

Pienmoottoribensiinin käyttöön liittyvät päästöt tavanomaiseen bensiiniin verrattuna

Työryhmä

Sinikka Vainiotalo, TTL

Katriina Ylinen, TTL

Tapani Tuomi, TTL

Joonas Koivisto, TTL, pienhiukkasmittaukset

Kari Salmi, TTL, ilmanvaihtomittaukset

Tarmo Mannelin, TTL, suojautuminen

Pasi Polvi, TTL, tekninen apu

Jari Sorvari, Neste Oil Oyj, testilaitteet, polttoaineet

Työterveyslaitos

Asiakasratkaisut

Topeliuksenkatu 41 a A, 00250 Helsinki

puh. 030-4741, faksi 030 474 2114

Y-tunnus 0220266-9, www.ttl.fi

Tiivistelmä

Tutkimuksessa selvitettiin vakioituissa koeolosuhteissa, miten Neste Oilin pienmoottoribensiinin käyttö tavanomaisen yleisesti pienmoottoreissa käytetyn bensiinin sijasta (Neste 98E5) vaikuttaa ruohonleikkureiden ja moottorisahojen päästöihin.

Mittaukset tehtiin Työterveyslaitoksen emissiolaboratoriossa (26,8 m²) kahdella Neste Oilin toimittamalla moottorisahalla ja ruohonleikkurilla. Moottorisaha oli varustettu hydraulisella pumpulla ja öljysäiliöllä, joiden avulla voitiin jäljitellä sahan kuormaa normaalissa käyttötilanteessa. Vastaavasti ruohonleikkuri testattiin vastuksen jäljittelemiseksi vesialtaassa. Kukin mittausjakso kesti 45 min, jonka aikana emissiohuoneen ilmaan syntyneet päästöpitoisuudet mitattiin kiinteistä mittauspisteistä (n. 1,5 m korkeudelta lattiasta) käyttäen suoraanosoittavia mittalaitteita sekä aktiiviseen näytteenkeräykseen ja laboratorioanalyysiin perustuvia menetelmiä.

Suurin polttoainekohtainen ero mitattujen emissioiden suhteen oli hiilivetypäästöjen laadullinen ero. Sen sijaan hiilivety-yhdisteiden ja muiden haihtuvien yhdisteiden tuottamat kokonaispäästöt (TVOC) olivat samaa suuruusluokkaa polttoaineesta riippumatta. Päästöjen hiilivedyt olivat pääosin alifaattisia pienmoottoribensiiniä käytettäessä, kun taas 98E5 tuotti merkittävästi aromaattisia hiilivetyjä kuten BTEX-hiilivetyjä (bentseeni, tolueni, etyylibentseeni, ksyleeni).

Polysyklisten aromaattisten hiilivetyjen (PAH) päästöissä oli selkeä ero erityisesti moottorisahatesteissä, jolloin merkittävästi suuremmat pitoisuudet syntyivät käytettäessä 98E5-bensiiniä. Sen sijaan ruohonleikkureilla polttoainekohtainen ero ei ollut yhtä selkeä, mutta naftaleenin suhteellinen osuus oli selvästi suurin kaikissa 98E5-testeissä.

Testit osoittivat sekä moottorisahan että ruohonleikkurin tuottavan merkittävän häkäpäästön, joka nousi hyvin nopeasti laitteen käynnistyksen jälkeen. Koska testihuoneen ilmanvaihto oli säädetty pieneksi, syntyi korkea häkäpitoisuus jo 1 - 2 minuutin aikana testin alettua. Testit eivät osoittaneet selkeää eroa häkäpitoisuuksissa käytettyjen polttoaineiden välillä.

Formaldehydi ja asetaldehydi olivat aldehydiryhmän pitoisuudeltaan suurimmat komponentit. Bentsaldehydiä ja metyylibentsaldehydiä lukuunottamatta ei polttoaineiden suhteen selkeää eroa aldehydien pitoisuustasoissa ollut todettavissa.

Hiukkasmittaukset osoittivat kokojakauman painottuvan hyvin pieniin < 0,5 µm hiukkasiin. Käytetyn polttoaineen suhteen testitulokset (massapitoisuus, lukumääräpitoisuus, hiukkaskoko) eivät juuri poikenneet toisistaan.

Sisältö

1. Tutkimuksen tausta ja tavoitteet	3
2. Mittausjärjestelyt ja käytetyt mittausmenetelmät	4
2.1 Mittausjärjestelyt	4
2.2 Testin kulku	4
2.3 Mittausmenetelmät	6
3. Tulokset	9
3.1 VOC (haihtuvat orgaaniset yhdisteet)	10
3.2 Aldehydit ja ketonit	11
3.3 PAH (polysykliset aromaattiset hiilivedyt)	11
3.4 Hiilimonoksidi	12
3.5 Hiukkasmittaukset ja öljysumu	15
3.6 Yhteenveto hiukkasmittauksista	20
4. Mittaustulosten vertailu ja johtopäätökset	23
5. Viitteet	25
<i>LIITE 1 Lämpötila ja ilman kosteus sekä häkä-, hiilidioksidi-, rikkivety-, öljysumu- ja hiukkas- pitoisuudet emissiohuoneen ilmassa pilottikokeessa.....</i>	<i>26</i>
<i>LIITE 2 VOC-, aldehydi- ja PAH-pitoisuudet emissiohuoneen ilmassa pilottitestin aikana.....</i>	<i>27</i>
<i>LIITE 3 Moottorisahat/VOC-tulokset/termodesorptiomenetelmä.....</i>	<i>28</i>
<i>LIITE 4 Ruohonleikkurit/VOC-tulokset/termodesorptiomenetelmä.....</i>	<i>29</i>
<i>LIITE 5 Hiiliputkinäytteet/VOC-pitoisuudet.....</i>	<i>30</i>
<i>LIITE 6 Aldehydit ja ketonit.....</i>	<i>31</i>
<i>LIITE 7 PAH-yhdisteet.....</i>	<i>32</i>
<i>LIITE 8 Neste Oil/Tutkimustodistus.....</i>	<i>33</i>

1. Tutkimuksen tausta ja tavoitteet

Neste Oil on kehittänyt bensiinikäyttöisille neli- ja kaksitahtipienmoottoreille alkylaattipohjaisen pienmoottoribensiinin. Pienmoottoribensiini sisältää vähemmän haitallisia ainesosia kuin perinteinen bensiini. Pienmoottoribensiini ei sisällä esimerkiksi oksygenaatteja tai aromaattisia hiilivetyjä, joten sen palokaasut ovat lähtökohtaisesti perinteistä bensiiniä haitattomampia. Pienmoottoribensiinin haihtuvuus on lisäksi tavallista bensiiniä pienempää ja se on valmistajan mukaan lähes hajutonta (Taulukko 1). Näin ollen sen käyttö on miellyttävämpää ja polttoainesäiliötä täytettäessä altistuminen haitallisille aineille on vähäisempää kuin perinteisellä polttoaineella.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää miten Neste Oilin pienmoottoribensiinin käyttö tavanomaisen yleisesti pienmoottoreissa käytetyn bensiinin sijasta (Neste 98E5) vaikuttaa ruohonleikkureiden ja moottorisahojen päästöihin. Tutkimuksessa selvitettiin vakioituissa koeolosuhteissa bensiinien päästöjä kvalitatiivisten ja kvantitatiivisten mittausten avulla.

Taulukko 1. Tutkimuksessa käytetyt bensiinilaadut: valmistajan tekemät analyysit testeissä käytetyistä 98E5 ja PMB 4T –bensiinieristä (liite 8). EN228-standardin raja-arvot.

	98E5	PMB 4T	EN228 raja-arvot*
Käyttö	Moottoriajo-neuvot	Pienmoottoribensiini	
Tiheys (15 °C), kg/m ³	751	687	720-775
Höyrynpaine, kPa	66	57	max 70
Aromaattipitoisuus, til %	34	0,3	max 35
Olefiinipitoisuus, til %	5,6	0,1	max 18
Nafteenipitoisuus, til %	4,4	0,2	-
Parafiinipitoisuus, til %	45	99,5	-
Bentseeni, til %	0,7	0	max 1
Etanoli, til %	4,4	0	max 10
Kokonaishappi, p %	2,7	0	max 3,7
Hiili, p %	84,6	83,9	-
Vety, p %	13,1	16,1	-
Tislauksen loppupiste, °C	193	179	max 210
Muut tiedot	kesälaatu 2T-polttoaineissa kaksitahtiöljynä 2 % Neste 2T Super	2T-polttoaineissa kaksitahtiöljynä 2 % Neste 2T Super	kesälaatu

*Moottoribensiinin laatustandardi

p % = painoprosentti; tl % = tilavuusprosentti

2. Mittausjärjestelyt ja käytetyt mittausmenetelmät

2.1 Mittausjärjestelyt

Päästömittaukset tehtiin Työterveyslaitoksen (TTL) emissiolaboratoriossa (Topeliuksenkatu 41 b, Helsinki). Emissiolaboratorio on pinta-alaltaan 26,8 m² kokoinen huonetila (korkeus x leveys x pituus = 3,0 x 4,9 x 5,5 m), jossa ilmanvaihto voidaan vakioida. Tilan kolme seinää, lattia ja katto ovat teräspinoitettuja ja yksi seinä on lasia. Korvausilma on suodatettu hiukkasista (hepa-suodatin) sekä kemiallisista epäpuhtauksista (aktiivihiihli-suodatin).

Pilottikokeissa kerättiin 50 min rinnakkaiset (n = 2 - 4) ilmanäytteet (sahan käyttöaika 20 min, minkä jälkeen 30 min kammioilmaa) moottorisahan koekammioon tuottamista päästöistä käytettäessä seosta, joka sisälsi 98E5 -bensiniä ja pienmoottoribensiiniä (PMB). Lisäksi mitattiin taulukon 3 mukaisesti päästöpitoisuuksia suoraan osoittavilla mittareilla. Pilottikokeiden avulla selvitettiin, ovatko päästöistä syntyvät pitoisuustasot sopivia varsinaisiin kokeisiin. Lisäksi varmistettiin rinnakkaisnäytteenoton avulla käytettävät mittauspisteet ja epäpuhtauksien sekoittuminen kammion ilmatilaan. Pilottikokeet tehtiin yhdellä moottorisahalla (taulukko 2).

