

Valtakunnallisen ajoneuvokantamallin esiselvitys

Loppuraportti 3.7.2023

Hannu Kuikka

Jens West

Katja Ojala

Marko Tikkanen

Julkaisun nimi Valtakunnallisen ajoneuvokantamallin esiselvitys				
Tekijät Hannu Kuikka, Jens West, Katja Ojala ja Marko Tikkanen				
Toimeksiantaja ja asettamispäivämäärä Liikenne- ja viestintävirasto Traficom				
Julkaisusarjan nimi ja numero Traficomin tutkimuksia ja selvityksiä 18/2023		ISSN(verkkojulkaisu) 2669-8781 ISBN(verkkojulkaisu) 978-952-311-871-3		
Asiasanat ajoneuvokanta, ajoneuvokannan mallinnus, autokanta, valtakunnallinen liikenne-ennustemalli, autonomistumalli, liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen ennusteet, verotuottoennusteet				
Tiivistelmä Tulevaisuudessa ajoneuvokannan kehittymisen ennusteita käytetään laajasti liikennemäärien ja liikenteen ympäristö-, taloudellisten ja sosiaalisten vaikutusten arvioimiseksi. Viime vuosina Liikenne- ja viestintäministeriö on tilannut ajoneuvokantaennusteet erillisinä toimeksiantoina noin kahden vuoden välein. Toimintaympäristön muuttuessa, erityisesti liikenteen sähköistymisen myötä, on tunnistettu tarve säännöllisemmälle, nopeasyklisemmälle ja ennakoitavammalle ajoneuvokantaennusteen päivitysprosessille. Lisäksi on tunnistettu selkeä tarve tuottaa 2020-luvun loppupuolella valmistuvalle valtakunnalliselle liikenne-ennustemallijärjestelmälle autonomistusta ennustava osamalli, joka tarvitsee autokantaennusteen lähtötietona. Tässä selvityksessä tunnistettiin, että ajoneuvokannan mallijärjestelmän tulisi olla mahdollisimman läpinäkyvästi rakennettu, avoimesti saatavissa ja selkeästi dokumentoitu. Tavoiteltavaa olisi, että määriteltäjä ajoneuvokannan kehittymisen perusuraa käytettäisiin yhtenäisenä lähtökohtana valtiovallan tuottamissa erilaisissa selvityksissä ja arvioissa. Perusuran lisäksi myös erilaisten skenaarioiden muodostaminen ajoneuvokannan tulevasta kehityksestä tulisi olla mallissa mahdollista. Keskeiset tulokset tulisi voida myös jakaa rajapintojen kautta. Mallin laskennan tulisi perustua tilastollisiin lähtötietoihin. Keskeisiä lähtötietoja ovat liikenneasioiden rekisteri sekä siihen yhdistettävät ajoneuvon haltijan sosioekonomiset ja demograafiset tiedot. Mallin tarkastelun aikajänne olisi tarpeellista ulottua vuoteen 2060, jonne myös valtakunnalliset liikenne-ennusteet ulottuvat. Tulokset olisi tarpeellista saada myös jaoteltua eri alueille (esim. kuntataso) sekä eri aluetyypeille (esim. kaupunki-maaseutu-luokittelu). Keskeisiä tulostietoja ovat eri ajoneuvoluokissa olevien ajoneuvojen määrät, käyttövoimajakauma, ikäjakauma sekä energiankulutus- ja päästötiedot. Laskenta rakentuisi sen ympärille, miten jokaiselle tarkastelussa olevalle vuodelle määritetään ajoneuvojen poistumat, ensirekisteröinnit ja käytettynä maahantuonti. Joitakin asioita voidaan ennustaa historiallisiin aikasarjoihin perustuen, osaa arvioida asetetun lainsäädännön vaatimusten perusteella, mutta huomattavaan osaan joudutaan todennäköisesti tekemään jonkinlainen asiantuntijanjäsenyksen perustuva kehityssuunta. Tämän selvityksen johtopäätöksenä todetaan, että keskustelua tulisi jatkaa valtakunnallisen ajoneuvokantamallin mahdollisista toteuttamistavoista ja vastuutahoista ottaen huomioon sen jatkuvan ylläpidon. Samoin tulisi arvioida eri vaihtoehtojen hyödyt ja haitat, kustannukset sekä resurssitarpeet.				
Yhteyshenkilö Jens West		Raportin kieli suomi	Luottamuksellisuus Julkinen	Kokonaissivumäärä 56
Jakaja Traficom		Kustantaja Traficom		

Publikation			
Förstudie om den riksomfattande modellen för fordonsbestånd			
Författare			
Hannu Kuikka, Jens West, Katja Ojala och Marko Tikkanen			
Tillsatt av och datum			
Transport- och kommunikationsverket Traficom			
Publikationsseriens namn och nummer		ISSN (webbpublikation) 2669-8781	
Traficoms forskningsrapporter och utredningar 18/2023		ISBN (webbpublikation) 978-952-311-871-3	
Ämnesord			
fordonsbestånd, modellering av fordonsbestånd, bilbestånd, riksomfattande trafikprognosmodell, bilägandemodell, prognoser för växthusgasutsläpp från trafiken, prognoser för skatteintäkter			
Sammandrag			
I framtiden används prognoserna för utvecklingen av fordonsbeståndet i stor utsträckning för att bedöma trafikvolymerna och trafikens miljömässiga, ekonomiska och sociala konsekvenser. Under de senaste åren har Kommunikationsministeriet beställt prognoser för fordonsbeståndet som separata uppdrag med cirka två års mellanrum. När omvärlden förändras, i synnerhet i och med att trafiken elektrifieras, har ett behov av en mer regelbunden, frekvent och förutsägbar uppdateringsprocess av prognosen för trafikbeståndet identifierats. Dessutom har ett tydligt behov identifierats av att för det riksomfattande modellsystemet för trafikprognoser som blir färdigt i slutet av 2020-talet producera en delmodell som förutspår bilinnehavet. Delmodellen behöver en prognos för bilbeståndet som utgångsinformation. I denna utredning identifierades att modellsystemet för fordonsbeståndet ska vara byggt så transparent som möjligt, vara öppet tillgängligt och tydligt dokumenterat. Det är önskvärt att det fastställda referensscenariot för fordonsbeståndets utveckling skulle användas som en enhetlig utgångspunkt i de olika utredningar och bedömningar som statsförvaltningen producerar. Utöver referensscenariot ska det vara möjligt att i modellen skapa olika scenarier för den framtida utvecklingen av fordonsbeståndet. De centralaste resultaten ska också kunna delas via gränssnitt. Modellens beräkningar ska grunda sig på statistiska primärdata. Centrala utgångsuppgifter är trafik- och transportregistret samt de socioekonomiska och demografiska uppgifter om fordonsinnehavaren som ska kombineras med det. Tidsintervallet för modellanalyserna bör sträcka sig till 2060, dit även de riksomfattande trafikprognoserna sträcker sig. Det är också nödvändigt att få resultaten indelade i olika regioner (t.ex. kommunnivå) och olika regionstyper (t.ex. klassificeringen stad och landsbygd). Centrala resultat är antalet fordon i olika fordonskategorier, drivkraftsfördelningen, åldersfördelningen samt uppgifter om energiförbrukning och utsläpp. Kalkylen ska vara uppbyggd kring hur man för varje analyserat årfastställer avställningar av fordon, första registreringar och import av begagnade fordon. Vissa saker kan förutses utifrån historiska tidsserier, en del kan bedömas utifrån kraven i den uppställda lagstiftningen, men för en betydande del blir man sannolikt tvungen att göra någon form av trend som baserar sig på sakkunnigas uppfattningar. Som slutsats av denna utredning konstateras att diskussionen bör fortsätta om möjliga sätt att genomföra den riksomfattande modellen för fordonsbestånd och om ansvarsinstanserna med beaktande av det kontinuerliga upprätthållandet av modellen. På samma sätt ska fördelarna och nackdelarna, kostnaderna samt resursbehoven i olika alternativ bedömas.			
Kontaktperson		Språk	Sekretessgrad
Jens West		finska	Offentlig
Distribution		Sidoantal	
Traficom		56	
		Förlag	
		Traficom	

Title of publication Preliminary evaluation of the national vehicle stock model				
Author(s) Hannu Kuikka, Jens West, Katja Ojala and Marko Tikkanen				
Commissioned by, date Finnish Transport and Communications Agency Traficom				
Publication series and number Traficom Research Reports 18/2023		ISSN (online) 2669-8781 ISBN (online) 978-952-311-871-3		
Keywords vehicle stock, vehicle stock modelling, car stock, national transport forecast model, car ownership model, transport greenhouse gas emissions forecasts, tax income forecasts				
Abstract In the future, vehicle stock forecasts will be extensively used to estimate traffic volumes and the environmental, economic and social impacts of traffic. In recent years, the Ministry of Transport and Communications has ordered vehicle stock forecasts as separate commissions approximately every two years. With the operating environment changing, especially as a result of the electrification of transport, a need has been recognised for a more regular, frequent and predictable update process for vehicle stock forecasts. In addition to this, a clear need has been recognised to produce as part of the national transport forecast model system, which is to be completed in the late 2020s, a sub-model that could be used to forecast car ownership, which will require a car stock forecast to serve as source data. As part of this evaluation, it was recognised that the vehicle stock model system should be built as transparently as possible, openly accessible and clearly documented. Ideally, the defined baseline for vehicle stock development would be used as a consistent starting point for various central government reports and evaluations. In addition to defining a baseline, the model should allow for the preparation of different scenarios describing the future development of the vehicle stock. The model should also allow key results to be shared via interfaces. The model calculation should be based on statistical source data. Key source data include the Transport Register and associated socio-economic and demographic data on vehicle holders. The model should extend up to the year 2060, which is also the year that national transport forecasts extend up to. The model also needs to allow its results to be grouped by area (e.g. municipal level) or type of area (e.g. urban-rural grouping). Key results data include the numbers of vehicles in different vehicle categories, power source distribution, age distribution, energy consumption and emissions. The calculation would be built around how decommissioned vehicles, first registrations and vehicles imported as used are defined for each examined year. Some aspects can be forecast based on historical time series, while others can be estimated based on the requirements of enacted legislation, but a significant proportion will most likely need to be estimated on the basis of some kind of trend derived from expert insights. The conclusion of this evaluation is that the discussion about the potential implementation methods of the national vehicle stock model and the parties responsible should be continued, taking into account the continuous maintenance of the model. The benefits and drawbacks, costs and resource needs of different options should also be evaluated.				
Contact person Jens West		Language Finnish	Confidence status Public	Pages, total 56
Distributed by Traficom		Published by Traficom		

ALKUSANAT

Tämän esiselvityksen tavoitteena oli kartoittaa ajoneuvokannan mallintamisen menetelmiä ja käytännön toteuttamisen vaihtoehtoja. Tavoitteena oli myös määrittellä toimintatapa ajoneuvokannan ennusteen tuottamiseksi avoimen ja ennakoitavan prosessin kautta. Työn toteuttaminen aloitettiin loppuvuodesta 2022 ja se valmistui alkukesästä 2023.

Työn alkuvaiheessa koottiin tietoa naapurimaiden ajoneuvokantamalleista. Tammi-kuussa 2023 järjestettiin ensimmäinen sidosryhmätilaisuus, jossa Suomessa ajoneuvokantamalleja ja -laskentaa toteuttaneet tahot esittelivät omia järjestelmiään. Maaliskuussa järjestettiin toinen sidosryhmätilaisuus, jossa keskusteltiin eri sidosryhmien tarpeista mallin lopputuloksille. Huhtikuun aikana haastateltiin Liikenne- ja viestintäministeriö sekä Valtiovarainministeriö heidän tarpeisiinsa liittyen. Loppukeväästä tehtiin myös muutama täsmähaastattelu Suomessa ajoneuvokantamalleja tehneille henkilöille. Työn loppuraportti lähetettiin kommenttikierrokselle työssä mukana olleille sidosryhmille toukokuussa 2023 ja se valmistui ke-
säkuussa 2023.

Esiselvityksen teosta on vastannut ydinryhmä, johon ovat kuuluneet Jens West ja Hannu Kuikka Traficomista sekä Katja Ojala ja Marko Tikkanen Sitowise Oy:stä. Työn aikana järjestettyihin tilaisuuksiin on osallistunut henkilöitä mm. Traficomista, Liikenteen tutkimuskeskus Vernestä, VTT:ltä, Sykeltä, Tilastokeskukselta, HSL:stä, VATT:lta sekä Väylävirastosta.

Helsinki, 3. heinäkuuta 2022

Hannu Kuikka
Erityisasiantuntija
Liikenne- ja viestintävirasto Traficom

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	6
2	Ajoneuvokantamalleja	8
2.1	Suomen ajoneuvokantamallit	8
2.1.1	ALIISA-autokantamalli	8
2.1.2	ELIISA, päivitetty versio ALIISasta	10
2.1.3	SALAMA, Suomen alueellinen autokantamalli	10
2.1.4	Raskaiden ajoneuvojen ajoneuvokantamalli (Verne)	16
2.1.5	Valtiovarainministeriön laatimat verotuottoennusteet	17
2.1.6	Liikennemallien autonomistumallit	18
2.1.7	TYKO2 – Työkoneiden ennuste	19
2.1.8	Aiempi kehitystyö – Autokannan hallintamalli	21
2.2	Ruotsin ajoneuvokantamalli	22
2.2.1	Lyhyen aikavälin ajoneuvokantaennuste	22
2.2.2	Pitkän aikavälin ajoneuvokantaennuste	26
2.3	Norjan ajoneuvokantamalli	28
2.3.1	Trendiennuste	29
2.3.2	Erittäin vähäpäästöinen ennuste	32
3	Keskeiset tarpeet ja toteuttamisen prosessi.....	34
3.1	Keskeiset käyttökohteet	34
3.2	Keskeiset ominaisuudet	35
3.2.1	Yleisesti tunnistettuja tarpeita	35
3.2.2	Liityntä uuteen valtakunnalliseen liikenteen ennustemallijärjestelmään	36
3.2.3	Liityntä päästölaskentaan	36
3.2.4	Mallin aikajänne	37
3.3	Ajatuksia valtakunnallisen mallin toteuttamisen prosessista	37
3.3.1	Keskeiset tahot ja päätöksenteko	37
3.3.2	Päivitysfrekvenssi ja vuosikello	38
4	Mallin lähtötiedot ja laskentalogiikka	40
4.1	Ajoneuvokannan lähtötiedot	40
4.1.1	Ajoneuvojen tyyppi, koko, ikä ja käyttövoima	40
4.1.2	Energiankulutuksen ja päästöjen lähtötiedot	40
4.1.3	Sosioekonomiset ja demografiset tiedot	41
4.2	Laskentalogiikan muodostamisen lähtötiedot	42
4.2.1	Ajoneuvokannan aiempi kehitys	42
4.2.2	Lainsäädännön vaikutukset	42
4.2.3	Sosioekonomisten ja demografisten muutosten vaikutukset	43
4.2.4	Hinnoittelun vaikutukset	43
4.2.5	Kansantalouden kehityksen vaikutukset	44
4.3	Ajatuksia laskentalogiikasta	45
4.3.1	Yleiset laskentaperiaatteet	45
4.3.2	Lähtötilanteen ajoneuvokannan rakentaminen	46
4.3.3	Ajoneuvojen määrien kehittymisen ennustaminen	47
4.3.4	Käyttövoima- ja kokojakauman ennustaminen	49
4.3.5	Energiankulutus- ja päästökertoimien ennustaminen	50
4.4	Mallin antamat lopputulokset	50
4.4.1	Perusennuste	50
4.4.2	Skenaariot	51
5	Johtopäätökset	52
	Lähteet	53

1 Johdanto

Työn tausta

Kysymys ajoneuvokannan koostumuksesta ja sen muutoksista on noussut keskeiseen asemaan viime vuosina ja sillä on useita liittymäpintoja myös laajempaan yhteiskunnalliseen kehitykseen. Liittymäpintoja ovat mm. valtakunnallisen liikenne-ennustemallijärjestelmän rakentaminen ja valtakunnallisten liikenne-ennusteiden tuottaminen, liikenteen päästövähennystavoitteiden seuranta, Liikenne 12 -suunnitelman valmistelu sekä liikenteen verotuksen liittyvät tarkastelut. Käynnissä oleva ajoneuvokannan käyttövoimamuutos ja erityisesti henkilöautokannan sähköistyminen ovat luoneet tarpeita päivittää ajoneuvokantaennusteita aiempaa useammin, mutta myös tarkastella ajoneuvokantaennusteen laskentaperiaatteita.

Aiemmin virallinen, valtakunnallinen ajoneuvokantaennuste on tuotettu Liikenne- ja viestintäministeriön tilaamana ja se on perustunut VTT:n kehittämään ALIISA -malliin. Viimeisin valtakunnallinen ajoneuvokannan perusennuste on julkaistu syksyllä 2021. Lisäksi toteutuneiden päästöjen laskenta, joka on aikaisemmin tehty LIPASTO järjestelmällä VTT:n toimesta, on siirtymässä Tilastokeskuksen vastuulle. Edellä mainituista tekijöistä johtuen on tunnistettu tarve määritellä ajoneuvokantaennusteen tuottamiselle uusi toimintatapa, jolla varmistetaan aineiston saatavuus säännöllisen ja ennakoitavan prosessin kautta.

Ajoneuvokanta vaikuttaa erityisesti tieliikenteen suoritteiden kehittymiseen, mutta vaikutukset heijastuvat laajemmin myös koko henkilöliikenteen markkinoihin sekä joukkoliikenteen kilpailuasemaan. Jatkossa valtakunnalliset liikenne-ennusteet päivitetään kahden vuoden välein johtuen toimintaympäristön jatkuvista muutoksista sekä tarpeesta hyödyntää liikenne-ennusteita yhteiskunnallisen päätöksenteon valmistelussa entistä enemmän. Valtakunnallisten liikenne-ennusteiden päivitysprosessi edellyttää erittäin laajan tilasto-, tutkimus- ja ennusteaineiston hyödyntämistä sekä saatavuuden varmistamista tulevaisuudessa.



Kuva 1. Tämän esiselvityksen taustalla on ajoneuvojen käyttövoimamuutos, erityisesti sähköistyminen, joka on synnyttänyt tarpeen ajoneuvokantaennusteen tiheimmälle ja säännöllisemmälle päivittämiselle.

Työn tavoitteet

Tämän esiselvityksen tavoitteena on kartoittaa ajoneuvokannan mallintamisen menetelmiä ja käytännön toteuttamisen vaihtoehtoja. Tavoitteena on lisäksi määritellä toimintatapa ajoneuvokannan ennusteen tuottamiseksi avoimen ja ennakoitavan prosessin kautta. Keskeistä on, että ajoneuvokantaennusteen päivittymisen aikataulu olisi hyvin ennakoon tiedossa ja että se olisi sovitettu yhteen muihin ennuste- ja laskentaprosesseihin, kuten liikenne-ennusteiden, päästöennusteiden ja verotuottoennusteiden tekoon.

Traficomissa on tunnistettu tarve erityisesti viralliselle ajoneuvokannan ennusteelle (nk. perusura todennäköisimmästä tulevaisuudesta), joka toimisi aiemmin

mainittujen virallisten ennusteiden ja laskelmien yhtenäisenä ja yleisesti hyväksyttynä lähtötietona. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, etteikö muitakin ennusteita ja skenaarioita voitaisi tuottaa eri tahojen toimesta.

Tämän esiselvityksen pohjalta on tarkoitus ottaa käyttöön tai rakentaa ajoneuvokannan ennustemalli, joka toimisi osana Traficomin uutta valtakunnallista liikenteen ennustemallijärjestelmää (LEM).

Esiselvityksellä on useita liittymäpintoja Traficomin omaan toimintaan (mm. liikenne-ennusteiden uusi mallijärjestelmä) sekä ministeriöiden (LVM, VM, YM) ja muiden sidosryhmien (mm. Väylävirasto, VTT, Tilastokeskus, Suomen ympäristökeskus Syke, Verne, HSL) toimintaan. Esiselvitys on toteutettu sidosryhmiä kuullen ja tavoitteena onkin ollut kartoittaa laajasti ajoneuvokantaan liittyviä tarpeita ja näkemyksiä sekä tunnistaa liittymäpintoja sidosryhmien oman toiminnan näkökulmasta.

Työn keskeinen terminologia

Tässä esiselvityksessä ajoneuvokantamallin *ennusteella* tarkoitetaan laajaa kokonaisuutta, joka sisältää perusennusteen lisäksi skenaariot ja herkkyystarkastelut. Ennusteella ei siis tarkoiteta esimerkiksi vain yksittäistä lukua.

Perusennusteen lähtökohdat perustuvat olemassa oleviin päätöksiin ja se kuvaa, mihin kehitys johtaa nykyisillä toimenpiteillä. Perusennuste sisältää aina epävarmuuksia, joiden vaikuttavuus on perusennusteessa arvioitu ja tuotu selkeästi esille (kts. herkkyystarkastelut)

Skenaariot ovat perusennusteen rinnakkaisia kehityskulkuja, joissa on useita erilaisia lähtöoletuksia. Esimerkiksi yksi skenaario voi olla sellainen, jossa on arvioitu tarvittavaa kehitystä ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi.

Herkkyystarkasteluissa on muutettu yhtä perusennusteen tai skenaarion parametria ja tarkasteltu sen vaikutuksia lopputuloksiin. Esimerkiksi sähköautojen hintakehityksen muutoksilla on voitu herkkyystarkasteltu perusennustetta ja skenaarioita.

2 Ajoneuvokantamalleja

2.1 Suomen ajoneuvokantamallit

Suomen viralliset ajoneuvokantaennusteet on tuotettu viime vuosina Teknologian tutkimuskeskus VTT:n ALIISA-mallilla. Liikenne- ja viestintäministeriö on tilannut ennusteet erillisenä toimeksiantona VTT:ltä. Viimeisen virallinen julkaisu syksyiltä 2021 ja sen keskeiset tulokset sekä osa välivaiheen tuloksista on saatavissa Excel-muotoisina. Valtion tilaaman virallisen ennusteen lisäksi VTT on julkaissut alkuvuonna 2023 oman päivittyneen ennusteensa.

2.1.1 ALIISA-autokantamalli

ALIISA-autokantamalli kuuluu yhtenä alamallina LIPASTO - Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmään. ALIISA-autokantamalli on osa LIISA tieliikenteen päästölaskentamallia. LIPASTO-järjestelmän on toteuttanut ja sitä ylläpitää Teknologian tutkimuskeskus VTT. LIPASTO-järjestelmä kattaa tie-, raide-, vesi- ja ilмалиikenteen sekä työkoneet. (Lähteet LIPASTO 2023 a ja b)

ALIISA-mallia ei käytetä enää aktiivisesti ennusteiden tekemiseen.

