Pogon elektrane na biomasu Hrast d.o.o.

Čurić, Josip

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:803046

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-20**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA

Sveučilišni studij

POGON ELEKTRANE NA BIOMASU „Hrast d.o.o.“

Završni rad

Josip Čurić

Osijek, 2016.

SADRŽAJ

1. UVOD 1

1.1. Zadatak završnog rada 1

2. TVRTKA „Hrast d.o.o“ 2

2.1. Kogeneracija 5

3. BIOMASA 6

3.1. Šumska biomasa 6

4. OPIS RADA U POGONU- TOK TVARI 10

5. OPIS POGONA 12

5.1. Iverač 12

5.2. Spremanje i prijenos biomase 13

5.3. Kotlovsko postrojenje 16

5.3.1. Kotao tlačni dio 19

5.3.2. Bubanj kotla 19

5.3.3. Zidovi kotla 20

5.3.4. Pregrijač pare 20

5.3.5. Zagrijač vode u dimnim plinovima (EKO) 20

5.3.6. Cjevovodi i armatura kotla 21

5.3.7. Izolacija generatora pare i opreme 21

5.4. Stanica za kemijsku i termičku pripremu vode 21

5.5. Kondenzacijsko postrojenje 24

5.6. Turbina 26

5.7. Generator 28

5.8.Toplinska stanica 32

5.9. Pročišćivanje dimnih plinova 34

5.10. Nadzorna prostorija 36

6. PRORAČUN PROIZVEDENE ELEKTRIČNE ENERGIJE POGONA 39

7. ZAKLJUČAK **42**

POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I SIMBOLA **43**

LITERATURA **44**

SAŽETAK **45**

ABSTRACT **45**

ŽIVOTOPIS **46**

PRILOZI **47**

PRILOG P.5.1 Shema iverača 47

PRILOG P.5.2 Vanjski izgled kotlovskog postrojenja 48

PRILOG P.5.3 Jednopolna shema kemijske pripreme vode 49

PRILOG P.5.4 Jednopolna shema elektrorazdjelnika toplinske stanice 50

PRILOG P.5.5 Jednopolna shema elektrofiltera 51

1. UVOD

U sadržaju ovog završnog rada opisat će se pogon elektrane na biomasu „Hrast d.o.o.“. Na početku će se napisati najvažnije o tvrtki „Hrast d.o.o.“ iz Strizivojne, čiji je vlasnik gosp. Mato Ravlić. Zatim o biomasi općenito i najbitnije o gorivu (biomasi) koju koristi ovo kogeneracijsko postrojenje. Postrojenje je jako veliko i sastoji se od puno dijelova u kojima se obavljaju razni procesi koji su potrebni za dobivanje željenih rezultata. Zato će biti opisani svi segmenti postrojenja, kronološkim redom od pripreme goriva, pa do proizvedene električne energije od koje se dio koristi za vlastitu potrošnju elektrane i za potrebu tvornice, a ostatak se isporučuje u mrežu HEP-a, te proizvedene toplinske energije koja se uglavnom koristi za potrebe sušara i za grijanje prostorija. Sadržaj završnog rada popraćen je vlastitim fotografijama napravljenim u prostorima pogona elektrane na biomasu „Hrast d.o.o.“. Nakon opisa pogona izdvojen je jedan od bitnijih proračuna kojeg provode inženjeri u ovome pogonu.

1.1. Zadatak završnog rada

Uvidom u pogon i dostupnu dokumentaciju treba proučiti i opisati pogon od ulaska sirovine (biomase) u njega do konačnog proizvoda (električne i toplinske energije) u pogonu elektrane na biomasu „Hrast d.o.o.“ kogeneracijsko postrojenje. Posebnu pažnju posvetiti kotlovskom postrojenju, postrojenju za vodu i električnom dijelu pogona. Opisati procese u pogonu postrojenja elektrane na biomasu. Sadržaj popratiti odgovarajućim skicama, slikama i shemama koje daju viziju rada i funkcije ovakvog pogona.

2. TVRTKA „Hrast d.o.o.“

„Hrast d.o.o.“ je slavonska tvrtka koja se nalazi u Strizivojni nedaleko od Đakova. Tvrtka je pokrenuta u ranim devedesetim godinama 20.stoljeća, a vlasnik tvrtke je gosp. Mato Ravlić. Prvi proizvod bila je piljena građa. Danas se tvrtka bavi preradom drva i proizvodnjom proizvoda od drveta, te se ubraja u najznačajnije drvne industrije u Hrvatskoj koje se bave izradom parketa od tvrdog drveta, uglavnom slavonskog hrasta. Godišnje se preradi oko 60 000 m^3 sirovih drva. Od elemenata od drva, najveća se pažnja pridaje proizvodnji Lamel mozaik parketa i vodeća je tvrtka u Europi u proizvodnji takve vrste parketa. Na slici 2.1. [1] vidi se izgled Lamel parketa. Od otpadne biomase (suhe piljevine) nastale iz procesa proizvodnje parketa, proizvodi se briket i kao ogrjev se plasira na tržište. Tvrtka zapošljava oko 450 ljudi. Spada među najintenzivnije izvoznike u Hrvatskoj, jer izvozi preko 90 % svoje proizvodnje, a manje od 10 % prodaje se na hrvatskom tržištu. To joj omogućava prije svega priznati FSC certifikat koji je Strizivojna Hrast ishodovala za svoje proizvode. Sve što se proizvede u tvornici velikim dijelom otkupljuje tvrtka Bauwerk iz Švicarske, a ostatak odlazi u druge zemlje poput: Švedske, Finske, Austrije, Belgije, Slovenije i Mađarske.

Osim izvoza, tvrtku karakterizira i veliko ulaganje u nove proizvode i investicije. Najbolji primjer je izgrađeno kogeneracijsko postrojenje, ali i velikog broja sušara po čijem je kapacitetu lider u hrvatskoj, te hala u kojima su instalirani novi strojevi poput briketirki za proizvodnju briketa. Tvrtka veliku pažnju posvećuje zaštiti okoliša i zbrinjavanju otpada.

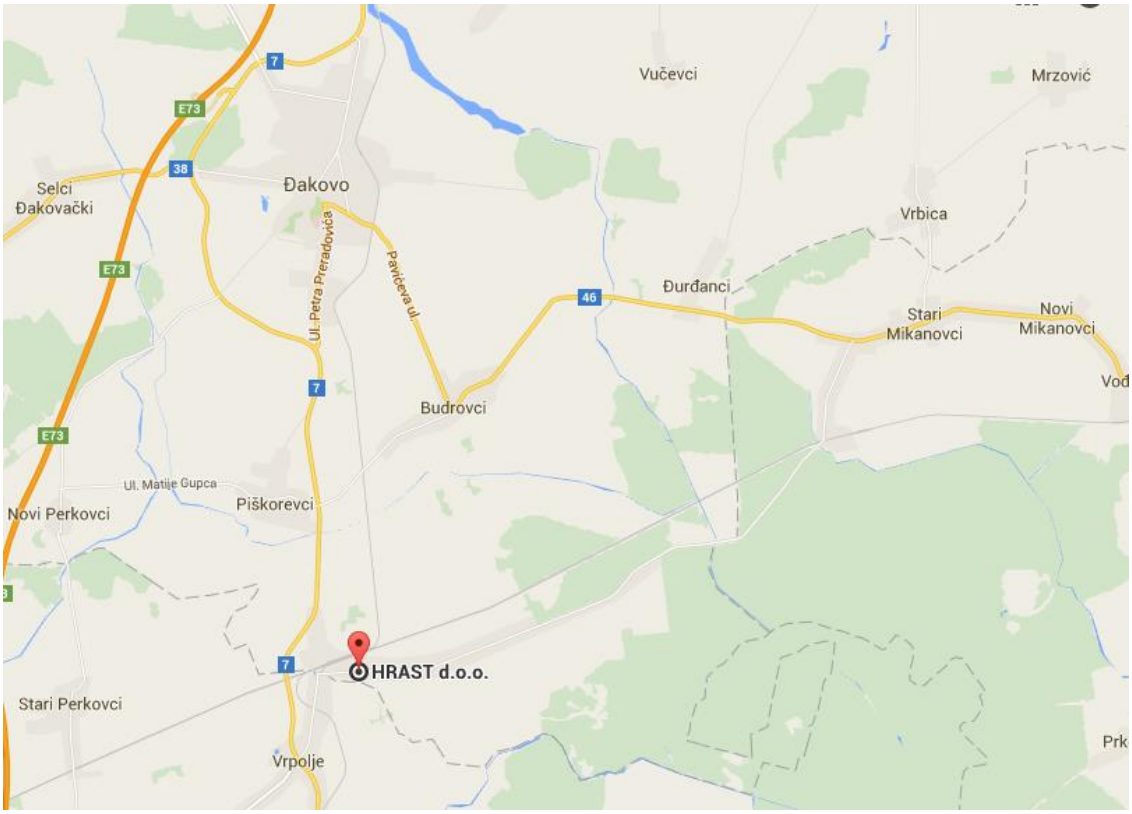
Slika 2.1. Lamel parket

„Hrast d.o.o.“ je vlasnik prve privatne bioelektrane u Hrvatskoj. Prema literaturi [2], razlog pokretanju″ projekta je:

- Nemogućnost opskrbe dovoljnom količinom električne energije iz mreže HEP-a za potrebe tvornice.
- Poticaj razvoja tvrtke povećanjem energetske učinkovitosti korištenjem drvnog ostatka.
- Uključenje drvnog sektora u zaštitu okoliša i održivi razvoj.

Tvrtka je prepoznala potencijal da s pomoću vlastitog drvnog ostatka koji godišnje iznosi oko 42000 t i koji bi činio veliki dio potrebnog goriva (biomase) za elektranu, proizvede električnu energiju koju bi prodavala HEP-u i toplinsku energiju za vlastite potrebe.

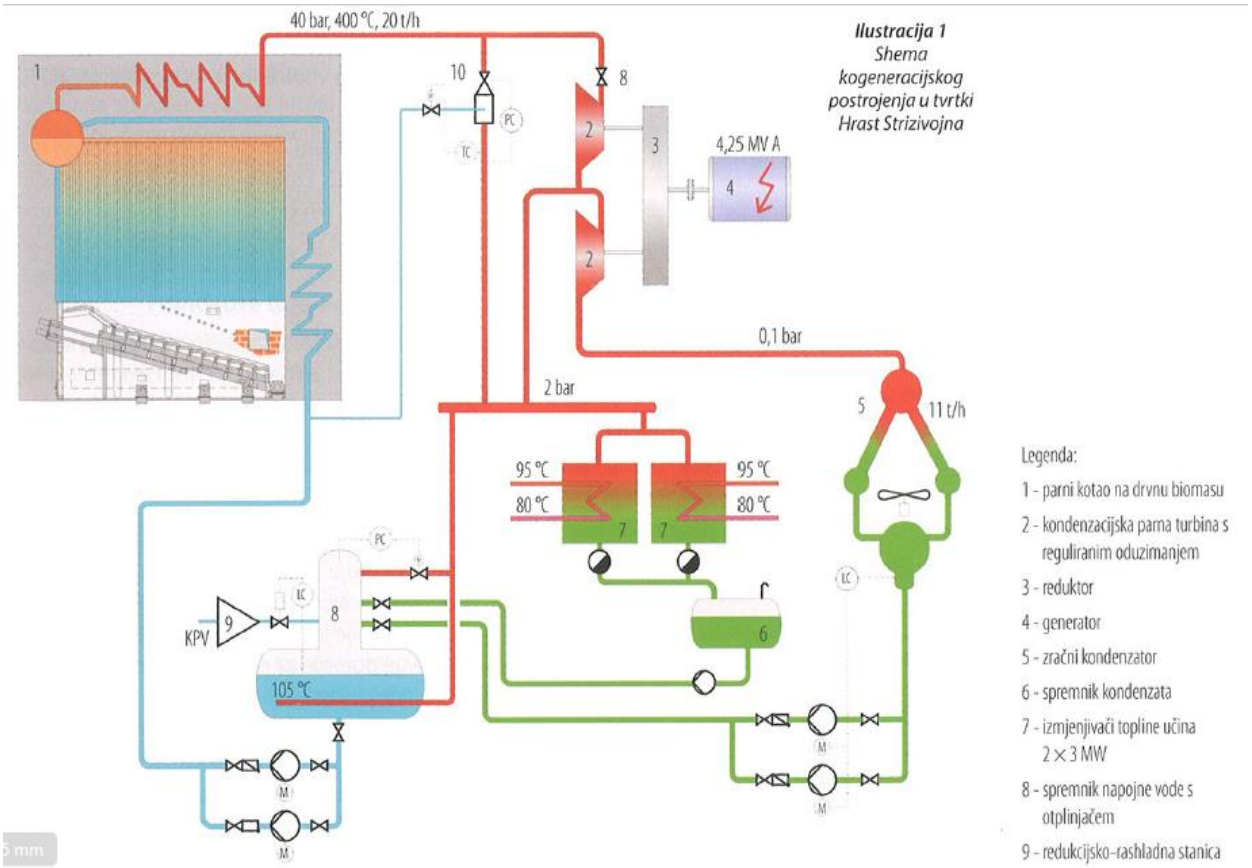
Izgradnjom bioelektrane smanjila se potrošnja dizelskog goriva koje je jako skupo i ekološki neprihvatljivo, a tvrtka ima puno veće mogućnosti za ulaganje razvoj novih vrsta parketa. Projekt je građen u suradnji s poduzećem HEP ESCO, a financijska pomoć je došla i od Erste banke, hrvatske banke za obnovu i razvitak, fonda za zaštitu okoliša i potpore MRRŠVG. Glavni projekt izgradila je tvrtka Enerkon u suradnji s tvrtkama Energocontol, PHB Automatizacija i Leko biro. Lokacija cijele tvrtke vidi se na slici 2.2. [3] (slika preuzeta sa google maps). Shema elektrane na biomasu koju koristi tvrtka „Hrast d.o.o.“ nalazi se na slici 2.3. [4], dok su u tablici 2.1. navedene njene važnije tehničke karakteristike.



