



ISKORIŠTENJE POVRATNE VODE IZ RASHLADNOG SUSTAVA TE-TO ZAGREB IZGRADNjom MINI HIDROELEKTRANE

Damir Božičević, dipl. ing. stroj.
HEP Proizvodnja d.o.o.,
Sektor za Termoelektrane,
TE-TO Zagreb, Kuševačka 10a,
HR-10000 Zagreb,
e-mail: damir.bozicevic@hep.hr

Dr. sc. Srećko Bojić, dipl. ing. el.,
Krešimir Galić, dipl. ing. građ.,
Jana Bojić, dipl. oec.
Institut za elektroprivredu d.d., Koturaška cesta 51,
HR-10000 Zagreb,
e-mail: srecko.bojic@ie-zagreb.hr;
kresimir.galic@ie-zagreb.hr;
jana.bojic@ie-zagreb.hr



Proizvodni blokovi TE-TO:

Blok A i B: 1962.

Blok C: 1979.



64 MWe, 80 MWt, 200 t/h

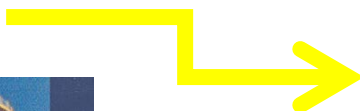
120/ 110 MWe, 200 MWt, 90 t/h

(1)





Blok K: 2003.; Blok L: 2009.



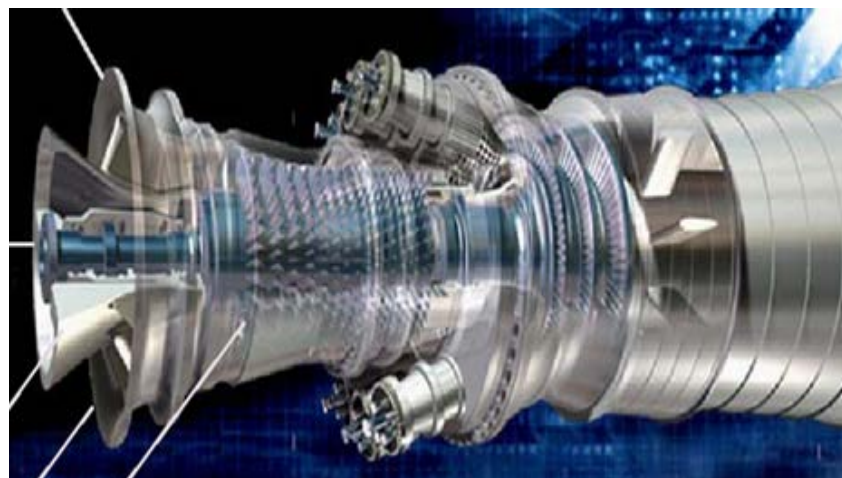
Blok K = 208 MW

(2)

Blok L = 112 MW

IP = 100 t/h, Toplina = 195 MWt

Prirodni plin = 63.000 m³/h





Centralni toplinski sustav TE-TO:



CTS vrelovod:

130 km; Vrela voda 10 bar, do 130 0C

1.700 toplinskih podstanica

60.000 potrošača

200.000 stanovnika; (Zagreb Sjever i Jug)

Vrelovodni izmjenjivači:

(C+K+L) = 395 MWt

Vrelovodne kotlovnice:

2x58 + 2x116 = 348 MWt

Q=8.000 m³/h, P = 743 MWt, NPK M = 2 x 35 t/h





Rashladni sustav TE-TO:

Hlađenje vodom kondenzatora
parnih turbina

Hlađenje vodom zatvorenih
sustava hlađenja

Vodozahvat za rashladni sustav:

uzvodno od praga na r. Savi,
Ispust povratne vode - nizvodno



Ovisno o režimu rada elektrane, mijenja se potrebna količina rashladne vode (ovisno o broju uključenih rashladnih pumpi):

Raspon: 3000 m³/h – 25000 m³/h

U povratnom dijelu rashladnog sustava, nakon izlaska iz preljevne komore, protočna voda slobodnim padom teče do ispusta u Savu:

