



B&B
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija
Program: Elektroenergetika
Modul: Elektroenergetska učinkovitost in električne inštalacije

REZERVNO NAPAJANJE Z DIZEL AGREGATOM IN TERCIARNA REGULACIJA FREKVENCE

Mentor: doc. dr. Matej Kranjc, univ. dipl. inž. elektrotehnike
Lektorica: Tanja Šket, prof. slov.

Avtor: Gregor Ficko

Dobrepolje, oktober 2023

ZAHVALA

Za pomoč pri ustvarjanju in oblikovanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju Mateju Kranjcu. Njegove strokovne, jasne usmeritve so mi pomagale pri pripravi in ureditvi diplomske naloge.

Zahvaljujem se sodelavcem v podjetju Mides International d. o. o. za vso pomoč in strokovno gradivo, ki sem ga smel uporabiti v diplomski nalogi.

Tina, Aljaž in Peter, vam namenjam posebno zahvalo. Saj ste me podpirali in spodbujali ter mi vedno stali ob strani, kljub temu da me veliko popoldni ni bilo doma zaradi šole. Brez vaše podpore bi bilo delo veliko težje.

IZJAVA

Študent Gregor Ficko izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom doc. dr. Mateja Kranjca.

Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorski in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.

Dne _____

Podpis: _____

POVZETEK

V diplomski nalogi je opisan postopek montaže in priklopa rezervnega napajanja in virtualne elektrarne z dizel agregatom. Podjetje Mides International d. o. o. se že več kot trideset let ukvarja z rezervnim in neprekinjenim napajanjem. Rezervno in neprekinjeno napajanje je nepogrešljiv vir napajanja v vseh kritičnih infrastrukturah, kamor sodijo bolnišnice, banke, razni data centri in drugi nujni objekti. Pri rezervnem napajanju uporabljamo dizel agregate različnih moči glede na potrebe uporabnika, poleg agregata vgradimo še UPS (Uninterruptible power supply) sistem za neprekinjeno napajanje. Ker naši naročniki želijo vedno več in boljše, jim lahko ponudimo tudi sinhronizacijo agregata z omrežno napetostjo in posledično še paralelno delovanje z mrežo. Ko so izpolnjeni vsi ti pogoji, lahko naročniku predlagamo tudi virtualno elektrarno. V diplomski nalogi najprej predstavljam, katere vrste agregatov poznamo, dva glavna sestavna dela agregata in vrste goriva, ki se uporabljajo za delovanje motorjev agregatov. Opisan je konkretni primer postavitve rezervnega napajanja v domu starejših občanov, kjer je rezervno napajanje nujno za nemoteno delo. V nadaljevanju pa so predstavljeni vsi segmenti, potrebni za pravilno izvedbo projekta. Na začetku moramo izvesti meritve, da izvemo, kolikšno moč agregata potrebujemo, izrisati moramo načrt postavitve agregata na zahtevano mesto, izdelati preklopno omaro, ki bo služila za avtomatski prekop med normalnim in rezervnim napajanjem, izvesti vezavo krmilnika, ki bo služil za pravilno delovanje agregata, vzpostaviti sinhronizacijo z omrežjem in priključiti agregat v terciarno rezervo, s katero si lahko povrnemo del stroškov investicije. Za lažjo predstavbo stroškov investicije je na koncu diplomskega dela še informativni izračun, ki prikazuje, ali se naložba izplača ali ne, oziroma v kolikih letih se nam povrne.

KLJUČNE BESEDE:

- agregat
- rezervno napajanje
- sinhronizacija
- terciarna regulacija
- programiranje krmilnika.

ABSTRACT

The thesis describes the installation and connection of a backup power supply and a virtual power plant with a diesel genset. Mides international d.o.o. has been involved in backup and uninterruptible power supply for more than 30 years. Backup and uninterruptible power supply is an indispensable source of power in all critical infrastructures, including hospitals, banks, various data centres and other emergency facilities. For backup power, we use diesel gensets of varying power depending on the user's needs, and in addition to the genset, we also install a UPS (Uninterruptible power supply) system for uninterruptible power supply. As our customers always want more and better, we can also offer them synchronisation of the genset with the mains voltage and, consequently, parallel operation with the mains. When all these conditions are met, we can also propose a virtual power plant to the customer. In this thesis, I first present the types of gensets we know, the two main components of a genset and the types of fuel used to run the genset engines. A concrete example is described of the installation of a backup power supply in a retirement home, where the backup power supply is essential for the smooth operation. In the following, all the segments necessary for the proper implementation of the project are presented. At the beginning, we can carry out measurements to find out how much power is needed, draw up a plan for the installation of the generator in the required location, build a switching cabinet that will serve for automatic switching between normal power supply and standby power supply, connect the controller that serves for the correct operation of the generator, synchronise with the grid and connect the generator to the tertiary reserve, which will allow us to recover part of the investment costs. To help you understand the cost of the investment, at the end of the thesis there is an informative calculation of whether or not the investment is worthwhile, or how many years it will take to recoup the investment.

KEYWORDS:

- electric generator
- backup power supply
- synchronisation
- tertiary regulation
- programming the controller

KAZALO

1. UVOD.....	1
1.1 Energetika.....	1
1.2 Sistemi rezervnega napajanja	1
1.3 UPS naprave.....	1
1.4 Električni dizel agregat (REZERVNO NAPAJANJE)	2
1.5 Vrste goriva.....	2
1.6 Kako izbrati moč agregata.....	3
1.7 Izvedba agregatov.....	3
1.8 Ključni deli agregata.....	7
1.9 Predstavitve problema v diplomski nalogi.....	9
2. REZERVNO NAPAJANJE Z DIZEL ELEKTRIČNIM AGREGATOM – DOM STAREJŠIH OBČANOV	10
2.1 Električne meritve za določanje moči agregata.....	10
2.2 Projektiranje postavitve agregata v prostor.....	12
2.3 Izris elektro načrta in izdelava preklopne omare (ATS).....	14
2.4 ComAp krmilnik za upravljanje z agregatom.....	16
2.5 Delovanje krmilnika na preklopno omaro in agregat	17
2.6 Sinhronizacija agregata z omrežjem.....	18
3. VIRTUALNA ELEKTRARNA IN TERCIARNO NAPAJANJE	20
3.1 Kaj lahko povzroči razlika v frekvenci v praksi.....	21
3.2 Terciarna regulacija frekvence	22
3.3 Dražbe Elesa za rezervno napajanje in nudenje storitev	23
3.4 Organigram udeležencev	24
3.5 Terciarna regulacija frekvence	24
3.6 Pomen vključitve v terciarno rezervo za investitorja.....	25
4. IZRAČUN INVESTICIJE PO POVRNITVI S PRIKLOPOM V TERCIARNO REGULACIJO FREKVENCE	26
4.1 Prihodki.....	27
4.2 Odhodki.....	27
4.3 Skupni denarni tok.....	28
4.4 Realni denarni tok	29
4.5 Sedanja vrednost projekta.....	30
4.6 Interna stopnja donosnosti	31
4.7 Kazalniki gospodarnosti ali ekonomičnosti	31
4.8 Kazalniki donosnosti naložbe	32
4.9 Kazalnik donosnosti odhodkov	32
4.10 Doba vračanja naložbe.....	33
5. ZAKLJUČEK IN UGOTOVITVE.....	34
6. VIRI IN LITERTURA.....	Napaka! Zaznamek ni definiran.

KAZALO SLIK

Slika 3: Traktorska izvedba agregata	4
Slika 4: Mobilna izvedba agregata	5
Slika 5: Kontejnerska izvedba agregata	6
Slika 6: Odprta izvedba agregata	7
Slika 7: Motor agregata	8
Slika 8: Generator napetosti	9
Slika 9: Meritve električne porabe	11
Slika 10: Primer postavitve agregata v prostor	13
Slika 11: Primer preklopne omare	15
Slika 12: Primer kontrolerja ComAp	16
Slika 13: Vezava na krmilnik	17
Slika 14: : Časovni potek in kazalčni diagram dveh nesinhroniziranih napetosti	18
Slika 15: Ekran za sinhronizacijo	19
Slika 16: Delitev evropskega elektroenergetskega sistema	21
Slika 17: : Nihanje frekvence	22
Slika 18: : Čas povrnitve frekvence	22
Slika 19: Shema izvajanja regulacije frekvence, izravnava sistema v štirih nivojih	23
Slika 20: : Organigram udeležencev	24
Slika 21: : Prikaz normalne oziroma željene frekvence	25
Slika 22: Prikaz padanja frekvence zaradi povečanja proizvodnje	25
Slika 23: : Primer letne avkcije in mesečne avkcije	26
Slika 24: Skupni denarni tok in likvidnost projekta	28
Slika 25: Realni denarni tok – doba vračanja naložb	29

KAZALO TABEL

Tabela 1: Prednosti in slabosti dizel agregatov	2
Tabela 2: Prednosti in slabosti bencinskih agregatov	3
Tabela 3: Prihodki skupaj	27
Tabela 4: Odhodi skupaj	27
Tabela 5: Skupni denarni tok	28
Tabela 6: Realni denarni tok	29
Tabela 7: Sedanja vrednost projekta	30
Tabela 8: Interna stopnja donosnosti	31

KRATICE IN AKRONIMI

UPS:	Uninterruptible power supply (neprekinjeno napajanje)
ATS:	Automatic transfer switch (preklopna omara)
RCV:	Republiški center vodenja
aRPF+:	Avtomska rezerva za povrnitev frekvence v pozitivni smeri izravnava
aRPF-:	Avtomska rezerva za povrnitev frekvence v negativni smeri izravnave
IS:	Informacijski sistem
AVR:	Automatic voltage regulators (avtomatski napetostni regulator)
FEEDBACK:	Prejemanje povratne informacije

1. UVOD

1.1 ENERGETIKA

Energetika je danes gospodarska panoga, ki je zadolžena za trgovanje, prenos, dobavo in uporabo vsake energije.

