



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# SÄHKÖAUTOJEN OPTIMAALINEN VALINTA ERILAISISTA KÄYTTÄJÄNÄKÖKULMISTA

Niko Nurmela

Opinnäytetyö  
Joulukuu 2017  
Automaatiotekniikka



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Automaatiotekniikka

NURMELA NIKO:  
Sähköautojen optimaalinen valinta erilaisista käyttäjänäkökulmista

Opinnäytetyö 51 sivua  
Joulukuu 2017

---

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja oli Tampereen ammattikorkeakoulu, jonka hankesalkkuun kuuluivat sähköautot. Opinnäytetyön tarkoitus oli kertoa, mikä uusi Suomessa myytävä täyssähköauto sopisi parhaiten millekin käyttäjäryhmälle. Pää tarkoitus oli helpottaa sähköauton hankintaa ja tuoda käyttöön vaikuttavat erot esille, eri mallien välillä.

Työ toteutettiin kvantitatiivisin tutkimusmenetelmin. Autojen tiedot kerättiin pääasiassa kuuden maahantuojan internet-sivuilta ja niiden perusteella autoja vertailtiin keskenään. Vertailtavia tietoja olivat auton käyttöön vaikuttavat tekijät esim. toimintasäde, latausaika ja suorituskyky. Ulkonäköä, varusteita ja muita vastaavia ominaisuuksia ei otettu vertailuun mukaan.

Erot autojen välillä selvisivät vertailussa. Ne olivat erittäin suuria monella osa-alueella ja kaikki autot eivät soveltuneet kaikkiin liikkumistarpeisiin. Vertailun perusteella valittiin kahdeksalle eri käyttäjäryhmälle optimaalisin vaihtoehto. Tuloksista jokainen voi päätellä mikä olisi heille juuri oikea täyssähköauto. Kaikille käyttäjäryhmille ei löytynyt täydellistä vaihtoehtoa sähköautoista, heille järkevämpi vaihtoehto löytyy vielä polttomoottori-autojen joukosta.

Käyttäjärühmistä voisi tehdä vielä jatkotutkimusta esim. kysely siitä mitkä käyttöominaisuudet ovat kullekin tärkeitä. Täyssähköautomallit uudistuvat koko ajan, joten jos saman tutkimuksen tekee myöhemmin, on tulos täysin erilainen.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Automation technology

NURMELA, NIKO:  
Optimal Choice of Electric Cars from Different User Perspectives

Bachelor's thesis 51 pages  
December 2017

---

The thesis was commissioned by Tampere University of Applied Sciences, whose project portfolio included electric cars. The purpose of this thesis was to report which new electric car sold in Finland would best fit for each user group. The main purpose was to make the purchase of an electric car easier.

The work was carried out using quantitative research methods. The data about cars were collected mainly from the internet sites of six importers. Comparison was done on the basis of that data. The comparable data included factors affecting the use of the car, such as operating range, charging time and performance. Appearance, accessories and other similar features were not included in the comparison.

In comparison, differences between cars were revealed. The differences were very big in many areas and not all cars were suitable for all mobility needs. Eight different groups of users were chosen the most optimal electric car based on the results. All used groups did not get perfect match from compared cars.

The user groups could do further study, for example, a poll about which using features are most important for each one. Electric cars are constantly renewed, so if the same study is conducted later, the results are completely different.

---

Key words: electric cars, electric vehicles, comparison

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	SÄHKÖAUTOJEN HISTORIA.....	7
2.1	1880 - 1990 .....	7
2.2	1990 - 2000 .....	9
2.3	2000 – 2017 .....	10
3	SÄHKÖAUTOJEN TEKNIikka .....	12
3.1	Lyijyakku .....	12
3.2	Nikkeliakut.....	13
3.3	Litium-akut .....	14
4	SÄHKÖAUTON KÄYTTÖ.....	16
4.1	Lataaminen.....	16
4.1.1	Lataustavat .....	16
4.1.2	Latauspistokkeet.....	17
4.1.3	Latauspaikat .....	18
4.2	Toimintasäde.....	19
4.2.1	Toimintasäteeseen vaikuttavat tekijät .....	20
4.2.2	Toimintasäteen testausmenetelmät.....	20
4.3	Hankintahinta.....	21
5	SÄHKÖAUTOVERTAILU .....	22
5.1	BMW i3 .....	22
5.2	Hyundai Ioniq .....	23
5.3	Nissan eNV200 .....	25
5.4	Nissan Leaf .....	26
5.5	Renault Zoe.....	27
5.6	Tesla Model S .....	29
5.7	Tesla Model X .....	30
5.8	Volkswagen e-Golf .....	32
5.9	Volkswagen e-up! .....	33
5.10	Hinta.....	34
5.11	Akku.....	35
5.12	Toimintasäde.....	36
5.13	Lataus .....	37
5.14	Teho ja vääntö.....	38
5.15	Huippunopeus .....	39
5.16	Kiihtyvyys 0 – 100 km/h .....	40
5.17	Istumapaikat.....	41

5.18	Tavaratila .....	42
5.19	Kääntöympyrä.....	43
5.20	Vetotapa .....	43
6	OIKEAN AUTON VALINTA ERI KÄYTTÄJÄRYHMILLE.....	45
6.1	Ihmiset, joilla on lyhyt työmatka .....	45
6.2	Ihmiset, joilla on pitkä työmatka .....	45
6.3	Suuret lapsiperheet.....	46
6.4	Työautoilijat.....	46
6.5	Urheilullisista autoista pitävät.....	47
6.6	Kaupunkiautoilijat .....	47
6.7	Kaupunkien välillä liikennöivät.....	47
6.8	Kateutta havittelevat .....	48
7	POHDINTA.....	49
	LÄHTEET.....	50

## 1 JOHDANTO

Hallitus hyväksyi 24.11.2016 kansallisen energia- ja ilmastostrategian vuoteen 2030. Strategiassa linjataan konkreettisia toimia ja tavoitteita, joilla Suomi saavuttaa Sipilän hallitusohjelmassa ja EU:ssa sovitut energia- ja ilmastotavoitteet vuoteen 2030 mennessä. Linjausten mukaan toimiessa uusiutuvan energian osuus energian loppukulutuksesta nousee yli 50 prosenttiin 2020-luvulla. Tuontiöljy mukaan lukien bensiinin ja dieselin käyttö kotimaan tarpeisiin puolitetaan 2020-luvun aikana verrattuna vuoden 2005 kokonaisenergiämäärään. Tavoitteena on, että Suomessa olisi vuonna 2030 yhteensä vähintään 250 000 sähkökäyttöistä autoa. Myös ajoneuvokannan uusiutumista nopeutetaan huomattavasti. (TEM Tiedote)

Suomen valtion toimesta aiotaan siis ohjata kuluttajia sähköauton hankintaan. Sähköautot kehittyvät koko ajan ja markkinoille tulee koko ajan uusia ja paremmat tekniset ominaisuudet omaavia malleja eri autovalmistajien toimesta. Malleja alkaa olla jo monta ja käyttöominaisuudet eroavat toisistaan huomattavasti. Kuluttajille sähköauton käyttö ja niiden ominaisuudet ovat vielä jokseenkin vierasta. Tässä opinnäytetyössä pyrin vertailemaan eri mallien käyttöominaisuuksia keskenään ja valitsemaan niistä eri käyttäjäryhmille parhaan mahdollisen sähköauton.

## 2 SÄHKÖAUTOJEN HISTORIA

Sähköautojen historia alkaa 1880-luvulta, vaikka moni kokee sähköautojen olevan paljon tuoreempi keksintö. Olen jakanut sähköautojen historian kolmeen osaan, koska sähköautot ovat olleet lyömässä läpi kolme kertaa, kahden ensimmäisen kerran epäonnistuesssa.

### 2.1 1880 - 1990

Sähkömoottorit kehitettiin Michael Faradayn työn seurauksena vuonna 1821. Englantilainen tiedemies William Sturgeon keksi vuonna 1832 ensimmäisen kommutaattori tyyllisen tasavirtamoottorin, joka pystyi pyörittämään koneistoa. Ensimmäisen tiedetyn sähköveturin rakensi vuonna 1837 kemisti Robert Davidson. Veturi sai voimansa ei-ladattavista akuista. Ensimmäisiä sähkökäyttöisiä raitiovaunuja kokeiltiin Pietarissa 1880 ja säännölliseen käyttöön ne otettiin 1881 kun Siemens & Halske rakensi radan Berliiniin. (Larminie & Lowry 2012, 2.)

Puoli vuosisataa ehti kulua ensimmäisistä sähköajoneuvoista, kunnes akut olivat kehittyneet riittävästi, jotta niitä voitiin käyttää kaupallisissa vapaan matkan sähköajoneuvoissa. Varhainen sähköajoneuvo Bager Runabout tehtiin Yhdysvalloissa ja vietiin Saksaan 1883 Vatra Batteriesin toimesta. Ensimmäinen auto joka ylitti 100 km/h nopeuden oli sähköauto, joka tunnetaan nimellä 'La Jamis Contence'. 1800-luvun lopussa massatuotetut sähköautot joissa oli ladattavat akut, olivat laajasti käytössä. Yksityisautot olivat vielä harvinaisia mutta ne toimivat yleensä sähköllä, kuten myös taksit. (Larminie ym. 2012, 2-3.)



KUVA 1. Bager Runabout 1883 (Larminie ym. 2012, 3)

1900-luvun alussa sähkö vaikutti vielä parhaalta vaihtoehdolta auton käyttövoimaksi, koska jos tarvittiin suorituskykyä, niin sähköauto vei voiton kilpailijoistaan, joiden voimanlähteenä käytettiin poltto- tai höyrymoottoreita. Sähköautot olivat suhteellisen luotettavia ja käynnistyivät helposti, kun taas polttomoottoriautot olivat siihen aikaan epäluotettavia ja ne piti käynnistää veivillä manuaalisesti. 1920-luvulle mennessä, oli sähköautoja tuotettu henkilöautoiksi, pakettiautoiksi, takseiksi, kuljetusajoneuvoiksi ja busseiksi, jo monta sataatuhatta. (Larminie ym. 2012, 4.)

Lupaavasta alusta huolimatta halpa öljy oli kumminkin tullut kaikkien saataville ja polttomoottori oli kehittynyt ja saanut sähköstartin. Polttomoottoriautosta oli tullut houkuttelevampi vaihtoehto ja ironisesti ladattavien akkujen päämarkkina-alue oli nyt polttomoottoriautojen käynnistys. Helpon selitettynä syy polttomoottoriautojen suosioon tähän päivään asti on se, että energia mitä tarvitaan 500 km:n kulkemiseen painaa polttoaineen muodossa 40 kg ja lyijyakuissa 2700 kg. (Larminie ym. 2012, 4-5.)

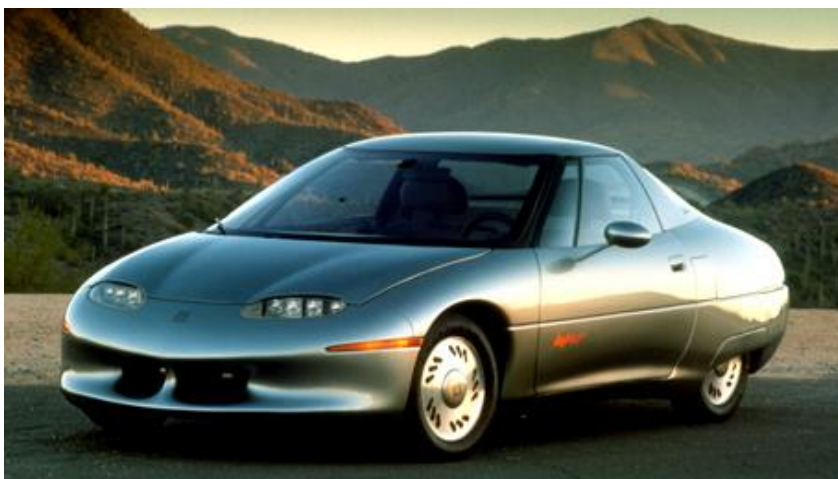
Toinen suuri ongelma akuissa on niiden lataamiseen käytettävä aika. Lyijyakkujen lataamiseen tarvitaan useita tunteja ja polttoainesäiliön täyttämiseen kuluu minuutti. Myös lyijyakkujen hinta on yksi syy mikä haittaa sähköautojen suosiota. 2700 kg lyijyakkua maksaa noin 9000 € tämän päivän hinnoilla, mikä nostaa sähköautojen hinnan korkeammaksi kuin polttomoottoriautojen. Lisäksi lyijyakkujen toimintaikä on noin viisi vuotta, joten niiden uusiminen tulisi suureksi kuluksi. Kun nämä tekijät otetaan huomioon, polttomoottoriautojen suosio 1900-luvulla on selvää. (Larminie ym. 2012, 5-6.)