Menetelmän periaate

ALIISA-autokantamalli tuottaa vuosiennusteen autojen lukumääristä, ajosuoritteista, polttoaineen kulutuksesta ja energiankäytöstä vuoteen 2050 saakka. Mallissa ajoneuvokannan koko on sovitettu vastaamaan koko Suomen ennustettua ajosuoritetta. Auton romutus perustuu mallissa poistumafunktioon, joka määrittää todennäköisyyden auton poistumisesta autokannasta tietyssä iässä. Malli ottaa huomioon ajosuoritteen muutoksen auton iän mukaan eli ajosuorite on suurimmillaan uudella autolla ja pienenee auton vanhetessa. (Lähde Viri R. ym. 2021)

Autojen käyttövoimista ALIISA-mallissa ovat mukana bensiini, diesel, korkeaseosetanoli, kaasu, sähkö ja vety. Mallissa on myös otettu huomioon ladattavat bensiini- ja dieselhybridit. Mallin uusien autojen myyntiennuste pohjautuu VTT:n suorite-ennusteeseen ja Suomen autokannan EU-sovitettuun kehitysennusteeseen, jossa kullekin ajoneuvotyyppille ja tekniikalle on arvioitu autokohtainen suoritteen kehitys. Uusien autojen myynti on sovitettu siten, että kunkin vuoden autokanta toteuttaa suorite-ennusteen. Ennusteessa on mukana myös käytettynä maahan tuotujen autojen määrä. Uusien Suomessa myytävien autojen teknologiakehitystä on ennustettu toteutuneen kehityksen ja Euroopan unionin autovalmistajia koskevien CO₂-raja-arvojen kautta. Koska Suomessa myydään suurempia autoja kuin koko Euroopan unionissa, on koko Euroopan unionin uusien autojen ennakoitu energiatehokkuuden kehitys (-37,5 % vuoteen 2030 mennessä) otettu ennusteeseen pienempänä (-24 %). Ennusteessa on huomioitu myös autovalmistajien omat ilmoitukset siitä, millaisia autoja lähivuosina on tulossa markkinoille ja millaisiin teknologioihin tulevaisuudessa panostetaan. (Lähteet LIPASTO 2023 b ja Liikenne- ja viestintäministeriö 2020)

Tulokset

Suomen liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen perusennuste tuotetaan ALIISA-autokantamallilla. Seuraavissa kuvissa on esitetty esimerkkitaulukkoja mallin

tuottamista tuloksista (Kuva 2 ja Kuva 3). Malli tuottaa ennusteet kullekin vuodelle vuoteen 2050 saakka. Liikennekäytössä olevien henkilöautojen, pakettiautojen, linja-autojen, perävaunuttomien kuorma-autojen ja perävaunullisten kuorma-autojen lukumäärien lisäksi mallin tuloksia ovat henkilöautojen, pakettiautojen, linja-autojen ja kuorma-autojen ajosuoritteet, kaikkien autojen kulutukset ja energiankäytön yhteensä polttoaineittain (benssiini E5/E10, etanoli E85, etanoli ED95, diesel, kaasu, sähkö ja vety), kaikkien autojen polttoainekomponenttien (fossiilinen benssiini, fossiilinen diesel, uusiutuva diesel, etanoli, fossiilinen kaasu, biokaasu, sähkö ja vety) kulutukset yhteensä, henkilöautojen, pakettiautojen, linja-autojen ja kuorma-autojen energiakäytön sekä autojen, moottoripyörien ja mopojen hiilidioksidipäästöt. (Lähde VTT, perusennuste WEM)

Liikennekäytössä olevien autojen lukumäärä kpl/a	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Henkilöautot, benssiini	1 785 772	1 753 795	1 721 724	1 689 052	1 655 245	1 620 388	1 587 190	1 556 563
Henkilöautot, FFV (E85 korkeaseosetanoli)	8 135	7 924	7 662	7 356	7 014	6 641	6 245	5 723
Henkilöautot, diesel	755 636	749 298	740 554	728 614	714 800	699 212	681 245	660 551
Henkilöautot, kaasu	21 161	23 140	24 552	25 386	25 738	25 599	24 967	23 971
Henkilöautot, benssiini, pistoke (PHEV(BE))	113 331	140 203	168 355	200 955	233 742	266 543	298 559	329 604
Henkilöautot, diesel, pistoke (PHEV(DI))	4 696	5 084	5 375	5 560	5 632	5 590	5 436	5 170
Henkilöautot, sähkö	48 408	68 406	92 362	119 479	151 154	187 307	226 588	268 495
Henkilöautot, vety	1	1	1	1	1	1	1	1
Henkilöautot, yhteensä	2 737 140	2 747 850	2 760 586	2 776 403	2 793 325	2 811 281	2 830 230	2 850 077
Pakettiautot, benssiini	6 504	5 822	5 268	4 817	4 451	4 156	3 920	3 731
Pakettiautot, FFV	0	0	0	0	0	0	0	0
Pakettiautot, diesel	315 183	310 678	306 782	302 828	298 804	294 621	290 032	285 199
Pakettiautot, kaasu	585	575	562	545	525	501	475	447
Pakettiautot, pistoke (PHEV(BE))	84	83	83	81	79	77	74	71
Pakettiautot, pistoke (PHEV(DI))	1 370	2 274	3 400	4 686	6 052	7 494	9 088	10 816
Pakettiautot, sähkö	3 361	4 955	6 977	9 159	11 578	14 306	17 495	20 978
Pakettiautot, vety	0	0	0	0	0	0	0	0
Pakettiautot, yhteensä	327 087	324 389	323 072	322 117	321 489	321 156	321 084	321 241
Linja-autot, diesel	10 595	10 789	10 965	11 123	11 265	11 390	11 539	11 669
Linja-autot, kaasu	85	99	113	129	144	160	176	195
Linja-autot, sähkö	253	321	394	471	551	634	728	823
Linja-autot, vety	0	0	0	0	0	0	0	0
Linja-autot, yhteensä	10 934	11 209	11 472	11 723	11 961	12 184	12 444	12 688
Perävaunuttomat kuorma-autot, diesel	70 437	70 832	71 199	71 538	71 847	72 125	72 370	72 580
Perävaunuttomat kuorma-autot, kaasu	278	356	445	545	654	772	900	1 036
Perävaunuttomat kuorma-autot, PHEV	0	0	0	0	0	0	0	0
Perävaunuttomat kuorma-autot, sähkö	195	309	440	589	754	936	1 134	1 346
Perävaunuttomat kuorma-autot, vety	0	0	0	0	0	0	0	0
Perävaunuttomat kuorma-autot, yhteensä	70 909	71 498	72 085	72 671	73 255	73 834	74 404	74 962
Perävaunulliset kuorma-autot, diesel	27 593	27 751	27 895	28 026	28 142	28 244	28 330	28 400
Perävaunulliset kuorma-autot, kaasu	156	213	279	354	438	530	631	739
Perävaunulliset kuorma-autot, PHEV	0	0	0	0	0	0	0	0
Perävaunulliset kuorma-autot, sähkö	34	53	74	98	125	153	184	217
Perävaunulliset kuorma-autot, vety	0	0	0	0	0	0	0	0
Perävaunulliset kuorma-autot, yhteensä	27 782	28 016	28 248	28 478	28 705	28 928	29 145	29 356

Kuva 2. Esimerkkitaulukko ALIISA-autokantamallin tuottamista tuloksista: liikennekäytössä olevien autojen lukumäärät. (Lähde VTT, perusennuste WEM)

Liikennekäytössä olevien autojen kulutus									
	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Bensiini E5/E10 l/a	1 585 845 596	1 567 781 931	1 572 258 980	1 545 479 068	1 522 026 420	1 501 930 692	1 486 227 237	1 472 508 369	
Etanoli E85 l/a	9 305 051	8 858 757	8 499 713	7 919 360	7 306 442	6 717 706	6 137 925	5 397 494	
Etanoli ED95 l/a	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diesel l/a	2 918 312 348	2 890 478 959	2 852 095 665	2 797 784 790	2 738 980 751	2 685 121 330	2 627 261 317	2 569 332 072	
Kaasu kg/a	38 281 843	44 126 363	49 546 371	54 143 825	58 022 559	61 516 992	64 628 243	67 603 048	
Sähkö kWh/a	525 916 965	709 649 938	873 373 116	1 155 235 582	1 492 322 035	1 797 621 245	2 106 406 952	2 412 897 672	
Vety kg/a	154	147	141	132	122	113	103	93	
Polttoainekomponenttien kulutus									
	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Fossiilinen bensiini l/a	1 431 572 650	1 415 211 791	1 419 191 657	1 394 949 212	1 373 702 016	1 355 485 893	1 341 232 066	1 328 742 196	
Fossiilinen diesel l/a	2 065 273 373	1 981 454 539	1 889 059 096	1 782 695 864	1 679 139 977	1 624 539 944	1 518 318 402	1 482 262 625	
Uusiutuva diesel l/a	853 038 975	909 024 420	963 036 569	1 015 088 926	1 059 840 774	1 060 581 386	1 108 942 915	1 087 069 447	
Etanoli l/a	163 577 997	161 428 897	161 567 036	158 449 217	155 630 846	153 162 506	151 133 096	149 163 667	
Fossiilinen kaasu kg/a	19 140 921	22 063 182	24 773 185	27 071 912	29 011 279	30 758 496	32 314 122	33 801 524	
Biokaasu kg/a	19 140 921	22 063 182	24 773 185	27 071 912	29 011 279	30 758 496	32 314 122	33 801 524	
Sähkö kWh/a	525 916 965	709 649 938	873 373 116	1 155 235 582	1 492 322 035	1 797 621 245	2 106 406 952	2 412 897 672	
Vety kg/a	154	147	141	132	122	113	103	93	
Liikennekäytössä olevien autojen energiankäyttö PJ/a									
	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Bensiini E5/E10	49	49	49	48	47	47	46	46	
Etanoli E85	0	0	0	0	0	0	0	0	
Etanoli ED95	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diesel	100	99	98	96	94	92	90	88	
Kaasu	1,9	2,2	2,4	2,7	2,9	3,0	3,2	3,3	
Sähkö	1,9	2,6	3,1	4,2	5,4	6,5	7,6	8,7	
Vety	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
YHTEENSÄ	154	153	153	151	150	149	147	146	

Kuva 3. Esimerkkitaulukko ALIISA-autokantamallin tuottamista tuloksista: liikennekäytössä olevien autojen kulutus energiamuodoittain, autojen polttoainekomponenttien kulutukset ja autojen energiankäyttö energiamuodoittain. (Lähde VTT, perusennuste WEM)

2.1.2 ELIISA, päivitetty versio ALIISASTA

ELIISA on uusi VTT:n tieliikenteen skenaariomalli, jolla voidaan tutkia toimenpiteiden aikaansaamien muutosten vaikutusta eri muuttujiin. Malli tuottaa skenaarioita autokannan kehittymisestä sekä tieliikenteen energian-, polttoaineiden kulutuksen ja kasvihuonekaasupäästöjen kehittymisestä Suomessa. Se on systeemidynaaminen, mikä tarkoittaa, että malli huomioi syy-seuraussuhteita ja niiden takaisinkytkentöjä. Malli perustuu python-ohjelmointikieleen ja se on käyttäjäavointa lähdekoodia. (Lähde: Markkanen J. ym. 2023)

ELIISA pohjautuu ALIISA-malliin, mutta laskentalogiikkaa on päivitetty. ELIISAn on valtakunnallinen malli, joskin sille voi antaa lähtötiedoksi vain jonkin alueen autokannan. Laskentalogiikka on kuitenkin aina sama riippumatta mitä aluetta lähtötiedot koskevat. (Lähde: Markkanen J. ym. 2023)

Suoritetiedot arvioidaan ajoneuvojen ikien perusteella ja käyttövoimittain, minkä jälkeen ne suhteutetaan valtakunnallisiin liikenne-ennusteisiin. Energiankulutuksen laskenta perustuu ajettuihin kilometreihin, mikä on parannus ALIISA-malliin. ELIISA huomioi laskennassa aiempaa paremmin myös biopolttoaineiden jakeluvuorituksen. Pääosa mallin oletuksista ja laskentalogiikasta perustuu asiantuntija-arvioihin erilaista kehityssuunnista. (Lähde: Markkanen J. ym. 2023)

Lopputuloksena malli tuottaa tiedot vuodesta 1980 vuoteen 2050 ja tarjoaa mahdollisuuden myös pidentää aikasarjaa. (Lähde: Markkanen J. ym. 2023)

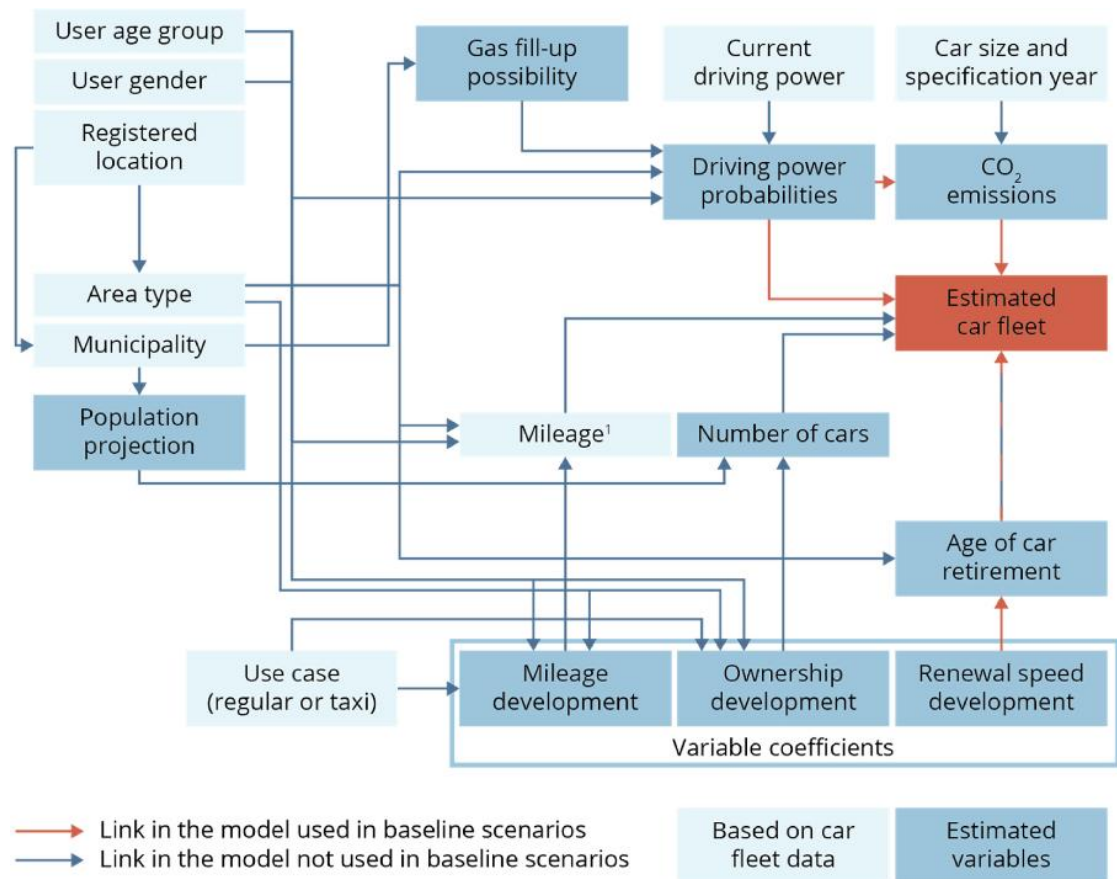
2.1.3 SALAMA, Suomen alueellinen autokantamalli

Tampereen yliopiston Liikenteen tutkimuskeskus Vernen kehittämällä SALAMA-autokantamallilla voidaan arvioida henkilöautokannan kehittymistä sekä kansallisella että alueellisella tasolla, kun suurimmalla osalla olemassa olevista malleista autokannan kehittymistä arvioidaan ainoastaan kansallisella tasolla. Mallilla voidaan tuottaa perusskenaariota lisäksi myös muita skenaarioita. Mallilla voidaan

tutkia erilaisten muuttujien, kuten esimerkiksi autokannan kehitysnopeuden, autoistumisen ja käyttövoimamuutoksen todennäköisyyden vaikutuksia autokannan kehitykseen. (Lähde Viri R. ym. 2021)

Menetelmän periaate

Mallin toimintaperiaatetta kuvaavat tekijät sekä yhteydet ja riippuvuudet on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 4). Autokantatietoihin perustuvia tekijöitä ovat auton rekisteröintikunta ja kunnan aluetyyppi, auton käyttäjän ikäryhmä ja sukupuoli, auton käyttövoima, koko, rekisteröintiajankohta, ajokilometrit ja käyttötapa (yksityinen tai taksi). Arvioituja muuttujia mallissa ovat arvio väestöstä, polttoaineen tankkausmahdollisuudet, käyttövoimien todennäköisyydet, hiilidioksidipäästöt, autojen lukumäärät ja autojen romutusiät. Muuttuvia kertoimia mallissa ovat ajokilometrien muutokset, autonomistuksen kehittyminen ja autokannan uusiutumisnopeuden kehittyminen. Edellä mainittujen tekijöiden perusteella malli esittää arvion autokannasta. (Lähde Viri R. ym. 2021)

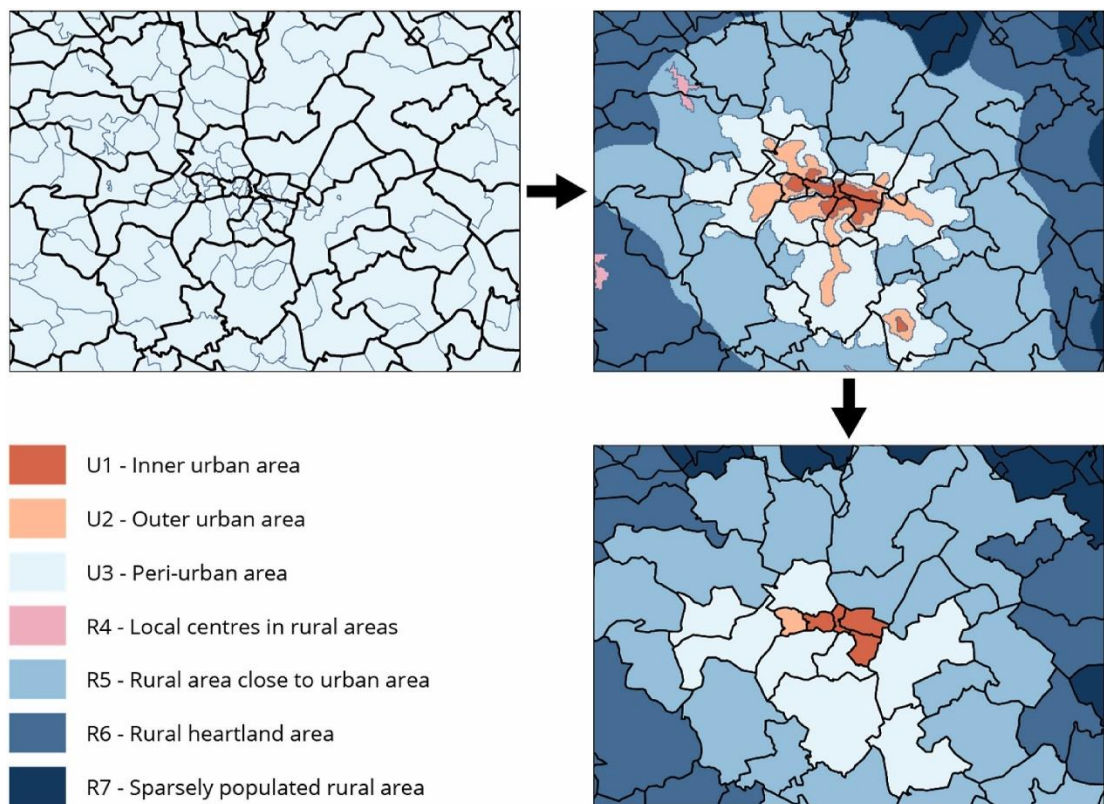


Kuva 4. SALAMA-autokantamallin yhteydet ja riippuvuudet. (Lähde Viri R. ym. 2021)

Malli käyttää Liikenne- ja viestintävirasto Traficomien ajoneuvojen avointa dataa Suomen henkilöautokannan lähtötietona. Data sisältää jokaisesta Suomen ajoneuvorekisterissä olevasta ajoneuvosta perustiedot, joita ovat esimerkiksi merkki, malli, tekniset tiedot (mitat, moottorin tiedot jne.) ja ajoneuvon rekisteröintikunta. Lisäksi lähtötietoina käytetään tietoja autojen omistuksesta (omistajan ikä ikäluokissa 18–24, 25–34, 35–44, 45–54, 55–64, 65–74 ja 75 vuotta tai yli sekä sukupuoli) ja autojen ajomääristä. (Lähde Viri R. ym. 2021)

Väestön määrän arvioimiseksi koko Suomessa ja alueittain mallissa käytetään Tilastokeskuksen väestöennustetta vuosille 2019–2040 kunnittain, sukupuolittain ja ikäryhmittäin. (Lähde Viri R. ym. 2021)

Suomen ympäristökeskuksen kaupunki-maaseutuluokitus käytetään mallissa autojen sijaintikuntien luokitteluun seitsemään aluetyyppiin, joita ovat sisempi kaupunkialue (Kuva 5, U1), ulompi kaupunkialue (U2), kaupungin kehysalue (U3), maaseudun paikalliskeskukset (R4), kaupungin läheinen maaseutu (R5), ydinmaaseutu (R6) ja harvaan asuttu maaseutu (R7). Luokituksen perustana käytettiin postinumeroa kuntatunnuksen sijaan, koska se antaa tarkemman sijainnin, vaikka siinä olisi vain kolme ensimmäistä numeroa koko Suomen viisinumeroisen postinumeron sijaan. Kaikki autot määritettiin kuuluvan siihen aluetyyppiin, jota kyseisellä postinumeroalueella oli kaikista eniten. (Kuva 5) (Lähde Viri R. ym. 2021)



Kuva 5. SALAMA-autokantamallissa käytetty kaupunki-maaseutuluokitus. Postinumero-alueet yhdistetään viisinumeroisista tavallisista alueista (ohuet siniset viivat) kolminumeroisiin alueisiin (mustat viivat), jotka autokantatietojoukot mahdollistavat. Yläoikealla: Kaupunki-maaseutuluokittelu on asetettu sellaiseksi, jonka pinta-ala on suurin kolminumeroisen postinumeroalueen sisällä. Alhaalla oikealla näkyvät lopulliset alueet ja niiden luokittelu. (Lähde Viri R. ym. 2021)

Mallissa autojen käyttötavoiksi on rajattu kaksi luokkaa, jotka ovat henkilöautot ja taksit. Luokkaan henkilöautot mallissa kuuluvat Traficomin datan mukaan yksityisessä käytössä olevat henkilöautot, autokouluautot, vuokra-autot, myyntivaraos-
tossa olevat autot ja luvanvaraisessa tavarankuljetuksessa olevat autot. Luokkaan taksit mallissa kuuluvat Traficomin datan mukaan luvanvaraisessa liikenteessä
olevat autot (taksit ja taksityyppisiä palveluja tarjoavat autot). (Lähde Viri R. ym. 2021)

Mallissa kunkin auton ajokilometreinä on käytetty katsastuksessa tallennetuista ajokilometreistä ja katsastuspäivämäärästä laskettuja auton vuotuisia ajokilometrejä. Niistä autoista, joista vuotuisia ajokilometrejä ei saada katsastustiedoista (uusimmat autot), mallissa käytetään takseja lukuun ottamatta käyttövoimaltaan ja kokoluokaltaan vastaavien autojen, jotka sijaitsevat samalla aluetyypillä ja joiden käyttäjä on samantyyppinen, keskimääräisiä ajokilometrejä. Taksien ajokilometrilaskennassa huomioidaan vain takseiksi luokitellut autot. Malleilla tehtävissä skenaarioissa autojen vuotuisia ajokilometrejä voidaan muuttaa kertoimilla auton vanhentuessa. (Lähde Viri R. ym. 2021)

Autojen ikien määrittämisessä mallissa on otettu huomioon ensirekisteröintipäivä Suomessa ja yleisesti käyttöönottopäivä, joka on eri käytettynä maahantuoduilla autoilla. Suomessa autokannan keski-ikä kasvaa eikä todellista tietoa autojen poistumisiästä (romutus) ollut saatavilla mallia varten. Mallissa oletetaan, että jokaisen autokannasta poistuvan auton tilalle tulee uusi auto ja että samalla autokannan keski-ikään, alueisiin ja käyttäjäryhmiin ei tule muutoksia. Mallissa on oma muuttujansa simuloimaan käytettyjen autojen markkinoita, mikä mahdollistaa autokannan kehityksen laskemisen eri alueilla ja käyttäjäryhmissä säilyttäen samalla eron alkuperäisiin tietoihin. (Lähde Viri R. ym. 2021)

Autokannan uusiutuminen seuraa mallissa autojen keskimääräistä romutusikää. Mallissa on kerroin, jolla voidaan muuttaa mallinnuksessa auton ikää verrattuna auton alkuperäiseen ikään, esimerkiksi tilanteessa, jossa auto on vanhempi kuin keskimääräinen romutusikä. Tämä estää sen, ettei ensimmäisen vuoden malliajossa synny vääristymää sen suhteen, että kaikki keski-ikä ylittävät autot korvaantuisivat uudemmilla. (Lähde Viri R. ym. 2021)

Nykyisten autojen hiilidioksidipäästönä (grammaa/kilometri) on käytetty auton valmistajan ilmoittamaa lukuarvoa. Lukuarvo on saatu lähtöaineistoista ja niille autoille, joista päästötieto puuttuu (noin 18 %), se on laskettu samankaltaisten (käyttövoima, rekisteröintivuosi ja kokoluokka) autojen keskiarvona. Uusille malliin tuotaville autoille hiilidioksidipäästöt voidaan syöttää eriteltyinä vuoden, auton koon ja käyttövoiman mukaan. (Lähde Viri R. ym. 2021)

Autot on jaettu mallissa neljään kokoluokkaan pituuden perusteella. Kokoluokkia ovat miniautot (pituus korkeintaan 3,6 metriä), pienet autot (3,6–4,1 metriä), keskikokoiset autot (4,1–4,55 metriä) ja suuret autot (yli 4,55 metriä). Lisäksi yli 1,6 metriä korkeat autot kuuluvat pituudesta riippumatta luokkaan suuret autot. Yli 120 hevosvoiman tehoiset miniautot ja pienet autot ja yli 240 hevosvoiman tehoiset keskisuuret autot luokiteltiin myös suuriksi autoiksi. Autot, joiden mitat eivät olleet tiedossa sisältyivät malliin, mutta niitä ei huomioitu kokoon perustuvissa laskelmissa. (Lähde Viri R. ym. 2021)

Nykyisten autojen käyttövoimat on tarkennettu lähtöaineistossa siten, että myös ladattavat hybridit voidaan erotella mallissa muista autoista. Lähtöaineistossa ladattavat hybridien käyttövoimaksi on saatettu merkitä bensiini ja diesel tai sähkö. (Lähde Viri R. ym. 2021)

Vaihtoehtoisten polttoaineiden kuten kaasun (CNG/CBG) tankkausmahdollisuudet otettiin huomioon asettamalla mallissa jokaiseen kuntaan tieto tankkausasemasta. Mallissa on mukana tiedot sekä nykyisistä kaasutankkausasemista että tiedossa olevista tulevista kaasutankkausasemista. Tällä tavalla voitiin arvioida kaasuautojen osuuden todennäköisyyttä. (Lähde Viri R. ym. 2021)

Mallin pääkomponentti on malliin vuosittain tuotujen uusien käyttövoimien osuudet. Mallissa on mahdollista muuttaa osuuksia perustuen aiemmin käytettyihin käyttövoimiin, käyttäjän ominaisuuksiin, aluetyyppiin, tankkausmahdollisuuksiin ja auton uuteen vaihtamisvuoteen. Käyttövoimien osuudet esitetään mallissa todennäköisyyksinä. Jos auto vaihdetaan uuteen esimerkiksi vuosina 2025 ja 2035 ja todennäköisyys vaihtaa bensiiniautosta bensiiniautoon on 70 % ja 50 %, todennäköisyys, että auto on bensiinikäyttöinen vuoden 2035 jälkeen on 35 %. (Lähde Viri R. ym. 2021)

Malli tuottaa tuloksia sekä valtakunnallisella että alueellisella tasolla. Perusskenaariossa on Suomen autokannan kehittyminen vuoteen 2040 asti. Autokannan uudistumisnopeuden vaikutusten tutkimiseksi esitellään kaksi lisäskenaariota, joissa autokannan kehitys on 30 % nopeampaa ja 30 % hitaampaa perusskenaarioon verrattuna. (Lähde Viri R. ym. 2021)

Tulevaisuuden autokannan ennustamisen alkuvuosina autojen lukumääriin eikä käyttövoimiin tehdä muutoksia, jotta mallin tuottamiin tuloksiin ei tulisi epäsäännöllisyyttä (alkuvuosina mallissa uusittaisiin tällöin liikaa autoja). (Lähde Viri R. ym. 2021)

Asioita, joita malli ei ota huomioon ovat auton useat käyttäjät, usean auton taloudet, auton ajokilometrihistoria ja lähtötietojen virheet. Nykyiset autokantatiedot eivät sisällä tietoja auton omistushistoriasta ja yhden auton taloudessa auton käyttäjiä voi olla useampi kuin yksi henkilö. Usean auton talouksissa kaikki autot voivat olla rekisteröity samalle henkilölle, vaikka autoilla on eri käyttäjät. Auton ajosuorite muuttuu omistajavaihdoksen yhteydessä, mutta mallissa auton kaikki ajokilometrit perustuvat auton koko käyttöaikana nykyisen omistajan tietoihin. Mallissa lähtötietojen selvät kirjoitusvirheet on aluksi korvattu tyhjä-merkinnällä ja mallissa ne muutettu auton keskimääräisiksi tiedoiksi. (Lähde Viri R. ym. 2021)

Tulokset

Mallin tuottamista tuloksista on esitetty seuraavissa kuvissa esimerkkejä. (Kuva 6, Kuva 7, Kuva 8 ja Kuva 9).

