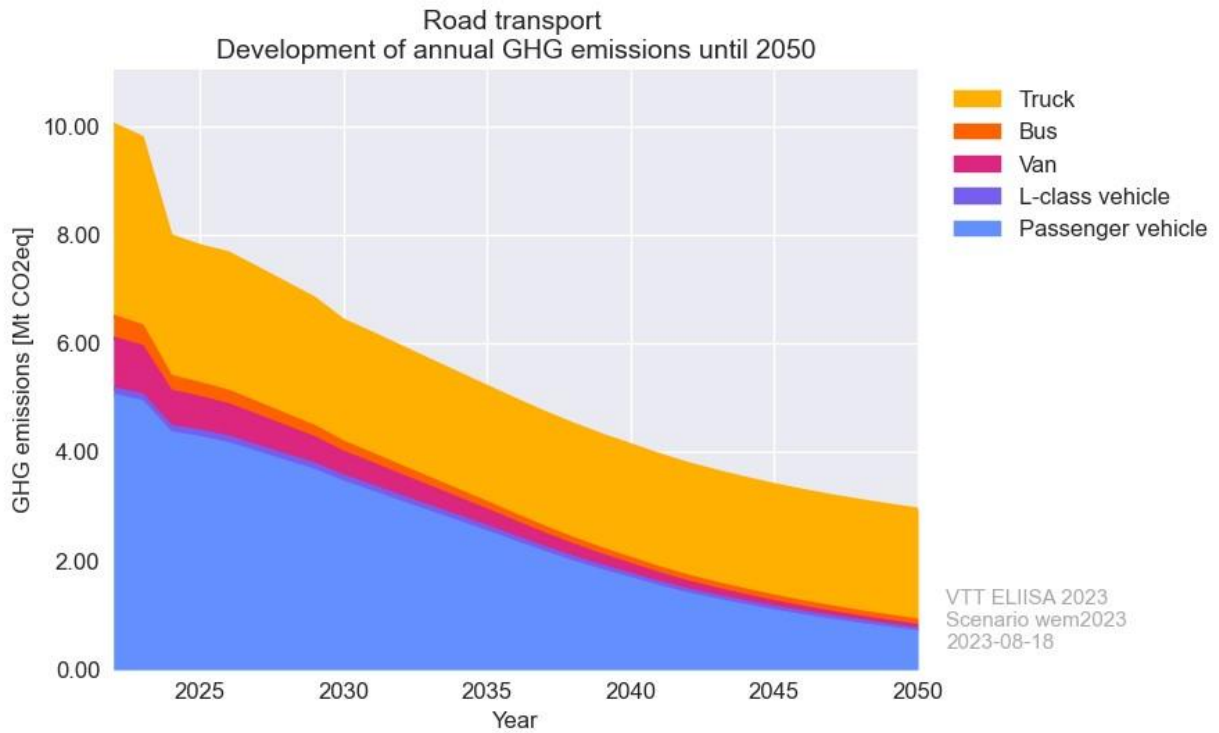




RAPORTTI



Tieliikenteen ajoneuvokanta- ja päästöennusteen päivitys 2023

Kirjoittajat: Arttu Lauhkonen, Johanna Markkanen

Luottamuksellisuus: Julkinen

Alkusanat

Projektissa tarkasteltiin tieliikenteen ajoneuvokantaennusteita erityisesti henkilöautojen ja raskaan liikenteen osalta, ja päivitettiin tieliikenteen kasvihuonekaasupäästöjen perusennustetta sekä politiikkaskenaarioita. Projekti toteutettiin 1.6.2023 ja 6.10.2023 välisenä aikana. Tilajana toimi Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. Projektin ohjausryhmään osallistui Traficom ja liikenne- ja viestintäministeriön edustajia.

VTT:llä projektin koordinointiin osallistui tutkimuspäällikön roolissa Eetu Pilli-Sihvola. Petri Söderena osallistui raskaan liikenteen CO₂-raja-arvoasetuksen ja käyttövoimakehityksen tarkasteluun.

Projektin ohjausryhmään osallistuivat Katja Lohko-Soner, Heidi Auvinen, Otto Lahti, Hannu Kuikka, Jens West ja Aki Tili Traficomista sekä Saara Jääskeläinen, Tuire Valkonen ja Johanna Hiltunen liikenne- ja viestintäministeriöstä.

Sisällysluettelo

1. Toimeksiannon kuvaus ja tavoitteet.....	3
2. Nollaskenaario.....	3
3. Perusennuste	5
3.1 Päivitykset ajoneuvokantaennusteisiin perusennusteessa.....	5
3.2 Perusennusteen toimenpiteet	7
4. Poliittikkaskenaariot.....	8
4.1 Päivitykset raskaan liikenteen ajoneuvokantaan WAM1 2023-skenaariossa	8
Raskaan liikenteen kiristyvien CO ₂ -raja-arvojen vaikutus myyntiosuuksiin ja ajoneuvokantaan.....	8
Tiukentuvien CO ₂ -raja-arvojen ja markkinakehityksen vaikutukset päästöihin	13
4.2 WAM-skenaarioiden toimenpiteet.....	15
5. Yhteenveto tuloksista	16
6. Työn rajoitteet ja jatko	19
7. Lähdeviitteet	19
8. Liitteet.....	21

1. Toimeksiannon kuvaus ja tavoitteet

Liikenne- ja viestintävirasto Traficomilla oli liikenne- ja viestintäministeriön pyynnöstä tarve tarkastella ja päivittää tieliikenteen ajoneuvokantaennusteita erityisesti henkilöautojen ja raskaan liikenteen osalta sekä päivittää tieliikenteen kasvihuonekaasupäästöjen perusennustetta sekä politiikkaskenaarioita. Lisäksi oli tarve käydä läpi sekä huomioida mallinnuksessa aiempien ennusteiden taustalla olevia tietoja ja oletuksia huomioiden nykytilanne ja joulukuussa 2022 valmistunut Traficomin uusi suorite-ennuste (Moilanen ym. 2022).

Toimeksiannon taustalla olivat syksyllä 2022 valmistuneet perusennuste ja politiikkaskenaario, joiden yhteydessä toteutettiin Traficomille liikenteen politiikka- ja muiden toimenpiteiden kasvihuonekaasupäästöjen (khk) vaikutusarvioita. (Markkanen ym. 2023). Tutkitut toimenpiteet vastaavat pitkälti fossiilittoman liikenteen tiekartan toimenpiteitä (LVM 2021a).

Em. skenaarioita päivitettiin tässä työssä tarkastelemalla uudelleen ajoneuvokannan kehitystä, päivittämällä vuotta 2022 koskevia lähtötietoja sekä arvioimalla valmistelussa olevan raskaan liikenteen uusien ajoneuvojen CO₂-raja-arvoja tiukentavan EU-asetuksen vaikutuksia ajoneuvokantaan ja päästöihin.

Päästöskenaariot sekä aiempien skenaarioiden toimenpiteiden khk-päästövähennysvaikutusarviot vuosille 2023–2050 tuotettiin VTT:n ELIISA-mallia käyttäen. Tässä projektissa toimenpidekohtaisia khk-päästövaikutusarvioita ei pääasiassa laskettu uudelleen. Erilliseen vaikutustarkasteluun otettiin WAM-skenaarioon sisällytetty raskaan liikenteen tiukentuvien CO₂-raja-arvojen vaikutus.

Projektissa tuotettiin neljä eri skenaariota¹:

- Nollaskenaario eli lähtötiedoilla päivitetty WEM2022-skenaario
- Perusennuste eli WEM 2023
- Politiikkaskenaario WAM1 2023
- Vaihtoehtoinen politiikkaskenaario WAM2 FLT 2023. Tässä skenaariossa käytettiin fossiilittoman liikenteen tiekartan ennusteiden taustalla olevia raskaan liikenteen ensirekisteröintien käyttövoimaosuuksia.

Kullekin skenaariolle esitettiin päivitetty ajoneuvokanta sekä kulutus- ja päästötiedot raportin liitteenä olevissa Excel-tiedostoissa.

2. Nollaskenaario

Nollaskenaariona eli vertailuskenaariona on käytetty edellistä WEM-skenaariota, joka valmistui elokuussa 2022 (Markkanen et al. 2023; Markkanen 2022). WEM2022-skenaarioon sisällytettiin kaikki ne KAISU-toimenpiteet, joista oli elokuuhun 2022 mennessä päätös, rahoitusta vaativista toimenpiteistä rahoituspäätös, tai joiden toteutuminen katsottiin muuten todennäköiseksi (Ympäristöministeriö 2022). Lisäksi skenaarioon sisältyi oletuksia etätyön, HCT-kuljetusten ja digitalisaation vaikutuksista; nämä on tutkittu omina toimenpiteinään, vaikka ne eivät ole varsinaisia politiikkatoimenpiteitä.

¹ WEM=With Existing Measures; WAM=With Additional Measures; FLT=Fossiilittoman liikenteen tiekartta

WEM2022-skenaariota edelsi WEM2021-skenaario, mikä vastaa Fossiilittoman liikenteen tiekartan perusennustetta. Moni Fossiilittoman liikenteen tiekartan WAM-toimenpide siirtyi WEM2022-skenaarioon elokuun 2022 päivityksen yhteydessä.

Ennustepäivityksen lähtökohtana ovat liikennekäytössä oleva ajoneuvokanta, ensirekisteröityjen ja käytettynä maahantuotujen ajoneuvojen käyttövoimat ja lukumäärät, ajoneuvojen keskimääräiset käyttöiät ja poistuma (funktio), keskimääräiset vuotuiset ajosuoritteet ja sähköllä- ja kaasulla-ajon osuudet, ajoneuvojen energiankulutuskertoimet sekä polttoaineiden ominaisuustiedot.

