



*POVEĆANJE STEPENA KORISNOSTI KOTLA I TEHNO-  
EKONOMSKA ANALIZA UGRADNJE UTILIZATORA NA  
VRELOVODNOM KOTLU SNAGE 116 MW NA TOPLANI  
KONJARNIK*

*JKP „BEOGRADSKE ELEKTRANE“*

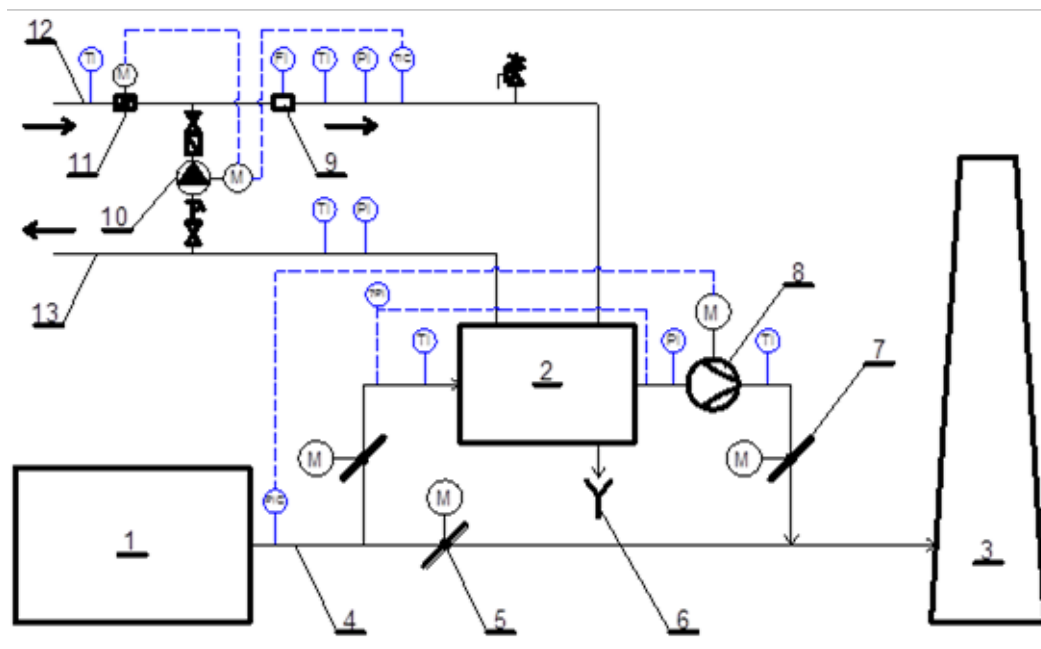
Vladimir Tanasić<sup>1</sup>, Marko Mladenović<sup>1</sup>

<sup>1</sup> JKP „Beogradske elektrane“, Beograd, Srbija

## OPIS POSTROJENJA

- ❑ Četiri kotlovske jedinice ukupne snage: 302MW + 9,5MW utilizatori
- ❑ Konzum: 430MW
- ❑ Isporučena toplotna energija 2015/2016: 375000MWh
- ❑ Broj magistrala: tri (Vračar, Bulevar Kralja Aleksandra, Konjarnik)
- ❑ Ukupan broj podstanica: 1900
- ❑ Način regulacije: Spoljni senzor temperature i regulacioni ventil
- ❑ Ukupna dužina toplovoda: preko 200 km

