



SÄHKÖAUTOJEN LATAAMINEN AUTO- LÄMMITYSPISTORASIOISTA

Atte Syrjä

Opinnäytetyö
Kesäkuu 2010
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Talotekniikan suuntautumisvaihtoehto
Tampereen ammattikorkeakoulu

Tekijä	Atte Syrjä
Työn nimi	Sähköautojen lataaminen autolämmityspistorasioista
Sivumäärä	45 sivua
Valmistumisaika	6/2010
Työn ohjaaja	TkL Pirkko Harsia
Työn tilaaja	Sähköinsinööritoimisto Martti Syrjä Ky, toimitusjohtaja Martti Syrjä

TIIVISTELMÄ

Sähköautojen yleistyminen maailmanlaajuisesti näyttää varmalta, mutta se edellyttää kuitenkin toimivan latausinfrastruktuurin olemassaoloa. Suomessa autolämmityspistorasioiden on arvioitu täyttävän merkittävän osan sähköautojen latausverkkotarpeesta.

Tässä työssä on selvitetty, onko autolämmityspistorasioita mahdollista käyttää sähköautojen lataamiseen, mitä kiinteistön sähköverkolle tehtäviä toimenpiteitä se edellyttää ja miten paljon autolämmityspistorasioita on muutettavissa latauspisteiksi. Työssä tutkitaan ainoastaan 2000-luvulla rakennettuja asuinkerrostaloja.

Nykyisessä tilassaan kerrostalokiinteistöt eivät ole valmiita vastaanottamaan sähköautoja. Autolämmityspistorasioiden muuttaminen latauskäyttöön soveltuviksi edellyttää vähintään pistorasiakoteloiden uusimista. Tällä tavalla voidaan noin 25...30 % autopai-koista muuttaa latauspisteiksi.

Avainsanat Sähköauto, sähköauton lataaminen, autolämmityspistorasia

Writer	Atte Syrjä
Thesis	Charging electric cars from car-heating socket outlets
Pages	45 pages
Graduation time	6/2010
Thesis Advisor	TSc Pirkko Harsia
Co-operating Company	Sähköinsinööritoimisto Martti Syrjä Ky, managing director Martti Syrjä

ABSTRACT

The becoming common of electric cars looks sure. However, the electric cars require the existence of the functional charging infrastructure. It has been estimated, that in Finland the electric cars can be charged from car-heating socket outlets.

In this work it has been studied that are the car-heating socket outlets suitable for charging of electric cars. In this work is studied only blocks of flats that have been built in the 2000's.

It is possible to use the car-heating socket outlets for the charging of electric cars. However, this requires at least the changing of outdoor distribution boxes to the new ones. About 25...30 % of existing car-heating socket outlets can be used for the charging of electric cars.

Keywords electric car, charging of electric car, car-heating socket outlet

Sisällysluettelo

1 Johdanto	6
2 Sähköautot Suomessa.....	7
2.1 Sähköautojen tulevaisuus	7
2.2 Latausinfrastruktuuri	8
2.3 Sähköauto kuluttajan kannalta.....	9
3 Sähköauton akkulaturi.....	11
3.1 Verkkovirran epäsinimuotoisuus.....	11
3.2 Laturin tehon määrittäminen	13
3.3 Yliaaltojen huomioiminen kaapeleiden mitoituksessa	15
4 Sähköauton lataaminen autolämmityspistorasiasta.....	19
4.1 Kuormituksen arvioiminen.....	19
4.2 Sähköauton latausvirta.....	22
5 Esimerkkikohteet.....	25
5.1 Kerrostalokohde	25
5.1.1 Autolämmityspistorasiakotelot	28
5.1.2 Ryhmitykset	29
5.1.3 Kaapeloinnit.....	31
5.1.4 Kiinteistön keskus.....	32
5.1.5 Liittymä.....	35
5.1.6 Yhteenveto	38
5.2 Useiden kohteiden tilasto	38
6 Päätelmät	41
Lähteet.....	43

Symboliluettelo

I	Virta, A
$I_{1,rms}$	Perustaajuisen virtakomponentin tehollisarvo, A
$I_{n,rms}$	n :nen virtakomponentin tehollisarvo, A
I_{rms}	Virran kokonaistehollisarvo, A
P	Teho, W
t	Aika, h
THD_i	Virran harmoninen kokonaissärö
U	Jännite, V
W	Energia, Wh
$W(t)$	Energian funktion ajan suhteen
φ	Virran ja jännitteen välinen vaihesiirtokulma

1 Johdanto

Maailmanlaajuinen kiinnostus sähköautoihin on kasvanut huomattavasti. Erityistä mielenkiintoa sähköautot herättävät ympäristöystävällisyydellään. Ne tarjoavat potentiaalisen ratkaisun maailmanlaajuiseen liikenteen päästöjen vähentämiseen ja siten sähköautojen laajamittainen yleistyminen näyttääkin varmalta. Vielä ei kuitenkaan voida tarkasti sanoa, miten suurella nopeudella sähköautot tulevat korvaamaan polttomoottorikäyttöisiä ajoneuvoja.

Yleistyäkseen sähköautot vaativat toimivan latausverkon. Tällä hetkellä latausjärjestelmiä standardoidaan ja kehitetään, eikä vielä tiedetä, millaisiksi ne muodostuvat. Moniin muihin Euroopan maihin verrattuna Suomella on hyvät edellytykset ottaa vastaan sähköautojen tuleminen. Maassamme on arviolta 1,5 miljoonaa autolämmityspistorasiaa, joiden odotetaan kattavan merkittävän osan sähköautojen latausverkkotarpeesta.

Tässä työssä on selvitetty, onko autolämmityspistorasioita mahdollista käyttää sähköautojen lataamiseen. Siinä selvitetään myös, mitä kiinteistön sähköverkolle tehtäviä toimenpiteitä sähköautojen lataaminen autolämmityspistorasioista edellyttää ja miten suurta osaa olemassa olevista autolämmityspistorasioista voidaan käyttää sähköautojen lataamiseen. Tässä opinnäytetyössä sähköauton lataamiseen soveltuvasta autolämmityspistorasiasta käytetään myös nimitystä latauspiste.

Tässä työssä tutkitaan ainoastaan 2000-luvulla rakennettuja asuinkerrostaloja. Siinä ei perehdytä sähköautojen tai niiden latauslaitteiden toimintaan. Työssä ei myöskään selvitetä eri ratkaisuja latausverkon toteuttamiseen tai niiden tekniikkaa, toimintaa tai kustannuksia.

2 Sähköautot Suomessa

Työ- ja elinkeinoministeriön helmikuussa 2009 asettama Sähköautot Suomessa -työryhmä on määritellyt sähköauton seuraavasti:

”Vakiintumassa olevan terminologian mukaan sähköautoiksi nimitetään sellaisia autoja, joihin voidaan syöttää energiaa auton ulkopuolelta sähköverkosta. Ladattavat sähköautot voivat olla joko täyssähköautoja (Battery Electric Vehicles) tai hybridejä (Plug-in Hybrid Vehicles), joissa yhdistyy perinteinen polttomoottori ja sähköinen voimalinja. Sähköautojen ohella muita sähköajoneuvoja ovat esimerkiksi sähkökäyttöiset varastorukit, johdinautot sekä sähkömopot.” (Sähköajoneuvot Suomessa 2009)

2.1 Sähköautojen tulevaisuus

Sähköautojen yleistyminen lähitulevaisuudessa näyttää varmalta. Sähköautojen merkittävä etu polttomoottoriautoihin verrattuna on niiden ympäristöystävällisyys. Liikenne, joka koostuu pääasiallisesti polttomoottorikäyttöisistä kulkuneuvoista, aiheuttaa noin 13 % maailman kaikista kasvihuonepäästöistä. Sähköautot tarjoavat mahdollisuuden liikenteen päästöjen vähentämiseen. (*Sähköautot - nyt! Ratkaisu moneen 2009; Sähköautot - nyt! Usein kysytyt kysymykset 2009; Ilmasto.org : liikenne 2009; Motiva: liikenteen energiankulutus ja pakokaasupäästöt 2009*)

Sähköautot eivät itsessään tuota lainkaan päästöjä, vaan päästöt syntyvät sähkön tuotannossa. Sähköntuotantomenetelmästä riippuen sähköautot tuottavat hiilidioksidia 11...100 % vähemmän kuin polttomoottorikäyttöiset autot. Jos sähkö tuotetaan uusiutuvilla energianlähteillä, kuten aurinko- tai tuulivoimaloilla, sähköautoista saadaan lähes täysin päästöttömiä. (*Boschert 2008*)

Vaikka vuoteen 2020 mennessä Suomen liikenteen päästöjä on vähennettävä 15 %, ei sähköautojen yleistyminen tällä aikavälillä näytä vielä merkittävältä. Vuonna 2020

myytävistä autoista suurin osa on todennäköisesti polttomoottorikäyttöisiä. Vuoden 2050 päästövaatimusten saavuttamisessa sähköauton merkitys on jo huomattava. Näin ollen aivan lähivuosina sähköautot tuskin yleistyvät huomattavissa määrin, mutta pitemmällä aikavälillä sähköautojen yleistyminen on varmaa. (*Sähköajoneuvot Suomessa 2009; Vanhanen 2009; Ahtee 2009*)

Sähköautojen ja niiden latausmenetelmien standardointia ollaan organisoimassa Suomessa ja muualla maailmassa. Suomessa on perustettu SESKOn standardointikomitea *SK 69 Sähköautot ja niiden latauslaitteet*. Standardointiin osallistuu suuria autovalmistajia ja energiayhtiöitä ympäri maailmaa. Standardointi on vielä alkumetreillä, mutta sitä pyritään viemään vauhdilla eteenpäin. Latausjärjestelmien standardoiminen on edellytys latausverkkojen rakentamiselle ja sähköautojen yleistymiselle. (*Sähköajoneuvot Suomessa 2009; Peltoniemi 2009; Kankare 2009*)

Työ- ja elinkeinoministeriön helmikuussa 2009 asettama Sähköautot Suomessa -työryhmä esittää vuoteen 2020 mennessä seuraavan tavoitteen: *"Yhteiskunta kannustaa sähköajoneuvojen ja muiden energiatehokkaiden ajoneuvojen käyttöönottoon Suomessa. Vuonna 2020 Suomessa myytävistä uusista henkilöautoista 25 % on sähköverkosta ladatavia ja näistä 40 % (eli 10 % kaikista) täyssähköautoja."* (*Sähköajoneuvot Suomessa 2009*)

2.2 Latausinfrastrukturi

Sähköautojen laajamittainen yleistyminen edellyttää toimivan ja riittävän laajan latausverkon olemassaoloa. Toimiakseen sähköauto vaatii lataamista huomattavasti useammin kuin polttomoottoriauto tankkaamista. Lisäksi latausajat voivat olla huomattavan pitkiä. Latausverkon tulee olla hyvin laaja, jotta se kykenee tarjoamaan mahdollisuuden sähköautojen päivittäiseen käyttämiseen.

Latausmenetelmät voidaan karkeasti jakaa kahteen ryhmään: nopeat latausmenetelmät ja hitaat latausmenetelmät. Nopeilla menetelmillä tarkoitetaan suuritehoisia kaupallisia

pikalatausasemia ja hitailla menetelmillä tarkoitetaan pienitehoisia autolämmityspistorasiatyyppejä latauspisteitä, jotka voivat olla joko yksityisiä tai julkisia.

On arvioitu, että hitailla latausmenetelmillä pystytään täyttämään 85 % sähköautojen lataustarpeesta. Loput 15 % tulee täyttää nopeilla latausmenetelmillä. Hitaiden latausmenetelmien toimivuus edellyttää, että latauspisteitä on paljon. Suomessa on arviolta noin 1,5 miljoonaa autolämmityspistorasiaa, joiden arvellaan täyttävän merkittävän osan hitaiden latauspisteiden tarpeesta. (Matikainen 2009; Ahte 2009)

2.3 Sähköauto kuluttajan kannalta

Kuluttajaa sähköauto houkuttelee halvalla käyttövoimalla. Käyttökustannusten osalta sähköautolla ajettu kilometri voi olla esimerkiksi puolet halvempi kuin polttomoottoriautolla ajettu. Sähköauton ja polttomoottoriauton käyttökustannuksia on verrattu taulukossa 1.

