TRAFICOM
Liikenne- ja viestintävirasto

Valtakunnallinen liikenteen mallijärjestelmä: Ajoneuvokannan malli

Riku Viri & Valtteri Koski

Traficomin julkaisuja
XX/2026

Sisällys

Valtakunnallinen liikenteen mallijärjestelmä: Ajoneuvokannan malli 1

1 Johdanto 2
1.1 Ajoneuvokantamallin tavoitteet 2
1.2 Dokumentin sisältö 3

2 Mallien lähtötiedot 4
2.1 Ajoneuvojen tiedot 4
2.2 Keskimääräiset suoritteet laskennassa 9
2.3 Ajoneuvojen poistumafunktiot 12
2.4 Polttoaineiden hinnoittelu 15

3 Henkilöautojen ajoneuvokannan mallinnus 16
3.1 Henkilöautokannan muut lähtötiedot 16
3.2 Valinta- ja sijoittelulogiikka 19
3.3 Kannan laskennan peruspiirteet 22
3.4 Laskentavaiheen tuottamat tulokset 28

4 Kuorma-autojen ajoneuvokannan mallinnus 29
4.1 Lähtötiedot 29
4.2 Taustamallien logiikka 31
4.3 Kannan laskennan peruspiirteet 36
4.4 Laskentavaiheen tuottamat tulokset 42

5 Muiden ajoneuvoluokkien kantakehitys 43

6 Suoritelaskenta ja tulokset 44
6.1 Henkilöautoliikenteen kokonaissuorite 44
6.2 Kuorma-autoliikenteen kokonaissuorite 46
6.3 Muiden ajoneuvoluokkien suoritteen arviointi 47
6.4 Laskentavaiheen tuottamat tulokset 47

Lähdeluettelo 49

Liite 1 - EURO-päästöluokkien luokittelu 50

1 Johdanto

Tämä dokumentti kuvaa Valtakunnallisen liikennemallijärjestelmään (Valma) kuuluvan ajoneuvokantamallin toimintalogiikan, ratkaisut ja taustaoletukset. Tätä dokumentaatiota täydentävät mallijärjestelmän lähdekoodi[1], sekä erillinen käyttöohjeistus[2].

Valtakunnalliseen liikennemallijärjestelmään kuuluvat muu osa-alueet on dokumentoitu erikseen (Supponen et al. 2026; Niinikoski et al. 2026).

Erinäiset taustaoletukset ja mallilla laadittavien valtakunnallisten liikenneennusteiden lähtötiedot, trendit ja oletukset kuvataan erillisessä raportissa (Traficom 2026).

1.1 Ajoneuvokantamallin tavoitteet

Ajoneuvokantamalli voidaan jakaa karkeasti kolmeen eri osa-alueeseen: henkilöautojen ajoneuvokanta, tavaraliikenteen ajoneuvonta, ja muut ajoneuvot. Rajauksessa on tärkeä huomioida erillisten maastokäyttöisten ajoneuvoluokkien (esim. henkilöautojen M1G) sisällyttäminen. Mallin lähtötiedoissa ja käsittelyssä nämä erilliset G-päätteiset ajoneuvoluokat on aina huomioitu osaksi pääluokkaa (eli henkilöautojen osalta M1G-ajoneuvot käsitellään M1-ajoneuvoina), vaikka niitä ei luokkien kohdalla erikseen mainita rajauksessa.

Henkilöautojen ajoneuvokanta tuottaa ajoneuvokannan koostumuksen vuosittain henkilöliikenteen kysyntämallin tueksi. Se tuottaa arvion henkilöliikenteen ajoneuvokannan kehityksestä ja edelleen ajoneuvojen käyttökustannuksista, joka toimii lähtötietona henkilöliikenteen kysyntämalliin. Vastaavasti ajoneuvokannan tekninen kehitys vaikuttaa myös polttoaineen- ja energiankulutukseen, jotka henkilöliikenteen kysyntämallin suoritetulosten perusteella voidaan laajentaa kuvaamaan polttoaineen ja energian kulutusta kokonaisuudessaan.

Tavaraliikenteen ajoneuvokanta lasketaan tavaraliikenteen kysyntäennusteen perusteella. Kysyntä allokoidaan eri ajoneuvoluokkiin, mikä muodostaa peruskysynnän kunkin ajoneuvoluokan ajoneuvomääristä. Kustannustekijöiden kehityksen avulla arvioidaan sähköistymisen kehitys eri ajoneuvoluokissa, millä osaltaan tarkennetaan tavaraliikenteen mallin tieliikenteen kuljetuskustannuksia. Kuten henkilöliikenteen osalta, myös tavaraliikenteen kysynnästä johdettu ajo- ja tonnisuorite mahdollistaa polttoaineen ja energiankulutuksen arvioinnin eri ennusteskenaarioissa.

[1] Traficom/valma-fleet, GitHub: https://github.com/Traficom/valma-fleet/
[2] Traficom/valma-docs, GitHub Pages: https://traficom.github.io/valma-docs/

Henkilö- ja tavaraliikenteen ajoneuvokannan ohella mallilla on mahdollista tuottaa vakioidumpi ennuste samassa formaatissa myös muille ajoneuvoluokille: N1 (pakettiautot), M2 ja M3 (linja-autot), sekä L-luokan ajoneuvot (mopot, moottoripyörät ja muut kevyet ajoneuvot). Tämä mahdollistaa myös näiden kokonaissuoritteen ja energiankulutuksen arvioinnin. Näiden laskenta perustuu kuitenkin pääasiallisesti käyttäjän syöttämiin perustietoihin ja uusiutumisoletuksiin.

1.2 Dokumentin sisältö

Tässä dokumentissa kuvataan tarkemmin ajoneuvokantamallin eri osa-alueet ja niiden toimintaperiaatteet. Luku 2 esittelee yhteiset lähtötiedot ja niiden muodostamisen. Luvut 3 ja 4 keskittyvät henkilö- ja kuorma-automallien spesifimpään kuvaukseen. Muut ajoneuvoluokat on käsitelty luvussa 5. Osa-alueille yhteiset tulokset ja suoritelaskelmat on esitetty luvussa 6.

2 Mallien lähtötiedot

Tässä luvussa kuvataan mallijärjestelmän ulkopuolisista lähteistä muodostettavien lähtötietojen laadintaprosessi. Näitä tietoja tarvitaan osana ajoneuvokannan laskentaa ja arvioiden muodostamista.

2.1 Ajoneuvojen tiedot

Ajoneuvokannan vaatimat ajoneuvotason lähtötiedot on muodostettu liikennekäytössä olevien ajoneuvojen tietojen perusteella. Koska liikennekäytössä olevien ajoneuvojen määrässä on vuoden sisällä jonkin verran vaihtelua johtuen esimerkiksi erilaisista harraste- ja museoautoista, joita pidetään liikennekäytössä vain lyhyempiä ajanjaksoja, on tarkasteluhetki vakioitu aina vuoden alun tilanteeseen. Vuoden alku kuvaa parhaiten jatkuvassa käytössä olevaa ajoneuvokantaa, ja näin ollen vain hetkellisesti ja vähäisellä suoritteella olevat ajoneuvot jakautuvat tarkastelun ulkopuolelle. L-luokan ajoneuvojen (moottoripyörät, mopot, muut kolmi- ja nelipyöräiset ajoneuvot) käytön painottuessa suurilta osin kesäkausille, käytetään tarkasteluhetkenä heinäkuun alun tilannetta. Mallijärjestelmän julkaisuhetkellä käytössä on vuoden 2026 otos.

Poiminnan aikana ajoneuvotietojen rakennetta yksinkertaistetaan mallikäytön kannalta järkevällä tasolla. Tämä kattaa maahantuontitietojen yksinkertaistamisen, käyttövoimatiedon korjaamisen, sekä sen uudelleenluokittelun, ajoneuvojen kokoluokituksen määrittämisen, kulutustietojen koostamisen ja EURO-luokituksen arvioinnin.

Maahantuontitiedon osalta lähtötietoihin muodostetaan jokaiselle ajoneuvolle yksinkertainen kyllä/ei -valintamuuttuja kuvaamaan, onko auto maahantuotu (1) vai ei (0). Käyttövoiman osalta hybridien käsittelyä yksinkertaistetaan ja erotetaan lataushybrideistä. Itselataavien hybridien tarkasteluun erillään vastaavan käyttövoiman normaalista polttomoottoriautosta ei ole yksiselitteistä ilman mallinimen tai -tarkenteen tulkintaa, minkä vuoksi nämä käsitellään vastaavissa ryhmissä kuin käyttövoimansa polttomoottoriautot. Vastaavasti ladattavat hybridit (ajoneuvot, joiden tiedoissa maininta ulkopuolisesta latausmahdollisuudesta) erotellaan kahteen eri luokkaan sen perusteella onko ajoneuvon polttomoottori bensiini- vai dieselkäyttöinen. Samalla myös erilaiset harvoin käytössä olevat yksittäiset käyttövoimaluokitukset yhtenäistetään parhaaseen vastaavaan pääluokkaan (esim. bensiini, diesel, kaasu) tai kirjataan yhteisen muut-luokituksen alle.

2.1.1 Henkilöautojen kokoluokitus

Aineistosta on muodostettu lista automalleista, joille on annettu mallinnuksen pohjaksi kokoluokkatieto manuaalisesti. Automallin nimi on muodostettu merkin ja kaupallisen mallinimen yhdistelmänä. Näiden ohella mallit on lisäksi jaettu käyttöönottovuosittain, sillä eri vuosimallien välillä on saattanut tapahtua merkittäviä muutoksia kokosegmentistä myös yksittäisten mallinimien sisällä (esimerkiksi B/C -segmentin auto on Crossover SUV -muutoksen myötä siirtynyt kohti J-segmenttiä). Aineiston perusteella muodostuu näin n. 54 000 erillistä tietuetta, kohdentamalla manuaalisen arvioinnin vain niihin yhdistelmiin, joissa lukumäärä on suuri, voidaan otoskoko rajata n. 10 000 ajoneuvoon. Myös tällä tasolla esiintyy paljon toistuvuutta johtuen saman automallin eri vuosimalleista, sekä joidenkin autovalmistajien käyttämistä mallinimistä, joissa moottori ja käyttövoima vaikuttaa mallisarjan sisällä mallinimeen (esim. BMW 316i, 316d, 318i, 318d, …).

Luokittelussa täytettiin 9 990 tietueelle kokoluokkatieto neljästä vaihtoehdosta: mini, pieni, keskikokoinen, suuri. Lähtökohtaisesti nämä luokat vastaavat pitkälti myös eurooppalaista ajoneuvosegmenttijakoa, eli A luokan ajoneuvo on minikokoinen, B pieni, C keskikokoinen, ja D-F suuri. Erilaisten Crossover ja SUV -ajoneuvoluokkien vuoksi J ja M -segmenttiä vastaavia ajoneuvoja ei yksikäsitteisesti sijoita mihinkään luokkaan, vaan luokituksessa on arvioitu kokoluokkaa segmentin sisällä, ja esimerkiksi J-segmentin keskikokoinen SUV luokitellaan keskikokoiseksi autoksi. V-kokoluokkaan menevät pakettiautot on arvioitu suuriksi autoiksi, ja erilaiset S-luokan coupet ja urheiluautot on sijoitettu keskikokoisten autojen luokkaan.

9 990 tietueen perusteella johdettu kokoluokkatieto kattoi ajoneuvokantaan vietynä n. 94 % ajoneuvojen kokoluokista. Näitä tietoja käytettiin yhdessä ajoneuvojen mittatietojen kanssa rakentamaan päätöspuupohjainen malli, jonka avulla voitiin arvioida myös puuttuville ajoneuvoille kokoluokka testien valossa n. 95 % tarkkuudella, jonka voi nähdä olevan käyttötarkoitukseen nähden hyvä.

Jako neljään kokoluokkaan tehtiin alun perin mallitulosten yhteensovittamiseksi COPERT-luokituksen kanssa, mutta luokittelun kokonaistulosten perusteella päädyttiin yhdistämään mini-luokan ajoneuvot pienten ajoneuvojen luokkaan. Mini-luokan ajoneuvoja oli niin vähäisiä määriä, että niiden valinnan mallintaiminen omana ryhmänä ei ollut tarkoituksenmukaista pienen otoskoon vuoksi.

Eri kokoluokille ja käyttövoimille on lisäksi muodostettu arvio ajoneuvon sen hetkisestä arvosta, joka toimii pohjana arvonaleneman huomioinnissa. Arvion tekemisessä keskikokoisille henkilöautoille on käytetty pohjana Verohallinnon julkisia keskimääräisen autoveron tilastoja (Verohallinto 2026). Pienten ja suurten autojen osuudet johdetaan näihin suhteutettuna. Suhdeluvut suuruusluokka eri kokoluokkien välille on arvioitu Fiona-

mallinnuskäytössä olleen Verohallinnon luovuttaman autoveroaineiston perusteella niin, että pienen auton hinta on bensiini- ja dieselautolle 0,75-kertainen keskikoiseen autoon, ja ladattavalle hybridille ja täyssähkölle 0,85-kertainen. Suuren auton osalta kaikissa käyttövoimissa auton hinta on 1,4-kertainen keskikoiseen autoon verrattuna.

2.1.2 Kuorma-autojen kokoluokitus

Myös kuorma-autoille tehtiin tarkempi kokoluokitusjako niiden oletetun käyttöluokan perusteella. Luokittelussa käytettiin ajoneuvoluokan ohella tietoja tarkemmasta ajoneuvoryhmästä, korityypistä, moduuliyhdistelmän kokonaismassasta, akselirakenteesta sekä nettotehosta. Vaikka ajoneuvon moduuliyhdistelmän kokonaismassaa voi pitää pitkälti ohjaavana tekijänä, toimii se luotettavasti vain ylärajan määrityksessä, ja vetoauto saattaa olla hyväksytty myös korkeammalle kokonaismassalle, vaikka se on hankittu ajamaan pienempää kuormaa. Tätä on pyritty tarkentamaan akseli- ja tehotietojen avulla. Luokittelu on määritelty seuraavasti.

- N2-luokan pienet kuorma-autot määritettiin suoraan N2-kuorma-autoluokkaan

- Perävaunutyyppi määritetään vetoauton ajoneuvoryhmän tai korityypin perusteella ja tavoitteena on löytää puoliperävaunun vetoautot. Mikäli ajoneuvoryhmässä mainitaan puoliperävaunun vetoauto, tai ajoneuvon korityyppi on BC (Puoliperävaunun vetoauto), on kyseessä puoliperävaunun vetoauto. Muilla mahdollisilla perävaunutyypeillä ei ole tässä vaiheessa merkitystä.

- N3-ajoneuvoluokan sisällä on oletettu, että mikäli ajoneuvolta puuttuu kokonaan moduuliyhdistelmän kokonaismassatieto, on kyseessä kuorma-auto ilman perävaunua (KAIP)

- Ajoneuvot, joiden perävaunutyyppi indikoi puoliperävaunua, ja vetoauto on kaksiakselinen, oletetaan 40t-yhdistelmäksi (KAP40t), kuten myös ne ajoneuvot joilla moduuliyhdistelmän kokonaismassa on maksimissaan 44 tonnia.

- Ajoneuvot, joiden moduuliyhdistelmän kokonaismassa ylittää 44 tonnia, mutta jää alle 68 tonnin, oletetaan 64t-yhdistelmiksi (KAP64t), ja vastaavasti sen ylittävät ajoneuvot aina 76 tonnin yhdistelmämassaan oletetaan 76t-yhdistelmiksi (KAP76t).

- Viimeisenä korjataan luokkia vetävien akselien ja nettotehon perusteella. Oletetaan, että 76 tonnin yhdistelmässä on aina vähintään kaksi vetävää akselia, joten ne 76t-yhdistelmät, joissa on vain yksi vetävä akseli, lasketaan luokkaan 64t-yhdistelmä. Samaa logiikkaa käytetään nettotehon osalta. 64t-yhdistelmän oletetaan vaativan vähintään 300 kW teho vetoautolta, ja rajan alle menevät lasketaan 40 tonnin yhdistelmiksi. Vastaavasti 76 tonnin yhdistelmien minimitehona pidetään 370 kW, ja pienempitehoiset oletetaan 64t-yhdistelmäksi.

Yllä oleva luokitus ei ole täydellinen, mutta sitä on vertailtu ristiin muiden datalähteiden (mm. maahantuojat) kanssa, johon verrattuna se tarjoaa paremman arvioin ajoneuvojen todellisista käyttöluokista suhteessa suoraan massatiedon käyttämiseen. Ongelmia luokituksessa tuottaa eniten 40-50 tonnin massalla olevat ajoneuvot, joita voidaan käyttää sekä 40 tonnin puoliperäyhdistelminä, että 64 tonnin täysperäyhdistelminä ilman selkeää erottavaa tekijää. Raja on nyt pyritty määrittämään niin, että lukumääräisesti ajoneuvoja asettuu oikea määrä kumpaankin luokkaan.

2.1.3 Kulutustiedot ja EURO-päästöluokat

Henkilöautoille käytetään lähtökohtaisesti ajoneuvojen tiedosta löytyvää kulutustietoa, joka voi olla tallentunut yhdellä tai useammalla mittaustavalla. Lähtökohtaisesti jokaiselle ajoneuvolle poimitaan WLTP-mitattu polttoaineen tai sähkönkulutus, sekä CO2-päästöarvo, joten ajoneuvoilla, joilla on sekä WLTP että NEDC -mittaustieto, käytetään aina WLTP-arvoa. Mikäli WLTP-arvo puuttuu, otetaan NEDC -mittaustieto. Päästötieto itsessään tallennettaan mittaustavasta riippumatta aina samaan muuttujaan, ja sen rinnalle tallentuu myös tieto mittaustavasta.

Ladattavien hybridien osalta ajoneuvon tiedoista löytyy vain painotettu yhdistetty kulutus, joka muodostuu sähkön ja polttoaineen yhteiskulutuksesta. Tulosten jakautumiseen sähkön ja polttoaineen välillä vaikuttaa ajoneuvolle laskettu Utility Factor (UF), joka muodostetaan sähköajon kantamatiedon perusteella niin, että pidempi sähkökantama kasvattaa sähköajon painoarvoa mittauksessa. On kuitenkin havaittu, että tämä mittaustapa on antanut todelliseen käyttöön nähden liian suuren painoarvon sähkön osuudelle, ja uusissa EURO-päästöluokkapäivityksissä laskentatavan parametrit tulevat muuttumaan ja nostamaan polttoainekäytön osuutta (EC 2023). Koska kantamatietoa ei ole kattavasti saatavissa jokaiselle ajoneuvolle, ei jakosuhteen tarkka määrittäminen onnistu.

