



Tuure Jauhiainen

# Sähkön huipputehohallinta automaatioavusteisesti

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

15.12.2022

# Tiivistelmä

Tekijä: Tuure Jauhiainen  
Otsikko: Sähkön huipputehohallinta automaatioavusteisesti  
Sivumäärä: 33 sivua + 2 liitettä  
Aika: 07.12.2022

Tutkinto: Insinööri (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Ammatillinen pääaine: Automaatio  
Ohjaajat: Lehtori, Kai Virta  
Automaatiosuunnittelija, Kari Saarinen

---

Tämä työ on tehty Talenergia Oy:lle ja siinä käsitellään sähköliittymän piikkitehoa, kuinka siihen voidaan automaatioavusteisesti vaikuttaa sekä mitä asioita on huomioitava, jotta piikkitehohallinnan toteuttamisella voidaan saavuttaa enemmän hyötyjä kuin haittoja.

Työn tarkastelu on rajattu huipputehohallinnan osalta pienjännitealueelle ja asuinkiinteistöihin. Sen tavoitteena on määrittää, millaisia taloudellisia säästöjä sähkön piikkitehohallinnan avulla voidaan saavuttaa ja onko korjaus- tai uudisrakentamisessa mahdollista rajoittaa pääsulakkeiden koon ylityttämistä, esimerkiksi lisääntyneiden sähköautojen latauksesta aiheutuvien pääsulakkeiden ylityttämistarpeiden vuoksi.

Työntapana käytettiin tiedonhakua internetistä ja kirjallisuudesta, keskusteluja alan ammattilaisten kanssa sekä laskentaa.

Kirjallinen esitys aloitetaan huipputehohallinnan karkeasta määrittelystä ja etenee teoriasta käytännön esimerkkiin. Tuloksia tarkastellaan asuinosa-alueyhtiön taloudellisesta näkökulmasta yhteenvedossa sekä tavoitteiden arvioinnissa.

Esille nousseita huipputehohallinnan toteuttamiseen vaikuttavia tekijöitä ovat auto- ja paikkojen sähköistys, lämmitysmuoto, hissit, saunat sekä muut vuorottelun mahdollistavat sähkölaitteet. Mikäli sähkötehon vuorottelua ei voida toteuttaa, ei sähkön huipputehohallinnalla voida saavuttaa merkittävää hyötyä.

Yhteenvetona todetaan, että huipputehohallinnan hyödyntäminen pääsulakkeiden mitoittamiseen sekä dynaamisen sähkön huipputehohallinnan hyödyntäminen pitkällä aikavälillä voivat luoda merkittäviä säästöjä projekti- sekä käyttökustannuksissa. Lisäksi huipputehohallinnalla voidaan saavuttaa yhteiskunnallista hyötyä runkoverkon rasituksen tasaamisella.

Avainsanat: Sähkö, Huipputehohallinta, automaatio, ohjaus

## Abstract

Author: Tuure Jauhiainen  
Title: Electricity Peak Power Control System with Automation  
Number of Pages: 33 pages + 2 appendices  
Date: 11 January 2023

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Electrical and Automation Engineering  
Professional Major: Automation Engineering  
Supervisors: Kai Virta, Senior Lecturer  
Kari Saarinen, Automation System Designer

---

This thesis study was carried out for Taloenergia Oy and it concerns electricity peak power control system, how it can be automated, and what things are to be considered to gain best benefits.

Closer inspection of the electricity peak power control system is limited to a low voltage area and residential housing. The goal of the thesis study was to determine, which kind of economic savings can be gained with an electricity peak power control system and if it is possible to limit the oversizing of building's main fuses in repairs or in new constructions. This may be needed for example due to charging needs for electric car stock, as way to control the over sizing of the main fuses in the buildings.

This study is based on information from the internet, technical literature, conversations with professionals in the field, and calculation.

The thesis starts with a rough explanation of the electricity peak power control system and continues from theory to a practical example. The results are examined in the summary from the perspective of the economics of a residential company.

Factors that were discovered to affect the implementation of the peak power system control were electrification of parking places, type of the heating system, the number of elevators or saunas and other electric equipment that allow alteration to the top power use. If the power exchange system cannot be implemented, there is no reason to assume that peak power control system could provide any significant benefits.

Utilizing the peak power control system to size main fuses and dynamic controlling of electricity peak power system can create significant savings in both project and operating costs in the long-term. Additionally, the peak power control system can benefit the society by decreasing the stress on the main grid.

Keywords: electricity, peak power, control system, automation

# Sisällys

## Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Huipputeho	1
2.1	Huipputehon mittaaminen	2
2.1.1	Jännitteen ja virran mittaaminen	3
2.1.2	Mittaväline virran mittaamiseen	3
2.2	Huipputehon mittaamisen tarve	4
3	Automaatiolaitteistot	6
3.1	Yksinkertaiset laitteet	6
3.2	Monipuoliset laitteet	7
4	Huipputehon hallinta ohjelmallisesti	8
5	Huipputehohallinnan vaikutus suunnittelussa	11
5.1	Sulakkeet	12
5.1.1	Pääsulakkeet	12
5.1.2	Kiinteistökeskuksen sulakkeet	13
5.1.3	Lämmönjako-ryhmäkeskuksen sulakkeet	14
5.2	Kaapelit ja johdot	14
5.3	Järjestelmien integrointi	15
5.4	Tehohallinta	16
6	Säästöpotentiaali	18
6.1	Huipputeholaskutus	18
6.2	Pörssisähkön hinnanvaihtelut	19
6.3	Pääsulakkeiden säästöpotentiaali	22
7	Laskentaesimerkki	23
7.1	Laskennan tavoitteet	23
7.2	Vuorottelun määrittely	23
7.2.1	Asuntojen sähköt	24
7.2.2	Autosähkötölpät	24

7.2.3	Hybridi- ja sähköautolatauspaikat	25
7.2.4	Hissit	26
7.2.5	Maalämpöpumput ja muut lämmityslaitteet	26
7.2.6	Huipputehotaulukko	27
7.3	Laskenta	28
7.3.1	Pääsulakkeet ja syöttökaapeli	29
7.3.2	Dynaaminen virranhallinta	30
8	Yhteenveto	30
	Lähteet	32
	Liitteet	
	Liite 1: Vuorottelutaulukko	
	Liite 2: ST-kortti 13.31 – Taulukko 1	

## Lyhenteet ja käsitteet

- ALV: Arvolisävero.
- SUKO: Suojakosketin / suojamaadoitettu sähköpistoke. Kotitalouksista löytyvä suojamaadoitettu pistorasia.
- WLAN: *Wireless Local Area Network*. Langaton lähiverkko, jolla tarkoitetaan paikallista langatonta tiedonsiirtoverkkoa. WLAN-laite muodostaa yhteyden paikalliseen tukiasemaan, jona toimii usein reititin, jonka kautta on yhteys internetiin.
- ASENNUSTAPA: Kaapelin tai johtimien asennustapa rakenteisiin.
- JÄNNITE: Kahden pisteen välinen sähköinen potentiaaliero, jonka arvoa voidaan karkeasti tulkita tehonlähteen paineena.
- NIMELLISVIRTA: Virta, jolle laite tai kone on suunniteltu.
- PÄÄSULAKKEET: Sulakkeet, joilla suojataan syöttökaapelia ja rajoitetaan kiinteistöön tuleva maksimivirta.
- RELE: Sähköisesti ohjattava sähkömekaaninen kytkin, jonka toiminta perustuu sähkömagneettiin.
- RESISTANSSI: Sähköinen vastus, eli fysiikan suure, joka kuvaa johtimen tai muun sähköisen piiriosan kykyä vastustaa sähkövirtaa.
- VIRTA: Fysikaalinen ilmiö ja siihen liittyvä suure, jota voi karkeasti sanoa virtausnopeudeksi, jolla elektronit kulkevat jonkin kohdan lävitse ehjässä virtapiirissä.
- WATTI: SI-järjestelmän tehon ja säteilyvirran yksikkö. Käytetään sähköön energiamäärän ja tehon ilmoittamiseen.

## 1 Johdanto

Tässä työssä käsitellään sähköliittymän piikkitehoa, kuinka siihen voidaan automaatioavusteisesti vaikuttaa sekä mitä asioita on huomioitava, jotta piikkiteohallinnan toteuttamisella voidaan saavuttaa enemmän hyötyjä kuin haittoja.

Työn tarkastelu on rajattu huipputehohallinnan osalta pienjännitealueelle ja asuinkiinteistöihin, mutta sitä voi soveltaa myös muihin tarkoituksiin.

Työn tavoitteena on määrittää, millaisia taloudellisia säästöjä sähkön piikkiteohallinnan avulla voidaan saavuttaa ja onko korjaus- tai uudisrakentamisessa mahdollista rajoittaa pääsulakkeiden koon ylittämistä, esimerkiksi lisääntyneiden sähköautojen latauksesta aiheutuvien pääsulakkeiden ylittämistarpeiden vuoksi.

Hallitsemalla sähkön piikkitehokuormaa vältämme ylikuormittamasta sähköverkoyhtiön kaapeleita (kaapeleiden käyttöikä pitenee), helpotamme sähkön tuotantoa (tasainen kuorma on helpompi hallita) ja vähennämme mahdollisesti kasvihuonepäästöjä (koska varavoimat, jotka käyvät usein ympäristölle haitallisilla polttoaineilla voidaan pitää suljettuina).

## 2 Huipputeho

Sähkön piikkitehoa voidaan nimittää myös huipputehoksi, mutta käsitteet eroavat hieman toisistaan. Huipputeholla tarkoitetaan useimmiten maksimitehoa, jonka esimerkiksi sulakkeet tai kaapelit kestävät pitkällä rasitusajalla.

Huipputeho käsitteenä on hetkellinen, kestoajaltaan määrittelemättömän lyhyenä ajanjaksona tapahtuva huipputapahtuma, joka ei saisi ylittää sähköliittymän nimellistehoa minään kestoaikana. [1, s. 1.]

Piikkiteholla puolestaan tarkoitetaan lyhyen hetken ”piikkiä”, joka voi muodostua esimerkiksi laitteen päällekytkennästä. Esimerkiksi moottori voi kestää hyvinkin

korkean tehopiikin, mutta se ei silti kestäisi liian korkeaa nimellisvirran ylittävää tehoarvoa pidempiä aikoja rikkoutumatta. Aurinkopaneeleissa piikkiteholla tarkoitetaan keräimen suurinta teoreettista tehoa.

Sähkön kokonaiskulutus eli -teho muodostuu kaikkien verkkoon kytkettyjen kuormien summasta, joten se vaihtelee jatkuvasti. Jatkuvan vaihtelun vuoksi tarkastellaan keskiarvollisia kulutustasoja pidemmillä aikaväleillä. Yleisiä tarkastusvälejä ovat tunnit, vuorokaudet ja vuodenaajat. [2.]

Huipputeho ilmoitetaan yleensä watteina tai kilowatteina.

## 2.1 Huipputehon mittaaminen

Suurjänniteverkoissa kulutuksen ja tuotannon hetkellinen tasapaino ilmenee sähköverkon taajuudesta. Taajuus laskee alle 50 Hz:n nimellisarvon, kun kulutus on tuotantoa suurempi. Vastaavasti taajuus ylittää 50 Hz:n arvon, kun tuotanto on kulutusta suurempi. Taajuuden sallitaan vaihdella 49,9 ja 50,1 Hz välillä. [2.]

Pienjänniteverkoissa kuormitettavuus esiintyy kuitenkin useimmiten virtana eli ampeereina. Ampeerien käyttö kuormitettavuuden mittayksikkönä perustuu vakioituun jännitteen arvoon sekä sähkölaitteiden turvallisen käytön vaatimien suojalaitteiden toimintaan. Koska verkon vaihejännite pyritään pitämään vakioarvossa 230–240 voltia nolaa vasten, voidaan virran perusteella määrittää kaapeleiden ja sulakkeiden kuormitettavuus perustuen kaavaan  $P = U * I$ . Kaavaa ei voi käyttää kuitenkaan suoraan kaikkeen mitoittamiseen, sillä myös muut tekijät, kuten lämpötila, asennustapa ja resistanssi voivat vaikuttaa siihen.

