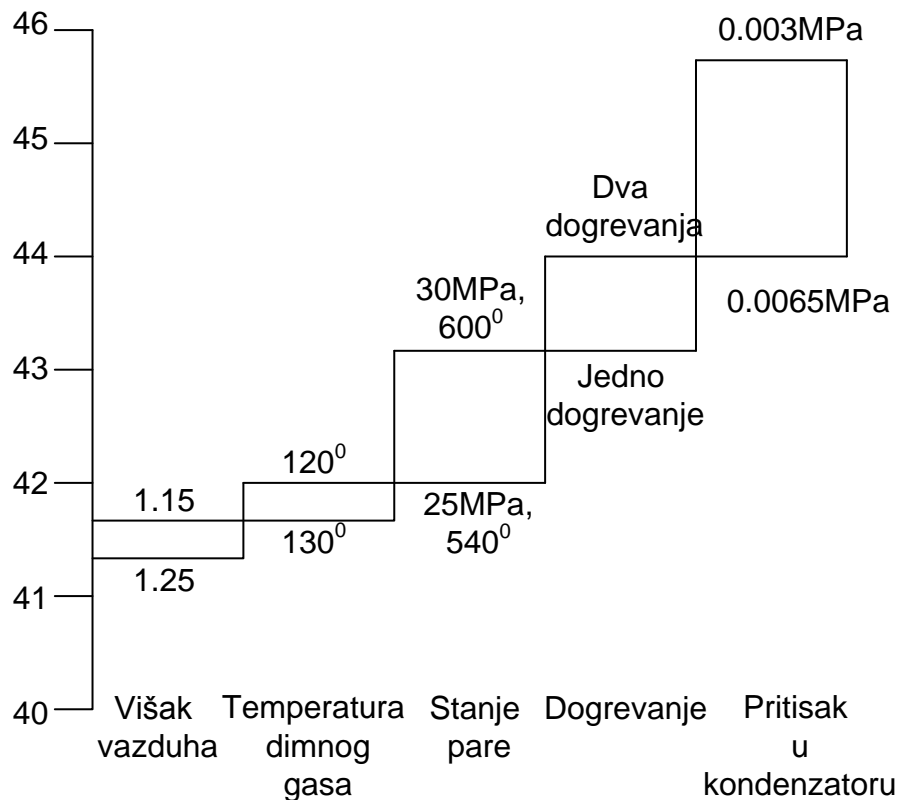
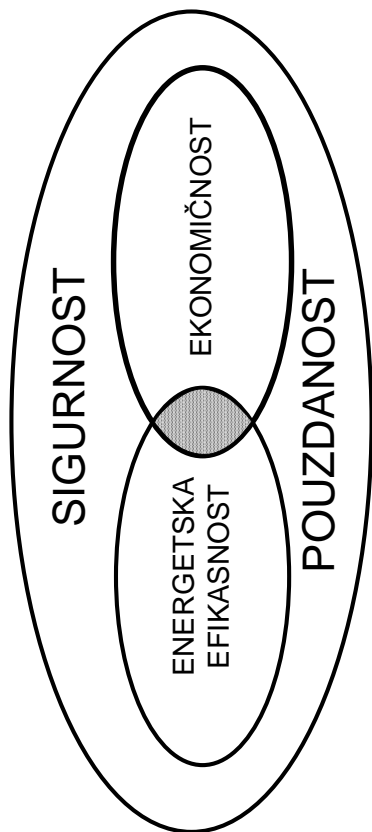


PRIMERI POVEĆANJA ENERGETSKE EFIKSANOSTI I SNAGE BLOKOVA TERMOELEKTRANA

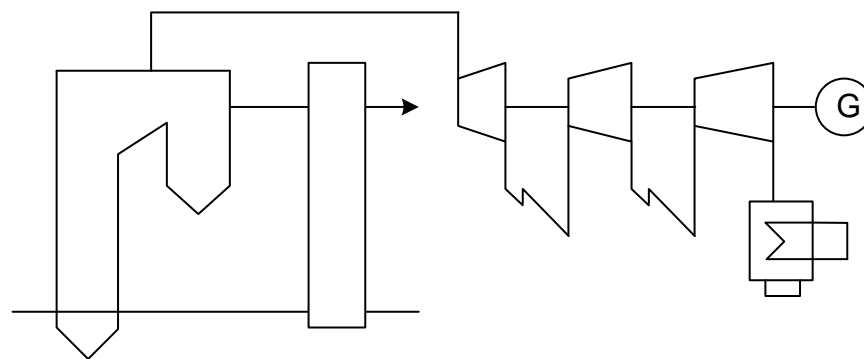
Vladimir Stevanović

Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu

Uvod- povećanje energetske efikasnosti



- Dodatne mere:
- Homogenizacija uglja
 - Granulacija uglja,
 - Izolacija,
 - Zaptivanje kotla,
 - Čišćenje grejnih površina u kotlu i kondenzatora ,
 - Iskorišćenje energije toka rashladne vode kondenzatora,
 - Smanjenje sopstvene potrošnje,
 - ...



