



Vladimir Grigorjev

AKUSALVESTIGA LAADIMISPUNKTI OTSTARBEKUSE ARVUTAMINE JA ANALÜÜSIMINE

LÕPUTÖÖ

Tehnika instituut
Elektritehnika õppekava

Tallinn 2021

Autori deklaratsioon ja lihtlitsents

Mina, Vladimir Grigorjev,

tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Juhendaja (nimi, allkiri) Andres Mandre

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Vladimir Grigorjev

(autori nimi)

sünnikuupäev: 27.11.1996

annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Akusalvestiga laadimispunkti otstarbekuse arvutamine ja analüüsimine

(lõputöö pealkiri)

1. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
2. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle.

Tallinnas, allkirjastatud digitaalselt.

SISUKORD

LÜHENDID	5
SISSEJUHATUS.....	6
1. ELEKTRIAUTO LAADIMISE TEHNOLOOGIA AJALUGU.....	7
2. LAADIMISPUNKTI EHITUS	8
2.1 AC laadimispunkti ehitus.....	9
2.2 DC laadimispunkt ehitus	10
3. LAADIMISREŽIIMID	11
3.1 Režiim 1	11
3.2 Režiim 2	11
3.3 Režiim 3	11
3.4 Režiim 4	12
4. LAADIMISPISTIKUD	13
4.1 Vahelduvvoolu pistikud Tüüp 1 ja Tüüp 2	13
4.2 Alalisvoolu pistikud CCS ja CHAdeMO	13
5. MILLEST SÕLTUB AUTO LAADIMISKIIRUS?.....	14
6. LAADIMISJAAMAD.....	16
6.1 Elinta Citycharge V2 Plus	16
6.2 Efacec QC 45	17
7. NÄIDISPROJEKTI EESMÄRK JA KIRJELDUS	18
8. NÄIDISPROJEKTI SEADMED.....	19
8.1 Eaton xStorage Compact kirjeldus.....	19
8.2 Eaton xStorage Compact ehitus	19
8.3 Võimsuse muundamine	20
8.4 Patareide süsteem	20
8.5 Suhtlus plokk.....	20
8.6 Rakenduste kontrollid	21

8.7 Eaton xStorage EBR	22
8.8 Eaton xStorage Compact Home	22
9. SWOT.....	23
10. MAJANDUSANALÜÜS	25
10.1 Laadimisjaamade hinnad.....	25
10.2 Laadimishindade võrdlus ja elektri börsihinnad Eestis.....	26
10.3 Akude laadimine erinevates laadimispunktides	27
10.4 Akusalvesti täislaadimine päeval	28
10.5 Akusalvesti täislaadimine öösel	29
10.6 Mitu autot saab laadida ühe akusalvestiga?	30
10.7 Akusalvestist energia müümine	31
10.8 Kasumi graafik	32
10.9 Tasuvuse arvutamine.....	33
11. MAJANDUSANALÜÜSI KOKKUVÕTE.....	34
KOKKUVÕTE.....	35
SUMMARY	36
VIIDATUD ALLIKAD.....	38
Lisa 1. 43 kWh akusalvesti hinnapakkumine.....	40
Lisa 2. 100 kWh akusalvesti hinnapakkumine.....	41
Lisa 3. 126 kWh akusalvesti hinnapakkumine.....	42
Lisa 4. Näidisprojekti elektriskeem.....	43
Lisa 5. Eaton xStorage Compact elektriskeem.....	44

LÜHENDID

AC – vahelduvvool

DC – alalisvool

kWh – kilovatt-tunnid

A – amper

V – volt

ECM – inglise keeles energy conversion module (energia muundamise moodul)

MBS – inglise keeles maintenance bypass switch (hoolduse möödaviigu lüliti)

BMS – inglise keeles battery management system (akude juhtimissüsteem)

EBR – inglise keeles external battery rack (väline akuhoidik)

EVSE – inglise keeles electric vehicle supply equipment (elektrisõiduki varustusseadmed)

CHAdemo – inglise keeles charge for moving (lae liikumiseks)

CCS – inglise keeles combined charging system (kombineeritud laadimissüsteem)

HVDC – inglise keeles high voltage direct current (kõrgepinge alalisvool)

SISSEJUHATUS

Lõputöö on koostatud teemal „Akusalvestiga laadimispunkti otstarbekuse arvutamine ja analüüsimine”. Teema sai valitud autori poolt, kes tunneb suurt huvi elektriautode vastu ja soovib muuta laadimispunkte efektiivsemaks kasutades akusalvesteid.

Paarikümne aasta pärast hakkavad sisepõlemismootoritega sõidukid ära kaduma ja inimesed hakkavad neid asendama elektriautode peale. Seetõttu laadimispunktide arvu peab suurendama ja suurendamisel peaksid need olema efektiivsemad.

Lõputöö peamiseks eesmärgiks on välja arvutada palju läheks maksma akusalvestiga laadimispunkti väljaehitamine. Selle jaoks tegi autor näidisprojekti, kus valis välja vajalikud seadmed sellise süsteemi loomiseks.

Teiseks eesmärgiks oli vaja teha arvutused, et välja selgitada, kas selline lahendus on majanduslikult otstarbekas. Selleks, et seda saavutada uuris autor börsi elektrihindu, võrdles erinevate laadimispunkte ja nende laadimiste maksumust. Valis optimaalse müümishinna ja tegi prognoosi, kaua võtaks aega, et näidisprojektid tasuksid ära.

1. ELEKTRIAUTO LAADIMISE TEHNOLOOGIA AJALUGU

Esimeste elektriautode tekkega 19. sajandi keskel, tekkis suur vajadus arendada välja aku laadimise tehnoloogia. Sõiduvahendite tehnoloogia nägi ette seda, et patareid olid ühekordsed ja sõidukite kasutajad pidid asendama vanad patareid uute vastu. Tehnoloogia arenguga taheti, et patareisid oleks võimalik uuesti laadida ilma, et peaks neid asendama uute vastu. Põhiliseks probleemiks oli samuti see, et 20. sajandi alguses suurem osa elamutes ei olnud elektrit ja akut ei saanud laadida kodus.

Elektrivarustuse jõudmine hoonetesse soodustas seda, et inimesed hakkaksid aina rohkem ostma elektriautosid. Tollel ajal Ameerikas olid 38% autodest elektritoitel, nende autode akusid laeti, kas akumulaatoriga sõidukis või aku võeti autost välja ja laadimine toimus teises kohas. [1]

General Electric oli esimene ettevõtte, kes tutvustas inimestele auto laadimisjaama nimega "Electrant". See jaam nägi välja telefoniputka moodi ja elanikud said kasutada seda autode laadimiseks. [1]

Autotööstuse arenguga 20. sajandil ei olnud elektriautod konkurentsivõimelised, sest nendel oli piiratud sõidukaugus ja need ei sobinud kaugele reisimiseks. [1]

20. sajandi lõpuks saadi aru, et õhu saastamisega tuleks midagi teha ja elektriautod muutusid uuesti aktuaalseks. Autotööstuse firmad hakkasid tootma autosid, mida sai laadida kodus kasutades tavalist pistikut. Hiljem tehti süsteem, et elektriautodel oleks eraldi oma laadimispunkt. [1]

See toobki meid 21. sajandisse, kus toimuvad elektriautode laadimise tehnoloogia muutused. [1]

2. LAADIMISPUNKTI EHDITUS

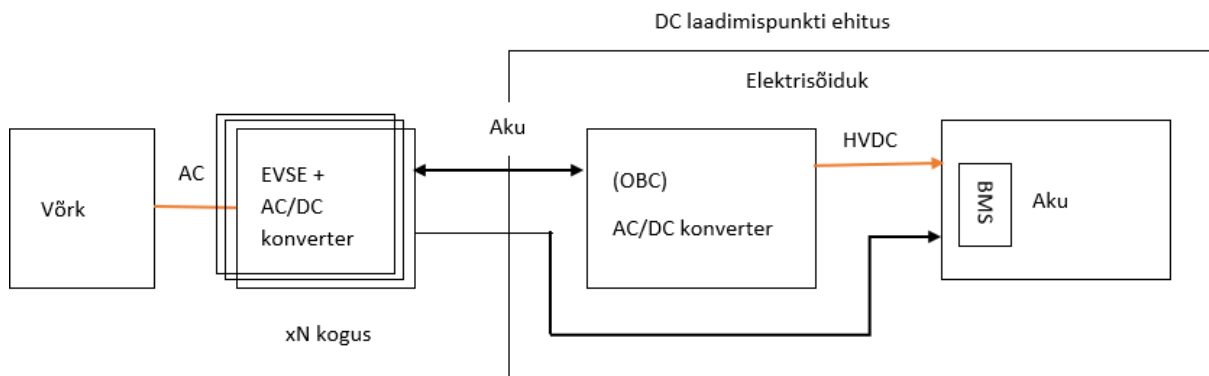
Laadimispunkt on üks osa võrgu infrastruktuurist, mis võib olla paigaldatud nii tänavale, parkimiskohtadesse kui ka koduses garaažis. Jaamas esineb kaks laadimissüsteemi alalisvoolu ja vahelduvvoolu laadimine. [2]

Tabel 1. Laadimisjaamade tüübid [2]

EVSE tüüp	Toide	Laadimisvõimsus	Laadimisaeg (näiteks 24-kWh aku)
AC laadimisjaam: Tase 1	120/230 Vac; 12 A kuni 16 A(ühefaasiline)	Ligikaudselt 1.44 kW kuni 1.92 kW	Umbes 17 tundi
AC laadimisjaam: Tase 2	208-240 Vac;15 A kuni 80 A (ühefaasiline/jaagatud faas)	Ligikaudselt 3.1 kW kuni 19.2 kW	Umbes 8 tundi
DC laadimisjaam: Tase 3	300 kuni 600 Vdc; maksimaalne vool 400 A	120 kW kuni 240 kW	Ligikaudselt 30 minutit