Tarkoissa tehomittauksissa jännitteen arvo on kuitenkin mitattava jännitehäviöiden vuoksi, jotta lukemaa voidaan pitää riittävän luotettavana.



### 2.1.1 Jännitteen ja virran mittaaminen

Jännitemittarin sisäinen vastus on suuri (teoriassa ääretön), virtamittarin hyvin pieni (teoriassa nolla). Koska jännite tarkoittaa kahden pisteen välillä vaikuttavaa potentiaaliero, kytketään jännitemittari näihin pisteisiin. Jännitemittari kytketään siis muun piirin rinnalle. Virtamittari on kytkettävä mitattavan piirin kanssa sarjaan, koska mitattavan virran täytyy kulkea mittarin lävitse. [3, s. 16.]

Mittarien laatu vaikuttaa mittatulokseen, koska jännitemittarin sisäinen vastus  $R$  ottaa Ohmin lain mukaan piiristä pienen virran  $U/R$ , mikä voi aiheuttaa virhettä mittaustulokseen muuttamalla mitattavaa jännitettä  $U$ . Samoin virtamittarin sisäinen vastus aiheuttaa pienen jännitehäviön  $R * I$ , mikä taas voi muuttaa mitattavan virran suuruutta  $I$ . [3, s. 16.]

Mittatarkkuus on tärkeää mitattaessa laitteiston käyttämää kokonaistehoa pitemmällä aikavälillä, mutta huipputehomittauksessa tarkkuus saa heittää yleensä huomattavasti enemmän.

### 2.1.2 Mittaväline virran mittaamiseen

Virran mittaamiseen voidaan käyttää joko suoraa mittausta tai epäsuoraa mittaustapaa. Suorassa mittauksessa kaapelin virta mitataan asettamalla mittalaite kaapelin väliin. Epäsuoralla tavalla mitattuna kaapelin ympärille asetetaan virran maksimiarvon mittaamiseen soveltuva virtamuuntaja, joka muuntaa virran arvon helpommin mitattavaksi jännitteen arvoksi.

Käytännössä jännite- ja virtamittari ovat yleensä sama digitaalinen tai analoginen laite. Herkkä virtamittari, kuten kiertokäämimittari, voidaan muuttaa jännitemittariksi suurella sarjavastuksella. Elektroniikkaa sisältävät mittarit ovat yleensä pohjimmitaan jännitemittareita. [3, s. 16.]

Virran mittausta varten kytketään mittarin rinnalle suntti- eli ohitusvastus. Varsinkin suuria virtoja mitattaessa suurin osa virrasta ohjataan suntin kautta. Halvoissa yleismittareissa asteikko on korjattu kertoimella 1,11 näyttämään puhtaan siniaallon tehollisarvo oikein. Tarkemmissa mittareissa on elektronisesti toteutettu aito tehollisarvon osoitus, joka perustuu jännitteen hetkellisarvon neliön integrointiin. [3, s. 17.]

Epäsuorassa mittauksessa käytetään yleensä erityyppisiä virtamuuntajia. Virtamuuntajan tarkoituksena on muuntaa piirin virta kyseessä olevan piirin suojauksessa, valvonnassa ja mittauksessa käytettäville pienjännitteisille maan potentiaalissa oleville releille ja mittareille sopiviksi virroiksi sekä eristää ensiö- ja toisiopiirit toisistaan. [4, s. 1.]

Virtamuuntajien oikea valinta on tärkeää, koska esimerkiksi liian suuri ensiövirta voi vahingoittaa virtamuuntajaa. Tarkkuusluokka määräytyy suurimpien sallittujen virta- ja kulmavirheiden avulla. [4, s. 2; 5, s. 11.]

## 2.2 Huipputehon mittaamisen tarve

Kantaverkossa sähkön tuotannon ja kulutuksen tasapainon mittaaminen on tärkeää, jotta sähköverkko ei romahda hitaan reagoinnin vuoksi. Sähkönsiirtoyhtiöt ovat myös suunnitelleet kuormanhallintaa kotitalouksien sähkötehoa rajaamalla, mutta päätyneet kuitenkin yö- ja päivänsähkön tarjoamiseen osana huipputehon kuormanhallintaa. Suurin osa sähköverkkojen kuormanhallinnasta tehdään vesivoiman sekä teollisuuden avulla Fingridin yhteistyökumppaneiden kanssa, koska voimaloiden ylös- ja alasajo on hidasta. Sähkötehon heilumista sähköverkossa syntyy myös tuotannon puolelta, esimerkiksi tuuli- ja aurinkosähköstä.

Laskennassa huipputehoarvoa hyödynnetään esimerkiksi kaapeleiden ja sulakkeiden sekä sähköliittymän mitoitukseen. Mittaamalla huipputehoa voidaan huipputehoarvoa hallita lisäämällä ja poistamalla siihen kohdistuvaa kuormitusta, jonka seurauksena vaihteluväliä suurimman ja keskimääräisen kuormitettavuuden välillä on mahdollista kaventaa.

Huipputehon mittauksella voidaan kulunutta tehoa tarkastella ajan funktiona, jolloin siitä voidaan löytää selkeitä kulutuspiikkejä, jotka tasaamalla huipputehon mitoituksen tarvetta voidaan pienentää. Tarkastelu tulee tehdä riittävän pitkältä ajanjaksolla, jotta päätelmiä voidaan pitää luotettavina.

Huipputehojen tarpeen pienentäminen ja tehojen ohjattavuuden parantaminen tarkoittavat kulutuslaitteiden tarpeenmukaista mitoitusta ja valintaa sekä kiinteistöjen sähköverkon ja kiinteistöautomaation suunnittelemista ja rakentamista siten, että kuormia voidaan ylipäättänsä ohjata. [1, s. 3–4.]

Huipputehoa mitoittaessa kuorman tasaus kuormitettujen vaiheiden välillä on myös tärkeää. Mittaamalla ja tarkastelemalla L1-, L2- ja L3-vaiheiden kuormitusta voidaan kuormituksesta löytää siinä mahdollisesti oleva epätasapaino. Epätasapaino vaiheiden kuormituksessa voi johtaa ylimitoittamisen tarpeeseen ja vinokuormaan.

Vinokuorma tarkoittaa tilannetta, jossa kolmivaihejärjestelmässä kuormitus on jakautunut epätasaisesti vaiheiden kesken. Koska vinokuorma aiheuttaa virtaa nollajohtimeen, voi erityisesti vanhemmissa rakennuksissa koitua ongelmaksi mitoitustapa, jonka mukaan esimerkiksi asuntojen nousujohtojen nollajohtimen poikkipinta-ala on vain puolet vaihejohtimesta. Vinokuorman aiheuttama johtimen lämpeneminen lisää huipputehon tarvetta sekä edistää eristeiden nopeaa vanhenemista. [6, s. 3.]

Huipputehoa mittaamalla voidaan myös yhteenlaskutoimituksella kerätä kuluttettu kokonaisteho tarkasteluajanjaksolla. Tästä tiedosta voi olla hyötyä esimerkiksi huollon vikaselvityksessä tai kustannusten tarkastelussa.

Tässä dokumentissa huipputehoa tarvitaan kuitenkin kiinteistön pääsulakkeiden riittävyyden varmistamiseen automaatioavusteisesti sekä tehon ylä- ja alarajan määrittämiseen.

### 3 Automaatiolaitteistot

Automaatiota on nykypäivänä kaikkialla ympärillämme, niin kodinelektroniikassa kuten valoissa kuin myös teollisuudessa. Automaation ohjauksessa on kuitenkin monenlaisia erilaisia toteutuksia. Suurin osa kodin automaatiosta on toteutettu halvalla elektroniikalla ja kännykkäsovelluksilla. Sovelluksien avulla käyttäjä voi ohjata yksinkertaisia asioita, kuten aikaohjelmointeja.

Automaatio pohjautuu säätötekniikkaan, jossa takaisinkytkennällä varmistetaan, että poikkeaman tapahtuessa säädettävä kohde itse antaa käskyn korjata tilanne. Tämä tapahtuu vertaamalla säädettävän suureen mittausarvoa haluttuun arvoon (ns. asetusarvoon) ja ohjaamalla mitatun eroarvon mukaisesti kohteen toimintaa asetusarvon suuntaan asetetulla muutosnopeudella. [7, s. 19.]

Muutosnopeuden asetus voi olla vakio tai perustua edeltäviin lukemiin, nykyisen lukeman ja edellisen eroon tai ennustettavaan uuteen sijaintiin. Kaikkia edellä mainittuja säätökriteereitä ei ole pakko hyödyntää.

Tässä dokumentissa perehdytään kuitenkin laitteistoihin, jotka soveltuvat kiinteistöjen automaatio-ohjaukseen.

#### 3.1 Yksinkertaiset laitteet

Yksinkertaiset kiinteistöautomaatiot ovat yleensä ohjelmitavia releitä tai mikropiirejä. Ohjelmitava rele on pienoishjausjärjestelmä, joka soveltuu taloautomaation ja maatalouden perustoimintojen sekä pienten koneiden ja laitejärjestelmien automaattiseen ohjaukseen ja valvontaan. [8, s. 174.]

Releautomaatio ei kuitenkaan yksistään sovellu virtamittamuuntajista tulevan analogisen tiedon käsittelyyn. Tästä syystä osassa ohjelmitavista releistä on laajennusyksiköitä, joiden avulla voidaan hallita myös analogiaohjauksia ja liittyä väyläohjauksiin. [8, s. 174.]

Analogiatulo muuttaa anturijännitteen 0–10 V tai 4–20 mA sisäiseksi digitaaliarvoksi, jolloin releelle voidaan asettaa raja-arvo tai raja-arvot, joiden mukaan se vaihtaa asentoaan suljetun ja avoimen koskettimen välillä. Tieto voi tulla myös pulssimaisena digitaaliseen-tuloon, jolloin arvo saadaan pulssien määrästä tietyllä ajanjaksolla. [8, s. 193.]

Yksinkertaiset kiinteistöautomaatiot ovat nimensä mukaisesti yksinkertaisia, usein varmatoimisia ja edullisia, mutta niiden toiminnan ohjaus on rajoitettua.

### 3.2 Monipuoliset laitteet

Ohjelmoitavat mikro-ohjaimet eli mikrokontrollerit nousevat listan kärkeen, kun puhutaan monipuolisesta ohjelmoitavasta automaatiosta. Kiinteistöautomaation puolella tunnetuimpiin laitevalmistajiin kuuluvat esimerkiksi Ouman, TAC ja Siemens, joiden laitteistoja löytyy monista kiinteistöjen teknisistä automaatiototeutuksista, kuten kaukolämmöllä toteutetuista lämmitysjärjestelmistä.

Ohjelmoitavia mikro-ohjaimia on kuitenkin monia erilaisia ja eritarkoituksiin soveltuvia. Esimerkiksi Arduino- ja Raspberry PI –mikro-ohjaimia hyödynnetään paljon kiinteistöautomaatioratkaisuissa, mutta niitä käyttävät lähinnä harrastelijat ja pienissä sovelluksissa, koska niiden vakaus ja kestoikä on arvioitu välttämättä. Toimintavarmuus näkyy tietysti myös laitteiden hinnassa.

Jotta kiinteistöautomaation kustannukset saataisiin pidettyä järkevinä, on kehitetty ohjelmoitavia logiikoita, jotka sisältävät yleisesti katsotun tarpeellisen määrän erilaisia tuloja ja lähtöjä. Tällaisia laitteita ovat edellä mainitut kaukolämpöpaketeista löytyvät ohjaimet. Niiden laajennusmahdollisuudet sekä harvoin avoin tai standardisoitu ohjelmointikieli voivat kuitenkin olla rajallisia, jonka vuoksi ohjelmamuutokset ja ohjelman sallimat toiminnot voivat koitua ongelmaksi.

