



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

AKI ROUHIAINEN  
UUDEN PÄÄSTÖMITTAUSTAVAN VAIKUTUS AUTOKAUPPAAN

Diplomityö

Tarkastaja: apulaisprofessori Heikki  
Liimatainen  
Talouden ja rakentamisen tiedekun-  
nan koulutusvaradekaani on hyväk-  
synyt aiheen ja tarkastajan  
29.10.2018

## TIIVISTELMÄ

**AKI ROUHIAINEN:** Uuden päästömittaustavan vaikutus autokauppaan  
Tampereen teknillinen yliopisto  
Diplomityö, 54 sivua  
Marraskuu 2018  
Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma  
Pääaine: Liikenne- ja kuljetusjärjestelmät  
Tarkastaja: apulaisprofessori Heikki Liimatainen

Avainsanat: autokauppa, CO<sub>2</sub>-päästöt, NEDC, päästömittaus, RDE, WLTP, testiproseduurit, testisykli

Henkilö- ja kevyiden pakettiautojen päästömittaus muuttuu vuosien 2017-2021 välisenä aikana. Syyskuun 1. päivänä 2017 Euroopan unionissa otettiin käyttöön uusi henkilöautojen polttoaineen kulutusta ja pakokaasupäästöjä mittaava WLTP-menetelmä. Alkuun sitä sovellettiin henkilöautojen tyyppi hyväksyntätestauksessa. Syyskuun 1. päivästä 2018 lähtien jokaiselle uutena rekisteroitävälle henkilöautolle täytyy ilmoittaa WLTP-menetelmän mukaiset kulutus- ja päästölukemat. Euroopan unioni otti syyskuussa 2017 käyttöön WLTP-menetelmää täydentävän liikenteessä suoritettavan RDE-mittauksen, jolla varmistetaan henkilöautojen vähäpäästöisyys. RDE-mittausta sovelletaan kaikille uutena ensirekisteroitäville henkilöautoille vuoden 2019 alusta lukien. Alkuun WLTP- ja RDE-mittauksia sovelletaan vain henkilöautoihin. Myöhemmässä vaiheessa niiden käyttöä laajennetaan koskemaan myös kevyitä pakettiautoja.

Tämän opinnäytteen tavoitteena on selvittää, miksi WLTP-menetelmä kehitettiin korvaamaan aiemmin käytössä ollut NEDC-menetelmä. Toisena tavoitteena on tarkastella, mitä WLTP-menetelmän käyttöönotto merkitsee autovalmistajille, kuluttajille sekä viranomaisille. Lisäksi tavoitteena on tutkia, miten WLP-menetelmän käyttöönotto vaikuttaa uusien henkilöautojen kauppaan ja miten kuluttajat suhtautuvat ympäristöystävälliseen autoiluun. Työn soveltava osuus koskee henkilöautoiluun liittyviä näkökulmia Suomessa. Työ toteutetaan kirjallisuustutkimuksena.

Tutkimuksen mukaan suomalaisten tietoisuudessa ympäristöystävällisestä autoilusta on edelleen parantamisen varaa, vaikka tietoisuus onkin parantunut viimeisten vuosien aikana. Kuluttajien kokemassa ympäristöystävällisessä autoilussa ja joukkoliikennevälineiden käytössä korostuu hinnan merkitys. Seuraavaksi tärkeimmiksi tekijöiksi muodostuvat käytön helppous sekä hinnanmuodostuksen ja kulurakenteen selkeys.

Henkilöautokaupan myyntimäärät ovat viime vuosien aikana olleet suurimmillaan alkuvuodesta. Kesää kohden myyntimäärät ovat pienentyneet, minkä jälkeen myynti on ollut melko tasaista loppuvuotta kohti. Vuosi 2018 oli poikkeus. Myyntimäärät nousivat tasaisesti alkuvuodesta elokuun loppuun asti. Elokuussa saavutettiin kuukausikohtainen myyntiennätys, mikä selittyy NEDC-menetelmän mukaisesti tyyppi hyväksytyjen henkilöautojen suurella myyntimäärällä.

## ABSTRACT

**AKI ROUHIAINEN:** The Effect of the New Test Cycle on Car Sales

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 54 pages

November 2018

Master's Degree Programme in Civil Engineering

Major: Traffic and Transportation Systems

Examiner: Assistant Professor Heikki Liimatainen

**Keywords:** car sales, CO<sub>2</sub> emission, NEDC, emission measure, RDE, WLTP, test procedure, test cycle

The emissions measure of the passenger cars and the light delivery vans will be changing between 2017 and 2021. On September 1st, 2017, the new test procedure called WLTP which measures fuel consumption and CO<sub>2</sub> emissions was introduced in the European Union. In the beginning, it was applied only for type approval tests of the cars but as of September 1st, 2018, the use of WLTP will be extended for newly registered cars. New cars must have WLTP compatible fuel consumption and CO<sub>2</sub> emission indications. The European Union introduced the RDE measurement on September 1st, 2017, which complements the WLTP. RDE measurement verifies low emissions of the car. The use of RDE will be extended for newly registered cars as of January 1st, 2019. In the beginning WLTP and RDE measurements will be applied only for passenger cars but at later point of time it will also be applied for light delivery vans.

The aim of this thesis is to sort out the reasons for introducing the WLTP which replaces the former NEDC procedure. Another aim of this thesis is to examine the implication of the introduction of the WLTP for car manufacturers, consumers and officials. An additional aim is to examine how the introduction of the WLTP effects on the sales of new passenger cars and how consumers react to environment friendly motoring. The applied part of the thesis focuses on the aspects of the passenger motoring in Finland. The applied part of the thesis is carried out as a literature study.

According to the study, Finns in general are quite aware of environment friendly motoring but it could be improved. When consumers consider environment friendly motoring the most important thing is the price of it. The next important things of the environment friendly motoring are ease of the use and clarity of the price formation.

In recent years the amount of the sold passenger cars has been at its highest level in the beginning of the year. The amount of the sold passenger cars has decreased by the summer and it has been quite flat by the end of the year. The year 2018 has been exceptional. The amount of the sold passenger cars has increased until the end of August when the new record of the August sold passenger cars was achieved. This is explained by the high amount of the sold NEDC type approved passenger cars.

## ALKUSANAT

Tämä opinnäyte on tehty Tampereen teknillisen yliopiston ja Oulun yliopiston vuosina 2013-2015 toteuttamaan rakennusalan muuntokoulutushankkeeseen. Tutkintoon kuuluvat opintojaksot olen suorittanut jo muutama vuosi sitten. Opinnäytteen teko on viivästynyt pääasiassa siitä syystä, että tilaustyönä tehtävää opinnäytteen aihetta ei ole löytynyt. Loppujen lopuksi päätin tehdä tämän opinnäytteen itseäni kiinnostavasta aiheesta ja suorittaa tutkinnon loppuun.

Olen jo aikaisemmin suorittanut diplomi-insinöörin tutkinnon Tampereen teknillisessä yliopistossa. Uudelleen koulutautuminen on ollut jälkeempään tarkasteltuna opettavainen kokemus. Aikuisopiskelijana olen kokenut asiat eri tavalla kuin nuorempana. Asioiden ymmärtäminen on syventynyt. Pelkkä tutkinnon suorittaminen ei ole riittävää, vaan opitunneilla ja luentomateriaaleissa esitetyt asiat on kyettävä omaksumaan ja niitä on pystyttävä hyödyntämään tavalla tai toisella myöhemmässä vaiheessa.

Kiitän työn tarkastajaa apulaisprofessori Heikki Liimataista. Kiitokset muuntokoulutushankkeesta vastuussa olleille Tampereen teknillisen yliopiston ja Oulun yliopiston henkilökunnille. Haluan kiittää ystävääni Mikaa häneltä saamistani opintoihini liittyvistä neuvoista. Viimeisenä mutta ei suinkaan vähäisimpänä kiitän vanhempiani, jotka olivat henkisenä tukenani koko opintojeni ajan.

Turussa, 14.11.2018

Aki Rouhiainen

## SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO .....	1
1.1	Työn tausta .....	1
1.2	Työn tavoite ja toteutustapa .....	2
1.3	Työn rakenne.....	2
2.	AJONEUVOJEN POLTTOAINEEN KULUTUS JA PÄÄSTÖT .....	3
2.1	Polttoainetaloudellisuuden merkitys .....	3
2.2	Henkilöautojen polttoaineen kulutuksen ja pakokaasupäästöjen mittaus .....	6
3.	LIIKENTEEN AIHEUTTAMAT HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖT .....	9
3.1	Päästöjen vähentämisvaatimukset.....	9
3.2	Päästöjen vähentämisen vaatima teknologia ja kustannukset .....	10
4.	LIIKENTEEN AIHEUTTAMAT YLEISET PÄÄSTÖT JA .....	
	NIIDEN VÄHENTÄMINEN .....	15
4.1	Päästötyypit .....	17
4.2	Päästöjen syntymekanismit .....	19
4.3	Tieliikenteen aiheuttama melu .....	19
4.4	Ajoneuvon hyötysuhde.....	21
4.5	Pakokaasujen käsittely .....	22
4.6	Päästöjen vähentämisen jatkokehitys .....	26
5.	WORLD WIDE HARMONIZED LIGHT VEHICLE TEST PROCEDURE .....	29
5.1	Kehityshanke .....	29
5.2	Kehitykseen liittyviä näkökulmia.....	31
6.	WLTP-MITTAUSTAVAN VAIKUTUS SUOMEN TIELIIKENTEeseen .....	36
6.1	Verotus .....	36
6.2	Vuosien 2017-2021 siirtymäajan CO <sub>2</sub> -päästöarvot.....	37
7.	HENKILÖAUTOJEN CO <sub>2</sub> -PÄÄSTÖJEN JA MYYNTIMÄÄRIEN .....	
	VERTAILUA .....	40
7.1	Henkilöautojen päästöjen kehitys vuosina 2000-2017.....	40
7.2	Henkilöautojen ensirekisteröinnit käyttövoimittain .....	42
8.	LIIKENTEEN TURVALLISUUSVIRASTON TUTKIMUKSIA .....	47
9.	YHTEENVETO .....	51
	LÄHTEET .....	53

## LYHENTEET JA MERKINNÄT

CO	hiilimonoksidi
CO <sub>2</sub>	hiilidioksidi
EC	Euroopan komissio
EU	Euroopan unioni
GRPE	Working Party on Pollution and Energy, Yhdistyneiden kansakuntien alainen työryhmä
GTR	Global Technical Regulations, maailmanlaajuinen tekninen sääntö
HC	hiilivety
ICCT	International Council on Clean Transportation, kansainvälinen ympäristöystävälliseen kuljetustoimintaan keskittyvä järjestö
ITF	International Transport Forum, kuljetuksen kehittämiseen keskittyvä ajatushautomo
L <sub>den</sub>	vuorokauden aikana mitattu äänen painotettu voimakkuus
L <sub>night</sub>	äänen keskimääräinen voimakkuus yöllä
LED	Light Emitting Diode, valodiodi
NGO	Non-Governmental Organization, voittoa tavoittelematon itsenäinen järjestö
NEDC	New European Driving Cycle, vanhempi laboratoriossa suoritettava testi, jolla mitataan henkilöautojen polttoaineen kulutusta ja hiilidioksidipäästöjä
NH <sub>3</sub>	ammoniakki
NO	typpimonoksidi
NO <sub>x</sub>	typen oksidi
NO <sub>2</sub>	typpidioksidi
N <sub>2</sub> O	typpioksiduuli
O <sub>3</sub>	otsoni
PAH	Polycyclic Aromatic Hydrocarbon, polyaromaattinen hiilivety
PM	Particulate Matter, pienhiukkanen
RDE	Real Driving Emissions, todellisissa ajo-olosuhteissa syntyvät päästöt
SCR	Selective Catalytic Reduction, selektiivinen katalyyttinen pelkistäminen
SO <sub>2</sub>	rikkidioksidi
SUV	Special Utility Vehicle, kaupunkiajoon suunniteltu maastoauto
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe
USD	United States Dollar, Yhdysvaltain rahayksikkö
US06	yhdysvaltalainen päästötestisykli
VOC	Volatile Organic Compound, haihtuva orgaaninen yhdiste
WLTC	Worldwide Harmonized Light Vehicle Test Cycle, WLTP-testisykli
WLTP	Worldwide Harmonized Light Vehicle Test Procedure, uudempi laboratoriossa suoritettava testi, jolla mitataan henkilöautojen polttoaineen kulutusta ja hiilidioksidipäästöjä
WP.29	World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations
WWW	World Wide Web, Internetissä toimiva hajautettu hypertekstijärjestelmä
YK	Yhdistyneet kansakunnat

# 1. JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Autojen hiilidioksidipäästöjä kuvataan CO<sub>2</sub>-arvolla. Uusien henkilöautojen pakokaasujen päästömittaustapa muuttuu vuoteen 2021 mennessä. Ensimmäiset henkilöautot, joille ilmoitetaan uuden mittaustavan mukaiset päästöarvot, rekisteröitiin liikenteeseen syyskuun alussa 2017. Siirtymäaikana vuosina 2017-2021 uusille henkilöautoille ilmoitetaan sekä vanhan että uuden mittaustavan mukaiset CO<sub>2</sub>-päästöt ajoneuvoliikennerekisteriin. (Trafi 2018c)

Aiemmin käytössä ollut laboratorio-olosuhteissa suoritettava päästömittaus on nimeltään New European Driving Cycle (NEDC). Se kehitettiin 1980-luvulla. Teknologian ja ajo-olosuhteiden muuttumisen vuoksi se on vanhentunut. Se ei ole enää vaatimusten mukainen. Ongelman korjaamiseksi Euroopan unioni (EU) on kehittänyt uuden mittaussuunnitelman eli testisyklin, joka tunnetaan nimellä Worldwide Harmonized Light Vehicle Test Procedure (WLTP). Suurin ero NEDC- ja WLTP-testien välillä on se, että NEDC-testissä päästöarvot määritellään teoreettisen ajotavan perusteella, kun WLTP-sykli perustuu maailmanlaajuiseen käytännön ajo-olosuhteista kerättyyn aineistoon. (Trafi 2018c)

CO<sub>2</sub>-päästöjä mitataan laboratorio-olosuhteissa. Laboratorio-olosuhteet tarjoavat vakaan mittaus- ja testausympäristön, jonka olosuhteita voidaan tarvittaessa muuttaa. Laboratorioissa suoritettavat mittaukset ovat toistettavissa ja mittausten tuottamat tulokset ovat luotettavia. CO<sub>2</sub>-päästöt ovat suoraan verrannolliset polttoaineen kulutukseen. Kuluttajat voivat vertailla ennen uuden ajoneuvon hankintapäätöstään eri automallien ympäristöystävällisyyttä tutkimalla laboratoriotesteissä saatuja CO<sub>2</sub>-päästöarvoja ja polttoaineen kulutuksen arvoja. (Trafi 2018c)

Laboratoriotesteillä on suuri merkitys, kun uusi automalli halutaan tuoda myyntiin Euroopan unionin alueella. Myyntiluvan saamiseksi autonvalmistajan on toimitettava autonsa testattavaksi tutkimuslaitokseen, jossa suoritettavien päästömittausten perusteella tyyppihyväksyntäviranomainen hyväksyy päästömittaustestin tai hylkää sen, jos testitulokset eivät ole vaaditun mukaiset. Kun ajoneuvo on hyväksytty yhdessä Euroopan unionin maassa, kaikki saman tyyppiset ajoneuvot voidaan rekisteröidä myös muualla Euroopan unionin alueella. Testattavat ajoneuvot valitaan tuotantolinjoilta autoteollisuudessa sovellettavien tilastollisten otantamenetelmien mukaisesti. Testeissä varmistetaan, että ajoneuvot täyttävät niille asetetut vaatimukset. Tyyppihyväksyntäviranomainen varmistaa, että valmistajan tuottamat autot vastaavat testeihin toimitettuja autoja. (Trafi 2018c)

Uudet WLTP-testeissä saadut mittausarvot eivät muuta auton polttoaineen kulutusta, vaikka WLTP-menetelmän mukaiset päästöarvot ovat tavallisesti hieman korkeammat kuin vanhalla NEDC-menetelmällä mitatut päästöarvot. Tämä johtuu siitä, että WLTP-testisykli on perusteellisempi ja pitkäkestoisempi kuin NEDC-testisykli. Korkeampi CO<sub>2</sub>-arvo ei tarkoita suurempaa polttoaineen kulutusta, vaan WLTP-testisyklin avulla saatu mittaustulos kuvaa paremmin käytännön olosuhteissa tapahtuvia hiilidioksidipäästöjä. WLTP-mittaustulokseen vaikuttaa autoon hankitut lisävarusteet. Tämän vuoksi myöhemässä vaiheessa jokaiselle autolle määritetään yksilöllinen personoitu CO<sub>2</sub>-arvo. (Trafi 2018c)

Aiemmin autojen CO<sub>2</sub>-päästöarvot mitattiin NEDC-testisyklin mukaisesti. Siirtymävaihe NEDC-menetelmästä WLTP-menetelmään alkoi syyskuussa 2017. WLTP-menetelmän mukaisesti mitattujen autojen vaatimustenmukaisuustodistuksessa CO<sub>2</sub>-päästöarvot ilmoitetaan sekä NEDC- että WLTP-mittausten mukaisesti. Syyskuusta 2018 alkaen kaikilla uutena rekisteröitävillä autoilla on ilmoitettava WLTP-CO<sub>2</sub>-päästöarvot. (Trafi 2018c)

## 1.2 Työn tavoite ja toteutustapa

Tämän diplomityön tavoitteena on selvittää, miksi WLTP-menetelmä kehitettiin korvaamaan aiemmin käytössä ollut NEDC-menetelmä. Toisena tavoitteena on tarkastella, mitä WLTP-menetelmän käyttöönotto merkitsee autonvalmistajille, kuluttajille sekä viranomaisille. Lisäksi tavoitteena on tutkia, miten WLP-menetelmän käyttöönotto vaikuttaa uusien henkilöautojen kauppaan ja miten kuluttajat suhtautuvat ympäristöystävälliseen autoiluun. Työn soveltava osuus rajoitetaan koskemaan vain henkilöautoiluun liittyviä näkökulmia Suomessa. Työ on oma-aiheinen ja se toteutetaan kirjallisuustutkimuksena.

## 1.3 Työn rakenne

Luvussa 2 selvennetään ajoneuvojen polttoaineen kulutuksen ja sen sääntelyn merkitystä. Luvussa 2 selvitetään myös syitä, miksi polttoaineen kulutusta ja pakokaasupäästöjä mitataan. Luvussa 3 keskustellaan liikenteen aiheuttamien hiilidioksidipäästöjen vähentämisestä ja sen vaatimasta teknologiasta ja kustannuksista. Luvussa 4 selvennetään liikenteen aiheuttamia saastepäästöjä sekä esitellään pakokaasujen perinteiset ja uusimmat käsittelymenetelmät. Luvussa 5 esitellään WLTP-menetelmän kehityshanke sekä näkökulmia, jotka vaikuttivat WLTP-menetelmän kehitykseen. Luvut 6,7 ja 8 ovat työn soveltavia osia. Luvussa 6 esitellään, miten WLTP-menetelmän käyttöönotto vaikuttaa ajoneuvon verotukseen. Luvussa 7 vertaillaan henkilöautojen hiilidioksidipäästöjen kehitystä ja henkilöautojen ensirekisteröinnin kehitystä käyttövoimittain jaoteltuna. Luvussa 8 käsitellään liikenteen turvallisuusvirasto Trafín tekemiä kyselytutkimuksia ympäristöystävällisestä autoilusta.



## 2. AJONEUVOJEN POLTTOAINEEN KULUTUS JA PÄÄSTÖT

### 2.1 Polttoainetaloudellisuuden merkitys

Ajoneuvojen polttoaineen kulutuksen sääntely on laajasti hyväksytty keino vähentää öljyn kulutusta ja hiilidioksidipäästöjä. Se on osoittautunut tehokkaaksi menetelmäksi, koska autonvalmistajat ja kuluttajat eivät useinkaan ota huomioon tai halua ymmärtää sen aiheuttamia kerrannaishyötyjä. Parantunut polttoainetaloudellisuus merkitsee pidemmällä aikavälillä taloudellisia säästöjä pienentyneen polttoaineen kulutuksen muodossa ja päästöjen vähentymisenä. Päästöjen väheneminen hillitsee kasvihuoneilmiötä ja sitä kautta kasvihuoneilmiön aiheuttamia maailmanlaajuisia yhteiskunnallisia ongelmia. Polttoainetalouden sääntelyn vastustajia löytyy varsinkin autonvalmistajien keskuudesta. Vastustajia löytyy varsin paljon myös ajoneuvoharrastajista. Ajoneuvo, tavallisesti henkilöauto, on monelle ihmiselle välttämätön hankinta. Tavalliset autoilijat eivät useinkaan ajattele autoilun aiheuttamia kustannuksia pitkällä aikavälillä, vaan heille merkitystä on vain autoilun aiheuttamilla välittömillä kustannuksilla. Tästä johtuen polttoainetalouden ja sitä kautta päästöjen vähentämiseen tähtäävät toimenpiteet koetaan helposti lisäkustannuksia aiheuttaviksi. Polttoaineen kulutuksen sääntelyn vastustajat esittävät useita väitteitä, joista voidaan havaita kaksi pääväitettä. Ensimmäisen väitteen mukaan sääntely on tehotonta ja se aiheuttaa lisäkuluja sekä valmistajille että kuluttajille. Toisen pääväitteen mukaan ajamisen kustannusten pienentäminen aiheuttaa rebound-ilmiön<sup>1</sup>. Rebound-ilmiö kasvattaa ajosuoritteen määrää, mikä lisää polttoaineen kokonaiskulutusta ja liikenteen aiheuttamia kasvihuone- ja saastepäästöjä. Lisääntynyt ajosuoritteen määrä kasvattaa myös liikenneonnettomuuksien määrää. (Plotkin 2007)

Polttoaineen kulutuksen sääntelyä vastaan esitettyjen väitteiden perusolettamus on, että valmistajat ja kuluttajat ovat taloudellisessa mielessä järkeviä eikä ajoneuvomarkkinoilla siten esiinny merkittäviä häiriötekijöitä, jotka voisivat vaikuttaa uusien autojen kaupankäyntiin. Yleinen väite on, että jos autonvalmistajat pakotetaan rakentamaan taloudellisesti tehokkaampia ajoneuvoja, se häiritsee ajoneuvomarkkinoilla vallitsevaa tasapainotilaa. Tämän väitteen pääasiallinen vastaväite on, että yhteiskunta asettaa joka tapauksessa tiukat vaatimukset polttoainetaloudellisuudelle. Tätä väitettä tukevat Yhdysvalloissa 2000-luvun alussa tehdyt tutkimukset, joiden mukaan yhteiskunta on valmis maksamaan suhteessa enemmän tiukentuneesta lainsäädännöstä kuin ympäristötietoiset kuluttajat. Tiukentunut ja ympäristöasiat huomioiva lainsäädäntö parantaa energian saannin

---

<sup>1</sup> Rebound-ilmiöllä tarkoitetaan tilannetta, jossa jonkin ongelman ratkaisu vähentää siitä saatavia hyötyjä tai pahentaa itse ongelmaa.

turvaamista ja liikenteen aiheuttamien kasvihuonekaasu- ja saastepäästöjen vähentymistä. Kuluttajan kannalta vanhan ajoneuvon vaihtaminen uudempaan ympäristöystävällisempään ajoneuvoon ei välttämättä ole edullinen ratkaisu, jos autoilun kokonaiskustannuksia tarkastellaan pitkällä aikavälillä. Tiukentunutta lainsäädäntöä vastaavan uuden ajoneuvon elinkaaren aikaiset hankinta- ja käyttökustannukset eivät välttämättä ole pienempiä kuin vanhemman ajoneuvon kokonaiskustannukset. Itse asiassa ne voivat olla suuremmat. (Plotkin 2007)

Tiukentunut lainsäädäntö aiheuttaa lisäkustannuksia autonvalmistajille, koska he joutuvat suunnittelemaan valmistamansa ajoneuvot uudelleen vastaamaan yhteiskunnan asettamia vaatimuksia. Uuden teknologian käyttöönottoon liittyy taloudellisia riskejä, mikä voi aiheuttaa autonvalmistajille haluttomuutta investoida parempien ja ympäristöystävällisempien ajoneuvojen suunnitteluun. Suunnitteluun vaikuttaa myös kilpailevien valmistajien teknologiset ja kaupalliset ratkaisut sekä kuluttajien toiveet. Kuluttajat asettavat erilaisia toiveita ajoneuvoille, mikä valmistajien on otettava huomioon omassa toiminnassaan. Yhteiskunnan polttoainetaloudellisuudelle asettamat vaatimukset, asetukset ja lainsäädäntö ovat muuttuvia kuten myös kuluttajien toiveet, mitkä voivat aiheuttaa epävarmuutta valmistajien liiketoimintaan. Kuitenkin polttoainetaloudellisuudelle asetettavat vaatimukset pienentävät valmistajien riskejä, koska ne määrittävät reunaehdot vaatimusten mukaan valmistettaville ajoneuvoille. (Plotkin 2007)