2.2 DC laadimispunkt ehitus

Alalisvooluga laadimispunkt on võimeline varustama väga suurtel võimsustel vahemikus 120 kuni 250 kW. Sellised jaamad laevad akusid 80% peale 30 minutiga. Sellise võimsuse saavutamiseks on selles süsteemis mitmeid konvertereid, mis on kokku pandud. Elektriautosse ei ole mõttekas konvertereid sisseehitada, kuna see teeks masina väga raskeks. Tavaliselt need konverterid on paigaldatud autost väljaspool laadimisjaama. [2]



Joonis 3. DC laadimispunkti ehitus [2]

Joonisel number 3 on näha, et alalisvoolu puhul toimub laadimine otse sõiduki patareiga [2]

3. LAADIMISREŽIIMID

3.1 Režiim 1

Režiimis number üks elektrisõiduk on ühendatud tavalise pistikupessa ja selles süsteemis on tavaline majasisene kaitsesüsteem (maandussüsteem, kaitselüliti ülekoormuse jaoks ja jääkvooluseade). Tüüp ühte kasutatakse elektriratta ja tõukeratta laadimiseks. [3]

Ühefaasilises olekus ei tohi voolu ja pinge nimiväärtused ületada 16 A ja 250 V, kolmefaasilises aga 16 A ja 480 V. [3]

3.2 Režiim 2

Režiim number kaks on samasugune süsteem nagu *Režiim 1*, kuid selles kasutatakse juba kaitset, mis on ühenduses elektrivõrgu liitumispunktiga ja laetava auto vahel. Kaitse on paigaldatud laadimiskaabli külge. Režiim kahte saab kasutada nii koduste pistikupesadega kui ka tööstuslike pistikutega. [3]

Ühefaasilises olekus ei tohi voolu ja pinge nimiväärtused ületada 32 A ja 250 V, kolmefaasilises aga 32 A ja 480 V. [3]

3.3 Režiim 3

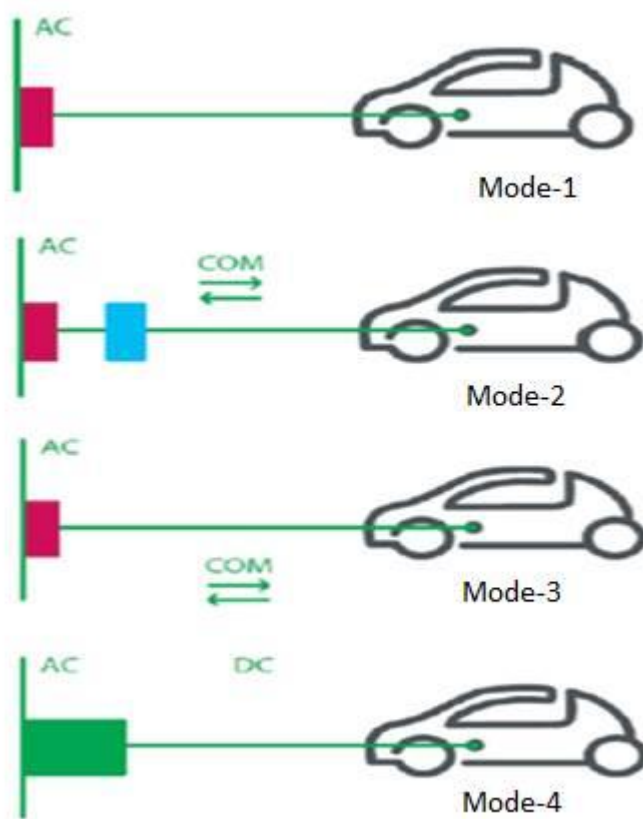
Režiim kolmes toimub sõiduki laadimine läbi toiteallika, mis on püsivalt ühenduses elektrivõrguga. Kaitsesüsteem on laadimispunkti sisseehitatud. Seda laadimisviisi kasutatakse seinakastides, kaubanduslikes laadimispunktides kui ka kõigis vahelduvvoolu automaatsetes laadimissüsteemides. [3]

Ühefaasilises olekus ei tohi voolu ja pinge nimiväärtused ületada 32 A ja 250 V, kolmefaasilises aga 32 A ja 480 V. [3]

3.4 Režiim 4

Režiim number neli on ainuke laadimisviis, kus kasutatakse alalisvoolu, seda kutsutakse kiirlaadimiseks. Selle laadimisrežiimi jaoks on vaja autovälist voolumuundurit, kuhu ühendatakse laadimiskaabel. Võrreldes tesite laadimisjaamadega on režiim neljas konverter, mis muudab vahelduvvoolu alalisvooluks enne seda kui see vool jõuab läbi kaabli elektriautosse. [3]

Laadimisjaamad on võimelised laadima kuni 200 A ja 400 V. [3]



Joonis 2. Neli laadimisrežiimi [3]

4. LAADIMISPISTIKUD

4.1 Vahelduvvoolu pistikud Tüüp 1 ja Tüüp 2

Tüüp 1 on ühefaasiline pistik, mis võimaldab laadida autot kuni 7.4 kW (230 V, 32 A). Sellist tüüpi pistikuid kasutatakse Aasia piirkondades ja Euroopas leidub neid väga harva. [4]

Tüüp 2 on kolmefaasiline pistik, mida kasutatakse põhiliselt Euroopas. Kodumajapidamises ulatub selle laadimisvõimsus kuni 22 kW ja avalikus laadimispunktis võib võimsus ulatuda kuni 43 kW. Suurem osa avalikkudes laadimispunktides on Tüüp 2 saadaval. [4]

4.2 Alalisvoolu pistikud CCS ja CHAdeMO

CCS on Tüüp 2 täiustatud versioon, sellel pistikul on kaks voolukontakti, mis võimaldavad kiirlaadimist. Samuti see toetab nii AC kui ka DC laadimist kuni 170 kW. [4]

CHAdeMO laadimissüsteem leiutati Jaapanis, mis võimaldab kiirlaadimist kuni 50 kW ja selle pistikuga on võimalik anda voolu tagasi võrku. [4]



Joonis 3. Laadimis pistikute tüübid [5]

Esimest tüüpi pistikut kasutatakse Ameerikas kodus laadimiseks AC elektriseadmetele. Teist tüüpi pistikut kasutatakse Euroopas elektriautode laadimiseks kodust. CCS on DC kiirlaadija, mida kasutatakse elektriauto järsuks laadimiseks. CHAdeMO on samuti DC kiirlaadija, mis on kasutusel kodu välistes laadimispunktides. [6]

5. MILLEST SÕLTUB AUTO LAADIMISKIIRUS?

Autolaadimise kiirus sõltub järgmistest punktidest:

1. Aku mahtuvus

Igal autol on erineva suurusega akud. Patarei mahutavus näitab, mis suures on sõiduvahend võimeline elektrit salvestama. See suurus on mõõdetud kilowatt tundides (kWh). Mida suurem on kWh, seda rohkem on võimalik selles akumulaatoris energiat hoida. [7]

2. Laadimisvõimsus

Laadimisvõimsus on suurus, mis mõõdab palju energiat läheb läbi laadimispunkti elektriauto patareisse. Sageli on masinatel maksimaalne võimsuse limiit, mille juures saab seda laadida ja enamasti on see laadimisjaama võimsusest madalam. [7]

3. Laadimispunkti võimsus

Laadimispunkti võimsus on kogus, mis mõõdab palju energiat ühe ühiku kohta kandub edasi laadimiskohast elektriautosse. Tööd ehk energiat mõõdetakse kui võimsust ajas ehk kW*h. See arv sõltub nii kasutatavast veerust ja elektrivõrgust milles on auto ühendatud. [7]

4. Laadimiskaablile maksimaalselt lubatav vool

Elektriauto laadimiskaabli ühendamisel laadimispunkti, võib juhtuda, et kaabli kestvalt lubatav maksimaalne vool piirab laadimisvõimsust. Kaablid, mis toetavad suuremaid voole on kallimad, kuid võimaldavad kiiremat auto laadimist. [7]

5. Laadimisaja arvutamine

Laadimisaja arvutamiseks kasutatakse kahte tegurit patarei mahtuvust ja laadimisvõimsust. [7]

Laadimisaja leidmisel on vaja auto patarei võimsus jagada laadimispunkti laadimisvõimsusega. [7]

Joonis 4. Laadimisaegade tabel [7]

Aku mahtuvus	Laadimispunkt 3 kW	Laadimispunkt 11 kW	Laadimispunkt 50 kW
18 kWh	6 h	1h 38 min	22 min
40 kWh	13 h 20 min	3 h 38 min	48 min
100 kWh	33 h 20 min	5 h 5 min	2 h

Joonisel nr. 4 on näha, mida suurem on auto aku, seda rohkem läheb aega, et seda laadida. Mida suurem on aku ja mida väiksem on laadimispunkti võimsus, seda kauem selle täislaadimine toimub. [7]

6. LAADIMISJAAMAD

6.1 Elinta Citycharge V2 Plus

Enefit Volt omab ärikliendidele mõeldud elektriauto laadimisjaama, mis on võimeline andma 22 kW laadimisvõimsust. Selle laadimispunktis saab korraga laadida kahte autot. See lahendus sobib hästi autoparki või töötajate auto laadimiseks. Selles süsteemis esineb RFID funktsioon ehk laadimise alustamine ja lõpetamine toimub laadimiskaardiga ja tänu sellele kõrvalised isikud ei pääse ligi. Sobib hästi maanteele, tanklad , elektriautode teenuste pakkujatele jne. [8]

Selle laadimisjaama maksumus on 3 750 €. [8]

Tabel 2. Elinta Citycharge V2 Plus spetsifikatsioonid [8]

