



Miten sähköautopolitiikalla edistetään joustavampaa sähköjärjestelmää?

Matti Kojo,^a Kirsi Kotilainen,^a Antti Rautiainen,^b
Pami Aalto,^a Hannele Holttinen,^c Topi Rönkkö,^b
Jari Kaivo-oja,^d Tomas Björkqvist,^b Pasi Toivanen^a

a = Tampereen yliopisto

b = Tampereen teknillinen yliopisto

c = Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy

d = Turun yliopisto

ISBN: 978-952-03-0674-8

1. Tiivistelmä

Sähköautoja tarvitaan tieliikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen Suomessa. Tähän mennessä ensisijainen keino päästövähennystavoitteiden saavuttamiseen on ollut biopolttoaineiden jakelunelvoite, jossa Suomi on päättänyt edetä EU-velvoitetta nopeammin. Jatkossa tieliikenteessä syntyviä CO₂-päästöjä pitää kuitenkin vähentää entistä enemmän. Tässä kuvaan astuvat täyssähköautot, jotka mahdollistavat erittäin alhaisen kokonaispäästön elinkaarensa aikana edellyttäen, että auton valmistuksessa ja käytössä käytetty energia on puhdasta. Täyssähköauton latauksen aiheuttama laskennallinen päästötaso keskimääräisellä Suomen energiantuotannon ominaispäästöllä laskien on noin 28 g/km (VN 2017b, 11), mutta todellisuudessa päästötaso voi helposti olla korkeampi riippuen järjestelmän tilanteesta. Todellisen päästötason arviointi on hankalaa. Suomessa vuonna 2016 ensirekisteröityjen henkilöautojen keskimääräinen päästötaso oli noin 121 g/kg. Sähköautot ovat myös hyötysuhteeltaan huomattavasti tehokkaampia

kuin polttomoottoriautot. Kuluttajien ostopäätöksiin vaikuttavat kuitenkin monet muutkin kuin edellä mainitut ominaisuudet.

Tässä keskustelupaperissa tarkastelemme Suomen sähköautopolitiikan kehitystä neljän keskeisen politiikkadokumentin valossa. Kysymme, missä määrin nykyinen politiikka edistää sähköautojen asemaa osana joustavampaa sähköjärjestelmää. Joustavuuden lisääminen tarkoittaa lisäresursseja sähköenergiajärjestelmän käyttöön esimerkiksi sähkön tuotannon ja kulutuksen tasapainottamisessa. Sähköautojen määrä vaikuttaa myös sähköjärjestelmän joustopotentialin kehittymiseen. Sähköautojen määrän oletetaan yleistävän huomattavasti vuoteen 2030 mennessä. Kansallisen energia- ja ilmastostrategian tavoite on vähintään 250 000 sähköautoa, mutta myös kunnianhimoisempia tavoitteita on esitetty (Hyysalo ym. 2017).

Tämä edellyttää myös riittävän sähköautojen latausjärjestelmän rakentamista. Sähköautojen lataus saattaa tuoda lisärasitetta sähköjärjestelmälle, mikäli sitä ei tehdä joustavasti (Kiviluoma ja Meibom 2011). Jos latausjärjestelmien hankintaa tuetaan julkisella rahoituksella, on latausjärjestelmien kyky tukea sähköjärjestelmän joustoja varmistettava.

Sähköautopolitiikalla edistetään joustavampaa sähköjärjestelmää, kun muistetaan, että sähköautot eivät ole vain lisäkuorma, vaan otamme autojen akut myös sähköjärjestelmän joustopotentialia parantavana resurssina. Paperissa esitämme suosituksia sekä sähköautojen määrän lisäämiseksi että joustojen kehittämisen huomioonottamiseksi.

2. Ongelma: sähköautopolitiikalla joustoja sähköjärjestelmään?

Tässä keskustelupaperissa tarkastelemme Suomen sähköautopolitiikan kehitystä. Kysymme, missä määrin nykyinen politiikka edistää sähköautojen asemaa osana joustavampaa sähköjärjestelmää?

Kun Suomen sähköjärjestelmästä tehdään joustavampi, voidaan tuotanto ja kulutus pitää paremmin ja kustannustehokkaammin

tasapainossa. Saamme vähemmästä enemmän: selviämme pienemmällä tuotantokapasiteetilla kehittämällä verkon automaatiota, sähkön varastointia ja kulutuksen hallintaa erityisesti huippukulutustilanteita silmälläpitäen (ks. esim. Marttila ym. 2017). Sähköautot voivat olla merkittävä osa tällaista resurssitehokkaampaa ja ilmastoneutraalimpaa järjestelmää, jota Suomi on joka tapauksessa sitoutunut kehittämään omien sitoumusten sekä EU-tason ja globaalien energia- ja ilmastositoumusten myötä. Sähköautot ovat jopa kolme kertaa energiatehokkaampia kuin polttomoottoriautot (Figenbaum 2017). Polttomoottorien käyttämän polttoaineen valmistus- ja jakeluketjussa kuluu paljon energiaa – niin bensiinin, dieselin kuin biopolttoaineidenkin tapauksessa (Markkula 2016), vaikkakin sama pätee osittain myös sähkötuotantoon ottaen huomioon voimalaitosten ja mahdollisten polttoaineiden koko elinkaari.

Sähköautoja voidaan ladata älykkäästi silloin, kun sähköä on enemmän saatavilla ja lataus ei rasita verkkoa (Kiviluoma & Meibom 2011). Sähköautojen akkuja voidaan hyödyntää sähköjärjestelmän varastona, kun autot ovat pysäköityinä ja verkkoon kytkettyinä. Tarve eritasoisille sähkövarastoille lisääntyy erityisesti silloin, kun sääriippuvan, vaihtelevan tuuli- ja aurinkovoimatuotannon osuus kasvaa paitsi Pohjoismaista ostettavan että kotimaisen tuotannon osalta. Jos esimerkiksi 250 000 sähköautoa käytettäisiin sähkövarastona (purkuteho esim. 3,5 kW), niistä muodostuisi laskennallisesti noin Olkiluoto 1 -ydinvoimalayksikön suuruinen teho (880 MW) – tästä osaa voisi käyttää jopa useiden tuntien ajaksi sähköenergiajärjestelmän joustotarpeisiin. Jouston käyttö ei kuitenkaan ole itsestään selvää. Koska sähköautojen akuilla on rajallinen määrä lataus-purkaussyklejä, niiden lisähyödyntäminen sähköenergiajärjestelmän joustona voi lyhentää akkujen elinikää. Lisäksi akut muodostavat suuren osan auton hankintahinnasta ja tästä syystä akkujen käyttö joustona pitää olla kannustavaa omistajille. Tosin monissa tapauksissa on mahdollista, että auton käyttöikä tai akuston niin sanottu kalenterielinikä tulee joka tapauksessa vastaan ennen syklistä elinikää. Tällöin akuston käyttäminen joustona ei välttämättä lisää

kustannuksia. Toinen potentiaalinen ja kiinnostava sähköauton energiavarastosovellus on auton akuston käyttäminen kodin varavoimana (Vehicle-to-home – V2H) sähkökatkon aikana. Tällainen toiminnallisuus vaatii kiinteistöön tietynlaisen laitteiston, joita onkin kaupallisesti saatavilla joillakin markkina-alueilla kuten Japanissa.

Sähköautot ja niiden tarvitsemat palvelut ja infrastruktuuri kytkeytyvät moneen politiikkatoimeen ja -sektoriin. Sähköautot ovat ensinnäkin osa yleisempää ilmasto- ja energiapolitiikkaa. Energiapolitiikassa on kysymys ”poliittisten päätöksentekijöiden ja hallintoviranomaisten tavoitteita ja toimenpiteitä koskevasta valmistelusta (mukaan lukien tutkimus), päätöksenteosta, toimeenpanosta ja seurannasta, joka kohdistuu energian tuotantoon, hankintaan, varastointiin, siirtoon, jakeluun ja kulutukseen” (Ruostetsaari 2010, 27). Suomessa energiapolitiikka miellettiin viime vuosiin asti usein tuotantokeskeisesti, kunnes uusimmassa energia- ja ilmastostrategiassa verkon ja kulutuksen hallinnan toimet ovat saaneet enemmän huomiota (VN 2017a).

Sähköautot ovat myös osa liikennepolitiikkaa (esim. Nylund 2011; Hyysalo ym. 2017, 48–50). Suomessa liikennepolitiikan tavoitteet koskevat esimerkiksi kulkuväyliä. Tiepolitiikka on puolestaan ollut liikennepolitiikan dominoiva osa-alue, jossa painopiste on infrastruktuurin eli teiden rakentamisessa. (Ruostetsaari 1995, 22, 27). Laajasti ymmärrettynä ”liikennepolitiikalla tarkoitetaan kaikkia niitä eri tahojen (toimijoiden) toimenpiteitä, joilla ne pyrkivät huolehtimaan liikennepalveluiden tuottamisesta ja hankinnasta tai vaikuttamaan niihin.” (Ruostetsaari 1995, 23, alun perin Sauna-aho 1991). Suomen ajama liikenne palveluna (Mobility as a service, Maas) -konsepti puolestaan vaikuttaa sekin Suomen sähköautopolitiikkaan, kuten myös infrastruktuurinäkökulma, mukaan lukien sähköntuotanto, sähköverkon kestävyys ja latauspisteiden rakentaminen.

Sähköautojen yleistymisen vaikuttaa myös veropolitiikkaan. Auton hankkimiseen ja käyttöön liittyvät verot tuottavat valtiolle vuosittain huomattavat tulot. Autoalan tiedotuskeskuksen

(2017) mukaan valtion verotulot tieliikenteestä vuonna 2016 olivat 8,030 miljardia euroa.

Lisäksi sähköautoihin vaikuttaa innovaatiopolitiikka. Sähköautojen tehokas käyttö osana sähköjärjestelmää edellyttää monipuolisia hallintajärjestelmiä ja suuren datamäärän käsittelyä. Data-analytiikkaan perustuvien palvelujen kehittämistä voidaan vauhdittaa tukemalla tutkimusta ja tuotekehitystä.

Sähköautot voidaan kuitenkin nähdä myös rajatumpana erilliskysymyksenä, jolloin voidaan puhua Suomen sähköautopoliitikasta, sen muotoutumisesta, tavoitteista, keinoista ja kytkeytymisestä muihin politiikkasektoreihin.

