



SUOMEN
ILMASTOPANEELI
The Finnish Climate
Change Panel

Sähköautoilla suuri vähennys päästöihin – pian myös kilpailukykyiseen hintaan

Jyri Seppälä¹, Joonas Munther¹, Riku Viri², Heikki Liimatainen², Sally Weaver³,
Markku Ollikainen³

Suomen ilmastopaneeli
Policy Brief



¹ Suomen ympäristökeskus

² Tampereen yliopisto

³ Helsingin yliopisto

Sähköautojen määrän kasvulle on asetettu suuret odotukset

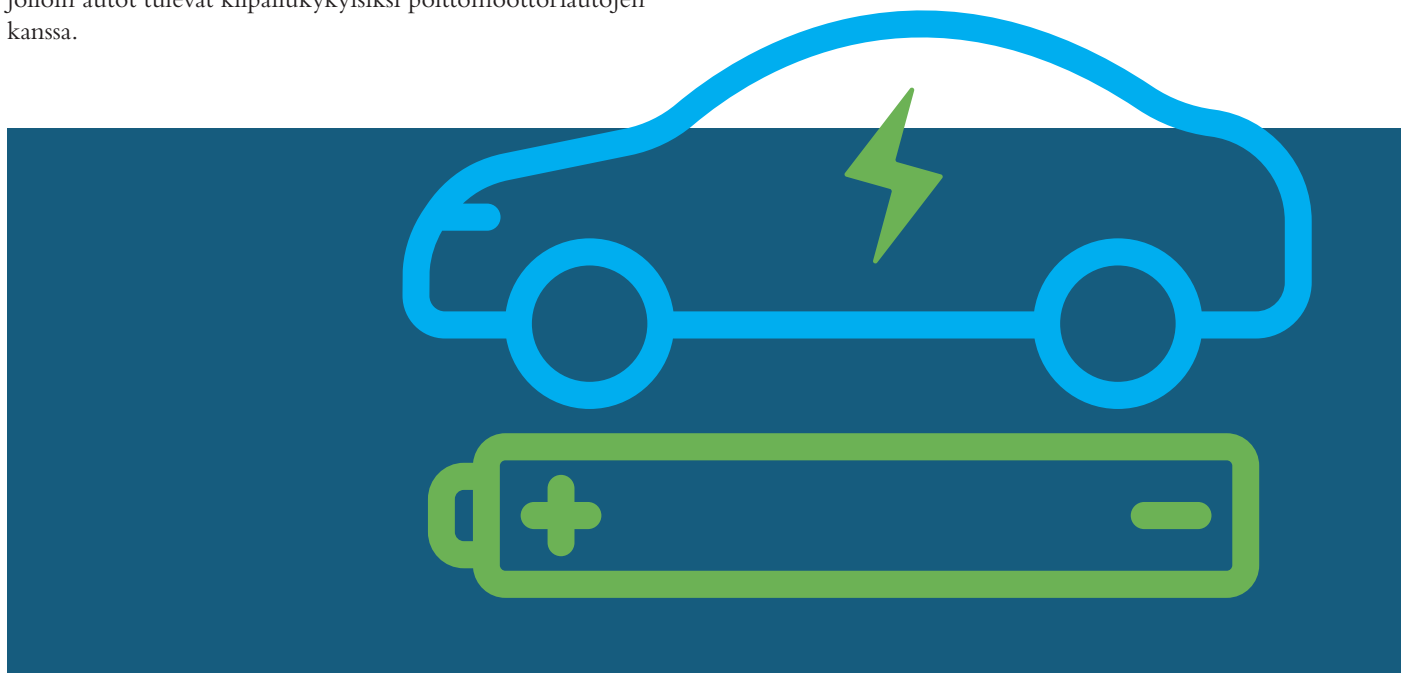
Suomen hallitus on vuonna 2019 asettanut tavoitteekseen, että Suomi on hiilineutraali vuonna 2035 ja hiilinegatiivinen nopeasti sen jälkeen. Tämän tavoitteen toteuttaminen edellyttää kaikilta yhteiskunnan sektoreilta toimenpiteitä päästöjen vähentämiseksi aiemmin suunniteltua nopeammin. Henkilöautoliikenteessä päästöjen on vähintään puoliuduttava 2030 mennessä. Henkilöautojen käyttövoimien vaihtuminen mahdollisimman vähäpäästöisiin on keskeisin keino tavoitteen saavuttamisessa. Tämän lisäksi tarvitaan myös autojen energiatehostumista ja koko liikkumisjärjestelmän energiakäytön vähentämistä muun muassa julkisen liikenteen tehostamisen ja kaavoituksen kautta.