Laadimiskaabli tüüp	2x Tüüp 2 (Režiim 3)
Sisendvõimsus	3 või 1 faas, 400V/AC, 50Hz, 64 A või 32 A
Väljundvõimsus	2x 3-faas, 400 V/AC, 32 A (2×22 kW) 2x 3-faas, 400 V/AC, 16 A (2×11 kW) 2x 1-faas, 230 V/AC, 32 A (2×7,4 kW) 2x 1-faas, 230 V/AC, 16 A (2×3,7 kW)
Muu	Töötemperatuur -30 °C kuni +50 °C IP54 elektrikabiini hinnang Väliskorpuse IK10 löögikaitse Digitaalne energiaarvesti Mõõtmed 150 × 350 × 1370 mm Kaal 39 kg UV kindel CE sertifikaadiga Laadimiskaabli pikkus 5 m

6.2 Efacec QC 45

Eleport kiirlaadija, mis sobib kõikidele sõidukitele ja omab nii CHAdeMO kui ka CCS pistikuid. Efacec QC45 on kiirlaadimisjaam. Maksimaalne laadimisvõimsus selles jaotlas on 50 kW. Nagu ka Enefit Volt laadimisjaamas saab kasutada selles laadijas RFID funktsiooni. [9]

See süsteem sobib kohtadesse, kus inimene peatub näiteks kaheks tunniks ja laadimine võtab aega 20 kuni 90 minutit, kõik sõltub kui suur on auto akumahtuvus. Omab erinevaid väljunvõimsuse lahendusi. [9]

Selle laadimisjaama maksumus on 23 900 €. [10]

Tabel 3. Efacec QC 45 spetsifikatsioonid [10]

Laadimiskaabli tüüp	CHAdeMO, CCS ja AC Tüüp 2
AC nimivõimsus DC väljundvõimsuseks	3 faas, 400 V/AC, 73 A
AC nimivõimsus	3 või 1 faas, 400V/AC, 50Hz, kuni 63A
AC väljundvõimsus	230 V või 400 V, 16 A kuni 63A
DC väljundvõimsus	50 V/DC kuni 500 V/DC, 0 A kuni 120 A
Muu	Töötemperatuur -25 °C kuni +50 °C IP54 elektrikabiini hinnang Väliskorpuse IK10 löögikaitse Mõõtmed 600 x 600 x 1800 mm Kaal 600 Kg

7. NÄIDISPROJEKTI EESMÄRK JA KIRJELDUS

Projekti põhieesmärgiks on luua elektriautolaadimispunkt, kus on siseehitatud akusalvesti. Seda lahendust on soov rakendada suurtes hoonetes või büroohoonetes parklas. Öösel toimub akusalvesti laadimine ja päeval toimub akusalvestis oleva energia müük. Seda saab kasutada ka hoone tarbeks kui ka rikke puhul saaks salvestist koheselt energiat kasutada.

Näidisprojektis kasutatakse järgmiseid firma Eaton seadmeid:

- Eaton xStorage Compact
- Eaton xStorage EBR
- Eaton xStorage Compact Home

Kasutati kolme stsenaariumiga akusalvesteid. Kõige odavam osutus olema Eaton xStorage Compact 63 kWh (Lisa 1.), mille hinnaks tuli 43 222 €. Teise akusalvesti mahtuvuseks tuli Eaton xStorage Compact 100 kWh (Lisa 2.), mis läheks maksma 61 778 €. Kõige kallim akusalvesti oli võimsusega Eaton xStorage Compact 60 kW(Lisa 3.), ja selle mahtuvuseks on 126 kWh, lõplik hind sellisel süsteemil oleks 80 444 €.

Võrgust liigub toide peajaotuskeskusesse, kus asub PLC ja kaitselülitid. Laadimine toimub PLC juhtimisel. Kontrolleri saab infot internetist elektrihindadest ja on vastavalt programmeeritud, et laadida ainult kindlas hinnavahepiirkonnas. Samuti saab seda programmeerida, et laadimine toimuks öösiti kindlal ajavahemikul, kui laadimine on kõige odavam.

Juhul, kui peaks akusalvesti tühi olema, siis on võimalik laadida otse võrgust.

8. NÄIDISPROJEKTI SEADMED

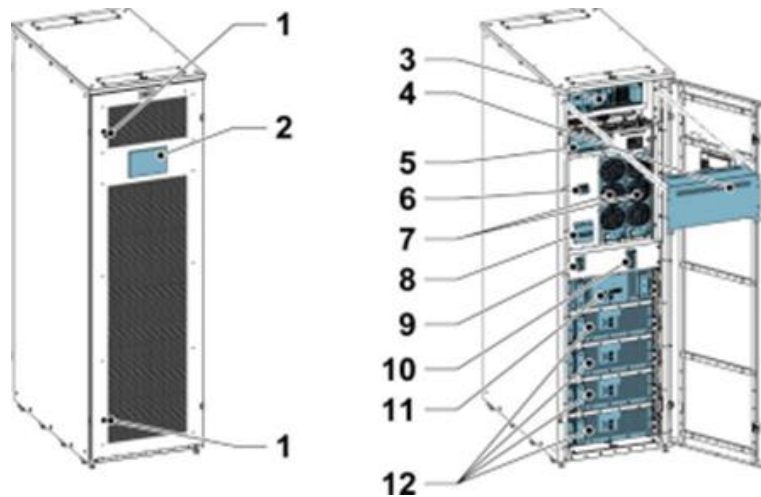
8.1 Eaton xStorage Compact kirjeldus

See seade valiti, kuna tegemist on tuntud firmaga, kes on ennast juba tõestanud erinevate lahendustega Euroopa riikides. Näidisprojektis selle tootega arvutab autor palju oleks võimalik selle seadmega säästa ja mitme aasta pärast selle toote investering tasuvuks muutub. Eaton xStorage Compact on üksik nõrkvoolu jaotla, millesse on sisseehitatud elektrisalvestussüsteem. Selliseid jaotlad töötavad võimsustel 20 kW kuni 40 kW. See toode on modulaarne ja sobib erinevatele energiasalvestus lahendustele nagu näiteks tippklassi elamutes, äri -ja tööstushoonetes. Elektriskeem on nähtaval Lisas nr. 2. [11]

8.2 Eaton xStorage Compact ehitus

Vaadates joonisele 4 on näha, et Eaton xStorage Compact koosneb järgmistest seadmetest [11]:

1. Ukseriiv ; 2. Puutetundlik panel; 3. Suhtlus kast (süsteemi kontrolleri) ; 4. Suhtlus kasti esipaneel; 5. Sideliides; 6. Võrgulüliti; 7. 20kW ECM toitemoodul; 8. Hoolduse möödaviigu lüliti (MBS); 9. 230 Vac lisatoide ja toited F1 ja F2; 10. Aku kaitselüliti; 11. Primaarne aku; 12. Akud [11]



Joonis 4. Eaton xStorage Compact seadme ehitus [11]

8.3 Võimsuse muundamine

Selles süsteemis on kahesuunaline inverter, mis juhib AC koormust ja laeb DC patareisid läbi võrgu. Vajadusel on võimalik inverteril alalisvoolu patareid tühjendada ja varustada vahelduvvoolu võrku. [11]

8.4 Patareide süsteem

xStorage Compact ESS omab ühte sise patareide rida, mis koosneb viiest patareist. Jaotlasse on samuti sisse ehitatud BMS süsteem, mis juhib laadimist ja akude tühjendamist. Samuti BMS jälgib, et seade töötaks lubatud vooludel, pingetel ja temperatuuridel. Kui on vajadus suurendada patareide mahtuvust, siis saab lisada välise akuhoidja (EBR) xStorage Compact süsteemi. EBR mahutab kuni 10 patareid. [11]

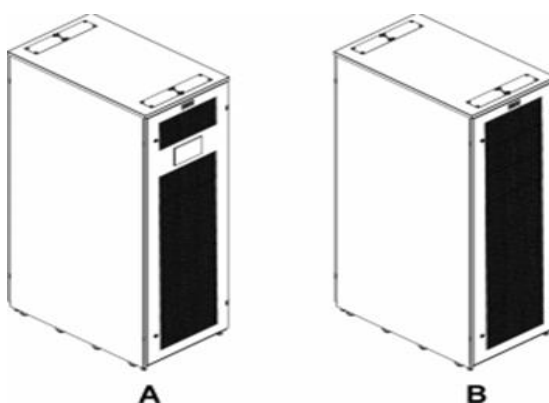
Põhiline erinevus põhisalvesti ja tavalise aku vahel on see, et põhisalvesti avab rea kontaktori juhul kui peaks tekkima süsteemis tõrge/probleem. [11]

8.5 Suhtlus plokk

Suhtlus plokis on kõik vajalik süsteemi juhtimiseks ja kontrollimiseks, sisemised ja välised suhtlus liidesed ja abi toiteallikad. [11]

8.6 Rakenduste kontrollid

Eaton xStorage Compact omab samuti puutetundlikku ekraani ja juhtimispaneeli millega saab juhtida kui ka muuta konfiguratsiooni süsteemi. [11]



Joonis 4. A (Eaton xStorage Compact) ja B (xStorage Compact EBR) [11]

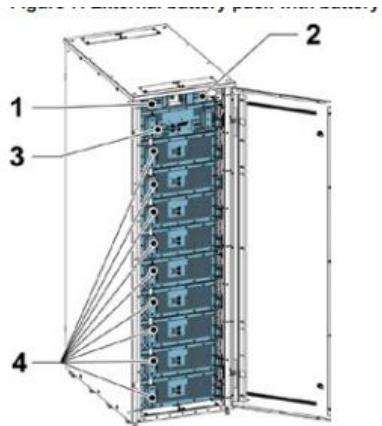
Joonisele 4 on näha, et tegelikkuses seade A ei erine seadmest B suuruse poolest, kuid Eaton xStorage Compact omab enda süsteemis juhtimist kui ka puutetundlikku ekraani ja xStorage Compact EBR oleks nagu akude hoiustamis koht, mis võimaldab hoiustada kuni 10 akut. [11]

8.7 Eaton xStorage EBR

Eaton xStorage EBR on 600 mm laiune jaotla, mis on mõeldud akude hoiustamiseks. Välises akuhoidikus on võimalik hoida kuni 10 akut. [11]

EBR seadme suurused on järgmised [11]:

1. Laius 600 mm
2. Sügavus 1000 mm
3. Kõrgus 1987 mm
4. Kaal ilma akudeta 150 kg
5. Riiulite suurus 42U



Joonis 5. xStorage EBR ehitus [11]

Joonisel 5 on number ühega tähistatud aku kaitselüliti alumistele akudele, number kaks on ülemiste akude kaitselüliti, number kolm on põhiaku ja number neli on tavaline aku. [11]

8.8 Eaton xStorage Compact Home

Eaton xStorage Compact Home on süsteem, mis on paigaldatud jaotlasse ja seda saab kasutada energia haldamiseks ja salvestamiseks. Akusalvesti, mille ühe aku mahtuvus ulatub 4,2 kWh kuni 10 kWh. [12]

9. SWOT

SWOT analüüs oli tehtud autori poolt, kes soovis hinnata näidisprojekti tugevaid ja nõrku külgi ja võttis arvesse kasvu ja arenemisvõimalusi, et projektil oleks võimalus turul edukas olla.