3. Aineisto – Suomen politiikasta EU-politiikkaan Suomen sähköautopoliitikkaa muotoillaan parhaillaan (ks. LVM 2017; Laki 971/2017). Olemme kiinnostuneita erityisesti sähköautoista resurssina tulevaisuuden joustavammassa sähköjärjestelmässä. Siksi tarkastelemme tässä analyysissä neljää Suomen sähköautopoliitikkaa keskeisesti linjaavaa dokumenttia erityisesti joustavamman sähköjärjestelmän kehittämisen näkökulmasta:

- Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030 (VN 2017a),
- Valtioneuvoston selonteko keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmasta vuoteen 2030 – Kohti ilmastoviisasta arkea (YM 2017),
- Liikenteen vaihtoehtoisten käyttövoimien jakeluverkko – Suomen kansallinen ohjelma (VN 2017b) ja
- työ- ja elinkeinoministeriön älyverkkotyöryhmän väliraportti "*Matkalla kohti joustavaa ja asiakaskeskeistä sähköjärjestelmää*" (Pahkala ym. 2017).

Aineiston valinta perustuu Suomen ilmastopolitiikkaan, jonka keskeiset tavoitteet ja

¹ Selonteko keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmasta vuoteen 2030

toimenpiteet on vuodesta 2001 lähtien määritelty energia- ja ilmastostrategioissa. Nämä strategiat puolestaan huomioivat kulloisenkin hallitusohjelman energialinjausten toimeenpanon (YM 2017, 37). Viimeisimmässä, pääministeri Juha Sipilän (kesk.) hallituksen energia- ja ilmastostrategiassa "linjataan toimia, joilla Suomi saavuttaa hallitusohjelmassa sekä EU:ssa sovitut tavoitteet vuoteen 2030 ja etenee johdonmukaisesti kohti kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä 80–95 prosentilla vuoteen 2050 mennessä" (VN 2017a). Sipilän hallitusohjelmassa ei mainita erikseen sähköautoja, mutta siinä kytketään etätyön tekeminen, liikenteen päästöjen väheneminen ja älykkäiden sähköverkkojen kehittäminen työn tekemisen ja asumisen mahdollisuuteen koko maassa (VN 2015, 11). Hallitusohjelma asetti myös kansallisia tavoitteita kasvihuonepäästöjen vähentämiseksi, jotka koskevat suoraan liikennesektoria. Tuontiöljyn käyttö puolitetaan 2020-luvun aikana ja samassa ajassa liikenteen uusiutuvien polttoaineiden osuus nostetaan 40 prosenttiin (VN 2015, 23).

Valtioneuvosto hyväksyi ensimmäisen Kaisu-selonteon¹ syyskuussa 2017. Selonteon laatiminen perustui ilmastolakiin. Selonteossa asetettiin kasvihuonekaasujen päästövähennystavoite vuodelle 2030 ja määriteltiin toimet tavoitteen saavuttamiseksi. Kaisu-suunnitelma koskee päästökaupan ulkopuolisia sektoreita eli ns. taakanjakosektoria, johon kuuluu muun muassa liikenne. Suunnitelma on rinnakkainen kansallisen energia- ja ilmastostrategian kanssa, mutta samalla Kaisu-suunnitelma täydentää ja tarkentaa vuoden 2016 energia- ja ilmastostrategian päästövähennystoimia. Molemmat panevat toimeen hallitusohjelman tavoitteita (YM 2017, 11, 20).

Vaihtoehtoisia käyttövoimia koskeva kansallinen ohjelma on EU:n jakeludirektiivin² 2014/94/EU mukainen "kansallinen toimintakehys liikenteen vaihtoehtoisten polttoaineiden markkinoiden kehittämiseksi ja asiaan liittyvän infrastruktuurin käyttöönottamiseksi" (VN 2017b, 4). Ohjelma

² Direktiivi liikenteen vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuurin käyttöönotosta

sisältää liikenteen vaihtoehtoisia käyttövoimia koskevat tavoitteet vuosille 2020 ja 2030 sekä toimenpiteet tavoitteiden saavuttamiseksi.

Työ- ja elinkeinoministeriön asetti älyverkkotyöryhmän syyskuussa 2016. Työryhmän "tavoitteena on luoda yhteinen näkemys tulevaisuuden älykkästä sähköjärjestelmästä. Sen tehtävänä on selvittää ja esittää konkreettisia toimia, joilla älykäs sähköjärjestelmä voi palvella asiakkaiden mahdollisuuksia osallistua aktiivisesti sähkömarkkinoille ja edistää toimitusvarmuuden ylläpitoa" (Pahkala ym. 2017, 12).

Vaikka nämä dokumentit muovaavat Suomen sähköautopolitiikkaa, tulee kuitenkin muistaa, että Suomessa päätettiin jo vuonna 2010 biopolttoaineiden 20 prosentin jakeluvaihtoiteesta vuoteen 2020 mennessä. Sittemmin tavoitteeksi on asetettu, että biopolttoaineiden osuus kaikesta tieliikenteeseen myydystä polttoaineesta nousee 30 %:iin vuoteen 2030 mennessä. Käyttövoimatavoitteena on, että vaihtoehtoisten käyttövoimien osuus tieliikenteen energiasta olisi vähintään 40 % vuoteen 2030 mennessä (Nylund 2011, 39–40; VN 2017a, 29–32, 58–59; VN 2017b, 21–22; YM 2017, 54).³ Nämä linjaukset tulee ottaa huomioon, kun tarkastellaan sähköautojen yleistymistä. Suomessa sähköautokanta on kasvanut hitaasti esimerkiksi Norjaan verrattuna, jossa vahvat politiikkatoimet ovat tuoneet käyttöön 180 000 sähköautoa mukaan luettuna verkosta ladattavat hybridit.

Suomen sähköautopolitiikkaa puskevat jatkossa yhä voimakkaammin eteenpäin kansainväliset ilmastopoliittiset sopimukset. Suomen tulee vuoteen 2020 mennessä vähentää CO₂-päästöjä 16 prosenttia vuoteen 2005 verrattuna. Jatkossa velvoitteet kiristyvät. Pariisin 2015 ilmastosovun

toimeenpano vaatii lisätoimia (Rocha ym. 2016), joihin kuuluu liikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentäminen. EU:n vuoden 2030 päästövähennystavoitteet tarkentuivat 2016, kun komissio esitti jäsenmaakohtaisia tavoitteita taakanjakosektorille.⁴ Komission ehdotus Suomen päästövähennykseksi taakanjakosektorilla oli 39 %. Merkittävin vähennyspotentiaali on liikenteessä (VN 2017b, 6; YM 2017, 13, 30). Vuonna 2015 kotimaan liikenteen päästöt muodostivat noin viidenneksen Suomen kaikista kasvihuonekaasupäästöistä ja noin 40 prosenttia taakanjakosektorin päästöistä. Noin 90 % kotimaan liikenteen päästöistä syntyy tieliikenteessä. Tieliikenteen päästöistä noin 58 % aiheutuu henkilöautoliikenteestä, 37 % paketti- ja kuorma-autoista, loput linja-autoista, moottoripyöristä yms. (YM 2017, 51).

Euroopan unioni edellyttää uusien autojen valmistajakohtaisen keskimääräisen päästötason olevan vuonna 2021 95g/km, kun vuonna 2016 uusien autojen keskimääräinen päästötaso Euroopassa oli 118.1 g/km (European Commission 2017). Lisäksi Euroopan komissio on esittänyt uusien henkilö- ja pakettiautojen hiilidioksidipäästöjä alentamista 30 prosentilla vuodesta 2021 vuoteen 2030 (Raivio 2017). Täyssähköautot ovat tässä tärkeitä, koska liikenteen päästöissä sähkön käyttö lasketaan nollapäästöiseksi. Sähköntuotannon päästöjen sääntely ja vähäpäästöiseen energijärjestelmään siirtymisen kannustaminen hoidetaan päästökauppamekanismilla ja muilla toimilla. Vuonna 2016 Suomessa ensirekisteröityjen henkilöautojen keskimääräinen päästötaso oli 120.6 g/kg. Suomessa liikennekäytössä 10.10.2017 olleiden henkilöautojen keskipäästö oli noin 159 g/km (Trafi 2017a), kun vuonna 2009 vastaava luku oli 180 g/km (Nylund 2011, 162).

³ Valtioneuvoston energia- ja ilmastostrategia tarkentaa tätä seuraavasti: "Euroopan unionissa tällä hetkellä sovellettavan laskentatavan mukaan tämä tarkoittaa noin 53 prosentin osuutta. Tämän tuplalaskentatavan mukaan jätteistä ja tähteistä, syötäväksi kelpaamattomasta selluloosasta ja lignoselluloosasta tuotetut biopolttoaineet otetaan huomioon kertomalla niiden

energiasisältö kahdella. Pääministeri Juha Sipilän hallituksen ohjelmassa asetettu tavoite 40 prosenttia uusiutuvan liikennepolttoaineen osuudesta perustuu tuplalaskentaan" (VN 2017a, 33).

⁴ Taakanjakosektoriin kuuluvat liikenne, maatalous, kiinteistökohtainen lämmitys, työkoneet, jätahuolto ja fluoratut kaasut ja muut päästöt.

Sähköautojen lisääntyminen vähentää myös lähipäästöjä sekä öljyriippuvuutta. Tässä kansainvälisessä kontekstissa tulee myös huomioida teollisuuspoliittiset intressit – sähköautojen tutkimus- ja kehitystyö ja veroedut on myös nähty autoteollisuuden elvytyskeinoina (Nylund 2011, 5; Nurminen 2017). Suomen sähköautokeskustelussa teollisuuspoliittiset intressit koskevat alan globaalin markkinakasvun merkitystä Suomen sähköteknisen Cleantech-vientiteollisuuden ja kaivannaisteollisuuden kasvu- ja työllisyysnäkökymille (ks. esim. Sähköajoneuvot Suomessa 2009, 86–87; LVM 2016, 13; Heima 2017; Kluukeri 2017). Nämä intressit koskevat myös laajemmin vaihtoehtoisten käyttövoimien kehittämistä ja yleistymistä. Jakeludirektiiviä koskeva kansallinen ohjelma toteaaakin: ”Kotimaisilla raaka-aineilla tuotettujen vaihtoehtoisten käyttövoimien avulla voidaan paitsi vähentää liikenteen päästöjä ilmaan, myös pienentää Suomen raakaöljyriippuvuutta ja raakaöljylaskua, parantaa työllisyyttä ja aikaansaada uusia vientimahdollisuuksia.” (VN 2017b, 6). Sähkö on yksi vaihtoehtoisista käyttövoimista.⁵

Seuraavassa osiossa tarkastelemme Suomen sähköautopolitiikan muotoutumista neljän keskeisen dokumentin valossa. Osiossa viisi esitämme yhteenvedon huomioista ja lopuksi johtopäätökset ja suosituksemme.