## 2.2 1990 - 2000

Sähköautojen toinen tuleminen tapahtui 1990-luvun alussa Kaliforniassa, kun California Air Resources Board (CARB) määräsi seitsemän suurimman autonvalmistajan kehittämään täysin pakokaasupäästöttömiä autoja Kaliforniaan. Lupaavin auto mikä tämän tuloksena syntyi, oli General Motors EV1. Tämän auton synnystä ja kuolemasta on tehty dokumenttielokuva *Who Killed the Electric Car?* (2006). Dokumentissa kerrotaan, kuinka EV1 alettiin liisaamaan asiakkaille Kaliforniassa ja asiakkaat olivat tyytyväisiä autoihinsa. Ensimmäisissä versioissa akkuina toimi 18.7 kWh:n lyijyakku ja myöhemmin akku päivitettiin NiMH akuksi. Tehoa autossa oli 107 kW ja lataus tapahtui 6,6 kW:n teholla. Lyijyakullisen version toimitasäde ylsi 160 kilometriin ja uudemman NiMH-akullisen version 230 kilometriin. (Paine 2006.)

Öljy-yhtiöiden painostuksesta autovalmistajat nostivat CARB:n määräystä vastaan oikeuskanteen ja saivatkin määräyksen kumottua. Kaikki liisatut autot kerättiin asiakkailta pois ja lähes kaikki 2234 autoa vietiin romutettavaksi. Asiakkaat yrittivät taistella General Motorsia vastaan ja tarjoutuivat ostamaan autot itselleen, mutta tuloksetta. Sama kohtalo oli myös muiden valmistajien autoilla. Öljy-yhtiö Chevron osti jopa patentit NiMH-akuteknologian kehittäjältä, jonka seurauksena NiMH-akkuja ei voida käyttää enää täys-sähköautoissa. (Paine 2006.)



KUVA 2. GM EV-1 (wikipedia)

### 2.3 2000 – 2017

Sähköautojen kolmas tuleminen tapahtui myös Kaliforniassa. Pay Pal-sovelluksella rikastuneen Elon Muskin yhtiö Tesla julkaisi 2008 ensimmäisen mallinsa Tesla Roadsterin. Auto oli urheilullinen kaksipaikkainen, takavetoinen auto irrotettavalla katolla, jonka akkuna toimi 53 kWh:n litiumioniakku. Tesla Roadster rakennettiin Lotus Elisen pohjalle ja siinä käytettiin 185 kW:n kolminapaista vaihtosähkömoottoria. Tesla kehitti teknologiaa ja julkaisi myöhemmin vuonna 2012 käytännöllisemmän viisipaikkaisen Tesla Model S. Auton menestys oli niin kova, että se pakotti muut auton valmistajat myös kehittämään ja valmistamaan sähköautoja. Nykyään lähes kaikilla autonvalmistajilla on sähköautomalli tai ainakin sellainen on kehitteillä. Myös valtiot yrittävät erilaisilla päästörajouksilla ohjata autonvalmistajia sähköautojen valmistukseen. (Wikipedia)



KUVA 3. Tesla Roadster (Wikipedia)

Suomessa oli 30.9.2017 Trafín tietojen mukaan 1289 sähköautoa liikenteessä. 30.9.2015 määrä oli 574 ja 30.9.2016 määrä oli 774, joten sähköautot yleistyvät kiihtyvällä tahdilla Suomessa. (Trafi 2017)

**30.9.2017 liikennekäytössä olevat sähköhenkilöautot**

<b>MERKKI</b>	<b>LKM</b>
TESLA MOTORS	571
NISSAN	383
VOLKSWAGEN	62
BMW	53
HYUNDAI	51
RENAULT	47
MERCEDES-BENZ	29
CITROEN	21
THINK	17
PEUGEOT	15
MITSUBISHI	12
KIA	7
FORD	5
SMART	4
TOYOTA	3
FIAT	3
MICRO-VETT	2
TESLA	1
OMAVALMISTE	1
SAAB	1
PORSCHE	1
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>1 289</b>

Kuva 4. 30.9.2017 Liikenteessä olevat sähköautot (Trafi 2017)

### 3 SÄHKÖAUTOJEN TEKNIikka

Sähkömoottoreilla muutetaan sähköenergiaa mekaaniseksi energiaksi. Sähkömoottorissa luodaan kelalle käärittyjen johtimien eli käämien väliseen magnetoituvaan metalliin sähkön avulla magneettikenttä, jonka napaisuutta sopivalla taajuudella muuttamalla saadaan aikaan pyörimisliike. Sähköautoissa käytetään kolmea eri tekniikalla toimivia vaihtosähkömoottoreita. Moottoreita ovat oikosulkumoottori, vierasmagnetoitu tahtimoottori ja kestopagneettimoottori. (Larminie ym. 2012, 145-147.)

Akku on lähes kaikkien autojen avain komponentti. Sähköautoissa akku on ainut energi-  
anlähde ja komponentti, joka on kallein, painavin ja vie eniten tilaa. Akku sisältää vähintään kaksi sähkökennoa, jotka ovat yhdistetty toisiinsa. Kennot muuntavat kemiallisen energian sähköiseksi energiaksi. Kennot sisältävät positiivisia ja negatiivisia elektroneja elektrolyytissä. Kemiallinen reaktio elektronien ja elektrolyytin välillä tuottaa tasavirtaa. Ladattavissa akuissa kemiallinen reaktio voidaan kääntää ja palauttaa akku ladattuun tilaan. (Larminie ym. 2012, 29.)

#### 3.1 Lyijyakku

Lyijyakut olivat vielä vähän aikaa sitten yleisin akku, jota käytettiin sähköajoneuvoissa. Niitä käytetään käynnistämään polttomoottoriautoja, josta ne ovatkin parhaiten tunnettuja. Sähköajoneuvoissa kuitenkin käytetään vankkarakenteellisempia lyijyakkuja, jotka kestävät pitempää kiertoa ja niissä käytetään geelimäistä elektrolyyttiä, nestemäisen sijasta. Tällaiset akut ovat kalliimpia valmistaa. Lyijy-happokennoissa negatiivisissa levyissä vaikuttava materiaali on huokoista lyijyä, kun taas positiivisissa levyissä vaikuttava materiaali on lyijydioksidia. Levyt ovat upotettu elektrolyyttiin joka on laimennettua rikkihappoa. Rikkihappo yhdistää lyijyn ja lyijyoksidin ja tuottaa lyijysulfaattia, vettä sekä sähköenergiaa, joka vapautuu tapahtuman seurauksena. (Larminie ym. 2012, 36.)

Lyijyakku on yleisin ladattava akku, jota käytetään koneissa lukuun ottamatta pieniä koneita. Pääsyy siihen on se, että lyijy, rikkihappo ja muovikuoret eivät ole kalliita, se toimii luotettavasti ja siinä on verrattain suuri jännite, noin 2 v per kenno. Yksi huomattavammista lyijyakun ominaisuuksista on sen erittäin pieni sisäinen vastus. Tämä tarkoittaa sitä,

että sen jännitehäviö on huomattavan pieni virtaa käytettäessä. Jännitehäviö on pienempi kuin muissa akuissa, joita käytetään ajoneuvoissa. Lyijy ja lyijyoksidi eivät ole vakaita rikkihapossa ja hajoavat, vaikkakin hyvin hitaasti. Tämän seurauksena akku purkaantuu itsestään. Tähän vaikuttaa kennojen lämpötila: mitä kuumempi, sitä nopeammin purkautuminen tapahtuu. (Larminie ym. 2012, 36.)

### 3.2 Nikkeliakut

Nikkeliakuissa käytetään nikkeliä positiivisena elektronina. Näitä akkuja ovat muun muassa nikkelikadmium- nikkelifura- ja NiMH-akut. Nikkelikadmium-akku (NiCad) on yksi pääkilpailijoista lyijyakulle sähköajoneuvoissa. Siinä on kaksi kertaa enemmän ominaisenergiaa kuin lyijyakuissa. (Larminie ym. 2012, 41.)

NiCad-akku käyttää nikkelioxyhydroksidia positiivisena elektronina ja kadmiumia negatiivisena elektronina. NiCad-akun vahvuus on korkea ominaisvoima, pitkä elinkaari (jopa 2500 kiertoa), leveä toimintalämpötila-alue ( $-40^{\circ}\text{C}$  -  $+80^{\circ}\text{C}$ ), matala itsestään purkautuminen ja hyvä pitkäaikainen varastointi. Tämä johtuu siitä, että akku on erittäin vakaa ja siinä itsestään purkautuminen tapahtuu lyijyakkuun verrattuna erittäin hitaasti. (Larminie ym. 2012, 41-42.)

NiCad-akkuja saa kaiken kokoisina ja muotoisina, mutta niitä on hankala saada niin suurikokoisina kuin sähköajoneuvot vaativat. Päämarkkina-alue akulle on kannettavat työkalut ja muut sähköiset laitteet. Ne ovat myös erittäin vankkarakenteisia mekaanisesti ja sähköisesti ja ne saadaan ladattua täyteen tunnissa ja 60 prosenttisesti täyteen 20 minuutissa. Negatiivinen puoli akuissa on se, että yhden kennon toiminta jännite on 1,2 V, joten 12 V saamiseksi tarvitaan 10 kennoa, kun taas lyijyakussa niitä tarvitaan 6. Tämä selittää osin NiCad-akkujen kalliimman hinnan. Toinen hintaan vaikuttava tekijä on se, että kadmium on monta kertaa kalliimpaa kuin lyijy. Kadmium on myös ympäristölle harmillista ja aiheuttaa syöpää. NiCad-akku on tyypillisesti kolme kertaa kalliimpi kuin lyijyaku. Sen lataustehokkuus laskee huomattavasti, kun lämpötila nousee yli  $35^{\circ}\text{C}$ , mutta on epätodennäköistä, että näin käy sähköautokäytössä. (Larminie ym. 2012, 42.)

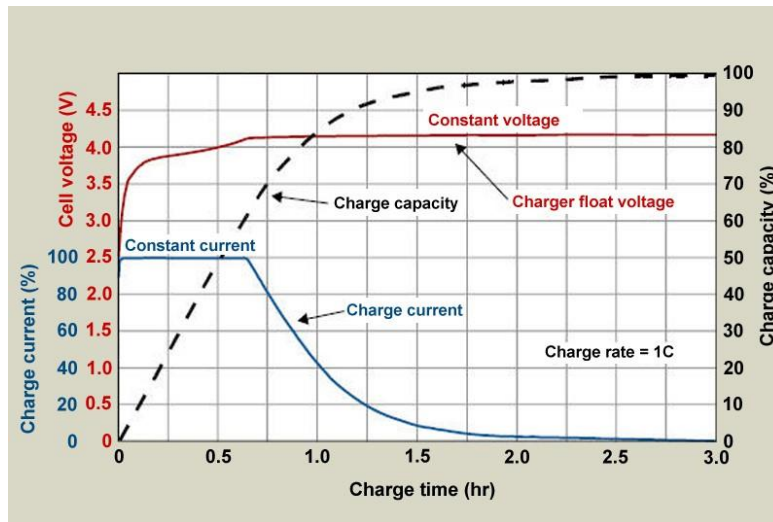
NiCad-akkuja on käytetty sähköautoissa kuten Peugeot 106:n, Citroen AX:n ja Renault Clion sähköversioissa, kuten myös Fordin Th!nk autossa. Kuten lyijyakut, täytyy NiCad-

akut ladata kunnolla. NiCad-akut kuitenkin ovat vähemmän alttiita purkautumaan itsestään, jonka vuoksi ongelmaa ei synny niin helposti kuin lyijyakuissa. Normaalisti akkua ladataan yhtämittaisella virralla, kunnes kennojännite saavuttaa ennalta määrätyn tason, jolloin latausvirta katkeaa. Kun taas kennojännite laskee ennalta määrätyn tason alapuolelle, latausvirta kytkeytyy taas päälle. Tämä jatkuu niin kauan, kunnes akku on ladattu täyteen. Suuri osa varauksesta saadaan normaalisti palautettua yhdessä tunnissa. (Larminie ym. 2012, 42-43.)

### 3.3 Litium-akut

Litium-akut tulivat markkinoille 80-luvun lopulla. Niissä on suurempi energia tiheys verrattuna muihin ladattaviin akkuihin, mutta ovat kalliimpia. Litium-akut ovat kehittyneet tarpeeksi, että niitä voidaan käyttää jo sähkö autoissa, mutta kehitystyötä tehdään yhä. Litiumioniakussa on positiivinen ja negatiivinen elektrodi, joissa litiumelektronit liikkuvat väliaineen välityksellä. Akun purkautuessa tapahtuu kemiallinen hapettumisreaktio, jossa positiivisesta elektrodista siirtyy elektroneja negatiiviseen elektrodiin, tämä synnyttää sähkövirran. Ladatessa elektronit liikkuvat toiseen suuntaan. (Larminie ym. 2012, 51-52.)