Malliin tuotetuissa tiedoissa on päädytty siihen, että ladattavan sähköauton sähkönkulutus sähköllä ajettaessa on vastaava, kuin saman kokoluokan ja käyttöönottovuoden sähköautossa keskimäärin, ja vastaavasti polttoaineen kulutus edustaa saman vuosimallin ja kokoluokan keskimääräistä polttoaineen kulutusta. Todellisuudessa akuston ja muun tekniikan tuoma lisäpaino

voi hieman lisätä polttoaineen kulutusta verrattuna vastaavaan normaaliin polttomoottoriautoon, mutta tämän on oletettu kompensoituvan akuston mahdollistaman sähkön talteenotolla tuomalla hyödyllä. Näin arvioitu kulutustieto mahdollistaa myös mallissa sen, että polttoaineen ja sähkön käytön osuuksia voi varioida eri skenaarioissa.

Lähtökohtaisesti ajoneuvon kulutustieto on aina suoraan kyseiselle ajoneuvolle merkitty, mutta yksittäisissä tapauksissa tieto voi puuttua. Tällöin tiedoksi täydennetään vastaavan mallivuoden, käyttövoiman ja kokoluokan ajoneuvon keskimääräiset päästö- ja kulutustiedot. Mikäli vastaavasta ryhmästä ei löydy tarpeeksi isoa otosta, poimitaan tiedot saman mallivuoden ja käyttövoiman perusteella. Mikäli otoskoko tässäkin tilanteessa jää liian pieneksi, käytetään kyseisen käyttövoiman keskimääräistä päästö- ja kulutustietoa. Ajoneuvot, joilla tieto on puutteellinen, ovat usein vanhempia ajoneuvoja, joilla suorite on hyvin vähäinen, joten osuus laskennassa on vielä esitettyä ajoneuvo-osuutta merkittävästi pienempi. Kelvollisen otoskoon rajaksi on asetettu vähintään 30 ajoneuvoa. Taulukossa 1 on esitetty keskiarvotettujen tietojen osuus henkilöautoissa.

Taulukko 1. Lähtötiedoissa määritettyjen kulutus- ja päästötietojen tarkkuustaso

Tietojen taso	Osuus
Yksittäinen ajoneuvo	93,7 %
Käyttövoima, vuosimalli ja kokoluokka	2,9 %
Käyttövoima ja vuosimalli	0,2 %
Käyttövoima	3,1 %

Ajoneuvoille on määritetty lisäksi EURO-päästöluokka käyttöönottovuositiedon perusteella. Tätä käytetään mm. COPERT-raportoinnissa sekä raskaan kaluston kulutustiedon arvioinnissa. EURO-päästöluokka on arvioitu käyttöönottopäiväämärän mukaisesti viimeistä mahdollista päivää noudattaen. Luokituksessa on olemassa siirtymäaika, jonka alussa autoja saa alkaa tyyppihyväksyttää uuteen päästöluokkaan. Siirtymäajan takarajana on ensirekisteröinneissä vain uusien luokkien mukaisten ajoneuvojen salliminen. Siirtymäaika on yleensä vuoden mittainen, mutta siinä esiintyy hieman vaihtelua. Luokitus on arvioitu viimeisen mahdollisen päivän mukaisesti, sillä tämä kuvaa paremmin todellista hetkeä, jolloin muutos uusien ajoneuvojen massassa näkyy. Arvioinnissa käytetyt päivämäärärajat on esitetty liitteessä 1.

EURO-luokkien osalta mallin lähtötietoihin syötetään ajoneuvoluokittain tulevien vuosien EURO-päästöluokkakehitys, jota sovelletaan aina mallissa generoidulle ajoneuvolle.

2.1.4 Tietojen vienti mallikäyttöön

Ajoneuvokannan lähtötiedot on tarjottu keskitetysti CSV-tiedostona. Lähtötietojen lukemiseen on mallijärjestelmässä tarjolla oma latausskripti. Oletuksena myöhempien ajojen nopeuttamiseksi latausskripti ajetaan vain ensimmäisellä kerralla kokonaisuudessaan, ja sen muodostamat tiedostot tallennetaan tehokkaampaan tiedostomuotoon ajoneuvoluokkakohtaisesti. Tiedoston uudelleenlataus on kuitenkin mahdollista pakottaa joko lisäparametrillä tai poistamalla generoidut tiedostot, mikäli lähtötietoihin on tarjolla päivityksiä.

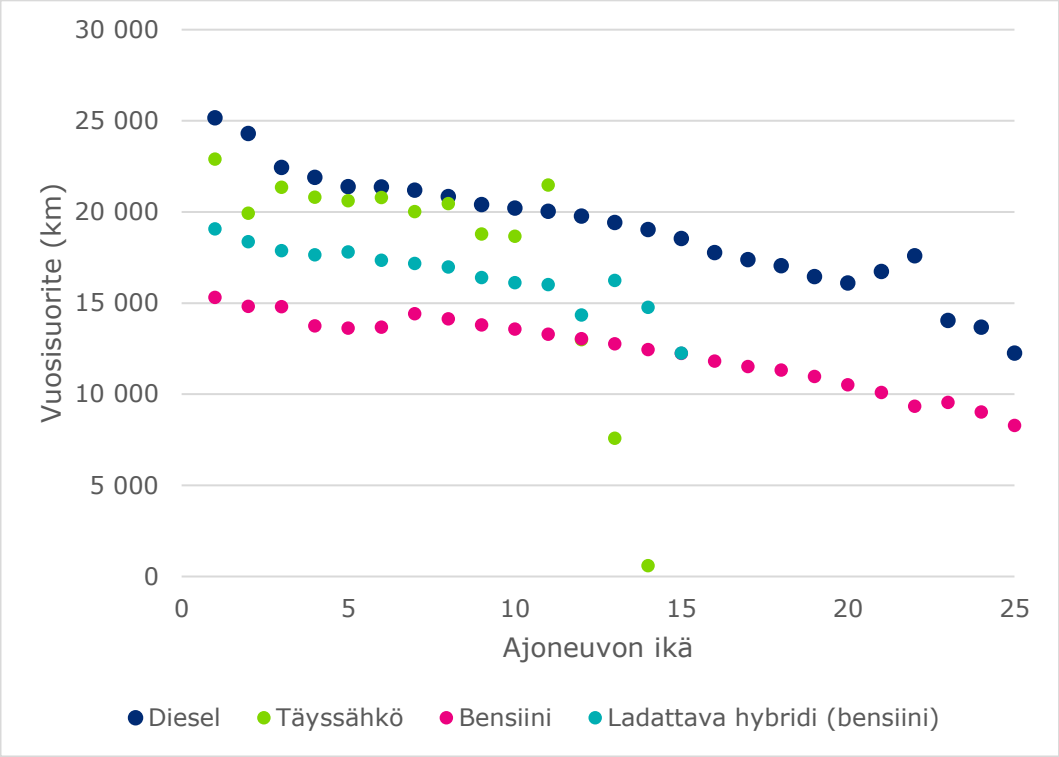
2.2 Keskimääräiset suoritteet laskennassa

Koska ajoneuvojen käyttö eroaa eri ryhmissä ja eri ikäisillä ajoneuvoilla merkittävästi, on ajoneuvojen keskimääräistä suoritetta kartoitettu katsastustilastojen avulla. Henkilöautoille keskimääräinen suorite on laskettu käyttövoiman ja ajoneuvon iän perusteella, kuorma-autoille kuorma-auton luokituksen ja iän suhteen ja muille ajoneuvoluokille aina ajoneuvoluokan osalta iän suhteen.

Suoritteen arvioinnissa käytetään hyödyksi katsastustapahtumista saatua dataa. Koska uudelle, ensirekisteröitävällä autolle ei esiinny katsastustapahtumaa, oletetaan niiden suoritteen alkaneen nollasta ensirekisteröintihetkellä. Vastaavasti käytettynä maahantuoduille autoille oletetaan, että suoritetieto on kirjattu maahantuonnin ja rekisteröinnin yhteydessä järjestelmään. Näin käytettyjen maahantuotujen ajoneuvojen osalta laskentaan vaikuttaa vain se suorite, mikä on syntynyt auton ollessa rekisteröitynä Suomeen.

Katsastusajankohdan, ajoneuvon tunnisteen ja havaitun suoritetiedon avulla voidaan arvioida, miten paljon katsastusten välillä ajoneuvoilla on ajettu. Ennen tarkempaa analyysiä aineistosta siivotaan pois ne ajoneuvot, joissa tiedonkeruu on erityisen virheherkkää (esim. matkamittari on maileina, matkamittari on viisinumeroinen tai matkamittari puuttuu). Vastaavasti aineistoista pyritään tunnistamaan tilanteet, joissa mittari 999 999 kilometrin jälkeen palaa nollaan, lisäämällä näissä tilanteissa tuleviin suoritetietoihin puuttuva miljoona. Mikäli ajoneuvo korjauksista huolimatta saa jossain kohti negatiivisen tai erittäin suurten vuosisuoritteen (esim. manuaalisen tallennuksen kirjausvirheen takia), käytetään ajoneuvon suoritetietoa analyysissä vain virheitä edeltävien tapahtumien osalta. Aineistosta poistetaan myös suorite, joka on havaittu lyhyiltä, alle kolmen kuukauden katsastusväleiltä, sillä nämä saattavat vääristää vuosisuoritetta merkittävästi. Ajoneuvotiedoista pyritään lisäksi ajoneuvoryhmätietojen avulla poistamaan tarkastelusta erilaiset hälytysajoneuvot, tai ajoneuvot, joiden käyttötiedot osoittavat taksi- tai vuokrakäyttöä, sillä nämä voivat vääristää etenkin uusien ajoneuvojen suoritteen arviointia.

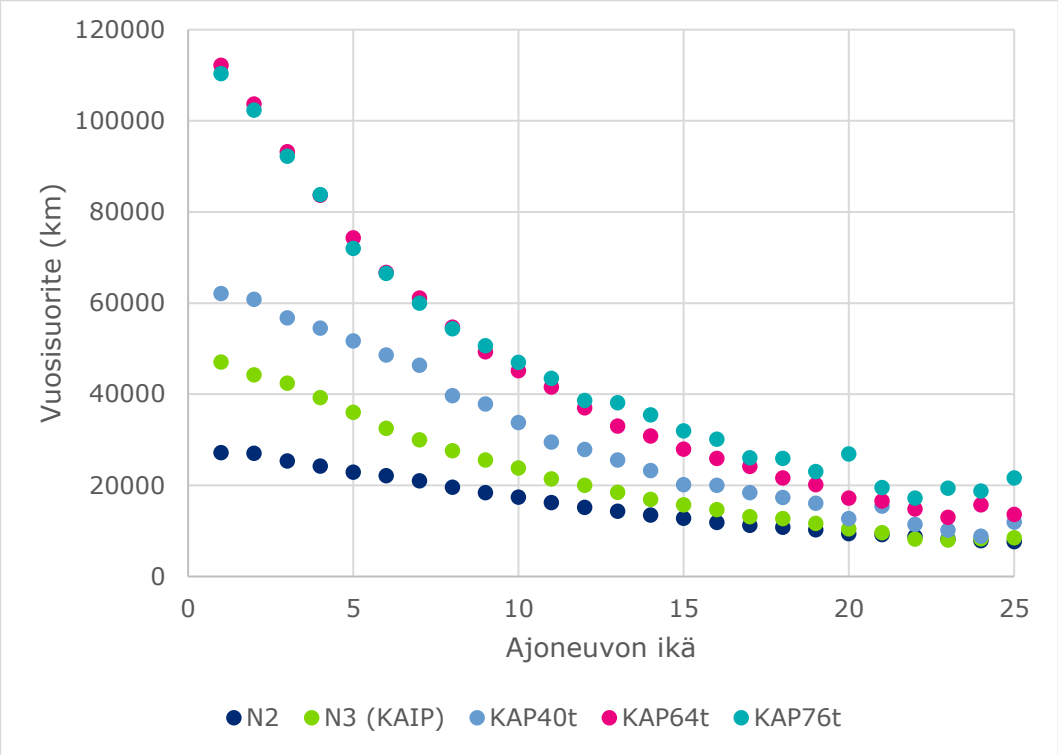
Korjausten ja siivousten jälkeen muodostuneesta aineistosta lasketaan ajoneuvoille vuotuinen keskisuorite jakamalla katsastusten välinen suoritekertymä katsastusten välisellä ajalla. Kun tarkastellaan iän vaikutusta keskisuoritteeseen, oletetaan keskisuoritteen ajanhetkeksi ajoneuvon ikä katsastusajankohtien puolivälistä lähimpään kokonaisvuoteen pyöristäen, ja vuosisuorite ajan funktiona muodostuu kaikkien havaintojen keskiarvoista kaikille vuosille, joilla havaitaan vähintään 300 otosta. Esimerkki henkilöautojen käyttövoimittain havaitusta suoritteessa on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Esimerkki henkilöautojen havaituista suoritteista eri käyttövoimissa

Esimerkiksi bensiini- ja dieselkäyttöisille autoille katsastustietoa on kertynyt pitkältä ajalta, mikä muodostaa selkeän trendin iän vaikutuksesta keskimääräiseen suoritteeseen. Vastaavasti täyssähköautoilla ja ladattavilla hybrideillä hajontaa alkaa esiintyä vahvasti jo 10 vuoden ikäisten autojen kohdalla, ja hieman sitä vanhemmissa ei enää synny tarpeeksi suurta otosta. Henkilöautoille suoritteen kehitys iän suhteen on arvioitu noudattavan lineaarista trendiä, koska kehitys on pitkälti lineaarista ensimmäisten kymmenien vuosien aikana ja mahdolliset poikkeamat aiheutuvat vasta hyvin vanhoissa autoissa, joita autokannassa on vain pieni osuus. Lineaarinen trendi kuvaa näin ollen tarkemmin niitä ajoneuvojen ikäluokkia, joissa ajoneuvoista on enemmistö. Tilanteissa, joissa lineaarinen trendi johtaisi negatiiviseen suoritteeseen, on suorite oletettu nollaan. Tämä näkyy vasta yli 50 vuoden ikäisissä ajoneuvoissa, joiden määrä mallinnetussa ajoneuvokannassa on hyvin pieni.

Tavaraliikenteen ajoneuvokannan osalta kehitys on erilaista. Katsastusväli on tiheämpi ja tuloksia tarkastellaan ajoneuvoluokittain, jolloin riittävä otoskoko on muodostettavissa pidemmälle ajalle. Kehitys ajoneuvoluokittain on esitetty kuvassa 2. Kaikissa ajoneuvoluokissa huomataan, että trendi ei henkilöautoja vastaavalla tavalla lineaarista, vaan alussa keskimääräinen vuosisuorite putoaa hyvin nopeasti auton vanhetessa, kunnes muutos alkaa tasaantua. Vastaava ilmiö esiintyy myös pakettiautojen (N1) ja linja-autojen (M2 ja M3) tapauksessa.



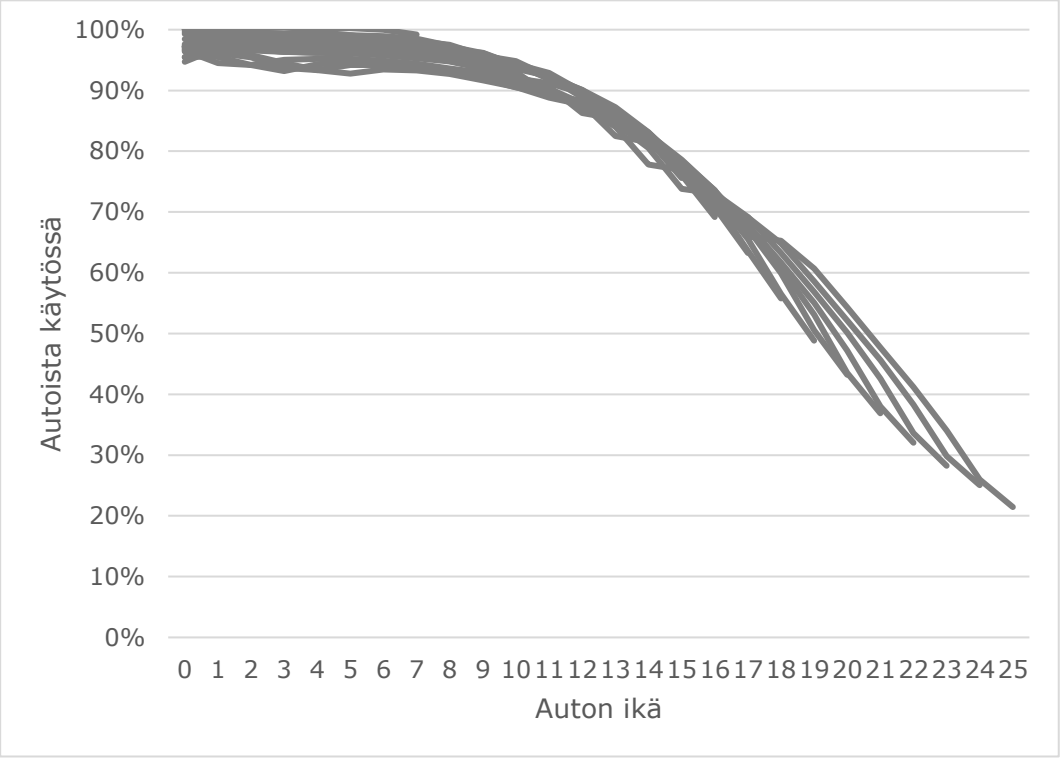
Kuva 2. Esimerkki kuorma-autojen havaituista suoritteista eri kokoluokissa

Näille ajoneuvoluokille suoritekehityksen trendi on pääosin arvioitu noudattavan weibull-funktiota. Poikkeuksena puhtaaseen weibull-funktioon, jonka arvo muuttujan kasvaessa lähestyy nollaa, on suoritteen arvioinnissa määritetty lisäksi erillinen alaraja (suorite on suurempi kuin 0), jolle suorite tasaantuu. N2-ajoneuvoluokan osalta vastaava alarajalla korjattu weibull-funktio ei ollut paras menetelmä kuvaamaan kehitystä, vaan niille kehitystrendi on muodostettu eksponentiaalisesti, mutta vastaavalla alarajakorjauksella.

Tällä menetelmällä muodostetut suoriteoletukset eri ajoneuvoluokille iän suhteen toimivat pohjatietona mallissa suoritteen jakauman arvioinnissa eri mm. luokkien sisällä. Ne luetaan mallin käyttöön omasta taulukostaan, mikä mahdollistaa tarvittaessa myös niiden muokkaamisen.