Taulukko 1: Esimerkki sähköauton ja polttomoottoriauton käyttökustannuksista (Hieta-lahti, Syrjä 2010)

	Polttomoottori	Sähköauto
Ajomäärä vuodessa	20 000 km	20 000 km
Kulutus / 100 km	5 - 7 l (bensiniä)	15 - 20 kWh
Vuosikulutus	1 000 - 1 400 l	3 000 - 4 000 kWh
Energian hinta	1,35 e / l	0,13 e / kWh (energia ja siirto)
Energian hinta vuodessa	1 350 - 1 890 e	390 - 520 e
Käyttövoimavero vuodessa	-	400 e

Korkean hintansa tähden sähköauton hankkiminen ei kuluttajan kannalta ole vielä taloudellisesti kannattavaa. Jotta sähköautosta saataisiin taloudellisesti kannattava, on sen hankintaan annettavien tukien ja verotuksen säätötoimenpiteitä. Siis julkisen sektorin tekemät ratkaisut vaikuttavat voimakkaasti siihen, kuinka nopeasti sähköautot yleistyvät Suomessa. Autojen verotusta ryhdytäänkin muuttamaan sähköautoystävälli-

semmäksi vuosina 2010...2011. (*Ahtee 2009; Vanhanen 2009; Sähköajoneuvot Suomessa 2009*)

3 Sähköauton akkulaturi

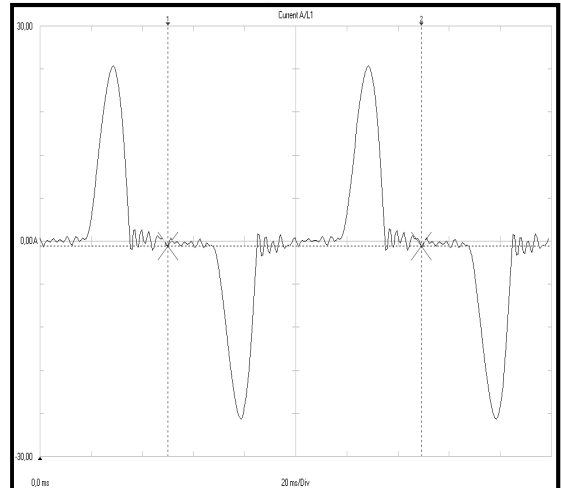
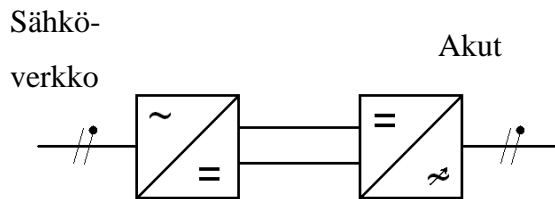
Peruseriaatteeltaan sähköauton lataaminen eri eroa tavanomaisten akkukäyttöisten laitteiden, kuten matkapuhelimen tai akkuporakoneen, lataamisesta. Kyse on sähköenergian siirtämisestä sähköverkosta auton akkuihin. Akkuja ladataan akkulaturilla, joka muuntaa verkosta otetun sähköön lataamiseen soveltuvaksi.

Tässä luvussa sähköauton akkulatureista käsitellään vain sähköverkon kannalta keskeisiä asioita. Nämä asiat on otettava huomioon, kun arvioidaan autolämmityspistorasioiden soveltuvuutta sähköautojen lataamiseen.

3.1 Verkkovirran epäsinimuotoisuus

Sähköautojen akkulaturit tulevat todennäköisesti toimimaan hakkuriperiaatteella. Tällä periaatteella toimiva laturi tasasuuntaa verkkovirran ja vaihtosuuntaa sen käyttötarkoitukseen sopivaksi. Sähköverkon kannalta laturin toimiminen hakkuriperiaatteella on merkittävää siitä syystä, että tällä periaatteella toimiva laturi ottaa sähköverkosta epäsinimuotoista virtaa. (*Hietalahti 2009*)

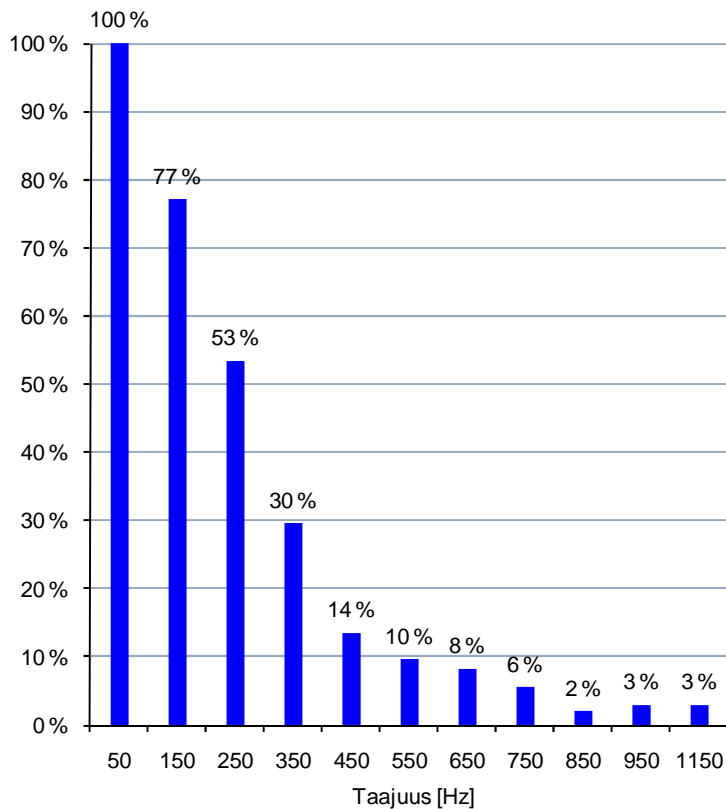
Kuviossa 1 on esitetty hakkuriperiaatteella toimivan sähkölaitteen lohkokaavio ja esimerkki tällaisen sähkölaitteen verkkovirran muodosta. Virtakuvaaja on mitattu todellisesta hakkuriperiaatteella toimivasta sähkölaitteesta Tampereen ammattikorkeakoulussa.



Kuvio 1: Hakkurilaturi ja sen verkkovirran muoto

Epäsinimuotoinen virta koostuu perusaallon lisäksi harmonisista yliaalloista. Ne ovat sinimuotoisia virtakomponentteja, joiden taajuus on perusaallon taajuuden monikerta. Esimerkiksi kolmannen yliaallon taajuus on kolme kertaa perusaallon taajuus ja viidennen yliaallon taajuus on viisi kertaa perusaallon taajuus.

Epäsinimuotoisen virran sisältämät yliaallot voidaan esittää yliaaltospektrinä. Siinä eri taajuuksien sinimuotoisten virtakomponenttien suuruutta verrataan suhteessa perusaallon suuruuteen. Esimerkki yliaaltospektristä on esitetty kuviossa 2. Se on mitattu todellisesta sähkölaitteesta Tampereen ammattikorkeakoulussa. (*Harsia 2010*)



Kuvio 2: Esimerkki yliaaltospektristä

3.2 Laturin tehon määrittäminen

Koska laturin verkkovirta ei ole sinimuotoista, sen tehoa ei voida määrittää sinimuotoisen vaihtosähkötehon kaavalla. Tehon suuruudessa on huomioitava virran harmoninen kokonaissärö THD_i , joka kertoo, miten suuri on virran sisältämien harmonisten yliaaltojen suuruus verrattuna perusaallon suuruuteen. Virtakomponentteja verrataan toisiinsa tehollisarvoina. Virran harmoninen kokonaissärö on laskettavissa kaavalla (*Grigore 2001; Harmonic management 2010*)

$$THD_i = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_{n,rms}^2}}{I_{1,rms}} \quad (1)$$

jossa THD_i on virran harmoninen kokonaissärö
 $I_{n,rms}$ on n :nen virtakomponentin tehollisarvo
 $I_{1,rms}$ on perustaajuisen virtakomponentin tehollisarvo

Laturin verkkovirran tehollisarvo voidaan laskea eri virtakomponenteista neliösumman avulla. Virran tehollisarvon kaava on (*Harmonic management 2010, Harsia 2010*)

$$I_{rms} = \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} I_{n,rms}^2} \quad (2)$$

jossa I_{rms} on virran kokonaistehollisarvo
 $I_{n,rms}$ on n :nen virtakomponentin tehollisarvo

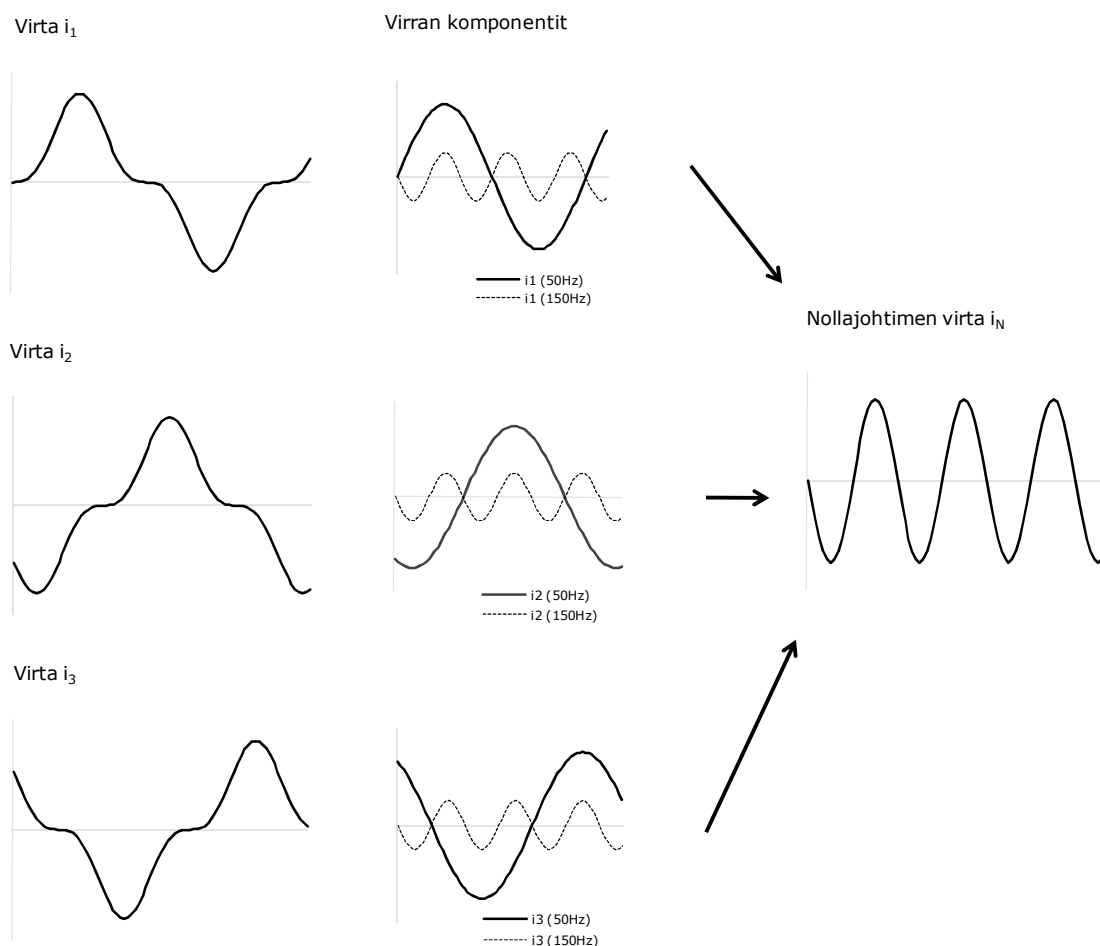
Yksivaiheisen laturin teho voidaan laskea, kun tunnetaan laturin verkkovirran tehollisarvo, jännite, laturin tehokerroin ja virran harmoninen kokonaissärö. Teho voidaan laskea kaavalla (*Harmonics mitigation and solutions 2010; Harmonic management 2010*)

$$P = I \cdot U \cdot \frac{\cos \varphi}{\sqrt{1 + THD_i^2}} \quad (3)$$

jossa P on pätöteho, W
 I on virran tehollisarvo, A
 U on jännite, V
 φ on jännitteen ja virran välinen vaihesiirtokulma
 THD_i on virran harmoninen kokonaissärö

3.3 Yliaaltojen huomioiminen kaapeleiden mitoituksessa

Laturin tuottamat yliaallot on otettava huomioon kaapeleita mitoittaessa. Kolmella jaolliset yliaallot ovat samanvaiheisia, jolloin ne summautuvat nollajohtimessa kuormittaen sitä. Kolmella jaollisia harmonisia yliaaltoja ovat esimerkiksi kolmas, yhdeksäs ja viidestoista yliaalto. Näistä kolmas yliaalto on kaikkein merkittävin, sillä muiden kolmella jaollisten yliaaltojen suuruus on yleensä hyvin pieni verrattuna perusaallon suuruuteen. Kuviossa 3 on esitetty, miten vaihevirtojen kolmannet yliaaltokomponentit summautuvat nollajohtimen virraksi. (Harsia 2010)



Kuvio 3: Vaihevirtojen kolmannet yliaallot summautuvat nollajohtimen virraksi

Sähkölaitteiden tuottamien yliaaltojen suuruutta on rajoitettu standardeilla. Euroopan alueella myytävien sähkölaitteiden tulee täyttää niille asetetut standardit, jotta ne ovat oikeutettuja CE-merkin käyttämiseen. Latureita koskevat harmonisten yliaaltojen suuruutta rajoittavat kansainväliset standardit ovat seuraavat:

- IEC 16000-3-2 Electromagnetic compatibility (EMC) – Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)
- IEC 16000-3-12 Electromagnetic compatibility (EMC) - Limits for harmonic current produced by equipment connected to public low-voltage systems with input current > 16 A and inferior or equal 75 A per phase

IEC 16000-3-2 määrittää harmonisten yliaaltojen rajat sähkölaitteille, joiden ottama virta on enintään 16 A. IEC 16000-3-12 kattaa sähkölaitteet, joiden ottama virta on 16...75 A. Näiden standardien asettamat rajat parittomille harmonisille yliaalloille sekä virran harmoniselle kokonaissärölle on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2: Standardien IEC 16000-3-2 ja IEC 16000-3-12 asettamat rajat sähkölaitteiden parittomille harmonisille yliaalloille

Yliaalto	IEC 16000-3-2 (verkkovirta ≤ 16 A)	IEC 16000-3-12 (verkkovirta 16...75 A)
3.	2,30 A	21,6 A
5.	1,14 A	10,7 A
7.	0,77 A	7,2 A
9.	0,40 A	3,8 A
11.	0,33 A	3,1 A
13.	0,21 A	2,0 A
THD		23 %

Standardin SFS 6000-5-52 liitteessä 52C on annettu ohjeet yliaaltojen huomioimiselle kaapeleiden mitoituksessa. Standardin taulukossa C.52-1 on esitetty korjauskertoimet kaapeleille, kun huomioidaan kolmannen yliaallon esiintyminen. Taulukossa 3 on esitetty standardin SFS 6000-5-52 taulukko C.52-1.

