

Energetska efikasnost termoenergetskih postrojenja

Rezultati optimizacije na primjeru RiTE Ugljevik instalisane snage 300 MW

Zdravko Milovanović¹, Momir Samardžić², Darko Knežević¹,
Aleksandar Milašinović¹, Svetlana Dumonjić-Milovanović³

¹Univerzitet u Banjoj Luci, Mašinski fakultet, Banja Luka, Republika Srpska

²JMDP Elektroprivreda Republike Srpske, ZP RiTE Ugljevik, Ugljevik, Republika Srpska

³Partner Inženjering d.o.o., Banja Luka, Republika Srpska

zdravko.milovanovic@mf.unibl.org, samarmo@gmail.com, darko.knezevic@mf.unibl.org,
aleksandar.milasnovic@mf.unibl.org, svetlanadm@ymail.com

Sažetak—Polazeći od definicije energetske efikasnosti kao odnosa između ostvarenog rezultata u proizvodnji električne energije i za to utrošene energije iz energenata i gubitaka vezanih za vlastitu potrošnju na elektrani, potrebno je koristeći postojeću metodologiju za ocjenu rada termoenergetskih postrojenja (TEP) u okviru elektroenergetskog sistema (EES) izračunati određene pokazatelje efektivnosti, kao što su to: koeficijenti iskorišćenja vremena i snage, koeficijent energetske korisnosti sastavnih postrojenja i bloka u cjelini, način i količine proizvedene električne energije i utrošene toplotne energije iz goriva, količine upotrebene toplotne i električne energije za vlastite potrebe i sl. Pravilno izračunavanje ostvarenih karakteristika bloka omogućuje ocjenu energetske efikasnosti. Energetsku efikasnost bloka termoelektrane treba da slijede aktivnosti i radnje koje u normalnim okolnostima dovode do provjerenog i mjerljivog povećanja energetske efikasnosti postrojenja bloka, tehničkih sistema bloka, proizvodnih procesa i uštede primarne energije. Ove aktivnosti se zasnivaju na primjeni energetski efikasne tehnologije, odnosno postupaka kojima se postižu uštede energije i drugi prateći pozitivni efekti, a mogu da uključuju odgovarajuća rukovanja, održavanja i podešavanja na bloku termoelektrane, poboljšanje efikasnosti postojeće opreme i sistema, bez izmjena u bilo kom proizvodnom procesu datog postrojenja, ili u sistemu snabdijevanja energijom.

Ključne riječi—termoenergetska postrojenja; energetska efikasnost; studijske analize; rezultati optimizacija;

I. UVOD

Prema Strategiji razvoja energetike Republike Srpske do 2030. godine potrošnja energije u industriji Republici Srpskoj je u proteklom periodu činila 12% do 25% ukupne potrošnje energije u Republici Srpskoj odnosno od 18% do 35% udjela u potrošnji energije u industriji BiH. Početkom ove decenije je taj udio imao pad sa 34% na 18%, da bi se kasnije povećao na 35%. U apsolutnom iznosu, potrošnja energije u industriji Republike Srpske bilježi porast od 2002. godine. S obzirom na udio u potrošnji energije u industriji, najvažnije industrijske grane su: proizvodnja metala, hemijska industrija, industrija nemetalnih minerala, rudarstvo i kamenolomi, proizvodnja hrane, pića i cigareta, proizvodnja tekstila i kože, proizvodnja papira i grafike, mašinska proizvodnja i ostala industrija. Potrošnja finalne energije u najvećem dijelu, preko 50%, otpada na sektor proizvodnje metala. U tom sektoru daleko najveće učešće ima zvojnička fabrika glinice. Iz istog razloga

prirodni gas najviše učestvuje u potrošnji među gorivima. Dalji sektor velike potrošnje je proizvodnja hrane, pića i cigareta, dok su ostali pojedinačni sektori bitno manje zastupljeni. U potrošnji električne energije najveći procenat otpada na sektor proizvodnje hrane, pića i cigareta. Poređenjem oblika finalne potrošnje energije, daleko najzastupljeniji energent je prirodni gas, čija je potrošnja varirala u prethodnom periodu. Zatim su najviše trošena tečna goriva, u prvom redu mazut. Slijedi električna energija, dok su drveni otpad, ugalj te druga čvrsta goriva manje zastupljeni. Scenario razvoja potrošnje energije u industriji predviđa udvostručenje potrošnje finalne energije do 2030. prema scenariju S1, za oko 3% manji rast prema scenariju S2, i za oko 12% manji rast prema scenariju S3. Pritom se pretpostavlja da prerađivačka industrija ima 4 do 5 puta veće učešće od poljoprivrede, građevinarstva i rudarstva. Električna energija u ukupnoj dosadašnjoj potrošnji učestvuje sa manje od petine. Pretpostavlja se da će taj procenat rasti, ali za mjere povećanja energetske efikasnosti je stoga preporučljivo da se skoncentrišu na racionalnost korišćenja toplotne energije. Prirodni gas će zadržati vodeći udio među energentima, tako da se područje primjene mjera treba fokusirati na efikasnost toplotnih agregata, smanjenje distributivnih gubitaka i efikasnost toplotnih procesa. Kod električne energije najveći potencijal za primjenu mjera je u efikasnosti elektromotornih pogona. Odgovarajuće organizacione mjere – energetske auditi, sektorske analize i studije izvodljivosti povećanja energetske efikasnosti – su nezaobilazne u pravilnoj energetskoj politici za industriju. Prema kompleksnosti i investicijskoj intenzivnosti, primjenjive mjere povećanja energetske efikasnosti mogu se podijeliti na mjere: temeljne racionalizacije potrošnje energije (promjena ponašanja, upravljanje opterećenjem itd.), revitalizacije električne i toplotne infrastrukture, kompenzacije reaktivne energije, zahvata na potrošačima (zamjena, popravak i dr.), zahvata na energetskim agregatima (popravak, dogradnja, i dr.), izgradnje novog energetskog sistema (nova energana i energetska infrastruktura), kao i uvođenja i poboljšanja cjelovite regulacije i automatizacije. Poboljšanja bi trebalo planirati tako da se preduzimaju mjere prema navedenom rasporedu, s obzirom na to da prve podrazumijevaju manje investicije, jednostavnije projekte i bržu isplativost. Preduzimanje složenijih i skupljih mjera ima puni smisao tek kada su sprovedene jednostavnije i jeftinije mjere.

II. PRIKAZ POLAZNE BAZE PODATAKA

A. Vlastita potrošnja termoelektrane

Skup potrošnje svih uređaja koji osiguravaju normalni pogon termoelektrane naziva se sopstvena ili vlastita potrošnja. Opštu potrošnju čine svi ostali uređaji koji nemaju direktan uticaj na tehnološki proces u elektrani. Očuvanje kontinuiteta u snabdijevanju vlastite potrošnje električnom energijom neophodno je za siguran rad prilikom normalnih pogonskih uslova, u slučaju kratkotrajnih prelaznih stanja, kao i prilikom pokretanja i normalnog zaustavljanja, posebno je važno u slučaju zaustavljanja prilikom poremećaja i kvarova odnosno otkaza sistema. Sa rastućim jediničnim snagama blokova prisutan je i rast jediničnih snaga elektromotornih pogona vlastite potrošnje, a time i zahtjevi vezani za način napajanja. Osnovni problem je postizanje sigurnog napajanja u raznim pogonskim situacijama, uz što manje iznose struja kratkog spoja i pad napona prilikom pokretanja velikih asinhronih motora. Rješenje se postiže pravilnim izborom transformatora vlastite potrošnje i nivoa napona. Termoelektrane ložene ugljom imaju daleko najsloženiji sistem vlastite potrošnje (izuzev postrojenja vlastite potrošnje za nuklearne elektrane), a čine ga sljedeća postrojenja, uređaji i mehanizmi vlastite potrošnje sa elektro pogonima u sastavu:

- Sistema za dopremu i skladištenje osnovnog goriva - uglja (odlagači, istovarne dizalice, transporter, itd.);
- Sistema za potpalu i podršku vatre u kotlu (pretovarne mazutne pumpe, mazutne pumpe, itd.);
- Sistema za mljevenje uglja i pripremu ugljene prašine (mlinovi za ugalj, dozatori, dodavači, itd.);
- Kotlovskog postrojenja (elektrostatski filteri, ventilatori svježeg vazduha, ventilatori dimnih gasova, ventilatori recirkulisanog vrućeg vazduha, ventilatori hladnog gasa, itd.);
- Sistema odvoza šljake iz kotla (odšlakivač, drobilice šljake, transporter, itd.);
- Sistema za odvod pepela iz kotla (ventilatori vazduha za fluidizaciju, kompresori vazduha za transport pepela itd.);
- Napojnog sistema kotla (elektronapojne pumpe, buster pumpe, itd.);
- Turbogeneratorsko postrojenja (kondenz pumpe I i II stepena, ejektorske pumpe, cirkulacione pumpe, mrežne pumpe, pumpe za hlađenje vodonika, pumpe za ulje, itd.);
- Postrojenje za termičku pripremu vode (pumpe za postrojenja za zagrijavanje, pumpe za povratni kondenzat, itd.);
- Pomoćni uređaji i postrojenja glavnog pogonskog objekta (drenažne i požarne pumpe, liftovi, mosne dizalice, ventili na parnim i vodenim linijama, uređaji za punjenje akumulatorskih baterija, rezervne budilice, itd.);
- Postrojenje pomoćnih objekata termoelektrane (hemijska priprema vode, radionica, mazutna stanica, kompresorska postrojenja, itd.).

U električnu opremu vlastite potrošnje termoelektrane spadaju i transformatori vlastite i opšte potrošnje svih naponskih nivoa, sklopna postrojenja srednjeg i niskog napona, električni motori, metalom oklopljeni vodovi i kablovi za povezivanje pojedinih dijelova vlastite potrošnje, ventili za upravljanje, postrojenje istosmjernog napajanja, agregati za sigurnosno napajanje, kao i električna rasvjeta. U zavisnosti od njihove funkcije, pojedini potrošači vlastite potrošnje mogu biti od posebnog interesa (bitni) ili pomoćni. Prva grupa potrošača su oni čije i kratkotrajno zaustavljanje izaziva sniženje proizvodnje električne energije ili dovodi do zaustavljanja osnovnih agregata termoelektrane, a u posebnim slučajevima može izazvati i oštećenje osnovne i pomoćne opreme. Ovu grupu čine elektronapojne, kondenz pumpe I i II stepena, cirkulacione (rashladne) pumpe, ventilatori svježeg vazduha, ventilatori recirkulisanog vrućeg vazduha, ventilatori hladnog gasa, ventilatori dimnih gasova, dodavači i dozatori uglja, mazutne pumpe, električni pogoni ventila, itd. Pomoćni mehanizmi (potrošači) su oni čije kratkotrajno zaustavljanje izaziva smanjenje proizvodnje električne energije, a čine je mehanizmi za dopremu uglja, otprema šljake i pepela, itd. Uvažavajući mogućnost potpunog nestanka napona u termoelektrani pri havarijama, neki od bitnih mehanizama vlastite potrošnje ponekad se opremaju parnim pogonom pomoću oduzimanja pare iz turbine. To su najčešće elektronapojne pumpe parnog kotla bloka.