2.3 Ajoneuvojen poistumafunktiot

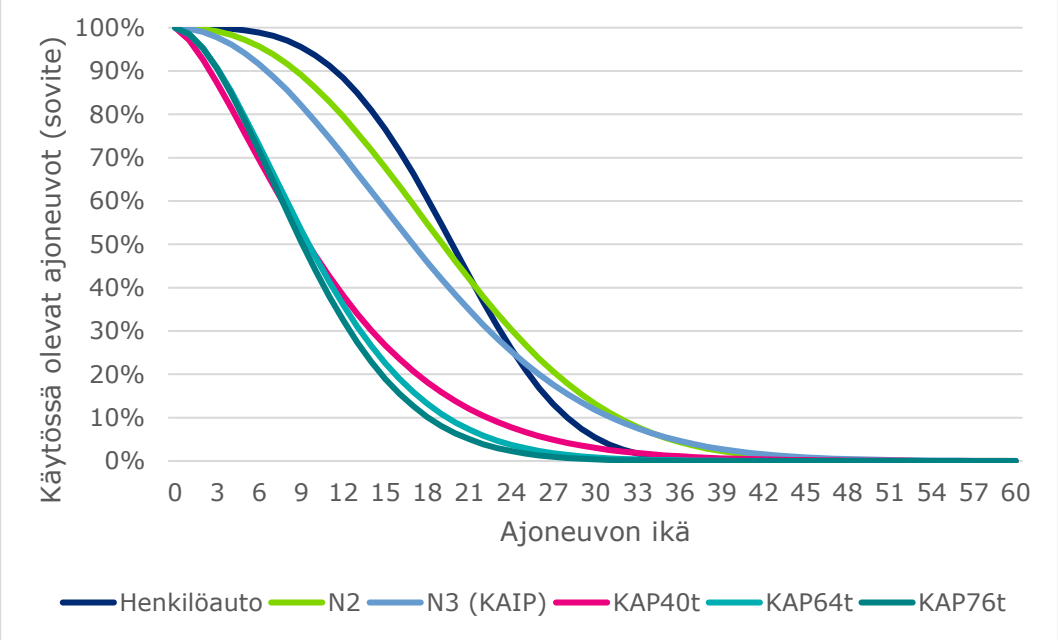
Ajoneuvojen poistumat vuosittain on määritetty ajoneuvoryhmittäin liikennekäytössä olevan ajoneuvokannan muutoksien perusteella tarkastelemalla miten monta kunkin käyttöönottovuoden ajoneuvoa liikennekäytössä on, ja miten paljon kunkin käyttöönottovuoden ajoneuvoja on tullut ensirekisteröinteinä tai käytettynä maahantuontina. Tästä muodostetaan suhdeluku liikennekäytössä olevat / kaikki liikennekäyttöön tulleet, mikä kuvaa kyseisen käyttöönottovuoden jäljellä olevia ajoneuvoja kullakin tilastovuodella. Toistettuna vastaava usealle tilastovuosiotokselle ja muunnettaessa käyttöönottovuosi iäksi, saadaan otosta laajennettua. Kuva 3 esittää henkilöautojen osalta useamman vuoden otoksella esitetyn poistuman.



Kuva 3. Esimerkki liikennekäytössä olevien henkilöautojen määrästä suhteessa uusien ja käytettynä maahantuontien määrään auton iän suhteen. Jokainen viiva kuvaa erillistä tilastovuotta.

Poistumafunktion usean vuoden otokset on tämän jälkeen sovitettu weibull-jakaumaan ja kullekin ajoneuvoluokalla on muodostettu oma funktionsa. Henkilöautoille määritys on tehty yhtenä ryhmänä, sillä etenkin täyssähköille ja ladattaville hybrideille poistumatietoa on kertynyt vasta niin lyhyeltä ajalta, että oman funktion määrittely ei ole luotettavaa. Itse poistologiikka on kuitenkin rakennettu malliin niin, että eri käyttövoimille voidaan jatkossa syöttää kullekin erillinen parametri, mikäli tarkempia arvioita käyttövoimien välillä on löydettävissä. Kuorma-autoille määrittely on vastaavasti tehty käytössä olevien viiden kuorma-autoluokan perusteella.

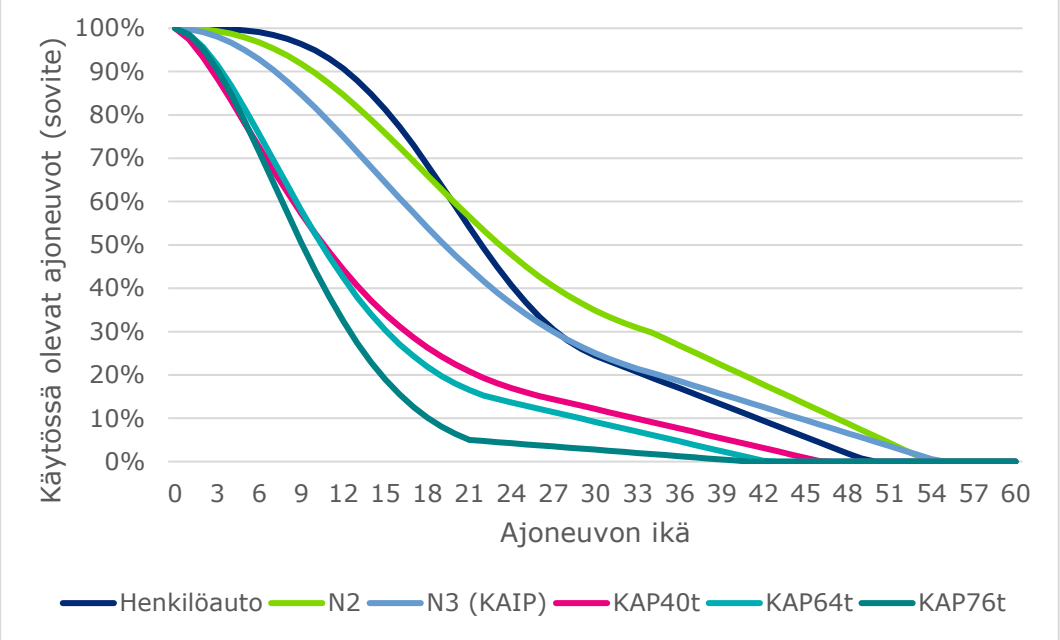
Henkilöautoille laskennan pohjana on käytetty tilastoja vuosilta 2000-2025, mutta kuorma-autoille tilastointiaineiston muutoksen seurauksena eri kuorma-autoluokat saatiin määritettyä luotettavasti vain vuosien 2018-2025 aineistoon, joten tausta-aineistosta ei ollut mahdollista muodostaa yhtä pitkää jatkuvaa kehitystä kannan koon ja kantaan tulevien ajoneuvojen välille. Vanhempien käyttöönottovuosien osalta muutoksia on arvioitu kevyemmin kannan kokonaiskoon muutoksen avulla. Henkilö- ja kuorma-autoluokkien sovitteet on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Eri luokkien poistumafunktion sovitteet

Jokaisessa luokassa jakauma lähestyy nollaa, mikä suoraan tulkittuna tarkoittaa sitä, että kaikki kyseisen iän ylittäneet ajoneuvot poistettaisiin mallista välittömästi ensimmäisenä vuonna, mistä seuraisi yksittäinen vuosi, jona poistot ja uusien autojen määrä kasvaisi merkittävästi tuleviin vuosiin verrattuna. Tämän vuoksi lopullinen, käytössä oleva funktio on korjattu kahdella eri menetelmällä, lattiatason määrityksellä ja alkuvaiheessa vanhojen autojen vaiheittainen poisto.

Lattiatason kalibrointi toteutetaan skaalaamalla jakaumaa kalibrointiarvon verran ylöspäin ja laskemalla nollataso lineaarisesti seuraavien vuosien aikana. Tämä pyrkii tasaamaan tilannetta niin, että vanhojen autojen poistokäytös loivenee hieman. Oletustasolla tämä on toteutettu niin, että siitä ikäryhmässä eteenpäin, missä päädytään 5 %-yksikön sisään lattiatasosta, muodostetaan lineaarinen poistuma seuraavan 20 vuoden ajalle. Vastaavasti itse lattiatason määrityksellä voidaan säädellä yleisesti poistojen ja uusien auton tarpeen määrää. Mitä matalampi lattiataso, sitä korkeampi on poistoasti ja siten uusien ja käytettynä maahantuotujen ajoneuvojen määrä. Tämä kalibroidaan ajoneuvoluokkakohtaisesti oikealle tasolle, esimerkiksi aiempien trendien perusteella. Kuva 5 esittää esimerkin kalibroiduista ja korjatuista suoritteista eri luokissa.



Kuva 5. Lattiatasokorjatut poistofunktiosovitteet eri luokissa

Vaikka lattiatasokorjaus korjaakin lähtökohtaisesti perustason, aiheuttaa se malliin kuitenkin yhä spesifin nollakohdan ajoneuvoluokan mukaan n. 40 - 55 ikävuoden välimaastoon, mikä tarkoittaa sitä, että kaikki tätä ikää vanhemmat ajoneuvot poistetaan ajoneuvokannasta välittömästi heti ensimmäisellä kierroksella. Kyseinen ryhmä ei vaikuta mallin tulokseen, koska kyseisten ajoneuvojen suorite on niin pieni, mutta niiden poistaminen yhden vuoden aikana aiheuttaa silti yksittäisen piikin. Tämä on huomioitu ajoneuvojen vaiheittaisella poistolla. Ajoneuvot, jotka jakauman perusteella ovat lattiatasokorjauksen alapuolella, merkitään vaiheittain poistettavaksi. Ne poistetaan vaiheittain ensimmäisen 10 mallivuoden aikana. Muihin ajoneuvoihin sovelletaan suoraan sovitteen mukaista todennäköisyyttä.

Muille ajoneuvoryhmille poistofunktion muodon on arvioitu noudattavan keskimääräisesti vastaavaa rakennetta kuin kuorma-autoyhdistelmillä. Lattiatason määrityksestä poiketen laskentalogiikka on kuitenkin käänteinen, ja mallin määrittää lattiatason niin, että uusien ajoneuvojen määrä ja ajoneuvokannan kokonaismäärä pysyvät kehitystrendin mukaisena.

Itse poistofunktion logiikasta on tärkeä huomioida, että malli kuvaa nimenomaisesti liikennekäytössä olevaa ajoneuvokantaa. Poistofunktio ei siis ole suoranainen romutusfunktio, vaan sen kuvaama poisto voi yhtä lailla olla esim. ajoneuvon vienti tai liikennekäytöstä poisto.

2.4 Polttoaineiden hinnoittelu

Polttoaineiden hintatiedot tieliikenteessä käsitellään kokonaisuutena osana ajoneuvokannan mallia. Malli tarvitsee lähtötietona arvion vuotuisesta polttoaineen kokonaishinnasta eri polttoaineille jokaiselle laskentavuodelle. Polttoaineen hinta vaikuttaa suoraan ajoneuvokannan kehitykseen ja se huomioidaan mallissa. Lisäksi mallin lopputuloksena syntyy henkilö- ja tavaraliikenteen mallien käytössä tarvittavien kustannuslähtötietojen tieliikennettä kuvaava osa. Polttoainetiedot luetaan aina mallin ajohetkellä JSON-tiedostosta.

Eri käyttövoimien vuosittaisen kokonaishinnan (sisältäen verot) ohella lähtötiedoiksi tarvitaan myös polttoaineen eri vuosien arvonlisäverotasot, jotta tavaraliikenteen mallissa voidaan muodostaa myös veroton polttoaineen hinta.

3 Henkilöautojen ajoneuvokannan mallinnus

Henkilöautojen ajoneuvokannan mallinnus tuottaa ajoneuvokannan koostumuksen vuosittain. Vuosittaisen ajoneuvokantakoostumuksen ja -muutosten ohella se määrittää henkilöautolla ajamisen kilometrikustannustasot ja suoriteosuudet henkilöliikenteen mallin käyttöön.

3.1 Henkilöautokannan muut lähtötiedot

Aiemmin listattujen, yhteisten lähtötietojen lisäksi henkilöautokannan malli tarvitsee lisäksi muutamia lisätietoja laskennan pohjaksi. Tiedostojen tarkempi sisältö ja ohjeistus on esitetty Valman ohjesivulla.

3.1.1 Teknisen kehityksen oletukset

Teknisen kehityksen oletukset kuvataan taulukkomuotoisena lähtötietona. Siinä on määritetty malliin tulevien ajoneuvojen eri variantit ja niiden perustiedot käyttöönottovuosittain. Jokaisen käyttöönottovuoden, käyttövoimavaihtoehdon (bensiini, diesel, ladattava bensiinihybridi, ladattava dieselhybridi, täyssähköauto) ja kokoluokan (pieni, keskikokoinen, suuri) yhdistelmällä on esitetty arvio CO2-päästötasosta, polttoaineen kulutuksesta, sähkönkulutuksesta, kulutuksen mittaustavasta (WLTP/NEDC, vaikuttaa kulutuskertoimiin), ajoneuvon painosta (vaikuttaa verotuslaskennassa) ja Euro-päästöluokasta (vaikuttaa joissain tuloskoonneissa ryhmittelyyn).

Ladattavien hybridien kulutustasot on arvioitu vastaavalla tavalla, kun lähtötietoarvioissa, eli kulutus vastaa molempien voimanlähteiden osalta täysimääräistä kulutusta, ja mallijärjestelmässä lasketaan erikseen ositus sähkön ja polttoaineen käytön välillä. CO2-kehityksessä vastaavasti hyötykertoimen (*Utility Factor*) muutos on huomioitu suoraan päästötasoon. Ennen vuotta 2026 käyttöönotettujen henkilöautojen tiedot on arvioitu kannan keskiarvotietojen perusteella, ja siitä eteenpäin kehitys arvioidaan trendipohjaisesti. Alle aiempien käyttöönottovuosien ajoneuvot on sisällytetty lähtötietoihin, koska ne toimivat pohjana mallin lisäämille käytetyille ajoneuvoille.

Mikäli ajoneuvokannan teknisen kehityksen osalta haluaa tarkastella erilaisia skenaarioita, voi tiedostoon päivittää kulutustiedot tarkasteluskenaarion mukaiseksi. Henkilöajoneuvokannan ajo lukee joka kierroksella lähtötiedot tiedostosta, joten muokkaukset huomioidaan laskennassa automaattisesti.

3.1.2 Hintataso ja saatavuus

Autojen hankintahinnat ja eri mallien saatavuus on kuvattu omissa JSON-muotoisissa tiedostoissaan, jotka luetaan aina ajoneuvokantamallin ajon yhteydessä.

Ajoneuvojen hinnat on kuvattu vuositasolla autoveron kanssa. Hintatiedot kuvataan vuosittain neljälle käyttövoimalla (bensiini, diesel, ladattava hybridi, täyssähkö) ja kolmelle kokoluokalle (pieni, keskikokoinen, suuri). Hinnat vaikuttavat suoraan auton valintamallin tuloksiin. Lisäksi ajoneuvohinnat vaikuttavat mallinnuksen aikana ajoneuvojen arvoon ja arvonalenemaan suoritelaskennassa. Vuositasolla arvonaleneman arvioidaan olevan 12 %, mikä on vastaava arvio kuin Väyläviraston tieliikenteen hankearviointiohjeissa käytetty (Metsäranta et al. 2024).

Autojen hintatietojen ohella lähtötietona on esitetty arvio eri ajoneuvovaihtoehtojen saatavuudesta. Saatavuusmuuttuja on lisätty auton valintamallin kalibroinnin tueksi ja ajoneuvokokojen parempaan huomiointiin. Käytännössä etenkin bensiiniautoissa ensirekisteröintien määrä on kohdistunut suurilta osin myös pieniin autoihin, mutta vastaavasti sähköautojen yleistyessä pienten sähköautojen saatavuus ei ole ollut samalla tasolla. Mallin pohjaksi on laskettu suuntaa antava arvio saatavilla olevien mallien laajuudesta ensirekisteröintitilastoissa esiintyvien uniikkien mallinimien perusteella. Mikäli mallinimiä on tarjolla enemmän kuin 80 kappaletta, on arvioitu että tarjonta ei rajoita kysyntää, mutta mikäli mallinimiä on vähemmän, arvioidaan tarjontarajoitteen arvo suoraan suhdelukuna mallinimien määrä / 80.

Tarjontakehityksen osalta kalibroinnissa huomioidaan pienten täyssähköautojen, pienten dieselautojen sekä pienten ladattavien bensiinihybridien vähäinen saatavuus. Koska kaikki tarjontarajoitteet kohdistuvat pieniin autoihin, näyttää se mallin kalibroinnissa pienten autojen kysynnän laskuna, ja siten sen vaihtoehdon valintatodennäköisyyden pienentymisenä. Tämä muuttaja on kuitenkin kytketty tarjontarajoitteeseen ja kokoluokkien kalibrointi on tehty sen kanssa, jolloin pienen auton valintatodennäköisyys linkittyy osaltaan tarjontarajoitemuuttujaan, ja tarjontarajoitteen poistuessa pienten autojen kysyntä muodostuu vapaasti. Tarkemmat kalibrointitulokset on esitetty ajoneuvokantamallin tarkemmassa ohjeistuksessa.

3.1.3 Lähtötiedot Valma-mallijärjestelmästä

Henkilöautokannan osalta tärkeä muualta Valmasta saatava lähtötieto on autojen kokonaismäärä. Kokonaismäärän laskenta on esitetty henkilöliikenteen dokumentaatiossa (Supponen et al. 2026). Muun mallijärjestelmän osana on oma omistuksen laskentaskripti, joka muodostaa ajoneuvokantamallille soveltuvan autonomistuksen lähtötiedon.

Lähtötiedot muodostuvat kahdesta osasta. Aluetiedot (ns. *zonedata*) sisältää alueiden perustiedot, joita käytetään tulosten aggregointiin maakunta- ja kaupunkitasolle. Vastaavasti autonomistuksen lähtötieto sisältää kullekin alueelle lasketut tunnuslukutiedot sisältäen kotitalouksien lukumäärän, kotitalouksien jakauman erilaisiin perhe-, tulostaso- ja ajokortillisuusluokkiin, sekä autonomistuksen jakautumisen näiden luokkien yhdistelmissä.

Näistä lähtötiedoista voidaan muodostaa suoraan ajoneuvojen kokonaismäärä ja sen kehitys vuositasolle. Sen lisäksi tarkemmasta autonomistuksen jakautumisesta saadaan muodostettua lähtötiedot auton valintamalliin, jossa erilaiset kotitalouden muuttujat (mm. lapsimäärä, tulotaso) vaikuttavat kotitalouden valitaan. Lisäksi erilaisten kotitaloustyyppien määrä eri alueilla vaikuttaa ajoneuvokannan jakoon alueittain, ja alueellisten henkilöauton liikkumiskustannusten muodostumiseen. Erona muualla mallissa käytettyihin aluetietoihin, jossa tulotasoluokitus on 6-portainen, on ajoneuvokannan osalta tuloluokat yhdistetty kolmeen tuloluokkaan, niin, että ajoneuvokantamallin käytössä alin tuloluokka vastaa muun mallijärjestelmän kahta alinta tuloluokkaa, ajoneuvokantamallin keskimmäinen tuloluokka vastaa muun mallijärjestelmän 3. ja 4. tuloluokkaa, ja ajoneuvokantamallin korkein tuloluokka sisältää mallijärjestelmän kaksi ylintä tuloluokkaa.

3.1.4 Muut lähtötieto-oletukset

Henkilöautojen kulutuslaskenta pohjautuu ilmoitettuihin NEDC tai WLTP -kulutuksiin. Koska etenkin NEDC-mittausajanjakson loppuvaiheilla (kyseistä ajoneuvokantaa yhä paljon käytössä) on havaittu suuriakin eroja ilmoitettuihin kulutuksiin, on ilmoitettuja kulutuksia korjattu kustannus- ja kulutuslaskennan pohjaksi.