Prvi energetski »bum« sodobne dobe se je zgodil med drugo svetovno vojno in po njej. Razvoj motorjev na notranje izgorevanje je naredil kvantni preskok, tehnologija izkoriščanja kuriv za na primer proizvodnjo elektrike je omogočila izboljšanje izkoristka za red velikosti, iznašli so – na začetku sicer ne s tem namenom – postopek za izkoriščanje praktično neomejenega energetskega vira, namreč nadzorovano cepitev atomov, in postavili temelje zlivanju atomskih jeder. Začel se je razvoj sodobne civilizacije in kakovosti življenja (vsaj v razvitem delu sveta), ki je v zgodovini brez primere. Vendar oskrba z energijo – zlasti v Evropi – ni ubrala smeri evolucije, pač pa bolj revolucije. Dogajanje najlepše parafrazira v Evropi ponarodeli izraz (Energiewende), ki naj bi označeval energetski preobrat v smislu energetskega »Nazaj k naravi«. Na področju energetike se prav zdaj dogajajo tektonski premiki. (Mihalič, 2020)

Oskrba človeštva z energijo je v svojem bistvu preprosta naloga, a veliko ljudi ta problem vendarle podcenjuje in nima pravega občutka za njegovo kompleksnost. Razlog za to je največkrat banalen, nanj pa nismo imuni niti tisti, ki bi se morali nanj spoznati. (Mihalič, 2020)

1.2 SISTEMI REZERVNEGA NAPAJANJA

Za električno omrežje v Sloveniji lahko rečemo, da je zanesljivo. Moramo se pa zavedati, da napake na električnem omrežju lahko nastanejo zaradi različnih okvar na omrežju, okvar v elektrarnah, napak na transformatorjih, človeške napake in naravnih nesreč. Slovenijo je leta 2014 prizadel žledolom, zaradi katerega je bilo poškodovane zelo veliko elektro infrastrukture. V takšnih primerih pride rezervno napajanje v ospredje in zagotavlja dodaten vir napajanja. V sisteme rezervnega napajanja spadajo električni dizel agregati, UPS sistemi in gorivne celice. (Belaj, 2015)

1.3 UPS NAPRAVE

UPS naprava nam zagotavlja neprekinjeno napajanje kritičnih porabnikov. Z drugo besedo lahko rečemo, da je ups naprava vmesni člen pri sistemu rezervnega napajanja. Kadar pride do izpada električne energije, napajanje kritičnih porabnikov prevzame ups naprava in jih napaja do zagona agregata. Ups naprave so zelo razširjene v podatkovnih centrih, bolnišnicah in v vseh kritičnih infrastrukturah. (Belaj, 2015)

1.4 ELEKTRIČNI DIZEL AGREGAT (REZERVNO NAPAЈANJE)

Električni dizel agregat je naprava, ki nam s pomočjo motorja in generatorja generira električno napetost. V zadnjem času so agregati skoraj nepogrešljiv vir dodatnega napajanja. Dizel električne agregate uporabljamo tudi tam, kjer električno omrežje ni prisotno, recimo na gradbiščih, dostikrat tudi v kamnolomih za pogon električnih motorjev drobilcev. Pri velikih agregatih, ki napajajo bolnice oziroma razne ustanove ključnega pomena, je zelo pomembno pravilno rokovanje z agregatom, saj v nasprotnem primeru lahko pride do napake pri nepravilnem priklopu in s tem nastane veliko škode. V našem podjetju za priklope uporabljamo krmilnik Comap, ki poskrbi, da so priklopi varni in brez napak. Agregat moramo tudi ustrezno vzdrževati, saj lahko v obratnem primeru pride do poškodb oziroma okvar na agregatu. V nadaljevanju bom opisal postopek priključitve agregata v omrežje, upravljanje agregata ter princip delovanja virtualne elektrarne oziroma terciarno rezervno napajanje. (Mides, Interno gradivo, 2021)

1.5 VRSTE GORIVA

Agregate delimo tudi glede na vrste goriva, lahko imamo bencinske ali dizelske agregate. Bencinski agregati so po večini agregati manjših moči. Dizelski agregati imajo večjo moč in so bolj vzdržljivi. Moramo pa se zavedati, da vsako dizelsko gorivo ni ustrezno, zato je potrebno v agregate točiti samo dizelsko gorivo, ki ne vsebuje bio komponent. V nasprotnem primeru bi lahko prišlo v rezervoarju do nabiranja nečistoč oziroma usedlin, ki jih pusti klasično dizel gorivo, saj je gorivo v rezervoarju več let.

<u>Prednosti dizel agregatov</u>	<u>Slabosti dizel agregatov</u>
Učinkovita poraba goriva, večja kompresija dizelskega motorja.	Običajno so dražji, a z daljšo življenjsko dobo se naložba povrne.
Nizki stroški lastništva – daljša življenjska doba, krajša doba amortizacije.	Proizvajajo več škodljivih izpustov.
Daljše delovanje (bolj vzdržljiv).	
Bolj varno skladiščenje kot pri bencinskih motorjih.	

Tabela 1: Prednosti in slabosti dizel agregatov
(Lastni vir)

<u>Prednosti bencinskih agregatov</u>	<u>Slabosti bencinskih agregatov</u>
Občutno cenejši.	Primerni za občasno uporabo.
Večje izbira modelov, večji cenovni Razpon.	Višji stroški vzdrževanja.
Proizvajajo manj škodljivih izpustov.	Krajša življenjska doba.

Tabela 2: Prednosti in slabosti bencinskih agregatov
(Lastni vir)

1.6 KAKO IZBRATI MOČ AGREGATA

Ena od najpomembnejših stvari je izbira moči agregata. Moč agregata je pomembna takrat, kadar agregat napaja kakšno večje podjetje oziroma proizvodnjo. V takem primeru je potrebno predhodno napraviti električne meritve, da lahko potem na podlagi meritev izberemo pravilno moč agregata. Upoštevati je potrebno tudi zagonske tokove raznih elektromotorjev. Pri vsakem agregatu je potrebno upoštevati tudi dejstvo, da se lahko dogradi oziroma uporabnik lahko poveča odjem. (Mides, Interno gradivo, 2021)

1.7 IZVEDBA AGREGATOV

Poznamo več vrst izvedb agregatov. Izbira je odvisna od želje in zahtev kupca ali pa od okolice.

Traktorska izvedba agregata je primerna za uporabo na kmetijah, saj je preprosta za uporabo. Uporabnik se priključi na traktorski priključek in z njim prideluje elektriko.



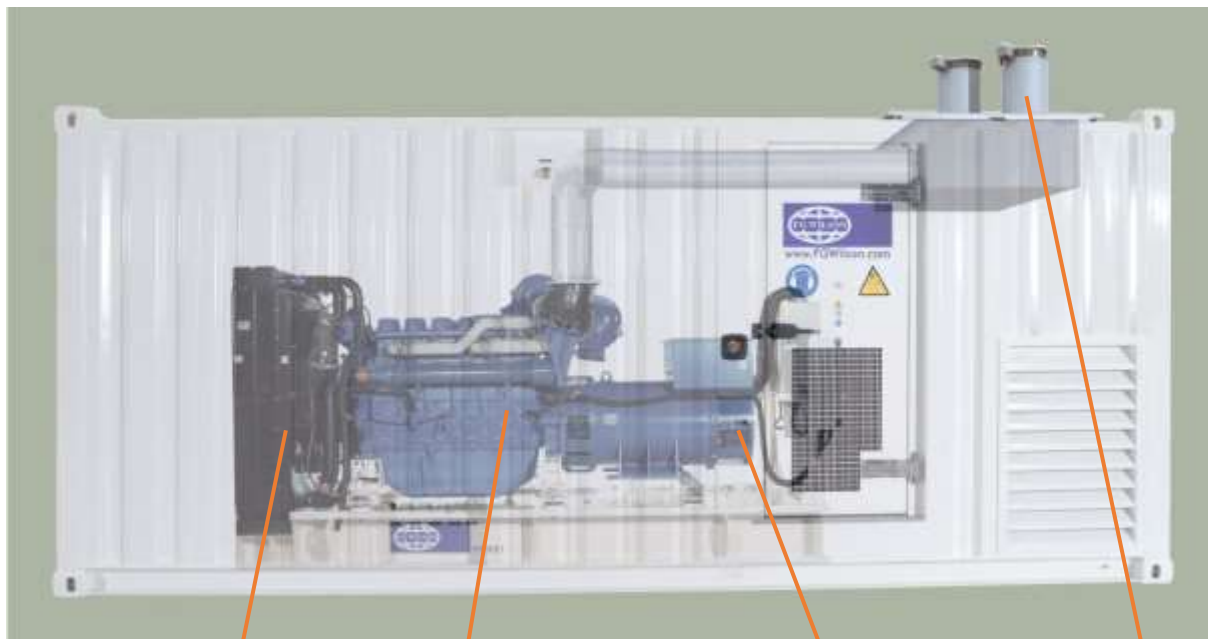
Slika 1: Traktorska izvedba agregata
(Vir: MIDES INTERNATIONAL d. o. o., 2021)

Mobilna izvedba agregata je zelo prilagodljiva. Mobilni agregati so običajno nameščeni na prikolico in jih lahko dostavimo na vsako lokacijo, kjer potrebujejo elektriko. Za zelo učinkovito varianto so se izkazali v primerih naravnih nesreč, kot je bil žled. Na sebi imajo komandno omaro, preko katere upravljamo agregat. Pod komandno omaro imamo hitre priklope za dovodne kable. (Mides, Interno gradivo, 2021)



Slika 2: Mobilna izvedba agregata
(Vir: MIDES INTERNATOINAL d .o. o., 2021)

Kontejnerska izvedba agregata je primerna za zunanjo in notranjo postavitve. Prednosti kontejnerske izvedbe so, da ga lahko postavimo skoraj na vsako lokacijo. Ohišje je dobro izolirano, zato ga lahko postavimo tudi v bližino ustanov, ki so občutljive na hrup. V ohišje lahko namestimo tudi preklopno omaro in dodatni rezervoar za gorivo. V kontejner lahko montiramo agregate vseh moči, ne glede na velikost, saj se kontejner prilagodi glede na potrebe agregata. (Mides, Interno gradivo, 2021)



Slika 3: Kontejnerska izvedba agregata
(Vir: Prinsis.si, 2021)



Odprta izvedba agregata je primerna za objekte s posebej prilagojenim prostorom za postavitev elektro agregata. Veliko podjetij oziroma ustanov ima projektiran poseben prostor za postavitev agregata in v takem primeru lahko postavimo odprto izvedbo agregata. Poleg elektro inštalacij agregat potrebuje tudi strojne inštalacije, kot so kanali za prezračevanje, dovod oziroma odvod zraka, ki se odpirajo preko komandne omare. Prostor mora biti zaradi velike vrednosti hrupa zvočno izoliran. (Mides, Interno gradivo, 2021)



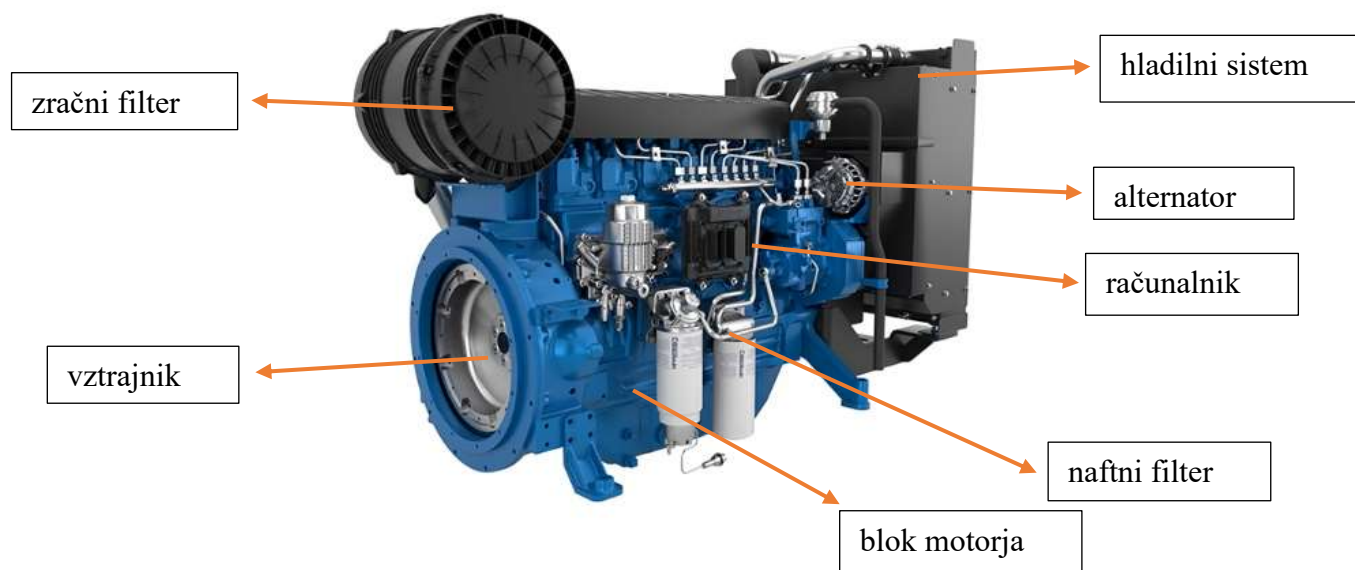
Slika 4: Odprta izvedba agregata
(Vir: MIDES INTERNATIONAL d. o. o., 2021)

