Analiza utjecaja na mrežu elektrane na biomasu snage 2 MW

Briševac, Matija

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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:200:549032

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA

Sveučilišni diplomski studij

ANALIZA UTJECAJA NA MREŽU ELEKTRANE NA BIOMASU SNAGE 2 MW

Diplomski rad

Matija Briševac

Osijek, 2017.

SADRŽAJ

1. UVOD 1

1.1. Zadatak diplomskog rada 2

2. ELEKTRANE NA BIOMASU 2

2.1. Svojstva biomase 2

2.2. Proces pretvorbe biomase u iskoristivu energiju 5

2.3. Pretvorba kemijske energije u unutrašnju termičku energiju 6

2.4. Kombinirana proizvodnja topline i električne energije (kogeneracija) 9

2.4.1. Postrojenje protutlačne turbine 10

2.4.2. Postrojenje kondenzacijske turbine s reguliranim oduzimanjem pare 10

2.4.3. Postrojenje plinske turbine s korištenjem otpadne topline dimnih plinova 11

2.4.4 Stirlingov motor 11

2.5. Aspekti zaštite okoliša 11

3. MREŽNA PRAVILA I PROPISI 13

3.1. Opći uvjeti za priključak postrojenja korisnika mreže na distribucijsku mrežu 13

4. BIOPLINSKA ELEKTRANA GAJ (2 MW) 15

4.1. Prikaz osnovnih tehničkih parametara korisnika mreže 15

4.1.1. Osnovni podaci o generatoru 15

4.1.2. Osnovne karakteristike zaštite 17

4.2. Prikaz lokacije korisnika mreže 18

5. ELEKTROENERGETSKA MREŽA U OKOLINI BIOPLINSKE ELEKTRANE GAJ 21

5.1. Tehnički parametri postojećih elemenata mreže 21

5.2. Razine opterećenja i proizvodnje okolnih (utjecajnih) elektrana 21

6. PRORAČUNI 23

6.1. Stanje prije priključenja elektrane 23

6.2. Rješenje priključka korisnika na elektroenergetsku mrežu 26

6.3. Naponski profili 31
7. ZAKLJUČAK 36
LITERATURA 37
SAŽETAK 38
ABSTRACT 39
ŽIVOTOPIS 40
PRILOG 40
Prilog: Rezultati proračuna tokova snaga 40

1. UVOD

Elektroenergetski sustavi sa alternativnim izvorom energije su uglavnom razvijeni tijekom posljednjih godina. Ideja razvoja klasičnog elektroenergetskog sustava je da veliki središnji generatori preko transformatora injektiraju električnu snagu u visokonaponsku prijenosnu mrežu. Zatim se koristi prijenosni sustav za prijenos snage (često i na velike udaljenosti). Zatim se iz prijenosnog sustava putem distribucijskih transformatora snaga usmjerava kroz srednjenaponsku i niskonaponsku distribucijsku mrežu prema potrošačima na nižem naponu. Odnedavno se pojavilo značajnije zanimanje za priključivanje proizvodnih postrojenja na distribucijsku mrežu (distributivna proizvodnja električne energije).

Obnovljivi izvori se mogu podijeliti u dvije skupine: konvencionalni izvori energije (kao što su velike hidroelektrane i biomasa) i na nekonvenconialne (uljni škriljavac i bituminozni pijesak). Biomasa je obnovljivi izvor energije, a općenito se može podijeliti na drvnu, ne drvnu i životinjski otpad.

U ovom diplomskom radu analizirati će se utjecaj priključenja elektrane na biomasu Gaj na distribucijsku mrežu.

Drugo poglavlje se ukratko baviti sa biomasom i elektranama na biomasu. Biti će nabrojane i objašnjene vrste biomase, način dobivanja energije iz biomase, procesi i tehnologije sagorijevanja biomase, te proizvodnja električne energije i kogeneracija.

U trećem poglavlju će se proći kroz mrežna pravila, te će biti objašnjen način vođenja distribucijskog sustava, usluge koje nudi distribucijski susta i potrebni uvjeti za priključak na distribucijsku mrežu.

Četvrto poglavlje će opisati elektranu Gaj (2 MW). Biti će prikazana njena lokacija i osnovni tehnički parametri.

Peto poglavlje se bavi elektroenergetskom mrežom u okolini elektrane (tehničkim parametrima postojećih elemenata mreže i razine opterećenja).

U šestom poglavlju će se obaviti analiza tokova snaga, procijeniti gubitke, naponske prilike i struje kratkog spoja prije i nakon priključenja elektrane, te će se rezultati usporediti.

1.1. Zadatak diplomskog rada

Modelirati mrežu u DIgSILENT programskom alatu. Unijeti opterećenja mreže. Modelirati elektranu 2 MW. Obaviti analizu tokova snage, procijeniti gubitke, naponske prilike prije i nakon priključenja elektrane.

2. ELEKTRANE NA BIOMASU

Biomasa kao obnovljivi izvor energije odnosi se na živuću ili donedavno živuću materiju, biljnog ili životinjskog porijekla, koja se može koristiti kao gorivo. Kao obnovljivi izvor energije biomasa se može koristiti za spaljivanje i u svrhu proizvodnje topline ili pretvorbom u razne oblike biogoriva. U ovom ćemo radu najviše govoriti o biomasi kao izvoru energije za proizvodnju električne energije.

2.1. Svojstva biomase

„Biomasa se može definirati kao svi tipovi životinjskih i biljnih tvari koji se mogu pretvoriti u energiju. To uključuje drveće i grmlje, trave, alge, vodene biljke, poljoprivredne i šumske ostatke i sve oblike otpadaka.“ [2]

Unutar navedenih oblika podjele razlikujemo:

- Šumska biomasa – ubrajaju se ostaci i otpad iz drvne industrije nastali redovitim i pravilnim gospodarenjem šumama
- Biomasa iz drvne industrije – podrazumijeva ostatke i otpad koji nastane pri piljenju, brušenju i sličnome. Taj otpad često opterećuje poslovanje drvne industrije. Drvna industrija ga koristi kao gorivo u vlastitim kotlovnicama, također se koristi kao sirovina za proizvode (brikete, pelete). Jeftinije je i korisnije gorivo od šumske biomase
- Poljoprivredna biomasa – ovdje se ubrajaju ostaci godišnjih kultura (slama kukuruzovina, stabljike, koštice, ljuske itd.). Ovo je heterogena biomasa različitih svojstava s niskom ogrjevnom moći zbog velike koncentracije vlage i različitih primjesa. Prerađuje se prešanjem, baliranjem, peletiranjem.
- Energetski nasadi – tu se ubrajaju biljke bogate uljem ili šećerom s velikom količinom suhe tvari (brzorastuće drveće, bambus, eukaliptus, zelene alge itd.). Imaju kratku ophodnju i veliki prinos

- Biomasa s farmi životinja – anaerobna razgradnja izmeta svih vrsta životinja u digestoru, te spaljivanje lešina (peradarske farme). Bioplin mješavina metana (40-75 %), ugljičnog dioksida (25-60 %) te smjese vodika, sumporovodika, ugljikovog monoksida, dušika, amonijaka, kisika i vodene pare (2 %).
- Biogorivo – imaju slična svojstva motornim gorivima. Etanol nastaje hidrolizom molekula škroba enzimima u šećeru koji fermentira u alkohol. Za proizvodnju metanola koriste se sirovine s visokim udjelom celuloze, a sirovina se najprije konvertira u plinoviti međuproizvod iz kojega se sintetizira metanol. Biodizel nastaje esterifikacijom biljnih ulja s alkoholom.
- Gradski otpad – tu se ubraja zeleni dio kućnog otpada, biomasa iz parkova i vrtova s urbanih površina te mulj iz kolektora otpadnih voda.

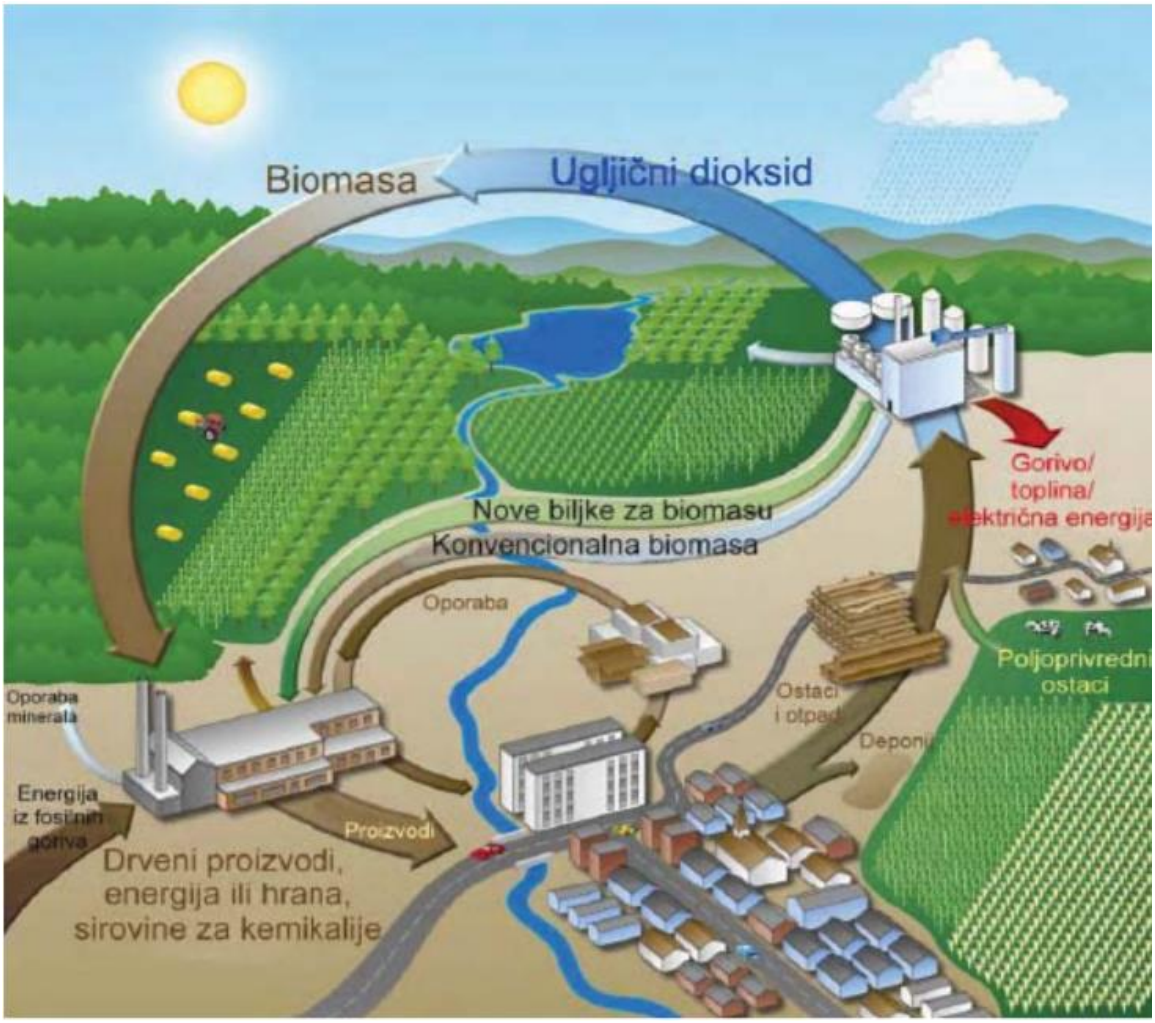
Procjene o tome koliko se svjetskih potreba za energijom zadovoljava biomasom variraju od 15 do 20 % od čega je najkorištenija biomasa iz drvne industrije koja nastaje kao sporedni proizvod ili otpad i ostaci koji se ne mogu dalje upotrijebiti.

Kod životinjske, poljoprivredne, biomase iz drvne industrije te otpada utrošak energije za pridobivanje je moguće izostaviti pošto se pridobivanje odvije neovisno od energetskog korištenja. Dok kod šumske biomase postoji utrošak energije (sječa drvne mase, pošumljavanje, transport od mjesta sječe do mjesta korištenja, priprema drvne mase), te se može desiti da utrošak energije bude veći nego proizvedena energija.

Nehomogenost je jedna od osnovnih karakteristika biomase kao i općenito svih materija. Ogrjevna moć nam pokazuje koliki udio vlage i pepela ima pojedini oblik biomase. Ogrjevna moć H_d na osnovi ispitivanja izgaranja postavljene su granice koje sastav tih goriva mora zadovoljiti da bi ona mogla izgarati bez dodatka loživog ulja ili nekog gorivog plina. Te su granice kao što smo spomenuli vlaga $m_V \leq 50$ %, sadržaj pepela $m_P \leq 60$ % i sadržaj gorive tvari $m_G \leq 25$ % što daje razliku [3]

- Drvo – 8,2 do 18,7 MJ/kg
- Biljni ostaci – 5,8 do 16,7 MJ/kg
- Biodizel – 37,2 MJ/l
- Etanol – 26,8 MJ/l
- Bioplin – 26 MJ/Nm^3

Kao jednu od činjenica vezanu za biomasu moramo spomenuti ugljik koji se iz atmosfere apsorbira u biljkama te daljnjim procesom spaljivanja taj se isti ugljik oslobađa nazad u atmosferu kao ugljični dioksid, što čini dio zatvorenog ugljičnog kruga. A kako bi se to zadovoljilo godišnji prirast nove drvne mase mora biti jednak ili veći od godišnjeg iskorištavanja drvne mase.



Slika 2.1. Kumulativna CO_2 neutralnost [7]

U usporedbi s uobičajenim lancem opskrbe postoje neke razlike kod lanca opskrbe biomase. Jedan od razloga je zbog toga što su neke vrste biomase dostupne samo u određenim sezonama. Dostupnost biomase je također određena vremenskim uvjetima, a neke i trajanjem žetve.

Početak lanca opskrbe biomase je skupljanje biomase s polja, iz šuma ili mjesta prikupljanja. Tu u početnom stadiju biomasa se također može i predtretirati (sjeckanje, peletiranje) kako bi

se smanjio prostor koji će biomasa zauzeti, ali i kako bi se postigla određena homogenost biomase što je bitno za sam proces izgaranja.

Zatim se vrši transport biomase. Ako se radi o kraćim udaljenostima transport biomase se vrši cestovnim prijevoznim sredstvima, dok ako se radi o većim udaljenostima koriste se brodovi i vlakovi kako bi se smanjili troškovi prijevoza.