Litium-akkujen lataus eroaa lyijyakkujen latauksesta siten että, litium-akku ei kestä yllilatausta. Yllilataus ja liian nopea purkautuminen voi vahingoittaa akkua. Siksi litium-akun lataus tapahtuu osissa. Ensin akkua ladataan vakiovirralla, kunnes nimellisjännite on saavutettu. Tämä tapahtuu nopeasti, mutta varaustila on tämän jälkeen vain puolet. Tämän jälkeen akkua ladataan nimellisjännitteellä, virran laskiessa. Tämä suojaa akkua vahingoittumiselta ja lisää sen käyttöikä. Akku siis latautuu aluksi nopeammin ja hidastuu loppua kohti. Tämän vuoksi auton valmistajat ilmoittavat pikalatausajan 80% varausasteeseen. Lähes kaikissa nykyään myytävissä täyssähköautoissa, akkuna toimii litium-akku. (Battery University.)



KUVA 5. Litiumakun lataus (Battery University)

## 4 SÄHKÖAUTON KÄYTTÖ

Sähköautojen käyttö eroaa polttomoottoriautojen käytöstä jokseenkin. Suurimmat erot löytyvät latauksesta ja toimintasäteestä. Myös auton hankintahinta on korkeampi.

### 4.1 Lataaminen

Sähköautojen toimintasäde saadaan lataamalla akkuja. Akkujen lataamiseen kuluu huomattavasti pidempi aika kuin polttomoottoriautojen tankkauksessa, mikä tekeekin ehkä suurimman eron sähköauton ja polttomoottoriauton käytössä. Sähköauton akun lataus tyhjästä 80 %:n varaukseen tapahtuu nopeimmillaan noin puolessa tunnissa, jos käytössä on 50 kW:n pikalaturi. Eli jos auton akku on loppumassa, täytyy pysähtyä vähintään puoleksi tunniksi, ennen kuin pääsee taas jatkamaan matkaa melkein täydellä akulla.

Latausaika riippuu lataustehosta ja auton akun koosta. Pistorasiasta saatava teho riippuu sulakkeen koosta. Käytettäessä 8 A:n sulaketta saa pistorasiasta ( $8 \text{ A} \cdot 230 \text{ V}$ ) 1,8 kW:n tehon. Jos kyseisellä teholla ladataan 40 kWh:n akkua, kuluu laskennallisesti latauksessa ( $40 \text{ kWh} / 1,8 \text{ kW}$ ) noin 22 tuntia. Kaikkia sähköautoja voidaan ladata suoraan pistorasiasta, mutta autoissa on myös muita latausmahdollisuuksia.

#### 4.1.1 Lataustavat

Lataustavat sähköautoissa vaihtelevat hieman mallikohtaisesti. Autoissa on kiinteänä akkulaturi tai kaksi. Siihen kytketään virta ulkoisesta lähteestä, jonka avulla se alkaa ladata akkua. Latureita on kahta tyyppiä, vaihtovirta- ja tasavirtalatureita. Vaihtovirtalatureissa lataustehot vaihtelevat 3.3 kW:n ja 22 kW:n välillä ja tasavirtalatureissa vaihteluväli on 40 kW – 122 kW. Ladattaessa sähköautoa onkin hyvä tietää mikä on auton oman laturin maksimi teho, koska sitä suuremmalla teholla autoa ei voi ladata. (Plugit 2017.)

Helpoin tapa saada yksivaihevaihtovirtaa on kytkeä auto normaaliin pistorasiaan. Pistoriasialaus onnistuu kaikissa autoissa, jos on vain tarvittava välikaapeli autossa olevan kiinteänlaturin ja pistorasian välillä. Lataus tällä tavoin on kaikista hitain tapa ladata ak-



kuja. Yleensä suurin mahdollinen virta normaalista pistorasiasta on 16 A, jolloin lataus-teho on 3,7 kW. Tällä teholla 40 kWh:n akun lataus täyteen kestäisi 11 tuntia. Joissain taloyhtiön pistorasioissa saattaa alimmillaan virta olla vain 6 A, jolloin 1,38 kW:n teholla 40 kWh:n akun lataukseen kuluisi 30 tuntia. Yksivaihevirtaa saa myös suuremmalla teholla. Siihen on kuitenkin syytä käyttää sähköautoille suunniteltua latausasemaa. Yleisemmin tehon yläraja on näissä laitteissa 7,4 kW. Tällainen latauslaite riittääkin esimerkiksi Nissan Leaf sähköautoon jossa vaihtovirtalaturin maksimiteho on 6,6 kW. Tällä auton 30 kWh:n akku latautuu täyteen 4,5 tunnissa. (Plugit 2017.)

Kolmivaihevaihtovirtaa saadaan mm. sähköautoille suunnatuilta latausasemilta. Sellaisen voi hankkia myös kotiin. Lataus tapahtuu 400V:n jännitteellä ja yleisemmin 16 A:n tai 32 A:n virralla. Teho näillä vaihtoehdoilla on 11 kW:n ja 22 kW:n välillä. 22 kW teholla ei voi vielä ladata kuin Tesloja ja Reanault Zoea. Zoen 41kWh:n akku latautuu tällä teholla tyhjästä täyteen 2,7 tunnissa. (Plugit 2017.)

Nopeimmin sähköauton saa ladattua tasavirtaa käyttämällä pikalaturilla. Lähes kaikissa täyssähköautoissa on sellainen, pois lukien Renault Zoe. Autojen pikalatureiden teho vaihtelee 40 kW:n ja 120 kW:n välillä. Lyhyin latausaika on Hyundai Ioniqissa, jossa 28 kWh akku latautuu 100 kW:n teholla 80 % täyteen tyhjästä 23 minuutissa. Pikalatureille saa virtaa yleensä vain niille tarkoitetuilta latausasemilta, jotka toivat kuin bensa-asemat. (Plugit 2017.)

#### **4.1.2 Latauspistokkeet**

Sähköautoissa on erilaisia latauspistoketyyppejä. Pistoketyypit vaihtelevat merkkien välillä. Vaihtovirtalataus voidaan suorittaa tyyppin 1 ja tyyppin 2 pistokkeilla. Tyyppin 1 pistokkeilla lataus tapahtuu yksivaihevirralla jopa 80 ampeeriin asti. Näitä liittimiä on yleensä yhdysvaltalaisissa ja japanilaisissa autoissa. Tyyppin 2 liittäntää käytetään eurooppalaisissa autoissa. Liitin mahdollistaa kolmivaiheisen virransyötön 63 A asti. (Plugit 2017.)

Tasavirtalatureiden pistokkeita ovat CHAdeMO ja CCS Combo. CHAdeMOa käytettäessä lataus teho voi olla 63 kW ja CCS Combolla jopa 125 kW. (Plugit 2017.)

### 4.1.3 Latauspaikat

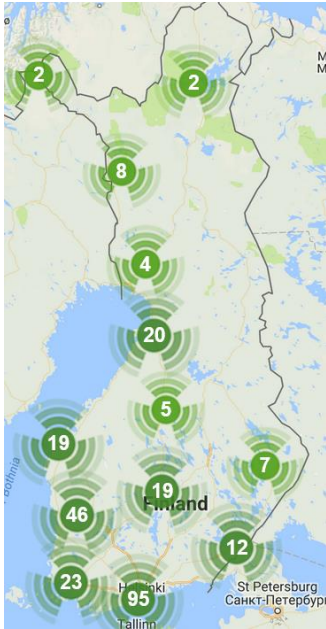
Kotilatauslaitteet ovat kotitalouskäyttöön asennettavia asemia, joilla sähköauto voidaan ladata mahdollisimman käyttäjäystävällisesti. Niitä on mahdollista asentaa omakotitaloihin tai taloyhtiöihin. Latausteho vaihtelee 3,6 kW:n ja 11 kW:n välillä, riippuen asennuskohteen vapaasta sähköteknisestä kapasiteetista. Kannattaakin hankkia kotiin sellainen laite, jolla auton akun saa ladattua yön aikana täyteen. Laitteita on saatavilla useita erilaisia, eri valmistajilta. Joillain autonvalmistajilla on saatavilla myös autoon oma kotilatauslaite. (Plugit 2017.)

Asiointilatauslaitteet ovat liiketiloissa tai työpaikoilla olevia asemia joihin saa sähköauton lataukseen sillä aikaa, kun on hoitamassa asioita kyseisessä tilassa. Ne palvelevat useita käyttäjiä ja eri merkkisiä ajoneuvoja. Laitteet ovat varustettu Mode 3 Type 2 latauspistokkeilla ja ne ovat yleensä älykkäitä latauslaitteita. Virrat vaihtelevat 1x6 ampeerista 3x63 ampeeriin saakka. Yleisimmät asennukset ovat 3x16 A (11 kW) ja 3x32 A (22 kW). Laitteet asennetaan seinään, jos siihen on mahdollisuus. Yleensä parkkipaikat edellyttävät asennusta maahan tai lattiaan, jolloin laitteeseen asennetaan tolppaan tai vastavasti laitteen runko muodostaa tukijalan. (Plugit 2017.)

Pikalataus on nopein tapa ladata sähköautojen akku ja se mahdollistaa pitkien matkojen kulkemisen. Parhaimmillaan pikalataus mahdollistaa akuston täyteen lataamisen alle puolessa tunnissa. Pikalatauslaitteet ovat huomattavasti kalliimpia kuin koti- tai asiointilaitteet. Hinta ei koostu pelkästään laitteen hinnasta, vaan myös sen vaatimasta tehon tarpeesta. Tästä syystä pikalatauslaitteita on yleensä vain huoltamoympäristöissä. Pikalatauslaitteissa on kiinteät latauskaapelit ja kaapelityyppiä on kahta erilaista: CSS ja CHAdeMO. CCS pystyy antamaan 120 kW:n lataustehon (400 V) ja CHAdeMO 63 kW:n. Yleensä julkisilta-asemilta löytyy molemmat kaapelit. (Plugit 2017.)

Suomessa on 262 (4.10.17) julkista latauspistettä ja suurin osa niistä sijaitsee Etelä-Suomessa. Lataustavat ja merkkisopivuus vaihtelevat eri asemien välillä. Myös latausteho vaihtelee pisteiden välillä. Internetistä löytyy monta suomenkielistä sivua, joissa julkiset pisteet on merkitty kartalle ja niiden ominaisuudet ovat myös kerrottu. Ennen latausta vaativalle pitkälle matkalle lähtöä, kannattaakin varmistaa latauspisteiden sijainnit, jotta

pystyy suunnittelemaan reitin niin, että tarvittava latauspiste sattuu matkan varrelle. Latauspisteistä kannattaa varmistaa, että niissä on pistoke, joka soveltuu auton laturiin ja että teho on auton nopeaan lataamiseen riittävä. Autoissa joissa on pikalatausmahdollisuus, kannattaa käyttää pikalatauspisteitä, koska niissä lataus tapahtuu nopeimmin. (Plugit 2017.)



KUVA 6. Latausverkosto (Plugit 2017)

## 4.2 Toimintasäde

Sähköautojen toimintasäde on toinen asia mikä erottaa autoilun polttomoottori autojen käytöstä. Toimintasäde on polttomoottoriautoihin verrattuna lyhyt. Toimintasäde on pisimmillään Teslassa 100 kWh:n akun omaavassa autossa, jolla voi optimiolosuhteissa päästä noin 800 km lataamatta. Teslat ovat kumminkin vielä kalliita ja halvempien mallien toimintasäteet jäävät siitä murto-osaan. Normaalin polttomoottoriauton hintainen VW e-up! (29 149 €) pääsee 18,7 kW:n akkunsu turvin, optimistisen NEDC-testin mukaan 159 km yhdellä latauksella. Samalla hinnalla saa polttomoottoriauton, jolla yhdellä tankkauksella voi päästä jopa tuhat kilometriä.

#### 4.2.1 Toimintasäteeseen vaikuttavat tekijät

Sähköautojen toimintasäteeseen vaikuttaa eri tekijät suuremmin kuin polttomoottori autoihin. Yleensä auton valmistajan sivuilla olevissa simulaatioissa näiksi tekijöiksi on ilmoitettu ajonopeus, lämpötila, ilmastoinnin/lämmityksen käyttö ja vanteiden koko. Ajonopeuden ja vanteiden koon kasvaessa ja lämpötilan laskiessa toimintasäde laskee. Ilmastoinnin/lämmityksen käyttö myös laskee toimintasädettä hieman. Suurimman vaikutuksen toimintasäteeseen tekevät ajonopeus ja lämpötila. (Renault 2017.)