4. Tulokset: Suomen linjaukset

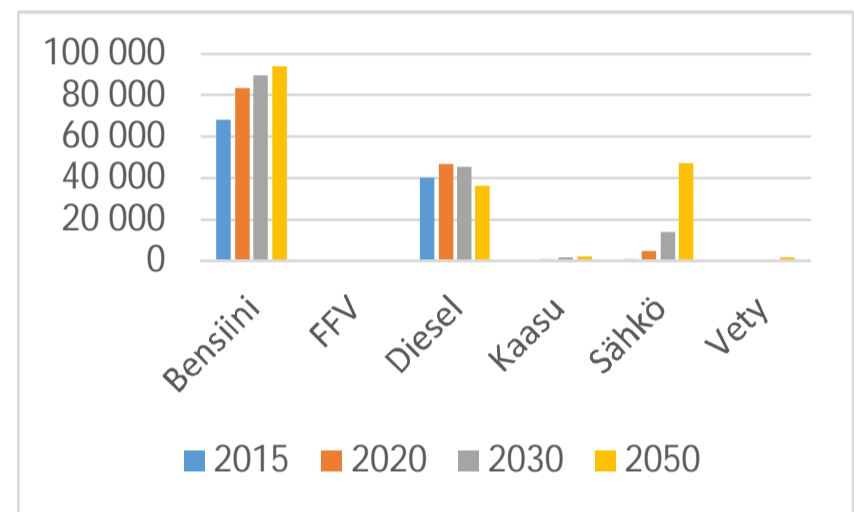
4.1 Sähköautot kansallisessa energia- ja ilmastostrategiassa

Suomen energia- ja ilmastostrategian pitkän aikavälin tavoitteena on hiilineutraali yhteiskunta. Tieliikenteen sähköistäminen on yksi keino tuon tavoitteen saavuttamiseksi, huomioiden kuinka uusiutuvien osuus sähköntuotannossa oli 45 % vuonna 2016 ja ydinvoiman 33.7 % (Energiateollisuus 2017). Hallituksen kansallinen energia- ja ilmastostrategia (2017, 59) asettikin tavoitteeksi vähintään 250 000 sähkökäyttöistä autoa (täyssähköautot, vetyautot ja ladattavat hybridit) ja 50 000 kaasukäyttöistä autoa 2030 mennessä.

⁵ Muita vaihtoehtoisia käyttövoimia ovat vety, maa-/biokaasu ja/tai nestemäiset biopoltoaineet myös korkeina pitoisuuksina.

Syyskuun 2017 loppuun mennessä täyssähköautoja oli rekisteröity kuitenkin vain 1289 kappaletta (Trafi 2017b) ja ladattavia hybridejä 4593 kappaletta (Trafi 2017c). Sähköautojen toistaiseksi hidastunut yleistymisen ja puutteellinen infrastruktuuri hidastavat sähköjärjestelmän joustopotentialin kehittämistä.

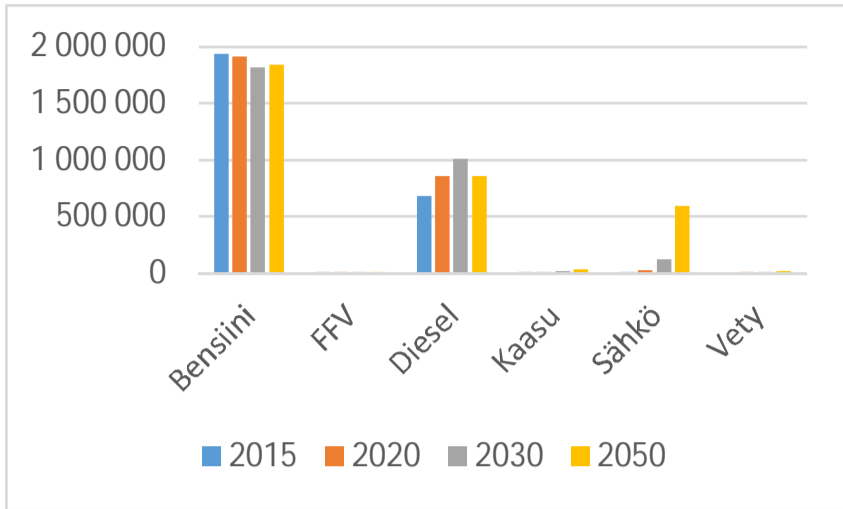
Kuvassa 1 on esitetty Työ- ja elinkeinoministeriön (2016) perusurakehityksen mukainen skenaarioarvio henkilöautojen ulosmyynistä vuosina 2015–2050.



Kuva 1. Henkilöautojen ulosmyynti (kpl) vuosina 2015–2050, perusskenaarioiden mukainen kehitys (Lähde: TEM 2016).

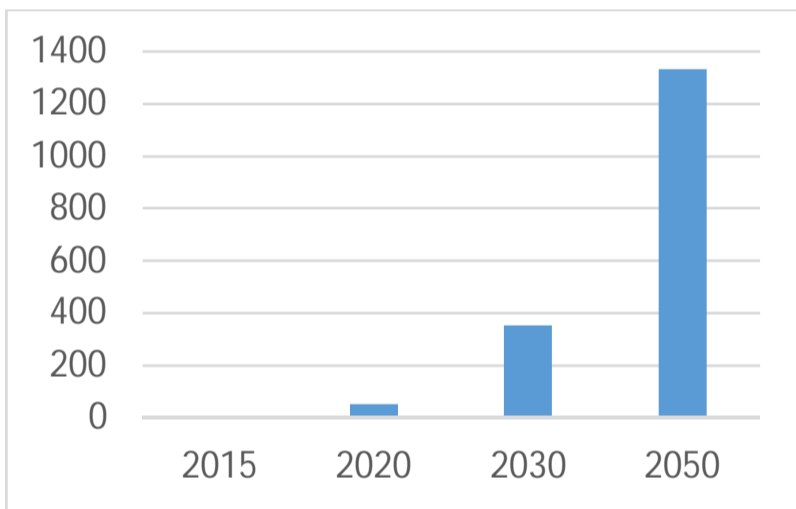
Perusuraskenaario perustuu uusittuun LIISA-mallin automyyntiennusteeseen, joka taas pohjautuu VTT:n uusittuun suorite-ennusteeseen ja Suomen autokannan EU-sovitettuun kehitysennusteeseen, missä kullekin ajoneuvotyypille ja tekniikalle on arvioitu autokohtainen suoritteiden kehitys. Uusien autojen myynti on sovitettu siten, että kunkin vuoden autokanta toteuttaa suorite-ennusteen. Ennusteessa on mukana myös käytettynä maahan tuotujen autojen määrä, joka on arvioitu 23 000 henkilöautoksi per vuosi. Nämä autot tulevat autokantaan uusmyynnin ulkopuolelta vuosimallinsa mukaisesti.

Kuvassa 2 on esitetty työ- ja elinkeinoministeriön (2016) perusurakehityksen mukainen skenaarioarvio henkilöautokannan kehityksestä vuosina 2015–2050.



Kuva 2. Vuotuinen henkilöautojen ajoneuvokanta (kpl) vuosina 2015–2050, perusskenaarion mukainen kehitys (Lähde: TEM 2016).

Kuvassa 3 on esitetty arvio sähkön [GWh/a] käytöstä Suomessa henkilöautoliikenteessä vuosina 2015–2050, TEM:n perusskenaarion mukaisen kehityksen toteutuessa.



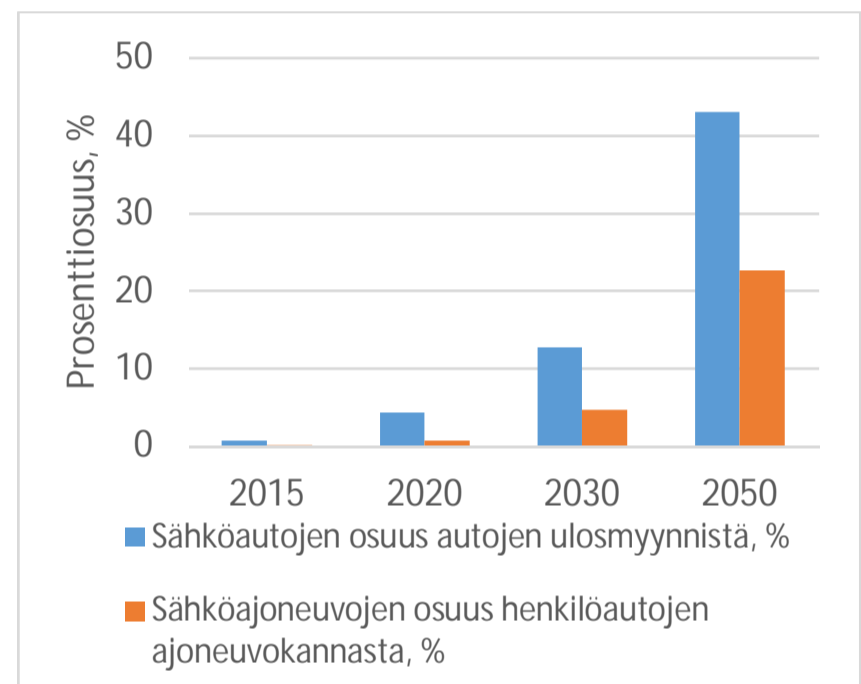
Kuva 3. Sähkön [GWh/a] käyttö Suomessa henkilöautoliikenteessä vuosina 2015–2050, perusskenaarion mukainen kehitys (Lähde: TEM 2016).

Nämä TEM-perusskenaarioita koskevat arviot ovat suuntaa antavia. Ennakointia vaikeuttaa erityisesti se, että Suomeen voidaan vaihtelevasti tuoda henkilöautoja ulkomailta markkinatilanteen vaihdella. Näin ollen ulosmyynti Suomessa ei ole ainoa muuttuja, joka vaikuttaa autokannan uudistumiseen. Tämä on hyvä muistaa myös tulevaa sähköautomarkkinakehitystä arvioitaessa.