Varsinaiset päästömittaukset tehtiin kahdella Neste Oilin valitsemalla ja toimittamalla moottorisahalla (MS) ja ruohonleikkurilla (RL) (taulukko 2). Moottorisaha oli varustettu hydraulisella pumpulla ja öljysäiliöllä, joiden avulla voitiin jäljitellä sahan kuormaa normaalissa käyttötilanteessa. Sahausvastus etsittiin kuristamalla hydraulisen pumpun virtausta. Vastaavasti ruohonleikkuri testattiin vastuksen jäljittelemiseksi vesialtaassa (koko 126 x 82 cm), jossa vedenkorkeus oli leikkurimallista riippuen 3,5 cm tai 5 cm. Testattavien bensiinien (taulukko 1) toimituksesta vastasi Neste Oil.

Vaikka moottorisahan ja ruohonleikkurin käyttötapa järjestettiin niin, että se vastaisi laitteen normaalia käyttöä, testeissä ei kuitenkaan pyritty jäljittelemään niitä olosuhteita, joissa käyttäjän altistuminen yleensä tapahtuu. Kammion ilmanvaihto oli säädetty pieneksi, jotta saavutettaisiin riittäviä pitoisuustasoja eri komponenttien vertailua varten. Näin ollen pitoisuustasoja ei voida suoraan verrata vertailuarvoihin kuten työilman haitalliseksi tunnettuihin pitoisuuksiin eli HTP-arvoihin. Sen sijaan tuloksista voidaan arvioida polttoaineiden tuottamien emissioiden laadullisia ja määrällisiä eroja sekä niitä yhdisteitä, joiden ovat altistumisen ja emissioiden kannalta merkittävimpiä.

2.2 Testin kulku

Tilan ilmanvaihto mitattiin ja säädettiin aina mittauspäivän alussa. Jokaisena mittauspäivänä määritettiin kammion mahdolliset taustapitoisuudet ennen varsinaista päästömittausta taulukon 3 mukaisesti samoilla menetelmillä kuin varsinaiset testimittaukset. Taustapitoisuuden näytteenoton kesto oli n. 50 min.

Ennen varsinaisen testin aloittamista tutkittavaan pienkoneeseen lisättiin polttoaine ja laitetta käytettiin n. 0,5 min ajan koetilan ulkopuolella normaalin käyttölämpötilan saavuttamiseksi. Pöytätasolle kiinnitetty saha siirrettiin testihuoneeseen ja näytteen keräyspumput sekä mittalaitteet käynnistettiin ja muu mittaushenkilöstö poistui testitilasta. N. 1-2 min kuluttua testi aloitettiin, jolloin paineilmasuojaimella varustettu moottorisahan käyttäjä kaasutti laitetta 15 s välein 15 min ajan. Laitteen käyttö lopetettiin ja sahan käyttäjä jäi huoneeseen vielä 30 min ajaksi, jonka jälkeen näytteenkeräys lopetettiin (kokonaismittausaika 45 min). Testausajan loputtua tilan ilmanvaihtoa kasvatettiin korkeiden häikäpitoisuuksien laskemiseksi, jotta käytävälle vievä ovi voitiin avata ja sahan käyttäjä poistua testitilasta.

Ruohonleikkuritestit suoritettiin vastaavasti lisäämällä polttoaine ja käyttämällä laitetta 0,5 min ajan testitilan ulkopuolella. Tämän jälkeen laite siirrettiin testihuoneeseen ja kiinnitettiin vesialtaaseen. Näytteenotto käynnistettiin, ruohonleikkuri käynnistettiin ja mittaushenkilöstö poistui testihuoneesta.

Laitetta käytettiin 15 min, jonka jälkeen ruohonleikkuri sammutettiin testihuoneen ulkopuolelta ja näytteenottoa jatkettiin vielä 30 min. Tämän jälkeen paineilmasuojaimella varustettu testaja siirtyi testitilaan ja sulki näytteenkeräyspumput. Samalla ilmanvaihto säädettiin moninkertaiseksi tuulettamista varten.

Jokaisen testin jälkeen tilan tuulettamiseksi tehostettua ilmanvaihtoa pidettiin päällä useita tunteja. Yöksi ilmanvaihto säädettiin takaisin lähelle testin ilmanvaihtokerrointa. Jos seuraavana päivänä oli uusi testi, aamulla ilmanvaihto mitattiin ja säädettiin haluttuun arvoon. Ilmanvaihtokerroin oli vakio testin aikana. Eri testipäivinä kertoimet vaihtelivat 0,51 – 0,76 (taulukko 2). Arvioitu ilmanvaihdon mittausvirhe on 15 %. Saman laitemerkin testipäivinä (98E5/PMB) ilmanvaihtokerrointen ero oli 0,06 tai vähemmän.

Huoneilman lämpötila (Taulukko 7) vaihteli testin aikana siten, että lämpötila nousi alkuarvosta laitteen käytön aikana n. 3 - 4 °C laskien tästä n. 2 °C testin loppuun mennessä. Testin lopussa lämpötila oli 24 – 26 °C. Myös huoneilman kosteus nousi testin aikana ollen n. 4 RH% suurempi moottorisahatestien jälkeen. Ruohonleikkuritestissä kosteus nousi selvästi enemmän.

Taulukko 2. Testausajankohdat, mittausajat ja ilmanvaihtokerroimet

Moottorisahatestit	7.11.2013	29.11.2013	11.12.2013	12.12.2013	13.12.2013
Moottorisahan kaasutus 15 s välein 15 min ajan	Moottorisaha Husqvarna 435	Moottorisaha Husqvarna 550XP	Moottorisaha Husqvarna 550XP	Moottorisaha Husqvarna 435	Moottorisaha Husqvarna 435
	Pilottikoe				
Bensiinilaatu	98E5 2T (kesäl.) + PMB 2T	98E5 2T	PMB 2T	PMB 2T	98E5 2T
Näytteenkeräys alkaa	11:47	10:27	10:18	10:16	10:14
Sahan käyttö alkaa	11:50	10:29	10:22	10:18	10:16
Sahan käyttö loppuu	12:10	10:44	10:37	10:33	10:31
Näytteenkeräys loppuu	12:42	11:13	11:08	11:03	11:02
Ilmanvaihtokerroin	0,61	0,76	0,71	0,72	0,66

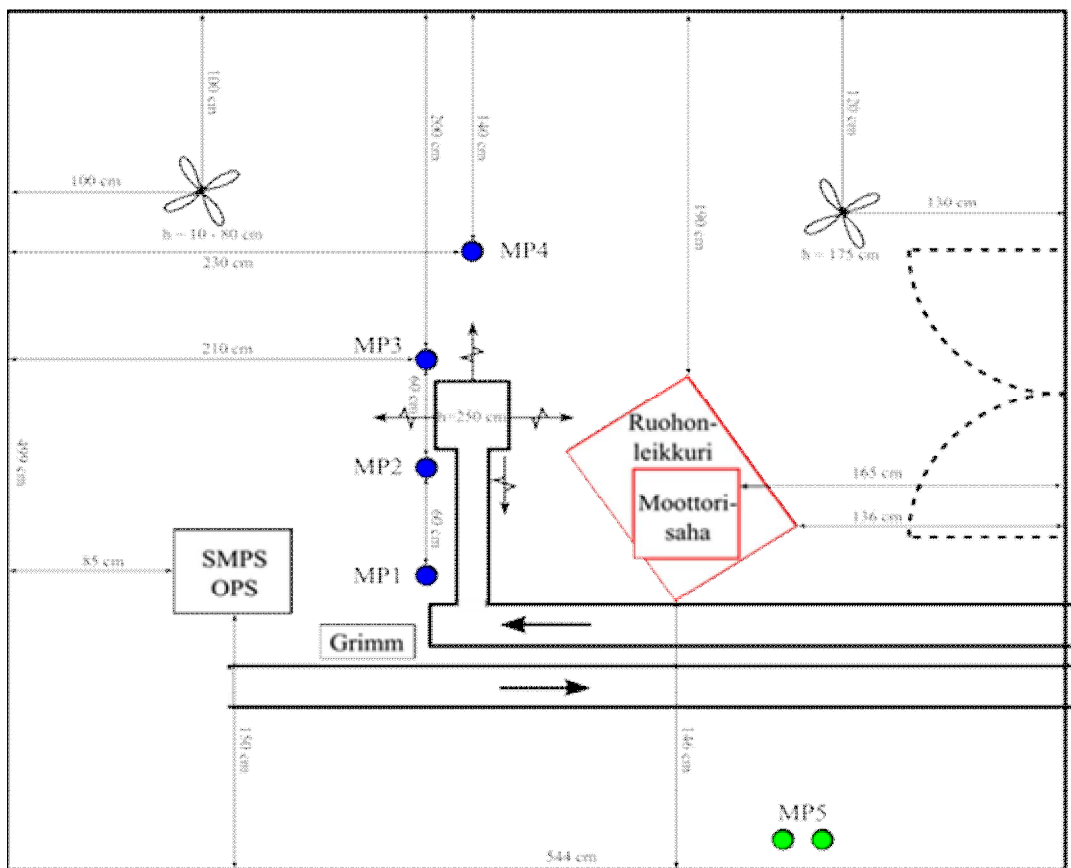
Ruohonleikkuritestit	18.12.2013	22.1.2014	23.1.2014	24.1.2014
Ruohonleikkuri jatkuvasti päällä 15 min ajan	Ruohonleikkuri OHV	Ruohonleikkuri OHV	Ruohonleikkuri OHC	Ruohonleikkuri OHC
Bensiinilaatu	PMB 4T	98E5	PMB 4T	98E5
Näytteenkeräys alkaa	10:20	10:12	10:11	10:03
Ruohonleikkuri käynnistetään	10:20	10:13	10:13	10:04
Ruohonleikkuri sammutetaan	10:35	10:26	10:28	10:19
Näytteenkeräys loppuu	11:07	11:00	11:00	10:51
Ilmanvaihtokerroin	0,63	0,58	0,54	0,51

OHV = kansiventtiilimoottori; OHC = sivuventtiilimoottori

2.3 Mittausmenetelmät

Mittausmenetelminä käytettiin suoraanosoittavia mittalaitteita sekä aktiiviseen näytteenkeräykseen ja laboratorioanalyysiin perustuvia menetelmiä. Taulukossa 3. on lueteltu tutkimuksessa käytetyt emissioiden pitoisuutta testihuoneen ilmassa kuvaavat mittaus- ja analyysimenetelmät. Näytteenkeräys- ja analyysimenetelmät olivat TTL:n mittausoiminnassaan yleisesti käyttämiä menetelmiä; kaikki analyysit suoritettiin TTL:n laboratorioissa. TTL:n Asiakasratkaisut on akkreditoitu testauslaboratorio TO13. Akkreditoinnin piiriin kuuluvista mittausmenetelmistä on merkintä taulukossa 3.