Taulukko 3: Standardin SFS 6000-5-52 taulukko C.52-1, yliaalloista johtuvat 4- ja 5-johdinkaapeleissa käytettävät korjauskertoimet

Kolmannen yliaallon osuus vaihevirrasta %	Korjauskertoimen	
	Mitoitus tehdään vaihevirran perusteella	Mitoitus tehdään nollajohdintimen virran perusteella
0...15	1,0	-
15...33	0,86	-
33...45	-	0,86
>45	-	1,0

Tässä työssä oletetaan, että sähköauton lataamiseen tarkoitettu autolämmityspistorasia voi syöttää sähköauton laturille enintään 16 A:n virran (katso luku 4). Standardien IEC 16000-3-2 ja IEC 16000-3-12 asettamien rajojen perusteella voidaan arvioida, miten suuri voi laturin aiheuttaman kolmannen yliaallon osuus virrasta olla, kun laturin verkkovirta on 16 A.

Standardi IEC 16000-3-2 määrittelee, että kolmas yliaalto saa olla enintään 2,3 A. IEC 16000-3-12 puolestaan määrittelee rajaksi 21,6 A. Toisaalta se määrittelee myös, että virran harmoninen kokonaissärö saa enimmillään olla 23 %. Jos oletetaan, että laturin verkkovirran tehollisarvo on 16 A, laturin harmoninen kokonaissärö on 23 % ja kolmannen yliaallon tehollisarvon osuus kaikkien yliaaltojen kokonaistehollisarvosta on 70 %, voidaan kaavojen 1 ja 2 avulla laskea kolmannen yliaallon suuruus. Tällä tavalla kolmannen yliaallon suuruudeksi saadaan noin 2,5 A.

Edellä mainittujen standardien perusteella voidaan arvioida, että laturin tuottaman kolmannen yliaallon suuruus voi olla noin 2,3...2,5 A. Kokonaisvirran ollessa 16 A kolmannen yliaallon osuus on noin 14...16 %.

Standardin SFS 6000-5-52 taulukon C.52-1 mukaan kolmannen yliaallon esiintymistä ei tarvitse huomioida kaapeleita mitoitettaessa, jos sen osuus vaihevirrasta on enintään 15 %. Edellä on arvioitu, että standardit täyttävän laturin tuottaman kolmannen yliaallon osuus on enimmillään noin 14...16 %. Näin ollen kolmannen yliaallon esiintymistä ei välttämättä tarvitse ottaa huomioon kaapeleiden mitoituksessa.

Kuitenkin voidaan pitää suositeltavana, että verkon kaapeloinnit mitoitetaan siten, että kolmannen yliaallon osuuden oletetaan olevan esimerkiksi 25 %. Tällöin verkkoon voidaan liittää myös epästandardinmukaisia latureita ilman, että kaapeleiden kuormitettavuus ylittyy.

Kolmannen yliaallon osuuden ollessa 25 % vaihevirrasta, tulee kaapeleille käyttää korjauskerrointa 0,86, jolloin piirin suunniteltu virta kasvaa noin 16 %. Tällöin piirissä voidaan joutua käyttämään suurempaa kaapelia kuin silloin, kun yliaaltoja ei esiinny. Käytännössä tämä voi tarkoittaa sitä, että esimerkiksi 6 mm²:n kaapelin sijaan joudutaan käyttämään 10 mm²:n kaapelia tai 10 mm²:n kaapelin sijaan joudutaan käyttämään 16 mm²:n kaapelia.

4 Sähköauton lataaminen autolämmityspistorasiasta

Tämän työn tarkoituksena on selvittää autolämmityspistorasioiden käyttökelpoisuutta sähköautojen lataamiseen. Käyttökelpoisuuden selvittäminen edellyttää, että tiedetään, millaisen kuormituksen sähköautot aiheuttavat verkkoon. Tässä luvussa arvioidaan, miten yksi sähköauto kuormittaa verkkoa latautuessaan.

4.1 Kuormituksen arvioiminen

Sähköautoa ladattaessa on huomioitava kolme merkittävää tekijää: miten suuri energiamäärä akkuihin pitää ladata, mikä on laturin latausteho ja miten kauan akkujen latautuminen kestää. Näiden kolmen muuttujan välinen riippuvuus selviää yhtälöstä (*Tekniikan kaavasto 2005, 92*)

$$W = P \cdot t \tag{4}$$

jossa W on energia, Wh
 P on teho, W
 t on aika, h

Jotta voitaisiin arvioida, millaisen kuormituksen sähköauto aiheuttaa verkkoon, on ensiksi arvioitava, miten suuri on sähköauton päivittäin tarvitsema energiamäärä (W) ja miten paljon lataamiseen on käytettävissä aikaa (t) vuorokautta kohti. Näiden perusteella voidaan arvioida, miten suuri tulee lataustehon (P) olla, jotta sähköauton päivittäinen käyttö on mahdollista.

Lataustehon suuruutta voidaan arvioida esimerkiksi latauskäyrien avulla. Latauskäyrä on kuvaaja ladatusta energiamäärästä latausajan suhteen, kun sähköautoa ladataan tietyllä teholla. Latauskäyrän funktio voidaan muodostaa kaavan 4 pohjalta ja se on

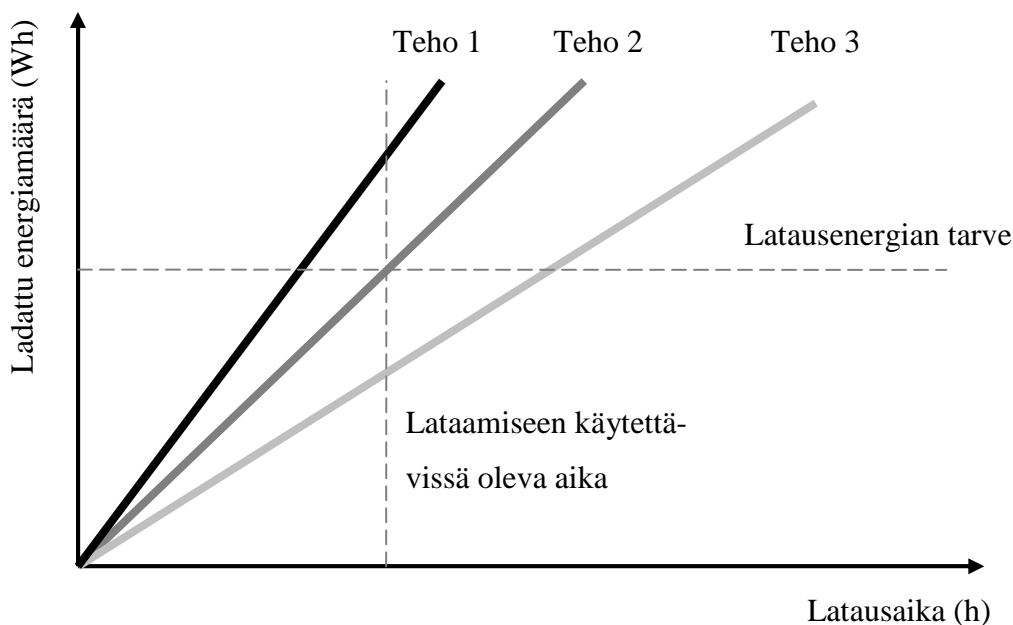
$$W(t) = P \cdot t \quad (5)$$

jossa $W(t)$ on ladattu energia ajan suhteen, Wh
 P on latausteho, W
 t on latausaika, h

Funktiolla 5 luotu latauskäyrä on lineaarinen likiarvo sähköauton todellisesta latauskäyrästä eikä se välttämättä täysin vastaa todellisuutta. Tässä työssä tällä tavalla luotu latauskäyrä on kuitenkin riittävän tarkka.

Latauskäyrä on muodoltaan suora, jonka jyrkkyys riippuu lataustehon suuruudesta. Mitä suuremmalla teholla sähköautoa ladetaan, sitä jyrkempi latauskäyrä on. Piirtämällä eri tehojen latauskäyrät samaan koordinaatistoon saadaan luotua sähköauton latauskäyrästä. Latauskäyrästä voidaan arvioida, miten eri lataustehot riittävät sähköauton päivittäiseen lataamiseen.

Kuviossa 4 on esitetty periaatteellinen esimerkki latauskäyrästä, jossa on käyrät kolmelle eri latausteholle. Latauskäyrästä on piirretty katkoviivoilla päivittäinen energiantarve ja lataamiseen käytettävissä oleva aika. Esimerkkikäyrästä teho 2 on riittävä sähköauton päivittäiseen lataamiseen.



Kuvio 4: Periaatteellinen latauskäyrästä

Latauskäyrästä voidaan arvioida, miten suuren lataustehon sähköauto tarvitsee. Kun latausteho tunnetaan, voidaan kaavalla 3 laskea latausvirta. Latausvirralla tarkoitetaan sähköauton akkulaturin verkkovirran tehollisarvoa. Latausvirran perusteella voidaan arvioida autolämmityspistorasioiden soveltuvuutta sähköautojen lataamiseen ja sitä, mitä vaatimuksia lataaminen asettaa sähköverkolle.

Edellä on kuvattu, miten voidaan arvioida sähköauton vaatima latausteho ja miten tehon perusteella voidaan laskea latausvirta. Latausvirran perusteella voidaan arvioida autolämmityspistorasioiden käyttökelpoisuutta sähköautojen lataamiseen. Tässä työssä latausvirta arvioidaan kuitenkin hieman eri tavalla kuin edellä on esitetty.

Sähköauton latausvirta voi olla enimmillään yhtä suuri, kuin autolämmityspistorasiaa suojaavan johdonsuojakatkaisijan mitoitusvirta. Näin ollen voidaan latauskäyrästä arvioida, mikä tulee pistorasiaa suojaavan johdonsuojakatkaisijan mitoitusvirran olla, jotta sähköauton päivittäinen käyttö olisi mahdollista. Tällöin sähköauton verkkoon aiheuttama kuormitus oletetaan autolämmityspistorasiaa suojaavan johdonsuojakatkaisijan mitoitusvirran suuruiseksi.

