



# **Omakotitalon kuormanhallinta ja hintaperusteinen sähkönkulutuksen säätely**

Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö  
Sähkö- ja automaatiotekniikka, insinööri (AMK)  
Syksy 2024  
Oskari Lehtinen

Koulutus	Sähkö- ja automaatiotekniikka	
Tekijä	Oskari Lehtinen	Vuosi 2024
Työn nimi	Omakotitalon kuormanhallinta ja hintaperusteinen sähkönkulutuksen säätely	
Ohjaaja	Tommi Keikko	

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää omakotitalon merkittävien sähkökuormien ohjausmenetelmiä, sekä niiden mahdollisuuksia hintaperusteiseen sähkönkulutuksen säätelyyn. Työn toimeksiantajana toimi Salamasähkö Oy.

Opinnäytetyö kokoaa yhteen tietoa vanhojen ja uusien lämmitysjärjestelmien kuormanhallinnan toteutuksista. Lisäksi samaa aihetta käsitellään sähköautojen latausasemien näkökulmasta. Tämän jälkeen tarkasteltiin näiden laitteistojen liitännämahdollisuuksia hintaperusteisiin ohjauksiin.

Työn aikana toteutettiin demonstraatio hintaperusteisesta sähkökuormien ohjauksesta. Menetelmänä oli ohjelmoitavan releen käyttöönotto ja siihen liittyvät toimintakokeet. Tehtyä ohjausratkaisua hyödynnettiin myös kahdessa asiakastyössä. Pörssisähkön spot-hinnan mukaan toimivat ohjausratkaisut toteutettiin sähköautojen latausasemalle ja lämminvesivaraajalle.

Lopputuloksena opinnäytetyö havainnollistaa sähkösuunnittelun menetelmiä ja esittää toimintamalleja kuormanhallinnan ja hintaperusteisen sähkönkulutuksen säätelyyn. Työtä voidaan hyödyntää, kun toteutetaan energiatehokkaita ratkaisuja omakotitaloissa. Vuoden 2022 ”sähkökriisi” ja sen aikaiset voimakkaat hintavaihtelut ovat jättäneet kuluttajiin jälkensä. Näin ollen sähköä säästäville ratkaisulle tulee olemaan kysyntää jatkossakin.



## Sisällys

1	Johdanto .....	1
2	Sähköliittymän mitoitus.....	2
2.1	Huipputehon määrittäminen .....	2
2.2	Laskentaesimerkki omakotitaloon .....	4
2.3	Omakotitalon varustetaso sähkökuorman näkökulmasta.....	5
3	Omakotitalon kuormanhallinta .....	6
3.1	SLY-kytkentä sähkölämmityksien ohjauksessa .....	7
3.2	Lämpöpumppujen kuormanhallinta .....	9
3.3	Sähköautojen latausasemien kuormanhallinta .....	11
4	Hintaperusteinen sähkönkäyttö .....	14
4.1	Pörssisähkö .....	14
4.2	Yösähkö.....	14
5	Ohjaustoteutus ohjelmoitavalla releellä .....	15
5.1	Pörssäri-ohjauspalvelu.....	15
5.2	Pörssisähkö ohjauksen toteutus.....	15
5.3	Asiakastyö 1: pörssisähkö ja latausasema .....	18
5.4	Asiakastyö 2: pörssisähkö ja lämminvesivaraaja.....	19
5.5	Asiakastöiden laajennusmahdollisuudet.....	20
6	Yhteenveto.....	22
	Lähteet.....	23

## Kuvat

Kuva 1.	Pääsulakkeiden valinnan lähtötiedot ja vaikutukset (Harsia ym., 2019, s. 32) .....	2
Kuva 2.	GARO latausaseman DIP-kytkimet (GARO AB, n.d, s. 8) .....	6
Kuva 3.	UTU:n sähkölämmitysyksikkö SLY 1.2. (UTU Group, n.d).....	8
Kuva 4.	UTU Oy:n SLY 1.2. piirikaavio (UTU Group, n.d) .....	9
Kuva 5.	NIBE VVM S320 sisäyksikkö (NIBE Energy Systems, 2023, s. 1).....	10
Kuva 6.	Virrantunnistimien kytkentä sähkökeskukseen (NIBE Energy Systems, 2023, s. 23) .....	10
Kuva 7.	Wallen kuormanhallinnan ohjainyksikkö (Trafomic Oy, n.d) .....	12
Kuva 8.	Latausasema lataa 11 kW teholla. (Trafomic Oy, 2021).....	12
Kuva 9.	Kuormanhallinta säättää latausaseman käyttämää virtaa. (Trafomic Oy, 2021) .....	13

Kuva 10. Shelly Pro 1 .....	16
Kuva 11. Shelly Pro 1 kytkentäkuva (STK-Tietopalvelut Oy, n.d-a) .....	16
Kuva 12. Ohjelmakoodit aktivoitu .....	17
Kuva 13. Latausasema kansi avattuna.....	18
Kuva 14. GARO GLBC etäohjaus (GARO AB, n.d, s. 15) .....	19
Kuva 15. Hager moduulikontaktori (STK-Tietopalvelut Oy, n.d-c).....	20
Kuva 16. Shelly Pro 3EM + Pro 3EM Switch (STK-Tietopalvelut Oy, n.d-b) .....	20

## **Taulukot**

Taulukko 1. Kokemukseen perustuvat laskukaavat omakotitalon huipputehon määrittämiseksi (Mukaillen Sähkötieto ry, 2021, s. 5) .....	3
Taulukko 2. Asuinhuoneiston sähkölaitteitten suuntaa antavia nimellistehoja (Mukaillen Sähkötieto ry, 2021, s. 16).....	5

# 1 Johdanto

Sähkön hintavaihtelu on saanut sähkönkäyttäjät kiinnostumaan enemmän omasta sähkönkulutuksestaan ja siihen vaikuttavista tekijöistä. Samalla esimerkiksi sähköautojen latausjärjestelmät lisääntyvät ja sitä kautta sähkönkulutus kasvaa. Nämä yhdessä aiheuttavat sen, että markkinoilla on kysyntää reaaliaikaisesta sähkönkulutuksen seurannasta ja säätelystä.

Tämän työn tilaaja on Salamasähkö Oy Naantali. Yritys tarjoaa sähkösuunnittelua, sähköasennuksia ja sähköurakointia Varsinais-Suomen alueella. Aiheen idea syntyi yhdessä tilaajan kanssa asiakkailta tulleiden kyselyiden pohjalta.

Opinnäytetyön toisessa luvussa käsitellään pientalon sähkösuunnittelua ja mitoituksia. Tämän jälkeen luvussa kolme perehdytään omakotitalon kuormanhallintaan ja sen sujuvaan toimintaan erilaisten järjestelmien välillä. Luvussa neljä keskitytään aikasähkön erilaisiin hinnoittelumalleihin.