Suomen halu toimia edelläkävijänä ilmastonmuutoksen hillinnässä johtaa vääjäämättä siihen, että sähköautojen määrän tulee kasvaa selvästi vuonna 2017 hyväksytyin keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelman (KAISU) linjauksesta [1]. Siinä henkilöautojen määrässä tavoitellaan 250 000 sähköautoa vuoteen 2030 mennessä. Suomen Ilmastopaneelin [2] ja Sitran päästövähennyspolut [3] sekä Liikenne- ja viestintäministeriön ilmastopolitiikan toimenpideohjelma [4] viitoittavat vähintään 470 000–800 000 sähköhenkilöautoon vuoteen 2030 mennessä. Pitkojatkohankkeen kahdessa Ilmastoneutraali Suomi 2035 -skenaariossa sähköautojen määrät olivat 320 000 ja 730 000 vuonna 2030 [5].

Suuren sähköautomäärän kasvattaminen liikenteeseen edellyttää yhteiskunnalta selkeitä ohjaustoimenpiteitä (esimerkiksi sähkölaatusinfran edistäminen sekä vero- tai tukiratkaisut), mutta myös oikeaa informaatiota sähköauton hintakilpailukyvyistä ja sähköautoilla saavutettavista päästöhyödyistä kuluttajien valintojen tueksi. Julkisuudessa on esitetty sähköautojen suhteen monenlaisia epäilyjä, kuten niiden valmistuksen aikaiset päästöt, sähkön riittävyys, akkujen kierrätys, materiaalien saatavuus ja ajankohta, jolloin autot tulevat kilpailukykyisiksi polttomoottoriautojen kanssa.

Autojen valmistajat ovat vahvasti liikkeellä sähköautojen kehitystyössä. Uusia sähköisiä henkilöautomalleja on tullut ja tulee lisää nopeaa tahtia. Sähköautojen hintakilpailukyky paranee polttomoottoriautoihin nähden, mutta kuluttajat ovat epätietoisia siitä, että milloin sähköauto on heille todellinen vaihtoehto taloudellisessa mielessä. Samalla yhä useampaa kiinnostaa sähköauton tai biokaasulla käyvän auton todellinen päästöero polttomoottoriautoihin nähden autojen koko elinkaari huomioon ottaen.

Kansainvälinen tutkimus on tuottanut aineistoa sähköautojen elinkaarisista päästöistä, akkujen hintakehityksestä, ajosäteestä ja muista sähköautojen elinkaarisen päästöjen ja kannattavuuden kannalta relevanteista seikoista. Tämän tiedon saattaminen niin päättäjien, sidosryhmien kuin kuluttajienkin tietoon on ensiarvoisen tärkeää ilmastopoliittisen linjausten edistämiseksi. Suomen Ilmastopaneelin kehittämä Autokalkulaattori vastaa tähän tiedon tarpeeseen.



Autokalkulaattori kertoo autovaihtoehtojen päästö- ja kustannuserot

Suomen Ilmastopaneeli on tehnyt yleiseen käyttöön tarkoitetun autolaskurin (www.autokalkulaattori.fi), joka selvittää eri käyttövoimien omaavien henkilöautojen kumulatiivisten päästöjen ja kustannusten kertymä eri ajanhetkinä. Tavoitteena on antaa näkemys siitä missä vaiheessa minkäkin käyttövoiman omaava auto on päästöjen ja kustannusten osalta paras.

Perinteinen tapa selvittää eri käyttövoimien merkitystä päästö- ja kustannusnäkökohtiin on verrata saman valmistajan ja merkin autoja keskenään. Sähköautoissa varustelutaso vastaa vastaavien polttomoottoriautojen erikoisvarustetasoja. Toisaalta kustannusvertailua voi tehdä myös polttomoottoriautojen perusmallin ja sähköautojen välillä, jos lähtökohdanna on tarkastella vain liikku-
miskustannuksia.

