



GP sistemi, d.o.o.

GP sistemi, inženiring, d.o.o.  
Rožna dolina, cesta XVII 024C  
SI – 1000 Ljubljana  
Matična št.: 3280047000  
ID za DDV: SI59287454

T +386 59 097 700  
E [info@gp-sistemi.com](mailto:info@gp-sistemi.com)  
[www.gp-sistemi.com](http://www.gp-sistemi.com)  
Osnovni kapital: 2.100.000 EUR  
Reg. organ: Okrožno sodišče Celje

## ELABORAT M3 – PROJEKTIRANA ENERGIJSKA UČINKOVITOST SEŽIGANJA ODPADKOV za sežigalnico komunalnih odpadkov Maribor

### Naziv projekta:

Študija izvedljivosti umestitve, izvedbe in obratovanja objekta za energijsko izrabo odpadkov Maribor ter ostalih objektov ravnanja z odpadki

**Faza projekta:** Prijava na koncesijo

### Naročnik:

Javno podjetje Energetika Maribor d.o.o., Jadranska cesta 28, 2000 Maribor

### Dobavitelj:

pripravljalec Študije izvedljivosti za sežigalnico komunalnih odpadkov Maribor GP sistemi inženiring d.o.o. in podizvajalec XORTIMAX d.o.o.

**Lokacija:** Maribor

**Elaborat pripravila:** [REDACTED]

**Datum izdelave elaborata:** 29.01.2026

## Vsebina

<b>1. Namen, cilj in pravna podlaga .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Opis objekta in tehnološke rešitve .....</b>	<b>3</b>
2.1 Osnovni podatki o objektu .....	3
2.2 Tehnološki proces .....	4
<b>3. IZRAČUNI.....</b>	<b>5</b>
3.1 Vhodni podatki.....	5
3.2 Izračun različic.....	6
<b>4. Ukrepi za doseganje visoke energetske učinkovitosti.....</b>	<b>7</b>
<b>5. OKOLJSKI VIDIKI IN PODNEBNI UČINKI .....</b>	<b>7</b>
<b>6. SKLEP.....</b>	<b>8</b>

## 1. NAMEN, CILJ IN PRAVNA PODLAGA

Elaborat M3 je pripravljen kot obvezna priloga k vlogi za podelitev koncesije za izvajanje gospodarske javne službe termične obdelave odpadkov v skladu z razpisno dokumentacijo MOPE Republike Slovenije.

Namen elaborata je dokazati, da predlagana naprava za sežiganje odpadkov dosega projektirano energijsko učinkovitost, skladno z:

- Direktivo 2008/98/ES o odpadkih (člen R1),
- Direktivo 2010/75/EU o industrijskih emisijah (IED),
- BAT Conclusions for Waste Incineration (EU 2019/2010),
- nacionalno zakonodajo Republike Slovenije.

## 2. OPIS OBJEKTA IN TEHNOLOŠKE REŠITVE

### 2.1 Osnovni podatki o objektu

Predvidena je naprava za sežig komunalnih odpadkov z letno kapaciteto 50.000 ton. Od tega je 31.000 ton GJS, 19.000 ton pa posebnih storitev. Uporabniki GJS morajo če odpadkov za izvajanje GJS iz lastnega prispevnega območja ni dovolj, se manjkajočo količino dopolni iz drugih prispevnih območij z gorivom za izvajanje posebne storitve sežiga. Največjo količino izvajanja posebnih storitev izvajalcu gospodarske javne službe določi konkudent v tekočem letu za prihodnje leto na njegovo prošnjo (člen 6, točka 3 iz Uredbe o opravljanju in izvajanju obvezne državne gospodarske javne službe sežiganja).

Obratovanje je zasnovano kot neprekinjeno v režimu (24/7), z visoko razpoložljivostjo sistema in z eno načrtovano zaustavitvijo letno za izvedbo letnega servisa (obratovanje 8.000 h letno).