Monimutkaisemmat ja paljon liitäntäpisteitä vaativat toteutukset onkin usein toteutettu teollisuusautomaatioon suunnitelluilla ohjelmoitavilla logiikoilla. Ne ovat kestäviä, yksinkertaisia, modulaarisia ja niiden ohjelmointi on usein mahdollista useamman eri standardisoidun ohjelmointikielen avulla. Luonnollisesti teollisuusautomaation tuotteet ovat myös merkittävästi kalliimpia komponenteille asetettujen tarkkuusarvojen ja elinkaaren vuoksi.

Monet valmistajat ovat kehittäneet logiikoitaan siten, että niissä on mahdollista hyödyntää myös tekstipohjaisia ohjelmointikieliä hankalille toiminnoille, kuten C++ tai python sekä internetin kautta etänä toimivaa laskentatehoa, tietojen varastointia ja muita ulkopuolisia palveluita tai tietokantoja, joilla ohjelma saadaan toteuttamaan haluttu toiminto mahdollisimman tehokkaasti.

#### **4 Huipputehon hallinta ohjelmallisesti**

Huipputehon hallinta ohjelmallisesti mielletään usein monimutkaiseksi, mutta useimmissa tapauksissa se on vain raja-arvoihin perustuvia toimenpiteitä. Jos tietty raja-arvo ylittyy, tapahtuu haluttu asia - muussa tapauksessa toteutuu vaihtoehtoinen asia. Tällaiselle tarkastelulle annetaan joku tarkastusaikaväli, esimerkiksi sekunti, jonka perusteella logiikka ajaa ohjelmaa. Saman asian voisi usein myös toteuttaa releillä ilman minkäänlaista ohjelmapätkää. Virranhallinnassa tällaiseen tarkoitukseen sopisi esimerkiksi ylivirtarele.

Automaatilogiikoilla voimme kuitenkin tehdä virranhallintaa valikoidummin ja monipuolisemmin tapauksen muut muuttujat huomioiden. Releillä olisi esimerkiksi hankalaa toteuttaa muuttuvalla virran raja-arvolla toteutettu hallinta.

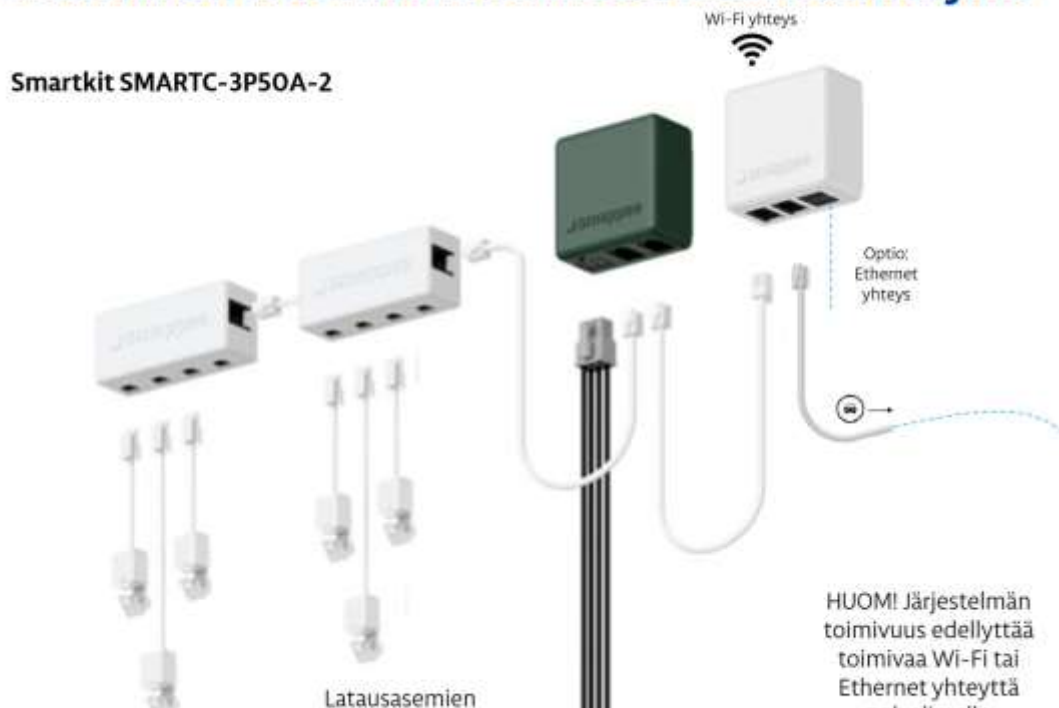
Huipputehoja voidaan hallita eri tavoin, kuten pienentämällä suurten laitteiden jatkuvia- sekä käynnistysvirtoja tai rajoittamalla virransyöttö kokonaan. Esimerkiksi taajuusmuuttajilla sekä pehmokäynnistimillä voidaan rajoittaa käynnistysvirtoja ja pienentää huipputehoja merkittävästi. Kiinteistöjen sähköjärjestelmän perusrakenne, asennusten ryhmitys ja varautuminen ohjaustarpeeseen esimer-

kiksi keskusrakenteissa ja automaattioratkaisuissa tehdään rakennuksen suunnittelu- ja asennusvaiheessa. Samalla syntyy käsitys siitä, millaiseksi kohteen huipputeho muodostuu ja luodaan perusta sille, miten kuormituksen hallinta voidaan erilaisin ohjauspalveluin toteuttaa. [1, s. 3–4.]

Kuormanhallinta on keskeinen osa verkosta otettavan tehon optimoinnissa esimerkiksi sähköautojen autolatauspisteistä puhuttaessa. Kuormanhallintalaitteita voi olla monen tasoisia. Pääsääntöisesti kuormanhallinnalla tarkoitetaan laitetta, joka rajoittaa virran niin, että se pysyy säädelyissä rajoissa. [9, s. 22.]

Sähköautojen yleistyessä kuormanhallinta tulee yleistymään yhä useammissa kiinteistöissä. Tällä hetkellä on jo saatavilla ainakin kahta erilaista kuormanhallintaa sähköautojen lataukseen: ”tavallinen” ja dynaaminen. Tavallisen ja dynaamisen latauksen karkeana erona mainittakoon, että tavallisessa maksimivirta jaetaan autopaikkojen kesken ja dynaamisessa virta jaetaan latauksessa olevien autojen kesken.

## Dynaaminen kuormanhallinta virtamuuntajilla



Kuva 1 Dynaaminen kuormanhallinta [10]

Sähköautojen kuormanhallinta ei kuitenkaan sovellu suoraan kiinteistöjen pääsulakkeiden kuormanhallintaan, koska sähköauton kuorman ohjaus perustuu latausaseman antaman ohjaussignaalin muokkaukseen: latausasema kertoo ajoneuvolle ohjaussignaalin avulla, kuinka paljon siitä on saatavilla virtaa, ja sähköajoneuvon latausjärjestelmä säätyy tämän mukaan tai ottaa sen verran, mitä pystyy. [9, s. 22.]

Kiinteistön kuormanhallinta voitaisiin toteuttaa autolatauspaikkojen tapaan dynaamisesti, mikäli lämmitysjärjestelmänä olisi esimerkiksi suora sähkölämmitys, jossa virran määrää voidaan rajoittaa ilman, että se vaikuttaa lämmityslaitteen toimintaan. Hankalampana esimerkkinä lämpöpumppu, jonka osalta pumpun olisi oltava taajuusmuuttajalla toimiva ja sitä pitäisi pystyä ohjaamaan ohjaussignaalin avulla, jotta laitteen toiminta ei häiriintyisi dynaamisella hallinnalla.

Dynaaminen kuormanhallinta voidaan toteuttaa joko yksitasoisena tai monitasoisena. Yksitasoisessa dynaamisessa kuormanhallinnassa latausjärjestelmälle annetaan yksi maksimiteho, jonka latauslaitteet jakavat keskenään lataajien mukaan. Yksitasoinen dynaaminen kuormanhallinta saa nimityksensä siitä, että virranmittauspisteitä on yksi eli latausjärjestelmän ottama virta. Monitasoisessa dynaamisen kuormanhallinnan toteutuksessa mittauspisteitä voidaan antaa useampia tai ne voidaan sijoittaa kiinteistön sähkönjakelun eri osiin eikä pelkästään latausjärjestelmää syöttäviin kaapeleihin. Lisäksi monitasoisessa toteutuksessa järjestelmälle ei määritetä vain yhtä maksimitehoa, jota se jakaa lataajien kesken. Monitasoisessa kuormanhallinnassa mitataan yleisimmin koko kiinteistön pääsähköliittymää ja järjestelmän seurattavaksi tehoksi määritetään koko liittymän maksimiteho. Tällä ratkaisulla saavutetaan se, että latausjärjestelmä pystyy käyttämään kiinteistön koko sähkönjakelun vapaana olevan kapasiteetin hyödykseen lataajien kesken jokaisena ajanhetkenä. [9, s. 23.]

Oikeiden toteutus- ja mitoitusmallien käyttäminen on tärkeää, kun kartoitetaan sähköntarvetta ja vaikutuksia verkkoon isommassa kuvassa, parkkipaikoista kaupunginosiin ja kaupungeista koko maan sähkönjakelun kapasiteetin tarpeeseen tulevaisuudessa. [9, s. 26.]



## 5 Huipputehohallinnan vaikutus suunnittelussa

Suunnitelmissa ja toteutuksessa tulisi tavoitella ratkaisuja, jotka mahdollistavat tulevaisuudessa älykkään operoinnin sekä kiinteistö- että aluetasolla energian tuotannossa ja käytössä. [1, s. 3–4.]

Automaatio liittää yhteen monenlaisia teknologioita, ja se voi olla hyvinkin erilaista eri sovellusalueilla. Suuri osa laitteistojen tuottajista katsoo vain, miten oma osa-alue ja sen hallinta tulisi toteuttaa, jonka seurauksena kiinteistöissä on useita eri ohjaimia eri asioiden ohjaukseen. Esimerkkinä mainittakoon asuinkiinteistöissä yleisen saunan kiukaan ajastukset ja autojen sähkölämmitystolppien ajastus. [11, s. 7.]

Nykyisin myönnetään yleisesti, että automaatio on keskeinen kilpailutekijä. Voidaan sanoa, että jos tehtävä voidaan järkevällä tavalla automatisoida, sitä ei ole syytä ajatella ihmisen tehtävänä. Automaation avulla voidaankin vähentää merkittävästi päästöjä ja hylkyyn menevän tuotannon osuutta. Hylkyyn menevällä osuudella tässä kappaleessa tarkoitetaan huipputehon ja keskimääräisen tehon välistä tehoaluetta. [11, s. 8-9.]

Jotta automaatiosta sekä huipputehohallinnasta saataisiin kaikki mahdollinen hyöty irti, tulisi järjestelmän ohjaus toteuttaa hybridimallina. Sen tulisi olla valmiista komponenteista koostuva automaatio, joita palikkasarjan tapaan voidaan yhdistää toimivaksi kokonaisuudeksi ja josta voidaan toiminnallisesti erottaa eri osa-alueita. [11, s. 10.]

Kun systeemi muodostuu useista osasysteemeistä, niiden toiminnan hallintaan tarvitaan monentyyppisiä käyttöliittymiä. Käyttöliittymien suunnitteluun tarvitaan paljon erikoisosaamista, jota kutsutaan ergonomiaksi. Se edellyttää hyvää automaation ja ihmisen tuntemista. Ergonomiasuunnittelussa tarkastellaan muun muassa automaation ja ihmisen välistä työnjakoa sekä valvomoiden näyttö- ja ohjauslaitteiden suunnittelua. Myös satunnaiset käyttäjät pitää ottaa huomioon, joten käyttöliittymien pitäisi olla yksinkertaisia ja intuitiivisia. [11, s. 9-10.]