Vaikka suomalaisilla on jonkin verran kiinnostusta sähköautojen ostamiseen (Ruostetsaari ym. 2016), niin Suomen autokanta uusiutuu hitaasti. Uusiutumiseen on arvioitu menevän noin 15–20 vuotta. Suomessa on myös Pohjoismaiden vanhin autokanta. 23 % autokannasta on yli 20 vuotta vanhaa, kun sama luku on Norjassa 0 % ja

Ruotsissa 6.6 % (Eurostat 2017). Fortumin lokamarraskuussa 2017 teettämän kyselyn mukaan neljä prosenttia suomalaisista uskoo omistavansa kahden vuoden päästä sähköauton. 10 % uskoo omistavansa sähköauton viiden vuoden päästä ja 18 % 10 vuoden päästä (Fortum 2017). Tammi-kesäkuussa 2016 sähköautojen osuus uusien autojen kaupasta oli Suomessa noin 1 %. Sähköautojen osuus koko henkilöautokannasta oli noin 0.07 % (VN 2017b, 10).

Kuvassa 4 on esitetty TEM:n perusskenaarion mukaisen kehityksen pohjalta lasketut prosenttiosuudet sähköautojen ulosmyynnistä ja ajoneuvokannasta.



Kuva 4. Sähköautojen osuus autojen ulosmyynnistä ja ajoneuvokannasta, %, vuosina 2015–2050, perusskenaarion mukainen kehitys (Lähde: TEM 2016).

On syytä huomata, että tuleviin sähköautojen prosenttiosuuksiin voidaan vaikuttaa politiikkatoimenpiteillä, joita ei ole huomioitu näitä perusskenaariouraa laskettaessa.

Kuvassa 5 on esitetty McKinsey Center for Future Mobilityn esittämä visualisointi sähköautojen myyntihintojen kehityksestä ja autojen operointisäteestä (range). Tämä kuva 5 kertoo siitä, että pidemmän operointisäteen omaavat sähköautot ovat yleensä astetta kalliimpia kuin lyhemmän operointisäteen omaavat sähköautot. Toisaalta kuva 5 kertoo myös sen, että on olemassa joitakin sähköautoja, joilla on pitkä operointisäde ja jotka ovat aika lailla samoissa hinnoissa kuin lyhemmän operointisäteen sähköautot. Suomessa, missä ajoetäisyydet ovat

syrjäalueilla pitkiä, tämä ero hinnoittelussa on hyvä ottaa huomioon – erityisesti mahdollisten tukien ja verotuspäätösten yhteydessä. Jonkinlainen porrastus tukijärjestelmissä olisi syytä suunnitella huomioiden sähköautojen operointisäde ja keskimääräinen hintataso. Samassa yhteydessä olisi hyvä kiinnittää huomiota kriittisiin sähkökäytön energia- tehokkuusvertailuihin eri sähköautomallien välillä. Poliittisin päätöksin ei kannatta edistää tehottomien sähköautojen myyntiä – oli sitten kyse lyhyen operointisäteen tai pitkän operointisäteen sähköautoista.

Native electric-vehicle platforms offer range at competitive prices.



Kuva 5. Sähköautojen operointisäde (km) ja myyntihinta (euro). (A2Mac1 McKinsey Center for Future Mobility).

Kansallisen energia- ja ilmastostrategian osoittama tavoite sähköautojen määrälle merkitsee suurta muutosta nykytilanteeseen. Huomattavasti kunnianhimoisempiakin tavoitteita on esitetty vaihtoehtoisten käyttövoimien ajoneuvojen määrästä – 750 000 ajoneuvoa vuoteen 2030 mennessä (Hyysalo ym. 2017, 48). Sähköautojen ja akkujen määrä puolestaan vaikuttaa potentiaaliseen varaston suuruuteen.

Kansallinen energia- ja ilmastostrategia toteaa, että sähköautojen yleistyminen ”ei aiheuta merkittäviä tarpeita lisätä sähköntuotannon kapasiteettia, mikäli sähköautojen lataaminen ajoitetaan pääsääntöisesti sähkön kulutuksen hiljaisempiin aikoihin (lataus öisin)” (ks. myös Ruska ym. 2010, 31). Strategia myös muistuttaa, että latausajankohtaa voidaan tulevaisuudessa säädellä älykkäällä järjestelmällä, minkä ansiosta muodostuu merkittävä kysyntäjoustokohde sähkömarkkinoille (VN 2017a, 60).

Suomen sähköautopolitiikan määrällisten tavoitteiden maltillisuuden yhtenä taustasyynä on sähköautojen korkea hinta. Nylund (2011, 11) piti liikenne- ja viestintäministeriön selvityksessä ”nykytilanteessa” sähköautoja kustannustehottomana keinona liikenteen CO₂-päästöjen vähentämiseksi, eikä pitänyt perusteltuna, ”että liikennepoliittisista lähtökohdista heti alussa pyrittäisiin sähköautojen lukumäärän maksimoimiseen.”

Sen sijaan Suomi haluaa edetä biopolttoaineissa EU-vaatimuksia nopeammin. Euroopan komission uusiutuvan energian direktiivi sisältää em. 10 %:n pakollisen vaatimuksen uusiutuvasta energiasta (biopolttoaineet ja uusiutuva sähkö) liikenteessä vuonna 2020. Eduskunta hyväksyi joulukuussa 2010 hallituksen esityksen biopolttoaineiden jakeluvuorotilain muutoksesta (HE 197/2010 vp, laki 1420/2010). Nylund (2011, 39–40) toteaa, että ”...koska Suomessa on päätetty kiihdyttää biopolttoaineiden käyttöä, Suomessa liikenteen vuoden 2020 uusiutuvan energian tavoitteen saavuttamiseksi ei tarvita sähköautoja. Sähköautoille ei ole esitetty mitään vastaavaa ’kiihdytysohjelmaa’, eikä sähköautojen käyttöönottoon ja edistämiseen ole toistaiseksi olemassa strategiaa”.

Kun halvimmat päästövähennyskeinot on otettu käyttöön ja uusien vuotta 2030 koskevien sitoumusten saavuttaminen vaatii lisätoimia, on uudelleenarvioinnin aika. Arviointitarpeeseen vaikuttaa myös sähköautoissa käytettävien akkujen hintojen huomattava laskeminen, mikä parantaa sähköautojen kustannuskilpailukykyä (Nykqvist & Nilsson 2015). Biopolttoaineiden käyttöön verrattuna sähköautot tarjoavat

liikenteen päästövähennysmahdollisuuden lisäksi myös uuden joustavan elementin sähköjärjestelmäämme. Tämä näkökohta on jäänyt liian vähälle huomiolle kansallisessa politiikassa.

4.2 Sähköautot KAISUssa

Keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelman⁶ (KAISUn) mukaan taakanjakosektorin merkittävin päästövähennyspotentiaali on liikenteessä. Tavoitteena on vähentää liikenteen hiilidioksidipäästöjä noin puolella vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 2005 tilanteeseen. Suurin vähennyspotentiaali on tieliikenteessä, jonne toimia erityisesti kohdistetaan. Vähennystoimet on jaettu kolmeen energia- ja ilmastostrategiassa hahmoteltuun kokonaisuuteen:

- (1) Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen uusiutuvilla ja vähäpäästöisillä polttoaineilla ja käyttövoimilla
- (2) Ajoneuvojen ja muiden liikennevälineiden energiatehokkuuden parantaminen
- (3) Liikennejärjestelmän energiatehokkuuden parantaminen (YM 2017, 13; VN 2017a, 54–60.)

KAISUssa esitetään lisätoimenpiteitä verrattuna energia- ja ilmastostrategiaan. Keskitymme tarkastelemaan erityisesti sähköautoja koskevia toimenpiteitä. Polttoaineiden osalta on varattu 3 M€:n määräraha sähköisen liikenteen ja biokaasun liikennekäytön infrastruktuurin edistämiseen sekä 1.5 M€ asuinrakennusten sähköisen liikenteen infrastruktuurin edistämiseen. Määrärahavaraukset ovat valtion vuoden 2018 talousarviossa (YM 2017, 13, 76). Ajoneuvojen energiatehokkuuden parantamiseksi tuetaan täyssähköautojen hankintaa. Tukea kohdistetaan myös kaasu- tai etanolikonversion

tekemiseen vanhoihin autoihin. Tukea on esitetty yhteensä 6 M€. Lisäksi romutuspalkkiokokeiluun esitetään varattavaksi 8 M€ (YM 2017, 13, 77).⁷ Liikennejärjestelmän energiatehokkuuden alueella edistetään 'liikenne palveluna' -toimintatapaa.

KAISU toteaa sähköautojen tarjonnan lisääntyneen viime vuosina nopeasti akkujen ja latausinfrastruktuurin kapasiteetin kasvamisen ja hinnan laskemisen myötä (YM 2017, 114). Akkujen hintakehitys vaikuttaa sähköautojen ja polttomoottoriautojen väliseen hankintahintaeroon (YM 2017, 126). Hankintahintaero hidastaa sähköautojen yleistymistä.

Tätä voidaan kompensoida käyttämällä sähköauton akkua joustoreservinä, joka tuottaisi taloudellista arvoa kuluttajalle. Koko sähköjärjestelmän tasolla - riittävän suuressa mittakaavassa – akkujen käyttö sähkövarastona vähentäisi tarvetta investoida sähkön tuotantokapasiteettiin erityisesti huippukuormitustilanteissa.

KAISU suosittelee panostamista useisiin eri liikenteen käyttövoimiin niiden kustannuskehityksen liittyvien merkittävien epävarmuuksien vuoksi. Energia- ja ilmastostrategian mukaisesti tavoitteena on sekä kehittyneiden liikenteen biopolttoaineiden, sähkön että kaasun käytön laajentaminen. Toimeenpanosuunnitelma varaa mahdollisuuden tavoitteiden tarkistamiseen muuttuvan toimintaympäristön ja tulevaisuudessa saatavan tiedon valossa (YM 2017, 126). Vaikka tavoitteena on tasata kustannusriskejä, kokonaisvaltaisesti ajatellun resurssitehokkuuden näkökulmasta ne eivät kokonaan poistu. Uusia resurssitehokkuusriskejä syntyy, kun investointi-, kehitys- ja muita resursseja panostetaan

⁶ Suunnitelmassa arvioidaan, että sen aiheuttama budjettivaje on vuosittain keskimäärin 230 miljoonaa euroa. Vaje koostuu pääosin investointituesta biopolttoainelaitoksiin, tuesta sähköautojen edistämiseen ja asteittaisesta polttoaineverojen kertymän laskusta. (YM 2017, 129.)