Mittauspisteet sijoitettiin pilottikokeissa sahapöydän molemmille puolille, jotta voitaisiin arvioida emissioiden leviämistä testihuoneen ilmaan. Näytteenkeräimet sijoitettiin kiinteisiin mittauspisteisiin kuvan 1 mukaisesti n. 1,5 m korkeudelle lattiasta. Pienhiukkasten mittauslaitteet sijaitsivat mittauspiste 1:n vieressä. Varsinaiset testinäytteet kerättiin joka testikerralla yhdistekohtaisesti samoista mittauspisteistä.



Kuva 1. Kaaviokuva testihuoneesta. Mittauspisteet (MP) on numeroitu (1 – 5). Hiukkasmittareiden paikat (SMPS, OPS, Grimm) on merkitty erikseen. Tuulettimet oli sijoitettu ovelta katsoen testauslaitteiston oikealle puolelle.

Taulukko 3. Mittausmenetelmät

Mitattu aine	Näytteenotto/ Mittauspiste (MP)	Analyysi
Pienhiukkaset	Scanning mobility particle sizer (SMPS): TSI Classifier model 3080 preimpactor TSI model 3077A neutralizer (10 μCi ^{85}Kr) Differential mobility analyser (DMA), Hauke TSI model 3776 condensation particle counter (CPC) MP 1:n vieressä	Laite mittaa hiukkasten liikkuvuuskokoa. hiukkaskokojakauma 8,5 – 310,6 nm scan-aika 105 s (viive 15 s) impaktorin leikkauspiste 0,71 μm
Hiukkaset	Optical particle sizer (OPS) TSI model 3330 MP 1:n vieressä	Lasersäteen sironta Hiukkasten lukumäärä ja kokojakauma (lukumäärä/ cm^3) 0,335 μm – 8,96 μm ; aikaresoluutio 60 s
Hiukkaset, hengittyvä jae	Keräys pumpulla selluloosa-asettaattisuodattimelle IOM-keräimellä (Inhalable Dust Sampler SKC 225-70). 2 l/min. MP 1	Punnitus (SFS 3860, EN 481) Massapitoisuus (mg/m^3); hiukkasten leikkauspiste n. 100 μm <i>Akkreditoitu menetelmä</i>
Hiukkaset - hengittyvä jae - keuhkojaje - alveolijaje	Suora osoitus Grimm; Grimm Aerosol Technik GmbH & Co. KG, Portable Aerosol Spectrometer model 1.108 MP 1	Lasersäteen sironta; massajakauma kalibroidaan sisäisen suodattimen avulla. Korjauskerroin = 1 Massapitoisuus (mg/m^3); mittausalue 0,3 – 20 μm Massapitoisuus (mg/m^3); hiukkasten leikkauspiste 10 μm Massapitoisuus (mg/m^3); hiukkasten leikkauspiste 4 μm

Taulukko 3. Mittausmenetelmät

Mitattu aine	Näytteenotto/ Mittauspiste (MP)	Analyysi
PAH-yhdisteet	Hiukkasiin sitoutuva jae: Teflonsuodatin (Zefluor, 37 mm, Pall Corp.) 2 l/min Höyryjae: XAD2-adsorbenttiputki (Orbo 43, Supelco). 1l/min MP 2	Uutto keräimistä asetoni-triilillä. Environmental Protection Agency (EPA, USA) priorisoimien 16 PAH-yhdisteen* analysointi kaasukromatografisesti käyttäen massaselektiivistä kvantitointia (EI-SIM). - Yhdisteiden naftaleeni-pyreeni tulokset XAD-keräimestä. - Yhdisteiden bentso(a) antraseeni- bentso(ghi)peryleeni tulokset suodattimelta.
Aldehydit ja ketonit	Dinitrofenyylihydratsiiniilla (DNPH) käsitellyt SepPak (C ₁₈) adsorbenttiputket (Waters Part No 47205) 0,5 l/min MP 3	Uutto keräimistä asetoni-triilillä. Nestekromatografinen määrittäminen, diodirivi/UV-detektorilla (360 nm). <i>Akkreditoitu menetelmä</i>
Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC-yhdisteet + TVOC)	Adsorbenttiputki Tenax TA 60/80 mesh/Carbograph 5TD, 380 mg, Markes 0,05 l/min MP 4	Termodesorptio, kaasukromatografia, massaselektiivinen tunnistus. Pääsääntöisesti käytetään puhtaita vertailuaineita (ISO 16000-6). TVOC = yhteenlaskettu piikkien pinta-ala n-heksaanista n-heksadekaaniin; kalibrointi tolueenin vasteella. <i>Akkreditoitu menetelmä</i>
Hiilivedyt, oksygenaatit, TVOC	Adsorbenttiputki (SKC 226-81A ja SKC 226-01 pilottikokeissa) Adsorbenttiputki SKC 226-01 (varsinaiset kokeet) 0,1 l/min MP 3	Liutinuutto, kaasukromatografia, liekki- ionisaatio ja tarvittaessa massaselektiivinen tunnistus. Kvantitointi puhtaiden vertailuaineiden avulla (OSHA 91). TVOC: kaikkien piikkien yhteenlaskettu pitoisuus; kvantitointi puhtaiden vertailuaineiden ja heptaanin avulla. <i>Akkreditoitu menetelmä</i>
Öljyisyys	Keräys pumpulla teflon- suodattimella (Zefluor, 37 mm, Pall Corp.) kasettikeräimeen (Millipore, MAWP 037A0) 2 l/min MP 1	IR-määrittäminen perkloorietyyleniuutoksesta (NIOSH 5026); kvantitointi aaltolukualueella 2800 - 2975 cm ⁻¹
Hiilidioksidi, suhteellinen kosteus, lämpötila	Suora osoitus*, Q-Trak TSI 8551. MP 1:n vieressä	CO ₂ infrapunasensori (NDIR) RH%, ohutkalvokapasitiivinen sensoria T, termistori sensoria

Taulukko 3. Mittausmenetelmät

Mitattu aine	Näytteenotto/ Mittauspiste (MP)	Analyysi
Hiilidioksidi	Suora osoitus, Dräger X-Arm 5600 MP 5	Infrapunasensori, Vol-%
Hiilimonoksidi	Suora osoitus, Dräger Pac III CO MP 5	Sähkökemiallinen kenno, ppm
Hiilimonoksidi	Suora osoitus, Dräger X-Arm 5600 MP 5	Sähkökemiallinen kenno, ppm
Rikkivety	Suora osoitus, Dräger X-Arm 5600 MP 5	Sähkökemiallinen kenno, ppm

*http://water.epa.gov/scitech/methods/cwa/organics/upload/2007_07_10_methods_method_organics_610.pdf ja EPA metodi TO13A

3. Tulokset

Keräävien menetelmien osalta kaikki tulokset ovat keskiarvopitoisuuksia koko mittausajalta (15 + 30 = 45 min). Myös suoraanosoittavien mittalaitteiden tulokset on laskettu keskituloksina (aritmeettinen keskiarvo) koko mittausajalle, mutta mittausarvoista voitiin nähdä myös pitoisuuden vaihtelu testiaikana. Jakauman vinouden vuoksi hiukkaskoon tulokset on laskettu geometrisena keskiarvona. Mittaustulokset yksittäisille mittauskerroille on esitetty taulukoissa 4-9, 13 ja 14. Pilottitestin tulokset ovat liitteissä 1 ja 2.

3.1 VOC (haihtuvat orgaaniset yhdisteet)

Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden pitoisuudet määritettiin kahdella menetelmällä: adsorptioputki/termodesorptio /GC-MS –menetelmällä ja hiiliputkikeräimellä, josta yhdisteet uutettiin liuottimella ja analysoitiin GC/FID- ja GC/MS –laitteistolla (taulukko 4).

Pilottikoe osoitti, että sekä 226-81A että 226-01 -adsorbentti antoivat hyvin samansuuruisia tuloksia. Varsinaisiin mittauksiin valittiin 226-01 hiiliadsorbentti. Testilaitteen molemmiin puoliin sijainneet mittauspisteet osoittivat myös hyvin samanlaisia pitoisuustasoja, joten höyrymäisten emissiotuotteiden todettiin sekoittuvan hyvin testitilan ilmassa. Syntyvien pitoisuustasojen (TVOC ja yksittäiset komponentit) todettiin myös soveltuvan hyvin mittausalueelle ja olevan riittävästi määritysrajojen yläpuolella, jotta määrityksen mittausepävarmuus olisi mahdollisimman pieni.

Varsinaisissa testeissä moottorisaha tuotti korkeammat VOC-yhdisteiden pitoisuustasot kuin ruohonleikkuri (taulukko 4). Molemmissa tapauksissa aromaattiset BTEX-yhdisteet, etanoli ja isopentaani muodostivat pitoisuudeltaan merkittävän yhdisteryhmän VOC-analysissä käytettäessä 98E5-bensiiniä. Näiden osuus TVOC-alueesta oli n. 50 %. TVOC on kaikkien kromatogrammin piikkien yhteenlaskettu pitoisuus, jossa tarkemmin määrittelemättömät yhdisteet on laskettu heptaanina.

