

Lauri Solja

# TÄYSSÄHKÖAUTOJEN AKUSTOJEN TOISSIJAINEN HYÖDYNTÄMINEN

Johtamisen ja talouden tiedekunta  
Diplomityö  
Marraskuu 2023

# TIIVISTELMÄ

Lauri Solja: Täyssähköautojen akustojen toissijainen hyödyntäminen  
Diplomityö  
Tampereen yliopisto  
Tietojohdaminen  
Marraskuu 2023

---

Autokannan sähköistymistä pidetään yhtenä keskeisimmistä hiilidioksidipäästöjä rajoittavana muutoksena. Autokannan sähköistyessä yksi perinteisten polttomoottoriautojen ominaisuus muuttuu ratkaisevasti. Auton energia lähteenä toimii akusto, jota voidaan ladata käytännössä missä tahansa sähköverkon alueella, mutta siitä voidaan myös tarvittaessa vapauttaa energiaa takaisia sähköverkkoon.

Tässä diplomityössä tutkitaan täyssähköautojen akustojen toissijaista hyödyntämistä vehicle-to-grid- ja vehicle-to-home-kontekstissa. Tutkimuksessa suoritettiin kirjallisuuskatsaus vehicle-to-grid- ja vehicle-to-home-järjestelmien vahvuuksista ja heikkouksista eri sidosryhmien näkökulmista. Kirjallisuuskatsauksen pohjalta laadittiin kyselytutkimus, joka toteutettiin keväällä 2023. Kutsu kyselytutkimukseen lähetettiin 5 000 suomalaiselle sähköauton haltijalle. Kyselyyn vastasi yhteensä 1 433 henkilöä. Kyselyn vastauksia analysoitiin ja tuloksia verrattiin kirjallisuuskatsauksen tuloksiin.

Tehdyt tutkimukset osoittavat, että vehicle-to-grid- ja vehicle-to-home-teknologiat voivat tarjota sähköverkko-operaattorille keinon verkon tasapainottamiseen sekä kysynnän vaihtelevuuden aiheuttamien huippujen ja kuoppien leikkaamiseen. Näihin liittyy luonnollisesti myös omat haasteensa, sillä sähköautoilijaa ei voida pitää pysyvänä sähköverkon voimavarana. Toisaalta latauspistevalmistajan näkökulmasta komponenttien elinkaaren hallinta helpottuu, sillä latauspisteet ovat tasaisemmin käytössä, jolloin elektroniikka niiden sisällä ei joudu kokemaan yhtä suurta lämpötilavaihtelua. Merkittävän haasteena on kuitenkin yleisesti liiketoiminnan kannattavuuden suuret riskit. Puolestaan ajoneuvovalmistajalle teknologiat tuovat ensinnäkin vaihtoehtoiset uusiokäyttömahdollisuudet akustoille, jolloin ympäristöystävällisyydestään kritisoitujen akustojen elinkaarta saadaan pidennettyä ja samalla hillittyä autojen arvonalenemaa. Toisaalta vehicle-to-grid-lataus voi kuluttaa akuston kapasiteettia viivästettyä lataus nopeammin, jolloin akuston käyttöaika ensisijaisessa käyttötarkoituksessa lyhenee. Sähköautoilijan kannalta vehicle-to-grid-käytöstä on rahallinen hyötyminen, sillä sähköä voisi myydä takaisin sähköverkkoon ja vehicle-to-home-käyttö tarjoaisi keskimääräiselle sähköautoilijalle noin kahdeksi vuorokaudeksi omakotitalouden sähköomavaraisuuden. Näitä hyötyjä varjostaa kuitenkin pelko akuston hajoamisesta sekä käytön lisäämä kantama-ahdistus.

Kyselytutkimuksen vastaajien ensisijaisena motivaattorina toiminnassaan tehdyn tutkimuksen kontekstissa on henkilökohtainen hyötyminen. Sähköauton hankinnan tärkeimpänä syynä korostui edulliset käyttökustannukset, vehicle-to-grid-järjestelmien hyödyistä nousivat käyttäjän hätäenergiavarastona toimiminen ja välittömät käyttäjän kustannussäästöt sekä vehicle-to-home-käytön hyötyinä rahallinen hyötyminen pörssisähkön hintapiikkien aikana ja sähköomavaraisuus sähkökatkojen aikana erottuivat yli epäitsekäiden tavoitteiden.

Avainsanat: sähköauto (EV), autokanta, vehicle-to-grid (V2G), vehicle-to-home (V2H), akusto, toissijainen hyödyntäminen

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

# ABSTRACT

Lauri Solja: Secondary use of battery packs of full-electric vehicles  
Master's thesis  
Tampere University  
Information Management  
November 2023

---

The electrification of the car fleet is considered one of the key changes that limit carbon dioxide emissions. With the electrification of the car fleet, one of the characteristics of traditional internal combustion engine cars will change decisively. The energy source of the car is the battery, which can be charged virtually anywhere in the electrical grid, but it can also be used to release energy back into the electrical grid if needed.

This thesis explores the secondary use of battery packs for all-electric vehicles in a vehicle-to-grid and vehicle-to-home context. The study conducted a literature review of the strengths and weaknesses of vehicle-to-grid and vehicle-to-home systems from the perspectives of different stakeholder groups. Based on the literature review, a survey was conducted in the spring of 2023. An invitation to the survey was sent to 5,000 Finnish electric car holders. A total of 1,433 people responded to the survey. The survey responses were analyzed, and the results were compared with the results of the literature review.

Studies carried out show that vehicle-to-grid and vehicle-to-home technologies can provide the grid operator a way to balance the grid and cut peaks and pits caused by demand-to-distribution. Of course, these also present their own challenges, as an electric motorist cannot be considered a permanent power source for the electricity grid. On the other hand, from the point of view of the charging point manufacturer, the life cycle management of components becomes easier, while charging points are more evenly used, so that the electronics inside of them do not have to experience the same high temperature variation. However, a major challenge in general is the risks inherent in the profitability of business operations. In turn, for the vehicle manufacturer, the technologies will provide alternative reuse possibilities for the batteries, thus extending the lifespan of the environmentally critical batteries and, at the same time, curbing the value decline of the cars. On the other hand, vehicle-to-grid charging can consume battery capacity after a delay la-back, thus reducing battery life for primary use. From the electric car driver's point of view, there is a monetary benefit from vehicle-to-grid use, as electricity could be sold back to the electricity grid and vehicle-to-home use would provide the average electric car user with electricity self-sufficiency for about two days. However, these benefits are overshadowed by the fear of the decay of the battery, as well as the increased range anxiety caused by the use.

The primary motivator of survey respondents in the context of research conducted in their activities is personal gain. The main reason for the acquisition of the electric car was the emphasis on low operating costs, the benefits of vehicle-to-grid systems were increased by the user's emergency energy storage and immediate user cost savings, as well as the benefits of vehicle-to-home use, monetary benefits during the price spikes in stock market electricity and electric self-sufficiency during power outages stood out over selfless targets.

Keywords: electric car (EV), car fleet, vehicle-to-grid (V2G), vehicle-to-home (V2H), battery pack, secondary use

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

# ALKUSANAT

Diplomityö vaikutti nuoren fuksin silmissä vuorelta, jota kukaan ei voisi valloittaa, vaikka se tiedettiin valloitetuksi jo monet kerrat. Vuosia myöhemmin diplomityötä aloittaessa tuntui, ettei työssä mene kauaakaan, kun taas välillä tuntui, ettei loppua näy laisinkaan. Nyt diplomityö on vihdoin valmis. Monet pitkät illat yliopistolla niin opiskeluiden kuin opiskelukavereiden kanssa jäävät nyt muistoihin vaalittaviksi.

Diplomityötä ohjasivat Tampereen yliopistolta professori Heikki Liimatainen sekä tutkija-tohtori Toni Simolin, joille olen kiitollinen kaikista neuvoista, joita prosessin aikana sain. Professori Liimatainen myös esitteli tutkimusprojektin CNESS:in hallitukselle, joka näki työn arvon ja rahoitti työn osana toteutetun kyselytutkimuksen. Erityiskiitos CNESS:ille tutkimuksen mahdollistamisesta. Lisäksi Tampereen yliopistolta lehtori Markus Pöllänen oli vahvasti läsnä maisterivaiheen opinnoissani ja oli myös tukemassa diplomityöprosessin alkuun saattamisessa, kiitos!

Tärkeimpänä kiitokset kuuluvat perheelleni sekä opiskelukaverilleni, parhaalle ystäväleni, vaimolleni. He ovat olleet tukenani kaikkina hetkinä läpi yliopiston.

Tampereella, marraskuussa 2023

Lauri Solja

# SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO .....	1
1.1 Tutkimuksen aihepiiri.....	1
1.2 Tutkimuksen tausta .....	1
1.3 Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset.....	2
1.4 Diplomityön rakenne.....	4
2 HENKILÖAUTOKANNAN SÄHKÖISTYMINEN .....	6
2.1 Sähköistymisen tavoitteet.....	6
2.2 Sähköistymisen asteet henkilöautoissa.....	7
2.3 Sähköautojen markkinaosuuksien kehitys .....	9
2.4 Sähköautojen latausteknologiat ja -järjestelmät .....	13
2.5 Sähköautojen käyttöaste .....	18
3 SÄHKÖAUTOJEN LATAUSVERKOSTO.....	20
3.1 Laki latauspisteiden rakentamisesta .....	20
3.2 Julkisen latausasemaverkoston nykytila .....	21
3.3 Kotilatausasemaverkoston nykytila .....	24
3.4 Latausasemaverkoston kehitys .....	26
4 VEHICLE-TO-GRID JA VEHICLE-TO-HOME.....	28
4.1 V2G ja V2H määritelmät.....	28
4.2 V2G- ja V2H-latausprotokollat.....	29
4.3 Vahvuudet .....	32
4.3.1 Sähköverkko-operaattori .....	33
4.3.2 Latauspistevalmistaja .....	34
4.3.3 Ajoneuvovalmistaja.....	34
4.3.4 Sähköautoilija .....	35
4.4 Heikkoudet .....	36
4.4.1 Sähköverkko-operaattori .....	36
4.4.2 Latauspistevalmistaja .....	37
4.4.3 Ajoneuvovalmistaja.....	38
4.4.4 Sähköautoilija .....	41
5 HYVÄKSYNTÄ UUDELLE TEKNOLOGIALLE.....	43
5.1 Hyväksynnän määritelmä .....	43
5.2 Teknologian hyväksymisen mittaaminen.....	44
6 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS .....	47
6.1 Tieteellinen viitekehys .....	47
6.1.1 Tieteenfilosofia: postmodernistinen .....	47
6.1.2 Tutkimusote: abduktiivinen.....	50
6.1.3 Tutkimusmetodologia: kvantitatiivinen.....	50
6.1.4 Aineistonkeruumenetelmä: kysely .....	51
6.2 Tutkimuksen kuvaus ja tutkimusaineisto .....	52

6.3	Tutkimusaineiston analyysimenetelmät.....	53
7	EMPIRIAN LÖYDÖKSET.....	55
7.1	Kohderyhmän kuvaus.....	55
7.2	Kohderyhmän suhtautuminen V2G- ja V2H-teknologioihin .....	58
7.2.1	Suhtautuminen V2G-hyötyihin.....	60
7.2.2	Suhtautuminen V2H-hyötyihin .....	65
7.2.3	Suhtautuminen V2G- ja V2H-riskeihin.....	68
7.2.4	Suhtautuminen V2G- ja V2H-ehtoihin .....	74
7.2.5	Suhtautuminen V2G- ja V2H-kannustimiin .....	76
7.3	Kohderyhmän V2G- ja V2H-hyväksyntä.....	83
8	TÄYSSÄHKÖAUTOJEN AKUSTOIHIN VARASTOIDUN ENERGIAN HYÖDYNTÄMINEN V2G- JA V2H- TEKNOLOGIOIDEN AVULLA .....	85
8.1	V2G- ja V2H-hyödyt .....	85
8.2	V2G- ja V2H-haasteet .....	90
9	YHTEENVETO.....	94
9.1	Tulokset.....	94
9.2	Pohdinta .....	97
9.3	Tutkimuksen luotettavuus.....	100
9.4	Jatkotutkimusehdotukset.....	102
	LÄHTEET .....	103
	LIITE A: SAATEKIRJE .....	119
	LIITE B: KYSELYLOMAKE .....	121
	LIITE C: TIETOSUOJAILMOITUS.....	134
	LIITE D: KYSELYN VASTAUKSET.....	136
	LIITE E: KYSELYN KOMMENTIT .....	184
	LIITE F: JULKISET LATAUSASEMAT .....	191

# KUVALUETTELO

<b>Kuva 1.</b>	<i>Innovaatioiden käyttöönoton sykli. Mukailen Rogers (2003).....</i>	<i>4</i>
<b>Kuva 2.</b>	<i>Henkilöautokannan kehitysennuste käyttövoimittain vuosina 2020–2040 (Autoalan Tiedotuskeskus, 2022). .....</i>	<i>10</i>
<b>Kuva 3.</b>	<i>Henkilöautojen ensirekisteröintiennuste käyttövoimittain vuosina 2015–2040 (Autoalan Tiedotuskeskus, 2022). .....</i>	<i>11</i>
<b>Kuva 4.</b>	<i>Henkilöautokannan maantieteellinen painottuminen vuonna 2022. Mukailen Tilastokeskus (2023). .....</i>	<i>12</i>
<b>Kuva 5.</b>	<i>Yleisimmät Suomessa käytettävät latauspistoketyypit sekä niiden luokittelu vaihto- ja tasavirran mukaan. Mukailen Versinetic (2021). .....</i>	<i>15</i>
<b>Kuva 6.</b>	<i>Sähköautojen latausasemat Suomessa vuonna 2022. Mukailen Latauskartta (2022) ja OpenStreetMap (2022). .....</i>	<i>23</i>
<b>Kuva 7.</b>	<i>Täyssähköauton lataus ja V2G-arkkitehtuuri asianmukaisine viestintästandardeineen. Mukailen Jaman et al. (2022).....</i>	<i>29</i>
<b>Kuva 8.</b>	<i>Sähköautojen ja sähköverkon väliset yhteydet. Mukailen Kempton &amp; Tomic (2005). .....</i>	<i>32</i>
<b>Kuva 9.</b>	<i>Täyssähköauton akuston kapasiteettihäviö suhteessa kytkentähetken varaustasoon. Mukailen Lacey et al. (2017). .....</i>	<i>38</i>
<b>Kuva 10.</b>	<i>Vaihtoehtoisten lataustapojen vaikutus kapasiteettihäviöön. Mukailen Lacey et al. (2017).....</i>	<i>39</i>
<b>Kuva 11.</b>	<i>Lataustapojen vaikutus akuston heikkenemiseen (% / 365 sykliä).....</i>	<i>40</i>
<b>Kuva 12.</b>	<i>Teknologian hyväksyttävyyden osatekijät. Mukailen Nielsen (1994). .....</i>	<i>45</i>
<b>Kuva 13.</b>	<i>Saundersin sipulimalli. Mukailen Saunders (2019). .....</i>	<i>47</i>
<b>Kuva 14.</b>	<i>Tutkagraafi tutkijan HARP-tuloksista. .....</i>	<i>49</i>
<b>Kuva 15.</b>	<i>Vastaajien kolme merkittävintä syytä sähköauton hankinnalle.....</i>	<i>57</i>
<b>Kuva 16.</b>	<i>Vastaajien tuntemus termeistä V2G ja V2H. .....</i>	<i>58</i>
<b>Kuva 17.</b>	<i>V2G-järjestelmien hyötynä tärkeys asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä).....</i>	<i>60</i>
<b>Kuva 18.</b>	<i>V2G-järjestelmien hyötynä Suomi 2035 -hankkeen tärkeys asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä). .....</i>	<i>61</i>
<b>Kuva 19.</b>	<i>V2G-järjestelmien hyötynä tulevaisuudessa tarvittavien energiavarastojen kustannussäästöjen tärkeys asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä). .....</i>	<i>62</i>
<b>Kuva 20.</b>	<i>V2G-järjestelmien hyötynä sähköauton käyttäjän kustannussäästöjen tärkeys asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä). .....</i>	<i>63</i>
<b>Kuva 21.</b>	<i>V2G-järjestelmien hyötynä varavoimalaitoksista luopumisen tärkeys asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä).....</i>	<i>63</i>
<b>Kuva 22.</b>	<i>V2G-järjestelmien hyötynä sähköauton käyttäjän hätäenergiavarastona toimimisen tärkeys asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä). .....</i>	<i>64</i>
<b>Kuva 23.</b>	<i>V2G-järjestelmien hyötynä sähköverkon laajennustarpeen minimoimisen tärkeys asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä).....</i>	<i>64</i>
<b>Kuva 24.</b>	<i>V2H-latauksesta saatavan hyödyn tärkeys asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä). .....</i>	<i>65</i>
<b>Kuva 25.</b>	<i>V2H-latauksesta saatavan rahallisen hyödyn merkitys pörssisähkön hintapiikkien aikana, asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä).....</i>	<i>66</i>

<b>Kuva 26.</b>	V2H-latauksen vaikutus uusiutumattomien energianlähteiden käytön määrään energiantuotannossa, asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä).....	67
<b>Kuva 27.</b>	V2H-latauksen tuoma varmuus sähkön riittävydestä vastaajan kotona sähkökatkon aikana, asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä).....	67
<b>Kuva 28.</b>	V2H-latauksen vähentävä vaikutus sähköverkon laajennustarpeisiin, asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä).....	68
<b>Kuva 29.</b>	V2G- ja V2H- järjestelmien riskien huolestuttavuus asteikolla 1–5 (ei lainkaan huolestuttava – erittäin huolestuttava).....	69
<b>Kuva 30.</b>	V2G- ja V2H-järjestelmien käyttöön liittyvistä huolista akuston käyttöiän huolestuttavuus asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).....	70
<b>Kuva 31.</b>	V2G- ja V2H-järjestelmien käyttöön liittyvistä huolista matkojen ennustettavuuden hankaluuden huolestuttavuus asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä). ....	71
<b>Kuva 32.</b>	V2G- ja V2H-järjestelmien käyttöön liittyvistä huolista latausoperaattorin kontrolloimattoman auton järjestelmiin pääsyn huolestuttavuus asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä). ....	71
<b>Kuva 33.</b>	V2G- ja V2H-järjestelmien käyttöön liittyvistä huolista lataustason riittämättömyyden huolestuttavuus asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä). ....	72
<b>Kuva 34.</b>	V2G- ja V2H-järjestelmien käyttöön liittyvistä huolista vapauden ja yksityisyyden rajoittamisen huolestuttavuus asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä). ....	73
<b>Kuva 35.</b>	V2G- ja V2H-järjestelmien käyttöön liittyvistä huolista datasta luotavan liikkumisprofiilin huolestuttavuus asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä). ....	73
<b>Kuva 36.</b>	V2G- ja V2H-järjestelmien käyttöön liittyvistä huolista itse käytön hankaluuden huolestuttavuus asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä). ....	74
<b>Kuva 37.</b>	Vastajille välttämättömät ehdot V2G-latauksen käyttämiselle. ....	75
<b>Kuva 38.</b>	V2G- ja V2H-järjestelmien käytön kiinnostavuus eri premissillä asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).....	76
<b>Kuva 39.</b>	V2G-järjestelmien käytön kiinnostavuus, jos käyttö olisi edullisempaa kuin kontrolloimattomalla lataamisella varten, asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).....	77
<b>Kuva 40.</b>	V2G- ja V2H-järjestelmien käytön kiinnostavuus, mikäli saisi hankintatukea sähköautoa varten asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä). ....	78
<b>Kuva 41.</b>	V2G- ja V2H-järjestelmien käytön kiinnostavuus, mikäli saisi rahallista tukea erilaisten korvausten muodossa, asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä). ....	78
<b>Kuva 42.</b>	V2G-järjestelmien käytön kiinnostavuus, mikäli sähköautoa ladattaisiin ainoastaan uusiutuvalla energialla, asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä). ....	79
<b>Kuva 43.</b>	V2G-järjestelmien käytön kiinnostavuus, mikäli saisi erityisoikeuksia, kuten käyttöoikeus linja-autokaistoille tai ilmainen julkinen pysäköinti, asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).....	80
<b>Kuva 44.</b>	V2G- ja V2H-järjestelmien käytön kiinnostavuus, mikäli siten pystyttäisiin vähentämään energiantuotannon CO <sub>2</sub> -päästöjä, asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).....	80



<b>Kuva 45.</b>	V2G-latauksesta maksettavan korvauksen prosentuaalinen suuruus. ....	81
<b>Kuva 46.</b>	V2G-latauksen käyttämiseen velvoittava sähköauton hankitatuen suuruus. ....	82
<b>Kuva 47.</b>	V2G- ja V2H-latauksen mahdollistavan lisävarusteen arvo vastaajien mielestä. ....	82
<b>Kuva 48.</b>	Hyväksyntä eri latausteknologioita kohtaan asteikolla 1–5 (en missään nimessä käyttäisi – ehdottomasti käyttäisin). ....	83
<b>Kuva 49.</b>	Vastaajien talouksien sähköauton omistajat sukupuolittain. ....	98
<b>Kuva 50.</b>	Vastaajien V2G- ja V2H-tuntemus sukupuolittain. ....	99

# LYHENTEET JA MERKINNÄT

AC	Alternating Current, vaihtovirta
BEV	Battery Electric Vehicle, täyssähköauto
CCS1	Combo Charging System Type 1, latausstandardi
CCS2	Combo Charging System Type 2, latausstandardi
CHAdeMO	Charge de Move, latausstandardi
CO <sup>2</sup>	Hiilidioksidi
CP	Control Pilot, kontrolliluotsi
DC	Direct Current, tasavirta
df	Degrees of Freedom, vapausaste
EV	Electric vehicle, sähköauto
EVSE	Electric Vehicle Supply Equipment, sähköauton latausyksikkö
FEV	Full Electric Vehicle, täyssähköauto
G2V	Grid-to-Vehicle, verkosta ajoneuvoon -lataus
HEV	Hybrid Electric Vehicle, täyshybridiauto
IEC	International Electrotechnical Commission, kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio
ISO	International Organization for Standardization, kansainvälinen standardisoimisorganisaatio
MHEV	Mild Hybrid Electric Vehicle, kevythybridiauto
NEDC	New European Driving Cycle, päästömittaustesti
p	P-arvo, havaittu merkitsevyystaso
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle, plug-in-hybridiauto
PP	Proximity Pilot, lähisyysluotsi
RFID	Radio-Frequency Identification, radiotaajuustunniste
r	Muuttujien välinen tilastollinen riippuvuus
R <sup>2</sup>	Muuttujien välinen tilastollinen riippuvuus
SOC	State of Charge, akuston varaustaso
Supercharger	Latausstandardi
Type 2	Latausstandardi
UTAUT	Unified Theory of Acceptance and Use of Technology, teknologian hyväksymismalli
V2B	Vehicle-to-Building, ajoneuvosta rakennukseen -lataus
V2G	Vehicle-to-Grid, ajoneuvosta verkkoon -lataus
V2H	Vehicle-to-Home, ajoneuvosta kotiin -lataus
V2V	Vehicle-to-Vehicle, ajoneuvosta ajoneuvoon -lataus
V2X	Vehicle-to-Anything, ajoneuvosta mihin tahansa -lataus
WLTP	Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure, päästömittaustesti
X <sup>2</sup>	Chii-Square, Khiin neliö

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tutkimuksen aihepiiri

Henkilöautoliikenteen päästöt ovat olleet viime vuosina entistä tarkemman suurennuslasin alla niin kotimaassa kuin globaalisti. Suomen hallituksen teettämän tutkimuksen perusteella kotimaan henkilöautoliikenteen päästöt ovat noin 10 % Suomen kaikista päästöistä 2020-luvun alussa (Valtioneuvosto, 2021a). Yhdysvaltain ympäristösuojeluviraston mukaan Yhdysvaltojen henkilöautoliikenteen päästöt olivat noin 17 % Yhdysvaltain kokonaispäästöistä vuonna 2019 (EPA, 2021). Saksan liittovaltion ympäristöviraston selvityksen mukaan Saksan liikenteen päästöt olivat kokonaisuudessaan 14 % kokonaispäästöistä vuonna 2020 (Clean Energy Wire, 2021). Norjan tieliikenteen päästöt olivat 17 % Norjan kokonaispäästöistä vuonna 2020 (SSB, 2021).

Suomen etenemissuunnitelma fossiilittoman liikenteen saavuttamiseksi vuoteen 2045 mennessä on kolmivaiheinen. Etenemissuunnitelman ensimmäinen tavoite on puolittaa kasvihuonepäästöt vuoteen 2030 mennessä. Tähän pyritään kehittämällä tukia sekä kannustimia 360 miljoonalla eurolla vähäpäästöisen liikenteen edustamiseksi erityisesti vuosina 2022–2026. Käytännössä tukien ja kannustimien tarkoituksena on korvata fossiiliset polttoaineet biokaasulla sekä sähköllä, ajoneuvokannan uudistaminen sekä liikennejärjestelmän energiatehokkuuden parantaminen. (Valtioneuvosto, 2021a)

Perinteisiä polttomoottorikäyttöisiä autoja ei ole pystynyt käytännössä mitenkään hyödyntämään, kun ne ovat olleet pysäköityinä. Täyssähköautojen kanssa tilanne on eri, sillä teoriassa täyssähköautojen akustoihin varastoitunutta energiaa voitaisiin hyödyntää myös auton ollessa pysäköitynä. Tällöin puhutaan vehicle-to-grid-tekniologiasta (V2G). V2G-tekniologiaan kohdistuvan lisääntyneen huomion vuoksi maailmanlaajuisesti on käynnistetty kymmeniä jollei satoja V2G-projekteja, joiden tavoitteena on tunnistaa parhaat liiketoimintamallit kaikille osapuolille, kuten lukien täyssähköautojen omistajat, latauspistevalmistajat, yleishyödyllisten palveluiden tuottaja ja ajoneuvovalmistajat. (Innovative UK, 2018)

## 1.2 Tutkimuksen tausta

1900-luvulla alkanut uhkaava energiakriisi ja tarve vähentää kasvihuonekaasupäästöjä ovat johtaneet siihen, että ajoneuvovalmistajat ovat pyrkineet merkittävästi vähentämään

ajoneuvojensa uusitumattomien luonnonvarojen kulutusta. Vastatoimena ilmastonmuutokseen ajoneuvovalmistajat ovat kehittäneet osittain tai kokonaan sähkökäyttöisiä ajoneuvoja ja tuoneet ne markkinoille. Nämä ajoneuvot vähentävät riippuvuutta öljystä, parantavat ajoneuvojen energiatehokkuutta ja vähentävät tieliikenteen hiilidioksidipäästöjen kokonaismäärää, jos ajoneuvoissa käytettävä sähkö tuotetaan uusiutuvista lähteistä. Jotta sähköä voitaisiin ladata tällaisten ajoneuvojen akustoihin, tarvitaan erityinen latausinfrastruktuuri. (International Organization for Standardization, 2022)

Sähköautojen kehityksen myötä myös latausinfrastruktuurin kehitykseen ja tuomiin mahdollisuuksien tutkimiseen on herätty. Yhtenä henkilöautojen jopa ominaispiirteenä voidaan pitää niiden käyttö- ja seisona-ajan suhdetta. Kokkonen arvioi vuonna 2021, että henkilöautot seisovat jopa 90 % ajasta käyttämättöminä paikallaan (Kokkonen, 2021). Polttomoottoriautojen seisona-ajalle on ollut hankala kehittää hyötyä, mutta sähköautot ovat oma lukunsa. Sähköautojen akustoihin varastoitua energiaa voidaan nimittäin hyödyntää toissijaisissa käyttötarkoituksissa.

### 1.3 Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten vehicle-to-grid ja vehicle-to-home -teknologioita voidaan hyödyntää henkilöautokannan sähköistymisen myötä. Tässä tutkimuksessa termeistä *vehicle-to-grid* ja *vehicle-to-home*, käytetään lyhenteitä V2G ja V2H. V2G tarkoittaa sähköön vapauttamista sähköauton akustosta sähköverkkoon ja V2H vastaavasti sähköön vapauttamista sähköauton akustosta kodin sähköverkkoon. Lisäksi aihepiiriin liittyy läheisesti termit *vehicle-to-building* (V2B), *vehicle-to-vehicle* (V2V) ja *vehicle-to-anything* (V2X). V2B tarkoittaa sähköön vapauttamista sähköauton akustosta kiinteistön käyttöön, V2V tarkoittaa sähköön vapauttamista sähköauton akustosta toisen sähköauton käyttöön ja V2X on näiden kaikkien yleisnimitys, jossa käyttökohdetta ei ole tarkemmin määritelty, vaan se voi olla mikä tahansa edellä mainituista. (Simolin, 2022) V2G ja V2H -teknologioita tutkitaan diplomityössä mahdollisuuksien ja haasteiden kannalta sekä pyritään selvittämään sähköautoilijoiden suhtautumista niihin.

V2B ja V2G teknologioiden tarkoituksena on hyödyntää sähköautojen akustoja energia-varastoina, joista sitä voidaan vapauttaa sähköverkkoon kuormapiikkien tasoittamiseksi. V2H ja V2V teknologioiden hyödyt konkretisoituvat loppukäyttäjille muun muassa sähkökatkojen haittojen minimoinnissa. Käytännössä V2B ja V2G edellyttävät käyttäjän motivoimista yhteisen hyvän eteen toimimiseen, mutta ennen kaikkea teknologioiden ja järjestelmien yhteensopivuutta. Yhteensopivuus on luonnollisesti edellytys myös V2H ja V2V käytölle, mutta näissä yhteyksissä käyttäjän oma etu on oletettavasti riittävä motivaattori.

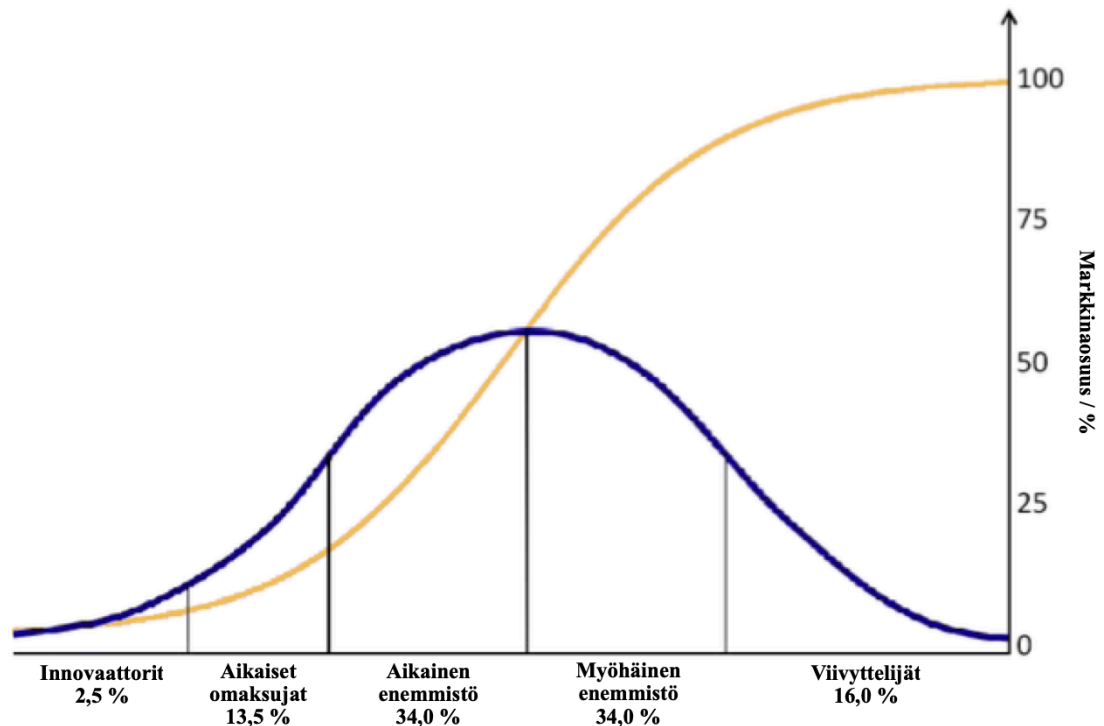
Näillä lähtöoletuksilla ja tutkimuksen tavoite huomioiden muodostetaan seuraavat tutkimuskysymykset

1. *Mitkä ovat vehicle-to-grid- ja vehicle-to-home-teknologioiden määritelmät?*
2. *Mitä hyötyjä ja haasteita vehicle-to-grid- ja vehicle-to-home-teknologiat tuovat eri sidosryhmille?*
3. *Miten suomalaiset sähköautoilijat suhtautuvat vehicle-to-grid- ja vehicle-to-home-teknologioihin?*

Ensimmäinen ja toinen tutkimuskysymys vastaavat siihen, miten V2G- ja V2H- teknologiat teoriassa toimivat. Kolmas tutkimuskysymys pyrkii syventämään teoreettista tietoa V2G- ja V2H- teknologiasta tuomalla empiriasta löydettyjä havaintoja käytettävyydestä, hyödyllisyydestä ja hyväksyttävyydestä.

Sähköautot ja liikenteen kehitys ovat melko taajaan tutkittuja aihepiirejä 2000-luvulla. V2G- ja V2H- teknologia on sen sijaan jäänyt suhteellisen vähälle huomiolle, vaikka teknologia on ollut olemassa käytännössä heti modernien sähköautojen yleistymisen myötä. Simolinin (2022) mukaan sähköautojen latausinfrastruktuurin eri toteutustavoista ja V2G-teknologiasta ei ole vielä riittävässä määrin tutkimusta. Simolin huomauttaakin, että käyttäjän toiminnan huomioiminen tämänkaltaisessa tutkimuksessa on tärkeää.

Olellaisena huomiona diplomityön tässä vaiheessa mainittakoon, että tällä hetkellä sähköautoihin siirtyneitä autoilijoita voidaan pitää kuvassa 1 esitettyinä innovaattoreina tai aikaisina omaksujina, sillä Suomen henkilöautokannasta 2022 kesäkuussa vain 4,5 % oli täyssähköautoja tai ladattavia hybridautoja. (Liikenne- ja viestintävirasto, 2022) Kuten kuvasta 1 nähdään, niin Rogersin (2003) mukaan ensimmäiset 2,5 % käyttäjistä kuuluvat innovaattoreihin ja seuraavat 13,5 % aikaisiin omaksujiin.



**Kuva 1.** Innovaatioiden käyttöönoton sykli. Mukaillen Rogers (2003).

Kyselytutkimuksista, joiden otanta koostuu innovaattoreista ja aikaisista adoptoijista, saatavien tulosten analysoinnista ja niistä johtopäätöksiä tehtäessä täytyy ottaa huomioon, että kyselyyn vastanneet ovat oletettavasti vahvan riskinsietokyvyn omaavia sekä kehitysvaiheessa olevien teknologioiden virheisiin ja puutteisiin tottuneita ihmisiä näkemysineen (Hyytinen, 2015).

## 1.4 Diplomityön rakenne

Diplomityö on jaoteltu teoria- ja empiriaosuuksiin. Tämän johdantoluvun jälkeen diplomityö etenee teorialukuihin.

Seuraavassa luvussa siirrytään teorialukujen kokonaisuuteen, jonka muodostavat luvut 2–5. Ensimmäisessä teorialuvussa käsitellään henkilöautokannan sähköistymistä. Luvun tarkoituksena on syventää ymmärrystä henkilöautokannan kehityksestä. Miksi henkilöautokanta sähköistyy, mitä sähköistyminen tarkoittaa ja miten henkilöautokannan on ennustettu kehittyvän. Luvussa pureudutaan myös eri latausteknologioihin ja -järjestelmiin. Luvun tarkoituksena on tuottaa lisäksi ymmärrys sähköautojen tämänhetkisestä käyttöasteesta.

Kolmannessa luvussa pureudutaan sähköautojen latausverkkoon sitä määrittelevien ja ohjailevien lakien kautta. Luvussa tarkastellaan myös latausverkostojen nykytilaa sekä tavoitteita lähitulevaisuuden osalta.

Näiden kahden luvun pohjalta siirrytään vehicle-to-grid ja vehicle-to-home teknologioita käsittelevään neljänteen lukuun. Luvussa käydään lävitse eri sähköautojen latausteknologiat ja näiden yhteensopivuus nykyisellään V2G- ja V2H- toimintaan. Lisäksi luvussa perehdytään teknologioihin diplomityön kannalta riittävällä tarkkuudella luoden mahdollisimman kattava kuva niiden hyödyistä ja haasteista eri sidosryhmien näkökulmista.

Viidennessä luvussa perehdytään uusien teknologioiden hyväksyntään vaikuttaviin tekijöihin. Luvussa keskitytään kuitenkin lähinnä teknologiseen näkökulmaan, eikä niinkään käyttäjän sosio-psykologiseen kokonaisuuteen tai sen vaikutuksiin hyväksyntään.

Teoriaosuuden jälkeen seuraa empiriaosuus, joka koostuu tutkimuksen toteutuksen kuvauksesta luvussa 6 sekä kyselystä saaduista tuloksista ja näiden analysoinnista luvussa 7. Empirian tavoitteena on tunnistaa eri sähköautojen käyttäjäryhmiä ja heidän asenteitaan V2G- ja V2H- teknologioita kohtaan. Tulokset on jaettu kohderyhmän kuvaukseen ja suhtautumiseen V2G- ja V2H-teknologioihin. Tutkimuksen toteutuksessa käydään lävitse tutkimuksen tieteellisiä ja metodologisia valintoja sekä selostetaan, kuinka tutkimus käytännössä toteutettiin. Luvussa käydään myös läpi kyselyn rakenne, tutkimusaineisto ja esitellään käytettävät analyysimenetelmät. Empirian toisessa luvussa käydään läpi ja analysoidaan kyselyn tuloksia edellä mainituin analyysimenetelmin. Empiriaosuuden jälkeen on vuorossa teorian ja empirian yhdistävä luku: täyssähköautojen akustoihin varastoidun energian toissijainen hyödyntäminen V2G- ja V2H- teknologioiden avulla.

Kahdeksannessa luvussa pyritään löytämään sekä yhdenmukaisuuksia että ristiriitoja teorian ja empiria väliltä. Luvussa muodostetaan vastaukset asetettuihin tutkimuskysymyksiin nostamalla huomioita teoriasta ja vertaamalla empirian tuloksia näihin nostoihin. Tämän luvun jälkeen seuraa viimeinen, yhteenvetoluku.

Yhdeksännessä ja viimeisessä luvussa esitetään olennaiset ja keskeiset tutkimustulokset tiivistetysti. Lisäksi luvussa pohditaan tutkimuksen toteutusta onnistumisineen ja epäonnistumisineen sekä esitetään ilmenneet jatkotutkimusehdotukset. Diplomityön lopussa on lähteet sekä liitteet.

## 2 HENKILÖAUTOKANNAN SÄHKÖISTYMINEN

### 2.1 Sähköistymisen tavoitteet

Suomen henkilöautoliikenteen kansallisen kehityksen tavoitteet pohjautuvat niin EU:n yhteisiin sopimuksiin kuin Suomen valtiollisiin suunnitelmiin. Suomen hallitus teki periaatepäätöksen tieliikenteen päästöjen puolittamisesta vuoteen 2030 mennessä sekä tieliikenteen täysin fossiilittomaksi saamisesta vuoteen 2045 mennessä vuonna 2021 (Valtioneuvosto, 2021a). Valtioneuvoston tiedotteen (2021a) mukaan hallitus jakoi periaatepäätöksensä kolmeen vaiheeseen.

Ensimmäisen vaiheen tavoitteena on fossiilisten polttoaineiden korvaaminen

- lisäämällä biokaasu ja sähköpolttoaineet jakelunelvoitteeseen
- luomalla jakeluinfratuki julkisille lataus- ja tankkausasemille
- kehittämällä latausinfratuki taloyhtiöille ja työpaikoille
- arvioimalla huoltoasemien latauspisteiden sääntelytarve
- mahdollistamalla latauspalveluiden yhteiskäyttö sekä roaming.

Lisäksi hallitus pyrkii uudistamaan Suomen autokantaa

- päivittämällä ajoneuvovalmistajia koskevan CO<sup>2</sup>-raja-arvon (hiilidioksidi) tiukemmaksi
- jatkamalla täyssähköautojen hankintatukea
- luomalla konversiotuen etanoli- ja kaasuautoiksi sekä mahdollisesti sähkökuorma-autoiksi
- pitämällä romutuspalkkiokampanjoita
- houkuttelemalla sähkö- ja kaasupakettiautojen hankintaan erilaisilla tuilla
- houkuttelemalla sähkö- ja kaasukuorma-autojen hankintaan erilaisilla tuilla
- ohjaamalla julkisen sektorin ajoneuvohankintoja vähäpäästöisempään suuntaan
- tukemalla päästöttömien ajoneuvojen ja vaihtoehtoisten käyttövoimien tutkimusta.

Tehostamalla nykyistä liikennejärjestelmää

- hyväksymällä valtakunnallisen liikennejärjestelmäsuunnitelman vuosille 2021–2032



- parantamalla kävelyn ja pyöräilyn olosuhteita sekä panostamalla näiden investointiohjelmiin
- kehittämällä joukkoliikennetukia
- tukemalla liikkuvuuden hallintaa
- lisäämällä tiekuljetuksissa käytettävien suurien ajoneuvojen osuutta
- panostamalla liikenneväylien kunnossapitoon
- hyödyntämällä logistiikan digitalisaatiota

Vaihe kaksi koostuu liikennesuoritteiden minimoinnista. Keinoina tähän on etätyöskentelyn mahdollisuuksien lisääminen, liikenteen uusien palveluiden kehitys sekä jakeluvelvoitteen nosto. (Valtioneuvosto, 2021a)

Vaihe kolme pohjautuu syyskuussa 2021 päättyneen aiempien vaiheiden arviointijakson raporttiin (Valtioneuvosto, 2021b). Raportin mukaan tavoitteisiin pääsemiseksi on tiukennettava uusien henkilöautojen hiilidioksidipäästöjen raja-arvoja. Hallitus muuttikin raja-arvoa autovalmistajien hiilidioksidipäästöihin aiemmasta 37,5 % aina 55 % vuoden 2021 tasoon verrattuna. Lisäksi 100 % raja-arvo määritettiin vuoteen 2035, mikä käytännössä estää uusien polttomootoriautojen myynnin Suomessa. Vaihtoehtoisten polttoaineiden jakeluinfrastruktuurin kehittäminen edelleen oli raportin mukaan suotavaa.

Tavoitteena vuodelle 2030 on, että liikenteessä olisi noin 700 000 sähköhenkilöautoa, 45 000 sähköpakettiautoa ja näistä vähintään puolen täyssähköisiä. Kaasu- tai sähkökuorma-autoja olisi vajaa 11 000. Kaasuautoja olisi tavoitteen mukaisesti 130 000 vuonna 2030. Merkittävää olisi myös saada ajokilometrit pidettyä vuoden 2019 tasolla. Henkilöautoilla ajettiin Suomessa vuonna 2019 yhteensä noin 40,7 miljardia kilometriä. (Autoalan tiedotuskeskus, 2021) Vuonna 2020 liikennesuoritteet laskivat kauttaaltaan läpi ajoneuvoluokkien, minkä Euroopan ympäristö järjestö epäilee johtuneen pitkälti koronapandemiasta (EEA, 2021).

## 2.2 Sähköistymisen asteet henkilöautoissa

Kempton ja Letendre (1997) määrittelivät sähköauton (EV, engl. Electric vehicle) sähkömoottorilliseksi autoiksi, joiden käyttövoima tuotetaan akustoon varastoidulla tai neste tai kaasumaisesta polttoaineesta muunnetulla sähköllä. Rautiainen (2015) määritteli sähköauton maantieajoneuvoksi, jossa on sähköinen voimansiirto ja ajoneuvossa itsessään oleva sähkövarasto, joka voidaan ladata ajoneuvon ulkopuolisesta energialähteestä. Määritelmä ei siis ole käytännössä muuttunut teknologian kehittyessä.

Sähköautot voidaan jakaa useisiin eri alakategorioihin riippuen niiden lautastavoista. Benajes & et al. (2020) mukaan sähköistymisen asteet henkilöautoissa voidaan jaotella sähköautoteknologioiden avulla neljään ryhmään:

- täyssähköauto (BEV, engl. Battery Electric Vehicle),
- plug-in-hybridiauto (PHEV, engl. Plug-in Hybrid Electric Vehicle),
- täyshybridiauto (FHEV, engl. Full Hybrid Electric Vehicle) sekä
- kevythybridiauto (MHEV, engl. Mild Hybrid Electric Vehicle).

Rautiainen (2015) huomauttaa, että sähköautoihin liittyvä terminologia on hyvin eläväinen kirjallisuudessa ja tiedotusvälineissä. Kirjallisuudessa sähköautoihinkin voidaan viitata muun muassa lyhenteillä EV, BEV ja FEV (engl. Full Electric Vehicle). Tässä diplomityössä termi sähköauto määritellään mukailien Rautiaisen määritelmää seuraavasti:

*Sähköauto on henkilöauto, jossa on sähköinen voimansiirto ja ajoneuvossa itsessään oleva sähkövarasto, joka voidaan ladata ajoneuvon ulkopuolisesta energialähteestä.*

Kempton & Tomic (2005) toteavat, että V2G-toiminnan kannalta merkityksellisiä ovat täyssähköautot, plug-in-hybridiautot sekä polttokennoautot. Kaikki ovat siis sähköautoja, sillä ne käyttävät sähkömoottoria tuottamaan mekaanisen käyttövoiman joko kokonaan tai osittain. Täyssähkö- ja hybridiautojen olennainen ero polttokennoautoihin on, että niissä energia on varastoitu sähkökemiallisessa muodossa, mikä mahdollistaa sen luovuttamisen ja uudelleen lataamisen suoraan sähköverkosta (Motiva, 2020). Perinteisissä täys- ja kevythybridiautoissa on paljon suurempi mekaaninen kuin sähköinen käyttövoima (noin 75–25 %), pienet akut (1–2 kWh) ja ei sähköliitäntää verkkoon. Tämä yhdistelmä tekee nykyisin yleisimmistä täys- ja kevythybridiautoista epäkäytännöllisiä V2G-käyttöön. Plug-in hybrideissä on kaksi tärkeää lisäystä: suurempi akusto ja sähköpistoke latausta varten. Yleensä suurempi akusto (6 kWh tai enemmän) mahdollistaa täyssähkökäytön vähintään 25 kilometrin matkan, minkä etuina ovat alhaisemmat polttoainekustannukset, kätevä tankkaaminen kotona ja paikallispäästöjä ei synny sähkömoottorin voimalla liikuttaessa. (Kempton & Tomic, 2005) Plug-in hybridit ovat siten soveltuvia V2G-käyttöön, mutta niidenkin suhteellisen pieni akuston varauskapasiteetti rajoittaa niiden mahdollisuuksia V2G-järjestelmien kehityksen tukena.

Tässä diplomityössä keskitytään täyssähköautoihin. Rajaus on tehty aiemmin mainituista syistä: täyssähköautojen akustojen koot ovat useimmiten riittävät akuston toissijaiseen hyödyntämiseen toisin kuin plug-in-hybridin-, kevythybridin- tai täyshybridiautoissa.

Toisaalta polttokennoautojen ongelmana on niiden uudelleen lataamisen tai tankkaamisen mahdottomuus suoraan sähköverkosta. Jatkossa puhuttaessa sähköautoista tarkoitetaan täyssähköautoja.

Sähköautoteollisuutta voidaan pitää autoteollisuuden kultaryntäyksenä. Akkuteknologian kehitys on tässä kisassa avainasemassa. Nykyisen autokannan muuntuminen sähköautoihin tapahtuu jopa nopeammin kuin ennusteet uskalsivat olettaa. (Sharma J. , 2022) Sähköautoissa on perinteisesti käytetty nikkelimetallihybridi-akustoja, jotka tosin ovat jo harvinaisempia uudemmissa sähköautoissa (Kempton & Tomic, 2005; Yhdysvaltain energiaministeriö, 2023). Litiumioni-akustot ovat tällä hetkellä yleisimpiä akustotyyppisiä sähköautoissa suuren energiatiheytensä, suhteellisen kevyen painonsa sekä suuren lataussyklikestävyuden vuoksi (Sharma J. , 2022; Yhdysvaltain energiaministeriö, 2023). Litium-rautafosfaattiakustot ovat toinen erittäin suosittu akkukemiallinen ratkaisu sähköautoissa kustannustehokkuutensa ja turvallisuutensa vuoksi (Wang, ym., 2022; Abuelsamid, 2023). Kiinteän elektrolyytin akustoja (engl. solid-state battery) pidetään yhtenä lupaavimmista tulevaisuuden akustoteknologioista sähköautoille niiden erittäin suuren energiatiheuden sekä latausnopeuden vuoksi (Ympäristöministeriö, 2014; Sakamoto; Mizuno; & Ong, 2018; NASDAQ OMX, 2023).

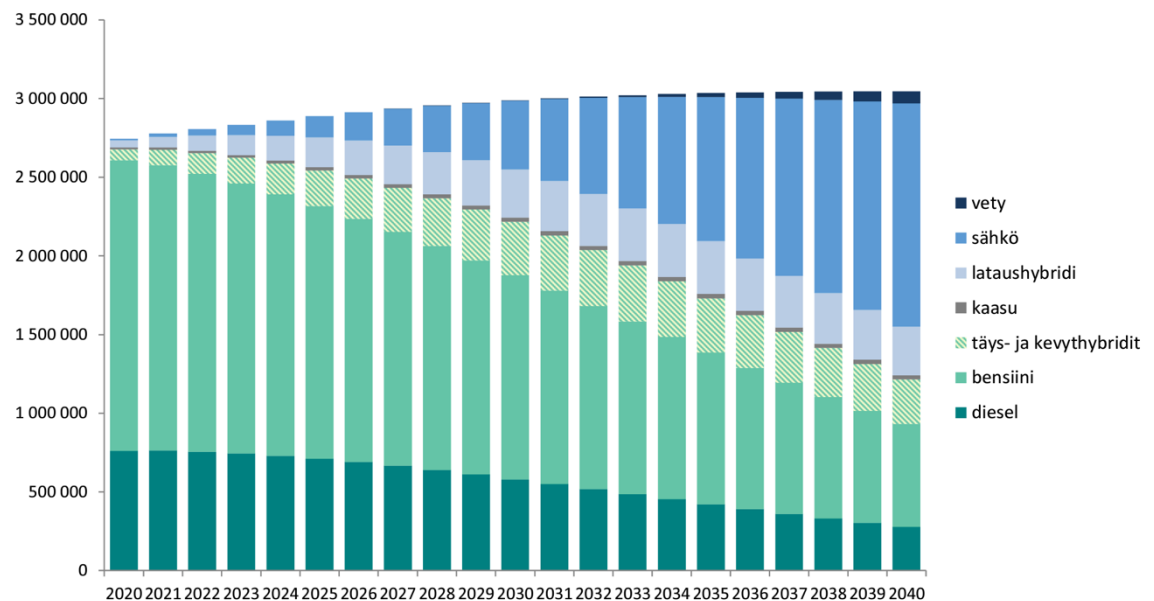
Tässä diplomityössä keskitytään täyssähköautoihin. Rajaus on tehty aiemmin mainituista syistä: täyssähköautojen akustojen koot ovat useimmiten riittävät akuston toissijaiseen hyödyntämiseen toisin kuin plug-in-hybridi-, kevythybridi- tai täshybridiautoissa. Polttokennoautojen ongelmana puolestaan on niiden uudelleen lataamisen mahdottomuus suoraan sähköverkosta. Teoriassa täyssähköautoista on syvennytty litiumioni-akustollisiin täyssähköautoihin, sillä ne ovat tällä hetkellä yleisimpiä liikennekäytössä olevien sähköautojen akustotyyppisiä ja siten relevantimpia vertailtavuudeltaan empirian kanssa. Jatkossa puhuttaessa sähköautoista tarkoitetaan täyssähköautoja.

### **2.3 Sähköautojen markkinaosuuksien kehitys**

Autoalan tiedotuskeskus on tehnyt 2000-luvulla käyttövoimaennusteita uusien käyttövoimien yleistymisen myötä. Ennusteiden epävarmuustekijöinä mainitaan erityisesti uusien teknologioiden hintakehitys ja sähköautojen latausverkoston rakentuminen. Ennusteisiin vaikuttaa myös kansallinen ja kansainvälinen lainsäädäntö sekä erilaiset ohjaustoimet, kuten sähköautojen hankintakannustimet. (Autoalan Tiedotuskeskus, 2022) Autonomistamiseen ja -käyttöön vaikuttavia tekijöitä on lukuisia. Tyypillisesti sosiodemografiset taustamuuttajat nostetaan esille tutkimuksissa, joissa tutkitaan autonomistuksen muutosta. Burgess (2018) määrittelee sosiodemografisiksi tekijöiksi muun muassa sukupuoli-

len, iän, koulutustason, ammatin, yleisen terveydentilan, sosioekonomisen aseman, työllisyystilanteen, vapaa-ajan harrastukset sekä poliittisen suuntauksen. Ewing & Cervero (2010) puolestaan toteavat, että rakennettu ympäristö vaikuttaa olennaisesti autonomistukseen ja -käyttöön. Autoilun kokonaiskulut ovat myös merkittävä tekijä, joka vaikuttaa autonomistukseen ja -käyttöön, kuten de Jong et. al tutkimuksessaan (2009) toteavat.

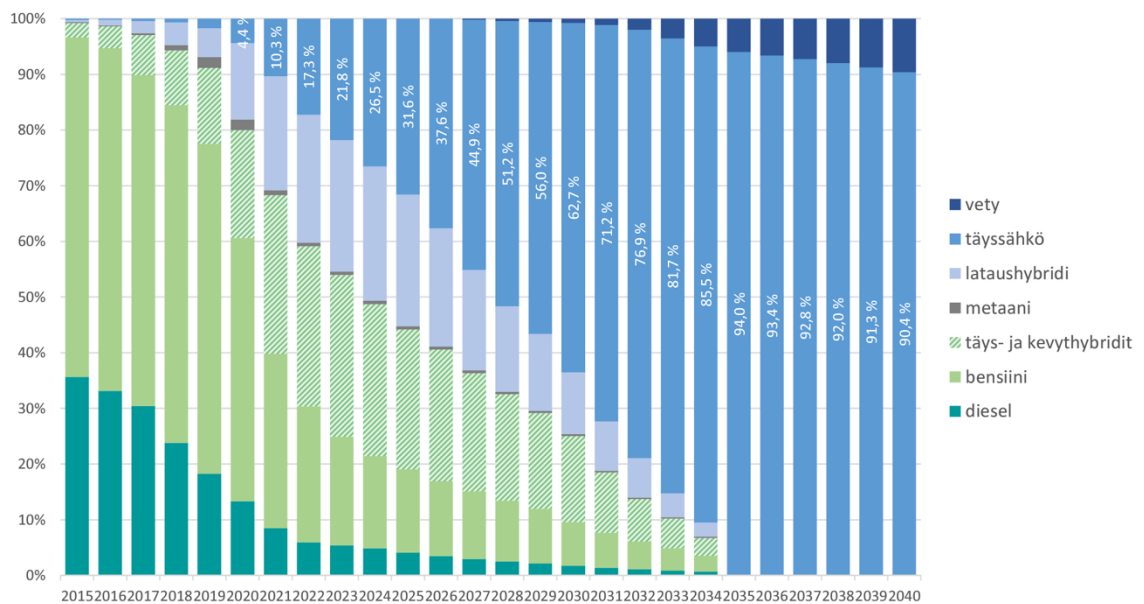
Tilastokeskuksen (2023a) mukaan vuoden 2022 lopussa liikennekäytössä oli 2 766 277 henkilöautoa. Liikennekäytössä olevan henkilöautokannan on ennustettu kasvavan vuoteen 2030 mennessä 2 992 700 ja vuoteen 2040 mennessä 3 045 600 henkilöautoon (Autoalan Tiedotuskeskus, 2022).



**Kuva 2.** Henkilöautokannan kehitysennuste käyttövoimittain vuosina 2020–2040 (Autoalan Tiedotuskeskus, 2022).

Yllä olevassa kuvassa 2 on esitetty henkilöautokannan ennusteen kehitys käyttövoimittain vuoteen 2040 asti. Merkittävimmät huomiot ennusteesta ovat käyttövoimana bensiinin osuuden romahtaminen noin kolmasosaan nykyisestä lähes 1 800 000 henkilöautosta, dieselin vastaava romahdus noin 750 000 henkilöautosta vajaan 300 000 henkilöautoon sekä sähköön osuuden moninkertaistuminen reilusta 20 000 jopa 1 400 000 henkilöautoon. Täys- ja kevythybridiautojen sekä kaasuautojen osuuksien ennustetaan kasvavan hieman, mutta lukumäärillisesti ne edustavat selkeää vähemmistöä seuraavan kahden kymmenen vuoden ajan. Lataushybridit puolestaan kasvattavat osuuttaan 2030-luvun puoliväliin saakka, mutta sen jälkeen niiden määrän kehityksen ennustetaan kääntyvän hitaaseen laskuun. Vedyn osuus käyttövoimajakaumasta on ennusteen mukaan marginaalinen, mutta vuodesta 2035 alkaen liikenteessä voidaan nähdä muutamia tuhansia vedyllä liikkuvia henkilöautoja.

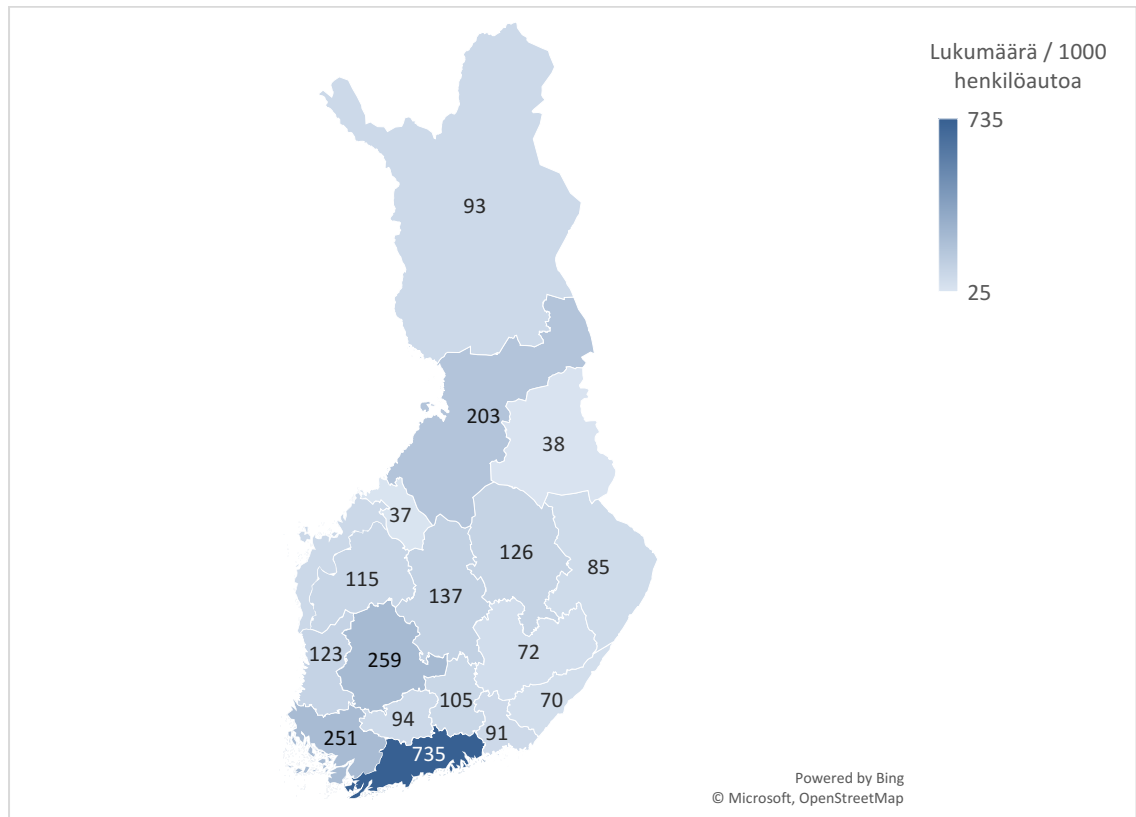
Autoalan tiedotuskeskuksen ennusteen (2022) mukaan henkilöautojen ensirekisteröinnit tulevat polttomoottori- sekä hybridautojen osalta supistumaan pois vuoteen 2035 mennessä. Euroopan parlamentti päätti talvella 2023 henkilö- ja pakettiautojen CO<sup>2</sup>-päästöjen nollatoleranssista vuodesta 2035 alkaen (2023). Käytännössä tämä tarkoittaa uusien autojen myyntikieltoa Euroopan Unionissa. Autoalan tiedotuskeskuksen ennusteissa uskottiin nyt jo toteutuneeseen uusien polttomoottorikäyttöisten henkilöautojen kiellon voimaan astumiseen, joten sinällään se on edelleen validi. Vuoden 2035 jälkeen uusia polttomoottorikäyttöisiä henkilö- ja pakettiautoja ei saa myydä Euroopan unionissa.



**Kuva 3.** Henkilöautojen ensirekisteröintiennuste käyttövoimittain vuosina 2015–2040 (Autoalan Tiedotuskeskus, 2022).

Kuvassa 3 on esitetty ennuste ensirekisteröitävien henkilöautojen käyttövoimista vuoteen 2040 asti. Diesel- ja bensiiniautojen ensirekisteröinnit ovat alkaneet tippumaan vuodesta 2015 alkaen. Vuoteen 2020 asti diesel- ja bensiiniautojen ensirekisteröintien väheneminen on ollut kiihtyvää, mutta siitä eteenpäin ensirekisteröintien määrän ennustetaan laskevan tasaisesti. 2020-luku on lataus-, täys- ja kevythybridien vuosikymmen, mutta vuotta 2035 lähestyttäessä niidenkin ensirekisteröinnit vähentyvät. Täyssähköautojen osuus ensirekisteröinneistä puolestaan lähtee räjähdysmäiseen kasvuun 2020-luvulla ja saavuttaa prosentuaalisen lakipisteensä ensirekisteröinneistä vuonna 2035. 2036 alkaen vedyn uskotaan alkavan syömään täyssähköautojen markkinaosuutta hiljalleen kasvaen noin 10 % vuoteen 2040 mennessä. On kuitenkin muistettava, että myös uusia polttoaineita voi ilmestyä markkinoille.

Henkilöautokannan maantieteellinen painottuminen on esitetty seuraavassa kuvassa 4.



**Kuva 4.** Henkilöautokannan maantieteellinen painottuminen vuonna 2022. Mukailten Tilastokeskus (2023).

Kuvasta 4 nähdään, että henkilöautokanta on painottunut hyvin vahvasti niin kutsutun kasvukolmioon eli Helsinki-Tampere-Turku-kolmioon. Ei voida kuitenkaan sanoa, etteikö muuallakin Suomessa olisi merkittävät määrät liikennekäytössä olevia henkilöautoja. Tulevaisuudessa autokannan ennusteiden toteutuessa voidaan olettaa sähköautokannan seuraavan tätä maantieteellistä painottumista, jolloin myös latausasemaverkoston kehityksen tulisi tavoitella tätä painottumista.

Ennusteiden tarkkuuteen vaikuttaa monia taustatekijöitä, kuten aiemmin todettiin. Lapp et al (2018) mukaan Suomen liikenteen ennusteisiin liittyviä epävarmuustekijöitä ovat esimerkiksi Suomen bruttokansantuotteen kehitys, kansalliset ja kansainväliset poliittiset ohjaukset, liikenteen palvelullistuminen sekä yhdyskuntarakenteen kehittyminen ja lankulkuun ja pyöräilyyn kannustavaksi. Jokiranta (2014) puolestaan toteaa ennusteiden epävarmuustekijöiksi maankäytön toteumat, ihmisten liikkumistottumusten muutokset sekä talouden kehityksen. Ennusteiden epävarmuudesta puhuttaessa ei voi unohtaa 2022 kevät talvella alkanut Venäjän hyökkäyssota Ukrainan vastaan, mikä Kostiaisen (2022) mukaan on vaikuttanut merkittävästi yleiseen epävarmuuteen. Tästä seurannut kuluttajien ostovoiman heikentyminen sekä kulutuksen supistuminen heijastuu luonnollisesti uusien ja käytettyjen autojen markkinoihin. Toisaalta litiumioniakkujen 6,7-kertainen

hinnanlasku maailmanlaajuisesti viimeisen vuosikymmenen aikana on yksi merkittävimmistä sähköautojen yleistymiseen vaikuttavista tekijöistä. Akustojen hintojen odotetaan edelleen laskevan alle puoleen nykyisestä vuosien 2020 ja 2030 välillä. (Sharma J. , 2022) Kuluttajahintojen laskun edellytyksenä on kilpailu markkinoilla. Tästä hyvänä esimerkkinä on ollut hintakilpailu, jonka Tesla aloitti pystyessään laskemaan entisestään sähköautojensa hintoja (Herlin, 2023).

Suomen henkilöautomarkkinat ovat hyvin ominaislaatuiset verrattuna moniin muihin markkina-alueisiin. Tämä johtuu käytännössä siitä, että uusien autojen hankintahinta on verotuksen takia verrattain korkea (Autotuojat ja -teollisuus ry, 2023). Toisaalta Suomeen saa tuoda käytettynä lähes minkä tahansa auton, toisin kuin esimerkiksi Yhdysvaltoihin, joissa on hyvin tarkat maahantuontilait ajoneuvojen osalta (U.S.Customs and Border Protection, 2023). Näiden seurauksena Suomen autokanta on hyvin omintakeinen. Sähköautojen osalta tilanne on kuitenkin hieman eri, sillä sähköautojen verotus on ollut matalaa ja nykyisin autovero niiden osalta on poistettu täysin vuodesta 2022 alkaen (Verohallinto, 2023). Näin ollen uusien sähköautojen osalta myös Suomi on potentiaalisempi markkina-alue verrattuna polttomoottoriautoihin.

Sähköautojen yleistymisen edellytyksenä on kuitenkin niiden latausinfrastruktuurin olemassaolo. Tähän perehdytään seuraavassa luvussa.

## **2.4 Sähköautojen latausteknologiat ja -järjestelmät**

Täyssähköautojen akustoja voidaan ladata vaihto- tai tasavirtalatauksella. AC-lataus (engl. Alternating Current, vaihtovirta) tapahtuu käyttämällä täyssähköauton sisäistä AC/DC-virtamuunninta (engl. Direct Current, tasavirta) käyttäen yksivaiheista tai kolmi-vaiheista AC-liitäntää. Tasavirtalataus puolestaan onnistuu suoraan auton akustoon. (Mouli;Kaptein;Bauer;& Zeman, 2016) Kansainväliset järjestöt ovat työskennelleet jo vuosia saadakseen valmiiksi täyssähköautojen suurteholatauksia koskevat liitäntästandardinsa. Eurooppalaiset täyssähköautovalmistajat ovat valmistaneet sähköautoja, jotka on varustettu suuritehoisten vaihtovirtalähteiden kanssa yhteensopivilla latureilla. Japanilainen elektroniikkayhtiö TEPCO puolestaan lanseerasi vakiomallista japanilaisen pistorasian tasavirtaliitäntää varten kehitetyn pistokkeen eli CHAdeMO:n (rans. Charge de Move, latausstandardi). CHAdeMOa käytetään siten suurimmassa osassa aasialaisia sekä myös osassa eurooppalaisia ja amerikkalaisia sähköautoja. (Jaman, ym., 2022) Suomen markkinoilla on käytössä neljä erilaista latauspistoketyyppiä (Motiva, 2018). Lisäksi esimerkiksi Aasian ja Amerikan markkinoilla on toiset neljä järjestelmää, jotka eivät luonnollisestikaan ole ainakaan ilman adapteria yhteensopivia eurooppalaisten järjestelmien kanssa (Versinetic, 2021).

Jaman et al. (2022) listaavat seuraavat lataustapojen edut.

DC-latauksen edut:

- DC-laturit ovat nopeampia kuin AC-laturit.
- Kaikki tarvittavat tehomuunnokset (AC/DC ja/tai DC/DC) tapahtuvat auton ulkopuolella. Latausvirta menee suoraan tasavirtalaturista auton akustoon kulke-matta auton oman tehomuuntimien kautta.
- Tasavirtalatauksella sähköauto voidaan ladata nopeasti pitkien matkojen aikana.
- Korkeajännitteiset AC-järjestelmät ovat huolto- ja korjaustöiden kannalta vaaral-lisempia kuin DC-järjestelmät.

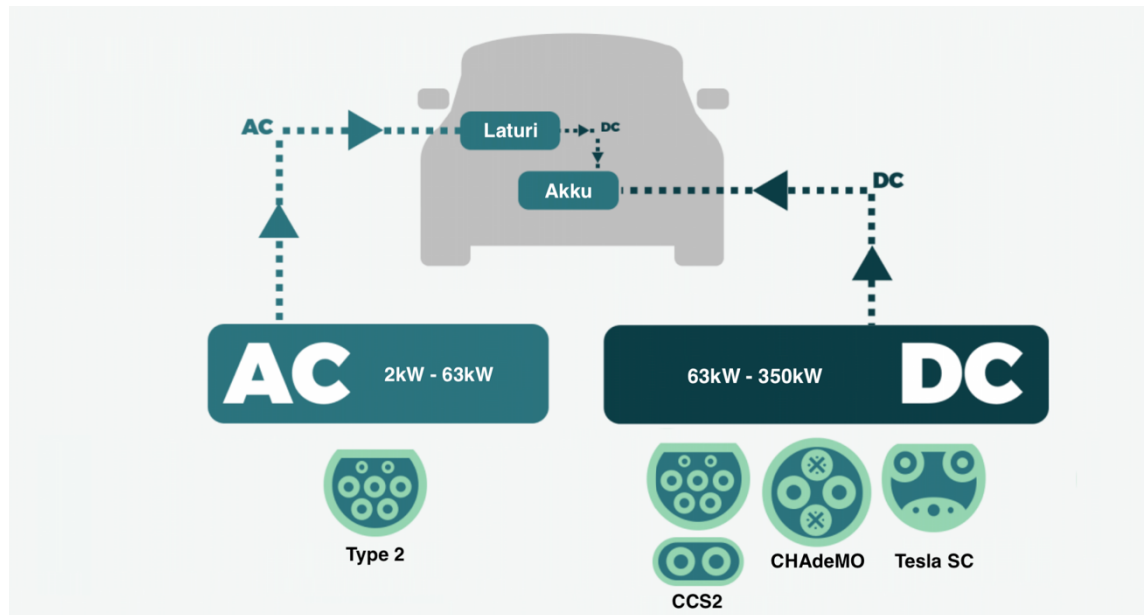
AC-latauksen edut:

- AC-latausaseman asentaminen on edullisempaa.
- Useimmat pysäköintipaikat, joihin auto pysäköidään pidemmäksi aikaa, ovat ihanteellisia AC-latausasemalle.
- Kun latausvirran suuruus ei ole vakio, voidaan kelalla tasoittaa sähkövirtaa aiheuttamatta merkittäviä energiahäviöitä.
- AC-latausasemille voidaan toimittaa virtaa suuremmilla jännitteillä ja pidemmällä etäisyyksillä, sillä linjahäviöt ovat pienemmät verrattuna DC-siirtoon.

Yksinkertaisimmillaan, ja kuluttajalle tutuimmillaan, vaihtovirtalataus tapahtuu suojakosketinpistorasiasta, jota kutsutaan myös nimellä suko (engl. schuko). Käytännössä tällaisia pistorasioita ovat kaikki normaalit pistorasiat maasta riippumatta. Suko-rasian kautta onnistuu myös teoriassa V2G-tai V2H-lataaminen tarvittavien latausyksiköiden avustuksella (Twike, 2022; Sono Motors, 2023). Vaikka sähköauton lataaminen suko-rasiasta kuulostaa houkuttelevalta sen yksinkertaisuuden vuoksi, se ei ole suositeltavaa. Suko-rasioita ei ole suunniteltu pitkäaikaiseen kuormittavaan sähkönvälitykseen, minkä takia asennustapa voi myös olla puutteellinen tähän tarkoitukseen. Lisäksi suko-rasiat voivat olla useita vuosia vanhoja, jolloin niiden liittimet voivat olla kuluneet, hapettuneet tai muuten viallisia. (Motiva, 2018) Tämän vuoksi suko-latausta ei käsitellä tässä diplomityössä tarkemmin. Tyypillisiä latauspistokestandardeja sähköautoissa ovat Type 1, Type 2, GB/T (AC), CCS1 (Combo Charging System Type 1), CCS2 Combo Charging System Type 2, CHAdeMO, GB/T (DC) sekä Teslan Supercharger. (Virta, 2019; Versinetic, 2021) EU-direktiivin 2014/94/EU (Euroopan unioni, 2014) sekä lain liikenteessä käytettävien vaihtoehtoisten polttoaineiden jakelusta (Oikeusministeriö, 2017) mukaan kaikilla sähköautojen latausasemilla tulee olla vähintäänkin Type 2 -laturi. Alla olevassa kuvassa



5 on tällä hetkellä Suomessa yleisessä käytössä olevien latauspistokkeiden poikkileikkaukset ryhmiteltyinä tasavirta- ja vaihtovirtajärjestelmien mukaan (Mouli;Kaptein;Bauer;& Zeman, 2016; Motiva, 2018).



**Kuva 5.** Yleisimmät Suomessa käytettävät latauspistoketyypit sekä niiden luokittelu vaihto- ja tasavirran mukaan. Mukailten Versinetic (2021).

Kuten yllä olevasta kuvasta 5 nähdään Suomessa käytössä olevia pistoketyyppejä ovat vaihtovirralla toimiva Type 2 sekä tasavirralla toimivat CCS2, CHAdeMO ja Tesla Supercharger. Vaihtovirralla tapahtuva lataus toimii ajoneuvon omalla laturilla, minkä vuoksi tyypillinen latausteho on verrattain matala. Tasavirralla tapahtuva lataus hyödyntää ulkoista, tyypillisesti latausaseman kiinteästi sähköverkkoon kytkettyä laturia, jolloin latausteho voi olla merkittäväsi suurempi. (Plugit, 2021) Näiden latausstandardien ominaisuuksia käydään alla tarkemmin lävitse.

Type 2 -standardin mukainen laturi on tyypillinen ja DC-latausjärjestelmiin verrattuna melko yksinkertaista latausteknologia hyödyntävä latausjärjestelmä. Se on vakiinnuttanut asemansa latausstandardina, joka kaikilta EU:ssa olevilta latausasemilta täytyy löytyä (Euroopan unioni, 2014). Type 2 -laturilla tapahtuvaa latausta kutsutaan peruslataukseksi tai keskinopeaksi lataukseksi. Sen avulla saadaan aiemmin mainittuun sukolaatukseen verrattuna moninkertainen latausteho, mikä on riittävä nykyakuteknologialla varustettujen täyssähköautojen lataamisen lähes tyhjästä yli 80 % varaustasoon noin 8 tunnissa eli yön aikana. Type 2 -laturin vahvuutena voidaan pitää sen yleisyyttä; kaikilla latausasemilla lataaminen onnistuu tällä pistokkeella. Type 2 -latauspisteen käyttö ei myöskään edellytä rekisteröitymistä tai minkäänlaisen jäsenyyden omistamista, vaan latauslaitteet ovat kaikkien käytettävissä, kuten perinteiset polttoainepumputkin (Euroopan

unioni, 2014). Type 2 -standardin latauslaite pystyy myös tunnistamaan, onko käytettävä latausjohto ehjä ja onko ajoneuvo kytketty johdon toiseen päähän. Type 2 -laturi ei välitä virtaa ennen kuin nämä kaksi ehtoa ovat täyttyneet. (Virta, 2019) Lisäksi Type 2 -standardoinnilla voidaan nähdä kestävä kehityksen näkökulmasta monia hyötyjä tulevaisuudessa. Toisaalta Type 2- latausjärjestelmän ollessa standardoitu ei nykymarkkinoilla ole paikkaa vaihtoehdoisille vaihtovirtalatausjärjestelmille, jolloin vaihtovirtalatausjärjestelmien kehitys voi hidastua. Nykyisellään Type 2-latausstandardi mahdollistaa latauksen teoreettisella 63kW teholla (Virta, 2019). Yli 22kW latausteho vaatii kolmivaihevirran, mutta yksivaihevirtakin mahdollistaa lataamisen 7,4kW teholla (Mouli;Kaptein;Bauer;& Zeman, 2016). Tällä hetkellä latausteho on kuitenkin muun muassa Suomessa rajoitettu 22kW (Virta, 2019). Huomionarvoista on kuitenkin, että tällä hetkellä tyypillinen sähköauto ei kykene lataamaan likimainkaan mainitulla 22kW teholla. Simolin et al. tekemän tutkimuksen (Simolin, ym., 2021) mukaan julkisella latausasemalla tapahtuneissa latauksissa huipputeho jäi 0–4.5 kW välille 79,4 %, 4.5–10 kW välille 8,1 %, 10–15 kW välille 9,0 % ja 15–25 kW välille 3,5 % lataajista. Tätä diplomityötä tehtäessä Type 2 -latausjärjestelmä ei vielä ole V2G- ja V2H-yhteensopiva. V2G- ja V2H-latauksen pääasiallisena esteenä Type 2 -latausjärjestelmän kautta on viestintäprotokolla CP:n (engl. control pilot, kontrolliluotsi) kautta, PP:llä (engl. proximity pilot, läheisyysluotsi) ei ole keinoa V2G- tai V2H-latauksen käynnistämiseen AC-latauksessa. V2G- ja V2H-latauksessa laturi toimii hallitsijana ja pyytää EV:tä purkamaan tarvittavan määrän virtaa. Nykyisessä AC-latausprotokollassa EV on hallitsija ja siten V2G- tai V2H-latausta ei voi aktivoida. (Mouli;Kaptein;Bauer;& Zeman, 2016) PP kertoo latauslaitteistolle pistorasiin kytketyn kaapelin tyypin – eri kaapelit kykenevät välittämään erisuuruisia sähkövirtoja. CP mahdollistaa kaksisuuntaisen viestinnän sähköauton ja latausjärjestelmän välillä. (Versinetic, 2021)

Combined Charging System – eli CCS-pikalatausstandardi on perinteisesti saksalaisten ajoneuvovalmistajien ajoneuvoissaan suosima tasavirralla toimiva pikalatausstandardi (Virta, 2019; Plugit, 2021). Jaman et al. (2022) mukaan tämän latausstandardin päätaivoitteena on mahdollistaa täyssähköauton lataaminen sekä vaihtovirralla (peruslataus) että tasavirralla (pikalataus). CCS-standardista on olemassa kaksi versiota, CCS1 ja CCS2, joista läpi käytävä CCS2 on yleisesti EU:n alueella käytössä oleva standardi. CCS1 puolestaan on vakiinnuttanut asemansa Pohjois-Amerikassa. Kuten latausjärjestelmän nimikin viittaa, niin kyseessä on siis yhdistelmälatausjärjestelmä, joka mahdollistaa auton lataamisen joko vaihtovirralla hyödyntämällä pistokkeen yläpuolen liittimiä tai tasavirralla käyttäen pistokkeen alapuolen liittimiä. (Versinetic, 2021; Jaman, ym., 2022)

Kuten kuvasta 5 huomataan, niin CCS2-pistoke koostuu siis periaatteessa Type 2 -pistokkeesta yhdistettynä tasavirtapistokkeeseen. Riippuen käytettävissä olevasta jännitteestä ja virrasta CCS-laturilla lataaminen onnistuu jopa teoreettisella 350 kW maksimiteholla (Mouli;Kaptein;Bauer;& Zeman, 2016; Versinetic, 2021).

CHAdeMO-latausstandardi on aasialaiskehitteinen tasavirtainen latausstandardi (CHAdeMO Association, 2021). CHAdeMO-latausstandardi mahdollistaa 63 kW teoreettisen lataustehon. Suomessa CHAdeMO-järjestelmät tukevat 63 kW lataustehoa, mutta kaikkialla näin ei kuitenkaan ole, vaan CHAdeMO voi olla rajoitettu myös 50 kW lataustehoo. (Virta, 2019; CHAdeMO Association, 2021; Versinetic, 2021) CHAdeMO-latausstandardi on myös maailman yleisin käytössä oleva pikalatausstandardi 32100 latauspisteen ansiosta. Euroopassa CHAdeMO-latauspisteitä on 14400 ja Suomessa 287 kappaletta. (CHAdeMO Association, 2021) CHAdeMOn maksimaalinen latausteho on kuitenkin CCS alhaisempi jääden 62,5 kW maksimaaliseen lataustehoon (Mouli;Kaptein;Bauer;& Zeman, 2016).

Tesla Supercharger on yhdysvaltalaisen sähköautopioneerin versio pikalatausjärjestelmästä, jonka maailmanlaajuinen verkosto on häkellyttävän kattava ottaen huomioon, että se on alun perin ollut yhteensopiva vain ja ainoastaan Teslan omien ajoneuvojen kanssa (Versinetic, 2021). Nykyään Supercharger-latauspisteet ovat myös muiden merkkien käytettävissä adapterilla. Tesla Supercharger -latauspisteitä on maailmassa yli 30 000 kappaletta (Tesla, 2023a) eli niiden vapautuminen yleiseen käyttöön on merkittävä parannus latausinfrastruktuuriin. Tesla Superchargerin merkittävin ero CHAdeMO-latausstandardiin on se, että Tesla ei jaottele latausjärjestelmiään tasa- ja vaihtovirtajärjestelmiin. Riippumatta siitä, tapahtuuko lataus tasa- tai vaihtovirralla, lataukseen käytetään samaa pistoketta sekä piuhaa. Ainoat erot Teslan järjestelmissä ovat yleiseen sähköverkkoon liittyvät ja Yhdysvalloissa onkin käytössä Supercharger Type 1 ja Euroopassa Supercharger Type 2. Tosin uusimmat Teslan mallit ovat siirtymässä myös kotimarkkinoillaan Yhdysvalloissa Supercharger Type 2 järjestelmään. (Versinetic, 2021) Uusimpien V3 ja V4 Superchargerien huipputeho yltää 250 kW (Tesla, 2023a).

CCS:n, CHAdeMOn ja Superchargerin V2G- ja V2H-yhteensopivuudet sekä -latausprotokollat käydään tarkemmin lävitse luvussa 4.2. V2G- ja V2H-latausprotokollat.

## 2.5 Sähköautojen käyttöaste

Yhdysvaltalaisen tutkimuksen mukaan yli 90 % ajasta sähköautot ovat päivittäin pysäköitynä (Kempton W. ;Tomic;Letendre;Brooks;& Lipman T, 2001). Englantilaisessa tutkimuksessa päädyttiin vielä suurempiin lukuihin. Tutkimuksen mukaan keskimääräinen auto on pysäköitynä kotona 80,0 % ajasta ja muualla 16,5 % ajasta eli yhteensä 96,5 % ajasta auto on pysäköitynä (Bates & Leibling, 2012). Kokkonen arvio yhteiskäyttöautojen potentiaalia määrittäessään, että Suomessa henkilöautot seisovat yli 90 % ajasta (2021). Suomalaista käyttöastetutkimusta ei löydetty tätä tutkimusta tehtäessä.

