M.; Björefors, F.; Andersson, A. M., et al. Effects of hydrothermal carbonization conditions on the textural and electrical properties of activated carbons. *Carbon.* 2016, 619-621.
- [14] Sevilla, M.; Fuertes, A.B; Mokaya, R. High density hydrogen storage in superactivated carbons from hydrothermally carbonized renewable organic materials. *Energy & Environmental Science.* 2011, 1400- 1410.
- [15] Jain, A.; Xu, C.; Jayaraman, S.; Balasubramanian, R.; Lee, J.Y.; Srinivasan, M.P. Mesoporous activated carbons with enhanced porosity by optimal hydrothermal pre-treatment of biomass for supercapacitor applications. *Microporous and Mesoporous Materials*, 2015, 55-61.
- [16] Azevedo, D. C. S.; Araújo, J. C. S.; Bastos-Neto, M.; Torres, A. E. B.; Jaguaribe, E. F.; Cavalcante, C.L.; Microporous activated carbon prepared from coconut shells using chemical activation with zinc chloride. *Microporous and Mesoporous Materials.* 2007, 361–364.

- [17] Zhu, H.; Wang, X.; Yang, F.; Yang, X. Promising Carbons for Supercapacitors Derived from Fungi. *Adv. Mater.* 2011, 23, 2745–2748.
- [18] Veltri, F.; Alessandro, F.; Scarcello, A.; Beneduci, A.; Polanco, M.A.; Perez, D.C. Porous Carbon Materials Obtained by the Hydrothermal Carbonization of Orange Juice. *Nanomaterials*. 2020, 10, 655.
- [19] Xiao, Z.; Chen, W.; Liu, K.; Cui, P.; Zhan, D. Porous Biomass Carbon Derived from Peanut Shells as Electrode Materials with Enhanced Electrochemical Performance for Supercapacitors. *Int. J. Electrochem. Sci.* 2018, 5370 – 5381.
- [20] Zhao, Y.; Liu, M.; Deng, X.; Miao, L.; Tripathi, P.K.; Ma, X., et al. Nitrogen-functionalized microporous carbon nanoparticles for high performance supercapacitor electrode. *Electrochim. Acta.* 2015, 448.
- [21] Gopalakrishnan, A.; Raju, T.D.; Badhulika, S. Green synthesis of nitrogen, sulfur-co-doped worm-like hierarchical porous carbon derived from ginger for outstanding supercapacitor performance. *Carbon*. 2020, 209–219.
- [22] Ma, G.; Tang, W.; Sun, K.; Zhang, Z.; Feng, E.; Lei, Z. Coprinus Comatus-Based Nitrogen-Doped Active Carbon for High Performance Supercapacitor. *Nano* 12. 2017, 12.
- [23] Chen, L.F.; Huang, Z.H.; Liang, H.W.; Gao, H.L.; Yu, S.H. Three-Dimensional Heteroatom-Doped Carbon Nanofiber Networks Derived from Bacterial Cellulose for Supercapacitors. *Adv. Funct. Mater.* 2015, 5104.
- [24] Li, L.; Zhang, L-J.; Sun, C-F.; Liu, T-T.; Shi, P-C.; Yi, J-D. Hierarchically porous nitrogen-doped carbon nanotubes derived from core-shell ZnO@zeolitic imidazolate framework nanorods for highly efficient oxygen reduction reactions. *Mater. Sci. Mater. Electron.* 2017, 13880.
- [25] Gopalakrishnan, A.; Yu, A.; Badhulika, S. Three-dimensional nitrogen rich bubbled porous carbon sponge for supercapacitor & pressure sensing applications. *Int. J. Energy Res.* 2020, 7242–7253.
- [26] Chen, H.; Xiong, Y.; Yu, T.; Zhu, P.; Yan, X.; Wang, Z., et al. Boron and nitrogen co-doped porous carbon with a high concentration of boron and its superior capacitive behavior. *Carbon*. 2017, 266-273

PRIJEDLOG ZA MENTORA:

U skladu sa članom 15 stav 1 i članom 16 Pravila studiranja na master studijama,
predlažem prof. dr Veselinku Grudić za mentora i podnosim prijavu teme master rada pod
nazivom

**Fizičko-hemijska karakterizacija aktivnog ugljenika dobijenog hidrotermalnom karbonizacijom
otpadne biomase.**

Potpis studenta:

Jelena Korać

Jelena Korać, 5/20

SAGLASNOST MENTORA ZA PRIHVATANJE MENTORSTVA I PRIJAVE TEME MASTER RADA:

Potpis mentora:

V. Grudić

Prof. dr Veselinka Grudić

Potpis komentora:

.....

Prof. dr / Doc. dr, ime i prezime (dopunite)

*** 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.