Ref.: J.M. Beer, High efficiency electric power generation: The environmental role, Progress in Energy and Combustion Science 33 (2007) 107-134

Uvod: povećanje energetske efikasnosti i snage termo blokova

Isplativost povećanja energetske efikasnosti i povećanja snage pri kapitalnim remontima:

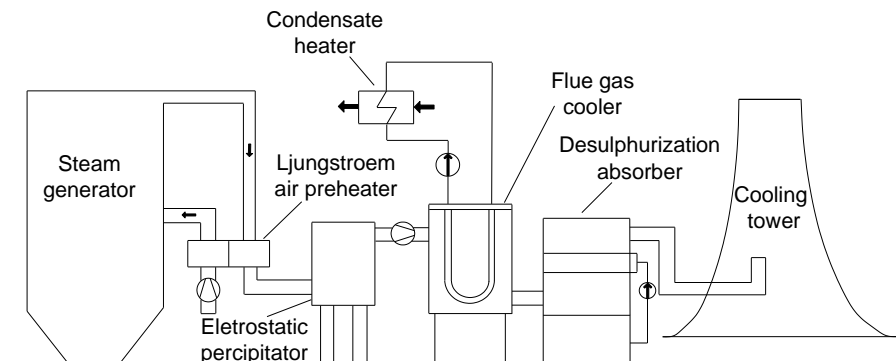
- **U periodu od 2001. do 2012. god. u EPS-u je investirano 540 miliona € u kapitalne remonte za produženje radnog veka, od toga je $\approx 10\%$ utrošeno za povećanje snage za 400 MW**
- **Kapitalni remont TE Marica Istok u Bugarskoj (4x210 MWe)¹⁾ :**
 - **povećanje snage bloka sa 210 MWe na 227 MWe (ukupno 68 MWe)**
 - **investicija 260 miliona US\$ (25% za odsumporavanje)**

Ograničenja povećanju snage na starim blokovima:

- **Veliki pad pritiska u liniji napojne vode i cevnom sistemu kotla**
- **Kapacitet postojećih ZVP na liniji napojne vode**
- **Visoka temperatura dimnog gasa na izlazu iz kotla**

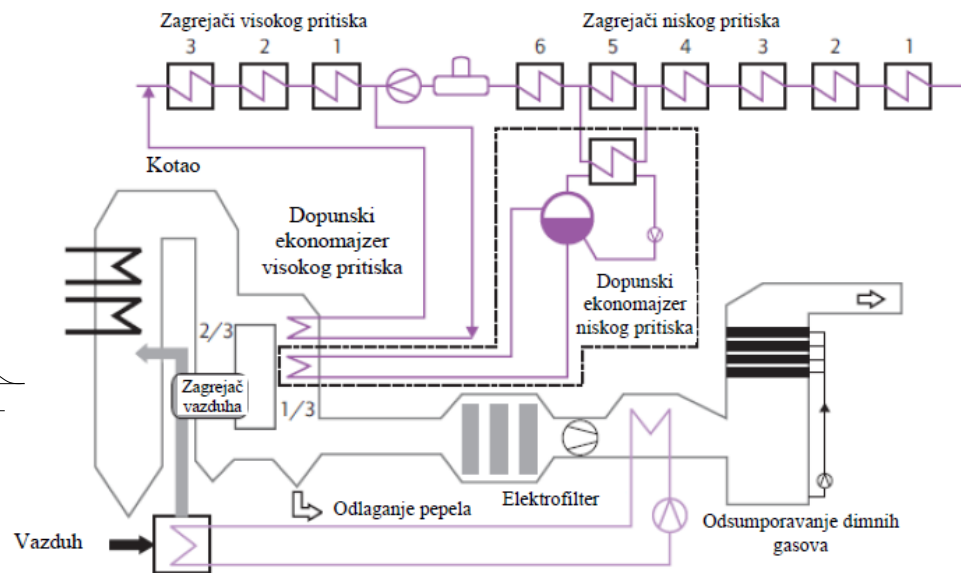
1) Wembridge, N., Poloni, L., McGimpsey, N., Hall, N., Thermal Power Station Advice, Report No. 153012A, Parsons Brinckerhoff, 2009, New York, USA.

