

Katedra za procesnu tehniku
Odsek: Procesna tehnika i zaštita životne sredine

Doktorska disertacija

Kandidat:	Marko Obradović, dipl. inž. maš.
Predmet / naučna oblast:	Upravljanje otpadom i otpadnim vodama
Naziv teme:	Istraživanje i komparacija uticaja karakteristika ugljeva niske toplotne vrednosti na njihovu meljivost i parametre procesa mlevenja
Mentor:	prof. dr Dejan Radić, dipl. inž. maš.
Datum odbrane:	20.03.2015. godine

Prikaz doktorske disertacije:

Predmet disertacije predstavljaju domaći niskovredni ugljevi (ligniti), tačnije određivanje indeksa meljivosti po metodi Hardgrove-a i utvrđivanje uticaja karakteristika ovih ugljeva na njihovu meljivost i parametre procesa mlevenja u mlinskim postrojenjima za proizvodnju ugljenog praha.

Cilj disertacije je bio istraživanje svojstva meljivosti ugljeva niskog ranga (lignita) koji se koriste u najvećim domaćim termoenergetskim postrojenjima i postavljanje korelacionih zavisnosti uticaja pojedinih karakteristika uglja na Hardgrove-ov indeks meljivosti. Za ostvarivanje cilja doktorske disertacije realizovana su istraživanja na uzorcima ugljeva iz dva najveća domaća basena (kolubarskog i kostolačkog), koja su obuhvatila kako eksperimentalna istraživanja tako i analitičke metode koje su imale za cilj da definišu izraze kojima se mogu predvideti vrednosti Hardgrove-ovog indeksa meljivosti (HGI) domaćih ugljeva, kapacitet mlevenja i potrošnja energije za mlevenje.

U eksperimentalnom delu disertacije izvršena je laboratorijska analiza uzoraka ugljeva dva najvažnija domaća basena: kolubarskog i kostolačkog. Iz kolubarskog basena analizirano je 65 uzoraka a iz kostolačkog 24. Za sve uzroke izvršena je tehnička analiza i određene vrednosti HGI. Za izabrane uzorke (11 uzoraka iz kolubarskog i 13 uzoraka iz kostolačkog basena) izvršeno je određivanje masenog sadržaja i tipova ksilita, kao i petrografska i organo-geohemijska analiza. Takođe, izvršeno je kompletno ispitivanje geohemijskih karakteristika zbirnog uzorka lignita za oba basena čime je izvršena potpuna identifikacija porekla i sastava uglja. Izvršena je analiza uticaja meljivosti uzoraka uglja na rad ventilatorskog mlina termoenergetskog postrojenja. U tu svrhu izvršena su ispitivanja ventilatorskog mlina u termoelektrani TENT B u Obrenovcu.

Na osnovu rezultata određivanja vrednosti indeksa meljivosti primenom postupka Hardgrove-a, utvrđeno je da se standardna Hardgrove-ova metoda za određivanje indeksa meljivosti može primeniti za domaće lignite, a ovaj parametar se može koristiti za upoređivanje meljivosti domaćih lignita sa sličnim ugljevima niskog ranga.

Analizom dobijenih rezultata i vrednosti uticajnih koeficijenata, određeni su parametri i karakteristike ispitivanih ugljeva koji dominantno utiču na njihovu meljivost i koji se moraju uzeti u obzir za predviđanje ponašanja ugljeva u procesu mlevenja. Na osnovu toga izvedeni su korelacioni izrazi između vrednosti HGI i uticajnih karakteristika ugljeva, koji se mogu iskoristiti za predviđanje ponašanja domaćih ugljeva pri mlevenju u industrijskim mlinovima. Na ovaj način se vrednosti HGI mogu dobiti bez eksperimentalnog određivanja.

Najniže vrednosti koeficijenta determinacije (R^2) imaju izrazi u koje je uključena samo tehnička analiza uzoraka, dok se znatno bolji koeficijenti determinacije (R^2) dobijaju kada se izrazi formiraju sa sadržajem pojedinih litotipova, odnosno petrografskim sastavom uglja. Pokazalo se da je moguće na osnovu elemenata tehničke analize predvideti vrednosti HGI, ali ukoliko je za uzorke ugljeva poznat litotipni sastav ili petrografske analize, korišćenjem izraza koji su dati u disertaciji, dobijaju se vrednosti HGI sa visokim koeficijentom determinacije (R^2).

Katedra za procesnu tehniku
Odsek: Procesna tehnika i zaštita životne sredine

Izvršena je analiza uticaja meljivosti uglja i njegovih karakteristika na kapacitet mlevenja i potrošnju energije za mlevenje u ventilatorskom mlinu i izvedeni su izrazi za izračunavanje kapaciteta mlevenja i potrošnju električne energije u funkciji uticajnih karakteristika uglja uključujući i HGI. Pored toga, analizirana je mogućnost predviđanja specifične potrošnje energije za mlevenje na osnovu vrednosti HGI. Specifična potrošnja energije dobijena na osnovu vrednosti HGI dobijenog laboratorijskom analizom je pokazala dobro slaganje sa eksperimentalno utvrđenom specifičnom potrošnjom energije u realnom mlinskom postrojenju. Rezultati mogu biti korisni stručnjacima u cilju optimizacije rada ne samo postrojenja za pripremu ugljenog praha nego i optimizacije rada celog termoenergetskog postrojenja.

Ključne reči:

ugalj bogat ksilitom, lignit, Hardgrove indeks meljivosti (HGI), petrografija, termoelektre, mlevenje uglja, ventilatorski mlinovi, regresiona analiza

Katedra za procesnu tehniku
Odsek: Procesna tehnika i zaštita životne sredine

Doktorska disertacija

Kandidat:	Dušan Todorović, dipl. inž. maš.
Predmet / naučna oblast:	Procesna tehnika
Naziv teme:	Uticaj odabranih vrsta biomase i procesa sagorevanja na sastav i karakteristike gasovitih i čvrstih produkata
Mentor:	prof. dr Aleksandar Jovović
Datum odbrane:	23.09.2015. godine

Prikaz doktorske disertacije:

Rastući problem zaštite životne sredine i konstantno smanjenje rezervi fosilnih goriva doveo je do sve većeg interesa za korišćenjem obnovljivih izvora energije u prethodnim decenijama. Klimatske promene, izazvane antropogenim faktorima, poslednjih godina takođe predstavljaju veliku pokretačku snagu razvoja tehnologija za iskorišćenje obnovljivih izvora energije. Biomasa danas predstavlja najveći pojedinačni obnovljivi izvor energije, sa oko 10% od ukupne primarne proizvodnje energije u Svetu. Poslednje analize pokazuju da će proizvodnja primarne energije iz biomase sa sadašnjih 50 EJ porasti na 160 EJ do 2050. godine, od kojih 100 EJ u termoenergetskom sektoru.