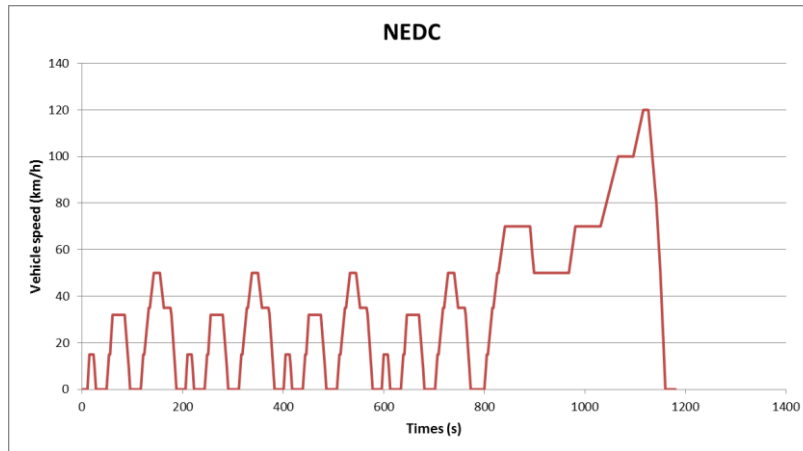
Kaikkien tekijöiden yhteisvaikutus toiminta säteeseen on huomattava. Esimerkiksi Renault Zoen toimintasäde simulaattorin mukaan 50 km/h ajonopeudella, +20 asteen lämpötilassa, 15’’ vanteilla, ilmastoinnin ollessa pois päältä on 388 km, kun taas 130 km/h ajonopeudella, -15 asteen lämpötilassa, 17’’ vanteilla, lämmityksen ollessa päällä on toimintasäde vain 110 km. 80 km/h ajonopeudella, -15 asteen lämpötilassa, 15’’ vanteilla, lämmityksen ollessa päällä on toimintasäde 194 km. Tästä päätellen talvella Suomessa matka-ajossa toimintasäde on noin puolet maksimista. Kovilla pakkasilla voi toimintasäde lyhentyä vielä enemmän. (Renault 2017.)

#### 4.2.2 Toimintasäteen testausmenetelmät

Sähköautojen toimintasäde on vaikea määrittää, koska siihen vaikuttavat niin monet tekijät. Jos autojen valmistajat ilmoittaisivat oman optimistisen arvion autojensa toimintasädestä, voisi se erota todellisuudesta huomattavasti. Siksi on olemassa testejä, jotka tehdään samalla tavalla jokaiselle autolle samalla tavalla ja näin päästään lähemmäs totuutta. Testejä tekevät autovalmistajista riippumattomat tahot kuten Yhdysvalloissa Yhdysvaltain ympäristösuojeluvirasto EPA ja Euroopassa NEDC-testejä tekevä Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomissio (UNECE). Suomessa myytävissä sähköautoissa on pakollista ilmoittaa NEDC eli New European Driving Cycle-testillä tehty toimintasäteen mittaus. Arvot eivät välttämättä ole lähellä totuutta Suomen talvessa, mutta niillä saa ainakin tehtyä selväksi erot autojen välillä. (Car-Engineer 2017.)

NEDC-testissä sähköautolla ajetaan kuvan 6. mukaisesti ja ajosta lasketaan auton kulutus. Kulutuksesta lasketaan, kuinka pitkä auton toimintasäde on. Testi tehdään lämpimissä

olosuhteissa ja kaikki lisälaitteet on kytketty pois päältä. Kuten kuvasta nähdään, on ajo lähinnä matalilla nopeuksilla ajamista ja sähköautot kuluttavat silloin juuri vähän energiaa. (Car-Engineer 2017.)



KUVA 7. NEDC - testaussykli (Car Engineer 2017)

### 4.3 Hankintahinta

Sähköauton hankintahinta on suurempi verrattuna polttomoottoriautoon. Vertaillaan VW e-Golfia (136 hv) lähes saman tehoiseen VW Golf 1,5 TSI DSG (130 hv) malliin. VW e-Golf maksaa 42 759 € ja VW Golf 1,5 TSI DSG maksaa 27 390 €. Autot ovat voimanhähdettä lukuun ottamatta lähes samanlaiset. Bensiiniversio jopa kiihtyy nopeammin 300 kg kevyempänä. Sähköautosta saa siis maksaa vielä tällä hetkellä jonkin verran enemmän. (Volkswagen 2017.)

## 5 SÄHKÖAUTOVERTAILU

Kaikki tähän vertailuun valitut autot ovat uusia Suomessa maahantuojan myymiä täyssähköautoja. En vertaile autoista ajettavuutta, mukavuutta tai varusteita. Keskityn vertailussa lähinnä käyttöön liittyviin ominaisuuksiin, kuten toimintasäteeseen ja tavaratilan kokoon.

### 5.1 BMW i3



KUVA 8. BMW i3 (BMW 2017.)

BMW i3 on BMW:n valmistama viisiovinen kaupunkiautoluokan täyssähköauto. I3 on osa BMW:n Projekti i:tä ja on BMW:n ensimmäinen pakokaasupäästötön ajoneuvo. i3 on ensimmäinen sarjavalmistainen auto, jossa matkustamo on valmistettu kokonaan hiilikuitu vahvistetusta muovista. Suomessa BMW i3:n voi saada halvimmillaan 40 601 € (BMW 2017.)

Akkuna i3:ssa on 33 kWh litiumionikorkeajänniteakku. Tämän turvin autolla pääsee yhdellä latauksella NEDC testin mukaan 300 km. Autoa on saatavilla kahdella erilaisella kestomagnetoidulla oikosulkumoottorilla. Tehokkaammassa i3s-mallissa moottori kehittää tehoa 135 kW (183 hv) ja vääntöä 270 Nm. Normaalisissa i3-mallissa moottorin teho on 125 kW (170 hv) ja vääntö 250Nm. Takapyörille välittyvän voiman turvin auto kiihtyy 0-100 km/h joko 6,9 sekunnissa (i3s) tai 7,3 sekunnissa (i3). Huippunopeus autossa on 160 km/h (i3s) tai 150 km/h (i3). (BMW 2017.)

Lataaminen kotona onnistuu BMW:n latausjohdolla 230 V pistorasiasta ja korkeajänniteakku on alle kahdeksassa tunnissa 80 % ladattu. Vielä nopeammin lataaminen sujuisi, jos hankkii kotiin BMW i Wallbox- tai BMW i Wallbox Pro-seinä lataus aseman. BMW i Wallbox lataa jopa 11 kW:n teholla, joten 80 %:n lataus saavutetaan alle kolmessa tunnissa. Tien päällä autoa voi ladata Combo DC-pistokkeella. Lisävarusteena autoon saa myös CCS-pikalatauksen jolloin auton akun saa ladattua täyteen 30 – 40 minuutissa. (BMW 2017.)

TAULUKKO 1. BMW i3 tekniset tiedot

Hinta alk.	41857 €/45 747 €
Akun koko	33 kW
NEDC toimintasäde	300 km/280 km
DC latauspistoke	CCS Combo
Latausteho (DC)	50 kW
Latausaika (DC) (80%)	30 min
Latauspistoke (AC)	Tyyppi 2
Latausteho (AC)	11 kW
Latausaika (AC) (100%)	2,5 h
Latausaika pistorasia (100%)	12 h
Teho	125 kW (170hv)/135 (183 hv)
Vääntö	250 Nm/270 Nm
Huippunopeus	150 km/h / 160 km/h
0-100km/h	7,3 s / 6,9 s
Istumapaikkoja	5
Tavaratila takapenkit ylhäällä	260 l
Tavaratila takapenkit alhaalla	1100 l
Kääntöympyrä	9,9 m
Omapaino	1320 kg / 1340 kg
Kokonaispaino	1670 kg / 1700kg
Vetotapa	takaveto

## 5.2 Hyundai Ioniq



KUVA 9. Hyundai Ioniq (Hyundai 2017)

Hyundai Ioniq Electric on Hyundai Motor Companyn valmistama ylemmän keskiluokan viisiovinen hatchback-mallinen täyssähköauto. Ioniqsta julkaistiin 2016 ensin hybridiversio ja 2017 markkinoille tuli sähköauto. Suomessa Hyundai Ioniq Electricin hinta on 36 900 eurosta ylöspäin. (Hyundai 2017.)

Autossa on matalalle taakse sijoitettu 28 kWh:n litiumionipolymeeriakku, jolle valmistaja myöntää kahdeksan vuoden tai 200 000 km:n takuun. EPA toimintasäde autolla on yhdistelmäajossa 200 km ja NEDC-standardin mukaan mitattu toimintasäde 250 km. Autossa on kestmagnetoitu synkronimoottori, jossa maksimiteho on 120 hv ja maksimivääntömomentti 295 Nm. Kiihtyvyys 0 – 100 km/h tapahtuu 9,9 sekunnissa ja auton huippunopeus on 165 km/h. Auto on etuvetoinen (Hyundai 2017.)

Lataus autossa tapahtuu Type 2-pistokkeesta ja CCS-pikalatauspistokkeesta, jotka sijaitsevat vasemmalla takana saman kannen alla. Pikalatauksella auto saa 80 %:n latauksen 33 minuutissa. (Hyundai 2017.)

## TAULUKKO 2. Hyundai Ioniq Electric tekniset tiedot

Hinta alk.	36 990 €
Akun koko	28 kWh
NEDC toimintasäde	280 km
DC latauspistoke	CCS Combo
Latausteho (DC)	100 kW
Latausaika (DC) (80%)	23 min
Latauspistoke (AC)	Tyyppi 2
Latausteho (AC)	6,6 kW
Latausaika (AC) (100%)	5 h
Latausaika pistorasia (100%)	13 h
Moottorin teho	88 kW (120 hv)
Moottorin vääntö	295 Nm
Huippunopeus	165 km/h
0-100km/h	9,9 s
Istumapaikkoja	5
Tavaratila takapenkit ylhäällä	443 l
Tavaratila takapenkit alhaalla	1410 l
Kääntöympyrä	10,6 m
Omapaino	1495 kg
Kokonaispaino	1888 kg
Vetotapa	etuveto



### 5.3 Nissan eNV200



KUVA 10. Nissan eNV200 Evalia (Nissan 2017)

Nissan eNV200 on Nissanin valmistama sähköpakettiauto jota saa myös tila-autona. Autossa käytetään samaa tekniikkaa, kuin Nissanin toisessa sähköautomallissa Leafissä. Autoa markkinoidaan Nissanin internet-sivuilla erityisesti yrityksille, joille luvataan lisää tehokkuutta, säästöjä ja parempaa imagoa. eNV200 hinnat alkavat 33 273 €:sta ja seitsemällä istumapaikalla varustetun eNV200 Evalian 38 675 €:sta. (Nissan 2017.)

Akkuna autossa toimii 24 kWh:n kokoinen Litiumioniakku, jonka turvin auton NEDC-luokitelluksi toimintasäteeksi muodostuu 170 km. Akun lataus onnistuu autossa kiinteänä olevilla vaihtovirta- ja tasavirtalatureilla. Autossa on vakiona Tyypin 1 pistokkeella varustettu 3,3 kW:n teholla lataava vaihtovirtalaturi, jolla auton akun saa ladattua tyhjästä täyteen seisemässä tunnissa. Autoon on myös saatavilla lisähintaa vastaan 6,6 kW:n teholla lataava vaihtovirtalaturi, jolla sama toimenpide kestää vain neljä tuntia. Normaalisti pistorasiasta näillä latureilla akku latautuu täyteen tyhjästä noin 13,5 tunnissa. Tasavirtalaturin teho autossa on 50 kW. Sillä teholla akku latautuu 80 % täyteen tyhjästä puolessa tunnissa. Auton moottori on kolmivaiheinen kestopagnetoitu tahtimoottori. Se kehittää tehoa 80 kW ja vääntöä 254 Nm. Näillä voimilla auto kiihtyy 0 – 100km/h 14 sekunnissa ja yltää 120 km/h huippunopeuteen. (Nissan 2017.)

Autoa on saatavilla kaksipaikkaisena pakettiautona, tai tila-autona jossa on joko 5 tai 7 paikkaa. Pakettiauton tavaratila on 4200 litraa ja tila-auton 870 l takapenkit ylhäällä ja 2300 litraa takapenkit alhaalla. (Nissan 2017.)

TAULUKKO 3. Nissan eNV200 tekniset tiedot

Hinta alk.	33 273 €
Akun koko	24 kWh
NEDC toimintasäde	170 km
DC latauspistoke	CHAdeMO
Latausteho (DC)	50 kW
Latausaika (DC) (80%)	30 min
Latauspistoke (AC)	Tyyppi 1
Latausteho (AC)	3,3/6,6 kW
Latausaika (AC) (100%)	7 h/4 h
Latausaika pistorasia (100%)	13,5 h
Teho	80 kW (109 hv)
Vääntö	254 Nm
Huippunopeus	120 km/h
0-100km/h	14 s
Istumapaikkoja	2/5/7 paikkaa
Tavaratila takapenkit ylhäällä	870 l/4200 l
Tavaratila takapenkit alhaalla	2300 l/4200 l
Kääntöympyrä	11,3 m
Omapaino	1737 kg/1751 kg
Kokonaispaino	2382 kg/2220 kg
Vetotapa	etuveto

## 5.4 Nissan Leaf



KUVA 11. Nissan Leaf (Nissan 2017)

Nissan Leaf on Nissanin valmistama täyssähköauto, jota on saatavilla kahdella eri akku koolla. 24 kWh:n litiumioniakulla auton saa 34 760 €:n hintaan ja 30 kWh litiumioniakulla 39 300 €:n hintaan. 30 kWh:n akulla auton NEDC-toimintasäde on 249 km ja auton tasavirtapikalaturilla sen saa ladattua 80 € täyteen tyhjästä 30 minuutissa. Autossa on vakiona 3,3 kW:n vaihtovirtalaturi, mutta lisävarusteena autoon on mahdollista saada myös 6,6 kW:n vaihtovirtalaturi. 6,6 kW:n laturilla auton 30 kWh:n akku latautuu täyteen tyhjästä 4,5 tunnissa. Moottorina Nissan Leafissa toimii 80 kW:n tehoinen kestmagnetoitu

tahtimoottori. Auto kiihtyy 0 – 100 km/h 11,5 sekunnissa ja huippunopeus autossa on 144 km/h. Tilaa autossa on viidelle aikuiselle ja tavaratilaa takapenkit ylhäällä 370 litraa. (Nissan 2017.)