Table 2

The share of new driving powers introduced per year on baseline scenario.

	2020	2025	2030	2035	2040
Petrol	64%	67%	62%	50%	47%
Diesel	26%	21%	18%	15%	12%
Gas	1%	1%	1%	1%	0%
Plug-in hybrids	6%	7%	7%	6%	6%
Electric	3%	4%	12%	28%	35%

Kuva 6. *Esimerkki SALAMA-mallin tuottamista tuloksista: henkilöautojen käyttövoimajakaumat perusskenaariossa vuosina 2020, 2025, 2030, 2035 ja 2040. (Lähde Viri R. ym. 2021)*

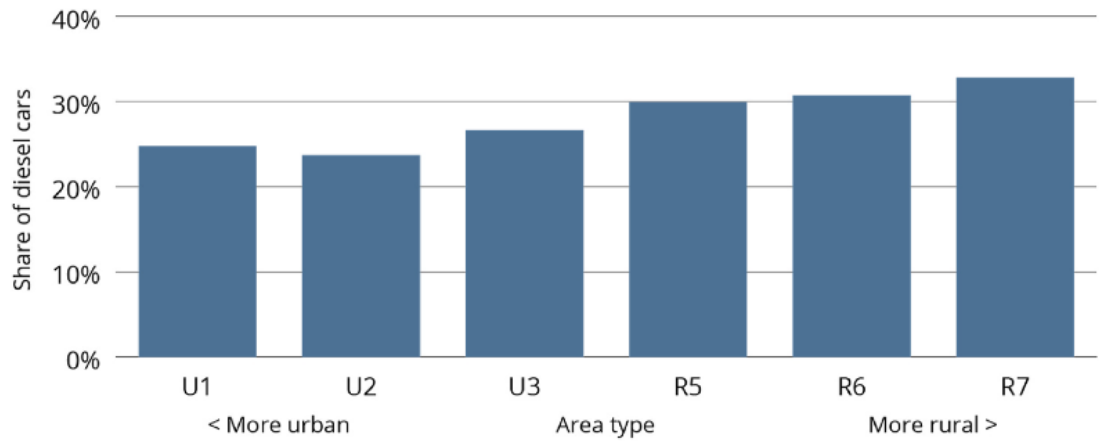
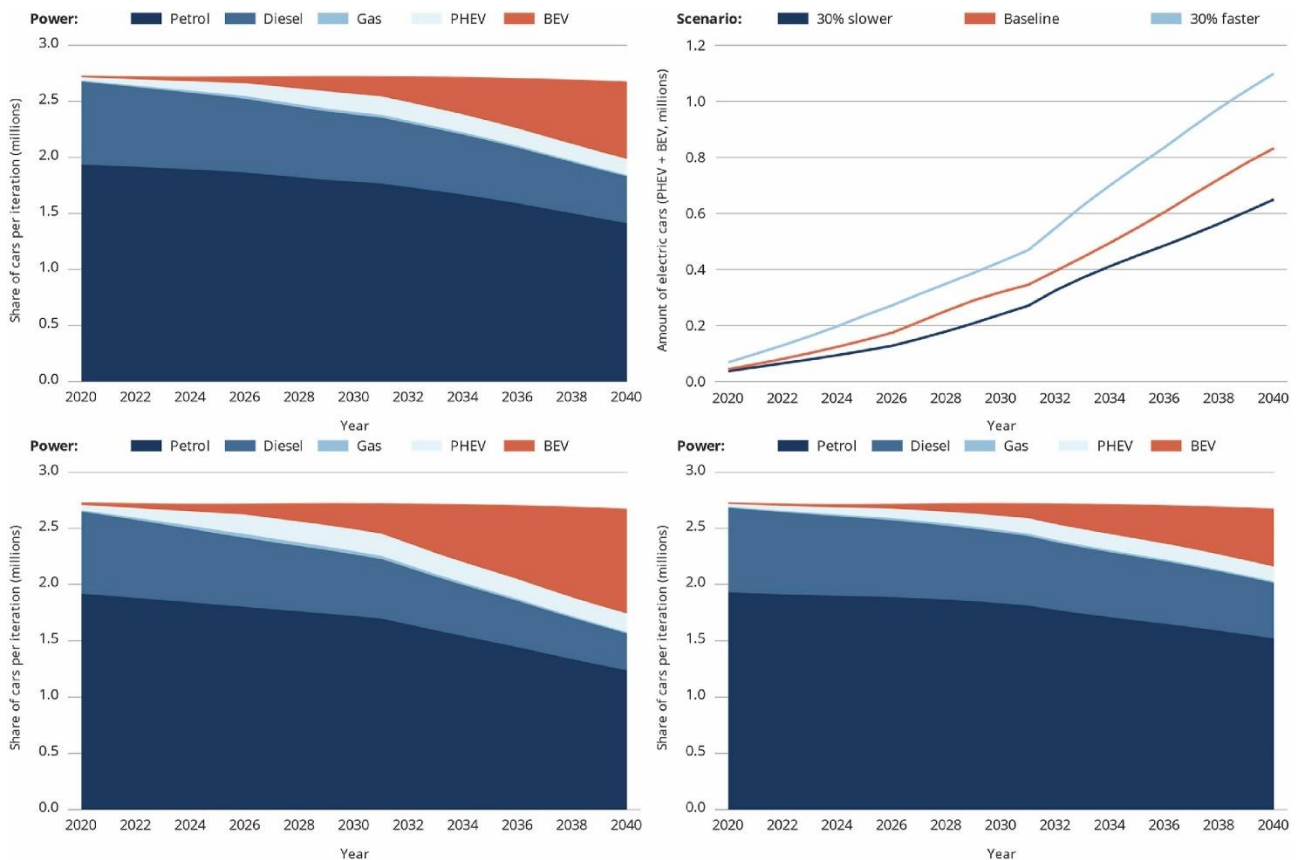
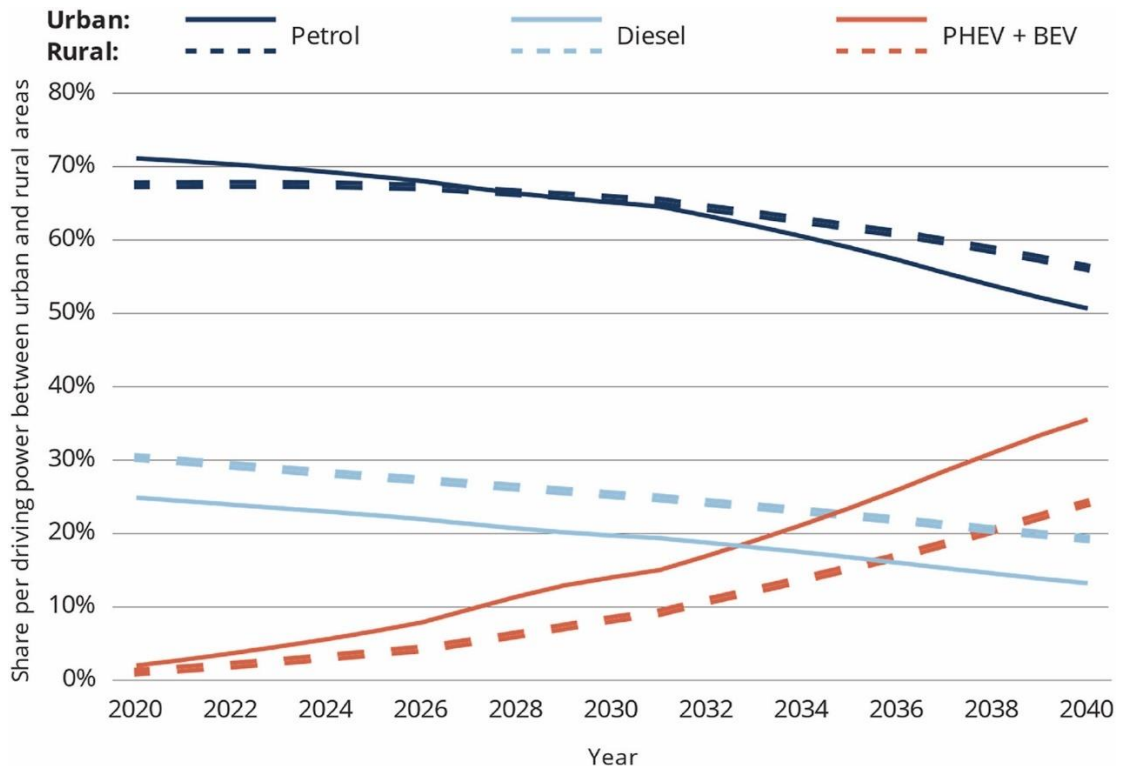


Fig. 5. Share of the diesel cars in different area types based on the cars in use in Finland on 31st July 2018.

Kuva 7. Esimerkki SALAMA-mallin tuottamista tuloksista: dieselhenkilöautojen osuudet eri aluetyypeissä vuoden 2018 puolivälissä. U1 = sisempi kaupunkialue, U2 = ulompi kaupunkialue, U3 = kaupungin kehysalue, R5 = kaupungin läheinen maaseutu, R6 = ydinmaaseutu ja R7 = harvaan asuttu maaseutu. (Lähde Viri R. ym. 2021)



Kuva 8. Esimerkki SALAMA-mallin tuottamista tuloksista: henkilöautokannan kehittyminen vuosina 2020–2040 eri skenaarioissa. (Lähde Viri R. ym. 2021)



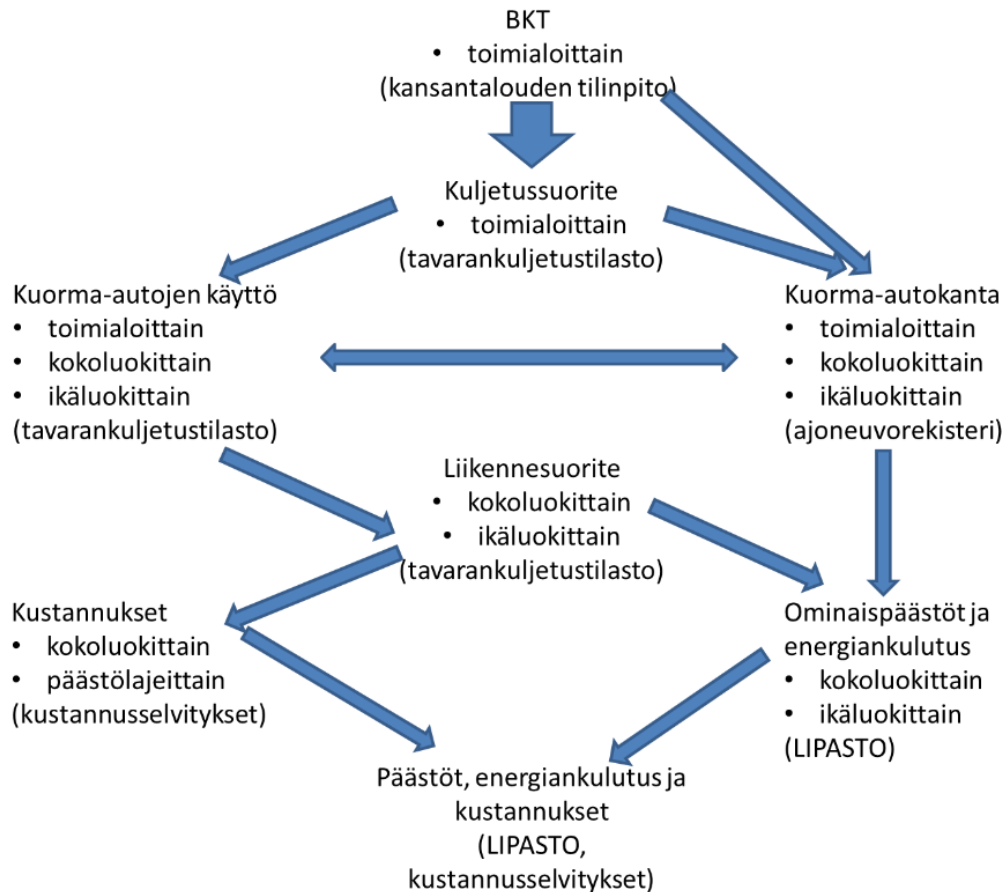
Kuva 9. Esimerkki SALAMA-mallin tuottamista tuloksista: käyttövoimien osuudet kaupunki- (yhtenäinen viiva) ja maaseutualueilla (katkoviiva) vuosina 2020–2040. (Lähde Viri R. ym. 2021)

2.1.4 Raskaiden ajoneuvojen ajoneuvokantamalli (Verne)

Tampereen yliopiston Liikenteen tutkimuskeskus Vernessä kehitetyssä KAHMA -kuorma-autokannan hallintamallissa yhdistettiin kuorma-autokannan kehittymistä kuvaavat tiedot kuorma-autojen käytön kehittymistä kuvaaviin tietoihin ja muodostettiin siten kuva siitä, miten kuorma-autojen ja niiden käytön kehitys vaikuttaa energiankulutukseen ja päästöihin. Menetelmänä mallissa on tieliikenteen tarvarankuljetustilaston analyysi ja tietojen yhdistäminen VTT:n LIPASTO-järjestelmän polttoaineenkulutus- ja päästötietoihin. Tehdyssä tutkimuksessa arvioitiin myös lokakuussa 2013 voimaan tulleiden kuorma-autojen mitta- ja massarajojen muutosten vaikutuksia. (Lähde Liimatainen H. ja Nykänen L.)

Mallissa otetaan huomioon kuorma-autojen "tuotannollinen keski-ikä" eli ikä se ikä millä suurin osa Suomen kuorma-autoliikenteen suoritteesta ajetaan. Vuonna 2014 liikennekäytössä olevien kuorma-autojen keski-ikä oli yli 11 vuotta ja "tuotannollinen keski-ikä" noin 5,5 vuotta. Keskimäärin 55 % liikennesuoritteesta on 2000-luvulla ajettu enintään 6 vuotta vanhoilla kuorma-autoilla. Luvanvaraisessa liikenteessä olevilla kuorma-autoilla tehollinen keski-ikä on hieman alle 5 vuotta ja yksityisten kuorma-autojen osalta hieman alle 9 vuotta. (Lähde Liimatainen H. ja Nykänen L.)

Kuorma-autokannan hallintamallin periaate on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 10). Kuorma-autokannan kehitys ja kuorma-autojen käyttö riippuu voimakkaasti toimialoittaisesta taloudellisesta kehityksestä ja niistä johtuvista kuljetuskysynnän muutoksista. Siksi kuorma-autokannan hallintamalli tarvitsee pohjaksi toimialoittaiset talouskehityksen ennusteet. Talouskehityksen vaikutusta toimialoittaisiin kuljetussuoritteisiin voidaan ennakoida kuljetusintensiteetin avulla. (Lähde Liimatainen H. ja Nykänen L.)



Kuva 10. KAHMA-kuorma-autokannan hallintamallin periaate. (Lähde Liimatainen H. ja Nykänen L.)

Kuljetussuoritteen kysyntään vastaamiseen tarvittava liikennesuorite määräytyy kuorma-autokannan ominaisuuksien ja kuorma-autojen käyttötapojen vuorovaikutuksen seurauksena. Tähän vuorovaikutukseen liittyviä seikkoja voidaan tarkastella tieliikenteen tavarankuljetustilaston ja kuorma-autorekisterin tietojen avulla. Lainsäädäntö, kuten mitta- ja massarajoitukset sekä työ- ja lepoaikamääräykset vaikuttavat autokantaan ja autojen käyttöön. Näiden vuorovaikutus kiteytyy kuormitusasteeseen, eli maksimikuorman ja keskiakuorman suhteeseen toimialoittain ja kuorma-autojen koko- ja ikäluokittain. Tulevaisuutta voidaan ennakoita trendi- ja asiantuntijaennusteita käyttämällä. (Lähde Liimatainen H. ja Nykänen L.)

Tällä hetkellä Liikenteen tutkimuskeskus Vernessä käytössä oleva raskaiden ajoneuvojen malli on logiikaltaan samanlainen kuin VTT:n ALIISA-autokantamalli, mutta Vernen mallissa ajoneuvojen kokoluokittelu on tarkempi kuin ALIISA-mallissa. Vernen mallissa raskaiden ajoneuvojen (ajoneuvoluokka N2) kokoluokat ovat kokonaispainoltaan alle 12 tonnin kuorma-autot ilman perävaunua, kuorma-autot ilman perävaunua, kuorma-autot puoliperävaunulla ja kuorma-autot varsinaisella perävaunulla. (Lähde Liimatainen H.)

2.1.5 Valtiovarainministeriön laatimat verotuottoennusteet

Valtiovarainministeriössä verotuottoennustetta päivitetään neljä kertaa vuodessa. Ajoneuvoihin liittyvien verojen (ajoneuvojen hankinnan autovero ja arvonlisävero,

ajoneuvovero, polttoainemaksu ja polttoaineiden valmistevero) tuoton arvioimiseksi valtiovarainministeriössä arvioidaan ajoneuvokantaa myös neljä kertaa vuodessa. Henkilöautojen sähköistyminen on tällä hetkellä nopeaa, eikä ajoneuvokannan päivittäminen harvemmin ole riittävää verotuoton arvioimiseksi. (Lähde valtiovarainministeriö 2023 a)

Valtiovarainministeriössä sähköautojen määrää on arvioitu sähköautojen ja polttomoottoriautojen hintapariteetin ajankohdan avulla ja kevään talouskatsauksessa hintapariteetin ajankohdaksi on oletettu vuosi 2027. Hintapariteetin ajankohta ja sähköautojen osuudet perustuvat asiantuntija-arvioihin ja näiden arvioiden avulla muokataan viimeisintä valtakunnallista ajoneuvokantaennustetta (2021). (Lähde valtiovarainministeriö 2023 a)

2.1.6 Liikennemallien autonomistumallit

Nykyisin käytössä oleva valtakunnallinen liikenne-malli LIVIMA

Nykyisin käytössä oleva valtakunnallinen liikennemalli (LIVIMA) on rakennettu vuosina 2010-2014 Liikennevirastossa ja se soveltuu erityisesti henkilöliikenteen mallintamiseen. Mallissa ei ole tavaraliikenteen kysynnän mallintamisen mahdollisuutta, mutta tavaraliikenne voidaan osin huomioida esim. tieliikenteen raskaiden ajoneuvojen ennusteissa.

Mallia on käytetty mm. valtakunnallisten liikenne-ennusteiden tuottamiseen sekä liikennejärjestelmän kehittämisen toimenpiteiden vaikutusten arvioinneissa. Ne ovat liittyneet esim. liikenteen päästövähennystavoitteiden seurantaan ja liikenteen verotukseen.

LIVIMA:ssa on erillinen osamalli autonomistukselle, joka perustuu muun muassa tulotason muutoksiin. Tulotason muutos perustuu FINAGE-mallista (kansantalouden tasapainomalli, kts. luku 4.2.5) saatavaan bruttokansantuotteen ennustettuun kehitykseen. Mallissa kotitaloudet on jaoteltu a) autottomiin, b) yhden auton ja c) kahden auton kotitalouksiin. Autonomistuksen määrän lähtötietona käytetään Henkilöliikennetutkimuksen aineistoista saatuja tietoja ja ennusteissa sitä on sovitettu VTT:n tuottamaan uusimpaan valtakunnalliseen ajoneuvoennusteeseen. Malli käyttää keskivertoajoneuvoa eikä se alueellista käyttövoimien jakaantumista. Käyttövoimajakama arvioidaan loppuvaiheessa koko Suomen tasolla perustuen VTT:n ennusteeseen. (Lähde: Ramboll 2023)

Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustejärjestelmän kysyntämallit (HELMET)

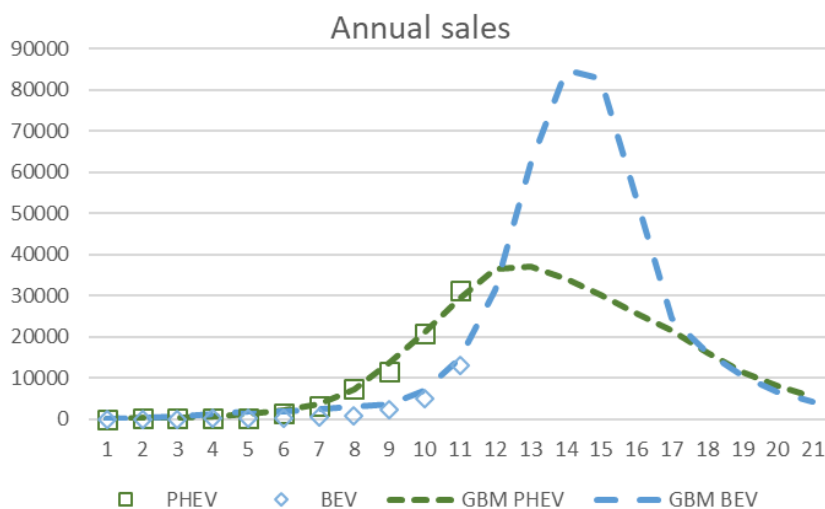
Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustejärjestelmän kysyntämallissa (HELMET) autonomistumallilla ennustetaan ennustealuetasoisesti autonomistamisen määrää suhteessa väestön määrään. Mallinnus on tehty yksinkertaisella lineaarisella regressiomallilla, jossa autonomistusastetta on estimoitu pienimmän neliösumman menetelmällä. Lopputuloksena malli tuottaa autonomistusasteen (autoa/1 000 asukasta) kullekin ennustealueella. Alueiden autonomistus mallinnetaan vain alueiden uusien asukkaiden osalta ja jos alueen väestömäärä ei ennusteissa kasva, autonomistus on suoraan nykytilanteen havainnon mukainen. (Lähde HSL 2020)

Mallissa muuttujia ovat alueen pientalojen osuus kerrosneliöistä, dummy-muuttujat Helsingin seudun kehyskunta ja muu pääkaupunkiseudun kunta, joukkoliikenteen ja autoilun kustannusten ja ajan suhteiden interaktio tulona (log). Viimeksi mainittu muuttuja perustuu liikennemallin tulosaineistoon, joten autonomistumallilla on riippuvuus osin muihin malleihin. (Lähde HSL 2020)

Mallin version 4.0 autonomistumalleissa aluemalli on muutettu siten, että autojen määrän ruokakuntaa kohden asemesta ennustetaan autojen määrää henkilöä kohden. Samalla on voitu poistaa välivaihe, jossa ennustettiin nollan, yhden tai vähintään kahden auton ruokakuntien määriä alueittain. HAP-malli on johdonmukaistettu autonomistumallin kanssa, joten se ennustaa, onko henkilö henkilöauton pääasiallinen käyttäjä (HAP), kun aiemmin ennustettiin HAP-osuutta alueen asukkaista ilman kytkentää autonomistumalliin. (Lähde HSL 2020)

2.1.7 **TYK02 – Työkoneiden ennuste**

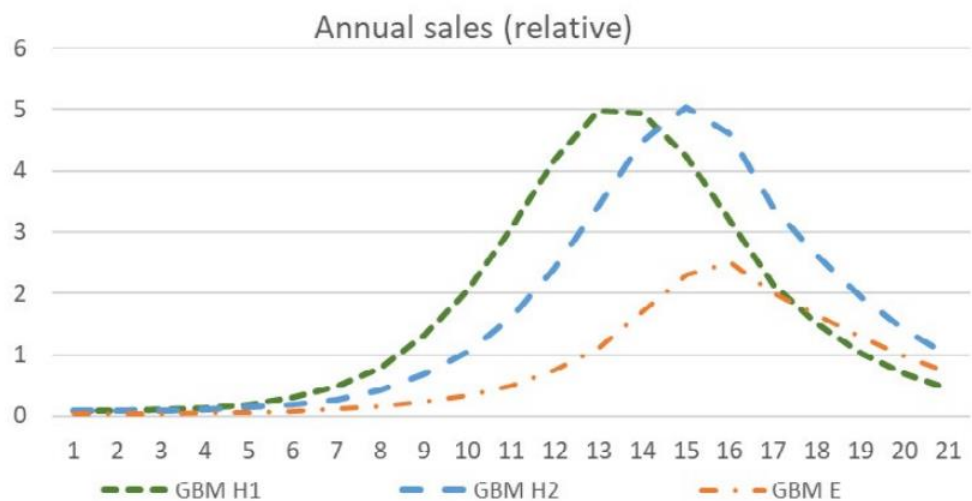
VTT on arvioinut työkoneiden kustannustehokkaita päästövähennyskeinoja ja tuottanut samassa yhteydessä markkinadiffuusiomalleja hyödyntäen työkonekannan kehittymistä tulevaisuudessa. Arviointi perustuu Frank Bassin yleistettyyn kaupallisten tuotteiden markkinadiffuusion malliin, jossa on käytetty kahta markkinadiffuusion parametria: innovaatiokerroin ja oppimiskerroin. Lisäksi mallissa käytettiin kolmea muuta makroskooppista arvioitua parametria, joita olivat markkinavalmius, vaihtoehtojen käyttövoimien teknistaloudellinen kilpailukyky sekä infrastruktuurin valmius. Markkinavalmius määriteltiin analysoimalla tuotteen kypsyyttä markkinassa, kaupallista saatavuutta jälleenmyyjiltä sekä mallivalikoimaa. Teknistaloudellista kilpailukykyä arvioitiin käyttövoimien kesken omistajan kokonaiskustannuksen (TCO) kautta. Infrastruktuurin valmiutta arvioitiin sen kattavuuden sekä toteuttamismahdollisuuksien kautta. Lisäksi markkinan kokoa eli osuutta ajoneuvo/työkonekannasta, jolle vaihtoehtoinen käyttövoima on toimiva ratkaisu, arvioitiin skaalauskerroimen kautta. Skaalauskerroimen kautta voidaan myös huomioida esimerkiksi vuotuisen markkinan kokoa tai pullonkauloja. Malli parametrisoitiin hyödyntäen todellista myyntitietoa Suomen hybridi- ja täyssähköhenkilöautoista vuosilta 2011–2022. (Lähde Pihlatie ym. 2022)



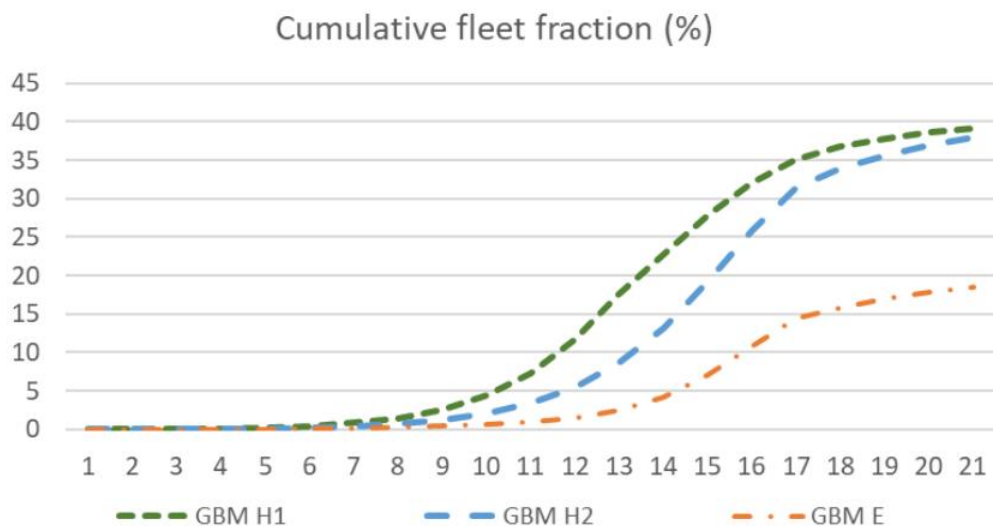
Kuva 11. Työkoneiden ennusteessa käytettiin yhtenä lähtötietona täyssähkö- ja hybridihenkilöautojen toteutuneita myyntitietoja. Tietojen avulla parametrisoitiin markkinadiffuusiomallin innovaatio ja oppimiskertoimet. Kuvan vuosi 1 vastaa vuotta 2011. PHEV tarkoittaa ladattavia hybridejä ja BEV täyssähköjä. (Lähde Pihlatie ym. 2022)

Työssä tarkasteltiin seuraavia työkoneluokkia: pyöräkuormaajat, maataloustraktorit, metsätyökoneet ja kaivinkoneet. Vuosittaiset myyntimäärät ja sitä kautta syntyvä työkonekanta ja sen käyttövoimajakautuma saatiin sijoittamalla mallin mukaiseen differentiaaliyhtälöön komponenttien arvot sekä henkilöautojen myyntitietojen avulla parametrisoidut kertoimet. Seuraavan sivun kuvassa on esitetty ennusteen tuloksia metsätyökoneille. (Lähde Pihlatie ym. 2022)

Kuva 43. Metsätyökone hybridi 1, hybridi 2 ja sähköinen ennakoitu vuotuinen suhteellinen myynti. Vuosi 1 vastaa kalenterivuotta 2021.