⁷ Hallituksen esitys "eduskunnalle laiksi romutuspalkkiosta ja sähkökäyttöisten henkilöautojen

hankintatuesta sekä henkilöautojen kaasu- ja etanolikonversioiden tuesta" sisälsi täyssähköauton hankintaa tai pitkäaikaisvuokrausta (vähintään kolme vuotta) varten valtion tukea 2000 euroa vuosina 2018–2021. Tukea sähköautojen hankinnalle ja kaasu- ja flex fuel -autojen konvertoinnille esitettiin yhteensä 6 M€ vuosittain ajalle 2018–2021. Tuki on tarkoitettu otettavaksi käyttöön 1.1.2018. (LVM 2017.)

samanaikaisesti useisiin, kohtuullisen pienen mittakaavan liikenteen infrastruktuureihin maassa, jossa on pitkät etäisyydet ja kaupungistumisesta huolimatta yhä melko hajautettu yhdyskuntarakenne. Samalla politiikkojen hajautustaktiikka vaikuttaa sähköautojen määrään ja siten niiden akkujen muodostamaan joustopotentiaaliin. Erityisesti suuren mittakaavan panostus biopolttoaineisiin vähentää joustopotentiaalia, mikäli biopolttoaineet hidastavat sähköautojen yleistymistä.

Toisaalta KAISUssa todetaan, "että henkilöautokannan sähköistäminen on edellytys biopolttoaineiden käytön kohdistamiseen pitkällä aikavälillä raskaaseen liikenteeseen, merenkulkuun ja erityisesti lentoliikenteeseen, jossa ei ole näköpiirissä energiatehokkaita vaihtoehtoisia käyttövoimia tieliikenteen tavoin" (YM 2017, 76). Tästä näkökulmasta tarkasteltuna tulevaisuudessa kuluttajat pitäisi siis saada suosimaan sähköautoja polttomoottoriautojen sijaan.

4.3 Sähköautot jakeluinfradirektiivin mukaisessa kansallisessa ohjelmassa

Vaihtoehtoisten käyttövoimien jakeluverkkoa koskeva kansallinen ohjelma liittyy päästövähennysvelvoitteisiin taakanjakosektorilla, johon fossiilisesta öljystä hyvin riippuvainen liikenne lukeutuu.

Päästöjen vähentämiseksi öljyä korvataan liikenteessä vaihtoehtoisilla käyttövoimilla. Kansallisen ohjelman mukaan käytetyimpiä vaihtoehtoisia käyttövoimia ovat nestemäiset biopolttoaineet (etanoli ja uusiutuva diesel). Sähkön todetaan olevan "hiljalleen yleistymässä liikenteen käyttövoimana", samalla kun "eri käyttövoimavaihtoehdot myös soveltuvat eri liikennemuotoihin eri tavoin". Suurin vaihtoehtojen määrä ja päästöjen

vähennyspotentiaali on henkilöautoliikenteessä (VN 2017b, 6–7).

Kansallisen ohjelman vuoden 2020 tavoite on henkilöautojen osalta 20 prosenttia (Taulukko 1). Suomen tieliikenne olisi lähes nollapäästöistä vuonna 2050 (VN 2017b, 21, 24).

Taulukko 1. Vaihtoehtoisten käyttövoimien kanssa yhteensopivien autojen osuus uusista myytävistä autoista vuosina 2020–2030; tavoite

Autotyypit	Osuus uusista myytävistä autoista, %		
	2020	2025	2030
Henkilöautot	20	50	100
Pakettiautot	20	50	100
Kuorma-autot	40	60	100
Linja-autot	40	60	100

Lähde: VN 2017b, 24

Vaikka ohjelmassa puhutaan rivien välissä teknologianeutraaliudesta (kaikki vaihtoehdot ovat mahdollisia), niin erityisesti sähköautojen etuina nähdään energiankäytön hyvä hyötysuhde⁸, ajonaikainen päästöttömyys ja alhainen melutaso. Sähköautot vähentävät siis liikenteen päästöjä ja energiankulutusta.⁹ Ohjelmassa esitetään, että tuuli- ja aurinkosähköllä ajettaessa sähköauto on täysin päästötön (VN 2017b, 10–11). Kokonaisresurssitehokkuuden näkökulmasta katsottuna myös tuuli- ja aurinkovoimalla on silti omat elinkaaripäästönsä, toki fossiilisia polttoaineita tuntuvasti alemmat (esim. World Nuclear Association 2011). Sähköautojen valmistus (erityisesti akkupaketin valmistus) tuottaa myös enemmän päästöjä kuin polttomoottoriautojen valmistus (Hawkins ym. 2013). Kiertotalouden edistäminen nouseekin akkuihin sitoutuneiden resurssien takia tärkeäksi.

⁸ Sähköautojen energiankulutukseksi on arvioitu 0,15 – 0,25 kWh/km. Akkusähköauton hyötysuhde on 50–70 % ja polttomoottoriauton alle 25 %. (VN 2017b, 10–11).

⁹ Täyssähköauton koko energiaketjun laskennallinen kokonaispäästö Suomessa on sähköntuotannon

keskimääräisellä päästöllä laskettuna noin 28 g/km. Suomen sähköntuotannon CO₂-ominaispäästöjen on arvioitu alenevan entisestään päästökaupan ohjaamana 30–45 g/kWh vuonna 2050 (YM 2017, 11).

Sähkön riittävyys ei ole este sähköautokannan kasvamiselle (ks. Kuva 3). Kansallinen ohjelma arvioi, ettei sähköautojen yleistymisestä aiheudu ”merkittäviä tarpeita lisätä sähköntuotannon kapasiteettia, mikäli sähköautojen lataaminen ajoitetaan pääsääntöisesti sähkön kulutuksen hiljaisempiin aikoihin (lataus öisin)” (VN 2017b, 11). Ohjelma nostaa esiin myös sähköautot sähköjärjestelmän joustoresurssina, kunhan latausajankohtaa voidaan säädellä älykkään latauksen avulla (VN 2017b, 11.)

Latausteknologian ja -infrastruktuurin kehittyminen mahdollistaa tulevaisuudessa yhä laajemman ja paremman pikalatausverkon. Tämä voi johtaa siihen, että sähköautoja ”tankataan” enemmän tarvelähtöisesti auton käytön näkökulmasta myös kulutuksen huippuaikana kuin optimoidusti sähköjärjestelmän näkökulmasta.

Ohjelmassa asetetaan kansalliset tavoitteet käyttövoimalle, infrastruktuurille ja autoille sekä toimenpiteet tavoitteisiin pääsemiseksi. Käyttövoiman osalta tieliikenne olisi vuonna 2050 lähes nollapäästöistä. Henkilö- ja pakettiautojen käyttövoimana olisivat joko uusiutuvilla (tai päästöttömällä) raaka-aineilla tuotettu sähkö ja vety tai erilaiset biopolttoaineet (nestemäiset biopolttoaineet ja biokaasu) (VN 2017b, 21). Vuonna 2030 vaihtoehtoisten käyttövoimien osuus tieliikenteen energiasta olisi vähintään 40 % ja vuoden 2020 20 % (VN 2017b, 21–22).

Infrastruktuurin osalta Suomi tavoittelee pääosin markkinaehtoisesti vuosiin 2020/2030 mennessä jakeluinfradirektiivin suosituksia¹⁰ vastaavaa jakeluverkkoa sekä liikennesähkölle, -kaasulle että -vedylle. Tavoitteena on laajentaa myös erillistä jakelua vaativien biopolttoaineiden jakeluinfraa. Suosituksen täyttäminen tarkoittaisi vähintään 25 000 kappaletta sähköautojen julkisia latauspisteitä vuonna 2030.¹¹

Infrastruktuurin rakentaminen kohdistuu ensimmäisenä suurille ja keskisuurille kaupunkiseuduille (VN 2017b, 4–5, 22). Juuri tämän tyyppisillä alueilla on kyselyn mukaan

eniten mielenkiintoa sähköauton hankintaa kohtaan. Mielenkiintoa on eniten suurehkoissa ja suurissa yli 30 000 asukkaan kaupungeissa. Asuinalueen tyyppin suhteen mielenkiinto on suurinta kaupunkien keskustoissa asuvien keskuudessa, josta se vähenee asuinalueen muuttuessa yhä maaseutumaisemmaksi. (Ruostetsaari ym. 2016). Sähköautojen akkujen muodostaman joustopotentialin kannalta on tärkeää, että julkisen latauspisteverkoston rakentaminen ei jää jälkeen siinäkin tapauksessa, että sähköautojen määrä kasvaakin oletettua nopeammin. Lisäksi, jos sähköautoja halutaan käyttää energiavarastoina sähköenergiajärjestelmän tueksi, täytyy latauspisteissäkin olla valmius kaksisuuntaiseen energiansiirtoon.

Kuntien tehtäväksi asetetaan osallistuminen infrastruktuurin suunnitteluun, ei sen rakentamiseen tai rahoittamiseen. Kuitenkin kuntien ja kaupunkien omistuksessa ja hallinnassa olevien pysäköintipaikkojen saaminen latausverkon piiriin olisi tärkeää, jotta sähköautot olisivat pysäköityinä ollessaan mahdollisimman usein käytettävissä sähköjärjestelmän joustopotentialina. Kunnallisten sähköverkko- ja energiayhtiöiden intressi tämän joustoresurssin valjastamiseen riippuu siitä, toteutetaanko sähköautot joustamattomina, jolloin ne heikentävät verkon kapasiteetin riittävyttä, vai toteutetaanko ne joustavana resurssina, jolloin myös joustoresurssista voi tulla hyötyä verkko-operaattorille.

Mahdollisena poikkeuksena ohjelmassa nostetaan esiin kuntien ja/tai viranomaisten kilpailuttaman joukkoliikenteen vaatimat jakeluverkkoratkaisut kuten esimerkiksi sähköbussien latausinfrastruktuuri. Siten sähköbussien akut saataisiin sähköjärjestelmän reserviksi mahdollisimman tehokkaasti olettaen, että sähköbussit yleistyvät. Mitä enemmän akuilla on markkina-arvoa sähköjärjestelmän reservinä, sitä todennäköisemmin myös

¹⁰ Jakeluinfradirektiivin suosituksena on, että sähköautojen julkisia latauspisteitä tulisi olla 1 kappale kymmentä sähköautoa kohti. (VN 2017b, 4).

¹¹ Julkisella latausverkolla ei tarkoiteta pelkästään julkisilla paikoilla sijaitsevia latauspisteitä, vaan ylipäättään kaikkien autojen käytettävissä olevia asemia. (VN 2017b, 22.)

liikenneoperaattorit (esim. sähköbussseja omistavat yhtiöt) huolehtivat latausinfrastruktuurin kattavuudesta ja toimivuudesta. Sähköbussien toimiminen joustavana resurssina edellyttää kuitenkin sitä, että lataustapa ja bussien ominaisuudet yhdistettynä vaadittuihin ajosykleihin mahdollistavat jouston. Bussien lataaminen pääasiassa yöaikaan varikolla mahdollistaa todennäköisesti suurimman joustopotentialin.