TAULUKKO 4. Nissan Leaf tekniset tiedot

Hinta alk.	39 300 €
Akun koko	30 kWh
NEDC toimintasäde	249 km
DC latauspistoke	CHAdeMO
Latausteho (DC)	50 kW
Latausaika (DC) (80%)	30 min
Latauspistoke (AC)	Tyyppi 1
Latausteho (AC)	3,3/6,6kW
Latausaika (AC) (100%)	9h/4,5h
Latausaika pistorasia (100%)	19 h
Teho	80 kW (109hv)
Vääntö	254 Nm
Huippunopeus	144 km/h
0-100km/h	11,5 s
Istumapaikkoja	5
Tavaratila takapenkit ylhäällä	370 l
Tavaratila takapenkit alhaalla	720 l
Kääntöympyrä	10,4 m
Omapaino	1525
Kokonaispaino	1970
Vetotapa	etuveto

## 5.5 Renault Zoe



KUVA 12. Renault Zoe (Renault 2017)

Renault Zoe on Renaultin valmistama täyssähköauto. Zoe on Renault Clion sisarmalli ja jakaa perusrakenteensa sen kanssa. Muotoilultaan Zoe eroaa kumminkin Clion kanssa ja on sisarmalliaan tilavampi, muun muassa kymmenen senttiä korkeampi. Halvimmillaan Zoen saa Suomessa 32 990 eurolla. Autossa on 40 kWh:n litiumioniakku, jonka turvin autolla pääsee NEDC-testin mukaan 403 kilometriä. Renaultin internet-sivuilla kuitenkin sanotaan, että toimintasäde on oikeassa vaihtelevassa ajossa noin 300 kilometriä. Internet-

sivuilla on myös laskuri, jolla saadaan arvioitua toimintasäde eri olosuhteissa. (Renault 2017.)

Zoessa ei ole pikalaturia, vaan siinä on tehokas vaihtovirtalaturi, joka hyödyntää latauslaitteen maksimitehon jopa 22 kW asti. Tyhjästä täyteen lataus onnistuu maksimiteholla 2,7 tunnissa. Moottorina Zoessa toimii kestopmagneitoitu tahtimoottori. Moottori kehittää maksimissaan 68 kW:n tehon ja 220 Nm:n väännön. Näiden voimien välittyessä etupyörille, auto kiihtyy paikaltaan 100 km/h nopeuteen 13,2 sekunnissa. Istumapaikkoja Zoessa on viisi, joiden kaikkien ollessa käytössä tavaratilaa jää 338 litraa. Takapenkit saadaan kuitenkin käännettyä alas, jolloin tavaratilan tilavuudeksi muodostuu 1225 litraa. (Renault 2017.)

TAULUKKO 5. Renault Zoe tekniset tiedot

Hinta alk.	32 990 €
Akun koko	40 kWh
NEDC toimintasäde	403 km
DC latauspistoke	EI OLE
Latausteho (DC)	
Latausaika (DC) (80%)	
Latauspistoke (AC)	Tyyppi 2
Latausteho (AC)	22 kW
Latausaika (AC) (100%)	2,7 h
Latausaika pistorasia (100%)	20 h
Teho	68 kW (92 hv)
Vääntö	220 Nm
Huippunopeus	135 km/h
0-100km/h	13,2 s
Istumapaikkoja	5
Tavaratila takapenkit ylhäällä	338 l
Tavaratila takapenkit alhaalla	1225 l
Kääntöympyrä	10,6 m
Omapaino	1555 kg
Kokonaispaino	1966 kg
Vetotapa	etuveto

## 5.6 Tesla Model S



KUVA 13. Tesla Model S (Tesla 2017)

Model S on suunniteltu Teslan internet-sivujen mukaan, tieliikenteen turvallisimmaksi ja mielenkiintoisimmaksi sedaniksi. Autosta löytyy monia hienoja varusteita, kuten P100D mallissa vakiona oleva Bioweapon Defence-tila. Se luo matkustamoon ylipaineen ja HEPA-ilmansuodatusjärjestelmän avulla poistaa auton sisäilmasta lähes 100 prosenttia kaikista pakokaasupartikkeleista, allergeeneistä, bakteereista sekä muista ilmansaasteista. Autossa on myös täysin itsestään ajava laitteisto, kuten myös muissa Teslan malleissa. (Tesla 2017.)

Autoa on tällä hetkellä saatavilla kahdella eri akkuvaihtoehdolla. Halvimmillaan auton saa 75 kWh litiumioniakulla, jolloin autosta joutuu maksamaan Suomessa 91 922 euroa. Kalleimmassa 158 986 euroa maksavassa P100D-mallissa on sen sijaan 100 kWh:n akku. 75D:n toimintasäde on NEDC-testin mukaan 490 kilometriä, P100D-mallin sen sijaan 613 kilometriä. Akun lataus autossa onnistuu joko pikalaturilla, jolla autoa saa ladattua jopa 120 kW:n teholla, tai vaihtovirtalaturilla, jolla lataus onnistuu maksimissaan 16,5 kW:n teholla. (Tesla 2017.)

Autossa on kaksi oikosulkumoottoria, joista isompi tuottaa voiman takapyörille ja pienempi etupyörille. Halvemmassa 75D-mallissa moottorien yhteisteho on 386 kW ja yhteisvääntö on 528 Nm. P100D-mallissa moottorien yhteisteho on 568 kW ja vääntö 931 Nm. P100D onkin tällä hetkellä nopein nolasta sataan km/h kiihtyvä sarjavalmisteinen auto ja aikaa sillä siihen kuluu vain 2,7 sekuntia. 75D-mallissa tämä kiihdytys kestää 4,4 sekuntia. Tilaa autossa on viidelle matkustajalle ja koska akku, moottori ja voimansiirto on sijoitettu alustanrunkorakenteisiin, on edessä ja takana tavaratilaa yhteensä 894 litraa.

Tarvittaessa takapenkit saa käännettyä alas, jolloin tavaratilan koko kasvaa 1739 litraan. (Tesla 2017.)

#### TAULUKKO 6. Tesla Model S tekniset tiedot

	75D	P100D
Hinta alk.	91 922 €	158 986 €
Akun koko	75 kWh	100 kWh
NEDC toimintasäde	490 km	613 km
DC latauspistoke	Tesla Supercharger	Tesla Supercharger
Latausteho (DC)	120 kW	120 kW
Latausaika (DC) (80%)	50 min	1,2 h
Latauspistoke (AC)	Tyyppi 2	Tyyppi 2
Latausteho (AC)	16,5 kW	16,5 kW
Latausaika (AC) (100%)	4,4 h	5,9 h
Latausaika pistorasia (100%)	38 h	50 h
Moottorin teho	386 kW (518 hv)	568 kW (762 hv)
Moottorin vääntö	528 Nm	931 Nm
Huippunopeus	225 km/h	250 km/h
0-100km/h	4,4 s	2,7 s
Istumapaikkoja	5	5
Tavaratila takapenkit ylhäällä	894 l	894 l
Tavaratila takapenkit alhaalla	1739 l	1739 l
Kääntöympyrä	11,3 m	11,3 m
Omapaino	2165 kg	2325 kg
Kokonaispaino	2582 kg	2742 kg
Vetotapa	neliveto	neliveto

### 5.7 Tesla Model X



KUVA 14. Tesla Model X (Tesla 2017)

Teslan sivuilla Model X:ää markkinoidaan kaikkien aikojen turvallisimpana, nopeimpana ja suorituskykyisimpänä katumaasturina. Auton tekniikka on hyvin samanlainen kuin Teslan Model S mallissa ja siihen on saatavilla myös samat varusteet. Kuten Model S:ssä on myös Model X:ään saatavilla 75 kWh:n ja 100 kWh:n akku. NEDC-toimintasäde 75D-mallissa on 417 kilometriä ja P100D-mallissa 542 kilometriä. Lataus autossa onnistuu

Tesla Supercharger pikalaturilla. Pikalaturilla autoa voi ladata Teslan Supercharger-ase-  
milla, joissa latausteho on 120 kW. Tällä teholla Tesloihin saa yleisesti puolessa tunnissa  
270 kilometriä toimintamatkaa. Noin tunnissa Model X:n molempiin akkuvaihtoehtoihin  
saa 80 prosentin varauksen. Vaihtovirtalaturilla akkuja voi ladata maksimissaan 16,5  
kW:n teholla. 75D-mallissa lataus tyhjästä täyteen kestää 16,5 kW:n teholla 4,4 tuntia ja  
P100D-mallissa 5,9 tuntia. (Tesla 2017.)

Kuten Model S:ssä myös Model X:ssä on kaksi sähkömoottoria, yksi etuakselille ja toinen  
taka-akselille. 75D-mallissa moottoreissa on yhteistehoa 386 kW ja vääntöä 528 Nm,  
P100D-mallissa tehoa on 568 kW ja vääntöä 931 Nm. Kiihtyvyys nolasta sataan km/h  
tapahtuu 75D:llä 5,2 sekunnissa ja tehokkaammalla P100D:llä 3,1 sekunnissa. Model  
X:ää on saatavilla joko viidellä, kuudella tai seitsemällä istumapaikalla. Tavaratila vii-  
dellä penkillä varustetulla autolla on 895 litraa ja takapenkit alas kääntäessä tila kasvaa  
1795 litraan. (Tesla 2017.)

TAULUKKO 7. Tesla Model X tekniset tiedot

	75D	P100D
Hinta alk.	99 132 €	169 048 €
Akun koko	75 kW	100 kW
NEDC toimintasäde	417 km	542 km
DC latauspistoke	Tesla Supercharger	Tesla Supercharger
Latausteho (DC)	120 kW	120 kW
Latausaika (DC) (80%)	50 min	1,2 h
Latauspistoke (AC)	Tyyppi 2	Tyyppi 2
Latausteho (AC)	16,5 kW	16,5 kW
Latausaika (AC) (100%)	4,4 h	5,9 h
Latausaika pistorasia (100%)	38 h	50 h
Moottorin teho	386 kW (518 hv)	568 kW (762 hv)
Moottorin vääntö	528 Nm	931 Nm
Huippunopeus	210 km/h	250 km/h
0-100km/h	5,2 s	3,1 s
Istumapaikkoja	7	7
Tavaratila takapenkit ylhäällä	895 l	895 l
Tavaratila takapenkit alhaalla	1795 l	1795 l
Kääntöympyrä	12,4 m	12,4 m
Omapaino	2466 kg	2516 kg
Kokonaispaino	3022 kg	3072 kg
Vetotapa	neliveto	neliveto

## 5.8 Volkswagen e-Golf



KUVA 12. Volkswagen e-Golf (Volkswagen 2017)

Volkswagen e-Golf on täyssähköversio Volkswagenin Golf-mallista. E-Golf oli Tekniikan Maailman testivoittaja numerossa 15/2017 Vertailussa mukana olivat Hyundai Ioniq Electric, Nissan Leaf ja Renault Zoe. Golffin saa halvimmillaan 42 759 eurolla. Autossa on 36 kWh:n akku, jonka avulla auton NEDC-toimintasäde on 300 kilometriä. Pikalaturilla auton lataus onnistuu maksimissaan 40 kW:n teholla ja sillä auton akun saa ladattua tyhjästä 80 prosentin varaukseen tapahtuu 40 minuutissa. Vaihtovirtalaturin maksimiteho on 7,2 kW, jolla lataus tyhjästä täyteen käy 5,3 tunnissa. (Volkswagen 2017.)

Moottorina autossa on kestmagnetoitu tahtimoottori, jossa on tehoa 100 kW ja vääntöä 290 Nm. Auto kiihtyy nolasta sataan 9,5 sekunnissa ja huippunopeus e-Golffilla on 150 km/h. Auto on perhekäyttöön sopiva ja siinä on tilaa viidelle matkustajalle. Takapenkit ylhäällä tavaratila on 341 litraa ja penkit alas laskettuina 1231 litraa. (Volkswagen 2017.)