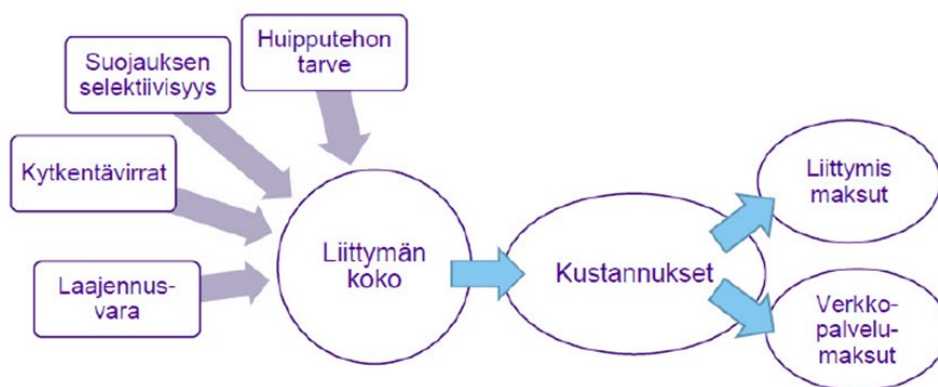
Viidennessä luvussa toteutetaan demonstraatio ohjelmoitavaa relettä käyttäen. Tarkoituksena on optimoida sähkölaitteen käyttö pörssisähkön hinnan mukaan edullisimmille tunneille. Toiminnallisen osan toisessa vaiheessa keskitytään toteutuksen käyttö- ja laajennusmahdollisuuksiin.

Energiatehokkuus ja sen parantamiseen luodut automaattioratkaisut ovat nykypäivänä sähköalan keskiössä. Opinnäytetyön tavoitteena oli demonstroida sähkösuunnittelun menetelmiä ja luoda käytäntöjä kuormanhallinnan ja hintaperusteisen sähkönkulutuksen säätelyyn.

## 2 Sähköliittymän mitoitus

Sähkösuunnittelun tärkeä osa on pääsulakkeiden oikeanlainen mitoitus. Laitteiden ja laitteistojen yhtäaikaista käyttöä voi rajoittaa liian pieneksi mitoitettut pääsulakkeet. Toisaalta ylimitoittaminen voi aiheuttaa liiallisia kustannuksia sähkökäyttäjälle. Kuvasta 1 nähdään tähän liittyvää syy-seuraussuhdetta käytännössä. (ST 13.31, 2021b, s. 1)

Kuva 1. Pääsulakkeiden valinnan lähtötiedot ja vaikutukset (Harsia ym., 2019, s. 32)



Mitoitus tulee optimoida nykyisen tarpeen mukaan. Huomioon tulee kuitenkin ottaa mahdolliset tulevaisuuden muutokset, koska kiinteistön käyttötapa ja tehontarve voi ajansaatossa muuttua. (ST 13.31, 2021b, s.1)

### 2.1 Huipputehon määrittäminen

Huipputeholla tarkoitetaan tehon kulutus huippua, jossa useita laitteita tai laitteistoja on samanaikaisesti päällä aiheuttaen näin piikin kiinteistön sähkönkulutuksessa. Sähköliittymän nimellisteho ja pääsulakkeiden kuormitettavuus ei saa ylittyä hetkellisen huipputeho hetken aikana. (ST 13.31, 2021b, s. 1)

Asuinrakennuksen pääsulakekoon määrittelyyn hyödynnetään huipputuntitehoa. Se kuvaa tunnin keskimääräistä tehoa. (Harsia ym., 2019, s. 29)

Taulukossa 1 on esitetty kokemukseen perustuvat laskukaavat omakotitalon huipputehon määrittämiseksi. Kyseiset kaavat löytyvät ST-kortista 13.31.

Taulukko 1. Kokemukseen perustuvat laskukaavat omakotitalon huipputehon määrittämiseksi (Mukaillen Sähkötieto ry, 2021, s. 5)

	<b>Huipputeho, kW</b> A on lämmitetty pinta-ala m <sup>2</sup>	<b>Huomautuksia</b>
ei sähkölämmitystä, mutta sähkökuus	$P_h = 7,5 \text{ kWh} + 26 \text{ kWh} \cdot \frac{A}{1000}$	
suorasähkölämmitys ja sähkökuus	$P_h = 7,5 \text{ kWh} + 64 \text{ kWh} \cdot \frac{A}{1000}$	käyttöveden lämmitys jatkuvasti tai yöaikaan
suorasähkölämmitys	$P_h = 7,5 \text{ kWh} + 49 \text{ kWh} \cdot \frac{A}{1000}$	käyttöveden lämmitys yöaikaan

On huomioitava, että edellä mainitut kaavat Taulukossa 1 eivät ota huomioon nykypäivän yleisimpiä lämmitysmuotoja, kuten erilaisia lämpöpumppuja. Lisäksi kaavat on tarkoitettu huipputehon alustavaan arviointiin. (ST 13.31, 2021b, s. 4)

## 2.2 Laskentaesimerkki omakotitaloon

Esimerkkitapauksessa omakotitalon lämmitystä vaativa pinta-ala on 130 m<sup>2</sup>.

Omakotitalossa on sähkökiuas ja lämmitysmuotona on ilmavesilämpöpumppu.

Kokemukseen perustuvaa laskukaavaa käyttäen saadaan seuraavanlainen laskutoimitus huipputehon  $P_h$  määrittämiseksi.

$$P_h = 7,5 \text{ kWh} + 26 \text{ kWh} \cdot \frac{130 \text{ m}^2}{1000} = 10,88 \text{ kW}$$

Seuraavaksi voidaan laskea suurin kuormitusvirta käyttämällä laskettua huipputehoa.

Jännite on 400V ja lisäksi tarvitaan laskutoimitukseen tehokerroin  $\cos \varphi$ .

Pienien kiinteistöjen kohdalla, kun loistehoa on vähän tai sitä ei ole tarkemmin selvitelty voidaan kuorman tehokertoimenä käyttää 0,96. Tämä ohje esitetty myös ST-kortissa 13.31. (Harsia ym., 2019, s. 32)

$$I_{Max} = \frac{P_h}{U \cdot \cos \varphi \cdot \sqrt{3}}$$

$$I_{Max} = \frac{10,88 \text{ kW}}{0,4 \text{ kV} \cdot 0,96 \cdot \sqrt{3}} = 16,36 \text{ A}$$

Omakotitalon kuormitusvirta on laskettu olevan 16,36A. Omakotitalon pääsulakkeiksi valittaisiin esimerkkitapauksessa 3x25A. Se on laskettuun arvoon nähden seuraava pääsulake koko. Esimerkiksi Carunan alueella se on pienin pääsuojalaite uusiin liittymiin (Caruna, n.d).

## 2.3 Omakotitalon varustetaso sähkökuorman näkökulmasta

Omakotitalon huomattavimmat sähkökuorman aiheuttajat ovat osittain tai kokonaan sähköllä toimivat lämmitysratkaisut. Lisäksi näitä ovat esimerkiksi kiuas, lämminvesivaraa ja sähköautojen latausasemat. Mainittava on myös ruoanlaittoon tarvittavat liesi ja uuni, mutta niiden käyttöaika on yleensä päivittäin lyhyt. (ST-esimerkit 12, 2021a, s. 6)

Taulukossa 2 näytetään muita huoneistoissa yleisesti tarvittavia sähkötoimisia laitteita. Taulukko esittää näiden laitteiden suuntaa antavia nimellistehoja.

