

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U BEOGRADU**

Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, održanoj 08.03.2012. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu naučne zasnovanosti teme doktorske disertacije Mihala Đuriša, dipl. ing. tehnologije, pod naslovom: ISPITIVANJE FLUIDIZACIONIH KARAKTERISTIKA POLIDISPERZNIH SMEŠA NESFERIČNIH ČESTICA.

Komisija je pregledala prijavu i predlog teme i o njenoj naučnoj zasnovanosti podnosi sledeći

IZVEŠTAJ

1. Podaci o kandidatu

- Opšti biografski podaci, obrazovanje, rad i napredovanje u struci, aktivnosti u stručnim udruženjima i dr.

Mihal M. Đuriš rođen je 12.08.1984 godine u Pančevu, gde je završio srednju Hemijsko-prehrambenu i građevinsku školu „23. maj”, smer hemijsko-tehnološki tehničar. Tehnološko-metalurški fakultet u Beogradu upisao je školske 2003/04 godine, a diplomirao je 2009. godine na odseku za Hemijsko inženjerstvo sa prosečnom ocenom 8.64 i ocenom 10 na diplomskom ispitu sa temom „Eksperimentalno određivanje, predviđanje i korelisanje viskoznosti binarnih sistema alkohol+alkan“.

Školske 2009/2010. upisao je doktorske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu, studijski program Hemijsko inženjerstvo, pod rukovodstvom mentora prof. dr Željka Grbavčića. U okviru doktorskih studija položio je sve ispite predviđene studijskim programom sa prosečnom ocenom 9,91, a završni ispit pod nazivom „Ispitivanje fluidizacionih karakteristika polidisperznih smeša nesferičnih čestica“ odbranio je 29.09.2011. godine sa ocenom 10, pred komisijom u sastavu prof. dr Željko Grbavčić, prof. dr Srđan Pejanović i prof. dr Nevenka Bošković-Vragolović.

Položeni ispiti i ostvareni bodovi u toku doktorskih studija

	ESPB
1. Analogije fenomena prenosa	5
2. Hemijska kinetika	5
3. Odabrana poglavlja matematičke analize	5
4. Specijalna poglavlja prenosa mase	4
5. Viši kurs termodinamike	5
6. Heterogena kataliza	4
7. Specijalna poglavlja prenosa toplote	4
8. Višefazni sistemi	5

9. Prečišćavanje otpadnih voda	5
10. Analiza rada i projektovanje višefaznih hemijskih reaktora	5
11. Biomasa kao izvor energije	4
12. Završni ispit	30

U Institutu za hemiju, tehnologiju i metalurgiju – Centar za katalizu i hemijsko inženjerstvo zaposlen je od 01.10.2009. godine do danas. Na raznim istraživačkim poslovima i projektima radio je počevši kao istraživač pripravnik, a 24.02.2011. godine izabran je u zvanje istraživač saradnik.

Učestvovao je u realizaciji projekta osnovnih istraživanja: „Istraživanje fenomena prenosa značajnih za razvoj višefaznih procesa i opreme" (projekat 142014G), a sada učestvuje u realizaciji projekta osnovnih istraživanja "Razvoj efikasnijih hemijsko-inženjerskih procesa zasnovan na istraživanjima fenomena prenosa i principima intenzifikacije procesa" (projekat 172022), finansiranih od strane Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije. Član je Srpskog hemijskog društva i Saveza hemijskih inženjera Srbije.

U dosadašnjoj istraživačkoj delatnosti iz domena osnovnih i primenjenih istraživanja kao autor odnosno koautor objavio je 1 rad u časopisu međunarodnog značaja i 10 saopštenja na naučnim skupovima štampanih u celini, od toga 1 na međunarodnom i 9 na domaćim naučnim skupovima, a jedan rad je u postupku objavljivanja u vrhunskom međunarodnom časopisu.

- Spisak objavljenih radova i drugih relevantnih rezultata i aktivnosti koje opredeljuju afinitet kandidata za rad na predloženoj temi

Rad objavljen u časopisu međunarodnog značaja (M23)

1. Zorana Arsenijević, Željko Grbavčić, Boško Grbić, Nenad Radić, Radmila Garić-Grulović, **Mihal Đuriš**, Uklanjanje etilen-oksida iz otpadnih gasova postupkom apsorpcije, *Hemijska industrija* 65 (4) 389-395 (2011).