## TAULUKKO 8. VW e-Golf tekniset tiedot

Hinta alk.	42 759 €
Akun koko	36 kWh
NEDC toimintasäde	300 km
DC latauspistoke	CCS Combo
Latausteho (DC)	40 kW
Latausaika (DC) (80%)	40 min
Latauspistoke (AC)	Tyyppi 2
Latausteho (AC)	7,2 kW
Latausaika (AC) (100%)	5,3 h
Latausaika pistorasia (100%)	20 h
Moottorin teho	100 kW (136 hv)
Moottorin vääntö	290 Nm
Huippunopeus	150 km/h
0-100km/h	9,6 s
Istumapaikkoja	5
Tavaratila takapenkit ylhäällä	341 l
Tavaratila takapenkit alhaalla	1231 l
Kääntöympyrä	10,9 m
Omapaino	1615
Kokonaispaino	2020
Vetotapa	etuveto

## 5.9 Volkswagen e-up!



KUVA 13. VW e-up! (Volkswagen 2017)

Volkswagen e-up! on kaupunkiauto ja se on halvin vertailtavista autoista 29 149 €:n hinnallaan. Autossa on 18,7 kWh:n akku ja NEDC-toimintasäde autolla on 159 kilometriä. Akun lataus onnistuu nopeimmillaan 30 minuutissa autossa olevalla 40 kW:n pikalaturilla. Autossa on myös 7,2 kW:n vaihtovirtalaturi, jolla e-up!:ia voi ladata vaikka kotona. (Volkswagen 2017.)

Moottorissa on tehoa 60 kW ja vääntöä 210 Nm. Kiihtyvyydessä nollasta sataan km/h kestää 12,4 sekuntia ja huippunopeus autolla on 130 km/h. Autossa on tilaa neljälle matkustajalle ja tavaratilaa on joko 251 litraa takapenkit ylhäällä tai 959 litraa takapenkit alas käännettyinä. (Volkswagen 2017.)

TAULUKKO 9. VW e-up! tekniset tiedot

Hinta alk.	29 149 €
Akun koko	18,7 kWh
NEDC toimintasäde	159 km
DC latauspistoke	CCS Combo
Latausteho (DC)	40 kW
Latausaika (DC) (80%)	30 min
Latauspistoke (AC)	Tyyppi 2
Latausteho (AC)	7,2 kW
Latausaika (AC) (100%)	5 h
Latausaika pistorasia (100%)	10,5 h
Moottorin teho	60 kW (82 hv)
Moottorin vääntö	210 Nm
Huippunopeus	130 km/h
0-100km/h	12,4 s
Istumapaikkoja	4
Tavaratila takapenkit ylhäällä	251 l
Tavaratila takapenkit alhaalla	959 l
Kääntöympyrä	9,8 m
Omapaino	1229 kg
Kokonaispaino	1530 kg
Vetotapa	etuveto

## 5.10 Hinta

TAULUKKO 10. Hinta

Volkswagen E-up !	29 149 €
Renault ZOE	32 990 €
Nissan eNV200	33 273 €
Hyundai Ioniq	36 990 €
Nissan eNV200 Evalia	38 675 €
Nissan Leaf	39 300 €
BMW i3	41 857 €
Volkswagen E-Golf	42 759 €
BMW i3s	45 747 €
Tesla Model S 75D	91 922 €
Tesla Model X 75D	99 132 €
Tesla Model S P100D	158 986 €
Tesla Model X P100D	169 048 €

Hinnat vertailtavissa autoissa vaihtelevat 29 149 euron – 169 048 euron välillä. Halvin on Volkswagen e-up! on edullisin ja Tesla Model X P100D kallein. 30 000 ja 40 000 euron välille sijoittuu eniten autoja, joita ovat Renault Zoe, Nissan eNV200, Hyundai Ioniq, Nissan eNV200 Evalia ja Nissan Leaf. 40 000 ja 50 000 euron välille sijoittuu BMW i3, VW e-Golf sekä BMW i3s. Omassa luokassaan ovat Teslan mallit, joista halvimmalla Tesla Model S 75D:n saa 91 922 eurolla.

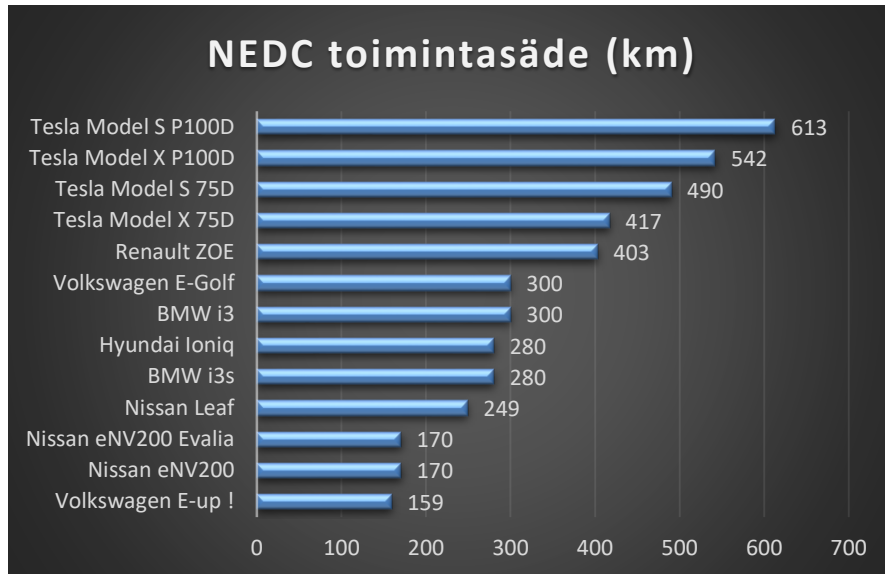
## 5.11 Akku

TAULUKKO 11. Akkujen koko

Tesla Model S P100D	100 kWh
Tesla Model X P100D	100 kWh
Tesla Model S 75D	75 kWh
Tesla Model X 75D	75 kWh
Renault ZOE	40 kWh
Volkswagen E-Golf	36 kWh
BMW i3	33 kWh
BMW i3s	33 kWh
Nissan Leaf 30 kWh	30 kWh
Hyundai Ioniq	28 kWh
Nissan eNV200	24 kWh
Nissan eNV200 Evalia	24 kWh
Volkswagen E-up !	18,7 kWh

Akkujen koot vaihtelevat vertailtavissa autoissa 100 kilovattitunnista 18,7 kilovattituntiin. Akkujen koissa kärjessä on Teslan eri mallit joista Model S:ää ja Model X:ää saa 75kWh:n ja 100 kWh:n akuilla. Suurimman akun halvemmista autoista saa Renault Zoessa, jossa akun koko on 40 kWh. Seuraavaksi suurin akku on e-Golffissa, jossa akun koko on 36 kWh. BMW:n akku on sitä 3 kWh pienempi ja Leafin akku taas 3 kWh BMW:n akkua pienempi. Hyundai Ioniqin akku on 28 kWh:n kokoinen ja Nissan eNV200 akku 24 kWh:n kokoinen. Pienin akku on halvimmassa Volkswagen e-up!:issa, jossa on 18,7 kWh akku.

## 5.12 Toimintasäde



KAAVIO 1. NEDC-toimintasäde

Paras NEDC-toimintasäde on Tesla Model S P100D:ssä, jossa yhdellä latauksella pääsee 613 kilometriä. Teslan mallit pitävät suurien akkujensa ansiosta kärkipaikkoja, mutta Renault Zoen 403 kilometrin toimintasäde ei jää paljon Teslan Model X 75D:n 417 kilometrin toimintasäteelle. BMW i3, Hyundai Ioniq ja VW e-Golf ovat kaikki aika tasoissa noin 300 kilometrin toimintasäteillään. Nissan Leaf jää hieman niistä ja perää pitävät Nissan eNV200 ja VW e-up!

TAULUKKO 12. km/€ vertailu

Renault ZOE	0,012 km/€
Hyundai Ioniq	0,008 km/€
BMW i3	0,007 km/€
Nissan Leaf	0,007 km/€
Volkswagen E-Golf	0,007 km/€
BMW i3s	0,006 km/€
Nissan eNV200	0,005 km/€
Tesla Model S 75D	0,005 km/€
Volkswagen E-up !	0,005 km/€
Nissan eNV200 Evalia	0,004 km/€
Tesla Model X 75D	0,004 km/€
Tesla Model S P100D	0,003 km/€
Tesla Model X P100D	0,003 km/€

Kun jaetaan toimintasäde ostohinnalla, saadaan selville kuinka paljon toimintasäteen kilometrit maksavat. Parhaimman vastineen rahoilleen toimintasäteessä saa Renault Zoessa. Zoessa 1 eurolla saa toimintasädettä 0,012 kilometriä. Tämä on 0,004 kilometriä enemmän kuin seuraavaksi halvimmalli kilometreillä saatavassa Hyundai Ioniqissa. BMW i3:ssä toimintasäteestä saa maksaa kaksinkertaisen määrän, kuin Renault Zoessa ja Teslan Model X P100D:ssä ja Model S P100D:ssä nelinkertaisen määrän.

### 5.13 Lataus

TAULUKKO 13. Pikalataus

	CCS (80%)	CHAdEMO (80%)	Tesla Supercharger (80%)
BMW i3	30 min 50kW *		
Hyundai Ioniq	23 min 100kW		
Nissan eNV200		30 min 50kW	
Nissan eNV200 Evalia		30 min 50 kW	
Nissan Leaf		30 min 50 kW	
Renault ZOE			
Tesla Model S 75D	**	**	50 min 120kW
Tesla Model S P100D	**	**	1,2 h 120kW
Tesla Model X 75D	**	**	50 min 120kW
Tesla Model X P100D	**	**	1,2 h 120kW
Volkswagen E-Golf	40 min 40kW		
Volkswagen E-up !	30 min 40kW		

\* lisävaruste

\*\* Saatavilla adapteri 1000€

Pikalaturi löytyy kaikista autoista, pois lukien Renault Zoen. Nissanin mallit ovat ainoita jotka käyttävät CHAdEMO-pistoketta ja Tesloissa on omat Supercharger-laturit. Yleisin pistokemalli on kumminkin CCS Combo, joka löytyy lopuista autoista. Tehokkain pikalaturi, jonka teho on 120 kW, löytyy Tesloista. Tehokas laturi onkin tarpeen, koska isojen akkujen latauksessa kestäisi pienemmällä teholla kauan. Nyt lataus onnistuu noin tunnissa 80 %:n varaukseen tyhjästä.

Hyundai Ioniqissa on toiseksi tehokkain pikalaturi. Sen 100kW teholla akku latautuu 80%:n varaukseen 23 minuutissa, mikä onkin nopein kaikista autoista. Nissaneissa ja BMW:ssä pikalaturin teho 50 kW ja näissä autoissa 80 %:n varaus saavutetaan 30 minuutissa. Heikko tehoisin pikalaturi löytyy Volkswagenin malleista ja tehoa niissä on 40 kW.

Tällä teholla e-Golfin akku saavuttaa 80 %:n varauksen 40 minuutissa ja e-up!:n 30 minuutissa.

TAULUKKO 14. Vaihtovirtalataus

	Tyyppi	Teho	100 %	Pistorasia 8A
BMW i3	Tyyppi 2	11 kW	2,5 h	12 h
Hyundai Ioniq	Tyyppi 2	6,6 kW	5 h	13 h
Nissan eNV200	Tyyppi 1	3,3/6,6 kW	7/4 h	13,5 h
Nissan eNV200 Evalia	Tyyppi 1	3,3/6,6 kW	7/4 h	13,5 h
Nissan Leaf	Tyyppi 1	3,3/6,6 kW	9/4,5 h	19 h
Renault ZOE	Tyyppi 2	22 kW	2,7 h	20 h
Tesla Model S 75D	Tyyppi 2	16,5 kW	4,4 h	38 h
Tesla Model S P100D	Tyyppi 2	16,5 kW	5,9 h	50 h
Tesla Model X 75D	Tyyppi 2	16,5 kW	4,5 h	38 h
Tesla Model X P100D	Tyyppi 2	16,5 kW	5,9 h	50 h
Volkswagen E-Golf	Tyyppi 2	7,2 kW	5,3 h	20 h
Volkswagen E-up !	Tyyppi 2	7,2 kW	5 h	10,5 h

Tehokkain vaihtovirtalaturi on Renault Zoessa, jossa lataus onnistuu 22 kW:n teholla ja aikaa tyhjästä täyteen latauksessa kestää 2,7 tuntia. Toiseksi tehokkain on Tesloissa, joissa on 16,5 kW:n laturi. Teslojen latausaika on tällä laturilla 4,4 tai 5,9 tuntia, akun koosta riippuen. Seuraavaksi tehokkain laturi löytyy BMW:stä, jossa laturilla on tehoa 11 kW. Sillä BMW:n akku latautuu vertailuautoista nopeimmin tyhjästä täyteen eli 2,5 tunnissa. Volkswageneissa on 7,2 kW:n tehoiset laturit ja Hyundaissa ja Nissaneissa 6,6 kW:n tehoiset.

