

Markus Vilmi

SÄHKÖAUTON LATAUSPAIKKOJEN VAIKUTUS KIINTEISTÖN HUIPPUUTEHOON

SÄHKÖAUTON LATAUSPAIKKOJEN VAIKUTUS KIINTEISTÖN HUIPPUTEHOON

Markus Vilmi
Opinnäytetyö
Kevät 2021
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-oh-
jelma

Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, sähkötekniikka

Tekijä: Markus Vilmi

Opinnäytetyön nimi: Sähköauton latauspaikkojen vaikutus kiinteistön huipputehoon

Työn ohjaaja: Ensio Sieppi

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2021

Sivumäärä: 33

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä Kastelli-talot Oy:lle kiinteistön huipputehon mitoitusta nopeuttava laskentaohjelma. Ohjelma laskee syötetyillä perustiedoilla huipputehon st kortista: ST13.31 annetuilla kaavoilla, ja vertaa saatua tulosta ohjelmaan lisättyjen kiinteistöjen todelliseen kulutukseen.

Ohjelma toteutettiin Microsoft-Excel ohjelmalla. Mitoituksen teoria perustuu Suomessa käytössä oleviin standardeihin ja niissä esitettyihin kaavoihin. Kyseisten laskentamallien lisäksi ohjelmaan on syötetty eri kiinteistötyyppien huipputehoja, joita verrataan laskemalla saatuihin huipputehoihin. Työkaluun syötetään perustiedot laskettavasta kiinteistöstä, esimerkiksi: kerrosala, lämmitysmuoto ja kiinteistömuoto. Hakuehtojen pohjalta ohjelma laskee huipputehon käyttämällä kaavoja ja hakemalla hakuehdoilla kulutustiedoista ehdot täyttävää vastinetta. Tulevaisuudessa ohjelmaa pystytään muokkaamaan ja tietoja pystytään lisäämään tulevaisuuden tekniikat huomioiden.

Opinnäytetyössä käsitellään kiinteistön huipputehoon vaikuttavia tekijöitä, ja syvennyttään tarkemmin sähköautojen latauspaikkojen vaikutukseen kiinteistön huipputehossa. Työssä kerrotaan myös latauspaikkojen mahdollisuuksista tulevaisuudessa ja siitä, minkälaisia vaatimuksia latauspaikkojen suunnittelu pitää sisällään.

Mitoitustyökalu on salassa pidettävä ja se on tarkoitettu vain tilaajan käyttöön.

Asiasanat: huipputeho, laskentaohjelma

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	7
2 KIINTEISTÖN HUIPPUKTEHON MÄÄRITTÄMINEN	8
2.1 Kokemusperäinen laskentamalli	9
2.2 Kohdekohtaisiin kuormiin perustuva laskentamalli	10
3 SÄHKÖAJONEUVOJEN VAIKUTUS SÄHKÖVERKON MITOITTAMISEEN	14
3.1 Sähköauton latauspaikkojen suunnittelu	14
3.2 Latauspaikkojen huippuktehon määrittäminen	15
3.3 Latausjärjestelmän teho	16
3.4 Sähköauton latausjärjestelmä ja kuormanhallinta	18
3.5 Sähköautojen vaikutus sähköverkkoon	22
4 LATAUSTAVAT	25
4.1 Lataustavat 1 ja 2	25
4.2 Lataustapa 3	26
4.3 Lataustapa 4	27
5 KAKSISUUNTAINEN LATAUS, V2X	28
5.1 Vehicle-to-grid (V2G)	29
5.2 Vehicle-to-home (V2H)	30
5.3 V2X nyt ja tulevaisuudessa	30
7 POHDINTA	31
6 YHTEENVETO	33
LÄHTEET	34

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

Hybridiauto	Auto, jossa voimanlähteenä voidaan käyttää sekä sähkö- että polttomootoria
Kuormanhallinta	Järjestelmä, jolla hallitaan latausjärjestelmän ottamaa tehoa rajoittamalla autojen ottamaa latausvirtaa sekä jaksottamalla latausta
Latauspiste	Piste, jossa sähköajoneuvo liitetään kiinteään sähköverkkoon
Latausjärjestelmä	Useasta sähköajoneuvon latausasemasta ja/tai latauspisteestä koostuva kokonaisuus
Sähköajoneuvo	Sähkömoottorin kuljettama ajoneuvo, joka käyttää sähköä ladattavasta akusta tai muusta siirrettävästä energiavarastosta

1 JOHDANTO

Huipputehon määrittäminen oikein on kiinteistön suunnitteluvaiheessa hyvin tärkeä asia, koska se vaikuttaa kiinteistöön mitoitettaviin johtoihin ja tilattavaan liittymäkokoon. Huipputehon voi alimitoitaa, jolloin kiinteistöön mitoitettut kaapelit ja liittymä käyvät pieneksi, ja tämä tarkoittaa suuria kustannuksia tulevaisuudessa. Huipputehon voi myös ylimitoitaa, jolloin tilaaja maksaa rakennusvaiheessa tarpeettoman suuria materiaalikustannuksia ja liittymismaksun. Ylimitoitetulla liittymällä myös perusmaksu on suurempi.

Yrityksen toimeksiantona sain tehtäväksi selvittää, kuinka paljon kiinteistön todellinen huipputeho eroaa kiinteistölle jo suunnitellusta huipputehosta. Toimeksianto koski myös sähköautojen latausta koskevia huipputehoja ja näiden tuomia latauslaittevaatimuksia.

Tehtävänä oli tehdä ohjelma, joka vertaa jo käytössä olevilla kaavoilla laskettua huipputehoa kiinteistöistä saatuun mittausdataan. Ohjelman tarkoituksena on antaa hankesuunnitteluvaiheessa suunnittelijalle helpottava työkalu huipputehon määrittämiseen.

Opinnäytetyön tilaajana toimi Kastelli-talot Oy, joka on keittiömerkin, Puustellin, sekä kasvavan rakennusliike Lapti Oy:n kanssa osa Harjavalta Oy -konsernia. Kastelli-talot Oy suunnittelee ja valmistaa talopaketteja tilaajan toiveita kuunnelen eri valmiusasteeseen saakka. Kastelli-talot Oy:llä on toimipisteitä ympäri Suomen ja yksi myös Virossa. (1; 2.)

Opinnäytetyössä käsitellään kiinteistön huipputehoon vaikuttavia tekijöitä ja syvennyttään tarkemmin siihen, miten latauspaikat vaikuttavat kiinteistön huipputehoon. Työssä kerrotaan myös latauspaikkojen mahdollisuuksista tulevaisuudessa ja siitä, minkälaisia vaatimuksia latauspaikkojen suunnittelu pitää sisälleen.

2 KIINTEISTÖN HUIPPUTEHON MÄÄRITTÄMINEN

Kiinteistön huipputehon määrittäminen toteutetaan laskemalla se todellisen tai oletetun tehontarpeen mukaan. Huipputeho määrittää kiinteistön liittymäkoon ja tämä puolestaan määrää liittymismaksun ja sähköenergian ja -siirron perusmaksun. (3.)

Kiinteistön huipputehoa ja liittymän kokoa määrittäessä joudutaan poikkeuksetta tekemään arvio tarvittavasta tehosta rakennuksen laajuuden ja käyttötarkoituksen mukaisesti siten, että huomioidaan sähkön saannin varmuus, tulevaisuuden sähkötehon tarpeet ja mahdolliset muutostarpeet. (3.)

Uuden rakennuksen energiatehokkuutta koskevan ympäristöministeriön asetuksen (1010/2017) 32 §:ssä vaaditaan, että suunnittelussa on otettava huomioon mahdollisuudet sähkön huipputehon tarpeen pienentämiseksi ja sähkötehon ohjattavuuden parantamiseksi. Tämä tarkoittaa käytännössä kulutuslaitteiden sopivaa mitoitusta ja valintaa sekä kiinteistöautomaation ja sähköverkon rakentamista niin, että kuormia pystytään ohjaamaan. (3.) Lain (733/2020) 5–6 §:ssä esitettyjen Uudis- ja laajamittaisesti korjattavissa kohteissa täytyy sähköauton latausasemat ja latauspaikkavaraukset ottaa huomioon Lain (733/2020) mukaisella tavalla.

Alustava huipputehon määrittäminen tehdään TATE18-tehtäväluettelon mukaisesti hankesuunnitteluvaiheessa heti projektin alussa. Hankesuunnitteluvaiheessa tehtävässä liittymäkoon määrittelyssä voidaan käyttää apuna lineaarisia laskentamenetelmiä tai samankaltaisen kohteen mittaustietoja. Saneerauskohteissa voidaan käyttää apuna kohteen energiatietoja ja laskea näiden tietojen pohjalta uusi huipputeho. Huipputehoa määrittäessä voidaan käyttää myös pinta-aloihin, kokemusperäiseen ja laitetietoihin perustuvaa laskentamallia. Projektin edetessä on tärkeää tarkastaa huipputeholaskelmien paikkansapitävyys, jotta vältetään lisä- ja muutostöitä. (3.)

Tässä luvussa esitetään yleisimmät käytössä olevat huipputehon laskentatavat ja kaavat. Esitetyt laskentamallit ovat ST-kortistossa 13.31 esitettyjä kaavoja.

2.1 Kokemusperäinen laskentamalli

Kokemusperäinen laskentamalli soveltuu alustavaksi huipputehon laskentata- vaksi hankesuunnitteluvaiheessa. Laskentamalli on suuntaa antava ja laskelma ei esimerkiksi ota tarkasti huomioon kiinteistössä käytössä olevia kuorman oh- jauksia tai laitteiden tehoa. Lopullinen huipputeholaskelma tehdään kohdekohtai- siin kuormiin perustuen. (3.)

Kuvassa 1 on esitetty Adato Energia Oy:n edeltäjän, Suomen sähkölaitosyhdis- tyksen, kuormitusmittausten perusteella laadittu kokemusperäinen laskentamalli asuinrakennusten huipputehon laskemiseksi.