Nakon transporta logičan slijed je skladištenje biomase. Najčešće se bira najjeftinije moguće rješenje. Terensko se skladištenje pokazalo kao jedan od jeftinijih načina skladištenja, no nedostaci kao što je gubitak materijala biomase zbog toga što se ne može kontrolirati i smanjiti vlažnost na željenu razinu. Druga izvedba bi bila skladištenje biomase između polja i energetskog postrojenja, ali ova izvedba povećava troškove prijevoza (prijevoz od polja do skladišta, te zatim od skladišta do energetskog postrojenja). Sljedeća izvedba bi bilo skladištenje biomase na samu lokaciju energetskog postrojenja (toplina iz energetskog postrojenja se može koristiti za sušenje biomase)

2.2. Proces pretvorbe biomase u iskoristivu energiju

Procesi za pretvorbu mogu biti [4]:

1. Toplinski
2. Kemijski
3. Biokemijski

1. Toplinski procesi pretvorbe kao prevladavajući mehanizam za transformaciju biomase u neki drugi kemijski oblik koriste toplinu. Energija dobivena izgaranjem biomase najprimjerenija je za korištenje u zemljama gdje je rast šume brži i gušći (npr. tropska područja). To nije jedini toplinski proces za dobivanje energije iz biomase. Ostali se koriste rjeđe te su više eksperimentalni. Ti procesi su hidrotermalna nadogradnja, hidroobrada i hidrodesulfurizacija.

Prebacivanje biomase u praktičniji oblik je cilj ovih procesa (lakše obradljiviji oblik). Na primjer, procesi hidroobrade se koriste na biomasi s visokim udjelom vlage (kao što je morski mulj) kako bi ti oblici biomase bili prikladniji za daljnju uporabu, pošto sadrže preveliki udio vlage za normalne procese pretvorbe.

Neke od primjena toplinske pretvorbe su „CHP (*Combined Heat and Power*)“ i tehnologije istovremenog spaljivanja (*co-firig*). U klasičnim elektranama na biomasu učinkovitost se

kreće od 20 % do 27 %, dok kod istovremenog spaljivanja ugljena i biomase učinkovitost se kreće između 30 % i 40 %.

2. Kemijski procesi se mogu koristiti za omogućivanje pretvorbe biomase u neki korisniji oblik (kao što je gorivo koje se praktičnije može koristiti, prenositi ili pohranjivati) ili za iskorištavanje nekog svojstva samog procesa. U većini slučajeva prvi korak je rasplinjavanje (koji je obično najskuplji i uključuje najveći tehnički rizik).

Pošto je biomasu puno teže pohraniti u spremnike pod tlakom nego ugljen ili tekućine, rasplinjavanje biomase se odvija pri atmosferskom tlaku. Zbog odvijanja rasplinjavanja pri atmosferskom tlaku dolazi do nepotpunog izgaranja biomase i proizvodnje gorivog ili sintetskog plina (sadrži ugljični monoksid, vodik i metan). Ta smjesa plinova može koristiti kao gorivo u motorima s unutarnjim izgaranjem ili kao zamjena za loživo ulje. Proces je vrlo funkcionalan pošto bilo koja vrsta biomase može biti podvrgnuta procesu rasplinjavanja, te zbog toga što se čvrsti otpad (npr. otpad dostupan na farmama) može podvrgnuti rasplinjavanju za dobivanje korisnog goriva.

Pretvorbom biomase u biogoriva također se može postići selektivnom pretvorbom pojedinih komponenata biomase (npr. razgradnja celuloze na sorbitol, glukozu itd.). Ti se sastojci zatim podvrgnu daljnjim procesima kako bi se proizveo vodik ili ugljikovodična goriva.

3. Kako je biomasa prirodni materijal, u prirodi su se razvili razni učinkoviti biokemijski procesi za razgrađivanje biomase. Ti biokemijski procesi se mogu iskoristiti. Biokemijska pretvorba koristi enzime bakterija i drugih mikroorganizama kako bi razgradila biomasu. Mikroorganizmi se koriste u procesima fermentacije, anaerobne digestije i kompostiranja.

2.3. Pretvorba kemijske energije u unutrašnju termičku energiju

Kemijska energija sadržana u biomasi najčešće se pretvara u unutrašnju termičku energiju. Ako se nekom tijelu ili sustavu dovede energija (na bilo koji način), prema zakonu o očuvanju energije dovedena energija ne može nestati, ona se nagomilava u tijelu ili sustavu. Tako nagomilana energija naziva se unutrašnja termička energija, i ona je svojstvo termodinamičkog sustava. Unutrašnja termička energija sastoji se od kinetičke energije molekula koje se gibaju i potencijalne energije molekula kao posljedice privlačnih i odbojnih sila koje djeluju među njima.

Proces pretvorbe kemijske u unutrašnju energiju nazive se izgaranje. Ako se unutrašnja toplinska energija neposredno upotrebljava: za grijanje prostorija, kuhanje, pripremu tople

vode ili za tehnološke svrhe (kad su potrebne visoke temperature), nosioci su topline plinovi izgaranja. Unutrašnja toplinska plinova izgaranja može se pretvoriti i u druge oblike energije (npr. u mehaničku preko plinskih turbina) ili se prijelazom topline može predati drugim medijima. Taj drugi mediji je najčešće voda, odnosno vodena para, koja je prijelazom topline s plinova izgaranja povećala svoju unutrašnju energiju. Unutrašnja se energija vodene pare vrlo često pretvara u mehaničku energiju s pomoću parnih turbina. [2]

Sam proces izgaranja može biti podijeljen na nekoliko uobičajenih procesa a to su: sušenje, piroliza, rasplinjavanje i izgaranje. Priroda izgaranja ovisi o svojstvima goriva, ali i o primjeni izgaranja. Cjelokupni proces izgaranja može biti kontinuiran ili proces izgaranja u serijama, dok se dodavanje zraka može vršiti prirodnim ili prisilnim putem. [4]

Već je rečeno kako su sušenje i piroliza odnosno rasplinjavanje prvi koraci u iskorištavanju čvrste biomase. Važnost ovih koraka varira ovisno o primijenjenoj tehnologiji izgaranja, sastavu goriva te uvjetima procesa izgaranja. Sušenje biomase provodi se u svrhu smanjenja udjela vlage u drvetu (povećanje ogrjevne moći). Kod sušenja vlaga isparava pri temperaturama nižima od 100 °C. No kako isparavanje koristi energiju koja se oslobađa izgaranjem, smanjuje se temperatura u komori te se usporava proces izgaranja. Zbog toga je poželjno da je drvo ima mali postotak vlage (za vlažno drvo je potrebno dosta energije za isparavanje te vlage te zatim da bi se vodena para ugrijala što značajno smanjuje temperaturu). Postoji nekoliko načina sušenja biomase, a to su: sušenje na otvorenom, u skladištu te u industrijskom pogonu. [4]

Sušenje na otvorenom se odvija tako da se biomasa jednostavno ostavi na otvorenom tijekom ljetnih mjeseci na sušenje. Time se udio vlage može smanjiti sa 50% na 30%, ali nedostatak je nepredvidljivost vremenskih uvjeta.

Sušenje u skladištu se odvije prirodnim putem pomoću energije Sunca (ako je dostupna), no ovaj način sušenja najviše ovisi o stanju biomase koja dolazi u skladište. Treba se voditi računa da ako biomasa sadrži visoki sadržaj vlage potrebno je grijani zrak prilagoditi na razinu na kojoj neće postojati mogućnost ubrzanog stvaranja gljivica. Sušenjem u industrijskom postrojenju moguće je koristiti rasipnu toplinu sadržanu u dimnim plinovima kao izvor za sušenje biomase.

Piroliza je kemijska razgradnja organskih tvari djelovanjem topline na visokoj temperaturi bez prisutnosti kisika i vode. Produkti pirolize su čađa, ugljen i plinovi male molekularne težine.

Uz to velike količine ugljikovog monoksida i ugljikovog dioksida se stvaraju prilikom izgaranja goriva bogatog kisikom kao što je biomasa. [4]

Rasplinjavanje se može poistovjetiti sa pirolizom. Razlika je u tome što je piroliza optimizirana za maksimalno dobivanje ugljena ili katrana, dok je rasplinjavanje optimizirano za maksimalno dobivanje plina. Predstavlja oblik nepotpunog izgaranja u kojem s biomasa transformira u gorivo ili sintetski plin. Prednost rasplinjavanja je plin koji ne sadrži pepeo i druge kemijske spojeve. Može se primjenjivati u visokoučinkovitim kotlovima i pećima ili nakon dodatnog pročišćavanja (prerade) za pogon strojeva, motora i turbina ili u malim kogeneracijskim postrojenjima za proizvodnju električne energije i topline. [4]

Izgaranje se može definirati kao potpuna oksidacija goriva. Vrući plinovi koji nastaju prilikom sagorijevanja biomase mogu se koristiti u svrhe kao što je izravno grijanje, grijanje vode ili pridobivanje električne energije. [4]

Likvidizacija se definira kao termokemijska pretvorba u tekuće stanje pri niskim temperaturama (523 – 623 K) i visokom tlaku (100 – 200 bara), uglavnom s visokim djelomičnim vodikovim tlakom i katalizatorom koji pospješuje reakciju. Likvidizacija u usporedbi s pirolizom ima veći prinos tekućine (kao rezultat tekućina ima veću kalorijsku vrijednost i niži sadržaj kisika). [4]

Nakon opisivanja procesa koji su prisutni pri izgaranju biti će opisane tehnologije izgaranja biomase u energetskim postrojenjima snage iznad 100 kW. Kotlovi u ovakvim postrojenjima su opremljeni s mehaničkim ili pneumatskim sustavom za opskrbu goriva. Moderna postrojenja su opremljena sa sustavima koji podržavaju potpuno automatsko upravljanje cijelim procesom.

Tehnologije izgaranja biomase se mogu podijeliti na [4]:

- Izgaranje na fiksnoj rešetci
- Izgaranje u fluidiziranom sloju
- Izgaranje u raspršujućem sloju

U sustavim s izgaranjem na fiksnoj rešetci primarni zrak prolazi kroz fiksnu rešetku u kojoj se odvijaju sušenje, rasplinjavanje i izgaranje ugljena. Pri tome se proizvode zapaljivi plinovi koji izgaraju nakon dodavanja sekundarnog zraka.

U kotlovima s fluidiziranim slojem biomasa izgara u mješavini plina i sloju čvrstog materijala, dok se zrak za izgaranje ubacuje odozdo. Razlikuju se dvije vrste izgaranja u fluidiziranom sloju ovisno o brzini fluidizacije, a to su mjehurićasti i protočni fluidizirani sloj izgaranja.

Izgaranje u raspršujućem sloju je prikladno za goriva koja se sastoje od malih čestica (promjer manji od 2 mm). Smjesa goriva i primarnog zraka za zapaljenje se ubacuje u kotao i omogućava se sagorijevanje. Nakon ubacivanja sekundarnog zraka dolazi do izgaranja zapaljivih plinova. [4]

2.4. Kombinirana proizvodnja topline i električne energije (kogeneracija)

Elektrane koje u kombiniranom ciklusu koriste plinske i parne turbine pojavile su se početkom sedamdesetih godina. One, u usporedbi s ostalim vrstama elektrana, veoma učinkovito iskorištavaju goriva. Prve elektrane s kombiniranim ciklusom imale su stupanj djelovanja od oko 40%, dok većina današnjih dostiže korisnost čak iznad 50%.

Kombinirana proizvodnja topline i električne energije može se ostvariti i u elektranama s kombiniranim ciklusom, pri čemu se postiže faktor korištenja goriva (omjer zbroja proizvedene električne i toplinske snage te toplinske snage dovedene gorivom) i do 90%. Ovisno o posebnim zahtjevima, u ovakvoj kogeneracijskoj primjeni moguće je korištenje nekoliko različitih konfiguracija plinskih dijela elektrane. [3]

„Kogeneracija ili CHP (Combined Heat and Power) je postupak proizvodnje električne i korisne toplinske energije u istovremenom procesu. U kogeneracijskoj proizvodnji električne i toplinske energije iz biomase dominira tehnologija izravnog izgaranja krute biomase u ložištima termoenergetskih postrojenja. Izgaranje krute biomase može biti samostalno ili je riječ o suizgaranju (suspaljivanju) s fosilnim gorivima (najčešće ugljenom). Samostalno izgaranje je karakteristično za postrojenja malih i srednjih snaga, dok je suizgaranje karakteristično za postrojenja srednjih i velikih snaga.“ [5]

Toplinska energija dobivena kogeneracijskom tehnikom također može biti korištena i u apsorpcijskim hladnjacima za hlađenje. Elektrane koje proizvode električnu energiju i toplinsku energiju za grijanje i hlađenje nazivaju se trigeneracijama, ili općenito poligeneracijama.

Ukupna učinkovitost kogeneracije iznosi od 70 do 85 % (od 27 do 45 % električne energije i od 40 do 50 % toplinske energije), za razliku od konvencionalnih elektrana gdje je ukupna učinkovitost od 30 do 51 % (električne energije).

Tipične vrste kogeneracijskih postrojenja, odnosno tipične kogeneracijske elektrane pojavljuju se u obliku postrojenja s protutlačnom turbinom, postrojenja kondenzacijske turbine s reguliranim oduzimanjem pare, postrojenja plinske turbine s korištenjem otpadne topline dimnih plinova. Manje kogeneracijske jedinice obično koriste Stirling-ov motor, a postoje i bojleri koji služe samo za grijanje tople vode za centralno grijanje.