Kuva 44. Metsätyökoneiden hybridi 1, hybridi 2 ja sähköinen ennakoitu kumulatiivinen osuus aktiivisesta työkonekannasta. Vuosi 1 vastaa kalenterivuotta 2021.



Kuva 12. Metsätyökoneille saadut ennusteet markkinadiffuusiomallia hyödyntäen. (Lähde Pihlatie ym. 2022)

2.1.8 Aiempi kehitystyö – Autokannan hallintamalli

Aiemmin Suomessa on kehitetty ajoneuvokantamallia vuosituhanen vaihteessa Autokannan hallintamalli (AHMA) -hankkeessa. Malli ei kuitenkaan valmistunut eikä sen kehittämistä jatkettu. Kehitteillä olleen mallin avulla oli tarkoitus ennustaa verotusjärjestelmän ja muiden yhteiskunnallisten muutosten vaikutusta ensisijaisesti ajoneuvokannan kehitykseen, rakenteeseen ja liikennesuoritteisiin. (Lähteet Ajoneuvohallintokeskus 2000 ja Traficom 2023)

Autokannan hallintamallissa perusennuste kuvasi tilannetta, jossa tieliikenteen vaikutuksiin kohdistuvat toimet eivät vaikuta ja skenaariot tilannetta, joissa toimilla on vaikutuksia. Malliin voitiin syöttää halutut verojärjestelmämuutokset (impulssit), jonka jälkeen malli tulosti vaikutukset ajoneuvokantaan ja liikennesuoritteeseen sekä muut ennustetun autokannan suoritteeseen perustuvat vaikutuslaskelmat. Malliin syötettäviä impulsseja olivat arvonlisävero, autoveron prosenttiosia, autoveron vähennysosa, katalysaattorivähennys, varustevähennys, ajoneuvovero, varsinainen ajoneuvovero (dieselvero), polttoainevero, nettotuonnin vakiovähennys, nettotuonnin ikävähennyskerroin, verokertoimet autojen hinnoille ja ensirekisteröinnit. Jos impulssille ei syötäisi lähtöarvoa, mallin oli tarkoitus käyttää perusennusteen arvioita sen osalta. (Lähde Ajoneuvohallintokeskus 2000)

Ennusteiden aikajänne mallissa oli 20 vuotta (2000–2020). Lähtötietoina malli käytti vuoden 1999 impulssien toteumatietoja. Mallin tuottamina lopputuloksina käyttäjä pystyi valitsemaan seuraavat ennusteet:

- Autokanta käyttöönottovuosittain koko maassa
- Autokanta käyttöönottovuosittain eri käyttövoima- ja kokoluokissa valitulla alueella
- Nettotuonti käyttöönottovuosittain eri käyttövoima- ja kokoluokissa valitulla alueella
- Uusien autojen hinnat eri käyttövoima- ja kokoluokissa
- Käytettyjen autojen hinnat käyttöönottovuosittain eri käyttövoima- ja kokoluokissa
- Liikennesuorite valitulla alueella
- Muuttuvat kustannukset
- Polttoaine-, rengas-, korjaus-, huolto- ja voitelukustannukset
- Kiinteät kustannukset koko maassa
- Pääoman poistot ja korkokustannukset valitulla alueella (Lähde Ajoneuvohallintokeskus 2000).

Autokannan laskenta tapahtui niin, että ensin tarkasteltavan vuoden autokannasta vähennettiin vastaava poistuma. Poistumien arviointia varten mallin lähtötiedoksi oli tuotettu kiinteät käyttövoimakohtaiset (benssiini ja diesel) ja auton iän mukaiset poistumaprocentit kahdessa kokoluokassa. Poistumien määrän tarkempaan arviointiin käytettiin korjauskerrointa, joka saatiin laskemalla ensirekisteröintien ja keskimääräisen käyttöiän suhde. (Lähde Ajoneuvohallintokeskus 2000)

Seuraavaksi määritettiin käytettynä maahantuotujen autojen määrä. Keskeiset ennusteen käyttämät tiedot olivat käytettynä tuotujen autojen verotuksen muutoksen vaikutukset tuontimäärään sekä hintataso. Laskenta perustui siihen, että arvioitiin sekä kotimaan käytettyjen autojen hintamalli että ulkomaiden käytettyjen autojen hintamalli. Laskentaan lisättiin tuonnin veron kaava, jonka jälkeen pystyttiin laskemaan nk. tuontimotivaatiokerroin, jonka avulla laskettiin ensin

tuonnin osuus ja sen jälkeen määrät autokannasta autoluokittain. (Lähde Ajoneuvohallintokeskus 2000)

Tämän jälkeen siirryttiin laskemaan ensirekisteröintien määrää, joka hyödynsi hintajoustoa ja perustui mm. uusien autojen hankinnan verotukseen, polttonesteiden verotukseen, autojen vuotuiseen verotukseen, käytettyjen autojen tuontiin sekä tulotasojen muutoksiin (BKT-johdannainen). Ensirekisteröintien kokonaismäärän määrittämisen myötä käyttövoimien ja kokoluokkien osuudet sekä alueellinen jakauma määritetään kiinteiden lähtöoletusten mukaan. Lähtöoletukset perustuvat aiempaan kehitykseen. (Lähde Ajoneuvohallintokeskus 2000)

Tarkasteltavan vuoden autokanta saatiin, kun edellä kuvatut vaiheet on kaikki tehty.

2.2 Ruotsin ajoneuvokantamalli

Ruotsissa ajoneuvokantaa ennustetaan erikseen lyhyelle ja pitkälle ajalle. Lyhyen ajan ajoneuvokantaennuste tehdään vuosittain kuluvalle vuodelle ja kolmeksi vuodeksi eteenpäin. Pitkän ajan ajoneuvokantaennuste on tehty vuodelle 2030 ja lisäksi on arvioitu näkymiä vuodelle 2050. Ennusteet laatii Ruotsin valtion virasto Trafikanalys. (Lähde Trafikanalys 2020 a)

2.2.1 Lyhyen aikavälin ajoneuvokantaennuste

Ruotsissa uusi lyhyen aikavälin ajoneuvokantaennuste on esitetty vuosille 2022–2025. Ennuste on tehty henkilöautoille, pakettiautoille, kuorma-autoille ja linja-autoille ja se sisältää ajoneuvojen lukumäärät käyttövoimittain. Lisäksi ennusteessa on esitetty tietoja esimerkiksi ensirekisteröityjen henkilöautojen keskimääräisistä hiilidioksidipäästöistä, Euro-päästöluokista ja omistustiedoista. (Lähde Trafikanalys 2022 a)

Menetelmän periaate

Ruotsin lyhyen aikavälin ajoneuvokantaennuste tehdään jokaiselle ajoneuvoluokalle kolmessa vaiheessa:

1. Ennuste ensirekisteröityjen ajoneuvojen sekä rekisteristä ja liikennekäytöstä poistettujen ajoneuvojen lukumääristä
2. Ennuste liikennekäytössä olevista ajoneuvoista
3. Ennuste tietyistä ajoneuvoihin liittyvistä ominaisuuksista.

(Lähde Trafikanalys 2022 b)

Henkilöautojen ensirekisteröintien määrät ennustetaan tilastollisella ARIMAX-aikasarjamallilla (Auto-Regressive Integrated Moving Average), jossa osa AR (Auto-Regressive) riippuu ensirekisteröintien aikaisempien vuosien määristä, osa I (Integrated) on ensirekisteröintien ”epämääräistä” vaihtelua kuvaava osa, osa MA (Moving-Average) on ensirekisteröintien liukuva keskiarvo ja osa X on kaksi riippumatonta muuttujaa, joita ovat bruttokansantuote ja työttömyys. (Lähde Trafikanalys 2022 b)

Pakettiautojen ensirekisteröintien määrät ennustetaan periaatteessa samalla tavalla kuin henkilöautojenkin määrät, mutta uusien pakettiautojen rekisteröintien määrän ennustaminen perustuu pelkästään bruttokansantuotteen kehitykseen. (Lähde Trafikanalys 2022 b)

Kuorma-autojen ensirekisteröintien määrät arvioidaan lineaarisella funktiolla, jossa on mukana bruttokansantuotteen prosentuaalinen muutos ja tekijät, jotka on arvioitu aikaisempien vuosien perusteella. Linja-autojen ensirekisteröintien määriksi on arvioitu kiinteä luku. (Lähde Trafikanalys 2022 b)

Kaikkien ajoneuvoluokkien rekisteristä ja liikennekäytöstä poistettujen autojen määrät arvioidaan aiempien vuosien perusteella ja poistuvien ajoneuvojen käyttövoimat arvioidaan tilastojen perusteella. Ensirekisteröityjen autojen käyttövoimajakauma arvioidaan edellisten vuosien jakaumien trendien perusteella asiantuntija-arvioina. (Lähde Trafikanalys 2022 b)

Tulokset

Ruotsin lyhyen aikavälin ajoneuvokantaennusteen tulokset on ladattavissa Trafikanalysin internetsivuilta Excel-työkirjana, joka sisältää seitsemän tulostaulukkoa henkilöautoista, kuusi tulostaulukkoa pakettiautoista, seitsemän tulostaulukkoa kuorma-autoista ja kuusi tulostaulukkoa linja-autoista. Tulostaulukoista on esitetty seuraavissa kuvissa kaksi esimerkkitaulukkoa henkilöautojen lukumääristä ja keskimääräisistä hiilidioksidipäästöistä käyttövoimittain (Kuva 13 ja Kuva 14). Tulostaulukoissa on esitetty ennustevuosien lisäksi myös vuosien 2010–2021 aikasarjat. (Lähde Trafikanalys 2022 a)

Henkilöautojen vuosille 2022–2023 ennustetuista keskimääräisistä hiilidioksidipäästöistä on esitetty tulostaulukossa (Kuva 14) kolme eri päästöarvoa, jotka on määritetty eri menetelmillä. Menetelmässä 1 (Metod 1) oletetaan, että uusien bensiini- ja dieselhenkilöautojen ensirekisteröinnit kehittyvät vuosien 2019–2021 lineaarisen trendin mukaisesti ja että muiden käyttövoimien teknistä kehitystä ei tapahdu. Menetelmässä 2 (Metod 2) oletetaan, että käyttövoimissa ei tapahdu teknistä kehitystä, mutta keskimääräiset hiilidioksidipäästöt pienenevät käyttövoimien osuuksien muuttuessa ensirekisteröintien seurauksena (autojen sähköistyminen). Menetelmässä 3 (Metod 3) oletetaan, että bensiini- ja dieselhenkilöautojen keskimääräiset hiilidioksidipäästöt kehittyvät vuosien 2019–2021 lineaarisen trendin mukaisesti ja muilla käyttövoimilla oletetaan olevan samat päästöt kuin edellisenä vuonna. Menetelmässä 3 keskimääräiset hiilidioksidipäästöt pienenevät käyttövoimien osuuksien muuttuessa ensirekisteröintien seurauksena (autojen sähköistyminen ja bensiini- ja dieselhenkilöautojen keskimääräiset hiilidioksidipäästöjen pieneneminen). Trafikanalysin mukaan menetelmä 3 on luotettavin, koska käyttövoimien hiilidioksidipäästöissä on nähtävissä pienenemistä. (Lähde Trafikanalys 2022 a ja b)

Tabell PB2

Personbilar i trafik efter drivmedel, årsvis 2010–2021, prognos för 2022–2025

Passenger cars in use by fuel, year 2010–2021 and forecast year 2022–2025

År	Bensin	Diesel	El	Elhybrid	Laddhybrid	Etanol	Gas	Totalt
2010	3 479 607	606 570	190	19 210	0	204 456	24 973	4 335 182
2011	3 364 196	766 042	366	21 389	0	218 175	30 992	4 401 352
2012	3 236 814	924 197	603	23 699	651	225 868	35 121	4 447 165
2013	3 130 151	1 068 038	1 010	28 357	1 637	228 726	37 325	4 495 473
2014	3 049 225	1 224 290	2 172	34 930	4 922	229 621	40 092	4 585 519
2015	2 958 860	1 381 816	4 765	42 737	9 776	228 174	42 675	4 669 063
2016	2 888 004	1 529 808	7 532	55 126	18 832	224 787	43 693	4 768 060
2017	2 821 771	1 644 862	11 034	71 475	32 253	220 223	43 706	4 845 609
2018	2 754 872	1 704 457	16 664	90 273	49 394	212 385	42 463	4 870 783
2019	2 696 496	1 739 904	30 269	111 026	66 609	201 714	41 633	4 887 904
2020	2 658 004	1 742 365	55 734	130 461	122 290	193 904	41 047	4 944 067
2021	2 583 001	1 726 114	110 177	152 738	189 498	185 415	39 542	4 986 750
Prognos 2022	2 509 341	1 697 439	200 777	175 579	253 272	177 585	35 003	5 049 561
Prognos 2023	2 410 354	1 652 044	326 722	199 166	309 234	170 368	31 851	5 100 306
Prognos 2024	2 280 002	1 591 922	486 330	223 685	348 901	162 008	28 530	5 121 944
Prognos 2025	2 140 831	1 523 434	664 305	249 023	378 975	153 712	25 146	5 135 993

Anm: kategorin övrigt redovisas inte, men är inräknad i totalsumman

Kuva 13. *Esimerkki Ruotsin lyhyen aikavälin ajoneuvokantaennusteen tulostaulukoista: henkilöautojen lukumäärät käyttövoimittain vuosina 2010–2021 ja ennuste vuosille 2022–2025. (Lähde Trafikanalys 2022 a)*

Tabell PB5

Genomsnittligt koldioxidutsläpp g/km för nyregistrerade personbilar per drivmedel, årsvis 2010–2021, prognos för 2022–2025¹⁾

Average carbon dioxide emission g/km, newly registered passenger cars by fuel type and total, year 2010–2021 and forecast year 2022–2025

	År	Bensin	Diesel	El	Elhybrid	Laddhybrid	Etanol	Gas	Övriga	Genomsnittligt utsläppsvärde		
NEDC	2010	160	149	0	107	-	182	130	210	156		
NEDC	2011	156	143	0	106	-	169	134	265	148		
NEDC	2012	149	139	0	104	56	167	135	216	142		
NEDC	2013	142	141	0	96	48	157	128	228	140		
NEDC	2014	137	138	0	94	44	148	118	204	135		
NEDC	2015	132	134	0	92	42	140	106	222	129		
NEDC	2016	128	131	0	96	42	124	104	81	124		
NEDC	2017	130	131	0	93	42	128	104	110	123		
NEDC	2018	135	134	0	96	41	127	105	149	123		
NEDC	2019	136	137	0	106	41	193	103	149	121		
WLTP	2019	157	169	0	121	46	210	121	0	145		
	2020	153	169	0	116	41	263	117	24	113		
	2021	147	164	0	117	38	194	110	0	90		
									Metod 1	Metod 2	Metod 3	
Prognos	2022	142	162	0	114	38	194	105	0	71	75	74
Prognos	2023	137	158	0	114	38	194	99	0	56	59	57
Prognos	2024	132	156	0	112	38	194	93	0	44	49	46
Prognos	2025	126	153	0	111	38	194	87	0	35	41	38

Observera att from 2019 är statistik och prognoser för uppmätta utsläpp med WLTP-körcykeln.

1) Denna statistik skiljer sig från den Transportstyrelsens redovisar enligt EU förordning 443/2009/EG och EU förordning 510/2011/EG. Skillnaden är att i Trafikanalys uppgifter ingår alla personbilar medan Transportstyrelsen i enlighet med förordningarna ska ta bort husbilar, ambulanser, rallybilar, polisbilar och andra fordon för särskilda ändamål. Skillnaden innebär att Trafikanalys statistik visar något högre koldioxidutsläpp mätt i gram per kilometer jämfört med Transportstyrelsens redovisning.

Metod 1 - Antar att det genomsnittliga utsläppet för nyregistreringen utvecklar sig som den gjort mellan 2019 och 2021, linjär trend, för bensin och diesel. För övriga drivmedel antas att ingen teknikutveckling sker

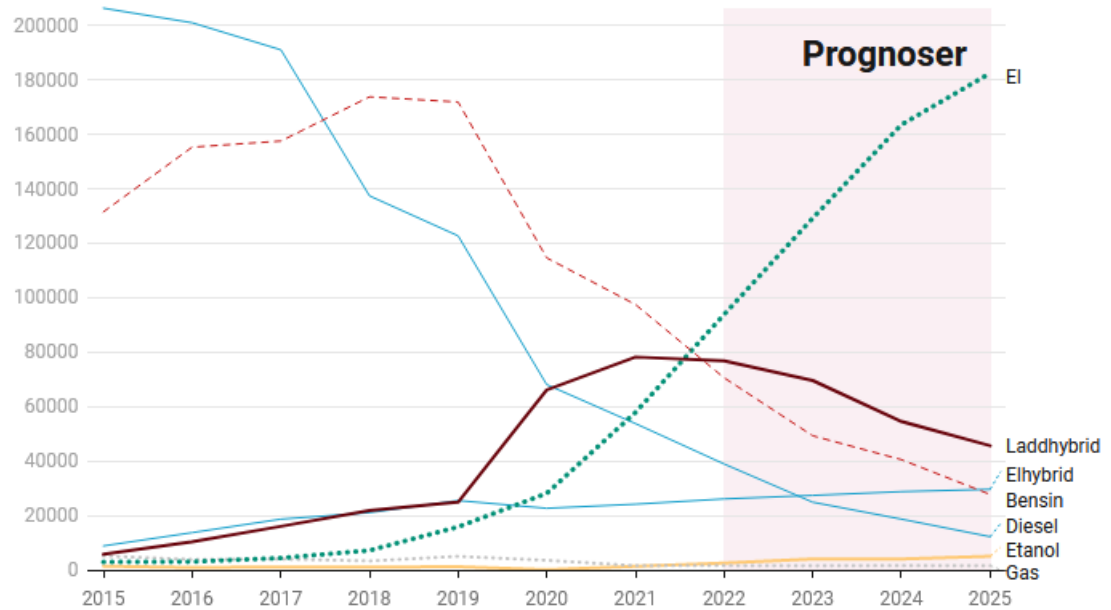
Metod 2 - Antar att det inte sker någon teknikutveckling per drivmedel utan det genomsnittliga utsläppen minskar pga omfördelning av drivmedel i nyregistreringen

Metod 3 - Antar att de genomsnittliga utsläppen för bensin och diesel utvecklar sig som det gjort mellan åren 2019 och 2021, linjär trend. Övriga drivmedel bedöms ha samma utsläppsvärde som föregående år. Det genomsnittliga utsläppet viktas sedan med drivmedelsandelarna i nyregistreringen

Kuva 14. *Esimerkki Ruotsin lyhyen aikavälin ajoneuvokantaennusteen tulostaulukoista: ensirekisteröityjen henkilöautojen keskimääräiset hiilidioksidipäästöt (grammaa/kilometri) käyttövoimittain vuosina 2010–2021 ja ennuste vuosille 2022–2025. (Lähde Trafikanalys 2022 a)*

Ensirekisteröityjen henkilöautojen lukumäärät käyttövoimittain vuosina 2015–2021 sekä ennuste vuosille 2022–2025 on esitetty myös kuvana Trafikanalysin internetsivuilla. (Kuva 15) (Lähde Trafikanalys 2022 a)

Nyregistrerade personbilar per drivmedel



Grafik: Trafikanalys • Källa: Trafikanalys • Ladda ner data • Bäckå in • Ladda ner bild • Skapad med Datawrapper

Kuva 15. Ruotsin ensirekisteröityjen henkilöautojen lukumäärät käyttövoimittain vuosina 2015–2021 sekä ennuste vuosille 2022–2025. (Lähde Trafikanalys 2022 a)

Ruotsissa on myös tehty ennusteisiin liittyen vuonna 2021 selvitys, johon on koottu tietoa, miten ulkomaiset toimijat ovat käsitelleet autokannan ennustamisen epävarmuustekijöitä (esim. koronapandemia). (Lähde Trafikanalys 2021)

2.2.2 Pitkän aikavälin ajoneuvokantaennuste

Ruotsin pitkän aikavälin ajoneuvokantaennusteessa on laadittu skenaarioita ajoneuvokannan koosta ja käyttövoimajakaumasta vuonna 2030. Lisäksi on arvioitu näkymiä vuodelle 2050. Pitkän aikavälin ennusteen on laatinut Trafikanalysille IVL Svenska Miljöinstitutet. (Lähteet IVL Svenska Miljöinstitutet 2020 ja Trafikanalys 2020 b)

Ajoneuvokantaennusteessa keskitytään kolmeen suuntaukseen, joita ovat liikenteen sähköistyminen, automaatio ja digitalisaatio. (Lähde Trafikanalys 2018)

Menetelmän periaate

Ruotsin pitkän aikavälin ajoneuvokantamallin ennustemenetelmä koostuu tiedon keräämisestä ja tutkimisesta, HBEFA tieliikenteen päästömallin käyttämisestä ja asiantuntijatyöpajasta. (Lähde IVL Svenska Miljöinstitutet 2020)

Vuoden 2030 ajoneuvokantaa on arvioitu kuudessa osassa:

1. Ajoneuvojen määrät: henkilöautot, pakettiautot, linja-autot ja kuorma-autot
2. Käyttövoimat ajoneuvoluokittain
3. Hiilidioksidipäästöt ajoneuvoluokissa käyttövoimittain
4. Ajoneuvojen ikä käyttövoimittain
5. Ajoneuvon paino käyttövoimittain

6. Henkilöautojen omistusmuodot

(Lähde IVL Svenska Miljöinstitutet 2020)

Ajoneuvokannan kokoa on arvioitu edellisten noin kymmenen vuoden ajoneuvokannan ja kansallisten liikenne-ennusteiden muuttujien perusteella, joita on käytetty vuoden 2030 ennusteiden perustana. Ennustetietojen yleisiä parametrejä ovat väestö, työntekijöiden määrä, bruttokansantuotteen kehittyminen ja liikennesuorite. Bruttokansantuotteen kehittämisessä on otettu huomioon Konjunkturinstitutetin (Ruotsin taloustutkimusinstituutti) talousennuste ja Euroopan unionin skenaariot. Liikennesuorite on saatu Trafikverketin (Ruotsin väyläviranomainen) perusennusteesta (Lähde IVL Svenska Miljöinstitutet 2020)

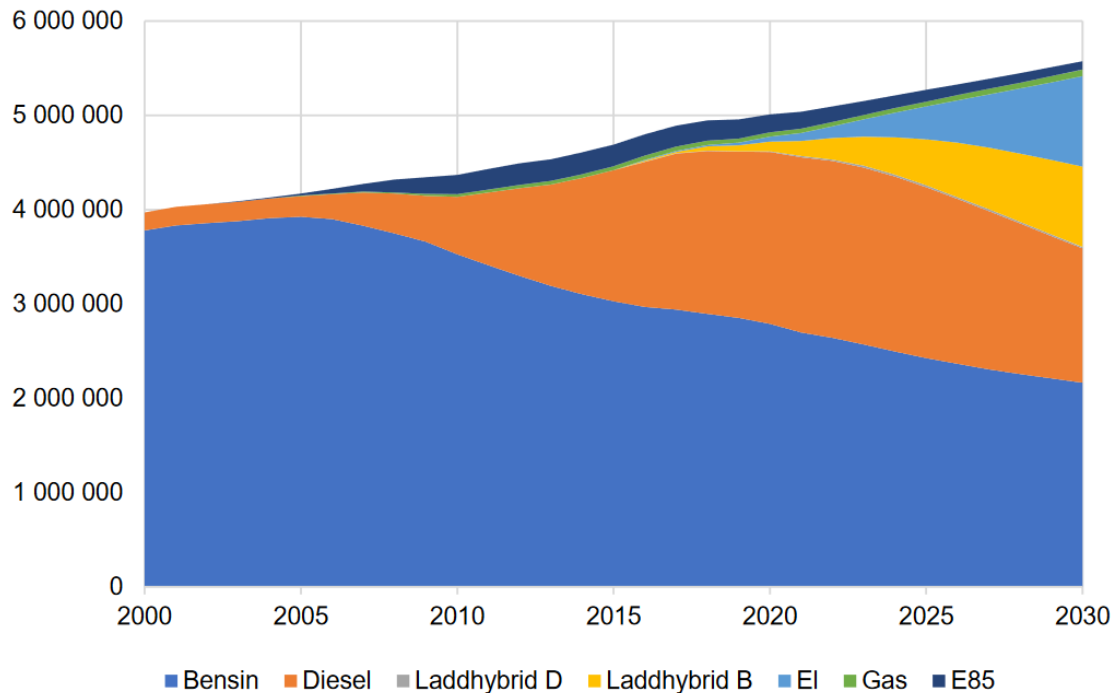
Ajoneuvojen käyttövoimajakaumat on arvioitu ajoneuvoluokittain perustuen muihin ennusteisiin, skenaarioihin ja arvioihin, Ruotsin ja Euroopan unionin ohjauskeinoihin, trendeihin, aikaisempiin tilastoihin, asiantuntijalausuntoihin ja ennusteen laatimisen yhteydessä pidettyyn asiantuntijatyöpajaan. Käyttövoimakaukia arvioitaessa on arvioitu ensisijaisesti ladattavien autojen kehitys ja jakautuminen täyssähköautojen ja ladattavien hybridien välillä. Toisena on arvioitu kaasu- ja etanoliautojen määrät ja kolmantena dieselautojen määrä, jonka oletetaan vähenevän. Jäljellä jäävä osuus autoista on bensiiniautoja (henkilöautot). (Lähde IVL Svenska Miljöinstitutet 2020)

Ajoneuvojen päästökertoimina käytetään HBEFA-mallin tietoja (The Handbook of Emission Factors for Road Transport). HBEFA on alun perin kehitetty Saksan, Sveitsin ja Itävallan ympäristönsuojeluvirastojen käyttöön, mutta sitä käyttävät nykyään myös Ruotsin, Norjan ja Tanskan viranomaiset sekä Euroopan komission yhteinen tutkimuskeskus (JRC, Joint Research Centre). HBEFA sisältää tulevien vuosien hiilidioksidipäästökertoimet ja muut tiedot, kuten ajoneuvojen ensirekisteröintien määrät ja romutusiät, voidaan syöttää malliin. Mallissa on otettu huomioon lakisääteiset päästövaatimukset ja siinä on myös otettu huomioon maakohittaiset tieolosuhteet. Mallissa ajoneuvoluokat on jaettu ajoneuvotyyppin, moottorin, käyttövoiman ja ajoneuvon painon mukaan. Päästötulokset saadaan laskettua mallin avulla, jonka jälkeen ne käydään läpi ja vahvistetaan asiantuntijatyöpajassa. (Lähteet HBEFA ja IVL Svenska Miljöinstitutet 2020)

Ennusteen laadinnan yhteydessä pidettyyn työpajaan osallistui asiantuntijoita yhteiskunnan eri toimijoista, joilla oli tietoa ja kiinnostusta ajoneuvokannan kehitymisestä. Työpajan tulosten perusteella tehtiin pieniä muutoksia ajoneuvojen määrään ja jakaumiin. (Lähde IVL Svenska Miljöinstitutet 2020)

Tulokset

Ruotsin pitkän aikavälin ajoneuvokantaennusteet tulokset on esitetty Trafikanalysin vuonna 2020 julkaisemassa raportissa Vägfordonsflottans utveckling till år 2030. Ennuste on tehty henkilöautoille, pakettiautoille, kuorma-autoille ja linja-autoille vuodelle 2030 ja se sisältää ajoneuvojen lukumäärät käyttövoimittain. Raportissa tulokset on esitetty kuvaajina, joista on esitetty seuraavana esimerkkikuvaaja henkilöautojen lukumäärästä käyttövoimittain. (Kuva 16) (Trafikanalys 2020 b)



Figur 4.2. Utvecklingen av personbilsflottans sammansättning med avseende på drivlina, från år 2000 till idag, och med bedömning från idag till år 2030.
Källa: IVL 2020.