Asuinrakennukset	Huipputeho ⁽¹⁾ [kW]	Huomautuksia
Kerros- ja rivitalot		A on kerrosala [m ²]
– ilman kiukaita	$P_h = B + 17 \times A / 1000$ (B = 65 kW)	Yhtälöt soveltuvat kohteisiin, joissa vähin- tään 15 asuntoa ja kerrosala väh. 2500 m ² . Pienemmissä taloissa B korvataan arvolla $B_x = (A_{tod}/2500) \times B \geq 30$
– huoneistokohtaiset sähkökiukaat	$P_h = B + 24 \times A / 1000$ (B = 90 kW)	
Pienet rivitalot ⁽²⁾		A on lämmitetty pinta-ala [m ²]
– 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 ⁽³⁾	$P_h = 30 + 49 \times A / 1000$	– käyttöveden lämmitys yöllä
Omakotitalot		A on lämmitetty pinta-ala [m ²]
– 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 ⁽³⁾	$P_h = 7,5 + 49 \times A / 1000$	– käyttöveden lämmitys yöllä
Paikoitusalueet: $P_{paikoitus} = 10 \text{ kW} + 0,5 \text{ kW/paikka} \times n_{auto}$ (n_{auto} = lämmitettyjen autopaikkojen lukumäärä) ⁽⁴⁾		
Paikoitusalueet sähköajoneuvojen vähimmäisvarauksella $P_{paikoitus} = 10 \text{ kW} + 2 \text{ kW/paikka} \times n_{auto}$ (n_{auto} = sähköistettyjen autopaikkojen lukumäärä) ⁽⁵⁾		
Sähköajoneuvojen lataus: $P_{sähköajoneuvojen\lataus} = \frac{\text{haluttu toimitasäde latauskerralla (km)} \times 0,20 \text{ kWh/km} \times n_{auto}}{\text{latauskerran aika h}}$ ⁽⁶⁾		
Huomautukset: Liittymisjohdon virtaa määritettäessä tulee huomioida kuormituksen tehokerroin cos φ. Jos loistehon osuus on vähäinen, voidaan arvi- oida, että cos φ = 0,96. Tehokertoimen määrittämisen lähtötietona voidaan käyttää myös paikallisen verkkoyhtiön loistehoninnoittelua ja loistehon ilmaisuutta. Lineaarisia laskentamalleja käytettäessä tulee myös huomioida, että kuormitukset noudattavat erittäin harvoin normaalijakaumaa. Tietyn tehon ylitystodennäköisyyden arvioiminen on siis hyvin haastavaa tai jopa mahdotonta, jos käytettävissä ei ole muita tietoja kuin raken- nuksen tyyppi ja arvio pinta-alasta.		

KUVA 1. Kokemusperäiset laskentamallit asuinrakennuksen huipputehon mää- rittämiseksi (3)

Kuvan 1 laskentatavassa asuinrakennukset ovat ”perusvarusteltuja” ja perustu- vat jo valmistuneiden kiinteistöjen huipputehoihin, joten tässä laskentatavassa ei oteta huomioon laitevalintoja tai ohjauksia. Huipputeho voi olla oikeilla laitevalin- noilla ja ohjauksilla toteutettuna pienempi kuin kuvassa 1. Projektin alkuvai- heessa tätä laskentamallia pystytään käyttämään suuntaa antavana mallina. (3.)

2.2 Kohdekohtaisiin kuormiin perustuva laskentamalli

Kohdekohtaisessa laskentamallissa kiinteistön tai huoneiston peruskuormat jaetaan kolmeen eri osa-alueeseen: kojekuormat, sähkölämpökuormat ja valaistuskuormat. Peruskuorma riippuu rakennuksen pinta-alasta ja se kasvaa lineaarisesti suhteessa pinta-alaan. Kuvassa 2 on esitetty asuinrakennuksen peruskuormituksia kuormalajeittain. (3.)

Kuormitus	Kuormituksen "laji"	Yksikkö
Keittiön lämpökojeet	Kojekuorma	kW / asunto
Kodin kylmälaitteet	Kojekuorma	kW / asunto
Vaatehuollon sähkölaitteet	Kojekuorma	kW / asunto
Kodin elektroniikkalaitteet	Kojekuorma	kW / asunto
Muut kodin sähkölaitteet	Kojekuorma	kW / asunto
LVI-laitteet	Kojekuorma	kW / asunto
Sähköajoneuvojen lataus	Kojekuorma	kW / asunto
Sähkökuivaus	Sähkölämpökuorma	kW / asunto
Lämminvesivaraaja	Sähkölämpökuorma	kW / asunto
Auton sähkölämmitys-laitteet	Sähkölämpökuorma	kW / asunto
Sähkölämmitys	Sähkölämpökuorma	kW / asunto
Valaistus	Valaistuskkuorma	kW / asunto

KUVA 2. Asuinrakennuksen peruskuormituksia ST 13.31 (3)

Kojekuorman P_{kk} laskentakaava (Kaava 1).

$$P_{kk} = 6kW + \frac{20 \frac{W}{m^2}}{1000} \times Ah$$

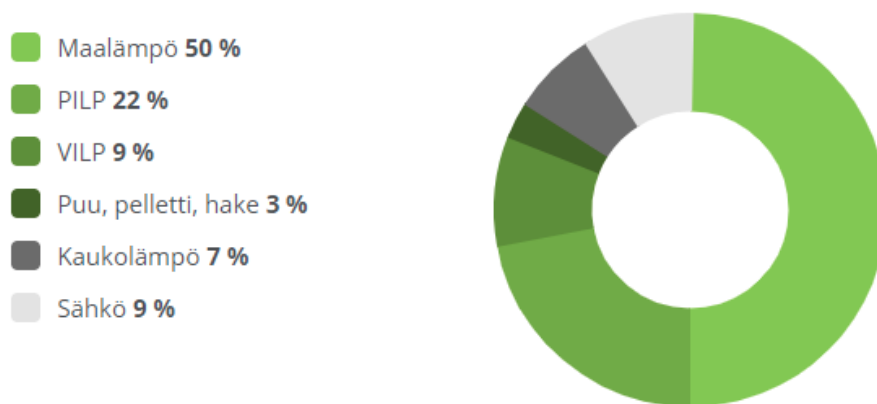
KAAVA 1

$6kW$ = huoneistokohtainen pohjakuormitus

Ah = huoneiston pinta-ala

Sähkölämpökuorman teho PSLK saadaan laskemalla lämmityskuormien tehot yhteen. Sähkökiukaan osalta tehossa huomioidaan sen vuorottelemattoman tehon osuus. Vuorottelematon teho on teho, jota ei vuorotella kiukaan ja sähkölämmityksen välillä. Esimerkiksi jos kiukaan kokonaisteho on 8 kW ja kiukaan teho vuorottelee kylpyhuoneen lattialämmityksen 800W kanssa, kiukaan vuorottelematon teho on silloin $8 \text{ kW} - 800 \text{ W} = 7,2 \text{ kW}$.

Uusien omakotitalojen osalta yleisin lämmitysmuoto on maalämpö. noin 80 % uusista omakotitaloista lämpenee jollain lämpöpumpputyypillä (Kuva 3).



KUVA 3. Uusien omakotitalojen lämmitystapa (4)

Omakotitaloissa, joiden pääasiallinen lämmitysmuoto on lämpöpumppu, on tehojen puolesta järkevää toteuttaa muun suuremman kuorman, esimerkiksi kiukaan, ja sähköautojen latauspaikkojen vuorottelu tai säätö lämpöpumpun kanssa. Tämä laskee merkittävästi lämpö- ja kojekuorman huipputehoa ja näin ollen vaikuttaa valittavaan liittymäkoko. (3.)

Sähkölämpökuorman teho (P_{SLK}) saadaan laskettua kaavalla 2.

$$P_{SLK} = P_{L\ddot{A}M} + P_{AL\ddot{A}M} + P_{LVV} + P_{KEV} \quad \text{KAAVA 2}$$

$P_{L\ddot{A}M}$ = sähkölämmityksen yhteenlaskettu teho

$P_{AL\ddot{A}M}$ = autolämmityksen yhteenlaskettu teho

P_{LVV} = lämminvesivaraajan teho

P_{KEV} = kiukaan vuorottelematon teho

Valaistuskuorman (P_{val}) suuruus kasvaa myös lineaarisesti pinta-alan kasvaessa. Valaistuskuormaan vaikuttaa valaistuksen tyyppi ja määrä. Valaistuskuorman laskentaan käytetään kaavaa 3, kun on oletettu valaistustehon olevan 6 W/m^2 .

$$P_{val} = \frac{6 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}{1000} \times Ah \quad \text{KAAVA 3}$$

Ah = huoneiston/asunnon pinta-ala

Huippukuormaa määrittäessä joudutaan sähkönostotariffin, sähkölaitteiden sekä käyttö- ja ohjausten perusteella määrittelemään mitoitushetki, eli se hetki (vuodenaika, viikonpäivä ja vuorokauden hetki), jolloin maksimikuormitus tulee tapahtumaan. Maksimikuormitushetkeä varten arvioidaan, kuinka suurella todennäköisyydellä eri sähkölaiteryhmät ovat kytkettynä samanaikaisesti. (3.)

Samanaikaisuutta arvioitaessa täytyy ottaa huomioon laitteen käyttöaikasuhte: kuinka suuren ajan vuorokaudesta, kuukaudesta tai vuodesta laite on käytössä (3).

Samanaikaisuuskerroin (P_M) määritellään aina tapauskohtaisesti, koska laitteistoja ja ohjauksia on hyvin paljon erilaisia. Samanaikaisuuskerroin määritellään myös kuormalajeittain (Kaava 4). (3.)

$$P_M = (P_{KK} \times k_1) + (P_{SLK} \times k_2) + (P_{val} \times k_3) \quad \text{KAAVA 4}$$

k_1 = kojekuorman samanaikaisuuskerroin

k_2 = sähkölämpökuorman samanaikaisuuskerroin

k_3 = valaistuskuorman samanaikaisuuskerroin

Useita asuntoja sisältävän asuinrakennuksen mitoitusteho lasketaan asuntojen keskimääräisen tehontarpeen mukaan. Keskimääräinen asuntokohtainen mitoitettava teho kerrotaan asuntojen määrällä sekä asuntojen välisellä samanaikaisuuskertoimella huoneiston sisäisen samanaikaisuuskertoimen lisäksi. Huoneistojen välinen tasauserroin lasketaan kaavalla 5. (3.)