## 5.14 Teho ja vääntö

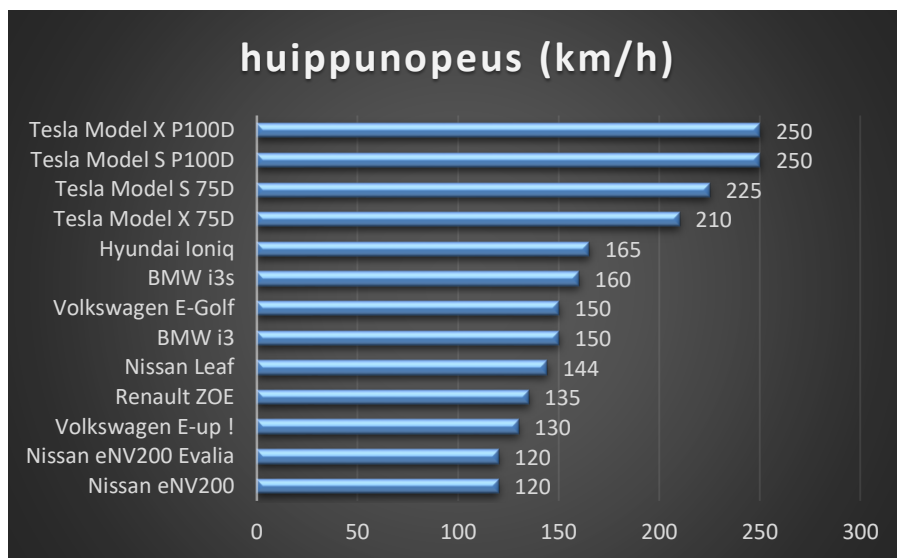
TAULUKKO 15. Teho ja vääntö

	teho	vääntö
Tesla Model S P100D	568 kW (762 hv)	931 Nm
Tesla Model X P100D	568 kW (762 hv)	931 Nm
Tesla Model S 75D	386 kW (518 hv)	525 Nm
Tesla Model X 75D	386 kW (518 hv)	525 Nm
BMW i3s	135 kW (183 hv)	270 Nm
BMW i3	125 kW (170 hv)	250 Nm
Volkswagen E-Golf	100 kW (136 hv)	290 Nm
Hyundai Ioniq	88 kW (120 hv)	295 Nm
Nissan eNV200	80 kW (109 hv)	254 Nm
Nissan eNV200 Evalia	80 kW (109 hv)	254 Nm
Nissan Leaf	80 kW (109 hv)	254 Nm
Renault ZOE	68 kW (92 hv)	220 Nm

Volkswagen E-up !	60 kW (82 hv)	210 Nm
-------------------	---------------	--------

Moottorin suorituskyvyssä Teslat ovat omassa luokassaan. Lähimmäksi tehossa niitä pääsee BMW i3s 183 hevosvoimallaan ja i3 170 hevosvoimallaan. Väännössä lähimpänä on Hyundai. Mittavia eroja halvempien mallien välillä ei ole. E-up! pitää tässäkin vertailussa perää.

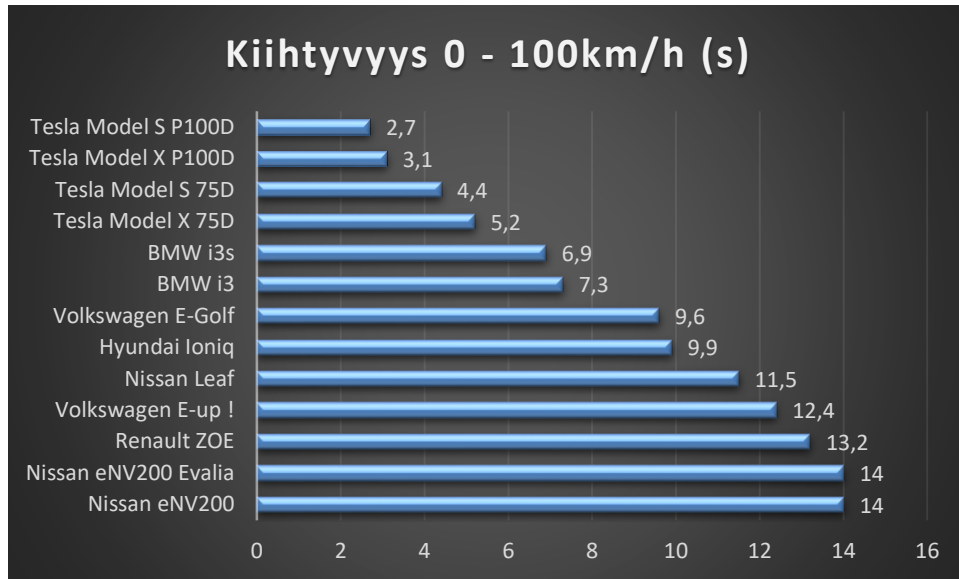
### 5.15 Huippunopeus



KAAVIO 2. Huippunopeus

Huippunopeudessa ehdotonta kärkeä pitävät taas Teslan eri mallit. Model S:n ja X:n P100D mallit saavuttavat 250 km/h huippunopeuden. 75D mallit ovat hieman hitaampia. Muun merkkisten autojen huippunopeudet sijoittuvat tasaisesti 120 km/h ja 165 km/h välille. Nopein niistä on Hyundai.

### 5.16 Kiihtyvyys 0 – 100 km/h



KAAVIO 3. Kiihtyvyys

Kiihtyvyydessä selviää autojen todellinen suorituskyky. Paikaltaan 100 km/h kiihtyvyydet vaihtelevat 2,7 sekunnista 14 sekuntiin. Lyhyin aika kiihdytyksessä kuluu Teslan Model S P100D:llä, jolla siinä kestää 2,7 sekuntia. 0,4 sekuntia hitaammin se onnistuu Model X P100D:llä. 75D mallit ovat hieman hitaampia 4,4 sekunnin ja 5,2 sekunnin kiihtyvyyden ajoilla. BMW i3s on Teslojen jälkeen nopein 6,9 sekunnin kiihtyvyydellä. Alta kymmenen sekunnin kiihdytyksessä 0 – 100km/h onnistuvat myös i3, e-Golf ja Ioniq.



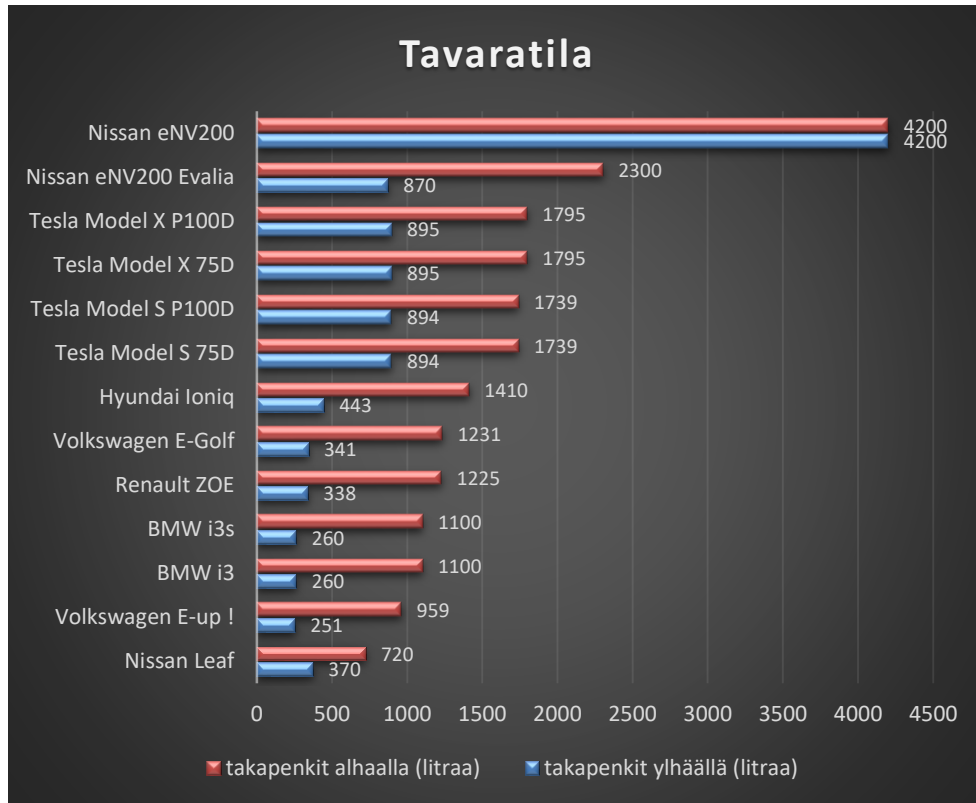
## 5.17 Istumapaikat

TAULUKKO 16. Istumapaikat

BMW i3	5
BMW i3s	5
Hyundai Ioniq	5
Nissan eNV200	2
Nissan eNV200 Evalia	7
Nissan Leaf	5
Renault ZOE	5
Tesla Model S 75D	5
Tesla Model S P100D	5
Tesla Model X 75D	7
Tesla Model X P100D	7
Volkswagen E-Golf	5
Volkswagen E-up !	4

Istumapaikat vaihtelevat autoissa kahdesta seitsemään. Eniten paikkoja on mahdollista saada Nissan eNV200 Evaliaan ja Tesla Model X:ään. Yleisin istumapaikkojen määrä on kuitenkin viisi. Vähiten tilaa matkustajille on Nissan eNV200 pakettiautossa.

## 5.18 Tavaratila



Suurin tavaratila löytyy Nissan eNV200:sta. Siinä tavaratilaa on 4200 litraa, mikä on huomattavasti enemmän kuin muissa. Seuraavana eniten tilaa on mahdollista saada eNV200 Evalia-malliin, kääntämällä takapenkit ala-asentoon, jolloin tavaroille saadaan 2300 litraa tilaa. Teslan mallit ovat tavaratilavertailussa seuraavaksi tilavampia, koska autojen tekniikka on lähes kokonaan alustassa, jolloin edessä ja takana paljon tavaratilaa. Muista malleista tilavin on Hyundai Ioniq.

## 5.19 Kääntöympyrä



KAAVIO 5. Kääntöympyrä

Kääntöympyrä kertoo kuinka leveän tilan auto vie, kun se käännetään eteenpäin ajettaessa ratti ääriasennossa kohtisuoraan toiseen suuntaan. Pienemmän kääntöympyrän omaavat autot siis kääntyvät jyrkemmin tai ovat kapeampia. Parhaiten tästä suoriutuvat VW e-up! ja BMW i3.

## 5.20 Vetotapa

Taulukko 17. Vetotapa

BMW i3	takaveto
BMW i3s	takaveto
Hyundai Ioniq	etuveto
Nissan eNV200	etuveto
Nissan eNV200 Evalia	etuveto
Nissan Leaf	etuveto
Renault ZOE	etuveto
Tesla Model S 75D	neliveto
Tesla Model S P100D	neliveto
Tesla Model X 75D	neliveto
Tesla Model X P100D	neliveto
Volkswagen E-Golf	etuveto
Volkswagen E-up !	etuveto

Vertailuautoista löytyy jokaista vetotapaa. Nelivetoisia ovat Teslan kaikki mallit, takavetoisia BMW:t ja etuvetoisia autoja kaikki loput.

## 6 OIKEAN AUTON VALINTA ERI KÄYTTÄJÄRYHMILLE

Käyttäjryhmät työhön valitsin itse. Yritin miettiä mahdollisimman erilaisia käyttäjiä, että saisin vertailuun hajontaa. Keksinkin kahdeksan eri käyttäjryhmää, joista auton hankintaa harkitsevat voivat valita lähimmäksi itseään kuvaavan ryhmän. Käyttäjryhmille tärkeimmät käyttöominaisuudet autoista valitsin myös itse. Olisi ollut myös mahdollista, että olisin teettänyt kyselyn ihmisillä, jotka olisivat valinneet ensin mihin käyttäjryhmään he mielestään kuuluvat ja valinneet sitten ominaisuudet autoista mitkä kokevat tärkeiksi itselleen. Siten olisin saanut selville, mitkä ominaisuudet olisin ottanut kussakin ryhmässä huomioon. En kuitenkaan tehnyt kyselyä.

### 6.1 Ihmiset, joilla on lyhyt työmatka

Jos sähköautolla ajetaan pääasiassa lyhyitä työmatkoja, voi autoista valita minkä vain. Silloin kannattaa miettiä, mitä muita käyttöominaisuuksia autoltaan haluaa. Halvimaksi tulee hankkia VW e-up! 29 149 €:n hintaan, mutta 32 990 € maksava Renault Zoe ei tule paljon kalliinmaksi. Renault Zoella voi ajaa pitemmän käyttöasteen takia välillä vähän pidempiäkin matkoja.