Prilikom sagorevanja biomase nastaju gasovi i čvrsti produkti, koji u većoj ili manjoj meri, mogu imati različita neželjena dejstva.

Redukcija štetnih produkata sagorevanja može se ostvariti kroz sprečavanje njihovog nastajanja (primarne mere) ili njihovog uklanjanja iz dimnog gasa (sekundarne mere). Generalno, primarne mere predstavljaju modifikaciju procesa sagorevanja i goriva, dok je primena sekundarnih mera predviđena nakon samog procesa sagorevanja. U skladu sa time, do sada je puno napora uloženo na identifikaciju i mogućnosti redukcije pojedinih štetnih produkata.

Predmet i naučni doprinos doktorske disertacije predstavlja istraživanje mogućih procesa smanjenja štetnih produkata sagorevanja primenom primarnih metoda pri sagorevanju biomase, odnosno ekperimentalno ispitivanje mogućnosti i stepena smanjenja određenih štetnih produkata sagorevanja odabranih vrsta biomase (sirovog ne tretiranog drveta, otpadnog drveta i otpadne biomase iz procesa proizvodnje kafe, kao i njihovih mešavina) primenom izabranih primarnih mera.

Kako su istraživanja u okviru izrade doktorske disertacije obuhvatila veoma detaljne analize produkata sagorevanja biomase, ovim radom ostvario se doprinos proučavanju uticaja višestepenog dovođenja vazduha za sagorevanje i modifikacije sastava goriva na sastav gasovitih produkata sagorevanja biomase i karakteristike pepela.

U cilju definisanja optimalnih uslova sagorevanja, sa aspekta emisije azotnih oksida, u eksperimentima u kojima je kao gorivo korišćeno otpadno drvo, određeno je da se optimalni koeficijent viška vazduha (λ) pri dvostepenom dovođenju vazduha, kreće u opsegu 0,8-0,95 za primarni vazduh, odnosno 1,6-1,9 kada je u pitanju ukupna vrednost λ , što se dobro slaže sa dostupnim literaturnim podacima. Takođe je potvrđeno da je pomenuta vrednost λ adekvatna i sa aspekta emisija CO, kao i da dovođenje višestepenog vazduha za sagorevanje generalno dovodi do viših emisija CO, u odnosu na procese bez višestepenog dovođenja vazduha.

Prilikom eksperimenata sa namešavanjem (kosagorevanjem) već pomenute tri različite vrste biomase sa različitim udelima azota, i višestepenim dovođenjem vazduha za sagorevanje, pokazano je da namešavanje goriva, odnosno povećanje udela azota u tako novoformiranom gorivu, dovodi do:

- opadanja faktora konverzije azota iz goriva u azotne okside i azot suboksid, dok se dodatno smanjenje može postići u uslovima sagorevanja sa višestepenim dovođenjem vazduha; ovakvi rezultati su posledica reakcija prekursora azotnih oksida (NH₃ i HCN), koji nastaju u većoj meri kod goriva sa višim udelom azota, sa NO što dovodi do veće konverzije azota iz goriva u N₂; u disertaciji su date korelacione krive, kojima je moguće utvrditi vrednosti faktora konverzije azota u azotne okside i azot suboksid u funkciji udela azota u biomasi;

Katedra za procesnu tehniku
Odsek: Procesna tehnika i zaštita životne sredine

- efekta da emisije azotnih oksida, pri sagorevanju bez višestepenog dovođenja vazduha, blago eksponencijalno rastu u opsegu od 0,14, kod čiste drvene biomase, do 1,34%, što je udeo azota u mešavini sa jednakim udelima čiste drvene biomase i otpadne biomase iz procesa proizvodnje kafe, dok posmatrajući dalji rast udela azota u mešavini goriva (1,34 do 2,80%) praktično se ne mogu uočiti promene u vrednostima emisija, odnosno emisije su gotovo konstantne; u slučaju sagorevanja sa višestepenim dovođenjem vazduha jasan je trend redukcije azotnih oksida, pri čemu su emisione vrednosti za različite udele azota u namešanom gorivu i u ovom slučaju gotovo konstante, osim za čistu drvenu biomasu gde su emisije nekoliko puta niže, usled izuzetno niskog udela azota; usled mehanizma stvaranja azotnih oksida, uočeno je višestruko povećanje emisije N₂O ali je, obzirom na konstantno smanjenje emisije NO_x u uslovima sa višestepenim dovođenjem vazduha, ukupni uticaj na životnu sredinu emisije azotnih oksida smanjen.

Utvrđeni su potencijali za redukciju azotnih oksida za svaku od korišćenih biomasa kao i za njihove mešavine, dok su paralelno sa potencijalima redukcije azotnih oksida dati potencijali povećanja azot suboksida, usled suprotnog uticaja višestepenog dovođenja vazduha za sagorevanje na ovo jedinjenje.

Utvrđeno je da mešanje različitih vrsta biomase može biti efikasan metod kojim se utiče na raspored pojedinih hemijskih elemenata u okviru jedinjenja koja ulaze u sastav pepela, takođe se došlo do zaključka da proces peletiranja biomase dodatno utiče na ovu pojavu.