2.4.1. Postrojenje protutlačne turbine

„Najjednostavniji i najčešći oblik, postrojenje protutlačne turbine je bazični proces gdje imamo paru proizvedenu u generatoru pare, ekspandiranu u turbini i potom dovedenu do razvodnika koji odvodi toplinu dalje u vrelovodni sustav. Turbina je protutlačna i vrši se ekspanzija do protutlaka s temperaturom zasićenja. Ovaj tip postrojenja prisutan je najčešće u industriji kod proizvodnje topline i električne energije. Ova postrojenja su jeftinija, a samim time i jednostavnija za održavanje i upravljanje. Potreba i potrošnja toplinske i električne energije varira tako da u slučaju da imamo preveliku količinu pare, višak uvijek možemo izbacivati u atmosferu. Potreba koju imamo za toplinskom energijom u pogonu određivat će režim rada postrojenja. Količina proizvedene električne i toplinske energije ne može se bilancirati što je najveći problem. Naprosto ne možemo zbrajati toplinsku i električnu energiju.“ [5]

2.4.2. Postrojenje kondenzacijske turbine s reguliranim oduzimanjem pare

Za ovakav sustav potrebno je imati na raspolaganju turbinu s dva stupnja: visoko i niskotlačni. Nakon ekspanzije u visokotlačnom dijelu turbine vrši se ekspanzija nakon koje dolazi do oduzimanja pare. Sve se to odvija na konstantnom tlaku. Ovaj pogon je povoljniji pošto imamo dva stupnja rada:

- Čisti kondenzatorski
- Čisti protutlačni

„Čisti kondenzatorski pogon znači da ne postoji potreba za toplinom pa se proizvodi samo električna energija. U suprotnom primjeru kogd čistog protutlačnog slučaja potreba za

toplinskom energijom je toliko velika da uopće nema proizvodnje u niskotlačnom dijelu turbine. Realno protutlačni (čisti) režim se ne može voziti. Niskotlačni dio turbine ne može ostati bez pare (hlađenje).“ [5]

2.4.3. Postrojenje plinske turbine s korištenjem otpadne topline dimnih plinova

„Princip rada postrojenja s plinskom turbinom s korištenjem otpadne topline je sljedeći. Na ispuh plinske turbine dodaje se kotao koje služi za proizvodnju pare koja pak služi li u industrijske svrhe ili za grijanje. Temperature na izlazu iz plinske turbine su izuzetno visoke (do 600 °C) tako da mogu poslužiti u daljnjoj proizvodnji pare. Tu vidimo povezanost kombiniranog i kogeneracijskog procesa – proizvodnja pare za grijanje, ali i ponovnu proizvodnju električne energije. Dodatna proizvodnja i električne energije još dodatno povećava iskoristivost procesa.“ [5]

2.4.4 Stirlingov motor

„Stirlingov motor radi prema načelu Stirlingovog termodinamičkog ciklusa. Populariziran je zbog korištenja zraka kao radnog fluida, ali gubi na značaju razvojem tehnologija parnih turbina te nakon izuma Ottovog ciklusa. Pogodnost stirlingovog motora je ta što može koristiti sve vrste goriva (biomasa, solarna, geotermalna, nuklearna energija i fosilna goriva). Stirlingov motor iskorištava toplinu slično parnoj turbini, a zbog malih snaga (od 1 kW do 25 kW) koriste se kao mikrokogeneracija u kućanstvima. Električna učinkovitost može biti i veća od 30 % usprkos malih dimenzija. Zbog dobrog iskorištenja topline kao kogeneracija može postići učinkovitost i od 98 %.“ [5]

2.5. Aspekti zaštite okoliša

Elektrane s kombiniranim ciklusom, ložene prirodnim plinom, spadaju među one elektrane na fosilna goriva, koje najmanje zagađuju okoliš. Kao rezultat visoke učinkovitosti i korištenja čistog prirodnog plina, njihovo je ispuštanje ugljičnog dioksida veoma umjereno i ovisno o izvedbi elektrane iznosi od 320 do 380 g/kWh. Visoka učinkovitost je također razlog i za razmjerno malu količinu topline koja se mora ispustiti u atmosferu. [3]

Biomasu čine sve vrste drveća te poljoprivredni i šumski ostaci. Za svoj razvoj biljke uzimaju ugljikov dioksid iz zraka, koji s vodom uz prisutnost kloroplasta stvara ugljikohidrate i kisik prijeko potreban za život na Zemlji.

Iz navedenog slijedi da je biljna masa, u prvome redu šume, stabilizirajući (korigirajući) faktor okoliša. Naime, šume, osim toga što proizvode kisik, čuvaju tlo od erozije, usporavaju tijek oborina i tako sprečavaju poplave te utječu na klimu okoliša.

Nekontrolirana sječa šume, veliki požari, te različite bolesti, odnose veliku količinu biljne mase, čime remete ravnotežu okoliša, omogućavaju (pospješuju) eroziju tla, te brže otjecanje oborina. Zbog toga je prijeko potrebno sječu provoditi planski, pošumljavati i čuvati šume od bolesti.

Proizvodnja električne energije s biomasom kao gorivom u izvornom ili nekom pretvorbenom obliku također utječe na okoliš. Takva postrojenja zagađuju okoliš produktima izgaranja, koji sadrže dimne plinove sa štetnim oksidima, zatim ostacima izgaranja (pepeo i neizgorene tvari) koje se moraju pohraniti. Ako se upotrebljavaju neka goriva dobivena preradom biomase, u takvim slučajevima može, zbog kemijskih procesa doći do znatnog zagađenja voda. [2]

3. MREŽNA PRAVILA I PROPISI

„Mrežnim pravilima elektroenergetskog sustava uređuje se pogon i način vođenja, razvoj i izgradnja te uspostavljanje priključaka na prijenosnu i distribucijsku mrežu u elektroenergetskom sustavu, kao i mjerna pravila za obračunsko mjerno mjesto.“ [6]

Mrežnim pravilima propisuju se: [6]

- Tehnički i drugi uvjeti za priključak korisnika na mrežu
- Tehnički i drugi uvjeti za siguran pogon elektroenergetskog sustava radi pouzdane opskrbe kvalitetnom električnom energijom
- Tehnički i drugi uvjeti za međusobno povezivanje i djelovanje mreže
- Tehnički i drugi uvjeti za obračunsko mjerno mjerenje električne energije
- Podaci pri pogonu elektroenergetskog sustava u kriznim stanjima

Operator distribucijskog sustava odgovoran je u odnosu na razvoj i izgradnju distribucijske mreže, između ostalog, za poticanje ekonomičnog razvoja mreže (uzimajući u obzir prethodno maksimalno opterećenje i proizvodnju, kao i zahtjeve korisnika mreže u okviru plana razvoja mreže), kao i za utvrđivanje tehničkih uvjeta za priključak i priključenje na distribucijsku mrežu novih korisnika mreže, te uvjeta za povećanje priključne snage postojećim korisnicima mreže. [1]

„Mrežnim pravilima za distribucijsku mrežu se utvrđuju načini vođenja, planiranja razvoja, te minimalne potrebne uvjete za priključenje i korištenje distribucijske mreže.“ [6]

Mrežna pravila u ovom radu su bazirana na općim uvjetima za priključak postrojenja korisnika mreže na distribucijsku mrežu, iz razloga što je to za ovaj rad najbitnije poglavlje mrežnih pravila.

3.1. Opći uvjeti za priključak postrojenja korisnika mreže na distribucijsku mrežu

Za utvrđivanje mjesta priključenja postrojenja i instalacija korisnika na distribucijsku mrežu je zadužen operator distribucijskog sustava. U pravilu mjesto isporuke odnosno preuzimanja električne energije iz distribucijske mreže ujedno označava i mjesto priključenja postrojenja i instalacija korisnika. Operator distribucijskog sustava dužan je odrediti uređaj za odvajanje korisnika od mreže.

Na zahtjev korisnika mreže operator distribucijskog sustava treba ispitati jesu li u postojećem ili planiranom čvoru distribucijske mreže zadovoljavajući uvjeti (dopuštena priključna snaga, struja kratkog spoja, način uzemljenja, pouzdanost, kvaliteta napona i drugo), tako da se instalacija i postrojenje korisnika može priključiti na mreže i bez opasnosti za pogon instalacija i postrojenja ostalih korisnika mreže i bez nedopuštenih utjecaja na pogon mreže.

„Operator distribucijskog sustava predlaže odgovarajuće tehničko rješenje za priključak na distribucijsku mrežu ako tehnički i pogonski uvjeti na obračunskom mjernom mjestu odgovaraju parametrima u kojima instalacije i postrojenja korisnika mogu raditi prema navedenim uvjetima. Korisnik mreže daje operatoru distribucijskog sustava sve zahtijevane tehničke i pogonske podatke za određivanje i provjeru ispunjavanja uvjeta priključka na distribucijsku mrežu i partnerski surađuje pri traženju optimalnog tehničkog rješenja.“[6]

„Ako tehnički i pogonski uvjeti u mreži na obračunskom mjernom mjestu ne odgovaraju parametrima u kojima instalacije i postrojenja korisnika mogu raditi prema navedenim uvjetima, operator distribucijskog sustava to dokazuje proračunom ili mjerenjem. U tom slučaju operator distribucijskog sustava predlaže mjere koje će omogućiti priključenje korisnika na mrežu, sukladno planu razvoja mreže.“ [6]

Ako se zahtjeva izgradnja, pojačanje mreže ili posebne tehničke promjene u mreži, tada operator distribucijskog sustava utvrđuje opseg i provedbu tih promjena.

„Korisnik mreže mora dimenzionirati svoju instalaciju i postrojenje prema zahtjevima utvrđenim ovim Mrežnim pravilima, kao i prema tehničkim preporukama i normama koje se temelje na načelima određivanja negativnoga povratnog djelovanja na mrežu (primjerice emisija viših harmonijskih komponenti, flikeri, nesimetrije i slično), a sukladno Općim uvjetima za opskrbu električnom energijom.“ [6]

„Sastavni dio zahtjeva za priključenje postrojenja proizvođača ili kupca čija je priključna snaga veća od 5 MW ili kod kojih upravljanje postrojenjem obavljaju radnici za koje je obvezno osposobljavanje i provjera znanja za upravljanje postrojenjem, trebaju biti i pogonske upute. Operator distribucijskog sustava potvrđuje pogonske upute koje predlaže korisnik mreže.“ [6]

4. BIOPLINSKA ELEKTRANA GAJ (2 MW)

Proces izgradnje bioplinske elektrane Gaj predviđen je u jednoj etapi, s tim da je početak izgradnje predviđen za drugu polovicu tekuće godine, a završetak izgradnje krajem godine.

Investitor bioplinske elektrane GAJ je tvrtka NTC Gaj d.o.o., Ljudevita Gaja 10, 43000 Bjelovar.

Rokovi realizacije priključka (obveza HEP-ODS-a) korisnika mreže uvjetovani su [1]:

- Dinamikom uplata (korisnik mreže plaća HEP-ODS-u naknadu za priključenje
- Trajanjem postupaka ishođenja nužne dokumentacije za izgradnju priključka, kao i postupaka nabave opreme, ugovaranja radova te izgradnje priključka.

4.1. Prikaz osnovnih tehničkih parametara korisnika mreže

Da bi smo sagledali mogućnost priključenja korisnika mreže bioplinska elektrana Gaj na distribucijsku mrežu potrebni su osnovni tehnički parametri korisnika mreže, odnosno biopslinske elektrane Gaj.

Priključna snaga obračunskog mjernog mjesta proizvođača (korisnika mreže):

- Proizvodnja: proizvođač snage 2000 kW priključen na srednji napon
- Vlastita potrošnja: 200 kW, suprotni smjer na brojilu proizvođača

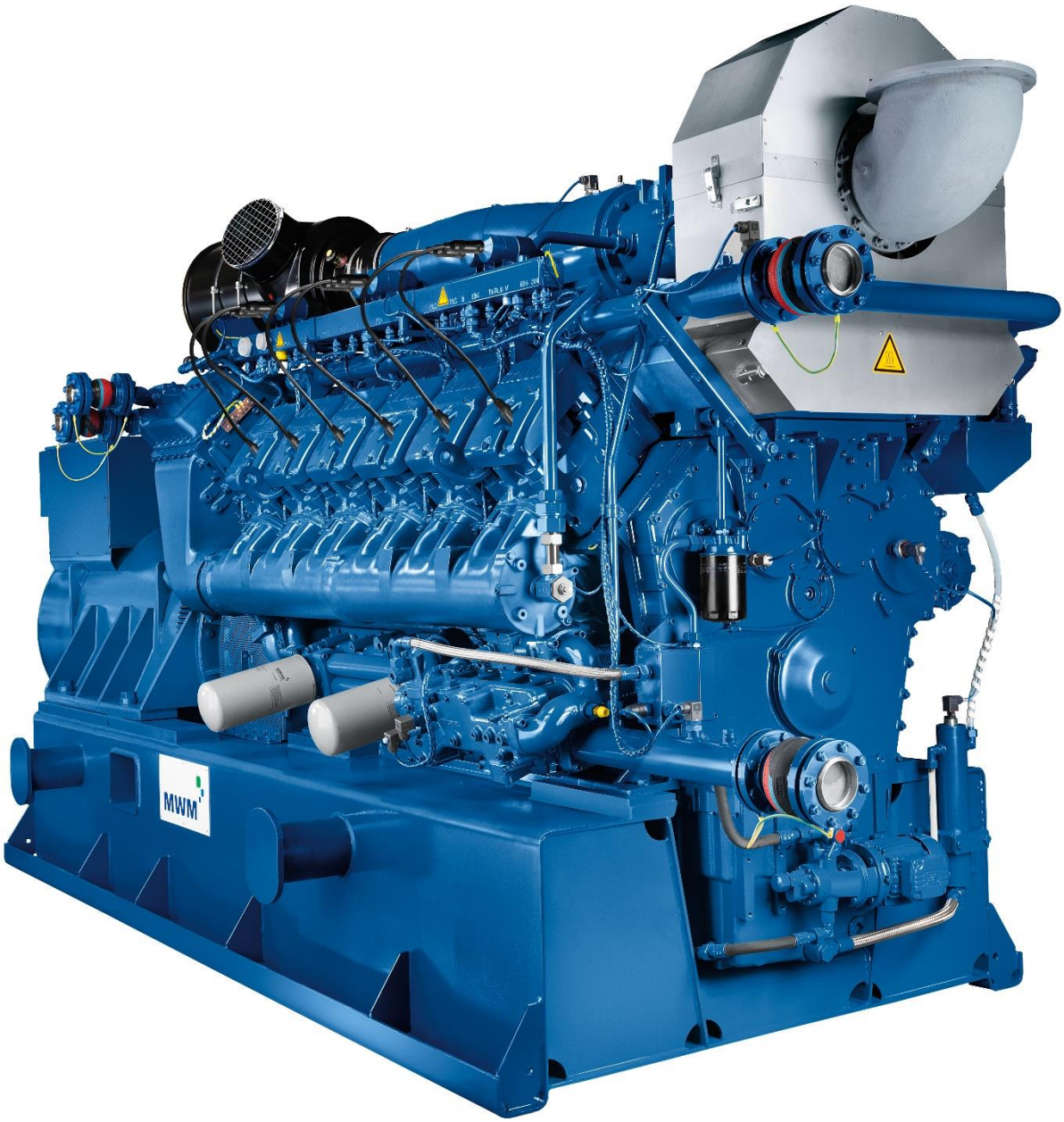
Postrojenje Bioplinska elektrana Gaj kao pogonsko gorivo koristi bioplin dobiven iz poljoprivrednih nasada (kukuruzna silaža…) te organskih ostataka i otpadi iz poljoprivrede i prehrambeno-prerađivačke industrije (kukuruzna silaža, stajski gnoj, klaonički otpad, otpad iz proizvodnje biogoriva…)

Očekivana raspoloživost BPP Gaj u prosjeku iznosi 8000 h/godinu.

