

**ZAHTJEV ZA UTVRĐIVANJE OBJEDINJENIH
UVJETA ZAŠTITE OKOLIŠA ZA
BIOELEKTRANU - TOPLANU
NA ŠUMSKU BIOMASU U VELIKOJ GORICI**



Zagreb, studeni 2012.



Naručitelj: HEP OIE d.o.o.
Ulica grada Vukovara 37, Zagreb

Izrađivač: EKONERG d.o.o.

Ugovor: I-06-041/10

Radni nalog: I-14-0096

Naslov:

**ZAHTJEV ZA UTVRĐIVANJE OBJEDINJENIH UVJETA ZAŠTITE OKOLIŠA ZA
BIOELEKTRANU - TOPLANU NA ŠUMSKU BIOMASU U VELIKOJ GORICI**

Autori: Dr.sc.Niko Malbaša, dipl.ing.str.
Veronika Tomac, dipl.ing.kem.tehn.

Direktor Odjela za zaštitu okoliša i
održivi razvoj:

Dr. sc. Vladimir Jelavić, dipl.ing.str.

Direktor:

Mr.sc. Zdravko Mužek, dipl.ing.str.

Zagreb, studeni, 2012.

4. TEHNIČKO - TEHNOLOŠKO RJEŠENJE POSTROJENJA

Sadržaj:

1. OPĆE TEHNIČKE, PROIZVODNE I RADNE KARAKTERISTIKE POSTROJENJA	1/41
2. PLAN S PRIKAZOM LOKACIJE ZAHVATA S OBUHVATOM CIJELOG POSTROJENJA (SITUACIJA)	4/41
3. OPIS POSTROJENJA	9/41
3.1. Doprema i skladištenje drvene sječke	9/41
3.2. Parno-kotlovsko postrojenje	11/41
3.2.1. Tehnologija izgaranja kotlovskog postrojenja	11/41
3.2.2. Osnovne komponente kotlovskog postrojenja	13/41
3.2.3. Sustavi ispusta odzračnika i odmuljivanja	17/41
3.2.4. Sustav za pročišćavanje dimnih plinova i dimnjak	17/41
3.3. Turbinsko postrojenje s toplinskom stanicom	18/41
3.4. Vršna vrelovodna kotlovnica i pomoćni kotao	19/41
3.5. Sustav za manipulaciju šljakom i pepelom	19/41
3.6. Rashladni sustav	20/41
3.7. Postrojenje za kemijsku pripremu vode	21/41
3.7.1. Sustav za dobavu sirove vode	22/41
3.7.2. Pogon za dekarbonizaciju	23/41
3.7.3. Pogon za demineralizaciju	25/41
3.8. Obrada tehnoloških otpadnih voda	26/41
3.9. Električni sustav bloka	26/41
3.10 Emisije i pritisci na okoliš	28/41
3.10.1. Emisije u zrak	28/41
3.10.2. Otpad	31/41
3.10.3. Otpadne vode	32/41
3.10.4. Buka	32/41
4. BLOK DIJAGRAM POSTROJENJA PREMA POSEBNIM TEHNOLOŠKIM DIJELOVIMA I PROCESNI DIJAGRAM TOKA	37/41
5. PROCESNA DOKUMENTACIJA POSTROJENJA	41/41

1. OPĆE TEHNIČKE, PROIZVODNE I RADNE KARAKTERISTIKE POSTROJENJA

Postrojenje BE-TO Velika Gorica koncipirano je kao kogeneracijsko postrojenje na biomasu u izvedbi s parnim kotlom, kondenzacijsko-oduzimnom parnom turbinom te vršnim kotlovskim postrojenjem. Postrojenje će biti smješteno na zasebnoj građevnoj čestici veličine 204x150 m, unutar planirane gospodarske zone Štuki-istok, na administrativnom području Grada Velike Gorice. Građevna čestica planiranog zahvata bit će opremljena odgovarajućom prometnom, komunalnom i ostalom potrebnom infrastrukturom.

Korištenje biomase u proizvodnji električne energije i topline svrstava BE-TO Velika Gorica u obnovljive izvore energije (OIE) te će s tim u vezi imati poseban status u energetske sustavu. Naime, europska direktiva o poticanju upotrebe energije iz obnovljivih izvora¹ propisuje zemljama članicama EU obvezu korištenja određenog postotka OIE u bruto neposrednoj potrošnji energije. Postotak varira od 10% na Malti do 49% u Švedskoj i u prosjeku za EU iznosi 20%. Republika Hrvatska se pridružila toj inicijativi i njen udio OIE bi, prema postavljenim kriterijima, u 2020. godini trebao biti baš točno oko prosjeka EU, dakle oko 20%.

Dodatno, kao kogeneracijski objekt za spojnu proizvodnju električne energije i topline BE-TO Velika Gorica pridonosi štednji energije što je također važna pretpostavka u europskoj energetske strategiji.

BE-TO Velika Gorica bit će, dakle, važan element u ispunjenju obveza Republike Hrvatske prema EU zahtjevima u području energetike.

Tehničko rješenje elektrane prilagođeno je lokaciji i karakteristikama goriva (šumska biomasa). Također, BE-TO Velika Gorica bit će suvremeni energetske objekt izveden prema hrvatskoj i europskoj regulativi i praksi sa svim najkvalitetnijim sustavima zaštite okoliša koji su uobičajeni na sličnim objektima. Glavne karakteristike BE-TO Velika Gorica su sljedeće:

- a) Elektrana pokriva temeljni dio dijagrama potrošnje u trajanju od 8.000 sati godišnje s nazivnom snagom. Pritom će oko 4.000 sati godišnje raditi u kondenzacijskom pogonu i proizvoditi samo električnu energiju, a oko 4.000 sati godišnje radit će u tzv. oduzimnom (toplifikacijskom) režimu te proizvoditi i električnu energiju i toplinu za potrebe grijanja.
- b) Električna snaga u kondenzacijskom radu tijekom ljetnog razdoblja kad nije potrebno isporučivati ogrjevnu toplinu iznosi na stezaljkama generatora 22,5 MW, a zimi je proizvodnja električne energije 16,4 MW uz proizvodnju topline od 35,37 MJ/s. Bruto stupanj djelovanja iznosi ljeti 34,2%, a zimi 78,7%, prosječno oko 56,5%.
- c) Održavanje graničnih vrijednosti emisije u zrak je prema odgovarajućoj europskoj praksi tj. u skladu s direktivom o emisijama iz industrijskih postrojenja².

¹ Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources, Brussels, 26. 3. 2009.

² Directive 2010/75/EU on industrial emissions

- d) Odsumporavanje dimnih plinova koji nastaju izgaranjem drvne sječke neće biti potrebno jer je sadržaj sumpora u gorivu dovoljno nizak da se zadovoljavaju strogi zahtjevi spomenute direktive o emisijama iz industrijskih postrojenja.
- e) Eliminiranje čestica iz dimnih plinova koji nastaju izgaranjem drvne sječke realizirat će se sa suvremenim vrećastim filtrima s vrlo visokom efikasnošću (99,95%).
- f) Rashladni sustav realizirat će se s vlažno-suhim rashladnim tornjevima recirkulacijskog tipa čime će se isključiti vidljiva perjanica kondenzirane vodene pare na izlazu iz tornjeva.
- g) Odvođenje očišćenih dimnih plinova koji nastaju izgaranjem drvne sječke realizirat će se preko dimnjaka visine oko 70 metara (maksimalno 73 metra).
- h) Proizvodnja pare realizirat će se u parnom kotlu s izgaranjem u atmosferskom cirkulirajućem fluidiziranom sloju (*Atmospheric Circulating Fluidized Bed, ACFB*) s jednim međupregrijanjem pare, toplinske snage 65,8 MJ/s sa stupnjem korisnog djelovanja od 90%.
- i) Karakteristika ACFB sustava je niska temperatura izgaranja te dvostupanjski dovod zraka za izgaranje pa će proizvodnja dušikovih oksida (NO_x) biti vrlo niska i nije potreban posebni uređaj za sniženje emisije.
- j) Kondenzacijsko-oduzimna parna turbina s ulaznim parametrima pare 124 bara i 522°C s jednim međupregrijanjem (16 bara i 520°C) i jednim reguliranim oduzimanjem pare za na tlaku 2 bara uključuje jedan niskotlačni i jedan visokotlačni zagrijač napojne vode, otplinjač, zagrijač vode iz mreže te kondenzator. Uz turbinu je i električni generator koji preko oklopljenih sabirnica napaja blok-transformator koji omogućuje prijenos električne energije u 110 kV visokonaponsku mrežu.
- k) Na području lokacije predviđeno je skladište drvne sječke u obliku zatvorenog cilindričnog silosa kapaciteta 7.500 m³ (vanjski promjer 19,6 m, visina 29 m). Drvna sječka dopremat će se na lokaciju kamionima.

U **tab. 1** dani su osnovni podaci o postrojenju BE-TO Velika Gorica.

Tablica 1: Osnovni podaci o BE-TO Velika Gorica

Bruto snaga na generatoru u kondenzacijskom radu, MW	22,5
Bruto snaga na generatoru u oduzimnom radu, MW odnosno MJ/s	16,4
Snaga oduzete topline za potrebe grijanja, MW	35,4
Ukupna korisna snaga u zimskom razdoblju, MW	51,8
Ukupna toplinska snaga postrojenja unesena gorivom, MW	65,8
PODACI O KOTLU	
Tip kotla	AFBC
Količina pare, t/h	70
Tlak pregrijane pare, bar	124
Temperatura izlazne pare, °C	522
Stupanj djelovanja kotla, %	90
PODACI O REFERENTNOJ BIOMASI	
Proračunska ogrjevna vrijednost, kJ/kg	9.000
Vlaga, %	33,1
Pepeo, %	2,33
Ugljik, %	31,58
Vodik, %	3,75
Sumpor, %	0,012
Dušik, %	0,30
Kisik, %	29,0
RASHLADNI SUSTAV	
Prosječna temperatura rashladne vode na ulazu/izlazu u/iz kondenzatora (ljeti), °C	30/40
Prosječna temperatura rashladne vode na ulazu u kondenzator (zimi), °C	16/18,5
Temperatura kondenzacije (ljeti), °C	43,4
Temperatura kondenzacije (zimi), °C	27,7
Tlak kondenzacije ljeti, bar	0,088
Tlak kondenzacije zimi, bar	0,037
Stupanj djelovanja elektrane, u kondenzacijskom radu, bruto, %	34,2
Stupanj djelovanja elektrane u oduzimnom radu, bruto, %	78,7

2. PLAN S PRIKAZOM LOKACIJE ZAHVATA S OBUHVATOM CIJELOG POSTROJENJA (SITUACIJA)

Osnovne komponente BE-TO Velika Gorica su³:

- postrojenje za prihvatanje, skladištenje i dobavu osnovnog goriva šumske biomase - drvene sječke (1, 2, 3, 34)
- prostor za odlaganje sječke iz silosa u slučaju praznjenja silosa u nuždi (37)
- postrojenje parnog kotla na biomasu: kotao, napojne pumpe, napojni spremnik (4, 5)
- kondenzacijsko-oduzimni parno-turbinski agregat - parna turbina, generator, kondenzator
- postrojenja i uređaji toplinske stanice: izmjenjivači topline, cirkulacijske pumpe vrele vode, sustav za održavanje tlaka i dopunjavanje (11)
- postrojenje za kemijsku pripremu vode (14)
- rashladno postrojenje i uređaji: rashladni tornjevi, pumpno postrojenje i cjevovodi rashladne vode (21, 22)
- rasklopno postrojenje (19, 20)
- građevine za smještaj opreme i pogonskog osoblja: kotlovnica, strojarnica, toplinska stanica, upravna zgrada i radionice (10, 12, 15, 16, 17, 18)
- postrojenje za čišćenje i odvođenje dimnih plinova u atmosferu: ciklonski odvajač čestica, filter, odsisni ventilatori i kanali dimnih plinova (6, 8, 9)
- postrojenje za prikupljanje i skladištenje krutih ostataka izgaranja (nalazi se unutar 4)
- dimnjak (7).

Iako ne spadaju u osnovnu opremu, za normalan rad postrojenja nužna je izvedba priključaka na sljedeće infrastrukturne sustave:

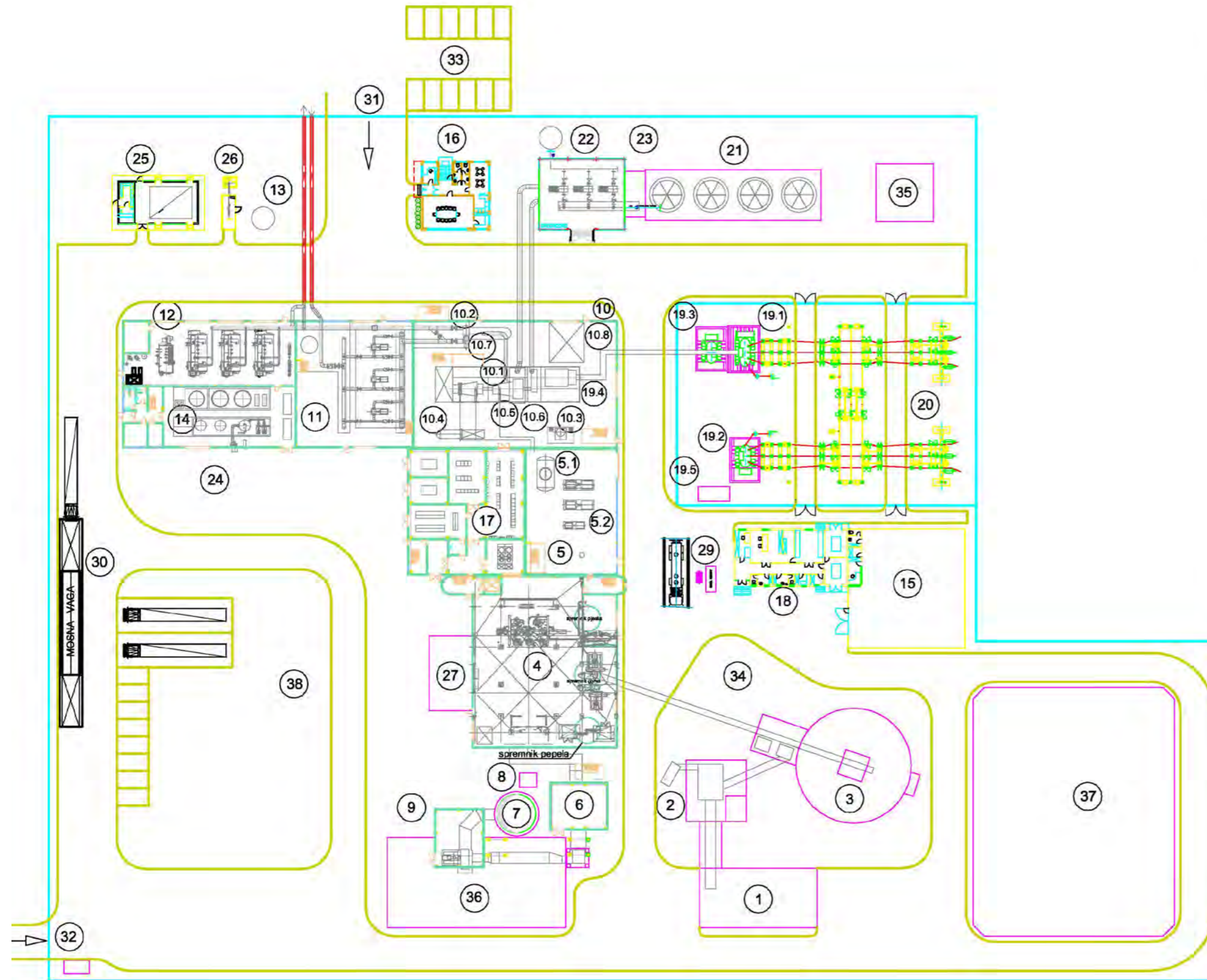
- elektroenergetski sustav,
- sustav za opskrbu plinom,
- centralizirani toplinski sustav i
- sustav vodoopskrbe i odvodnje.