Neiskorišteni dio p.e. rashladne vode –Raspoloživi potencijal za MHE



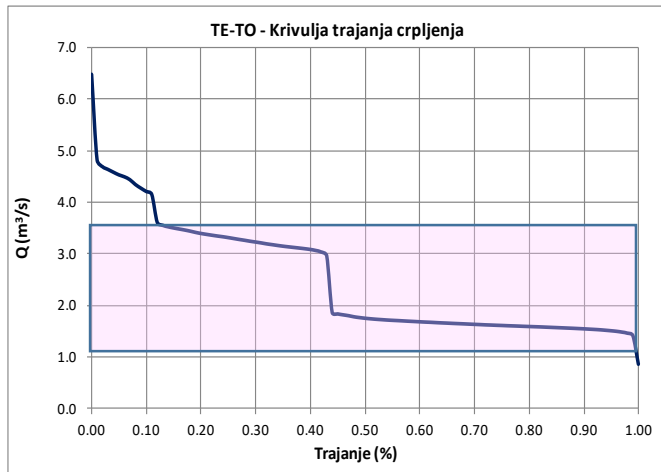


Armirano betonska preljevna komora (lijevo-pogled izvana, desno- pogled iznutra)

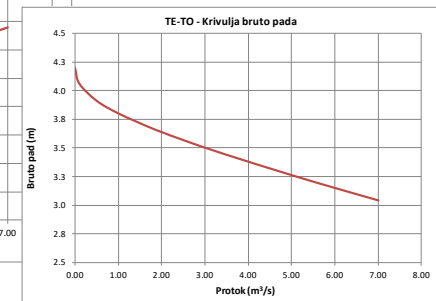
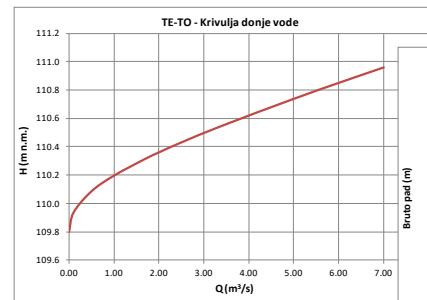


Raspoloživi hidropotencijal i proračun proizvodnje MHE:

- Analiza satnih podataka o crpljenju rashladne vode za potrebe TE-TO
- Analizirano razdoblje 2013-2016. g.



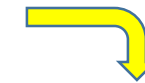
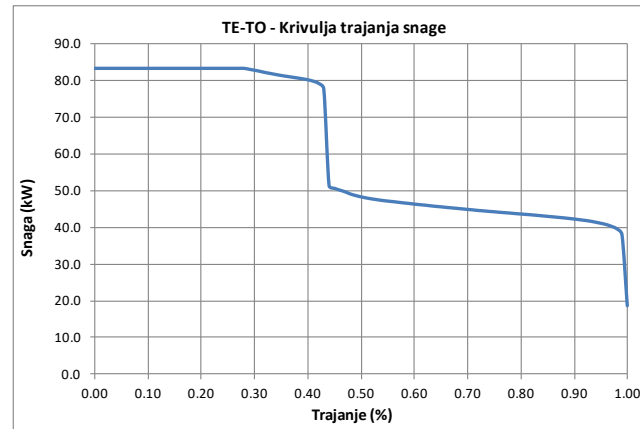
- Proračun tečenja sa slobodnim vodnim licem u odvodnom kanalu duljine 350 m, uzdužnog pada 0,24%.



Parametri i korisnost agregata

Tablica 2: Korisnost agregata ovisno o protoku

Q_T (m ³ /s)	H_{net} (m)	η_{tur}	P_T (kW)	η_{br}	η_{gen}	P_G (kW)
3,25	3,45	0,85	93,50	0,97	0,93	84,30
3,15	3,48	0,86	92,50	0,97	0,93	83,40
3,10	3,49	0,87	92,30	0,97	0,93	83,30
3,00	3,50	0,87	89,10	0,97	0,93	80,40
1,75	3,60	0,88	54,10	0,97	0,93	48,50
1,72	3,60	0,87	52,80	0,97	0,93	47,70
1,70	3,68	0,87	53,40	0,97	0,93	48,20
1,65	3,70	0,87	52,10	0,97	0,93	47,00
1,60	3,70	0,87	50,20	0,97	0,93	45,30
1,50	3,75	0,86	47,50	0,97	0,92	42,30
1,40	3,75	0,86	44,30	0,97	0,92	39,50