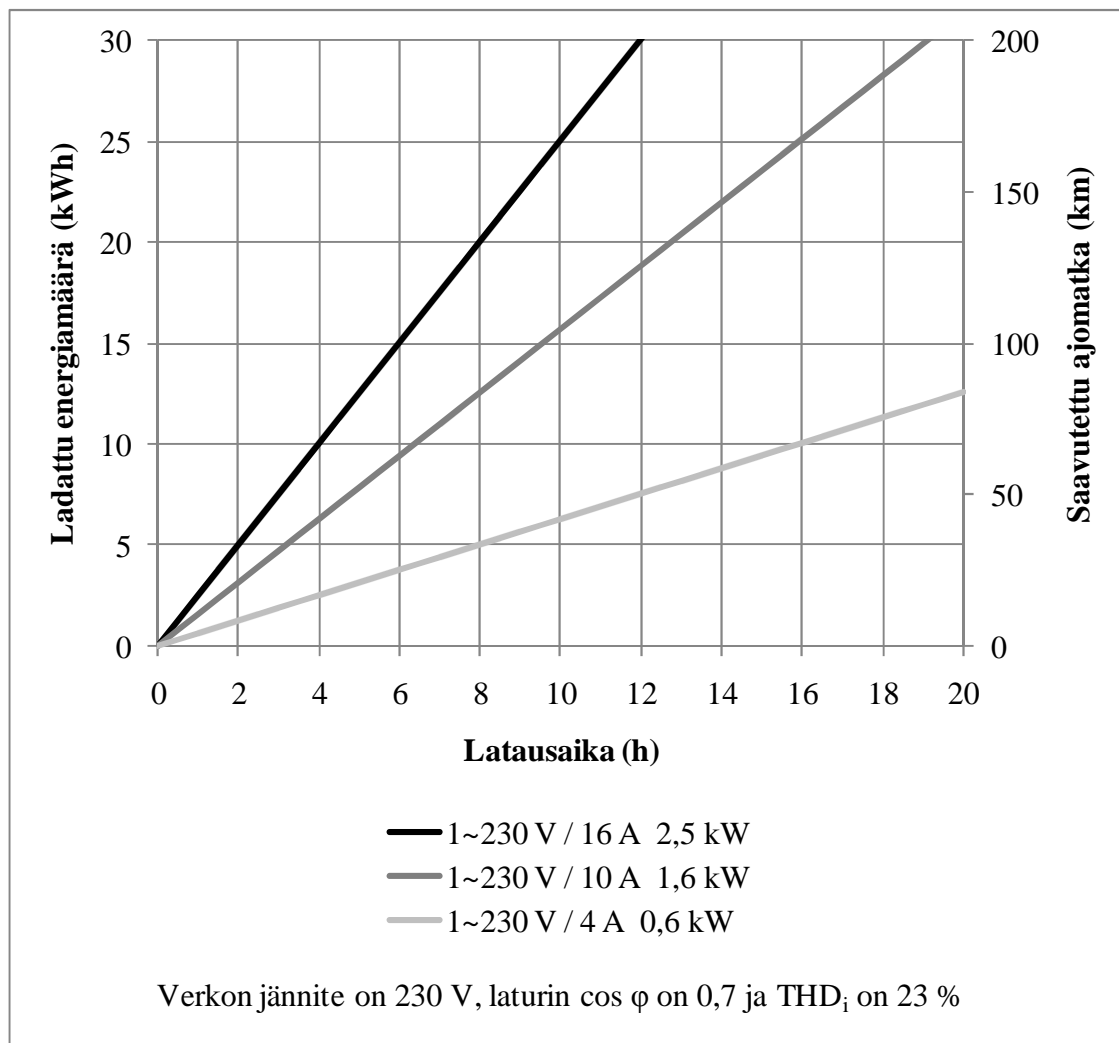
4.2 Sähköauton latausvirta

Autolämmityspistorasiakotelot on tavallisesti rakennettu siten, että niissä on kaksi pistorasiaa, jotka on suojattu joko yhdellä tai kahdella 16 A:n johdonsuojakatkaisijalla. Pistorasiat voivat myös olla suojatut mitoitusvirraltaan pienemmillä, kuin 16 A:n johdonsuojakatkaisijoilla. Suojalaitteet voivat olla mitoitusvirraltaan esimerkiksi 10 A tai 4 A. Tällaisia ratkaisuja käytetään kuitenkin pääasiassa vain erikoistapauksissa. Kuviossa 5 on esimerkki autolämmityspistorasiakotelosta.



Kuvio 5: Autolämmityspistorasiakotelo (*Sähkönumerot.fi 2010*)

Autolämmityspistorasiakotelossa olevan suojalaitteen mitoitusvirran riittävyttä sähköauton päivittäiseen lataamiseen voidaan arvioida latauskäyrästä avulla. Kuviossa 6 on esitetty sähköauton latauskäyrästä latausvirran ollessa 16 A, 10 A ja 4 A. Kuvion 6 oikeanpuoleisella pystyakselilla on esitetty ladatulla energiamäärällä ajettava matka, joka perustuu sähköauton energiankulutukseen 15 kWh / 100 km, mitä voidaan pitää sähköhenkilöauton keskimääräisenä energiankulutuksena. Kuviossa esiintyvä suurin latausenergian määrä 30 kWh on tavanomaisen sähköhenkilöauton akkujen keskimääräinen kapasiteetti. (*Think City technical data 2009; Phoenix SUT Specifications 2009; Sähköautot - nyt! Akut 2009; Waht is "i MiEV"? 2009; Sähköautot - nyt! eCorolla 2009; Honda EV (EV plus) Electric Car Report Card 2009, Volvo C30 Electric Car Confirmed 2009; Schneider, Valgardson 2008; Lundström 2009*)



Kuvio 6: Sähköauton latauskäyrästä

Suomalaisen autoilijan keskimääräinen päivittäinen ajomatka on noin 50 kilometriä. Tämän matkan ajaminen sähköautolla vaatii arviolta noin 8...10 kWh energiaa. Tämän energiamäärän lataaminen 16 A:n virralla kestää kolmesta neljään tuntia ja 10 A:n virralla viidestä kuuteen tuntia. Tällaisia päivittäisiä latausaikoja voidaan pitää kohtuullisina. Latausvirran ollessa 4 A lataaminen kestää noin 12...16 tuntia. Se on liian pitkä aika päivittäiseen lataamiseen.

Tässä työssä pidetään lähtökohtana, että kaikille latauspisteille pystytään syöttämään 16 A:n latausvirta. Tämä perustuu olettamukseen, että lähitulevaisuudessa sähköautoja ladataan yleensä vain autolämmityspistorasioista, koska julkisia sähköautojen latauspisteitä on vielä niukasti. Sähköautojen yleistyessä myös julkinen latausverkko laajenee,

jolloin tarve kotona lataamiseen todennäköisesti vähenee. Tällöin latauspisteiden mitoituserusteet voivat olla hyvin toisenlaiset kuin nyt.

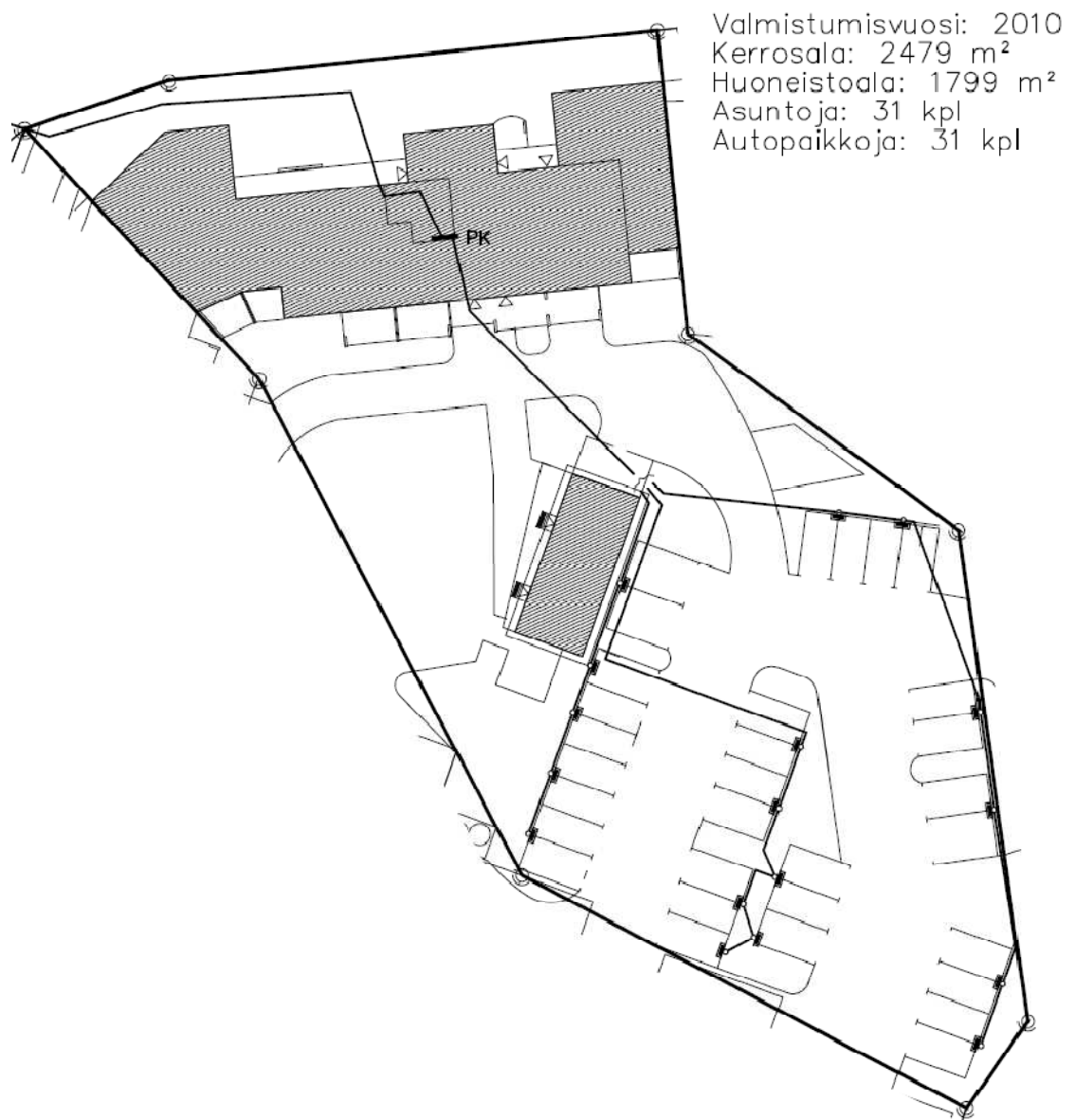
5 Esimerkkikohteet

Tässä luvussa selvitetään, millainen valmius olemassa olevien kerrostalokiinteistöjen sähköverkoilla on siihen, että sähköautoja ryhdytään lataamaan autolämmityspistorasioista. Luvussa pyritään selvittämään myös, mitä sähköverkolle tehtäviä toimenpiteitä sähköautojen lataaminen edellyttää ja miten suuri osa olemassa olevista autolämmityspistorasioista on muutettavissa latauspisteiksi.

Selvitys tehdään kahdessa osassa: tutkimalla yksittäistä kerrostalokohdetta sekä tutkimalla tilastollisesti yhdeksää eri kohdetta. Yksittäisen kohteen avulla selvitetään kiinteistön sähköverkon eri osien valmiutta sähköautojen lataamiseen ja siis, mitä toimenpiteitä sähköautojen lataaminen edellyttää. Tilastollisesti selvitetään, miten suuri osa olemassa olevista kerrostalokiinteistöjen autolämmityspistorasioista voidaan muuttaa latauspisteiksi. Työssä tutkitaan vain 2000-luvulla rakennettuja asuinkerrostaloja.

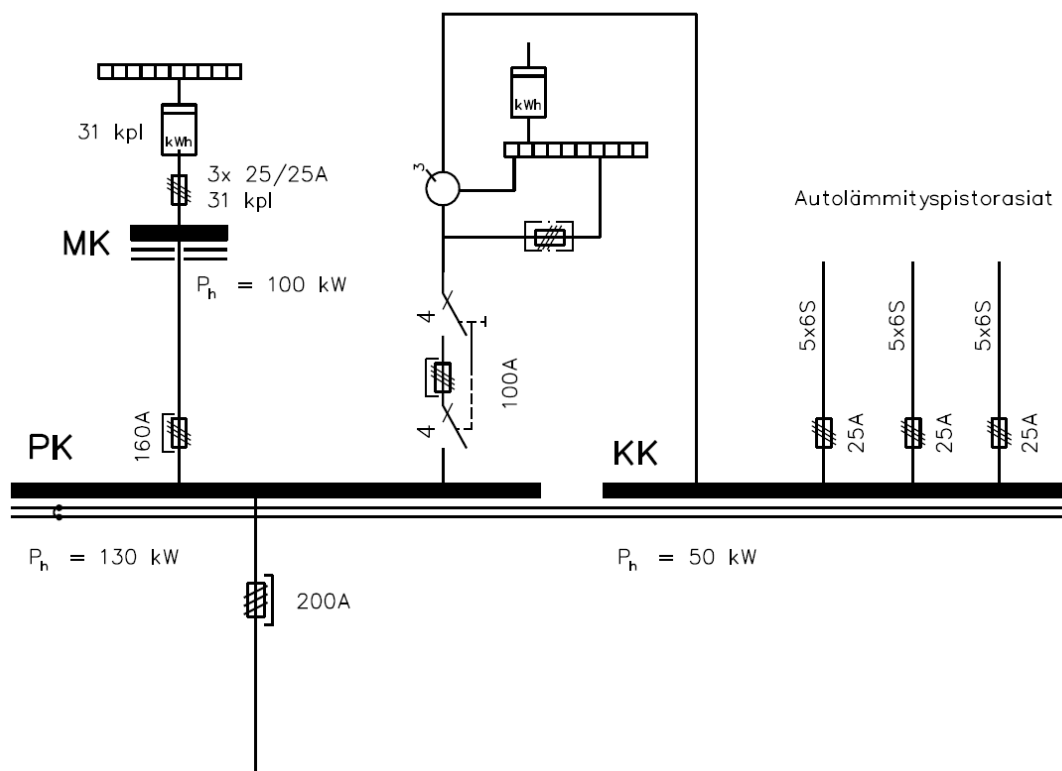
5.1 Kerrostalokohde

Tässä luvussa selvitetään yksittäisen kohteen sähköverkon soveltuvuutta sähköautojen lataamiseen. Tutkittava kohde on yksiportainen 31 asuntoa käsittävä kerrostalo, joka on valmistunut vuonna 2010. Kohteen asemapiirros on esitetty kuviossa 7. Asemapiirroksessa on esitetty liittymiskaapeli, pääkeskus (PK), autolämmityspistorasiakotelot sekä niiden kaapeloinnit.