Situacijski prikaz postrojenja s osnovnim elementima zahvata dan je na **sl. 1**, a prikaz užeg područja lokacije s točkama uklapanja u postojeću i planiranu infrastrukturu dan je na **sl. 2**.

Na **sl. 3** dan je trodimenzionalni prikaz BE-TO postrojenja s označenim lokacijama izvora emisija u zrak te lokacijama nastanka otpada i otpadnih voda.

Dimenzije prostorno dominantnih objekata planiranog zahvata dane su u **tab. 2**.

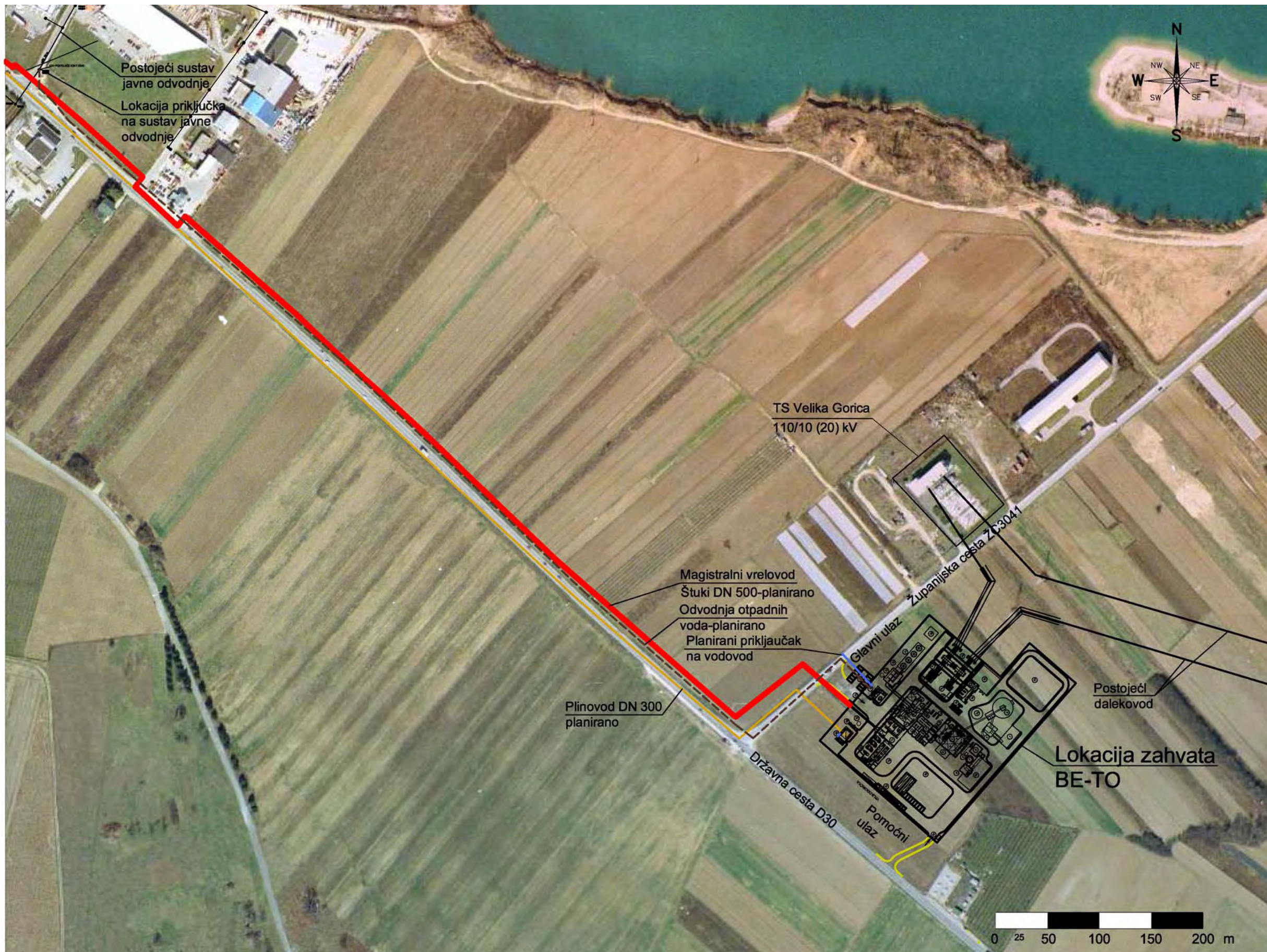
³ Brojčane oznake navedene u zagradi uz pojedinu komponentu odgovaraju grafičkom prikazu komponente na **sl. 1**.



LEGENDA

- 1 - doprema goriva (sječke), 28 kamiona/dan
- 2 - odvajanje feromag. metala, kamenja i vangabaritne sječke
- 3 - silos za sječku (7500 m³), rezerva 4 dana
- 4 - kotlovnica BE-TO, 65,8 MW_t
- 5 - pomoćna postrojenja kotla
 - 5.1 - napojni spremnik na visinskoj koti +18,0 m
 - 5.2 - napojne pumpe (dvije pumpe 100%-tnog kapaciteta, jedna pumpa 15%-tnog kapaciteta pogonjena strujom iz diesel agregata)
- 6 - filtrarsko postrojenje (≤20 mg/Nm³ s.d.m kol 6% O₂)
- 7 - dimnjak, do 73 m
- 8 - kontejner opreme za emisiju dim. plinova
- 9 - ventilator za odvod dimnih plinova
- 10 - strojarnica
 - 10.1 - parna turbina 520°C/120 bar / 520°C/16 bar i generator 22,5 MW
 - 10.2 - zagrijač mrežne vode 35 MW_t
 - 10.3 - VT zagrijač
 - 10.4 - NT zagrijač
 - 10.5 - kondenzator
 - 10.6 - kondenzatne pumpe
 - 10.7 - turbinska pomoćna oprema
 - 10.8 - montažni otvor
- 11 - pumpna stanica mrežne vode q=1532 m³/h
- 12 - vrelovodni kotlovi 3 x 12 MW_t, pomoćni parni kotao za start 7 MW_t
- 13 - spremnik sirove vode d=4 m, V=130 m³, H=12 m
- 14 - kemijska priprema vode, 100 t/h dekarb. vode i 2x3 t/h demi vode, laboratorij
- 15 - skladište rezervnih dijelova, radiona
- 16 - upravna zgrada
- 17 - centralna komanda, elektrorazvodi, MCC i baterije
- 18 - upravljanje rasklopištem
- 19 - transformatori
 - 19.1 blok transformator
 - 19.2 transf. opće potrošnje
 - 19.3 transf. vlastite potrošnje
 - 19.4 uzbudni transformator
 - 19.5 uljna jama
- 20 - rasklopište 110 kV
- 21 - rashladni tornjevi
- 22 - pumpna stanica rashladne vode
- 23 - spremnik dekarbonizirane vode, 120 m³, d=4 m, H=11 m
- 24 - spremnik demineralizirane vode, 55 m³, d=3 m, H=8 m
- 25 - plinska stanica, 6500 m³/h
- 26 - bunar s postrojenjem za dobavu sirove vode
- 27 - predviđen prostor za De-NO_x sustav (ukoliko će u budućnosti trebati)
- 28 - portirnica
- 29 - diesel agregat
- 30 - mosna vaga, 40 t
- 31 - glavni ulaz
- 32 - vatrogasni pristup
- 33 - parkiralište
- 34 - orostor predviđen za dodatni spremnik drvene sječke
- 35 - predtretman pojedinih tokova tehnoloških otpadnih voda
- 36 - prostor predviđen za kondenzacijski ekonomajzer
- 37 - prostor predviđen za interventno odlaganje sječke iz silosa
- 38- parkiralište i prostor za remont

Slika 1: Situacijski prikaz zahvata



Slika 2: Uže područje lokacije zahvata i uklapanje u infrastrukturu



Legenda:

- Z** lokacije izvora emisija u zrak
- V** lokacije nastanka otpadnih voda
- O** lokacije nastanka otpada

Napomena:
Brojčane oznake pozicija identične su oznakama na slici 1.

Slika 3: Trodimenzionalni prikaz postrojenja s označenim lokacijama izvora emisija u zrak te lokacijama nastanka otpada i otpadnih voda

Tablica 2: Dimenzije prostorno dominantnih objekata zahvata

POZ	NAZIV	Duljinaxširina	visina
		m	m
1	Doprema sječke (prihvatna jedinica goriva)	20,4 x 10,3	7
2	Odvajanje vangabaritne sječke i feromagnetskih primjesa u sječki	8,15 x 3,9 i 10,7 x 10,4	4 i 6
3	Silos za sječku	Ø 19,6	29
4	Kotlovsko postrojenje BE-TO	30 x 25,3	39,5
5	Pomoćna postrojenja kotla (objekt s otplinjačem, napojnim spremnikom i napojnim pumpama)	21,9 x 16,1	24,5
6	Filtarsko postrojenje	10,3 x 8,5	17,6
7	Dimnjak	Ø 2,4	73
8	Kontejner opreme za emisiju dimnih plinova	3 x 2,5	2,5
9	Objekt ventilatora za odvod dimnih plinova	10,3 x 8,8	9,5
10	Strojarnica	35,5 x 22,2	23
11	Pumpna stanica mrežne vode	22,2 x 20,4	13
12	Vrelvodni kotlovi + pomoćni parni kotao	30,1 x 11,5	13
13	Spremnik sirove vode	Ø 4	12
14	Kemijska priprema vode, laboratorij	30,1 x 10,8	9
15	Skladište rezervnih dijelova, radionica, uprava	20,8 x 20,4	10
16	Upravna zgrada, garderobe i restoran	12,7 x 12	9,1
17	Centralna komanda, elektrorazvodi	21,9 x 20,4	13
18	Upravljanje rasklopištem	19,9 x 10	5,5
19	Elektropostrojenje		
20	Rasklopište	52 x 35	
21	Rashladni tornjevi	30,5 x 8,8	8,1
22	Pumpna stanica rashladne vode	15 x 12,5	6,2
23	Spremnik dekarbonizirane vode	Ø 4	11
24	Spremnik demineralizirane vode	Ø 3	8
25	Plinska stanica	14,1 x 7,5	6,7
26	Bunar s postrojenjem za dobavu sirove vode	6,1 x 2,5	2,9
27	Predviđen prostor za de-NO _x sustav	13 x 7,5	
28	Portirnica kod vatrogasnog pristupa	4,4 x 2,4	3,4
29	Dizel agregat	4,5x 1,7	2,4
30	Mosna vaga		
31	Glavni ulaz		
32	Vatrogasni pristup	4,4 x 2,4	3,4
33	Parkiralište	18 x 18	
34	Prostor za drvo neodgovarajućih dimenzija		
35	Predobrada pojedinih tokova tehnoloških otpadnih voda	10 x 10	4,8
36	Prostor predviđen za kondenzacijski ekonomajzer	31 x 15,7	
37	Prostor predviđen za povremeno (po potrebi) i kratkotrajno odlaganje sječke iz silosa	43,2 x 35	6
38	Parkiralište i prostor za remont	52 x 37,2	

Na **sl. 4** prikazana je fotomontaža postrojenja BE-TO Velika Gorica - pogled s državne ceste D30 Zagreb-Sisak.



Slika 4: Pogled na BE-TO postrojenje s glavne ceste

3. OPIS POSTROJENJA

3.1. Doprema i skladištenje drvene sječke

Transport drvene sječke do lokacije BE-TO postrojenja obavljat će se kamionima, a frekvencija prometa procjenjuje se na oko 28 kamiona dnevno. Za potrebe prijevoza sječke koristit će se samoistovarujući kamioni i prikolice (kiperi), šleperi sa zatvorenim povišenim stranicama ili specijalni kontejneri kapaciteta 80 m³. Masa goriva će se mjeriti na ulasku u BE-TO postrojenje.

Prihvatna jedinica

Prihvatna jedinica služi kao lokacija istovara drvene sječke dovezene kamionima pri čemu je moguć stražnji i bočni istovar kamiona uz istovremeni prihvat dva kamiona. Po istovaru u jamu za prihvat sječka se pomičnim podom ili pužnim pogonom, koji se nalazi na dnu istovarne jame, postupno gura na transportnu traku.

Iz prihvatne jame sječka se najprije dovodi u uređaj za izdvajanje neodgovarajućih granulacija. Sječka neodgovarajuće granulacije odlaže se u posebni spremnik i ponovno se vraća na usitnjavanje. Idući postupak je odvajanje moguće prisutnih feromagnetskih predmeta u sječki (čavli, metalni komadići i sl.). Nakon što je na prethodni način obrađena drvena sječka se sustavom zatvorenih transportera otprema u silos na skladištenje.

Skladištenje

Za skladištenje biomase unutar kruga BE-TO postrojenja predviđen je zatvoreni cilindrični silos (**sl. 5**) kapaciteta skladištenja 7.500 m³, dovoljno za četverodnevni nazivni rad postrojenja.

U slučaju prekida rada BE-TO postrojenja (redovito održavanje, neplanirani zastoji zbog kvarova) silos je opremljen s dva različita sustava za sprečavanje truljenja i propadanja drvene sječke, pri čemu se određeni primjenjuje ovisno o dužini trajanja zastoja. Za kraće pogonske zastoje na silosima je predviđen sustav s ventilatorom za upuhivanje zraka kojim se sječka dodatno suši i sprječava njezino truljenje. U slučaju duljeg zastoja silos će se u potpunosti isprazniti. Pri tome će se sječka kratko (2-3 dana) skladištiti na odgovarajućem prostoru (poz. 37 na sl. 1) u krugu postrojenja.



Slika 5: Silos sa vertikalnim transporterom i prihvatnim jedinicama

Transport prema kotlu

Iz silosa sječka se odvodi u prihvatnu posudu vertikalnog transportera kojim se podiže do zatvorenog trakastog transportera. Tim transporterom sječka se doprema u tzv. dnevni silos smješten neposredno uz kotao. Skladišni kapacitet dnevnog silosa omogućava dvosatni rad kotla pri nazivnom opterećenju.

Za potrebe nužnog pražnjenja silosa predviđena je ugradnja pomičnog transportera koji preuzima sječku prije nego što ona padne u prihvatnu posudu vertikalnog transportera te je plasira u kamione za odvoz s lokacije postrojenja.

