

Opinnäytetyö
Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma, insinööri (AMK)
Autotekniikka
Joulukuu 2015

Rauli Sillanpää

VIKATILAN VAIKUTUS DIESELAUTOJEN HIUKKASPÄÄSTÖÖN

– OBD-merkkivalon merkitys dieselautoissa



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Auto- ja kuljetustekniikka | Autotekniikka

Joulukuu 2015 | Sivumäärä 36 + 4 liitesivua

Ohjaaja: Markku Ikonen

Rauli Sillanpää

VIKATILAN VAIKUTUS DIESELAUTOJEN HIUKKASPÄÄSTÖÖN – OBD-merkkivalon merkitys dieselautoissa

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia vikatilän vaikutusta dieselautojen määräaikaikatsastuksessa mitattaviin hiukkaspäästöihin. Samalla tutkitaan, onko katsastuspäästömittauksen tekeminen tarpeellista dieselautoihin, joissa on OBD-järjestelmä, jos merkkivalo ei pala. OBD eli On Board Diagnostics -järjestelmä seuraa auton sähköisten toimilaitteiden ja ohjainlaitteiden tilaa ja vikatilanteessa sytyttää merkkivalon (moottorin vikavalon) tiedoksi kuljettajalle tai tallentaa vikakoodin järjestelmämuistiin vian ollessa hetkellinen.

Mittaukset suoritettiin kahdella eri mittalaitteella, joista toinen on käytössä määräaikaikatsastuksen päästömittauksessa (opasiteettimittaus) ja toinen on kehitteillä oleva mittausmenetelmä, joka perustuu valon siroutumiseen ja josta käytetään nimitystä massavirtamittaus. Ensimmäinen ja viimeinen päästömittaus tehtiin auton ollessa ehjä. Niiden välissä vikatilassa tehtyjen päästömittausten ehtona oli OBD-merkkivalon palaminen.

Mittauksia tehtiin yhteensä 12 eri dieselautoon, jotka oli rekisteröity vuosien 2003 ja 2013 välisenä aikana. Eri autoista otettiin eri määrä mittauksia simuloitun vian ollessa päällä, riippuen siitä, kuinka monta vikaa oli mahdollista simuloida. Yhteensä päästömittauksia tehtiin 106, eli 53 kummallakin mittausmenetelmällä. Lisäksi kirjattiin OBD-testin tulokset niistä päästömittauksista, jotka tehtiin vikatila päällä. Näitä oli yhteensä 31 kappaletta ja ne olisivat olleet hylkäysperuste määräaikaikatsastuksessa.

Tulosten perusteella on tehtävissä johtopäätöksiä vikatilän vaikutuksesta hiukkaspäästöihin. Näiden tulosten perusteella lähes poikkeuksetta vikatilän vaikutus hiukkaspäästöihin oli olematon tai vähentävä.

Opinnäytetyö tehtiin Liikenteen turvallisuusvirasto Trafín toimeksiannosta VTT:n koordinoiman TransSmart -tutkimusohjelman kanavoimalla rahoituksella.

ASIASANAT:

OBD, moottorin vikavalon, hiukkaspäästömittaus, opasiteetti, massavirtamittaus

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Automotive and Transportation Engineering | Automotive Engineering

December 2015 | Total number of pages 36 + 4 pages of appendices

Instructor: Markku Ikonen

Rauli Sillanpää

INFLUENCE OF ENGINE FAULTS ON DIESEL CAR PARTICULATE EMISSIONS – Significance of the OBD Light

The aim of this bachelor's thesis is to find out how engine faults effect diesel car particulate emissions, which are measured in annual technical inspection. Another target of the research was to find out if emission measurement is necessary, if the car is equipped with an OBD-system and the malfunction indicator light is not illuminated. The OBD (On Board Diagnostics) system takes care of the car's electrical actuators and control modules and turns on the Check Engine light if something is wrong and saves the fault code in the memory, if the fault is only temporary.

The measurements were performed with two different methods, opacity measurement, which is used in annual technical inspection and with a method based on light shattering, also known as mass flow measurement. The first and last measurements were done without faults. Between those measurements, when the fault was on, the OBD-signal light had to be illuminated.

The research covered 12 cars, which were registered between 2003 and 2013. Different amounts of measurements were carried out for each car, because it was not possible to simulate the same amount of engine faults in every car. The total number of emission measurements was 106, which means 53 measurements with both measurement methods. Additionally, the OBD test results were recorded for every simulated fault. The total number of OBD tests was 31, and every one of them would be a reason for failing in the annual technical inspection.

Based on the results, it is possible to see how engine faults effect the particulate emissions. Almost without exceptions, the influence of engine faults on particulate emissions was nonexistent or diminishing.

This work was commissioned by the Finnish Transport Safety Agency (Trafi) and it was funded by TransSmart research programme, coordinated by VTT Technical Research Centre of Finland.

KEYWORDS:

OBD, engine fault light, particulate emission measurement, opacity, mass flow measurement.

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	5
2. HIUKKASPÄÄSTÖJEN VAIKUTUS JA NIIDEN MITTAUS	7
2.1 Hiukkaspäästöjen vaikutus	7
2.2 Hiukkaspäästöjen mittaus dieselautoista	8
2.2.1 Opasiteettimittaus	8
2.2.2 Massavirtamittaus	9
3. MITTAUKSIEN SUORITTAMINEN	10
3.1 Mittaustulosten kerääminen	10
3.2 Mittausmenetelmä	10
4. MITTAUSTULOKSET	15
4.1 Euro 3 -päästötason autot	15
4.2 Euro 4 -päästötason autot	16
4.3 Euro 5 -päästötason autot	22
5. TULOSTEN KÄSITTELY JA PÄÄTELMÄT	32
5.1 Tulosten käsittely	32
5.2 Päätelmät	33
6. YHTEENVETO	35
LÄHTEET	36
LIITTEET	37
Liite 1. Virallisen päästömittauksen tuloste	37
Liite 2. Virallisen OBD-testin tuloste	38
Liite 3. Mittaustulokset	39

1. JOHDANTO

Ajoneuvoille on asetettu tiettyjä vaatimuksia päästöjen määrän ja laadun suhteen ympäristö- ja terveyshaittojen vähentämiseksi. Dieselkäyttöisten henkilö- ja pakettiautojen liikenteeseen hyväksymisen ehtoihin kuuluu, että niiden moottorit täyttävät näkyvän savutuksen osalta asetetut vaatimukset. Dieselkäyttöisten henkilö- ja pakettiautojen pakokaasupäästöjen käytönaikainen valvonta tehdään mittaamalla pakokaasun sameus moottoria vapaasti ryntäytettäessä. Päästömittaus on vuosikatsastuksen hyväksymisen ehto ja se suoritetaan katsastustoimipaikalla tai enintään kolme kuukautta ennen katsastusta muualla Ajoneuvohallintokeskukselle (nykyisin Trafi) ilmoitetulla tarkastuspaikalla. (Paavola 2002, 15.)

Päästömittaus suoritetaan 1980 tai sen jälkeen käyttöönotettuihin dieselautoihin. Dieselautosta mitataan määräaikaikatsastuksessa savutusarvo (k-arvo).

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää vikatilän vaikutus dieselautojen päästöihin ja onko savutusarvon mittaus tarpeellista, jos OBD-merkkivalo eli moottorin vikavalon ei pala. Moottorin vikavalon palaminen on hylkäysperuste dieselautojen määräaikaikatsastuksessa, sen sijaan vikakoodien tallentumisella ei ole vaikutusta dieseliin määräaikaikatsastukseen, koska niihin ei OBD-testiä tehdä. Ottomoottorilla varustettujen M1- ja N1-luokan autoissa (henkilö- ja pakettiautot) OBD-testi on pakollinen, jos auto on otettu käyttöön 1.1.2001 tai myöhemmin (A-Katsastus 2015).

OBD-järjestelmä on auton sisäinen valvontajärjestelmä, joka seuraa ohjainlaitteiden tilaa ja niiden kautta kaikkien eri toimilaitteiden tilaa. OBD-järjestelmään jää aina jälki viasta, vaikka se olisi ollut vain hetkellinenkin. Tässä työssä tehtyjen päästömittausten osalta vaadittiin, että vikatila päällä mitattaessa moottorin vikavalon tuli palaa. Jokaisesta päästömittauksesta, joka tehtiin simuloitu vika päällä, tarkastettiin myös OBD-järjestelmän vikakoodit ja otettiin tuloste, joista nähtiin, mikä vika on ollut päällä mitausta suoritettaessa.

Nykyisin OBD-järjestelmä on suunniteltu seuraamaan erityisesti päästöihin ja liikenneturvallisuuteen vaikuttavia toimi- ja ohjainlaitteita. Lisäksi uusien autojen OBD-järjestelmät seuraavat nykyisin jopa auton valojen toimintaa ja saattavat ilmoittaa suoraan, mikä polttimo ajoneuvosta ei toimi. OBD-järjestelmän paras puoli on siinä, että sen perusteella päästään kiinni vianaiheuttajaan. OBD-lukija kiinnitetään ajoneuvoon, joka tarkistaa vikamuistin ja antaa sen perusteella vikakohteista koodin sekä kertoo missä vika on ja mihin se viittaa. OBD-järjestelmän avulla pystytään tekemään myös paljon toimilaitetestejä ja tämän avulla määrittämään hankalia vikoja helpommin.

Opinnäytetyössä hiukkaspäästömittaukset suoritettiin kahdella eri mittalaitteella, määräaikaikaskatsuksessa käytettävällä opasiteettimittarilla ja valon siroutumiseen perustuvalla mittausmenetelmällä, josta käytämme nimitystä massavirtamittaus. Massavirtamittauksen mittaustulos voidaan ilmoittaa joko k-arvona tai hiukkasten massavirta-arvona.

Mittausmenetelmien mittaustuloseroja ovat tutkineet tarkemmin vanhemmat opiskelijakollegat Pekka Lesonen ja Mikko Pakarinen opinnäytetöissään. Lesonen tutki Euro 5- ja Euro 6-, Pakarinen Euro 3- ja Euro 4 -päästöluokan autojen mittaustuloseroja näiden kahden mittalaitteen välillä. Tässä tutkimuksessa käytettiin molempia mittalaitteita tarkempien mittaustulosten saamiseksi, koska opasiteettimittauksen tarkkuus on heikko verrattuna nykyaikaisten dieselautojen pieniin hiukkaspäästömääriin.

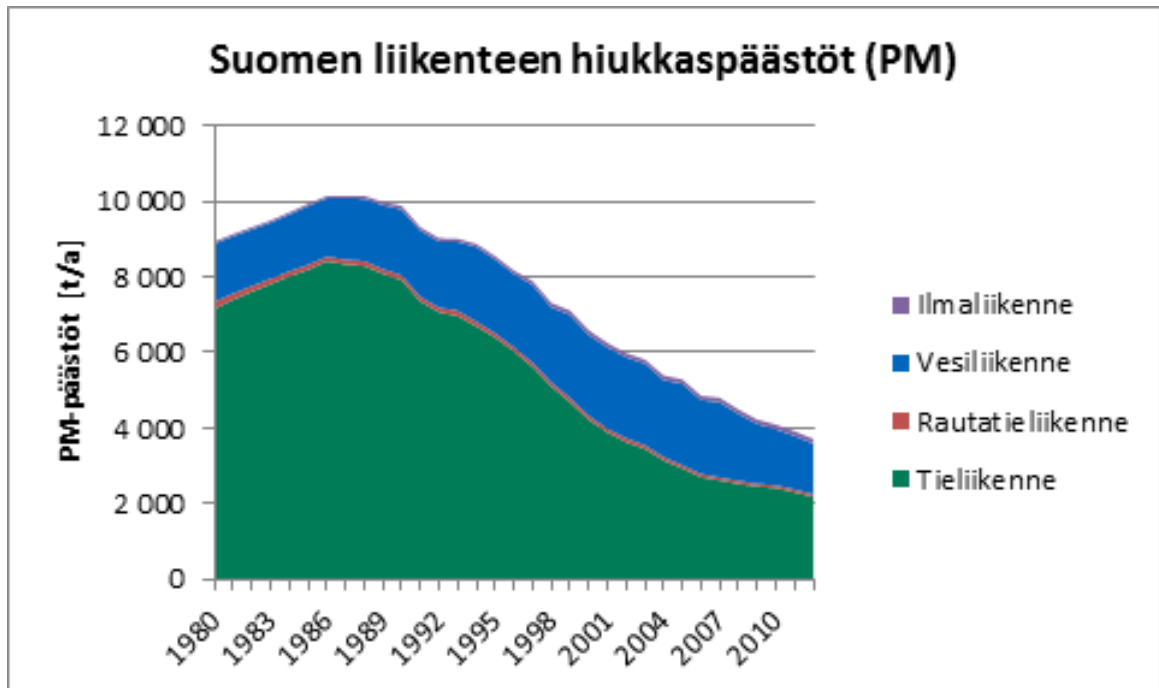
2. HIUKKASPÄÄSTÖJEN VAIKUTUS JA NIIDEN MITTAUS

2.1 Hiukkaspäästöjen vaikutus

Halkaisijaltaan alle 10 mikrometrin (μm) hiukkasia kutsutaan hengitettäviksi hiukkasiksi (PM10 eli Particulate Matter <10). Hiukkaset ovat valtaosin vaaratonta pölyä tai merisuolaa, mutta niihin voi olla sitoutuneena myös haitallisia raskasmetalleja tai orgaanisia yhdisteitä. Pienen kokonsa vuoksi tämän kokoiset hiukkaset kulkeutuvat hengitysilman mukana ihmisen keuhkoputkiin asti. Pienhiukkaset ovat terveyden kannalta kaikkein vaarallisimpia, koska ne kulkeutuvat hengitysilman mukana syväälle hengitystiehyisiin. Pienhiukkasiksi kutsutaan halkaisijaltaan alle 2.5 mikrometrin (μm) hiukkasia (PM2.5). (Trafikverket 2014.)