Tämä kiinnostava tieto voidaan kuitenkin johtaa muutamaa Tilastokeskuksen ylläpitämää tilastointia hyödyntämällä. Suomessa oli liikennekäytössä vuoden 2022 lopussa 2 740 393 henkilöautoa käyttövoimaan katsomatta (Tilastokeskus, 2023b) Henkilöliikennesuorite henkilöautojen osalta oli 38 385 000 000 km vuonna 2022 (Tilastokeskus, 2023c). Keskimääräinen ajosuorite henkilöautoilla oli siten noin 14 000 km. Päivittäinen ajosuorite henkilöautoilla oli keskimäärin noin 38 km/hlö/vrk. Keskimääräisen matka-ajan määrittäminen on hankalampaa, sillä tätä tilastoa ei ylläpidetä vuosittain. Vuoden 2022 henkilöliikennetutkimuksen perusteella vuorokausikohtainen henkilöliikenteen kokonaismatka-aika oli 68,0 min/hlö/vrk. Keskimääräinen henkilöliikenteen vuorokausikohtainen matkasuorite puolestaan oli 34,2 km/hlö/vrk. (Liikenne- ja viestintävirasto, 2023) Voidaan olettaa, että näiden suhde on lähes vakio, sillä merkittäviä henkilöautojen tai jalankulkijoiden keskinopeuteen vaikuttavia tieliikennelain tai infrastruktuurillisia muutoksia ei ole toteutunut. Vuonna 2022 keskimääräinen henkilöautoliikenteen vuorokausikohtainen kokonaismatka-aika on siis ollut noin 76 min/hlö/vrk. Henkilöautot ovat siis keskimäärin noin 95 % ajasta pysäköitynä vuorokausittain. Sähköautojen osalta tähän aikaan sisältyy latausajat. Simolinin väitöskirjassa päädyttiin vastaavaan arvioon. Hänen mukaansa autot olisivat jopa 96,4 % ajasta käyttämättöminä ja ne olisivat ajossa vain 3,6 % ajasta. (Simolin, 2022) Olennaista onkin määrittää, kuinka suuri osa tuosta ajasta kuluu varsinaiseen lataukseen ja kuinka paljon ajassa on ns. joutoaikaa.

Keskimääräisen täyssähköauton käyttökelpoisen akuston varauskapasiteetti 69 kWh ja kantama on 358 km, jolloin kulutus on keskimäärin 195 Wh/km (Electric Vehicle Database, 2023b; Electric Vehicle Database, 2023c). Tällöin keskimääräisen vuorokausikohtaisen matkasuoritteeseen, 41 km, kuluu keskimäärin 8,0 kWh. Olettaen, että sähköauto ladattaisiin keskimäärin kerran vuorokaudessa Type 2-laturilla ja auton sisäinen laturi tukisi vain 11 kW latausta, lataukseen menisi teoreettisesti noin 43 minuuttia. Käytännössä kuitenkin latausteho harvoin on teoreettinen maksimi varsinkaan lähestyttäessä akuston täyttä varaustasoa, jolloin lataustehoa pienennetään ylilatauksen välttä-

miseksi. Sähköautojen latauksen kuormantasauksen tutkimuksen mukaan latausteho hidastuu ylitettäessä noin 50 % varaustason mukaillen eksponentiaalisesti pienentyvää funktiota (Aziz, 2016). Tutkimuksessa lataustestit suoritettiin 50 kW laturilla. Kustopoulouksen et al. tekemän sähköautojen optimaalisen lataamisen tutkimuksen (2020) perusteella latausteho pysyy vakiona noin 90 % varaustasoon asti, jonka jälkeen latausteho laskee mukaillen eksponentiaalista pienentyvää funktiota. Tutkimuksessa lataustestit suoritettiin 11 kW laturilla. Tutkimuksessa tutkittiin BMW i3 -täyssähköautoa, jota voidaan pitää 27,2 kWh käytettävän akustonsa suhteen keskimääräistä pienempänä sähköautona (Kustopoulos;Spyropoulos;& Kaldellis, 2020; Electric Vehicle Database, 2023b). Puolestaan Simolinin mittauksissa (2022) latausteho heikkeni vasta yli 97 % varaustasolla. Työn rajaukseen nojaten hyväksytään, että lataustehoon vaikuttaa monet tekijät, kuten auton merkki ja malli, akuston varaustaso sekä lämpötila. Tutkitun BMW i3:n 10 % käyttökelpoinen varauskapasiteetti vastaa siis noin 2,7 kWh varausta. Kustopoulouksen et al. tutkimuksen (2020) tulosten perusteella voidaan laskea, että viimeiseen 10 % varauksen lataaminen vei noin 30 min. Tähän asti lataus oli vienyt keskimäärin noin 20min jokaista 10 % varaustasoa kohden. Olettaen, että latausteho noudattelee Kustopoulouksen et al. mittauksia (2020), niin tämän kappaleen alussa määritetyn keskimääräisen matkasuoritteen 8,0 kWh kulutuksen lataamiseen kuluu siis 11kW laturilla noin 2 tuntia. Latausajassa on oletettu, että keskimääräinen matkasuorite alkaa täydellä akulla ja akuston käytettävissä oleva varauskapasiteetti on 69 kWh.

Sillä oletuksella, että sähköautot mukailevat yleisestä henkilöautojen liikennesuoritettrendiä, voidaan todeta, että keskimäärin sähköautot ovat yli 20 tuntia vuorokaudesta jouten eli niillä ei ajeta, eikä niitä ladata.

## 3 SÄHKÖAUTOJEN LATAUSVERKOSTO

### 3.1 Laki latauspisteiden rakentamisesta

Latauspisteiden rakentamista ohjaa Suomessa pääasiallisesti kaksi lakia. Laki liikenteessä käytettävien vaihtoehtoisten polttoaineiden jakelusta (478/2017) säätelee julkisten latauspisteiden vaatimuksia. Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä (733/2020) säätelee asuinrakennusten omia sekä näiden asukkaiden autoille tarkoitettujen pysäköintitalojen vaatimuksia latauspisteiden osalta. (Finlex, 2017; Finlex, 2020)

Marraskuussa 2020 astuneessa niin kutsutussa latauslaissa on säädetty sähköautojen latauspisteiden ja latauspistevalmiuksien toteuttamisesta uudisrakennuksissa sekä laajamittaisesti saneerattavissa rakennuksissa, joissa sisäilmaston ylläpitämiseen käytetään energiaa, sekä pysäköintitaloissa. Laajamittainen saneeraus on määritelty laissa saneeraukseksi, jonka kokonaiskustannukset ovat yli 25 % rakennuksen arvosta. (Finlex, 2020)

Alla olevaan taulukkoon 1 on tiivistetty lain asettamat vaatimukset sekä uudisrakennuksille että saneerattaville rakennuksille koskien latauspisteitä ja niiden valmiuksia.

Taulukko 1. *Vaatimukset latauspisteiden ja latauspistevalmiuksien asentamisesta uusissa asuinrakennuksissa sekä muissa rakennuksissa. (Finlex, 2020)*

Rakennustyyppi	Pysäköinti- paikkojen lukumäärä	Latauspisteval- miusvaade	Normaali- tehoinen la- taus- pistevaade	Suurtehoinen latauspiste- vaade
Asuinrakennus	≤ 4	0 %	0 kpl	0 kpl
Asuinrakennus	4 <	100 %	0 kpl	0 kpl
Muu rakennus	≤ 10	0 %	0 kpl	0 kpl
Muu rakennus	11 ≤ 30	50 %	1 kpl	1 kpl
Muu rakennus	31 ≤ 50	20 %, min 15 kpl	1 kpl	1 kpl
Muu rakennus	51 ≤ 100	20 %, min 15 kpl	2 kpl	1 kpl
Muu rakennus	101 ≤	20 %	3 kpl	1 kpl

Mikäli asuinrakennuksessa on alle 4 pysäköintipaikkaa ei latauspisteitä, ei latauspistevalmiutta vaadita. Jos asuinrakennuksessa on pysäköintipaikkoja enemmän kuin 4, kaikkien täytyy olla varustettu latauspistevalmiudella. Muissa rakennuksissa kuten pysäköintitaloissa ja tuotantolaitoksissa vaatimus rakennettavista latauspistevalmiuksista sekä latauspisteellisistä pysäköintipaikoista riippuu pysäköintipaikkojen lukumäärästä. Merkittävää on, että vaatimukset normaalitehoisten ja suurtehoisten latauspisteiden lukumäärästä ovat lain silmissä inklusiivisia eli käytännössä vain toinen on rakennettava. (Finlex, 2020)

Lisäksi lain (733/2020) §7 todetaan: ”että sellaisessa käytössä olevassa muussa rakennuksessa kuin asuinrakennuksessa, jonka yhteydessä on enemmän kuin 20 pysäköintipaikkaa rakennuksessa tai kiinteistöllä, on asennettuna vähintään yksi latauspiste viimeistään 31 päivänä joulukuuta 2024.” Edellä mainitut vaatimukset, eivät kuitenkaan koske mikro-, pienten ja keskisuurten yritysten kiinteistöjä. (Finlex, 2020)

Markkinatalouden sanelemana latausasemaverkoston kehitys tapahtuu rintarinnan autokannan käyttövoiman siirtyessä fossiilisista polttoaineista sähköön. Lähtökohtaisesti lain täyttämiseksi ei myönnetä tukea. Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus (Ara, 2020) myöntää avustuksia sähköautojen latauspisteiden edellyttämiin kiinteistöjen sähköjärjestelmien muutoksiin asuinrakennuksen omistaville yhteisöille sekä pysäköintiyhtiöille, jotka asemakaavan mukaisesti tarjoavat asukaspysäköintiä alueellaan. Avustusta voi saada 35 % kokonaiskustannuksista, kuitenkin maksimissaan 90 000 €. Yksittäisen latauspisteen kustannuksista korkeintaan 4 000 € voi hakea avustusta. Lisäksi 11 kW latauspisteitä on toteutettava vähintään viisi kappaletta. Avustusta ei kuitenkaan myönnetä uudiskohteille. Tällä menettelyllä kevennetään jo rakennettujen kiinteistöjen asukaspysäköinnin latauspistehankkeiden kustannuksia.

Laki (478/2017) vaihtoehtoisista polttoaineista ja niiden jakelusta on tullut voimaan elokuussa 2017. Laki enemmänkin ohjaa ja rajoittaa latausliiketoiminnan harjoittamista kuin velvoittaa esimerkiksi asentamaan latauspisteitä huoltoasemille.

### **3.2 Julkisen latausasemaverkoston nykytila**

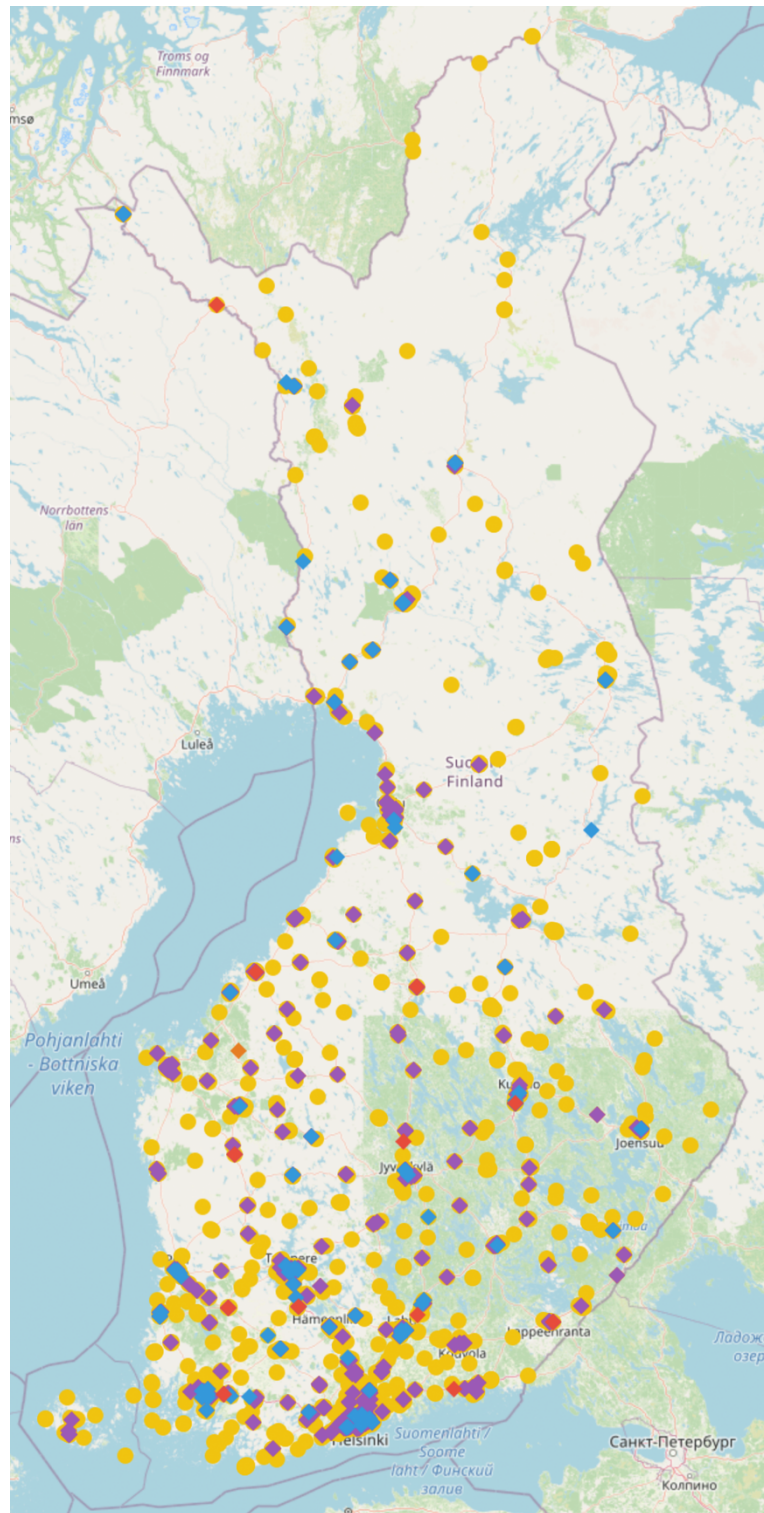
Latausasemaverkostoa on Suomessa kehitetty hyvää vauhtia viime vuosina. Lähes joka puolelta Suomea löytyy jo sähkölatausasemia, mutta erityisesti pikalatausasemia on niukan puoleisesti verrattuna moniin muihin Euroopan maihin, vaikka Suomen keskinopeiden ja pikalatauspisteiden välinen suhde onkin 5:1, mikä on tasaisempi kuin EU:ssa keskimäärin (Latauskartta, 2022). Myös pohjoisimman ja itäisimmän Suomen latausasemaverkosto on vielä puutteellinen. (Traficom, 2021; Latauskartta, 2021; Chargemap, 2021)

Alla olevassa kuvassa 6 on esillä Suomen kaikki julkiset latausasemat Latauskartta-palvelusta vuoden 2022 alussa (Latauskartta, 2022). Joitain uusimpia latausasemia saattaa palvelusta puuttua, mutta palvelu antaa hyvän yleiskuvan Suomen pikalatausasetmaverkoston painottumisen nykytilasta. Kuvassa 6 on siis esitetty CHAdeMO-, CCS-, Supercharger- sekä Type 2 -latausasemat Suomessa. Palvelussa CHAdeMO-latausasemat on esitetty oranssilla, CCS-latausasemat sinisellä tai lilalla (riippuen niiden maksimimääräisestä lataustehosta) ja Supercharger-latausasemat punaisella nelikulmiolla sekä Type 2 -latausasemat keltaisella ympyrällä. Kuvassa 6 latausasemat ovat seuraavaan järjestykseen pinotuilla karttatasoilla:

1. Supercharger (punainen)
2. Normaali tehoinen CCS (sininen)
3. Suurtehoinen CCS eli HPCCS (lila)
4. CHAdeMO (oranssi)
5. Type 2 (keltainen)

Kuvassa 6 voi siis alemmilla karttatasoilla olevien latausasetmien ikonit jäädä ylempien ikonien alle. Karttatasot on pinottu siten, että alimmalla karttatasolla on eniten latausasetmia ja päällimmäisellä vähiten, jotta kuva 6 antaisi hyvän yleiskatsauksen Suomen latausasetmaverkoston nykytilasta.





**Kuva 6.** Sähköautojen latausasemat Suomessa vuonna 2022. Mukailleen Latauskartta (2022) ja OpenStreetMap (2022).

Merkittävimpanä asiana kuvasta 6 nähdään, latausasemaverkosto on painottunut eteläiseen ja läntiseen Suomeen. Huomionarvoinen seikka on, että pikalatausasemat ovat muutamaa yksittäistä poikkeusta lukuun ottamatta valta- ja kantateiden varsilla

(Väylävirasto, 2021). Tämä on järkevää, sillä erityisesti pikalatauksen tarve on todennäköisimmin autoilijalla juuri näiden teiden varsilla. Valtatiet nimittäin palvelevat valtakunnallista sekä maakuntien välistä liikennettä. Kantatiet täydentävät valtateiden muodostamaa tieverkko sekä toimivat erityisesti maakuntien sisäisen liikenteen välittäjinä. (Väylävirasto, 2021) Alla olevaan taulukkoon 2 on kerätty latausasemilla olevien latauspisteiden lukumäärät latausstandardeittain.

Taulukko 2. *Latausasemilla olevien latauspisteiden lukumäärät latausstandardeittain (Latauskartta, 2022).*

Kappaletta	CHAdEMO	CCS	HPC	SC	Type2
1	298	243	8	0	276
2–4	82	104	71	4	1082
5–9	0	1	3	7	127
10-->	0	0	0	1	69
<b>Yhteensä</b>	<b>462–626</b>	<b>456–668</b>	<b>165–319</b>	<b>53–89+</b>	<b>3765–6437+</b>

Taulukosta 2 nähdään, että pikalatausasemilla useimmiten on vain muutama latauspiste, kun taas Type 2 -latausasemilla saattaa olla merkittävästi enemmän latauspisteitä käytettävissä. Suomen suurin latausasema latauspisteiden lukumäärissä mitattuna on Helsingissä kauppakeskus REDIn latausasema. REDIstä löytyy jopa 238 Type 2 -latauspistettä vuoden 2022 alussa. Kuten edellä mainittiin, niin kuvan 6 ongelma on, että lähikäihin sijaitsevat latausasemat saattavat jäädä ylemmillä karttatasoilla olevien latausasemien alle piiloon. Tarkempaa tarkastelua varten liitteen F kuviin F1–F5 onkin kerätty Latauskartta-palvelusta kaikki julkiset Type 2 -, CHAdEMO-, CCS-, HPCCS- ja Supercharger-latausasemat ja esitetty ne OpenStreetMapin karttarajapinnassa.

### 3.3 Kotilatausasemaverkoston nykytila

Keskinopean eli Type 2 -kotilatauspisteen pystyy käytännössä rakentamaan mihin tahansa päin Suomea. Lähes kaikkien asuinrakennusten sähköverkko kestää sähköauton vaatiman lataustehon, jos muuta kuormitusta sähköverkkoon ei tule (Linja-aho, 2018). Suomessa kiinteistöjen sulakekoot ovat 3x25 A:sta 3x200 A:iin tai jopa tätä suurempiin sulakokoihin erikoistapauksissa (Caruna, 2020).

Kiinteistön pääsulakkeiden täytyy olla riittävät suhteessa ladattavan sähköauton lataustehoon. Mikäli omakotitalon 3x25 A pääsulakkeiden kautta ladataan täydellä teholla sähköautoa, jonka sisäinen laturi on 22 kW, niin pääsulakkeet palavat, sillä sulakkeiden maksimaalinen virran kesto on tässä tapauksessa 75 A. 22 kW teholla lataaminen käy-

tännössä tarkoittaa 32 A virtaa kolmelta vaiheelta jännitteen ollessa Suomen sähköverkon perusjännitteen 230 V suuruinen. Tällöin siis sähkövirta sulakkeiden lävitse olisi noin 96 A. Lataustehoa voidaan kuitenkin rajoittaa tai pääsulakkeet voidaan vaihtaa suurempiin, esimerkiksi 3x35 A pääsulakkeisiin, jolloin virran kesto kasvaisi 105 A. Ladattaessa 3x25 A pääsulakkeiden kautta teoreettinen maksimi latausteho on noin 17kW.

Tyypillinen latausteho kuluttajille markkinoiduissa kotilatauspisteissä on ollut 11kW, mutta nykyään markkinoilla on myös 22kW malliversioita. Latausteho voi olla suureena kuluttajalle harhaanjohtava, sillä teho on vain yksi latausnopeuteen vaikuttavasta tekijästä. Teho kostuu jännitteen (230 V) lisäksi virran suuruudesta, mutta myös vaiheiden määrästä. Nämä kaikki toimivat rajoittavina tekijöinä. Tätä selventää hyvin seuraavat esimerkit:

- Esimerkki 1. Jos latauspiste on 7 kW (1x32 A) ja auton sisäinen laturi on 11 kW (3x16 A), todellinen latausteho on vain 3,7 kW (1x16 A).
- Esimerkki 2. Jos latauspiste on 11 kW (3x16 A) ja auton sisäinen laturi on 7 kW (1x32 A), todellinen latausteho on vain 3,7 kW (1x16 A).
- Esimerkki 3. Jos latauspiste on 22 kW (3x32 A) ja auton sisäinen laturi on 11 kW (3x16A), todellinen lataus teho on 11kW (3x16 A).

22 kW kotilatauspiste on siis hyvä vaihtoehto, joka mahdollistaa, että käyttäjä pystyy hyödyntämään lataukseen suurta virtaa yhdeltä vaiheelta, pientä virtaa kolmelta vaiheelta tai tietysti suurta virtaa kolmelta vaiheelta, mikä harvoin on omakotitaloissa mahdollista.

22 kW kotilatauspisteet palvelevat tyypillisesti isommalla akkukapasiteetilla varustettujen sähköautojen omistajia, sillä autojen sisäiset laturit kykenevät lataamaan akuston nopeammin hyödyntäen joko suurta virtaa yhdeltä vaiheelta, pientä virtaa kolmelta vaiheelta tai suurta virtaa kolmelta vaiheelta. Kehitystä hidastaa kuitenkin juuri poliittisen päätöksenteon puuttuminen, jolloin mahdollisista tulevista direktiiveistä ja standardeista ei ole varmuutta (Ikonen, 2022). Kotilatausasemien kehitystä vauhdittaa kuitenkin paine sähköverkon puolelta, sillä sähköautojen akustojen toissijaisen hyödyntämisen uskotaan tuovan sähköverkkoon toivottua joustoa (Fingrid, 2023). Toisaalta sähköverkon tasolla täyssähköautojen yleistyminen lisää järjestelmän kysyntää, mikä voi aiheuttaa syöttävän verkon ylikuormitusta, lisätä tehohäviöitä, lisätä jännitteen taajuushäiriöitä ja lisätä verkoinfrastruktuurin laajennustarpeita (Sharma;Canizares;& Bhattacharya, 2012).

### 3.4 Latausasemaverkoston kehitys

EAFO:n (engl. European Alternative Fuels Observatory) mukaan Suomessa oli yhteensä 5514 julkista latauspistettä vuonna 2022, joista 4503 oli keskinopeaa latauspisteitä ja 1010 pikalatauspisteitä (EAFO, 2023). Latauskartta-palvelun mukaan latauspisteitä oli vuonna 2022 yhteensä 7054, joista 5822 oli keskinopeaa latauspistettä ja 1232 pikalatauspistettä (Latauskartta, 2022). Suomen keskinopeiden latauspisteiden ja pikalatauspisteiden välinen suhde on nyt noin 5:1. Vielä muutama vuosi sitten suhde oli 7:1, kun EU:n keskimääräinen keskinopeiden latauspisteiden ja pikalatauspisteiden välinen suhde oli 8:1. ACEA:n (engl. European Automobile Manufacturers' Association) mukaan suhteen pitäisi olla huomattavasti tasaisempi.

Vuoteen 2030 mennessä EU:n alueella pitäisi olla 6,8 miljoonaa julkista latauspistettä, jotta saavutettaisiin henkilöautoliikenteelle asetettu 55 % päästövähennystavoite. (ACEA, 2023) Tämä tarkoittaa, että Suomeen täytyisi seuraavan kymmenen vuoden aika rakentaa noin 100 000 uutta latauspistettä, jos latauspisteiden määrä pysyisi samassa suhteessa muiden maiden kanssa ja tavoite saavutettaisiin. Merkittävimmät Suomessa toimivat latausasemapalveluita tarjoavat toimijat K-ryhmä, S-ryhmä, Virta-latausverkosto, Recharge Finland, Tesla ja Helen ovat arvioineet rakentavansa vähintäänkin kymmeniä latausasemia jokainen vuosittain (YLE, 2021; ABC asemat, 2021). Rakennustahti on hyvä, sillä yksittäisellä latausasemalla voi olla kymmeniä tai jopa satoja latauspisteitä. Huomattavaa on kuitenkin, että Suomi on monella tapaa omalaatuinen markkina-alue.

Suomalaisten kotimaan päivittäisen ajosuoritteen ollessa Väyläviraston mukaan keskimäärin 41 km ja täyssähköautoista pienimmänkin kantaman ollessa 95 km voidaan olettaa, ettei suomalaisen täyssähköautoilijan teoriassa tarvitsisi ladata autoaan julkisilla latausasemilla päivittäin. (Electric Vehicle Database, 2023c; Väylävirasto, 2022). Täytyy muistaa, että kaikilla sähköauton omistajilla tai sitä harkitsevilla ei kuitenkaan ole mahdollisuutta ladata autoaan kotonaan, joten julkinen latausasema on ainut vaihtoehto auton lataamiseksi (STEK, 2021).

Latausverkoston ja sähköautokannan kilvanjuoksu onkin tyyppillinen syy ja seuraus -dilemma, johon yksiselitteistä vastausta ei ole. Kansainvälinen poliittinen tahtotila, ajoneuvoteollisuus sekä liikenteen palvelutarjoajat ovat kuitenkin suunnanneet kaikki katseensa sähköistyvään autokantaan, joten tulevaisuus näyttää sähköiseltä. Sähköautojen latauksen hallinta antaa potentiaalisen vaihtoehdon täyssähköautojen yleistymisen edellyttämälle verkkokapasiteetin kasvattamiselle. Siirtämällä sähköautojen latauskuormia huipukuormitusjaksojen ulkopuolelle voidaan ehkäistä ylikuormitusongelmaa.

(Dominguez;Dona;& Navarro-Espinosa, 2023) Fingridin (2023) mukaan sähköverkon kuormitus keskittyy keskimäärin 7–22 välille vuorokausittain. Sähköautojen latausta voidaan älykkäillä latausjärjestelmillä ohjata matalamman kysynnän hetkiin (Pöyry, 2019). Sähköautojen älykkäällä latauksen hallinnalla on mahdollisuus saavuttaa monia hyötyjä, kuten pienentää sähköverkon kehitystarpeita minimoimalla sähköverkon huippukysyntää (Szinai;Sheppard;Abhyankar;& Gopal, 2020) sekä mahdollisuus saada merkittäviä taloudellisia hyötyjä (Simolin, 2022). V2G-järjestelmät mahdollistavat sähköautojen hyödyntämisen sähköverkon tukena nimenomaan silloin, kun niitä ei tarvitse ladata (Makeen;Ghali;Memon;& Duan, 2023).

Sähköautojen ja voimalaitosten välinen etäisyys voi vaikuttaa V2G-järjestelmien tehokkuuteen ja vaikuttavuuteen. Pidemmät etäisyydet voivat johtaa suurempiin siirtohäviöihin ja viiveeseen tehonsiirrossa. Tämä voi vaikuttaa nopeuteen, jolla sähköä voidaan toimittaa tai vetää EV-ajoneuvoista verkon stabiloinnin tukemiseksi. (Pham;Nahavandi;Hien;Trinh;& Wong, 2017) Sähköverkon koko ja kapasiteetti vaikuttavat siis verkon tasapainottamisen tarpeeseen ja sähköautojen latausasemaverkoston maantieteellisellä kattavuudella on siten vaikutus V2G-järjestelmien tehokkuuteen.

## 4 VEHICLE-TO-GRID JA VEHICLE-TO-HOME

### 4.1 V2G ja V2H määritelmät

Tiettävästi ensimmäisen kerran V2G-konsepti (Vehicle-to-grid) esiteltiin Kemptonin ja Letendren artikkelissa “Electric vehicles as a new power source for electric utilities” vuonna 1997 todetessaan, että aloittaakseen siirtymisen kohti sähköresursseina toimivia ajoneuvoja, sähkölaitosten ja sähköautojen valmistajien on asetettava yhteiset tekniset vaatimukset logiikalle järjestelmien välille ja ajoneuvon fyysiselle kytkennälle sähköverkkoon (vehicle-to-grid). (Kempton & Letendre, 1997).

*“Electric-drive vehicles have the potential to make major contributions to the electric supply system, as storage or generation resources, or both.”*

– Kempton & Letendre (1997)

25 vuotta myöhemmin Simolinin väitöskirjassa (2022) todetaan, että perinteisesti sähköauto toimii vain energian kuluttajana verkosta ajoneuvoon -latauksen myötä (G2V, engl. Grid-to-Vehicle). Sähköauton akussa oleva energia voidaan tarvittaessa kuitenkin purkaa takaisin sähköverkkoon, jolloin puhutaan V2G-latauksesta. V2G perusajatuksena on, että sähköajoneuvot vapauttavat tarvittaessa sähköä verkkoon ollessaan latauksessa. Ajoneuvo voi teoriassa olla täyssähkö-, polttokenno- tai plug-in-hybridiauto. Täyssähköauton akuston varauskapasiteetti on huomattavasti suurempi polttokenno- ja plug-in-hybridiautoihin verrattuna. Tämän vuoksi täyssähköauton akusto mahdollistaa laajemat ylä- ja alarajat energian purkamiselle takaisin sähköverkkoon. Yksinkertaisuudessaan sähköauto voi latautua alhaisen kysynnän aikana ja purkautua, kun virtaa tarvitaan sähköverkkoon. (Kempton & Tomic, 2005) Tässä diplomityössä V2G:n määritelmänä pidetään seuraavaa:

*V2G on latausteknologia, mikä mahdollistaa energian luovuttamisen tarvittaessa sähköauton akustosta takaisin yleiseen sähköverkkoon.*

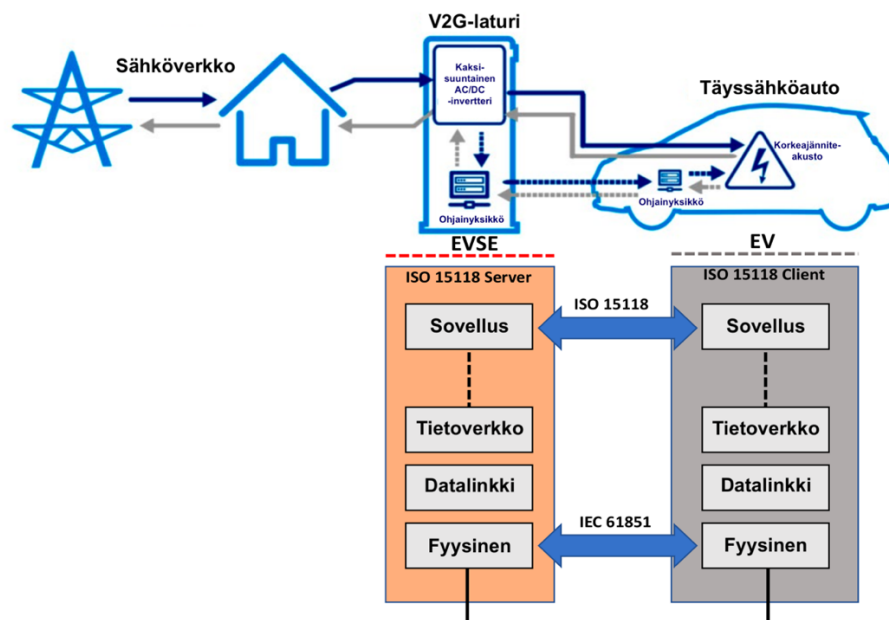
V2G:stä on olemassa muutamia variaatioita. Sen sijaan, että akustosta vapautettava teho syötettäisiin verkkoon, kuten V2G:ssä, vapautettava teho voidaan hyödyntää kotitaloudessa, jolloin puhutaan ajoneuvosta kotiin -latauksesta (V2H), rakennuksessa, jolloin kyseessä on ajoneuvosta rakennukseen -lataus (V2B) tai muissa ajoneuvoissa eli ajoneuvosta ajoneuvoon -latauksessa (V2V tai V2L). Termiä vehicle-to-anything (V2X) käytetään kattamaan kaikki nämä sähköautojen kaksisuuntaisen latauksen käyttöpaukset. (Simolin, 2022) Tässä diplomityössä V2 määritellään seuraavasti:

V2H on latausteknologia, mikä mahdollistaa energian luovuttamisen tarvittaessa sähköauton akustosta takaisin asuinrakennuksen sähköverkkoon.

Simolinin väitöskirjassa (2022) todetaan, että sekä sähköauton että latausjärjestelmän on tuettava V2G-toimintoa, jotta V2G-toiminta olisi mahdollista. Kempton & Tomic (2005) esittävät, että jokaisessa ajoneuvossa on oltava kolme vaadittua osatekijää: sähkövirtaa varten yhteys verkkoon, ohjaus tai looginen yhteys yhteydenpitoa varten verkonhaltijan kanssa, ja sähköauton sisäiset hallintalaitteet ja mittarit. Myös Tirunagari et al. (2022) huomauttavat, että V2G-toiminnalla on kolme perusedellytystä: kytkentä sähköverkkoon, kommunikaatio- ja latausprotokolla sähköauton ja sähköverkon välillä sekä sähköauton akuston älykäs varaustason hallinta.

## 4.2 V2G- ja V2H-latausprotokollat

Aiheeseen liittyviä kansainvälisiä standardeja kehitetään jatkuvasti, jotta V2G saadaan otettua laajasti käyttöön. (Simolin, 2022) ISO 15118 standardi (engl. International Organization for Standardization, kansainvälinen standardisoimisorganisaatio) julkaistiin kesällä 2022, mikä on edesauttanut V2X-yhteensopivuuden yleistymistä ajoneuvoissa (International Organization for Standardization, 2022). Tätä standardia hyödyntävä täyssähköautojen V2G-latausjärjestelmän arkkitehtuuri ja siihen liittyvät viestintästandardit ovat esitetty kuvassa 7.



**Kuva 7.** Täyssähköauton lataus ja V2G-arkkitehtuuri asianmukaisine viestintästandardeineen. Mukailen Jaman et al. (2022).

Jamanin et al. (2022) mukaan täyssähköauto ja latausyksikkö ovat latauksen tärkeimmät avainjärjestelmät. Täyssähköauto kytketään lataukseen laturiin käyttäen latauskaa-

pelia, joka on varustettu tietoliikennejohdoin. Latausjärjestelmissä käytetään IEC 61851 -standardia (engl. International Electrotechnical Commission, kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio) sovellustason viestintästandardeissa ja ISO 15118 -standardia CAN-viestintästandardeissa. Tämä korkean tason viestintä tapahtuu yleensä suoraan täyssähköauton ja latausyksikön järjestelmien (EVSE, engl. Electric Vehicle Supply Unit) välillä koko latausprosessin ajan ja sen sääntelemiseksi.

Type 2 -latauksessa IEC 61851-1 -standardi määrittelee AC-latauksen lataustilaksi tila 1, tila 2 tai tila 3. Kun kyseessä on tila 1 tai tila 2, latausteho johdetaan tavallisesta pistorasiasista ja tilaan 2 on rakennettu ylimääräinen kaapelisuoja-alaite. Tila 3 käyttää tarkoitukseen varattua sähköauton latausyksikköä, jossa on sekä hallinta- että suojaustoimintoja. Tila 3 on tyypillinen julkisilla latausasemilla. (Mouli;Kaptein;Bauer;& Zeman, 2016) Yli 50kW:n suurteholatauksiin käytetään käytännössä aina DC-latausta (Versinetic, 2021). Tasavirtalataus kuuluu IEC 61851-1 -standardissa määriteltyyn tilan 4 lataukseen, jossa erillinen AC/DC-muunnin syöttää tasavirtaa suoraan sähköauton akustoon. Kolmannen osapuolen toimijat tarjoavat latausyksikölle oheispalveluita, kuten laskutusta ja virranhallintaa. (Mouli;Kaptein;Bauer;& Zeman, 2016)

Mouli et al. (2016) mukaan CCS, CHAdeMO ja Supercharger eroavat sekä kommunikatio- että kontrolliprotokolliltaan toisistaan. V2G-latauksen kannalta CHAdeMO on teknisessä kehityksessä Jaman et al. (2022) mukaan muita latausstandardeja edellä, sillä se on ainut pikalatausstandardi, joka toimii edellä esitetyillä viestintästandardeilla myös V2G-latauksen osalta.

CHAdeMO:n V2G-latausprotokolla noudattaa seuraavaa logiikkaa:

1. Täyssähköauto ja laturi tekevät kättelyn jakaakseen tietoja, kuten sähköauton malli, akuston jännite sekä varaustaso. Suurin lataus- ja purkuvirta asetetaan sähköauton ja laturin teholuokituksen perusteella.
2. Latauksen käynnistyttyä sähköauto päivittää maksimivirran lataukseen ja purkamiseen 200 ms välein akun ominaisuuksien, kuten varaustason ja lämpötilan, perusteella. Jos suurin purkausvirta on nolla, se tarkoittaa, että V2G ei ole mahdollista.
3. Laturi voi tarjota minkä tahansa latausvirran ylä- ja alarajojen välillä 2,5 A:n resoluutiolla. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että vaihteleva syöttöteho voidaan huomioida vaihtelemalla latausvirtaa, kunhan se on ylä- ja alarajojen sisällä. Purkausvirran raja kasvaa, kun akuston varaustaso kasvaa latauksen myötä. Akun lähestyessä täyttä varauskapasiteettia, sähköauto pienentää latausvirran maksimirajaa estääkseen akuston yllilataamisen.



CCS-latausyksikön kautta tapahtuva V2G-lataus on vielä kehitteillä, sillä sen vaatimat ISO 15118:n ja IEC 61850:n tuottamat viestit ovat keskenään yhteensopimattomia. Eri tahot ovat kuitenkin jo löytäneet toimivaksi todettuja kommunikaatioprotokollia V2G-latauksen mahdollistamiseksi (E-Mobility Engineering, 2023; Fendt, 2023). Esimerkiksi autovalmistajista Lucid ja Porsche ovat pilotoineet CCS-latausjärjestelmän kautta tapahtuvaa V2G-latausta onnistuneesti (Wienkötter, 2022; E-Mobility Engineering, 2023)

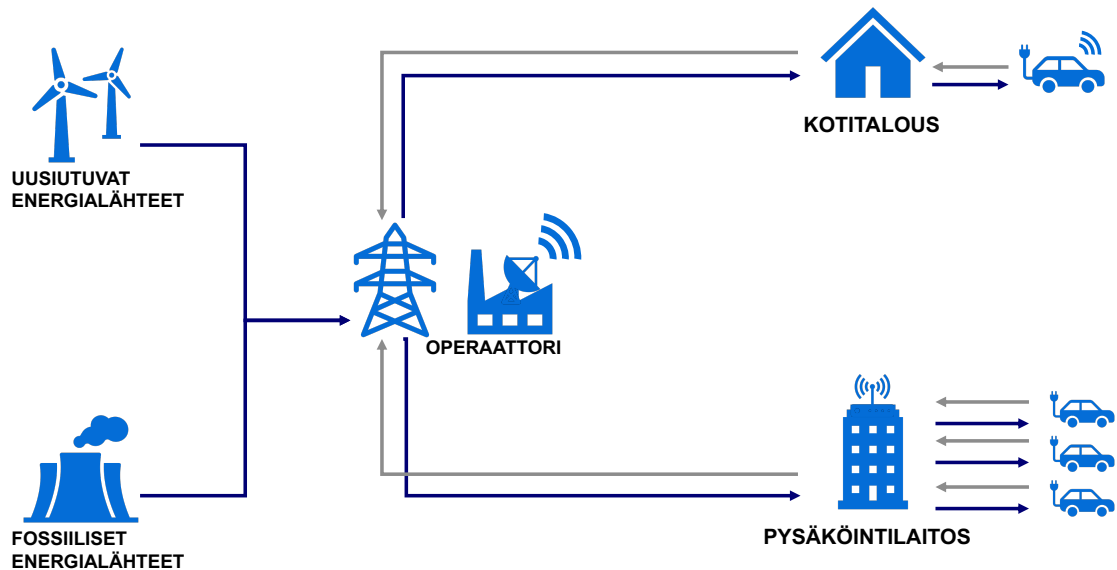
CCS:n V2G-latausprotokolla puolestaan toimii seuraavin ehdoin:

1. Täyssähköauto ja laturi tekevät kättelyn vastaavasti jakaakseen tietoa täyssähköautosta ja asettavat enimmäislatausvirran rajan perustuen sähköauton ja laturin tehoon.
2. Latauksen käynnistyttyä täyssähköauto ja laturi neuvottelevat jatkuvasti ja säätävät lataus- ja purkuvirtaa akun ominaisuuksien, kuten varaustason ja lämpötilan perusteella. V2G-latauksessa laturi voi pyytää virran muutosta ja sähköauton on hyväksyttävä tämä pyyntö.
3. Kun pyyntö hyväksytään, täyssähköauto muuttaa latausvirran asetuspistettä ja laturi alkaa lataamaan tai purkamaan sähköautoa neuvotellun asetuspisteen perusteella.

Käytännössä siis V2G-latauksen kannalta CHAdeMO- ja CCS-latauksen erona on latauksen joustavuus. CHAdeMO-latauksessa täyssähköauto päivittää latausvirran ylä- ja alarajoja 200 ms välein, jolloin laturi pystyy reagoimaan mm. sähköverkon taajuusvaihteluihin nopeammin. CCS-latauksessa keskusteluyhteys laturin ja täyssähköauton välillä on auki, mutta täyssähköauto ei automaattisesti päivitä raja-arvoja, vaan niiden muutos vaatii erillisen kommunikaatiokierroksen. Tämä luonnollisesti vie aikaa, mikä puolestaan hankaloittaa esimerkiksi sähköverkon kuormitusvaihteluihin reagointia. (Mouli;Kaptein;Bauer;& Zeman, 2016)

Teslan Supercharger-latausjärjestelmän V2G-kyvykyys on tarkoin varjeltua tietoa. Teslan voimalinja- ja energiainsinööri Drew Baglino kommentoi Teslan sijoittajatapahtumassa (Tesla, 2023b) V2G-kehitystä aiemmin matalan prioriteetin ominaisuudeksi, mutta uusien komponenttisyksiköiden myötä mahdolliseksi ominaisuudeksi heidän autoissaan. Teslan toimitusjohtaja Elon Muskin mukaan V2G on ominaisuutena epäkäytännöllinen, eikä sille ole kysyntää (Tesla, 2023b). Mouli et al. toteavat Teslan latausjärjestelmän olevan siinä mielessä ainutlaatuinen, että se käyttää samaa kahta liitintä sekä vaihtovirta- että tasavirtalataukseen ja kahta liitintä tiedonsiirtoon. Supercharger-laturi on suunniteltu siten, että sähköauto voidaan ladata Supercharger-laturilla (joko AC tai DC) tai adapterien avulla sekä CCS-laturilla että CHAdeMO-laturilla. Teoriassa siis V2G-lataus ei vaadi kuin auton oman laturin kykenevyyttä kaksisuuntaiseen lataukseen (Tesla, 2023b).

V2G-lataus on osa isompaa kokonaisuutta, mikä kattaa koko sähköverkon eri sidosryhmineen. Alla olevassa kuvassa 8 on havainnollistettu sähköauton ja sähköverkon välisiä yhteyksiä.



**Kuva 8.** Sähköautojen ja sähköverkon väliset yhteydet. Mukailten Kempton & Tomic (2005).

Kuva 8 havainnollistaa ajoneuvojen, energialaitosten ja sähköverkon välisiä yhteyksiä. Sähkö virtaa yksisuuntaisesti energialaitoksista sähköverkon kautta sähkökäyttäjille, jotka esimerkiksi lataavat sähköautojaan. V2G-operoinnissa sähkövirta siirtyy takaisin sähköverkkoon sähköajoneuvoista. V2X-yhteensopivissa sähköajoneuvoissa sähkövirtaus on siis kaksisuuntainen. Sähköverkko-operaattori voi lähettää ohjaussignaalin esimerkiksi radiosignaalilla, matkapuhelinverkon, internetyhteyden tai voimavirtakaapelin kautta. Joka tapauksessa operaattori (esimerkiksi myyjä, siirtoverkkoyhtiö, kantaverkkoyhtiö tai muu aggregaattori) lähettää virtapyyntöjä V2G-lataukseen kytketyille autoille. Signaali voi mennä suoraan kuhunkin yksittäiseen autoon, kuten kuvan 8 oikeassa yläkulmassa on esitetty, tai latauspaikkeen ylläpitäjän järjestelmään, joka puolestaan ohjaa ajoneuvoja yhdellä latauspaikalla, kuten kuvan 8 oikeassa alakulmassa on esitetty. (Kempton & Tomic, 2005)

Mikä sitten aiheuttaa tarpeen sähköverkossa autoista pyydettävälle lisävirrälle ja siten halun panostaa V2G- ja V2H-tekniikoihin? Seuraavassa luvussa käydään näitä tekijöitä lävitse.

### 4.3 Vahvuudet

Tutkimukset osoittavat, että V2G avulla pystytään leikkaamaan sähköverkkojen kysyntähuippuja, alentamaan tuotantokustannuksia sekä parantamaan sähkön kysynnän ja

tarjonnan tasapainoa (Liang;Lie;& Haque, 2014; Mouli;Kefayati;Baldick;& Bauer, 2019; Hannah, ym., 2022). Dattan et al. (2018) mukaan V2H on puolestaan nähty tutkimuksissa jopa alentavat kotitalouksien kuukausittaisia sähkölaskuja.

Teknologioiden hyötyjä tarkastellaan selkeyden vuoksi tässä diplomityössä eri sidosryhmien näkökulmasta. Sidosryhmiksi on valittu sähköverkko-operaattori, latauspistevalmistaja, ajoneuvovalmistaja sekä sähköautoilija.

### **4.3.1 Sähköverkko-operaattori**

Lacey et al. (2017) mukaan sähköverkko-operaattorin kannalta sähkön jakelussa on olemassa neljä merkittävää osa-aluetta. Ensimmäinen on peruskuorma, jonka suuruuteen sähköautoilla ei ole merkittävää vaikutusta suuntaan eikä toiseen. Fingridin kantaverkon kehittämissuunnitelman (2022) mukaan henkilöautoliikenteen sähköistyminen ei ole merkittävä tekijä verkon kantokyvyn osalta. Henkilöautokannan sähköistymisaseesta on vaihtelevia arvioita muutamasta sadasta tuhannesta sähköautosta lähes miljoonaan sähköautoon (Autoalan Tiedotuskeskus, 2022). Suurimmillaankin puhutaan noin 2 TWh sähkönkulutuksen kasvusta. Vuoteen 2030 mennessä Suomen sähkönkulutuksen on arvioitu kasvavan teollisuuden johdolla 100–115 TWh. Henkilöautoliikenteen sähköistymisen merkitys kokonaiskasvuun on siis marginaalinen.

Toinen osa-alue on huipputeho, jolloin sähköverkolta vaadittava teho on huipussaan. Sähköautojen lataus tulisi ajoittaa näiden huippujen ulkopuolelle, mutta, kuten todettua, sähköautojen akustoja voisi V2G-järjestelmillä hyödyntää leikkaamaan tehon tarpeen piikkejä. V2G-järjestelmien avulla sähköajoneuvot voivat toimia hajautettuna energialähteenä, jota voidaan käyttää verkon tasapainottamiseen huippukysynnän aikoina. (Sekyung & Moses, 2021; Kempton & Tomic, 2005)

Kolmantena on voimalaitosten valmiustilassa seisottaminen, jolloin laitos pidetään valmiudessa kysyntäpiikkiin vastaamiseksi. Hannah et al. (2022) mukaan sähkön kysyntä vaihtelee merkittävästi vuorokauden aikana, mikä johtaa kysyntähuippuihin, joihin energiateollisuuden on hanka ehtiä reagoimaan. V2G-lataus voi auttaa vähentämään huippukysyntää tarjoamalla sähköä verkkoon korkean kysynnän hetkinä ja puolestaan lataamalla sähköautoa alhaisen kysynnän hetkinä. Korkean kysynnän hetkiä varten esimerkiksi kivihillivoimaloita pidetään edelleen käytössä, koska niitä voidaan pitää helposti, joskin epätaloudellisesti, käyntivalmiudessa, jolloin ne ehtivät reagoimaan kysyntäpiikkeihin (Yao;Fan;Zhao;& Ma, 2022). Tähän ongelmaan V2G-järjestelmät tarjoavat kiistatta tehokkaamman ratkaisun, sillä V2G-järjestelmistä vaste saadaan nopeasti ja tehokkaasti sähköverkkoon.

Viimeinen osa-alue on taajuudenohjaus eli sähköverkon tasapainottaminen. Sähköverkon tasapainotus voi olla tarpeellista jopa 400 kertaa vuorokaudessa, mutta se kestää vain muutaman minuutin kerrallaan. (Lacey;Putrus;& Bentley, 2017) Oriahara et al. (2018) toteavatkin, että V2G-latausta voidaan käyttää verkon vakauden ja luotettavuuden ylläpitämisen kannalta välttämättömien oheispalvelujen, kuten taajuuden säätelyn ja jännitetuen, tuottamiseen. Tirunagari et al. tekemän tutkimuksen (2022) mukaan V2G pienentää sähkön tuotantokustannuksia. Hannah et al. (2022) tarkentavat näitä keinoja kertomalla, että V2G-latauksen mahdollistama tehokas sähköverkon tasapainotus vähentäisi verkkoon kohdistuvaa stressiä, lisävoimaloiden ja siirtolinjojen tarvetta.

### **4.3.2 Latauspistevalmistaja**

Sähköverkko-operaattorien lisäksi latauspistevalmistajat hyötyvät liiketoiminnan organisaation kasvun myötä V2X-järjestelmien kanssa yhteensopivia autojen yleistymisestä. Toisaalta myös kuluttajien tietoisuus V2G- ja V2H -järjestelmiä kohtaan nostaa myös niitä tukevien latauspisteiden kysyntää (Ikonen, 2022). Poliittinen päätöksenteko, joka ohjaa liikennettä sähköisempään suuntaan, tarjoaakin latauspistevalmistajille valmiin markkinan.

Latausjärjestelmien komponentteja rasittaa huomattavasti katkonainen käyttö. Ladattaessa komponentit lämpenevät ja puolestaan levossa ne jäähtyvät. Lämpötila vaihtelu on elektroniikalle Aarniovuoren mukaan kuluttavaa. (Salovaara, 2023) Tähän V2G- ja V2H-lataus tarjoavat osaltaan apua, sillä jatkuvalla virran syötöllä joko auton akustoon tai takaisin sähköverkkoon komponenttien lämpötila saadaan pysymään tasaisena koko kytkennän ajan. Toki niinä aikoina, kun laturissa ei ole autoa kytkettynä, komponenttien lämpötilat lähtevät oletettavasti pienenemään. Voidaan kuitenkin olettaa, että järkevällä hinnoittelulla heti latauspisteen vapautumisen jälkeen toinen auto kytkettäisiin laturiin, jolloin ideaalissa tilanteessa laturit olisivat käytössä koko ajan, eivätkä komponentit joutuisi kokemaan jatkuvia lämpötilavaihteluita. Joka tapauksessa latauspisteen komponenttien lämpötilat pysyisivät keskimäärin tasaisempina V2G- ja V2H-latauksessa, jolloin ne myös kestäisivät pidempään.

### **4.3.3 Ajoneuvovalmistaja**

V2G-yhteensopivuudella ensisijaisesti ajoneuvovalmistajat voivat tavoitella kilpailuetua erilaistamisen kautta, jolloin asiakkaalle luodaan lisäarvoa uudella ominaisuudella. Toisaalta V2G-järjestelmät mahdollistavat kilpailuedun tavoittelun kustannusjohtajuuden myötä, jolloin ominaisuus pyritään tuottamaan edullisemmin kuin kilpailijat. (Porter, 1985) Tulevaisuudessa V2G-palveluiden ympärille voi kehittyä omat alamarkkinat, mikä

mahdollistaa kilpailuedun kasvattamisen myös keskittymisen kahden osa-alueen, kustannuskeskittymisen ja erilaistamiskeskityksen, kautta. Esimerkiksi Yhdysvalloissa Kalifornian osavaltiossa senaatissa käsitellään V2G-velvoitetta kaikille uusille täyssähköautoille vuoteen 2027 mennessä (Skinner, 2023). Kustannuskeskittymisessä tavoitteena on V2G-järjestelmän toteuttaminen mahdollisimman edullisesti (Porter, 1985). Näin täyssähköautot voidaan valmistaa varustettuna sellaisin komponentein, että ne ovat jatkosakin laillisia Kaliforniassa, jos edellä mainittu lakiesitys toteutuu. Erilaistamiskeskityksen kautta kilpailuetua haettaisiin esimerkiksi varmistamalla akuston maksimikapasiteetin minimaalinen heikkeneminen V2G-käytön seurauksena, jolloin sen käyttö olisi houkuttelevaa itseisarvoisesti.

Lacey et al. (2017) mukaan V2G-teknologia tarjoaa liikennekäyttöön soveltumattomille sähköautojen akustoille uudelleenkäyttömahdollisuuden jatkuvana energiavarastona osana sähköverkkoa, mikä käytännössä vaikuttaa suoraan täyssähköauton arvonaleneeseen. Niemisen (2022) mukaan uuden täyssähköauton arvonalennema on viidessä vuodessa 10 000 km vuosittaisilla ajokilometreillä lähes 30 % suurempi kuin vastaavan bensiinikäyttöisen auton. Jos siis täyssähköauton akustolle pystyisi luomaan uudelleenkäyttöarvoa, hidastaisi se täyssähköauton arvonalennema, mikä puolestaan auttaisi osaltaan täyssähköautojen myyntiä.

Britanniassa tehdyssä hallituksen rahoittamassa selvityksessä (University of Warwick, 2022) todettiin, että täyssähköauton akuston kannalta seisottaminen on kuluttavaa akuston kapasiteetille. Muutaman viikon seisonta-aika voi heikentää kapasiteettia jopa 2–5 %. Kapasiteetin heikkenemiseen vaikuttaa varastointilämpötila ja varaustaso varastoinnin alussa. Auton kytkeminen V2G-lataukseen pidempiaikaisen seisonnan ajaksi voisikin siis jopa parantaa akuston kapasiteettia verrattuna toimeettomana seisottamiseen.

#### **4.3.4 Sähköautoilija**

Sähköautoilijan eli käyttäjän kannalta V2X tuo mielenkiintoisia lisäarvotekijöitä. Kuten Tirunagari et al. (2022) totesivat, niin V2G-käyttö pienentää sähkön tuotantokustannuksia, mikä viime kädessä johtaa myös kuluttajien sähkökustannusten alenemiseen. Richardsonin (2013) mukaan on mahdollista, että V2G-palvelut voivat vähentää ajoneuvojen elinkaarikustannuksia tuottamalla tuloja. Sosioympäristöllisestä näkökulmasta Yao et al. (2022) ja Tirunagari et al. (2022) huomauttavat, että V2G- ja V2H-latausjärjestelmät voivat auttaa vähentämään hiilidioksidipäästöjä mahdollistamaan uusiutuvien energialähteiden laajemman käytön energiantuotannossa. Tämä tietysti osaltaan auttaa vähentämään hiilidioksidipäästöjä ja hillitsemään ilmastonmuutosta. Käytännössä säh-

köautoilija voisi siis myydä ylijäämä sähköään takaisin sähköyhtiölle. Jotta tämä olisi taloudellisesti järkevää, ylijäämä sähkö olisi pystyttävä varastoimaan väliaikaisesti johonkin, esimerkiksi täyssähköauton akustoon. (Fortum, 2023; Motiva, 2023)

Takaisin yleiseen sähköverkkoon myymisen sijaan toinen käyttömahdollisuus V2X-järjestelmällisen täyssähköauton käytölle olisi V2H-lataus eli vehicle-to-home-lataus. Käytännössä tämä mahdollistaisi sähköautoilijalle mahdollisuuden hyödyntää täyssähköauton akustoa varavirtalähteenä kodin sähköjärjestelmille. (Vadi;Bayinndir;Colak;& Hossain, 2021) Keskimääräinen omakotitalouden sähkönkulutus vuositasolla on noin 35 kWh / vrk riippuen lukuisista tekijöistä kuten lämmitystavasta, kulutustottumuksista ja asukaslukumäärästä (Fortum, 2019; Vaasan sähkö, 2020; Vattenfall, 2023). Keskimääräinen täyssähköauton akuston käytettävissä oleva kapasiteetti on 68,6 kWh (Electric Vehicle Database, 2023b). Teoriassa siis keskimääräisellä täyssähköautolla voisi sähkökatkon aikana ylläpitää keskimääräisen omakotitalouden sähköjärjestelmät kahden vuorokauden ajan.

V2G- ja V2H-teknologioihin liittyy omat heikkoutensa, mitkä täytyy vähintäänkin ottaa huomioon, ellei niitä voida välttää. Seuraavassa luvussa tarkastellaan näitä haasteita sidosryhmien näkökulmista.

## 4.4 Heikkoudet

Tutkimukset osoittavat, että käyttäjiä voi olla hankala motivoida V2G-palveluiden käyttämiseen: akustojen elinikä voi lyhentyä V2X-latauksen aiheuttamista lisääntyneistä lataussykleistä, autovalmistajien täytyy asentaa V2X-latauksen kanssa yhteensopivat autojen sisäiset laturit ja sähköverkko vaatii parannuksia kyetäkseen hyödyntämään V2G-hyödyt (Richardson, 2013; Lacey;Putrus;& Bentley, 2017; Tan;Ramachandaramurthy;& Yong, 2016). Asgharin et al. mukaan on olemassa useita sosiaalisia, poliittisia, taloudellisia ja teknisiä haasteita, jotka rajoittavat V2G- ja V2H-teknologioiden laajaa käyttöönnottoa (Asghar;Sulaiman;Mustaffa;Ali;& Ullah, 2022).

### 4.4.1 Sähköverkko-operaattori

Täyssähköautojen yleistymisellä voi Asgharinin et al. (2022) mukaan olla negatiivinen vaikutus sähkönjakeluverkon toimintaan muuntajien, kaapelien ja syöttölaitteiden ylikuormituksen vuoksi. Laajamittaiseen V2G-järjestelmien onnistuneeseen toteutukseen tullaan tarvitsemaan laitteisto- ja ohjelmistoinfrastruktuurin parannuksia (Tan;Ramachandaramurthy;& Yong, 2016). Lisäksi V2G-järjestelmät aiheuttavat energiahäviöitä katkaisijapaneeleissa, syöttölaitteissa, akkulatureissa ja itse akuissa. (Asghar;Sulaiman;Mustaffa;Ali;& Ullah, 2022)

Pham et al. nostavat esiin myös verkon tasapainotukseen liittyvät haasteellisuudet, sillä yksittäisiä sähköautoilijoita ei voi verkon tasapainottamisen kannalta pitää pysyvinä sähköverkon voimavaroina (2017). Yksittäinen sähköautoilija voi nimittäin irrottaa autonsa V2G-latauksesta koska tahansa, mikä samalla vaikuttaa verkon tasapainoon. Sähköauton latausteho suuntaan eikä toiseen ole myöskään vakio ellei sitä voimakkaasti rajoiteta, mikä ei ole minkään sidosryhmän tavoitteiden mukaista (Pham;Nahavandi;Hien;Trinh;& Wong, 2017). Yhdessä nämä ovat hyvin vaihtelevia muuttujia, joiden huomioon ottaminen on kriittistä.

#### 4.4.2 Latauspistevalmistaja

Teknisen kehityksen tulee olla latauspistevalmistajan osalta nopeaa, sillä vanhalle teknologialle ei ole markkinoilla kysyntää. Aarniovuoren mukaan viisi vuotta vanhat latauspisteet ovat jo elinkaarensa päässä. Aaltonen puolestaan muistuttaa, että latauspisteitä tulee huoltaa aivan kuten muitakin laitteita, jos niiden haluaa kestävän odotetun elinkaarensa päähän. (Salovaara, 2023)

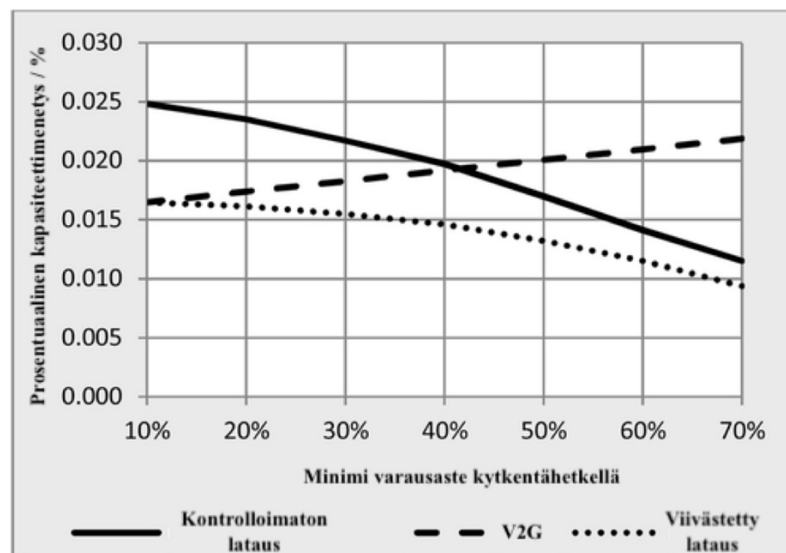
Asgharin et al. (2022) mukaan luotettavien ja turvallisten yhteyksien toteuttaminen aggregaattien ja lukuisten sähköajoneuvojen välillä muodostaa haasteen sähköajoneuvojen käytölle V2G:ssä. Ikonen (2022) huomauttaa, ettei Euroopan unionissa ole standardeja sähköautojen ja -verkon integraatiolle. Tämä asettaa isoja riskejä järjestelmien kehittämiseen, jos kehitystyötä on tehty ja poliittisen päätöksenteon seurauksena esimerkiksi kyseinen latausprotokolla kielletään. Asgharin et al. (2022) toteavatkin, että vaikka V2G on houkutteleva konsepti, jolla on useita mahdollisia etuja, se on vielä kehityksensä alkuvaiheessa. Haasteena on Tsolericliisiin et al. mukaan muun muassa korkeat käynnistyskustannukset, liiketoiminnan kannattavuuden riskialttius sekä vastustus ajoneuvovalmistajien suunnalta (2017).

Läheskään kaikki täyssähköautoista eivät ole yhteensopivia V2G-teknoologiaan, mikä vaikuttaa myös V2G-latauspisteiden kysyntään. (Asghar;Sulaiman;Mustaffa;Ali;& Ullah, 2022) Motivan selvityksen mukaan tällä hetkellä markkinoilla olevista täyssähköautoista Nissan Leaf, Ford F-150 ja Volvo EX90 ovat ainoat, jotka tukevat V2G-latausta (Ikonen, 2022). Täytyy myös muistaa, että Suomessa autokannan uudistumisnopeus on verrattain hidas. Suomen autokanta onkin keski-ikältään 12,1 vuotta. (Viri;Mäkinen;& Liimatainen, 2021) Vaikka markkinoille tulisi lähivuosina lukuisia V2G-kykeneviä sähköautoja, voidaan olettaa, ettei ne yleisty kuitenkaan Suomessa moniin vuosiin. Toisaalta osaan autoista V2G-yhteensopivuus voi olla mahdollista toteuttaa OTA-päivityksenä (over-the-air, suom. langaton) (Volkswagen, 2021).

Asghar et al. (2022) toteavat, että käyttäjäystävällinen järjestelmä on ratkaiseva V2G-latauksen hyväksyttävyyden kannalta. Van Heuvelin et al. tai Lin et al. tutkimuksissa sähköauton lataustottumuksista käyttöjärjestelmän merkitys ei noussut esille. Onkin siis ymmärrettävää, ettei alalla, jossa teknologia ottaa nopeita harppauksia, V2G-teknologi-alla varustettuja yleisiä latauspisteitä vielä ole merkittävästi markkinoilla.

#### 4.4.3 Ajoneuvovalmistaja

Ajoneuvovalmistajan näkökulmasta V2G- ja V2H-teknologiat tuovat lieviä haasteita akustojen käyttöikään liittyen. Tsolericlis et al. mukaan akkujen hajoaminen on V2G-yleistymisen esteenä (2017). Lacey et al. toteavat tutkimuksessaan (2017) V2G-järjestelmien käyttömahdollisuuden kuitenkin helpottavan akustojen käyttöiän optimointia. Tutkimuksessa vertailtiin litiumioniakustojen kontrolloimatonta latausta, V2G-latausta ja viivästettyä latausta toisiinsa. Testiautoilla ajettiin vuorokaudessa kaksi matkaa. Molemmat matkat kuluttivat noin 20 % energiaa akuston maksimikapasiteetista eli yhteensä noin 40 %. Päivän päätteeksi ladattiin käyttäen joko kontrolloimatonta latausta, viivästettyä latausta tai V2G-latausta. Tutkimuksessa litiumioniakut ladattiin noin 70 % varaustasoon ja lopetettiin lataaminen. Asghar et al. (2022) mukaan litiumioniakut ovat tällä hetkellä optimaalinen valinta täyssähköautoille V2G-käyttöön, koska niillä on pitkä käyttöikä, korkeammat lataussyklit, korkea energiatiheys ja alhainen itsepurkausnopeus. Alla olevassa kuvassa 9 on esitetty akuston kapasiteetin heikkeneminen suhteessa kytkentähetken varaustasoon eri lataustapoja käyttäen.

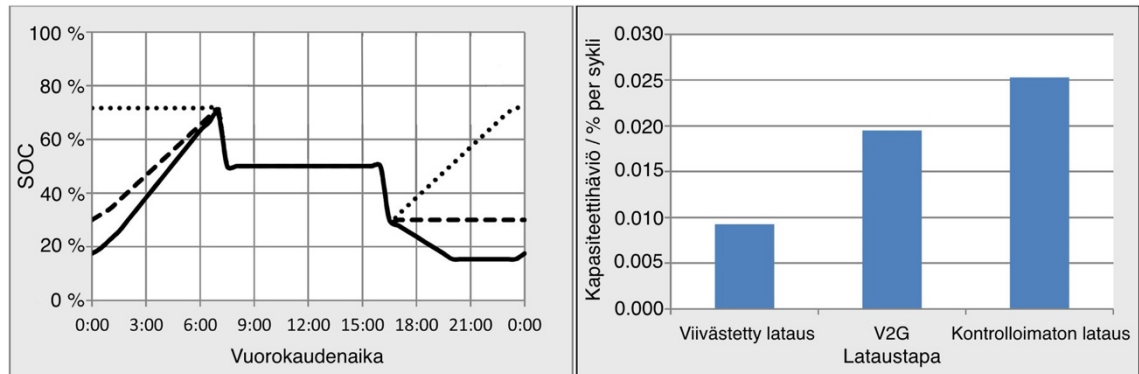


**Kuva 9.** Täyssähköauton akuston kapasiteettihäviö suhteessa kytkentähetken varaustasoon. Mukailten Lacey et al. (2017).

Tutkimuksen mukaan akuston varaustason ollessa alle 40 % latauspisteeseen kytkentähetkellä V2G-lataus on kontrolloimatonta lataamista suopeampi vaihtoehto akuston



maksimikapasiteetin kannalta. Kuitenkin kaikissa tilanteissa viivästetty lataus on akuston käyttöiän kannalta paras vaihtoehto. Voidaan olettaa, että sähköautoilijat olisivat todennäköisimmin halukkaita luovuttamaan akustosta energiaa, kun akuston varaustaso on korkea. Akuston eliniän kannalta V2G-lataus on kuitenkin järkevintä, kun akuston varaustaso on matala. Seuraavassa kuvassa 10 puolestaan on havainnollistettu tutkimuksen lataustapojen ajoittumista päivittäisen ajojen ympärille sekä näiden vaikutusta akuston kapasiteettihäviöön.



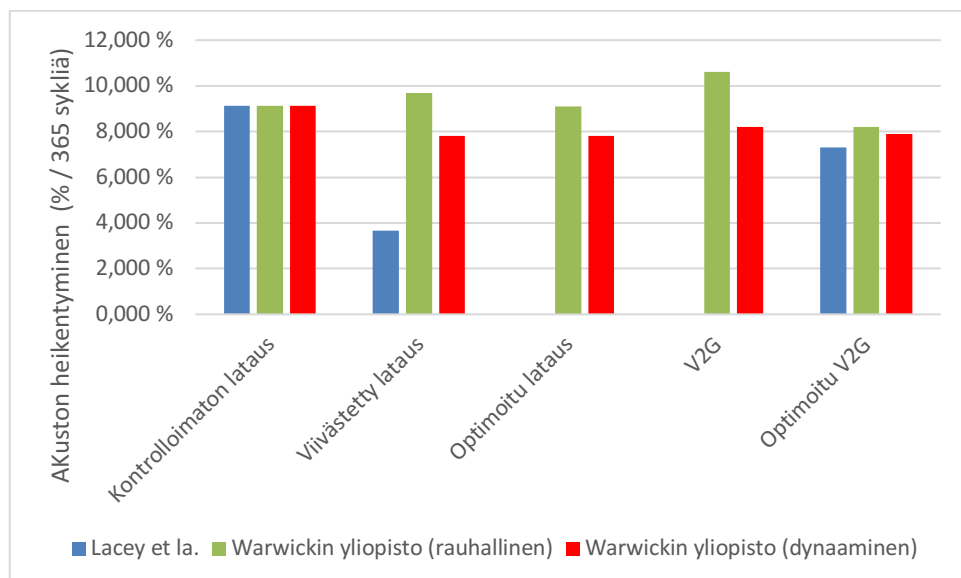
**Kuva 10.** Vaihtoehtoisten lataustapojen vaikutus kapasiteettihäviöön. Mukailen Lacey et al. (2017)

Kuvassa 10 on vasemmalla havainnollistettu kuvan 9 merkinnöillä kontrolloimattomassa, V2G- ja viivästetyssä latauksessa akuston varaustason (SOC) muuttumista vuorokauden ajan suhteessa. Oikealla puolestaan on esitetty kapasiteettihäviö eri lataustapojen vaikutuksesta lataussykliä kohden. Tutkimuksessa tutkituista lataustavoista viivästetty lataus heikensi akuston varauskapasiteettiä noin 0,01 %, V2G-lataus vastaavasti noin 0,02 % ja niin ikään kontrolloimaton lataaminen noin 0,025 % lataussykliä kohden. Näissä luvuissa näkyy kaikki kapasiteettiin vaikuttavat tekijät, kuten lämpötila, latausvirta, latausmäärä sekä keskimääräinen varauskapasiteetti. Viikoittain tapahtuvassa latauksessa V2G-latauksesta seuraisi vuositasolla noin 1 % varauskapasiteetin heikkeneminen. Vastaavasti viivästetty lataaminen söisi vain 0,5 % kapasiteettia, kun puolestaan kontrolloimaton lataaminen aiheuttaisi noin 1,3 % heikkenemisen. Lataustavalla on siis noin 0,015 %-yksikön vaikutus akuston varauskapasiteetin heikkenemiseen lataussykliä kohden. (Lacey;Putrus;& Bentley, 2017)

Warwicken yliopiston tutkimuksessa (2022) puolestaan ajettiin päivittäin kaksi matkaa, jotka kuluttivat kumpikin noin 60 % akuston maksimikapasiteetista. Lisäksi tutkimuksessa jäljiteltiin sekä rauhallisen että dynaamisen autoilijan ajotapoja. Jokaisen matkan jälkeen akustot ladattiin täyteen eri lataustapoja hyödyntäen. Yhteensä lataussyklejä aiheutui siis 730 kpl. Tutkimuksessa lataustapoina oli kontrolloimaton lataaminen, viivästetty lataus, optimoitu lataus, V2G-lataus ja optimoitu V2G-lataus:

- Kontrolloimattomassa latauksessa akusto ladattiin välittömästi täyteen.
- Viivästetyssä latauksessa akusto ladattiin täyteen juuri ennen seuraavaa matkaa.
- Optimoitu lataus akusto ladattiin johonkin tiettyyn, ennalta tunnistettuun, optimaaliseen varaustasoon, jossa ajan kuluessa akuston maksimikapasiteetin häviö oli minimaalinen, kunnes se ladattiin täyteen juuri ennen seuraavaa matkaa.
- V2G-latauksessa varausta luovutettiin verkkoon, kunnes ennalta tunnistettu, optimaalinen varaustaso saavutettiin, minkä jälkeen akusto ladattiin kerrasta täyteen juuri ennen seuraavaa matkaa.
- Optimoitu V2G-lataus mahdollisti varauksen purkamisen ja lataamisen koko laturiin kytkennän ajan.

Tutkimuksessa kontrolloimatonta latausta pidettiin verrokkitasona akuston maksimikapasiteetin heikkenemiselle. Vuoden tutkimusjakson päätteeksi rauhallisella autoilijalla viivästetty lataus heikensi varaukspasiteettia 5,9 % ja niin ikään V2G-lataus heikensi varaukspasiteettia jopa 16,0 % kontrolloimattomaan lataukseen verrattuna. Optimoitu lataus ”paransi” varaukspasiteettia 0,4 % ja optimoitu V2G-lataus ”paransi” varaukspasiteettia jopa 8,6 %. Dynaamisella autoilijalla tulokset olivat positiivisemmat. Kaikki lataustavat olivat kontrolloimatonta lataamista suopeampi akuston kapasiteetin heikkenemiselle. Vuoden tutkimusjakson päätteeksi sekä viivästetty lataus että optimoitu lataus ”paransivat” varaukspasiteettia 14,9 %, V2G-lataus ”paransi” 10,6 % ja optimoitu V2G-lataus myös 12,9 %. Alla olevassa kuvassa 11 on verrattu näiden kahden tutkimuksen tuloksia keskenään.



**Kuva 11.** Lataustapojen vaikutus akuston heikkenemiseen (% / 365 sykliä).

Kuvassa 11 kontrolloimaton lataus määritettiin Lacey et al. tutkimuksen tasolle ns.

perustasoksi vertailtavuuden vuoksi. Molempien tutkimusten tulokset skaalattiin 365 lataussykliin. Lacey et al. tutkimuksessa ei vertailtavaa optimoitua latausta tai Warwickin yliopiston tutkiman kaltaista V2G-latausta tutkittu, minkä vuoksi kuvassa ei ole näiden pylväitä. Kuvasta 11 nähdäänkin, että optimoitu V2G-lataus on kontrolloimatonta latausta parempi lataustapa akuston maksimikapasiteetin säilymisen kannalta molempien tutkimusten mukaan. Viivästetty lataus oli Lacey et al. tutkimuksen mukaan selvästi parempi akuston maksimikapasiteetin säilymiselle, kun taas Warwickin yliopiston tutkimuksessa viivästetyt latauksen vaikutus oli riippuvainen kuljettajan ajotavasta. Rauhallinen ajotapa säilytti akustossa suuremman varauksen, jolloin akuston hyödyntäminen V2G-latauksella oli kuluttavampaa (University of Warwick, 2022).

Valtiollisen kestävän kehityksen yhtiön, Motivan, mukaan täyssähköauton akuston kulumista voi hillitä välttämällä täyteen lataamista, välttämällä pikalatausta, pitämällä akuston lämpötilan 25°C tuntumassa sekä käyttämällä autoa (Motiva, 2023). Vastaavat huomio tehtiin myös Warwickin yliopiston tutkimuksessa: akuston elinikään vaikuttavia tekijöitä oli lämpötila, varaustaso, latausteho, luovutusmäärä ja lataustehokapasiteetti. Tutkimuksen perusteella voitiin todeta, että akuston varaustaso kannatti jättää 0–30 % pidempiaikaisen varastoinnin ajaksi. Tutkimuksessa ei tutkittu varastointia alle 0°C lämpötiloissa. 80–90 % varaustaso oli kuluttavin varaustaso akuston kapasiteetille kaikissa tutkituissa lämpötiloissa. Lataaminen 25°C lämpötilassa aiheutti pienimmän akuston maksimikapasiteetin heikkenemisen. (University of Warwick, 2022)

#### 4.4.4 Sähköautoilija

Viime vuosina on toteutettu käyttäjätutkimuksia sähköautoilijoiden lataustottumuksista (van Heuveln, ym., 2021; Li, ym., 2023). Tutkimukset ovat osoittaneet, että V2G:stä saatava vuotuinen rahallinen hyöty ei ehkä riitä käyttäjien laajamittaiseen osallistumiseen (Richardson, 2013). Kotitalous- ja yritysasiakkaille ei Ikosen mukaan ole tarvittavia kannustimia älykkäämpien latausjärjestelmien käyttöönotolle (Ikonen, 2022).

Van Heuvelnin et al. tutkimuksessa (2021) haastateltavista suurin osa oli keski- tai hyvätuloisia, korkeakoulutettuja, 25–45-vuotiaita miehiä. Haastattelun perusteella suurin osa säästi autonsa akustossa tietyn määrän energiaa hätätilanteita tai odottamattomia ajomatkoja varten. Li et al. tutkimuksessa (2023) käyttäjät oli jaettu kahteen ryhmään. Ryhmä 1 koostui pääasiassa varovaisemmista, nuoremmista, naispuolisista, hyvätuloisista ja kokeneista autoilijoista. Ryhmä 2 puolestaan seikkailunhaluisemmista, vanhemmista, miespuolisista, matalatuloisista kokemattomista autoilijoista. Ryhmän 1 jäsenet latasivat autonsa yli 70 % todennäköisyydellä riippumatta akuston varaustasosta, kun ryhmän 2 jäsenet latasivat akuston yli 50 % todennäköisyydellä vasta, jos varaustaso oli

alle 20 %. Tutkimuksessa siis varovaisiksi itsensä luonnehtivat latasivat autoaan kärkeämmin kuin seikkailunhaluiseksi itseänsä luonnehtivat. Tutkimustulokset voidaan nähdä haasteena, mutta myös mahdollisuutena. Varovaisten autoilijoiden akustojen hyödyntäminen V2G-toiminnassa olisi todennäköisesti mahdollista, sillä heidän autonsa olisivat latauksessa pidempään kuin minimissään olisi tarpeen, mutta heillä kantama-ahdistus (engl. range anxiety) voi olla liian suuri este V2G-käytölle. Toisaalta, jos seikkailunhaluisia pystyttäisiin motivoimaan kytkemään autonsa latureihin, heidän autonsa pysyisivät palvelemaan V2G-tavoitteita, sille ne olisivat optimaalisessa varauskapasiteetissa V2G-käyttöön, mutta heillä auton lataus voi vaatia koko käytettävissä olevan ajan.

Van Heuvelnin et al. tutkimuksessa (2021) todetaankin, että EV-omistajan näkökulmasta akun hajoamisen ja kulumisen aiheuttamat kustannukset, jotka johtuvat tiheästä latauksesta ja purkamisesta, ovat käyttäjien suurin huolenaihe. Myös Gesken ja Schumannin tekemän käyttäjätutkimuksen (2018) mukaan akun hajoaminen ja toimintasädeongelma olivat sähköautoilijoiden merkittävimmät huolenaiheet. Van Heuvelnin et al. tutkimuksessa V2G:n käytön aiheuttama kapasiteetin heikentyminen aiheutti hajontaa vastaajien keskuudessa V2G käyttöönottamisen hyväksyttävyyden suhteen. Osa vastaajista ei pitänyt kapasiteetin heikkenemistä ongelmana, kun taas toisille se oli hyvinkin merkitsevä tekijä. Van Heuveln kuitenkin huomauttaa, että vastaajista noin 60 % oli leasingauto, mikä voi vaikuttaa tuloksiin. Keskimäärin van Heuvelnin et al. tutkimushenkilöt eivät uskoneet, että V2G-käytön korvaukset kattaisivat akustojen hajoamisesta aiheutuvia kustannuksia.

Yleinen konsensus on, että akut heikkenevät, kun niitä ladataan ja puretaan. Näin ollen V2G:n hyödyntäminen voi johtaa akustojen kunnon nopeampaan heikkenemiseen, koska akustoja ladataan ja puretaan useammin. Sähköauton akuston elinikä on erityisen tärkeä tekijä sähköauton käyttäjän näkökulmasta, koska akusto voi olla kallein sähköauton komponentti ja määrittää sen toimintasäteen. Lisäksi, jos latausasemaoperaattori purkaa akustoa ja sähköautoilija tarvitsee sähköautoaan ennen odotettua lähtöaikaa, jäljellä oleva energia ei välttämättä riitä seuraavaan matkaan. Tällainen tilanne tai huoli siitä, että näin voi käydä, voi aiheuttaa niin kutsuttua kantama-ahdistusta ja vähentää siten autoilijoiden halukkuutta osallistua V2G-lataukseen. (Simolin, 2022)

Gesken ja Schumannin tutkimuksessa (2018) nousi lisäksi myös huoli kolmansien osapuolien pääsystä auton järjestelmiin. Käytännössä siis riskinä nähdään, että joku voi päästä auton kautta henkilökohtaisiin tietoihin käsiksi tai muulla tavalla aiheuttaa haittaa auton käyttäjälle. Vastaavaa havainto tehtiin myös van Heuvelnin et al. tutkimuksessa (2021), sillä kolmannen osapuolen pelättiin käyttävän kaiken energian juuri ennen matkaan lähtöä.

## 5 HYVÄKSYNTÄ UUDELLE TEKNOLOGIALLE

### 5.1 Hyväksynnän määritelmä

Hyväksyntä tuodaan usein esille keskeisenä tekijänä uuden teknologian onnistuneessa käyttöönotossa ja käytössä niin ajoneuvojen kontekstissa kuin muuallakin. Hyväksymisen käsitteen tunnustetusta merkityksestä huolimatta sitä, miten ja miksi käyttäjät todella hyväksyvät uutta teknologiaa, ei ymmärretä hyvin. Vaikka monet tutkimukset väittävät mitanneensa hyväksyntää, vain harvat ovat nimenomaisesti määritelleet, mitä se on. (Adell;Varhelyi;& Nilsson, The Definition of Acceptance and Acceptability, 2014a) Tässä luvussa korostetaan hyväksymisen määrittelyn merkitystä ja luokitellaan määritelmät, joita on käytetty niiden "olemuksen" mukaisesti. Lisäksi kuvataan eri hyväksymistyyppien välisiä eroja sekä hyväksymisen ja hyväksyttävyyden välisiä eroja.