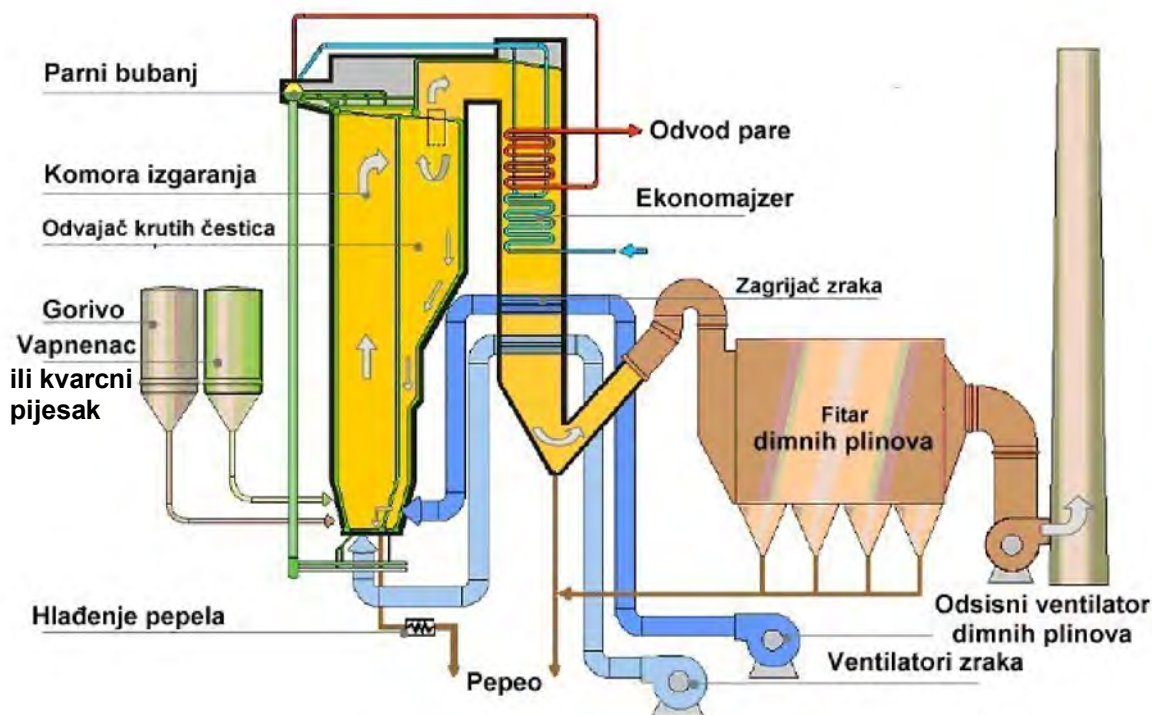
3.2. Parno-kotlovska postrojenje

3.2.1. Tehnologija izgaranja kotlovskeg postrojenja

Odabrana tehnologija kotlovskeg postrojenja je izgaranje u atmosferskom cirkulirajućem fluidiziranom sloju (eng. Atmospheric Circulating Fluidized Bed, ACFB ili CFBC), **sl. 6**.

Pri izgaranju u fluidiziranom sloju krute čestice goriva, pepela i inertnog materijala vrtložno se gibaju u sloju zraka koji se upuhuje s donje strane ložišta brzinom od približno 5 m/s. Sloj poprima neke od fizikalnih karakteristika kapljevitoz medija s malim gradijentom temperature u sloju i intenzivnim prijenosom topline. U gorivo se dodaje kvarcni pijesak ili vapnenac koji popunjava prostor između čestica goriva čime se osigurava homogena fluidizacija. Kontinuiranim turbulentnim gibanjem čestica postiže se skoro potpuno izgaranje goriva pri relativno niskim temperaturama u odnosu na klasične tehnologije (izgaranje prašine). Veće čestice se izdvajaju iz dimnih plinova u vodom hlađenom separatoru i vraćaju natrag u gorivi sloj kroz bočnu komoru odvojenu razdjelnim zidom. Finije čestice letećeg pepela nošene su dimnim plinovima kroz konvekcijski dio kotla, a potom u sustav za pročišćavanje dimnih plinova s vrećastim impulsnim filtrom. Koncentracija čestica na ispustu dimnih plinova u atmosferu biti će manja od 20 mg/Nm³ svedeno na standardne uvjete.

Temperatura izgaranja u kotlu s cirkulirajućim fluidiziranim slojem iznosi od 850 do 900°C, a uvjetovana je optimalnom temperaturom za postizanje minimalnih emisija NO_x. Zbog relativno niske temperature izgaranja termička emisija NO_x manja je do 60% u usporedbi s emisijama klasičnih tehnologija izgaranja. Emisija NO_x dodatno će se smanjiti primjenom stupnjevitoz dovođenja zraka u ložište. To znači da se u donjem dijelu sloja izgaranje odvija u reducirajućim uvjetima, što dovodi do stvaranja molekularnog dušika N₂, umjesto NO kao što je slučaj u oksidacijskim uvjetima. Dodatni sekundarni zrak za dovršetak izgaranja se uvodi na višim razinama ložišta pri nešto nižim temperaturama.



Slika 6: Shema kotlovskeg postrojenja s izgaranjem u atmosferskom cirkulirajućem fluidiziranom sloju

Kotlovske postrojenje postizati će vrijednosti emisije NO_x manje od 250 mg/Nm^3 , što predstavlja graničnu vrijednost definiranu Direktivom o industrijskim emisijama 2010/75/EU (*Directive on industrial emissions 2010/75/EU*) i Uredbom o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora (NN 117/12). Vrijednost emisije sumporovih oksida je vrlo mala (oko 60 mg/Nm^3) zbog niskog sadržaja sumpora u gorivu, a može se još dodatno smanjiti za 30-50 posto dodavanjem u fluidizirani sloj praha vapnenca. Emisije CO, ostalih ugljikovodika i neizgorenog ugljika vrlo su niske zbog turbulencija unutar fluidiziranog sloja i separatora te dovoljnog vremena zadržavanja goriva u kotlu.

Zbog relativno velikog toplinskog kapaciteta fluidiziranog sloja, izgaranje je stabilno i ne zahtijeva pomoćno gorivo. Intenzivna turbulencija osigurava dobro miješanje i izgaranje goriva. Veliki prijenos topline postiže se kruženjem materijala te je otprilike proporcionalan opterećenju. Kotao ima brzo vrijeme reakcije u velikom rasponu promjene opterećenja s relativno malim faktorom viška zraka.

Toplina se odvodi od cirkulirajućeg materijala i dimnih plinova u vodom hlađenoj komori izgaranja i u parom hlađenom separatoru. Nakon separatora, dimni plinovi se dodatno hlade u pregrijačima pare, ekonomajzeru i zagrijaču zraka prije uklanjanja pepela u filtru dimnih plinova.

Razlozi za odabir spomenute tehnologije su pogodnosti korištenja goriva s niskom ogrjevnom vrijednošću. Biomasa je gorivo koje se odavno smatra idealnim za primjenu u kotlovima s cirkulirajućim fluidiziranim slojem.

Izgaranje u fluidiziranom sloju ima sljedeće prednosti u odnosu na klasično izgaranje:

- niže temperature u ložištu i izoternost u cijelom volumenu sloja, čime se otklanja opasnost taljenja pepela i njegovo lijepljenje na ogrjevne površine,
- intenzivniji prijelaz topline u ložištu (posebno u sloju) što omogućava smanjenje ogrjevnih površina ložišta,
- niže vrijednosti emisija SO_x i NO_x,
- mala količina goriva u ukupnoj masi fluidiziranog sloja omogućava efikasno izgaranje i goriva vrlo loše kvalitete s velikim sadržajem pepela i vlage i
- mogućnost bolje kontrole temperature u ložištu.

Kao nedostatke u odnosu na klasične tehnologije može se navesti sljedeće:

- potreba za relativno visokim tlakom zraka za održavanje fluidiziranog sloja,
- neujednačen kontakt zraka i čestica i
- opasnost erozije ogrjevnih površina cijevi kod velikih brzina zraka i dodavanja prekrupnih čestica.

3.2.2. Osnovne komponente kotlovskog postrojenja

Osnovne komponente kotlovskog postrojenja opisuju se u nastavku.

Sustav napojne vode

Pumpe dobavljaju napojnu vodu iz napojnog spremnika u bubanj kotla, u kojemu se razina osigurava troputnim regulatorom. Upravljačkim sustavom provodi se mjerenje protoka pare, protoka vode i razine vode u bubnju. Protok napojne vode reguliran je regulacijskim ventilom ispred kotla, u skladu s protokom pare, a regulirana veličina je korigirana u ovisnosti o stvarnoj razini vode u bubnju. Obično se smatra da granica kotla započinje s kontrolnim ventilima napojne vode ispred kotla.

Vodna strana kotla

Prije nego što se dobavi u bubanj kotla, napojna voda prolazi kroz regulacijske ventile te potom ulazi u ekonomajzer (zagrijač) koji se nalazi u konvektivnom dijelu kotla. Potom napojna voda ulazi u bubanj gdje se miješa s kotlovskom vodom. Kotao funkcionira na principu prirodne cirkulacije koju omogućuje odgovarajuća izvedba cijevnih sustava. Negrijane silazne cijevi dovode kotlovsku vodu iz bubnja u ekransku komoru smještenu u donjem dijelu ložišta. Ekranski cijevni zidovi ložišta i separatora krutih čestica (ciklona) su grijani dimnim plinovima, pri čemu dolazi do isparavanja vode. Voda i para se uspinju kroz ove cijevne stijene natrag u bubanj, gdje se para odvaja od vode u separatoru, a voda se vraća u cirkulacijski sustav. Količina napojne vode koja se dodaje u kotao jednaka je isparenoj količini kotlovske vode.

Nakon izlaska iz bubnja zasićena para se vodi uz prestrujne kanale dimnih plinova i konvekcijske stijene. Potom para prolazi kroz pregrijače u kojima se događa pregrijavanje pare na nominalni tlak i temperaturu.

Sustav za dovod zraka za izgaranje

Primarni zrak

Primarni zrak se uzima iz atmosfere s pomoću ventilatora. Zrak se dovodi u razdjelnik zraka gdje se provodi kroz rešetku kako bi stvorio fluidizirani sloj i osigurao zrak za izgaranje. Ventilator primarnog zraka se regulira s pomoću zakretnih statorskih lopatica u skladu sa zahtijevanim protokom. Protok se mjeri u ulaznom kanalu.

Potreban je minimalni protok primarnog zraka koji služi za stvaranje fluidiziranog sloja i sprečavanje povratnog protoka materijala kroz mlaznice pa pri niskim opterećenjima primarni protok zraka ostaje konstantan i ne mijenja se s opterećenjem.

Sekundarni zrak

Sekundarni zrak se također uzima iz atmosfere putem ventilatora i uvodi u kotao na 2 i 4 metra iznad razine mlaznica. Sekundarnim zrakom postiže se "stupnjevano" izgaranje i dovršava izgaranje goriva bez stvaranja prekomjerne količine NO_x-a. Dio sekundarnog zraka se dovodi do mjesta ubacivanja goriva u ložište, kako bi pomogao u održavanju tih mjesta da budu plinonepropusna, a služi i kao rashladni / transportni zrak. Protok sekundarnog zraka se mjeri s mjeracima protoka u ulaznom kanalu, međutim ventilator sekundarnog zraka se regulira preko ulaznih zaklopki prema tlaku nizvodno od ventilatora.

Visokotlačni zrak

Visokotlačni zrak se koristi za stvaranje cirkulirajućeg fluidiziranog sloja u brtvenoj stijeni (pregradi). Potrebna količina zraka je mala i nije regulirana u procesu izgaranja. Obično postoji više visokotlačnih puhalo. Jedno puhalo je normalno u pričuvi.

Sustav dimnih plinova

Dimni plinovi nastali u ložištu prvo prolaze kroz odvajač krutih čestica (ciklon), gdje se odvajaju veće čestice pepela i neizgorenog goriva te vraćaju u ložište kroz brtvenu stijenu (pregradu), a finiji leteći pepeo se odnosi kroz konvekcijski dio kotla do sustava u kojem se leteći pepeo uklanja iz dimnih plinova (impulsni vrećasti filter). Dimni plinovi prolaze kroz filter kotla s pomoću odsisnog ventilatora dimnih plinova nakon čega se ispuštaju u atmosferu kroz dimnjak. U dimnim plinovima analiziraju se O₂, CO, NO_x i SO₂ kako bi se utvrdila efikasnost izgaranja i koncentracijske emisije onečišćujućih tvari. Kisik u dimnim plinovima se obično održava na oko 6,0% volumnih, kako bi se osiguralo pravilno izgaranje.

Ložište kotla

Ložište zajedno s odvajačem krutih čestica čini centralni dio kotlovskog postrojenja. Primarni zrak u ložište se dovodi mlaznicama preko razdjelnika zraka. Rešetka s mlaznicama sastoji se od vodom hlađenih podnih cijevi i gusto postavljenih mlaznica.

U donjem dijelu kotla se odvija veći dio procesa izgaranja. Fluidizirani sloj je ovdje najgušći i vrlo je turbulentan. Osim kroz rešetku s mlaznicama, zrak se u ložište uvodi kao sekundarni na razini od oko 2 m čime se postiže smanjenje emisija NO_x . Povrat materijala iz separatora (ciklona) odvija se na najnižem dijelu ložišta.

Gornji dio ložišta izveden je s vodom hlađenim membranskim stijenama. To je područje u kojem se toplina prenosi s dimnih plinova i materijala fluidiziranog sloja na kotlovsku vodu, koja pritom djelomice isparava.

Odvajač krutih čestica u ložištu (ciklon)

Po izlasku iz ložišta, a prije ulaska u konvektivni dio kotla, dimni plinovi prolaze kroz ciklonski odvajač grubih čestica, gdje se odvajaju grube čestice smjese goriva i pepela. Odvojene grube čestice se kroz brtvenu stijenu vraćaju natrag u ložište, dok fine čestice nošene dimnim plinovima odlaze u konvektivni dio kotla.

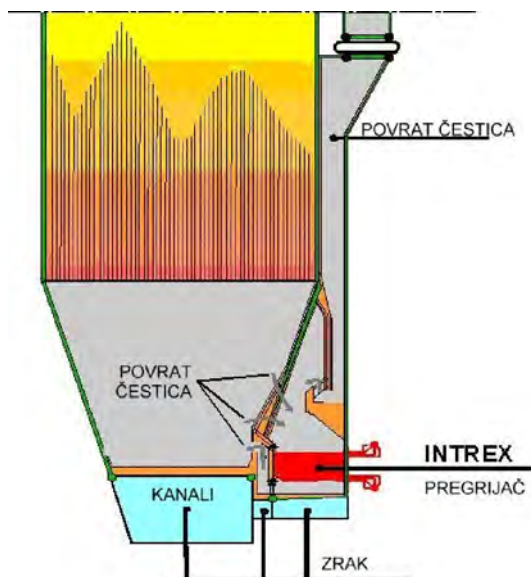
Odvajač se sastoji od membranskih stijena koji su sa unutrašnje strane obloženi tankim slojem ozida od toplinske izolacije otporne na habanje. Princip rada odvajača temelji se na centrifugalnoj separaciji.