Lähtökohtien pohjalta malli laskee ennusteajokasjarjana ajoneuvokannan, suoritteet, energiankulutuksen sekä päästöt. Mallin lähtökohdat- ja oletukset on kuvattu laajemmin VTT:n raportissa ”Scenarios for greenhouse gas emissions and energy consumption of road transport in Finland” (Markkanen et al. 2023, ss. 11–15)

WEM2022-skenaarion valmistumisen jälkeen ELIISA-mallin lähtötietoja on päivitetty ajantasaisemmaksi sekä muutamia menetelmämuutoksia on toteutettu. Lähtötietoihin tehtiin seuraavat muutokset:

- Koronapandemian aiheuttama joukkoliikenteen kysynnän hiipuminen näkyi linja-autoliikenteen ajosuoritteiden merkittävänä laskuna Tilastokeskuksen julkaisemissa vuoden 2021 liikennesuoritteissa. Muutos oli niin poikkeava verrattuna aiempaan WEM-uraan, että oletettiin linja-autojen vuosisuoritteiden pysyvän matalammalla tasolla pidempään kasvaen kuitenkin kohti vuotta 2030 ja ollen vuodesta 2030 taas aiemmin arvioidulla WEM-uralla.
- Ajoneuvokannan tietojen päivitys. Mallin tuottama aikasarja alkaa vuodesta 2022, jonka lähtötietona käytetään vuoden 2022 tilastollista ajoneuvokantaa.
- Ajoneuvokannan kuluttaman polttoaineen täsmäys myyntiin. Ajoneuvojen kulutuksia säädettiin siten, että vuoden 2022 ajoneuvokanta kuluttaa polttoaineita vuoden 2022 polttoainemyyntien määrän.
- Menetelmämuutoksia ELIISA-malliin toteutettiin talvella 2022–2023. ELIISA-malli huomioi nyt myös dieselkäyttöisten ajoneuvojen urean kulutuksesta johtuvan CO₂-päästön, mikä näkyy mallissa hieman kasvaneena dieselajoneuvojen päästötasona.
- Kaikkien ajoneuvojen metaani ja typpioksiduulilaskentaa tarkennettiin muuttamalla se kilometripohjaiseksi vastaamaan ilman epäpuhtauspäästöinventaarion laskentamenetelmää ja -oletuksia.
- Ajoneuvokannassa laskettaviin kevyisiin nelipyöräisiin ajoneuvoihin sisällytettiin L-luokan ajoneuvojen lisäksi T-luokkaan kuuluvia, tieliikennekäytössä olevia nelipyöriä, lähinnä mönkijöitä. Ajoneuvokannan lähtötietona käytetään Traficomien ajoneuvojen avointa dataa, jota on analysoitu merkki- ja mallitarkasteluin. Muutos vaikutti nelipyöräisten kannan kokoon suurentavasti sekä kannan käyttövoimiin muuttamalla sen enemmän bensiinipainotteiseksi.
- Traficomien uusi suorite-ennuste (Moilanen ym. 2022) huomioitiin työssä siten, että asiakkaan toimittamaan suorite-ennustedataan pohjautuen ajoneuvotyypikohtaista keskimääräistä vuosisuoritetta kalibroitiin mallissa siten, että ne täsmäävät suorite-ennusteen keskimääräisiin vuosisuoritteisiin (km/ajoneuvo/vuosi per ajoneuvotyyppi).

Nollaskenaario koostuu täten WEM2022-skenaarion toimenpiteistä sekä edellä kuvatuista lähtötietojen ja menetelmien päivityksistä.

3. Perusennuste

Uuden WEM-skenaarion lähtökohtana käytettiin nollaskenaariota eli edellä kuvattua 30.8.2022 päivättyä WEM-skenaariota tietyin lähtötietopäivityksin ja menetelmämuutoksia, jotka on kuvattu edellisessä kappaleessa.

Aiemmassa syksyllä 2022 valmistuneessa WEM-skenaariossa arvioitujen toimenpiteiden vaikutuksia ei arvioitu uudelleen tässä työssä, sillä ne sisältyvät jo nollaskenaarion kehityskulkuun.

3.1 Päivitykset ajoneuvokantaennusteisiin perusennusteessa

Henkilöautojen ensirekisteröintien lukumääräennusteita tarkasteltiin uudelleen peilaten niitä sekä vuoden 2022 toteumaan että yleiseen taloudelliseen tilanteeseen. Uusien myyntimäärien arvioinnissa taustalla hyödynnettiin asiantuntija-arvioiden lisäksi keväällä 2023 julkaistua Autoalan tiedotuskeskuksen (2023a, Lausala et al. 2023) ennustetta. Käytettynä maahantuotujen autojen lukumääräennusteita tarkistettiin toteuman perusteella ja suhteutettiin ensirekisteröintien kehitykseen aiemman ennustekehityksen perusteella.

Ajoneuvokannan kierto on hidastunut. Ensirekisteröinnit ja käytettynä maahantuotujen lukumäärät vähenevät, ajoneuvoja romutetaan vähemmän ja keskimääräinen käyttöikä nousee. Kierron hidastumista mallinnettiin ensirekisteröintimäärien vähentämisen lisäksi suurentamalla ELIISA-mallin autojen keskimääräisiä käyttöikä vuoteen 2030 asti, mikä hidastaa poistumaa. Lisäksi ajoneuvokierron hidastuminen näkyy ennusteissa uudempien käyttövoimien suhteellisen yleistymisen hidastumisena koko ajoneuvokannassa.

WEM 2022-skenaariossa oli vielä mukana toimenpiteenä muuntotuen vaikutus autokantaan. Toimenpiteen osalta oletettiin, miten vuoden 2022 loppuun asti käytettävissä ollut muuntotuki vaikuttaa siihen, miten paljon bensiinikäyttöisiä henkilöautoja muunnetaan tuen seurauksena käyttämään korkeaseosetanolia tai liikennekaasua polttoaineena. Lisäksi kyseisessä työssä arvioitiin toimenpiteen khk-päästövaikutus. (Markkanen 2022)

Kyseinen toimenpide poistettiin sellaisenaan mallinnuksesta, koska muuntotuen haku-aika päättyi 31.12.2022. Konversioita tehtiin myös ilman tukea haku-aikana ja ohjausryhmäkeskusteluissa arvioitiin, että uudempien Traficomien ajoneuvon muuntamista koskevien määräysten myötä konversioita tullaan tekemään aiempaa enemmän myös uusille ajoneuvoille, sillä 1.9.2009 ja sen jälkeen käyttöönotettujen autojen muutoskatsastuksen ehtoja on kevennetty². Kokonaisuutena tämän arvioitiin lisäävän konversioita enemmän kuin tuen loppuminen niitä vähentää ja ennusteeseen arvioitiin konversioita bensiinikäyttöisistä henkilöautoisista siirtyvän flexifuel -autoiksi (FFV³) 1700 kpl vuodessa vuoteen 2030 asti.

Henkilöautojen myynti ja maahantuontiosuuksia päivitettiin etenkin sähkö- ja vetykäyttöisten autojen osalta. Vetykäyttöisten henkilöautojen kannan kehitystä tarkasteltiin uudelleen nykytietoon pohjautuen.

Ensirekisteröintiennusteiden käyttövoimaosuuksien tarkastelussa arvioitiin täyssähköautojen kysyntää lisäksi tekijöiksi erityisesti paljon ajavilla sähköautolla edulliset käyttökustannukset polttomootoriautoihin verrattuna. EU:n henkilöautovalmistajia koskevien CO₂-raja-arvojen oletetaan kiihdyttävän sähkö- ja vetyautojen mallituotantoa, kilpailua sekä muuttavan osaltaan

² <https://www.traficom.fi/fi/ajankohtaista/bensiinikayttoisten-ajoneuvojen-muuttaminen-etanolikayttoisiksi-helppotumassa>

³ Flexifuel –autoiksi (FFV) kutsutaan autoja, jotka voivat moottoriteknologiansa ansiosta käyttää joustavasti bensiiniä tai E85 –korkeaseosetanolia.

kuluttajien ostopäätöksiä (Markkanen 2022). Hankintahinnaltaan sähköautojen on arvioitu vähitellen saavuttavan polttomoottoriautot, mutta tämän kehityksen aikajänne on epävarma. Kysynnän kasvun jatkumista ennakoi vahvasti tämänhetkinen osuuksien kasvu ensirekisteröinneissä. Täyssähköautojen osuudet ovat nousseet vuoden 2021 10 %:sta lähes 18 %:iin vuonna 2022 (Traficom 2023) ja osuuden odotetaan nousevan merkittävästi kuluvana vuonna.

Sähköautojen kysyntää rajoittavat tällä hetkellä korkeat hankintahinnat sekä rajalliset kotilatausmahdollisuudet. Latauspisteiden yleistyminen on ollut hidasta, vaikka lähitulevaisuusnäkyvät laajasta verkostosta ovat optimistisia.

Kriittisimpien arvioiden mukaan sähköautojen tarjonnan kannalta pullonkaulaksi on muodostumassa sähköautojen akkuteollisuuden kapasiteetti ja erityisesti mineraalien riittävyys (GTK 2022). Sähköautojen akkuihin tarvitaan merkittävästi suurempi määrä mineraaleja, kuin vetyautojen pieneen akkuun. Ei ole kuitenkaan muodostunut yleistä konsensusta siitä, onko mineraalivarojen riittävyys merkittävä pitkän aikavälin pullonkaula akkukäyttöisten autojen yleistymiselle vai onko haaste selvästi voitettavissa mm. uusien teknologisten ratkaisujen, materiaalien kierrätyksen ja uusien mineraaliesiintymien etsinnän kautta.