Uuden teknologian käyttöönotto voi perinteisesti olla vaikeaa. Tämä koskee myös kuluttajien suhtautumista uuteen paremmin polttoainetta säästävään ajoneuvoteknologiaan. Uusi teknologia on useimmissa tapauksissa kalliimpaa kuin perinteinen, mutta uuden ajoneuvon hankintapäätöstä tehdessään kuluttajat ovat yleensä kiinnostuneet ostohinnan lisäksi myös ajoneuvon polttoaineen kulutuksesta sekä ylläpito- ja huoltokustannuksista. Toisin sanoen hankinta- ja käyttökustannusten muodostamalla kokonaishinnalla on siten merkittävä vaikutus uuden ajoneuvon hankintaan. Suurin yksittäinen ajoneuvon käytön hintaan vaikuttava tekijä on polttoaineen hinta. Polttoaineen maailmanlaajuista hinnankehitystä on vaikea arvioida, mutta 1970-luvun alussa tapahtuneen ensimmäisen öljykriisin seurauksena öljyn pitkän aikavälin hinnankehitys on ollut nousujohteinen. Voidaan siten lähtökohtaisesti olettaa, että raakaöljypohjaisten ajoneuvojen polttoaineiden hinta nousee jatkossakin. Huoltoasemilla kuluttajille myytävän polttoaineen hintaan vaikuttaa maailmanlaajuisen raakaöljyn hinnan lisäksi myös erilaiset maakohtaiset veroluonteiset maksut, joiden osuus myyntihinnasta voi olla huomattavan suuri. Verotus vaikuttaa polttoaineen hinnan kehitykseen vaihtelevasti riippuen poliittisista päätöksistä. (Plotkin 2007)

Ajoneuvon kokonaiskäyttökustannusten pitkän aikavälin kehitys on kuluttajan kannalta tarkasteltuna epävarmaa. Epävarmuus vaikuttaa kuluttajien päätökseen hankkia uudemmaa teknologiaa sisältävän polttoainetaloudellisemmän ajoneuvon vanhempaa, mutta toisaalta toimivaksi koettua tekniikkaa edustavan ajoneuvon tilalle. Epävarmuus voi estää uuden auton hankinnan, vaikka uuden ajoneuvon polttoaineen kulutuksen kokonaishinta

jäisikin pienemmäksi kuin vanhemman ajoneuvon. Uuden ajoneuvon pienemmän kuluksen aiheuttamaa säästöä polttoainekustannuksissa on vaikea arvioida. Se voi vaihdella laajalla alueella riippuen kulloisestakin polttoaineen myyntihinnasta. Toisaalta on tunnettu tosiasia, että kuluttajat eivät useinkaan ajattele hankintojaan puhtaasti järkiperaisesti, vaan ajoneuvon hankintaan vaikuttaa vahvasti myös tunneperäiset asiat. Kyselytutkimusten mukaan uutta ajoneuvoa hankkiessaan kuluttajat eivät juuri koskaan mieti hankintahinnan ja säästettyjen polttoainekustannusten välistä suhdetta. Kuluttajat haluavat kuitenkin uuteen ajoneuvoteknologiaan sijoittamisen maksavan itsensä takaisin mahdollisimman nopeasti säästettyjen polttoainekulujen muodossa. Yhdysvaltain energiaministeriön vuonna 2004 rahoittaman kyselytutkimuksen mukaan takaisinmaksuaika oli noin 2 vuotta. (Plotkin 2007)

Teollistuneissa maissa autoilun kustannusten pienentymisen seurauksena tapahtuneen rebound-ilmiön voimakkuus on pienentynyt yleisen tulotason kasvaessa. Rebound-ilmiön seurauksena tapahtuvaa liikennesuoritteen määrän kasvua voidaan säädellä polttoaineen hinnan määrittämisellä. Usein väitetään, että liikennesuoritteen lisääntyessä sen yhteiskunnalle aiheuttamat nettokustannukset kasvavat. Tämä väite on sama kuin väitettäisiin, että liikennepolttoaineiden hinnat ovat liian alhaiset, tai että liikenneonnettomuuksien ja ilmansaasteiden vähentämiseksi pitäisi tehdä enemmän toimenpiteitä. Tällä väitteellä on vahva merkitys varsinkin Yhdysvalloissa, jossa bensiinin ja dieselin myyntihinnat ovat tunnetusti alhaisemmat kuin Euroopan unionin alueella johtuen huomattavasti matalammasta polttoaineiden verotuksesta. Liikennepolttoaineiden verotukseen sisältyvien ulkopuolisten kustannusten osuudesta ei ole päästy yhteisymmärrykseen Yhdysvalloissa eikä Euroopan unionin alueella. Vuonna 2002 tekemässään liikennepolttoaineita koskevassa tutkimuksessaan Yhdysvaltain kansallinen tiedeakatemia arvioi niiden osuudeksi 0,069 USD/l. Kun huomioidaan, että tuohon aikaan Yhdysvalloissa henkilöautojen keskimääräinen kulutus oli 13,8 l/100 km, saadaan varsinaiseen verotukseen kuulumattomien kustannusten osuudeksi 0,004 USD/l. Toisaalta eräässä toisessa tutkimuksessa verotukseen kuulumattomien kustannusten osuudeksi saatiin 0,006 USD/km, mikä litroina kohti laskettuna vastaa 0,462 USD/l. Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan huomioitu esimerkiksi kansallisen turvallisuuden ja maailmanlaajuiseen ilmaston lämpenemisen aiheuttamia lisäkustannuksia. Huolimatta siitä kumpi edellä mainituista laskelmista on lähempänä totuutta, ei ole tarkoituksenmukaista luopua liikennepolttoaineiden hintasääntelystä, vaan puuttua alihinnoitellun polttoaineen aiheuttamiin markkinahäiriöihin. Euroopassa rebound-ilmiön aiheuttaman liikennepolttoaineiden käytön vähentymisen seurauksena tapahtuneen kustannusten nousun tarkastelu on vaikeampaa, koska Euroopassa liikennepolttoaineiden verotus on voimakkaampaa kuin Yhdysvalloissa. (Plotkin 2007)

Tiukentunut ympäristölainsäädäntö on pakottanut autonvalmistajat tuomaan markkinoille aikaisempaa pienikokoisempia ajoneuvoja, vaikka toisaalta myös isojen niin sanottujen kaupunkimaastoautojen (Special Utility Vehicle, SUV) suosio on kasvanut viime vuosien

aikana. Vuoden 1973 öljykriisin<sup>2</sup> seurauksena Yhdysvaltain kongressi sääti vuonna 1975 henkilöajoneuvojen polttoaineenkulutusta säätelevän *Corporate Average Fuel Fuel Economy (CAFE)* –lain. Lain tarkoituksena on parantaa henkilö- ja kevyiden pakettiautojen energiataloudellisuutta määrittämällä polttoaineenkulutukselle raja-arvot, jotka autojen on alitettava. Vastaavanlaisia lakeja on sittemmin säädetty myös muualla maailmassa. Yleisesti ajatellaan, että henkilöautojen keskimääräinen koko alkoi pienentyä *CAFE*-lainsäädännön seurauksena. Julkisuudessa on toisinaan esitetty väitteitä, että henkilöautojen koon pienentäminen olisi vahingoittanut ajoneuvojen yleistä turvallisuutta. Yhdysvalloissa ajoneuvojen turvallisuudesta vastaava viranomainen *National Highway Traffic Safety Agency (NHTSA)* on tutkinut asiaa ja todennut että pelkästään *CAFE*-lainsäädäntö on vuosittain aiheuttanut noin 2000 liikennekuolemaa. *NHTSA*:n tekemissä tutkimuksissa on huomioitu vain ajoneuvojen fyysinen koko. Uudemmat tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet, että turvallisuus paranee, jos henkilöautojen keskimääräinen koko mitattuna ajoneuvon akselivälin ja ajoradan leveyden suhteen ei muutu. Kun liikennekuolematilastoja on tutkittu painottaen ajoneuvojen kuljettajien onnettomuusriskiä ja matkustajien lukumäärää, on huomattu, että ajoneuvon suunnittelulla on suurempi merkitys turvallisuuteen kuin ajoneuvon massalla. Saman kokoluokan eri henkilöautojen liikenneturvallisuus vaihtelee huomattavasti. Hyvin suunnitellun pienemmän kokoluokan ajoneuvon liikenneturvallisuustilastot voivat olla yhtä hyvät kuin huonosti suunnitellun suuremman ajoneuvon tilastot. Avolava- ja kaupunkimaastoautot ovat tilastojen mukaan kolaritilanteessa kaksi kertaa vaarallisempia kuin toisen törmäysosapuolen ajoneuvo. Syynä tähän pidetään maastoautojen jäykempää koria ja korkeammalla sijaitsevia pusku-reita. Kun on tutkittu Yhdysvalloissa vuosien 1966-2002 välillä tapahtuneita liikenneonnettomuuksia painottaen kuolemiin johtaneiden onnettomuuksien lukumäärää ja onnettomuuksissa osallisina olleiden henkilöautojen polttoaineen kulutusta, on huomattu niiden välillä olevan yhteys. Tilastojen mukaan ajoneuvon pienempi polttoaineen kulutus korreloi pienemmän kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien lukumäärän kanssa. (Plotkin 2007)

## 2.2 Henkilöautojen polttoaineen kulutuksen ja pakokaasupäästöjen mittaaminen

Autojen virallisia tyyppihyväksytyjä päästöjä on tutkittu laboratorio-olosuhteissa jo yli 50 vuoden ajan. Laboratoriossa tapahtuva testaustoiminta on tarjonnut valvotut olosuhteet testien suorittamista varten. Se on tuottanut luotettavia tuloksia, joita on voitu vertailla keskenään. Laboratorio-olosuhteissa tapahtuvaa testausta verrattuna liikenteessä tapahtuvaan testaukseen on puoltanut se, että yhden tai useamman testiparametrin arvoa voidaan tarvittaessa muuttaa, jos halutaan tutkia niiden vaikutusta päästölukemiin. Viime

---

<sup>2</sup> Vuoden 1973 öljykriisi oli Israelin sekä Egyptin ja Syyrian välillä käydyin jom kippur –sodan vuoksi käynnistynyt tapahtumasarja, jossa arabiöljyntuottajamaat yrittivät öljyntuotannon supistuksilla pakottaa Yhdysvallat ja sen liittolaismaat lopettamaan tukensa Israelille.

vuosien aikana on kuitenkin käynyt yhä selvemmäksi, että laboratorioissa saadut päästöarvot eivät vastaa autojen todellisia ajonaikaisia päästöjä. (ICCT 2013; ICCT 2014)

Saksalainen World Wide Web (WWW) -sivusto <http://www.spritmonitor.de> kerää autoilijoilta tietoja polttoaineen kulutuksista ja ne ovat julkisesti saatavilla. Sivusto kerää ja julkaisee tietoja myös sähköautojen energiankulutuksista. Kansainvälinen ympäristöystävälliseen kuljetustoimintaan keskittyvä järjestö International Council on Clean Transportation (ICCT) on tutkinut <http://www.spritmonitor.de> -sivuston keräämää dataa ja tehnyt niistä laskelmia. Sen mukaan henkilöautojen todellisten polttoaineen kulutuksien ja valmistajien ilmoittamien virallisten kulutuksien välillä on ollut jo pidemmän aikaa eroja. Autoilijoiden ajonaikaiset kulutuslukemat ovat olleet suurempia kuin autonvalmistajien virallisesti ilmoittamat lukemat. ICCT on laskenut, että vuonna 2001 todelliset ajonaikaiset kulutuslukemat ja sitä kautta myös hiilidioksidi- eli CO<sub>2</sub>-päästöt olivat keskimäärin 7 % suuremmat kuin laboratorio-olosuhteissa mitatut viralliset arvot. Ero todellisten ja virallisten kulutuslukemien välillä on kasvanut vuosien aikana. Vuonna 2013 todelliset kulutuslukemat olivat ICCT-järjestön mukaan keskimäärin jo 30 % suuremmat kuin valmistajien ilmoittamat viralliset kulutuslukemat. Järjestö on myös havainnut, että saman automallin eri yksilöiden kulutuslukemien välillä voi olla merkittäviä eroja. (ICCT 2013; ICCT 2014)

2000-luvulle tultaessa alkoi käydä yhä selvemmäksi, että henkilöautojen kulutus- ja päästömittauksessa käytössä ollut testausmenetelmä vaati uudistamista. Tuolloin käytössä ollut henkilöajoneuvon päästöjen mittaussuunnitelma eli laboratorio-olosuhteissa suoritettava testisykli on nimeltään New European Driving Cycle (NEDC), joka alun perin oli suunniteltu 1980-luvulla. Se on ollut käytössä EU-alueella vuodesta 1992 lähtien. Vaikka testisykliä on uudistettu vuosien aikana useamman kerran, se ei enää vastannut tiukentuvia tieliikenne- ja ympäristölainsäädäntöä. NEDC-testisykli on teoreettinen, minkä vuoksi se kuvaa huonosti käytännön ajotilanteita ja toisaalta myös kulutukseen ja päästöihin vaikuttavia ajonaikaisia ympäristöolosuhteita. Testisyklin suoritusohjeisto on nykyisen käsityksen mukaan väljä, minkä vuoksi testausyhteyksien aikana mitattuun polttoainekulutukseen ja hiilidioksidipäästöihin voidaan vaikuttaa tarkoitushakuisesti. (ICCT 2013; ICCT 2014)

Vuonna 2007 Yhdistyneet kansakunnat (YK) aloitti uuden henkilöautojen polttoaineenkulutusta ja pakokaasupäästöjä mittaavan testisyklin kehittämisen, millä oli tarkoitus korvata vanha NEDC-sykli. Uusi henkilöautoille tarkoitettu testisykli sai nimekseen Worldwide Harmonized Light Vehicle Test Procedure (WLTP). Se otettiin käyttöön EU:n alueella 1.9.2017, minkä jälkeen kaikille uusille henkilöautoille tehdään WLTP-syklin mukainen päästömittaus. Vanha NEDC-mittaussykli on kuitenkin toistaiseksi käytössä WLTP-syklin rinnalla. WLTP perustuu maailmalta kerättyihin todellisiin henkilöautojen kulutus- ja päästölukemiin toisin kuin NEDC, jossa lukemat määritellään teoreettisen ajotavan mukaan. WLTP-testisyklin pitäisi siten tuottaa realistisempia mittaustuloksia kulutus- ja päästötesteissä kuin NEDC. (ICCT 2013; ICCT 2014)

Uusien henkilöautojen päästömittaus uudistetaan vuoteen 2021 mennessä EU:n alueella. WLTP-testisyklin käyttöönotto on osa uudistusta. Mittaustavan muutos ei koske jo olemassa olevaa autokantaa. Uudet mittaustavan mukaisesti mitattavat henkilöautot tulevat markkinoille loppuvuodesta 2017. Siirtymäaikana rekisteröitävälle uusille henkilöautoille ilmoitetaan sekä vanhan että uuden mittaustavan mukaiset CO<sub>2</sub>-päästölukema ajoneuvo-rekisteriin. Mittaustavan muutoksen myötä yksittäisen auton CO<sub>2</sub>-lukemaan vaikuttaa auton lisävarusteiden lukumäärä, koska ne lisäävät polttoaineen kulutusta ja siten hiilidioksidipäästöjä. Näin menetellen jokaiselle autolle määritetään niin sanottu yksilöllinen personoitu hiilidioksidiarvo. Mittaustavan muutos ei vaikuta ajoneuvoveroon, mikä määritetään pienemmän CO<sub>2</sub>-lukeman mukaan. (ICCT 2013; ICCT 2014)

Ensimmäiset ajoneuvojen päästörajoitukset otettiin käyttöön EU:n alueella 1960- ja 1970-lukujen vaihteessa. Tuolloin kehitettiin ensimmäinen versio eurooppalaisesta laboratorio-olosuhteissa suoritettavasta testisyklistä. Se sisälsi enintään 50 km/h nopeudella kaupunkiolosuhteissa ajettavaa ajotyylä. Hiilidioksidipäästöjä ei mitattu, ainoastaan ilmansaasteita kuten hiilimonoksidia eli häkää (CO) ja palamattomia hiilivetyjä (HC). 1990-luvulla EU laajensi eurooppalaista testisykliä lisäämällä siihen osan, jolla kuvataan maantieajoa. Maantieajoa kuvaavassa osassa ajetaan korkeintaan 120 km/h nopeudella 11 sekunnin ajan. Laajennettua testisykliä alettiin kutsua uudeksi eurooppalaiseksi testisyklikeksi (NEDC). 2000-luvun alussa Euro 3 –päästörajoitusten astuessa voimaan testisyklistä poistettiin ennen varsinaisia mittauksia edeltänyt 40 sekunnin mittainen tyhjäkäynnillä tapahtuva moottorin lämmitysvaihe. 1990-luvulla eurooppalaiset autonvalmistajat sopivat yhdessä vähentävänsä uusien autojen CO<sub>2</sub>-päästöjä. CO<sub>2</sub>-päästöjen mittaus saavutti tavoitteensa vuonna 2009, kun EU otti käyttöön pakolliset henkilöautojen hiilidioksidimittaukset. Päästömittauksiin sisältyy autonvalmistajille kohdistuva rangaistusmaksu siinä tapauksessa, jos auton hiilidioksidipäästöt ylittävät lainsäädännön mukaiset päästöraajat. (ICCT 2013; ICCT 2014)

Hiilidioksidipäästöjen mittauksen muuttuessa pakolliseksi NEDC-testisykli osoitti puutteellisuutensa. Se otettiin käyttöön ajankohtana, jolloin ajoneuvojen hiilidioksidipäästöjä ei mitattu lainkaan eikä hiilidioksidipäästöjen suuruudella ollut taloudellisia vaikutuksia autonvalmistajille. Nykyisin tilanne on täysin päinvastainen. Lainsäädäntö velvoittaa valmistajia mittamaan valmistamiensa autojen hiilidioksidipäästöt mahdollisimman tarkasti, koska muussa tapauksessa heille voidaan langettaa huomattavan suuret rangaistusmaksut. Huonoimmassa tapauksessa autonvalmistaja ei saa hyväksytetyksi ajoneuvojaan tielikenteeseen ja niiden myynti voidaan kieltää. (ICCT 2013; ICCT 2014)

## 3. LIIKENTEEN AIHEUTTAMAT HIILIDIOKSIDI-PÄÄSTÖT

### 3.1 Päästöjen vähentämisvaatimukset

Uusia EU:n alueella rekisteröitäviä henkilö- ja pakettiautoja koskevat vuosina 2020 ja 2021 voimaan astuvat uudet CO<sub>2</sub>-päästörajoitukset. Euroopan komissio valmistelee hiilidioksidipäästörajoitusten laajentamista vuosille 2025 -2030. EU on sitoutunut vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä vuoteen 2030 mennessä 40 % suhteessa vuoden 1990 päästötasoon. EU:n päästökauppaan kuulumattomille sektoreille, kuten kuljetussektorille, keskimääräinen vuotuinen päästöjen vähennysvaatimus on 30 % vuoden 2005 päästötasoon verrattuna. Kuljetussektorin kokonaispäästöistä suurimman osan aiheuttavat henkilö-, paketti- ja raskaat kuljetusajoneuvot. Uusien ajoneuvojen pakolliset hiilidioksidipäästörajoitukset ovat osoittautuneet tehokkaaksi menetelmäksi rajoittaa kuljetus- ja liikennesektorin aiheuttamia kasvihuonepäästöjä, vaikka toisaalta päästörajoitukset koskevat vain henkilö- ja pakettiautoja, ei raskaita kuljetusajoneuvoja. EU:n alue on ainoa ajoneuvojen päämarkkina-alue maailmassa, jossa ei ole käytössä rajoituksia raskaiden ajoneuvojen CO<sub>2</sub>-päästöille. (ICCT 2016)

Vuonna 2014 uusien henkilöautojen keskimääräinen NEDC-tyyppihyväksyntätestien mukaisesti mitattu CO<sub>2</sub>-päästölukema oli 123 g/km. Kuitenkin samaan aikaan todellisissa ajo-olosuhteissa mitattu päästölukema oli 170 g/km. Mitattujen päästölukemien välinen ero oli 38 %. Vuoteen 2021 mennessä uusien ajoneuvojen NEDC-testisyklin mukaisesti mitatun CO<sub>2</sub>-päästölukeman täytyy olla enintään 95 g/km. Tämä päästölukema vastaa WLTP-testisyklin mukaisesti mitattuna noin 109 g/km. WLTP-testisyklin mukaisesti suoritetuissa tyyppihyväksyntämittauksissa mitattujen päästölukemien ja todellisten päästölukemien välisiä eroja pitäisi pienentää noin 23 % verran. Tästä seuraa, että vuonna 2021 uusien ajoneuvojen keskimääräinen todellinen hiilidioksidipäästölukema on noin 134 g/km. (ICCT 2016)

Vuonna 2013 Euroopan parlamentti suositteli, että vuonna 2025 henkilöautojen NEDC-testisyklin mukaisen päästörajan pitäisi olla välillä 68 g/km – 78 g/km. Jos EU päättää asettaa NEDC-päästörajaksi 78 g/km vuodelle 2025, mikä vastaa noin 90 g/km WLTP-mitattuna, ja vuodelle 2030 NEDC-päästörajaksi 60 g/km (69 g/km WLTP-mitattuna), uusien henkilöautojen keskimääräinen todellinen päästölukema olisi noin 90 g/km vuonna 2030. Tästä seuraisi, että todellisten ja virallisten päästölukemien välinen ero kasvaisi 23:sta % 31:een % vuosien 2020 ja 2030 välillä, koska autonvalmistajat tulevat hyvin todennäköisesti hyödyntämään WLTP-proseduurin sisältämiä epämääräisyyksiä kuten testin aikaisen tiekuorman määrittystä. Kaiken kaikkiaan henkilöajoneuvojen keskimääräiset vuosikohtaiset CO<sub>2</sub>-päästöt pienentyisivät 3,9 % vuosien 2014 – 2030 välisenä

aikana. Vuosien 2005 – 2014 väliselle ajankohdalle laskettuna hiilidioksidin kokonaispäästövähennys olisi 24 %. (ICCT 2016)

Jos vuodelle 2025 määrättäisiin henkilöajoneuvojen CO<sub>2</sub>-päästörajaksi 68 g/km (noin 78 g/km WLTP-mitattuna) ja vuodelle 2030 42 g/km (noin 48 g/km WLTP-mitattuna) ja tämän lisäksi, jos WLTP-mittaus suoritettaisiin mahdollisimman tarkasti ohjeiden mukaisesti sekä rajoittaen tyyppihyväksyntä- ja todellisten päästöjen välinen ero enintään 15 %:ksi, uusien henkilöautojen keskimääräiseksi vuotuiseksi päästölukemaksi saataisiin 55 g/km vuodelle 2030. Tässä tapauksessa vuotuiset CO<sub>2</sub>-päästöt laskisivat 6,8 % vuosina 2014 – 2030 ja kokonaispäästövähennys olisi 35 % vuoden 2005 päästötasoon verrattuna. (ICCT 2016)

ICCT-järjestö on arvioinut, että jos vuonna 2025 voimassa oleva CO<sub>2</sub>-päästöraja on NEDC-mitattuna 78 g/km, vuotuisten kuljetus- ja liikennesektorien aiheuttamien kokonaispäästöjen vähentäminen 14:lla % vuoden 2005 tasosta vuoteen 2030 mennessä vaatisi laajoja poliittisia toimenpiteitä nykyisten säädösten lisäksi. Esimerkiksi raskaille kuljetusajoneuvoille pitäisi määrätä päästörajat vuodesta 2020 lähtien kaikissa EU-maissa. Tämän lisäksi raskaille ajoneuvoille pitäisi vaatia 3 % suuruinen vuotuinen päästöjen vähennysvaatimus. Myös polttoaineen verotusta pitäisi lisätä 20 sentillä suhteessa nykyiseen verotustasoon. Edellä mainittujen toimenpiteiden seurauksena kokonaispäästöjen vähennys olisi kuitenkin vain noin puolet vuonna 2030 EU:n vaatimasta 30 % vähennystavoitteesta. Jos vuoden 2025 hiilidioksidipäästöjen raja-arvona käytettäisiin 68 g/km, kuljetusliikenteen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt vähenisivät 22 % verran. Tämä päästöjen vähennys ei kuitenkaan ole riittävä. On selvää, että kuljetusliikenteeseen pitäisi tehdä myös rakenteellisia muutoksia, jotta päästövähennysvaatimus toteutuisi. Eräs vaihtoehto on lisätä rautateillä ja vesitse tapahtuvan liikenteen osuutta eri kuljetusmuotoja yhdistelemissä intermodaalikuljetuksissa. (ICCT 2016)