Pokazano je da sagorevanje biomase pri uslovima višestepenog dovođenja vazduha, svojim uticajem na formiranje aerosola, odnosno uočenom tendencijom njihovog ukрупnjavanja sa ispod 0,1 μm na preko 0,1 μm, može biti veoma korisno u smislu redukcije problema korozije, jer upućuje na promene u mehanizmu njihovog nastajanja i njihovim emisijama, a treba imati na umu da su aerosoli kao najsitnije istovremeno i najkorozivnije čestice letećeg pepela;

Radom na ovoj disertaciji učinjen je jedan od prvih pokušaja utvrđivanja sveobuhvanog uticaja letećeg pepela treseta, kao aditiva, na sastav ložišnog pepela, letećeg pepela i sastav dimnog gasa, pri strogo kontrolisanim uslovima sagorevanja otpadnog drveta; poseban akcenat je stavljen na ponašanje cinka, olova, kalijuma, natrijuma, hlora i sumpora; prikazane su i zavisnosti, tj. uticaji temperature i pepla treseta, na granulometrijski sastav letećeg pepela; razvijena je metoda za određivanje sastava letećeg pepela „slanog dela“ aerosola (sulfati i hloridi kalijuma, natrijuma, cinka i olova), zasnovana na primeni skenirajućeg elektronskog mikroskopa sa energodisperzivnim detektorom rendgenskih zraka (SEM/EDX).

Analiziran je uticaj kaolina, kao aditiva, na jedinjenja hlora pri različitim temperaturama, distribuciji vazduha za sagorevanje; takođe su prikazani uticaji na granulometrijski sastav letećeg pepela.

Pokazano je da je kaolin veoma efikasan u redukciji koncentracije hlora kako u letećem tako i u ložišnom pepelu, dok je uticaj temperature neznatan.

Analizom eksperimentalnih rezultata ustanovljeno je da kaolin ima pozitivan uticaj na topljivost ložišnog pepela, tj. da sa udelom kaolina raste i temperatura topljivosti pepela.

Dobijeni rezultati kao i prikazane korelacije između posmatranih veličina u doktorskoj disertaciji predstavljaju osnovu za buduća istraživanja u ovoj oblasti. Rezultati ostvareni u ovom radu imaju praktičan značaj za dalja unapređenja postrojenja za termičku konverziju biomase bez obzira na njihov kapacitet i upotrebu, što predstavlja posebni doprinos.

Ključne reči:

biomasa, sagorevanje, kaolin, smanjenje štetnih produkata sagorevanja

Katedra za procesnu tehniku
Odsek: Procesna tehnika i zaštita životne sredine

Doktorska disertacija

Kandidat:	Marko Obradović, dipl. inž. maš.
Predmet / naučna oblast:	Upravljanje otpadom i otpadnim vodama
Naziv teme:	Istraživanje i komparacija uticaja karakteristika ugljeva niske toplotne vrednosti na njihovu meljivost i parametre procesa mlevenja
Mentor:	prof. dr Dejan Radić, dipl. inž. maš.
Datum odbrane:	20.03.2015. godine

Prikaz doktorske disertacije:

Predmet disertacije predstavljaju domaći niskovredni ugljevi (ligniti), tačnije određivanje indeksa meljivosti po metodi Hardgrove-a i utvrđivanje uticaja karakteristika ovih ugljeva na njihovu meljivost i parametre procesa mlevenja u mlinskim postrojenjima za proizvodnju ugljenog praha.

Cilj disertacije je bio istraživanje svojstva meljivosti ugljeva niskog ranga (lignita) koji se koriste u najvećim domaćim termoenergetskim postrojenjima i postavljanje korelacionih zavisnosti uticaja pojedinih karakteristika uglja na Hardgrove-ov indeks meljivosti. Za ostvarivanje cilja doktorske disertacije realizovana su istraživanja na uzorcima ugljeva iz dva najveća domaća basena (kolubarskog i kostolačkog), koja su obuhvatila kako eksperimentalna istraživanja tako i analitičke metode koje su imale za cilj da definišu izraze kojima se mogu predvideti vrednosti Hardgrove-ovog indeksa meljivosti (HGI) domaćih ugljeva, kapacitet mlevenja i potrošnja energije za mlevenje.

U eksperimentalnom delu disertacije izvršena je laboratorijska analiza uzoraka ugljeva dva najvažnija domaća basena: kolubarskog i kostolačkog. Iz kolubarskog basena analizirano je 65 uzoraka a iz kostolačkog 24. Za sve uzroke izvršena je tehnička analiza i određene vrednosti HGI. Za izabrane uzorke (11 uzoraka iz kolubarskog i 13 uzoraka iz kostolačkog basena) izvršeno je određivanje masenog sadržaja i tipova ksilita, kao i petrografska i organo-geohemijska analiza. Takođe, izvršeno je kompletno ispitivanje geohemijskih karakteristika zbirnog uzorka lignita za oba basena čime je izvršena potpuna identifikacija porekla i sastava uglja. Izvršena je analiza uticaja meljivosti uzoraka uglja na rad ventilatorskog mlina termoenergetskog postrojenja. U tu svrhu izvršena su ispitivanja ventilatorskog mlina u termoelektrani TENT B u Obrenovcu.

Na osnovu rezultata određivanja vrednosti indeksa meljivosti primenom postupka Hardgrove-a, utvrđeno je da se standardna Hardgrove-ova metoda za određivanje indeksa meljivosti može primeniti za domaće lignite, a ovaj parametar se može koristiti za upoređivanje meljivosti domaćih lignita sa sličnim ugljevima niskog ranga.

Analizom dobijenih rezultata i vrednosti uticajnih koeficijenata, određeni su parametri i karakteristike ispitivanih ugljeva koji dominantno utiču na njihovu meljivost i koji se moraju uzeti u obzir za predviđanje ponašanja ugljeva u procesu mlevenja. Na osnovu toga izvedeni su korelacioni izrazi između vrednosti HGI i uticajnih karakteristika ugljeva, koji se mogu iskoristiti za predviđanje ponašanja domaćih ugljeva pri mlevenju u industrijskim mlinovima. Na ovaj način se vrednosti HGI mogu dobiti bez eksperimentalnog određivanja.

Najniže vrednosti koeficijenta determinacije (R^2) imaju izrazi u koje je uključena samo tehnička analiza uzoraka, dok se znatno bolji koeficijenti determinacije (R^2) dobijaju kada se izrazi formiraju sa sadržajem pojedinih litotipova, odnosno petrografskim sastavom uglja. Pokazalo se da je moguće na osnovu elemenata tehničke analize predvideti vrednosti HGI, ali ukoliko je za uzorke ugljeva poznat litotipni sastav ili petrografske analize, korišćenjem izraza koji su dati u disertaciji, dobijaju se vrednosti HGI sa visokim koeficijentom determinacije (R^2).

