

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

**Diplomski rad, M.Sc. rad**

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Kandidat:                | Igor Ivetić  |
| Predmet / naučna oblast: | Biotehnologija   |
| Naziv teme:              | Idejno rešenje postrojenja i opreme za korišćenje biogasa dobijenog iz tretmana otpadnih voda sa farme svinja kapaciteta 5000 tovljenika |
| Mentor:                  | prof. dr Aleksandar Jovović, dipl. inž. maš.   |
| Datum odbrane:           | 17.2.2016. godine  |

## Prikaz diplomskog M.Sc. rada:

Kao posledica privrednog rasta i porasta broja stanovnika, potrebe za energijom su sve obimnije. Kako se električna energija dobija većinski iz fosilnih goriva problem zagađenja i globalnog zagrevanja postaje sve veći. Kao jedno od rešenja uz mere štednje navode se obnovljivi izvori energije kao što su: solarna energija, energija vetra i energija biomase.

Prednost biogasa u odnosu na ostale obnovljive izvore energije, pored njegove versatilnosti što se može koristiti kao gorivo za transport i grejanje, je u relativno stabilnoj i ujednačenoj proizvodnji električne i toplotne energije tokom cele godine. Takođe proizvodnjom i korišćenjem biogasa smanjuju se emisije metana i azotnih oksida iz stajskog đubriva što je prikazano u poglavlju 2 ovog diplomskog rada.

Kada je reč o zagađenju koju emituju različita biogasna postrojenja bitno je uzeti u obzir i emisiju ugljen-dioksida po kilovat-satu, što je direktno povezano sa stepenom korisnosti proizvodnje električne energije (poglavljje 3). U tom smislu prednost imaju visoko temperaturne gorive ćelije jer dostižu električni stepen korisnosti i do 60%, što je skoro duplo više od gasnih turbina i sus motora. Pored toga gorive ćelije ne emituju azotne okside jer u njima ne dolazi do sagorevanja. Međutim tehnologija je još relativno nova, samim tim i skupa za implementaciju.

U poglavlju 4 definisan je proces anaerobne digestije. Temperatura procesa anaerobne digestije je usvojena 37,5 °C jer je to optimalna temperatura za većinu anaerobnih mezofilnih mikroorganizama. U praksi ostaje da se utvrdi da li otpuštanje od standardne temperature za mezofilni proces od 35 °C dovodi do dovoljnog povećanja koncentracije slobodnog amonijaka koja bi negirala intenzivnije razmnožavanje metanskih bakterija.

U poglavlju 5 analizirane su tehnike skladištenja i prečišćavanja biogasa. Zbog fluktuacije u proizvodnji biogasa, koja prosečno iznosi 765 m<sup>3</sup>/dan, pored rezervoara zapremine 1530 m<sup>3</sup> u proračunu je korišćena maksimalna preporučena vrednost koeficijenta uvećanja zapremine digestora od 1,3. Kako bi se povećala proizvodnja biogasa može se dozirati čvrst organski otpad koji je dostupan u okolini digestorskog postrojenja, na primer ostaci šećerne repe, pri čemu treba voditi računa o povećanju procenta suve organske materije u supstratu.

U poglavlju 6 dat je proračun postrojenja za tretman otpadnih voda, proizvodnju i korišćenje biogasa sa farme svinja kapaciteta 5000 tovljenika po turnusu. Dnevni zapraminski priliv tečnog stajnjaka u digestor iznosi 21 m<sup>3</sup>/dan, hidrauličko vreme zadržavanja 15 dana, proračunata zapremina digestora 395,86 m<sup>3</sup>, visine 13,464 m i prečnika 6,12 m, što odgovara odnosu H/D od 2,2.

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

Usvojeni režim mešanja se mora prilagoditi tako da ne uništi plivajuću koru u potpunosti, kako ne bi drastično opao stepen korisnosti prečišćavanja vodonik sulfida. Za održavanje potrebne temperature i proizvodnju električne energije usvojen je sus motor toplotne snage 89 kW, odnosno električne snage 75 kW. Odgovarajuća naknada za prodaju električne energije proizvedene iz obnovljivog izvora odnosno biogasa koji se ne tretira kao biogas životinskog porekla kao što je pokazano u poglavlju 1.5.1 ovog diplomskog rada, iznosi 15,66 c€/kwh.

Obzirom da digestorsko postrojenje u odnosu na ostale metode obrade organskog otpada može biti isplativo, i istaknutim prednostima u odnosu na druge obnovljive izvore energije, uz 3,4 PJ neiskorišćenog potencijala u Srbiji, može se očekivati sve veći broj biogasnih postrojenja.