Najm et al. (2006) väittävät, että kuljettajan hyväksyntä on ennakkoehto, jonka avulla uudet teknologiat voivat saavuttaa ennustetut hyödyt. Van Driel (2007) puolestaan näkee hyväksynnän tutkittavan järjestelmän ostohalukkuuden ennustajana. Yhteistä näille on, että hyväksyntä tunnustetaan tärkeäksi ja se perustuu yksilön arvioon järjestelmistä, esimerkiksi V2G-järjestelmästä. Osa tutkijoista korostaa, että on tärkeää tehdä ero hyväksynnän ja hyväksyttävyyden välillä. Schade ja Schlag (2003) määrittelevät hyväksyttävyyden tulevaisuuden toimenpiteiden ennakoivaksi arvioinniksi. Hyväksyttävyys mitataan silloin, kun subjektilla ei ole kokemusta järjestelmästä, ja on siten asennekonstruktio. Hyväksyminen puolestaan koostuu asenteista ja käyttäytymisreaktioista teknologian käyttöönoton jälkeen. Jamsonin (2010) mukaan hyväksyttävyys on, kuinka paljon järjestelmästä pidetään, kun taas hyväksyntä on, kuinka paljon sitä käytettäisiin.

Tässä diplomityössä pidetään hyväksyntää Adellin et al. (2014a) määritelmän mukaisesti seuraavanlaisena:

*Hyväksyntä kuvaa, missä määrin yksilö sisällyttää järjestelmän käyttöönsä tai aikoo käyttää sitä, jos järjestelmä ei ole yksilön käytettävissä.*

Tämän määritelmän etuna on sen keskittyminen yksilölliseen näkökulmaan järjestelmästä, sillä järjestelmän on huomioitava käyttäjälle tärkeät seikat ja luotava sekä välitetävä ratkaisu käyttäjän ongelmaan.

## 5.2 Teknologian hyväksymisen mittaaminen

Tietotekniikan sekä V2G- ja V2H-järjestelmien sovelluksilla on monia yhteisiä ominaisuuksia: käyttäjä on vuorovaikutuksessa teknologian kanssa, joka on usein liian monimutkaista täysin ymmärrettäväksi; uudet sovellukset esitellään käyttäjille jo käytössä olevaan teknologian kautta ja sekä tietotekniikka- että V2G- ja V2H-järjestelmät pyrkivät helpottamaan jotakin toimintoa (Adell;Varhelyi;& Nilsson, 2014b).

Tietotekniikan alalla vastaaviin tutkimuksiin on käytetty useita eri malleja. Osa malleista on kehitetty yksinomaan tietotekniikan alalla, kun taas toisissa malleissa on mukana laajemmassa kontekstissa kehitettyjä tunnettuja teorioita. Mallit on kehitetty melko pitkän ajan saatossa. Yksi viimeisimmistä malleista, UTAUT (engl. Unified Theory of Acceptance and Use of Technology, teknologian hyväksymismalli) (Venkatesh;Morris;Davis;& Davis, 2003), integroi kahdeksan tietotekniikan alalla eniten käytettyä yksilöllisen hyväksynnän mallia:

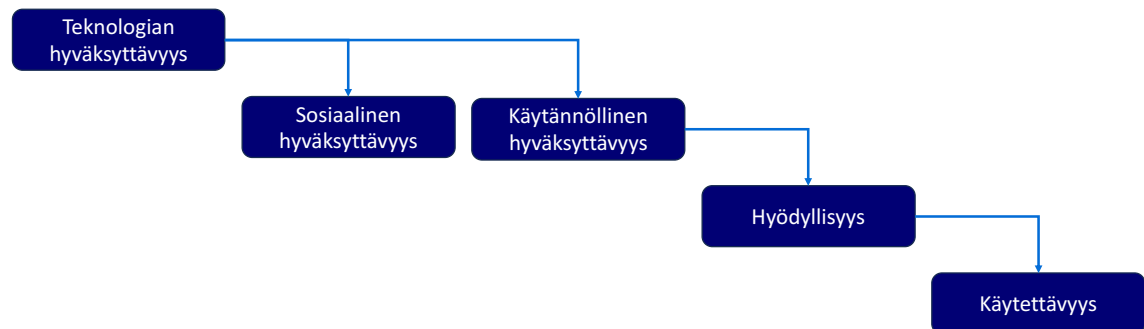
- Theory of Reasoned Action (Ajzen & Fishbein, 1982)
- Technology Acceptance Model (TAM) (Davis, 1989)
- Theory of Planned Behaviour (TPB) (Ajzen I. , 1991)
- The Model of PC Utilization (Thompson;Higgins;& Howell, 1991)
- Motivational Model (Davis;Bagozzi;& Warshaw, 1992)
- A combined model of TAM and TPB (Taylor & Todd, 1995)
- Social Cognitive Theory (Compeau & Higgins, 1995))
- Innovation Diffusion Theory (Rogers, 1995)

Avaintekijä kaikissa näissä malleissa on käyttäytyminen eli uuden teknologian käyttö. Näin ollen V2G- ja V2H-järjestelmien hyväksymistä koskevassa tutkimuksessa voidaan hyödyntää UTAUT-mallia pohjana. Venkateshin et al. (2003) mukaan teknologian hyväksyntään vaikuttavat suorituskykyodotus (performance expectancy), ponnisteluodotus (effort expectancy), sosiaalinen vaikutus (social influence) ja fasilitoivat tekijät (facilitating conditions). Sukupuoli, ikä ja kokemus toimivat riippumattomina muuttujina.

Venkeshin et al. tutkimuksessa (2003) todettiin, että suorituskykyodotus on määräävä tekijä teknologian hyväksyntään useimmissa tilanteissa. Suorituskykyodotukseen vaikuttaa ikä ja sukupuoli, ja se on merkittävämpi miehillä ja nuoremmilla käyttäjillä. Myös ponnistusodotuksen vaikutus teknologian hyväksyntään on riippuvainen sukupuolesta ja

iästä, mutta sen vaikutus on merkittävämpi naisilla ja vanhemmilla käyttäjillä ja sen vaikutus heikkenee kokemuksen myötä. Sosiaalisen vaikutuksen merkitys teknologian hyväksyntä ei ole riippuvainen iästä, sukupuolesta tai kokemuksesta. Fasilitoivilla tekijöillä on vaikutus teknologian hyväksyntään vain vanhemmille henkilöille, jotka ovat ehtineet käyttämään teknologiaa jo pidempään.

Puolestaan Nielsen määritteli kirjassaan (1994) teknologian hyväksymisen riippuvan puumaisesti neljästä tekijästä seuraavan kuvan 12 mukaisesti.



**Kuva 12.** Teknologian hyväksyttävyyden osatekijät. Mukailten Nielsen (1994).

Teknologian hyväksyminen riippuu siis sosiaalisesta hyväksyttävyydestä (social acceptability), käytännön hyväksyttävyydestä (practical acceptability), hyödyllisyydestä (usefulness) sekä käytettävyydestä (usability) (Nielsen, 1994). Käytettävyys polveutuu teknologian hyödyllisyydestä, joka polveutuu käytännöllisestä hyväksyttävyydestä, joka yhdessä sosiaalisen hyväksyttävyyden kanssa muodostavat teknologian hyväksyttävyyden. Käytettävyyteen vaikuttaa Nielsenin mukaan subjektiiviset tekijät, kuten omaksuttavuus, vaivattomuus, helppous ja mukavuus. Hyödyllisyyteen vaikuttaa siis käytettävyys, mutta myös objektiivisempi tekninen soveltuvuus aiottuun käyttötarkoitukseen. Käytännön hyväksyttävyyden muodostuu hyödyllisyyden lisäksi hinnasta, yhteensopivuudesta sekä luotettavuudesta. Kokonaisuudessaan hyväksyttävyyden koostuu käytännön hyväksyttävyydestä ja sosiaalisesta hyväksyttävyydestä.

Nielsenin ja Venkateshin et al. määritelmässä on nähtävissä selvät yhtymäkohdat: suorituskyky odottaa vastaa hyödyllisyyttä, ponnistelu odottaa koostuu käytettävyydestä sekä osittain käytännöllisestä hyväksyttävyydestä, sosiaalinen vaikutus on luonnollisesti yhteydessä sosiaaliseen hyväksyttävyyteen ja fasilitoivat tekijät sisältävät tekijöitä muun muassa käytännön hyväksyttävyydestä (Nielsen, 1994; Venkatesh; Morris; Davis; & Davis, 2003). Tässä tutkimuksessa päädyttiin käyttämään Venkateshin et al. UTAUT-mallia yhdistettynä Nielsenin malliin ja sovellettuna V2G- ja V2H-teknologioiden hyväksyttävyyden mittaamiseen sopivaksi. UTAUT-mallia on käytetty myös muissa kuin infor-

maatio teknologian tutkimuksissa. Tutkimuksissa on kuitenkin todettu, että UTAUT-mallia on aiheellista muokata paremmin tutkittavaan ilmiöön sopivaksi (Lubrin;Lawrence;Bachfischer;Navarro;& Culjak, 2006; Carlsson;Carlsson;Hyvönen;Puhakainen;& Walden, 2006). Nielsenin mallista saatavilla osa-alueilla saadaan UTAUT-malli täydennettyä hyvin V2G- ja V2H-teknologioiden hyväksyttävyyden mittaamiseen soveltuvaksi.

Hyväksyntää mitattaessa kysymykset luokiteltiin siis neljään kategoriaan mukaillen UTAUT-menetelmää. Kategoriat olivat suorituskykyodotus, ponnisteluodotus, sosiaalinen vaikutus ja fasilitoivat tekijät. Alla olevaan taulukkoon 3 on koottu termeittäin eri kategorioita kuvaavia ominaisuuksia.

Taulukko 3. *Hyväksyttävyyden kategoriat. Mukaillen Venkatesh et al. (2003) ja Nielsen (1994).*

Suorituskykyodotus	Ponnisteluodotus	Sosiaalinen hyväksyntä	Fasilitoivat tekijät
- hyödyllisyys	- käytettävyys	- ympäristö	- järjestelmien yhteensopivuus
- luotettavuus	- helppous	- arvo	- ohjaavat lait ja asetukset
- käyttökelpoisuus	- omaksuttavuus	- kulut	
	- hinta	- edelläkävijyys	

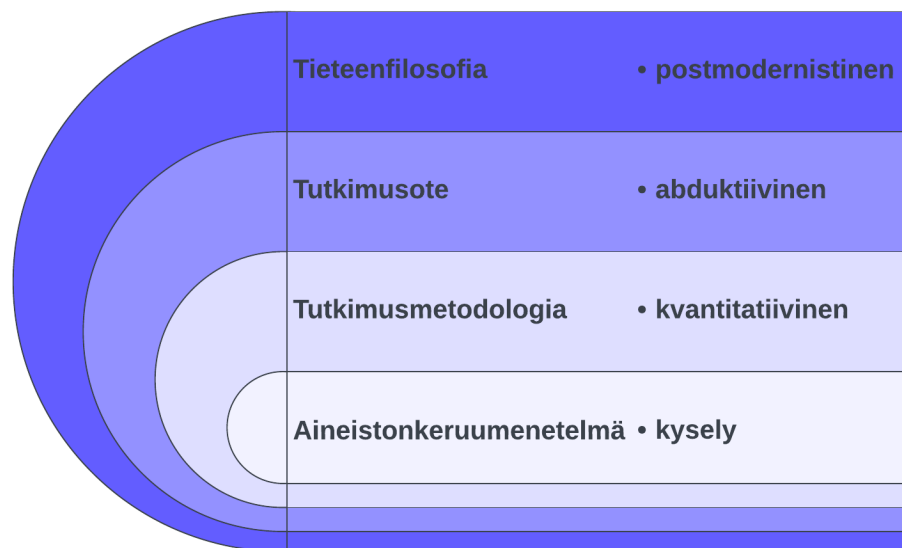
Vastauksia tutkittiin sukupuolen, iän ja kokemuksen suhteessa sekä muuttujista riippumattomina. Seuraavassa luvussa 6 on käyty menetelmiä ja luvussa 7 tuloksia tarkemmin lävitse.



## 6 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

### 6.1 Tieteellinen viitekehys

Tutkimuksen taustalla vaikuttava tieteenfilosofia ohjaa koko tutkimuksen kulun, joten on olennaista selventää näitä ohjaavia valintoja. Tutkimuksen tieteellinen viitekehys esitellään Saundersin (2019) "sipulimallin" avulla, ja tämän tutkimuksen valinnat on esitetty seuraavassa kuvassa 13.



**Kuva 13.** Saundersin sipulimalli. Mukailten Saunders (2019).

Mallin uloimmissa kerroksissa on tutkimusta ohjaava filosofinen lähestymistapa, tämän alla on tutkimusote sekä -metodologia ja sisimpänä on valittu aineistonkeruumenetelmä. Tarkemmin nämä valintoja on avattu seuraavissa alaluvuissa.

#### 6.1.1 Tieteenfilosofia: postmodernistinen

Termi tutkimusfilosofia viittaa Saundersin (2019) mukaan uskomusten ja oletusten järjestelmään tiedon kehityksestä. Vaikka tämä kuulostaa melko syvälliseltä, se on juuri sitä, mitä tutkimuksessa tehdään: tiedon kehittämistä tietyllä alalla. Tutkimusfilosofioiden tunnistamiseksi toisistaan voidaan tarkastella kolmenlaisia tutkimusoletuksia: ontologia, epistemologia ja aksiologia.

Ontologialla tarkoitetaan oletuksia todellisuuden luonteesta. Ontologia siis määrittää, miten ympäröivä maailma nähdään ja näin ollen valinnat siitä, mitä tutkimushankkeessa

tutkitaan. Epistemologialla tarkoitetaan oletuksia tiedosta, siitä, mikä muodostaa hyväksyttävän, pätevän ja oikeutetun tiedon ja miten voidaan välittää tietoa muille. Erilaisia tietoja – numeerisesta datasta teksti- ja kuvatietoon, faktoista mielipiteisiin ja myös kertomuksiin ja tarinoin – voidaan kaikkia pitää pätevinä. Aksiologialla tarkoitetaan arvojen ja etiikan roolia. Yhden aiheen valitseminen toisen sijaan viittaa siihen, että jotain aiheista pidetään muita tärkeämpänä. Tutkimusfilosofia heijastaa tutkijan arvoja ja siten myös tiedonkeruutekniikoiden valintaa.

Tsang (2016) jakaa tieteen filosofiat positivismiin, postmodernismiin, kriittiseen realismiin sekä pragmatismiin. Saundersin (2019) mukaan jako tehdään positivismiin, postmodernismiin, kriittiseen realismiin, pragmatismiin sekä interpretivismiin. Positivismissa uskotaan objektiivisen, mielestä riippumattoman todellisuuden olemassaoloon, jota puolueettomat ja arvovapaat tutkijat voivat tutkia. Koska tutkimustulosten yleistettävyys riippuu suuresti määrin otoksen koosta, positivismissa käytetään usein mieluummin kvantitatiivisia menetelmiä, kuten kyselytutkimuksia, kokeita ja arkistotietojen analysointia. Saunders lisää, että positivismissa keskitytään havaittavien ja mitattavien tosiasioiden ja säännönmukaisuuksien löytämiseen, ja vain havaitut ja mitatut ilmiöt johtavat uskottavaan ja merkitykselliseen tiedon tuottamiseen (2019).

Sen sijaan, että postmodernismissa oletettaisiin tutkijoiden olevan puolueettomia ja arvovapaita, postmodernismissa nähdään tutkijan lähestyvän ilmiötä omaten ennakkokäsityksen tai teorian sen luonteesta ja implisiittisesti mahdollisesta selityksestä sille. Postmodernismi siis tunnustaa tutkijoiden roolin tulosten vääristymisessä ja suosittelee, että tutkijoiden osallistuminen koko prosessiin raportoidaan yksityiskohtaisesti. (Tsang, 2016) Saundersin (2019) mukaan postmodernismi korostaa kielen ja valtasuhteiden roolia pyrkien kyseenalaistamaan hyväksytyjä ajattelutapoja ja antamaan äänen vaihtoehtoisille marginalisoiduille näkemyksille.

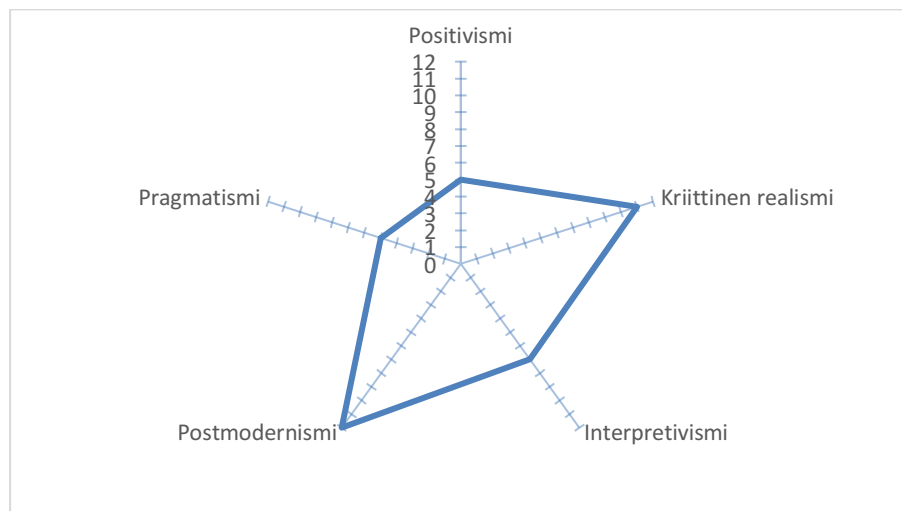
Kriittisessä realismissa ajatellaan, että vaikka tutkijat eivät ole täysin puolueettomia ja arvovapaita, he voisivat suorittaa melko puolueettomia tutkimuksia, jos he tietoisesti hallitsevat puolueellisuuttaan (Tsang, 2016). Saundersin mukaan, kriittisessä realismissa tulisi aina pyrkiä tutkimaan jokaista ongelmaa laatikon ulkopuolelta ja eri suunnista, sillä subjektiivinen näkemyksemme on aina puutteellinen (2019).

Pragmatismi hylkää perinteiset dualismit kuten mielen ja ruumiin, tosiasiat ja arvot sekä vapaan tahdon ja determinismin. Sen sijaan, että pragmatismi osallistuisi kvalitatiivisten ja kvantitatiivisten menetelmien metodologisesta dualismista käytävään keskusteluun, se valitseekin kompromissin tutkimusmenetelmistä yhdistämällä kvalitatiivisia ja kvantitatiivisia tekniikoita yhteen tutkimukseen tavoitteenaan yhdistää molempien tekniikoiden

vahvuudet (Tsang, 2016). Saunders (2019) huomauttaakin, että pragmatistit tunnustavat, että on olemassa monia erilaisia tapoja tulkita maailmaa ja harjoittaa tutkimusta, ja että mikään yksittäinen näkökulma ei voi koskaan antaa koko kuvaa ja että todellisuuksia voi olla useita. Tämä ei tarkoita sitä, että pragmatistit käyttäisivät aina useita menetelmiä, vaan he käyttävät menetelmää tai menetelmiä, jotka mahdollistavat uskottavan, hyvin perustellun, luotettavan ja merkityksellisen tiedon keräämisen, joka edistää tutkimusta.

Saundersin viidenneksi listaama filosofinen lähestymistapa, interpretivismi, korostaa hänen mukaansa ihmisten eroavaisuutta fysikaalista ilmiöistä, koska ihmiset luovat merkityksiä. Interpretivismissa ihmisiä ja heidän sosiaalisia maailmojaan ei voi tutkia samalla tavalla kuin fysikaalisia ilmiöitä, ja siksi yhteiskuntatieteiden tutkimuksen on erottava luonnontieteiden tutkimuksesta. Interpretivistit uskovat, että rikkaat oivallukset ihmiskunnasta menetetään, jos ihmisten monimutkaisuus pelkistetään kokonaan sarjaksi lainkaltaisia yleistyksiä. Interpretivismin keskittyminen monimutkaisuuteen, rikkauteen, monitulkintaan ja merkityksentekoon tekee siitä hyvin subjektiivista. (Saunders, 2019)

Tämän tutkimuksen kohteena on suhtautuminen uuden teknologian käyttöön ja eri sidosryhmien näkökulmista mitattavissa olevat teknologian lainalaisuudet. Käyttäjien suhtautumista ei pysty objektiivisesti mittaamaan, sillä käyttäjien asenteissa ja mielipiteissä korostuu heidän kokemuksensa sekä vuorovaikutus muiden ihmisten kanssa. Niinpä tutkimuksen filosofia seuraa postmodernistista lähestymistapaa. Filosofisista valintoja puoltaa tutkijan ennakoasenteet on pyritty tiedostamaan läpi tutkimusprosessin. Seuraavassa kuvassa 14 on tämän tutkimuksen tutkijan tulokset Saundersin HARP väittämättestistä (2019).



**Kuva 14.** Tutkagraafi tutkijan HARP-tuloksista.

Graafissa korostuu postmodernismi sekä kriittinen realismi. Tämä kuvastaa tutkijan asemoitumista Saundersin tieteenfilosofioiden kentälle. Tutkimukseen valikoitunut filosofia

sopii siis tutkijan filosofiseen asemoitumiseen, mitä pohditaan lisää tutkimuksen luotettavuutta arvioitaessa.

Myös kyselytuloksissa korostuu yksilöiden asenteet uutta teknologiaa kohtaan. Tutkimus on toteutettu kyselytutkimuksena ja tuloksena on siis kvantitatiivinen tutkimusaineisto, joka perustuu yksilöiden näkemyksiin.

### **6.1.2 Tutkimusote: abduktiivinen**

Tutkimusotteella tarkoitetaan Saunders (2019) mukaan lähestymistapaa teoriakehitykseen. Lähestymistavat voidaan jakaa deduktiiviseen, induktiiviseen sekä abduktiiviseen lähestymistapaan. Näiden kolmen teoriakehityksen lähestymistavan mukaisesti, jos tutkimus alkaa teoriasta, joka on usein kehitetty akateemisen kirjallisuuden lukemisesta, ja suunnitellaan tutkimusstrategian teorian testaamiseksi, käytetään deduktiivista lähestymistapaa. Deduktio on tutkimusotteena todennäköinen erityisesti positivismissa. Puolestaan, jos tutkimus alkaa keräämällä tietoa ilmiön tutkimiseksi ja luodaan tai rakennetaan teoriaa, niin käytetään induktiivista lähestymistapaa. Induktiivista lähestymistapaa hyödynnetään yleensä interpretivistisessä tutkimusfilosofiassa. Kun kerätään tietoa ilmiön tutkimiseksi, teemojen tunnistamiseksi, kuvioiden selittämiseksi ja uuden tai olemassa olevan teorian kehittämiseksi, jota myöhemmin testataan lisäaineistonkeruulla, käytetään abduktiivista lähestymistapaa. Abduktiivinen tutkimusote on tyypillistä pragmaattisessa sekä postmodernissa tutkimusfilosofiassa.

Tässä tutkimuksessa käytetäänkin abduktiivista tutkimusotetta. Tutkimuksen edetessä on tunnistettu tiettyjä teesejä aiheen ympäriltä. Niin kyselytutkimuksen kuin syvällisemmän kirjallisuuskatsauksen avulla on kerätty lisäaineistoa ja analysoituja tuloksia on verrattu aiempiin teeseihin. Saunders (2019) väittääkin, että puhdas deduktiivinen tai induktiivinen tutkimus on lähes mahdoton toteuttaa.

### **6.1.3 Tutkimusmetodologia: kvantitatiivinen**

Saundersin sipulimallin kolmas kerros kuvastaa tutkimusmetodologiaa. Tutkimusmetodologiat voidaan nähdä asettuvan jatkumolle, jonka toisessa päätepisteessä on kvantitatiivinen ja toisessa kvalitatiivinen tutkimus. Yksi tapa erottaa määrällinen tutkimus laadullisesta tutkimuksesta on erottaa numeeriset tiedot (numerot) ja ei-numeeriset tiedot (sanat, kuvat, äänitallenteet, videoleikkeet ja muu vastaava materiaali). Tällä tavoin "kvantitatiivista" käytetään usein synonyyminä mille tahansa tiedonkeruutekniikalle (kuten kyselylomake) tai tietojen analysointimenettelylle (kuten kaaviot tai tilastot), joka tuottaa tai käyttää numeerista tietoa. Sen sijaan kvalitatiivista menetelmää käytetään usein synonyyminä mille tahansa tietojenkeruutekniikalle (kuten haastattelu) tai tietojen analysointimenettelylle (kuten tietojen luokittelu), joka tuottaa tai käyttää ei-numeerista tietoa.

Tämä erottelu on kuitenkin sekä ongelmallinen että kapea. Se on ongelmallinen, koska todellisuudessa monet tutkimusmallit todennäköisesti yhdistävät määrällisiä ja laadullisia elementtejä. Tähän voi olla useita syitä. Tutkimuksessa voidaan käyttää esimerkiksi kyselylomaketta, mutta vastaaja voi olla tarpeen pyytää vastaamaan joihinkin "avoimiin" kysymyksiin omin sanoin sen sijaan, että vain valitsisivat "oikeita" vastauksia, tai jatko-haastatteluja voi olla tarpeen tehdä kyselyn tulosten selittämiseksi. Yhtä lailla joitakin kvalitatiivisia tutkimustietoja voidaan analysoida kvantitatiivisesti, tai niitä voidaan käyttää pohjana myöhemmän kyselyn suunnittelussa. Näin siis kvantitatiivinen ja kvalitatiivinen tutkimus voidaan nähdä jatkumon kahtena päätepisteenä, jotka käytännössä usein sekoittuvat. (Saunders, 2019)

Tässä tutkimuksessa on toteutettu kyselytutkimus, jonka kysymykset ovat strukturoituja. Osaan kysymyksistä on vastaajille annettu mahdollisuus kommenttiin selventää tai tarkentaa antamaansa vastausta. Tästä huolimatta tutkimusmetodologia on vahvasti kvantitatiivinen. Tutkimuksessa on tutkittu muuttujien välisiä suhteita, joita on mitattu numeerisesti ja analysoitu erilaisilla tilastollisilla ja graafisilla tekniikoilla. Koska tiedot on kerätty standardoidusti, on ollut tärkeää varmistaa, että kysymykset ovat ilmaistu selkeästi, jotta jokainen osallistuja ymmärtää ne samalla tavalla.

#### **6.1.4 Aineistonkeruumenetelmä: kysely**

Sipulimallin ytimessä on tutkimusstrategia, joka tarkoittaa aineistonkeruumenetelmää. Alla olevaan luettelon Saundersin tutkimusstrategioista (2019) kaksi ensimmäistä tutkimusstrategiaa liittyvät pääasiassa tai yksinomaan kvantitatiiviseen tutkimussuunnitelmaan. Seuraavat kaksi voivat sisältää kvantitatiivista tai kvalitatiivista tutkimusta tai molempia yhdistävää sekamuotoa. Viimeiset neljä strategiaa liittyvät pääasiassa tai yksinomaan laadulliseen tutkimussuunnitelmaan

- koe
- kysely
- arkisto- ja dokumenttitutkimus
- tapaustutkimus
- etnografia
- toimintatutkimus,
- maadoitettu teoria
- kertova tutkimus.

Tutkimuksen aineistokeruumenetelmäksi on valikoitu kysely. Kysely on yleinen aineistonkeruumenetelmä deduktiivisessa tutkimuslähestymistavassa ja sitä käytetään useimmiten vastaamaan "mitä", "kuka", "missä", "kuinka paljon" ja "kuinka monta" kysymystä (Saunders, 2019). Kysely mahdollistaa standardoidun tiedon keräämisen vastaajilta taloudellisesti, mikä mahdollistaa helpon vertailun. Kyselyn avulla voidaan kerätä tietoa, jota voidaan analysoida kvantitatiivisesti kuvailevien ja haluttujen tilastojen avulla. Lisäksi kyselystrategian avulla kerättyjen tietojen avulla voidaan ehdottaa mahdollisia syitä muuttujien välisiin erityisiin suhteisiin ja tuottaa malleja näistä suhteista. Kyselyn avulla pitäisi saada enemmän kontrollia tutkimusprosessiin ja todennäköisyysnäytteenottoa käytettäessä on mahdollista tuottaa koko väestöä tilastollisesti edustavia havaintoja pienemmin kustannuksin kuin koko väestöä koskevien tietojen kerääminen. (Saunders, 2019) Tutkimusta suunniteltaessa on kuitenkin varmistettava, että otos on edustava ja pyrittävä varmistamaan hyvä vastausprosentti.

Tutkimuksen perusjoukkona on 18–75-vuotiaat yksityishenkilöt, jotka ovat korkeintaan 10 vuotta vanhan Suomeen rekisteröidyn täyssähköauton haltijoita. Otos määrittyi satunnaisotannalla Liikenne- ja viestintävirasto Traficomien Liikenneasioiden rekisteristä seuraavin rajauksin:

- Ajoneuvolaji: henkilöauto
- Vuosimalli: 2013 tai uudempi
- Käyttövoima: sähkö
- Haltija: yksityinen
- Maantieteellinen rajaus: koko Suomi

Tuloksista rajattiin pois myös varastovakuutetut sekä autoliikkeiden autot, alle 18- ja yli 75-vuotiaat henkilöt, mahdolliset henkilöpäällekkäisyydet ja robinson-listalla olevat henkilöt. Robinson-lista on virallinen lista ihmisistä, jotka eivät halua markkinointiyhteydenottoja (Suomen Asiakkuusmarkkinointiliitto ry, 2023). Kysely lähetettiin 5 000 henkilölle.

## 6.2 Tutkimuksen kuvaus ja tutkimusaineisto

Tutkimustapana hyödynnettiin posti- ja internetkyselyn yhdistelmää. Vastaajille ensiksi toimitettiin postitse tutkimuskutsu internetlomakkeeseen. Liite A sisältää tutkimuskutsun eli postitetun saatekirjeen ja liite B puolestaan internetkyselylomakkeen. Kysely lähetettiin huhtikuun 2023 alussa aiemmin mainitulla rajauksella saadulle 5 000 henkilön otokselle, joista internetkyselyn avasi 1596 henkilöä. Suomessa oli vuonna 2022 liikennekäytössä täyssähköautoja Tilastokeskuksen tietokannan (Tilastokeskus, 2023b) mukaan

noin 45 000 kappaletta. Näin ollen kyselyn lähettämistä 5 000 täyssähköauton haltijalle voidaan pitää edustavan otoksena.

Kyselytutkimuksen kielen sai vastaaja valita itse suomen ja englannin väliltä. Vastaaminen oli vapaaehtoista ja vastaajille kerrottiin, että tutkimustuloksia hyödynnettiin henkilöautoliikenteen kehitystutkimuksessa. Internetkyselyn avanneesta 1 596 henkilöstä 1 433 vastasi kaikkiin heille esitettyihin pakollisiin kysymyksiin toukokuuhun 2023 mennessä, jolloin kysely sulkeutui. Näistä 11 vastaajaa jätti vastaamatta ainakin osaan viimeisistä vapaaehtoisista kysymyksistä. Kyselyn vastausprosentti oli hyvä, 28,7 %, joten tutkimusaineistoa voidaan pitää hyvin edustavana.

Kyselylomake jaettiin kolmeen osioon. Ensimmäisessä osiossa esitettiin kysymyksiä, jotka liittyivät vastaajien autoon, asumismuotoon sekä tyypilliseen liikkumiseen autolla. Kysymysten tarkoituksena oli johdatella vastaajaa aihepiiriin pariin yksinkertaisilla kysymyksillä, jotka eivät kuitenkaan ole henkilökohtaisia. Kyselytutkimuksen alun kategorisoivien kysymysten jälkeen vastaajille esitettiin sähköauton lataamiseen liittyviä kysymyksiä. Toisessa osiossa perehdyttiin tarkemmin sähköautoiluun ja V2G- ja V2H-toimintaan liittyvien kokemusten ja asenteiden kartoittamiseen, kuten kuinka kauan vastaajat olivat omistaneet sähköauton, yleisimpiä lataustapoja sekä V2G- ja V2H-latauskokemuksia. Kolmannessa osiossa luotiin vielä hieman yksityiskohtaisempi kuva kohderyhmästä selvittämällä muun muassa vastanneiden ikä ja ammatillista tai harrastuksellista kokemusta sähköautoteknologiasta. Näillä kysymyksillä pyrittiin selvittämään empiriasta löydettyjä ja teoriassa todettuja V2G- ja V2H-käyttöön liittyviä yhteneväisyyksiä sekä eroavaisuuksia.

Viimeiset, tutkimushenkilöihin liittyvät, kysymykset esitettiin tutkimukseen osallistuville varsinaisen kyselyn jälkeen ja näihin vastaaminen oli vapaaehtoista. Tätä perusteltiin sillä, ettei kyselyyn vastaaminen jäisi tekemättä liian pitkän esitietokyselyn vuoksi sekä sillä, ettei kategorisoivat kysymykset rajaisi pois niitä vastaajia, jotka eivät halua kyseisiä tietoja tutkimuksen toteuttajien tietoon luovuttaa. Nämä kysymykset yhdessä ensimmäisen osion kysymysten ohella olivat kuitenkin olennaisia aineiston syvällisemmän tutkimuksen mahdollistamiseksi.

### **6.3 Tutkimusaineiston analyysimenetelmät**

Tutkimusaineisto ladattiin kyselyn päätyttyä LimeSurveyn palvelimelta .sps -tiedostomuodossa ja ne ladattiin tilastotieteellisiin analyyseihin suunniteltuun ohjelmistoon, SPSS:ään. Tutkimusaineistosta rajattiin pois niiden henkilöiden vastaukset, jotka eivät

olleet vastanneet kaikkiin heille esitettyihin kysymyksiin pois lukien kyselylomakkeenviimeisiä vapaaehtoisia palautekysymyksiä. Näin rajautui pois 148 vastaajaa. Noin kaksi kolmasosaa keskeyttäneistä vastaajista keskeytti vastaamisen kyselyn osassa, joka keskittyi V2G-teknologioihin ja noin yksi kolmasosa tätä aiemmin. Rajausta perusteltiin ennen kaikkea vastausten vertailtavuuden mahdollistamisella. Tutkimusaineiston muuttujien nimiä, arvoja ja datatyyppejä muunnettiin analyysikelpoisempaan muotoon ennen varsinaisia analyysejä.

Pääasiallisena analyysimenetelmänä käytettiin määrällistä analyysiä. Osa kysymyksistä oli avoimempia ja näitä analysoitiin laadullisen analyysin menetelmin. Määrällisessä analysoinnissa hyödynnettiin sekä yhden muuttujan, kahden muuttujan että useamman muuttujan menetelmiä. Analysoinnissa käytettiin ristiintaulukointia, khiin neliö -testiä, varianssianalyysiä, lineaarista, logistista sekä multinomiaalista logistista regressioanalyysiä. Analyysit suoritettiin SPSS-ohjelmalla ja nämä tulokset on esitetty työssä.



## 7 EMPIRIAN LÖYDÖKSET

### 7.1 Kohderyhmän kuvaus

Kyselytulosten analysointi tehtiin aiemmassa luvussa kerrotun mukaisesti hyödyntämällä SPSS-ohjelmiston analysointimenetelmiä. Liitteessä D on kyselyn kaikki vastaukset tilastoituina. Empiriaa analysoitaessa kiinnitettiin huomiota mahdollisiin teoriassa esille nousseisiin yhteneväisyyksiin ja eroavaisuuksiin.

Seuraavassa taulukossa 4 on esitetty otoksen, perusjoukon sekä koko populaation jakaumia iän, sukupuolen, asumistyyppin sekä muiden ominaisuuksien mukaan tutkimuksen toteutuksen aikana (Tilastokeskus, 2023d).

Taulukko 4. Otoksen, perusjoukon B-ajokortillisen ja koko populaation jakaumat. (Tilastokeskus, 2023a; Tilastokeskus, 2023d; Autoalan Tiedotuskeskus, 2023)

	Otos	Perusjoukko	B-ajokortillinen populaatio	Koko populaatio
<b>Henkilömäärä</b>	5 000	44 889	3 719 000	5 564 000
<b>Sukupuoli</b>				
Mies	81,3 %	81,4 %	52,6 %	49,5 %
Nainen	16,7 %	18,6 %	47,4 %	50,5 %
<b>Ikä</b>				
<29	5 %	6 %***	16,2 %	32 %
30–39	17 %	24 %***	16,8 %	13 %
40–49	30 %	28 %***	17,0 %	12 %
50–59	24 %	19 %***	17,4 %	12 %
60<	24 %	23 %***	32,6 %	30 %
<b>Asuntotyyppi</b>				
Omakotitalo	64,3 %	64,0 %*		37,6 %
Kerrostalo	17,9 %	27,0 %*		47,4 %
Rivitalo	12,6 %	9,0 %*		13,4 %
Muu	5,1 %	7,0 %*		1,5 %
<b>Tieliikennesuorite</b>	22 000 km	22 400 km*		12 500 km**

Taulukossa 4 on esitetty otoksen tunnusluvut verrattuna perusjoukkoon, autolliseen populaatioon sekä koko populaatioon. \*-merkityt luvut ovat vuoden 2020 lukuja (Autoalan tiedotuskeskus, 2020) ja \*\*-merkityt vastaavasti 2021 lukuja (Tilastokeskus, 2023d). \*\*\*-merkityssä perusjoukon ikäjakaumassa huomattavaa on, että Autoalan tiedotuskeskuksella on ainoastaan ensirekisteröidyistä ajoneuvosta tiedot tietokannassaan ja perusjoukkoon voi lukeutua paljon henkilöitä, jotka eivät ole autonsa ensirekisteröijä. B-ajokortillisen populaation asuntotyyppiä, eikä tieliikennesuoritetta tutkimusta tehtäessä pystytty määrittämään. Voidaan kuitenkin olettaa, että niiden olevan lähempänä koko populaation jakaumaa kuin otoksen jakaumaa perustuen innovaatioiden käyttöönoton sykliin kuvassa 1.

Otoksen sukupuolijakauma kyselyyn vastanneiden osalta oli varsin hyvin perusjoukkoa edustava. Kohderyhmä koostui 81,3 % miehistä ja 16,7 % naisista. Loput 2 % koostuivat muunsukupuolisista sekä niistä, jotka eivät halunneet vastata tai jättivät vastaamatta. Otoksen sukupuolijakaumassa suhteessa B-ajokortilliseen tai koko Suomen populaatioon korostui miesten osuus.

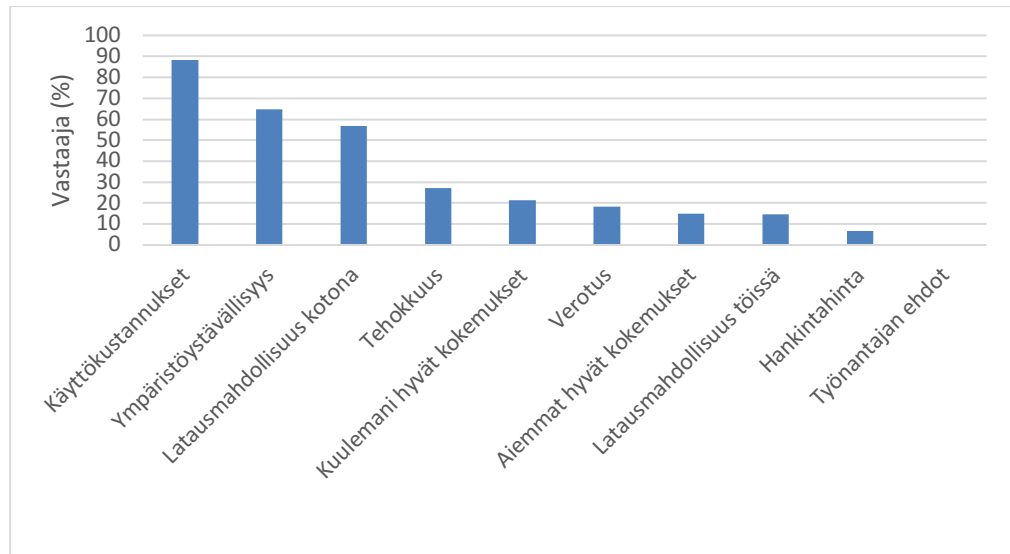
Ikäjakauma oli hyvin linjassa uusien täyssähköautojen ensirekisteröintien kanssa. 0–29-vuotiaiden ikäryhmän muodosti 5 %, vastaajista, 30–39-vuotiaita oli 17 %, 40–49-vuotiaita oli 30 %, 50–59-vuotiaita oli puolestaan 24 % ja yli 60-vuotiaita samaten 24 %. Otoksessa siis korostuu marginaalisesti 50–59-vuotiaat, sillä he olivat suhteessa noin 5 prosenttiyksikköä perusjoukkoa suuremmalla edustuksella otoksessa. Otoksessa oli alle 29-vuotiaat selvästi aliedustettuina, sillä juridisesti B-luokan ajo-oikeuden ikärajana Suomessa on 18 vuotta ja poikkeusluvalla 16 vuotta ja 9 kuukautta (Traficom, 2023). Lisäksi Suomessa on havaittu merkkejä nuorten ajokortittomuuden yleistymisestä, mikä luonnollisesti tulee näkymään joko autoilijoiden määrän laskuna tai lisääntyvänä ajokortin vanhempana hankkimisena (Traficom, 2023).

Vastaajista selkeä 64,3 % enemmistö asui omakotitalossa, kerrostalossa asui 17,9 % vastaajista ja rivitalo oli 12,6 % vastaajista asuntotyyppinä. Erillistalossa, paritalossa tai luhtitalossa asui 5,1 % vastaajista. Tämä oli hyvin linjassa perusjoukon jakauman kanssa, vaikka kerrostalo asujat olivat ehkä hieman aliedustettuina. Tämän vertailun paikkansapitävyyteen vaikuttaa vertailtavien lukujen aikaero. Otoksen osalta kyseessä on 2023 vuoden tieto, kun taas perusjoukon osalta 2020 vuoden tiedot. Koko populaation verrattuna otoksessa oli yliedustettuina omakotiasujat ja puolestaan aliedustettuina kerrostaloasujat.

Keskimääräiset vuosittaiset ajokilometrit vastaajien joukossa olivat noin 22 000 km päivittäisten ajokilometrien ollessa vastaavasti noin 58 km. Tämä oli siis hieman enemmän

kuin suomalainen autoilija keskimäärin. Keskimääräisiä ajokilometrejä analysoitaessa tuloksista suodatettiin pois selkeästi virheelliset vastaukset. Keskimääräinen vastaaja oli siis noin 58 km päivittäin ja vuositasolla noin 22 000 km ajava keski-ikäinen omakotitalossa asuva mies, jonka kanssa asuu ensisijaista sähköautoa säännöllisesti käyttävä toinen henkilö, vaikka taloudessa oli myös toinen auto.

Vastaajille merkittävimmät syyt sähköauton hankintaan olivat käyttökustannukset, ympäristöystävällisyys sekä latausmahdollisuus kotona, kuten kuvasta 15 nähdään.



**Kuva 15.** Vastaajien kolme merkittävintä syytä sähköauton hankinnalle.

Vastaajista jopa 88 % piti käyttökustannuksia merkittävänä syynä sähköauton hankinnalle, ympäristöystävällisyys oli vastaavasti merkittävä syy noin 65 % ja latausmahdollisuus kotona oli merkittävä syy 55 % vastaajista. Myös sähköauton suorituskyky oli merkittävä syy noin 26 % vastaajista. Hankintahinta, aiemman hyvät kokemukset, kuullut hyvät kokemukset, verotus, latausmahdollisuus töissä tai työnantajan ehdot autolle eivät olleet kuin viidennekselle tai sitä pienemmälle vähemmistölle merkittäviä syitä sähköauton hankinnalle. Muita syitä vastaajat antoivat yhteensä 171 kappaletta eli 12 % vastaajista vastasi myös jonkin muun kuin yllä listatun vaihtoehdon sähköauton hankinnan merkittäväksi syyksi. Nämä muut vaihtoehdot olivat siis vastaajien itse muotoilemia, mutta selkeitä yhteneväisyyksiä vastausten sisällöstä löydettiin. Esimerkiksi kokeilunhalu, uuden tekniikan ja teknologian viehätys, edelläkävijyys sekä tulevaisuusorientoituneisuus esiintyivät lähes sadassa (7 %) vastauksessa. Ajomukavuus, ajokokemus, miellyttävyys ja hiljaisuus olivat reilun 30 vastaajan (2 %) mielestä merkittävin tekijä sähköauton hankinnassa. Sähköautojen ja -valmistajien brändi, imago ja maine, käyttäjien oma imago ja maine ystävien ja tuttavien silmissä, sekä autojen ulkonäkö nousivat myös

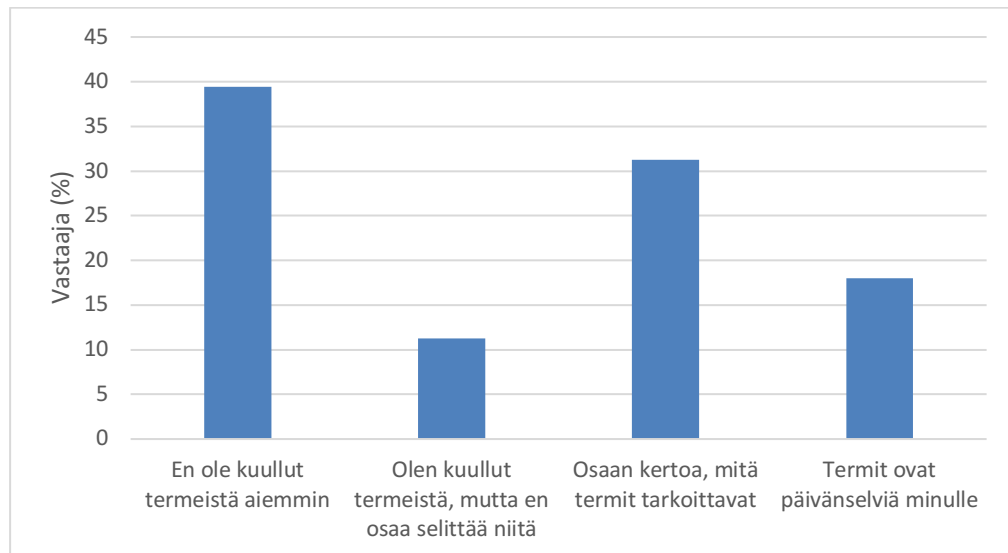
vastauksissa esille. Noin 20 vastaajaa (1 %) vastasi jonkin edellä mainituista syistä olleen hankinnan merkittävin syy. Alhaiset käyttö- ja huoltokustannukset sekä rahallisesti houkuttelevat tarjoukset sähköautoista olivat noin 10 vastaajalla (alle 1 %) sähköauton hankinnan syynä. Lisäksi oli yksittäisiä vastauksia, joiden osuus jäi siis alle promilleen, joten niitä ei otettu huomioon analyysissä.

Sähköauton hankintasyiden perusteella saatavat kustannussäästöt tai tuotot ja positiiviset ympäristövaikutukset voisi olla syitä myös V2G käytölle. Lisäksi V2H käyttö tai V2G mahdollisuus kotona voisi madaltaa kynnystä, sillä kotilataus oli yli puolelle vastaajista tärkeä syy sähköauton hankinnalle.

Laajemmin kohderyhmän toimintaa ja mielipiteitä autoiluun liittyvissä kysymyksissä on käyty lävitse liitteessä D.

## 7.2 Kohderyhmän suhtautuminen V2G- ja V2H-teknologioihin

Tutkimuksen yhtenä tarkoituksena oli selvittää, millaisia mahdollisuuksia V2G- ja V2H-teknologioiden hyödyntämiselle on. Tutkimuksen perusteella tehtävien johtopäätösten kannalta on olennaista tunnistaa vastaajien tuntemuksen taso teknologioista. Seuraavassa kuvassa 16 on esitetty, miten vastaajat omasta mielestään tunsivat termit V2G ja V2H.



**Kuva 16.** Vastaajien tuntemus termeistä V2G ja V2H.

Vastaajista 41 % uskoivat, että osaavat kertoa, mitä termit tarkoittavat ja 18 % vastaajista puolestaan termit olivat päivänselviä. 11 % vastaajista oli kuullut termeistä, mutta ei osannut selittää niitä. Vastaajista 39 % ei ollut kuullut termeistä aiemmin. Vastauksissa oli siis melko selvä jakauma, joko vastaajat eivät olleet ikinä kuulleetkaan termeistä tai

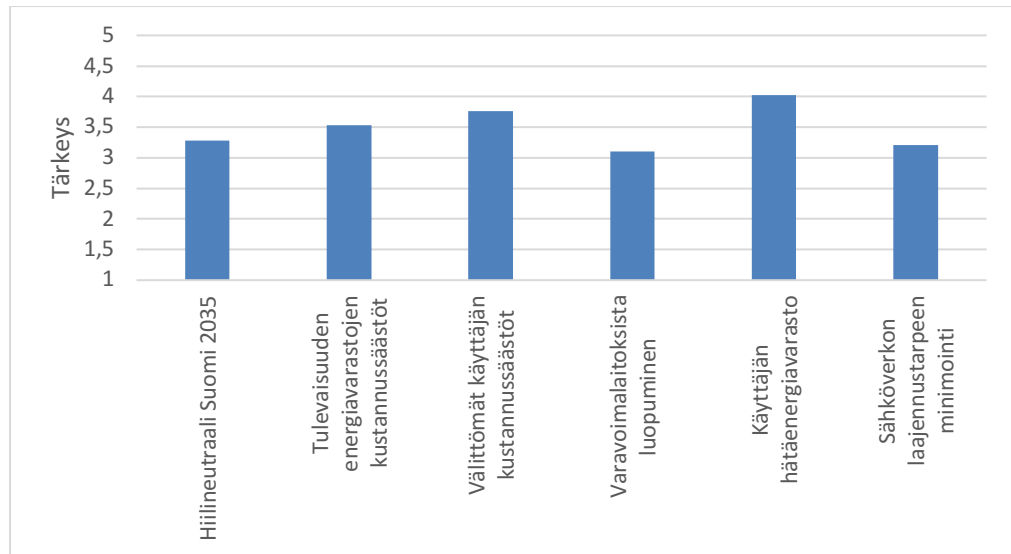
sitten ne olivat joko melko tuttuja tai jopa päivän selviä heille. Selvänä vähemmistönä olivat ne vastaajat, jotka olivat kuulleet termeistä, mutteivat osanneet selittää niitä.

Vastaajista 7 % oli oman käsityksensä mukaan sellainen auto, jonka akustosta voisi suoraan luovuttaa energiaa takaisin kodin sähköverkkoon. Näistä noin joka kymmenes oli luovuttanut V2H-teknologiaa hyödyntäen energiaa kotinsa sähköverkkoon. Mielenkiintoista oli kuitenkin, että vastaajista yli 64 % oli kiinnostunut aiheesta, vaikkei ollut koskaan luovuttanut autonsa akustoon varastoitua energiaa takaisin sähköverkkoon. Puolet pienempi joukko, 34 % vastaajista, puolestaan ei ollut luovuttanut autonsa akustoon varastoitua energiaa, eikä ollut kiinnostunut aiheesta. Autonsa akustosta energiaa kotinsa sähköverkkoon luovuttaneilta kysyttiin, kuinka helpoksi he kokivat tämän. Tulokset ovat hyvin epävarmoja otoksen suppeuden takia. Tämä huomioiden tutkimuksen mukaan puolet vastaajista kokivat V2H:n helpoksi tai erittäin helpoksi, neljännes puolestaan koki vaikeaksi tai erittäin vaikeaksi. Toinen neljännes ei osannut sanoa, oliko käyttö helppoa vai vaikeaa.

Kyselyn vastaajista kaksi oli luovuttanut energiaa takaisin yleiseen sähköverkkoon, 47 % vastaajista ei ollut luovuttanut, mutta oli kiinnostunut aiheesta, 4 % vastaajista ei ollut luovuttanut, eikä ollut kiinnostunut ja 49 % vastaajista ei tiennyt, ovatko luovuttaneet energiaa takaisin yleiseen sähköverkkoon. Merkittävän suuri osuus – lähes puolet – vastaajista eivät siis tieneet, ovatko luovuttaneet energiaa takaisin sähköverkkoon. Jos esimerkiksi verrataan liitteen D kuvien D26 ja D27 jakaumiin, niin näissä vain noin 15 % ei tiennyt, pystyykö heidän sen hetkinen autonsa luovuttamaan sen akustoon varastoitua energiaa takaisin kodin sähköverkkoon ja vain noin 1 % ei tiennyt, ovatko luovuttaneet autonsa akustoon varastoitua energiaa takaisin kodin sähköverkkoon. Vastaajilla oli siis keskimäärin omasta mielestään parempi tietämys autojensa energian luovutusmahdollisuuksista kuin kotiensa. Tätä voi selittää esimerkiksi se, että vastaajan puoliso on huolehtinut sähköliittymästä ja vastannut sähkön takaisin yleiseen verkkoon luovuttamisesta mahdollisesti liittyvistä järjestelmistä. Energiaa takaisin yleiseen sähköverkkoon luovuttaneista vastaajista molemmat pitivät prosessia asteikolla 1–5 (erittäin hankala – erittäin helppo) erittäin hankalana. Kysymykseen energian luovuttamisesta valtakunnalliseen sähköverkkoon pääsivät vastaamaan myös ne, jotka olivat kiinnostuneita energian takaisin sähköverkkoon luovuttamisesta, mutteivat kuitenkaan olleet luovuttaneet. Huomiottaessa myös nämä vastaajat tulokset painottuivat hankalan puolelle. Energian luovuttamiseen takaisin valtakunnalliseen sähköverkkoon helppoutteen suhtauduttiin siis täysin päinvastaisesti verrattuna energian luovuttamiseen takaisin kodin sähköverkkoon helpoudesta.

### 7.2.1 Suhtautuminen V2G-hyötyihin

Teoriassa V2G-järjestelmien tunnistettuja mahdollisia hyötyjä ovat muun muassa Hiilineutraali Suomi 2035, tulevaisuudessa tarvittavien energiavarojen kustannussäästöt, sähköautoilijan välittömät kustannussäästöt, valtakunnallisista varavoimailaitoksista luopuminen, sähköautoilijan hätäenergiavarojen toimiminen sekä valtakunnallisen sähköverkon laajennustarpeiden minimointi. Vastaajilta kysyttiin suhtautumista näihin asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä). Seuraavassa kuvassa 17 on esitetty vastaajien keskimääräinen suhtautuminen hyötyihin.



**Kuva 17.** V2G-järjestelmien hyötyjen tärkeys asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä)

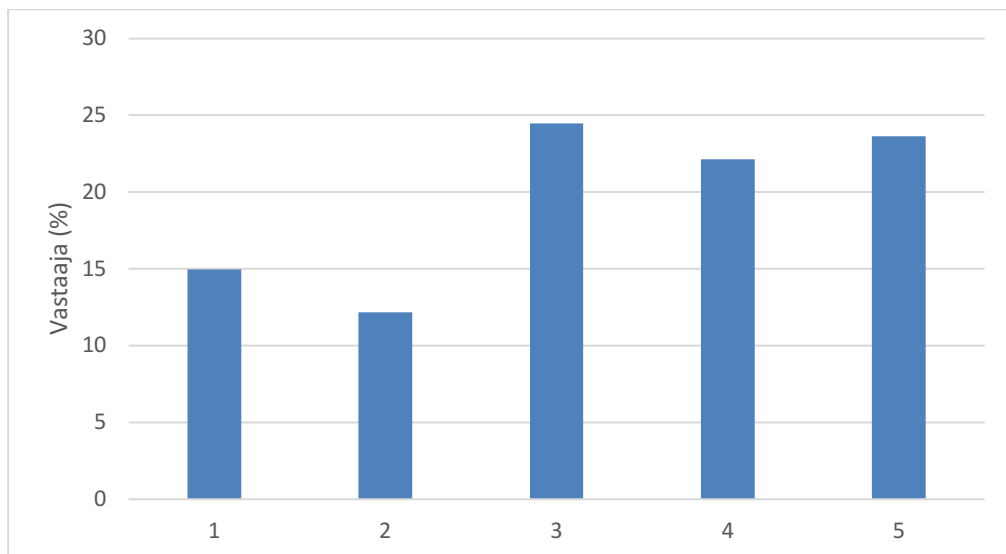
Vastauksista nähdään, että vastaajilla tärkeintä on V2G-järjestelmien tuoma riippumattomuus valtakunnallisesta sähköverkosta sekä välittömät omat kustannussäästöt. Varavoimailaitoksista luopumisen mahdollisuuteen sekä sähköverkon laajennustarpeiden minimointiin suhtauduttiin selvästi neutraaleimmin kaikista väitteistä. Hiilineutraali Suomi 2035 -hanke erosi muista tavoitteista sillä, että se oli ainut, mitä yli 15 % vastaajista ei pitänyt lainkaan tärkeänä. Hiilineutraali Suomi 2035 -hanketta pidettiin kuitenkin niukasti tärkeämpänä kuin varavoimailaitoksista luopumista tai sähköverkon laajennustarpeiden minimointia. Alla olevassa taulukossa 5 on esitetty eri muuttujien vaikutus tavoitteiden tärkeyteen suhtautumiseen.

Taulukko 5. Sukupuolen, iän ja kokemuksen vaikutus suhtautumiseen V2G-tavoitteiden tärkeydestä.

	Sukupuoli	Ikä	Kokemus
Hiilineutraali Suomi 2023	▲	■	▲
Tulevaisuuden energiavarastojen kustannussäästöt	■	■	▲
Välittömät käyttäjän kustannussäästöt	▼	▼	▲
Varavoimailaitoksista luopuminen	▲	■	■
Käyttäjän hätäenergiavarasto	▼	▼	■
Sähköverkon laajennustarpeen minimointi	■	▲	▲

Taulukosta 5 nähdään, että naisille Hiilineutraali Suomi 2035 sekä varavoimailaitoksista luopuminen oli tärkeämpiä tavoitteita kuin miehille. Puolestaan miesten joukossa korostui välittömät käyttäjän kustannussäästöt sekä käyttäjän hätäenergiavarastona toimiminen. Myös nuorille sähköautoilijoille välittömät käyttäjän kustannussäästöt ja käyttäjän hätäenergiavarastona toimiminen oli tärkeää. Vanhempien sähköautoilijoiden joukossa korostui sähköverkon laajennustarpeen minimoinnin tärkeys. Kokeneille sähköautoilijoille Hiilineutraali Suomi 2035, tulevaisuuden energiavarastojen kustannussäästöt, välittömät käyttäjän kustannussäästöt sekä sähköverkon laajennustarpeiden minimointi olivat tärkeitä tavoitteita.

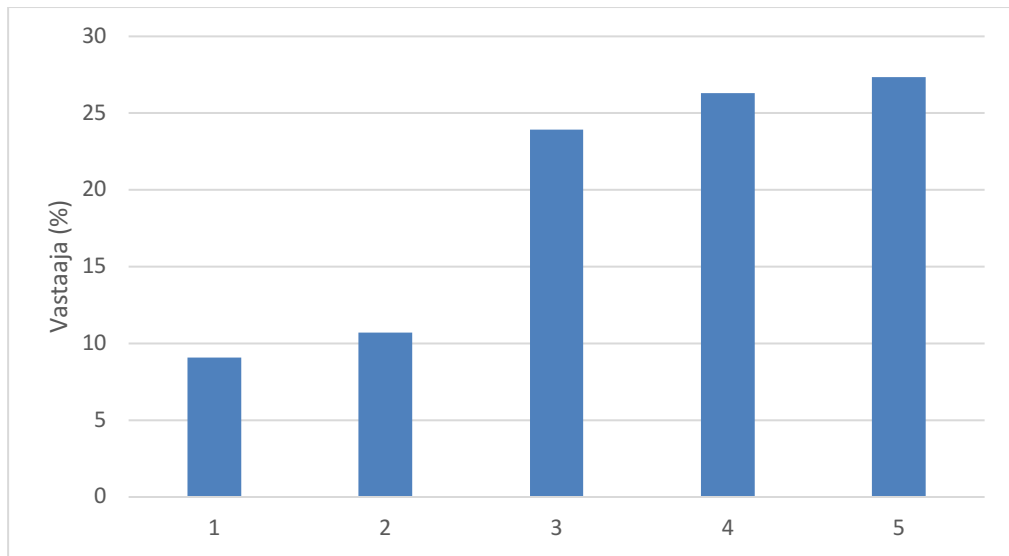
Seuraavissa kuvissa 18–23 on eritelty vastaajien näkemyksiä kunkin tavoitteen osalta.



**Kuva 18.** V2G-järjestelmien hyötynä Hiilineutraali Suomi 2035 -hankkeen tärkeys asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä).

Khiin neliö -testin perusteella sukupuolella ja Hiilineutraali Suomi 2035 -hankkeella ei ollut merkittävää korrelaatiota  $R=0,086$  (engl. Pearson's Correlation Coefficient, Pearsonin korrelaatiokerroin) ( $\chi^2=16,053$  (engl. Chi-Square, Khiin neliö),  $df=4$  (engl. Degrees of Freedom, vapausaste),  $p=0,003$  ( $p$ -arvo, havaittu merkitsevyytaso)), iällä ja Hiilineutraali Suomi 2035 -hankkeella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,411$ ) ja kokemuksella

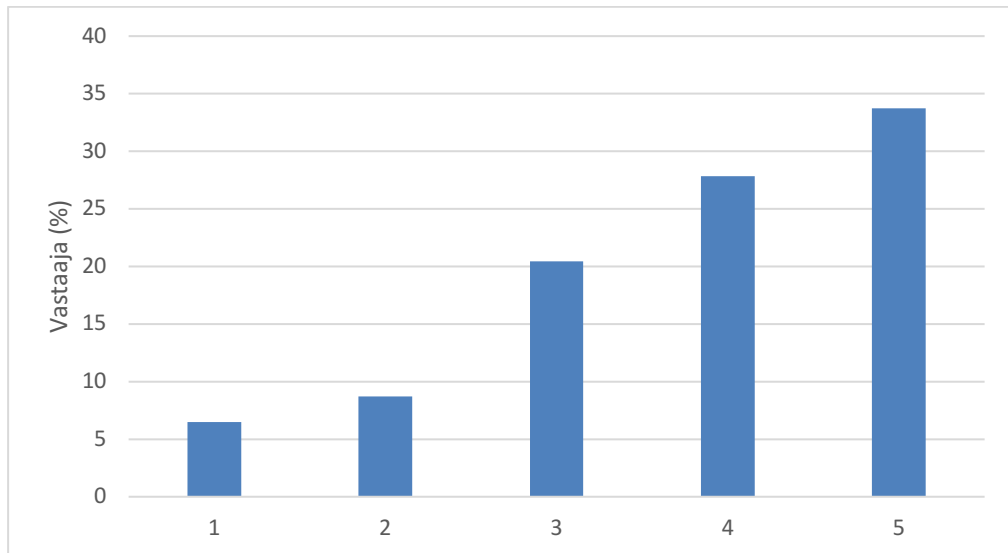
ja Hiilineutraali Suomi 2035 -hankkeella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,097$  ( $\chi^2= 32,122$ ,  $df=16$ ,  $p=0,010$ ) 5 % merkittävyytasolla.



**Kuva 19.** V2G-järjestelmien hyötynä tulevaisuudessa tarvittavien energiavarojen kustannussäästöjen tärkeys asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä).

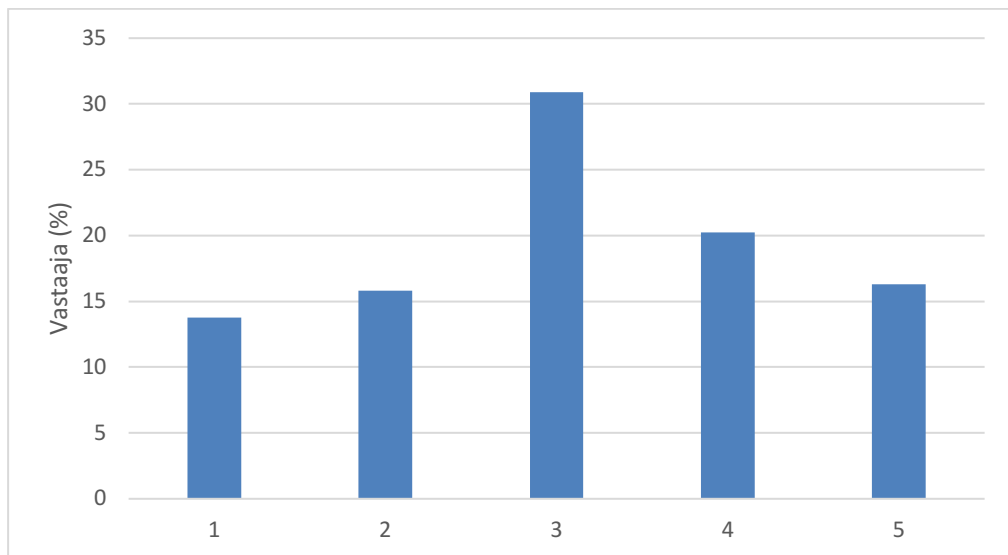
Khiin neliö -testin perusteella sukupuolella ja tulevaisuudessa tarvittavien energiavarojen kustannussäästöillä ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,262$ ), iällä ja tulevaisuudessa tarvittavien energiavarojen kustannussäästöillä ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,292$ ) ja kokemuksella ja tulevaisuudessa tarvittavien energiavarojen kustannussäästöillä oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,095$  ( $\chi^2= 27,485$ ,  $df=16$ ,  $p=0,036$ ) 5 % merkittävyytasolla.





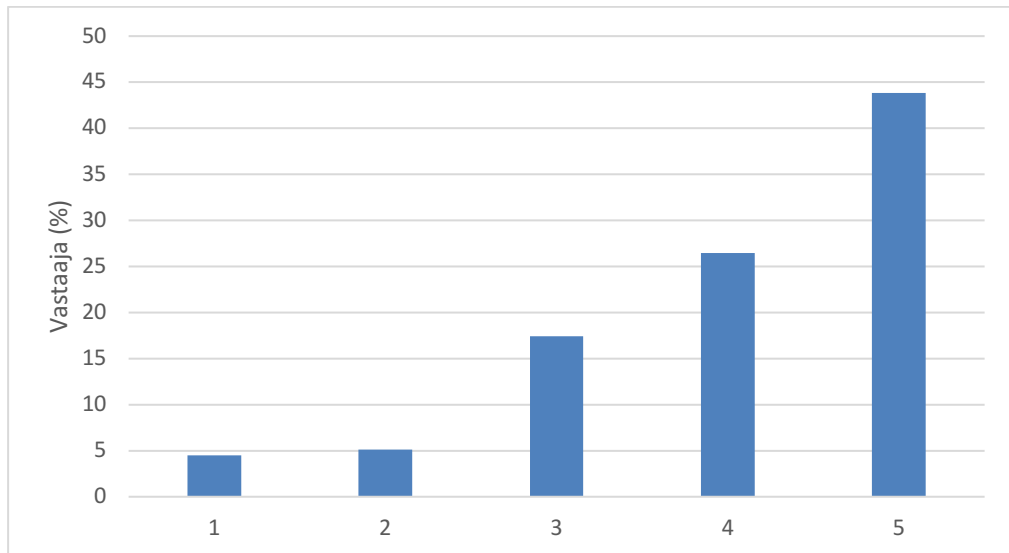
**Kuva 20.** V2G-järjestelmien hyötynä sähköauton käyttäjän kustannussäästöjen tärkeys asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä).

Khiin neliö -testin perusteella sukupuolella ja käyttäjän kustannussäästöillä oli merkittävä negatiivinen korrelaatiota  $R=-0,007$  ( $\chi^2=13,342$ ,  $df=4$ ,  $p=0,010$ ), iällä ja käyttäjän kustannussäästöillä oli merkittävä negatiivinen korrelaatiota  $R=-0,134$  ( $\chi^2= 49,199$ ,  $df=16$ ,  $p<0,001$ ) ja kokemuksella ja käyttäjän kustannussäästöillä oli merkittävä positiivinen korrelaatiota  $R=0,076$  ( $\chi^2= 27,210$ ,  $df=16$ ,  $p=0,039$ ) 5 % merkittävyytasolla.



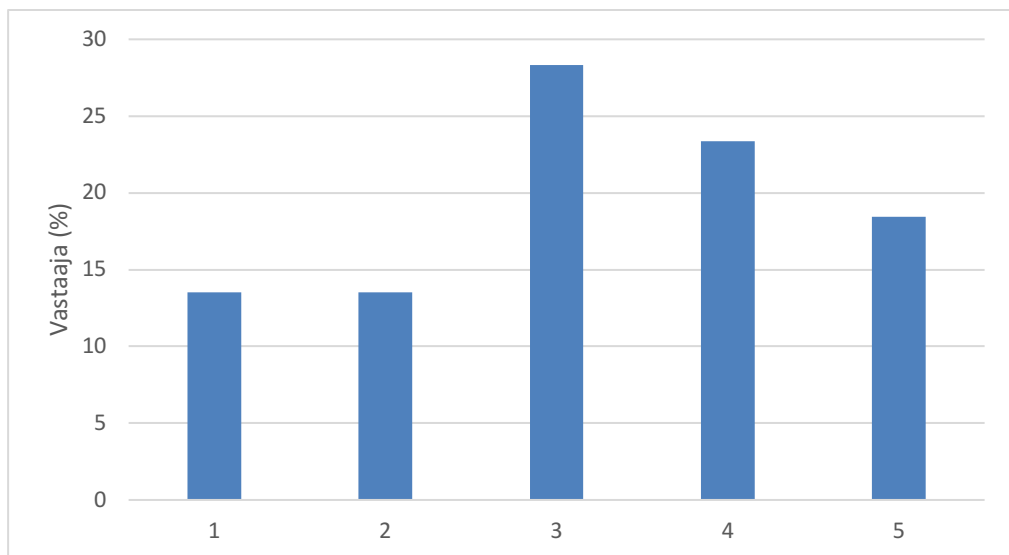
**Kuva 21.** V2G-järjestelmien hyötynä varavoimailaitoksista luopumisen tärkeys asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä).

Khiin neliö -testin perusteella sukupuolella ja varavoimailaitoksista luopumisella oli merkittävä positiivinen korrelaatiota  $R=0,005$  ( $\chi^2=16,886$ ,  $df=4$ ,  $p=0,002$ ), iällä ja varavoimailaitoksista luopumisella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,253$ ) ja kokemuksella ja varavoimailaitoksista luopumisella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,152$ ) 5 % merkittävyytasolla.



**Kuva 22.** V2G-järjestelmien hyötynä sähköauton käyttäjän hätäenergiavarastona toimimisen tärkeys asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä).

Khiin neliö -testin perusteella sukupuolella ja hätäenergiavarastona toimimisena oli merkittävä negatiivinen korrelaatio  $R=-0,057$  ( $\chi^2=12,124$ ,  $df=4$ ,  $p=0,016$ ), iällä ja hätäenergiavarastona toimimisena oli merkittävä negatiivinen korrelaatio  $R=-0,025$  ( $\chi^2=34,840$ ,  $df=16$ ,  $p=0,004$ ) ja kokemuksella ja hätäenergiavarastona toimimisena ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,084$ ) 5 % merkittävyydellä.



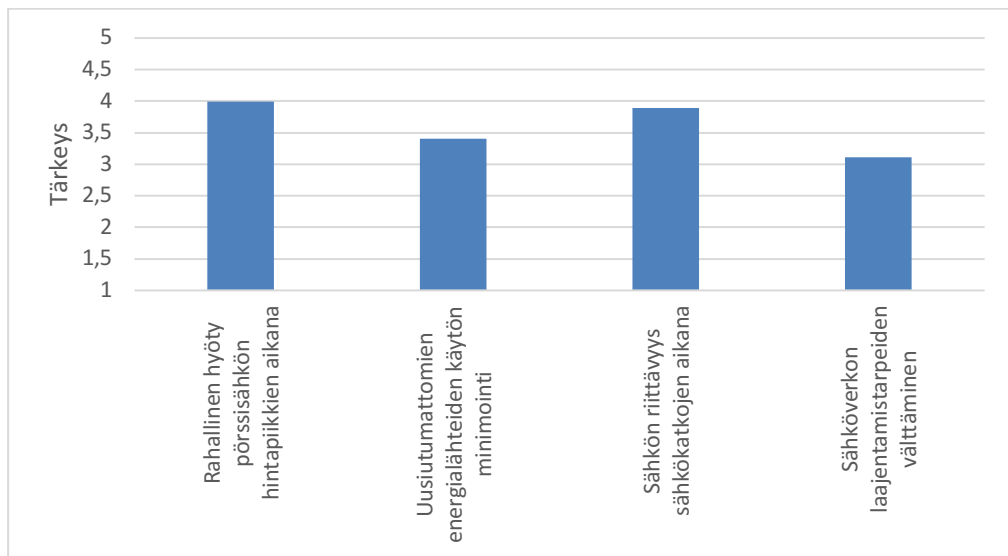
**Kuva 23.** V2G-järjestelmien hyötynä sähköverkon laajennustarpeen minimoimisen tärkeys asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä).

Khiin neliö -testin perusteella sukupuolella ja sähköverkon laajennustarpeiden minimoimisella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,064$ ), iällä ja sähköverkon laajennustarpeiden minimoimisella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,07$  ( $\chi^2=31,960$ ,  $df=16$ ,  $p=0,010$ ).

ja kokemuksella ja sähköverkon laajennustarpeiden minimoisella oli merkittävää positiivinen korrelaatiota  $R=0,104$  ( $x^2= 34,321$ ,  $df=16$ ,  $p<0,005$ ) 5 % merkittävyytasolla.

## 7.2.2 Suhtautuminen V2H-hyötyihin

Teoriassa V2H-järjestelmien tunnistettuja mahdollisia hyötyjä ovat muun muassa käyttäjän rahallinen hyötyminen pörssisähkön hintapiikkien aikana, uusiutumattomien energialähteiden käytön minimointi, sähkön riittävyys sähkökatkojen aikana sekä sähköverkon laajennustarpeiden välttäminen. Vastaajilta kysyttiin suhtautumista näihin asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä). Alla olevassa kuvassa 24 on esitetty eri väitteiden tärkeys vastaajille käytön edellytyksenä.



**Kuva 24.** V2H-latauksesta saatavan hyödyn tärkeys asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä).

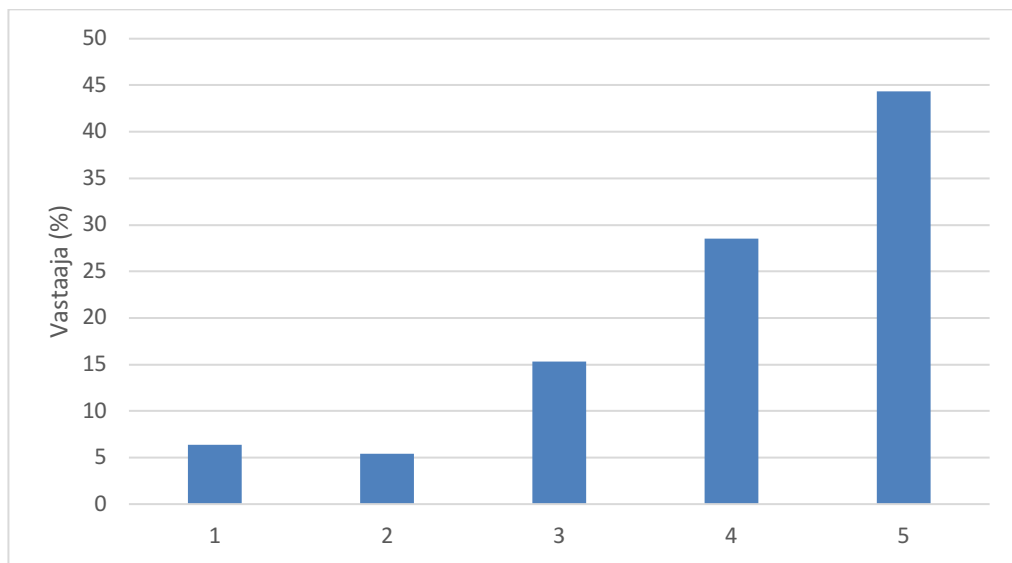
Kuten V2G-tavoitteiden kohdalla rahallinen hyötyminen oli tärkeää, niin myös V2H-latauksen tärkeimpänä hyötynä on käyttäjän saama rahallinen hyöty pörssisähkön hintapiikkien aikana. Sähkökatkojen V2H-latauksen tuoma sähköomavaraisuus oli lähes yhtä tärkeä hyöty. Uusiutumattomien energialähteiden käytön tai sähköverkonlaajentamisen tarpeiden minimointi olivat keskimäärin vähemmän tärkeitä hyötyjä vastaajien keskuudessa. Alla olevassa taulukossa 6 on esitetty eri muuttujien vaikutus tavoitteiden tärkeyteen suhtautumiseen.

Taulukko 6. Sukupuolen, iän ja kokemuksen vaikutus suhtautumiseen V2H-hyötyjen tärkeydestä.

	Sukupuoli	Ikä	Kokemus
Rahallinen hyötyminen pörssisähkön hintapiikkien aikana	▼	▼	—
Uusiutumattomien energialähteiden käytön minimointi	▲	—	▲
Sähkön riittävyys sähkökatkojen aikana	—	—	▲
Sähköverkon laajennustarpeiden välttäminen	▲	—	▲

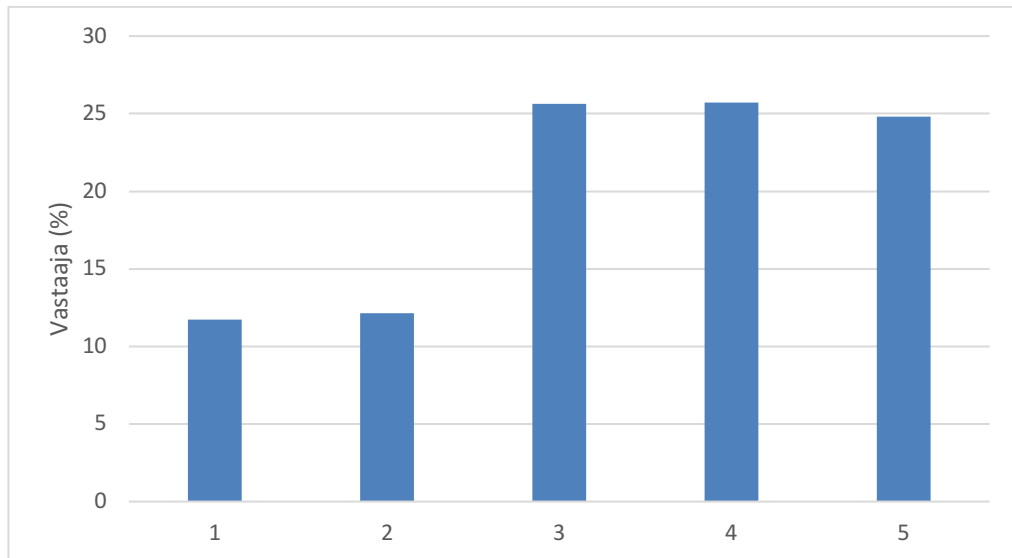
Taulukosta 6 havaitaan, että miehille rahallinen hyötyminen pörssisähkön hintapiikkien aikana on tärkeämpää kuin naisille. Puolestaan naisille uusiutumattomien energialähteiden käytön minimointi sekä sähköverkon laajennustarpeiden välttäminen oli tärkeämpää kuin miehille. Nuorille sähköautoilijoille rahallinen hyötyminen pörssisähkön hintapiikkien aikana on tärkeämpää kuin vanhemmille. Kokeneille sähköautoilijoille sähkökatkojen aikaista rahallista hyötymistä lukuun ottamatta kaikki V2H-hyödyt olivat kokemattomampia tärkeämpiä.

Seuraavissa kuvissa 25–28 on käyty tarkemmin läpi eri V2H-hyötyjen merkitystä vastaajille.



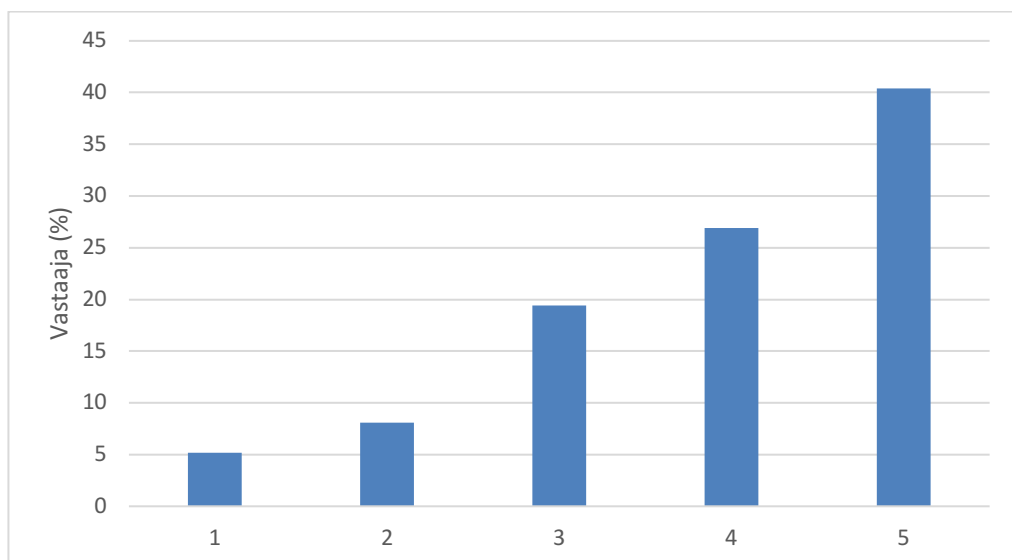
**Kuva 25.** V2H-latauksesta saatavan rahallisen hyödyn merkitys pörssisähkön hintapiikkien aikana, asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä)

Khiin neliö -testin perusteella sukupuoli ja V2H-latauksesta saatavalla rahallisella hyödyllä oli merkittävä negatiivinen korrelaatio  $R=-0,056$  ( $X^2=18,748$ ,  $df=4$ ,  $p<0,001$ ), iällä ja V2H-latauksesta saatavalla rahallisella hyödyllä oli merkittävä negatiivinen korrelaatio  $R=-0,094$  ( $X^2=41,393$ ,  $df=16$ ,  $p<0,001$ ) ja kokemuksella ja V2H-latauksesta saatavalla rahallisella hyödyllä ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,063$ ) 5 % merkittävyytasolla.