Katedra za procesnu tehniku
Odsek: Procesna tehnika i zaštita životne sredine

Izvršena je analiza uticaja meljivosti uglja i njegovih karakteristika na kapacitet mlevenja i potrošnju energije za mlevenje u ventilatorskom mlinu i izvedeni su izrazi za izračunavanje kapaciteta mlevenja i potrošnju električne energije u funkciji uticajnih karakteristika uglja uključujući i HGI. Pored toga, analizirana je mogućnost predviđanja specifične potrošnje energije za mlevenje na osnovu vrednosti HGI. Specifična potrošnja energije dobijena na osnovu vrednosti HGI dobijenog laboratorijskom analizom je pokazala dobro slaganje sa eksperimentalno utvrđenom specifičnom potrošnjom energije u realnom mlinskom postrojenju. Rezultati mogu biti korisni stručnjacima u cilju optimizacije rada ne samo postrojenja za pripremu ugljenog praha nego i optimizacije rada celog termoenergetskog postrojenja.

Ključne reči:

ugalj bogat ksilitom, lignit, Hardgrove indeks meljivosti (HGI), petrografija, termoelektre, mlevenje uglja, ventilatorski mlinovi, regresiona analiza

Katedra za procesnu tehniku
Odsek: Procesna tehnika i zaštita životne sredine

Doktorska disertacija

Kandidat:	Dušan Todorović, dipl. inž. maš.
Predmet / naučna oblast:	Procesna tehnika
Naziv teme:	Uticaj odabranih vrsta biomase i procesa sagorevanja na sastav i karakteristike gasovitih i čvrstih produkata
Mentor:	prof. dr Aleksandar Jovović
Datum odbrane:	23.09.2015. godine

Prikaz doktorske disertacije:

Rastući problem zaštite životne sredine i konstantno smanjenje rezervi fosilnih goriva doveo je do sve većeg interesa za korišćenjem obnovljivih izvora energije u prethodnim decenijama. Klimatske promene, izazvane antropogenim faktorima, poslednjih godina takođe predstavljaju veliku pokretačku snagu razvoja tehnologija za iskorišćenje obnovljivih izvora energije. Biomasa danas predstavlja najveći pojedinačni obnovljivi izvor energije, sa oko 10% od ukupne primarne proizvodnje energije u Svetu. Poslednje analize pokazuju da će proizvodnja primarne energije iz biomase sa sadašnjih 50 EJ porasti na 160 EJ do 2050. godine, od kojih 100 EJ u termoenergetskom sektoru.

Prilikom sagorevanja biomase nastaju gasovi i čvrsti produkti, koji u većoj ili manjoj meri, mogu imati različita neželjena dejstva.

Redukcija štetnih produkata sagorevanja može se ostvariti kroz sprečavanje njihovog nastajanja (primarne mere) ili njihovog uklanjanja iz dimnog gasa (sekundarne mere). Generalno, primarne mere predstavljaju modifikaciju procesa sagorevanja i goriva, dok je primena sekundarnih mera predviđena nakon samog procesa sagorevanja. U skladu sa time, do sada je puno napora uloženo na identifikaciju i mogućnosti redukcije pojedinih štetnih produkata.

Predmet i naučni doprinos doktorske disertacije predstavlja istraživanje mogućih procesa smanjenja štetnih produkata sagorevanja primenom primarnih metoda pri sagorevanju biomase, odnosno ekperimentalno ispitivanje mogućnosti i stepena smanjenja određenih štetnih produkata sagorevanja odabranih vrsta biomase (sirovog ne tretiranog drveta, otpadnog drveta i otpadne biomase iz procesa proizvodnje kafe, kao i njihovih mešavina) primenom izabranih primarnih mera.

Kako su istraživanja u okviru izrade doktorske disertacije obuhvatila veoma detaljne analize produkata sagorevanja biomase, ovim radom ostvario se doprinos proučavanju uticaja višestepenog dovođenja vazduha za sagorevanje i modifikacije sastava goriva na sastav gasovitih produkata sagorevanja biomase i karakteristike pepela.

U cilju definisanja optimalnih uslova sagorevanja, sa aspekta emisije azotnih oksida, u eksperimentima u kojima je kao gorivo korišćeno otpadno drvo, određeno je da se optimalni koeficijent viška vazduha (λ) pri dvostepenom dovođenju vazduha, kreće u opsegu 0,8-0,95 za primarni vazduh, odnosno 1,6-1,9 kada je u pitanju ukupna vrednost λ , što se dobro slaže sa dostupnim literaturnim podacima. Takođe je potvrđeno da je pomenuta vrednost λ adekvatna i sa aspekta emisija CO, kao i da dovođenje višestepenog vazduha za sagorevanje generalno dovodi do viših emisija CO, u odnosu na procese bez višestepenog dovođenja vazduha.

Prilikom eksperimenata sa namešavanjem (kosagorevanjem) već pomenute tri različite vrste biomase sa različitim udelima azota, i višestepenim dovođenjem vazduha za sagorevanje, pokazano je da namešavanje goriva, odnosno povećanje udela azota u tako novoformiranom gorivu, dovodi do:

- opadanja faktora konverzije azota iz goriva u azotne okside i azot suboksid, dok se dodatno smanjenje može postići u uslovima sagorevanja sa višestepenim dovođenjem vazduha; ovakvi rezultati su posledica reakcija prekursora azotnih oksida (NH₃ i HCN), koji nastaju u većoj meri kod goriva sa višim udelom azota, sa NO što dovodi do veće konverzije azota iz goriva u N₂; u disertaciji su date korelacione krive, kojima je moguće utvrditi vrednosti faktora konverzije azota u azotne okside i azot suboksid u funkciji udela azota u biomasi;

Katedra za procesnu tehniku
Odsek: Procesna tehnika i zaštita životne sredine

- efekta da emisije azotnih oksida, pri sagorevanju bez višestepenog dovođenja vazduha, blago eksponencijalno rastu u opsegu od 0,14, kod čiste drvene biomase, do 1,34%, što je udeo azota u mešavini sa jednakim udelima čiste drvene biomase i otpadne biomase iz procesa proizvodnje kafe, dok posmatrajući dalji rast udela azota u mešavini goriva (1,34 do 2,80%) praktično se ne mogu uočiti promene u vrednostima emisija, odnosno emisije su gotovo konstantne; u slučaju sagorevanja sa višestepenim dovođenjem vazduha jasan je trend redukcije azotnih oksida, pri čemu su emisione vrednosti za različite udele azota u namešanom gorivu i u ovom slučaju gotovo konstante, osim za čistu drvenu biomasu gde su emisije nekoliko puta niže, usled izuzetno niskog udela azota; usled mehanizma stvaranja azotnih oksida, uočeno je višestruko povećanje emisije N₂O ali je, obzirom na konstantno smanjenje emisije NO_x u uslovima sa višestepenim dovođenjem vazduha, ukupni uticaj na životnu sredinu emisije azotnih oksida smanjen.