Tabel 4. Näidisprojekti SWOT analüüs

Tugevused	Nõrkused
1.Saab välja anda suures koguses energiat. 2. Odavam laadimise maksumus suurendab elektriautode konkurentsivõimet sisepõlemismootoritega autode suhtes 3. Raha säästmine 4. Sobib kohtadesse, kus oleks elektrivõrgu ehitamine väga kallis.	1. Kallis 2. Vajab pidevat hooldust 3. Akude eluiga langeb iga aastaga
Võimalused	Ohud
1. Saab kasutada tehastes, hoonete energiatarbeks jne. 2. Seadmed muutuvad odavamaks 3. Tehnoloogia areng (akud muutuvad efektiivsemaks)	1. Vähene elektriauto kasutus 2. Ei tasu ära 3. Linnadesse ei pruugi sobida, sest see seada sobib väga hästi kohtadesse, kuhu oleks elektrivõrgu väljaehitamine kallis.

Tugevused

Näidisprojektist tuli välja 4 tugevat külge. Esiteks laadides öösel akusalvesteid on rahaline kokkuhoid, sest laadimine on kaks korda odavam võrreldes päeval laadimisega. Laadides odavamalt hakkavad inimesed rohkem mõtlema elektriautode peale ja elektrisõidukite konkurentsivõime suureneb sisepõlemismootoritega autode suhtes. Akusalvestiga laadimispunkt sobiks väga hästi kohtadesse, kuhu ei oleks elektrivõrgu välja ehitamine otstarbekas ja sellise lahendusega saab koheselt välja anda suures mahus energiat.

Nõrkused

Samuti on akusalvestiga laadimispunktil ka omad nõrkused. Akusalvestid on kõige kallim osa sellest süsteemist ja hinnad on sellepärast väga kallid. Teiseks ei ole akuda efektiivsus igavene, iga aastaga nende kasutegur langeb.

Võimalused

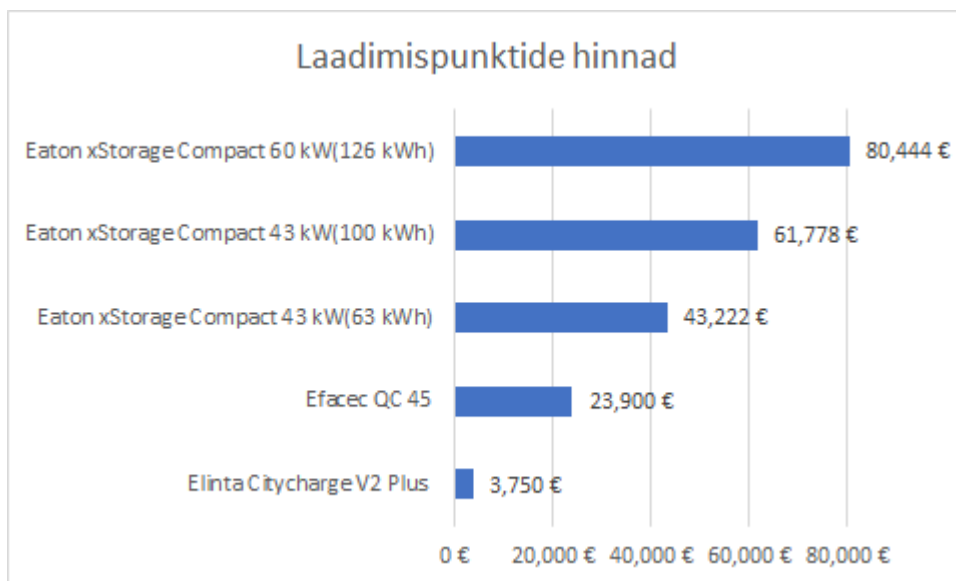
Selline lahendus ei pruugi ainult sobida elektriautolaadimispunktidesse. Akusalvesteid saab kasutada erinevates valdkondades nagu näiteks tehastes masina toiteks või hoones elektritarbijana. Tehnoloogia arenguga ja odavamaks muutumisega kindlasti kasvab akusalvestitega laadimispunkti otstarbekus, sest seadmed muutuvad odavamaks.

Ohud

Elektriautode kasutamisele võtmine võib võtta mitukümmend aastat ja autode laadimist teostatakse väga väikestes kogustes. Mida vähem hakkab toimuma laadimine, seda kauem on selle projekti tasuvusaeg. Linnades on elektrivõrk juba olemas ja seal ei pruugi selline lahendus sobida, sest elekter on kättesaadav.

10. MAJANDUSANALÜÜS

10.1 Laadimisjaamade hinnad



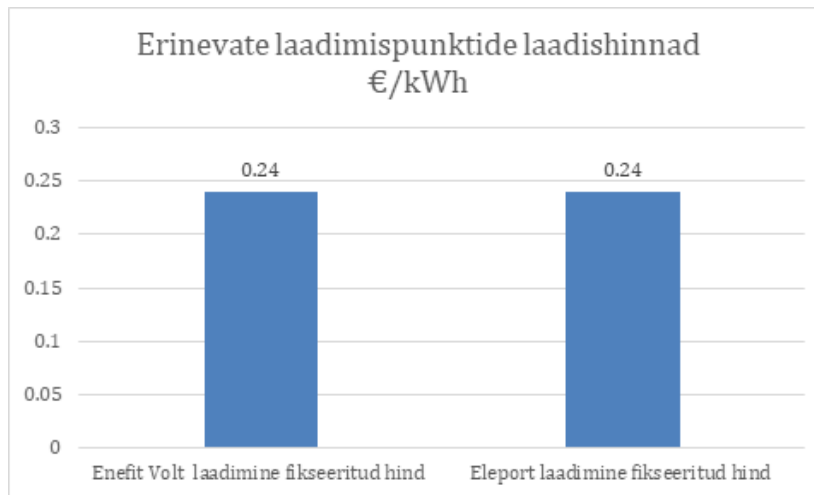
Joonis 6. Laadimispunktide hinnad [15] [16]

Graafikult on näha, et kõige odavam laadimisjaam on Enefit Volt poolt Elinta Citycharge V2 Plus 22kW. Selle põhjuseks on see, et laadimispunkti võimsus on 22 kW ja seal saab laadida ainult Tüüp 2 pistikuga.

Efacec QC 45 on veidi kallim laadimispunkt, mis on 50 kW ja toetab CHAdeMo, CCS ja Tüüp 2 laadimist, kuid selles ei esine akusalvestit.

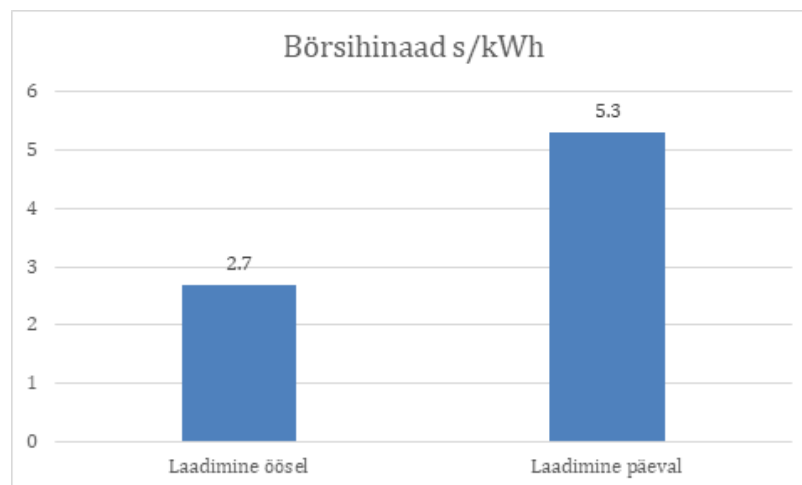
Kasutati kolme stsenaariumiga Eaton xStorage Compact 63 kWh, Eaton xStorage Compact 100 kWh ja 126 kWh mahtuvusega akusalvesteid. Kõige kallimaks osutus laadimisjaam Eaton xStorage Compact 60 kW ja akusalvestiga mahtuvusega 126 kWh, sest selles esineb akusalvesti, mis tõstab selle süsteemi hinda kõige rohkem.