Primeri povećanja snage i energetske efikasnosti – izvedena postrojenja



TE Schwarze Pumpe, Lippendorf i Boxberg (900 MWe)

- Sniženje izlazne temperature dimnog gasa sa 170 °C na 130 °C¹⁾
- Povećanje stepena korisnosti bloka 0,5%¹⁾
- Smanjenje potrošnje vode u apsorberu za odsumporavanje



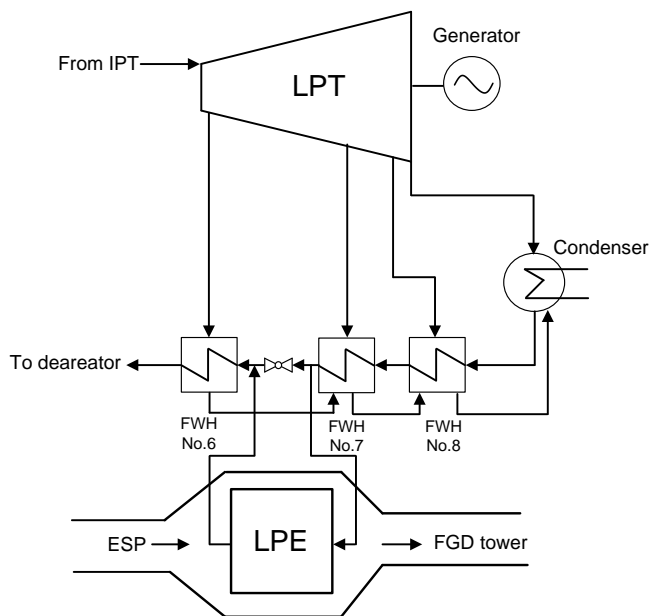
TE Niederaussem blok K (1000 MWe)

- RT dimni gas – voda ispred odsumporavanja snižava temp. d.g. sa 160 °C na 100 °C
- Ekonomajzeri visokog i niskog pritiska i RT d.g.-voda povećavaju stepena korisnosti bloka za 0,9 % poena

¹⁾ Ref.: Altman H., Margenberg T., Heat transfer systems within the flue-gas system of power station units – experience gained during basic engineering, erection and operation. VGB PowerTech 2003; 9: 78-83.

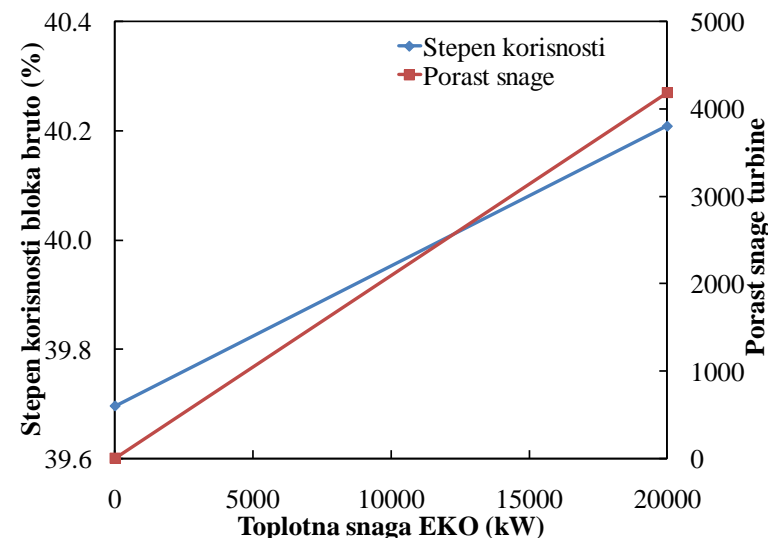
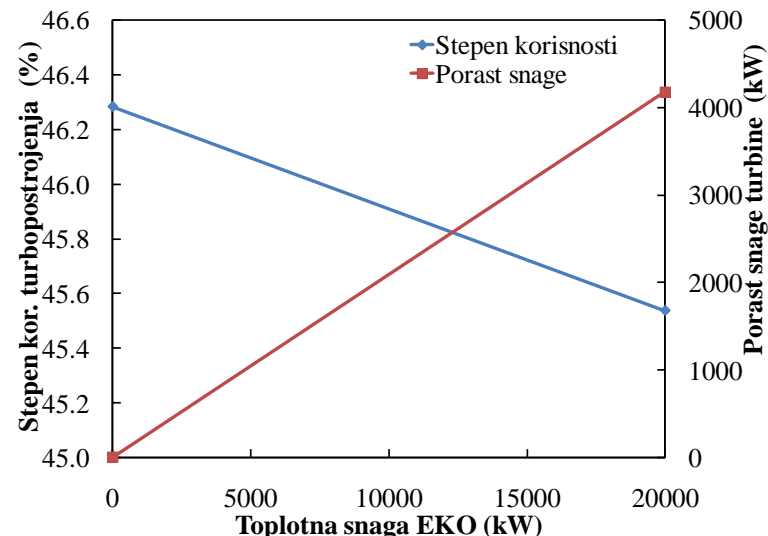
²⁾ Fossil fuel-fired power generation, Case Studies of Recently Constructed Coal- and Gas-Fired Power Plants. Paris, France: International Energy Agency; 2007.