**Kuva 26.** V2H-latauksen vaikutus uusiutumattomien energialähteiden käytön määrään energiantuotannossa, asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä)

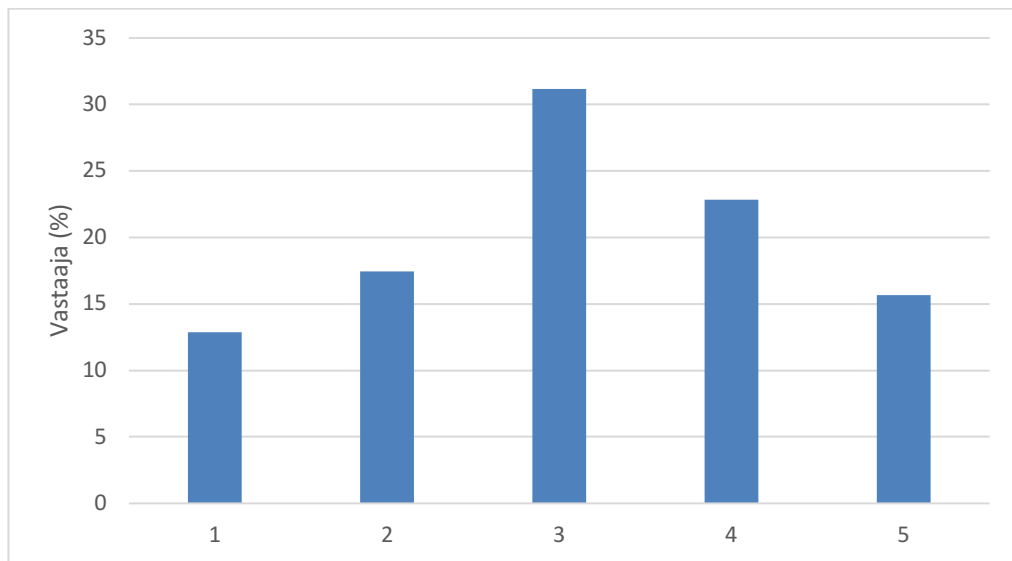
Khiin neliö -testin perusteella sukupuoli ja uusiutumattomien energialähteiden käytön määrällä oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,105$  ( $X^2=18,275$ ,  $df=4$ ,  $p<0,001$ ). Iällä ja uusiutumattomien energialähteiden käytön määrällä ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p<0,314$ ). Kokemuksella ja uusiutumattomien energialähteiden käytön määrällä oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,105$  ( $X^2=41,329$ ,  $df=16$ ,  $p<0,001$ ) 5 % merkittävyytasolla.



**Kuva 27.** V2H-latauksen tuoma varmuus sähkön riittävydestä vastaajan kotona sähkökatkon aikana, asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä)

Khiin neliö -testin perusteella sukupuoli ja sähkön riittävyyden varmistamisella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,127$ ), iällä ja sähkön riittävyyden varmistamisella ei ollut

merkittävää korrelaatiota ( $p=0,095$ ) ja kokemuksella ja sähkön riittävyyden varmistamisella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,061$  ( $X^2=26,295$ ,  $df=16$ ,  $p=0,050$ ) 5 % merkittävyydellä.

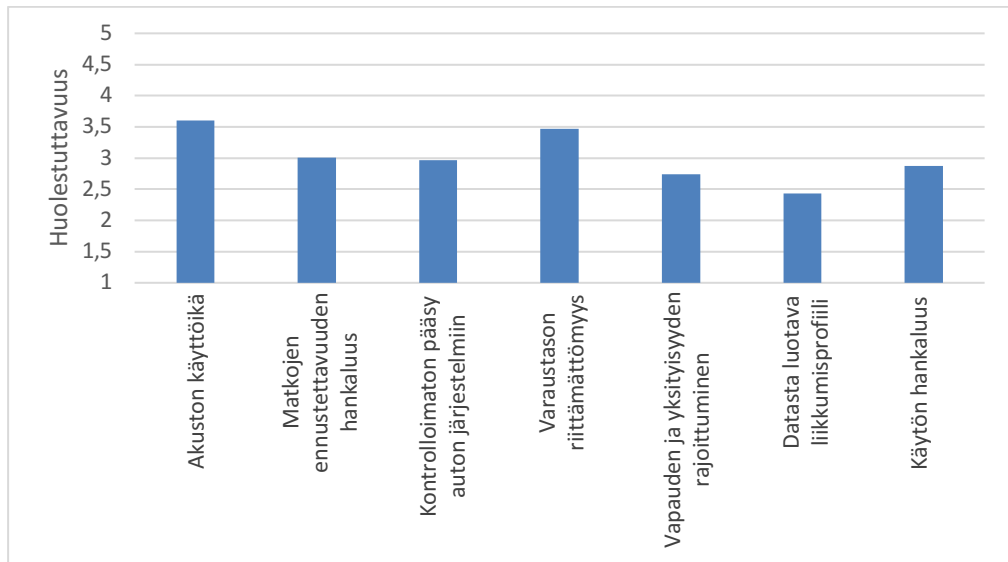


**Kuva 28.** V2H-latauksen vähentävä vaikutus sähköverkon laajennustarpeisiin, asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä)

Khiin neliö -testin perusteella sukupuoli ja sähköverkon laajentamistarpeiden välttämällä oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,069$  ( $X^2=12,510$ ,  $df=4$ ,  $p=0,014$ ), iällä ja sähköverkon laajentamistarpeiden välttämällä ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,716$ ) ja kokemuksella ja sähköverkon laajentamistarpeiden välttämällä oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,086$  ( $X^2=38,003$ ,  $df=16$ ,  $p=0,002$ ) 5 % merkittävyydellä.

### 7.2.3 Suhtautuminen V2G- ja V2H-riskeihin

V2G- ja V2H-järjestelmiin yleisesti yhdistettyinä riskeinä sähköautoilijan näkökulmasta voidaan pitää akuston käyttöiän heikentymistä, matkojen ennustettavuuden hankaluutta, hallitsematonta pääsyä auton järjestelmiin, varaustason riittämättömyyttä latauksen päätyttyä, käyttäjän vapauden ja yksityisyyden loukkaamista, ajoneuvosta saatavan datan perusteella luotavan liikkumisprofiilin käyttöä sekä yleistä käytön hankaluutta. Vastaajilta kysyttiin heidän suhtautumistaan näihin asteikolla 1–5 (ei lainkaan huolestuttava – erittäin huolestuttava). Seuraavassa kuvassa 29 on esitetty vastaajien keskimääräinen suhtautuminen riskeihin.



**Kuva 29.** V2G- ja V2H- järjestelmien riskien huolestuttavuus asteikolla 1–5 (ei lainkaan huolestuttava – erittäin huolestuttava).

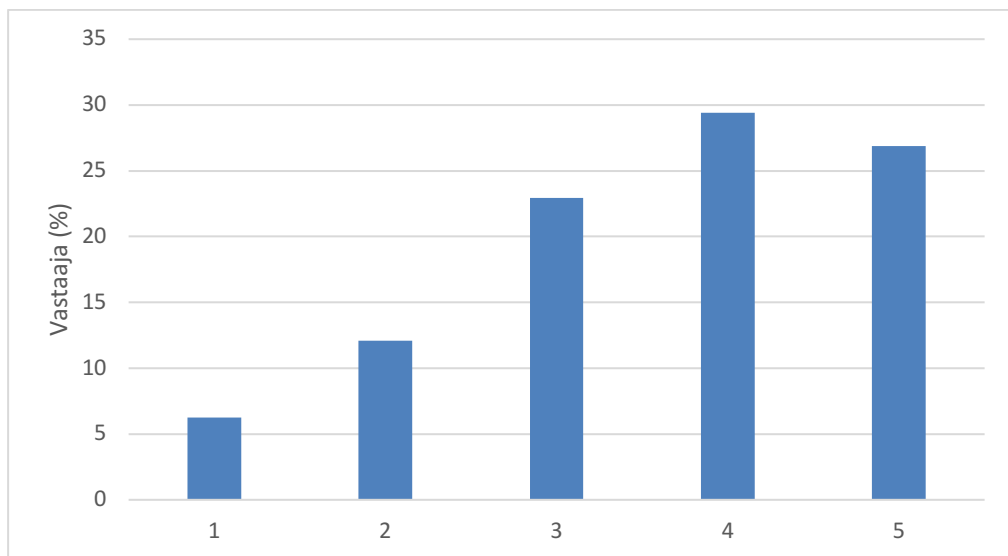
Vastaajat eivät olleet erittäin huolissaan mistään. Kohonnutta huolta keskimääräisesti aiheuttivat akuston käyttöiän heikkeneminen sekä varaustason riittämättömyys mediaanivastauksen ollessa 4. Matkojen ennustettavuuden hankaluus, kontrolloimaton pääsy auton järjestelmiin sekä vapauden ja yksityisyyden rajoittuminen aiheuttivat kohtalaista huolta. Liikkumisprofiilin luonti ei aiheuttanut merkittävää huolta vastaajien keskuudessa mediaanivastauksen ollessa 2. Vastaajien suhtautuminen heille esitettyihin V2G-toiminnan huoliin oli ikäryhmittäin vertailtuna erittäin tasaista. Kolmansien osapuolien pääsy auton järjestelmiin, yleisesti vapauden ja yksityisyyden rajoittaminen sekä V2G-palveluiden käytön hankaluus huolestuttivat keskimäärin yli 50-vuotiaita nuorempia ikäryhmiä enemmän. Kantama-ahdistus sekä akuston käyttöiän heikkeneminen olivat kuitenkin ikäryhmästä riippumatta kaikkein huolestuttavimpia V2G-toimintaan liittyviä huolia. Akuston käyttöikä, matkojen ennustettavuuden hankaluuteen, kontrolloimattomaan pääsyyn auton järjestelmiin, lataustason riittämättömyyteen, vapauden ja yksityisyyden rajoittamiseen sekä käytön hankaluuteen liittyvät huolet korreloivat Khiin neliö -testin perusteella käyttäjien iän kanssa. Alla olevassa taulukossa 7 on esitetty eri muuttujien vaikutus riskien huolestuttavuuteen suhtautumiseen.

Taulukko 7. Sukupuolen, iän ja kokemuksen vaikutus suhtautumiseen V2G- ja V2H-riskien huolestuttavuudesta.

	Sukupuoli	Ikä	Kokemus
Akuston käyttöön heikentyminen	▲	▬	▬
Matkojen ennustettavuuden hankaluus	▲	▲	▼
Kontrolloimaton pääsy auton järjestelmiin	▲	▲	▬
Lataustason riittämättömyys	▲	▲	▼
Vapauden ja yksityisyyden rajoittuminen	▲	▲	▬
Datasta luotava liikkumisprofiili	▲	▬	▬
Käytön hankaluus	▲	▲	▬

Taulukosta 7 nähdään, että naiset pitävät kaikkia V2G- ja V2H-käyttöön yhdistettyjä riskejä huolestuttavampina kuin miehet. Vanhempien sähköautoilijoiden keskuudessa huolet matkojen ennustettavuuden hankaluuden, kontrolloimattoman pääsyn auton järjestelmiin, varaustason riittämättömyyden, vapauden ja yksityisyyden rajoittumisen sekä käytön hankaluuden osalta korostuivat. Kokeneempien sähköautoilijoiden joukossa huolet matkojen ennustettavuuden hankaluuteen ja lataustason riittämättömyyteen liittyen hälvivät.

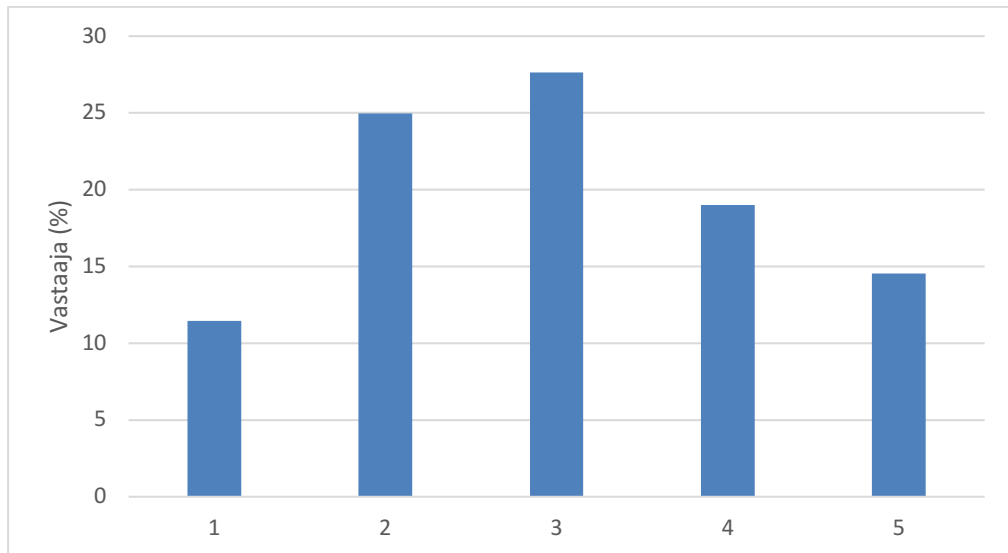
Seuraavissa kuvissa 30–36 on käyty vastauksia riskeihin liittyen eritellysti lävitse.



**Kuva 30.** V2G- ja V2H-järjestelmien käyttöön liittyvistä huolista akuston käyttöön huolestuttavuus asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).

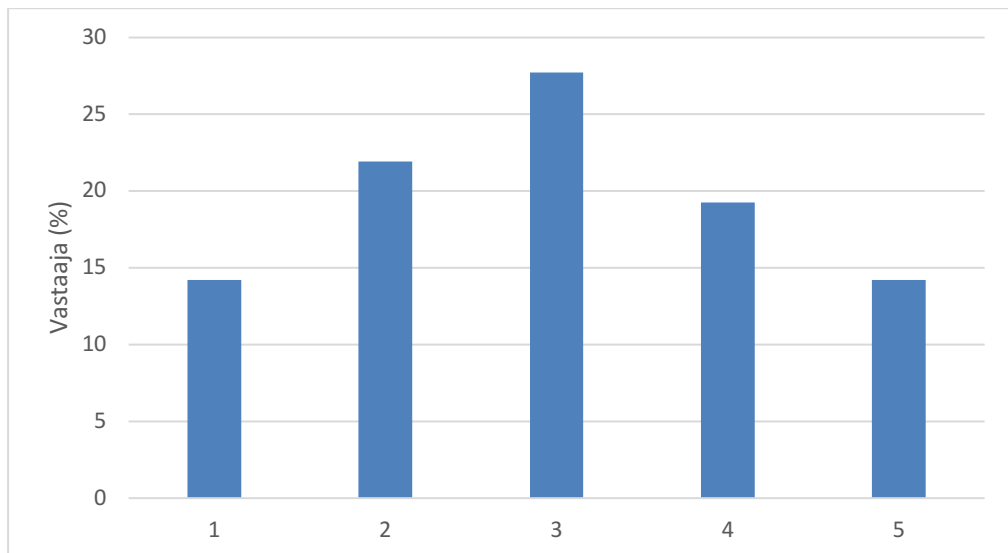
Khiin neliö -testin perusteella sukupuolella ja akuston käyttöön huolestuttavuudella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,111$  ( $X^2=19,014$ ,  $df=4$ ,  $p<0,001$ ), iällä ja akuston käyttöön huolestuttavuudella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,670$ ) ja kokemuksella ja akuston käyttöön huolestuttavuudella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,256$ ) 5 % merkittävyydellä.





**Kuva 31.** V2G- ja V2H-järjestelmien käyttöön liittyvistä huolista matkojen ennustettavuuden hankaluuden huolestuttavuus asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).

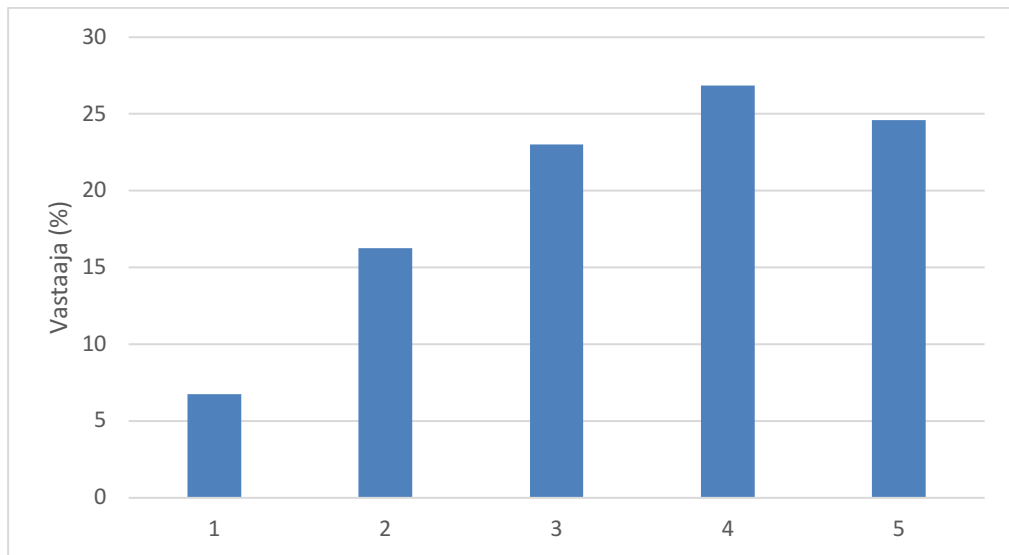
Khiin neliö -testin perusteella sukupuoli ja matkojen ennustettavuuden hankaluuden huolestuttavuudella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,114$  ( $X^2=20,224$ ,  $df=4$ ,  $p<0,001$ ), iällä ja matkojen ennustettavuuden hankaluuden huolestuttavuudella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,124$  ( $X^2=34,162$ ,  $df=16$ ,  $p=0,005$ ) ja myös kokemuksesta ja matkojen ennustettavuuden hankaluuden huolestuttavuudella oli merkittävä negatiivinen korrelaatio  $R=-0,105$  ( $X^2=26,325$ ,  $df=16$ ,  $p=0,050$ ) 5 % merkittävyytasolla.



**Kuva 32.** V2G- ja V2H-järjestelmien käyttöön liittyvistä huolista latausoperaattorin kontrolloimattoman auton järjestelmiin pääsyn huolestuttavuus asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).

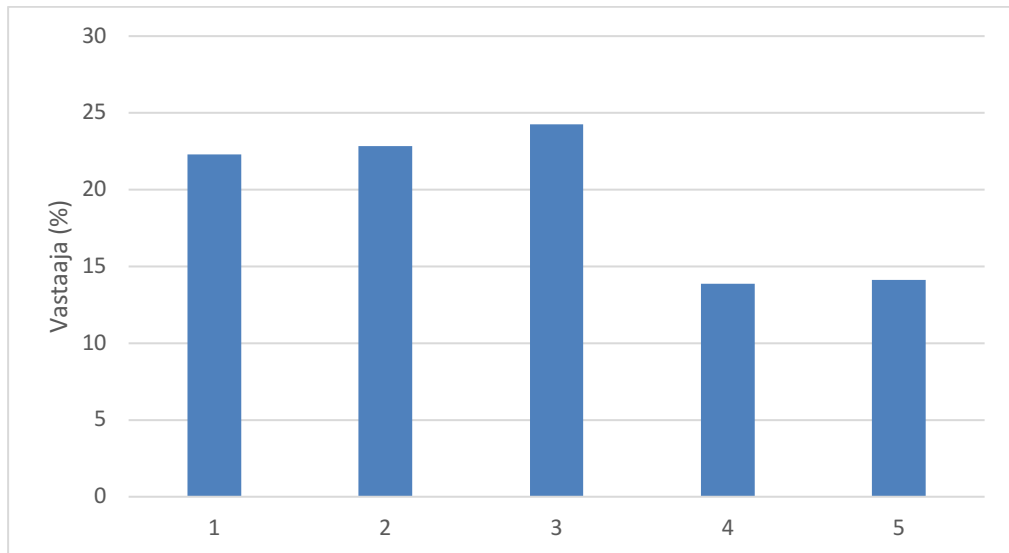
Khiin neliö -testin perusteella sukupuoli ja latausoperaattorin kontrolloimattoman pääsyn auton järjestelmiin huolestuttavuudella oli merkittävä positiivinen korrelaatio

$R=0,142$  ( $X^2=28,818$ ,  $df=4$ ,  $p<0,001$ ), iällä ja latausoperaattorin kontrolloimattoman pääsyn auton järjestelmiin huolestuttavuudella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,162$  ( $X^2=49,515$ ,  $df=16$ ,  $p<0,001$ ), mutta kokemuksella ja latausoperaattorin kontrolloimattoman pääsyn auton järjestelmiin huolestuttavuudella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,350$ ) 5 % merkittävyytasolla.



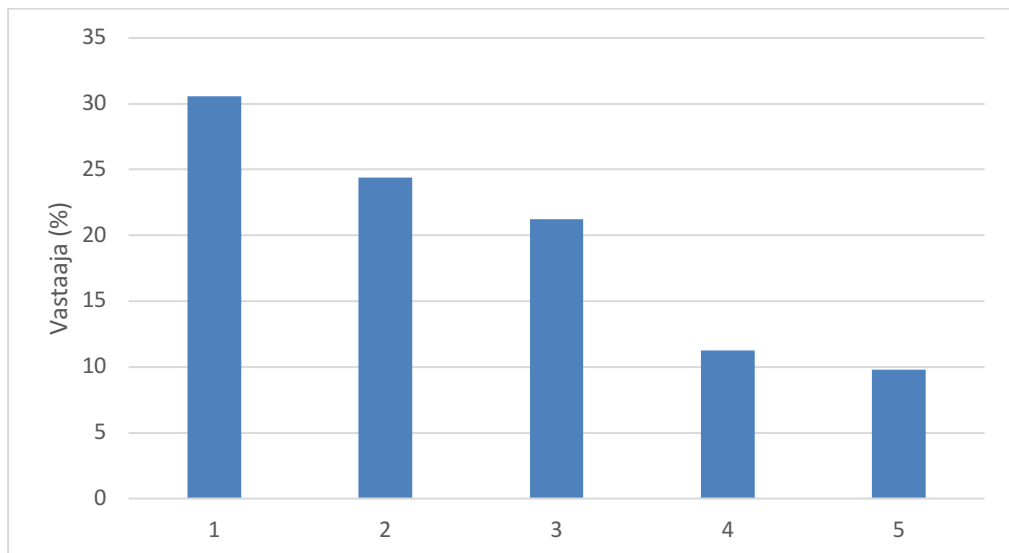
**Kuva 33.** V2G- ja V2H-järjestelmien käyttöön liittyvistä huolista lataustason riittämättömyyden huolestuttavuus asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).

Khiin neliö -testin perusteella sukupuoli ja lataustason riittämättömyyden huolestuttavuudella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,156$  ( $X^2=40,778$ ,  $df=4$ ,  $p<0,001$ ), iällä ja lataustason riittämättömyyden huolestuttavuudella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,120$  ( $X^2=35,760$ ,  $df=16$ ,  $p<0,003$ ) ja myös kokemuksella ja lataustason riittämättömyyden huolestuttavuudella oli merkittävä negatiivinen korrelaatio  $R=-0,119$  ( $X^2=33,534$ ,  $df=16$ ,  $p=0,006$ ) 5 % merkittävyytasolla.



**Kuva 34.** V2G- ja V2H-järjestelmien käyttöön liittyvistä huolista vapauden ja yksityisyyden rajoittamisen huolestuttavuus asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).

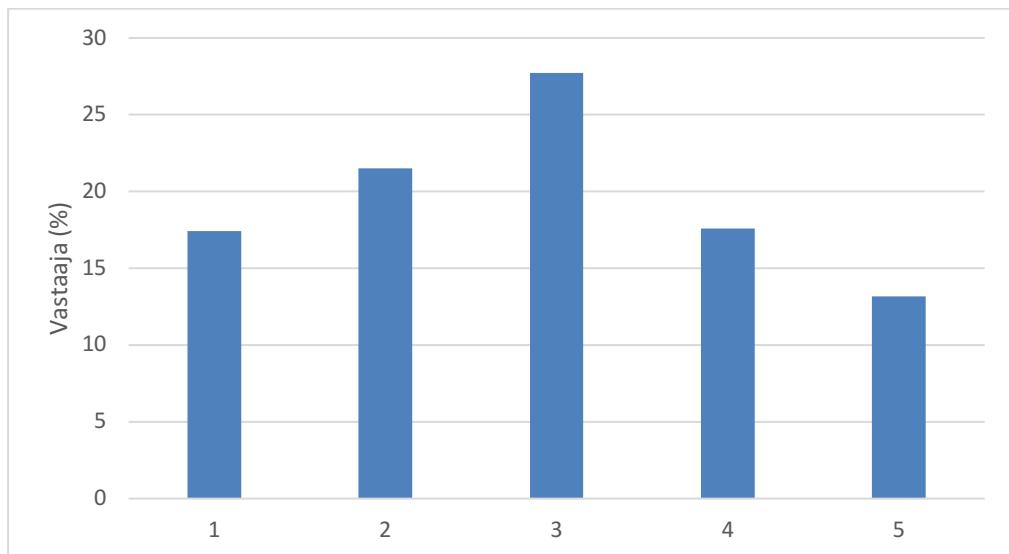
Khiin neliö -testin perusteella sukupuolella ja vapauden ja yksityisyyden rajoittamisen huolestuttavuudella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,135$  ( $X^2=31,405$ ,  $df=4$ ,  $p<0,001$ ), iällä ja vapauden ja yksityisyyden rajoittamisen huolestuttavuudella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,178$  ( $X^2=66,342$ ,  $df=16$ ,  $p<0,001$ ), mutta kokemuksella ja vapauden ja yksityisyyden rajoittamisen huolestuttavuudella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,287$ ) 5 % merkittävyydellä.



**Kuva 35.** V2G- ja V2H-järjestelmien käyttöön liittyvistä huolista datasta luotavan liikkumisprofiilin huolestuttavuus asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).

Khiin neliö -testin perusteella sukupuolella ja liikkumisprofiilin luontiin huolestuttavuudella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,132$  ( $X^2=27,545$ ,  $df=4$ ,  $p<0,001$ ), iällä ja

liikkumisprofiilin luontiin huolestuttavuudella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p < 0,283$ ), myöskään kokemuksella ja liikkumisprofiilin luontiin huolestuttavuudella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p = 0,208$ ) 5 % merkittävyydellä.

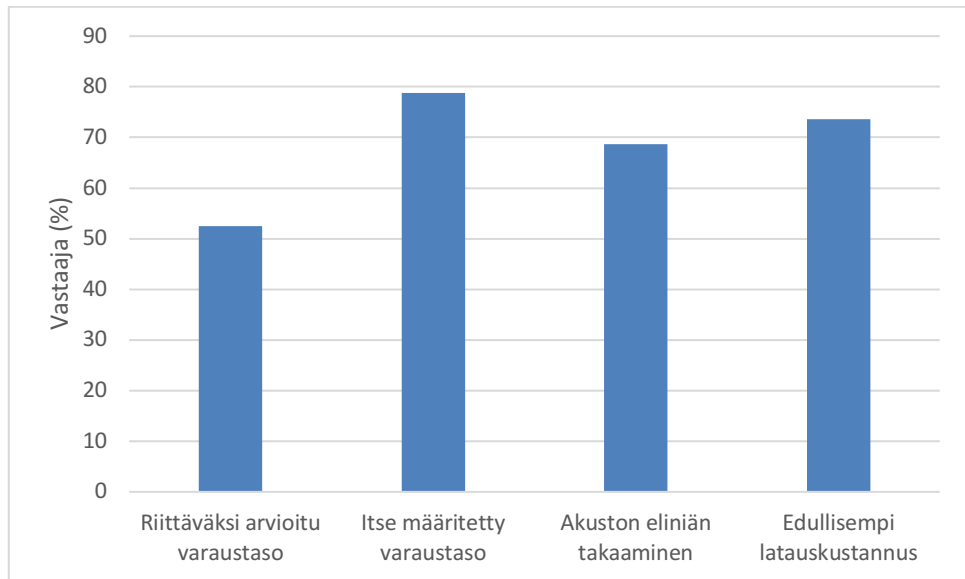


**Kuva 36.** V2G- ja V2H-järjestelmien käyttöön liittyvistä huolista itse käytön hankaluuden huolestuttavuus asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).

Khiin neliö -testin perusteella sukupuoli ja käytön hankaluuden huolestuttavuudella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R = 0,203$  ( $X^2 = 57,810$ ,  $df = 4$ ,  $p < 0,001$ ), iällä ja käytön hankaluuden huolestuttavuudella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R = 0,170$  ( $X^2 = 61,415$ ,  $df = 16$ ,  $p < 0,001$ ), mutta kokemuksella ja käytön hankaluuden huolestuttavuudella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p = 0,089$ ) 5 % merkittävyydellä.

#### 7.2.4 Suhtautuminen V2G- ja V2H-ehtoihin

V2G- ja V2H-järjestelmien käytön ehtoina sähköautoilijan näkökulmasta voidaan pitää riittäväksi arvioitua akuston varaustasoa, itse määritettyä akuston varaustasoa, akuston eliniän takaamista tai edullisempia latauskustannuksia. Tutkimusryhmältä kysyttiin suhtautumista näihin välttämättömiin ehtoihin, joiden olisi toteuduttava, jotta he käyttäisivät V2G-latausta.



**Kuva 37.** Vastaajille välttämättömät ehdot V2G-latauksen käyttämiseksi.

Kuvasta 37 nähdään, että lähes 80 % vastauksissa näkyy itse määritettävän varaustason tärkeys ja 75 % vastauksissa korostuu käyttäjän saaman rahallisen hyödyn tärkeys V2G-käytön ehtona. Myös akuston eliniän takaaminen on tärkeä lähes 70 % vastaajista. Huomattavaa on, että järjestelmän lupaus riittävästä varaustasosta auton antaman informaation perusteella oli välttämätön ehto reilulle 50 %, kun itse määritetty varaustaso oli jopa 80 % välttämätön ehto.

Seuraavassa taulukossa on esitetty tiivistetysti vastausten korrelointia sukupuoleen, ikään ja kokemukseen.

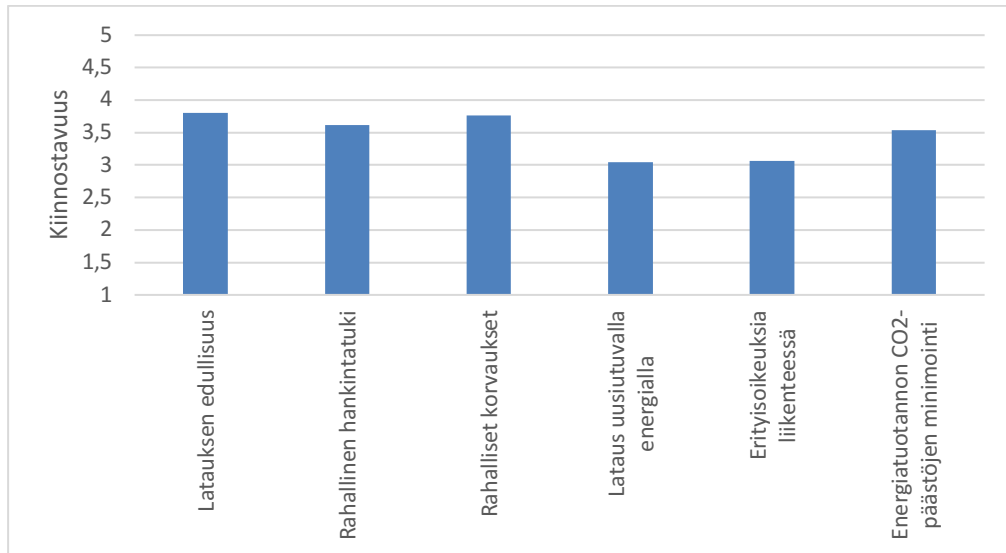
Taulukko 8. Sukupuolen, iän ja kokemuksen vaikutus suhtautumiseen V2G- ja V2H-käytön ehtoihin.

	Sukupuoli	Ikä	Kokemus
Riittäväksi arvioitu varaustaso	▲	▼	▲
Itse määritetty varaustaso	▼	▼	▼
Akuston takuu	▲	▲	▲
Edullisempi lataus	▼	▼	▲

Taulukosta 8 nähdään, että naisille riittäväksi arvioitu varaustaso sekä akuston takuu ovat ehdottomia käytön ehtoja keskimäärin miehiä useammin. Puolestaan miehille itse määritetty varaustaso sekä edullisempi lataus olivat tärkeämpiä käytön ehtoja naisiin verrattuna. Sähköautoilijoiden iän karttuessa riittäväksi arvioitun varaustason ( $R^2=-0,055$ ), itse määritetyn varaustason ( $R^2=0,677$ ) sekä edullisemmän latauksen ( $R^2=0,212$ ) merkitys V2G- ja V2H-käytön ehtona häveni. Akuston takuu ( $R^2=0,207$ ) puolestaan oli tärkeämpi vanhemmille sähköautoilijoille. Sähköautoilijoiden kokemuksen kertyessä riittäväksi arvioitu varaustaso ( $R^2=0,017$ ), akuston takuu ( $R^2=0,906$ ) sekä edullisempi lataus ( $R^2=0,546$ ) korostui käytön ehtona, mutta itse määritetty varaustaso ( $R^2=0,455$ ) puolestaan menetti tärkeyttä.

### 7.2.5 Suhtautuminen V2G- ja V2H-kannustimiin

Teoriassa V2H-järjestelmien tunnistettuja mahdollisia kannustimia V2G- ja V2H-käytölle ovat muun muassa latauksen edullisuus, rahallinen hankintatuki, rahalliset korvaukset, lataus uusiutuvalla energialla, erityisoikeudet liikenteessä sekä energiatuotannon CO<sup>2</sup>-päästöjen minimointi. Seuraavassa kuvassa 38 on esitetty kohderyhmän suhtautumista näihin kannustimiin.



**Kuva 38.** V2G- ja V2H-järjestelmien käytön kiinnostavuus eri premisseillä asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).

Vastaajien keskuudessa eniten kiinnostusta V2G-latausta kohtaan nosti latauksen edullisuus verrattuna yksisuuntaiseen lataukseen, mahdolliset muut rahalliset korvaukset, sähköautoon kohdistettava rahallinen hankinta tuki sekä energiatuotannon CO<sup>2</sup>-päästöjen minimointi. Alla olevassa taulukossa 9 on esitetty eri muuttujien vaikutus riskien huolestuttavuuteen suhtautumiseen.

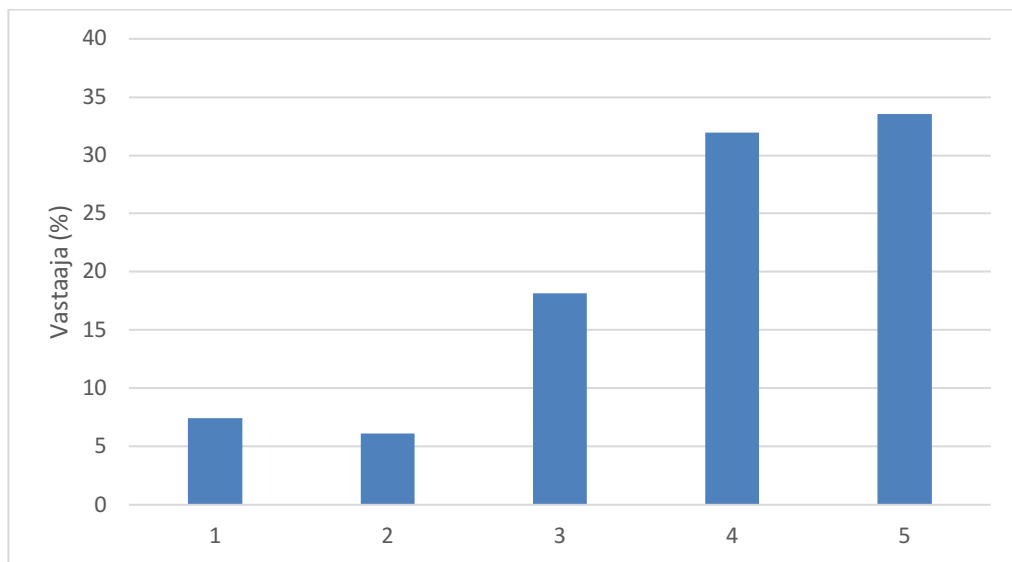
Taulukko 9. Sukupuolen, iän ja kokemuksen vaikutus suhtautumiseen V2G- ja V2H-kannustimien houkuttelevuuteen.

	Sukupuoli	Ikä	Kokemus
Latauksen edullisuus	▼	▼	▲
Rahallinen hankintatuki	—	▼	—
Muut rahalliset korvaukset	▼	▼	—
Lataus uusiutuvalla energialla	▲	—	—
Erityisoikeudet liikenteessä	—	▼	—
Energiatuotannon CO <sub>2</sub> -päästöjen minimointi	▲	—	▲

Taulukosta 9 huomataan, että miehet kokivat latauksen edullisuuden sekä muut rahalliset korvaukset tärkeämmäksi verrattuna naisiin. Puolestaan naisille uusiutuvalla energialla lataaminen sekä energiatuotannon CO<sup>2</sup>-päästöjen minimointi oli tärkeämpää kuin miehille. Nuoremmille sähköautoilijoille latauksen edullisuus, rahalliset hankintatuet sekä

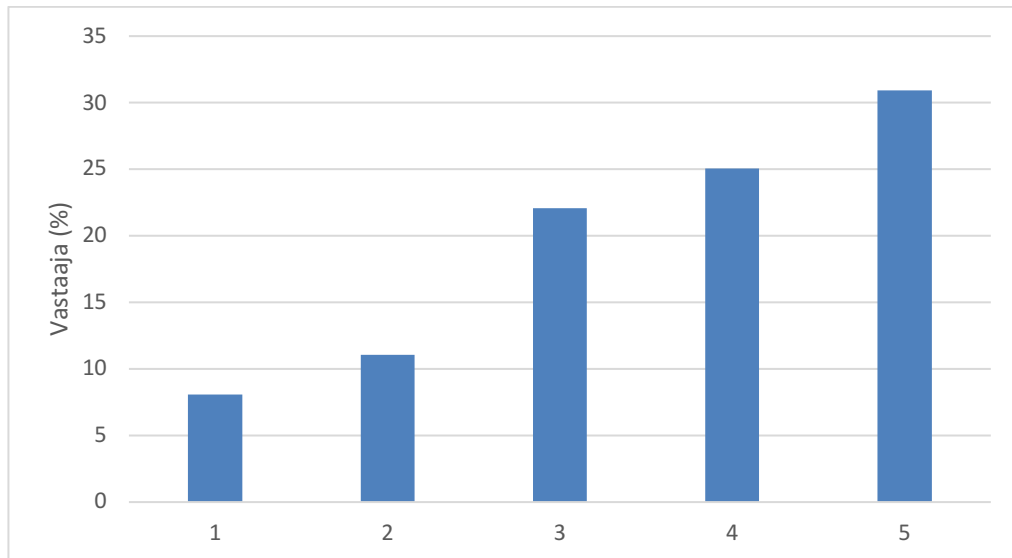
muut rahalliset korvaukset ja erityisoikeudet liikenteessä olivat houkuttelevampia kuin vanhemmille sähköautoilijoille. Kokoneiden sähköautoilijoiden keskuudessa latauksen edullisuus sekä energiatuotannon CO<sup>2</sup>-päästöjen minimoinnin merkitys korostui kokemattomiin sähköautoilijoihin verrattuna.

Seuraavissa kuvissa 39–44 on käyty läpi tarkemmin eri premissien vaikutusta vastaajien kiinnostukseen V2G-palvelun käyttöä kohtaan.



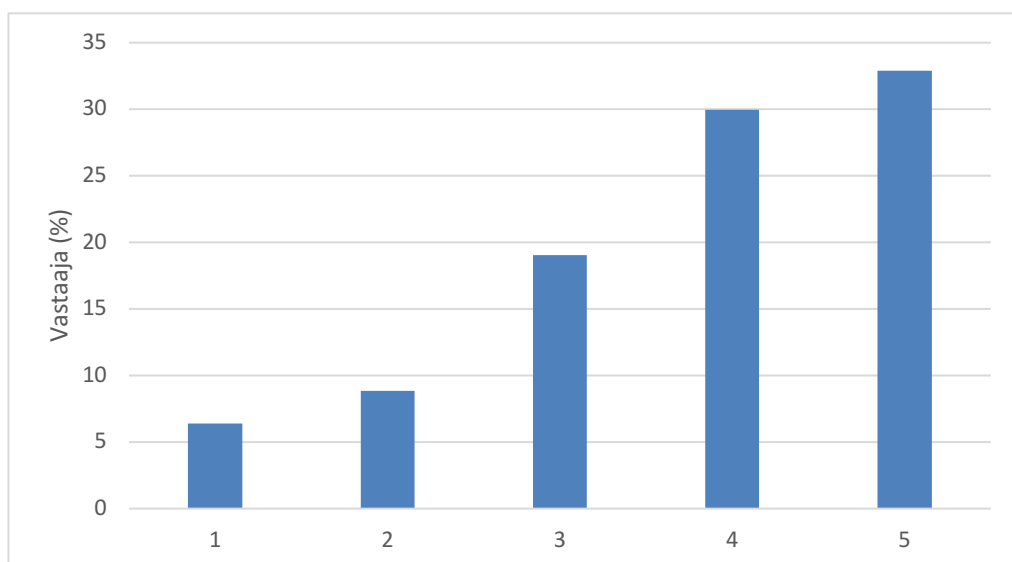
**Kuva 39.** V2G-järjestelmien käytön kiinnostavuus, jos käyttö olisi edullisempaa kuin kontrolloimattomalla lataamisella varten, asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).

Khiin neliö -testin perusteella sukupuoli ja V2G-latauksen edullisuudella oli merkittävä negatiivinen korrelaatio  $R=-0,068$  ( $X^2=17,166$ ,  $df=4$ ,  $p=0,002$ ), iällä ja V2G-latauksen edullisuudella oli merkittävä negatiivinen korrelaatio  $R=-0,151$  ( $X^2=63,404$ ,  $df=16$ ,  $p<0,001$ ) ja kokemuksella ja V2G-latauksen edullisuudella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,054$  ( $X^2=31,751$ ,  $df=16$ ,  $p=0,011$ ) 5 % merkittävyydellä.



**Kuva 40.** V2G- ja V2H-järjestelmien käytön kiinnostavuus, mikäli saisi hankintatukea sähköautoa varten asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).

Khiin neliö -testin perusteella sukupuoli ja myönnettävällä hankintatuella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p < 0,549$ ), iällä ja myönnettävällä hankintatuella oli merkittävä negatiivinen korrelaatio  $R = -0,88$  ( $X^2 = 29,561$ ,  $df = 16$ ,  $p < 0,020$ ) ja kokemuksella ja myönnettävällä hankintatuella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p = 0,206$ ) 5 % merkittävyydellä.

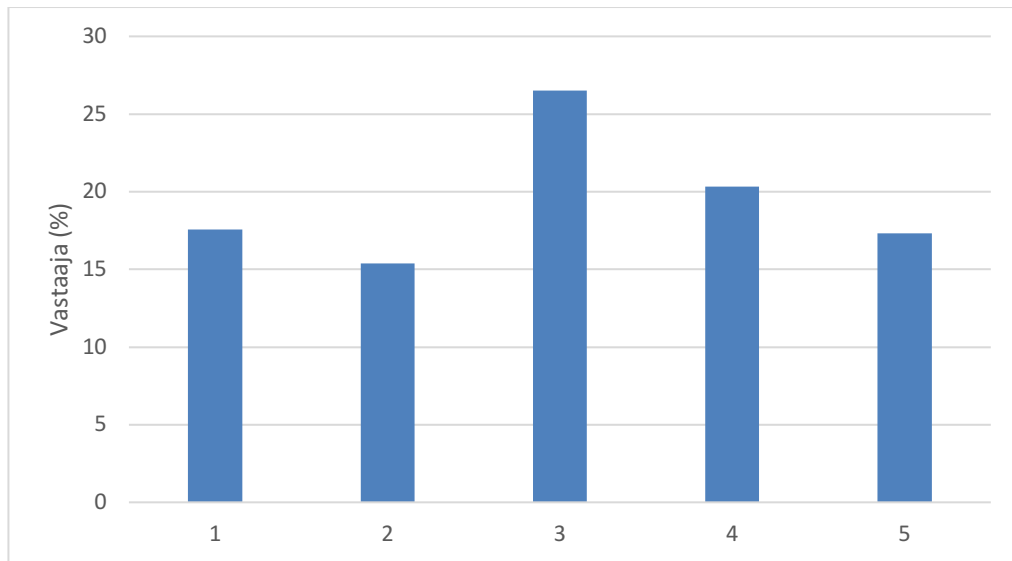


**Kuva 41.** V2G- ja V2H-järjestelmien käytön kiinnostavuus, mikäli saisi rahallista tukea erilaisten korvausten muodossa, asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).

Khiin neliö -testin perusteella sukupuoli ja myönnettävillä rahallisilla korvauksilla oli merkittävä negatiivinen korrelaatio  $R = -0,070$  ( $X^2 = 9,537$ ,  $df = 4$ ,  $p = 0,049$ ), iällä ja myönnettävillä rahallisilla korvauksilla oli merkittävä negatiivinen korrelaatio  $R = -0,171$

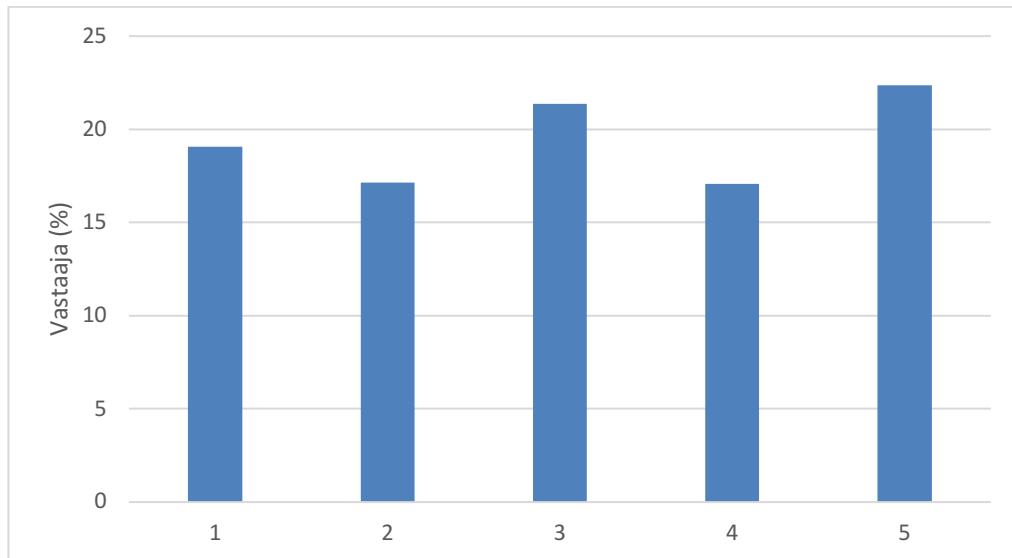


( $X^2=62,969$ ,  $df=16$ ,  $p<0,001$ ) ja kokemuksella ja myönnettävillä rahallisilla korvauksilla ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,157$ ) 5 % merkittävyytasolla.



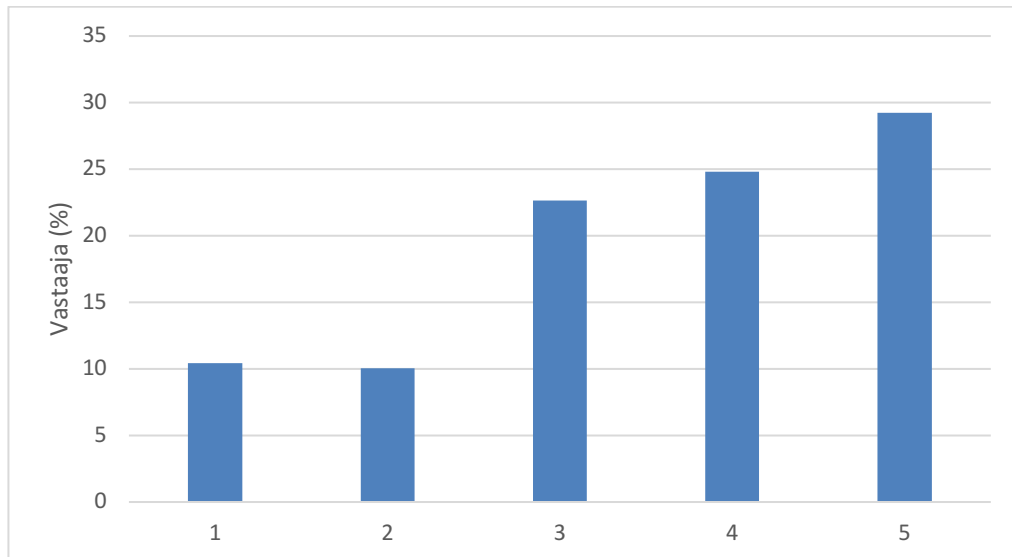
**Kuva 42.** V2G-järjestelmien käytön kiinnostavuus, mikäli sähköautoa ladattaisiin ainoastaan uusiutuvalla energialla, asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).

Khiin neliö -testin perusteella sukupuolella ja uusiutuvalla energialla lataamisella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,123$  ( $X^2=22,290$ ,  $df=4$ ,  $p<0,001$ ), iällä ja uusiutuvalla energialla lataamisella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p<0,436$ ) ja kokemuksella ja uusiutuvalla energialla lataamisella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,188$ ) 5 % merkittävyytasolla.



**Kuva 43.** V2G-järjestelmien käytön kiinnostavuus, mikäli saisi erityisoikeuksia, kuten käyttöoikeus linja-autokaistoille tai ilmainen julkinen pysäköinti, asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).

Khiin neliö -testin perusteella sukupuoli ja ansaittavilla erityisoikeuksilla ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,095$ ), iällä ja ansaittavilla erityisoikeuksilla oli merkittävä negatiivinen korrelaatio  $R=-0,71$  ( $X^2=28,449$ ,  $df=16$ ,  $p<0,028$ ) ja kokemuksella ja ansaittavilla erityisoikeuksilla ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,219$ ) 5 % merkittävyydellä.

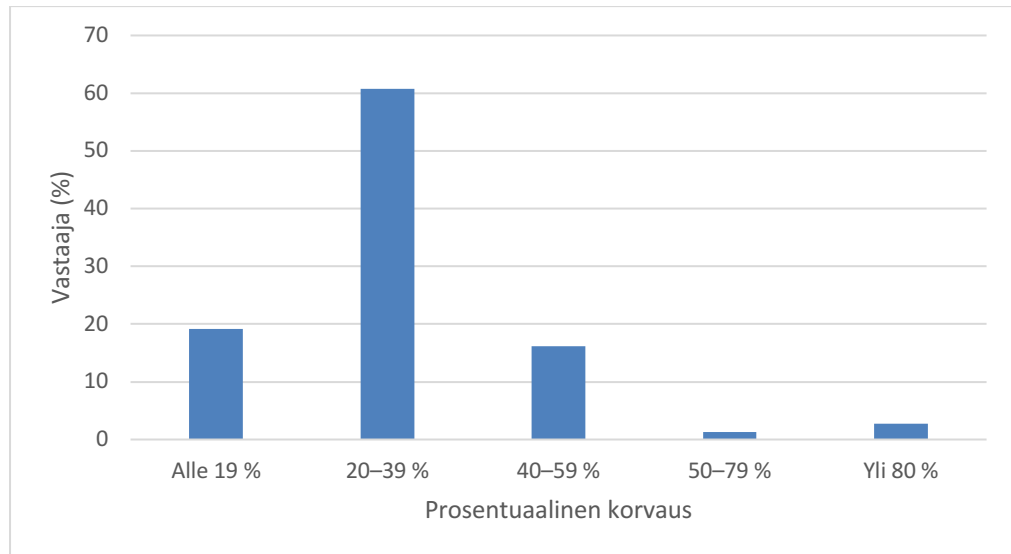


**Kuva 44.** V2G- ja V2H-järjestelmien käytön kiinnostavuus, mikäli siten pystyttäisiin vähentämään energiatuotannon CO<sub>2</sub>-päästöjä, asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).

Khiin neliö -testin perusteella sukupuoli ja energiatuotannon CO<sub>2</sub>-päästöjen minimoinnilla oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,080$  ( $X^2=9,954$ ,  $df=4$ ,  $p=0,041$ ), iällä ja energiatuotannon CO<sub>2</sub>-päästöjen minimoinnilla ei ollut merkittävää korrelaatiota.

( $p=0,945$ ) ja kokemuksella ja energiatuotannon CO<sup>2</sup>-päästöjen minimoinnilla oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,94$  ( $X^2=36,718$ ,  $df=16$ ,  $p=0,002$ ) 5 % merkittävyytasolla.

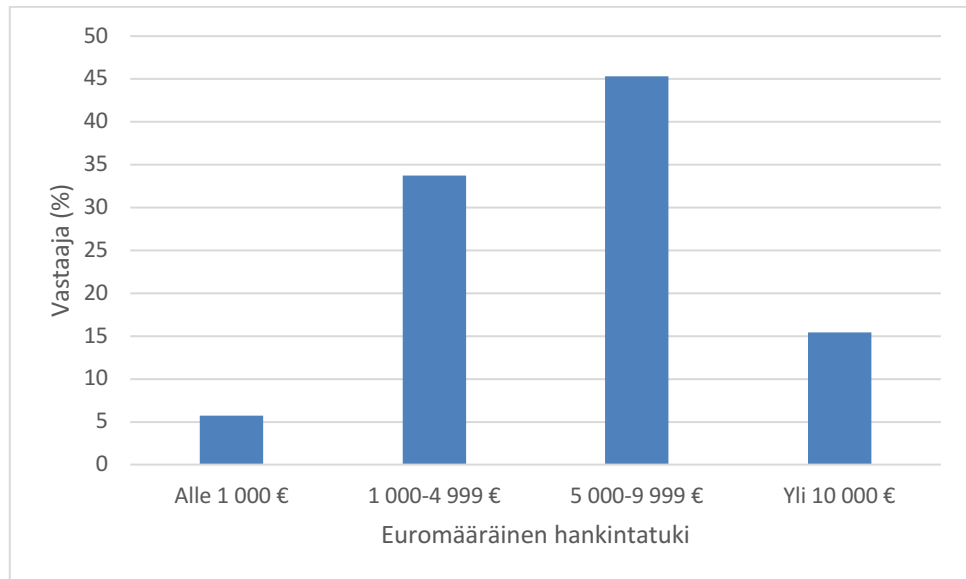
Tutkimushenkilöiltä, jotka olivat kiinnostuneita käyttämään V2G-palvelua, mikäli se olisi edullisempaa kuin kontrolloimaton lataaminen, kysyttiin, kuinka suuri rahallisen korvauksen tulisi olla prosentuaalisesti yksittäisen latauskerran hinnasta, jotta he käyttäisivät V2G-palvelua. Alla olevassa kuvassa 45 on esitetty vastausten jakauma.



**Kuva 45.** V2G-latauksesta maksettavan korvauksen prosentuaalinen suuruus.

Keskimääräinen haluttu korvaus on 27,45 %, keskihajonnan ollessa 16,69. Tasan 20 % korvaukseen olisi tyytyväinen yli puolet vastaajista. Vastauksista suodatettiin pois yli 100 % vastaukset.

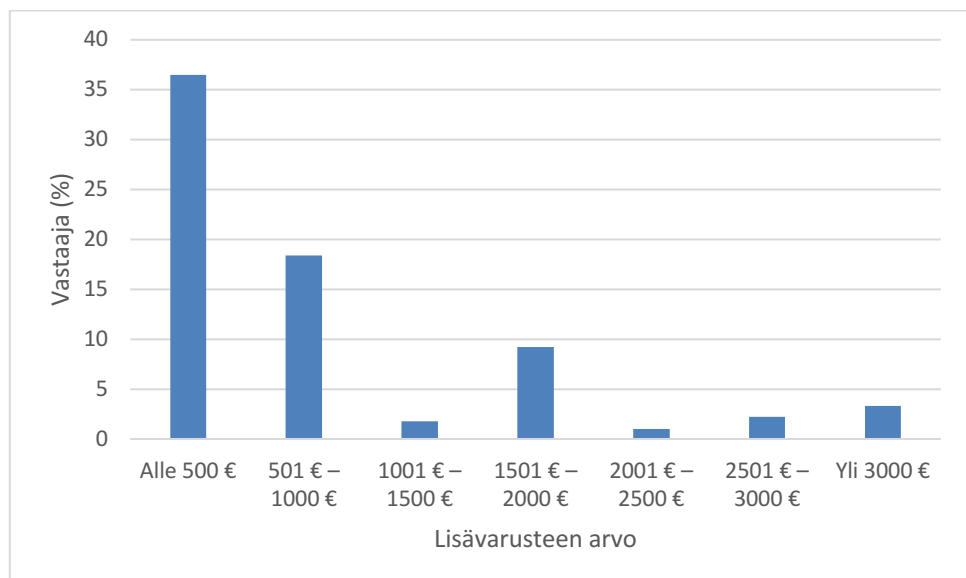
Vastaavasti tutkimushenkilöiltä kysyttiin, kuinka suuri uuden sähköauton hankintatuen tulisi olla, jotta he sitoutuisivat käyttämään V2G-latausta aina ladatessaan, kun sellainen olisi julkisena latausmahdollisuutena tarjolla. Kuvassa 46 on esitetty vastausten jakautuminen.



**Kuva 46.** V2G-latauksen käyttämiseen velvoittava sähköauton hankintatuen suuruus.

Tutkimushenkilöiden keskuudessa hajontaa V2G-lataukseen velvoittavasta hankintatuesta oli hyvin suurta hajontaa. Keskihajonta oli noin 6 900 €, kun keskimääräisesti tutkimushenkilöt olivat tyytyväisiä noin 5 800 € korvaukseen. Vastauksista suodatettiin pois yksi 25 miljoonan euron vastaus.

Tutkimusryhmältä kysyttiin myös, paljonko he olisivat valmiit maksamaan V2H- ja V2G-valmiuden mahdollistavasta auton lisävarusteesta.



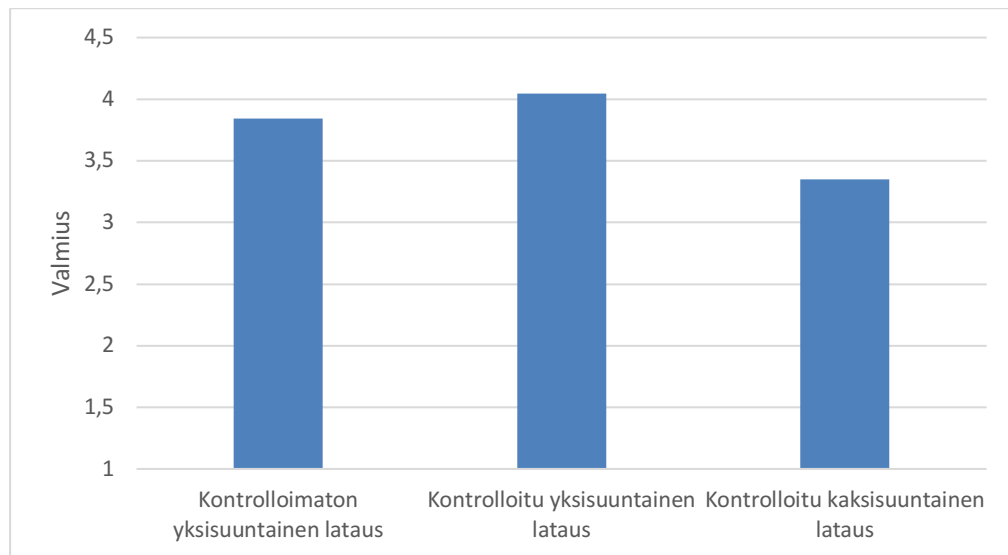
**Kuva 47.** V2G- ja V2H-latauksen mahdollistavan lisävarusteen arvo vastaajien mielestä.

Kuvassa 47 on esitetty vastaajien näkemys lisävarusteena myytävän V2G- ja V2H-

latauksen ominaisuuden arvosta. Keskimäärin tutkimushenkilöiden mielestä lisävaruste olisi noin 1 100 € arvoinen ja mediaaniarvona oli 500 €.

### 7.3 Kohderyhmän V2G- ja V2H-hyväksyntä

Vastaajien keskimääräinen hyväksyntää eri latausteknologioita kohtaan tutkittiin asteikolla 1–5 (en missään nimessä käyttäisi – ehdottomasti käyttäisin).



**Kuva 48.** Hyväksyntä eri latausteknologioita kohtaan asteikolla 1–5 (en missään nimessä käyttäisi – ehdottomasti käyttäisin).

Yllä olevasta kuvasta 48 voidaan todeta, että kontrolloitu yksisuuntainen lataus oli suosituin keskimääräisellä 4,05 vastauksella, vastausten mediaani ollessa 4 ja keskihajonnan puolestaan 1,113. Kontrolloimaton yksisuuntainen lataus oli lähes yhtä suosittu ollen keskimääräisen 3,84, mediaanina 4 ja keskihajontana 1,376. Hieman yksisuuntaisi latauksia vähemmän suopeasti suhtauduttiin kontrolloituun kaksisuuntaiseen lataukseen, jonka keskiarvoksi tuli 3,35, mediaaniksi 3 keskihajonnan ollessa 1,396. Alla olevassa taulukossa 10 on esitetty eri muuttujien vaikutus hyväksyntään eri latausteknologioita kohtaan.

Taulukko 10. Sukupuolen, iän ja kokemuksen vaikutus hyväksyntään eri latausteknologioita kohtaan.

	Sukupuoli	Ikä	Kokemus
Kontrolloimaton yksisuuntainen lataus	▼	▼	—
Kontrolloitu yksisuuntainen lataus	—	▼	—
Kontrolloitu kaksisuuntainen lataus	▼	▼	▲

Taulukosta 10 nähdään, että miehet suhtautuvat naisia positiivisemmin kontrolloimattomaan yksisuuntaiseen lataukseen sekä kontrolloituun kaksisuuntaiseen lataukseen.

Nuoret suhtautuvat kaikkiin lataustekniikoihin vanhempia positiivisemmin. Kokeneet sähköautoilijat suhtautuvat muita positiivisemmin kontrolloituun kaksisuuntaiseen lataukseen.

Khiin neliö -testin perusteella sukupuoli ja kontrolloimattomalla yksisuuntaisella latauksella oli merkittävä negatiivinen korrelaatio  $R=-0,025$  ( $X^2=11,905$ ,  $df=4$ ,  $p=0,018$ ). Sukupuolella ei ollut merkittävää korrelaatiota kontrolloidun yksisuuntaisen latauksen kanssa ( $p=0,129$ ). Sukupuolella ja kontrolloidulla kaksisuuntaisella latauksella oli merkittävä negatiivinen korrelaatio  $R=-0,024$  ( $X^2=14,279$ ,  $df=4$ ,  $p=0,006$ ).

lällä ja kontrolloimattomalla yksisuuntaisella latauksella oli merkittävä negatiivinen korrelaatio  $R=-0,124$  ( $X^2=35,373$ ,  $df=16$ ,  $p=0,004$ ). lällä oli myös merkittävä korrelaatio kontrolloidun yksisuuntaisen latauksen kanssa  $R=-0,169$  ( $X^2=51,878$ ,  $df=16$ ,  $p<0,001$ ). lällä ja kontrolloidulla kaksisuuntaisella latauksella oli merkittävä negatiivinen korrelaatio  $R=-0,130$  ( $X^2=49,985$ ,  $df=16$ ,  $p<0,001$ ).

Kokemuksella ja kontrolloimattomalla yksisuuntaisella latauksella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,634$ ). Kokemuksella ei ollut oli myöskään korrelaatiota kontrolloidun yksisuuntaisen latauksen kanssa ( $p=0,317$ ). Kokemuksella ja kontrolloidulla kaksisuuntaisella latauksella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,095$  ( $X^2=34,474$ ,  $df=16$ ,  $p=0,005$ ).

Seuraavassa luvussa käydään lävitse aiemmissa teoria-luvuissa esille nousseita asioita ja verrataan niitä empiriassa havaittuihin yhtäläisyyksiin sekä eroavaisuuksiin.

## 8 TÄYSSÄHKÖAUTOJEN AKUSTOIHIN VARAS- TOIDUN ENERGIAN HYÖDYNTÄMINEN V2G- JA V2H- TEKNOLOGIOIDEN AVULLA

V2G on siis latausteknologia, mikä mahdollistaa energian luovuttamisen tarvittaessa sähköauton akustosta takaisin yleiseen sähköverkkoon. V2H puolestaan on latausteknologia, mikä mahdollistaa energian luovuttamisen tarvittaessa sähköauton akustosta takaisin asuinrakennuksen sähköverkkoon.

Tutkimuksessa toteutettiin kyselytutkimus sähköautojen haltijoille. Tämän vuoksi tutkimuksessa saadut empirian havainnot on saatu loppukäyttäjille suunnatusta kyselytutkimuksesta. Tutkimuksessa siis kyselyyn ei lähtökohtaisesti haettu vastaajiksi muiden sidosryhmien, kuten sähköverkko-operaattoreiden, latauspistevalmistajien tai ajoneuvovalmistajien, edustajia.

### 8.1 V2G- ja V2H-hyödyt

V2G- ja V2H- hyötyjä on tunnistettu sekä teoriassa ja empiriassa. UTAUT-mallin (Venkatesh;Morris;Davis;& Davis, 2003) mukaan suorituskykyodotus on useimmiten teknologian hyväksynnän määräävä tekijä, mutta sen lisäksi ponnisteluodotus, sosiaalinen vaikutus sekä fasilitoivat tekijät vaikuttavat hyväksyntään. V2G-sidosryhmien teoreettiset ja empiiriset hyödyt on koottu alla oleviin taulukoihin 11–14 mukailten UTAUT-mallin kategorioita. Taulukkoihin kootuista hyödyistä havaitaan, että empiriassa nousi esiin monia hyötyjä, jotka oli tunnistettu myös teoriassa.

Alla olevassa taulukossa 11 on kootusti teoriassa esiin nousseet sekä empiriassa havaitut suorituskykyodotusten hyödyt.

Taulukko 11. V2G- ja V2H-tekniologioiden hyödyt: suorituskykyodotus

	Teoria	Empiria	
Suorituskykyodotus	<b>Sähköverkko-operaattori</b>	Sähköverkon tehohuippujen leikkaaminen, taajuuden säätely, vakauden ja luotettavuuden ylläpitämistä ja jännitetuki	Sähköverkon kysynnän tasoittaminen ja laajennustarpeiden minimointi
	<b>Latauspistevalmistaja</b>	Orgaaninen kasvu, latauspistekomponenttien tasainen rasitus	
	<b>Ajoneuvovalmistaja</b>	Lisäarvon tuottaminen asiakkaalle, akuston eliniän maksimointi seisonnassa, akustojen uusiokäyttö energiavarastoina	Lisäarvon tuottaminen asiakkaalle
	<b>Sähköautoilija</b>	Hätäenergiavarastona toimiminen	Hätäenergia varastona toimiminen, erityisoikeudet liikenteessä

Tarkastellaan ensimmäisenä V2G-tekniologian suorituskykyodotuksen teorian ja empiria keskinäistä korrelaatioita. Teoriassa esiin nousseita sähköverkko-operaattorin hyötyjä, kuten V2G-järjestelmien hyödyntämisen sähköverkon kysynnän tasoittamista (Yao;Fan;Zhao;& Ma, 2022), vakauden ja luotettavuuden ylläpitämistä, sähköverkon taajuuden säätely ja jännitetukea (Oriahara;Kimura;& Saitoh, 2018) pidettiin tärkeinä myös empiriassa. Näiden kaikkien voidaan nähdä korreloivan empiriassa tunnistettuun sähköverkon laajennustarpeiden minimointiin.

Ajoneuvovalmistajien mahdollisuus tuottaa lisäarvoa asiakkailleen V2G-järjestelmien avulla (Lacey;Putrus;& Bentley, 2017) oli teoriassa sekä empiriassa tunnistettu hyöty. Myös sähköauton toimiminen käyttäjän hätäenergiavarastona (Vadi;Bayinndir;Colak;& Hossain, 2021) oli niin teoriassa kuin empiriassakin todettu hyöty. Teoriassa esiin nousi lisäksi latauspistevalmistajien hyötyinä orgaaninen kasvu (Ikonen, 2022) ja latauspistekomponenttien tasainen rasitus (Salovaara, 2023) sekä ajoneuvovalmistajien hyötynä akuston eliniän maksimointi seisonnassa (University of Warwick, 2022) ja sähköautojen



akustojen uusiokäyttöä energiavarastoina (Lacey;Putrus;& Bentley, 2017). Näitä hyötyjä ei kuitenkaan tunnistettu empiriassa. Tämä eroavaisuus voi johtua monista asioista, mutta tutkimusta tehtäessä tunnistettiin syyksi muun muassa kyselytutkimuksen kysymysten asettelu, missä ei suoranaisesti kysytty vastaajilta näiden hyötyjen merkitystä, sillä näitä kysyttiin seurannaisvaikutusten, kuten kustannussäästöjen tai rahallisten hyötyjen, kautta.

Seuraavassa taulukossa 12 on kootusti teoriassa esiin nousseet sekä empiriassa havaitut ponnisteluodotusten hyödyt.

Taulukko 12. V2G- ja V2H-teknologioiden hyödyt: ponnisteluodotus

		Teoria	Empiria
<b>Ponnisteluodotus</b>	<b>Sähköverkko-operaattori</b>		
	<b>Latauspistevalmistaja</b>		
	<b>Ajoneuvovalmistaja</b>		
	<b>Sähköautoilija</b>	Säästöt tuotantokustannuksissa	Käyttäjän kustannussäästöt

V2G-teknologian ponnisteluodotuksen teorian ja empiria keskinäistä korrelointi oli suopea, mutta sitäkin merkittävämpi. Ponnisteluodotuksen alle kategorisoitiin hyötynä teoriassa todettu V2G mahdollistamat säästöt tuotantokustannuksissa (Tirunagari;Gu;& Meegahapola, 2022), joka yhdistettiin empiriassa havaittuun käyttäjän saamiin kustannussäästöihin V2G-toiminnasta.

Empiriassa ja teoriassa on kysymysten yksinkertaistamisesta johtuvia eroja, joiden merkitys tämän tutkimuksen tavoitteiden saavuttamiseen on merkityksetön.

Seuraavaan taulukkoon 13 on koottu teoriassa esiin nousseet sekä empiriassa havaitut sosiaalisten vaikutusten hyödyt.

Taulukko 13. V2G- ja V2H-teknologioiden hyödyt: sosiaaliset vaikutukset

	Teoria	Empiria	
<b>Sosiaalinen vaikutus</b>	<b>Sähköverkko-operaattori</b>	Fossiilisten energiavoimaloiden alasajo	Tulevaisuuden energiarvarstojen kustannussäästöt, varavoimalaitoksista luopuminen, Hiilineutraali Suomi 2035 -hanke
	<b>Latauspistevalmistaja</b>		
	<b>Ajoneuvovalmistaja</b>	CO <sup>2</sup> -päästöjen minimointi	CO <sup>2</sup> -päästöjen minimointi
	<b>Sähköautoilija</b>		

Sosiaalisen vaikutuksen teoreettiset ja empiiriset hyödyt V2G-teknologian osalta olivat pitkälti yhdenmukaisia. Teoriassa tunnistetut mahdollisuus fossiilisten energiavoimaloiden alasajoon sekä CO<sup>2</sup>-päästöjen minimointi (Yao;Fan;Zhao;& Ma, 2022) tulivat ilmi myös empiriassa käyttäjien pitäessä tulevaisuuden energiavarstojen kustannussäästöjä, varavoimalaitoksista luopumista, Hiilineutraali Suomi 2035 -hanketta ja sekä CO<sup>2</sup>-päästöjen minimointia tärkeinä tavoitteina.

Alla olevassa teorian ja empirian yhdistävässä taulukossa 14 on koottu yhteen fasilitoivien tekijöiden hyödyt.

Taulukko 14. V2G- ja V2H-teknologioiden hyödyt: fasilitoivat tekijät

	Teoria	Empiria	
<b>Fasilitoivat tekijät</b>	<b>Sähköverkko-operaattori</b>		
	<b>Latauspistevalmistaja</b>		
	<b>Ajoneuvovalmistaja</b>	Myyntiä ohjaavat lait ja direktiivit	
	<b>Sähköautoilija</b>		Aiemmat hyvät kokemukset, kiinnostus teknologiaan kohtaan

Teoriassa esiin ainoana fasilitoivana tekijänä nousi myyntiä ohjaavat lait ja direktiivit (Skinner, 2023), eikä tätä suoranaisesti tunnistettu empiriassa. Empiriassa puolestaan nousi esiin aiemmat hyvät kokemukset ja kiinnostus teknologiaan kohtaan teknologian hyväksyntää määräävinä tekijöinä.

Seuraavassa luvussa analysoidaan V2G-toiminnan haasteita ja tarkastellaan ennen kaikkea näihin liittyviä yhdenmukaisuuksia ja ristiriitoja teorian ja empirian välillä.

## 8.2 V2G- ja V2H-haasteet

V2G- ja V2H- haasteita on tunnistettu sekä teoriassa ja empiriassa. V2G-sidosryhmien teoreettiset ja empiiriset haasteet on koottu alla oleviin taulukoihin 15–18 mukaillen UTAUT-mallin kategorioita. Huomattavaa taulukoiden tulkinnessa on jälleen, että kaikki empirian haasteet on saatu loppukäyttäjille suunnatusta kyselytutkimuksesta. Taulukoihin kootuista haasteista havaitaan, että empiriassa nousi esiin monia haasteita, jotka oli tunnistettu myös teoriassa.

Tarkastellaan ensimmäisenä V2G-tekniikan suorituskykyodotuksen teorian ja empiria keskinäistä korrelointia. Alla olevassa taulukossa 15 on kootusti teoriassa esiin nousseet sekä empiriassa havaitut suorituskykyodotusten hyödyt.

Taulukko 15. V2G- ja V2H-tekniikoiden haasteet: suorituskykyodotus

		Teoria	Empiria
Suorituskykyodotus	<b>Sähköverkko-operaattori</b>	Jännitehäviöt, harmoniset vääristymät, jännitteen vaihtelut ja muuntaja häviöt	
	<b>Latauspistevalmistaja</b>		
	<b>Ajoneuvovalmistaja</b>		
	<b>Sähköautoilija</b>	Akuston maksimikapasiteetin heikentyminen Akun hajoaminen	Akuston käyttöikä Varaustason riittämättömyys

Teoriassa esiin nousseita sähköverkko-operaattorin haasteita jännitehäviöistä, harmonisista vääristymistä (Asghar;Sulaiman;Mustaffa;Ali;& Ullah, 2022) ja jännitteen vaihteluista (Pham;Nahavandi;Hien;Trinh;& Wong, 2017) ei tunnistettu empiriassa. Käyttäjän kustannukset nousivat läpi tutkimuksen esille tärkeänä motivaattorina heidän toiminnassaan. Voidaankin siis olettaa, että mikäli nämä haasteet realisoituvat käyttäjälle nousevina käyttökustannuksina, heikentää se teknologian hyväksyttävyyttä. Teoriassa tunnistettu ajoneuvovalmistajien haaste täyssähköautojen akustojen maksimikapasiteetin

heikkenemisestä (Lacey;Putrus;& Bentley, 2017) ja käyttäjän pelko akuston hajoamisesta (van Heuveln, ym., 2021) nousivat esiin myös empiriassa.

Seuraavassa taulukossa 16 on kootusti teoriassa esiin nousseet sekä empiriassa havaitut ponnisteluodotusten haasteet.

Taulukko 16. V2G- ja V2H-tekniologioiden haasteet: ponnisteluodotus

		Teoria	Empiria
<b>Ponnisteluodotus</b>	<b>Sähköverkko-operaattori</b>	Hinnoittelu	Edullisempi latauskustannus
	<b>Latauspistevalmistaja</b>	Kysynnän vajavaisuus, V2G-käytön hankaluus	V2G-käytön hankaluus
	<b>Ajoneuvovalmistaja</b>		
	<b>Sähköautoilija</b>	Kantama-ahdistus	Matkojen ennustettavuuden hankaluus

Ponnisteluodotuksen osalta teoria ja empiria olivat hyvin yhdenmukaiset. Empiriassa havaitut sähköverkko-operaattorin haasteet hinnoittelun (van Heuveln, ym., 2021) kanssa, latauspistevalmistajan tunnistama V2G-käytön hankaluus (Asghar;Sulaiman;Mustaffa;Ali;& Ullah, 2022) ja käyttäjän kantama-ahdistus (Geske & Schumann, 2018) kaikki ilmenivät myös empiriassa. Teoriassa esiin nousseen kysynnän puutteellisuuden osalta empirian tulokset olivat päinvastaiset. Tutkimuksen mukaan yli 60 % vastaajista oli kiinnostunut luovuttamaan energiaa takaisin sähköverkkoon. Huomattavaa on, että kysymys oli muotoiltu koskemaan V2H-toimintaa, eikä nimenomaisesti V2G-toimintaa. Voidaankin pohtia, onko esimerkiksi vain akuston hätäenergiavarastona toimiminen riittävä syy energian takaisin sähköverkkoon luovuttamiselle vai olisiko myös V2G-toiminnan tuomat rahalliset hyödyt yhtä lailla toimiva motivaattori.

Seuraavassa taulukossa 17 on kootusti teoriassa esiin nousseet sekä empiriassa havaitut sosiaalisten vaikutusten haasteet.

Taulukko 17. V2G- ja V2H-tekniologioiden haasteet: sosiaaliset vaikutukset

	Teoria	Empiria	
<b>Sosiaalinen vaikutus</b>	<b>Sähköverkko-operaattori</b>		
	<b>Latauspistevalmistaja</b>		
	<b>Ajoneuvovalmistaja</b>	Turvallisten ja luotettavat yhteydet	Vapauden ja yksityisyyden rajoittuminen
	<b>Sähköautoilija</b>	Kolmansien osapuolien pääsy auton järjestelmiin	Kontrolloimaton pääsy auton järjestelmiin, datasta luotava liikumisprofiili

Sosiaalisella vaikutuksella ei teoriassa tunnistettu monia tekijöitä. Tunnistetut kolmansien osapuolien pääsy auton järjestelmiin (Geske & Schumann, 2018) ja turvallisten sekä luotettavien yhteyksien toteuttaminen (Asghar; Sulaiman; Mustafa; Ali; & Ullah, 2022) olivat tunnistettavissa myös empiriassa. Joskin empiriassa kolmansien osapuolien kontrolloimaton pääsy auton järjestelmiin, vapauden ja yksityisyyden rajoittuminen tai datasta luotava liikumisprofiili ei aiheuttanut suurta huolta verrattuna muihin käyttäjille esitettyihin skenaarioihin.

Viimeisessä teorian ja empirian yhdistävässä taulukossa 18 on koottu yhteen fasilitoivien tekijöiden haasteet.

Taulukko 18. V2G- ja V2H-teknologioiden haasteet: fasilitoivat tekijät

		Teoria	Empiria
<b>Fasilitoivat tekijät</b>	<b>Sähköverkko-operaattori</b>	Verkon kuormituksen alueellinen siirtyminen	
	<b>Latauspistevalmistaja</b>	Direktiivien ja standardien keskeneräisyys	
	<b>Ajoneuvovalmistaja</b>		
	<b>Sähköautoilija</b>	V2G-latausverkon keskeneräisyys	V2G-latausverkon keskeneräisyys

Fasilitoivien tekijöiden teoreettiset haasteet olivat sähköverkko-operaattorin osalta verkon kuormituksen alueellinen siirtyminen (Asghar;Sulaiman;Mustaffa;Ali;& Ullah, 2022), latauspistevalmistajien näkökulmasta direktiivien ja standardien keskeneräisyys (Ikonen, 2022) ja sähköautoilijan kannalta V2G-latausverkon keskeneräisyys (Asghar;Sulaiman;Mustaffa;Ali;& Ullah, 2022). Empiriassa ei havaittu kuormituksen alueellisen siirtymistä eikä direktiivien ja asetusten puuttumista ongelmana. Direktiivien ja asetusten puuttuminen on kuitenkin hyvin läheisesti yhteydessä teoriassa tunnistettuun loppukäyttäjien haasteeseen V2G-verkon keskeneräisyydestä, mikä havaittiin myös empiriassa.

Voidaankin todeta, että haasteiden selättäminen ei ole niinkään teknisten ongelmien ratkaisemista, vaan poliittista päätöksenteon vaativia kysymyksiä. V2G-teknologia on olemassa ja siihen on markkinoillakin jo muutamia ratkaisuja, mutta yleistyminen edellyttää pääoman sitomista latausinfrastruktuuriin, joka jo nykyisellään on massiivinen.

## 9 YHTEENVETO

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten vehicle-to-grid ja vehicle-to-home - teknologioita voidaan hyödyntää henkilöautokannan sähköistymisen myötä. Tämän tutkimusongelman määrittämiseksi asetettiin kolme päätutkimuskysymystä:

1. *Mitkä ovat vehicle-to-grid- ja vehicle-to-home-teknologioiden määritelmät?*
2. *Mitä hyötyjä ja haasteita vehicle-to-grid- ja vehicle-to-home-teknologiat tuovat eri sidosryhmille?*
3. *Miten suomalaiset sähköautoilijat suhtautuvat vehicle-to-grid- ja vehicle-to-home-teknologioihin?*

Näihin tutkimuskysymyksiin löydetty vastaukset käydään seuraavassa luvussa tiivistysti lävitse.

### 9.1 Tulokset

Vehicle-to-grid- ja vehicle-to-home-teknologioiden määritelmiksi on kirjallisuudessa vuosien varrella esitetty muutamia eri variaatioita, joiden eroina yleisesti on painottuminen joko sähköauton tai sähköverkon näkökulmaan. Tässä työssä termit määriteltiin seuraavasti:

*V2G on latausteknologia, mikä mahdollistaa energian luovuttamisen tarvittaessa sähköauton akustosta takaisin yleiseen sähköverkkoon.*

*V2H on latausteknologia, mikä mahdollistaa energian luovuttamisen tarvittaessa sähköauton akustosta takaisin asuinrakennuksen sähköverkkoon.*

Täyssähköautojen akustojen toissijaisessa hyödyntämisessä V2G- ja V2H-teknologiat ovat erittäin potentiaaliset tavat tarkasteltujen sidosryhmien kannalta. Tutkimuksessa tarkasteltiin teknologioiden vahvuuksia ja heikkouksia sähköverkko-operaattorin, latauspistevalmistajan, ajoneuvovalmistajan sekä sähköautoilijan näkökulmista.

