



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

ULTRAKIIIRE ELEKTRIAUTO LAADIJA JUURUTAMISE ANALÜÜS
TALTECH VÕRKKU
INTEGRATION OF FAST CHARGING STATION TO
TALTECH GRID

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Anton Verner
Üliõpilaskood: 176489
Juhendaja: Anton Rassõlkin, professor

Tallinn, 2020

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“.....” 201.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

“.....” 201.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....”201... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

LÕPUTÖÖ LÜHIKOKKUVÕTE

Autor: Anton Verner

Lõputöö liik: Magistritöö

Töö pealkiri: Ultrakiire elektriauto laadija juurutamise analüüs TalTech võrkku.

Kuupäev: 11.05.2020

48 lk (lõputöö lehekülgede arv koos lisadega)

Ülikool: Tallinna Tehnikaülikool

Teaduskond: Inseneriteaduskond

Instituut: Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

Töö juhendaja(d): professor Anton Rassõlkin

Töö konsultant (konsultandid):

Sisu kirjeldus:

Selle töö eesmärk on uurida võimalusi elektriauto ultrakiire laadija paigaldamiseks TalTech linnakus.

TalTech oli valitud näidiseks mis on Eestis peamine innovatsioonide toimumise koht.

See töö keskendub elektrisõidukite kiirlaadijatele. Leida optimaalse paigalduskoht ultrakiire elektriauto laadijale. Mis oleks sobiv TalTechi külaliste elektriautode laadimiseks. Paigalduskoht peab olema majanduslikult põhjendatud ning ka tehniliselt lahendatav.

Töö tulemused on samuti võimalik kasutada Energeetika maja madalpinge seadme käidutööde jooksul tulevikus.

Märksõnad: alalisvoolu laadija; elektriauto; ultrakiire laadija; CHADEMO; CCS

ABSTRACT

<i>Author:</i> Anton Verner	<i>Type of the work:</i> Master Thesis
<i>Title:</i> Integration of Fast Charging Station to TalTech Grid	
<i>Date:</i> 11.05.2020	<i>48 pages (the number of thesis pages including appendices)</i>
<i>University:</i> Tallinn University of Technology	
<i>School:</i> School of Engineering	
<i>Department:</i> Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics	
<i>Supervisor(s) of the thesis:</i> professor Anton Rassõlkin	
<i>Consultant(s):</i>	
<i>Abstract:</i> <p>The aim of this thesis is to examine incentives that are directed for integrate charging station for electric vehicles in TalTech. TalTech is selected as example of university, which is a main place for innovations studies in Estonia. This work concentrates on fast chargers for battery electric vehicles. Main aim is to find optimal place for ultrafast charger installation. Charging point location needs to be reasonable technically and financially. Thesis work conclusions could be also used in future improvements and maintenance of substation 784 low voltage part. One of the main topics also are valid standards and requirements of electrical chargers.</p>	
<i>Keywords:</i> DC fast-charging station; battery electric vehicle; CHADEMO; CCS; ultrafast charging	

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Lõputöö teema:	Ultrakiire elektriauto laadija juurutamise analüüs TalTech võrkku.
Lõputöö teema inglise keeles:	Integration of Fast Charging Station to TalTech Grid
Üliõpilane:	Anton Verner, 176489
Eriala:	AAAM02/09 - Energiamuundus- ja juhtimissüsteemid
Lõputöö liik:	magistritöö
Lõputöö juhendaja:	Anton Rassõklin
Lõputöö ülesande kehtivusaeg:	Kevad 2020
Lõputöö esitamise tähtaeg:	20.05.2020

Üliõpilane (allkiri)

Juhendaja (allkiri)

Õppekava juht (allkiri)

1. Teema põhjendus

Selle töö eesmärk on uurida võimalusi elektriauto ultrakiire laadija paigaldamiseks TalTech linnakus. TalTech oli valitud näidiseks mis on Eestis peamine innovatsioonide toimumise koht. See töö keskendub elektrisõidukite kiirlaadijatele.

2. Töö eesmärk

Leida optimaalse paigalduskoht ultrakiire elektriauto laadijale. Mis oleks sobiv TalTechi külaliste elektriautode laadimiseks. Paigalduskoht peab olema majanduslikult põhjendatud ning ka tehniliselt lahendatav.

3. Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:

Õigeks ülesanne lahenduseks alguses analüüsime mis on kiirlaadija, uurime laadimisprotsessi, valime parima varianti paigalduskohaks. Koostan eelprojekti, vajadusel põhiprojekti.

4. Lähteandmed

Alajaamade koormuste andmed. Liitumispunktides on paigaldatud Elektrilevi arvestid mille tunniandmed annab Taltech kinnisvara osakond. Skeemid, olemasolevad projektid ka TalTechi kinnisvara poolt.

5. Uurimismeetodid

Analüüsin tunniandmed selleks et, selgitada alajaamade koormatused. Nende andmete põhjal koostan tehnilised lahendused ja kooskõlastan neid TalTechi kinnisvaraosakonnaga. Peale selle valin paigalduskohta, demensioneerin kaablid arvutan kaitseaparatuuri arvuti tarkvara abil näiteks Eaton xSpider.

6. Graafiline osa

Tunniandmed tabelitena ja graafikutena, AJ 784 VII korpus , AJ 1162 Mektory. Graafiline osa läheb lisadesse.

7. Töö struktuur

0. Sissejuhatus

0.1 Taustauuring

0.2 Elektrisõidukite ja – laadjade kasutamise statistika

1. Põhiosa

1.1 Laadijate info

1.2 Laadjad ja ülekiiralaadjad

1.3 Laadijate klassifitseerimine

1.4 TalTech kampuse kirjeldus

2. Teoreetiline osa

3. Praktiline osa

3.1 AJ 784 koormuse optimeerimise võtted

4. Kokkuvõtte

Lisa 1 Ühenduseskeemid

8. Kasutatud kirjanduse allikad

Töös on kasutatud teadusartiklid, arengukavad, standardid.

[1] J. Spöttle, M., Jörling, K., Schimmel, M., Staats, M., Grizzel, L., Jerram, L., Drier, W., Gartner, Research for TRAN Committee – Charging infrastructure for electric road vehicles, no. June. 2018.

- [2] D. Ronanki, A. Kelkar, and S. S. Williamson, "Extreme fast charging technology—prospects to enhance sustainable electric transportation," *Energies*, vol. 12, no. 19, pp. 1–17, 2019.
- [3] "Sõidukite statistika | Maanteeamet." [Online]. Available: <https://www.mnt.ee/et/ametist/statistika/soidukite-statistika>. [Accessed: 10-Dec-2019].
- [4] W. M. Camilo Suarez, "Fast and Ultra-Fast Charging for Battery Electric Vehicles – A Review," *IEEE Energy Convers. Congr. Expo. - ECCE 2019*, pp. 1–7, 2019.
- [5] I. Palu, J. Šuvalova, T. Sarnet, and T. Kangro, "Elektertransport ja selle mõju elektrisüsteemi talitlusele II etapi lõpparuanne," Tallinn, 2014.

9. Lõputöö konsultandid

Taltech kinnisvara osakond Arvi Lugenberg, Juri Kurganov

10. Töö etapid ja ajakava

Informatsioon allikatest läbitöötamine ja eelprojekti koostamine 12.02

sissejuhatava osa kirjutamine - 25.02

Uuringu osa valmis - 30.03

Kokkuvõtte koostamine - 31.03

Töö esmane versioon - 01.04

Juhendajale läbilugemiseks saatmine - 09.04

Paranduste sisseviimine - 16.04

Juhendajale teiseks läbilugemiseks saatmine - 19.04

Töö lõplik versioon - 01.05

SISUKORD

LÕPUTÖÖ LÜHIKOKKUVÕTE.....	3
ABSTRACT.....	4
LÕPUTÖÖ ÜLESANNE	5
EESSÕNA.....	10
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU	11
SISSEJUHATUS	12
TAUSTINFO	13
1. ELEKTRIAUTO LAADIMINE.....	17
1.1 Alalisvoolu laadimise põhistandardid	19
1.2 Laadijate klassifitseerimine	19
1.2.1 Aeglased laadijad	20
1.2.2 Kiirlaadijad.....	21
1.2.3 Ülekiirloomise projektid ja tootjad.....	22
1.2.4 Levinumaid kiirloomijate topoloogiad.....	23
1.1 Vahekokkuvõte.....	27
2. TALTECH-I ÜLIKOOLI LINNAKU ELEKTRIVÕRK	28
2.1 Mektory maja	29
2.2 Energeetika maja tugevoolupaigaldise andmed	30
2.3 TalTech-i energeetikamaja koormused alajaamas.....	31
2.4 Sammud elektripaigaldise projekteerimiseks.	33
2.5 Elektripaigaldise mudel	35
2.6 Valitud kiirloomija.....	35
2.7 Vahekokkuvõte.....	36
3. ÜLIKIIRLOADIJA PAIGALDAMISE STSENAARIUMID.....	37
3.1 Stsenarium 1.....	37
3.1.1 Kuluanalüüs.....	39
3.2 Stsenarium 2.....	39
3.2.1 Kuluanalüüs.....	41
3.3 Stsenarium 3.....	42
3.3.1 Kuluanalüüs.....	43
3.4 Vahekokkuvõte.....	44
KOKKUVÕTE	45

Soovitud tulevikus	45
LIST OF REFERENCES	46
Lisa 1.....	48

EESSÕNA

Käesoleva lõputöö teema on valitud autori poolt tänu aktuaalsusele. Eesmärgiks on elektriautolaadija paigalduse lahendus Tallina Tehnikaülikooli linnakus. Selleks tehakse eelprojekt, analüüsitakse Taltech'i linnaku elektripaigaldiste vabad võimsused, valitakse optimaalne paigalduskoht. Töös kasutatud materjalid on leitud teadusartiklite andmebaasidest.

Tänuõnad töö juhendajale Tallinna Tehnikaülikooli Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituudi professorile Anton Rassõlkinile innustamise ja toetamise töö kirjutamises samuti tänuõnad Juri Kurganovile KSM Projekt OÜ ja Arvi Lugenberg TalTech kinnisvara osakond, kes konsulteerisid tehnilise lahenduse osas.

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

BEV	akutoitega elektriauto (<i>battery electric vehicle</i>)
CC	pidev vool (<i>constant current</i>)
CV	pidev pinge (<i>constant voltage</i>)
CCS	kombineeritud laadimis süsteem (Combo-2 Charging System)
CHAdEMO	laadimisega liikumine (CHArge de MOve)
HEV	hübriidelektrisõiduk (<i>hybrid electric vehicle</i>)
Li-ion	liitium-ion (<i>lithium-ion</i>)
kWh	kilovatt-tund (<i>kilowatt hour</i>)
kvarh	Reaktiivenergia tarbimine kilovar-tunnis (<i>kilovar-hour</i>)
OCV	avatud vooluringipinge (<i>open-circuit voltage</i>)
f	sagedus (<i>frequency</i>)
PEV	pistik elektriauto (<i>plug-in electric vehicle</i>)
PHEV	pistikhübriid elektriauto (<i>plug-in hybrid electric vehicle</i>)
PV	fotogalvaanilised paneelid (<i>photovoltaic panels</i>)
SOC	laadimise seisund (<i>state of charge</i>)
THD	kogu harmooniline moonutus (<i>total harmonic distortion</i>)
TDD	kogu nõudluse moonutus (<i>total demand distortion</i>)
V2G	elektriauto on integreeritud jaotusvõrku (<i>Vehicle to grid</i>)
PJK	Peajaotuskilp (<i>Main distribution board</i>)
BMS	Akujuhtimissüsteem (<i>Battery management system</i>)
XFC	Ultrakiire elektriauto laadija (<i>Extreme fast charging</i>)
OBC	Elektriauto pardalaadija (<i>On Board Charger</i>)

SISSEJUHATUS

Globaalne soojenemise tagajärjed tekitavad palju muresi. Euroopaliidu riigid jõudsid kokkuleppele vähendada kergtranspordi heitgaaside väärtusi aastaks 2050. aastaks 80% võrreldes 2015 aastaga. Elektriautode kasutamine on valitud üheks lahenduseks mitmest. Nendele autodele on vaja laadimistaristu. Antud töös on käsitletud elektriautode, sõiduautode laadijad ning ultrakiire laadija paigaldamine TalTech linnakus.

Elektrisõidukite turul viimaste aastate jooksul oli agressiivne kasv ja enamused Euroopa autotootjaid on lubanud elektriauto toomisele või hübriididele. Siiski on veel mõned takistused mis on seotud elektrisõidukite kõrge turu hinnaga, sõiduulatuses, laadimisajaga ning ka infrastruktuuriga. Sõiduulatus võib varieeruda erinevate automudelite seas, näiteks Hyundai IONIQ-st Elektri mis läbib 200 km [1], uuema põlvkonna Nissan Leaf 220km [2] , Tesla mudeli S 610 km-ni [3] on võimalik järeldada, et tänapäevased autode sõiduulatused sobivad igapäevaseks kasutamiseks. USAs 95% sõitudest on 53 km ringis. Pikka maa sõitudeks elektrisõidukid veel ei sobi hästi, aga selline puudus lähiajal likvideeritakse tänu infrastruktuuri parandamisega, ning uute elektriautode mudelite turule tulekuga, kus on juba suurem sõiduulatus. Samuti tankimisfirmad juba paigaldavad kiired ja ultrakiired laadijad.

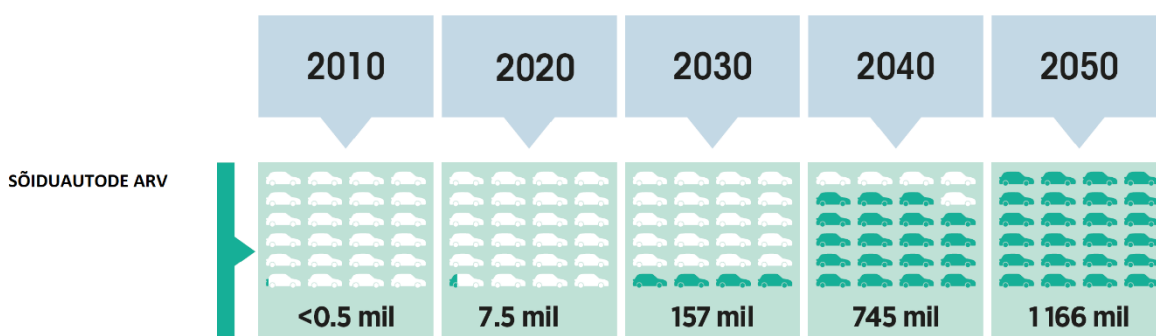
Kuna elektriautode sõiduulatus suureneb, ka tööstuse areng on suunatud laadimisaegade vähendamiseks. Laadimisaeg ei sõltu ainult laadimisseadme väljundvõimsusest, vaid pingetasemest ja ka aku kiirlaadimise võimekusest. Siin on võimalik nimetada järgmised piirangud: akupatareide keemia, selle tehnilise korra seisund (SoH), ning laengu taseme seisund (SoC) ja temperatuuri juhtimissüsteem kõik need nimetatud faktorid mõjutavad maksimaalse saavutatava võimsuse. See tähendab et laadimisprotsessis ei ole võimalik saavutada laadija maksimaalse võimsusetaseme. Elektriauto laadijate roll protsessis on väga oluline, sõltuvalt laadimise moodusest laadija tarbitav ja ka laadimisvõimsus erineb. Selles lõputöös analüüsitakse ultrakiire 175 kW laadija juurutamise võimalused TalTech võrkku AJ784 taga. Selleks arvutame kui palju on seal vaba võimsust kahel meetodil:

- tagasiulatavalt vastavalt keskmisele tarbimisele info Elektrilevist,
- arvutuslik trafo läbilaskevõime – tippkoormus.