Radovi saopšteni na skupu međunarodnog značaja štampani u celini (M33)

1. Arsenijevic Zorana, Grbavcic Zelko, Grbic Bosko, Radic Nenad, Garic-Grulovic Rada, Djuris Mihal, Pesticide Manufacturing Liquid Waste Combustion in a Fluidized Bed of Inert Particles, Proceedings of the ASME-ATI-UIT 2010 Conference on Thermal and Environmental Issues in Energy Systems, Sorrento, Italy, 16 – 19 May, (2010), pp. 853-858

- Radovi saopšteni na skupu nacionalnog značaja štampano u celini (M63)

1. **Mihal Đuriš**, Zorana Arsenijević, Tatjana Kaluđerović Radoičić, Radmila Garić-Grulović, Željko Grbavčić, Kretanje čestica u fluidizovanom sloju tečnost-čestice, XL savetovanje Srpskog hemijskog društva, Srbija, Beograd, 14-15. jun 2012., kniga radova, str. 51-55
2. **Mihal Đuriš**, Zorana Arsenijević, Radmila Garić-Grulović, Darko R. Jaćimovski, Željko Grbavčić, Ispitivanje fluidizacionih karakteristika filtracionog peska, XL savetovanje Srpskog hemijskog društva, Srbija, Beograd, 14-15. jun 2012., kniga radova, str. 56-60

3. Radmila V. Garić-Grulović, Željko Grbavčić, Nevenka M. Bošković-Vragolović, Darko R. Jaćimovski, Zorana Lj. Arsenijević, **Mihal M. Đuriš**, Analogija prenosa količine kretanja, toplote i mase u vertikalnom toku pseudofluida, XL savetovanje Srpskog hemijskog društva, Srbija, Beograd, 14-15. jun 2012., kniga radova, str. 70-745
4. **Mihal Đuriš**, Zorana Arsenijević, Željko Grbavčić, Radmila Garić-Grulović, Segregacija u fluidizovanom sloju voda-polidisperzna smeša čestica, XLIX savetovanje Srpskog hemijskog društva, Srbija, Kragujevac, 13-14. maj 2011., kniga radova, str. 80-84
5. **Mihal Đuriš**, Željko Grbavčić, Zorana Arsenijević, Radmila Garić-Grulović, Ispitivanje fluidizacionih karakteristika dual-media filtera, XLVIII Savetovanje Srpskog hemijskog društva, Zbornik radova na CD-u., Novi Sad, 17-18 April, (2010).
6. Zorana Arsenijević, Željko Grbavčić, **Mihal Đuriš**, Radmila Garić-Grulović, Poređenje sušnica sa fluidizovanim i modifikovanim fontanskim slojem inertnih čestica, XLVIII savetovanje Srpskog hemijskog društva, Zbornik radova na CD-u., Novi Sad, 17-18 April, (2010).
7. Zorana Arsenijević, Željko Grbavčić, Boško Grbić, Nenad Radić, Radmila Garić-Grulović, **Mihal Đuriš**, Uklanjanje etilen-oksida iz emisionih gasova postupkom apsorpcije, XLVIII savetovanje Srpskog hemijskog društva, Zbornik radova na CD-u., Novi Sad, 17-18 April, (2010).
8. Zorana Arsenijević, Boško Grbić, Nenad Radić, **Mihal Đuriš**, Radmila Garić-Grulović, Željko Grbavčić, Sagorevanje tečnog otpada fabrike pesticida u fluidizovanom sloju inertnog materijala, XLVIII savetovanje Srpskog hemijskog društva, Zbornik radova na CD-u., Novi Sad, 17-18 April, (2010).
9. Emila M Živković, **Mihal Đuriš**, Mirjana Lj. Kijevčanin, Ivona R. Radović, Nikola D. Grozdanić, Jovan D. Jovanović, Slobodan P. Šerbanović, Određivanje viskoznosti binarnih smeša 2-butanol+oktan i 2-metil-2-propanol+oktan, XLVIII savetovanje Srpskog hemijskog društva, Zbornik radova na CD-u., Novi Sad, 17-18 April, (2010).

Kandidat je učestvovao i u realizaciji četiri studije za potrebe privrede: 1) Analiza sistema za prečišćavanje emisionih gasova iz postrojenja za sterilizaciju etilen-oksidom sa predlogom mera za poboljšanje efikasnosti (za Zavod za biocide i medicinsku ekologiju iz Beograda); 2) Kritička analiza emisije isparljivih organskih komponenti iz otvorenih bazena i numeričke simulacije-kao podloga za projektovanje sistema za prečišćavanje gasova (za HIP-Petrohemija, Pančevo); 3) Analiza efikasnosti sistema za adsorpciju isparljivih organskih komponenti iz emisionih gasova (za Galenika-Fitofarmacija, Beograd) i 4) Analiza mogućnost primene fluidizovanog sloja za naprskavanje aktivne materije na čestice zeolita (za Galenika-Fitofarmacija, Beograd).