Vetykäyttöisten henkilöautojen osalta tulevaisuuden ennustaminen on haastavampaa, koska vety on käyttövoimana varhaisemmassa vaiheessa: vuonna 2022 oli rekisterissä 2 kpl vetykäyttöistä henkilöautoa. Vedyn yleistymistä henkilöautojen käyttövoimana rajoittaa eniten jakeluinfran puute.

Vetykäyttöisissä henkilöautoissa uusien mallien kehitys ei ole ollut nopeaa. Markkinoilla on vasta yksittäisiä valmistajia, joilla on vetyautomallistoja. Akkumineraalien riittävyyden osalta vetyauton akkuun tarvitaan huomattavasti pienempi määrä mineraaleja kuin sähköauton akkuun, mutta toisaalta vedyn tuotannon energiantarve on toistaiseksi suuri.

Vety on tieliikenteessä vielä marginaalinen käyttövoima ja jakeluinfran suppeuden vuoksi tilanne on vielä odottava. Vetyautojen hintojen uskotaan laskevan lähivuosikymmeninä, mutta kehitystä on vaikea arvioida. Kehitys riippuu mm. teknologian kehityksestä, raaka-aineiden hintakehityksestä ja tuotantomääristä. Vedyn suurimman potentiaalin arvioidaankin liittyvän raskaaseen liikenteeseen ja mahdollisesti pitkän matkan joukkoliikenteeseen. Myös vedyn kotimainen tuotanto on yhä kysymysmerkki – lisähaasteena vedyn yleistymisessä on sen tuotannon merkittävä lisäys energiankulutukseen. Vihreän vedyn tuotanto vaatii merkittäviä määriä lisää vihreän sähkön tuotantoa. Lisäksi EU:n energiatehokkuusdirektiivin päivittäminen voi vaikuttaa negatiivisesti vedyn kehitysnäkyelmiin, sillä kiristykset energiatehokkuusvaatimuksissa olisi toteutettava ensisijaisesti energian kulutuksen vähentämisellä eli energiaa säästämällä myös liikenteessä.

Taantuma, korkea inflaatio ja nouseva korkotaso ovat heikentäneet kotitalouksien ostovoimaa. Autokannan kierto on hidastunut ja autokannan keski-ikä odotetaan kasvavan. Autokannan kehitystä tarkasteltaessa tämä on jarruttanut uudempien käyttövoimien yleistymistä suhteessa koko ajoneuvokantaan.

Henkilöautokantaa koskevat ajoneuvokanta-, päästö- ja kulutusennusteet sekä uuden ajoneuvon keskimääräiset kilometrikohtaiset päästöt eri skenaarioissa esitetään tarkemmin liitteiden Excel-tiedostoissa.

3.2 Perusennusteen toimenpiteet

Perusennusteeseen sisällytettiin seuraavat toimenpiteet:

1. Laki uusiutuvien polttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä (13.4.2007/446)
2. Biokaasu ja sähköpolttoaineet jakelovelvoitteeseen
3. Hankintatuki täyssähköisille henkilöautoille
4. Hankintatuki sähkö- ja kaasukäyttöisille pakettiautoille
5. Hankintatuki sähkö- ja kaasukäyttöisille kuorma-autoille
6. Ensirekisteröityjen henkilö- ja pakettiautojen CO₂-raja-arvot
7. Etätyö
8. HCT-kuljetukset ja logistiikan digitalisaatio
9. Kaupunkiseutujen liikennejärjestelmä-suunnitelmat
10. Kävelyn ja pyöräilyn investointiohjelma

Toimenpidekohtaiset kuvaukset sekä vaikutusarviot khk-päästövähennyksistä on esitetty syksyllä 2022 valmistuneen projektin muistiossa (Markkanen 2022, liite 1).

4. Politiikkaskenaariot

Politiikkaskenaario eli WAM-skenaario on tavoiteskenaario khk-päästöjen kehityskululle. WAM-skenaarioon sisällytettiin ne Fossiilittoman liikenteen tiekartassa tai Keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelmassa esitetyt toimenpiteet, joille ei kuitenkaan ollut myönnetty rahoitusta elokuuhun 2022 mennessä tai niiden toteutuminen oli muista syistä johtuen epävarmaa.

Skenaarion lähtökohtana käytettiin nyt luotua uutta WEM-skenaariota sekä osin aiemmin tuotettua WAM NON-FOSSIL-skenaariota (Fossiilittoman liikenteen tiekartan politiikkaskenaario). Uuden WAM-skenaarion toimenpiteinä arvioidaan ne aiemman WAM-skenaarion toimenpiteistä, joita ei siirretty toteutuvina WEM-skenaarioon.

WAM-skenaarioita tuotettiin tässä työssä kaksi: WAM1 2023 ja WAM2 FLT 2023. WAM2 FLT 2023 on muuten täysin sama skenaario kuin WAM1 2023, mutta sen raskaan liikenteen ensirekisteröintiennusteissa käytettiin Fossiilittoman liikenteen tiekartan ennusteiden kanssa yhtenäisiä käyttövoimaosuuksia (LVM 2021).

WAM1 2023-skenaarion raskaiden ajoneuvojen automäärät poikkeavat Fossiilittoman liikenteen tiekartan politiikkaskenaarion automääristä. Tässä työssä tehtiin uudet arviot raskaan liikenteen ensirekisteröintien ja käytettynä maahantuotujen lukumäärien sekä käyttövoimaosuuksien kehitykselle. Tämä kuvataan laajemmin kappaleessa 4.1. Lisäksi lähtövuoden tilastotieto ajoneuvokannasta vaikuttaa mallinnuksessa tulevaan kehitykseen. WAM2 FLT-skenaario tarvittiin kuvastamaan asiasta tehdyn valtioneuvoston päätöksen mukaista tilannetta.

4.1 Päivitykset raskaan liikenteen ajoneuvokantaan WAM1 2023-skenaariossa

Raskaan liikenteen kiristyvien CO₂-raja-arvojen vaikutus myyntiosuuksiin ja ajoneuvokantaan

Helmikuussa 2023 Euroopan komissiolta tuli ehdotus raskaan kaluston CO₂⁴-raja-arvojen päivittämisestä; tavoitteena projektissa oli huomioida näiden tiukennusten vaikutus Suomen raskaan liikenteen ajoneuvokantaennusteeseen.

Nykyisin voimassa oleva raja-arvoasetus (EU 2019/1242) velvoittaa valmistajat vähentämään uusien raskaiden ajoneuvojen (HDV) keskimääräisiä päästöjä säänneltyjen ajoneuvoryhmien osalta 15 % (vuoteen 2025 mennessä) ja 30 % (v. 2030 mennessä) verrattuna keskiarvoon, joka on määritelty vuoden 2019 puolivälistä vuoden 2020 puoliväliin.

Raja-arvoasetuksen päivittämisen myötä arviolta yli 95 % (aiemmin n. 70 %) tieliikenteen raskaan kaluston CO₂ -päästöistä tulee sääntelyn piiriin: uusia ajoneuvoluokkia ovat mm. kevytkuorma-autot ja linja-autot. Euroopan komission 14. helmikuuta 2023 ehdottama tarkistus kiristäisi tavoitetasoja siten, että ensirekisteröityjen ajoneuvojen päästöt vähenevät 45 % v. 2030 mennessä, 65 % v. 2035 mennessä ja 90 % v. 2040 mennessä (ACEA, 2023). Ehdotuksen neuvottelut ovat EU:ssa vielä kesken.

⁴ CO₂=hiilidioksidi, CO₂ ekv.=hiilidioksidiekvivalentti

Vaikka sääntely laajenee koskemaan useampia ajoneuvoryhmiä⁵, on ehdotuksen tämänhetkisen tilanteen perusteella jäämässä sääntelyn ulkopuolelle sellaisia ryhmiä, joiden arvioitiin olevan käyttövoimaennusteiden kannalta merkittäviä.

Yksi keskeinen sääntelyn ulkopuolelle jäävä ajoneuvoryhmä on viisiakseliset kuorma-autot, joita käytetään Suomessa erityisesti tukki- ja sora-autoissa. Sääntelyn piiriin tulisivat 6x4- ja 8x4- akselikonfiguraation kuorma-autot, joita käytetään raskaimmissa ajoneuvoyhdistelmissä. Suomessa neliakselisten kuorma-autojen kuljetustehtävät poikkeavat huomattavasti esimerkiksi vastaavien ajoneuvoryhmien autojen käyttökohteista Keski-Euroopassa. Suomessa ajetaan myös paljon 76-tonnisia yhdistelmiä, jotka vaativat huomattavasti enemmän tehoa kuin esimerkiksi yleisemmät 42-tonniset EU-yhdistelmät.

Projektissa tarkasteltiin saatavilla olevia tietoja Suomessa myytyjen kuorma-autojen akselirakenteesta ja kokonaismassasta. Näin voitiin arvioida tulevia sähkö- ja vedyn osuuksia ensirekisteröinneistä ajoneuvoluokittain.