### **3.2 Päästöjen vähentämisen vaatima teknologia ja kustannukset**

Ajoneuvojen hiilidioksidipäästöjen rajoittamista koskeva lainsäädäntö on velvoittanut valmistajia tuomaan markkinoille aikaisempaa energiatehokkaampia ajoneuvoja. Päästörajajojen alittamiseksi tarvittavan teknologian taso ja sen hinta on yleisesti yliarvioitu, kuten myös se, minkä hintaista on ajoneuvon rakentaminen päästörajoja vastaavaksi yksikkötasolla. Aihepiiriä koskevia tutkimuksia on tehty autoteollisuuden toimesta vuosina 2003 ja 2009, ja niistä saatujen tutkimustulosten mukaan uusien ajoneuvojen keskimääräisten hiilidioksidipäästöjen pienentäminen arvoon 120 g/km aiheuttaisi 1000 – 3900 € suuruisen ajoneuvokohtaisen lisähinnan. Tämän lisäksi hybridiajoneuvojen osuus uutena myydyistä ajoneuvoista pitäisi olla vähintään 20 %. Asia ei kuitenkaan todellisuudessa ole aivan näin. Vuonna 2014 uusien henkilöautojen tyyppihyväksyntämittauksissa saatiin



keskimääräiseksi CO<sub>2</sub>-päästölukemaksi 123 g/km. Samana ajankohtana hybridiajoneuvojen osuus myydyistä henkilöautoista oli 3 %. Tässä tapauksessa henkilöautojen rakentaminen päästörajojen mukaisiksi aiheuttaisi 200 € suuruisen ajoneuvoikohtaisen lisähinnan. Eräänä syynä tässä asiassa tapahtuneeseen virheelliseen arviointiin voidaan pitää sitä, että teollisuus luottaa yleensä vahvasti eri alihankkijoidensa ja sidosryhmiensä näkemyksiin arvioidessaan uuden teknologian tarjoamia mahdollisuuksia ja sen hintaa. Teknologisten mahdollisuuksien virhearviointi on yleistä. Asiaan vaikuttanee vahvasti myös taloudellisten tappioiden välttäminen. CO<sub>2</sub>-päästöjen arviointia ja päästörajojen asettamista voidaan tutkia myös laskennallisesti tietokonepohjaisesti, mikä tuottaa realistisempia ja tarkempia tuloksia kuin subjektiivinen arviointi. Subjektiivinen arviointi on usein myös puolueellista, mikä aiheuttaa oman lisänsä virhearviointeihin. Esimerkkinä tietokoneiden käytöstä voidaan mainita, että Yhdysvaltojen ympäristönsuojeluvirasto *Environmental Protection Agency (EPA)* teki yksityiskohtaisia tietokonesimulointeja suunnitelllessaan CO<sub>2</sub>-päästörajoja henkilö- ja pakettiautoille vuosien 2017 – 2025 väliselle ajankaksolle. Simuloinneilla tutkittiin eri teknologioiden vaikutukset päästöihin sekä laskettiin yksityiskohtaiset kustannusarviot. (ICCT 2016)

Saksalainen autoalan suunnittelupalveluja tarjoava yritys *FEV Europe GmbH* on tehnyt ICCT-järjestön pyynnöstä tutkimuksen vuodelle 2025 suunniteltujen henkilö- ja pakettiautojen hiilidioksidipäästörajojen alittamiseen vaatimasta teknologiasta. Tutkimuksen aineistona käytettiin vuonna 2014 Euroopassa valinnutta markkinatilannetta. Tutkimuksessa otettiin huomioon eri ajoneuvosegmentit ja teknologiset markkinaosuudet. Laskelmien helpottamiseksi tutkimuksessa oletettiin, että ajoneuvosegmenttien väliset markkinaosuudet ja segmenttien väliset ajotyylit eivät muutu, vaan pysyvät vakioina vuosien 2014 - 2030 välisenä aikana. ICCT täydensi *FEV Europe GmbH* -yrityksen tuottamaa ajoneuvon voimansiirtoon perustuvaa raakadataa omalla tietokannallaan. Tietokannan sisältämän datan avulla tutkittiin, miten ajoneuvojen keskimääräisen massan sekä vierintä- ja aerodynaamisen vastuksen vähentyminen ovat vaikuttaneet ajoneuvojen aiheuttaman tiekuorman pienentymiseen. ICCT viimeisteli tutkimuksen ottamalla huomioon tyyppi- hyväksyntämittausohjeistuksen sisältämien epämääräisyyksien mahdollistaman ajoneuvojen suorituskyvyn optimoinnin ja sähköautojen markkinaosuuden kasvun vaikutukset päästöjen vähentymisen kehitykseen. (ICCT 2016)

*FEV Europe GmbH*:n ja ICCT:n vuosien 2014 – 2030 aikaväliä koskevassa tutkimuksessa oletettiin, että nykyisin käytössä olevan ajoneuvoteknologian lisäksi hyödynnetään kattavasti uutta suunnitteilla olevaa tekniikkaa CO<sub>2</sub>-päästörajojen saavuttamiseksi. Ehdotetuista tekniikoista ovat jo käytössä polttoaineen suorasihkutus, yksi- ja kaksivaiheinen turboahtaminen, moottorin iskutilavuuden pienentäminen, muuttuva imu- ja pakoventtiilien ajoitus sekä pakokaasujen kierrätys. Uutta tekniikkaa edustavat tutkimuksen ehdottamat moottorin nokka-akselin profiilin muuttaminen, jäähdytetty pakokaasujen kierrätys, muuttuva puristussuhde sekä Atkinsonin ja Millerin työkiertoon perustuva polttomoottori. (ICCT 2016)

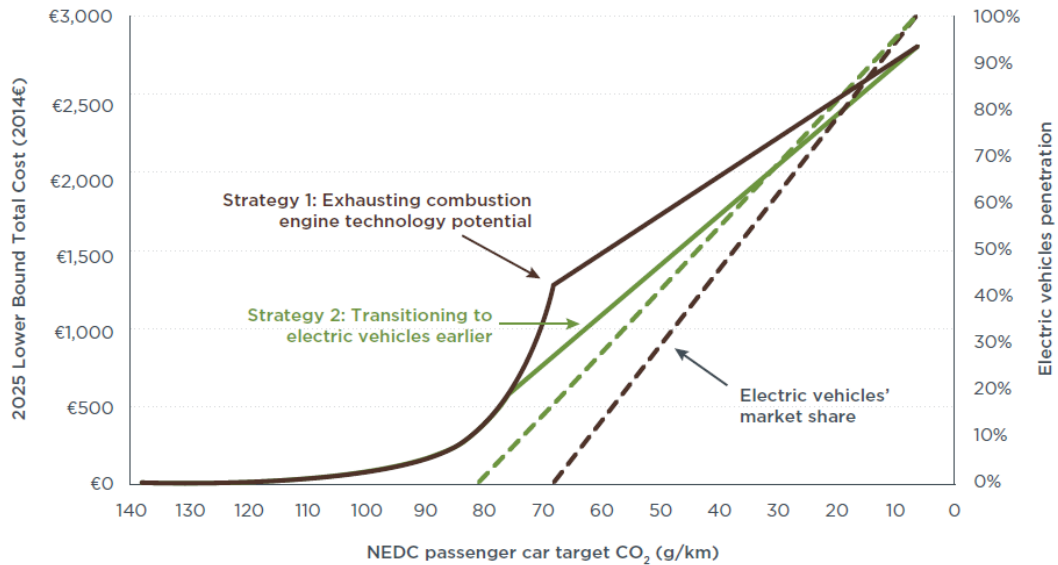
Nykyisin lähes kaikki käytössä olevat polttomoottorit perustuvat saksalaisen Nicolaus Otton vuonna 1876 kehittämään polttomoottoriin. Brittiläinen James Atkinson kehitti omaa nimeään kantavan polttomoottorityypin vuonna 1882. Atkinsonin moottoria kehitti edelleen yhdysvaltalainen Ralph Miller, joka patentoi kehittämänsä moottorityypin vuonna 1957. Atkinsonin ja Millerin moottori voi olla kaksi- tai nelitahtinen ja sen polttoaineeksi käyvät sekä bensiini että diesel. Atkinsonin ja Millerin moottorissa puristus- ja työtahdit ovat yhtä pitkät. Nykyaikaisissa moottoreissa pienempi puristustahti saadaan aikaan pidentämällä imuventtiilin aukioloaika. Atkinsonin ja Millerin moottorissa pidempi työtahdi mahdollistaa polttoaineen palamisenergian paremman hyödyntämisen ja siten moottorin hyötysuhde paranee. Atkinsonin ja Millerin moottorissa suurin osa sylinterin sisältämästä palamistilavuudesta jätetään hyödyntämättä, mistä syystä moottorin tehopainosuhde jää pienemmäksi kuin vastaavan otto- ja dieselmoottorin. Ajoneuvojen polttomoottorit toimivat pääasiassa osakuormituksella, minkä vuoksi moottorin maksimaalisella tehopainosuhteella ei ole ratkaisevaa merkitystä normaalissa ajossa. Atkinsonin työkiertoon perustuvia ahtamattomia venttiilin viivästyksellä varustettuja polttomoottoreita on käytetty varsinkin hybridisähköautoissa. Alkuperäinen Millerin työkiertoon liittyvä patentti sisältää moottorin imuilman ahtamisen ja puristussuhteen muuttamisen erillisellä ahtoilman ohjausventtiilillä. Ahtoilman jäähtytyksellä voidaan vähentää dieselmoottoreiden tyyppien oksidipäästöjä ja bensiinimoottoreissa esiintyvää haitallista nakuksilmiötä. (DieselNet 2017)

Muita *FEV Europe GmbH*:n ja *ICCT*:n tekemässä tutkimuksessa ehdotettuja toimenpiteitä polttomoottorilla varustettujen ajoneuvojen CO<sub>2</sub>-päästöjen vähentämiseksi ovat ajoneuvon massan vähentäminen 20:lla %, vierintävastuksen vähentäminen 35:lla % sekä ilmanvastuksen vähentäminen 20:lla %. Näiden lisäksi analyysi ehdottaa kaksoiskytkimellä varustettujen 7- ja 10-vaihteisten automaattiautojen lisäämistä liikenteessä. Tutkimus huomioi myös perinteisten hybridi- ja täyssähköautoihin liittyvät uudet teknologiat. Näitä ovat polttokennotekniikka, uuden sukupolven hybridiajoneuvot sekä autojen sähköjärjestelmän muuttaminen 48 V -järjestelmäksi perinteisen 12 V sijasta. (ICCT 2016)

ICCT arvioi analyysissään, että vuonna 2030 sähköhenkilöautojen akkupaketin hinta olisi alimmallaan 100 €/kWh ja ylimmillään 160 €/kWh. Arvio perustuu aikaisemmin tehtyihin sähköautoteknologiaa koskeviin kustannusarvioihin. Polttomoottoreihin perustuvan ajoneuvoteknologian kustannusarviot perustuvat tutkimusajankohtana vallinneeseen eurooppalaiseen markkinatilanteeseen, jossa 77 % uusista autoista tuotettiin läntisissä EU-maissa ja 23 % itäisissä EU-maissa. ICCT:n arvion mukaan henkilöautojen keskimääräisen CO<sub>2</sub>-päästölukeman laskeminen NEDC-mitattuna arvoon 70 g/km vuoteen 2025 mennessä vaatii vain vähäisen sähköhenkilöautojen määrän lisäyksen liikenteeseen. Parhaimmassa tapauksessa uusien sähköautojen myyntimäärällä ei ole mitään merkitystä keskimääräisen CO<sub>2</sub>-päästölukeman laskuun. Kattava valikoima liikenteessä olevia 48 V

– sähköjärjestelmällä varustettuja polttomoottori- sekä uusia hybridautoja riittäisi pienentämään henkilöautokannan keskimääräisen CO<sub>2</sub>-päästölukeman arvoon 70 g/km. Vuoden 2014 hintatasoon verrattuna päästöjen pienentäminen arvoon 70 g/km vuoteen 2025 mennessä aiheuttaisi 1000 € - 2150 € suuruisen ajoneuvokohtaisen lisäkustannuksen. Kustannusarviossa on huomioitu epäsuorat kustannukset, mutta ei kuitenkaan veroja. Henkilöautokannan keskimääräisen päästölukeman vähentäminen arvoon 40 g/km vuoteen 2030 mennessä aiheuttaisi laskelmien perusteella 1600 € - 3000 € suuruisen ajoneuvokohtaisen lisäkustannuksen. Tämän saavuttaminen vaatisi kuitenkin suuren lisäyksen sähköautojen osuuteen uutena myytävistä henkilöautoista. (ICCT 2016)

ICCT:n ja *FEV Europe GmbH*:n tutkimuksessa tarkasteltiin myös sitä, miten ajoneuvojen valmistajien strategiat päästörajojen noudattamisessa vaikuttavat kustannuskehitykseen. Tutkittavia strategioita oli 2 kappaletta. Ensimmäisessä strategiassa valmistajat keskittyvät polttomoottoriautojen valmistukseen niin kauan kuin se on mahdollista päästörajojen saavuttamisen kannalta, ja siirtyvät sähköautojen valmistukseen vasta sitten, kun yhä tiukentuvia päästörajvoja ei voida enää muuten saavuttaa. Kuvassa 3.1 on esitetty tämän strategian hintakehitys *Strategy 1* –vaihtoehtona. Tässä tapauksessa ajoneuvokohtaisen lisäkustannus nousee jyrkästi 90 g/km –päästörajavaatimuksen jälkeen. Toisessa tutkittavassa strategiassa valmistajat siirtyvät polttomoottoriteknologiaan perustuvista autoista sähköautoihin aikaisemmassa vaiheessa. Tämä on kuvattu *Strategy 2* –vaihtoehtona. *Strategy 2* –vaihtoehto vähentää päästörajojen noudattamisen kasvattamia kustannuksia keskipitkällä aikavälillä. Toisaalta aikainen sähköautojen tulo markkinoille hyödyttää myös yhteiskuntaa ja kuluttajia. Yhteiskunnalle jää enemmän aikaa valmistautua vaadittavan infrastruktuurin rakentamiseen ja kuluttajien on helpompi hyväksyä sähköautot vaihtoehtona perinteisille polttomoottoriautoille. Aikainen siirtyminen sähköautoihin vähentää päästörajojen noudattamisesta johtuvia valmistajille aiheutuvia ajoneuvokohtaisia lisäkustannuksia 200 € - 500 € vuoteen 2025 mennessä, kun huomioidaan vuodelle 2025 suunniteltu 70 g/km hiilidioksidipäästövaatimus. (ICCT 2016)



**Kuva 3-1. Sähköautoihin siirtymisen vaikutus päästörajojen saavuttamiseen ja sen aiheuttama lisäkustannus valmistuskustannuksiin. (ICCT 2016)**

ICCT on tutkinut myös sitä, mikä on uuteen taloudellisempaan ajoneuvoteknologiaan, lähinnä sähköautoihin, siirtymisen kuluttajalle aiheuttaman lisäkustannuksen takaisinmaksuaika. Asiaa voidaan tarkastella CO<sub>2</sub>-päästörajan, vuotuisen ajosuoritteen ja polttoaineen hinnan kautta. Päästörajana kannattaa käyttää arvoa 70 g/km, koska se on suunniteltu raja-arvo vuodelle 2025. Henkilöautoilla ajettava keskimääräinen vuotuinen ajosuorite on noin 15 000 km ja huoltoasemilla myytävän bensiinin litrahinta on viime aikoina ollut noin 1,50 €/l. ICCT on laskenut näitä arvoja hyväksikäyttäen, että huonoimmassa tapauksessa uuden teknologian vaatima takaisinmaksuaika on alle 4 vuotta, kun taas parhaimmalla tapauksella se on alle 3 vuotta. Takaisinmaksuajan jälkeen uuden ajoneuvon käytön kokonaiskustannukset ovat halvempat kuin vanhaa perinteisempää tekniikkaa edustavan ajoneuvon kustannukset. (ICCT 2016)

Henkilö- ja pakettiautojen valmistajien ei tarvitse lisätä sähkökäyttöisten autojen tarjontaa nykyiseen tilanteeseen verrattuna, kun kevyiden ajoneuvojen päästörajan arvo on NEDC-syklin mukaisesti mitattuna 90 – 100 g/km. Edellä mainitun suuruinen henkilö- ja pakettiautokannan keskimääräinen päästölukema saavutetaan ajoneuvomarkkinoiden muutoksella. Toisin sanoen kuluttajien hankkiessa yhä enemmän sähkökäyttöisiä ajoneuvoja. ICCT on laskenut, että jos vuodelle 2025 asetetaan 110 g/km suuruinen vaatimus henkilöautojen CO<sub>2</sub>-päästöille, aiheutuu siitä valmistajille 1000 € - 3000 € suuruinen lisäkustannus ajoneuvoa kohti riippuen valitusta toimintastrategiasta. Jos päästörajavaatimus on 90 g/km, ajoneuvokohtainen lisäkustannus on 2500 € - 4000 €. Henkilöautojen tyyppihyväksyntä WLTP-testisyklin mukaisesti on alussa kalliimpaa kuin NEDC-syklin mukaisesti suoritettuna, mutta tyyppihyväksynnän aiheuttamat kustannukset pienenevät, koska sähkökäyttöisten ajoneuvojen osuus kasvaa ajan kuluessa. Asiaan vaikuttaa se, että sähköautojen päästöt ovat erittäin pienet kummallakin testisyklillä mitattuina. (ICCT 2016)

## 4. LIIKENTEEN AIHEUTTAMAT YLEISET PÄÄSTÖT JA NIIDEN VÄHENTÄMINEN

Liikenne ja varsinkin tiekuljetus on tärkeä osa toimivaa yhteiskuntaa. Se tekee ihmisten ja tavaroiden kuljetuksen mahdolliseksi. Se on työvoimavaltainen ala ja siten se mahdollistaa taloudellisen hyvinvoinnin ja sen kasvun. Vaikka toimivalla liikennejärjestelmällä on ratkaiseva merkitys yhteiskunnan toiminnalle, se aiheuttaa myös huomattavia ongelmia. Tieliikenne on tärkeä kasvihuonekaasujen ja ilmansaasteiden aiheuttaja. Ajoneuvojen polttoainetaloudellisuus on parantunut huomattavasti viimeisten vuosikymmenien aikana, mutta siitäkin huolimatta liikenne on pääasiallinen kasvihuone- ja saastepäästöjen lähde Euroopassa. Liikenteen ympäristölle aiheuttamat päästöt eivät rajoitu pelkästään kasvihuonekaasuihin, vaan ne aiheuttavat myös saastepäästöjä. Kasvihuonekaasut aiheuttavat ilmastomuutosta ja saasteet vahingoittavat sekä ihmisiä että ympäristöä. Vaikka ilmiöt ovat varsin erilaiset, kummallakin on hyvin samanlaiset ympäristövaikutuksensa. Päästöjen aiheuttamat ongelmat eivät rajoitu pelkästään ympäristöön, vaan päästöjen vähentäminen ja päästöjen aiheuttaminen haittojen torjunta aiheuttavat yhteiskunnalle lisäkustannuksia. (EEA 2016)

Viimeisten 25 vuoden aikana liikenteen aiheuttamien saastepäästöjen vähentymiseen johtava kehitys on edistynyt merkittävästi. Kehitykseen on vaikuttanut useampi asia. Ajoneuvoteknologia ja polttoaineiden laatu ovat parantuneet sekä päästöjä rajoittavia säädöksiä on muutettu tiukemmiksi. Yksityisautoilun sijasta on alettu suosia julkisten liikennevälineiden käyttöä ja henkilö- ja tavarankuljetusliikenteen tarkempaa suunnittelua on painotettu aikaisempaa enemmän, jotta tuottamattoman liikenteen osuus saataisiin minimoituksi. Tästä huolimatta liikenteen aiheuttamien kokonaispäästöjen vähentyminen ei aina ole ollut niin suurta kuin alun perin on suunniteltu. Tähän asiaan on pääasiassa vaikuttanut se, että henkilöauto- ja kuljetusliikenteen suoritteiden määrät ovat kasvaneet. Asiaan on vaikuttanut myös se, että päästöjen vähentämiseen tähtäävä lainsäädäntö ei ole ollut ajanmukainen, ja ajoneuvojen todellinen ajonaikainen polttoaineen kulutus on ollut suurempi kuin virallisesti ilmoitettu ja laboratorio-olosuhteissa mitattu standardin mukainen kulutus. (EEA 2016)

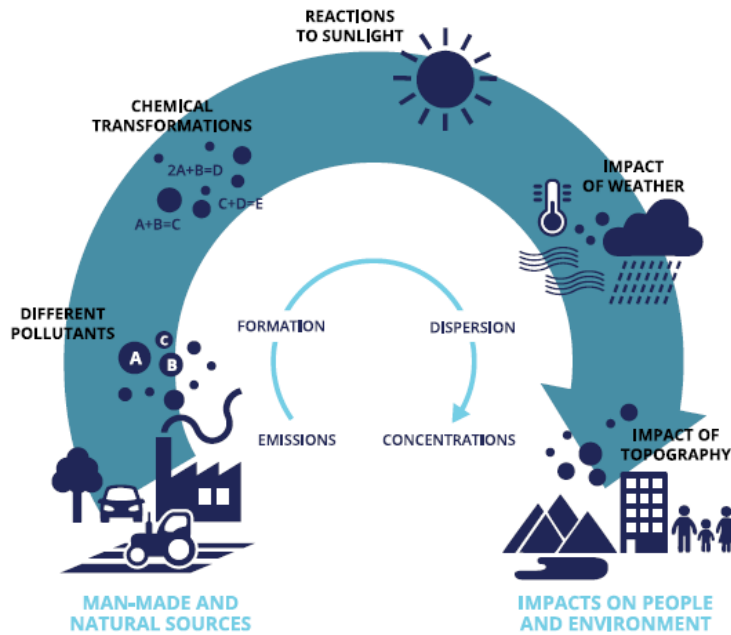
Kasvihuonekaasupäästöt ovat vähentyneet Euroopassa viimeisten vuosikymmenien aikana kaikilla muilla talouden aloilla paitsi liikennesektorilla. Liikenteen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt ovat noin 16 % suuremmat kuin vuonna 1990. Liikenteen osuus kaikista ihmisen toiminnan aiheuttamista kasvihuonekaasupäästöistä oli 13 % vuonna 1990. Vuoteen 2013 mennessä se oli kasvanut 20:een %. (EEA 2016)

Päästötyyppi voidaan määritellä ilmansaasteeksi, jos sen pitoisuus ilmakehässä on niin korkea, että se vahingoittaa ihmisen terveyttä tai muuten vahingoittaa rakennettua ympäristöä, esimerkiksi rakennuksia ja kulttuuriperintöä. Ilmassa olevien päästöjen pitoisuuksien ja niiden vaikutusten välinen arviointi on vaikeaa, koska saasteiden muodostumiseen ja hajoamiseen ilmakehässä vaikuttaa edellä mainittujen tekijöiden lisäksi myös paikallinen säätila ja maantieteelliset tekijät. (EEA 2016)

Tieliikenne on ollut jo pitkään eräiden vahingollisimpien ilmansaasteiden aiheuttaja ja sellaisena se pysynee myös jatkossakin. Tiekuljetus on merkittävä typen oksidien (NO<sub>x</sub>) ja pienhiukkasten (Particulate Matter, PM) päästölähde. Ajoneuvojen aiheuttamilla päästöillä on erityinen merkitys tiheästi asutuilla alueilla. Vaikka liikenteen aiheuttamat kokonaispäästöt olisivatkin pienemmät kuin muista lähteistä peräisin olevat päästöt, tiheästi asutuilla alueilla päästöille altistuminen on laajempaa kuin väljästi asutuilla alueilla. Liikenteen aiheuttamat saastepäästöt ovat pääasiassa vähentyneet 1990-luvun loppupuolelta lähtien, mutta Euroopan ympäristökeskuksen vuonna 2015 tekemän tutkimuksen mukaan merkittävä osa Euroopan suurkaupunkien asukkaista altistuu yhä ilmansaasteiden pitoisuuksille, jotka ylittävät EU:n määrittämät raja-arvot. Typen oksidien ja hiukkasten raja-arvot ylittyvät laajasti valtaväylien läheisyydessä ympäri Eurooppaa. (EEA 2016)