Primeri povećanja snage i energetske efikasnosti – EKO niskog pritiska



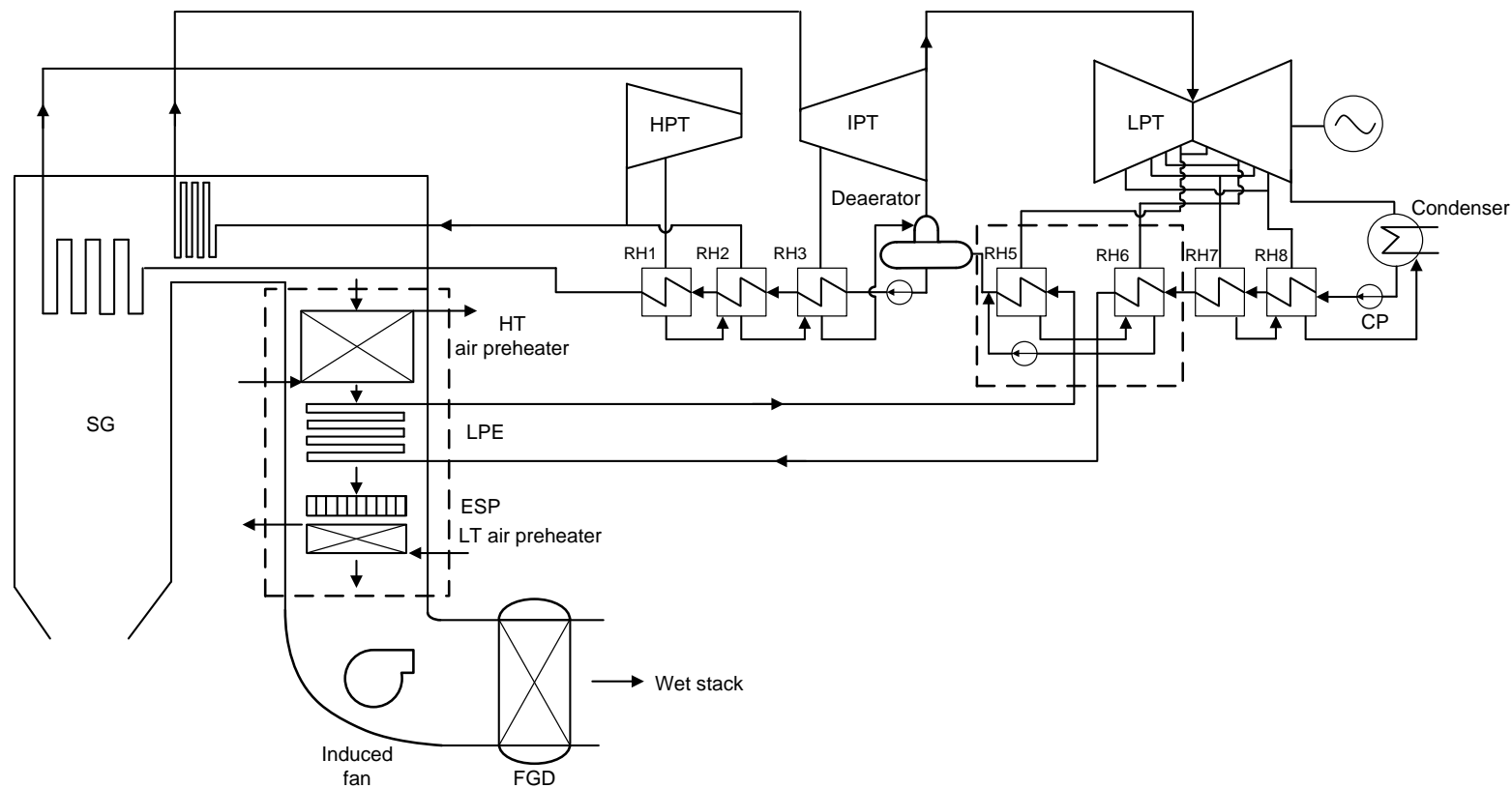
EKO niskog pritiska na bloku 350 MWe¹⁾:

- Sniženje izlazne temperature dimnog gasa sa 146 °C na 119 °C
- Povećanje stepena korisnosti bloka bruto za 0,46 % poena
- Povećanje snage turbine za 3,83 MWe



1) Ref.: Wang C., He B., Yan L., Pei X., Chen S., Thermodynamic analysis of a low-pressure economizer based waste heat recovery system for a coal-fired power plant. Energy 2014;65:80-90.

