

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тачка 4. Статута Универзитета у Београду (“Гласник Универзитета у Београду” број 162/11, пречишћен текст, 167/12, 172/13 и 178/14), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

Бојан (Милољуб) Ранковић, дипломирани инжењер

КАНДИДАТ: **Бојан Ранковић** пријавио је докторску дисертацију под називом:
„Третман отпадних муљева из постројења за припрему воде за пиће применом јонизујућег зрачења“

Из научне области: **ИНЖЕЊЕРСТВО ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ**

Универзитет је дана **01.12.2021.** године, својим актом **61206-3934/2-20**, дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

„Третман отпадних муљева из постројења за припрему воде за пиће применом јонизујућег зрачења“

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Бојана Ранковића** образована је на седници Наставно-научног већа одржаној **29.06.2021.** године Одлуком Факултета под бр. **35/161**, у саставу:

Име и презиме	Звање	Научна област
1. Др Владимир Павићевић	Доцент	Инжењерство заштите животне средине
2. Др Ивица Вујчић	Научни сарадник	Радијационе технологије
3. Др Жељко Камберовић	Редовни професор	Металургија
4. Др Ацо Јанићијевић	Ванредни професор	Техничка физика и физичка електроника

Студент је уписан на докторске студије школске 2012/2013. године.

На захтев студента, у складу са Статутом Универзитета у Београду и Статутом Факултета, декан је донео Решење бр. 20/154/1 од 28.09.2018. године о продужењу рока за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма, односно до краја школске 2020/2021. године.

Наставно-научно веће Факултета прихватило је реферат Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана **08.07.2021. године**.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Петар Ускоковић

Бр. 20/154/1

28 SEP 2018

год.

БЕОГРАД

На основу члана 101. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета у Београду бр. 201/2018") и члана 76. став 1. и став 4. Статута Технолошко-металуршког факултета у Београду, као и захтева студента за продужење рока за завршетак студија Декан доноси

РЕШЕЊЕ

о продужењу рока за завршетак студија

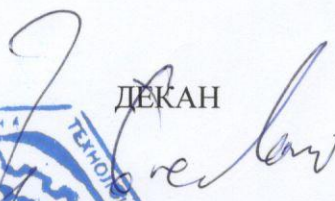
Студенту БОЈАНУ РАНКОВИЋУ, број индекса 4003/2012, уписаном-ој у прву годину докторских академских студија школске 2012/2013. године продужава се рок за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма, односно до краја школске 2020/2021. године.

Поука о правном леку:

Против овог решења именовани-а може поднети жалбу Савету Факултета у року од 8 дана од дана пријема решења.

Доставити:

- Студенту;
- Служби за студентска питања;
- Општој служби – архиви.

ДЕКАН

Проф. др. Борђе Јанаковић



На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 112. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 88. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 39. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 08.07.2021. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата о оцени докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије у саставу: др Владимир Павићевић, доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Ивица Вујчић, научни сарадник Универзитета у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча“ – Институт од националног значаја за Републику Србију, др Жељко Камберовић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Ацо Јанићијевић, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, о прегледу и оцени урађене докторске дисертације под називом: „**Третман отпадних муљева из постројења за припрему воде за пиће применом јонизујућег зрачења**“ коју је поднео **Бојан Ранковић** дипломирани инжењер и упућује се на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације Бојана Ранковића, под називом „**Третман отпадних муљева из постројења за припрему воде за пиће применом јонизујућег зрачења**“ Одлуком број: 61206-3934/2-20 од 01.12.2020. године.