Taulukko 2. Asuinhuoneiston sähkölaitteitten suuntaa antavia nimellistehoja (Mukaillen Sähkötieto ry, 2021, s. 16)

<b>Laite</b>	<b>Nimellisteho (kW)</b>
Kahvin- tai vedenkeitin	0,7–1,2
Mikroaaltouuni	0,5–2,0
Pyykinpesukone	2,2–3,3
Kuivausrumpu	2,1–3,3
Hiustenkuivaaja	0,4–2,0
Imuri	0,2–1,6

### 3 Omakotitalon kuormanhallinta

Omakotitalon sähkösuunnittelussa ja asennustöissä tulee huomioida sähkölaitteiden samanaikainen toiminta. Näistä samanaikaisuuksista syntyy sähkökäytön kulutushuippuja, joihin voidaan vaikuttaa erilaisilla esto-, vuorottelu- ja säätötavoilla. Kyseisiä toimintatapoja voidaan hyödyntää niin, että sähkökäyttäjälle ei aiheudu haittaa tai suuria rajoituksia sähkökäytön kannalta. Kiinteistön sähkötehoja voidaan rajoittaa kolmella tavalla. Näitä tapoja ovat kiinteä tehonrajoitus, ohjaustietoon perustuva rajoitus ja virranmittaukseen perustuva toimintatapa. (ST-esimerkit 12, 2021a, s. 9)

Kiinteässä tehonrajoituksessa teho rajoitetaan suoraan laitteessa kiinteistön sähköjärjestelmän vaatimalle tasolle. Näin kiinteistölle sopiva huipputeho ei ylity, mutta samalla se voi aiheuttaa sähkökäyttäjälle rajoituksia. Esimerkiksi sähköauton latausaseman tehonrajoitus kiinteästi toteutettuna rajoittaa latausnopeutta. (ST-esimerkit 12, 2021a, s. 9)

Kuvassa 2 on esitetty GARO GLB- latausaseman asennusohjetta liittyen kiinteään tehonrajoitukseen. DIP-Kytkimistä määritetään asennusvaiheessa suurin latausvirta. (Käyttöopas 380185 4.1, n.d, ss. 8–12)

Kuva 2. GARO latausaseman DIP-kytkimet (GARO AB, n.d, s. 8)



Ohjaustietoon perustuvassa toimintatavassa tuodaan esimerkiksi ohjaava jännitetieto laitteelta ryhmäkeskuksen releelle. Sen jälkeen rele voi puolestaan kytkeä pois päältä muita kuormia. Tämä on yleinen toimintatapa esimerkiksi sähkölämmitteisissä omakotitaloissa, joissa edellä kuvatulla tavalla toteutetaan sähkökiukaan ja sähkölämmityksen vuorottelua eli risteilyä. (Harsia ym., 2019, s. 69)

Virranmittaukseen perustuva toimintapa puolestaan mahdollistaa tarkemman ja monipuolisemman kuormanhallinnan toteutuksen. Tällaisissa järjestelmissä laitteet osaavat hallita tehotarvettaan kiinteistön muun sähkönkäytön mukaan. Pienikiinteistö mittakaavassa kyseisiä laitteita voivat olla esimerkiksi lämpöpumput ja sähköautojen latausasemat. Näiden laitteiden käyttö on mahdollista suurella teholla, kun kiinteistön muu kapasiteetti sen sallii. Vastaavasti kapasiteetin täytyessä, osaa laite tai laitteisto vähentää omaa tehonkulutustaan. Tällaiset kuormanhallintajärjestelmät toteutetaan usein laitteiden mukana toimitettavilla virtamuuntajilla eli virtavahdeilla. Virtamuuntajien käyttöä esitellään tarkemmin tulevissa luvuissa. (ST-esimerkit 12, 2021a, s.10)

### 3.1 SLY-kytkentä sähkölämmityksien ohjauksessa

Vuonna 1992 uudistettiin Sähkölaitosyhdistyksen laatima SLY-kytkentäsuositus. Sen kautta on voitu toteuttaa valmistajasta riippumattomia ohjausratkaisuja, joka on puolestaan mahdollistanut vakiokeskusten käytön sähkölämmityskohteissa. (Järventausta ym., 2015, s.123)

SLY-kytkennällä voidaan ohjata lämminvesivaraaja ja varaavaa lämmitystä edullisemman sähkönhinnan mukaan. Tähän käytetään yöaikatietoa/tariffinohjausta, josta tarvittava tieto annetaan verkkoyhtiön kWh-mittarin koskettimelta. Rakennuksen huipputehoa voidaan rajoittaa SLY-kytkennässä kiuasristeilyllä. Silloin kiukaan termostaatilta tuleva ohjaus kytkee pois päältä jatkuvatoimisia lämmityksiä. SLY-kytkentää voidaan käyttää myös verkkoyhtiön toimesta tehonrajoitukseen. Silloin verkkoyhtiön sähkömittarilta annetaan ohjaustieto, joka voi ohjata sähkölämmityskuormia. (Järventausta ym., 2015, s.124)

Kuvassa 3 on esitetty UTU:n sähkölämmitysyksikkö SLY 1.2. Se on suunniteltu lisättäväksi osaan UTU:n tuoteperheen vakiokeskuksista. (UTU Group, n.d)

Kuva 3. UTU:n sähkölämmitysyksikkö SLY 1.2. (UTU Group, n.d)



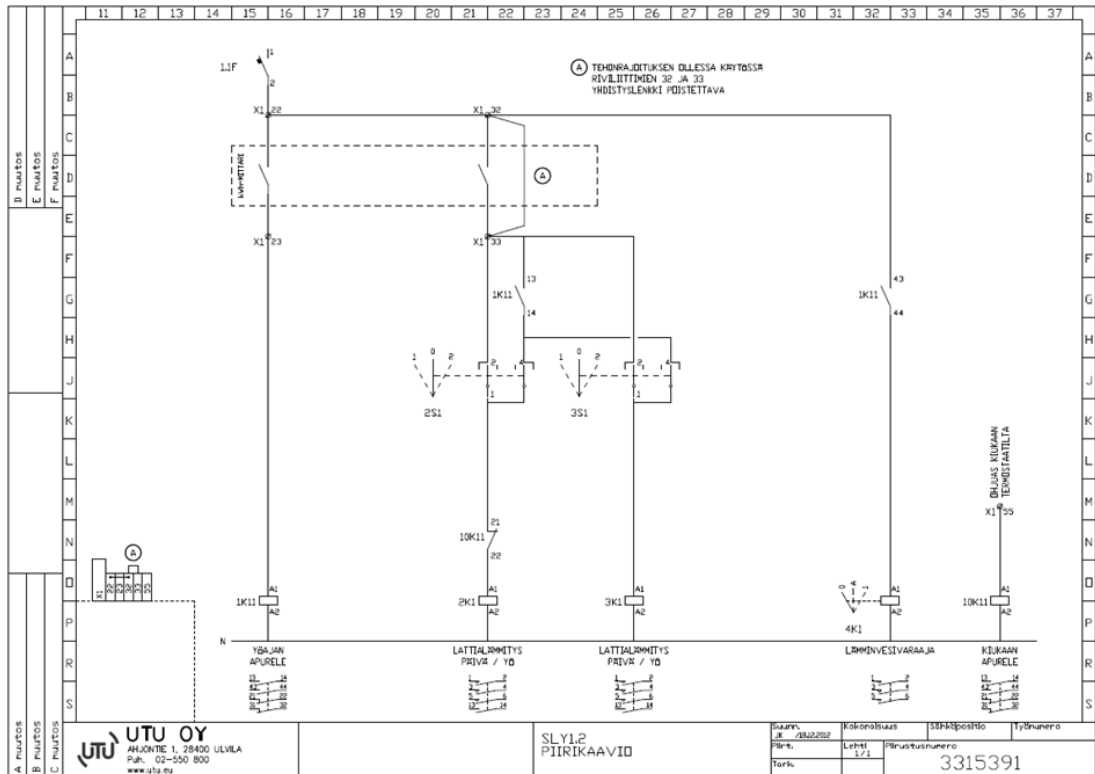
Seuraavan sivun kuvassa 4 on nähtävillä UTU:n SLY 1.2. piirikaavio. Kytkenän peruseriaate on selitetty auki seuraavassa kolmessa tekstikappaleessa.