Utvrđeni su potencijali za redukciju azotnih oksida za svaku od korišćenih biomasa kao i za njihove mešavine, dok su paralelno sa potencijalima redukcije azotnih oksida dati potencijali povećanja azot suboksida, usled suprotnog uticaja višestepenog dovođenja vazduha za sagorevanje na ovo jedinjenje.

Utvrđeno je da mešanje različitih vrsta biomase može biti efikasan metod kojim se utiče na raspored pojedinih hemijskih elemenata u okviru jedinjenja koja ulaze u sastav pepela, takođe se došlo do zaključka da proces peletiranja biomase dodatno utiče na ovu pojavu.

Pokazano je da sagorevanje biomase pri uslovima višestepenog dovođenja vazduha, svojim uticajem na formiranje aerosola, odnosno uočenom tendencijom njihovog ukрупnjavanja sa ispod 0,1 μm na preko 0,1 μm, može biti veoma korisno u smislu redukcije problema korozije, jer upućuje na promene u mehanizmu njihovog nastajanja i njihovim emisijama, a treba imati na umu da su aerosoli kao najsitnije istovremeno i najkorozivnije čestice letećeg pepela;

Radom na ovoj disertaciji učinjen je jedan od prvih pokušaja utvrđivanja sveobuhvanog uticaja letećeg pepela treseta, kao aditiva, na sastav ložišnog pepela, letećeg pepela i sastav dimnog gasa, pri strogo kontrolisanim uslovima sagorevanja otpadnog drveta; poseban akcenat je stavljen na ponašanje cinka, olova, kalijuma, natrijuma, hlora i sumpora; prikazane su i zavisnosti, tj. uticaji temperature i pepla treseta, na granulometrijski sastav letećeg pepela; razvijena je metoda za određivanje sastava letećeg pepela, „slanog dela“ aerosola (sulfati i hloridi kalijuma, natrijuma, cinka i olova), zasnovana na primeni skenirajućeg elektronskog mikroskopa sa energodisperzivnim detektorom rendgenskih zraka (SEM/EDX).

Analiziran je uticaj kaolina, kao aditiva, na jedinjenja hlora pri različitim temperaturama, distribuciji vazduha za sagorevanje; takođe su prikazani uticaji na granulometrijski sastav letećeg pepela.

Pokazano je da je kaolin veoma efikasan u redukciji koncentracije hlora kako u letećem tako i u ložišnom pepelu, dok je uticaj temperature neznatan.

Analizom eksperimentalnih rezultata ustanovljeno je da kaolin ima pozitivan uticaj na topljivost ložišnog pepela, tj. da sa udelom kaolina raste i temperatura topljivosti pepela.

Dobijeni rezultati kao i prikazane korelacije između posmatranih veličina u doktorskoj disertaciji predstavljaju osnovu za buduća istraživanja u ovoj oblasti. Rezultati ostvareni u ovom radu imaju praktičan značaj za dalja unapređenja postrojenja za termičku konverziju biomase bez obzira na njihov kapacitet i upotrebu, što predstavlja posebni doprinos.

Ključne reči:

biomasa, sagorevanje, kaolin, smanjenje štetnih produkata sagorevanja

Katedra za procesnu tehniku
Odsek: Procesna tehnika i zaštita životne sredine

Diplomski rad, M.Sc. rad

Kandidat:	Miloš Mileta
Predmet / naučna oblast:	Upravljanje otpadom i otpadnim vodama
Naziv teme:	Postrojenje za prečišćavanje komunalnih otpadnih voda 2000 ekvivalentnih stanovnika
Mentor:	prof. dr Aleksandar Jovović, dipl. inž. maš.
Datum odbrane:	15.06.2015. godine

Prikaz diplomskog M.Sc. rada:

U diplomskom radu prikazani princip rada spada u nekonvencionalne principe prečišćavanja otpadnih voda. Za razliku od konvencionalnih, nekonvencionalni sistemi mogu da se koriste u slučajevima kada postoji dovoljno mali broj ekvivalent stanovnika. U cilju rešavanja problema ispuštanja i tretmana otpadnih voda u podunavskom naselju, izgrađeno je postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda koje će prihvaćenu vodu prečistiti do kvaliteta koji je propisan za ispuštanje u vodotokove.

Osnovna uloga ovog postrojenja je da se na njega dovedu i prečiste sve upotrebljene otpadne vode sa teritorije naselja, sa izuzetkom atmosferskih voda. Zbog zahteva za očuvanjem životne sredine prečišćena voda ne sme narušiti i/ili uroziti propisani kvalitet vode za drugu klasu vodotokova. Naselje je seoskog tipa gde se stanovništvo bavi stočarstvom i poljoprivredom, tako da je povećana potrošnja vode što utiče na količinu ali i na kvalitet otpadne vode.

Predviđeno je da je tretman otpadnih voda takav da omogući da se kapacitet postrojenja može prilagođavati dinamici razvoja kanalizacije u naseljima, kao i da se po izgradnji kanalizacionog sistema, najveći deo procesne opreme i objekta može dislocirati i koristiti na nekom drugom mestu, a da nepovratne investicije budu što je moguće manje. Imajući sve to u vidu odabrana je adekvatna oprema uz izradu odgovarajućih proračuna i potrebe prateće tehničke dokumentacije kompletnog tehnološkog procesa, koji se sastoji od sledećih faza:

- mehaničkog predtretmana otpadne vode koji obuhvata automatsku finu rešetku, sa mehanizmom transporta izdvojenog materijala (zatvoreni pužni transporter) u odgovarajući ekološki kontejner za odlaganje na objektu, kao i separaciju masnoća i peska (sa uređajima tipa mastolova i peskolova).
- prepumpavanja otpadnih voda u međufaznom procesu, u funkciji rasporeda objekta po koti terena i potrebe procesa egalizacije sa potrebnom pratećom opremom za realizaciju procesa
- biološkog prečišćavanja otpadne vode na bazi aktivnog mulja sa nitrifikacijom primenom aeracione tehnologije. U skladu sa kapacitetom, prečišćavanje se odvija u setu paketnih mobilnih jedinica sa integrisanim funkcijama punjenja, aeracije (preko sistema razvoda i distributera), taloženja dekantacije (odlivanja prečišćenje vode), prepumpavanja mulja u šaht za odlaganje mulja, kao i kontinualno merenje rastvorenog kiseonika. Sva oprema ove faze treba da bude smeštena u sekvencionom šaržnom reaktoru kontejnerskog tipa.
- zbrinjavanja otpadnih materijala, koje nastaju u procesu prečišćavanja otpadne vode (čvrste i suspendovana materije, kao i rastvorene, koloidne, lebdeće i prljave materijale) u skladu sa važećom zakonskom regulativom koja reguliše problematiku otpada.