Lähtötilanteen kartoituksessa hyödynnettiin Autoalan Tiedotuskeskukselta saatua tietoa kahden maahantuojan myymän kaluston jakautumisesta akselityyppeihin v. 2022 sekä EEA:lta⁶ peräisin olevaa tietoa N3-luokan ajoneuvojen rekisteröinneistä akselityyppeihin vuodelta 2020. (Autoalan tiedotuskeskus 2023b ja 2023c, EEA 2022). Em. tietoja hyödynnettiin, koska tarkempaa tietoa akselikonfiguraatiojakaumasta ei ollut liikenneasioiden rekisteristä saatavilla.

Näiden tietojen pohjalta muodostettiin arvio ajoneuvoryhmittäisestä myyntijakaumasta, jonka oletettiin tässä arvioissa pysyvän vakiona vuoteen 2050.

⁵ Ajoneuvojen luokitus ajoneuvoryhmiin. Komission asetus (EU) 2017/2400 raskaiden hyötyajoneuvojen hiilidioksidipäästöjen ja polttoaineenkulutuksen määrittämisestä.

⁶ EEA=Euroopan ympäristökeskus (European Environmental Agency)

Taulukko 1. Arvio kuorma-autojen vuosien 2020–2022 myyntiosuuksista Suomessa ajoneuvoryhmittäin ja akselikonfiguraatioittain. (Autoalan tiedotuskeskus 2023b ja 2023c, EEA 2022)

akselikonfiguraatio		suurin sallittu massa (t)	ajoneuvoryhmä *)	Vuosittaiset %-osuudet ensirekisteröinneistä (arvio vuosille 2020-2022)
4x2	jäykkä kuorma-auto tai vetoajoneuvo	>7,4-7,5	1s	0,0 %
4x2	jäykkä kuorma-auto tai vetoajoneuvo	>7,5-10	1	0,1 %
4x2	jäykkä kuorma-auto tai vetoajoneuvo	>10-12	2	0,9 %
4x2	jäykkä kuorma-auto tai vetoajoneuvo	>12-16	3	3,9 %
4x2	jäykkä kuorma-auto	>16	4	6,2 %
4x2	vetoajoneuvo	>16	5	2,1 %
4x4	jäykkä kuorma-auto	>7,5-16	6	0,2 %
4x4	jäykkä kuorma-auto	>16	7	0,0 %
4x4	vetoajoneuvo	>16	8	0,0 %
6x2	jäykkä kuorma-auto	kaikki painoluokat	9	26,2 %
6x2	vetoajoneuvo	kaikki painoluokat	10	6,6 %
6x4	jäykkä kuorma-auto	kaikki painoluokat	11	4,6 %
6x4	vetoajoneuvo	kaikki painoluokat	12	5,5 %
6x6	jäykkä kuorma-auto	kaikki painoluokat	13	0,0 %
6x6	vetoajoneuvo	kaikki painoluokat	14	0,0 %
8x2	jäykkä kuorma-auto	kaikki painoluokat	15	2,6 %
8x4	jäykkä kuorma-auto	kaikki painoluokat	16	22,5 %
8x6, 8x8	jäykkä kuorma-auto	kaikki painoluokat	17	0,0 %
8x2, 8x4, 8x6, 8x8	vetoajoneuvo	kaikki painoluokat	18	0,4 %
5 akselia	jäykkä kuorma-auto tai vetoajoneuvo	kaikki painoluokat	19	8,5 %
Ei luokkaa	Ei luokkaa	Ei luokkaa	Ei luokkaa	9,8 %

*) Ajoneuvojen luokitus ajoneuvoryhmiin. Komission asetus (EU) 2017/2400 raskaiden hyötyajoneuvojen hiilidioksidipäästöjen ja polttoaineenkulutuksen määrittämisestä.

Jokaiselle ajoneuvoryhmälle muodostettiin asiantuntija-arviona sähkökäyttöisten ja vetykäyttöisten kuorma-autojen %-osuus kyseisen ryhmän ensirekisteröinneistä vuosille 2025, 2030, 2040 ja 2050.

Laskentaesimerkki:

Eniten myydylle ajoneuvoryhmä 9:lle eli 6x2 akselikonfiguraation jäykälle kuorma-autolle (n. 26 % myynneistä) arvioitiin sähkökäyttöisten ajoneuvojen myyntiosuudeksi luokan myynneistä 60% vuonna 2050. Näin ollen kyseisellä ryhmällä sähkökäyttöisten osuus olisi 15,7 % kaikkien kuorma-autojen myynneistä samaisena vuonna, jos luokan 9 osuus myynneistä pysyisi vakiona.

Ennen käyttövoimaennustelukujen muodostamista ja päivittämistä mallinnukseen, arvioitiin keskeisiksi epävarmuuksiksi seuraavat seikat:

- Myyntiosuuksien akselikonfiguraatiojakauma kehittyä vuosittain. Kuljetusyritysten markkinakäyttäytyminen voi muuttua paljonkin sen mukaan, minkälaisia alustoja eri akselikonfiguraatioita vuosien päästä on tarjolla eri käyttövoimilla. Yleisimmin käytössä olevat yhdistelmätyypit muuttuvat sen mukaan, mikä on yrityksille kuljetukseen tarjolla olevista kustannustehokkain.

- Uuden CO₂-raja-arvoasetuksen ja sen voimaantuloon ja aikatauluihin liittyy vielä paljon epäselvyyksiä, ja projektin ohjausryhmässä nostettiin vahvasti esiin asetusehdotuksen sisältävän tällä hetkellä puutteita ja epäselvyyksiä. Yksi haaste ennustamisen kannalta liittyy siihen, että kuorma-autojen korirakenteen perusteella osa ajoneuvoista on vapautettu sääntelystä. Tähän liittyy tulkinnanvaraa, mikä puolestaan mahdollistaa valmistajille taktikoimisen tarjoamansa suhteen.
- Tarkastelussa ei pyritty eriyttämään puhtaasti raja-arvoasetuksen tuomaa suoraa vaikutusta muusta markkinaehtoisesta kehityksestä. On huomioitava, että jo pelkkä tieto uuden raja-arvoasetuksen valmistelusta vaikuttaa osin ajoneuvovalmistajien strategioihin.
- ELIISA-mallinnuksessa kuorma-autot on jaoteltu perävaunullisiin ja perävaunuttomiin kuorma-autoihin (KAP- ja KAIP)⁷. Jaottelu ei perustu suoraan edellä esitettyihin ajoneuvoryhmiin (1–19), koska todellista rekisteritietoa ei tällä tarkkuustasolla ole ollut saatavilla. Arvio ensirekisteröintien jakautumisesta akselikonfiguraatioihin pohjautui vain erillistoitimukseksi saatuun parin vuoden tietoihin. Em. ajoneuvoryhmäkohtaisen käyttövoimakehityksen osalta tuli siis vielä arvioida ensirekisteröintien käyttövoimajakaumat KAP ja KAIP-jaottelulla.

Mallinnukseen päivitettävät kuorma-autojen ensirekisteröintejä sekä käytettynä maahantuonteja koskevat käyttövoimajakaumat päivitettiin lopulta peilaten edellä kuvattua tarkastelua kansainvälisten markkinakatsausten⁸ arvioihin, menneiden lähivuosien toteumaan, Autoalan tiedotuskeskuksen arvioihin (Lausala et al. 2023) erityisesti vedyn osalta sekä projektin 22.6.2023 käytyihin ohjausryhmäkeskusteluihin.

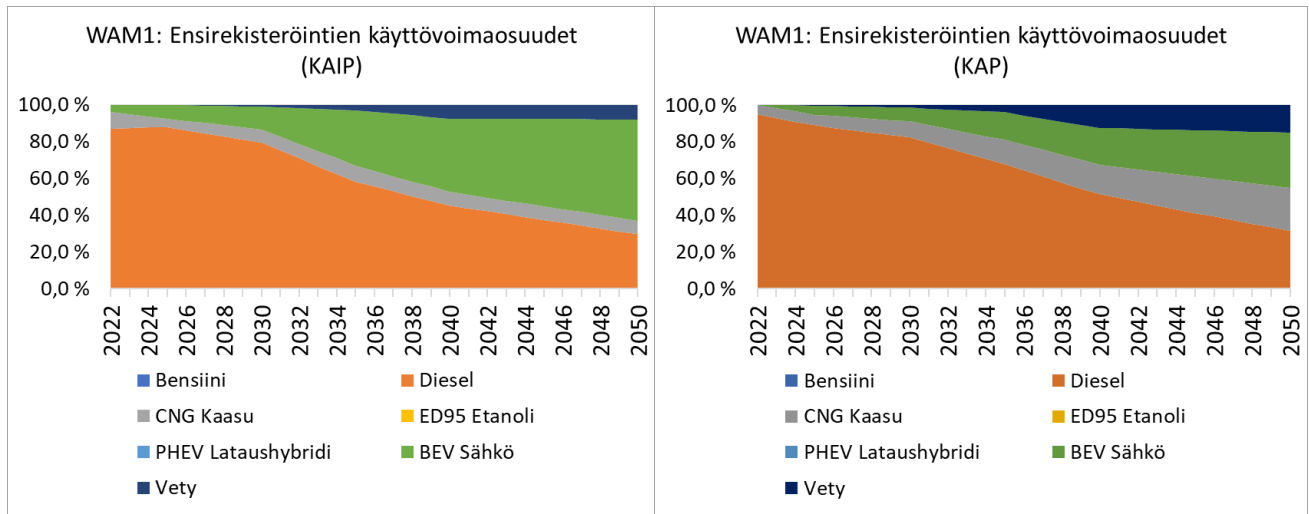
Lopulliset kuorma-autojen ensirekisteröintien käyttövoimakehitykset esitetään taulukossa 2 sekä kuvassa 1.