# TEHNOLOŠKA ŠEMA POVEZIVANJA



Slika 1 – Tehnološka šema povezivanja

1. Vrelvodni kotao TE-400, kapaciteta 116 MW

2. Utilizator, kapaciteta 6 MW

3. Dimnjak visine - 100 m

4. Zidani dimni kanali

5. Tablasti zatvarač sa el.mot. pogonom

6. Odmuljvanje

7. Pregradna armatura sa el.mot. pogonom

8. Aksijalni ventilator, protok 59m<sup>3</sup>/s

9. El.magnetni merač protoka

10. Recirkulaciona pumpa, snaga 5.5 kW

11. Regulacioni ventil sa el.mot. pogonom

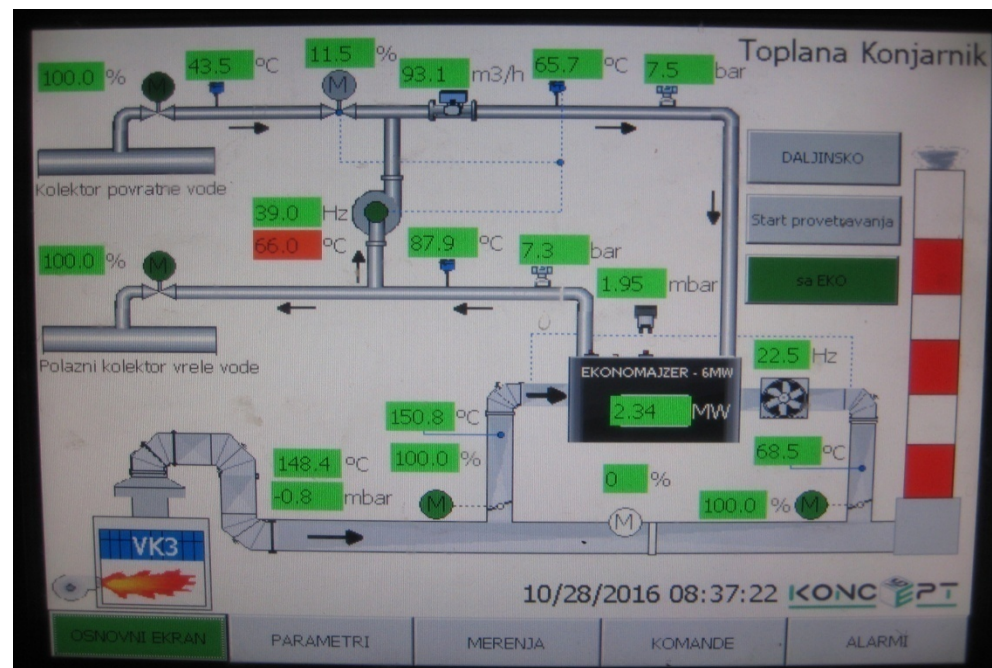
12. Dvodna cev

13. Izlazna cev ka sabirnom kolektoru

# Opis utilizatora



Slika 2 – Položaj utilizatora u obilaznom vodu dimnog kanala



Slika 3 – SCADA sistem za vizuelizaciju i upravljanje

## Opis utilizatora

- Utilizator je izrađen od spiralno orebrenih cevi  $\varnothing 38 \times 3,2$  mm od čelika P235GH (Č.1214). Cevi su postavljene u šahovskom rasporedu čime je postignut visok koeficijent prelaza toplote prinudnom konvekcijom

Nazivna snaga utilizatora	6 MW	Visina rebra	12,5 mm
Protok vode kroz utilizator	148 t/h	Korak rebra	8 mm
Razmenjivačka površina	$H = 3505 \text{ m}^2$	Brzina vode u orebrenim cevima	0,436 m/s
Broj cevi u jednom redu	50	Ukupan pad pritiska u utilizatoru sa vodene strane	$\Delta p_w = 8576 \text{ Pa}$
Broj redova po toku gasova	30	Srednja brzina dimnih gasova kroz utilizator	11,5 m/s
Ukupan broj cevi	1476	Pad pritiska kroz utilizator sa gasne strane	$\Delta p_g = 762 \text{ Pa}$
Poprečni korak	74 mm	Koeficijent prolaza toplote	$k = 63,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Uzdužni korak	61 mm	Maksimalni radni dozvoljeni pritisak	25 bar
Dužina cevi	3800 mm	Ispitni/ radni pritisak	30/16 bar