Pepeo i neizgorene čestice izdvojene u odvajaču padaju niz cijevi te kroz brtvenu stijenu ulaze u komoru izgaranja. Brtvena stijena sprječava povratni protok dimnih plinova u ložište. Smjesa čestica u kanalu brtvene stijene fluidizira se zrakom iz mlaznice koje se nalaze na dnu kanala brtvene stijene.

Konvekcijski dio kotla (sl. 7)

Nakon izlaska iz odvajača grubih čestica, dimni plinovi prolaze kroz horizontalni spojni kanal i ulaze u konvekcijski dio kotla. U horizontalnom spojnom kanalu smještena su dva pregrijača za pregrijavanje zasićene vodene pare koja dolazi iz bubnja kotla. Pregrijači su ovješeni na vodom hlađenim ovjesnim cijevima koji su dio ekonomajzera. Na dnu komore izgaranja predviđen je pregrijač koji koristi toplinu grubih čestica iz odvajača.

Nakon pregrijača dimni plinovi ulaze u ekonomajzer. To je cijevna struktura u obliku petlje u kojoj dimni plinovi s vanjske strane struje od vrha prema dolje, dok napojna voda struji suprotno od smjera strujanja dimnih plinova. Ekonomajzer je ovješeni pomoću čeličnih ovjesa koji su pričvršćeni na cijevne vješalice..



Slika 7: Pregrijač na dnu komore izgaranja

Sustav za unos goriva, vapnenca i kvarcnog pijeska

Pored kotla smješten je dnevni silos goriva kapaciteta 60 t odakle se drvena sječka transportira do stražnjeg zida kotla i gdje se unosi u zrakom propuhivane ulaze bez pokretnih dijelova. Gorivo se u kotao unosi gravitacijski kroz lijevke. Na kotlu se obično nalaze dva ulaza za gorivo.

Vapnenac se u ložište dodaje prvenstveno zbog nadoknade materijala za formiranje fluidiziranog sloja, ali i za sniženje emisije SO_2 . Kvarcni pijesak će se koristiti kao zamjenski ili dopunski materijal za postizanje fluidizacije.

Vapnenac i kvarcni pijesak nalaze se u vlastitom silosu smještenom pored kotla, a u ložište će se dodavati pneumatskim sustavom. Pri nazivnom opterećenju potrebna količina inertnog materijala kao nadoknadu u ložištu iznosi 0,055 kg/s. Materijal se u ložište kontinuirano dodaje uz pomoć pneumatskog sustava.

Na lokaciju zahvata vapnenac, odnosno pijesak će se dopreмати kamionima iz kojih se pneumatskim sustavom transportira u skladišne objekte.

Plinska instalacija kotla

Za pokretanje kotla koristi se sustav plinskih gorača koji zagrijavaju materijal sloja do temperature gorenja. Također, spomenuti gorači mogu se koristiti kada je potrebno održati pogon kotla, a osnovno gorivo (drvena sječka) nije dostupno.

Predviđena je ugradnja triju start gorača ukupne snage 7 MW. Prilikom pokretanja kotla postiže se razina pogona do 20% nazivne snage (oko 13 MW) čime su dosegnuti uvjeti za izgaranje osnovnog goriva.

Gorači za pokretanje kotla smješteni su iznad rešetke s mlaznicama. Kad nisu u uporabi oni se automatski, s pomoću pneumatskog sustava izvlače iz ložišta, a kroz njih se održava protok male količine zraka u svrhu sprječavanja nakupljanja materijala prisutnih u ložištu.

Sustav za ispuhivanje čađe i pepela

Kotao je opremljen parnim puhalima kojima je svrha čišćenje nakupina na unutarnjim površinama konvektivnog dijela kotla. Puhala su uvlačivog ili poluuronjenog tipa. Učestalost ispuhivanja odrediti će se na temelju pogonskih iskustava predmetnog zahvata. Temperatura dimnih plinova i razlike tlaka ukazuju na potrebu za ispuhivanjem čađe. Pepeo i čađa koja se uklanja s konvektivnih površina nošena je dimnim plinovima u filtarski sustav kotla.

3.2.3. Sustavi ispusta odzračnika i odmuljivanja

Kotao će biti opremljen spremnikom za prihvat sljedećih ispusta i odmuljivanja:

- odmuljivanja dna ložišta, bubnja, silaznih cijevi i ekonomajzera,
- odmuljivanje s mjerača razine vode u bubnju,
- odmuljivanje s regulatora razine vode u bubnju,
- odvodnjavanje razdjelnika pregrijača,
- odvodnjavanja cijevi puhala čađe,
- ispusti i odzračnici ekonomajzera,
- odzračnici iz gornjeg dijela cjevovoda i visokih točaka na cjevovodima,
- odzračnik bubnja,
- ispusti iz raspršivača i
- ispusti sa linije sigurnosnih ventila i prigušivača.

Spremnik odmuljivanja opremljen je sustavom vodenog hlađenja, kojim se temperatura spremnika održava na otprilike 50°C. Pare iz spremnika se ispuštaju u atmosferu.

3.2.4. Sustav za pročišćavanje dimnih plinova i dimnjak

Direktivom 2010/75/EU o industrijskim emisijama i *Uredbom o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora (NN 117/12)* definirane su granične vrijednosti emisija (GVE) u zrak za kotlove toplinske snage ložišta 50-100 MJ/s koji kao gorivo koriste biomasu, a koja se odnose na suhi dimni plin temp. 273 K i tlaka 101,3 kPa i za volumni udio kisika od 6%. GVE za SO₂ iznosi 200 mg/Nm³, za NO_x 250 mg/Nm³, a za čestice 20 mg/Nm³.

Prije ispuštanja u atmosferu iz dimnih plinova će se uklanjati leteći pepeo pomoću sustava s impulsnim vrećastim filtrom, kojim će se emisija čestica smanjiti ispod 20 mg/Nm³.

Zbog prednosti tehnologije izgaranja u cirkulirajućem fluidiziranom sloju sekundarne mjere za smanjenje emisije NO_x nisu potrebne, jer se samom primjenom primarnim mjera (stupnjevito izgaranje) udovoljava GVE (≤250 mg/Nm³).

Odabirom goriva s malim sadržajem sumpora (drvena sječka) nije potrebna primjena sustava za smanjenje emisije sumporovih oksida.

Predviđena je izgradnja betonskog dimnjaka visine oko 70 m (maksimalno 73 m). Dimnjak će sukladno propisima imati vanjske stepenice za pristup do vrha te sigurnosnu rasvjetu i odgovarajuće oznake.

3.3. Turbinsko postrojenje s toplinskom stanicom

Parnoturbinsko postrojenje je kondenzacijskog tipa s međupregrijanjem, s reguliranim oduzimanjem pare za grijanje mrežne vode i nereguliranim oduzimanjima pare za toplinsku pripremu kondenzata i napojne vode.

Kondenzator je površinskog tipa i dimenzioniran je za protok pare koji odgovara protoku pare iz niskotlačnog dijela parne turbine u kondenzacijskom režimu rada. Kondenzator je hlađen vodom, a voda je hlađena zrakom u vlažno-suhim rashladnim tornjevima.

Turbinsko i kondenzacijsko postrojenje su osnovna postrojenja u toplinskom ciklusu pretvorbe topline pare u mehaničku energiju na spoju turbine. Mehanička energija se dalje, u generatoru električne energije, transformira u električnu energiju.

Parno-turbinsko postrojenje sastoji se od visokotlačnog te srednjetačnog/niskotlačnog dijela turbine. Rotori obiju turbina su međusobno spojeni te preko reduktora brzine vrtnje povezani su s generatorom. Turbina je brzohodna, gdje se brzina vrtnje pomoću reduktora smanjuje na brzinu vrtnje generatora.

U visokotlačnom dijelu turbine para ekspandira iz stanja pregrijanja u stanje hladnog međupregrijanja. Međupregrijana para prvo se uvodi u srednjetačni, pa u niskotlačni dio turbine, a potom u kondenzator.

U svrhu zagrijavanja mrežne vode dio pare nakon prolaska kroz srednjetačni dio turbine odvaja se kroz tzv. regulirano oduzimanje u zagrijač mrežne vode. Oduzeta para ima konstantan tlak neovisan o protoku u niskotlačnom dijelu turbine. Količina oduzete pare dostatna je za zagrijavanje mrežne vode sa 70°C na 110°C čime se postiže toplinski učin od 35 MJ/s.

Prilikom pokretanja bloka te pri naglim rasterećenjima turbine, međupregrijanu paru moguće je provesti mimovodom u kondenzator, zaobilazeći srednjetačni / niskotlačni dio turbine. Prije ulaska u kondenzator parametri pare smanjuju se na zadane vrijednosti.

3.4. Vršna vrelovodna kotlovnica i pomoćni kotao

Funkcija vršne vrelovodne kotlovnice je dvojaka:

- pričuva parnom zagrijaču mrežne vode (ukoliko rade samo vrelovodni kotlovi učin toplinske stanice BE-TO iznosi 35 MJ/s) i
- dopuna parnom zagrijaču mrežne vode (ukupni učin toplinske stanice BE-TO postrojenja iznosi 70 MJ/s).

Osnovne karakteristike vršne vrelovodne kotlovnice su sljedeće:

- broj vrelovodnih kotlova 3
- gorivo prirodni plin
- maksimalni tlak vode 17 bar
- temperatura vode 70°C/110°C
- ukupna nazivna toplinska snaga kotlova 36 MJ/s

Pomoćni kotao neophodan je prilikom pokretanja postrojenja za predgrijavanje napojne vode te zraka za ložište. Osnovne karakteristike kotla su:

- broj jedinica 1
- snaga 7 MW
- tlak pare 10 bar
- temperatura pare 250 °C
- količina pare ~8 t/h

3.5. Sustav za manipulaciju šljakom i pepelom

Tijekom rada postrojenja potrebno je osigurati kontinuirano odvođenje krutih ostataka izgaranja:

- šljake iz ložišta (ispod mehaničke rešetke),
- pepela i šljake iz ciklonskog odvajača,
- pepela iz konvektivnog dijela kotla i
- pepela iz filtarskog sustava dimnih plinova.

Šljaka i pepeo iz ložišta i ciklonskog odvajača će se u suhom obliku skladištiti u silosu (grubog) pepela i šljake kapaciteta 120 t što je dovoljno za dva tjedna rada pri punoj snazi postrojenja.

Leteći pepeo iz filtarskog sustava i konvektivnog dijela kotla će se u suhom obliku dopremati u silos finog pepela kapaciteta 80 t.

Silos za skladištenje ostataka od izgaranja bit će opremljeni sustavom za pražnjenje, odnosno sustavom za utovar u kamione.

3.6. Rashladni sustav

Za kondenzaciju pare iz parne turbine predviđen je kondenzator hlađen vodom (rashladna voda). Rashladna voda cirkulira u zatvorenom krugu (cirkulacijske pumpe rashladne vode), a za njeno hlađenje predviđeno je korištenje otvorenog optočnog rashladnog sustava s vlažno-suhim tornjevima (sl. 8).

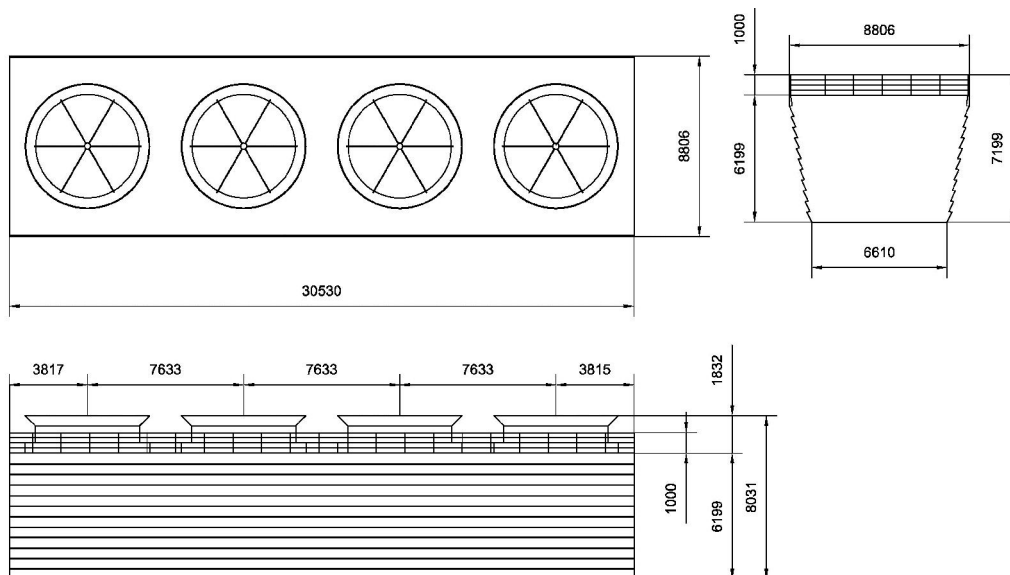
U optočnom rashladnom sustavu voda kojom se hladi kondenzator (rashladna voda) predaje toplinu u izravnom kontaktu s okolnim zrakom, pri čemu dio rashladne vode ishlapljuje. Kontakt rashladne vode i zraka ostvaruje se u posebnom uređaju - rashladnom tornju. Odabrano je tehničko rješenje s tzv. hibridnim (ili vlažno-suhim) rashladnim tornjem.

Vlažno-suhi rashladni tornjevi razvijeni su 1970-ih godina s primarnim ciljem zaštite okoliša, odnosno sprečavanja formiranja tzv. perjanice (vidljive maglice) i s ciljem smanjenja potrošnje vode. Kod klasičnih (vlažnih) rashladnih tornjeva, naime u određenim pogonskim uvjetima, u procesu miješanja toplog i vlagom zasićenog zraka koji izlazi iz rashladnog tornja s okolnim hladnijim zrakom može doći do izdvajanja dijela vlage iz zraka u vidu vrlo sitnih kapljica koje formiraju maglu. Po svojoj konstrukciji, vlažno-suhi rashladni toranj zapravo je kombinacija klasičnog (vlažnog) i suhog rashladnog tornja (zatvorenog hladnjaka) u kojem su kombinirani rashladni proces sa i bez ishlapljivanja vode.

Ovisno o okolišnim uvjetima (temperatura i vlažnost zraka), hibridni rashladni toranj može raditi u režimu klasičnog vlažnog rashladnog tornja ili u vlažno-suhom režimu. U vlažno-suhom režimu rada, zagrijana rashladna voda iz kondenzatora prvo prolazi kroz suhu sekciju (zatvoreni hladnjak) zagrijavajući pri tom zrak iz okoliša. Po izlasku iz suhe sekcije, rashladna voda dodatno se hladi u vlažnoj sekciji, uz prijenos topline i tvari u procesu ishlapljivanja na zrak iz okoliša. Obje struje zagrijanog zraka (ona iz suhe i ona iz vlažne sekcije) miješaju se prije izlaska iz rashladnog tornja. Uobičajene projektne vrijednosti relativne vlažnosti zraka na izlasku iz vlažno-suhog rashladnog tornja kreću se oko 85 %, a pojava formiranja vidljive maglice na taj način izbjegnuta je u relativno širokom rasponu okolišnih uvjeta.

