Načini poboljšanja energetske i resursne efikasnosti pri proizvodnji pare za potrebe pivarske industrije

JASMIN F. FEJZIĆ, JP Elektroprivreda BiH,

Podružnica Termoelektrana „Tuzla“ u Tuzli, Bosna i Hercegovina

INDIRA H. BULJUBAŠIĆ, Univerzitet u Tuzli,

Mašinski fakultet, Tuzla, Bosna i Hercegovina

SANDIRA S. ELJŠAN, Univerzitet u Tuzli,

Mašinski fakultet, Tuzla, Bosna i Hercegovina

Stručni rad

UDC: 621.182.26

DOI: 10.5937/tehnika1805658F

Načini optimalnog korištenja vode i kotlovskog goriva pri proizvodnji industrijske pare se zajednički mogu podvesti pod pojam resursne efikasnosti. Odgovarajućim mjerama, koje se zasnivaju na stalnom praćenju energetske i proizvodnih tokova, mogu se ostvariti uštede energije od 10-15%. U radu je analizirano stanje energetske i resursne efikasnosti pri proizvodnji industrijske pare u pogonu Pivare Tuzla. Pri tome su korišćeni podaci o: kvalitetu napojne i kotlovske vode, temperaturi napojne vode, efikasnosti procesa odmuljivanja i odsoljavanja kotlova, temperaturi i sastavu produkata sagorijevanja, temperaturi kotlovskog goriva, temperaturi kotlovske opreme, izolaciji kotlovske opreme, curenju pare, usklađenosti rada i opterećenja kotlova. Prikupljanjem stvarnih podataka iz proizvodnog procesa stečen je uvid u stanje sistema, a detaljna analiza je dovela do prijedloga mjera za uštedu energije. Prikazani prijedlog mjera za uštedu energije u kotlovskom postrojenju dat je uz troškove implementacije i period povrata investicije.

Ključne riječi: energetska i resursna efikasnost, parni kotao, voda, kotlovsko gorivo

1. UVOD

U proizvodnji industrijske pare glavni resursi su voda i energent, koje treba efikasno koristiti. Pri tome je neophodno osigurati dovoljne količine kvalitetne vode, što je moguće primjenom razvijenog tehnološkog procesa koji podrazumijeva pripremu vode, održavanje i kontrolu kvaliteta vode u svim segmentima vođeno-parnog ciklusa [1]. Sistemi za distribuciju pare i povratak kondenzata, zajedno sa kotlovnicom i krajnjim potrošačima predstavljaju sistem za centralizovano snabdijevanje toplotnom energijom.

2. PROBLEMATIKA ENERGETSKE I RESURSNE EFIKASNOSTI U PROCESU PROIZVODNJE INDUSTRIJSKE PARE

Na energetske efikasnost u proizvodnji industrijske pare utiču: kvalitet napojne kotlovske vode, vrs-

ta i ciklus odmuljivanja i odsoljavanja kotlova, povrat kondenzata iz procesa, sadržaj kiseonika (O_2) u dimnim gasovima, temperatura dimnih gasova, temperatura goriva na ulazu u gorionik, izolacija cijevi, ventila, prirubnica, dimnjaka i ostale kotlovske opreme, i sl. [2 – 6]. Metodom upravljanja rasporedom opterećenja kotlova šteti se energija putem usklađivanja broja kotlova u radu i njihovog nivoa opterećenja sa trenutnim potrebama korisnika u proizvodnom procesu [7].

Oštećenja i njima izazvani otkazi kotlovskih postrojenja u velikom broju su uzrokovani neadekvatnim kvalitetom napojne vode [1]. Niz tehnoloških postupaka kojima se sirova voda obrađuje tako da dobije svojstva propisana uslovima za kvalitet napojne vode predstavljaju pripremu napojne vode [8]. Voda koja se koristi u kotlovskim postrojenjima za proizvodnju industrijske pare mora da bude prethodno podvrgnuta hemijskoj pripremi, kako bi se odstranile štetne primjese koje negativno utiču na rad ovih postrojenja [9]. Primjese u kotlovskoj vodi štetno utiču na bezbjednost rada i stepen iskorištenja parnog kotla te izazivaju: taloženje mulja, stvaranje

Adresa autora: Jasmin Fejzić, JP Elektroprivreda BiH, Podružnica Termoelektrana „Tuzla“, Tuzla, 21. aprila 4, Bosna i Hercegovina

e-mail: fejjic.jasmin@bih.net.ba

Rad primljen: 18.07.2018.