Верификација научних доприноса:

Категорија M21:

1. **Bojan Ranković**, Andrea Sagatova, Ivica Vujčić, Slobodan Mašić, Đorđe Veljović, Vladimir Pavićević, Željko Kamberović, Utilization of gamma and e-beam irradiation in the treatment of waste sludge from a drinking water treatment plant, *Radiation Physics and Chemistry*, 177 (2020), Article109074. DOI: 10.1016/j.radphyschem.2020.109174 (IF2019=2.226) (ISSN: 0969-806X)

Категорија M23:

1. **Ranković Bojan M.**, Nikolić Nikolina R., Mašić Slobodan B., Vujčić Ivica T, Dose mapping of products with different density irradiated in 60Co irradiation facility of the Vinca institute, Serbia, *Nuclear Technology and Radiation Protection*, 35(1) (2020), 56-63. DOI: 10.2298/NTRP2001056R (IF2019=1.057) (ISSN: 1042-0150)

Категорија M34:

1. Ivica Vujčić, Slobodan Mašić, **Bojan Ranković**, Industrial treatment of sludge from drinking water plants: comparison of the use of accelerators and gamma rays for acrylamide reduction and fertilizer production. AccApp'20, IAEA Headquarters in the Vienna International Centre, Vienna, Austria, April 2020
2. Ivica Vujčić, Slobodan Mašić, **Bojan Ranković**, Dose Mapping of Products with Different Density Irradiated with Co-60 Irradiation, NUTECH-2020 conference, Warsaw, Poland, October 2020

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета, менторима, Служби за наставно-студентске послове, Библиотеци и Архиви факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

**UNIVERZITET U BEOGRADU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKI FAKULTET
NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU**

Predmet: Referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata Bojana Rankovića

Odlukom br. 35/161 od 29.6.2021. godine imenovani smo za članove Komisije za pregled, ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata Bojana Rankovića, dipl. inž. tehnologije, br. indeksa 4003/2012, sa temom pod naslovom

**„Tretman otpadnih muljeva iz postrojenja za pripremu vode za piće
primenom jonizujućeg zračenja“**

Posle pregleda dostavljene disertacije i drugih pratećih materijala i razgovora sa kandidatom, Komisija je sačinila sledeći

R E F E R A T

1. UVOD

1.1. Hronologija odobravanja i izrade disertacije

- Školske 2012/13. kandidat Bojan Ranković, dipl. inž. tehnologije upisao je Doktorske akademske studije na studijskom programu Inženjerstvo zaštite životne sredine Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu.
- U toku 2020. godine kandidat Bojan Ranković, dipl. inž. tehnologije je predložio temu doktorske disertacije pod nazivom: „Tretman otpadnih muljeva iz postrojenja za pripremu vode za piće primenom jonizujućeg zračenja“.
- 24.09.2020. – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu doneta je Odluka br. 35/278 o imenovanju članova Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata Bojana Rankovića, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom: „Tretman otpadnih muljeva iz postrojenja za pripremu vode za piće primenom jonizujućeg zračenja“.
- 13.11.2020. – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu doneta je Odluka 35/316 o prihvatanju Referata Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata i odobravanje izrade doktorske disertacije Bojanu Rankoviću , dipl. inž. tehnologije, pod nazivom: „Tretman otpadnih muljeva iz postrojenja za pripremu vode za piće primenom jonizujućeg zračenja“, a za mentore su imenovani dr Vladimir Pavićević i dr Ivica Vujčić.
- 01.12.2020. – Veće naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu donosi Odluku br. 61206-3934/2-20 po kojoj daje saglasnost na predlog teme pod nazivom: „Tretman otpadnih muljeva iz postrojenja za pripremu vode za piće primenom jonizujućeg zračenja“ kandidata Bojana Rankovića, dipl. inž. tehnologije.
- 29.6.2021. – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu doneta je Odluka br. 35/161 o imenovanju članova komisije za ocenu doktorske disertacije kandidata Bojana Rankovića, dipl. inž. tehnologije pod nazivom: „Tretman otpadnih muljeva iz postrojenja za pripremu vode za piće primenom jonizujućeg zračenja“.

1.2. Naučna oblast disertacije

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Inženjerstvo zaštite životne sredine za koju je matičan Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu.

Mentori su dr Vladimir Pavićević, docent Tehnološko-metalurškog fakulteta, i dr Ivica Vujčić, naučni saradnik u Institutu za nuklearne nauke Vinča, Institutu od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, koji su na osnovu dosadašnjih objavljenih radova i iskustava kompetentni da rukovode izradom ove doktorske disertacije.