Vaba võimsus annab võimaluse hinnata kui palju on võimalik trafot koormata ja kas on reservi kiirlaadija paigaldamiseks. Valime toitekaabli, paigaldamise asukohta teeme arvutusmudeli kogu madalpinge jaotusseadmele.

TAUSTINFO

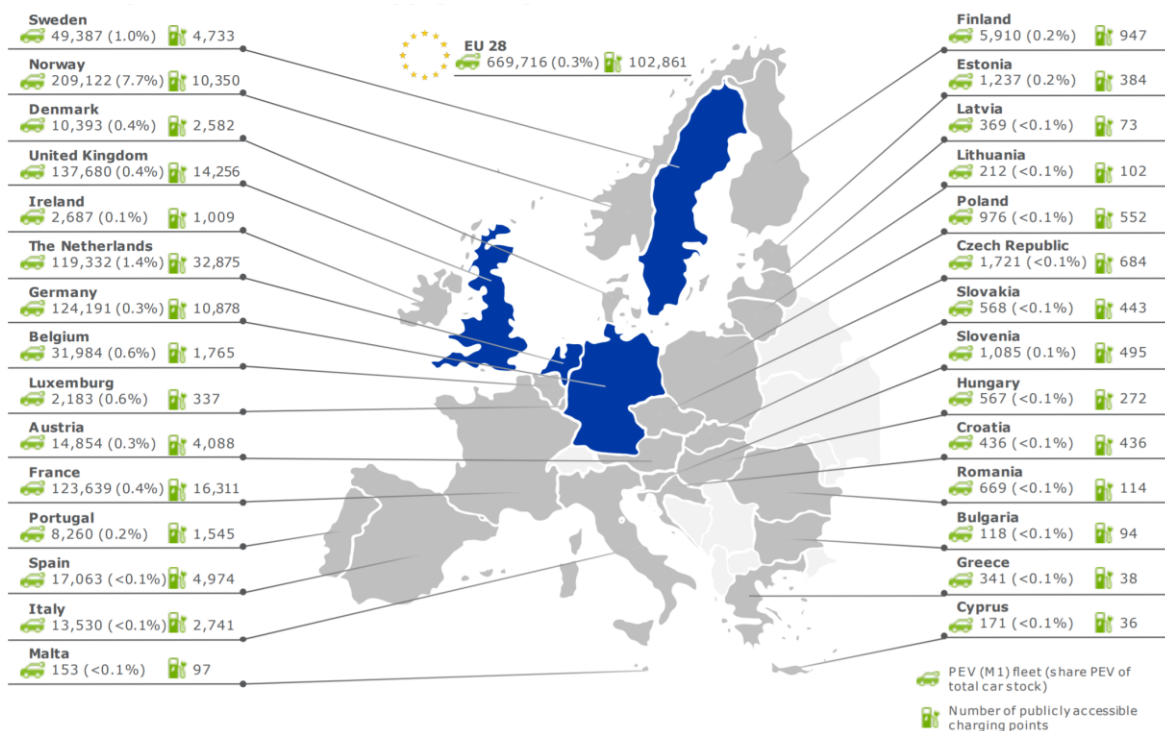
Üleminek looduse säästavale transpordile on ELi praeguse energia- ja kliimapolitiika üks peamisi eesmärke. EL seadis eesmärgi, et 2050. aastaks peavad transpordist tulenevad heitgaasid (välja arvatud rahvusvaheline veetransport) olema 60% madalamad kui 1990. aastal ja EL peab kindlalt tegutsema täieliku dekarboniseerimise suunas. Elektromobiilsust peetakse praegu kõige lootustandvamaks tehnoloogiaks süsinikdioksiidi (CO₂) heitkoguste vähendamiseks üksikute vedude puhul, mis tähendab, et selle levik on võtmelement jõupingutustes saavutada ELi kasvuhoonegaaside vähendamise eesmärgid ja Pariisi kokkuleppes seatud eesmärgid. hoida globaalne temperatuuritõus alla 2 kraadi Celsiuse järgi. Täiendavateks eelisteks on transpordi energiatõhususe suurendamine ning sudu ja müra vähendamine.



Joonis 1 Elektriautode arvu kasv vahemikus 2010 ja 2050, vastavalt Pariisi kokkulepe visioonile [4]

Elektriautode arv aastatega kordistub vastavalt prognoosile Joonisel 1. Uute tingimustes, kui nafta hind kõigub, üleminek elektriautodele võib olla aeglasem, aga see on vältimatu. Uudistest võib lugeda sõnumeid nagu Pariis plaanib keelata fosiilkütustel autode kasutamist aastaks 2030.

Aastal 2017 Euroopas oli veel elektriautode osa kogu sõiduautodest oli ainult 0,3%. Laadimisjaamade tihedus oli vaja täiendada, et toetada elektriautodele üleminekut. Laadimisjaamade arvu kasvuga ning nende saadavusega kasvab ka elektrisõidukite arv Euroopas. Samas, teine alternatiivkütuste infrastruktuuri direktiiv (AFID) soovib EL-i liikmesriikidel tagada maksimaalselt suhe 10 autot ühe laadimispunkti kohta. Eeldatakse, et turgudel, kus seda suhet ei täideta, võetakse PEV aeglasemalt kasutusele. Eestis on suhe 1300/176=7,38 Prantsusmaal on suhe 6,5



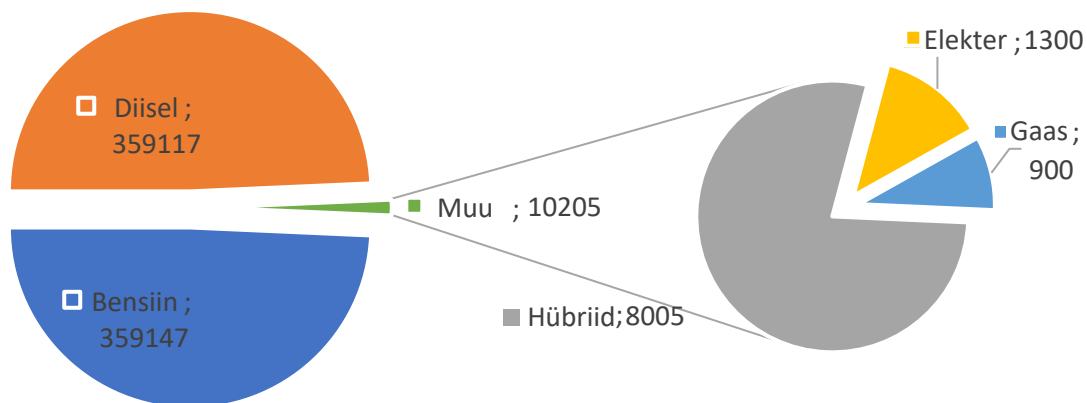
Joonis 2 Elektrisõidukite ja laadijate arvud Euroopas 2017 [5]

Joonisel 2 on näidatud ülevaade hetkeolukorrast (EU28 ja Norra), aastast 2017 elektriautode osakaal, ning laadimispunktide arv.

Selleks, et elektriautode kasutuselevõttu riigis edendada, tuleb ka luua vastavad eeldused, et inimestel oleks neid võimalikult mugav kasutada. Elektriauto laadimistaristu paigaldamise nõuded hakkavad kehtima alates 2021. aasta kevadest kõikidele rajatavatele ja oluliselt rekonstrueeritavatele hoonetele juhul, kui neid on kavandatud teenindama enam kui kümme parkimiskohta. [4] Suurtele ettevõtetele kuuluvate mitteelamute puhul tuleb juhtmetaristuga varustada vähemalt viiendik parkimiskohtadest ning paigaldada tuleb vähemalt üks laadimispunkt. Elamute puhul tuleb aga kõik parkimiskohad varustada juhtmetaristuga, et tagada parkimiskohtade omanikele võimalus paigaldada vajadusel hõlpsalt elektriauto laadimispunkt. Olemasolevad mitteelamud, mille teenindamiseks on ette nähtud rohkem kui 20 kohta, peavad 2025. aastaks olema varustatud vähemalt ühe laadimispunktiga ehitustegevusest sõltumata.

Lisaks tahetakse kombineerida ka taastuvatest allikastest pärit energia tootmist koos elektriautolaadijatega ja elektrienergia salvestitega. Energiatõhususe eelnõu on osa Euroopa Liidu

hoonete energiatõhususe direktiivist 2018/844. Direktiivi 2018/844 eesmärk on energiatõhususe esikohale seadmine ning taastuenergia valdkonnas juhtpositsiooni saavutamine.



Joonis 3 Sõidukite arv, kasutatav kütuse tüüp [7]

Elektriautode arv Joonisel 3 on umbes 1300 Eestis mis teeb 0,22% kogu autopargist. Juurdekasv on suhteliselt aeglane. Põhjuseid on mitu: elekriauto hind on veel kõrgem kui sama auto mudel diiseli kütuse mootoriga. Sõiduulatus ei ole võrreldav diisli- ja bensiini mootoritel autodega.

Tabel 1 Elektriautode võrdlustabel

Tootja	Mudel	2017	2018	2019	Laadimis- standardi liides	Aku mahtuvus kWh	Laadimis- Võimsus, kW
Mitsubishi	I-Miev	546	541	524	Chademo	16	40
Nissan	Lief	428	463	496	Chademo	24-30(40/60)	100
Tesla	Model S	56	62	64	Tesla Supercharger	95	200
Hyundai	Ioniq EV	2	7	47	CCS	28/40	100
BMW	i3	9	18	44	CCS	38	49
Volkswagen	e-UP	40	40	31	CCS	32	40
Nissan	E-NV200	21	20	24	Chademo	24/40	46
Tesla	Model X	10	16	16	Tesla Supercharger	75/100	200
Renault	ZOE	17	17	16	CCS	22/41	46
Jaguar	I-PACE		1	6	CCS	90	104
Tesla	Cybertruck				CCS	200	250
Porsche	Taycan 4S+				CCS	93,4	270

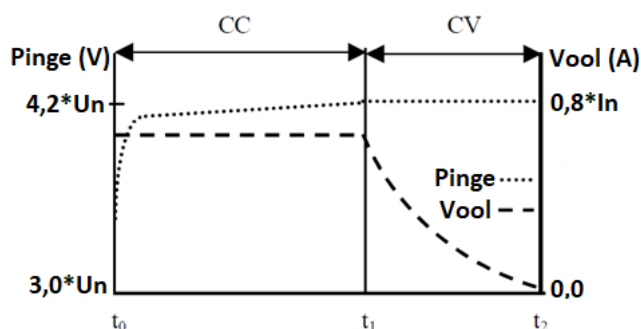
Tabelis 2 on näidatud Maanteameti statistika [5], Mitsubishi I-Miev ja Nissan Leaf on esikohtadel. Need ei ole nõudlikud laadijate osas, kiirlaadijate laadimisvõimsus on väga piiratud kõige uuemal Leafil kuni 100kW. Erinevate väljalaske aastatel samal mudelil aku mahtuvus võib erineda. Nagu tabelist 2 näha, turul ei ole ühtegi elektriautot, mis oleks võimeline laadida võimsusega 350 kW või isegi üle 200 kW veel. Porsche uus automudel Taycan, millel on 800 V ja mahukas aku. Kasutades kõrgemat pinget, nagu 800 V toiteks elektriautole on mõned eelised, nagu: aku kaalu- ja vaskadude vähendamine, sealhulgas elementide ja mooduli ühendustes. See on tingitud voolu taseme vähenemisega. Kiirlaadimise protsessil pinget taseme tõstmine ei vähenda akuelemendi stressi. See on sellepärast, et laadimisaja lühendamise tõstab see alati voolutasemeid, kuna elemendi pinget on fikseeritud sõltumata aku kogupingest. See teeb tehnoloogiat mis on kasutatud Taycani BMS-is või selle akus veelgi huvitavamaks, eeldades, et akud peaksid töötama kõrgel temperatuuridel eluea jooksul.

v

1. ELEKTRIAUTO LAADIMINE

ELEKTRISÕIDUKI LAADIMISPROTSESS,

Vastavalt definitsioonile, [6] laadimine on protsess välisallikast vooluedastamine akule, mille tulemusena tekib keemiline reaktsioon, milles aku hakkab salvestama energiat.



Joonis 4. Liitium aku elemendi laadimisprotsessi kirjeldus [6]

Ühe liitiumaku elemendi tüüpiline laadimisprotsess on näidatud joonisel 4. See koosneb kahest etapist: Esimesel etapil rakendatakse konstantse voolu tasemega (CC), millel on pinge $3,0 \cdot U_n$ siin pinge suureneb, mis tähendab, et protsess on algstaadiumis ja pinge minimaalne, ehk aku on tühi ja siis pinge hakkab kasvama tasemeni $4,2 \cdot U_n$, mis vastab nominaalsele elemendi pingele. Sel etapil hoitakse pinget konstantseks (CV), kuni vool jõuab nullilähedase väärtuseni.

Aku laadimisaega võib vähendada, tõstes voolutase CC etapis, kuid peab arvestama sellega, et kõrged voolud võivad vähendada akuelemendi eluiga või lausa kahjustada. Asenduskeemi lihtne analüüs, ütleb meile, et kui rakendada suuremat voolu, tulemuseks on suuremad kaod tänu sisetakistusele. Need kaod on põhjuseks elemendi temperatuuri tõusus. Sellepärast kiire laadimise protsessis peaks olema aku elementide temperatuuri kontroll. CC - etapi lõpetamise hetke kindlaksmääramine laadimisprotsess on veel üks oluline aspekt, millega tuleks arvestada kiirlaadimisel. Suurem laadimisvool tähendab suuremat pingelangust aku sisetakistusel, mis tähendab, et tegelik elemendi pinge võiks olla maksimaalsest väärtusest madalam. See võib põhjustada CV-etapi enneaegse alguse, üldise laadimisaja pikendamise. Teiselt küljest, CC-etapi kestvuse pikenedamine võib põhjustada elemendi ülepinget, mis ei ole ka sooviv.

