

# VIJEĆU METALURŠKO-TEHNOLOŠKOG FAKULTETA

UNIVERZITET CRNE GORE  
METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

Ovdje

Broj 2642  
Podgorica, 18.12. 2024 god.

## PREDMET: Predlog Komisije za odbranu master rada

Shodno dopisu broj 2576 od 16.12. 2024. god., u kome smo obaviješteni da je Komisija za pisanje izvještaja o ocjeni master rada pod nazivom: "**Iskorišćenje kanalizacionog mulja u energetske svrhe**", kandidatkinje Tijane Pićurić, BApp. zaštite životne sredine, dostavila Vijeću Metalurško-tehnološkog fakulteta izvještaj na razmatranje i da na rad kandidatkinje, koji je stajao na uvid javnosti u univerzitetskoj biblioteci, nije bilo primjedbi, Komisija za postdiplomske/master studije MTF-a dostavlja Vijeću Metalurško-tehnološkog fakulteta predlog Komisije za odbranu master rada:

1. Prof. dr Darko Vuksanović, redovni profesor MTF-a, predsjednik
2. Prof. dr Jelena Šćepanović, vanredna profesorica MTF-a, mentorka
3. Prof. dr Žarko Radović, redovni profesor MTF, član

U dogovoru sa kandidatkinjom termin odbrane master rada će biti naknadno utvrđen.

Predsjednica Komisije,  
  
Prof. dr Vesna Vukašinović-Pešić

**UNIVERZITET CRNE GORE**  
**VIJEĆU METALURŠKO-TEHNOLOŠKOG FAKULTETA**  
**PODGORICA**

**PREDMET:** Izvještaj Komisije za ocjenu master rada pod nazivom: „**Iskorišćenje kanalizacionog mulja u energetske svrhe**“, kandidatkinje Tijane Pićurić, BApp zaštite životne sredine

Na osnovu odredbi Statuta Univerziteta Crne Gore i odredbi Pravila studiranja na postdiplomskim Studijama Univerziteta Crne Gore Vijeće Metalurško-tehnološkog fakulteta na sjednici održanoj 11. 11. 2024. godine, imenovalo je Komisiju za ocjenu master rada pod nazivom „**Iskorišćenje kanalizacionog mulja u energetske svrhe**“, kandidatkinje Tijane Pićurić, BApp zaštite životne sredine.

Nakon pregleda dostavljenog master rada Komisija u sastavu:

1. Prof. dr Darko Vuksanović, MTF Podgorica, predsjednik
2. Prof. dr Jelena Šćepanović, MTF Podgorica, mentor
3. Prof. dr Žarko Radović, MTF Podgorica, član

**Podnosi**  
**IZVJEŠTAJ**  
**o master radu**

**Kratak opis master rada**

Master rad pod nazivom: „**Iskorišćenje kanalizacionog mulja u energetske svrhe**“, kandidatkinje Tijane Pićurić, BApp životne sredine, urađen je u skladu sa odobrenjem koje je za ovu temu saglasnost dalo Vijeće Metalurško-tehnološkog fakulteta.

Master rad je prikazan na 62 strane i sadrži: Izvod, Abstract, Uvod, Pregled tehnologija za pretvaranje mulja u bioenergiju, Ekološki i regulatorni aspekti, Analizu naučnih studija i tehnoloških dostignuća, Preporuke za praktičnu primjenu, Zaključke i Literaturu. Rad obuhvata tekstualni dio, 54 slike, 57 tabela i spisak od 46 referenci.

**Postavljeni cilj istraživanja**

Cilj istraživanja je bio da se kroz temeljnu analizu potencijala prikaže mogućnost korišćenja kanalizacionog mulja u svrhu proizvodnje energije. Fokus je dat na istraživanju tehnoloških

pristupa i procesa za konverziju mulja u energiju kako bi se identifikovala najefikasnija i održiva rješenja.