Kytkenässä tieto yöajasta saadaan verkkoyhtiön kWh mittarilta. Sen avulla lämmitys toimii yöaikana. Tehonrajoituksen käyttöönottoa varten kuvan mukainen yhdistyslenkki poistetaan.

Käyttämällä ohjauskytkimiä 2S1 ja 3S1, voidaan valinta tehdä varaavan ja jatkuvatoimisen lämmityksen välillä. Toisessa lämmityksen ohjauspiirissä on kontaktori 10K11, joka mahdollistaa kiukaan ja lämmityksen vuorottelun kiukaan termostaatilta tulevan ohjauksen avulla.

Lämminvesivaraajan 0-A-1-kytkimen avulla lämminvesivaraajaa voi tarvittaessa käyttää myös päivällä. Yösähkön vaiutuessa seuraavan kerran päivasähköksi, muuttuu kytkimen asento takaisin automaattitilaan.

Kuva 4. UTU Oy:n SLY 1.2. piirikaavio (UTU Group, n.d)



### 3.2 Lämpöpumppujen kuormanhallinta

Tässä luvussa käsitellään lämpöpumppuja. Lämpöpumpulla tässä opinnäytetyössä tarkoitetaan maalämpöpumppua, ilmavesilämpöpumppua ja poistoilmalämpöpumppua. Näiden laitteistojen kuormanhallintaan ja ulkoisiin ohjausmahdollisuuksiin liittyvät sähköasennukset ovat melko samanlaiset ja rinnastettavissa tässä yhteydessä toisiinsa.

Lämpöpumppujen kuormanhallinnan avulla varmistetaan, että kiinteistön pääsulakkeet kestävät kuormituksen. Jos lämmitystarve on suuri, sekä samalla lämmitetään sähkökuuasta ja ladataan sähköautoa, on tärkeää priorisoida sähkökuormien järjestys. Esimerkiksi NIBE:n ilmavesi- tai maalämpöpumppujen kuormanhallinnassa virtavahdit valvovat talon sähkönkulutusta. Niiden kautta lämpöpumppu optimoi oman kuormituksensa kiinteistön muun kulutuksen mukaan. (NIBE Energy Systems, n.d)

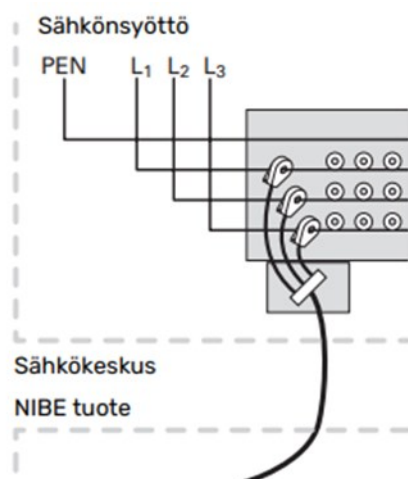
Tätä lukua varten on tutkittu ilmavesilämpöpumpun sisäyksikön asennusohjeessa esitettyjä sähkökytkentöjä. Asennusohje koskee NIBE VVM S320 sisäyksikköä, joka on esitetty kuvassa 5.

Kuva 5. NIBE VVM S320 sisäyksikkö (NIBE Energy Systems, 2023, s. 1)



Virtavahdit asennetaan kuvan 6 mukaisesti sähkökeskuksessa kolmeen tulevaan vaihejohtimeen. Käyttöönoton ja aktivoinnin jälkeen järjestelmä osaa esimerkiksi yhden vaiheen ylikuormitus tilanteessa jakaa kulutusta eri vaiheille tai käyttää pienempää lämmitystehoa. (Asentajan käsikirja Sisäyksikkö NIBE VVM S320, 2023, s. 23)

Kuva 6. Virrantunnistimien kytkentä sähkökeskukseen (NIBE Energy Systems, 2023, s. 23)



Lämpöpumppujen ohjauksissa on valmistaja kohtaisia eroja, mutta kuten tässä luvussa on aiemmin todettu, pystyy osa lämpöpumppujärjestelmistä säätämään porrastetusti

lisävastuksien tehoja virtamuuntajien avulla. Lämpöpumpuissa on myös usein muita ohjausmahdollisuuksia. Laitteen potentiaalivapailla koskettimilla voidaan ohjata päälle erilaisia säätötiloja, kuten estää sähkövastuksien käynnistyminen tai kytkeä päälle erilaisia mukavuustiloja. Ohjaukseen voi liittyä myös esimerkiksi sähköhintaan perustuvat ohjauskäskyt. Tällaiset toiminnot voidaan toteuttaa laitteiston oman palvelun kautta, mutta myös ulkopuolisen ohjauslaitteiston kautta. (Harsia ym., 2019, s. 58)

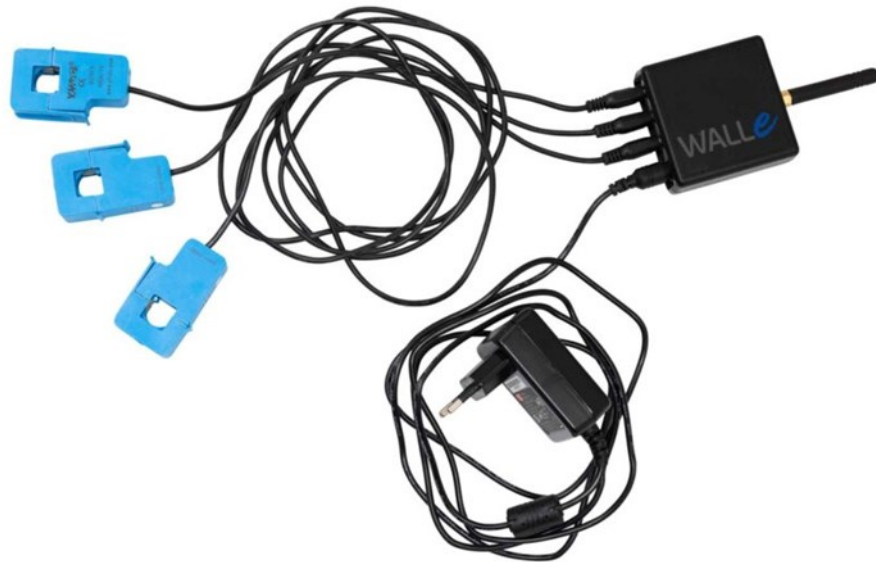
### 3.3 Sähköautojen latausasemien kuormanhallinta