Za pogon potrošača vlastite potrošnje prvenstveno se primjenjuju asinhroni motori s kratkospojenim rotorom, koji su u poređenju sa drugim motorima pouzdaniji, ekonomičniji, jeftiniji i jednostavniji. Za njih nisu potrebni posebni uređaji za puštanje u pogon. Nabrojane prednosti potpuno kompenzuju neke njihove nedostatke, poput visokih vrijednosti poteznih struja, otežani uslovi regulacije brzine i sl.). Osim asinhronih motora, u termoelektranama se koriste i istosmjerni motori za rezervne uljne pumpe i neke takođe važne potrošače napajane istosmjernim naponom. Ako se pođe od činjenice o ukupnom broju motora za blokove snage 200 MW i 300 MW, koji iznosi preko 300 motora različitih nazivnih snaga i naponskih nivoa, onda nije teško zaključiti da je veoma bitno obezbijediti njihov pouzdan rad i pogonsku spremnost u svakom trenutku. Kako se u termoelektranama primjenjuju motori nazivnih snaga ispod 1 kW pa do nekoliko MW, to se za napajanje velikih motora (nazivne snage iznad 180 kW) koristi srednji napon (najčešće 6 ili 10 kV). Za napajanje niskonaponskih motora najčešće se koristi 0,4 kV, kako zbog korišćenja standardnih izvedbi motora tako i zbog olakšanog zadovoljenja zahtjeva zaštite od indirektnog dodira.

U okviru Tabele I dat je prikaz potrebnih jediničnih snaga pogonskih elektromotora za blokove TEP različitih nominalnih snaga. Uočava se da snage elektromotora ne rastu linearno sa snagama blokova, što se može protumačiti konstrukcijskim rješenjima i posebnostima, što osobito vrijedi za generatore pare.

TABELA I. PRIKAZ POTREBNIH JEDINIČNIH SNAGA POGONSKIH ELEKTROMOTORA ZA BLOKOVE TEP RAZLIČITIH NOMINALNIH SNAGA

Naziv pogonskog mehanizma	Snaga bloka, MW			
	413	520	666	827
	Jedinična snaga pogon. elektromotora, kW			
Napojne pumpe	7000	turbo	5000	10000
Pumpe rashladne vode, cirkulacione pumpe	1250	2500	2000	1500
Kondenzatne pumpe	600	1000	1500	1280
Pomoćne niskopritisne pumpe	300	600	1000	1500
Usisni ventilatori	-	7000	6000	5000
Ventilatori pod pritiskom	5500	8000	3500	6000
Kompresori za opšte potrebe	100	400	600	600

B. Analiza dosadašnje eksploatacije TE Ugljevik I

U periodu od 1975 do 1978. godine trajali su istražni i pripremni radovi kao i izrada projektne dokumentacije za izgradnju termoelektrane. Tehnički projekat je urađen za dva bloka 2x300 MW a projekat je uradila firma iz tadašnjeg SSSR-a "Teplenergoprojekt" (MOTEP). Izgradnja termoelektrane je zbog finansijskih problema trajala punih osam godina. Pripreme za probni pogon počele su tokom 1984 godine paralelno sa završetkom montažnih radova. Po završetku priprema i ispitivanja postrojenja pokrenute su operacije za puštanje termoelektrane u pogon. Prva sinhronizacija generatora na mrežu elektro energetskeg sistema je bila 29.03.1985. godine u 23 časa 45 minuta, da bi u novembru mjesecu iste godine krenula sa redovnom proizvodnjom. Instalirana snaga termoelektrane Ugljevik I je 300 MW sa projektovanim godišnjom proizvodnjom od 1.601 GWh. TE Ugljevik I je projektovana da radi 200.000 h, a zaključno sa 2015. godinom blok je radio na mreži elektroenergetskog sistema 165.600,66 h što je 82,47 % projektovanog radnog vijeka, pri čemu je proizvedeno, na generatoru 40.249,22 GWh odnosno predato na mrežu 36.927,27 GWh električne energije, Tabela II. Ostvarena je srednja snaga na pragu termoelektrane 222,99 MW što je 74,62 % od instalirane snage. Termoelektrana je u tom periodu imala 553 zastoja. Termoelektrana Ugljevik I ima vrlo kvalitetnu vezu sa prenosnom mrežom, tako što je preko blok-generatorskog transformatora 20/400 kV i razvodnog postrojenja, smještenog neposredno uz objekat spojena na elektroenergetski sistem preko tri 400 kV dalekovoda i to: DV Tuzla (BiH), DV Ernestinovo (Hrvatska) i DV Sremska Mitrovica (Srbija), koji pojedinačno imaju propusnu moć od 1260 MVA. Pored tri 400 kV dalekovoda, preko transformatora 400/115 kV termoelektrana je spojena, takođe, sa tri dalekovoda 110 kV na mrežu Republike Srpske i to: DV Zvornik, DV Bijeljina i DV Lopare. Funkcionalnu organizaciju termoelektrane čine sledeće radne cjeline i službe: Uprava termoelektrane, Proizvodnja električne energije, Održavanje TE, Centralna hemijska laboratorija, Investicije i razvoj, Remontna radionica i Služba zaštite na radu i zaštite od požara. Istovremeno sa izgradnjom termoelektrane izgrađen je i površinski kop Bogutovo Selo na udaljenosti od oko 2 km od termoelektrane. Ugalj se od rudnika do termoelektrane transportuje transporterom sa trakom. Eksploatacija mrkog uglja u Ugljevičkom basenu vrši

se od 1899. godine, i do danas otkopano je oko 43 miliona tona uglja. Do 1985. godine proizvodnja uglja bila je namjenjena širokoj potrošnji, a od 1985. godine najvećim dijelom, oko 97%, za potrebe TE Ugljevik 1 i oko 3% za široku potrošnju. Na površinskom kopu Bogutovo Selo eksploatacija se izvodi od 1978. godine i zaključno sa 2014. godinom otkopano je oko 42 miliona tona uglja i oko 228 miliona cm^3 otkrivke. Količina uglja do kraja eksploatacije sa ovog površinskog kopa iznosi oko 11 miliona tona. Projektovani godišnji kapacitet površinskog kopa iznosi 8,3 miliona cm^3 otkrivke i 1,75 miliona t uglja. Prosječni eksploatacioni koeficijent otkrivke iznosi 5,79 cm^3/toni . Transport uglja od otkopnih polja do objekta drobilane vrši se kamionima različite nosivosti. U drobilani se izvodi dvostepeno drobljenje uglja na granulaciju od 30 mm. Nakon toga, ugalj se transportuje transporterom sa gumenom trakom do deponije termoelektrane. Funkcionalnu organizaciju radne jedinice Rudnik čine sledeće radne cjeline i službe: Uprava Rudnika, RC Otkrivka, RC Proizvodnja uglja, RC Priprema i otprema uglja, RC Elektromašinsko održavanje, Razvoj i plan rudnika i Služba zaštite na radu i zaštite od požara. Iz „Rudnika i termoelektrane Ugljevik“ je u prvih šest mjeseca ove godine (I-VI 2017.) u elektroenergetski sistem Republike Srpske isporučeno 1.010,89 GWh električne energije što u odnosu na plan za taj period (639 GWh) predstavlja ostvarenje od 100,63 %. Rad termoelektrane je pratio i adekvatan rad rudnika PK „Bogutovo Selo“ gdje je sa ostvarenih 904.284 tona uglja plan proizvodnje za prvih šest mjeseci 2017. godine ostvaren sa 100%, a i ostvarenje otkrivke je takođe na nivou planirane. U ovom periodu su obavljene i pripreme za kapitalni remont termoelektrane u toku koga su, pored ostalog, planirani da se urade kapitalni remont turbine i generatora, kao i velika sanacija cjevnog sistema kotla i zamjena elektrofiltera kotla novim u cilju postizanja evropskih normi kvaliteta dimnih gasova na izlazu iz dimnjaka. U fazi je i realizacija projekta ugradnje sistema odsumporavanja dimnih gasova iz kotla bloka. Kapitalni remont termoelektrane je planiran da se radi tokom ljeta od jula do polovine oktobra radi zamjene elektrofilterskog postrojenja kotla, što je dogovoreno sa Elektroprivredom Republike Srpske. Paralelno sa remontom termoelektrane uradiće se i remont postrojenja za pripremu i otpremu uglja na rudniku.

Ostvarene karakteristike u eksploataciji bloka termoelektrane grupisane su prema pripadnosti za ocjene i analizu efekata eksploatacije bloka termoelektrane u tri grupe, [3], [7], [8]: vremenske karakteristike ostvarene u eksploataciji, energetske karakteristike ostvarene u eksploataciji i tehničko-ekonomske karakteristike ostvarene u eksploataciji.

C. Vremenske karakteristike ostvarene u eksploataciji

Vremenske karakteristike ostvarene u eksploataciji prikazuju stabilnost eksploatacije, iskorišćeno kalendarsko vrijeme za rad bloka, turbulencije u eksploataciji zbog neplanskih obustava odnosno pojave otkaza, kao i trajanje remonata i ostalih planskih otkaza u eksploataciji.