10.2 Laadimishindade võrdlus ja elektri börsihinnad Eestis



Joonist 7. Erinevate laadimispunktide hinnad [15] [16]

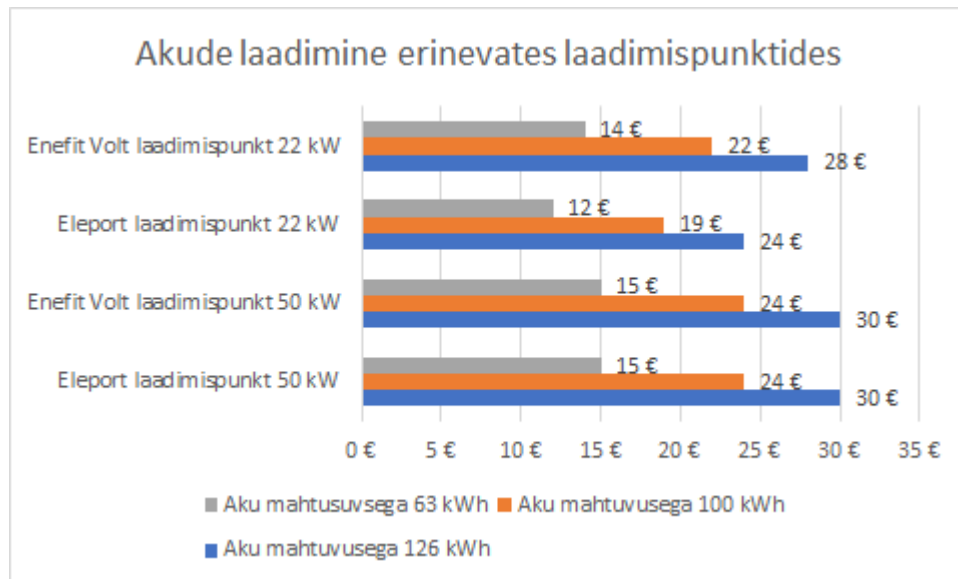
Enefit Volt ja Eleporti hinnad on saadud nende koduleheküljelt, kus on kõik vajalikud teenused kätte saadavad. Mõlemal firmal on sama fikseeritud laadimise hind 50 kW laadimispunktis 0.24 €/kWh. [15] [16]



Joonis 8. Eesti börsihinnad [14]

Börsihinna statistikast on näha, et kõige odavamad elektri hinnad on soojematel kuudel nagu näiteks mai ja aprill ja hind on kallim talvel detsembris ja veebruaris. 12 kuu aritmeetilise börsikeskhinnad tulevad järgmised päeval 5,32 s/kWh, öösel 2,71 s/kWh ja keskmiseks hinnaks tuleb 3,97 s/kWh. [14]

10.3 Akude laadimine erinevates laadimispunktides

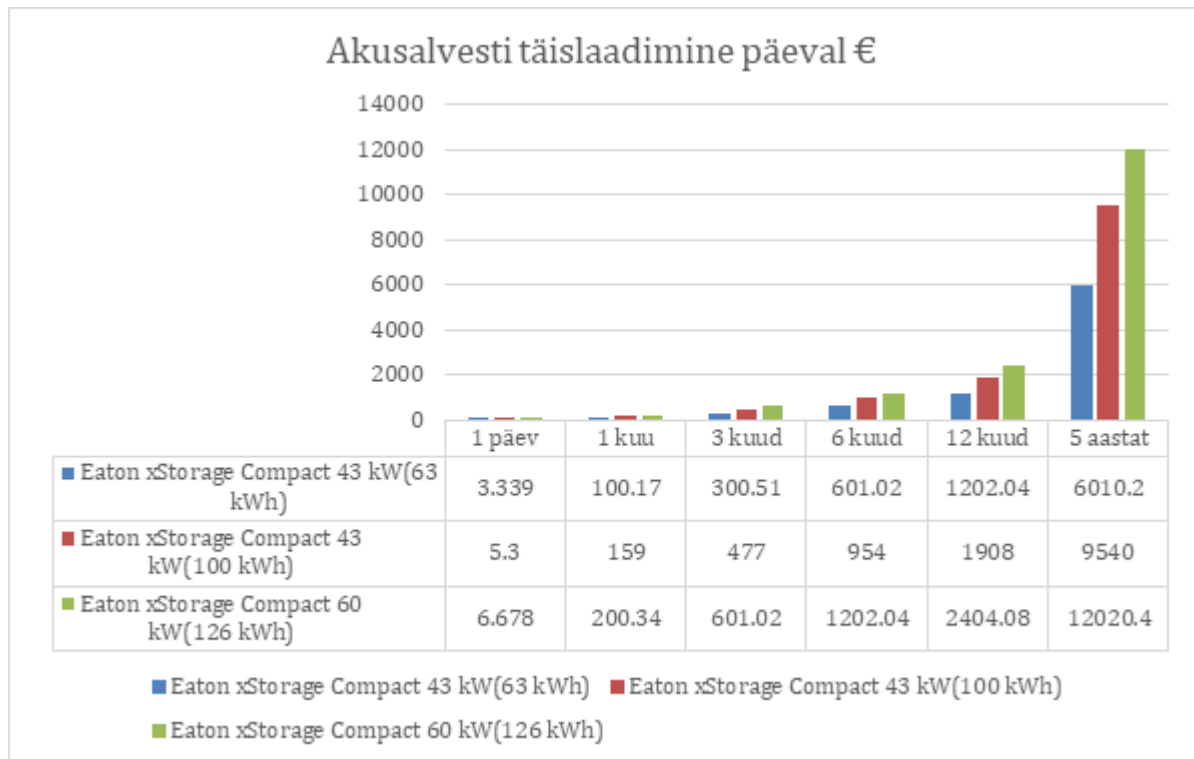


Joonis 9. Akude täislaadimine erinevates laadimispunktides [15] [16]

Autor kasutas, selle graafiku arvutamiseks erinevate laadimispunktide s/kWh hindu ja korrutas neid aku mahtuvusega. Võrreldavateks ettevõteteks olid kaks suurimat elektriauto laadimist pakuvat firmat Enefit Volt ja Eleport. [15] [16]

Siin graafikul on võrreldud Eestis saadavaid laadimispunktide hindasid. Eleport laadimispunktis 22 kW osutus kõige odavamaks ja mõlemal ettevõttel 50 kW laadimisel on hind sama.

10.4 Akusalvesti täislaadimine päeval



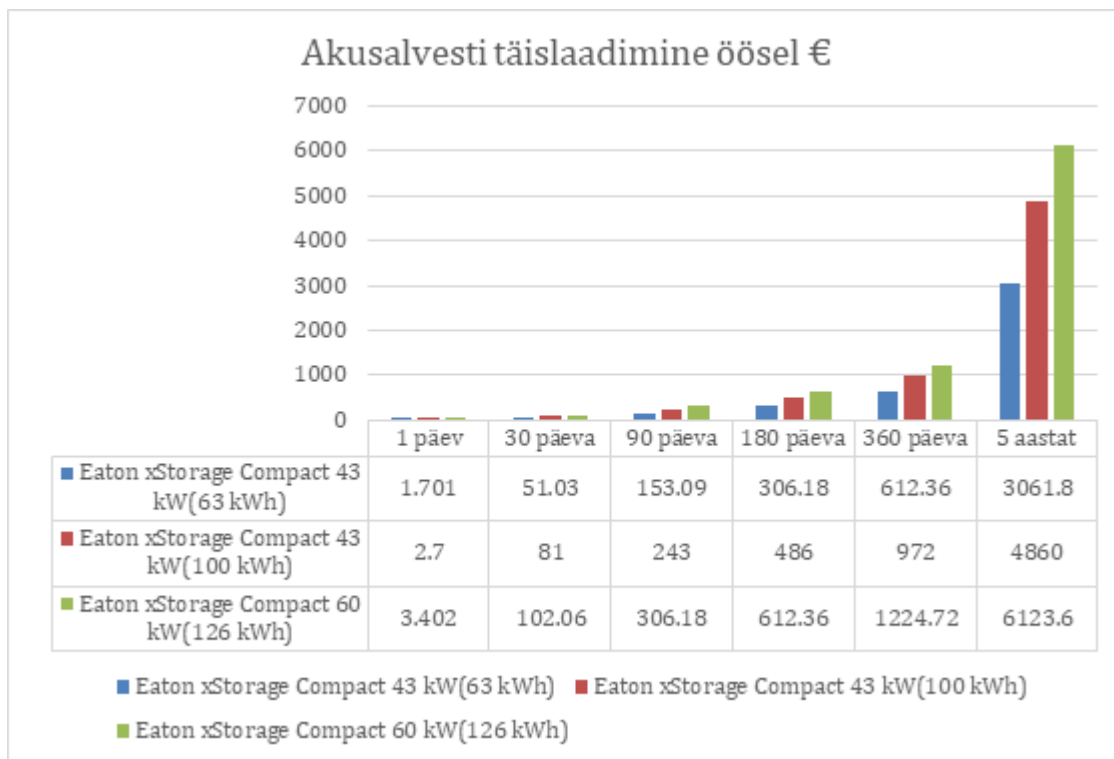
Joonis 10. Akusalvestite täislaadimine päevase tariifiga [14]

Antud graafikul on laadimise hinnaks võetud börsi 12 kuu aritmeetiline keskmine hind ja sellega on välja arvutatud palju lähemaks maksma akusalvesti täislaadimine päeval. Laadimise hinnaks on 5,32 s/kWh.

Tulemused saadi järgmiselt, et akusalvesti mahtuvus tuli korrutada päeval laadimise börsihinnaga ja vastuseks saadi aku laadimise maksumus päeval

63 kWh mahtuvusega aku laadimine läheb maksma ligikaudselt 3.3 €, 100 kWh aku laadimine läheb maksma ligikaudselt 5.3 € ja 126 kWh aku laadimine läheb maksma 6.7 €.