Otpadne vode naselja dotiču na lokaciju postrojenja za prečišćavanje glavnim kolektorom prečnika $d = 250$ mm. U sklopu rešenja predviđena je realizacija crpne stanice prvog dizanja, koja prihvaćene otpadne vode, prethodno tretirane na automatskom finom situ transportuje na mobilnu, paketnu slobodno stojeću jedinicu – objedinjeni automatski peskolov i mastolov. Uloga fine rešetke je da na njoj izdvoji krupan (inertni) materijal koji bi mogao da pravi smetnje proticanju otpadne vode kroz ostale jedinice na postrojenju. Materijal koji se izdvaja na rešetki nije podložan biološkoj razgradnji.

Katedra za procesnu tehniku
Odsek: Procesna tehnika i zaštita životne sredine

Diplomski rad, M.Sc. rad

Kandidat:	Miloš Mileta
Predmet / naučna oblast:	Upravljanje otpadom i otpadnim vodama
Naziv teme:	Postrojenje za prečišćavanje komunalnih otpadnih voda 2000 ekvivalentnih stanovnika
Mentor:	prof. dr Aleksandar Jovović, dipl. inž. maš.
Datum odbrane:	15.06.2015. godine

Prikaz diplomskog M.Sc. rada:

U diplomskom radu prikazani princip rada spada u nekonvencionalne principe prečišćavanja otpadnih voda. Za razliku od konvencionalnih, nekonvencionalni sistemi mogu da se koriste u slučajevima kada postoji dovoljno mali broj ekvivalent stanovnika. U cilju rešavanja problema ispuštanja i tretmana otpadnih voda u podunavskom naselju, izgrađeno je postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda koje će prihvaćenu vodu prečistiti do kvaliteta koji je propisan za ispuštanje u vodotokove.

Osnovna uloga ovog postrojenja je da se na njega dovedu i prečiste sve upotrebljene otpadne vode sa teritorije naselja, sa izuzetkom atmosferskih voda. Zbog zahteva za očuvanjem životne sredine prečišćena voda ne sme narušiti i/ili uroziti propisani kvalitet vode za drugu klasu vodotokova. Naselje je seoskog tipa gde se stanovništvo bavi stočarstvom i poljoprivredom, tako da je povećana potrošnja vode što utiče na količinu ali i na kvalitet otpadne vode.

Predviđeno je da je tretman otpadnih voda takav da omogući da se kapacitet postrojenja može prilagođavati dinamici razvoja kanalizacije u naseljima, kao i da se po izgradnji kanalizacionog sistema, najveći deo procesne opreme i objekta može dislocirati i koristiti na nekom drugom mestu, a da nepovratne investicije budu što je moguće manje. Imajući sve to u vidu odabrana je adekvatna oprema uz izradu odgovarajućih proračuna i potrebe prateće tehničke dokumentacije kompletnog tehnološkog procesa, koji se sastoji od sledećih faza:

- mehaničkog predtretmana otpadne vode koji obuhvata automatsku finu rešetku, sa mehanizmom transporta izdvojenog materijala (zatvoreni pužni transporter) u odgovarajući ekološki kontejner za odlaganje na objektu, kao i separaciju masnoća i peska (sa uređajima tipa mastolova i peskolova).
- prepumpavanja otpadnih voda u međufaznom procesu, u funkciji rasporeda objekta po koti terena i potrebe procesa egalizacije sa potrebnom pratećom opremom za realizaciju procesa
- biološkog prečišćavanja otpadne vode na bazi aktivnog mulja sa nitrifikacijom primenom aeracione tehnologije. U skladu sa kapacitetom, prečišćavanje se odvija u setu paketnih mobilnih jedinica sa integrisanim funkcijama punjenja, aeracije (preko sistema razvoda i distributera), taloženja dekantacije (odlivanja prečišćenje vode), prepumpavanja mulja u šaht za odlaganje mulja, kao i kontinualno merenje rastvorenog kiseonika. Sva oprema ove faze treba da bude smeštena u sekvencionom šaržnom reaktoru kontejnerskog tipa.
- zbrinjavanja otpadnih materijala, koje nastaju u procesu prečišćavanja otpadne vode (čvrste i suspendovana materije, kao i rastvorene, koloidne, lebdeće i prljave materijale) u skladu sa važećom zakonskom regulativom koja reguliše problematiku otpada.

Otpadne vode naselja dotiču na lokaciju postrojenja za prečišćavanje glavnim kolektorom prečnika $d = 250$ mm. U sklopu rešenja predviđena je realizacija crpne stanice prvog dizanja, koja prihvaćene otpadne vode, prethodno tretirane na automatskom finom situ transportuje na mobilnu, paketnu slobodno stojeću jedinicu – objedinjeni automatski peskolov i mastolov. Uloga fine rešetke je da na njoj izdvoji krupan (inertni) materijal koji bi mogao da pravi smetnje proticanju otpadne vode kroz ostale jedinice na postrojenju. Materijal koji se izdvaja na rešetki nije podložan biološkoj razgradnji.