- **Oцена podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi**

Na osnovu dosadašnjeg rada i pokazanih rezultata tokom doktorskih studija, kao i u okviru naučno-istraživačkog rada na projektima Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj, odnosno Ministarstva za prosvetu i nauku Republike Srbije, 142014G (2009-2011) i 172022 (2011-), kao i više studija za potrebe privrede, Komisija smatra da kandidat pokazuje veliku zainteresovanost i sposobnost za bavljenje naučno-istraživačkim i razvojnim radom. Neposredno u vezi istraživanja predloženih ovom doktorskom disertacijom kandidat ima 4 saopštenja na domaćim naučnim skupovima koja su objavljena u celini (M63), a jedan rad je u postupku objavljivanja u vrhunskom međunarodnom časopisu (M21).

Na osnovu ove kratko izložene aktivnosti kandidata, Komisija smatra da kandidat Mihal Đuriš poseduje potrebnu zrelost i kompetenciju koja je neophodna za izrazito pozitivnu

ocenu njegove podobnosti, te može sa uspehom da realizuje sva predviđena istraživanja i pruži konkretne odgovore i objašnjenja u okviru predložene teme doktorske disertacije.

2. Predmet i cilj istraživanja

- **Prikaz predmeta istraživanja i hipotetičkih stavova o problemu koji se istražuje**

Predmet ovog dokorskog rada je ispitivanje fluidizacionih karakteristika polidisperznih smeša peska različitih frakcija sa ciljem određivanja optimalne brzine ispiranja pešćanih filtera, koji imaju široku primenu u fabrikama za preradu vode. Ispitivanja će obuhvatiti i analizu raspodele čestica po veličini koja se javlja tokom fluidizacije polidisperznih smeša, kao i analizu kretanja čestica u partikulativno fluidizovanom sloju sa ciljem razvoja modela za predviđanje optimalne poroznosti sloja. Na osnovu poznavanja optimalne poroznosti fluidizovanog sloja, biće moguće optimizovati efikasnost ispiranja pešćanih filtera.

Osnovne hipoteze bazirane na dosadašnjim (preliminarnim) istraživanjima su:

- da se može razviti matematički model za predviđanje ekspanzije sloja, tj. zavisnosti između brzine fluida i srednje poroznosti sloja
- da se mogu razviti kriterijalne jednačine za predviđanje stepena segregacije u fluidizovanom sloju polidisperzne smeše
- da se može razviti matematički model za predviđanje frekvencije sudara čestica u sloju i sa tim u vezi model za određivanje «optimalne» poroznosti sloja.

Realizacija sva tri postavljena cilja je značajna za teoriju fluidizovanih sistema tečnost-čestice, kao i za njihovu primenu u procesima prenosa toplote/mase i u procesima za prečišćavanje vode.

- **Osvrt na relevantne bibliografske izvore i rezultate koji su u vezi sa predmetom istraživanja**

Filtracija vode je osnovna operacija čiji je cilj da se iz vode uklone sve mehaničke čestice (nerastvorne materije) koje su u njoj dispergovane. Ovaj separacioni proces se sastoji u prolasku mešavine tečne i čvrste faze kroz porozni materijal–filter, koji zadržava čvrstu materiju a dozvoljava da tečnost slobodno protiče [1-2]. Nakon određenog vremena, dolazi do zaprljanja filtracionog medijuma, pa je potrebno vršiti njegovo periodično ispiranje. Ispiranje se najčešće vrši propuštanjem vode u suprotnom smeru od smera filtracije, uz fluidizaciju filtracionog medijuma.

Predmet ovog dokorskog rada je ispitivanje fluidizacionih karakteristika polidisperznih smeša peska različitih frakcija sa ciljem određivanja optimalne brzine ispiranja pešćanih filtera, koji imaju široku primenu u fabrikama za preradu vode [3-7]. Ispitivanja će obuhvatiti i analizu raspodele čestica po veličini koja se javlja tokom fluidizacije polidisperznih smeša [8-10], kao i analizu kretanja čestica u partikulativno fluidizovanom sloju [11-12] sa ciljem razvoja modela za predviđanje optimalne poroznosti sloja. Na osnovu poznavanja optimalne poroznosti fluidizovanog sloja, biće moguće optimizovati efikasnost ispiranja pešćanih filtera.