1.8 KLJUČNI DELI AGREGATA

MOTOR AGREGATA

Motorji večjih agregatov so predvsem dizelske izvedbe. Na trgu ponujajo različne vrste motorjev. Vsak ima kakšne prednosti in pa tudi slabosti, predvsem glede poraba goriva, saj v trenutnih razmerah to predstavlja kar velik strošek. So 4-taktni dizelski motorji z direktnim vbrizgom in turbinskim polnilnikom. Število vrtljajev, ki jih doseže motor, je 1500/min. Največje odstopanje je +/- 5%, boljše opremljeni agregati imajo na motorju tudi elektronsko regulacijo vrtljajev. Maksimalno odstopanje števila obratov pri konstantnem bremenu je max. +/- 0,25%. Skoraj vsi motorji imajo za diagnosticiranje parametrov motorja in napak vgrajen ECU ali računalnik motorja. (Matisa, 2022)

Proizvajalci motorjev: Perkins, Scania, Iveco, Volvo penta, Deutz, Baudouin



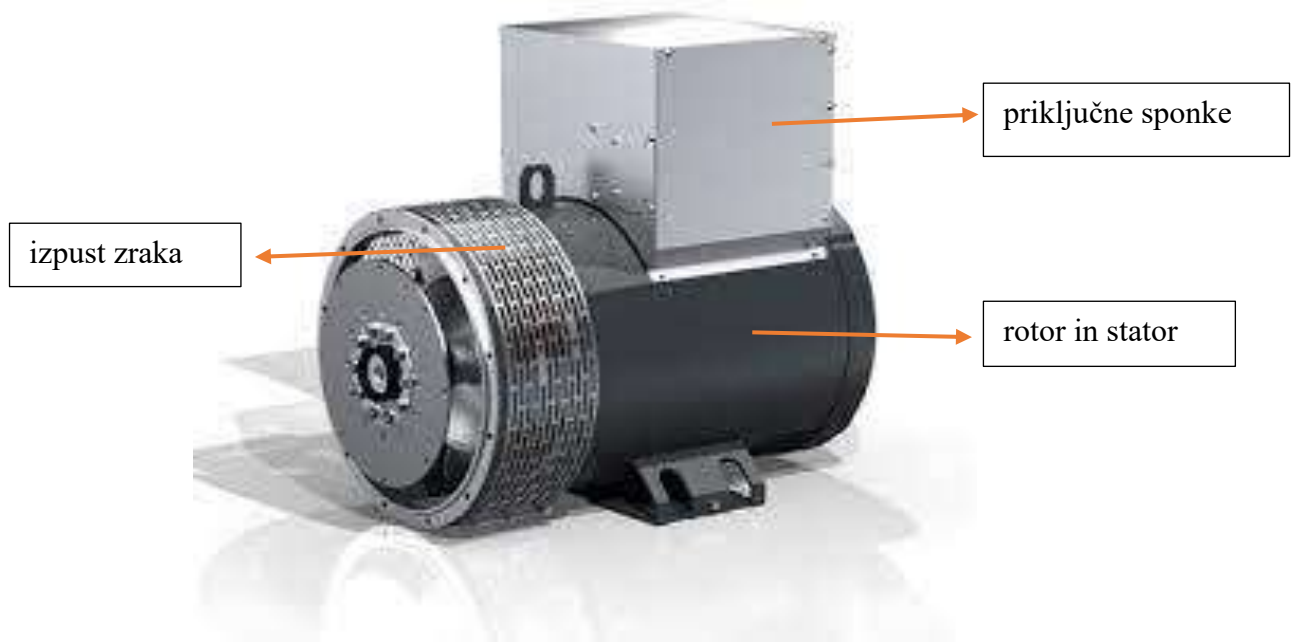
Slika 5: Motor agregata

(Vir: MIDES INTERNATIONAL d. o. o., 2021)

ELEKTRIČNI GENERATOR

Električni generator je električni stroj, ki pretvarja mehansko energijo v električno. Mehansko energijo zagotavlja pogonski stroj. Vsi električni generatorji delujejo na principu električne indukcije, kjer nastane električna napetost, ko tokovodnik seka silnice magnetnega polja. Pri manjših generatorjih zagotavlja magnetno polje trajni magnet, pri večjih enotah so bolj pogosti elektromagneti, ki pa potrebujejo dodaten vir toka za vzbujanje. Pri modernih izmeničnih generatorjih vzbujevalni tok zagotavlja ločen zunanji vir (enosmerni generator ali usmernik). Ker je vzbujevalni tok precej manjši od toka v indukciji, je vzbujevalni tokokrog navadno nameščen na rotor generatorja, saj drsni obroči niso primerni za prevajanje velikega toka. Generator mora biti sinhronski, nazivna napetost medfazna 400 V, nazivna frekvenca 50 Hz, regulacija napetosti največ $\pm 0,5\%$. (Matisa, 2022)

Proizvajalci generatorjev: Mecc alte, Stamford, Marelli, Sincro



Slika 6: Generator napetosti

(Vir: MIDES INTERNATIONAL d. o. o., 2021)

1.9 PREDSTAVITEV PROBLEMA V DIPLOMSKI NALOGI

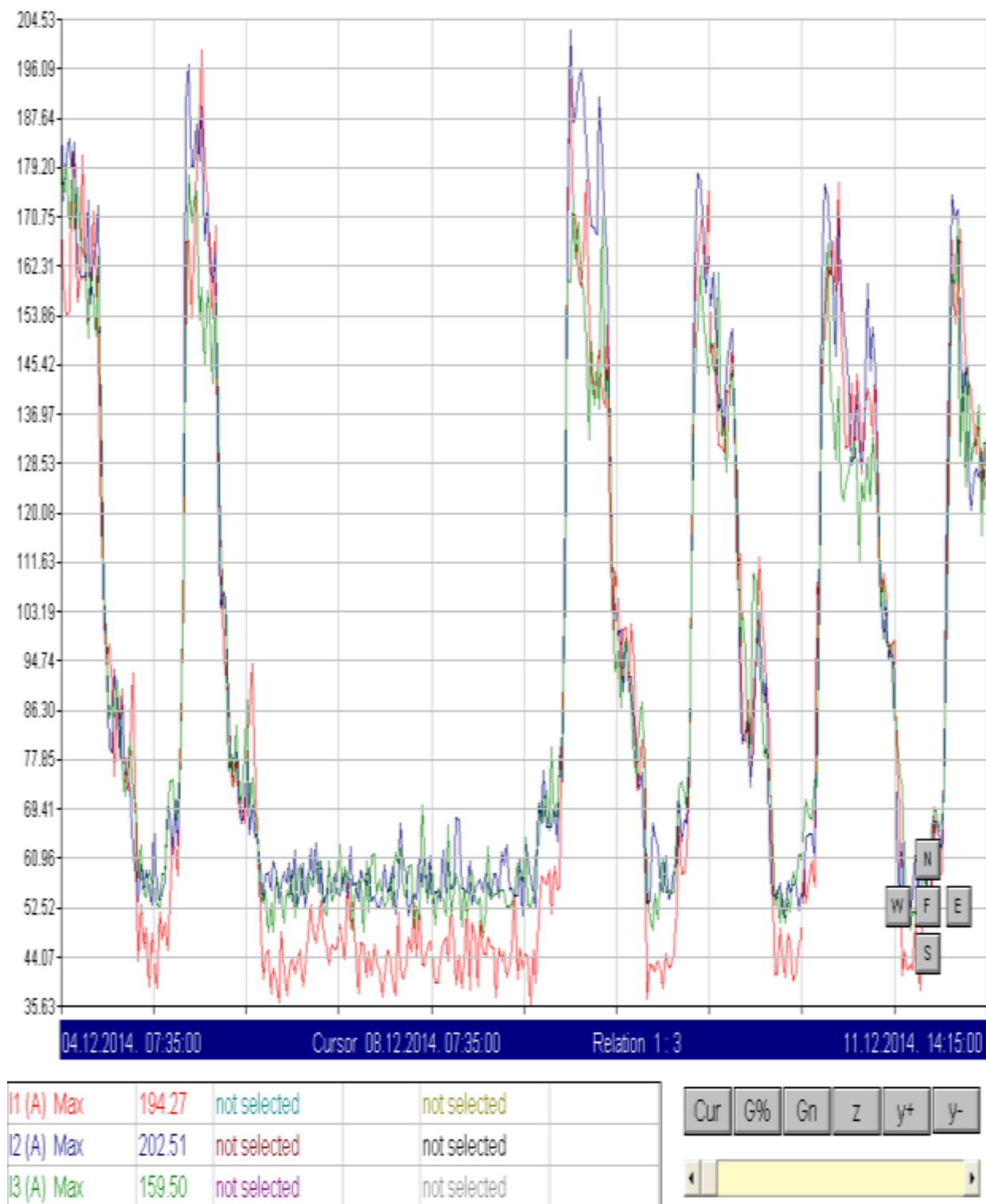
V diplomski nalogi bom opisal priklop rezervnega napajanja in priklop v terciarno regulacijo frekvence. Rezervno napajanje s pomočjo električnega dizel agregata je zelo dobra in zanesljiva rešitev, kadar moramo zagotoviti neprekinjeno dobavo električne energije. Zato se čedalje več podjetij odloča, da v svojo investicijo vključijo tudi rezervno napajanje, saj se mnogi proizvodni procesi med delovanjem ne smejo ustaviti ali pa se lahko samo za kratek čas. V našem podjetju se ukvarjamo z neprekinjeno dobavo električne energije. V dotičnem projektu smo morali namestiti agregat za rezervno napajanje zaradi delovanja dvigala in nujnih porabnikov. Moramo pa se tudi zavedati, da je investicija agregata, preklopnega mesta in programiranje celotnega sistema kar velik denarni vložek. Pri tem si lahko pomagamo, če imamo zadosti močan agregat, saj ga lahko vklopimo v terciarno rezervno napajanje. Ko smo vključeni v ta sistem, si lahko povrnemo stroške servisov in goriva.

2. REZERVNO NAPAJANJE Z DIZEL ELEKTRIČNIM AGREGATOM – DOM STAREJŠIH OBČANOV

V domu starejših občanov so naročili izvedbo rezervnega napajanja z dizel električnim agregatom moči 250 kVA in priklop agregata v terciarno rezervno napajanje za vzdrževanje frekvence oziroma v virtualno elektrarno.