Slika 2.2. Lokacija tvrtke „Hrast d.o.o.“

Tablica 2.1. Tehnički podaci postrojenja**:**

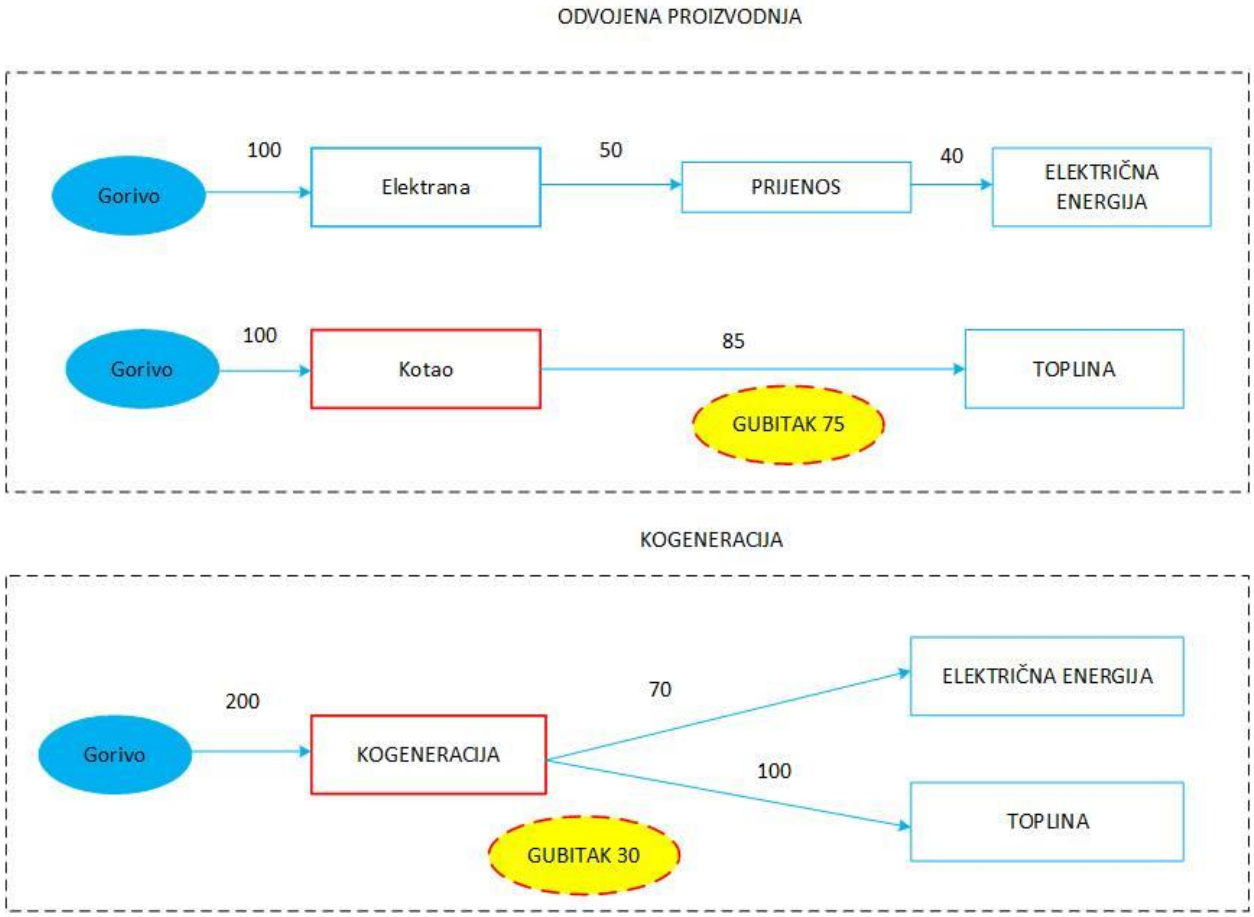
Podatak	Vrijednost
Proizvodnja električne energije	3,3 MW
Proizvodnja toplinske energije	15 MW
Snaga topline	2×3 MW
Kapacitet kotla	20 t/h
Snaga ložišta	18 MW
Izlazna temperatura vode do potrošača	90 °C
Ulazna temperatura vode do potrošača	80 °C



Slika 2.3. Shema pogona elektrane na biomasu „Hrast d.o.o.“

2.1. Kogeneracija

Kogeneracija je tehnologija istovremene potrošnje električne energije i korisne toplinske energije, odnosno kogeneracija predstavlja jedan od ključnih načina racionalnog korištenja energije. Kogeneracijska postrojenja se mogu izgraditi na svakom mjestu na kojem je potrebna potrošnja električne i toplinske energije. Osim kod elektrana, kogeneracija je pogodna kod industrija kod kojih je potrebno daljinsko grijanje, za hotele, bolnice, sportske dvorane, trgovačke centre i slično. Kogeneracijska postrojenja daju znatno bolju energetsku efikasnost, odnosno bolju iskoristivost fosilnih goriva čime se uvelike smanjuje i zagađivanje okoliša u odnosu na odvojenu proizvodnju električne energije u termoelektranama i toplinske energije u kotlovnicama. Prednost kogeneracijskih sustava u odnosu na postrojenja koja odvojeno proizvode električnu i toplinsku energiju se vidi usporedbom gubitaka nastalih pri takvoj proizvodnji. Za istu količinu iskorištene primarne energije se kod kogeneracijskih postrojenja iskoristi otprilike oko 35% više sveukupne energije nego kod odvojene proizvodnje, a iz toga se može zaključiti da je odmah i stupanj iskoristivosti puno veći kod kogeneracije. Na slici 2.4. [5] napravljenoj u programu MS Visio nalazi se usporedba te dvije vrste proizvodnje energije.



Slika 2.4. Usporedba kogeneracijske i odvojene proizvodnje energije

3. BIOMASA

Biomasa je živuća ili donedavno živuća organska materija. Zapravo ona je biorazgradivi dio proizvoda, otpada i ostataka u poljoprivredi, šumarstvu (drvna industrija) i srodnim industrijama, te biorazgradivi dio industrijskoga i kućanskoga komunalnoga otpada. Biomasa je danas stabilan, obnovljivi izvor energije. Energija iz biomase može doći u čvrstom, tekućem (npr. biodizel) i u plinovitom stanju (npr. Bioplin koji se može dobiti iz svih vrsta biomase). Biomasu prema porijeklu dijelimo na: biljnu (šumsku, tj. drvnu i poljoprivrednu), životinjsku, te biomasu nastalu iz gradskog (npr. kanalizacijski talog) i industrijskog otpada (npr. kod prerade hrane i papira). Šumsku (drvnu) biomasu čine: otpad od sječe šuma, ogrjevno drvo, otpad iz drvne industrije, uzgoj šuma, proizvodi ciljanog uzgoja kao što je brzorastuće drveće (vrba, topola i eukaliptus).

Poljoprivrednu biomasu čine: slama, kukuruz i žitarice (pšenica i ječam), uljarice, šećerna repa, brzorastuće alge i trave, te ostaci i otpad iz bilinogojstva. Životinjsku biomasu čine ostaci i otpad iz stočarstva.

Pretvorba biomase se dijeli na: primarnu i sekundarnu. Primarna pretvorba biomase transformira početnu biomasu u gorivo za razne vrste ložišta. Sekundarna pretvorba biomase služi za dobivanje korisne energije, za što su potrebni: peć, plinske i parne turbine, mikroturbine, motori s unutrašnjim izgaranjem i gorive ćelije.

Prednosti korištenja biomase kao izvora energije su: povećanje energetske neovisnosti, brojni ekonomsko-društveni pozitivni učinci, smanjivanje ispuštanja stakleničkih plinova, jer se plinovi koji nastaju korištenjem biomase mogu ponovno iskoristiti za proizvodnju energije. Prednost biomase u odnosu na fosilna goriva je smanjenje emisije štetnih plinova (CO_2 i SO_2) i otpadnih voda. Još jedna prednost korištenja biomase je otvaranje novih radnih mjesta, tj. veće zapošljavanje, te povećanje gospodarske aktivnosti.

Nedostaci korištenja biomase kao izvora energije su ekonomičnost, pošto je prikupljanje, transport i skladištenje biomase dosta skupo, zatim mala gustoća energije i zahtjev za održivim načinom korištenja.

3.1. Šumska biomasa

Šumsku biomasu čine ostaci i otpad nastali redovitim gospodarenjem šumama, prostorno i ogrjevno drvo. Biomasa iz drvne industrije nastaje pri piljenju, blanjanju, brušenju, sabijanju i drugim vrstama obrade drva. Drvna biomasa kao energija predstavlja sunčevu energiju koja se u drvima akumulira u procesu fotosinteze. Izgaranjem iste, energija koja se oslobodi može se koristiti za grijanje ili proizvodnju električne energije. Upotreba energije koja nastaje korištenjem drva je jedan od najpraktičnijih i najefikasnijih načina proizvodnje električne energije za grijanje. Goriva koje se dobivaju/koriste iz drvne biomase se mogu podijeliti u nekoliko oblika: ogrjevno drvo u obliku cjepanica, briketi, sječka i peleti.

Slika 3.1. Cjepanice

Slika 3.2. Briketi

Ogrjevno drvo u obliku cjepanica je najčešći energent koji se koristi iz drvne biomase kod individualnog stanovanja, u manjim objektima i u mjestima gdje nema druge alternative ili su one teško dostupne. Ovaj oblik korištenja energije nije efikasan, jer klasične peći ne osiguravaju njegovo maksimalno iskorištenje, kao niti dugoročnu isplativost. Na slici 3.1. [6] se vidi izgled cjepanica.

Briketi nastaju prešanjem i sabijanjem usitnjenih drvnih ostataka. Briketi su vrsta biomase koja zamjenjuje ugljen i lako je dostupna, valjkastog je oblika različitih veličina (dužina od 60-350 mm, promjer 50-100 mm), a njihov izgled se vidi na slici 3.2. [7]. Ima veću kaloričnu moć od ogrjevnog drveta pa je pogodniji kod većih kotlova, a primjenjiv je i za manje peći i ložišta.

Slika 3.3. Drvna sječka

Drvna sječka je najčešći energent koji nastaje od drvnih ostataka, dobiva se u šumarstvu ili u drvno-prerađivačkoj industriji tako što se drvni ostaci usitnjavaju za daljnju upotrebu. Nepravilnog je oblika i različitih veličina. Sječka ima široku primjenu i prednost u odnosu na bilo kakav drugi oblik drvne biomase. Kod proizvodnje ovog oblika skoro nema nikakvih pravila što se tiče samog izgleda, duljine moraju biti do 10 cm, a ovisno o širini razlikujemo 3 vrste sječke: fina (do 3 cm) , srednja (do5cm) i krupna (do 10 cm). Sječka je efikasno, povoljno, jer je njezina proizvodnja jako jeftina i lako dostupno gorivo. Koristi se kod ložišta snage 50 kW pa do 10 MW i više. Kod velikih ložišta problem predstavlja skladištenje i transport goriva. Bitno je naglasiti da sva sječka mora biti otprilike jednakih dimenzija, kako bi se omogućila automatizacija punjenja ložišta gorivom. Također sječka ne smije biti obrađena zaštitnim sredstvima, impregnacijama, ljepilima ili premazima i u njoj se ne smiju nalaziti nedrvni materijali poput kamenčića, metala, plastike i slično, da prilikom njenog izgaranja u ložištu nema štetnih emisija. Prilikom skladištenja sječke mora se paziti i na vlažnost koja mora biti manja od 20 %, to je najveći problem kod kupovnih, čija je vlažnost preko 30 % pa se takva sječka mora prosušiti prije korištenja. Na slici 3.3. [8] vidi se izgled sječke spremne za loženje.

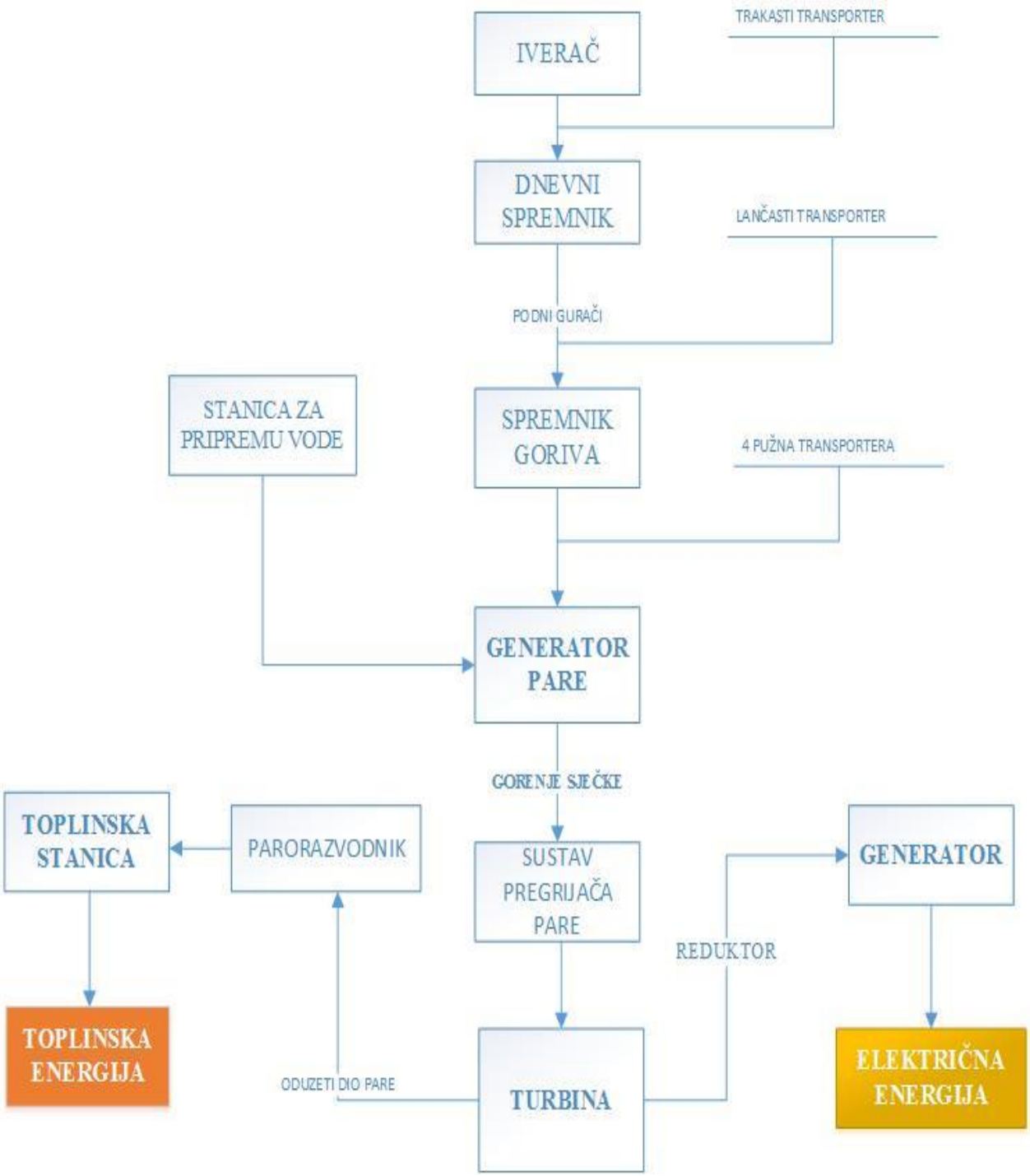
Slika 3.4. Peleti

Pelet nastaje prešanjem/sabijanjem piljevine i drvnih ostataka pod visokim pritiskom, većinom suhog visoko kaloričnog drveta kao što su hrast, bukva, jasen, grab, topola i lipa. Ima visoku energetsku moć i vlažnost manju od 10 %. Zbog svog oblika (valjkastog) je lagan za transport, ne zahtjeva puno mjesta za skladištenje, ali je i skuplji od ostalih vrsta. Prilikom transporta peleti ostavljaju tek oko 0,5 % prašine, što je svakako dosta čisto. Duljine su obično 20-30 mm, a promjera 6-8 mm. Peleti su CO_2 - neutralni. Oni se najčešće koriste za grijanje stambenih objekata, ali se mogu koristi i kao zamjena za ugljen u termoelektranama za proizvodnju električne energije. Na slici 3.4. [9] prikazan je njihov izgled.