NEDC-ajoneuvojen tapauksessa ilmoitettua kulutusta käytetään laskennassa korottamalla sitä 30 prosentilla, koska etenkin mallivuosien 2013-2019 eron on havaittu paikoin nousevan jopa korkeammaksi (Dornoff et al. 2024). WLTP-mittaustavalla havaittu ero on alkuvaiheessa ollut noin 10 prosentin luokkaa (Dornoff et al.), mutta EEA:n ajoneuvoista keräämän kulutusdatan (EAA 2026) perusteella voidaan tehdä myös tuoreempia arvioita. Vertaamalla aineiston (EAA 2026) perusteella Suomessa havaittuja todellisia bensiini- ja dieselhenkilöautojen keskikulutuksia vuosien 2021-2023 osalta vastaavien henkilöautojen ilmoitettuun kulutukseen, on ero ajoneuvokannassa n. 7-8 % luokkaa. Tällä perusteella laskennassa on pidetty käytössä Dornoff et al. (2024) tulosten mukainen 10 prosentin korotus WLTP-ajoneuvoille.

Toinen laskennallisesti merkittävä lähtötieto-oletus liittyy ladattavien polttoainehybridien suoritteen jakaumaan sähkön ja polttoaineen välillä. Hyötyfunktion ja sen avulla lasketun painotetun kulutuksen perusteella laskennassa ajo on suosinut sähköä havaintoihin nähden merkittävästi liikaa, jonka vuoksi hyötyfunktion laskentatapaan on esitetty päivityksiä, joissa

laskentasuhde siirtyy kohti polttomoottorin käyttöä (EC 2023). EEA:n aineistoissa (EEA 2026) on esitetty myös ladattavien hybridien kulutustiedot ja suoritekertymä eri ajotiloissa. Suomen osalta sähkönkäytön keskiarvo on hieman keskiarvoa korkeampi, ollen autoihin suhteutettuna 38 % ja suoritteeseen suhteutettuna 33 % tuoreimman tilastovuoden (2024) osalta. Myös edellisten vuoden havainnot asettuivat hyvin vastaavaan tasoon, minkä perusteella lähtökohtana ladattavien hybridien kustannus- ja kulutuslaskennassa suoritteen on arvioitu kohdistuvan 35 % sähkökäyttöön ja 65 % polttomoottorikäyttöön.

Edellä mainittujen korjauskertoimien lisäksi sähkökäytön ilmoitettua kulutusta korjataan lähtökohtaisesti 20 % korotuksella ilmoitetusta kulutuksesta. Arvion pohjalla on mm. suurempi energiantarve auton lämmitykseen ja mahdolliset lataushäviöt.

Yllä mainitut oletukset ovat lähtökohtaisesti mallissa käytössä, mutta ne on mahdollista myös korvata, mikäli tausta-arviot kehittyvät tai halutaan tarkkailla niiden vaikutusta eri skenaarioihin. Tämä on dokumentoitu tarkemmin ohjeistuksessa.

3.2 Valinta- ja sijoittelulogiikka

Auton valinnan ja sijoittelumallin osalta mallien estimointi ja määritykset on tehty Tilastokeskuksen ylläpitämässä FIONA-järjestelmässä VATT Datahuoneen tuella. Tämä ratkaisu on valittu, jotta ajoneuvokannan tiedot on pystytty yhdistämään henkilöiden demografisiin tietoihin (FOLK-aineisto) ja autonomistusta voidaan käsitellä yksilön sijaan taloustasolla.

3.2.1 Uuden auton valintamalli

Auton valintamalli kuvaa tilannetta, jossa auto hankitaan, ja valinta kohdistuu yhteen 16 autovaihtoehdosta. Nämä vaihtoehdot koostuvat neljästä eri käyttövoimasta (bensiini, diesel, ladattava hybridi, täyssähkö) ja 3 eri kokoluokasta (pieni, keskikokoinen, suuri) kattaen kaikki näiden yhdistelmät.

Mallin estimointiin on käytetty valmiin FIONA-aineiston lisäksi Verohallinnolta saatua aineistoa ensirekisteröityjen autojen (2014-2024) verotusarvoista, joiden pohjalta eri ajoneuvoryhmille (käyttövoima, kokoluokka, merkki) on laskettu keskiarvohinnat. Ajoneuvokannan poikkileikkausaineistosta on muodostettu transaktiomuotoinen aineisto kuvaamaan uusia ajoneuvojen ensirekisteröintejä. Aineisto on rajattu vain tapahtumiin, missä auto on kytkettävissä yksittäiseen kotitalouteen ja kaikki tarvittavat muuttujat ovat saatavilla.

Valintamallin tarkempi kuvaus ja taustat on esitetty omassa julkaisussaan (Viri & Supponen 2027). Lopullisen, käyttöönotetun mallin arvot poikkeavat

hieman julkaisussa esitetyissä, ja ne on kalibrointiarvoineen esitetty mallin ohjeistuksessa. Mallin vaikuttavina tekijöinä ovat auton vuotuinen käyttökustannus, auton hinta, kotitalouden tulotaso, talotyyppi, taloudessa ennestään käytössä olleen auton käyttövoima ja kotitalouden lapsimäärä. Lisäksi eri käyttövoimien vaihtoehtokohtaiset vakiot on estimoittu vuosittain. Referenssivalintana on alimman tulotason lapsettoman kotitalouden pieni bensiiniauto.

Valintamallia käytetään kalibroituna uusien autojen laskennassa. Käytettynä maahantuodut autot arvioidaan vastaavalla mallilla kalibroituna käytettynä maahantuotujen aineistolla. Laskennassa käytetyt muuttujat, perustason kalibrointitulokset ja muuttujien kytkentä mallinnuksessa käytettyyn aineistoon on dokumentoitu tarkemmin ajoneuvokantamallin erillisessä ohjeistuksessa.

3.2.2 Eri hankintavalintojen jakautuminen kotitalouksille

Uuden, kantaan tulevan ajoneuvon hankinnassa on kaksi erillistä vaihtoehtoa (uusi ensirekisteröinti ja käytettynä maahantuonti) joiden välinen valinta on arvioitu toteumista johdettuna. Lisäksi valinnan kohdistuminen eri tulotason kotitalouksiin on arvioitu vastaavalla tavalla. Suhdelukujen määrittämiseen on käytetty FIONA-aineiston mukaisia havaintoja hankittujen ajoneuvojen jakaumista erilaisille kotitalouksille. Mallin lähtöoletuksena arvot pysyvät vuosittain samana ja ne on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Kantaan tulevien ajoneuvojen oletusjakaumat aiempien vuosien toteuman mukaisesti

Oletus	Arvio (%)
Uusien osuus kantaan tulevista	70,0 %
Käytettynä maahantuodut kantaan tulevista	30,0 %
Alimman tuloluokan osuus uusista	16,8 %
Keskimmäisen tuloluokan osuus uusista	41,7 %
Korkeimman tuloluokan osuus uusista	41,5 %
Alimman tuloluokan osuus käytetyistä	13,1 %
Keskimmäisen tuloluokan osuus käytetyistä	38,3 %
Korkeimman tuloluokan osuus käytetyistä	48,6 %

Jakaumia on mahdollista vaihtaa lähtötiedoista. Tarkempi dokumentaatio ja kytkennät on esitetty ohjeistuksessa. Lopullisessa tuloksessa esiintyvä jakauma voi hieman poiketa yllä esitetystä, koska autojen tulokset ryhmissä lasketaan aina kokonaislukuina.

3.2.3 Autojen sijoittelumalli

Autojen sijoittelumallin tarkoituksena on päätellä, miten monta mitäkin ajoneuvotyyppiä sijoitetaan kullekin maantieteelliselle alueelle. Tämä tehdään kahdessa osassa. Kaikki edelliseltä vuodelta ajoneuvokantaan jäävät ajoneuvot sijoitellaan erilaisiin kotitaloustyyppeihin ja niiden mukaisesti eri alueille. Vastaavasti auton valintamallista uusien autojen jakauma tulee jo valmiiksi eri kotitaloustyypeissä, joten sijoittelu tehdään suoraan aluetasolle näiden jakauman perusteella. Tämä vaihe mahdollistaa sekä alueellisen ajoneuvokannan ennusteen että ajoneuvokannan hinnoittelun henkilöliikenteen mallissa alueperusteisesti johtuen erilaisesta sähkö ja lataushybridien osuudesta alueella. Olemassa olevan kannan sijoittelussa käytetään vastaavaa 12 käyttövoima-kokoluokka -ryhmän valintaa kuin auton valintamallissa, mutta nämä jaetaan lisäksi ajoneuvon iän perusteella kolmeen eri ryhmään (korkeintaan neljä vuotta vanhat, 4-10 vuotta vanhat, ja yli 10 vuotta vanhat), joten laskenta tehdään 36 eri ryhmälle. Ne ajoneuvot, joiden käyttövoima on jokin muu, käsitellään sijoittelussa bensiiniauton tavoin.

Ensimmäisenä aluetiedoista lasketaan kyseisen vuoden osalta autojen kokonaismäärä eri kotitaloustyypeissä. Kotitaloustyypit on jaettu tulotason lisäksi sen perusteella, onko taloudessa lapsia vai ei. Lisäksi kotitaloustyypit jaetaan alueen mukaisesti kolmeen eri aluetyyppiin kaupunki-maaseutuluokituksen mukaisesti, kaupunkimaiseen (luokat 1-2), välimuotoiseen (luokat 3-5), ja maaseutumaiseen (luokat 6-7). Neljäntenä luokkana erotetaan pääkaupunkiseudun kaupunkialue, eli luokkien 1-2 alueet, jotka sijaitsevat Helsingissä, Espoossa, Vantaalla tai Kauniaisissa. Nämä alueet on merkitty erillään, sillä ne poikkeavat etenkin sähköauton omistuksen osalta merkittävästi muista alueista. Tästä muodostetaan ajoneuvojen määrä yhteensä 24 eri luokassa.

Fiona-aineistolla on muodostettu malli kuvaamaan ajoneuvojen sijoittumista eri aluille. Malli koostuu vaihtoehtokohtaisista vakioista eri käyttövoimille ja kokoluokille, lapsen vaikutuksesta kokoluokkaan, tulotason vaikutuksesta omistetun auton ikään, ja alueen vaikutuksesta käyttövoimaan (diesel tai sähkö) sekä auton ikään. Mallin pohjalta muodostuu jokaiselle 24 kotitalous-aluetyypille ajoneuvojen jakauma 36 eri autovaihtoehdon osalta, joka toimii sijoittelun pohjana. Mallin parametrit ja kalibrointitulokset on esitetty ajoneuvokantamallin erillisessä ohjeistuksessa.

Koska uusille autoille oli jo määritetty kotitaloustyyppi valintafunktiossa, jaetaan nämä autot eri aluetyypeille sen perusteella, kuinka suuri osuus kyseisen omistajatyypin autosta sijaitsee kullakin aluetyypillä. Kun nämä määrät poistetaan aluesijoittelusta, jää sijoiteltavaksi vain aiemmin kannassa olleet ajoneuvot ilman sijaintitietoa. Käytetyt autot tasapainotetaan tämän jälkeen IPF-menetelmällä, jossa tehdään iteratiivinen suhteellinen sovitus. Alussa ajoneuvovaihtoehdot skaalataan vastaamaan sijoiteltavissa

olevien autojen määriä, minkä jälkeen kotitaloustyypit skaalataan vastaamaan kotitalouksien automääriä. Näitä vaiheita toistetaan, kunnes sekä rivi- että sarakesummat vastaavat tavoitteita, ja lopputulos muodostaa ajoneuvosijoittelun, joka pyrkii huomioimaan alueiden ajoneuvojakauman käytössä (kannassa) olevien autojen perusteella.

Kun jakauma kotitaloustyypeittäin on tiedossa, yhdistetään tulokset lähtöalueiden todelliseen autonomistajamääriin laskemalla tulo skaalattu tulo omistajaryhmän määrästä alueella sekä ryhmän autovalinnan osuudesta. Tässä vaiheessa tulos on laskettu vielä aluetasolle, joten tuloksia ei pyöristetä. Lopulliset autojakaumat eri alueille muodostuu summaamalla alueen eri autovalinnat yhteen halutulla aggregointitasolla (oletuksena maakunta). Uusista autoista muodostetaan vastaavanlainen aggregoitu sijoittuminen eri alueille, jolloin koko ajoneuvokannan jakauma voidaan muodostaa laskemalla nämä yhteen.

3.3 Kannan laskennan peruspiirteet

Ajoneuvokannan laskenta toteutetaan muusta mallijärjestelmästä poiketen vuosittaisena simulointina lähtövuodesta (julkaisuversiossa 2026) haluttuun tavoitevuoteen. Tavoitevuoden osalta jotkin määritykset ja oletukset on tehty julkaisuversiossa vuoteen 2060 asti, mutta teknisesti näitä oletuksia jatkamalla myös aikajanaa on mahdollista pidentää. Vastaavasti lähtövuosi noudattelee aina lähtötietona olevaa aineistoa, ja lähtötiedon päivittämällä myös aloitusvuotta voi siirtää eteenpäin.

3.3.1 Aikajakson tavoitteiden määrittäminen

Ajoneuvokannan muodostuksen taustalla käytetään kahta erillistä aluetietopohjaista lähtöaineistoa, jotka muodostetaan tietyille mallin poikkileikkausvuosille. Näistä aineistoista luetaan mm. kotitalouksien määrä, niiden jakauma erilaisiin kotitalouksiin, ja autojen määrä sekä niiden jakautuminen. Koska ajoneuvokantamallin osalta on olennaista, että tieto ajoneuvokannan koosta ja jakaumista on olemassa joka vuodelle, muodostetaan lähtötietojen perusteella arviot välivuosille.

Välivuosien tiedot muodostetaan suoraan lineaarista toteuttamaan tasainen muutos tiedettyjen vuosien välillä. Koska lähtötiedossa on sekä määrä- että suhdemuotoisia lukuja, lasketaan tiedossa oleville vuosille ensin absoluuttiset osuudet, joille tehdään skaalaus välivuosille, jonka jälkeen välivuosien osalta lasketaan uudet suhdeluvut, ja välivuosien generoidut tiedot pysyvät samassa formaatissa.

Laskennan vaatimuksena kahden ajankohdan tiedot, joista aiemman pitää ajoittua ajoneuvokantaa edeltävälle vuodelle tai sitä aiemmaksi, ja myöhemmän pitää olla viimeistä laskentavuotta vastaava tai sitä myöhempi.

Tarkimman tuloksen saavuttamiseksi ensimmäinen ja viimeinen aineistovuosi on kuitenkin hyvä kytkeä todelliseen mallinnusajanjaksoon ja käyttää niin montaa poikkileikkausvuosiaineistoa, kun saatavilla oleva aineisto mahdollistaa. Useamman poikkileikkausaineisto tarkentaa väestön kehityksen kuvaamista merkittävästi, eikä poikkileikkausaineistoa vähentämällä saada malliajossa olennaista aikasäästöä.

3.3.2 Vuotuinen ajoneuvokannan muutos

Vuotuinen ajoneuvokannan muutos lasketaan autonomistusmallin tuloksista vuositasolle. Autonomistusmallin kuvaama omistusaste kuvaa kotitalouksien henkilöautojen omistusta ja sen nykytilassa tuottama automäärä on hieman pienempi, kun todellisuudessa ajoneuvokannassa liikennekäytössä oleva määrä lähtöhetkellä. Ero selittyy ajoneuvokannassa olevilla ajoneuvoilla, jotka ovat yritysomisteisia eivätkä välttämättä spesifisti tietyn henkilön käytössä (esim. yritysten työasiamatkoihin henkilöstön käyttämät autot, erinäiset vuokra- ja koulutusajoneuvot ja vastaavat muussa ei-henkilökohtaisessa käytössä olevat). Mallin toiminnassa oletetaan, että vaikka ajoneuvot eivät käyttötarkoitukseltaan täysin vastaa yksityiskäytössä olevia henkilöautoja, noudattaa niiden uusiutuminen samoja periaatteita, kun yksityiskäytössä oleva ajoneuvokanta. Laskennan kannalta tämä tarkoittaa sitä, että suhteellinen muutos muodostetaan autonomistusmallin tuottaman tuloksen perusteella ja tämä kehitys lasketaan toteutuvaksi todellisen, liikennekäytössä olevan ajoneuvokannan päälle.

Kun jokaisen vuoden tavoitekoko on muodostettu näin, lasketaan poistumafunktioiden perusteella ajoneuvokannasta poistuvien ajoneuvojen määrä (kuvattu luvussa 2.3). Ajoneuvojen poistumat kohdistetaan aina luokissa järjestyksessä ajettu samoihin ajoneuvoihin, jotta samoilla lähtöparametreillä toteutettu malliajo tuottaa identtiset tulokset. Tämä myös varmistaa sen, että mikäli tarkasteltava skenaario aiheuttaa muutoksia vasta myöhemmästä vuodesta alkaen, on autokanta skenaarioiden välillä identtinen aina muutosvuoden alkuun asti, ja tulokset muodostetaan vertailukelpoista tilanteesta. Poistumafunktion tuloksena poistettavat autot poistetaan varsinaisesta käytössä olevasta autokannasta ja siirretään erilliseen poistettujen autojen kantaan, jossa niille merkitään erikseen poistovuotta kuvaava vuosi.

Uusien kantaan tulevien ajoneuvojen määrä määritetään tämän jälkeen sen mukaisesti, että ajoneuvokannan tavoiteltu kokonaiskoko toteutuu, ja näiden jako uusiin ja käytettynä maahantuotuihin tehdään hankintaoletusten mukaisesti (kuvattu luvussa 3.2.2).

3.3.3 Auton valinnan muodostaminen

Uuden auton valinta lasketaan diskreetin valinnan mallilla, joka muodostaa todennäköisyyden sille, että tietty kotitalousryhmä hankkii tietynlaisen käyttövoima-kokoyhdistelmän. Auton hankkivat kotitaloudet jaetaan ryhmiin tuloluokan, lasten lukumäärän, kotitaloudessa olevan auton käyttövoiman ja asumismuodon mukaisesti. Koska laskennassa ei suoraan seurata yksittäisen kotitalouden valintaa, vaan kotitalouksien kokonaisuutta, ei tiedossa ole kotitalouskohtaista aiempaa käyttövoimatietoa. Tämän sijaan käytetään laskenta-alueen edellisen vuoden käyttövoimajakaumaa, jonka perusteella alueen kotitaloudet jaetaan samassa suhteessa uuden auton valintamallin laskennan pohjaksi. Yksittäinen tieto puuttuu myös kotitalouden tyypistä (rivi- tai omakotitalo suhteessa muuhun asumismuotoon), joten myös se arvioidaan kyseisen alueen kokonaisosuudella rivi- ja omakotitaloasujista suhteessa koko väestöön. Aluetietojen pohjalta on muodostettu arvio kotitalouksien jakaumasta sen perusteella, onko perheessä lapsia vai ei. Lapsien määrä eri lapsiperheistä lasketaan erikseen aiempien tilastollisten keskiarvojen perusteella koko maan tasolle (Tilastokeskus 2026a), ja taustalla on oletus että lapsiperheistä 1 lapsi on 48 prosentilla, 2 lasta 36 prosentilla, ja 3 tai useampi lasta 16 prosentilla kotitalouksista. Tuloluokan, lapsien lukumäärän, nykyisen käyttövoiman ja asumismuodon vaihtoehtoina aluetasolle muodostetaan yhteensä 96 erilaista ryhmää, joille auton valintatodennäköisyydet muodostetaan.