Kuva 16. Esimerkki Ruotsin pitkän ajan ajoneuvokantamallin tulostulokuvasta: henkilöautojen lukumäärät käyttövoimittain vuosina 2000–2019 ja ennuste vuosille 2020–2030. (Lähde Trafikanalys 2020 b)

Vuoden 2050 näkymiä on tarkasteltu lyhyesti käyttövoimajakauman ja digitalisaation näkökulmasta. (Trafikanalys 2020 b)

2.3 Norjan ajoneuvokantamalli

Norjassa ajoneuvokantamallin on laatinut vuonna 2016 Transportøkonomisk institutt (TØI), Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning, joka on Norjan liikennetieteilinstitutiin tutkimuskeskus. Ennusteen tulokset on esitetty Transportøkonomisk instituttin raportissa Kjøretøyparkens utvikling og klimagassutslipp - Framskrivinger med modellen BIG. Ajoneuvokantaa ennustetaan vuoteen 2050 saakka kahdella eri skenaariolla, jotka ovat trendiennuste ja erittäin vähäpäästöinen ennuste. (Lähde Transportøkonomisk institutt 2016)

Trendiennusteessa oletetaan, että vuonna 2030 henkilöautoista 75 % on täyssähköautoja ja 25 % ladattavia hybridejä. Trendiennusteen mukaan uusia polttomoottorihenkilöautoja ja ladattavia hybridihenkilöautoja ei myydä enää uutena vuonna 2030 ja vuoteen 2030 mennessä 37,5 % uusista pakettiautoista olisi täyssähkö- tai vetyautoja. (Lähde Transportøkonomisk institutt 2016)

Erittäin vähäpäästöinen ennuste perustuu Norjan kansallisen liikennesuunnitelman perusennusteeseen (NTP 2018–2029). Liikennesuunnitelmassa ennustetaan, että vuodesta 2025 alkaen kaikki uudet henkilöautot ja linja-autot sekä vuoteen 2030 mennessä myös pakettiautot ovat täyssähkö- tai vetyautoja. Lisäksi on ennustettu, että vuodesta 2025 alkaen 75 % uusista kaupunkilinja-autoista ja puolet uusista kuorma-autoista on täyssähkö- tai vetyautoja. (Lähde Transportøkonomisk institutt 2016)

2.3.1 Trendiennuste

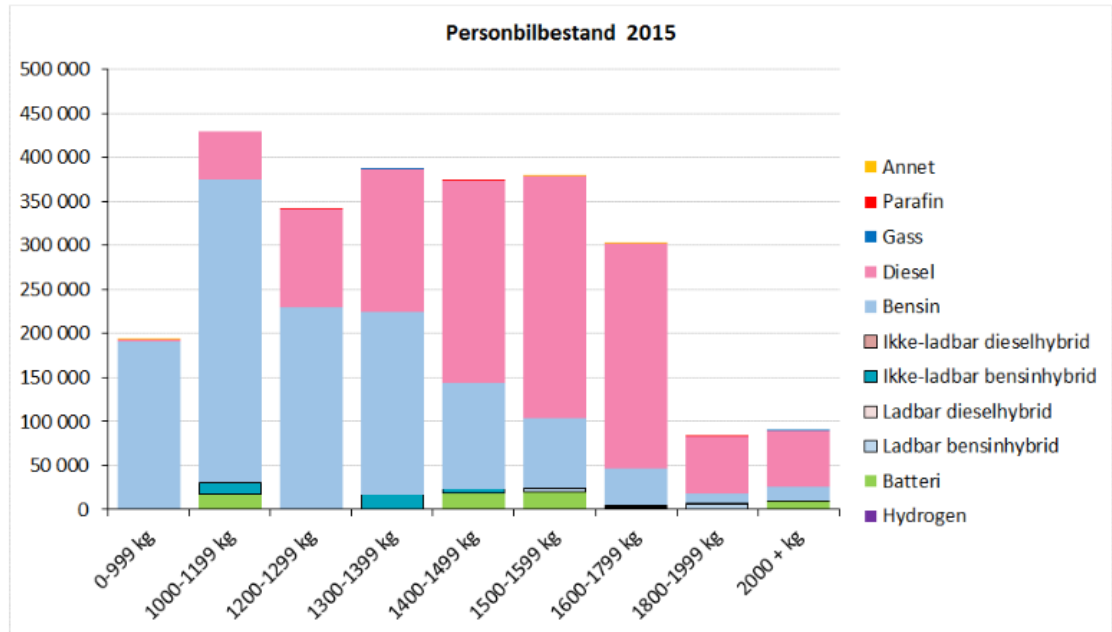
Norjan ajoneuvokantamallin trendiennusteessa uusien ajoneuvojen markkina-osuuksien ennustetaan säilyvän tulevaisuudessa suunnilleen ennustetta edeltävien vuosien tasolla. (Lähde Transportøkonomisk institutt 2016)

Menetelmän periaate

Norjassa ajoneuvokantaa ennustetaan varanto-virta-mallilla (stock-flow-model) (mallin norjankielinen nimi on BIG-5.2). Mallissa varanto on tietyn vuoden ajoneuvokanta, joka perustuu edellisen vuoden ajoneuvokantaan. Varantoa lisääviä virtoja ovat uutena ensirekisteröidyt ajoneuvot ja käytettynä maahan tuodut ajoneuvot. Varantoa vähentäviä virtoja mallissa ovat varannosta poistuneet ajoneuvot, joista osa viedään ulkomaille käytettyinä ja osa romutetaan. Varantoa lisäävät ja varannosta poistuneet ajoneuvot käsitellään ajoneuvoluokittain, painoluokittain ja käyttövoimittain. Malliin lisätään ajoneuvojen ajomäärät, polttoaineen kulutukset ja hiilidioksidipäästöt ym. tarvittavat tiedot. (Lähde Transportøkonomisk institutt 2016)

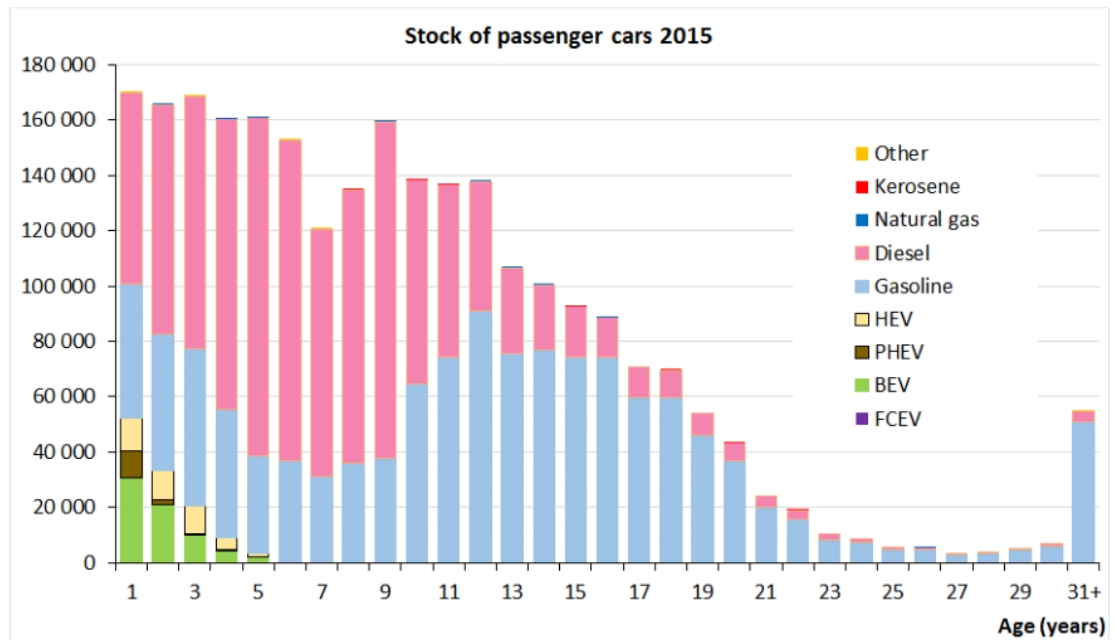
Mallissa henkilöautot, linja-autot ja tavaraliikenteen autot ryhmitellään ristiin ryhmitelyihin segmentteihin käyttövoimittain, painoluokittain ja ikäluokittain. Segmenttejä ovat (Lähde Transportøkonomisk institutt 2016)

- Henkilöautot, yhteensä 99 segmenttiä
 - 11 käyttövoimaa
 - Yhdeksän painoluokkaa: oma paino 0–999, 1000–1 199, 1200–1299, 1300–1399, 1400–1499, 1500–1599, 1600–1799, 1800–1999 ja 2000 kg tai enemmän (Kuva 17)
 - 31 ikäluokkaa (Kuva 18)
- Linja-autot, yhteensä 44 segmenttiä
 - 11 käyttövoimaa
 - Neljä kokonaispainoluokkaa: suurin sallittu kokonaispaino 0–5000, 5001–14999, 15000–26999 ja 27000 tonnia tai enemmän
 - 31 ikäluokkaa
- Tavaraliikenteen autot (perävaunuttomat ja perävaunulliset kuorma-autot), yhteensä 99 segmenttiä
 - 11 käyttövoimaa
 - Yhdeksän kokonaispainoluokkaa: suurin sallittu kokonaispaino 0–3,5, 3,5–7,5, 7,5–12, 12–20, 20–30, 30–40, 40–50, 50–60 ja 60 tonnia tai enemmän
 - 31 ikäluokkaa
- Matkailuautot ja erikoisautot, yhteensä kaksi segmenttiä
 - 31 ikäluokkaa.



Kuva 17. Esimerkki Norjan henkilöautokannasta vuoden 2015 lopussa painoluokittain ja käyttövoimittain. (Lähde Transportøkonomisk institutt 2016)

Ikäluokkia on yhteensä 31, joista 1–30 vuotta vanhat autot ovat yhden vuoden ikäluokissa ja viimeisessä ikäluokassa ovat vähintään 31 vuotta vanhat autot (Kuva 18, esimerkki henkilöautoista). Lähtötietona käytetään ajoneuvorekisteritietoja viimeisimmiltä vuosilta. (Lähde Transportøkonomisk institutt 2016)



Kuva 18. Esimerkki Norjan henkilöautokannasta käyttövoimittain ja ikäryhmittäin vuoden 2015 lopussa. (Lähde Transportøkonomisk institutt 2016)

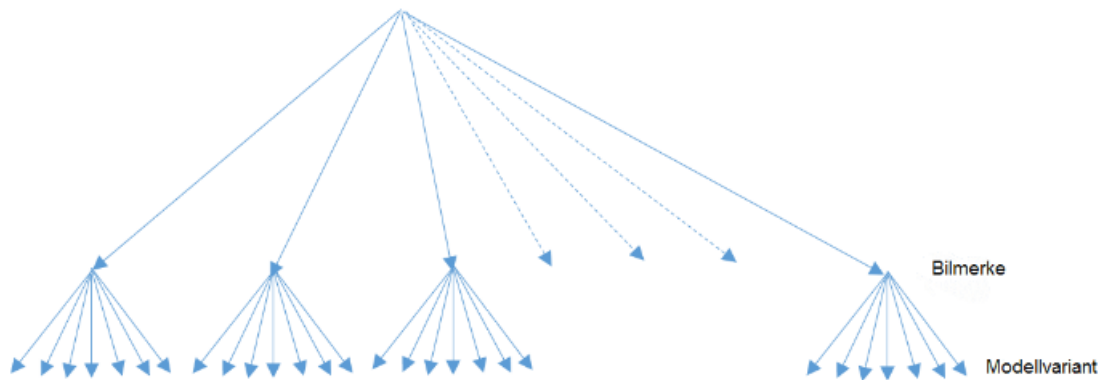
Ajoneuvoluokasta riippuen autojen käyttövoimaluokkia on yhteensä enintään 11:

- Bensiinautot
- Dieselautot
- Täyssähköautot
- Ladattavat bensiinihybridit
- Ladattavat dieselhybridit

- Bensiinihybridit (ei ladattavat)
- Dieselhybridit (ei ladattavat)
- Vetytolttokennoautot
- Kaasuautot
- Petroliautot
- Muun käyttövoiman polttomoottoriautot.

(Lähde Transportøkonomisk institutt 2016)

Uusien autojen myynti on laskettu mallissa kaksitasoisella hierarkkisella logittimallilla, joka on tehty viiden aiemman vuoden myyntitietojen perusteella. Alimmalla tasolla olevien malliversioittainen autojen saatavuus ja autojen ominaisuudet ja hinnat auttavat määrittämään yksittäisten automerkkien houkuttelevuuden ja markkinaosuuden. Alimmalla tasolla malli on erittäin yksityiskohtainen ja automalliversioita mallissa on muutamia tuhansia. (Kuva 19) (Lähde Transportøkonomisk institutt 2016)

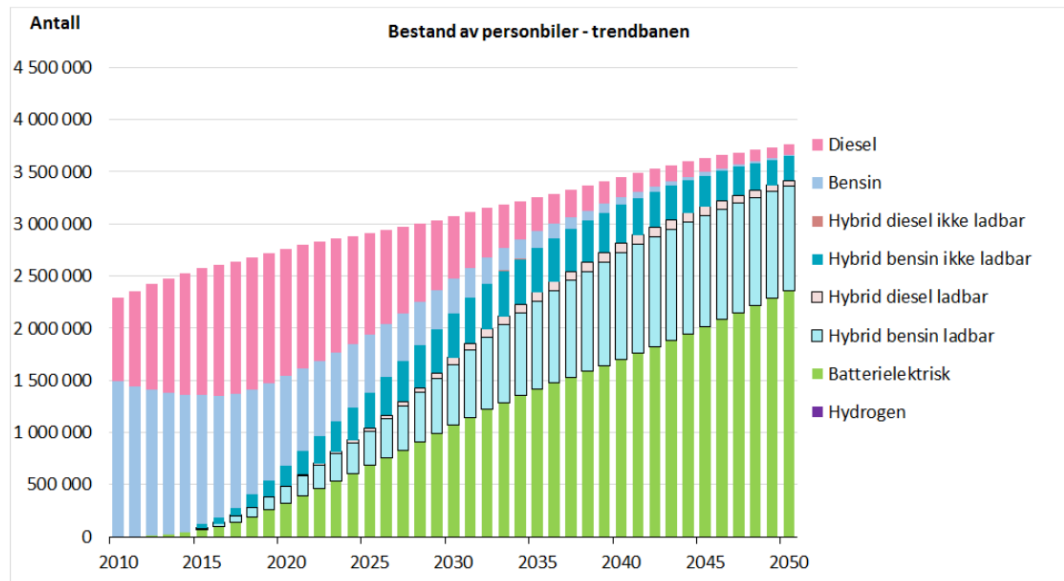


Kuva 19. Norjan ajoneuvokantamallin autonostomallin hierarkkinen rakenne. (Lähde Transportøkonomisk institutt 2016)

Mallin matemaattinen laskentaperiaate on esitetty yksityiskohtaisesti Transportøkonomisk instituttin raportissa ja sen tiivistelmässä. (Lähteet Norwegian Centre for Transport Research ja Transportøkonomisk institutt 2016)

Tulokset

Norjan ajoneuvokantamallin tulokset on esitetty useina kuvaajina ja taulukoina. Trendiennusteen tuloskuvaajista ja -taulukoina on esitetty seuraavissa kuvissa kaksi esimerkkiä henkilöautoista (Kuva 20 ja Kuva 21). Noin satasivuisessa raportissa on esitetty tuloksina vuoteen 2050 ulottuvien käyttövoimittaiten ja ajoneuvoluokittaiten ajoneuvokantaennusteiden lisäksi runsaasti taustatietoa. (Lähde Transportøkonomisk institutt 2016)



Figur 3.14 Observeret og framskrevet *bestand av personbiler*, etter drivstoff/energibærer. *Trendbane* basert på videreføring av markedsutviklingen 2010-2015.

Kuva 20. Esimerkki Norjan trendiennusteen tulostulokuvaaajista: henkilöautojen lukumäärät käyttövoimittain vuosina 2010–2015 ja ennuste vuosille 2020–2050. (Lähde Transportøkonomisk institutt 2016)

Tabell A.3 Bestand av personbiler ved utgangen av året, etter drivstoff/energibærer. Trendbanen

År	Bensin	Diesel	Batteri	Ladbar hybrid	Ikke-ladbar hybrid	Hydrogen	Gass	Annet drivstoff
2010	1 492 704	799 521	2 068	0	85	19	27	25
2015	1 237 057	1 220 981	68 995	12 136	39 088	19	129	19
2020	855 735	1 219 995	323 553	167 254	191 857	22	162	14
2025	558 501	967 939	680 730	360 550	342 963	22	165	10
2030	330 292	600 125	1 068 245	646 887	428 398	20	126	5
2035	160 686	325 028	1 415 143	928 900	426 257	13	77	2
2040	72 151	195 932	1 703 592	1 112 749	364 964	8	43	1
2045	31 593	134 562	2 013 799	1 152 107	297 516	5	21	0
2050	13 021	98 380	2 354 783	1 059 409	233 927	2	9	0

Kuva 21. Esimerkki Norjan trendiennusteen tulostaulukosta: henkilöautojen lukumäärät käyttövoimittain vuosina 2010–2015 ja ennuste vuosille 2020–2050. (Lähde Transportøkonomisk institutt 2016).

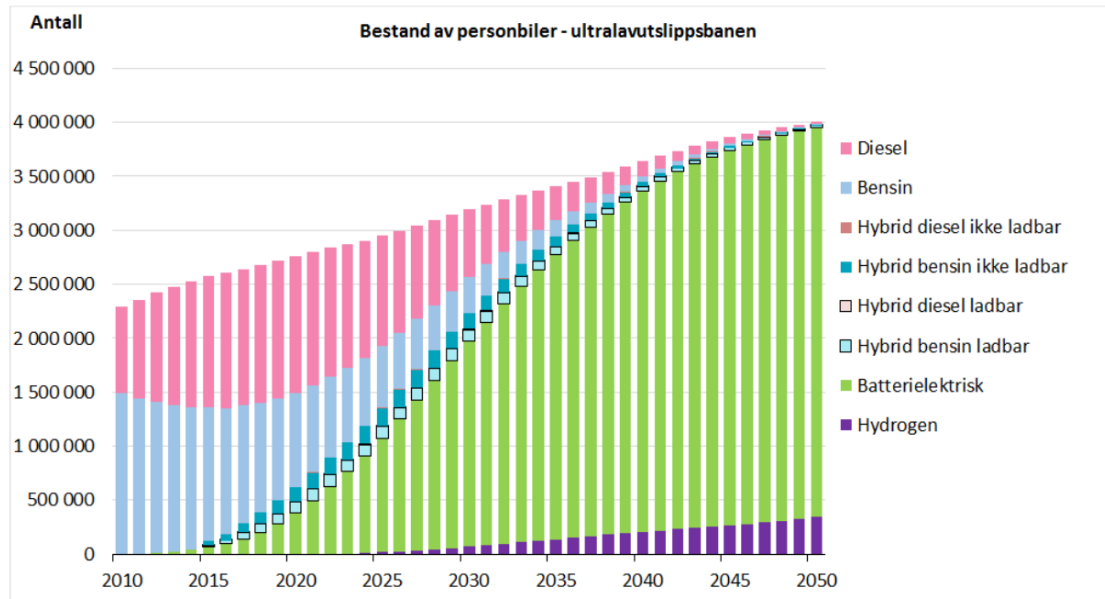
2.3.2 Erittäin vähäpäästöinen ennuste

Menetelmän periaate

Erittäin vähäpäästöisen ennusteen menetelmän periaate on samanlainen kuin trendiennusteen menetelmän periaate, joka on kuvattu luvussa 2.3.1.

Tulokset

Norjan ajoneuvokantamallin erittäin vähäpäästöinen ennuste perustuu Norjan kansallisen liikennesuunnitelman perusennusteeseen (NTP 2018–2029). Erittäin vähäpäästöisen ennusteen tulostulokuvaaajista ja -taulukoista on esitetty seuraavissa kuvissa kaksi esimerkkiä henkilöautoista (Kuva 22 ja Kuva 23). (Lähde Transportøkonomisk institutt 2016)



Figur S.4 Observert og framskrevet *bestand av personbiler*, etter drivstoff/ energibærer. *Ultralavutslippsbane* i samsvar med måltall i grunnlagsdokumentet for NTP 2018-2029.

Kuva 22. Esimerkki Norjan erittäin vähäpäästöisen ennusteen tulostaulukoista: henkilöautojen lukumäärät käyttövoimittain vuosina 2010–2015 ja ennuste vuosille 2020–2050. (Lähde Transportøkonomisk institutt 2016)

Tabell B.3 Bestand av personbiler ved utgangen av året, etter drivstoff/ energibærer. Ultralavutslippsbanen

År	Bensin	Diesel	Batteri	Ladbar hybrid	Ikke-ladbar hybrid	Hydrogen	Gass	Annet drivstoff
2010	1 492 704	799 521	2 068	0	85	19	27	25
2015	1 237 057	1 220 981	68 995	12 136	39 088	19	129	19
2020	871 805	1 263 550	377 987	107 992	137 687	374	170	15
2025	571 155	1 020 751	1 058 034	111 872	169 117	16 591	148	10
2030	329 243	627 367	1 901 929	118 774	146 493	68 037	98	5
2035	149 564	315 364	2 634 358	83 373	89 635	136 801	43	3
2040	55 153	140 470	3 159 089	43 628	37 311	206 485	14	1
2045	20 049	59 417	3 472 458	28 389	14 244	266 656	6	0
2050	7 287	24 032	3 607 597	14 684	6 013	348 616	3	0

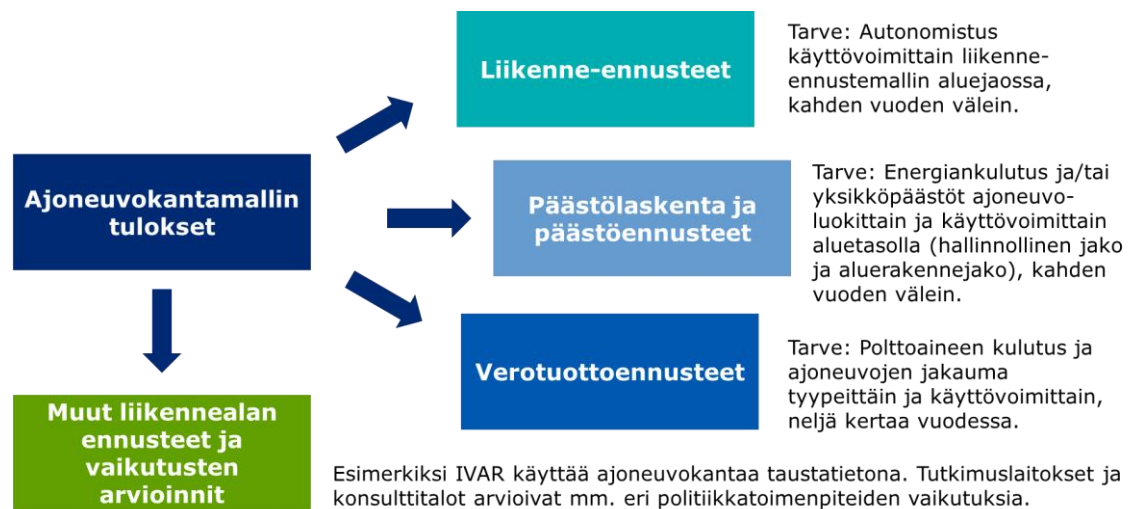
Kuva 23. Esimerkki Norjan erittäin vähäpäästöisen ennusteen tulostaulukoista: henkilöautojen lukumäärät käyttövoimittain vuosina 2010–2015 ja ennuste vuosille 2020–2050. (Lähde Transportøkonomisk institutt 2016)

3 Keskeiset tarpeet ja toteuttamisen prosessi

Tietoja ajoneuvokantamallin tarpeista ja kehityskohteista kerättiin sidosryhmiltä työn aikana alkuvuonna 2023 järjestetyissä työn aloitustilaisuudessa, työpajassa ja keskustelutilaisuuksissa. Työpajaan osallistui yhteensä noin 20 henkilöä Liikenne- ja viestintävirasto Traficomista, Väylävirastosta, HSL:stä, SYKEstä, VTT:ltä, VATT:sta ja Tilastokeskukselta. Keskustelutilaisuudet pidettiin liikenne- ja viestintäministeriön sekä valtiovarainministeriön edustajien kanssa.