4. OPIS RADA U POGONU- TOK TVARI

Pogon elektrane na biomasu je dosta složen. Motori u ovome pogonu su uglavnom trofazni asinkroni. Pogon se sastoji od puno glavnih dijelova, kao što su: iverač, dnevni spremnik, stanica za pripremu vode, generator pare, multiciklon, elektrofilter, turbina, generator , zračni kondenzator, toplinska stanica, te još više sporednih dijelova, koji obavljaju jednako važne zadatke. Zato će se prije opisivanja svih dijelova ukratko opisati tok tvari kroz cijeli proces. Krenuvši od samog početka pa sve do kraja kada je proizvedena električna energija koja se pušta u mrežu i toplinska energija koja se koristi za sušenje drvne biomase u tehnologiju prerade, te za grijanje radnih i pomoćnih prostorija. Nakon toga, na slici 4.1. [5] prikazan je dijagram toka tvari ovog kogeneracijskog postrojenja, napravljen u programu MS Visio.

Sva biomasa, bilo ona koja se dovozi u obliku sirovih trupaca ili je to usitnjeni otpad iz pilane, najprije se usitnjava u iveraču i takva usitnjena biomasa se naziva sječka. Sječka se s pomoću trakastog transportera sprema u 2 dnevna spremnika, te je ta količina dovoljna za rad kotla minimalno 24 sata. Iz dnevnih spremnika s pomoću podnih gurača sječka (gorivo) ulazi u lančani transporter koji sječku prebacuje u spremnik goriva (dozirni uređaj). Ispod spremnika goriva nalaze se otvori za upuhivanje zraka, s pomoću kojih se ravnomjerno raspoređuje sječka, te se regulira količina zraka za izgaranje, odnosno snaga cijelog postrojenja. Gorivo se zatim s pomoću 4 pužna transportera ubacuje u ložište kotla. Izgaranjem drvne biomase (sječke) oslobađa se toplinska energija, koja zagrijava vodu koja se nalazi u cijevima tlačnog dijela kotla i odlazi u sustav pregrijača pare. Para koja je nastala u pregrijačima pare je nastala iz demineralizirane vode, koja se proizvodi u stanici za kemijsku i termičku pripremu vode. Pregrijana para „putuje“ do turbine. Para okreće lopatice turbine, tj. visokotlačnog dijela turbine, a dio te pare se oduzima i odlazi u parorazvodnik. Zatim s parorazvodnika oduzeti dio pare odlazi u dvije toplinske stanice iz koje se sustavom cjevovoda u obliku vrele vode prenosi toplinska energija za potrebe sušara. Znači ostali dio te pare pokreće niskotlačni dio turbine. Turbina je preko reduktora spojena s generatorom, a to je dio pogona u kojem se proizvodi električna energija, odnosno mehanička energija se pretvara u električnu. Na kraju se u nadzornoj prostoriji može pratiti i kontrolirati na računalu cijeli sustav i procesi pretvorbe, jer je cijeli sustav automatiziran.



Slika 4.1. Dijagram toka tvari bioelektrane „Hrast“

5. OPIS POGONA

5.1. Iverač

Planirana godišnja potrošnja drvne biomase ovog pogona iznosi oko 60 000 t. Tvrtka ima raspoloživi vlastiti drvni ostatak za izgaranje biomase koji je već usitnjen u pogonu pilane za dobivanje raznih proizvoda od drveta, a ostali dio koji je potreban se usitnjava u novom iveraču JENZ HE 561, kapaciteta 9 t/h. Dakle, iverač ili sjeckalica je prva postaja drvne biomase koja ulazi u proces pretvorbe energije u pogonu elektrane na biomasu. Njegova osnovna zadaća je da od velikih sirovih trupaca „napravi“ sječku koja se smije koristiti kao energent za izgaranje u ložištu. Radi na principu da se trupac ili grane (ručno) s pomoću dizalice stavljaju u korito iverača na transportnu traku. Transportna traka uz pomoć valjaka s donje i gornje strane vuče trupac do rotora za usitnjavanje i 2 kontra noža. Na rotoru se nalaze se nalaze noževi pričvršćeni vijcima, tj. na obodu rotora, a on se nalazi između 2 kontra noža i na taj način usitnjavaju trupac u sječku. Sječka odlazi na drugu transportnu traku koja ju zatim prebacuje u dnevni spremnik. Na slici 5.1. [10] se vidi kako izgleda iverač kojeg koristi ovaj pogon, a u prilogu P.5.1 shema.

Slika 5.1. Iverač JENZ HE 561

5.2. Spremanje i prijenos biomase

Sječka koja je dobivena sjeckanjem trupaca na iveraču se pomoću trakastih transportera sprema u dnevni spremnik. Trakasti transporter ima mogućnost upravljanja i zato raspoređuje sječku ravnomjerno u spremnik biomase. Veliki trupci se skladište u blizini ložišta, radi lakšeg transporta i suše dok ne dođe red na njihovu obradu. U ovome kogeneracijskom postrojenju biomasa se sprema u 2 dnevna spremnika s automatskom dopremom u ložište, svaki kapaciteta 240 m^3, visine nasipa 4 m i sa 8 izvlakača. Količina sječke koja se nalazi u ovim spremnicima dovoljna je za rad kotla 24 h dnevno. Prema literaturi [11], dnevni spremnik sa hidrauličkom napravom za preuzimanje goriva služi i za jednakomjerno doziranje potrošačima. Preuzimanje se vrši pomoću izvlakača, izvedenih tako da se njima pomiču lopatice, a postavljeni su na metalni profil po kojim kližu. Dizanje izvlakača sprječavaju prsteni na smjernici. Izvlakače potiskuju hidraulični valjci, koji se u sustavu izmjenično kreču naprijed i natrag. Hidraulični valjci se kreću tako da se svaka druga poluga kreće u isti smjer, jedna poluga obavlja povratno kretanje, a susjedna radno. Ako se zaustavi transporter za preuzimanje, djelovanje se automatski zaustavlja kako ne bi došlo do zatrpavanja. Na slici 5.2. [10] vidi se izgled dnevnog spremnika i trake s izvlakačima

Slika 5.2. Dnevni spremnik

Dakle, na dnu dnevnih spremnika nalaze se hidraulički podni gurači koji guraju sječku s dna spremnika na lančani transporter, a on sječku prebacuje u spremnik goriva. Prema literaturi [11] koritasti lančani grebasti transporter izgrađen je od čeličnog korita i lanca s poprečno smještenim lopaticama. Vodilice lanca su obložene materijalima koji imaju dobre klizne karakteristike, a transport materijala se vrši po metalnom koritu. Pogonjen je elektromotornim pogonom preko reduktora. Na slici 5.3. [10] vidi se izgled lančanog transportera ovog pogona.

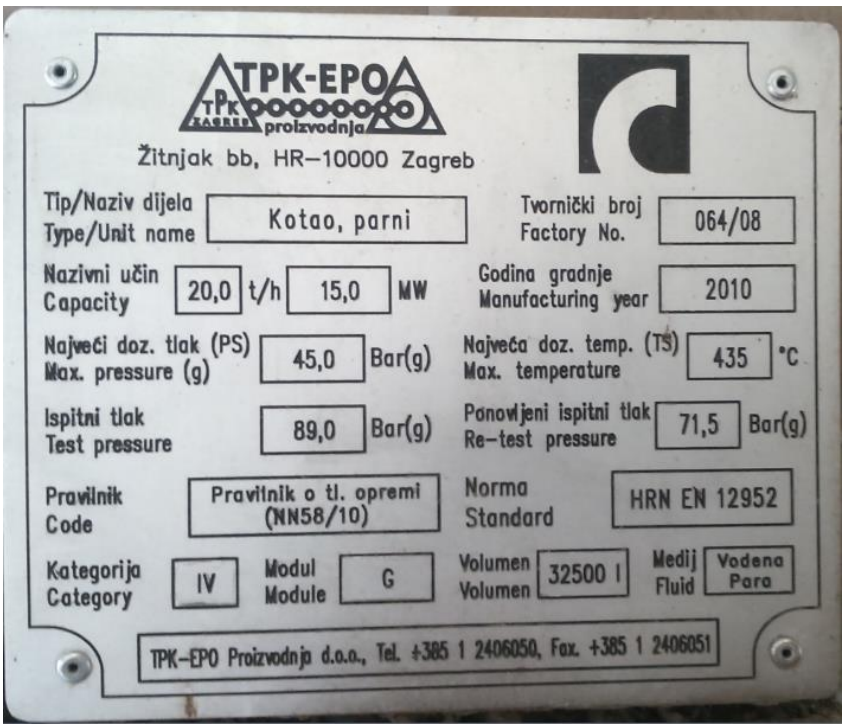
Slika 5.3. Lančani transporter

Spremnik goriva ili dupli dozirni uređaj je zatvoren set, namijenjen za prijenos goriva u ložište. Prijenos se vrši pomoću 4 pužna transportera preko otvora na prednjem zidu. Prema literaturi [11], za sprječavanje povratnog udara plamena iz ložišta kotla i gašenje gorućih ostataka, spremnik goriva je opremljen vatrogasnim (rashladnim) sustavom na vodu iz vodovodne mreže. Sustav je sastavljen iz termostata, namještenog na kućištu dozirne sprave (cijev) i magnetnog ventila na dovodu vode. U slučaju povišenja temperature cijevi iznad postavljene vrijednosti (npr. 70 °C), aktivira se magnetni ventil, a ako temperatura i dalje raste a magnetni ventil nije aktiviran, aktivira se termostatski ventil koji je instaliran usporedno s magnetnim. Na slici 5.4. [10] moguće je vidjeti izgled duplog dozirnog uređaja ili spremnika goriva.

Slika 5.4. Dozirni uređaj

5.3. Kotlovsko postrojenje

U ovome dijelu pogona odvija se proces izgaranja drvne biomase (sječke) koja je napokon preko 4 pužna transportera iz duplog dozirnog uređaja došla u ložište kotla. Izgaranjem biomase oslobađa se toplinska energija, koja zagrijava vodu koja se nalazi u cijevima tlačnog dijela parnog kotla i „odlazi“ u sustav pregrijača pare, a takva pregrijana para odlazi do turbine. Kotlovi na biomasu su dakle temeljni izvori za dobivanje električne i toplinske energije iz drvne biomase. Kogeneracija „Hrast d.o.o.“ koristi parno kotlovsko postrojenje od 15 MW (toplinske snage) s pregrijanom parom 40 bar, temperature (T) 400 °C. Predviđeni rad postrojenja je 24 h na dan, 7 dana u tjednu i otprilike 8000 h godišnje. Predviđena radna temperatura izgaranja (T_r) je 1050 °C, a kratkotrajno može podnijeti 1100 °C. Ostale karakteristike kotla, tj. generatora pare se vide na natpisnoj pločici koja s nalazi na slici 5.5. [10]. Izgled kotla izvana (prilog P.5.2).



Slika 5.5. Natpisna pločica generatora pare [4]

Prema literaturi [11] i [12], kotlovsko postrojenje je sastavljeno od toplinski izoliranog ložišta s vertikalnim ulazom u tlačni dio kotla. Ložište je konstruktivno prilagođeno izgaranju drvene biomase. Izgaranje se vrši na površini fiksnih rešetki, namijenjeni sušenju otpada i nadalje na hidrauličnoj pomičnoj stepenastoj rešetki namijenjenoj zapaljenju, izgaranju drvene biomase i dogorijevanju šljake. Za potpuno izgaranje dimnih plinova, ložište ima nadograđenu komoru koja je naknadno integrirana u tlačni dio parnog kotla. Predviđena radna temperatura izgaranja (T_r)

je od 850 °C do 1100 °C. Dakle, kotao je namijenjen isključivo za loženje drvnih ostataka, bez kamena, metala, plastike i slično. Drvni ostaci ne smiju biti obrađeni zaštitnim sredstvima, impregnacijama, ljepilima ili premazima. Zabranjeno je također ložiti ivericu, trake od ambalaže i slično, zbog lošije kvalitete sagorijevanja tih materijala, te izlaganju kotla koroziji. Kućište ložišta je zračno hlađeno, izrađeno je iz čelične konstrukcije, s vanjske strane zatvoren s čeličnim profiliranim plaštom. Unutrašnjost komore izgaranja je ozidana s vatrootpornom i izolacijskom oblogom. Obloga je s sidrima vezana na obodnu konstrukciju, strop je betoniran i vezan za tlačni dio parnog kotla. Gorivo se u ložište ubacuje s pomoću 4 pužna transportera preko otvora na prednjem zidu. Otvor je u donjem dijelu specijalnog oblika sa namjenom ravnomjerne raspodjele po širini rosta. Količina goriva se dozira prema potrebnoj toplinskoj moći (snazi) koja se računa prema tlaku i protoku pare. Rost je je podijeljen u zone sušenja goriva, podpale, isplinjavanja, izgaranja i dogorjevanja. Gorivo prvo ulazi na fiksni rost, zatim s pomoću hidrauličnog pokretnog rosta odlazi u donji dio ložišta. Brzina kretanja goriva u rostu se određuje s pomoću intervala rada. Zrak za izgaranje u ložište ulazi kao primarni, sekundarni i tercijarni. Primarni se dobavlja s pomoću 4 ventilatora u zasebne zone. Svaki ventilator ima frekventni pretvarač kojim se regulira ukupna količina primarnog zraka. Sekundarni i tercijarni se dobavlja u prijelaz iz ložišta u kotao u zonu izgaranja plinova. Regulira se frekventnim pretvaračima prema trenutačno traženoj snazi, pritoku kisika i temperaturi izgaranja – funkcija hlađenja.

Slika 5.6. Unutrašnji dio kotla

Recirkulirani dimni plinovi se s pomoću ventilatora dovode iznad i ispod rosta, a njihova količina se regulira elektromotornim klapnama. Odpepeljivanje se uključuje povremeno, kratkovremeno, u zavisnosti od rada dozirrnih puževa. Šljaka u pepelu se transportira do kontejnera za pepeo. Dimni plinovi iz ložišta ulaze u parni kotao s 3 vertikalna prolaza (ekranski zidovi) u kojem su smješteni 2 pregrijačka paketa, 1 isparivački, te zasebni paketi ekonomajzera. Nakon kotla dimni plinovi se uvode u sistem za pročišćivanje, te u dimnjak s pomoću odsisnog ventilatora. Na slici 5.6. [10] je prikazan iz prozora unutrašnji dio kotla s rostovima prilikom izgaranja biomase. U tablici 5.1. [12] prikazane su karakteristike generatora pare.