Rad prihvaćen: 05.09.2018.

kotlovskog kamenca, pjenušanje vode u kotlu i koroziju metalnih dijelova kotla [10].

Kotlovski mulj se odstranjuje iz kotla odmuljivanjem [9]. Pjenušanje vode u kotlu nastaje zbog velike koncentracije natrijumovih soli, hidroksida i mehaničkih primjesa. Posljedice pjenušanja su: povećana vlažnost pare zaprljane sa nečistoćama iz kojih se pjena sastoji, a taloženje ove nečistoće u cijevima pregrijača u parovodu i zasunima uzrokuje netačnost vodostanja u kotlu. Ispuštanjem vode iz kotla reguliše se koncentracija soli u kotlovskoj vodi, pa se govori o odsoljavanju kotla [11].

Kiseonik rastvoren u napojnoj vodi djeluje korodirajuće na ogrjevne površine kotla, a njegovo odstranjivanje uglavnom se obavlja termičkom pripremom vode (zagrijavanje na 105°C, kada više u vodi praktično nema gasova) ili hemijskom pripremom, kada se vodi dodaju hemikalije koje sa sobom vezuju kiseonik u neagresivne spojeve. Odmuljivanje i odsoljavanje predstavlja važan dio tretmana kotlovске vode i ima zadatak da ograniči koncentraciju soli i ostalih nepoželjnih materija u kotlovskoj vodi [12].

Previsok stepen odmuljivanja rezultira u gubicima toplotne energije, potrošnji vode i povećanju količine upotrijebljenih hemijskih sredstava za tretman napojne vode, dok nizak stepen odmuljivanja povećava koncentraciju nepoželjnih materija u kotlovskoj vodi [13].

Kod odmuljivanja i odsoljavanja kotla otpadna voda pod pritiskom i temperaturom se ispušta iz kotla, a za to postoje tri načina: kontinualno, ručno i automatsko. Svako ispuštanje vrele vode iz kotla, povećava potrošnju napojne vode tj. zahtijeva dovođenje nove količine napojne vode i povećava gubitak toplote [11]. Učestalost odsoljavanja zavisi od provodljivosti kotlovske vode, a obično je ta količina vode 5% od parnog učinka kotla [14].

Gubici toplote uslijed odmuljivanja kotla dostižu 2% od troškova goriva [3]. Maksimalna zakonski propisana temperatura vode koja izlazi u kanalizaciju može biti 30°C [15], te ako se voda od odmuljivanja i odsoljavanja kotlova ispušta u kanalizaciju, potrebno ju je prije ispusta ohladiti na dozvoljenu temperaturu.

Proces sagorijevanja kotlovskog goriva je takođe mogući uzročnik nepotrebnih gubitaka energije. Kvalitet procesa sagorijevanja zavisi od sastava kotlovskog goriva, kao i optimalnog viška zraka. Ako je sagorijevanje nepotpuno, jedan dio hemijski vezane energije u gorivu se ne oslobađa, a ako se za sagorijevanje dovodi više zraka nego što je potrebno, onda će temperatura sagorijevanja biti niža, čime će proces sagorijevanja biti otežan [8]. Sadržaj kiseonika treba održavati i regulisati sagorijevanje kako bi se imala potrebna vrijednost viška zraka, a optimalno sagorijevanje

treba osigurati putem povratnih informacija o sadržaju O₂ u dimnim gasovima.

Više temperature dimnih gasova ukazuju na lošu razmjenu toplote, preveliku količinu zraka za sagorijevanje ili druge nepravilnosti. Temperature dimnih gasova ispod 130°C mogu uzrokovati korozivnu kondenzaciju, ovisno o sadržaju sumpora u gorivu [16]. U cilju određivanja potpunosti sagorijevanja kao i viška zraka, potrebno je izvršiti mjerenje sastava produkata sagorijevanja na izlazu iz ložišta.