Kuvio 7: Esimerkkikohteen asemapiirros

Esimerkkikohteen sähköverkon nousujohtokaavio on esitetty kuviossa 8. Nousujohtokaaviossa on esitetty sähköverkon suurimmat keskuskeskukset, energianmittaus sekä autolämmityspistorasiaryhmät.



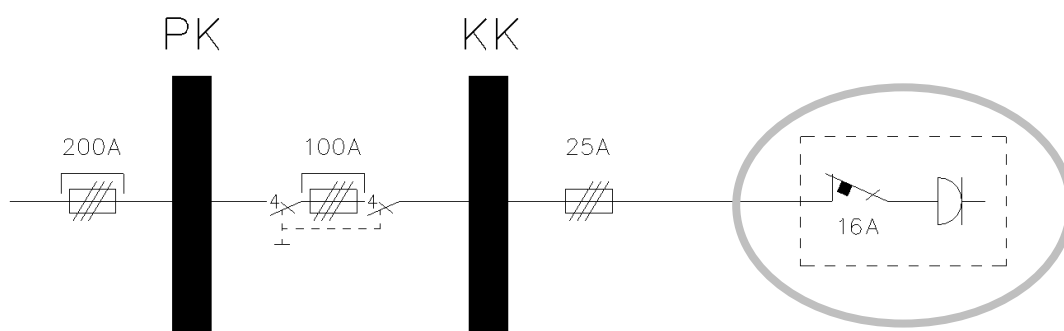
Kuvio 8: Esimerkkikohteen nousujohtokaavio

Esimerkkikohteen liittymä on kooltaan 3 x 200 A. Pääkeskuksesta saavat syöttönsä mittauskeskus (MK) ja kiinteistön keskus (KK), joka on rakennettu samaan runkoon pääkeskuksen kanssa. Mittauskeskuksesta lähtevät asuntojen nousukaapelit. Asuntojen kuluttama energia on mitattu asuntokohtaisilla energiamittareilla. Autolämmityspistorasiat saavat sähkönsä kiinteistön keskuksesta, jonka noususulake on kooltaan 3 x 100 A. Autolämmityspistorasiat on jaettu kolmeen ryhmään, ja kukin ryhmä on suojattu 3 x 25 A sulakkeella.

Autolämmityspistorasioista kulutettu energia mitataan kiinteistön mittarilla, jolloin pistorasiakohtaista energiankulutusta ei tiedetä. Tällöin kulutetusta energiasta syntyneet kustannukset on perittävä autopaikan käyttäjältä kulutusarvion perusteella. Käytetystä energiasta syntyvät kustannukset voidaan sisällyttää esimerkiksi autopaikan vuokraan.

5.1.1 Autolämmityspistorasiakotelot

Tässä luvussa tarkastellaan, minkälaisia vaatimuksia sähköautot asettavat autolämmityspistorasiakoteloiden ja miten nykyiset pistorasiakotelot soveltuvat sähköautojen lataamiseen. Kuviossa 9 on esitetty autolämmityspistorasioita syöttävän kiinteistön sähköverkon keskeiset osat. Autolämmityspistorasiakotelo on ympyröity harmaalla soikiolla.



Kuvio 9: Autolämmityspistorasiakotelot

Sähköauto liitetään sähköverkkoon autolämmityspistorasiakotelon välityksellä. Autolämmityspistorasioiden käyttäminen sähköautojen lataamiseen edellyttää, että sähköauto on mahdollista kytkeä 16 A:n suojakosketinpistorasiaan. Sähköautojen latausjärjestelmien ja liittimien standardointi on parhaillaan meneillään eikä vielä tiedetä, millaiseksi latausstandardi muodostuu. On kuitenkin todennäköistä, että sähköautoa on mahdollista ladata 16 A:n suojakosketinpistorasiasta vielä standardin astuttua voimaan.

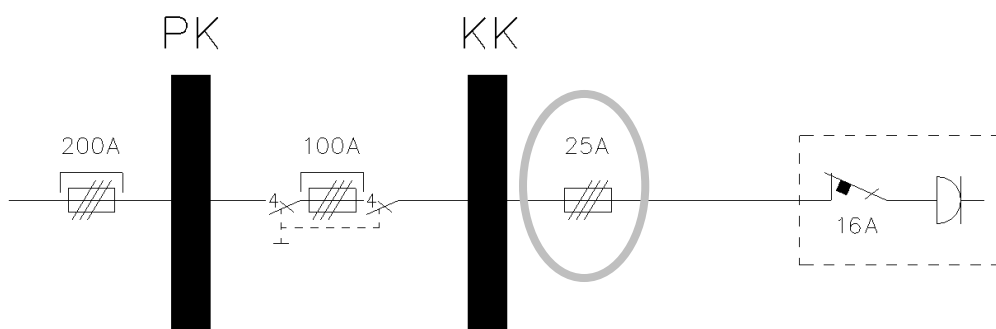
Autolämmityspistorasiat toimivat siten, että ne syöttävät polttomoottoriautojen lämmittinlaitteille sähköä noin kahdesta kolmeen tuntiin ennen liikkeellelähtöä. Aikaohjaus on toteutettu pistorasiakotelossa olevalla kello-ohjauksella. Kiinteistön sähköverkossa voi olla myös muita autolämmityspistorasioita ohjaavia järjestelmiä.

Autolämmityspistorasia, joka syöttää sähköä vain muutaman tunnin kerrallaan, ei ole käyttökelpoinen sähköauton lataamiseen. Sähköauton lataaminen voi viedä 4...12 tuntia aikaa, joten latausvirran on oltava katkeamatonta. Näin ollen autolämmityspistorasiakoteloiden vaihtaminen sellaisiin, joissa kello-ohjausta ei ole, on välttämätöntä. Myös

muut lämmityspistorasioita ohjaavat järjestelmät voivat haitata sähköautojen lataamista, jolloin ne on otettava pois käytöstä.

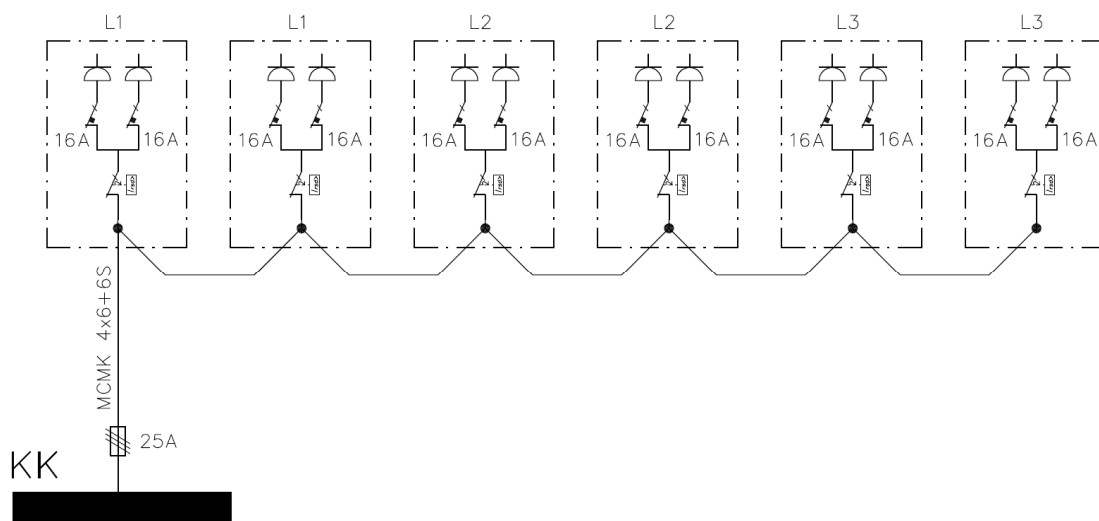
5.1.2 Ryhmitykset

Tässä luvussa selvitetään, miten monen sähköauton lataamiseen autolämmityspistorasiaryhmiä suojaavien sulakkeiden mitoitusvirta riittää. Ryhmäsulakkeet on ympyröity kuviossa 10 harmaalla soikiolla.



Kuvio 10: Ryhmäsulakkeet

Esimerkkikohteessa on kolme autolämmityspistorasiaryhmää, joissa kussakin on 9...12 autopaikkaa (katso kuvat 7 ja 8). Yhteensä autopaikkoja on 31. Pistorasiaryhmät on suojattu 3 x 25 A:n sulakkeilla ja lämmityspistorasiat on jaettu kolmelle vaiheelle. Kuviossa 11 on esitetty kaaviokuva yhdestä autolämmityspistorasiaryhmästä.



Kuvio 11: Autolämmityspistorasiaryhmä

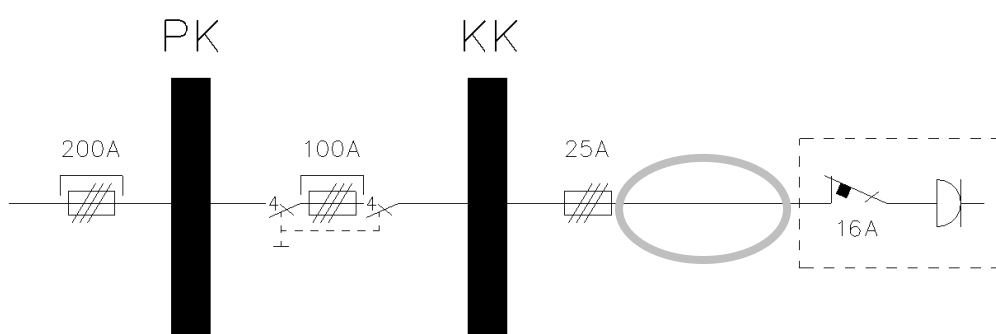
Autolämmityspistorasiaryhmät mitoitetaan yleensä siten, että kaikkiin pistorasioihin voidaan liittää samanaikaisesti 1000...1500 W:n kuorma. Tämä teho vastaa noin 4,5...6,5 A:n virtaa tehokertoimen ollessa 1. Kun sähköautoa ladataan 16 A:n virralla, se kuormittaa ryhmää 2,5...3,5 kertaa suuremmalla virralla, kuin sille on mitoitettu. Näin ollen yhtä sähköautoa ladattaessa on 2...3 muuta autolämmityspistorasiaa oltava kuormittamattomana, jotta pistorasiaryhmä ei ylikuormitu. Tämä johtaa siihen, että sähköautoja ei voida ladata kuin korkeintaan 25...33 %:lla kohteen autopaikoista.

Sähköautojen lataaminen samanaikaisesti polttomoottoriautojen lämmittämisen kanssa voi johtaa ryhmä ylikuormittumiseen. On kuitenkin huomioitava, että sähköautojen lataaminen painottuu todennäköisesti iltaan ja yöhön, kun taas polttomoottoriautoja lämmitetään pääasiassa aamuisin. Voidaan olettaa, että valtaosa sähköautoista on ehtinyt aamuun mennessä latautua, joten on todennäköistä, että ne eivät aiheuta ryhmän ylikuormittumista yhdessä polttomoottoriautojen lämmitinlaitteiden kanssa.

Esimerkkikohteen autolämmityspistorasiaryhmät on suojattu 3 x 25 A:n sulakkeilla. Kun kullekin sähköautoa lataavalle pistorasialle syötetään 16 A:n virta, voidaan kuhunkin lämmitysryhmään toteuttaa enintään kolme latauspistettä, yksi kullekin vaiheelle. Tällöin koko kiinteistöön voidaan toteuttaa yhteensä yhdeksän latauspistettä, mikä on noin 29 % kohteen 31:sta autopaikasta.

5.1.3 Kaapeloinnit

Sähköautojen laturit aiheuttavat verkkoon kolmatta harmonista yliaaltoa, mikä on otettava huomioon kaapeleita mitoittaessa. Tässä luvussa tarkastellaan, miten autolämmitysryhmien nykyiset kaapeloinnit kestävät sähköautojen latureiden synnyttämiä harmonisia yliaaltoja. Lämmitysryhmien kaapeloinnit on ympyröity kuviossa 12 harmaalla soikiolla.