TABELA II. PRIKAZ PROIZVODNIH REZULTATA U EKSPLOATACIJI BLOKA TE UGLJEVIK I

Godina eksploatacije	Bruto izlaz – proizvodnja električne energije na generatoru (E_G), kWh	Neto izlaz – električna energija na pragu elektrane (E_P), kWh	Srednja raspoloživa bruto snaga – kapacitet $R_B = E_G / (T_e \cdot 1000)$, MW	Srednja raspoloživa neto snaga – kapacitet $R_N = E_P / (T_e \cdot 1000)$, MW	Vlastita potrošnja (E_{VP}), kWh	Koeficijent vlastite potrošnje $K_{VP} = E_{VP} / E_G$	Vrijeme rada (T_e), h
1985	977.807.920	906.308.216	239,86	222,32	71.499.704	0,073	4722,6
1986	1.534.742.880	1.403.085.182	243,17	222,31	131.657.698	0,086	6311,4
1987	1.355.066.880	1.241.765.896	246,57	225,86	113.300.984	0,084	5495,6
1988	1.888.284.000	1.744.802.320	266,92	246,62	143.481.680	0,076	7074,4
1989	1.684.325.120	1.550.848.120	264,03	243,11	133.477.000	0,079	6379,2
1990	1.797.250.000	1.664.838.000	256,79	237,87	132.412.000	0,074	6998,8
1991	1.490.117.000	1.383.320.000	246,79	229,10	106.797.000	0,072	6038,1
1992	605.184.000	560.929.000	234,46	222,32	44.255.000	0,073	2581,2
1993	0	0	0	0	0	0	0
1994	0	0	0	0	0	0	0
1995	112.533.000	101.668.000	197,41	178,27	10.865.000	0,0965	570,03
1996	953.064.000	850.298.586	209,61	187,01	102.765.414	0,108	4546,8
1997	1.047.381.400	940.326.970	215,36	193,35	107.054.430	0,102	4863,3
1998	1.310.179.200	1.176.657.261	213,4	191,65	133.521.939	0,102	6139,5
1999	1.399.555.200	1.271.027.809	213,91	194,27	128.527.391	0,092	6542,6
2000	1.165.401.600	1.062.154.898	227,86	207,67	103.246.702	0,089	5114,6
2001	1.009.428.000	917.293.017	213,74	194,23	92.134.983	0,091	4722,6
2002	1.341.202.560	1.235.290.673	235,35	216,77	105.911.887	0,079	5698,7
2003	1.338.798.240	1.229.237.428	228,07	209,40	109.560.812	0,082	5870,2
2004	1.129.579.200	1.024.719.476	223,67	202,91	104.859.724	0,093	5050,2
2005	1.042.860.000	944.411.397	237,06	214,68	98.448.603	0,094	4399,1
2006	1.392.469.920	1.259.995.635	229,92	208,05	132.474.285	0,095	6056,4
2007	1.582.463.520	1.441.501.094	245,40	223,25	142.165.719	0,090	6456,8
2008	1.660.921.440	1.512.545.954	246,80	224,73	148.375.486	0,089	6730,6
2009	1.687.237.920	1.554.699.541	249,50	229,91	132.538.379	0,079	6762,3
2010	1.423.314.840	1.315.720.000	250,74	231,79	107.594.840	0,076	5676,43
2011	1.977.944.160	1.836.224.000	274,36	254,70	141.720.160	0,072	7209,40
2012	1.982.602.560	1.837.054.000	266,70	247,12	145.548.560	0,073	7433,90
2013	1.749.621.480	1.616.802.000	264,46	244,36	132.819.480	0,076	6617,2
2014	1.718.047.200	1.591.398.000	265,40	245,83	126.649.200	0,074	6473,5
2015	1.891.836.960	1.752.352.000	267,77	248,03	139.484.960	0,074	7065,2
2016	1.888.335.840	1.749.968.000	263,35	244,05	139.378.960	0,074	7170,5
2017	1.010.888.640*	936.244.000	255,46	236,6	74.644.640	0,074	3957,1
UKUPNO	42.137.556.040	39.613.486.473	238,43	224,15	3.537.172.620	0,084	176728,26

*- do početka kapitalnog remonta 01.07.2017. godini

Normativi za vremenske karakteristike blokova od 300 MW i većih snaga su, [1]:

- za koeficijent eksploatacije (godina kapitalnog remonta - $K_e = 0,75$, godina srednjeg remonta - $K_e = 0,80$ i godina tekućeg remonta - $K_e = 0,825$);
- za koeficijent remonta (kapitalni remont - $K_r = 0,200$, srednji remont - $K_r = 0,150$ i tekući remont - $K_r = 0,125$).

Pregled izračunatih ostvarenih vremenskih karakteristika je prikazan u Tabeli III. Analizom ove tabele može se zaključiti da se je koeficijent eksploatacije po godinama posmatranog eksploatacionog vremenskog perioda mijenjao od 0,458 iz 2005. godine (minimalna vrijednost) do 0,8463 (2012. godine, maksimalna vrijednost). U toku 2005. godine je, pored ostvarenog minimalnog koeficijenta eksploatacije, ostvaren i maksimalan koeficijent otkaza. Slično, tokom 2012. godine, uz maksimalan koeficijent eksploatacije ostvaren je i minimalan koeficijent otkaza. Zbir ovih koeficijenata je uvijek jednak jedinici. S obzirom da je 2005. godina posebno karakteristična

tokom eksploatacije TE Ugljevik I za razmatrani period, treba istaći sljedeće:

- ostvarene su izuzetno loše vremenske karakteristike;
- izvršen je kapitalni remont i ostvareni koeficijent remonta - $K_r = 0,225$, koji je u odnosu na normativnu vrijednost veći za 9,76 %, što dalje govori o produženom remontu za 175 časova;
- neplanskih otkaza je bilo 24, uz ostvaren koeficijent - $K_{no} = 0,122$, zbog čega blok termoelektrane nije radio 1069 časova;
- tok eksploatacije u 2005. godini pratilo je zatrpavanje konvektivnih ogrijevniha šahti letećim pepelom, uz začepjenja svijetlih otvora za prolaz dimnih gasova zbog starog ekonomajzera, kao i planskih zastoja za čišćenje. pri čemu je ostvaren koeficijent - $K_{po} = 0,135$ (u normalnim uslovima eksploatacije nije slučaj da se planiraju zastoji), a zbog ovih događaja blok termoelektrane nije radio 1182 časa;
- zbog viška električne energije na tržištu bilo je potiskivanja TE sa mreže, pri čemu je ostvareni

koeficijent – $K_{pot} = 0,038$, zbog čega je blok bio u stanju tople rezerve 33 časa;

- ostvaren je koeficijent eksploatacije od 0,458, što je 61,5 % od normativne vrijednosti (najlošiji rezultat u

posmatranom vremenskom periodu), što je za rezultat imalo rad bloka na mreži od samo 4012 časova na godišnjem nivou.

TABELA III. VREMENSKE KARAKTERISTIKE OTKAZA-ZASTOJA U TOKU EKSPLOATACIJE NA BLOKU TE UGLJEVIK I

Godina eksploatacije	Kalendarsko vrijeme u eksploataciji m periodu - T_{ko} , h	Trajanje remonta u eksploataciji m periodu - T_r , h	Trajanje neplanskih zastoja - T_{noz} , h	Trajanje planskih zastoja - T_{pz} , h	Trajanje zastoja zbog potiskivanja sa mreže - T_p , h	Ostvareni koeficijenti otkaza - zastoja				Broj zastoja
						Koeficijent remonta - K_r	Koeficijent neplanskih otkaza - K_{no}	Koeficijent planskih otkaza - K_{po}	Koeficijent potiskivanja - K_p	
1985	6652	580,1	1.294,2	701	0,0	0,0862	0,1950	0,1160	0,0000	22
1986	8760	1.086,4	826,4	535,76	0,0	0,1240	0,0943	0,0612	0,0000	34
1987	8760	2.056,3	540,5	667,6	0,0	0,2347	0,0617	0,0762	0,0000	19
1988	8784	967,1	627,3	115,3	0,0	0,1101	0,0714	0,0131	0,0000	13
1989	8760	1.603,3	612,3	165,2	0,0	0,1830	0,0699	0,0189	0,0000	19
1990	8760	988,4	546,3	226,9	0,0	0,1128	0,0624	0,0259	0,0000	11
1991	8760	1.471,8	897,1	0	353,0	0,1680	0,1024	0,0000	0,0403	17
1992	8784	0,0	142,6	1092,7	0,0	0,0000	0,0162	0,6899	0,0000	3
1993	8760	0	0	8760	0	0	0	1	0	-
1994	8760	0	0	8760	0	0	0	1	0	-
1995	8760	1.824,0	326,7	6060,2	0,0	0,2082	0,0373	0,6894	0,0000	7
1996	8784	2.208,0	614,3	6039,3	0,0	0,2514	0,0699	0,1244	0,0367	18
1997	8760	2.779,0	1.117,7	0	322,2	0,3172	0,1276	0,0000	0,0000	16
1998	8760	1.683,1	937,4	0	0,0	0,1921	0,1070	0,0000	0,0000	18
1999	8760	1.375,2	662,5	179,72	0,0	0,1570	0,0756	0,0205	0,0000	24
2000	8784	1.441,1	1.683,5	544,9	0,0	0,1641	0,1917	0,0620	0,0000	28
2001	8760	1.749,2	1.602,7	685,3	0,0	0,1997	0,1830	0,0782	0,0000	17
2002	8760	1.492,0	1.387,0	182,3	0,0	0,1703	0,1583	0,0208	0,0000	26
2003	8760	1.358,7	1.531,2	0	0,0	0,1551	0,1748	0,0000	0,0000	22
2004	8784	768,0	1.568,0	128,4	0,0	0,0874	0,1785	0,0146	0,1445	23
2005	8760	1.970,9	1.072,1	981,8	1269,4	0,2250	0,1224	0,1121	0,0384	24
2006	8760	931,0	1.454,7	114,9	336,2	0,1063	0,1661	0,0131	0,0232	27
2007	8760	1.112,6	484,1	694,9	203,0	0,1270	0,0553	0,0793	0,0013	22
2008	8784	1.083,9	354,4	556,7	11,6	0,1234	0,0403	0,0630	0,0070	16
2009	8760	985,0	471,2	370,27	58,4	0,1124	0,0538	0,0423	0,0195	24
2010	8760	2.431,2	539,4	0	171,2	0,2775	0,0616	0,0000	0,0129	16
2011	8760	678,0	556,2	316,48	113,0	0,0774	0,0635	0,0361	0,0000	21
2012	8784	887,1	369,7	93,32	0,0	0,1010	0,0421	0,0106	0,0000	13
2013	8760	1.484,4	463,6	194,85	0,0	0,1695	0,0529	0,0222	0,0000	17
2014	8760	1.705,6	516,8	63,95	0,0	0,1947	0,0590	0,0073	0,0000	16
2015	8760	885,0	666,4	146,5	0,0	0,1010	0,00682	0,02425	0,0000	21
2016	8784	1009,72	408,20	195,62	0,0	0,1149	0,0465	0,0223	0	16
2017	8760	Remont u toku	321,50	64,40	0,0	-	0,08536	0,0223	0	13

*- do početka kapitalnog remonta 01.07.2017. godini

Najpovoljnije vremenske karakteristike su ostvarene 2012. godine, sa sljedećim karakteristikama, [1]:

- izvršen tekući remont i ostvaren koeficijent remonta – $K_r=0,101$, što je u odnosu na normativnu vrijednost manje za 19,2 %, što govori o skraćenom tekućem remontu u odnosu na normativ od oko 207 časova;
- ostvaren koeficijent neplanskih otkaza – $K_{no}=0,0421$, zbog čega blok nije radio 370 časova (neplanskih otkaza je bilo 13, što je ispod svih ostvarenih vrijednosti u dosadašnjoj eksploataciji termoelektrane;
- planski otkazi svedeni na minimalne vrijednosti iznose – $K_{po} = 0,0106$ i pokazuje da su zaprljanja konvektivnih šahti kotla svedena u minimalne okvire i da je zamjena ekonomajzera kotla novim dala

pozitivne rezultate (na otklanjanje planskih otkaza je utrošeno oko 93 časa);

- potiskivanja sa mreže nije bilo, što pokazuje da viška energije na tržištu takođe nije bilo;
- da je ostvaren maksimalan koeficijent eksploatacije $K_e = 0,8463$, što je za 2,58 % veće od normativne vrijednosti za tekuće remonte i pokazuje da je blok bio u radu oko 7.434 časova, što takođe predstavlja rekord u eksploataciji bloka TE Ugljevik;
- ukoliko se odbije vrijeme skraćenog remonta (što ne treba praktikovati) i dalje je koeficijent eksploatacije veći od normativne vrijednosti za 0,275 %, što daje predstavu o stabilnoj i dugotrajnoj proizvodnji električne energije.

Analizirajući vremenske karakteristike za posmatrane godine eksploatacije može se konstatovati da je zamjena ekonomajzera u remontu 2010. godine dala pozitivne rezultate za sve vremenske karakteristike. Tako, naprimjer koeficijent eksploatacije u periodu do 2010. godine je od 6 do 10 % manji

od normativne vrijednosti, a u periodu 2011. do 2015. godine veći za 0,2 do 2,6 %, što izraženo preko časova rada je manje za oko 434 do 728 (period 2005. do 2010. godine) ili za 12 do 160 časova više (period 2011. do 2015. godine).