Primeri povećanja snage i energetske efikasnosti – EKO srednjeg pritiska

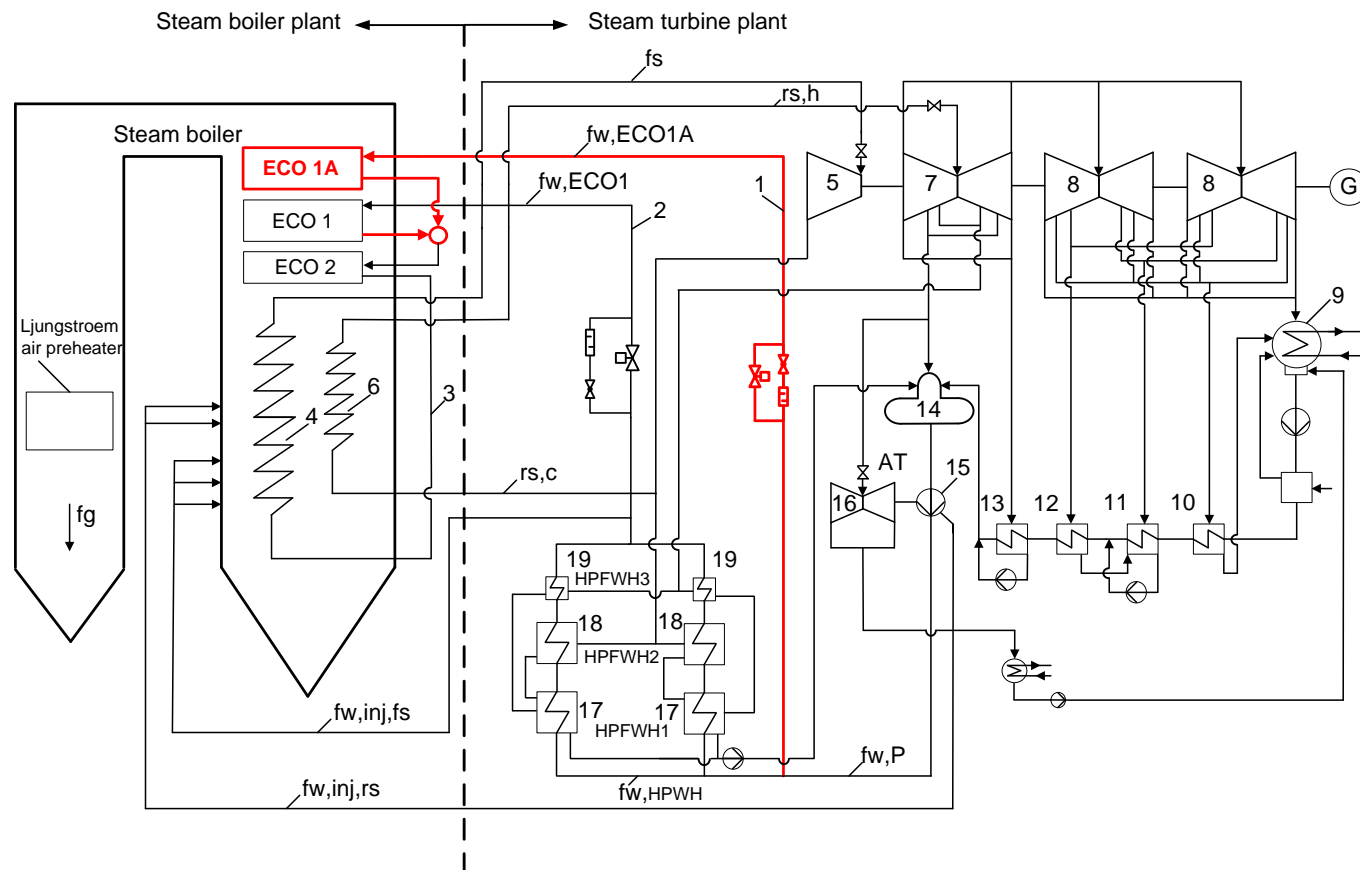


EKO na bloku sa nadkričnim parametrima snage 1000 MWe¹⁾:

•Povećanje stepena korisnosti bloka bruto za 0,6 % poena i snage turbine za 9 MWe

¹⁾ Ref.: Xu G., Xu C., Yang Y., Fang Y., Li Y., Song X., A novel flue gas waste heat recovery system for coal-fired ultra-supercritical power plants. Applied Thermal Engineering 2014;67:240-249.