1.3. Biografski podaci o kandidatu

Bojan Ranković rođen je 13.5.1980. godine u Beogradu. Osnovnu školu „Milan Ilić – Čiča” i Gimnaziju „Miloš Savković“ završio je u Arandelovcu. Osnovne akademske studije upisao je školske 1999/2000. godine na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Na istom fakultetu diplomirao je u februaru 2009. godine, odbranom diplomskog rada na temu „Uticaj vrste i orijentacije ojačavajućeg tkanja na čvrstoću materijala pri zatezanju“ pod mentorstvom prof. dr Slaviše Putića. Školske 2012/2013. god. upisao je doktorske akademske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu, studijski program Inženjerstvo zaštite životne sredine. Od aprila 2016. godine je deo stručnog tima kompanije „Miteko Kneževac d.o.o.“ gde radi kao Rukovodilac sektora za reciklažu i upravljanje otpadom. Bojan Ranković uspešno obavlja poslove organizacije, koordinacije, praćenja i kontrole realizacije preuzimanja, transporta i prekograničnog kretanja otpada, uspešno upravlja magacinskim poslovanjem i skladištenjem otpada u skladu sa važećim propisima, organizuje utovar i istovar opasnog otpada po kvalitetu i kvantitetu. Obavlja poslove reciklaže transformatora i dekontaminacije ili zbrinjavanja energetskih transformatora sa sadržajem polihlorovanih bifenila i učestvuje u pripremama i realizaciji programa rada kompanije, uključujući praćenje realizacije i rezultata programa, uz pružanje podrške zaposlenima u primeni programa. Od 2019. godine kao rukovodilac tima i nosilac idejnog rešenja aktivno učestvuje u projektovanju i razvoju pogona za dekontaminaciju i rekondicioniranje ambalažnog otpada primenom odgovarajućeg tehnološkog projekta i pravilnog odabira opreme.

2. OPIS DISERTACIJE

2.1. Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija kandidata Bojana Rankovića, dipl. inž. tehnologije pisana je na srpskom jeziku i sadrži 144 strane A4 formata (numerisana 101 strana), 39 slika, 27 tabela (3 u Prilogu) i 132 literaturna navoda. Doktorska disertacija sadrži sledeća poglavlja:

Rezime (na srpskom i engleskom jeziku)

Uvod

Teorijski deo – Priprema vode za piće (Standardi kvaliteta vode za piće i Tehnološki procesi pripreme vode za piće) i Jonizujuće zračenje (Vrste jonizujućeg zračenja, Izvori jonizujućih zračenja, Primena jonizujućih zračenja, Primena jonizujućih zračenja u tretmanu otpadnih voda i muljeva, Merenje doze jonizujućeg zračenja u industrijskim postrojenjima)

Eksperimentalni deo – Uzorkovanje, Ozračivanje gama zračenjem, Ozračivanje snopom elektrona, Opis procedura korišćenih za karakterizaciju materijala, Sintaza etanol-monohlorobenzena

Rezultati i diskusija – Mikrobiološka analiza sirovog otpadnog mulja nakon precipitacije, Mikrobiološke analize osušenog tretiranog otpadnog mulja, Određivanje koncentracije teških metala u otpanom mulju, Određivanje koncentracije akrilamida u mulju, Uticaj skladištenja na mikrobiološka svojstva tretiranog mulja, Dozimetrijska kontrola gama zračenja kojim je tretiran otpadni mulj

Zaključak

Literatura

Prilog

Prilog sadrži tabele sa mikrobiološkim, biološkim, fizičkim, fizičko-hemijskim, hemijskim i radiološkim pokazateljima kvaliteta vode po vrstama laboratorijskog pregleda, izveštaje o ispitivanju muljeva Gradskog zavoda za javno zdravlje Beograd, biografiju i bibliografiju

kandidata, ocenu izveštaja o proveru originalnosti doktorske disertacije, izjavu o autorstvu, izjavu o istovetnosti štampane i elektronske verzije i izjavu o korišćenju.