Liitiumpatarei on keerukas elektrokeemiliste elementide süsteemi ja selle SoC saab hinnata mõõtes elemendi pinget ainult teatud tingimustel nagu koormus puudumine ja pikk rahuloleku aeg on vajalik. Need tingimused ei ole laadimise ajal täidetud, kuid täpselt määratud SoC ja ka teised parameetrid, näiteks SoH, on vajalikud maksimaalse laadimisvoolu määramiseks mida aku võib vastu võtta, samuti CC või CV laadimisetapid lõppud. Selline ülesanne nõuab spetsiaalset

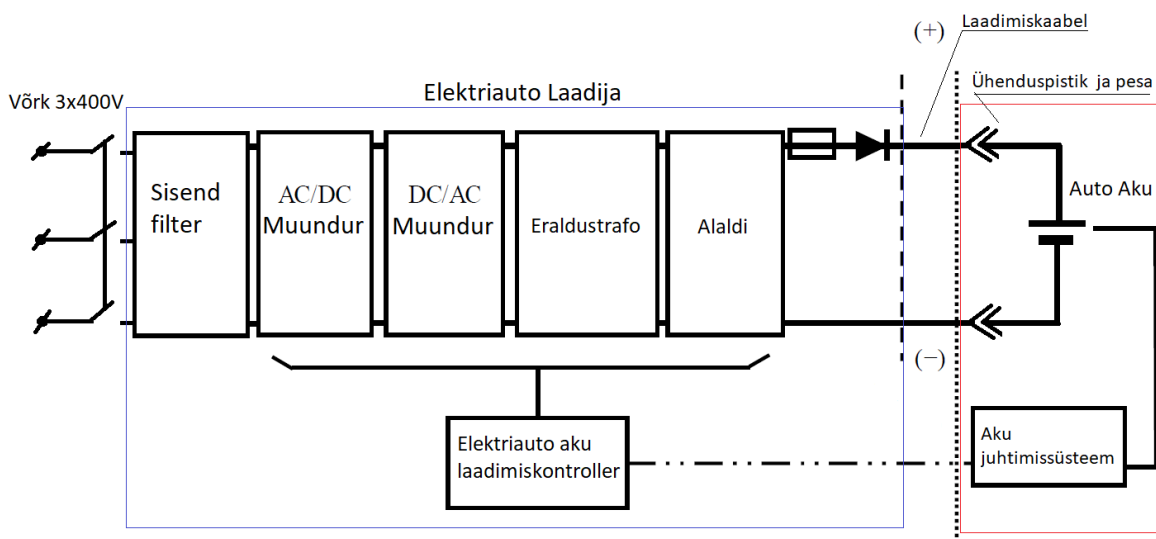
sõltumatut süsteemi, mida sageli nimetatakse Battery Management System (BMS). Selle süsteemi osadeks on terve rida riist- ja tarkvara mis jälgivad akusüsteemi, ja hoiavad neid korras.

Elektriautode akud koosnevad tuhandetest aku elementidest ja nende konfiguratsioon ning nende keemiline koostis, erinevad märkimisväärselt erinevatel autotootjatel. Sellega laadimise protsess läheb raskemaks kus on vaja valida optimaalseid parameetreid. Siin on siis oluline koht sideühenduse loomisele vajalik sõiduki BMSi ja laadija vahel, kasutades laadimisprotokoll, mis tagab ohutu laadimisprotsessi erinevate elektriauto markidel.

Elektriautolaadija on ettenähtud kontrollima energiaedastust elektrivõrgust akule. See protsess võib toimuda sõidukisse sisseehitatud oleva laadija abil, mis on piiratud läbilaske võimega, või välislaadija abil, mida nimetatakse ka alalisvoolu laadijaks.

Sõiduki pardalaadija on piiratud võimsusega mõni kümne kilovattini, sest see peaks olema võimalusel odav, kerge ning kompaktne. Need laadijad võimaldavad sõiduki laadida otse tavalistest 1-või 3-faasilisest toitesüsteemist, kasutades vahelduvvoolu / alalisvoolu muundurit, mis jälgib laadimisprotsessi vastavalt pinget ning ka alalisvoolu taset väljundis.

Samas eraldiseisvad laadijad ei ole piiratud ega kaalus , ega ruumis, seega nende võimsus võib ulatuda sadadesse kilovattidesse.



Joonis 5 Tüüpiline alalisvoolu topoloogia [6]

Joonisel 5 on näidatud kiiralaadija topoloogia, mis koosneb alaldist, invertorist, eraldustrafost, ja veel ühest alaldist. Nagu on näidatud, laadija väljund on ühendatud otse elektriauto akuga, laadimisprotsessi juhtimiseks läbi ühenduse laadija ja BMS-i vahel.

1.1 Alalisvoolu laadimise põhistandardid

Kiirlaadijate kohta kehtivad järgmised standardid:

Tabel 2 Kiirlaadijate põhistandardid

Standardi number	Standardi nimetus
EVS-EN 61851-1:2019	Elektrisõidukite juhtivuslik laadimissüsteem Osa 1: Üldnõuded
IEC 61851-21-2:2018	Osa 21-2: Nõudmised elektriauto liitmikutele AC/DC toitest - EMC nõudmised eraldiseisvatele laadimissüsteemidele.
EVS-EN 61851-23:2014/AC:2016	Elektrisõidukite juhtivuslik laadimissüsteem. Osa 23: Alalisvoolu-elektrisõidukite laadimisjaamad
EVS-EN 61851-24:2014/AC:2015	Elektrisõidukite juhtivuslik laadimissüsteem. Osa 24: Alalisvoolulaadimise kontrolli digitaalkommunikatsioon elektrisõiduki alalisvoolu-laadimisjaama ja elektrisõiduki vahel


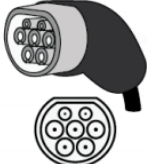
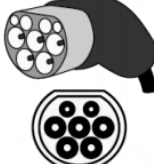




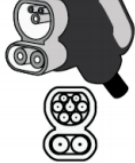
Tabelis 3 nimetatud dokumendid kirjeldavad laadimissüsteemidele esitatavaid üldnõudeid, EMC tasemed ja põhilised kommunikatsiooni nõudeid, et aidata seadmete projekteerimisel. Põhiline standart on EVS-EN 61851, seal on kirjeldatud enamus nõudeid esitatavad elektriauto laadijate osadele, nagu pistikupesad ja nende laadimisvõimsused.

1.2 Laadijate klassifitseerimine

Elektriautode areng algas kõige lihtsamate kontrollimata juhtimissüsteemidega ühefaasiliste alalditega laadijatest. [7]

Vastavalt standardile EVS-EN IEC 61851-1:2019 elektrisõiduki laadimismoodused jaotatakse järgmiselt:

- Aeglased, kiired ja ultrakiired vastavalt laadimise moodusele.
- Määratakse standardis samuti pinged, voolud ja laadimisvool millele laadimiskaabel peab vastama.
- Standardis samuti käsitletakse andmevahetuse liides auto ja laadija vahel.

			
SAE J1772 Type 1 1Φ 240V/7.68kW	IEC 62196-2 Type 2 3Φ 400V/12.8kW	GB/T 20234 AC 3Φ 380V/12.16kW	Tesla Supercharger 480V/140kW
			
GB/T 20234 DC 750V/187.5kW	CHAdeMO 500V/200kW	CCS Combo 1 600V/75kW	CCS Combo 2 1000V/200kW

Joonis 6 Standardised pistikud ja pistikupesad elektriauto laadimiseks [8]

Joonisel 6 on standardid na ka pistikupesad mis vastavad nendele standartidele.

Laadimispiistikuid jagatakse vastavalt tüübile:

- Tüüp 1 (Yazaki, SAE21 J1772-2009): Aeglane laadimine levinud Põhja Ameerikas
- Tüüp 2 (Mennekes, VDE22-AR-E 2623-2-2): Aeglane laadimine, levinud euroopas.
- Tüüp 3 (EV Plug Alliance): aeglane laadimine, paigaldati kuni 2012 Itaalias ja Prantsusaamaal
- Tüüp 4 (CHAdeMO, JEVS23 G105-1993): Allows slow and fast charging, found in Japan and Europe
- CCS (Combined Charging System, Type 2 and Combo 2): kiirlaadimise liides mis on levinud Euroopas.
- Tesla Charger: aeglane laadija Tesla sõidukitele
- Tesla Supercharger: rahvusvaheline standard kiirjaadijate pistikutel Tesla sõidukitele

1.2.1 Aeglased laadijad

Moodus 1 ja moodus 2 vastavalt aeglase laadimismooduse korral toidetakse elektriautot vahelduvvooluga, mis muudetakse akude laadimiseks alalisvooluks elektrisõiduki siseselt, kasutades selleks elektriauto pardalaadijat (OBC – On Board Charger). [7] Aeglane laadimine tavalisest kodumajapidamistüüpi pistikupesast, kus elektriauto ühendatakse vahelduvvooluvõrku ühe- või kolmefaasilise ühendusega, kus pinged ei tohi ületada vastavalt 250 ühe faasilise ühenduse puhul maksimaalselt 16 A ja kuni 480V 11kW Moodus 1. Esimene moodus on kasutatakse Ameerikas. Euroopas on levinud Moodus 2 mis on sarnane esimesega, aga laadimisvõimsus on

suurem alla 22 (kW) ehk alla 32A nii nimetatud. Pistikupesa sellel moodusel nimetatakse Tüüp 2 Mennekes. Joonis 6. Kolmas moodus ei ole Euroopas levinud, see on analoogne esimesele ja teisele, vahelduvvoolu laadimine kuni 43kW. [9] Eristab esimesest ja teisest ohutuse tagamiseks ühendusliidese olemasolu pardalaadija ja elektrisõiduki vahel.

1.2.2 Kiirlaadijad

Kiired laadijad tavaliselt üle 50 kW vastavad neljandale Moodusele 4, see on alalisvoolu laadimine, kuni 170kW ja pinge kuni 1000V ja on varustatud BMS süsteemiga. Hetkel maailmas on levinud kolm kiirlaadimise standardit: CHAdeMO, CCS ja GB / T. Need standardid on osaliselt vastavuses IEC 61851 standardiga või standardiga samaväärse standardiga GB / T 18487. Need erinevad üksteisest teistsuguse laadimispistikuga, ühendusprotokollidega ning ka turvameetmetega. Kõik need on ikkagi vastavad elektriautolaadijatele esitavatele nõuetele.

Laadimistehnoloogia nimetused vastavalt kiire laadija 50kW. Kiired laadijad on juba eraldiseisvad, laadimisvõimsusega alates 50 kW. Laadimine toimub alalisvoolul. Ja pinged on kuni VDC Ülikiire võimsusega on alates 150 kW Eesmärk on laadida aku kuni 80% 15 minutiga, mis omaette teeks mugavamaks pika distantsidele sõidud siin palju sõltub laetavast autoakust Üks sellistest laadijatest ongi käsitletud meil selles töös.

Eestis standartlaadijaks oli ELMO projektis valitud kiirlaadija liides CHAdeMO. Veebruaris 2013 võeti viidi ellu ELMO projekti. Projektis oli 165 CHAdeMo standardi kiire laadijat. Laadimisjaamad olid paigaldatud üle Eesti, ka väikestes linnades, kus elanike arv on enam kui 5000 inimest ja peamaantel, et oleks võimalik laadida 40 kuni 60 km järel. Riigi tasemel Mitsubishiga oli sõlmitud 507 i-MiEV ostuleping. Autotootjad mis kasutavad CHAdeMO on Nissan, Mitsubishi, Kia, Citroën, Peugeot. Hiljuti on CHAdeMO ja CCS tulnud välja laadimisvõimsusega üle 350 kW ja väljundpingega 1 kV ringis, alustati bussid ja veoautod kiire laadimise standardimisprotsessi. Kindlasti see teeb paremaks ka elektriautode laadimisajad. See tähendab et teoreetiliselt saaks Tesla Model S akut saaks laadida 0 kuni 80% vähem kui 14 minutiga, kuid nagu varem on mainitud, laadimisaeg sõltub aku omadustest ja sellest võimekust vastu võtma suuri laadimisvoolusid vastavalt auto soojusjuhtimissüsteemi võimekusele.

Euroopa autotööstuses kasutatakse CCS Combo-2 ja see liides on nüüd ka Eestis muutunud standartseks liideseks. Uues hanges, kui Elektrilevi võitis riigihange üks nõuetest oli laadimissüsteemide varustamine CCS pistikutega. [10] Tänapäeval endine Elmo kiirlaadijate võrk

kuulub Eesti Energia kontsernisse kuuluvale Enefit Volt läks üle CCS standardile. Autotootjad mis kasutavad CCS BMW, Daimler, Ford, Fiat Chrysler, General Motors, Honda, Hyundai, Volkswagen

Alalisvoolu laadijate väljundvõimsuse parameetreid uuendati terminoloogia kiire ja ultrakiire laadija vastavalt vajadusele koos laadijate võimsuste kasvuga. Kuid uuendused tekitasid palju segadust. Ülikiire laadija on alles ilmumas (XFC), võimsustega 350 kW. Mõeldud suurtranspordile, veokitele bussidele või tankimisjaamadel tavakütusele alternatiivina.

1.2.3 Ülekiirloomimise projektid ja tootjad

Praegu maailmas jooksevad arendusprojektid laadimisjaamade juurutamisega, võisustega ca 350 kW, Tabel 4 annab ülevaade mõnedest märkimisväärtsetest projektidest.

Laadimisvõrgud on ette nähtud linnadevahelise sõitudeulatuse pikendamiseks. Lisaks on kasutamine linnapiirkondades toob elektrivõrgule lisakoormusi, mis vajab erilisi lahendusi, näiteks elektrienergia salvestussüsteemid juurutamine või nende laadijate kasutamine reaktiivenergia kompenseerimiseks.