Tablica 5.1. Tehničke karakteristike generatora pare :

Osobina	Jedinica/mjere	Vrijednost
Nominalni trajni kapacitet	t/h	20
Najveći trajni kapacitet	t/h	22
Najmanji trajni kapacitet	t/h	18
Max. dozv. tlak u bubnju	bar (g)	50
Izlazni radni tlak pare	bar (a)	40
Temperatura napojne vode na ulazu u ekonomajzer	℃	105
Toplinska iskoristivost generatora pare	%	81,3
Kvaliteta napojne vode	-	TRD611
Loženje	-	Drvna biomasa
Hlađenje pregrijane pare	-	Napojnom vodom
Smještaj	-	U kotlovnici

Osnovni dijelovi kotla su: tlačni dio kotla, bubanj kotla, zidovi kotla, pregrijači pare, cjevovodi, zagrijač vode u dimnim plinovima (ekonomajzer), izolacija generatora pare.

5.3.1. Kotao tlačni dio

Prema literaturi [12], konstrukcija kotla je kutnocjevnog tipa koja je vrlo prikladna za industrijske kotlove srednje veličine sa parametrima pare za razne tehnološke procese. Tlačni dio kotla čine ogrjevne površine isparivača i pregrijača, te bubanj kotla i povezne cijevi sistema. Dijelovi kotla čine cjelinu koja je samonosiva i oslanja se na čeličnu konstrukciju preko svojih stopa. Tlačni sistem nosi na sebi i dijelove nužne za rad i funkcioniranje kotla kao što su vrata i otvori za ulaženje i nadgledanje, ukrućenja zidova kotla (bandaže), te toplinska izolacija sa otplatom. Omogućeno je pražnjenje svih tlačnih dijelova za slučaj dužeg stajanja u zimskom periodu ili kod suhe konzervacije.

5.3.2. Bubanj kotla

Kotao ima jedan visoko smješteni bubanj položen poprečno na os kotla. Bubanj ima otvore za ulaz na obje podnice čime su olakšani radovi pregleda i održavanja. U bubnju je specijalna ugradnja koja služi za separaciju čestica vlage iz svježe pare prije odlaska u pregrijač. U bubnju su također smješteni cijev za distribuciju napojne vode i cijev za kontinuirano odsoljavanje kotla. Bubanj je spojen na ostale dijelove tlačnog sistema preko padnih cijevi za vodu i prestrujnih cijevi za paru koje ujedno preuzimaju i težinu bubnja. Zahvaljujući kutnocjevnoj konstrukciji kotla, bubanj kotla ima relativno malu debljinu lima plašta što omogućuje brzi start kotla. Na slici 5.7. [10] vidi se izgled bubnja kotla kojeg koristi ovo kogeneracijsko postrojenje.

Slika 5.7. Bubanj kotla

5.3.3. Zidovi kotla

Nakon što dimni plinovi napuste ložište ulaze u ozračenu rashladnu komoru koja je na sve četiri strane zatvorena cijevima isparnog sustava koje su međusobno spojene trakama u cjelinu što je poznato kao „membranski cijevni zid“ iza koje se postavlja laka izolacija. Cijevni zidovi su napajani vodom iz donjih ulaznih komora, a preko gornjih izlaznih komora i na njih priključenih prestrujnih cijevi evakuira se nastala smjesa vode i pare u bubanj kotla. Svi cijevni zidovi kotla i njihove komore čine jednu cjelinu koja se praktično sva sastavlja u radionici. Cijevni zidovi su ojačani tzv. bandažama da mogu podnijeti eventualne pulzacije tlaka (p) u ložištu do 5000 Pa.

5.3.4. Pregrijač pare

Pregrijač pare u 2 stupnja smješten je u trećoj promaji kotla. Nije izložen zračenju plamena u uvjetima starta kotlaa kada je kritično hlađenje cijevi zbog slabog protoka pare. Cijevi su horizontalno položene i moguće je potpuno odvodnjavanje svih dijelova pregrijača. Cijevni snopovi pregrijača su sa protustrujnim tokom pare u odnosu na dimne plinove čija temperatura ne prelazi 700 °C. Cijevi pregrijača su ovješene na tzv. nosive cijevi koje su hlađene svježom parom prije ulaska u 1.stupanj pregrijača. Oduzimanje svježe pare iz bubnja za pregrijač se vrši ravnomjerno po dužini bubnja pomoću specijalne ugradnje u bubnju koja osigurava čistoću pare. Između 1. i 2. stupnja pregrijača nalazi se hladnjak pare u kojem se u svrhu hlađenja pare ubrizgava napojna voda u paru pomoću napojnih pumpi (bez posebne pumpe). U tablici 5.2. nalaze se karakteristike pregrijača pare.

Tablica 5.2. Tehničke karakteristike pregrijača pare**:**

Podatak	1.stupanj	2.stupanj
Dimenzija cijevi	38×4,5	38×4,5
Materijal	16Mo3	16Mo3
Korak poprečni	90 mm	90 mm
Korak podužni	95 mm	95 mm
Raspored cijevi	paralelni	paralelni

5.3.5. Zagrijač vode u dimnim plinovima (EKO)

Zagrijač napojne vode u dimnim plinovima (EKO) je u četvrtoj promaji kotla. Tok dimnih plinova je vertikalan od gore prema dolje. Dimni plinovi iz EKO-a odlaze u postojeće postrojenje

za zaštitu okoliša u postojeći dimnjak. Cijevni snopovi su smješteni unutar limene oplate koja ujedno čini dimni kanal četvrte promaje. Limena oplata preuzima težinu cijevnih snopova EKO i prenosi ju preko svojih oslonaca na čeličnu konstrukciju i temelje. Sa kotlom EKO je spojen limenim prestrujnim kanalom i platnenim kompenzatorom za dilatacije. U tablici 5.3. nalaze se karakteristike EKO-a.

Tablica 5.3. Tehničke karakteristike EKO-a**:**

Podatak	Vrijednost
Dimenzija cijevi	31,8×3,2
Materijal cijevi	P235GH
Korak poprečni	75 mm
Korak podužni	80 mm
Debljina lima oplate	5 mm

5.3.6. Cjevovodi i armatura kotla

Kotao se oprema svom potrebnom armaturom i cjevovodima potrebnima za rad i povezivanje sa postrojenjem energane. Kotao se povezuje na postojeća postrojenja preko postojećih cjevovoda koji se na lokaciji kotla zadržavaju poslije demontaže starog kotla i to: napojna voda, glavni parni vod, odvodnjavanje i ozračivanje dijelova kotla. Ugrađena armatura omogućuje potpuno vođenje pogona iz centralne naredbe, uključujući i start i obustavu kotla. Armaturom su opremljeni: bubanj kotla, pregrijač pare, zagrijač vode, ispuhivači čađi, te ozračne stanice i odmuljne stanice.

5.3.7. Izolacija generatora pare i opreme

Toplinska izolacija generatora pare i opreme se izvodi mineralnom vunom sa zaštitnom oblogom iz AlMg3 lima. Izvedba izolacije je primjerena uvjetima instalacije postrojenja u kotlovnici. Veće površine kao tlačni dio kotla i EKO imaju zaštitnu oblogu iz profiliranog lima. Debljine Al lima su za ravne površine, bubanj kotla i posude 1 mm, a na cjevovodima 0,8 mm. Toplinskom izolacijom su obuhvaćeni svi dijelovi postrojenja gdje je to potrebno: tlačni sustav, EKO, cjevovodi kotla, prestrujni dimni kanali, povezni cjevovodi za napojnu vodu, paru.

5.4. Stanica za kemijsku i termičku pripremu vode

Para koja se nalazi u pregrijačima pare je nastala iz demineralizirane vode, koja se proizvodi u stanici za kemijsku i termičku pripremu vode. Voda koju ovo postrojenje koristi ne smije

sadržavati nikakve nečistoće, tj. voda mora biti očišćena da bi postrojenje pravilno radilo. Za to služi stanica za kemijsku pripremu vode (prilog P.5.3). Na ulazu u kemijsku pripremu vode ista prolazi kroz tlačne pješčane filtere u kojima se odstranjuju mehaničke nečistoće. Voda koja se dobila nakon prolaska kroz filtre naziva se filtrat i sprema se u spremniku filtrata. Zatim voda prolazi kroz regulirani izmjenjivač gdje se najprije omekšava, uklanjaju se kalcijevi i magnezijevi ioni, te puštaju vodikovi ioni, nakon toga odlazi u stanica za reverznu osmozu gdje se uklanja sol, te se tako iz filtrata dobio permeat. Permeat je kiselog karaktera zbog povećanog sadržaja ugljikovog dioksida (CO_2). On dalje odlazi u elektrofiltere gdje se uklanjaju ioni iz njega. U završnoj fazi pročišćivanja permeat prolazi kroz miješani izmjenjivač u kojem se vrši izmjena kationa, te se uklanjaju sva preostala onečišćenja i voda postaje demineralizirana. Ta voda s pomoću crpki odlazi u spremnik demineralizirane vode iz kojeg se onda prebacuje u napojni spremnik s otplinjačem gdje se zagrijava. Pumpe takvu zagrijanu vodu cirkuliraju kroz kotao, najprije odlazi u izmjenjivač topline gdje već prelazi u stanje pare, te onda odlazi dalje u sustav pregrijača pare, gdje se zagrijava kako bi se postigli željeni parametri. Postrojenje za kemijsku pripremu vode proizvodi $3\ m^3/h$ vode, a gubi se pare oko $1,7$ t/h koja ispari. Postrojenje za termičku pripremu vode ima napojni spremnik korisnog volumena (V) $10\ m^3$, dok je kapacitet otplinjavača $20\ m^3/h$, radni tlak (p_r) 1,2 bar i radna temperatura (T_r) $105\ °C$, a tlak pare na ulazu u napojni spremnik iznosi 2 bar. Napojne pumpe imaju kapacitet $2\times150\ \%$. Na slici 5.8.[10] nalaze se napojne pumpe, a na slikama 5.9. [10] i 5.10.[10] se vidi izgled stanice oko koje je podignut mali zid kao zaštita, ukoliko dođe do istjecanja vode iz nekog spremnika.

Slika 5.8. Napojne pumpe

Slika 5.9. Kemijska priprema vode

Slika 5.10. Termička priprema vode

5.5. Kondenzacijsko postrojenje

Prema literaturi [13], kondenzacijska jedinica i usisavanje zraka su montirani na skupnu konstrukciju. Kondenzator se nalazi izvan glavnog dijela elektrane zato što s pomoću vanjskog zraka hladi paru, a njega ispod upuhuju 2 ventilatora. Kod ovakvog kogeneracijskog postrojenja gdje imamo turbinu s 2 stupnja (visokotlačnu i niskotlačnu), kod čistog kondezatorskog režima rada ne postoji potreba za toplinskom energijom pa se proizvodi samo električna.

Temeljni dio glavnog kondenzatora su 12 snopa rebrastih cijevi, koji su skupa sa 2 ventilatora montirani na čeličnu potpornu konstrukciju. Para se odvodi putem razdjelnika koji se nalazi na grbini krovne konstrukcije, u gornje 2 od 3 vrste rebrastih cijevi od snopa cijevi. Aksijalni ventilatori stvaraju horizontalni tlak te izguraju okolni zrak putem snopa cijevi i na taj način hlade paru, koja se kondenzira u cijevima. Ventilatori su pogonjeni frekvencijskim kontroliranim pogonima kako bi se mogao osigurati željeni tlak kondenzacije. Preostala para, koja se do tada nije kondenzirala, prolazi kroz donje komore i ulazi u najdonju vrstu cijevi, gdje se kondenzira. Zbog gravitacije kondenzat teče suprotno od toka pare. Na taj način se stvaraju suprotni protoci pare i kondenzata, a to sprječava zamrzavanje. Kondenzat se izlije u donji rezervoar te od tamo istječe do kondenzatorske jedinice. Temperatura kondenzata se mjeri u oba rezervoara za sakupljanje. Para se odvodi od turbine preko cjevovoda za ispušnu paru do zračnog kondenzatora. Kondenzatorska jedinica služi za daljnji transport kondenzata, te za napajanje električnog kondenzatora sa rashladnom tekućinom. Za vrijeme rada kondenzatora stalno nastaje plin (zrak) koji se ne može kondenzirati. Zato postoje 2 parne pumpe koje usisavaju takve vrste plinova u sustavu. Za vrijeme tog rada treća pogonska parna pumpa odgurava zrak vani.

Kondenzatorskim postrojenjem se upravlja uz pomoć kontrolne ploče OP177 uređaja za uključivanje/isključivanje koji djeluje kao autonomni sustav i povezan je sa centralnim sustavom. Zračni kondenzator sa svojom opremom je shematski prikazan na upravljačkoj ploči, gdje se mogu mijenjati početna temperatura i tlak. Projektni protok pare kroz kondenzator je 11 t/h pri tlaku 0,1 bar , a za potrebe ejektora koristi se svježa para parametara 40 bar i 400 °C. Slog kondenzatorskih crpki ima kapacitet $2\times100\,\%$. Na slici 5.11. [10] se vidi vanjski izgled zračnog kondenzatora, a na slici 5.12. [10] vidi se njegov unutrašnji dio i snop rebrastih cijevi.