Ulkoilman epäpuhtaudet aiheuttavat merkittäviä terveyshaittoja erityisesti lapsille, vanhuksille ja hengityselin- ja sydänsairaille. Suomessa kuolee liikenneonnettomuuksissa vuosittain alle 400 ihmistä, mutta arvioiden mukaan jopa 1300 ihmistä kuolee ennen aikaisesta ilmassa olevien epäpuhtauksien vuoksi. Lisäksi ilman epäpuhtaudet aiheuttavat noin 30 000 henkilöllä astmaoireiden pahentumista ja 30 000-40 000 lasten hengitystieinfektiota. (Tilastokeskus 2008.)

Suomen liikenteen hiukkaspäästöjen kehitys, sisältäen kansainvälisen liikenteen päästöt Suomen talousalueella, on esitetty kuviossa 1.



Kuvio 1. Suomen liikenteen hiukaspäästöt vuosina 1980 – 2012.

Tieliikenteen hiukaspäästöt ovat erityisen vaarallisia siksi, että autot vapauttavat päästöt juuri katutasoon, jossa ihmiset liikkuvat. Dieselmotorilla varustetut autot eivät ole ainoa hiukaspäästöjen aiheuttaja tieliikenteessä, vaan hiukkasia syntyy myös suorasuihkutteisista bensiinimotoreista.

2.2 Hiukaspäästöjen mittaaminen dieselautoista

2.2.1 Opasiteettimittaus

Opasiteettimittaus on tällä hetkellä virallinen mittaustapa, jota käytetään määräaikaikatsastuksen päästömittauksessa.

Opasiteettimittauksen toimintaperiaate perustuu valon absorboitumiseen. Mitä enemmän valoa pakokaasu absorboi, sitä suurempi on k-arvo. Mittausmenetelmässä pakoputkeen työnnetty sonda ottaa pakokaasusta näytteen, jonka katsotaan edustavan pakokaasua keskimäärin. Näyte johdetaan putken avulla savutuskammioon, jossa pakokaasun valonläpäisy mitataan. Sondin näytteenotto-putken poikkipinta-ala on oltava vähintään 0,05-kertainen pakoputken poikkipinta-alaan nähden. (Paavola 2002, 31.)

Hiukkasten lisäksi opasiteettimittauksen tulokseen voi vaikuttaa myös esimerkiksi valkea savu, jota voi syntyä, kun moottori on ollut pitkään tyhjäkäynnillä. Valkea savu on vaaraton kemiallinen yhdistelmä hiilivetyjä, vesihöyryä ja typpimonoksidia, jota muodostuu kylmän katalysaattorin lämmetessä nopeasti. Savu on valoa absorboivaa, joten se vaikuttaa mittaustulokseen, kuten tekee myös moottorin voiteluöljyn palaessa syntyvä sininen savukin. (Paavola 2002, 46.)

Opasiteettimittauksella on mahdollista saada hylätty tulos, vaikka hiukkaspäästöt eivät ylittäisi raja-arvoa, koska tällä mittausten menetelmällä ei voida erotella valonläpäisyyn vaikuttavia tekijöitä (Lesonen 2015).

2.2.2 Massavirtamittaus

Smoke 2000 -massavirtakammiolla suoritettavat mittaukset vaativat rinnalleen perinteistä opasiteettimenetelmää, joka ohjeistaa mittaustapahtuman kulkua. Näin esimerkiksi ryntäytyskierrosluvun määrittäminen ja pyörintänopeuden tasaus tapahtuvat hyväksytysti. Massavirtamittari piirtää näyttöpäätteelle diagrammia k-arvon muutoksesta ajan funktiona. Sen ohjelma ei ohjeista mitenkään mittaustapahtumaa, eikä huomioi moottorin pyörimisnopeutta. (Pakarinen 2015.) Varsinainen mittaustapahtuma tehtiin virallisen mittausohjelman ohjeiden mukaisesti ja tuloksia verrattiin myöhemmin opasiteettikammion tulokseen.

Mittaustapahtuma käynnistettiin opasiteettimittauksen kanssa samaan aikaan ja tallennus pysäytettiin, kun virallisen opasiteettimittauksen tuloskin tallennetaan. Massavirtamittauksen Smoke 2000 -mittalaitteella oli oma ohjelma, joka vain tallensi pakokaasujen laskennallisen massavirran sadasosasekunnin välein. Jokaisessa massavirtamittauksen tuloksessa oli siis mukana myös ryntäytyskierrosluvun määrittäminen ja mittausryntäytys. Tulokset tallennettiin Excel-tiedostona, josta päästömittauksen k-arvo (mittauspiikin korkein arvo) poimittiin myöhemmän ryntäytyksen kohdalta, mikä vastaa opasiteettimenetelmän virallista mittaustulosta.

3. MITTAUKSIEN SUORITTAMINEN

3.1 Mittaustulosten kerääminen

Opinnäytetyön mittaukset suoritettiin vuoden 2015 kesä- ja heinäkuun aikana Turun ammattikorkeakoulun autolaboratoriossa. Mittausolosuhteet ja lämpötila olivat lähes samanlaiset, koska mittaukset suoritettiin sisällä. Mitattuja autoja oli kaiken kaikkiaan 12 ja tulosten lukumäärä vaihteli sen mukaan, miten autoon sai simuloitua vikatilaa päälle. Yhteensä mittaustuloksia tuli 106 kappaletta eli molemmilla mittausmenetelmillä 53 kappaletta. Lisäksi saatiin 31 OBD-testin tulosta, yksi jokaisesta mittauksesta, joka suoritettiin vikatila päällä.

3.2 Mittausmenetelmä

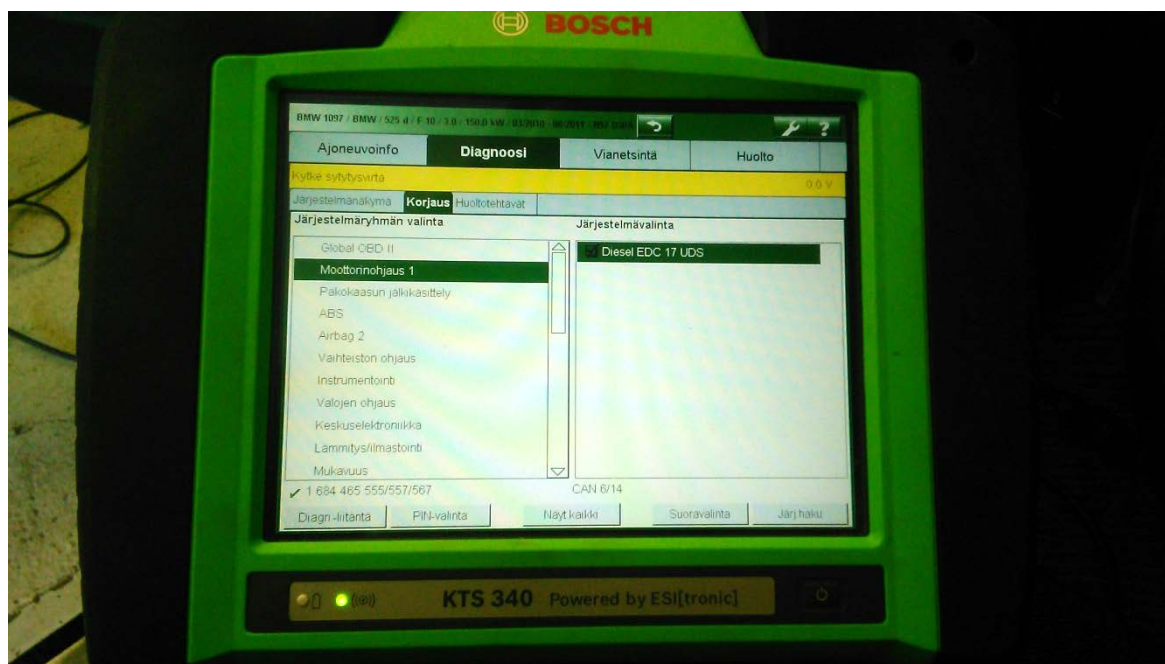
Jokainen ajoneuvo oli autoliikkeen vaihtoauto ja niillä suoritettiin samanlainen ajo ennen mittauksien aloittamista.

Opinnäytetyössä käytettiin mittalaitteina AVL DISMOKE HEAT 480 -opasiteettimittaria (kuva 1), sarjanumero 637, tunnistenumero B07339. Opasiteettimittari oli kalibroitu kesäkuussa 2014 ja kalibroitiin mittausten aikana heinäkuussa 2015. Toinen mittalaite oli AVL DITEST SMOKE 2000 -massavirtamittari (kuva 1), joka on vasta koekäytössä oleva prototyyppi, eikä sillä ole tunnistetietoja.



Kuva 1. AVL DISMOKE HEAT 480 -opasiteettimittari edessä ja AVL DITEST SMOKE 2000 -mittalaitte takana.

Mittausten aluksi tarkastettiin, ettei autossa ole OBD-vikakoodeja. Käytössä oli kaksi eri Boschin valmistamaa testerää vikakoodien lukemiseen ja poistoon, molemmat olivat Esitronic 2.0 -ohjelmaa hyödyntäviä. Testerit olivat Bosch DCU 130, jonka lisäosana KTS 540 ja toinen Bosch KTS 340 (kuva 2). Lisäksi yhden auton (Toyota Corolla, VOI-354) kohdalla käytettiin mittalaitetta Toyota Intelligent Tester II.



Kuva 2. Bosch KTS 340.

Kuvassa 2 on näkymä testerin ohjelmasta. Molemmat testerit KTS 340 ja KTS 540 pohjautuivat samaan ohjelmaan (Esitronic 2.0), joten molemmissa on sama näkymä näytössä. Kuvassa näkyvästä valikosta pystytään suoravalinnalla tutki-
maan auton yksittäisiä ohjainlaitteita ja niiden ohjaamien toimilaitteiden arvoja.

Mitatuissa autoissa moottorin jäähdytysnesteen lämpötila oli aina normaalissa käyttilämpötilassa mittaustilanteessa. Itse mittaukset aloitettiin vikamuistin tarkistuksen jälkeen seuraavassa järjestyksessä:

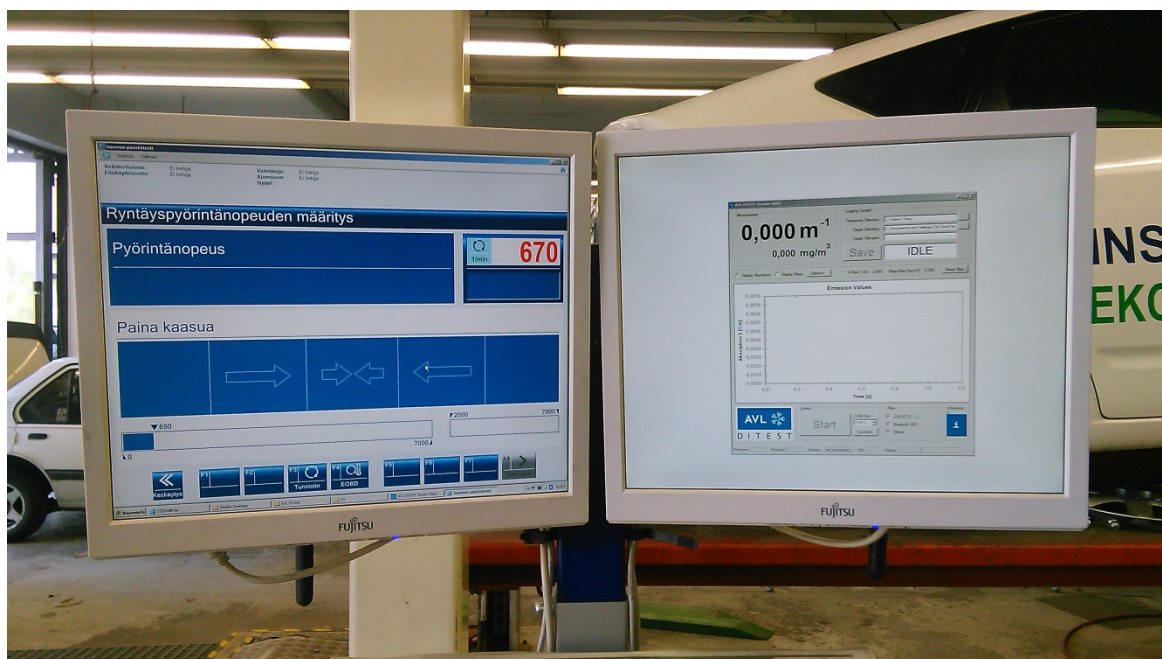
1. Alussa tehtiin päästömittaus ajoneuvon ollessa ehjä ja ei OBD-vika-koodeja (jäljempänä "ehjäalku").
2. Ajoneuvon simuloitiin jokin vikatila päälle irrottamalla antureiden liittimiä tai muita asennuksia, jotka estivät tietyn toimilaitteen toiminnan. Vikasimulaatiossa oli edellytyksenä moottorin vikavalon syttyminen.
3. Suoritettiin päästömittaus molemmilla mittalaitteilla ja OBD-testi, sen jälkeen vikamuisti tyhjennettiin ja simuloitiin seuraava vika. Kohdat 2. ja 3. toistettiin simuloitavissa olleiden vikojen mukaan.
4. Lopuksi tehtiin päästömittaus ajoneuvon ollessa ehjä ja ei OBD-vikakoodeja, jotta saatiin vertailutulos ensimmäiseen mittaukseen (jäljempänä "ehjäloppu").

Mittaukset suoritettiin molemmilla mittalaitteilla samaan aikaan (molemmat näytteenotto-sondit samassa pakoputkessa, kuva 3) virallisen opasiteettimittarin ohjeiden mukaisesti, koska massavirtamittarin ohjelma tallentaa pakokaasun laskennallisen massavirtatiedon aina sadasosasekunnin välein, eikä siinä ole erillistä ohjeistusta mittausten suorittamiseen (kuva 4).