Tri značajna uzroka gubitka energije kod sistema za razvod pare su greške u projektovanju ili izvođenju, isticanje pare i kondenzata kroz pukotine ili nezaptivena mjesta na cjevovodima i armaturi i gubici sa površina cijevi i armature u okolinu [6]. Uslijed gubitaka toplote duž cjevovoda količina kondenzata se povećava.

Ovaj kondenzat je neophodno odvesti iz sistema, te predvidjeti njegovo efikasno odvođenje. U protivnom dolazi do vodenih udara u instalaciji i do poteškoća u startovanju i u snabdijevanju potrošača parom. Vraćanje kondenzata u kotlovnici i njegovo ponovno korištenje znači uštedu energije, uštedu vode i smanjenje potreba za hemijskom pripremom vode.

Ventili koji cure predstavljaju značajan gubitak u sistemu za distribuciju pare zbog: propuštanja pare na mjestima gdje protok treba da bude zaustavljen i curenja u atmosferu. Površina cijevi ima približno jednaku temperaturu kao i para ili kondenzat.

Uslijed ovoga mogu se javiti značajni gubici toplote u okolinu sa površine neizolovanih cijevi i sudova. Zato toplotnoj izolaciji svih zagrijanih mjesta treba poklanjati veliku pažnju. Potrebno je izolovati i armaturu. Troškovi su visoki ukoliko se cjevovodi ostave neizolovani, a značajne uštede postižu se sa izolacijom od 25–50 mm.

Kada se na lokaciji nalazi više od jednog kotla, metodom upravljanja rasporedom opterećenja štedi se energija putem usklađivanja (uspostavljanja i održavanja) broja kotlova u radu i njihovog nivoa opterećenja sa trenutnim potrebama korisnika u proizvodnom procesu.

Efikasnost procesa sagorijevanja varira u zavisnosti od nivoa trenutnog opterećenja (u odnosu na instalisan kapacitet kotla) i raste ukoliko kotao radi na višim opterećenjima (veliki plamen). Metoda upravljanja rasporedom opterećenja maksimizira stepen korisnosti tako što se obezbjeđuje minimalan broj kotlova u pogonu koji pri tome rade maksimalno dugo vrijeme i na što višem nivou opterećenja.

Poboljšanjem operativnih procedura i upravljanja rasporedom opterećenja unutar kotlovnice moguće je uštediti do 4% energije [7].

3. DIJAGNOSTIKA ENERGETSKE I RESURSNE EFIKASNOSTI POSTROJENJA ZA PROIZVODNJU PARE

Dijagnostika resursne efikasnosti kotlovskeg postrojenja Pivare Tuzla bazirana je na najboljim raspoloživim tehnikama datim u referentnim dokumentima [2–6], te analizi postupka odmuljavanja i odsoljavanja, kvalitete kotlovskeg goriva, sastavu dimnih gasova i kvalitete napojne kotlovske vode.

3.1. Opis pogona za proizvodnju industrijske pare u Pivari Tuzla

Pogon ima dva kotlovska postrojenja. Sistem korištenja toplotne energije je zatvorenog tipa tako da se u procesu rada kotlovskih postrojenja kondenzat koristi i preko 70%. Kotlovi koji su instalirani u kotlovnici u Pivari Tuzla d.d. su parni, troprolazni, plameno – dimnocijevni, namijenjeni za proizvodnju zasićene pare sa plamenicima na mazut [17]. Bruto – toplotni kapacitet jednog kotla je 8580 kW, tj. parni učin (max. opterećenje) jednog kotla iznosi 13200 kg/h. Iz spremnika kondenzata se kondenzat pomoću pumpi prebacuje u spremnik napojne vode sa otplinjačem. Obzirom na tehničko – ekonomske uslove u objektu za potrebe loženja instalirani su skladišni spremnici goriva, zapremine $2 \times 90 \text{ m}^3$. Mazut se zagrijava na temperaturu potrebnu za raspršavanje. U tu svrhu se koristi kombinacija električnih i medijskih predgrijača.

Za potrebe dopunjavanja sistema sa hemijski pripremljenom vodom koristi se omekšivač vode. U hemijsku pripremu vode spada i uređaj za doziranje inhibitora u napojnu vodu za otklanjanje preostalog kisika iz vode. U sklopu kotlovnice ugrađena je oprema za termičku pripremu napojne vode, koja se sastoji iz napojnog spremnika, i otplinjača.