**U poglavlju koje se na pregled tehnologija za pretvaranje mulja u bioenergiju** opisane su razne tehnike i procesi koji se koriste za pretvaranje organskih materijala u energiju putem biohemijskih i termohemijskih metoda. U ovom dijelu dat je opis biohemijske konverzije, aerobne digestije, anaerobne digestije, alkoholne fermentacije, kao i metode mikrobne fermentacije kao biofotoliza, tamna fermentacija, foto-fermentacija, fotokataliza. U predmetnom poglavlju opisane su i termohemijske metode za dobijanje električne energije iz kanalizacionog mulja kao što su spaljivanje, piroliza, gasifikacija, hidrotermalna karbonizacija, hidrotermalna likvifikacija.

U poglavlju koje se odnosi na **ekološke i regulatorne aspekte**, dat je komparativni opis upoređenja biohemijske konverzije, termohemijskih, hidrotermalnih postupaka sa tradicionalnim metodama obrade kanalizacionog mulja. Prilikom komparacije biohemijske konverzije sa tradicionalnim metodama, kada je riječ o emisiji GHG, dosadašnja istraživanja pokazuju da biohemijske metode imaju značajnu prednost u energetske efikasnosti u odnosu na tradicionalne metode poput odlaganja na deponijama. Aerobna digestija, na primjer, troši između 1,5 i 2,5 kWh električne energije po kilogramu suve materije, ali istovremeno smanjuje emisije CO<sub>2</sub> ekvivalenata do 30% u poređenju sa deponijama, koje emituju oko 0,9-1,2 kg CO<sub>2</sub> ekvivalenata po kilogramu suve materije. Kada je u pitanju upravljanje teškim metalima i mikrozagađivačima, biohemijske metode imaju prednost. Biohemijske metode, posebno anaerobna digestija, imaju niži ekološki uticaj u poređenju sa deponijama. Anaerobna digestija omogućava kontrolisano oslobađanje GHG i proizvodnju korisnog biogasa, što smanjuje ukupni ekološki uticaj procesa. Druga metoda koja je obrađivana u master radu u gore navedenom poglavlju je Komparacija termohemijskih i tradicionalnih metoda obrade kanalizacionog mulja. Termohemijske metode za dobijanje električne energije iz kanalizacionog mulja predstavljaju održivu alternativu tradicionalnim metodama odlaganja, kao što su deponije. Ove metode ne samo da omogućavaju efikasno iskorišćavanje energije iz otpada, već značajno doprinose smanjenju emisija gasova sa efektom staklene bašte (GHG), uključujući CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> i NO<sub>x</sub>. Kada je prisustvo teških metala u pitanju, piroliza kanalizacionog mulja je ekološki povoljnija u poređenju s tradicionalnim metodama odlaganja, kao što su deponije. Nakon sagorijevanja kanalizacionog mulja, teški metali ostaju koncentrisani u pepelu. Energetska efikasnost pirolize kanalizacionog mulja značajno zavisi od temperature, vrste reaktora i upotrebe katalizatora. Postupak hidrotermalne karbonizacije (HTC) kanalizacionog mulja predstavlja napredan termički proces koji značajno smanjuje emisije u poređenju s tradicionalnim metodama tretmana, kao što je odlaganje na deponije. Istraživački podaci jasno ukazuju na to da hidrotermalne metode ne samo da su energetske efikasne, već i značajno smanjuju emisije gasova sa efektom staklene bašte, čineći ih održivom i ekološki prihvatljivom alternativom tradicionalnim metodama upravljanja kanalizacionim muljem. Ove metode omogućavaju reciklažu otpada i smanjenje uticaja na životnu sredinu, što ih čini ključnim za održivi razvoj i borbu protiv klimatskih promjena.

Kroz poglavlje **Ekološki i regulatorni aspekti**, takođe su obrađeni međunarodni i nacionalni propisi koji su vezani za oblast tretmana kanalizacionog mulja. Kroz podzakonska akta, kao što je Pravilnik o bližim uslovima koje treba da ispunjava komunalni kanalizacioni mulj u Crnoj Gori definisani su strogi standardi za njegovu obradu i upotrebu, kako bi se osiguralo očuvanje zdravlja ljudi i zaštita životne sredine. Pravilnik takođe reguliše upotrebu mulja na zelenim površinama i parkovima, kao i za rekultivaciju zemljišta na deponijama, jalovištima i rudarskim područjima.