Tehdyt tutkimukset osoittavat, että V2G- ja V2H-teknologiat voivat tarjota sähköverkko-operaattorille keinon verkon tasapainottamiseen (Oriahara;Kimura;& Saitoh, 2018) sekä kysynnän vaihtelevuuden aiheuttamien huippujen ja kuoppien leikkaamiseen (Sekyung & Moses, 2021). Näihin liittyy luonnollisesti myös omat haasteensa, sillä sähköautoilijaa ei voida pitää pysyvänä sähköverkon voimavarana, kuten Pham et al. (2017) huomaut-



tavat. Latauspistevalmistajan näkökulmasta komponenttien elinkaaren hallinta helpottuu, sillä latauspisteet ovat tasaisemmin käytössä, jolloin elektroniikka niiden sisällä ei joudu kokemaan yhtä suurta lämpötilavaihtelua (Salovaara, 2023). Merkittävän haasteena on kuitenkin Tsolericisin et al. (2017) mukaan yleisesti liiketoiminnan kannattavuuden suuret riskit. Ajoneuvovalmistajalle V2G- ja V2H-tekniikat tuovat ensinnäkin vaihtoehtoiset uusiokäyttömahdollisuudet akustoille, jolloin ympäristöystävällisyydestään kritisoitujen akustojen elinkaarta saadaan pidennettyä ja samalla hillittyä autojen arvonalenemaa (Lacey;Putrus;& Bentley, 2017). Toisaalta V2G-käyttö voi kuluttaa akuston kapasiteettia viivästettyä lataus nopeammin, jolloin akuston käyttöaika ensisijaisessa käyttötarkoituksessa lyhenee (University of Warwick, 2022).Sähköautoilijan kannalta V2G-käytöstä on rahallinen hyötyminen, sillä sähköä voisi myydä takaisin sähköverkkoon (Motiva, 2023) ja V2H-käyttö tarjoaisi keskimääräiselle sähköautoilijalle noin kahdeksi vuorokaudeksi omakotitalouden sähköomavaraisuuden (Fortum, 2019; Vadi;Bayinndir;Colak;& Hossain, 2021; Electric Vehicle Database, 2023b). Näitä hyötyjä varjostaa kuitenkin pelko akuston hajoamisesta (van Heuveln, ym., 2021) sekä käytön lisäämä kantama-ahdistus (engl. range anxiety) (Simolin, 2022).

Olellista kaikkien hyötyjen ja toisaalta riskien realisoitumisessa on sähköautoilijoiden hyväksyntä uudelle teknologialle. Sähköautoilijoiden suhtautumista V2G- ja V2H-tekniikoihin tutkittiin kyselytutkimuksen avulla keväällä 2023 lähettämällä kysely 5 000 sähköautoilijalla. Näistä 1 433 henkilöä vastasi kyselyn kaikkiin kysymyksiin. Vastajien ensisijaisena motivaattorina toiminnassaan tehdyn tutkimuksen kontekstissa onkin henkilökohtainen hyötyminen. Sähköauton hankinnan tärkeimpänä syynä korostui edulliset käyttökustannukset, V2G-järjestelmien hyödyistä nousivat käyttäjän hätäenergiavarastona toimiminen ja välittömät käyttäjän kustannussäästöt sekä V2H käytön hyötyinä rahallinen hyötyminen pörssisähkön hintapiikkien aikana ja sähköomavaraisuus sähkökatkojen aikana erottuivat yli epäitsekäiden tavoitteiden.

V2G-tavoitteita naiset pitivät Hiilineutraali Suomi 2035 -hanketta sekä varavoimalaitoksista luopumista miehiä tärkeämpänä ja puolestaan miesten joukossa korostui käyttäjän välittömät kustannussäästöt sekä hätäenergiavarastona toimiminen verrattuna naisiin. Ikäryhmittäin vertailtuna vastaajien suhtautuminen heille esitettyihin V2G-toiminnan tavoitteisiin oli melko tasaista. Tavoitteita pidettiin ikäryhmiin katsomatta tärkeinä, joskin nuoret pitivät käyttäjän välittömiä kustannussäästöjä sekä hätäenergiavarastona toimimista muita tärkeämpänä. Vanhemmille käyttäjillä sähköverkon laajennustarpeen minimointi oli tärkeää. Sähköautoilijoiden kokemus lisäsi Hiilineutraali Suomi 2025 -hank-

keen, tulevaisuuden energiavaraston kustannussäästöjen, välittömien käyttäjän kustannussäästöjen sekä sähköverkon laajennustarpeen minimoinnin tärkeyttä vastaajien keskuudessa.

Analysoitaessa V2H-käytön hyötyjä tuloksissa sukupuolten välillä havaittiin rahallisten hyötyjen lievää korostumista miesten keskuudessa. Puolestaan naisille uusiutumattomien energia lähteiden käyttö oli huomattavasti tärkeämpää kuin miehille. Vanhemmille vastaajille rahallinen hyötyminen pörssisähkön hintapiikkien aikana ei ollut niin tärkeää kuin nuorille. Kokemus lisäsi uusiutumattomien energia lähteiden käytön minimoinnin, sähkön riittävyyden sähkökatkojen aikana sekä sähköverkon laajennustarpeiden välttämisen tärkeyttä.

Tutkittaessa V2G- ja V2H-teknologioihin yhdistettyjen riskien huolestuttavuutta akuston käyttöään heikentymiseen, matkojen ennustettavuuden hankaluuteen, kontrolloimattomaan pääsyyn auton järjestelmiin, lataustason riittämättömyyteen, vapauden ja yksityisyyden rajoittamiseen, käyttäjästä luotavaan liikkumisprofiiliin ja käytön hankaluuteen liittyvät huolet olivat yleisempiä naisten keskuudessa. Miehet siis suhtautuivat kaikkiin riskeihin huolettomammin. Vanhempiin ikäryhmiin kuuluneet käyttäjät olivat keskimääräistä enemmän huolissaan matkojen ennustettavuuden hankaluudesta, kontrolloimattomasta pääsystä auton järjestelmiin, lataustason riittämättömyydestä, vapauden ja yksityisyyden rajoittumisesta sekä käytön hankaluudesta. Lisäksi matkojen ennustettavuuden hankaluuteen ja lataustason riittämättömyyteen liittyvät huolet korostuivat kokemattomilla käyttäjillä.

Tarkasteltaessa V2G- ja V2H-käytön kannustimia naisille uusiutuvalla energialla tapahtuva lataus sekä energiatuotannon CO<sup>2</sup>-päästöjen minimointi olivat houkuttelevia. Miesten keskuudessa puolestaan latauksen edullisuus sekä muut rahalliset korvaukset korostuivat. Nuoremmille käyttäjillä latauksen edullisuus, rahallinen sähköauton hankintatuki sekä muut rahalliset korvaukset ja erityisoikeuden liikenteessä olivat houkuttelevia kannustimia. Kokeneilla sähköautoilijoilla ainoastaan latauksen edullisuus ja energiatuotannon CO<sup>2</sup>-päästöjen minimointi houkuttelivat V2G- ja V2H-käyttöön.

V2G-käytön ehtojen osalta tuloksissa naisten keskuudessa riittäväksi arvioitu varaustaso sekä akuston takuu olivat tärkeitä, kun taas miesten joukossa itse määritetty varaustaso sekä edullisempi lataus olivat olennaisia. Nuoremmille käyttäjille riittäväksi arvioitu varaustaso, itse määritetty varaustaso sekä edullisempi lataus oli tärkeää. Vanhemmille puolestaan ainoastaan akuston takuu osoittautui tärkeäksi ehdoksi. Kokemattomille sähköautoilijoille itse määritetty varaustaso oli merkittävä ehto, mutta kokemuksen myötä

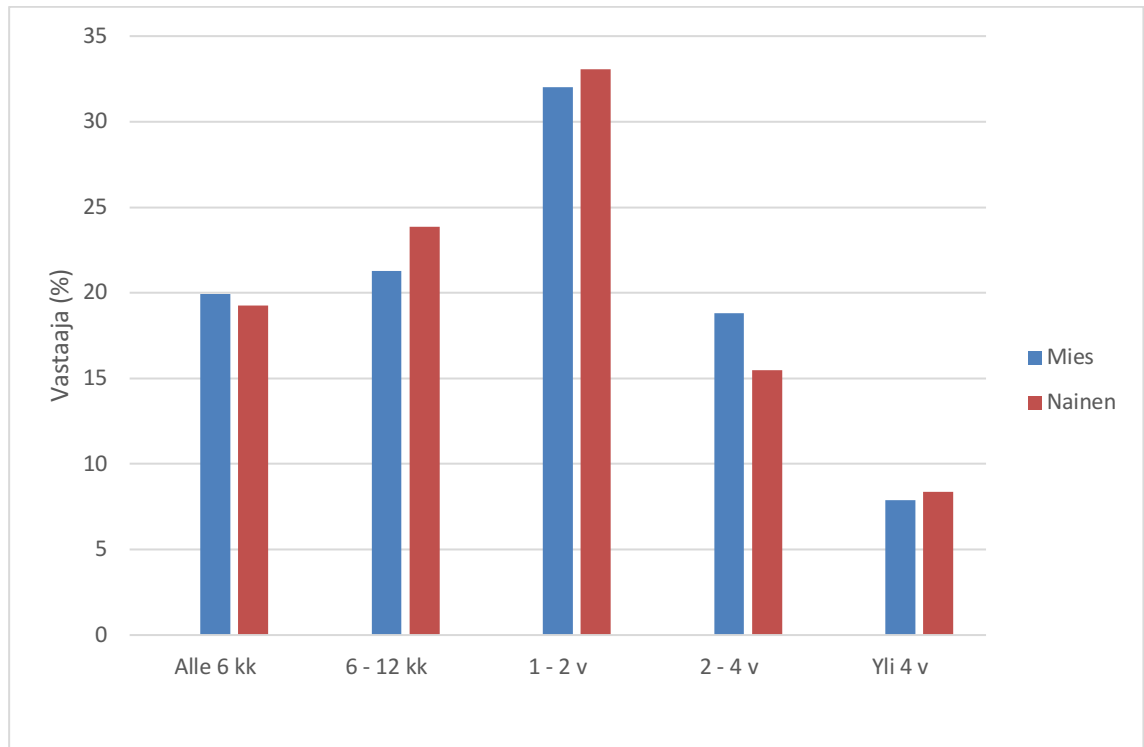
riittäväksi arvioitu varaustaso vaihtui tärkeäksi. Akuston takuu sekä edullisempi lataus osoittautui kokeneempien sähköautoilijoiden keskuudessa myös käytön ehdoksi.

## 9.2 Pohdinta

Diplomityön alussa todettiin, että työssä tutkittuja sähköautoihin siirtyneitä autoilijoita voidaan pitää innovaattoreina tai aikaisina omaksujina. Eri sidosryhmien V2G ja V2H hyödyntämisen mahdollisuuksien ja uhkien arvioimiseksi on aiheellista pohtia, eroavatko nykyiset sähköautoilijat keskiverrosta autoilijasta. Luvussa 7.1. taulukossa 4 on esitetty tutkimuksen otoksen ja perusjoukon vertautumista B-ajokortilliseen sekä koko Suomen populaatioon tiettyjen parametrien osalta. Kuten todettua, tutkimuksessa on korostunut sukupuoli- ja ikäjakauman osalta miesten, ikäjakauman osalta 50–59-vuotiaiden ja asuntotyyppin osalta omakotiasujien näkemykset. Sukupuolittuneen otannan vaikutusta tuloksiin on vaikea arvioida. Teo et al. tekemän tutkimuksen (Teo;Fan;& Du, 2015) mukaan sukupuolella ei ole vaikutusta teknologian hyväksyntään. Voidaan siis olettaa, että siltä osin tämän tutkimuksen tulokset eivät ole vääristyneet. Nuoret luottavat sähköautoihin ja suhtautuvat kunnioittavammin ympäristöarvoihin (Hodges, 2022). Voidaankin siis olettaa, että tulevaisuudessa myös V2G- ja V2H-palveluihin tullaan suhtautumaan enenevässä määrin myönteisesti ja niitä ollaan valmiita kokeilemaan. Asumismuodon osalta on tyypillistä, että sähköautoilijat asuvat omakotitalossa helpon lataamisen vuoksi. Mikäli latausinfrastrukturi jatkaa kehittymistään luvussa 3.4. spekuloidulla tavalla, niin asumismuoto tuskin tulee rajoittamaan V2G- ja V2H-järjestelmien käyttöönottoa.

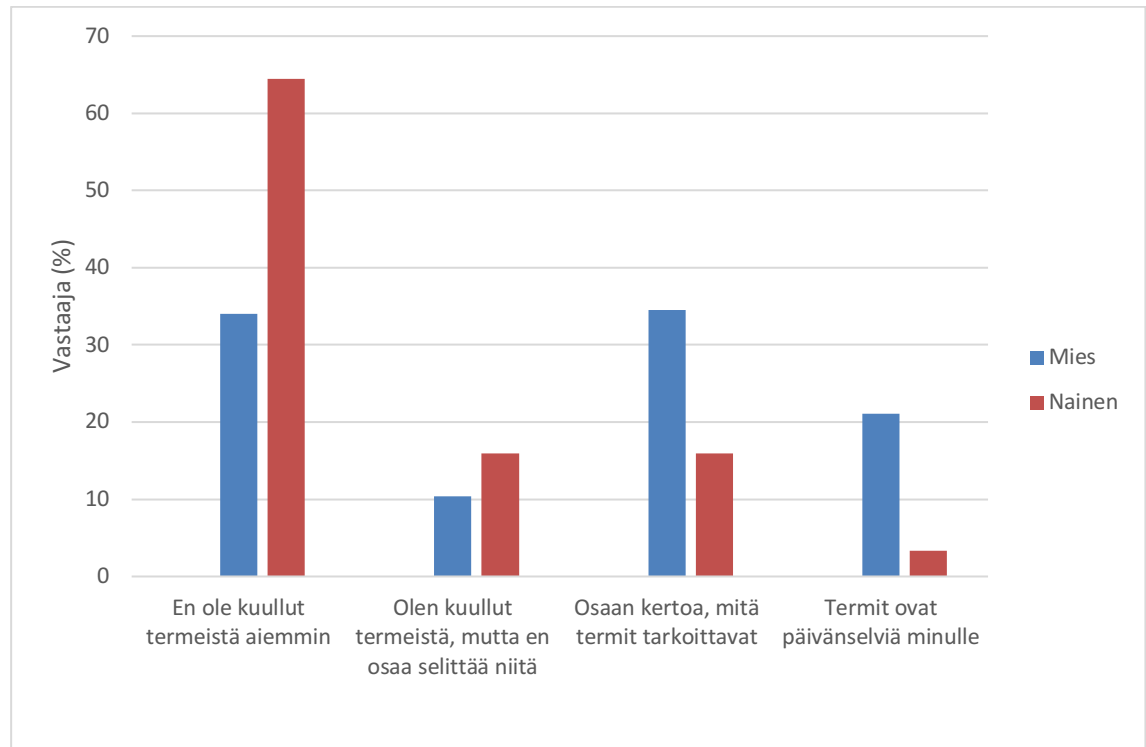
Teorian ja empirian vertailussa luvussa 8.1. ja 8.2. tunnistettiin muutamia eroavaisuuksia. Sähköverkko-operaattorin, latauspistevalmistajan tai ajoneuvovalmistajan kokemille hyödyille sekä haasteille V2G- ja V2H-järjestelmistä ei empiriassa aina löydetty suoraa korrelointia. Tämän voidaan todeta johtuvan siitä, että kyselytutkimus oli kohdennettu loppukäyttäjille. Näiden hyötyjen ja haasteiden voidaan kuitenkin nähdä vaikuttavan sähköautoilijalle kohdistuviin kustannuksiin, mikä tutkimuksen perusteella oli tärkeää loppukäyttäjille.

Tarkasteltaessa V2G-toiminnan riskien huolestuttavuuksien sukupuoli- ja ikäjakaumissa oli selviä eroavaisuuksia suhteessa otannan sukupuoli- ja ikäjakaumaan. Naiset pitivät keskimäärin kaikkia riskejä huolestuttavampina kuin miehet. Tuloksia analysoitaessa pohdittiin, olivatko miehet keskimäärin kokeneempia tai kokemattomampia sähköautoilijoita, mikä voisi selittää esimerkiksi kantama-ahdistuksen tai akuston käyttökään liittyvien riskien pitämistä vähemmän huolestuttavina. Alla olevaan kuvaan 49 on koottu vastaajien tulojen sähköauton omistajat sukupuolittain.



**Kuva 49.** Vastaajien talouksien sähköauton omistusajat sukupuolittain.

Kuvan 49 perusteella voidaan todeta, että sukupuolittain tarkasteltuna käyttäjien talouksien sähköautojen omistusajoissa ei ole merkittäviä eroja, mitkä selittäisivät sukupuolitunutta huolestuneisuutta. Kyselyyn vastanneista henkilöistä 39,4 % eivät olleet ikinä aiemmin kuulleet V2G:stä tai V2H:sta, 22,3 % oli kuullut termeistä, mutteivat osanneet selittää niitä, 49,3 % osasi kertoa, mitä termit tarkoittivat ja 18,0 % piti termejä jopa päivänselvinä. Pohdittiin, voisiko tämä selittää erilaisen suhtautumisen V2G-toiminnan riskeihin. Alla olevassa kuvassa 50 on esitetty vastaajien V2G- ja V2H- tuntemus sukupuolittain.



**Kuva 50.** Vastaajien V2G- ja V2H-tuntemus sukupuolittain.

Kuvasta 50 nähdään, että naisista noin 65 % ei ollut kuullut termeistä V2G ja V2H aiemmin. Puolestaan miehistä noin 55 % osasi kertoa, mitä termit tarkoittavat tai ne olivat jopa päivänselviä heille. Tämän perusteella voidaan tehdä johtopäätös, että teknologian tuntemuksella ja sen huolestuttavuudella voi olla käänteinen verrannollisuus.

Mielenkiintoinen havainto tutkimuksessa oli vastaajien suhtautuminen sähköauton akuston itsemääritetyn varastason ja arvioon riittävästä varaustason riittävydestä sekä huoleen lataustason riittämättömyydestä. Käyttäjille itse määrittäminen oli keskimäärin tärkeämpi, kuten kuvassa 37 on esitetty. Käyttäjillä kenties voi olla huonoja kokemuksia algoritmien riittäviksi määrittämistä akuston varaustasoista suhteessa toteutuneisiin kantamiin. Nämä huonot kokemukset voi johtua siitä, jos auto ei huomioi käyttäjän ajotavan vaikutusta kantamaan, vaan määrittää riittävän varaustason perustuen esimerkiksi yleisesti autojen kulutuksen mittaavan NEDC-testin (engl. New European Driving Cycle, päästömittaustesti) tai WLTP-syklin (engl. Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure, päästömittaustesti) mukaisesti. Toisaalta naisten keskuudessa korostui huoli lataustason riittämättömyydestä, mutta samalla naisille riittäväksi arvioitu lataustaso oli riittävä ehto käytölle toisin kuin miehille, jotka halusivat itse määrittää lataustason. Kuten yllä olevasta kuvasta 49 nähdään, niin naiset olivat keskimäärin yhtä kokeneita sähköautoilijoita kuin miehetkin. Pohdittiin, onko naisten ajotapa paremmin ennusteiden mukainen, jolloin arviot pitävät paremmin paikkansa heidän kohdallaan.

### 9.3 Tutkimuksen luotettavuus

Tutkimuksen toteuttamisen haasteet liittyvät yhtä lailla käytettyihin menetelmiin kuin empirian polarisoituneisuutta. Ensinnäkin kvantitatiivisen aineiston rajoitteena on se, että pohjautuu strukturoituun kyselyyn, joka on voinut ohjata vastauksia tiettyyn suuntaan. Kyselyn vastausvaihtoehtoja on voitu tulkita vastaajien keskuudessa eritavoin ja myös tutkija itse on voinut tarkoittaa kysymykset tulkittavan tietyllä tavalla. Näihin on pyritty kiinnittämään kyselyä tehtäessä erityisetä huomiota. Kyselyn lopussa olleessa vapaan palautteen kentässä olisi kuitenkin muutamia kommentteja, joiden perusteella osa kysymyksistä oli liian epämääräisiä, osa piti niitä taas liian johdattelevina. Vastaajien kysymysten tulkinnassa oli siis hajontaa. Pääasiassa kyselyn palaute oli erittäin positiivista niin itse kyselyä kuin aihetta kohtaan. Palautteesta saadun hyvinkin positiivisen yleiskuvan perusteella voidaan olettaa, että myös vastaajat ovat keskittyneet kyselyn loppuun asti, eivätkä ole alkaneet kiirehtimään loppua kohden. Kyselyn pituutta oli myös kommentoitu sopivaksi palautteiden joukossa.

Toisekseen empiriaa on tutkittu käytännössä vain sähköautoilijan näkökulmasta, joten muiden sidosryhmien hyödyistä ja haasteista voi välittyä puutteellinen kuva. Käytännössä empiria ei huomionnut sähköverkko-operaattorin, latauspistevalmistajan tai ajoneuvovalmistajan mielipiteitä tutkittavaan asiaan liittyen. Teoriassa tehtyjä havaintoja näiden sidosryhmien osalta verrattiin sähköautoilijoiden vastauksiin. Vaikka vastaajien joukossa oli myös muihin sidosryhmiin kuuluvia tahoja, ei näistä yksittäisistä vastauksista pysty strukturoidun kyselytutkimuksen perusteella tekemään johtopäätöksiä, joten niiden esittäminenkin sisältäisi suuren riskin vääristymiseen. Seuraavassa luvussa onkin pohdittu tätä vielä hieman lisää.

Tutkimisessa suoritettut multinominaaliset logistiset regressioanalyysit olivat uskottavuusosamääriensä perusteella merkittäviä. Devianssit ja Pearsonin khiin neliötestin perusteella käytettävät mallit olivat hyvin sopivia aineistoihin. Eri tilastollisia testejä on lukuisia ja eri muuttujien vaikutusta tutkittaviin ilmiöihin on siten monikertainen määrä. Tutkimuksessa päädyttiin tarkastelemaan vain muutaman muuttajan (ikä, sukupuoli, kokemus) vaikutuksia. Syvällisempää tutkimusta olisi voinut tehdä esimerkiksi tekemällä risitiintaulukointia muidenkin muuttujien suhteen, mutta työn laajuuden huomioiden nämä jätettiin tekemättä. Huomionarvoista Pearsonin khiin neliötestien osalta oli, että ne toteutettiin käyttäen ikäryhmiä muuttujina. Tämä tehtiin siitä syystä, että ensinnäkin siitä syystä, että otoksen, perusjoukon ja koko populaation vertailu ikäryhmittäin on helpompaa. Toisekseen siitä syystä, että ikäluokista noin 59 % oli alle 5 edustajaa ikäluokkaa kohden, mikä tekee Pearsonin khiin neliötestistä epäluotettavan. Voidaan kuitenkin pohdita, olisiko ollut mielekkäämpää tutkia iän vaikutusta suoraan ilman ryhmittelyä ikäryhmiin

tai esimerkiksi pienemmissä ikäryhmissä. Menettelyssä on omat hyvät ja huonot puolensa. Khiin neliötesti kuitenkin vaatii vähintään 5 tilastoitua tulosta muuttujaa kohden, jotta se on luotettava. Toisaalta suurien ikäryhmien vertailu voi vääristää tuloksia, jos ikäryhmän sisällä on polarisoituneet vastaukset. Lisäksi Pearsonin khiin neliötesteissä sukupuoli rajattiin miehiin ja naisiin samaisesta syystä. Muun sukupuolisia vastaajia oli niin vähän, että mikäli heidän vastauksensa olisi pidetty mukana analyyseissa, olisi tulokset vääristyneet. Kuitenkin, koska aineisto on olemassa, sitä voidaan tarvittaessa analysoida uudelleen siten, että ryhmittely ja rajaukset toteutetaan eri tavalla.

Tässä tutkimuksessa kysyttiin kysymyksiä, joiden yhtenä vastausvaihtoehtona oli avoin vastauskenttä. Avoimia vastauksia annettiin verrattain vähän suhteessa strukturoituihin vastauksiin. Esimerkiksi kysymyksessä V2G ja V2H käytön ehdoista oli mahdollista jättää vastaus myös avoimeen kenttään. Kukaan 1 433 vastaajasta ei kirjoittanut tähän kenttään mitään. Tämän vuoksi avoimia vastauksia ei käytännössä käsitelty työn tuloksissa, jotta ne eivät anna vääristynyttä kuvaa otoksesta. Mikäli kyselytutkimuksen vastausprosentti olisi ollut matalampi ja siitä huolimatta avoimia vastauksia olisi tullut nyt saatu määrä olisi näiden analysoiminen ollut perusteltua.

Tutkimustulosten yleistettävyyttä vaikeuttaa tutkitun kohderyhmän koostuminen innovaattoreista ja aikaisista omaksujista. Voidaan pitää mahdollisena, että tutkimuksessa esiin nousseet tulokset ovat yksin näiden vahvan riskinsietokyvyn omaavien sekä kehitysvaiheessa olevien teknologioiden virheisiin ja puutteisiin tottuneiden ihmisten, eikä tuloksia voi yleistää muuhun populaatioon. Toisaalta tutkimuksessa voidaan pitää onnistuneena kyselyaineistoon huolellista perehtymistä sekä käsittelyä SPSS-ohjelmistossa. Aineiston käsittelystä ja tuloksista on joka päivältä olemassa varmuuskopio, joten tutkimuksen vaiheiden laadun arvioiminen on tehtävissä myös tutkimuksen päätyttyä. Tutkimuksen kyselyaineistoa voidaan myös pitää erittäin edustavana, sillä otos edusti reilua 10 % perusjoukosta

Tutkimuksen arvo liittyy ennen kaikkea aiheen ajankohtaisuuteen – sähköautot yleistyvät maailmanlaajuisesti. Siten onkin kiinnostavaa tutkia, miten sähköautojen akustoja voidaan hyödyntää muutenkin kuin vain auton energianlähteenä. Asenteita ja ennakkoluuloja sähköautoja kohtaan on niin puolesta kuin vastaan ja keskustelu aiheen ympärillä voi olla hyvinkin kärjistynyttä. Totuuden ja tutkitun tiedon erottaminen propagandasta voi olla vaikeaa. Kyselytutkimuksen vapaista palautteista nousikin esiin kiitokset aiheen tutkimisesta.

## 9.4 Jatkotutkimusehdotukset

Mediassa sähköautovastainen keskustelu on painottunut latausinfrastruktuurin puutteellisuuden sekä autojen kantamien ympärille. Mielenkiintoista olisi saada tutkittua tietoa siitä, onko latausinfrastruktuurille kuinka suuri tarve. Tämän tutkimuksen mukaan sähköautoilijat lataavat pääasiassa kotonaan ja toisaalta keskimääräinen liikennesuorite on alle keskimääräisen sähköauton kantaman. Tätä voisi tutkia esimerkiksi keräämällä latausdataa latausasematoimijoilta ja yhdistämällä ne Fintrafficin liikennemäärä tilastoihin.

Muiden sidosryhmien kuin sähköautoilijan näkökulman saaminen teoriassa tunnistettuihin hyötyihin ja haasteisiin olisi arvokasta. Muiden sidosryhmien tutkimiseen haastattelututkimus voisi toimia paremmin, jolloin haastattelun voisi toteuttaa puolistrukturoituna ja siten saada nostettua empiriasta melko syvällisiä pohdintoja aiheeseen liittyen.

V2H ja V2G kokemuksesta omaavia käyttäjiä oli tutkimusta tehtäessä verrattain vähän, alle 1 % otoksesta, joten olisi aiheellista tehdä empiiristä tutkimusta V2H ja V2G käyttöliittymien ja toimintaan liittyvien prosessien ymmärtämiseksi. Aiheen osalta voisi suorittaa kansainvälistä tutkimusta, jossa kerättäisiin yhteen usein maiden sähköautokäyttäjiä, jotta saataisiin merkittävämpi otos. Tässä voisi yhtenä kanava käyttää sosiaalisen median sähköautoryhmiä, joiden avulla voisi saada mitättömillä kustannuksilla maantieteellisesti kattavan otoksen.

Kiinnostavaa latausjärjestelmien kehityksen osalta on, tullaanko jossain vaiheessa siirtymään yhteen standardiin, kuten vaikkapa puhelimien laturien osalta ollaan tekemässä. Tulisikin tutkia, mitä yhden standardin käyttö edellyttäisi ja kuinka todennäköisetä sellaisen voimaan tulo on näin aikaisessa kehitysvaiheessa. Tämän selvittämiseksi pitäisi tutkia, mitä teknisiä rajoitteita ja toisaalta etuja eri latausjärjestelmillä on ja esimerkiksi verrata juuri puhelimien usb-c- ja lightning-latauspistokkeiden vastaaviin ominaisuuksiin sekä käydä läpi Euroopan Unionin mandaatin perusteluista lightning-liitäntän kiellolle.

Olisi mielenkiintoista myös selvittää, paljonko sähköverkon tasapainottaminen ja taajuuden säätely tällä hetkellä aiheuttaa kustannuksia ilman V2G-operointia. Näin olleen pystyttäisiin määrittämään, kuinka suuren korvauksen V2G-käytöstä maksaminen sähköautoilijoille olisi mahdollista, jos nykyisistä sähköverkon tasapainottamisen ja taajuuden säätelyn kustannuksista päästäisiin siten eroon.



## LÄHTEET

ABC asemat. (17. 12 2021). Sähköauton pikalataus. Noudettu osoitteesta ABC asemat: <https://www.abcasemat.fi/fi/abc-lataus/sahkoauton-pikalataus>

Abuelsamid, S. (16. 8 2023). Lithium Iron Phosphate Set To Be The Next Big Thing In EV Batteries. Noudettu osoitteesta Forbes: <https://www.forbes.com/sites/samabuelsamid/2023/08/16/lithium-iron-phosphate-set-to-be-the-next-big-thing-in-ev-batteries/?sh=5d36cc857515>

ACEA. (12. 7 2021). Making the Transition to Zero-Emission Mobility. Noudettu osoitteesta European Automobile Manufacturers' Association: [https://www.acea.auto/files/ACEA\\_progress\\_report\\_2021.pdf](https://www.acea.auto/files/ACEA_progress_report_2021.pdf)

ACEA. (23. 10 2023). Making the transition to zero-emission mobility. Noudettu osoitteesta ACEA: [https://www.acea.auto/files/ACEA\\_progress\\_report\\_2022.pdf](https://www.acea.auto/files/ACEA_progress_report_2022.pdf)

Adell, E.; Varhelyi, A.; & Nilsson, L. (2014a). The Definition of Acceptance and Acceptability. Teoksessa T. Horberry; M. Regan; & A. Stevens, Driver Acceptance of New Technology: Theory, Measurement and Optimisation (ss. 11-71). Farnham: Ashgate Publishing Limited.

Adell, E.; Varhelyi, A.; & Nilsson, L. (2014b). Modelling Acceptance of Driver Assistance Systems: Application of the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology. Teoksessa T. Horberry; M. Regan; & A. Stevens, Driver Acceptance of New Technology: Theory, Measurement and Optimisation (ss. 23-33). Farnham: Ashgate Publishing Limited.

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 179-211.

Ajzen, I.; & Fishbein, M. (1982). Understanding Attitudes and Predicting Social Behavior. *The Journal of School Health*, 186–186.

Ara. (19. 8 2020). Avustus sähköautojen latausinfraan rakentamiseen. Noudettu osoitteesta Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus: <https://www.ara.fi/latausinfra-avustus>

Asghar, R.; Sulaiman, M.; Mustaffa, Z.; Ali, Z.; & Ullah, Z. (2022). Integration of electric vehicles in smart grids: A review of the advantages and challenges of vehicle-to-grid technology. 2022 International Conference on IT and Industrial Technologies (ICIT) (ss. 1-7). Chiniot: IEEE.

Audi. (16. 12 2021). e-tron technology. Noudettu osoitteesta Audi Technology Portal: <https://www.audi-technology-portal.de/en/download?file=762>

Autoalan tiedotuskeskus. (1 2020). Ladattavien autojen käyttäjätutkimus. Noudettu osoitteesta Autoalan tiedotuskeskus: [https://www.aut.fi/files/2116/Ladattavien\\_autojen\\_tutkimusraportti\\_liitteineen.pdf](https://www.aut.fi/files/2116/Ladattavien_autojen_tutkimusraportti_liitteineen.pdf)

Autoalan Tiedotuskeskus. (16. 1 2023). Automarkkinoiden vuosikatsaus 2023. Noudettu osoitteesta Autoalan Tiedotuskeskus: [https://www.aut.fi/files/2658/Autoala\\_Suomessa\\_2022\\_vuositilasto\\_1601\\_2023.pdf](https://www.aut.fi/files/2658/Autoala_Suomessa_2022_vuositilasto_1601_2023.pdf)

Autoalan Tiedotuskeskus. (17. 2 2022). Ennuste eri käyttövoimien yleistymiselle. Noudettu osoitteesta Autoalan Tiedotuskeskus: [https://www.aut.fi/files/2551/Kayttovoimaennusteet\\_17\\_02\\_2022.pdf](https://www.aut.fi/files/2551/Kayttovoimaennusteet_17_02_2022.pdf)

Autoalan tiedotuskeskus. (28. 4 2021). Liikennesuoritteet. Noudettu osoitteesta Autoalan tiedotuskeskus: <https://www.aut.fi/tilastot/liikennesuoritteet>

Autotuoja ja -teollisuus ry. (16. 10 2023). Liikenteen ja autojen verotus. Noudettu osoitteesta Autotuoja ja -teollisuus: [https://www.autotuoja.fi/autoalan\\_toimintaymparisto/liikenteen\\_verotus](https://www.autotuoja.fi/autoalan_toimintaymparisto/liikenteen_verotus)

Aziz, M. (2016). Load Leveling Utilizing Electric Vehicles and their Used Batteries. Teoksessa M. Fakhfakh, Modeling and simulation for electric vehicle applications (ss. 125-147). INtechOpen.

Bates, J.;& Leibling, D. (7 2012). Spaced Out Perspectives on parking policy. Noudettu osoitteesta RAC Foundation: [https://www.racfoundation.org/assets/rac\\_foundation/content/downloadables/spaced\\_out-bates\\_leibling-jul12.pdf](https://www.racfoundation.org/assets/rac_foundation/content/downloadables/spaced_out-bates_leibling-jul12.pdf)

Benajes, J.; Garcia, A.; Monsalve-Serrano, J.; & Martinez-Boggio, S. (5. 1 2020). Emissions reduction from passenger cars with RCCI plug-in hybrid electric vehicle technology. Applied Thermal Engineering.

BMW. (9. 8 2019). BMW Expands 530e Sedan Inductive Charging Pilot Program to U.S. Noudettu osoitteesta BMW Group: [https://www.press.bmwgroup.com/usa/article/detail/T0299828EN\\_US/bmw-expands-530e-sedan-inductive-charging-pilot-program-to-us?language=en\\_US](https://www.press.bmwgroup.com/usa/article/detail/T0299828EN_US/bmw-expands-530e-sedan-inductive-charging-pilot-program-to-us?language=en_US)

Boffey, D. (12. 4 2018). World's first electrified road for charging vehicles opens in Sweden. Noudettu osoitteesta The Guardian: <https://www.theguardian.com/environment/2018/apr/12/worlds-first-electrified-road-for-charging-vehicles-opens-in-sweden>

Burgess, R. (2018). Key Variables in Social Investigation. London: Routledge.

- Carlsson, C.; Carlsson, J.; Hyvönen, K.; Puhakainen, J.; & Walden, P. (2006). Adoption of Mobile Devices/Services — Searching for Answers with the UTAUT. System Sciences. Hawaii: Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- Caruna. (1. 12 2020). Liittymismaksuhinnasto. Noudettu osoitteesta Caruna: [https://images.caruna.fi/liittymismaksuhinnasto\\_caruna\\_oy\\_1.12.2020.pdf](https://images.caruna.fi/liittymismaksuhinnasto_caruna_oy_1.12.2020.pdf)
- CHAdeMO Association. (15. 12 2021). CHAdeMO. Noudettu osoitteesta CHAdeMO: <https://www.chademo.com/>
- Chargemap. (15. 12 2021). Verkon IONITY latauspisteet. Noudettu osoitteesta Chargemap: <https://fi.chargemap.com/networks/ionity>
- Chargemap. (16. 12 2021). Chargemap. Noudettu osoitteesta Chargemap: <https://chargemap.com/map>
- Clean Energy Wire. (21. 12 2021). Germany's greenhouse gas emissions and energy transition targets. Noudettu osoitteesta Clean Energy Wire: <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-greenhouse-gas-emissions-and-climate-targets>
- Compeau, D.; & Higgins, C. (1995). Computer self-efficacy: development of a measure and initial test. *MIS Quarterly*, 189-211.
- Datta, U.; Saiprasad, N.; Kalam, A.; Shi, J.; & Zayegh, A. (10. 11 2018). A price-regulated electric vehicle charge-discharge strategy for G2V, V2H, and V2G. *Energy Research*.
- Davis, F. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 319-340.
- Davis, F.; Bagozzi, R.; & Warshaw, P. (1992). Extrinsic and intrinsic motivation to use computers in the workplace. *Journal of Applied Social Psychology*, 1111-1132.
- de Jong, G.; Kouwenhoven, M.; Geurs, K.; Bucci, P.; & Tuinenga, J. (19. 10 2009). The impact of fixed and variable costs on household car ownership. *Journal of Choice Modelling*, ss. 173-199.
- Di Paolo Emilio, M. (27. 3 2021). Wireless Charging Technology for EVs. Noudettu osoitteesta Power Electronics News: <https://www.powerselectronicsnews.com/wireless-charging-technology-for-evs/>
- Dominguez, C.; Dona, A.; & Navarro-Espinosa, A. (2023). Is single-phase residential EV fast-charging a good idea? Evidence from optimal charging plans based on realistic data. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 1-10.
- E-Mobility Engineering. (28. 9 2023). Vehicle-to-grid charging. Noudettu osoitteesta E-Mobility Engineering: <https://www.emobility-engineering.com/vehicle-to-grid-charging/>

EAFO. (23. 10 2023). Interactive map. Noudettu osoitteesta European Commission: <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/interactive-map>

EEA. (18. 11 2021). Greenhouse gas emissions from transport in Europe. Noudettu osoitteesta European Environment Agency: <https://www.eea.europa.eu/ims/greenhouse-gas-emissions-from-transport>

Electric Vehicle Database. (29. 9 2023a). Energy consumption of full electric vehicles. Noudettu osoitteesta EV Database: <https://ev-database.org/cheatsheet/energy-consumption-electric-car>

Electric Vehicle Database. (29. 9 2023b). Useable battery capacity of full electric vehicles. Noudettu osoitteesta EV Database: <https://ev-database.org/cheatsheet/useable-battery-capacity-electric-car>

Electric Vehicle Database. (29. 9 2023c). Range of full electric vehicles. Noudettu osoitteesta EV-Database: <https://ev-database.org/cheatsheet/range-electric-car>

EPA. (1. 12 2021). Fast Facts: U.S. Transportation Sector Greenhouse Gas Emissions, 1990-2019. Noudettu osoitteesta United States Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/greenvehicles/fast-facts-transportation-greenhouse-gas-emissions>

eRoadArlanda. (16. 12 2021). Electrified roads – a sustainable transport solution of the future. Noudettu osoitteesta eRoadArlanda: <https://eroadarlanda.com/>

Euroopan komissio. (15. 5 2020). Towards zero emission road transport. Noudettu osoitteesta Euroopan komissio: [https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/research\\_and\\_innovation/funding/documents/ec\\_rtd\\_he-partnerships-2zero.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/research_and_innovation/funding/documents/ec_rtd_he-partnerships-2zero.pdf)

Euroopan komissio. (23. syyskuu 2021). Pulling the plug on consumer frustration and e-waste: Commission proposes a common charger for electronic devices. Noudettu osoitteesta Euroopan komissio: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_21\\_4613](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_4613)

Euroopan parlamentti. (14. 2 2023). Fit for 55: zero CO2 emissions for new cars and vans in 2035. Noudettu osoitteesta European Parliament: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20230210IPR74715/fit-for-55-zero-co2-emissions-for-new-cars-and-vans-in-2035>

Euroopan unioni. (2014). Official Journal of the European Union. DIRECTIVE 2014/94/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL, 20.

Ewing, R.; & Cervero, R. (11. 3 2010). Travel and the Built Environment. Journal of the American Planning Association, ss. 265-294.

- Fendt, M. (28. 9 2023). Vehicle to Grid V2G. Noudettu osoitteesta CharIN: <https://www.charin.global/technology/v2g/>
- Fetcenko, M.; Ovshinsky, S.; Reichman, B.; Young, K.; Fierro, C.; Koch, J.; Ouchi, T. (20. 3 2007). Recent advances in NiMH battery technology. *Journal of Power Sources*, ss. 544-551.
- Fingrid. (2022). Kantaverkon kehittämissuunnitelma 2022–2031. Noudettu osoitteesta Fingrid: <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/kantaverkko/kantaverkon-kehittaminen/kantaverkon-kehittamissuunnitelma-2022-2031.pdf>
- Fingrid. (21. 9 2023). Sähköjärjestelmän tila. Noudettu osoitteesta Fingrid: <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/sahkojarjestelman-tila/>
- Fingrid. (23. 10 2023). Verkkovisio. Noudettu osoitteesta Fingrid: [https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/sahkomarkkinat/fingrid\\_verkkovisio.pdf](https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/sahkomarkkinat/fingrid_verkkovisio.pdf)
- Finlex. (28. 6 2017). Laki liikenteessä käytettävien vaihtoehtoisten polttoaineiden jakelusta. Noudettu osoitteesta Finlex: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170478>
- Finlex. (29. 10 2020). Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä. Noudettu osoitteesta Finlex: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2020/20200733>
- Fortum. (20. 9 2023). Myy ylimääräinen uusiutuva sähkösi meille. Noudettu osoitteesta Fortum: <https://www.fortum.fi/kotiasiakkaille/sahkoa-kotiin/uusiutuva-energia/oman-tuotannon-myynti-lahisahko?vtab=accordion-item-97738>
- Fortum. (7. 1 2019). Sähkönkulutus yksiossa, kaksiossa ja omakotitalossa. Noudettu osoitteesta Fortum: <https://yhdedssa.fortum.fi/sahkonkulutus>
- Geske, J.; & Schumann, D. (2018). Willing to Participate in Vehicle-to-Grid (V2G)? Why not! *Energy Policy*, 392-401.
- Hannah, M.; Mollik, M.; Al-Shetwi, A.; Rahman, S.; Mansor, M.; Begum, R.; Dong, Z. (10. 3 2022). Vehicle to grid connected technologies and charging strategies: Operation, control, issues and recommendations. Noudettu osoitteesta ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622002281#!>
- Heima, T.-P. (6. 1 2022). Uskaltaako sähköautolla jo reissata Lapissa? Uusia tehokkaita latauspaikkoja on noussut vauhdilla viime kuukausina. Noudettu osoitteesta Yle: <https://yle.fi/uutiset/3-12233719>
- Helen. (24. 1 2021). Sähköauton latauspiste omakotitaloon. Noudettu osoitteesta Helen: <https://www.helen.fi/sahkoauton-lataus/sahkoauton-latauspiste-kotiin>

Herlin, C. (14. 8 2023). Tesla laskee jälleen hintoja – nyt hinnat putoavat Kiinassa. Noudettu osoitteesta Helsingin Sanomat: <https://www.hs.fi/talous/art-2000009781811.html>

Hodges, N. (29. 9 2022). ABB E-Mobilityn maailmanlaajuisen tutkimuksen mukaan lapset vauhdittavat sähköautoilun kehitystä. Noudettu osoitteesta ABB: <https://new.abb.com/news/fi/detail/94622/abb-e-mobilityn-maailmanlaajuisen-tutkimuksen-mukaan-lapset-vauhdittavat-sahkoautoilun-kehitysta>

Honkanen, V.-M. (8. 1 2022). Tässä ovat Lappiin lähtevät nelivetoiset sähköautot ja kirjava joukko tankattavia. Noudettu osoitteesta Tekniikan maailma: <https://tekniikanmaailma.fi/lehti/3a-2022/tmn-talviauto-2022-vertailun-teko-on-alkanut-tassa-ovat-lappiin-lahtevat-nelivetoiset-sahkoautot-ja-kirjava-joukko-tankattavia/>

Hyytinen, A. (9. 10 2015). Radikaali innovointi edellyttää riskinottoa. Jyväskylä, Keski-Suomi, Suomi.

Ikonen, T. (25. 10 2022). Kaksisuuntainen lataus - mistä on kyse? Noudettu osoitteesta Nordic Plug: <https://nordicplug.fi/blogs/sahkoautot-ja-lataaminen-blogi/kaksisuuntainen-lataus-v2g>

Innovative UK. (10 2018). V2G Global Roadtrip: Around the World in 50 Projects. Noudettu osoitteesta UK Power Networks: <https://innovation.ukpowernetworks.co.uk/wp-content/uploads/2018/12/V2G-Global-Roadtrip-Around-the-World-in-50-Projects.pdf>

Inter Control. (27. 8 2020). Sähköauto- ja lataussanastoa. Noudettu osoitteesta Inter Control: <https://www.intercontrol.fi/artikkelit/mika-dc-hpc-chademo-sahkoauto-ja-lataussanastoa/>

International Organization for Standardization. (8. 11 2022). ISO 15118-20:2022 Road vehicles — Vehicle to grid communication interface — Part 20: 2nd generation network layer and application layer requirements. Noudettu osoitteesta ISO Online Browsing Platform: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:15118:-20:ed-1:v1>

IONITY. (15. 12 2021). Design and tech. Noudettu osoitteesta Ionity: <https://ionity.eu/en/design-and-tech.html>

Jaman, S.; Verbrugge, B.; Garcia, O.; Abdel-Monem, M.; Oliver, B.; Geury, T.; & Hegazy, O. (2022). Development and Validation of V2G Technology for Electric Vehicle Chargers Using Combo CCS Type 2 Connector Standards. Advanced Solutions for the Efficient Integration of Electric Vehicles in Electricity Grids, 1-24.

Jamson, S. (25. 11 2010). Acceptability data – what should or could it predict? Leeds, Länsi-Yorkshire, Englanti.

- Jokiranta, A. (1. 3 2014). Liikenne-ennusteiden laatimisen periaatteet. Noudettu osoitteesta Theseus: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/79661/Jokiranta\\_Anna.pdf;jsessionid=816852901442DBB8EAFE3535FA8362FD?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/79661/Jokiranta_Anna.pdf;jsessionid=816852901442DBB8EAFE3535FA8362FD?sequence=1)
- Kempton, W.; & Letendre, S. (1997). Electric vehicles as a new power source for electric utilities. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 157-175.
- Kempton, W.; & Tomic, J. (11. 4 2005). Vehicle-to-grid power fundamentals: Calculating capacity and net revenue. *Journal of Power Sources* 144, ss. 268-279. Noudettu osoitteesta Science Direct: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378775305000352>
- Kempton, W.; Tomic, J.; Letendre, S.; Brooks, A.; & Lipman T. (2001). W. Kempton, J. Tomic, S. Letendre, A. Brooks, T. Lipman, *Vehicle-to-Grid Power: Battery, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles as Resources for Distributed Electric Power in California*. California: UC Davis: Institute of Transportation Studies.
- Kokkonen, M. (22. 9 2021). Omalla autolla on paljon vapaapäiviä – Miksi yhteiskäyttö ei yleisty? Noudettu osoitteesta Tilastokeskus: <https://www.stat.fi/tietotrendit/blogit/2021/omalla-autolla-on-paljon-vapaapaivia-miksi-yhteiskaytto-ei-yleisty/>
- Kostiainen, J. (17. 3 2022). Ukrainan sodan vaikutus Suomen talouteen. Noudettu osoitteesta Nordea: <https://corporate.nordea.com/article/72985/ukrainan-sodan-vaikutus-suomen-talouteen>
- Kustopoulos, E.; Spyropoulos, G.; & Kaldellis, J. (2020). Real-world study for the optimal charging of electric vehicles. *Energy Reports*, 418-426.
- Lacey, G.; Putrus, G.; & Bentley, E. (3 2017). Smart EV charging schedules: supporting the grid and protecting battery life. *IET Electrical Systems in Transportation*, ss. 84–91.
- Lapp, T.; Ikkänen, P.; Ristikartano, J.; Niinikoski, M.; Rinta-Piirto, J.; & Moilanen, P. (5. 12 2018). Valtakunnalliset liikenne-ennusteet. Noudettu osoitteesta Väylävirasto: <https://www.doria.fi/handle/10024/164968>
- Latauskartta. (16. 12 2021). Latauskartta. Noudettu osoitteesta Latauskartta: <https://latauskartta.fi/>
- Latauskartta. (8. 1 2022). Data-aineisto.
- Lemal, J.-B. (27. 12 2019). Will Electric Cars Soon Charge While Driving? Noudettu osoitteesta Renault Group: <https://www.renaultgroup.com/en/news-on-air/news/will-electric-cars-soon-charge-while-driving/>

Li, X.; Wang, Z.; Zhang, L.; Sun, F.; Cui, D.; Hecht, C.; Uwe Sauer, D. (1. 4 2023). Electric vehicle behavior modeling and applications in vehicle-grid integration: An overview. Noudettu osoitteesta Science Direct: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544223000415?via%3Dihub>

Liang, X.; Lie, T.; & Haque, M. (2014). A cost-effective EV charging method designed for residential homes with renewable energy. International Conference on Connected Vehicles and Expo. Vienna: IEEE.

Lightyear. (16. 12 2021). Lightyear One. Noudettu osoitteesta Lightyear: <https://lightyear.one/>

Liikenne- ja viestintävirasto. (10 2023). Henkilöliikennetutkimus 2016. Noudettu osoitteesta Traficom: [https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/valtakunnallinen\\_henkil%C3%B6liikennetutkimus\\_raportti2022\\_20230630.pdf](https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/valtakunnallinen_henkil%C3%B6liikennetutkimus_raportti2022_20230630.pdf)

Liikenne- ja viestintävirasto. (23. 10 2022). Liikennekäytössä olevat henkilöautot käyttövoimittain. Noudettu osoitteesta Liikennefakta: <https://liikennefakta.fi/fi/ymparisto/henkilöautot/liikennekaytossa-olevat-henkiloautot-kayttovoimittain>

Linja-aho, V. (27. 11 2018). Näin lataan sähköauton kotona. Noudettu osoitteesta Suomela: <https://www.suomela.fi/nain-varaudut-sahkoauton-kotilataukseen/>

Livesey, C. (21. 9 2023). "A" Level Sociology. Noudettu osoitteesta Sociology Central: <http://www.sociology.org.uk/notes/science1.pdf>

Lubrin, E.; Lawrence, E.; Bachfischer, A.; Navarro, K.; & Culjak, C. (2006). Exploring the Benefits of Using Motes to Monitor Health: An Acceptance Survey. Fifth International Conference on Networking and the International Conference on Systems (ss. 23-29). Mauritius: Institute of Electrical and Electronics Engineers.

Makeen, P.; Ghali, H.; Memon, S.; & Duan, F. (2023). Insightful Electric Vehicle Utility Grid Aggregator Methodology Based on the G2V and V2G Technologies in Egypt. Sustainability, 1–14.

Moottori. (20. 7 2021). Lightyear One – millainen sitten on "sähköauto Suomesta"? Noudettu osoitteesta Moottori.fi: <https://moottori.fi/ajoneuvot/jutut/lightyear-one-millainen-sitten-on-sahkoauto-suomesta/>

Motiva. (20. 9 2023). 8 vinkkiä sähköauton akun ylläpitoon. Noudettu osoitteesta Motiva: <https://rechargeinfra.com/fi/sahkoauton-akun-yllapito-8-vinkkia/>



- Motiva. (20. 9 2023). Ylijäämäsihkon myynti. Noudettu osoitteesta Motiva: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestel-man\\_kaytto/ylijaamasahkon\\_myynti](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestel-man_kaytto/ylijaamasahkon_myynti)
- Motiva. (4. 8 2020). Akut. Noudettu osoitteesta Motiva: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava\\_liikenne\\_ja\\_liikkuminen/valitse\\_auto\\_viisaasti/ajoneuvotekniikka/akut](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/akut)
- Motiva. (5. 11 2018). Kiinteistöjen latauspisteet kuntoon. Noudettu osoitteesta Motiva: [https://www.motiva.fi/files/15446/Kiinteistojen\\_latauspisteet\\_kuntoon\\_-\\_opas\\_paivitetty\\_05.11.2018.pdf](https://www.motiva.fi/files/15446/Kiinteistojen_latauspisteet_kuntoon_-_opas_paivitetty_05.11.2018.pdf)
- Mouli, G.; Kaptein, J.; Bauer, P.; & Zeman, M. (2016). Implementation of dynamic charging and V2G using Chademo and CCS/Combo DC charging standard. IEEE Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC), 1-6.
- Mouli, G.; Kefayati, M.; Baldick, R.; & Bauer, P. (16. 10 2019). Integrated PV Charging of EV Fleet Based on Energy Prices, V2G, and Offer of Reserves. IEEE Transactions on Smart Grid, ss. 1313-1325.
- Mäkinen, J.; & Viri, R. (2021). Skenaarioita autonomistuksen ja -käytön vähenemisen vaikutuksista henkilöautokantaan. Liikenne, 31–57. Noudettu osoitteesta Tampere University Research Portal: [https://researchportal.tuni.fi/files/71491224/MakinenViri\\_Liikenne2021\\_tunicris.pdf](https://researchportal.tuni.fi/files/71491224/MakinenViri_Liikenne2021_tunicris.pdf)
- NASDAQ OMX. (12. 9 2023). EV SOLID state battery market size to hit USD 1479.07 mn. by 2029 at a CAGR 44 percent – says maximize market research: Global EV SOLID state battery market in europe is to grow rapidly during the forecast period. global EV SOLID state battery market anal. Noudettu osoitteesta ProQuest: <https://www.proquest.com/docview/2863680518?accountid=14242&parentSessionId=8NB5x8pk9Ky-jBTxATeN6ITGbfuszdkCe5k0Qo3w2fvo%3D&pq-origsite=primo>
- Nielsen, J. (1994). Usability Engineering. Cambridge: AP Professional.
- Nieminen, M. (21. 6 2022). Millaisella autolla vähän ajavan kannattaa ajaa? Viisi autoa vertailussa. Noudettu osoitteesta Taloustaito: <https://www.taloustaito.fi/vapaalla/millaisella-autolla-vahan-ajavan-kannattaa-ajaa-viisi-autoa-vertailussa/#fc2defe2>
- Njam, W.; Stearn, M.; Howarth, H.; Koopmann, J.; & Hitz, J. (2006). Evaluation of an Automotive Rear-End Collision Avoidance System. Springfield: U.S. Department of Transportation & National Highway Traffic Safety Administration.
- Oikeusministeriö. (28. 6 2017). Laki liikenteessä käytettävien vaihtoehtoisten polttoaineiden jakelusta. Noudettu osoitteesta Finlex: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170478>

OpenStreetMap. (17. 1 2022). OpenStreetMap. Noudettu osoitteesta OpenStreetMap: <https://www.openstreetmap.org/>

Oriahara, D.; Kimura, S.; & Saitoh, H. (2018). Frequency Regulation by Decentralized V2G Control with Consensus-Based SOC Synchronization. IFAC-PapersOnLine, ss. 604-609.

Pham, T. N.; Nahavandi, S.; Hien, L. V.; Trinh, H.; & Wong, K. P. (2017). Static Output Feedback Frequency Stabilization of Time-Delay Power Systems with Coordinated Electric Vehicles State of Charge Control. IEEE Transactions on Power Systems, 3862–3874.

Plugit. (31. 8 2021). Latauspistoketyypit sähköautoille. Noudettu osoitteesta Plugit: <https://plugit.fi/artikkeli/latauspistoketyypit-sahkoautoille/>

Plötz, P.; Moll, C.; Bieker, G.; Mock, P.; & Li, Y. (9 2020). Real-world usage of plug-in hybrid electric vehicles - Fuel consumption, electric driving, and CO2 emissions. Noudettu osoitteesta International Council on Clean Transportation: <https://theicct.org/publication/fact-sheet-real-world-usage-of-plug-in-hybrid-electric-vehicles/>

Porter, M. (1985). Technology and competitive advantage. Journal of Business Strategy, 60-78.

Pöyry, E. (29. 4 2019). Maailman älykkäin sähköauton. Noudettu osoitteesta Virta: <https://www.virta.global/fi/blogi/maailman-%C3%A4lykk%C3%A4ins%C3%A4hk%C3%B6autojen-kotilatauspalvelu>

Raaum, P.; & Monn-Iversen, Ø. (24. 1 2022). Så mye rekkevidde gikk tapt i vinterkulda. Noudettu osoitteesta Motor: <https://www.motor.no/aktuelt/motors-store-vintertest-av-rekkevidde-pa-elbiler/217132>

Rautiainen, A. (6. 11 2015). Aspects of Electric Vehicles and Demand Response in Electricity Grids. Noudettu osoitteesta Trepo: <https://trepo.tuni.fi/handle/10024/115029>

Recharge Driving Change. (16. 12 2021). Først i verden med trådløs lading av taxier. Noudettu osoitteesta Recharge Infra: <https://rechargeinfra.com/no/traadlose-hurtigladestasjoner-taxier/>

Regan, M.; Young, K.; Triggs, T.; Tomasevic, N.; Mitsopoulos, E.; Tierney, P.; Tingvall, C. (2006). Final results of a long-term evaluation of intelligent speed adaptation, following distance warning and seatbelt reminder systems: System and interactive effects. Intelligent Transportation Society of America (ss. 1885-1895). Clayton: Monash University Accident Research Centre.

- Richardson, D. B. (1. 12 2013). Encouraging vehicle-to-grid (V2G) participation through premium tariff rates. *Journal of Power Sources*, ss. 219-224.
- Rogers, E. (1995). *Diffusion of innovations*. New York: The Free Press.
- Rogers, E. (2003). *Diffusion of Innovations*. New York: Free Press.
- Sahlsten, S. (2013). Yhdyskuntarakenteen käsittely esisuunnittelussa. Noudettu osoitteesta Liikennevirasto: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lts\\_2013-58\\_yhdyskuntarakenteen\\_kasittely\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lts_2013-58_yhdyskuntarakenteen_kasittely_web.pdf)
- Sakamoto, J.; Mizuno, F.; & Ong, S. (2018). Lithium Superionic Conductor  $\text{Li}_9.42\text{Si}_{1.02}\text{P}_2.1\text{S}_{9.96}\text{O}_{2.04}$  with  $\text{Li}_{10}\text{GeP}_2\text{S}_{12}$ -Type Structure in the  $\text{Li}_2\text{S}-\text{P}_2\text{S}_5-\text{SiO}_2$  Pseudoternary System: Synthesis, Electrochemical Properties, and Structure-Composition Relationships. *Frontiers Research Topics*, 5–13.
- Salovaara, M. (13. 6 2023). Teknologia vanhentui sähköautojen latauspisteissä, ja reilut viisi vuotta vanhat laitteet muuttuivat käyttökelvottomiksi. Noudettu osoitteesta Yle: <https://yle.fi/a/74-20034469>
- Saunders, M. (2019). *Research Methods for Business Students*. Harlow: Pearson Education Limited.
- Schade, J.; & Schlag, B. (3 2003). Acceptability of urban transport pricing strategies. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, ss. 45-61.
- Sekyung, H.; & Moses, A. (2021). Grid-to-Vehicle (G2V) and Vehicle-to-Grid (V2G) Technologies. *Energies*, 112.
- Sharma, I.; Canizares, C.; & Bhattacharya, K. (2012). Modeling and impacts of smart charging PEVs in residential distribution systems. *IEEE*, 1-8.
- Sharma, J. (2022). *The Imminent Breakthrough of EV Battery Technology*. *Business World*, 1-1.
- Simolin, T. (2022). *Electric Vehicle Charging Load Management*. Tampere University Dissertations 642 (ss. 1-234). Tampere: Tampere University.
- Simolin, T.; Rauma, K.; Viri, R.; Mäkinen, J.; Rautiainen, A.; & Järventausta, P. (1. 12 2021). Charging powers of the electric vehicle fleet: Evolution and implications at commercial charging sites. *Applied Energy*.
- Skinner, N. (24. 1 2023). SB-233 Battery electric vehicles and electric vehicle supply equipment: bidirectional capability. Noudettu osoitteesta California Legislative Information: [https://leginfo.legislature.ca.gov/faces/billTextClient.xhtml?bill\\_id=202320240SB233](https://leginfo.legislature.ca.gov/faces/billTextClient.xhtml?bill_id=202320240SB233)

- Sono Motors. (16. 10 2023). Bidirectional Charging: Power Where You Need It. Noudettu osoitteesta Sono Motors: <https://sonomotors.com/en/sion/electric-car-charging/>
- SSB. (3. 11 2021). Emissions to air. Noudettu osoitteesta Statistisk Sentralbyrå: <https://www.ssb.no/en/natur-og-miljo/forurensning-og-klima/statistikk/utslipp-til-luft>
- Statt, N. (21. 3 2019). Norway will install the world's first wireless electric car charging stations for Oslo taxis. Noudettu osoitteesta The Verge: <https://www.theverge.com/2019/3/21/18276541/norway-oslo-wireless-charging-electric-taxis-car-zero-emissions-induction>
- STEK. (4. 10 2021). Sähköautoilu. Noudettu osoitteesta STEK: <https://stek.fi/energiatehokkuutta-sahkolla/sahkoautoilu>
- Suomen Asiakkuusmarkkinointiliitto ry. (22. 9 2023). Kieltopalvelut. Noudettu osoitteesta Suomen Asiakkuusmarkkinointiliitto: <https://www.asml.fi/kieltopalvelut/>
- Szinai, J.; Sheppard, C.; Abhyankar, N.; & Gopal, A. (2020). Reduced grid operating costs and renewable energy curtailment with electric vehicle charge management. *Energy Policy*, 1-19.
- Tan, K.; Ramachandaramurthy, V.; & Yong, J. (2016). Integration of electric vehicles in smart grid: A review on vehicle to grid technologies and optimization techniques. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 720–732.
- Taulukot. (19. 1 2022). Kaavoja. Noudettu osoitteesta Taulukot: [https://www.taulukot.com/fysiikka/fysiikka\\_kaavoja/](https://www.taulukot.com/fysiikka/fysiikka_kaavoja/)
- Taylor, S.; & Todd, P. (1995). Assessing IT usage: the role of prior experience. *MIS Quarterly*, 561-570.
- Teo, T.; Fan, X.; & Du, J. (2015). Technology acceptance among pre-service teachers: Does gender matter? *Australasian Journal of Educational Technology*, 235-251.
- Tesla. (1. 3 2023b). 2023 Investor Day. Noudettu osoitteesta YouTube: [https://www.youtube.com/watch?v=Hl1zEzVUV7w&t=1s&ab\\_channel=Tesla](https://www.youtube.com/watch?v=Hl1zEzVUV7w&t=1s&ab_channel=Tesla)
- Tesla. (29. 9 2023a). Supercharger. Noudettu osoitteesta Tesla: <https://www.tesla.com/supercharger>
- Tesla. (6. 3 2019). Introducing V3 Supercharging. Noudettu osoitteesta Tesla: <https://www.tesla.com/blog/introducing-v3-supercharging>
- Thompson, R.; Higgins, C.; & Howell, J. (1991). Personal computing: towards a conceptual model of utilization. *MIS Quarterly*, 124–143.

Tilastokeskus. (1. 3 2023a). Suomen ajoneuvokanta kasvoi vuonna 2022. Noudettu osoitteesta Tilastokeskus: <https://www.stat.fi/julkaisu/cl8crukpo80zo0avul86i2zrt>

Tilastokeskus. (24. 10 2023d). Suomi lukuina. Noudettu osoitteesta Tilastokeskus: <https://www.tilastokeskus.fi/tup/suoluk/index.html>

Tilastokeskus. (25. 9 2023b). Autot käyttövoiman mukaan, 1990–2022. Noudettu osoitteesta StatFin-tilastotietokanta: [https://statfin.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_mkan/statfin\\_mkan\\_pxt\\_11ie.px/table/tableViewLayout1/](https://statfin.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__mkan/statfin_mkan_pxt_11ie.px/table/tableViewLayout1/)

Tilastokeskus. (27. 10 2023). Ajoneuvokanta alueittain (ml. Ahvenanmaa), 2011–2022. Noudettu osoitteesta Tilastokeskus: [https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_mkan/statfin\\_mkan\\_pxt\\_11ic.px/chart/chartViewColumn/](https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__mkan/statfin_mkan_pxt_11ic.px/chart/chartViewColumn/)

Tilastokeskus. (3. 10 2023c). Liikennesuorite katu- ja maanteillä autoluokittain, 1980–2022. Noudettu osoitteesta Tilastokeskus: [https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_tiet/statfin\\_tiet\\_pxt\\_12jx.px/table/tableViewLayout1/](https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__tiet/statfin_tiet_pxt_12jx.px/table/tableViewLayout1/)

Tirunagari, S.; Gu, M.; & Meegahapola, L. (2022). Reaping the Benefits of Smart Electric Vehicle Charging and Vehicle-to-Grid Technologies: Regulatory, Policy and Technical Aspects. IEEE, 114657–114672.

TM. (8. 1 2021). Nyt se alkaa: Tekniikan Maailman suuri talvivertailu on valtava projekti; Lappiin lähtee 16 autoa ja 20 testaajaa, hommia tehdään yhteensä 300 työpäivää – ”Näin osaavasta bändistä saa olla ylpeä!”. Noudettu osoitteesta Tekniikan maailma: <https://tekniikanmaailma.fi/nyt-se-alkaa-tekniikan-maailman-suuri-talvivertailu-on-valtava-projekti-lappiin-lahtee-16-autoa-ja-20-testaajaa-hommia-tehdaan-yhteensa-300-tyopaivaa-nain-osaavasta-bandista-saa/>

Tomic, J.; Kempton, W.; & Tomic, J. (11. 4 2005). Vehicle-to-grid power fundamentals: Calculating capacity and net revenue. *Journal of Power Sources*, ss. 268–279.

Traficom. (25. 10 2023). Poikkeukset B-luokan ikävaatimukseen. Noudettu osoitteesta Ajokortti-info: <https://ajokortti-info.fi/fi/ajokortin-hankkiminen/poikkeukset-b-luokan-ika-vaatimukseen>

Traficom. (25. 10 2023). Voimassaolevat ajokortit koontiluokittain vuosina 2014–2023. Noudettu osoitteesta Tilastotietokanta: [https://trafi2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/TraFi/TraFi\\_\\_Ajokortit/010\\_ajok\\_tau\\_101.px/table/tableViewLayout1/](https://trafi2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/TraFi/TraFi__Ajokortit/010_ajok_tau_101.px/table/tableViewLayout1/)

Traficom. (26. 5 2021). Vaihtoehtoisten käyttövoimien ja polttoaineiden lataus- ja tankkauspisteitä. Noudettu osoitteesta Traficom: <https://www.traficom.fi/fi/ajavaihtoehtoa/vaihtoehtoisten-kayttovoimien-ja-polttoaineiden-lataus-ja-tankkauspisteita>

- Tsang, E. (2016). *The Philosophy of Management Research*. London: Routledge.
- Tsolericlis, C.; Chatzimisios, P.; & Fouliras, P. (2017). *Vehicle-to-Grid Networks*. Teoksessa H. Mouftah; & M. Erol-Kantarci, *Smart Grid: Networking, Data Management and Business Models* (ss. 389-412). Boca Raton: CRC Press.
- Twike. (17. 8 2022). TWIKE 5 – with bidirectional charging technology (V2G, V2H). Noudettu osoitteesta Twike: <https://twike.com/en/twike-5-with-bidirectional-charging-technology-v2g-v2h/>
- Törmänen, E. (21. 10 2020). Taloyhtiöille tiukka velvoite sähköautojen latausvalmiudesta. Noudettu osoitteesta Kauppalehti: <https://www.kauppalehti.fi/uutiset/taloyhtiöille-tiukka-velvoite-sahkoautojen-latausvalmiudesta-huoli-herasi-uusi-laki-kasvattaa-korjausremonttien-hintalappua/9321f500-2619-4041-9066-dfda175b5314>
- U.S. Customs and Border Protection. (31. 7 2023). Importing a Motor Vehicle. Noudettu osoitteesta U.S. Customs and Border Protection: <https://www.cbp.gov/trade/basic-import-export/importing-car>
- University of Warwick. (6 2022). *The Impact of V2G On Battery Degradation*. Leicestershire: Innovate UK; Department for Business, Energy and Industrial Strategy; Office for Zero Emission Vehicles. Noudettu osoitteesta Cenex: [https://www.cenex.co.uk/app/uploads/2022/06/EV-elocity-Final-Report\\_published.pdf](https://www.cenex.co.uk/app/uploads/2022/06/EV-elocity-Final-Report_published.pdf)
- Vaasan sähkö. (10. 11 2020). Kodin sähkönkulutus – mistä se muodostuu. Noudettu osoitteesta Vaasan sähkö: <https://www.vaasansahko.fi/energianeuvonta/kodin-sahkonkulutus-mista-se-muodostuu/>
- Vadi, S.; Bayindir, R.; Colak, A.; & Hossain, E. (2021). A Review on Communication Standards and Charging Topologies of V2G and V2H Operation Strategies. Teoksessa H. Sekyung; & M. Acquash, *Grid-to-Vehicle (G2V) and Vehicle-to-Grid (V2G) Technologies* (ss. 73-99). Basel: MDPI.
- Valtioneuvosto. (30. 9 2021b). Hallitus linjasi kantojaan EU:n liikenteen ilmastoaloihteisiin – neljä U-kirjelmää eduskunnalle. Noudettu osoitteesta Liikenne- ja viestintäministeriö: <https://www.lvm.fi/-/hallitus-linjasi-kantojaan-eu-n-liikenteen-ilmastoaloihteisiin-nelja-u-kirjelmaa-eduskunnalle-1521890>
- Valtioneuvosto. (6. 5 2021a). Government decided on means of reducing emissions from road transport – emissions to be halved by 2030. Noudettu osoitteesta Valtioneuvosto: <https://valtioneuvosto.fi/en/-/government-decided-on-means-of-reducing-emissions-from-road-transport-emissions-to-be-halved-by-2030>

- van Driel, C. (2. 11 2007). Driver support in congestion. An assessment of user needs and impacts on driver and traffic flow. Enschede, Overijssel, Alankomaat.
- van Heuveln, K.; Ghotge, R.; Annema, J.; van Bergen, E.; van Wee, B.; & Pesch, U. (2021). Factors influencing consumer acceptance of vehicle-to-grid by electric vehicle drivers in the Netherlands. *Travel Behaviour and Society*, 34–45.
- Vattenfall. (20. 9 2023). Kodin sähkönkulutus. Noudettu osoitteesta Vattenfall: <https://www.vattenfall.fi/energianeuvonta/sahkonkulutus/>
- Venkatesh, V.; Morris, M.; Davis, G.; & Davis, F. (1. 9 2003). User acceptance of information technology: toward a unified view. *MIS Quarterly*, ss. 425–478.
- Verohallinto. (16. 2 2023). Sähköautoja oli viime vuonna liki viidennes uusista autoista, jotka rekisteröitiin tai otettiin käyttöön Suomessa – korkeinta autoveroa maksettiin uusista dieselautoista. Noudettu osoitteesta Vero: <https://www.vero.fi/tietoa-verohallinnosta/uutishuone/lehdist%C3%B6tiedotteet/2023/sahkoautoja-oli-viime-vuonna-likiviidennes-uusista-autoista-jotka-rekisteroitiin-tai-otettiin-kayttoon-suomessa--korkeinta-autoveroa-maksettiin-uusista-dieselautoista/>
- Versinetic. (24. 9 2021). EV Charging Connector Types Guide. Noudettu osoitteesta Versinetic: <https://versinetic.com/ev-charging-connector-types-guide/>
- Viri, R.; Mäkinen, J.; & Liimatainen, H. (10 2021). Modelling car fleet renewal in Finland: A model and development speed-based scenarios. *Transport Policy*, ss. 63–79.
- Virolainen, M. (1. 3 2021). Laki sähköautojen latauspisteistä – mitä se tarkoittaa taloyhtiöille? Noudettu osoitteesta Helen: <https://www.helen.fi/taloyhtiot/asiakaspalvelu-taloyhtiöille/ajankohtaisia-artikkeleita/s%C3%A4hk%C3%B6autojen-lataus/laki-sahkoautojen-latauspisteista>
- Virta. (29. 4 2019). Latausstandardit - eli piuhat, liittimet ja pistokkeet sähköauton lataamiseen. Noudettu osoitteesta Virta: <https://www.virta.global/fi/blogi/latausstandardit>
- Virta. (9. 11 2021). The state of EV charging infrastructure in Europe by 2030. Noudettu osoitteesta Virta: <https://www.virta.global/blog/ev-charging-infrastructure-development-statistics>
- Volkswagen. (15. 12 2021). Convenient, networked and sustainable: new solutions for charging electric Volkswagen models. Noudettu osoitteesta Volkswagen Newsroom: <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/press-releases/convenient-networked-and-sustainable-new-solutions-for-charging-electric-volkswagen-models-7695>

- Väylävirasto. (17. 12 2021). Tienumerointi ja tienumerokartat. Noudettu osoitteesta Väylävirasto: <https://vayla.fi/vaylista/aineistot/kartat/tiekartat>
- Väylävirasto. (6. 1 2022). Henkilöliikenne. Noudettu osoitteesta Väylävirasto: <https://vayla.fi/vaylista/liikennejarjestelma/henkiloliikenne>
- Wang, M.; Liu, K.; Dutta, S.; Alessi, D.; Rinklebe, J.; Ok, Y.; & Tsang, D. (2022). Recycling of lithium iron phosphate batteries: Status, technologies, challenges, and prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1-16.
- Wienkötter, M. (8. 4 2022). Give and take: the Taycan as a buffer for the power grid. Noudettu osoitteesta Porsche: <https://newsroom.porsche.com/en/2022/products/porsche-taycan-buffer-power-grid-vehicle-to-grid-applications-27528.html>
- Yamauchi, M. (16. 12 2021). Mainstream Electric Vehicle Makers Race to Wireless EV Charging. Noudettu osoitteesta Plugless Power: <https://www.pluglesspower.com/learn/mainstream-electric-cars-are-headed-towards-wireless-charging/>
- Yao, X.; Fan, Y.; Zhao, F.; & Ma, S.-C. (1. 1 2022). Economic and climate benefits of vehicle-to-grid for low-carbon transitions of power systems: A case study of China's 2030 renewable energy target. *Journal of Cleaner Production*.
- Yhdysvaltain energiaministeriö. (2. 10 2023). Batteries for Electric Vehicles. Noudettu osoitteesta Alternative Fuels Data Center: [https://afdc.energy.gov/vehicles/electric\\_batteries.html](https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_batteries.html)
- YKR/SYKE. (1. 12 2021). Yhdyskuntarakenne. Noudettu osoitteesta Suomen ympäristökeskus: [https://www.d3.ymparisto.fi/d3/gis\\_data/spesific/YKRAsutus2020.zip](https://www.d3.ymparisto.fi/d3/gis_data/spesific/YKRAsutus2020.zip)
- YLE. (3. 5 2021). Uusia sähköautojen pikalatureita nousee pian huomattavasti, kaupoilta isot investoinnit – "Yksinään ei ole niin mahtavaa liiketoimintaa". Noudettu osoitteesta YLE: <https://yle.fi/uutiset/3-11897726>
- Ympäristöministeriö. (4. 12 2014). Yhdyskuntarakenne. Noudettu osoitteesta Ympäristö: [https://www.ymparisto.fi/fi-fi/elinymparisto\\_ja\\_kaavoitus/yhdyskuntarakenne](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/elinymparisto_ja_kaavoitus/yhdyskuntarakenne)
- Zhang, X.; & Mi, C. (2011). Management of Energy Storage Systems in EV, HEV and PHEV. *Vehicle Power Management*, 259–286.



# LIITE A: SAATEKIRJE



## Hyvä vastaanottaja,

teidät on kutsuttu osaksi täyssähköautotutkimusta. Kyselytutkimus koskee taloutenne sähköautoa, minkä perusteella olette tämän kutsun saaneet. Osoitetietonne on saatu Traficomien Liikenneasioiden rekisteristä.

Tämä kyselytutkimus on osa diplomityötä täyssähköautojen akustojen toissijaisesta hyödyntämisestä. Tutkimustuloksia voidaan hyödyntää myös Tampereen yliopiston sekä CNESS:in (Climate Neutral Energy System and Society) tulevissa tutkimuksissa. Täyssähköautojen määrä on viime vuosina kääntynyt kasvuun. Sähköautojen latausverkko ja erilaiset lataamiseen liittyvät palvelut kehittyvät vähitellen sähköautojen määrän kasvaessa. Jotta latausverkon kehittämistarpeista saataisiin luotettava kuva, tietoa lataamisesta ja sähköauton käyttötavoista kerätään suoraan autojen käyttäjiltä.

Kyselytutkimus on kertatutkimus, eikä henkilötietojanne tai yksilöllisiä vastauksianne luovuteta eteenpäin. Diplomityön valmistuttua aineisto ja henkilötiedot tuhoetaan. Vastaaminen on vapaaehtoista. Tutkimuslomakkeen voi täyttää osoitteessa <https://survey.tuni.fi/lime/555477> tai lukemalla alla oleva QR-koodi:



Tutkimuslomakkeen täyttämiseen kuluu noin 20 minuuttia. Pyydämme vastaamaan tutkimukseen viimeistään 30.4.2023. Vastaamalla autat kehittämään sähköautojen latausinfrastruktuuria.

Sähköistä päivää toivottaen,

Lauri Solja,

Tampereen yliopisto



## Dear recipient,

You've been invited to participate in an electric car survey. The survey concerns the electric car of your economy, which has given you this invitation. Your address was obtained from the Traficom Transport Register.

This survey is part of the thesis on the secondary use of fully electric car batteries. Research results can also be used in future studies by the University of Tampere and the Climate Neutral Energy System and Society. The number of full electric vehicles has increased in recent years. The charging network for electric vehicles and various charging services are gradually evolving as the number of electric vehicles increases. In order to provide a reliable picture of the development needs of the charging network, information on charging and the use of the electric vehicle is collected directly from vehicle users.

The survey is a one-off study, and your personal data and individual answers will not be passed on. Once the thesis is completed, the material and personal data will be destroyed. Answering is voluntary. The study form can be completed at <https://survey.tuni.fi/lime/555477> or by reading the QR code below:



It takes about 20 minutes to complete the study form. We request that you respond to the investigation by 30 April 2023. By responding, you will help develop the charging infrastructure for electric cars.

Wishing you a spark-tacular day,

Lauri Solja,

University of Tampere

## LIITE B: KYSELYLOMAKE

Hyvä vastaanottaja,

Tämä kyselytutkimus on osa diplomityötä täyssähköautojen akustojen toissijaisesta hyödyntämisestä. Tutkimustuloksia voidaan hyödyntää myös Tampereen yliopiston sekä CNESS:in (Climate Neutral Energy System and Society) tulevissa tutkimuksissa.

Ladattavien autojen määrä on viime vuosina kääntynyt kasvuun. Sähköautojen latausverkko ja erilaiset lataamiseen liittyvät palvelut kehittyvät vähitellen sähköautojen määrän kasvaessa. Jotta latausverkon kehittämistarpeista saataisiin luotettava kuva, tietoa lataamisesta ja sähköauton käyttötavoista kerätään suoraan autojen käyttäjiltä.

Vastaukset ovat anonyymeja ja henkilötietoja ei kerätä. Kaikki tämän tutkimuksen aikana kerätyt tiedot ovat luottamuksellisia. Dataa ei tallenneta tai jaeta sellaisessa muodossa, että siitä pystyisi päättämään vastaajan identiteetin. Mahdollisesti yksilöiviä tietoja tai tuloksia ei julkaista. Vain tutkimusryhmän jäsenet voivat tarkastella ja analysoida kyselyvastauksia. Kaikki kerätyt tiedot tallennetaan Tampereen yliopiston järjestelmiin.

Osallistuminen tutkimukseen on vapaaehtoista. Voit halutessasi lopettaa kyselyyn vastaamisen milloin tahansa sekä ohittaa minkä tahansa kysymyksen. Koska kysely on anonyymi eikä vastaajia voida tunnistaa, yksittäisiä tietoja ei voida poistaa vastaamisen jälkeen. Ennen keskeyttämistä täytetyt tiedot sisällytetään osaksi tutkimusaineistoa, ja niitä voidaan käyttää tutkimusprojektissa.

Jatkamalla kyselyyn annat suostumuksesi osallistua tutkimukseen ja hyväksyt tietosuojailmoituksessa esitetyt ehdot. Jos kaipaat lisätietoa tutkimuksesta tai sinulla on kysymyksiä vastaajien datan hallintaan liittyen, voit ottaa yhteyttä diplomityön tekijään Lauri Soljaan, [lauri.solja@tuni.fi](mailto:lauri.solja@tuni.fi)

Tutkimuslomakkeen täyttämiseen kuluu noin 20 minuuttia. Lomakkeella on tilaa myös vapaamuotoiselle palautteelle. Pyydämme vastaamaan tutkimukseen viimeistään 30.4.2023. Vastaamalla autat kehittämään sähköautojen latausinfrastruktuuria.

Osallistumisestasi etukäteen kiittäen,

Lauri Solja,

Tampereen yliopisto

1. Hyväksyttkö vastaustenne käyttämisen osana tutkimusta sekä tallentamisen edellä kuvatun mukaisesti?
  - a. Kyllä
  - b. Ei

**Nämä kysymykset koskevat kotitalouttanne.**

2. Mikä asuntotyyppi kuvaa parhaiten pääasiallista kotianne?
  - a. Omakotitalo
  - b. Rivitalo
  - c. Kerrostalo
  - d. Jokin muu
3. Kuinka monta autoa taloudessanne on?
  - a. 1
  - b. 2
  - c. 3
  - d. Useampi
4. Minkä merkinen taloutenne ensisijainen sähköauto on?
  - a. Audi
  - b. BMW
  - c. Citroen
  - d. Cupra
  - e. Dacia
  - f. DS
  - g. Fiat
  - h. Honda
  - i. Hyundai
  - j. Jaguar
  - k. Kia
  - l. LDV

- m. Lexus
- n. Mazda
- o. Mercedes-Benz
- p. Mini Cooper
- q. Mitsubishi
- r. Nissan
- s. Open
- t. Peugeot
- u. Polestar
- v. Porsche
- w. Renault
- x. Seat
- y. Skoda
- z. Smart
- å. Tesla
- ä. Toyota
- ö. Volkswagen
- aa. Volvo

5. Taloutenne ensisijainen sähköauto on...

- a. Oma auto
- b. Leasingauto
- c. Työsuhdeauto käyttöedulla
- d. Työsuhdeauto vapaalla edulla

6. Paljonko taloutenne ensisijaisen sähköauton vuosittaiset ajokilometrit ovat arviolta?

- a. \*numeerinen kenttä\*

7. Paljonko taloutenne ensisijaisen sähköauton ajomatka arkisin (esimerkiksi koti-työpaikka-koti) on arviolta?

- a. \*numeerinen kenttä\*

**Nämä kysymykset koskevat taloutenne toista autoa. Jos taloudessanne ei ole toista autoa, voit jatkaa kysymyksestä 11.**

8. Taloutenne toisen auton käyttövoima on
  - a. täyssähkö
  - b. ladattava hybridi
  - c. kevythybridi (ei ulkoista latausta)
  - d. bensiini
  - e. diesel
  - f. kaasu
  - g. muu, mikä?
9. Taloutenne toinen auto on
  - a. Oma auto
  - b. Leasingauto
  - c. Työsuhdeauto käyttöedulla
  - d. Työsuhdeauto vapaalla edulla
10. Paljonko taloutenne toisen auton vuosittaiset ajokilometrit ovat arviolta?
  - a. \*numeerinen kenttä\*
11. Paljonko taloutenne toisen auton kesimääräinen matka arkisin (esimerkiksi koti-työpaikka-koti) on
  - a. \*numeerinen kenttä\*

**Nämä kysymykset koskevat taloutenne ensisijaista sähköautoa.**

12. Minkä auton taloutenne hankittu sähköauto korvasi?
  - a. Bensiiniauton
  - b. Dieselauton
  - c. Ladattavan hybridiauton
  - d. Kevythybridiauton
  - e. Täyssähköauton
  - f. Kaasuauton
  - g. Sähköauto ei korvannut taloudessamme aiempaa autoa

13. Kuinka kauan taloudessanne on ollut sähköauto?

- a. Alle puoli vuotta (alle 6kk)
- b. Puolesta vuodesta vuoteen (6–12 kk)
- c. Vuodesta kahteen vuotta (1–2 v)
- d. Kahdesta neljään vuotta (2–4 v)
- e. Yli neljä vuotta (yli 4 v)

14. Paljonko sähköautollanne on ajettu tähän mennessä?

- a. \*numeerinen kenttä\*

15. Kuinka monta pääasiallista käyttäjää sähköautollanne on?

Kysymys koskee taloutenne ensisijaista sähköautoa. Jos taloudessanne on kaksi sähköautoa, joilla molemmilla on yksi pääasiallinen käyttäjä, valitkaa 1.