Sähköautojen latausjärjestelmien taustajärjestelmällä tarkoitetaan kuvainnollisesti sanottuna järjestelmän älyä. Älykkäät taustajärjestelmät mahdollistavat laitteiston reaaliaikaisen seurannan ja hallinnan. Monen latausasema valmistajan latausasemat on toteutettu yhteensopiviksi OCPP (Open Charger Point Protocol) -protokollaan. Näin eri valmistajien latausasemat voivat kommunikoida keskenään saman taustajärjestelmän kautta. Sähköautojen latausjärjestelmään liittyviä taustajärjestelmiä ei välttämättä tarvita omakotitalojen mittakaavassa lainkaan. Taustajärjestelmäksi voidaan kuitenkin tässä tapauksessa luokitella myös erilaiset kuormanhallinnan toteutukset. (ST 51.90, 2021c, s. 11)

Myös omakotitalojen mittakaavaan sopivia kuormanhallintajärjestelmiä on tarjolla virtamittaukseen pohjautuvalla tekniikalla. Näillä voidaan toteuttaa ns. dynaaminen kuormanhallinta. Sillä tarkoitetaan järjestelmän kykyä säätää lataustehoa portaittain kiinteistön muun sähkönkulutuksen mukaan. (ST 51.90, 2021c, s. 12)

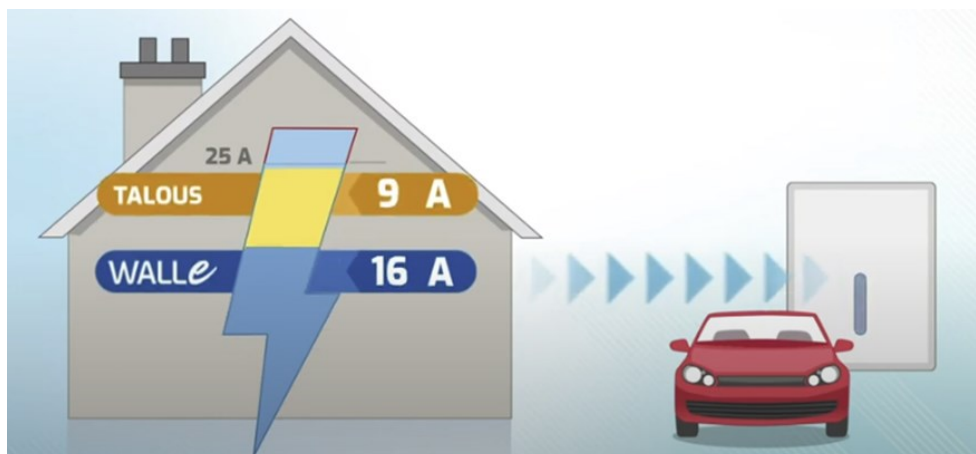
Esimerkiksi Trafomic Oy:n valmistamissa Walle-latausasemissa kuormanhallinta on toteutettavissa langattomasti kuvan 7 mukaisella kuormanhallintalaitteistolla, joka asennetaan sähkökeskukseen.

Kuva 7. Wallen kuormanhallinnan ohjainyksikkö (Trafomic Oy, n.d)



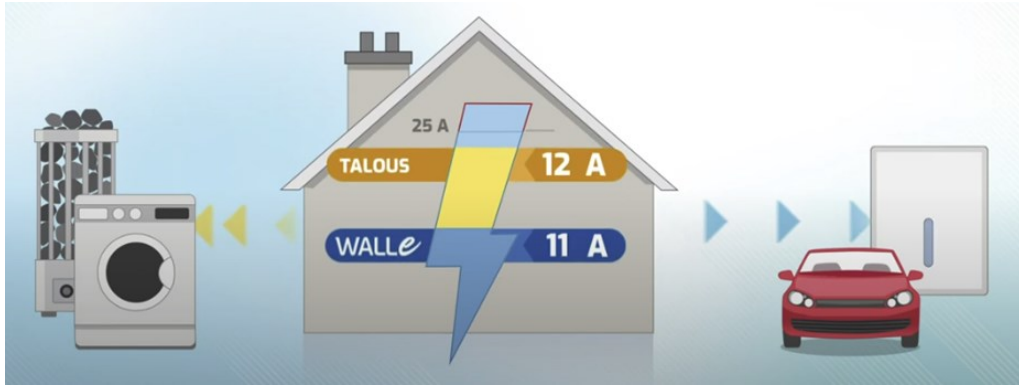
Kuvassa 8 nähdään, kuinka järjestelmä seuraa kiinteistön kokonaiskuormitusta. Kokonaiskuormituksen salliessa lataa latauslaite täydellä 11 kW teholla. (Trafomic Oy, 2021)

Kuva 8. Latausasema lataa 11 kW teholla. (Trafomic Oy, 2021)



Kuormituksen noustessa laskee järjestelmä latausaseman autolle antamaa latausvirtaa kuvan 9 mukaisesti. Latauslaitteen virtaa säädetään dynaamisesti 6–16 A välillä. (Trafomic Oy, 2021)

Kuva 9. Kuormanhallinta säättää latausaseman käyttämää virtaa. (Trafomic Oy, 2021)



## 4 Hintaperusteinen sähkönkäyttö

Olemassa on erilaisia malleja sähkön hinnoitteluun. Tässä luvussa perehdytään aikasähkön eri hinnoittelumalleihin: pörssisähkөөn, sekä päivä- ja yösähkөөn.

### 4.1 Pörssisähkö

Nord Pool -sähköpörssissä käydään päivittäin kauppaa seuraavan päivän Spot-hinnasta. Spot-hinnalla tarkoitetaan tuntikohtaista hintaa, joten hinta vaihtelee tunneittain. Nord Pool toimii myös pohjoismaissa ja näin ollen siellä muodostunut hinta vaikuttaa myös Suomeen. Hintaan vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi teollisuuden sähkönkäytön määrä ja kotitalouksien lämmitystarpeet eri vuodenaikoina. (Fortum, 2023)

Sähkökäyttäjä maksaa tuntihinnan lisäksi sähkönmyyjälle välityspalkkion. Verkkoyhtiö laskuttaa myös käyttäjää sähkönsiirrosta. Pörssisähkö voi olla kuluttajalle kiinteähintaista sähköä edullisempaa, kun käytetään pidempää tarkastelujaksoa. Pörssisähkösopimuksesta suurimman hyödyn saamiseksi tulee sähkökäyttäjän optimoida sähkönkäyttöä halvimmille tunneille. Näin voidaan toimia esimerkiksi kohdistamalla sisätilojen ja käyttöveden lämmitys edullisimmille tunneille. (Lumme Energia, n.d)

Vuonna 2023 pörssisähkön keskihinta oli 6,68 snt/kWh. Vertailun vuoksi keskihinta vuonna 2022 oli 18,75 snt/kWh. Mainitut hinnat sisältävät arvonlisäveron. (Väre, n.d)

### 4.2 Yösähkö

Aikasähköä tai toisin sanoen yösähköä on suositeltu omakotitaloihin, joissa on käytössä varaava sähkölämmitys. Tässä hinnoittelumallissa annetaan sähkölle kaksi hintaa, sekä yösähkölle, että päiväsähkölle omansa. Yösähkö on käytössä kello 22–7. Yösähkön järjestelmällinen käyttö voi tuottaa säästöjä, kun kulutusta optimoidaan yöajalle (Fortum, n.d). Yösähkөөn liittyvää asennustekniikkaa käsiteltiin tarkemmin luvussa 3.1.