Tabel 3 Elektriauto kiirloomijad Eestis

Võrgu ettevõte	Laadimisjaamade arv, tk	Laadija	Võimsus, kW
Enefit Volt	176	Chademo, Mennekes, CCS	50kW
Elektritransport/ teised	16	Chademo, Mennekes, CCS	50 kW
Ionity	2	CCS	350 kW

Tabelis 4 On näidatud elektriautolaadijate võrgu operaatorid nende laadijate võimsused. Elektritransport-il (Eleport) on 16 laadimispunkti 50kW ja 1 ülikiire 160kW. Enefit Volt on kõige suurem operaator 176 laadimispunkti plaanitakse paigaldada ka ülikiirloomijad. Elektriautode kiirloomijad on paigaldatud üle Eesti, tagamaks kõigile elektriauto kasutajatele piisava liikumisvabaduse. Kaetud on kõik peamised kõrge liiklustihedusega maanteed Kiirloomimisjaamade omavaheline distantis on 40-60 km. Kiirloomimisjaamade paigutamise on arvestatud käidavate asukohtadega nagu näiteks bensiinjaamad, kohvikud, kauplused. jms. Linnades on kiirloomimispunktid asukohtadesse, kus inimesed nagunii liiguvad –näiteks ostukeskuste, bensiinjaamade, posti- või pangahoonete, jne juurde. Kiirloomijaid on Eestis 167. Kiirloomijatest paikneb 102 linnades ja 65 maanteede ääres. Suurematest linnadest on Tallinnas 29, Tartus 11, Pärnus 5 ja Narvas 2 kiirloomijat.

Märkamisväärsed projektid Euroopas on

- Ionity, ca 400 laadijat kiire laadijate võimsused on 350kW, teeb koostööd kütusefirmaga Circle K ja ABB-ga
- Mega-E projektis on 322 laadijat, kiire laadijate võimsused on 350kW, Allego, Fortum, Charge & Drive, Euroopa liit.

Tabel 4 Kiirlaadijate tehniline kirjeldus tootjate järgi [11]

Fast Charger	Tesla Terra HP	EFACEC	Delta Ultra Fast	EVtec Espresso
Sisendpinge, (VAC)	3F, 400V	3F, 480V	3F, 400V	3F, 480V
Täiskoormusel Võimsustegur	>0,99	>0,98	>0,99	>0,93
Tõhusus(%)	95	93	94	93
Väljundpinge (VDC)	150-920	50-920	170-920	170-500
Väljundvool (A)	375/500	375/500	375/500	375/500
Väljund Võimsus (KW)	150	150	150	150
Ühenduse liides	CHAdeMO1.2	CHAdeMO/ CCS1	CHAdeMO/ CCS	CHAdeMO/ CCS
Mõõtmed (mm)	2103*1170*770	1800*600*600	2103*998*852	2000*930*850
Kaal (kg)	350	600	400	400

Tabelis 5 on näidatud suurimaid tootjad ja nende kiirlaadijate mudelid. Eestis paigaldatud kiirlaadijad järgmiste tootjate poolt Delta, Efacec, ABB. Võrdlustabel annab tehniliste parameetrite ülevaade. [11]

1.2.4 Levinumaid kiirlaadijate topoloogiad

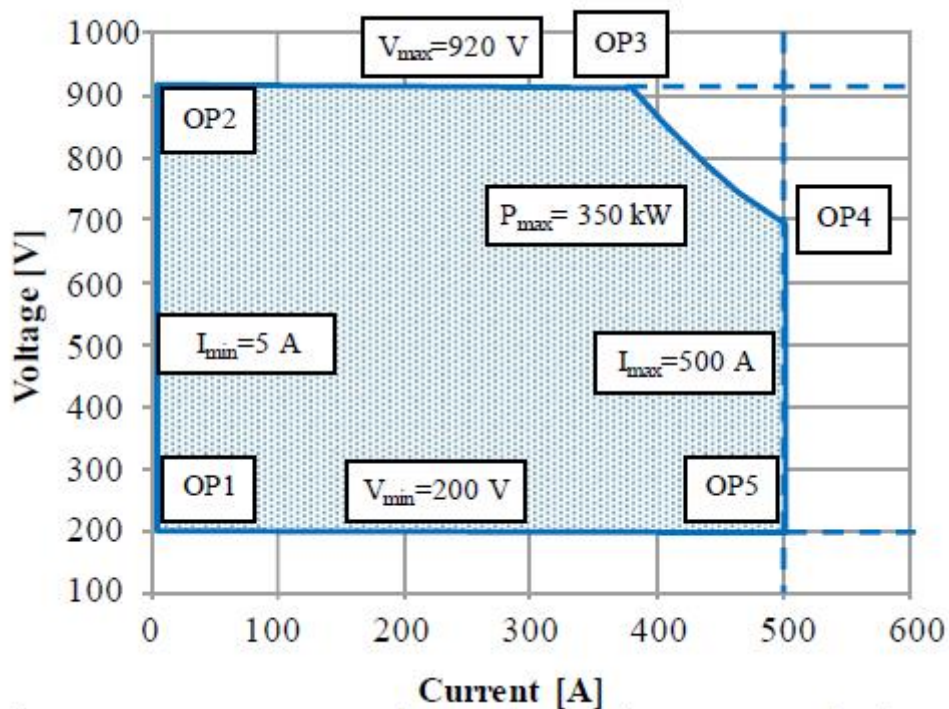
AC / DC etapis on levinud kaks topoloogiat [6]: Viini alaldi ehk lairiba pulss modulatsiooni alaldi, ja aktiivne Front-End (AFE) alaldi. Need on hästi tuntud muundurid, mis laialt levinud jõuelektronikas. DC / DC etapis eelistatakse isoleeritud muundureid. Kuigi kõrgsagedusliku trafo lisamine ei ole kohustuslik välise laadijasse, see eraldab laadija madalpingevõrgust. Topoloogiad, millel on a suur lülite arv on ka suurem läbilaskevõimsuses, mis võimaldab ületada pooljuhtide piiranguid jõurakendustes. Siiski on soovitatav kasutada minimaalne arv lüliteid. Selles kontekstis isoleeritud täis-sild Full Bridge topoloogiad on põhiline lahendus alalisvoolu laadijates.

Isoleeritud täissilla topoloogiat kasutatakse laadijates väljundvõimsustega 20 kW ja 50 kW.

Hiljutised arendused seadmetes kus on kasutatud Silicon Carbide (SiC) leidsid rakenduse keskpinge võrgus muunduritena ehk tahketrafojena. Sellega ultrakiiralaadija XFC gabariidid saab vähendada ning lahendus läheb ka kergemaks kuni kuus korda väiksemaks võrreldes traditsiooniliste lahendustega. See on perspektiivne, kuid on siiski see teema javab veel uurimist eriti ahetate kaitsmise osas sellistel pingetasemetel.

Kasutades ühe muunduri laadijas AC/DC või DC/DC, transistoritele on kõrged nõudmised voolu ja pinge osas, jahutussüsteemile, samas on suured magnetvoogud südamikutes. voolu - kõrgepinge transistoride, kõrge voluhulga olemasolu magnetsüdamikud ja jahutussüsteemide disain. Isegi kui leiduvad parimad lahendused nendele aspektidele, ikka ühe muunduriga lahendus ei ole piisavalt paindlik. Kirjanduses on palju muundamise süsteemide uurimusi, mis kirjeldavad muundurite töid rööp / jadaühenduses. Modulaarse tüüpi süsteemidel on mitu eeliseid nagu: a) süsteemi töökindlus, b) madalam komponent stress, c) parem soojuseraldus, d) kõrgem kasutegur madalama koormusega ja e) lihtsam lisavõimsusmoduli lisamine.

Eriti alalisvoolu laadijatele on olulised punktid d) ja e) on järgmiste korral väga olulised:



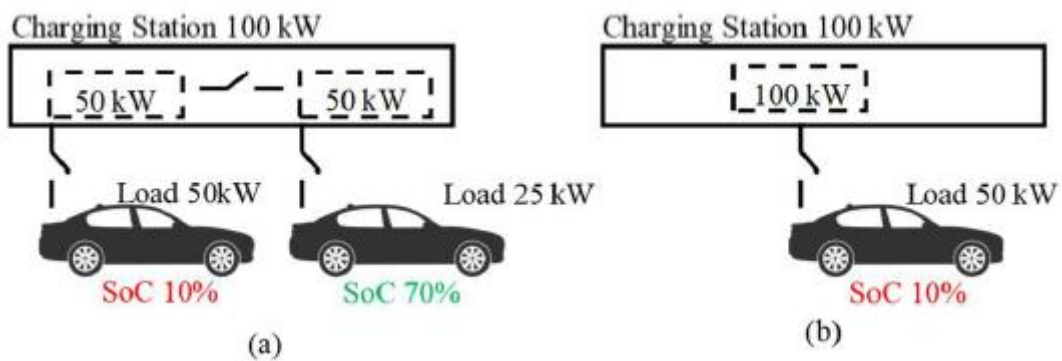
Joonis 7 Laadimispinged ja voolud [6]

1) Lai väljundpinge ja väljundvoolu vahemik: Nagu näha joonisel 7 on CSS 350kw laadija väljundpinge vahemik alates 200 ja kuni 920 V ja väljundvooluga vahemikus kuni 500 A.

Seega seda tüüpi laadijad sobivad enamikule elektrisõidukitele turul, isegi uutele sisepingega 920VDC. On väga keeruline tõhusalt toimida ühe muundurile nii laia väljund parameetritega

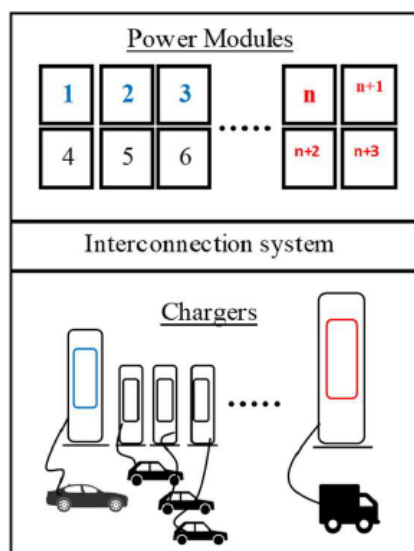
vahemikus. Alternatiivina võiks suurendada väikese võimsuse muundurite arvu modulaarses lahenduses vastavalt koormusele ja see on teostatav. Modulaarne ülesehitus on näidatud joonisel 9.

2) Mittepidev laadimine: isegi ühe elektriautolaadimise protsess toob koormuse kõikumisi. Nagu on näidatud joonisel 9, laadimisvõimsus ei ole pidev, vaid koosneb etappidest, alguses suure laadimisvõimsusega laadimise jooksul see väheneb kui SoC tõuseb vastavalt elektriauto BMS juhtimisele. Seega, on keeruline väikeste koormuse tasemega saavutada tõhusust ühe muunduri kasutades.



Joonis 8 Samaaegne laadimine [6]

3) Samaaegsete laadimiste arv joonisel 8: laadimisjaam peaks võimaldama laadida mitut sõidukit korraga. Lisaks sõidukid erinevad: erinevad nii autotootjad, automargid kui ka laadimisnõuded. Seetõttu modulaarne lähenemine laske laadija ehitusele võimaldab efektiivsem kasutada paigaldatud võimsused.



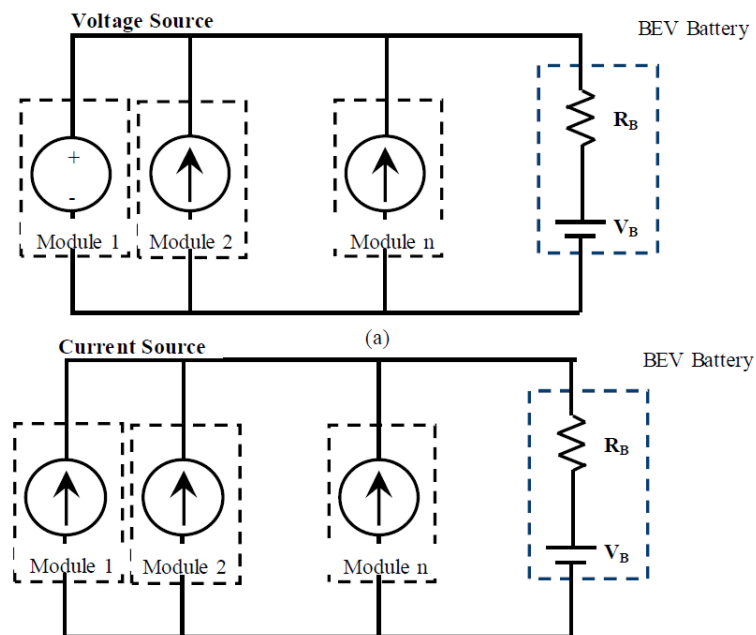
Joonis 9 Modulaarne ülesehitus [6]

4) Tulevased täiendamise vajadused joonisel 9: modullaarse arhitektuuri lähenemisviis võimaldab tulevikus lisada võimsusmoduleid, suurendades installitud võimsuse. Teoreetiliselt võib lisamooduliga laadida suurema pingetasemega. Samas see võimaldab laadida ühe laadijaga mitut autot erinevatega markidega ning parameetritega.

Alalisvoolu laadija võimsusmoduleite arvu moodulite arvu valimine on keeruline. Põhimõtteliselt neid on vaja valida nii palju kui on võimalik. Suuremad moodulid on soodsamad, teisisõnu hind kW kohta on madalam. Erinevatel laadijate tootjatel võimsusmoduleid varieeruvad vahemikus 10 kuni 50 kW.

Mitme mooduliga lahendus teeb süsteemi keerukusemaks, eriti juhtimise osas. Operatsioon mitme muunduri paralleelselt esindatud ideaalsed allikad on näidatud joonisel. Mitme võimsusmoduleite toime on näidatud Joonisel nagu kaks ideaalset pingevalikat rööpühenduses.

Kahte iseseisvat pingevalikat ei ole võimalik paralleelselt ühendada või samas ei ole võimalik kahte iseseisvat vooluallikat paralleeli. Seetõttu väljundi juhtimiseks paralleelsete moodulite pinget, ainult üks neist võib toimida kui sõltumatu pingevalikas.