2.1 ELEKTRIČNE MERITVE ZA DOLOČANJE MOČI AGREGATA

Ena od ključnih stvari pred pričetkom izvedbe naročila je, da naredimo električne meritve energije, saj samo tako lahko določimo pravo moč agregata. V našem podjetju opravljamo meritve z inštrumentom analizator kvalitete električne energije Metrel MI2192. Po meritvah smo ugotovili, da je poraba cca. 200 A po vodniku. Za tako porabo bi bil dovolj že 150 kVA, v dogovoru s stranko smo potem ponudili večji agregat, saj se bodo v naslednjih letih povečali. Na sliki 9 imamo prikazan graf električnega toka v amperih. Z grafa je razvidimo, da je bil največji tok po posameznem faznem vodniku I1:194.27 A, I2:202.51 A in I3:159.50 A. Glede na meritev izberemo pravo moč agregata. (Mides, Interno gradivo, 2021)

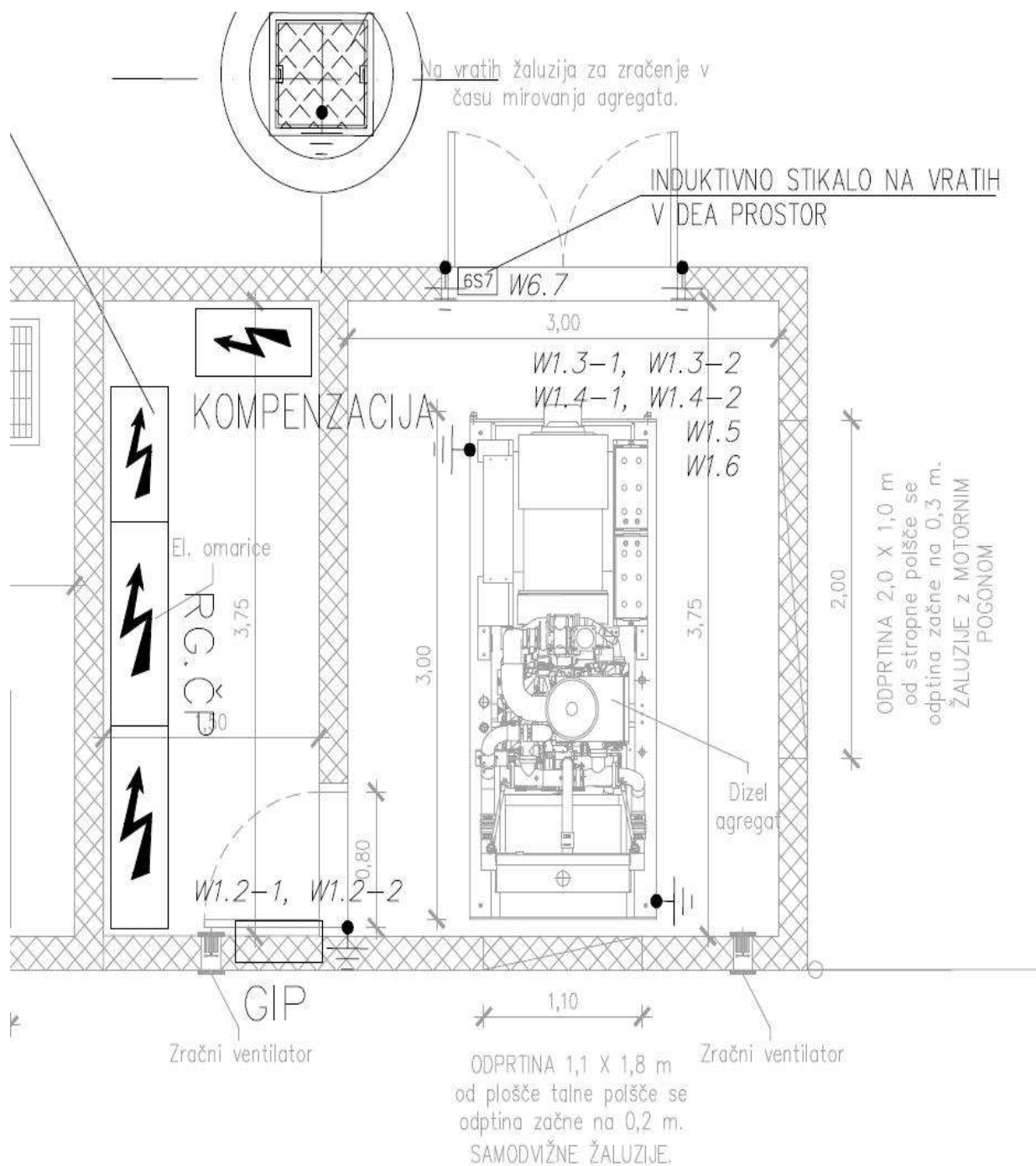


Slika 7: Meritve električne porabe
 (Vir: MIDES INTERNATIONAL d. o. o., 2014)

2.2 PROJEKTIRANJE POSTAVITVE AGREGATA V PROSTOR

Postavitev agregata v prostor oziroma na ustrezno mesto je zelo velikega pomena. Upoštevati moramo dimenzije agregata, zajem zraka, odvod zraka, potek izpušne cevi, dostop za servisiranje in dotakanje goriva. Zato morajo biti ti izračuni točni in vedno moramo upoštevati malo rezerve, saj v nasprotnem primeru, ko imamo agregat enkrat na objektu, ne moremo več spreminjati prostora. Projektant mora biti tudi pozoren, če so v prostoru žaluzije na elektro pogon in na dovod zraka v oziroma odvod iz prostora. Žaluzije v zaprtih prostorih so zelo velikega pomena, saj lahko bistveno zmanjšajo moč agregata oziroma lahko pride do okvare agregata. Do okvare pride, če agregat nima zadostne količine zajema svežega zraka. Odvodne žaluzije skrbijo za odvod zraka iz prostora, saj bi v nasprotnem primeru v prostoru ustvarjali podtlak, ki je lahko usoden tako za agregat kot za človeka.

Na sliki 10 vidimo primer izrisa postavitve agregata v prostor. Na načrtu vidimo, kje so predvidene odprtine za zajem in odvod zraka in kolikšna more biti odprtina v steni. V prostoru je predviden tudi zračni ventilator, ki se vklopi po potrebi, da se v prostoru ne bi nabirali izpušni plini. (Mides, Interno gradivo, 2021)

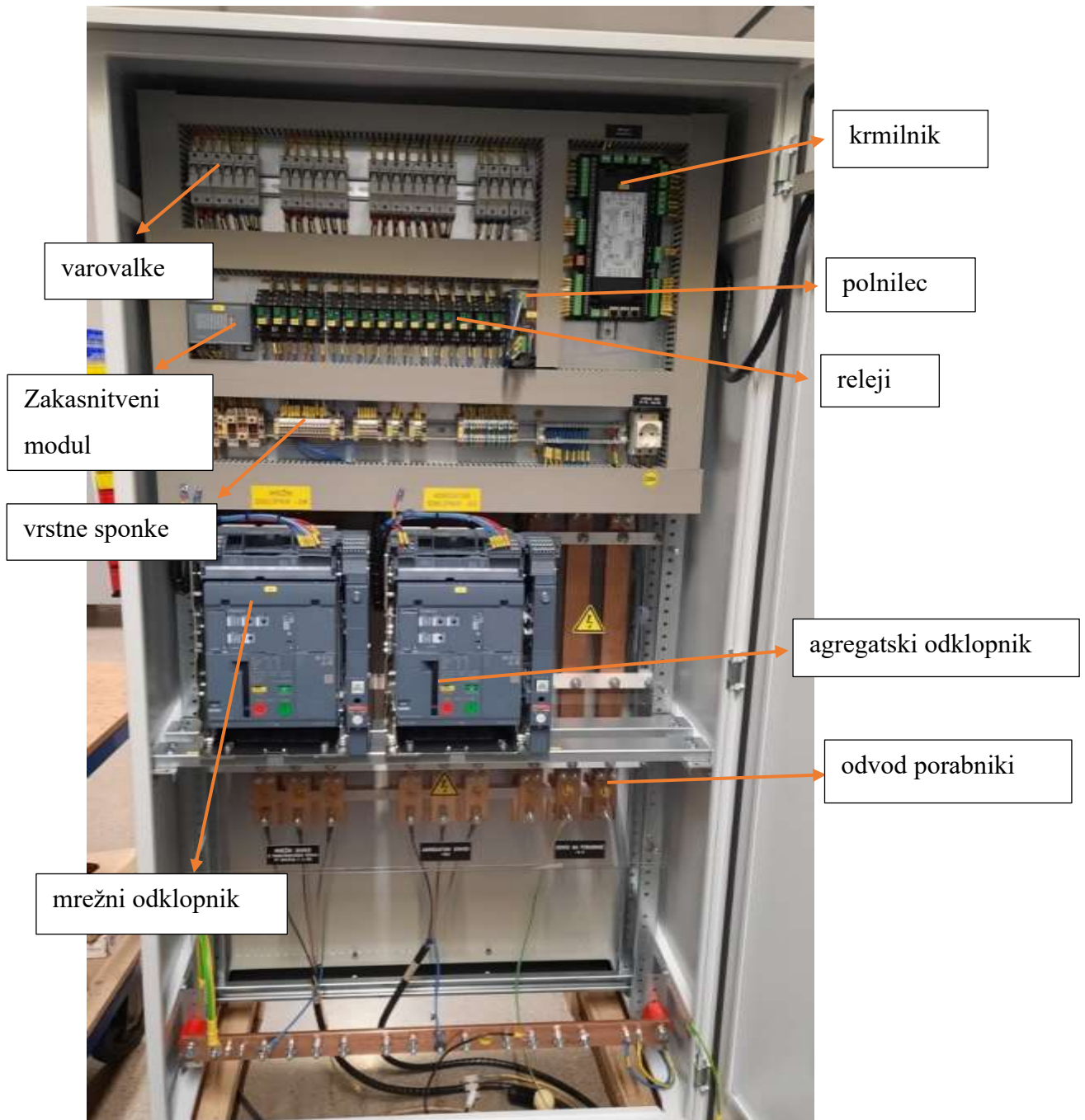


Slika 8: Primer postavitve agregata v prostor
(Vir: MIDES INTERNATIONAL d. o. o., 2021)

2.3 IZRIS ELEKTRO NAČRTA IN IZDELAVA PREKLOPNE OMARE (ATS)

Pri izrisu elektro načrta moramo upoštevati želje naročnika projekta. Potrebno je pravilno dimenzionirati preseke dovodnih vodnikov na agregat in pripraviti in popisati je treba signalne kable za potrebe agregata. Elektro načrte rišemo s programom SEE Electrical, ki je zelo fleksibilen in preprost za uporabo. Dobro in natančno izdelan načrt pomeni tudi boljše učinkovitost in boljšo vezavo, ob okvari pa lažje popravilo. V preklopni omari imamo motorizirane odklopnike, ki samodejno preklaplajo ob signalu iz krmilnika. V omari imamo vrstne sponke, releje in varovalke. Na vsaki omari in tudi na agregatu moramo imeti tipko za izklop v sili.

Na sliki 11 vidimo preklopno omaro, ki jo bomo vgradili pri našem naročniku. V omari imamo krmilnik ComAp, ki je zadolžen za pravilno delovanje celotnega sistema rezervnega napajanja. Poleg krmilnika so v preklopni omari pomembni tudi odklopniki, ki preklaplajo med normalnim in rezervnim napajanjem. Oba odklopnika sta motorizirana, kar pomeni, da se avtomatsko vklopita in izklopita, ko dobita signal iz krmilnika. V omari imamo še različne varovalke, vrstne sponke, releje, tokovnike, ki merijo električni tok, in modul za zakasnitev izklopa mrežnega odklopnika. Modul je aktiviran, kadar pride do zelo kratkega izpada oziroma če mrežna napetost malo zaniha. Mrežnega odklopnika ne izklopi takoj, ampak z zakasnitvijo. (Mides, Interno gradivo, 2021)



Slika 9: Primer preklopne omare
(Lastni vir)

2.4 COMAP KRMILNIK ZA UPRAVLJANJE Z AGREGATOM

V našem podjetju našim podjetju za potrebe programiranja električnega dizel agregata uporabljamo krmilnik znamke ComAp. To je češko podjetje, ki je eno od vodilnih na svetu na svojem področju. Z njihovimi krmilniki lahko brez težav krmilimo kateri koli agregat, ne glede na starost in tip. V našem primeru bomo imeli vgrajen krmilnik IntelliGen4 200. Ta krmilnik nam omogoča, da bo agregat lahko deloval paralelno z mrežno napetostjo. Krmilnik skrbi tudi za nemoteno delovanje in za preklop iz mrežnega na rezervno napajanje.