10.5 Akusalvesti täislaadimine öösel



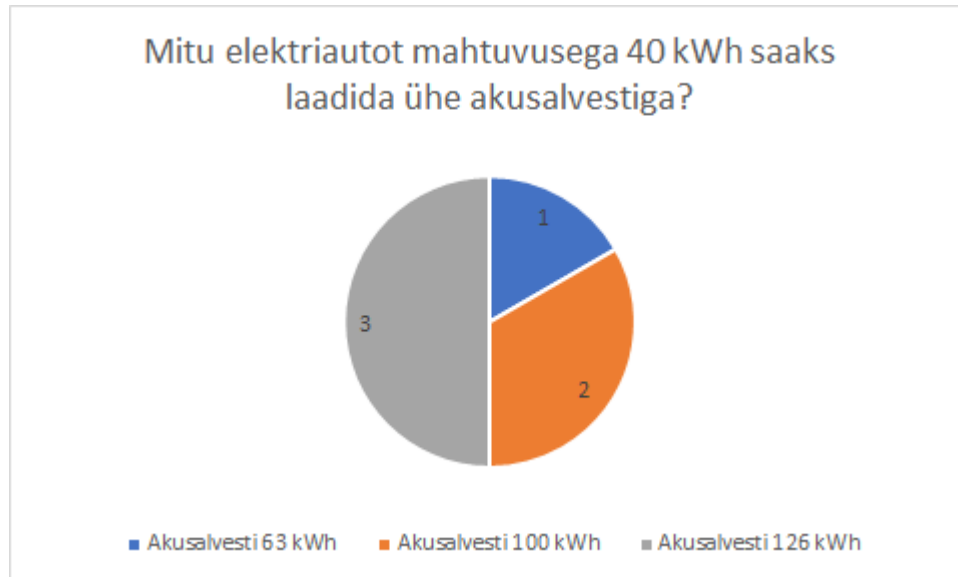
Joonis 11. Akusalvestite täislaadimine öise tariifiga [14]

Antud graafikul on laadimise hinnaks võetud börsi 12 kuu aritmeetiline keskmine hind ja sellega on välja arvatud palju läheks maksma akusalvesti täislaadimine öösel. Öösel laadimise hinnaks on 2,71 s/kWh.

Tulemused saadi järgmiselt, et akusalvesti mahtuvus tuli korrutada öösel laadimise börsihinnaga ja vastuseks saadi aku laadimise maksumus öösel.

63 kWh mahtuvusega aku laadimine läheb maksma ligikaudselt 1.7 €, 100 kWh aku laadimine läheb maksma ligikaudselt 2.7 € ja 126 kWh aku laadimine läheb maksma 3.4 €.

10.6 Mitu autot saab laadida ühe akusalvestiga?



Joonis 12. Mitu elektriautot mahtuvusega 40 kWh saab laadida ühe akusalvestiga?

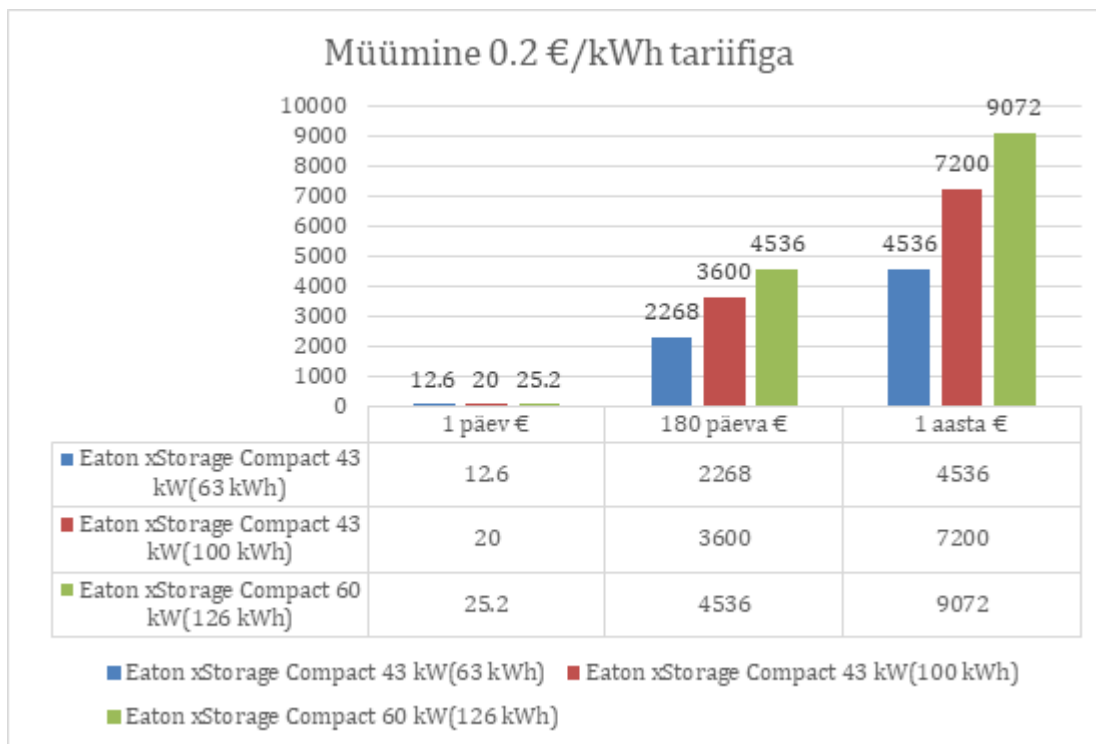
Selle joonise tegemisel arvestati autot, mille akumahtuvus on 40 kWh ja laadimispunktis olevaid akusalvesteid.

Akusalvestite mahtuvus jagati auto akumahtuvusega ja saadi autoed kogus, mida on võimalik laadida ühe akusalvestiga.

Akusalvestiga ei saa palju autosid laadida, sest nende kogus on piiratud, kuid see arv võib varieeruda, sest ühele autole ei pruugi tervet energiat vaja minna.

Selleks, et seda muuta oleks vaja akusalvestite mahtuvust suurendada, mis omaette tõstab laadimispunkti hinda.

10.7 Akusalvestist energia müümine



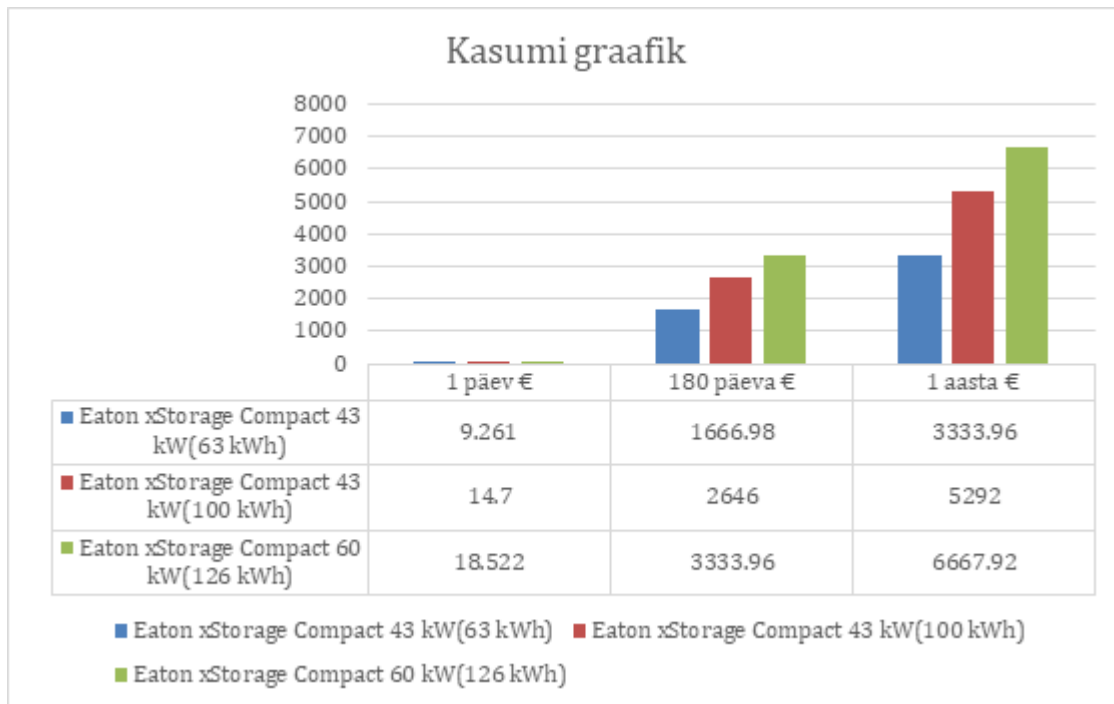
Joonis 13. Akusalvesti täislaadimine 0.2 €/kWh tariifiga

Sellel graafikul on välja arvatud palju läheks maksma iga akusalvesti laadimine 0.2 €/kWh. Hinna kujunemisel võrdles autor konkurentide hindasid ja valis optimaalse müümistariifi.

Arvutused kujunesid järgmiselt, et elektriauto laadimispunkti akusalvesti mahtuvus korrutati müümistariifiga ja tulemuseks saadi ühe akusalvesti müügihinda.

Graafikul on näha, et laadides näiteks 63 kWh akusalvestit läheks maksma 12.6 €. Enefit Volt ja Eleport laadimise graafikul oli sellise akulaadimise hind 15 €. Näidisprojektis oleva akusalvesti oli 2.4 € võrra odavam.