III. PREGLED VREMENSKIH KARAKTERISTIKA BLOKA TE UGLJEVIK – SREDNJE VRIJEDNOSTI NA GODIŠNJEM NIVOU

Godina eksploatacije	Koeficijent eksploatacije K_e	Koeficijent neplanskih otkaza K_{no}	Koeficijent planskih otkaza K_{po}	Koeficijent remonta K_r	Koeficijent potiskivanja K_p	Koeficijent otkaza - zastoja K_o	Broj zastoja otkaza, n
2004	0,575	0,178	0,015	0,087	0,145	0,425	23
2005	0,458	0,122	0,113	0,225	0,038	0,542	24
2006	0,737	0,166	0,013	0,106	0,023	0,263	27
2007	0,767	0,055	0,079	0,128	0,001	0,233	22
2008	0,753	0,04	0,063	0,123	0,007	0,247	16
2009	0,7720	0,0926	0,0078	0,1124	0,0152	0,2280	24
2010	0,6479	0,0447	0,0169	0,2776	0,0129	0,3521	15
2011	0,8230	0,0635	0,0361	0,0774	0	0,1770	21
2012	0,8463	0,0399	0,0128	0,1010	0	0,1537	13
2013	0,7554	0,0593	0,0159	0,1694	0	0,2446	17
2014	0,7390	0,0590	0,0073	0,1947	0	0,2610	16
2015	0,8065	0,0682	0,02425	0,1010	0	0,1935	21
2016	0,8185	0,0465	0,0223	0,1149	0	0,1837	16
2017	0,9109	0,0853	0,0223	Remont u toku	0	0,1076	13

*- do početka kapitalnog remonta 01.07.2017. godini

Vremenske karakteristike za analizirane vremenske periode na nivou godine su u dozvoljenim granicama, a njihove vrijednosti su zavisile od uslova eksploatacije, kvaliteta goriva i poremećaja u eksploataciji, te dužine trajanja remonata, obima pojave otkaza (kvarova) i brzine otklanjanja nedostataka u toku trajanja zastoja. Ako se pri analizi vremenske karakteristike po godinama eksploatacije posmatranog vremenskog perioda uporede sa ostvarenim srednjim vrijednostima cjelokupnog dosadašnjeg efektivnog rada bloka termoelektrane, može se konstatovati da je:

- ostvareno vrijeme eksploatacije za analizirani period u odnosu na ukupno vrijeme eksploatacije od prve sinhronizacije iznosi 46,03 %, dok je u odnosu na ukupno kalendarsko vrijeme samo 28,16 %;
- ostvareni koeficijent eksploatacije u analiziranom periodu je veći za 0,11 ili za 18 % u odnosu na cjelokupni efektivni rad termoelektrane;
- blok termoelektrane je od prve sinhronizacije i zaključno sa 2015. godinom odradio 164.954 efektivnih časova rada, što predstavlja 82,5 % radnog vijeka ove vrste blokova termoelektrana.

Za blokove ove snage i izvedbe normativ radnog vijeka, uz ekonomsku opravdanost ulaganja, zadovoljenja ekoloških normi i dobro izvršenje tekućih održavanja, tekućih, srednjih i kapitalnih remonata iznosi 200.000 efektivnih časova rada. Radni vijek se može produžiti do 250.000 efektivnih časova rada ako se na vrijeme planiraju i izvrši revitalizacija uređaja, postrojenja i dijelova bloka, uz ekonomsku opravdanost i zadovoljenje ekoloških normi. Pod dobrim izvršenjem navedenih radnji tekućih, srednjih i kapitalnih remonata se podrazumijeva: da su remontu dobro isplanirani, zamijenjeni dotrajali dijelovi i sklopovi postrojenja, da se ne skraćuje vrijeme trajanja remonata na štetu kvaliteta ili smanjenja

obima planiranih zamjena dijelova i radova, da se redovno vrše kontrole materijala vitalnih dijelova i postrojenja bloka i preventivno djeluje, kao i da je dobro preventivno održavanje, uz vođenje istorijata događaja i ponašanja postrojenja, dijelova i sklopova postrojenja te njihovog radnog vijeka.

Ostvarene vremenske karakteristike za analizirani vremenski period su relativno dobre, ako se ima u vidu da su bila dva kapitalna remonta i jedan srednji. Takođe se može konstatovati da je bilo i skraćenja remonata (što nije dobro, pošto se kasnije događaju neplanirani otkazi). Broj otkaza, zbog kojih je blok termoelektrane bio izvan pogona u analiziranom vremenskom periodu je 240, što je 43,3 % od ukupnog broja otkaza od prve sinhronizacije termoelektrane. Analize govore da broj zastoja i njihovo trajanje ima trend smanjenja, odnosno ukazuje na poboljšanje rada bloka TE u cjelini za razmatrani period.

D. Energetske karakteristike ostvarene u eksploataciji

Srednje vrijednosti energetske karakteristike za posmatrani period su date u Tabeli IV. Kao osnovne energetske karakteristike za analizu i ocjenu kvaliteta proizvodnje električne energije bloka termoelektrane koriste se koeficijent iskorištenja snage bloka, koeficijent iskorištenja kapaciteta bloka, koeficijent vlastite potrošnje bloka i ukupni koeficijent iskorištenja termoelektrane. Analizirani rad bloka u posmatranom vremenskom proizvodnom periodu prema postignutim energetske karakteristikama može se grupisati u četiri grupe i to: prva grupa (godine 2004., 2005. i 2006.), druga grupa (godine 2007., 2008., 2009. i 2010.), treća grupa (godine 2011., 2012. 2013., 2014. i 2015.) i četvrta grupa (obuhvata period nakon izrade studije o energetskej efikasnosti, tj. godine 2016. i 2017.).

TABELA IV. PREGLED ENERGETSKIH KARAKTERISTIKA BLOKA TE UGLJEVIK– SREDNJE VRIJEDNOSTI NA GODIŠNJEM NIVOU

Godina eksploatacije	Koeficijent iskorišćenja snage K_N	Koeficijent vlastite potrošnje K_{vp}	Koeficijent iskorišćenja kapaciteta K_{ik}	Koeficijent korisnog dejstva TE - bruto η_{te-bru}	Koeficijent korisnog dejstva TE - neto $\eta_{te-neto}$
2004	0,747	0,0928	0,429	0,3336	0,3026
2005	0,790	0,0944	0,362	0,3374	0,3056
2006	0,767	0,0951	0,565	0,3360	0,3040
2007	0,817	0,0898	0,626	0,3399	0,3096
2008	0,823	0,0783	0,620	0,3409	0,3105
2009	0,832	0,0759	0,642	0,3405	0,3138
2010	0,837	0,0752	0,542	0,3409	0,3152
2011	0,913	0,0718	0,755	0,3415	0,3170
2012	0,890	0,0735	0,753	0,3429	0,3177
2013	0,881	0,0759	0,677	0,3285	0,3035
2014	0,885	0,0737	0,654	0,3381	0,3166
2015	0,893	0,0737	0,720	0,3421	0,3169
2016	0,893	0,0737	0,720	0,3421	0,3169
2017	0,893	0,0737	0,720	0,3421	0,3169
Normativ:	1.000	0,0700	0,75/0,80/0,825	0,3400	0,3200

U prvoj grupi nivo srednje ostvarenih koeficijenata iskorišćenja snage na godišnjem nivou je najmanji, a koeficijenta vlastite potrošnje najviši. Ostvarena srednja snaga na generatoru je od 225 do 237 MW. Ostvarene srednje vrijednosti koeficijenta vlastite potrošnje su od 9,21 do 9,51 %. Ostupanja od nominalnih vrijednosti su preko 25 %.

Ostvarene vrijednosti karakteristika daju sliku lošijeg perioda eksploatacije i slabije energetske efikasnosti bloka termoelektrane. Ovu konstataciju potvrđuje i ostvareni koeficijent iskorišćenja kapaciteta do 0,565 (manji od 60 %). U drugoj grupi posmatranog vremenskog proizvodnog perioda se nivo ostvarenih karakteristika iskorišćenja snage povećao do 0,835 (2010. godina), a koeficijent vlastite potrošnje smanjio na vrijednosti do 7,52 % (2010. godina). Ostvarene vrijednosti koeficijenta iskorišćenja snage su povećane za oko 5,5 %, a koeficijent vlastite potrošnje je smanjen drastično čak i do 16 %.

Koeficijent iskorišćenja kapaciteta je dostigao nivo vrijednosti do 0,642, što je u odnosu na prvi dio za 12 % veći i govori o povećanju energetske efikasnosti. Postignuti ostvareni nivo snage u ovom dijelu proizvodnog perioda je oko 250 MW. Zamjena zagrijača vode u kotlu bloka izvršena je u kapitalnom remontu iz 2010. godinr, zbog čega je ostvaren koeficijent remonta 0,26, a koeficijent iskorišćenja kapaciteta 0,542. U trećoj grupi posmatranog vremenskog proizvodnog perioda ostvarene su srednje vrijednosti energetske karakteristika iskorišćenja snage od 0,885 do 0,9145. To je za 5 do 8 % viši nivo u odnosu na drugi dio vremenskog proizvodnog perioda rada termoelektrane. Koeficijent vlastite potrošnje je dostigao nivo 7,18 %, što je 2,6 % veći od nominalne vrijednosti 7%. Snaga na generatoru je povećana na nivo oko 270 MW.

Maksimalno ostvarene vrijednosti koeficijenta iskorišćenja kapaciteta je 0,755 ili 75,5 %. Ostvarene vrijednosti energetske karakteristika u 2011. godini bile su najpovoljnije u odnosu na sve ostale godine eksploatacije bloka termoelektrane. Ukupni koeficijent iskorišćenja bloka termoelektrane je niži od normativne vrijednosti za oko 3 % u prosjeku, Tabela IV.

E. Tehničko-ekonomske karakteristike ostvarene u eksploataciji bloka TE Ugljevik 1

Ostvarene tehničko ekonomske karakteristike u eksploataciji bloka TE su predstavljene u Tabelama IV, V, VI i VII. Kao tehničko-ekonomske karakteristike bloka za analizu ekonomičnosti rada su uzete specifične potrošnje osnovnog i potpalinog goriva (maseni i toplotni udjeli), specifične potrošnje vode (kako sirove tako i obrađene) za potrebe napajanja kotla i opsluživanje bloka termoelektrane. Ostvarena srednja specifična potrošnja osnovnog goriva – uglja je bruto od 1 kg/kW_eh (2004. godina) do 1,076 kg/kW_eh (2013. godina), a neto je od 1,13 kg/kW_eh (2004. godina) do 1,164 kg/kW_eh (2013. godina). Ostvarena srednja specifična potrošnja potpalinog goriva – mazuta je bruto od 0,00068 kg/kW_eh (2012. godina) do 0,00315 kg/kW_eh (2005. godina), a neto je od 0,00073 kg/kW_eh (2012. godina) do 0,00348 kg/kW_eh (2005. godina), Tabela V. Za analizirani vremenski period proizvodnje električne energije od dvanaest godina ostvarena je srednja specifična potrošnja uglja – bruto od 1,0378 (kg/kW_eh) i neto 1,1289 (kg/kW_eh) i specifična potrošnja potpalinog goriva (mazuta) – bruto od 0,001561(kg/kW_eh) i neto – 0,001698 (kg/kW_eh). Ostvarene vrijednosti specifične potrošnje uglja su veće od računsko projektovanih u masenim jedinicama za 3 do 6 %, a mazuta su u granicama normativa. Ostvarena srednja specifična potrošnja toplotne energije iz osnovnog goriva – uglja je u granicama – bruto od 10.471kJ/kW_eh (2012. godina) do 10.902 kJ/kW_eh (2013. godina), a neto 11.292 kJ/kW_eh (2011. godina) do 11.798 kJ/kW_eh (2013. godina), Tabela VI.