**Moguća proizvodnja MHE:
505.000 kWh/god.**



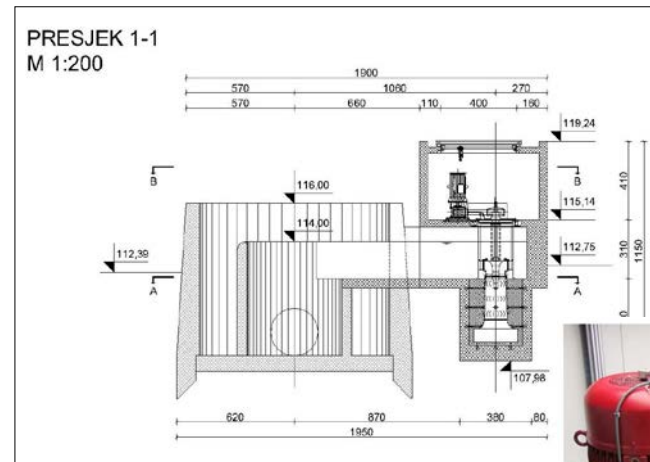
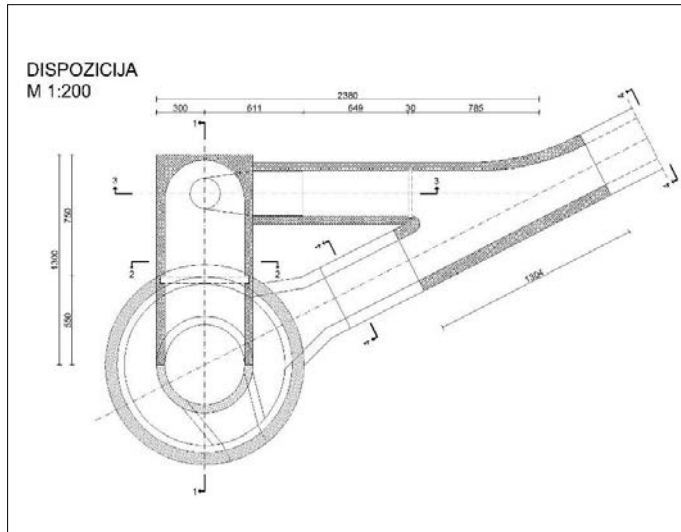


Odabrano tehničko rješenje MHE:

- Rekonstrukcija dijela postojećeg odvodnog kanala prelivne građevine u duljini od 21,60 m
- Spajanje MHE TE-TO na postojeći odvodni kanal prelivne građevine.

Analizirane su dvije varijante tipa agregata:

- Potopljena izvedba MHE, (DIVE postrojenje)
- **Vertikalna izvedba s Kaplan turbinom i asinkronim generatorom, (remenski multiplikator (jednostavno i jeftinije rješenje))**



Parametri agregata:

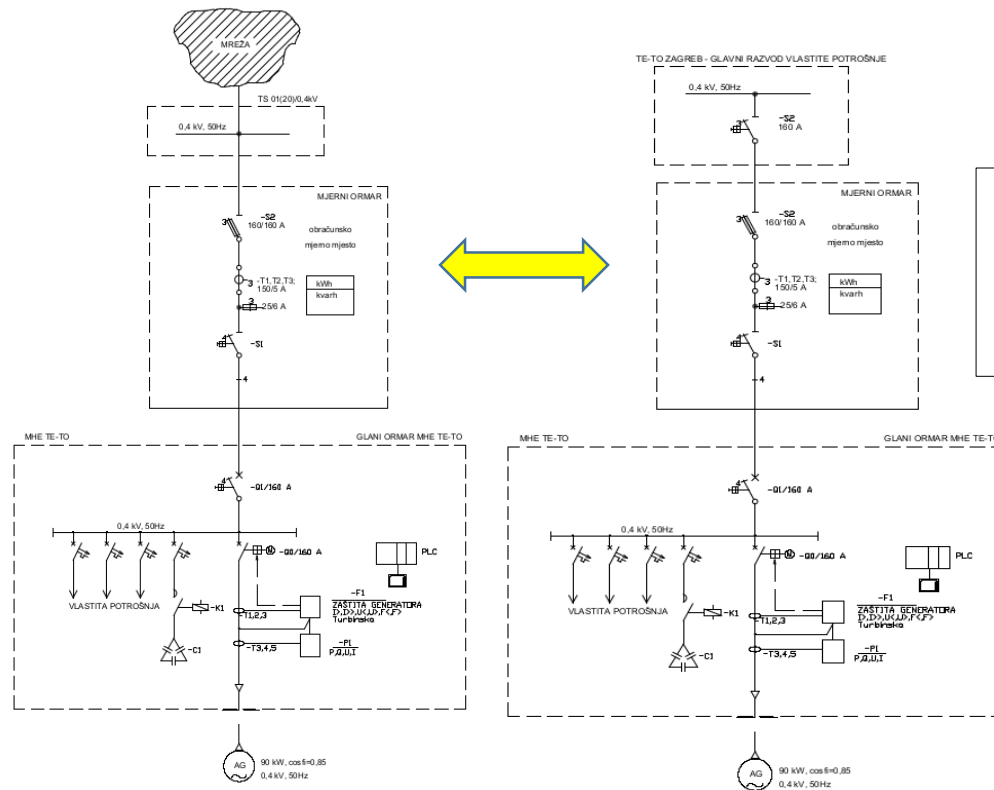
Turbina		Generator	
Neto pad:	3,45 m	Snaga:	106 kVA
Maksimalni protok turbine [QTmax]:	3,40 m ³ /s	Nazivni napon generatora	400 V, 50 Hz
Minimalni protok turbine [QTmin]:	1,04 m ³ /s	Nazivni faktor snage	0,85
Snaga:	100 kW	Broj okretaja:	760 min ⁻¹
Promjer radnog kola:	920 mm	Stupanj zaštite:	IP 55
Broj okretaja:	355 min ⁻¹	Hlađenje/klasa izolacije:	IC 411/F