Energija, ki se sprosti pri sežigu odpadkov z dimnimi plini zapusti kurišče in se preko membranskih sten prenaša v paro. Za tem sledi prenos energije iz dimnih plinov v visoko tlačno paro s paro v pregrevalnikih pare. Z visoko tlačno paro se v dvostopenjski kondenzacijski parni turbini v sproizvodnji proizvaja toplota in električna energija. Del toplote se uporabi za daljinsko ogrevanje mesta Maribor, del za sušenja blat KČN, ostala energija pa se v turbini v nizko tlačnem delu parne turbine porabi za proizvodnjo električne energije v kondenzacijskem načinu.

Toplotna moč vhodnega goriva je 28,8 MW, izračunana glede na letno količino 50.000 ton goriva in nižjo kurilno vrednostjo goriva 16,6 MJ/kg. Največja moč toplotnega izmenjevalca za daljinsko ogrevanje na pragu objekta je 17,32 MW.

V kurišču se toplotna energija goriva pretvori v toplotno energijo, ki se preko membranskih sten prenese v energijo pare. Glede na dejstvo, da se Naročnik v času priprave študije ni odločil katero tehnologijo sežiga bo uporabil, je v študiji za izračune učinkovitosti v osnovi uporabljena učinkovitost pretvorbe energije goriva iz tehnologije sežiga v vrtinčnem sloju (BFB). Hkrati pa je v večini izračunov informativno prikazana tudi učinkovitost pretvorbe toplotne energije goriva s tehnologijo zgorevanja na rešetki. Kjer pa ni navedeno katera tehnologije je uporabljena je privzeta tehnologije BFB.

Pri tehnologiji sežiga v vrtničnem sloju peska (BFB) je proizvodnja pare 32,58 ton na uro, pri tehnologiji rešetke pa 31,89 ton na uro. Razlika nastane predvsem zaradi slabšega izgorevanja ogljika v gorivu, ki je posledica slabšega nadzora procesa izgorevanja goriva v kurišču. Posledično je nekaj nižja moč ogrevanja in moč proizvodnje električne energije.

V spodnji tabeli je prikazanih nekaj osnovnih podatkov in razlik glede na tehnologijo sežiga. Porabljena energija za potrebe ogrevanja je izračunana na podlagi podatkov na urni osnovi za celo leto po potrebni energiji na izmenjevalcu toplote na meji naprave, ki jo je posredoval Naročnik in vključuje širitev sistema ogrevanja na levi breg.

Tabela: primerjava nekaterih osnovnih parametrov tehnologij sežiga BFB in rešetka

Opis	e.m.	BFB	rešetka
Ure obratovanja letno (remont predviden 1 mesec poleti)	ura	8.000	8.000
Poraba goriva	t/h	6,25	6,25
Moč vhodnega goriva	MW	28,8	28,8
Energija vhodnega goriva	MWh/leto	230.400	230.400
Proizvodnja pare (64 bara, 430°C)	t/h	32,58	31,89
Proizvodnja pare (64 bara, 430°C)	t/leto	260.640	255.120
Največja moč ogrevanja	MW	17,32	16,89
Neto moč za sušenje blat KČN	MW	0,94	0,94
Predvidena poraba toplote za ogrevanje	MWh/leto	72.821	72.821
Porabljena toplota za daljinsko ogrevanje	MWh/leto	61.693	60.995
Porabljena toplota za sušenja blata	MWh/leto	7.519	7.519
Proizvedena električna energija bruto	MWh/leto	49.948	48.811
Lastna raba električne energije	MWh/leto	8.798	8.798
Proizvedena električna energija neto	MWh/leto	41.150	40.013

## 2.2 Tehnološki proces

V obratu za termično obdelavo odpadkov je predvidena termična obdelava predhodno mehansko obdelanih komunalnih odpadkov ter kosovnega odpada, kjer se odpad predela v gorivo za novi obrat za termično obdelavo: odstrani se kovinske dele ter druge dele, ki jih je mogoče snovno predelati, ter celotno gorivo naseklja na ustrezno majhno dimenzijo.

Obrat za termično obdelavo nenevarnih odpadkov bo vseboval naslednje sklope:

- Sistem sprejema goriva in začasnega skladiščenja – predvidena kapaciteta skladišča je za nekaj dni obratovanja obrata,
- Visokotlačni parni kotel s sistemom doziranja goriva, izločanja neizgorelih delcev,
- Sistem čiščenja dimnih plinov, merilnik emisij, dimnik,
- Sistem za zbiranje in skladiščenje pepela
- Sistem za pripravo turbinske vode in napajalni rezervoar,
- Dvostopenjska turbina z električnim generatorjem,
- Toplotni izmenjevalec za predajo toplote sistemu daljinskega ogrevanja,
- Kondenzator pare z zračnim hladilnikom,
- NN krmilni del ter SN del s transformatorjem.