Systeemien kokonaisvaltaisella suunnittelulla pyritään varmistumaan siitä, että ne koko elinikänsä aikana täyttäisivät tehtävänsä mahdollisimman hyvin. Tällaisen tavoitteen kirjoittaminen selkeiksi suunnitteluvaatimuksiksi on vaativa tehtävä. [7, s. 41.]

Hybridimallin hyvänä puolena todettakoon mahdollisuudet käyttää enemmän huipputehovirran potentiaalista eri systeemin osa-alueisiin, kun taas huonona puolena mainittakoon toteutuskustannukset, varsinkin jos jokainen eri laite pitäisi liittää järjestelmään, jotta niitä voisi ohjata tarveohjatusti. Tästä syystä vain kiinteistökeskuksen takana olevat sähkölaitteet huomioidaan tämän dokumentin huipputehohallinnassa.

## 5.1 Sulakkeet

Sulakkeilla rajoitetaan maksimivirtaa, jonka tietty osa-alue voi saada. Ne toimivat myös suojalaitteina kaapeleille ja johtimille.

Systeemin suunnittelussa on aina katsottava kohdesysteemin ominaisuuksia monesta näkökulmasta. Huipputehohallinnan näkökulmasta systeemin hallittavia ominaisuuksia ovat pääsulakkeen kokoon vaikuttavat tekijät ja niistä sellaiset, joita voidaan kytkeä päälle ja pois ilman, että niiden katsotaan vaikuttavan asukkaiden normaaliin toimintaan. Asuinkiinteistöissä vakioituneita kulutushuippuja aiheuttavat esimerkiksi saunakiukaat, hissit, autojen lataus sekä lämmitys, ja paljon sähköä käyttävät lämmitysjärjestelmät. Näiden laitteiden välillä vuorottelu tulisi voida toteuttaa. Lisäksi voi olla myös sähköä tuottavia järjestelmiä, kuten generaattori tai aurinkopaneelijärjestelmiä. [7, s. 36.]

### 5.1.1 Pääsulakkeet

Pääsulakkeet rajaavat sähköliittymän maksimitehon, jolla taloyhtiön pääliittymää voidaan kuormittaa. Mikäli suunnittelussa huomioidaan vuorottelumahdollisuudet, voidaan pääsulakkeiden kokoa rajoittaa sekä uudisrakentamisessa että korjausrakentamisessa.

Jos suunnittelussa huomioidaan dynaaminen vuorottelu, josta oli puhetta luvussa 4, voidaan pääsulakkeiden kuormaa hallita vieläkin tarkemmin. Tämä vaatisi kuitenkin useampia virran mittauspisteitä.

### 5.1.2 Kiinteistökeskuksen sulakkeet

Kiinteistökeskuksen sulakkeiden alle on yleensä sijoitettu taloyhtiön yhteiset sähköä kuluttavat osa-alueet, kuten autopaikat, saunat, hissit sekä lämmitysjärjestelmä. Joissain tapauksissa myös taloyhtiön vuokratiloja ja liikehuoneistoja voi kuulua kiinteistökeskuksen sulakkeiden alle.

Suurin osa sähkötehon vuorottelusta löytyy tämän osa-alueeseen alta, kuten myös suurimmat potentiaalit säästöille. Esimerkiksi hissien ja saunojen kanssa vuorottelu on suhteellisen yksinkertaista, koska hissien toiminta saunavuorojen aikana on vähäistä ja kiukaan sähkövastuksien sähkönsyötön pätkiminen on yksinkertaista eikä se vahingoita vastuksia.

Tällöin voidaan toteuttaa esimerkiksi yksirappuisen kiinteistön saunakiukaan kanssa vuorottelu, jossa yksi vastus vastaa yhtä hissien vaihetta. Aina kun hissi liikkuu, vastuksen sähkönsyöttö on estettynä. Tässä toteutuksessa kiukaan tai kiukaiden ottamaa tehoa ei tarvitse huomioida huipputeholaskennassa, kun oletetaan, että kiukaiden ottama teho on pienempi kuin hissien ottama teho.

Taloudellisesta näkökulmasta katsottuna voidaan sähkönsiirron huipputehomaksulle asettaa jo suunnitteluvaiheessa maksimiarvo, jonka avulla voidaan säästää kuukausittain myös pienempiä summia. Tällä näkökulmalla tarkastellen voidaan sanoa, että järjestelmälle saadaan jokin takaisinmaksuaika, mutta tästä lisää myöhemmin luvussa 6: Säästöpotentiaali.

### 5.1.3 Lämmönjako-ryhmäkeskuksen sulakkeet

Lämmönjakokeskuksen ryhmäkeskuksen sulakkeiden koon rajoittaminen ei teknisesti tai taloudellisesti ole välttämättä tarpeellista, vaikka vuorottelua laitteiden välillä tapahtuisikin.

Sulakkeiden mitoittamisessa huomioitavat sähkövastukset toimivat esimerkiksi usein varajärjestelmänä, ja osin myös huipputehomitoituksessa. Mitoituksessa voisi siis alentaa sulakkeiden kokoa sillä oletuksella, etteivät sähkövastukset lämmitä samanaikaisesti jonkin toisen laitteen toiminnan kanssa.

Vaikka sulakkeiden koon alentamisella ei saavuteta taloudellista hyötyä, voi sitä saavuttaa kiinteistökeskuksen ja ryhmäkeskuksen välisessä kaapeloinnissa sekä pienemmän maksimivirran omaavilla komponenteilla, jonka vuoksi vuorottelu kannattaa ottaa huomioon myös kiinteistökeskuksen ja ryhmäkeskuksen suunnittelussa.

Vuorottelun mahdollisuudet huomioiden kannattaa muistaa, että vaikka ryhmäkeskuksen sulakkeita ei olisi tarvetta rajoittaa, eivät ne saisi kuitenkaan olla suuremmat kuin kiinteistökeskuksen sulakkeet, koska silloin ensimmäisenä sulakesuojauksena toimisi aina kiinteistökeskuksen sulake.

## 5.2 Kaapelit ja johdot

Aivan kuten sulakkeiden ampeerikoko on riippuvainen kaapelien maksimirasitettavuudesta, on suunnittelussa kaapelien ja johtojen mitoitus riippuvainen niiden lävitse kuljetettavasta tehosta. Maksimitehon lisäksi kaapeleiden suunnittelussa on huomioitava ympäristön vaikutuksia, joita ovat muun muassa asennustapa (seinän sisällä, sähkötikas, maan alla...), lämpötila (ilman, kotelon, maan...) ja läpiviennit (materiaali, pituus....).

Huipputeholaskennan näkökulmasta keskusten syöttökaapelit kannattaa mitoittaa maksimikulutuksen mukaisesti, mutta taloudellisesta sekä asennustyön näkökulmasta kaapeleiden kokoa ei kannata ylimitoittaa liikaa. Tämä johtuu siitä,

että kasvattamalla kaapelikokoja kuparin määrä lisääntyy merkittävästi, jolloin myös kustannukset sekä kaapelin paino kasvavat.

Alumiinikaapelilla päästään edullisempiin ratkaisuihin, mutta niissä kaapelikoon ja johtimen halkaisija kasvavat merkittävästi, mikä puolestaan aiheuttaa ongelmia asennuksissa esimerkiksi taipuisuuden, mutkien ja asennustilan vuoksi kaapelin käsiteltävyydessä. Kaapelin käsiteltävyys asennuksessa vaikuttaa puolestaan asennukseen tarvittavaan työaikaan, joka taas näkyy hinnassa. On kuitenkin huomioitava, että alumiinikaapeli on samassa teholuokassa kupari-kaapelia kevyempi.

Huipputehohallinnalla voidaan rajoittaa maksimitehoa, ja tätä tietoa voidaan puolestaan hyödyntää suunnitellessa uuden pääliittymän kaapelin kokoa tai vaihtotarvetta. Mikäli järjestelmien vuorottelun suunnittelulla voidaan välttää syöttökaapelin vaihto, saavutetaan järjestelmä suunnittelussa taloudellisesti merkittävä etu. Kiinteistön pääsyöttökaapelin vaihtotyössä kyse on kuitenkin karkeasti lupakäsittely ja suunnittelu-, tarvike-, sähkötyö-, rakennustyö- ja viranomais- sekä dokumentointikustannuksista.

### 5.3 Järjestelmien integrointi

Huipputehohallinnan toteuttamiseksi järjestelmiä on integroitava saman ohjauksen alle. Tällä tarkoitetaan sitä, että vaikka laitteilla olisikin oma paikallinen ohjausjärjestelmä, on sen toimintaa pystyttävä ohjaamaan myös huipputehohallinnan kautta.

Ohjaus voidaan toteuttaa esimerkiksi kontaktorin avulla, jolloin ohjattavalta laitteelta katkaistaan syöttövirta kokonaan. Tämän tyyppinen toteutus toimii esimerkiksi sähkövastuksilla.

Toinen tapa toteuttaa ohjaus olisi tuoda huipputehohallinnalta käynnin toiminnan ohituskäsky paikalliselle ohjaukselle. Tässä mallissa käskyn aktivointi ei välttämättä katkaise tehon kulutusta heti, sillä esimerkiksi lämpöpumpuilla voi

olla tietty ohjelmallinen käynnin minimiaika, jonka kompressori käy ennen kuin se voi pysähtyä seuraavan kerran. Tämänäyttöiset viivetoiminnot on toteutettu suojaamaan laitteita rikkoutumiselta.

Joissain tapauksissa on kuitenkin järkevämpää jättää paikallinen ohjaus kokonaan pois ja siirtää ohjaus kokonaisuudessaan huipputehohallinnan logiikan alaiseksi. Huipputehohallinnan alle toteutetuissa järjestelmissä kaikki säädettävät parametrit ovat myös varmasti samassa paikassa sekä saman etähallinnan alaisuudessa. Jotta tämä olisi järkevä ratkaisu, tulee logiikkaan lisätä riittävästi eri osa-alueita. On myös harkittava, onko huipputehohallinta kannattavaa toteuttaa jo valmiiksi olemassa olevan ohjausjärjestelmän alle.

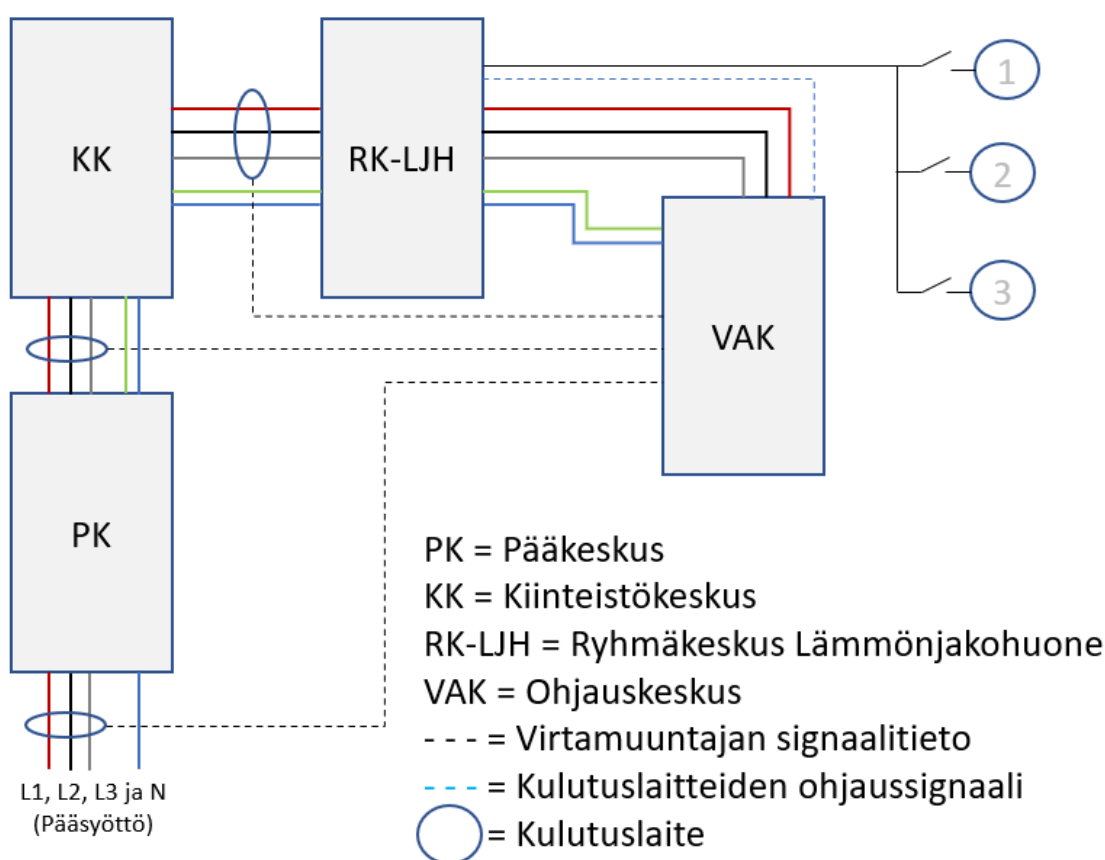
Käytännössä järjestelmien integrointivalintoihin ja toteutusmahdollisuuksiin vaikuttavat monet tekijät suunnittelijoista toteutukseen ja laitteiden ominaisuuksista toteutuksen hintaan. Järjestelmien integrointia tulee tarkastella kriittisesti, mutta avoimin silmin sen potentiaalin ollessa korkea, mutta kustannusten noustessa helposti kannattavuusrajan ylitse.