Tehničke karakteristike utilizatora

# IZVOD IZ PRORAČUNA STEPENA ISKORIŠĆENJA KOTLA SA I BEZ UTILIZATORA

<b>Izmerene vrednosti procesnih parametara</b>			
Toplotna snaga kotla bez utilizatora	95,3 MW	Temperatura vode na izlazu iz kotla	149,8°C
Toplotna snaga utilizatora	3,9 MW	Protok vode kroz kotao	556,8 kg/s
Ukupna toplotna snaga kotla	99,2 MW	Temperatura vode na ulazu u utilizator	66°C
Toplotna snaga kotla u odnosu na maksimalnu toplotnu snagu kotla	81%	Temperatura vode na izlazu iz utilizatora	96°C
Temperatura dimnih gasova na izlazu iz kotla	159,2°C	Protok vode kroz utilizator	30,6 kg/s
Temperatura dimnih gasova na izlazu iz utilizatora	72°C	Pritisak vode na ulazu u utilizator	8,3 bar
Potrošnja goriva	10148 m <sup>3</sup> /h	Pritisak vode na izlazu iz utilizatora	8,0 bar
Pritisak vode na ulazu u kotao	17,5 bar	Sadržaj kiseonika u dimnim gasovima na izlazu iz kotla	1,51%
Pritisak vode na izlazu iz kotla	15,5 bar	Temperatura goriva	8°C
Temperatura vode na ulazu u kotao	109,6°C	Temperatura vazdha za sagorevanje	24°C
<b>Izračunate vrednosti</b>			
Koeficijent viška vazduha	1,08	Gubitak toplote usled spol-jašnjeg hlađenja kotla (sa EKO)	0,28 MW
Donja toplotna moć goriva [2]	34800 kJ/Sm <sup>3</sup>	Ukupni gubici toplote u kotlu (bez EKO)	7,32 MW
Količina toplote uneta gorivom	102,67 MW	Ukupni gubici toplote u kotlu (sa EKO)	3,43 MW
Gubitak toplote usled hemijske nepotpunosti sagorevanja	0 MW	Stepen korisnosti kotla	92,9%
Gubitak toplote sa produktima sagorevanja (bez EKO)	7,05 MW	Stepen korisnosti kotla i utilizatora	96,7%
Gubitak toplote sa produktima sagorevanja (sa EKO)	3,15 MW	Stvarna potrošnja goriva	10111 m <sup>3</sup> /h 10666 Sm <sup>3</sup> /h
Gubitak toplote usled spoljašnjeg hlađenja kotla (bez EKO)	0,27 MW	Relativna greška merenja potrošnje goriva	0,4%

Izvod iz proračuna stepena korisnosti sa i bez utilizatora

# TEHNOEKONOMSKA ANALIZA

- U cilju tehno-ekonomske analize razmatran je rad utilizatora u poslednje dve grejne sezone (sezona 2014/2015. i 2015/2016).

<b>Grejna sezona</b>	<b>2014/2015.</b>		<b>2015/2016.</b>	
Mesec	Br. radnih sati (h)	Proizvedena toplotna energija (MWh)	Br. radnih sati (h)	Proizvedena toplotna energija (MWh)
oktobar	28	93	393	907
novembar	373	917	489	1247
decembar	590	1439	612	1449
januar	629	1635	650	1540
februar	585	1543	504	1180
mart	576	1478	555	1348
april	285	670	216	503
<b>Ukupno:</b>	<b>3066</b>	<b>7775</b>	<b>3419</b>	<b>8174</b>

Broj radnih sati i proizvedena toplotna energija

## TEHNOEKONOMSKA ANALIZA

- Uštedu u potrošnji prirodnog gasa možemo izračunati kao:

$$B = \frac{Q_{eko}}{H_d \cdot \eta_k} = 916607 \text{ m}^3$$

- $Q_{eko}$  -prosečna proizvedena toplotna energija utilizatora
- $H_d$  -prosečna vrednost donje toplotne moći prirodnog gasa
- $\eta_k$  -proračunati stepen iskorišćenja kotla
- Sa trenutno cenom prirodnog gasa od 39,35 din/Sm<sup>3</sup>



# TEHNOEKONOMSKA ANALIZA

1. Ukupni investicioni troškovi	2. Uštede u potrošnji prirodnog gasa	3. Troškovi eksploatacije	4. Ukupne neto uštede (2-3)	5. Prost period otplate investicije (1/4)
EUR	EUR/god	EUR/god	EUR/god	god
566500	293240	18070	275170	2,05

Sumirani rezultati tehno-ekonomske analize

- ❑ Prost period otplate investicije 2 godine.
- ❑ Obzirom na predviđeni radni vek utilizatora od 15 godina, investicija se smatra isplativom.

## ZAKLJUČAK

- ❑ U protekle dve grejne sezone utilizator toplotne snage 6MW iskoristio je 15949 MWh otpadne toplote dimnih gasova, što je ekvivalentno uštedi u primarnom gorivu od 293240m<sup>3</sup>.
- ❑ Projekat ugradnje utilizatora na Toplani Konjarnik je uspešan primer dobre prakse za povećanja energetske efikasnosti koja je rezultovala povećanjem stepena iskorišćenja kotla prema proračunu za 3,8%.
- ❑ Sve ovo ima za posledicu smanjenje emisije CO<sub>2</sub> i povećanje ukupnog stepena iskorišćenja postrojenja.

## Kontakt

Vladimir Tanasic, dipl.maš.inž.

**e-mail:** [v.tanasic@beoelektrane.rs](mailto:v.tanasic@beoelektrane.rs)

Marko Mladenović, dipl.maš.inž

**e-mail:** [b.vidacic@beoelektrane.rs](mailto:b.vidacic@beoelektrane.rs)