Vuonna 2016 Suomessa oli yhteensä noin 630 julkista latauspistettä, joista 50 oli pikalatauspisteitä (VN 2017b, 10). Ohjelman mukaan kotilatauspisteistä ei ole olemassa virallista tietoa, mikä lisää epävarmuutta arvioitaessa sähköautojen synnyttämää joustopotentialia sähköjärjestelmässä.

Ohjelman mukaan Suomessa myytävät uudet autot olisivat vaihtoehtoisilla käyttövoimilla kulkevia jo vuonna 2030. Niiden tavoiteosuus on vähintään kolmasosa koko henkilöautokannasta, mukaan lukien sähköä, vetyä, maa-/biokaasua ja/tai nestemäisiä biopolttoaineita myös korkeina pitoisuuksina käyttävät autot. Vuoden 2025 tavoitteena on, että 50 % uusista henkilö- ja pakettiautoista voisi kulkea jollakin vaihtoehtoisella käyttövoimalla ja vuoden 2020 tavoitteena on 20 % osuus. Raskaamman kaluston osalta tavoite siirtyä vaihtoehtoiseen käyttövoimiin on nopeampi. Linja- ja kuorma-autoista 60 % tulisi täyttää tämä tavoite vuoteen 2025 mennessä ja 40 % vuoteen 2020 mennessä. (VN 2017b, 4, 25).

Sähköautojen ja niiden latausverkoston toimenpiteet keskittyvät informaatio-ohjaukseen ja energiatukiin. Ohjeita on julkaistu julkisten latauspisteiden rakentajille, kuntien lupaviranomaisille, kiinteistöjen omistajille ja taloyhtiöille. Energiatukea on kohdennettu sähköautoille ja latausratkaisuille Tekesin "Sähköisten ajoneuvojen järjestelmät 2011–2015" (EVE) -ohjelman ja työ- ja elinkeinoministeriön kärkihankkeiden kautta. Tukea on saanut myös neljä sähköbussien demonstraatiohanketta Turussa, Tampereella ja Espoossa (VN 2017b, 31; TEM 2017).

4.4 Sähköautot älyverkkotyöryhmän väliraportissa

Älyverkkotyöryhmän väliraportti maalaa kuvaa tulevaisuuden sähköjärjestelmästä suurella pensselillä. Raportissa korostetaan markkinaehtoisuuden ja eri osapuolien tasapuolisen kohtelun tärkeyttä tulevaisuuden älykkäässä ja joustavassa sähköjärjestelmässä.

Älyverkkotyöryhmä näkee sähköautot yhtenä potentiaalisesti joustavana resurssina muiden joukossa. Sähköautoja voidaan käyttää sekä ohjattavana kuormana että energiavarastona sähköjärjestelmän tarpeisiin erilaisilla markkinapaikoilla. Sähköautojen käyttäminen ohjattavana kuormana ja energiavarastoina lisää asiakkaiden mahdollisuuksia sähkön käytön helppoon siirtämisen ajallisesti eli parantaa joustomahdollisuuksia. Tämä edellyttää kuitenkin toimivia ja riittävät kannusteet omaavia markkinapaikkoja, joilla sähköautoa voidaan käyttää joustavana resurssina. Markkinapaikkoja asiakkaiden ulottuville tuovat muun muassa pohjoiseurooppalaisen sähköpörssin Elspot-day-ahead-markkinan hintaan sidotut tunti hinnoitellut sähkösopimukset, mahdolliset sopimukset kantaverkon reservimarkkinoille sekä säätösähkömarkkinoille pääsystä sekä älyverkkotyöryhmänkin korostamat jakeluverkon tehopohjaiset siirtotuotteet.

Älyverkkotyöryhmä tunnistaa myös sähköautojen mahdollisen sähköverkon huipputehoja nostavan vaikutuksen. Yhtenä ratkaisuna, jota työryhmän raportti huomattavasti korostaa huipputehojen nousemiseen liittyen on tehopohjainen siirtohinnoittelu. Se kannustaisi tasaisempaan energiankäyttöön. Sähköautot ovat yksi esimerkki sellaisesta muutoksesta sähköjärjestelmässä, joka tuo toisaalta mahdollisuuksia jouston näkökulmasta, mutta myös haasteita sähköjärjestelmään.

5. Joustojen edistäminen sähköautopolitiikassa
Tieliikenteen CO₂-päästöjen vähentämisessä Suomi on valinnut vaihtoehtoisten käyttövoimien kustannuskehitykseen liittyvien merkittävien epävarmuuksien vuoksi linjan, jossa panostetaan niin biopolttoaineisiin, sähkөөn kuin kaasuunkin. Painopiste on kuitenkin ollut biopolttoaineissa.

Tällä hetkellä sähköautojen määrä on Suomessa marginaalinen, mutta sähköautot ovat yksi keskeinen keino tulevina vuosikymmeninä. Sähköautojen rooli päästöjen vähentämisessä ei kuitenkaan ole pelkästään yksiselitteinen, vaan riippuu siitä miten paljon autojen (akkujen) valmistus, käyttö ja kierrätys aiheuttavat päästöjä. Sähköautot mahdollistavat erittäin alhaisen kokonaispäästön elinkaarensa aikana edellyttäen, että auton valmistuksessa ja käytössä käytetty energia on puhdasta. Esimerkiksi keskimääräisellä energiantuotannon päästökertoimella Suomessa sähköauton lataaminen aiheuttaisi hiilidioksidipäästöjä noin 28 g/km (VN 2017b, 11). Todellisessa järjestelmässä päästö voi tänä päivänä olla joko merkittävästi pienempi tai suurempi, mutta tähän liittyvä numeerinen arviointi on hankalaa johtuen järjestelmän monimutkaisuudesta ja tilanneriippuvuudesta. Sähköautoilun ja koko energiajärjestelmän vaikutuksia tulisikin tarkastella kokonaisuutena kestävyysnäkökulmasta. Älykkäällä ja joustavalla lataamisella ja joustojen lisäämisellä koko järjestelmään on suuri merkitys sähköautoilun hiilidioksidipäästöjen arvioinnin kannalta. Hyvin joustavan sähköauton päästö voi olla jopa negatiivinen sopivissa olosuhteissa (Soimakallio ym. 2011).

Suomen sähköautopolitiikka tunnistaa sähköautot yhtenä mahdollisena joustavana sähköjärjestelmän resurssina muiden joukossa. Huomio on kuitenkin tässä vaiheessa kohdistunut siihen, miten sähköautojen määrää ylipäätänsä kasvatetaan, ei niiden myötä muodostuvaan joustopotentiaaliin ja sen hyödyntämiseen. Sähköisissä ajoneuvoissa huomio on ennen kaikkea henkilöautoissa. Kansallisen energia- ja ilmastostrategian tavoitteena on, että Suomessa on vuoteen 2030 mennessä vähintään 250 000 sähköautoa (VN 2017b, 25). Raskaampi kalusto ja sen mahdollinen sähköistyminen jää vähemmällä huomiolla, vaikka esimerkiksi sähköbussien akut voisivat muodostaa merkittävän potentiaalinväyän, jolloin uusiutuvista resursseista esimerkiksi aurinkoenergiaa ei ole saatavilla.

Sähköautojen määrä vaikuttaa joustopotentiaalinväyän suuruuteen. Potentiaalia ei kuitenkaan voida hyödyntää ilman toimivaa ja kattavaa

latausverkostoa. Infrastruktuurin osalta Suomi tavoittelee pääosin markkinaehtoisesti vuosiin 2020/2030 mennessä jakeluinfradirektiivin suosituksia vastaavaa jakeluverkkoa liikennesähköille. Suosituksen täyttäminen tarkoittaisi vähintään 25 000 kappaletta sähköautojen julkisia latauspisteitä vuoteen 2030 mennessä. Taloyhtiöiden kiinnostus latausinfrastruktuurin rakentamiseen on nähty mahdollisena 'showstopperina' (Hyysalo ym. 2017). Myös kuntien intressi latausverkoston rakentamiseen tulisi varmistaa, jotta sähköautot olisivat riittävän laajasti sähköjärjestelmän potentiaalina. Tällä hetkellä kuntien tehtäväksi asetetaan osallistuminen infran suunnitteluun, ei sen rakentamiseen tai rahoittamiseen. Ilmeisenä poikkeuksena olisivat joukkoliikenteen vaatimat jakeluverkkoratkaisut.

Vähemmälle huomiolle on jäänyt sähköautojen akkujen kaksisuuntaisen latausoperoinnin vaikutus akkujen elinikään. Koska akun kustannus muodostaa suuren osan auton hinnasta, korostuu akun elinikä suhteessa auton elinikään. Esimerkiksi nykyinen markkinajohtaja Nissan antaa tällä hetkellä kahdeksan vuoden tai 160 000 kilometrin akun takuun lisäksi akulle kapasiteettitakuun. Tämä takaa, että akun kapasiteettia kuvaava palkisto ei laske alle yhdeksän alkuperäisestä kahdestatoista takuuajan aikana. Lisäksi Nissan Europe on ilmoittanut, että jousto-operointi kaksisuuntaisella latausasemalla ei vaikuta takuuseen, kun operoidaan 50–70% varaustasojen välillä. Tämä 20% kapasiteettiresurssi soveltuu säätösähkömarkkinaan, mutta pienen kapasiteetin takia huonommin korvaamaan varavoimaloita. Akkuteknologian kehittymisen myötä on kuitenkin oletettavissa, että joustokäyttörajoitukset lieventyvät tulevaisuudessa. Nykyteknologia sallii kuitenkin akkujen täyden hyödyntämisen tehotarpeen tasauksessa kohdistamalla latausajat muuten matalaan tehotarpeen aikaan. Lisäksi pidemmällä tähtäimellä on mahdollista, että auton käyttöikä tai akuston niin sanottu kalenterielinikä tulee joka tapauksessa vastaan ennen akuston syklistä elinikää. Tällöin akuston käyttäminen joustona ei ole teknis-taloudellisessa mielessä haaste.