Zbog procesa ishlapljivanja nužno je sustav dopunjavati vodom. Voda za rashladne tornjeve je u pravilu obrađena kako bi se spriječila pojava stvaranja naslaga kamenca u rashladnom tornju, koji bi mogao u potpunosti ispuniti prostore sačaste ispune tornja s pomoću koje se voda raspršuje u vrlo fine i sitne kapljice, čime bi bila ugrožena funkcionalnost samog uređaja. Ipak, zbog prirode procesa ishlapljivanja, dio vode nužno je kontinuirano ispuštati iz rashladnog tornja, kako bi se koncentracija otopljenih soli u vodi održala unutar dopuštenih granica. U usporedbi s klasičnim vlažnim rashladnim tornjevima, kod hibridnih je tornjeva smanjen udio topline koji se okolnom zraku predaje ishlapljivanjem što u konačnici rezultira manjim gubicima rashladne vode (za isti rashladni učin), većim dimenzijama (dodatna suha sekcija) i većom cijenom rashladnog tornja. U usporedbi s klasičnim vlažnim rashladnim tornjevima, hibridni rashladni tornjevi ostvaruju uštedu u potrošnji vode za približno 20%. U izravnoj vezi s potrošnjom vode je i količina vode koja se mora kontinuirano ispuštati iz rashladnih tornjeva, te se u usporedbi s klasičnim vlažnim rashladnim tornjevima može očekivati i manja količina otpadne vode iz tornjeva. Kvalitetnijom pripremom vode kojom se dopunjuje rashladni toranj ta se količina može i dodatno smanjiti.

Planirani rashladni sustav u BE-TO postrojenju sastoji se od 4 rashladne jedinice. Ventilatori za zrak (4 kom, po jedan za svaku jedinicu) osigurat će prisilnu cirkulaciju zraka kroz sekcije suhih izmjenjivača te kroz dio u kojem će se raspršivati rashladna voda.



Slika 8: Rashladni toranj (dimenzije su izražene u milimetrima)

Raspon rashladnog učina sustava iznosi od 7 do 38 MJ/s. Potrebna količina za nadopunu sustava rashladnom vodom iznosi 66 m³/h u čistom kondenzacijskom pogonu, odnosno 19 m³/h u toplifikacijskom maksimalnom pogonu.

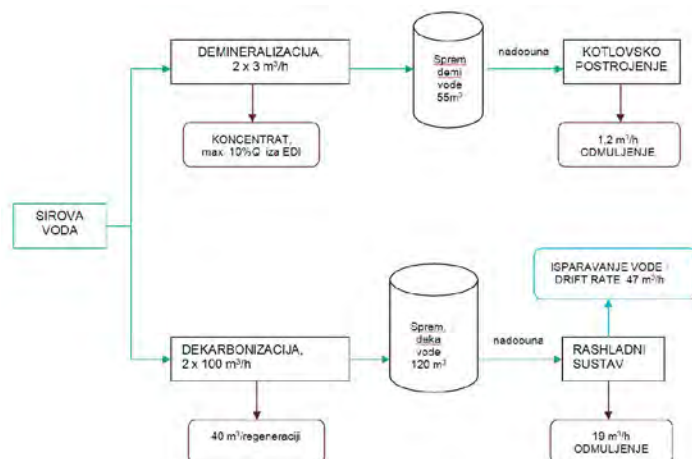
Potreba u rashladnoj vodi će se pokriti dijelom iz vlastitog bunara na lokaciji, a dijelom iz kišnice koja će se skupiti na lokaciji (usp. 3.10.3. Otpadne vode).

3.7. Postrojenje za kemijsku pripremu vode

Postrojenje za kemijsku pripremu vode se sastoji od:

- pogona za dekarbonizaciju kapaciteta 2×100 m³/h
- pogona za demineralizaciju kapaciteta 2×3 m³/h

Schema osnovnih tokova vode prikazana je na **sl. 9**.



Slika 9: Shema osnovnih tokova sirove, obrađene i otpadne vode

3.7.1. Sustav dobave sirove vode

Izvor sirove vode bit će bunar izveden na lokaciji postrojenja opremljen dvjema bunarskim pumpama kapaciteta $Q=105 \text{ m}^3/\text{h}$ i visine dobave $H=35 \text{ m}$ (jedna radna, druga rezervna). U pumpnoj stanici smjestit će se i spremnik sirove vode veličine 130 m^3 . U nastavku je dan izračun potrošnje sirove vode napravljen na osnovi potreba tehnoloških procesa u BE-TO postrojenju i kojim su obuhvaćene značajke kondenzacijskog i toplifikacijskog režima rada.

1. Pogon dekarbonizacije - priprema vode za nadopunu rashladnog sustava zbog gubitaka odmuljivanja			
Režim rada	Količina [m^3/h]	Trajanje [h/god]	[m^3/god]
Kondenzacijski	19	4.000	76.000
Toplifikacijski	8	4.000	32.000
Ukupno za 1.			108.000

2. Pogon dekarbonizacije - priprema vode za nadopunu rashladnog sustava zbog gubitaka isparavanja			
Režim rada	Količina [m^3/h]	Trajanje [h/god]	[m^3/god]
Kondenzacijski	47	4.000	188.000
Toplifikacijski	11	4.000	44.000
Ukupno za 2.			232.000

3. Pogon demineralizacije - priprema vode za nadopunu parnog kotla zbog gubitaka odmuljivanja			
Režim rada	Količina [m^3/h]	Trajanje [h/god]	[m^3/god]
Kondenzacijski/ toplifikacijski-neovisno o režimu rada	1,5	8.000	12.000
Ukupno za 3.			12.000

4. Pogon dekarbonizacije – regeneracija izmjenjivača			
Režim rada	Količina	Trajanje [h/god]	[m^3/god]
Kondenzacijski/ toplifikacijski-neovisno o režimu rada	$0,05 \text{ m}^3$ sirove vode / m^3 dekarbonizirane vode] Količina proizvedene dekarbonizirane vode je navedena pod stavkama 1. i 2.	Diskontinuirano - ovisi o proizvodnji dekarbonizirane vode, odnosno režimu rada dekarbonizacije.	17.000
Ukupno za 4.			17.000

Sumiranjem potrošnji pod stavkama 1., 2., 3. i 4. plus potrebe za manje zahtjevne tehnološke procese, čija se ukupna potrošnja procjenjuje na cca 2 m³/h, odnosno 16.000m³/god, dobiva se ukupna godišnja količina potrebne vode od 385.000 m³/god.

Budući da je predviđen sustav reverzne osmoze za recirkulaciju većeg dijela tehnoloških otpadnih voda (usp. pog. 3.8. Obrada tehnoloških voda) pri čemu se oko 2/3 tj. oko 90.400 m³/god vraća natrag u sustav te da se računa na oko 20.000 m³/god kišnice koja će se prikupiti na lokaciji slijedi da je ukupna potreba vode koja bi se crpila iz bunara **274.600 m³/god⁴**.

Voda za sanitarne potrebe dobivati će se iz sustava javne vodoopskrbe.

Dnevna količina potrebne bunarske vode iznosila bi kako slijedi:

a) Kondenzacijski (ljetni) rad

Sirova voda za rashladne tornjeve	66 m ³ /h x 24h = 1.584 m ³ /dan
Sirova voda za pogon demineralizacije	1,5 m ³ /h x 24h = 36 m ³ /dan
Sirova voda za regeneraciju izmjenjivača	66 m ³ /h x 0,05 x 24h = 79,2 m ³ /dan
Ostali potrošači	2 m ³ /h x 24h = 48 m ³ /dan
Povrat vode s linije reversne osmoze	-2/3x(19+1,5+3,3)x24h = -380 m ³ /dan
Smanjenje potrošnje zbog korištenja kišnice	-0,6x20.000/182,5 = - 65,7 m ³ /dan
UKUPNO	1301,5 m³/dan

b) Toplifikacijski (zimski) rad

Sirova voda za rashladne tornjeve	19 m ³ /h x 24h = 456 m ³ /dan
Sirova voda za pogon demineralizacije	1,5 m ³ /h x 24h = 36 m ³ /dan
Sirova voda za regeneraciju izmjenjivača	19 m ³ /h x 0,05x24h = 22,8 m ³ /dan
Ostali potrošači	2 m ³ /h x 24h = 48 m ³ /dan
Povrat vode s linije reversne osmoze	-2/3x(8+1,5+1)x24h = - 168 m ³ /dan
Smanjenje potrošnje zbog korištenja kišnice	-0,4x20.000/182,5 = - 43,8 m ³ /dan
UKUPNO	351 m³/dan

3.7.2. Pogon za dekarbonizaciju

Pogon za dekarbonizaciju sirove bunarske vode radi na principu ionske izmjene. Za dopremu sirove bunarske vode u postrojenje za dekarbonizaciju uz bunare potrebno je izgraditi crpnu stanicu. Sirova voda dovodi se u proces kationske izmjene (slabo kiseli kationski izmjenjivači) te u odvajач CO₂. Tako dekarbonizirana voda pumpama se šalje u spremnik dekarbonizirane vode volumena 120 m³.

⁴ Na lokaciji su izvedeni geotehnički i preliminarni hidrogeološki istražni radovi u sklopu kojih je potvrđeno da je moguće zadovoljiti potrebe BE-TO postrojenja za vodom.

Zbog mogućnosti pojave bunarske vode različite kakvoće na ulaznoj liniji ugraditi će se filter za dodatno filtriranje i uređaj za dodatnu zaštitu ionskih izmjenjivača. Potom sirova bunarska voda ulazi u kationski slabo kiseli izmjenjivač u smjeru odozgo prema dolje. Izmjenjivač je napunjen slabo kiselom ionskom masom kojom se uklanjaju Ca^{2+} i Mg^{2+} ioni (iz ulazne vode) i zamjenjuje ih se s ekvivalentnim brojem iona H^+ . Zamjenom iona Ca^{2+} i Mg^{2+} (koji su odgovorni za stvaranje kamenca), s ionima H^+ voda postaje kisela (pH oko 3).

Slobodni ugljikov dioksid (CO_2) biti će uklonjen iz vode u otplinjaču (degazatoru). Voda pada s vrha otplinjača, preko lamela, u bazen na dnu otplinjača. Zrak se upuhuje s pomoću radijalnog ventilatora u protustruji u odnosu na vodu, uzvodno od dna prema vrhu otplinjača.

Dekarbonizirana (otplinjena) voda iz bazena će se pumpama, koje se nalaze uz otplinjač, transportirati u spremnik dekarbonizirane vode volumena 120 m^3 . Pumpe su pokretane elektromotorima s frekvencijskom regulacijom broja okretaja.

Regeneracija ionskih masa u kationskom izmjenjivaču provodi se nakon 800 m^3 proizvedene dekarbonizirane vode. Ako se iz bilo kojeg razloga prekorače propisane vrijednosti za električnu vodljivost, također se provodi regeneracija. Za vrijeme regeneracije kationskog izmjenjivača jedne linije, u pogonu je druga linija.

Kationski slabo kiseli izmjenjivači regeneriraju se razrijeđenom klorovodičnom kiselinom, koja se za tu svrhu razrjeđuje filtriranom sirovom vodom. Ubrizgavanje se provodi u struji prema dolje (istostrujno za slabo kiseli kationski izmjenjivač) kroz sloj ionske mase. Nakon ubrizgavanja, višak kiseline se ispiru sirovom vodom. Nastala otpadna voda od ispiranja se odvodi u spremnike za neutralizaciju.

Za regeneraciju slabo kiselog kationskog izmjenjivača upotrebljava se 30% klorovodična kiselina (HCl) koja se na lokaciju zahvata doprema autocisternama i skladišti u polimernom spremniku volumena 22 m^3 . Spremnik će biti opremljen tankvanom kapaciteta prihvata jednakim cjelokupnom volumenu spremnika. Za transport 30% HCl za regeneraciju koristi se crpna stanica smještena uz spremnik HCl. Crpna stanica sastoji se od 2 plastične crpke, jedne radne i jedne rezervne, instalirane na skidu i postavljene unutar tankvane koja prima eventualno moguća izlivanja. Potrošnja 30% HCl-a po regeneraciji je 632 l , odnosno $0,8 \text{ l/m}^3$ proizvedene dekarbonizirane vode.

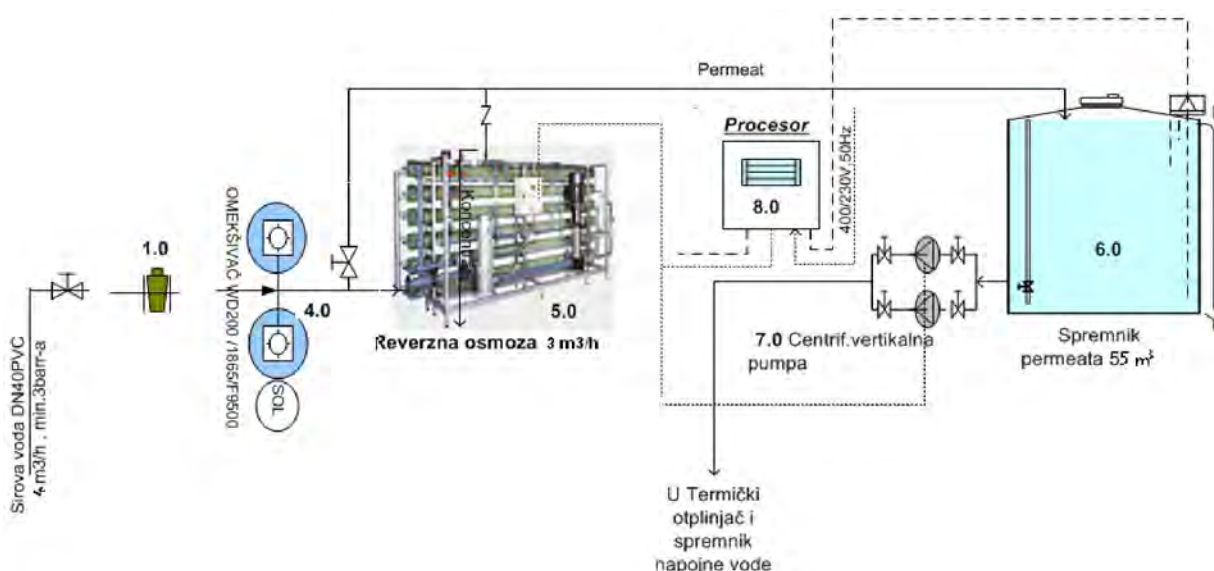
Otpadne vode iz postrojenja za dekarbonizaciju odvođe se u spremnike za neutralizaciju otpadnih voda ($2 \times 26 \text{ m}^3$). Za neutralizaciju otpadnih voda koristit će se 30% HCl i mala količina natrijeve lužine (NaOH). Na lokaciju postrojenja NaOH će se dopremiti u obliku granula u zaštitnoj plastičnoj ambalaži, a maksimalna količina koja će biti uskladištena iznosi 1.000 kg . NaOH će se skladištiti unutar pogona KPV-a u zaštićenom, vodonepropusnom i označenom prostoru pod nadzorom. Natrijeva lužina dobiva se uz pomoć procesne opreme KPV-a koja je projektirana za tu svrhu te za koju će biti propisan plan nadzora i preventivnog održavanja.

Dodavanjem kiseline/lužine regulira se pH vrijednost. Iz spremnika NaOH dozira se putem ejektora strujanjem obrađene otpadne vode nazad u neutralizacijske spremnike. Unutar neutralizacijskih spremnika instalirani su injektori za miješanje koji pospješuju proces neutralizacije.