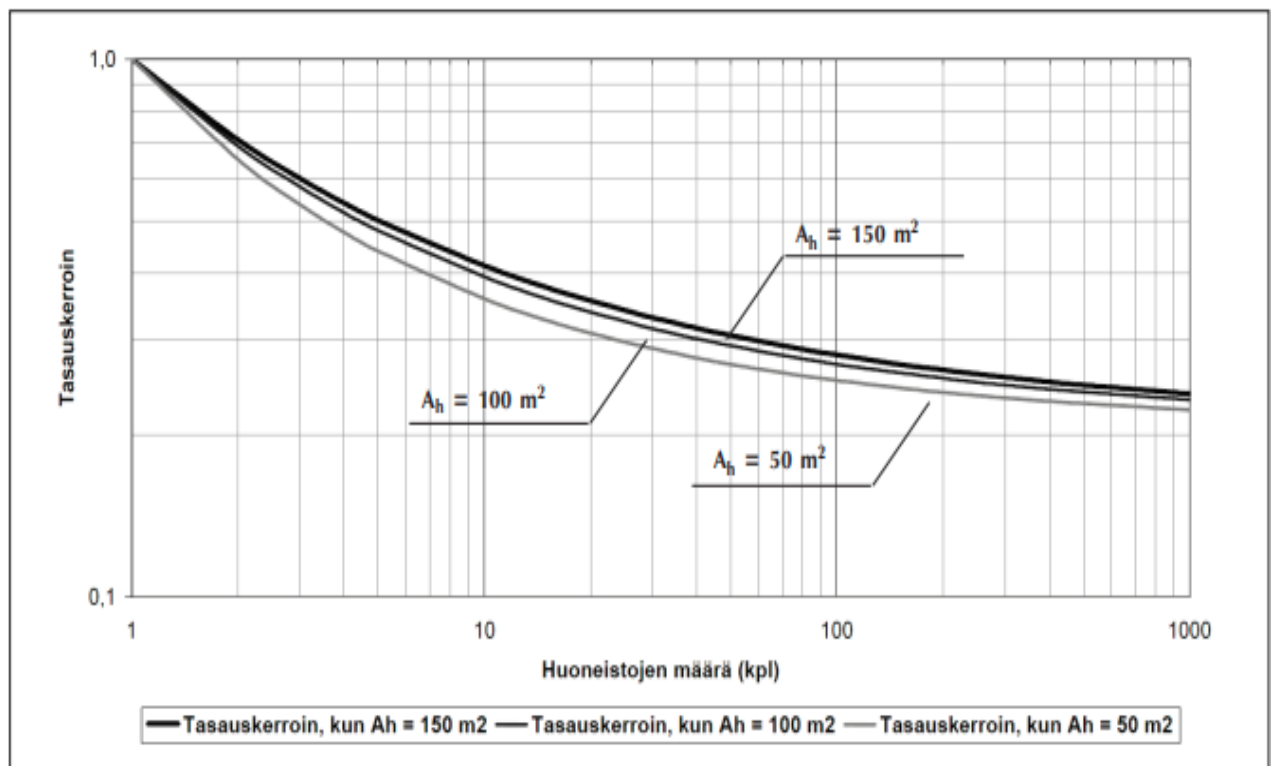
$$C(N_h) = C_{MIN} + (1 - C_{MIN}) \times \{1/[1 + \log(N_h)/\log(A_h)]\}^{3,5}$$

KAAVA 5

$C(N_h)$ = huoneistojen määrän perusteella laskettu tasauskerroin

C_{MIN} = minimitasauskerroin, jota pienemmäksi tasauskerrointa ei lasketa, valitaan laskennan yhteydessä

Huoneistojen välisen tasauskertoimen määrittämiseen voidaan käyttää myös keskimääräisille huoneistopinta-aloille perustuvaa taulukkoa (kuva 4).



KUVA 4. Tasauskertoimet huoneistojen välille keskimääräisillä huoneistopinta-aloilla ST-kortti 13.31 (3.)

3 SÄHKÖAJONEUVOJEN VAIKUTUS SÄHKÖVERKON MITOITAMISEEN

Sähkö- ja ladattavat hybridiautot yleistyvät kiihtyvällä tahdilla, yhtenä syynä tälle voidaan pitää Euroopan unionin ilmastotavoitteita sekä tavoitteita öljyriippuvuuden vähentämiseksi ja sähköautojen nopeaa kehitystä. Kuvassa 5 on esitetty sähkö- ja hybridiautojen yleistymisen Suomessa vuosina 2010–2020. Sähköenergian tarpeen kasvu luo uusia vaatimuksia jakeluverkosta aina kiinteistön sähköverkon suunnitteluun saakka. Tässä luvussa kerrotaan sähköautojen latauspaikkojen vaikutuksesta sähköverkon mitoittamiseen ja suunnitteluun.

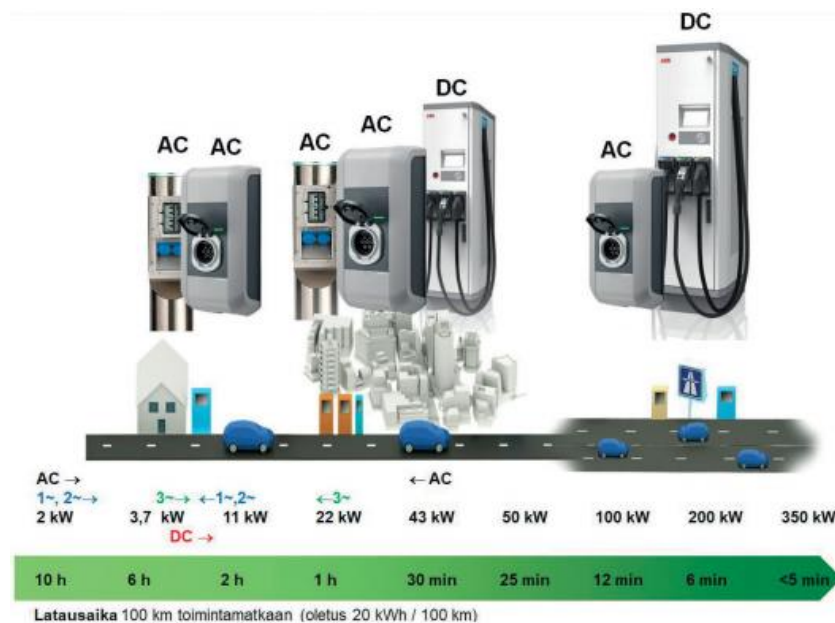
Vuosi / Year	täyssähköautot	Määrä edellisvuoteen (%)	ladattavat hybridiautot	Määrä edellisvuoteen (%)
31.12.2010	23		0	
31.12.2011	56	143,5	0	
31.12.2012	109	94,6	128	
31.12.2013	169	55	296	131,3
31.12.2014	360	113	569	92,2
31.12.2015	614	70,6	973	71
31.12.2016	844	37,5	2441	150,9
31.12.2017	1449	71,7	5719	134,3
31.12.2018	2404	65,9	13095	129
31.12.2019	4661	93,9	24704	88,7
31.12.2020	9673	107,5	45650	84,8

KUVA 5. Rekisteröityjen sähköautojen määrä Suomessa (5)

3.1 Sähköauton latauspaikkojen suunnittelu

Suunnitteluvaiheessa lähdetään liikkeelle tarvekartoituksesta. Kartoituksessa suunnitellaan, kuinka monta latauspaikkaa kiinteistöön halutaan, kuinka nopeasti ajoneuvot halutaan ladata ja miten paikkojen ohjaus toteutetaan. Nämä muodostavat tärkeimmät kriteerit latauspaikkojen suunnitteluvaiheessa. (6.) Kuvassa 6 on esitetty eri latausjärjestelmien latausajat. Latausajat vaihtelevat paljon järjestelmästä riippuen, ja tämä kannattaa ottaa suunnitteluvaiheessa huomioon erityisesti latausaikaa suunniteltaessa. 733/2020 laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja

ohjausjärjestelmillä velvoittaa hankkeeseen ryhtyvän suunnittelemaan ja asentamaan sähköajoneuvojen latauspisteet tai latauspistevalmiuden, jos kyse on sel-
laisesta uudesta rakennuksesta, jonka rakentamiseen on haettava maankäyttö-
ja rakennuslain 125 §:n mukainen rakennuslupa. (7.) Haasteeksi kerros- ja rivita-
loissa muodostuvat asukkaiden eri tarpeet sähköauton lataukselle. Tarpeiden to-
dennäköisyyttä voidaan suunnitteluvaiheessa kuvata tasoituskertoimella, joka on
esimerkiksi lämpötilppajakelussa alimmillaan 0,2–0,5. Suunnitteluvaiheessa on
oletettu, että alimmillaan viidesosa tolpiesta on käytössä samaan aikaan. (6.)



KUVA 6. Eri lataustapojen latausajat (6)

3.2 Latauspaikkojen huipputehon määrittäminen

Latauksen huipputehoa määrittäessä latausjärjestelmät voidaan jakaa kolmeen eri kokonaisuuteen: hallitsemattomiin (ei kuormituksen valvontaa ja hallintaa), kuormituksen valvonnalla ja hallinnalla varustettuihin ja tehodatauksiin (DC). Hallitsemattomissa ja tehodatausjärjestelmissä sähköauton latauspisteitä käytetään samanaikaiseksi mitoitusvirrallaan, tästä syystä liitäntäpistettä syöttävää keskusta syöttävän pääjohdon tasoituskertoimen täytyy olla 1. Kuormituksen valvon-

nalla ja ohjauksella varustetuissa järjestelmissä lataustehoa pystytään muuttamaan tai lataus pystytään pysäyttämään huippukuormituksen aikana, eikä liittyä tarvitse välttämättä kasvattaa latauspisteiden takia. (6.)

Latausjärjestelmälle on kuitenkin asetettava jokin vähimmäiskriteeri sille, kuinka paljon tehoa kiinteistön huippukuormituksen aikana on saatavilla latausjärjestelmälle. Tämän jälkeen tulee arvioida kiinteistön muiden kuormitusten ajoittuminen latausjärjestelmän tavoitteen ja tehon suhteen ja sen perusteella tehdä päätös, onko tarpeen kasvattaa liittymän huipputehoa.

Monien kiinteistöjen huipputehohetket ovat ajallisesti hyvin lyhyitä ja näiden aikojen ulkopuolella kulutus voi olla matala. Tämän takia latausjärjestelmän teho ja latauksen ajoitus täytyy suunnitella tapauskohtaisesti, jotta latausjärjestelmästä saataisiin mahdollisimman tehokas ja tämä palvelisi mahdollisimman hyvin latausjärjestelmän käyttäjiä. (6.)