2.2. Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

U **Uvodnom delu** su predstavljeni predmet istraživanja i cilj doktorske disertacije. Predmet istraživanja doktorske disertacije je razvoj novih tehnologija u tretmanu otpadnog mulja iz postrojenja za pripremu vode za piće. Ova postrojenja stvaraju značajne količine otpada u obliku otpadnog mulja čije konačno zbrinjavanje je ozbiljan ekološki problema, do sada značajno zapostavljen. Visok sadržaj organskih sastojaka u mulju, posebno na visokim letnjim temperaturama, rezultira pojačanom aktivnošću mikroorganizama iz mulja, tj. njegovim truljenjem, što može izazvati značajno mikrobiološko zagađenje. U procesu prečišćavanja vode jedan od obaveznih tehnoloških postupaka je flokulacija. Kao flokulant se najčešće koristi poliakrilamid, pa je u otpadnom mulju prisutan ovaj polimer koji se tokom vremena može razgraditi kidanjem polimernih lanaca, čime nastaje potvrđeno kancerogeni monomer akrilamid. To, naravno, može ozbiljno da ugrozi vodene resurse, životnu sredinu i, najvažnije, zdravlje ljudi. Otpadni mulj iz postrojenja za pripremu vode za piće se obično tretira ugušćivanjem uz dodavanje suspenzije kalcijum-hidroksid, zatim se obezvodnjava (obično ceđenjem), i na kraju se odlaže na lokaciji posebno predviđenoj za tu namenu. Takav tretman ne može uvek sa potpunom sigurnošću da inaktivira bakterije, moguće i patogene, u mulju. Jedan od mogućih postupaka za tretman otpadnog mulja je izlaganje mulja visokoenergetskom jonizujućem zračenju. Cilj ove doktorske disertacije je bio da se utvrde uslovi tretmana otpadnog mulja dejstvom visokoenergetskog jonizujućeg zračenja (vrsta jonizujućeg zračenja, doza zračenja, brzina doze) koji će dati najbolje rezultate u uklanjanju zagađujućih supstanci iz njega.

Teorijski deo je podeljen na dve celine: Priprema vode za piće i Jonizujuće zračenje. U poglavlju Priprema vode za piće opisani su standardi kvaliteta vode za piće, sa posebnim osvrtom na Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode Republike Srbije, i tehnološki procesi pripreme vode za piće, gde su opisani sledeći postupci: predtretman, bistrenje (koagulacija, flokulacija i taloženje), ozonizacija, filtracija, adsorpcija na aktivnom uglju, dezinfekcija i obrada mulja. Drugo poglavlje teorijskog dela bavi se jonizujućim zračenjem, definisane su vrste i izvori jonizujućeg zračenja, kao i njihova primena, pre svega u tretmanu otpadnih voda i muljeva. Opisani su principi merenja apsorbovane doze zračenja i navedeni najčešće korišćeni dozimetrijski sistemi koji se koriste u postrojenjima za ozračivanje jonizujućim zračenjem.

Eksperimentalni deo je organizovan u pet celina. U prvoj celini je opisano uzorkovanje otpadnog mulja iz postrojenja za pripremu vode za piće. Mulj je sakupljan sa dna taložnika nakon procesa koagulacije, flokulacije i taloženja kao suspenzija sirovog otpadnog mulja. Takođe, prikupljen je i osušen mulj nakon standardnog tretmana (obrada krečom, zgušnjavanje i obezvodnjavanje). U drugom i trećem poglavlju opisani su postupci ozračivanja uzoraka otpadnog mulja gama zracima i elektronskim snopom. Date su osnovne karakteristike i razlike, kao i slike ovih radijacionih postrojenja. U četvrtom poglavlju su opisane procedure za karakterizaciju uzoraka. U akreditovanoj mikrobiološkoj laboratoriji ispitivana je inicijalna kontaminacija i broj mikroorganizama, plesni i bakterija u mulju pre zračenja i nakon zračenja različitim dozama zračenja. Opisan je postupak za određivanje sadržaja teških metala u mulju. Određivan je sadržaj Cd, Co, Pb, Ni, Cr, Cu, As, Hg i Se. Sadržaj akrilamid monomera pre i posle zračenja određen je tečnom hromatografijom sa masenom spektrometrijom. Određivana je pH vrednost uzoraka, električna provodljivost, kapacitet katjonske izmene i ukupnog organskog i mineralnog (neorganskog) sadržaja uzoraka mulja. U petom poglavlju je opisana procedura sinteze dozimetrijskog rastvora etanol-monohlorbenzena (ECB), koj se koristio pri merenju i kontroli apsorbovanog gama zračenja u sklopu ove disertacije.