Moottorin pyörintänopeus (kuva 4) saatiin kaikissa ajoneuvossa OBD-pistokkeen kautta. Samaan aikaan tehdyn mittauksen avulla myös eliminointiin mahdolliset virheet, joita olisi saattanut ilmetä, jos mittaukset olisi suoritettu kahdella mittalaitteella erikseen.



Kuva 3. Mittaustilanne.



Kuva 4. Opasiteetti- ja massavirtamittarin mittausohjelmat.

Kuvassa 4 vasemmalla on opasiteettimittarin ohjelma, jossa mittauksen suorittamisen ohjeet ja moottorin pyörintänopeus. Oikealla on massavirtamittauksen ohjelma, jossa vaaka-akselilla aika ja pystyakselilla pakokaasun laskennallinen massavirtatieto.

Mittaus suoritettiin virallisen ohjeen mukaisesti (TRAFI/33622/03.02.03.03/2010), jossa kuormittamaton moottori ryntäytetään joutokäyntikierröksiltä polttoaineen ruiskutuksen katkaisupisteen kierroksille asti, vaihteen ollessa vapaalla ja kytkimen kytkettynä.

Päästömittauksen alussa suoritetaan ruiskutuksen katkaisupisteen kierrosten määräys siten, että ohjelma käskee milloin painaa kaasu pohjaan ja milloin päästää kaasupoljin. Tämän jälkeen määritetään auton joutokäyntikierrokset antamalla sen käydä vähintään kymmenen sekuntia joutokäyntiä. Kierroslukujen määrittämisen jälkeen suoritetaan vasta itse päästömittaus ryntäyttämällä moottori joutokäynniltä polttoaineen ruiskutuksen katkaisupisteeseen asti ohjelman ohjeiden mukaisesti.

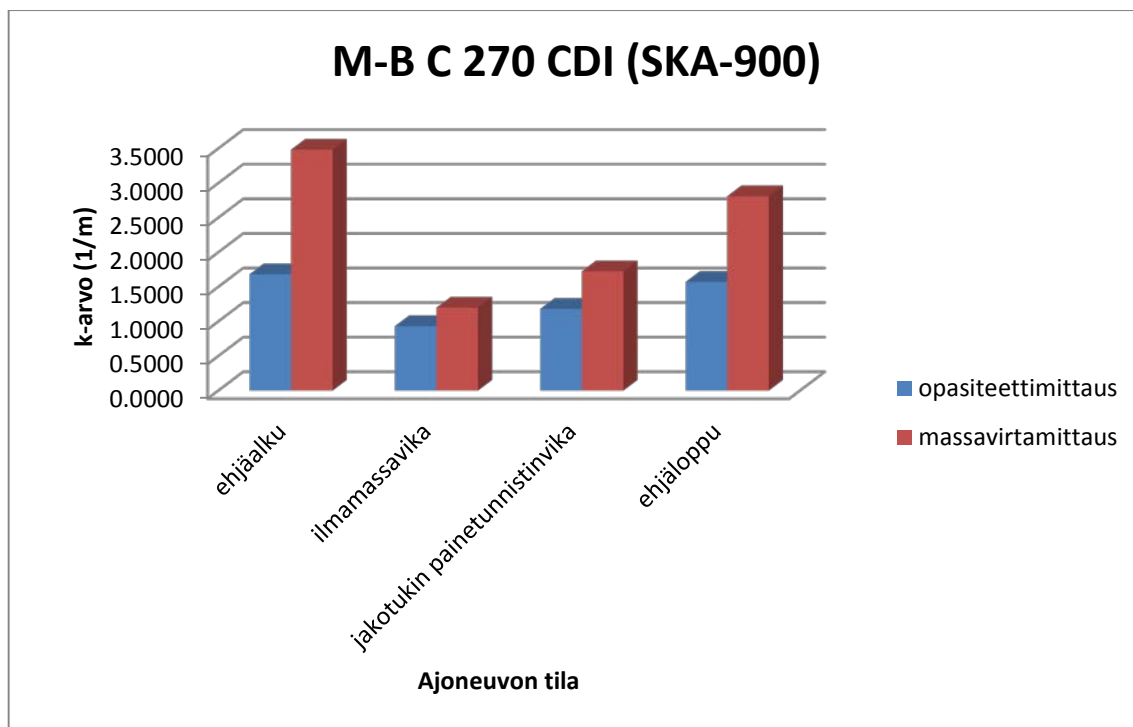
Massavirtamittalaitteen tuloksista haettiin itse myöhemmän ryntäytyksen huippuarvo (vastaa virallisen mittauksen mittaustulosta), koska se ei erottele kierrostenmääritys- ja mittausryntäytystä toisistaan.

4. MITTAUSTULOKSET

4.1 Euro 3 -päästötason autot

Mercedes-Benz C 270 CDI, moottori 2.7-litrainen turbodiesel ja vm. 2003.

Rekisterinumero SKA-900 ja valmistenumero WDB2032161F494129. Auto kuuluu Euro 3 -päästöluokkaan eikä ole varustettu hiukkassuodattimella. Mittarilukema 187321 km. Mittaustulokset on esitetty kuviossa 2.



Kuvio 2. Mittaustulokset, vaaka-akselilla ajoneuvon mittauksen aikainen tila ja pystyakselilla k-arvo (1/m).

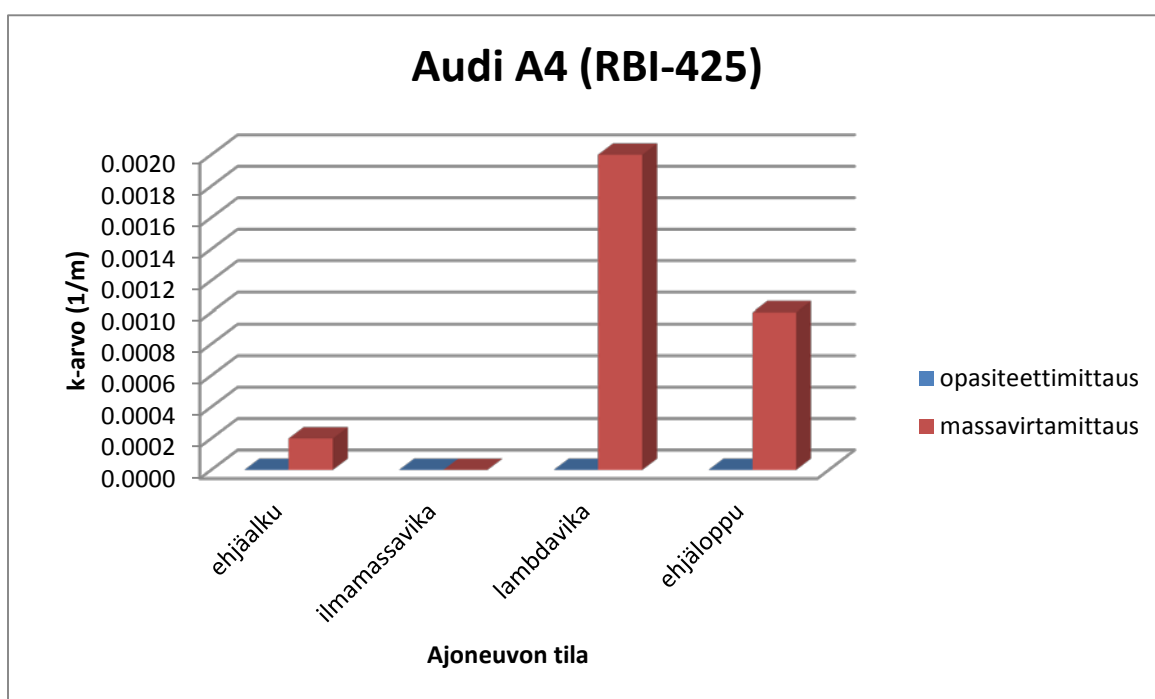
Vikojen päälle saanti oli hankalaa, eikä auto käynnistynyt nokka-akselin asentoanturi tai jakotukin paineensäätöventtiilin liittimen ollessa irti ja auto sammui, jos liitin otettiin irti käydessä.

Ryntäytyksiä suoritettaessa moottorinohjaus katkaisi polttoaineen ruiskutuksen 4800 1/min kohdalla ajoneuvon ollessa ehjä ja vikatila päällä polttoaineen ruiskutus katkaistiin 3000 1/min kohdalla. Vikakoodit: P0102 - Ilmamäärän- tai ilmassavirtamittari: Signaali liian alhainen ja P0193 - Polttonesteen painetunnistin jakotukissa: Signaali liian korkea.

Mittaustuloksien perusteella vikatila laskee hiukkaspäästöjä ja molempien mittalaitteiden tulokset tukevat tätä. Tuloksia katsottaessa on myös hyvä huomata ensimmäisen mittauksen ylittäneen suurimman sallitun k-arvon, joka on 3,0 1/m.

4.2 Euro 4 -päästötason autot

Audi A4, moottori 2.0-litrainen turbodiesel ja vm. 2008. Rekisterinumero RBI-425 ja valmistenumero WAUZZZ8KX9A076983. Auto kuuluu Euro 4 -päästöluokan ajoneuvoihin ja on varustettu hiukkassuodattimella. Mittarilukema 161711 km. Mittaustulokset on esitetty kuviossa 3.



Kuvio 3. Mittaustulokset, vaaka-akselilla ajoneuvon mittauksen aikainen tila ja pystyakselilla k-arvo (1/m).

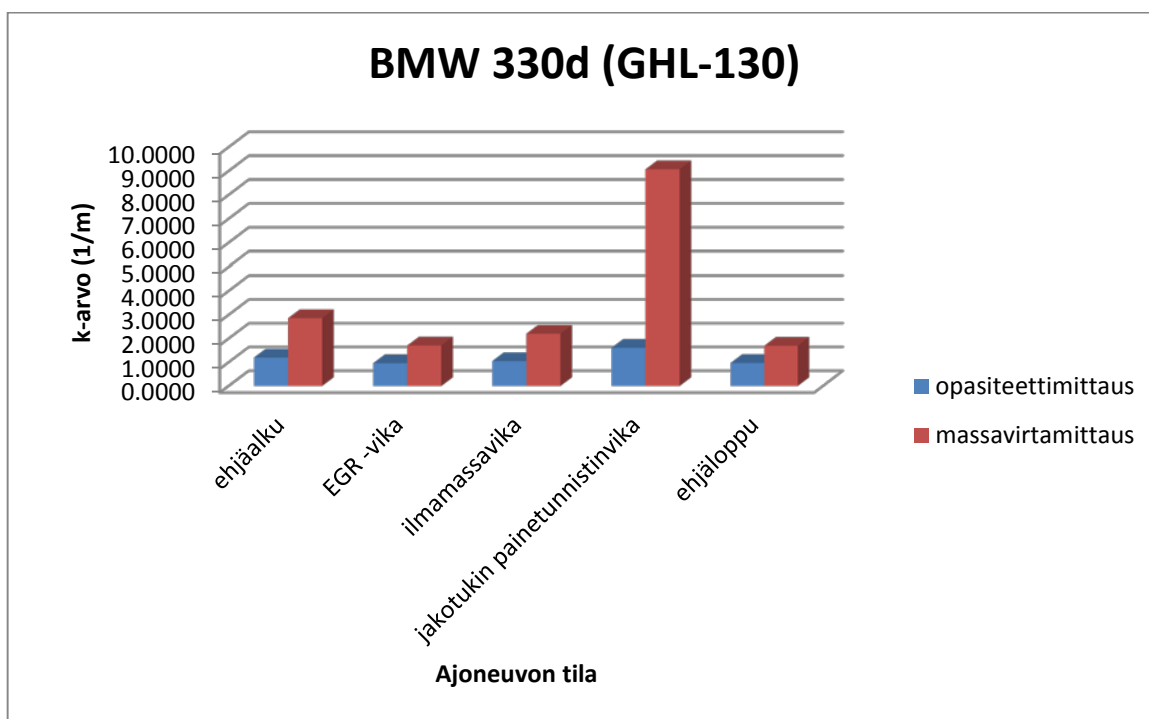
Vikatilojen päälle saanti Audin kohdalla oli helppoa, mutta vikakohteita oli vähän tarjolla. Ilmamassa- ja lambda-anturin liittimen irti ottaminen oli helposti tehtävissä. Tämän jälkeen tarvittiin vain auton uudelleen käynnistys kaksi kertaa, jolloin ohjainlaite oli tehnyt tarvittavat tarkistussyklit ja vikavalo syytyi.

Ryntäytyksiä suoritettaessa moottorinohjaus katkaisi polttoaineen ruiskutuksen 2600 1/min kohdalla. Vikakoodit: P0102 - Ilmamäärän- tai ilmamassanmittari: Signaali liian alhainen ja P0135 - Lambdatunnistin lämmityspiiri (lohko 1, tunnistin

1). Esimerkkinä virallisen päästömittauksen tuloste (Liite 1) ja OBD-testin tuloste (Liite 2).

Mittaustuloksissa opasiteettimittaus antoi vain nollaa k-arvoksi. Massavirtamittauksen osalta on havaittavissa vaihtelua, vaihtelu kuitenkin suurimmillaan k-arvona 0,0020 1/m, joka lukemana on hyvin pieni. Diagrammin mitta-asteikon suuruus on hämäävä, koska esimerkiksi lambdavian ollessa päällä pylväs on selvästi korkeampi, mutta lukuarvo kuitenkin alle 0,0020 1/m. Todella pienistä eroista tulosten lukuarvojen välillä voidaan sanoa, että vikatilalla ei ole vaikutusta hiukkaspäästöihin.

BMW 330d, moottori 3.0-litrainen turbodiesel ja vm. 2003. Rekisterinumero GHL-130 ja valmistenumero WBAED91020FM72630. Auto kuuluu Euro 4 -päästöluokkaan ja ei ole varustettu hiukkassuodattimella. Mittarilukema 265827 km. Mittaustulokset on esitetty kuviossa 4.