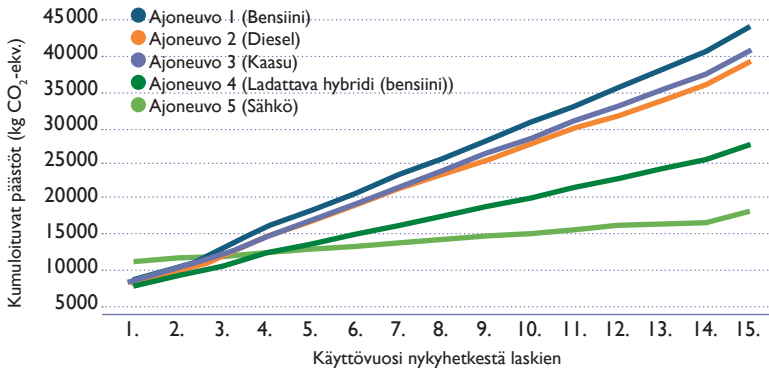
Kuvassa 1 on esitetty päästöjen kumulatiivinen lopputulos 15 vuoden aikana vastaavien keskikokoisten automallien välillä, kun autoilla ajetaan Suomessa 14 000 km vuodessa. Kuvasta nähdään, että sähköauton valmistuksen päästöt ovat suurimmat alussa.

Käytön aikaiset päästöt nousevat muissa autovaihtoehtoissa nopeammin ja niinpä bensiiniauto aiheuttaa jo kolmannen vuoden kohdalla suuremman päästön kuin sähköauto. 15 vuoden kuluttua bensiiniauton käyttö on aiheuttanut 44 hiilidioksiditonin edestä päästöjä, kun sähköauton aiheuttamat päästöt ovat 59 % pienemmät eli 18 hiilidioksiditonnia.

Kaasuauton lopputulokseen vaikuttaa ratkaisevasti biokaasun osuus käytetystä polttoaineesta, sillä biokaasu on vähäpäästöinen ja ilmastollisesti hyvä ratkaisu. Kuvan 1 tulos syntyy, kun kaasuautossa käytetään vain maakaasua. Kuvassa 2 kaasuauton polttoaineesta puolet on biokaasua ja toinen puoli maakaasua.

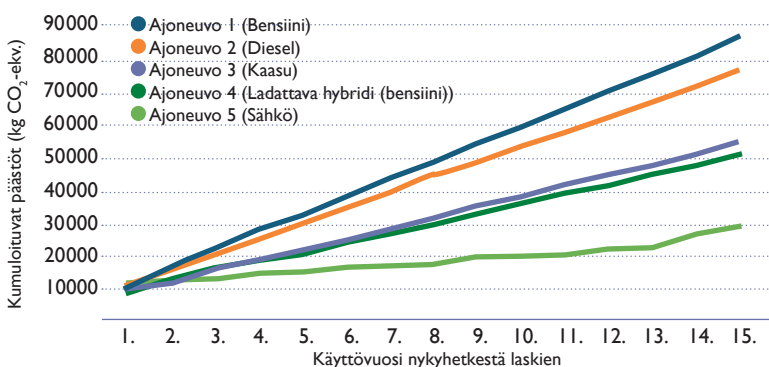
Kuvasta 2 nähdään, että ajokilometrien kasvaessa tasolle 30 000 km vuodessa, sähköauton merkitys päästöjen vähentämisessä korostuu. Bensiiniautoon nähden päästövähennys on 67 % 15 vuoden käytön jälkeen. Vastaavasti sähköauton päästövähennys dieselautoon on 62 %, kaasuautoon 47 % ja ladattavaan hybridiin 44 %.

Ajoneuvojen elinkaariset päästöt (kg CO₂-ekv.)



Kuva 1. Automallin X eri käyttövoimien aiheuttamat kumulatiiviset päästöt 15 vuoden aikana, kun autoilla ajetaan 14 000 kilometriä vuodessa. Laskennassa on käytetty seuraavia kulutustietoja (per 100 km) eri käyttövoiman autoille: Bensiini 6,0; Diesel 5,3 l; Kaasu 4,1 kg (100 % maakaasua); Ladattava hybridi 2,5 l (50 % bensiiniä) ja sähköä 8,0 kWh; Sähköauto kulutus 15,9 kWh (akusto 35,8 kWh).

Ajoneuvojen elinkaariset päästöt (kg CO₂-ekv.)