Huono ilmanlaatu on vakava terveys- ja ympäristöongelma. Tiedetyt vahingolliset epäpuhaukset ovat lähtöisin ajoneuvoista kuten ensisijaiset hiukkaspäästöt ja typen oksidit. Muut saasteet kuten toissijaiset hiukkaspäästöt ja otsoni muodostuvat ilmakehässä ajoneuvojen aiheuttamista päästöistä, joita ovat typen oksidit ja epävakaita orgaanisia yhdisteitä. Eri lähteistä aiheutuu erilaisia ja erisuuruusoisia saastepäästöjä. Ihmisten altistumiselle saastepäästöille ei ole yksinkertaista selitystä, vaan se on monimutkainen asia. Asiaan vaikuttaa, kuinka saasteet liikkuvat ilmakehässä ja miten ne sekoittuvat keskenään sekä se, miten saasteet reagoivat keskenään säätilan vaihteluihin. Tieliikenteen aiheuttamat saastepäästöt ovat pahempi ongelma kuin muista lähteistä peräisin olevat saasteet, koska yleensä ne keskittyvät suurkaupunki- ja taajama-alueille, joissa asuu ja käy työssä paljon ihmisiä suhteellisen pienellä maantieteellisellä alueella. Siten myös altistuminen on suurempaa kuin taajamien ulkopuolella. Verrattuna teollisuudesta peräisin oleville päästöille altistumiseen ero on siinä, että teollinen toiminta on yleensä keskittynyt kaupunkien laitamille, jossa välitön altistuminen saasteille ei ole niin voimakasta kuin taajama-alueilla. (EEA 2016)

Kuvassa 4.1 on esitetty ihmisen aiheuttamien ja luonnosta peräisin olevien saasteiden kiertokulku ilmakehässä. Kuvasta nähdään, että auringonvalolla ja sääolosuhteilla on suuri vaikutus saasteiden kulkeutumiseen sekä paikallisesti että maailmanlaajuisesti ja muuttumiseen toisen tyyppiseksi saasteiseksi. (EEA 2106)



**Kuva 4-1. Eri lähteistä peräisin olevien saasteiden kiertokulku ilmakehässä. (EEA 2016)**

Tieliikenne aiheuttaa 23 % EU:n laajuisista CO<sub>2</sub>-päästöistä. CO<sub>2</sub>-päästöjen lisäksi tieliikenne aiheuttaa yli 30 % kaikista typen oksidien päästöistä sekä noin 12 % ensisijaisista hiukkaspäästöistä EU:n alueella. (EEA 2016)

Euro-päästöluokituksilla säädetään EU:n tyyppihyväksyntädirektiivissä ajoneuvojen terveydelle haitallisten päästöjen enimmäisrajoista. Päästöjen enimmäisrajoja alennetaan asteittain noin viiden vuoden välein. Uusin käytössä oleva Euro 6 –päästöluokka on sitonut moottoriajoneuvojen tyyppihyväksyntää 1. syyskuuta 2014 lähtien. Henkilö- ja paketti-autojen rekisteröintiä ja myyntiä se on sitonut 1. syyskuuta 2015 lähtien. (EEA 2016; Motiva 2018)

## 4.1 Päästötyypit

Ajoneuvojen pakokaasut sisältävät kasviuonekaasu- ja saastepäästöjä. Pakokaasupäästöjen lisäksi saastepäästöjä aiheutuu myös jarrujen kulumisen ja polttoaineen haihtumisen seurauksena. Päästöt luokitellaan 2:een ryhmään. Ensimmäiseen ryhmään kuuluvat päästöt, jotka ovat säänneltyjä, ja toiseen ryhmään kuuluvat päästöt, jotka eivät tällä hetkellä ole säänneltyjä. (EEA 2016)

Hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>) on polttomoottoreiden pääasiallinen palamistuote veden ohella. Se on merkittävin ilmastomuutosta aiheuttava kasviuonekaasu. (EEA 2016)

Hiilivetyjä (HC) muodostuu moottorin epätäydellisessä tai osittaisessa palamisprosessissa. Hiilivedyt ovat myrkyllisiä. Hiilivedyt ja helposti haihtuvat orgaaniset yhdisteet

(Volatile Organic Compounds, VOC) aiheuttavat otsonin ( $O_3$ ) muodostumista maanpinnan läheisyydessä sekä kemiallista sumua ilmakehässä. Otsoni vahingoittaa hengityselimiä. (EEA 2016)

Hiilimonoksidi (CO) eli häkä on epätäydellisen palamisprosessin tulos. Se on hajuton ja väritön kaasu, joka aiheuttaa hiilivetyjen tavoin otsonin muodostumista ja kemiallista sumua. Hiilimonoksidi sitoutuu veren hemoglobiinin huomattavasti happea paremmin heikentäen hapenkuljetuskykyä. Suurina annoksina hiilimonoksidi voi olla tappavan myrkyllistä. (EEA 2016)

Hiukkaspäästöt (PM) ovat epätäydellisen palamisprosessin sekä ensi- ja toissijaisten hiukkaspäästöjen lopputuote. Ensisijaisten hiukkaspäästöjen lähde on ajoneuvojen pakokaasut. Toissijaisia hiukkaspäästöjä muodostuu ilmakehässä rikkidioksidin ( $SO_2$ ), typen oksidien ( $NO_x$ ), ammoniakkin ( $NH_3$ ) ja helposti haihtuvien orgaanisten yhdisteiden vaikutuksesta. Hiukkaspäästöt ovat merkittävimpiä saasteita, koska pienhiukkaset tunkeutuvat hengitettäessä syvälle keuhkorakkuloihin asti. Hiukkaspäästöt aiheuttavat astmaoireita ja sydäninfarkteja. (EEA 2016)

Typen oksideja ( $NO_x$ ) muodostuu palamisprosessissa hapen vaikutuksesta. Typen oksidit sisältävät typpimonoksidia (NO) ja typpidioksidia ( $NO_2$ ). Typen oksideista muodostuu ilmakehässä toissijaisia hiukkaspäästöjä ja ne edesauttavat otsonin muodostumista maanpinnan läheisyydessä. Typen oksidit aiheuttavat maaperän ja vesistöjen happamoitumista sekä toisaalta myös niiden rehevöitymistä. (EEA 2016)

NO ei ole terveydelle vahingollista pitoisuuksina, joita ilmakehässä esiintyy normaalisti.  $NO_2$  aiheuttaa laajoja terveys- ja ympäristöongelmia. Dieselmootoreiden aiheuttamat pakokaasupäästöt sisältävät huomattavasti enemmän typpidioksidia kuin bensiinimootoreiden pakokaasupäästöt. Vanhojen dieselmootoreiden typen oksidipäästöistä lähes kaikki koostuvat pelkästään typpimonoksidista. Pakokaasut sisälsivät typpimonoksidia keskimäärin 95 % ja typpidioksidia 5 %. Uusien dieselhenkilöautojen typpidioksidipäästöjen osuus typen oksidien kokonaispäästöistä vaihtelee välillä 12 % - 70 % riippuen moottorin koosta ja pakokaasujen puhdistukseen käytettävästä katalysaattorista. (EEA 2106)

Katalysaattorit vähentävät merkittävästi ajoneuvojen hiilimonoksidi- ja hiilivetyypäästöjä. Jotkin uudenaikaiset dieselmootoreiden katalysaattorit voivat tuottaa pakokaasujen puhdistusprosessin tuloksena ei-toivottuja komponentteja kuten ammoniakkia ja ilokaasua eli typpioksiduulia ( $N_2O$ ). Ammoniakki on välillinen prosessin aikana syntyvä saaste, joka ärsyttää hengitysteitä, ihoa ja silmiä. Ilokaasu on ilmansaaste ja voimakas kasvihuonekaasu. Ammoniakin ja ilokaasun osuus tieliikenteen pakokaasupäästöistä on varsin pieni, vaikka niiden osuus on kasvanut 1990-luvun alusta lähtien. Syy ammoniakkin ja ilokaasun pitoisuuksien kasvuun on ollut kolmitoimikatalysaattorilla varustettujen ajoneuvojen määrän lisääntyminen. Ammoniakin kokonaispäästöt ovat kuitenkin vähentyneet vuo-



desta 2000 lähtien ja niiden odotetaan vähenevän jatkossakin, kun uudemmat katalysaattorit valtaavat yhä laajemmin markkinoita ja tulevat sitä kautta kuluttajien ja ammattiliikennöitsijöiden käyttöön. (EEA 2016)

Toiseen ajoneuvojen pakokaasuryhmään kuuluvat päästöt, jotka eivät ole EU-lainsäädännön mukaisesti säänneltyjä. Näitä päästöjä ovat tietyt happamoitumista aiheuttavat aineet kuten  $\text{NH}_3$  ja  $\text{SO}_2$ . Pakokaasujen rikkidioksidipäästöt ovat kuitenkin käytännössä rajoitettuja, koska lainsäädäntö asettaa ylärajan polttoaineen rikkipitoisuudelle. Karsinogeeniset ja myrkylliset orgaaniset päästöt eivät ole säänneltyjä eivätkä myöskään raskasmetallit. Karsinogeenisten ja myrkyllisten orgaanisten päästöjen ryhmään kuuluvat polysykliset aromaattiset hiilivedyt eli PAH-yhdisteet, pysyvät orgaaniset yhdisteet sekä dioksiinit ja furaanit. Raskasmetallien ryhmään kuuluvat lyijy, arseeni, kadmium, kupari, kromi, elohopea, nikkeli, seleeni ja sinkki. (EEA 2016)

## 4.2 Päästöjen syntymekanismit

Ajoneuvojen päästöt voidaan jakaa 3:een eri ryhmään syntymekanismin perusteella. Pakokaasupäästöt syntyvät erilaisten raakaöljypohjaisten polttoaineiden palamisprosessin tuloksena. Raakaöljypohjaisia polttoaineita ovat esimerkiksi bensiini, diesel ja maakaasu. Ihanteellisen palamisprosessin tuloksena syntyy vettä ja hiilidioksidia, eikä ilman sisältämä typpi reagoisi mitenkään palamisprosessin kanssa. Käytännössä palamisprosessi on aina epätäydellinen, minkä seurauksena veden ja hiilidioksidin lisäksi syntyy useita muita aineita, jotka ovat saastepäästöjä. Pakokaasujen sisältämien eri päästölajien määrä riippuu pääasiassa käytetystä polttoaineesta, mutta myös moottoriteknologia vaikuttaa päästöihin. (EEA 2016)

Kulumisen aiheuttamat päästöt liittyvät ajoneuvon komponenttien kulumiseen ja korroosioon. Moottorin kulumisen aiheuttaa hiukkaspäästöjä ja ajoneuvon yleisen kulumisen seurauksena syntyy raskasmetallipäästöjä. Merkittäviä hiukkaspäästöjä muodostuu renkaiden, jarrujen ja kytkimien mekaanisen kulumisen seurauksena. Vähäisempiä hiukkaspäästöjä muodostuu ajoneuvon alustan, korin ja muiden komponenttien korroosion ja kulumisen seurauksena. (EEA 2016)

Haihtumisen aiheuttamat päästöt liittyvät polttoaineen höyrystymiseen. Haihtumisen aiheuttamat päästöt kuuluvat helposti haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöryhmään. Käytännössä ajoneuvon polttoainejärjestelmästä haihtuu polttoainetta aina jonkin verran. Haihtumista tapahtuu, vaikka ajoneuvo olisi pysäköitynä ja moottori sammutettuna. (EEA 2016)

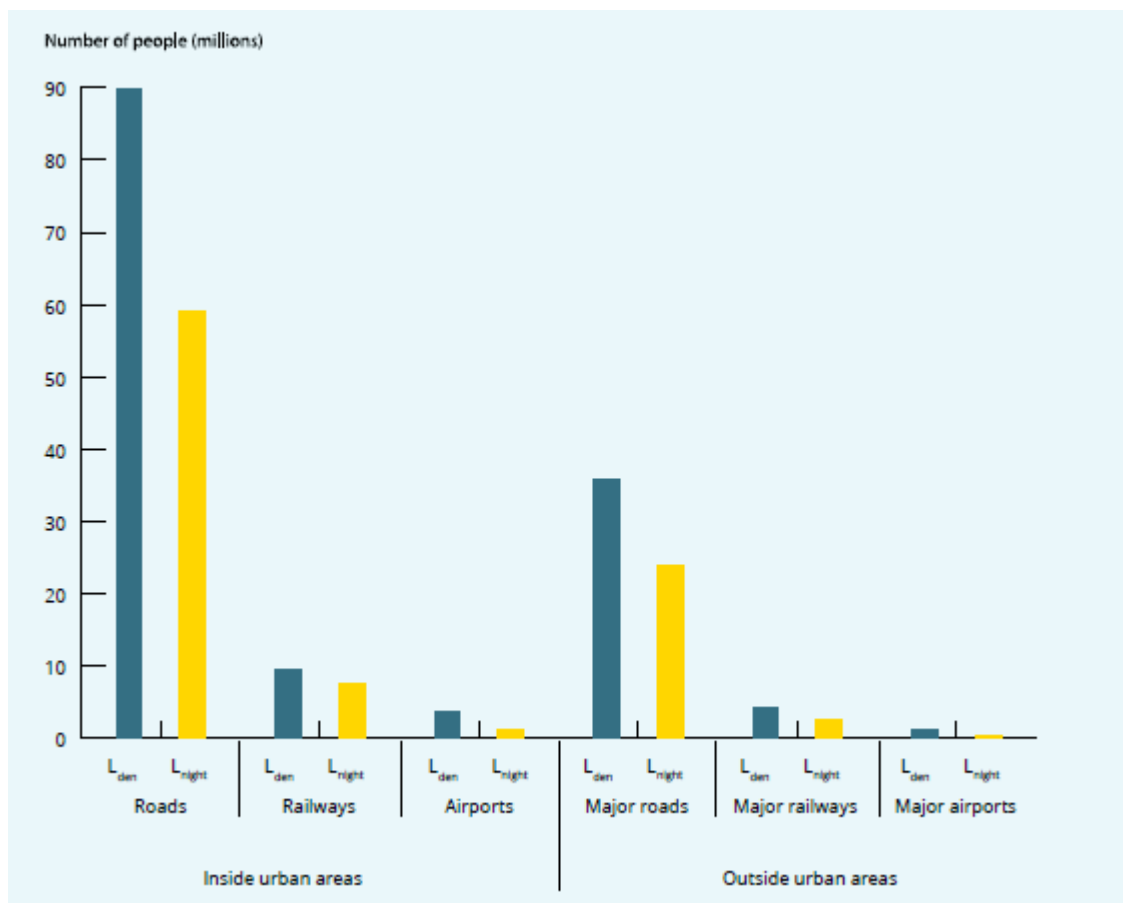
## 4.3 Tieliikenteen aiheuttama melu

Tieliikenne on suurin melun lähde Euroopassa sekä taajama-alueilla että niiden ulkopuolella. Melu on vahingollista terveydelle ja se heikentää hyvinvointia. Melun voimakkuutta

seurataan kahdella mittarilla, jotka ovat  $L_{\text{night}}$  ja  $L_{\text{den}}$ .  $L_{\text{night}}$  kuvaa äänenpaineen keskimääräistä voimakkuutta yöllä klo 23.00 – 07.00 välillä.  $L_{\text{den}}$  on yhden vuorokauden aikana mitattu painotettu äänenpaineen voimakkuus. Yöllä mitattuja melun arvoja painotetaan enemmän, koska ihminen on herkempi melun vaikutuksille yöllä kuin päivällä. (EEA 2016)

Tieliikenteen aiheuttamille korkeille meluarvoille altistuminen on suuri ongelma. Vuonna 2012 tehdyn Euroopan laajuisen tutkimuksen mukaan lähes 90 000 000 kaupungeissa asuvaa henkilöä altistuu jatkuvasti liikenteen aiheuttamalle voimakkuudeltaan vähintään 55 dB suuruiselle  $L_{\text{den}}$ -melulle. Yöaikaan tapahtuvalle vähintään 50 dB suuruiselle  $L_{\text{night}}$ -liikennemelulle altistuu Euroopassa yli 83 000 000 henkilöä. Taajama-alueiden ulkopuolella liikenteen aiheuttama melu ei ole yhtä suuri ongelma kuin kaupunkialueilla. Taajama-alueiden ulkopuolella meluongelma kuitenkin korostuu pääväylien läheisyydessä, missä suurille meluarvoille altistuu päivisin 35 000 000 henkilöä ja yöaikaan 24 000 000 henkilöä. (EEA 2016)

Kuvassa 4.2 on esitetty eri lähteistä aiheutuvalle liikennemelulle altistuvien henkilöiden lukumäärä Euroopassa. Liikennemelulähteet on jaettu kahteen eri ryhmään, kaupunkialueiden sisäisiin ja ulkoisiin melulähteisiin. Kummankin ryhmän liikenteen aiheuttamia melulähteitä ovat tiet, junaraiteet ja lentoasemat. Kuvasta huomataan, että kummassakin ryhmässä tiemelulle altistuu monikertainen määrä henkilöitä enemmän kuin rautatie- ja lentoasemamelulle yhteensä. (EEA 2016)



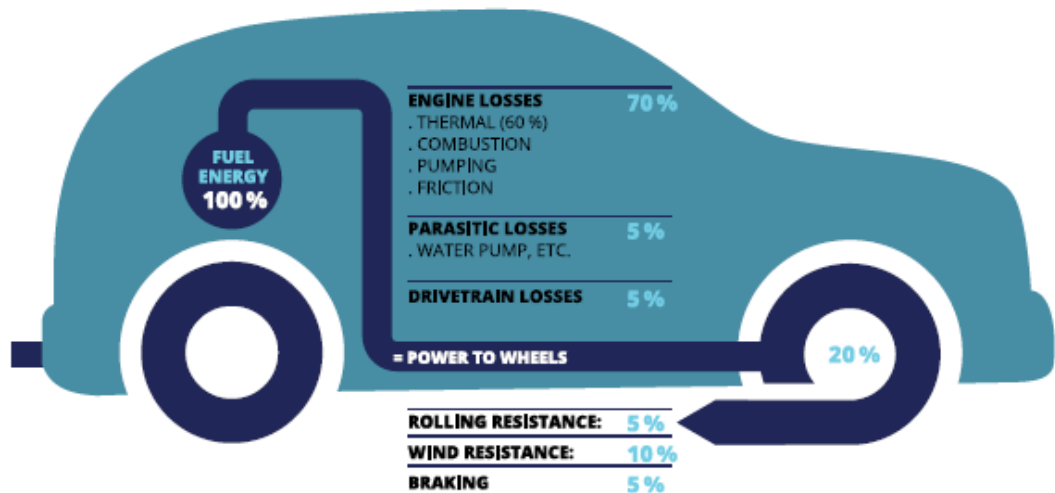
**Kuva 4-2. Kaupunkien sisäisillä ja ulkopuolisilla alueilla eri liikennemuotojen aiheuttamalle melulle altistuneiden ihmisten lukumäärä Euroopassa. (EEA 2016)**

Vuonna 2014 moottoriajoneuvojen moottorimelua ja sen vaimennusta koskeva lainsäädäntö uudistettiin EU:n alueella. Uudistuksen pääkohdat olivat uusien kansainvälisten melunmittausmenetelmien kehittäminen ja käyttöönotto. Uudistuksen myötä henkilö-, kuorma-, paketti- ja linja-autojen tuottamalle moottorimelulle asetetaan uudet raja-arvot. Uudistus tiukentaa uusille autoille määrättyjä melun raja-arvoja ja siten se velvoittaa valmistajia tuomaan markkinoille entistä hiljaisempia ajoneuvoja. Ajoneuvojen tuottama moottorimelu varmistetaan mittaamalla tyyppihyväksyntätestauksissa. Uudistus otti kantaa myös hybridi- ja sähköajoneuvojen aiheuttaman liikennemelun, jolle asetettiin vähimmäisarvo. Liikennemelun vähimmäisarvolla hybridi- ja sähköajoneuvoista haluttiin tehdä paremmin kuultavia, millä on merkitystä liikenneturvallisuuteen. Uudistus koskee myös ajoneuvojen jälleenmyyjä, sillä uudistuksen jälkeen niiden on ilmoitettava kuluttajille myytävien ajoneuvojen meluarvot. (EEA 2016)

#### 4.4 Ajoneuvon hyötysuhde

Tavanomaisissa henkilöautoissa ainoastaan 18 % - 25 % polttoaineen sisältämästä energiasta hyödynnetään ajoneuvon liikkumiseen tarvittavan energian muodostamiseksi. Loppuosa polttoaineen sisältämästä energiasta kuluu pääosin moottorin ja voimansiirron

aiheuttamien tehohäviöiden kompensointiin. Pieni osa polttoaineen sisältämästä energiasta käytetään ajoneuvon apulaitteiden kuten ilmastoinnin ja radion tarvitseman energian tuottamiseksi. Polttomoottoriajoneuvon hyötösuhde on varsin alhainen. Hyötysuhteen parantamisessa on siten varaa. Tulevaisuudessa sitä voitaneen parantaa uuden teknologian keinoin. Dieselmoottori toimii paremmalla hyötysuhteella kuin bensiinimoottori. Kuitenkin dieselmoottorilla varustettujen ajoneuvojen vaikutus ilman laatuun on pahempi kuin bensiinimoottoristen johtuen suuremmista typen oksidien ja hiukkasten päästöistä. (EEA 2106)



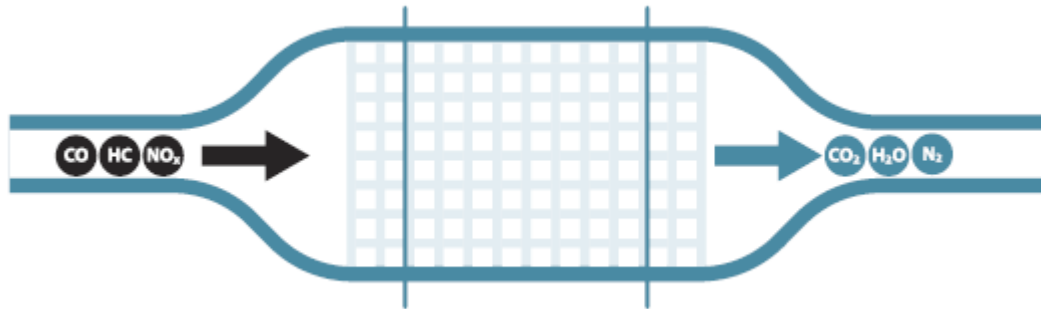
**Kuva 4-3. Polttoaineen sisältämän energian jakautuminen henkilöautoissa. (EEA 2016)**

Kuvasta 4.3 huomataan, että noin 70 % polttoaineen sisältämästä energiasta kuluu moottorihäviöihin, joita aiheuttavat kitka, polttoaineen epätäydellinen palamisreaktio sekä lämpö- ja pumppaushäviöt. Noin 5 % polttoaineen energiasta kuluu loistehon aiheuttamiin häviöihin. Loistehon aiheuttamia häviöitä aiheuttavat moottorin apulaitteet kuten vesipumppu. Voimansiirto aiheuttaa noin 5 % suuruisen tehohäviön. Ajoneuvon vierintävastus aiheuttaa noin 5 % suuruisen ja ilmanvastus noin 10 % suuruisen tehohäviön. Lisäksi jarrut aiheuttavat keskimäärin noin 5 % suuruisen tehohäviön. Jarrujen aiheuttama tehohäviö johtuu jarrujen laahauksesta. Ne jarruttavat auton kulkua, vaikka jarruja ei erikseen käytettäisikään. Loput polttoaineen sisältämästä energiasta, keskimäärin noin 20 %, käytetään ajoneuvon liikkumiseen. (EEA 2016)

## 4.5 Pakokaasujen käsittely

Moottoriteknologian kehitys on vähentänyt pakokaasupäästöjä. Se ei kuitenkaan ole vastannut päästötavoitteita. Päästötavoitteiden saavuttamiseksi on tarvittu keinoja pakokaasujen jälkikäsittelemiseksi. Jälkikäsitteilyä suorittavia toimilaitteita ovat katalysaattorit, hiukkasloukut ja suodattimet. (EEA 2016)