Priključak MHE na elektroenergetsku mrežu:

- Idejnim rješenjem razmatrane su dvije varijante priključka MHE na mrežu:
 - Priključak na distributivnu elektroenergetsku mrežu u najbližoj TS 1TS 2254 -10(20)/0,4 kV Elektre Zagreb
 - Priključak na glavni razvod 0,4 kV sustava vlastite potrošnje TE-TO Zagreb



Troškovne razlike u varijantama priključka MHE na mrežu su minimalne
Mjesto priključka je od većeg utjecaja na isplativost projekta i povrat ulaganja





Ekonomsko-financijska analiza: (Priključak na distributivnu elektroenergetsku mrežu)

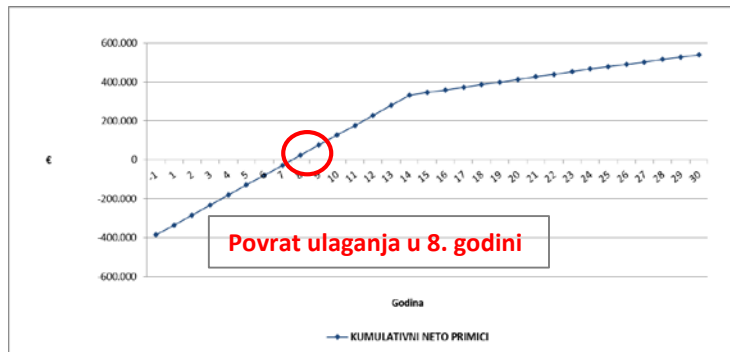
(1)

- Ekonomsko-financijska analiza provedena je uz slijedeće pretpostavke:

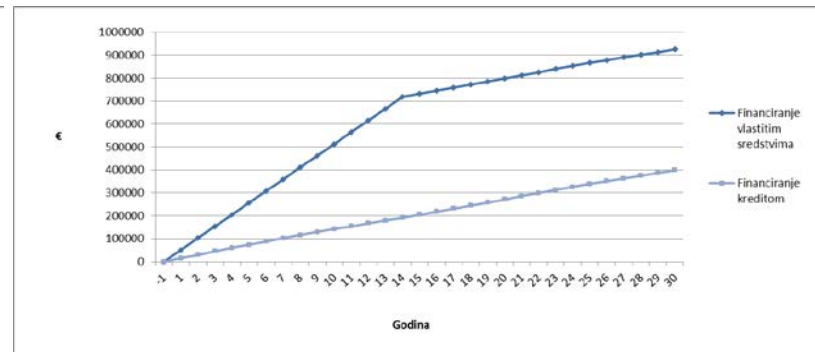
Troškovi investicije:	2.898.118 kn (386.416 €)
Stopa amortizacije:	građevinski objekti 2%, elektrostrojarska oprema 4%
Otkupna cijena električne energije:	prvih 14 godina poticajna cijena 144 €/MWh (1,08 kn/kWh), 15.-30. godine 50,37 €/MWh (HUPEX, procjena prema profilu cijene vršna/temeljna za razd. 2018-2021.)
Razdoblje analize:	30 godina
Troškovi poslovanja:	procijenjeno na 3% od vrijednosti investicije