Tarjolla olevat ajoneuvovaihtoehdot muodostuvat 12 käyttövoima-kokoluokkaparista, joille muodostetaan hankintatodennäköisyys. Laskennassa on käytössä valintatekijöiden ohella kaksi lisärajoitusta. Yksittäinen ajoneuvovariantti voidaan mallin näkökulmasta määrittää ei saatavilla olevaksi, jolloin sen valinnan hyötyfunktion tulos pakotetaan tuloksesta riippumatta negatiiviseksi äärettömyydeksi, jolloin valintatodennäköisyyden laskennassa käytetty eksponentiaalinen arvo on automaattisesti nolla, ja vaihtoehdon valintatodennäköisyys nollautuu. Tätä vaihtoehtoa käytetään kuvaamaan täydellistä kieltoa, kun uusien polttomoottoriautojen myynnin kieltämistä vuodesta 2035 eteenpäin. Vaihtoehtoisesti heikomman saatavuuden ajoneuvolle annetaan valinnan hyötyarvoa pienentävä saavutettavuusrangaistus, joka ei kuitenkaan poista saatavuutta kokonaan. Tätä käytetään esimerkiksi kuvaamaan tilannetta, jossa pienten dieselautojen saatavuus pienenee, tai pieniä sähköautoja alkaa tulla markkinoille enemmän mallinnuksen edetessä.

Käytettyjen autojen osalta muodostetaan täysin vastaava jakauma, sillä erotuksella, että ajoneuvotarjontaa poimitaan aina maahantuotavan auton iän perusteella saatavat kulutustiedot. Tuontiauton hankintahintaan alennetaan vuosimallin ja tuontivuoden välisen ajan perusteella vastaavalla 12 % vuotuisella arvonalenemalla, mitä muualla laskennassa on käytetty. Myös ajoneuvon saatavuus muodostuu mallivuoden saatavuuden perusteella.

Vastaavasti laskennassa käytetty käyttövoimakohtainen vuosivakio lasketaan hankintavuoden perusteella, jolloin esim. vuonna 2030 tapahtuva mallivuoden 2024 sähköauton hankinta noudattaa käyttövoiman valinnassa vuoden 2030 hankintapreferenssiä, mutta ajoneuvojen saatavuus ja tekniset tiedot pohjautuvat vuosimallin mukaiseen tietoon. Tuontiautojen osalta käytetään myös erillisiä kalibrointiarvoja suhteessa uusien autojen hankintaan.

Käytettynä maahantuotujen autojen ikä muodostetaan tilastollisen ikäjakauman perusteella, ja lähtöoletuksena käytetään taulukon 3 mukaisia arvoja. Lopullinen jakauma voi pyöristyksen takia hieman vaihdella, koska laskenta huomioi automäärät kokonaislukuina.

Taulukko 3. Käytettynä maahantuotujen henkilöautojen oletettu ikäjakauma

Auton ikä maahantuontihetkellä	Arvio osuudesta (%)
1	16,2 %
2	15,5 %
3	19,9 %
4	15,6 %
5	8,0 %
6	4,9 %
12	19,9 %

Lopputulemana uusien ja maahantuontien laskennan pohjalta muodostuu taulukko, jossa on eritelty auton vuosimalli, käyttövoima ja kokoluokkavalinta, omistajatyyppi, ajoneuvojen kokonaismäärä, sekä tieto siitä, onko ajoneuvo uusi vai käytettynä maahan tuotu, sekä hintatiedot eri ryhmille.

Ennen autokantaan lisäämistä korjataan vielä ladattavien hybridien jakauma, sillä malli laskee hybridien toteuman bensiinikäyttöisten lataushybridien perusteella, mikä vastaa merkittävää osaa lataushybridikannasta. Aiempien vuosien ensirekisteröintitietojen perusteella on arvioitu, että ladattavat dieselhybridit sijoittuvat vain isojen lataushybridien luokkaan, ja niiden määrä tästä luokasta on ollut n. 6 % tasolla, muodostetaan dieselladattavien hybridien määrä vaihtamalla tämän osuuden mukainen määrä suuria bensalataushybridejä tähän käyttövoimaluokkaan.

Tämän jälkeen ajoneuvot muunnetaan vastaavaan formaattiin kuin ajoneuvokannassa olevat, eli aggregoidun tuloksen sijaan jokaisesta ajoneuvosta muodostetaan oma rivi, jolle tallentuu vuosi, jona ajoneuvo tuli kantaan, ajoneuvon vuosimalli, käyttövoima, kokoluokka, ajoneuvon arvo, tieto siitä onko auto käytettynä maahantuotu vai ei, sekä tieto siitä, että auto on mallin generoima, eikä alkuperäisessä lähtötiedoista löytyvä. Nämä autot lisätään käytössä olevaan ajoneuvokantaan.

3.3.4 Ajoneuvojen maantieteellinen jakauma

Ajoneuvokannan maantieteellinen jakauma tehdään tämän jälkeen sijoittelumallia käyttäen (kuvattu luvussa 3.2.3). Vaiheen lopputuloksena muodostuu ajoneuvokannan jakauma valitulle aggregointitasolle (oletuksena maakunta). Aggregointitasoa voi myös muuttaa joko valitsemalla aluetiedoista eri sarakkeen aggregoinnin pohjaksi, tai lisäämällä aluetietoon oman muuttujan, joka määrittää aggregoinnin (esim. kaupunkiseuturajaukset maakunnan sijaan). Tulosten käytössä on kuitenkin syytä huomioida, että kalibrointi on tehty maakuntatasolla ja yksittäinen kunnan tai pienen kuntaryhmän tasolle menevä aggregointi voi aiheuttaa sijoittelutulokseen suurempaa hajontaa. Mikäli skenaarion tuloksia on tarkoitus käyttää henkilöliikennemallin laskennassa, oletetaan myös siinä tapauksessa, että tulokset halutaan maakuntatasolla.

Maakuntajaon lopputulemien perusteella voidaan halutessaan ottaa talteen eri autovaihtoehtojen (36 varianttia koostuen auton ikäluokan (3), käyttövoiman (4) ja kokoluokan (3) vaihtoehdoista) jakauma ja määrä eri alueilla. Lisäksi tämä vaihe muodostaa lähtötiedot käyttökustannusten arviointiin, sillä suoriteosuudet muodostetaan aluekohtaiseksi.

3.3.5 Käyttökustannusten arviointi

Käyttökustannuksen laskennan tuloksena muodostetaan koko Suomen tasolle neljä erillistä vuosittaista keskikustannusta ajetulle kilometrille. Nämä ovat täyssähköautot (bev), ladattavat hybridit (phev), muut polttomoottoriautot (icev) sekä kaikkien käyttövoimien keskimääräinen ajokustannus (car). Laskennallinen kustannus muodostetaan kulutetun käyttövoiman hinnan, oletetun huoltokustannusvakion ja auton arvonaleneman perusteella.

Polttoaineen ja sähkön kustannus lasketaan käyttövoiman hinnan ja kulutuskertoimella korjatun keskikulutuksen perusteella. Huoltokustannusvakio otetaan käyttäjän määrittämänä. Auton arvonaleneman on oletettu noudattavan vuotuista 12 % arvon laskua, josta suoritteelle kohdistetaan 30 %, mikä jyvitetään keskimääräisen henkilöautosuoritteen perusteella kilometritasolle. Prosenttiosuudet ovat vastaavat, kun Väyläviraston tieliikenteen hankearvioinnissa käyttämät (Metsäranta et al. 2024).

Näiden kolmen eri kustannuksen pohjalta summataan kullekin käytössä olevalle autolle keskimääräinen kilometrikustannus, ja lasketaan ajoneuvon iän ja käyttövoiman oletetun suoritteen perusteella painottaen keskimääräinen kilometrikustannus eri autovaihtoehdoille (bev, phev, icev). Suoritepainotusta käytetään, jotta vanhat, vähemmän suoritetta tuottava autot eivät saa laskennassa liian suurta painoarvoa. Lisäksi lasketaan kaikkien ajoneuvoluokkien muodostettu suoritteella painotettu keskiarvo (car).

Suoritetta käytetään kustannuspainotusten lisäksi myös laskemaan kokonaissuoritteet eri autovaihtoehdoille (36 varianttia, vastaavat kun aluesijoittelussa). Suoritteet suhteutetaan aluetasolle suoraan aiemman sijoittelun tuottaman alueautomääräjakauman perusteella, jonka jälkeen 36 variantista muodostetaan 3 vaihtoehdon (bev, phev, icev) mukaiset suoritteet, ja lasketaan kunkin vaihtoehdon osuus kokonaissuoritteesta. Koko Suomea kuvaavasta lähtötiedosta muodostetaan lisäksi vastaava suoritejakauma koko Suomen osalta.

Laskenta tehdään joka vuodelle, ja siitä otetaan lähtökohtaisesti tulosteena aina ajoneuvon käytön kustannukset koko Suomessa (bev, phev, icev, car) tulostiedostoon. Näitä tarvitaan myöhemmin suoritekysynnän korjaukseen välivuosille. Lisäksi vastaavat hinnat ja suoriteosuudet alueittain otetaan talteen erilliseen JSON-tiedostoon määritetyille poikkileikkausvuosille, jotka määritetään lähtötiedoissa. Vuodet määritetään sen mukaan, mitkä poikkileikkausvuodet on tarkoitus ajaa muulla liikennemallijärjestelmällä.

3.4 Laskentavaiheen tuottamat tulokset

Vuoden laskentakierroksen jälkeen, kun uudet autot on lisätty käytössä olevien kantaan, lasketaan käytössä olevan kannan uusi arvo vähentämällä prosentuaalinen arvonalenema kunkin auton arvosta. Koko laskennan ajan pidetään tallessa sekä laskentavuodella käytössä oleva autokanta että autokannasta poistuneet autot. Kun tavoitevuosi on saavutettu, tallennetaan koko autokantahistoria vuosittain, jotta suorite- ja energiankulutustiedot on mahdollista muodostaa myöhemmin jokaiselle vuodelle. Kaikki syntyvät tiedot tallennetaan annetun skenaarionimen mukaisesti kansioon.

Ajoneuvokannan lisäksi tallentuu:

- **Vuotuiset kustannustiedot**, jota käytetään suoritelaskennan korjaukseen
- **Poikkileikkausvuosien kustannus- ja aluetiedot**, jota käytetään lähtötietona muualla mallijärjestelmässä
- **Alueellinen jakauma vuosittain**, vaihtoehtoinen, mikäli halutaan tarkastella autokannan koostumusta alueittain
- **Uusien ajoneuvojen CO2-kehitys,** joka esittää skenaarion arvioidun CO2-rekisteröintikehityksen uusista ensirekisteröinneistä. Luku vastaa ilmoitettua arvoa ilman erillisiä kertoimia, mutta lähtötiedoissa esitetyt kehitystrendit huomioiden.

4 Kuorma-autojen ajoneuvokannan mallinnus

Kuorma-autojen ajoneuvokannan mallinnuksen tarkoituksen on tuottaa vuosittainen arvio Suomessa käytössä olevien kuorma-autojen määrästä, jaosta ajoneuvoluokkiin ja käyttövoimiin, ja niiden liikennesuoritteesta. Kuorma-autojen mallinnus kattaa ajoneuvoluokat N2 ja N3. Mallin tuottamissa tavaralajeissa noudatetaan tavaraliikenteen mallin käyttämää karkeampaa tavaraluokittelua (12 ryhmää). Ryhmät ja niiden sisältö on eritelty tavaraliikenteen mallikuvauksen liitteessä 1 (Niinikoski et al. 2026).

4.1 Lähtötiedot

Aiemmin listattujen yhteisten lähtötietojen lisäksi kuorma-autojen ajoneuvokantamalli tarvitsee lisäksi muutamia omia, tarkennettuja lähtötietoja, jotka otetaan joko käyttäjältä syötteenä tai luetaan muista Valma-mallijärjestelmän tuloksista.

4.1.1 Ajoneuvoluokkien tiedot

Käyttövoimahinnat luetaan vastaavasta aineistosta, kun henkilöajoneuvokannan tapauksessa, mutta laskennan koska tavaraliikenteen kustannuksia tarkastellaan yritystoiminnan kustannuksina, käyttövoiman hinnoista poistetaan arvonlisävero. Tätä varten lähtötiedoissa on erillinen arvio arvonlisäverotasosta, jonka voi asettaa vuosittain.

Eri ajoneuvoluokille esitetään arvio sen keskimääräisestä käyttövoiman kulutuksesta, joka toimii laskennassa käyttökustannuksen perusteena. Lisäksi arvioidaan kilometripohjainen korjaus-, varaosa- ja huoltokustannus, jossa lähtöarvot noudattavat Väyläviraston yksikköarvoja (Metsäranta et al. 2024). Kuljettajan palkkakustannusten osalta esitetään jokaiselle ajoneuvoluokalle oma arvo, mutta sen oletetaan oleva sama käyttövoimasta riippumatta.

Ajoneuvon omistuskustannukset määritetään vastaavalla tasolla, kun Väyläviraston yksikköarvoissa käytetyt (Metsäranta et al. 2024), eli niissä huomioidaan pääomakustannusten (korot ja poisto) ohella vakuutukset ja yleiskustannukset. Ajoneuvon omistuskustannuksissa sähköajoneuvolle esitetään kustannuskerroin, jolla määritetään, kuinka paljon kalliimpi sähköauton omistuskustannus on suhteessa dieseliin kyseisenä vuonna. Kerroin on määritettävissä vuosikohtaisesti, ja se tarvitsee antaa vähintään mallin ensimmäiselle vuodelle. Annettujen havaintovuosien väliset kertoimet interpoloidaan lineaarisesti, ja mikäli laskenta jatkuu vielä viimeisen annetun havaintovuoden jälkeen, myöhemmät arvot pidetään viimeisen annetun vuoden tasolla. Päiväkustannusten ja kertoimen suuruuden arvioinnissa on hyvä huomioida sen kuvaavan keskimääräistä kalustoa. Todellisuudessa eri tavaralajeissa voi esiintyä huomattavaa vaihtelua päälirakenteissa.

Vaihtelun on kuitenkin oletettu olevan käyttövoimariippumattomia, jolloin sähkökaluston omistuskerroin suhteutuu vain vetoauton vaihtokustannukseen.

Muiden käyttövoimien osuudet ensirekisteröinneistä (mm. kaasu ja bensiini) on johdettu suhteessa niiden osuuteen ei-sähkökäyttöisestä kalustosta aiempien vuosien tilastoista. Lähtötiedoissa esitetään viimeinen toteutunut osuus ei-sähkökäyttöisistä ensirekisteröinneistä, ja arvio trendin kehittymisestä tuleville vuosille, jonka perusteella arvio vuosittain lasketaan. Näiden käyttövoimien kehitys on arvioitu trendiperusteisesti, sillä niiden valintatekijöinä on myös mallijärjestelmän ulkopuolisia tekijöitä. Käyttöasteen mukaan kaasu- ja dieselyhdistelmän käyttökustannuksesta ei muodostu merkittävää eroa, vaan vaikuttavaksi tekijöiksi voivat nousta myös mm. kaasutankkausinfrastruktuurin saavutettavuus kuljetusreittiin nähden tai mahdolliset kuljetussopimukseen sisältyvät ympäristökannustimet, joiden osalta biokaasukäyttöinen yhdistelmä voi olla dieseliä kannattavampi vaihtoehto. Etenkin jälkimmäisen vaikutuksen on oletettu kehittyvän, mikä vaikuttaisi kaasun osuuteen ei-sähkökäyttöisistä kuorma-autoista nostavasti. Vaikutuksen on ajateltu kohdistuvan nimenomaisesti ei-sähkökäyttöiseen kantaan, sillä vastaavan ympäristökannustimen voi ajatella olevan tarjolla myös täyssähköiselle vaihtoehdolle, jolloin se ei aiheuttaisi siirtymää sähköstä kaasuun.

Sähköajoneuvoille määritetään lisäksi ajoneuvokohtainen toimintamatka vuosikohtaisesti, joka määrittää millä matkapituuksilla sähköautoa pidetään soveltuvana vaihtoehtona. Matka on määritetty vastaavalla menetelmällä kuin sähköauton kustannuskerroin, eli havaintovuosien väliset matkapituudet interpoloidaan lineaarisesti, ja viimeisen havaintovuoden jälkeen pidetään viimeisen vuoden mukaisella tasolla. Toimintamatka ja sen kehitys ei lähtökohtaisesti kuvaa pelkkää akkuteknologian kehitystä, vaan myös latausinfrastruktuurin parantumista, jolloin latausmahdollisuudet reitin varrella kasvavat, ja lataus onnistuu tarvittaessa esim. lepotauon aikana. Koska käytetty aineisto ei erottele kuljetustapahtumissa eri käyttövoimia, on perustuvat arviot ajoneuvotyypin mukaisiin kuljetusmatkoihin ja sähkökuorma-auton toimintamatka arvioon tulevaisuuden kehityksestä.

Hinnoittelun ja mahdollisten matkapituuksien perusteella on mahdollista muodostaa sähkökuljetuksen teknis-taloudellinen potentiaali, joka ei kuitenkaan suoraan vastaa kantaan tulevien sähköajoneuvojen osuutta. Markkinoiden, tuotantokapasiteetin ja investointien vuoksi sähköajoneuvojen käyttöönottoa hidastetaan logistisella S-käyrällä. Lähtökohtaisesti S-käyrän määrittelyssä on käytetty taustalla henkilöautojen sähköistymisessä havaittua verrannollissa nopeutta, ja sen keskikohtaa on siirretty kalibroimalla se kantaan tulevien sähköisten kuorma-autojen osuutta vastaan. S-käyrän muoto ja keskikohta on kutienkin myös käyttäjän vaihdettavissa, mikäli arviot kehittyvät tai halutaan tarkastella erilaisia laskentaskenaarioita.

Lähtötiedoissa arvio S-käyrän keskikohdasta (vuosi jolloin 50 % raja ylittyy) on asetettu n. 2033-2034 tasolle. Yksittäisten ajoneuvoluokkien osalta keskikohtaa voidaan myös siirtää, jos ajoneuvoluokan sähkökalustoa on tullut tarjolle vasta merkittävästi myöhemmin.