Slika 5.11. Vanjski izgled zračnog kondenzatora

Slika 5.12. Unutrašnji dio kondenzatora

5.6. Turbina

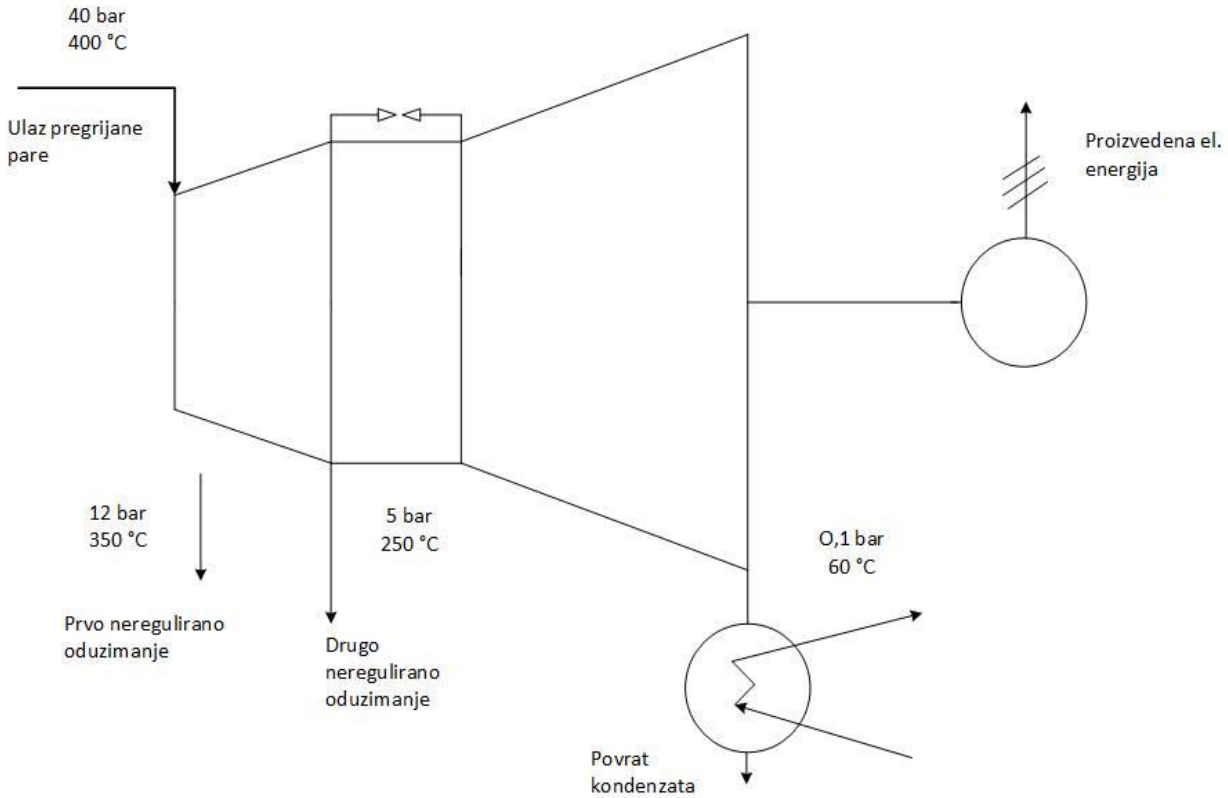
Turbine su rotacijski motori koji izdvajaju energiju iz tekućine ili protoka zraka i pretvaraju je u mehanički rad. Kogeneracijsko postrojenje „Hrast d.o.o.“ koristi kondenzacijsko parnu turbinu s reguliranim oduzimanjem koju je napravila tvrtka Siemens-KKK. To je tip turbine koja se sastoji od visokotlačnog dijela koji je protu tlačan i niskotlačnog dijela koji je kondenzacijska turbina kod koje para ekspandira do kondenzatora. Turbinska kola se okreću visokotlačno brzinom od 16000 o/min, a niskotlačno 13000 o/min. Turbina radi na način da pregrijana para koja dolazi sustavom parovoda iz kotla pokreće najprije lopatice visokotlačnog dijela turbine, zatim odlazi u središnji dio gdje se dio pare oduzima i odlazi u parorazvodnik. S parorazvodnika oduzeta para odlazi u toplinsku stanicu iz koje se sustavom cjevovoda prenosi toplinska energija koja je potrebna za sušare. Ostali dio pare pokreće niskotlačni dio turbine i završava u zračnom kondenzatoru. Taj proces se naziva Rankineov kružni proces s pregrijanom parom. Turbina je s pomoću reduktora spojena s generatorom koji proizvodi električnu energiju. Električna energija koja se dobije odlazi u elektroprostoriju u transformatore iz kojih se šalje u električnu mrežu HEP-a.

Prema literaturi [4] navedene su sljedeće karakteristike i opis rada turbine. Oduzimanje se obavlja u prestrujnom parovodu tlaka 2 bar, koji spaja izlaz protutlačne s ulazom kondenzacijske turbine, a vratila obje turbine su spojena s generatorom preko zajedničkog reduktora. U visokotlačni dio turbine ulazi svježa para 40 bar i temperature 400. °C Nazivni ulaz pare u visokotlačni dio turbine je 20 t/h. Na protutlaku visokotlačnog dijela turbine tlak iznosi 2 bar. Nazivno oduzimanje za potrebe tehnologije na tlaku 2 bar iznosi 6,4 t/h, a maksimalno u zimi 9,5 t/h. Na ulazu i niskotlačni dio turbine maksimalni protok pare je 11 t/h, dok je izlazni tlak iz niskotlačnog dijela turbine 0,1 bar. U tablici 5.4. nalaze se tehnički podaci dijelova turbine.

Tablica 5.4. Tehnički podaci turbinskog postrojenja**:**

Dio turbine	VT dio turbine	NT dio turbine
Ulazni medij	Svježa para	Preostala para
Tlak	normalan 40 bar	normalan 1,9 bar
Temperatura	normalna 400 °C	normalna 1,9 °C
Protok pare (m)	20 t/h	11 t/h

Prema literaturi [14] naveden je opis turbine. Parna turbina je jednostupanjska, s protočnim dvostrukim lopaticama po konstrukciji sa stalnim tlakom. Rotor turbine leži na 2 ležaja i sastoji se od radnog kola turbine i vratila. Radno kolo turbine smješteno je izvan ležišta (lebdeći) gdje je putem samocentrirajućeg cilindričnog ozubljenja povezano s vratilom turbine. Kućište turbine je centrirano i pomoću klinastih vođica, klizno uvijeno u kućište prijenosnika. Mlaznice su raspoređene po zatvorenom prstenu koji je moguće zamijeniti i koji je uvrnut u kućište turbine. Brtva osovine stupnjevita brtva u obliku labirinta s odvodom propuštene i vrele pare, zatvara prostor iskorištene pare na kućištu turbine, na mjestu prolaza vratila od slobodne atmosfere. Kako bi se spriječio prolaz zraka kroz brtvu u kondenzator, brtva na vratilu se puni zaustavnom parom. Vratilo turbine i osovina prijenosnika su smješteni na kliznim ležajevima s uljnim podmazivanjem pod tlakom. Na slici 5.13. [5] napravljenoj u programu MS Visio nalazi se shematski prikaz kondenzacijsko-oduzimne parne turbine, a na slici 5.15. [10] vidi se izgled turbine u sklopu s generatorom.



Slika 5.13. Shematski prikaz kondenzacijsko-oduzimne parne turbine

5.7. Generator

Turbina je preko reduktora spojena s generatorom i čini turbogeneratorsko postrojenje snage (S) 4,25 MVA. Generator je dio pogona u kojem se konačno proizvodi električna energija. Kogeneracija „Hrast d.o.o.“ koristi trofazni sinkroni generator vodoravne izvedbe s kliznim ležajevima. Tip generatora je BZK – 630 L/4, a proizvođač je tvrtka INDAR. Zračno je hlađen, samouzbudni bez četkica i opremljen digitalnim automatskim regulatorom napona generatora i pričuvnim regulatorom struje uzbude. Snaga mu je kako je već napisano 4,25 MVA (prividna snaga, S) ili 3,366 kW (djelatna ili radna snaga, P) uz nazivnom naponu na stezaljkama (Un) 6,3 kV . Ostali tehnički podaci dani su u tablici 5.5. a vide se i na natpisnoj pločici koja se može vidjeti na slici 5.14. [10]. Turbo - generatorski sustav je napravljen tako da je kompletno reguliran pomoću turbinskog panela i generatorskog kontrolnog panela. Generatorski kontrolni panel kontrolira rad električnog generatora te omogućava uzbudu, sinkronizira generator s vanjskom mrežom, omogućava mjerenje tlaka, temperature, snage, napona, brzine i ostalih parametara, te nadzire zaštitu generatora. Na slici 5.15. [10] nalazi se turbogeneratorski set, gdje je na prednjem dijelu generator u prvom planu, a iza njega je preko reduktora spojena turbina.

Slika 5.14. Natpisna pločica generatora

Tablica 5.5. Ostali tehnički podaci generatora:

Podatak	Vrijednost
Faktor snage (cos φ)	0,8
Frekvencija (f)	50 Hz
Brzina vrtnje (n)	1500 o/min
Prekoračenje brzine (n)	1875 o/min
Uzbuda	Bez četkica (*brushless*)
Hlađenje	Zrakom prisilno
Spoj	Zvijezda + N
Izvedba	B3 horizontalna
Temperatura okoline (T_o)	maks.40 °C

Slika 5.15. Turbo-generatorski set

Generator je mrežom kablova spojen s transformatorima koji se nalaze u posebnoj odvojenoj elektroprostoriji, gdje se prilagođavaju parametri dobivene električne energije. Dakle, generator proizvodi električnu energiju koja preko rasklopišta i transformatorske stanice odlazi u mrežu HEP-a. Koriste se 2 transformatora. Prema literaturi [15], blok transformator TB, 4,2 kVA i prijenosnog omjera 6,3/ 10 (20) kV je trofazni, suhi izoliran u epoksidu, služi za transformaciju

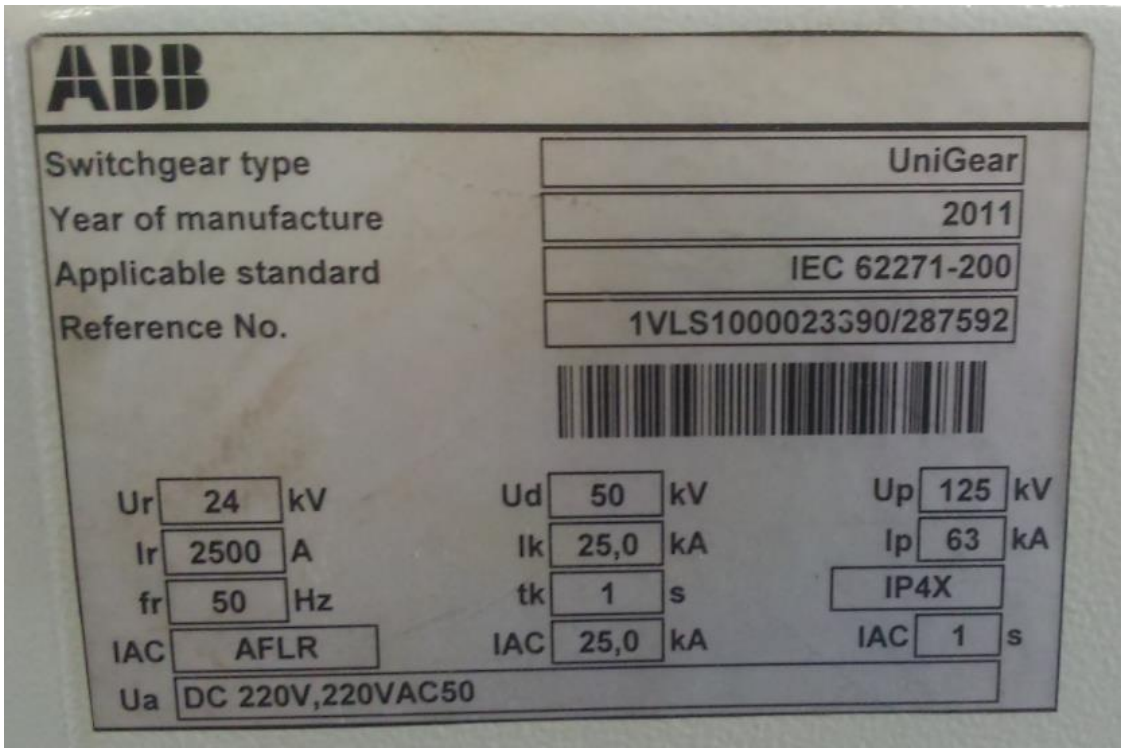
napona generatora na nivo napona elektrodistributivne mreže. Transformator vlastite potrošnje TM 3,0 kVA i prijenosnog omjera 0,4/ 10 (20) kV je trofazni, suhi izoliran u epoksidu, služi za napajanje vlastite potrošnje tvornice i kogeneracije. Na slici 5.16. [10] nalaze se transformatori iza pregrade, a na slici 5.17. [10] vidi se vanjski izgled rasklopišta.

Slika 5.16. Transformator TM i TB

Slika 5.17. Rasklopište

Srednje naponsko postrojenje 24 kV-no koje se nalazi u istoj elektroprostoriji, služi za spoj kogeneracijskog postrojenja na rasklopište R10(20) kV Strizivojna Hrast, preko kojeg elektrana predaje električnu energiju na distributivnu mrežu HEP-a. Srednje naponsko (SN) postrojenje, tj. SN blok Tip UniGear 24kV, 2500 A s jednostrukim sabirnicama čini 5 polja (+J1; +J2; +J3; +J4; +J5). Prvo polje +J1 (vodno polje) koristi se za spoj sabirnica srednjeg napona kogeneracijskog postrojenja na vodno polje elektrane u rasklopištu. Drugo polje +J2 (generatorsko polje) koristi se za spoj blok transformatora TB na sabirnice srednjeg napona. Treće polje +J3, opremljeno je sa brojilima radne i jalove energije te automatskim sinkronizatorom generatora na mrežu HEP-a. Četvrto polje +J4, isto vodno polje, opremljeno je strujnim i naponskim mjernim transformatorima te kombiniranim indirektnim brojilom radne i jalove energije. Ovo polje u II fazi omogućuje spoj na mrežu HEP-a u cilju ostvarenja uvjeta o prodaji i kupnji električne energije. Peto polje +J5 (transformatorsko polje), koristi se za spoj srednjenaponskih sabirnica na distributivni transformator vlastite potrošnje TM. Izgled SN bloka vidi se na slici 5.18. [10], a njegova natpisna pločica nalazi se na slici 5.19. [10].

Slika 5.18. Srednje naponsko postrojenje



Slika 5.19. Natpisna pločica SN postrojenja

5.8.Toplinska stanica

Para koja se oduzima u visokotlačnom dijelu turbine odlazi u parorazvodnik. S njega odlazi u toplinsku stanicu iz koje se sustavom cjevovoda u obliku vrele vode prenosi toplinska energija do krajnjih potrošača, tj. do sušara. Zapravo postoje 2 toplinske stanice toplinskog učinka 2×3 MW. Prema literaturi [4], primarni medij u toplinskim stanicama je para ulaznih parametara 2 bar i 137 °C koja u stanici kondenzira i izlazi u obliku kondenzata temperature 105 °C. Sekundarni medij u stanici je vrela voda koja se s temperature 80 °C zagrijava na temperaturu 95 °C. Toplinska se stanica sastoji od 2 vertikalna izmjenjivača koji služe za pothlađivanje kondenzata, pumpe za cirkuliranje, elektrorazvodnika i frekvencijskog pretvarača za upravljanje njome. Na slici 5.20. [10] moguće je vidjeti izgled toplinske stanice. Radom toplinske stanice moguće je uz programe na računalima u nadzornoj prostoriji upravljati i uz pomoć elektrorazdjelnika, čiji izgled se može vidjeti na slici 5.21. [10]. U prilogu P.5.4 dana je jednopolna shema elektrorazdjelnika toplinske stanice.