4.1.1. Osnovni podaci o generatoru

Model postrojenja zasniva se na izboru generatora TCG 2020 V12 (1200 kW) gdje postrojenje sadrži dvije takve jedinice. Generator je napravljen tako da podržava sve prirodne plinove i bioplinove pri frekvenciji 50 Hz.

Optimalna električna efikasnost ovog modela generatora iznosi 43% što je relativno dobra iskoristivost za ovu vrstu elektrane. Također generator je trofazni, sinkroni, te vodom hlađeni.



Slika 4.1 Generator TCG 2020 V12 [8]

Tablica 4.1 Osnovni podaci pogona [1]

Broj generatora	2
Nazivna snaga generatora	1200 kVA
Model generatora	Sinkroni generator
Nazivni napon	0,4 kV
Faktor snage	0,8-1,0
Nazivna frekvencija	50 Hz
Brzina vrtnje	1500 o/min
Dobivena toplina ± 8%	1194 kW
Toplinska efikasnost	42,8 %
Električna efikasnost	43 %
Ukupna efikasnost	85,8 %

4.1.2. Osnovne karakteristike zaštite

Prema naputku za primjenu važećih zakona i pravilnika glede uspostavljanja priključka obnovljivih izvora električne energije i kogeneracije na distribucijsku i prijenosnu mrežu, za elektrane priključne električne snage (P_V) između 500 kW i 10000 kW, koje se priključuju na srednji ili visoki napon, osnovne karakteristike zaštite koje djeluju na proradu prekidača za odvajanje moraju biti sljedeće:

- Nadstrujna zaštita (preopterećenje, kratki spoj, zemljospoj, usmjerena)
- Nadfrekvencijska (f>)
- Podfrekvencijska (f<)
- Nadnaponska (U>)
- Podnaponska (U<)

Uz standardne zaštite generatora, potrebno je imati i sljedeće zaštite koje djeluju na proradu generatorskog prekidača:

- Podnaponska (U<)
- Nadnaponska (U>)
- Podfrekvencijska (f<)
- Nadfrekvencijska (f>)

Podešenja proradnih vrijednosti zaštite moraju biti usuglašene sa HEP-om, a uređaje zaštite koji garantiraju paralelni pogon elektrane s distribucijskom mrežom bez nepoželjnih pojava i događaja zapečaćuje HEP-ODS. [1]

4.2. Prikaz lokacije korisnika mreže

Bioplinska elektrana Gaj nalaziti će se na katastarskoj čestici broj 1022/1 i 1022/2 katastarska općina Pakrac.

Slike prikazuju okvirni kartografski prikaz lokacije kosnika mreže.

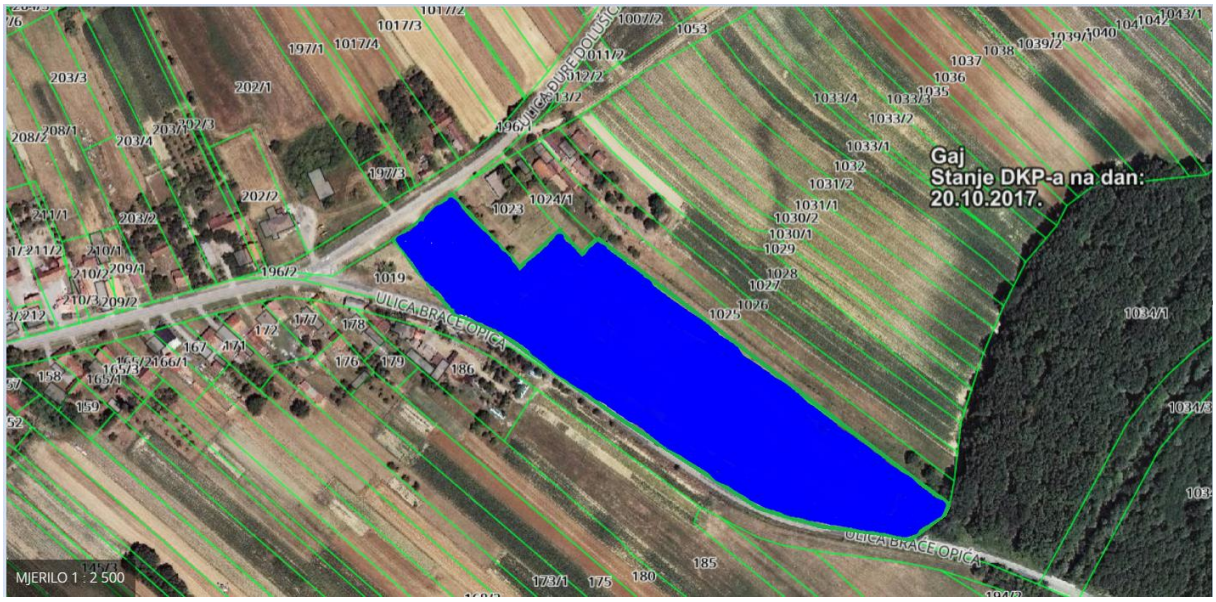


Slika 4.2 Okvirni kartografski prikaz lokacije korisnika mreže [9]



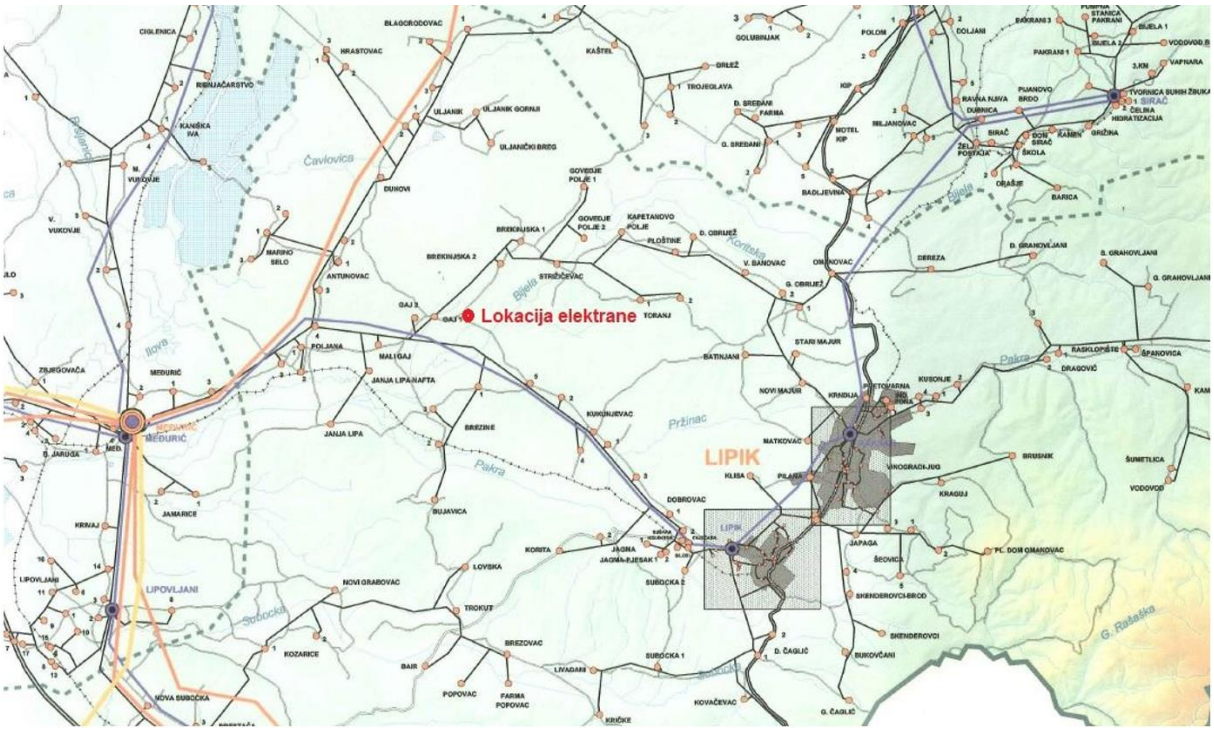
Slika 4.3 Kartografski prikaz katastarskih čestica u mjerilu 1 : 2 500 [10]

Na slici 4.4 se nalazi okvirni kartografski prikaz lokacije korisnika mreže bioplinska elektrana Gaj u Gaju, Požeško slavonska županija, kčbr. 1020, 1021, 1022/1, 1022/2, 1024/2, k.o. Gaj.



Slika 4.4 Kartografski prikaz katastarskih čestica u mjerilu 1 : 2 500 – označeno [10]

Na slici 4.5 se nalazi prikaz makrolokacije bioplinske elektrane Gaj na kartografskoj podlozi u odnosu na postojeću elektroenergetsku mrežu (EEM) u okruženju.



Slika 4.5 Prostorni prikaz elektrane Gaj u odnosu na postojeću EEM u okruženju [1]

5. ELEKTROENERGETSKA MREŽA U OKOLINI BIOPLINSKE ELEKTRANE GAJ

Postojeći korisnici mreže električne energije u okruženju promatranog područja napajaju se električnom energijom iz TS 110/35 kV Međurić preko pojne stanice TS 35/10 kV Lipik i 10 kV izvoda VP 10 kV Gaj te preko pojne stanice TS 35/10 kV Međurić i 10 kV izvoda VP 10 kV Gaj. [1]

5.1. Tehnički parametri postojećih elemenata mreže

Tehnički parametri mreže potrebni za proračun su i podaci o snagama, odnosno strujama kratkog spoja. Snaga tropolnog kratkog spoja na 110 kV sabirnicama u TS 110/35/10 kV Međurić $S_{3KS,110kV}$ iznosi 2533 MVA.

5.2. Razine opterećenja i proizvodnje okolnih (utjecajnih) elektrana

Na predmetnom području postoji značajan kupac Gamauf (na NN; 600 kW) priključen u TS Brezine 4.

Podaci o opterećenju 10/0,4 kV stanica u promatranom dijelu mreže nisu dostupni, pa je za potrebe proračuna tokova snaga pretpostavljena linearna raspodjela opterećenja izvoda/pojne točke po pojedinim transformatorskim stanicama 10/0,4 kV sukladno nazivnim snagama njihovih transformatora (uz pretpostavljeni faktor snage cosφ=0,95) prema izrazu [1]:

$$S_{teret_i} = S_{IZVOD} \times \frac{S_{n_i}}{\sum_{i=1}^{N} S_{n_i}} f_g \qquad 5.2$$

Gdje je:

- S_{teret_i} – izračunato opterećenje i-te transformatorske stanice
- S_{IZVOD} – izmjereno opterećenje izvoda
- S_{n_i} – nazivna snaga transformatora pojedine TS
- N – broj TS u izvodu
- f_g – faktor gubitaka

Faktorom gubitaka f_g uzeti su u obzir gubici u mreži i transformatorima ovisno o topologiji mreže i naponskim prilikama u mreži.

Podaci o opterećenjima razmatranih pojnih transformatorskih stanica su dani u tablici 5.2.

Tablica 5.2 Podaci o opterećenju razmatranih vodnih polja i transformatorskih stanica [1]

	Naziv TS	**Mjesto opterećenja**	**Nazivni napon (kV)**	**Iznos opterećenja**	
				max.	**min.**
1.	TS 110/35 kV Međurić	Ukupan teret TR 110/35 kV	35	33 MVA	15 MVA
		VP 35 kV Lipovljani (TS Lipovljani i TS Novska)	35	189 A	33 A
2.	TS 35/10 kV Međurić	VP Kutina	35	5,86 MVA	2,76 MVA
		Ukupan teret TR 35/10 kV	10	3,54 MVA	0,44 MVA
		VP Gaj	10	64 A	15 A
		Preostali teret TR 35/10 kV	10	141 A	10 A
3.	TS 35/10 kV Lipik	VP Pakrac	35	3,19 MVA	0,96 MVA
		Ukupan teret TR 35/10 kV	10	4,5 MVA	1,4 MVA
		VP Gaj	10	70 A	7 A
		Preostali teret TR 35/10 kV	10	190 A	74 A

6. PRORAČUNI

6.1. Stanje prije priključenja elektrane

Promatrani dio elektroenergetskog sustava odnosno njegovo stanje može se ocijeniti kroz strujno-naponsku analizu prije priključenja elektrane. Stanje u sustavu je zadovoljavajuće ukoliko iznosi napona unutar granica propisanih Mrežnim pravilima, te ukoliko su iznosi strujnog opterećenja svakog elementa sustava manji od maksimalno dozvoljenih vrijednosti.

Dio elektroenergetske mreže koji se promatra u zadatku se može radijalno napajati preko dvije pojne točke:

- TS 35/10 kV Lipik, preko vodnog polja VP 10 kV Gaj
- TS 35/10 kV Međurić, preko vodnog polja VP 10 kV Gaj

Zbog kompleksnosti i velikog broja elemenata mreže, u zadatku je prikazan samo dio mreže koji se analizira prije i poslije priključenja elektrane u sustav.

Analiziraju se dva granična pogonska stanja:

- Minimalna potrošnja u sustavu - TS 35/10 kV Lipik, VP 10 kV Gaj
- Maksimalna potrošnja u sustavu - TS 35/10 kV Lipik, VP 10 kV Gaj

Proračuni su rađeni u programskom paketu DIgSILENT Power Factory. U prilogu 1 dani su rezultati proračuna tokova snaga za sve inačice proračuna.

Na svakoj slici se uz svaki element nalazi mali prozor sa rezultatima proračuna:

- za sabirnice (čvorišta mreže) iznos napona u kV i relativni iznos u odnosu na nazivnu vrijednost u %,
- za dionicu voda ili transformator iznos radnog opterećenja u kW, iznos jalovog opterećenja u kvar i iznos ukupnog opterećenja u % u odnosu na maksimalno dozvoljenu vrijednost,
- za terete iznos radnog opterećenja u kW, iznos jalovog opterećenja u kvar.

U tablici 6.1 se nalazi usporedba najnepovoljnijih iznosa napona u promatranom dijelu elektroenergetskog sustava prije priključenja korisnika mreže BPP GAJ, a u tablici 6.2 usporedba maksimalnih iznosa opterećenja u promatranom dijelu elektroenergetskog sustava prije priključenja korisnika mreže BPP GAJ.