#### 5.4 Tehohallinta

Tehohallintaa varten on suositeltavaa tehdä kiinteistölle erillinen tuntipohjainen viikkoaikataulutaulukko, josta käy ilmi, milloin mikäkin laitteista on käytössä ja mikä on laitteen suurin sähkövirran ottoteho. Kesä- ja talviaikainen huippuvirran tarkastelu voi olla tarpeen tilanteessa, jossa kiinteistön jäähdytykseen tarvittava sähköteho tai muut kesällä tarvittavat laitteet voivat ylittää talvella lämmittämiseen tarvittavan sähkötehon. Tarkastelun tarpeeseen vaikuttaa myös vuorottelun jälkeisen huippuvirran toteuma kesä- ja talviaikoina.

Laitteiden ottotehojen määrittämisen jälkeen voidaan määrittää kohdat, joissa päällekkäisyys on todennäköistä. Samalla saadaan tietoon maksimivirta, joka kuluisi ilman tehohallintaa. Määrittelemällä huippuvirtakohdissa vuorotteluajoja saadaan huippuvirta rajoitettua lähemmäs tasaisen kuormituksen arvoa.

Kuukausipohjainen tarkastelu voi myös olla tarpeen, mikäli halutaan määrittää dynaaminen tehohallinta. Tällöin huipputehoarvo koetetaan pitää vuorottelun avulla kuukauden kolmanneksi ylimmän toteutuneen maksimin alla (Helen Oy:n huipputehon laskutusperuste [12]). Tällaisessa tarkastelussa on kuitenkin määriteltävä vuorottelun lähtökohdat tarkemmin, jotta kaikki laitteistot saavat ylläpidettyä oman toiminta-alueensa luotettavasti. Esimerkiksi tunnin tauko lämmityksessä ei välttämättä vaikuta merkittävästi, mutta kahdentoista tunnin tauko lämmityksessä kovilla pakkasilla huomataan jo huoneistoissa varmasti, varsinkin jos se on toistuvaa.



Kuva 2 Piikkitehohallinnan toimintaperiaate virtamuuntajilla

Yhtenä esimerkkinä tehon hallinnan karkeasta toimintaperiaatteesta toimii kuva 2, jossa esitetään miten sähkö- ja ohjauskeskukset, virtamuuntajat sekä kulutuslaitteet kytkeytyvät yhteen.

Huipputehohallintaa suunnitellessa on tärkeää määritellä, mitä sillä on tarkoitus tavoitella, mitä kiinteistön järjestelmiä siihen sisällytetään, milloin määritellyt järjestelmät voivat olla pois käytöstä sekä miltä osin ja kuinka pitkän aikaa. Määriteltyjen tietojen pohjalta asetetaan järjestelmät tärkeysjärjestykseen, jonka perusteella ne voidaan kytkeä pois käytöstä.

Joissain tapauksissa kahden järjestelmän tärkeysjärjestys voi vuorotella, mikäli palautumisaika ei toisella järjestelmällä ole ollut riittävä. Hyvä esimerkki on saunakuivaus, jonka rajoittamisen peruste on saunan lämpötila, ja vaihtoehtona kylmälämpökabinin kompressori, jonka rajoittamisen peruste on kylmähuoneen lämpötila. Tehohallinnan automaatiolla voidaan määrittää tilojen tavoite ja todellisen lämpötilaeron perusteella, kumpaa järjestelmää on järkevämpää rajoittaa esimerkiksi hissien vuorottelutarpeen vuoksi.

## **6 Säästöpotentiaali**

Huipputehohallinnalla on mahdollista saavuttaa rahallista säästöä kertaluontoisesti sekä pitkällä aikavälillä. Kertaluontoisiin säästöihin kuuluvat työt sekä tarvikkeet, kun taas pitkän aikavälin säästöpotentiaali perustuu kulutukseen ja las-  
kutukseen.

### **6.1 Huipputeholaskutus**

Sähkönsiirtoyhtiöt ovat löytäneet sähkön huipputehosta viime vuosina uuden tavan laskuttaa, jota on perusteltu sähköverkon hetkittäisen kuormittamisen ta-  
saamisella.

Huipputeholaskutus vaihtelee toimittajan sekä liittymän koon mukaan, mutta esimerkiksi Helen-sähköverkkojen hinnastossa esitetään, että aikasiirrolla alle 3 \* 80 ampeerin liittymissä huipputehomaksu määräytyy kuukauden kolman-  
neksi suurimman mitatun tunnin keskitehon mukaan. [12.]



Pienjännitealueella suuremmilla sulakkeilla laskutusteho on kuukauden suurin maanantaista perjantaihin klo 7–21 mitattu tunnin keskiteho. Loistehomaksua koskevia laskutussääntöjä ei huomioida tässä tarkastelussa. [12.]

Kuukausitasolla tehomaksu on Helen-sähköverkoilla aikasiirrossa 1,28 € alv 0 % ja pienjännitesiiirrossa 4,5 € alv 0 % yhtä kilowattia kohden. Luodaksemme mielikuvan säästöpotentiaalista, rajoittamalla esimerkiksi 20kW:n tehoa kuukausitasolla saavutetaan isommissa kiinteistöissä jopa yli tuhannen euron säästöpotentiaali vuositasolla. Näinkin nopealla arviolaskelmalla voidaan osoittaa, että huipputehohallinnan toteuttamista kannattaa suunnitella ja että hallinnan toteutukselle on mahdollista saada järkevä takaisinmaksuaika. [12.]

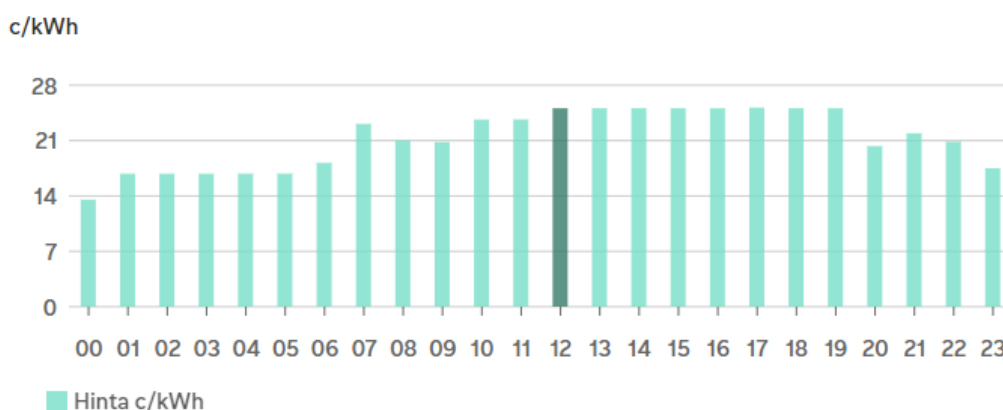
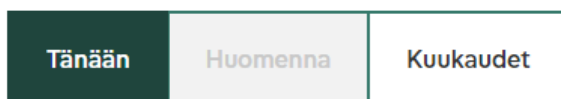
## 6.2 Pörssisähkön hinnanvaihtelut

Toinen tapa saavuttaa pitkän aikavälin säästöjä on seurata pörssisähkön keskimääräistä hintaa, ja asettaa sen perusteella rajat, jolloin sähkön käyttöä tulisi rajoittaa. Tällöin säästöä syntyisi tuntipohjaisen sähkönhinnan muutosten perusteella.

Tuntipohjaiseen hinnoitteluun vaikuttaa hetkellinen käyttö eli esimerkiksi ajat, jolloin ihmiset tulevat yleensä kotiin ja alkavat tehdä ruokaa, heräävät aamuisin ja keittävät kahvia, laittavat keskimäärin sähköautot latautumaan sekä muita vastaavia sähköyhtiöiden seuraavan tunnin kulutusarvioon ennustettavia tapahtumia. Asettamalla sähkön käytön rajoituksia hintakaton ylitse meneville ajankohdille voidaan sähkön hintaperusteisesti saavuttaa säästöjä.

## Tuntihinta juuri nyt

25.09 c/kWh



Hinnat sisältävät arvonlisäveron sekä 0,30 c/kWh preemion

Kuva 3 Fortumin pörssisähkön hinnankehitys [13]

Kuva 3 Fortumin pörssisähkön hinnankehityksestä 9.11.2022 havainnollistaa sähkönhinnan vaihteluita yksittäisen päivän aikana, jossa tummanvihreä palkki on kuluvan tunnin hinta.

Pörssisähkön hinnankehityksen avulla voi saavuttaa merkittäviä säästöjä, kun siihen yhdistetään dynaaminen sähkötehonhallinta. Sähkön hinnan vuorokautisen vaihtelun vuoksi säästöä voi saavuttaa esimerkiksi autolatauspaikkojen lataustehoa rajoittamalla kalliilla sähkönhinnalla, jolloin latausajat pitenevät, mutta lataustehosta osan saa siirrettyä edullisemman hinnan alueelle.

Korkeiden sähkönhintojen aikaan kiinteistön lämmityksen maalämpökompresorien ja sähkövastusten käyntilupia rajoittamalla syntyy kuitenkin vähemmän havaittavia haittavaikutuksia.

Lämmityksessä sähkönhintaan perustuvia säästöjä voi vaihtoehtoisesti hallita myös epäsuorasti, esimerkiksi laskemalla käyttöveden ja lämmityksen lämpötilavoitteita alemmas kalliilla sähkönhinnalla, ja nostamalla niitä korkeammalle halvan sähkön aikaan tai laskemalla/vähentämällä ilmanvaihdon määrää, jolloin säästö syntyy lämmitettävän tuloilman määrästä.

Pörssisähkön säästöpotentiaalin hyödyntämisestä hyvänä esimerkkinä toimii eräs yksityishenkilön omakotitaloon rakentama yksinkertainen automaatio, joka toimii ohjelmoitavalla ”Shelly” WLAN-releellä (kuva 4).