U praksi se filtriranje vode u kontrolisanim uslovima izvodi u sporim filterima, brzim gravitacionim filterima i filterima pod pritiskom. Filtraciona jedinica, u svim ovim slučajevima sastoji se od objekta izrađenog od betona i čelika sa perforiranom podlogom i nosećim pakovanim slojem preko kog prolazi voda koja se filtrira [2]. Isti sistem se koristi i za ispiranje, propuštanjem vode za ispiranje u suprotnom smeru, odozdo na gore. Kao filtracioni medijum u praksi se najčešće koristi pakovani sloj polidisperzne smeše čestica peska različitih frakcija, pakovanih tako da se najsitnije čestice nalaze na dnu bazena a one najkrupnije na vrhu bazena za filtraciju. Ispiranje filtra vrši se propuštanjem vode odozdo naviše tako da sloj peska počne da fluidizuje. Prilikom fluidizacije, polidisperzne smeše

čestica istih gustina imaju karakteristiku da se fluidizovani slojevi tečnost-čestice jasno razdvoje po veličini zrna čestica, tako da najkrupnije čestice fluidizuju na dnu, a najsitnije na vrhu sloja.

Ova nova raspodela čestica filtracionog medijuma po veličini nije povoljna za sledeći ciklus filtracije vode, jer je poroznost na vrhu filtracionog medijuma smanjena zbog grupisanja najsitnijih čestica na tom delu filtracionog bazena. U sledećem ciklusu filtracije zato dolazi do brzog zagušenja filtra. Kao posledica zagušenja filtra javlja se potreba za češćim ispiranjem filtra, što zahteva veću potrošnju vode za ispiranje.

U okviru ovog doktorskog rada biće ispitivane fluidizacione karakteristike nekoliko frakcija filtracionog peska. Na osnovu dobijenih eksperimentalnih rezultata biće predloženi korelacioni modeli za ekspanziju i poroznost sloja koji će moći da se primene u praksi za predviđanje fluidizacionih karakteristika filtracionog peska i efikasnosti ispiranja filtra [13-14]. Rad će obuhvatiti i eksperimentalnu analizu segregacije čestica na osnovu karakterizacije frakcija peska pre i posle simulacije ispiranja filtra. Ova eksperimentalna analiza izvršiće se za tri različite brzine fluidizacije. Na osnovu ove analize moguće je odrediti do kog je stepena segregacije čestica došlo tokom fluidizacije polidisperznih smeša, kao i brzinu fluidizacije pri kojoj dolazi do najmanje segregacije čestica. Za primenjene brzine fluidizacije odrediće se i ekspanzija sloja. Dobijeni eksperimentalni podaci biće upotrebljeni za optimizaciju efikasnosti ispiranja filtra.

U cilju određivanja sferičnosti čestica peska, biće izvršena merenja u pakovanom sloju čestica peska i staklenih sfera. Na osnovu dobijenih rezultata izvršiće se korekcije *Karman-Kozeny*-jeve i *Ergun*-ove jednačine za ispitivane sisteme.

U radu će se takođe raditi na razvijanju matematičkog modela predviđanja „optimalne poroznosti“ fluidizovanog sloja. Optimalna poroznost fluidizovanog sloja čestica je ona poroznost pri kojoj je sloj najefikasniji u pogledu frekvencije sudara između čestica, a samim tim i u pogledu brzine prenosa toplote i mase. Određivanje optimalne poroznosti sloja je veoma značajno sa stanovišta određivanja optimalne brzine ispiranja filtracionog medijuma, koja bi dovela do smanjenja potrošnje vode za ispiranje, kao i ukupne potrošnje energije u procesu.