## 5 Ohjaustoteutus ohjelmoitavalla releellä

Tässä luvussa toteutetaan demonstraatio Shelly Pro 1 ohjelmoitavaa relettä käyttäen. Tarkoituksena on optimoida sähkölaitteen käyttö pörssisähkön hinnan mukaan edullisimmille tunneille. Toiminnallisen osan toisessa vaiheessa keskitytään toteutuksen käyttö- ja laajennusmahdollisuuksiin, sekä kahteen asiakastyöhön.

### 5.1 Pörssäri-ohjauspalvelu

Pörssäri-ohjauspalvelun avulla voidaan ohjata Shelly ohjelmoitavaa relettä. Pörssäri on käyttäjäystävällinen, koska ohjelmaa voidaan muuttaa Pörssäri-sivustolta. Näin ohjelmakoodia ei tarvitse muokata. (Pörssäri, n.d)

Palvelinkyselyn avulla Shelly rele saa ohjaustietonsa muutaman minuutin välein. Halutut ohjaussäännöt määritetään Pörssäri-sivustolle. Näitä ovat esimerkiksi erilaiset hintarajat ja toiminta vuorokauden edullisimpina tunteina. Lisäksi voidaan ohjauspalvelun kautta käyttää sääennusteita. (Pörssäri, n.d)

Internet-yhteyden ei tarvitse olla koko ajan käytössä, koska Shellyn ohjelmoitava rele tallentaa esimerkiksi kyseisen päivän hinta- ja ohjaustiedot. Palveluun on mahdollista ottaa käyttöön toiminto, joka varoittaa käyttäjää myös yhteyskatkoksista. Toiminto aktivoidaan käyttöön Telegram- viestipalvelun kautta. (Pörssäri, n.d)

Pörssäri-ohjauspalvelu on maksuton. Ohjauspalvelun käyttöönotto kuvataan seuraavassa luvussa.

### 5.2 Pörssisähkö ohjauksen toteutus

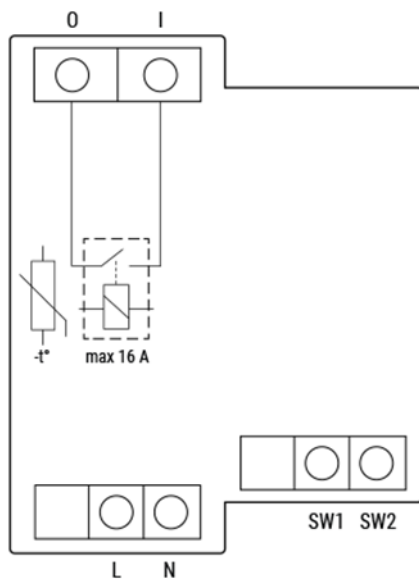
Demonstraatio toteutettiin Shelly Pro 1 ohjelmoitavalla releellä. Tässä luvussa siitä käytetään sanaa rele. Rakennettiin ”testipenkki” käyttäen moduulikoteloa ja asentamalla siihen rele. Tämä on nähtävillä kuvassa 10. Verkkovirtaan liittäminen tapahtui pistotulppa liitännällä.

Kuva 10. Shelly Pro 1



Kyseinen rele soveltuu kodin sähkölaitteiden ohjaukseen ja se voidaan liittää Wi-Fi:n kautta internettiin. Tämän avulla laitetta voidaan ohjata etäyhteydellä. Sähkökytkennät on esitetty kuvassa 11. (STK-Tietopalvelut Oy, n.d-a)

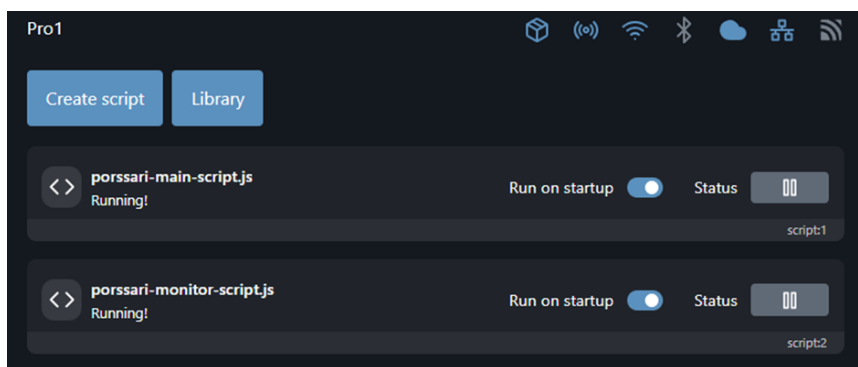
Kuva 11. Shelly Pro 1 kytkentäkuva (STK-Tietopalvelut Oy, n.d-a)



Työ jatkui lataamalla puhelimeen Shelly Smart Control applikaatio ja luomalla sinne tunnukset. Sovelluksen antamia ohjeita seuraamalla releen käyttöönotto kävi helposti. Seuraavaksi verkkoselaimen kautta luodaan Pörssäriin tunnukset.

Seuraavassa vaiheessa siirytään Scripts-valikkoon. Tietokoneen selaimen ositekenttään syötetään releen IP-osoite, joka löytyy esimerkiksi Shellyn applikaation kautta laitetiedoista. Scripts-valikkoon siirtymisen jälkeen valitaan ”Library”. Näin päästään muuttamaan oletuksena olevan Shellyn ohjelmakirjaston osoite Pörssäriin ohjelmakirjastoon. Tämän jälkeen releeseen lisätään ohjausohjelma ja valvontaohjelma. Ohjelmakoodeihin ei tule tehdä muutoksia, vaan ne tallennetaan. Samalla ohjelmat voidaan käynnistää tallennuksen yhteydessä. Kuvassa 12 nähdään haluttu näkymä, kun ohjelmakoodit on aktivoitu. (Pörssäri, n.d)

Kuva 12. Ohjelmakoodit aktivoitu



Konfiguroinnin seuraava vaihe tehdään Pörssäri-sivustolla. Ohjausten aktivoimista varten luodaan ensin kiinteistö, ohjauskuorma ja ohjauslaiteliitos. Ohjaustapa voidaan ohjauslaiteliitosta tehdessä valita käänteiseksi. Tämä siksi, koska tarkoituksena on demonstroida toimintaa niin, että ohjattavalla sähkölaitteella olisi avautuva kontaktori. Seuraavissa kappaleissa koestetaan erilaisia ohjaustoimintoja.

Esimerkkitapauksessa Pörssäriin kiinteäksi hintarajaksi asetetaan 7,00 snt/kWh. Shellyn applikaation kautta suljettu releen kärki avautui muutaman minuutin kuluttua määritetyn hintarajan mukaisesti, koska kyseisen tunnin spot-hinta oli alle 7,00 snt/kWh.