3.3 Latausjärjestelmän teho

Vähimmäislatausvaatimus latauslatauspisteellä tulee olla 6 A. Latausjärjestelmissä, jossa ei ole käytetty kuormanhallintaa, tulee mitoituksen olla 3,6 kW. Kyseisellä mitoitusavalla otetaan huomioon mahdolliset tehohäviöt.

Laajemmissa järjestelmissä mm. kerrostalojen ja rivitalojen latauspaikoilla suositellaan kuormanhallintaa, joka mahdollistaa pienemmän mitoitus-tehon latauspaikoille tuottamalla silti tehokkaamman ja joustavamman latausjärjestelmän. Kuormanhallinnalla toteutettujen latausjärjestelmien mitoitus-tehona tulisi käyttää 2kW/latauspiste, vaikka suunnitelmien pohjalta lasketut mitoitus-tehot olisivat pienemmät. Tällä tavoin mitoitettulla järjestelmällä vähennetään tehohäviöitä ja varmistetaan autojen vähimmäislataustehovaatimukset. (6.) Latauspisteet voidaan mitoittaa myös kaavaa 6 käyttäen, tällä mitoitusavalla saadaan otettua paremmin huomioon autojen vaatimukset ja latausajat.

$$P_{latauspiste} = \frac{0,2 \frac{kWh}{km} \times S_{toimintasäde}}{t_{latausaika}} \quad \text{KAAVA 6}$$

$P_{latauspiste}$ = latauspisteen mitoitusteho

$S_{toimintasäde}$ = yksittäisen auton toimintasäde/päivä

$t_{latausaika}$ = keskimääräinen latausaika

Sähköautolle varattava toimintasäde 100 km/päivä kaupunkialueella ja 200 km/päivä maaseudulla on yleensä hyvä vähimmäistaso, joka tulisi varata jokaiselle sähköauton lataajalle. Yön yli ladattaessa, eli 10 tunnin aikana, tämä tarkoittaa 2 kW:n mitoitustehoa, jolloin 1-vaiheinen latauspiste olisi riittävä. Latausjärjestelmä kannattaa kuitenkin toteuttaa 3-vaiheisena, koska tämä mahdollistaa tarvittaessa tehokkaampien latausten toteuttamisen helpommin.

Kuormituksen hallinnalla varustetun latausjärjestelmän mitoitusteho voidaan laskea esimerkiksi ajoneuvojen tarvitsemasta toimintasäteestä käyttämällä kaavaa 7. Tarvittavaa toimintasädettä määriteltäessä voi tukeutua Liikenneviraston henkilöliikennetutkimukseen.

$$P_{s.autot} = \frac{n_{autot} \times 0,2 \frac{kWh}{km} \times S_{toimintasäde}}{t_{latausaika}} \quad \text{KAAVA 7}$$

$P_{s.autot}$ = latausjärjestelmälle varattava kokonaisteho

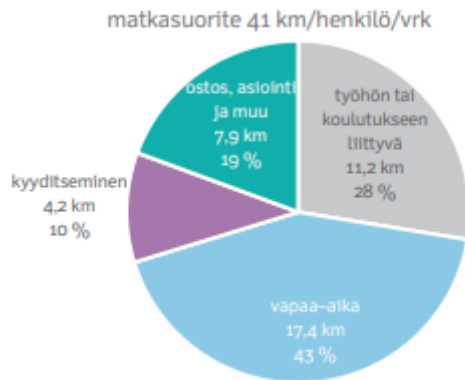
n_{autot} = kyseisen mitoituksen automäärä

$S_{toimintasäde}$ = haluttu toimintasäde latauskerralla

$t_{latausaika}$ = latausaika

Henkilöliikennetutkimuksen mukaan suomalaisen keskimääräisen ajomatkan pituus on 15 kilometriä, ja päivässä ajoja on yhteensä keskimäärin 41 kilometriä (Kuva 7). Tällöin kaupunkiseudulla 100 km:n ja maaseudulla 200 km:n toimintasäteiden takaaminen voi olla riittävä taso. Edellä kuvatulla mitoitustyyllillä suurin

osa saa tarvitsemansa lataustehon käyttöönsä, mutta varausta on kaikkien kannalta kaksinkertaisesti. Myöskään osa ei käytä autoa päivittäin, jolloin älykkäällä latausjärjestelmällä ladattaessa tähän latausjärjestelmään varattu tehokapasiteetti jaetaan muihin latauspisteisiin. (6.)



KUVA 7. Matkasuorite matkan tarkoituksen mukaan/henkilö/vrk (8)

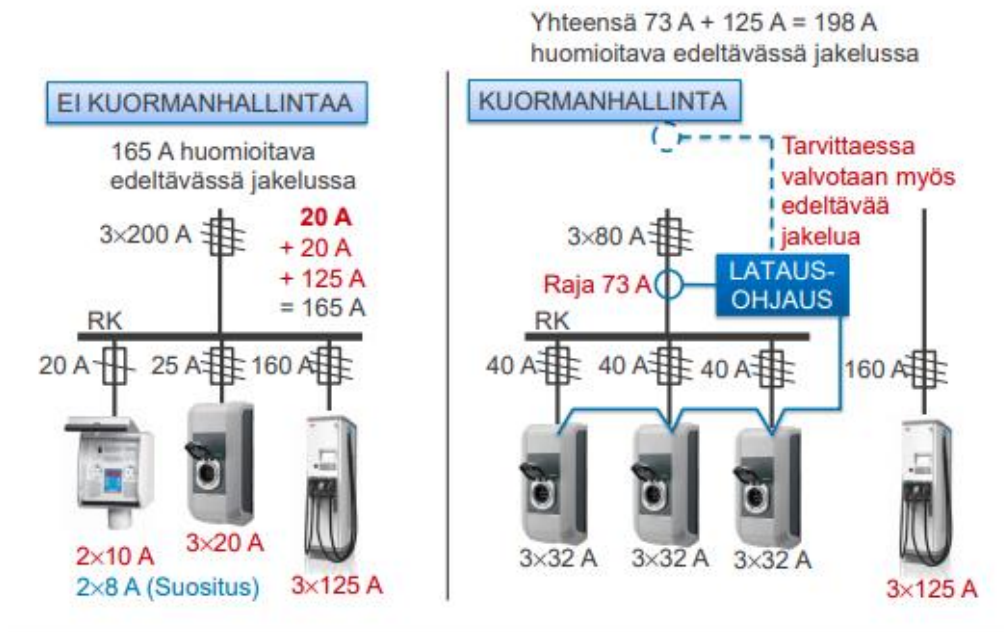
3.4 Sähköauton latausjärjestelmä ja kuormanhallinta

Latausjärjestelmän tehomitoituksessa on huomioitava kiinteistön huipputehohetket, joiden aikana latausjärjestelmä ei saa ylikuormittaa kiinteistön sähköverkkoa. Tehomitoitus on tehtävä siten, että kiinteistön turvajärjestelmille ja muulle jakelun vaihtelulle on jätettävä tehoreservi. (6.)

Latausjärjestelmän osalta kiinteistön huipputehoon vaikuttaa keskeisesti, kuinka järjestelmän tehon jakelu ja rajoitus on suunniteltu. Latausjärjestelmän jakelutapoja on kolme erilaista: hallitsematon, tavallisella kuormanhallinnalla toteutettu ja dynaamisella kuormanhallinnalla toteutettu.

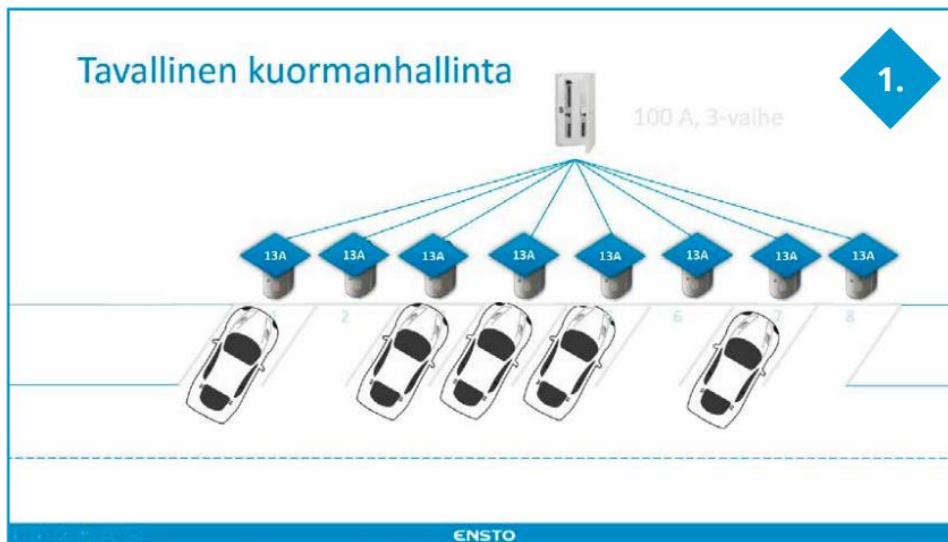
Hallitsemattomassa järjestelmässä kaikkia latausjärjestelmän latauspisteitä voidaan käyttää samanaikaisesti, joten latauspisteiden tehot täytyy ottaa täysmääräisesti huomioon. Tästä syystä latausjärjestelmää kuormittavan johdon tasauskertoimen täytyy aina olla 1, ja etenkin suuremmissa järjestelmissä näin toteutettu järjestelmä vaatii sulakekoon vaihtamisen kohtuuttoman suureksi. Kuvassa

8 on esitetty hallitsemattoman ja kuormanhallinnalla toteutetun latauspaikan ero.