Katalysaattori on toimilaite, joka muuttaa katalyyysin avulla pakokaasujen sisältämät haitalliset ilmansaasteet vaarattomiksi yhdisteiksi. Katalyyttinen materiaali käynnistää katalysaattorissa hapetus- ja pelkistysreaktiot, jotka muuttavat hiilimonoksidin, palamattomat hiilivedyt ja typen oksidit vedeksi ja typeksi. Katalysaattori on sisäiseltä rakenteeltaan hunajakennomainen, mikä kasvattaa katalyyttistä pinta-alaa. Kuvassa 4.4 on esitetty katalysaattorin periaatekuva, josta käy ilmi, miten pakokaasun sisältämät ilmansaasteet muuttuvat harmittomiksi yhdisteiksi virratessaan katalysaattorin läpi. (EEA 2016)



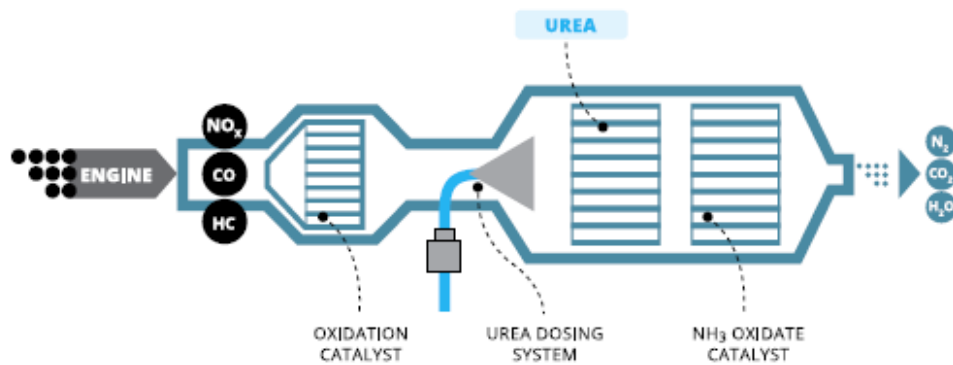
**Kuva 4-4. Katalysaattorin rakenne ja toimintaperiaate. (EEA 2016)**

Euro 1 –päästönormi astui voimaan vuonna 1992 (Autotuojat- ja teollisuus 2018). Se pakotti valmistajat varustamaan valmistamansa henkilöautot kolmitoimikatalysaattorilla. Kolmitoimikatalysaattori toimii suljettuun silmukkaan perustuvan takaisinkytkentäjärjestelmän avulla. Järjestelmä sisältää happianturin, jonka avulla moottoriin syötettävän ilman ja polttoaineen muodostaman seoksen suhdetta säädetään jatkuvasti siten, että katalysaattorin puhdistusreaktiot toimisivat optimaalisesti. Takaisinkytketty kolmitoimikatalysaattori otettiin ensimmäisenä käyttöön Yhdysvalloissa ja Kanadassa 1980-luvun alussa. Ilmestyessään markkinoille se oli teknologinen läpimurto, koska polttomoottorin ajonaikaista toimintaa sekä hiilimonoksidi-, hiilivedyt- ja typen oksidien päästöjä voitiin säädellä ensimmäistä kertaa laajalla toiminta-alueella. Vaikka kolmitoimikatalysaattori on tekniikaltaan jo suhteellisen vanhaa, se on edelleen bensiinikäyttöisten ajoneuvojen pääasiallinen pakokaasujen puhdistukseen käytettävä toimilaite. (Academia 2018)

Hapetukseen perustuvat katalysaattorit ovat toimintaperiaatteeltaan hyvin samankaltaisia kuin kolmitoimikatalysaattorit, joskin ne ovat rakenteeltaan yksinkertaisempia. Hapetukseen perustuvat katalysaattorit muuttavat hiilimonoksidin ja hiilivedyn hiilidioksidiksi ja vedeksi, mutta toisaalta niillä on vähäinen vaikutus typen oksideihin. Dieselmootoreissa käytetään pääasiassa hapetuskatalysaattoreita, koska ne puhdistavat hiilimonoksidi- ja hiilivedyt sekä vähentävät dieselmootoreiden hiukkaspäästöjä. (EEA 2016)

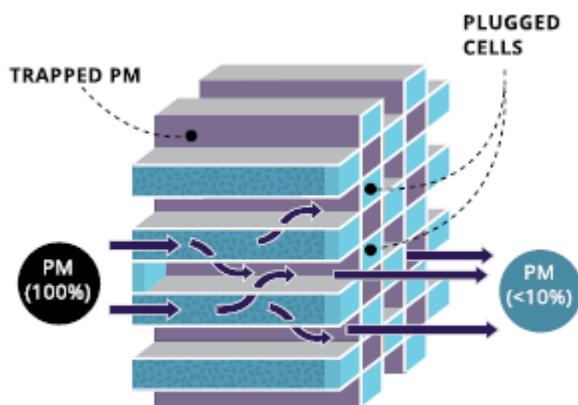
Selektiivinen katalyyttinen pelkistäminen (Selective Catalytic Reduction, SCR) on kehittynyt päästöjen hallintateknikka, jonka avulla dieselmootoreiden pakokaasuihin syötetään päästöjä vähentävää nestettä erillisen järjestelmän kautta. Päästöjen vähentämiseen

käytetään tavallisesti ureaa, joka aktivoi reaktiot, joiden tuloksena pakokaasupäästöt pelkistyvät typeksi, hiilidioksidiksi ja vedeksi. Selektiivinen katalyyttinen pelkistäminen on toimivaksi havaittu tekniikka, jonka avulla dieselmootoreiden typen oksidipäästöt voidaan vähentää nykyisten päästönormien vaatimalle tasolle. Kuvassa 4.5 on esitetty selektiivisen pelkistämisen periaate. Selektiiviseen katalyyttiseen pelkistämiseen perustuva järjestelmä sisältää hapetus- ja SCR-katalysaattorit. Hapetuskatalysaattori puhdistaa hiilimonoksidi- ja hiilivetypäästöt, ja SCR-katalysaattori pelkistää typen oksidit typeksi. (EEA 2016)



**Kuva 4-5. Selektiiviseen katalyyttiseen pelkistykseen perustuva katalysaattori. (EEA 2016)**

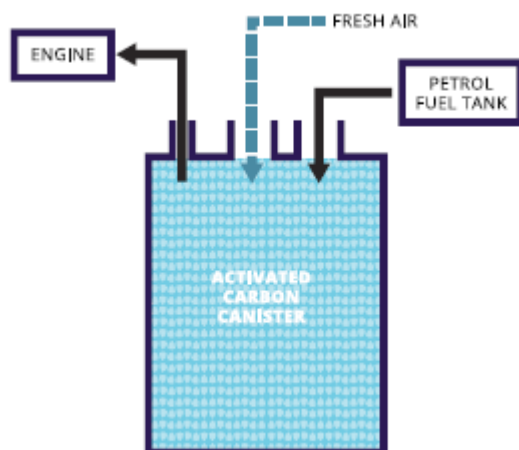
Hiukkassuodattimia käytetään dieselmootoreiden hiukkaspäästöjen vähentämiseen. Hiukkaspäästöjen vähentämiseksi on olemassa useita erilaisia tekniikoita. Soveltuva tekniikka riippuu moottoriteknologiasta ja siitä, kuinka hyvään lopputulokseen suodatuksessa halutaan päästä. Yleisimmin käytössä oleva suodatintyyppi sisältää hunajakennomaisen rakenteen, jonka sisältämät kanavat ovat vuoroittain toisista päistään tukitut. Rakenne muodostaa hiukkassuodattimen, jonka sisäpintaan pakokaasun sisältämät hiukkaset tarttuvat kulkiessaan rakenteen läpi. Toinen yleisesti käytössä oleva suodatintyyppi sisältää myös hunajakennomaisen rakenteen, jossa pakokaasujen muodostama virtaus kulkee vierekkäisten kanavien läpi. Hiukkaset säilyvät suodatinrakenteessa väliaikaisesti siihen asti, kunnes ne poltetaan pois tätä tarkoitusta vastaavan moottorin toimintatilan aikana. Kuvassa 4.6 on esitetty periaatekuva hiukkassuodattimen toiminnasta. Hiukkassuodattimilla saadaan talteen keskimäärin noin 85 % pakokaasujen sisältämistä hiukkasista. (EEA 2016)



**Kuva 4-6. Hiukkassuodatin. (EEA 2016)**

Pakokaasuloukkuja ja -adsorbereita käytetään tiettyjen pakokaasujen sisältämien saastekomponenttien, erityisesti hiilivetyjen ja typen oksidien, poistoon niissä tilanteissa, joissa moottorin käyntiolosuhteet eivät ole optimaaliset katalysaattorin toiminnan kannalta. Loukut ja adsorberit varastoivat saastekomponentit niin kauan kuin katalysaattori ei pysty niitä poistamaan. Saastepäästöt vapautetaan katalysaattorin poltettavaksi, kun moottorin toimii katalysaattorin toiminnan kannalta optimaalisella alueella. Adsorbereiden 2:sta päätyyppistä toinen on NO<sub>x</sub>-adsorberi, jota käytetään dieselmootoreissa typen oksidien talteenotossa. Toinen päätyyppi on HC-adsorberi, jota käytetään hiilivetypäästöjen tasoitamiseen moottorin kylmäkäynnistyksen yhteydessä. (EEA 2016)

Aktiivihiilikanisteri on toimintaperiaatteeltaan loukku, jota käytetään polttoainesäiliöstä haihtuvien hiilivetyjen talteenottoon. Kanisteri on rakenteeltaan aktiivihiiltä sisältävä tavallisesti muovirunkoinen kotelo, joka adsorboi polttoainesäiliöstä tankkauksen aikana ja lämmön vaikutuksesta vapautuvan hiilivetyhöyryn. Kanisteriin adsorboituneet hiilivetyhöyryt vapautuvat polttoaineeseen ajon aikana ja näin menetellen aktiivihiilikanisterin toimintakyky säilyy ajoneuvon elinkaaren ajan. Kuvassa 4.7 on esitetty aktiivihiilikanisterin toimintaperiaate. Tuore ilma virtaa säiliöön polttoaineen määrän vähentyessä kulutuksen seurauksena, jotta säiliöön ei pääsisi muodostumaan alipainetta. (EEA 2016)



*Kuva 4-7. Aktiivihuilikanisteri. (EEA 2016)*

## 4.6 Päästöjen vähentämisen jatkokehitys

Ajoneuvojen päästöjen vähentämiseen tähtäävät vaatimukset ovat pakottaneet ajoneuvo-teollisuuden parantamaan ajoneuvojen teknisiä ominaisuuksia. Varsinkin hybridi- ja sähköautot on kehittynyt merkittävästi viime vuosien aikana. Myös perinteinen polttomoottoritekniikka ja pakokaasujen puhdistusmenetelmät ovat kehittyneet entistä ympäristöystävällisemmiksi.

Hybridiauto sisältää perinteisen polttomoottorin ja sähkömoottorin ajoneuvon voimanlähteenä. Hybridiajoneuvo käyttää voimanlähteenä pääasiassa polttomoottoria, jota akkukäyttöinen sähkömoottori avustaa tarvittaessa esimerkiksi kiihdytyksen aikana. Akku latautuu tavallisesti jarrutuksen ja ajoneuvon liikkeen hidastumisen aikana. Sähkömoottorijärjestelmän käyttö polttomoottorin rinnalla vähentää polttoaineen kulutusta ja hiilidioksidipäästöjä enimmillään 35 % perinteiseen polttomoottorikäyttöiseen ajoneuvoon verrattuna. Päästöjen vähenemisen suuruus riippuu käytettävän hybridijärjestelmän kehitystasesta. Bensiinillä käyvien hybridiajoneuvon säännellyt päästöt ovat markkinoiden pienimpiä. (EEA 2016)

Plug-in-hybridiautot sisältävät poltto- ja sähkömoottorin ajoneuvon voimanlähteenä. Plug-in-hybridin ero hybridiautoon verrattuna on se, että plug-in-hybridiauton akkuja voidaan ladata suoraan sähköverkosta. Plug-in-hybridiautojen ympäristöystävällisyys riippuu auton toimintatilasta. Ajettaessa puhtaassa sähköisessä toimintatilassa ajoneuvosta ei tule pakokaasupäästöjä, mutta jos polttomoottori otetaan käyttöön ajon aikana, pakokaasupäästöjen suuruus on lähellä perinteisten polttomoottoriautojen päästöjä. (EEA 2016)

Sähköautot sisältävät ainoastaan sähkömoottorin ajoneuvon voimanlähteenä. Sähkömoottorin hyötysuhde on parhaimmillaan noin 80 %, mikä tarkoittaa käytännössä huomattavaa kasvihuonekaasujen ja saastepäästöjen pientymistä verrattuna perinteisiin polttomoottoriajoneuvoihin. Sähköautojen yleistymistä kuluttajamarkkinoilla haittaavat



erityisesti latausverkon puute ja akkujen pieni kapasiteetti. Tämän vuoksi sähköautot soveltuvat parhaiten, ainakin tällä hetkellä, lähinnä taajamissa tapahtuvaan ajoon. (EEA 2016)

EU:n lainsäädäntöön on lisätty ekologisten, ympäristöystävällisten, innovaatioiden konsepti. Se sallii autonvalmistajien ja tavarantoimittajien hakea hyväksyntää sellaisille hiilidioksidipäästöjä vähentäville teknologioille, joiden vaikutusta päästöihin ei mitata testisyklin aikana. Vuoteen 2016 mennessä ekoinnovaatiota oli hyväksytty 11 kappaletta. Jokaisen hyväksytyin innovaation vaikutus hiilidioksidipäästöjen vähentymiseen on enemmän kuin 1g CO<sub>2</sub> / km. Hyväksytyjä ekoinnovaatioita olivat autojen valaistusjärjestelmän energiatehokkuuden parantaminen LED (Light Emitting Diode) –tekniikan avulla, sähköjärjestelmän hyötysuhteen parantaminen aikaisempaa tehokkaammilla latausgeneraattoreilla, autojen kattoihin lisätyt sähköä tuottavat valokennojärjestelmät, moottorien lisälämmöneristys lämmönhukan vähentämiseksi sekä tien potentiaalienergian hyväksikäyttö energian varastoimiseksi. (EEA 2016)

Perinteisten polttomoottorien hyötysuhde on varsin pieni. Käytännössä tämä tarkoittaa, että ainoastaan noin 18 % - 25 % polttoaineen sisältämästä kokonaisenergiasta käytetään auton liikkumiseen tarvittavan energian muodostamiseen. Moottorin hyötysuhteen parantamiseksi on siten olemassa mahdollisuuksia. Hyötysuhteen parantamisen ylärajat riippuvat useista tekijöistä kuten puristussuhteesta sekä polttoaineen ja ilman muodostaman seoksen syötön ajoituksesta sylinterin puristustahdin aikana. (EEA 2016)

Moottoritekniikka on parantunut viimeisten vuosikymmenien aikana tasaista tahtia kehittyneiden suunnittelumenetelmien ansiosta. Jäljessä on esitelty viime vuosien tärkeimmät polttomoottoritekniikan kehityskohteet.

### **Suora polttoaineen ruiskutus**

Perinteissä polttomoottoreissa ilman ja polttoaineen seos muodostetaan moottorin imu-kanavassa. Tätä kutsutaan epäsuoraksi ruiskutukseksi. Suorassa polttoaineen ruiskutusjärjestelmässä polttoaine ruiskutetaan suoraan sylinteriin, jotta seoksen sytytys voitaisiin ajoittaa tarkemmin ja ruiskutettavan polttoaineen määrää voitaisiin valvoa tarkemmin. Suoran ruiskutuksen avulla voidaan moottorin puristussuhdetta kasvattaa ja polttoaineen syöttöä parantaa, minkä seurauksena polttoaineen kulutus pienenee tuotettuun tehoon nähden. (EEA 2016)

### **Muuttuva venttiilien ajoitus**

Imuventtiilit ohjaavat ilman ja polttoaineen muodostaman seoksen virtaamista sylintereihin. Pakoventtiilit ohjaavat palamistuloksena syntyneiden pakokaasujen poistumista sylintereistä. Venttiilien avautumista kutsutaan ajoitukseksi ja sulkeutumista nostoksi. Venttiilien ajoituksella ja nostolla on merkitystä moottorin hyötysuhteeseen. Ajoituksen ja noston optimaaliset asetusarvot riippuvat moottorin käyntinopeudesta. Perinteisesti

venttiilien ajoituksella ja nostolla on ollut kiinteät arvot, jotka ovat kompromissiarvoja kierrosnopeudesta riippuvista optimiarvoista. Muuttuva ajoitusjärjestelmä salli imu- ja pakoventtiilien avautua ja sulkeutua optimaalisesti koko moottorien käyntinopeusalueella. (EEA 2016)

### **Sylinterien deaktivointi**

Deaktivointi estää tarvittaessa yhden tai useamman sylinterin toiminnan estämällä polttoaineen syötön sylinteriin. Pienillä kuormituksilla ajettaessa moottorin suurimmasta tehosta tarvitaan keskimäärin noin 30 %. Pienellä kuormituksella ajettaessa ruiskutettavaa polttoainetta tarvitaan vain pieni määrä, joten sylinterien deaktivointi säästää polttoainetta pienen moottorikuormituksen aikana. Deaktivointi ei ole kuitenkaan ongelmaton. Deaktivoinnin ollessa toiminnassa moottorin läpi kulkeva kokonaisilmavirta pääsee kulkemaan toiminnassa olevien sylinterien lisäksi myös toimimattomien sylinterien läpi, mikä aiheuttaa pumppaushäviöitä. (EEA 2016)

### **Ahtaminen**

Turboahtimet ja mekaaniset ahtimet ovat toimintaperiaatteeltaan tuulettimia, jotka pakottavat puristettua ilmaa moottorin imukanaviin ja sylintereihin. Turboahtimet saavat käyttövoimansa pakokaasujen liike-energiasta ja mekaaniset ahtimet moottorin kampiakselilta. Ahtimet lisäävät moottorin läpi kulkevan ilman määrää, mikä lisää palotapahtumassa syntyvän tehon määrää. Ahtamisen avulla moottorien kokoa eli iskuilavuutta voidaan pienentää ilman moottorista saatavan tehon vähenemistä. (EEA 2016)

### **Pysäytysautomaatiikka**

Pysäytysautomaatiikka sammuttaa moottorin ajoneuvon pysähtyessä esimerkiksi liikennevaloihin tai liikeneruuhkan vuoksi. Moottori käynnistyy uudelleen kuljettajan vapauttaessa jarru- tai kytkinpolkimen. Pysäytysautomaatiikka estää moottorin tyhjäkäynnin tilanteissa, joissa siitä ei ole liikkumisen kannalta hyötyä. Pysäytysautomaatiikan hyödyt tulevat parhaiten esiin ajettaessa erittäin ruuhkaisessa liikenneympäristössä. (EEA 2016)

## 5. WORLD WIDE HARMONIZED LIGHT VEHICLE TEST PROCEDURE

### 5.1 Kehityshanke

Vuonna 2007 YK:n alainen tekninen työryhmä alkoi kehittää uutta maailmanlaajuista harmonisoitua testiproseduuria, jolla oli tarkoitus myöhemmässä vaiheessa korvata NEDC-testisykli. Testisyklillä viitataan eräänlaiseen nopeusjälkeen, jota ajajan on noudatettava testauksen aikana. Testiproseduuri ei viittaa pelkästään testisykliin, vaan se ottaa huomioon kaikki reunaehdot ja olosuhteisiin liittyvät muuttujat kuten ympäristön lämpötilan. Sama tekninen työryhmä oli jo aikaisemmin luonut maailmanlaajuiset harmonisoidut testiproseduurit moottoripyörille ja raskaan liikenteen ajoneuvoille. Kehityshankeen tarkoitus oli luoda testiproseduuri, joka vastaisi NEDC-testiproseduuria paremmin nykyaikaisia käytännössä ilmeneviä ajo-olosuhteita. Toinen kehittämisen päänäkökulma oli luoda maailmanlaajuisesti yhtenäinen testiproseduuri. Kantavana ajatuksena oli, että harmonisoitu testiproseduuri mahdollistaisi valmistajia tuomaan useille eri markkina-alueille autoja entistä nopeammin ja kustannustehokkaammin. Uuden testiproseduurin tarjoama hyödyn ei ollut tarkoitus rajoittaa pelkästään valmistajiin, vaan tarkoitus oli, että myös kuluttajat hyötyisivät siitä, koska heille olisi tarjolla entistä ympäristöystävällisempiä autoja. (ICCT 2013; ICCT 2014)

Kesäkuussa 2008 YK:n alainen WLTP-työryhmä kokoontui ensimmäisen kerran Sveitsin Genevessä. Samoihin aikoihin johtavien automarkkinamaiden kuljetusministerit sopivat vuotuisessa ITF (International Transport Forum) –järjestön kokouksessaan lausunnosta, jossa YK:n toivottiin nopeuttavan yhteisten metodologioiden, testisykliin ja mittausmenetelmien kehitystä ajoneuvojen testausta varten. (ICCT 2013; ICCT 2014)

WLTP-proseduurin kehitys herätti alusta lähtien suurta mielenkiintoa useiden eri sidosryhmien välillä. YK:n alaisen GRPE (Working party on Pollution and Energy) –työryhmän järjestämien puolivuositapausten osanottajamäärä kasvoi 50:sta 100:an vuoteen 2007 mennessä, jolloin aloitettiin ensimmäiset keskustelut WLTP:n kehittämiseksi. Vuonna 2008 pidettiin ensimmäinen varsinainen WLTP:tä koskeva kokous, mihin mennessä osanottajia oli jo lähes 130. WLTP-kehitysprosessin lähestyessä loppuaan osanottajien määrä kasvoi noin 150:lla kokousta kohden. Pääosa osallistujista oli eurooppalaisia (70 % - 80 %) ja loput (15 % - 20 %) aasialaisia. Pohjoisamerikkalaiset olivat suhteellisen huonosti edustettuina koko kehitysprosessin ajan. Tavallisesti heidän osuutensa oli noin 5 % kokousten osallistujamäärästä. (ICCT 2013; ICCT 2014)

Sidosryhmien osallistujista teollisuuden toimijat olivat eniten edustettuina. Heidän osuus oli 50 % - 60 % kaikista eri sidosryhmien osallistujista. Hallinnollisten osallistujien osuus oli tavallisesti noin 20 % - 30 %. Teknisten sidosryhmien edustajien lukumäärä oli 15 %

- 25 %. Suurin yksittäinen tekninen sidosryhmä oli ajoneuvojen testauspalveluja tarjoavat laitokset. Ainoat kokouksiin osallistuneet itsenäiset järjestöt olivat ICCT sekä Belgian Brysselissä päämajaansa pitävä NGO (Non-Governmental Organization) -tyyppinen saateenvarjojärjestö Transport & Environment. (ICCT 2013; ICCT 2014)

Vuonna 2010 Yhdysvaltain ympäristönsuojeluvirasto EPA vetäytyi hankkeesta vuosille 2012-2016 ja 2017-2025 määrättyjen kasvikaasupäästöjen rajoitusten valmistelun vuoksi. Tämän päätöksen vuoksi WLTP:stä ei voinut tulla maailmanlaajuinen harmonisoitu testiproseduuri kuten alun alkaen oli suunniteltu. Yhdysvaltain vetäytymisestä huolimatta WLTP-työryhmä jatkoi työtään. Samassa yhteydessä Euroopan komissio ilmoitti, että se haluaa saada WLTP-kehitystyön päätökseen vuoteen 2014 mennessä. (ICCT 2013; ICCT 2014)

Vuosina 2012-2013 työryhmä alkoi valmistella WLTP-proseduurista luonnostekstiä. Euroopan komissio (EC) rahoitti prosessia nopeuttaakseen luonnostekstin valmistelua yhdeksi dokumentiksi. Marraskuussa 2013 GRPE-työryhmä hyväksyi luonnostekstin. Maa-liskuussa 2014 YK:n alainen WP.29-työryhmä hyväksyi sen ehdotelmaksi. WP.29-työryhmä pyysi kaikkia YK:n alaisia jäsenorganisaatioita äänestämään sen puolesta tai sitä vastaan. GRPE-työryhmän puheenjohtajamaana ollut Saksa hyväksyi WLTP-proseduurin. (ICCT 2013; ICCT 2014)

Teknisen WLTP-luonnostekstin hyväksymisen myötä WLTP piti vielä sovittaa alueellisiin ja kansallisiin lainsäädäntöihin. WLTP ei kuitenkaan ollut vielä valmis, sillä se sisälsi sähköisten ajoneuvojen testausta koskevia avoimia kysymyksiä. Työryhmä päätti ratkaista avoimet kysymykset vuoden 2015 alkuun mennessä, jotta avoimiin teknisiin kysymyksiin liittyvät päätökset voitiin sisällyttää lopulliseen WLTP-tekstiin. WLTP muutettiin UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) –säädökseksi vuoden 2016 alussa. Lopullinen WLTP-säädös julkaistiin kaikilla YK:n jäsenmaiden kielillä alkuvuonna 2017. (ICCT 2013; ICCT 2014)