Slika 5.20. Toplinska stanica

Slika 5.21. Elektrorazdjelnik toplinske stanice

5.9. Pročišćivanje dimnih plinova

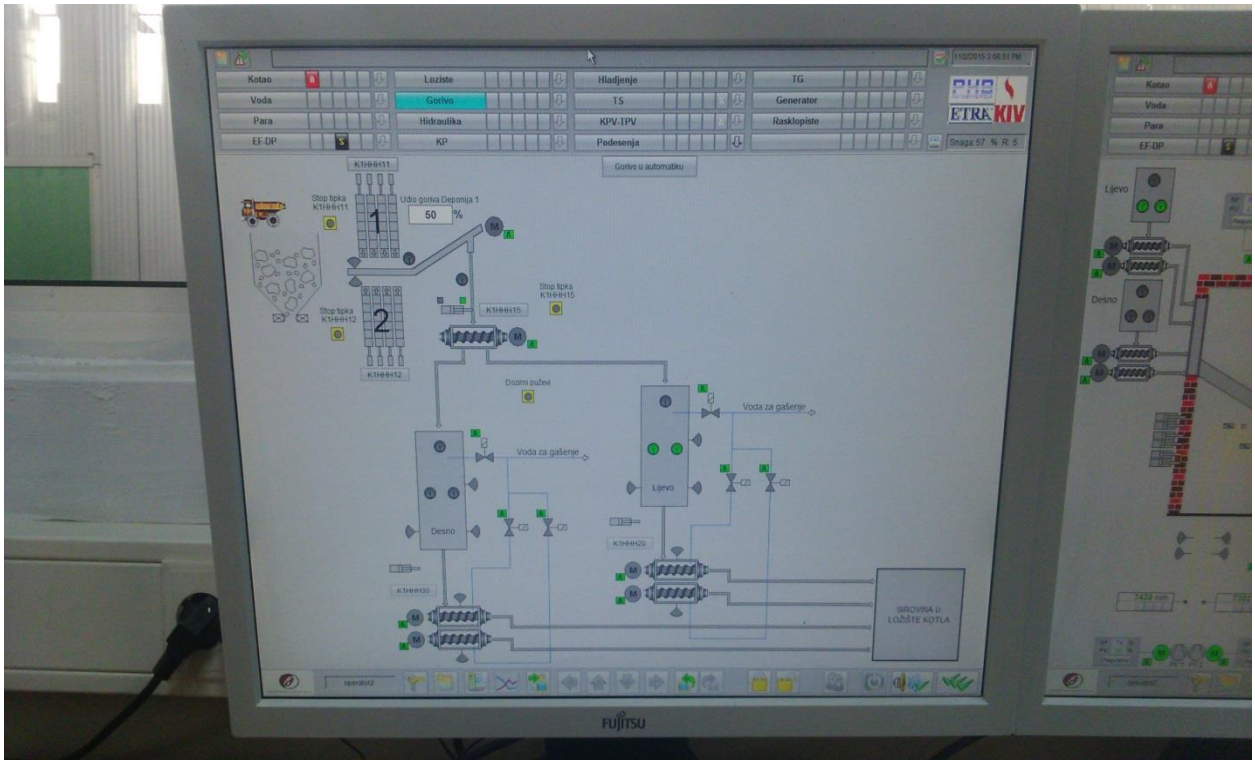
Dimni plinovi koji nastaju izgaranje biomase i koji se ne smiju ispuštati u okoliš se pročišćuju u sustavu za pročišćavanje koji će osigurati normirane parametre čistoće prema europskim propisima. Sustav za pročišćavanje se sastoji od multiciklona i elektrofiltera.

Prije svega uz pomoć pužnog transportera se obavlja odvod šljake i pepela iz ložišta, koji upadne kroz rešetke koje su smještene na dnu. Prijenos otpada u kontejnere se obavlja u intervalima. Trajanje intervala ovisi o sadržaju šljake u gorivu i pepela. Pogon transportera se odvija elektromotorom preko zupčanika. Ostali štetni otpad u obliku plinova nastaje pri izgaranju goriva. Dimni plinovi odlaze u multiciklon gdje se odvaja pepeo i on odlazi u kontejner, a ostali plinovi odlaze u filter. Prema literaturi [11], multiciklon namijenjen je za odstranjivanje praha iz dimnih plinova i pomoću toga se postižu vrijednosti ispod zakonski propisane granice 150 mg/m^3. Ohlađeni plinovi odvode u mehaničku napravu za filtriranje za odvajanje tvrdih djelića (multiciklon), koji se odvode iz ložišta. Naprava se sastoji od više ćelija – ciklona, koji rade na principu centrifugalne i gravitacijske sile. Dimni plinovi se kod ulaska u svaki ciklon ubrzavaju i zarotiraju. Pritom tvrde masne djeliće centrifugalna sila potiskuje na stijenke ciklona, po kojima zbog mase i centrifugalne sile kliznu u stožast dio ciklona i dalje u sabirni dio naprave sa posudom za pepeo. Za dulji životni vijek je stožast dio ciklona , gdje se prah izdvaja iz dimnih plinova iz lijevanog čelika. Cijeli ciklonski otprašivač je izoliran i zaštićen slojem obojanog lima, kao i povezujući kanali između kotla, multiciklona i dimnog ventilatora sa dimnjakom. Za čišćenje pepela je ugrađen dozator i puž pepela koji rade intervalno. U ciklonu je smještena i rotaciona sonda za detekciju prevelike razine pepela. Multiciklon je tipa 07×21 sa 147 ćelija. Dimenzije su mu: širina 2390 mm, dužina 6600 mm, visina 7000 mm. U elektrofilteru se vrši spaljivanje štetnih čestica kako one ne bi završile u zraku. Njegova jednopolna shema dana je u prilogu P.5.5. To je ostvareno pomoću električnog polja, a ono s pomoću visokonaponskih elektroda i taložnih elektroda. Ostatak plinova, bez štetnih čestica, završavaju u dimnjaku koji se nalazi u sklopu sa multiciklonom i filterom. Na slici 5.22. [10] vidimo kako izgleda multiciklon i filter, tj. sustav za pročišćavanje.

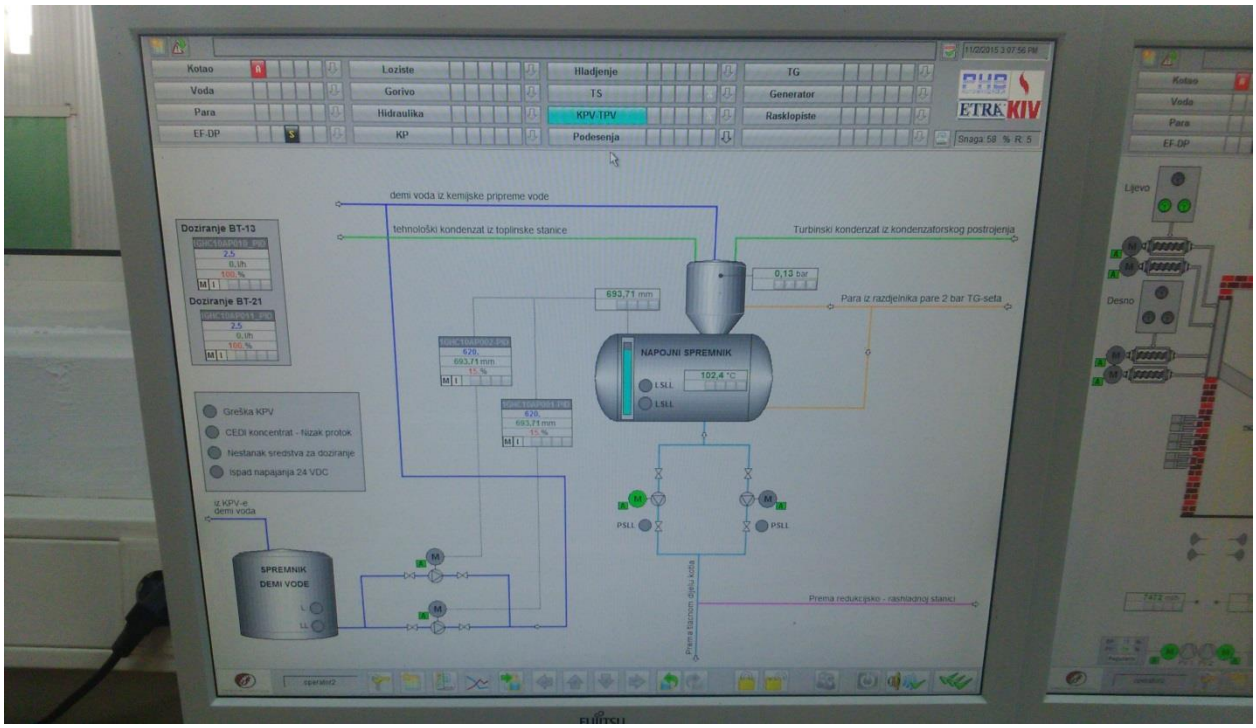
Slika 5.22. Multiciklon i filter

5.10. Nadzorna prostorija

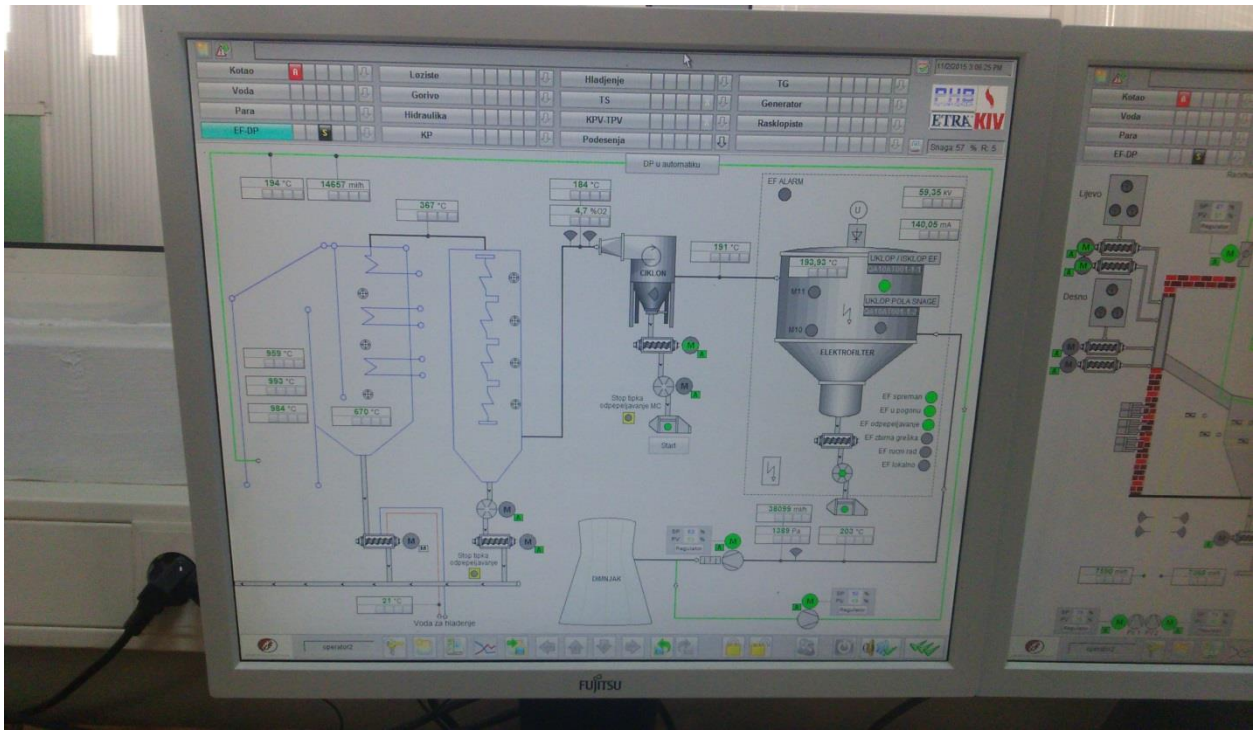
Cijeli je sustav i proces pretvorbe električne i toplinske energije u ovome pogonu automatiziran, te se može pratiti na računalu i kontrolirati tako da se dobiju točno željeni rezultati. Instalirani su visokostandardizirani i kompjuterski programi. Ukoliko je potrebno provjeriti količinu i kvalitetu goriva (biomase) koje se doprema u ložište to se može napraviti kao što se vidi na slici 5.23. [10]. Pregledna slika se otvara pritiskom na tipku „Gorivo“ koja se nalazi u navigacijskom području. Ukoliko je potrebno kontrolirati pripremu demineralizirane vode, da ne sadrži nikakve nečistoće i da se dobije dovoljno kvalitetna voda i to se može napraviti kao što se vidi na slici 5.24. [10]. Pregledna slika se otvara pritiskom na tipku „KPV-TPV“ koja se isto nalazi u navigacijskom području. Također ako je potrebno kontrolirati pročišćivanje dimnih plinova i rad elektrofiltra to se isto može napraviti kao što se vidi na slici 5.25. [10]. Pregledna slika se otvara pritiskom na tipku „EF-DP“ koja se isto nalazi u navigacijskom području. Ukoliko nas zanimaju grafički prikazi npr. napojne vode, rada generatora ili toplinske stanice to se isto može provjeriti kao što se vidi na slikama 5.26. [10], 5.27. [10] i 5.28. [10].