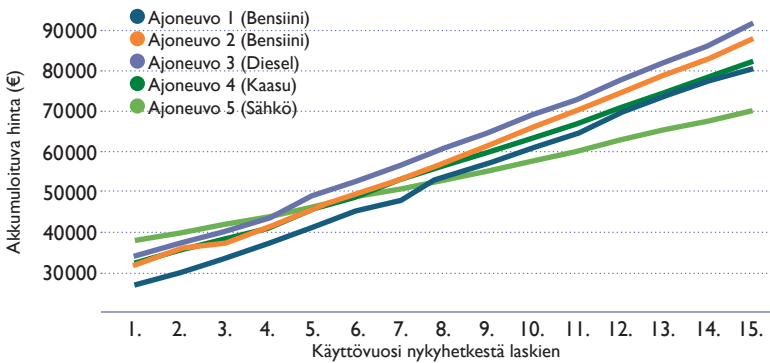


Kuva 2. Automallin X eri käyttövoimien aiheuttamat kumulatiiviset päästöt 15 vuoden aikana, kun autoilla ajetaan 30 000 kilometriä vuodessa. Laskennassa on käytetty seuraavia kulutustietoja (per 100 km) eri käyttövoiman autoille: Bensiini 6,0; Diesel 5,3 l; Kaasu 4,1 kg (50 % maakaasua ja 50 % biokaasua); Ladattava hybridi 2,5 l (50 % bensiini) ja sähköä 8,0 kWh; Sähköauto kulutus 15,9 kWh (akusto 35,8 kWh).

Kuvassa 3 on hahmoteltu vastaavasti kahden bensiiniauton, dieselauton, kaasuauton ja sähköauton kustannuskertymää 15 vuoden aikana. Bensiiniautoissa on kaksi hintatasoa, jotka syntyvät autojen varustelutason ja tehojen eroista. Kuvasta huomataan, että sähköauto käytön kustannukset ovat alemmat jo viiden vuoden jälkeen, kun vertailukohteena on kalliimpi bensiiniauto

ja vuosittain autoilla ajetaan 20 000 km. Sähköauton käyttö muuttuu halvempaan bensiiniautoon nähden edullisemmaksi 8 vuoden jälkeen. Kustannuslaskelmissa käytetään autojen nykyisiä hankintahintoja. Sähköautojen hintakehityksen jatkuessa nykyisellään, aikaistuu ajankohta, jolloin sähköauto on edullisempi vaihtoehto

Ajoneuvojen elinkaariset kustannukset (€)



Kuva 3. Automallin X eri käyttövoiminen aiheuttamat kumulatiiviset kustannukset 15 vuoden aikana, kun autoilla ajetaan 20 000 kilometriä vuodessa. Laskennassa on käytetty vastaavia kulutustietoja kustannusten laskemiseen kuin kuvassa 3. Autojen hankintahinnat: 1. Bensiini 23 901 €; 2. Bensiini 27 995 €; Diesel 30 749 €; Kaasu 30 123 €; Sähkö 35 090 €. Hankintahinnat ovat nykyisiä hintoja, eivätkä huomioi tulevaisuuden hintojen kehitystä. Autojen vuosittaiset arvioidut huoltokustannukset: 1. Bensiini 560 €; 2. Bensiini 560 €; Diesel 617 €; Kaasu 662 €; Sähkö 460 €.

Eri käyttövoimat ja niiden skaalautuvuus

BIODIESELIN JA ETANOLIN KÄYTÖN RAJOITTEET

Eri käyttövoimien skaalautuvuuteen liittyy haasteita. Vaikka joku ratkaisu näyttyy nyt yksittäiselle kuluttajalle parhaalta sekä päästöjen että kustannusten näkökulmasta, tilanne voi näyttytyä koko yhteiskunnan kannalta toisenlaiselta, jos suuret määrät kuluttajista valitsevat ko. autovaihtoehdon käyttövoimineen. Syynä on se, että kestävien raakaainepohjien määrälliset rajat tulevat tavalla tai toisella vastaan. Tämän takia yhteiskunnan kannalta on tärkeää ohjata henkilöautovallinnat siten, että ne pystyvät skaalautuessaan johtamaan toivottuihin päästövähennyksiin.