U okviru dela **Rezultati i diskusija** izdvojene su prve četiri celine koje opisuju karakterizaciju otpadnog mulja pre i nakon tretmana jonizujućim zračenjem (mikrobiološke analize sirovog otpadnog mulja nakon precipitacije, mikrobiološke analize osušenog tretiranog otpadnog

mulja, određivanje koncentracije teških metala u otpanom mulju i određivanje koncentracije akrilamida u mulju). U petom poglavlju su predstavljeni rezultati uticaja skladištenja na mikrobiološka svojstva tretiranog mulja, dok se šesto poglavlje bavi dozimetrijskom kontrolom gama zračenja koje je korišćeno u tretmanu mulja. Urađene su mikrobiološke analize pet različitih uzoraka vodenog rastvora mulja, prikupljenih nakon precipitacije i ozračenih u gama postrojenju, različitim dozama zračenja. Ustanovljeno je da početna koncentracija mikroorganizama i plesni varira ali da se značajno smanjuje čak i pri malim dozama zračenja. Doza zračenja od 25 kGy inaktivirala je sve mikroorganizme, doza od 10 kGy dovoljna je za inaktivaciju svih plesni. Takođe, u nekim uzorcima otkrivena je bakterija *Escherichia coli*, međutim doza od 1 kGy inaktivirala je ovu vrstu bakterije. Zatim su izvršene mikrobiološke analize uzoraka otpadnog mulja tretiranog krečnom vodom, a zatim ozračenog različitim vrstama zračenja (gama zračenje i elektronski snop) i različitim dozama zračenja. Ustanovljeno je da ovako pripremljeni uzorci, iako imaju značajno nižu vrednost inicijalne kontaminacije, i dalje imaju koncentraciju mikroorganizama koja je mnogo veća od dozvoljene vrednosti da bi se takav mulj koristio u poljoprivredi. I u slučaju tretmana gama zračenjem i kod primene elektronskog snopa, doza zračenja od 10 kGy je dovoljna da eliminiše sve mikroorganizme u tretiranom otpadnom mulju dok je doza od 5 kGy dovoljna da nivo mikroorganizama svede na prihvatljive vrednosti za upotrebu takvog mulja u poljoprivredi kao đubrivo. U trećem poglavlju utvrđen je sadržaj teških metala u uzorcima otpadnog mulja. Ustanovljeno je da je sadržaj teških metala u otpadnom mulju dobijenom iz postrojenja za prečišćavanje vode za piće znatno niži od graničnih vrednosti. Samo je sadržaj kadmijuma bio malo iznad minimalne granične vrednosti ali unutar dozvoljenih granica. Zaključak je da je ovaj mulj u pogledu sadržaja teških metala u skladu sa direktivama za upotrebu u poljoprivredi. Takođe, određena je koncentracija akrilamida u mulju. Utvrđeno je da je koncentracija akrilamida u mulju ispod granice merenja i ispunjava zahteve Uredbe Komisije o uspostavljanju mera ublažavanja i referentnih nivoa za smanjenje prisustva akrilamida. Kod ispitivanja uticaja skladištenja na mikrobiološka svojstva tretiranog mulja, uzori ozračenog mulja čuvani su na suvom i tamnom mestu, pri temperaturi od 15°C. Izvršene su mikrobiološke analize otpadnog mulja, određen je sadržaj plesni u otpadnom mulju, i ispitane fizičko-hemijske karakteristike. Utvrđeno je da se posle 15 meseci u tretiranom mulju ne razvijaju mikroorganizmi ako je skladišten u plastičnim kesama, na tamnom i suvom mestu. Skladištenje pri ovim uslovima ne utiče ni na povećanje sadržaja plesni, kao ni na stvaranje akrilamid monomera i promenu fizičko-hemijskih karakteristika. Na kraju, izvršena je detaljna dozimetrijska kontrola gama zračenja kojim je tretiran otpadni mulj. Iako vrlo prodorni, gama zraci ne zrače materijal podjednako na površini i u unutrašnjosti. Različita homogenost apsorbovane doze u materijalu takođe zavisi od rasporeda izvora. Zbog toga je veoma važno utvrditi razliku između raspodele doze gama zračenja unutar materijala. Na osnovu dobijenih rezultata utvrđeno je da je mesto sa minimalnom dozom je na vrhu srednje ravni, i to je mesto gde su vršena sva merenja apsorbovane doze zračenja u sklopu ove doktorske disertacije.