Kuvio 4. Mittaustulokset, vaaka-akselilla ajoneuvon mittauksen aikainen tila ja pystyakselilla k-arvo (1/m).

Vikojen simulointi oli hankalaa tämän auton kohdalla, koska useat uudelleen käynnistämiset ja moottorin kuormitus eivät vaikuttaneet vikavalon syttymiseen. Tietoa autosta oli sen verran, että siihen olisi asennettu ”lastu” eli ahtopaineita

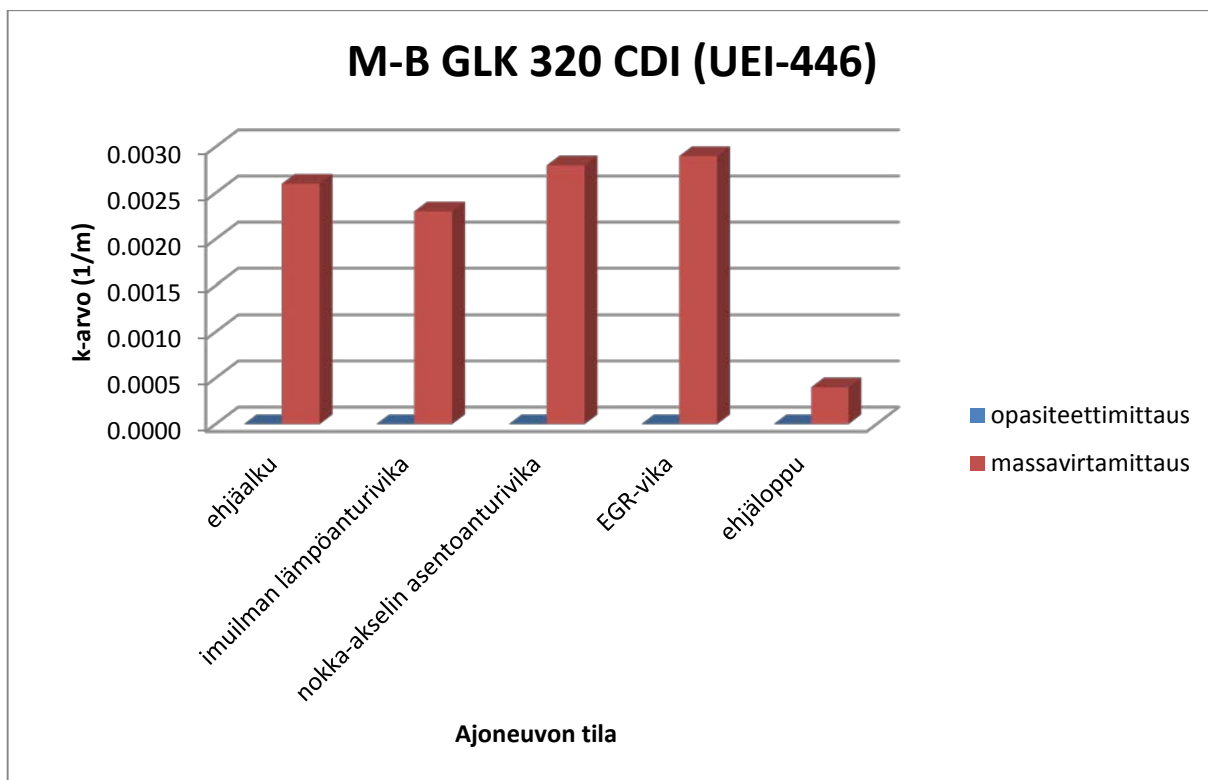
nostettu ja polttoaineen syöttöä lisätty. Tämä näkyi selvänä mustana savuna, joka on palamatonta polttoainetta.

Ryhtäytyksiä suoritettaessa moottorinohjaus katkaisi polttoaineen ruiskutuksen 4000 1/min kohdalla. Vikakoodit: P0401 - Pakokaasujen takaisinkiertämys: Määrä liian alhainen, P010 - Ilmamäärän- tai ilmamassanmittari: Ohjearvoalueen ulkopuolella, P0193 - Polttonesteen painetunnistin jakoputkessa: Signaali liian korkea ja P0001 – Polttonestemääränsäädin: Ohjauspiiri auki.

Mittaustuloksista havaitaan ensimmäiseksi massavirtamittauksen suuremmat tulokset kuin opasiteettimittauksessa. Opasiteettimittauksen mukaan auton päästöt olivat sallitun rajan (1,5 1/m) alapuolella kaikkien muiden vikojen kohdalla paitsi jakotukin paineanturin ollessa irti ja massavirtamittauksen perusteella yläpuolella, jolloin katsastuspäätös olisi hylätty.

Polttoaineen jakotukin anturin ollessa irti massavirtamittauksen perusteella hiukkaspäästöt olisivat nousseet räjähdysmäisesti, mutta opasiteettimittauksen tulos tukee tätä päätelmää huonosti. Tämän suuren eron vuoksi otettiin toinen päästömittaus ja siinä ero oli tasoittunut, mutta silti sallitun rajan (1,5 1/m) yläpuolella. Polttoaineen jakotukin anturin ollessa irti auto ei myöskään käynyt normaalisti, jonka vuoksi hiukkaspäästöjen nousu on ymmärrettävää.

Mercedes-Benz GLK 320 CDI, moottori 3.0-litrainen turbodiesel ja vm. 2008. Rekisterinumero UEI-446 ja valmistenumero WDC2049831F274308. Auto kuuluu Euro 4 -päästöluokkaan ja on varustettu hiukkassuodattimella. Mittarilukema 110368 km. Mittaustulokset on esitetty kuviossa 5.



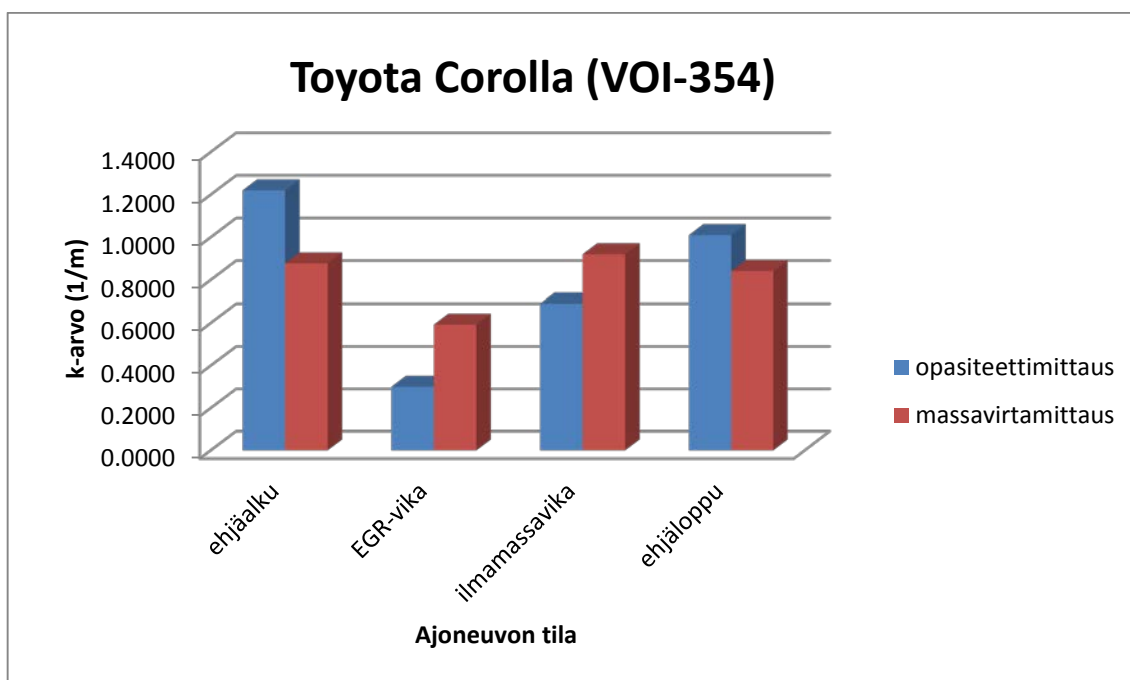
Kuvio 5. Mittaustulokset, vaaka-akselilla ajoneuvon mittauksen aikainen tila ja pystyakselilla k-arvo (1/m).

Vikojen päälle saanti oli melko helppoa, riittävän monta uudelleen käynnistystä riitti vikavalon syttymiseen. Ilmamassa-anturin liittimen irti ottamisella ei ollut vaikutusta auton toimintaan, eikä vikavalon syttymiseen.

Ryntäytyksiä suoritettaessa moottorinohjaus katkaisi polttoaineen ruiskutuksen 4500 1/min kohdalla. Vikakoodit: P0112 - Imuilman lämpötunnistin: Signaali liian alhainen, P0111 - Imuilman lämpötunnistin: Ohjearvoalueen ulkopuolella, P0097 - Imuilman lämpötila: Tunnistinpiiri liian alhainen, P0096 - Imuilman lämpötunnistinpiirin mittaus- tai toimintaongelma ja P2413 - Pakokaasu kierrätysjärjestelmä toimintaongelma. Edellä mainitut viat aiheutuneet imuilman lämpöanturin liittimen irti ottamisesta. P0340 - Nokka-akselin asematunnistin. Pakokaasujen takaisinkierätysvian aikana aiheutui seuraavat vikakoodit: P0403 - Pakokaasujen takaisinkierätys (venttiili/pääteaste) ja P0472 - Pakokaasujen painetunnistin: Signaali liian alhainen.

Vikatilalla ei vaikutusta hiukkaspäästöihin, kuvaaja luettaessa on huomioitava todella pieni asteikko. Massavirtamittauksen perusteella k-arvon huippuarvo noin 0,0025 1/m, joka on tuloksena lähes olematon.

Toyota Corolla, moottori 1.4-litrainen turbodiesel ja vm. 2006. Rekisterinumero VOI-354 ja valmistenumero SB1KC20E20F033008. Auto kuuluu Euro 4 -päästöluokkaan eikä ole varustettu hiukkassuodattimella. Mittarilukema 319192 km. Mittaustulokset on esitetty kuviossa 6.



Kuvio 6. Mittaustulokset, vaaka-akselilla ajoneuvon mittauksen aikainen tila ja pystyakselilla k-arvo (1/m).

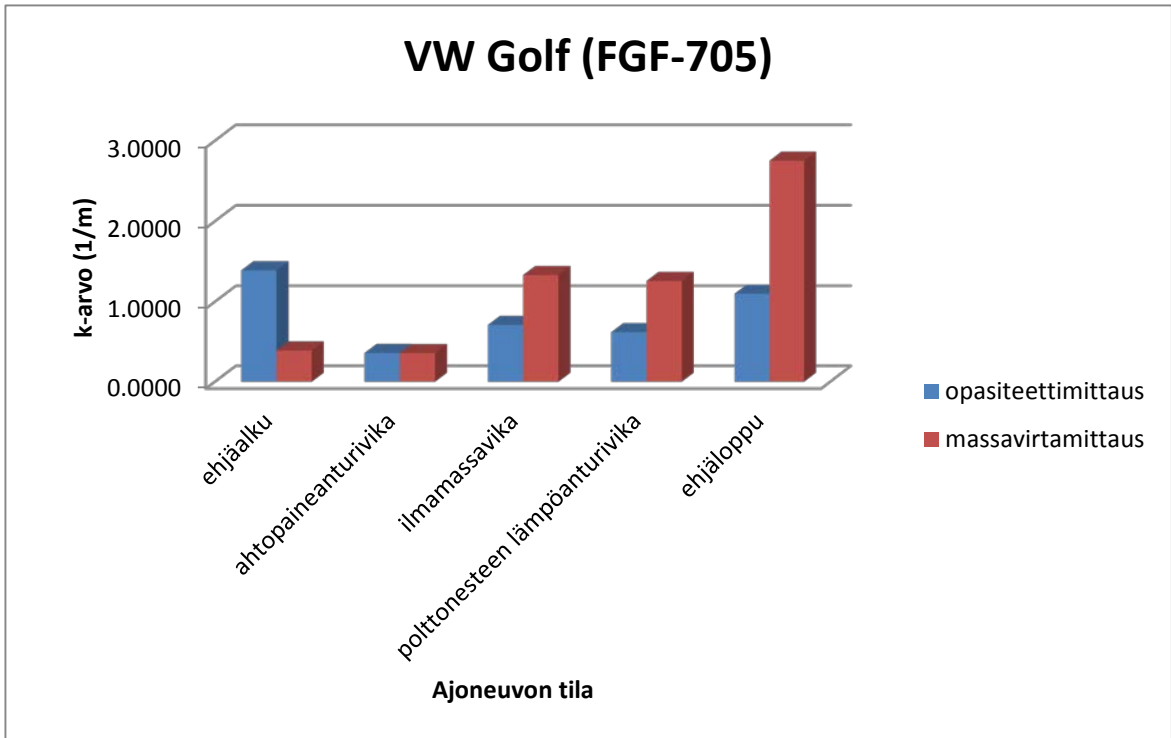
Vikatilan päälle saanti oli erittäin hankalaa, ilmamassamittarin liittimen irti ottamisen jälkeen vaatinut useita uudelleen käynnistyiä ja kuormitusta vikatilan syyttymiseksi. EGR-vian päälle saamiseksi tehtiin Toyotan omalla testerillä EGR:lle tarkoitettu toimilaitetesti, jonka jälkeen moottorinohjaus havaitsi vian.

Ryntäytyksiä suoritettaessa moottorinohjaus katkaisi polttoaineen ruiskutuksen 5300 1/min kohdalla ajoneuvon ollessa ehjä ja vikatila päällä polttoaineen ruiskutus katkaistiin 4100 1/min kohdalla. Vikakoodit: P0403 - Pakokaasujen takaisinkierätyks (venttiili/pääteaste) ja P0100 - Ilmamäärän- tai ilmamassanmittari.