Taulukko 2. Kuorma-autojen ensirekisteröintiosuuksien kehitys politiikkaskenaariossa WAM1 2023

Vuosi	KAIP				KAP				
	Osuudet ensirekisteröinneistä				Osuudet ensirekisteröinneistä				
	Sähkö	Kaasu	Diesel	Vety	Vuosi	Sähkö	Kaasu	Diesel	Vety
2025	7,5 %	4,7 %	87,8 %	0,0 %	2025	5,0 %	5,8 %	89,0 %	0,3 %
2030	12,5 %	7,1 %	79,4 %	1,0 %	2030	7,5 %	8,6 %	82,5 %	1,5 %
2035	30,0 %	8,9 %	58,1 %	3,0 %	2035	15,0 %	13,2 %	67,8 %	4,0 %
2040	40,0 %	7,4 %	45,1 %	7,5 %	2040	20,0 %	16,2 %	51,3 %	12,5 %
2045	47,5 %	7,4 %	37,4 %	7,8 %	2045	25,0 %	20,0 %	41,3 %	13,8 %
2050	55,0 %	7,4 %	29,6 %	8,0 %	2050	30,0 %	23,7 %	31,3 %	15,0 %

⁷ KAP=kuorma-auto perävaunulla, KAIP=kuorma-auto ilman perävaunua

⁸ ACEA 2023; Concawe 2021; IEA (2023); Market Research Future, 2023; Miller, et al. 2021; NOW GmbH 2023; Strategy& 2022; Sustainable Bus 2021



Kuva 1. Vuosittainen ensirekisteröintien käyttövoimakehitys (KAIP ja KAP) päivitettyillä myyntiennusteiden käyttövoimaosuuksilla.

Sähkökäyttöisten linja-autojen yleistyminen on tällä hetkellä erittäin voimakasta: sähkökäyttöisten osuus oli 67% ensirekisteröinneistä v. 2022. Vedyn oletetaan yleistävän myös linja-autoliikenteessä, mutta hyvin maltillisesti; ennusteessa ensimmäiset vetykäyttöiset linja-autot myydään n. vuonna 2030 (0,2 % uusmyynneistä) ja osuus kasvaa noin 0,5%:iin vuonna 2040 ja edelleen yhteen prosenttiin ensirekisteröinneistä. Kaasukäyttöisten linja-autojen yleistymistä vuoteen 2050 mennessä alennettiin vuoden 2022 toteuman perusteella.

Ensirekisteröityjen sähkökäyttöisten linja-autojen osuus kasvaa tämänhetkisestä 67%:sta n. 95%:iin vuonna 2050. Dieselin osuus vähenee nykyhetken n. 30%:istä lähes nollaan vuonna 2050. Mallissa on edelleen dieselkäyttöisiä linja-autoja yli 70% kannasta vuonna 2030 ja n. 34% kannasta vuonna 2050.

Projektin aikana nousi esiin kysymys kaupunkiliikenteen ja pitkän matkan linja-autoliikenteen erilaisesta kehityksestä ja sen vaikutuksesta valtakunnallisen tason ennustamiseen. Nopea sähköistyminen tapahtuu tällä hetkellä kaupunkiliikenteessä. Tilastokeskuksen Linja-autoyrittäjien tilinpäätöstilaston (Linja-autoliitto, 2020; Tilastokeskus 2020) mukaan pääasiassa pitkiä matkoja sisältävät liikennöintilajit (tilausliikenne, pikavuoroliikenne) muodostivat n. 34 % ajosuoritteesta v. 2019. Samaisena vuonna pääosin lyhyempimatkaista liikennöintiä (ELY:jen ja kuntien ostoliikenne, kaupunkiliikenne, lähi- ja seutuliiikenne, sopimusliikenne) sisältävät kategoriat muodostivat n. 60 % ajosuoritteista. Keskimääräisessä matkan pituudessa on tosin maantieteellisiä eroja em. kategorioiden sisällä.

Vaatisi tarkempaa analyysia sekä ajosuoritteiden jakautumisesta matkan pituuksittain että rekisterissä olevien linja-autojen käytöstä, jotta voitaisiin arvioida sähköistymisen kannalta haasteellisen pitkän matkan linja-autoliikenteen suoriteosuus ja osuus käytössä olevien ajoneuvojen kannasta nyt ja ennusteissa. Ottaen kuitenkin huomioon dieselin kasvavan bio-osuuden sekä lyhyen matkan liikenteen suuren suoriteosuuden, tarkempi ensirekisteröintiennusteiden uudelleentarkastelu ei toisi merkittäviä muutoksia linja-autojen ennusteeseen. Nyt ennusteessa vuonna 2050 on 34% autoista diesel- ja 63% sähkökäyttöisiä; erityisesti koko tieliikenteen ennusteessa vaikutus ei olisi merkittävä.

Linja-autojen käyttövoimaosuusennusteet ovat samoja WEM 2023- ja WAM1 2023-skenaarioissa. Projektin osalta jäi epävarmaksi, miten paljon mahdollinen CO₂-rajoituksen laajentuminen linja-autoja koskevaksi vaikuttaisi jo nyt markkinaehtoisesti nopeaan sähköistymiskehitykseen alalla.

Kuorma-autojen osalta tarkastelun lopputulema sisältyi WAM1-skenaarioon. Kumpaakaan edellä kuvattua tarkastelua ei liitetty WAM2 FLT 2023-skenaarioon, jossa käytettiin Fossiilittoman liikenteen tiekartan ennusteessa käytettyjä raskaan liikenteen käyttövoimaosuuksia ensirekisteröinneistä (LVM 2021).

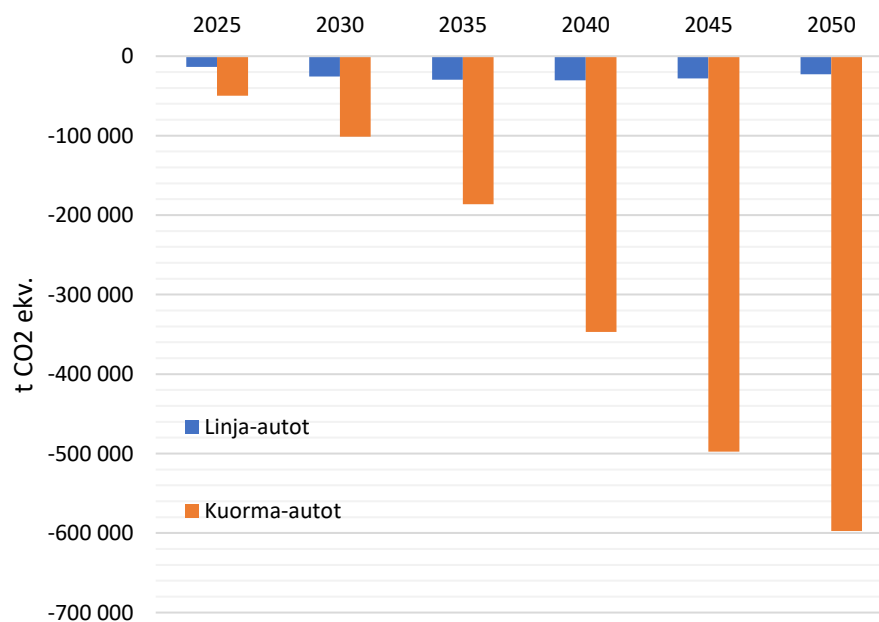
Tiukentuvien CO₂-raja-arvojen ja markkinakehityksen vaikutukset päästöihin

Kuorma-autojen kokonaisenergiankulutus oli vuonna 2022 noin 55 500 TJ ja linja-autoilla n. 6400 TJ. Hiilidioksidiekvivalenttipäästöt (CO₂ ekv.) olivat kuorma-autoilla noin 3,54 milj. tonnia ja linja-autoilla noin 0,401 milj. tonnia vuonna 2022. Kuorma-autojen päästöt vähenevät nollaskenaariossa n. 2,25 milj. tonniin vuoteen 2030 mennessä ja n. 2,04 milj. tonniin v. 2050 mennessä. Linja-autojen khk-päästöt vähenevät n. 0,209 milj. tonniin vuoteen 2030 mennessä ja n. 0,110 milj. tonniin v.2050 mennessä.

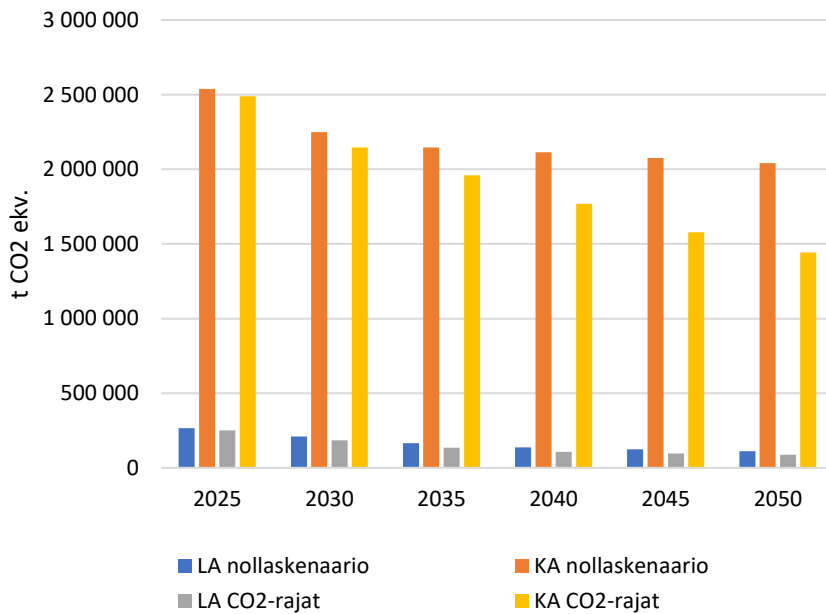
Kun kuorma-autojen ja linja-autojen ensirekisteröintien ja käytettynä maahantuotujen osuuksien kehitys oli arvioitu uudelleen, verrattiin tämän vaikutuksia muutosta edeltäneeseen tasoon. Tässä arviossa vertailutasona oli nollaskenaario eli WEM 2022 vuoden 2023 data- ja lähtötietopäivityksellä.