Tähän lukuun on koostettu työpajassa ja keskustelutilaisuuksissa esiin nousseita ajoneuvokantamalliin liittyviä asioita.

3.1 Keskeiset käyttökohteet



Kuva 24. Esiselvityksessä tunnistetut ajoneuvokantamallin tuloksien keskeiset käyttökohteet

Traficomin parhaillaan laatima uusi **valtakunnallinen liikenne-ennustemallijärjestelmä** tarvitsee lähtötietona ainakin autonomistuksen (autoa/1000 hlö) liikenne-ennustemallin käyttämässä aluejaossa (hieman alle 10 000 aluetta). Lisäksi tulisi tietää näiden autojen käyttövoimajakaua, mutta tähän riittää karkeampi aluejako, esimerkiksi maakuntataso. Liikenne-ennusteiden kannalta parempi vaihtoehto olisi, että autonomistus ja autokanta olisivat kytketty suoraan liikenne-ennustemallin alue- ja henkilöominaisuuksiin (mm. eri kulkutapojen saavutettavuus, tulotaso, ikä, sukupuoli) siten, että autot voitaisiin sijoitella suoraan mallijärjestelmän synteettiselle väestölle. Valtakunnallisia liikenne-ennusteita käytetään laajasti mm. Valtakunnallisen liikennejärjestelmäsuunnitelman (Liikenne 12) laadinnassa ja taustaselvityksissä sekä hankearvioinneissa. Toinen vaihtoehto on, että ajoneuvokantamalli tuottaa yleisempää tietoa ja liikenne-ennustemallijärjestelmän yhteyteen rakennetaan erillinen autonomistusmalli. Järkevämpää kuitenkin olisi, että ajoneuvokantamalli tuottaisi tarvittavan tiedon mahdollisimman pitkälle.

Liikenteen päästöennusteet ja päästölaskenta sekä muu ympäristövaikutusten arviointi tarvitsevat myös taustalleen ajoneuvokantamallin. Ajoneuvokantamallin tulisi tuottaa lopputuloksena ainakin käyttövoimakohmainen energiankulutus sekä päästökertoimet (g/km). Alueellinen taso auttaisi alueellisissa päästölaskennoissa ja -ennusteissa, joita toteutetaan mm. osana kuntien ja maakuntien ilmastotiekarttatöitä. Tulosten olisi hyvä olla vähintään maakuntatasoisia,

mieluummin kuntatasoisia. Myös aluerakenteeseen perustuvat tulokset olisivat hyödyllisiä, esimerkiksi kaupunki-maaseutu-luokittelun mukaiset tulokset.

Verotuottoennusteita varten tarvitaan tiedot ajoneuvojen polttoaineen kulutuksesta nykytilanteessa ja ennustetilanteissa, minkä lisäksi ajoneuvokannan mallintamisessa tulisi ottaa huomioon ajoneuvojen omistustiedot (omistaja ja ajoneuvon tarkempi tyyppi). Verotuottoennusteen taustalla oleva ajoneuvokantaennusteen sähköautojen määrä ei saisi perustua poliittiseen tavoitteeseen vaan määrän tulisi perustua lähtötietojen avulla saatuun ennusteeseen. Tällaisia lähtötietoja voisivat olla esimerkiksi tiedot sähköautojen ostajista ja heidän edustavuudestaan väestössä. Verotuottoennustetta varten tarvittaisiin myös tietoa ajoneuvojen poistumisesta ajoneuvokannasta.

Muita tunnistettuja käyttökohteita ovat mm. Investointihankkeiden Vaikutusten ARviointiohjelmisto IVAR, joka käyttää laskennan taustatietoina ajoneuvokantaan liittyviä tietoja. Lisäksi tutkimuslaitokset ja konsulttitalot käyttävät ajoneuvokantaennusteita ja -mallinnuksia erilaisten toimenpiteiden vaikutusten arviointiin.

3.2 Keskeiset ominaisuudet

3.2.1 Yleisesti tunnistettuja tarpeita



Kuva 25. Mallille tunnistettuja yleisiä tavoitteita

Sidosryhmäkeskusteluissa tunnistettiin, että valtakunnallisen ajoneuvokantaennusteen olisi hyvä olla mahdollisimman läpinäkyvästi rakennettu, avoimesti saatavissa ja selkeästi dokumentoitu.

Tärkeäksi tunnistettiin, että mallin tuottaman perusennusteen tulokset (mm. ajoneuvojen määrä ja käyttövoimajakauma) olisivat lähtötiedoista ennustettuja sen sijaan, että ne perustuisivat asetettuun tavoitteisiin, josta johdettaisiin kehitystä takaisin tähän päivään. Skenaarioiden luomisen tulisi kuitenkin mahdollistaa tavoitetasojen määrittäminen, jotta voidaan arvioida, millaista kehitystä erilaiset tavoitetasot edellyttäisivät.

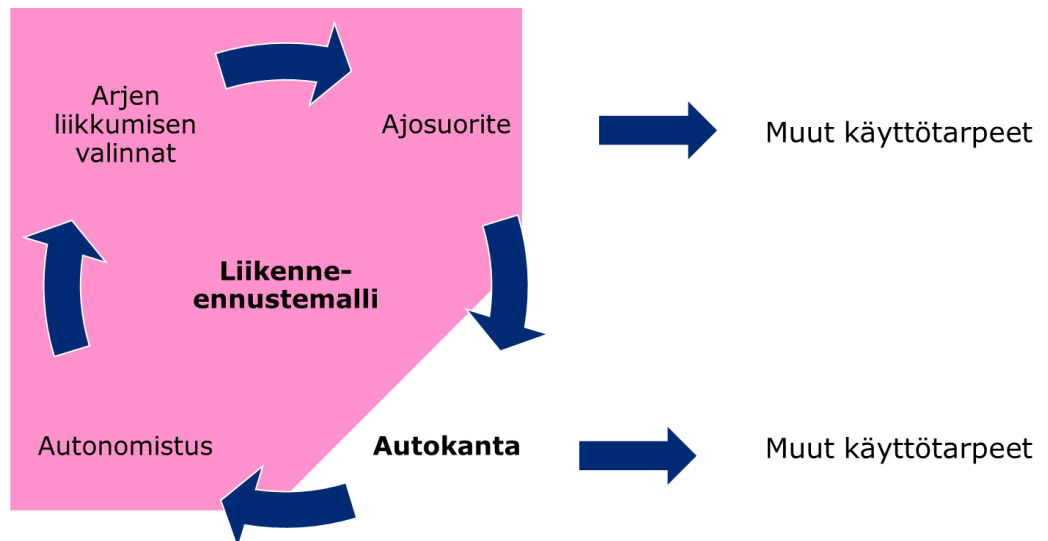
Virallisen ennusteen olemassa olemisen ei myöskään tule rajoittaa tutkimuslaitosten tai muiden toimijoiden mahdollisuuksia laatia omia mallijärjestelmiään, ennusteitaan tai skenaarioita. Keskeistä kuitenkin on, että valtion toimijat käyttävät samaa perusuraennustetta omissa arvioissaan.

Ajoneuvokantamalli olisi hyvä toteuttaa niin, että sen tuloksia voidaan jakaa niitä tarvitseville rajapintojen kautta. Lisäksi mallin tulisi pyöriä niin, että tietosuojaan piirissä olevat lähtötiedot eivät pyöri sellaisenaan mallin sisällä vaan jos tietosuo- jattua tietoa käytetään mallin osana, siitä pystyttäisiin erillisenä prosessina tuot- tamaan mallin käyttöön tuleva aineisto, jonka on mahdollista olla julkinen.

3.2.2 **Liityntä uuteen valtakunnalliseen liikenteen ennustemallijärjestel- mään**

Suomessa nyt käytössä olevat ajoneuvokantamallit käyttävät keskimääräistä suo- ritetietoa, joka useimmin perustuu toteumatietoihin autojen iästä ja käyttövoi- mista. Mallit ovat hyödyntäneet suoritetietoa energiankulutuksen laskentaan. Edelleen energiankulutuksen avulla on laskettu kasvihuonekaasupäästöjen määrä sekä päästökertoimet. Mahdollista olisi myös kytkeä henkilön kilometrisuorite au- ton ostopäätökseen, sillä todennäköisemmin paljon ajavat omistavat uudemman auton.

Valtakunnallisen liikenne-ennustemallin valmistuttua tarkempi kytkentä liikenne- ennusteiden ja ajoneuvokantamallin välillä on mahdollinen ja myös toivottava. Koska molemmat vaikuttavat toiseen, tarvitsisi tarkan tuloksen saaminen iteroimista näiden kahden mallijärjestelmän välillä. Tämän esiselvityksen aikana todettiin, että mallijärjestelmien kytkeytyminen toisiinsa ja niiden tulostenajoprosessien ite- ratiivisuus pohditaan tarkemmin myöhemmässä vaiheessa. Tavoitteellista kuiten- kin on, että järjestelmien välillä on jonkinlainen, vähintään puoliautomaatioon pe- rustuva iteratiivinen yhteys.



Kuva 26. Liikenne-ennustemallissa olemassa oleva autokanta vaikuttaa autonomistukseen ja sen kautta liikkumisen valintoihin ja ajosuoritteeseen, joka edelleen vaikuttaa autokantaan. Lisäksi ajosuorite- ja autokantatietoja molempia käytetään lähtötietoina muissa arvi- oissa. Tärkeäksi tunnistettiin, että liikennemallissa ajosuorite ja autokanta vaikuttavat toi- siinsa edes jollain tavalla.

3.2.3 **Liityntä päästölaskentaan**

Viimeisimpien virallisten autokantaennusteiden lopputuloksina on ilmoitettu liikene- nekäytössä olevien ajoneuvojen lukumäärän lisäksi myös ennusteen autokantaa vastaavan suoritteen, energian käytön ja kasvihuonekaasupäästöjen ennusteet. Suoritteet on määritelty keskimääräisinä perustuen toteumatietoihin eri ikäisillä ja

eri käyttövoimien autoilla. Lisäksi suoritteissa on huomioitu aina uusin valtakunnallinen liikenne-ennuste. Energiankulutuksen ennuste on perustunut pääasiassa käyttövoimajakaumaan sekä eri ikäisten autojen oletettuun energiankulutukseen.

Kuten edellisessä luvussa tuotiin ilmi, jonkinlainen yhteys tulevaan valtakunnalliseen liikenne-ennustemallijärjestelmään olisi tarpeellista rakentaa. Tällöin suoritetieto saataisiin kasvihuonekaasupäästölaskentaa varten tarkemmaksi. Tämän selvityksen aikana on tunnistettu, että jos valtakunnallista ajoneuvokantamallia lähdetään rakentamaan, kannattaa samassa yhteydessä rakentaa myös kasvihuonekaasupäästöt ennustava osa, jotta laskentaa ei tarvitsisi tehdä erikseen. Järkevää olisi rakentaa myös muut päästöt ja ympäristövaikutukset huomioiva osa. Mallin olisi kuitenkin hyvä tulostaa myös tietoja, joiden avulla muut tahot voivat halutessaan tehdä päästölaskentaa ja skenaarioita. Tällaisia tietoja voisivat olla esimerkiksi ajoneuvoluokkakohtaiset keskimääräiset päästökertoimet.

3.2.4 Mallin aikajänne

Sidosryhmäkeskusteluissa tunnistettiin, että ajoneuvokantaennusteen olisi hyvä ulottua n. 30–40 vuoden päähän. Maakuntakaavoissa liikenne-ennustemallia käytettäessä aikajänne on usein jopa 50 vuotta. Ajoneuvokantaennuste voi kuitenkin olla epätarkempi loppupään vuosille ja sen ulottuminen vuoteen 2060 tunnistettiin järkeväksi, sillä uusimmat valtakunnalliset ennusteet ulottuvat tällä hetkellä sinne asti. Keskusteluissa nähtiin hyvänä, että lopulliset tulokset saataisiin aikasarjana.

Ennusteelle tunnistettiin käyttötärpeita myös niin, että se olisi dynaaminen ja jopa jatkuvasti päivittyvä. Julkishallinnon tarpeisiin tarvitaan kuitenkin seuraavaan päivitykseen asti staattisena pysyvä ennuste, jotta erilaisia arvioita voidaan pohjata samaan ennusteeseen. Tämä on tärkeää, jotta vertailukelpoisuus säilyy. Vaikka ajoneuvokantamalli rakennettaisiin niin, että se pystyisi huomioimaan ajoneuvokannassa tai muissa lähtötiedoissa tapahtuvat muutokset lähes reaaliaikaisesti, tulee silti sopia prosessista, jonka mukaan tuotetaan virallinen valtakunnallinen ajoneuvokantaennuste, jota julkiset tahot käyttävät omien arvioidensa perusurana.

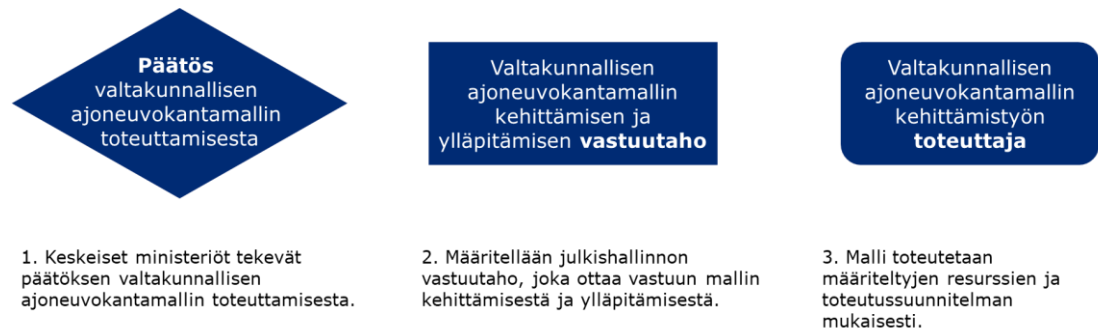
3.3 Ajatuksia valtakunnallisen mallin toteuttamisen prosessista

3.3.1 Keskeiset tahot ja päätöksenteko

Julkishallinnon tarpeita on tunnistettu kolmella eri hallinnon alalla, mistä johtuen ajoneuvokantamalliin liittyvät keskeisesti liikenne- ja viestintäministeriö, valtiovarainministeriö sekä ympäristöministeriö. Jos valtakunnallisesti mallista halutaan sellainen, että se palvelee sujuvasti kaikkia tunnistettuja tarpeita, olisi hyvä, että valtakunnallisen mallin kehittäminen ja ylläpito olisi näiden ministeriöiden yhteisesti sopima ja resursoima. Vaihtoehtoisesti vain kaksi tai yksi näistä ministeriöistä voi päättää edistää ajoneuvokantamallin toteuttamista oman hallinnon alansa tarpeisiin.

Jos päätös etenemisestä ja mallin rakentamisesta saadaan tehtyä, tulee osoittaa mallille vastuutaho sekä riittävät resurssit mallin rakentamista ja ylläpitoa varten. Vastuu voi olla ministeriöillä itsellään tai se voidaan osoittaa jollekin virastolle. Tässä esiselvityksessä on tunnistettu, että Traficom on yksi potentiaalinen taho, sillä Traficom ylläpitää ajoneuvorekisteriä ja vastaa valtakunnallisen liikenne-ennustemallijärjestelmän kehittämisestä ja ylläpidosta.

Malli voitaisiin toteuttaa joko vastuutahon omana työnä tai ostopalveluna. Ostopalveluna potentiaalisia toteuttajia voisivat olla esimerkiksi aiemmin Suomessa ajoneuvokantamalleja toteuttaneet tahot, kuten yliopistot ja tutkimuslaitokset, jotka mahdollisesti pystyisivät hyödyntämään mallin rakentamisesta heillä jo olevia malleja. Joka tapauksessa toteuttamisvaiheeseen olisi hyvä kytkeä laajasti eri alojen asiantuntemusta, jotta malli varmasti palvelisi kaikkia käyttötarkoituksia. Liikenneosaamisen lisäksi keskeisiä näkökulmia olisivat ainakin kansantalouden ja verotuksen ymmärrys sekä ympäristöpolitiikka.



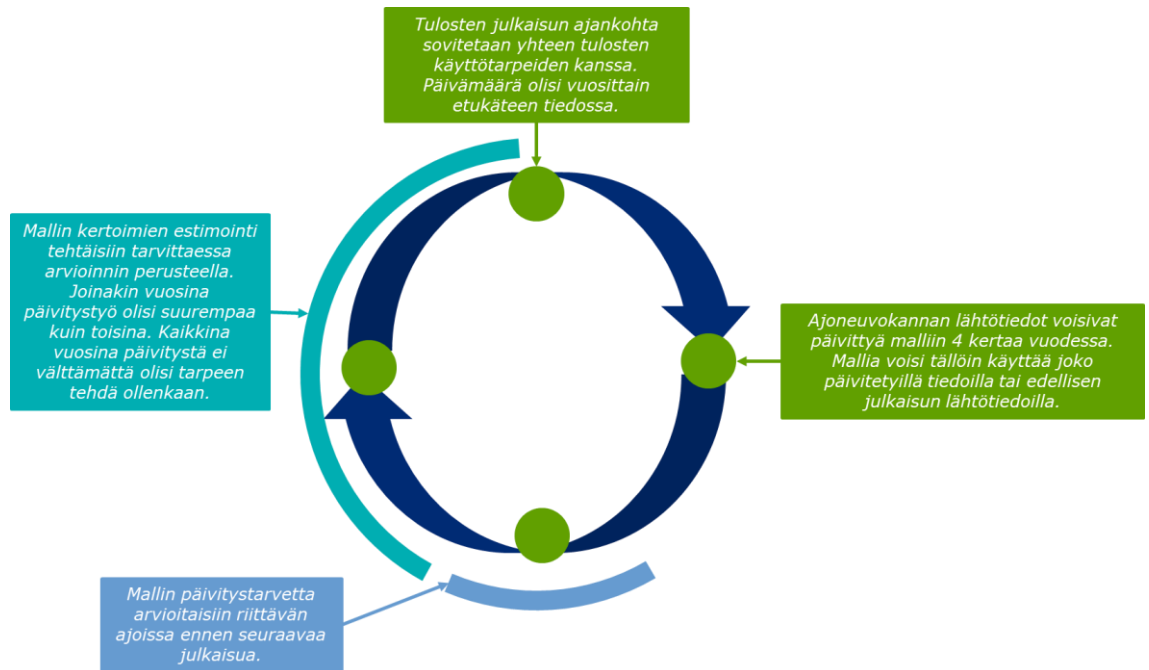
Kuva 27. Valtakunnalliseen ajoneuvokantamalliin liittyen tarvitaan päätös toteuttamisesta, vastuutahosta ja toteuttajasta.

3.3.2 Päivitysfrekvenssi ja vuosikello

Verotuottoennusteet päivitetään neljä kertaa vuodessa. Ilmastoraportointia tehdään kahden vuoden välein ja myös liikenne-ennusteet on aiemmin julkaistu noin kahden vuoden välein. Jatkossa ennusteita voidaan julkaista myös tiheämmin.

Huomioiden kuinka nopeasti syksyllä 2021 julkaistun ajoneuvokannan valtakunnallisen ennusteen koettiin vanhentuneen, kannattaisi tulevaisuudessa valtakunnallista ennustetta julkaista todennäköisesti vähintään kerran vuodessa. Verotuottoennusteita varten voitaisiin laatia kevyempi ennusteaajon muoto, joka päivittäisi lähivuosien arvioita esimerkiksi vain ajoneuvokannan toteumatietojen osalta tai jonkin muun muuttujan osalta, mutta ei muuttaisi muita lähtöoletuksia. Viimeaikaiset isot kriisit huomioiden ennustejärjestelmä kannattaisi rakentaa niin, että uusi, virallinen ennuste voidaan julkaista nopeutetullakin aikataululla. Tällainen tilanne voisi syntyä esimerkiksi sellaisesta ulkoisesta tekijästä, jolla olisi merkittävä vaikutus ensirekisteröityjen autojen tai käytettynä maahantuotujen autojen määrään.

Ennusteen julkaisuaikataulusta olisi hyvä muodostaa vuosikello, jotta avoimesti olisi tiedossa, milloin päivitettyjä tuloksia on saatavissa. Vuosikelloa muodostettaessa on hyvä huomioida tuloksia käyttävät keskeiset tahot. Liikenne- ja viestintäministeriö on tehnyt yhdessä VTT:n kanssa vuosikelloa, jossa otetaan huomioon kansallisen ja kansainvälisen kasvihuonekaasupäästöraportoinnin aikataulutarpeet ja tätä voidaan yhteensovittaa ajoneuvokantamallin vuosikellon kanssa.



Kuva 28. Esimerkinomainen kuva siitä, miten ajoneuvokantamallin päivitysprosessi voisi toimia.

4 Mallin lähtötiedot ja laskentalogiikka

4.1 Ajoneuvokannan lähtötiedot

4.1.1 Ajoneuvojen tyyppi, koko, ikä ja käyttövoima

Ajoneuvorekisteri toimisi todennäköisesti yhtenä mallin keskeisenä lähtötietona. Ajoneuvorekisteri on Traficomin ylläpitämä viranomaistietokanta, josta löytyvät tiedot kaikista Suomessa olevista rekisteröidyistä ajoneuvoista. Rekisteri sisältää henkilötiedoiksi luokiteltavia tietoja ajoneuvojen omistajista ja haltijoista, mutta suurilta osin tiedot ovat ajoneuvojen teknisiä ominaisuuksia. Rekisteristä julkaistaan neljä kertaa vuodessa avoin data, joka ei sisällä henkilötietoja. Yksi rivi datassa kuvaa yhtä ajoneuvoa ominaistietoineen.

Ajoneuvokannan ennustemallin näkökulmasta mahdollisesti keskeisiä tietoja ovat todennäköisesti ainakin:

- Ajoneuvon tyyppi (56 tietolajia)
- Käyttövoima (48 tietolajia)
- Kunta
- Ensirekisteröintipäivämäärä
- Käyttöönottopäivämäärä
- NECD- ja WLTP-hiilidioksidipäästöt (g/km)
- Matkamittarilukema
- Ajoneuvojen kokonaispituus, korkeus ja leveys

Tietojen avulla on mahdollista kuvata mallille ajoneuvokannan lähtötilanne, esimerkiksi alueellisesti ajoneuvotyypeittäin, käyttövoimittain, kokoluokittain ja ikäluokittain määrät ja päästökertoimet. Mallijärjestelmän rakentamisen yhteydessä ajoneuvorekisterin tietoja voitaisiin tarkistaa ja rekisteriä kehittää niin, että sinne lisättäisiin tietokenttiä, jotka palvelisivat suoraan ennustemallia.

4.1.2 Energiankulutuksen ja päästöjen lähtötiedot

Energiankulutuksen määrittelyssä voitaisiin hyödyntää **HBEFA-tietokantaa** (Handbook emission factors for road transport), jota myös Ruotsin ja Norjan ajoneuvokantamallit hyödyntävät. Kyseessä on alun perin Saksan, Sveitsin ja Itävaltan ympäristöviranomaisten kehittämä tietokanta, jota nykyään tukevat myös Ruotsi, Norja ja Ranska sekä Euroopan komission tutkimuskeskus (JRC, European Research Center of the European Commission). Tietokannan käyttöoikeus maksaa 250 € ja sieltä on saatavissa ajoneuvojen polttoaineen kulutus henkilöautoille, pakettiautoille, kuorma-autoille, linja-autoille ja moottoripyörille. Lisäksi kertoimia on saatavissa maakohtaisesti, jolloin mm. autojen käyttöikä ja keskimääräinen ilmasto on huomioitu. Todennäköisesti riittävän tarkat maakohtaiset tiedot tuotetaan kuitenkin vain tietokantaa rahoittaville maille, jolloin Suomen osalta tarvittaisiin todennäköisesti kansallisia tarkennuksia. Tietokantaa on viimeksi päivitetty tammikuussa 2022 (versio 4.2) ja edellinen iso päivityskierros valmistui elokuussa 2019 (versio 4.1). HBEFA-tietokannasta on saatavissa myös päästökertoimia muillekin päästöille kuin hiilidioksidille.

Jos laskennassa keskitytään vain hiilidioksidipäästöihin, voidaan hyödyntää myös uusien autojen **WLTP-mittaustietoja** ja johtaa niistä energiankulutuksen lähtötiedot koko autokannalle. WLTP-tiedot ovat saatavissa ajoneuvorekisteristä,

minkä lisäksi Euroopan ympäristövirasto (European Environment Agency) ylläpitää tietokantaa, josta löytyvät tiedot kaikista uusista autoista eri maissa.

Aiemmissa valtakunnallisissa ennusteissa on käytetty tietoa **polttoainemyynnistä** täsmäyttämään lähtötilannetta. Tämä tieto voidaan huomioida myös jatkossa yhtenä laskennan lähtötietona, kunhan huomioidaan, että polttoaineita käytetään pienissä määrin myös muualla kuin tieliikenteessä. Polttoainemyyntiä Suomessa tilastoi Tilastokeskus.