Vastaavasti alifaattiset hiilivetykomponentit erottuivat suurimpana yhdisteryhmänä pienmoottoribensiiniä käytettäessä. Pitoisuudeltaan merkittävimmät VOC-mittauksen yhdisteet olivat isopentaani, trimetyylipentaanin isomeerit (2,2,4 trimetyylipentaani = iso-oktaani) muodostaen yli 64 – 77 % TVOC-pitoisuudesta.

Taulukko 4. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC) (mg/m³) hiiliputkinäytteistä emissiohuoneen ilmassa.

	MS 435	MS 550XP	MS 435	MS 550XP	RL OHV	RL OHC	RL OHV	RL OHC
	98E5	98E5	PMB	PMB	98E5	98E5	PMB	PMB
Bentseeni	2,2	3,1	0,4	0,5	1,2	0,8	<0,2	0,1
Etyyliibentseeni	2,6	4,9	0,3	0,2	0,7	0,6	<0,2	<0,2
Etanoli	5,6	9,8	<0,9	<0,8	3,8	1,4	<0,9	<0,7
Ksyleeni	12	23	1,2	0,9	3,4	2,7	<0,2	<0,2
MTBE	<0,3	0,4	<0,3	<0,3	0,6	0,3	<0,3	0,2
Tolueeni	13	24	1,3	1	4,4	3,4	<0,2	<0,2
Isopentaani	11,3	18,6	17,1	28,5	15,13	6,10	15,9	13,56
Iso-oktaani	2,3	1,7	26,8	38,8	0,78	1,75	4,9	9,08
Trimetyylipentaani	0,8	0,54	11,6	16,5	0,25	0,74	1,9	3,68
Trimetyylipentaani	0,5	0,41	7,5	10,9	0,17	0,49	1,3	2,47
Summapitoisuudet:								
C3-C7 hiilivedyt	46	80	29	47	39	17	20	18
C8-C20 hiilivedyt	51	90	64	91	15	14	10	20
TVOC	98	171	98	140	57	33	31	38

Termodesorptiomenetelmällä (GC-MS) mitatut VOC-tulokset ovat liitteissä 3 ja 4, joissa on esitetty emissioista tunnistetut VOC-yhdisteet sekä näiden pitoisuudet. Yhdisteiden identifiointi perustui yleensä piikkien hyvään erottumiseen, joten jos huonosti erottuvia yhdisteitä ei voitu luotettavasti tunnistaa, jäi tällainen komponentti pois tulostaulukosta. Lisäksi jos yhdisteen suhteellinen osuus oli vähäinen (0,1 % – 0,4 % TVOC-summapitoisuudesta), ei tulosta raportoitu. TVOC-summapitoisuudet (moottorisahat 76 – 135 mg/m³ ja ruohonleikkurit 28 – 40 mg/m³) olivat jonkin verran pienempiä mutta suuruusluokaltaan samaa tasoa kuin GC-FID –menetelmällä saadut TVOC-pitoisuudet. Tulosten välinen poikkeama selittynee menetelmien välisillä eroilla (näytteenkeräys, detektiomenetelmä, TVOC-laskentaperusteet).

Tulostaulukoiden perusteella pitoisuudeltaan suurimmat VOC-komponentit olivat samat kuin GC/FID-mittauksessa saadut.

3.2 Aldehydit ja ketonit

Myös aldehydimittaukset pilottikokeissa osoittivat selvästi, että höyryjakeen yhdisteet leviävät tasaisesti testihuoneen ilmassa (liite 2). Muiden yhdisteryhmien tapaan varsinaisissa testeissä moottorisahan mittaustulokset olivat kertaluokkaa suuremmat kuin ruohonleikkurin emissiot. Kaikissa testeissä formaldehydi oli merkittävin altiste tuottaen selvästi korkeimman pitoisuustason: 1,3 – 2,5 mg/m³ (moottorisahat) ja 0,28 – 0,55 mg/m³ (ruohonleikkurit). Seuraavaksi eniten mitattiin asetaldehydiä. Myös akroleiinia muodostui mitattavia pitoisuuksia molemmille laiteryhmillä; pitoisuus moottorisahatesteissä oli suuruusluokkaa 0,1 mg/m³. Aromaattisia aldehydejä (bentsaldehydi ja metyylibentsaldehydi) esiintyi 98E5-päästöissä, muttei juurikaan PMB:tä käytettäessä.

Taulukko 5. Aldehydit ja ketonit emissiohuoneen ilmassa (mg/m³).

	MS435	MS 550XP	MS435	MS 550XP	RL OHV	RL OHC	RL OHV	RL OHC
	98E5	98E5	PMB	PMB	98E5	98E5	PMB	PMB
Bensiini	0,084	0,091	0,099	0,11	0,024	0,053	0,032	0,063
Akroleiini	0,81	1	0,45	0,63	0,13	0,29	0,074	0,18
Asetoni	0,15	0,28	0,3	0,24	0,028	0,034	0,042	0,057
Bentsaldehydi	0,31	0,42	0,06	0,043	0,061	0,1	<0,004	0,008
Butyrylaldehydi	0,024	0,059	0,066	0,097	0,004	0,007	0,005	0,015
Formaldehydi	1,3	1,7	1,9	2,5	0,28	0,49	0,38	0,55
Heksanaali	0,08	0,13	0,012	0,014	0,012	0,028	<0,004	<0,004
Krotonaldehydi	0,043	0,089	0,041	0,052	<0,004	0,006	<0,004	0,009
m-Metylibentsald.	0,31	0,45	0,043	0,035	0,05	0,087	-	-
Valeraldehydi	0,01	0,025	0,006	0,005	<0,004	<0,004	-	-
Propionaldehydi	0,052	0,087	0,064	0,078	0,009	0,016	0,001	0,02
Metakroleiini	0,061	0,1	0,12	0,14	0,009	0,019	0,018	0,04
2-Butanoni, MEK				0,05				0,02

3.3 PAH (polysykliset aromaattiset hiilivedyt)

PAH-yhdisteiden pilottikokeet osoittivat PAH-yhdisteiden pitoisuustasojen olevan samaa tasoa molemmissa mittauspisteissä. Kaikilla testikerroilla yksittäisistä PAH-yhdisteistä naftaleenin pitoisuus oli yhdisteryhmän suurin. Eniten naftaleenia (230 ja 420 µg/m³) tuottivat moottorisaha/98E5-testit ja vähiten (2,7 ja 5,2 µg/m³) ruohonleikkuri/PMB-testit. Myös muita höyryjakeen PAH-yhdisteitä, kuten asenaftyleeniä, fluoreeniä ja fenantreenia, todettiin mutta selvästi vähemmän kuin naftaleenia. Määritysrajan ylittäviä hiukkasiin sitoutuneiden PAH-yhdisteiden pitoisuuksia mitattiin vain moottorisahan 98E5-testissä ja pilottikokeessa. Pilottikokeessa erona muihin testeihin oli kuitenkin pidempi (20 min) sahan käyttöaika ja testissä käytetty kahden polttoaineen seos.

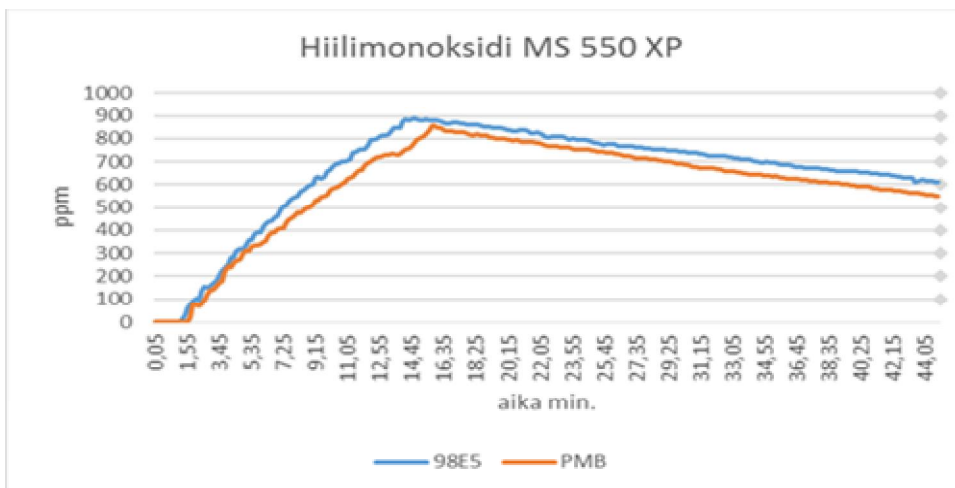
Taulukko 6. Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH) emissiohuoneen ilmassa ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