### 3. IZRAČUNI

Po sklepu evropske komisije 2019/2010 z dne 12. november 2019 na podlagi Direktive 2010/75/EU Evropskega parlamenta in Sveta o industrijskih emisijah se izračun ravni energijske učinkovitosti pridobljene elektrike in toplotne energije iz energije odpadkov pri sežiganju na sledeč način:

a) Bruto električni izkoristek:

$$\eta_e = \frac{W_e}{Q_{th}} \times \frac{Q_b}{(Q_b - Q_i)}$$

b) Bruto energijski izkoristek:

$$\eta_h = \frac{W_e + Q_{he} + Q_{de} + Q_i}{Q_{th}}$$

Pomen simbolov:

$\eta_e$	bruto električni izkoristek, v %
$\eta_h$	bruto energijski izkoristek, v %
$W_e$	proizvedena električna moč, v MW
$Q_{he}$	toplotna moč, ki se dovaja v toplotne izmenjevalnike na primarni strani (mestni toplovod), v MW
$Q_{de}$	toplotna moč, ki se dovaja v sušilnico blat, v MW
$Q_b$	toplotna moč, ki jo proizvede kotel, v MW
$Q_i$	toplotna moč (para), ki se uporablja znotraj naprave, v MW
$Q_{th}$	vhodna toplota v enoto za toplotno obdelavo (kotel), izražena kot kurilnost, v MW

#### 3.1 Vhodni podatki

Moči uporabljene pri izračunih so projektirane moči v primerih:

- ko se proizvaja samo elektrika, brez porabe energije za ogrevanje in sušenja,
- ko je poraba energije največja za ogrevanje in sušenje. Zaradi tehnoloških zahtev dvostopenjske kondenzacijske turbine, mora skoti kondenzacijski del turbine

Vhodni podatki imajo naslednje vrednosti:

$W_e$	prednost ima poraba toplote za ogrevanje in sušenje blat KČN, proizvodnja elektrike se proizvaja s preostankom toplote. Zato proizvedena električna moč niha glede na porabo toplote. Privzeta vrednost proizvodnje električne moči za BFB je 7,56 MW, za rešetko pa 7,44 MW kar je moč proizvodnje turbine v primeru, da se vsa para porabi za proizvodnjo elektrike.
$Q_{he}$	največja toplotna moč, ki jo sežigalnica oddaja v daljinsko ogrevanje je v primeru BFB 17,3 MW. Del toplote se v tem primeru porabi za sušenje blat KČN ( $Q_{de}$ ), del toplote pa se porabi v kondenzacijskem delu turbine. Moč proizvodnje električne energije v tem primeru je za BFB 4,65 MW, za rešetko pa 4,55 MW.
$Q_b$	toplotna moč, ki jo iz goriva proizvede kotel je odvisna od tehnologije sežiga. Tehnologija sežiga v vrtničnem sloju je učinkovitejša od tehnologije sežiga na rešetki. Ker pa je toplotna moč, ki se uporablja znotraj naprave zanemarljiva, podatek $Q_b$ nima vpliva na izračune.
$Q_{de}$	0,94 MW (neto)
$Q_i$	je manj kot 10kW in se lahko zanemari
$Q_{th}$	28,8 MW

### 3.2 Izračun različic

Izračun energijske učinkovitosti je odvisen od termične učinkovitosti kurišča, oziroma od učinkovitosti pretvorbe energije goriva v toplotno energijo.

Tehnologija zgorevanja v vrtinčnem sloju peska (BFB) je nekoliko učinkovitejša kot tehnologija zgorevanja na rešetki, zato so pripravljene izračuni za dve različici tehnologiji, vendar se rezultati glede na tehnologijo sežiga ne razlikujejo bistveno.