Helsinki | HS Helsinki

## Mies räätälöi pikkurahalla laitteen, joka mullisti pörssisähkön käytön hänen kotonaan

Mies ohjelmoi kotinsa lämminvesivaraajan toimimaan keskellä yötä. ”Juuri tätä halvemmalla vettä ei saa lämmitettyä”



Pieni laite, jonka helsinkiläinen Lari Lohikoski ohjelmoi käynnistämään kotinsa lämminvesivaraajan yön halvimpien pörssisähköhintojen aikana. KUVA: LARI LOHIKOSKI

Saara Aholainen HS

12.11. 7:00

Kuva 4 Shelly WLAN-rele artikkeli [14]

Ohjelma hakee WLAN-yhteyden avulla internetistä pörssisähkön tuntihinnat ja sallii releen toiminnan eli lämminvesivaraajan lämmittämisen hintojen perusteella edullisimpaan aikaan. Suurimmillaan pörssisähkön hintaero voi olla kello 22:00 ja 02:00 välillä, artikkelin mukaan jopa kymmenkertainen. [14.]

### 6.3 Pääsulakkeiden säästöpotentiaali

Selkein kertaluontoinen säästöpotentiaali huipputehohallinnassa löytyy pääsulakkeista.

Isoissa kiinteistöissä pääsulakkeiden koon kasvattaminen maksaa noin 54 € ampeeria kohden, jonka vuoksi sadan ampeerin kasvatus esimerkiksi maalämpöpumppua varten voi vaikuttaa merkittävästi siihen, mikä lämmitysjärjestelmän toteutusvaihtoehdoista olisi huipputehotarkastelun kanssa edullisin. Täytyy kuitenkin muistaa, että sulakekokoja ei voi nostaa, mikäli syöttökaapelien kuormitettavuus ei sitä salli, jolloin kustannuksia voi tulla merkittävästi lisää myös syöttökaapeleiden uusimisen vuoksi.

On hyvä huomioida myös huipputehotarkastelun ja pääsulakkeiden rajoittamisen sivutuotteena toteutuva pitkänajan säästöpotentiaali. Sähkön huipputehon rajoitukset ja vuorottelut osuvat nimittäin usein päivän korkeampien sähköhintojen kohdalle, koska seuraavan tunnin sähköhinnan arvio perustuu teollisuuden tarkastelun lisäksi asuinkiinteistöjen kulutushuippujen tarkasteluun. Esimerkkinä mainittakoon urheilutapahtumien tauot, jolloin mikrot, hellat tai muut välipalan takia sähköä vievät laitteet käynnistyvät samaan aikaan.

Joissakin sähköverkkoyhtiöissä tai sähkön myyjillä tuotteen kuukausimaksu voi vaihtoehtoisesti perustua eri sulakekokoihin. Tällaisissa tapauksissa kuukausimaksuista voi koitua myös pitkänajan säästöä. Esimerkkinä tämän tyyppisestä laskutuksesta toimii kaukolämpöyhtiöiden vesivirtamaksu, joka perustuu suurimpaan mahdolliseen energiamittarin läpivirtaukseen. Suurin vesivirta on suoraan verrannollinen sähkönjakelussa pääsulakkeiden kokoon.

## 7 Laskentaesimerkki

Laskentaesimerkkinä tässä dokumentissa käytetään pienkerrostaloa, jossa on 16 asuntoa, 16 autopaikkaa, yleinen sauna (12 kW kiuas) sekä kaksi hissiä (4,2 kW / hissi).

Kiinteistössä on 80 ampeerin pääsulakkeet, lämmitysenergian tehontarve on mitoituslämpötilassa (-26 °C) 72 kW ja alennetussa maalämmön kompressorin toimintalämpötilassa (-15 °C) 55 kW.

### 7.1 Laskennan tavoitteet

Dokumentin tarkoituksena on määrittellä huipputehohallintaa, jonka vuoksi laskentaesimerkissä tehdään selvitys uusien pääsulakkeiden mitoittamisesta, kun vuorottelu lämmitysjärjestelmän sekä sähköautojen latauksen kanssa otetaan huomioon.

Kiinteistön lämmitysmuoto vaihdetaan kaukolämmöstä maalämpöön (kolme 20 kW kompressoria sekä neljä 9 kW sähkövastusta) ja autopaikkojen sähkötolpista kuusi vaihdetaan sähköauton latauspisteisiin.

Laskennan tavoitteena on määrittellä kuinka paljon huipputehohallinnan toteutus saisi kustantaa, jotta sen toteutus olisi taloudellisesti kannattavaa.

### 7.2 Vuorottelun määrittely

Jotta tarvittava huipputeho voidaan määrittellä, on ensin kerättävä huipputehoon vaikuttavat tekijät samaan taulukkoon.

Esimerkissä on listattu huipputehotaulukkoon seuraavat asiat:

- asuntojen sähkö
- autosähkötolpat
- sähköautolatauspaikat

- hissit
- kylmähuone
- ulkovalaistus
- maalämpöpumput
- ilmanvaihtokoneet
- muut pumput yms. suuremmat käytöt
- sähkövastukset / sähkökattilat.

Lista ei ole täydellinen, ja sitä voi tarkentaa tai siitä voi karsia tarpeettomia kohtia toteutustarpeen mukaisesti.

### 7.2.1 Asuntojen sähköt

Asuntojen tehotarpeen voi laskea liitteen 2 eli ST-kortin 13.31 sivulla 5 esitetyn taulukko 1:n laskukaavojen avulla, tai sitten asiaa voidaan tarkastella mittausten ja laitetehojen pohjalta. Tässä esimerkissä on toteutettu viikon tarkastelujakso asuntojen sähkönkäytöstä ja todettu virranarvon jakautuvan keskimäärin liitteen 1 piikkitehotaulukon mukaisesti eri tuntien kohdalle.

### 7.2.2 Autosähkötolpat

Autosähkötolpat on aikoinaan suunniteltu käytettäväksi pääasiassa lohkolämmittimiin, mutta nykypäivänä myös autojen sisälämmittimet ovat yleistyneet. Lohkolämmittimet tarvitsevat karkeasti 800 wattia sähkötehoa ja sisälämmittimet 1000–2000 wattia mallista riippuen. Mikäli autopaikoille sähköä syöttävien sulakkeiden kesto on pienempi kuin laskennallinen teho, voi laskennassa käyttää maksimiarvona sulakkeiden ampeerikesto.

On myös huomioitava, että autoja ei lämmitetä ympäri vuoden eikä edes ympäri vuorokauden, jonka vuoksi on arvioitava, millä prosenttiosuudella missäkin vuorokautisessa ajanjaksossa autosähkötolpista otetaan virtaa. Prosenttiosuuden voi jakaa portaisiin autopaikkojen lukumäärän mukaisesti, jolloin yhden auton

maksimiottoteho on esimerkiksi 800 wattia (lohkolämmitin) + 2000 wattia (sisälämmitin) eli yhteensä 2800 wattia tai vaihtoehtoisesti autopaikan sulakkeen mukaisesti, joka voi olla SUKO-pistorasiolla 10 tai 16 ampeeria.

### 7.2.3 Hybridi- ja sähköautolatauspaikat

Hybridiautopaikkojen sähkötarpeen määrittelyä voi tehdä muutamalla eri tavalla, koska latauksen hallintaan on olemassa tasaisesti jaettu virranjako ja vaihtoehtoinen dynaaminen virranjaon hallinta. On myös mahdollista, ettei latauspisteiden toimintaa ole synkronoitu, jolloin jokaisella hybridipisteellä voi olla jopa oma sähköliittymä, kuten liikehuoneistoilla.

Mikäli latausta hallitaan, on maksimiarvo helposti määriteltävissä hallintaan määritellyn ampeerimäärän mukaisesti. Sähköautojen latausajat ovat pitkät, joten rajoitetulla sähkötehohallinnalla työpäivän jälkeen lataukseen tuotujen autojen voidaan olettaa tarvitsevan latausta pitkälle aamuyöhön saakka.

Nykyisissä sähköautoissa kulutus on luokkaa 15–30 kWh / 100 km ja päivän aikana ajetaan keskimäärin alle 100 km (hybrideissä akun kesto on noin 40–70 km). Tällöin ladattava teho olisi keskimäärin 20 kWh. Olettaen, että laturin latausteho on kolmivaiheinen ja 6 kW / h (eli 3 x 8,7 A), niin latausaika olisi 20 kWh / 6 kW eli 3,3 tuntia. Vastaavasti SUKO-pistorasiasta 8 ampeerin yksivaiheisella sulakkeella (eli 1 x 1,84 kW) latausaika olisi 20 kWh / 1,84 kW eli 10,9 tuntia. Sähköautojen laturin lisäksi autopaikkojen pääsulake voi rajoittaa lataustehoa, mikäli useampi auto on latauksessa yhtäaikaisesti. [15.]

SUKO-pistokkeesta suurin saatavissa oleva virta on 16 ampeeria, mutta käytännössä on todettu, etteivät SUKO-pistorasiat kestä pitkää yhtäjaksoista 16 ampeerin virran ottoa lämpenemättä, joka puolestaan aiheuttaa paloriskin. Tästä syystä syksyllä 2016 voimaan tullut laitestandardi SFS-EN 62752 edellyttää, että sähköautojen SUKO-kotitalouspistorasiaan kytkettävien latausjohtojen latausvirta saa olla enintään 8 ampeeria pitkäkestoisessa latauksessa. [16.]

#### 7.2.4 Hissit

Hissin huomioiminen taulukossa on helpompaa, sillä hissien liikkumiseen on aina varauduttava. Hissien toimintaa ei voi rajoittaa, ne liikkuvat rajallisen ajan ja vaikuttavat kaikkiin kolmeen virtaa syöttävään vaiheeseen, joten on määriteltävä, mikä laite hissien kanssa voi vuorotella.

Mikäli tiloissa on useampia hissejä, voidaan määritellä hissien määrän suhteessa prosenttiarvo, minä tunteina hissit liikkuvat varmasti samanaikaisesti ja milloin prosenttiosuutta voi mahdollisesti pienentää.

Hyvänä esimerkkinä hissien vaatiman sähkötehon vuorotteluun olisi esimerkiksi saunan kiukaan vastukset, joiden toimintaa voi pätkiä huoletta, kunhan muistaa huomioida saunan minimilämpötilan tehon hallinnassa saunan ollessa käytössä.

#### 7.2.5 Maalämpöpumput ja muut lämmityslaitteet

Lämmitystä tuottavat laitteet täytyy huipputehotaulukossa huomioida täysitehoisina -26 asteen mitoituslämpötilassa (ellei järjestelmää ole selkeästi ylimitoitettu), mutta alhaisemmilla lämpötiloilla voidaan tarvittaessa lämmityslaitteita kytkeä hetkellisesti pois päältä. Huipputehon hallintaa rajoittavia päiviä on vuoden aikana harvoin, mutta nekin tulee huipputehon hallinnassa ottaa huomioon.

Rakennuksen massa voi pystyä varastoimaan esimerkiksi sopivana kevätpäivänä riittävästi aurinkoenergiaa ikkunoiden ja pintojen avulla sisätiloihin, jotta lämpötilat pysyvät hyväksyttävänä yölläkin ilman lämmittämistä. [17.]

Sama pätee lämmitysjärjestelmään, jonka vuoksi esimerkiksi kahden tunnin tauko lämmityksessä ei vaikuta sisälämpötilaan siten että asukkaat sen huomaisivat. Rakennuksen massa mahdollistaa siis lämmitysjärjestelmän huomaamattoman hyödyntämisen huipputehohallinnassa.

Sähkövastuksien osalta huipputehohallinta on yksinkertaista, koska niiden toiminta on suoraviivaista, eikä niiden toiminta häiriinny nopeista sähkökatkoista.



Maalämpöpumppujen kanssa vuorottelussa tulee huomioida, että maalämpöpumput eivät pysähdy heti. Kompessoreilla on niiden kestävyysvuoksi minimikäyntiajat, joiden tulisi täyttyä. Tämä aiheuttaa oman ongelmansa huipputehohallintaan, ja se tulee huomioida suunnitellessa vuorottelua.

Huipputehohallinnassa kannattaakin olla muitakin laitteita kuin kompressoreita, joita voi tarpeen vaatiessa kytkeä pois päältä esimerkiksi kompressorien minimikäyntiaikojen vuoksi. Huipputehohallinta voi myös rajoittaa käyntiä raja-arvojen avulla ennenaikaisesti kompressorin minimikäyntiaikana siten, ettei päällekkäin toiminta aiheuta ongelmaa sulakkeille.