Mittaustulokset ovat hieman ristiriitaiset, mutta pienten tuloseröjen vuoksi vikatilalla ei ole ainakaan korottavaa vaikutusta hiukkaspäästöihin. Pientä

laskemista on havaittavissa ainakin EGR-vian ollessa päällä ja opasiteettimittauksen perusteella hiukkaspäästöt pienenneet vikatila päällä.

VW Golf, moottori 1.9-litrainen turbodiesel ja vm. 2004. Rekisterinumero FGF-705 ja valmistenumero WVWZZZ1KZ4W012814. Auto kuuluu Euro 4 -päästöluokkaan, eikä ole varustettu hiukkassuodattimella. Mittarilukema 273198 km. Mittaustulokset on esitetty kuviossa 7.



Kuvio 7. Mittaustulokset, vaaka-akselilla ajoneuvon mittauksen aikainen tila ja pystyakselilla k-arvo (1/m).

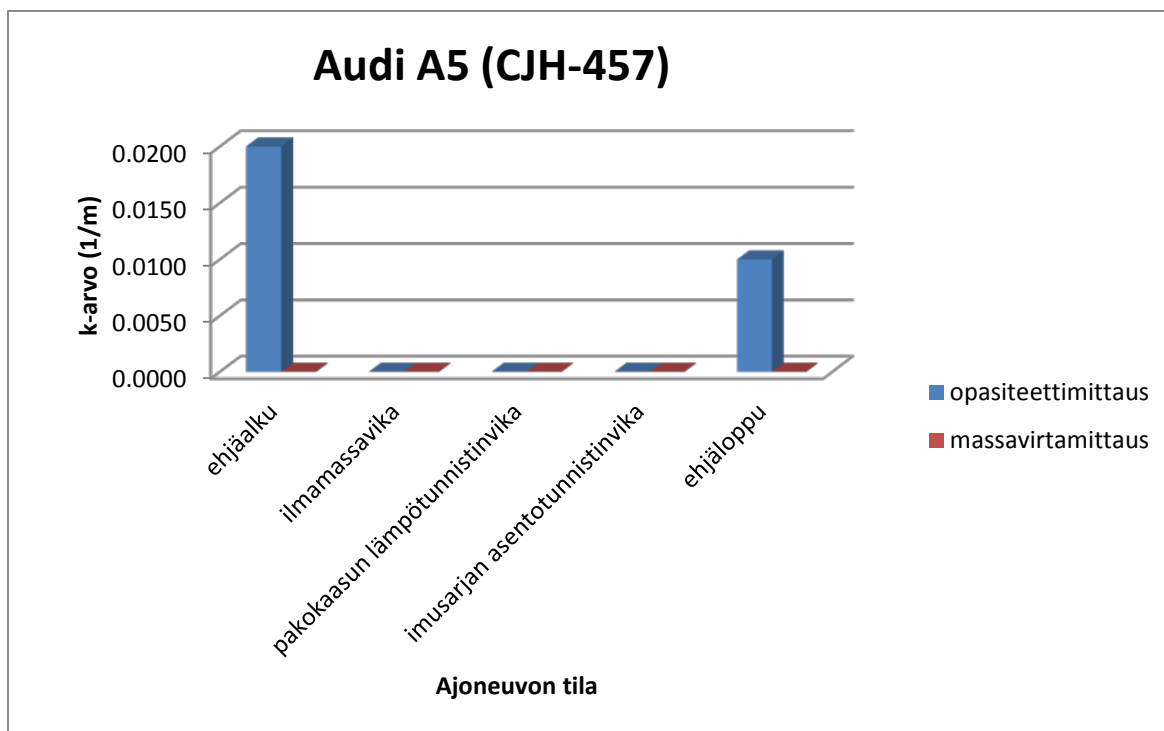
Vikatilan päälle saanti oli melko helppoa, kahdella uudelleen käynnistyksellä saatu kaikki viat päälle. Ajoneuvoa ryntätettäessä oli selvää silmin havaittavaa savutusta.

Ryntäytyksiä suoritettaessa moottorinohjaus katkaisi polttoaineen ruiskutuksen 5000 1/min kohdalla joka kerta. Vikakoodit: Ahtopaineanturin ollessa irti syttyi useita vikakoodeja: P0238 - Turboahdin ahtopainetunnistin A: Signaali liian korkea, P0236 - Turboahdin ahtopainetunnistin A: Ohjearvoalueen ulkopuolella ja P0113 - Ilmuilman lämpötunnistin: Signaali liian korkea. P0183 - Polttonesteen lämpötunnistin A: Signaali liian korkea ja P0102 - Ilmamäärän- tai ilmamassanmittari: Signaali liian alhainen.

Tuloksista ei voida vetää johtopäätöksiä vikatilän vaikutuksesta päästöihin, koska mittauksien edetessä päästöt nousseet koko ajan. Lopuksi auton ollessa ehjä ja ei vikakoodeja, k-arvo ollut yli 2,7 1/m. Selvää nousua vikatilän ollessa päällä ei kuitenkaan ollut havaittavissa hiukkaspäästöissä.

4.3 Euro 5 -päästötason autot

Audi A5, moottori 3.0-litrainen turbodiesel ja vm. 2012. Rekisterinumero CJH-457 ja valmistenumero WAUZZZ8TXCA042364. Auto kuuluu Euro 5 -päästöluokkaan ja on varustettu hiukkassuodattimella. Mittarilukema 116834 km. Mittaustulokset on esitetty kuviossa 8.



Kuvio 8. Mittaustulokset, vaaka-akselilla ajoneuvon mittauksen aikainen tila ja pystyakselilla k-arvo (1/m).

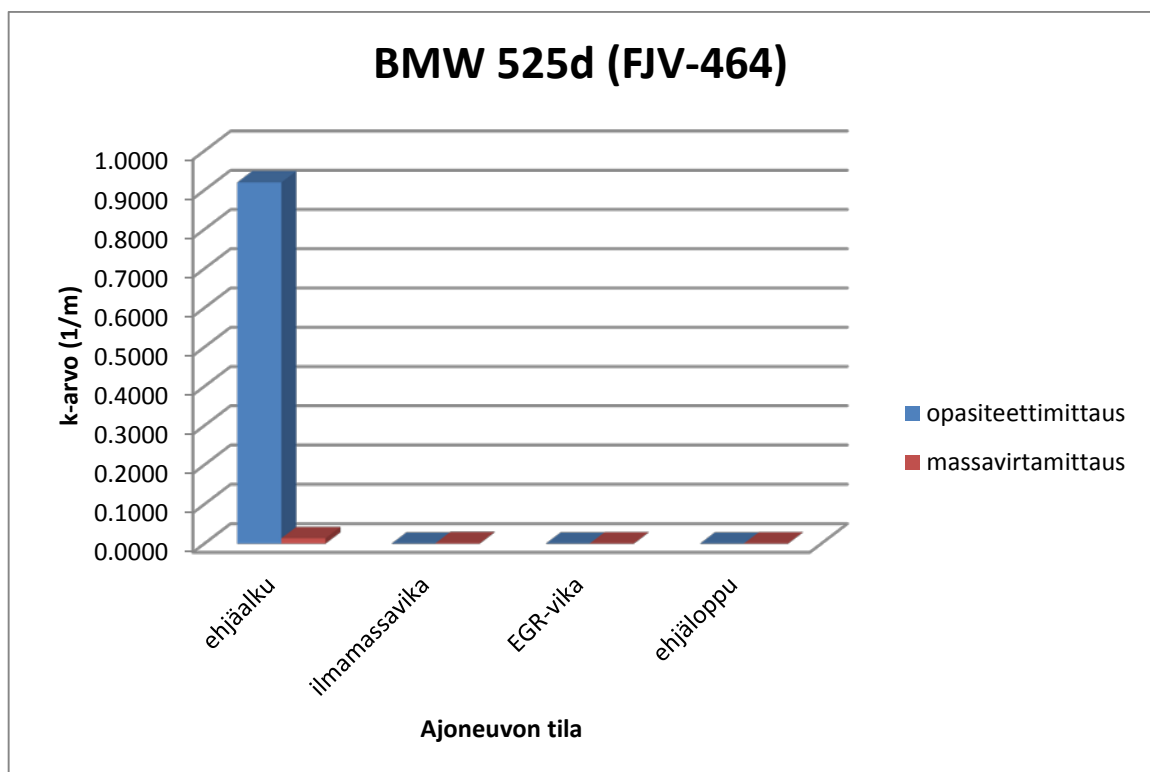
Vikatilan päälle saanti tämän auton kohdalla oli helppoa ja vikakohteita oli hyvin, vikavalon syttyminen vaati jokaisen vian kohdalla kolme uudelleen käynnistystä.

Ryntäytyksiä suoritettaessa moottorinohjaus katkaisi polttoaineen ruiskutuksen 2600 1/min kohdalla. Vikakoodit: P0104 - Ilmamäärän- tai ilmamassanmittari: Hetkellinen vika, P242A - Pakokaasun lämpötunnistin: KytKentäpiiri lohko 1

tunnistin 3 ja P0217 - Imusarjaputki asentotunnistin/katkaisin piiri (lohko 1): Liian korkea (viittaa imusarjassa oleviin läppiin, joilla pystytään rajoittamaan moottorin ilmansaantia ja täten muuttamaan NO_x-päästöjä ja nostamaan pakokaasujen lämpötilaa).

Mittaustuloksista nähdään massavirtamittauksen antaneen pelkkää nollaa k-arvoksi, mutta opasiteettimittaus on alussa antanut 0,020 1/m ja lopussa 0,010 1/m auton ollessa ehjänä. Vikatilalla ei ole vaikutusta hiukkaspäästöihin.

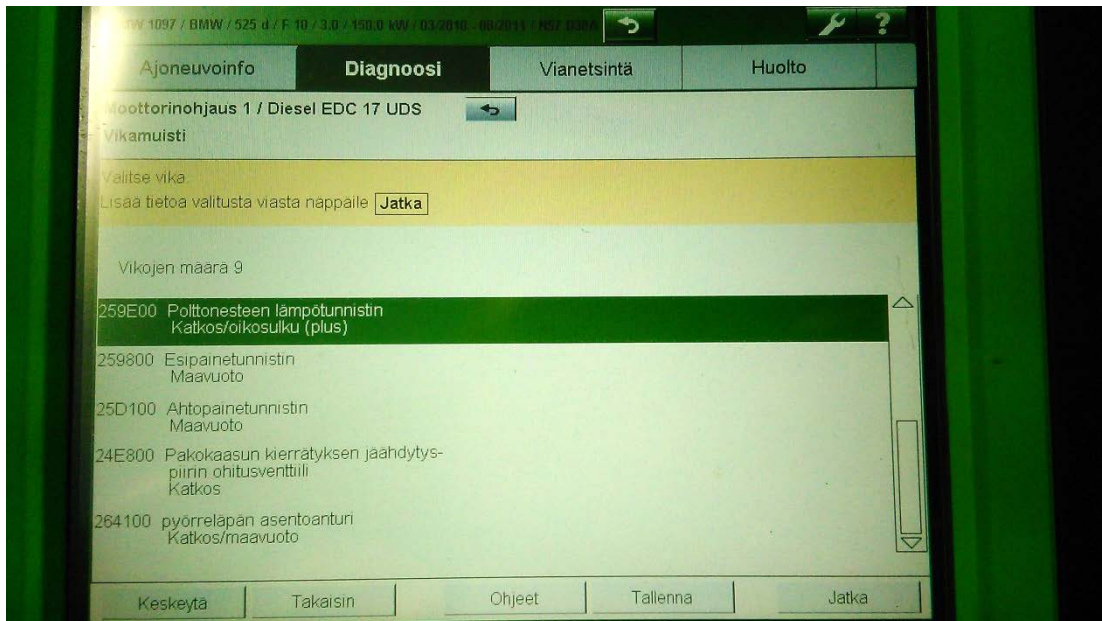
BMW 525d, moottori 2.0-litrainen turbodiesel ja vm. 2010. Rekisterinumero FJV-464 ja valmistenumero WBAMX31000C440549. Auto kuuluu Euro 5 -päästöloukkaan ja on varustettu hiukkassuodattimella. Mittarilukema 139350 km. Mittaustulokset on esitetty kuviossa 9.



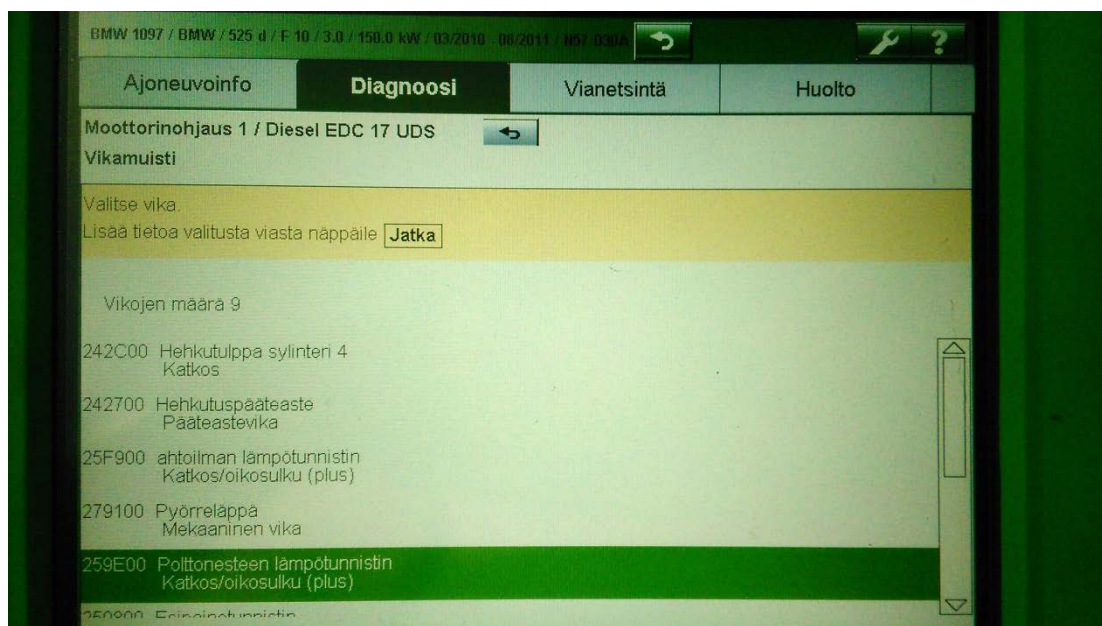
Kuvio 9. Mittaustulokset, vaaka-akselilla ajoneuvon mittauksen aikainen tila ja pystyakselilla k-arvo (1/m).