Vrijednosti su veće od proračunskih od 0,4% do 5%, što govori o povećanoj potrošnji toplotne energije iz osnovnog goriva, a samim tim i povećanje količinskih vrijednosti. Proizvodnja električne energije se može okarakterisati sa aspekta potrošnje toplotne energije iz osnovnog goriva kao nedovoljno ekonomična. Primjera radi, tako u 2013. godini je zabilježeno povećanje potrošnja toplotne energije za isto proizvedenu električnu energiju u odnosu na projektovane vrijednosti za 712.096 GJ, što izraženo u masenim jedinicama je 70.070 tona uglja toplotne moći 10.163 kJ/kg. Posmatrano

za dvanaestogodišnji vremenski period proizvodnje električne energije, te količine su 3.858.448 GJ ili u masenim jedinicama cca 380.000 tona uglja. Ostvarena donja toplotna moć uglja

(10.167 kJ/kg) je u projektnim granicama, a odstupanje od garancijske vrijednosti (10.495 kJ/kg) je 3,1 prema nižoj projektnoj vrijednosti.

TABELA V. PREGLED OSTVARENIH SPECIFIČNIH UTROŠAKA GORIVA BLOKA – SREDNJE VRIJEDNOSTI NA GODIŠNJEM NIVOU

Godina eksploatacije	Specifična potrošnja uglja – bruto, g_{op} , kg/kWeh	Specifična potrošnja uglja – neto, g_{op} , kg/kWeh	Specifična potrošnja mazuta – bruto, g_{pg} , kg/kWeh	Specifična potrošnja mazuta – neto, g_{pg} , kg/kWeh	Donja toplotna moć trošenog uglja, H_d , kJ/kg
2004	1,0000	1,1000	0,00250	0,00276	10.690
2005	1,0242	1,1309	0,00315	0,00348	10.291
2006	1,0211	1,1285	0,00216	0,00239	10.407
2007	1,0432	1,1310	0,00156	0,00169	10.091
2008	1,0242	1,1110	0,00103	0,00112	10.269
2009	1,0455	1,1315	0,00157	0,00170	10.050
2010	1,0372	1,1220	0,00152	0,00165	10.120
2011	1,0718	1,1545	0,00142	0,00153	9.781
2012	1,0312	1,1129	0,00068	0,00073	10.154
2013	1,0756	1,1640	0,00142	0,00154	10.136
2014	1,0324	1,1146	0,001595	0,001722	10.138
2015	1,0232	1,1046	0,001333	0,001439	10.230
2016	1,0152	1,0955	0,001272	0,001373	10.311
2017	1,0423	1,1254	0,001431	0,001546	10.057
Proračunski:	1,009	1,0719	0,0015	0,0017	10.495

Za ocjenu ekonomičnosti proizvodnje električne energije značajni su i faktori specifične potrošnje sirove, dekarbonizovane i demineralizovane vode, Tabela VII. Analize pokazuju da su potrošnje dekarbonizovane vode niže od normativnih vrijednosti. Za analizirano vrijeme proizvodnje električne energije od deset godina manje su ostvarene vrednosti od normativa za 10,3 %, što govori o precijenjenosti normativa. Postojeće normative je potrebno promijeniti i na osnovu dvanaestogodišnje potrošnje uspostaviti novi normativ u svrhu preciznijeg planiranja i kvalitetnijih analiza troškova. Uz optimizaciju procesa proizvodnje i potrošnje dekarbonizovane vode i na bazi dvanaestogodišnjeg praćenja ostvarene specifične potrošnje za normativ bi se mogla dati preciznija vrijednost od 0,0028 m³/kW_eh i odnosio bi se na neto specifičnu potrošnju, a za

bruto je vrijednost 0,0026 m³/kW_eh. Analize pokazuju da su potrošnje demineralizovane vode niže od normativnih vrijednosti, pa za analizirano vrijeme proizvodnje električne energije od dvanaest godina manje su ostvarene vrijednosti od normativa za 11,3 %, što govori o normativu koji nije adekvatno određen. Uz optimizaciju procesa proizvodnje i potrošnje demineralizovane vode te na bazi dvanaestogodišnjeg praćenja ostvarene specifične potrošnje za normativ bi se mogla dati preciznija vrijednost od 0,00029 m³/kW_eh i odnosio bi se na neto specifičnu potrošnju, a za bruto je vrednost 0,00027 m³/kW_eh. Pored navedenih karakteristika potrebno je uzeti u razmatranje kao ekonomske faktore zaposlenu radnu snagu i troškove održavanja, kako bi se upotpunila ekonomska analiza i ekonomska efikasnost.

TABELA VI. PREGLED KOLIČINA PROIZVEDENE ELEKTRIČNE ENERGIJE I SPECIFIČNE POTROŠNJE TOPLOTNE ENERGIJE IZ GORIVA

Godina eksploatacije	Proizvodnja električne energije, E_G , kWh	Predmeta proizvedena električna energija na mrežu EES, E_p , kWh	Specifična potrošnja toplotne energije iz uglja – bruto, q_{og}^b , kJ/kWeh	Specifična potrošnja toplotne energije iz uglja – neto, q_{og}^n , kJ/kWeh	Specifična potrošnja toplotne energije iz mazuta – bruto, q_{pg}^b , kJ/kWeh	Specifična potrošnja toplotne energije iz mazuta – neto, q_{pg}^n , kJ/kWeh
2004	1.129.579.200	1.024.719.476	10.690	11.759	102,50	113,16
2005	1.042.860.000	944.411.397	10.580	11.682	129,15	142,68
2006	1.392.469.920	1.259.995.635	10.627	11.744	88,56	98,04
2007	1.582.463.520	1.441.501.094	10.527	11.413	64,07	69,46
2008	1.660.921.440	1.512.545.954	10.517	11.409	42,41	46,00
2009	1.687.237.920	1.554.699.541	10.508	11.372	64,57	69,88
2010	1.423.314.840	1.315.720.000	10.497	11.355	62,37	67,46
2011	1.977.944.160	1.836.224.000	10.483	11.292	58,29	62,79
2012	1.982.602.560	1.837.054.000	10.471	11.300	27,79	30,00
2013	1.749.621.480	1.616.802.000	10.902	11.798	58,40	63,20
2014	1.718.047.200	1.591.398.000	10.467	11.300	65,395	70,60
2015	1.891.836.960	1.752.352.000	10.488	11.301	54,66	59,01
2016	1.888.335.840	1.749.968.000	10.469	11.296	52,15	56,28
2017	1.010.888.640	936.244.000	10.284	11.318	58,69	63,37

IV. REZULTATI OPTIMIZACIJE PROCESA NA TERMoeLEKTRANI

A. Optimizacija u strukturi organizacije procesa rada TE

Optimizacija u strukturi organizacije procesa u okviru termoelektrane predstavlja vrlo važan faktor sa efektima na: sigurnost, pouzdanost, energetske efikasnost i ekonomičnost eksploatacije. Dobijeni optimizirani režimi rada za konkretne

uslove i za razmatranu termoelektranu omogućuju eksploatacionom osoblju koje vodi i prati rad bloka termoelektrane preventivno djelovanje uz svodenje rizika na minimum. Tako se na vrijeme registruje bilo kakva promjena kvaliteta uglja i propisuju uslovi za preventivno djelovanje, uz prateće preporuke za intervencije eksploatacionom personalu.

TABELA VII. PREGLED KOLIČINA PROIZVEDENE ELEKTRIČNE ENERGIJE I SPECIFIČNE POTROŠNJE TOPLOTNE ENERGIJE IZ GORIVA

Godine eksploatacije	Specifična potrošnja sirove vode - bruto	Specifična potrošnja sirove vode - neto	Specifična potrošnja deka vode - bruto	Specifična potrošnja deka vode - neto	Specifična potrošnja demi vode - bruto	Specifična potrošnja demi vode - neto
	v_{sv}^b , m ³ /kWh	v_{sv}^n , m ³ /kWh	v_{dk}^b , m ³ /kWh	v_{dk}^n , m ³ /kWh	v_{dm}^b , m ³ /kWh	v_{dm}^n , m ³ /kWh
2004	0,0029754	0,0032799	0,002651	0,002922	0,000304	0,000335
2005	0,0024484	0,0027037	0,002644	0,002919	0,0003143	0,000347
2006	0,0045498	0,0050281	0,002702	0,002986	0,0002957	0,0003268
2007	0,0041099	0,0045118	0,002843	0,003082	0,0002778	0,0003012
2008	0,0069875	0,0076729	0,002675	0,002901	0,0002462	0,0002671
2009	0,0049403	0,0053614	0,002635	0,002852	0,0002593	0,0002806
2010	0,0033931	0,0036705	0,002462	0,002663	0,0002943	0,0003184
2011	0,0050991	0,0054927	0,002369	0,002551	0,0002697	0,0002905
2012	0,0046406	0,0050083	0,002343	0,002529	0,0002316	0,0002500
2013	0,0042856	0,0039602	0,002153	0,002330	0,0001738	0,0001880
2014	0,0020164	0,0021769	0,002226	0,002403	0,0001558	0,0001444
2015	0,00426195	0,0046012	0,002194	0,002368	0,0001563	0,0001687
2016	0,00387637	0,00418286	0,002000	0,002158	0,0001575	0,0001699
2017	0,00396934	0,00428581	0,002215	0,002392	0,0001787	0,0001929
Normativ:	-	-	0,00284	0,00306	0,00030	0,00032

Od posebne važnosti je i saradnja stručnih timova sa eksploatacionim personalom, s ciljem postizanja što boljih uslova za vođenje uspostavljenih režima i sprovođenje pratećih eksperimenata (testova). Ova sinhronizacija u radu je od izuzetnog značaja za postizanje dobrih krajnjih rezultata, izradu tehničke dokumentacije i režimske karte rada bloka u eksploataciji, koja predstavlja završni stručni tehničko tehnološki dokument (režimsku kartu), nastao kao rezultat optimizacije parametara od strane stručnih timova na termoelektrani (TE). Režimske karte se izrađuje za vođenje i praćenje tehnološkog procesa termoelektrane, za pojedina postrojenja i dijelove procesa koji su od značaja za optimalan, pouzdan i siguran rad. Preporuke i podatke koje treba da sadrži režimska karta prikazane su u Tabeli VIII.