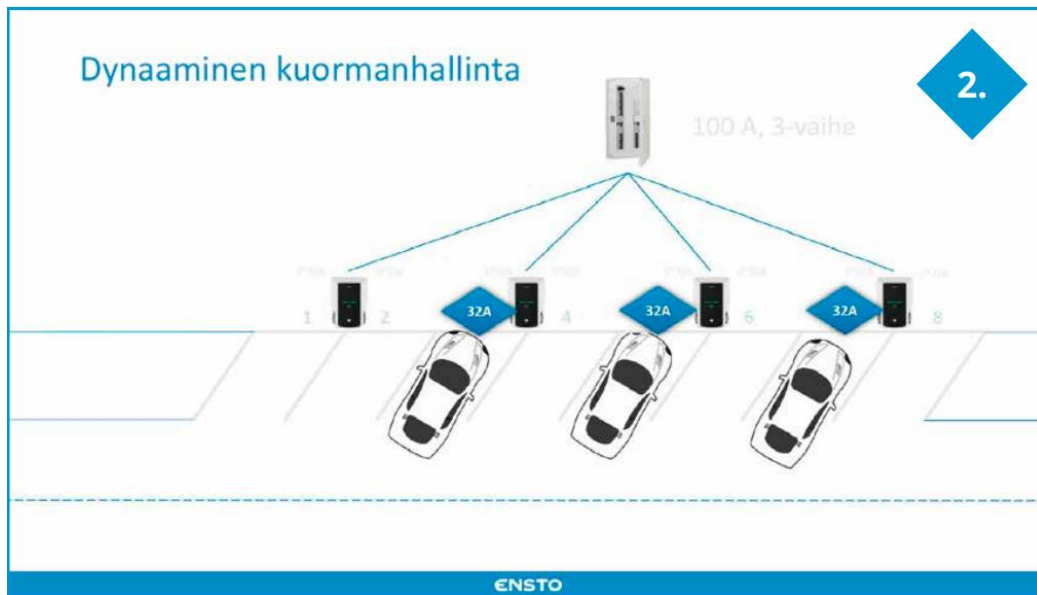
KUVA 8. Hallitun ja hallitsemattoman latausjärjestelmän ero (6)

Tavallisella kuormanhallinnalla toteutetussa järjestelmässä latausjärjestelmä mittaa kiinteistön pääjohtoja, ja rajoittaa latausjärjestelmään syötettävää virtaa tai katkaisee sen kokonaan muun kuorman kasvaessa (Kuva 9). Saatavilla oleva teho jaetaan tasan kaikkien latauspisteiden kanssa riippumatta siitä, kuinka monta laturia on käytössä. Tämän toteutuksen myötä tasoituskerrointa voidaan laskea ja tämä tuo joustavuutta huipputeholaskelmaan. Pelkällä latausjärjestelmän sisäisellä tehonrajoituksella ei voida pienentää tasoituskerrointa, koska tämä rajoittaa vain latausjärjestelmän kokonaisvirtaa, mutta ei ota huomioon kiinteistön hetkittäistä kuormaa (6; 9).

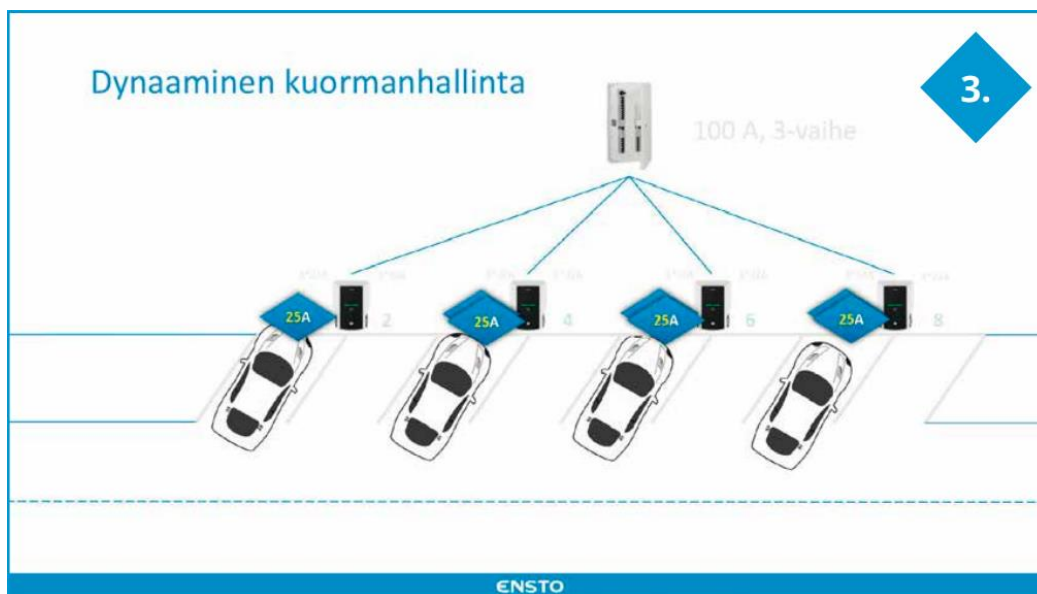


KUVA 9. Tavallinen kuormanhallinta, jossa jokainen auto saa ladata enintään 13 A riippumatta ladattavien autojen määrästä (9)

Dynaamisella kuormanhallinnalla saavutetaan kaikki tavallisen kuormanhallinnan hyödyt. Tämän lisäksi dynaaminen latausjärjestelmä pienentää tehon niiltä pisteiltä, joissa laturia ei käytetä tai ajoneuvon akku on täyttynyt. Näin ollen latausjärjestelmä jakaa tehoreservin niille latauspisteille, joissa sitä tarvitaan. Dynaaminen kuormanhallinta mahdollistaa tehonjakelun maksimoimisen ja tehokkaamman latausjärjestelmän (9). Kuvissa 10 ja 11 näkyy dynaamisen kuormanhallinnan toimintaperiaatetta.



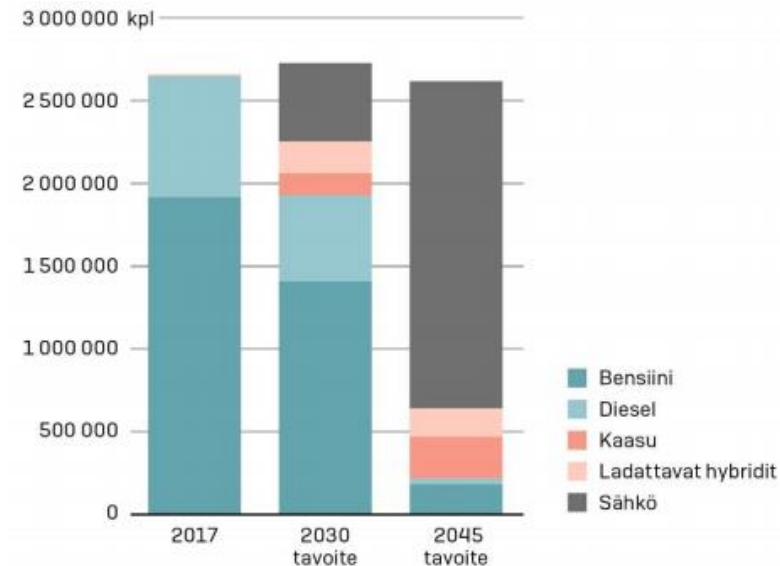
KUVA 10. Dynaaminen kuormanhallinta, lataavat autot eivät ylitä enintään 100 A:n aseteltua virtarajaa ja latauspisteet saavat suuremman latausvirran yhden pisteen ollessa pois käytöstä (9)



KUVA 11. Dynaaminen kuormanhallinta, älykkäät latauslaitteet ovat automaattisesti pienentäneet latausvirtaa, kun kaikki paikat ovat käytössä (9)

3.5 Sähköautojen vaikutus sähköverkkoon

Liikenne- ja viestintäviraston ennusteen mukaan rekisteröityjä täyssähköautoja ja ladattavia hybridautoja (BEV ja PHEV) vuoteen 2030 mennessä olisi 670 000 kpl (10). Kuvassa 12 on esitetty Liikenne- ja viestintäviraston ennuste Suomen autokannasta vuoteen 2045 saakka.



KUVA 12. Ennuste sähköautojen osuudesta Suomen autokannasta (10)

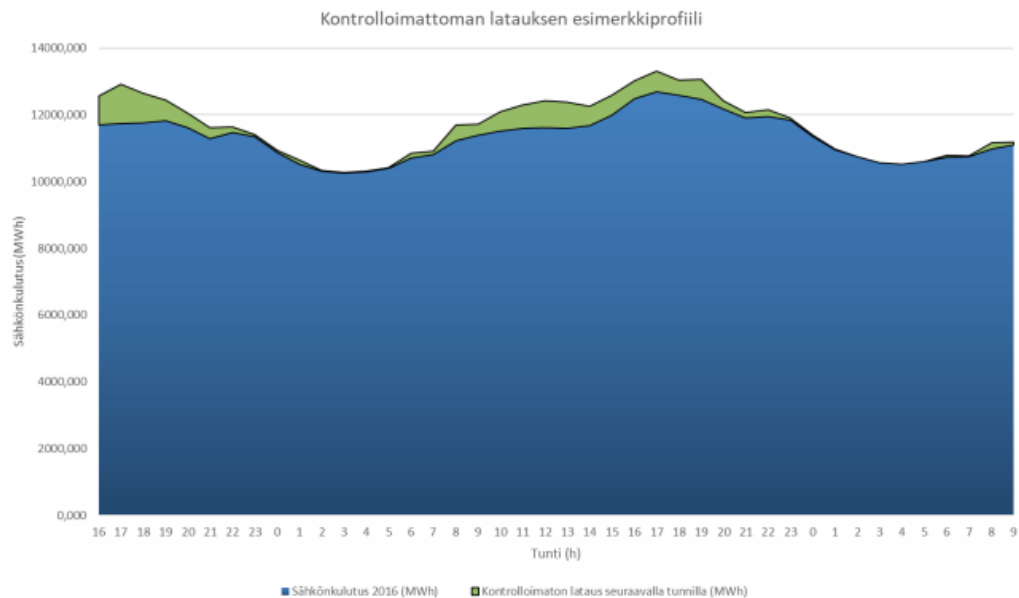
Sähköverkon kuormitus ja kulutuspiikit kasvavat sähköautojen yleistymisen takia. Etenkin kasvavat ja huonosti ajoittuvat kulutuspiikit voivat lisätä tarvetta infrastruktuuria kehittäville investoinneille ja nostaa sähkön hintaa kulutuspiikkien aikana. Lisäksi nykyinen sähköverkon joustavuus ei välttämättä riitä vastaamaan sähköauton latauksesta johtuvia kulutuspiikkejä. (11.)

Ilta Rautiainen (2012) on tarkastellut sähköautojen latauksen ajoittumista. Hänen tutkimuksensa perusteella sähköautojen suosituin latausajankohta oli klo 16–20 ja suurin latauspiikki oli klo 18, eli työpäivän jälkeen. Tämä on myös muun sähkönkulutuksen yksi suosituimmista ajankohdista. (11.)