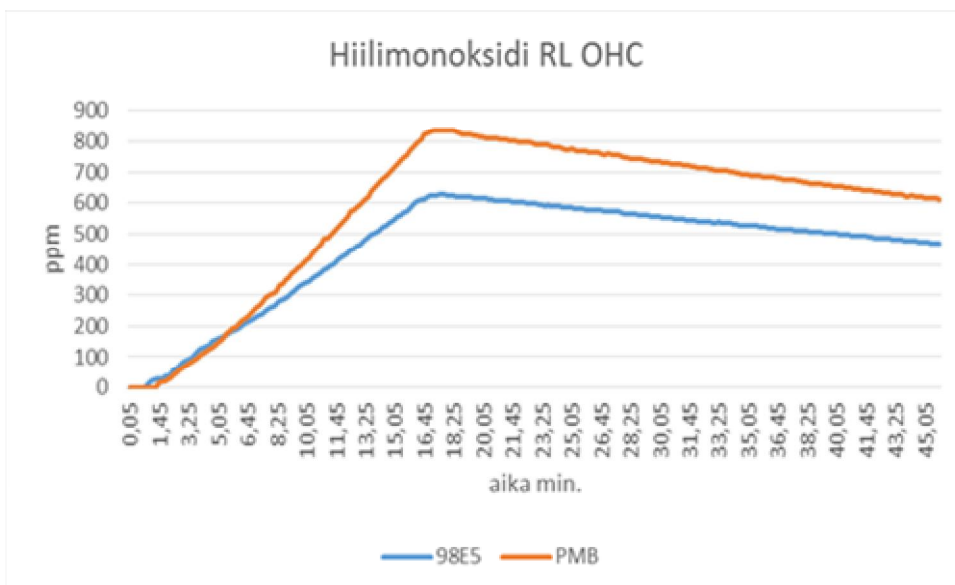
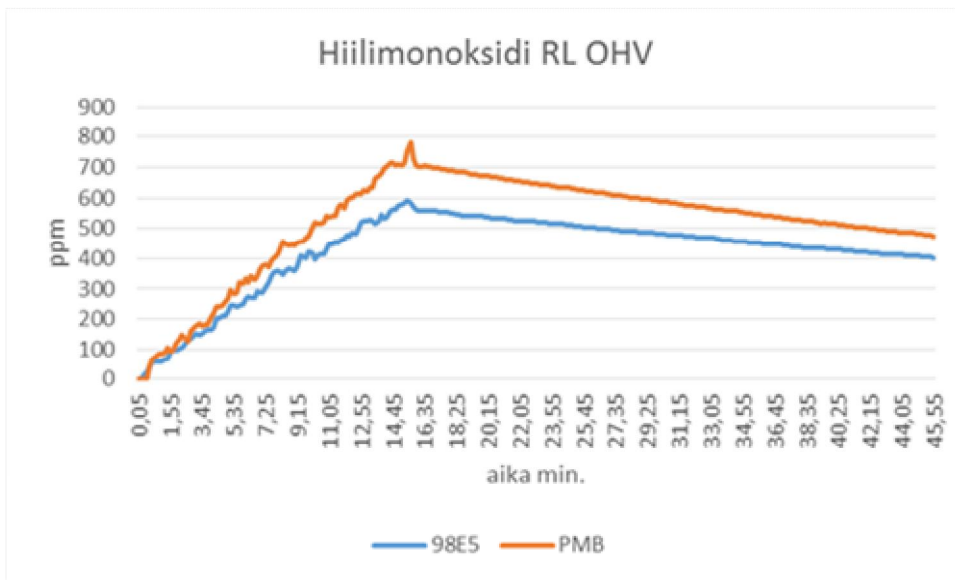
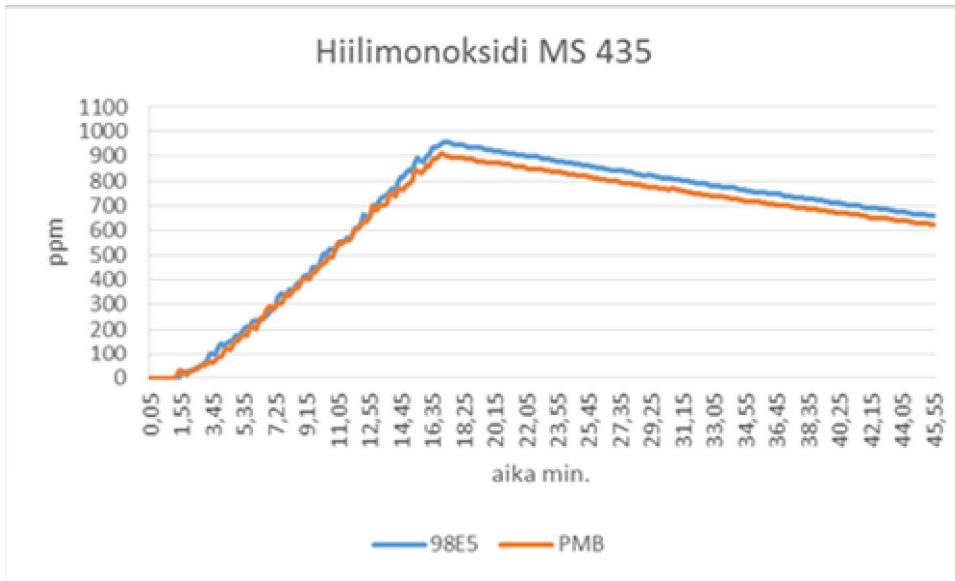
	MS 435	MS 550XP	MS 435	MS 550XP	RL OHV	RL OHC	RL OHV	RL OHC
	98E5	98E5	PMB	PMB	98E5	98E5	PMB	PMB
Bensiini	230	420	13	39	78	39	2,7	5,2
Naftaleeni	11	12	1	3,4	2,3	0,77	0,53	1,2
Asenaftyleeni	0,89	0,89	<0,16	0,39	0,19	0,33	0,07	0,43
Fluoreeni	3,4	3,3	0,21	1,1	0,92	0,44	0,07	0,31
Fenantreeni	3,4	3,8	0,18	1,5	0,72	0,62	0,11	0,59
Antraseeni	1,3	1	0,04	0,22	0,32	<0,08	<0,03	<0,05
Fluoranteeni	0,36	0,46	0,02	0,25	0,07	0,05	<0,03	0,07
Pyreeni	0,43	0,76	0,03	0,41	0,06	0,03	0,03	0,07
Bentso(a)antraseeni	-*	0,048	<0,013	<0,025	<0,025	<0,025	<0,013	<0,025
Kryseeni	-	<0,02	<0,013	<0,025	<0,025	<0,025	<0,013	<0,025
Bentso(b)fluoranteeni	-	0,13	<0,013	<0,025	<0,025	<0,025	<0,013	<0,025
Bentso(k)fluoranteeni	-	<0,05	<0,013	<0,025	<0,025	<0,025	<0,013	<0,025
Bentso(a)pyreeni	-	0,22	<0,013	<0,025	<0,025	<0,025	<0,013	<0,025
Indeno(123cd)pyreeni	-	<0,05	<0,013	<0,025	<0,025	<0,025	<0,013	<0,025
Dibentso(ah)antraseeni	-	<0,02	<0,013	<0,025	<0,025	<0,025	<0,013	<0,025
Bentso(ghi)peryleeni	-	0,38	<0,013	<0,025	<0,025	<0,025	<0,013	<0,025

*) ei mittaustulosta suodatinnäytteestä

3.4 Hiilimonoksidi

Häkäpitoisuutta mitattiin suoraanosoittavalla mittarilla. Pitoisuus nousi nopeasti laitteen 15 minuutin testikäytön aikana maksimiarvoonsa ja alkoi käytön loputtua laskea näytteenoton jatkuessa vielä 30 min (kuva 2). Maksimiarvot moottorisahatesteissä olivat 856 - 956 ppm ja ruohonleikkuritesteissä 592 – 800 ppm. Keskiarvopitoisuudet moottorisahoille olivat 571 – 648 ppm ja ruohonleikkureille 414 – 574 ppm.





Kuva 2. Häkäpitoisuuden vaihtelu testin aikana (Pac III -mittari).

Taulukko 7. Lämpötila ja kosteus sekä häkä-, hiilidioksidi-, rikkivety- ja hiukkaspitoisuudet (Grimm-mittari) emissiohuoneen ilmassa.

		MS 550XP		MS 435		RL OHV		RL OHC	
		98E5	PMB	98E5	PMB	98E5	PMB	98E5	PMB
Hiukkaset mg/m³	hengittyvä jae ka.	2,17	1,43	1,35	1,37	0,051	0,026	0,17	0,21
	vaihteluväli	0,012 – 4,29	0,028 – 2,41	0,002 – 2,49	0,007 – 2,43	0,039 – 0,21	0,007 – 0,039	0,008 – 0,25	0,026 – 0,33
	keuhkojaje ka.	2,16	1,40	1,35	1,36	0,046	0,024	0,16	0,21
	vaihteluväli	0,008 – 4,29	0,014 – 2,39	0,002 – 2,46	0,006 – 2,41	0,034 – 0,057	0,007 – 0,031	0,006 – 0,25	0,021 – 0,32
alveolijaje ka.	2,11	1,37	1,33	1,34	0,038	0,020	0,15	0,16	
	vaihteluväli	0,003 – 4,20	0,003 – 2,35	0,001 – 2,43	0,003 – 2,37	0,022 – 0,054	0,004 – 0,027	0,002 – 0,22	0,012 – 0,23
CO ppm	PAC III, ka	648	571	639	620	414	517	453	574
	vaihteluväli	0 - 890	0 - 856	0 - 956	0 - 910	0 - 592	0 - 782	0 - 630	0 - 836
X-Arm, ka.	633	585	659	636	376	541	400	527	
	vaihteluväli	0 - 895	0 - 870	0 - 995	0 - 950	0 - 555	0 - 830	0 - 570	0 - 760
H₂S ppm	X-Arm, ka.	0,5	0,4	0,1	0,2	1,6	0,1	2,7	3
	vaihteluväli	0 - 3	0 - 3	0 - 3	0 - 3	0 - 2,5	0 - 2	0 - 4	0 - 4,5
CO₂ Vol-% ppm	X-Arm, ka.	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,27	0,3
	vaihteluväli	0,07 - 0,25	0,08 - 0,25	0,07 - 0,21	0,07 - 0,2	0,08 - 0,25	0,07 - 0,21	0,08 - 0,35	0,08 - 0,33
	Q-Trak	2060	2011	1739	1732	1215	x	1536	1674
vaihteluväli	744 - 2628	909 - 2601	749 - 2240	771 - 2169	484 - 2163	x	494 - 3134	514 - 2893	
LT, °C	kokeen alku	24,2	24	24	24	23,2	25	23	23,1
	testikäytön jälkeen	27,7	28	27,7	27,7	26,3	x	26,1	26,8
	kokeen loppu	26,1	26,1	26	25,7	24,4	x	24	24,5
RH%	kokeen alku	14,1	24,3	17	26,6	12,1	24,6	9,2	13,9
	testikäytön jälkeen	18,5	26,2	19	28,1	38,2	x	47,5	60,8
	kokeen loppu	19,3	28,5	21	30,5	25,3	x	26,7	40,1