B. Racionalizacija potrošnje energije i prepreke za njihovo sprovođenje

Tendencija za racionalnim korišćenjem energije u razvijenim zemljama podrazumijeva da se za istu količinu proizvoda utroši što manje energije, [2]. Energetska i procesna industrija je uvijek iz ekonomskih razloga koristiti energiju što racionalnije. Kod razmatranja ukupno potrebne energije, za određeni proces proizvodnje, potrebno je uzeti u obzir ne samo potrošače energije, već cijeli proizvodni sistem kao cjelinu. Jednoj takvoj analizi koriste se različiti slijedeći kriteriji, od kojih posebno treba istaknuti sljedeće: procjenu korišćenja energije i sirovina, smanjenje zagađenja okoline, poboljšanje radnih uslova, poboljšanje kvalitete proizvoda, kao i procesa proizvodnje. Pri tome, sprovođenje racionalizacija potrošnje energije u okviru energetske i procesne kompanije imaće

dvostruki efekat (kako mikroekonomski efekat za onu radnu organizaciju koja ju sprovodi, tako i makroekonomski efekat za cijelu državu). Sa jedne strane, kompanija će smanjiti svoje troškove za energiju, pri čemu obim i veličina potencijalnih ušteda raste sa starošću postrojenja, kao i kvaliteta sprovedenog održavanja, a sa druge strane korist koju ostvaruje država leži u činjenici da će potrošnja energije ostati na istom stalnom nivou ili će se smanjiti i uz povećanu industrijsku proizvodnju i izgradnju novih fabrika. Smanjuju se i potrebe za investicijama u nove izvore energije. Zbog toga država treba svojom politikom (u prvom redu poreznom i kreditnom politikom) stimulirati ulaganja u projekte energetske efikasnosti i racionalizacije potrošnje energije. Poseban efekat kod racionalnije potrošnje energije je i sa aspekta zaštite životne sredine. Kako povećana potrošnja energije narušava održavanje postojeće ekološke ravnoteže, bilo kakvo smanjenje potrošnje energije ima uticaja i na mikro klimu (od poboljšanja radnih uslova do smanjenja zagađenja bliže okoline, ali i znatno šire za čitavo čovječanstvo, jer zagađenje prirode ne priznaje državne granice). Racionalizaciju potrošnje energije čini skup mjera kojima se, uz promjene organizacije rada, načina korištenja postrojenja i uređaja sa pratećom opremom, uređenja okoline i materijala, a uzimajući u obzir i sigurnost rada, zaštitu zdravlja i okoline, ostvaruje optimalna proizvodnost, potreban nivo kvaliteta proizvoda, kao i rentabilnost i ekonomičnost, uz prateće smanjenje utroška energije po jedinici proizvoda. Racionalizaciju korišćenja energije i prepreke za njihovo sprovođenje možemo svrstati u četiri grupe, Tabela IX.

TABELA VIII. PRIKAZ REZULTATA OPTIMIZACIJE PARAMETARA OD STRANE STRUČNIH TIMOVA NA TE

Stručni tim	Projektni zadatak	Preporuke i podaci sadržani u režimskoj karti	Napomena
Tim za pripremu, praćenje i analizu kvaliteta goriva	Režimska karta optimalnog vođenja dopreme uglja	1. Način prijema uglja – praćenje kvaliteta i količina sa Rudnika 2. Način odlaganja i miješanja na deponijama uglja termoelektrane 3. Odloženi ugalj po deponijama pokvalitetu i količinama 4. Plansko uzimanje uglja sa deponija i punjenja kotlovskih bunkera 5. Način uzorkovanja uglja sa deponija i vrsti analiza koje se sprovede 6. Saradnja sa ostalim timovima i razmjena rezultata 7. Saradnja sa operativnim personalom	A. Izradom i primjenom režimske karte se onemogućuje da ugalj nepoznatog kvaliteta dospjeje do ložišta kotla B. Režimska karta se detaljno razrađuje sa eksploatacionim personalom dopreme i pripreme uglja, uz strogo pridržavanje propisanih preporuka C. Primjena režimske karte olakšava rade ksploatacionom personalu kotlovskog postrojenja bloka i ima pozitivan efekat u radu kotla u okviru termoelektrane u cjelini
Tim optimizacije parametara tehnološkog procesa kotlovskog postrojenja	Parametri i veličine koje sadrži režimska karta optimalnog vođenja kotlovskog postrojenja bloka termoelektrane	1. Protok i temperatura napojne vode, 2. Temperatura medija u bubnju (za kotlove sa bubnjem), 3. Temperatura medija na izlazu iz ložišnog dijela (ako seradi o protočnim kotlovima sa nadkrićnim parametrima), 4. Temperatura medija na izlazu iz pojedinih pregrejača pare, 5. Temperatura i pritisak primarne pare na izlazu iz kotla pred turbinom, 6. Temperatura međupregrijane pare na ulazu i izlazu iz kotla (ukoliko kotao ima međupregrejače), 7. Broj ventilatora : dimnih gasova, svježeg vazduha i recirkulacije hladnih dimnih gasova i vrućeg vazduha (ako ih kotao ima ugrađene) u radu 8. Brzina obrtanja ventilatora 9. Broj mlinova u radu 10. Visina sloja uglja u dozatorima, uz napomenu visineza svaki dozator, uz mogućnost regulacije doziranjauglja (propisane vrednosti), propisane vrijednosti položaja uređaja za raspored ugljenog praha po gorionicima i uređaja za finoću meljave (separacine klapne mlinova), 11. Podpritisci ispred mlinova i temperatura aerosmješe iza mlinova 12. Sadržaj kiseonika u dimnim gasovima iza pojedinih ogrevnih površina kotla, sa protokom vazduha ka kotlu 13. Procenat otvorenost klapni na sekundarnom vazduhu za gorionike uglja i klapni na dodavanju primarnog i tercijalnog vazduha 14. Procenat otvorenost klapni na dodavanju recirkulisanih hladnih gasova (ukoliko se koristi u procesu) i otvorenost klapni na dodavanju vazduha zasušenje	A. Koristi rezultate tima za pripremu, praćenje i analizu kvaliteta goriva u razradi i analizi rezultata podešavanja iispitivanja kotlovskog postrojenja, izradi tehničkog izvještaja i režimske karte tehnološkog procesa kotlovskog postrojenja, B. Režimska karta se izrađuje po završenoj optimizaciji režima zamaksimalnu, nominalnu, minimalnu snagu i tri snage između nominalne i minimalne, C. Režimska karta treba da sadrži naziv parametara, oznaku i snagu sa vrijednostima i uputstvima, D. Propisuje se i režim čišćenja ogrijevnih površina za postojeće sisteme (ukoliko ih kotao posjeduje) E. Daju se i preporuke za pojedina postrojenja i pojave do kojih se došlo u fazi podešavanja i ispitivanja, F. Režimsku kartu vođa tima sa specijalistima reprezentuje radnom personalu i objašnjava njenu primjenu, G. Režimska karta se postavlja na vidno mjesto u termo komandi bloka, kako bi rukovaoci mogli da je koriste pri upravljanju, vođenju, poređenju veličina i analiziranih parametara, H. Eksploatacioni personal primjedbe na primjenu režimske karte (ako se pojave nelogičnosti) dostavlja vođi tima optimizacije, koje sa saradnicima razmatra i ponovo ispituje i dokazuje
Tim optimizacije parametara tehnološkog procesa kotlovskog postrojenja	Režimska karta za maksimalnu, nominalnu, minimalnu snagu i tri snage između nominalne i minimalne	1. Maksimalne temperature u ložištu za bezšljakajući režim kotla 2. Temperature dimnih gasova po dimnom traktu kotla (iza ogrevnih površina pregrejača pare) i dimnih gasova iza zagrijača vazduha 3. Potpritisk u vrhu ložišta kotla 4. Podpritisk iza zagrijača vode 5. Otpori u zagrejaču vazduha 6. Podpritisk ispred dimnih ventilatora 7. Temperatura vazduha iza kalorifera prije ulaza uzagrijač vazduha 8. Minimalna temperatura zidova cijevi zagrijačavazduha na ulazu (ako je zagrijač cjevasti i ukoliko ugalj ima veliki sadržaj sumpora) 9. Sadržaj sagorljivog u šljaci i u pepelu u %	
Tip optimizacije parametara turbinskog postrojenja	Režimska karta i prateći tehnički izvještaji uz prezentaciju eksploatacionom osoblju	1. Pritisak i temperatura pregrijane pare pred turbinom 2. Pritisak i temperatura ulja za podmazivanje i ulja za regulaciju 3. Osni pomak rotora turbine 4. Pritisak u komori regulacionog stepena turbine (sa uključenom i isključenom regeneracijom) 5. Maksimalna snaga (sa uključenom i isključenom regeneracijom) 6. Vakuum u turbinskom kondezatoru 7. Protok demi vode u kondezator 8. Nivo medija u kondezatoru 9. Pritiske i temperature pare na oduzimnim mjestima iz turbine ka potrošačima pare 10. Nivo u zagrijačima visokog i niskog pritiska 11. Pritisak u spremniku napojne vode 12. Pritiske i temperature medija u regenerativnim uređajima (ZNP, ZVP i dr.)	A. Parametri i veličine dobijene podešavanjima i ispitivanjima, obrađene i optimizirane se unosi u režimsku kartu B. Režimska karta sadrži ispitivane režime
Tim optimizacije parametara tehnološkog procesa generatorskog i transformatorskog postrojenja	Režimska karta i prateći tehnički izvještaji uz prezentaciju eksploatacionom personalu	1. Parametre i veličine dobijene podešavanjima iispitivanja obrađene i optimizovane za generatorsko postrojenje i prateću opremu, 2. Parametre i veličine dobijene podešavanjima i ispitivanja obrađene i optimizovane za transformatorsko postrojenje i prateću opremu, 3. Parametre i veličine dobijene podešavanjima i ispitivanja obrađene i optimizovane za prenosnu mrežu	A. Rezultate optimiziranja generatorskog procesa i transformatorskih postrojenja daje u obliku tehničkog izvještaja i prezentuje eksploatacionom personalu ovog dijela vođenja i upravljanja postrojenja, B. Parametre i veličine dobijene podešavanjima i ispitivanja obrađene i optimizovane unosi u režimsku kartu, C. Režimska karta sadrži veličine za ispitivane režime

Kako racionalizacija potrošnje energije u industrijskom postrojenju predstavlja kompleksan problem koji dodiruje različita naučna područja znanosti, odnosno ima interdisciplinarni karakter koji zahtjeva saradnju između

stručnjaka različitih profila (energetičari, elektrotehničari, elektroničari, mašinci, stručnjaci za mehaniku, hemiju, ekonomiju i dr.), dok sprovođenje određenih mjera ponekad zahtijeva i učešće posebno specijalizovanih stručnjaka za to

područje. Važno je istaći da primjena mjera za povećanje efikasnosti i racionalizacije energije pokriva čitav životni ciklus tehničkog sistema, počev od razrade ideje i izrade investicionog projekta (osnovni radni vijek), kao i rekonstrukcije, revitalizacije i modernizacije postojeće opreme na tehničkom sistemu (produženi radni vijek), kao i pri eventualnoj dogradnji i održavanju postojećih sistema. Pri tome, ocjenjivanje svih potencijalnih mjera za upravljanje

energijom (sem tehničke opravdanosti) zahtijeva i ekonomsku analizu, koja treba da obuhvati uz čiste ekonomske pokazatelje opravdanosti investicije u neku mjeru ili mjere vezane za energetske efikasnost i način finansiranja, sa preciznim identifikovanjem izvora sredstava, što danas može predstavljati veliki problem za zemlje u tranziciji kakva je BiH.