**Ključne reči:**

biogas, anaerobna digestija, digestor

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

**Diplomski rad, M.Sc. rad**

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Kandidat:                | Goran O. Jelić  |
| Predmet / naučna oblast: | Upravljanje otpadom i otpadnim vodama   |
| Naziv teme:              | Idejno rešenje kogeneracijskog postrojenja na gorivo od otpada, za grad od 1,5 miliona stanovnika |
| Mentor:                  | prof. dr Aleksandar Jovović, dipl. inž. maš.  |
| Datum odbrane:           | 6.4.2016. godine  |

## Prikaz diplomskog M.Sc. rada:

Termički tretman goriva proizvedenog od komunalnog otpada u kogenerativnom postrojenju (kombinovana proizvodnja toplotne i električne energije) predstavlja finalnu fazu tretmana komunalnog otpada, a koji je prethodno bio prerađivan i pripreman u postrojenju za mehaničko-biološki tretman otpada. Za razliku od procesa sagorevanja prethodno neprerađenog otpada, ovo je savremeno tehničko rešenje koje predstavlja obnovljivi izvor energije.

Planirana lokacija je u blizini planiranog postrojenja za mehaničko-biološki tretman, čime su znatno redukovani troškovi transporta, dok predaja električne i toplotne energije distributivnim sistemima ne predstavlja veliki tehnički problem. Hala postrojenja je pravougaone osnove dužine 75 metara, širine 15 metara i visine 25 metara.

Predviđeno tehničko rešenje omogućava iskorišćenje energije iz otpada prethodno prerađenog u standardizovano gorivo iz ostataka lake frakcije posle više procesa separacije. Dobijeno gorivo RDF (Refuse Derived Fuel) standardizovanog je sastava i toplotne moći od 14800 kJ/kg.

Termički tretman se odvija u više faza, i to postepeno sagorevanje RDF-a u ložištu, hlađenje dimnih gasova i iskorišćenje dobijene energije, prečišćavanje dimnih gasova i ispuštanje u atmosferu, izdvajanje kotlovskog i letećeg pepela i dalji tretman i odlaganje uz kontinualni monitoring emitovanih gasova.

Predviđen je dvostepeni modularni sistem sagorevanja kako bi se ostvarilo potpuno sagorevanje i smanjio nepovoljan uticaj na okolinu. Kada se u ložištu postigne temperatura od 900 °C sagorevanjem prirodnog gasa, iz skladišta se RDF dozira na pokretnu rešetku, gde se suši i sagoreva na u uslovima sa 70 % od teorijski potrebne količine vazduha koji se uduvava u gorionik, tako da se praktično vrši gasifikacija goriva. Dimni gasovi potom ulaze u drugu komoru gde se pažljivim doziranjem dovoljne količine sekundarnog vazduha u zonama mešanja ostvaruje optimalna mešavina vazduha i dimnih gasova. U sledećoj zoni se ova mešavina pali, gde se postiže temperatura od 1100 °C, a potpuno sagorevanje se osigurava dobrim mešanjem i tercijalnim vazduhom. Dimni gasovi predaju toplotu vodi u vodogrejnim cevima u prvoj zoni zračenjem, a zatim konvekcijom. Da bi se osiguralo potpuno sagorevanje organskih jedinjenja vreme zadržavanja dimnih gasova u komorama sa sagorevanje je duže od dve sekunde.

Glavne komponente sistema za iskorišćenje toplotne energije dimnih gasova su generator pare, parna turbina sa generatorom električne energije, kondenzator i razmenjivači toplote. Snaga ložišta iznosi 95 MW, a snaga generatora pare 77 MW. Generisana električna energija koja se šalje u mrežu iznosi 12,5 MW ili 97 GWh godišnje sa stepenom korisnosti 13 %, dok generisana toplotna energija za sistem daljinskog grejanja iznosi 62 MW ili 494 GWh godišnje sa stepenom korisnosti 66 %. Ukupni stepen korisnosti postrojenja iznosi 79 %.

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

Proces sagorevanja goriva od komunalnog otpada prati proizvodnja velike količine dimnih gasova, koji mogu sadržati ostatke nepotpunog sagorevanja i visok stepen zagađenja u vidu čestica (pepeo, šljaka i leteći pepeo), gasova (HCl, HF i SO<sub>2</sub>), teških metala i organskih polutanata. Sistem za prečišćavanje se sastoji od polu-suvog skrubera i vrećastog filtra sa visokim stepenom izdvajanja štetnih materija. Za adekvatno ispuštanje prečišćenih dimnih gasova u okolinu predviđa se samostojeći limeni dimnjak sa dvostrukim omotačem postavljen na tlu, čije je područje primene za kotlove većeg kapaciteta. Visina dimnjaka iznosi 30 metara, a srednji prečnik 2 metra.

Za predviđeno postrojenje za sagorevanje goriva od otpada kapaciteta 200000 tona otpada godišnje investicioni trošak iznosi 100 miliona dolara, ili 60 hiljada dolara po toni otpada dnevno. Od tog iznosa torškovi na mašine i opremu iznose 75 miliona dolara, a za izvedene radove 25 miliona dolara. Troškovi rada postrojenja iznose ukupno 17 miliona dolara godišnje ili 35 hiljada dolara po toni, od čega investicioni troškovi tokom rada postrojenja iznose 10 miliona dolara godišnje ili 20 hiljada dolara po toni.