Katedra za procesnu tehniku
Odsek: Procesna tehnika i zaštita životne sredine

Nakon izdvajanja mehaničkih nečistoća, iz otpadne vode se uklanjaju sedimentne materije, pesak, ulja, masti i predretirana voda se odlaže u egalizator – podzemni rezervoar za izjednačavanje dotoka i kvaliteta. U egalizator se instaliraju mešalice i potopljene muljne pumpe koje odgovaraju potrebama rešenja. Potisni vod se račva u pravcu modula prečišćavanja, na kojima se nalaze elektromotorni zatvarači, kojima se automatski upravlja u zavisnosti od pojedinih faza prečišćavanja (aeracija, taloženje i dekantacija). Višak mulja se evakuše radom potopljenih muljnih pumpi unutar modula, uronjenih u svaki aeracioni bazen. Dispozicija viška mulja je sabirnik za mulj, u neposrednoj blizini lokacije postrojenja. Višak vode koji se prelije u šahtu za mulj vraća se u egalizacioni bazen. U sabirniku se nalazi muljna pumpa koja sakupljeni mulj prebacuje u rezervoare za stabilizaciju mulja, od polietilena, svaki sa po 20 m³ zapremine (4•20 m³). Nakon stabilizacije mulj se može dalje tretirati ili cisternama odvoziti na definisanu lokaciju od strane korisnika.

Proces se vodi automatski preko PLC-a. Podesivi elementi prečišćavanja su program cikličnog vremena trajanja pojedinih faza prečišćavanja, visina izbistrene vode predviđene za odvođenje, izbor vremena evakuacije viška mulja, proces stabilizacije viška mulja i dr. Elektroupravljačka oprema je smeštena u kontejneru gde su smešteni kompresori za aeraciju i stabilizaciju.

Mobilno postrojenje je osmišljeno za ekvivalent stanovnika 2000. Količina otpadnih voda se procenjuje na 0,24 m³/ESdan, odakle se dobija protok na dnevnom nivou po glavi stanovnika 480 m³/dan. Proračunom je dobijeno da dnevno organso opterećenje za zadati ekvivalent stanovnika iznosi $BPK_{5,2000} = 192 \frac{kg}{dan}$, odakle proizilazi radna zapremina bioaeracionog bazena 60 m³. Zapreminski protok vazduha dobijen je u odnosu na proračunati protok i broja izabranih distributera iznosi 729,6 m³/h. Daljim proračunom dobijene su vrednosti zapremine egalizacionog bazena 140 m³, odabir cevovodne linije i pad pritiska koji iznosi 194,4 mbar.

Ključne reči:

otpadne vode, prečišćavanje, nečistoće, mobilno postrojenje

Katedra za procesnu tehniku
Odsek: Procesna tehnika i zaštita životne sredine

Diplomski rad, M.Sc. rad

Kandidat:	Andrea Đilas
Predmet:	Principi zaštite životne i radne sredine
Naziv teme:	Idejno rešenje odsumporavanja dimnih gasova u termoelektrani na ugalj, kapacitetea 2x220 MWel
Mentor:	prof. dr Aleksandar Jovović, dipl. inž. maš.
Datum odbrane:	12.06.2015. godine

Prikaz diplomskog M.Sc. rada:

Izvori emisije sumpor-dioksida su svi procesi sagorevanja goriva, bez obzira na vrstu goriva. Zbog tih emisija SO₂ jedan od glavnih zadataka rada termoelektrana je zaštita životne sredine od zagađenja. U cilju toga potrebno je odabrati odgovarajući postupak odsumporavanja dimnih gasova. Emisija SO₂ je ograničena propisima o zaštiti vazduha, pa zbog toga postoji jako veliki broj postupaka smanjenja emisije.

U prvom poglavlju opisani su važeći zakoni i propisi Republike Srbije iz oblasti zaštite životne sredine i zaštite vazduha. Takođe su dati i neki od najbitnijih međunarodnih Protokola o zaštiti životne sredine i zaštiti vazduha.

U drugom poglavlju je opisano nastajanje zagađujućih komponenata iz velikih postrojenja koji sagorevaju ugalj, kao i njihove emisije.

U trećem poglavlju su opisani postupci pomoću kojih možemo da smanjimo emisiju SO₂.

U četvrtom poglavlju je dat pregled najboljih dostupnih tehnika za postrojenja koja sagorevaju čvrsto gorivo.

U petom poglavlju su odrađeni materijalni i toplotni bilans postrojenja za odsumporavanje, kao i materijalni bilans hidrociklona.

U okviru šestog poglavlja dato je idejno rešenje opreme za izabrani postupak odsumporavanja.

Dimenzionisan je apsorber sa svim potrebnim priključcima, hidrociklon, kao skladišni i dnevni silos za krečnjak.

U termoelektrani postoje dva kotla instalisane snage 220MWth. Posle utvrđivanja emisije SO₂ u atmosferu, zaključak je da emisija prelazi granične vrednosti. Granična vrednost dozvoljene emisije pri referentnom zapreminskom udelu kiseonika od 6% je 200 mg/m³ u skladu sa važećim zakonskim regulativama. S obzirom na to da je u proračunu dobijena veća vrednost (3019 mg/m³), to znači da je potrebno postrojenje za uklanjanje sumpora iz dimnog gasa, tj. postrojenje za odsumporavanje. Najpovoljnije rešenje problema smanjenja emisija oksida sumpora je primena mokrog postupka odsumporavanja dimnih gasova tipa krečnjak gips.

Postrojenje se sastoji od apsorbera u kojem se vrši samo odsumporavanje dimnog gasa, razmenjivača toplote, čija je funkcija da ohladi neprečišćeni dimni gas iz kotla i zatim dogreje prečišćeni dimni gas iz apsorbera i koji se dalje transportuje do dimnjaka i ispušta u okolinu. Kao osnovna sirovina se koristi mleveni krečnjak, a takođe se u procesu ODG koristi i voda. U sistemu za ODG ne dolazi do stvaranja otpadnih voda, jer se voda iz hidrociklona vraća nazad u apsorber i ponovo se koristi za proces, pa zbog toga nije potrebna ugradnja opreme za tretman otpadnih voda.