Yhdysvaltojen vetäytyessä WLTP-hankkeesta vuonna 2010 hankkeen toiminnasta vastasivat pääasiassa EU, Japani, Intia ja Etelä-Korea. On todennäköistä, että WLTP otetaan jossain vaiheessa käyttöön myös Japanissa, Intiassa ja Etelä-Koreassa. On myös mahdollista, että maat, jotka eivät olleet mukana kehityshankkeessa, ottavat sen käyttöön. Esimerkiksi Kiina osallistui säännöllisesti WLTP:n kehityksestä vastaavan työryhmän kokouksiin. Jokainen maa voi mukauttaa WLTP:n lainsäädäntönsä ja tarpeidensa mukaisesti. Intia ja Japani ovat ilmoittaneet ennakkoon, että ne eivät tule sisällyttämään mahdollisiin omiin WLTP-testausproseduureihinsa WLTP:n sisältämiä suuren ajonopeuden testivaiheita. Siten näiden maiden lopullinen kaikki testivaiheet sisältävä testiproseduuri tulee olemaan erilainen kuin EU:n alueella. (ICCT 2013; ICCT 2014)

Euroopan laajuinen WLTP-EU-säädös on Euroopan komission luonnosteleva ja se perustuu YK:n hyväksymään UN-WLTP-säädökseen. Valmistuessaan WLTP-EU-säädös

otti huomioon Euroopan laajuiset alueelliset lisäsäädökset. Kaikkien EU:n jäsenvaltioiden oli hyväksyttävä WLTP-EU-säädös, jotta WLTP voitiin sisällyttää EU:n lainsäädäntöön. Hyväksyntä tapahtui vuoden 2015 alussa, mikä oli yhden vuoden verran myöhemmin kuin EU alun perin vaati. UNECE:n suorittaman lopullisen WLTP-säädöksen julkaisun jälkeen WLTP voitiin ottaa käyttöön uusien autojen tyyppi hyväksynnässä EU:n alueella. WLTP:n käyttöönotto Euroopan unionin alueella tapahtui 1.9.2017. (ICCT 2013; ICCT 2014)

## 5.2 Kehitykseen liittyviä näkökulmia

Testisykli on olennainen tekijä ajoneuvon polttoaineen kulutuksen ja päästöjen mittauksessa. Jokaisessa maanosassa on käytössä omat testisyklinsä, jotka vaihtelevat luonteensa mukaisesti. NEDC-testisykli on tyylitelty sykli, kun taas Yhdysvalloissa käytössä oleva US06-sykli kuvaa dynaamisempaa, enemmän käytännössä esiintyviä ajo-olosuhteita. Käytännössä tapahtuvaa ajoa kuvaavan mallin erityispiirteet kuten keskinopeus, dynaaminen ajokäyttäytyminen ja pysähdyksien lukumäärä sekä niiden ajallinen pituus vaikuttavat polttoaineen kulutukseen ja sitä kautta päästöihin. Tämän takia on erittäin tärkeää, että laboratorio-olosuhteissa suoritettava testisykli kuvaa mahdollisimman todenmukaisesti käytännön ajo-olosuhteita. Todenmukainen testisykli takaa realistisemmat arviot ajoneuvon liikenteessä tapahtuvasta polttoaineen kulutuksesta ja päästöistä. Todenmukaisen testisyklin käyttö sertifiointitesteissä myös helpottaa ajoneuvokannan yleisten kulutus- ja päästölukemien kehityksen arviointia pitkällä aikavälillä. (ICCT 2013)

Koska WLTP-proseduurin oli tarkoitus harmonisoida kaikki maailmalla käytössä olevat testiproseduurit, GRPE-työryhmän tehtävänä oli kehittää uusi testiproseduurin, jolla pystyisi kuvaamaan kaikki eri puolilla maailmaa esiintyvät ajo-olosuhteet ja ajokäyttäytymiset. Kehitettävän uuden testisyklin nimeksi tuli siten World Wide Harmonized Light Vehicle Test Cycle (WLTC). Testisyklin kehityksessä käytettiin hyväksi todellisissa ajo-olosuhteissa kerättyä ajotietokantaa. Tietokannan data oli koottu EU:n alueelta mukaan lukien Sveitsi, Yhdysvallat, Intia, Korea ja Japani. Ajotietokanta sisälsi runsaasti tietoa erityyppisillä ajoneuvoilla ajetuista tietotyypeistä sekä ajo-olosuhteista. Ajotietokannan sisältämään eri maantieteellisiltä alueilta kerättyyn dataan sovellettiin painokertoimia ajosuoritteiden mukaisesti. Seuraava vaihe oli etsiä painotettuun dataan liittyviä päästökohdaisia avainlukuja. Lopuksi ajotietokannan sisältämää tietoa lyhyistä ajomatkoista verrattiin painotettuun dataan. Parhaiten sopivasta lyhyen matkan ja painotetun datan yhdistelmästä muodostettiin WLTC-sykli, joka koostuu 4:llä eri nopeudella ajettavasta vaiheesta. Vaiheet ovat alhainen (low), keskikokoinen (medium), korkea (high) ja erittäin korkea (extra high). (ICCT 2013)

WLTP-proseduuriin kehitettiin 3 eri ajosykliä, joista jokainen esittää eri ajoneuvoluokkaa. Luokan määrittävät ajoneuvon teho-massasuhde ja huippunopeus. Ajo-olosuhteita kuvaavan ajojäljen lisäksi kehitettiin myös toimintasuunnitelma, strategia, vaihteiden

vaihtamiseksi testisyklin aikana. Strategia simuloi vaihteiden vaihtoa moottorin ja ajoneuvon ominaisuuksien funktiona. Automaattivaihteistolla varustettujen ajoneuvojen on läpäistävä kaikki päästönormit kaikilla ajajan valitsemilla vaihteiston toimintatiloilla. WLTC-testisykliä ja vaihteensiirtostrategiaa arvioitiin maailmanlaajuisesti eri laboratorioissa. Päätelmä oli, että WLTC-testisykli kuvaa keskimääräistä henkilöautojen todellisissa ajo-olosuhteissa tapahtuvaa liikennekäyttäytymistä varsin hyvin. Lisäksi saavutettiin hyvä tasapaino todellisen ajodatan ja dynamometrissä suoritettavan testiajon välille. WLTC- ja NEDC-testisykleillä mitattujen eri polttoaineen kulutuksien välinen ero oli odotettua pienempi. Eräs selitys tälle on se, että kylmän moottorin käynnistyksen aiheuttama polttoaineen kulutuksen lisääntymisen merkitys pienenee kokonaiskulutusta laskettaessa, koska WLTC-testisyklin suoritus aika (1800 s) on suurempi kuin NEDC-syklin (1080 s). (ICCT 2013)

Testiproseduuri määrittelee testisyklin ja testausolosuhteet. Proseduurissa kuvataan, kuinka ajoneuvo ja mittalaitteet valmistellaan testausta varten. Se myös kertoo, miten testaus suoritetaan ja kuinka mittaustulokset lasketaan. WLTP-testiproseduurin kehityksen alkaessa tutkittiin ajoneuvokannan yleinen päästötilanne ja sen hetkinen voimassa ollut lainsäädäntö. Niistä saadut tutkimustulokset ohjasivat proseduurin jatkokehitystä. Kehityshankkeen alkaessa oli selvää, että pelkkä proseduurien harmonisointi ei ollut riittävää, vaan uuden kehitettävän testausproseduurin oli myös vastattava käytännössä esiintyviä ajo-olosuhteita. Tiedossa nimittäin oli, että ajoneuvojen tyyppihyväksyntätestauksissa ja käytännön ajo-olosuhteissa mitatuissa polttoaineen kulutuksissa oli eroja. Ero oli kasvanut yhä suuremmaksi vuosien aikana niin, että käytännön ajo-olosuhteissa mitatut luekemat olivat järjestelmällisesti isommat kuin laboratorio-olosuhteissa sertifioitujen kulutuslukemat. Pääasialliset syyt eroihin olivat NEDC-testiproseduurin joustavuus ja uudempien ajoneuvojen sisältämä moottoritekhnologia, joka pyrkii minimoimaan polttoaineen kulutuksen. NEDC-testiproseduurin sisältämä joustavuus sallii tyyppihyväksyntämittaustapahtuman optimoinnin, millä on merkitystä mitattuun kulutukseen. Ajoneuvojen moottorinohjausjärjestelmä toimii paremmin tarkoitustaan vastaavasti laboratorio-olosuhteissa kuin käytännön ajossa, minkä seurauksena polttoaineen kulutus pienenee. Oli siten selvää, että uuden kehitettävän testausproseduurin tuli vastata ennen kaikkea todellisia käytännössä esiintyviä ajo-olosuhteita eikä olla pelkästään teoreettinen, tarkoitusta varten tyylitelty testausproseduuri. Muita vaatimuksia kehitettävälle proseduurille olivat soveltuvuus käytännön olosuhteisiin, mittausten toistettavuus ja kustannustehokkuus. (ICCT 2013)

Marraskuussa 2013 valmistuneessa teknisessä GTR (Global Technical Regulations) -luonnostekstissä esitettiin useita parannuksia olemassa oleviin testauskäytäntöihin. Näitä olivat seuraavat jäljessä luetellut näkökulmat. (ICCT 2013)

1. Mittaukset on tehtävä uusinta teknologiaa edustavilla mittalaitteilla, jotta mittaus-tekhnologian kehityksen tuomat edut olisivat hyödynnettävissä. Tämä koskee varsinkin tyypidioksidin ja ilokaasun päästömittauksia.

2. Tiekuorman määrittämisessä on käytettävä tiukempia vaatimuksia testattavalle autolle ja sen raidelevyydelle. Tiekuorma kuvaa ajoneuvon liikettä vastustavaa kokonaiskuormaa. Tiekuorman arvoa käytetään hyväksi alustadynamometrin säätämisessä.
3. Jokaisen testausproseduurin osa-alueelle valitaan käytäntö, joka kuvaa parhaiten käytännössä esiintyviä ajo-olosuhteita. Tästä vaatimuksesta poikkeavia käytäntöjä ei valita. Poikkeuksia ovat käytännöt, jotka ei voida toteuttaa järkevästi ja jotka eivät ole toistettavia eivätkä kustannustehokkaita.
4. Hybridi- ja sähköautojen energian ja polttoaineen kulutuksen mittaukseen kehitetään uusia proseduureja. Uusien tulevaisuudessa esiteltävien teknologioiden vaikutusten arviointia kokonaiskulutukseen kehitetään. Uusia teknologioita ovat muun muassa moottorin hukkalämmön ja ajoneuvon kineettisen energian talteenotto.
5. Polttoaineen kulutuksen ja CO<sub>2</sub>-päästöjen mittaukseen vaikuttavien muuttujien arviointiin kehitetään uusia menetelmiä. Mittaustuloksiin vaikuttavia muuttujia ovat testausympäristön lämpötila, testattavan ajoneuvon massa sekä akun varaustila.

GTR-luonnostekstissä esiteltiin myös lukuisia uusia konsepteja vanhojen testausproseduureihin liittyvien käytäntöjen ja näkökulmien uudistamisen lisäksi. Konseptien tarkoitus oli saada testaustuloksista realistisempia ja objektiivisempia. Näitä olivat muun muassa seuraavat jäljessä luetellut näkökulmat. (ICCT 2013)

1. Aiemmin jokaiselle henkilöautolle määrätyn yksilöllisen CO<sub>2</sub>-päästöarvon asemesta henkilöautoille määritetään mallikohtainen CO<sub>2</sub>-päästöarvo, joka lasketaan ajoneuvon massan, vierintävastuksen ja ilmanvastuskertoimen avulla. Päästöarvon suuruuteen vaikuttavat ajoneuvon mallikohtaiset standardi- ja lisävarusteet.
2. Auton kokonaisuuden merkitystä on lisättävä polttoaineen kulutuksen mittauksissa ja päästöjen laskennassa. Auton massaa vastaavan hitausvoiman arvoa ei määritetä askeleittain taulukkojen määrittelemien arvojen mukaisesti, vaan testauksessa käytettävän simuloitun hitausvoiman on vastattava auton todellista kokonaisuutta.
3. Akun varaustilan vaihtelua testisyklin aikana valvotaan. Testisyklin aikana mitattua polttoaineen kulutusta korjataan tarvittaessa akun varaustilassa tapahtuvien muutosten mukaisesti. Akun varaustila on testisyklin alussa täysi ja se muuttuu testin loppua kohden osittain tyhjentyneeksi. Huomautuksena mainittakoon, että

NEDC-testisykli ei huomioi akun varaustilaa ollenkaan, vaan sen oletetaan olevan täysi koko testisyklin ajan.

4. Testausympäristön lämpötilana käytetään lähtökohtaisesti arvoa 23 °C. Lämpötilan vaikutus mittaustuloksiin korjataan aluekohtaisella lämpötilan korjauskertoimella, jotta mittaustulokset vastaisivat paremmin todellisia aluekohtaisesti esiintyviä kulutus- ja päästölukemia ympäristölämpötilan osalta. Ennen WLTP-mittausten käyttöönottoa kulutuksen ja päästöjen tyyppihyväksyntämittauksissa testausympäristön lämpötila sai vaihdella 20 °C – 30 °C välillä eikä aluekohtaisia ympäristölämpötilan korjauskertoimia ollut käytössä.
5. Tiekuorman määrittämiseen liittyviä vaatimuksia on parannettava.
6. Testattavan ajoneuvon rakenteineen ja varusteineen on vastattava tuotantomallia, myös rengaskoon osalta.
7. Renkaiden esikäsittelyyn liittyviä määräyksiä tiukennetaan, jotta testattava ajoneuvo vastaisi paremmin tuotantomallia. Renkaiden esikäsittelyksi lasketaan kuluspinnan ja paineiden muuttaminen sekä sisäänajo. Renkaan muotoa ei saa muuttaa eikä renkaita saa lämpökäsitellä.
8. Testattavissa autoissa sallitaan tuulenopeusmittareiden käyttö. Coast-down<sup>3</sup> –testaukseen vaikuttavan tuulen merkityksen arviointimenetelmä vaatii jatkokehitystä.
9. Jarrut tarvitsevat erikoiskäsittelyn testausta varten, jotta voitaisiin estää jarrulevyjen ja -palojen aiheuttaman laahauksen vaikutus mittaustuloksiin.
10. Testauksessa käytettävän tiemallin ominaisuuksiin kiinnitetään entistä enemmän huomiota. Tiemallin sisältämät tien kallistukset eivät saa turhaan vähentää tiekuorman vaikutusta mittaustuloksiin.
11. Testauksessa käytettävä tiekuorma lasketaan ajoneuvo kohtaisesti eikä ennalta määritettyjä taulukkoarvoja käytetä. Tiekuorman laskemista varten esitetään laskentakaavat, joiden avulla ajoneuvo kohtainen tiekuorma voidaan laskea perustuen ajoneuvon todellisiin ominaisuuksiin.
12. Moottorin tuottama hukkalämpö vähentää polttoaineen kulutusta erityisesti vesisadetestin aikana. Vaikutuksen arvioimiseksi pitää kehittää keinot. Arviointikeinojen toimivuus täytyy varmistaa käytännön olosuhteissa.

---

<sup>3</sup> Coast down –testauksessa ajoneuvon nopeuden annetaan tasaisella tieosuudella pudota vapaasti ennalta määrätystä nopeudesta pysähdyksiin asti. Sitä käytetään tie- ja tuulikuormien arviointiin.



13. Sähkö- ja hybridautot erotetaan perinteisistä autoista ainoastaan voimanlähteen osalta. Näitä autoja koskevat niiden omat erityispiirteiset testiproseduurit. Toimintamatka, energian ja polttoaineen kulutus sekä sähköauton päästöt mitataan painokertoimen mukaan kaikissa toimintatiloissa. Toimintatilat ovat täyssähkötila, varauksen ylläpitävä ja varauksen tyhjentävä toimintatila.

## 6. WLTP-MITTAUSTAVAN VAIKUTUS SUOMEN TIELIIKENTEeseen

### 6.1 Verotus

Suomessa henkilö- ja pakettiautojen verotus perustuu niiden hiilidioksidipäästöihin. Syksystä 2018 lähtien on tarjolla eri tavoin verotettavia autoja. Myynnissä on sekä NEDC-että WLTP-mittauksen mukaisesti tyyppihyväksytyjä autoja. WLTP-hyväksytyjä autoja verotetaan auton tilausajankohdasta riippuen joko uudella tai vanhalla verotaulukolla. (Veronmaksajat 2018)

NEDC-tyyppihyväksytyjen autojen verotus ei muutu. Aiemman tyyppihyväksynnän mukaiset NEDC-autot verotetaan jatkossakin nykyisellä autoverotaulukolla, joka alenee vuoden 2019 alussa nykyisen hallituskauden alussa päätetyn neljälle vuodelle jaetun portaan verran. NEDC-tilukkoa käytetään niin kauan kuin NEDC-tyyppihyväksytyjä autoja tulee ensirekisteröitäväksi. (Autoalan tiedotuskeskus 2018b)

Jotta keskimääräinen maksettava autovero ei nousisi mittaustavan muutoksen vuoksi, WLTP-tyyppihyväksytyille autoille on laadittu alemmat verotaulukot. Tavoitteena on ollut, että WLTP-autojen auto- ja ajoneuvoveron kokonaiskertymä olisi sama kuin mikä olisi saatu samasta autokannasta kerätyllä NEDC-verotaulukolla. WLTP-pohjaiseen autoverotukseen siirryttiin 1.9.2018. Muutos koskee vain WLTP-tyyppihyväksytyjä autoja. Verosta koskeva lakimuutos hyväksyttiin eduskunnassa kesäkuussa 2018. (Autoalan tiedotuskeskus 2018b)

Laissa on määritelty siirtymäaika, jonka mukaan ennen 1.9.2018 tilattujen 31.8.2018 jälkeen ensirekisteröitävien WLTP-tyyppihyväksytyjen autojen verotuksessa voidaan soveltaa joko laskennallista NEDC-päästöarvoa ja nykyistä NEDC-verotaulukkoa tai WLTP-päästöarvoa ja WLTP-pohjaista verotaulukkoa. Auton ostajan kannalta siirtymäaika on tärkeä, koska muuten joidenkin jo tilattujen autojen hinta olisi tilaus- ja toimitushetken välillä voinut kasvaa uuden päästömittauksen takia. (Autoalan tiedotuskeskus 2018b)

WLTP-menetelmän mukaisessa mittauksessa lisävarusteiden merkitys otetaan aiempaa tarkemmin huomioon hiilidioksidipäästöjä määritettäessä. Autoverotus siirtyy siten yhä selvemmin kohti autoyksilökohtaista verotusta. Autoon valittavien lisävarusteiden merkitys korostuu. NEDC-mittauksessa varusteiden vaikutusta ei ole tarvetta peilata päästötasoon, vaan hankintakustannuksiin. WLTP-mittausjärjestelmässä varusteet vaikuttavat hintaan sekä hinnan että korkeamman hiilidioksiditason tuoman korkeamman autoverotason kautta. (Autoalan tiedotuskeskus 2018b)

Ajoneuvon perusveron taso muuttuu WLTP-autoilla WLTP-päästöarvoon muuttuvaksi, mutta laki ajoneuvoverolain muutoksesta astuu voimaan vasta 1.1.2019. Koska ajoneuvoveron perusvero on päiväkohtainen ja vero kannetaan etukäteen 12 kuukauden mittaiselta ajoneuvokohtaiselta verokaudelta, uusia veroperusteita voidaan soveltaa vasta 12 kuukauden mittaisen siirtymäajan jälkeen lain voimaantulosta. Uuden verotaulukon mukaan ajoneuvoveron perusveroa sovelletaan tämän takia vasta 1.1.2020 ja sen jälkeisiltä päiviltä kannetaan veroon. (Autoalan tiedotuskeskus 2018b)

Siirtymäaikana vuoden 2020 alkuun asti WLTP-tyyppihyväksytyjen autojen ajoneuvoverotuksessa käytetään nykyistä NEDC-autoille laadittua ajoneuvoverotaulukkoa, johon sovelletaan alinta autolle ilmoitettua hiilidioksidipäästöarvoa. Ajoneuvoveron pohjana on vuoden 2020 alkuun asti WLTP-tyyppihyväksytyillä autoilla joko takaisinlaskettu NEDC-CO<sub>2</sub>-arvo tai WLTP-CO<sub>2</sub>-arvo riippuen siitä, kumpi niistä on alempi. Liikennekäytössä olevat tai käyttöönotetut autot, joille on ilmoitettu ainoastaan NEDC-mittaustavan mukainen päästötieto tai muu EU-lainsäädännön mukainen päästötieto, sekä muut ajoneuvoveron alaiset autot verotetaan jatkossakin nykyisten verotaulukoiden mukaan. (Autoalan tiedotuskeskus 2018b)

EU otti syyskuussa 2017 käyttöön liikenteessä suoritettavan RDE (Real Driving Emissions) –mittauksen, joka täydentää WLTP-mittausjärjestelmää. Se suoritetaan liikenteessä ajaen. RDE koskee aluksi ainoastaan tyypin oksidien mittausta. Sen tarkoituksena on varmistaa, että ajoneuvot ovat vähäpäästöisiä myös todellisissa liikenneolosuhteissa eikä pelkästään säännellyissä laboratorio-olosuhteissa. RDE-testiä sovelletaan uusiin tyyppihyväksyttäviin ajoneuvoihin syyskuusta 2017 lähtien ja kaikkiin ensirekisteröitäviin henkilöautoihin vuoden 2019 alusta lähtien. RDE-mittaus laajenee pakettiautojen tyyppihyväksyntään vuonna 2021 ja sitä edellytetään kaikilta uusilta ensirekisteröitäviltä pakettiautoilta vuoden 2022 alusta alkaen. RDE-testillä ei kuitenkaan ole vaikutusta ajoneuvojen verotukseen, sillä vaikka siinäkin mitataan hiilidioksidipäästöt, niitä ei käytetä tyyppihyväksynnässä raja-arvoina. (Autoalan tiedotuskeskus 2018c)

## 6.2 Vuosien 2017-2021 siirtymäajan CO<sub>2</sub>-päästöarvot

Koska EU:n autonvalmistajille asettamat sitovat hiilidioksidipäästötavoitteet koskevat vuosia 2020–2021, mittaustapojen siirtymäajalle (2017–2021) on muodostettu takaisinlaskenta, jolla mitatut WLTP-CO<sub>2</sub>-arvot voidaan muuntaa laskennallisiksi NEDC-CO<sub>2</sub>-arvoiksi. Takaisinlaskenta tehdään EU-komission laatimalla erillisellä simulointityökalulla. Takaisinlaskenta koskee ainoastaan hiilidioksidipäästöarvoja, säännellyissä päästölajeissa sovelletaan suoraan WLTP-mittaustulosta ja vallitsevia Euro 6 -päästönormeja. Laskennallinen NEDC-CO<sub>2</sub>-arvo tuotetaan simulointityökalulla WLTP-arvojen rinnalle vuoteen 2021 asti, joten siihen asti WLTP-tyyppihyväksytyille autoille on käytettävissä periaatteessa kahdet erilaiset hiilidioksidipäästöarvot. (Autoalan tiedotuskeskus 2018a)

Takaisinlaskennan tavoitteena on muodostaa NEDC-vertailukelpoinen CO<sub>2</sub>-päästötieto, jotta olisi mahdollista arvioida, saavuttavatko autonvalmistajat vuosien 2020–2021 valmistajakohtaiset hiilidioksidipäästötavoitteet. Autonvalmistajille asetettu NEDC-CO<sub>2</sub>-arvoihin perustuva vuosien 2020–2021 tavoitearvo on 95 g/km ja se koskee EU-markkinoille toimitettujen autojen keskipäästöä. EU-komissio on jo päättänyt uusista vuosia 2025 ja 2030 koskevista tavoitearvoista, jotka tullaan asettamaan WLTP-mittauksen mukaisina grammamääräisinä päästörajoina lähivuosien aikana. (Autoalan tiedotuskeskus 2018a)

Koska WLTP-mittaus poikkeaa merkittävästi NEDC-mittauksesta, laskennallisen NEDC-vertailuarvon määrittäminen ei ole täysin yksiselitteistä. WLTP ottaa huomioon muun muassa CO<sub>2</sub>-päästöihin vaikuttavat varusteet siltä osin, kun ne vaikuttavat massaun, ilmanvastukseen tai vierintävastukseen. Varusteiden vaikutusta ei voida takaisinlaskennassa kokonaan purkaa, joten laskennallinen arvo ei ajoneuvo kohtaisesti tuota samaa tulosta kuin laboratorioissa tehty NEDC-mittaus, jossa lisävarusteita ei ole tarvinnut ottaa huomioon. (Autoalan tiedotuskeskus 2018a)

Mittaustavan muutoksesta johtuen lähivuosina on samanaikaisesti käytössä kolmenlaisia kulutus- ja CO<sub>2</sub>-arvoja, joita ovat seuraavat (Autoalan tiedotuskeskus 2018a):

1. NEDC-mittaustavan mukainen CO<sub>2</sub>-arvo. Tämä laboratorio-olosuhteissa mitattu arvo on käytössä syyskuun 2018 loppuun asti niillä henkilöautoilla, jotka on tyyppihyväksytty ennen syyskuuta 2017. Se on käytössä syyskuun 2019 alkuun asti valmistussarjojen viimeisillä autoilla, joille maahantuojat voi hakea ensirekisteröintiä varten poikkeuslupaa. Erittäin vähäpäästöisillä autoilla se on voimassa vuoden 2022 loppuun asti. Vähäpäästöisyyden raja on tässä tapauksessa NEDC-mitattuna 50 g/km.
2. WLTP-mittaustavan mukainen CO<sub>2</sub>-arvo, joka on käytössä niillä automalleilla, jotka on tyyppihyväksytty syyskuun 2017 alun jälkeen. Se on käytössä kaikilla ensirekisteröitävillä autoilla syyskuun 2018 alusta lukien.
3. Laskennallinen NEDC-arvo, joka WLTP-arvosta simuloimalla laskettu NEDC-arvoa kuvaava arvo. Se on käytössä vuoden 2020 loppuun asti kaikilla WLTP-arvoilla hyväksytyillä autoilla varsinaisen WLTP-arvon rinnalla. Laskennallisen NEDC-arvon tavoitteena on muodostaa NEDC-vertailukelpoinen CO<sub>2</sub>-päästötieto, jotta olisi mahdollista arvioida, saavuttavatko autonvalmistajat vuosien 2020–2021 valmistajakohtaiset hiilidioksidipäästötavoitteet.