- a. 1
- b. 2
- c. Useampi

16. Mitkä olivat merkittävimmät syyt sähköautonne hankintaan?

- a. käyttökustannukset
- b. hankintahinta
- c. tehokkuus
- d. ympäristöystävällisyys
- e. latausmahdollisuus kotona
- f. latausmahdollisuus työpaikalla
- g. aiemmat hyvät kokemukset sähköautoista
- h. verotus
- i. kuulemani hyvät kokemukset sähköautoista
- j. työnantajani asettamat vaatimukset työsuhdeautolle
- k. jokin muu, mikä?

17. Tyypillinen ajoympäristö sähköautollanne on...

- a. taajama

- b. maantie
- c. puoliksi taajamaata ja maantietä
- d. jokin muu, mikä?

18. Arvioi, kuinka paljon sähköauton latauksesta tapahtuu omalla kiinteistöllä suhteessa lataamiseen julkisilla latausasemilla.

100 % kuvastaa, että lataus tapahtuu täysin omalla kiinteistöllä ja 0 % puolestaan täysin julkisilla latausasemilla tapahtuvaa latausta.

- a. 100 %, 90 %, 80 %, ... 20 %, 10 %, 0 %

19. Minkä toimijan latauspalveluita käytätte yleisimmin ladatessanne sähköauton?

- a. ABC-lataus
- b. Fortum Charge & Drive
- c. Helen
- d. K-Lataus
- e. Lidl
- f. Plugit
- g. Tesla
- h. Virta
- i. \*muu, mikä\*

20. Liittyykö oma työnkuvanne sähköautoihin, sähköverkkoihin, tai latausasemiin jollakin tapaa?

- a. Kyllä
- b. Ei

**Nämä kysymykset koskevat sähköauton lataustottumuksianne ja siihen liittyviä asenteita.**

21. Mitä latauspistokestandardia autonne tukee Type2-latausstandardin lisäksi?

- a. CCS
- b. CHAdeMO
- c. Supercharger



d. En tiedä

22. Millä seuraavista lataustekniikoista pystytte lataamaan sähköautoanne kotonaanne?

a. Suko

b. Type2

c. En millään

d. En tiedä

e. Jollakin muulla

23. Montako latauspistettä teillä on käytettävissäsi kotinne ulkopuolella, esimerkiksi mökillänne tai työpaikallanne? Älkää laskeko julkisia latauspisteitä, kuten kaupakeskuksia tai huoltoasemia, älkääkä suko-latauspisteitä. Suko-lataus tapahtuu suoraan perinteisestä pistorasiasta.

a. 0

b. 1

c. 2

d. Useampi

e. En tiedä

24. Tuotatteko omistamillanne kiinteistöillänne sähköä itse, esimerkiksi aurinko- tai tuulivoimalla?

a. Tuotan, aurinkovoimalla (esimerkiksi aurinkopaneelit)

b. Tuotan, tuulivoimalla (esimerkiksi tuulivoimala)

c. En tuota, enkä ole kiinnostunut aiheesta

d. En tuota, mutta olen kiinnostunut aiheesta

e. En tiedä

25. Varastoidaanko omistamillanne kiinteistöillänne tuottamaanne sähköä johonkin ensisijaisesti tähän tarkoitettuun järjestelmään?

a. Varastoidaan

b. Ei varastoida

c. En tiedä

26. Ovatko termit V2G tai V2H (vehicle-to-grid tai vehicle-to-home) tuttuja teille?
- En ole kuullut termeistä aiemmin
  - Olen kuullut termeistä, mutta en osaa selittää niitä
  - Osaan kertoa, mitä termit tarkoittavat
  - Termit ovat itsestäänselviä minulle
27. Pystyykö sähköautonne luovuttamaan akustoonsa varastoitua energiaa esimerkiksi kotinne sähköverkkoon, esimerkiksi kodinkoneiden käytettäväksi?
- Pystyy
  - Ei pysty
  - En tiedä
28. Oletteko luovuttaneet sähköautonne akustoon varastoitua energiaa kotinne sähköverkkoon (V2H)?
- Olen luovuttanut
  - En ole luovuttanut, mutta olen kiinnostunut aiheesta
  - En ole luovuttanut, enkä ole kiinnostunut aiheesta
  - En tiedä
29. Asteikolla 1–5, Kuinka helpoksi koitte V2H-tekniikan käytön?
30. Pystyykö omistamanne kiinteistöjen sähköjärjestelmistä luovuttamaan energiaa takaisin yleiseen sähköverkkoon?
- Pystyy
  - Ei pysty
  - En tiedä
31. Oletteko luovuttaneet sähköautonne akustoon varastoitua energiaa yleiseen sähköverkkoon (V2G)?
- Olen luovuttanut
  - En ole luovuttanut, mutta olen kiinnostunut aiheesta
  - En ole luovuttanut, enkä ole kiinnostunut aiheesta
  - En tiedä
32. Asteikolla 1–5, kuinka helpoksi koitte V2G-tekniikan käytön?

33. Asteikolla 1 – 5 (1= en missään nimessä käyttäisi, 7 = ehdottomasti käyttäisin) jos pystyisin valitsemaan, maksaisin latauksen käyttäen...

- a. Debit / credit -korttia
- b. Latausoperaattorin omaa sovellusta
- c. Sovellusta, joka toimisi useamman latausoperaattorin kanssa.
- d. Latausoperaattorin RFID-tunnistetta / latauskorttia
- e. RFID-tunnistetta / latauskorttia, joka toimisi useamman latausoperaattorin latauspisteellä
- f. Kuukausittain tapahtuvaa laskutusta
- g. QR-koodia ja verkkomaksua
- h. SMS-maksua (puhelin laskun yhteydessä)
- i. Plug & Charge -palvelua (ajoneuvo välittäisi maksutiedot latausoperaattorille automaattisesti, kun pistoke kiinnittyy auton latausporttiin)

**Nämä kysymykset liittyvät V2G- ja V2H-teknologioiden käyttöön.**

34. Asteikolla 1 – 5 (1= en missään nimessä käyttäisi, 5 = ehdottomasti käyttäisin) olisin valmis käyttämään...

***Kontrolloimaton lataaminen*** lataa auton akustoa välittömästi pistokkeen kytkemisestä autoon aina pistokkeen irrottamiseen asti suurimmalla mahdollisella ja turvallisella teholla.

***Kontrolloitu yksisuuntainen lataaminen*** on tyypillinen julkisilla latausasemille käytössä oleva lataustapa. Kontrolloitu yksisuuntainen lataaminen tarkoittaa, että latausprosessia voidaan viivästyttää, keskeyttää tai hidastaa sähköverkon kokonaiskuorman tasaamiseksi.

***Kontrolloitu kaksisuuntainen lataaminen*** eli V2G (Vehicle-to-Grid, autosta verkkoon) ja V2H (Vehicle-to-Home autosta kotiin) on kehitystyön alla. Kontrolloitu kaksisuuntainen lataaminen tarkoittaa, että auton akuston latausprosessi voidaan myös kääntää (viivästyttämisen, keskeyttämisen ja hidastamisen lisäksi) sähköverkon kokonaiskuorman tasaamiseksi, jolloin auton akuston varaustaso pienenee hetkellisesti.

- a. kontrolloimatonta yksisuuntaista latausta ladatakseni sähköautoni.
- b. kontrolloitua yksisuuntaista latausta ladatakseni sähköautoni.
- c. kontrolloitua kaksisuuntaista latausta ladatakseni sähköautoni.

35. Kuinka tärkeänä pidätte seuraavia V2G-järjestelmillä (Vehicle-to-Grid, autosta verkkoon) saavutettavia tavoitteita?

Asteikolla 1 – 5 (1 = ei lainkaan tärkeä, 5 = erittäin tärkeä) sähköautojen V2G käyttö on tärkeää, koska...

- a. se voisi edesauttaa Hiilineutraali Suomi 2035 -hanketta vähentämällä sähköntuotannon hiilidioksidipäästöjä
- b. siten voitaisiin säästää tulevaisuudessa tarvittavien energiavarojen kustannuksissa
- c. se voisi tuottaa autoilijalle rahallista hyötyä erilaisten kustannussäästöjen ja hyötyjen muodossa.
- d. V2G-käytön yleistyessä nykyisistä varavoimalaitoksista voitaisiin luopua, koska kysynnän vaihteluun voitaisiin vastata V2G-järjestelmällä.
- e. se toimisi hätäenergiavarastona autoilijan kotitaloudelle sähkökatkojen varalle
- f. siten välttäisiin turhalta sähköverkon laajentamistarpeelta

36. Kuinka huolestuttavana pidätte seuraavia V2G-järjeslmiin (Vehicle-to-Grid, autosta verkkoon) yleisesti yhdistettäviä riskejä?

Asteikolla 1 – 5 (1 = en lainkaan samaa mieltä, 5 = täysin samaa mieltä) sähköautojen V2G käyttö on huolestuttavaa, koska...

- a. olen huolissani sähköauton akuston käyttöiän lyhentymisestä toistuvan varauksen purkamisen ja lataamisen seurauksena, sekä joutuisin mahdollisesti uusimaan sähköautoni akuston.
- b. kulkemani matkat eivät ole riittävän ennustettavissa, jotta voisin vapauttaa sähköautoni akustosta energiaa verkkoon.
- c. V2G-toiminta antaa pääsyn sähköautoni järjestelmiin tavalla, jota en pysty itse kontrolloimaan.
- d. epäilen, että sähköautoni akustossa ei välttämättä olisi aina riittävästi energiaa, kun olen lähdössä liikkeelle.
- e. koen, että V2G rajoittaisi vapauttani sekä itsenäisyyttäni.
- f. epäilen, että sähköautostani saatavaa dataa käytettäisiin muodostamaan liikkumisprofiili minusta.
- g. sähköön lataus- ja vapauttamistietojen syöttäminen ajoneuvon järjestelmiin tai mobiilisovellukseen tekisi autoilusta turhan haastavaa tai stressaavaa minulle.

37. Asteikolla 1 – 5 (1 = en ole lainkaan samaa mieltä, 5 = olen täsmälleen samaa mieltä) antaisin sähköauton V2G-palvelun (Vehicle-to-Grid, autosta verkkoon) osaksi, jos...

- a. sähköautoni lataaminen olisi edullisempaa kuin kontrolloimattoman lataamisen kautta.
- b. saisin rahallista tukea sähköauton hankintaa varten.
- c. saisin rahallista hyötyä erilaisten korvausten muodossa.
- d. minulle luvattaisiin, että sähköautoni ladattaisiin ainoastaan uusiutuvista energialähteistä tuotetulla energialla.
- e. saisin erityisoikeuksia, kuten käyttöoikeus bussikaistoille tai ilmainen julkinen pysäköinti
- f. siten pystyttäisiin vähentämään energiatuotannon hiilidioksidipäästöjä.
- g. en halua vastata

38. Kuinka suuri tarjottavan rahallisen korvauksen V2G-latauksesta tulisi prosentuaalisesti vähintään olla latauskustannuksen loppusummasta, jotta olisitte kiinnostunut hyödyntämään V2G:tä?

Esimerkiksi 15 % alennus normaalisti 10 € maksavasta latauksesta olisi 1,50 € eli lataus maksaisi teille 8,50 €.

- a. \*numeerinen kenttä\*

39. Kuinka suuri uuden auton hankintaan myönnettävän rahallisen tuen olisi oltava, jotta hyödyntäisitte sitä ja samalla sitoutuisitte käyttämään kontrolloitua kaksisuuntaista lataamista aina julkisilla latausasemilla ladatessanne?

- a. \*numeerinen kenttä\*

**Seuraavaksi tutkitaan mahdollisia ehtoja V2G-teknologian käytölle.**

40. Valitkaa seuraavista vaihtoehdoista ne, joiden täytyisi tapahtua, jotta antaisitte sähköautonne V2G-palvelun (Vehicle-to-Grid, autosta verkkoon) osaksi.

- a. Auton akuston varaustaso luvattaisiin oleva riittävä seuraavaa etappia varten perustuen auton laskemaan ennusteeseen.
- b. Pystyisin määrittämään varaustason, joka olisi vähintään auton akustossa jatkaessani matkaa autolla.

- c. Auton valmistaja lupaisi, ettei akuston elinikä merkittävästi vähene V2G-käytön seurauksena.
- d. Saisin toteutuneen latauksen halvemmalla tai minulle jopa maksettaisiin auton lataamisesta.
- e. Jokin muu, mikä?

41. Hyödyntäisin sähköautoani V2H-järjestelmän (Vehicle-to-Home) osana, jos...

- a. pystyisin hyötymään siitä rahallisesti hyödyntämällä akustoon varastoitua edullista sähköä korkean sähkönhinnan hetkinä
- b. se vähentäisi uusiutumattomien energialähteiden käyttöä sähköntuotannossa
- c. varmistaisin sähkön riittävyyden kotonani sähkökatkojen aikana
- d. siten välttäisiin turhilta sähköverkon laajentamistarpeilta.
- e. käyttö olisi helppoa, turvallista ja toimintavarmaa
- f. en halua vastata

**Nämä kysymykset liittyvät teihin vastaajana. Vastauksia käytetään tutkimuksen reliabiliteetin määrittämiseen. Vastaaminen on vapaaehtoista ja voitte halutesanne ohittaa nämä kysymykset.**

42. Identifioin itseni...

- a. Mieheksi
- b. Naiseksi
- c. Muunsukupuoliseksi
- d. muu, mikä?

43. Minkä ikäinen olette?

- a. \*numeerinen kenttä\*

44. Mikä seuraavista kuvaa päätoimeanne parhaiten?

- a. Kokopäivätoimissa
- b. Osa-aikatoimissa tai kausitoimissa
- c. Opiskelija
- d. Eläkeläinen

- e. Työtön, lomautettu tai sairauslomalla
- f. Vanhempain- tai perhevapaalla
- g. Muu, mikä?

45. Liittyykö oma työnkuvanne, opintonne tai harrastuksenne sähköautoihin, sähköverkkoihin tai latausasemiin jollakin tapaa?

- a. Kyllä
- b. Ei

Kirjoita kommenttisi tänne: \*vapaa kenttä\*

**Kiitos ajastanne! Tutkimustulokset julkaistaan kesällä 2023.**

46. Kirjoittakaa alle sähköpostiosoitteenne, mikäli haluatte, että teitä informoidaan tutkimustulosten julkaisusta.

- a. \*sähköpostiosoite\*

47. Haluatteko antaa vapaamuotoista palautetta kyselyyn tai tutkimusaiheeseen liittyen?

- a. \*vapaa kenttä\*

# LIITE C: TIETOSUOJAILMOITUS

## Opinnäytetutkimuksen tietosuojailmoitus EU:n yleinen tietosuoja-asetus (2016/679), art. 12–14

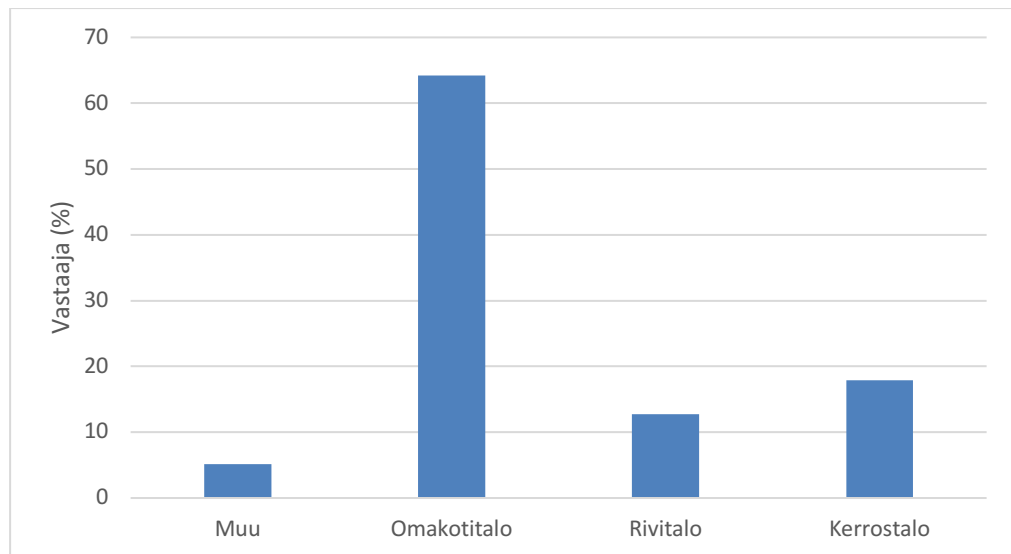
<b>Rekisterin nimi</b>	Täyssähköautojen akustojen toissijainen hyödyntäminen
<b>Päiväys</b>	1.3.2023
<b>Rekisterinpitäjä(t)</b>	Lauri Solja, <a href="mailto:lauri.solja@tuni.fi">lauri.solja@tuni.fi</a>
<b>Ohjaaja tai oppilaitoksen yhteyshenkilö</b>	Professori, Heikki Liimatainen, <a href="mailto:heikki.liimatainen@tuni.fi">heikki.liimatainen@tuni.fi</a> Tutkijatohtori, Toni Simolin, <a href="mailto:toni.simolin@tuni.fi">toni.simolin@tuni.fi</a>
<b>Henkilötietojen käsittelytarkoitus ja käsittelyperuste</b>	Henkilötietojasi käsitellään täyssähköautojen akustojen toissijaiseen hyödyntämiseen liittyvässä opinnäytetutkimuksessa. Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, miten vehicle-to-grid ja vehicle-to-home -teknologioita voidaan hyödyntää henkilöautokannan sähköistymisen myötä.  Tutkimukseen osallistuminen on vapaaehtoista. Henkilötietojen käsittelyperusteena on:  <input checked="" type="checkbox"/> suostumus. EU:n yleinen tietosuoja-asetus 6 artikla 1.a-kohta. Suostumuksen voi peruuttaa milloin tahansa ilmoittamalla tästä rekisterinpitäjälle. Suostumuksen peruuttaminen ei vaikuta ennen suostumuksen peruuttamista suoritettun käsittelyn lainmukaisuuteen. TAI  <input type="checkbox"/> yleisen edun mukainen tieteellinen tutkimus. EU:n yleinen tietosuoja-asetus 6 artikla 1 e-kohta. Ks. ohje <a href="#">Henkilötieto opinnäytetyössä</a>
<b>Henkilötietojen säilytysaika</b>	Opinnäytteen/opinnäytteiden valmistuttua aineisto ja henkilötiedot tuhotaan.  Siitä osin kuin ohjaajalla on pääsy aineistoon opinnäytetyön ohjaamista ja tarkastamista varten, ohjaajat ja tarkastajat käsittelevät henkilötietoja ainoastaan niin kauan kuin on tarpeellista työn hyväksymistä varten.
<b>Rekisterin tietosisältö ja tietolähteet</b>	Kuvaus rekisterissä käsiteltävistä henkilötietotyypeistä tietoryhmittäin, esim.: - Nimitiedot - Yhteystiedot (kuten osoite, puhelinnumero, sähköpostiosoite) - Tutkimuksen kyselylomakkeella kerättävät tiedot



**Opinnäytetutkimuksen tietosuojailmoitus**  
**EU:n yleinen tietosuoja-asetus (2016/679), art. 12–14**

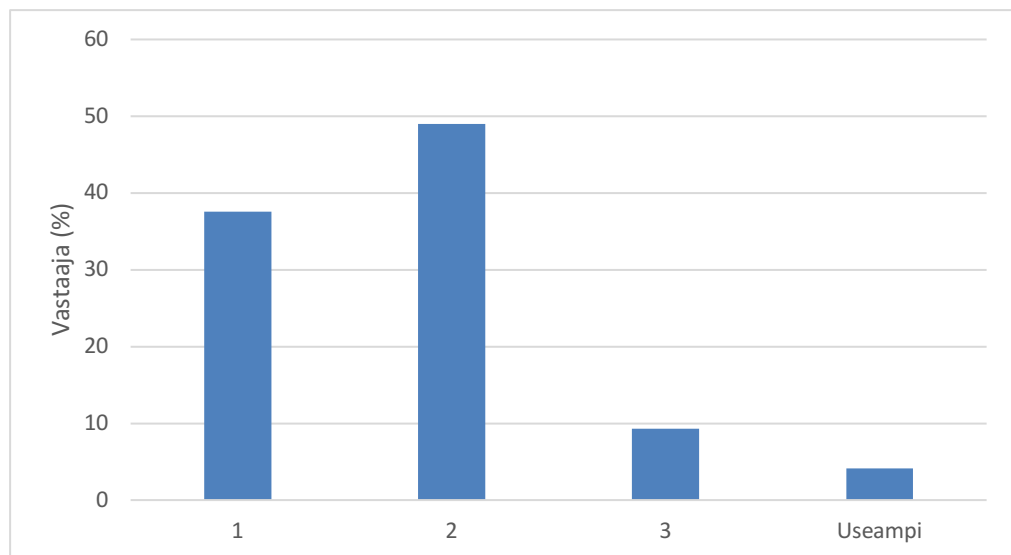
	Tiedot kerätään Traficomilta Liikenneasioiden rekisteristä sekä tutkimukseen osallistuvilta.
<b>Henkilötietojen vastaanottajat</b>	Henkilötietojasi ei luovuteta ulkopuolisille.
<b>Rekisterin suojauksen periaatteet</b>	Manuaalinen aineisto säilytetään lukitussa tilassa/kaapissa. Digitaalinen aineisto suojataan käyttäjätunnuksella ja salasanalla tai kaksivaiheisella käyttäjän tunnistuksella (MFA). Aineistosta poistetaan suorat tunnistetiedot. Kaikki käsiteltävä aineisto on salattu File Vault -salauksella.
<b>Rekisteröidyn oikeudet</b>	Tietosuojalainsäädännön mukaisesti sinulle kuuluu oikeus saada pääsy tietoihin, oikaista tietoja, oikeus tietojen poistamiseen (oikeus tulla unohdetuksi), rajoittaa tietojen käsittelyä ja vastustaa henkilötietojen käsittelyä. Jos haluat käyttää jotain oikeuttasi, ota yhteys rekisterinpitäjään.
<b>Oikeus valittaa viranomaiselle</b>	Sinulla on oikeus tehdä valitus henkilötietojen käsittelyä valvovalle viranomaiselle, jos epäilet henkilötietojasi käsiteltävän vastoin tietosuojalainsäädäntöä: tietosuoja.fi / sähköposti: <a href="mailto:tietosuoja@om.fi">tietosuoja@om.fi</a>

## LIITE D: KYSELYN VASTAUKSET



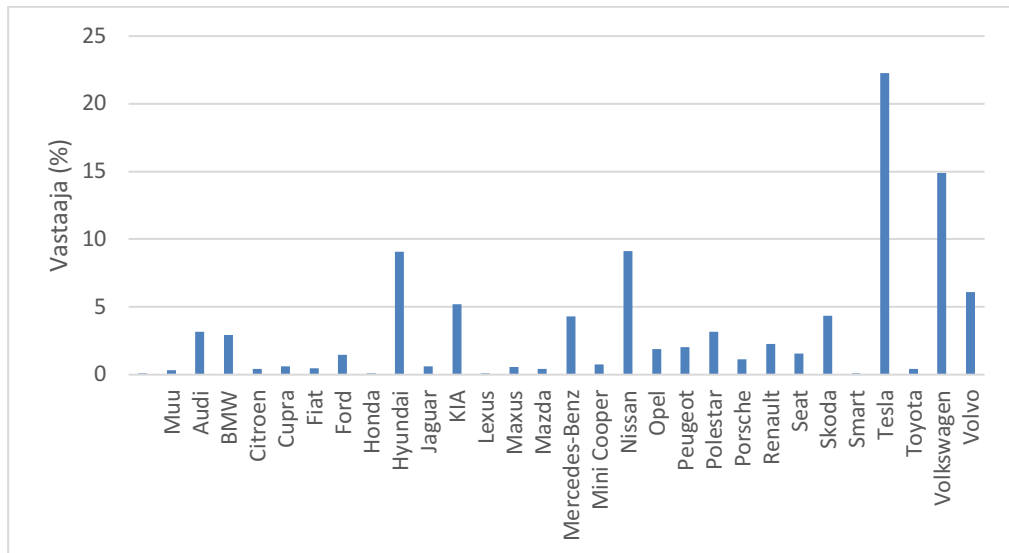
**Kuva D1.** Vastaajien jakautuminen asuntotyypeittäin.

Kuvasta D1 nähdään, kuinka monta prosenttia vastaajista asuu missäkin asuntotyypissä. Noin 64 % enemmistö asui omakotitalossa, 18 % asui kerrostalossa ja 13 % rivitalossa. Loput noin 5 % asui jossakin muussa asuntotyypissä



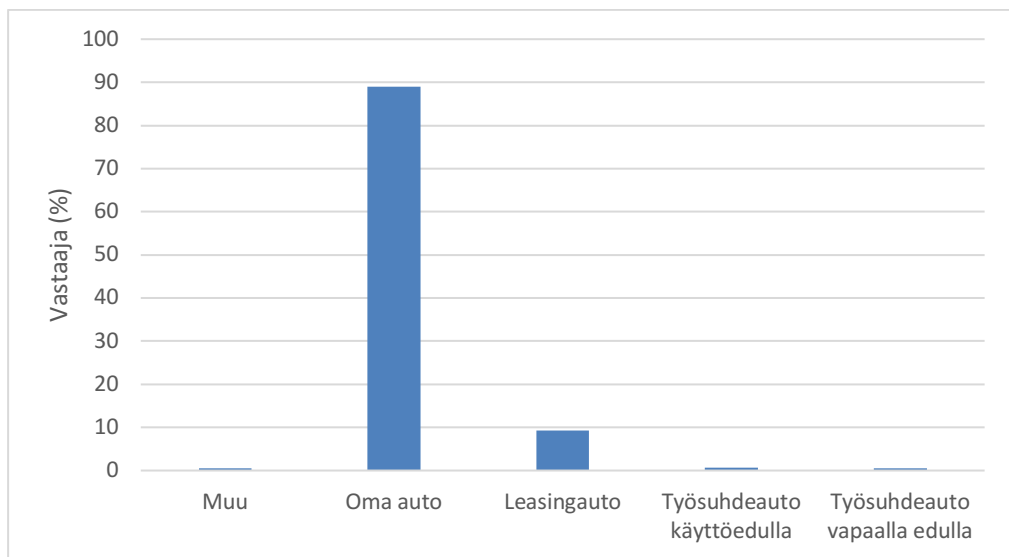
**Kuva D2.** Vastaajien omistamien autojen lukumäärä.

Kuvassa D2 on esitetty vastaajien omistamien autojen lukumäärät. Vastaajien joukossa korostui henkilöautojen lukumäärät talouksittain. Vastaajista 49,1 % talouksista oli kaksi autoa, 37,5 % autoja oli vain yksi ja 13,5 % kolme tai useampi auto.



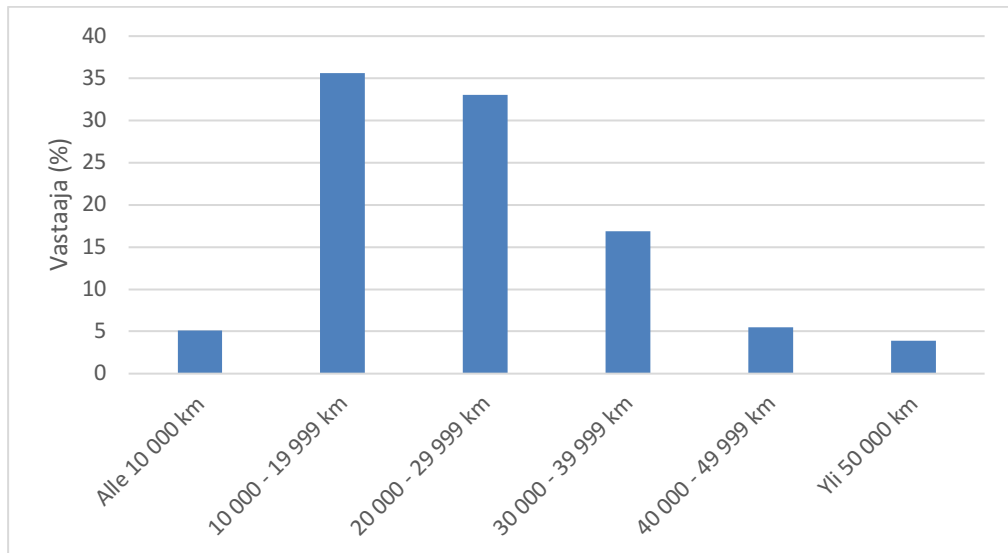
**Kuva D3.** Vastajiin omistamien ensisijaisten autojen jakautuminen merkeittäin.

Kuvasta D3 nähdään eri automerkkien osuus vastaajiin ensisijaisten autojen joukossa. Suurimmalla osalla merkeistä käyttäjiä oli alle 5 % otoksesta, mutta Teslalla ajoi yli 20 % ja Volkswagenilla noin 15 % vastaajista.



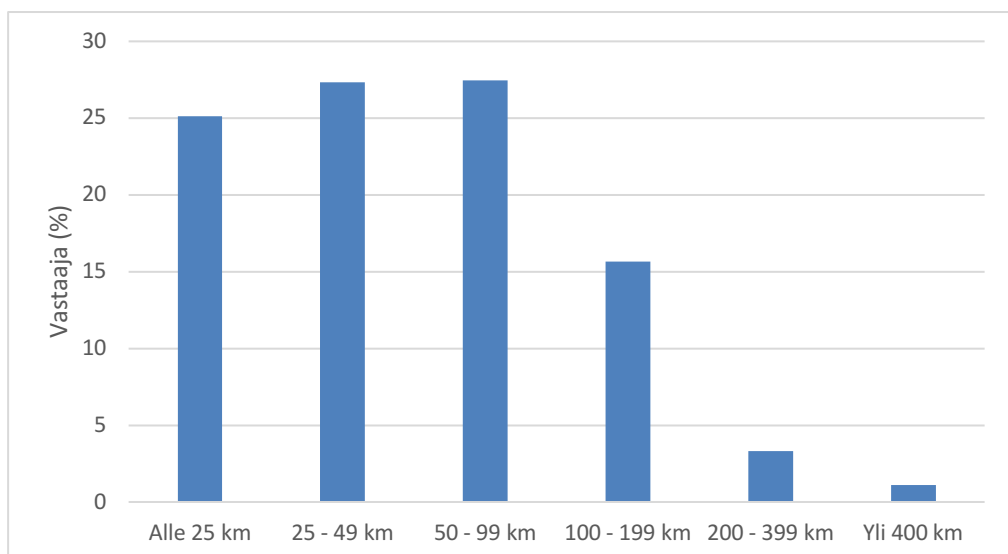
**Kuva D4.** Vastajiin ensisijaisten autojen jakautuminen omistustavoittain.

Kuvasta D4 huomataan, että lähes 90 % vastaajista ensisijainen auto on oma, noin 10 % käytössä on leasingauto. Työsuhdeautojen tai muiden omistustapojen osuudet olivat marginaaliset.



**Kuva D5.** Vastaajien ensisijaisten autojen vuosittaiset ajokilometrit.

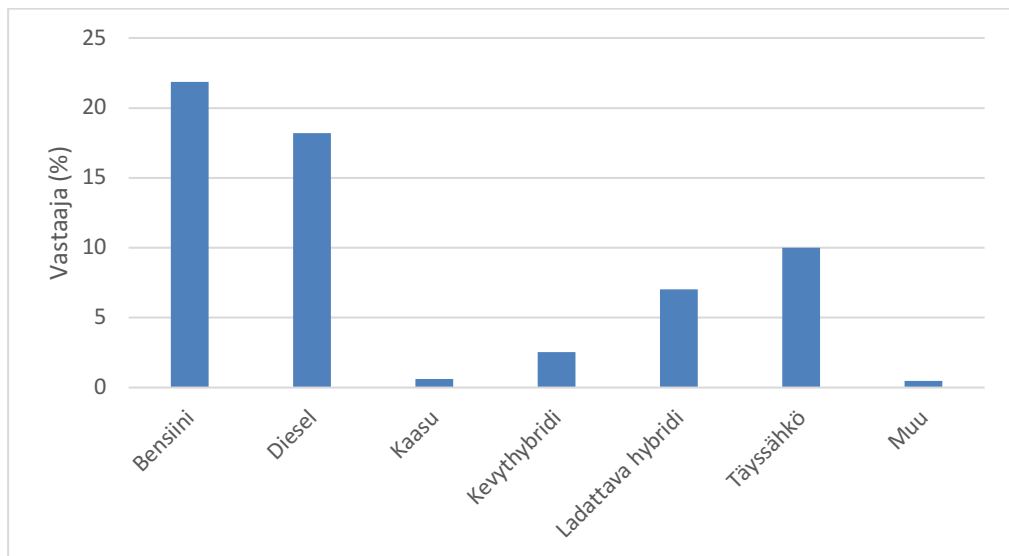
Kuvassa D5 on esitettyä vastaajien ensisijaisten autojen vuosittaisen ajokilometrien jakauma. Yli 35 % vastaajista ajaa 10 000–19 000 km vuodessa, lähes yhtä suuri joukko, 33 %, ajaa 20 000–29 000 km vuodessa, noin 17 % vastaajista ajaa 30 000–39 000 km vuodessa. Alle 10 000 km, 40 000–49 000 km ja yli 50 000 km vuodessa ajaa noin 5 % osuuden muodostavat joukot vastaajista.



**Kuva D6.** Vastaajien ensisijaisten autojen päivittäiset ajokilometrit.

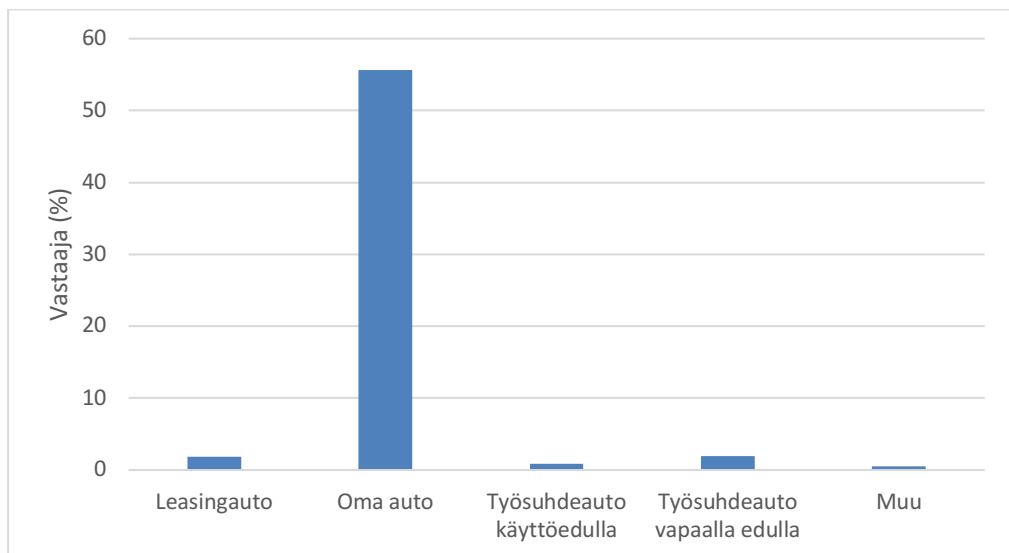
Kuvasta D6 puolestaan nähdään vastaajien päivittäiset ajokilometrit. Päivittäin alle 25 km ajoi 25 % vastaajista, 25–49 km ajoi noin 27 % ja 50–99 km ajoi samaten noin 27 % vastaajista. 100–199 km päivittäin ajoi vajaa 16 % vastaajista ja 200–399 km ajoi hieman yli 3 % vastaajista ja yli 400 km päivittäin ajoi vain noin 1 % vastaajista.

Vastaajat, jotka vastasivat toiseen kysymykseen, kuinka monta autoa taloudessanne on, ”kaksi tai useampi” pääsivät vastaamaan myös alla oleviin kysymyksiin talouden toisesta autosta. Vastaajia, joiden taloudessa oli kaksi tai useampi autoa, oli yhteensä 988.



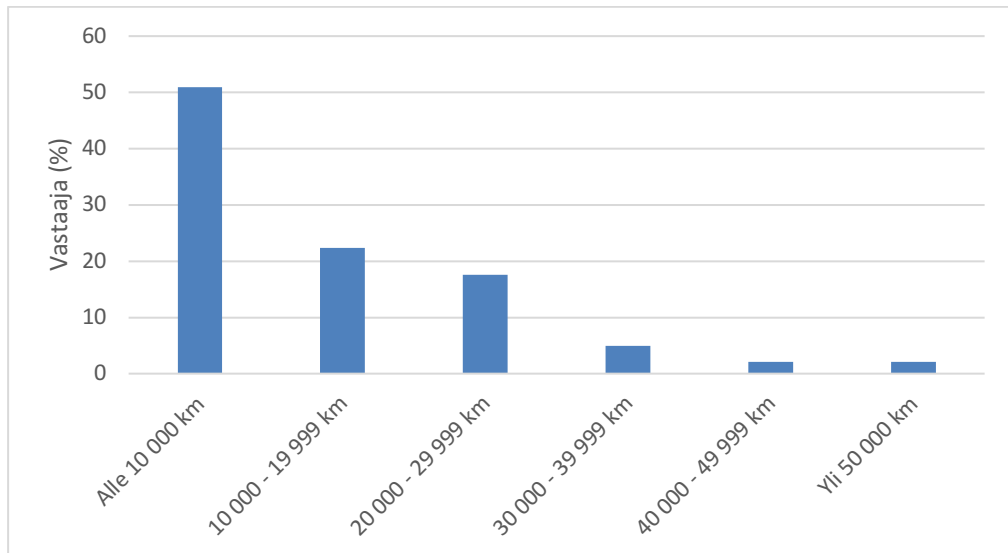
**Kuva D7.** Vastaajien toissijaisten autojen jakauma käyttövoimittain.

Kuvassa D7 on esitetty vastaajien toissijaisten autojen jakauma käyttövoimittain. Vain 10 % vastaajista toinenkin auto oli täyssähköauto. Noin 40 % vastaajista toissijainen auto oli joko benssiini- tai dieselkäyttöinen. Kuvaajasta puuttuu 39,2 % otoksesta, jolla siis ei ollut toista autoa taloudessa.



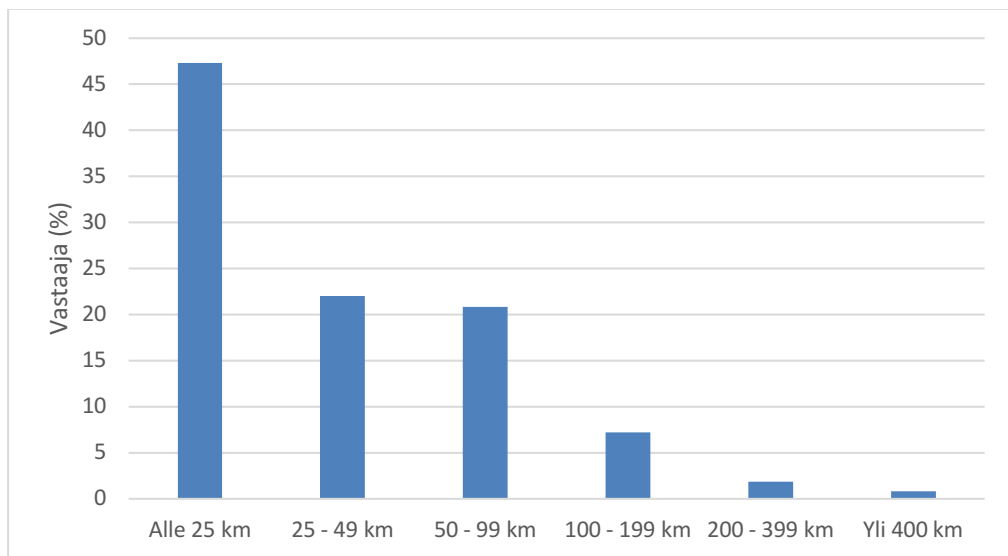
**Kuva D8.** Vastaajien toissijaisten autojen jakauma omistusmuodoittain.

Kuvassa D8 on esitetty toissijaisten autojen omistusmuodot. Yli puolella vastaajista toissijainen auto oli oma. Kuvaajasta puuttuu 39,2 % otoksesta, jolla siis ei ollut toista autoa taloudessa.



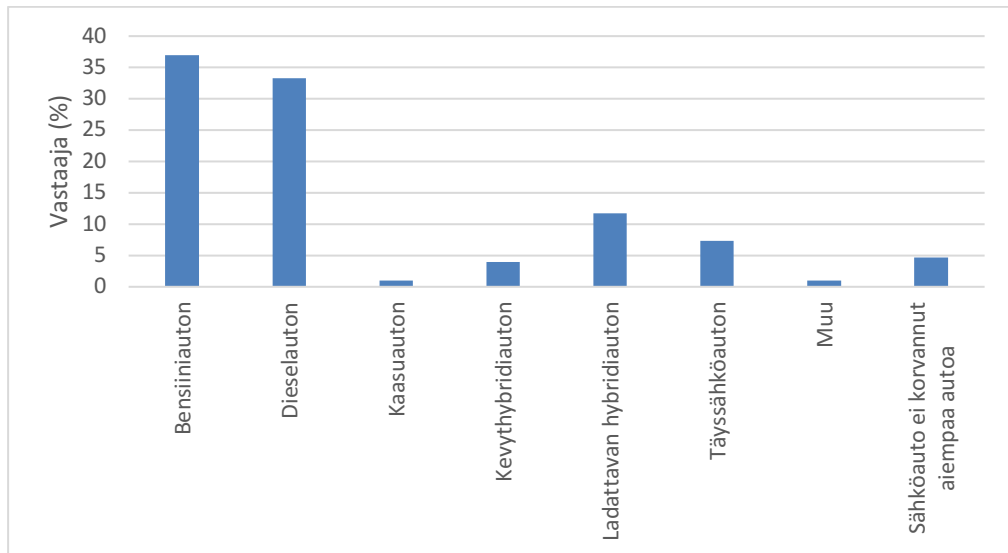
**Kuva D9.** Vastaajien toissijaisten autojen vuosittaiset ajokilometrit.

Kuvassa D9 on esitetty vastaajien toissijaisten autojen vuosittaisen ajokilometrien jakauma. Yli puolen vastaajista talouden toissijaisella autolla ajettiin vuosittain alle 10 000 km. 10 000–19 999 km ajoi reilu 20 % ja puolestaan 20 000–29 999 km ajoi vajaa 20 % vastaajista.



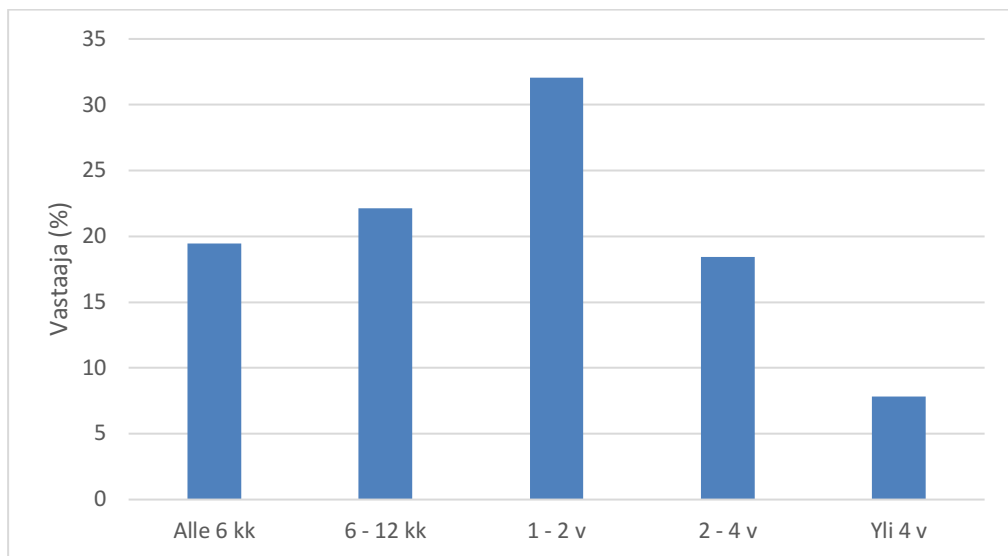
**Kuva D10.** Vastaajien toissijaisten auton keskimääräiset päivittäiset ajokilometrit.

Kuvassa D10 vastaavasti on esitetty vastaajien toissijaisten autojen keskimääräisten päivittäisten kilometrien jakauma. Alle 25 km päivittäin ajettiin noin 47 %, 25–49 km ajettiin noin 22 % ja 50–99 km ajettiin noin 21 % vastaajista toissijaisilla autoilla.



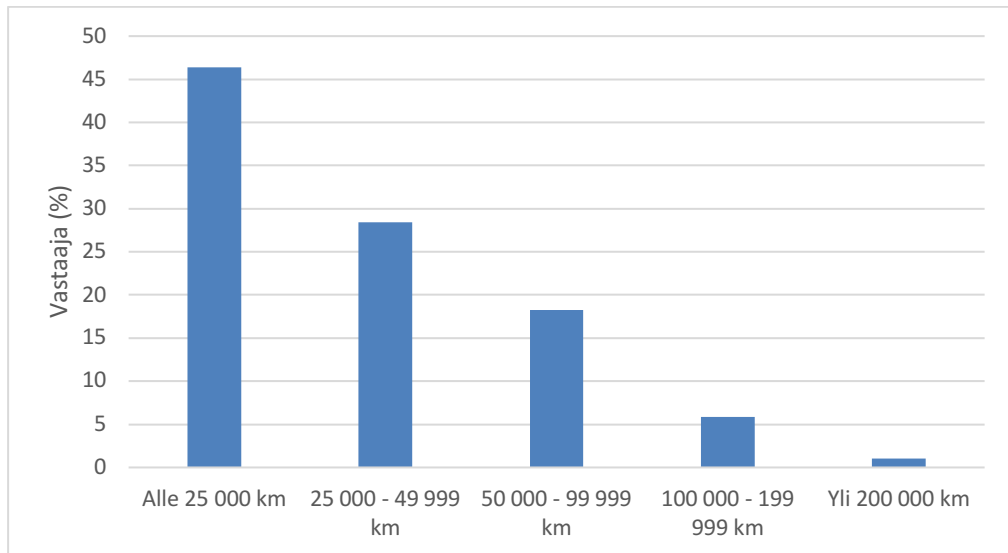
**Kuva D11.** Vastaajien sähköautoja edeltäneiden autojen käyttövoimien jakauma.

Kuvasta D11 nähdään vastaajilla ennen sähköautoa olleen auton käyttövoima. Noin 70 % vastaajista käyttövoimana oli ollut bensiini tai diesel. Plug-in-hybridi oli ollut noin 12 % vastaajista ja täyssähkö noin 7 % prosentilla.



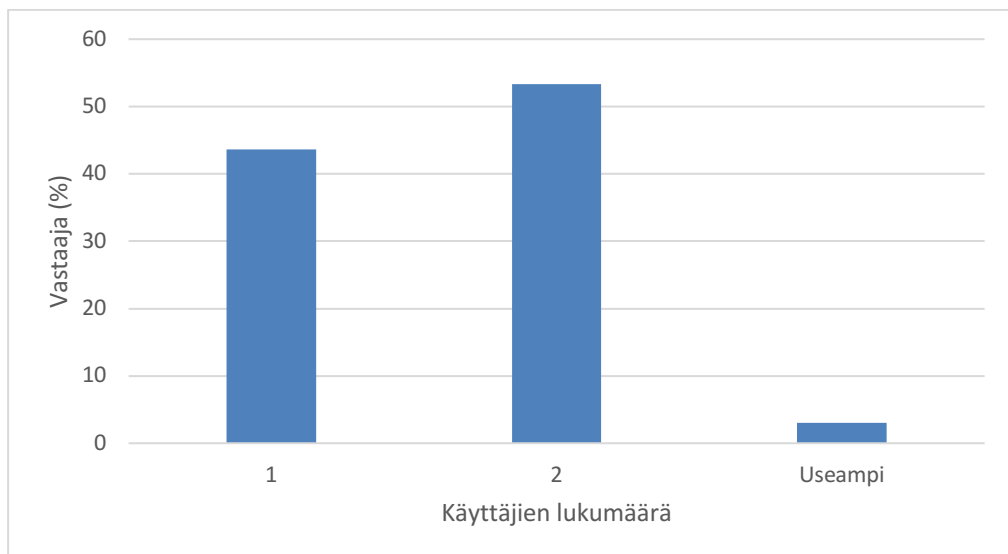
**Kuva D12.** Vastaajien omistamisaika sähköautoille.

Kuvassa D12 on esitetty vastaajien sähköauton omistusaika. Tässä vastaajia pyydettiin huomioimaan myös aikaisemmat sähköautot. Alle 20 % oli omistanut sähköauton alle 6 kuukautta, 6–12 kuukautta sähköauto oli ollut noin 23 %, noin 32 % sähköauto oli ollut vuodesta kahteen vuotta, 2–4 vuotta sähköauton omistaneita oli noin 18 % ja yli 4 vuotta sähköauton omistaneita noin 8 % vastaajista.



**Kuva D13.** Vastaajien omistamien autojen kokonaiskilometrit.

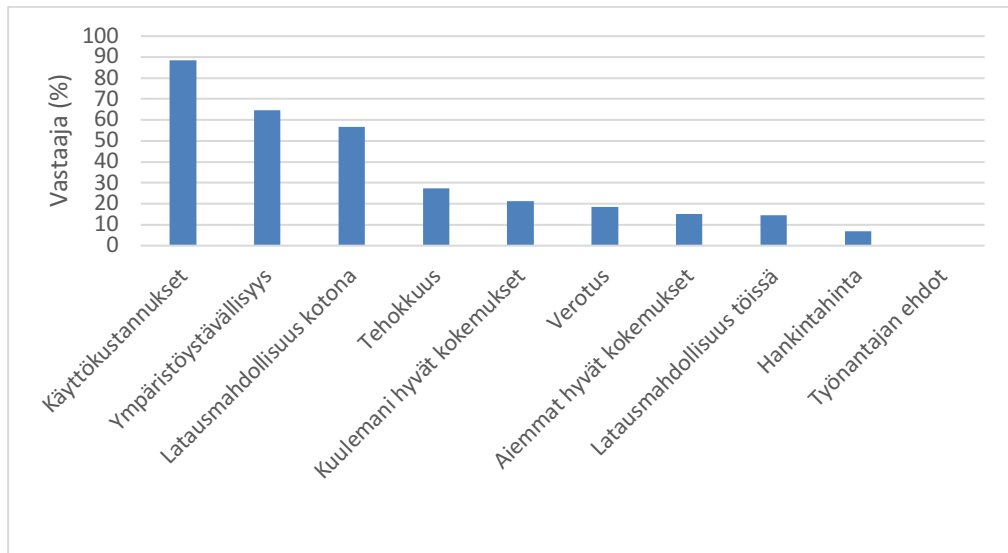
Kuvasta D13 nähdään, paljonko vastaajien autoilla on ajettu kokonaisuudessa. Alle 25 000 km oli ajettu noin 46 %, 25 000–49 999 km noin 28 %, 50 000–99 999 km noin 18 %, 100 000–199 999 km noin 6 % ja yli 200 000 km noin 1 % vastaajista autoilla.



**Kuva D14.** Vastaajien sähköauton käyttäjien lukumäärä.

Kuvassa D14 on esitetty vastaajien ensisijaisen sähköauton käyttäjien lukumäärä. Vastaajien talouksien ensisijaisella sähköautolla oli 43,7 % vain yksi käyttäjä, 53,4 % vastaajista talouden ensisijaista sähköautoa käytti kaksi henkilöä ja 3,0 % vastaajista ensisijaisella sähköautolla käyttäjiä oli useampia.

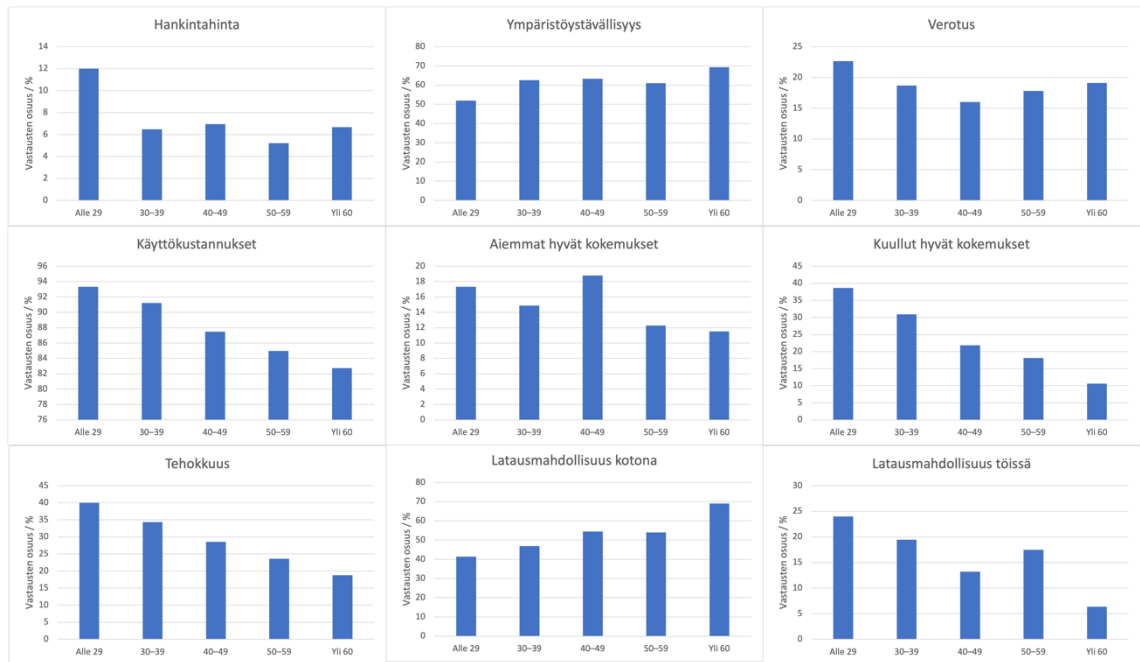




**Kuva D15.** Vastaajien kolme merkittävintä syytä sähköauton hankinnalle.

Kuvassa D15 on vastaajien kolme merkittävintä syytä sähköauton hankinnalle. Merkittävintä hankintasyitä, käyttökustannukset, oli lähes 90 % vastaajista. Keskimääräisesti myös ympäristöystävällisyys noin 65 % osuudella ja kotona oleva latausmahdollisuus noin 55 % osuudella olivat tärkeitä hankintasyitä. Muita syitä sähköauton hankinnalle vastaajat antoivat yhteensä 171 kappaletta eli 12 % vastaajista vastasi myös jonkin muun kuin yllä listatun vaihtoehdon sähköauton hankinnan merkittävimmäksi syyksi. Nämä muut vaihtoehdot olivat siis vastaajien itse muotoilemia, mutta selkeitä yhteneväisyyksiä vastausten sisällöstä löytyi. Esimerkiksi kokeilunhalu, uuden tekniikan ja teknologian viehätys, edelläkävijyys sekä tulevaisuusorientoituneisuus esiintyivät lähes sadassa (7 %) vastauksessa. Ajomukavuus, ajokokemus, miellyttävyyys ja hiljaisuus olivat reilun 30 vastaajan (2 %) mielestä merkittävin tekijä sähköauton hankinnassa. Sähköautojen ja -valmistajien brändi, imago ja maine, käyttäjien oma imago ja maine ystävien ja tuttavien silmissä, sekä autojen ulkonäkö olivat yleinen vastaus. Noin 20 vastaajaa (1 %) vastasi jonkin edellä mainituista syistä olleen hankinnan merkittävin syy. Alhaiset käyttö- ja huoltokustannukset sekä rahallisesti houkuttelevat tarjoukset sähköautoista olivat noin 10 vastaajalla (alle 1 %) sähköauton hankinnan syynä. Lisäksi oli yksittäisiä vastauksia, joiden osuus jäi siis alle promilleen, joten niitä ei otettu huomioon analyysissä.

Seuraavassa kuvassa D16 on esitetty tärkeäksi koetut hankintasyitä ikäryhmittäin tarkasteltuna.

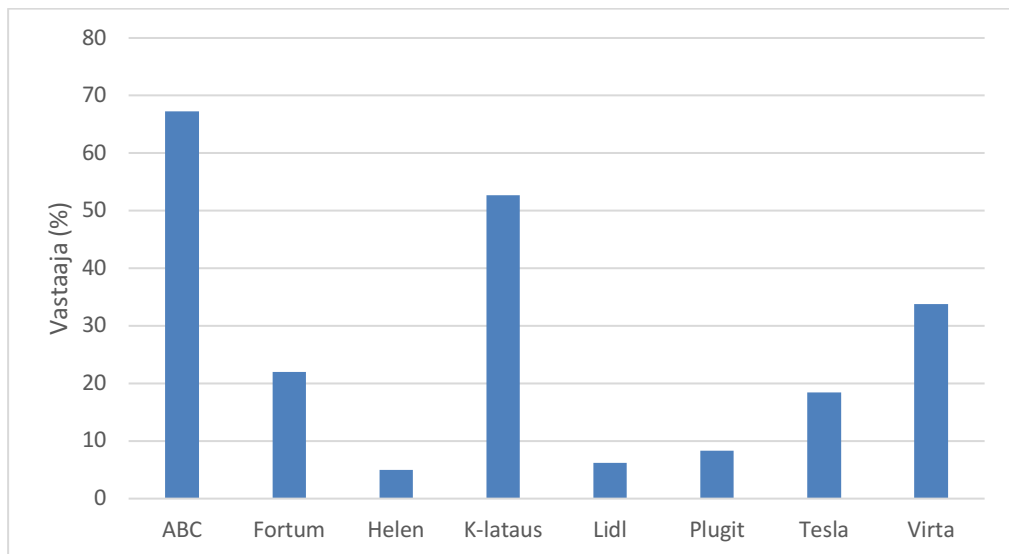


**Kuva D16.** Tärkeäksi koetut hankintasyyt ikäryhmittäin tarkasteltuina.

Huomattavaa yllä olevassa kuvassa D16 on, että yksittäisten taulukoiden asteikot eroavat toisistaan, mutta ikäryhmät ovat samat kaikissa taulukoissa. Kuvasta D16 nähdään, että ensinnäkin käyttökustannuksia pidettiin kaikissa ikäryhmissä selvästi tärkeämpinä kuin itse sähköauton hankintahintaa. Toisekseen alle 29-vuotiaiden ryhmässä hankintahinta oli kuitenkin noin kaksi kertaa todennäköisemmin tärkeä syy hankinnalle kuin muissa ikäryhmissä, muttei silti ollut kuin noin kahdeksannelle vastaajista tärkeä hankintasy. Mielenkiintoinen huomio on, että latausmahdollisuutta kotona pidettiin keskimäärin tärkeämpänä vanhemmissa ikäryhmissä ja puolestaan latausmahdollisuutta töissä pidettiin keskimäärin tärkeämpänä nuoremmissa ikäryhmissä. Ympäristöystävällisyys oli yli puolella kaikista ikäryhmistä tärkeä hankinnan syy, mutta se korostui vanhemmissa ikäryhmissä. Vastaavasti vastaajien kuulemat hyvät kokemukset sähköautoista oli nuorille ikäryhmille vastaajille selvästi tärkeämpi hankinnan syy kuin vanhemmille ikäryhmille.

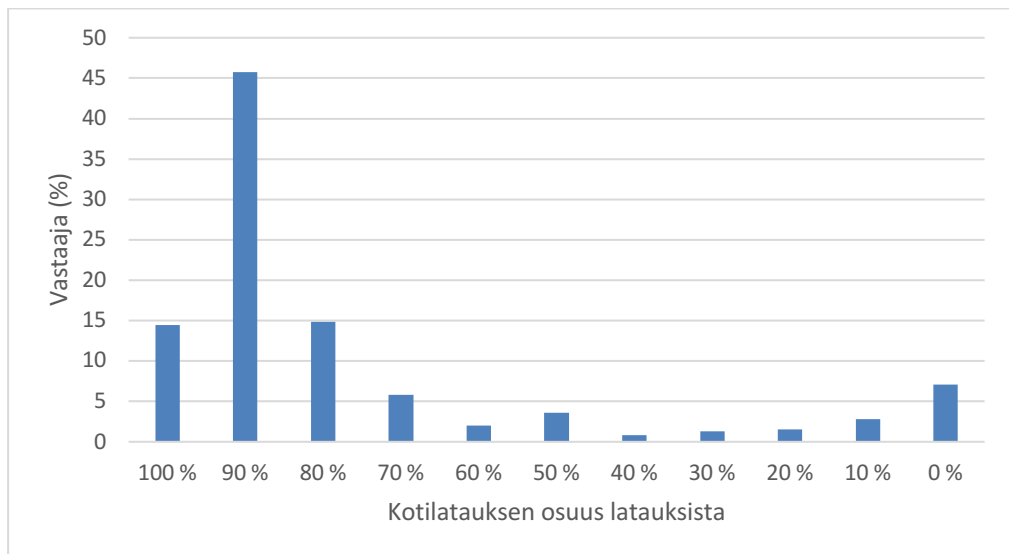
Sukupuolittain tarkasteltaessa sähköauton hankintasyyt jakautuivat suurimmaksi osin otannan mukaisessa suhteessa sukupuolten välillä. Kuitenkin tehokkuus ja verotus olivat miehille keskimäärin tärkeämpi hankinnan syy. Puolestaan hankintahinta oli naisille keskimäärin tärkeämpi hankinnan syy. Käyttökustannuksien sekä kuultujen hyvin kokemusten osalta oli havaittavissa negatiivinen lineaarinen korrelaatio kokemukseen. Käytännössä siis mitä kokemattomampi vastaaja oli sähköauton omistajana, sitä merkittävämpi edellä mainittu hankintasy oli hänelle. Tehokkuuden ja aiempien hyvin kokemusten

osalta havaittiin puolestaan positiivinen lineaarinen korrelaatio kokemukseen. Mitä pidempi kokemus vastaajalla oli sähköauton omistajana, sitä merkittävämpiä tehokkuus ja aiemmat hyvät kokemukset olivat hänelle hankintasyynä.



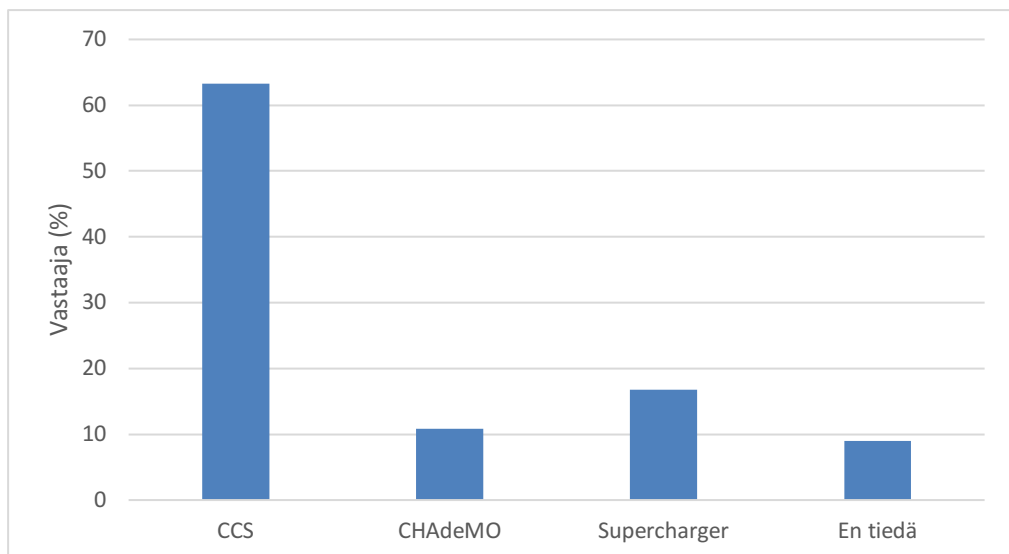
**Kuva D17.** Käytetyimmät latauspalveluntarjoajat

Kuvassa D17 on esitettyä käytetyimmät latauspalveluntarjoajat vastaajien keskuudessa. Latauspalveluntarjoajien joukosta vastaajien keskuudessa erottui erityisesti kaksi markkinajohtajaa kuvan D17 mukaisesti. Vastaajista noin 67 % käytti pääasiallisesti ABC:n latausasemia ja noin 53 % käytti vastaavasti K-latauksen latausasemia. Myös Virran, Fortum ja Teslan latausasemia käytettiin muutaman kymmenen prosentin frekvenssillä vastaajien keskuudessa. Vastaajilla oli lisäksi mahdollista vastata jokin itse kirjattava vastausvaihtoehto. Muutamia vain kotona lataajia oli vastaajien joukossa, mutta eParkingin palvelua käytti 25 vastaajaa (1,8 %) ja Rechargea puolestaan 21 vastaajaa (1,5 %). Muita esiinnoitettuja latauspalveluntarjoajia käytti alle 1 % vastaajista.



**Kuva D18.** *Kotona tapahtuvan latauksen osuus kaikesta latauksesta.*

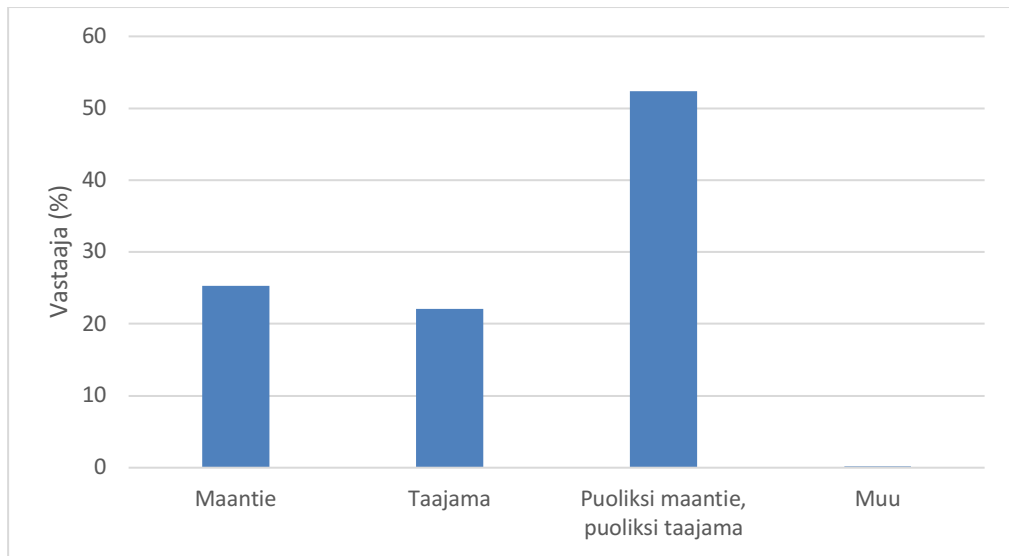
Kuvasta D18 nähdään vastaajien oma arvio siitä, kuinka suuri osuus heidän sähköautonsa latauksesta tapahtuu kotona. Vastaajista 75 % arvioi, että 80 % latauksesta tapahtuu kotona. Vastaavasti alle 15 % vastaajista latsi vähintään yhtä usein julkisella lataus-  
asemalla kuin kotonaan.



**Kuva D19.** *Vastaajien autojen pikalatausstandardit.*

Kuvassa D19 on esitetty vastaajien autojen hyödyntämät pikalatausstandardit. CCS oli selvästi yleisin noin 63 % osuudella, jonka jälkeen Supercharger noin 18 % osuudella ja CHAdeMO noin 10 % osuudella. Vajaa 10 % vastaajista ei tiennyt autonsa pikalatausstandardia.

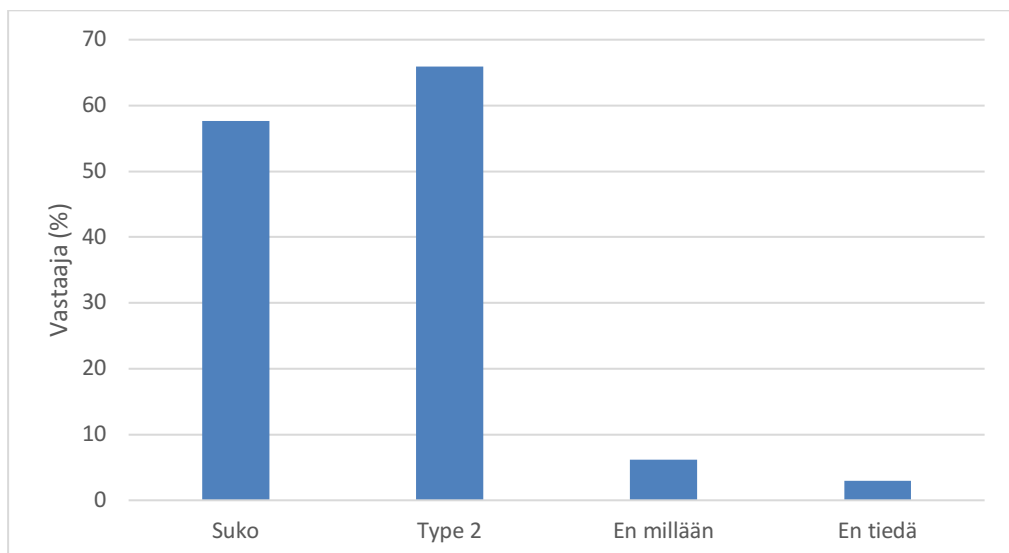
Vastaajien tyypillinen ajoympäristö sähköautollaan jakautui alla olevan kuvan D20 mukaisesti.



**Kuva D20.** Tyypillinen ajoympäristö vastaajien sähköautoilla

Vastaajista reilulla 50 %, 751 vastaajalla, tyypillinen ajoympäristö autollaan oli puoli maantiellä ja puoliksi taajamassa. Noin 25 % vastaajista, 363 vastaajalla, tyypillinen ajoympäristö oli maantiellä ja noin 22 % vastaajista, 316 vastaajalla, puolestaan taajamassa.

Kuvassa D21 on esitetty vastaajien kotonaan käyttämän latausstandardit.

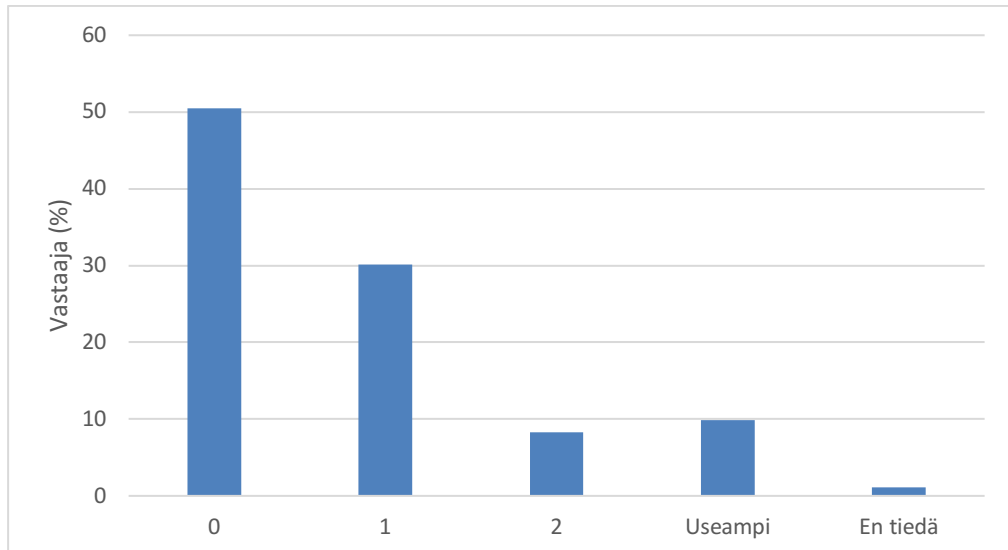


**Kuva D21.** Kotona tapahtuvassa latauksessa käytettävä pistoke

Kysymyksen tarkoituksena oli kartoittaa, miten käyttäjät lataavat sähköautojaan kotonaan. Koska on mahdollista, että käyttäjillä on useampi mahdollisia tapoja ladata autoon, kysymykseen pystyi valitsemaan useamman eri vaihtoehdon. Vastaajista 825 latasi

sähköautonsa kotonaan suko-pistorasiasta, 944 vastaajista käytti type 2-latauspistoketta lataamiseen, vastaajista 89 ei ladannut autoaan kotonaan lainkaan ja 43 ei tiennyt mitä latauspistoketta käyttävät ladatessaan kotonaan. Vastaajista 88 kertoi lataavansa sähköautoaan kotonaan jollain muulla latauspistokkeella. Nämä vastaajat kirjoittivat erilliseen kenttään tarkentavan vastauksensa:

- 67 kertoi käyttävänsä jonkin tyyppistä 11k W latauspistoketta tai voimavirtaa
- neljällä oli käytössään CCS-laturi
- neljä vastaajaa käytti CEE- tai caravan-pistoketta
- kolme puolestaan käytti Type 1-laturia
- kaksi vastaajaa käytti superschukoa
- kaksi vastaajaa kertoi käyttävänsä Tesla wall connectoria
- yksi vastaaja oli tilannut 22 kW laturin
- yhdellä vastaajalla oli käytössään aurinkoenergialla toimiva latausasema
- lisäksi seitsemän vastaajaa kertoivat lataavansa käyttäen suko-pistorasiaa kutsuen sitä normaaliksi pistorasiaksi ja 1 kertoi, ettei lataa sähköautoaan kotonaan.

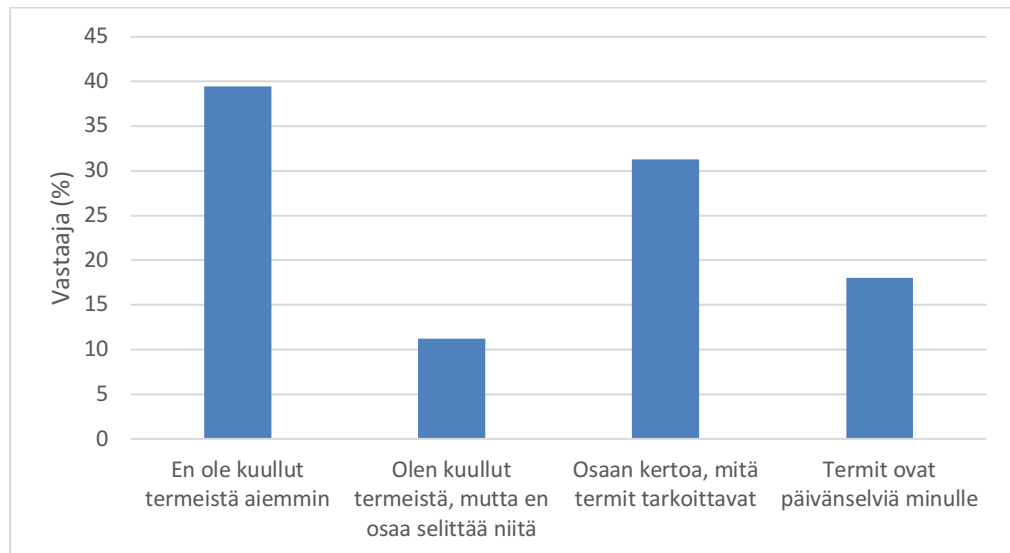


**Kuva D22.** Vastaajilla käytössään olevien ei julkisten latauspisteiden lukumäärä

Kuvasta D22 nähdään, montako latauspistettä vastaajilla on käytettävissään kotinsa ulkopuolella. Vastaajista yli puolella, 718, ei ollut kotinsa ulkopuolella kuin julkisia latauspisteitä eli käytännössä esimerkiksi työpaikalla ei ole kuin julkisia latauspisteitä mahdollisesti käytettävissä. Hieman alle kolmasosalla vastaajista, 428, oli yksi latauspiste käytettävissään kodin ulkopuolella eli esimerkiksi vapaa-ajan asunnollaan tai työpaikallaan.

Alle kymmenesosalla vastaajista, 118, oli kaksi latauspistettä käytettävissään ja lähes vastaavalla osuudella vastaajista, 140, oli useampi kuin kaksi latauspistettä käytettävissään. Noin prosentti vastaajista, 16, ei tiennyt kuinka monta latauspistettä heillä oli käytettävissään.

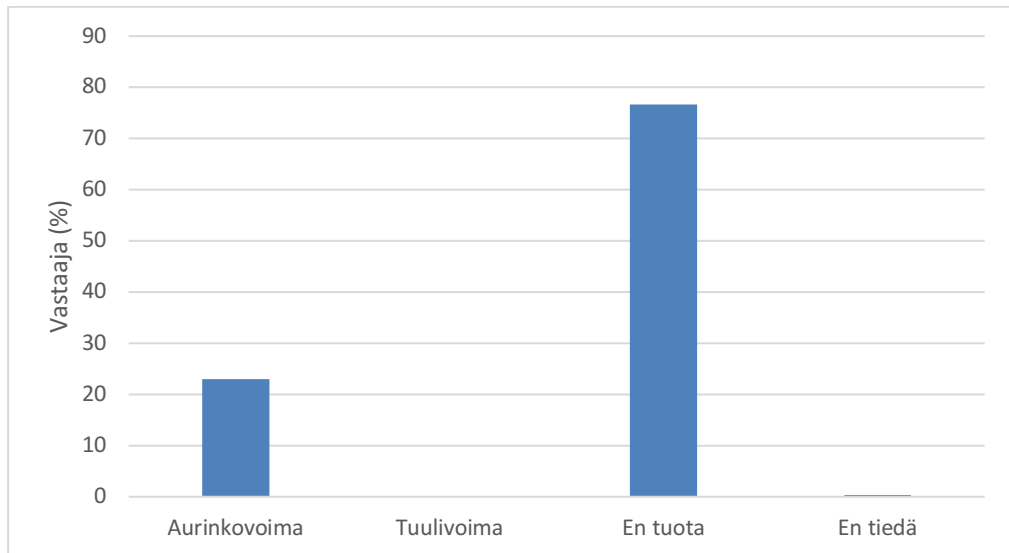
Seuraavassa kuvasta D23 nähdään, kuinka hyvin vastaajat tunsivat termit V2G ja V2H omasta mielestään.



**Kuva D23.** Vastaajien tuntemus termeistä V2G ja V2H.

Noin 40 % ei ollut kuullut termeistä aiemmin, noin 32 % osasi kertoa, mitä termit tarkoittavat ja noin 18 % termit olivat päivänselviä. Noin 11 % oli kuullut termeistä, mutta ei osannut selittää niitä oman arvionsa mukaan.

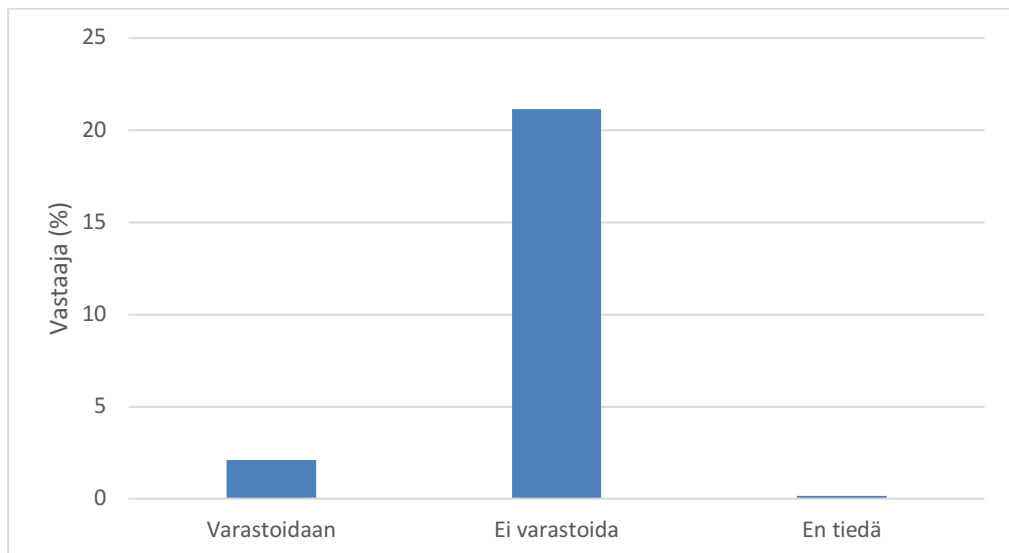
Seuraavassa kuvassa D24 vastaajilta kysyttiin, tuottavatko he omistamillaan kiinteistöil-  
lään sähköä itse, esimerkiksi aurinko- tai tuulivoiman avulla.



**Kuva D24.** Sähkön tuottaminen itse

Vastaajista 23 % tuotti sähköä itse aurinkopaneeleilla, yksi hyödynsi tuulivoimalaa sähkön tuottamiseen ja selvä enemmistö, 77 % vastaajista, ei tuottanut sähköä itse. Vastaajista neljä puolestaan ei tiennyt, tuottavatko he sähköä itse. Muita sähkön tuottamistapoja ei kukaan vastaajista maininnut.

Alla olevassa kuvassa D25 puolestaan on esitetty vastaajien mahdollisuus varastoida sähköä heidän omistamillaan kiinteistöillä johonkin siihen tarkoitettuun järjestelmään.