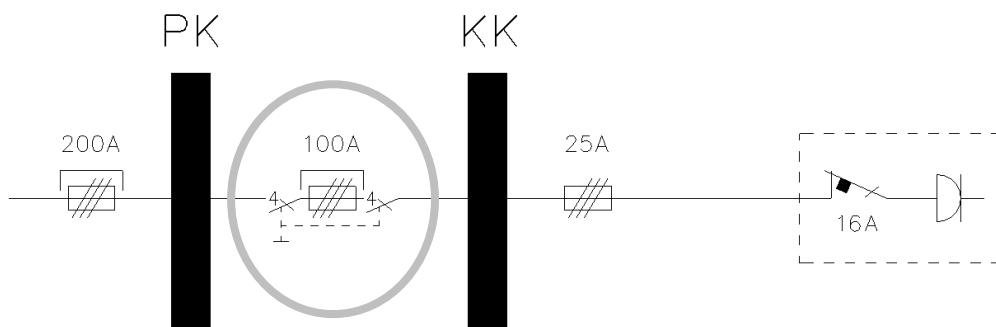
Kuvio 12: Autolämmitysryhmien kaapeloinnit

Esimerkkikohteessa autolämmitysryhmien kaapelointi on tehty 6 mm²:n putkessa maahan asennetulla kuparikaapelilla, joka on suojattu 3 x 25 A:n sulakkeilla. Standardin SFS 6000-5-52 taulukon A.52-2 mukaan kaapelin kuormitettavuus on 57 A. Standardin taulukon A.52-19 mukaan kuormitettavuudelle on käytettävä korjauskerrointa 0,6 koska kaapeli on asennettu putkeen ja sen vieressä on muita kaapeliputkia. Korjauskerroin huomioitaessa kuormitettavuudeksi tulee 34,2 A.

Kuormitettavuuden ja suojalaitteen mitoitusvirran perusteella voidaan standardin SFS 6000-5-52 taulukon C.52-1 mukaan laskea, miten suuri saa kolmannen yliaallon osuus vaihevirrasta olla ilman, että kaapelin kuormitettavuus ylitetään. Tässä tapauksessa kaapeli kestää virtaa, jossa kolmannen yliaallon osuus on enintään 39 % kokonaisvirrasta. Tässä työssä suositellaan kaapelit mitoittavaksi siten, että ne kestävät kolmannen yliaallon aiheuttaman kuormituksen, kun sen osuus kokonaisvirrasta on esimerkiksi 25 %. Näin ollen olemassa olevat kaapelit kestävät sähköautojen tuottamat yliaallot.

5.1.4 Kiinteistön keskus

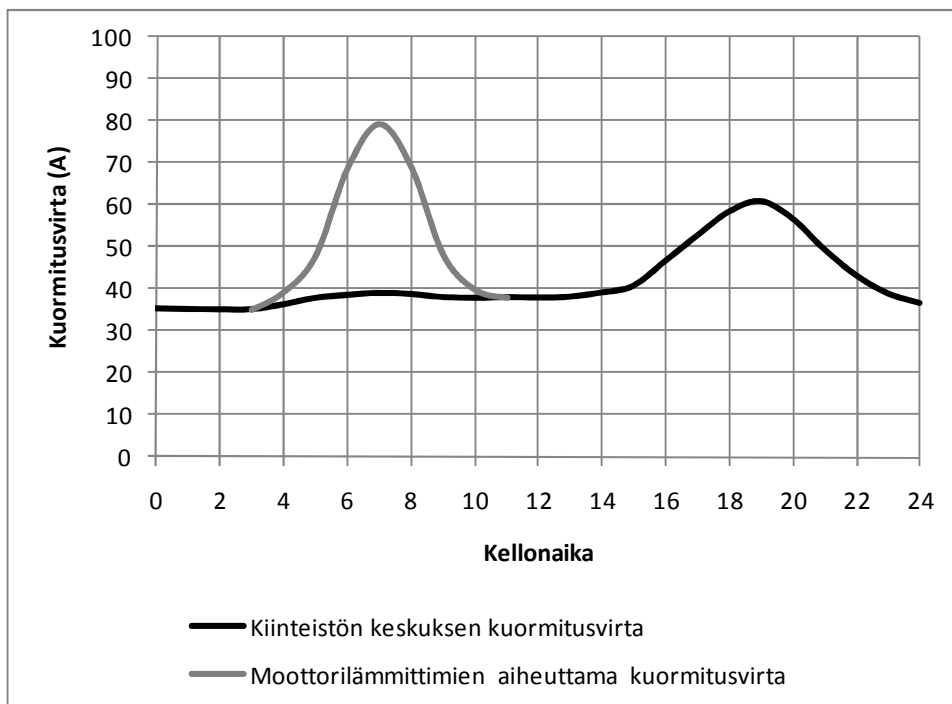
Tässä luvussa selvitetään, millainen valmius kiinteistön keskuksella (KK) on yhdeksän sähköauton lataamiseen kiinteistössä. Kiinteistön keskuksen noususulakkeet on ympäröity kuviossa 13 harmaalla soikiolla.



Kuvio 13: Kiinteistön keskuksen noususulakkeet

Kiinteistön keskuksen valmiutta sähköautojen lataamiseen voidaan arvioida keskuksen kuormituskäyrien perusteella. Käyristä saadaan selville keskuksen kuormitus eri vuorokaudenaikoina, viikonpäivinä ja kuukausina. Käyrien perusteella voidaan arvioida, miten paljon verkon kuormitusta on mahdollista kasvattaa ilman, että keskus ylikuormittuu.

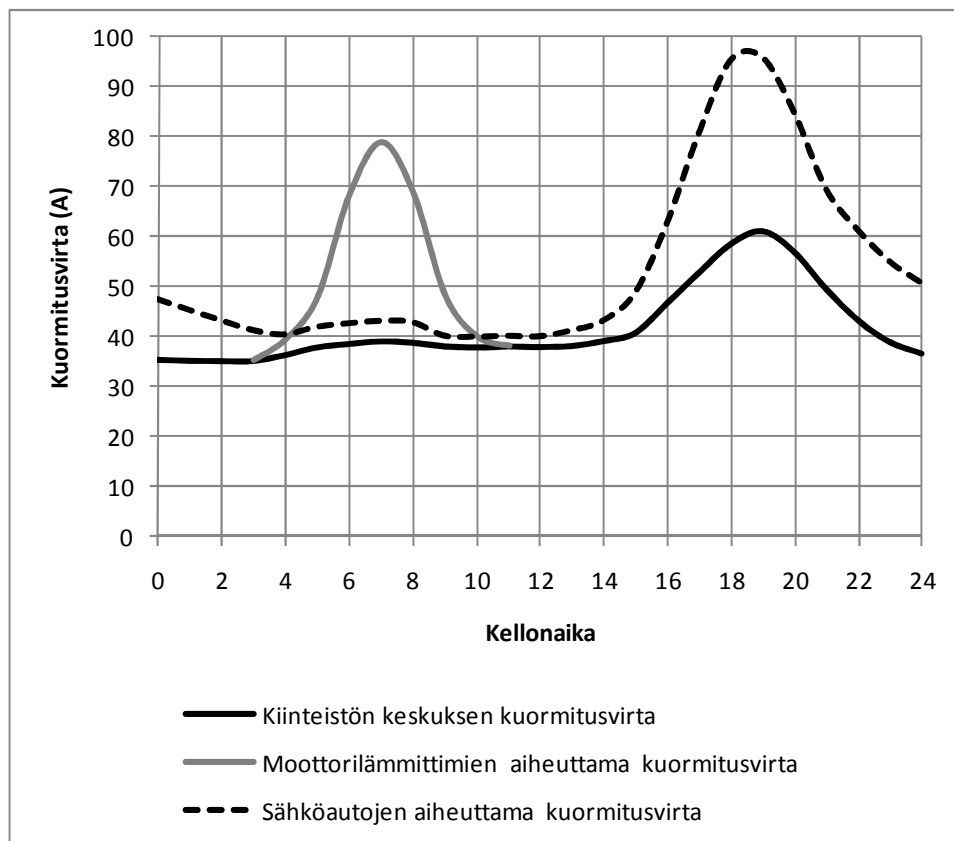
Kuormituskäyrät on suositeltavinta selvittää kohteen todellisista mittaustiedoista. Tässä työssä tutkitusta esimerkkikohteesta ei kuitenkaan ollut saatavissa kuormitusmittaustietoja, joten kiinteistön keskuksen vuorokautinen kuormituskäyrä luotiin arviona kohteen sähkösuunnitelman perusteella. Käyrän arvioimisessa käytettiin apuna myös Tampereen Sähköverkko Oy:n mittaamaa vuorokautista kuormituskäyrää eräästä toisesta kerrostalokiinteistöstä. Arvio kiinteistön keskuksen kuormitusvirrasta vuorokauden aikana on esitetty kuviossa 14. Käyrä on pyritty arvioimaan siten, että keskuksen vuorokautinen kuormitus on suurimmillaan.



Kuvio 14: Arvio kiinteistön keskuksen kuormituksesta

Voidaan arvioida, että suurin osa sähköautoista liitetään verkkoon illalla työpäivän jälkeen. Näin ollen sähköautojen aiheuttama kuormitus on todennäköisesti suurimmillaan noin kello 17:stä 19:ään. Kuormitus pienenee aamua kohti autojen akkujen täytyessä. Pienintä kuormitus lienee keskipäivällä, jolloin valtaosa autoista on poissa kiinteistöstä. Kuviossa 15 on esitetty arvio siitä, miten esimerkkitilanteen liittymän kuormitus muuttuu, kun kohteessa on käytössä yhdeksän sähköauton latauspistettä.

Kuvion 15 arviossa oletetaan, että sähköautoissa ei ole sisätilalämmitintä, vaan ne kuormittavat verkkoa vain latautuessaan. Arvion mukaan yhdeksästä sähköauton latauspisteestä enimmillään seitsemän on käytössä samanaikaisesti. Arvio on tehty tilanteesta, jossa sähköautojen latausaika on noin 50 % keskimääräistä pidempi.



Kuvio 15: Arvio kiinteistön keskuksen kuormituksesta sähköautoja ladattaessa

Sähköautoja ladattaessa kiinteistön keskuksen kuormitusvirta voi arvion mukaan kasvaa enimmillään noin 3×97 A:iin. Kiinteistön keskuksen noususulakkeet ovat kooltaan 3×100 A, joten arvion mukaan yhdeksän sähköauton lataaminen ei johda kiinteistön keskuksen ylikuormittumiseen.

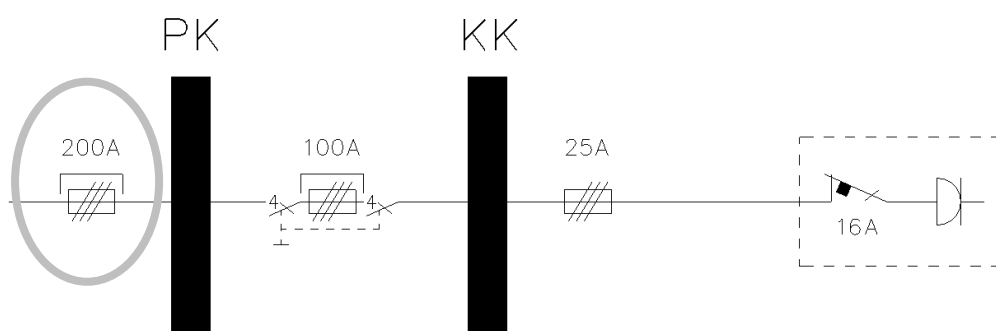
Standardin SFS-EN 60269-1 *Pienjännitevarokkeet. Osa 1: yleiset vaatimukset* kohdassa 5.6.2 taulukossa 2 määritellään, että nimellisvirraltaan 100 A olevien sulakkeiden tulee kestää 1,25 kertaa nimellisvirtaa suurempaa kuormitusvirtaa kahden tunnin ajan palamatta. Vaikka sähköautojen lataaminen aiheuttaisikin noususulakkeiden hetkellisen ylikuormittumisen, jää kuormitusvirta niin pieneksi ja ylikuormitustilanne lyhytaikaiseksi, että se ei johda sulakkeiden palamiseen. Voidaankin siis todeta, että kiinteistön keskuksen kapasiteetti riittää yhdeksän sähköauton lataamiseen kohteessa.

Esimerkkikohteessa autolämmityspistorasioista kulutettu energia mitataan yhteisellä kiinteistön mittarilla (katso kuvio 8). Tällöin yksittäisen autolämmityspistorasian kuluttama energiamäärää ei tiedetä. Asukkaiden tasapuolisen kohtelun vuoksi on jokaisen

latauspisteen energiamäärä mitattava erikseen, jolloin kukin maksaa itse käyttämänsä latausenergian. Energiamittaus on mahdollista toteuttaa esimerkiksi autolämmityspistorasiakoteloihin asennettavilla mittareilla.