Joonis 10 Asenduskeem mitme muunduri moodulid ühendatud paralleelselt ja esindatud ideaalsetena a)pingevalikatena, b)vooluallikatena [6]

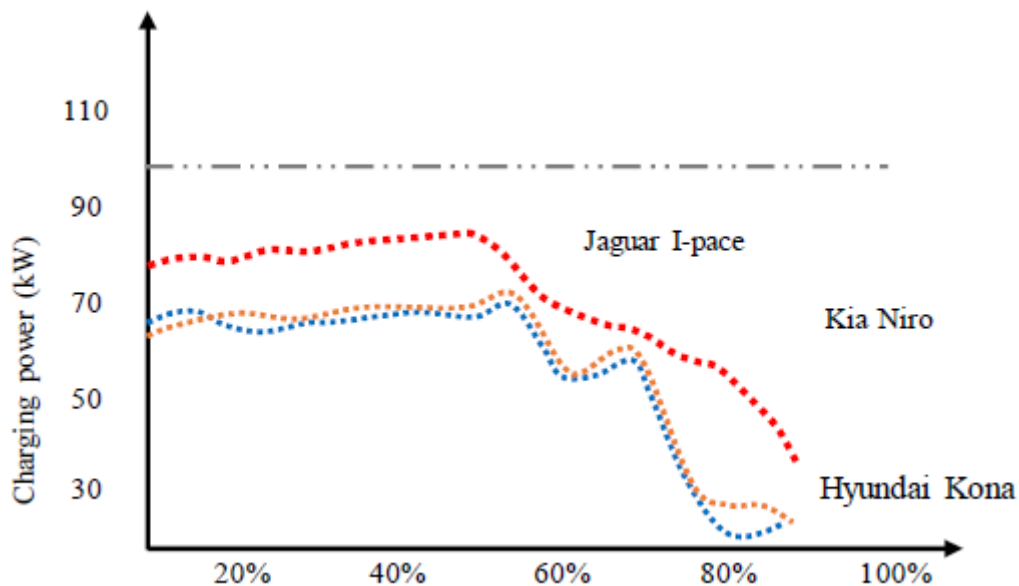
Tavaks on kui AC/DC ja DC/DC muundamise etapid on ehitatud ühe moodulina.

1.1 Vahekokkuvõte

Erinevad laadijad Näiteks kiire laadija 50 kW võimsusega, saab laadida autot 125km sõidu ulatuseks 30 minutiga. Mis on juba piisavalt palju linnas liikumiseks päevaks.

Esimeses peatükis laadijate vaatasime tüüpe ja laadimis mooduseid.

Laadimisaeg ei sõltu ainult laadimisseadme väljundvõimsusest, vaid pinge tasemest ja ka aku kiirlaadimise võimekusest. Siin on võimalik nimetada järgmised piirangud: akupatareide keemia, selle tehnilise korra seisund (SoH), ning laengu taseme seisund (SoC) ja temperatuuri juhtimissüsteem kõik need nimetatud faktorid mõjutavad maksimaalse saavutatava võimsuse. See tähendab et laadimisprotsessis ei ole võimalik saavutada laadija maksimaalse võimsusetaseme.



Joonis 11 Elektriautode laadimisprotsesside võrdlus [6]

Joonisel 11 on näidatud sõltuvus akud võimekusest laadida kiirlaadimisjaamast. Vastavalt tabelile 2 Jaaguaril on aku mahtuvusega 90kWh ja kannatab maksimaalselt laadimisvõimsust 104kW. [11] Kui võrrelda Kia Niro-ga [12] aku mahtuvusega 67kWh ja kannatab maksimaalselt laadimisvõimsust 77kW ja Hyundai Kona-ga [13] aku mahtuvusega 67kWh ja kannatab maksimaalselt laadimisvõimsust 77kW. Siis näeme, et suurema aku puhul saab suurema võimsusega autot laadida, aga kindlasti palju sõltub auto võimekusest laadida (SoH).

TalTech-i ülikooli linnaku elektrivõrk Ülesanne valida ülikooli linnakus alajaama uue elektriauto laadija jaoks elektrienergia varustuspunktiks, defineerida valiku kriteeriumid, ja siis lahendada teoreetiliselt

2. TALTECH-I ÜLIKOOLI LINNAKU ELEKTRIVÕRK

TalTech ülikooli linnakus elektrivõrk on kaabelvõrk. Linnakus on kümme 6/0,4 kV alajaama mis on ühendatud TPI 35/6 piirkonna alajaamaga. TalTechi linnaku alajaamade koormatus on uuritud ka varem [7] ja [14]. Tuginedes nendele vaatame lähemalt linnaku alajaamade asukohad, õppekorpused ja suuremad parkimisplatsid.



Joonis 12 TalTechi linnaku elektrivõrk

Joonisel 12 on Taltech'i linnaku kaart millel on näidatud korpused, alajaamad, elektriauto laadijad, kõrgepinge kaablid ja suuremad parklad. Energeetikamaja NRG, alajaamas 784 olev trafo number oli kõige vähem on koormatud (11,84%)

U02 korpuse ja U03 korpuse vahel olevas alajaamas 639 olevad trafod (15,5%).

Enim on koormatud viienda (mehaanikateaduskond) ja kuuenda (üliõpilasorganisatsioonid) korpuse vahel olevas alajaamas 1212 trafo number 1 (51,05%).

Alajaamade 4564 (ICT korpus) ja 568 (ühisalamud D0X) Kaablite koormatust ei saa aga päris adekvaatselt hinnata, kuna alajaama ning koormuse kohta puuduvad täpsed andmed [7]

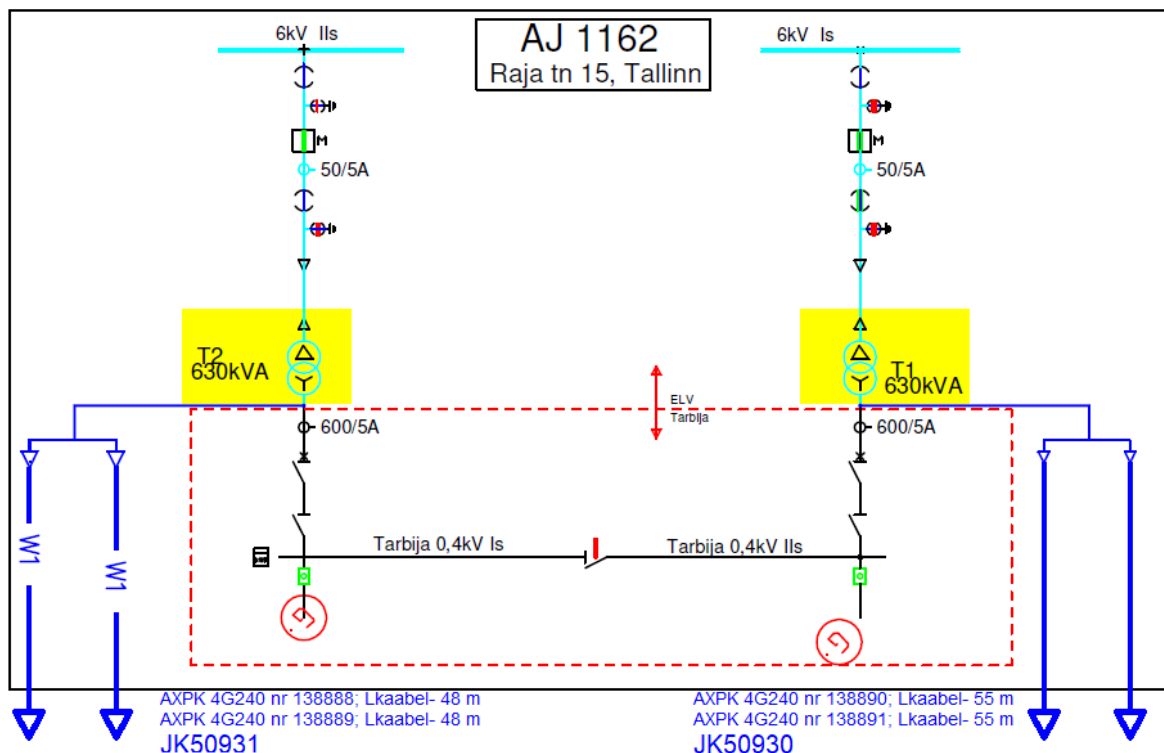
Linnakus on paigaldatud kaks Enefit Volt elektriauto kiirlaadijat, tootjaks on ABB. Mudel Terra 51 AC mis oli spetsiaalselt valmistatud endise ELMO võrgu jaoks. Alalisvoolu (DC) laadimine vastab CHAdeMO standardile ja maksimaalne laadimisvõimsus on 50kW. Vahelduvvoolu laadimine (AC) vastab IEC 61851 laadimismoodus 3, pistikupesa IEC 62196 tüüp 2(Mennekes), maksimaalne

laadimisvõimsusega 22kW. Laadimisjaam on ühendatud haldussüsteemiga üle mobiilside võrku. Asumaks esimesel on D06 ühiselamu ja alajaama 4564 vahel. Teine asub CYB korpuse eesolevas parklas.

Kolm suuremat parklat joonisel 8 märgitud punasega: Esimene ICO ja MEK korpuste vahel asuv parkla, mõeldud Mektory maja külalistele. Teine on Tipi parkla. Kolmas on Rauakooli parkla.

2.1 Mektory maja

Maja otstarbe on seminaride läbiviimine, äri nõustamine, uute ja innovatiivsete projektide elluviimine, uute toodete leiutamine.



Joonis 13 Alajaam 1162 Mektory maja tugevvoolupaigaldis

Alajaama 1162 Joonis 13. Trafod alguses olid 400 kVA, siis 2019 aastal Elektrilevi vahetas neid välja suuremate vastu 630kVA uute majade liitumiseks, tähistatud kollasega. Skeemil on näidatud kõrgepinge osa, uued trafod, uute tarbitite kaablid on tähistatud sinisega. Need kaablid AXP4G240 suunduvad jaotuskilpidesse JK50930 ja JK50931 mis on ühenduses liitumiskilpidega, seal on 3*400A liitumispunkti kaitselülitid. Mektory maja madalpinge jaotla näidatud punktiirjoonega, samas punktiirjoon on näidatud Elektrilevi ja TalTechi võrgude piiritlemisliiniga.

Selle alajaama ultrakiirlaadija ei sobiks mitmel põhjusel:

- Oleks vaja renoveerida AJ 1162 madalpinge jaotla;
- Toitekaablite pikkus ja paigaldamise keerukus laadimiskohani parklas. Pildil on näha MEK korpuses asuv alajaam
- Taltech-il ei ole selle maja arenguplaane, elektripaigaldise uuendamine ka ei ole planeeritud.

Elektrilevi plaanib ehitada sinna elektriauto laadijat.

2.2 Energeetika maja tugevvoolupaigaldise andmed

Alajaam (AJ) 784 on osa TalTach ülikoolilinnaku elektrivõrgust, asub Energeetika majas, NRG korpuses.

Alajamas on kaks 630 kVA trafot, primaar-nimipingega 6300 V ja sekundaarnimipingega 400 V,

Projekteeritud objekti põhinäitajad on järgmised:

Elektripaigaldise Peajaotuskilp (PJK)

- Tugevvoolu paigaldise liik II [15]
- Pingesüsteem 400/230V, 50 Hz
- Juhistiku süsteem TN-C-S; L1, L2, L3, PE, N
- Installeeritud võimsus kaks trafot 630 kVA
- Arvutuslik võimsus (Pa); I sektsioon 275 kW; II sektsioon 275 kW
- Kaitselülitite nimivool (In) on 1000A
- Olemasolev peakaitse 3x1000 A
- Arvutuslik lühisvool (Ic) 20 kA
- Elektripaigaldise $\cos \phi \sim 0,95$

Valmistatud Elratos, November 2003, Toote nr, 3945; Tüüp SEC-P13EENS4S34

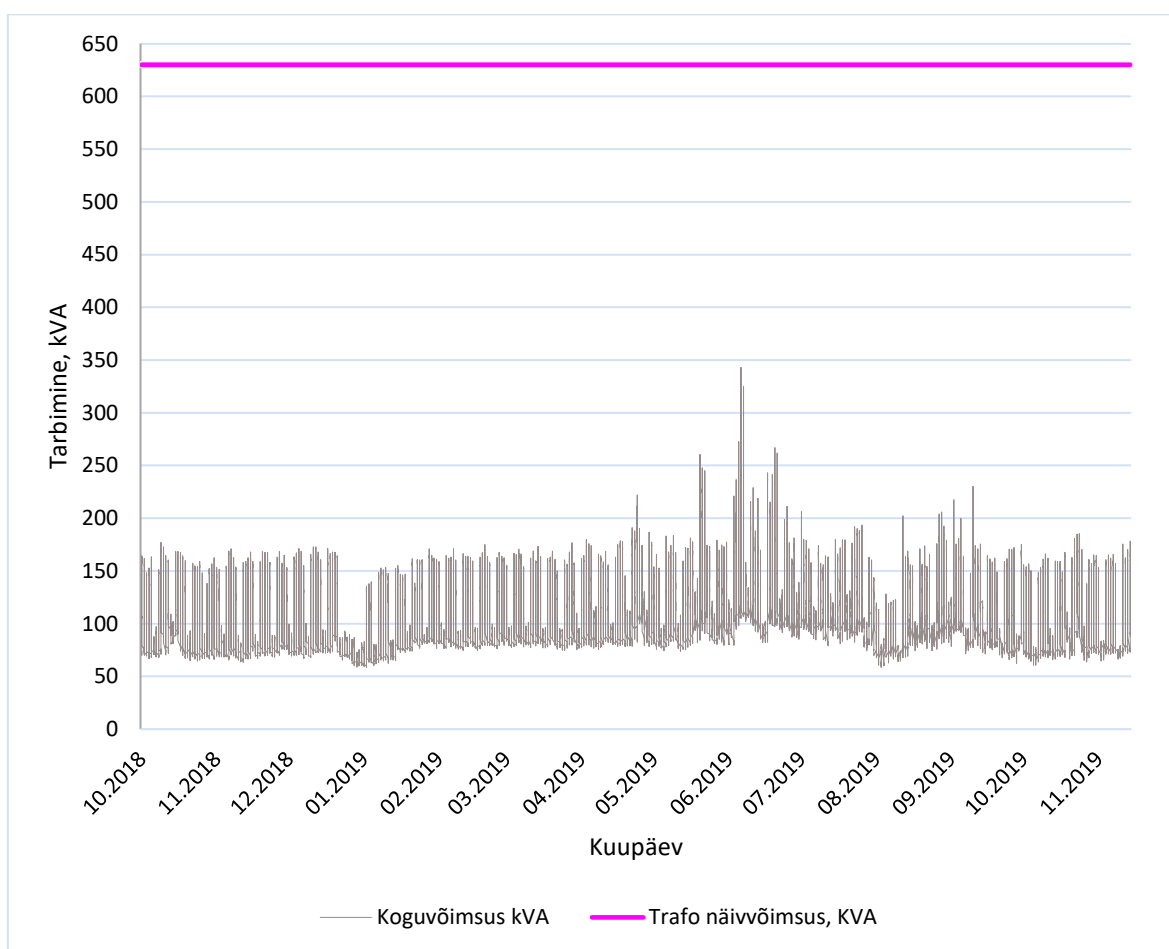
Liitumine Elektrilevi võrguga on trafo klemmidel kõrge pinge poolel. Samast kohast toimub mõõtmine. Mõõtepunktides 38ZEE-00000759-X ja 38ZEE-00000756-5 on arvestid ZMD410CT44.2409 Mõõtepunkti 38ZEE-00000756-5 andmed loeme, et need vastavad AJ 784 Trafo 2 tarbimisele ning 38ZEE-00000759-X siis AJ 784 Trafo 1 tarbimisele.