Na izlaznoj liniji iza crpki za neutralizaciju mjeri se pH vrijednosti otpadne vode te, ukoliko je identificirano nedozvoljeno odstupanje (s obzirom na graničnu vrijednost pH u otpadnim vodama definiranu *Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 87/10)*), otpadna voda se vraća na korekciju pH vrijednosti u neutralizacijske spremnike.

3.7.3. Pogon za demineralizaciju (sl. 10)

Pogon za demineralizaciju sastoji se od sustava reverzne osmoze i elektrodeionizacijskog sustava (EDI), kapaciteta $2 \times 3 \text{ m}^3/\text{h}$. Pročišćavanje vode na zaštitnom filtru kao prva operacija u procesu demineralizacije provodi se s ciljem odstranjivanja svih plivajućih ili lebdećih tvari i tvari organske ili anorganske prirode koje bi taloženjem na membranama smanjile protok vode.



Slika 10: Shema pogona za demineralizaciju

Nakon filtriranja provodi se omekšavanje vode, postupak u kojem se Ca^{2+} i Mg^{2+} ioni iz ulazne vode zamjenjuju neutralnim ionima Na^+ iz ionskog izmjenjivača. Zamjenom Ca^{2+} i Mg^{2+} iona, s Na^+ ionima nastaje ekvivalentna količina natrijevih neutralnih soli, koje su u vreloj vodi jako topive pa u normalnim uvjetima pogona ne stvaraju talog. S takvom izmjenom ukupan sadržaj soli u omekšanoj vodi praktički ostaje nepromijenjen.

Kao postupak naknadne obrade reverzna osmoza provodi se na principu mehaničkog tlačnog odvajanja tvari otopljenih u vodi s pomoću posebnih membrana. Postupkom reverzne osmoze mogu se izdvojiti i najfinije čestice otopljenih tvari, promjera i manjeg od $0,001 \mu\text{m}$ i dobiti gotovo u potpunosti odsoljena i bakteriološki čista voda.

Nakon sustava reverzne osmoze instaliran je EDI sustav koji koristi elektrodeionizacijski postupak završne obrade vode do razine električne vodljivosti manje od $1 \mu\text{S}/\text{cm}$. Uređaj se sastoji od određenog broja modula ovisno o potrebnom kapacitetu obrade vode. Jedan modul ima kapacitet $0,2 - 4,5 \text{ m}^3/\text{h}$.

EDI sustav na svojoj elektrodi stvara polje pozitivno nabijenih iona i polje negativno nabijenih iona. Kad voda koja sadrži katione i anione prolazi kroz komore nabijene pozitivnim ionima započinje proces privlačenja negativnih iona i obrnuto. Na taj način dolazi do oslobađanja kationskih i anionskih iona iz vode. Tako pročišćena voda (permeat) odlazi u spremnik demineralizirane vode, dok voda opterećena koncentriranim ionima (koncentrat) odlazi u neutralizacijski spremnik. Demineralizirana voda koristi se kao napojna voda u kotlovskom postrojenju te mrežna voda planiranog toplinskog sustava.

3.8. Obrada tehnoloških otpadnih voda

U BE-TO postrojenju će nastajati nekoliko tokova tehnoloških otpadnih voda. Ovisno o njihovim karakterističnim opterećenjima oni će se adekvatno predobraditi (**tab. 3**).

Tablica 3: Pregled tehnoloških otpadnih voda

	Mjesto nastanka otpadne vode	Vrsta opterećenja	Način predobrade
1.	KPV-regeneracija ionskih izmjenjivača na liniji dekarbonizacije	pH	neutralizacija
2.	KPV-iz sustava demineralizacije	pH, povećana koncentracija minerala	neutralizacija
3.	Otpadne kotlovske vode	Ostaci minerala i soli. Temperatura od oko 100°C	hlađenje u izmjenjivaču topline, u protustruji s napojnom vodom kotla
4.	Otpadne vode iz rashladnog sustava (odmuljivanje)	Povećana koncentracija minerala	nije potrebna posebna predobrada.

U svrhu smanjenja korištenja sirove vode, smanjenja troškova obrade i odvodnje otpadne vode te smanjenja količina korištenih kemikalija predviđeno je tokove tehnoloških otpadnih voda dodatno obraditi na uređaju za reverznu osmozu, nakon čega se oko 2/3 vode vraća natrag u tehnološke procese. Ostatak će biti priključen na interni kolektor sanitarne otpadne vode te će se nakon prolaska kroz kontrolno mjerno okno ispustiti u sustav javne sanitarne odvodnje (kanalizacije) Grada Velike Gorice.

3.9. Električni sustav bloka

Električni sustav bloka sastoji se od sljedećih osnovnih elemenata:

- generatora parne turbine s uzбудom,
- oklopljenih generatorskih sabimica,
- transformatora vlastite potrošnje
- blok transformatora,
- transformatora opće potrošnje,
- postrojenja 6,3 kV,
- pomoćnog transformatora 6,3/0,4 kV,
- glavnih razvoda 0,4 kV,
- diesel agregata,
- ostale opreme - podrazvodi 0,4 kV, sustavi besprekidnog napajanja (UPS) s baterijama i ispravljačima, sustav vođenja, telekomunikacijski sustav

Generator napaja preko oklopljenih sabirnica blok transformator, a preko odvojaka oklopljenih sabirnica uzbudni transformator i transformator vlastite potrošnje. Blok transformator omogućava prenašanje energije generatora u 110 kV mrežu.

Transformator vlastite potrošnje napaja postrojenje 6,3 kV, kao i transformator opće potrošnje. Postrojenje 6,3 kV rastavljeno je sekcijskim prekidačem na dvije sekcije. Moguć je rad s uklopljenim ili isklopljenim sekcijskim prekidačem, ovisno o zahtjevima u pogonu. U slučaju ispada napajanja iz jednog od transformatora predviđeno je automatsko preklapanje na napajanje iz drugog transformatora pomoću brze preklopne automatike. Iz postrojenja 6,3 kV napajaju se glavni razvodi 0,4 kV. Sastoje se od dva razvoda i mogu se napajati s dvije strane. Sabirnica 0,4 kV nužnih potrošača ima kao rezervni izvor napajanja diesel-agregat.

Za omogućavanje priključka na elektroenergetski sustav u BE-TO postrojenju potrebno je izgraditi rasklopno postrojenje 110 kV. Postrojenje 110 kV će biti vanjske izvedbe. Primijenjen je jednostruki sustav cijevnih sabirnica uzdužno sekcioniran sa sljedećim poljima:

- dva dalekovodna polja,
- dva transformatorska polja i
- sekcijsko polje.

Plato postrojenja će biti ograđen. Na platou će biti smješteni energetske transformatori. Smještaj prometnica unutar postrojenja određen je smještajem VN prekidača. Pomoćni pogoni, oprema nadzora i upravljanja smjestiti će se u zgradi trafostanice.

Upravljanje, zaštita, signalizacija i mjerenje bit će utemeljeno na principu distribuiranog mikroprocesorskog sustava koji objedinjuje funkcije nadzora, upravljanja, zaštite i mjerenja, pri čemu su navedene funkcije potpuno odvojene i neovisne jedna o drugoj i obavljaju se autonomno. Na razini polja upravljanje i nadzor 110 kV postrojenjem se ostvaruje s pomoću upravljačko-nadzorne jedinice (U/I jedinica) koja se ugrađuje u komandni ormar svakog polja. Rasklopno postrojenje će biti uključeno u sustav daljinskog vođenja prijenosne mreže HEP-a i telekomunikacijski sustav HEP-a.

U sklopu zahvata predviđena je izvedba sljedećih pomoćnih objekata:

- centralna komanda
- upravljanje rasklopištem
- radionica, skladište rezervnih dijelova
- pomoćne prostorije.

3.10. Emisije i pritisci na okoliš

3.10.1. Emisije u zrak

Emisije iz kotla na biomasu

Dominantne emisije onečišćujućih tvari u zrak prilikom izgaranja drvene sječke u kotlu su: dušikovi oksidi (NO_x), sumpor dioksid (SO_2) i čestice.

Onečišćujuće tvari kao što su teški metali, halogeni spojevi, neizgoreni ugljikovodici, ne-metanski hlapljivi organski spojevi (NMVOC), dioksini i furani emitiraju se u znatno manjim količinama.

Emisije ugljikova monoksida (CO), ostalih ugljikovodika i neizgorenog ugljika relativno su niske zbog turbulencija unutar fluidiziranog sloja i separatora te dovoljnog vremena zadržavanja goriva u kotlu.

BE-TO postrojenje pripada skupini postrojenja s izgaranjem nazivne toplinske snage preko 50 MJ/s., liste Priloga I, *Uredbe o postupku utvrđivanja objedinjenih uvjeta zaštite okoliša (NN 114/08)* i podliježe odredbama europske *Direktive o industrijskim emisijama 2010/75/EU (Directive on industrial emissions 2010/75/EU)* kojima su definirane slijedeće granične vrijednosti emisija u zrak:

- | | |
|---|-----------------------------|
| - dušikovi oksidi (NO_x) | $\leq 250 \text{ mg/Nm}^3$ |
| - sumporovi oksidi izraženi kao SO_2 | $\leq 200 \text{ mg/Nm}^3$ |
| - čestice | $\leq 20 \text{ mg/Nm}^3$. |

Granične vrijednosti emisije (GVE) odnose se na suhe dimne plinove, pri temperaturi 273 K i tlaku 101,3 kPa, za zadani volumni udio kisika od 6%. Iste GVE su definirane i *Uredbom o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora (NN 117/12)*.

Količina dimnih plinova

Količina suhих dimnih plinova na ispustu kotla na biomasu iznosi pri radu s punom snagom 106.000 m^3/h (svedeno na standardne uvjete i 6% kisika u suhim dimnim plinovima). Dnevna količina iznosi 2.544.000 m^3/dan . Specifična količina dimnih plinova iznosi oko 4 m^3/kg sječke. Stvarni volumni protok dimnog plina na ispustu u zrak bit će veći zbog povišene temperature dimnih plinova u odnosu na standardne uvjete. Temperatura izlaznih dimnih plinova iznosi od 145°C do 150°C.

Sumporovi oksidi

Emisija sumporovih oksida javlja se kao rezultat prisutnosti sumpora u gorivu. Ukupni maseni udio sumpora u drvnj sječki iznosi 0,012%. Prilikom izgaranja većina sumporova oksida je proizvedena u obliku sumporova dioksida (SO_2), a 1 do 3 posto sumpora može oksidirati u

sumpor trioksid (SO_3) uz prisutnost metala u gorivu, koji djeluje kao katalizator. S obzirom na mali udio sumpora u drvnoj sječki emisija sumporovih oksida iznosi $60 \text{ mg/Nm}^3_{\text{SDP}}$ (uz 6% kisika) i znatno je ispod granične vrijednosti od $200 \text{ mg/Nm}^3_{\text{SDP}}$ (uz 6% kisika), a dodatno će se smanjiti (30-50%) ako se kao materijal za poboljšanje (homogeniziranje) fluidiziranog sloja u kotlu dodaje vapnenac.

Dušikovi oksidi

Tijekom izgaranja nastaju dušikovi oksidi u oblicima dušikova monoksida (NO), dušikova dioksida (NO_2) i didušikova oksida (N_2O).

Formiranje NO_x vođeno je kroz tri osnovna mehanizma:

- termički NO_x kao rezultat reakcije između kisika i dušika iz zraka,
- gorivi NO_x je formiran iz dušika sadržanog u gorivu i
- promptni NO_x je formiran konverzijom molekularnog dušika u fronti plamena, uz prisustvo posrednih ugljikovodičnih spojeva.

Formiranje termičkog NO_x prvenstveno ovisi o temperaturi. Kada se izgaranje provodi na temperaturi ispod 1000°C , emisija NO_x je puno niža i uglavnom ovisi o sadržaju dušika u gorivu.

Formiranje gorivog NO_x ovisi o sadržaju dušika u gorivu i koncentraciji kisika u reakcijskom mediju. Tipično 20 do 60 posto dušika iz goriva formira se u NO_x . Maseni sadržaj dušika u ispitnom uzorku drvne sječke iznosi 0,3 %.

S obzirom na planiranu tehnologiju izgaranja u cirkulirajućem fluidiziranom sloju kojom se postiže skoro potpuno izgaranje goriva pri relativno niskim temperaturama i dvostupanjsko dovođenje zraka u kotao proizvodnja dušikovih oksida će biti niska te koncentracije NO_x u otpadnim plinovima koji se ispuštaju u okoliš neće biti veća od granične vrijednosti koja iznosi $250 \text{ mg/Nm}^3_{\text{SDP}}$ (uz 6% kisika).

Prašina i čestice

Izgaranjem drvne sječke nastaje šljaka i pepeo. Šljaka i grubi pepeo izdvajaju se iz kotla i vijčanim transporterom se odvođi do silosa kapaciteta 120 tona. Fine čestice pepela odnose se iz kotla otpadnim (dimnim) plinovima izgaranja do vrećastih filtara vrlo visoke efikasnosti (99,95%) gdje se one izdvajaju iz struje dimnih plinova i odvođe u silos kapaciteta 80 tona. U očišćenim dimnim plinovima koncentracija čestica na ispustu u okoliš neće biti veća od granične vrijednosti koja iznosi $20 \text{ mg/Nm}^3_{\text{SDP}}$ (uz 6% kisika).

Emisije iz toplinske stanice

Dominantne emisije u zrak koje nastaju prilikom rada kotlovnice toplinske stanice te kotla za start uz korištenje prirodnog plina su NO_x i CO. Za ispušt dimnih plinova u atmosferu pojedini kotao biti će opremljen vlastitim ispustom (dimnjakom). Vrelovodni kotlovi ($3 \times 12 \text{ MW}$) i kotao za

start snage (7 MW) sukladno *Uredbi o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora (NN 117/12)* spadaju u srednje uređaje za loženje, koji moraju udovoljiti sljedećim graničnim vrijednostima emisije:

- ugljikov monoksid 100 mg/m³
- oksidi dušika izraženi kao NO_x 200 mg/m³.

Granične vrijednosti emisije odnose se na suhe dimne plinove, pri temperaturi 273 K i tlaku 101,3 kPa i volumni udio kisika od 3 %.

Količina dimnih plinova

Specifična količina dimnih plinova koji nastaju izgaranjem prirodnog plina iznosi oko 10 Nm³_{SDP}/m³_{PP}. Sustavi koji koriste prirodni plin neće biti u konstantnom pogonu. Naime, vršno postrojenje služi kao dopunska snaga parnom zagrijaču toplinske stanice tijekom sezone grijanja te kao zamjena parnog zagrijača tijekom zastoja elektrane (remont, ispad i sl.). Nadalje, plinski kotao za predgrijavanje napojne vode i zraka za ložište koristi se samo tijekom pokretanja elektrane. Potrošnja vršnog / rezervnog postrojenja u radu iznosi 4.100 m³/h, a potrošnja kotla za start iznosi 810 m³/h.