10.8 Kasumi graafik

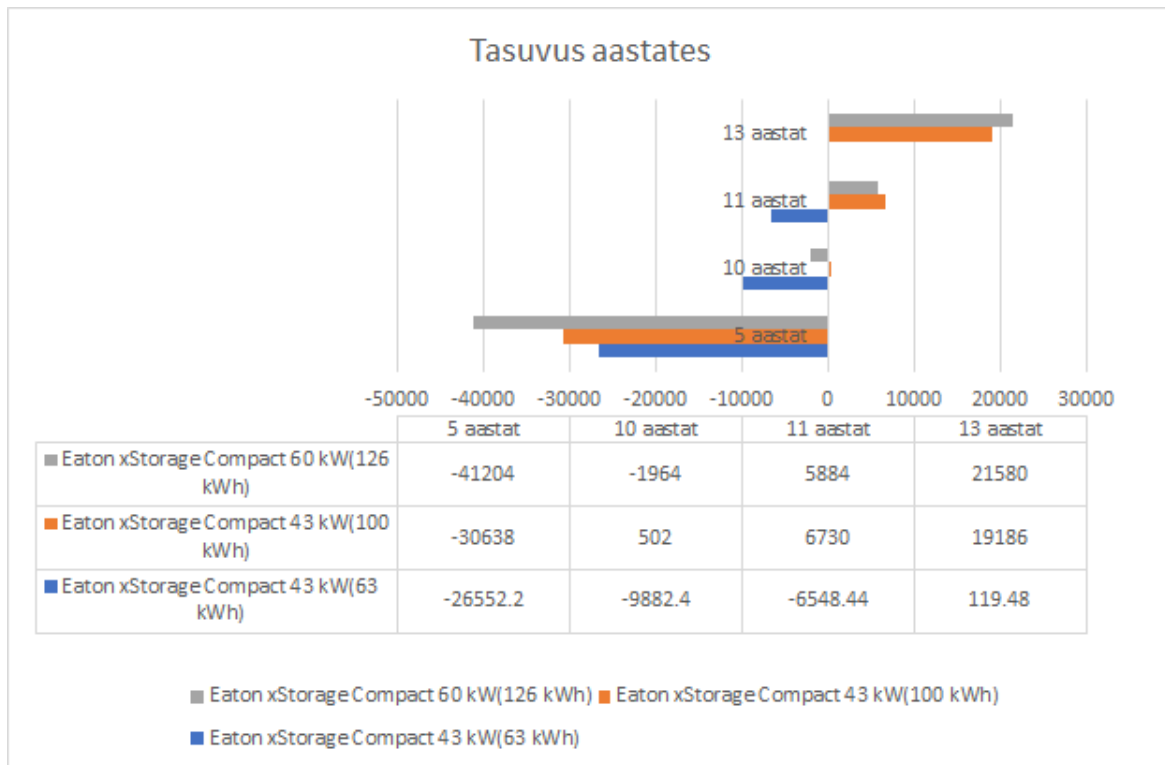


Joonis 14. Kasum saadud akusalvestist müümisest

Antud graafiku tegemisel arvestati 0,2 €/kWh tariifiga müüdud laadimist lahutades sellest 2,7 s/kWh tariifiga müüdud laadimist.

Kasumi joonisel on välja toodud palju saaks kasumit 1 päeva, 180 ja 1 aasta jooksul. Seda informatsiooni kasutatakse tasuvuse arvutamiseks. Aastas oleks kõige suurem kasum saadud 126 kWh mahtuvusega laadimispunktist.

10.9 Tasuvuse arvutamine



Joonis 15. Tasuvusaja graafik

Tasuvuse arvutamiseks kasutas autor kasumi graafikut, kus on välja toodud aastane kasum. Aastase kasumiga saab prognoosida, kaua võtaks kasumisse jõudmine. Üheaasta tulu korrutati aastatega, et prognoosida, kaua läheks aega, et projekt jõuaks kasumisse.

Antud joonisel on näha, et esimesed positiivsed näitajad tulevad alles kümnendal aastal. 13.aastal on juba kõik näidisprojektid kasumisse jõudnud.

11. MAJANDUSANALÜÜSI KOKKUVÕTE

Majandusanalüüsis jaoks kasutas autor kolme akusalvestiga lahendust ja arvutas välja kaua läheks aega kasumisse jõudmiseks. Tasuvuse aruvutamist tehti öösel laetud akusalvestite näitel.

Esimeseks asjaks tuli välja uurida palju läheks maksma laadimine öösel ja päeval. Öösel on laadimine kella 24-8 vahel kõige odavam 2.7 s/kWh ja päeval kellaaegadel 8-24 osutus laadimine olema 5.3 s/kWh.

Teiseks arvutas autor välja, palju läheks maksma akusalvestite laadimine öösel ja päeval. 100 kWh akusalvesti laadimine öisetariifiga läheks maksma 2.7 € ja 100 kWh akusalvesti laadimine läheks maksma 5.3 €.

Kolmandaks oli vaja välja uurida tesite laadimispunktide hindu ja teha enda projekti müümistariifi. Enefit Volt ja Eleport laadimispunktideks on fikseeritud hinnaks 0.24 €/kWh. Võttes arvesse selle arvu, otsustas töö autor panna enda laadijaama tariifiks 0.2 €/kWh.

Neljandaks tuli teha kasumi graafik. Oletama, et igapäevaselt kasutatakse tervet akusalvestit ära. Kasumi saamiseks oli vaja lahutada müüdud tariifiga tulu öösel, laetud tariifiga. Näiteks 100 kWh akusalvesti pealt saadi päeva jooksul 20 € ja selle salvesti laadimiseks öösel läks 2.7 €. Selle laadimispunkti kasumiks osutus 17.3 €.

Viiendaks oli vaja teha arvutus, mitme aasta pärast jõuaksid projektid kasumisse. Selleks, et seda infot kätte saada oli vaja kasutada kasumi graafikut ja näidisprojektide hindu. Projekti hind jagati iga akusalvesti kasumiga 1 aasta jooksul. Arvutustest tuli välja, et kõige esimesena jõuab kasumisse 100 kWh akusalvestiga, mille tasuvuseks läheb 10 aastat. Teiseks jõdis kasumisse 126 kWh akusalvesti, mille tasuvuseks läks aega 11 aastat. Kõige viimasena jõudis kasumisse 63 kWh akusalvesti, mille tasuvuseks läheb aega 13 aastat.

KOKKUVÕTE

Käesolevas lõputöös *Akusalvestiga laadimispunkti otstarbekuse arvutamine ja analüüsimine* peamiseks eesmärgiks oli välja arvutada palju läheks maksma akusalvestiga laadimispunkti väljaehitamine ja selle otstarbekuse analüüsimine. Saadud tulemustest teha järeldus, kas seda lahendust on mõttekas kasutusele võtta või mitte.

Lõputöö esimeses osas tegi autor näidisprojekti, kus oli kasutusele võetud laadimispunkt akusalvestitega. Akusalvestiteks oli välja valitud 3 lahendust, erinevate akumahtuvustega. Akusalvestiga laadimispunkt võeti firmalt Eaton, kellel on välja ehitatud enda salvestiga laadimispunkt Eaton xStorage Compact.

Teises osas uuris autor elektribörsihindu ja nende andmetega arvutas välja palju oleks võimalik säästa laadides öösel ja päeval. Samuti võrdles erinevaid laadimispunkte Eestis ja nende teenuste hindasid.

Kolmandas osas oli vaja teha majandusanalüüs. Majandusanalüüsi käigus arvutas autor akusalvestite täislaadimine öösel, pani paika müümistariifi, tegi kasumi kui ka tasuvuse arvutuse. 100 kWh akusalvesti laadimisel öösel tariifiga 2.7 s/kWh läheks maksma 2.7 €. Müümistariifiks tuli 0.2 €/kWh, mis on 4 senti odavam võrreldes konkurentide laadimishindadega. Kasumi saamiseks oli vaja lahutada müüdud tariifiga tulu öösel laetud tariifiga. Näiteks 100 kWh akusalvesti pealt saadi päeva jooksul 20 € ja selle salvesti laadimiseks öösel läks 2.7 eurot. Kasumiks tuli 17.3 €.

Tasuvuse saamiseks oli vaja teha arvutus, mitme aasta pärast jõuaksid projektid kasumisse. Selleks, et seda infot kätte saada oli vaja kasutada kasumi graafikut ja näidisprojektide hindu. Projekti hind jagati iga akusalvesti kasumiga 1 aasta jooksul. Arvutustest tuli välja, et kõige esimesena jõuab kasumisse 100 kWh akusalvesti, mille tasuvuseks läheb 10 aastat. Teiseks jõdis kasumisse 126 kWh akusalvesti, mille kasumisse jõudmiseks läheb aega 11 aastat. Kõige viimasena jõudis kasumisse 63 kWh akusalvesti, mille tasuvuseks läheb aega 13 aastat.

Lõputöö käigus selgus, et akusalvestitega laadimispunktide väljaehitamine on kallid ja praegusel ajal ei ole mõttekas seda lahendust kasutada elektriautolaadimiseks. Elektriautolaadimiseks on selline lahendus väga hea, kuna autosid saab laadida piiratud koguses. Selleks, et see olukord muutuks peaksid akusalvestite mahtuvus olema suurem ja tehnoloogia palju odavam. Näidisprojektis olev lahendus sobiks kohtadesse, kus igapäevaselt vajab laadimist 1-3 elektriautot ja sinna oleks elektrivõrgu välja ehitamine kallis.

SUMMARY

The main goal of this dissertation was to calculate and analyze the expediency of a charging station with a battery storage. From the obtained results to draw a conclusion as to whether this solution makes sense to implement or not.

In the first part of the dissertation, the author made a sample project in which a charging point with battery chargers was introduced. 3 solutions with different battery capacities were selected for battery storage. The charging point with energy storage device was taken from Eaton, which has built its own charging point with battery storage Eaton xStorage Compact.

In the second part, the author researched power exchange prices and with this data calculated how much could be saved by charging night and day. It also compared different charging points in Estonia and the prices of their services.

The third part required an economic analysis. In the course of the economic analysis, the author calculated the full charge of the battery chargers at night, set the sales tariff, and calculated the profit as well as the profitability. Charging a 100 kWh energy storage device at night with a tariff of 2.7 s / kWh would cost 2.7 €. The sales tariff was 0.2 € / kWh, which is 4 cents cheaper compared to competitors loading prices. In order to make a profit, it was necessary to deduct the income from the sold tariff at night, with the charged tariff. For example, a 100 kWh energy storage device cost € 20 during the day and it cost € 2.7 to charge the recorder at night. The profit was 17.3 €.

In order to be profitable, it was necessary to calculate how many years the projects would be profitable. In order to obtain this information, it was necessary to use the profit graph and the prices of the demonstration projects. The project price was divided by the profit of each battery recorder over 1 year. The calculations showed that the first to make a profit is a 100 kWh energy storage device, which will take 10 years to pay off. Secondly, 126 kWh of battery storage was profitable, which would take 11 years to make. The most recent was the 63 kWh energy storage device, which takes 13 years to pay for itself.