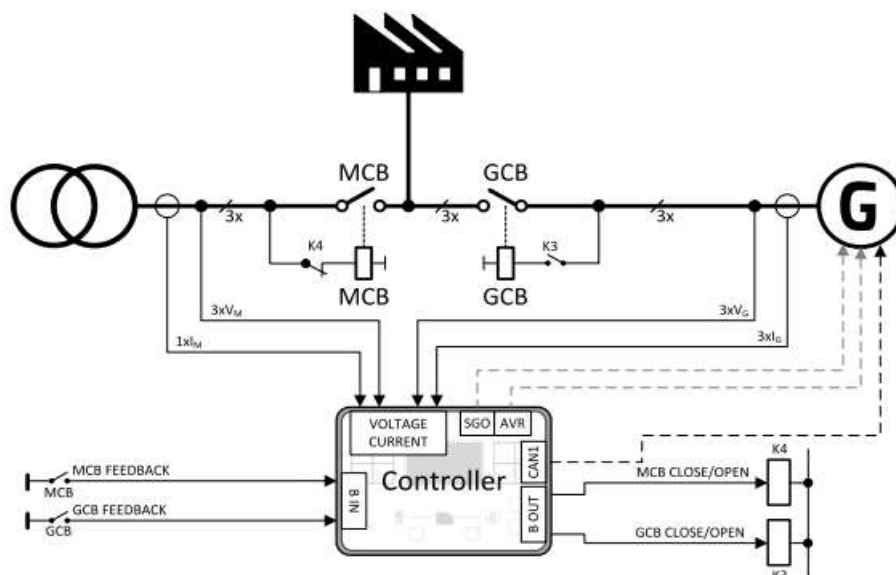
Slika 10: Primer krmilnika ComAp

(Vir: MIDES INTERNATIONAL d. o. o., 2021)

Standardni krmilnik ima 8 digitalnih vhodov, 8 digitalnih izhodov in 4 analogne vhode. Digitalne vhode uporabimo za povratne informacije o položaju odklopnikov, o nivoju goriva, nivoju olja, bremenskem testu, blokadi ločilnega mesta in aktivaciji virtualne elektrarne. Digitalni izhodi služijo za pošiljanje ukazov iz krmilnika agregatu: štart, mrežni odklopnik – vklop/izklop, generatorski odklopnik – vklop/izklop, generatorski parametri so v nastavljenih mejah, stanje ločilnega mesta, mrežna napetost prisotna, generatorska napetost prisotna. Analogni vhodi pa služijo za pridobivanje informacij o razlitju goriva, nivoju goriva in temperaturi motorja. Vsi ti ukazi delujejo na območju 2–20 mA. (Mides, Interno gradivo, 2021)

2.5 DELOVANJE KRMILNIKA NA PREKLOPNO OMARO IN AGREGAT

Na splošno je krmilnik, ki ga uporabljamo za delovanje agregata, vmesni člen med agregatom in preklopno omaro (ATS) in skrbi, da se vsi preklopi zgodijo pravilno in brez napak.



Slika 11: Vezava na krmilnik

(Vir: MIDES INTERNATIONAL d. o. o., 2021)

Na sliki 13 imamo prikazano vezavo med krmilnikom, ATS omaro in agregatom, kot jo bomo izvedli pri našem naročniku. Kot vidimo na sliki, moramo na krmilnik povezati prisotnost mrežne napetosti in prisotnost generatorske napetosti. S tem dobimo informacijo, na kateri vir napajanja je trenutno priklopljen porabnik. Na generatorski strani imamo priključene tudi tri tokovnike za merjenje tokov, da imamo podatek, koliko je obremenjen agregat med delovanjem. Tudi na mrežni strani imamo vgrajen tokovnik, ki pa služi za sinhronizacijo agregata z omrežjem oziroma v takem primeru lahko agregat prevzame breme brez izpada električnega napajanja. V preklopni omari moramo imeti generatorski odklopnik (GCB) in mrežni odklopnik (MCB). Oba odklopnika krmili krmilnik, ki skrbi tudi za preklope. Preklop se izvrši, ko nam digitalni izhod pošlje signal na rele K3 ali K4. Po preklopu dobimo tudi povratno informacijo preko FEEDBACKA na digitalni vhod, tako krmilnik ve, katero stikalo je vključeno in katero izključeno. Na krmilniku imamo tudi izhod za AVR in SPEED GOVERNOR, ki skrbita za ravnovesje napetosti in obratov motorja. AVR deluje tako, da mu krmilnik pošilja signal, ki ga prebere in nastavi željeno napetost. Območje napetosti, ki ga regulira, je od 219 V do 242 V. SPEED GOVERNOR je naprava na motorju, ki skrbi za obrate motorja.

S pomočjo obratov motorja lahko reguliramo frekvenco in moč. Normalni delovni obrati motorja so 1500 obratov/min, kar pomeni frekvenco 50 Hz. Za pravilno delovanje agregata potrebujemo tudi podatke, ki nam jih pošilja sam motor, saj je enako kot pri avtomobilu, imeti moramo temperaturo motorja, nivo goriva in tlak olja. Ko so vsi pogoji izpolnjeni, lahko

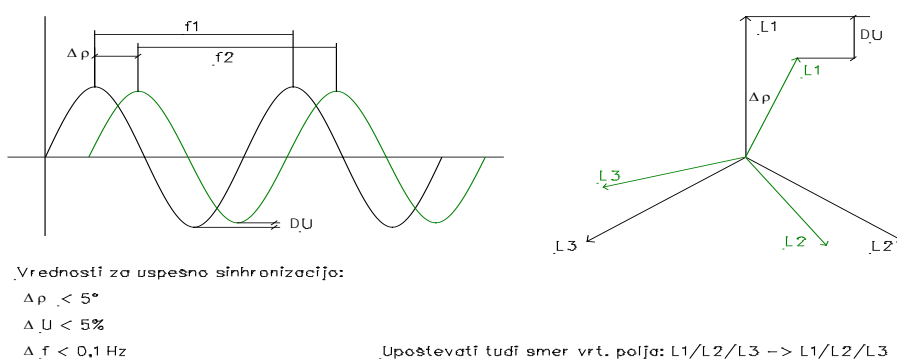
zaženemo agregat, ki ga upravlja krmilnik. Že pri najmanjšem odstopanju nastavljenih parametrov bo krmilnik prekinil delovanje agregata, zato lahko rečemo, da je zagon agregata s krmilnikom varen za uporabnika. (Mides, Interno gradivo, 2021)

2.6 SINHRONIZACIJA AGREGATA Z OMREŽJEM

Dizelski električni agregat (DEA) lahko, če izpolnjuje določene zahteve, sinhroniziramo z omrežjem.

Ti pogoji so:

- pogonski motor agregata, ki je opremljen z elektronskim regulatorjem vrtljajev, na katerega lahko delujemo s krmilnikom;
- sinhronski generator agregata, ki je opremljen z regulatorjem napetosti, na katerega lahko delujemo s krmilnikom;
- stikalna oprema preklopnega mesta, ki omogoča hitre daljinske vklope in izklope;
- krmilnik agregata in preklopnega mesta, ki omogoča delovanje na agregat in preklopno mesto.



Slika 12: : Časovni potek in kazalčni diagram dveh nesinhroniziranih napetosti
 (Vir: MIDES INTERNATIONAL d. o. o., 2021)

Prednost sistema, ki omogoča sinhronizacijo agregata z omrežjem, je na primer bremensko testiranje agregata brez prekinitve napajanja priključenih porabnikov. Za končnega uporabnika to pomeni, da lahko izvaja redna periodična testiranje agregata v delovnem času, saj s tem ne bo motil delovnega procesa, ki se izvaja v objektu. Agregat lahko deluje otočno – napaja porabnike ločeno od omrežja, ali pa trajno paralelno z omrežjem – prevzame samo del moči priključenih porabnikov (ostalo pa še vedno zagotavlja omrežje). Tak način testiranja agregata je za dizelski motor primernejši, saj daljše delovanje motorja v prostem teku ali pa pri nizkih obremenitvah negativno vpliva na sam motor, zanesljivost njegovega delovanja in njegovo življenjsko dobo. Če motor deluje pri nizkih obremenitvah oziroma v prostem teku, se ne bo segrel na svojo delovno temperaturo. Posledica je pojav črne oljnate tekočine (zmes neizgorelega goriva in usedline motornega olja), ki kaplja iz izpušnega sistema (kolektor in turbina). Dolgotrajno delovanje ima za posledico tudi nabiranje ogljikovih oblog v izpušnem sistemu, za batnimi obročki in v cilindrih. V nekaterih primerih lahko zato nastopi tudi poliranje stene cilindra, kar se manifestira v povečani porabi

motornega olja, izgubi kompresije in odtekanju neporabljenega goriva v oljno korito. Posledice delovanja motorja pri nizkih obremenitvah so zmanjšanje delovne moči agregata, hitrejša obraba materialov – kar privede do povečanih stroškov vzdrževanja ter večje verjetnosti, da v primeru izpada omrežja agregat ne bo deloval pravilno. Pomembna prednost takega sistema je, da v primeru izpada primarnega napajanja (omrežja) ob povratku omrežja ne nastopi prekinitve napajanja, temveč se izvrši preklop iz generatorskega na omrežno napajanje s sinhronizacijo in prelivanjem bremena – torej brez prekinitve.

Glajenje konice oziroma manjšanje odjema iz omrežja je prav tako prednost sistema, ki omogoča sinhronizacijo agregata z omrežjem. Uporabnik določi, pri kateri moči se agregat aktivira. Določi lahko tudi, ali agregat proizvaja konstantno moč in se spreminja odjem iz omrežja ali pa je odjem iz omrežja fiksni in se spreminja proizvodnja agregata. (Mides, Interno gradivo, 2021)



Slika 13: Ekran za sinhronizacijo

(Vir: MIDES INTERNATIONAL d. o. o., 2021)

Na sliki 15 imamo prikazane tri ekrane, na katerih lahko vidimo:

1. Prvi ekran nam prikazuje trenutno obremenitev agregata.
2. Drugi ekran nam prikazuje vrednosti porabe in oddaje energije na porabnike oziroma nazaj v omrežje.
3. Tretji ekran nam prikazuje sinhroskop, ki se pojavi pri sinhronizaciji agregata z omrežjem. Ko pride sinhroskop v pozicijo 0°, se izvede preklop v paralelo z omrežjem.