1. Nicholas G. Pizzi, Water Treatment “Principles and Practices of Water Supply Operations 4th edition, American Water Works Association, 2010.
2. F. R. Spellman, *Handbook of Water and Wastewater treatment Plant Operations*, Lewis, New York, USA, 2003, p.42.
3. D. Geldart, Estimation of basic particle properties for use in fluid—particle process calculations, *Powder Technol.* 60 (1990) 1077.
4. Gary S. Logsdon, Water Filtration practices: “Including Slow Sand Filters and Precoat Filtration”, American Water Works Association, 2008
5. J.F. Richardson, W.N.Zaki, Sedimentation and fluidization: part I, *Trans. Inst. Chem. Eng.* 32 (1954) 35-53.
6. Tadeusz Siwiec, The Sphericity of Grains of Filtration Beds Applied for Water Treatment on Examples of Selected Minerals, *Electronic journal of Polish Agricultural Universities*, 10, (2007).
7. Z. Lj. Arsenijevic, Z.B. Grbavic, R.V. Garic-Grulovic, F.K.Zdanski, Determination of non-spherical particle terminal velocity using particulate expansion data, *Powder Technology* 103 (1999) 265-273.
8. R. Escudie, N. Epstein, J.R. Grace, H.T. Bi, Layer phenomenon in binary-solid liquid fluidized beds: Prediction of the inversion velocity, *Chem. Eng. Sci.* 61 (2006) 6667
9. K.P. Galvin, R. Swann, W.F. Ramirez, Segregation and dispersion of a binary system of particles in a fluidized bed, *AIChE*, 52 (2006), 3401.
10. P. V. Chavan, J. B. Joshi, Analysis of particle segregation and intermixing in solid-liquid fluidized bed, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 47 (2008), 8458.

11. A. Aguilar-Corona, R. Zenit, O. Mesbernat, Collisions in a liquid fluidized bed, *Int. Journ. Multi. Flow* 37 (2011) 695.
12. F. Gevrin, O. Masbernat, O. Simonin, Granular pressure and particle velocity fluctuations prediction in liquid fluidized beds, *Chem. Eng. Sci.* 63 (2008) 2450.
13. B. A. Quayle, Predicting optimum backwash rates and expansion of multi-media filters, *Wat. Res.* 21 (1987) 1077.
14. O. Akgiray, E. Soyer, E. Yuksel, Prediction of filter expansion during backwashing, *Water science & technology : Wa. Sci. Technol.* 4(5-6) (2004) 131-138.

- **Ciljevi istraživanja, naučno predviđanje ciljeva u funkciji nivoa naučnog saznanja**

Naučni cilj ove doktorske disertacije je razvijanje matematičkog modela za predviđanje „optimalne poroznosti“ fluidizovanog sloja čestica sa stanovišta najefikasnijeg prenosa toplote i mase, kao i najveće frekvencije sudara između čestica koje čine fluidizovani sloj. Takođe će se postaviti kriterijumi za određivanje stepena segregacije čestica peska prilikom fluidizacije polidisperznih smeša. Ispitaće se mogućnost praktične primene ovih modela za određivanje optimalne brzine ispiranja pešćanih filtera koji se koriste u proizvodnji vode za piće, kao i u prečišćavanju otpadnih voda, u cilju postizanja veće efikasnosti ispiranja.

U cilju verifikacije predloženih matematičkih modela, izvršiće se eksperimentalno ispitivanje efikasnosti ispiranja pešćanih filtera i analiza segregacije čestica peska do koje dolazi tokom ispiranja. Za izabrani filtracioni materijal koji se sastoji od nekoliko frakcija peska, simuliraće se prljanje filtracionog materijala, a zatim će se odrediti efikasnost ispiranja pri nekoliko različitih brzina ispiranja, odnosno pri nekoliko ekspanzija filtracionog medijuma. Dobijene eksperimentalne vrednosti efikasnosti ispiranja filtracionog medijuma uporediće se sa vrednostima dobijenim korišćenjem matematičkih modela. Cilj ove analize je određivanje stepena segregacije čestica do koje dolazi tokom fluidizacije polidisperznih smeša, kao i brzinu fluidizacije pri kojoj dolazi do najmanje segregacije čestica. Ova vrsta podataka ima veliki praktični značaj za optimizaciju procesa ispiranja pešćanih filtera, zbog negativnih efekata do kojih dolazi usled segregacije čestica filtracionog medijuma.

3. Polazne hipoteze

- **Predpostavljeno objašnjenje činjenica i pojava koje se proveravaju predloženim istraživanjem**
- **Zavisno od cilja istraživanja utvrditi odgovarajuću vrstu hipoteze koju treba dokazati, nadovezujući se na rezultate relevantnih referenci**