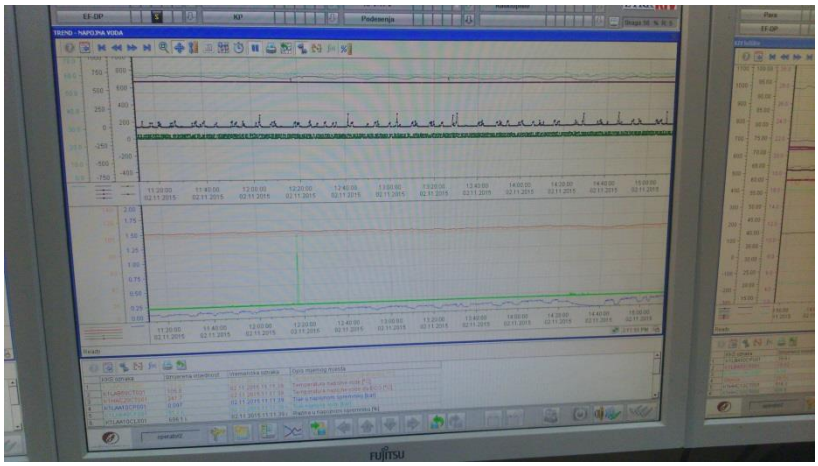
Slika 5.23. Doprema goriva u ložište



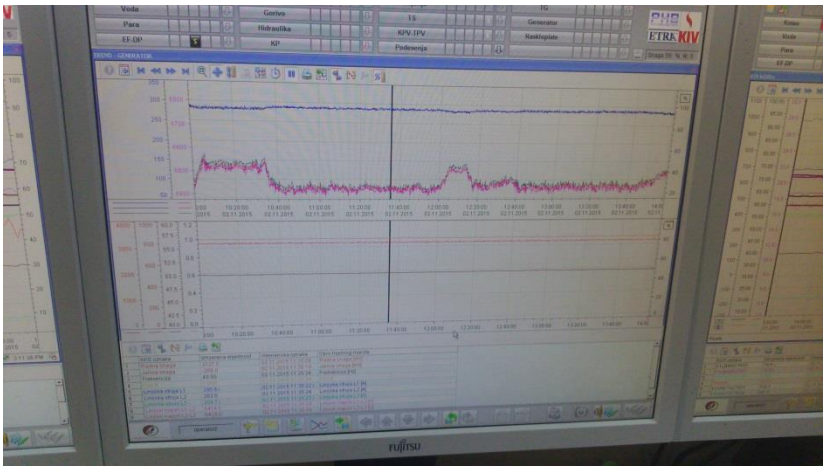
Slika 5.24. Kemijska i termička priprema vode



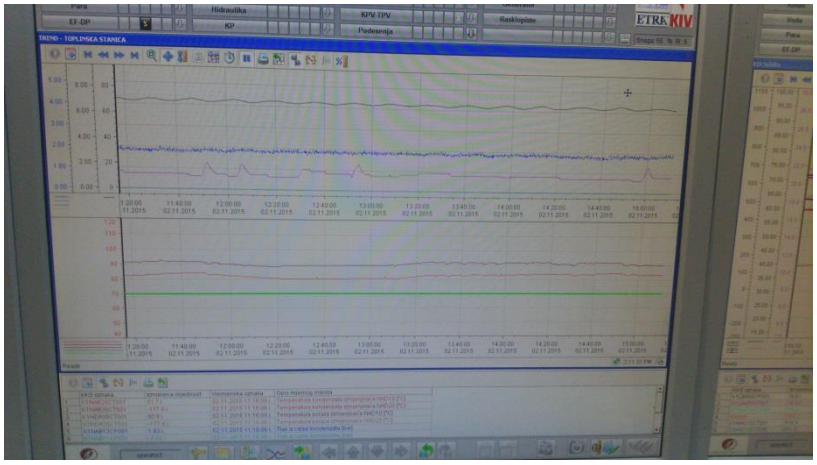
Slika 5.25. Pročišćivanje dimnih plinova



Slika 5.26. Grafički prikaz napojne vode



Slika 5.27. Grafički prikaz rada generatora



Slika 5.28. Grafički prikaz toplinske stanice

6. PRORAČUN PROIZVEDENE ELEKTRIČNE ENERGIJE POGONA

U ovome poglavlju prikazan je izračun proizvedene električne energije u jednoj godini. Prikazana je električna energija koju je proizveo pogon elektrane na biomasu „Hrast d.o.o.“ za svaki mjesec u 2015.godini. Očitavanje se vršilo svaki dan (dnevno očitanje) u 08:00 sati na polju +J1 (vodno polje). U tablici 6.1. prikazan je izračun radne snage u kWh predane u mrežu i radne snage iz mreže, te na isti način jalove snage u kvarh predane u mrežu i iz mreže.

Tablica 6.1. Prikaz proizvedene električne energije u 2015.godini :

Mjesec	**Radna snaga u kWh predana u mrežu**	**Jalova snaga u kvarh predana u mrežu**	**Radna snaga u kWh iz mreže**	**Jalova snaga u kvarh iz mreže**
Siječanj	2 330.718	2	0	345.982
Veljača	2 111.701	2	0	316.776
Ožujak	2 208.761	3	0	326.273
Travanj	2 004.075	3	0	305.063
Svibanj	2 373.260	3	0	291.884
Lipanj	1 878.550	4	0	271.832
Srpanj	1 529.288	5	0	234.266
Kolovoz	2 045.564	5	0	294.333
Rujan	2 210.552	6	0	170.171
Listopad	2 168.390	2	0	319.244
Studeni	2 139.096	3	0	325.533
Prosinac	2 250.029	4	0	346.576
Ukupno:	25 249.984	42	0	3 548.333

Rezultati koji se nalaze u tablici 6.1. dobile su se tako što se svaki dan kroz cijele godine izračunavale (očitavale) radna snaga (P) i jalova snaga (Q). Na taj način su se dobili rezultati za svaki dan u mjesecu, ali najvažniji je prvi dan u određenom mjesecu, te za zadnji dan u mjesecu. Oduzimanjem rezultata koji se dobio za zadnji dan sa onim koji se dobio za prvi dan u mjesecu, došlo se do podatka o ukupnoj proizvedenoj električnoj energiji elektrane za određeni mjesec. Zbrajanjem rezultata za svaki mjesec dobila se ukupna vrijednost proizvedene električne energije pogona za cijelu godinu.

Tablica 6.2. Prosječna dnevna proizvedena električna energija:

Mjesec	**Radna snaga u kWh predana u mrežu**	**Jalova snaga u kvarh iz mreže**
Siječanj	75.184,52	11.160,70
Veljača	75.417,89	11.313,42
Ožujak	71.250,35	10.524,94
Travanj	66.802,90	10.168,77
Svibanj	76.556,77	9.415,61
Lipanj	62.618,33	9.061,06
Srpanj	49.331,87	7.556,97
Kolovoz	65.985,94	9.494,61
Rujan	69.948,67	5.672,37
Listopad	73.685,07	10.298,19
Studeni	71.303,20	10.851,10
Prosinac	72.581,61	11.179,87

Iz rezultata u tablici 6.1. vidi se da je radna snaga iz mreže 0 kWh, dok je radna snaga koja je predana u mrežu oko 2 milijuna kWh. Zatim se vidi da je jalova snaga predana u mrežu jako puno manja od one iz mreže, a to je sve ono što je cilj ovog pogona, tj. svrha izgranje ove elektrane na biomasu, da proizvodi električnu energiju za svoje potrebe, a ostalo prodaje HEP-u.

U tablici 6.2. nalazi se izračun prosječne dnevne potrošnje električne energije za svaki mjesec u 2015.godini. Do tih rezultata se došlo tako što se vrijednost ukupne proizvedene električne energije za pojedini mjesec, koja se nalazi u tablici 6.1. podijelila s ukupnim brojem dana u tom mjesecu. Iz tih rezultata vidi se da je dnevna radna snaga (P) predana u mrežu oko 70 000 kWh, dok je jalova snaga (Q) iz mreže oko 10 000 kvarh.

7. ZAKLJUČAK

Danas je potrebno pametno koristiti energiju za održivi razvoj. Sve se vrti oko tehnologije za čije je pokretanje, održavanje i rad potrebna električna energija. Iz tog razloga ljudi su izmislili i sagradili elektrane kako bi se mogli njome koristiti. Te elektrane su neophodne za naš život, ali su zato i jako veliki zagađivači, ovisno o gorivu koje koriste. Zbog toga je dobro što se danas sve više ljudi zanima za obnovljive izvore energije, na što ih je najviše natjerao novac, tj. stalno poskupljenje nafte, ali i drugih fosilnih goriva. Prije svega se misli na sunce, vodu i vjetar kao obnovljive izvore energije, ali je i biomasa sve popularnija jer ona ima veliki niz pogodnosti. Neke od njih su manja štetnost za okoliš jer je izgaranje biomase neutralno, efikasnije je, isplativije i sigurnije. Zbog toga se rade elektrane na biomasu, kao što je napravila i tvrtka „Hrast d.o.o.“. Tvrka se nalazi u Strizivojni, mjestu nedaleko od Đakova, bavi se proizvodnjom parketa i proizvoda od drveta, a vlasnik je 1.privatne bioelektrane u Hrvatskoj. To je kogeneracijsko postrojenje koje za proizvodnju električne energije ima snagu 3,3 MW, toplinske energije 15 MW, snagu topline 2×3MW i snagu ložišta 18 MW. Kogeneracija je postupak proizvodnje električne energije i toplinske energije u jedinstvenom procesu. Ono ima veću efikasnost i zahtjeva manje investicijske troškove nego sustavi na odvojeni rad. Tvrtka je zbog nemogućnosti opskrbe dovoljnom količinom električne energije iz mreže HEP-a za vlastite potrebe i nemogućnosti napredovanja bila primorana na izgradnju elektrane. Cijeli projekt bi se trebao isplatiti u roku od 8 godina jer sada tvrtka prodaje električnu energiju HEP-u. Kogeneracijsko postrojenje se većim dijelom sastoji od spremnika biomase, strojeva za pripremu i dostavu iste u kotao, zatim parnog kotla, stanice za kemijsku pripremu vode, kondenzatora, turbine, generatora i toplinske stanice. Svim tim dijelovima se upravlja modernom tehnologijom iz nadzorne prostorije što uvelike olakšava rad inženjerima zaposlenim u ovome postrojenju.

POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I SIMBOLA

Tablica 6.1. Popis korištenih oznaka i simbola prema abecednom redu:

Oznaka ili simbol	Naziv	Mjerna jedinica
$\cos\varphi$	Faktor snage	-
CO_2	Ugljikov dioksid	-
EKO	ekonomajzer	-
f	frekvencija	Hz
HEP	Hrvatska elektroprivreda	-
$\dot{m}$	Protok pare	kg/s
MRRŠVG	Ministarstvo regionalnog razvoja, šumarstva i vodnog gospodarstva	-
n	Brzina vrtnje	o/min
p	tlak	bar
p_r	Radni tlak	bar
P	Radnja (djelatna) snaga	W
Q	Jalova snaga	VAr
S	Prividna snaga	VA
SN	Srednje naponsko postrojenje	-
SO_2	Sumporov dioksid	-
T	Temperatura	K (°C)
T_o	Temperatura okoline	K (°C)
T_r	Radna temperatura	K (°C)
TB	Blok transformator	-
TM	Transformator vlastite potrošnje	-
Un	Nazivni napon na stezaljkama	V
V	Volumen	m^3

LITERATURA

[1] Lamel parket, url:

http://kantlamelparket.com/wp-content/uploads/2015/01/LAMEL3.jpg. (02.06.2016)

[2] http://www.advantageaustria.org/hr/events/Nasice_Ravlic11.pdf (20.06.2016.)

[3] Izrezak sa stranice, url: https://maps.google.hr/

[4] PDF: https://www.researchgate.net/publication/266003832_Hrast_Strizivojna-Najnapredniji_projekt_kogeneracije_na_biomasu_u_Hrvatskoj (24.06.2016)

[5] Slika napravljena u programu MS Visio (15.06.2016)

[6] Cjepanice, url: http://woodline.hr/wp-content/uploads/2015/10/ogrjev-300x300.png (02.06.2016)

[7] Briketi, url: http://kantlamelparket.com/wp-content/uploads/2015/01/briketi.png (02.06.2016)

[8] Sječka, url: http://www.eko.zagreb.hr/default.aspx?id=90 (02.06.2016)

[9] Peleti, url: http://tarraland.com/images/drveni-peleti/i14007_6.jpg (02.06.2016)

[10] Osobne fotografije-fotografirano 05.11.2015 i 16.06.2016

[11] Tehnička dokumentacija tvrtke „KIV“, Slovenija

[12] Tehnička dokumentacija Kogeneracije "Hrast"-upute za rad s kotlosvkim postrojenjem, održavanje i sigurnosni rad

[13] Tehnička dokumentacija tvrtke "Hamworthy" - Upute za rad zračni kondenzator Strizivojna

[14] Tehnička dokumentacija tvrtke "Siemens" - Opis turbine

[15] Tehnička dokumentacija tvrtke "Energocontrol d.o.o."

SAŽETAK

U završnom radu opisan je postupak proizvodnje električne i toplinske energije u pogonu elektrane na biomasu. Najprije je opisana biomasa i njene vrste, jer je ona izrazito važna u dobivanju konačnog proizvoda. Zbog toga, treba se paziti na njen sastav, vrstu, veličinu, vlažnost i druge parametre kako bi se dobili željeni rezultati i ne bi došlo do zagađenja okoline. U drugom dijelu završnog rada opisan je cijeli postupak, od pripreme i ulaska sirovine (biomase) u pogon, pa sve do dobivanja električne i toplinske energije, tj. konačnog proizvoda. Osim proizvodnje električne i toplinske energije treba voditi računa i o ispravnom radu strojeva. Moderni programi kontroliraju strojeve. Pogon se sastoji od nekoliko manjih dijelova i svaki od njih se sastoji od određenog broja strojeva i elektromotora. Uz opis, svi dijelovi pogona su popraćeni slikama kako bi se uspio predočiti njegov rad.

Ključne riječi: električni pogon, električna energija, toplinska energija, biomasa, električni stroj, kompjuterski programi, elektromotor.

ABSTRACT

In this final paper it is described the process of production electric and heat energy in biomass power plant. First, it is described biomass and its types, because it is extremely important in obtaining the final product. Therefore, it needs to pay attention to its composition, type, size, humidity and other parameters to get the desired results and prevent from environmental pollution. In the second part of final paper it is described the whole process, from the preparation and entering raw materials (biomass) in facility to obtaining electric and heat energy ie final product. Beside the production of electric and heat energy, it should pay attention about correct work of machines. Modern programs control machines. The facility consists of several small parts and each of them se consists of certain number of machines and electric motors. Along with a description, all parts of facility are presented by pictures to be able to present his work.

Key words: electric facility, electric energy, heat energy, biomass, electric machine, computer programs, electromotor.

ŽIVOTOPIS

JOSIP ČURIĆ

Rođen je 08.10.1994. u Slavonskom Brodu. Odrastao je u Strizivojni, gdje završava Osnovnu školu „Ivana Brlić-Mažuranić“ s odličnim uspjehom. Iste godine upisuje Gimnaziju „Matija Antun Reljković“ u Vinkovcima, opći smjer gdje sve 4 godine srednjoškolskog obrazovanja postiže vrlo dobar uspjeh. Tijekom čitavog svog obrazovanja aktivno je igrao veliki i mali nogomet i usput se bavio jahanjem.

2013. godine upisuje preddiplomski studij na Elektrotehničkom fakultetu u Osijeku. Na drugoj godini studija se odlučuje za smjer elektroenergetike.

Tečno govori engleski jezik, dok njemački poznaje pasivno. Aktivno se služi računalom i informatički je pismen (MS Word, MS PowerPoint, MS Excel, MS Visio, Matlab).