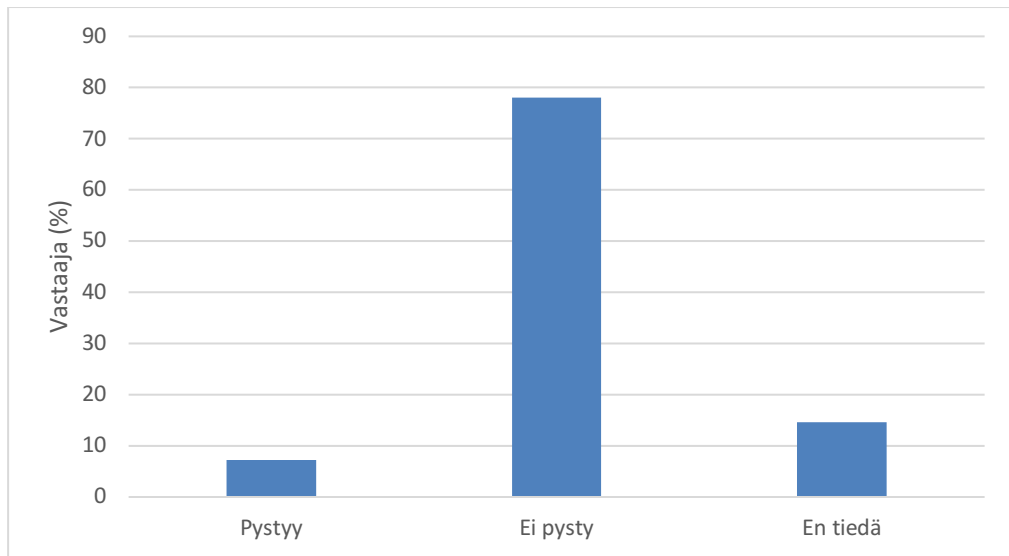


**Kuva D25.** Sähkön varastointi siihen tarkoitettuun erilliseen järjestelmään.

Kysymys sähkön varastoinnista esitettiin vain heille, jotka olivat vastanneet aiempaan kysymykseen sähkön tuottamisesta kyllä. Näistä vastaajista 10 % kertoi varastoivansa sähköä ja 90 % ei varastoinut. Kuvassa ei ole esitetty vastaamatta jättäneitä eli niitä, joille kysymystä ei näytetty.

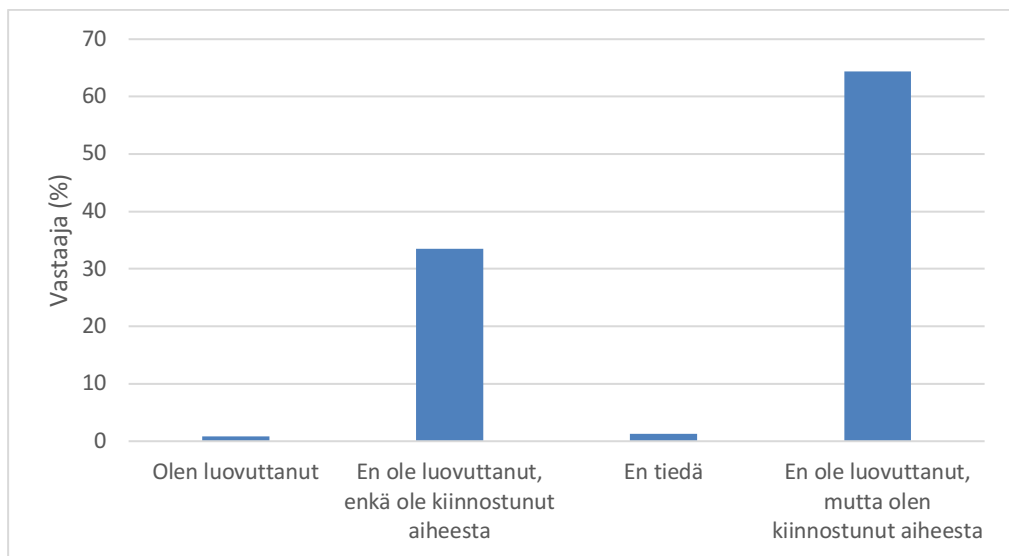


Seuraavassa kuvasta D26 nähdään, kuinka monen vastaajista auto pystyy luovuttamaan energiaa esimerkiksi takaisin kodin sähköverkkoon.



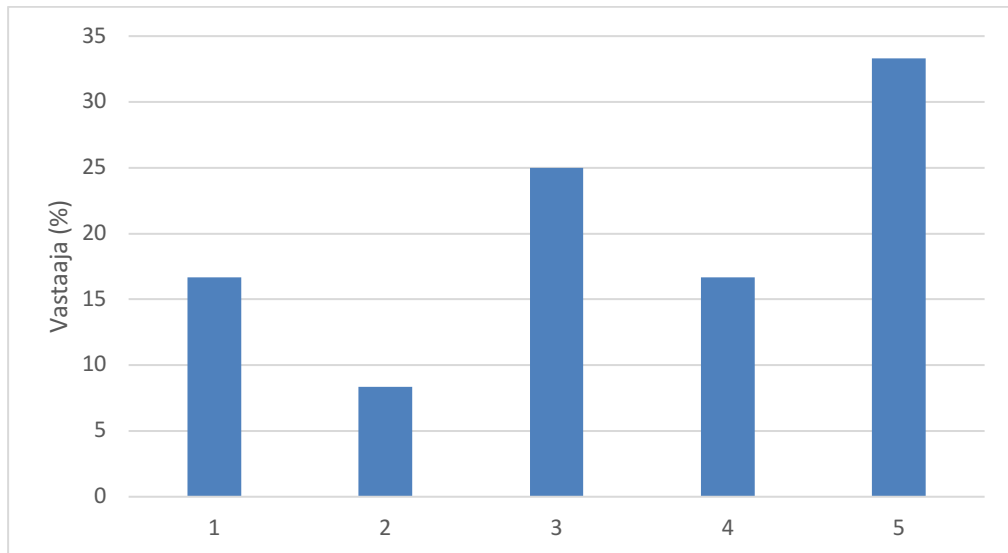
**Kuva D26.** Auton kyky luovuttaa sen akustoon varastoitua energiaa takaisin kodin sähköverkkoon.

Kuvasta D26 huomataan, että noin 78 % vastaajista ei pysty luovuttamaan autonsa akustoon varastoitua energiaa takaisin kotinsa sähköverkkoon. Noin 7 % puolestaan pystyi ja noin 15 % ei tiennyt, pystyvätkö.



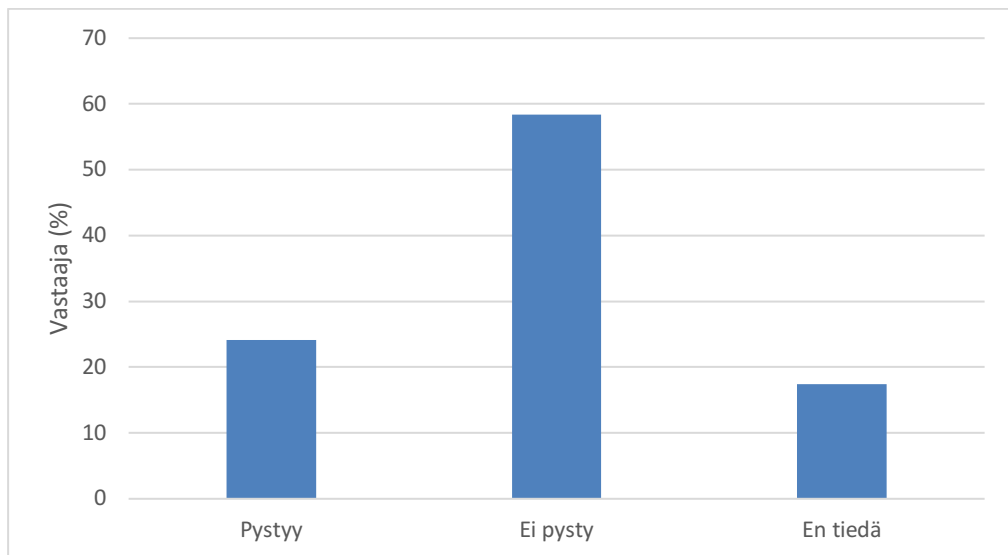
**Kuva D27.** Vastaajien kokemus energian luovuttamisesta auton akustosta takaisin kodin sähköverkkoon.

Kuvassa D27 on esitetty vastaajien kokemus ja kiinnostus energian luovuttamiseen auton akustosta takaisin kodin sähköverkkoon. Noin 33 % vastaajista ei ollut luovuttanut, eikä heitä kiinnostanut aihe. Puolestaan noin 64 % vastaajista ei ollut luovuttanut, mutta oli kuitenkin kiinnostunut aiheesta.



**Kuva D28.** *Kuinka helppoa V2H-tekniikan käyttö oli asteikolla 1–5 (erittäin vaikea – erittäin helppo?)*

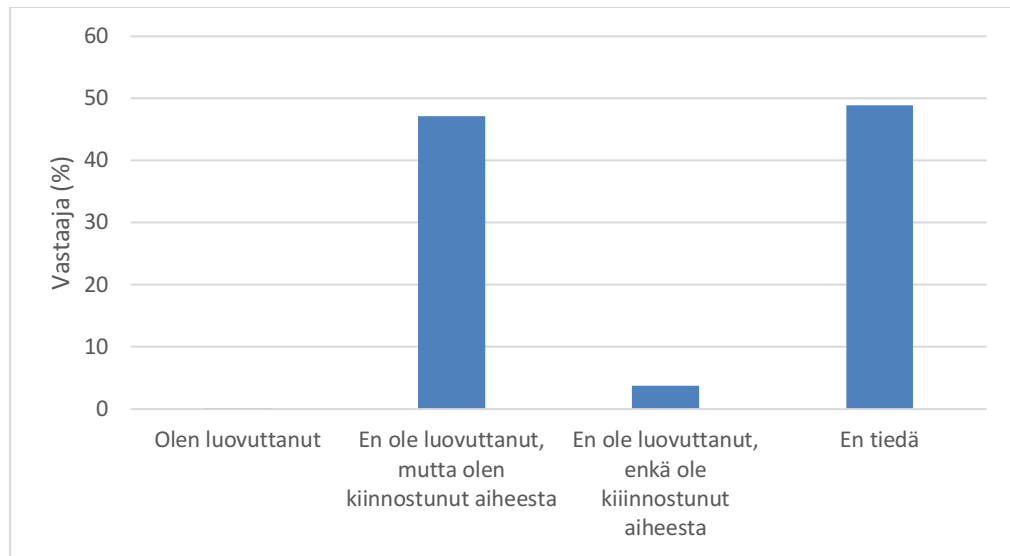
Kuvassa D28 on esitetty V2H-tekniikan käytön vaikeus vastaajien mielestä. Kuvasta D28 nähdään, että vastauksen käytön vaikeudesta jakautuivat vahvasti. Vastaajista noin 33 % piti käyttöä erittäin helppona, noin 17 % piti käyttöä helppona, noin 25 % ei osannut sanoa oliko käyttö helppoa vai vaikeaa, noin 8 % piti käyttöä vaikeana ja noin 17 % erittäin vaikeana. Vastaajia oli yhteensä 12.



**Kuva D29.** *Mahdollisuus energian luovuttamiseen kiinteistöltä takaisin sähköverkkoon.*

Kuvassa D29 on vastaajien mahdollisuus luovuttaa energiaa kiinteistöltään yleiseen sähköverkkoon. Vastaajista noin 24 % pystyi luovuttamaan energiaa kiinteistöltään takaisin sähköverkkoon, noin 59 % ei pystynyt tähän ja noin 18 % ei tiennyt, onko tämän mahdollista.

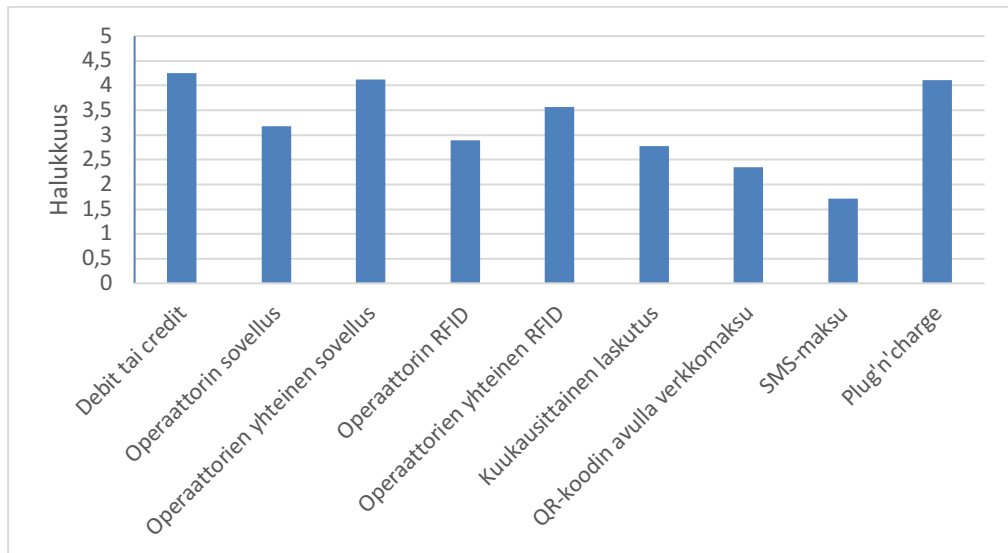
Seuraavassa kuvassa D30 on esitetty vastaajien kokemukset siitä, ovatko he luovuttaneet energiaa kiinteistöltään takaisin yleiseen sähköverkkoon.



**Kuva D30.** *Vastaajien kokemus energian luovuttamisesta kiinteistöltään takaisin yleiseen sähköverkkoon*

Kuten kuvasta D30 nähdään, lähes 50 % vastaajista ei ole luovuttanut energiaa yleiseen sähköverkkoon, mutta on kiinnostunut aiheesta. Vain vajaa 5 % ei ollut luovuttanut, eikä ollut kiinnostunut aiheesta. Lisäksi vajaa 50 % ei tiennyt ovatko luovuttaneet. Strukturoitujen vastausten muotoilu ei valitettavasti mahdollistanut näiden kiinnostuksen tunnistamista.

Seuraavassa kuvassa D31 on kootusti esitettynä vastaajien suhtautuminen sähköauton latauksen eri maksutapoihin.

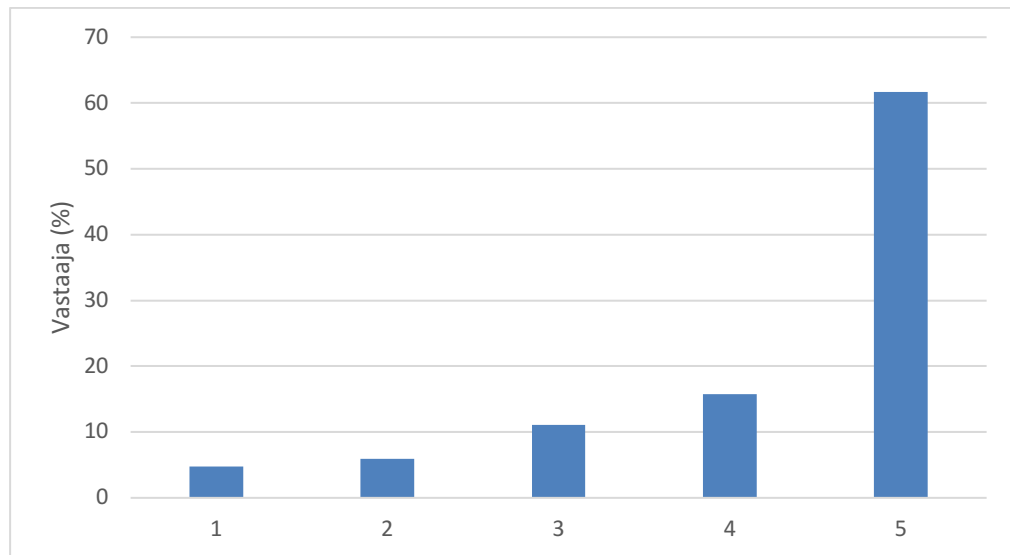


**Kuva D31.** Halukkuus eri sähköauton latauksen maksutapoja kohtaan asteikolla 1–5 (en missään nimessä käyttäisi – ehdottomasti käyttäisin).

Kuvasta D30 nähdään, että selvästi suosituimmat maksutavat olivat pankki- tai luottokortti, monikäyttöinen sovellus, joka siis toimisi useamman eri latausoperaattorin lataus- asemilla, ja plug'n'charge, jossa ajoneuvo välittäisi maksutiedot latausoperaattorille automaattisesti, kun pistoke kiinnittyy auton latausporttiin. Näiden lisäksi myös monikäyttöinen RFID-tunniste (engl. Radio-Frequency Identification) oli haluttu maksu tapa, kunhan se toimisi useamman eri latausoperaattorin latausasemille. Yksittäisten latausoperaattorien omiin sovelluksiin, yksittäisten latausoperaattorien RFID-tunnisteisiin sekä kuukausittain tapahtuvaan laskutukseen suhtauduttiin neutraalisti. QR-koodilla tapahtuvaan verkkomaksuun suhtauduttiin puolestaan varautuneesti ja SMS-maksua vastaajat eivät olleet valmiita käyttämään missään tapauksessa. Vastaajien suhtautuminen heille esitettyihin latauksen maksutapoihin oli ikäryhmittäin vertailtuna melko tasaista. Pankki- tai luottokortilla maksamiseen alle 29-vuotiaat suhtautuivat muita ikäryhmiä vastahakoisemmin. Puolestaan sovelluksella maksamiseen alle 29-vuotiaat suhtautuivat muita ikäryhmiä suopeammin. Kuukausittaista laskutusta pidettiin keskimäärin vanhemmissa ikäryhmissä halutumpana maksutapana. Toisin kuin plug'n'charge, jota puolestaan nuoremmat ikäryhmät pitivät haluttuna maksutapana. Myös Khiin neliö -testin perusteella iällä ja eri maksutapojen houkuttelevuudella oli merkittävät korrelaatiot. Poikkeuksena oli monikäyttöinen RFID-tunniste, joka ei korreloinut iän kanssa. Sukupuolittain tarkasteltaessa houkuttelevat latauksen maksutavat jakautuivat otannan mukaisessa suhteessa sukupuolten välillä. Poikkeuksena oli QR-koodilla verkkomaksaminen ja SMS-viestillä maksaminen, jotka olivat naisten mielestä keskimäärin mieluisia vaihtoehtoja. Nämä havainnot olivat nähtävissä myös khiin neliö -testien tuloksissa. Latausoperaattorin omalla

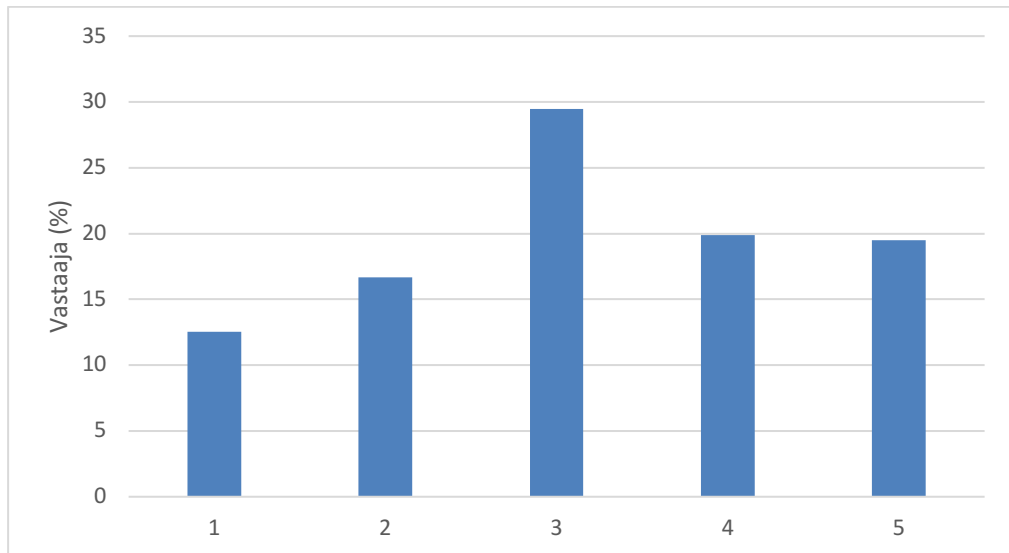
sekä monikäyttöisellä sovelluksella maksamisen havaittiin olevan mieluisampi kokemattomille sähköauton omistajille eli näiden välillä oli negatiivinen korrelaatio. Puolestaan plug'n'charge-maksaminen oli mieluisampi maksutapa kokeneille sähköauton omistajille.

Alla olevissa kuvissa D32–D40 on analysoitu kunkin maksutavan vastauksia tarkemmin.



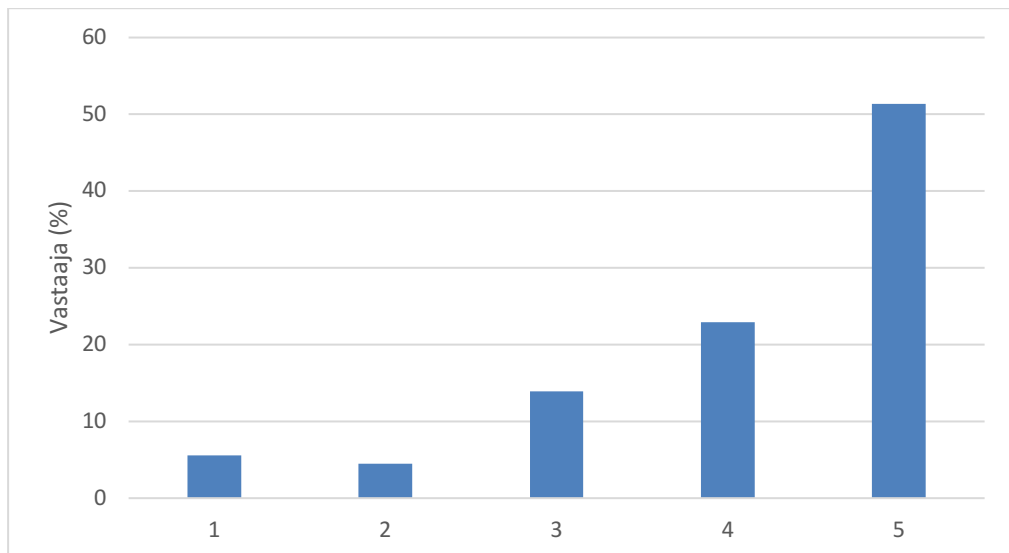
**Kuva D32.** *Latauksen maksamisen houkuttelevuus pankki- tai luottokortilla asteikolla 1–5 (en missään nimessä käyttäisi – ehdottomasti käyttäisin).*

Yli 60 % vastaajista ehdottomasti käyttäisi pankki- tai luottokorttia latauksen maksamiseen. Khiin neliö -testin perusteella sukupuoli ja pankki- tai luottokortilla maksamisella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,715$ ), iällä ja pankki- tai luottokortilla maksamisella oli merkittävä korrelaatio ( $\chi^2= 54,782$ ,  $df=16$ ,  $p<0,001$ ) ja kokemuksella ja pankki- tai luottokortilla maksamisella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,938$ ) 5 % merkittävyytasolla.



**Kuva D33.** Latauksen maksamisen houkuttelevuus latausoperaattorin omalla sovelluksella asteikolla 1–5 (en missään nimessä käyttäisi – ehdottomasti käyttäisin).

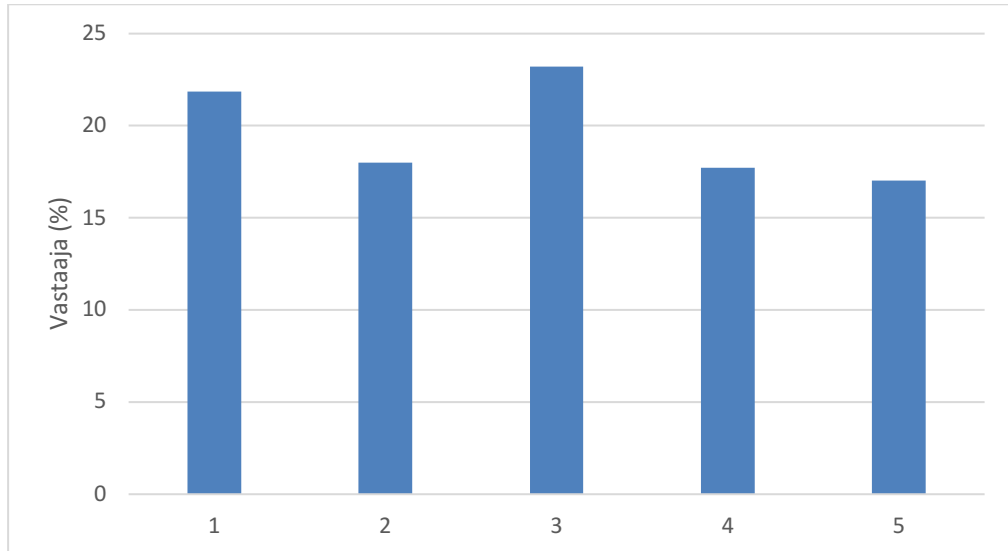
Latausoperaattorin omalla sovelluksella maksamiseen suhtauduttiin keskimäärin neutraalisti. Khiin neliö -testin perusteella sukupuoli ja latausoperaattorin sovelluksella maksamisella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,832$ ), iällä ja latausoperaattorin sovelluksella maksamisella oli merkittävä korrelaatio ( $\chi^2= 46,799$ ,  $df=16$ ,  $p<0,001$ ) ja kokeumuksella ja latausoperaattorin sovelluksella maksamisella oli merkittävä korrelaatio ( $\chi^2= 43,391$ ,  $df=20$ ,  $p=0,002$ ) 5 % merkittävyydellä.



**Kuva D34.** Latauksen maksamisen houkuttelevuus monikäyttöisellä latausoperaattoreiden sovelluksella asteikolla 1–5 (en missään nimessä käyttäisi – ehdottomasti käyttäisin).

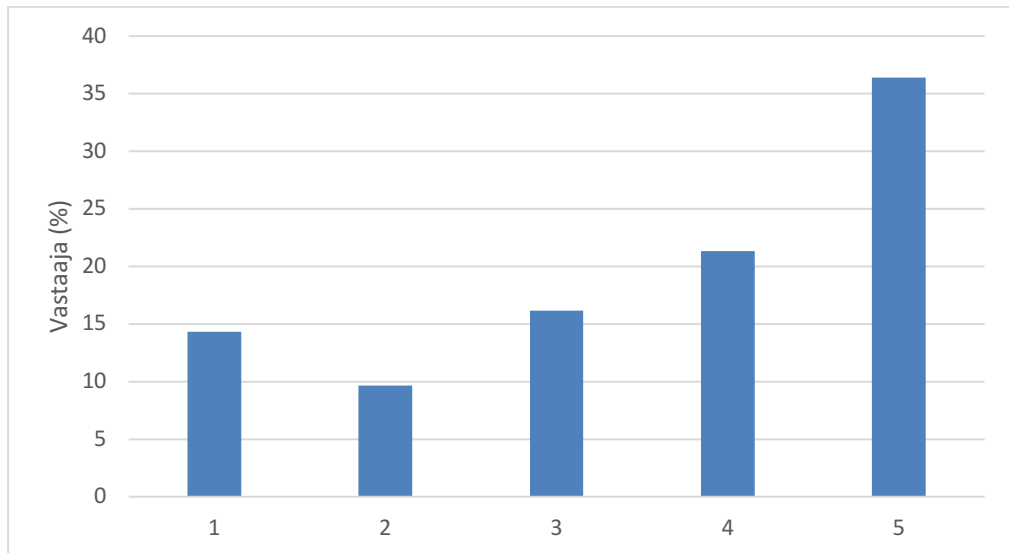
Monikäyttöisellä latausoperaattoreiden sovelluksella maksaisi yli 50 % vastaajista ehdottomasti. Khiin neliö -testin perusteella sukupuoli ja monikäyttöisellä sovelluksella

maksamisella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,833$ ), iällä ja monikäyttöisellä sovelluksella maksamisella oli merkittävä korrelaatio ( $\chi^2= 33,794$ ,  $df=16$ ,  $p<0,006$ ) ja kokemuksella ja monikäyttöisellä sovelluksella maksamisella oli merkittävä korrelaatio ( $\chi^2= 57,013$ ,  $df=20$ ,  $p=0,001$ ) 5 % merkittävyydellä.



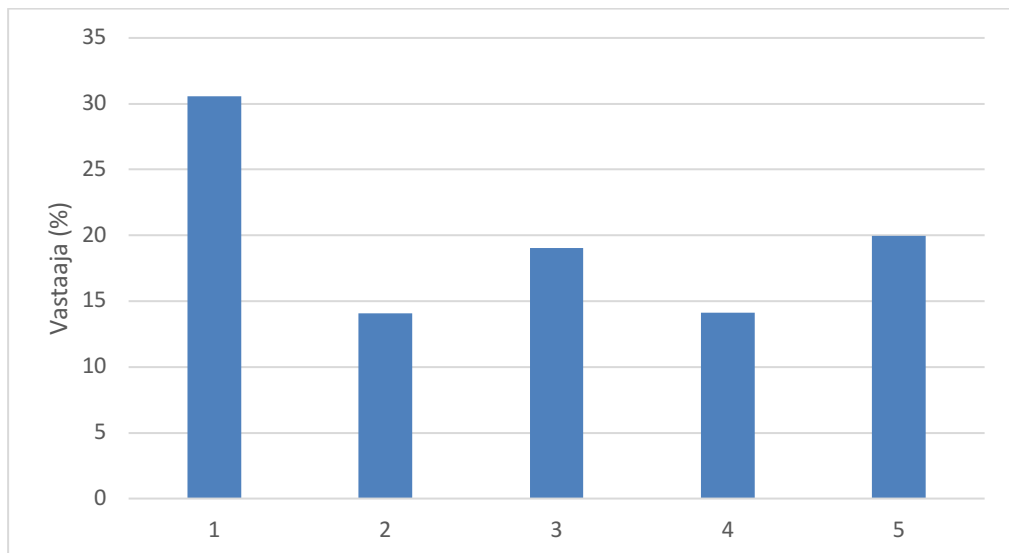
**Kuva D35.** Latauksen maksamisen houkuttelevuus latausoperaattorin omalla RFID-tunnisteella tai latauskortilla asteikolla 1–5 (en missään nimessä käyttäisi – ehdottomasti käyttäisin).

Latausoperaattorin omalla RFID-tunnisteella tai latauskortilla maksamiseen suhtauduttiin melko neutraalisti. Khiin neliö -testin perusteella sukupuoli ja RFID-tunnisteella maksamisella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,438$ ), iällä ja RFID-tunnisteella maksamisella oli merkittävä korrelaatio ( $\chi^2= 28,667$ ,  $df=16$ ,  $p<0,026$ ), mutta kokemuksella ja RFID-tunnisteella maksamisella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,153$ ) 5 % merkittävyydellä.



**Kuva D36.** *Latauksen maksamisen houkuttelevuus monikäyttöisellä latausoperaattoreiden RFID-tunnisteella tai latauskortilla asteikolla 1–5 (en missään nimessä käyttäisi – ehdottomasti käyttäisin).*

Latausoperaattorien yhteisellä RFID-tunnisteella tai latauskortilla maksamiseen suhtauduttiin positiivisesti. Khiin neliö -testin perusteella sukupuolella ja monikäyttöisellä RFID-tunnisteella maksamisella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,659$ ), iällä ja monikäyttöisellä RFID-tunnisteella maksamisella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p<0,359$ ), mutta kokemuksella ja monikäyttöisellä RFID-tunnisteella maksamisella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,245$ ) 5 % merkittävyydystasolla.

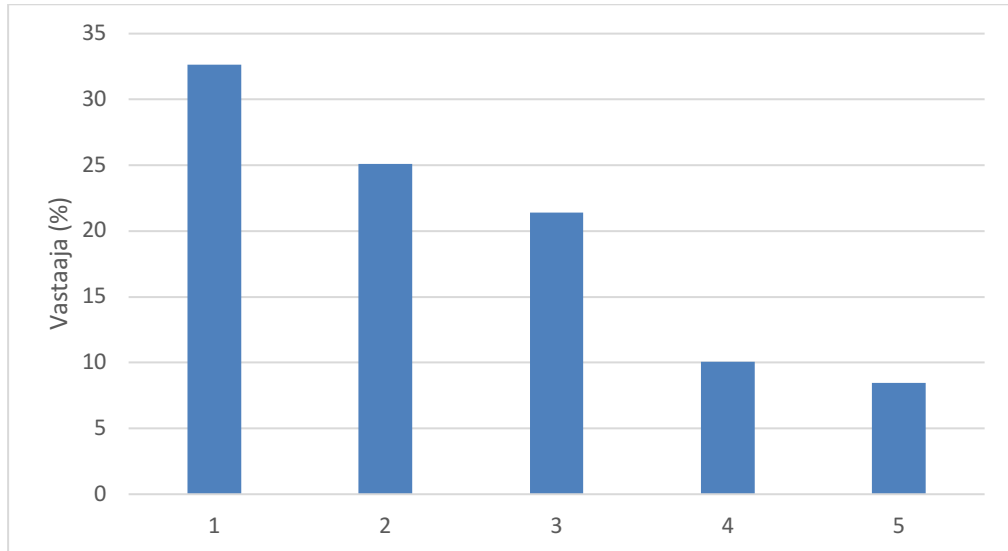


**Kuva D37.** *Latauksen maksamisen houkuttelevuus kuukausittaisella laskutuksella asteikolla 1–5 (en missään nimessä käyttäisi – ehdottomasti käyttäisin).*

Kuukausittaiseen laskutukseen suhtauduttiin hieman negatiivisesti. Khiin neliö -testin perusteella sukupuolella ja kuukausittaisella laskutuksella maksamisella ei ollut merkittä-

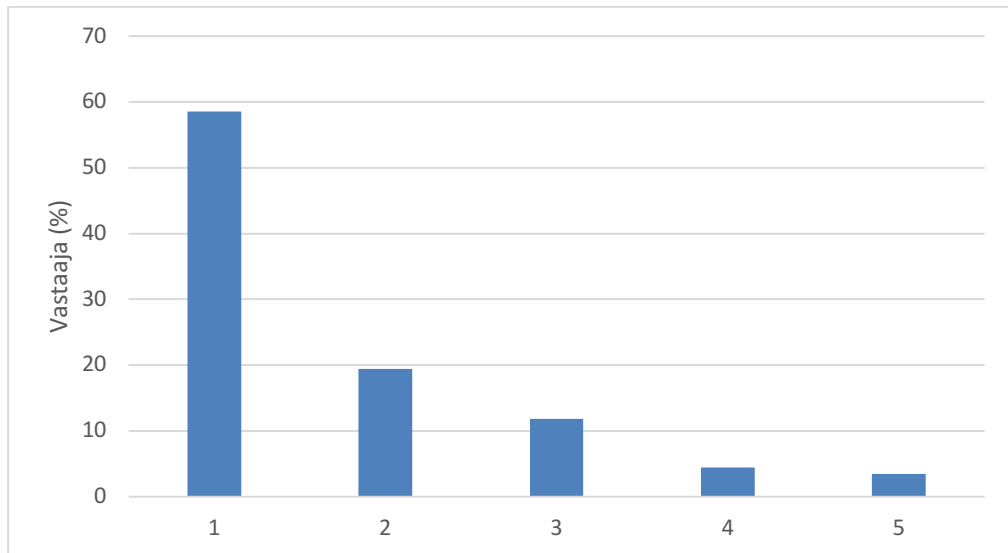


vää korrelaatiota ( $p=0,504$ ), iällä ja kuukausittaisella laskutuksella maksamisella oli merkittävä korrelaatio ( $X^2=31,044$ ,  $df=16$ ,  $p<0,013$ ), mutta kokemuksella ja kuukausittaisella laskutuksella maksamisella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,076$ ) 5 % merkittävyydellä.



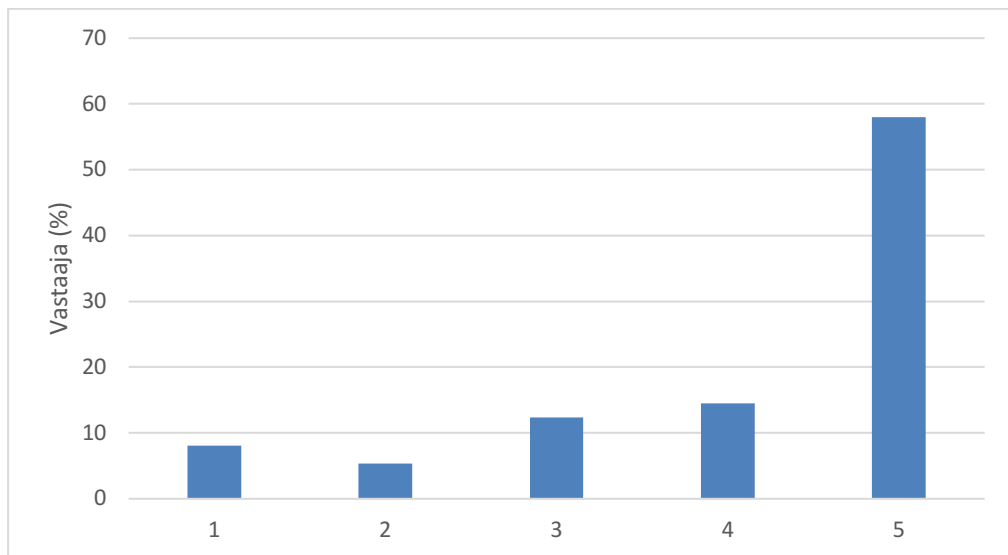
**Kuva D38.** Latauksen maksamisen houkuttelevuus QR-koodilla verkkomaksuna asteikolla 1–5 (en missään nimessä käyttäisi – ehdottomasti käyttäisin).

QR-koodilla verkkomaksamiseen suhtauduttiin negatiivisesti. Lähes 60 % vastaajista ei maksaisi QR-koodin avulla. Khiin neliö -testin perusteella sukupuoli ja QR-koodilla maksamisella oli merkittävä korrelaatio ( $X^2=37,433$ ,  $df=20$ ,  $p=0,010$ ), iällä ja QR-koodilla maksamisella oli merkittävä korrelaatio ( $X^2=28,903$ ,  $df=16$ ,  $p<0,025$ ), mutta kokemuksella ja QR-koodilla maksamisella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,242$ ) 5 % merkittävyydellä.



**Kuva D39.** Latauksen maksamisen houkuttelevuus SMS-maksuna asteikolla 1–5 (en missään nimessä käyttäisi – ehdottomasti käyttäisin).

SMS-maksuun suhtauduttiin myös negatiivisesti. Lähes 80 % ei maksaisi SMS-maksulla latausta. Khiin neliö -testin perusteella sukupuoli ja SMS-maksamisella oli merkittävä korrelaatio ( $X^2=37,992$ ,  $df=20$ ,  $p=0,009$ ), iällä SMS-maksamisella oli merkittävä korrelaatio ( $X^2=50,011$ ,  $df=16$ ,  $p<0,001$ ), mutta kokemuksella ja SMS-maksamisella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,704$ ) 5 % merkittävyytasolla.

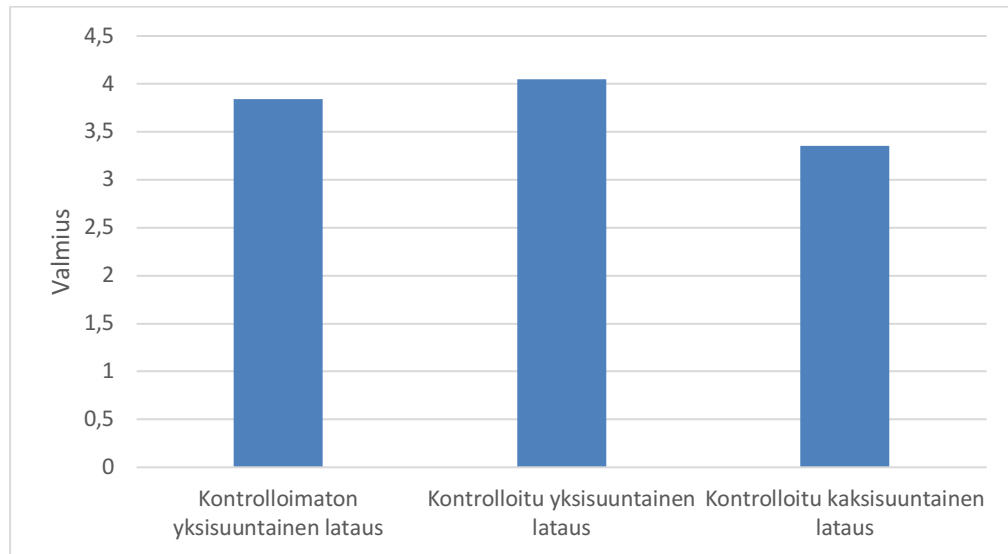


**Kuva D40.** Latauksen maksamisen houkuttelevuus plug'n'charge -palveluna asteikolla 1–5 (en missään nimessä käyttäisi – ehdottomasti käyttäisin)

Plug'n'charge -palveluna latauksen maksaminen oli erittäin houkuttelevaa. Noin 75 % käyttäisi tätä maksutapaa latauksen maksamiseen. Khiin neliö -testin perusteella sukupuoli ja plug'n'charge -maksamisella oli merkittävä korrelaatio ( $X^2=41,398$ ,  $df=20$ ,  $p=0,003$ ), iällä plug'n'charge -maksamisella oli merkittävä korrelaatio ( $X^2=54,396$ ,  $df=16$ ,

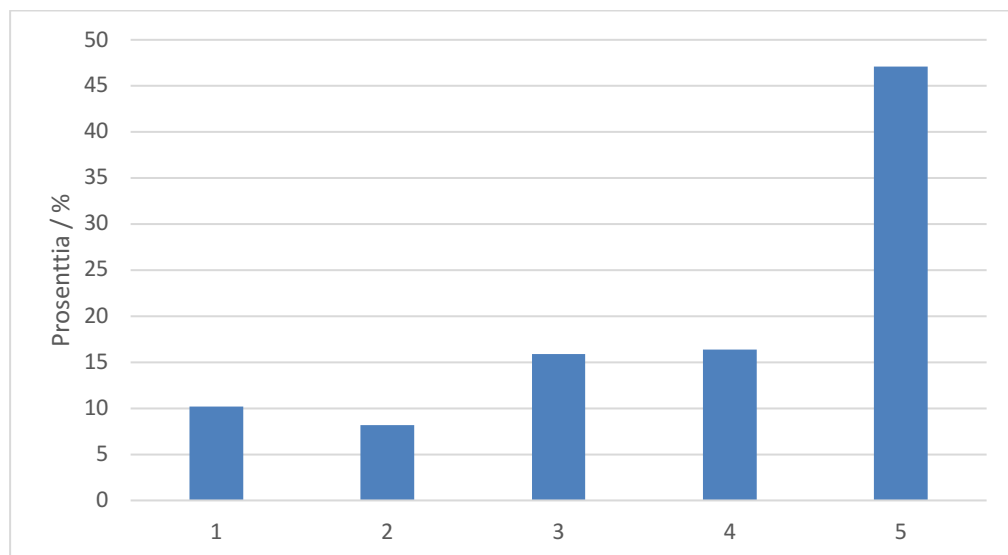
$p < 0,001$ ) ja kokemuksella ja plug'n'charge -maksamisella oli myös merkittävä korrelaatio ( $X^2=33,252$ ,  $df=20$ ,  $p=0,032$ ) 5 % merkittävyydellä.

Seuraavaksi vastaajilta kysyttiin heidän valmiuttaan käyttää erilaisia lataustapoja.



**Kuva D41.** Valmius V2G-latausta kohtaan autoa ladattaessa asteikolla 1–5 (en missään nimessä käyttäisi – ehdottomasti käyttäisin).

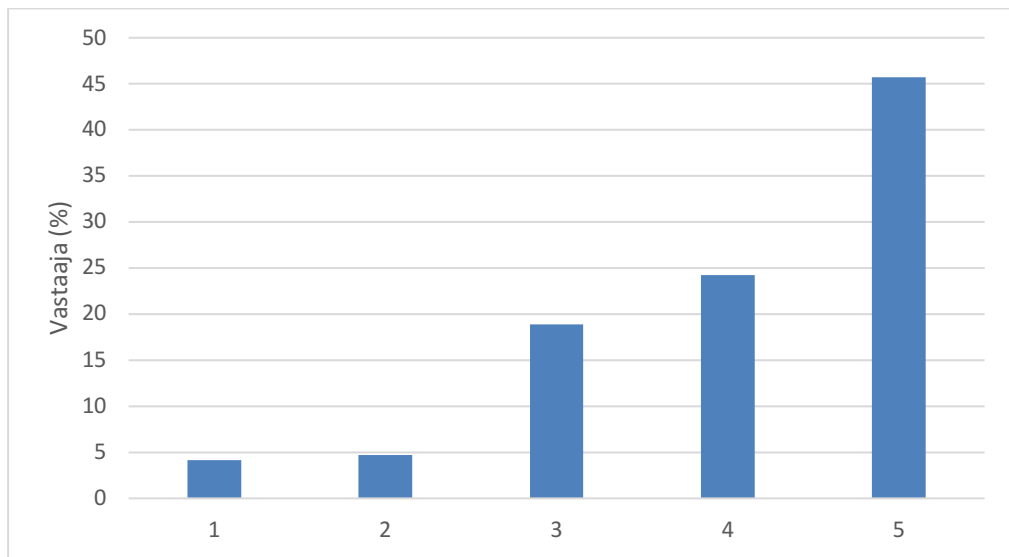
Kuvassa D41 on esitetty vastaajien valmius eri lataustekniikoita kohtaan. Vaihtoehtoja oli kontrolloimaton yksisuuntainen lataus, kontrolloitu yksisuuntainen lataus sekä kontrolloitu kaksisuuntainen lataus. Alla olevissa kuvissa D42–D44 on eritelty vastaajien valmiudet näiden käyttöön.



**Kuva D42.** Valmius käyttää kontrolloimatonta yksisuuntaista latausta oman sähköauton lataamiseksi asteikolla 1–5 (en missään nimessä käyttäisi – ehdottomasti käyttäisin).

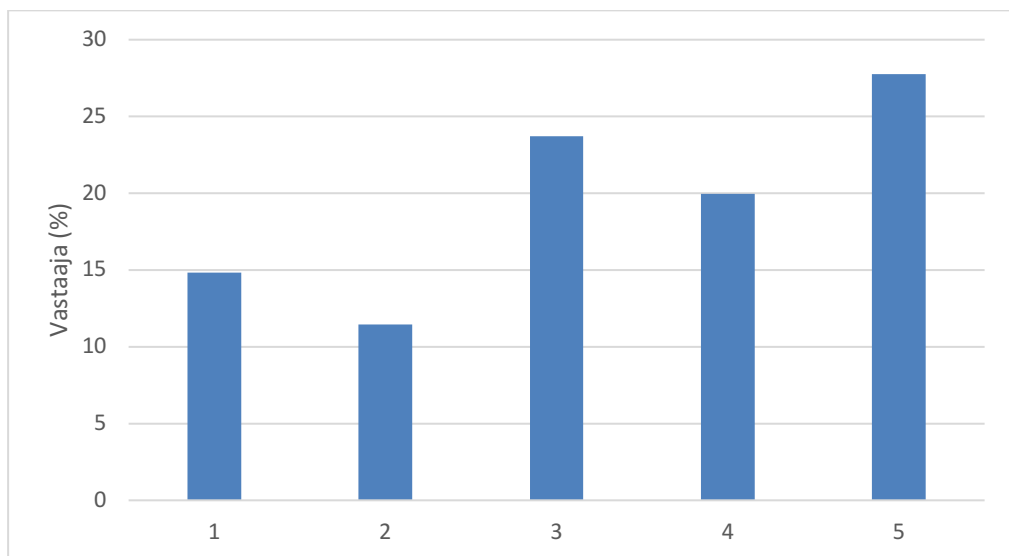
Vastaajien valmius kontrolloimatonta yksisuuntaista latausta kohtaan jakautui kuvan D42

mukaisesti. Vastausten keskiarvo oli 3,84, mediaani 4 ja keskihajonta 1,375.



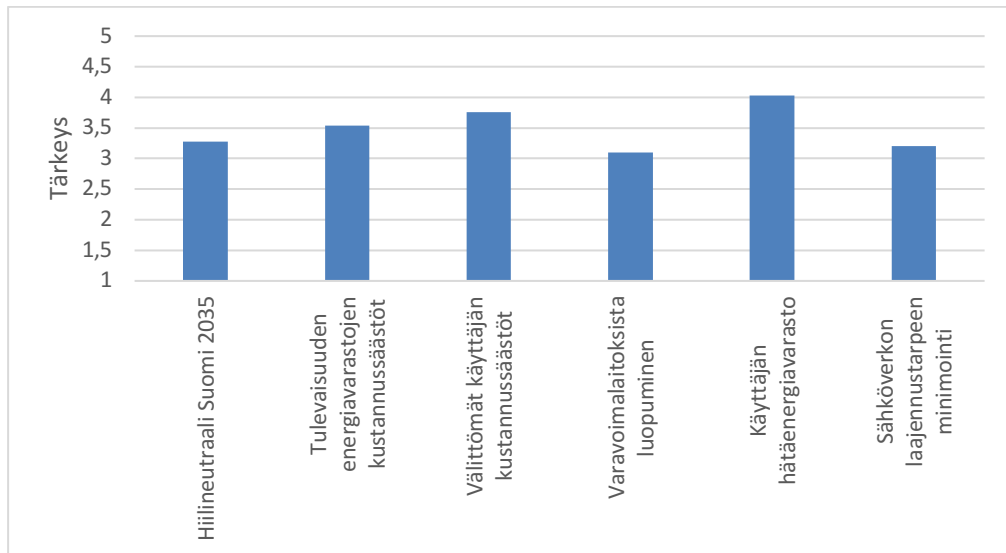
**Kuva D43.** Valmius käyttää kontrolloitua yksisuuntaista latausta oman sähköauton lataamiseksi asteikolla 1–5 (en missään nimessä käyttäisi – ehdottomasti käyttäisin).

Vastaajien valmius kontrolloitua yksisuuntaista latausta kohtaan jakautui kuvan D43 mukaisesti. Vastausten keskiarvo oli 4,05, mediaani 4 ja keskihajonta 1,113.



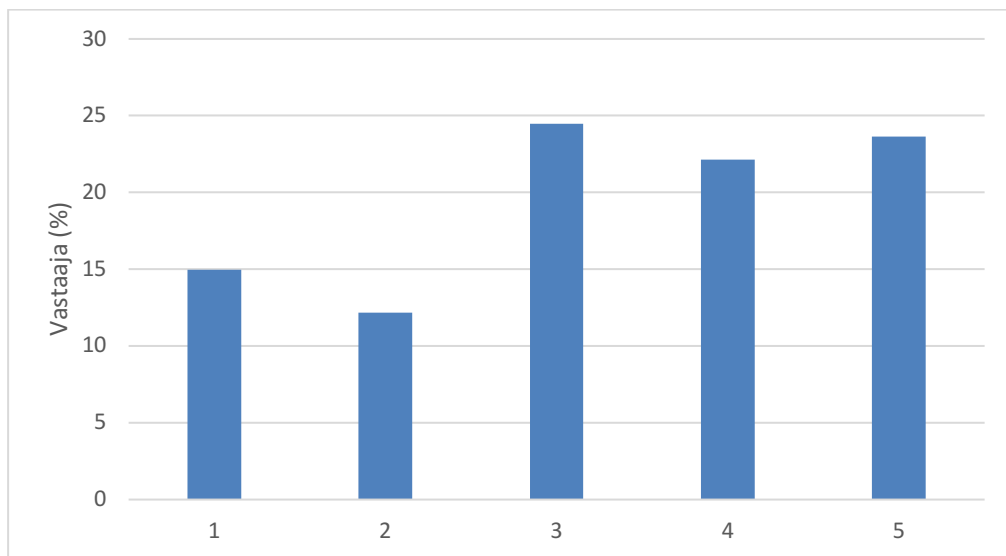
**Kuva D44.** Valmius käyttää kontrolloitua kaksisuuntaista latausta oman sähköauton lataamiseksi asteikolla 1–5 (en missään nimessä käyttäisi – ehdottomasti käyttäisin).

Vastaajien valmius kontrolloitua kaksisuuntaista latausta kohtaan jakautui kuvan D44 mukaisesti. Vastausten keskiarvo oli 3,35, mediaani 3 ja keskihajonta 1,396.



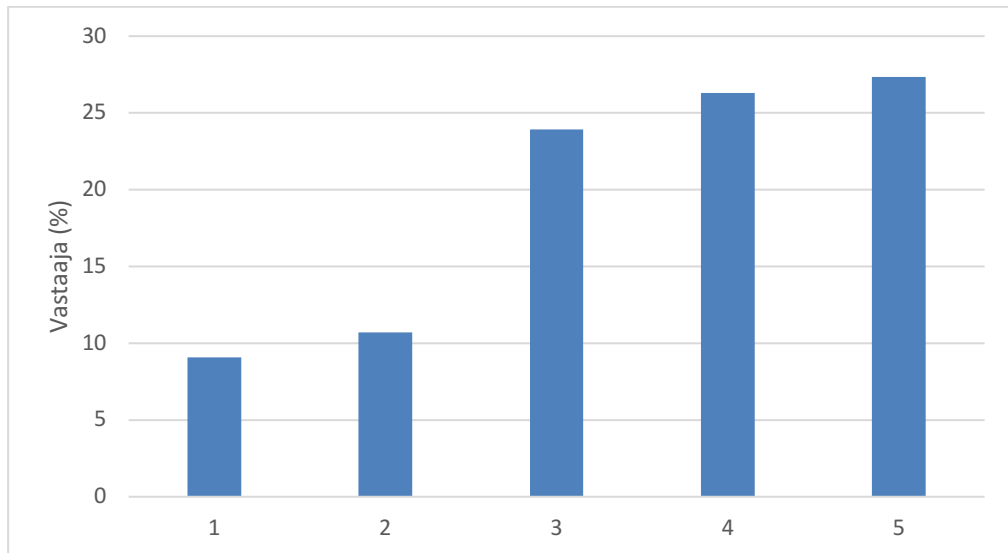
**Kuva D45.** V2G-järjestelmien hyötyjen tärkeys asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä).

Kuvassa D45 on esitetty kootusti V2G-järjestelmille teoriassa tunnistettujen hyötyjen tärkeys vastaajille. Seuraavissa kuvissa D46–D51 on eritelty vastaajien näkemyksiä kunkin tavoitteen osalta.



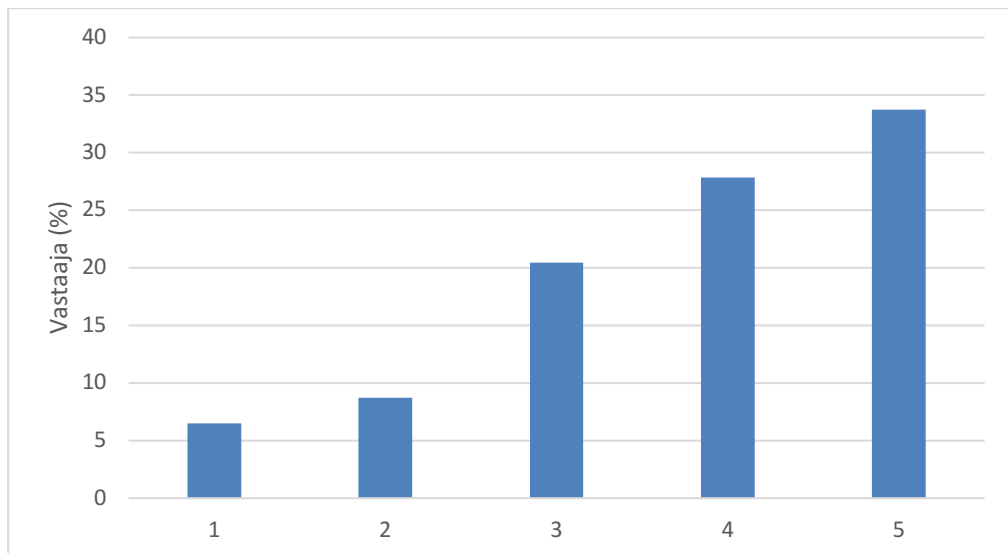
**Kuva D46.** V2G-järjestelmien hyötynä Suomi 2035 -hankkeen tärkeys asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä).

Khiin neliö -testin perusteella sukupuoli ja Hiilineutraali Suomi 2035 -hankkeella ei ollut merkittävää korrelaatiota  $R=0,086$  ( $\chi^2=16,053$ ,  $df=4$ ,  $p=0,003$ ), iällä ja Hiilineutraali Suomi 2035 -hankkeella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,411$ ) ja kokemuksella ja Hiilineutraali Suomi 2035 -hankkeella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,097$  ( $\chi^2=32,122$ ,  $df=16$ ,  $p=0,010$ ) 5 % merkittävyydellä.



**Kuva D47.** V2G-järjestelmien hyötynä tulevaisuudessa tarvittavien energiavarastojen kustannussäästöjen tärkeys asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä).

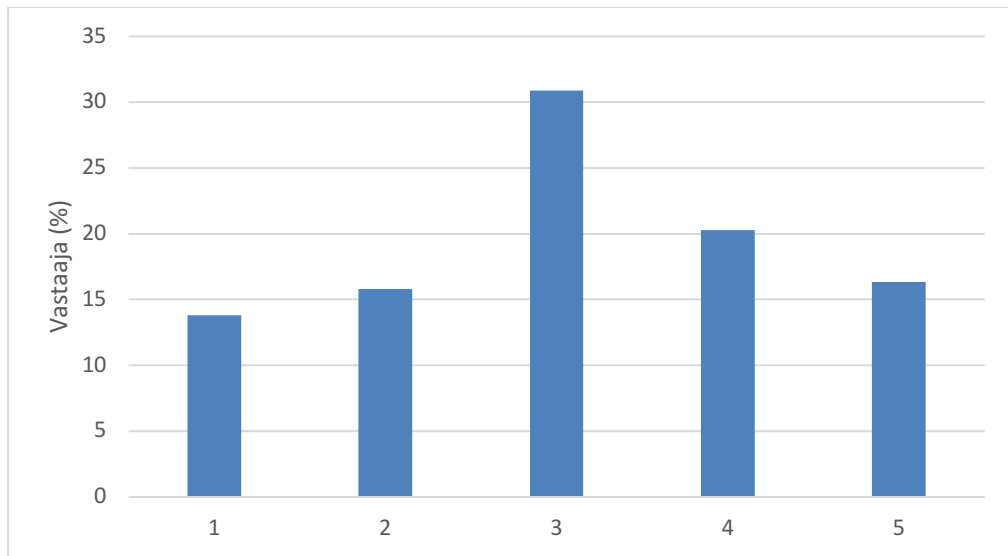
Khiin neliö -testin perusteella sukupuolella ja tulevaisuudessa tarvittavien energiavarastojen kustannussäästöillä ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,262$ ), iällä ja tulevaisuudessa tarvittavien energiavarastojen kustannussäästöillä ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,292$ ) ja kokemuksella ja tulevaisuudessa tarvittavien energiavarastojen kustannussäästöillä oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,095$  ( $\chi^2= 27,485$ ,  $df=16$   $p=0,036$ ) 5 % merkittävyytasolla.



**Kuva D48.** V2G-järjestelmien hyötynä sähköauton käyttäjän kustannussäästöjen tärkeys asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä).

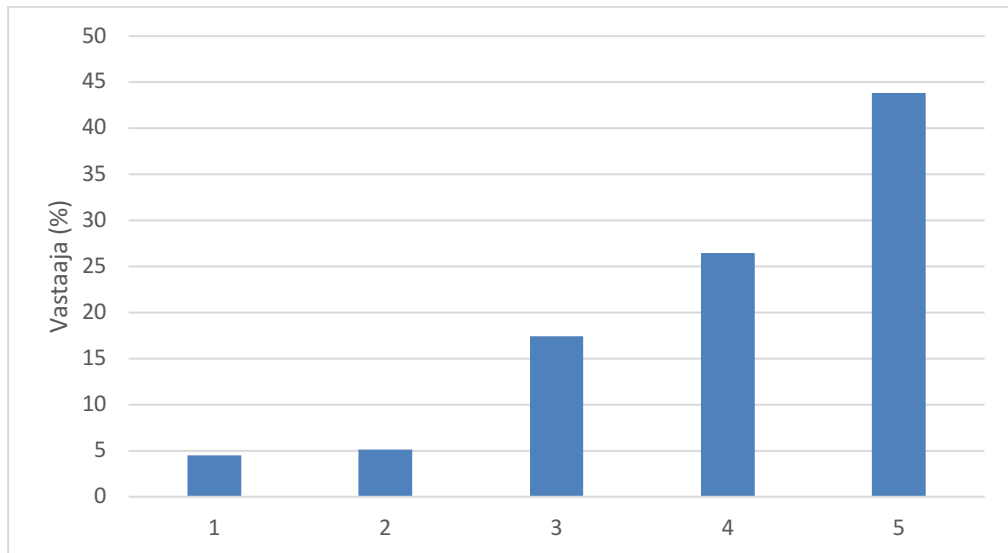
Khiin neliö -testin perusteella sukupuolella ja käyttäjän kustannussäästöillä oli merkittävä negatiivinen korrelaatiota  $R=-0,007$  ( $\chi^2=13,342$ ,  $df=4$ ,  $p=0,010$ ), iällä ja käyttäjän kustannussäästöillä oli merkittävä negatiivinen korrelaatiota  $R=-0,134$  ( $\chi^2= 49,199$ ,  $df=16$ ,

$p < 0,001$ ) ja kokemuksella ja käyttäjän kustannussäästöillä oli merkittävä positiivinen korrelaatiota  $R = 0,076$  ( $\chi^2 = 27,210$ ,  $df = 16$ ,  $p = 0,039$ ) 5 % merkittävyydellä.



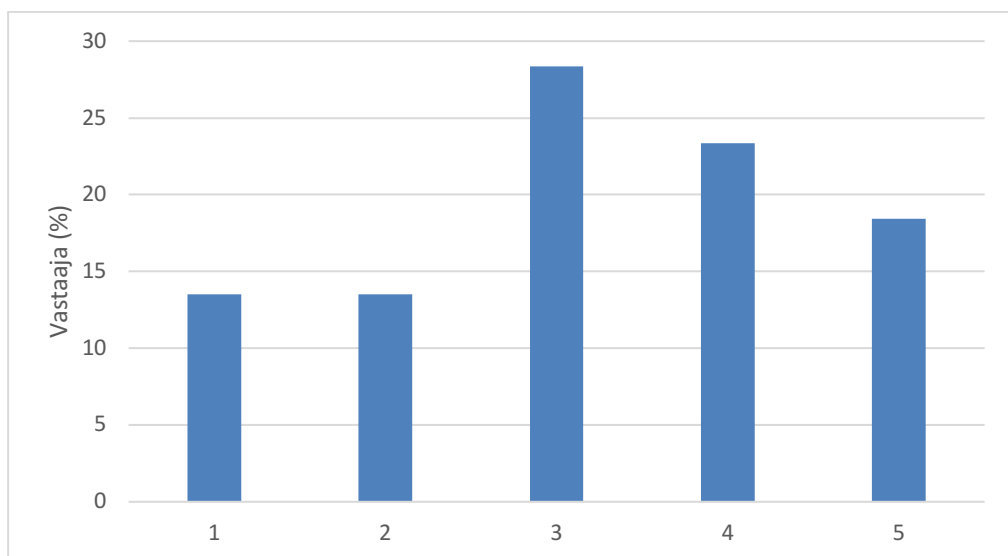
**Kuva D49.** V2G-järjestelmien hyötynä varavoimalaitoksista luopumisen tärkeys asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä).

Khiin neliö -testin perusteella sukupuolella ja varavoimalaitoksista luopumisella oli merkittävä positiivinen korrelaatiota  $R = 0,005$  ( $\chi^2 = 16,886$ ,  $df = 4$ ,  $p = 0,002$ ), iällä ja varavoimalaitoksista luopumisella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p = 0,253$ ) ja kokemuksella ja varavoimalaitoksista luopumisella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p = 0,152$ ) 5 % merkittävyydellä.



**Kuva D50.** V2G-järjestelmien hyötynä sähköauton käyttäjän hätäenergiavarastona toimimisen tärkeys asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä).

Khiin neliö -testin perusteella sukupuolella ja hätäenergiavarastona toimimisena oli merkittävä negatiivinen korrelaatio  $R=-0,057$  ( $\chi^2=12,124$ ,  $df=4$ ,  $p=0,016$ ), iällä ja hätäenergiavarastona toimimisena oli merkittävä negatiivinen korrelaatio  $R=-0,025$  ( $\chi^2=34,840$ ,  $df=16$ ,  $p=0,004$ ) ja kokemuksella ja hätäenergiavarastona toimimisena ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,084$ ) 5 % merkittävyydellä.

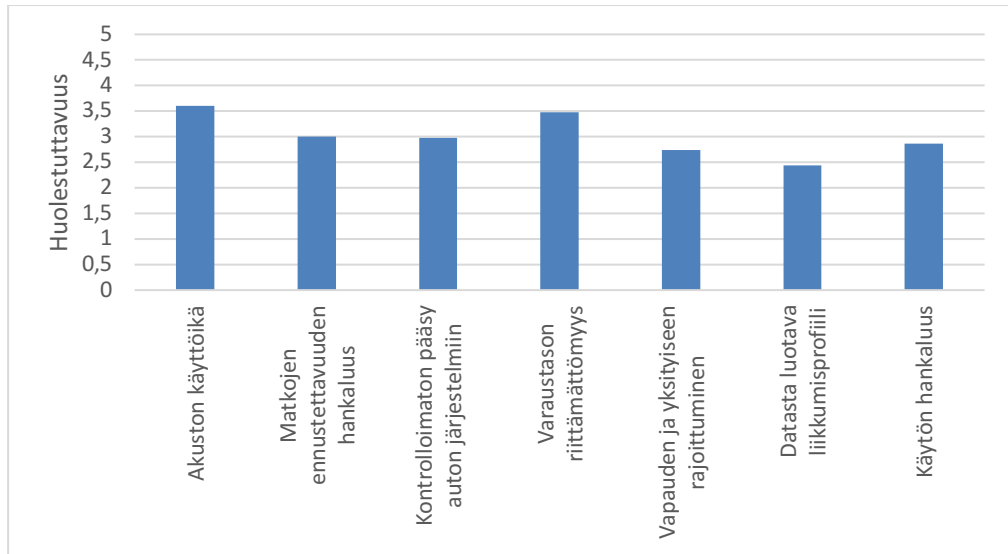


**Kuva D51.** V2G-järjestelmien hyötynä sähköverkon laajennustarpeen minimoimisen tärkeys asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä).

Khiin neliö -testin perusteella sukupuolella ja sähköverkon laajennustarpeiden minimoimisella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,064$ ), iällä ja sähköverkon laajennustarpeiden minimoimisella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,07$  ( $\chi^2=31,960$ ,  $df=16$ ,  $p=0,010$ ).



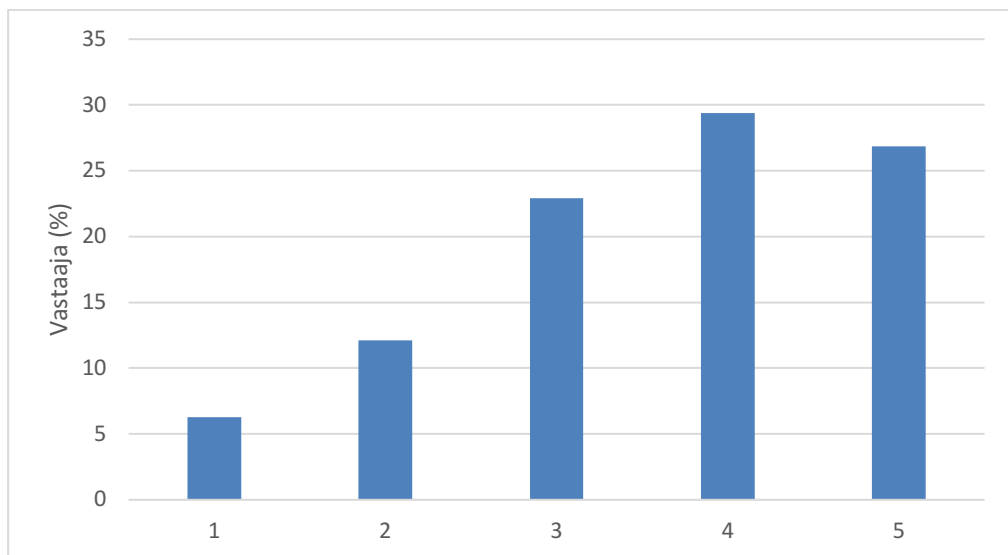
ja kokemuksella ja sähköverkon laajennustarpeiden minimoisella oli merkittävää positiivinen korrelaatiota  $R=0,104$  ( $\chi^2= 34,321$ ,  $df=16$ ,  $p<0,005$ ) 5 % merkittävyytasolla.



**Kuva D52.** V2G-järjestelmien riskien huolestuttavuus asteikolla 1–5 (ei lainkaan huolestuttava – erittäin huolestuttava).

Kuvassa D52 on esitetty, mitkä teoriassa tunnistetut V2G-tekniikkaan yhdistetyt haasteet huolestuttavat vastaajia.

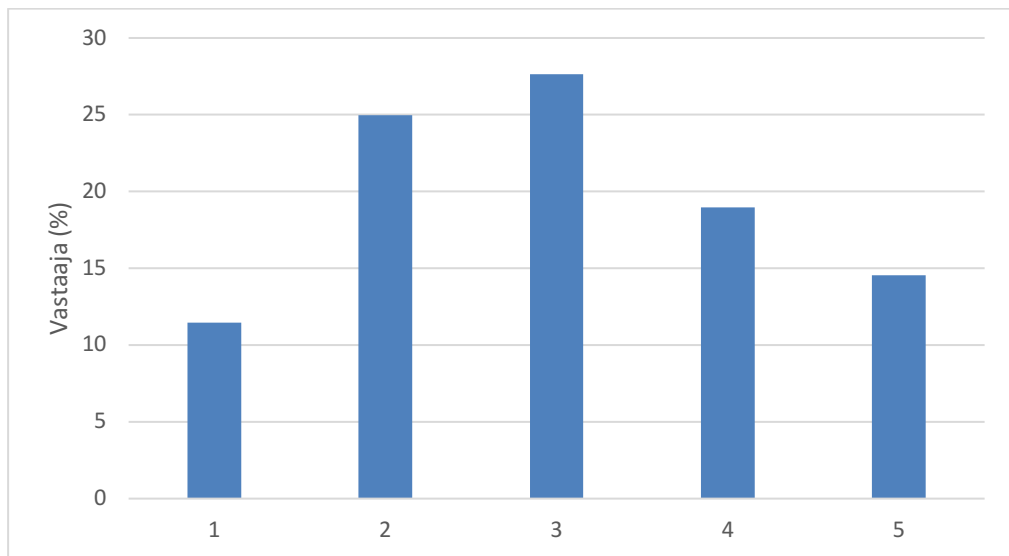
Seuraavissa kuvissa D53–D59 on käyty vastauksia haasteisiin liittyen eritellysti lävitse.



**Kuva D53.** V2G-järjestelmien käyttöön liittyvistä huolista akuston käyttöön huolestuttavuus asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).

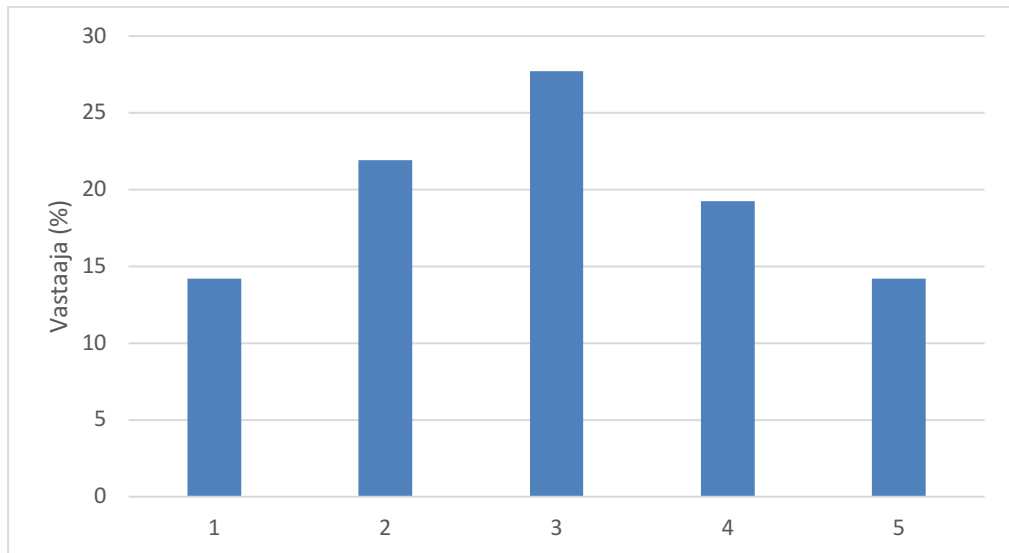
Khiin neliö -testin perusteella sukupuoli ja akuston käyttöön huolestuttavuudella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,111$  ( $\chi^2=19,014$ ,  $df=4$ ,  $p<0,001$ ), iällä ja akuston

käyttöön huolestuttavuudella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,670$ ) ja kokemuksella ja akuston käyttöön huolestuttavuudella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,256$ ) 5 % merkittävyytasolla.



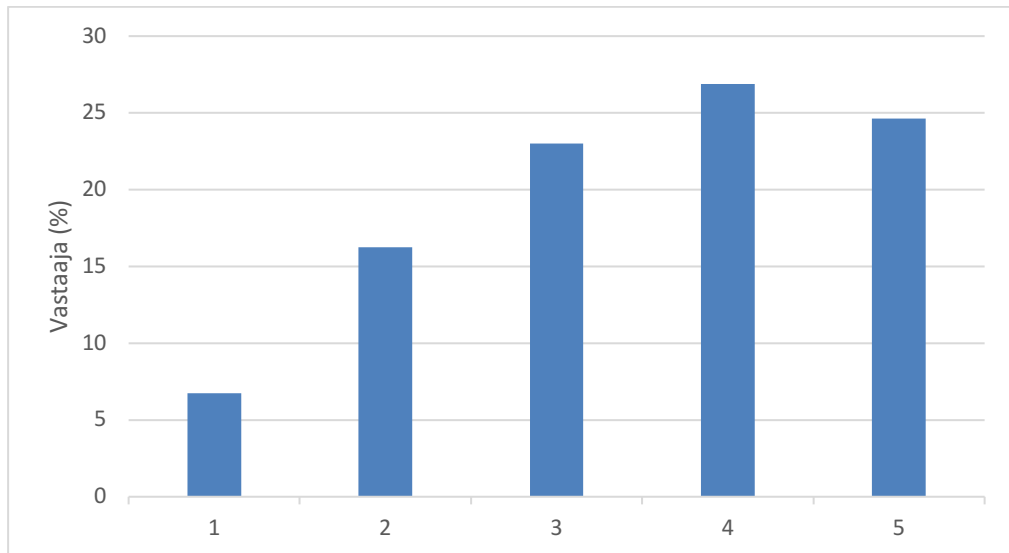
**Kuva D54.** V2G-järjestelmien käyttöön liittyvistä huolista matkojen ennustettavuuden hankaluuden huolestuttavuus asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).

Khiin neliö -testin perusteella sukupuoli ja matkojen ennustettavuuden hankaluuden huolestuttavuudella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,114$  ( $X^2=20,224$ ,  $df=4$ ,  $p<0,001$ ), iällä ja matkojen ennustettavuuden hankaluuden huolestuttavuudella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,124$  ( $X^2=34,162$ ,  $df=16$ ,  $p=0,005$ ) ja myös kokemuksella ja matkojen ennustettavuuden hankaluuden huolestuttavuudella oli merkittävä negatiivinen korrelaatio  $R=-0,105$  ( $X^2=26,325$ ,  $df=16$ ,  $p=0,050$ ) 5 % merkittävyytasolla.



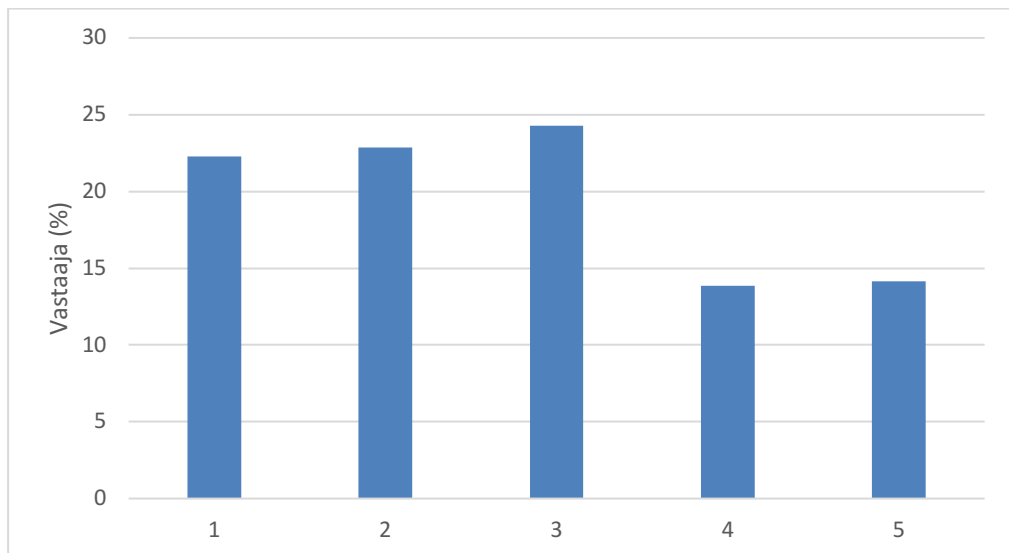
**Kuva D55.** V2G-järjestelmien käyttöön liittyvistä huolista latausoperaattorin kontrolloimattoman auton järjestelmiin pääsyn huolestuttavuus asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).

Khiin neliö -testin perusteella sukupuolella ja latausoperaattorin kontrolloimattoman pääsyn auton järjestelmiin huolestuttavuudella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,142$  ( $X^2=28,818$ ,  $df=4$ ,  $p<0,001$ ), iällä ja latausoperaattorin kontrolloimattoman pääsyn auton järjestelmiin huolestuttavuudella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,162$  ( $X^2=49,515$ ,  $df=16$ ,  $p<0,001$ ), mutta kokemuksella ja latausoperaattorin kontrolloimattoman pääsyn auton järjestelmiin huolestuttavuudella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,350$ ) 5 % merkittävyydellä.



**Kuva D56.** V2G-järjestelmien käyttöön liittyvistä huolista lataustason riittämättömyyden huolestuttavuus asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).

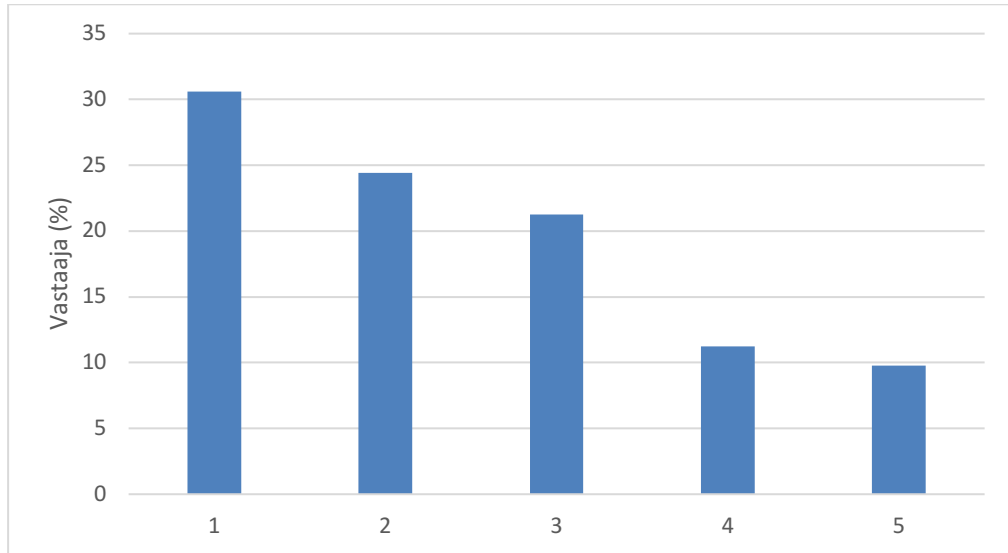
Khiin neliö -testin perusteella sukupuolella ja lataustason riittämättömyyden huolestuttavuudella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,156$  ( $X^2=40,778$ ,  $df=4$ ,  $p<0,001$ ), iällä ja lataustason riittämättömyyden huolestuttavuudella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,120$  ( $X^2=35,760$ ,  $df=16$ ,  $p<0,003$ ) ja myös kokemuksella ja lataustason riittämättömyyden huolestuttavuudella oli merkittävä negatiivinen korrelaatio  $R=-0,119$  ( $X^2=33,534$ ,  $df=16$ ,  $p=0,006$ ) 5 % merkittävyytasolla.



**Kuva D57.** V2G-järjestelmien käyttöön liittyvistä huolista vapauden ja yksityisyyden rajoittamisen huolestuttavuus asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).

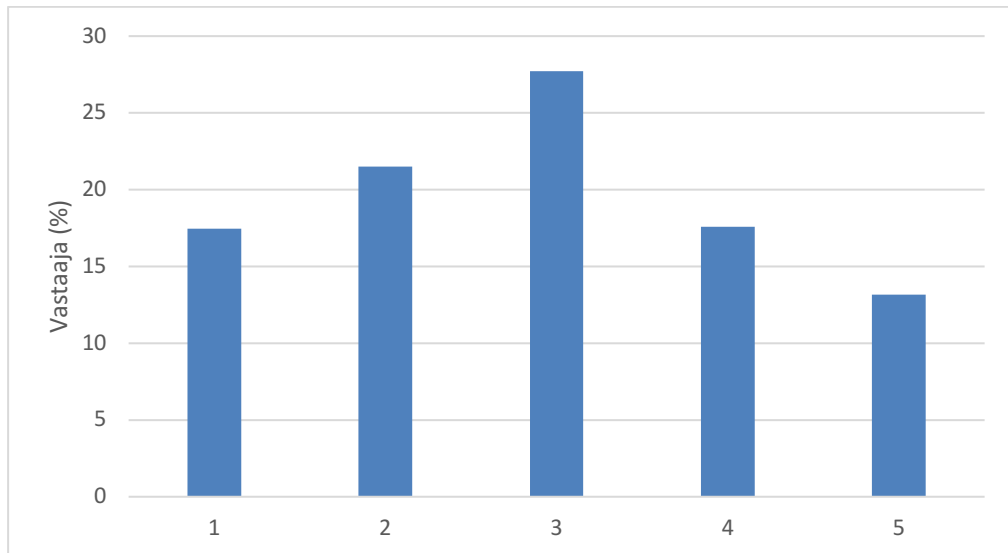
Khiin neliö -testin perusteella sukupuolella ja vapauden ja yksityisyyden rajoittamisen huolestuttavuudella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,135$  ( $X^2=31,405$ ,  $df=4$ ,

$p < 0,001$ ), iällä ja vapauden ja yksityisyyden rajoittamisen huolestuttavuudella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R = 0,178$  ( $\chi^2 = 66,342$ ,  $df = 16$ ,  $p < 0,001$ ), mutta kokemuksella ja vapauden ja yksityisyyden rajoittamisen huolestuttavuudella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p = 0,287$ ) 5 % merkittävyydellä.