Kiirlaadija planeeritav ühenduskoht on Alajaamas 784 mis on osa Energeetika majast, madalpinge osas, Sektsioon 1 Kamber 1. Kui Elektrilevi otsustab paigaldada oma laadija, siis peab välja ehitama uue keskpinge liitumispunkti.

2.3 TalTech-i energeetikamaja koormused alajaamas

TalTech kinnisvara osakonna soovitus oli hoida üks trafo kuumreservis, nii et kogu Energeetika (NRG) maja tarbimise koormus oleks Trafo 1 peal. Sellega Trafo 1 töötab maksimaalselt efektiivselt ning vajadusel kui elektriauto tarbimine hakkab segama siis automaatika lülitab tarbijat välja.

Maksimaalse tarbitava võimsuse määramiseks, analüüsime alajaamas tarbimise mõõtepunktides. Elektrilevi on edastanud perioodi 01.01.2018 – 14.11.2019 tarbimise andmeid. Andmevalik on peaaegu kaks aastat, see kirjeldab väga hästi Energeetika korpuse tarbimise.



Joonis 14 AJ 784 Tarbitava võimsuse kogused

Joonisel 14 on näidatud kogu alajaama 784 tarbimine vastavalt valemile.

Trafo maksimaalne võimsus on 630 kVA. Alajaamas on kaks, varustuskindluse tagamisel arvutame, et kogu paigaldise tarbimine käib ühe trafo kaudu.

Ühe trafo koguvõimsuse arvutame valemi (1) järgi

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (1)$$

Kus

S on täisvõimsus [VA],

P on aktiivvõimsus [W],

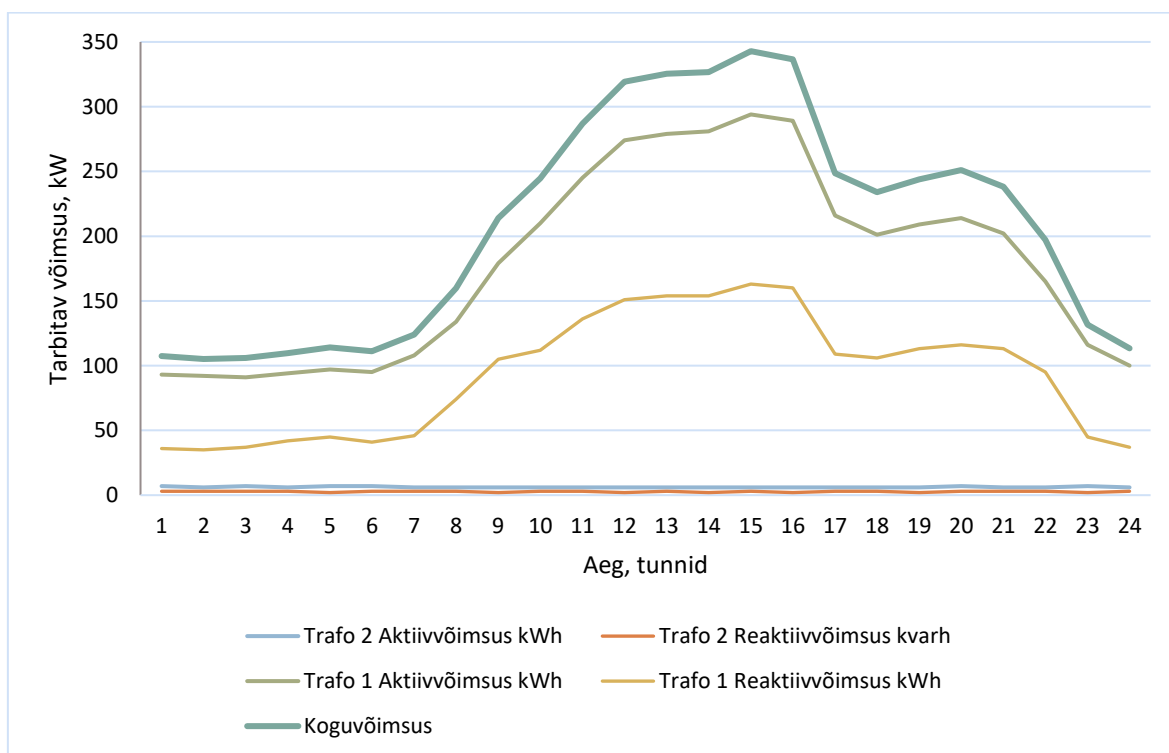
Q on aktiivvõimsus [Var]

Arvutame tarbimise järgi T1 kogutarbimine + T2 kogutarbimine:

$$343 = \sqrt{6^2 + 3^2} + \sqrt{294^2 + 163^2} \quad (1.1)$$

Lahutame Trafo koguvõimsusest maksimaalse tarbimise ja saame tulemusena 287 kVA vaba võimsust.

$$630 - 343 = 287 \text{ kVA} \quad (1.2)$$

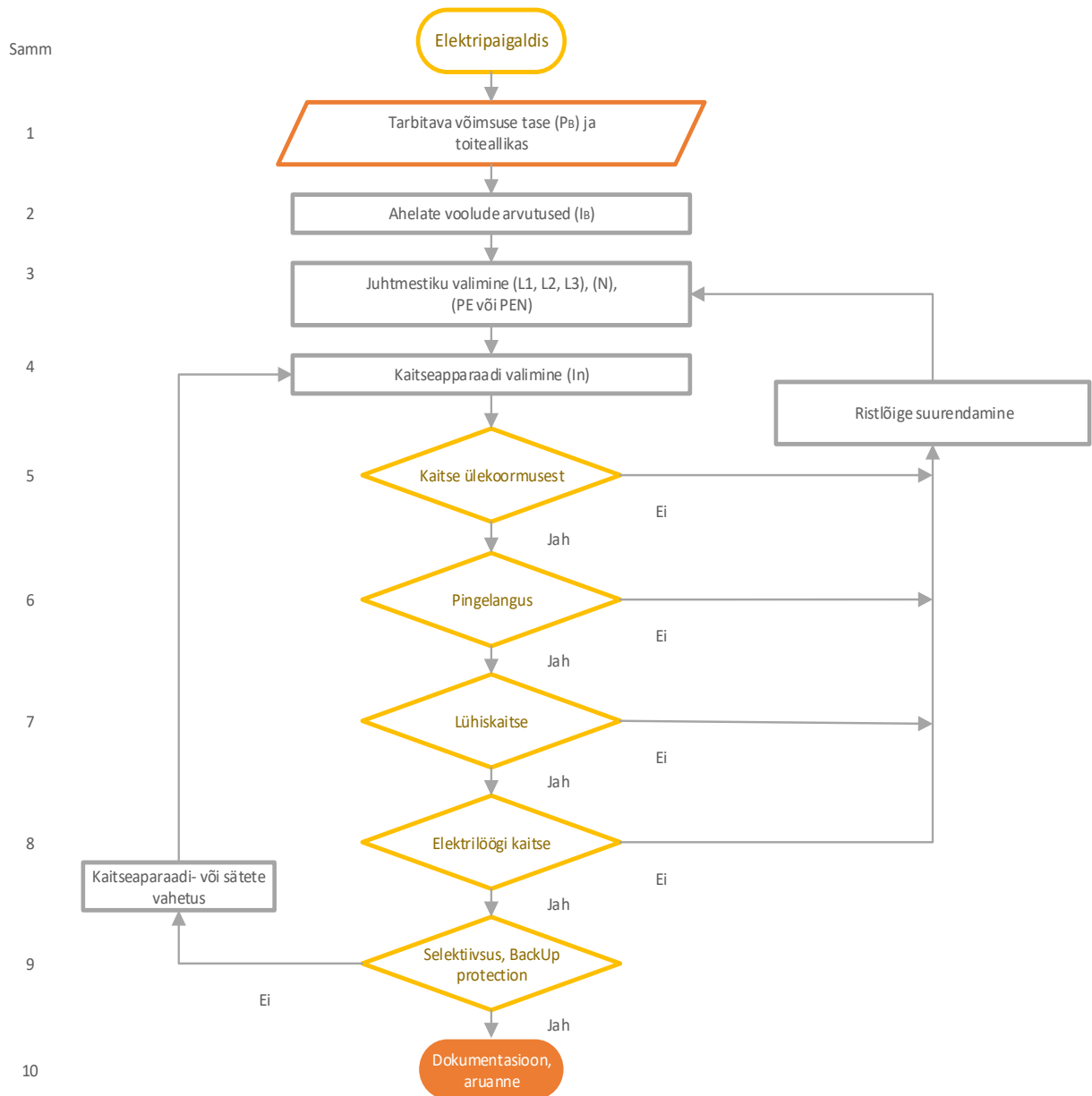


Joonis 15 Maksimaalse tarbimise väärtus

Joonisel 15 on näidatud maksimaalne tarbimise väärtuse 343 kVA, selline kogutarbimine on loetud 06.06.2019 aastal kell 14:00-15:00. Detailsemalt selle päeva koormusgraafik on pildil X.

2.4 Sammud elektripaigalise projekteerimiseks.

Elektriauto laadija on osa elektripaigaldisest. Paigaldise lisaseadmese lisamisega on mõistlik teha projekti kus on tehtud järgmised arvutused: kaablite valik, paigalduskoha valik, kaitseparaadide valik, standardid, vaba võimsuse määramine.



Joonis 16 Projekteerimise algoritm

Joonisel 16 on näidatud samm järgne universalne UML algoritm, kuidas projekteerida elektripaigaldise ja millega peab arvestama. Kõik algab vaba võimsuse määramisest, või teine viis on selgitada tarbitava võimsuse. Siis vastavalt deminsioneeritakse kaablit vastavalt koormusele.

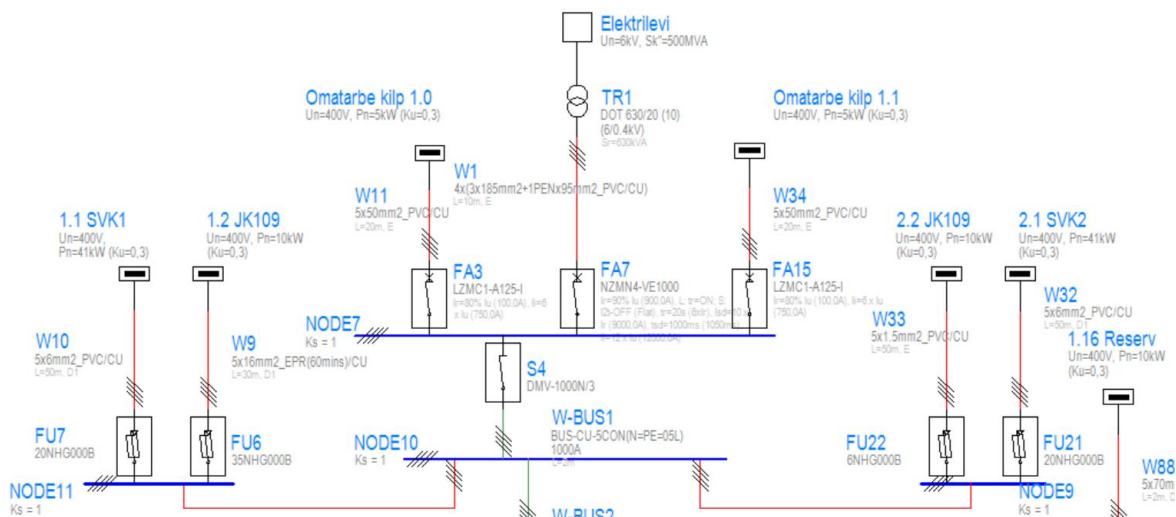
Tabel 5 Projekteerimise sammud

Samm 1 Tarbitava võisuse tase ja toiteallikas	
EVS-HD 60364-1:2008/A11:2017	Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 1: Põhialused, üldisloomustus, määratlused. Punkt 311
Samm 2 Ahelate voolude tarbimised	
EVS-HD 60364-4-43:2010	Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 4-43: Kaitseviisid. Liigvoolukaitse punkt 433.1
EVS-HD 60364-5-52:2011	Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 5-52: Elektriseadmete valik ja paigaldamine. Punkt 523
Samm 3 Juhtmestiku valimine	
EVS-HD 60364-5-52:2011	Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 5-52: Elektriseadmete valik ja paigaldamine. Juhistikud Punkt 523
EVS-HD 60364-4-43:2010	Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 4-43: Kaitseviisid. Liigvoolukaitse punkt 523.6
Samm 4 Kaitseapparaadi valimine (In)	
EVS-HD 60364-4-43:2010	Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 4-43: Kaitseviisid. Liigvoolukaitse. Punkt 433.1
Samm 5 Kaitse ülekoormusest	
EVS-HD 60364-4-43:2010	Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 4-43: Kaitseviisid. Liigvoolukaitse punktid 433 ja 433.1
Samm 6 Pingelang	
EVS-HD 60364-5-52:2011	Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 5-52: Elektriseadmete valik ja paigaldamine punkt 525
Samm 7 Lühisekaitse	
EVS-HD 60364-4-43:2010	Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 4-43: Kaitseviisid. Liigvoolukaitse. Punktid 434; 411.5,1; 411.5,2
Samm 8 Elektrilöögi kaitse	
EVS-HD 60364-4-41:2017	Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 4-41: Kaitseviisid. Kaitse elektrilöögi eest. Punktid 411; 411.4.4; 411.6.4
IEC/TS 61200-53/Cor 1:1995	Elektripaigaldise juhend - Osa 53: Seadmete valik ja paigaldus – Lülitusaparaadid ja juhtimiseadmed punktid 533,3; 533,3.2.3
EVS-HD 60364-5-54:2011	Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 5-54: Elektriseadmete valik ja paigaldamine. Maandamine ja kaitsejuhid Punkt 543.1
EVS-HD 60364-4-41:2017	Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 4-41: Kaitseviisid. Kaitse elektrilöögi eest. Punktid 411.5.3; 532.2.4
Samm 9 Selektiivsus	
EVS-HD 60364-5-53:2015	Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 5-53: Elektriseadmete valik ja paigaldamine. Lülitus- ja juhtimisaparaadid
EVS-EN 60947-2:2017	Madalpingelised lülitusaparaadid. Osa 2: Kaitselülitid
EVS-EN 60898-1:2019	Elektritarvikud. Liigvoolukaitse lülitid majapidamis- ja muudele taoliste paigaldistele. Osa 1: Vahelduvvoolu-kaitse lülitid
Samm 10 Aruandlus, dokumentatsioon	
EVS-HD 60364-1:2008/A11:2017	Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 1: Põhialused, üldisloomustus, määratlused

Arvutusmudeli koostamine on tehtud vastavalt tabelis 6 nimetatud standartitele ja joonisel 16 toodud UML algoritmile. Projekteerimisel on kohustuslik kasutada HD tähistatud standardid.