Poleg tega je pri izračunih upoštevana energijska učinkovitost v zimskem in poletnem času, saj se pozimi več energije nastale iz goriva pretvori v energijo za ogrevanje in se zato manj toplote pretvori v električno energijo. Pretvorba toplote v električno energijo ima slabši izkoristek, zato sta oba izkoristka (električni in energijski) pozimi precej višja.

Povzetek vrednosti podatkov

Opis	BFB (MW)				rešetka (MW)			
	$W_e$	$Q_{he}$	$Q_{de}$	$Q_b$	$W_e$	$Q_{he}$	$Q_{de}$	$Q_b$
Moč proizvodnje elektrike, brez ogrevanja	7,56	0	0	25,1	7,44	0	0	24,6
Moči pri največji porabi toplote	4,65	17,3	0,94	25,1	4,55	16,9	0,94	24,6

a) Bruto električni izkoristek:

$$\eta_e = \frac{W_e}{Q_{th}} \times \frac{Q_b}{(Q_b - Q_i)}$$

1.1. Za kurišče z rešetko:

$$\eta_e = \frac{7,44 \text{ MW}}{28,8 \text{ MW}} \times \frac{24,6 \text{ MW}}{(24,6 \text{ MW} - 0)} = 25,8 \%$$

1.2. Za kurišče z vrtinčno plastjo (BFB):

$$\eta_e = \frac{7,56 \text{ MW}}{28,8 \text{ MW}} \times \frac{25,1 \text{ MW}}{(25,1 \text{ MW} - 0)} = 26,3 \%$$

Ravni energijske učinkovitosti, povezane z BAT, za bruto električni izkoristek se uporabljajo samo za naprave ali dele naprav, ki proizvajajo elektriko z uporabo kondenzacijske turbine (BAT referenca za električni izkoristek: IZVEDBENI SKLEP KOMISIJE (EU) 2019/2010 z dne 12. novembra 2019) je določen za kondenzacijske turbine, za nove naprave naveden v višini med 25 % in 35 %. Ocena je, da gre pri dani referenci za enostopenjsko turbino, kjer se proizvaja samo elektrika. V BAT dokumentaciji primer z dvostopenjsko kondenzacijsko turbino, kot je projektirana v sežigalnici Maribor ni naveden. Običajno je dvostopenjska kondenzacijska turbina manj učinkovita.

Odločitev za dvostopenjsko kondenzacijsko turbino v sežigalnici Maribor temelji na dejstvu, da potreba po toploti za ogrevanje sezonsko in dnevno močno niha. Poleg tega je sežigalnica načrtovana tako, da se prednostno pokrivajo potrebe po toploti in sušenju blat KČN, preostanek energije pa se uporabi za dodatno proizvodnjo električne energije.

a) Bruto energijski izkoristek:

$$\eta_h = \frac{W_e + Q_{he} + Q_{de} + Q_i}{Q_{th}}$$

1.3. Za kurišče z rešetko:

$$\eta_h = \frac{4,55 \text{ MW} + 16,9 \text{ MW} + 0,94 \text{ MW} + 0}{28,8 \text{ MW}} = 77,7 \%$$

1.4. Za kurišče z vrtnično plastjo (BFB):

$$\eta_h = \frac{4,65 \text{ MW} + 17,3 \text{ MW} + 0,94 \text{ MW} + 0}{28,8 \text{ MW}} = 79,5 \%$$

BAT referenca za energijski izkoristek (IZVEDBENI SKLEP KOMISIJE (EU) 2019/2010 z dne 12. novembra 2019) je med 72% in 91%. Ravni energijske učinkovitosti, povezane z BAT, za bruto energijski izkoristek se uporabljajo samo za naprave ali dele naprav, ki proizvajajo samo toploto ali ki proizvajajo elektriko z uporabo protitlačne turbine, toploto pa s paro, ki zapušča turbino.

V izračunu je upoštevana tehnična zahteva v zvezi s turbino, da mora biti pretok pare skozi dvostopenjsko kondenzacijsko turbino v vsakem primeru najmanj 2,7 tone na uro.