Vikojen simulointi oli hankalaa, vaikka autossa oli paljon vikakohteita. Ne eivät sytyttäneet vikavaloa uudelleen käynnistyksistä tai kuormituksesta huolimatta, vaikka jättivät vikakoodin. Ollut neljän eri anturin liittimet irti moottorilta, jotka aiheuttivat yhdeksän vikakoodia, mutta niillä ei ollut vaikutusta ajoneuvon

toimintaan, eikä vikavalon syttymiseen. Moottorinohjaukseen tallentuneet vikakoodit on esitetty kuvissa 5 ja 6.



Kuva 5. BMW 525d vikakoodit.



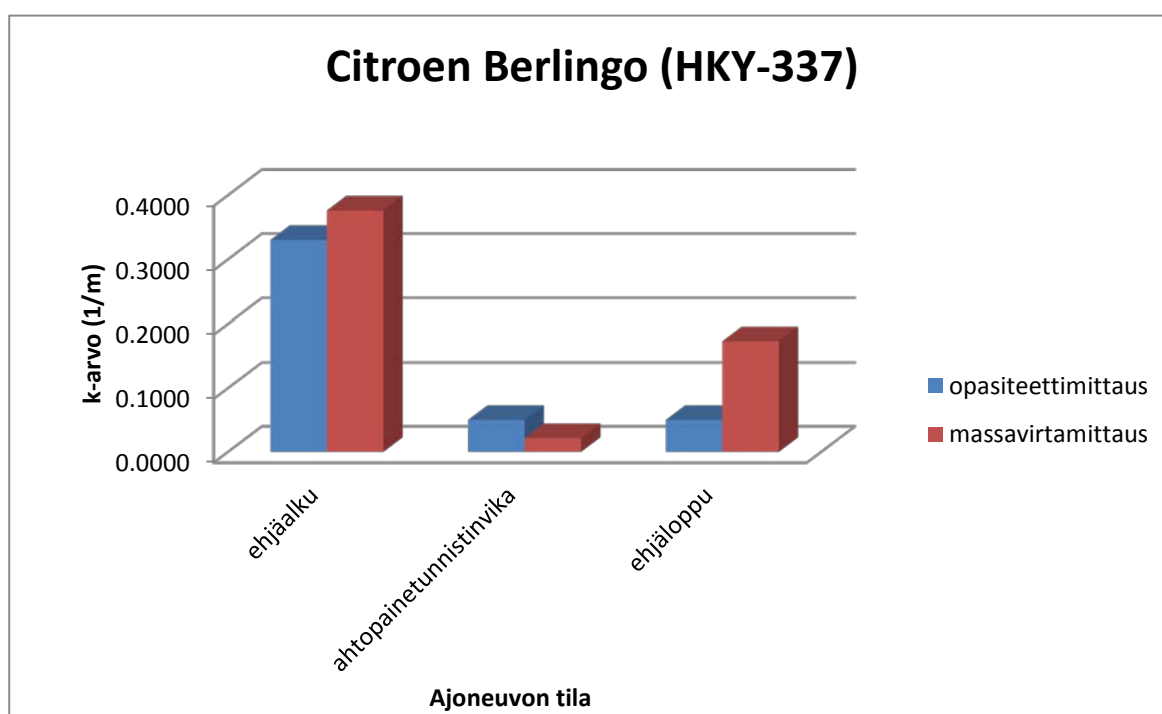
Kuva 6. BMW 525d vikakoodit.

Ryntäytyksiä suoritettaessa moottorinohjaus katkaisi polttoaineen ruiskutuksen 4000 1/min kohdalla. Vikakoodit: P0113 - Imuilman lämpötunnistin: Signaali liian korkea, P0101 - Ilmamäärän- tai ilmamassanmittari: Ohjearvoalueen ulkopuolella, P0237 - Turboahdin ahtopainetunnistin A: Signaali liian alhainen, P245A - Pakokaasun kierrätys jäähdytin – bypass: Ohjauskytkentäpiiri virtakatkos, P2016 - Imusarjaputki asentotunnistin/katkaisin piiri (lohko 1): Liian alhainen ja P046C - Ei

tietoja. Vikakoodit P0113 ja P0101 esiintyivät samaan aikaan ilmamassa vian ollessa simuloituna. Vikakoodit P0237, P245A, P2016 ja P046C ovat esiintyneet samaan aikaan pakokaasun kierrätysvian ollessa simuloituna.

Vikatilalla ei ollut vaikutusta auton hiukkaspäästöihin. Opasiteettimittauksen ensimmäinen tulos on virheellinen, koska k-arvo on lähes 1 1/m ja massavirtamittauksen tulos on lähes nolla.

Citroen Berlingo, moottori 1.6-litrainen turbodiesel ja vm. 2009. Rekisterinumero HKY-337 ja valmistenumero VF77J9HZC9J214368. Auto kuuluu Euro 5 -päästöluokkaan ja on varustettu hiukkassuodattimella. Mittarilukema 98005 km. Mittaustulokset on esitetty kuviossa 10.



Kuvio 10. Mittaustulokset, vaaka-akselilla ajoneuvon mittauksen aikainen tila ja pystyakselilla k-arvo (1/m).

Vikojen simulointi oli erittäin hankalaa, ollut useiden antureiden liittimet irti (kuva 7). Ainoa joka vikavalon sytytti, oli ahtopainetunnistin. Sekin vaati useita uudelleen käynnistyksiä ja moottorin kuormitusta.

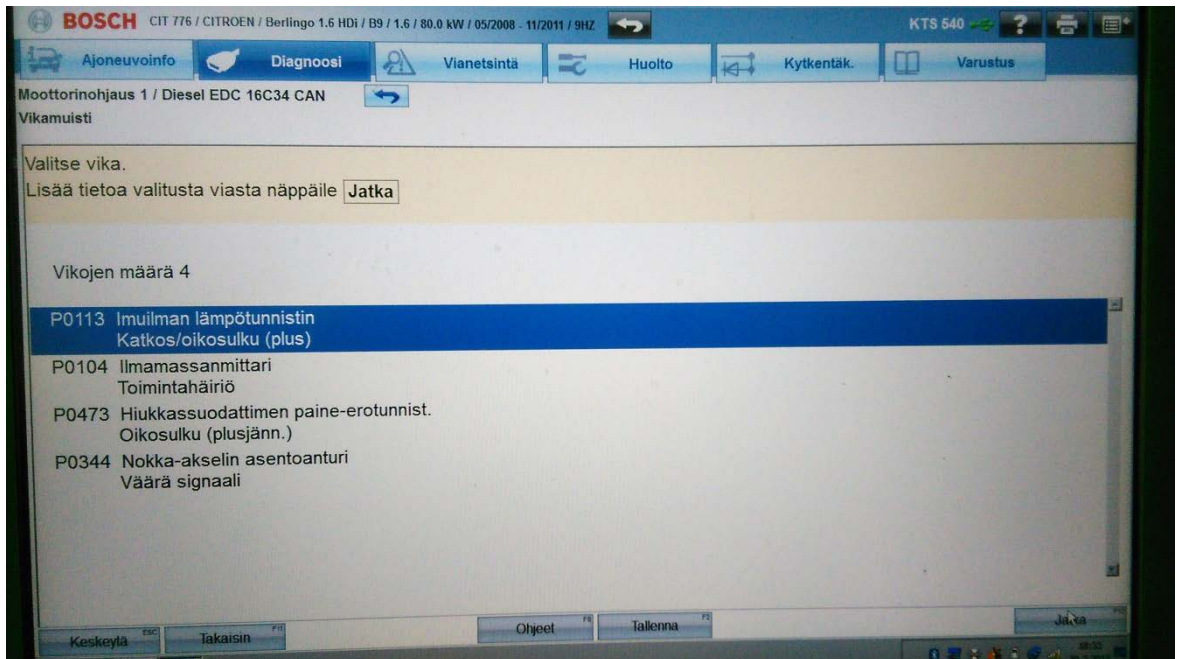


Kuva 7. Citroen Berlingo.

Kuvassa 7 Citroen Berlingon ahtopainepuolelta on otettu irti useiden antureiden liittimet ja ainoa joka aiheutti vikavalon syttymisen, oli ahtopainetunnistin.

Tämän jälkeen yritetty simuloida toinen vika päälle, mutta tämä aiheutti vain vikakoodit (kuva 8), mutta ei syyttänyt vikavaloa. Nokka-akselin asentoanturin liittimen ollessa irti auto ei käynnistynyt, mutta jos liitin otettiin irti käydessä, tällä ei ollut vaikutusta toimintaan.

Jokaisessa muussa autossa ilmamassamittarin liitin oli helppo vikakohde ja syytti poikkeuksetta vikavalon, mutta tämän auton kohdalla ilmamassamittarin liittimen irti ottaminen ei vaikuttanut auton toimintaan tai vikavalon syttymiseen. Auto oli varustettu myös lambda-anturilla eli happitunnistimella, mutta sen irti kytkeminen ei aiheuttanut edes vikakoodia.

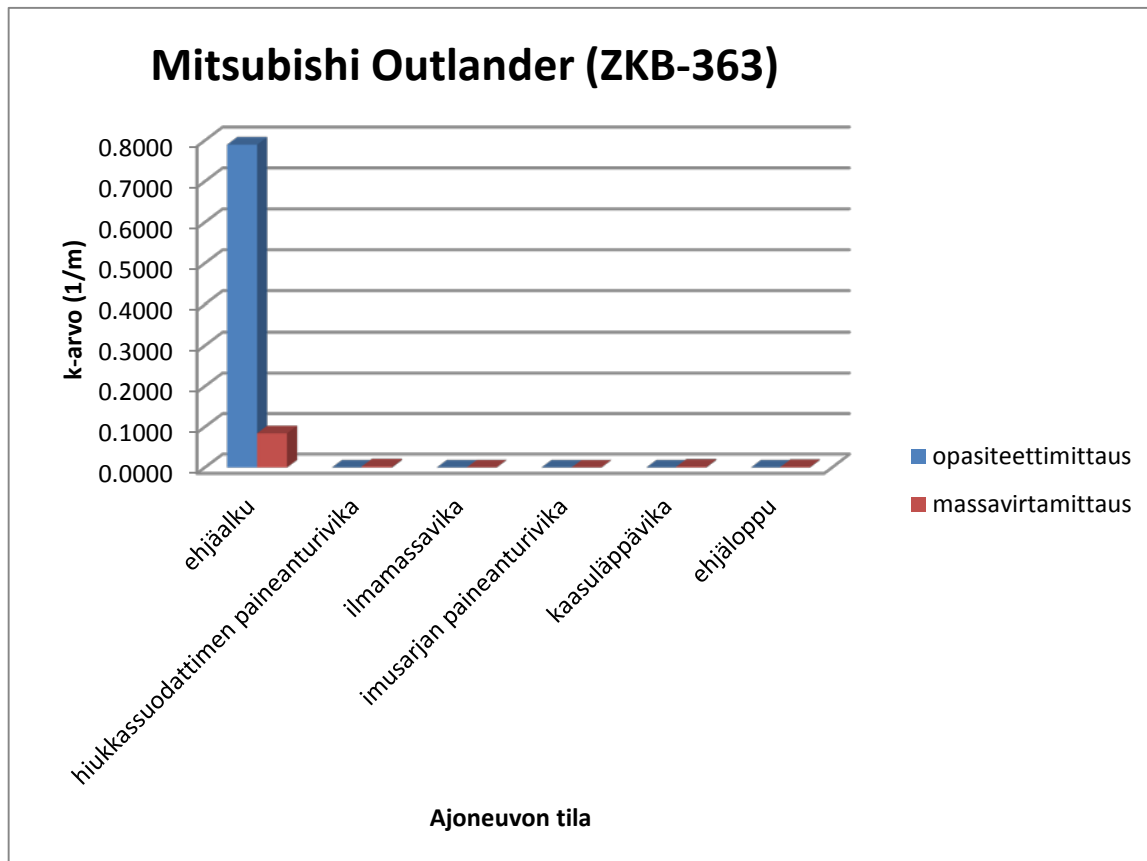


Kuva 8. Citroen Berlingon vikakoodit, jotka eivät syyttäneet vikavaloa.

Ryntäytyksiä suoritettaessa moottorinohjaus katkaisi polttoaineen ruiskutuksen 5000 1/min kohdalla ajoneuvon ollessa ehjä, vikatila päällä polttoaineen ruiskutus katkaistiin 2900 1/min kohdalla. Vikakoodi: P0238 - Turboahdin ahtopainetunnistin A: Signaali liian korkea.

Mittaustuloksista on havaittavissa hiukkaspäästöjen laskeminen vikatila päällä, ja molemmat mittaussuunnitelmat tukevat tätä havaintoa.

Mitsubishi Outlander, moottori 2.3-litrainen turbodiesel ja vm. 2013. Rekisterinumero ZKB-363 ja valmistenumero JMBXLGF6WDZ404529. Auto kuuluu Euro 5 -päästöluokkaan ja on varustettu hiukkassuodattimella. Mittarilukema 62596 km. Mittaustulokset kuviossa on esitetty 11.