3.2. Provjera karakteristika vode u kotlani

Zbog odstranjivanja gasova iz napojne vode vrši se termička priprema napojne vode. Temperatura napojne vode treba da bude cca. 105°C [10]. Temperatura napojne vode se mjeri i nalazi se u potrebnim vrijednostima. Odmuljivanje kotlova vrši se automatskim aktiviranjem samozatvarajućeg odmuljnog ventila (sredstvo za upravljanje: komprimirani zrak), preko vremenski upravljane jedinice sa podesivim vremenima impulsa i pauze. Radi sprječavanja pojave smetnji na kotlu zbog uparavanja kotlovske vode, kao i radi izbjegavanja nastanka šteta na kotlu rada povećanja koncentracije soli u kotlu, ugrađena je i specijalna automatika za odsoljavanje. Odvođenjem određene količine kotlovske vode, tačno po potrebi, uštedi se značajna količina napojne vode, energije i hemikalija.

Na slici 1. prikazan je ventil za odmuljivanje kotla a na slici 2. prikazan je uređaj za mjerenje i regulaciju vodljivosti kotlovske vode.

Slika 1 - Ventil za odmuljivanje kotla

Slika 2 - Uređaj za mjerenje i regulaciju vodljivosti kotlovske vode

Mjerenjem je ustanovljeno da je temperatura vode za odmuljivanje i odsoljavanje vode koja izađe iz kotla, u drenažnoj posudi cca. 95°C . Ovu vodu je potrebno ohladiti na temperaturu od 30°C , prije ispuštanja u kanalizaciju [15]. Trenutno se ova voda hladi gradskom vodom u procesu miješanja, te odvodi u kanalizaciju.

Prati se i ispravnost ventila i termometra na drenažnoj posudi, jer usljed njihove neispravnosti može doći do povećane potrošnje gradske vode. Dva puta dnevno se mjere tvrdoća, alkalitet i pH vrijednost za omekšivač vode, rezervoar kondenzata, rezervoar napojne vode i kotlove. Izmjerene vrijednosti su u zadanim granicama.

3.3. Provjera sastava kotlovskeg goriva i stepena iskorištenja kotlova

U literaturi [8], [10], [17], prikazan je sadržaj mazuta koji se koristi kao kotlovsko gorivo. Također u Planu aktivnosti iz oblasti ekologije za kompleks Pivara Tuzla [18], prikazan je sastav mazuta koji bi trebao da se koristi kao kotlovsko gorivo u Pivari Tuzla.

Uvidom u potvrdu o kakvoći kotlovsko gorivo (mazut) koje je dopremljeno u Pivaru Tuzla imalo je sljedeće sastojke: 0,653% količine sumpora, 0,008% količine pepela, 0,10% količine vode, 0,05% količine vode i nečistoća [19]. Prema ovoj potvrdi donja kalorična vrijednost goriva iznosila je 41,39 MJ/kg.

Pregledom sastava dostavljenog mazuta konstatovano je da je isti u dozvoljenim granicama, u skladu sa zahtjevima za kotlovsko gorivo i instalisane kotlove.

3.4. Provjera temperature goriva u spremniku goriva, između spremnika i plamenika i na ulazu u plamenik

Mazut treba da bude dovoljno topao i razgrijan. Za pumpanje mazuta od spremnika do plamenika dovoljna je temperatura mazuta 50 – 70°C [17]. Ova temperatura se mjeri i drži na potrebnoj vrijednosti. Kako bi se izbjeglo isparavanje vode koja se nalazi u mazutu, minimalni pritisak u kružnom vodu treba podesiti u odnosu na potrebnu temperaturu mazuta na plameniku, koja ovdje iznosi cca. 142°C, na cca. 4 bar [17]. Temperatura mazuta na plameniku se mjeri i drži na preporučenoj vrijednosti za instalisane plamenike.

3.5. Ispitivanje produkata sagorijevanja na izlazu iz kotla

Redovno se vrši servisiranje kotlova i mjere vrijednosti produkata sagorijevanja. Automatska kontrola sadržaja kiseonika podrazumijeva mjerenje sadržaja kiseonika u produktima sagorijevanja. Ovaj parametar daje dobru indicaciju o kvalitetu sagorijevanja. Ova mjera poboljšava energetske efikasnosti odnosno ostvaruje uštede energije kontinualnom optimizacijom viška zraka, čime se postrojenje kontinualno vodi na maksimalnom stepenu korisnosti.

Automatskom kontrolom sadržaja kiseonika tj. ugradnjom senzora za mjerenje sadržaja kiseonika u dimnim gasovima i sistema za regulaciju sagorijevanja postiže se ušteda od 1–2% energije i kotlovskog goriva. [2], [3], [5] i [7]. U Pivari Tuzla nije ugrađena automatska kontrola sadržaja kiseonika. Na osnovu izvršenih mjerenja vidljivo je da je sadržaj O₂ povećan. Poželjno bi bilo ugraditi automatsku kontrolu sadržaja kiseonika tj. senzore za mjerenje sadržaja kiseonika u dimnim gasovima.

Izmjerene vrijednosti emisija u vazduh su u okviru dozvoljenih (graničnih) vrijednosti koje su propisane u Službenim novinama Federacije BiH broj 3/2013.

U tabelama 1. i 2. prikazane su izmjerene i granične vrijednosti emisija u vazduh za kotlove broj 1 i broj 2.

Tabela 1. Izmjerene i granične vrijednosti emisija u vazduh iz kotla broj 1

Mjerni parametri	Izmjerene vrijednosti	Granične vrijednosti
Ugljen monoksoid (CO)	40,73 mg/m ³ _n	170 mg/m ³ _n
Azotni oksidi (NO _x)	314,92 mg/m ³ _n	150-350 mg/m ³ _n
Kisik (O ₂)	9,4 %	-
Čvrste čestice	26,40 mg/m ³ _n	60 mg/m ³ _n

Tabela 2. Izmjerene i granične vrijednosti emisija u vazduh iz kotla broj 2

Mjerni parametri	Izmjerene vrijednosti	Granične vrijednosti
Ugljen monoksoid (CO)	28,62 mg/m ³ _n	170 mg/m ³ _n
Azotni oksidi (NO _x)	293,32 mg/m ³ _n	150-350 mg/m ³ _n
Kisik (O ₂)	8,42 %	-
Čvrste čestice	21,13 mg/m ³ _n	60 mg/m ³ _n

3.6. Provjera povrata kondenzata i opreme za kondenzat

Obilaskom kotlovnice, cjevovoda za paru i kondenzat, kotlovske armature, spremnika za kondenzat, napojnu vodu i gorivo i pogona koji koriste paru utvrđuje se da li ima curenja vode, pare i kondenzata te da li se kondenzat vraća u rezervoar kondenzata. Utvrđeno je da nema curenja i da se kondenzat vraća u rezervoar kondenzata. Smanjenje gubitka kondenzata, odnosno povećanje povrata kondenzata je jedna od glavnih mjera smanjenja gubitaka energije u sistemu za snabdevanje parom industrijskih pogona. U posebnoj prostoriji, pored kotlovnice ugrađen je spremnik kondenzata u kojem se sakuplja kondenzat od svih potrošača iz tehnologije kao i iz same kotlovnice. Spremnik je zapremine 7,2 m³. Iz spremnika kondenzata se kondenzat pomoću pumpi prebacuje u spremnik napojne vode sa otplinjačem. Prema [17] povrat kondenzata je 50–70%. Cjevovodi za paru i kondenzat u Pivari Tuzla su postavljeni pod određenim nagibom. Instalirani su priključci i ventili za drenažu i ozračivanje cijevi. Odvajači kondenzata na razdjelniku pare 4 bara u kotlani su pravilno izvedeni, a odvajač kondenzata na razdjelniku pare ispred kuhaone, nije pravilno izveden [20] (slike 3 i 4).

Slika 3 - Pravilna izvedba odvajača kondenzata na razdjelniku pare 4 bara u kotlani

Slika 4 - Nepravilna izvedba odvajača kondenzata na razdjelniku pare ispred kuhaone

3.7. Provjera izolacije

Obilaskom kotlovnice, cjevovoda za paru, kotlovske armature, spremnika za kondenzat, napojnu vodu i gorivo i pogona koji koriste paru utvrđuje je se da su oprema i cjevovodi izolovani mineralnom vunom koja je obložena aluminijskim limom.

Slika 5 - Izmjerena temperatura na ventilu na razdjelniku pare 8 bara u kotlani

Debljina izolacije kotlova, spremnika za kondenzat i napojnu vodu je 100 mm, a cijevi između 60 i 80 mm. Mjerenjem temperature termovizijskom kamerom utvrđeno je da je potrebno popraviti izolaciju iznad ventila na razdjelniku pare 8 bara (slika 5.).

3.8. Provjera opterećenja i usklađenosti rada kotlova

Obilaskom kotlovnice utvrđuje je se da li je rad kotlova usklađen. Kada vodeći kotao bude opterećen blizu maksimalnog opterećenja uključuje se drugi kotao. Kada se smanji proizvodnja pare tj. kada se počne smanjivati opterećenje kotlova, isključuje se drugi kotao i u radu ostaje sam vodeći kotao [19].

Proizvodnja pare u kotlovnici u Pivari Tuzla se ne mjeri. Mjerenje proizvedene pare, odnosno utroška pare je značajno, prije svega zbog definisanja potrošnje pare kod različitih potrošača u pogonu i optimizacije bilansa utroška pare u pogonu. Potrošnja mazuta se mjeri preko mjerne letve, ali to je približna potrošnja.

4. PRIJEDLOG MJERA ZA POBOLJŠANJE ENERGETSKE I RESURSNE EFIKASNOSTI I ANALIZA IZVODLJIVOSTI PRIMJENE PREPORUČENIH TEHNIKA

- Ugradnja separatora i izmjenjivača toplote za iskorištavanje toplote iz vode od odmuljivanja i odsoljavanja kotlova je izvodiva. U kotlovnici ima dovoljno prostora, a nisu potrebne zakonske dozvole za njihovu ugradnju. Toplota dobijena na ovaj način se može koristiti za zagrijavanje omekšane vode, koja odlazi u rezervoar kondenzata [21]. Pri tome bi se ostvarila ušteda: vode od odmuljivanja i odsoljavanja kotlova, gradske vode, toplotne energije i kotlovskog goriva. Iskorištenjem toplotne energije od vode za odmuljivanje kotla ušteda kotlovskog goriva se kreće od 1–3,5%.
- Ugradnjom mjerača za protok tj. potrošnju napojne vode koja ulazi u kotlove, moglo bi se vidjeti da li se može smanjiti stepen odmuljivanja kotlova.
- Proizvodnja pare u kotlovnici se ne mjeri.
Mjerenje proizvedene pare, odnosno utroška pare je značajno, prije svega zbog definisanja potrošnje pare kod različitih potrošača i optimizacije bilansa utroška pare u pogonu. Da bi se odredila tačna potrošnja mazuta potrebno je ugraditi mjerače protoka mazuta sa digitalnim očitavanjem. Poboljšanjem operativnih procedura i upravljanja rasporedom opterećenja unutar kotlovnice moguće je uštediti do 4% energije.
- Na kotlovima u kojima nije dobar sadržaj O_2 , automatskom kontrolom sadržaja kiseonika tj. Ugradnjom senzora za mjerenje sadržaja kiseonika u dimnim gasovima i sistema za regulaciju sagorijevanja postiže se ušteda od 1 – 2% energije i kotlovskog goriva.

Tabela 3. Uštede kotlovskog goriva i vode i trošak implementacije

Preporuke	Ušteda kotlovskog goriva (%)	Godišnja ušteda Kotlovskog goriva (BAM)	Godišnja ušteda vode (BAM)	Ukupna godišnja ušteda (BAM)	Trošak implementacije (BAM)
Iskorištenje vode od odmuljivanja i odsoljavanja kotlova	2	23.746,80	77.745,00	101.491,80	74.805,50
Ugradnja mjerača za mjerenje potrošnje napojne vode	1	11.873,40	-	11.873,40	11.349,00
Ugradnja mjerača za mjerenje proizvedene pare	1	11.873,40	-	11.873,40	34.819,20
Ugradnja mjerača za mjerenje potrošnje mazuta	1	11.873,40	-	11.873,40	31.484,70
Ugradnja senzora za mjerenje sadržaja kiseonika u dimnim gasovima i sistema za regulaciju sagorijevanja	1	11.873,40	-	11.873,40	25.000,00