U **Zaključku** su ukratko sumirani svi dobijeni rezultati. Utvrđeno je da se primenom uspešnih metoda tretmana otpadnog mulja dejstvom jonizujućeg zračenja dobija proizvod bez patogenih mikroorganizama i akrilamid monomera koji pokazuje stvarni potencijal za korišćenje u poljoprivredi kao đubrivo.

3. OCENA DISERTACIJE

3.1. Savremenost i originalnost

Visok sadržaj organskih materija u otpadnom mulju iz postrojenja za pripremu vode za piće može biti značajan problem s aspekta mikrobiološkog zagađenja. Takođe, opasnost predstavlja i potencijalno prisustvo monomera akrilamida, koji je veoma štetan i opasan po ljudsko zdravlje i životnu sredinu. Zaštita životne sredine je uslov za razvoj poljoprivrede, posebno organske. Primena jonizujućih zračenja u tretmanu otpadnog mulja je savremena tehnologija koja se odlikuje visokom efikasnošću, niskom cenom, i relativno jednostavnim rukovanjem. Time se dobija bakteriološki ispravan proizvod koji se može koristiti i kao đubrivo u poljoprivredi. Iako u

Republici Srbiji postoji mogućnost primene ove vrste tretmana, on se do sada nije koristio, pre svega zbog nepostojanja dovoljno striktnih podzakonskih propisa (uredbi i pravilnika) u pogledu tretmana otpadnog mulja. U ovoj doktorskoj disertaciji detaljno je analizirana mogućnost primene navedenog tretmana otpadnih muljeva u Srbiji.

3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U doktorskoj disertaciji citirano je 132 literaturnih navoda koji se odnose na istraživanja vezana, pre svega, za problematiku tretmana otpadnih muljeva. Literaturni pregled je obuhvatio veliki broj publikovanih naučnih radova iz oblasti upravljanja i tretmana otpadnih muljeva, jonizujućeg zračenja i uticaja jonizujućeg zračenja na tretman otpadnih muljeva. U okviru disertacije izvršeno je poređenje dobijenih rezultata sa sličnim rezultatima koji su publikovani.

3.3. Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda

U istraživanjima u okviru ove doktorske disertacije korišćene su savremene metode analiza i karakterizacije otpadnih muljeva pre i nakon tretmana jonizujućim zračenjem. U akreditovanoj mikrobiološkoj laboratoriji ispitivana je inicijalna kontaminacija i broj mikroorganizama, plesni i bakterija u mulju. Za određivanje ovih parametara korišćena je metoda Ph. Eur. 7.0. Za određivanje sadržaja teških metala u uzorcima korišćen je spektrometar Mercury Hydride System AAS (Perkin Elmer PinAAcle 900T). Sadržaj akrilamid monomera pre i posle zračenja određen je tečnom hromatografijom-masenom spektrometrijom (LC-MS/MS), uz sistem LC Agilent 1100 visokih performansi sa binarnom pumpom, autosamplerom, grejačem kolone (na 25 °C) i degaser (Agilent Technologies) povezan sa API 3000 trostrukim kvadrupolnim masenim spektrometrom. Za određivanje pH vrednosti uzoraka korišćen je pH-metar pHTestr 30, za merenje električne provodljivosti korišćen je konduktometar Hanna HI8733, a kapacitet katjonske izmene određen je pomoću ekstrakcije natrijuma amonijum acetatom (USEPA metoda 9081), pri čemu je koncentracija natrijuma određena emisijom spektroskopijom. Ukupan organski i mineralni (neorganski) sadržaj uzoraka mulja određen je gravimetrijskom metodom.