2.5 Elektripaigaldise mudel

Arvutusmudel on teostatud Eaton xSpider tarkvara baasil. Tarkvara on elektripaigaldise projekteerimiseks ja võimaldab arvutada valitud seadmete parameetreid. Antud programm võimaldab arvutada pingelangud, lühisvoolud, arvestab kaitse- aparaadi kaabli sobilikkusega.



Joonis 17 Alajaama arvutusmudel tarkvaral xSpider

Joonisel 17 on näidatud arvutusmudeli osa mis on tehtud NRG mäja madalpinge jaotla arvutamiseks, kui kogu paigaldise tarbimine toimuks ühe trafo kaudu.

Skeemina vaata Lisa 1. Madalpinge võrgu toiteks on valitud Trafo 630 kVA SGB õlitrafo DOT 630/20 (10) (6/0.4kV) Nimivool 909A. Kogu paigaldise arvutuslik koormus on 894A mis on 98% trafo nimivoolust. Kasutustegur (utilisation factor) on 0,3. Pingelangud on alla 5%. Kolmefaasilise lühisvoolu tase on 16,2kA. Mudel on ehitatud olemasolevatel andmetel. Kaabli pikkused skeemidel ei olnud määratud.

2.6 Valitud kiirlaadija

Taltech'i kampuse ultrakiire esimeseks laadijaks on valitud Efecec HV175 [16]. Sisendpinge 400V AC +/-10%, Sagedus 50Hz, Võimsus 172 kVA, 248A voolu juures.

Antud laadija väljundi pingetase on 920 VDC väljundi vooluga 175 A. Ühendusliides on CCS Combo DC output (Mode-4). Arvestuseks on OCPP protokoll, kommunikatsiooni protokollid 3G; LAN ning Wi-fi. Auto laadimiskaabel on naturaalse, õhk jahutusega, maksimaalse läbilaske vool on 200 A (DC 2 x 70 mm² / PE 1 x 35 mm² / CP 1 x 0,75 mm² / temperatuuri andur 4 x 0,75 mm²). Laadija on tehnoloogiliselt valitud kõrgete tehniliste parameetritega. Hetkel on turul paar auto mudelit mis on

võimelised laadida pingega 920VDC tasemega. Turul on olemas ka HV160 ja HV350 mudelid. Esimene on väljundvooluga 350 A, 457 V pinge juures. Kiosk ja jõu osa on eraldiseisvad. Töötunnid on vastavalt TalTechi kampuse tööajale.

Arveldus on võimalik lahendada protokolliga OCPP. Haldusoperaatoriks võib valida Eleport OÜ kes on Soome Virta võrgu operaatori ja laadimistaristu platvormi partnerfirma. Teine variant on loomulik Enefit Volt. Arvestades [17] Konkurentsiameti poolt määratud korrale.

2.7 Vahekokkuvõte

Alajaama valik Elektriauto laadija paigaldamiseks toimus koostöös TalTech kinnisvara osakonnaga. Üks valiku kriteeriumist oli nõue, et peab olema valitud alajaamas piisavalt vaba võimsuse reservi, et mitte häirida teiste tarbijate tööd ja säilitada varustuskindlust.

Alguses oli valikus ka ultrakiirlaadija EFACEC HV350 344 kVA ja tuli välja, et ainuke koht kus on seda reservi, see on alajaam 784. Vastavalt tarbimisele. Kontrollimiseks käidud alajaama madalpinge jaotlas tippkoormuse ajal ja arvestitelt loetud anded näitavad kahe trafo summaarse koormatuse alla 150kW. Samuti arvesse võetud ampermeetrite näidud. Kokkuvõtteks võib öelda, et vaba võimsust on 287 kVA , (arvutus 1.2) Ja üks koormuseta trafo 630kVA. Ultrakiire laadija Efacec HV175 võib paigaldada alajaama 784 ja selleks on piisavalt palju võimsust.

Lisaks läbiviidud uuringus [7], jõutakse tulemuseni, et elektriautode laadimine ülekandevõrgus probleeme ei põhjusta. Vastab tõele, kuid palju sõltub algandmete kvaliteedist. Analüüsis eeldame, et Elektrilevi poolt mõõdetud tarbimise andmed on korrektsed.

3. ÜLIKIIRLAADIJA PAIGALDAMISE STSENAARIUMID

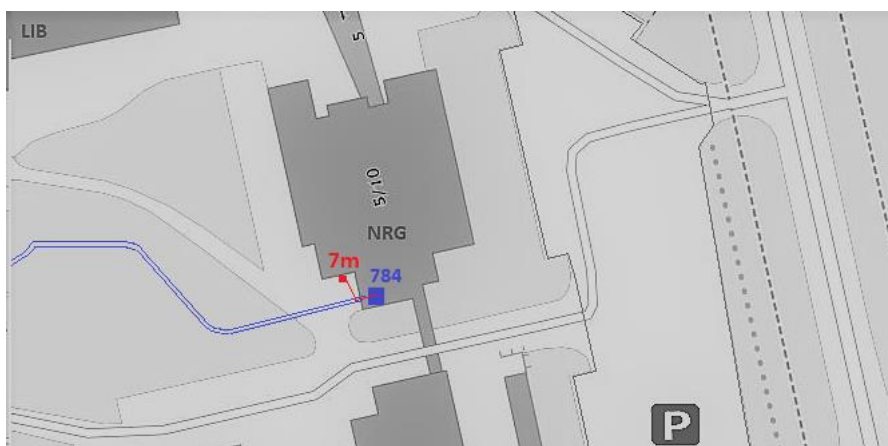
Selles peatükis teeme elektriauto laadija paigalduskohtade analüüsi. Selleks valime kolm laadija paiknemiskohta need on nimetatud edaspidi stsenaariumiteks. Tehtud SWOT analüüs, objektiivse paigalduskoha valiku tegemiseks.

Laadija HV175 tootja poolt on ette antud tarbitav võimsus ja vool need parameetrid on kasutatud arvutusmudelis koormuse määramisel. Arvutusmudeli abil arvutame sobiva kaitselüliti suurus, selle sätteid, kaabli tüüpi. xSpider mudelis on kasutatud Eatonit tooted. Analoogselt, arvutusmudeli ehitamisel on võimalik leida asendusi teiste tootjate poolt, kasutades olemasolevad arvutused.

Allpooltoodud hinnad on pärit hinnapakkumistest Esvika Elekter AS 18.05.2020 ja KSM Projekt OÜ 16.05.2020. Hinnad on kehtivad kaks kuud. Juhtmestikusüsteem on TN-S. Arvutusmudelis on kasutatud vaskaabel 5x120A In = 346A, realses elus kasutatakse alumiinium kaablit näiteks AMCMK 4x240+72. Võrdluseks töö käigus valitud vask kaabel MCCMK-HF 4x120/70 nominaalvooluga In = 325A hinnaga 41,38 €/m ja alumiinium kaabel AMCMK 4x240+72 nominaalvooluga In = 375A hinnaga 15,9 €/m. Alajaama jaotusseadmes on lattliinid 5*120 mm Alumiinium, selleks, et üleminna kaitselüliti peale, kasutame jadavinnakut, kassetis kasutame noad. Ülemineku võib olla teostatud painduva lattida.

3.1 Stsenaarium 1

Energeetika maja taga, on kaks parkimiskohta, alajaama kõrval. Plats on asfalteeritud ja valgustatud. See on kõige lähim koht .

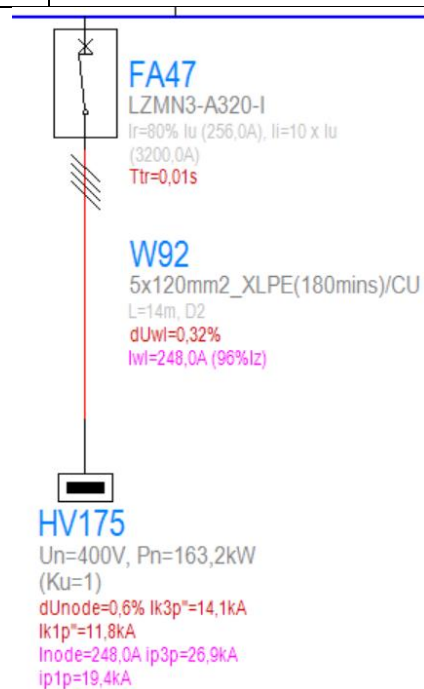


Joonis 18 Stsenaariumi 1 vastav kaabli paigaldus

Joonisel 18 on näidatud võimalik kaabli paiknemine NRG korpuse taga. Kaardilt loetud alajaama madalpinge jaotlast paigalduskohani on 7 meetrit. Kaabli pikkust eelarveks võtame 11 meetrit.

Tabel 6 SWOT analüüs stsenaarium 1

<p>Tugevused Ei pea eraldi vundamendi ehitama Majanduslikult kõige kulu efektiivseim.</p>	<p>Võimalused Hea paigalduskoht uurimistööks</p>
<p>Nõrkused Hetkel parkimiskohad on ainult neile kes pääseb tõkkepuu taga. Ei ole nähtavas kohas</p>	<p>Ohud Vandalism ja sellega kaasnev lisakulu; oleks vaja lisaks paigaldada või ümber häälestama olemasolevad turvakaamerat. Paigaldusel arvestama olemasolevate kõrgepinge liinide paiknemisega. Jääb kasutamata tänu piiratud liigipääsule.</p>



Joonis 19 Stsenaariumi 1 vastav projekteeritav laadija toiteliin

Arvutusmudeliga tehtud arvutus, Joonisel 19, näitab, et sobilik kaabel on vask XLPE 5x120mm2 $I_n=346A$ aga arvestades, et paigaldusviis on D2 (maas torus), ehk maakaabel seega kasulik kaabli läbilaskevõime on $I_z=257A$. Laadija andelehe järgi kaitselüliti pidi olema 300A 3 Poolust 50kA lühisvoolu taluvusega, Valitud kaitselüliti Eaton LZMN3-A320 $I_{cs}=I_{cu}=50kA$, $I_u=256A$ $I_r=80\%$ juures. Kaabli läbilaske võime on suurem kui kaitselüliti oma.

3.1.1 Kuluanalüüs

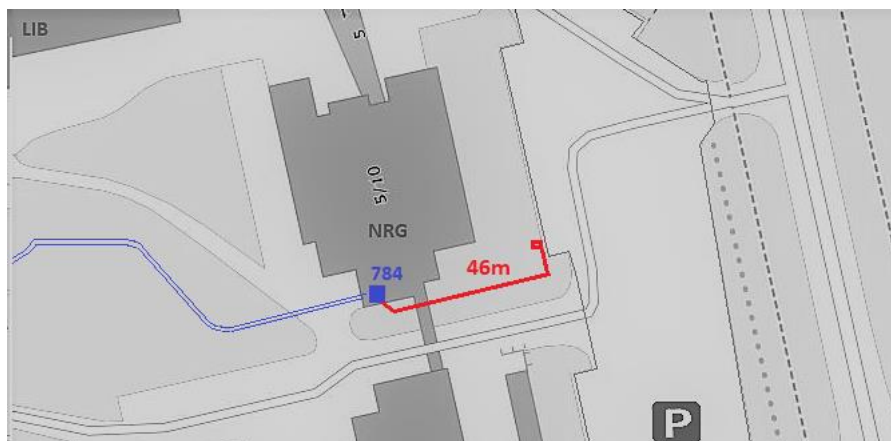
Tabel 7 kulude tabel stsenaarium 1

Tööde nimekiri	Kogus	ühiku hind,	Hind kokku, €
Kaabliitrassi augu tegemine vundamendis	1	1800 €	1800,0
Kaabel AMCMK-HF 4x240+72 Dca	11m	15,9 €/jm	174,9
Kaablikaitsetoru TAM 110/450N Kollane 2*50m	7m	1,55 €/m	10,85
Kaablipaigaldus, asfaldi taastamisega	7m	60 €/jm	420,0
Kaitselüliti LZMN3-A320-I tootekood 111966	1	447,7 €/tk	447,7
Painduv latt Cu 5*24*1 tootekood 119032	5m	109,2 €/m	546,0
Kaablikingad XKA2 tootekood 271461	2kmp	126,5€/tk	253,0
Esmakäivitus, ühendamine, häälestus	24t	50 €/t	1200,0
Kassett, LTS-L/400/2 tootekood 269351	1tk	146,9 €	146,9
Paigaldus	8t	50€/t	400,0
		Kokku	5399,5 Eur

Tabelis 7 on tehtud kuluanalüüs, kus hinnad on käibemaksuta, sõltuvad paljudest faktorist. Kui teeb üks firma siis ta kindlasti saab projekti hinda mis võib olla 10% lõpphinnast. 11 meetrit kaabli paigaldust koos elektriauto laadijaga paigaldusega eelarve summa on 5399,5 Eur

3.2 Stsenaarium 2

Paigalduskohaks on parkla energeetika maja, NRG korpuse ees. Parim paigalduskoht hetkel sellel on parkimiskoht rektori küllastajatele, kes tulevikus saavad ka elektriautot laadima panna.

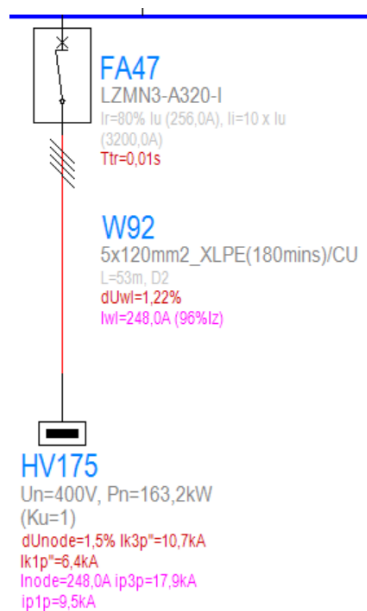


Joonis 20 Kaabli paiknemine vastavalt stsenaariumile 2

Asfaldi ei pea kaevama, kuid tuleb tõsta 2 meetrit kõnniteet. Joonisel 20 on näidatud 46m, kuid siin ei ole arvestatud kõrguste kõikumistega, ja teiste ettenägemata kaabli kuludega. Kokku arvestame kaablit 53m.