Emisija ugljikova dioksida iz BE-TO postrojenja

Godišnja emisija CO₂ iz postrojenja izračunava se na osnovi planirane potrošnje drvene sječke od 210.000 t/god i prirodnog plina od 776.000 m³ u 2015. godini koja se povećava do vrijednosti od 1.106.000 m³ u 2034. godini. Stvarna emisija CO₂ u atmosferu računata kao zbroj emisije od drvene sječke i prirodnog plina iznosi za navedene količine oko 245.000 t/god. Međutim, s obzirom da je važećim metodologijama za proračun emisija stakleničkih plinova izgaranjem drvene sječke propisan emisijski faktor za CO₂ jednak nuli, računaska emisija CO₂ iz postrojenja jednaka je emisiji koja nastaje samo izgaranjem prirodnog plina. Ta emisija iznosi oko 1.500 t CO₂ u 2015. godini i 2.100 t u 2034. godini.

Izbjegnuta emisija CO₂ do koje bi došlo korištenjem isključivo prirodnog plina izračunava se kao razlika: a) emisije CO₂ od količine prirodnog plina kojom bi se teoretski pokrili svi električni i toplinski plasmani i b) emisije CO₂ u slučaju korištenja goriva prema projektnom rješenju, kako je prethodno navedeno. Izbjegnuta emisija CO₂ iznosi oko 127.000 t/god.

Pod pretpostavkom da se drvena sječka za pokrivanje svih električnih i toplinskih plasmana koristi kao zamjena za ekstra lako loživo ulje, izbjegnuta emisija CO₂ iznosi oko 168.000 t/god.

3.10.2. Otpad

Tijekom rada BE-TO postrojenja očekuje se nastanak otpada navedenog u **tab. 4**.

Tablica 4: Otpad koji će nastajati tijekom rada BE-TO postrojenja

Opis otpada	KB otpada	Naziv otpada
	Prema Uredbi o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada (NN 50/05, 39/09)	
Šljaka i grubi pepeo koji nastaju izgaranjem drvene sječke i koji se kontinuirano odvođe iz dna ložišta i ciklonskog odvajanja čestica	10 01 01	Pepeo s rešetke ložišta, talog i prašina iz kotla (osim prašine iz kotla navedene pod 10 01 04). <i>Ova klasifikacija otpada će se potvrditi analizama.</i>
Lebdeći pepeo od izgaranja drvene sječke koji se izdvaja iz vrećastih filtara kod obrade otpadnih plinova izgaranja	10 01 03	Lebdeći pepeo od izgaranja treseta i neobrađenog drveta. <i>Ova klasifikacija otpada će se potvrditi analizama.</i>
Drvena masa neodgovarajućih karakteristika za proces izgaranja	02 01 07	Otpad iz šumarstva
Zasićene ili istrošene smole iz ionskih izmjenjivača u pripremi vode	19 09 05	Zasićene ili istrošene smole iz ionskih izmjenjivača
Membrane i zaštitni filtri od reverzne osmoze	19 09 99	Otpad koji nije specificiran na drugi način
Otpadni muljevi od odmuljivanja kotla i rashladnih tornjeva te od pranja kotla	Klasifikacija otpada će se utvrditi po analizi fizikalnih svojstava i kemijskog sastava muljeva	
Otpadni muljevi, izdvojena ulja i otpadna voda iz održavanja sustava oborinske odvodnje (odvajajući taloga i uljnih onečišćenja)	Opasan otpad iz skupine 13 05	Sadržaj iz separatora ulje/voda
Otpadni filtarski materijali od zamjene vrećastih filtara u obradi dimnih plinova	15 02 03	Apsorbensi, filtarski materijali, tkanine i sredstva za brisanje i upijanje i zaštitna odjeća koji nisu navedeni pod 15 02 02
Otpadna ambalaža koja sadrži ostatke opasnih tvari ili je onečišćena otpadnim tvarima (npr. otpadna ambalaža od sredstava za podmazivanje, ulja i sl)	15 01 10*	Ambalaža koja sadrži ostatke opasnih tvari ili je onečišćena opasnim tvarima
Materijali i tkanine za brisanje i upijanje ulja	15 02 02*	Apsorbenski, filtarski materijali (uključujući filtre za ulje koji nisu specificirani na drugi način), tkanine i sredstva za brisanje i upijanje i zaštitna odjeća, onečišćeni opasnim tvarima.
Razne vrste otpadnih mazivih ulja za motore i zupčanike	Opasan otpad iz skupina 13 02	Otpadna maziva ulja za motore i zupčanike
Otpadna izolacijska ulja i ulja za prijenos topline	Opasan otpad iz skupine 13 03	Otpadna izolacijska ulja i ulja za prijenos topline
Metalni otpad	Neopasni otpad iz skupine 17 04	Metali (uključujući i njihove legue)
Otpadne žice i kablovi	17 04 11	Kabelski vodiči koji nisu navedeni pod 17 04 10
Keramički izolatori	17 01 03	Crijep / pločice i keramika
Stakleni izolatori	17 02 02	Staklo
Otpadne boje, otapala i razrjeđivači	Neopasni i opasni otpad iz skupine 08 01	Otpad od PFDU i uklanjanja boja i lakova
Miješani komunalni otpad	20 03 01	Miješani komunalni otpad

Po količinama, vrste otpada koje se izdvajaju su ostaci od izgaranja drvene sječke. To obuhvaća šljaku i grubi pepeo koji se kontinuirano odvođe iz kotla i fini leteći pepeo koji se dimnim plinovima izgaranja odvođi iz kotla do vrećastih filtara vrlo visoke efikasnosti gdje se isti kontinuirano izdvajaju iz plinova izgaranja prije njihova ispuštanja u okoliš. Očekivana količina šljake i grubog pepela iznosi 2.856 t/god, a očekivana količina letećeg pepela iznosi 5.544 t/god. Prema podacima iz literature i prema Uredbi o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada (NN 50/05, 39/09) pepeo i šljaka koji nastaju izgaranjem drvene sječke su neopasni otpad, ali isto će se provjeriti (potvrditi) analizama otpada kada postrojenje počne s radom.

Ostali otpad će nastajati povremeno i/ili u količinama znatno manjima od šljake i pepela. Dio otpada koji će nastajati u BE-TO postrojenju je opasni otpad: otpadna ambalaža koja sadrži ostatke opasnih tvari ili je onečišćenja opasnim tvarima, materijali i tkanine za brisanje i upijanje ulja, razne vrste otpadnih ulja i maziva i otpadne boje, otapala i razrjeđivači i otpadni muljevi, izdvojena ulja i otpadna voda od održavanja i otpadna voda iz održavanja oborinske odvodnje. Navedeni opasni otpad će nastajati povremeno, tijekom redovnih održavanja i remonta postrojenja. Povremeno će nastajati i otpadni muljevi od odmuljivanja kotla i rashladnih tornjiva te od pranja kotla. Po nastanku ovih otpada potrebno je napraviti analize i utvrditi njihovu kategorizaciju.

Pravilno gospodarenje otpadom svodi se na odvojeno skupljanje otpada po vrstama, njegovo pravilno privremeno skladištenje, predaja pojedinih vrsta otpada tvrtkama koji imaju ovlaštenja za gospodarenje s istima. Kod vrsta otpada kod kojih je moguće primijeniti postupke oporabe i postupke zbrinjavanja, prioritet je potrebno dati postupcima oporabe.

3.10.3. Otpadne vode

U BE-TO postrojenju nastajat će tehnološke i sanitarne otpadne vode te oborinske vode. U postrojenju će se izgraditi razdjelni vodonepropusni sustav odvodnje i podzemni spremnik za prihvrat oborinske vode. U nastavku dani su opisi pojedine vrste otpadne vode.

Tehnološke otpadne vode

Tehnološke otpadne vode koje će nastajati tijekom rada postrojenja su:

- otpadne vode iz kemijske pripreme vode (KPV) pogona za demineralizaciju,
- otpadne vode iz KPV, pogona za dekarbonizaciju, od regeneracije ionskih izmjenjivača,
- otpadne vode iz kotlovske postrojenja (odsoljavanje i odmuljivanje kotlovske postrojenja)
- otpadne vode iz rashladnog sustava (odmuljivanje rashladnih sustava).

Otpadne vode iz kemijske pripreme vode (KPV)

U pogonu za demineralizaciju nastaju tehnološke otpadne vode u prosječnoj količini od 0,3 m³/h. Te vode s obzirom na tehnološki proces u kojem nastaju sadrže povećanu koncentraciju

minerala i moguće povećan pH. Ove otpadne vode uvode se u neutralizacijske spremnike ($2 \times 22 \text{ m}^3$) gdje se vrši korekcija pH vrijednosti.

Otpadne tehnološke vode iz regeneracije i ispiranja slabo kiselih kationskih izmjenjivača u sustavu za dekarbonizaciju, također se odvođe u neutralizacijske spremnike radi korekcije pH. Količina tih tehnoloških otpadnih voda ovisi o potrebama rashladnog sustava, odnosno proizvodnji dekarbonizirane vode te iznosi: $0,05 \text{ m}^3$ otpadne vode / m^3 dekarbonizirane vode.

Očekivani sastav otpadne tehnološke vode iz pogona KPV (demineralizacije i dekarbonizacije) nakon neutralizacije je sljedeći:

- amonijak	< 0,5 mg/l NH_4
- nitriti	< 0,2 mg/l NO_2
- nitrati	< 1,1 mg/l NO_3
- kloridi	< 1,1 mg/l Cl
- željezo	< 0,5 mg/l Fe^{+2}
- mangan	< 0,5 mg/l Mn^{+2}
- ukupna tvrdoća	< 2,25 g/l CaCO_3
- alkalitet	< 2,5 g/l HCO_3
- pH-vrijednost	7,5.

Otpadne vode iz kotlovskeg postrojenja

U otpadne kotlovske vode spadaju otpadne vode odsoljavanja i otpadne vode odmuljivanja.

Odsoljavanje je izbacivanje površinskog sloja vode iz kotla u kojem se nalaze ostaci minerala i soli. To su fosfati (P_2O_5) i sulfiti (SO_3) koji nastaju kao nusproizvod ranije spomenutih doziranih sredstava za korekciju pH vrijednosti i uklanjanje viška kisika. Odsoljavanje se provodi kontinuirano.

Odmuljavanje je periodičko izbacivanje vode s dna kotla kako bi se otklonile eventualne mehaničke nečistoće (posljedica unošenja željeznih oksida s materijalom prilikom montaže na kotlu ili pratećim cjevovodima) koje se talože na dnu kotla. Predviđena je ugradnja automatskog odvajača mulja, pomoću kojeg je moguće mulj odstraniti filtriranjem radnog medija tijekom pogona uz minimalan gubitak vode. Rad uređaja je automatski te se nakon zasićenja filtarski uložak (na kojem se zadržavaju nečistoće) zamjenjuje novim.

Otpadne kotlovske vode imaju temperaturu od oko 100°C , stoga ih je prije ispuštanja u interni kanalizacijski sustav, odnosno sustav javne odvodnje potrebno ohladiti. U tu svrhu predviđen je izmjenjivač topline u kojem će se istoj smanjiti temperatura ispod 40°C koristeći protustruju demineralizirane vode za potrebe kotla, koja se pri tome predgrijava prije ulaza u napojni spremnik.

Očekivani sastav otpadne tehnološke vode iz kotlovskeg postrojenja je sljedeći:

- vodljivost	≤ 1,5 μS/cm
- silicij(IV)-oksid, SiO ₂	≤ 1,0 mg/l
- željezo, Fe	≤ 1,0 mg/l
- bakar, Cu	≤ 0,25 mg/l
- pH-vrijednost	7,0
- ukupni Na + K	≤ 0,5 mg/l
- amonijak, NH ₃	≤ 0,1 mg/l.

Otpadne vode iz rashladnog sustava

Kod otvorenih optočnih sustava s rashladnim tornjem dolazi do ugušćivanja rashladne vode, jer se dio vode ishlapljuje strujom zraka u rashladnom tornju. Stoga pri visokom ugušćivanju, i kod relativno niskih temperatura, mogu se taložiti soli nekarbonatne tvrdoće, u prvom redu kalcijevog sulfata CaSO₄. Važno je stoga prema sastavu vode odrediti mogući stupanj ugušćivanja pojedine soli, a zatim i paziti da se granična dopuštena koncentracija te soli ne prekorači. Preveliko ugušćenje vode u sustavu sprječava se kontinuiranim ispuštanjem dijela vode iz sustava, odmuljenjem. Količina ovih otpadnih voda ovisi o režimu rada postrojenja. U kondenzacijskom pogonu ona iznosi 19 m³/h, a u toplifikacijskom 8 m³/h. Količina vode koja se ispušta nadomješta se nadopunom sustava dekarboniziranom vodom.

Očekivani sastav tehnološke otpadne vode iz rashladnog sustava je sljedeći:

- pH	7,6 - 8,5
- ukupna tvrdoća	3,5 - 5,0 °G
- el. vodljivost	200 - 400 μS/cm
- mikroorganizmi	<10 ⁵ kolonija/ml
- suspendirane tvari	1 - 10 mg/l.

Postupanje s tehnološkim otpadnim vodama

Sažeti pregled mjesta nastanka tehnoloških otpadnih voda i njihovih količina dan je u **tab. 5**.

Tablica 5: Vrste i količine glavnih tokova tehnoloških otpadnih voda

	Izvori ispuštanja	Količina koja nastaje (m ³ /h)	Predtretman
1.	KPV - pogon demineralizacije,	0,3	neutralizacija
2.	KPV - pogon dekarbonizacije, (otpadne vode od regeneracije)	0,05 m ³ otpadne vode / m ³ dekarbonizirane vode	neutralizacija
3.	Odmuljivanje i odsoljavanje kotla	1,2	hlađenje u izmjenjivaču topline u protustruji s napojnom vodom
4.	Odmuljenje rashladnih tornjeva	19*	-
		8**	

* U kondenzacijskom režimu / ** U toplifikacijskom režimu.

Sve tehnološke otpadne vode navedene u prethodnoj tablici će se i dodatno obraditi na uređaju za reverznu osmozu, nakon čega će se oko 2/3 vode vratiti natrag u tehnološke procese BE-TO postrojenja, a ostatak, oko 1/3, će se ispustiti zajedno sa sanitarnim otpadnim vodama u sustav javne odvodnje Velike Gorice.

Okvirna prosječna dnevna količina tehnološki otpadne vode koja će se ispustiti u sustav javne odvodnje je sljedeća:

a) Kondenzacijski (ljetni) rad

	Prosječna dnevna količina (m ³ /dan)
Odmuljivanje rashladnih tornjeva	152
Odmuljivanje i odsoljavanje parnog kotla	10
Ostalo	29
UKUPNO	191

b) Toplifikacijski (zimski) rad

	Prosječna dnevna količina (m ³ /dan)
Odmuljivanje rashladnih tornjeva	64
Odmuljivanje i odsoljavanje parnog kotla	10
Ostalo	10,5
UKUPNO	84,5

Vršna, povremena količina ukupnih otpadnih tehnoloških otpadnih voda koja će se ispuštati u sustav javne odvodnje iznosi 2,87 l/s.

Sanitarne otpadne vode

Očekivana srednja dnevna količina sanitarne otpadne vode iznosi 2,0 m³/dan.