Polazna hipoteza u izradi ove doktorske disertacije je postojanje „optimalne poroznosti“ fluidizovanog sloja čestica. Optimalna poroznost fluidizovanog sloja čestica je ona poroznost, pri kojoj je prenos toplote i mase najintenzivniji, odnosno pri kojoj je najveća frekvencija sudara među česticama koje čine fluidizovani sloj. Postojanje ove optimalne poroznosti proizilazi iz nekoliko istraživanja [11-13]. Ukoliko je poroznost fluidizovanog sloja mala, udeo slobodnog prostora u fluidizovanom sloju nije dovoljan za slobodno kretanje čestica, te je i frekvencija sudara mala. Sa druge strane, ukoliko je fluidizovani sloj velike poroznosti, velik je udeo praznog prostora, te frekvencija sudara opet opada, usled „nedostatka“ čestica. Pretpostavlja se da, između ove dve krajnosti, postoji optimalna vrednost poroznosti fluidizovanog sloja pri kojoj je frekvencija sudara među česticama koje čine sloj najveća, a samim tim je najveća i efikasnost svih procesa prenosa koji se odvijaju u sloju.

Postojanje optimalne poroznosti fluidizovanog sloja može imati praktičnu primenu u optimizaciji potrošnje vode za ispiranje filtracionog medijuma u procesu proizvodnje vode za piće, kao i u procesu prečišćavanja otpadnih voda. Naime, u procesu filtracije vode peščanim filterima u proizvodnji vode za piće, kao i prilikom prečišćavanja otpadnih voda, ispiranje peščanih filtera se vrši u fluidizovanom sloju, čistom vodom. Iako se ovaj proces široko primenjuje, potrošnja vode za ispiranje peščanih filtera i dalje nije optimizovana. U ovom radu se pretpostavlja da će ispiranje peščanih filtera biti najefikasnije ukoliko se prilikom ispiranja održava pomenuta optimalna poroznost fluidizovanog sloja. Na osnovu ove pretpostavke, može se odrediti optimalna brzina ispiranja peščanih filtera, što bi značilo najmanju potrošnju vode, kao i povećanje efikasnosti celokupnog procesa filtracije.

Uporedo sa prethodnim moguće je pratiti i raspodelu veličina čestica peska po visini filtracionog sloja posle ispiranja sa ciljem utvrđivanja karakteristika frakcije peska za koju je segregacija čestica najmanja. Najmanja segregacija čestica peska je najpovoljnija za proces ispiranja peščanih filtera jer se na taj način najmanje moguće remeti početna, optimalna raspodela veličina čestica filtracionog medijuma. Na osnovu podataka iz literature [8-10] pretpostavlja se da je razlika u frakcionoj i kumulativnoj distribuciji čestica peska po visini sloja veća što je veći odnos prečnika najveće i najmanje čestice u frakciji (faktor uniformnosti), ali nedostaju kvantitativni kriterijumi. Ova hipoteza biće proverena eksperimentalnim ispitivanjem.

4. Naučne metode istraživanja

- **Prikaz opštih i posebnih naučnih metoda koje će biti primenjene u postupku realizacije naučnih rezultata (doprinos)**

Eksperimenti će se obavljati sa 12 osnovnih frakcija peska srednje veličine zrna od 0.297 mm do 2 mm, koje će se formirati prosejavanjem korišćenjem standardnog sistema sita. Pored toga, kombinovanjem nekoliko frakcija formiraće se nekoliko frakcija sa različitim opsegom odnosa d_R (odnos prečnika najkrupnijih i najsitnijih čestica u populaciji).

Za svaku od prosejanih frakcija, odrediće se fluidizacione karakteristike polidisperzne smeše: ekspanzija, poroznost sloja i minimalna brzina fluidizacije. Ispitivanja će se vršiti u cilindričnim kolonama od pleksistakla unutrašnjih prečnika 144, 64 i 40 mm. Visina sve tri kolone iznosiće 2000 mm. Fluidizacione karakteristike sitnijih frakcija će biti ispitane u koloni sa manjim unutrašnjim prečnikom, radi održavanja približno konstantnog odnosa prečnika kolone prema prečniku čestice. Tokom eksperimentalnih ispitivanja, pratiće se promena visine fluidizovanog sloja u zavisnosti od brzine fluida u cilju određivanja srednje poroznosti, kao i padovi pritiska. Protok tečnosti će se meriti korišćenjem elektromagnetnih *Yamatate-Honeywell* merača protoka različitih opsega merenja, a pritisisci pomoću piezometara.