4.1.2 Lähtötiedot Valma-mallijärjestelmästä

Tavaraliikenteen malli tuottaa lähtötiedoksi ajoneuvokannalle ennusteen tavarankuljetuskysynnästä eri poikkileikkausvuosina. Tulosten perusteella muodostetaan kuva tieliikenteen kuljetustonneista eri tavaralajeissa (12 ryhmää), matkojen pituusluokissa ja niille kohdistuvista kokonaistonneista. Koska tavarankuljetuskysyntäaineisto on saatavilla vain poikkileikkausvuosilta, muodostetaan välivuosien aineistot lineaarisesti interpoloimalla. Toiminta on verrannollinen henkilöautokannan mallin aluetiedostojen skaalaukseen, ja käyttäjältä tarvitaan aineistot ainakin lähtövuodelta (tai aiemmin) sekä viimeiseltä mallinnusvuodelta (tai myöhemmin). Mitä useamman poikkileikkausvuoden aineisto tarjotaan, sitä tarkemmin tulos on mahdollista skaalata.

4.1.3 Muut lähtötieto-oletukset

Sähkökuorma-autoille on lisäksi määritetty varhaisin mahdollisin käyttöönottovuosi. Uusi sähköajoneuvo voidaan lisätä kantaan vain sellaiseen ikäluokkaan (käytettynä maahantuonnit), jossa käyttöönottovuosi on vähintään kyseinen varhaisin vuosi. Oletusarvoisesti ensirekisteröintitietojen perusteella rajana on käytetty vuotta 2020, mutta se on käyttäjän muutettavissa. Mikäli mallin perusteella sähköautoille olisi enemmän kysyntää maahantuonneissa, mutta tavoitemäärä ylittää sallittujen ikäluokkien ajoneuvomäärän, rajoitetaan tässä tilanteessa sähkökuorma-autojen määrää kantaan tulevissa.

4.2 Taustamallien logiikka

Taustamalleilla yhdistetään tavaraliikenteen mallista saatava tavarankuljetuskysyntä ajoneuvoluokkien teknisiin ominaisuuksiin ja kuljetuskustannuksiin. Laskennan tarkoituksena on muodostaa arvio siitä, millaisilla kuormaautoilla eri tavaralajien ja matkapituuksien nämä kuljetukset suoritetaan, ja millä kuljetuksella sähköinen vaihtoehto on teknisesti ja taloudellisesti mahdollinen.

4.2.1 Hinnoittelu ajoneuvoluokittain ja tavaralajeittain

Kuljetuksen hinta muodostetaan erikseen jokaiselle yhdistelmälle tavaralajin, matkapituuden ja ajoneuvotyypin mukaisesti. Kustannuslaskennassa huomioidaan omanaan diesel- ja sähkökäyttöiset kuorma-autot. Kuljetuksen kokonaiskustannus sisältää matkaan kuluvan ajan kustannuksen, energia-, huolto ja korjauskustannuksen sekä lastaus- ja purkukustannuksen.

Matka-ajan kustannuksen pohjalle tarvitaan arvio matkan ajallisesta kestosta eri matkapituuksille. Nämä arvioidaan lineaarisesti niin, että kilometriä kohden on oletettu kiinteä aikakerroin (≈ 0,76 minuuttia, keskinopeus 79,1 km/h) ja matkan ajalle lisäksi vakiotermi (≈ 5,5 minuuttia), joka kuvaa kiinteää, lastauspaikalta lähtöön ja sinne saapumiseen kuluvaa aikaa. Samaa vakiota käytetään kaikille ajoneuvoluokille. Tämä on linjassa tavaraliikennemallissa kustannuslaskennassa käytetyn tieliikenteen maksiminopeuden (86 km/h) kanssa (Niinikoski et al. 2026).

Dieselin ja sähkön kustannukset lasketaan vuosikohtaisista energian hinnoista, jotka muunnetaan yritystoiminnan näkökulmasta arvolisäverottomiksi. Kulutus on määritetty ajoneuvotyyppikohtaisesti, ja ajoneuvotyypin sisällä käytetään samaa arviota kaikille tavaralajeille ja matkapituuksille. Kilometripohjaisten kustannusten päälle lisätään ajoneuvotyyppikohtainen vakioarvo kuvaamaan huolto, korjaus- ja varaosakustannuksia, joka on arvioitu samaksi molemmille käyttövoimille. Matkakustannusten muodostumisessa huomioidaan lisäksi tyhjänä ajon osuus ja sen vaikutus matkapituuteen, sekä hallintakuluja kuvaava yleiskustannuskerroin (1,15).

Ajoneuvon tuntikustannus sisältää kuljettajan palkkakustannukset ajoneuvon kiinteät kustannukset jyvitettynä ajoneuvopäivien ja käyttötuntien perusteella tuntikustannukseksi. Kokonaisaikakustannuksen osalta käytetään samaa laskentalogiikkaa, jossa tyhjänä ajon osuus ja yleiskustannuskerroin lisätään lopulliseen hintaan.

Lastaus- ja purkuaika on arvioitu ajoneuvokohtaisesti. Lähtötiedoissa kuvattu aika kuvaa yhteen operaatioon kuluvaa aikaa, joten laskennassa se kerrotaan kahdella, jotta se kuvaa keskimäärin lastaukseen ja purkamiseen menevää kokonaisuutta. Lastaus- ja purkukustannus on riippumaton kuljetusmatkan pituudesta, jonka vuoksi se vaikuttaa suhteellisesti eniten juuri lyhyiden kuljetusten kustannuksiin. Laskennallinen kokonaiskustannus muodostuu matkalla siis aika-, kilometri- ja lastauskustannusten summasta.

4.2.2 Ajoneuvotyypin jakauma matkapituuden mukaan

Tavaralajin matkapituusjakauma saadaan tavaraliikennemallin tonnimääristä matkapituusluokittain ja tavaralajeittain. Pituusluokan osalta matkapituuden muutetaan keskipituudeksi, eli esim. pituusluokan 40 - 60 matkat lasketaan 50 kilometrin matkapituudella. Menettely yksinkertaistaa laskentaa, mutta tasoittaa hieman luokan sisäistä vaihtelua. Oletusjakauma on tuotettu 20 kilometrin portailla aina 900 kilometriin asti. Kaikki yli 900 kilometrin luokkaan menevät matkat lasketaan 1000 kilometrin perusteella.

Tonnit jaetaan eri ajoneuvoluokkiin tavaralajeittain määritetyllä multinomisella logit-mallilla, jossa jokaiselle matkapituus-, tavaralaji- ja ajoneuvoluokkavariantille lasketaan hyötyarvo seuraavasti:

$$U_{f,d,j} = ASC_{f,j} + \beta_{C,f}\left[\ln\left(C_{f,d,j}\right) - \ln\left(C_{f,d,KAIP}\right)\right] + \beta_{O,f} I_{f,d,j}$$

Tavaralajin (*f*), matkan pituuden (*d*) ja ajoneuvotyypin (*j*) hyötyarvo (*U*) muodostuu summaamalla ajoneuvotyypin tavaralajikohtainen ominaisvakio (*ASC*) logaritmisen suhteellisen kuljetuskustannuseron ja kustannuskertoimen (B_C) tuloon. Ajoneuvotyyppikohtaisesti on lisäksi määritetty kuormakapasiteetin raja, jolloin keskikuorman kasvaessa lisätään ylikuormasanktio (BO) mikäli ajoneuvoluokan kantavuus on pienempi, kun matkapituuden keskikuorma (I). Tässä vaiheessa hyötyfunktiot muodostetaan dieselvaihtoehtojen mukaisesti, sillä estimointiaineistossa ei ole erikseen käyttövoimatietoa, mutta sen voi ajanjakso ja kuorma-autokanta huomioiden arvioida kuvaavan pitkälti dieselkalustoa.

N3-ajoneuvoluokan ilman perävaunua käytettävä ajoneuvo (KAIP) toimii mallissa vertailukohtaina. Sen ominaisvakio normalisoidaan nollaksi ja sitä käytetään kustannustason vertailuarvona. Tuloksissa kuvatut muiden ajoneuvotyyppien vakiotermit kuvaavat siis niiden hyötyä suhteessa tähän vaihtoehtoon.

Aineiston estimointi on tehty käyttäen tavarankuljetustilastosta (Tilastokeskus 2026b) tehtyä poimintaa, jossa on mukana otokset vuodesta 2017 vuoden 2025 puoliväliin. Ajoneuvoluokat poiminnassa on muuten tavaraliikenteen mallijakoa vastaavat, mutta 64- ja 76-tonniset yhdistelmät ovat samassa luokassa. Tiedot sisältävät matkapituuden, ajoneuvotyypin ja tavaralajin osalta aggregoidun otosmatkamäärän, keskikuorman, keskikuorma-asteen ja laajennetun matkamäärän. Lisäksi tiedot on jaettu koti- ja ulkomaan liikenteeseen, mutta estimoinnin pohjana käytettiin vain kotimaan kuljetusaineistoa.

Koska estimoinnin tukena on käytetty aggregoitua aineistoa, on aggregoitua havaintoa painotettu laajennetun matkamäärän mukaisesti ja mukaan otettu vain tiedot, jossa otosmatkojen määrä on vähintään 10. Painotus varmistaa, että havaintoryhmä vaikuttaa estimointiin suhteessa sen

arvioituun yleisyyteen kotimaan kuljetusliikenteessä. Otoskokorajauksella vähennetään yksittäisiin tai hyvin harvoihin matkoihin perustuvien keskiarvojen satunnaisvaihtelua. Rajauksen voidaan myös nähdä poistavan jotain yksittäisiä, mutta todellisia vaihtoehtoryhmiä. Havaintoraja on siis itsessään estimaattien vakautta parantava laadunvarmistus. Estimoinnin pohjana on käytetty Pythonin Biogeme-pakettia (Bierlaire 2020).

Estimointitulokset tavaralajeittain on esitetty tarkemmin ajoneuvokantamallin ohjeistuksessa, mutta kustannusvaikutus saa kaikissa tavaralajeissa negatiivisen arvon, eli kuljetuskustannuksen kasvu heikentää aina vaihtoehdon valintatodennäköisyyttä. Kaikkien tavaralajien yli kustannuskerroin on -5,579, ja sen vaihteluväli tavaralajeittain on suuruusluokaltaan n. -1,3 - -15. Kertoimen osalta on kuitenkin syytä huomioida, että sen pohjalla käytetään kustannusten logaritmista erotusta, ja se vaikuttaa suhteellisiin kustannusarvoihin. Yksittäisissä tavaralajeissa otoskoon takia estimoinnissa ei voitu muodostaa järkevää kustannuskerrointa. Näissä tilanteissa käytetään koko aineiston yli laskettua estimointiarvoa. Ratkaisu estää pieniin otoksiin perustuvien epävakaiden tai vääränmerkkisten kustannuskertoimien siirtymisen lopulliseen malliin.

Tavaralaji-ajoneuvotyyppikohtaisten vakioiden osalta tuloksissa huomaa selkeän tavaralajin vaikutuksen. Esimerkiksi metsätalouden kuljetuksissa ajoneuvotyyppikohtainen vakio suosii selkeästi painavia 64- ja 76-tonnisia yhdistelmiä, siinä missä esimerkiksi elintarvikekuljetuksissa ajoneuvotyyppikohtainen vakio kallistuu niukasti N3-luokan kuorma-autoon ilman erillistä perävaunua, joskin ero raskaisiin yhdistelmiin on vain pieni. Kotimaan aineiston tapauksessa on syytä huomioida, että läpi tavararyhmien 40-tonnisten yhdistelmiä ajoneuvokohtainen vakio asettuu negatiiviseksi suhteessa muihin, ja tämän ajoneuvotyypin valinta kohdistuu pääosin ulkomaille suuntautuviin matkoihin. N2-ajoneuvoluokan kuorma-autot ovat estimointiaineiston perusteella käytössä vain muutamassa tavaralajissa, minkä vuoksi niitä ei esitetä valintavaihtoehtona kuin yksittäisissä tavaralajeissa.

Kapasiteettirajoite korostuu vain osassa tavaralajiryhmissä, mutta sen kerroin asettuu odotetusti näissä aina negatiiviseksi, eli ajoneuvotyypin hyötyarvo laskee, mikäli yksi ajoneuvo ei kykene kuljettamaan keskimääräistä matkalla olevaa kuormaa. Niillä tavaralajeilla, millä kapasiteettirajoitteen estimointi ei muodostanut järkevää tulosta, käytetään kerroinarvoa 0, jolloin hyötyarvo määräytyy puhtaasti kustannustekijöiden ja ajoneuvotyyppikohtaisten vakioiden perusteella.

Estimoinnin lisäksi malliin asetetaan ajoneuvoluokka- ja tavaralajikohtaiset vähimmäis- ja enimmäismatkat. Rajat perustuvat vuosien 2017–2025 havaintoaineistossa esiintyneeseen käyttöalueeseen. Niiden tarkoituksena on estää logit-mallia ekstrapoloimasta ajoneuvoluokan käyttöä

matkapituuksille, joilta estimointiaineistossa ei ole riittävää empiiristä tukea. Havaintojen puuttuminen ei tarkoita, että kuljetus olisi teknisesti mahdoton. Kyseessä on ennustemallin varovaisuusrajoite, jolla vältetään estimointialueen ulkopuolelle tehtäviä epävarmoja ennusteita. Rajat tulee siksi tarkistaa uudelleen, jos kalustorakenne, sääntely tai kuljetusten toimintatavat muuttuvat olennaisesti.

Todennäköisyydet lasketaan vain teknisesti mahdollisille ajoneuvotyypeille. Todennäköisyys kuvaa ensisijaisesti ajoneuvon valintatodennäköisyyttä kyseiselle matkalle, eikä sitä voi suoraan käyttää tonnimäärän jakamiseen, sillä eri ajoneuvotyypeissä on eri keskikuormat. Tässä vaiheessa on myös syytä huomioida, että laskennallinen tulos kuvaa vain ajoneuvotyypin mukaista valintaa, mutta se ei huomioi vielä ajoneuvotyypin sisäistä käyttövoimavalintaa.

Koska ajoneuvotyyppitodennäköisyyden taustalla hintakomponentilla on merkittävä vaikutus, vois esimerkiksi dieselin hinnan muutos (esim. päästökaupan vaikutus), heilauttaa yksittäisen vaihtoehdon valintaa vuosien välillä merkittävästi, mikä ei kuitenkaan todellisuudessa vaihda jakaumaa yhdessä yössä. Tämän vuoksi laskettua tavoitetodennäköisyyttä verrataan aina edellisen vuoden toteutuneeseen todennäköisyyteen ja muutoksen toteumanopeutta arvioidaan erillisen sopeutumismuutoksen perusteella, mikä riippuu kokonaismuutoksen suuruudesta. Käytännössä jos tavoitejakauma muuttuu vain vähän, muutosnopeus ~1 ja se toteutuu välittömästi lähes täysimääräisenä. Vastaavasti jos ajoneuvotyyppijakauma muuttuu voimakkaasti, lähestyy muutosnopeus arvoa 0,20, jolloin vain viidesosa muutoksesta toteutuu vuoden aikana. Mikäli vallitseva muutos on pysyvää, toteutuu muutos kokonaisuudessaan seuraavien vuosien aikana, tai vastaavasti muutosten kumoutuessa yhtäkkisesti palaa jakauma kohti lähtöarvoaan. Muutosnopeutta on rajoitettu, sillä kuljetuksiin on sidottu kalustoa, jota ei voida vaihtaa hetkessä, eikä uutta kalustoa ole myöskään saatavissa tällä aikataululla. Sopeutumismekanismia ei ole estimoitu tavarankuljetusaineistosta, vaan se on ennustemalliin lisätty dynaaminen oletus kaluston ja kuljetusjärjestelmän hitaasta uusiutumisesta.

Lopulliset valintatodennäköisyydet muutetaan tonniosuuksiksi ajoneuvoluokkien keskimääräisen kuorman avulla, jolloin muodostuu mallin tuottama arvio siitä, miten tonnit eri tavaralajeissa jakautuvat eri matkapituuksilla eri ajoneuvotyypeille. Ajoneuvomatkojen määrä muodostuu jakamalla ajoneuvotyypin tonnimäärä keskimääräisellä kuormalla. Ajoneuvoliikenteen suorite lasketaan matkamäärien ja matkapituuden tulona huomioiden myös tyhjänä ajon osuus. Kuljetettujen tonnikilometrien määrä lasketaan kokonaistonnien ja matkapituuden tulona.

Lopputuloksissa tavaralajien ajoneuvotyyppijakaumat eroavat toisistaan neljän eri taustatekijän perusteella, joita ovat matkapituusjakauma,

keskimääräinen kuorma, valintamallin parametrit ja soveltuvuusrajat. Näiden yhteisvaikutuksesta raskaat yhdistelmät painottuvat erityisesti suurten kuormien kuljetukseen ja pitkille matkoille, sekä tavaralajeihin, jossa raskaan yhdistelmän ajoneuvotyyppikohtainen vakio on suuri. Pienempi kalusto puolestaan painottuu pienemmille kuormilla ja lyhyemmille matkoille, sekä tavaralajeihin, missä raskaan yhdistelmän ajoneuvotyyppikohtainen vakio on pieni tai negatiivinen.

Estimointiaineistossa 64- ja 76-tonniset yhdistelmät kuuluvat samaan ajoneuvoluokkaan. Niille ei siten voida estimoida erillisiä ominaisvakioita, kustannuskertoimia tai soveltuvuusrajoja aineiston perusteella. Ennustemallissa 76-tonninen yhdistelmä käyttää tämän vuoksi 64- ja 76-tonnisten yhteiselle luokalle estimoituja valintaparametreja. Luokat erotetaan ennustevaiheessa niiden omien energiankulutus- ja kustannusparametrien avulla ja valintaparametrien kalibroinnissa on pyritty korjaamaan mallin tuottama suorite niin että se vastaa katsastusaineiston suoritetta. Menettely mahdollistaa luokkien erillisen ennustamisen, mutta 64- ja 76-tonnisten keskinäinen jakauma perustuu osittain laskennallisiin ominaisuuseroihin eikä suoraan havaintoaineistosta estimoituun valintaan. Tämä tulee ottaa huomioon erityisesti tulkittaessa kahden raskaimman luokan keskinäisiä osuuksia.

4.3 Kannan laskennan peruspiirteet

Kuorma-autokannan laskenta tehdään henkilöautokannan tapaan vuosittain lähtövuoden havaitusta ajoneuvokannasta lähtien. Mallissa päivitetään samanaikaisesti:

- tavarankuljetusten määrä ja matkapituusjakauma
- kuljetuksissa käytettävien ajoneuvotyyppien jakauma
- ajoneuvotyyppiin kuuluvien ajoneuvojen kokonaismäärä
- ajoneuvojen käyttövoimajakauma
- ajoneuvojen liikennesuorite
- tavaraliikenteen mallin käyttämät kilometri- ja tuntikustannukset

Laskennan lähtökohtana on, että kuorma-autokannan tarve määräytyy kuljetuskysynnän ja liikennesuoritteen perusteella. Ajoneuvokannan vuosittainen laskentalogiikka noudattaa henkilöautokannan mallin osalta kuvattua kiertologiikkaa.

4.3.1 Ajoneuvoluokkien kehitys tavaralajeittain

Tavaralajien kuljetuskysyntätonnit jaetaan eri ajoneuvotyypeille luvussa 4.2.2 kuvatulla menetelmällä, jonka päätteeksi muodostuu tavaralaji-, matkapituus- ja ajoneuvotyyppikohtaiset tonni- ja matkamäärät, sekä arviot ajoneuvo- ja tonnikilometrisuoritteista.