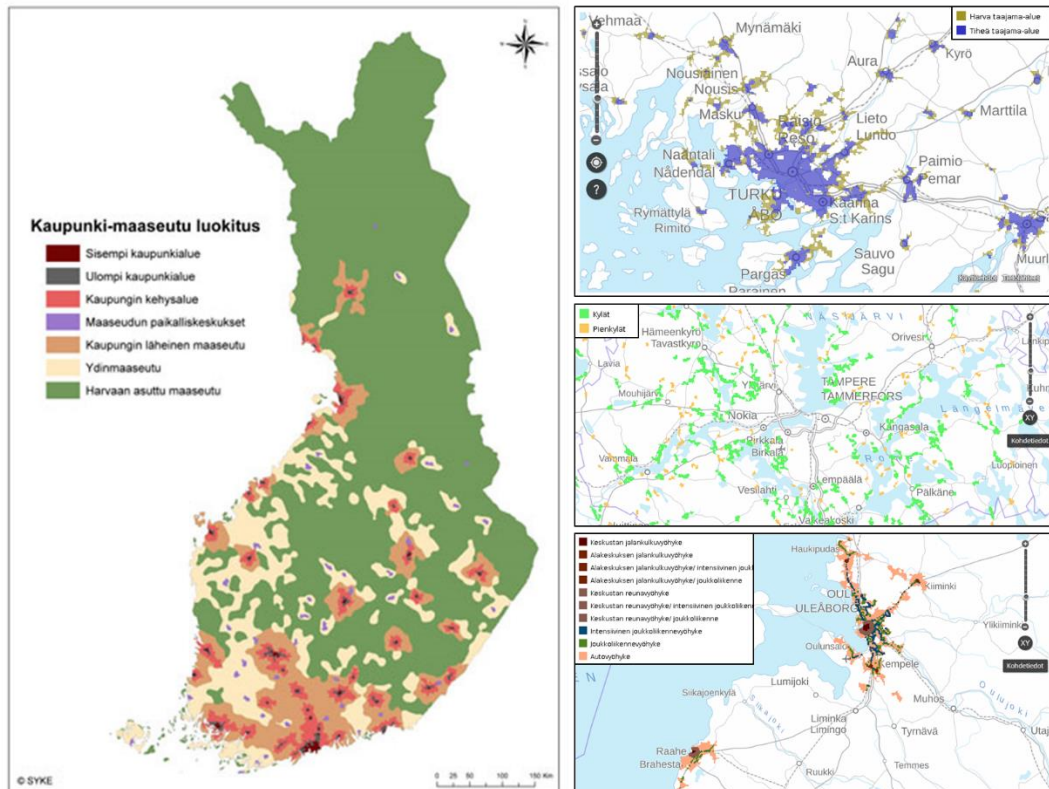
Tilastokeskuksella on käynnissä **LIIKE-hanke**, jonka puitteissa selvitetään mahdollisuutta tuottaa eri päästöjen yksikköpäästökerrointietoja vastaavasti kuin ne aikoinaan olivat VTT:n Lipasto-järjestelmän yksikköpäästötietokannassa. Lipaston yksikköpäästötietokantaa ei ole päivitetty vuoden 2016 jälkeen rahoituksen loppumisen takia.

Hiilidioksidipäästöjä ja muita päästöjä voidaan johtaa myös energiankulutustiedoista polttoainekohtaisilla ominaispäästökertoimilla, jotka ovat yleisesti tiedossa fossiilisille polttoaineille. Lisäksi Euroopan ympäristövirasto julkaisee tietoja **il-mansaasteista** (EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook ja sen liitetäulukot). Ajoneuvojen **EURO-luokkatieto** antaa myös viitearvot osalle päästöistä.

4.1.3 Sosioekonomiset ja demografiset tiedot

Henkilö- ja pakettiautojen haltijoiden tietojen yhdistäminen **väestötietoihin** mahdollistaisi ainakin sukupuolen, iän, kotitalouden koon ja tulotason yhdistämisen ajoneuvojen muihin tietoihin. Väestötietoja keräävät Digi- ja väestötietovirasto sekä Verohallinto. Väestötiedoista saadaan myös ajoneuvojen haltijan osoitetieto, joka voidaan yleistää johonkin **aluerakenneluokitteluun**, jolloin ajoneuvojen muut tiedot saadaan yhdistettyä myös aluerakennetietoon.

SALAMA-malli käyttää Suomen Ympäristökeskuksen (SYKE) julkaisemaa kaupunki-maaseutuluokittelua (2018), joka koostuu kolmesta kaupunkiseutuluokasta ja neljästä maaseutuluokasta. Muita aluerakenneluokitteluja ovat taajamiin ja kyliin perustuvat luokitukset (tiheät ja harvat taajamat 2021 sekä kylät ja pienkylät, 2021). Kaupunkien keskeisiä alueita ja ympäristöjä on luokiteltu tarkemmin Yhdyskuntarakenteen vyöhykkeiksi (2021). Kaupunki-maaseutu-luokituksen etuna on, että se kattaa koko Suomen ja luokkia on kohtuullinen määrä (7 kpl). Muiden luokitusten etuja taas ovat, että ne ovat huomattavasti tarkempia ja huomioivat enemmän eroja, erityisesti kaupunkiseuduilla.



Kuva 29. Erilaisia aluerakennejaotteluja. Vasemmalla kaupunki-maaseutuluokitus, joka kattaa koko Suomen. Oikealla ylhäällä tiheään (violetti) ja harvaan (ruskea) asutut taajamat Turun seudulla, kylät (vihreä) ja pienkylä (keltainen) Tampereen seudulla ja yhdyskuntarakenteen vyöhykkeet Oulun seudulla.

4.2 Laskentalogiikan muodostamisen lähtötiedot

4.2.1 Ajoneuvokannan aiempi kehitys

Ajoneuvorekisterin tietojen avulla pystytään laskemaan erilaisten tekijöiden aikasarjoja ja hyödyntämään niitä osana ennustetta. Mahdollisesti käyttökelpoisia aikasarjoja voisivat olla esimerkiksi fossiilisten käyttövoimien ajoneuvojen käyttöiät sekä erot ensirekisteröinneissä ja käytettynä maahantuonneissa eri ajoneuvotyyppien kokoluokissa sekä eri alueilla. Lisäksi hyödyllisiä voivat olla yleiset aikasarjat, joita verrataan jonkin muun tekijän, esimerkiksi bruttokansantuotteen, kehittymiseen. ALIISA-mallissa autokannan rakenteen ja polttoaineen myynnin välille on rakennettu tilastollinen historiatietoon perustuva yhteys, joka mahdollistaa energiankulutuksen arvioinnin

Sen sijaan ainakaan kulutustietoja ei kannata ennustaa aikasarjojen perusteella, sillä niihin on kohdistettu lainsäädäntöä, joka tulee muuttamaan kehitystä huomattavasti siitä, mitä se on tähän asti ollut. Myös sähköajoneuvojen osuus uusista ajoneuvoista on huomattavasti enemmän riippuvainen autonvalmistajien tuotantomääristä eri käyttövoimaluokissa, kuin menneestä kehityksestä.

4.2.2 Lainsäädännön vaikutukset

Tulevaisuudessa ajoneuvojen energiankulutusta sekä markkinoille myyntiintulevien ajoneuvojen käyttövoimajakaumaa ohjaa vahvasti Euroopan unionin autonvalmistajille asettama lainsäädäntö (EU 2019/631). Lainsäädännön avulla on

mahdollista arvioida, millaiseksi autojen tarjonta muodostuu 2020- ja 2030-luvuilla Euroopan unionin alueella, mutta tämä keskimääräinen tarjonta ei todennäköisesti vastaa Suomen markkinaa. Uusimmassa valtakunnallisessa ajoneuvokantaennusteessa on asiantuntija-arviona esitetty, että Suomessa tarjolla olevat ajoneuvot eivät ole yhtä vähäpäästöisiä kuin Euroopassa keskimäärin, sillä autonvalmistajien ei uskota ohjaavaan vähäpäästöistä kalustoa Suomen markkinaan keskiarvon verran.

Lisäksi Suomessa on kansallisella tasolla voimassa mm. biopolttoaineiden jakeluvetoitukseen liittyvää lainsäädäntöä (13.4.2007/446) sekä julkisesti hankittavien ajoneuvojen ja kuljetusten päästörajoihin liittyviä vetoitteita (15.7.2021/740), jotka voidaan huomioida sellaisenaan ns. alarajoina.

4.2.3 Sosioekonomisten ja demografisten muutosten vaikutukset

Ajoneuvojen sekä sosioekonomisten ja demografisten tietojen väliltä on mahdollista tunnistaa korrelaatioita, kun väestötiedot yhdistetään ajoneuvoreksiterin tietoihin. Yleisellä tasolla tiedetään, että auton omistus on erilaista eri ikäisillä, että autot ovat erilaisia eri tuloluokissa ja että autonomistus yleisesti on vähäisempää tiiviissä kaupunkirakenteessa. Näiden korrelaatioiden avulla voidaan muodostaa kertoimia, joiden avulla malli ennustaa ensirekisteröintien, käytettynä maahantuonnin ja/tai ajoneuvokannan kokonaismäärän kehitystä, kun käytössä ovat sosioekonomisten ja demografisten muutosten ennusteet. Tilastokeskus on julkaissut väestöennusteita vuoteen 2070 asti ja ne on jaoteltu sukupuolen ja iän mukaan alueittain. Tulotasoon liittyvät ennusteet taas voidaan tuottaa FINAGE-mallilla (kts. luku 4.2.5).

Yksi mahdollinen muuttuja voisi olla myös on ajokorttien määrä. Tieto on saatavissa esimerkiksi sukupuolittain, ikäluokittain ja alueittain, jolloin on mahdollista aikasarjana arvioida, miten ajokorttien määrä on kehittynyt eri väestöryhmissä ja tätä kautta, millainen vaikutus sillä on autonomistukseen ja autojen kokonaismäärään, kun demografia muuttuu.

4.2.4 Hinnoittelun vaikutukset

Lainsäädännön lisäksi ajoneuvokannan kehitystä voidaan ohjata välillisesti vaikuttamalla ajoneuvojen hankintaan ja käyttöön liittyviin kustannuksiin. Tällaisia ovat mm. kaikki verotusmuutokset, hankintapalkkiot sekä romutuspalkkiot. Näiden vaikutuksia voidaan yrittää arvioida tarkastelemalla aiemmin tehtyjen vastaavien muutosten vaikutuksia ajoneuvokantaan. Erityisesti kiinnostavia ovat vaikutukset joko uusien autojen, käytettyjen autojen tai käytettynä maahantuotujen autojen hintojen kehittymisen ja ajoneuvojen kokonaismäärien, ensirekisteröintien tai käytettynä maahantuotujen autojen määrien ja/tai käyttövoimien välille.

Uusien autojen sekä käytettynä maahantuotujen autojen hintatietojen kehitystä voidaan arvioida Verohallinnon keräämien verotusarvotietojen avulla. Käytettyjen autojen keskimääräistä hintaa on määrittänyt Autoalan tiedotuskeskus perustuen autokannan keskimääräiseen autoon. Tälle autolle on määritetty yleisen arvonalennusmallin, autojen hintapyyntöistä kerättyjen tilastojen sekä aiempien tutkimusten perusteella keskihinta, josta löytyy aikasarjatietoa. Polttoaineiden ja sähkön hintatietoina aikasarja löytyy Tilastokeskuksen ylläpitämästä Energianhintatilastosta.

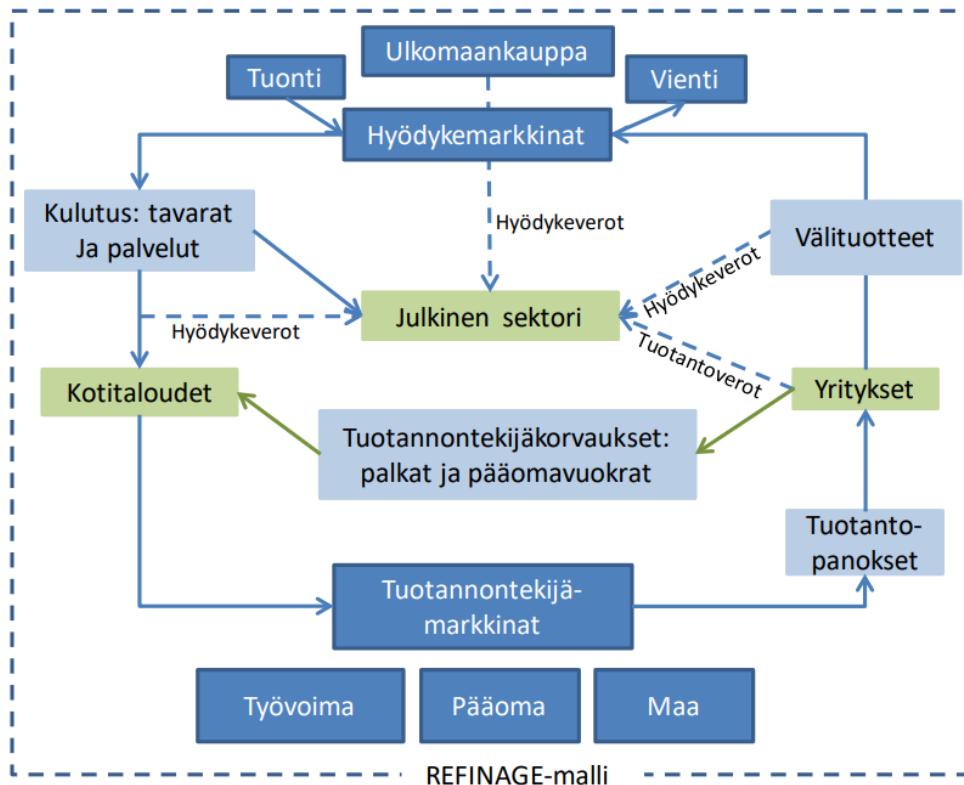
Sellaisten toimenpiteiden, joita ei ole aikaisemmin toteutettu, tai joiden vaikutuksia ei voida löytää tilastollisella analyysillä, esimerkiksi jostain muusta samankaisesta muutoksesta johtuen, tulee todennäköisesti arvioida puhtaina asiantuntija-arvioina. Asiantuntija-arviot voivat perustua esimerkiksi kansainvälisiin näkemyksiin tai tutkimuksiin aiheita.

4.2.5 Kansantalouden kehityksen vaikutukset

Taloustilanteen ennusteena voitaisiin käyttää FINAGE-mallin antamia ennusteita Suomen kansantalouden kehittymisestä. FINAGE-malli on Suomessa käytössä oleva kansantalouden tasapainomalli, jolla Valtiovarainministeriö tuottaa talousennusteet. Näitä ennusteita käytetään liikenteen hallinnonalalla nykyisellään ainakin LIVIMA-mallin taustalla ja tulevaisuudessa myös uuden valtakunnallisen liikenne-ennustemallijärjestelmän taustalla.

FINAGE-mallissa primäärituotannontekijät ovat työ ja pääoma. Kysyntä syntyy investoinneista, julkisesta ja kotitalouksien kulutuksesta sekä viennistä. Mallissa ovat mukana tuotantokustannukset, marginaalit ja verot. Erilaisia hyödykkeitä on mukana noin 150 kpl. Toimialat ovat TOL2008-luokituksen mukaiset. Malli laskee aina vuoden kerrallaan, mutta tarvittaessa tuloksia voidaan tuottaa myös neljännesvuosittain. Kansantalouden tuotantopotentiaali määräytyy teknologian kehittymisestä seuraavasta tuottavuuskasvusta ja investointikyvystä sekä käytettävissä olevasta työpanoksesta. Tuottavuuserot muuttavat suhteellisia hintoja ja vaikuttavat kysyntärakenteeseen. Mallin yleistä rakennetta on kuvattu alla olevassa kuvassa. Siitä on mahdollista saada ulos sekä valtakunnallista että maakunnallista tietoa. Maakunnallisen tason mallia kutsutaan REFINAGE-malliksi. (Lähde: Honkatukia, 2023)

Kuvio 2. Tasapainomallin rakenne



Kuva 30. Valtakunnallisten liikenne-ennusteiden taustalla käytetty talouden ennustemalin rakenne pelkistettynä. (Kuvan lähde: Honkatukia ym. 2019)

Historiallisen tiedon avulla bruttokansantuotteen ja ajoneuvojen kokonaismäärien sekä ensirekisteröintimäärien välille voidaan etsiä korrelaatiota, joka olisi ajoneuvokantamallissa mukana yhtenä tekijänä ennustamassa jommankumman tai molempien määrien kehitystä. Yleisellä tasolla tiedetään, että bruttokansantuotteen kasvu pitkällä aikavälillä on lisännyt ajoneuvojen määrää – toki kasvu ei jatku loputtomiin ja on riippuvainen myös muista tekijöistä (mm. aluerakenne). FINAGE-mallin avulla voidaan myös arvioida eri hyödykelajeihin kohdistuvaa kysyntää, siis myös eri ajoneuvoihin kohdistuvaa kysyntää.

4.3 Ajatuksia laskentalogiikasta

4.3.1 Yleiset laskentaperiaatteet

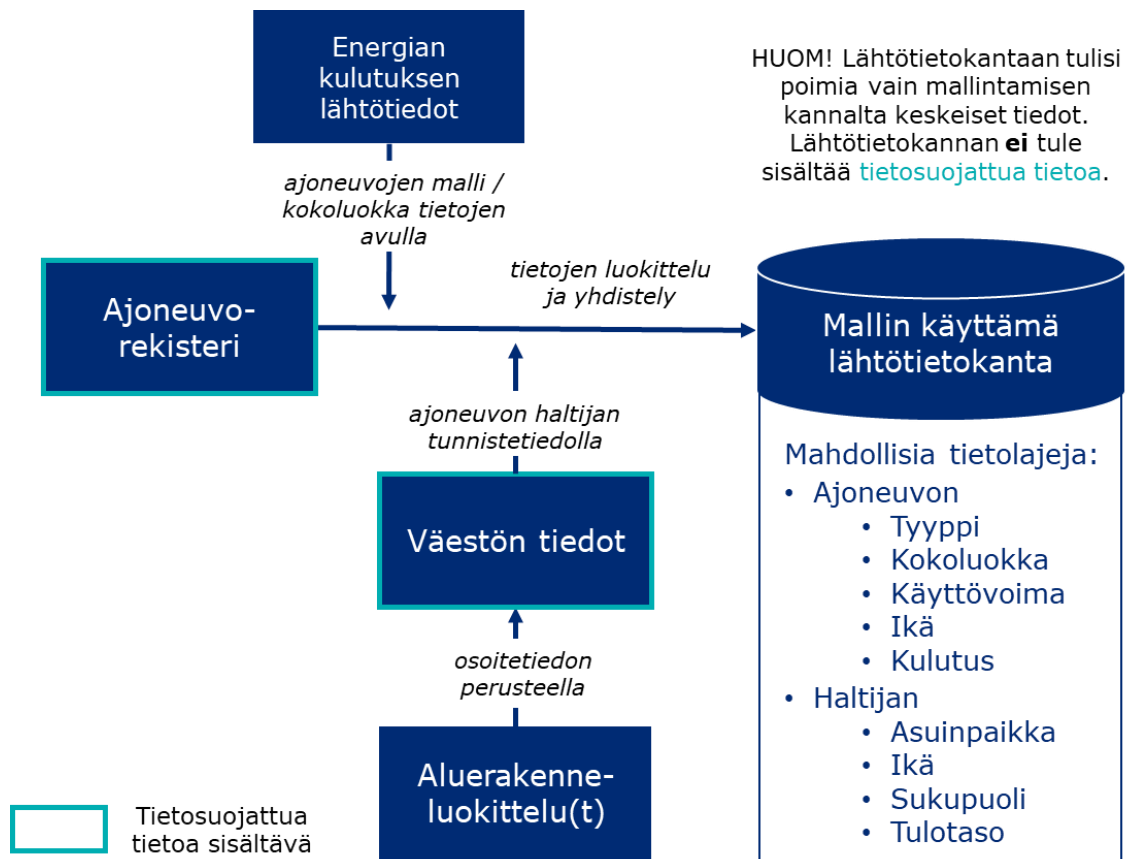
Käytössä olevat lähtötiedot mahdollistaisivat ajoneuvokannan mallintamisen *yksilömalleilla*, mikä tarkoittaa, että ajoneuvokannan rakenteen ja ominaisuuksien ajatellaan olevan summa yksittäin tehtyjä päätöksiä. Tällä tavoin on rakennettu esimerkiksi SALAMA-malli, joka ennustaa keskeiset tiedot jokaiselle henkilöautolle erikseen, vuosi kerrallaan. Suurin osa muista aiemmin esitellyistä malleista (kuten ALIISA, Ruotsin ja Norjan mallit) ovat *ryhmämalleja*, mikä tarkoittaa, että niillä selitetään yksilön sijaan ryhmän käyttäytymistä. Esimerkiksi Norjassa henkilöautot on jaettu kokoluokan, iän ja käyttövoiman mukaan 99 ryhmään ja malli ennustaa kehitystä näissä ryhmissä. ALIISA-mallissa ryhmiä oli jonkin verran vähemmän, sillä esimerkiksi henkilöautot ovat koostaan riippumatta yksi ryhmä, joka on jaettu vain käyttövoimittain (8 kpl) ja käyttöönottovuosittain. Markkinati-

lanne ja muutoksen ennustamisen haasteellisuus huomioiden, ryhmien lukumäärän kannattaisi todennäköisesti olla lähempänä Norjan mallia, jos päädytään käyttämään ryhmämallia.

Sidosryhmien kanssa keskusteltiin esiselvityksen aikana siitä tulisiko mallin enustaa valtakunnallisesti ja sen jälkeen jakaa tulokset alueille vai lähteä aluetason tiedoista ja summata ne valtakunnalliseksi tiedoksi. Hyötyjä nähtiin molemmissa tavoissa, minkä lisäksi tunnistettiin mahdollisuus tehdä laskentaa molemmista suunnista ja yhdistää tulokset esimerkiksi iteroivin menetelmin. Tärkeää kuitenkin on, että laskenta perustuu riittävän tarkkoihin lähtötietoihin, jotta kummin päin tahansa tehty laskelma antaa riittävän uskottavan tuloksen.

4.3.2 Lähtötilanteen ajoneuvokannan rakentaminen

Mallin rakentaminen tulisi aloittaa ajoneuvorekisterin, väestötietojen ja energiankulutuksen lähtötiedot yhdistämällä. Käytännössä tällöin yksi rivi lähtötietokannassa voisi sisältää esimerkiksi seuraavat tiedot: ajoneuvon tyyppi, koko, ikä, käyttövoima ja kulutus sekä ajoneuvon haltijan ikäluokka, tuloluokka, sukupuoli ja asuinpaikkaluokka. Jos mallinnus toteutettaisiin yksilömallina, toimisi tämä tietokanta sellaisenaan malliestimoinnin lähtötietona. Malliestimointia voitaisiin mahdollisuuksien mukaan tehdä esimerkiksi Tilastokeskuksen suojatussa ympäristössä, jolloin tietosuojaa ei muodostu ongelmaksi. Jos taas käytetään ryhmämallia, tulisi tietokannasta tuottaa ryhmittelyn mukainen aineisto.



Kuva 31. Karkea hahmotelma siitä, miten eri lähtötietoja yhdistämällä voitaisiin muodostaa mallin käyttämä lähtötietokanta, jossa olisi tietolajeina sekä ajoneuvon ominaisuuksiin että ajoneuvon haltijan ominaisuuksiin liittyviä tietoja.

Mallin lähtötietokantaa olisi mahdollista päivittää vain ajoneuvojen toteumatietojen ja väestön osalta perustuen ajoneuvorekisterin ja väestötilastojen avoimeen

dataan, jolloin vaikutusmekanismien oletettaisiin joko pysyneen samana tai muuttuneen samassa suhteessa ajoneuvojen kanssa. Lähtötilanteen päivittäminen tarkalla tasolla edellyttäisi, että jokaisella päivityskierroksella tehtäisiin ajoneuvorekisterin, väestötietojen ja energiankulutuksen lähtötietojen yhdistely ja siitä muodostettaisiin uusi malli. Toteumatiedon päivittämisen mahdollisuus useammin kuin varsinaiset mallipäivitykset palvelisi erityisesti verotuottoennusteiden laatimista.

4.3.3 Ajoneuvojen määrän kehittymisen ennustaminen



Kuva 32. Karkea kuvaus ajoneuvojen määrän kehityksen laskennasta vuodesta n vuodelle $n+1$.

Ajoneuvojen poistuma on keskeisesti riippuvainen käyttöiästä. Perinteisille käyttövoimille käyttöiät tai niiden todennäköisyydet voitaisiin määrittää ajoneuvorekisterin historiatietojen avulla. Yleisin tapa ennustaa käyttöikää eri ajoneuvokantamalleissa vaikuttaa olevan todennäköisyyden ilmoittaminen auton poistumalle jokaisena sen ikävuotena. Tällä hetkellä on epäselvää, millaiseksi sähköautojen ja hybridiautojen käyttöiät muodostuvat ja miten akkujen käyttöikä vaikuttaa ajoneuvojen käyttöön. Tämänhetkisten näkemysten mukaan akkujen käyttöikä on jotain 10 ja 20 vuoden väliltä (lähde: Forbes 2022), mikä on Suomen keskimääräisiä ajoneuvojen käyttöikä lyhyempi, mutta jos akkuja päädytään vaihtamaan, se voi nostaa sähkö- ja hybridiajoneuvojen käyttöikä merkittävästi fossiilisiin verrattuna. Todennäköisesti käyttöikä pitäisi alkuun määrittää asiantuntija-arviona ja se voisi perustua joko fossiilisten ajoneuvojen käyttöikiin tai autonvalmistajien näkemyksiin käyttöiästä.

Ajoneuvojen poistuma voi olla jonkin verran riippuvainen myös politiikkatoimista, kuten romutuspalkkioista, tai demografisten tekijöiden muutoksista, jotka vaikuttavat ajoneuvojen kokonaismäärien kysyntään. Myös talouden kehityksen suunnilla voi olla vaikutusta. Riippuen siitä, missä määrin mallin halutaan huomioivan erilaisia tekijöitä sekä mahdollistavan skenaarioiden tekemisen, voidaan mallia rakentaessa päättää, otettaisiinko myös muita tekijöitä mukaan.