Kuvio 11. Mittaustulokset, vaaka-akselilla ajoneuvon mittauksen aikainen tila ja pystyakselilla k-arvo (1/m).

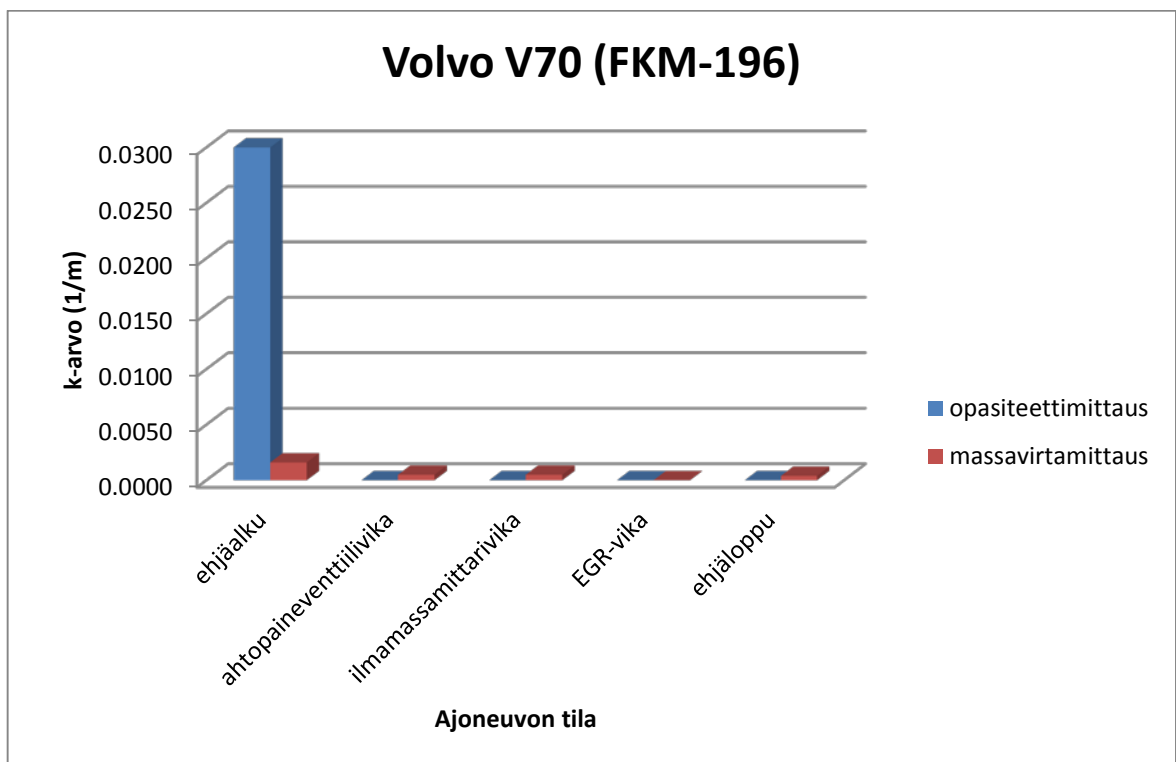
Vikatilan päälle saanti oli melko helppoa, uudelleenkäynnistykset riittivät vikavalon syyttymiseen. Ilmamassa-anturin liittimen ollessa irti moottori sammui ja kävi huonosti, silti tällä ei ollut vaikutusta päästöihin.

Ryntäytyksiä suoritettaessa moottorinohjaus katkaisi polttoaineen ruiskutuksen 4300 1/min kohdalla ajoneuvon ollessa ehjä ja ilma- tai imusarjan paineanturivian ollessa päällä polttoaineen ruiskutus katkaistiin 3000 1/min kohdalla. Vikakoodit: P2455 - Dieselhiukkassuodatin paine-ero tunnistin-kytkentäpiiri korkea. P0102 - Ilmamäärän- tai ilmamassanmittari: Signaali liian alhainen ja P0073 - Ympäristöilman lämpötunnistin: Signaali liian korkea ilmamassa-anturin ollessa irti. P0107 - Korkeustunnistin/imusarjan painetunnistin:

Signaali liian alhainen. P0122 - Kaasuläpän/polkimen asematunnistin A: Signaali liian alhainen.

Vikatilalla ei ollut vaikutusta hiukkaspäästöihin. Opasiteettimittauksen ensimmäinen tulos on virheellinen, koska massavirtamittaus ei tue mitenkään tätä tulosta.

Volvo V70, moottori 2.0-litrainen turbodiesel ja vm. 2011. Rekisterinumero FKM-196 ja valmistenumero YV1BW8850C1221236. Auto kuuluu Euro 5 -päästöluokkaan ja on varustettu hiukkassuodattimella. Mittarilukema 52157 km. Mittaustulokset kuviossa on esitetty 12.



Kuvio 12. Mittaustulokset, vaaka-akselilla ajoneuvon mittauksen aikainen tila ja pystyakselilla k-arvo (1/m).

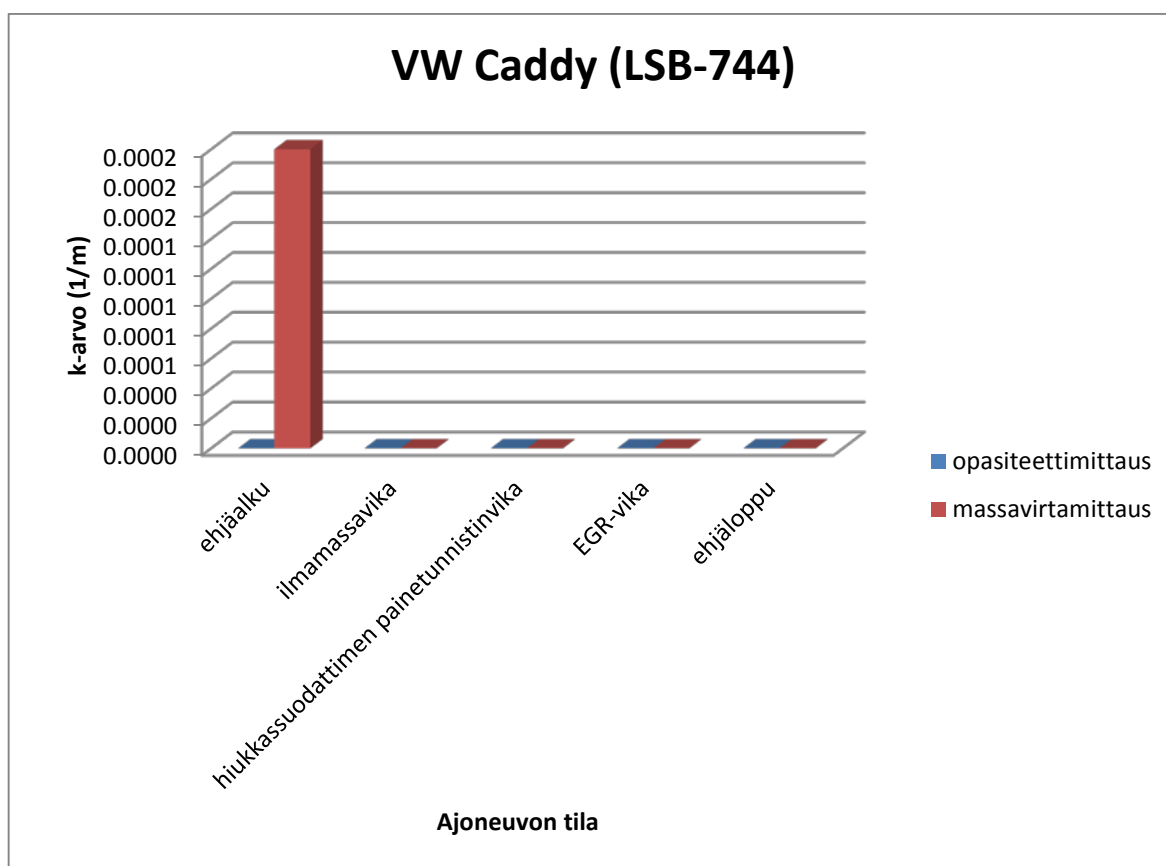
Vikojen päälle saanti oli hankalaa, vaatinut useita käynnistyksiä ja kuormitusta.

Ryntäytyksiä suoritettaessa moottorinohjaus katkaisi polttoaineen ruiskutuksen 5000 1/min kohdalla ajoneuvon ollessa ehjä tai ilmamassavika päällä. Ahtopaineventtiili- ja EGR-vika päällä polttoaineen ruiskutus katkaistiin 4100 1/min kohdalla. Vikakoodit: P004A - Turboahdin/kompressorin ahtopaine sähkömagneetti

"B" kytkentäpiiri virtakatkos, P0100 - Ilmamäärän- tai ilmamassanmittari ja P0405 - Pakokaasujen takaisinkierätystunnistin A: Signaali liian alhainen.

Vikatilalla ei ollut vaikutusta hiukkaspäästöihin. Massavirtamittarin mukaan k-arvo oli lähes nolla joka mittauksella. Kuvaajaa luettaessa on huomioitava todella pieni asteikko.

VW Caddy, moottori 1.6-litrainen turbodiesel ja vm. 2012. Rekisterinumero LSB-744 ja valmistenumero WV2ZZZ2KZDX074631. Auto kuuluu Euro 5 -päästöluokkaan ja on varustettu hiukkassuodattimella. Mittarilukema 32993 km. Mittaustulokset on esitetty kuviossa 13.



Kuvio 13. Mittaustulokset, vaaka-akselilla ajoneuvon mittauksen aikainen tila ja pystyakselilla k-arvo (1/m).

Vikatilan päälle saanti oli todella hankalaa. Moottorin vikavalon syttyessä, myös hehkutulppien ja ABS-järjestelmän (lukkiutumaton jarrujärjestelmä) merkkivalot syttyivät.

Ryntäytyksiä suoritettaessa moottorinohjaus katkaisi polttoaineen ruiskutuksen 2600 1/min kohdalla joka kerta. Vikakoodit: P0103 - Ilmamäärän- tai ilmamassanmittari: Signaali liian korkea, P2455 - Dieselhiukkassuodatin paine-ero tunnistinkytkentäpiiri korkea ja P2425 - Pakokaasun kierrätys jäähdytysventtiili ohjauspiiri auki.

Vikatilalla ei ollut vaikutusta hiukkaspäästöihin, kuvaaja luettaessa on huomioitava todella pieni asteikko. K-arvo oli lähes nolla kaikissa mittauksissa.

5. TULOSTEN KÄSITTELY JA PÄÄTELMÄT

5.1 Tulosten käsittely

Mittauksien edetessä kuvitelmat tuloksista kumoutuivat täysin. Alun perin oletus oli, että vikatila vaikuttaisi selvästi uudempien autojen kohdalla hiukkaspäästöihin. Uusissa autoissa moottorinohjaus on äärimmäisen tarkka ja käyttää useita kymmeniä toimi- ja ohjainlaitteita tarkan moottorinohjauksen aikaansaamiseksi. Tämän voisi ajatella olevan erittäin vikaherkkä kokonaisuus ja jo yksittäisen vian aiheuttavan merkittäviä ongelmia.

Mittausten alussa jo useiden autojen kohdalla yllätyksenä tuli, kuinka hankalaa vikojen simulointi on. Vaadittiin useita uudelleen käynnistyksiä ja kuormituksia edes vikavalon syttymiseen, vaikka esimerkiksi signaali johto oli otettu irti moottorin ilmamassamittarista, joka on yksi tärkeimpiä tunnistimia tarkan moottorinohjauksen kannalta.

Monen auton kohdalla yritettiin myös useilla vikakohteilla saada vikavaloa syttymään ottamalla irti enemmän kuin yhden anturin liitin. Vikahistoriassa saattoi olla jopa yhdeksän vikakoodia, jotka kaikki olisivat hylkäysperuste esimerkiksi bensiiinikäyttöisten autojen määräaikaikatsastuksella, jossa OBD-testi on pakollinen (OBD-järjestelmä pakollinen 1.1.2001 alkaen). Nämä yhdeksän vikakoodia eivät saaneet aikaan edes vikavalon syttymistä, eikä niillä ollut vaikutusta hiukkaspäästöihin.

Tuloksista on selvästi havaittavissa se, että ainakaan näiden mittausten perusteella vikatila ei nosta hiukkaspäästöjä. Monen auton kohdalla k-arvo ollut nolaa ja savutusta ei ollut havaittavissa lainkaan. Näitä mittaustuloksia tarkastellessa on erityisen tärkeää kiinnittää huomiota kuvaajien pysty akselin arvoihin, jossa k-arvon tulokset saattavat olla vain tuhannesosia. Tällaisella asteikolla korkeankin näköiset pylväät ovat merkityksettömiä.

Mittaustuloksia tulkitessa on myös huomioitava, että moottorin ja pakojärjestelmän oletetaan puhdistuvan mittauksien aikana, koska suoritetaan useita peräkkäisiä ryntäytyksiä. Ennen mittauksia joka autolla suoritettiin täsmälleen samanlainen ajo mittauspaikkaan ja puhdistusryntäykset ennen varsinaisia mittauksia. Silti tuloksista on havaittavissa puhdistumista alku- ja loppumittausten välillä.

5.2 Päätelmät

Tärkein tulos on uudempien dieselautojen osalta selvinnyt vähäinen vikaherkkyys: moottorinohjaus ei ole riippuvainen yhden toimilaitteen tai tunnistimen antamasta tiedosta. Joihinkin autoihin oli lähes mahdotonta saada vikavaloa syttymään simuloimalla ja vaikka vikavallo olisi syttynyt, määräaikaikatsastuksessa käytettävällä menetelmällä mitattavat hiukkaspäästöt eivät nousseet. Joidenkin autojen kohdalla vikatilalla oli jopa vähentävä vaikutus hiukkaspäästöihin.