- Analiza provedena u varijantama financiranja vlastitim sredstvima i sredstvima kredita:

Kumulativni neto primici ekonomskog toka



Kumulativni neto primici financijskog toka (analiza likvidnosti)



Projekt je likvidan u obje varijante financiranja
 Prihodi od prodaje el. energije su dovoljni za pokriće svih troškova





Ekonomsko-financijska analiza: (Priključak na glavni razvod 0,4 kV sustava vlastite potrošnje) (2) (Pojednostavljena analiza za grubu komparaciju)

Polazište:

- TE-TO uz vlastitu potrošnju, **dodatna kupnja električne energije iz distributivne elektroenergetske mreže**
- Za izračun je korišten podatak o ukupnoj vlastitoj potrošnji TE-TO Zagreb (podatak za 2018. g) umanjen za izračunatu godišnju proizvodnju MHE u iznosu od **505.000 kWh**
- U financijski izračun uzet je **trošak koji nastaje korištenjem mreže HOPS-a kao i trošak opskrbe energijom od strane HEP-Opskrba**
- Uz takav izračun, **godišnja ušteda** iznosi oko **204.000 kn**
- Procijenjena vrijednost izgradnje postrojenja u iznosu od 2,900.000 kn
- Uz takav **pojednostavljen način izračuna, povrat investicijskih ulaganja u MHE u periodu od 14,2 g.**





Zaključak:

- Izgradnja MHE TE-TO Zagreb **predstavlja mali obnovljivi izvor** u najužem smislu definicije takvih izvora.
- Riječ je o **financijski isplativom postrojenju** instalirane snage $\ll 10$ MW.
- **Izabrano rješenje** izgradnje u većoj mjeri **se oslanja na već postojeću infrastrukturu**, što znatno smanjuje udio građevinskih troškova u ukupnim troškovima izgradnje MHE.
- Takvo postrojenje **neznatno utječe na okoliš**, i u skladu je sa strateškim energetske ciljevima R. Hrvatske u ostvarivanju većeg udjela proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora.
- U daboru i razradi tehničkog rješenja MHE **dan je naglasak na jednostavnost, robusnost, pouzdanost i energetske učinkovitost**, pri tome **ne zanemarujući ekološke aspekte i mogući utjecaj na okoliš**.
- Odabran je koncept koji ni na koji način **ne može utjecati na rad temeljnih proizvodnih blokova TE-TO**.
- Odabrano je rješenje s mogućnošću **sudjelovanja domaćih sporučiitelja/proizvođača** opreme.
- Ekonomsko-financijska analiza **temelji se na procijenjenim troškovima iz analiza trenutnog stanja na domaćem tržištu te pregledu cijena za nedavno izgrađena ili rekonstruirana slična postrojenja**. Kao takvi, mogu se smatrati pouzdanim za provedenu analizu.
- **Osim ekonomske koristi, projekt je rijetkost u svijetu, i među prvima je u regiji, i istovremeno, može pozitivno utjecati na stav javnosti prema termoelektrani koja ulaže sredstva i znanje u pretvorbu neiskorištene energije vode rashladnog sustava u zelenu energiju na ekonomičan i ekološki prihvatljiv način.**





HVALA NA POZORNOSTI !

Damir Božičević, dipl. ing. stroj.
HEP Proizvodnja d.o.o., Sektor za Termoelektrane,
TE-TO Zagreb, Kuševačka 10a, HR-10000 Zagreb,
e-mail: damir.bozicevic@hep.hr

Dr. sc. Srećko Bojić, dipl. ing. el.,
Krešimir Galić, dipl. ing. građ.,
Jana Bojić, dipl. oec.
Institut za elektroprivredu d.d.,
Koturaška cesta 51, HR-10000 Zagreb,
e-mail: srecko.bojic@ie-zagreb.hr;
kresimir.galic@ie-zagreb.hr;
jana.bojic@ie-zagreb.hr