Päästöihin ja kulutukseen liittyvän viestinnän tulisi olla yksiselitteistä, jotta kuluttajille ei syntyisi epäselvyyttä kulutus- ja päästötasosta sekä autoveron tai ajoneuvoveron määrästä siirtymäkauden aikana käyttöönotettavilla ajoneuvoilla. Kuluttajaviestinnän kannalta tilanne on haastava erityisesti vuoden 2018 aikana, jolloin markkinoilla on paljon

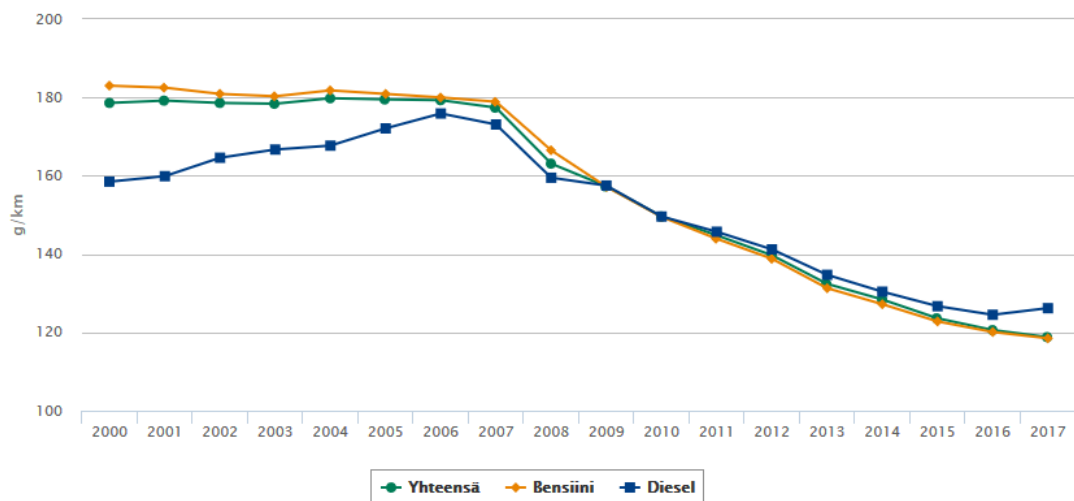
sekä vanhan NEDC-mittauksen että uuden WLTP-mittauksen mukaisesti hyväksytyjä uusia automalleja. Euroopan komissio suosittelee, että uusien autojen kuluttajainformaatiossa siirrytään käyttämään WLTP-arvoja vuoden 2019 alussa, jolloin lähes kaikilla uusilla autoilla on jo käytettävissä WLTP-arvot. Suosituksen tavoitteena on varmistaa, että erilaisilla mittaustavoilla tyyppihyväksytyjen ajoneuvojen päästöt olisivat vertailukelpoisia vuoden 2018 aikana. Kaikkien jäsenmaiden on suositeltu siirtyvän kuluttajainformaatiossa WLTP-arvoihin samanaikaisesti. (Autoalan tiedotuskeskus 2018a)

Suomessa autoverotuksessa siirrytään syyskuun 2018 alussa käyttämään WLTP-arvoa. WLTP-arvojen yhteydessä on suositeltu käytettävän merkintää "uusi mittaustapa" ja vastaavasti NEDC-arvojen yhteydessä merkintää "vanha mittaustapa", jotta eri tyyppihyväksyntäsukupolvien autojen vertailu olisi mahdollista myös siirtymäaikana. (Autoalan tiedotuskeskus 2018a)

## 7. HENKILÖAUTOJEN CO<sub>2</sub>-PÄÄSTÖJEN JA MYYNTIMÄÄRIEN VERTAILUA

### 7.1 Henkilöautojen päästöjen kehitys vuosina 2000-2017

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi kerää tietoa Suomessa uutena myytävien henkilöautojen hiilidioksidipäästöarvoista. Kuvassa 7.1 on esitetty henkilöautojen keskimääräisten CO<sub>2</sub>-arvojen muutoksen kehittyminen vuosien 2000 ja 2017 välillä. Siitä nähdään selvästi, että vuodesta 2007 lähtien sekä bensiini- että dieselhenkilöautojen keskimääräiset hiilidioksidipäästöt ovat laskeneet noin kolmanneksella. Päästöjen lasku on alkanut samaan aikaan, kun WLTP-menetelmän kehitys alkoi vuonna 2007. Vuosien 2000-2007 välisenä aikana bensiinikäyttöisten henkilöautojen päästöarvot olivat korkeammat kuin dieselkäyttöisten, mutta vuodesta 2007 lähtien ero on tasoittunut. Vuodesta 2010 lähtien dieselkäyttöisten henkilöautojen päästöt ovat kasvaneet hitaasti bensiinikäyttöisiin henkilöautoihin verrattuna. Dieselautojen keskimääräiset päästöt ovat itse asiassa kasvaneet vuosien 2016 ja 2017 välillä. Mitä ilmeisemmin WLTP-päästömittaussykli on tuottanut tyyppihyväksyntämittauksissa suurempia päästölukemia kuin vanha NEDC-mittaussykli. Syynä tähän voi olla myös vuonna 2015 paljastunut autonvalmistaja Volkswagenin dieselautojen päästöhuijaus, mikä on pakottanut viranomaiset valvomaan tyyppihyväksyntämittauksia entistä tarkemmin. Tämä on ilmeisesti johtanut siihen, että dieselhenkilöautojen päästöarvot ovat kasvaneet. Toisaalta on myös yleisesti arveltu, että moni muukin autonvalmistaja Volkswagenin lisäksi on tarkoituksellisesti pyrkinyt laittomin keinoin saamaan pienempiä päästölukemia tyyppihyväksyntämittauksissa.



*Kuva 7-1. Henkilöautojen keskimääräisten CO<sub>2</sub>-päästöarvojen muutos vuosien 2000 ja 2017 välillä. (Trafi 2017)*

Taulukossa 7.1 on esitetty kaikkien uutena Suomeen rekisteröityjen henkilöautojen keskimääräiset CO<sub>2</sub>-päästöt vuosien 2000 ja 2017 välillä. Lisäksi siinä on esitetty erikseen sekä bensiini- että dieselhenkilöautojen päästöt. Taulukko sisältää tarkat vuotuiset päästöarvot kuvassa 7.1 esitettyyn päästöarvojen muutoksen kehitykseen. Kaikki arvot ovat järjestelmällisesti laskeneet vuosien aikana. Suhteellisesti eniten on laskenut bensiinikäyttöisten henkilöautojen päästöt. Poikkeuksen tekee dieselhenkilöautot, joiden päästöt ovat hieman kasvaneet parin viime vuoden aikana.

**Taulukko 7.1. Uusien henkilöautojen keskimääräiset CO<sub>2</sub>-päästöt vuosina 2000-2017. (muokattu lähteestä Trafí 2017)**

<b>Vuosi</b>	<b>Yhteensä [g/km]</b>	<b>Bensiini [g/km]</b>	<b>Diesel [g/km]</b>
2000	178,6	183,0	158,5
2001	179,2	182,5	159,9
2002	178,6	180,9	164,6
2003	178,4	180,3	166,7
2004	179,8	181,8	167,7
2005	179,5	180,9	172,1
2006	179,3	180,0	175,9
2007	177,4	178,9	173,1
2008	163,1	166,5	159,5
2009	157,3	157,2	157,5
2010	149,6	149,5	149,6
2011	144,8	143,9	145,7
2012	139,7	138,8	141,2
2013	132,4	131,3	134,7
2014	128,4	127,2	130,4
2015	123,6	122,8	126,7
2016	120,6	120,1	124,5
2017	118,8	118,5	126,2

Taulukossa 7.2 on esitetty uusien henkilöautojen keskimääräiset kuukausittaiset CO<sub>2</sub>-päästöt tammikuun ja syyskuun välillä vuonna 2018. Taulukosta nähdään, että alkuvuonna bensiinikäyttöisten henkilöautojen keskimääräiset CO<sub>2</sub>-päästöt ovat hieman laskeneet, minkä jälkeen ne ovat lähteneet kasvuun kesän lähestyessä. CO<sub>2</sub>-päästöt ovat olleet korkeimmillaan elokuussa. Ensirekisteröityjen dieselhenkilöautojen keskimääräiset kuukausittaiset CO<sub>2</sub>-päästöt ovat kasvaneet tasaisesti maaliskuuta lukuun ottamatta. Dieselhenkilöautojen CO<sub>2</sub>-päästöt ovat olleet suurimmillaan syyskuussa. Päästöjen kasvu selittyy ensirekisteröityjen henkilöautojen määrän kasvulla.

**Taulukko 7.2. Uusien henkilöautojen keskimääräiset kuukausittaiset CO<sub>2</sub>-päästöt tammikuun ja syyskuun välillä vuonna 2018. (muokattu lähteestä Trafi 2017)**

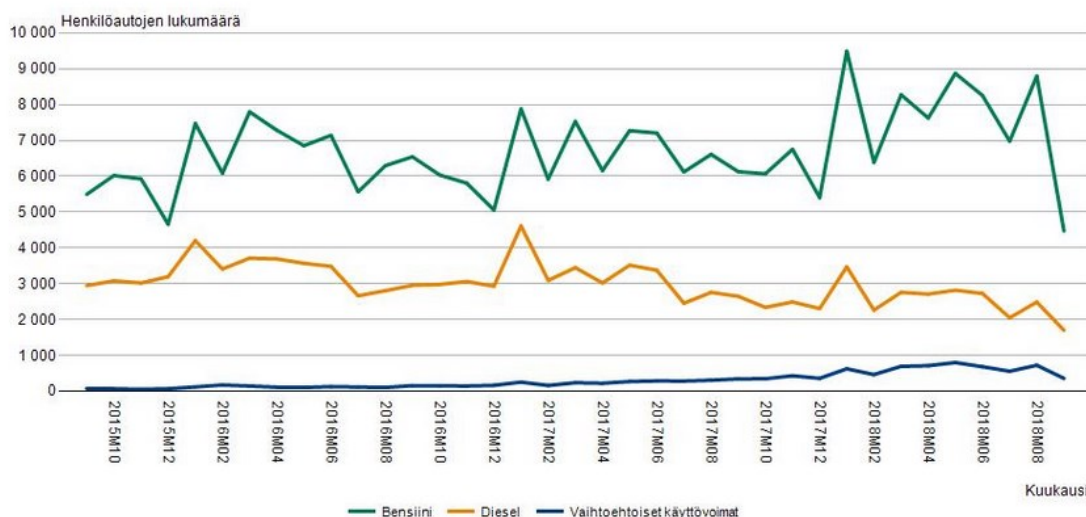
<b>Vuosi 2018</b>	<b>Yhteensä [g/km]</b>	<b>Bensiini [g/km]</b>	<b>Diesel [g/km]</b>
tammikuu	117,6	118,1	128,0
helmikuu	117,1	117,4	129,9
maaliskuu	115,2	116,3	128,7
huhtikuu	115,2	116,4	129,2
toukokuu	115,1	116,3	129,3
kesäkuu	117,1	118,0	130,0
heinäkuu	117,7	118,8	130,8
elokuu	118,6	120,3	130,8
syyskuu	118,9	120,1	131,2

## 7.2 Henkilöautojen ensirekisteröinnit käyttövoimittain

Kuvassa 7.2 on esitetty henkilöautojen ensirekisteröinnit syyskuun 2015 ja syyskuun 2018 välillä käyttövoimittain eriteltyinä. Kuvassa 7.2 ylin viiva kuvaa bensiinikäyttöisten henkilöautojen kuukausittaisten ensirekisteröintien lukumäärää, keskimäinen viiva dieselautojen kuukausittaista lukumäärää ja alin viiva vaihtoehtoisilla käyttövoimilla varustettujen autojen kuukausittaisia lukumääriä. Vaihtoehtoisilla käyttövoimilla varustetut autot ovat muita kuin puhtaita bensiini- tai dieselkäyttöisiä henkilöautoja. Näitä ovat muun muassa hybridi- ja sähköautot. Ensirekisteröintien tarkastelulla voidaan tutkia, onko uudella päästömittaustavalla ollut vaikutusta ajoneuvojen käyttövoiman valintaan.

Kuvasta 7.2 nähdään, että 3-vuotisella tarkastelujaksolla bensiinikäyttöisten henkilöautojen ensirekisteröinnit ovat kasvaneet. Uusien dieselhenkilöautojen rekisteröinnit ovat vastaavasti olleet hienoisessa laskussa. Huomattavaa on, että vaihtoehtoisilla käyttövoimilla varustettujen henkilöautojen suosio on kasvanut. Hybridi- ja sähköautojen hankkiminen on muuttunut aikaisempaa kannattavammaksi.





**Kuva 7.2. Henkilöautojen ensirekisteröinnit käyttövoimittain syyskuun 2015 ja syyskuun 2018 välillä. (Trafli 2018a)**

Taulukossa 7.3 on esitetty henkilöautojen kuukausittaisen ensirekisteröintien lukumäärä käyttövoimittain jaoteltuna syyskuun ja joulukuun 2015 välillä. Ensirekisteröintien lukumäärissä ei ole tapahtunut mitään erityisen merkittävää. Erot selittyvät lähinnä tavallisesta kausittaisesta myyntimäärien vaihtelusta.

**Taulukko 7.3. Henkilöautojen ensirekisteröinnit syyskuun ja joulukuun 2015 välisenä aikana. (muokattu lähteestä Trafli 2018a)**

Vuosi 2015	Yhteensä kpl	Bensiini kpl	Diesel kpl	Vaihtoehtoiset käyttövoimat kpl
syyskuu	8515	5493	2946	76
lokakuu	9167	6019	3076	69
marraskuu	8997	5927	3020	50
joulukuu	7925	4659	3197	69

Taulukossa 7.4 on esitetty henkilöautojen ensirekisteröinnit vuonna 2016 käyttövoimittain jaoteltuna. Alkuvuodesta on havaittavissa huippu bensiini- ja dieselautojen rekisteröinneissä. Rekisteröintien lukumäärät ovat olleet suhteellisen tasaiset, kun huomioidaan kausivaihtelut. Loppuvuotta kohden dieselautojen rekisteröinnit ovat kääntyneet hienoiseen laskuun. Hybridi- ja sähköautojen suosio on lähtenyt kasvuun loppukesästä 2016 lähtien.

**Taulukko 7.4. Henkilöautojen ensirekisteröinnit vuonna 2016. (muokattu lähteestä Trafi 2018a)**

<b>Vuosi 2016</b>	<b>Yhteensä kpl</b>	<b>Bensiini kpl</b>	<b>Diesel kpl</b>	<b>Vaihtoehtoiset käyttövoimat kpl</b>
tammikuu	11794	7471	4204	119
helmikuu	9666	6084	3409	173
maaliskuu	11654	7796	3714	144
huhtikuu	11088	7285	3691	112
toukokuu	10523	6851	3569	103
kesäkuu	10723	7141	3484	128
heinäkuu	8345	5566	2663	116
elokuu	9021	6294	2805	102
syyskuu	9651	6542	2955	154
lokakuu	9166	6035	2980	151
marraskuu	9008	5805	3059	144
joulukuu	8151	5057	2930	164

Taulukossa 7.5 on esitetty henkilöautojen ensirekisteröinnit vuonna 2017 käyttövoimittain jaoteltuna. Alkuvuodesta on jälleen havaittavissa selvä huippu bensiini- ja dieselautojen rekisteröinneissä. Loppuvuotta kohden rekisteröintien lukumäärä on tasoittunut. Dieselautojen rekisteröintien suhteellinen lasku loppuvuotta kohden on ollut suurempi kuin edellisenä vuonna 2016. Vaihtoehtoisilla käyttövoimilla varustettujen henkilöautojen suosio on kasvanut selvästi edelliseen vuoteen nähden. Merkille pantavaa on hybridi- ja sähköautojen ensirekisteröintien lukumäärän selvä nousujohteinen kasvu loppuvuotta kohden. Hybridi- ja sähköautoilla ei ole ollut yhtä voimakasta kausittaista ensirekisteröintien vaihtelua kuin bensiini- ja dieselautoilla.

**Taulukko 7.5. Henkilöautojen ensirekisteröinnit vuonna 2017. (muokattu lähteestä 2018a)**

<b>Vuosi 2017</b>	<b>Yhteensä kpl</b>	<b>Bensiini kpl</b>	<b>Diesel kpl</b>	<b>Vaihtoehtoiset käyttövoimat kpl</b>
tammikuu	12744	7877	4614	253
helmikuu	9168	5917	3092	159
maaliskuu	11214	7529	3448	237
huhtikuu	9399	6157	3021	221
toukokuu	11058	7272	3517	269
kesäkuu	10868	7205	3376	287
heinäkuu	8855	6119	2454	282
elokuu	9672	6609	2758	305
syyskuu	9118	6127	2648	343
lokakuu	8752	6067	2339	346
marraskuu	9670	6751	2490	429
joulukuu	8069	5404	2307	358

Taulukossa 7.6 on esitetty henkilöautojen kuukausittaisten ensirekisteröintien lukumäärä käyttövoimittain jaoteltuna tammikuun ja syyskuun 2018 välisenä aikana käyttövoimittain jaoteltuna. Bensiinikäyttöisiä henkilöautoja on rekisteröity enemmän kuin vastaavaan edellisvuoden ajankohtaan nähden. Dieselautojen rekisteröinti on ollut edellisen vuoden ajankohtaan nähden selvästi vähäisempää. Sähkö- ja hybridihenkilöautojen suosio on selvästi kasvanut edellisen vuoden vastaavaan ajankohtaan nähden.

**Taulukko 7.6. Henkilöautojen ensirekisteröinnit tammikuun ja syyskuun 2018 välisenä aikana. (muokattu lähteestä 2018a)**

<b>Vuosi 2018</b>	<b>Yhteensä kpl</b>	<b>Bensiini kpl</b>	<b>Diesel kpl</b>	<b>Vaihtoehtoiset käyttövoimat kpl</b>
tammikuu	13584	9489	3471	624
helmikuu	9019	6385	2261	463
maaliskuu	11723	8273	2758	692
huhtikuu	11047	7624	2710	713
toukokuu	12487	8870	2818	799
kesäkuu	11661	8251	2727	683
heinäkuu	9583	6978	2049	556
elokuu	12088	8795	2488	725
syyskuu	6528	4471	1700	357

Elokuussa 2018 rekisteröitiin 12088 kpl henkilöautoja. Se on 25 % enemmän kuin elokuussa 2017 ensirekisteröityjen henkilöautojen määrä. Kertaakaan aikaisemmin 2000-luvulla ei elokuinen rekisteröintien määrä ole ollut yhtä paljon. Syy tähän on syyskuun alussa 2018 voimaan astunut lakimuutos. Silloin siirryttiin WLTP-pohjaiseen autoverotukseen. Syyskuun 2018 alusta lähtien ensirekisteröitävien henkilöautojen ja pienten pakettiautojen tulee olla WLTP-mittauksen mukaisesti hyväksytyjä. Elokuussa 2018 on myyty poikkeuksellisen paljon NEDC-normin mukaisesti hyväksytyjä autoja, koska syyskuun 2018 alusta lähtien niitä saa myydä ainoastaan poikkeusluvalla. (Autoalan tiedotuskeskus 2018d)

Autoverotus perustuu CO<sub>2</sub>-päästöjen määrään. Koska Suomessa autojen verotus on korkea, on ollut tarpeellista sopeuttaa WLTP-hyväksytyjen autojen verotus mahdollisimman nopeasti uuteen keskimääräiseen CO<sub>2</sub>-päästötasoon. Tavoitteena on ollut, että mittaustavan muutos ei nostaisi autoveroa. Eduskunta on asettanut tavoitteekseen veroneutraaliuden. Uusien WLTP-hyväksytyjen autojen autoveroa on laskettu keskimäärin 22:lla %. Uuden verotaulukon mukainen keskimääräinen autoveron taso on samanlainen kuin aiemmassa verotaulukossa, mutta päästöjen vaikutus autoveroon vaihtelee mallikohtaisesti. Uusi verotaulukko korjaa mittaustavan muutoksen vaikutuksen tasaisesti arvoon 137 g/km asti, jonka korjaus pienenee. Autonvalmistajien julkaisemien alustavien päästötietojen perusteella verotus kasvaa eniten niillä autoilla, joiden CO<sub>2</sub>-päästöt ovat yli 150 g/km. (Autoalan tiedotuskeskus 2018d)

Uudessa autoverolaissa määritelty siirtymäaika sallii ennen syyskuun 2018 alkua tilattujen autojen verotuksen vanhan verotaulukon mukaisesti. Tämä koskee myös maahan tuojien varastossa olevia autoja. Jos siirtymäaikaa ei olisi, joidenkin tilattujen autojen hinta olisi tilaus- ja toimitushetken välillä voinut nousta uuden päästömittauksen vuoksi. Syksyn 2018 aikana autoliikkeissä on eri tavoin verotettuja uusia autoja. Myynnissä on sekä NEDC-normin että WLTP-normin mukaisesti päästömitattuja autoja. NEDC-hyväksytyjen autojen verotus ei muutu. WLTP-hyväksytyjä autoja verotetaan tilausajankohdasta riippuen joko vanhan tai uuden verotaulukon mukaisesti. (Autoalan tiedotuskeskus 2018d)

## 8. LIIKENTEEN TURVALLISUUSVIRASTON TUTKIMUKSIA

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi on tehnyt tutkimuksen ympäristöystävällisestä autoilusta vuonna 2017. Tutkimus oli seurantatutkimus vuosina 2007 – 2012 toteutetuille vastaaville hankkeille. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää suomalaisten autoiluun ja ympäristöystävällisyyteen liittyviä asenteita ja mielipiteitä. Tutkimuksen kohderyhmä koostui työikäisistä mannersuomalaisista henkilöistä, jotka olivat iältään 18-65-vuotiaita. Tutkimus toteutettiin kyselytutkimuksena ja tutkimukseen vastaajia oli hieman yli 1000 kappaletta. (Valta 2017)

Tutkimuksen mukaan autoilijat olivat sitä mieltä, että ympäristöystävällinen liikkuminen tulisi ensisijaisesti ottaa huomioon autojen myyntihinnassa. Suositujia tapoja edistää autoilun ympäristöystävällisyyttä olivat julkisen liikenteen tukeminen, taloudellinen ajotapa ja biopolttoaineiden käyttö. Hinnalla on merkittävä vaikutus autoilijoiden kiinnostukseen alkaa käyttää yhä enemmän biopolttoaineita. (Valta 2017)