3. VIRTUALNA ELEKTRARNA IN TERCIARNO NAPAJSANJE

Storitev je namenjena nadomestiti izrabljene rezervne moči za avtomatski proces povrnitve frekvence in s tem vzpostavitev normalnega stanja rezerv pri regulaciji frekvence. Po delovanju avtomatskega procesa povrnitve frekvence se namreč trenutne moči agregatov, ki v njej sodelujejo, spreminjajo. Tako se lahko zgodi, da ti agregati ne zmorejo več zagotoviti zadostne rezerve. Takrat se vključijo enote, ki sodelujejo v ročnem procesu povrnitve frekvence in prevzamejo del obremenitve enot, ki sodelujejo v avtomatskem procesu povrnitve frekvence, in s tem sprostijo zahtevano rezervo v teh enotah. V ročnem procesu povrnitve frekvence lahko sodelujejo agregati, priključeni na omrežje v okviru rotirajoče rezerve, kot tudi agregati, ki se lahko najkasneje v 12,5 minutah (tudi v 15 minutah) sinhronizirajo z omrežjem in prevzamejo zahtevano moč. Rezerva je ročni proces povrnitve frekvence, ki jo včasih imenujemo tudi minutna rezerva, ker mora nadomestiti izpad največje enote v regulacijskem območju. Rezervo za ročni proces povrnitve frekvence lahko ponudijo tudi odjemalci elektrike, ki se odzovejo s prilagajanjem odjema, lahko pa jo zagotavljajo tudi proizvodni objekti izven slovenskega regulacijskega območja. Operater prenosnega sistema ponudnike praviloma izbere na dražbi. (Agencija za energijo, 2019)

Regulacijo frekvence delimo na tri dele:

- **Primarna regulacija frekvence** – v samem proizvodnem objektu.
- **Sekundarna regulacija frekvence** – iz RCV. Odziva se na napako, ki jo pušča primarna regulacija. Aktivira se v 30 s in mora pokriti odstopanja frekvence in izmenjav najkasneje v 15 minutah.
- **Terciarna regulacija frekvence** – pokriva izrabljeno rezervo moči za sekundarno regulacij najkasneje v 15 minutah.

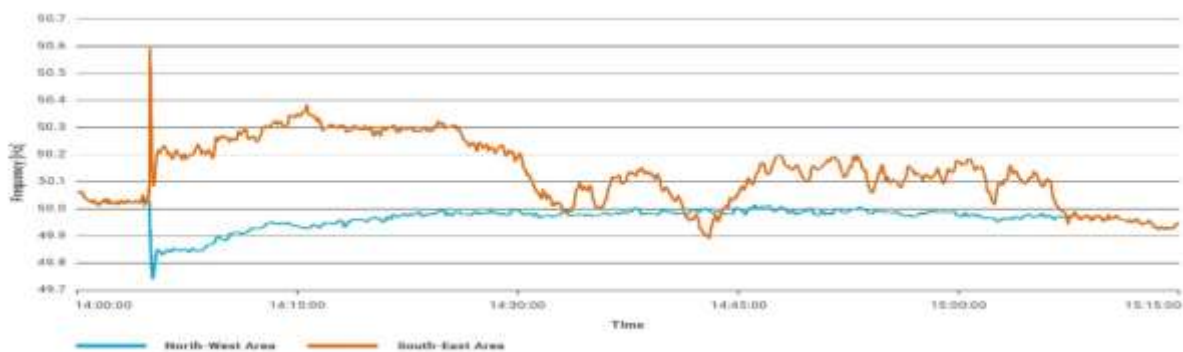
3.1 KAJ LAHKO POVZROČI RAZLIKA V FREKVENCI V PRAKSI

V začetku leta 2021 smo bili verjetno najbližje razpadu evropskega elektroenergetskega omrežja v zadnjih desetih letih. Zgodilo se je, da se je celinsko omrežje razklalo na dva nesinhronizirana dela. Na srečo so težavo odpravili v eni uri. Evropsko kontinentalno omrežje obsega praktično vso celinsko Evropo, razen Baltskih držav, Belorusije, Ukrajine in Moldavije, poleg tega pa vključuje še Turčijo, Maroko, Alžirijo in Tunizijo. S tem predstavlja enega največjih sinhroniziranih sistemov na svetu. To pomeni, da je frekvenca električne napetosti sinhronizirana po celotnem omrežju, ki je fizično povezano. Izvor težav je v 400 kV spojnem polju v razdelilno-transformatorski postaji (RTP) Ernesti novo na vzhodu Hrvaške v bližini Osijeka, ki jo je tokovna zaščita odklopila. Zaradi tega dva zbiralna sistema nista bila več povezana in sinhronizirana, kar je ločilo severozahodne in jugovzhodne tokove v RTP. Severozahodni tokovi do Žerjavinca (Hrvaška) in Pecs (Madžarska) so bili povezani na en zbiralni sistem, jugozahodni – Sremska Mitrovica (Srbija) in Ugljevik (Bosna) pa na drugega. To je povzročilo spremembe fizičnih pretokov po omrežju, kar je 23 sekund pozneje sprožilo odklop povezave Subotica–Novi Sad zaradi preobremenitve. To je sprožilo dodatne prekinitve povezav zaradi distančne zaščite, kar je še 20 sekund pozneje povzročilo razdelitev sistema na dva dela. Evropsko elektroenergetsko omrežje je bilo nenadoma razdeljeno na severozahodni del in jugovzhodni del, meja pa je šla skozi Hrvaško, sever Srbije in Romunijo. (Huš, 2021)



Slika 14: Delitev evropskega elektroenergetskega sistema
(Vir: Huš, M., 2021)

To se je izrazilo tako, da se je na severozahodnem delu omrežja pojavil primanjkljaj 6,3 GW moči, na jugozahodnem pa presežek, pred razdelitvijo pa so bili fizični tokovi enaki. Posledično je frekvenca padala s 50 Hz na 49,74 Hz, v južnem delu pa je narasla na 50,6 Hz. Lovljenje frekvence, ki odstopa od 50 Hz, se popravlja z več stopnjami regulacije. (Huš, 2021)



Slika 15: : Nihanje frekvence
(Vir: Huš. M., 2021)

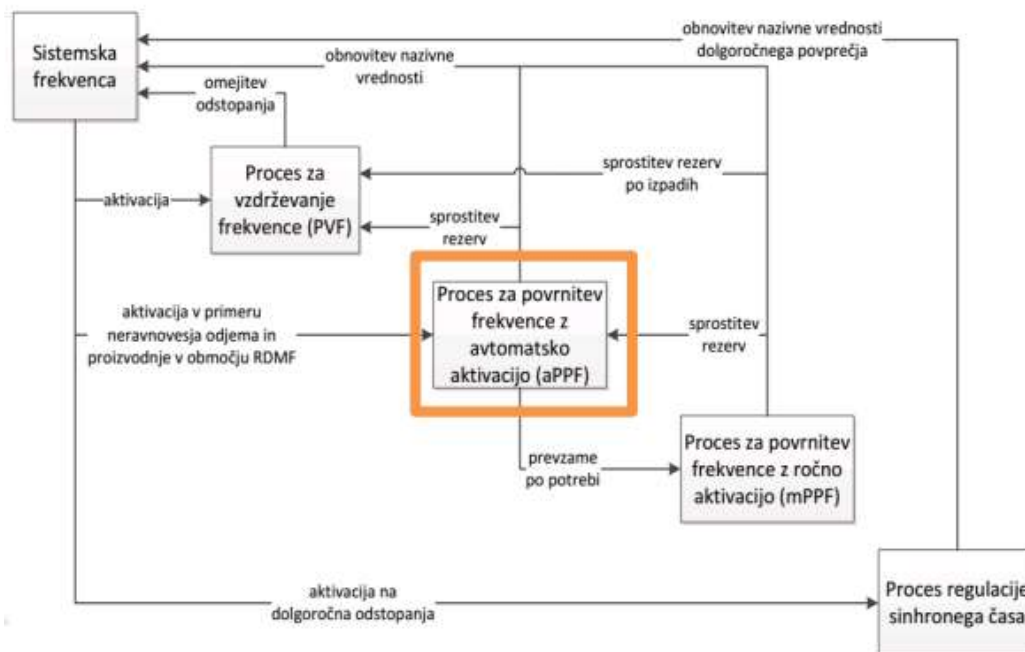
3.2 TERCIARNA REGULACIJA FREKVENCE

Elektro Slovenija (ELES) na javni dražbi za nakup rezervne delovne moči ter terciarne regulacije frekvence izbere primerne ponudnike. Tem ponudnikom se reče agregatorji moči, ki potem sklepajo pogodbe z manjšimi lastniki agregatov, priklopljenih v terciarno rezervno napajanje.

Naš naročnik je želel biti vključen v terciarno rezervno napajanje, saj si s tem lahko povrne nekaj vložene investicije. Mali agregati so pomemben vir napajanja terciarne regulacije frekvence. (Eles, 2022)



Slika 16: : Čas povrnitve frekvence
(Vir: Eles.si, 2022)

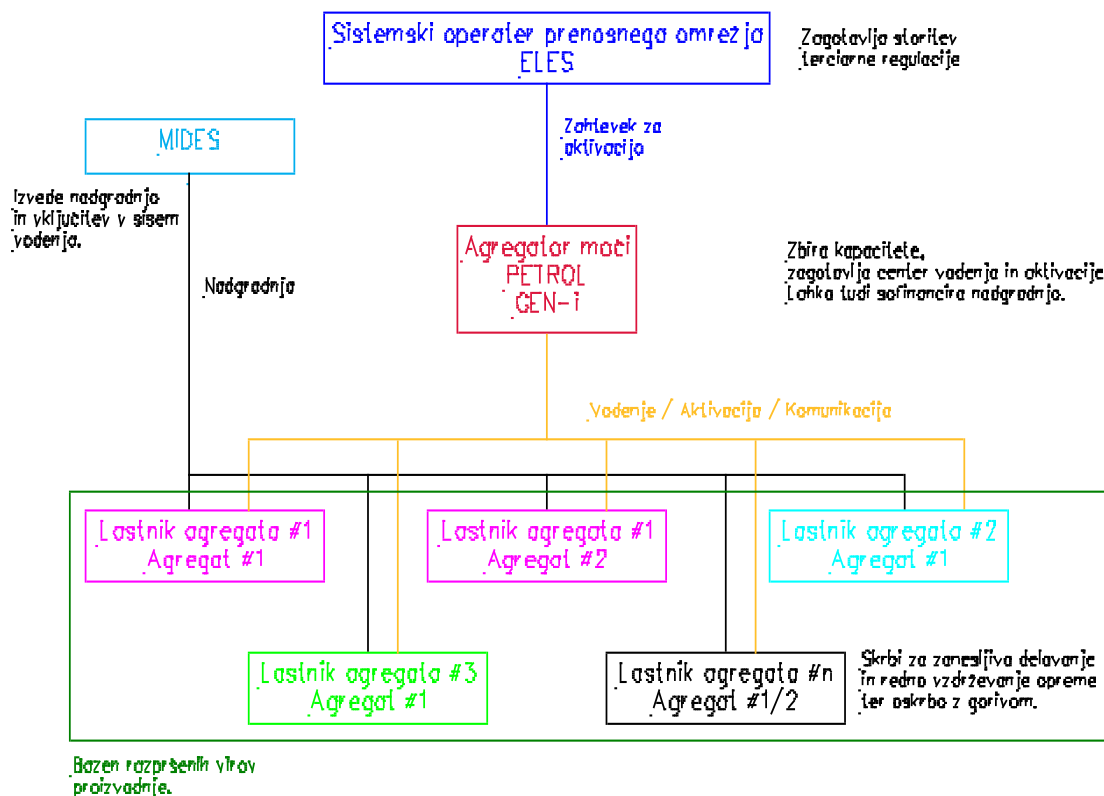


Slika 17: Shema izvajanja regulacije frekvence izravnave sistema v štirih nivojih
(Vir: Eles.si, 2022)

3.3 DRAŽBE ELESA ZA REZERVNO NAPAJANJE IN NUDENJE STORITEV

Sistemi operater prenosnega omrežja v Sloveniji je ELES. Vsako leto preko dražbe izbere ponudnike, ki bodo zagotavljali rezervo za ročno povrnitev frekvence. To so v našem primeru agregatorji moči, ki sklenejo pogodbo z lastniki agregatov, ki želijo biti vključeni v terciarno rezervno napajanje. Imamo družbe za aRPF+ (avtomatska rezerva za povrnitev frekvence v pozitivno smer izravnave) in aRPF - (avtomatska rezerva za povrnitev frekvence v negativno smer izravnave). Kvalifikacija PSI (ponudnik storitve izravnave) je PSI, ki ima veljavno potrdilo o kvalifikaciji za sodelovanje na posamezni dražbi za zakup izravnalne moči in za zbiranje ponudb izravnalne energije v skladu s temi pravili dražb ter pogoji za PSI. (Eles, 2022)