Ajoneuvoluokkien suoritteet summataan kaikkien tavaralajien ja matkapituuksien yli, ja ajoneuvotyypin seuraavan vuoden ajoneuvomäärä johdetaan liikennesuoritteen suhteellisesta muutoksesta. Todellisuudessa pienet muutokset suoritteessa voivat kumoutua myös kuormausasteen muutoksella, mutta tämä toimii vain pienten muutosten tapauksessa. Siksi on oletettu, että pidemmällä aikavälillä suoritetrendin kehitys kuvaa ajoneuvomääräkehitystä yleisellä tasolla. Tämä menetelmä säilyttää yhteyden havaitun kuorma-autokannan ja tavaraliikennemallin ennusteen välillä, sillä ajoneuvomäärien lähtötaso tulee havaintoaineistosta ja vuotuinen muutos lasketaan tämän päälle.

Kullekin ajoneuvoluokalle muodostetaan lähtökohtaisesti diesel- ja sähkövaihtoehto, ja sähköistymisen teknis-taloudellista potentiaalia arvioidaan vertaamalla saman ajoneuvoluokan sähkö- ja dieselvaihtoehtojen kustannuksia toisiinsa jokaisella matkapituuden, tavaralajin ja ajoneuvotyypin variantilla. Sähkö- ja dieselvaihtoehdon suhteellinen kustannusero arvioidaan suhteessa dieseliin, ja se johdetaan sähköistymispotentiaaliksi, joka saa arvon välillä 0 - 1. Sähköistymispotentiaalilaskentaa vastaavan kaltaisesti on käytetty vaihtoehtoisten käyttövoimien kustannushyötyjen laskemiseen (Hoppe et al. 2026).

Ennen sähköistymispotentiaalin laskentaa huomioidaan vielä sähköajoneuvon kustannusten korjaus kapasiteettisuhteella tilanteessa, jossa ajoneuvon hyötykuorma on dieselajoneuvoa pienempi. Koska saman tonnimäärän kuljettaminen tarkoittaa tässä tilanteessa hieman korkeampaa ajoneuvomatkamäärää sähkökuorma-autolla, korjataan laskennassa käytettyä kustannusta huomioimaan tämä.

Mikäli sähköajoneuvon kustannus suhteessa dieseliin on vähintään 2 % halvempi, on sähköistymispotentiaali 1, vastaavasti sähkön ollessa vähintään 2 % kalliimpi, on sähköistymispotentiaali 0. Eron ollessa ± 2 % arvioidaan sähköistymispotentiaali laskennallisella siirtymäfunktiolla, jolloin arvo annetaan lineaarisesti väliltä 0 - 1. Täysin saman kustannuksen tapauksessa sähköistymispotentiaali saa arvon 0.5. Siirtymäfunktiota käytetään, jotta vältetään jyrkkä joko-tai-valinta lähellä kustannusten tasapistettä. Koska sähköajoneuvoille on kuitenkin oma määritetty kuljetusmatkarajansa, asetetaan näiden sähköpotentiaali nollaksi kustannustasosta riippumatta.

Lopputuloksena ajoneuvoluokan valtakunnallinen sähköistymispotentiaali saadaan painottamalla tavaralaji- ja matkapituuskohtaisia potentiaaleja liikennesuoritteella. Näin sähköistymispotentiaali painottuu niihin kuljetuksiin, joissa kyseisen ajoneuvoluokan kilometrit tosiasiallisesti muodostuvat.

Ajoneuvokannan käyttövoimakehitykseen vaikuttavat olemassa olevien ajoneuvojen poistuma ja uusien ajoneuvojen käyttöönotto. Kuten henkilöautojen mallissa, ajoneuvotyyppien osalta lasketaan poistumat Weibull-funktion perusteella ja uusien ajoneuvojen lisäystarve arvioidaan poistuman

jälkeisen kannan koon perusteella niin, että suoritepohjaisesti arvioitu kehitys ajoneuvomäärissä saavutetaan.

4.3.2 Koko kannan käyttövoimien kehitys

Hintapohjainen sähköistymispotentiaali kuvaa sitä osuutta ajoneuvokannan suoritteesta, jolla sähköajoneuvo on teknisesti ja taloudellisesti käyttökelpoinen. Potentiaali ei kuitenkaan toteudu välittömästi ajoneuvohankintoina. Markkinoiden ja kaluston uusiutumisen hitautta kuvataan logistisella S-käyrällä, jolloin kyseisen vuoden sähköajoneuvojen osuus uusista lisättävistä ajoneuvoista on sähköistymispotentiaalin ja logistisen S-käyrän tulo. Sähköautojen määrä johdetaan siten suoraan laskemalla tämä osuus kantaan tulevien ajoneuvojen määrästä kokonaisen auton tarkkuudella. Käytännöllisesti katsoen sähköistymisen kehitys muodostuu siis kolmen rajoitteen mukaisesti: Onko sähköajoneuvo teknisesti mahdollinen kyseisellä matkalla? Onko sähköajoneuvo kustannuksiltaan kilpailukykyinen? Kuinka pitkälle sähköajoneuvojen käyttöönotto on edennyt kyseisenä vuonna?

Sähköajoneuvojen määrän laskennan jälkeen jäljelle jäävä lisäystarve jaetaan dieseliin ja muihin polttomoottorikäyttövoimiin, joiden osuus perustee mallin lähtövuoden tasoon ja arvioituun vuosittaiseen muutokseen. Kun muut polttomoottorikäyttövoimat on laskettu, luokitellaan loput ajoneuvot dieselkäyttöisiksi. Ajoneuvojen kokonaismäärät pyöristetään tässä vaiheessa kokonaisluvuksi. Tämän jälkeen jokaisen käyttövoiman ajoneuvot jaetaan uusiin ja eri ikäisinä hankittaviin ajoneuvoihin ajoneuvotyyppikohtaisten vakioiden perusteella, jonka jälkeen ne lisätään kantaan ja niille lisätään käyttöönottovuoden mukainen EURO-päästöluokka. Jaossa uusiin ja maahantuonteihin käytetään vastaavaa, aiemmista toteutuksista johdettua logiikkaa, mikä on käytössä henkilöautokannan mallissa. Uusiutuminen on esitetty taulukossa 4. Myös nämä arvot ja vuosijaot on käyttäjän muutettavissa.

Taulukko 4. Käytettynä maahantuotujen kuorma-autojen oletettu ikäjakauma ajoneuvotyypeittäin

Ikä kantaan tullessa	N2	KAIP	KAP40t	KAP64t	KAP76t
0 (uusi)	60 %	55 %	55 %	75 %	90 %
1	2 %	1 %	1 %	1 %	1 %
2	2 %	1 %	1 %	1 %	1 %
3	3 %	2 %	2 %	3 %	1 %
4	4 %	2 %	2 %	3 %	1 %
5	4 %	3 %	3 %	3 %	1 %
6	4 %	5 %	5 %	4 %	1 %
7	0 %	0 %	0 %	2 %	1 %
8	0 %	0 %	0 %	2 %	1 %
9	0 %	0 %	0 %	2 %	1 %
10	0 %	0 %	0 %	2 %	1 %
11	0 %	0 %	0 %	2 %	0 %
12	21 %	31 %	31 %	0 %	0 %

Ajoneuvojen uusiutumislogiikassa huomioidaan määritetty rajoitevuosi sähköautojen saatavuuden suhteen. Sähköajoneuvo voidaan siis sijoittaa vain sellaiseen ikäluokkaan, jossa käyttöönottovuosi on vähintään sähköajoneuvoille asetettu ensimmäinen käyttöönottovuosi. Esimerkiksi vuoden 2026 laskennassa sähköajoneuvo voi olla enintään 6 vuotta vanha, mikäli käyttöönottovuoden rajana on 2020. Mikäli sähköajoneuvojen tavoite on suurempi kun sallittujen ikäluokkien kapasiteetti, rajoitetaan sähköautojen määrä sallittuun enimmäismäärään, eikä sitä automaattisesti siirretä uudempiin ikäluokkiin. Ajoneuvomäärä pysyy kuitenkin vakiona, mutta rajaa vanhempien ajoneuvojen osalta se määritetään polttomoottoripohjaisten (ajoneuvotyypin määrittelyistä perustuen) käyttövoimien kesken.

4.3.3 Suoritteen käyttövoimajako

Sähköajoneuvoilla potentiaalisesti ajettujen kuljetusten ja sähköautojen määrän laskennan jälkeen tuotetaan varsinainen arvio siitä, mikä on eri kuljetuksille kohdistuva sähkökaluston suorite sekä ajo- että tonnikilometreissä.

Tämä tapahtuu laskemalla jokaiselle kannassa olevalle ajoneuvolle sen ajoneuvotyyppiä ja ikää vastaava keskimääräinen vuotuinen ajosuorite, joka poimitaan lähtötiedoista. Suorite oletetaan samaksi eri käyttövoimien välillä, sillä esimerkiksi sähköajoneuvoille ei ole mahdollista muodostaa katsastustilastojen pohjalta pidempää ikä-aikasarjaa suoritekehityksestä.

Keskiarvosuoritteilla muodostetaan kullekin ajoneuvotyypille kokonaisliikennesuorite suoritteiden summana. Sähköajoneuvojen kokonaissuorite lasketaan puolestaan sähköajoneuvojen suoritteiden summana, jonka perusteella voidaan muodostaa osuus sähköllä ajetusta liikennesuoritteessa jokaisessa ajoneuvoluokassa.

Ajoneuvokannan ikärakenteen avulla laskettu sähköinen suoriteosuus yhdistetään vastaavan ajoneuvotyypin tavaraliikennemallista johdettuun kokonaisliikennesuoritteeseen. Tässä vaiheessa sovitetaan laskettu ajoneuvokanta ja tavaraliikennemallin tuottama kysyntä toisiinsa, eli suoritejakauma käyttövoimiin (sähkö-muut) tulee ajoneuvokannasta, mutta kokonaiskysyntä tavaraliikenteen mallista. Tulokset eivät ole lähtökohtaisesti identtisiä, sillä tavaraliikenteen mallista käytetty lähtötieto kuvaa kaikella kalustolla ajettua tieliikenteen tavarankuljetusta kotimaassa, siinä missä ajoneuvokannan osalta tilastossa näkyy myös kuljetuksia, jotka eivät ole mukana tavaraliikennemallin tarkastelussa, sekä ajoneuvojen käyttöä ei kuljetuskäytössä. Lisäksi kaluston keskimääräisessä suoritteessa näkyy myös mahdolliset ulkomaan kuljetukset, jotka tavaraliikennemallin ajoneuvokantalaskentaan tuottamasta aineistosta on rajattu pois. Laskenta olettaa, että sähkön käytön jakauma on kuitenkin vastaava sekä kannassa että rajatussa kotimaan kuljetusotoksessa.

Sähköinen suorite kohdistetaan tavaralaji-, matkapituus- ja ajoneuvotyyppiyhdistelmille. Suoritteen kohdistaminen edellyttää, että sähköajoneuvo on kyseisellä variantialla teknisesti mahdollinen ja sähköajoneuvon kapasiteettikorjattu kustannus on dieselajoneuvon kustannusta pienempi. Suoritetta ei jaeta tasan kaikille vaihtoehdoille, vaan sen oletetaan kohdistuvan sinne, missä sähköajoneuvolla on suurempi suhteellinen kustannusetu ja missä syntyy paljon ajoneuvokilometrejä, mutta matka on kuitenkin sähköajoneuvon teknisten rajoitteiden sisällä. Ajoneuvotyypin käytettävissä oleva sähköinen suorite jaetaan siis painotusarvon (kustannusetu * liikennesuorite) suhteessa, mutta yksittäiselle variantille ei voida kohdistaa suurempaa sähköajoneuvosuoritetta, kun mikä sen kokonaisliikennesuorite on.

Jos jokin variantti saavuttaa täyden sähköistymisasteen, jäljellä oleva suorite jaetaan uudelleen kaikille muille soveltuville kuljetusryhmille vastaavalla painotuksella, ja jakoa jatketaan iteratiivisesti, kunnes kaikki sähköinen suorite on kohdistettu tai jäljellä ei ole vapaata suoritekapasiteettia, joissa sähköajoneuvoilla olisi positiivinen kustannusetu. Jälkimmäisessä tapauksessa sähkösuoriteosuus voi jäädä hieman pienemmäksi, kun kannasta alun perin laskettu tavoite. Tämä myös osoitetaan käyttäjällä erillisenä varoituksena, mutta se ei keskeytä laskentaa. Tuloksena syntyy jokaiselle tavaralaji-, matkapituus- ja ajoneuvotyyppivariantille oma sähköinen ajoneuvosuorite ja sähkön osuus kokonaissuoritteesta. Tavaraliikennemallin näkökulmasta vastaava kokonaissuorite jakautuu eri ajoneuvotyypeille ja käyttövoimille (sähkö tai polttomoottori), mutta ilman matkapituuden

vaikutusta. Tätä laskentaa on tarkoitus vielä yhtenäistää mallin jatkokehityksessä, tarkoittaen mm. matkapituuksien vastaavaa huomiointia myös tavaraliikenteen mallissa.

Kun sähköajoneuvojen osuus varianttien ajoneuvokilometreistä on laskettu, samaa osuutta käytetään kuljetusryhmän tonnikilometrien jakamiseen. Tämä tarkoittaa että sähkö- ja muut ajoneuvot kuljettavat kuljetusryhmän sisällä lähtökohtaisesti saman keskimääräisen kuorman, ja sähköisen tonnikilometrisuoritteen osuus on siten sama kuin sähköisen ajoneuvosuoritteen osuus kyseisessä variantissa.

4.3.4 Käyttökustannusten arviointi

Käyttökustannustiedot muodostetaan halutuilta poikkileikkausvuosilta (vuodet, joille tavaraliikennemallin lähtötiedot halutaan). Pohjatietona laskentaan käytetään edellisen vaiheen tuottamia tonnikilometrisuoritteita. Sekä sähköinen että muu tonnikilometrisuorite summataan näille vuosille tavaralajin ja ajoneuvotyypin mukaan, ja summien pohjalta lasketaan kokonaistonnikilometriosuudet sähkölle ja muille käyttövoimille yhdessä tavaralajissa. Tuloksena muodostuu eri ajoneuvotyyppien (eri kokoluokat ja käyttövoimajako sähkö/muut) osuudet tavaralajin tonnisuoritteesta.

Tämän jälkeen tuotetaan ajoneuvoille suoritekustannukset vastaavalla tavalla, kun ne tuotettiin ajoneuvotyyppien jakauman mallin pohjalle. Poikkeuksena tähän on hyvä huomioida, että ajoneuvon hankintahinnan painoarvo tuntikustannuksen laskennassa tavaraliikennemalliin menevässä lähtötiedossa on kaksinkertainen suhteessa ajoneuvotyyppien määrittämiseen. Taustalla on oletus käytetyissä estimointiarvoissa, sillä ajoneuvotyypin valinta kuvaa ensisijaisesti kuljetusyrityksen näkemää kustannusta, jossa hankintahintojen taso vastaa enemmän mm. leasing-kustannuksista arvioitua hintatasoa, siinä missä tavaraliikennemalli arvioi ratkaisun tekoa kokonaan eri liikennemuotojen läpi, jolloin tieliikenteen hinnoitteluun vaikuttaa myös erinäiset kuljetusyrityksen kate ja välilliset kustannukset, ja hinta on näin ollen korkeampi. Kustannuksiin ei myöskään lisätä tässä vaiheessa tyhjänä ajon osuutta tai yleiskustannuskerrointa, sillä ne huomioidaan tavaraliikenteen mallijärjestelmän puolella.

Tavaraliikenteen tiekustannuksista muodostuu oma JSON-lähtötieto, joka on yhdistettävissä henkilöliikenteen kustannuksiin erillisellä skriptillä. Tästä muodostuu tieliikenteen kustannustaso muuhun mallijärjestelmään. Tämä lähtötiedon muodostuminen on tarkemmin kuvattu osana tavaraliikennemallin dokumentaatiota (Niinikoski et al. 2026).

4.4 Laskentavaiheen tuottamat tulokset

Laskentavaiheesta tuotetaan lähtökohtaisesti henkilöautojen ajoneuvokantaa vastaava ajoneuvokannan rakenne, mistä vuositason kehitys on päätel-tävissä myös jälkikäteen. Sen lisäksi tuotetaan useampi taulukkomuotoinen tulostiedosto:

- **Skenaarion kysyntä,** joka kuvaa tavaralaji-, matkapituus- ja ajo-neuvotyyppikohtaiset laskentatulokset jokaiselta tarkasteluvuodelta
- **Sähköisen liikennesuoritteen kehitys**, joka kuvaa sähköisen lii-kennesuoritteen kehityksen tiivistettynä ajoneuvotyypeittäin jokai-selle laskentavuodelle
- **Sähköistymispotentiaali**, joka kertoo skenaarion vuosittaisen tek-nis-taloudellisen sähköistymispotentiaalin

5 Muiden ajoneuvoluokkien kantakehitys

Muiden ajoneuvoluokkien kannan kehitys lasketaan trendiperusteisesti, ja se soveltuu pakettiautoille, linja-autoille, moottoripyörille, mopoille ja muille kevyille L-luokan ajoneuvoille. Laskentamenetelmä on näille identtinen, mutta jokaiselle on määritettävissä omat trendit, sähköistymisurat, ja uusiutumismäärät.

Laskennassa muodostetaan lähtötilanne lähtöhetken ajoneuvokannan perusteella, jota päivitetään vuosittain. Laskennan pohjaksi määritetään ajoneuvoluokan tavoitekanta, joka ohjaa kannan kokoa vuosittain. Käänteisesti henkilö- ja kuorma-autokannan laskentaan muiden ajoneuvoluokkien kannan kehityksessä uusien ajoneuvojen määrä oletetaan trendiperusteisesti, ja poistuman taso lasketaan niin, että ajoneuvokannan koko toteutuu. Itse poistuman kohdistamiseen käytetään kuitenkin vastaavaa Weibull-jakaumaa.

Näille ajoneuvoluokille ei käytetä yksityiskohtaista kotitalous-, tavaralaji tai ajoneuvovalintamallia, vaan kannan kehitys perustuu ajoneuvoluokkakohtaisiin trendikertoimiin, uusiutumismääriin ja käyttövoimien kehitystä kuvaaviin oletuksiin. Pohjalla käytetyt arviot on esitetty laajemmin liikenneennusteiden julkaisussa (Traficom 2026)

Ajoneuvojen suoritekehitys kuvataan ensisijaisesti noudattaen katsastussuoritteista laskettua ikäpohjaista trendiä, jolloin joko ajoneuvoluokan keskisuoritteeseen vaikuttaa ajoneuvojen ikärakenteen kehitys. Eri käyttövoimien suoriteosuudet johdetaan suoraan eri ikäisten ja käyttövoimaisten ajoneuvojen suoritteiden perusteella, eikä näiden arviointiin ole käytössä erillistä kysyntämallia, kuten henkilöliikenteessä.