TABELA IX. GRUPE MJERA RACIONALIZACIJE KORIŠĆENJA ENERGIJE I PREPREKE ZA NJIHOVO SPROVOĐENJE

Redni broj	Naziv grupe	Opis mjera za djelovanje	Prepreke za njihovo sprovođenje
1.	Poboljšanje stepena djelovanja (tehničko-organizacione mjere)	- povećavaju stepen djelovanja kod proizvodnje, transformacije, akumulisanja i transporta energije - za određenu količinu potrošene energije treba smanjiti potrošnju primarne energije (podešavanje sagorijevanja ili izmjena gorionika i sl.)	➤ tehničke prirode (nedostatak informacija o odgovarajućim tehničkim rješenjima i pomanjkanje iskustva u upravljanju energijom, nemogućnost analiziranja potrošnje energije zbog nedostataka specijalne opreme i mjernih instrumenata) ➤ finansijske prirode (nedostatak novca, visoke kamate i nedostatak jednostavne i prihvatljive metode finansiranja kupovine opreme) ➤ ekonomske prirode (cijene energije, koje nisu realne u poređenju s cijenom proizvoda, nepoznavanje tačnog udjela troškova za energiju u cijeni proizvoda)
2.	Poboljšanje efikasnosti korišćenja (mjere rekonstrukcije, revitalizacije i modernizacije)	- postojeću korisnu energiju što efikasnije koristiti (npr. bolja izolacija, povećanje opterećenosti, rekonstrukcija zastarjelih postrojenja i sl.)	
3.	Upravljanje i usmjeravanje potrošnje (prinudne mjere)	- direktan uticaj na potrebe korisne energije (npr. niža temperatura prostorija, isključenje suvišne rasvjete, veća tehnološka disciplina) - njihovo provođenje zavisi uglavnom od ljudskog faktora, ali oni tokom vremena mogu biti prihvaćeni kao sasvim normalno stanje	
4.	Dugoročno strukturno smanjenje potreba (planske mjere)	- potrošnja energije se smanjuje izmjenom u strukturi proizvodnje - napuštaju se visokoenergetski proizvodi u korist visokoproduktivnih proizvoda uz malu potrošnju energije po jedinici proizvoda (primjena novih tehnologija) - zavisi od poslovne politike kompanije i zahtjeva dugoročno planiranje	

U zavisnosti od potrebnih finansijskih sredstava za finansiranje, potencijalne mjere mogu se svrstati u mjere koje ne zahtijevaju ulaganje finansijskih sredstava već uglavnom određeni napor i mijenjanje navika ljudi, zatim u mjere za čiju realizaciju su potrebna neznatna (mala) ulaganja, koje se

sprovode jednom i za koje troškovi nisu veliki (ali nisu ni zanemarljivi), kao i mjere koje zahtijevaju značajna (velika) finansijska sredstva, a koje se provode jednom u toku radnog vijeka tehničkog sistema, Tabela X.

TABELA X. PODJELA POTENCIJALNIH MJERA UPRAVLJANJA ENERGIJOM U ZAVISNOSTI OD POTREBNIH FINANSIJSKIH SREDSTAVA ZA FINANSIRANJE

Red. broj	Grpa mjera	Alternativan naziv	Kratak opis		Vremensko sprovođenje
1.	Mjere bez finansijskih ulaganja	Dobro upravljanje ili Domaćinsko ponašanje	- ne zahtijevaju ulaganje finansijskih sredstava već uglavnom određeni napor i mijenjanje navika ljudi - ne zahtijevaju ni korišćenje novih tehnologija		Sprovode se redovno, minimalno jednom mjesečno
2.	Mjere za čiju realizaciju su potrebna neznatna (mala) ulaganja	Bilansno upravljanje	- za koje troškovi nisu veliki, ali nisu ni zanemarljivi - u troškove sprovođenja ulaze troškovi nabavke pojedinih uređaja, troškovi montaže i uhođavanja uređaja i ljudi - uglavnom se koristi postojeća tehnologija, pa su zahtjevi za novom tehnologijom mali		Sprovode se bar jednom godišnje (redovan remont)
3.	Mjere koje zahtijevaju značajna (velika) finansijska sredstva	Plansko upravljanje ili Strategijsko upravljanje	- koje se provode jednom u toku radnog vijeka tehničkog sistema - zahtijevaju detaljnu tehničku i ekonomsku analizu opravdanosti ulaganja i izvora sredstava	Sprovođenje ovih mjera mora biti usko vezano sa planiranjem poslovne politike kompanije kako se ne bi sprovela neka mjera u proizvodnom procesu koji se relativno brzo napustiti (prije nego se vrate uložena sredstva)	

V. EFEKTI OPTIMIZACIJE PROCESA NA TERMoeLEKTRANI

U okviru Studije dat je pregled rezultata sprovedene analize mogućnosti praćenja i unapređenja energetske efikasnosti u proizvodnji električne i toplotne energije na nivou termoelektrane u okviru ZP RiTE Ugljevik u okviru MH

Elektroprivreda Republike Srpske Trebinje. Predložene mjere i njihov prioritet su dati u skladu sa navedenim rezultatima, što ne znači da bi se u praksi, u zavisnosti od trenutnih potreba i prioriteta ZP RiTE Ugljevik u okviru MH Elektroprivreda Republike Srpske Trebinje, izvršilo i nešto drugačije rangiranje pojedinih mjera. Prilikom predlaganja mjera

energetske efikasnosti vodilo se računa o trenutnom stanju opreme i finansijskim mogućnostima ZP RiTE Ugljevik, tako da su sva predložena poboljšanja u smislu smanjenja gubitaka i povećanja opšte energetske efikasnosti u realnim ostvarljivim granicama. Nova vrijednost sopstvene potrošnje termoelektrane koja se može postići primjenom predloženih mjera, još uvijek je iznad referentnih vrijednosti u odnosu na slične sisteme u svijetu, što znači da i dalje predstoji ozbiljan rad na analizi mogućih ušteda i smanjenju gubitaka u cjelini. Treba istaći da se očekuje da u prvom periodu implementacije sistema energetskeg menadžmenta bude prepoznato više kratkoročnih mjera, koje ne zahtijevaju finansijska ulaganja i više su organizacione prirode. Nakon uvođenja standarda BAS ISO 50001 i primjene odgovarajućih standardizovanih procedura u praksi, broj kratkoročnih mjera će se smanjivati, što takođe ukazuje na organizovano praćenje sprovođenja mjera energetske efikasnosti.

Na osnovu parametara uporedne analize energetske karakteristika i veličina u posmatranim vremenskim intervalima može se zaključiti da ostvarena vrijednost koeficijenta iskorišćenja snage bloka termoelektrane nije dostigao proračunsku vrijednost i da je 9,8 % niži, što pokazuje da revitalizacija nije dala maksimalan rezultat, odnosno da nije postignuta nominalna snaga bloka, ali u odnosu na period prije izvršene revitalizacije koeficijent je povećan za 9,06 %, što je rezultat povećane snage za 20 MW. Imajući u vidu eksploataciono ponašanje bloka termoelektrane i kvalitet uglja koji se koristio, nije za očekivati da se u budućoj eksploataciji znatnije poveća koeficijent iskorišćenja snage, a samim tim i snaga bloka. Znajući karakteristike kotla i njegovo ponašanje u dosadašnjoj eksploataciji, realno je očekivati prosječne vrijednosti koeficijenta iskorišćenja snage od oko 0,905, a ukoliko se nastavi sa revitalizacijom i konstruktivnim poboljšanjima moguće je ostvariti vrijednost koeficijenta iskorišćenja snage i do 0,95.

Ostvareni koeficijent eksploatacije u posmatranom periodu relativno je visok kada se uzmu u obzir karakteri otkaza i remonata, a u periodu nakon izvršene revitalizacije je veći od proračunskog za 4,34 %. Povećanje koeficijenta eksploatacije u navedenom periodu je rezultat smanjenja koeficijenta remonta i koeficijenta planskih otkaza, te nepostojanja koeficijenta potiskivanja. Ostvareni koeficijent eksploatacije je dostigao nivo nominalne vrijednosti i uz dobro održavanje moguće ga je održati u nominalnim vrednostima (0,8) za planirane srednje remonte.

Vidljivo je da se koeficijent remonta planski smanjuje u odnosu na računski, što nije dobro, jer ima negativne posljedice na kvalitet urađenih godišnjih remonata. Skraćivanje godišnjih remonata se odražava na kvalitet i kvantitet radova, što uvećava šanse za povećanje koeficijenta neplanskih otkaza (tokom 2013. godine se to i dogodilo). Neplanski otkazi su imali najniže vrijednosti 2008. (0,04) i 2012. godine (0,0421). I dalje su to vrijednosti ispod normativnih (0,05). Kada se posmatraju preostale godine iz navedenog vremenskog perioda, povećanje koeficijenta neplanskih otkaza je za 5,6 % veći u odnosu na normativ. Posljedica većeg broja neplanskih otkaza i isključenja

termoelektrane je smanjenje energetske efikasnosti i poskupljenje proizvoda. Samim tim se umanjuje i pogonska sigurnost i bezbjednost postrojenja i opreme bloka. Iz analize otkaza se da zaključiti da je u poslednjim godinama posmatranog perioda eksploatacije (2013., 2014. i 2015. god.) uzrok cijevni sistem kotla gdje prednjači KMPP I i II, što navodi na činjenicu da treba razmišljati o zamjeni istih novim. Time bi se smanjio broj neplanskih otkaza a povećali bi se proizvodni efekti, energetska efikasnost, bezbjednost i sigurnost rada kotla i bloka. Umanjeni koeficijent planskih otkaza (u odnosu na normativ 6,4 % i na raniji period 55,68 %) je rezultat izvršene zamjene zagrijača vode, što je dalo pozitivne rezultate na efekte proizvodnje, smanjenu potrošnju mazuta i poboljšanje pogonske spremnosti bloka termoelektrane.

Ostvarena srednja vrijednost koeficijenta vlastite potrošnje na nivou godine od 7,18 % (2011. godine), što je niže od normativne vrednosti (7,2 %), ali je i dalje veća od proračunske za 2,6 %. U periodu 2011. do 2013. godine, usljed smanjene vlastite potrošnje, dato je kumulativno više energije u elektroenergetski sistem, čime je postignut pozitivan efekat sa energetskeg i ekonomskog stanovišta.

Rezultati analize su pokazali da je trošen ugaj u periodu proizvodnje električne energije u posmatranom vremenskom razdoblju lošijeg kvaliteta, što se djelimično odrazilo i na specifičnu potrošnju uglja u procesu proizvodnje električne energije. Trošeni ugaj po donjoj toplotnoj moći je za 3,2 % lošiji od garancijskog, ali ne izlazi iz okvira projektovanog uglja (vrijednosti 8790 do 12.090 kJ/kg). Hemijske karakteristike uglja nisu obuhvaćene ovom analizom, ali i njih treba u narednom periodu uzeti kroz dodatnu analizu. Specifična potrošnja uglja je veća za oko 5 % u odnosu na proračunske vrijednosti. Na povećani koeficijent specifičnog utroška, pored lošijeg kvaliteta uglja, ima uticaj smanjenog stepena iskorištenja kotla.