3.4 ORGANIGRAM UDELEŽENCEV



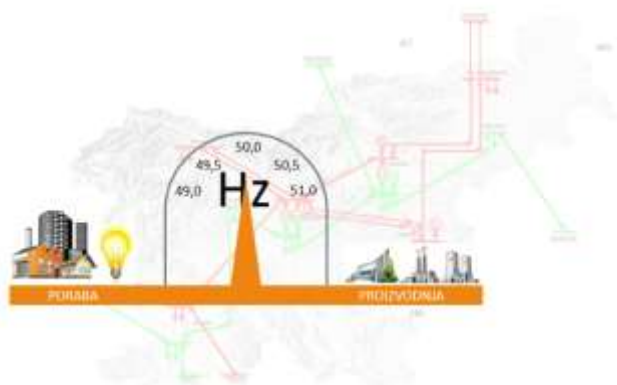
Slika 18: : Organigram udeležencev

(Vir: MIDES INTERNATIONAL d. o. o., 2021)

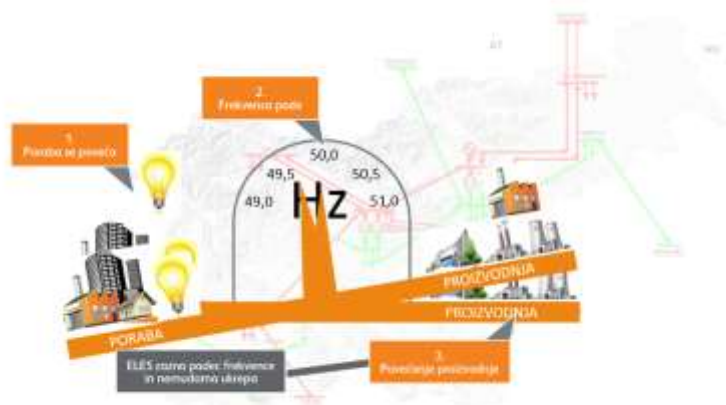
Na sliki 20 vidimo, kako poteka proces do virtualne elektrarne oziroma terciarnega rezervnega napajanja za povrnitev frekvence. Na vrhu tabele je sistemski operater prenosnega omrežja, pri na ELES. Agregatorji moči na dražbi zakupijo predvideno količino energije v MWh, potem zberejo zadostno kapaciteto energije s tem, ko sklenejo pogodbe z malimi lastniki agregatov. Agregatorji moči nato vodijo in aktivirajo posamezne agregate v njihovem omrežju, kot je to potrebno. Podjetje Mides International d. o. o. je podjetje, ki se ukvarja z izvedbo nadgradnje in vključitvijo v sistem vodenja.

3.5 TERCIARNA REGULACIJA FREKVENCE

Pokriva izrabljeno rezervo moči za sekundarno regulacijo najkasneje v 15 minutah. Za terciarno regulacijo frekvence se uporablja tudi potencial razpršenih virov proizvodnje. V to skupino spadajo vsi agregati, ki so vključeni v terciarno rezervo preko agregatorjev moči. Tudi v našem primeru, v domu starejših občanov, kjer smo postavili nov agregat in novo preklopno mesto, se samodejno naredi preklop in pride do sinhronizacije z omrežjem.



Slika 19: Prikaz normalne oziroma željene frekvence
(Vir: MIDES INTERNATIONAL d. o. o., 2021)



Slika 20: Prikaz padanja frekvence zaradi povečanja proizvodnje
(Vir: MIDES INTERNATIONAL d. o. o., 2021)

3.6 POMEN VKLJUČITVE V TERCIARNO REZERVO ZA INVESTITORJA

Če se investitor, ki se je odločil za rezervno napajanje z dizel agregatom, priključi še v terciarno rezervo, lahko za njega to pomeni, da bo dobival mesečno rento s strani agregatorja moči, s katerim bo sklenil pogodbo. Z rento bo lahko odplačeval investicijo ali pa pokrival stroške servisov in goriva. Agregatorji moči plačujejo letno ali mesečno premijo. Pri letni je cena fiksna, mesečna pa je spremenljiva. Lahko je večja ali pa tudi manjša, predvsem v današnjih časih.

Izkorišča se tudi potencial razpršenih virov proizvodnje.

Izkorišča se tudi potencial razpršenih virov proizvodnje

Predvidena cena rezervacije

- 30.950,00 €/MW/leto;
- Letna avkcija;
- 38.000,00 €/MW/leto;
- Mesečna avkcija;
- Znesek si razdelita lastnik DEA in agregator moči.

Predvidena cena za proizvedeno električno energijo

- 240,00 €/MWh;
- Letna avkcija;
- 249,00 €/MWh;
- Mesečna avkcija;
- Znesek si razdelita lastnik DEA in agregator moči.

Slika 21: Primer letne avkcije in mesečne avkcije
(Vir: MIDES INTERNATIONAL d. o. o., 2021)

4. IZRAČUN INVESTICIJE PO POVRNITVI S PRIKLOPOM V TERCIARNO REGULACIJO FREKVENCE

Izračunal sem, kolikšni so skupni prihodki in odhodki investicije po povrnitvi s priklopom v terciarno regulacijo frekvence, skupni denarni tok, realni denarni tok, sedanjo vrednost projekta, interno stopnjo donosnosti in kazalnike učinkovitosti in uspešnosti. Z izračuni sem poskušal ugotoviti, če se nam investicija izplača.

4.1 PRIHODKI

Izračun prihodkov			
Premija		1,6	€/kW/mesec
Inštalirana moč		620	kW
Prihodek za pripravljenost		11904	€/leto
Nadomestilo za proizvedeno energijo		0,26	€/kWh
Predvideno obratovanje ur na leto		40	h
Predvidena letna proizvodnja		24800	kWh
		6448,00	€
Skupaj prihodki		18.352,00	€

Tabela 3: Prihodki skupaj
(Lastni vir)

V tabeli 3 vidimo povprečne vrednosti in cene, ki so odvisne od trenutnega trga. Vse vrednosti se lahko spreminjajo. V tabeli sem upošteval povprečje 40 delovnih ur na leto, lahko je več ali manj ur.

4.2 ODHODKI

Izračun letnih odhodkov			
Poraba goriva	0,18	l/kWh	
Strošek goriva	1,49	€/l	
Stroški vzdrževanja	1.100,00	€/leto	
Nabavna vrednost agregata		80.000	EUR

Tabela 4: Odhodi skupaj
(Lastni vir)

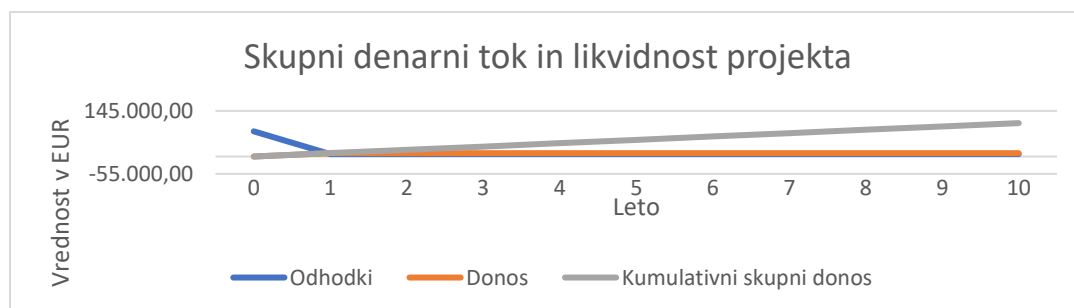
Strošek goriva je odvisen od trenutnega stanja na tržišču in ima lahko velik vpliv na donosnost investicije.

4.3 SKUPNI DENARNI TOK

Skupni denarni tok od nakupa do 10. leta starosti.

Stanje	Skupaj	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Leto		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
I. Skupni donos (1+2+3)	263.520,00	80.000,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00
1. Skupni prihodek od prodaje	183.520,00	0,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00
2. Skupna sredstva	80.000,00	80.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1. Lastna sredstva	80.000,00	80.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
II. Skupni odhodki	157.468,96	80.000,00	7.746,90	7.746,90	7.746,90	7.746,90	7.746,90	7.746,90	7.746,90	7.746,90	7.746,90	7.746,90
3. Naložbe v osnovna sredstva	80.000,00	80.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5. Gorivo	66.468,96	0,00	6.646,90	6.646,90	6.646,90	6.646,90	6.646,90	6.646,90	6.646,90	6.646,90	6.646,90	6.646,90
6. Letni stroški vzdrževanja	11.000,00	0,00	1.100,00	1.100,00	1.100,00	1.100,00	1.100,00	1.100,00	1.100,00	1.100,00	1.100,00	1.100,00
III. Neto skupni donos	106.051,04	0,00	10.605,10	10.605,10	10.605,10	10.605,10	10.605,10	10.605,10	10.605,10	10.605,10	10.605,10	10.605,10
IV. Kumulativni skupni donos		0,00	10.605,10	21.210,21	31.815,31	42.420,42	53.025,52	63.630,62	74.235,73	84.840,83	95.445,94	106.051,04

Tabela 5: Skupni denarni tok
(Lastni vir)



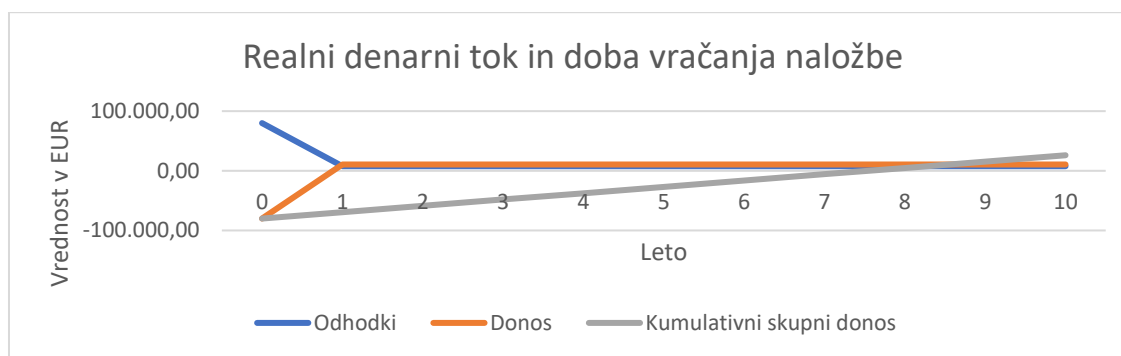
Slika 22: Skupni denarni tok in likvidnost projekta
(Lastni vir)

V skupnem denarnem toku so zajeti vsi prihodki in odhodki. Skupni denarni tok nam prikazuje likvidnost projekta.