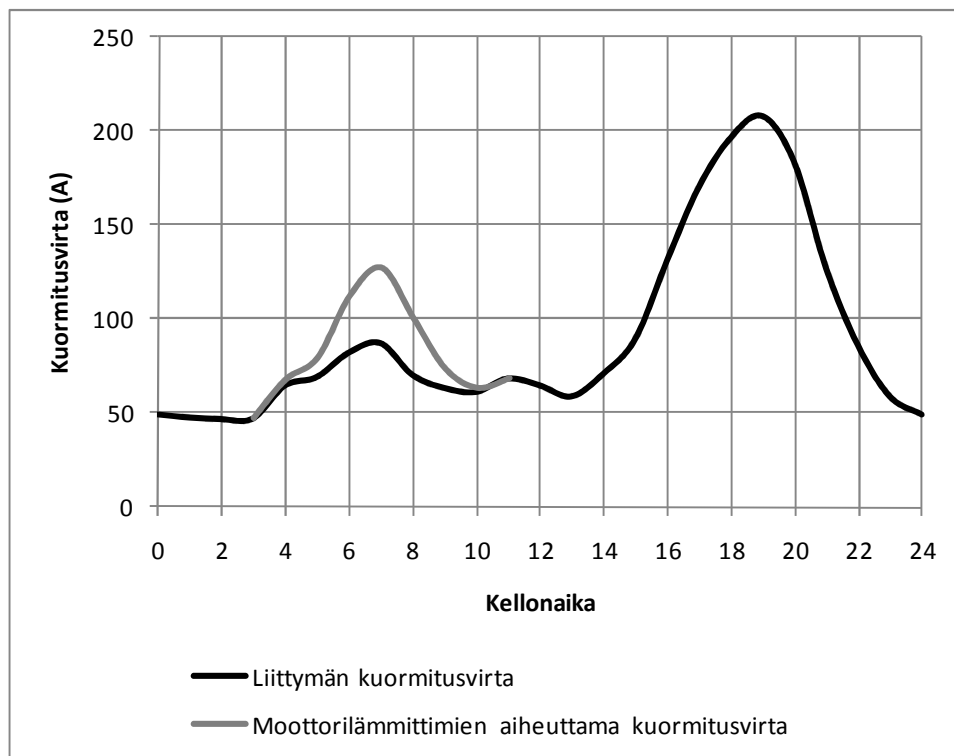
5.1.5 Liittymä

Tässä luvussa selvitetään, millainen valmius kiinteistön liittymällä on yhdeksän sähköauton lataamiseen kiinteistössä. Liittymän pääsulakkeet on ympyröity kuviossa 13 harmaalla soikiolla.



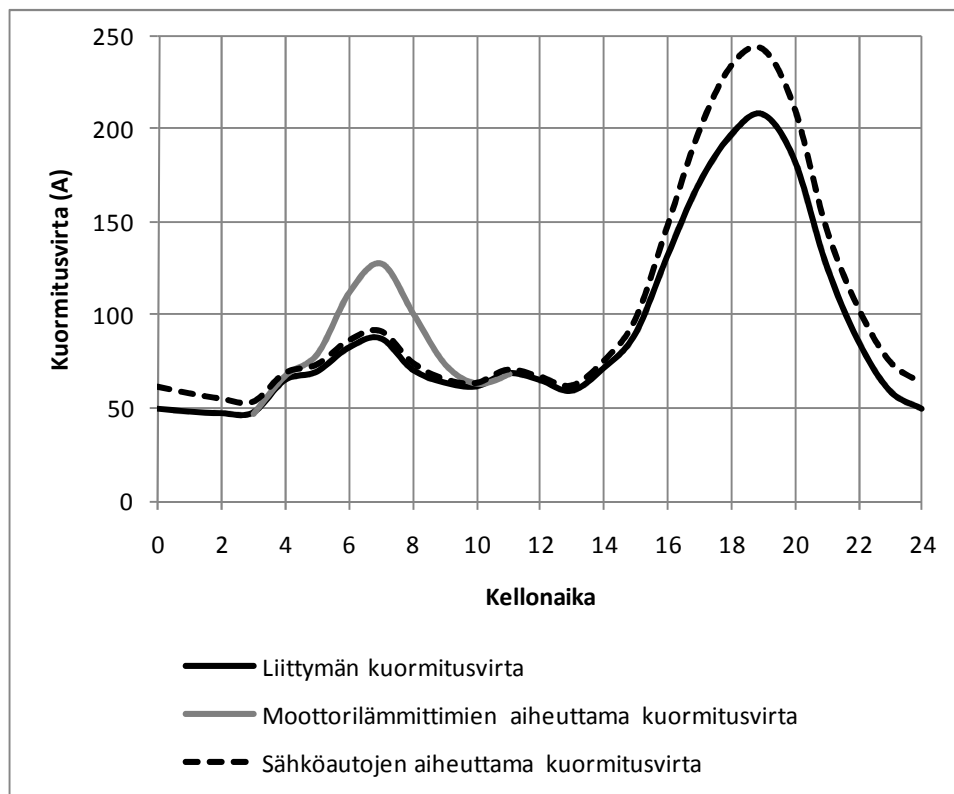
Kuvio 16: Kiinteistön liittymä

Kuten kiinteistön keskuksenkin, myös liittymän valmiutta sähköautojen lataamiseen voidaan arvioida kuormituskäyrien perusteella. Koska kohteesta ei ollut saatavissa todellisia mittaustietoja, liittymän vuorokautinen kuormituskäyrä luotiin arviona samoin perustein kuin kiinteistön keskuksen kuormituskäyrä (katso luku 5.1.4). Liittymän kuormitusvirtakäyrä on esitetty kuviossa 17. Kuormituskäyrä on pyritty arvioimaan siten, että liittymän vuorokautinen kuormitus on suurimmillaan.



Kuvio 17: Arvio liittymän kuormituksesta

Kuviossa 18 on arvioitu, miten esimerkkituotteen liittymän kuormitus muuttuu, kun kohteeseen toteutetaan yhdeksän sähköauton latauspistettä. Sähköautojen aiheuttama kuormitus on arvioitu samalla tavalla kuin luvussa 5.1.4.



Kuvio 18: Arvio liittymän kuormituksesta sähköautoja ladattaessa

Arvion mukaan sähköautoja ladattaessa liittymän kuormitusvirta voi olla enimmillään noin 3×240 A. Liittymä on kooltaan 3×200 A, joten sähköautojen lataaminen aiheuttaa liittymä ylikuormittumisen. Ylikuormitus voi olla suuruudeltaan noin 20 %.

Kuvion 18 kuormituskäyrät esittävät tilannetta, jossa kiinteistön vuorokautinen kuormitus on suurimmillaan. Tällainen tilanne on käytännössä hyvin harvinainen, mutta koska kohteesta ei ollut saatavilla todellisia mittaustietoja, tilannetta voidaan pitää mahdollisena. Normaalisissa kuormitustilanteissa sähköautojen lataaminen ei välttämättä aiheuta liittymän ylikuormittumista lainkaan.

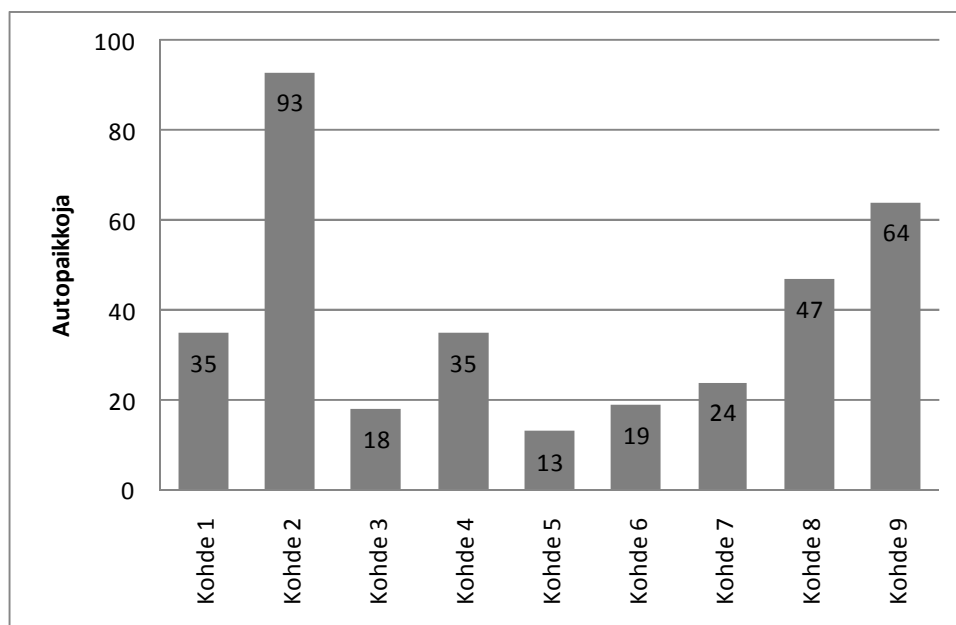
Standardin SFS-EN 60269-1 *Pienjännitevarokkeet. Osa 1: yleiset vaatimukset* kohdassa 5.6.2 taulukossa 2 määritellään, että nimellisvirraltaan 200 A olevien sulakkeiden tulee kestää 1,25 kertaa nimellisvirtaa suurempaa kuormitusvirtaa kolmen tunnin ajan palamatta. Sähköautoja ladattaessa liittymän kuormitusvirta on enimmillään 1,2-kertainen sulakkeiden mitoitusvirtaan nähden ja koko ylikuormitustilanne kestää enimmillään noin 3...4 tuntia. On siis erittäin epätodennäköistä, että yhdeksän sähköauton lataaminen kiinteistössä johtaa pääsulakkeiden palamiseen.

5.1.6 Yhteenveto

Nykyisessä tilassaan kohteen sähköverkko ei sovellu sähköautojen lataamiseen. Sähköautojen lataaminen edellyttää autolämmityspistorasiakoteloiden vaihtamista sellaisiin, joissa ei ole aikaohjausta sekä latauspistekohtaisen energianmittauksen lisäämistä. Näillä toimenpiteillä kohteeseen voidaan toteuttaa yhdeksän sähköauton latauspistettä, mikä on 29 % kohteen 31:sta autopaikasta. Suurempien sähköautomäärien lataaminen edellyttää koko sähköverkon saneeraamista tai esimerkiksi uuden lataamiseen tarkoitettun sähköverkon rakentamista olemassa olevan sähköverkon rinnalle.

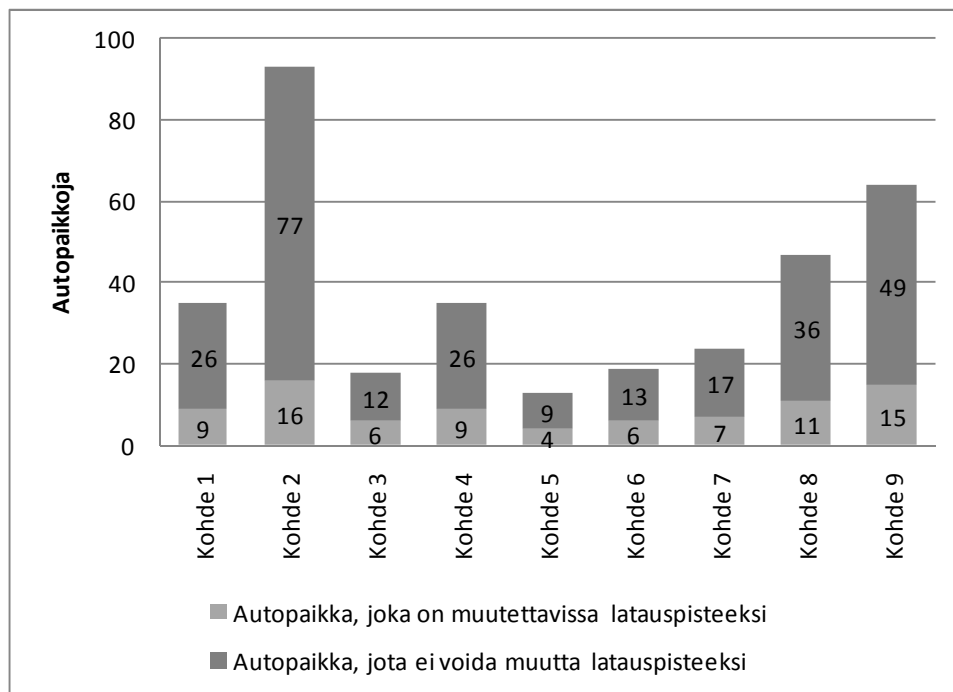
5.2 Useiden kohteiden tilasto

Tässä luvussa tutkitaan tilastollisesti yhdeksän eri kohteen valmiutta sähköautojen lataamiseen. Tutkimuksessa pyritään saamaan käsitys siitä, miten suuri osa Suomen kerrostalojen autolämmityspistorasioista voidaan muuttaa latauskäyttöön soveltuviksi. Tutkittavat kohteet ovat kaikki 2000-luvulla valmistuneita asuinkerrostaloja. Kuviossa 19 on esitetty tutkittujen kohteiden autopaikkamäärät.