Ključne reči:

dimni gasovi, odsumporavanje, gips

Katedra za procesnu tehniku
Odsek: Procesna tehnika i zaštita životne sredine

Diplomski rad, M.Sc. rad

Kandidat:	Miloš Cvijetinović
Predmet:	Gorivi, tehnički i medicinski gasovi
Naziv teme:	Idejno rešenje isparivačko-redukcione stanice za snabdevanje tečnim-naftnim gasom skladišnog kapaciteta 100 m ³
Mentor:	dr Dejan Radić, vanr.prof.
Datum odbrane:	30.06.2015. godine

Prikaz diplomskog M.Sc. rada:

Tečni naftni gas u industrijskim objektima se može koristiti kao osnovno gorivo ili kao zamena prirodnom gasu ili nekom drugom gasovitom gorivu, u periodima kada je cena prirodnog gasa izuzetno visoka ili ga nema u potrebnim količinama. Od 1910. godine kada su proizvedene prve količine tečnog naftnog gasa, pa do danas, primetno je zanačajno povećanje potrošnje tečnog naftnog gasa u svetu. Potrošnja 1950. godine je bila 8 miliona tona, a 2014. godine je bila oko 260 miliona tona.

Ovaj rad, čija je tema idejno rešenje isparivačko-redukcione stanice za snabdevanje tečnim-naftnim gasom skladišnog kapaciteta 100 m³, koncipiran je na sledeći način. Tema je obrađena kroz dva dela, opšteg i dela sa proračunom. Opšti deo se sastoji od četiri poglavlja. Opšti se bavi fizičko-hemijskim karakteristikama tečnog-naftnog gasa, načinom proizvodnje, tehničko-tehnološkim i eksploatacionim karakteristikama opreme i postrojenja za skladištenje tečnog naftnog gasa, kao i tehničko-tehnološkim i eksploatacionim karakteristikama opreme i postrojenja za snabdevanje industrijskih objekata tečnim naftnim gasom.

U delu sa proračunom je prikazan materijalni i toplotni bilans snabdevanja fabrike tečnim naftnim gasom skladišnog kapaciteta 100 m³, kao i izbor i dimenzionisanje opreme postrojenja za snabdevanje fabrike tečnim naftnim gasom skladišnog kapaciteta 100 m³. Materijalni i toplotni bilans je prikazan za I, II i konačnu fazu. Na osnovu faktora stvarne potrošnje izračunata je stvarna potrošnja TNG-a u svakoj fazi, kao i ukupna stvarna potrošnja u konačnoj fazi $m_u = 308,11$ kg/h. Dat je proračun za sve postojeće i buduće potrošače. Izvršen je izbor i dimenzionisanje opreme prema važećim evropskim standardima. Izabrana su dva toplovodna isparivača za TNG, kapaciteta 500 kg/h TNG-a svaki, radnog pritiska: $p_r = 2 \div 16,7$ bar, i radne temperature $t_{r1} / t_{r2} = 90 / 70$ °C, od kojih je jedan radni, a drugi rezerva. Izvršen je izbor redukcione linije za TNG, usvojene su dve redukcione linije, jedna radna, a druga rezerva, kapaciteta 500 kg/h, ulaznog pritiska $p_{ul} = 16,7$ bar, izalnog pritiska $p_{iz} = 1,4$ bar i radne temperature $t_r = 60$ °C. Proračunata je potrebna zapremina skladišnog rezervoara $V_{max} = 92727$ l, i izabran je ventil sigurnosti na rezervoaru prema preporukama iz „Pravilnika o izgradnji postrojenja za TNG i o uskladištavanju i pretakanju TNG-a.“ („Službeni glasnik SFRJ“, br. 24/1971). Izvršen je proračun toplovodnog kotla, na osnovu koga su usvojena dva toplovodna kotla, 60 kW svaki, takođe su usvojene cirkulaciona pumpa za toplu vodu, protoka $V = 3,5$ m³/h, i zatvorena ekspanziona posuda Varflex L125, zapremine $V_k = 62$ l. Izvršen je izbor i dimenzionisanje cevovoda, prema SRPS EN 13480-3:2012, kao i izbor sigurnosnih ventila na celoj TNG instalaciji prema SRPS EN ISO 4126-1:2014.

Ključne reči:

Tečni naftni gas, TNG, isparivačko-redukciona stanica

Katedra za procesnu tehniku
Odsek: Procesna tehnika i zaštita životne sredine

Diplomski rad, M.Sc. rad

Kandidat:	Dejan Ilić
Predmet:	Projektovanje, izgradnja i eksploatacija procesnih sistema
Naziv teme:	Idejno rešenje instalacije komprimovanog prirodnog gasa (KPG) i sintetičkog prirodnog gasa (SNG) za snabdevanje livnice kapaciteta 400 m ³ /h KPG-a
Mentor:	dr Aleksandar Petrović, red. profesor
Datum odbrane:	04.12.2015. godine

Prikaz diplomskog M.Sc. rada:

U diplomskom radu su opisane karakteristike i primene različitih gasovitih goriva: komprimovanog prirodnog gasa (KPG), tečnog naftnog gasa (TNG) i sintetičkog prirodnog gasa, odnosno mešavine TNG-VAZDUH.

Tema se najviše apostrofira na primarnu podstanicu, odnosno merno regulacionu stanicu (MRS) komprimovanog prirodnog gasa gde je KPG pod pritiskom od 200 bar, a redukcija pritiska se ostvaruje na radni pritisak od 300 mbar. U projektnom rešenju zbog hlađenja gasovitog goriva usled ekspanzije gasa i Džul-Tompsonovog efekta, radi sprečavanja pojavljivanja leda u instalaciji, predviđeno je prethodno zagrevanje KPG-a. Cilj zagrevanja gasa je da se spreči smrzavanja opreme i ugrožavanja rada kompletne instalacije MRS.

Druga instalacija je podstanica u kojoj se TNG i vazduh mešaju i dobija se sintetički prirodni gas. On se, bez prekida rada na gorionicima, može koristiti kao alternativno gorivo. Iz postojeće isparivačke stanice dovodi se smeša propan-butan ili samo propan u zavisnosti od potrebe potrošača. Preko regulacionog dela se reguliše pritisak TNG na ulazu u mešač. On je konstrukciono rešen kao injektor koji uzima vazduh iz okoline i tako se dobija odgovarajuća smeša sintetičkog prirodnog gasa. Izlaznim cevovodom se gasovito gorivo dalje vodi do gorionika.

Svrha ovog diplomskog rada je da ukaže da se prelaskom sa jednog energenta na drugi mogu ostvariti značajne ušteda, usled čestih varijacija cena goriva. Dodatna prednost su niski eksploatacioni troškovi i očuvanje životne sredine usled manje emisije CO₂.

Ključne reči:

Tečni naftni gas, TNG, komprimovani prirodni gas, KPG,