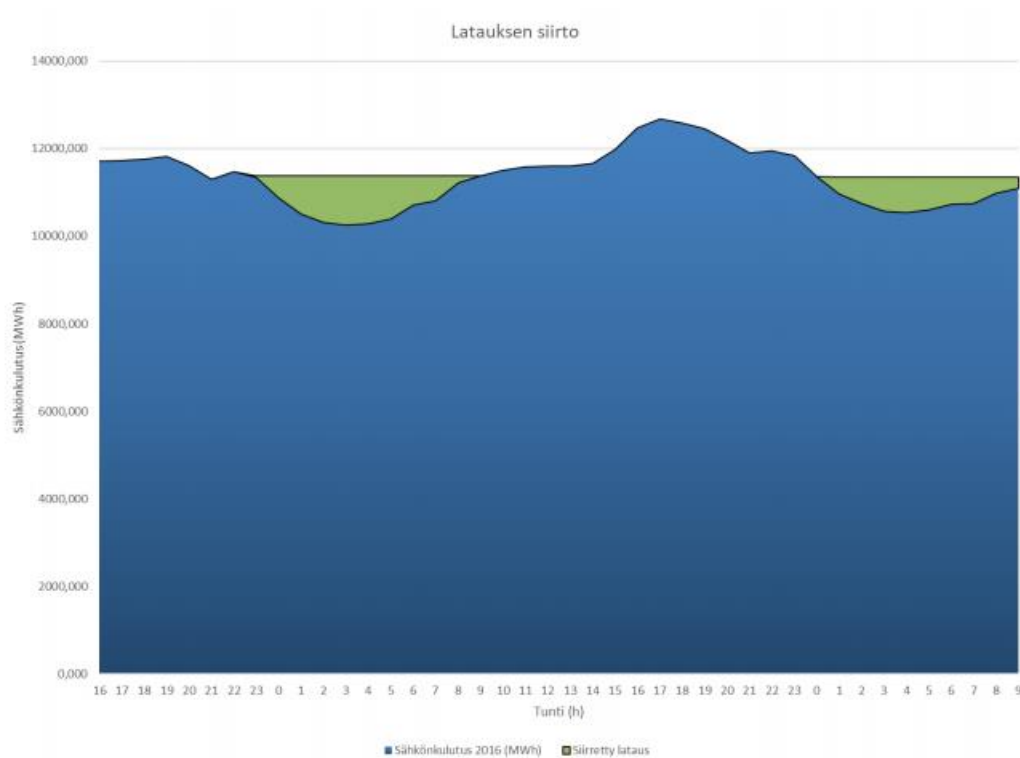
Sähköautojen yleistyessä ja kulutuspiikkien kasvaessa kuormanhallinnan ja kysyntäjouston merkitys kasvaa. Tähän pystytään vaikuttamaan sähköauton latauksen ajoittamisella. Tällä hetkellä Suomessa käytössä olevat latausvaihtoehdot ovat ”tyhmit” ja ”älykkäät” latausjärjestelmät. Tyhmissä latausjärjestelmissä lataus aloitetaan heti ajankohdasta riippumatta. Älykkäässä järjestelmässä lataus

ajoitetaan muun kulutuksen ollessa vähäisempää, jolloin kulutusjousto toteutuu ja kiinteistön kulutuspiikki ei kasva.

Kuvissa 13 ja 14 kuvataan Suomen Ilmastopaneelin teettämän esimerkkiprofiilin mukaan latausmenetelmien eroja. Kuvassa 13 on esitetty kontrolloimattomien latausjärjestelmien vaikutus Suomen sähköverkkoon. Kuvassa 14 puolestaan on esitetty yöaikaan ajoitetun latauksen vaikutus sähköverkkoon. (11.)



KUVA 13. Kontrolloimattomien latausjärjestelmien vaikutus Suomen sähköverkkoon (11)



KUVA 14. Yöaikaan ajoitetun latauksen vaikutus Suomen sähköverkkoon (11)

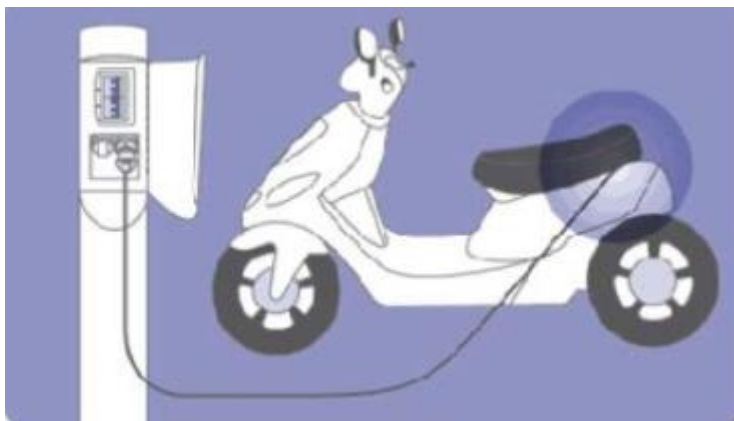
Sähköauton latauspaikkojen kuormituksen siirto vähemmän kuormitetuille tunneille korostuu etenkin keskisuurissa ja suurissa järjestelmissä, koska näissä huippukuorma on yleisesti suurempi ja myös latausjärjestelmän vaikutus sähköverkkoon on suurempi. Pientaloissa siirron vaikutus ei ole yhtä suuri, mutta sähköautojen yleistyessä myös pientalojen vaikutus sähköverkkoon kasvaa.

4 LATAUSTAVAT

Sähköautojen lataukseen käytetyt lataustavat on määritelty standardissa SFS-EN 61851-1. Lataustavat määräytyvät virran, jännitteen ja lataustavan mukaan. Yleisimmät Suomessa käytössä olevat lataustavat ovat 3 ja 4. (6.)

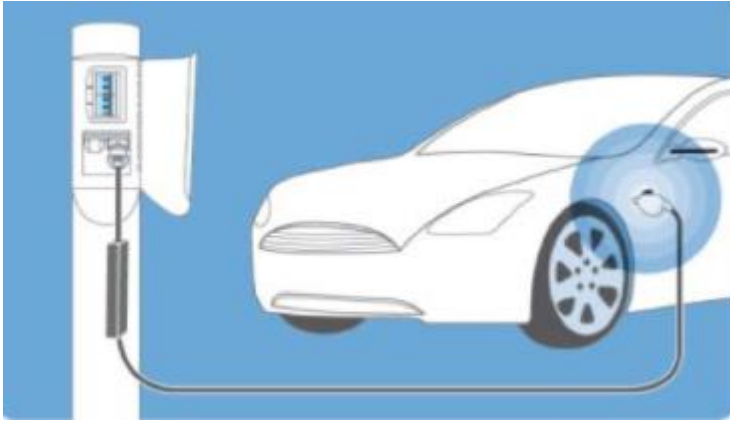
4.1 Lataustavat 1 ja 2

Lataustavassa 1 (Kuva 15) sähköajoneuvo kytketään suoraan vaihtosähkösyöttöön käyttäen syötössä maksimissaan 16 A ja 250 V yksivaiheista tai 480 V kolmivaiheista standardisoitua pistorasiaa, johtimia ja suojamaadoitusjohtimia. Pistorasiana voidaan käyttää maksimissaan 30 mA vikavirtasuojakytkimellä varustettua schuko pistorasiaa tai normaalia kolmivaihepistorasiaa. Lataustapaa 1 käytetään lähinnä kevyiden sähköajoneuvojen lataukseen, näihin lukeutuvat mm. sähköpyörät ja sähkömoottoripyörät.



KUVA 15. Lataustapa 1 (12)

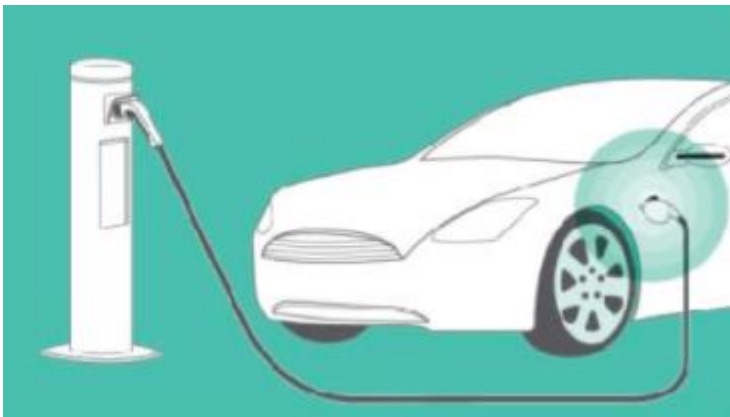
Lataustavassa 2 (Kuva 16) sähköajoneuvo kytketään vaihtosähkösyöttöön käyttäen syötössä maksimissaan 32 A ja 250 V yksivaiheista tai 480 V kolmivaiheista sekä standardisoitua pistorasiaa, johtimia ja suojamaadoitusjohtimia. Lataustapa 2 on tarkoitettu lähtökohtaisesti vain väliaikaiseen käyttöön, jos lataustapa 3 ei ole käytettävissä. Lataustapaa 2 käytettäessä pistotulpan ja ladattavan ajoneuvon välisessä johdossa täytyy olla 30 mA vikavirtasuoja ja latausvirran rajoittamista 8 A:iin suositellaan. (6.)



KUVA 16. Lataustapa 2 (12)

4.2 Lataustapa 3

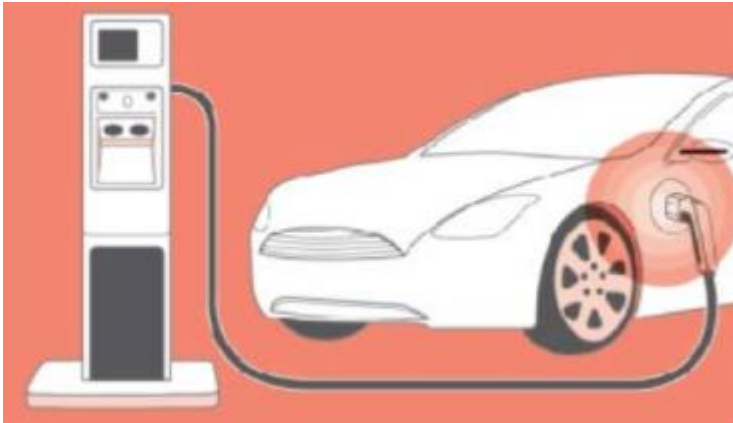
Lataustavassa 3 (Kuva 17) sähköajoneuvo liitetään erillisen latausjärjestelmän kautta sähköverkkoon. Latausvirta voi olla 6–63 A, jolloin saavutetaan latausteho 1,4–43 kW. Latausjärjestelmä mahdollistaa tiedonsiirron latausjärjestelmän ja kiinteistöautomaation välillä, jolla pystytään puolestaan säätämään lataustehoa ja näin esimerkiksi rajoittamaan kiinteistön huipputehoa. (6.)