Suurin ero uudemman ja vanhemman dieselauton välillä on DPF-suodatin (Diesel Particulate Filter) eli hiukkassuodatin. Jokainen auto, joka oli varustettu hiukkassuodattimella, antoi lähes olemattomia arvoja päästömittauksessa, opasiteettimittarin mukaan todella usein pelkkää nollaa, koska sen tarkkuus ei ole riittävä niin pienten arvojen käsittelyyn.

Edellä mainittu opasiteettimittarin epätarkkuus on tiedossa ja siitä on myös tehty tutkimuksia verraten sitä massavirtamittaukseen. Tämänkin opinnäytetyön tulosten perusteella voidaan huomata suuri vaihtelu opasiteettimittauksen tuloksissa. Massavirtamittauksen ja opasiteettimittauksen tuloserosta ovat tehneet laajemman tutkimuksen Pekka Lesonen ja Mikko Pakarinen opinnäytetöissään.

Tämän opinnäytetyön tuloksia tulkittaessa on otettava huomioon tutkimuksen laajuus: 12 dieselauton mittaus ei ole riittävä varmojen tutkimustulosten aikaansaamiseksi. Mittauskokemusten perusteella pitäisi tämän tyylinen tutkimus suorittaa useilla autoilla, jotka ovat teknisiltä ominaisuuksiltaan täsmälleen samoja ja ajomäärät vastaisivat toisiaan. Lisäksi mittauksia ei pitäisi suorittaa peräkkäin, vaan mittauksien välissä tulisi olla päästöt ”normalisoiva” ajo ja päästömittaus tulisi suorittaa useita kertoja ajoneuvon ollessa samassa tilassa. Näin suurien mittausten

tekemiseen vaadittaisiin suuret resurssit ja varsinkin identtisten autojen löytäminen olisi hankalaa.

Päästömittaus on ehdottoman tärkeä osa vuosittaista määräaikaikatsastusta, mutta sen merkitys heikkenee, jos mittalaitteita ei kehitetä. Myös OBD-testin suorittaminen on ehdottoman tärkeää. Kaikkia autoja ei käytetä vuosittain huollossa, jossa vikahistoria tarkistettaisiin, joten sen olisi hyvä olla pakollinen osa vuosittaista määräaikaikatsastusta myös dieselautoissa.

Dieselautojen moottorinohjaus ja toimilaitteet ovat nykyään erittäin tarkkoja ja silloin myös vikojen riski on ilmeinen. Vaikka opinnäytetyötä suoritettaessa havaittiin, että nykyaikaiset dieselautot eivät kovin vikaherkkiä olekaan, niin tulosten perusteella ei voida sanoa mitään varmaa pitemmän aikavälin vaikutuksesta.

Moottorinohjauksen kymmenet toimilaitteet nykyaikaisessa dieselmoottorissa vaativat toinen toisensa toimiakseen täydellisesti yhtenä kokonaisuutena. Näitä asioita ajatellessa on syytä muistaa, että tämänkin hetken autot ovat liikenteessä mahdollisesti jopa kymmenen vuoden päästä. Tarkalla moottorinohjauksella on suuri merkitys ympäristön kannalta ja ajoneuvon käyttöäinkin kannalta, jotta moottorin tekniset ominaisuudet säilyvät.

6. YHTEENVETO

Tavoitteena oli tutkia vikatilän vaikutusta dieselautojen määräaikaikatsastuksessa mitattaviin hiukkaspäästöihin. Samalla tutkittiin, onko katsastuspäästömittauksen tekeminen tarpeellista dieselautoihin, joissa on OBD-järjestelmä, jos merkkivalo ei pala. Mittaukset suoritettiin kahdella eri mittalaitteella, joista toinen on käytössä määräaikaikatsastuksen päästömittauksessa (opasiteettimittaus) ja toinen on kehitteillä oleva mittausmenetelmä, joka perustuu valon siroutumiseen. Tästä käytetään nimitystä massavirtamittaus.

Ulkoilman epäpuhtaudet aiheuttavat merkittäviä terveyshaittoja erityisesti lapsille, vanhuksille ja hengityselin- ja sydänsairaille. Tieliikenteen hiukkaspäästöistä erityisen vaarallisia tekee se, että ne leviävät varsinkin taajama-ajossa suoraan jalankulkijoiden hengitysilman tasolle. Siksi niiden määrää on valvottava ja pyrittävä rajoittamaan.

Usean auton kohdalla ei vikatilalla ei ollut vaikutusta hiukkaspäästöihin tai se oli olematon. Joissakin tapauksissa havaittiin vikatilalla olevan jopa vähentävä vaikutus hiukkaspäästöihin. Mittaustuloksia tarkasteltaessa havaittiin myös kahden käytetyn mittausmenetelmän väliset erot ja erityisesti puutteet opasiteettimittarin tarkkuudessa, joka ei ole riittävä uusien hiukkassuodattimellisten dieselautojen päästömittauksiin.

Päästömittauksesta ei määräaikaikatsastuksessa voida luopua, mutta mittausmenetelmän kehittäminen on tulevaisuudessa välttämätöntä. On kyseenalaistettava sitä, miksi dieselautoihin ei suoriteta OBD-mittausta. Vaikka tulosten perusteella vikatilalla ei näyttäisi olevan vaikutusta päästöihin, katsastuksessa olisi syytä tutkia dieselautonkin vikahistoria, koska autossa voi olla piilossa merkittävä tekninen ongelma, joka ei kuitenkaan heti oireile. Vaikka oireita ei olisi ja päästöt olisivat sallituissa rajoissa, pitäisi vikahistorian kuitenkin olla puhdas. Ajoneuvojen valmistajan autoon asentamalla toimilaitteilla on jokaisella oma tarkoituksensa ja niiden on toimittava täydellisen moottorinohjauksen ja päästöjen hallinnan saavuttamiseksi varsinkin pidemmällä aikavälillä.

LÄHTEET

A-Katsastus 2015. Päästömittaukset. Viitattu 27.7.2015.

<http://www.a-katsastus.fi/palvelut-ja-hinnat/katsastukset-ja-paastomittaukset/paastomittaukset>

Lesonen, P. 2015. Dieselautojen katsastuspäästömittauksen kehittäminen. Opinnäytetyö, Turun Ammattikorkeakoulu, auto- ja kuljetustekniikka.

Paavola, P. 2002. Henkilö- ja pakettiautojen savutusmittauksen luotettavuus katsastuksessa. Ajoneuvohallintokeskus, Helsinki.

Pakarinen, M. 2015. Dieselautojen katsastuspäästömittauksen kehittäminen. Opinnäytetyö, Turun Ammattikorkeakoulu, auto- ja kuljetustekniikka.

Plus Katsastus 2015. Päästömittaus. Viitattu 3.8.2015.

<http://www.plus.fi/palvelut/paastomittaus>

Trafi 2014. Liikenteen päästöt ilmaan. Viitattu 27.7.2015.

http://www.trafi.fi/tietopalvelut/analyysitoiminta/indikaattorit/ymparistoindikaattorit/liikenteen_paastot_ilmaan

Trafi tieliikenneohje TRAFI/33622/03.02.03.03/2010

Tilastokeskus 2008. Ilman pienhiukkaset merkittävä terveysongelma. Viitattu 29.7.2015.

http://www.stat.fi/artikkelit/2008/art_2008-05-30_007.html?s=0

LIITTEET

Liite 1. Virallisen päästömittauksen tuloste

Päästötestin tuloste

Päiväys: 01.06.2015 17:30:06

Turun Ammattikorkeakoulu		Autolaboratorio			
Sepänkatu 1		Puh.:	050 598 5696		
20700 TURKU		Faksi:			
Mittausohjelma:	Diesel Euro IV				
Ajoneuvon tiedot		Ajoneuvon valmistaja:			
Rekisteritunnus:	RBI-425 EHJÄ1	Ajoneuvon tyyppi:			
Ensikäyttöönotto:					
Testitulokset	Yksikkö	Ohjearvo Min.	Ohjearvo Maks.	Mitta-arvot	Tulos
Silmämääräinen tarkastus					# ok
Valmistelu					
Mootorin lämpötila			Käyntilämpötila saavutettu		# ok
Joutokäyntipyörintänopeus	1/min		830		ok
Ryntäyspyörintänopeus	1/min		2580		ok
Ryntäytykset			1.00	0.00	ok
k-arvo	1/m				
Ryntäytys	Ryntäytysaika	Pitoaika	Joutokäynti	Rajoitus	k
	s	s	1/min	1/min	1/m
1	0.58	2.77	830	2580	0.00
Tulos					
Päästötesti	Hyväksytty				
# Annettu tieto					
Testaaja: Opiskelija					

Allekirjoitus	Leima			
	Nimitys	Versio	Tila	Valmistaja
Ohjelmistoversio	DSS OM-FI	V1.4	01/2013	AVL DiTEST GmbH
Pakokaasuanalysointori	AVL DiSmoke 480	V13.0	01/2012	AVL DiTEST GmbH

Liite 2. Virallisen OBD-testin tuloste

Päästötestin tuloste

Päiväys: 01.06.2015 17:44:53

Turun Ammattikorkeakoulu		Autolaboratorio			
Sepänkatu 1		Puh.: 050 598 5696			
20700 TURKU		Faksi:			
Mittausohjelma:		OBD-diagnoosi			
Ajoneuvon tiedot					
Rekisteritunnus:	RBI-425 ILMAMASSA	Ajoneuvon valmistaja:			
Ensikäyttöönotto:		Ajoneuvon tyyppi:			
Testitulokset	Yksikkö	Ohjearvo Min.	Ohjearvo Maks.	Mitta-arvot	Tulos
Testausvalmius		Kaikki järjestelmät testit suoritettu			
Tuettu				111010100000	
Suoritettu				000000000000	
Vikamuisti					
Pakokaasupäästöihin vaikuttavien vikojen lukumäärä				1	ei ok
Ilmamäärän- tai ilmamassanmittari Signaali liian alhainen				P0102	
Moottorin diagnoosimerkkivalo					
Moottorin diagnoosimerkkivalon silmämääräinen tarkastus				n.i.O	# ei ok
Moottorin diagnoosimerkkivalon tila				n.i.O	ei ok
Moottorin diagnoosimerkkivalon ohjaus				i.O.	# ok
Testaaja: Opiskelija					

Allekirjoitus		Leima		
	Nimitys	Versio	Tila	Valmistaja
Ohjelmistoversio Scantool	DSS OM-FI	V1.4	01/2013	AVL DiTEST GmbH
	AVL DiOBD 880	V2.1	12/2012	AVL DiTEST GmbH

Liite 3. Mittaustulokset

RBI-425	opasiteettimittaus	massavirtamittaus
ehjäalku	0,0000	0,0002
ilmamassavika	0,0000	0,0000
lambdavika	0,0000	0,0020
ehjäloppu	0,0000	0,0010

CJH-457	opasiteettimittaus	massavirtamittaus
ehjäalku	0,0200	0,0000
ilmamassavika	0,0000	0,0000
pakokaasun lämpötunnistinvika	0,0000	0,0000
imusarjan asentotunnistinvika	0,0000	0,0000
ehjäloppu	0,0100	0,0000

GHL-130	opasiteettimittaus	massavirtamittaus
ehjäalku	1,2000	2,8606
EGR -vika	0,9600	1,7073
ilmamassavika	1,0500	2,2056
jakotukin painetunnistinvika	1,6100	9,0724
ehjäloppu	0,9700	1,6941

FJV-464	opasiteettimittaus	massavirtamittaus
ehjäalku	0,9200	0,0138
ilmamassavika	0,0000	0,0015
EGR-vika	0,0000	0,0007
ehjäloppu	0,0000	0,0007

HKY-337	opasiteettimittaus	massavirtamittaus
ehjäalku	0,3300	0,3761
ahtopainetunnistinvika	0,0500	0,0216
ehjäloppu	0,0500	0,1730

SKA-900	opasiteettimittaus	massavirtamittaus
ehjäalku	1,6800	3,4818
ilmamassavika	0,9300	1,1975
jakotukin painetunnistinvika	1,1800	1,7229
ehjäloppu	1,5700	2,8091

UEI-446	opasiteettimittaus	massavirtamittaus
ehjäalku	0,0000	0,0026
imuilman lämpöanturivika	0,0000	0,0023
nokka-akselin asentoanturivika	0,0000	0,0028
EGR-vika	0,0000	0,0029
ehjäloppu	0,0000	0,0004

ZKB-363	opasiteettimittaus	massavirtamittaus
ehjäalku	0,7900	0,0845
hiukkassuodattimen paineanturivika	0,0000	0,0029
ilmamassavika	0,0000	0,0002
imusarjan paineanturivika	0,0000	0,0000
kaasuläppävika	0,0000	0,0021
ehjäloppu	0,0000	0,0014

VOI-354	opasiteettimittaus	massavirtamittaus
ehjäalku	1,2200	0,8770
EGR-vika	0,3000	0,5923
ilmamassavika	0,6900	0,9200
ehjäloppu	1,0100	0,8410

FKM-196	opasiteettimittaus	massavirtamittaus
ehjäalku	0,0300	0,0016
ahtopaineventtiilivika	0,0000	0,0005
ilmamassamittarivika	0,0000	0,0005
EGR-vika	0,0000	0,0000
ehjäloppu	0,0000	0,0004

LSB-744	opasiteettimittaus	massavirtamittaus
ehjäalku	0,0000	0,0002
ilmamassavika	0,0000	0,0000
hiukkassuodattimen paineanturivika	0,0000	0,0000
EGR-vika	0,0000	0,0000
ehjäloppu	0,0000	0,0000

FGF-705	opasiteettimittaus	massavirtamittaus
ehjäalku	1,3900	0,3906
ahtopaineanturivika	0,3600	0,3578
ilmamassavika	0,7100	1,3317
poltonesteen lämpöanturivika	0,6200	1,2582
ehjäloppu	1,1000	2,7517