3.4. Primenljivost ostvarenih rezultata

Pristup ispravnoj i bezbednoj vodi za piće je od suštinskog značaja za ljudsko zdravlje, osnovno ljudsko pravo i značajna komponenta politike zdravstvene zaštite. Otpadni mulj nastao tokom procesa prečišćavanja vode za piće može sadržati mikroorganizme, teške metale i poliakrilamid. On se obično tretira gravitacionim ugušćavanjem i mehaničkim ocedivanjem, tj. obezbođnjavanjem, međutim ovaj tretman ne obezbeđuje potpuno pouzdanu dezinfekciju otpadnog mulja. Tema ove doktorske disertacije je ispitivanje efekata visokoenergetskog gama i elektronskog zračenja na inaktivaciju patogena iz otpadnog mulja u pripremi vode za piće. Postojanje i dostupnost postrojenja za tretman proizvoda upotrebom jonizujućeg gama zračenja u Srbiji (unutar Instituta za nuklearne nauke „Vinča“), čini rezultate ove doktorske disertacije primenljivim kako u naučnoistraživačke, tako i u komercijalne svrhe.

3.5. Ocena dostignutih sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

U toku izrade doktorske disertacije kandidat je pokazao sposobnost da samostalno i kritički napravi literaturni pregled, osmisli i pripremi (naravno, u saradnji sa mentorima), realizuje eksperimente, kao i da analizira dobijene rezultate. Tokom izrade doktorske disertacije ovladao je brojnim tehnikama ispitivanja uticaja visokoenergetskog jonizujućeg zračenja u tretmanu otpadnih muljeva iz postrojenja za preradu pijaće vode. Kandidat poseduje kvalitete neophodne za samostalan naučnoistraživački rad.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

Rezultati dobijeni u ovoj doktorskoj disertaciji daju značajan doprinos razumevanju uticaja visokoenergetskog jonizujućeg zračenja u tretmanu otpadnih muljeva iz postrojenja za pripremu vode. Naučni doprinos rezultata istraživanja ostvarenih u okviru ove doktorske disertacije je sledeći:

- detaljno je ispitan efekat visokoenergetskog zračenja (gama i elektronskog) na uklanjanje patogena iz otpadnog mulja
- utvrđene su razlike u tretmanu mulja primenom gama zračenja i elektronskog snopa
- uspostavljena je doza zračenja potrebna da bi se inaktivirali svi patogeni u uzorcima otpadnog mulja
- ispitan je uticaj različitih tipova jonizujućeg zračenja na mogućnost razgradnje poliakrilamida u otpadnom mulju
- mapirana je apsorbovana doza gama zračenja unutar kutije sa otpadnim muljem i uspostavljena procedura za njegov tretman gama zračenjem
- na osnovu svih ispitivanja i analiza, otpadni mulj iz postrojenja za pripremu vode za piće tretiran visokoenergetskim jonizujućim zračenjem pokazao je potencijal da se koristi kao đubrivo u poljoprivredi.