KUVA 17. Lataustapa 3 (12)

4.3 Lataustapa 4

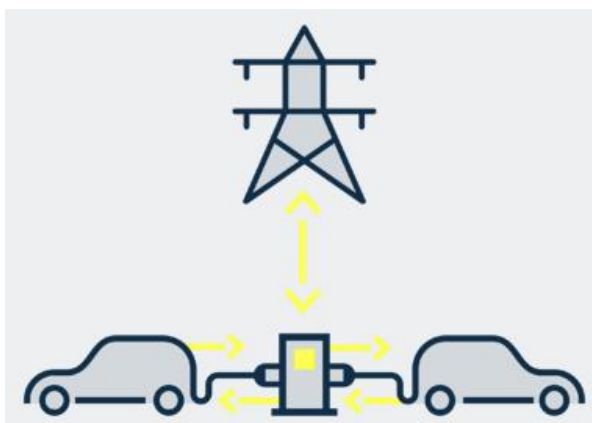
Lataustavassa 4 (Kuva 18) sähköajoneuvo liitetään sähköverkkoon erillisen latausjärjestelmän kautta. Latausjärjestelmä 4 eroaa latausjärjestelmästä 3 siten, että autoa ladataan ulkopuolella olevasta tasasähkölaturista. Lataustapaa 4 kutsutaan myös nimellä teholataus, pikalataus ja DC-lataus, koska lataustapa mahdollistaa jopa 350 kW:n lataustehon. (13; 6.)



KUVA 18. Lataustapa 4 (12)

5 KAKSISUUNTAINEN LATAUS, V2X

Kaksisuuntainen lataus mahdollistaa sähkön kulkemisen kahteen suuntaan. Energiaa voidaan ladata sähköajoneuvon akkuun ja tarvittaessa akusta voidaan siirtää energia takaisin sähköverkkoon kaksisuuntaisen latauslaitteen avulla (Kuva 19). (14.) Kaksisuuntainen lataus on kehitetty tasaamaan sähköverkon kulutuspiikkejä ja toimimaan tehoreservinä sähkön yli- ja alituotannolle.



KUVA 19. Kaksisuuntainen lataus (14)

Kaksisuuntaista latausta pidetään yleisnimityksenä, kun sähköautoa syötetään verkosta ja sähköautosta voidaan myös purkaa energiaa esimerkiksi verkkoon tai kiinteistöön. Kaksisuuntaisella latauksella viitataan usein johonkin V2X (Vehicle-to-everything) liittyvään termiin.

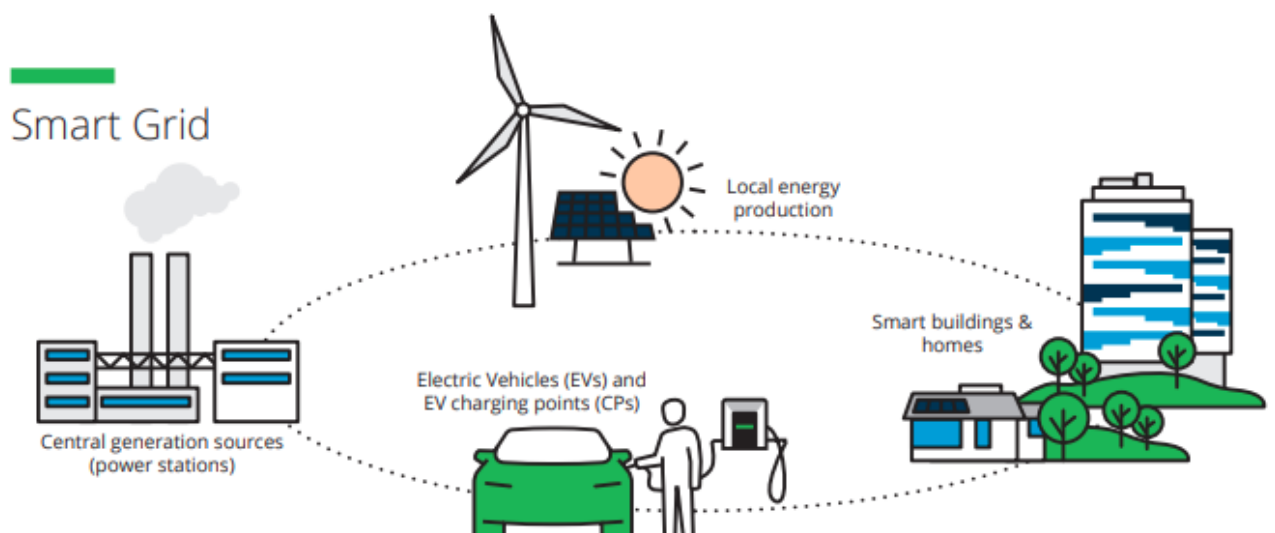
Vehicle-to-everything tarkoittaa ajoneuvosta kaikkeen, jossa sähköajoneuvon akkuun varastoitua energiaa voidaan syöttää ajoneuvon akusta takaisin sähköverkkoon, kiinteistöön, toiseen ajoneuvoon tai mihin tahansa sähköä kuluttavaan/varastoivaan asiaan. Eri käyttötarkoituksissa V2X:stä käytetään termejä V2G Vehicle-to-grid (ajoneuvosta sähköverkkoon), V2H Vehicle-to-Home (ajoneuvosta kotiin), V2B Vehicle-to-Building (ajoneuvosta kiinteistöön), V2V Vehicle-to-Vehicle (ajoneuvosta ajoneuvoon). (15.)

5.1 Vehicle-to-grid (V2G)

V2G tarkoittaa sähköverkkoon kytketyn ajoneuvon mahdollisuutta syöttää sähkötehoa kumpaankin suuntaan ajoneuvon ja sähköverkon välillä. V2G on osa älykästä sähköverkkoa, jossa V2G:n tehtävä on toimia tehoreservinä (Kuva 20).

Sähköverkon näkökulmasta katsottuna V2G:n tarkoituksena on käyttää sähköauton akkua sähköverkon tehoreservinä ja tasaamaan sähkön tuotantoa. Kun uusiutuvan sähköenergian tuotantoa on liikaa, ladataan sähköauton akustoja suuremmalla teholla. Tuotannon pienentyessä ja sähköverkon tehontarpeen kasvaessa ylimääräinen ladattu sähköenergia voidaan purkaa takaisin sähköverkkoon, jolloin sähköverkon tehotasapainoa saadaan parannettua. (16.)

Kuluttajan näkökulmasta V2G:n hyötynä on ainoastaan sähköstä maksettava hinta. Tämä ei kuitenkaan ole riittävä rahallinen kompensatio ja kannustin, koska kuluttajan täytyisi maksaa latauslaitteisto, mahdolliset kiinteistön saneeraus-työt ja sallittava sähköauton akkujen käyttö tehoreservinä. V2G:n odotetaan tuovan energiayhtiöille rahallista hyötyä, joka puolestaan voi tulevaisuudessa tuoda erilaisia kannustimia kuluttajille V2G:n käytöstä. (17.)



KUVA 20. V2G osana älykästä sähköverkkoa (16)

5.2 Vehicle-to-home (V2H)

V2H mahdollistaa sähköajoneuvon akkujen käyttämisen kodin tehoreservinä. Sähköajoneuvon akustoa ladataan sähköenergian ollessa halpaa tai esimerkiksi aurinkopaneeleista tuotetulla sähköenergialla. Sähköenergian ollessa kallista, tai kiinteistön huippukuormituksen aikaan, voidaan osa kiinteistön sähkönkulutuksesta korvata sähköajoneuvon akustoon varatulla sähköenergialla. (15.)

5.3 V2X nyt ja tulevaisuudessa

Kaksisuuntainen lataus on vielä kehitysasteella monesta syystä. Ensinnäkin latauslaitteiden ja ajoneuvojen on kehityttävä ja toimittava täydellisesti yhteen. Tällä hetkellä kaksisuuntaiseen lataukseen kykeneviä ajoneuvoja on liian vähän. Autovalmistajista Nissan on ainoa, jonka kaikki sähköautot tukevat kaksisuuntaista latausta. Kaksisuuntaisen latauksen mahdollistavia latureita on vasta testi-käytössä. (14.)

Sähköautojen ja uusiutuvan energian käytön yleistyessä uskotaan myös kaksisuuntaisen latauksen yleistyvän. Suurimman hyödyn kaksisuuntaisesta latauksesta saa energiayhtiö, koska sähköautojen akustot ovat edullisempia tehoreservejä kuin esimerkiksi pumppuvoimalaitokset. Tämän uskotaan puolestaan kannustavan voimalaitoksia tarjoamaan parempia kompensatioita kuluttajille V2X:n käytöstä. (14.)

POHDINTA

Työn tarkoituksena oli tehdä kiinteistön huipputehon laskentaohjelma, joka vertaa ST-kortin ST 13.31 kaavoilla laskettua huipputehoa kiinteistöistä saatuaan mittausdataan. Tämän tiedon pohjalta sähkösuunnittelija saa kuvan siitä, mihin suuntaan kiinteistön huipputehoa kannattaa lähteä suunnittelemaan.

Tässä kappaleessa esitetään 3 eri esimerkki kiinteistöä, joista ohjelma on laske-
nut tulokset oletetuilla peruskuormilla ST-kortin kaavoilla todelliseen kiinteistön
mittaustietoon perustuen. Kiinteistöjen lähtötiedot kuvassa 21. Kappaleen ku-
vissa esitetyt tiedot ovat kerätty laskentaohjelmasta, mutta kuvat eivät ole lasken-
taohjelman taulukoita.