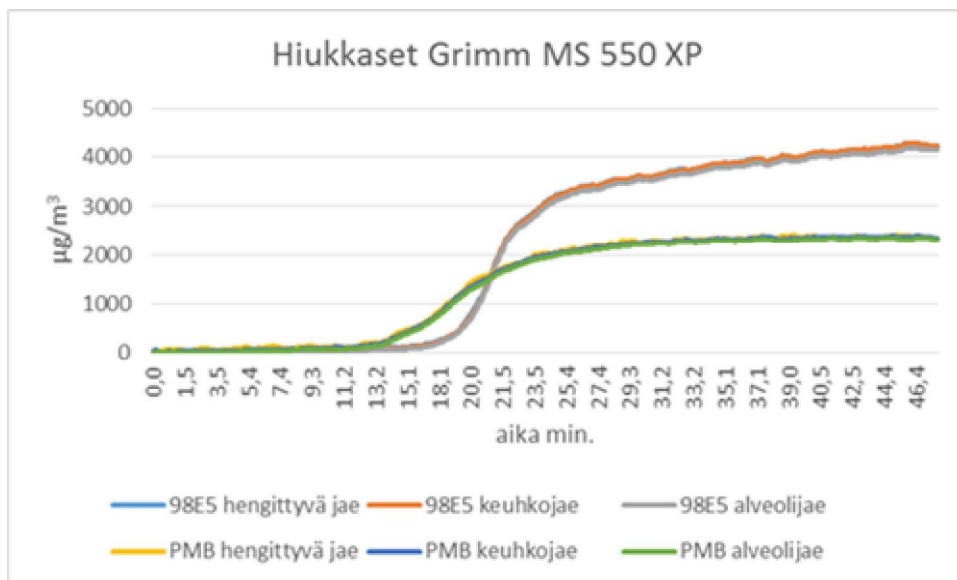
3.5 Hiukkasmittaukset ja öljysumu

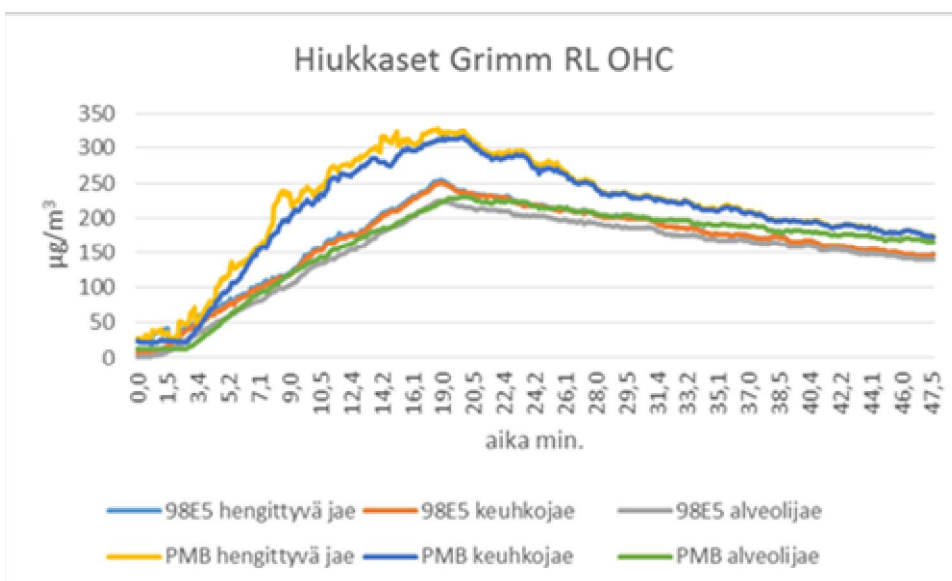
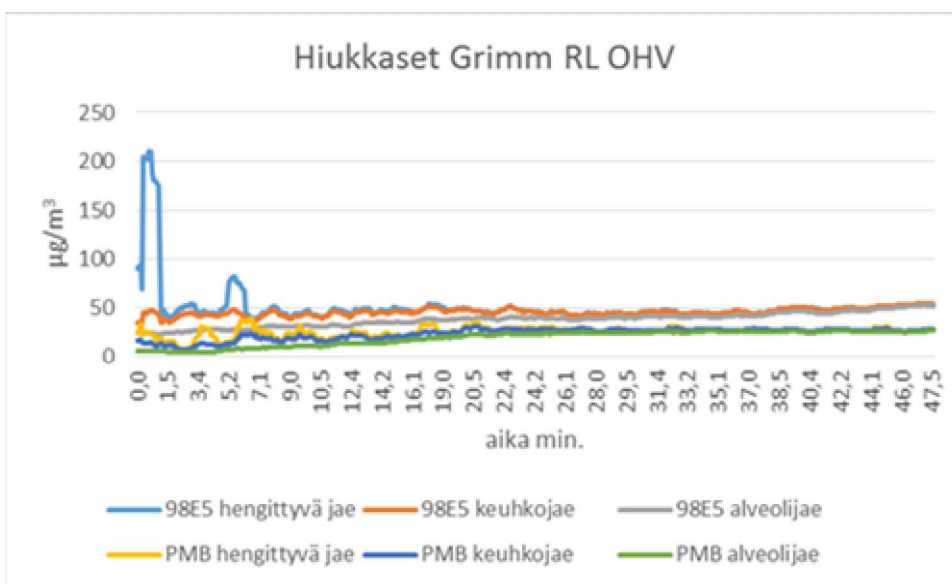
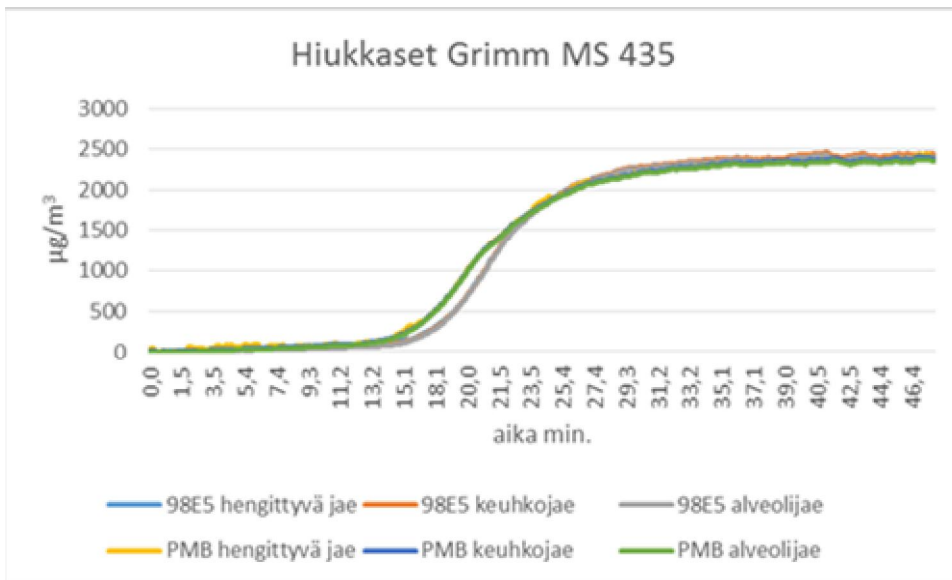
Myös öljysumumittaus (aerosolina olevan öljysumun keräys suodattimelle) tuotti samaa tasoa olevan tuloksen pilottikokeen molemmissa mittauspisteissä (taulukko 11). Muiden yhdisteryhmien tavoin öljysumua mitattiin kertaluokkaa enemmän moottorisahalle kuin ruohonleikkurille. Öljysumupitoisuudet olivat moottorisahalle 3,1 – 3,9 mg/m³ ja ruohonleikkurille <0,15 – 0,61 mg/m³.

Hiukkasmittaukset tehtiin sekä keräävin että suoraanosoittavin menetelmin. Yhteenveto kaikkien hiukkasmittausten tuloksista (massapitoisuuksien keskiarvot) on taulukossa 9. Lisäksi Grimm-mittausten tulokset (hengittyvä, keuhko- ja alveolijae) vaihteluväleineen on esitetty taulukossa 7; kuvaajat koko testiajalta ovat kuvassa 3. Hiukkasten ja pienhiukkasten yhdistetyt tulokset (SMPS/OPS) ovat taulukossa 8 ja kuvissa 4 -7.

Pilottikoe osoitti, että muodostuneet hiukkaset eivät jakautuneet huonetilaan tasaisesti, vaan suurempi hengittyvän pölyn pitoisuus mitattiin moottorisahan oikean puoleisesta mittauspisteestä. Tämä mittauspiste valittiin varsinaisiin testeihin. Hengittyvän jakeen mittaus antoi suuremman pölypitoisuuden keräävällä menetelmällä mitattuna suoraanosoittavan Grimm-mittarin tulokseen verrattuna. Suodattimelta mitattu tulos hengittyvälle hiukkasjakeelle vaihteli 2,9 – 4,7 mg/m³ moottorisahoille, mutta vastaavat tulokset ruohonleikkuritesteissä jäivät alle määritysrajan (<1,0 mg/m³).

Tutkimuksessa Grimm-laitteen antamilla tuloksilla pyrittiin kuvaamaan vain hiukkaskokojakaumaa, sillä laitteen gravimetrisen korjauskertoimen (C-Factor) arvoa ei erikseen määritetty vastaamaan syntyneitä aerosolityyppejä. Kaikissa testeissä Grimmin mittausalueen alle 4 µm hiukkasten (0,3 – 4 µm; alveolijae) osuus massapitoisuudesta oli suurin.





Kuva 3: Hiukkasten pitoisuus testin aikana, Grimm-hiukkasmittarilla mitattuna. RL OHV:n käynnistysvaihe nosti hetkellisesti hiukkaspitoisuutta.

Hiukkasten lukumääräjakaumat (hiukkasta/cm³) mitattiin liikkuvuuskoanalysointilaitteilla (SMPS) ja optisella kokoanalysointilaitteella (OPS). Näiden kahden laitteen mittausalue kattoi yhteensä 0,0085 µm – 9 µm hiukkaskokoalueen. Yhdistettyjen tulosten perusteella laskettu keskimääräinen partikkelikoko (geometrinen keskiarvo) kokeen aikana vaihteli 124 – 131 nm (0,12 – 0,13 µm) moottorisahoille ja 56,3 – 93,6 nm (0,06 – 0,09 µm) ruohonleikkureille. Hiukkaskokojakauman keskihajonta (GSD) vaihteli testien välillä 1,5 – 1,6. Keskihajonnan mukaan voitiin laskea, että esimerkiksi MS 435/PMB-testissä hiukkasista valtaosa (95,4 %) oli kokoalueella 50 – 305 nm (0,05 – 0,31 µm) ja vastaavasti RL OHV/PMB -emissioista alueella 34 – 217 nm. Hiukkasten lukumäärän ja kokojakauman aikasarjat testiaikana on esitetty kuvissa 4 – 6. Kuvissa 5 -7 ja taulukossa 4 esitetty lukumääräpitoisuus on kanavan pitoisuus dN/cm³ normalisoituna kunkin mittauskanavan leveydellä (D_p).