U okviru analiziranog vremenskog perioda od deset godina specifične potrošnje dekarbonizovane i demineralizovane vode za proizvedenu električnu energiju u odnosu na normative su manje za 10,3 odnosno 11,3 %. Najvjerovatnije da normativne vrijednosti nisu određene na osnovu računskih pokazatelja i da su bile u startu prevelike. U cilju kvalitetnijih uporednih analiza i boljeg planiranja troškova proizvodnje potrebno je definisati nove normativne vrednosti za navedene koeficijente. Na bazi urađene analize u radu i iskustva iz proizvodnje predložene vrijednosti su za specifičnu potrošnju dekarbonizovane vode – bruto 0,0028 m³/kW_eh, odnosno za specifičnu potrošnju dekarbonizovane vode – neto 0,0026 m³/kW_eh. Slično, vrijednosti za specifičnu potrošnju demineralizovane vode su – bruto 0,00029 m³/kW_eh i specifična potrošnja demineralizovane vode – neto 0,00027 m³/kW_eh. Ostvarene specifične potrošnje toplotne energije osnovnog goriva su veće od proračunskih vrijednosti za 2,3%, što nam daje za pravo da konstatujemo da je koeficijent korisnog dejstva kotla pogoršan u odnosu na proračunske vrijednosti. Kako bi se uticalo na poboljšanje rada kotla i povećanje koeficijenta korisnog dejstva treba povećati kontrolu kvaliteta prijema uglja sa rudnika sa uvođem

softverskog sistema praćenja analiza i automatizacije rada dopremanja uglja do deponija termoelektrane, pravilnog miješanja po kvalitetu na deponijama i praćenja kvaliteta uglja do kotlovskih bunkera. Samim tim bi se obezbijedila veće sigurnos i bezbjednost postrojenja i eksploatacionog osoblja. Za posmatrani desetogodišnji period proizvodnje električne energije povećana je potrošnja toplotne energije za 3.858.448 GJ ili prevedeno u masene jedinice oko 380.000 tona uglja donje toplotne moći 10.163 kJ/kg. Slično, kada se uzme u obzir osnovno i potpalno gorivo ostvareni koeficijent korisnog dejstva termoelektrane je manji za 2,94% od normativne vrijednosti (0,32%), što za stare blokove predstavlja relativno dobro iskorišćenje. Karakteristično za ove blokove je da najekonomičniji rad ostvaruju pri opterećenjima od 269 do 272 MW, gledano sa stanovišta koeficijenta korisnog dejstva i specifične potrošnje toplotne energije.

U nastavku se daje pregled zaključaka vezanih za realizaciju III faze modernizacije i rekonstrukcije na TE Ugljevik I, čijom realizacijom se postiže značajan porast nivoa pokazatelja rada TE Ugljevik I. Preliminarne procjene su urađene na bazi detaljnih analiza tehničkih izvještaja ispitivanja i podešavanja, preporuka stručnih timova od strane projektanta kotlovskog agregata i tehno-ekonomskih pokazatelja eksploatacije u dosadašnjem radnom vijeku termoelektrane, [6]-[16]. Urađena preliminarna procjena energetske - ekonomske efikasnosti pokazuje da je završna - treća faza rekonstrukcije i modernizacije sklopova i sistema usmerena na povećanje efikasnosti razmjene toplotne energije u zonama prostora ložišta kotla bloka, ravnomernu raspodjelu razmjene toplote po svim stranama ekranskog ložišta kotlovskog agregata, manje zašljakivanje ogrevnih površina prostora ekranskog ložišta, niže temperature na ulazu u konvektivne dijelove kotla i mogućnost podizanja snage bloka na nominalne vrijednosti. Na osnovu dobijenih rezultata analiza preliminarne procjene povećanja energetske i ekonomske efikasnosti kotlovskog agregata i bloka termoelektrane da se zaključiti sledeće:

- Očekivani pozitivni efekti III faze rekonstrukcije i modernizacije kotlovskog agregata su: povećanje srednje snage bloka u prosjeku za 5,6 % u odnosu na tekuću a samim tim i povećanje proizvedene količine električne energije, na godišnjem nivou bi se planirao rad bloka od 7000 časova, troškovi održavanja bi se smanjili zbog obnavljanja dijela postrojenja, povećala bi se sigurnost rada kotlovskog postrojenja kao i bloka, smanjio bi se broj neplanskih otkaza (zastoja) bloka, bezbjednost osoblja na opsluživanju bloka bi se poboljšao, smanjila bi se i potrošnja mazuta sa smanjenim brojem zastoja, povećao bi se koeficijent iskorišćenja kotlovskog agregata pri uključenim ZVP za 2% minimalno;
- Povećana proizvodnja električne energije zahtijeva: povećanu potrošnju uglja u prosjeku za 2,4 % u odnosu na tekuću srednju potrošnju, povećanu potrošnju dekarbonizovane vode za 6,12 % u odnosu na tekuću srednju potrošnju, povećanu potrošnju

demineralizovane vode za 6,12 % u odnosu na tekuću srednju potrošnju;

- Očekivani ekonomski efekti treće faze rekonstrukcije i modernizacije kotlovskog agregata su: jednokratni troškovi za treću fazu rekonstrukcije i modernizacije su cca 6.393.490 EUR-a, zbirna godišnja dobit od povećanja srednje snage bloka bi se uvećala za 3.702.520 EUR-a, godišnji porast bilansne dobiti bi bio uvećan za 3.542.683 EUR-a, godišnji porast čiste dobiti bi bio uvećan za 2.657.012,25 EUR-a, investicija bi se otplatila za period od 2,3 godine.

VI. ZAKLJUČAK

Na osnovu svih postignutih rezultata i sagledavanja kompleksne problematike sa sigurnošću se konstatuje da se treba ići u realizaciju III faze rekonstrukcije i modernizacije kotlovskog agregata. Dobijeni ekonomski pokazatelji potvrđuju isplativost investicije za nepune tri godine eksploatacije i njenu opravdanost.

ZAHVALNICA

Autori zahvaljuju rukovodstvu RiTE Ugljevik, kao i stručnom osoblju na termoelektrani, na pomoći i podršci tokom realizacije predmetne studije [1], na bazi koje je i nastao ovaj rad.

LITERATURA

- [1] Z. Milovanovic, M. Samardžić i dr., Studija o energetske efikasnosti TE Ugljevik I, Institut za građevinarstvo IG, PC Trebinje, Trebinje, 2014.
- [2] Zakon o energetske efikasnosti, Službeni glasnik Republike Srpske, broj 59/13,
- [3] Akcioni plan energetske efikasnosti Republike Srpske do 2018. Godine; Vlada Republike Srpske, Banja Luka, 2013.
- [4] Z. Milovanovic, M. Samardžić, Analiza energetske efikasnosti rada TE Ugljevik za period 2004-2014. godina, ENEF 2015, Banja Luka, 2015.
- [5] Z. Milovanovic, The algorithm of activities for improvement of competitiveness of power-process plant, Communications in Dependability and Quality Management, No. 3, pp. 18-28, 2009
- [6] Tehnički otčet energobloka 300 MVt TЭС Uglevik, VO KOTЭС, Moskva, 2012.
- [7] Z. Milovanovic, Optimization of Power Plant Reliability, University of Banja Luka, Faculty of Mechanical Engineering Banja Luka, Banja Luka, 2003
- [8] Mjesečni izvještaji proizvodnje električne energije TE Ugljevik za 2004., 2005., 2006., 2007., 2008., 2009., 2010., 2011., 2012., 2013., 2014. i 2015. godinu
- [9] Godišnji izvještaji o kretanjima i zastojima TE Ugljevik 2004., 2005., 2006., 2007., 2008., 2009., 2010., 2011., 2012., 2013., 2014. i 2015. godinu
- [10] Grupa autora, Tehnički izvještaj podešavanja i ispitivanja kotla P-64 TE Ugljevik, Ugljevik, 1988.
- [11] Normativna ispitivanja bloka TE Ugljevik, Institut za elektroprivredu Zagreb, Zagreb, 1989.
- [12] Z. Milovanović, Optimizacija pouzdanosti termoelektrana, Univerzitet u Banjoj Luci, Mašinski fakultet Banja Luka, Banja Luka, 2003.,
- [13] Tehnički izvještaj o rezultatima toplotnih ispitivanja kotla P-64-1 energetskog bloka 300 MW Termoelektrana "Ugljevik". Izveštaj ZAO "KOTES" inv. № 121188, Novosibirsk, 2012.
- [14] Tehnički izvještaj o rezultatima toplotnih (funkcionalnih) ispitivanja turboagregata K-300-240-1 LMZ energetskog bloka № 1

Termoelektrana "Ugljevik". Izveštaj ZAO "KOTES" inv. № 121189, Novosibirsk, 2012.

- [15] Tehnički izveštaj o rezultatima režimsko-podešavajućih radova i ispitivanja po optimizaciji režima rada osnovne i pomoćne opreme kotla P-64-1 (Pp-1000-255) energetskog bloka 300 MW Termoelektrane "Ugljevik" posle prve etape rekonstrukcije. ZAO KOTES, Novosibirsk, 2010.
- [16] Tehnički izveštaj o provođenju ispitivanja kotla P-64 energetskog bloka 300 MW termoelektrana «Gacko» za razrade normativnih energetskih karakteristika opreme. ZAO KOTES, Novosibirsk, 2010.

ABSTRACT

Starting from the definition of energy efficiency as a ratio between realized result in the electricity production and consumed energy from the energy generating products, together with losses related to own consumption in the plant, it is necessary to calculate certain indicators of the efficiency based on existing methodology for evaluation of thermal energetic plants (TEP) inside the electric energy system (EES), and those indicators are: efficiency coefficients of time and the power, coefficients of energy efficiency of including facilities and of the block as a whole, way of production and quantities of produced electricity and consumed heat from the fuel, quantities of consumed heat and electricity for own needs, etc. Correct calculation of realized characteristics of the block enables evaluation of energy efficiency. Energy

efficiency of the thermal power plant block must be followed with activities and measures which in normal circumstances lead to verifiable and measurable increase of energy efficiency of the block, technical systems of the block, production processes and savings of the primary energy. Those activities are based on application of energy efficient technology, respectively on measures for achieving energy savings and other positive effects and can include adequate handling, maintenance and tuning of the thermal power plant block, increasing efficiency of existing equipment and systems without making any change in any production process of the facility, nor in the system for the energy supply.

Key words: thermal power plant, energy efficiency, study analysis, results of optimization

ENERGY EFFICIENCY OF THERMAL POWER PLANTS - RESULTS OF OPTIMIZATION ON EXAMPLE OF MINE AND THERMAL POWER PLANT UGLJEVIK WITH INSTALLED POWER OF 300 MW

Zdravko Milovanović, Momir Samardžić, Darko Knežević, Aleksandar Milašinović, Svetlana Dumonjić-Milovanović