Käytettynä maahantuonti on riippuvaista pääasiassa keskeisten ulkomaiden käytettyjen autojen markkinahinnoista sekä niiden verotuksesta Suomeen tuottaessa. Tällä hetkellä käytettynä maahantuonti muodostaa merkittävän osuuden vuosittain autokantaan tulevista autoista, vuonna 2021 noin kolmanneksen. Lisäksi se on riippuvainen yleisestä autojen määrästä kohdistuvasta kysynnästä eri koko- ja käyttövoimaluokissa, joka taas on riippuvainen mm. taloudellisesta tilanteesta (BKT) sekä aluerakenteesta.

Käytettynä maahantuotujen autojen määrä nousi tasaisesti 2010-luvulla, mutta on vakiintunut 2020-luvun alkupuolella. Mallissa määrän ennuste voidaan linkittää veromuutoksiin ja olettaa, että nykyinen osuus säilyy, jos veromuutoksia ei tapahdu. Yhtälöä sille, mitä tapahtuu, jos verotus muuttuu, voidaan arvioida aiempien veromuutosten perusteella. Mallissa voidaan myös yrittää rakentaa hintaennustemallit (esim. FINAGEn perusteella), jotka huomioivat niin kotimaisen käytettyjen autojen markkinan kuin ulkomaisen markkinan hintakehityksen ja muuttavat käytettynä maahantuotujen autojen kokonaismäärää niiden suhteessa. Vaikka perusennusteissa Suomen ja ulkomaan käytettyjen autojen markkinahintojen

oletettaisiin pysyvän samana suhteessa toisiinsa, mahdollisuus arvioida hintojen kehitysten muutoksia mahdollistaisi skenaarioiden teon.

Käytettynä maahantuodut autot ovat pääasiassa tietyn tyyppisiä kokoluokaltaan ja käyttövoimaltaan (tällä hetkellä isokokoisia hybridihenkilöautoja). Mallin laskentalogiikka voisi huomioida myös tämän ja arvioida, että minkä verran Suomen käytettyjen autojen markkinassa on ns. tarjontavajetta ja ennustaa sen perusteella, kuinka paljon ja minkä tyyppisten autojen käytettynä maahantuonti kehittyy.

Käytettynä maahantuotujen määrän ennustamisessa voi olla myös jokin linkki taloudelliseen tilanteeseen sekä aluerakenteesta syntyvään yleiseen autojen määrän syntyään.

Ensirekisteröintien määrä on riippuvainen ainakin taloudellisesta tilanteesta (BKT ja tulotaso), uusien autojen hintakehityksestä sekä yleisestä tarpeesta autoille (aluerakenne ja ikäjakauma). Lisäksi erilaiset kriisit voivat vähentää yksittäisten vuosien myyntiä merkittävästi, kuten koronapandemian aikana huomattiin. Tällaisten ennustaminen on kuitenkin hyvin hankalaa.

Taloudellisen kehityksen ennuste voisi perustua FINAGE-mallin ennusteisiin, joita on mahdollista saada myös maakuntatasolla. Malli ennustaa myös eri hyödykkeiden kysyntää, joten sen tulosten avulla voidaan haarukoida ensirekisteröintien kokonaismäärää. Toinen keskeinen tekijä on hintakehitys, johon vaikuttaa yleinen inflaatio ja markkinatilanteet. Lisäksi teknologinen kehitys ja erot eri käyttövoimien välillä vaikuttavat. Todennäköisesti ensirekisteröintien yleistä määrää voitaisiin haarukoida talousennusteen perusteella, mutta käyttövoimajakamaa varten tulisi rakentaa hinnanennustusmalli. Erityisen keskeinen osa tätä on määrittää, miten eri käyttövoimien hinnat samoissa kokoluokissa kehittyvät toisiinsa verrattuna.

Ensirekisteröintimääriin vaikuttavat jossain määrin myös yleinen kysyntä ajoneuvoille. Tähän vaikuttavat ikärakenne- ja aluerakenne. Molemmille näille voidaan määrittää historiatiedon perusteella korrelaatiokertoimet, jotka auttavat laskemaan ensirekisteröintien kokonaismäärää.

Kokonaismäärä on riippuvainen poistumien, käytettynä maahantuonnin sekä ensirekisteröintien määrästä, mutta se on myös riippuvainen talouden kehityksestä (BKT), aluerakenteen kehittymisestä sekä ikärakenteesta. Mallin laskentalogiikkaa määritettäessä tulee päättää, onko kokonaismäärä täysin osiensa summa vai vaikuttaako siihen suoraan myös jokin muu tekijä. Lopulliset poistuman, käytettynä maahantuonnin, ensirekisteröinnin ja kokonaismäärän arvot voivatkin määrittyä joko suoraan yhden laskentakierroksen perusteella tai ne voivat olla iteroituvan laskennan tulos, jossa samat lähtötiedot (mm. talous ja ikärakenne) vaikuttavat kaikkiin ja useammalla laskentakierroksella haetaan niille sopiva tasapaino.

Ensirekisteröinnit

- Määritys yleisen taloudellisen tilanteen, uusien autojen hintakehityksen sekä väestö- ja aluerakenteen kautta.

Poistumat

- Määritys keskimääräisen käyttöiän kautta käyttövoimittain, esim. bensiini- ja diesel menneeseen kehitykseen perustuen ja sähkö asiantuntija-arviona

Käytettynä maahantuonti

- Määritys houkuttelevuuden kautta: käytettyjen autojen hinnat Suomessa ja ulkomailla sekä verotus Suomessa.

Kokonaismäärä

- Voi olla vain osiensa summa
- Voidaan myös rakentaa riippuvuussuhteita talouden kehitykseen, väestö- ja aluerakenteeseen tai politiikkatoimiin.

Kuva 33. Yhteenvedo ajoneuvojen määrien laskentamahdollisuuksista.

4.3.4 Käyttövoima- ja kokojakauman ennustaminen

Eri ajoneuvotyyppien käyttövoima- ja kokoluokkajakauma syntyy ensirekisteröintien, käytettynä maahantuotujen ja poistuvien ajoneuvojen muutosten myötä.

Ensirekisteröintien käyttövoimajakauman ennustamisessa keskeistä on ymmärtää tarjonnan ja kysynnän kehittymistä eri kokoluokkien ajoneuvoissa. Euroopan unionin lainsäädäntö velvoittaa välillisesti lisäämään erityisesti sähköisen kaluston tarjontaa, koska se on ainut nollapäästöiseksi laskettava käyttövoima. Ei kuitenkaan ole selvää, että veloitteiden myötä Euroopassa tarjolle tuleva sähkö- ja hybridikalusto tulee tarjolle Suomen markkina-alueella samalla suhteella. Tähän taustalle on mahdollista analysoida Euroopan ympäristöviraston (European Environment Agency) ylläpitämän tietokannan avulla Suomessa myytyjen autojen käyttövoimia Eurooppaan keskimäärin verrattuna.

Viime vuosina sähköautoja ovat yleisesti vaivannut toimitusviiveet, mikä on johtanut siihen, että kysyntää on ollut enemmän kuin tarjontaa. Mallissa voitaisiin huomioida ainakin 2020-luvun osalta, ettei uusien teknologioiden myyntisaaminen ole aivan yhtä nopeaa kuin sen toivotaan olevan. Tämä vaikuttaa todennäköisesti myös ensirekisteröintien kokonaismäärään. Toisaalta taas joissakin ajoneuvoluokissa, kuten yhdistelmäajoneuvoissa, sähköistyskehitys on vielä alkuvaiheessa ja kaupallisen tuotannon käynnistyminen laajamittaisesti ottaa vielä jonkin aikaa. Tämäkin täytyy mallin huomioida.

Tarjonnan lisäksi myös hinnalla on vaikutusta. Malliin tulee rakentaa eri käyttövoimien hintakehitystä ennustava osa, joka todennäköisesti perustuu asiantuntijanjärjestöihin sekä autonvalmistajien omiin ennakoiteihin hintakehityksestä. Hintakehityksen ennusteella on merkittävä vaikutus siihen, milloin perinteisten polttomoottoriajoneuvojen myynti esimerkiksi henkilöautoissa loppuu lähes kokonaan.

Käytettynä maahantuotujen ajoneuvojen käyttövoimajakauma heijastelee eri käyttövoimien saatavuutta Suomen markkinassa sekä muiden maiden käytettyjen ajoneuvojen hintakehitystä. Vastaavalla tavalla kuin ensirekisteröintien osalta, mallissa tulisi olla jonkinlainen hintakehitystä arvioiva osa. Jos ajoneuvokantamallissa eri ajoneuvotyypeillä olisi useita kokoluokkia, saataisiin arviointi helpom-

maksi sen suhteen mihin käyttövoimiin ja mihin kokoluokkiin kohdistuu eniten kysyntää, jonka jälkeen voitaisiin arvioida kuinka suuri kysyntä kohdistuisi tuoda ajoneuvoja käytettynä maahan.

Poistumien käyttövoimajakauman ennustamista tulee pohtia jo poistumien määrän ennustamisen vaiheessa, sillä eri käyttövoimilla voidaan asettaa erilaiset käyttöiät. Erityisesti sähköautojen käyttöiäkiin liittyy vielä kysymyksiä ja käyttöiän variointi mahdollistaisi skenaarioiden teon.

Ensirekisteröinnit Kysynnän ja tarjonnan kehittyminen eri kokoluokkien ajoneuvoissa. Taustalla lainsäädäntöä ja odotettu hintakehitys.	Käytettynä maahantuonti Heijastelee yleistä käyttövoimien kysyntää ja kotimaan markkinan tarjonnan puutteita	Poistumat Eri käyttövoimille määritetään erilaiset keskimääräiset käyttöiät historiatiedon ja asiantuntija-arvioiden perusteella.
---	---	--

Kuva 34. Yhteenvedo käyttövoimajakauman määrittämiseen liittyen.

4.3.5 Energiankulutus- ja päästökertoimien ennustaminen

Olemassa olevien ajoneuvojen energiankulutus- ja päästökerrointiedot voidaan arvioida esim. HBEFA-tietokannan tai WLTP-mittausten perusteella. Myös EURO-luokat voidaan määrittää.

Tulevaisuuden ajoneuvojen osalta voidaan hyödyntää Euroopan unionin asettamaa lainsäädäntöä, joka edellyttää esimerkiksi raskaan liikenteen ajoneuvoilta tiettyjä vähenemäprosentteja kulutuksessa tuleville vuosille. Henkilöautoissa taas polttomoottoreiden kehityksen uskotaan tulleen tiensä päähän ja niiden energiankulutuksen voi olettaa olevan sitä, mitä se on saman kokoluokan henkilöautoilla tällä hetkellä. Sähköajoneuvojen energiankulutuksen osalta voidaan hyödyntää jonkinlaista matemaattista ennustetta viime vuosien tehokkuuden parantumista tai käyttää asiantuntija-arvioita kehitysnäkymistä.

Lähtötilanteen tiedot	Ennustamisen tiedot
- WLTP-mittaukset - HBEFA-tietokanta - EEA:n julkaisut - Polttoaineen myyntitieto - EURO-luokkatieto	- Lainsäädännön asettamat vaatimukset uusille ajoneuvoille (mm. raskaan liikenteen ajoneuvot) - Nykytilanteen jatkuminen (mm. bensiini- ja dieselhenkilöautot) - Historiallisen kehityksen jatkuminen (mm. sähköhenkilöautot) - Asiantuntija-arviot (kun muuta tietoa ei ole käytettävissä)

Kuva 35. Yhteenvedo energiankulutuksen ja päästöjen lähtö- ja ennustetiedoista.

4.4 Mallin antamat lopputulokset

4.4.1 Perusennuste

Vähimmäisvaatimuksena mallin tulee tuottaa perusennuste luottamusväleineen. Sidosryhmäkeskusteluissa keskeisenä pidettiin, että ajoneuvojen määrät, käyttövoimat ja energiankulutukseen ja kasvihuonekaasupäästöihin liittyvät tiedot ovat

saatavissa eri luokkiin jaettuna. Henkilö- ja pakettiautojen osalta mallissa voisi olla eri kokoluokkia (kuten Norjan mallissa). Kuorma-autojen osalta olisi hyvä huomioida myös eri ajoneuvoyhdistelmätyypit (mm. vaunujen ja nivelten määrä, kuormatilan tyyppi) ja linja-autoliikenteessä mahdollinen jaottelu voisi olla kaupunkiliikenteen ja pitkämatkaisen liikenteen kalustossa, sillä niihin kohdistuva EU-lainsäädäntö päästörajoihin liittyen on hyvin erilaista. Tämän lisäksi tulisi pohtia mitkä muut ajoneuvot ovat mukana tässä mallissa vai tuotetaanko niiden ennusteet jotenkin muuten. Esimerkiksi työkoneille on ollut aiemmin oma mallinsa. Perinteisesti malleissa mukana olleiden henkilöautojen, pakettiautojen, linja-autojen ja kuorma-autojen lisäksi mukana voivat olla muut tieliikenteen ajoneuvot, kuten mopot, mopoautot ja moottoripyörät sekä muut ajoneuvot, kuten traktorit, moottorityökoneet, maastoajoneuvot ja perässä vedettävät vaunut

Ajoneuvokantamallissa olisi hyvä huomioida kasvuhuonekaasupäästöjen lisäksi myös muut päästökäsitteet. Ajoneuvojen typen oksidi- ja hiukkaspäästöjen puhdistusjärjestelmien tekniikka ja tehokkuus vaihtelevat ajoneuvon iän mukaan. Aiemmin muut päästökäsitteet ovat olleet osa VTT:n Lipaston yksikköpäästötietokantaa, mutta yksikköpäästötietokannan päivittäminen on lopetettu rahoituksen loppumisen vuoksi ja se on poistunut käytöstä. Suomen ympäristökeskus SYKE vastaa muiden päästöjen raportoinnista, mutta tarvitse sitä varten lähtötiedot. Yksi mahdollisuus olisi, että tuloksia voitaisiin ilmoittaa EURO-luokittain.

Tulokset tulisi olla jaettavissa alueellisesti, mutta osa tarkkuustasosta voi olla valtakunnallista ja vain osa tuloksista olisi mahdollista ilmoittaa myös alueellisesti. Tulokset tulisi saada ulos aikasarjana aina mallin päätevuoteen asti.

4.4.2 Skenaariot

Mallin olisi tärkeää mahdollistaa skenaarioiden teko. Vähintäänkin niin, että malli olisi avoimesti saatavissa ja kuka tahansa voisi rakentaa siihen lisäosia, joka varioisivat lähtötietoja ja laskentaan tehtyjä oletuksia. Malliin olisi kuitenkin hyvä rakentaa sisälle sellaiset skenaariomahdollisuudet, joita ainakin julkishallinto käyttää säännöllisesti. Tämän työn aikana tunnistettuja tärkeitä skenaariomahdollisuuksia olivat:

- Muutokset ajoneuvojen tai käyttövoimien verotuksessa
- Muut poliittiset ohjauskeinot, kuten tuet ja kannustimet
- Muut hintoihin vaikuttavat asiat, kuten tieliikenteen päästökauppa
- Sähköautojen käyttöikä
- Liikennesuorituksen muutokset

5 Johtopäätökset

Ajoneuvokannan kehittymisen ennusteita käytetään laajasti liikennemäärien ja liikenteen ympäristö-, taloudellisten ja sosiaalisten vaikutusten arvioimiseksi tulevaisuudessa. Viime vuosina Liikenne- ja viestintäministeriö on tilannut ajoneuvokantaennusteet erillisinä toimeksiantoina noin kahden vuoden välein. Toimintaympäristön muuttuessa, erityisesti liikenteen sähköistymisen myötä, on tunnistettu tarve säännöllisemmälle, nopeasyklisemmälle ja ennakoitavammalle ajoneuvokantaennusteen päivitysprosessille. Lisäksi on tunnistettu selkeä tarve tuottaa 2020-luvun loppupuolella valmistuvalle valtakunnalliselle liikenne-ennustemallijärjestelmälle autonomistusta ennustava osamalli, joka tarvitsee autokantaennusteen lähtötietona.

Tämän selvityksen johtopäätöksenä todetaan, että keskustelua tulisi jatkaa valtakunnallisen ajoneuvokantamallin mahdollisista toteuttamistavoista ja vastuuta hoista ottaen huomioon sen jatkuvan ylläpidon. Samoin tulisi arvioida eri vaihtoehtojen hyödyt ja haitat, kustannukset sekä resurssitarpeet.

Selvityksessä tunnistettiin, että ajoneuvokannan mallijärjestelmän tulisi olla mahdollisimman läpinäkyvästi rakennettu, avoimesti saatavissa ja selkeästi dokumentoitu. Tavoiteltavaa olisi, että määriteltäviä ajoneuvokannan kehittymisen perusuraa käytettäisiin yhtenäisenä lähtökohtana valtiohallinnon tuottamissa erilaisissa selvityksissä ja arvioissa.

Perusuran lisäksi myös erilaisten skenaarioiden muodostaminen ajoneuvokannan tulevasta kehityksestä tulisi olla mallissa mahdollista. Keskeiset tulokset tulisi voida myös jakaa rajapintojen kautta ja mallin tulisi toimia siten, että tietosuojan piirissä olevat lähtötiedot ovat suojattu mallin sisällä.

Mallin laskennan tulisi perustua tilastollisiin lähtötietoihin. Keskeisiä lähtötietoja ovat ajoneuvorekisteri sekä siihen yhdistettävät ajoneuvon haltijan sosioekonomiset ja demograafiset tiedot. Mallin tarkastelun aikajänne olisi tarpeellista ulottua vuoteen 2060, jonne myös valtakunnalliset liikenne-ennusteet ulottuvat. Tulokset olisi tarpeellista saada myös jaoteltua eri alueille (esim. kuntataso) sekä eri aluetypeille (esim. kaupunki-maaseutu-luokittelu). Keskeisiä tulostietoja ovat eri ajoneuvoluokissa olevien ajoneuvojen määrät, käyttövoimajakauma, ikäjakauma sekä energiankulutus- ja päästötiedot.

Laskenta voidaan toteuttaa sekä yksilö- että ryhmämallina. Laskenta rakentuisi sen ympärille, miten jokaiselle tarkastelussa olevalle vuodelle määritetään ajoneuvojen poistumat, ensirekisteröinnit ja käytettynä maahantuonti. Joitakin asioita voidaan ennustaa historiallisiin aikasarjoihin perustuen, osaa arvioida asetetun lainsäädännön vaatimusten perusteella, mutta huomattavaan osaan joudutaan todennäköisesti tekemään jonkinlainen asiantuntijanäkemykseen perustuva kehityssuunta. Malli on mahdollista rakentaa iteratiiviseksi ja erilaisia korrelaatioita esimerkiksi alue- ja ikärakenteen tai talouden kehityksen ja autonomistuksen välille voidaan arvioida ja näitä käyttää ennustamisen lähtötietoina.

Lähteet

Ajoneuvohallintokeskus 2000. Autokannan hallintamalli. Osaraportti I. Ajoneuvohallintokeskuksen tutkimuksia ja selvityksiä 1/2000.

<https://www.traficom.fi/sites/default/files/4574-AKE12000Autokannanhallintamalli.pdf> (viitattu huhtikuussa 2023)

Forbes. 13.10.2022. By The Numbers: How Long Should An Electric Car's Battery Last? Saatavissa: [By The Numbers: How Long Should An Electric Car's Battery Last? \(forbes.com\)](https://www.forbes.com/sites/autoblog/2022/10/13/by-the-numbers-how-long-should-an-electric-car-s-battery-last/) (viitattu toukokuu 2023)

HBEFA. Introduction.

<https://www.hbefa.net/e/index.html> (viitattu maaliskuussa 2023)

Honkatukia, J. 2023. Haastattelut aikavälillä 01-04/2023.

Honkatukia, J., Lehtomaa J., Alimov, N., Huovari, J & Ruuskanen O. 2019. Alueellisen taloustiedon tietokanta. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2019:41. Saatavissa: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161655>

HSL 2020. Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustejärjestelmän kysyntämallit 2020. 6/2020. HSL Helsingin seudun liikenne.

https://hslfi.azureedge.net/globalassets/julkaisuarkisto/2020/6_2020_helsingin_seudun_tyossakayntialueen_liikenne-ennustejarjestelman_kysyntamallit.pdf (viitattu huhtikuussa 2023)

IVL Svenska Miljöinstitutet 2020. Omvärldsanalys och långtidsbedömning av den svenska vägfordonsflottans utveckling. Nr C 476. Februari 2020.

<https://www.ivl.se/download/18.694ca0617a1de98f473747/1628416911455/FULLTEXT01.pdf> (viitattu maaliskuussa 2023)

Liikenne- ja viestintäministeriö 2020. Liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen perusennuste 2020–2050. Muistio 22.4.2020. (viitattu huhtikuussa 2023)

Liikenne- ja viestintäministeriö 2023. Keskustelu liikenne- ja viestintäministeriön edustajien kanssa 29.3.2023.

Liimatainen H. Sähköpostitiedustelun vastaus 18.4.2023.

Liimainen H. ja Nykänen L. 2014. Kuorma-autokannan hallintamalli KAHMA. Liikenteentutkimuskeskus Verne, Tampereen teknillinen yliopisto. Tutkimusraportti 89.

https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/116720/liimatainen_nykanen_kuorma_autokannan_hallintamalli.pdf?sequence=2&isAllowed=y (viitattu toukokuussa 2023)

LIPASTO 2023 a. LIPASTO - Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä.

<http://lipasto.vtt.fi/index.htm> (viitattu maaliskuussa 2023)

LIPASTO 2023 b. Laskentajärjestelmän kuvaus.

http://lipasto.vtt.fi/liisa/liisa_menetelma.pdf (viitattu maaliskuussa 2023)

LIPASTO 2023 c. Liikenteen skenaariot.

<http://lipasto.vtt.fi/skenaariot.htm> (viitattu maaliskuussa 2023)

Markkanen J., Lauhkonen A. & Niemi, A. 2023. Scenarios for greenhouse gas emissions and energy consumption of road transport in Finland. VTT Technology 413. Saatavissa: <https://publications.vtt.fi/pdf/technology/2023/T413.pdf> (viitattu toukokuu 2023)

Norwegian Centre for Transport Research. Vehicle fleet forecasts based on stock-flow modeling.

<https://www.toi.no/getfile.php/1343859-1480597042/Publikasjoner/T%C3%98I%20rapporter/2016/1518-2016/1518-2016-sum.pdf> (viitattu maaliskuussa 2023)

Pihlatie, M., Söderena, P., Markkanen, J., Nylund N., Rahkola, P., Åman, R., Muona, T., Pettinen, R., Naumanen, M., Shah, S. & Baranauskas, M. 2022. Työko-neiden kustannustehokkaat päästövähennyskeinot. VALTIONEUVOSTONSELVI-TYS- JA TUTKIMUSTOIMINNAN JULKAISUSARJA 2022:63. Saatavissa: <https://tie-tokayttoon.fi/julkaisut/raportti?pubid=URN:ISBN:978-952-383-153-7>

Ramboll 2023. Paavo Moilasen haastattelu 24.4.2023.

SYKE 2020. Suomen ympäristökeskus SYKE. Suomen kuntien kasvihuonekaasu-päästöjen laskenta. ALas-mallin menetelmäkuvaus ja laskentojen tuloksia 2005–2018. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 25 | 2020.

https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/316216/SY-KEra_25_2020_ALas_menetelma.pdf?sequence=1&isAllowed=y (viitattu maaliskuussa 2023)

SYKE 2022. Suomen ympäristökeskus SYKE. Suomen kuntien kasvihuonekaasu-päästöjen laskenta. ALas-mallin laskentaperiaatteet. 4.5.2022.

<https://hiilineutraalisuomi.fi/download/noname/%7B3F7DA882-7C3F-4212-A2F6-392FC9059310%7D/155460> (viitattu maaliskuussa 2023)

Traficom 2023. Työpaja 9.3.2023.

Trafikanalys 2018. Trafikanalys redovisar en långsiktbedömning av fordonsflottans utveckling.

<https://www.trafa.se/vagtrafik/trafikanalys-redovisar-en-langsiktbedomning-av-fordonsflottans-utveckling-7474/> (sivu julkaistu 2.5.2018, viitattu maaliskuussa 2023)

Trafikanalys 2020 a. Om fordonsprognoser.

<https://www.trafa.se/vagtrafik/om-fordonsprognoser-9088/> (sivu päivitetty 5.2.2020, viitattu maaliskuussa 2023)

Trafikanalys 2020 b. Vägfordonsflottans utveckling till år 2030. PM 2020:7.

https://www.trafa.se/globalassets/pm/2020/pm-2020_7-vagfordonflottans-utveckling-till-ar-2030.pdf (viitattu maaliskuussa 2023)

Trafikanalys 2021. Fordonsprognoser i en osäker tid – en internationell utblick. PM 2021:8.

https://www.trafa.se/globalassets/pm/2021/pm-2021_8-fordonsprognoser-i-en-osaker-tid---en-internationell-utblick.pdf (viitattu maaliskuussa 2023)

Trafikanalys 2022 a. En miljon laddbara personbilar 2025.

<https://www.trafa.se/vagtrafik/fordonsprogonser-13126/> (sivu päivitetty 17.5.2022, viitattu maaliskuussa 2023)

Trafikanalys 2022 b. Korttidsprognoser för den svenska vägfordonsflottan – metoder och antaganden. PM 2022:5.

https://www.trafa.se/globalassets/pm/2022/pm-2022_5-korttidsprognoser-for-vagfordonsflottan---metoder-och-antaganden.pdf (viitattu maaliskuussa 2023)

Transportøkonomisk institutt 2016. Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning. Kjøretøyparkens utvikling og klimagassutslipp. Framskrivinger med modellen BIG.

<https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=43853> (viitattu maaliskuussa 2023)

Valtiovarainministeriö 2023 a. Keskustelu valtiovarainministeriön edustajan kanssa 21.3.2023.

Valtiovarainministeriö 2023 b. Tieliikenteen verotus.

<https://vm.fi/verotus/tieliikenteen-verotus> (viitattu maaliskuussa 2023)

Viri, R., Mäkinen J., Liimatainen H. 2021. Modelling car fleet renewal in Finland: A model and development speed-based scenarios. Transport Research Centre Verne, Tampere University.

https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/134163/1_s2.0_S0967070X21002432_main.pdf?sequence=1 (julkaistu 21.8.2021, viitattu maaliskuussa 2023)

VTT 2019. Perusennuste WEM.

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom

PL 320, 00059 TRAFICOM

p. 029 534 5000

traficom.fi

ISBN 000-000-000-000-0

ISSN 0000-0000 (verkkajulkaisu)

TRAFICOM
Liikenne- ja viestintävirasto