Tabel 8 SWOT analüüs scenario 2

<p>Tugevused Nähtavas kohas</p>	<p>Võimalused Loob lisaväärtust Taltechile, võimaldades laadida kiiresti uuemaid elektriautosi</p>
<p>Nõrkused Hetkel parkimiskohad on ainult rektori ja rektori külastajatele, see võib piirata kasutajate arvu</p>	<p>Ohud Vandalism ja sellega kaasnev lisakulu oleks vaja paigaldada turvakaamerat. Peab arvestama olemasolevate tänavavalgustuse liinidega.</p>



Joonis 21 Stsenariumi 2 vastav projekteeritav laadija toiteliin

Arvutusmudeliga tehtud arvutus, Joonisel 21, näitab, et sobilik kaabel on vask XLPE 5x120mm2 $I_n=346A$ aga arvestades, et paigaldusviis on D2 (maas torus), ehk maakaabel seega kasulik kaabli läbilaskevõime on $I_z=257A$. Laadija andelehe järgi kaitselüliti pidi olema 300A 3 Poolust 50kA lühisvoolu taluvusega, Valitud Eaton LZMN3-A320 $I_u=256A$ $I_r=80\%$ juures. Kaabli läbilaske võime on suurem kui kaitselüliti oma.

3.2.1 Kuluanalüüs

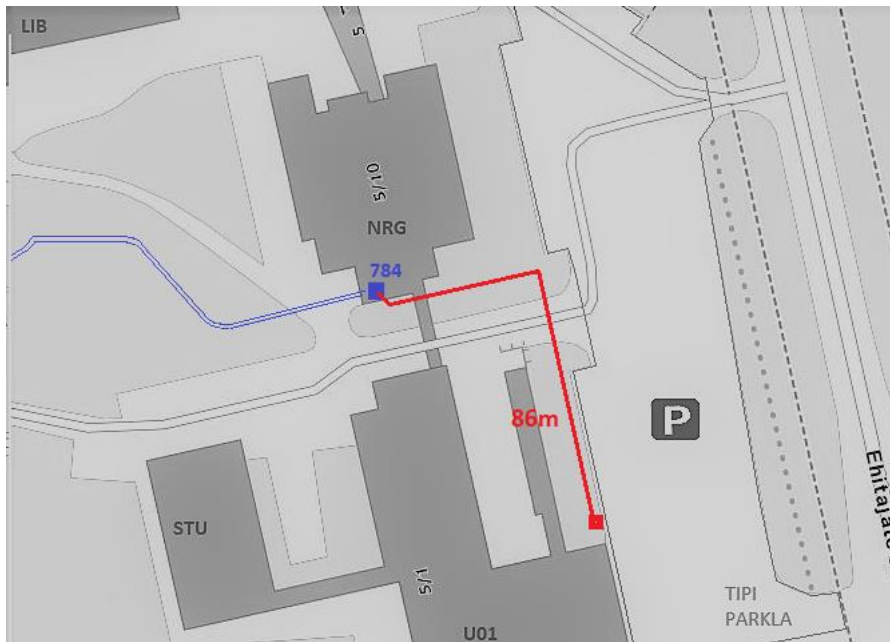
Tabel 9 Tööde maksumus Stsenaarium 2

Tööde nimekiri	Kogus	ühiku hind,	Hind kokku, €
Kaabli trassi augu tegemine vundamendis	1	1800 €	1800,0
Kaabel AMCMK-HF 4x240+72 Dca	53m	15,9 €/jm	842,7
Kaabli kaitsetoru TAM 110/450N Kollane 2*50m	50m	1,55 €/m	77,5
Kaabli paigaldus, muru taastamisega	44m	35 €/jm	1540
Kaabli paigaldus, kõnnitee taastamisega	2m	60 €/jm	120,0
Kaitseüliti LZMN3-A320-I tootekood 111966	1	447,7 €/tk	447,7
Painduv latt Cu 5*24*1 tootekood 119032	5m	109,2 €/m	546,0
Kaabli kingad XKA2 tootekood 271461	2kmp	126,5€/tk	253,0
Betoonalus 1,2m x 1,0m x 0,5m kaalule 1,1t	1	650 €	650,0
Esmakäivitus, ühendamise, häälestus	24t	50 €/t	1200,0
Kassett, LTS-L/400/2 tootekood 269351	1tk	146,9 €	146,9
Paigaldus	8t	50€/t	400,0
		Kokku	8023,1 Eur

Tabelis 9 on tehtud kuluanalüüs, kus hinnad on käibemaksuta, sõltuvad paljudest faktorist. Kui teeb üks firma siis ta kindlasti saab projekti hinda mis võib olla 10% lõpphinnast. 53 meetrit kaabli paigaldust koos elektriauto laadijaga paigaldusega eelarve summa on 80231,1 Eur

3.3 Stsenaarium 3

Paigalduskohaks on elektriautode parkla U01 korpuse ees, söökla nurgas. Kõige loogilisem paigalduskoht, enamused elektriauto kasutajaid juba pargib seal. Viis parkimiskohta.



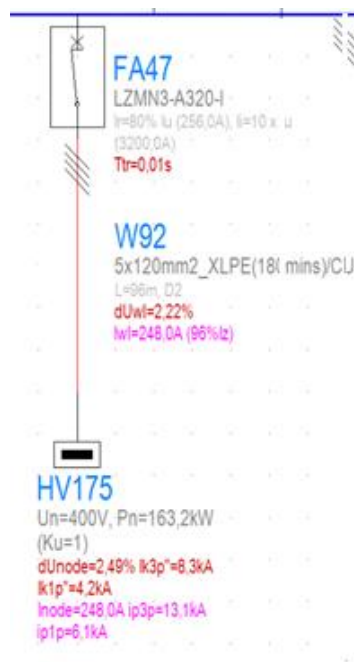
Joonis 22 Kaabli paiknemine vastavalt stsenaariumile 3

Tuleb kaevata 10 meetrit asfalti ja tõsta 2 meetrit kõnniteet. Joonisel 22 on näidatud 86m, kuid siin ei ole arvestatud kõrguste kõikumistega, ja teiste ettenägemata kaabli kuludega. Kokku arvestame kaablit 96m.

Tabel 10 SWOT analüüs stsenaarium 3

Tugevused Elektriautodele mõeldud parkimiskoht Kohad on tihti vabad	Võimalused Perspektiivne koht, elektriautode parkimiskohtade arv tulevikus kordistub.
Nõrkused Kõige kallim paigaldus Kõige kaugem punkt alajaamast.	Ohud Vandalism ja sellega kaasnev lisakulu oleks vaja paigaldada turvakaamerat. Peab arvestama olemasolevate tänavavalgustuse liinidega.

Tabeli 10 järgi tuleb välja, et see on parim koht kogu Tipi parkla elektriauto parkimiskohtade kasutajatele.



Joonis 23 Arvutusmodeli tulemus Stsenaarium 3

Arvutusmodell joonisel 23, näitab, et sobilik kaabel on vask XLPE 5x120mm² In=346A aga arvestades, et paigaldusviis on D, ehk maakaabel seega kasulik kaabli läbilaskevõime on Iz=254A. Laadija andelehe järgi kaitselüliti pidi olema 300A 3 Poolust 50kA lühisvoolu taluvusega, Valitud Eaton LZMN3-A320 Iu= 256A Ir=80% juures. Kaabli läbilaske võime on suurem kui kaitselüliti oma.

Laadija nimivool In=248A ehk 163,2 kW

3.3.1 Kuluanalüüs

Tabel 11 Tööde maksumus Stsenaarium 3

Tööde nimekiri	Kogus	ühiku hind,	Hind kokku, €
Kaabltrassi augu tegemine vundamendis	1	1800 €	1800,0
Kaabel AMCMK-HF 4x240+72 Dca	96m	15,9 €/jm	1526,4
Kaablikaitsetoru TAM 110/450N Kollane 2*50m	100m	1,55 €/m	155,0
Kaablipaigaldus, muru taastamisega	78m	35 €/jm	2730,0
Kaablipaigaldus, asfaldi taastamisega	10m	60 €/jm	600,0
Kaablipaigaldus, kõnnitee taastamisega	2m	60 €/jm	120,0
Kaitselüliti LZMN3-A320-I tootekood 111966	1	447,7 €/tk	447,7
Painduv latt Cu 5*24*1 tootekood 119032	5m	109,2 €/m	546,0
Kaablikingad XKA2 tootekood 271461	2kmp	126,5€/tk	253,0

Betoonalus 1,2m x 1,0m x 0,5m kaalule 1,1t	1	650 €	650,0
Esmakäivitus, ühendamine, häälestus	24t	50 €/t	1200,0
Kasett, LTS-L/400/2 tootekood 269351	1tk	146,9 €	146,9
Paigaldus	8t	50€/t	400,0
		Kokku	10575 Eur

Tabelis 11 hinnad on käibemaksuta, sõltuvad paljudest faktorist. Kui teeb üks firma siis ta kindlasti saab projekti hinda mis võib olla 10% lõpphinnast. 96 meetrit kaabli paigaldust koos elektriauto laadijaga paigaldusega eelarve summa on 10575 Eur

3.4 Vahekokkuvõte

Selles töös analüüs on tehtud olemasolevate andmete alusel ja ei ole arvestatud teiste kommunikatsioonidega või faktoritega, mis võivad mõjutada paigalduse lõpphinda. Tehtud SWOT ja majanduslikud arvutused näitavad, et parim koht elektriauto laadija paigaldamiseks on vastavalt esimesele stsenaariumile Energeetika maja taga. Laadija kasutajate arv on siis piiratud, tõkkepuu taga pääseb ainult piiratud arv külastajaid. Kuluefektiivselt on paigalduskoht vastavalt stsenaariumile 1. Kui teha eeltöö ja leida kuidas kaablit saab vedada vundamendi puurimata, siis võib paigalduselt veel kokku hoida 1800 Euro.

KOKKUVÕTE

Väga oluline, et aku keemia ning elektriauto aku jahutamine oleksid laadimisprotsessi jooksul kontrolli all. See mõjutab akuelueale ja tõhususele. Suurest laadimisvõimsust ei ole piisav on vaja arvestada ka ajafaktoriga. Hetkel turul ei ole ühtegi elektriautot mis ületaks 350 kW laadimisvõimsust. Sellel aastal ilmuvad 800V auto akusüsteemid mis teevad tõhusamaks laadimisprotsessi. Elektriauto laadijate arengus tähelepanu on pigem kõrgematele pingetasemetele ja ka suurematele akude mahtuvustele, laadijate osas modulaarne ehitus ning ka tõhususele ja ka paindlikkuse. Erilahendused nagu elektribusside laadimine leiaksid kasu kõrgemate moodulite võimsustes ja vähemas moodulite arvus. Patareide keemia arendus ning suure koormusega elektrisõidukite levimine võivad mõjutada nõudlust võimsate laadijate vastu mis omaette mõjutab keskmise alalisvoolu võimsusmoodulite tase.

Elektriauto laadijate kohad paigaldada alajaamade lähedale või ehitamisel tuleb ette planeerida elektriauto laadijaid, selleks ka reserveerida võimsust.

Soovitused tulevikuks

Multimeeter loggeriga, mis võimaldab lugeda sammuga 0,16 Hz ja salvestama neid. Vajalik teadustöök, näiteks analüüsida

Alajaama 784 madalpinge jaotusseadme skeemid on vaja viia vastavusse elektripaigaldisega. Olemasolevas skeemid on poolikud ja osaliselt ei vasta elektripaigaldisele. Andmed on 2004 ehitusaastast pärit. Kaitseaparaadid on vaja viia vastavusse kehtivate nõuetega.

LIST OF REFERENCES

- [1] "Hyundai IONIQ Electric price and specifications - EV Database." [Online]. Available: <https://ev-database.org/car/1165/Hyundai-IONIQ-Electric>. [Accessed: 30-Apr-2020].
- [2] "Nissan Leaf price and specifications - EV Database." [Online]. Available: <https://ev-database.org/car/1106/Nissan-Leaf>. [Accessed: 30-Apr-2020].
- [3] "Model S | Tesla." [Online]. Available: https://www.tesla.com/da_dk/models?redirect=no. [Accessed: 30-Apr-2020].
- [4] "Riik loob tingimused elektriautode laadimistaristute paigaldamiseks | Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi." [Online]. Available: <https://www.mkm.ee/et/uudised/riik-loob-tingimused-elektriautode-laadimistaristute-paigaldamiseks>. [Accessed: 26-Apr-2020].
- [5] "Sõidukite statistika | Maanteeamet." [Online]. Available: <https://www.mnt.ee/et/ametist/statistika/soidukite-statistika>. [Accessed: 10-Dec-2019].
- [6] W. M. Camilo Suarez, "Fast and Ultra-Fast Charging for Battery Electric Vehicles – A Review," *IEEE Energy Convers. Congr. Expo. - ECCE 2019*, pp. 1–7, 2019.
- [7] I. Palu, J. Šuvalova, T. Sarnet, and T. Kangro, "Elektertransport ja selle mõju elektrisüsteemi talitlusele II etapi lõpparuanne," Tallinn, 2014.
- [8] D. Ronanki, A. Kelkar, and S. S. Williamson, "Extreme fast charging technology—prospects to enhance sustainable electric transportation," *Energies*, vol. 12, no. 19, pp. 1–17, 2019.
- [9] J. Spöttle, M., Jörling, K., Schimmel, M., Staats, M., Grizzel, L., Jerram, L., Drier, W., Gartner, *Research for TRAN Committee – Charging infrastructure for electric road vehicles*, no. June. 2018.
- [10] "EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU DIREKTIIV 2014/94/EL," 2014. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0094>. [Accessed: 01-May-2020].
- [11] "Jaguar I-Pace price and specifications - EV Database." [Online]. Available: <https://ev-database.org/car/1097/Jaguar-I-Pace>. [Accessed: 16-May-2020].

- [12] "Kia e-Niro 64 kWh price and specifications - EV Database." [Online]. Available: <https://ev-database.org/car/1260/Kia-e-Niro-64-kWh>. [Accessed: 17-May-2020].
- [13] "Hyundai Kona Electric 64 kWh price and specifications - EV Database." [Online]. Available: <https://ev-database.org/car/1204/Hyundai-Kona-Electric-64-kWh>. [Accessed: 17-May-2020].
- [14] A. Alba, "Isejuhtiva bussi ISEAUTO laadimise mõju Tallinna Tehnikaülikooli elektrisüsteemile," Tallinn University of Technology, 2019.
- [15] "Elektriohutusseadus – Riigi Teataja." [Online]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/12894666>. [Accessed: 15-May-2020].
- [16] Efacec, "Efacec Datasheet HV175."
- [17] Majandus ja Kommunikatsiooniministeerium, *Elektriautode laadimistaristu tulevik ja konkurentsiga tagamine turul*. Tallinn, 2020.

Lisa 1