Karakterizacija čestica peska prikupljenih po visini fluidizovanog sloja tokom fluidizacije polidisperzne smeše će se vršiti korišćenjem softverskog paketa *SigmaScan (Image Analysis)*. U programu *Sigma Scan* će biti obrađena skenirana slika čestica upoređivanjem sa prethodno zadatim referentnim sistemom. Na osnovu obrade skenirane slike, kao izlazni podatak dobija se karakterizacija snimljenih čestica: veličina čestica (projektovani prečnik), faktor oblika čestica (odnosno dvodimenzione projekcije čestica), projektovana površina čestica, zapremina čestica, kao i broj snimljenih čestica. Na osnovu ovih podataka formiraće se krive frakcione i kumulativne raspodele veličina čestica peska pre i posle segregacije čestica do koje je došlo tokom fluidizacije.

- **Specifične naučne metode koje mogu biti i predmet istraživanja ili razvijene u vezi sa realizacijom predviđenih istraživanja**

Za verifikaciju postavljenog matematičkog modela za predviđanje frekvencije sudara čestica u partikulativno fluidizovanom sloju odnosno optimalne poroznosti sloja neophodna je korelacija za srednju brzinu čestica u sloju u zavisnosti od brzine fluida i veličine čestica. Kako se čestice u partikulativno fluidizovanom sloju kreću haotično u svim pravcima, slično molekulima gasa u kinetičkoj teoriji gasnog stanja, ova srednja brzina se definiše kao pređeni put u datom vremenskom intervalu. Imajući u vidu haotičnu raspodelu brzina čestica za pouzdano određivanje srednje brzine potreban je veliki broj merenja. Za ova merenja razvije se metoda praćenja kretanja obeležene čestice u tri dvodimenzione kolone pomoću video snimaka i kasnijom analizom snimaka pomoću softverskog paketa *Sigma Scan*. Ispitivanja će se izvršiti sa tri različite veličine sferičnih čestica u širokom rasponu brzina fluida. Na ovaj način će se pored podataka za srednju brzinu čestica, analizom frejm po frejm (u trajanju od 0.033 s) doći do podataka o trenutnim brzinama obeležene čestice, pravcu i smeru kretanja. Ovi podaci će omogućiti da se definišu funkcije raspodele intenziteta ukupne brzine čestica, funkcije raspodele u z i x pravcu, kao i funkcije raspodele učestanosti kretanja po smeru. Ovi podaci će poslužiti da se analizira izotropnost sloja i eventualno analogija sa kinetičkom teorijom gasnog stanja.

5. Očekivani naučni doprinos

- **Pregled očekivanih naučnih rezultata koji unapređuju naučnu oblast, predviđanje otkrića, kao i i pregled očekivanih stručnih rezultata koji unapređuju inženjersku praksu. Prikaz mora biti sistematizovan i sa predviđanjem mogućnosti primene.**

Očekuje se da će rezultati istraživanja koji su predmet ove doktorske disertacije imati dvojak karakter. Sa jedne strane dobiće se fundamentalni naučni rezultati u sferi razumevanja procesa i pojava koje se javljaju prilikom fluidizacije polidisperznih smeša čestica, kao i mogućeg postavljanja analogije između kretanja čestica u fluidizovanom sloju sa kinetičkom teorijom gasnog stanja. Najvažniji rezultati koji se očekuju u okviru ovog dela su postavljanje matematičkog modela za predviđanje ekspanzije sloja, tj. korelacije između brzine i poroznosti sloja; matematički model za predviđanje srednje brzine čestica, frekvencije sudara između čestica i optimalnu poroznost sloja pri kojoj je kontakt između čestica najintenzivniji.

Sa druge strane, očekuje se da će najvažniji praktični rezultati biti postavljanje novih kriterijuma za određivanje stepena segregacije prilikom fluidizacije polidisperznih smeša čestica. Postavljanje ovih korelacija, kao i njihova eksperimentalna verifikacija omogućiće optimizaciju procesa ispiranja filtracionih medijuma u fabrikama za proizvodnju vode za piće, kao i u postrojenjima za preradu otpadnih voda. Ova optimizacija značiće smanjenje potrošnje čiste vode za ispiranje, produženje radnog ciklusa filtracije, kao i povećanje ukupne efikasnosti ovih procesa i uštedu energije u pomenutim postrojenjima.

Dobijeni rezultati će biti vrednovani u međunarodnim časopisima koji su relevantni za ovu oblast.