U dijelu koji se odnosi na **Presjek stanja upravljanja kanalizacionim muljem u Crnoj Gori**, dat je opis svih operativnih postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda u Crnoj Gori, kao i način tretmana kanalizacionog mulja na istim. U okviru ovog dijela master rada dati su rezultati sprovedene ankete koja se odnosi na istraživanje o efikasnoj upotrebi kanalizacionog mulja u Crnoj Gori. Istraživanje je sprovedeno putem online ankete na uzorku od 300 ispitanika, odabranih nasumično, a koji je činio reprezentativnu grupu građana zainteresovanih za teme održivog razvoja i upravljanja otpadom. Cilj istraživanja bio je prikupljanje podataka o stavovima prema upotrebi kanalizacionog mulja za energetske svrhe i identifikacija regulatornih izazova. Anketa je obuhvatila kombinaciju Likertove skale i opcionalnih odgovora. Rezultati sprovedene ankete pokazuju visok nivo svijesti o regulatornim propisima sa 78,45% ispitanika koji su dobro upoznati sa njima. Kao najveći izazovi prepoznati su nedostatak jasnih propisa i nedovoljna kontrola. Sprovedena anketa je pokazala da su propisi uglavnom usklađeni sa evropskim standardima, što ukazuje na pozitivan trend u harmonizaciji lokalnih i evropskih propisa, a što može olakšati implementaciju održivih praksi. Anaerobna digestija je kod Ispitanika prepoznata kao najkorisnija tehnologija, što podržava hipotezu da energetska upotreba mulja može značajno doprinijeti održivosti. Kombinovanje sa drugim tehnologijama poput termičke obrade i kompostiranja moglo bi dodatno povećati efikasnost i ekološke koristi.

Kroz dio koji se odnosi na **Rezultate intervjua**, data su mišljenja učesnika intervjua iz različitih profesionalnih oblasti rada (inženjer zaštite životne sredine, inženjer energetike, pravnik), kao i od strane predstavnika lokalne samouprave i nevladine organizacije. Svi učesnici intervjua su sa svog aspekta djelovanja istakli važnost iskorišćenja kanalizacionog mulja u energetske svrhe uz apostrofiranje određenih rizika koje ovaj proces sa sobom nosi.

Kandidatkinja je u master radu opisala **usklađenost sa ciljevima održivog razvoja (SDG)** gdje se navodi da implementacija tehnologija za upravljanje kanalizacionim muljem direktno doprinosi postizanju ciljeva održivog razvoja u nekoliko ključnih oblasti. Prvo, tretman mulja smanjuje zagađenje voda, čime se poboljšavaju čisti vodni resursi i sanitarni uslovi. Zatim, proizvodnja toplotne i električne energije iz mulja, preko proizvodnje biogasa, doprinosi stvaranju čiste električne energije, smanjujući oslanjanje na fosilna goriva. Konačno, smanjenje emisija tokom procesa obrade mulja pomaže u ublažavanju klimatskih promjena i unapređenju kvaliteta životne sredine. Kada se primjenjuju principi cirkularne ekonomije na upravljanje kanalizacionim muljem, ovaj materijal se tretira kao resurs, a ne kao otpad. Biološki materijali, poput kanalizacionog mulja, mogu se obraditi putem procesa kao što su anaerobna digestija i kompostiranje.

U dijelu koji se odnosi na **održivo upravljanje otpadom**, kandidatkinja navodi da se mulj može koristiti kao organsko đubrivo zbog visokog sadržaja hranljivih materija poput azota i fosfora, ali da se isti prije primjene, mora tretirati kako bi se uklonili patogeni i smanjio sadržaj zagađivača, poput teških metala i organskih kontaminanata. U ovom dijelu je ukratko opisano više metoda kojima bi se moglo vršiti održivo upravljanje kanalizacionim muljem.

Poglavlje **analiza naučnih studija i tehnoloških dostignuća** daje prikaz većeg broja literaturnih podataka koji se odnose na dosadašnja istraživanja u oblasti tretmana i upravljanja kanalizacionim muljem.