Taulukossa on esitetty myös aktiiviset pinta-alat ja massapitoisuudet koko testiajalle laskettuna; hiukkaset oletettiin pallomaisiksi (tiheys 1 g/cm³) ja optinen koko oletettiin samaksi kuin liikkuvuusko. Pinta-ala- ja massajakaumista ei ole erillisiä kuvaajia.

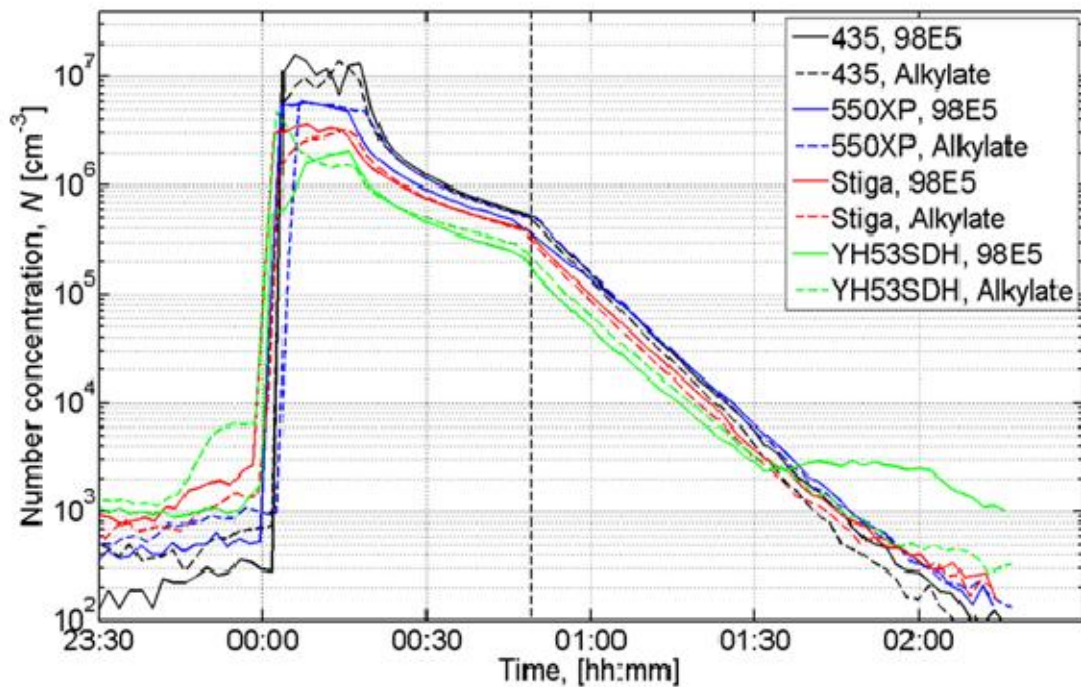
Taulukko 8. Keskimääräisten hiukkaskokojakaumien parametrit, hiukkasten aktiiviset pinta-alat ja massapitoisuudet yhdistetyille SMPS/OPS-mittauksille (0,0085 – 9 µm). Aikaväli kokeen alusta kokeen päättymiseen.

	Hiukkasten lkm, ka	Keski- hajonta	Hiukkasten keskikoko ¹	Keski- hajonta ²	Aktiivinen pinta-ala ³	Massa- pitoisuus ³
Testi	N _{tot} × 10 ⁶ (cm ⁻³)	N _{std} × 10 ⁶ (cm ⁻³)	D _{N,GMD} (nm)	D _{GSD}	SA × 10 ³ (µm ² cm ⁻³)	M (mgm ⁻³)
MS 435,98E5/PMB pilotti	4,19	4,25	113,7	1,61	91	3,91
MS 435,98E5	4,54	5,35	124,4	1,55	91	3,73
MS 435, PMB	3,75	4,23	123,6	1,57	85	3,66
MS 550XP, 98E5	2,51	2,2	130,8	1,57	85	4,27
MS 550XP, PMB	2,22	2,16	128,7	1,57	72	3,46
RL OHV, 98E5	1,56	1,21	92,8	1,50	29	0,88
RL OHV, PMB	1,26	1,0	85,3	1,53	22	0,60
RL OHC, 98E5	0,75	0,61	56,3	1,62	6	0,20
RL OHC, PMB	1,07	1,07	93,6	1,65	22	0,73

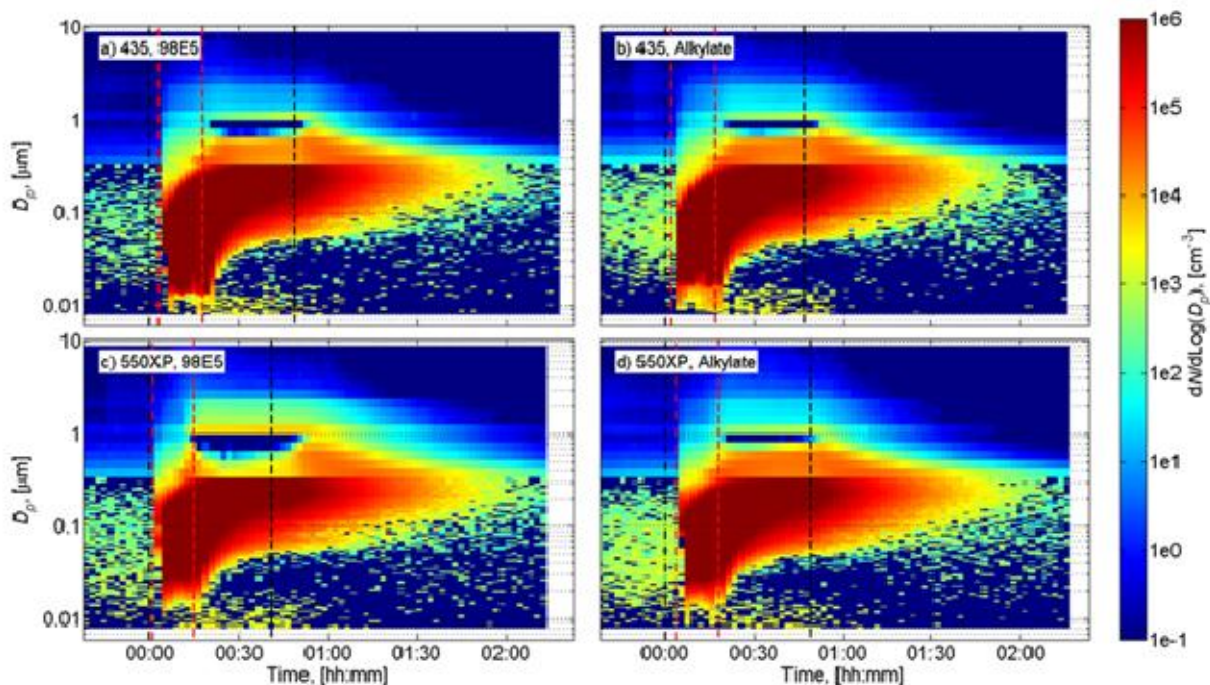
¹Hiukkasten lukumääräpitoisuuden geometrinen keskikoko (D_{N,GMD}); GMD= geometric mean diameter

² Hiukkasten lukumääräpitoisuuden geometrinen keskihajonta (GSD)

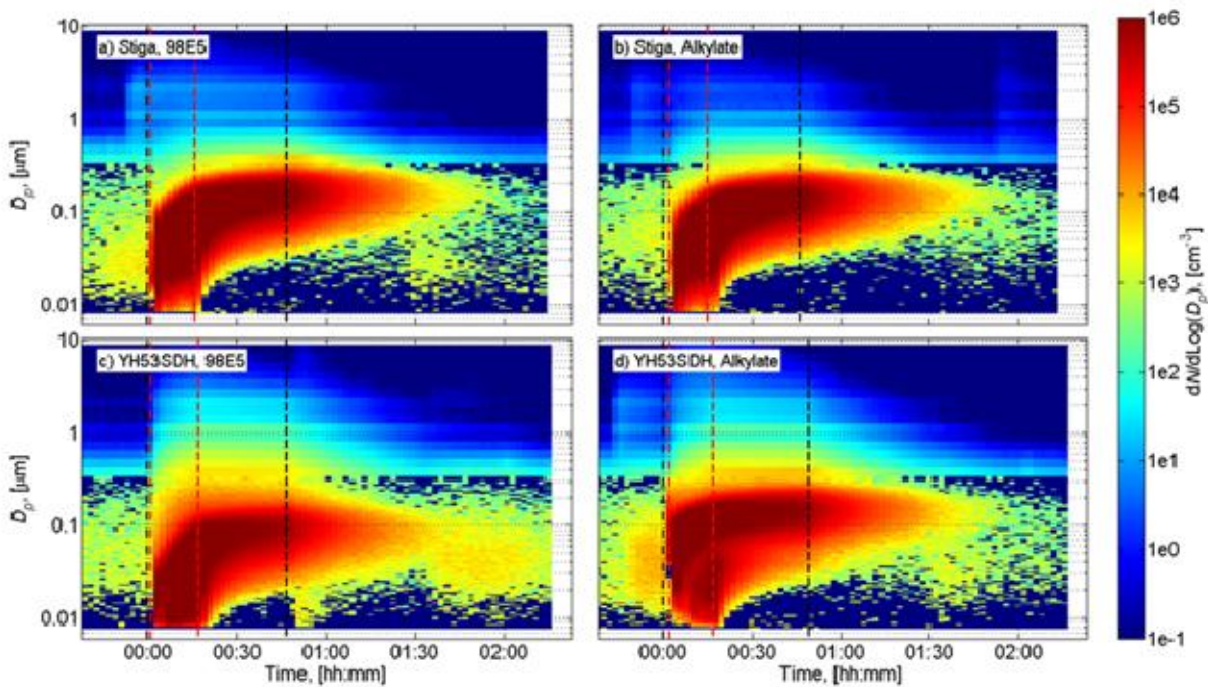
³ Perusteet aktiivisen pinta-alan ja massapitoisuuden laskemiseen on esitetty viitteessä 1.