Tablica 6.1 Usporedba najnepovoljnih iznosa napona u promatranom dijelu mreže za minimalno i maksimalno opterećenje prije uključenja elektrane

Pojna točka	Izvod/Sabirnica	TS 10/0,4 kV	Iznos [kV]	Najnepovoljniji napon na NN sabirnicama	
				TS 10/0,4 kV	Iznos [%]
Minimalna potrošnja u sustavu					
TS 35/10 kV Lipik	10 kV sabirnica	/	10,6	/	106
	VP 10 kV Gaj	Toranj II	10,6	Subocka III	106
Maksimalna potrošnja u sustavu					
TS 35/10 kV Lipik	10 kV sabirnica	/	9,8	/	98
	VP 10 kV Gaj	Toranj II	9,6	Toranj II	96

Najnepovoljniji iznos napona na NN sabirnicama jest najniži iznos napona pri maksimalnoj potrošnji odnosno najviši iznos napona pri minimalnoj potrošnji.

Tablica 6.2 Usporedba maksimalnih iznosa opterećenja za početnu razmatranu mrežu

Pojna točka	Izvod	Tip elementa	Naziv elementa	Iznos opterećenja u odnosu na nazivnu vrijednost [%]
Minimalna potrošnja u sustavu				
TS 35/10 kV Lipik	10 kV sabirnica	transformator	TR1 – 35/10 kV	14,20
	VP 10 kV Gaj	vod	Lipik – L1	1,1
Maksimalna potrošnja u sustavu				
TS 35/10 kV Lipik	10 kV sabirnica	transformator	TR1 – 35/10 kV	40
	VP 10 kV Gaj	vod	Lipik – L1	5,3

U tablici tablici 6.3 se nalazi usporedba tehničkih gubitaka u promatranom dijelu elektroenergetskog sustava prije priključenja korisnika mreže elektrane BPP GAJ.

Tablica 6.3 Usporedba ukupnih tehničkih gubitaka za početnu razmatranu mrežu (prije priključenja elektrane)

Pojna točka	Izvod	Gubici		Opterećenje	
		P [kW]	Q [kvar]	P [kW]	Q [kvar]
Minimalna potrošnja u sustavu					
Razmatrana mreža - ukupno	/	101	2229	7353	2417
TS 35/10 kV Lipik	VP 10 kV Gaj	6	24	100	33
TS 35/10 kV Međurić	VP 10 kV Gaj	10	86	228	75
Maksimalna potrošnja u sustavu					
Razmatrana mreža - ukupno	/	423	4085	26919	8961
TS 35/10 kV Lipik	VP 10 kV Gaj	49	96	1104	166
TS 35/10 kV Međurić	VP 10 kV Gaj	47	127	996	327

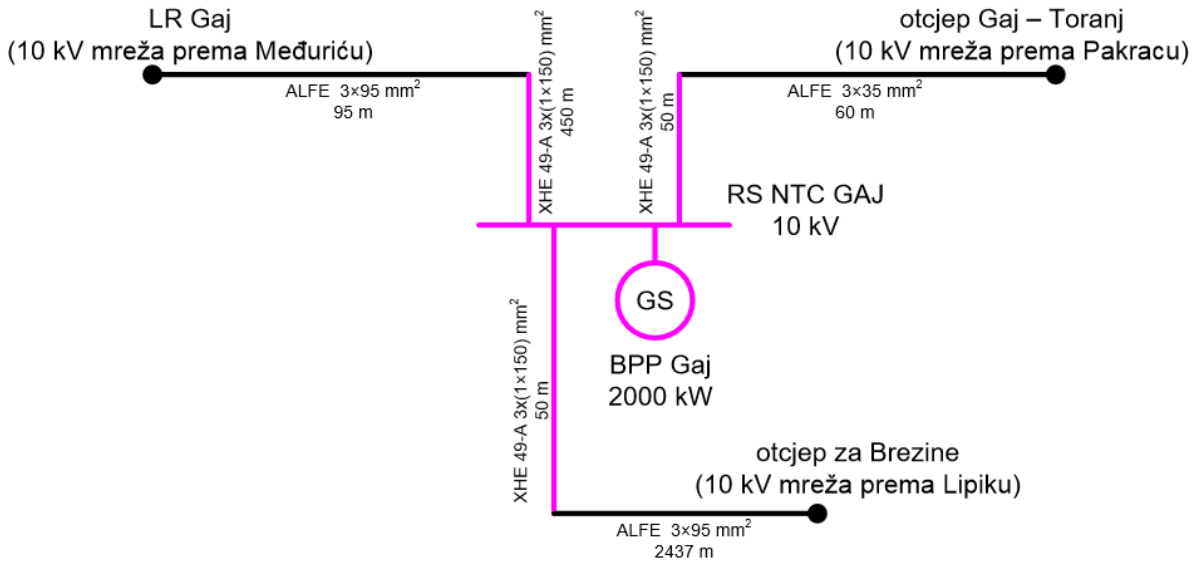
Pričuvno napajanje korisnika napajanih iz TS 35/10 kV Lipik preko VP 10 kV Gaj ostvaruje se pomoću TS 35/10 kV Međurić preko VP 10 kV Gaj. Tijekom maksimalne potrošnje veće opterećenje je na oba transformatora u TS 35/10 kV Međurić iznosa 99,94%, dok se kod minimalnog opterećenja sustava uočava najviši iznos napona u redovnom uklopnom stanju 108,0% na 10 kV sabirnicama TS 35/10 kV Međurić, dok je na svim NN sabirnicama napon ujednačen u iznosu 106,0%.

6.2. Rješenje priključka korisnika na elektroenergetsku mrežu

Bioplinsko postrojenje Gaj će se interpolirati 10(20) kV mrežu priključenjem na susretno postrojenje 10(20)/0,4 kV.

Susretno postrojenje se priključuje na postojeću SN mrežu kabelskom interpolacijom na postojeći 10 kV dalekovod VP Gaj iz TS 35/10 kV Lipik kabelom duljine oko 50 m, te treći princip za povezivanje na dalekovod 10 kV VP Obriježu u duljini oko 450 m.

Tehničko rješenje predviđeno je kao priključenje susretnog postrojenja na postojeću 10 kV mrežu i to prema Lipiku, prema Međuriću i prema Pakracu, kao što je prikazano na slici 6.1.



Slika 6.1 Shema priključka bioplinskog postrojenja Gaj u postojeću mrežu [1]

Obzirom da će navedena elektrana biti izgrađena u jednoj etapi priključak iste na postojeću distribucijsku elektroenergetsku mrežu je potrebno izvršiti također u jednoj etapi. [1]

Kao i u prethodnom slučaju tako i u ovom nakon priključenja bioplinskog postrojenja Gaj snage 2000 kW stanje u elektroenergetskom sustavu može se odrediti kroz strujno-naponsku analizu. Također, strujno-naponsku analizu vršili smo u programskom paketu DIgSILENT PowerFactory.

U proračunima će biti razmatrana tri granična pogonska stanja, koja su:

- Minimalno opterećenje sustava - elektrana predaje radnu snagu iznosa 2000 kW u mrežu,
- Maksimalno opterećenje sustava - elektrana predaje radnu snagu iznosa 2000 kW u mrežu,
- Maksimalno opterećenje sustava - elektrana predaje radnu snagu iznosa 0 kW u mrežu, vlastita potrošnja elektrane iznosi 200 kW.

U tablici Tablica 6.4 nalazi se usporedba najnepovoljnijih iznosa napona u promatranom dijelu elektroenergetskog sustava nakon priključenja korisnika mreže bioplinska elektrana Gaj, a u tablici Tablica 6.5 usporedba maksimalnih iznosa opterećenja u promatranom dijelu elektroenergetskog sustava nakon priključenja korisnika mreže bioplinska elektrana Gaj.

Tablica 6.4 Usporedba najnepovoljnijih iznosa napona nakon priključenja korisnika mreže BPP GAJ – 10 kV priključak

Pojna točka	Izvod/Sabirnica	TS 10/0,4 kV	Iznos [kV]	Najnepovoljniji napon na NN sabirnicama	
				TS 10/0,4 kV	Iznos [%]
Minimalna potrošnja u sustavu – elektrana predaje 2000 kW					
TS 35/10 kV Lipik	10 kV sabirnica	/	10,7	/	107
	VP 10 kV Gaj	NTC Gaj	11,2	Gaj I	112
	Susretno postrojenje	NTC Gaj	11,2	/	/
Maksimalna potrošnja u sustavu – elektrana predaje 2000 kW					
TS 35/10 kV Lipik	10 kV sabirnica	/	9,9	/	/
	VP 10 kV Gaj	Toranj II	10,1	Toranj II	101
	Susretno postrojenje	NTC Gaj	10,2	/	102
Maksimalna potrošnja u sustavu – elektrana predaje 0 kW					
TS 35/10 kV Lipik	10 kV sabirnica	/	9,7	/	/
	VP 10 kV Gaj	Toranj II	9,1	Toranj II	91
	Susretno postrojenje	NTC Gaj	9,2	/	92

U tablici 6.4 može se vidjeti da se su slučaju minimalne potrošnje u sustavu s uključenom elektranom izlazne snage 2000 kW pojavljuju vrijednosti napona veći od vrijednosti propisanih Mrežnim pravilima.

Tablica 6.5 Usporedba maksimalnih iznosa opterećenja u promatranom dijelu elektroenergetskog sustava nakon priključenja korisnika mreže BPP GAJ – 10 kV priključak

Pojna točka	Izvod	Tip elementa	Naziv elementa	Iznos opterećenja u odnosu na nazivnu vrijednost [%]
Minimalna potrošnja u sustavu – elektrana predaje 2000 kW				
TS 35/10 kV Lipik	10 kV sabirnica	transformator	TR1 – 35/10 kV	7,1
	VP 10 kV Gaj	vod	NTC Gaj – L11	38,3
Maksimalna potrošnja u sustavu – elektrana predaje 2000 kW				
TS 35/10 kV Lipik	10 kV sabirnica	transformator	TR1 – 35/10 kV	28,7
	VP 10 kV Gaj	vod	Lipik – L1	6,8
Maksimalna potrošnja u sustavu – elektrana predaje 0 kW				
TS 35/10 kV Lipik	10 kV sabirnica	transformator	TR1 – 35/10 kV	47,9
	VP 10 kV Gaj	vod	Lipik – L1	13,9

Dalje će se u tablici 6.6 naći usporedbe tehničkih gubitaka u promatranom dijelu elektroenergetskog sustava prije i nakon priključenja korisnika mreže BPP GAJ u mrežu 10 kV za promatrana pogonska stanja.

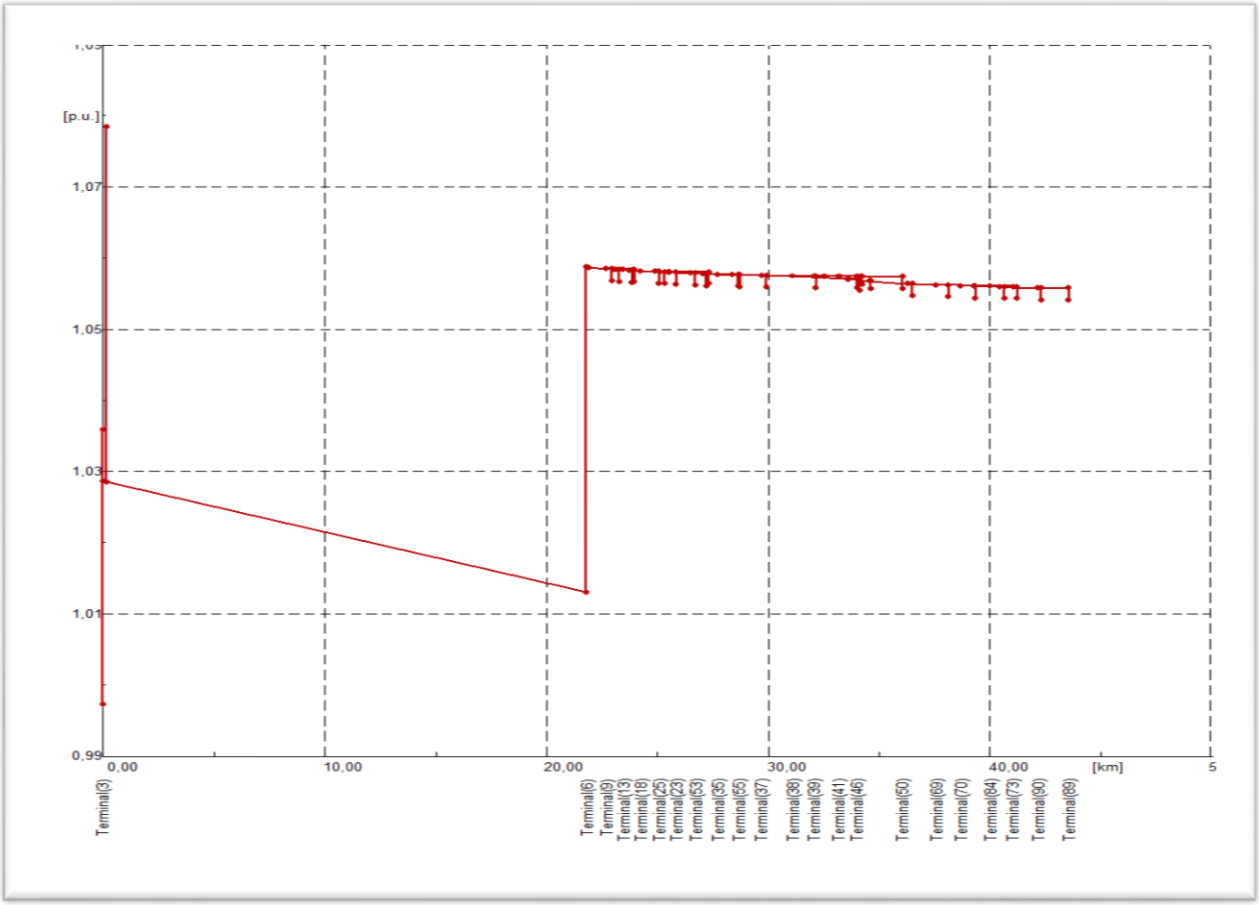
Tablica 6.6 Usporedba ukupnih tehničkih gubitaka u promatranom dijelu elektroenergetskog sustava nakon priključenja korisnika mreže BPP GAJ – 10 kV priključak

Pojna točka	Izvod	Gubici		Opterećenje	
		P [kW]	Q [kvar]	P [kW]	Q [kvar]
Minimalna potrošnja u sustavu – elektrana predaje 2000 kW					
Razmatrana mreža - ukupno	/	158	914	7473	2588
TS 35/10 kV Lipik	VP 10 kV Gaj	120	172	100	33
TS 35/10 kV Međurić	VP 10 kV Gaj	10	86	228	75
Maksimalna potrošnja u sustavu – elektrana predaje 2000 kW					
Razmatrana mreža - ukupno	/	384	3700	27719	9031
TS 35/10 kV Lipik	VP 10 kV Gaj	49	96	1304	232
TS 35/10 kV Međurić	VP 10 kV Gaj	47	127	996	327
Maksimalna potrošnja u sustavu – elektrana predaje 0 kW					
Razmatrana mreža - ukupno	/	560	4538	27719	9031
TS 35/10 kV Lipik	VP 10 kV Gaj	65	114	1304	232
TS 35/10 kV Međurić	VP 10 kV Gaj	47	127	996	327

Gubici u razmatranom dijelu mreže nakon priključenja bioplinskog postrojenja Gaj su manji za slučaj maksimalnog opterećenja uz uključenu elektranu izlazne snage 2000 kW u usporedbi s gubicima prije priključenja bioplinskog postrojenja Gaj.