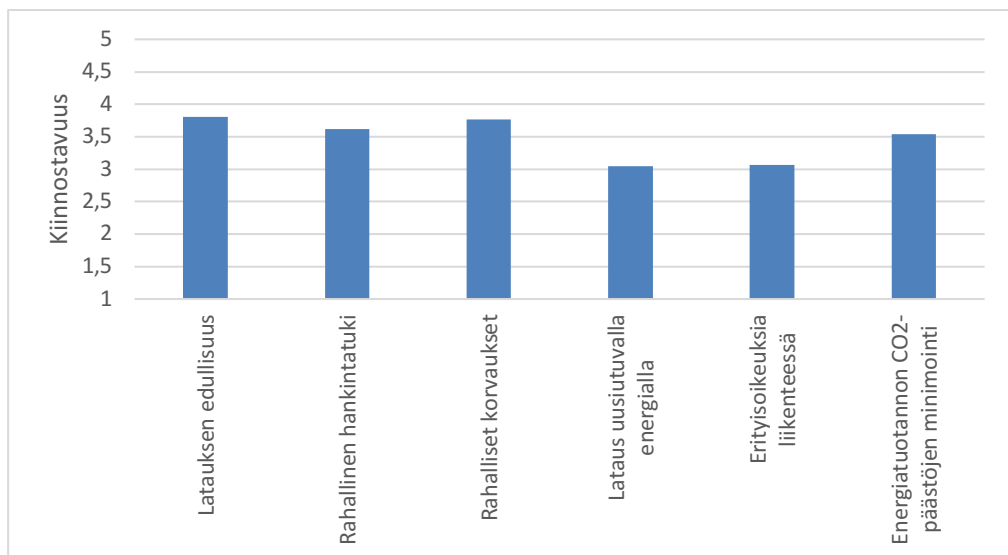
**Kuva D58.** V2G-järjestelmien käyttöön liittyvistä huolista datasta luotavan liikkumisprofiilin huolestuttavuus asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).

Khiin neliö -testin perusteella sukupuoli ja liikkumisprofiilin luonti huolestuttavuudella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R = 0,132$  ( $\chi^2 = 27,545$ ,  $df = 4$ ,  $p < 0,001$ ), iällä ja liikkumisprofiilin luonti huolestuttavuudella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p < 0,283$ ), myöskään kokemuksella ja liikkumisprofiilin luonti huolestuttavuudella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p = 0,208$ ) 5 % merkittävyydellä.



**Kuva D59.** V2G-järjestelmien käyttöön liittyvistä huolista itse käytön hankaluuden huolestuttavuus asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).

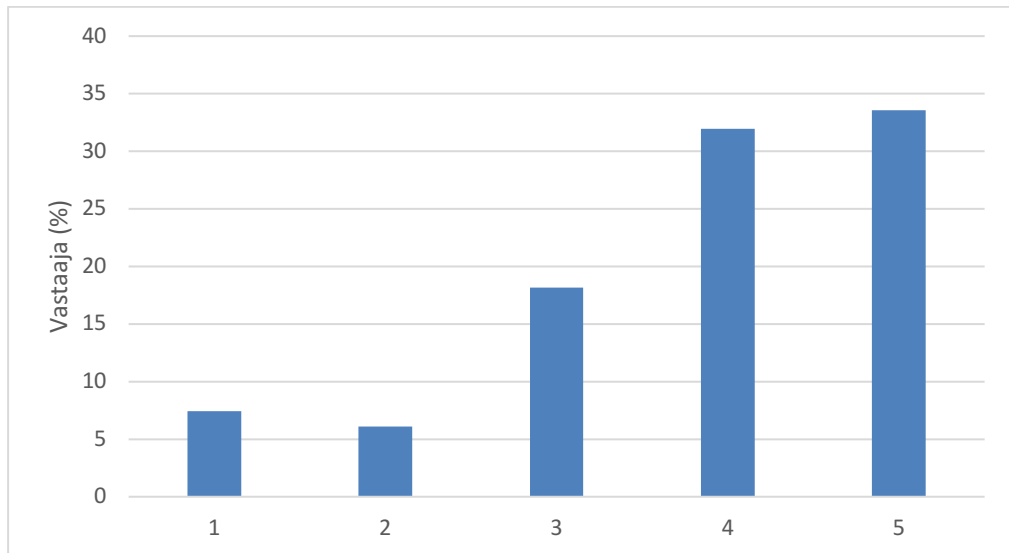
Khiin neliö -testin perusteella sukupuoli ja käytön hankaluuden huolestuttavuudella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,203$  ( $X^2=57,810$ ,  $df=4$ ,  $p<0,001$ ), iällä ja käytön hankaluuden huolestuttavuudella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,170$  ( $X^2=61,415$ ,  $df=16$ ,  $p<0,001$ ), mutta kokemuksella ja käytön hankaluuden huolestuttavuudella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0.089$ ) 5 % merkittävyydellä.



**Kuva D60.** V2G-järjestelmien käytön kiinnostavuus eri premisseillä asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).

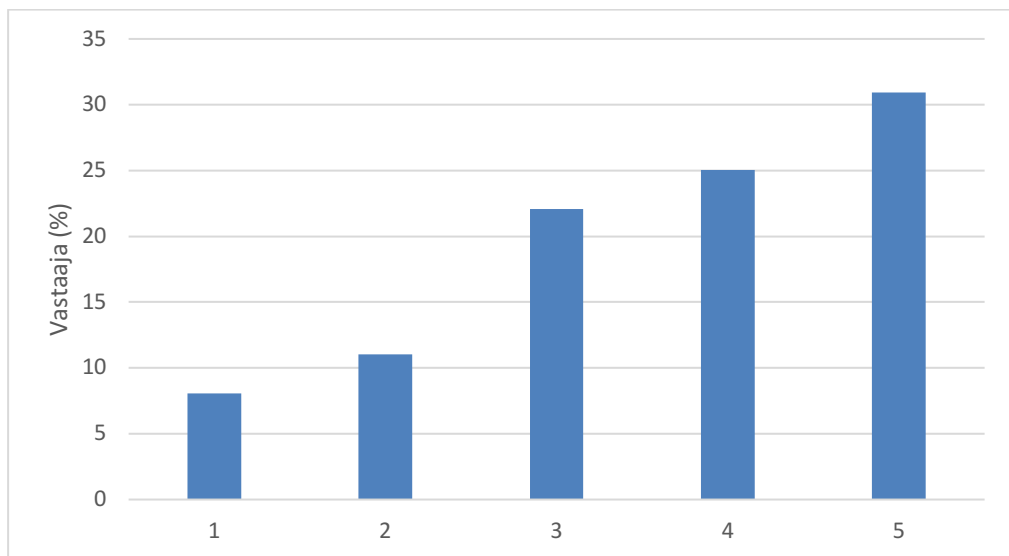
Kuvassa D60 on esitetty, olisivatko vastaajat kiinnostuneita hyödyntämään V2G-latauspalvelua, jos tietyt premissit olisivat voimassa.

Seuraavissa kuvissa D61–D66 on käyty läpi tarkemmin eri premissien vaikutusta vastaajien kiinnostukseen V2G-palvelun käyttöä kohtaan.



**Kuva D61.** V2G-järjestelmien käytön kiinnostavuus, jos käyttö olisi edullisempaa kuin kontrolloimattomalla lataamisella varten, asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).

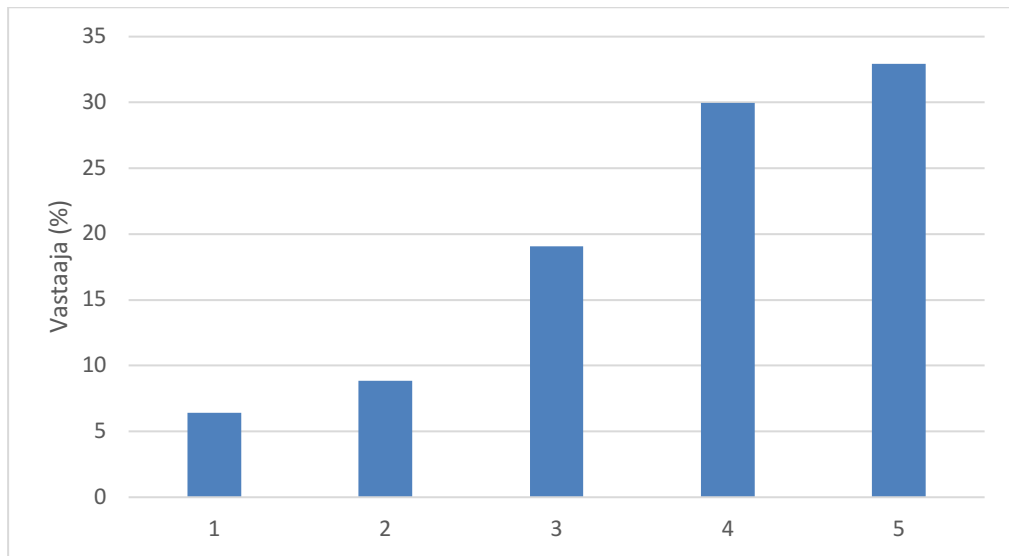
Khiin neliö -testin perusteella sukupuolella ja V2G-latauksen edullisuudella oli merkittävä negatiivinen korrelaatio  $R=-0,068$  ( $X^2=17,166$ ,  $df=4$ ,  $p=0,002$ ), iällä ja V2G-latauksen edullisuudella oli merkittävä negatiivinen korrelaatio  $R=-0,151$  ( $X^2=63,404$ ,  $df=16$ ,  $p<0,001$ ) ja kokemuksella ja V2G-latauksen edullisuudella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,054$  ( $X^2=31,751$ ,  $df=16$ ,  $p=0,011$ ) 5 % merkittävyytasolla.



**Kuva D62.** V2G-järjestelmien käytön kiinnostavuus, mikäli saisi hankintatukea sähköautoa varten asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).

Khiin neliö -testin perusteella sukupuolella ja myönnettävällä hankintatuella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p<0,549$ ), iällä ja myönnettävällä hankintatuella oli merkittävä ne-

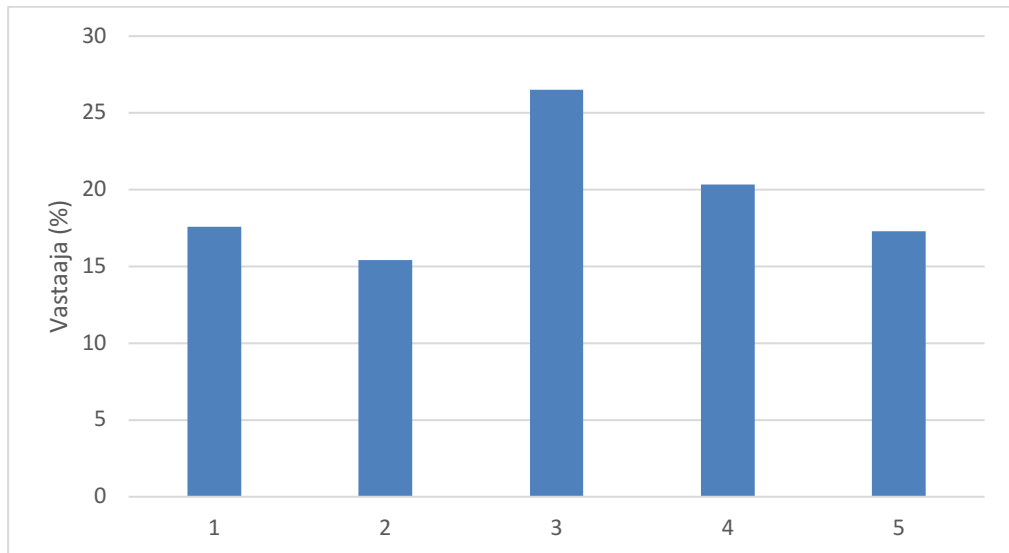
gatiivinen korrelaatio  $R=-0,88$  ( $X^2=29,561$ ,  $df=16$ ,  $p<0,020$ ) ja kokemuksella ja myönnettävällä hankintatuella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,206$ ) 5 % merkittävyytasolla.



**Kuva D63.** V2G-järjestelmien käytön kiinnostavuus, mikäli saisi rahallista tukea erilaisten korvausten muodossa, asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).

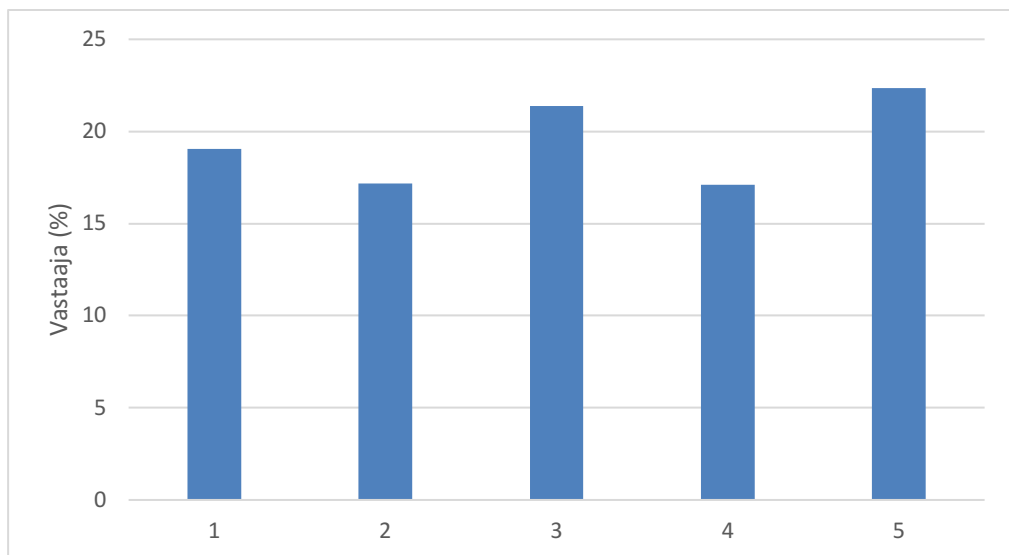
Khiin neliö -testin perusteella sukupuoli ja myönnettävillä rahallisilla korvauksilla oli merkittävä negatiivinen korrelaatio  $R=-0,070$  ( $X^2=9,537$ ,  $df=4$ ,  $p=0,049$ ), iällä ja myönnettävillä rahallisilla korvauksilla oli merkittävä negatiivinen korrelaatio  $R=-0,171$  ( $X^2=62,969$ ,  $df=16$ ,  $p<0,001$ ) ja kokemuksella ja myönnettävillä rahallisilla korvauksilla ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,157$ ) 5 % merkittävyytasolla.





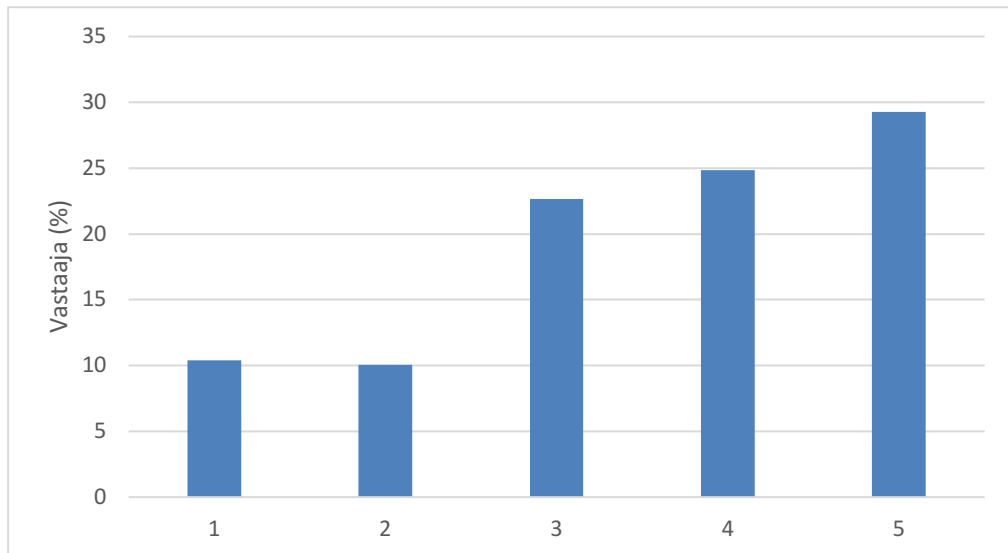
**Kuva D64.** V2G-järjestelmien käytön kiinnostavuus, mikäli sähköautoa ladattaisiin ainoastaan uusiutuvalla energialla, asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).

Khiin neliö -testin perusteella sukupuolella ja uusiutuvalla energialla lataamisella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,123$  ( $X^2=22,290$ ,  $df=4$ ,  $p<0,001$ ), iällä ja uusiutuvalla energialla lataamisella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p<0,436$ ) ja kokemuksella ja uusiutuvalla energialla lataamisella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,188$ ) 5 % merkitävyytasolla.



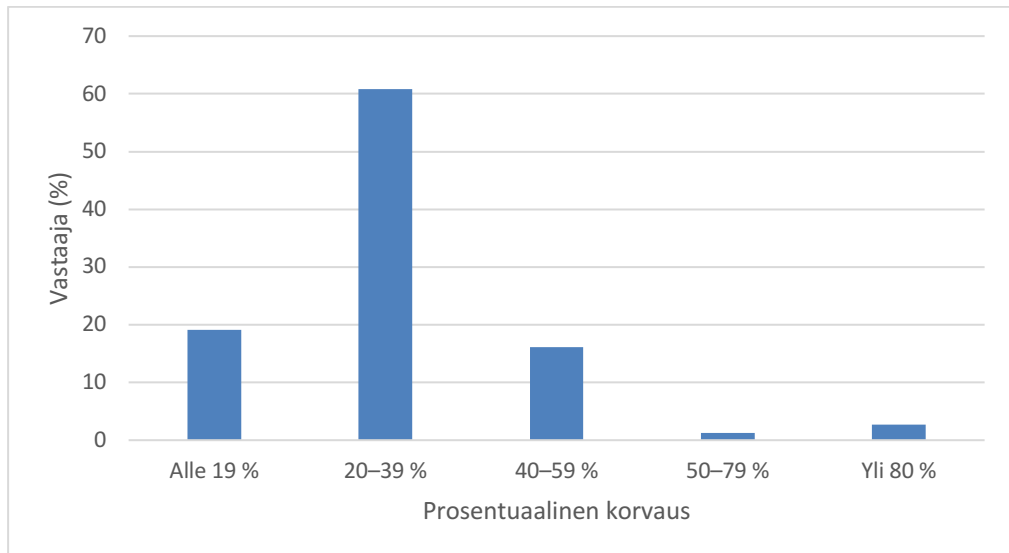
**Kuva D65.** V2G-järjestelmien käytön kiinnostavuus, mikäli saisi erityisoikeuksia, kuten käyttöoikeus linja-autokaistoille tai ilmainen julkinen pysäköinti, asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).

Khiin neliö -testin perusteella sukupuolella ja ansaittavilla erityisoikeuksilla ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,095$ ), iällä ja ansaittavilla erityisoikeuksilla oli merkittävä negatiivinen korrelaatio  $R=-0,71$  ( $X^2=28,449$ ,  $df=16$ ,  $p<0,028$ ) ja kokemuksella ja ansaittavilla erityisoikeuksilla ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,219$ ) 5 % merkittävyytasolla.



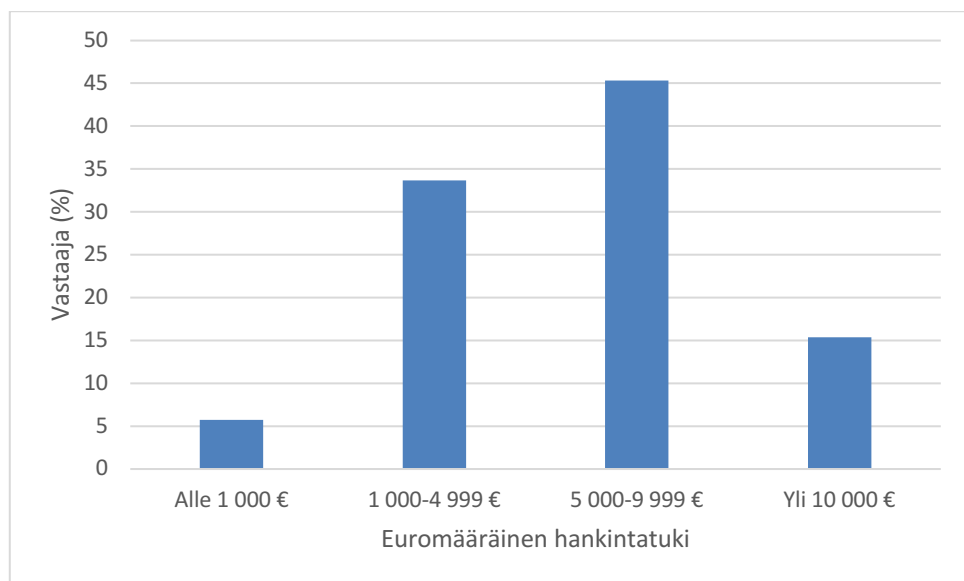
**Kuva D66.** V2G-järjestelmien käytön kiinnostavuus, mikäli siten pystyttäisiin vähentämään energiatuotannon CO<sub>2</sub>-päästöjä, asteikolla 1–5 (en lainkaan samaa mieltä – täysin samaa mieltä).

Khiin neliö -testin perusteella sukupuolella ja energiatuotannon CO<sub>2</sub>-päästöjen minimoinnilla oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,080$  ( $X^2=9,954$ ,  $df=4$ ,  $p=0,041$ ), iällä ja energiatuotannon CO<sub>2</sub>-päästöjen minimoinnilla ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,945$ ) ja kokemuksella ja energiatuotannon CO<sub>2</sub>-päästöjen minimoinnilla oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,94$  ( $X^2=36,718$ ,  $df=16$ ,  $p=0,002$ ) 5 % merkittävyytasolla.



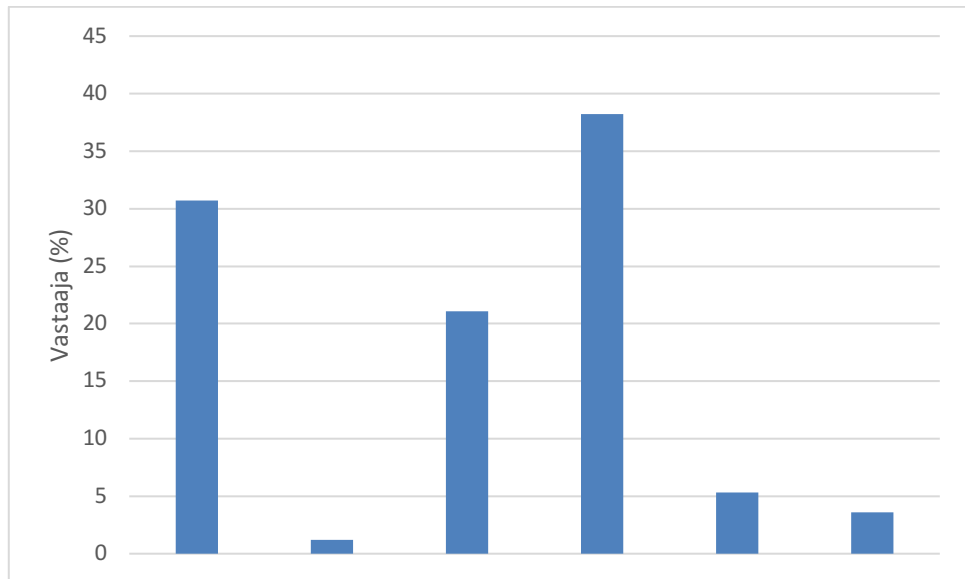
**Kuva D67.** V2G-latauksesta maksettavan korvauksen prosentuaalinen suuruus.

Kuvasta D67 nähdään vastaajien näkemys V2G-latauksen riittävästä korvauksesta. Keskimääräinen haluttu korvaus on 27,45 %, keskihajonnan ollessa 16,69. Tasan 20 % korvaukseen olisi tyytyväinen yli puolet vastaajista. Vastauksista suodatettiin pois yli 100 % vastaukset.



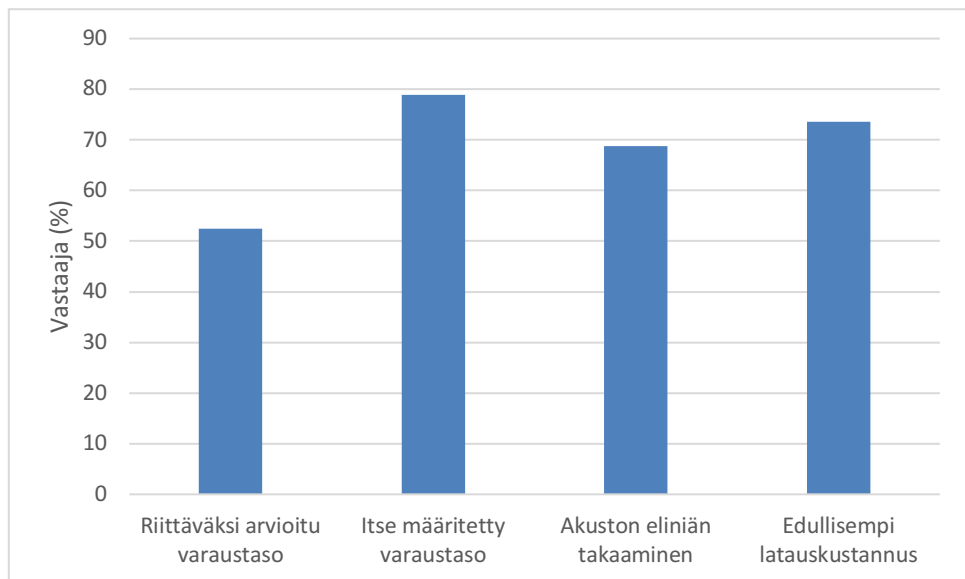
**Kuva D68.** V2G-latauksen käyttämiseen velvoittava sähköauton hankintatuen suuruus.

Kuvassa D68 on esitetty vastaajille riittävästä hankintatuen suuruudesta, joka velvoittaisi V2G-lataukseen, kun se olisi mahdollista. Tutkimushenkilöiden keskuudessa hajontaa V2G-lataukseen velvoittavasta hankintatuesta oli hyvin suurta hajontaa. Keskihajonta oli noin 6 900 €, kun keskimääräisesti tutkimushenkilöt olivat tyytyväisiä noin 5 800 € korvaukseen. Vastauksista suodatettiin pois yksi 25 miljoonan euron vastaus.



**Kuva D69.** Vastaajien näkemys lisävarusteena myytävän V2G- ja V2H-latausvalmiuden arvosta.

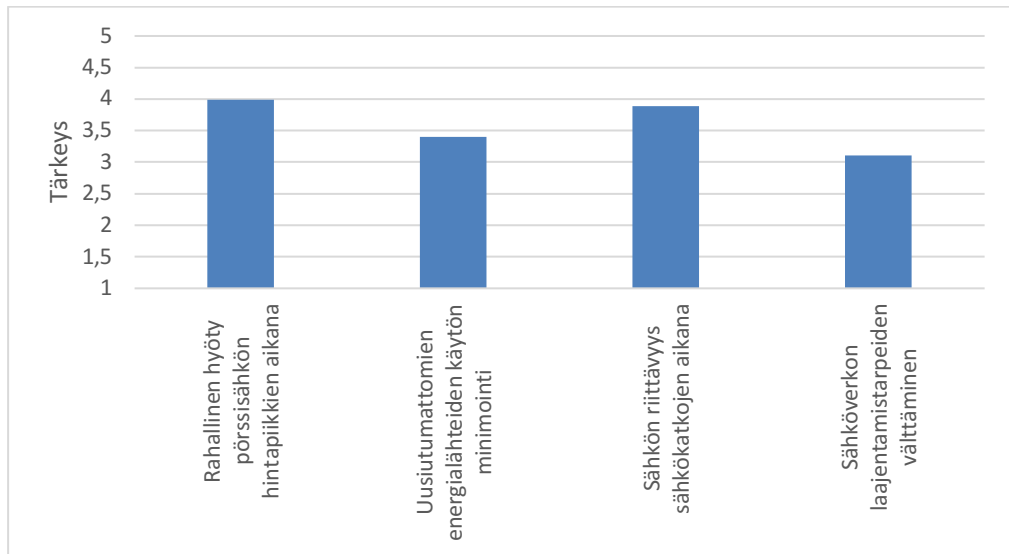
Kuvasta D69 nähdään vastaajien näkemys lisävarusteena myytävän V2G- ja V2H-latauksen ominaisuuden arvosta. Keskimäärin tutkimushenkilöiden mielestä lisävaruste olisi noin 1 100 € arvoinen ja mediaaniarvona oli 500 €.



**Kuva D70.** Vastaajille välttämättömät ehdot V2G- ja V2H-latauksen käyttämiselle.

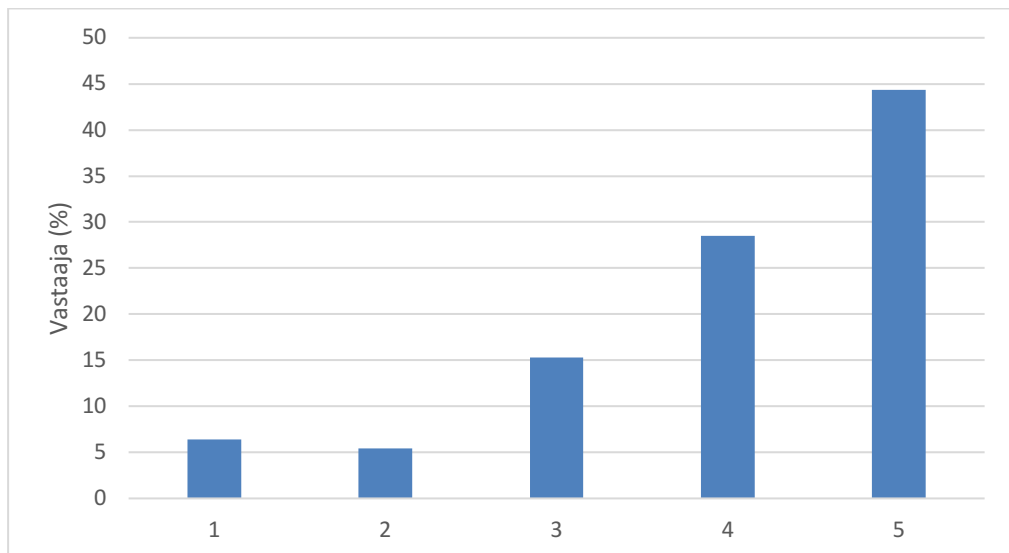
Kuvassa D70 on kootusti teoriassa tunnistetuista mahdollisista V2G- ja V2H-käytön ehdoista vastaajille välttämättömät. Itse määritetty varaustaso oli lähes 80 % välttämätön

ehto, kun riittäväksi arvioitu ehto ei kelvannut kuin reilulle 50 % vastaajista. Akuston elinlälle annettava takuu sekä edullisempi latauskustannus kumpikin olivat ehdottomia noin 70 % vastaajista.



**Kuva D71.** V2H-latauksesta saatavan hyödyn merkitys asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä).

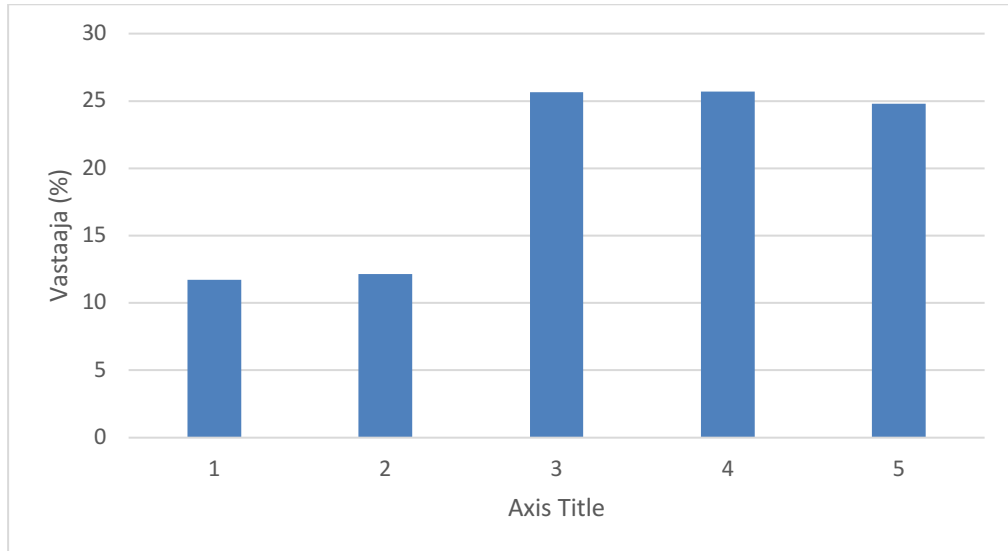
Kuvassa D71 on puolestaan kootusti teoriassa tunnistettujen V2H-käytöstä saatavien hyötyjen merkitys vastaajille. Seuraavissa kuvissa D72–D75 on käyty tarkemmin läpi eri V2H-hyötyjen merkitystä vastaajille.



**Kuva D72.** V2H-latauksesta saatavan rahallisen hyödyn merkitys pörssisähkön hintapiikkien aikana, asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä)

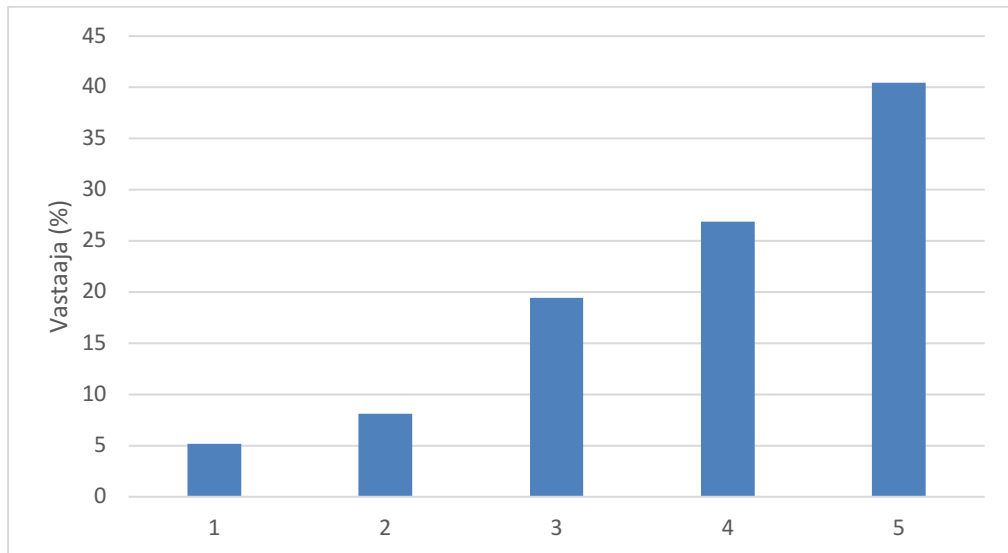
Khiin neliö -testin perusteella sukupuolella ja V2H-latauksesta saatavalla rahallisella hyödyllä oli merkittävä negatiivinen korrelaatio  $R=-0,056$  ( $X^2=18,748$ ,  $df=4$ ,  $p<0,001$ ),

iällä ja V2H-latauksesta saatavalla rahallisella hyödyllä oli merkittävä negatiivinen korrelaatio  $R=-0,094$  ( $X^2=41,393$ ,  $df=16$ ,  $p<0,001$ ) ja kokemuksella ja V2H-latauksesta saatavalla rahallisella hyödyllä ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,063$ ) 5 % merkittävyytasolla.



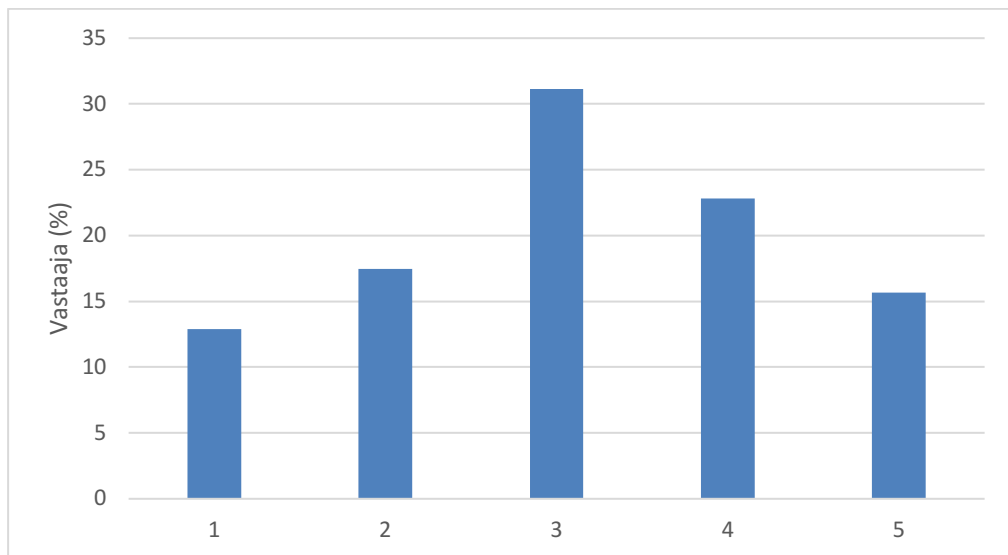
**Kuva D73.** V2H-latauksen vaikutus uusiutumattomien energialähteiden käytön määrään energiantuotannossa, asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä)

Khiin neliö -testin perusteella sukupuolella ja uusiutumattomien energialähteiden käytön määrällä oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,105$  ( $X^2=18,275$ ,  $df=4$ ,  $p<0,001$ ). iällä ja uusiutumattomien energialähteiden käytön määrällä ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p<0,314$ ). Kokemuksella ja uusiutumattomien energialähteiden käytön määrällä oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,105$  ( $X^2=41,329$ ,  $df=16$ ,  $p<0,001$ ) 5 % merkittävyytasolla.



**Kuva D74.** V2H-latauksen tuoma varmuus sähkön riittävydestä vastaajan kotonan sähkökatkon aikana, asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä)

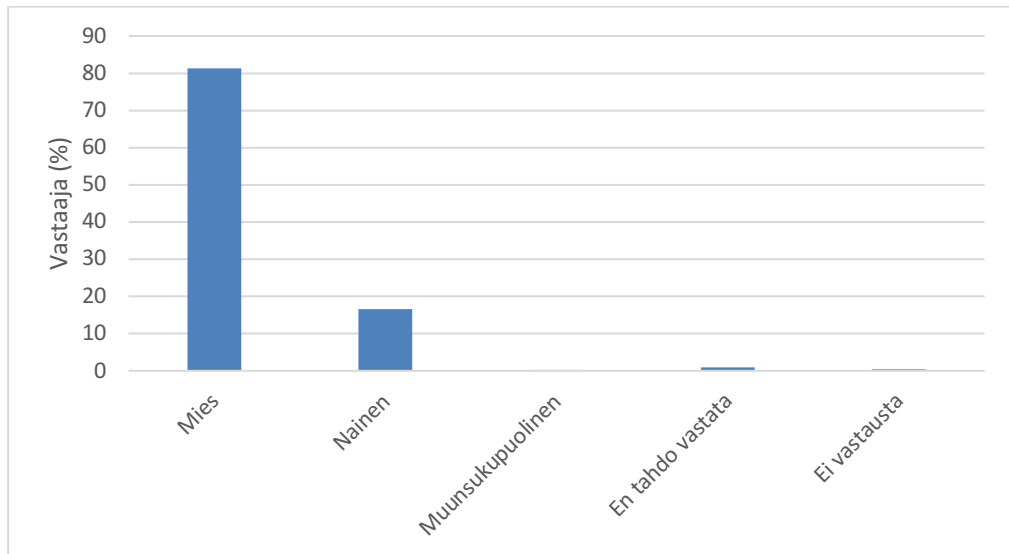
Khiin neliö -testin perusteella sukupuolella ja sähkön riittävyyden varmistamisella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,127$ ), iällä ja sähkön riittävyyden varmistamisella ei ollut merkittävää korrelaatiota ( $p=0,095$ ) ja kokemuksella ja sähkön riittävyyden varmistamisella oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,061$  ( $X^2=26,295$ ,  $df=16$ ,  $p=0,050$ ) 5 % merkittävyydellä.



**Kuva D75.** V2H-latauksen vähentävä vaikutus sähköverkon laajennustarpeisiin, asteikolla 1–5 (ei lainkaan tärkeä – erittäin tärkeä)

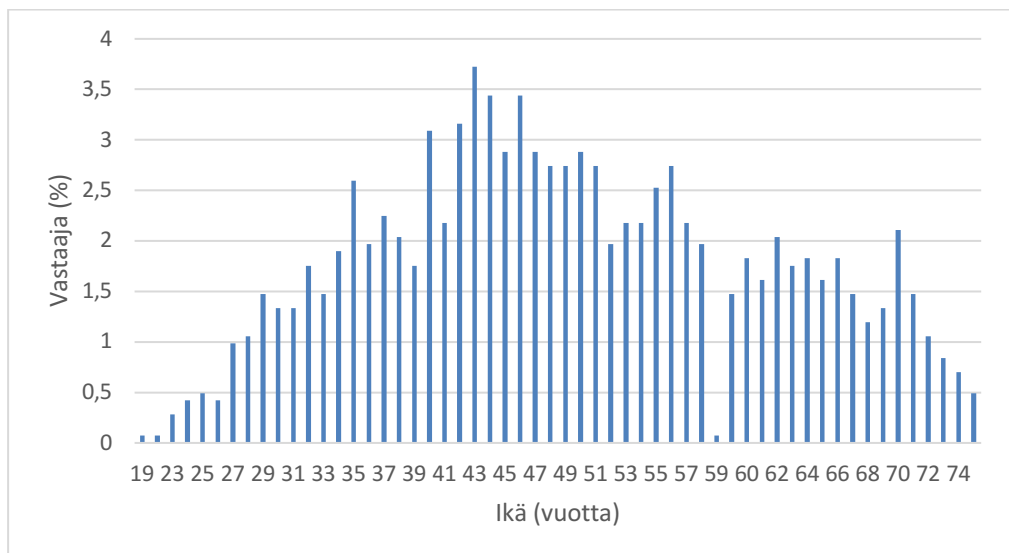
Khiin neliö -testin perusteella sukupuolella ja sähköverkon laajentamistarpeiden välttämällä oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,069$  ( $X^2=12,510$ ,  $df=4$ ,  $p=0,014$ ), iällä ja sähköverkon laajentamistarpeiden välttämällä ei ollut merkittävää korrelaatiota.

( $p=0,716$ ) ja kokemuksella ja sähköverkon laajentamistarpeiden välttämisellä oli merkittävä positiivinen korrelaatio  $R=0,086$  ( $X^2=38,003$ ,  $df=16$ ,  $p=0,002$ ) 5 % merkittävyytasolla.



**Kuva D76.** Kyselyyn vastanneiden henkilöiden sukupuolijakauma

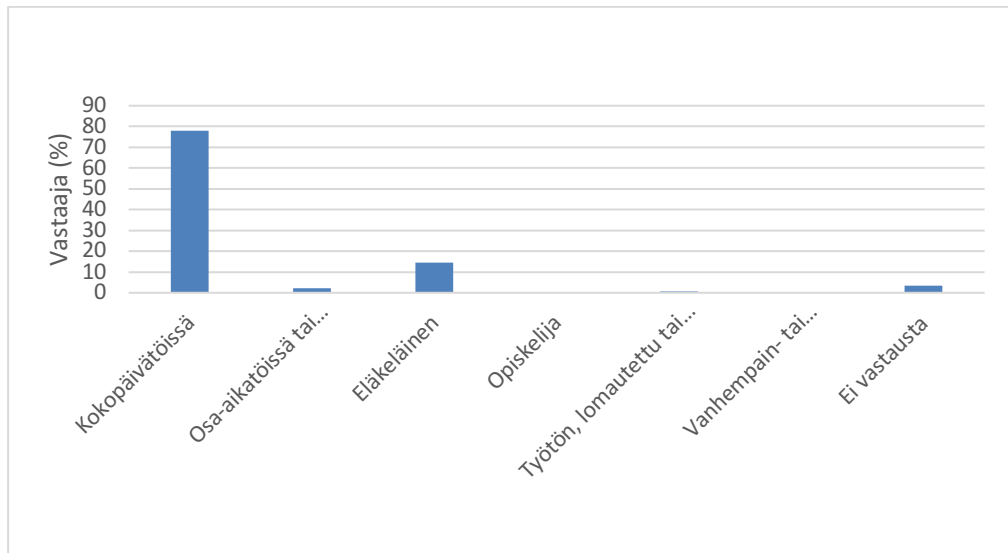
Kuvassa D76 on esitetty vastaajien sukupuolijakauma. Kohderyhmä koostui 81,3 % miehistä ja 16,7 % naisista. Loput 2 % koostuivat muunsukupuolisista sekä niistä, jotka eivät halunneet vastata tai jättivät vastaamatta.



**Kuva D77.** Kyselyyn vastanneiden henkilöiden ikäjakauma

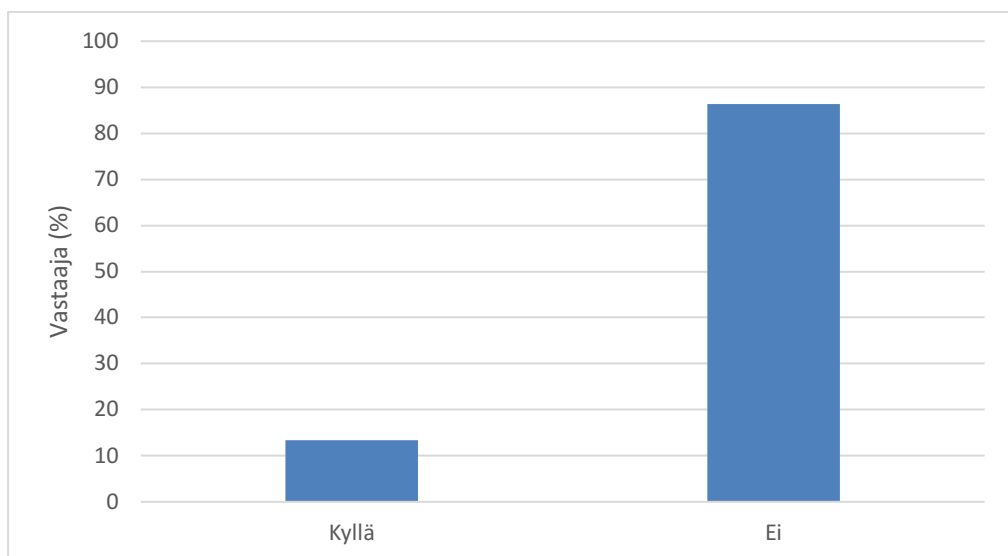
Kuvassa D77 on vastaajien ikäjakauma. Kohderyhmän keski-ikä oli 49 vuotta, nuorimman vastaajan ollessa 19-vuotias ja vanhimman 75-vuotias. Mediaani-ikä oli 48 vuotta keskihajonnan ollessa 12,4 vuotta.





**Kuva D78.** Kyselyyn vastanneiden henkilöiden päätoimet.

Kuvassa D78 on esitetty vastaajien päätoimet. Lähes 80 % vastaajista oli kokopäivätoisissä. Eläkeläisiä oli noin 15 % ja osa-aika- tai kausitoisissa oli muutama prosentti. Muutama prosentti vastaajista ei halunnut vastata kysymykseen.



**Kuva D79.** Kyselyyn vastanneiden henkilöiden aktiivinen suhde sähköautoihin, sähköverkkoihin tai latausasemiin.

Kuvasta D79 nähdään vastaajien sidonnaisuus sähköautoihin, sähköverkkoihin tai latausasemiin työn, opiskelun tai harrastusten kautta. Vastaajista noin 13 % työnkuva, opinnot tai harrastukset liittyivät jollakin tapaa sähköautoihin, sähköverkkoihin tai latausasemiin. Liitteessä E on listattu vastaajien tarkentavat kommentit tähän kysymykseen liittyen.

## LIITE E: KYSELYN KOMMENTIT

Alle on listattuna kaikki kyselyn 45. kysymyksen (Liite B) vastaukset.

- "Identifion itseni" muotoilu on tarpeeton, jos on vaihtoehto "muu".
- 40v IT ura.
- Å.
- Ainoastaan oman energian tuotantoon niin kotiin kuin liikkumiseen. Minulla on ollut verkkoakku ja voisin nyt käyttää jatkossa autoa varastoimaan omaa energiatuotantoani.
- Ajoneuvoalan kouluttaja.
- Ajoneuvoasentaja ja osa töistä sähköautojen parissa.
- Akkujen kierrätys.
- Aloitin sähkötaksin yrityskäytön 2/2014. Jonka jälkeen perheen kaikki autot ovat olleet sähköllä kulkevia (6 kpl, 620tkm yhteensä).
- Ammatillinen opettaja, Elektroniikka.
- Asennan latausasemia ja opetan sähköalaa.
- Asumme vuokralla, joten meillä ei ole mahdollisuuksia esimerkiksi oman tontin aurinkovoimaan.
- Autoalalla töissä, jossa myös sähköautoja korjataan
- Autoasentaja.
- Autoharrastaja, automaatioasentaja, aurinkoenergia kiinnostaa.
- Autoilun elinkaaritutkimus ja -opetus.
- Autokorjaamo.
- Auton akun koko vaikuttaa useimpiin vastauksiin. Pieni akku ja lyhyt toimintasäde ei anna mahdollisuuksia kaksisuuntaisuuteen muuta kuin kotilatauksessa.
- Autovalmistajat voisivat käyttää ei integroituja akkuja, jolloin jatkokäyttö ja akustojen korjaaminen olisi helpompaa.

- Ei liity, olen remonttireiska ja vaihdoin volkkari transportein 2018v. 9,3l./100km. Halvenpaan, kun ensin ostin puolisollesseni sähköauton ja tajusin edun.
- En suoraan työskentele sähkötuotannossa, mutta työskentelen sähköä ydinvoimalla tuottavan yrityksen ICT tukipalveluorganisaatiossa.
- Energia tekniikan insinööri töissä energian tuotannossa.
- Energiaalan ekspertti.
- Energiayhtiössä töissä.
- Engineer on energy production.
- Engineer on energy projects.
- Haluaisin ehdottomasti päästä eroon kaikenmaailman aplikaatioista. Pankkikorttilataaminen on paras mahdollinen lataustyyli.
- Harrastan kotiautomaatiota, johon kuuluu myös kotilatausaseman ohjailu MQTT-protokollalla.
- Harrastuneisuus.
- Henkilöautoilussa sähköautot ovat tulevaisuutta. 1000 km range ratkaisi ongelman, joka liittyy sähköauton käyttöön pitkillä matkoilla.
- Hiukka vaikeaa vastata kaikkiin kysymyksiin, ei ole tarpeeksi tietoa, että vois antaa mielipidettä jokaiseen kysymykseen, en ole täysin perillä kaikista näistä sähkö jutuista vaikka oma pikalataus asema onkin tontilla. Tämä kaksi suuntainen lataus on mulle aivan uusi asia, ei pysty kommentoimaan. Pitäis saada perehdytystä asiaan. Kiinnostaa!
- IT ammattilainen, kova teknologiakiinnostus.
- Job no, study no (I'm interested in circular economy in general), hobbies - yes I stay informed through watching loads of YouTube videos on electric cars and sustainable tech etc.
- Jollain tavalla hurahtanut näihin omiin energiaprojekteihin. Seuraavana tavoite aurinkosähkössä. CHAdeMOlla vaan valitettavasti jäi ns. luu käteen, tukee H2G ominaisuuksia, mutta ikinä ei tule niitä saamaan. Alasajo alkoi jo latauspisteissä.
- Kiinnostus autoihin ja energiatekniikkaan.

- Kiinnostus sähköön liittyviin asioihin on minulla ollut koko ikäni, ja hain sähköinsinööriksi koulukseenkin 21-vuotiaana, mutta minua ei valittu. Ammattini on terveydenhoitoalalla.
- kiinteistöala
- Kiitos
- Koko työura (43 vuotta) teollisuuden sähkökunnossapito asentaja
- Kotiautomaatioharrastus
- kotiautomaation kautta
- Koulutus: Sähkötekniikan DI
- Lataus ja sähköautoiluun suhtaudutaan varsinkin maaseudulla kielteisesti.
- Liian vaikeita kysymyksiä ja liian paljon. Vastasin summassa.
- Love and follow new technologies.
- Maalämpö.
- Management consulting for b2b industry and project business
- minä ja puoliso energiayrityksessä 30+v ja toimittajana energiayrityksille 20+v
- Minulla on sähkötekniikan maisteritutkinto ja teen yliopistossa väitöskirjaa.
- Minulle tulossa kotiin 22kW Type 2 latausmahdollisuus, mutta se ei tule tukemaan 2-suuntaista (V2H t. V2G) latausta. Tämä on vaikuttamassa suhtautumiseeni näihin 2-suuntaisiin latausasioihin, jotka mielestäni periaatteessa ovat varsin suositeltavia.
- Minusta olen esimerkillinen, toivottavasti, jotta muutkin ajattelisivat tulevaa ja luontoa.
- Myyn eläketyönäni uusia ja käytettyjä sähköisiä liikkumavälineitä.
- Nissan leasing akustolla ei pysty antamaan sähköä mihinkään. Kyllä kaikki ladattu sähkö menee ihan omaan ajoon tällä hetkellä.
- No but an electric car is a joy to drive to work and back.
- Nord Pool.
- Not a hobby, but i do manage one Tesla car club and belong to an association to improve EV charging in Portugal.

- Olen entiseltä ammatiltani sähköasentaja (talosähkö). Olen myös kiinnostunut powerwall-tyylisistä energiavarastoista omakotitalokäyttöön.
- Olen harrastanut tekemällä ohjelmistoa, joka ohjaisi auton latausta ja kerää tietoja aurinko paneelien tuotannosta ja sähkön kustannuksista.
- Olen kumminkin hyvin kiinnostunut aiheesta.
- Olen mm. sähköalan DI. Ympäristöasiat kiinnostavat.
- Olen ollut pitkän aikaa kiinnostunut aurinkoenergian hyödyntämisestä kotona ja vapaa-ajalla. Kesämökillä sähkö tulee ainoastaan aurinkopaneeleista. Olen tutustunut jonkin verran aurinkosähköjärjestelmiin.
- Olen ollut sijoittajana sähköautoilun latauspalvelutarjoavassa yrityksessä. Nykyinen yritykseni tuottaa palveluja sähköautojen latauspalveluja tarjoaville yrityksille.
- Olen opettaja.
- Olen perustanut yrityksen, joka maahantuo latausasemia ja latausasemajärjestelmiä (AC).
- Olen sähköasentaja koulutukseltani
- Olen Sähköautot - Nyt!, Latausverkosto - Nyt!, Kotilataus - Nyt!, Hyundai/Kia - sähköautoilijat yms. Facebook-ryhmien moderoituja/admin ja jokseenkin aktiivinen sähköautoilun puolestapuhuja ja suosittelija. Työssäni olen ollut osallisena mm. lyhytaikaisuokrauspalvelun ja autojen yksityisleasingpalvelujen kehitystyössä.
- Olen sähköinsinööri koulutukseltani.
- Olen sähköinsinööri, työssä taajuusmuuttajien parissa. Autoilu, sähkö sekä sähköinen liikkeenhallinta kiinnostavat.
- Olen seurannut aurinko-, tuulisähkö ja muita energiainnovaatiota sekä rakennellut akkupaketteja koti/mökkikäyttöön.
- Olen tehnyt sijoituksia - mm. startupiin, joka pyrkii kehittämään ratkaisuja kysyntäjoustojen edistämiseen.
- Olen tilastoinut kaikki lataustapahtumat excelin avulla.
- Olen toiminut sijoittajana cleantech-sektorilla ja yhtiöni on sijoittanut mm. Plug-Surfing yhtiöön.
- Olen töissä akkutehtaalla.

- Olen töissä sähköverkkourakoinnissa.
- Olen töissä sähköverkkoyhtiössä.
- Olen työskennellyt Imatran Voiman (Fortum) voimalaitoksilla 15 vuotta.
- Opiskelen 100 km päässä kotoa, ajan lähes päivittäin. Mieheni omistaa auton ja hän työskentelee sähköverkkojen parissa.
- Optikko.
- Osittain. Osa toimenkuvastani kääntäjänä liittyy näihin aiheisiin.
- Pelastuslaitoksella kohtaamme sähköautoja onnettomuuksissa.
- sähköalan ammattilainen.
- Sähköasentaja.
- Sähköasentajasta eläkeläiseksi.
- Sähköauto on erittäin helppokäyttöinen sekä varmatoiminen kulkuneuvo. Odotan mielenkiinnolla uusien ratkaisujen toteutumista. Kiitos!
- Sähköautoilu kiinnostaa, työskentelen voimalaitoksessa.
- Sähköautoilusta on muodostunut viimeisten kuuden vuoden aikana harrastus ja puolisen vuotta sitten alanvaihdon myötä työkin liittyy sähköiseen liikenteeseen.
- Sähköautoilija ja vihreä teknologia sekä energia kiinnostaa. Omaan aurinkopaneelit ja mielellään saisin auton osaksi omaa järjestelmää. Työn puolesta isännöin kiinteistöjä ja vastaan energiatehokkuudesta sekä esim. kiinteistöjen sähköautojen lautauksesta ja latauspisteiden hankinnasta.
- Sähköautovalmistajiin pienimuotoinen sijoitusharrastus. Sitä kautta kaikkiin sähköautoihin liittyviin asioihin tutkimus ja tutustuminen.
- Sähköinsinööri.
- Sähkölaitoksella töissä.
- sähkölaitteiston käytönjohtaja.
- Sähkösuunnittelija ja kiinnostunut autoista.
- Sähköurakoitsija.
- Sähköverkkoala.
- Sähköverkkoalalla töissä.

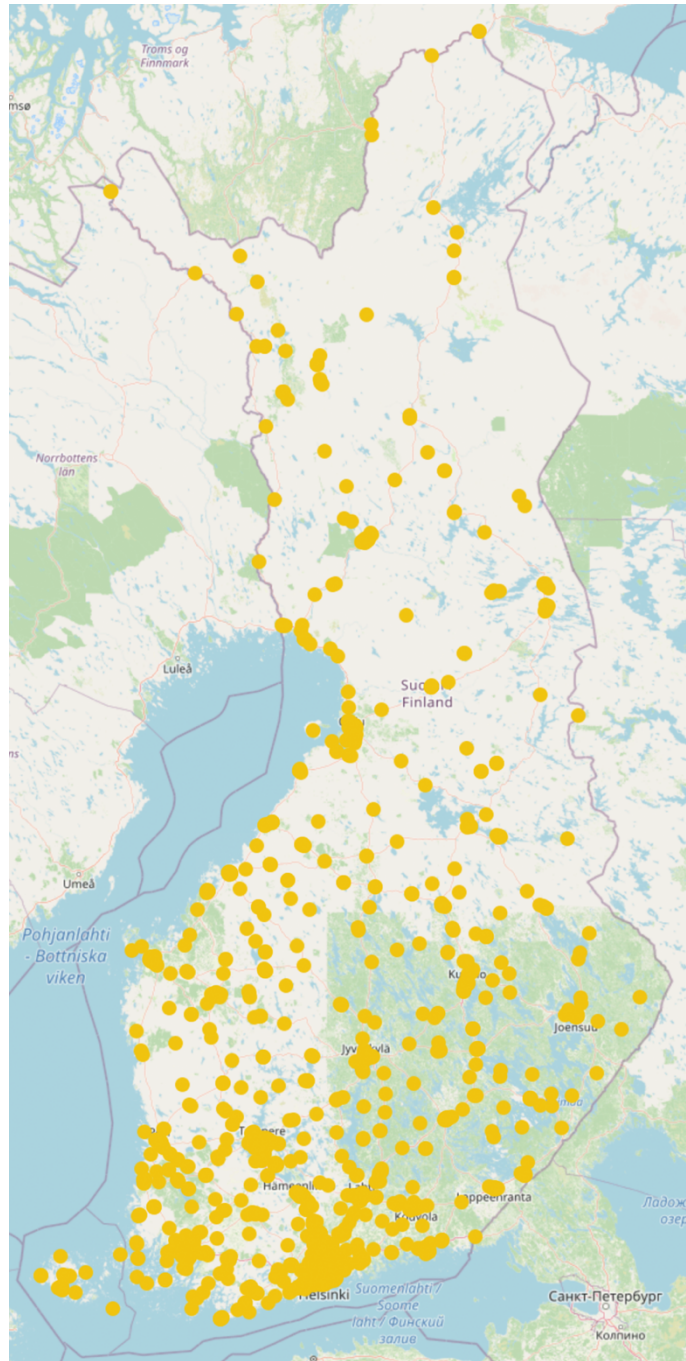
- Sähköverkoista vain joku yksittäinen kurssi.
- Seuraan raskaan kaluston sähköistymistä!
- Sunnittelien työssäni elektroniikkaa. Harrastan elektroniikkaa ja älykodin rakentamista.
- Suunnittelija sähköverkkoyhtiössä, joka tuskin ainoana kiinnostunut sähköautojen verkoille aiheuttamasta kuormien kasvuvaihtoksesta. Itsekin kandidaatin työni 6 vuotta sitten V2G:hen liittyen tehnyt. Sähköautoista innostunut jo vuodesta 2009.
- Tai no, erilaisia projekteja tehdään, joskus liittyvät energiaan tai liikkumiseen. Myös sähköautoiluun / latausverkkoon. Mutta ei suoraan, enkä ole tekninen ihminen - kiinnostunut tekniikasta kyllä.
- Taloyhtiön kautta.
- Tein työurani automaatioinsinöörinä.
- Toi akun ennen aikainen kulumisen täytyis jotenkin poissulkea, jotta antaisin auton luovuttaa sähköä julkiseen verkkoon. Johtuu varmaan siitä että olen maksanut auton omalla rahalla. Ei siis leasing tai muu etu.
- Toimin autoalalla kouluttajana ja konsulttina.
- Toimin autokorjaamon työnjohdossa ja meillä korjataan paljon eri merkkisiä sähköautoja.
- Toimin kaupallisten kiinteistöjen johtamisen ja niiden vuokraamisen parissa pääkaupunkiseudulla. Etenkin toimistojen ja niiden yhteydessä olevien autopaikkojen latausasemat ovat kasvava vaatimus ja keskustelunaihe.
- Toimin kaupungin infran rakennuttajana.
- Toimin pohjoismaiden suurimmassa kierrätysyrityksessä, jossa vastaan Suomen Litiumakkujen(ajovoima) purkulaitoksien rakennuttamisesta, varustelusta ja kehittämisestä.
- Toimittaja.
- Töissä öljy yhtiössä, työssäni näen öljyn kulkemisen ja määrät, joita menee jo yhdeltä pineltä varastolta, niin mikä on koko maan käyttö. energiankäytön hyötysuhde on itselleni tärkeä asia ja öljynpoltossa menee energiaa hukkaan ihan milettömiä määriä, puhumattakaan kun ajatellaan jalostus, varastointi ja kuljetus.

- Töissä sähköyhtiössä.
- Toivottavasti vastauksestani on hyötyä.
- Tulee seurattua ja sijoitettua huomattavasti Tuulivoimaan / Teslaan / Kempower.
- Tuulivoima-ala.
- Tuulivoimaan liittyviä kuvioita sivuaa yrittäjäyteni ja opiskelunikin.
- Työ rahoitusyhtiössä.
- Työhöni kuuluu muunmuuassa asentaa sähköautojen latauslaitteita.
- Työmatkani oli edestakaisin 60 km.
- Työnkuva liittyy sähköautoihin.
- Työskentelen ICT alalla ja uusi tekniikka kiinnostaa.
- Työskentelen sähköasentajana teollisuudessa.
- Työskentelen suomalaisen latausoperaattorin ylempänä toimihenkilönä.
- Työskentelen viikot vain sähköautojen parissa.
- Työssä käytän hybridautoa ja harrastus on sähkökäyttöiset RC-autot.
- V2H/V2G olisiärkevin kotona, koska auto on suurimman osan ajasta kotona parkissa. Latauslaitteet vain ovat niin kalliita että en itse ole ostamassa, tarvitsisi jonkinlaisen tuen että investoisin valtion tai muun tahon kautta.
- Vähän, olen isännöitsijä.
- Valmistamme komponentteja sähkökoneisiin.
- Vauriokorjaamon hallityönjohtaja.
- VTT, liikenteen ja ajoneuvojen tutkimuksessa.
- Yhtiömme valmistaa myös laitteita, joita käytetään sähköverkoissa.
- Ymmärrän ongelman sähkö varastointiin liittyen, akkujen lataus kapasiteetti tulisi mielestäni olla suurempi kuin tänään. Akkujen käyttö yleishyödyllisesti tulisi olla tuottavaa. Toivottavasti idea ei söisi itseään.
- Yritykseni asentaa mm. latausasemia.



## LIITE F: JULKISET LATAUSASEMAT

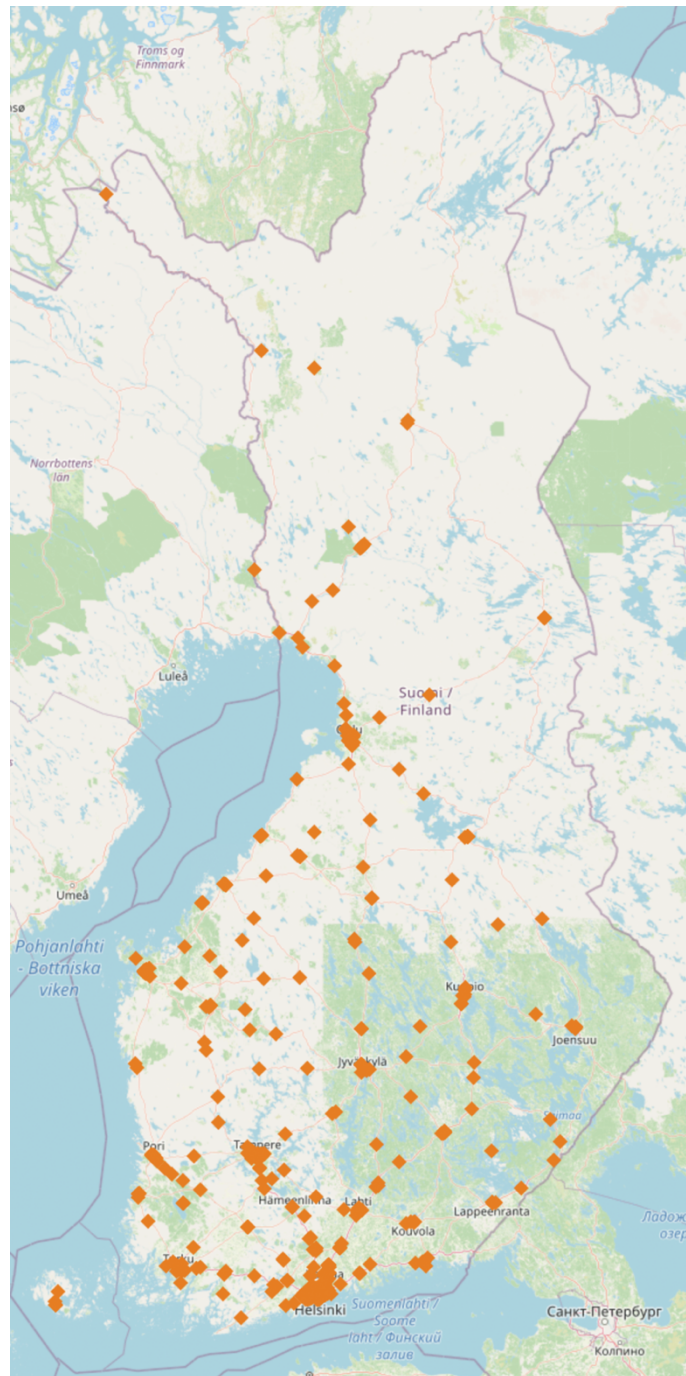
Huomionarvoista kuvissa F1–F5 on, että jokaisella latausasemalla on useampia latauspisteitä. Kuvassa F1 on Latauskartta-palvelun järjestelmissä olevat kaikki Type 2 -latausaset Suomessa vuoden 2022 alussa.



**Kuva F1.** Type 2 -latausaset Suomessa vuonna 2022 (Latauskartta, 2022; OpenStreetMap, 2022).

Type 2 -latauspisteet eivät todennäköisesti ole ajallisesti lyhyen pysähdyksen tekevän autoilijan ensisijainen latauspiste, vaan ennemmin ruokakaupassa asioimassa, ostoskeskuksessa vierailemassa tai ravintolassa ruokailemassa viipyvän autoilijan hieman pidempi aikainen latauspiste. Merkittävin huomio Type 2 -latausasemien sijaintiin liittyen on niiden sijoittuminen lähelle valta- ja kantatieverkkoa, mutta erityisesti Pohjois- ja Itä-Suomessa latausasemia on valta- ja kantatieverkon myös ulkopuolella. Type 2 -lataus-  
asemaverkosto täydentää pikalatausasemaverkostoa valta- ja kantatieverkolla, mutta tuo julkisen latausmahdollisuuden saavutettavaksi myös haja-asutusalueille.

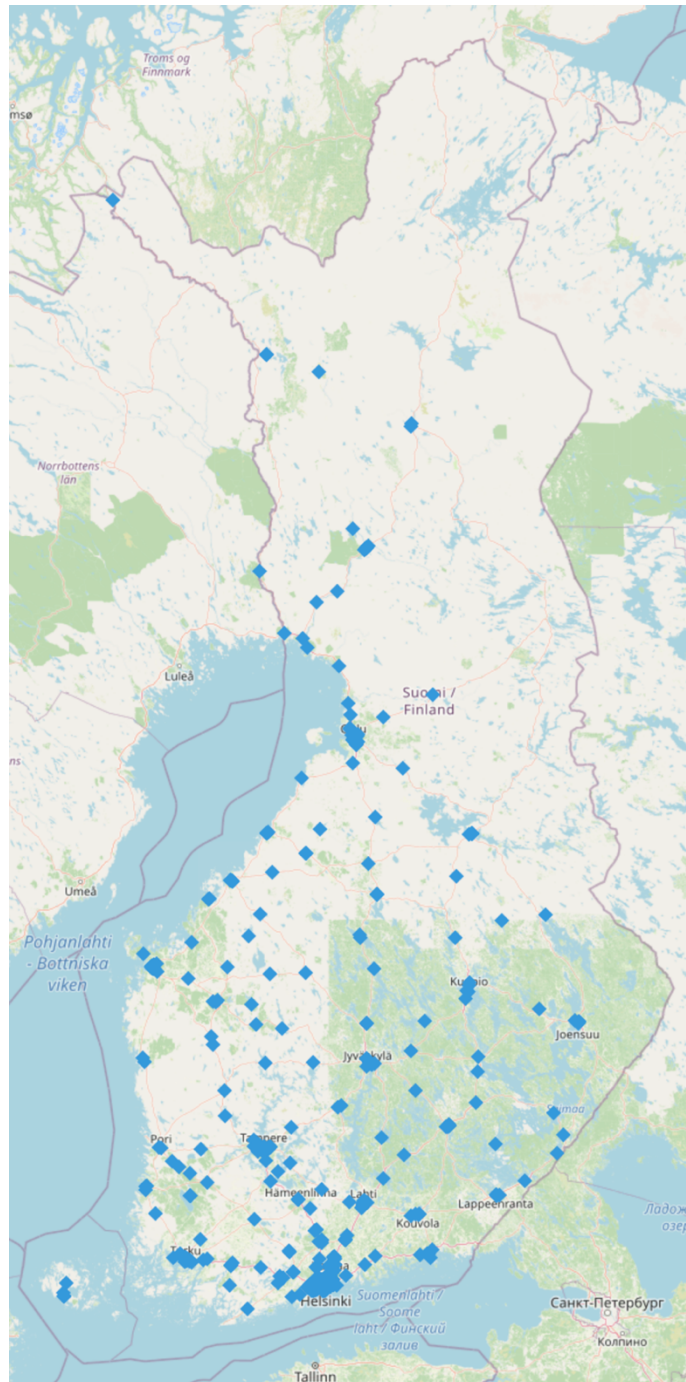
Kuvassa F2 on Latauskartta-palvelun olevat kaikki CHAdeMO-latausasemat Suomessa vuoden 2022 alussa.



**Kuva F2.** CHAdEMO-latausasemat Suomessa vuonna 2022 (Latauskartta, 2022; OpenStreetMap, 2022).

Kuvasta F2 huomataan, että CHAdEMO-latausasemien verkosto on painottunut isojen kaupunkien läheisyyksiin, mutta pohjoisinta ja itäisintä Suomea lukuun ottamatta latausasemia on kuitenkin melko tasaisesti. Itä- ja Pohjois-Suomessa CHAdEMO-latausase-  
maverkosto on puutteellinen ja autoilija joutuneekin turvautumaan muihin latausjärjestel-  
miin liikkeessään noilla alueilla.

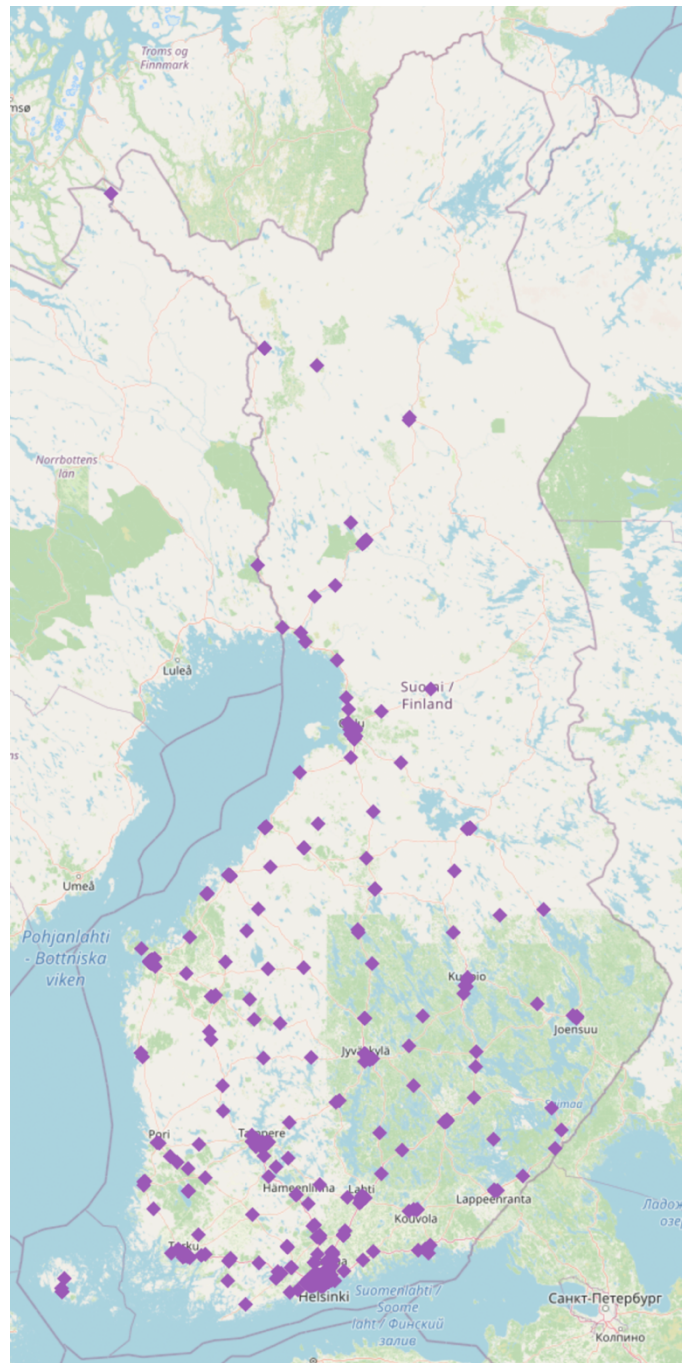
Kuvaan F3 on koottu CCS-latausasemat Latauskartta-palvelusta vuoden 2022 alussa.



**Kuva F3.** CCS-latausasemat Suomessa vuonna 2022 (Latauskartta, 2022; OpenStreetMap, 2022).

Samoin, kuin CHAdeMO-latausasemienkin osalla, CCS-latausasemien latausasemaverkosto on puutteellinen Itä- ja Pohjois-Suomessa. Yksittäisenä huomiona verrattuna CHAdeMO-latausverkostoon mainittakoon, että Kuusamossa ei ole lainkaan CCS-latausasemaa. Tämä heikentääkin Itä-Suomen latausasemaverkoston kattavuutta merkittävästi.

Kuvassa F4 on HPPCCS-latausasemat Suomessa. HPPCCS-latausasemat täydentävät erityisesti CCS-latausasemaverkostoa, sillä ne tarjoavat samalla standardilla tapahtuvaa, mutta huomattavasti tehokkaampaa latausta autoilijalle.

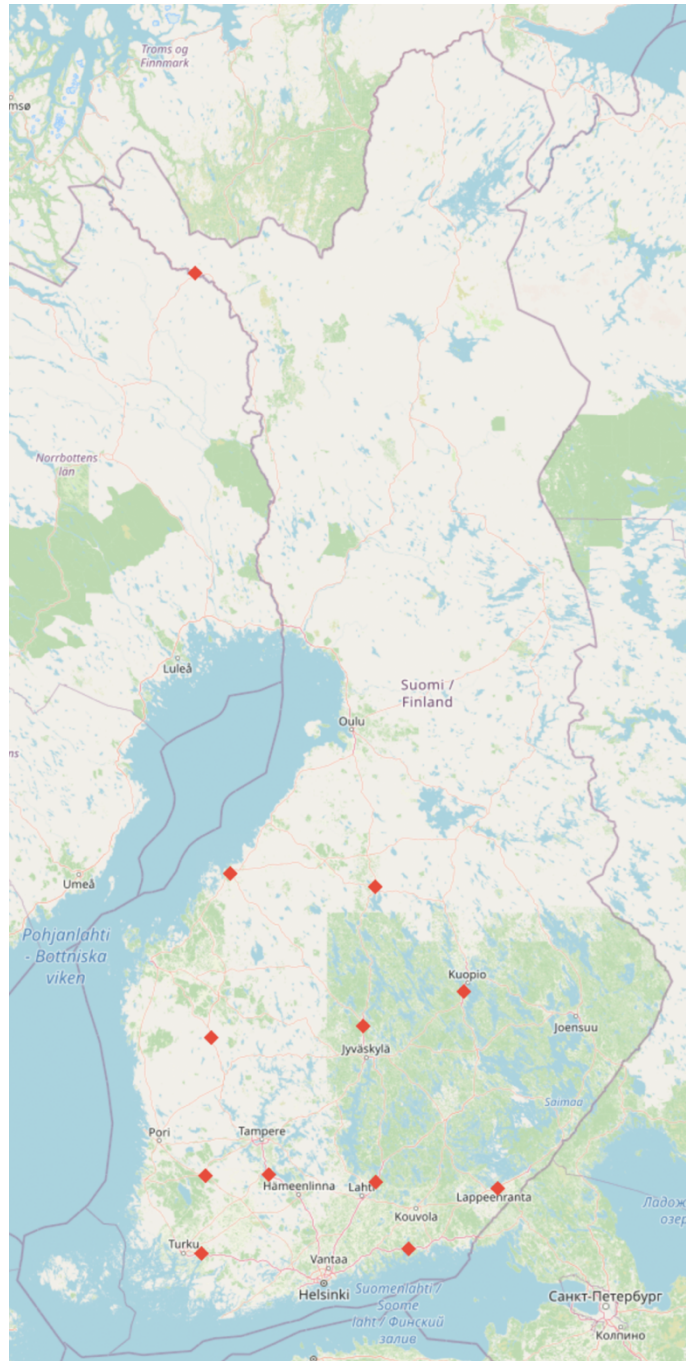


**Kuva F4.** HPPCCS-latausasemat Suomessa vuonna 2022 (Latauskartta, 2022; OpenStreetMap, 2022).

HPPCCS-latausasemien verkosto on myös Etelä- ja Länsi-Suomeen painottunut. Kuvia F3 ja F4 verratessa voisi helposti sanoa, että CCS- ja HPPCCS-latausasemia olevan likimain yhtä paljon. Luvun 3.2. taulukosta 2 kuitenkin nähdään, että CCS-latausasemia oli

vuoden 2022 alussa Latauskartta-palvelun tiedossa 348 kappaletta, joista 105 oli useampi kuin yksi latauspiste. HPCCS-latausasemia puolestaan oli 82 kappaletta ja näistä 74 oli useampi kuin yksi HPCCS-laturi.

Seuraavassa kuvassa F5 on Supercharger-latausasemat Suomessa.



**Kuva F5.** Supercharger-latausasemat Suomessa vuonna 2022 (Latauskartta, 2022; OpenStreetMap, 2022)

Supercharger-pikalatausasemat on sijoitettu Suomessa nimenomaisesti kaupunkien välisille tieosuuksille, eikä niinkään kaupunkien välittömään läheisyyteen. (Väylävirasto, 2021) Esimerkiksi pääkaupunkiseudulla ei ole ainuttakaan Supercharger-latausasemaa,

mikä onkin muiden latausstandardeja hyödyntävien latausasemien sijoitteluun verrattuna mielenkiintoista.

Kuten kuvista F2, F3 ja F4 huomataan CHAdeMO-, CCS- ja HPCCS-pikalatausasemia on niin kaupunkien välisillä tieosuuksilla kuin heti kaupunkien välittömässä läheisyydessä. (Väylävirasto, 2021) Supercharger-latausasemat ovat sijoitettu strategisesti eri tavalla muihin pikalatausasemiin verrattuna.

Alla olevassa taulukossa F1 on esitetty latausasemilla olevien latauspisteiden lukumäärät latausstandardeittain.

Taulukko F1. *Latausasemilla olevien latauspisteiden lukumäärät latausstandardeittain (Latauskartta, 2022).*

<b>Kappaletta</b>	<b>CHAdeMO</b>	<b>CCS</b>	<b>HPC</b>	<b>SC</b>	<b>Type2</b>
<b>1</b>	298	243	8	0	276
<b>2–4</b>	82	104	71	4	1082
<b>5–9</b>	0	1	3	7	127
<b>10--&gt;</b>	0	0	0	1	69
<b>Yhteensä</b>	<b>380</b>	<b>348</b>	<b>82</b>	<b>12</b>	<b>1554</b>