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

Predmet ove doktorske disertacije je ispitivanje uticaja visokoenergetskog jonizujućeg zračenja u tretmanu otpadnih muljeva iz postrojenja za pripremu vode za piće. Izvršene su mikrobiološke analize otpadnog mulja pre i nakon zračenja u različitim postrojenjima za ozračivanje (gama i akcelerator), određene su koncentracije teških metala i akrilamida u mulju, i ispitane su promene u tretiranom mulju nakon 15 meseci skladištenja. U okviru dozimetrijskih merenja utvrđeno je gde je mesto sa minimalnom dozom zračenja, i tu su vršena sva merenja apsorbovane doze zračenja u sklopu ove doktorske disertacije. Na osnovu svih dobijenih rezultata, izveden je zaključak da se primenom uspešnih metoda tretmana otpadnog mulja dejstvom jonizujućeg zračenja dobija proizvod bez patogenih mikroorganizama i akrilamid monomera koji pokazuje potencijal za korišćenje u poljoprivredi kao đubrivo.

4.3. Verifikacija naučnih doprinosa

Iz disertacije do sada su objavljena četiri rada, jedan u vrhunskom međunarodnom časopisu M21, jedan u časopisu međunarodnog značaja M23 i dva saopštenja kategorije M34.

Kategorija M21

1. **Bojan Ranković**, Andrea Sagatova, Ivica Vujčić, Slobodan Mašić, Đorđe Veljović, Vladimir Pavićević, Željko Kamberović, Utilization of gamma and e-beam irradiation in the treatment of waste sludge from a drinking water treatment plant, *Radiation Physics and Chemistry*, 177 (2020), Article109074. DOI: 10.1016/j.radphyschem.2020.109174 (IF2019=2.226) (ISSN: 0969-806X)

Kategorija M23

1. **Ranković Bojan M.**, Nikolić Nikolina R., Mašić Slobodan B., Vujčić Ivica T, Dose mapping of products with different density irradiated in 60Co irradiation facility of the Vinca institute, Serbia, *Nuclear Technology and Radiation Protection*, 35(1) (2020), 56-63. DOI: 10.2298/NTRP2001056R (IF2019=1.057) (ISSN: 1042-0150)

Kategorija M34

1. Ivica Vujčić, Slobodan Mašić, **Bojan Ranković**, Industrial treatment of sludge from drinking water plants: comparison of the use of accelerators and gamma rays for acrylamide reduction and fertilizer production. AccApp'20, IAEA Headquarters in the Vienna International Centre, Vienna, Austria, April 2020

2. Ivica Vujčić, Slobodan Mašić, **Bojan Ranković**, Dose Mapping of Products with Different Density Irradiated with Co-60 Irradiator, NUTECH-2020 conference, Warsaw, Poland, October 2020

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Inženjerstvo zaštite životne sredine za koju je Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu matična ustanova. Rezultati istraživanja značajno doprinose povećanju znanja o uticaju visokoenergetskog jonizujućeg zračenja u tretmanu otpadnih muljeva iz postrojenja za preradu vode za piće.

Pregledom doktorske disertacije Komisija je konstatovala da ona predstavlja originalni naučni doprinos navedenoj naučnoj oblasti. Predmet i ciljevi istraživanja su jasno navedeni i ostvareni, a rezultati i naučni doprinos istraživanja su potvrđeni objavljivanjem radova u odgovarajućim časopisima međunarodnog značaja, kao i saopštenjima na međunarodnim naučnim skupovima. Komisija zato smatra da doktorska disertacija ispunjava sve zahtevane kriterijume.

Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu da prihvati ovaj Referat i da se doktorska disertacija Bojana Rankovića, dipl. inž. tehnologije, pod naslovom „**Tretman otpadnih muljeva iz postrojenja za pripremu vode za piće primenom jonizujućeg zračenja**“ izloži na uvid javnosti i zatim Referat uputi na konačno usvajanje Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu, te nakon ove procedure kandidat pozove na usmenu odbranu doktorske disertacije pred Komisijom u istom sastavu.

U Beogradu, 02.7.2021.

ČLANOVI KOMISIJE

dr Vladimir Pavićević, docent
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

dr Ivica Vujčić, naučni saradnik
Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke „Vinča”,
Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju

dr Željko Kamberović, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

dr Aco Janićijević, vanredni profesor
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet