

## EFEKTI RADA BLOKA TENT B1 NAKON PRVE FAZE KAPITALNOG REMONTA

Vladimir Stevanović<sup>1)</sup>, Goran Lukić<sup>2)</sup>, Tadeusz Wala<sup>3)</sup>, Sławomir Muszynski<sup>4)</sup>, Milorad Jovanović<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, vstevanovic@mas.bg.ac.rs

<sup>2)</sup>PD Termoelektrane “Nikola Tesla”, Obrenovac

<sup>3)</sup>Fabryka Kotłów RAFAKO S.A., Raciborz, Poljska

<sup>4)</sup>RAFAKO Engineering Solution d.o.o., Beograd

### Apstrakt.

Na bloku B1 termoelektrane „Nikola Tesla B“ (TENT B) je 2012. godine izvršena prva faza revitalizacije i modernizacije. U okviru modernizacije ugrađen je dodatni ekonomajzer sa novim zasebnim cevovodom za njegovo napajanje sa potisa napojne pumpe i zamenjen je deo konvektivnog isparivača, pri čemu su ugrađene isparivačke cevi povećanog unutrašnjeg prečnika. Postavljeni su vodeni topovi za čišćenje ekrana ložišta, kao i parni duvači u konvektivnom delu i na rotacionim zagrejačima vazduha. Navedenim merama povećana je bruto električna snaga bloka B1 sa projektne vrednosti od 620 MWe na preko 650 MW, pri čemu se približno 10 MWe proizvodi na račun povećanja stepena korisnosti bloka. Nakon modernizacije, u zimskom periodu ostvarena je i maksimalna dnevna bruto proizvodnja od 16,05 GWh, pri čemu je osrednjena dnevna bruto električna snaga bloka iznosila približno 669 MWe. Takođe, u periodu povećane zimske potrošnje električne energije ostvarena je i maksimalna mesečna neto proizvodnja električne energije od 448,804 GWh. Ostvareni efekti su očigledno prikazani i poređenjem pogonskih parametara blokova B1 i B2 TENT B. Blok B2 je istovetnog projektnog rešenja kao blok B1, ali na bloku B2 nisu izvršene revitalizacija i modernizacija. Zbog visoke temperature dimnog gasa na izlazu iz kotla od preko 180 °C, blok B2 radi samo sa jednom linijom zagrejača napojne vode, što smanjuje stepen korisnosti bloka. Blok B1 radi sa dve linije zagrejača napojne vode, pri čemu je temperatura dimnog gasa na izlazu iz kotla manja za preko 20 °C od odgovarajuće temperature na bloku B2.

**Ključne reči: parni blok, efikasnost, povećanje snage, ekonomajzer.**

### Abstract.

The first phase of revitalization and modernization was conducted at Unit B1 of the Thermal power plant „Nikola Tesla B“ in Obrenovac in 2012. The modernization included installation of an additional economizer with new separate feedwater line connected to the discharge of the main feedwater pump. A part of the convective evaporator was replaced, while evaporating tubes with a larger inner diameter were applied. Water cannons were installed for the cleaning of membrane walls of the furnace, as well as the steam blowers in the convective ducts and on the rotational air heaters. These measures lead to the increase of the gross electric power of Unit B1 from the design value of 620 MWe till more than 650 MWe, while about 10 MWe is obtained due to the increase of the unit efficiency. The maximum daily electricity gross production of 16.05 GWh was achieved after the modernization in the winter period, while the averaged daily gross power of the unit was 669 MWe. In addition, during the increased electricity consumption in the winter period, the maximum monthly electricity net production of 448.804 GWh was achieved. The achieved effects are clearly presented by comparison of the operating parameters of units B1 and B2. Units B1 and B2 have identical design, but Unit B2 has not been retrofitted yet. Due to the high temperature of the flue gas at the exit of the steam boiler above 180 °C, Unit B2 operates only with one line of the high pressure heaters, which leads to the unit efficiency reduction. Unit B1 operates with two lines of high pressure heaters, while the flue gas temperature at the boiler exit is lower by more than 20 °C than the corresponding temperature at Unit B2.

**Key words: steam power unit, efficiency, power upgrade, economizer.**

## 1. UVOD

Termoelektrana „Nikola Tesla B“ (TENT B) je ogranak Privrednog društva Termoelektrane „Nikola Tesla“ d.o.o., koje posluje u okviru Javnog preduzeća Elektroprivreda Srbije. TENT B se sastoji od dva bloka B1 i B2, koji su u vreme puštanja u pogon 1983., odnosno 1985. godine, sa projektnom snagom 620 MW bili u rangu najefikasnijih i najvećih parnih blokova na lignit u svetu. U dosadašnjem periodu TENT B je ostvario nadprosečne rezultate. U ukupnoj proizvodnji svih termoelektrana Elektroprivrede Srbije TENT B je učestvovao sa približno 25 %. Blok B1 je sa ukupnom raspoloživošću 0,84 i sa preko 210.000 sati na mreži proizveo preko 116 TWh električne energije, a blok B2 je sa istom raspoloživošću tokom 196.000 sati rada proizveo preko 107 TWh električne energije [1].

S obzirom na savremene zahteve za povećanjem ekonomske i energetske efikasnosti, smanjenjem uticaja na životnu sredinu i potrebe za zadovoljenjem rastuće potrošnje, Elektroprivreda Srbije sprovodi projekte revitalizacije, modernizacije i povećanja snage svojih termoblokova. Revitalizacija blokova je neophodna zbog isteklog radnog veka i sledstvene smanjene pouzdanosti vitalnih komponenti postrojenja. Modernizacija i povećanje snage su veoma isplativi projekti, koji omogućavaju vraćanje uloženi sredstava u kratkom roku. Na bloku B1 TENT B je u periodu od 6 meseci 2012. godine sprovedena I faza revitalizacije i modernizacije [2]. Značajan potencijal za povećanje energetske efikasnosti blokova TENT B je sagledan u iskorišćenju otpadne toplote dimnih gasova [3]. Temperatura izlaznih dimnih gasova iza regenerativnog zagrejača vazduha je na bloku B1 pre rekonstrukcije iznosila od 180 °C do 190 °C i to pri radu samo sa jednom linijom zagrejača visokog pritiska (od postojeće dve linije), koliko i danas iznosi na kotlu bloka B2 koji nije rekonstruisan. U slučaju zaprljanja kotlovskih površina ili poremećaja temperature napojne vode ova temperatura može biti i preko 200 °C. U poređenju sa projektnom temperaturom za čist kotao od 151 °C, temperatura dimnih gasova je viša za 30 °C do 50 °C. Takođe, ograničenje povećanju snage blokova B1 i B2 je sagledano i u velikom padu pritiska kroz cevne sisteme ovih jednoprotčnih parnih kotlova. Ovaj pad pritiska je za preko 50% veći u odnosu na projektnu vrednost pri nominalnom opterećenju. U cilju iskorišćenja otpadne toplote dimnih gasova na bloku B1 TENT B ugrađen je dodatni zagrejač vode (ekonomajzer EKO1A) sa novim zasebnim cevovodom za njegovo napajanje sa potisa napojne pumpe. Takođe, zamenjen je deo konvektivnog isparivača, pri čemu su ugrađene isparivačke cevi povećanog unutrašnjeg prečnika. Postavljeni su vodeni topovi za čišćenje ekrana ložišta, kao i parni duvači u konvektivnom delu i na rotacionim zagrejačima vazduha.

U radu su prikazani ostvareni energetske efekti nakon revitalizacije i modernizacije bloka B1 TENT B. Upoređeni su izmereni pogonski parametri na bloku B1 sa parametrima na bloku B2, na kome nije izvršena rekonstrukcija. Prikazani pogonski parametri očigledno pokazuju ostvarene rezultate na bloku B1, kao što su mogućnost rada u projektnom režimu sa dve linije zagrejača visokog pritiska u liniji napojne vode, sniženje izlazne temperature dimnog gasa za preko 20 °C i povećanje bruto električne snage bloka preko 650 MWe. Takođe, prikazani su rezultati energetske analize koji pokazuju povećanje stepena korisnosti bloka bruto za preko 0,5 procentnih poena, što obezbeđuje povećanje električne snage od približno 10 MWe.

## 2. PRVA FAZA MODERNIZACIJE I REVITALIZACIJE NA BLOKU B1 TENT B

Blokovi B1 i B2 TENT B navršavaju 30 godina rada sa preko 210.000 sati u pogonu bloka B1 i preko 196.000 sati bloka B2. U cilju održavanja dosadašnjih uspešnih proizvodnih rezultata, koji su u većem periodu rada bili iznad planiranih i iznad prosečnih za termoelektrane na uglj sličnih karakteristika u svetu, na TENT B se sprovode projekti povećanja snage, stepena korisnosti i revitalizacije i modernizacije pojedinih sistema.

Prva faza revitalizacije i modernizacije bloka B1 izvršena je za 6 meseci od maja do oktobra 2012. godine. Obuhvatila je radove na kotlovskom postrojenju: ugradnju dodatnog ekonomajzera i

novog cevovoda za njegovo napajanje sa potisa napojne pumpe, zamenu dela isparivača, zamenu cevnih elemenata na ulazu i izlazu svih grejnih tela, zamenu pregrejača pare broj jedan i međupregrejača pare 2 i 3 sa pripadajućim ovesnim cevima i antiabrazivnim zaštitama, zamenu zaobilaznog voda visokog pritiska sa ventilom sigurnosti, kapitalni remont rešetke za dogorevanje i ugradnju parnih duvača gara. Takođe, zamenjeno je saće regenerativnog zagrejača vazduha i obavljen je remont kanala dimnog gasa sa pripadajućim klapnama, remont ventilatora dimnih gasova, mlinova uglja, dozatora i dodavača uglja, odšljakivača, kao i remont opreme za transport pepela i šljake.

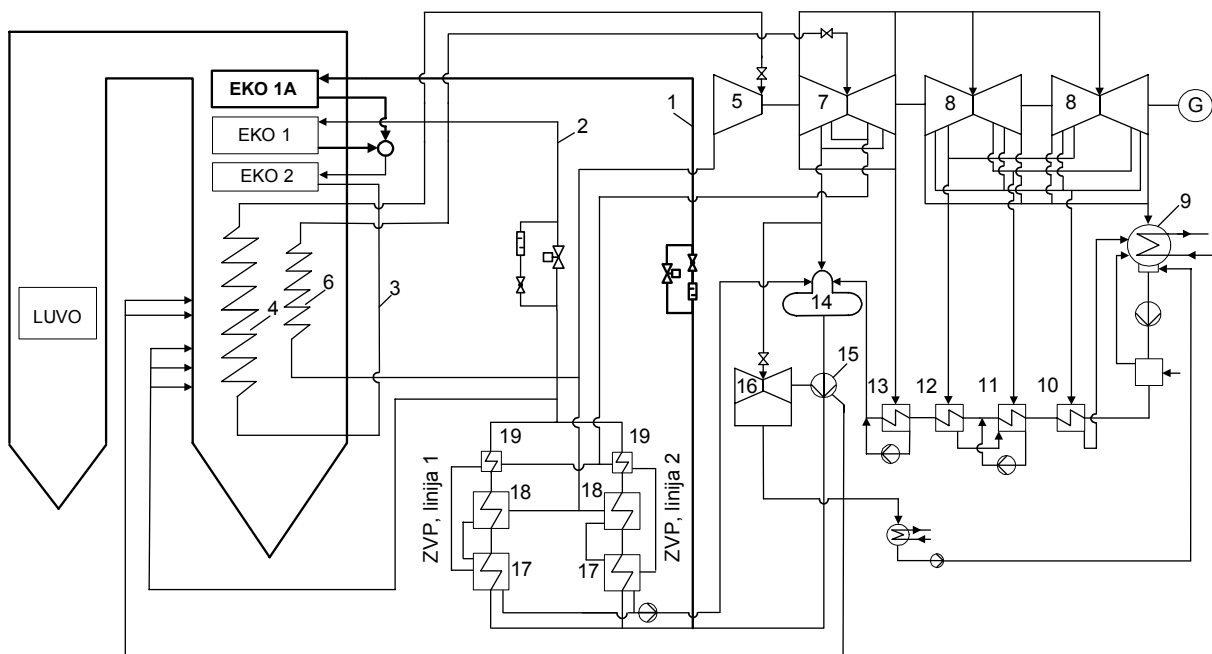
Modernizacija bloka B1 obuhvata ugradnju dodatnog ekonomajzera, zamenu dela isparivača i ugradnju vodenih topova i parnih duvača. Dodatni ekonomajzer, označen sa EKO 1A na slici 1, ugrađen je prema originalnom rešenju u cilju iskorišćenja otpadne toplote dimnih gasova na izlazu iz kotla. EKO 1A se napaja pomoću novog dodatnog cevovoda sa potisa napojne pumpe. Paralelno je povezan sa postojećim ekonomajzerom EKO 1. Od 20 % do 35 % protoka vode kroz isparivač kotla se zagreva u EKO 1A. Napojna voda se iz dodatnog ekonomajzera EKO 1A uvodi u mešač, u kome se meša sa vodom iz postojećeg ekonomajzera EKO 1. Nakon toga pun protok napojne vode prolazi kroz postojeći drugi ekonomajzer EKO 2. Zagrejačke površine EKO 2, EKO 1 i EKO 1A su redno postavljene po toku dimnog gasa, pri čemu je EKO 1A postavljen iznad EKO1 u kanalu dimnog gasa.

Dodatni ekonomajzer je prikazan na slici 2. Njegove karakteristike su sledeće [2,4]: površina za razmenu toplote iznosi  $19200 \text{ m}^2$ , spoljašnji prečnik i debljina zida cevi su  $\phi 33,7 \times 4,5 \text{ mm}$ , broj panela sa cevima je 199, broj cevi u okviru jednog panela je 2, a dužina jedne cevi u okviru panela je 440 m. Dodatni cevovod napojne vode prema EKO 1A je dimenzionisan tako da je ukupni pad pritiska od potisa napojne pumpe do izlaza iz EKO 1A manji od pada pritiska kroz osnovnu liniju napojne vode i EKO 1. Na taj način se postiže da u normalnom pogonu napojna voda kroz osnovnu liniju struji bez prigušenja u regulacionom ventilu (u „napojnoj glavi“). Po potrebi se jedino reguliše protok ka EKO 1A. Maksimalna razlika temperatura napojne vode na izlazu iz dodatnog ekonomajzera EKO 1A i na izlazu iz EKO 1 (tokovi napojne vode koji se direktno mešaju) ne prelazi  $80 \text{ }^\circ\text{C}$ , tako da je isključena mogućnost termomehaničkog naprezanja zidova mešača.

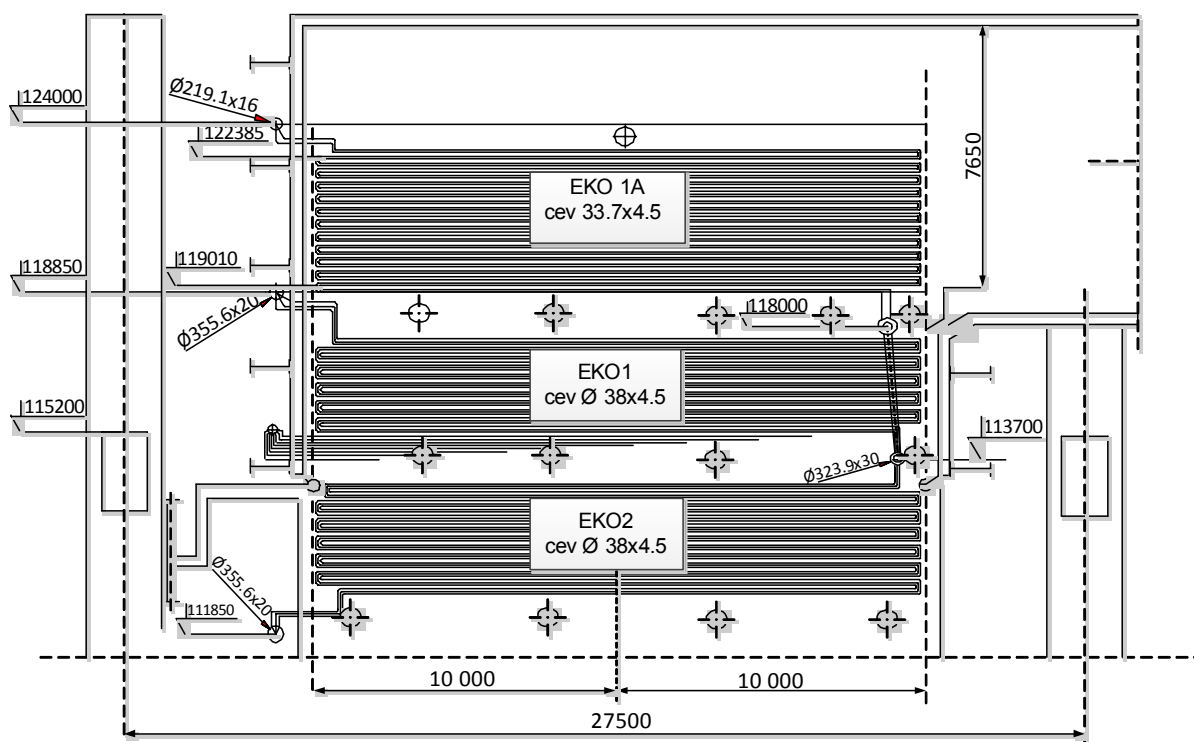
Pri projektovanju ugradnje dodatnog ekonomajzera uzeto je u obzir da ograničenje povećanju snage na blokovima B1 i B2 TENT B, putem povećanja protoka radnog fluida, jeste značajno veći pad pritiska kroz cevni sistem kotla od projektom predviđenih vrednosti. Pogonski uslovi kotla na bloku B1 pre rekonstrukcije, na nominalnom opterećenju od 1880 t/h, pokazivali su pad pritiska od ulaza u ekonomajzer (ispred blende) do separatora (nakon izlaza iz isparivača) od 39 bar, dok prema projektu ovaj pad pritiska iznosi približno 20 bar, što daje povećanje pada pritiska od 19 bar. Pri istim uslovima pad pritiska od separatora do izlaza iz pregrejača pare broj četiri iznosi 35 bar, dok prema projektu ovaj pad pritiska iznosi približno 25 bar, što daje povećanje pada pritiska od 10 bar. Dakle, ukupni pad pritiska u radu kotla na bloku B1 od ulaza u ekonomajzer do izlaza iz pregrejača pare broj četiri pri nominalnom opterećenju od 1880 t/h pre rekonstrukcije je iznosio 74 bar, dok projektna vrednost iznosi 45 bar, što daje povećanje pada pritiska od 29 bar, odnosno povećanje od 64%. Između ostalog i ove činjenice su uticale na izbor paralelne veze dodatnog ekonomajzera sa postojećim prvim stepenom ekonomajzera, tako da ugradnja dodatnog ekonomajzera ne povećava pad pritiska u kotlu, već naprotiv, dovodi do njegovog smanjenja.

Paralelna veza dodatnog ekonomajzera EKO1A sa postojećim zagrejačem EKO1 dovodi do smanjenja pada pritiska od linije napojne vode do ulaza u isparivačke površine kotla za približno 5 bar. Dodatno smanjenje pada pritiska je ostvareno i zamenom vertikalnih isparivačkih cevi i hemijskim čišćenjem cevi kotla, tako da je ukupni pad pritiska od ulaza do izlaza iz kotla smanjen za 20 bar.

U konvektivnom delu isparivača zamenjeni su paneli sa pravim isparivačkim cevima od kote 72 m do 113 m. Imajući u vidu potrebu da se smanji otpor u isparivaču, odlučeno je da se zameni ceo ekran, sa istovremnom promenom debljine zida cevi sa 5 na 4,5 mm. Dobijeno povećanje unutrašnjeg prečnika cevi smanjuje pritisak na isparivaču za ~15%, što kompenzuje povećanje



Slika 1 Šema bloka B1 TENT B sa ugrađenim dodatnim ekonomajzerom EKO 1A.



Slika 2 Položaj dodatnog ekonomajzera EKO 1A u odnosu na prvobitne sekcije ekonomajzera EKO 1 i EKO 2.

otpora povezanog sa povećanom produkcijom kotla. Iz organizacionih razloga, zamena donjeg dela isparivača se izvodi u drugoj fazi, tako da se smanjenje otpora prvenstveno ostvaruje hemijskim čišćenjem isparivača [4].

Na osnovu iskustava na drugim objektima, doneta je odluka da se ugrade vodeni topovi na ekranima ložišta i parni duvači u konvektivnom delu i na rotacionim zagrejačima vazduha.

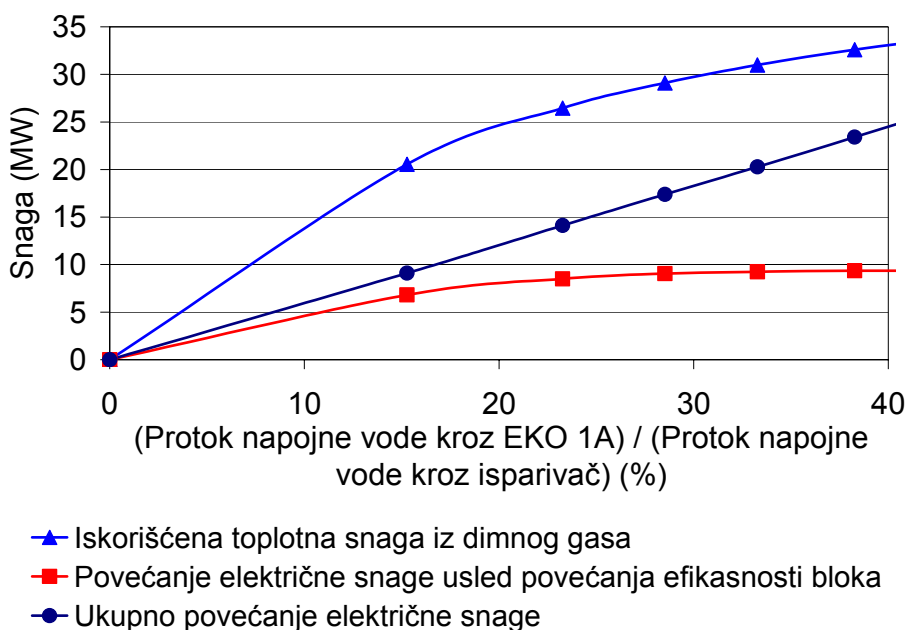
Ugrađeno je osam vodenih topova, raspoređenih po dva sa svake strane, na nivoima približno 32 m i 60 m. Duvača gara ima 20 i raspoređeni su u dva nivoa, u oblasti pregrejača P3 i P4. Za rotacione zagrejače vazduha, ugrađena su dva duvača: jedan na gornjem delu kanala dimnih gasova (sa vodenim i parnim kopljem) i drugi na donjem (s parnim kopljem) [4].

### 3.OSTVARENI EFEKTI MODERNIZACIJE BLOKA B1 TENT B

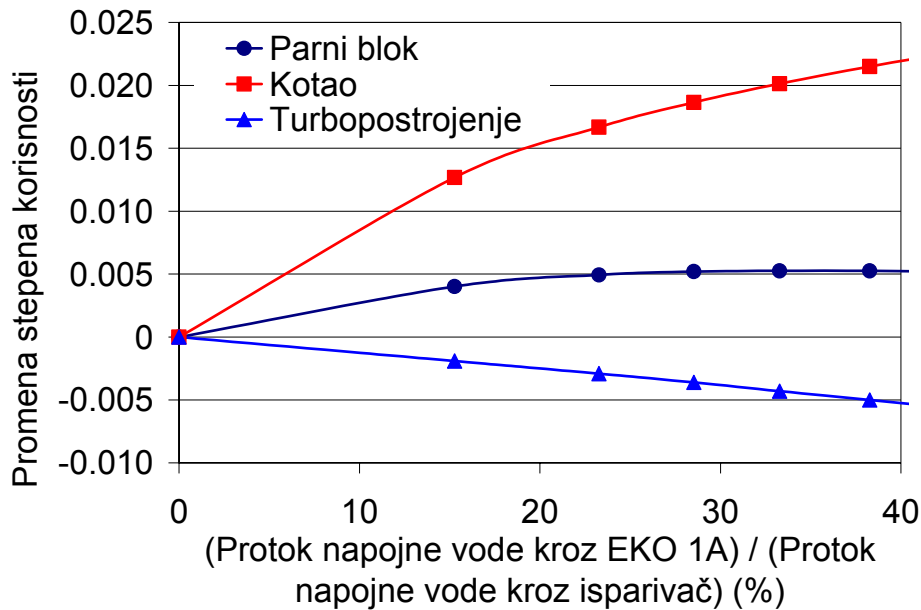
Ugradnjom dodatnog ekonomajzera ostvareno je značajno povećanje snage i povećanje stepena korisnosti bloka B1. Analiza ostvarenih energetske efekata je sprovedena za pogonsko stanje sa sledećim izmerenim parametrima [6]: protok sveže pare 529 kg/s (1904 t/h), pritisak i temperatura pare ispred turbine visokog pritiska 173 bar i 535 °C, pritisak u kondenzatoru turbopostrojenja 0,052 bar, temperatura napojne vode iza zagrejača visokog pritiska 260 °C, temperatura dimnog gasa na izlazu iz kotla iza regenerativnog zagrejača vazduha 163 °C.

Na slici 3 su prikazani energetske efekti ugradnje dodatnog ekonomajzera u zavisnosti od protoka napojne vode kroz dodatni ekonomajzer EKO 1A. Iskorišćena toplotna snaga iz dimnih gasova iznosi preko 30 MWth pri protoku napojne vode kroz EKO 1A veći od 33 % od protoka napojne vode kroz isparivač kotla, povećanje bruto električne snage bloka je preko 20 MWe, pri čemu se preko 9 MWe proizvodi na račun povećanja stepena korisnosti bloka [6].

Na slici 4 su prikazane promene stepena korisnosti bloka B1, kotla i turbopostrojenja u procentnim poenima, u zavisnosti od protoka napojne vode kroz dodatni ekonomajzer EKO 1A. Sa povećanjem protoka kroz EKO 1A povećava se iskorišćena toplotna snaga iz dimnog gasa, tako da stepen korisnosti kotla raste preko 2% sa porastom protoka kroz EKO 1A preko 33%. Sa porastom protoka kroz EKO 1A smanjuje se protok kroz zagrejače visokog pritiska, odnosno smanjuje se regenerativno zagrevanje napojne vode, tako da se smanjuje i stepen korisnosti turbopostrojenja. Međutim, smanjenje stepena korisnosti turbopostrojenja je nekoliko puta manje od povećanja stepena korisnosti kotla, tako da se stepen korisnosti bloka povećava 1,5% u odnosu na vrednost pre remonta (za preko 0,5 procentna poena) pri protoku napojne vode kroz EKO 1A od oko 33%.



Slika 3 Iskorišćena toplotna snaga iz dimnog gasa i povećanje električne snage ugradnjom dodatnog ekonomajzera.



Slika 4 Povećanje stepena korisnosti ugradnjom dodatnog ekonomajzera.

Ostvareni efekti povećanja snage i stepena korisnosti bloka B1 ugradnjom dodatnog ekonomajzera su ovde prikazani i poređenjem pogonskih parametara bloka B1, na kome je izvršena modernizacija, sa parametrima bloka B2, na kome nije izvršena modernizacija. U tabeli 1 su prikazani izmerni parametri kada je blok B1 radio sa obe linije zagrejača napojne vode visokog pritiska. Ostvarena je bruto električna snaga od 658 MWe sa protokom napojne vode na usisu napojne pumpe od 2002 t/h. Temperatura dimnog gasa na izlazu iz kotla iza regenerativnog zagrejača vazduha Ljungstrom je iznosila 166 °C. Blok B2 je radio samo sa jednom linijom zagrejača napojne vode visokog pritiska i temperatura dimnog gasa na izlazu iz kotla je bila 182 °C. Rad sa dve linije zagrejača visokog pritiska na bloku B2 bi smanjio ukupni stepen korisnosti bloka, jer bi temperatura dimnog gasa na izlazu iz kotla bila približno 200 °C. Bruto električna snaga bloka B2 je u posmatranom režimu niža za preko 100 MWe u odnosu na snagu bloka B1 zbog znatno nižeg protoka. Međutim, zbog povećanog otpora strujanju u cevnom sistemu kotla na bloku B2, protok napojne vode se ne može povećati preko 1900 t/h, što predstavlja ograničenje povećanju snage bloka.

U tabeli 2 su prikazani izmereni pogonski parametri kada oba bloka rade sa jednom linijom zagrejača visokog pritiska. Bruto električna snaga bloka B1 je 658 MWe, a bloka B2 614 MWe. Temperatura dimnog gasa na izlazu iz kotla bloka B1 je 159 °C, dok je na bloku B2 184 °C, što ukazuje na značajne gubitke toplote od približno 30 MWth. Pad pritiska radnog fluida od napojne glave na liniji napojne vode do turbine visokog pritiska iznosi 70 bar na oba bloka, ali na bloku B1 protok napojne vode na ulazu u napojnu pumpu iznosi 1964 t/h, a na bloku B2 je 1834 t/h, to jest manji je za približno 7%. Ovi podaci pokazuju da su hidraulički otpori strujanju radnog fluida u liniji napojne vode i cevnom sistemu kotla na bloku B1 nakon obavljenog remonta smanjeni za približno 15%, što je dovelo i do smanjenja snage turbonapjne pumpe od skoro 1,5 MW.

Modernizacija i revitalizacija bloka B1 su omogućile postizanje rekordne dnevne i mesečne proizvodnje, kao što je prikazano u Tabeli 3.

Tabela 1 Parametri na blokovima TENT B dana 27.12.2013 u 09:09:07 – Blok B1 radi sa dve linije ZVP, a blok B2 sa jednom linijom ZVP

<b>PARAMETAR</b>	<b>Jedinica</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>
Snaga bloka bruto	MW	658	535
Pritisak sveže pare	bar	170	140
Temperatura sveže pare	°C	535	535
Pritisak međudogrejjane pare	°C	40	34
Protok napojne vode	t/h	2002	1608
Pritisak napojne vode iza napojne glave	bar	248	200
Temperatura napojne vode iza napojne glave	°C	258	211
Temperatura dimnog gasa iza LUV0	°C	166	182
Temperatura kondenzata	°C	27	32

Tabela 2 Parametri na blokovima TENT B dana 10.02.2014 u 09:40:11 – Blokovi B1 i B2 rade sa jednom linijom ZVP

<b>PARAMETAR</b>	<b>Jedinica</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>
Snaga bloka bruto	MW	658	614
Pritisak sveže pare	bar	175	160
Temperatura sveže pare	°C	535	535
Pritisak međudogrejjane pare	°C	41	39
Protok napojne vode	t/h	1964	1834
Pritisak napojne vode iza napojne glave	bar	245	230
Temperatura napojne vode iza napojne glave	°C	223	216
Temperatura dimnog gasa iza LUV0	°C	159	184
Temperatura kondenzata	°C	28	30

Tabela 3 Maksimalna neto proizvodnja električne energije na bloku B1

Maksimalna dnevna proizvodnja 29.01.2013.	15,14 GWh
Maksimalna mesečna proizvodnja u decembru 2013.	448,804 GWh

Napomena: Proizvodnja bloka B2 u decembru 2013. je iznosila 388,064 GWh.

#### 4. ZAKLJUČAK

Na Termoelektrani „Nikola Tesla B“ (TENT B) u Obrenovcu (2x620 MW), u toku 2012. godine izvršena je I faza revitalizacije i modernizacije bloka B1, u okviru koje je povećana snaga bloka na 650 MW. U okviru modernizacije bloka primenjeno je originalno rešenje ugradnje dodatnog ekonomajzera za iskorišćenje otpadne toplote dimnih gasova na izlazu iz kotla. Dodatni ekonomajzer je paralelno povezan sa postojećim prvim stepenom ekonomajzera i napaja se vodom direktno sa potisa napojne pumpe pomoću novougrađenog cevovoda. Protok napojne vode ka dodatnom ekonomajzeru je u rasponu od 20 % do 35 % od ukupnog protoka napojne vode kroz isparivač kotla. Ugradnjom dodatnog ekonomajzera povećan je stepen korisnosti bloka, što omogućava proizvodnju do 10 MW „zelene“ električne energije na račun iskorišćenja otpadne toplote dimnih gasova. Nakon ove rekonstrukcije blok B1 je dana 29.01.2013. godine ostvario rekordnu dnevnu neto proizvodnju električne energije od 15,14 GWh sa prosečnom bruto snagom od 669 MWe i time premašio rekord postavljen davne 1985. godine. U decembru 2013. godine ostvarena je maksimalna mesečna proizvodnja sa neto isporukom od približno 449 GWh električne energije.

Dalje aktivnosti na TENT-u B treba da obuhvate sprovođenje navedene I faze revitalizacije i modernizacije i na bloku B2, kao i realizaciju II faze rekonstrukcije i revitalizacije blokova B1 i B2, koja između ostalog obuhvata i zamenu spiralnih isparivačkih cevi kotla, čiji je radni vek istekao, novim cevima većeg unutrašnjeg prečnika, što će obezbediti znatno povećanje pouzdanosti pogona i povećanje električne snage bloka do 670 MW. Pored toga, na blokovima B1 i B2 mogu se sprovesti i druge rekonstrukcije u cilju iskorišćenja otpadne toplote koja se sa produktima sagorevanja ili ispuštanjem radnog fluida u nominalnom pogonu ili pri startovanju postrojenja predaje okolini, a što može da doprinese daljem povećanju energetske efikasnosti i ekonomičnosti rada parnih blokova.

#### Reference

1. Termoelektrana „Nikola Tesla“ B, Publikacija PD „Termoelektrane Nikola Tesla“ d.o.o., Obrenovac, 2013. <http://www.tent.rs/sr/vesti/369-publikacija-o-tent-b>
2. Glavni projekat adaptacije parnog kotla BB-1880-prva faza „TE-Nikola Tesla B1“, RAFAKO S.A., Raciborz, Poljska, RAFAKO Engineering Solution d.o.o., Beograd, 2012.
3. V. Stevanović, M. Milić, Z. Stojanović, M. Jovanović, Energetski i ekonomski uticaji ugradnje dodatnog ekonomajzera na bloku B1 TENT B, Energija, ekonomija, ekologija, Br. 3-4, 2013, str. 299-307.
4. T. Wala, A. Mazurkiewicz, Z. Stojanovic, I. Gajic, Modernizacija kotla bb-1880 na bloku 620 MW u termoelektrani Nikola Tesla B- Obrenovac Srbija, Savetovanje Modernizacija kotłów i urządzeń pomocniczych, 2013, Polska.
5. A. Mazurkiewicz, B. Perković, Izveštaj o merenjima na kotlu i mlinovima bloka B1 u TENT B posle prve faze rekonstrukcije, Tehnički izveštaj, Energotechnika – Energorozruch, Gliwice, Poljska, 2013.
6. V. Stevanović, T. Wala, S. Muszynski, M. Milic, M. Jovanovic, Efficiency and power upgrade by an additional high pressure economizer installation at an aged 620 MWe lignite-fired power plant, Energy (2014), <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2014.01.001>