### 7.2.6 Huipputehotaulukko

Arvojen lisääminen huipputehotaulukkaan tulisi tehdä yhden päivän tarkasteluna tuntitasolla huomioiden siihen eniten vaikuttavat tekijät omina riveinään.

Tarkastelussa kannattaa lähteä tilanteesta, jossa sähkötehon kulutus on suurimmillaan eikä vuorottelua ole. Tämän jälkeen tulee arvioida, mitkä laitteet minäkin tunteina voisivat vuorotella, ja merkitä viereiseen sarakkeeseen, kuinka paljon vuorottelu vaikuttaa huipputehoon kyseisen laitteen osalta.

Kun määrittely on tehty, voidaan tarkastella, missä kohdin päivän kulutukset ovat suurimmat, ja katsoa, kuinka paljon niissä kohdin huipputehoa oli mahdollista rajoittaa. Mikäli suurin vuorottelulla saavutettu huipputeho arvo alittuu, ei huipputehoarvon alittaminen tai vuorottelu ole tarpeellista. Näissä kohdin lämmitys tehostuu ja kirii kiinni rajoittamalla menetetyn lämmitystehon.

Näin muodostetulla taulukolla on saavutettu yksinkertaisin muoto huipputehohallinnasta ja sen tarpeesta.

kellonaika / Tehohallinta	6 - 8		8 - 10		10 - 12		12 - 14		14 - 16		16 - 18		18 - 20		20 - 22		22 - 06	
Autopalkkoja	14	14	7	7	3	3	3	3	7	7	7	7	3	3	1	1	3	3
hybridiautopaikat	14	14	9	9	5	5	14	14	14	14	28	28	28	28	28	28	28	28
Asunnot	28	28	35	35	28	28	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	21	21
Hissit	12	12	12	12	6	6	6	6	6	0	12	0	12	0	6	0	6	6
Sauna	0	0	0	0	0	0	0	0	17	17	17	17	17	17	17	17	0	0
MLP	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
Muut pumput yms	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Sähkövastukset	26	13	26	13	13	13	13	13	13	13	0	26	13	26	13	13	13	13
Välillinen asia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Yhteensä (A)</b>	<b>143,5</b>	<b>130,5</b>	<b>138,6</b>	<b>125,6</b>	<b>103,7</b>	<b>103,7</b>	<b>119,8</b>	<b>119,8</b>	<b>141,5</b>	<b>135,4</b>	<b>161,4</b>	<b>136,3</b>	<b>170,1</b>	<b>145,0</b>	<b>162,6</b>	<b>143,5</b>	<b>119,8</b>	<b>119,8</b>

Kuva 5 Kuvakaappaus liitteestä 1 - Vuorottelutaulukko

Oheisesta vuorottelutaulukon kuvakaappauksessa (kuva 5) voi havaita, että vuorottelulla sähkövirran tarve laskee 170 ampeerista 145 ampeeriin, jolloin pääsulakkeiden tarve laskee 200 ampeerin sulakkeista 160 ampeeriin. Kuvan taulukossa punaisella merkityt arvot ovat laskettuja arvoja.

Koska vuodenaajat ovat erilaisia ja huipputehon hallinnan avulla säästöä voi hankkia eri tavoilla, voidaan hallintaa kehittää dynaamiseen suuntaan.

Esimerkiksi eri ulkolämpötiloilla huipputehovaatimus lämmityksessä voi vaihdella merkittävästi, jolloin laskennallinen huipputehopiikki ei ole välttämättä samassa kohdassa. Mikäli halutaan säästää kuukausittain piikkiteho kustannuksissa, on huomioitava huipputeho tilanteet myös eri vuodenaikoina. Tarkastelussa on huomioitava, että myös vuorottelevat laitteet voivat vaihdella eri vuodenaikoina.

Vuorottelevien laitteiden määrittelyn jälkeen valitaan, miten vuorottelu halutaan toteuttaa, millä raja-arvoilla ja onko sillä tarkoitus varmistaa vain pääsulakkeiden riittävyys. Toisena vaihtoehtona olisi myös rajoittaa kulutusta esimerkiksi dynaamisesti kuukauden korkeimman toteutuneen kulutuspiikin perusteella.

### 7.3 Laskenta

Vuorottelutaulukko on kuitenkin vain suuntaa antava, ja sen avulla on suositeltavaa tehdä vain suuria linjauksia, kuten pääsulakkeiden koon määrittäminen. Todellisuudessa pääsulakkeiden riittävyys varmistetaan automaatiolla, jolle annetaan rajat, milloin mikäkin rajoitettu laite kytketään pois käytöstä.

### 7.3.1 Pääsulakkeet ja syöttökaapeli

Koska lämmityslaitteiston osuus mitoituslämpötilassa kattaa suuren osan sähkötehon tarpeesta, voidaan laskennallisesti helposti todeta, että ulkolämpötilan ollessa korkeampi pääsulakkeiden tehon tarve on oikeasti jopa alle 125 ampeeria.

Taloudellisesti vertaillen Helen-sähköverkot ilmoittavat 3 x 200 ampeerin sähköliittymän hinnaksi 10 700 € (sis. alv 24 %) ja 3 x 160 ampeerin sähköliittymän hinnaksi 9 100 € (sis. alv 24 %) [18]. Vuorottelulla saavutettu pääsulakkeiden koon rajoittaminen mahdollistaisi suorana säästönä 1 600 € kustantavan vuorottelun toteuttamisen ilman lisäkustannuksia.

Mikäli taloyhtiön syöttökaapeli mahdollistaisi 125 ampeerin sulakkeet ja taloyhtiö päätyisi ottamaan huippumitoituksessa riskin ajoittaisesta sisälämpötilan jäähtymisestä tai 125 ampeerin sulakkeiden riittävyys varmistettaisiin rajoittamalla sähköautolatauksen toimintaa kovilla pakkasilla, olisi suora säästö 3 400 € sekä uuden sähkön syöttökaapelin asentamisen kustannukset. Karkeasti arviotuna tällaisessa tapauksessa suora kokonaissäästö voisi olla jopa yli 10 000 €. Taulukossa 1 karkea arvio AXMK 4 x 185S -kaapelin vaihtamisesta koituvista kustannuksista. [18.]

Taulukko 1. Kiinteistön syöttökaapelin vaihdon karkea kustannusarvio.

	<b>Yksikköhinta</b>	<b>Määrä</b>	<b>Yhteensä</b>
Työntekijä	50,00 €	16	800,00 €
Työkone	120,00 €	8	960,00 €
Kaapeli	24,20 €	50	1 210,00 €
Sähkömies	80,00 €	16	1 280,00 €
Suunnittelu	85,00 €	24	2 040,00 €
			<hr/> <hr/> 6 290,00 €

### 7.3.2 Dynaaminen virranhallinta

Oletetaan vuorottelutaulukon mukaisesti, että mahdollisuus säästää kuukausitasolla energiaa olisi 12 ampeeria hissien ja saunan välisestä vuorottelusta sekä 13 ampeeria lämmityksen vuorottelulla muiden kulutuspiikkien tasaamiseen aikoina, jolloin lämmityksen rajoittamisella voidaan saavuttaa kiinteistökeskuksen suurimman tehon ylitys. Lasketaan nämä kaksi erikseen siltä varalta, että lämmityksen tehon laskua ei pystytä hyödyntämään.

12 ampeeria vastaa noin 2,8 kW tehoa / vaihe ja Helen-sähköverkot ilmoittavat hinnastossaan tehomaksun suuruuden olevan 1,59 € / kW. Säästöä kuukausitasolla voidaan siis saada noin 13,20 €. Jos huomioidaan lämmityksen puolelta saatavilla oleva vuorottelu, voidaan kuukausitasolla päästä kaksinkertaiseen summaan eli noin 30 € / kuukaudessa. Laskelmassa oletetaan, että dynaaminen hallinta ei vähennä kokonaisenergiatarvetta. [12.]

Saavutettu hyöty ei ole kovin merkittävä, mutta voimme päätellä, että dynaamisen hallinnan toteuttamiseen laskennallisesti saatu tuotto olisi noin 150–330 € vuodessa. Summalla voisi saada toteutettua dynaamisen hallinnan, mikäli toteutus olisi lähinnä ohjelmointia ja muutos olisi hyvin yksinkertainen.

Koska asuinkiinteistöissä huipputehohallinta keskittyy yleisiin tiloihin, kiinteistön koko ei välttämättä vaikuta sen taloudelliseen kannattavuuteen. Dynaamisen hallinnan säästöihin vaikuttavia tekijöitä ovat ne laitteet, joilla vuorottelua voidaan harjoittaa, kuten sähkölämmitykset, saunojen kiukaat, autopaikat, hissit tai kylmähuoneet sekä sähkön hinnan vaihteluista syntyvä säästö, mikäli sitä on mahdollisuus hyödyntää.

## 8 Yhteenveto

Sähkötehon huipputehohallinta on sähköautojen ja sähkön hinnan nousun myötä noussut taas parrasvaloihin. Vaikka tehon hallinnan potentiaalia on kiristyneiden energiastandardien ja kehityksen aiheuttaman luonnollisen kilpailun

myötä hyödynnetty jo vuosia, on sen hallinnassa vielä kehittämisen varaa useilla eri sektoreilla.

Kiinteistöjen sähkötehon huipputehohallinnassa säästöpotentiaalia on erityisesti sähköautojen, sähkövastusten, vesi- tai ilmalämpökompessoritekniikkaa käyttävien ja paljon sähkötehoa kuluttavien komponenttien vuorottelussa sekä tehonhallinnassa.

Työn tavoitteena oli määrittää, millaisia taloudellisia säästöjä sähkön piikkitehohallinnan avulla voidaan saavuttaa sekä onko korjaus- tai uudisrakentamisessa mahdollista rajoittaa pääsulakkeiden koon ylitystä.

Yhteenvedon todettakoon, että huipputehohallinnan hyödyntäminen pääsulakkeiden mitoittamisessa sekä sähkön dynaamisen huipputehohallinnan käytöllä, voidaan vaikuttaa sähkötarpeen mitoittamiseen sekä luoda merkittäviä säästöjä lyhyellä ja pitkällä aikavälillä projekti- sekä käyttökustannuksissa.

Säästöjä voi saavuttaa sekä korjaus- että uudisrakentamisen puolella, mutta mikäli uudisrakentamisen puolella huipputehohallinta sisällytetään ja otetaan huomioon alusta asti, voidaan kiinteistöjen kokonaisvaltaisella suunnittelulla ja tarkastelulla säästöpotentiaali saada merkittävästi suuremmaksi. Tämä potentiaali näkyy varsinkin dynaamisen hallinnan puolella, jossa potentiaalia voisi lisätä esimerkiksi asuntojen kylpyhuoneiden sähköisillä lattialämmityksillä.

Lisäksi huipputehohallinnalla voidaan saavuttaa yhteiskunnallista hyötyä runkoverkon rasituksen tasaamisella.

Tulevaisuudessa sähkön huipputehohallinta voitaisiin toteuttaa esimerkiksi sähköautojen akkukapasiteetit yhdistämällä alueelliseksi energiavarastoksi, jolla voisi hallita myös pörssisähkön hinnan muutosten aiheuttamia kustannuspiikkejä.