#### **4. UKREPI ZA DOSEGANJE VISOKE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI**

Za doseganje visoke energetske učinkovitosti so za obrat toplotne obdelave odpadkov Maribor predvideni naslednji ukrepi:

- izbira tehnologije izgorevanja, ki omogoča optimalno izgorevanje goriva in zelo nizko vrednost preostalega ogljika tako v preostanku goriva kot v pepelu in dimnih plinih,
- nizka temperatura dimnih plinov pri vstopu v dimnik (skladno z BAT),
- predaja zelo visokega deleža v obratu proizvedene toplote v sistem daljinskega ogrevanja,
- optimizacija lastnega odjema električne energije za delovanje sistema: izbira energetske učinkovitih ventilatorjev, črpalk, transportnih sistemov, načrtovanje zračnih in dimnih kanalov na način, da je upor skozi kanale čim manjši,
- napredni sistem krmiljenja izgorevanja, vodno parnega dela, sistema čiščenja dimnih plinov, ter parne turbine z generatorjem, ki omogoča optimalno izgorevanje ter delovanje pomožnih sistemov v optimalni obratovalni točki.

#### **5. OKOLJSKI VIDIKI IN PODNEBNI UČINKI**

Predvidena rešitev termične obdelave preostalega dela odpadkov, ki ga ni mogoče snovno predelati v surovino, pomembno prispeva k zmanjšanju emisij toplogrednih plinov v primerjavi z alternativnimi načini ravnanja z odpadki (odlaganje). Sočasna proizvodnja električne in toplotne energije nadomešča energijo iz fosilnih virov in podpira cilje NEPN.

## 6. SKLEP

V IZVEDBENEM SKLEPU KOMISIJE (EU) 2019/2010 z dne 12. novembra 2019 so ravni energetske izkoriščenosti določene kot sledi:

- Ravni energijske učinkovitosti, povezane z BAT, določene za bruto električni izkoristek (25% do 35%) se uporabljajo samo za naprave ali dele naprav, ki proizvajajo elektriko z uporabo kondenzacijske turbine
- Ravni energijske učinkovitosti, povezane z BAT, določene za bruto energijski izkoristek (72% do 91%) se uporabljajo samo za naprave ali dele naprav, ki proizvajajo samo toploto ali ki proizvajajo elektriko z uporabo protitlačne turbine, toploto pa s paro, ki zapušča turbino.

Ravni energijske učinkovitosti, povezane z BAT, za bruto električni izkoristek se uporabljajo samo za naprave ali dele naprav, ki proizvajajo elektriko z uporabo kondenzacijske turbine (BAT referenca za električni izkoristek: IZVEDBENI SKLEP KOMISIJE (EU) 2019/2010 z dne 12. novembra 2019) je določen za kondenzacijske turbine, za nove naprave naveden v višini med 25 % in 35 %. Ocena je, da gre pri dani referenci za enostopenjsko turbino, kjer se proizvaja samo elektrika. V BAT dokumentaciji primer z dvostopenjsko kondenzacijsko turbino, kot je projektirana v sežigalnici Maribor ni naveden. Običajno je dvostopenjska kondenzacijska turbina manj učinkovita. Odločitev za dvostopenjsko kondenzacijsko turbino v sežigalnici Maribor temelji na dejstvu, da potreba po toploti za ogrevanje sezonsko in dnevno močno niha. Poleg tega je sežigalnica načrtovana tako, da se prednostno pokrivajo potrebe po toploti in sušenju blat KČN, preostanek energije pa se uporabi za dodatno proizvodnjo električne energije.

V primeru izračuna bruto energijskega izkoristka pa se glede na zgoraj navedeno določitev ravni energetske učinkovitosti ne nanašajo na sežigalnico Maribor.

Ne glede na to izračunani električni in energijski izkoristek zadoščata BAT pogojem za obe tehnologiji.

BFB		rešetka	
Električni izk. $\eta_e$	Energijski izk. $\eta_h$	Električni izk. $\eta_e$	Energijski izk. $\eta_h$
26,3 %	79,5%	25,8 %	77,7%

BAT določbe:

- Bruto električni izkoristek 25% - 35%
- Bruto energijski izkoristek 72% - 91%

Poleg tega projektirana rešitev:

- izpolnjuje zahteve energetske učinkovitosti,
- je skladna z razpisnimi pogoji za podelitev koncesije,
- temelji na najboljših razpoložljivih tehnikah,
- predstavlja dolgoročno trajnostno rešitev za ravnanje z odpadki.