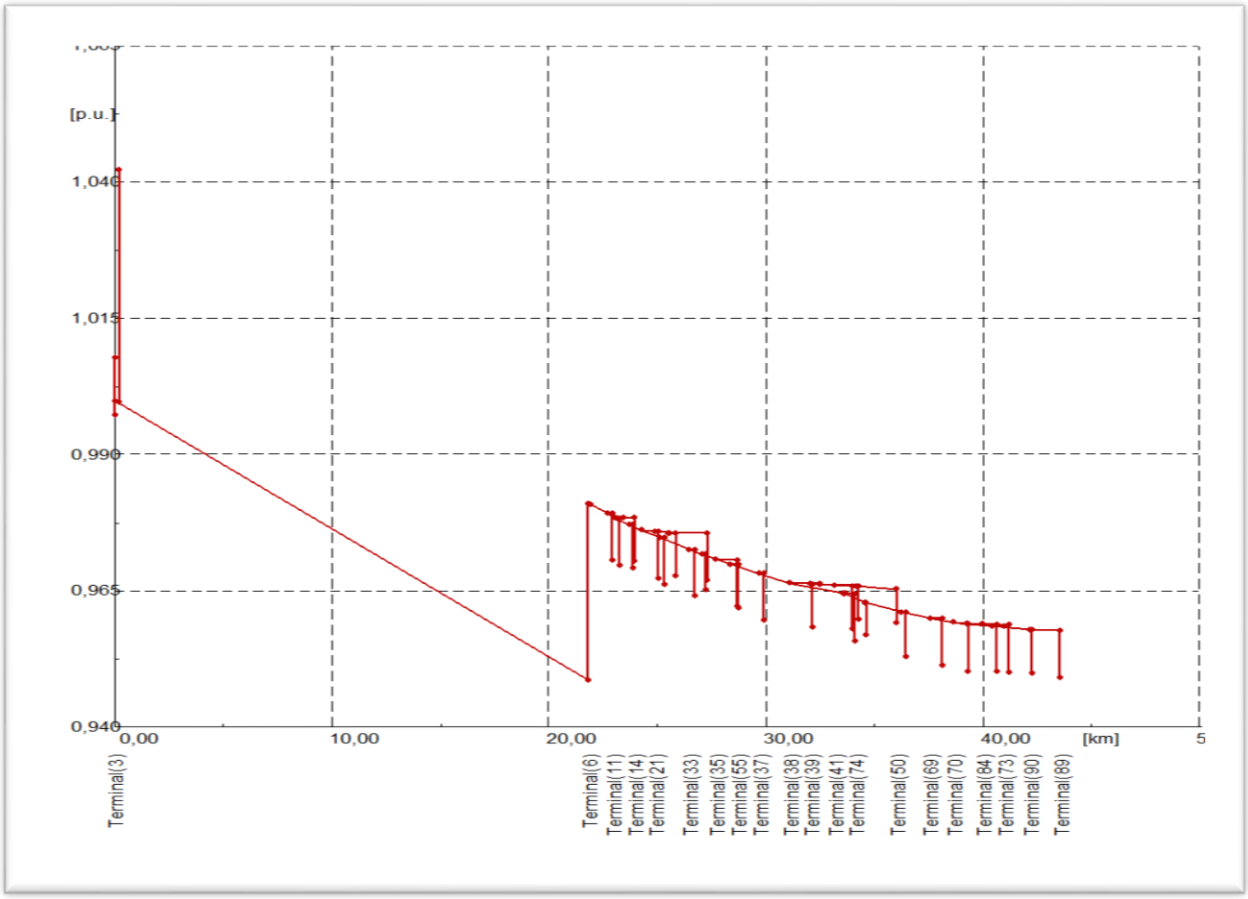
6.3. Naponski profili

Nakon izrade mreže i izvršene strujno-naponske analize također su napravljeni naponski profili koji su prikazani za sve spomenute simulacije.



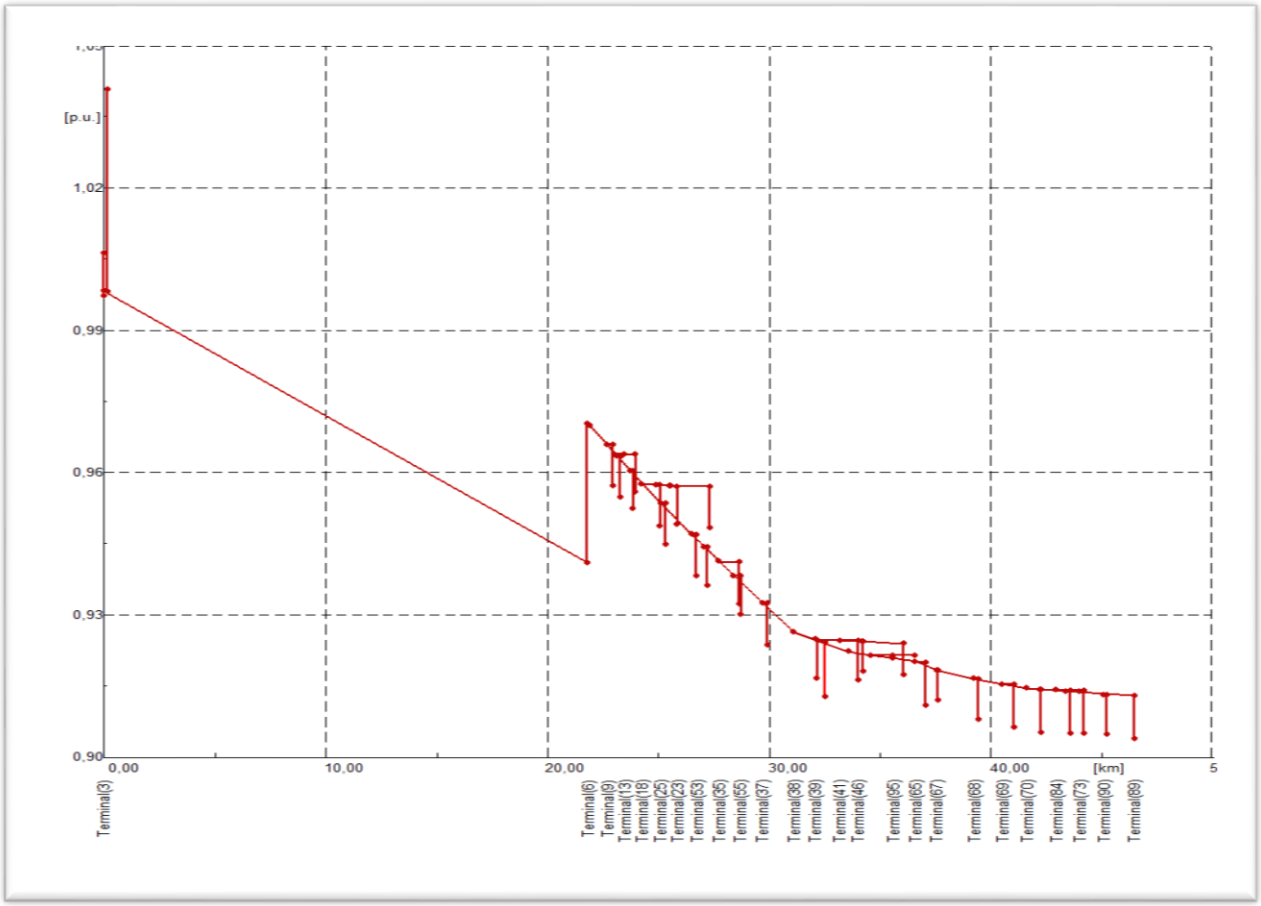
Slika 6.2 Naponski profil mreže za minimalno opterećenje prije priključenja elektrane

Prema prikazanom naponskom profilu mreže za minimalno opterećenje sustava prije priključenja elektrane vidimo da se vrijednosti napona kreću u dozvoljenim granicama odnosno u granicama propisanim mrežnim pravilima.



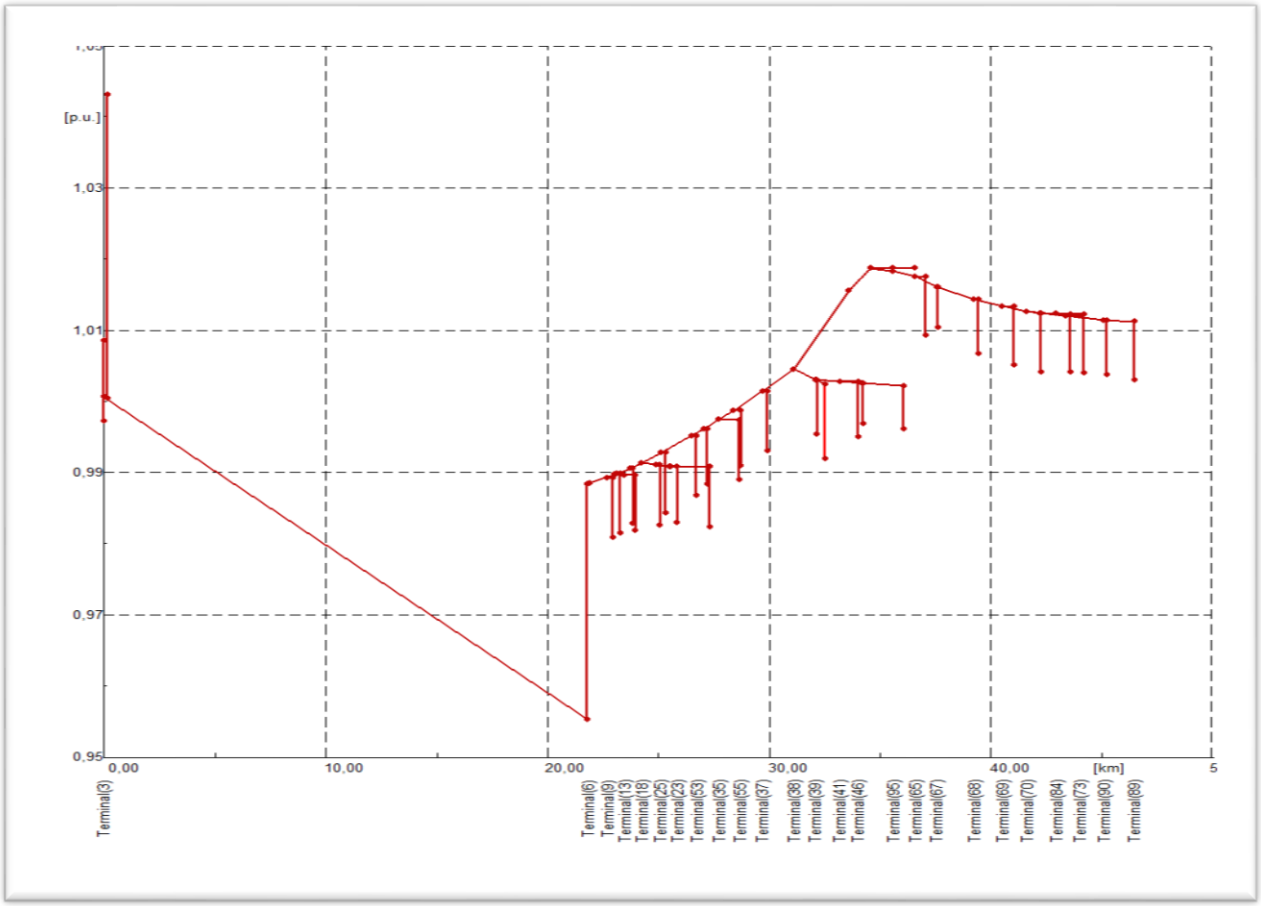
Slika 6.3 Naponski profil mreže za maksimalno opterećenje prije priključenja elektrane

Vrijednosti napona pri maksimalnom opterećenju sustava prije priključenja elektrane manji su što je očekivano s obzirom na opterećenje,