Kandidatkinja je u poglavlju **preporuke za praktičnu primjenu** predstavila konkretne smjernice i strategije za implementaciju i unapređenje tehnologija konverzije biomase u energiju. Navodi da

je ovo poglavlje ključno za premošćavanje jaza između teorijskih istraživanja i njihove praktične primjene, s ciljem da se obezbijedi uspješna i održiva primjena ovih tehnologija u stvarnim uslovima.

U **smjernicama za implementaciju** navodi da se smjernice moraju integrisati u širi okvir ekološke politike, uključujući propise o zaštiti vode, vazduha i zemljišta, kako bi se osigurao sveobuhvatan pristup u zaštiti životne sredine.

U dijelu koji se odnosi na **preporuke za dalji razvoj tehnologija** kandidatkinja ukazuje da dalji razvoj tehnologija za upravljanje kanalizacionim muljem treba da se fokusira na inovativne metode koje unapređuju efikasnost pretvaranja mulja u korisne resurse, kao što su biogas, bio-ugalj i drugi obnovljivi izvori električne energije. Jedna od preporučenih metoda je i razvoj fotokatalitičkih procesa, koji koriste svjetlost za razgradnju organskih zagađivača, što može značajno smanjiti ekološki uticaj ovih tehnologija. Takođe, napredak u tehnologijama anaerobne digestije i termičke obrade, kao što su piroliza i gasifikacija, omogućio bi veću energetske valorizaciju mulja.

U **strategiji za ekonomsku održivost**, kandidatkinja navodi mogućnost uključivanja nekoliko pristupa, kao što su:

- Integrisani pristup upravljanju resursima koji podrazumijeva usmjerenost na cirkularnu ekonomiju, gdje se kanalizacioni mulj tretira kao vrijedan resurs, a ne kao otpad. Umjesto tradicionalnog odlaganja, ovaj pristup promoviše reciklažu i obnovu hranljivih materija, omogućavajući njihovu ponovnu upotrebu u poljoprivredi ili kao gorivo.
- Optimizacija procesa obrade mulja, kao što su kompostiranje i anaerobna digestija, ključna je za maksimizaciju izlaza korisnih materijala, čime se doprinosi očuvanju prirodnih resursa i smanjenju potreba za novim sirovinama.
- Tehnološke inovacije koje igraju centralnu ulogu u ekonomskoj održivosti upravljanja kanalizacionim muljem. Implementacija naprednih tehnologija, poput anaerobne digestije, pirolize i gasifikacije, omogućava efikasno pretvaranje mulja u biogas, biougalj i obnovljive izvore električne energije. Ove tehnologije ne samo da smanjuju zavisnost od fosilnih goriva, već i doprinose smanjenju emisije GHG. Razvoj i primjena ovih tehnologija omogućavaju kreiranje novih proizvoda i električne energije, što dodatno podržava održivost sektora. Podrška za tržišne inicijative uključuje promociju proizvoda dobijenih iz kanalizacionog mulja, poput komposta i biogasa, kao i razvoj tržišta za ove proizvode.

U „Zaključku” je, na osnovu dobijenih i analiziranih rezultata, kandidatkinja predstavila najznačajnije nalaze do kojih je došla u toku realizacije master rada, uz preporuku da je u oblasti upravljanja kanalizacionim muljem potrebno izvršiti detaljniju analizu ekonomskih aspekata, uključujući troškove implementacije tehnoloških pristupa i ekonomske koristi.

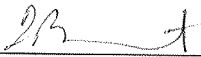
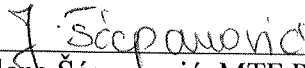
## **Zaključni stav i predlog**

Na osnovu detaljnog pregleda master rada pod naslovom „**Iskorišćenje kanalizacionog mulja u energetske svrhe**“ kandidatkinje Tijane Pićurić, BApp zaštite životne sredine, Komisija zaključuje da je kandidatkinja kvalitetnim definisanjem teme, sistematskim pristupom i detaljnom

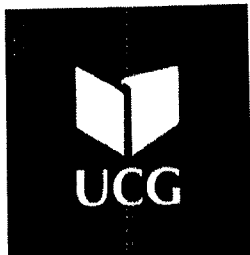
analizom mogućnosti iskorišćenja kanalizacionog mulja u energetske svrhe, realizovala postavljene ciljeve master rada.