6. Suositukset päätöksentekijöille

Sähköautojen määrän lisääminen:

- Jos sähköautojen käyttöä autokannassa halutaan lisätä odotettua trendikehitystä nopeammin, on syytä pohtia tarkkaan tukipolitiikan painopisteitä. Sähköautoliikenteen tukien aikajänteen tulisi olla rajattu ja kuluttajille etukäteen läpinäkyvästi tiedossa, jotta siirtymävaihe olisi aidosti kannustava ja tuloshakuinen. Siirtymävaiheen politiikkainstrumenttien käytössä on tärkeää seurata erityisesti muiden Pohjoismaiden ja Baltian maiden kehitystä. Koska Suomi on sähköautoilun kehittämisessä Pohjoismaista viimeinen, lienee strategisesti perusteltua ottaa tietoisesti oppia muiden Pohjoismaiden saamista kokemuksista sähköautoilun kehittämisessä. Nykytilanteessa on epärealistista pyrkiä alan Pohjoismaiseen kärkeen.
- Mahdollisena riskitekijänä on se, että mahdollisesti muualla sähköautojen käyttöönottoa tuetaan voimakkaammin kuin Suomessa. Jossain vaiheessa voi käytettyjen sähköautojen tuonti Suomeen lisääntyä voimakkaasti, kun parempien tukijärjestelmien maista (esim. Norja ja Ruotsi) tuodaan Suomeen odotettua enemmän käytettyjä sähköautoja. Tämä voi osaksi murentaa kansallista sähköautomarkkinaa ja sen liiketoimintamahdollisuuksia. Tämä tilanne ei edistäisi myöskään ongelmaksi koettua autokannan uudistumista Suomessa. Sähköautopolitiikan politiikkainstrumenttien vastetta tulisi evaluoida tarkasti vuosittain.
- Aktiivisella sähköautopolitiikalla voidaan pidemmällä tähtäimellä saavuttaa suurempia ilmastoneutraaliutta edistäviä hyötyjä kuin biopolttoaineiden suosimisella. Sen sijaan nykyinen autokanta ja autokannan hidas uusiutuminen huomioiden biopolttoaineet voivat osaltaan muodostaa "resurssiviisaan" keinon liikenteen päästövähennystavoitteen saavuttamiseksi. Tästä syystä on tärkeää ryhtyä oikein sähköautoilua ja

- biopolttoaineita koskevat politiikat niin, että pidemmällä tähtäimellä sähköautopolitiikka korostuu. Toimien aloittaminen nyt on kuitenkin perusteltua. On syytä huomioida, että biopolttoaineiden kilpailukykyyn voivat tulevaisuudessa vaikuttaa esimerkiksi maankäytön hiilipäästöihin ja -nieeluihin tai bioenergian kestävyyskriteereihin liittyvät muutokset sekä haasteet kestävän raaka-aineen saantiin liittyen.
- Koko sähköautojen ja latausteknologian- ja infrastruktuurin arvoketju tulee kattaa suunnitelmissa: tuotekehitys, tuotanto, jakelu ja palvelut sekä kulutus. Arvoketjun eri osa-alueilla toimivat osittain samat kannusteet, mutta tukitoimet ja sanktiot tulisi suunnitella niin, että ne tukisivat tehokkaasti sähköautojen, latausjärjestelmien ja akkujen saatavuutta, sähköautojen diffuusiota loppukäyttäjille, sähköautojen integrointia osaksi sähköjärjestelmää (älykäs lataus ja V2G) ja sähköautojen tehokasta hyödyntämistä kysynnänjoustossa.
 - Käytetään erilaisia politiikkatoimia laajasti. Esimerkiksi Norjassa, jossa sähköautojen määrä on maailmanlaajuisestikin huomattava, on käytössä laaja skaala kannusteita mukaan lukien lainsäädännöllisiä toimenpiteitä (esimerkiksi sallitaan bussikaistojen käyttö sähköautoille), taloudellisia kannusteita, informaatiokampanjoita ja organisoimista (esimerkiksi latausinfrastruktuuri). Esimerkiksi kuluttajille tarjottavat kannusteet akkujen tarjoamiseksi osaksi joustoa vaatii lisää konkretiaa.
 - Sähköautojen mahdollinen hankinta- ja vuokraustuki tulee kohdistaa kustannustehokkaisiin malleihin. Tukea ei tule kohdentaa kalliiden sähköautomallien ostamiseen.
 - Selvitetään hankintatuen kohdistamista julkiseen liikenteeseen (sähköbussisiin).
 - Ladattavien hybridi-autojen mahdollisen hankinta- ja vuokraustuen rinnalla tulisi selvittää mahdollisuus luoda kannustin

- käyttää käyttövoimana uusiutuvilla energiamuodoilla tuotettua sähköä.
- Panostetaan käytettyjen sähköautojen markkinan kehittämiseen ja ylläpitämiseen. Hyvin toimivat käytettyjen sähköautojen markkinat ovat välttämättömyys liikenteen sähköistymiselle.
 - Selvitetään kuluttajien sähköautojen käyttöä ja preferenssejä ja pohditaan niiden pohjalta sähköautoilua edistäviä politiikkatoimia. Tällä hetkellä kuluttajien oletetaan käyttäytyvän "hyvin kansalaisina", jotka ostavat (kalliita) sähköautoja ja lataavat niitä pääsääntöisesti vain huippukulutuksen ulkopuolisina aikoina. Näin ei kuitenkaan todennäköisesti tule käymään. Kuluttajat pikemminkin vieroksuvat sähköauton ostoa, jos sitä ei voi ladata itselle sopivimpana hetkenä. Jo nyt sähköauton hankinnassa on useita kuluttajia arveluttavia tekijöitä: korkea hinta verrattuna tavalliseen polttomoottorilla varustettuun autoon, latauspisteiden saatavuus, lyhyeksi mielletty ajosäde tai epäsojivuus verrattuna nykyiseen tapaan toimia.
 - Tarjotaan kuluttajille lisätietoa sähköautoilusta unohtamatta sen hyviä puolia kuten korkea hyötysuhde, energiatehokkuus ja vähäiset CO₂- ja muut päästöt.
 - Selvitetään mahdollisuuksia luoda sähköautojen akustojen vuokrausmarkkina. Etenkin täyssähköautossa akku on huomattavan kallis, tällä hetkellä noin kolmasosa auton hankintahinnasta. Akun hinta muodostaa merkittävän osan sähköauton ja polttomoottoriauton välisestä hankintahintaerosta.
 - Selvitetään robottiautojen ja digitalisaation merkitys liikenteen sähköistymisessä vuosiin 2030/2050 mennessä.
 - Selvitetään sähköautojen määrän kasvun merkitys liikenteen lähipäästöjen kannalta (erityisesti hiukkas- ja NO_x-

päästöt) ja otetaan nämä asiat huomioon tieverkostoa suunniteltaessa.

Joustopotentialin lisääminen sähköautojen avulla sähköjärjestelmässä:

- Suomen liikennejärjestelmän sähköistymiselle tulisi luoda strategia, jossa otettaisiin huomioon koko sähköisen liikenteen arvoketju aina sähköntuottajista ja auton maahantuojista erilaisiin palveluntarjoajiin sekä aina sähköautojen loppukäyttäjiin saakka. Tässä yhteydessä tulisi huomioida myös eri osapuolien näkemykset sähköautojen akkujen käyttämisestä sähköjärjestelmän joustopotentialina.
- Energiajärjestelmän kannalta em. strategiassa tulisi huomioida sekä sähköautojen tuoma suora päästövähennyspotentiali (CO₂- ja muut päästöt) sekä myös sähköautojen mukanaan tuoma joustopotentiali tulevaisuudessa. Strategiassa tai sen perusteella tulisi hahmotella joukko konkreettisia toimenpiteitä, joilla edistetään liikennejärjestelmän kestävä kehitystä liikenteen sähköistymisen muodossa.
- Sähköautot eivät ole vain lisäkuorma, vaan autojen akut ovat myös joustopotentialia tarjoava resurssi. Koko sähköautojen ja latausteknologian- ja infrastruktuurin arvoketjussa tulee pohtia, miten latauspisteiden dataa hyödynnetään jouston suunnittelussa ja toteutuksessa.
- Joustopotentiali on riippuvainen sähköautojen määrästä, mutta myös jouston mahdollistavan latausinfrastruktuurin rakentamisesta ja laajuudesta sekä kuluttajien valmiudesta ladata akkuja joustavasti ja antaa akut varastoiksi sähköjärjestelmään. Esimerkiksi 250 000 sähköauton akusta voisi muodostua satojen megawattien teho useiden tuntien ajaksi sähköenergiajärjestelmän tarpeisiin.
- Selvitetään, miten älykkään lataamisen ja jouston järjestelmähyödyt ulotetaan yhä

enemmän myös yksittäisille sähköauton käyttäjille.

- Jos latausjärjestelmien hankintaa tuetaan, täytyy varmistaa, että latausjärjestelmät mahdollisuuksien mukaan mahdollistaisivat sähköauton käytön joustopotentialina. Esimerkiksi latausjärjestelmiltä voisi vaatia jonkinlaista valmiutta kaksisuuntaiseen energiansiirtoon tai avoimen rajapinnan kautta kommunikointiin ylemmän tason järjestelmän kanssa.
- Kannustetaan tai jopa veloitetaan erilaisten kiinteistöjen rakentajia/rakennuttajia ottamaan sähköauton infrastruktuurimahdollisuus huomioon rakentamisvaiheessa, vaikka latauspisteitä ei rakennettaisikaan. Tämä voisi tarkoittaa erilaisten teknisten varausten tekemistä.
- Sähköautojen demonstraatiohankkeissa selvitetään myös akkujen käyttöä joustopotentialina kuluttajien näkökulmasta.
- Selvitetään, edistäisivätkö sähköautojen akustojen vuokraussopimukset joustopotentialin kehittymistä sähköjärjestelmän tasolla.

Lähteet

Autoalan tiedotuskeskus. (2017) Valtion verotulot tieliikenteestä 2009–2016.

http://www.aut.fi/tilastot/verotus_ja_hintakehitys/valtiorotulot_tieliikenteesta

A2Mac1 McKinsey Center for Future Mobility. Vehicle Range vs. Price. In Erriquez, M., Morel, T., Moulière, P-Y., Schäfer, P. (2017) Trends in Electric-Vehicle design. <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/trends-in-electric-vehicle-design>

Energiatiedotuskeskus. (2017) Energiavuosi 2016: sähkö. 23.1.2017.

https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/energiavuosi_2016_-_sahko.html

European Commission. (2017) Reducing CO2 emissions from passenger cars.

https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars_en

Eurostat. (2017) File:Figure 4 Passenger cars by age, 2015. http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Figure_4_Passenger_cars_by_age_2015.png

Figenbaum, E. (2017) Perspectives on Norway's supercharged electric vehicle policy. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 25: 14–34.