## Lähteet

- 1 Sähkötieto ry. 2021. ST-kortti 13.31. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 2 Kulutuksen ja tuotannon tasapainon ylläpito. Verkkoaineisto. Fingrid Oyj. <<https://www.fingrid.fi/kantaverkko/sahkonsiirto/kulutuksen-ja-tuotannon-tasapainon-yllapito/>>. Luettu 19.12.2022.
- 3 Silvonen, Kimmo. 2018. Elektroniikka ja sähkötekniikka. Otaniemi: Tekijä & Gaudeamus / Otatieto.
- 4 ABB:n TTT -käsikirja 2000-07: 10. Mittaus- ohjaus- ja suojalaitteistot. Verkkoaineisto. ABB Oy. <[http://oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/10\\_1\\_Mittaus-%20ohjaus-%20ja%20suojalaitteet.pdf](http://oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/10_1_Mittaus-%20ohjaus-%20ja%20suojalaitteet.pdf)>. Luettu 19.12.2022.
- 5 Paloniemi, Jaakko. 2016. Virran mittauksen häiriöt pienkiinteistöissä. Opinnäytetyö. Tampereen Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 6 Vesterinen, Ville-Veikko. 2011. Sähkön Laatu. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 7 Heinäkoski, Asp ja Hyyppönen, 2008. Automaatio – Helppoa elämää?. Vammala: Vammalan kirjapaino Oy
- 8 Ahoranta Jukka. 2018. Sähköasennustekniikka. Helsinki: Sanoma Pro Oy
- 9 Pieskä, Otto. 2021. Sähköjaketun suunnittelu ja kuormanhallinnan vaikutukset sähköautojen latauksissa. Opinnäytetyö. Lapin Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 10 Dynaaminen kuormanhallinta virtamuuntajilla. Verkkoaineisto. Utu Oy. <<https://www.utugroup.com/fi/tuotteet/kuormanhallintaratkaisu-3-vaiheinen-50a-smartkit-2/>>. Luettu 19.12.2022.
- 11 Kippo ja Tikka, 2008. Automaatio tekniikan perusteet. Helsinki: Edita Prima Oy
- 12 Sähkön verkkopalveluhinnasto. 2021. Verkkoaineisto. Helen Sähköverkko Oy. <<https://www.helensahkoverkko.fi/globalassets/hinnastot-ja-sopimusehdot/hsv/s%C3%A4hk%C3%B6n-verkkopalvelumaksut.pdf>>. Päivitetty 01.01.2021. Luettu 19.12.2022.

- 13 Fortum Tarkka tuntihinnat 9.11.2022. Verkkoaineisto. Fortum Oyj. <<https://www.fortum.fi/kotiasiakkaille/sahkoa-kotiin/sahkosopimukset/tarkka-porssisahko>>. Päivitetty 09.11.2022. Luettu 9.11.2022.
- 14 Aholainen, Saara. 2022. Mies räätäloi pikkurahalla laitteen, joka mullisti pörssisähkön käytön hänen kotonaan. Verkkoaineisto. Helsingin Sanomat. <<https://www.hs.fi/kaupunki/helsinki/art-2000009195231.html>>. Päivitetty 12.11.2022. Luettu 19.12.2022.
- 15 Energiakulutus ja toimintasäde. 2022. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava\\_liikenne\\_ja\\_liikkuminen/va-litse\\_auto\\_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/va-litse_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot)>. Päivitetty 08.12.2022. Luettu 19.12.2022.
- 16 Pohjonen, Pekka. 2018. Sähköauton lataus turvallisesti tavallisesta kotitalouspistorasiasta. Verkkoaineisto. Atonos Oy. <<https://www.autotaloampeeri.fi/blogi/sahkoauton-lataus-turvallisesti-tavallisesta-kotipistorasiasta/>>. Päivitetty 12.03.2018. Luettu 19.12.2022.
- 17 Lämmön varastointi talon rakenteisiin. 2020. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelman\\_kaytto/aurinkolammon\\_varastointi/lammon\\_varastointi\\_talon\\_rakenteisiin](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelman_kaytto/aurinkolammon_varastointi/lammon_varastointi_talon_rakenteisiin)>. Päivitetty 05.08.2020. Luettu 19.12.2022.
- 18 Sähköliittymien hinnasto. 2020. Verkkoaineisto. Helen Sähköverkko Oy. <<https://www.helensahkoverkko.fi/globalassets/hinnastot-ja-sopimusehdot/hsv/s%C3%A4hk%C3%B6liittym%C3%A4t.pdf>>. Päivitetty 01.12.2022. Luettu 19.12.2022.

## Vuorottelutaulukko

	Piiikitehohallinta																		
	6 - 8		8 - 10		10 - 12		12 - 14		14 - 16		16 - 18		18 - 20		20 - 22		22 - 06		
<b>kellonaika / Tehohallinta</b>	<b>6 - 8</b>		<b>8 - 10</b>		<b>10 - 12</b>		<b>12 - 14</b>		<b>14 - 16</b>		<b>16 - 18</b>		<b>18 - 20</b>		<b>20 - 22</b>		<b>22 - 06</b>		
Autopaikkoja	14	14	7	7	3	3	3	3	7	7	7	7	3	3	1	1	3	3	Autopaikkoja
hybridiautopaikat	14	14	9	9	5	5	14	14	14	14	28	28	28	28	28	28	28	28	hybridiautopaikat
Asumnot	28	28	35	35	28	28	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	21	Asumnot
Hissit	12	12	12	12	6	6	6	6	6	0	12	0	12	0	6	0	6	6	Hissit
Sauna	0	0	0	0	0	0	0	0	17	17	17	17	17	17	17	17	0	0	Sauna
MLP	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	MLP
Muut pumpput yms	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	Muut pumpput yms
Sähkövästukset	26	13	26	13	13	13	13	13	13	13	13	0	26	13	26	13	13	13	Sähkövästukset
Valinnainen asia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Valinnainen asia
<b>Yhteensä (A)</b>	<b>143,5</b>	<b>130,5</b>	<b>138,6</b>	<b>125,6</b>	<b>103,7</b>	<b>103,7</b>	<b>119,8</b>	<b>119,8</b>	<b>141,5</b>	<b>135,4</b>	<b>161,4</b>	<b>136,3</b>	<b>170,1</b>	<b>145,0</b>	<b>162,6</b>	<b>143,5</b>	<b>119,8</b>	<b>119,8</b>	<b>Yhteensä (A)</b>



## ST-kortti 13.31 – Taulukko 1

Taulukko 1. Kokemusperäiset laskentamallit asuinrakennuksen huipputehon määrittämiseksi.

Asuinrakennukset	Huipputeho <sup>(1)</sup> [kW]	Huomautuksia
Kerros- ja rivitalot		A on kerrosala [m <sup>2</sup> ]
– ilman kiukaita	$P_h = B + 17 \times A / 1000$ (B = 65 kW)	Yhtälöt soveltuvat kohteisiin, joissa vähintään 15 asuntoa ja kerrosala väh. 2500 m <sup>2</sup> . Pienemmissä taloissa B korvataan arvolla $B_x = (A_{tot}/2500) \times B \geq 30$
– huoneistokohtaiset sähkökiukaat	$P_h = B + 24 \times A / 1000$ (B = 90 kW)	
Pienet rivitalot <sup>(2)</sup>		A on lämmitetty pinta-ala [m <sup>2</sup> ]
– ei sähkölämmitystä, mutta sähkökiuas	$P_h = 30 + 26 \times A / 1000$	
– suora sähkölämmitys, kiuas	$P_h = 30 + 64 \times A / 1000$	– käyttövedenlämmitys jatkuvasti tai yöllä
– suora sähkölämmitys <sup>(3)</sup>	$P_h = 30 + 49 \times A / 1000$	– käyttöveden lämmitys yöllä
Omakotitalot		A on lämmitetty pinta-ala [m <sup>2</sup> ]
– ei sähkölämmitystä, mutta sähkökiuas	$P_h = 7,5 + 26 \times A / 1000$	
– suora sähkölämmitys ja sähkökiuas	$P_h = 7,5 + 64 \times A / 1000$	– käyttöveden lämmitys jatkuvasti tai yöllä
– suora sähkölämmitys <sup>(3)</sup>	$P_h = 7,5 + 49 \times A / 1000$	– käyttöveden lämmitys yöllä
Paikoitusalueet: $P_{paikoitus} = 10 \text{ kW} + 0,5 \text{ kW/paikka} \times n_{\text{auto}}$ ( $n_{\text{auto}}$ = lämmitettyjen autopaikkojen lukumäärä) <sup>(4)</sup>		
Paikoitusalueet sähköajoneuvojen vähimmäisvarauksella $P_{paikoitus} = 10 \text{ kW} + 1,0\text{--}3,0 \text{ kW/latauspiste}$ <sup>(5)</sup> $\times n_{\text{auto}}$ ( $n_{\text{auto}}$ = sähköistettyjen autopaikkojen lukumäärä) <sup>(5)</sup>		
Sähköajoneuvojen lataus: $P_{\text{sähköajoneuvojen lataus}} = \frac{\text{haluttu ajosuorite latauskerralla (km)} \times 0,20 \text{ kWh/km} \times n_{\text{auto}}}{\text{latauskerran aika h}}$ <sup>(6)</sup>		
HUOM. Käytettäessä älykästä sähköajoneuvojen latausjärjestelmää, voi olla mahdollista jättää latausjärjestelmän vaikutus huipputehoon kokonaan huomioimatta, jos kohteen käyttäjien tarpeet ja kohteen sähköliittymän vapaa energiakapasiteetti oletettuna latausaikana mahdollistavat tämän. Tällainen energiakapasiteetin tarkastelu soveltuu lähinnä pitkien latausaikojen kohteisiin, kuten asuin- ja liikennekohteisiin. Katso tämän kortin luku 4.5.6, kortti ST 51.90. Sähköauton lataaminen ja latauspisteiden toteutus sekä ST-käsikirja 41 Sähköautot ja latausjärjestelmät.		
Huomautukset:		
Liittymisjohdon virtaa määritettäessä tulee huomioida kuormituksen tehokerroin $\cos \phi$ . Jos loistehon osuus on vähäinen, voidaan arvioida, että $\cos \phi = 0,96$ . Tehokertoimen määrittämiseksi lähtötietona voidaan käyttää myös paikallisen verkkoyhtiön loistehonnoittelua ja loistehon ilmaisuutta.		
Lineaarisia laskentamalleja käytettäessä tulee myös huomioida, että kuormitukset noudattavat erittäin harvoin normaali-jakaamaa. Tietyn tehon ylitystodennäköisyyden arvioiminen on siis hyvin haastavaa tai jopa mahdotonta, jos käytettävissä ei ole muita tietoja kuin rakennuksen tyyppi ja arvio pinta-alasta.		

1 Ylitystodennäköisyys noin 1 %.

2 Pieniksi rivitaloiksi lasketaan talot, joissa on enintään 15 asuntoa. Alle 4 asunnon rivitalot lasketaan, kuten omakotitalot, ja saadut tulokset lasketaan yhteen.

3 Vaikka kiuasta ei asennettaisikaan, suositellaan mitoittamista kiukaalle myöhemmää käyttöä ajatellen.

4 Jos seuraavilla sähköajoneuvojen latausjärjestelmien mitoittamisen kaavoilla lasketaan tehovarauksen autopaikoille, ei tämän kaavan 0,5 kW/paikka tehoa tarvitse huomioida.

5 Kaava soveltuu kahden tai useamman latauspisteen vähimmäistehon laskentaan.

6 Kaava soveltuu ns. älykkään latausjärjestelmän kokonaistehon mitoittamiseen, kuitenkin vähintään 1,0–3,0 kW/latauspiste<sup>(7)</sup>. Katso tämän kortin luku 4.5.6, kortti ST 51.90. Sähköauton lataaminen ja latauspisteiden toteutus sekä ST-käsikirja 41 Sähköautot ja latausjärjestelmät. Mikäli kohteeseen on tulossa kaavojen 5 ja 6 mukaan laskettuja pisteitä, niiden tehot on niistä aiheutuvaa kojekuormaa laskettaessa summattava keskenään.

7 Sähköajoneuvoille varattavan vähimmäistehon määrittäminen älykkästä lataustehoa ohjaavissa latausjärjestelmissä riippuu kohteen sijainnista ja autopaikkojen määrästä. Katso luvusta 4.5.6 tarkempaan määrittelyyn tarvittavat lisätiedot!