**Ključne reči:**

kogeneracija, komunalni otpad, mehaničko-biološki tretman, separacija, modularni sistem, RDF, dimni gasovi

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

**Diplomski rad, M.Sc. rad**

|                |  |
|----------------|--|
| Kandidat:      | Nemanja Stevčić  |
| Predmet:       | Gorivi, tehnički i medicinski gasovi   |
| Naziv teme:    | Idejno rešenje podstanice kiseonika (kapaciteta 180 t/god) i acetilena (kapaciteta 90 t/god) sa razvodnom mrežom |
| Mentor:        | Vanr. prof. dr Dejan Radić, dipl. inž. maš.  |
| Datum odbrane: | 18.5.2016. godine  |

## Prikaz diplomskog M.Sc. rada:

Konkretan cilj ovog diplomskog rada je odgovor na zadatu temu: Idejno rešenje podstanice kiseonika (kapaciteta 180 t/god) i acetilena (kapaciteta 90 t/god) sa razvodnom mrežom, ali u okviru nekoliko celina predstavljeni su najzastupljeniji procesi industrijske proizvodnje kiseonika i acetilena, kao i sam opis i proračun instalacije za kiseonik i acetilen.

U prvom poglavlju je prikazan uvod u tehničke gasove, što obuhvata njihove osnovne karakteristike kao što su: fizičke, hemijske, itd.

U drugom poglavlju obrađuju se tehničko-tehnološki postupci proizvodnje kiseonika iz vazduha. Predstavljene su najpopularnije metode razlaganja vazduha (kriogena destilacija, adsorpcija i membranski postupak). Za svaku od metoda je opisan proces rada, značajne karakteristika, prednosti i mane same metode i itd.

U trećem delu diplomskog rada opisan je proces idustijske proizvodnje acetilena iz kalcijum karbida (generisanje acetilena) i ugljovodonika (gde se spominju tri osnovne metode: sagorevanje, regenerativna piroliza i elektrolični proces).

U četvrtom poglavlju diplomskog rada dat je tehnički opis instalacije za kiseonik i acetilen. Detaljnije su predstavljeni opšti tehnički uslovi za cevne vodove kiseonika i acetilena (postavljanje cevnih vodova, skladištenje, mere sigurnosti i zaštite pri radu).

U petom poglavlju, na osnovu polaznih podataka, izvršeno je dimenzionisanje i izbor elemenata instalacije za kiseonik i acetilen, određen ukupan kapacitet podstanice kiseonika i acetilena. Izvor napajanja kiseonika su 12 baterije boca koje se sastoje od 20 boca kiseonika i 18 pojedinačnih boca, a izvor napajanja acetilena čine 10 baterije boca sa po 16 boca acetilena i 12 pojedinačnih boca.

## Ključne reči:

kiseonik, acetilen, baterije boca, podstanica, razvodna mreža

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

**Diplomski rad, M.Sc. rad**

|                |   |
|----------------|---|
| Kandidat:      | Sladana Topalović   |
| Predmet:       | Zaštita vazduha   |
| Naziv teme:    | Idejno rešenje sistema za otprašivanje postrojenja krečne peći kapaciteta 350 t/dan |
| Mentor:        | Vanr. prof. dr Dejan Radić, dipl. inž. maš.   |
| Datum odbrane: | 27.5.2016. godine   |

## Prikaz diplomskog M.Sc. rada:

Krečnjak je jedna od najrasprostranjenijih i najzastupljenijih sedimentnih stena u svetu. Kreč predstavlja materijal u kojem karbonati, oksidi i hidroksidi preovlađuju. Upotreba kreča datira još od pre nove ere, kao građevinski i tehnički materijal.

Jedan od problema pri proizvodnji kreča predstavlja zagađenje vazduha. Glavnu zagađujuću materiju iz procesa proizvodnje predstavljaju praškaste materije. Takođe pored njih, značajna je i emisija azotnih oksida, sumpornih oksida, kao i oksida ugljenika. Emisija praškastih materija osim iz same krečne peći, nastaje i pri transportu, skladištenju sirovina i proizvoda.

U diplomskom radu je opisan tehničko-tehnološki proces dobijanja kreča, postrojenje krečne peći, kao i emisije koje nastaju u procesu proizvodnje kreča. Dat je prikaz „najbolje dostupnih tehnika-BAT“ za postrojenje krečne peći, koje uključuju elektrostatičke taložnike, vlažne skrubere, ciklone i vrećaste filtre. Kao najbolje dostupna tehnika usvojen je vrećasti filter.

U okviru idejnog rešenja sistema za otprašivanje je urađeno sledeće:

- Određena je potrebna količina toplote za proizvodnju kreča,
- Određena u potrošnja sirovine i goriva,
- Određena je količina dimnih gasova,
- Dimenzionisan je vrećasti filter,
- Određen je pad pritiska kroz vrećasti filter,
- Izvršen je izbor ventilatora.

## Ključne reči:

krečna peć, vrećasti filter, otprašivanje