During the dissertation it became clear that the construction of charging points with battery chargers is expensive and at present it does not make sense to use this solution for electric car charging. Such a solution for electric car charging is very poor, as cars can be charged in limited quantities. In order to

change this situation, the capacity of battery chargers should be higher and the technology much cheaper. The solution in the demonstration project would be suitable for places where 1-3 electric cars need to be charged on a daily basis, and it would be expensive to build an electricity network in such places.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] Lemo-Project, „History of EV charging technology,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.lemo-project.eu/wp-content/uploads/2015/01/EVs-charging-history.pdf>. [Kasutatud 22. veebruar, 2021].
- [2] Texas Instruments, „Power Topology Considerations for Electric Vehicle,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.ti.com/lit/an/slla497/slla497.pdf?ts=1615665330953&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F. [Kasutatud 24. aprill, 2021].
- [3] Daze technology, „Charging modes for electric vehicles,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.dazetechnology.com/charging-modes-for-ev/>. [Kasutatud 23. veebruar, 2021].
- [4] Mobilityhouse, „What kind of plugs are there for electric cars?,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.mobilityhouse.com/int_en/knowledge-center/charging-cable-and-plug-types. [Kasutatud 25. veebruar, 2021].
- [5] EnefitVolt, „Millised elektriauto laadimispistikud on olemas?,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://enefitvolt.com/uudised/Millised-elektriauto-laadimispistikud-on-olemas>. [Kasutatud 25. veebruar, 2021.].
- [6] Electriccarhome, „Charging point connector types – Explained,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://electriccarhome.co.uk/charging-points/charging-point-connector-types/>. [Kasutatud 03. märts, 2021].
- [7] Daze technology, „HOW LONG DOES IT TAKE TO CHARGE AN ELECTRIC VEHICLE?,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.dazetechnology.com/how-long-does-it-take-to-charge-an-electric-vehicle/>. [Kasutatud 06. märts, 2021].

- [8] Enefit Volt, „Citycharge V2 Plus,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://enefitvolt.com/.resources/volt/webresources/assets/pdfs/citycharge_V2_plus_infoleht_A4.pdf. [Kasutatud 28. aprill. 2021].
- [9] Enefit Volt, „Laadimine ärile,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://enefitvolt.com/elektriauto-laadija-arikliendile>. [Kasutatud 28. aprill, 2021].
- [10] Efacec, „Efacec QC 45 (50kW),“ [Võrgumaterjal]. Available: https://eleport.ee/wp-content/uploads/2020/06/Elektriauto-kiiralaadija-Efacec_qc45.pdf. [Kasutatud 28. aprill, 2021].
- [11] Eleport, „Efacec QC 45 (50kW),“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://eleport.ee/pood/makselahendustega-laadijad/efacec-qc45/>. [Kasutatud 28. aprill. 2021].
- [12] Eaton, „Eaton xStorage Compact,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.eaton.com/content/dam/eaton/products/energy-storage/xstorage-compact/en-us/eaton-xstorage-compact-installation-manual-en-us.pdf>. [Kasutatud 1. aprill, 2021].
- [13] Eaton, „xStorage Home,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.eaton.com/de/en-gb/catalog/energy-storage/xstorage-home.html>. [Kasutatud 4. mai. 2021].
- [14] 220energia, „VIIMASE 12 KUU KAALUTUD KESKMISED BÖRSIHINNAD,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.220energia.ee/et/elekter/viimase-12-kuu-kaalutud-keskmised-borsihinnad>. [Kasutatud 25. aprill, 2021].
- [15] Enefit Volt, „Avalik laadimine,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://enefitvolt.com/elektriauto-avalik-laadimine>. [Kasutatud 25. aprill, 2021].
- [16] Eleport, „Hinnakiri,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://eleport.ee/network-pricelist/>. [Kasutatud 25. aprill, 2021].

Lisa 1. 63 kWh akusalvesti hinnapakumine

Power (kW)	40	Select power
Battery Gen	Gen1	
Total String number	3	Total number of strings

Qty + PN	Description
1x P-105000116-004	1x xStorage Compact 40kW HMI
2x XSTCM1U12EV2	2x XST C&I Master Batt GEN1 2nd life 4.2kWh
13x XSTC1U12EV2	Eaton V2
1x P-105000117	13x XST C&I Batt GEN1 2nd life 4.2kWh Eaton V2
	1x xStorage Compact EBR
System description	
40kW and 63kWh	
Price*	43222 Eur
Commissioning suggestion DAYS	1

Lisa 2. 100 kWh akusalvesti hinnapakumine

Power (kW)	40	Select power
Battery Gen	Gen4	
Total String number	2	Total number of strings

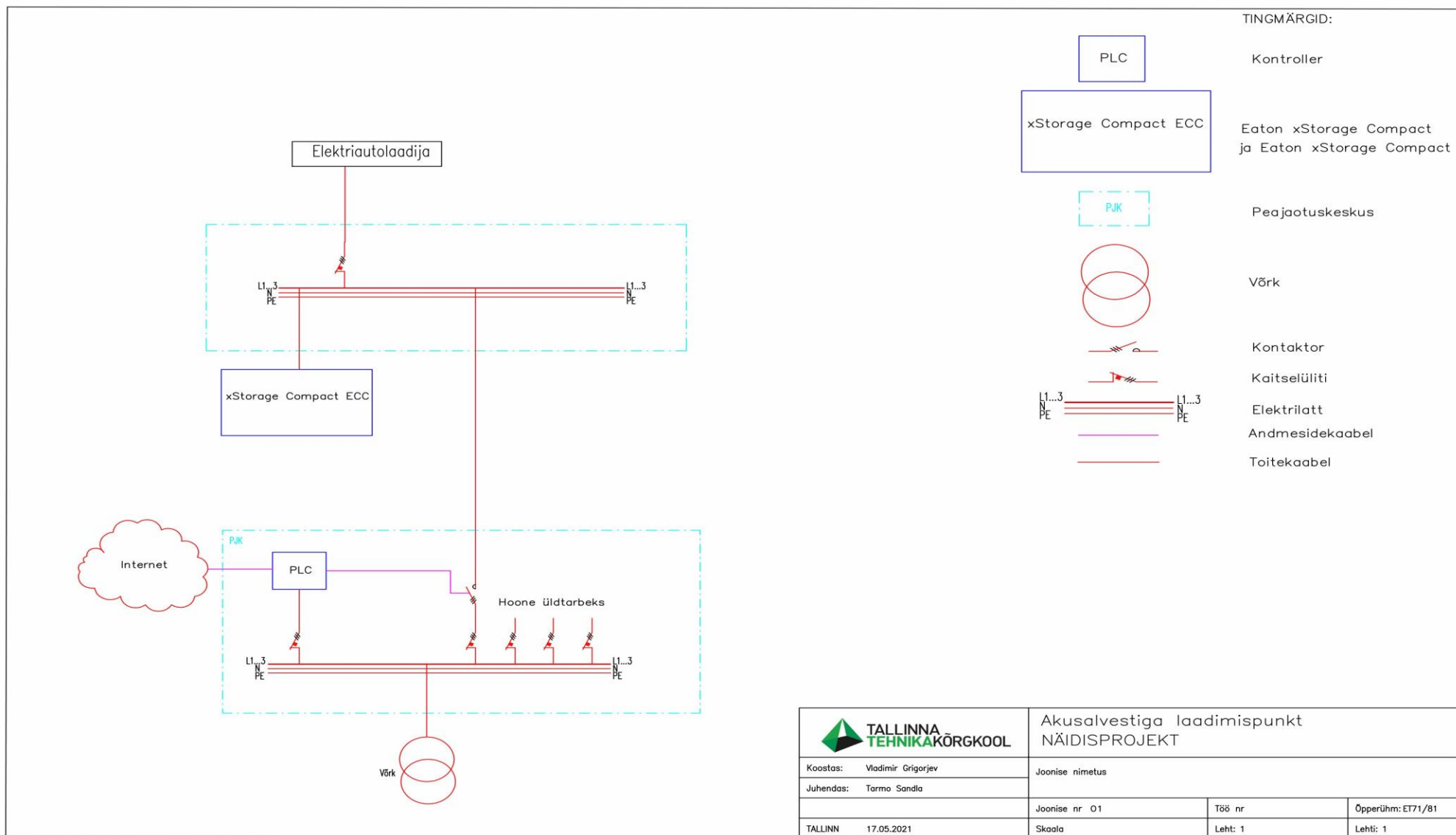
Qty + PN	Description
1x P-105000116-004	1x xStorage Compact 40kW HMI
2x XSTCM4N6EV2	2x XST C&I Master Batt GEN4 New 10kWh Eaton V2
8x XSTC4N6EV2	8x XST C&I Batt GEN4 New 10kWh Eaton V2
1x P-105000117	1x xStorage Compact EBR
System description	
40kW and 100kWh	
Price *	61778 Eur
Commissioning suggestion DAYS	1

Lisa 3. 126 kWh akusalvesti hinnapakumine

Power (kW)	60	Select power
Battery Gen	Gen1	
Total String number	6	Total number of strings

Qty + PN	Description
1x P-105000116-004	1x xStorage Compact 40kW HMI
1x P-105000116-012	1x xStorage Compact 20kW X
4x XSTCM1U12EV2	4x XST C&I Master Batt GEN1 2nd life 4.2kWh Eaton
26x XSTC1U12EV2	V2
2x P-105000117	26x XST C&I Batt GEN1 2nd life 4.2kWh Eaton V2
	2x xStorage Compact EBR
System description	
60kW and 126kWh	
Price *	80444 Eur
Commissioning suggestion	2
DAYS	

Lisa 4. Näidisprojekti elektriskeem



		Akusalvestiga laadimispunkt NÄIDISPROJEKT		
Koostas:	Vladimir Grigorjev	Joonise nimetus		
Juhendas:	Tarmo Sandla			
		Joonise nr: 01	Töö nr	Õpperühm: ET71/81
TALLINN	17.05.2021	Skaala	Leht: 1	Lehti: 1

Lisa 5. Eaton xStorage Compact elektriskeem