Tässä vertailussa sekä nollaskenaarioon että vertailuskenaarioon sisältyi uusiutuvien polttoaineiden päästöjä vähentävä vaikutus. Vaihtoehtoinen laskentatapa olisi jättää uusiutuvien osuus kulutuksesta pois, mutta tehdyn valinnan tausta-ajatuksena on se, että jakeluvelvoitelain mukaisesti uusiutuvia polttoaineita on tulevana vuosina tarjolla eli skenaariot mukailevat tämän suhteen todennäköistä kehitystä. Uusiutuvien vaikutuksen pois jättämisen arvioitiin vaikuttavan vähäisesti vertailutuloksiin.

Vertailutasoon nähden raskaan liikenteen CO₂-ekvivalenttipäästöjen arvioidaan vähentyvän n. 127 000 tonnia vuonna 2030, n. 377 000 tonnia vuonna 2040 ja n. 620 000 tonnia vuoteen 2050 mennessä (kuvat 2 ja 3).

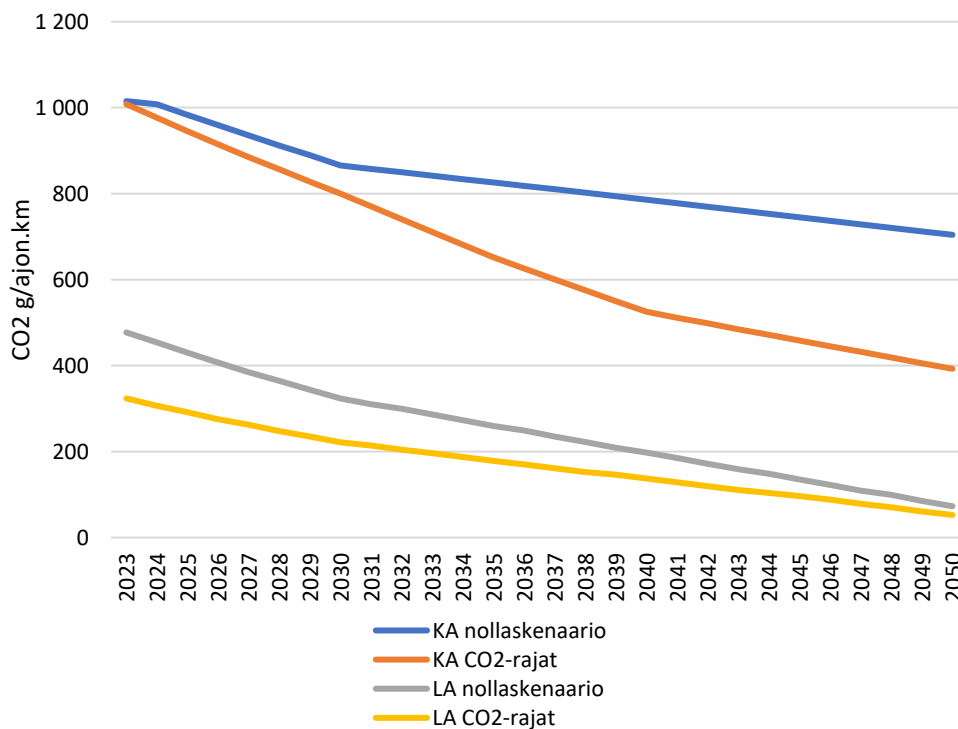


Kuva 2. CO₂ -raja-arvoasetusehdotuksen ja markkinamuutosten vaikutus raskaan liikenteen päästöennusteeseen vertailutasona nollaskenaario



Kuva 3. Raskaan liikenteen päästöjen kehitys nollaskenaariossa ja vertailussa skenaariossa. (KA=kuorma-autot, LA=linja-autot)

Lisäksi mallinnuksessa tuotettiin arviot Suomessa myytävien uusien kuorma-autojen ja linja-autojen keskimääräisten CO₂ -päästöjen (g/km) kehityksestä em. tarkastelun tuloksena sekä nollaskenaariossa (kuva 4).



Kuva 4. Tiukentuvien CO₂ raja-arvojen ja markkinakehityksen vaikutus uusien kuorma-autojen keskimääräiseen Suomessa myytävien kuorma-autojen CO₂-päästöön per ajoneuvokilometri. (KA=kuorma-autot, LA=linja-autot)

Tarkemmat laskelmat ja taulukot CO₂ raja-arvo-asetusehdotuksen ja markkinatarkastelun vaikutuksista esitetään liitteen Excel-taulukoissa.

4.2 WAM-skenaarioiden toimenpiteet

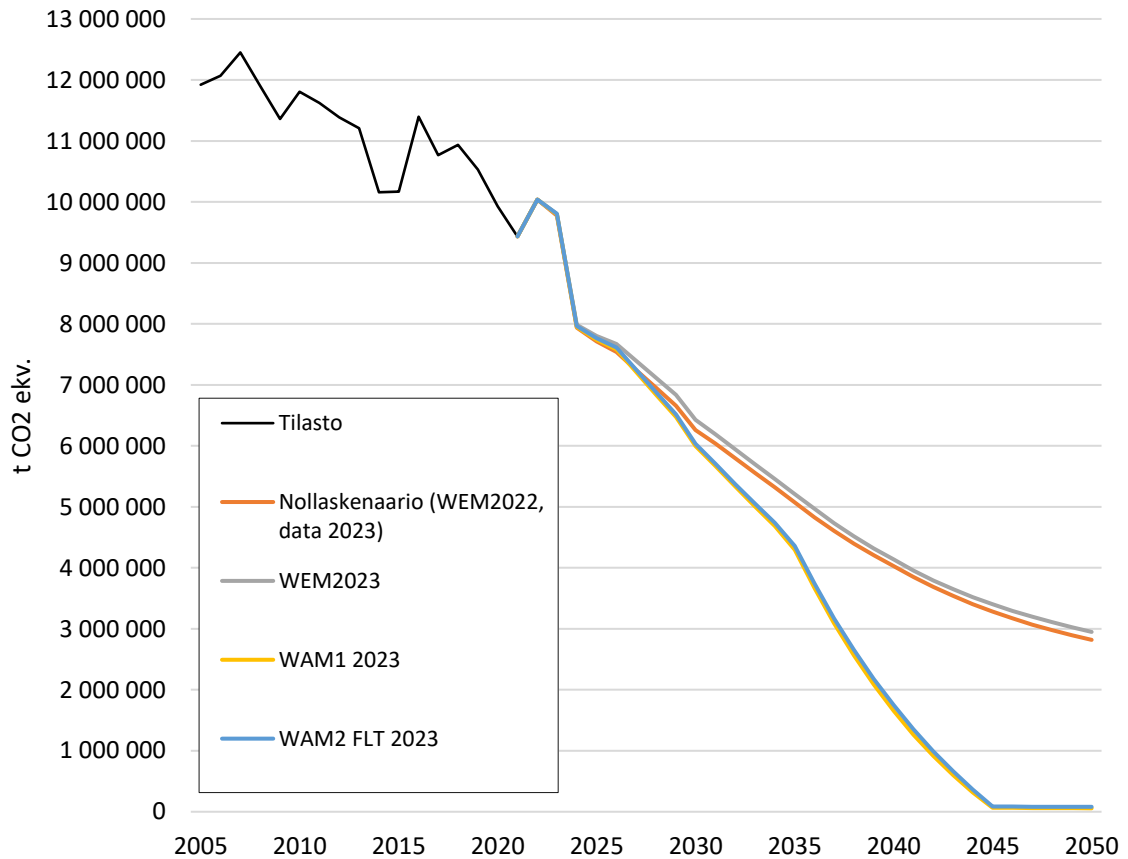
Edellisessä kappaleessa tarkemmin kuvattu ensirekisteröityjen kuorma-autojen tiukentuvien CO₂-raja-arvojen ja markkinaehtoisen kehityksen tarkastelu on määritetty kokonaisuutena toimenpiteeksi "wam1". Muita suoria muutoksia WAM-toimenpiteisiin ei tässä toimeksiannossa tehty.

1. Ensirekisteröityjen kuorma-autojen tiukentuvat CO₂-raja-arvot ja markkinaehtoinen kehitys
2. MaaS-palveluiden täysi potentiaali
3. 100 % uusiutuvaa polttoainetta @2045
4. Romutuspalkkiokampanja
5. Kaupunkiseutujen liikennejärjestelmä-suunnitelma, joukkoliikenteen ja liikkumisen ohjauksen tukien korotus
6. Kävelyn ja pyöräilyn investointiohjelman täysi potentiaali
7. EU Liikenteen päästökauppa
8. Muut määrittelemättömät muutokset

Edellä kuvattua raskaan liikenteen tarkastelua lukuun ottamatta toimenpidekohtaiset kuvaukset sekä vaikutusarviot khk-päästövähennyksistä on esitetty liitteenä olevassa syksyllä 2022 valmistuneen projektin muistiossa (Markkanen 2022).