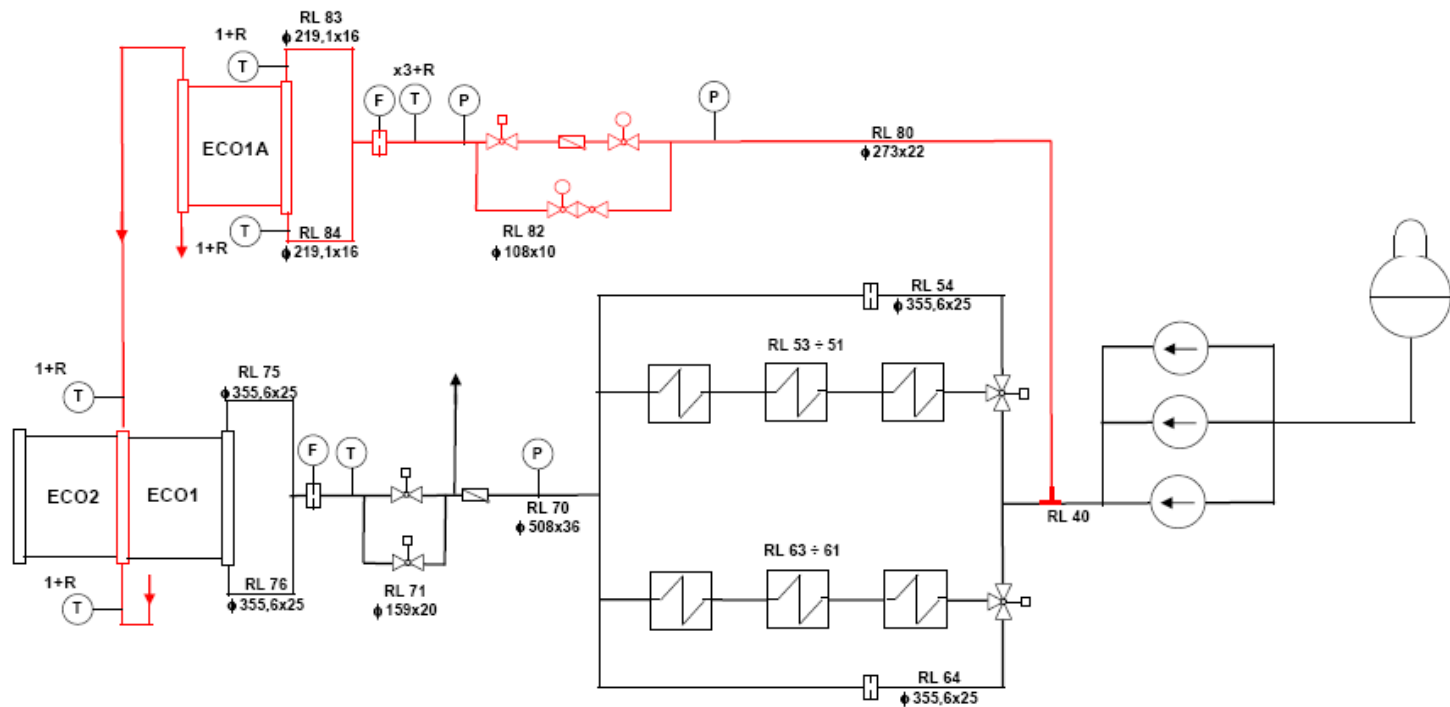
Primeri povećanja snage i energetske efikasnosti – EKO visokog pritiska na TENT B1



EKO visokog pritiska na bloku TENT B1 620 MWe¹⁾ - ugrađen nakon 30 godina rada:
•Povećanje stepena korisnosti bloka bruto u odnosu na projektno rešenje za 0,53 % poena i snage turbine za 9.4 MWe

¹⁾ Ref.: Stevanovic V., Wala T., Muszynski S., Milic M., Jovanovic M., Efficiency and power upgrade by an additional high pressure economizer installation at an aged 620 MWe lignite-fired power plant. Energy 2014;66:907-918.

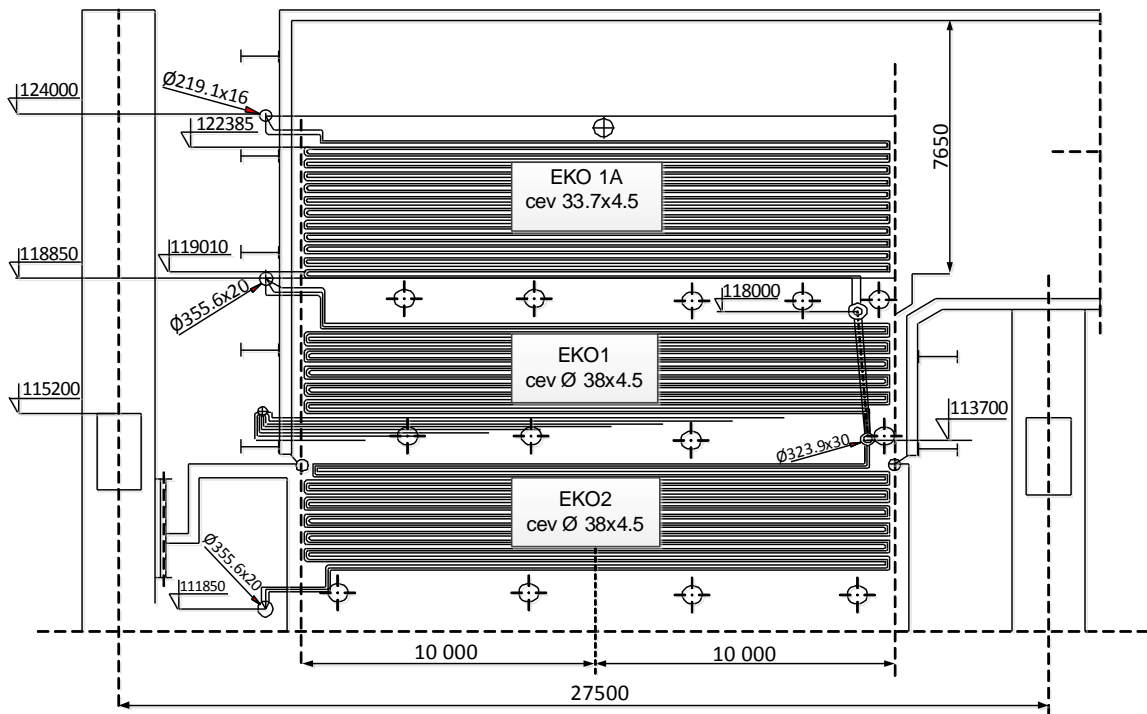
Posebna linija napojne vode za napajanje dodatnog ekonomajzera na TENT B1