Suomi kuuluu niihin maihin, jotka ovat asettaneet selvästi EU:n tavoitteita kunniahimoisemmat biopolttoaineiden käyttöta-voitteet [6]. Tällä voidaan vähentää polttomoottoriautoihin perustavan autokannan päästöjä merkittävästi, sillä etanolilla ja uusiutuvalla biodieselillä on mahdollista saavuttaa jopa 80 % pienemmät elinkaariset päästövähennykset fossiilisiin polttoaineisiin nähden [7]. Suomessa sekoitevelvoite toteutuu, kun bensiinin ja dieselin sisältävien biokomponenttien (etanoli ja biodiesel) sekä erillismyytävien etanolin ja biodieselin yhteenlaskettu energiasisältö saavuttaa määrätyn prosenttiosuuden myydyin bensiinin ja dieselin kokonaismäärästä.

Etanolin määrää ei ole mahdollista kasvattaa bensiinin sekoiteaineena, koska autoteollisuus ei ole tällä hetkellä tukemassa enemmän etanolia käyttäviä bensiinistandardeja (esimerkiksi 95E20). Sen sijaan parafiinipohjaista biodieselä on mahdollista lisätä ilman rajoitetta fossiiliseen dieseliin.

Sekä etanolin ja biodieselin kestävä raaka-ainepohja on rajallinen maailmalla, minkä takia niiden käyttö muodostuu vain osaratkaisuksi mentäessä kohti vähähiilistä liikkuessa. Käytännössä kaikki

kestävät biopolttoaineet tulevat käytetyksi maailmalla. Suomessa biopolttoaineen jakelusta vastaavat tahot myyvät biopolttoaineensa parhaan hinnan tarjoavalle maailmalla heti kun Suomessa biopolttoainevelvoite on täytetty. Koska biopolttoaineen osuus ei nouse sekoitevelvoitetta suuremmaksi, tämä merkitsee käytännössä sitä, että yksittäisen autoilijan erillistankkaama etanoli tai biodiesel ei vähennä päästöjä. Mitä enemmän erillistankattavaa etanolia tai biodieselä käytetään, sitä vähemmän biodieselä käytetään Suomessa fossiiliseen dieseliin sekoitettuna. Näin myös etanolilla, koska etanolia ei voi lisätä enää bensiiniin ja näin käytännössä biodieselin sekoitevelvoitemäärä reagoi myös etanolin käytön määrään.

BIOKAASUN KÄYTTÖ ON KAASUAUTOJEN VÄHÄHIILISYYDEN EDELLYTYS

Biokaasu ei ole toistaiseksi mukana biopolttoaineiden sekoitevelvoitteessa. Sen tuotantoa on mahdollista kasvattaa Suomessa teknistaloudellisesti vähintään kymmenkertaiseksi nykyisestä määrästä [8]. Biokaasun käytöllä voidaan saavuttaa jopa 200 % prosenttien päästövähennys maakaasun päästöihin nähden, jos raaka-ainepohjana on karjan lanta [9]. Tällöin biokaasun tuotanto välttää hiilidioksidia noin 30 kertaa voimakkaamman kasvihuonekaasun, metaanin pääsyn ilmakehään lannasta. Kasvisjätepohjaisella raaka-ainepohjalla päästövähennys fossiilisiin polttoaineisiin on huomattavasti vähäisempi, ja nykyisin jaettavan biokaasun elinkaarinen päästökerroin on noin 70–80 % pienempi kuin vastaavan fossiilisen polttoaineen [10].

Kaasuautoissa voidaan käyttää fossiilisperäistä maakaasua, biokaasua tai bensiiniä. Näistä bensiinin käyttö johtaa suurimpiin päästöihin kaasuautoissa. Maakaasun käytön suorat päästöt ovat selvästi pienemmät kuin vastaavan bensiiniauton suorat päästöt.

Tilanne kuitenkin tasoittuu, kun otetaan huomioon maakaasun valmistusketjun päästöt. Maakaasun tuotantoketjussa metaanin karkaaminen porausten, jakelun ja varastoinnin yhteydessä heikentävät maakaasun päästötasetta [11]. Kaasuauto on vähähiilinen vaihtoehto vain, jos biokaasun osuus polttoaineessa on suuri.