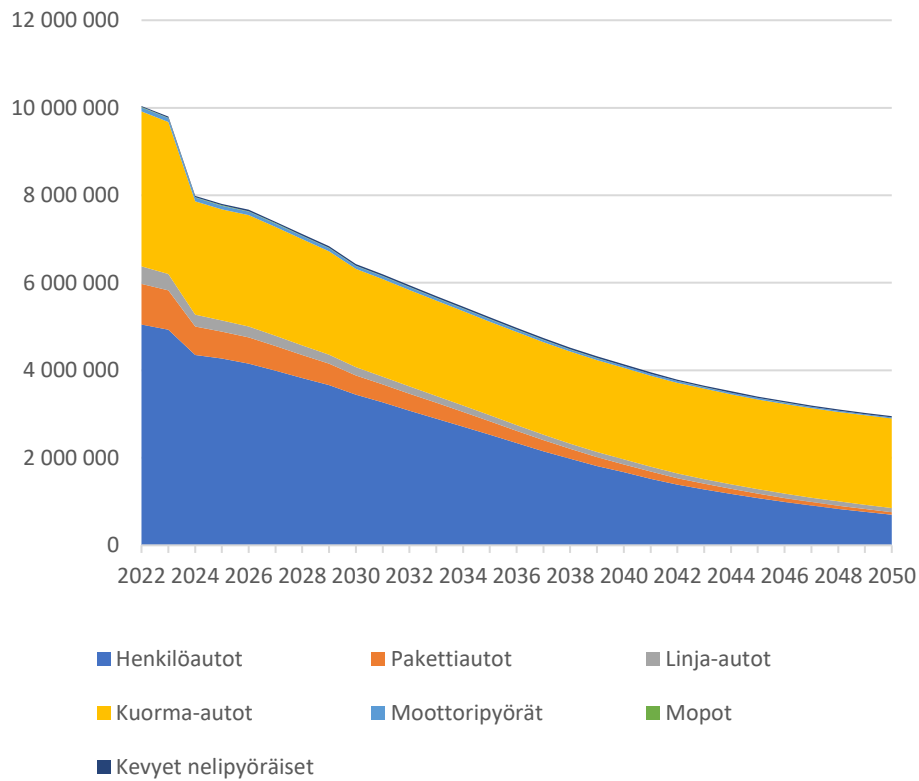
5. Yhteenveto tuloksista

Tieliikenteen khk-päästöjen historiallinen kehitys 2005–2021 ja kehitys perusennusteessa sekä politiikkaskenaarioissa esitetään seuraavassa kuvassa 5.

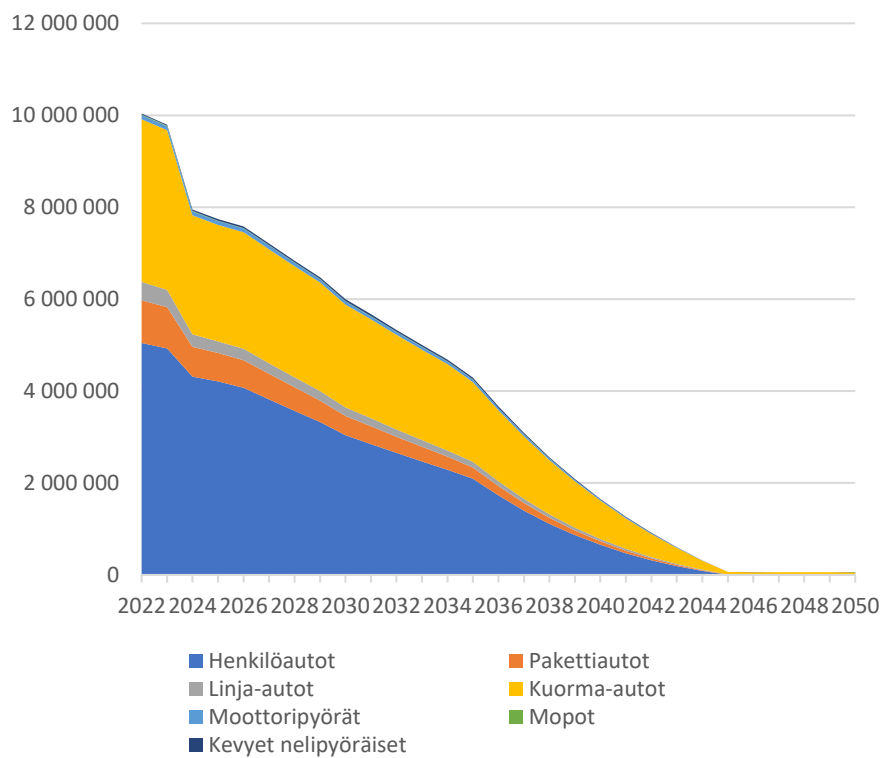


Kuva 5. Tieliikenteen khk-päästöjen historiallinen kehitys 2005–2021 ja kehitys WEM- ja WAM-skenaarioissa 2022–2050.

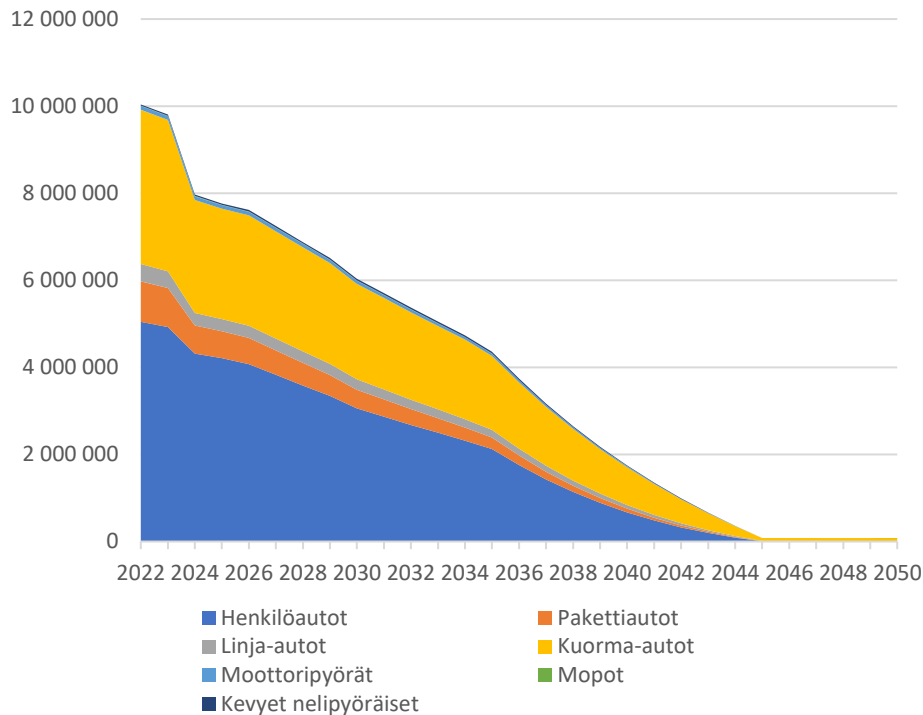
Lisäksi kuvissa 6, 7 ja 8 esitetään kasvihuonekaasupäästöt ajoneuvoluokittain perusennusteessa (WEM 2023) sekä politiikkaskenaarioissa (WAM1 2023, WAM2 FLT 2023).



Kuva 6. Kasvihuonekaasupäästöt ajoneuvoluokittain WEM 2023-skenaariossa [tonnia CO₂ekv]



Kuva 7. Kasvihuonekaasupäästöt ajoneuvoluokittain WAM1 2023-skenaariossa [tonnia CO₂ekv]



Kuva 8. Kasvihuonekaasupäästöt ajoneuvoluokittain WAM2 FLT 2023-skenaariossa [tonnia CO₂ekv]

Tieliikenteen khk-päästöt laskevat merkittävästi uudessa WEM2023-skenaariossa pitkällä aikavälillä. Tämänhetkisen jakeluvuorotilain (13.4.2007/446) mukainen biopolttoaineiden jakeluosuuden kehitys luo lähitulevaisuudessa merkittävimmät khk-päästövähennykset, kun taas pitkällä aikavälillä autokannan uudistumisen khk-päästövähennysvaikutus korostuu. Etenkin EU:n CO₂-raja-arvoasetuksen tiukemmat CO₂-rajat henkilö- ja pakettiautoille saavat WEM-päästöuran merkittävään laskuun. WEM 2023 -skenaarion nollaskenaariota korkeammat päästöt johtuvat pääasiassa ajoneuvokannan keski-ian ja poistuman muutoksista. WEM-skenaariossa kotimaan tieliikenteen khk-päästöt vähenevät vuoteen 2030 mennessä **46,1 %** verrattuna vuoden 2005 khk-päästöihin. Vuoteen 2050 mennessä päästövähennys on jo **75,3%** vuoteen 2005 verrattuna.

WAM2023-skenaariot alkavat eroamaan WEM-skenaariosta 2025–2030 välillä. Tästä eteenpäin liikennejärjestelmän tehostamisen toimilla, erityisesti EU-päästökaupasta seuraavalla polttoaineen hinnan suoritevaikutuksella, on suuri merkitys 2030-luvun alkupuolelle asti. Pitkällä aikavälillä fossiilisten polttoaineiden korvaaminen vaihtoehtoisilla käyttövoimilla aiheuttaa suurimman khk-päästövähennysvaikutuksen saaden tieliikenteen khk-päästöt lähelle nollaa vuonna 2045.