Nova linija napojne vode $\phi 273 \times 22$ sa regulacijom protoka:

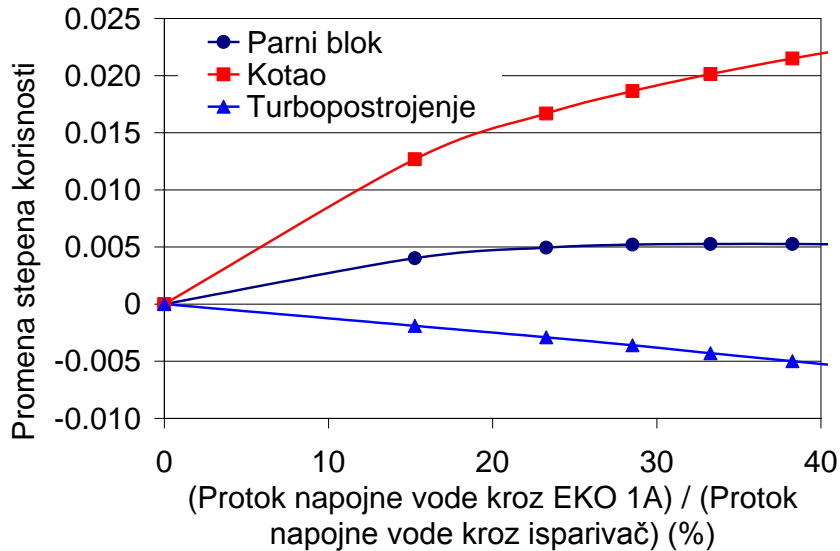
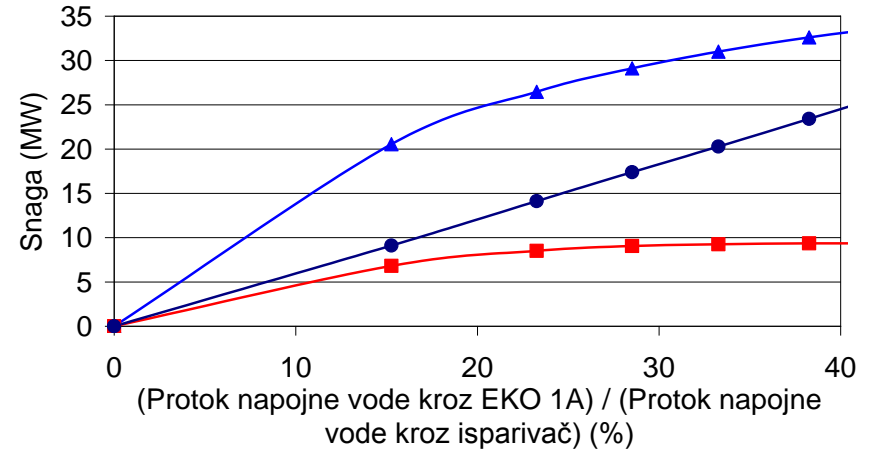
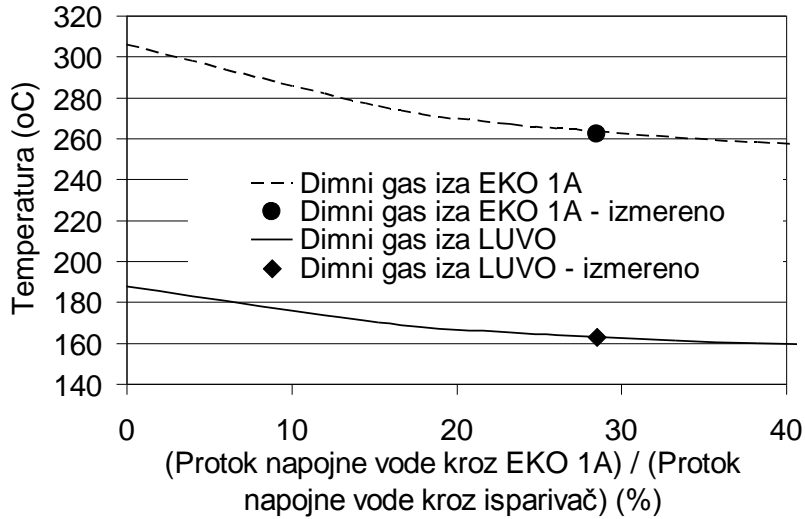
– 20 ÷ 40 % od protoka napojne vode kroz isparivač kotla protiče kroz dodatni EKO