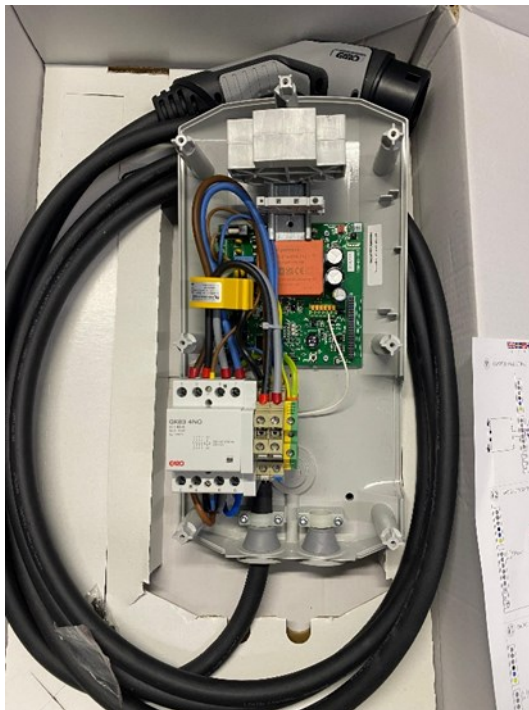
Seuraavassa esimerkkitapauksessa koestetaan aikaohjaustoimintoja. Ohjausasetuksista sallitaan vuorokauden viisi edullisinta tuntia. Asetusten muutosten jälkeen releen kärki sulkeutui hetken päästä, koska kyseinen tunti oli kalliimpi kuin viisi edullisinta tuntia.

### 5.3 Asiakastyö 1: pörssisähkö ja latausasema

Asiakas tilasi latausaseman asennuksen. Lisäksi tarpeena oli käytön optimointi pörssisähkön edullisimmille tunneille.

Kuvassa 13 on esitetty GARO GLBC-latausasema kansi avattuna. Shelly Pro 1 voidaan asentaa suoraan sisällä olevaan DIN-kiskoon. Alkuajatuksena oli asentaa Shelly rele suoraan latausaseman kontaktorin kelalle tulevan johtimen väliin. Tätä kautta oli tarkoitus ajoittaa lataus halvimmille tunneille tiettyinä ajankohtina. Käytännössä haluttiin estää lataus kalleimmilta tunneilta.

Kuva 13. Latausasema kansi avattuna

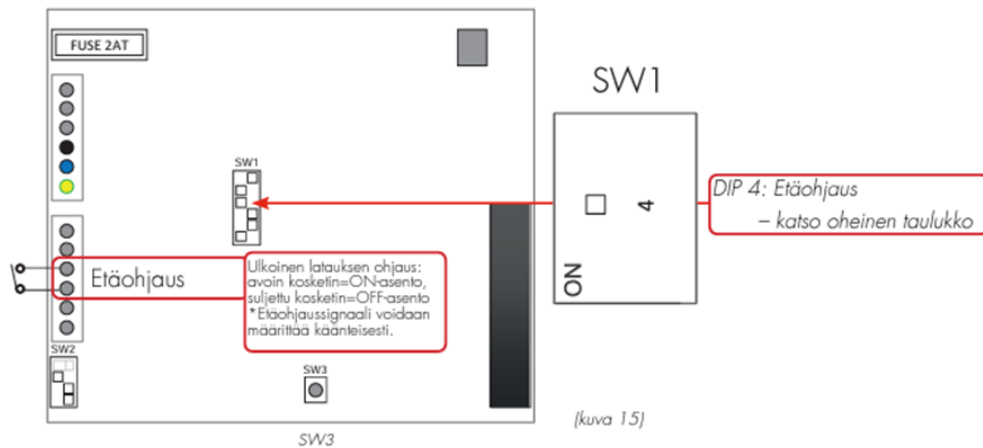


Testissä kuitenkin selvisi, ettei latausasema aina tunnista latausasemaan kiinnitettyä autoa pitkän ajan jälkeen. Näin ollen lataus ei alkaisi, vaikka Shelly rele latauksen myöhemmin sallisi.

Asennusohjeesta kuitenkin löytyi liittimet latausaseman etäohjaukselle. Näitä voitiin hyödyntää Shellyn relelähtöä varten.

Kuvasta 14 näemme ulkoisen ohjauksen kytkentäohjeen. Tämä mahdollistaa latausaseman päälle ja poiskytkennän relelähdöllä. (Käyttöopas 380185 4.1, n.d, s. 15)

Kuva 14. GARO GLBC etäohjaus (GARO AB, n.d, s. 15)



Sähköasentaja kytki Shelly releen yllä olevien ohjeiden mukaisesti. Shelly releen konfiguroin käyttöön luvun 5.2 mukaisesti asiakkaalle luoduilla tunnuksilla.

## 5.4 Asiakastyö 2: pörssisähkö ja lämminvesivaraaja

Asiakas tilasi lämminvesivaraajalle pörssisähkö ohjauksen. Tarkoituksena oli optimoida laitteen käyttö pörssisähkön edullisimmille tunneille. Kyseessä oli talvikäytössäkin oleva loma-asunto, jossa lämminvesivaraajaa ohjasi ainoastaan varaajan oma termostaatti.

Lämmityksen ja muiden kriittisten kohteiden pörssisähkö ohjauksen toteutuksessa voidaan käyttää avautuvaa kontaktoria. Näin vikatilanteissa sähkönsyöttö jää päälle. Lisäksi Shelly releiden kanssa suositellaan hurinatonta kontaktoria. (Shellykauppa, n.d)

Toteutukseen valikoitui Hager ESC426S 4a 25A k.230VAC hurinatonta moduulikontaktoria. Kontaktoria esitetty kuvassa 15.

Kuva 15. Hager moduulikontaktori (STK-Tietopalvelut Oy, n.d-c)



Sähköasentaja kytki Shelly releen ja kontaktorin asiakkaan sähkökeskukseen. Shelly releen konfigurointi toteutettiin asiakkaalle luoduilla tunnuksilla luvun 5.2 mukaisesti.

## 5.5 Asiakastöiden laajennusmahdollisuudet

Molempia asiakastöitä voidaan laajentaa käyttämään sähkökuormien vuorotteluun perustuvaa kuormanhallintaa. Toteutukseen voi käyttää esimerkiksi Shelly Pro 3EM ohjelmoitavaa energiamittaria ja siihen liitettävää Shelly Pro 3EM Switch Add-on lisäosaa, joka on potentiaalivapaa rele. Laitteet on nähtävillä kuvassa 16.

Kuva 16. Shelly Pro 3EM + Pro 3EM Switch (STK-Tietopalvelut Oy, n.d-b)



Shelly Pro 3EM-laitteessa ei ole sisäänrakennettua relettä. Liittämällä siihen releisäosan saadaan rele kytkettyä esimerkiksi aiemmissa luvuissa esitettyihin toteutuksiin. Ohjelmallisin määrittäminen ja raja-arvoin voidaan sähkökuormia katkoa esimerkiksi kiinteistön huipputehojen aikana. Shelly Pro EM mittaa mukana toimitettavien virtamuuntajien avulla kolmelta vaiheelta. (STK-Tietopalvelut Oy, n.d-b)

## 6 Yhteenveto

Erilaiset automaatio- ja optimointiratkaisut tulevat olemaan sähköalan keskiössä. Varmasti yksi este toteutuksien lisääntymiselle on ollut hinta, mutta opinnäytetyössä esitetyillä Shellyn tuoteperheen tuotteilla tämä ei muodostu suureksi ongelmaksi. Kyseisiä laitteita löytyy nykyään myös sähkötukkuliikkeiden hyllyvalikoimasta. Tämä varmasti osaltaan madaltaa sähköurakoitsijoiden kynnystä valita kyseisiä tuotteita.