### 6.2 Ihmiset, joilla on pitkä työmatka

Pitkän työmatkan omaaville käyttäjille on tärkeintä auton toimintasäde. Toimintasäteen on siis katettava työmatka huolimatta olosuhteista. Jos autoa täytyy pysähtyä lataamaan matkan aikana, niin työmatka kasvaa ajallisesti ja työmatkaan tulee käytettyä vuodessa jopa satoja tunteja enemmän kuin aikaisemmin.

Paras auto tähän käyttöön olisi Teslan eri malleineen, mutta jos Teslan hinta on liian suuri, täytyy tyytyä halvempaan vaihtoehtoon. Jos työpaikalla on auton latausmahdollisuus, lisää se valinnan vapautta. Renault Zoessa on halvemmista autoista pisin toimintasäde. Jos työmatka on suuntaansa lähelle 200 kilometriä, pitäisi Zoen selvittää siitä talven pakkasilla, tai ainakin sillä pääsee lähimmäs työpaikkaa ennen akun loppumista.

### 6.3 Suuret lapsiperheet

Suurille lapsiperheille tärkeintä on se, että kaikki saadaan kyytiin samalla kertaa. Jos vanhempia on kaksi ja lapsia yli 3, jää jäljelle kaksi vaihtoehtoa: Tesla Model X ja Nissan eNV200 Evalia. Molemmissa näissä autoissa on mahdollisuus saada seitsemän henkilöä kyytiin. Tesla Model X:n 99 132 € hinta voi olla suurimmalle osalle lapsiperheistä liian korkea, joten eNV200 Evalia muodostuu täten paremmaksi vaihtoehdoksi 38 675 €:n hinnalla.

### 6.4 Työautoilijat

Työautossa tulee olla tilaa, johon työvälineet ja työssä tarvittavat tavarat saadaan mahtumaan. Jos työ on vielä kuljetusten toimittaminen, on tavaratila vielä suuremmassa arvossa. Suurimman tavaratilan omaava sähköauto on Nissan eNV200. Sinne mahtuu Nissanin internetsivujen mukaan kaksi kuormalavaa, ja tavaratilan koko on 4 200 litraa. Tavaratilaan mahtuu helposti paljon tavaraa ja sen perusteella se olisi paras vaihtoehto työautoksi. Lataus tapahtuu nopeimmillaan 80 %:n varaukseen puolessa tunnissa pikalatauksella, ja latauksen voikin suorittaa hyvin ruokatauolla huoltoasemalla.

Ainut miinus autossa on toimintasäde ja se onkin merkittävä miinus. Autolla pääsee NEDC-testin mukaan 170 km, mutta se laskee Suomessa talvella, kylmän sään takia puoleen, jopa sen alle. Autolla ei siis pystyisi tekemään kovin pitkiä työmatkoja ilman latausta. Tämä tekee autosta huonon, varsinkin koska työpäivän aikana olisi hyvä päästä kohteeseen nopeasti, eikä viettää aikaa latausasemilla. Jos työmaalla olisi latausmahdollisuus, se tekisi auton käytöstä helpompaa, mutta usein näin ei ole. Siksi suosittelenkin työkäyttöön jotain toista autoa, jossa on pidempi toimintasäde. Ehkä järkevintä vielä on käyttää työautona diesel-käyttöistä autoa.

## 6.5 Urheilullisista autoista pitävät

Monelle kuluttajalle eräs tärkeimmistä ominaisuuksista on auton suorituskyky. Jos näin ei olisi, ei tehokkailla ja enemmän kuluttavilla polttomoottorilla varustettuja autoja myytäisi niin paljon, kuin niitä nyt myydään. Parhaimman suorituskyvyn omaavatkin Teslan eri mallit. Tesla Model S P100D onkin tällä hetkellä nopeimmin 0–100 km/h kiihtyvä, sarjatuotannossa oleva malli ja se tapahtuu 2,7 sekunnissa. Ainoat mallit, jotka ovat tämän rajan pystyneet alittamaan, olivat jo tuotannosta poistuneet LaFerrari ja Porsche 918 Spyder. Nämä kaksi autoa maksoivat kuitenkin miljoonia, joten Model S P100D:ssä on huomattavasti pienempi kiihtyvyys/hintasuhte 158 986 €:n hintalapulla. Jos autoon ei ole kumminkaan varaa laittaa sataa tuhatta, voi tyytyä halvempaan 45 747 € maksavaan BMW i3s - sähköautoon. Siinä kiihtyvyys 0–100 km/h tapahtuu 6,9 sekunnissa. Auto on myös takavetoinen, mikä luo lisää urheilullisuuden tuntua.

## 6.6 Kaupunkiautoilijat

Kaupungissa liikuttaessa tärkeintä ei ole pitkä toimintasäde vaan näppäryys. Kääntöympyrä on oiva mittari kertomaan, mikä auto on helppo ajaa tiukoissa kaupungin sokkeleissa. Pienimmät kääntöympyrät löytyvät VW e-up!:sta (9,8 m) ja BMW i3:sta (9,9 m). Halvemman hinnan vuoksi kannattavampi hankinta kaupunkikäyttöön onkin VW e-up!

## 6.7 Kaupunkien välillä liikennöivät

Sähköautojen toimintasäde ei aina riitä kahden toisistaan kaukana olevien kaupunkien välille. Siksi on tärkeää, että auton saa ladattua nopeasti, että matka voi taas jatkua. Renault Zoessa on pitkä toimintasäde, mutta lataus siinä onnistuu kaikista hitaimmin 22 kW:n laturilla. Siksi se ei ole hyvä sellaiseen matkaan, jossa lataus tulee suorittaa matkan aikana.

Toiseksi hitaimmin lataus onnistuu VW e-Golfissa 40 kW:n laturilla. Sillä auton akun saa ladattua 80 % varaukseen tyhjästä 45 minuutissa. Se on 15 minuuttia hitaammin kuin monessa muussa autossa. Jos matkan aikana joutuu pysähtymään lataamaan useasti, lisää

jokainen pysähdys matka aikaa 15 minuutilla verrattuna autoihin, joissa lataus tapahtuu 30 minuutissa.

Parhaita tähän käyttöön olisivat Teslat, joiden pitkän toimintasäteen ansiosta latauspysähdyksiä tapahtuisi vähemmin ja tehokkaan laturin ansiosta lataus tapahtuisi nopeasti. Jos harkinnassa olisi kuitenkin halvempi auto, voisi Hyundai Ioniq tai BMW i3 olla hyvä valinta. BMW:ssä lataus onnistuu tyhjästä 80 %:n varaukseen 30 minuutissa 50 kW:n laturilla ja Hyundaissa 23 minuutissa 100 kW:n laturilla. Paras vaihtoehto varmasti olisi-kin Hyundai, jos matkalle sattuu vain tarpeeksi tehokas latauspiste.

## **6.8 Kateutta havittelevat**

Monelle tärkeää auton hankinnassa on se, minkälaisia tunteita auto herättää kanssa-autoilijoissa ja naapureissa. Kateus onkin yksi toivotuimpia tunteita, mitä auton toivotaan aiheuttavan. Siihen sähköautoista löytyy helposti suosikit. Tesla Model S ja Tesla Model X saavat varmasti hintalappunsa ansiosta paljon kateutta aikaan. Tesloissa on myös se hyvä puoli, että ne voittaa kaikki kilpailijansa lähes joka osa-alueella. Ainut, missä ne eivät pärjää on hinta.



## 7 POHDINTA

Autojen vertailu keskenään oli helppoa, koska tekniikka autoissa on vielä kehityksen alkupäässä ja eroja autojen välillä on paljon. Tämä vertailu antaa suuntaa sähköauton valinnalle, mutta monet valitsevat auton itselleen puhtaasti merkin tai ulkonäön perusteella. Jos valinta tehdään näiden kahden perusteella, olisi syytä kumminkin tarkistaa ensin, että auton ominaisuudet riittävät omaan käyttöön.

Tämä tutkimus vanhenee nopeasti, koska sähköautot kehittyvät kiihtyvällä tahdilla ja uusia, parempia malleja tulee vuosittain useita. 2018 vuonna Nissanilta on tulossa uusi versio Leafistä 39 300 € hintaan. Autossa on 40 kWh akku, 378 km NEDC-toimintasäde ja 150hv tehoa. Samoissa hintaluokassa myyntiin tulevat Teslan Model 3 ja Opel Ampera-e. Näissä autoissa toimintasäde on yli 100 km pidempi kuin uudessa Nissanissa. Kaiken kaikkiaan nämä kolmeautoa tulevat vahvaksi ehdokkaaksi monelle käyttäjäryhmälle.

Monelle käyttäjäryhmälle rajoitteena on vielä sähköautojen toimintasäde ja hidas latausaika. Onkin helpompi vielä ajaa polttomoottoriautolla, varsinkin kun sellainen on helpompi hankkia.

Sähköautojen yleistyminen on varmasti peruuttamatonta, mutta jotta niistä saataisiin kaikenlaiseen käyttöön sopivia, niin tarvitsee tapahtua vielä paljon kehitystä tekniikan puolella. Tällaisen kehityksen saattaa aiheuttaa joku uusi innovaatio, jota tällä hetkellä tutkitaan. Jos tällä innovaatiolla saadaan sähköautojen toimintasäde moninkertaistettua, latausaika muutamaan minuuttiin ja tekniikka polttomoottoriautoja halvemmaksi, niin silloin sähköauton hankinta olisi kaikista paras vaihtoehto.

## LÄHTEET

- Battery University. Charging lithium ion batteries. Artikkel. Luettu 14.11.2017. [http://batteryuniversity.com/learn/article/charging\\_lithium\\_ion\\_batteries](http://batteryuniversity.com/learn/article/charging_lithium_ion_batteries)
- BMW. BMW i3. Luettu 3.11.2017. <https://www.bmw.fi/fi/mallisto/i-yhteen-veto/i3/2017/yleisesittely.html>
- Hyundai. Hyundai Ioniq Electric. Luettu 3.11.2017. <https://www.hyundai.fi/mallisto/ioniq-electric/>
- Larminie, J. & Lowry, J. 2012. Electric Vehicle Technology Explained 2. painos. United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd.
- Nicolas, R. 2013. The different driving cycles. Artikkel. Luettu 14.11.2017, <http://www.car-engineer.com/the-different-driving-cycles/>
- Nissan. Nissan e-NV200. Luettu 3.11.2017. <https://www.nissan.fi/ajoneuvot/henkiloautot/e-nv200.html>
- Nissan. Nissan Leaf. Luettu 3.11.2017. <https://www.nissan.fi/ajoneuvot/henkiloautot/leaf.html>
- Paine, C. 2006. Who Killed Electric Car. Dokumentti. Yhdysvallat. Sony Pictures Classics.
- Plugit. Latauspistoketyypit sähköautoille. Artikkel. Luettu 4.11.2017, <https://plugit.fi/fi-fi/article/etusivu/latauspistoketyypit-sahkoautoille/135/>
- Plugit. Sähköautojen julkiset latauspisteet. Kartta. Luettu 4.11.2017, <https://plugit.fi/fi-fi/kartta/354/>
- Plugit. Sähköautojen latauslaitteet yleisesti. Artikkel. Luettu 4.11.2017, <https://plugit.fi/fi-fi/article/etusivu/sahkoautojen-latauslaitteet/457/>
- Renault. Renault Zoe. Luettu 3.11.2017. <https://www.renault.fi/henkiloautot/zoe/>
- Tesla. Mallisto. Luettu 3.11.2017. [https://www.tesla.com/fi\\_FI/](https://www.tesla.com/fi_FI/)
- Trafi. Liikenteessä olevat sähköautot. Luettu 14.11.2017, [https://www.trafi.fi/tietopalvelut/tilastot/tieliikenne/ajoneuvokanta/ajoneuvokannan\\_kayttovoimatilastot/sahko-kayttoiset\\_autot](https://www.trafi.fi/tietopalvelut/tilastot/tieliikenne/ajoneuvokanta/ajoneuvokannan_kayttovoimatilastot/sahko-kayttoiset_autot)
- Työ- ja elinkeinoministeriö. Strategia linjaa energia- ja ilmastotoimet vuoteen 2030 ja eteenpäin. Tiedote. Luettu 14.11.2017, [http://tem.fi/artikkeli/-/asset\\_publisher/strategia-linjaa-energia-ja-ilmastotoimet-vuoteen-2030-ja-eteenpain](http://tem.fi/artikkeli/-/asset_publisher/strategia-linjaa-energia-ja-ilmastotoimet-vuoteen-2030-ja-eteenpain)
- Wikipedia. General Motors EV1. Luettu 14.11.2017, [https://en.wikipedia.org/wiki/General\\_Motors\\_EV1](https://en.wikipedia.org/wiki/General_Motors_EV1)

Wikipedia. Tesla Roadster. Luettu 14.11.2017, [https://en.wikipedia.org/wiki/Tesla\\_Roadster\\_\(2008\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Tesla_Roadster_(2008))

Volkswagen. Mallisto. Luettu 3.11.2017. <https://www.volkswagen.fi/fi/mallit.html>