	Kiinteistötyyppi	Rakennusvuosi	Kerrosala (m ²)	Asuntojen määrä (kpl)	Lämmitysmuoto
Kiinteistö 1	Rivitalo	1989	2867	38	Kaukolämpö
Kiinteistö 2	Rivitalo	2017	950	11	Maalämpö
Kiinteistö 3	Omakotitalo	2017	183	1	Maalämpö

KUVA 221 Esimerkki kiinteistöjen lähtötiedot

Jotta laskentamalleja pystytään käyttämään, on kiinteistölle asetettava kiinteistö-
kohtaiset peruskuormat, jotka määritetään kiinteistökohtaisesti. Laskennassa ei
ole otettu huomioon sähköauton latausjärjestelmää. Kuvassa 22 on laskennan
lopputulokset.

	Kiinteistö 1 huipputeho (kW)	Kiinteistö 1 virta/vaihe (A)	Kiinteistö 2 huipputeho (kW)	Kiinteistö 2 virta/vaihe (A)	Kiinteistö 3 huipputeho (kW)	Kiinteistö 3 virta/vaihe (A)
Kokemusperäinen laskentamalli (ST-kortti 13.31, taulukko 1)	176	243,9	70,2	97,3	19,6	27,2
Kuormituksen perustuva laskentamalli (ST-kortti 13.31, taulukko 2)	121,9	168,9	43,4	60,1	22,9	31,7
Kiinteistön mittaustuloksiin perustuva laskentamalli	40,6	56,3	35,6	49,3	30,6	42,4

KUVA 222 Kiinteistöistä eri laskentamalleilla saadut tulokset, kun $U=400\text{ V}$ ja $\cos\varphi=0,96$

Tuloksista voidaan päätellä, että etenkin suuremmissa kiinteistöissä liittymäkoot
voidaan mahdollisesti ylittää ja pienissä kiinteistöissä alimitoitaa ST-kortissa
13.31 annettuja kaavoja käyttämällä.

Kuvasta 22 ei voida suoraan päätellä, että ST-kortin laskentamalleilla laskettu arvo olisi joko yli- tai alimitoitettu, koska kokemusperäistä laskentamallia käytetään alustavana huipputeholaskelmana ja se ei ota esimerkiksi samanaikaisuuskertoimia huomioon. Kuormitusperäisessä laskentamallissa vaikuttavina tekijöinä ovat peruskuormat ja samanaikaisuuskertoimet, jotka vaihtelevat kiinteistöstä riippuen ja ne määritellään aina kiinteistökohtaisesti.

Tuloksista ei voida päätellä onko mittaustuloksiin perustuvalla tavalla lasketuissa kiinteistöissä käytetty kuormanhallintaa tai 2-tariffijärjestelmää, jotka alentavat kiinteistön huipputehoa. Ei myöskään voida olettaa, että suunniteltavan kiinteistön huipputeho olisi sama kuin mittaustuloksiin perustuvalla laskentamallilla laskettu arvo, koska suunniteltavan kohteen kuormat ja käyttäjäkunta voivat olla erilaisia. Tämän lisäksi mittausdata perustuu kiinteistön kokonaiskuormitukseen, eikä siten ota huomioon mahdollista vaiheiden välistä vinokuormaa. 1-vaihe kuormat lisäävät mahdollisuutta vinokuormitukseen. Mittaustuloksiin perustuvan laskentamallin tehtävänä onkin toimia suuntaa antavana apuvälineenä sähkösuunnittelussa.

Varmin tulos ohjelmalla saadaan laskemalla huipputeho kuormitukseen perustuvalla laskentatavalla, jonka jälkeen verrataan saatua tulosta kiinteistön mittaustuloksiin perustuvaan laskelmaan. Arvoja vertaamalla tehdään päätös siitä, onko huipputehoa tarve korottaa tai laskea.

Liittymäkokoa on vaikea määritellä tarkalleen, koska siihen liittyy laitteiden lisäksi myös kiinteistössä sähköä käyttävien henkilöiden sähkönkulutus käyttäytyminen. Laskentakaavat eivät myöskään ota huomioon mahdollista vinokuormaa, joka vaikuttaa keskeisesti nostavalla tavalla vaihekohtaisen virran määrään.

Mahdollisen vinokuorman vuoksi kiinteistössä olisi suositeltavaa suorittaa kuormituksen mittaus kiinteistön valmistuttua. Kuormituksen mittauksella pystytään minimoimaan vinokuormat ja kyseisen kiinteistön mitattu data tarkentaa laskentaohjelman tuloksia.

6 YHTEENVETO

Ohjelman tarkoituksena oli antaa hankesuunnitteluvaiheessa suunnittelijalle helpottava työkalu huipputehon määrittämiseen. Laskentaohjelma todettiin toimivaksi apuvälineeksi huipputehon mitoittamiseen. Tehoa laskiessa huomiota herätti etenkin laskennallisten ja dataan perustuvan tiedon ero ja niiden syyt. Huipputehoa määrittäessä on monta asiaa, jotka vaikuttavat määritettävään tehoon. Tämän takia laskenta ohjelmasta tulikin hyvä suunnan näyttäjä sähkösuunnittelijalle.

Työn tavoitteisiin päästiin ja aikatauluissa pysyttiin. Ohjelman tekemisessä ja testauksessa kesti luultua pidempään ja tämä vei aikaa kiinteistöjen datan keräämisestä. Ohjelmaa muutettiin siten, että siihen pystytään lisäämään kiinteistökohtaista dataa tulevaisuudessa.

Opinnäytetyö oli mielestäni hyvin opettavainen, koska ohjelmaa tehdessä kaavoista täytyi olla varma, ja kaavoja täytyi jalostaa toisiin kaavoihin. Lisäksi tulokset täytyi vielä tarkastaa laskemalla ja vertailemalla niitä keskenään.

LÄHTEET

1. Kastelli. Meistä – tietoa Kastellista. Saatavissa: <https://www.kastelli.fi/fi/kastelli-yritys/tietoa-kastellista/> Hakupäivä 27.5.2021.
2. Kastelli. Yhteystiedot Kastelli. Saatavissa: <https://www.kastelli.fi/fi/ota-yhteytta/yhteystiedot/> Hakupäivä 27.5.2021.
3. ST 13.31. Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen. Saatavissa: <https://severi.sahkoinfo.fi/item/420?search=13.31> Hakupäivä 11.3.2021.
4. Pientaloteollisuus. Uusien omakotitalojen lämmitystavat. Saatavissa: <https://www.pientaloteollisuus.fi/fin/rakentajalle/keskimaarainen-omakotitalo/lammitystavat/> Hakupäivä 21.3.2021.
5. Ajoneuvokanta kasvoi vuonna 2020. Tilastokeskus. https://www.stat.fi/til/mkan/2020/mkan_2020_2021-02-26_tie_001_fi.html Hakupäivä 22.3.2021.
6. ST-käsikirja 41. Sähköautot ja latausjärjestelmät. Hakupäivä 11.3.2021.
7. Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2020/20200733> Hakupäivä 22.4.2021.
8. Väylävirasto. Henkilöliikennetutkimus 2016. Suomalaisten liikkuminen. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lti_2018-01_henkiloliikennetutkimus_2016_web.pdf Hakupäivä 18.3.2021.
9. Ensto Chago Oy. Sähköautojen latausjärjestelmien huomioiminen kiinteistöjen sähkösuunnittelussa. Saatavissa: <https://www.ensto.com/globalassets/whitepapers/suunnittelijan-opas-sahkoautojen-latausjarjestelmat.pdf> Hakupäivä 22.4.2021.
10. Liikenne- ja viestintäministeriö. Liikennejärjestelmät energiatehokkaiksi. Saatavissa: https://energiavirasto.fi/documents/11120570/12991636/Uusiutuva_2019_J%C3%A4%C3%A4skel%C3%A4inen-Saara.pdf/a7722a0f-6e70-e89d-e049-b51e5fe205db/Uusiutuva_2019_J%C3%A4%C3%A4skel%C3%A4inenSaara.pdf Hakupäivä

4.5.2021.

11. Suomen ilmastopaneeli Raportti 1/2018: Sähköautoilun sähkömarkkina-ajurit ja hajautettu varastointi. Saatavissa: https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2018/10/IP_Sahkoautoistumisen-ajurit_sahkomarkkina.pdf Hakupäivä 4.5.2021.
12. PLUGIT FINLAND OY. Sähköauton lataustavat. Saatavissa: <https://latauslaitteet.fi/artikkelit/sahkoauton-lataustavat/> Hakupäivä 18.3.2021.
13. SESKO ry. Sähköajoneuvojen lataussuositus 2021. Saatavissa: https://www.sesko.fi/standardit/standardoinnin_aihealueita/sahkoautot_ja_latausjarjestelmat/lataussuositus Hakupäivä: 11.3.2021.
14. Liikennevirta Oy. Kaksisuuntainen lataus ja Vehicle-to-Grid. Saatavissa: <https://www.virta.global/fi/blogi/kaksisuuntainen-lataus-ja-v2g> Hakupäivä 22.4.2021.
15. V2G-hub. Frequently asked questions. Saatavissa: <https://www.v2g-hub.com/faq/> Hakupäivä 6.5.2021.
16. V2G and V2H The smart future of vehicle-to-grid and vehicle-to-home. Saatavissa: https://www.ensto.com/globalassets/brochures/brochures/ev-charging/ensto_ev_v2g_article.pdf Hakupäivä 5.5.2021.
17. Liikennevirta Oy. Vehicle-to-Grid: everything you need to know. Saatavissa:
[https://www.virta.global/vehicle-to-grid-v2g?utm_term=v2g&utm_campaign=EN+-+Energy&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&hsa_acc=5823902344&hsa_net=adwords&hsa_grp=122456441193&hsa_ver=3&hsa_kw=v2g&hsa_tgt=kwd-29975958021\(4.\)&hsa_mt=p&hsa_ad=515014153096&hsa_src=g&hsa_cam=12766663577&qclid=EAlaIaQobChMIxoG-dlMqZ8AIVEJOyCh2q6QyCEAAYASAAEgKKt_D_BwE](https://www.virta.global/vehicle-to-grid-v2g?utm_term=v2g&utm_campaign=EN+-+Energy&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&hsa_acc=5823902344&hsa_net=adwords&hsa_grp=122456441193&hsa_ver=3&hsa_kw=v2g&hsa_tgt=kwd-29975958021(4.)&hsa_mt=p&hsa_ad=515014153096&hsa_src=g&hsa_cam=12766663577&qclid=EAlaIaQobChMIxoG-dlMqZ8AIVEJOyCh2q6QyCEAAYASAAEgKKt_D_BwE) Hakupäivä 5.5.2021.