Opinnäytetyön aikana toteutettiin kaksi asiakastyötä Shellyn Pro 1 relettä käyttäen. Tavoitteena oli saada aikaan sähköasentajalle mahdollisimman helppo ja nopea asennuskokemus. Releen ohjelmointia ja konfigurointia ei tarvinnut tehdä työkohteessa, koska oli voitu valmistella releet etukäteen valmiiksi. Molemmissa kohteissa asiakkaan toiveesta käytettiin Pörssäri-ohjauspalvelua. Näin loppukäyttäjän on helppo tulevaisuudessa muokata asetuksia. Asentajalta ja asiakkailta saadun palautteen pohjalta voidaan todeta toteutuksien onnistuneen hyvin.

Toteutuksien laajentaminen laitelisäyksin ja ohjelmallisesti on tulevaisuudessa helppoa. Pörssäri ohjauspalvelun kautta voidaan lisätä toteutuksiin esimerkiksi hintarajat. Silloin lataushybridin auton omistaja voi esimerkiksi optimoida päiväkohtaisesti käyttövoiman kannattavuutta polttoaineen ja sähkön hinnan välillä.

Toinen laajennusmahdollisuus liittyy kuormanhallintaan. Laittevalmistajat ovatkin ratkaisseet laitekohtaisesti kuormanhallinnan toteutusmahdollisuuksia. Erilaisten järjestelmien yhtenäinen kuormanhallintajärjestelmä loisi kuitenkin tulevaisuudessa laitteistojen välille järkevämpää vuorottelua, jolloin laitteistot toimivat haluttujen prioriteettien mukaisesti.

Opinnäytetyössä laajasti käsitelty SLY-kytkentä eri muodoissaan taipuu usein Pörssisähkö-ohjaukseen suoraan. Silloin verkkoyhtiön sähkömittarilta tuleva ”yöaikatieto” korvataan pörssisähköreleen kautta kulkevalla ohjausjännitteellä. Näin sähkölämmitteisten omakotitalojen huoneiden- ja käyttöveden lämmitys saadaan optimoitua halvimmille tunneille. Pörssisähköohjaus onkin mielestäni hyvä ratkaisu juuri sähkölämmitys kohteissa.

## Lähteet

Caruna. (n.d). *Pienjänniteliittymät*. Haettu 07.10.2024 osoitteesta

<https://caruna.fi/urakoitsijoille/urakoitsijaohjeet/pienjanniteliittymat>

Fortum. (2023). *Mitä on pörssisähkö*. Haettu 07.10.2024 osoitteesta

<https://yhdedssa.fortum.fi/mita-on-porssisahko>

Fortum. (n.d). *Yösähkö - mitä se on ja milloin sitä kannattaa tilata*. Haettu 07.10.2024 osoitteesta

<https://www.fortum.fi/kotiasiakkaille/sahkoa-kotiin/sahkosopimukset/opas/yosahko>

GARO AB. (n.d). *GARO-latausasema: Asennus- ja käyttöohje v. 380185 4.1*. Haettu 30.10.2024

osoitteesta <https://garo.fi/ladattavat-tiedostot/>

Harsia, P., Järventausta, P., Hilden, A., Kallioharju, K., Kortetmäki, A., Koskela, J., Mutanen, A., Rautiainen, A., Supponen, A., Uusitalo, S., Heljo, J. (2019) *Sähköteho-opas - Opas pientalojen suunnitteluun - Sähkötehojen hallinta osana rakennuksen energiatehokkuutta*. Tampereen yliopisto ja Tampereen ammattikorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-1078-3>

Järventausta, P., Repo, S., Trygg, P., Rautiainen, A., Mutanen, A., Lummi, K., Belonogova, N. (2015).

*Kysynnän jousto - Suomeen soveltuvat käytännön ratkaisut ja vaikutukset verkkoyhtiöille (DR pooli): Loppuraportti*. Tampereen teknillinen yliopisto. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-15-3485-0>

Lumme Energia. (n.d). *Mitä on pörssisähkö*. Haettu 07.10.2024 osoitteesta

<https://www.lumme-energia.fi/blogi/mita-on-porssisahko>

NIBE Energy Systems. (2023). *Asentajan käsikirja: Sisäyksikkö NIBE VVM S320*. Haettu 17.11.2024

osoitteesta <https://www.nibe.eu/fi/fi/tuotteet/lampopumput/ilma-vesilampopumput/vvm-s320>

NIBE Energy Systems. (n.d). *Kodin sähkökuormituksen hallinta*. Haettu 17.11.2024 osoitteesta

<https://www.nibe.eu/fi/fi/tietopankki/kodin-sahkuormituksen-hallinta>

Pörssäri. (n.d). *Pörssäri*. Haettu 14.10.2024 osoitteesta

<https://docs.porssari.fi/>

STK-Tietopalvelut Oy. (n.d-a). 2710500. Haettu 22.11.2024 osoitteesta <https://www.sahkonumerot.fi/2710500>

STK-Tietopalvelut Oy. (n.d-b). 2710507. Haettu 22.11.2024 osoitteesta <https://www.sahkonumerot.fi/2710507>

STK-Tietopalvelut Oy. (n.d-c). 3748047. Haettu 22.11.2024 osoitteesta <https://www.sahkonumerot.fi/3748047>

Sähkötieto ry. (2021a). ST-esimerkit 12. *Keinoja sähköhippujen hallintaan asuinkiinteistössä*. Sähköinfo Oy. Haettu 03.09.2024 osoitteesta <https://severi.sahkoinfo.fi/>

Sähkötieto ry. (2021b). ST-kortti 13.31. *Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen*. Sähköinfo Oy. Haettu 03.09.2024 osoitteesta <https://severi.sahkoinfo.fi/>

Sähkötieto ry. (2021c). ST-kortti 51.90. *Sähköauton lataaminen ja latauspisteiden toteutus*. Sähköinfo Oy. Haettu 03.09.2024 osoitteesta <https://severi.sahkoinfo.fi/>

Trafomic Oy. (n.d). *Mikä on kuormanhallinta ja miksi se on suositeltavaa sähköautoa ladattaessa*. Haettu 30.10.2024 osoitteesta <https://wallelaturit.fi/ajankohtaista/kuormanhallinta-taloyhtio/>

Trafomic Oy. (01.07.2021). *Walle langaton kuormanhallinta* [video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=uNIYd99xWd0>

UTU Group. (n.d). *Sähkölämmitysyksikkö SLY 1.2*. Haettu 17.11 osoitteesta <https://www.utugroup.com/fi/tuotteet/sahkolammitusyksikko-sly1-2/>

Väre. (n.d). *Sähkön hintaennuste*. <https://vare.fi/sahkon-hinta/sahkon-hintaennuste/>