Pozitivno cijeneći navedeno, Komisija predlaže Vijeću Metalurško-tehnološkog fakulteta, Univerziteta Crne Gore u Podgorici da kandidatkinja Tijana Pićurić, BApp zaštite životne sredine, pristupi odbrani master rada, pod gore navedenim nazivom.

**Komisija u sastavu:**

1.   
Prof. dr Darko Vuksanović, MTF Podgorica, predsjednik
2.   
Prof. dr Jelena Šćepanović, MTF Podgorica, mentor
3.   
Prof. dr Žarko Radović, MTF Podgorica, član

Podgorica, 17.12.2024. g.



Univerzitet Crne Gore  
Centralna univerzitetska biblioteka  
adresa / address: Cetinjska br. 2  
81000 Podgorica, Crna Gora  
telefon / phone: 00382 20 414 245  
fax: 00382 20 414 259  
mail: [cub@ucg.ac.me](mailto:cub@ucg.ac.me)  
web: [www.ucg.ac.me](http://www.ucg.ac.me)  
Central University Library  
University of Montenegro

Broj / Ref: 016-16-4163/6  
Datum / Date: 16.12.2024.

Crna Gora  
UNIVERZITET CRNE GORE  
METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET  
Broj: 2569/4 24  
Podgorica, 16.12.2024. god.

**UNIVERZITET CRNE GORE**  
**METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**

**Sekretar**

**Gospođa Seka Šekularac-Petrović**

*Predmet: Vraćanje master rada kandidatkinje Tijane Pićurić sa uvida javnosti*

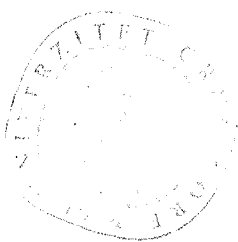
Poštovana gospođo Šekularac,

U prilogu akta dostavljamo Vam master rad pod nazivom: „**Iskorišćenje kanalizacionog mulja u energetske svrhe**“ kandidatkinje **Tijane Pićurić**, koji je u skladu sa članom 21 stav 2 Pravila studiranja na master studijama dostavljen **Centralnoj univerzitetskoj biblioteci** dana 06. 12. 2024. godine, na uvid i ocjenu javnosti.

Na navedeni rad, Centralnoj univerzitetskoj biblioteci nijesu dostavljene primjedbe u predviđenom roku od 7 dana.

Molimo Vas da nam nakon odbrane, a u skladu sa članom 30 Pravila studiranja na master studijama, dostavite konačnu verziju master rada.

S poštovanjem,



**DIREKTOR**

Mr Bosiljka Cicmil

Pripremila:

Milica Barac   
Administrativna asistentkinja  
Tel: 020 414 245  
e-mail: [cub@ucg.ac.me](mailto:cub@ucg.ac.me)



Univerzitet Crne Gore  
Centar za unapređenje kvaliteta

1800 20 414 112  
080 070 95 000



Crna Gora  
UNIVERZITET CRNE GORE  
METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

Broj: 01/3- 4163/4

Broj: 2493  
06.12.2024 god.  
Podgorica, 05.12.2024 god.

Podgorica, 05.12.2024 godine

**METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**

**KOMISIJI ZA MASTER STUDIJE**

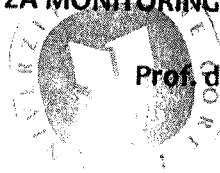
**PREDSJEDNIKU KOMISIJE**

Poštovani članovi Komisije za master studije,

U skladu sa Odlukom o korišćenju softvera za utvrđivanje plagijata na Univerzitetu Crne Gore, Odbor za monitoring master studija je, na sjednici od 29.11-01.12.2024. godine, razmatrao izvještaj softvera sa rezultatima provjere master rada kandidatkinje **Tijane Pićurić** pod nazivom „Iskorišćenje kanalizacionog mulja u energetske svrhe” i utvrđeno je da u radu nema elemenata koji ukazuju na plagijat.

Predlaže se sprovođenje dalje procedure, u skladu sa Pravilima studiranja na master studijama.

**ZA ODBOR ZA MONITORING MASTER STUDIJA**



*Svetlana Perović*  
**Prof. dr Svetlana Perović**