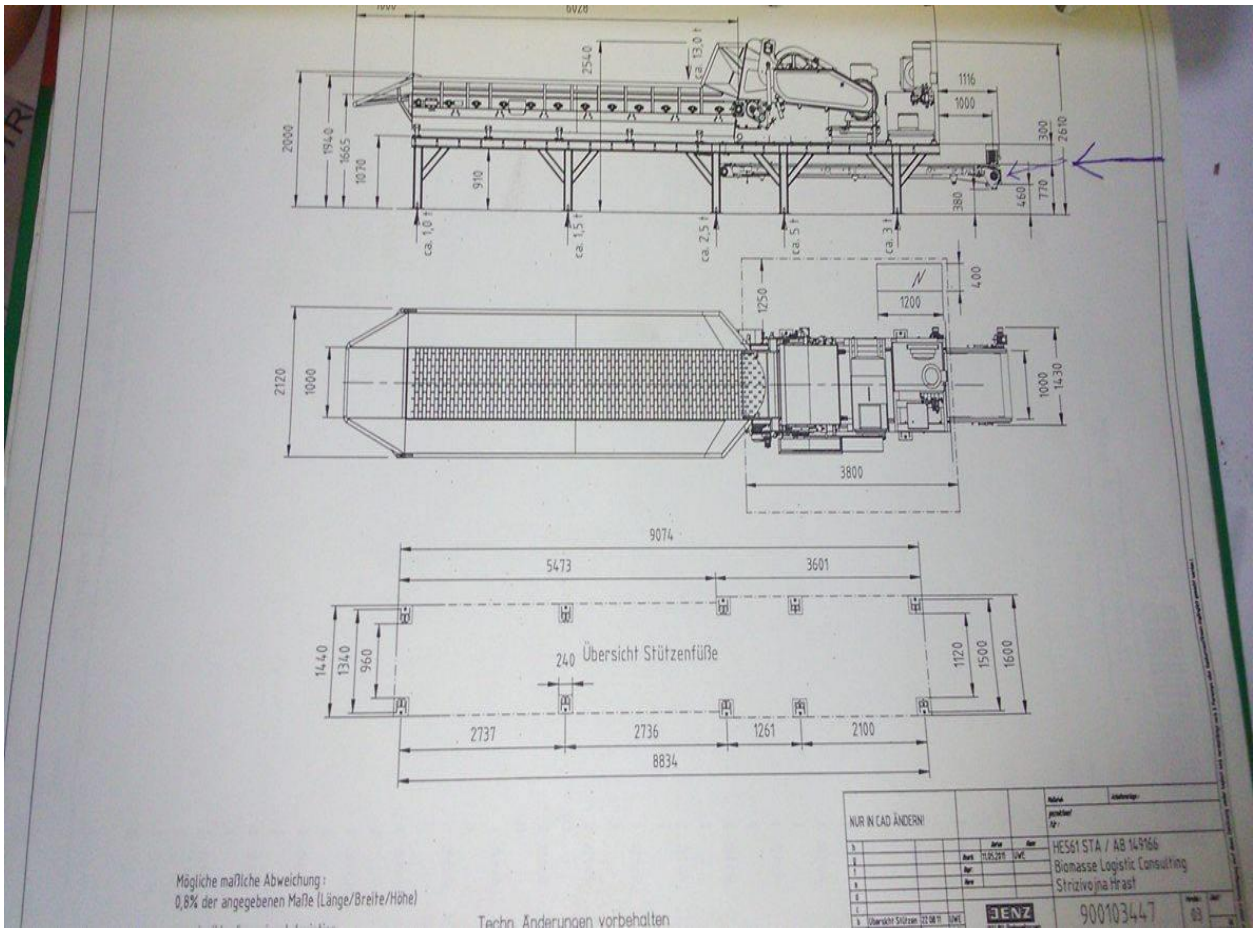
Po završetku preddiplomskog studija namjera mu je upisati diplomski studij na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku, te po završetku studija raditi u struci.

U Osijeku, rujan 2016. Josip Čurić

Potpis:

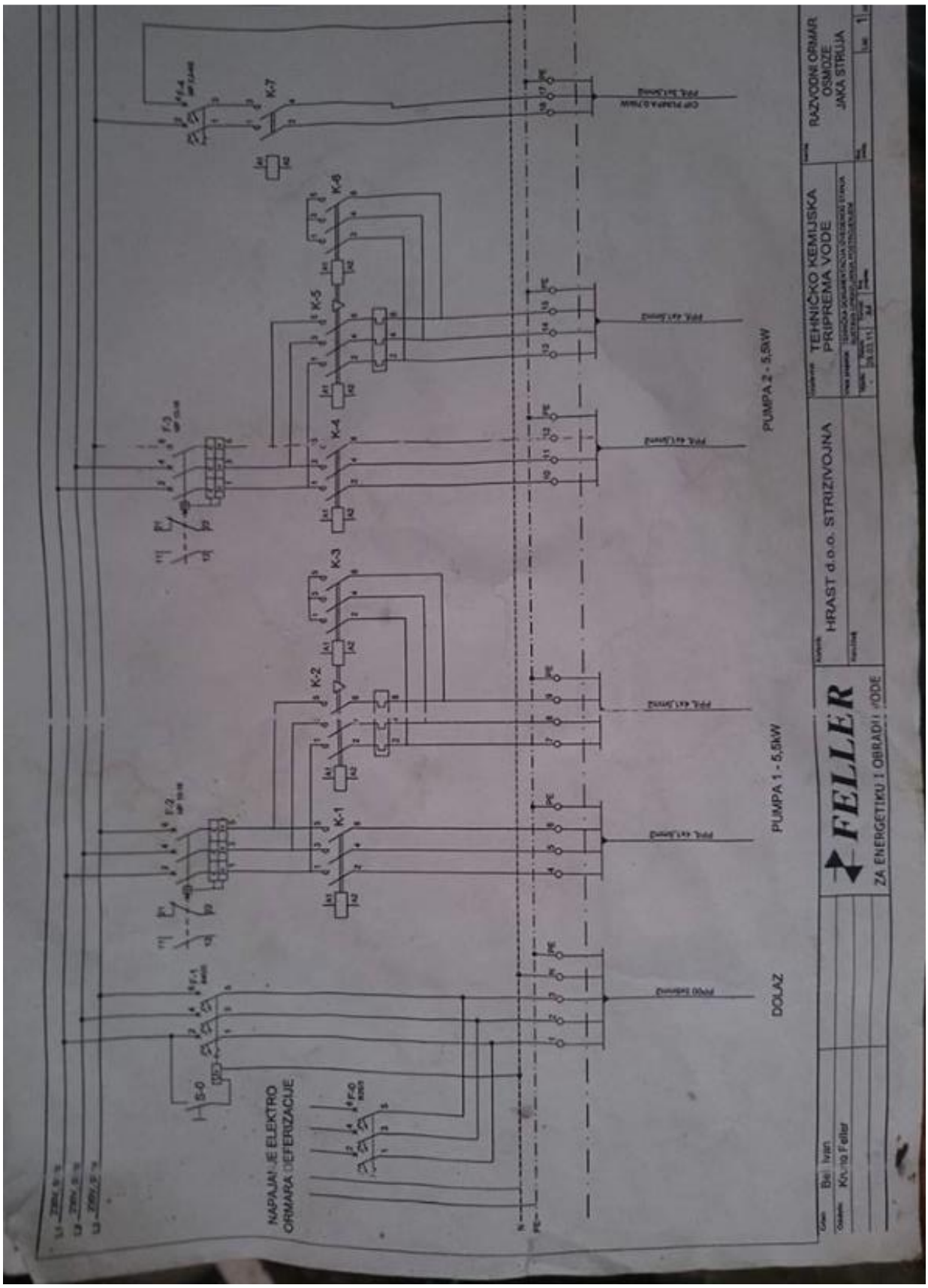
PRILOZI

PRILOG P.5.1 Shema iverača

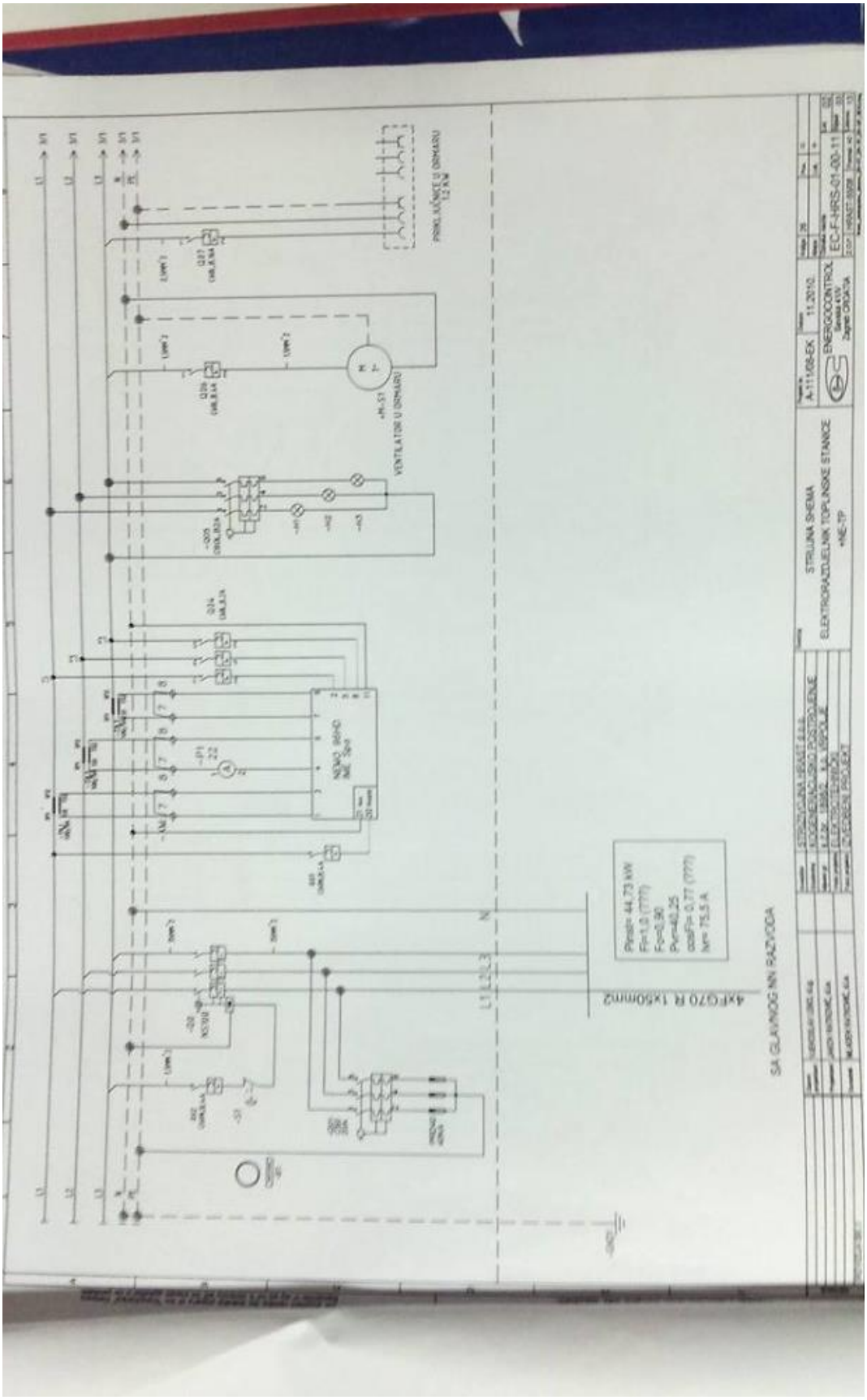
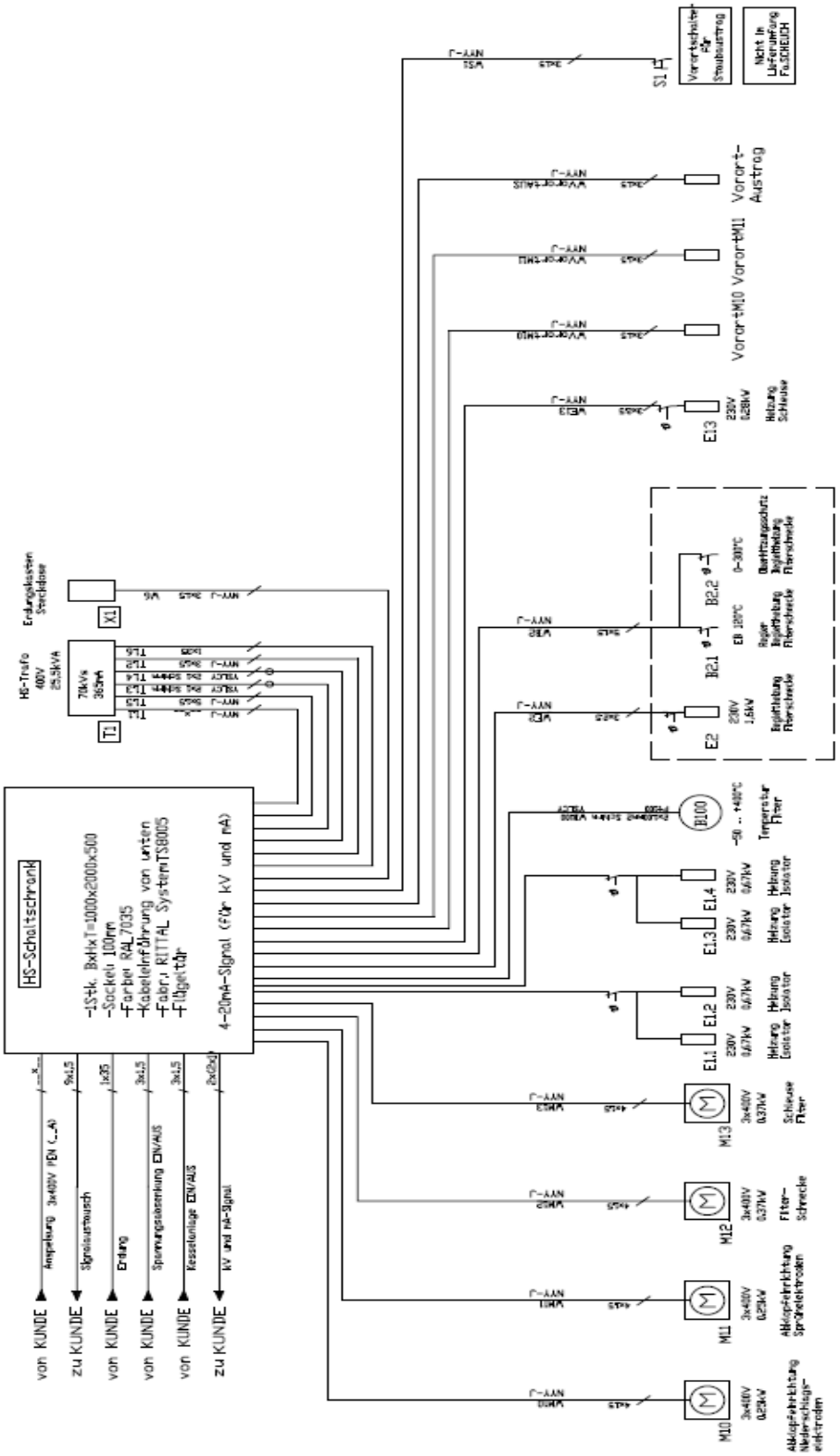


PRILOG P.5.2 Vanjski izgled kotlovskog postrojenja

PRILOG P.5.3 Jednopolna shema kemijske pripreme vode



PRILOG P.5.4 Jednopolna shema elektrorazdjelnika toplinske stanice



PRILOG P.5.5 Jednopolna shema elektrofiltera