Laskentavaiheesta tuotetaan ajoneuvoluokille yhteinen tulostiedosto, joka kuvaa kannan koostumusta vuositasolla. Se ei sisällä suoritetietoja, vaan ne lasketaan vasta suoritelaskennan osana.

6 Suoritelaskenta ja tulokset

Kun kantalaskenta on suoritettu eri luokalle, voidaan niiden tuottamista tiedoista laskea vielä varsinainen suoritekehitys. Henkilöautojen osalta se täsmätään henkilöliikennemallin tuottamaan henkilöautosuoritekysyntään, mutta muissa ajoneuvoluokissa se lasketaan keskimääräisten suoritteiden perusteella. Esimerkiksi tavaraliikenteen mallin osalta kotimaan liikenteen tonnikilometritaso on täsmätty, mutta suoritekilometrit kannan ja tavaraliikenteen mallin osalta kuvaavat hieman eri kokonaisuutta, jonka vuoksi suoritteet eivät ole suoraan vertailukelpoisia ja täsmättävissä.

Laskennan perusoletuksena tarkasteluvuoden ajoneuvokanta muodostetaan aina niistä ajoneuvoista, jotka kyseisenä vuonna ovat käytössä, eli ajoneuvoissa, joiden kantaan tulovuosi on sama tai pienempi kun tarkasteluvuosi, ja vastaavasti kannasta poistumisvuotta ei ole, tai se on suurempi, kun tarkasteluvuosi.

6.1 Henkilöautoliikenteen kokonaissuorite

Henkilöautoliikenteen kokonaissuorite muodostetaan yhdistämällä henkilöautokantamallin ajoneuvomäärät ajoneuvon iän ja käyttövoiman mukaisiin keskisuoritteisiin. Tämän jälkeen suorite kalibroidaan henkilöliikennemallin tuottamiin suorite ennusteisiin laskentavuosilta, ja lopputulosta eri välivuosien osalta korjataan käyttökustannusten muutosten perusteella. Vastaava laskenta voidaan tehdä myös eri autokannan kehitysskenaarioille.

Kaikissa laskentatapauksissa kalibrointi tehdään ajoneuvoluokan tilastollisen suoritekysynnän mukaisesti, eli suoritetta ei varioida eri tavoin eri ikäisille autoille, vaan samaa kerrointa käytetään läpi kaikkien ikäluokkien, jolloin suhteellinen muutos on sama kaikissa, mutta absoluuttinen kasvu on suurinta uusissa autoissa, missä suorite on suurin.

6.1.1 Perusskenaarioin suoritelaskenta

Laskennassa henkilöautoille on käytössä vastaavat kolme varianttia, jotka muodostettiin henkilöautojen kustannuslaskennassa (luku 3.3.5), eli *bev*, *phev*, ja *icev*. Kokonaissuorite laskentaan erikseen jokaiselle variantille. Näin ajoneuvokannan käyttövoimarakenteen muutos voidaan erottaa käyttökustannusten vaikutuksesta. Mallin tarjoama suorite on päiväkohtainen kysyntä joten se skaalataan erikseen vuosisuoritekysynnäksi kertomalla se päivien määrällä (365).

Niille vuosille, jolle henkilöliikenteen mallilla on tuotettu suoritearvio, laskentaan erillinen kalibrointikerroin, joka sovittaa henkilöautokantamallista ja ikäkohtaisista keskisuoritteista muodostuvan liikennesuoritteen henkilöliikennemallin tulokseen. Vuosien väliset kertoimet muodostetaan asteittain

ympäröivien kalibrointivuosien arvoista suhteellisena siirtymänä, jolloin taso kehittyy tasaisesti vuodesta toiseen.

Koska kustannusten muutos vuositasolla ei ole lineaarista, vaan siinä voi tapahtua erilaisia yhtäkkisiä muutoksia (esim. ETS2-päästökaupan korottava vaikutus polttoaineen hintaan), korjataan suoritekysyntään kustannusjouston avulla vuotuisen ajoneuvokilometrin keskimääräisen kustannuksen mukaisesti. Käytetty kustannusjousto on arvioitu henkilöliikenteen mallin avulla, ja sen on arvioitu asettuvan arvoon -0,43. Kilometrikustannuksen kasvu siis pienentää liikennesuoritetta.

Kustannusvaikutuksen laskennan pohjaksi otetaan kalibrointivuosien kustannustasot, joiden välille muodostetaan tasaisesti kehittyvä vertailukustannus. Välivuosien osalta kustannusta verrataan tähän vertailu-uraan. Mikäli toteutuva kustannus vastaa vertailu-uraa, suorite pysyy samana. Mikäli kustannus puolestaan poikkeaa vertailu-urasta, lasketaan sen vaikutus suoritteeseen. Jousto siis kuvaa poikkeamaa keskimääräisestä kustannusurasta. Kustannusjousto lasketaan erikseen täyssähköille, lataushybrideille ja muille polttomoottoriautoille, jolloin esimerkiksi polttoaineen hinnan vaihtelut koskevat eniten polttomoottoriautoja, osin ladattavia hybridejä, mutta hintamuutos ei vaikuta sähkön kysyntään.

6.1.2 Vertailuskenaarioiden suoritelaskenta

Mikäli ajoneuvokannalle lasketaan erilasia skenaarioita, voitaisiin teknisesti kaikki näiden vaikutukset laskea vastaavalla tavalla tuottamalla henkilöliikenteen mallilla skenaariokohtaisella hintatiedolla omat suoriteskenaariot ja tehdä sama laskenta. Henkilöliikenteen mallin ajaminen usealle eri ajoneuvokannan skenaariolle on kuitenkin raskasta ja aikaa vievää, minkä vuoksi vastaavat muutokset voidaan laskea suoraan kustannusmuutosten avulla suoritelaskennan yhteydessä. Edellytyksenä siis on, että esimerkiksi perusskenaariosta on tuotettu tarkemmat suorite-ennusteet, ja muiden skenaarioiden ajoneuvokantaa ja kustannustasoa verrataan tähän perusennusteeseen, ja suoritetta korjataan sen mukaisesti.

Ensin suoritekehitys lasketaan perusuran hinnoittelun mukaisilla kustannuskertoimilla. Tämä tuottaa tiedon siitä, paljonko suorite muuttuu pelkästään ajoneuvokannan muutoksen seurauksena. Kantavaikutus syntyy, jos esim. sähköautoja on skenaariossa suhteessa enemmän kuin perusurassa (suoritetta poistuu polttomoottoreilta ja siirtyy sähkölle), ajoneuvokannan koko muuttuu, tai ajoneuvokannan ikärakenne muuttuu. Kyseessä on siis ajoneuvokannan rakenteesta aiheutuva muutos, vaikka kilometrikustannukset pysyvätkin laskennallisesti ennallaan.

Seuraavaksi ajoneuvokannalle annetaan kyseisen skenaarion mukaiset kilometrikustannukset, ja perusuran ja skenaarion kustannusten erosta johdetaan kustannusjouston mukainen suoritemuutos. Tämä kustannusvaikutus

kertoo, paljonko kysyntä muuttuu, kun ajoneuvokannan rakenne on jo huomioitu. Käytännössä esimerkiksi täyssähköauton suorite voi muuttua kahdella tapaa: sähköautojen määrä kasvaa (edellinen vaihe) tai sähköautolla ajaminen on halvempaa suhteessa perusuraan (tämä vaihe). Tuloksiin kirjataan erikseen molempien näkökulmien aiheuttamat muutokset, jolloin jälkikäteen on erotettavissa mikä on kummankin muutoksen kokonaisvaikutus.

Tämän vaiheen lopputuloksena tuotetaan raportointiin taulukkomuotoinen tiedosto, jossa on esitetty kokonaissuorite perusskenaariossa, sekä mahdollisessa vertailuskenaariossa kolmen eri käyttövoimaluokan välillä jokaisena skenaariovuotena. Tiedostoon on skenaarion kokonaisvaikutuksen lisäksi eritelty hinnan, sekä kannan rakenteellisen eron mukainen vaikutus. Perusskenaarion pohjalta tuotettu tiedosto näyttää rakenteeltaan identtiseltä, mutta pohja- ja vertailusuoritteet ovat samansuuruiset, ja eroja näiden välille ei muodostu.

6.2 Kuorma-autoliikenteen kokonaissuorite

Kuorma-autoliikenteen kokonaissuorite arvioidaan suoraan ajoneuvokantamallin tuottamasta kuorma-autokannasta. Jokaiselle kannassa olevalle ajoneuvolle annetaan sen ajoneuvotyypin ja iän mukainen keskimääräinen vuotuinen ajosuorite. Lopullista kuorma-autosuoritetta ei siis täsmätä tavaraliikennemallin tuottamaan kokonaissuoritteeseen, koska ne kuvaavat erilaista kantakokonaisuutta.

Koska käyttövoimille ei ole havainnoissa erillisiä keskisuoritesyklejä, saavat saman ajoneuvotyypin ja ikäluokan ajoneuvot saman arvioin käyttövoimasta riippumatta, mikä on hyvä huomioida tulosten tulkinnassa. Käyttövoimakohtaiset suoritteet muodostuvat näin ollen sen perusteella, kuinka paljon ajoneuvoja kussakin käyttövoimassa on ja miten käyttövoiman ikärakenne muodostuu. Etenkin laskennan alussa sähkökuorma-autot ovat pääosin uusia, jolloin niiden keskimääräinen suorite on koko kannan keskiarvoa suurempi, ja arvioitu osuus suoritteesta voi näin ollen olla merkittävästi suurempi, kun osuus ajoneuvokannasta.

Kokonaisuutena laskentaketju eri mallien, ja niiden tulosten osalta voidaan tiivistää seuraavasti kuorma-autojen ajoneuvokannan osalta:

- **Tavaraliikennemalli:** Kuvaa tiekuljetustavaravirrat tonnein eri pituusjakaumille
- **Ajoneuvotyypin valintamalli:** Kuvaa tonni-pituusjakaumatiedon jakamisen ajoneuvotyypeille ja kunkin ajoneuvotyypin suhteellisen kehityksen
- **Kuorma-autokantamalli:** Muodostaa vuosittaisen ajoneuvokannan ja käyttövoimajakaumat valintamallin tietojen pohjalta
- **Suoritelaskenta:** Laskee kuorma-autokantamallin tuottaman ajoneuvokannan mukaisen suoritteen ikä- ja ajoneuvotyyppikohtaisilla keskisuoritteilla.

6.3 Muiden ajoneuvoluokkien suoritteen arviointi

Muiden ajoneuvoluokkien osalta liikennesuorite arvioidaan vuosittain ajoneuvokantamallin tuottamasta kannasta ajoneuvoluokan ja iän mukaisen keskimääräisen ajosuoritteen avuolla. Kuten tavaraliikenteessä, käyttövoimien suoritteet muodostuvat suoraan kunkin käyttövoiman määrän ja ikärakenteen jakauman mukaisesti, jolloin suorite- ja käyttövoimajakauma kehittyvät eri tavoin.

Poikkeuksen laskentaan on N1-luokan pakettiautojen skaalaus, joiden määrä- ja suoritekehitys on muodostettu tavaraliikennemallin tulosten pohjalta. Näille suorite kalibroidaan niin, että kokonaissuorite kehittyy vastaavassa suhteessa, kun niiden ajoneuvomäärä, jotta kehitys on vastaava, kun tavaraliikennemallissa. Suhteutus on tehty nimenomaisesti suhteellisen kehityksen mukaisesti, sillä myös tässä tapauksessa ajoneuvokannan pakettiautokanta ja tavaraliikenteen ajoneuvokanta poikkeavat määritelmiltään hieman toisistaan, minkä vuoksi suoritteen lähtötaso on hieman erilainen.

6.4 Laskentavaiheen tuottamat tulokset

Lopuksi eri laskentavaiheista tulevat tulokset yhdistetään, jotta samoihin aineistoihin saadaan tulokset kaikilta eri laskentaluokilta. Näitä voidaan käyttää pohjatietona raportointiin, vertailuun tai lisälaskelmien pohjatietona. Tarkempi tietosisältö tulostauluista on esitetty erillisessä ohjeistuksessa.

Laskennan keskeiset tulokset muodostetaan erilliseen Excel-taulukkoon, jonne on kuvattu kannan koko, vuotuiset kantaan tulevat autot kokonaisuudessaan, vuotuiset uudet ensirekisteröinnit, vuotuiset käytettynä maahantuonnit, keskisuorite ja kokonaissuorite. Tulokset on esitetty jokaisella välilehdellä jaettuna vuosille, ajoneuvoluokille ja eri käyttövoimille. Keski- ja kokonaissuorite kuvaa tämän laskentavaiheen lopputulemana syntyvää

suoritearviota, eli mm. henkilöautosuoritteessa on huomioitu hintatasokorjaukset ja kohdistus henkilöliikennemallin tavoitesuoritteeseen. Taulukko on muodostettavissa erikseen jokaiselle tarkasteluskenaariolle.

Malli tuottaa tässä vaiheessa myös alustavan arvion polttoaineen kokonaiskulutuksesta, joka on mahdollista tuottaa ajoneuvotyypin ja käyttövoiman mukaisesti vuosittain. Laskenta perustuu henkilöautojen osalta kannassa olevien autojen ilmoitettuun kulutukseen, ja uusien autojen osalta laskennalliseen trendiin, mikä arvioidun kulutuskertoimen kanssa kerrotaan ajoneuvosuoritteella. Plug-in hybridit tarkastellaan oletuksena 65 % polttomoottorikäytöllä, mutta se on käyttäjän muutettavissa. Muissa ajoneuvoluokissa käytetään keskimääräistä arviokulutusta, joka tulee käyttäjän syöttämänä. Kuorma-autojen osalta raskaan liikenteen ilmoitetun kulutuksen oletetaan kertovan uuden EURO 6 -luokan mukaisen kuorma-auton päästöarvo, ja polttoaineen kulutusta vanhempien EURO-luokkien ajoneuvoille korjataan EURO-luokittain kertoimilla. Alustavat kertoimet on arvioitu TaKuPaaS-hankkeen (Lauhkonen & Vestinen 2026) eri EURO-päästöluokkien yksikkökulutuskertoimien pohjalta ajoneuvotyypeittäin. Laskennan lopputuloksena syntyy litramääräinen polttoaineen kokonaiskulutus (pl. kaasu kilogrammoina) ja sähkön kulutus kilowattitunteina. Tiedot tulostuvat halutessa erilliseen Excel-taulukkoon.

Vakioitujen tulosten ohella käyttäjällä on mahdollisuus tallentaa tulokset csv-tiedostoon myös halutussa ryhmittelyssä määrittämällä itse, minkä tietojen perusteella aggregointi tehdään, sekä haluamansa laskennalliset tiedot. Vaihtoehdot ja tarkempi kuvaus muokatulle tiedoston viennille on esitetty tarkemmin ohjeistuksessa.

Lähdeluettelo

Bierlaire, M. (2020). A short introduction to PandasBiogeme.

Dornoff, J., Tietge, U., & Mock, P. (2020). On the Way to" Real-World" CO_2 Values: The European Passenger Car Market in Its First Year After Introducing the WLTP. The ICCT.

EC (2023). Commission Regulation (EU) 2023/443 of 8 February 2023 amending Regulation (EU) 2017/1151 as regards the emission type approval procedures for light passenger and commercial vehicles (Text with EEA relevance). In Regulation 2023/443. Euroopan Komissio.

EEA (2025). Real-world CO2 emissions from new cars and vans. European Environment Agency Datahub.

Hoppe, J., Ueckerdt, F., Plötz, P., Link, S., Speth, D., Weißenburger, B., ... & Pietzcker, R. (2026). Cost competitiveness of alternative heavy-duty truck technologies under real-world utilisation profiles. *Nature Communications*, *17*(1), 8013.

Lauhkonen, A. & Vestinen, J. (2026) Tavaraliikenteen päästö- ja kulutustiedot yritysten ja yhteiskunnan päätöksenteon tueksi (TaKuPaaS), yksikkökulutuskertoimet

Metsäranta, H., Toivio, T., Halminen, A., & Viljanen, K. (2024). Tie- ja rautatieliikenteen hankearvioinnin yksikköarvojen määrittäminen vuodelle 2022. Väyläviraston julkaisuja 81/2024. Väylävirasto.

Niinikoski, M., Koski, V., Sirkiä, A., Tarkkala, K., Ratinen, I., Ojala, K., Jalovaara, J. & Honkatukia, J. (2026) Valtakunnallinen liikenteen mallijärjestelmä: Tavaraliikenteen malli. Traficomin julkaisuja

Supponen, A., Jalovaara, J., Mutikainen, J., Sylvin, J. & West, J. (2026) Travel Demand Model, Finnish National Transport Model (Valma). Traficom Publications

Tilastokeskus (2026a) 12c3 – Perheet perhetyypin ja henkilöluvun mukaan alueittain, 1992-2025. Tilastotietokanta.

Tilastokeskus (2026b) Tieliikenteen tavarankuljetukset.

Traficom (2026) Valtakunnallinen liikenne-ennuste 2026.

Verohallinto (2026). Verotettujen ajoneuvojen autoverot ja verotusarvot, Verohallinnon tilastotietokanta.

Viri, R. & Supponen, A. (2027). Estimating Finnish Car Choice Model. In: Esztergár-Kiss, D., Munkácsy, A., Török, Á. (eds) Re-Generation in Transport. TRAconference 2026. Lecture Notes in Mobility. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-032-37170-6_116

Liite 1 - EURO-päästöluokkien luokittelu

Taulukko 5. Henkilöautojen EURO-luokkien päivämäärärajat

Käyttöönottopäivä viimeistään	Oletettu EURO-luokka
1.1.1993	Ennen EURO-luokitusta
1.1.1997	Euro 1
1.1.2001	Euro 2
1.1.2006	Euro 3
1.1.2011	Euro 4
1.9.2015	Euro 5
1.9.2018	Euro 6b
1.9.2019	Euro 6c
1.1.2021	Euro 6d-TEMP
1.1.2021 ja jälkeen	Euro 6d

Taulukko 6. Kuorma- ja linja-autojen EURO-luokkien päivämäärärajat

Käyttöönottopäivä viimeistään	Oletettu EURO-luokka
1.10.1993	Ennen EURO-luokitusta
1.10.1996	Euro I
1.10.2001	Euro II
1.10.2006	Euro III
1.10.2009	Euro IV
1.1.2014	Euro V
1.1.2020	Euro VI-A/B/C
1.1.2020 ja jälkeen	Euro VI-D/E

Taulukko 7. Pakettiautojen (N1) EURO-luokkien päivämäärärajat

Käyttöönottopäivä ennen	Oletettu EURO-luokka
1.10.1995	Ennen EURO-luokitusta
1.1.1998	Euro 1
1.1.2001	Euro 2
1.1.2006	Euro 3
1.9.2010	Euro 4
1.9.2015	Euro 5
1.9.2015 ja jälkeen	Euro 6

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom
PL 320, 00059 TRAFICOM
p. 029 534 5000

TRAFICOM
Liikenne- ja viestintävirasto