6. Plan istraživanja i struktura rada

- **Prikaz tehnologije rada na disertaciji, redosled istraživanja i struktura predviđenih faza i aktivnosti. Pregled poglavlja koja se predviđaju da budu obrađena u disertaciji.**

Predmet ovog doktorskog rada je ispitivanje fluidizacionih karakteristika polidisperznih smeša peska različitih frakcija sa ciljem određivanja optimalne brzine ispiranja pešćanih filtera koji imaju široku primenu u fabrikama za preradu vode. Ispitivanja će obuhvatiti i analizu raspodele čestica po veličini koja se javlja tokom fluidizacije polidisperznih smeša. Rad će ~~da~~ obuhvatiti i analizu kretanja čestica u partikulativno fluidizovanom sloju sa ciljem razvijanja modela za izračunavanje optimalne poroznosti sloja koji će se povezati sa efikasnošću ispiranja filtera.

Predviđa se da će u doktorskoj disertaciji biti obrađena sledeća poglavlja: *Uvod, Teorijski deo, Eksperimentalni deo, Rezultati i diskusija, Zaključak, Literatura*.

U poglavlju *Uvod* biće opisan predmet istraživanja, naučni značaj problema koji se istražuje, kao i pitanja koja su od značaja za praktičnu primenu i projektovanje sistema za filtraciju vode. U ovom delu biće prikazana i struktura rada.

Teorijski deo doktorske disertacije obuhvatiće analizu prethodnih istraživanja koja se odnose na osnovne fluido-dinamičke karakteristike partikulativne fluidizacije, što će obuhvatiti: karakterizaciju čestica; istraživanja ekspanzije mono i polidisperznih čestica, tj. korelacija između brzine fluida i poroznosti sloja; istraživanja segregacije polidisperzne smeše čestica po visini sloja.

U *Eksperimentalnom delu* će biti opisani eksperimentalni sistemi i metode koje će se koristiti tokom rada, što obuhvata: metode karakterizacije čestica, tj. određivanje zapreminskog prečnika, faktora oblika i funkcije raspodele veličine čestica u zavisnosti od prečnika; opis svih aparatura za fluidizaciju, način merenja protoka, padova pritiska i poroznosti; opis metodologije za određivanje stepena segregacije polidisperzne smeše čestica, tj. raspodele veličina čestica po visini sloja i opis eksperimentalnih sistema za merenje brzine kretanja obeležene čestice u sloju.

U poglavlju *Rezultati i diskusija* biće izloženi svi rezultati koji se odnose na karakterizaciju čestica i određivanje reprezentativnog prečnika i faktora oblika, ekspanziju mono i polidisperznih smeša čestica, metodologiju za predviđanje brzine slobodnog taloženja čestica, rezultati ispitivanja segregacije čestica po visini sloja u zavisnosti od procesnih uslova i rezultati merenja brzina kretanja obeležene čestice. Svi eksperimentalni podaci i matematički modeli upoređivaće se sa relevantnim literaturnim podacima. Očekuje se da će tri najvažnija rezultata biti

- matematički model za predviđanje ekspanzije sloja, tj. korelacije između brzine i poroznosti sloja;
- matematički modeli za predviđanje srednje brzine čestica i frekvencije sudara između čestica i optimalnu poroznost sloja pri kojoj je kontakt između čestica najintenzivniji;
- kriterijumi za predviđanje stepena segregacije sloja.

U *Zaključku* će biti sumirani dobijeni rezultati i relevantni zaključci, izvedeni na osnovu izvršenih ispitivanja. *Literatura* će sadržati navode citirane u disertaciji, kao i radove proistekle istraživanjem u okviru ove doktorske disertacije

7. Zaključak i predlog

- **Kratak osvrt na podobnost teme i kandidata za realizaciju predviđenih rezultata i ciljeva istraživanja. Predlog teme, mentora i naučne oblasti.**

Na osnovu izložene analize Komisija smatra da je predložena tema kandidata Mihala Đuriša „**Ispitivanje fluidizacionih karakteristika polidisperznih smeša nesferičnih čestica**“ naučno zasnovana i predlaže Nastavno-načnom veću da je prihvati. Komisija ocenjuje na osnovu dosadašnjeg rada da je kandidat izrazito podoban za realizaciju predmetnih istraživanja. Za mentora se predlaže prof. dr Željko Grbavčić, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu. Istraživanja u okviru ove

doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Hemija i hemijska tehnologija, za koju je Tehnološko-metalurški fakultet matična ustanova.

U Beogradu, 28. juna 2012. godine

ČLANOVI KOMISIJE

Dr Željko Grbavčić, red. prof
Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

Dr Srđan Pejanović, van. prof
Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

Dr Nevenka Bošković-Vragolović, van. prof
Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

Dr Tatjana Kaluđerović Radoičić, docent
Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

Dr Zorana Arsenijević, viši naučni saradnik
Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Beograd