Sanitarne otpadne vode će se bez prethodnog pročišćavanja, putem interne sanitarne kanalizacije ispuštati u sustav javne odvodnje, sukladno uvjetima definiranim *Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 87/10)* i *Odlukom o odvodnji otpadnih voda na području grada Velika Gorica (Gl. ŽŽ 4/07)*. Prije kontrolnog mjernog okna, sustav odvodnje sanitarne otpadne vode spojiti će se sa sustavom odvodnje tehnološke otpadne vode. Za potrebe ispuštanja sanitarnih otpadnih voda i obrađenih tehnoloških otpadnih voda izgraditi će se spojni kolektor do najbližeg kanalizacijskog kolektora razdjelnog sustava Velika Gorica.

Poduzeće VG Vodoopskrba d.o.o. za vodoopskrbu i odvodnju je 26.07.2012. izdalo očitovanje prema kojem je moguće u sustavu javne odvodnje prihvatiti i pročistiti maksimalno 3,00 l/s otpadnih tehnoloških i sanitarnih otpadnih voda iz BE-TO postrojenja (čime su potrebe BE-TO postrojenja zadovoljene) i prema kojem je izgradnja spojnog kolektora do najbližeg kolektora razdjelnog sustava Velike Gorice u obvezi operatera (s čime je operater HEP-OIE d.o.o. suglasan).

Oborinske vode

Oborinske vode s područja lokacije zahvata obuhvaćaju:

- uvjetno onečišćene oborinske vode koje nastaju prilikom ispiranja parkirališnih površina i prometnica i drugih asfaltiranih površina
- čiste oborinske vode s krovova
- oborinske vode sa zelenih površina.

Uvjetno onečišćene oborinske vode s parkirališnih površina i prometnica, i drugih asfaltiranih površina (površina za interventno odlaganje sječke) i čiste oborinske vode s krovova sakupljat će se u podzemnom spremniku kapaciteta 2000 m³. Veličina spremnika određena je na temelju podataka o jakim oborinama i omogućava prihvati maksimalnih kiša zabilježenih na predmetnom području. Skupljena kišnica će se koristiti u tehnološkim procesima. Uvjetno onečišćene oborinske vode će prije upuštanja u podzemni spremnik proći preko separatora uljnih onečišćenja i čestica. Voda s tzv. prostora za interventno odlaganje sječke će prije upuštanja u podzemni spremnik proći preko taložnice.

Za oborinske vode sa zelenih površina predviđena je prirodna upojnost u teren u granicama katastarske čestice zahvata bez pročišćavanja.

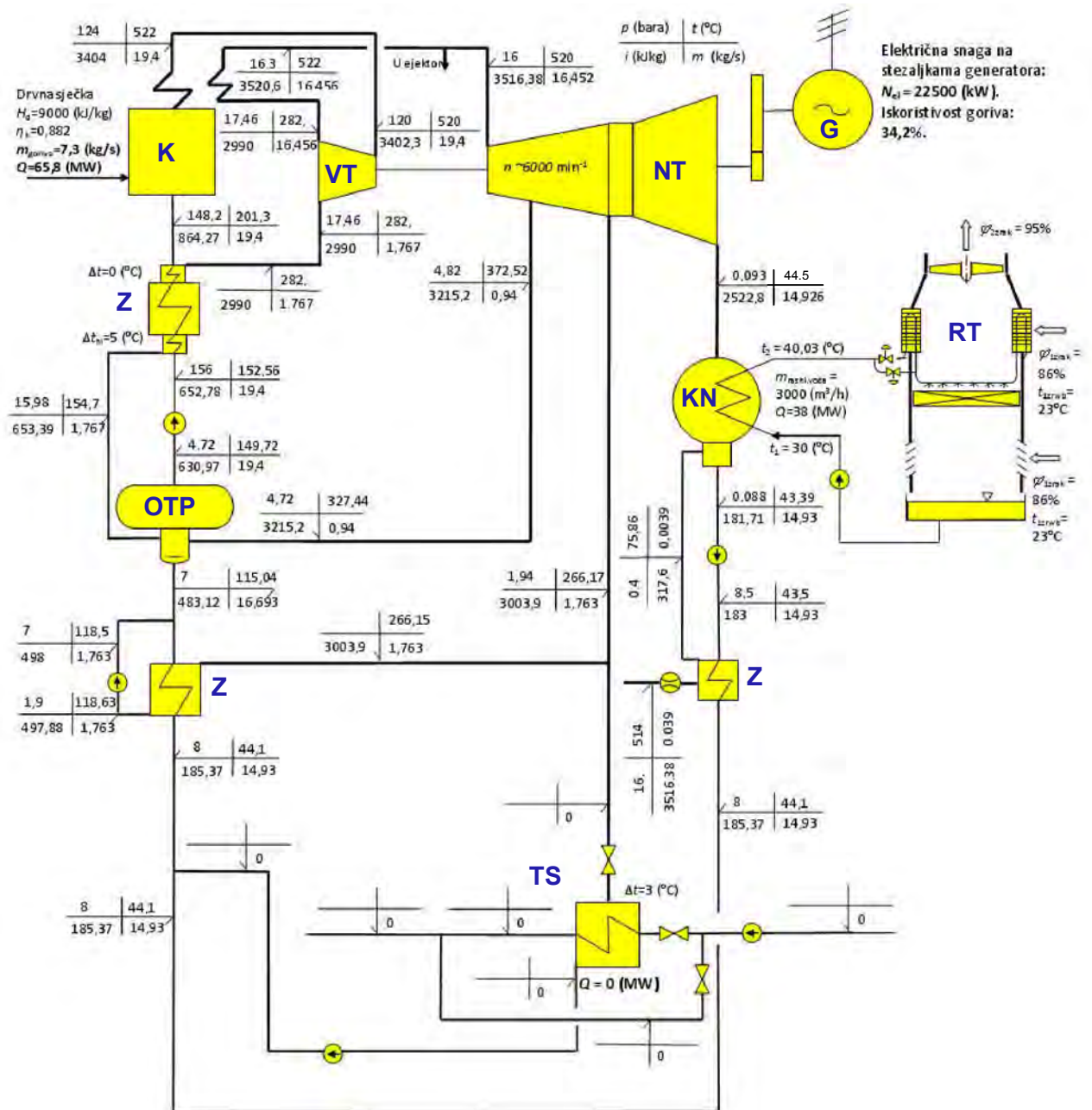
3.10.4. Buka

Glavni izvori buke u BE-TO postrojenju su:

- transporteri drvne sječke,
- kotlovsko postrojenje, gdje su svi dominantni izvori buke smješteni u zgradi kotlovnice,
- dimnjak, otovor na visini od 73 metara,
- turbinsko postrojenje, gdje su svi dominantni izvori buke smješteni u zgradi strojarne,
- pumpe mrežne vode i rashladne vode koje su smještene u zgradi pumpne stanice,
- rashladni sustav (rashladni tornjevi),
- transformatori,
- dizel agregat i
- promet.

4. BLOK DIJAGRAM POSTROJENJA PREMA POSEBNIM TEHNOLOŠKIM DIJELOVIMA I PROCESNI DIJAGRAMI TOKA

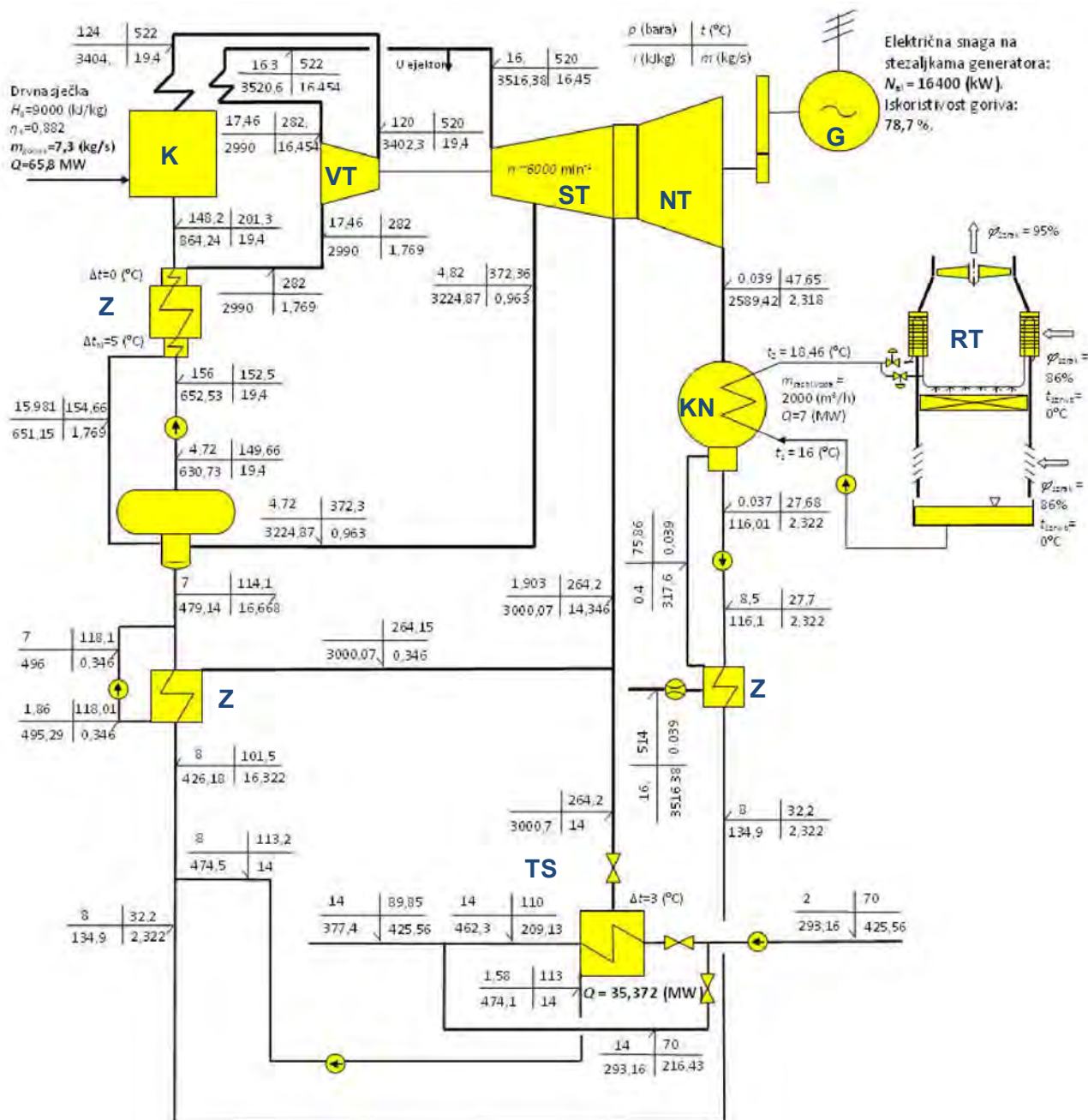
Na **sl. 11, 12, 13 i 14** prikazani su osnovni blok dijagrami i procesni dijagrami iz kojih su vidljivi svi podaci o funkcioniranju postrojenja i o osnovnim tehnološkim cjelinama. Na sl. 11 i sl. 12 prikazane su toplinske (energetske) sheme postrojenja za kondenzacijski i toplifikacijski (spojni, kogeneracijski) rad. Vidljivi su svi elementi energane sa stanjima pare odnosno vrole vode (količina, tlak, temperatura, entalpija) na karakterističnim mjestima. Na sl. 13 dana je shema tokova tvari, a na sl. 14 dana je shema osnovnih tokova vode.



Sl. 11: Toplinska shema kondenzacijskog režima rada

Legenda

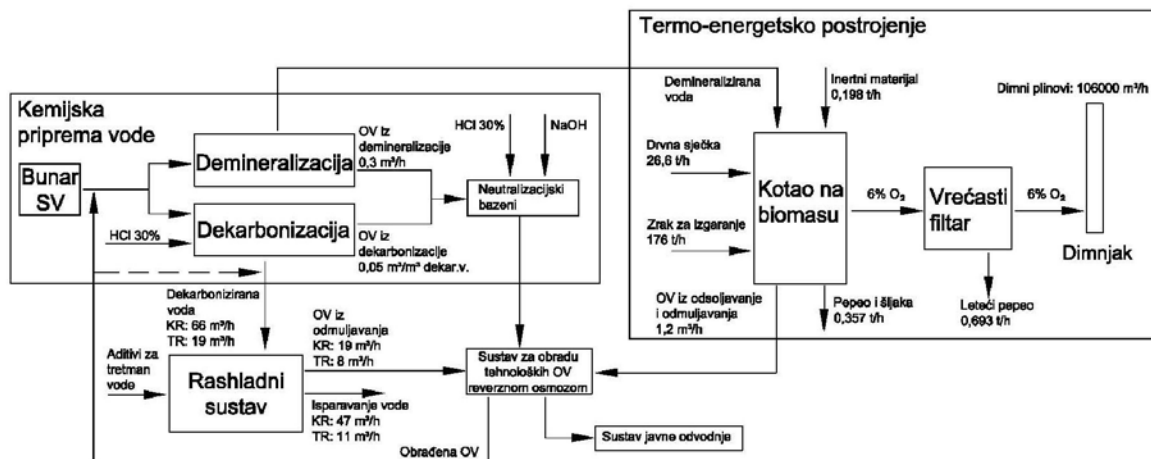
K	Kotao	G	Električni generator
VT	Visokotlačna turbina	RT	Rashladni toranj
ST/NT	Srednjetačna / niskotlačna turbina	OTP	Otplinjač
KN	Kondenzator	Z	Zagrijači napojne vode (i kondenzata)
		TS	Toplinska stanica



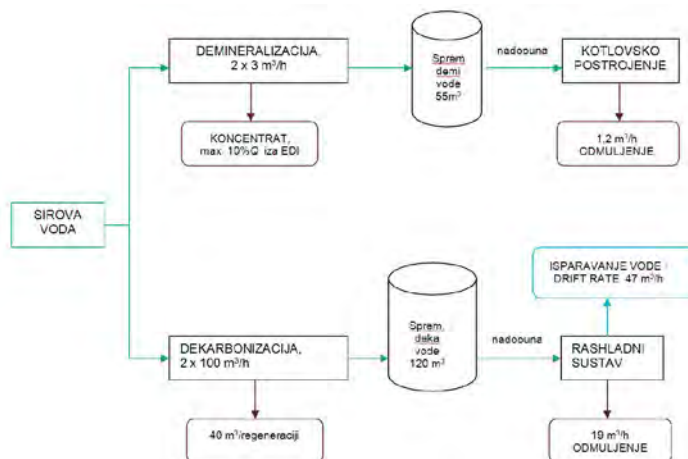
Sl. 12: Toplinska shema toplifikacijskog režima rada

Legenda

K	Kotao	G	Električni generator
VT	Visokotlačni dio turbine	RT	Rashladni toranj
ST/NT	Srednjetačni / niskotlačni dio turbine	OTP	Otplinjač
KN	Kondenzator	Z	Zagrijači napojne vode (i kondenzata)
		TS	Toplinska stanica



Slika 13: Shema tokova tvari u BE-TO Velika Gorica



Slika 14: Shema osnovnih tokova sirove, obrađene i otpadne vode

5. PROCESNA DOKUMENTACIJA POSTROJENJA

Nije primjenjivo. Predmet zahtjeva je novo postrojenje koje je tek u fazi procjene utjecaja na okoliš i utvrđivanja objedinjenih uvjeta zaštite okoliša.