U tabeli 3. date su preporuke za uštedu kotlovskog goriva i vode pri proizvodnji pare u posmatranom pogonu sa troškom implementacije. Iz tabele 3. je vidljivo ako bi se implementirala realizacija kompletnog sistema tj. iskorištenje vode od odmuljivanja i odsoljavanja kotlova, ugradnja mjerača za mjerenje: proizvedene pare, potrošnje mazuta i potrošnje napojne vode i ugradnja senzora za mjerenje sadržaja kiseonika u dimnim gasovima i sistema za regulaciju sagorijevanja. Ukupna godišnja ušteda bi iznosila 148.985,40 BAM, a trošak implementacije bi iznosio 177.458,40 BAM. Dakle, povrat investicije bi bio za malo više od godinu dana (1,19 godina).

Kotlovi u Pivari Tuzla ne rade 24 sata dnevno, tj. ne rade stalno, i kada rade, vrlo rijetko rade punim kapacitetom. Kada kotao ne radi punim kapacitetom i kada često ne radi, tj. čim kotao stane dolazi do smanjenja temperature dimnih gasova i kondenzacije dima u dimnom kanalu, pa zbog toga u ovom slučaju nije moguće ugraditi izmjenjivač toplote. Zbog lokacije kotlane u odnosu na trasu dimnog kanala, pri ugradnji izmjenjivača toplote dolazilo bi do otpora strujanja dimnih gasova, te oni ne bi mogli izlaziti iz dimnjaka.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazana je analiza postrojenja za proizvodnju industrijske pare u Pivari Tuzla, sa aspekta otkrivanja mjesta i uzročnika nepotrebnih gubitaka energije i vode, kao i davanja mogućih prijedloga mjera za njihovo smanjenje. Utvrđeno je da najveći gubici energije i vode nastaju iz dva razloga: procesa odmuljavanja i odsoljavanja kotlova i neefikasnog rada kotlova. S tim u vezi dat je prijedlog mjera za rješavanje ovih problema uz prisutna ograničenja. Na kraju je dat prikaz finansijskih ušteda u slučaju realizacije pojedinih mjera za smanjenje nepotrebnih gubitaka energije. Jasno je da su gubici energije i vode prisutni u radu ovakvih postrojenja, te da se primjenom najboljih raspoloživih tehnika oni postepeno mogu svesti na minimum, čime se postižu finansijske uštede, ali i uštede u ukupnoj potrošnji energije, a time i smanjenje uticaja na okoliš.