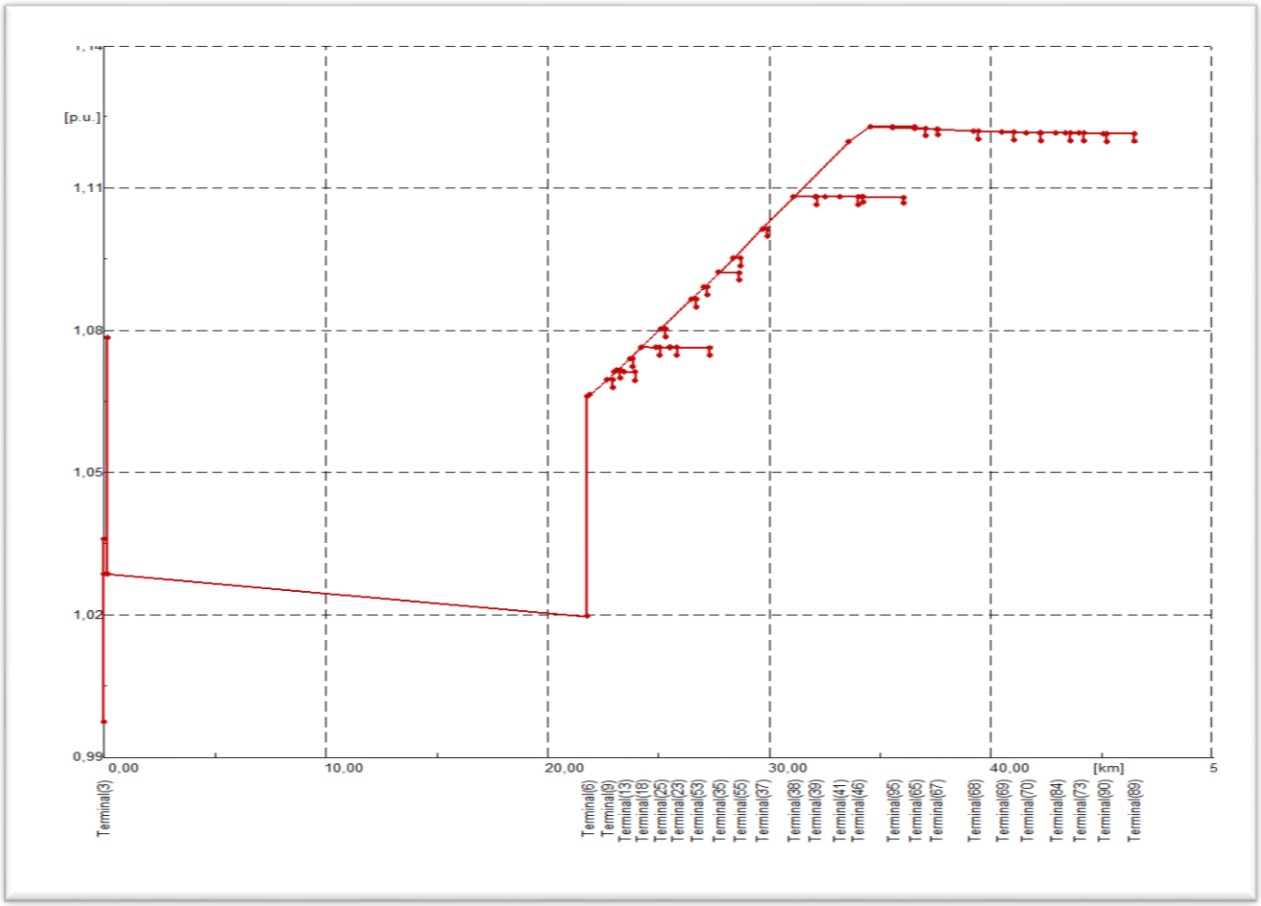
Slika 6.4 Naponski profil mreže za maksimalno opterećenje uz vlastitu potrošnju pri isključenoj elektrani na mreži

U slučaju maksimalnog opterećenja uz vlastitu potrošnju pri isključenoj elektrani na mreži vidimo da je pad napona još izraženiji zbog vlastite potrošnje elektrane.



Slika 6.5 Naponski profil mreže za maksimalno opterećenje uz vlastitu potrošnju pri uključenoj elektrani na mreži

Usporedbom prikaza maksimalnog opterećenja prije i poslije uključenja elektrane uz vlastitu potrošnju vidimo kako elektrana povećava vrijednosti napona i čini ih stabilnijim odnosno postavlja ih na vrijednosti vrlo blizu nazivnog napona.



Slika 6.6 Naponski profil mreže za minimalno opterećenje uz vlastitu potrošnju pri uključenoj elektrani na mreži

Prema prikazanom naponskom profilu vidljivo je da su naponi veći od dozvoljenih vrijednosti propisanim mrežnim pravilima te se kao rješenje javlja jedino mogućnost regulacije napona na 10 kV sabirnicama TS 35/10 kV Lipik što se postiže ugradnjom transformatora sa ugrađenom automatskom regulacijom napona.

7. ZAKLJUČAK

Dobro je znano da se za proizvodnju energije najviše koriste fosilna goriva, čije su zalihe ograničene, a i sama dostupnost fosilnih goriva je kompleksna pošto su nalazišta koncentrirana u malom broju zemalja. Obnovljivi izvori energije se nameću kao rješenje s obzirom na njihovu dostupnost, a i na smanjenje štetnih stakleničkih plinova koji u današnje vrijeme predstavljaju sve ozbiljni problem. Biomasa se može definirati kao svi tipovi životinjskih i biljnih tvari koji se mogu pretvoriti u energiju. To uključuje drveće i grmlje, trave, alge, vodene biljke, poljoprivredne i šumske ostatke i sve oblike otpadaka. Kao jednu od činjenica vezanu za biomasu moramo spomenuti ugljik koji se iz atmosfere apsorbira u biljkama te daljnjim procesom spaljivanja taj se isti ugljik oslobađa nazad u atmosferu kao ugljični dioksid, što čini dio zatvorenog ugljičnog kruga (biomasa je CO_2 neutralna ako se održava odnos između sječe i prirasta nove mase).

U ovom radu se promatra utjecaj elektrane Bioplinska elektrana Gaj (2 MW) na distribucijsku mrežu. Bioplinska elektrana Gaj (2MW) će biti kogeneracijsko postrojenje, a kao pogonsko gorivo će koristiti poljoprivrednu i šumsku biomasu.

Bioplinsko postrojenje Gaj će se interpolirati u 10(20) kV mrežu priključenjem na susretno postrojenje NTC Gaj koje se vrši polaganjem kabela tipa XHE-49 A 3×1 ×150/25 mm2 12/20(24) kV na postojeći 10 kV dalekovod VP Gaj iz TS 35/10 kV Lipik kabelom duljine oko 50 m te na dalekovod 10 kV VP Obriješ u duljini cca 450 m.

Na temelju provedenih proračuna odnosno analiza za sve slučajeve mreža je stabilna, osim za slučaj gdje elektrana predaje energiju u mrežu uz minimalnu opterećenje sustava što se kao rješenje nameće automatska regulacija napona. Iz naponskih prilika vidimo da se problem javlja nakon priključenja elektrane na mrežu u situaciji kada je minimalno opterećenje sustava, prema čemu moramo zaključiti da je potrebna regulacija kako elektrana ne bi imala negativni utjecaj na mrežu.

LITERATURA

[1] Institut za elektroprivredu i energetiku d.d. / FER, Elaborat optimalnog tehničkog rješenja priključenja elektrane na elektroenergetsku mrežu, Bioplinska elektrana Gaj (2000 kW), Zagreb, srpanj 2015.

[2] Božo Udovičić, Energetika, Zagreb, 1993. god.

[3] Lajos JÓZSA, Tokovi snaga u mreži, Osijek, 2009. god.

[4] S. van Loo, J. Koppejan, The Handbook of Biomass Combustion and Co-firing, Earthscan, UK, 2008. god.

[5] Kogeneracija: http://powerlab.fsb.hr/enerpedia/index.php?title=ENERGETSKE_TRANSFORMACIJE#Kogeneracija (4.6.2017.)

[6] Narodne novine 177/04, Mrežna pravila elektroenergetskog sustava

[7] Kumulativna CO_2 neutralnost:

http://www.topneftegaz.ru (4.6.2017.)

[8] Generator TCG 2020 V12:

https://www.mwm.net (28.6.2017.)

[9] Lokacija bioplinskog postrojenja Gaj:

https://www.google.hr/maps (3.6.2017.)

[10] Katastarski prikaz lokacije BPP Gaj:

https://geoportal.dgu.hr/ (3.6.2017.)

SAŽETAK

U ovom diplomskom radu je korišten program DIgSILENT PowerFactory 17.1 kako bi se izvršila analiza utjecaja elektrane na biomasu „Bioplinska elektrana Gaj (2 MW)“ na distribucijsku mrežu.

U radu su izvršene analize tokova snaga za minimalno i maksimalno opterećenje mreže prije i nakon priključenja Bioplinske elektrane Gaj (2 MW).

Iz rezultata se vidi kako je mreža stabilna te da nema prekoračenja opterećenja preko dopuštenih granica kod transformatora i vodova. Vrijednosti napona izvan su dopuštenih vrijednosti za slučaj minimalnog opterećenja u sustavu uz uključenu elektranu. Ovaj problem se može riješiti promjenom vrijednosti preklopke transformatora.

Ključne riječi : elektrana na biomasu, mrežna pravila, tokovi snaga.

ABSTRACT

Program used in this thesis was DIgSILENT PowerFactory 17.1. It was used to preform analysis of the influence of biomass power plant „Bioplinska elektrana Gaj (2 MW)“ on the distribution network.

Load flow was used to analyse scenarios with minimum and maximum network load, before and after conecting power plant Bioplinska elektrana Gaj (2 MW).

The results show that the network is stable, except in one case, and that there is no load exceeding the premitted limits for transformers and power lines. Voltage values out of the permissible values for the minimum load in the system with the power plant included. This problem can be solved by changing the swich value of transformers.

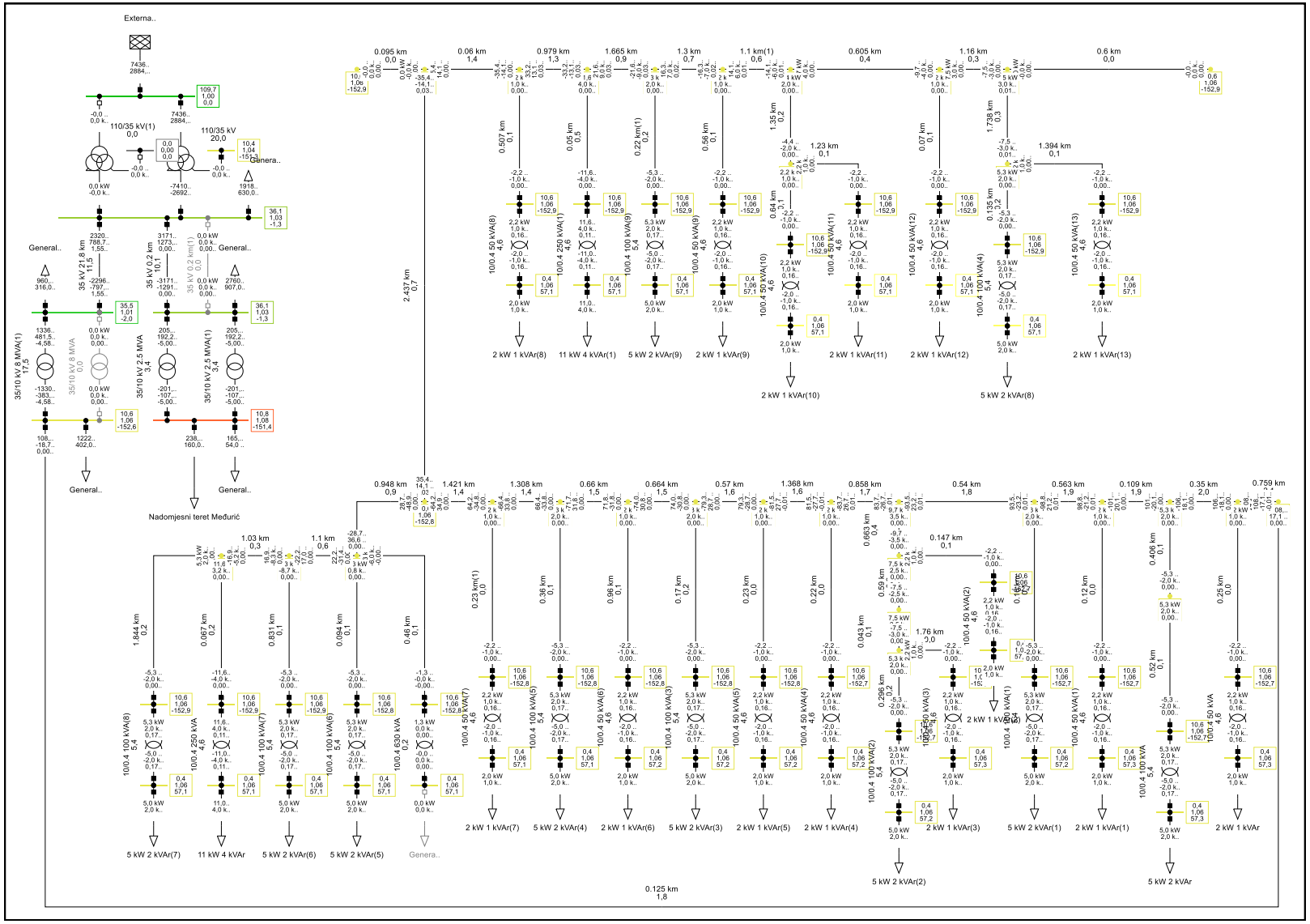
Key words: biomass power plant, network rules, power flow.