Dodatni ekonomajzer na TENT B1



- Postavljen je na vrhu tornja kotla iznad postojećeg ekonomajzera
- Površina za razmenu toplote 19200 m², masa 600 t,
- Dimenzije cevi $\varnothing 33,7 \times 4,5$ mm,

Povećanje snage i stepena korisnosti ugradnjom dodatnog EKO – poređenje sa projektnim uslovima TENT B1



- ▲ Iskorišćena toplotna snaga iz dimnog gasa
- Povećanje električne snage usled povećanja efikasnosti bloka
- Ukupno povećanje električne snage

Poređenje radnih parametara bloka B1 sa dodatnim EKO i bloka B2 bez dodatnog EKO (B1 i B2 su identičnog prvobitnog rešenja)

Parametri	Jedinica	B1	B2
Snaga bruto	MW	658	614
Pritisak sveže pare	bar	175	160
Temperatura sveže pare	°C	535	535
Protok napojne vode	t/h	1964	1834
Temperatura napojne vode	°C	223	216
Temperatura dimnog gasa iza zagrejača vazduha	°C	159	184
Temperatura kondenzata	°C	28	30

Pogonski parametri u dužem periodu pokazuju da je u odnosu na blok B2 stepen korisnosti povećan za 1,9% poena. (Potrebno je uraditi termotehnička ispitivanja za verifikaciju ovih rezultata.)

Isplativost povećanja energetske efikasnosti i snage bloka TENT B1

U odnosu na projektno rešenje:

- 10 MWe “zelene” snage → 75 GWh godišnje → 4,5 miliona € (po ceni 60 €/MWh)
- > 30 MWe povećanje snage → > 225 GWh godišnje → > 13,5 miliona €
- Vreme povratka kapitala < 2 godine
- Smanjenje potrošnje uglja 95.000 t godišnje

U odnosu na TENT B2 u koji nije ugrađen dodatni EKO:

- 35 MWe “zelene” snage → 262.5 GWh godišnje → 15,75 miliona €
- Povećanje snage sa 620 MWe na preko 650 MWe (29.01.2013. na bloku TENT B1 je ostvarena rekordna dnevna neto proizvodnja od 15,14 GWh sa prosečnom bruto snagom od 669 MWe)
- Smanjenje potrošnje uglja preko za 332.500 t godišnje

Isplativost povećanja energetske efikasnosti i snage bloka TENT B1

Dodatni efekti

- **Smanjenje snage pomoćne turbine za pogon napojne pumpe**
- **Primarna regulacija snage**
- **Produženje radnog veka sistema voda - para sniženjem pritiska napojne vode**
- **Znatno smanjena ubrizgavanja u liniju pregrevanja pare**
- **Smanjenje emisije SO_x, NO_x, CO₂ i pepela**

Zaključak

- **Ugradnja dodatnih ekonomajzera niskog i visokog pritiska i zagrevanje kondenzata i napojne vode – iskustva u svetu:**
 - povećanja snage i efikasnosti termo blokova,
 - snižavanja temperature dimnog gasa na ulazu u apsorber za odsumporavanje (efikasnije odsumporavanje i manji utrošak vode)
 - zaštita životne sredine primarnim merama
- **Ugradnja dodatnog EKO visokog pritiska na bloku TENT B1:**
 - prevazilaženje ograničenja povećanju snage
 - inovativno rešenje koje dovodi do maksimalnog povećanja snage i energetske efikasnosti
 - ekonomski veoma isplativo rešenje

Zaključak

- dokazana sigurnost i pouzdanost u radu
- značajni ekološki efekti
- rešenje je primenjivo i na drugim termo blokovima
- rezultat višegodišnjeg rada i stečenog iskustva tokom kapitalnih remonata termo blokova od strane stručnog kadra TENT-a u saradnji sa projektantima i isporučiocima opreme i domaćim institutima i fakultetima!



Hvala na pažnji!