Julkista liikenteen tukemista suosivat erityisesti nuoret, naiset ja pienituloiset henkilöt. Ajoneuvoveron porrastus sai kannatusta varsinkin yli 50-vuotiaiden henkilöiden keskuudessa. Tietullien käyttöönotosta on viime vuosien aikana keskusteltu julkisuudessa eräänä keinona parantaa teiden rakentamisen ja ylläpidon rahoitusvajetta, mutta se saa tutkimuksen mukaan yhtä vähän kannatusta kaikissa tutkituissa väestöryhmissä. (Valta 2017)

Noin puolet tutkimukseen osallistuneista henkilöstä piti ympäristöystävällisen auton hiilidioksidipäästöjen rajana 150 g/km. Autojen päästömääriä ja ympäristöystävällisyyttä koskevat arviot ovat pysyneet lähes muuttumattomina edellisen tutkimuksen ajankohtaan vuoteen 2012 nähden. Ajotavalla arvioidaan olevan suurempi merkitys polttoaineen kulutukseen ja päästöihin kuin aikaisemmin. Kiinnostus ajotavan muuttamiseksi entistä taloudellisemmaksi on kasvanut. Autoilun vähentäminen ja joukkoliikennepalveluiden käyttö olivat suositumpia kuin vuonna 2012. (Valta 2017)

Asenteessa joukkoliikennettä kohtaan on tapahtunut muutos. Se on parantunut. Joka neljäs kyselyyn vastanneista ilmoitti, ettei mistään hinnasta siirtyisi joukkoliikennepalveluiden käyttäjäksi. Vuonna 2012 kolmannes vastaajista oli samaa mieltä. Julkisen liikenteen käytön suurimmiksi esteiksi koettiin liikenteen aikataulut ja hinnat. Työaikojen alkamis- ja päättymisaikojen vaikutus joukkoliikennepalveluihin käyttämättä jättämiseen on pienentynyt aiempaan verrattuna. (Valta 2017)

Noin kolmannes tutkimukseen vastanneista oli harkinnut ympäristöystävällisemmän auton hankintaa. Vuonna 2012 ympäristöystävällisemmän auton hankintaa oli harkinnut

vain noin joka kymmenes tutkimukseen vastanneista. Toisaalta joka kymmenes vastanneista oli sitä mieltä, että ympäristöystävällisemmän auton hinnan pitäisi olla alempi kuin vastaavan muun auton, jotta he voisivat harkita hankintaa. (Valta 2017)

Sellainen ajoneuvoveron määrä, missä autoilijat alkavat harkita yksityisautoilusta luopumista, on hieman laskenut vuoteen 2012 nähden. Tutkimukseen osallistuneista autoilijoista yli puolet (53 %) oli valmiita maksamaan vuotuista ajoneuvoveroa yli 500 € ennen kuin edes harkitsevat autoilusta luopumista. Miehet ovat valmiita maksamaan korkeampia veroluonteisia maksuja kuin naiset. Yksityisautoiluun vaikuttavassa ajoneuvoveron määrässä on ero sukupuoliin nähden. 31 % miehistä olisi valmis maksamaan yli 1000 € vuodessa ajoneuvoveroa ennen kuin luopuisi yksityisautoilusta. Naisista vain 22 % olisi valmiita maksamaan tämän summan. (Valta 2017)

Tutkimuksen mukaan polttoaineen pitäisi maksaa vähintään 2,26 €/l, jotta autoilijat alkaisivat vähentää yksityisautoiluaan. Vuonna 2012 vastaava hinta oli 2,70 €/l. Yksityisautoilua vähentävä polttoaineen litrahinta on laskenut 44 senttiä vuoteen 2012 verrattuna. Ajosuoritetta kasvattava polttoaineen litrahinta olisi 0,99 €. Ajosuoritetta kasvattava litrahinta oli 1,37 € vuonna 2012. Ajosuoritetta kasvattava litrahinta on siten laskenut 38 senttiä viidessä vuodessa. (Valta 2017)

Vastaajat pitivät polttoaineen sopivana hintana 1,14 €/l. Vuonna 2012 se oli 1,23 €/l. Dieselin sopivana hintana pidettiin 0,99 €/l. Vuonna 2012 kyselyyn vastanneet pitivät sopivana dieselin hintana 1,15 €/l. Sekä bensiinin että dieselin sopivana pidetyt hinnat ovat laskeneet jonkin verran. (Valta 2017)

Kyselytutkimuksiin vastanneiden keskimääräinen työmatkan pituus oli laskenut. Vuonna 2012 keskimääräinen työmatkan pituus oli 34,9 km. Vuonna 2017 tehdyssä tutkimuksessa se oli 29,3 km. Autoilevien henkilöiden vuotuisessa ajosuoritteen määrässä on havaittavissa vastaavanlainen muutos. Ajosuoritteen määrä on laskenut vuosien 2012 ja 2017 välisenä aikana. Dieselautojen osuus Suomen henkilöautokannasta on vähentynyt. Vuonna 2017 hieman yli neljännes Suomeen rekisteröidyistä henkilöautoista oli dieselkäyttöisiä. Tutkimukseen vastanneiden subjektiivisesti arvioima keskimääräinen polttoaineen kulutus oli 6,5 l/100 km, mikä oli pienempi kuin vuonna 2012 tehdyssä vastaavassa tutkimuksessa. (Valta 2017)

Joukkoliikenteen käytössä on tapahtunut muutos. Se on hieman lisääntynyt vuoteen 2012 verrattuna. Tutkimukseen vastanneista enemmistö omisti autonsa kokonaan. (Valta 2017)

Tutkimusten mukaan hinta on tärkein auton valintaan liittyvä asia. Hinnan merkitys kasvoi vuosien 2010 ja 2012 tehtyjen tutkimusten välillä. Vuonna 2017 tehtyyn tutkimukseen vastanneista 40 % uskoo hinnan olevan tärkein tekijä auton valinnassa. Seuraavaksi tärkeimmät valintakriteerit ovat merkki ja malli. Yllättäen polttoaineen kulutuksen merkitys auton valintatekijänä on laskenut seurantatutkimuksia tehtyjen vuosien aikana. Tämä

vahvistaa yleistä käsitystä siitä, että kuluttajille eri automerkeistä ja malleista muodostuneilla mielikuvilla on erityisen vahva merkitys autoa hankittaessa. Toisaalta myös autonvalmistajien itsestään ja tuotteistaan antamalla kuvalla, imagolla, on vahva vaikutus auton hankintaan. (Valta 2017)

Tutkimuksen mukaan miehillä korostui auton valinnassa naisia enemmän ulkonäkö ja varustelutaso. Naiset pitivät auton turvallisuutta merkittävämpänä tekijänä. 18-34-vuotiaiden ikäryhmässä tärkein auton valintaan vaikuttava tekijä oli hinta, mutta myös auton ulkonäöllä oli painoarvoa. Turvallisuus korostui yli 60-vuotiaiden ikäryhmässä. Sen lisäksi myös auton merkki ja malli kiinnostivat. Yksin asuvat ja suurperheet korostivat auton valinnassa keskimääräistä enemmän auton hintaa. Auton koko ja sisätilat ovat valintatilanteessa sitä merkittävämmässä roolissa mitä enemmän talouteen kuuluu perheenjäseniä. (Valta 2017)

Autoilun arvioidut kustannukset veroja lukuun ottamatta ovat laskeneet vuoteen 2012 nähden. Tutkimukseen vastanneiden keskimääräinen polttoainekustannus oli 167 € kuukaudessa, mikä oli 39 € suurempi kuin vuonna 2012. Vastaajat pitivät sopivana pidettyä polttoaineen hintaa ja niin sanottua kipurajahintaa pienempinä kuin edellisessä vuonna 2012 tehdyssä tutkimuksessa. Sama asia todettiin myös autoiluun liittyvissä vakuutusmaksuissa. (Valta 2017)

Vastaajien arvioit maksetuista autoiluun liittyvistä veroista ja käsitys sopivasta verojen määrästä ovat nousseet. Myös arviot maksimiveroista ovat nousseet. Ne ovat suuremmat kuin vuonna 2012. Auton hankintaa liittyviä osamaksuja ollaan valmiita maksamaan hieman vähemmän kuin aikaisemmin. Myös vastaajien arviot maksetuista osamaksuista ovat laskeneet. Näiden asioiden perusteella voitaneen todeta, että vastaajat ovat ilmeisen halukkaita hankkimaan aikaisempaa halvempia autoja. Vastaajien arvioimat auton huoltojen ja varaosien todelliset ja sopivana pidetyt kulut ovat pienentyneet, mutta huoltojen ja varaosien maksimihinnat arvioidaan aikaisempaa korkeimmiksi. Uudempi ajoneuvotekniikka on vähentänyt huoltojen tarvetta ja sitä kautta huoltojen kokonaiskustannuksia, mutta auton yllättävä vikaantuminen voi aiheuttaa huomattavan suuren kuluerän, mihin ei välttämättä osata varautua. (Valta 2017)

Tutkimukseen vastanneet henkilöt pitävät autojen mainonnassa tärkeimpänä tekijänä hintaa. Hinnan merkitys on pysynyt käytännössä samana kuin edellisessä vuonna 2012 tehdyssä seurantatutkimuksessa. Mainonnan yhteydessä esitellyillä auton suorituskyvyllä, ympäristöystävällisyydellä päästöarvoineen, varustelutasolla sekä koolla ja tiloilla ei olekaan kuluttajille suurta merkitystä, vaikka autonvalmistajat mitä ilmeisimmin haluaisivat asian olevan niin. (Valta 2017)

Automainonnassa hiilidioksidipäästöjä kuvaava CO<sub>2</sub>-arvo ei lyhenteenä tuo mieleen vähäpäästöisyyttä kuin vajaalle kolmannekselle vastaajista. Vielä harvemmalle vastaajalle se tuo mieleen ympäristöystävällisyyden. Kuitenkin vuonna 2012 tehtyyn tutkimukseen

verrattuna CO<sub>2</sub>-lyhenteen merkitys autoilijoille on parantunut huomattavasti. (Valta 2017)

Ympäristöystävällisyyttä mainostaneiden automerkkien muistaminen tutkimuksiin vastanneiden keskuudessa on edelleen vähentynyt. Vuonna 2017 tehdyssä tutkimuksessa vain 17 % vastaajista muisti minkäänlaista mainontaa. Kymmenesosa vastaajista muisti yhden ympäristöystävällisyyttä mainostaneen automerkin. Ainoastaan 7 % vastaajista muisti useamman automerkin, joka korostaa ympäristöystävällisyyttä mainonnassaan. Tutkimuksen mukaan vastaajat toivovat automainonnassa korostettavan erityisesti auton hintaa. (Valta 2017)

Neljännes vastaajista oli käyttänyt kimppakyytiä työmatkoihinsa. Kymmenesosa harkitsee käyttävänsä kimppakyytiä. Puolet vastaajista oli sitä mieltä, että he eivät tule käyttämään kimppakyytiä. (Valta 2017)

Vain 2 % tutkimukseen vastanneista oli käyttänyt yhteiskäyttöautopalveluja, vaikka puolet tutkimukseen vastanneista oli siitä tietoisia. Ainoastaan 3 % vastanneista olisi valmis liittämään autonsa kyseiseen palveluun. Tutkimuksen mukaan pääasiallinen este palveluun liittymiselle on se, että se ei ole taloudellisesti kannattavaa. Viidennes vastanneista ilmoitti, että he voisivat liittyä palvelun käyttäjäksi, jos se oli taloudellisessa mielessä kannattavaa. (Valta 2017)



## 9. YHTEENVETO

Ennen työn soveltavan osan aloitusta oli yhteydessä Autoalan Tiedotuskeskuksen henkilökuntaan. Tiedustelin, olisiko heillä ollut tilastoihin perustuvaa tietoa WLTP-menetelmän käyttöön oton vaikutuksesta henkilöautojen autokauppaan. Vastaukseksi sain, että koska WLTP-menetelmä on ollut käytössä vasta lyhyen ajan verran, ei tietoa ole saatavilla. Koska en saanut apua Autoalan Tiedotuskeskukselta opinnäytteen tekoa varten, turvauduin Internetistä yleisesti saatavilla olevaan materiaaliin.

Maailmanlaajuinen ilmasto lämpenee. Käynnissä oleva ihmiskunnan aiheuttama ilmastomuutos johtuu pääasiassa fossiilisten polttoaineiden käytössä vapautuvasta hiilidioksidista ja muista kasvihuonekaasupäästöistä. EU:n tulee vähentää kasvihuonekaasupäästöjä vähintään 40:lla % vuoteen 2030 mennessä. EU:n alueella tieliikenne aiheuttaa noin neljänneksen ja Suomessa noin viidenneksen kaikista kasvihuonepäästöistä. Kansallisen energia- ja ilmastostrategian mukaan liikenteen aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä on vähennettävä 50 % vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 2005 päästötasoon. Päästöjen vähennystoimenpiteet kohdistetaan erityisesti tieliikenteeseen. CO<sub>2</sub>-päästöjen määrä on suoraan verrannollinen käytetyn polttoaineen määrään ja laatuun. Fossiilisten polttoaineiden kulutuksen vähentäminen on keskeinen keino liikenteen CO<sub>2</sub>-päästöjen vähentämiseksi. Eräs keino tämän toteuttamiseksi on autokannan uusiutuminen. (Liikennejärjestelmä 2018)

WLTP-menetelmän kehitys ja käyttöönotto ovat liikenteen aiheuttamien kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen tähtääviä toimenpiteitä. Ne ohjaavat autonvalmistajia tuomaan markkinoille entistä vähäpäästöisempiä ajoneuvoja. WLTP-mittausmenetelmän tarkoitus on mitata realistisia todellisessa liikenteessä syntyviä päästöjä. Se tuottaa keskimäärin 20 % – 30 % suuremmat CO<sub>2</sub>-päästölukemat kuin NEDC-mittausmenetelmä (Motiva 2018). NEDC-testisykli on alun perin kehitetty ajoneuvovariaatioiden vertailuun eikä sen tuottamien kulutus- ja päästölukemien ole ollut tarkoitus kuvata tarkasti liikenteessä syntyviä päästöjä. Vuonna 1992 päivitetyn NEDC-mittausjärjestelmän tavoitteena oli mitata ensisijaisesti epätäydellisen palamisprosessin tuloksena syntyvien säänneltyjen pakokaasupäästöjen määrää laboratorio-olosuhteissa. CO<sub>2</sub>-päästöjen mittaaminen ja dokumentointi on lisätty NEDC-testisykliin 2000-luvulla (Autoalan tiedotuskeskus 2018c).

Suomessa sekä useimmissa muissa EU-maissa ajoneuvon verotus perustuu CO<sub>2</sub>-päästöihin, jotka mitataan tyyppihyväksyntätestauksessa. Vaikka WLTP-mittausjärjestelmä tuottaakin suurempia päästölukemia kuin vanhempi NEDC-mittausjärjestelmä, WLTP-mittausjärjestelmän ei ole tarkoitus lisätä kuluttajille ajoneuvon omistamisesta aiheutuvia veroluonteisia kustannuksia (Trafi 2018b). WLTP-mittausjärjestelmän tarkoitus on ohjata kuluttajia valitsemaan vähäpäästöisen ja ympäristöystävällisen ajoneuvon. Ajoneuvon ympäristöystävällisyyttä kuvaavan CO<sub>2</sub>-päästömerkinnän merkitystä pitäisi korostaa

enemmän ostotilanteessa. Samalla pitäisi myös korostaa, että vaikka uuden ympäristöystävällisen ajoneuvon hankintahinta voi olla kalliimpi kuin vanhempaa teknologiaa edustavan ajoneuvon, ympäristöystävällisen ajoneuvon pitkän aikavälin kokonaiskustannukset hankintahinta mukaan luettuna jäävät todennäköisesti pienemmiksi kuin vanhempaa teknologiaa edustavan suuripäästöisen ajoneuvon kustannukset. Tietoa ympäristöystävällisestä autoilusta pitäisi lisätä ja sen pitäisi olla entistä helpommin saatavilla mahdollisimman suurelle joukolle eri ikäisiä ja eri taustaisia henkilöitä. Jaettavan tiedon pitäisi olla selkokielistä, jotta mahdollisimman moni eri koulutus- ja sosiaalisen taustan omaava henkilö ymmärtäisi sen.

WLTP-menetelmän käyttöönotto ensirekisteröitäville henkilöautoille syyskuun 2018 alussa lisäsi bensiini- ja dieselkäyttöisten henkilöautojen kauppaa. Elokuussa 2018 saavutettiin myytyjen henkilöautojen lukumäärässä kuukausikohtainen ennätys, mikä selittyy NEDC-mittausmenetelmällä tyyppihyväksytyjen henkilöautojen keskimääräistä suuremmalla myyntiosuudella. Syynä tähän voitaneen pitää toisaalta autoliikkeiden halun tyhjentää varastot vanhoista NEDC-tyypihyväksytyistä autoista sekä kuluttajien, auton ostajien, kokeman epävarmuuden WLTP-mittausjärjestelmää kohtaan. Ennen syyskuun 2018 alkua oli ilmeisen kannattavaa hankkia uusi NEDC-tyypihyväksytty paljon lisävarusteita sisältävä henkilöauto- tai kevyt pakettiauto, jonka lähtömyyntihinta ilman lisävarusteita oli suhteellisen korkea. Paljon lisävarusteita sisältävän ajoneuvon myyntihinta noussee myöhemmässä vaiheessa. Samoin myös vuotuinen autovero noussee. Todennäköisesti myytyjen henkilöautojen määrässä tapahtuu notkahdus loppuvuonna 2018. Myytyjen henkilöautojen määrä palautunee normaalille tasolle viimeistään siinä vaiheessa, kun uusien autojen NEDC-mittaustavan mukaisesta CO<sub>2</sub>-päästöarvosta luovutaan syyskuun 2019 alussa.

Seurantatutkimuksen samasta aihepiiristä voisi toteuttaa kyselytutkimuksena muutaman vuoden päästä. Tutkimuksessa voisi kartoittaa, miten henkilöautojen myynti lähti kehittymään, kun WLTP-menetelmä otettiin käyttöön. Samalla voisi tehdä tutkia, miten kuluttajien asenne ja tietämys ympäristöystävällisestä autoilusta ovat muuttuneet. Tutkimuksessa voisi myös selvittää, onko WLTP-menetelmä vaikuttanut kuluttajien autovalintoihin ja jos on, niin miten.

## LÄHTEET

Academia (2018). Introduction to Three-Way Catalytic Converter (TWC) system. Saatavissa: [http://www.academia.edu/15705380/Introduction\\_to\\_Three-Way\\_Catalytic\\_Converter\\_TWC\\_system](http://www.academia.edu/15705380/Introduction_to_Three-Way_Catalytic_Converter_TWC_system)

Autoalan tiedotuskeskus (2018a). [WWW]. Miten päästöarvot muuttuvat? Saatavissa: [http://www.aut.fi/ymparisto/autojen\\_paastot\\_ja\\_niiden\\_mittaus/wltp-mittaus/miten\\_paastoarvot\\_muuttuvat](http://www.aut.fi/ymparisto/autojen_paastot_ja_niiden_mittaus/wltp-mittaus/miten_paastoarvot_muuttuvat)

Autoalan tiedotuskeskus (2018b). Miten verotus muuttuu? [WWW]. Saatavissa: [http://www.aut.fi/ymparisto/autojen\\_paastot\\_ja\\_niiden\\_mittaus/wltp-mittaus/miten\\_verotus\\_muuttuu](http://www.aut.fi/ymparisto/autojen_paastot_ja_niiden_mittaus/wltp-mittaus/miten_verotus_muuttuu)

Autoalan tiedotuskeskus (2018c). WLTP-mittaus [WWW]. Saatavissa: [http://www.aut.fi/ymparisto/autojen\\_paastot\\_ja\\_niiden\\_mittaus/wltp-mittaus](http://www.aut.fi/ymparisto/autojen_paastot_ja_niiden_mittaus/wltp-mittaus)

Autoalan tiedotuskeskus (2018d). Tiedotteet, Henkilöautojen rekisteröinneissä ennätysellinen elokuva [WWW]. Saatavissa: [http://www.aut.fi/ajankohtaista/tiedotteet/henkiloautojen\\_rekisteroinneissa\\_ennatysellinen\\_elokuva.2000.news](http://www.aut.fi/ajankohtaista/tiedotteet/henkiloautojen_rekisteroinneissa_ennatysellinen_elokuva.2000.news)

Autotuojat- ja teollisuus (2018). Euro-päästöluokat. [WWW]. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava\\_liikenne\\_ja\\_liikkuminen/nain\\_liikut\\_viisaasti/valitse\\_auto\\_viisaasti/henkiloautojen\\_paastomaaraykset](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/nain_liikut_viisaasti/valitse_auto_viisaasti/henkiloautojen_paastomaaraykset)

DieselNet (2017). Miller Cycle Engines. [WWW]. Saatavissa: [https://www.dieselnets.com/tech/engine\\_miller-cycle.php](https://www.dieselnets.com/tech/engine_miller-cycle.php)

European Environment Agency EEA (2016). Explaining road transport emissions, A non-technical guide. Saatavissa: <https://www.eea.europa.eu/publications/explaining-road-transport-emissions>

International Council on Clean Transportation ICCT (2013). World-Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure (WLTP), Policy Update, November 2013. Saatavissa: [https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT\\_PolicyUpdate\\_WLTP\\_Nov2013.pdf](https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_PolicyUpdate_WLTP_Nov2013.pdf)

International Council on Clean Transportation ICCT (2014). The WLTP: How a new test procedure for cars will affect fuel consumption values in the EU, Working paper 2014-9, October 2014. Saatavissa: [https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT\\_WLTP\\_EffectEU\\_20141029\\_0.pdf](https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_WLTP_EffectEU_20141029_0.pdf)

International Council on Clean Transportation ICCT (2016). 2020-2030 CO<sub>2</sub> standards for new cars and light commercial vehicles in the European Union, Briefing, November 2016. Saatavissa: [https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT\\_EU-CO2-stds\\_2020-30\\_brief\\_nov2016.pdf](https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_EU-CO2-stds_2020-30_brief_nov2016.pdf)

Liikennejärjestelmä (2018). Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt [WWW]. Saatavissa: <http://liikennejarjestelma.fi/ymparisto/paastot-ilmaan/liikenteen-kasvihuonekaasupaastot/>

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi (2017). Ensirekisteröityjen henkilöautojen keskimääräiset CO<sub>2</sub>-päästöt käyttövoimittain. [WWW]. Saatavissa: [https://www.trafi.fi/tietopalvelut/tilastot/tieliikenne/ensirekisteroinnit/ensirekisterointien\\_paastotilastot](https://www.trafi.fi/tietopalvelut/tilastot/tieliikenne/ensirekisteroinnit/ensirekisterointien_paastotilastot)

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi (2018a). Henkilöautojen ensirekisteröinnit käyttövoimittain. [WWW]. Saatavissa: [https://www.trafi.fi/tietopalvelut/tilastot/tieliikenne/ensirekisteroinnit/ensirekisterointien\\_kayttovoimatilastot](https://www.trafi.fi/tietopalvelut/tilastot/tieliikenne/ensirekisteroinnit/ensirekisterointien_kayttovoimatilastot)

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi (2018b). Usein kysyttyä, Tieliikenne – WLTP [WWW]. Saatavissa: [https://www.trafi.fi/tietopalvelut/usein\\_kysyttya/tieliikenne\\_-\\_wltpl](https://www.trafi.fi/tietopalvelut/usein_kysyttya/tieliikenne_-_wltpl)

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi (2018c). Autojen päästömittaus muuttuu [WWW]. Saatavissa: <https://www.trafi.fi/tieliikenne/wltpl-paastomittaus>

Motiva (2018). Henkilöautojen päästömääräykset. [WWW]. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava\\_liikenne\\_ja\\_liikkuminen/nain\\_liikut\\_viisaasti/valitse\\_auto\\_viisaasti/henkiloautojen\\_paastomaaraykset](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/nain_liikut_viisaasti/valitse_auto_viisaasti/henkiloautojen_paastomaaraykset)

Plotkin S. (2007). Examining fuel economy and carbon standards for light vehicles, Discussion paper No. 2007-1, December 2007. Organization for economic co-operation and development, International transport forum. Saatavissa: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/235707302115.pdf?expires=1539605757&id=id&acc-name=guest&checksum=754B21EBE588BA8863677E187327DD89>

Valta K. (2017). Tutkimus ympäristöystävällisestä autoilusta. Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi. Saatavissa: [https://www.trafi.fi/tietopalvelut/julkaisut/2017\\_tutkimukset/tutkimus\\_ymparistoystavallisesta\\_autoilusta](https://www.trafi.fi/tietopalvelut/julkaisut/2017_tutkimukset/tutkimus_ymparistoystavallisesta_autoilusta)

Veronmaksajat (2018). Autovero [WWW]. Saatavissa: <https://www.veronmaksajat.fi/Asunto-ja-auto/Autovero/>