ŽIVOTOPIS

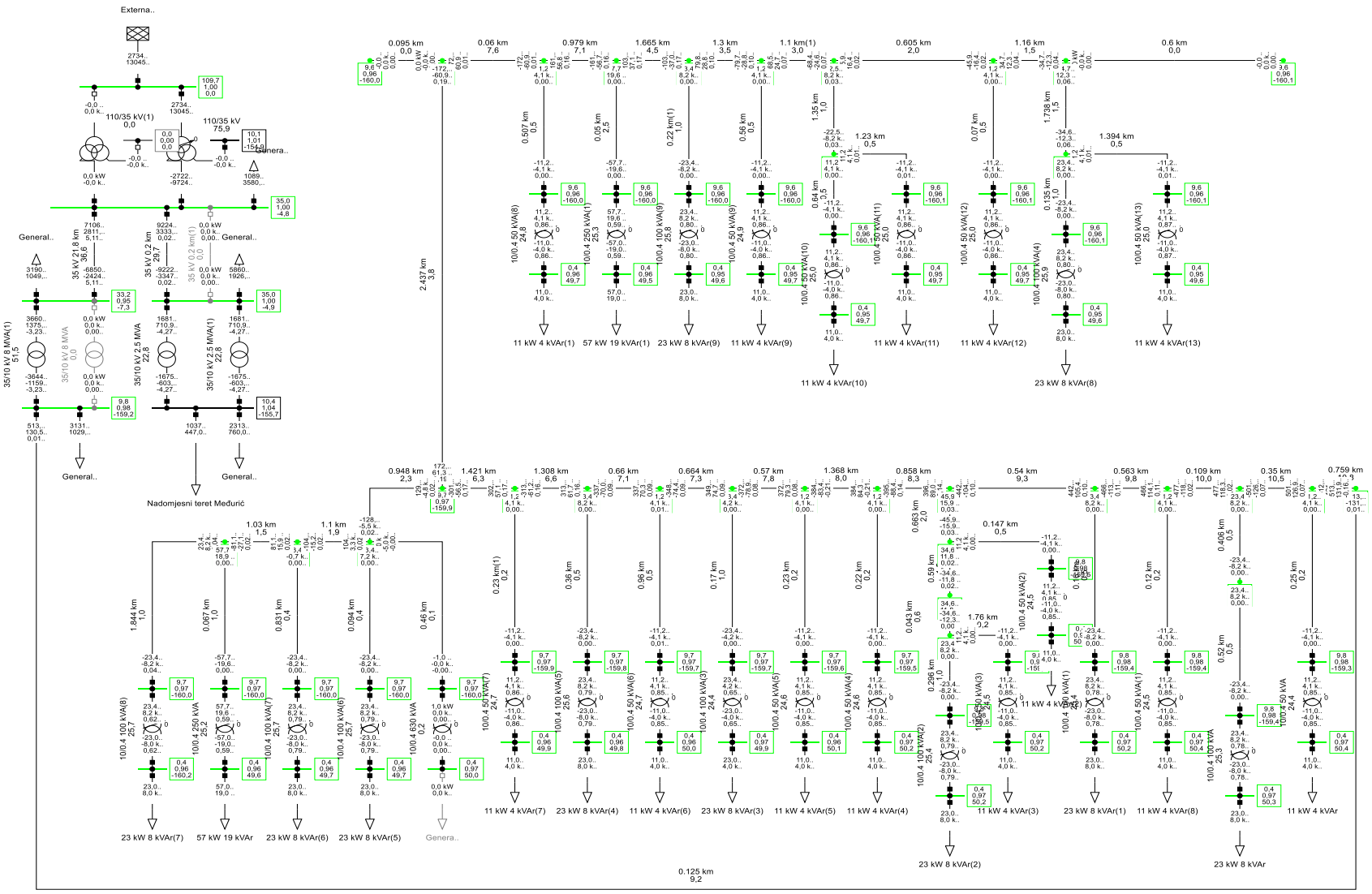
Matija Briševac rođen je 23. listopada 1992. godine u Zagrebu. Pohađao je Osnovnu školu „Lipik“ u Lipiku koju je završio 2007. godine. Godine 2007. upisao je Tehničku školu Daruvar u Daruvaru koju je završio 2011. godine, te stekao zanimanje elektrotehničar polaganjem Državne mature. 2011. godine upisuje preddiplomski studij Elektrotehničkog fakulteta u Osijeku, smjer Elektrotehnika. Na drugoj godini fakulteta se opredijelio za smjer Elektroenergetika. 2015. godine završava preddiplomski studij i upisuje diplomski studij Elektrotehničkog fakulteta u Osijeku, smjer Elektroenergetika.

PRILOG

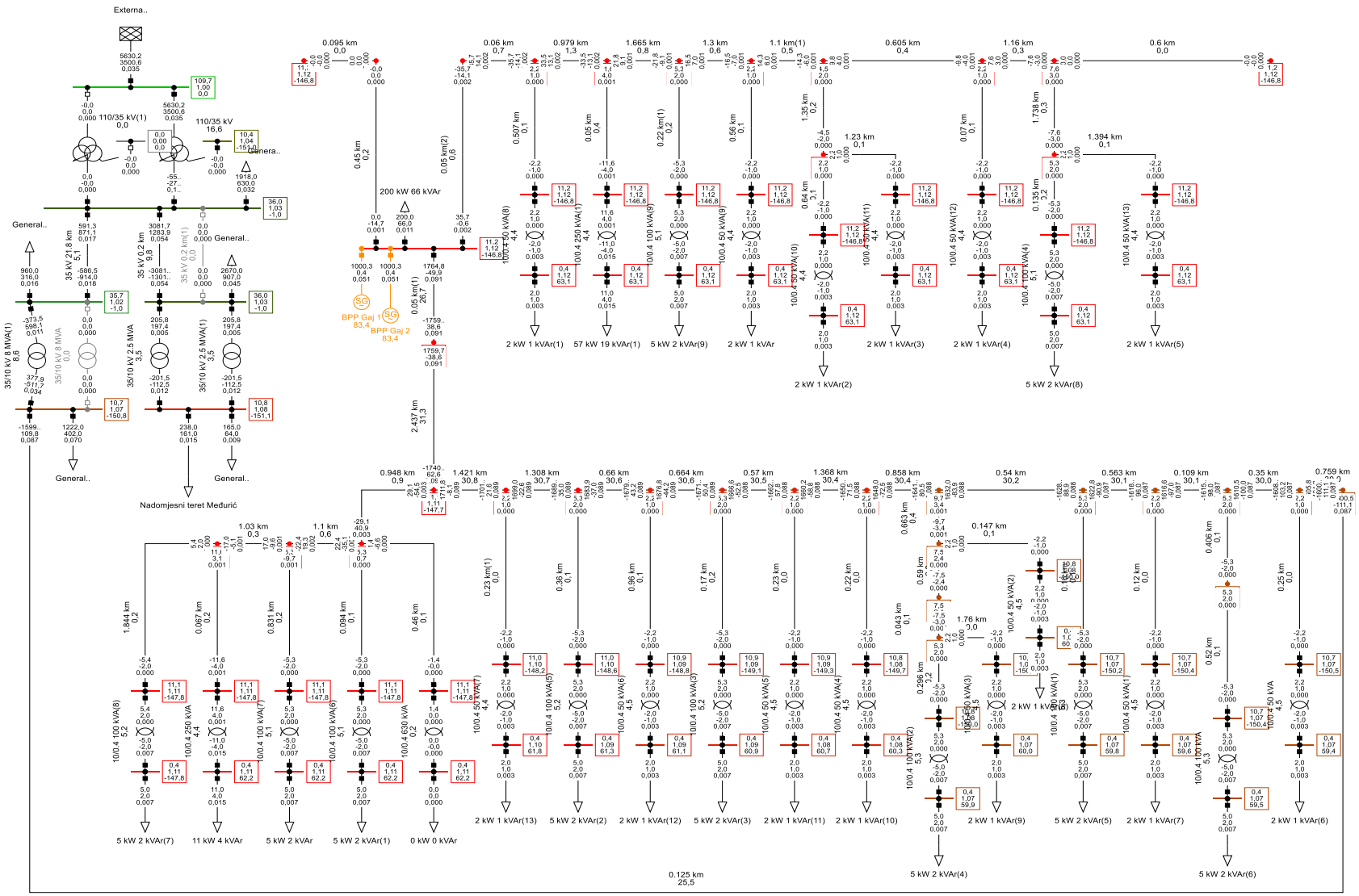
Prilog: Rezultati proračuna tokova snaga



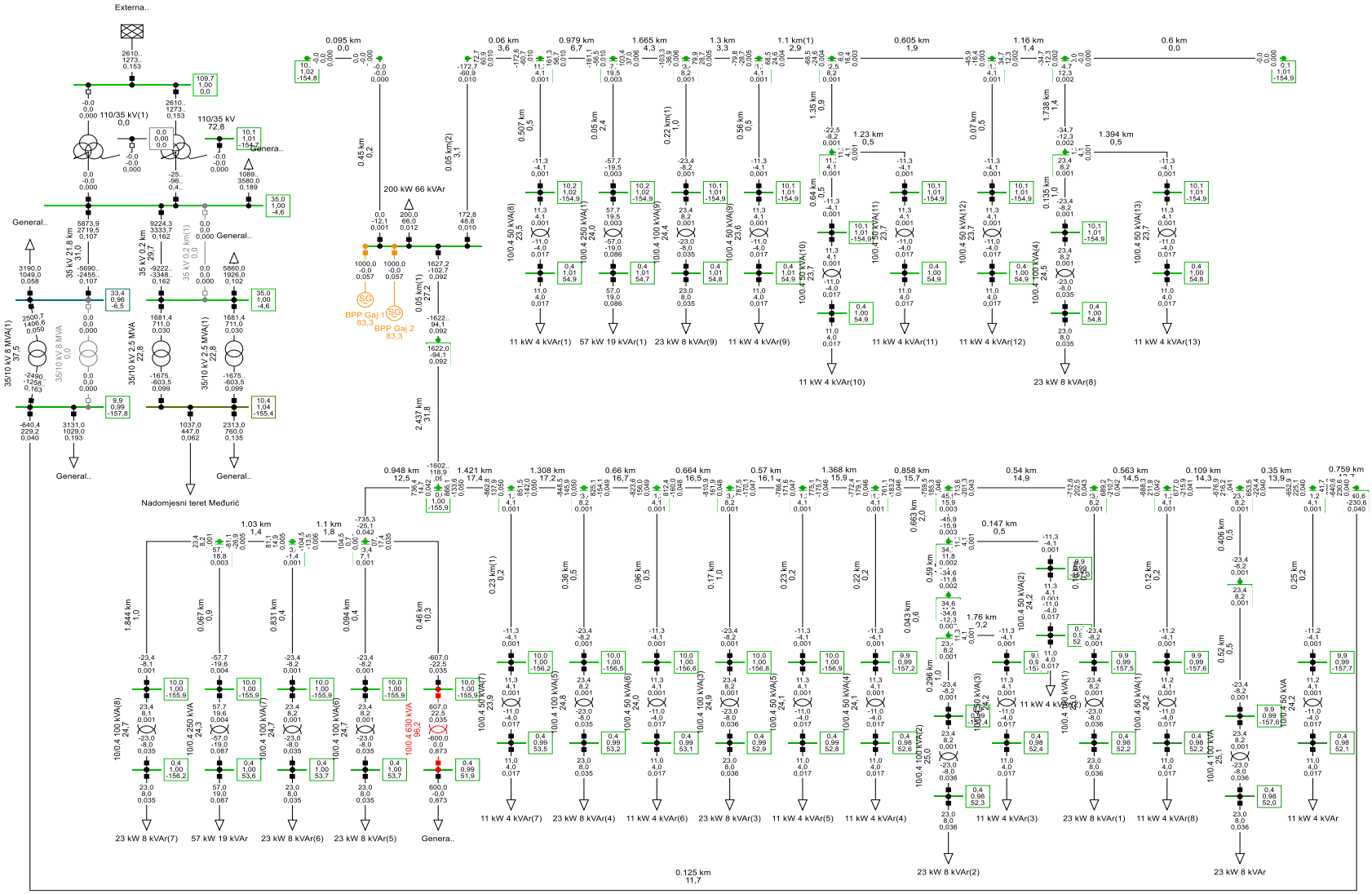
Slika 1 Minimalno opterećenje sustava prije priključenja elektrane



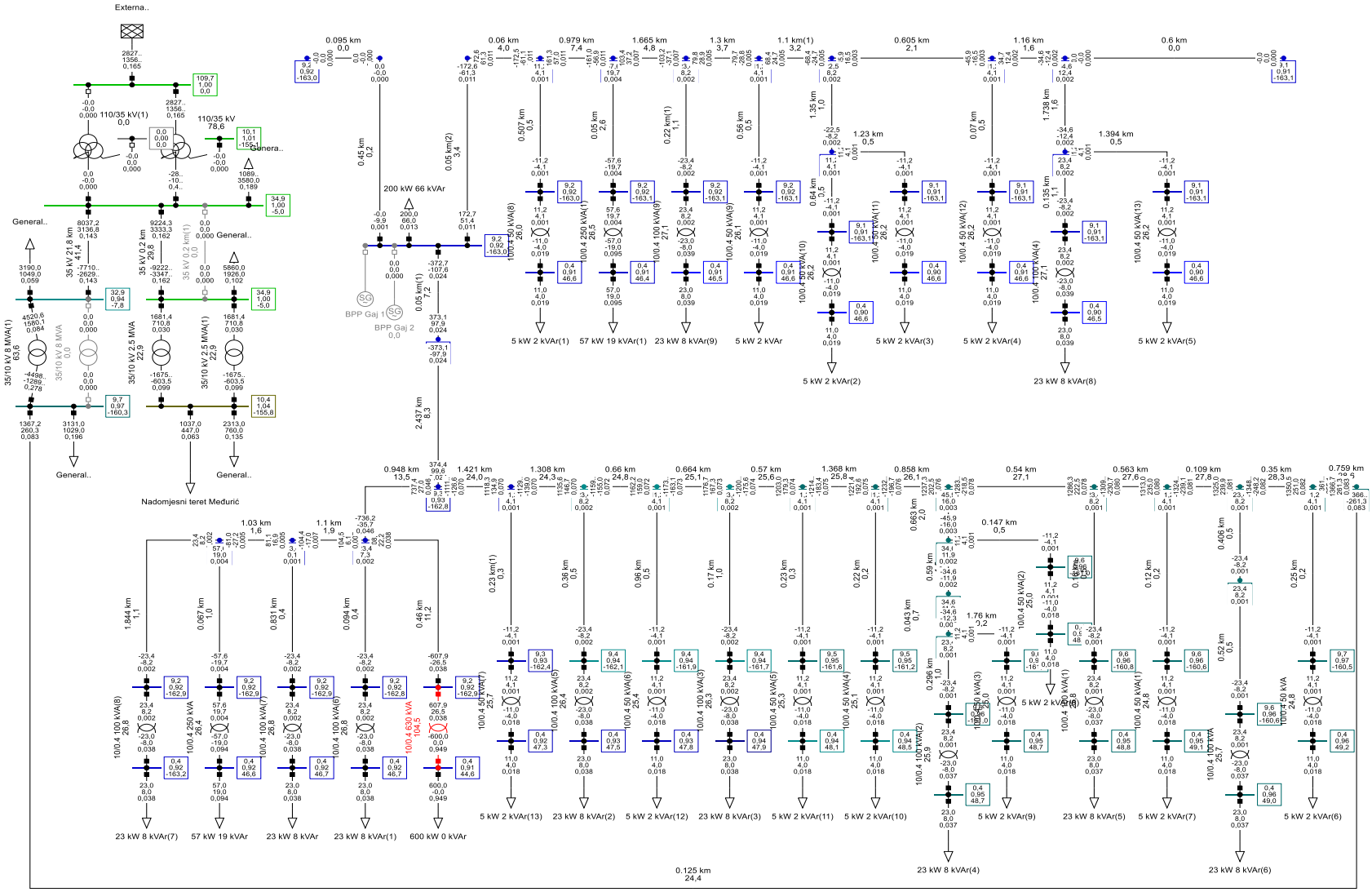
Slika 2 Maksimalno opterećenje sustava prije priključenja elektrane



Slika 3 Minimalno opterećenje sustava nakon priključenja elektrane



Slika 4 Maksimalno opterećenje sustava nakon priključenja elektrane



Slika 5 Maksimalno opterećenje sustava nakon priključenja elektrane, elektrana isključena