SÄHKÖAUTOJEN SKAALAUTUVUUSPOTENTIAALI TÄLLÄ HETKELLÄ SUURIN

Sähkö on tehtävissä vähäpäästöiseksi uusiutuvien energialähteiden ja ydinvoiman avulla eikä sen määrää rajoita kestävä raaka-ainepohjan rajallisuus. Tämä on keskeinen syy, minkä takia sähköauto näyttyy varteenotettava osaratkaisuna mentäessä kohti päästötöntä henkilöautoliikennettä. Esimerkiksi energiateollisuus Suomessa arvioi, että sähkön tuotannon päästöt puolittuvat nykyisestä ensi vuosikymmenellä ja vähenevät liki olemattomiin 2030-luvulla [12]. Sähköauton käytön aikaiset päästöt vähenevät tämän takia ajan myötä nopeammin kuin bensiiniin ja dieselin päästöt huolimatta niihin liittyvästä biopolttoainesekoittelevoitteesta. Tällä piirteellä on erityisesti merkitystä Suomessa, jossa autot viipyvät kauan liikenteessä. Jos nykytilanne säilyy myös tulevaisuudessa, tänä päivänä hankittu auto poistuu liikenteestä keskimäärin vasta 2040.

Sähköautot vaativat isoja akkuja toimiakseen. Akut vaativat runsaasti erikoismetalleja. Kaivostoiminta aiheuttaa monia ympäristöongelmia, jotka eivät liity ilmastonmuutokseen (ks. [13]). Vaikka akkujen kierrätys tehostuu, uusien autojen tarpeen kautta neitseellisten metallirikasteiden määrä kasvaa valtavaksi.

Tietyistä metalleista kuten litiumista voi tulla akkujen valmistuksen niukkuusresurssi, joka rajoittaa sähköautojen maailmanvalloitusta. Tästä niukkuusriskistä huolimatta sähköautoihin on asetettu ilmastopolitiikassa suuret toiveet ja niiden skaalautuvuuspotentiaali on nähty suurimpana vähähiilisessä henkilöautoliikenteessä. Jotta tämä kehityskulku toteutuisi, vaaditaan vielä akkuteknologiassa murros, jonka tuloksena ei tarvitse nojautua niukkoihin materiaaliresursseihin.

AJONEUVOJEN ENERGIATEHOKKUUS JA AJAMISKÄYTÄNNÖT VAIKUTTAVAT KAIKISSA KÄYTTÖVOIMISSA LOPPUTULOKSEEN

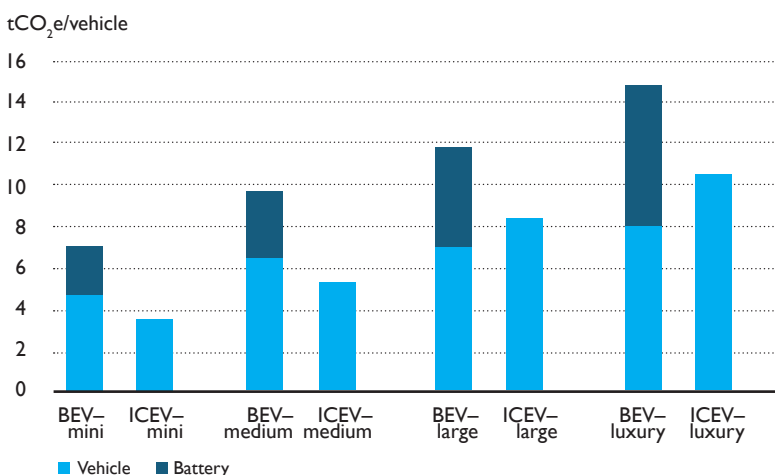
Ajoneuvojen energiatehokkuuteen vaikuttavat etenkin ajoneuvojen paino ja ilmanvastus. Yleensä mitä pienemmän kokokuvan autosta on kyse, niin sitä parempi energiatehokkuus. Tinkiminen auton koosta on jo yksi askel ilmastoystävällisempään suuntaan. Samalla myös autoilun kustannukset pienenevät.

Markkinoilla olevissa sähköautoissa käytetyn sähkön määrä 100 kilometriä kohden vaihtelee 12,3 -22,3 kWh/100km kun lähtökohtana on WLTP-testin mukainen mittausjärjestelmä. Sähköautoja seuraava tietokantasivusto (<https://ev-database.org/>) pitää sisällän myös eri sähköautojen todellisia kulutusarvioita (ns. EVDB Real Range) ja sen tietojen perusteella nykyisin myynnissä olevien sähköautojen kulutus vaihtelee välillä 14,7-23,5 kWh/100 km. Energiatohokkaimman auton todellinen kulutus kylmällä ilmalla (-10 °C ja lämmitys päällä) ja moottoritiellä kasvaa tasolle 20,4 kWh/100 km, eli on 39 % suurempi kuin yhdistetty kulutus (14,7 kWh/100km).