Ajoneuvokannan uudistamisen khk-päästövähennysvaikutus WAM-skenaariossa jää näistä kategorioista pienimmäksi ja myös kaikista epävarmimmaksi. Jäljellejäävät khk-päästöt vuosina 2045–2050 ovat bioperäisiä metaani- ja typpioksiduulipäästöjä; metaanipäästöt kasvavat niin WEM- kuin WAM-skenaarioissa kaasuautojen suurempien metaanipäästöjen vuoksi. Mikäli kaasutankin ja -tankkauksen hajapäästöt huomioitaisiin, olisi metaanipäästöjen määrä vieläkin suurempi. (Markkanen 2022, liite 1)

Tulosten perusteella Suomen on mahdollista saavuttaa tieliikenteen päästövähennystavoitteet vuodelle 2030, mikäli nykytoimien lisäksi toimeenpannaan riittävästi WAM-toimenpiteitä. WAM-toimenpiteiden täydellä toimeenpanolla voidaan saavuttaa erittäin vähäpäästöinen ja jopa

kokonaan fossiiliton tieliikenne, mikäli sähköpolttoaineet ja vety yleistyvät liikenteen energianlähteenä.

Täysin päästötöntä tieliikennettä tuskin tullaan saavuttamaan lähivuosikymmeninä bioperäisten khk-päästöjen sekä ilmanepäpuhtauspäästöjen ja mm. kulumapäästöjen (renkaat, jarrut, tienpinta) vuoksi. Tulevaisuudessa myös ajoneuvojen ja vaihtoehtoisten energiamuotojen tuotannon elinkaaritarkastelujen painoarvo nousee ajoneuvojen käytönaikaisten päästöjen vähentyessä.

6. Työn rajoitteet ja jatko

Työn tavoitteena oli tarkistaa ja käydä läpi Suomen kansallisia ajoneuvokantaennusteita ja niiden taustalla olevia perusteluja erityisesti henkilöautojen osalta. Lisäksi tavoitteena oli käydä läpi raskaan kaluston CO₂-raja-arvoihin ehdotetut EU-tason muutokset, ja arvioida niiden vaikutukset ajoneuvokanta- ja päästöennusteisiin.

Työn loppuvaiheessa nousi esiin havaintoja joidenkin ensirekisteröintien ja käytettynä maahantuontien ennusteiden ajantasaisuuteen ja jatkuvuuteen liittyen, joita ei projektin laajuuden puitteissa voitu sisällyttää mallinnuksiin. Havainnot kohdistuivat erityisesti kuluvan vuoden ja lähivuosien lukumäärä- ja käyttövoimakkehityksiin ja koskivat myös muita ajoneuvoluokkia kuin henkilöautoja ja raskasta liikennettä.

Syksyllä 2023 on käynnistynyt valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan (VN TEAS) -hanke Perusskenaariot energia- ja ilmastotoimien kokonaisuudelle kohti päästöttömyyttä (PEIKKO). Tutkimushankkeen tavoitteena on laatia kasvihuonekaasupäästöjen ja energiataseiden kehityskulut vuoteen 2055 asti nykyisillä energia- ja ilmastopoliittisilla toimilla, eli perusskenaariossa. Tätä varten tarkastellaan merkittävimpiä epävarmuuksia liittyen energiahyödykkeiden ja päästöoikeuden hintakehityksiin, energian saatavuuteen, merituulen kehitykseen, maankäyttösektorin nielukehitykseen sekä talouskehitykseen. Tutkimushankkeessa on tarkastelussa myös liikennesektori. Hankkeessa voidaan osaltaan tarkistaa tässä työssä esiin nostettuja kehittämiskohtia muun muassa toimenpiteiden lähtöoletuksiin ja ajoneuvokannan mallintamiseen liittyen.

7. Lähdeviitteet

ACEA (2023). Fact sheet: CO2 standards for heavy-duty vehicles. ACEA - European Automobile Manufacturers' Association. <https://www.acea.auto/fact/fact-sheet-co2-standards-for-heavy-duty-vehicles/>

Autoalan tiedotuskeskus (2023a). Ensirekisteröintien määrät autoalan käyttövoimaennusteessa 2023. Erillistoimituksena saadut tiedot. 13.6.2023.

Autoalan tiedotuskeskus (2023b). Erillistoimituksena saatu tieto N3-luokan kuorma autojen ensirekisteröinneistä Suomessa vuonna 2020 akselikonfiguraation ja asetuksen EU 2400/2017 ajoneuvoryhmien mukaisesti. Tietojen alkuperä: European Environment Agency, Monitoring of CO2 emissions from heavy duty vehicles.

Autoalan tiedotuskeskus (2023c). Erillistoimituksena saadut tiedot kahden eri ajoneuvovalmistajan kuorma-autojen ensirekisteröinneistä akselikonfiguraation ja painoluokan mukaan Suomessa vuonna 2022.

- Concawe (2021): Transition towards Low Carbon Fuels by 2050: Scenario analysis for the European refining sector. Report no. 7/21. https://www.concawe.eu/wp-content/uploads/Rpt_21-7.pdf
- EEA (2022). European Environment Agency, Monitoring of CO2 emissions from heavy duty vehicles.
- GTK (2022). Geologian tutkimuskeskus 2022 It's Time to Wake Up - There Are Bottlenecks in Raw Materials Supply Chain. <https://www.gtk.fi/en/research/time-to-wake-up/>
- IEA (2023), Global EV Outlook 2023, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>, License: CC BY 4.0
- Lausala, T., Kallio, T., Kalenoja, H. (2023). Ennusteet eri käyttövoimien yleistymisestä ensirekisteröinneissä ja autokannassa. 13.6.2023. Autoalan Tiedotuskeskus. Autoalan Keskusliitto. Autotuojat ja -teollisuus ry. https://www.aut.fi/ymparisto/autoalan_tiekartta_tulevaisuuden_kayttovoimista
- Linja-autoliitto (2020). Linja-autoliiton jäsenyritysten suoritetilastot 2019. 25.9.2020. <https://www.linja-autoliitto.fi/wp-content/uploads/2020/09/suoritetilastot-2019-netti-paivitetty-versio.pdf>
- LVM (2021a). Ennuste: Tieliikenteen päästöt laskevat hieman ennakoitua nopeammin – syynä sähköautojen yleistyminen. Tiedote. 20.9.2021 <https://lvm.fi/-/ennuste-tieliikenteen-paastot-laskevat-hieman-ennakoitua-nopeammin-syyna-sahkoautojen-yleistyminen-1509917>
- LVM (2021b). Liikenne- ja viestintäministeriö. Liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen politiikkaskenaario 2021–2050 (29.11.2021).
- Market Research Future (2023): Global truck market research report forecast to 2030.
- Markkanen, J., Lauhkonen, A., & Niemi, A. (2023). Scenarios for greenhouse gas emissions and energy consumption of road transport in Finland: Exploring the impact of existing policies. VTT Technical Research Centre of Finland. VTT Technology No. 413 <https://doi.org/10.32040/2242-122X.2023.T413>
- Markkanen, J. 2022. Tieliikenteen toimenpiteiden khk-päästövähennysvaikutusarviot. 30.8.2022.
- Miller, J., Khan, T., Yang, Z., Sen, A., Kohli, S. (2021). Zero Emission Vehicles Transition Council (Dec 2021): Decarbonizing road transport by 2050 -Accelerating the global transition to zero-emission vehicles. https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/12/ZEVTC_Accelerating-transition_dec2021-2.pdf
- Moilanen, P., Lapp, T., Niinikoski, M., Blomqvist, P. & Rinta-Piirto, J. (2022). Valtakunnalliset liikenne-ennusteet. Traficom:n tutkimuksia ja selvityksiä 6/2022.
- NOW GmbH (2023). Market development Of climate-friendly Technologies in Heavy-duty road Freight transport in Germany and Europe; May 2023. https://www.klimafreundliche-nutzfahrzeuge.de/wp-content/uploads/2023/05/BroschuereNOWCleanroom_ENG_web.pdf
- Strategy& (2022). The Dawn of Electrified Trucking. Drivers towards electric commercial vehicles (CV) covering medium-duty truck (MD), heavy-duty trucks (HD) and buses.

Sustainable Bus (2021): ZE bus sales forecast to rise to 83% of the global market by 2040, BloombergNEF EVO 2021 says. <https://www.sustainable-bus.com/news/electric-bus-forecast-bloomberg-evo-2021/>

Tilastokeskus (2020). Tilastokeskuksen Linja-autoyritysten tilinpäätöstilasto.

Traficom (2023). Avoin data. Ajoneuvojen avoin data -aineisto, joka sisältää liikennekäytössä olevien ajoneuvojen rekisteröinti-, hyväksyntä- ja teknisiä tietoja Traficomien ylläpitämästä liikenneasioiden rekisteristä.

Ympäristöministeriö (2022). Keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelma (KAISU) – Ympäristöministeriö. <https://ym.fi/hankesivu?tunnus=YM049:00/2020>

8. Liitteet

LIITE 1. Markkanen, J. 2022. Tieliikenteen toimenpiteiden khk-päästövähennysvaikutusarviot. 30.8.2022. Muistio (a) ja esitys (b) syksyllä 2022 valmistuneesta projektista.

LIITE 2. WEM-skenaarion tulostaulukot (Excel)

LIITE 3. WAM-skenaarioiden tulostaulukot (Excel)

LIITE 4. Skenaarioiden kooste- ja vertailutaulukot ja -kuvaajat (Excel)