LITERATURA

- [1] Gajić A, Tomić M, Pavlović Lj, Pavlović M, Kvalitet vode kao jedan od mogućih uzročnika korozije u termoenergetskim postrojenjima, [28.11.2010]. www.sitzam.org.rs/zm/2010/No1/ZM_51_1_29.pdf
- [2] Stojiljković M, Mitrović D, Vučković G, Tošić D, Preliminarni energetske bilans kotlovskog postrojenja fabrike unutrašnjih guma Tigar MH – Babušnica, Mašinski fakultet Niš, Tigar AD Piroć, [15.05.2012]. www.simterm.masfak.ni.ac.rs.doc
- [3] Vučković G, Ilić G, Vukić M, Stefanović G, Preliminarna energetska revizija kotlovskog postrojenja u fabrici Duvanska industrija „Vranje“, Mašinski fakultet Niš, [15.05.2012]. www.simterm.masfak.ni.ac.rs1.pdf
- [4] Mitrović D, Stojiljković M, Vučković G, Stojiljković M, Energetska efikasnost u sistemima za distribuciju pare i povraćaj kondenzata u AD Pivara Niš, Mašinski fakultet Niš, [16.05.2012]. www.simterm.masfak.ni.ac.rs
- [5] Stojiljković M, Vučković G, Mitrović D, Preliminarni energetske bilans kotlovskog postrojenja fabrike AD Pivara Niš, Mašinski fakultet Niš, [15.05.2012]. www.kgh.kvartetv.comfajlovi36.kongres36-47.pdf.pdf
- [6] Jankes G, Stamenić M, Jovanović A, Povećanje energetske efikasnosti u industrijskim sistemima za snabdevanje parom i povrat kondenzata, Mreža za energetske efikasnost u industriji Srbije, Beograd,
- [7] Klajić M, Gvozdenac D, Procena energetske efikasnosti kotlova u AP Vojvodine, [2012]. www.simterm.masfak.ni.ac.rs/proceedings/2007/papers/sessions/
- [8] Stošić N, *Kotlovi*, Mašinski fakultet Sarajevo, 1987.
- [9] Gajić A, Tomić M, Pavlović Lj, Pavlović M, Uticaj kvaliteta vode na pouzdanost rada kotlovskih postrojenja, [28.11.2010]. www.doiserbia.nb.rs/img/doi/036598x/2010/03_67-598x1000018G.pdf
- [10] Vuković B, Milić S, *Kotlovi za mašiniste, rukovaoce i ložace*, Savez energetičara SR Srbije, Beograd, 1976.
- [11] Pirić R, Delalić S, Fazlić R, Begić S, Nezirović S, Kovačević A, Softić R, Alić I, *Termoenergetika*, Rudarski institut Tuzla d.o.o., Tuzla, 1997.
- [12] Jankes G, Stamenić M, Jovanović A, *Odmuljivanje i odsoljavanje industrijskih kotlova*, Bilten MEEIS, Oblast Gazdovanje energijom, Beograd.
- [13] Boiler Blowdown. [februar 2012]. www.infohouse.p2ric.orgref3433027.pdf
- [14] Bogner M, Isailović M., *Termotehnička i termoenergetska postrojenja*, ETA, Beograd, 2006.
- [15] Uredba o uslovima ispuštanja otpadnih voda u prirodne recipijente i sisteme javne kanalizacije, Službene novine FBiH broj 70/06.
- [16] Grupa autora, Studija energetske sektora u BiH, nacrt konačnog izvještaja, modul 12 Upravljanje potrošnjom, štednja energije i obnovljivi izvori energije, 2008.

- [17] Glavni mašinski projekat kotlovnice „Pivara“ d.d. Tuzla, Grizelj d.d., Sarajevo 2002.
- [18] Plan aktivnosti iz oblasti ekologije za kompleks Pivara Tuzla, d.d. sa mjerama i rokovima za postupno smanjenje emisija, odnosno zagađenja i za usaglašavanje sa najboljom raspoloživom tehnologijom, Tuzla, 2007.
- [19] Fejzić J, Poboljšanje resursne efikasnosti u proizvodnji industrijske pare, Magistarski rad, Mašinski fakultet Sarajevo, 2014.
- [20] Fejzić J, Buljubašić I., Eljšan S., Smanjenje gubitaka energije održavanjem izolacije i opreme za kondenzat, 4. Konferencija Održavanje 2016, Zenica, B&H, pp. 83-90, 02. – 04. juni 2016.
- [21] Fejzić J, Midžić–Kurtagić S, Improving resource efficiency in the production process steam, 18th International Research/Expert Conference Trends in the Development of Machinery and Associated Technology, TMT 2014, Budapest, Hungary, pp. 237-240 10-12 September, 2014

SUMMARY

WAYS TO IMPROVE ENERGY AND RESOURCE EFFICIENCY IN THE PRODUCTION OF STEAM FOR THE NEEDS OF BREWING INDUSTRY

The methods of optimizing the use of water and boiler fuels in the production of industrial steam can be summarized under the concept of resource efficiency. By appropriate measures, which are based on continuous monitoring of energy and production flows, energy savings of 10-15% can be achieved. The paper analyzes the state of the energy and resource efficiency of the production of industrial steam at the Brewery Tuzla plant. The following data were used: the quality of the feed and boiler water, the temperature of the water supply, the efficiency of the degassing process and the boiling of the boilers, the temperature and composition of the combustion products, the temperature of the boiler fuel, the boiler temperature, the boiler insulation, the vapor leakage, the compliance of the work and load of the boilers.. Acquisition of actual data from the production process gained insight into the state of the system, and a detailed analysis led to the proposal of measures for energy savings. The presented proposal for measures for energy saving in the boiler plant is given with the costs of implementation and investment return period.

Key words: energy and resource efficiency, steam boiler, water, boiler fuel