Fortum. (2017) Fortum tutki suomalaisten suhtautumista sähköautoihin: Yli kolmannes olisi valmis ostamaan sähköauton, jos sitä olisi mahdollista ladata kotona.

<https://www.fortum.com/fi/media/Pages/Fortum-tutki-suomalaisten-suhtautumista-sahkoautoihin.aspx>

Hawkins, T.R., Singh, B., Majeau-Bettez, G. Strømman, A.H. (2013) Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles. *Journal of Industrial Ecology* 17(1): 53–64.

Heima, T-P. (2017) Terrafame saattaa rakentaa akkukemikaalitehtaan – yhtiölle lisää yksityistä rahoitusta 172 miljoonaa. *Uutinen. Yle* 10.11.

<https://yle.fi/uutiset/3-9925227>

Hyysalo, S., Marttila, T. Temmes, A., Lovio, R., Kivimaa, P., Auvinen, K., Pyhälampi, A., Lukkarinen, J., Peljo, J. (toim.) (2017) Uusia näkymiä energiamurroksen Suomeen. Murrosareenan tuottamia kunnianhimoisia energia- ja ilmastotoimia vuosille 2018–2030. *Smart Energy Transition*. Sitra.

<http://www.smartenergytransition.fi/tiedostot/murrosareena-loppuraportti.pdf>

Kiviluoma, J., Meibom, P. (2011) Methodology for Modelling Plug-in Electric Vehicles in the Power System and Cost Estimates for a System with either Smart or Dumb Electric Vehicles. *Energy*. 36(3), 1758–1767. Doi: 10.1016/j.energy.2010.12.053

Kluukeri, I. (2017) Euroopan suurin litium-kaivos rakenteille ensi syksynä? Kaivosyhtiö Keliberin kerättävä sijoittajilta vielä 170 miljoonaa. *Uutinen. Yle* 14.7. <https://yle.fi/uutiset/3-9722935>

Laki henkilöautojen romutuspalkkiosta ja sähkökäyttöisten henkilöautojen hankintatuesta sekä henkilöautojen kaasu- tai etanolikäyttöisiksi muuntamisen tuesta 971/2017 (2017) 19.12.2017. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170971>

Liikenne- ja viestintäministeriö (LVM). (2017) Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi romutuspalkkiosta ja sähkökäyttöisten henkilöautojen hankintatuesta sekä henkilöautojen kaasu- ja

etanolikonversioiden tuesta. LVM048:00/2017.
<http://valtioneuvosto.fi/hanke?tunnus=LVM048:00/2017>

Liikenne- ja viestintäministeriö (LVM). (2016) Työryhmän ehdotus liikenteen vaihtoehtoisten käyttövoimien jakeluverkon suunnitelmaksi. Raportit ja selvitykset 1/2016. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-487-6>

Markkula, J. (2016) Liikenteen energiaratkaisut. Esitys EL-TRAN –konsortion vuorovaikutuspaneelissa 16.12.2017.

Marttila, T., Rask, M., Savolainen, K. (2017) Smart Energy Transition 2030 – Energiamurrosareena. Muutospolku 2: Sähkön kysyntäjousto. <http://www.smartenergytransition.fi/tiedostot/murrosareena-polku2-sahkon-kysyntajousto.pdf>

Nurminen, T. (2017) Dieseltuki vaakalaudalla Saksassa. Analyysi 13.12. Kauppalehti

Nykvist, B., Nilsson, M. (2015) Rapidly falling costs of battery packs for electric vehicles. Nature Climate Change 5(4): 329–332.

Nylund, N-O. (2011) Sähköautojen tulevaisuus Suomessa. Sähköautot liikenne- ja ilmasto-politiikan näkökulmasta. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 12/2011. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-221-6>

Pahkala, T., Uimonen, H., Väre, V. (2017) Matkalla kohti joustavaa ja asiakaskeskeistä sähköjärjestelmää – Älyverkkotyöryhmän väliraportti. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu 38/2017. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-243-9>

Raivio, P. (2017) Alle kolme litraa satasella? EU haluaa leikata autojen päästöjä 30 prosenttia vuoteen 2030. Yle uutinen 8.11.2017. <https://yle.fi/uutiset/3-9921520>

Rocha, M., Sferra, F., Schaeffer, M., Roming, N., Ancygier, A., Parra, P., Cantzler, J., Coimbra, A., Hare, B. (2016) What Does the Paris Climate Agreement Mean for Finland and the European Union? Technical report, Climate Analytics GmbH, June 2016.

Ruostetsaari, I. (2010) Energiavalta. Eliitti ja kansalaiset muuttuvilla energiamaarkkinoilla. Tampere University Press. Tampere.

Ruostetsaari, I. (1995) Liikennepolitiikkaa etsimässä. Tielaitoksen selvityksiä 71/1995. Tielaitos. Helsinki. <http://www.doria.fi/handle/10024/138683>

Ruostetsaari, I., Aalto, P., Kallioharju, K., Kojo, M., Rautiainen, A. ja Toivanen, P. (2016) Suomalaiset eivät lämpene sähköautoille – miten kiinnostus sytytetään? EL-TRAN analyysi 6/2016 (marraskuu 2016).

Ruska, M., Kiviluoma, J., Koreneff, G. (2010) Sähköautojen laajan käyttöönoton skenaarioita ja vaikutuksia sähköjärjestelmään. VTT Working Papers 155. VTT. Espoo. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2010/W155.pdf>

Soimakallio, S., Kiviluoma, J., Saikku, L. (2011) The complexity and challenges of determining GHG (greenhouse gas) emissions from grid electricity consumption and conservation in LCA (life cycle assessment) – a methodological review. Energy, 36(12), 6705–6713.

Sähköajoneuvot Suomessa. (2009) Biomeri Oy. https://www.motiva.fi/files/2263/Sahkoajoneuvot_Suomessa_selvitys.pdf

Trafi. (2017a). Trafin 10.10.2017 päivätyn ajoneuvojen avoin data 5.0 -aineisto (niiden ajoneuvojen osalta, joiden päästötaso on ilmoitettu aineistossa).

Trafi. (2017b). Liikennekäytössä olevat sähköautot, 30.9.2017 liikennekäytössä olevat sähköhenkilöautot. https://www.trafi.fi/tietopalvelut/tilastot/tieliikenne/ajoneuvokanta/ajoneuvokannan_kayttovoimatilastot/sahkokayttoiset_autot

Trafi. (2017c). Liikennekäytössä olevat hybridiautot, 30.9.2017 liikennekäytössä olevat ladattavat hybridihenkilöautot. https://www.trafi.fi/tietopalvelut/tilastot/tieliikenne/ajoneuvokanta/ajoneuvokannan_kayttovoimatilastot/hybridikayttoiset_henkiloautot

Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM). (2017) TEM tukee yhtätoista energiateknologian kärkihanketta vuonna 2017. Tiedote 30.1. http://tem.fi/artikkeli/-/asset_publisher/tem-tukee-yhtatoista-energiateknologian-karkihanketta-vuonna-2017

Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM). (2016) Energia- ja ilmastostrategian ja keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelman perusskenaarion tausta-oletuksia. Versio 1. <https://tem.fi/documents/1410877/2148188/Perussk>

[enaarion+taustaoletukset+\(luonnos+16.5.2016\)/1f44a515-66f2-477f-bf0a-ac6d7a9fc1c3](https://doi.org/10.515-66f2-477f-bf0a-ac6d7a9fc1c3)

Valtioneuvosto (VN). (2017a) Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu 4/2017. Työ- ja elinkeinoministeriö. Helsinki.

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-190-6>

Valtioneuvosto (VN). (2017b) Liikenteen vaihtoehtoisten käyttövoimien jakeluverkko – Suomen kansallinen ohjelma vuosille 2017 – 2030.

<http://valtioneuvosto.fi/paatokset/paatos?decisionId=0900908f80514625>

Valtioneuvosto (VN) (2015) Ratkaisujen Suomi. Pääministeri Juha Sipilän hallituksen strateginen ohjelma 29.5.2015.

Hallituksen julkaisusarja 10/2015.

http://valtioneuvosto.fi/documents/10184/1427398/Ratkaisujen+Suomi_FI_YHDISTETTY_netiti.pdf/801f523e-5dfb-45a4-8b4b-5b5491d6cc82

World Nuclear Association. (2011) Comparison of Lifecycle Greenhouse Gas Emissions of Various Electricity Generation Sources. WNA report.

http://www.world-nuclear.org/uploadedFiles/org/WNA/Publications/Working_Group_Reports/comparison_of_lifecycle.pdf

Ympäristöministeriö (YM). (2017) Valtioneuvoston selonteko keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmasta vuoteen 2030 – Kohti ilmastoviisasta arkea. Ympäristöministeriön raportteja 21/2017.

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4748-7>

EL-TRAN -konsortio tutkii, mitä resurssitehokas sähköjärjestelmä tarkoittaa, miten se toteutetaan, millaisia politiikkaongelmia sen toteutuksessa kohtaamme ja kuinka lopulta ratkomme niitä. Hanketta koordinoi Tampereen yliopisto, ja siinä ovat mukana Itä-Suomen yliopisto, Tampereen teknillinen yliopisto, Turun yliopisto, VTT ja Tampereen ammattikorkeakoulu.

Aiemmat EL-TRAN -analyysit	
1/2016	Miten toteutetaan resurssitehokkaampi ja ilmastoneutraali sähköenergiajärjestelmä?
2/2016	Miten sähkön siirtohintoja voidaan korottaa? Kansainvälisen investointioikeuden näkökulma
3/2016	Yksilö energiapolitiikan keskiössä – aurinkoenergian sääntelystä Suomessa
4/2016	Pohjoismaiden energiapolitiikka 2030: hiilineutraalimpaan energiajärjestelmään osin yhdessä, osin eri polkuja pitkin
5/2016	Resurssitehokkaampi ja ilmastoneutraalimpi energiajärjestelmä, mutta miten? Suomalaiset avaintoimijat vastaavat
6/2016	Suomalaiset eivät lämpene sähköautoille – miten kiinnostus sytytetään?
7/2016	Tammikuun tehopiikki – mitä tapahtui 7.1.2016? Miten tehoa hallitaan paremmin jatkossa?
1/2017	Edellytykset kysyntäjouston toteutumiselle kiinteistöissä
2/2017	Energy Union, renewable energy and the 'Winter Package'
1/2018	EL-TRAN – konsortion yhteiskunnallinen vaikuttavuus 2015–2017