Käyttövoimasta ja auton iästä riippumatta taloudellisen ajotapa on keino vaikuttaa autoilun energiankulutukseen ja kustannuksiin. Motivan mukaan säästö on yleensä 5-15 %. Päästö- ja kustannushyötyjä lisää se, jos auton käyttö yhdistetään joukkoliikenteen, kävelyn ja pyöräilyn kanssa.

SÄHKÖAUTOJEN ELINKAARISET VALMISTUKSEN PÄÄSTÖT KASVAVAT AKUSTON JA AUTON KOON KASVAESSA

Sähköautojen haasteita ovat akkujen hinta ja niiden valmistuksessa aiheutetut päästöt. Akkujen takia sähköautojen valmistuksen elinkaariset päästöt ovat suuremmat kuin vastaavan kokoluokan polttomoottoriautojen (kuva 4). Euroopan ympäristöviraston sähköautojen elinkaariautoselvityksessä [13] keskimääräinen akkujen valmistuksen elinkaarinen päästö oli 111 kg CO₂-ekv./kWh. Aasiassa valmistettujen akkujen elinkaariset päästöt on arvioitu olevan 120-150 kg CO₂-ekv./kWh.



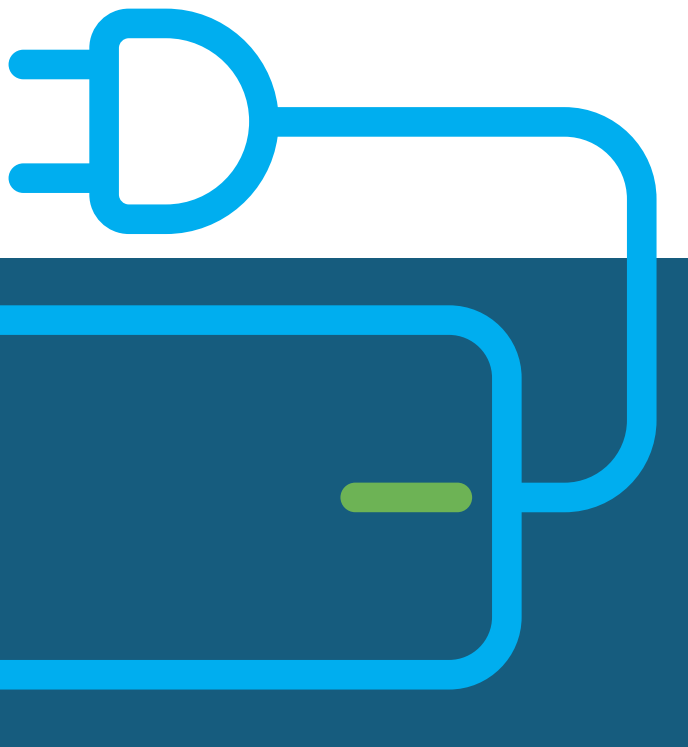
Kuva 4. Sähkö- (BEV = battery electric vehicles) ja polttomoottoriautojen (ICEV = internal combustion engine vehicle) valmistuksen ja akuston kokonaispäästöt eri kokoluokissa [13].

Noin puolet akkujen päästöistä syntyy valmistuksessa käytetystä sähköstä [14]. Puhtaan liikkumisen järjestö [15] ennustaa, että sähkön tuotannon päästökerroin pienenee suurimassa osassa akkuja valmistavissa maissa yli 30 % vuoteen 2030 mennessä, minkä merkitsi päästöjen vähentymistä 17 % akkujen valmistuksessa. Jos sähkö tehdään päästöttömästi, akkujen päästöt per kWh laskevat puolella.

Kun akkujen ajoneuvokäytöstä luovutaan, niissä on tyypillisesti jäljellä vielä 70–80 % varauskapasiteetista. Vanhojen akkujen hyötykäytössä on nostettu esille akkujen ”toinen elämä” esimerkiksi uusiutuvien energialähteillä tuotetun sähkön varastona. Varastoinnin avulla vältetyt fossiiliperäiset energiapäästöt vähentävät myös tällä tavalla akkujen valmistuksen päästöjä. Tämä hyvitys voisi olla useita kymmeniä prosentteja alkuperäisen akun valmistuksen päästöistä [15].