4.4 REALNI DENARNI TOK

Stanje	Skupaj	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Leto		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
I. Skupni donos (1+2)	183.520,00	0,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00
1. Skupni prihodek	183.520,00	0,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00	18.352,00
2. Skupna sredstva	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1 Lastna sredstva	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
II. Skupni odhodki	157.468,96	80.000,00	7.746,90	7.746,90	7.746,90	7.746,90	7.746,90	7.746,90	7.746,90	7.746,90	7.746,90	7.746,90
3. Naložbe v osnovna sredstva	80.000,00	80.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5. Gorivo	66.468,96	0,00	6.646,90	6.646,90	6.646,90	6.646,90	6.646,90	6.646,90	6.646,90	6.646,90	6.646,90	6.646,90
6. Letni stroški vzdrževanja	11.000,00	0,00	1.100,00	1.100,00	1.100,00	1.100,00	1.100,00	1.100,00	1.100,00	1.100,00	1.100,00	1.100,00
III. Neto skupni donos	26.051,04	-80.000,00	10.605,10	10.605,10	10.605,10	10.605,10	10.605,10	10.605,10	10.605,10	10.605,10	10.605,10	10.605,10
IV. Kumulativni skupni donos		-80.000,00	-69.394,90	-58.789,79	-48.184,69	-37.579,58	-26.974,48	-16.369,38	-5.764,27	4.840,83	15.445,94	26.051,04

Tabela 6: Realni denarni tok
(Lastni vir)



Slika 23: Realni denarni tok – doba vračanja naložb
(Lastni vir)

V realnem denarnem toku vidimo, kdaj se nam investicija povrne.

4.5 SEDANJA VREDNOST PROJEKTA

Časovna obdobja		Skupni donosi Sd brez diskont.	Skupni odhodki So brez diskontiranja	Diskontna stopnja r = 5 % (1+r) ⁱ	Diskontni faktor $\frac{1}{(1+r)^n}$	Skupni donos Sd pri 5 % diskont. faktorju	Skupni odhodki So pri 5 % diskont. faktorju
Tekoči indeks i	Leto						
0	2021	0,00	80.000,00	1	1	0,00	80.000,00
1	2022	18.352,00	7.746,90	1,05	0,95	17.478,10	7.378,00
2	2023	18.352,00	7.746,90	1,10	0,91	16.645,80	7.026,66
3	2024	18.352,00	7.746,90	1,16	0,86	15.853,15	6.692,06
4	2025	18.352,00	7.746,90	1,22	0,82	15.098,24	6.373,39
5	2026	18.352,00	7.746,90	1,28	0,78	14.379,27	6.069,90
6	2027	18.352,00	7.746,90	1,34	0,75	13.694,54	5.780,85
7	2028	18.352,00	7.746,90	1,41	0,71	13.042,42	5.505,57
8	2029	18.352,00	7.746,90	1,48	0,68	12.421,36	5.243,40
9	2030	18.352,00	7.746,90	1,55	0,64	11.829,86	4.993,72
10	2031	18.352,00	7.746,90	1,63	0,61	11.266,54	4.755,92
Skupaj		183.520,00	157.468,96			141.709,28	139.819,48
SV						Sd - So =	1.889,80

*Tabela 7: Sedanja vrednost projekta
(Lastni vir)*

$$SV = \sum_{i=1}^{i=n=25} (Sd - So) \cdot \frac{1}{(1+r)^i} = \sum_{i=1}^{i=n=25} Sd \cdot \frac{1}{(1+r)^i} - \sum_{i=1}^{i=n=25} So \cdot \frac{1}{(1+r)^i}$$

$$SV = 1.889,80 > 0$$

SV je sedanja vrednost prihodnjega denarnega toka, ki se izračuna s pomočjo diskontiranja.

Pogoj $Sd > So$ je izpolnjen tako, da je projekt s finančnega vidika sprejemljiv.

- Diskontni faktor: To je denar, ki ga bomo prejeli ali plačali v prihodnosti in bo manj veden, kot je sedaj. Diskontni faktor je predstavljen v tabeli kot decimalno število med 0 in 1. Večji kot je diskontni faktor, manjša je vrednost sedanjega oziroma prihodnjega denarnega toka.

Diskontni faktor = $1/(1 + \text{obrestna mera})^{\text{število obdobj.}}$

– Skupni donosi Sd brez diskontiranja: Pomeni, da se pri izračunu skupnih donosov ne uporablja diskontni faktor.

– Skupni odhodki So brez diskontiranja: Pomeni, da se pri odhodkih ne upošteva diskontni faktor.

- Diskontna stopnja: Z drugo besedo ji lahko rečemo tudi obrestna mera.

4.6 INTERNA STOPNJA DONOSNOSTI

Časovna obdobja		Skupni donosi Sd brez diskont.	Skupni odhodki So brez diskontiranja	Diskontna stopnja r = 5 % (1+r) ⁱ	Diskontni faktor $\frac{1}{(1+r)^n}$	Skupni donos Sd pri 5 % diskont. faktorju	Skupni odhodki So pri 5 % diskont. Faktorju	Diskontna stopnja r = 6 % (1+r) ⁱ	Diskontni faktor $\frac{1}{(1+r)^n}$	Skupni donos Sd pri 6 % diskont. faktorju	Skupni odhodki So pri 6 % diskont. faktorju
Tekoči indeks i	Leto										
0	2021	0,00	80.000,00	1	1	0,00	80.000,00	1	1	0,00	80.000,00
1	2022	18.352,00	7.746,90	1,05	0,95	17.478,10	7.378,00	1,06	0,94	17.313,21	7.308,39
2	2023	18.352,00	7.746,90	1,10	0,91	16.645,80	7.026,66	1,12	0,89	16.333,21	6.894,71
3	2024	18.352,00	7.746,90	1,16	0,86	15.853,15	6.692,06	1,19	0,84	15.408,69	6.504,44
4	2025	18.352,00	7.746,90	1,22	0,82	15.098,24	6.373,39	1,26	0,79	14.536,50	6.136,27
5	2026	18.352,00	7.746,90	1,28	0,78	14.379,27	6.069,90	1,34	0,75	13.713,68	5.788,93
6	2027	18.352,00	7.746,90	1,34	0,75	13.694,54	5.780,85	1,42	0,70	12.937,44	5.461,26
7	2028	18.352,00	7.746,90	1,41	0,71	13.042,42	5.505,57	1,50	0,67	12.205,13	5.152,13
8	2029	18.352,00	7.746,90	1,48	0,68	12.421,36	5.243,40	1,59	0,63	11.514,27	4.860,50
9	2030	18.352,00	7.746,90	1,55	0,64	11.829,86	4.993,72	1,69	0,59	10.862,52	4.585,38
10	2031	18.352,00	7.746,90	1,63	0,61	11.266,54	4.755,92	1,79	0,56	10.247,66	4.325,83
Skupaj		183.520,00	157.468,96			141.709,28	139.819,48			135.072,32	137.017,83
				NSD _p		Sd - So =	1.889,80	NSD _n		Sd - So =	-1945,51

Tabela 8: Interna stopnja donosnosti
(Lastni vir)

$$ISD = r_p + (r_p - r_n) * \frac{NSD_p}{NSD_p - NSD_n}$$

Kjer je:

ISD – interna stopnja donosnosti

NSD – neto skupni donos (Sd-So)

R_p – diskontna stopnja, pri kateri je NSD pozitiven

R_n – diskontna stopnja, pri kateri je NSD negativen

NSD_p – NSD pri uporabljeni diskontni stopnji r_p

NSD_n – NSD pri uporabljeni diskontni

stopnji r_n

4.7 KAZALNIKI GOSPODARNOSTI ALI EKONOMIČNOSTI

$$E = \frac{Sd}{So}$$

$$Sd = 141.709,28 \text{ €}$$

$$So = 139.819,48 \text{ €}$$

$$E = 1,014$$

V kazalniku vidimo odnos med poslovnimi učinki in stroški. Izračun nam pokaže, da bomo več ustvarili kot potrošili.

4.8 KAZALNIKI DONOSNOSTI NALOŽBE

$$D = \frac{Sd - So}{N} \cdot 100(\%)$$

$$Sd = 141.709,28 \text{ €}$$

$$So = 139.819,48 \text{ €}$$

$$N = 80.000,00 \text{ €}$$

$$D = 2,4 \%$$

V kazalniku vidimo razmerje med dobičkom in vloženim kapitalom. Merijo se v %. V izpostavljenem primeru bomo imeli 2,4 % donosa.

4.9 KAZALNIK DONOSNOSTI ODHODKOV

$$Do = \frac{Sd - So}{So} \cdot 100(\%)$$

Sd =	141.709,28	€
So =	139.819,48	€
Do =	1,4	%

Kazalnik prikazuje letni donos v procentih. Če je vrednost večja kot 0, se naložba izplača.

4.10 DOBA VRAČANJA NALOŽBE

Doba vračanja naložbe

$$\text{EVS} = t = N / (\text{Sdp} - \text{Sop})$$

$$\text{Sdp} = 18.352,00 \text{ €}$$

$$\text{Sop} = 7.746,90 \text{ €}$$

$$N = 80.000,00 \text{ €}$$

$$\text{EVS} = \boxed{7,5} \text{ let}$$

Vidimo, da bo naložba prišla iz negativnega v pozitivni tok po 7,5 letih.

5. ZAKLJUČEK IN UGOTOVITVE

Z izračunom sem ugotovil, da bi se investicija povrnila v cca. 7,5 letih. Iz izračunov vidimo, da je bil strošek investicije 80.000,00 EUR. S priključitvijo v terciarno regulacijo frekvence dobimo nekaj stroškov povrnjenih. Po mojih izračunih, glede na nadomestilo za pripravljenost, ki se obračunava glede na moč agregata in predvideno količino obratovalnih ur, dobimo skupni prihodek, ker smo agregat vključili v terciarno regulacijo frekvence, v višini cca. 18.352,00 EUR na leto. Skupni odhodki predstavljajo porabo goriva in stroške vzdrževanja cca. 7.750,00 EUR. Tako lahko izračunamo, da se investicija povrne v dobi 7,5 let. Menim, da se splača vključiti v terciarno regulacijo frekvence, saj si s tem vsaj delno povrnemo stroške. Ko se odločimo za postavitev agregata, je bistveno, da smo ga postavili za naše rezervno napajanje. S tem ko ga vključimo v terciarno rezervo, pa lahko dobimo povrnjene stroške goriva in servisiranja.

6. LITERATURA IN VIRI

Belaj, K. (2015). *Načrtovanje sistema rezervnega napajanja*. Diplomsko delo, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko. Pridobljeno 15. 8. 2023 z naslova <https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=81765&lang=slv>.

Eles d.o.o. (2022). *Dražbe za aRPF in rRPF*. Pridobljeno 10. 2. 2023 z naslova <https://www.eles.si/Obratovanje/Sistemske-storitve/Drazbe-na-izravnalnem-trgu-eles/Drazbe-za-aRPF-in-rRPF>.

Mihelič, R. (2020). *Energetika za vsakogar in za vse ostale*. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije

Huš, M. (2021). *Kako je januarja skoraj razpadel evropski elektroenergetski sistem*. Pridobljeno 15. 8. 2023 z naslova <https://slo-tech.com/novice/t779600>.

Agencija za energijo (2019). *Virtualna elektrarna in terciarno napajanje*. Pridobljeno 9. 3. 2023 z naslova <https://www.agen-rs.si/>

Matisa d.o.o. (2022) *Sestavni deli agregata*. Pridobljeno 10. 2. 2023 z naslova <http://matisamm.net/elektro-agregati/>.

Mides International d.o.o. (2021). Interno gradivo podjetja Mides Internatopnal d.o.o.

Prinsis d.o.o. (2022). *Vrste električnih agregatov*. Pridobljeno 10. 5. 2023 z naslova <https://www.prinsis.si/naprave-in-oprema/elektricni-agregati/>.

Eles d.o.o. (2020). *Pravila in pogoji za ponudnike storitev izravnave na izravnalnem trgu Eles*. Pridobljeno 21. 7. 2023 z naslova <https://www.eles.si/Portals/0/Novice/DOKUMENTI>.