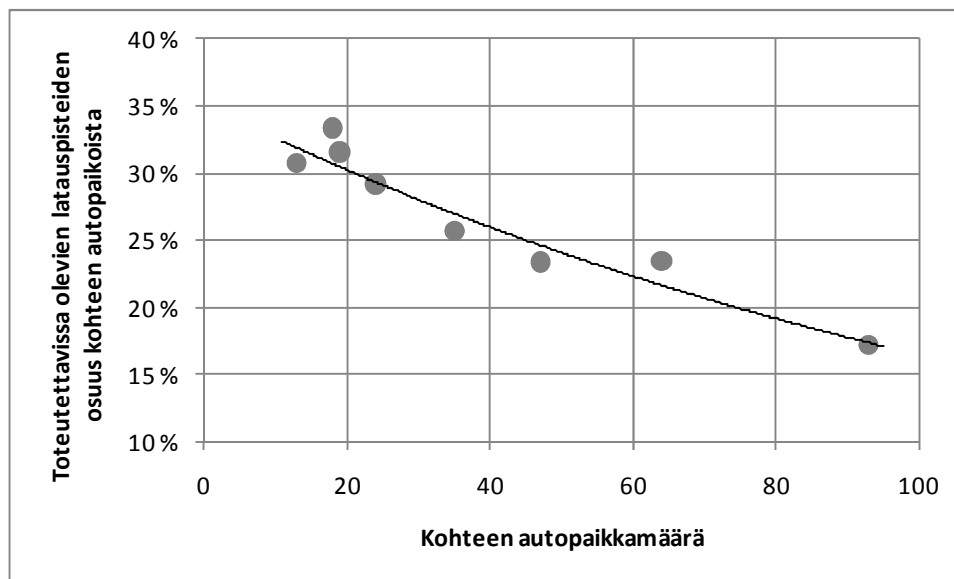
Kuvio 19: Tutkittujen kohteiden autopaikkamäärät

Tutkituista kohteista laskettiin, miten monta sähköauton latauspistettä kuhunkin kohteeseen on mahdollista toteuttaa. Laskenta on tehty luvussa 5.1 esitettyjen arvioiden pohjalta. Kuviossa 20 on esitetty laskennan tulokset.



Kuvio 20: Lataamiseen soveltuvat autopaikat

Tutkituissa kohteissa on yhteensä 348 autopaikkaa, ja niihin voidaan toteuttaa yhteensä 83 latauspistettä. Toteutettavissa olevat latauspisteet ovat kokonaisautopaikkamäärästä noin 24 %. Kuviossa 21 on esitetty, miten toteutettavissa olevien latauspisteiden määrä riippuu kohteen autopaikkojen määrästä.



Kuvio 21: Toteutettavien latauspisteiden määrä suhteessa kohteen kokoon

Tilastokeskuksen mukaan Suomessa on noin 56 tuhatta asuinkerrostaloa ja noin 1,2 miljoonaa kerrostalohuoneistoa. Keskimääräisessä kerrostalossa on siis noin 21 huoneistoa. Kuvion 21 perusteella voidaan arvioida, että 21 asunnon kerrostalokiinteistön autopai-koista noin 30 % voidaan muuttaa latauspisteiksi.

6 Päätelmät

Olemassa olevat kerrostalokiinteistöt eivät nykyisessä tilassaan ole valmiita vastaanottamaan sähköautoja. Kiinteistöjen sähköverkkoja on kuitenkin mahdollista muuttaa siten, että sähköautojen lataaminen on mahdollista. Tämä edellyttää vähintään autolämmityspistorasiakoteloiden vaihtamista sekä latauspistekohtaisen energianmittauksen lisäämistä. Tapauskohtaisesti on tutkittava, vaatiiko verkko myös muita korjaus- ja muutostoimenpiteitä. Tällä tavoin voidaan korkeintaan noin 25...30 % olemassa olevista kerrostalokiinteistöjen autolämmityspistorasioista muuttaa latauspisteiksi.

Tilastokeskuksen mukaan Suomessa oli vuonna 2008 noin 1,2 miljoonaa kerrostaloasuntoa. Arvioidaan, että näistä noin 50 %:ssa on asuntokohtainen autolämmityspistorasiolla varustettu autopaikka. Tällöin kerrostalokiinteistöissä on yhteensä noin 600 tuhatta autolämmityspistorasiaa. Jos näistä noin 25...30 % on muutettavissa latauspisteiksi, voidaan latauspisteitä tehdä yhteensä noin 150 000-180 000.

Arvioiden mukaan Suomessa on kaikkiaan noin 1,5 miljoonaa autolämmityspistorasiaa. Jos arvioidaan, että kaikista näistä esimerkiksi 40 % on muutettavissa latauspisteiksi, voidaan latauspisteitä tehdä yhteensä noin 600 000. Tämä on kuitenkin vain suurpiirteinen arvaus, sillä tässä työssä on tutkittu ainoastaan 2000-luvulla rakennettuja kerrostaloja. Tarkempaan arvioon pääseminen edellyttää tämän selvityksen laajentamista käsittämään myös vanhemmat kerrostalot, rivi- ja ketjutilat sekä pientalot. Suositeltavaa olisi myös selvittää autolämmityspistorasioiden todellinen määrä.

Tilastokeskuksen mukaan vuonna 2009 Suomessa oli noin 2,8 miljoonaa henkilöautoa. Arvion mukaan autolämmityspistorasioista tehtävissä olevat latauspisteet kattavat henkilöautokannasta noin 21 % ja kerrostaloihin toteutettavissa olevat latauspisteet noin 6 %.

Autolämmityspistorasioista voidaan luoda latauspisteitä vain pienelle osalle autokannasta. Voidaan kuitenkin arvioida, että ne tarjoavat oletettavasti edullisen ratkaisun luoda edellytykset sille, että sähköautot alkavat yleistyä lähivuosina. Sähköautojen laajamit-

tainen yleistyminen edellyttää kuitenkin laajan julkisen latausverkon rakentamista ja nopeiden latausmenetelmien kehittymistä.

Tämä työ ei tarjoa valmista ratkaisua siihen, miten autolämmityspistorasiat kannattaa muuttaa latauspisteiksi. Työtä voisi jatkaa selvittämällä erilaisia ratkaisuja, joilla sähköautojen lataaminen toteutetaan. Eri ratkaisuiden kustannuksia ja elinikäarvioita vertailemalla voidaan päästä käsitykseen siitä, millainen ratkaisu on kannattavin missäkin tilanteessa.

Tässä työssä on esitetty vain arvioita siitä, miten sähköautot kuormittavat sähköverkkoa latautuessaan. Arvioita tulisi tarkentaa mittaamalla sähköautojen latausvirtojen suuruuksia ja virtamuotoja. Olisi suositeltavaa myös selvittää, miten useiden sähköautojen lataaminen samassa kiinteistössä ajoittuu ja miten paljon autojen lataamisessa on eriaikaisuutta.

Lähteet

- Sähköajoneuvot Suomessa. Työryhmämietintö 6.8.2009. [online] [viitattu 24.11.2009].
www.tem.fi/files/24145/sahkoajoneuvotyoryhman_mietinto_090806_lopu_linen.pdf
- Sähköautot - nyt! Ratkaisu moneen. [online] [viitattu 2.11.2009].
www.sahkoautot.fi/miksi:ratkaisu-moneen
- Sähköautot - nyt! Usein kysytyt kysymykset. [online] [viitattu 2.11.2009].
www.sahkoautot.fi/faq
- Ilmasto.org : liikenne [online] [viitattu 13.11.2009].
www.ilmasto.org/ilmastonmuutos/torjuminen/paastojen_vahentaminen_suomessa/liikenne.html
- Motiva: liikenteen energiankulutus ja pakokaasupäästöt. [online] [viitattu 13.11.2009].
www.motiva.fi/liikenne/perustietoa_liikenteesta_ja_ymparistosta/liikenteen_energiankulutus_ja_pakokaasupaastot
- Boschert, Sherry 2008. The cleanest cars: well-to-wheels emissions comparison. [pdf] [online] [viitattu 15.3.2010].
www.pluginamerica.org/images/EmissionsSummary.pdf
- Vanhanen, Matti 2009. Työntöapua sähköautolle. Suomenmaa 13.10.2009 [online] [viitattu 30.10.2009].
www.suomenmaa.fi/arkisto.php?doc=4164209.htm&alldepts=off
- Ahtee, Simo 2009. Sähköautot tarvitsevat veroporkkanan. Turun Sanomat 9.11.2009 [online] [viitattu 13.11.2009]. www.ts.fi/teemat/liikenne/86974.html
- Peltoniemi, Jari 2009. Sähköauton standardoinnilla kiire. Proessori 27.10.2009 [online] [viitattu 13.11.2009]. www.proessori.fi/uutiset/uutinen2.asp?id=54556
- Kankare, Matti 2009. Sähköautojen ympärille on syttymässä standardisota. Tekniikka & Talous 4.5.2009 [online] [viitattu 30.10.2009].
www.tekniikkatalous.fi/duuniauto/article279655.ece
- Matikainen, Juha 2009. Sähköautot tulevat –miten muuttuvat kiinteistöjen sähköverkot? Fortum 9.7.2009. [pdf] [online] [viitattu 30.10.2009].
www.sahkoala.fi/kohderyhmat/kiinteistoala/fi_FI/etusivu/_files/82292898835268000/default/Sahkoautot_Matikainen.pdf
- Hietalahti, Lauri, Syrjä, Atte 2010. Sähköauton akkujen latausteho on suurempi kuin autonlämmittimien. Sähköala koti 3/2010.
- Technical white paper - QuiQ Technology for Optimum Charge. Delta-Q Technologies Corp. 2010. [pdf] [online] [viitattu 8.2.2010]. www.delta-q.com/white-papers/QuiQ-TechnologyForOptimumCharge.pdf

- Hietalahti, Lauri 2009. Epälineaaristen teholähteiden toiminta ja niiden vaikutus verkon suureisiin, 1~verkkokytkeä. Opintomateriaali. [pdf].
- Grigore, Vlad 2001. Topological issues in single-phase power factor correction. Institute of intelligent power electronics publications. Helsinki university of technology. Otamedia Oy. Espoo. [pdf].
- Harsia, Pirkko 2010. Harmonisten yliaaltojen vaikutus johtojen mitoitukseen. Opintomateriaali.
- Harmonics mitigation and solutions. Shneider Electric. 2010. [pdf] [online] [viitattu 15.3.2010]. www.schneider-electric.com/documents/solutions/gastech/ED18_Harmonics_Mitigation_Solutions.pdf
- Harmonic management. Shneider Electric. 2010. [pdf] [online] [viitattu 15.3.2010]. www.schneider-electric.com.au/documents/electrical-distribution/en/local/electrical-installation-guide/EIG-M-harmonic-management.pdf
- Tammertekniikka 2005. Tekniikan kaavasto. 5. painos. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Piharasia - PIHA 2A2J1V 6110022 - Fibox. Sähkönumerot.fi. [online] [viitattu 31.3.2010]. <http://sähkönumerot.fi/3413002/>
- Think Electric Car: Think City technical data. [online] [viitattu 16.9.2009]. www.think.no/think/Think-City/Specifications/Technical-data
- Phoenix Motorcars: Phoenix SUT Specifications [online] [viitattu 16.9.2009]. www.phoenixmotorcars.com/vehicles/sut-specifications.php
- Sähköautot - nyt! Akut. [online] [viitattu 9.11.2009]. www.sahkoautot.fi/wiki:akut
- Mitsubishi motors Japan: Waht is "i MiEV"? [online] [viitattu 9.11.2009]. www.mitsubishi-motors.com/special/ev/whatis/index.html
- Sähköautot - nyt! eCorolla [online] [viitattu 12.11.2009]. www.sahkoautot.fi/autot:saehkoeinen-toyota-corolla
- Honda EV (EV plus) Electric Car Report Card. [online] [viitattu 12.11.2009]. www.hondaev.org/acarc.html
- The Detroit Bureau: Volvo C30 Electric Car Confirmed. [online] [viitattu 12.11.2009]. www.thedetroitbureau.com/2009/09/12373/
- Schneider, Moritz, Valgardson, Melissa 2008. Electric Vechicles. [pdf] [online] [viitattu 3.12.2009]. www.folkecenter.net/mediafiles/folkecenter/pdf/electric_cars.pdf

Lundström, Petra 2009. Vaihtoehtoiset energianlähteet ja auto. Sähköä liikenteeseen!
Fortum Oyj. [ppt] [online] [viitattu 18.11.2009].
http://sklubi.tky.fi/alumniweekend/esitykset2009/FPLesSklubi_17_10_09_viiimv.ppt