Sähköautojen yleistymisen myötä akkujen kierrätystoiminta paranee ja siihen liittyvä teknologia kehittyä siten, että akkujen raaka-aineesta saada yhä paremmin pienetkin määrät talteen. Tehostuvan kierrätyksen on arvioitu pienenevän akkujen elinkaarista päästöjä 7–17 % [14].

Akkuteknologian uskotaan kehittyvän siten, että akuissa 50 % suurempi energiatiheys tullaan saavuttamaan kenties alle 10 vuodessa. Lisäksi akkujen käyttöikä tulee kasvamaan [15].



KIRJALLISUUTTA

- [1] Ympäristöministeriö 2017. Valtioneuvoston selonteko keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmasta vuoteen 2030 – Kohti ilmastoviisasta arkea. Ympäristöministeriön raportteja 21/2017.
- [2] Seppälä, J., Savolainen, H., Sironen, S., Soimakallio, S., Ollikainen, M. 2019. Päästövähennyspolku kohti hiilineutraalia Suomea – hahmotelma. Suomen Ilmastopaneelin raportti 7/2019.
- [3] Granskog, A., Gulli, C., Melgin, T., Naucler, T., Speelman, E., Toivola, L., Walter, D. (McKinsey & Company) 2018. Costefficient emission reduction pathway to 2030 for Finland. Sitran selvityksiä 140.
- [4] LVM (Liikenne- ja viestintäministeriö) 2018. Toimenpideohjelma hielettömään liikenteeseen 2045. Liikenteen ilmastopolitiikan työryhmän loppuraportti. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 13/2018. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-559-0>; <https://www.lvm.fi/uusimmatjulkaisut>
- [5] Koljonen, T., Lehtilä, A., Honkatukia, J., Soimakallio, J. 2019. Ilmastoneutraali Suomi 2035 – Pitkojatko-hankkeen alustavia tuloksia. Ilmasto- ja energiapoliittinen ministerityöryhmä 11.11.2019.
- [6] Eduskunta 2019. Hallituksen esitys eduskunnalle laeiksi biopolttoöljyn käytön edistämisestä, biopolttoaineiden käytön edistämisessä liikenteessä annetun lain muuttamisesta sekä biopolttoaineista ja bionesteistä annetun lain 2 §:n muuttamisesta. https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Mietinto/Sivut/TaVM_29+2018.aspx
- [7] EU 2018. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/2001, annettu 11 päivänä joulukuuta 2018, uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä.
- [8] Mutikainen, M., Sormunen, K., Paavola, H., Haikonen, T., Väisänen, M. 2016. Ramboll Finland. Biokaasusta kasvua – Biokaasuliiketoiminnan ekosysteemien mahdollisuudet. Sitran selvityksiä 11/2016.
- [9] Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/2001, annettu 11 päivänä joulukuuta 2018, uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä (uudelleenlaadittu)
- [10] Nevalainen, O. 2019. Biokaasun elinkaariset päästöt, Gasum Oy. 26.10.2019.
- [11] Ricardo 2016. The role of natural gas and biomethane in the transport sector. Final Report. Report for Transport and Environment (T&E). ED 61479, Issue Number 1, Date 16/02/2016
- [12] Energiategollisuus 2018. Energiategollisuus: Sähkön ja kaukolämmön päästöt vähenevät arvioitua nopeammin – ennakoitava politiikka mahdollistaa ilmastotoimet.
- [13] European Environment Agency (EEA) 2018. Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives. TERM 2018: Transport and Environment Reporting Mechanism (TERM) report. EEA Report No 13/2018. <https://www.eea.europa.eu/highlights/eea-report-con-firms-electric-cars>
- [14] Romare, M., Dahllöf, L. 2017. The Life Cycle Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions from Lithium-Ion Batteries, IVL Swedish Environmental Research Institute, 2017. <http://www.ivl.se/download/18.5922281715bdaebede9559/1496046218976/C243+The+life+cycle+energy+consumption+and+CO2+emissions+from+lithium+ion+batteries+.pdf>
- [15] ICCT (The International Council on Clean Transportation) 2018. Effects of battery manufacturing on electric vehicle lifecycle greenhouse gas emissions. Briefing Feb 28, www.theicct.org.