Kuva 4. Hiukkasten lukumäärä ($0,0085 \mu\text{m} - 9 \mu\text{m}$) testihuoneen ilmassa kokeiden aikana. Testin alkuhetki 00:00. Katkoviiva näyttää mittauksen (näytteenoton) lopetusajan. Stiga = OHV; YH53SDH = OHC

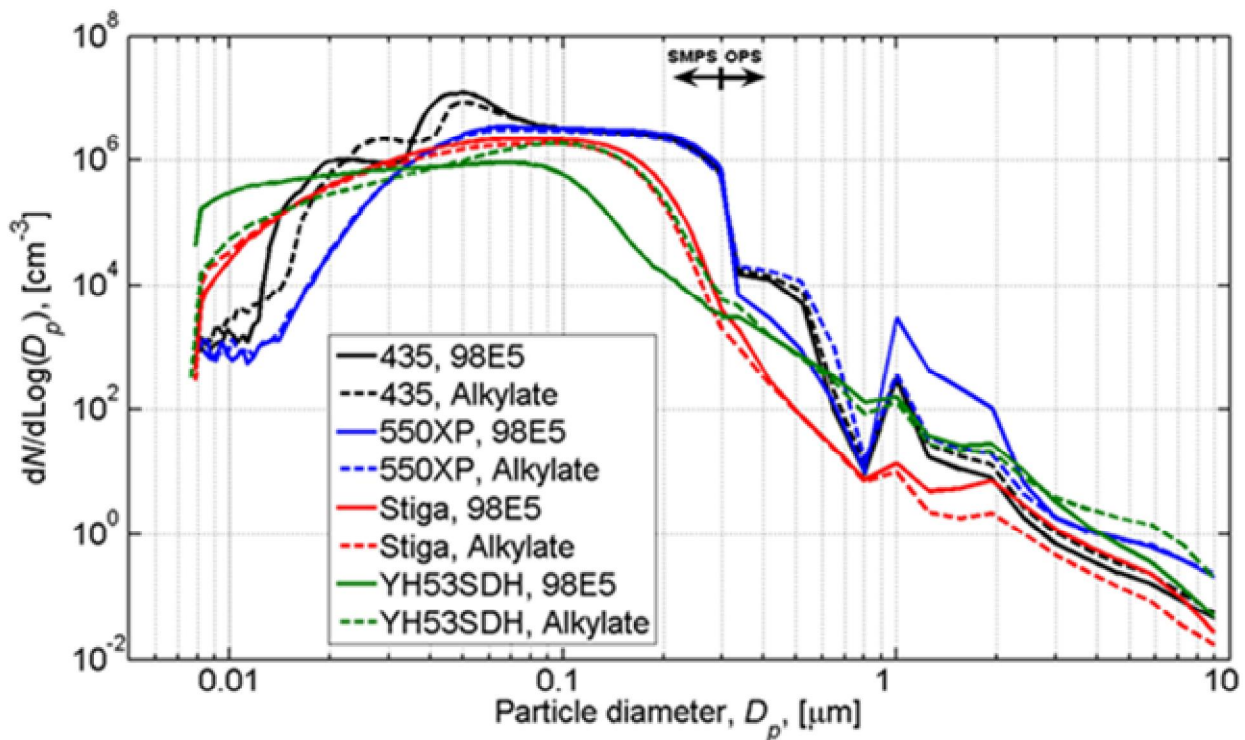


Kuva 5. Moottorisahakokeiden hiukkasten kokojakauma aikasarjat: Näytteenkeräys (testiaika) alkoi hetkellä 00:00 (---), - - - osoittaa sahan käynnistysajankohdan, - . - osoittaa sahan käytön lopetusajankohdan ja - - - testin loppumisen, jolloin näytteenkeräys loppui. Oikeanpuoleinen akseli = lukumääräpitoisuus.



Kuva 6. Ruohonleikkurikokeiden hiukkasten kokojakauma-aikasarjat: Näytteenkeräys (testiaika) alkoi hetkellä 00:00 (---), - - - osoittaa laitteen käynnistysajankohdan, - - - osoittaa laitteen sammutusajankohdan ja — testin loppumisen, jolloin näytteenkeräys loppui.

Oikeanpuoleinen akseli = lukumääräpitoisuus. Stiga = OHV; YH53SDH = OHC



Kuva 7. Keskimääräiset hiukkasten kokojakaumat. Aikaväli kokeen alusta sen päättymiseen. (Kuvissa 5 ja 6 väli — ja ---; n. 45 min). y-akseli = lukumääräpitoisuus. Stiga = OHV; YH53SDH = OHC

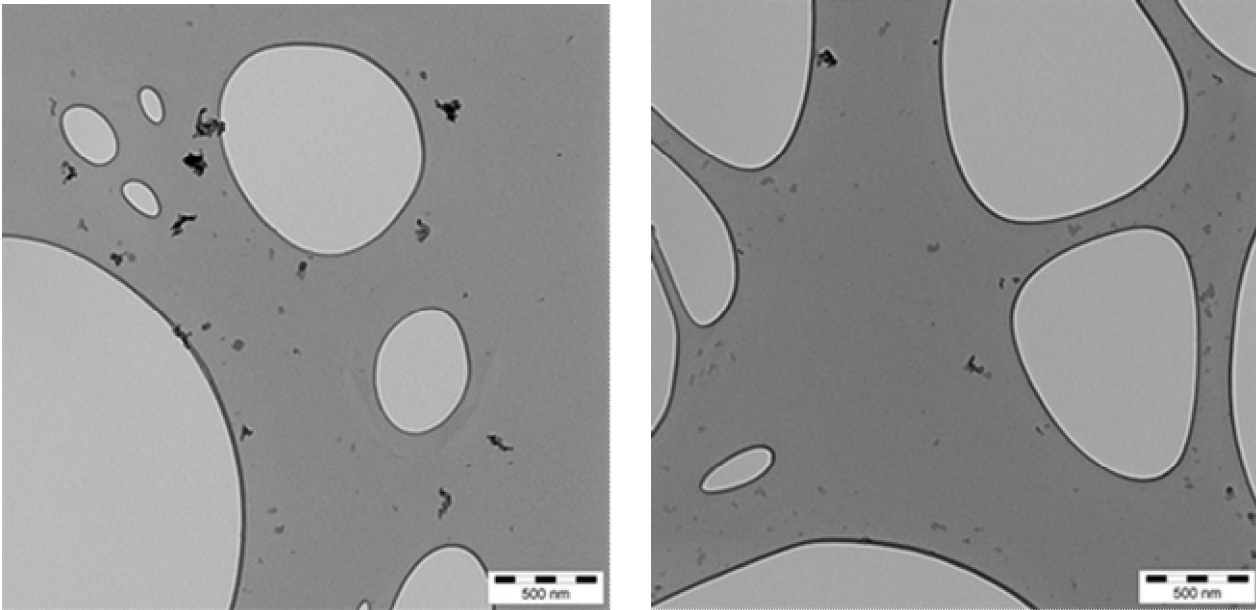
3.6 Yhteenveto hiukkasmittauksista

Taulukko 9. Hiukkasten ja öljysumun keskimääräiset massapitoisuudet (mg/m^3) testijakson aikana.

	Öljysumu	Hiukkaset hengittyvä jae (IOM)	Hiukkaset SMPS/OPS	Hiukkaset Grimm hengittyvä	Hiukkaset Grimm keuhkojoe	Hiukkaset Grimm alveoli
MS 435 98E5	3,9	2,9	3,7	1,4	1,3	1,3
MS 550XP 98E5	3,8	4,7	4,3	2,2	2,2	2,1
MS 435 PMB	3,0	2,9	3,6	1,4	1,4	1,3
MS 550XP PMB	3,1	3,0	3,5	1,4	1,4	1,4
RL OHV 98E5	0,61	<1,0	0,88	0,051	0,046	0,038
RL OHC 98E5	<0,15	<1,0	0,20	0,17	0,16	0,15
RL OHV PMB	0,29	<1,0	0,60	0,026	0,024	0,020
RL OHC PMB	0,29	<1,0	0,73	0,21	0,21	0,16

Eri hiukkasmittaukset tuottivat samansuuntaisia tuloksia. Massapitoisuudet moottorisahatesteissä vaihtelivat IOM-keräimellä mitattuna $2,9 - 4,7 \text{ mg}/\text{m}^3$ ja SMPS/OPS- mittarilla $3,5 - 4,3 \text{ mg}/\text{m}^3$. Myös suodattimelle kerätyt öljysumupitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa. Ruohonleikkuritesteissä massapitoisuudet jäivät alle $1 \text{ mg}/\text{m}^3$. Mittausten perusteella polttoainekohtaista eroa hiukkasemissioissa ei ollut havaittavissa.

Vaikka Grimm-mittausten tulokset eivät olleet kvantitatiivisia massapitoisuuden suhteen, osoittivat ne hiukkaskokojakauman painottuvan pieniin alle $4 \mu\text{m}$ hiukkasiin (alveolijae). Alveolijae on keuhkorakkuloihin asti kulkeutuva hiukkasjoe. Tuloksen vahvasti pienhiukkasiin ulottuva mittaustilasto (alaraja $0,0085 \mu\text{m}$), jossa hiukkasten keskikooksi saatiin $0,056 - 0,131 \mu\text{m}$. Pienimpien alle $0,02 \mu\text{m}$ hiukkasten määrä oli suuri testilaitteen käytön aikana vähentyen pian laitteen käytön loputtua, jolloin myös hiukkasten kokonaismäärä kääntyi laskuun (kuva 5 ja 6). Myös elektronimikroskooppikuvat (kuva 8) osoittivat, että emissiot koostuivat hyvin pienistä hiukkasista.



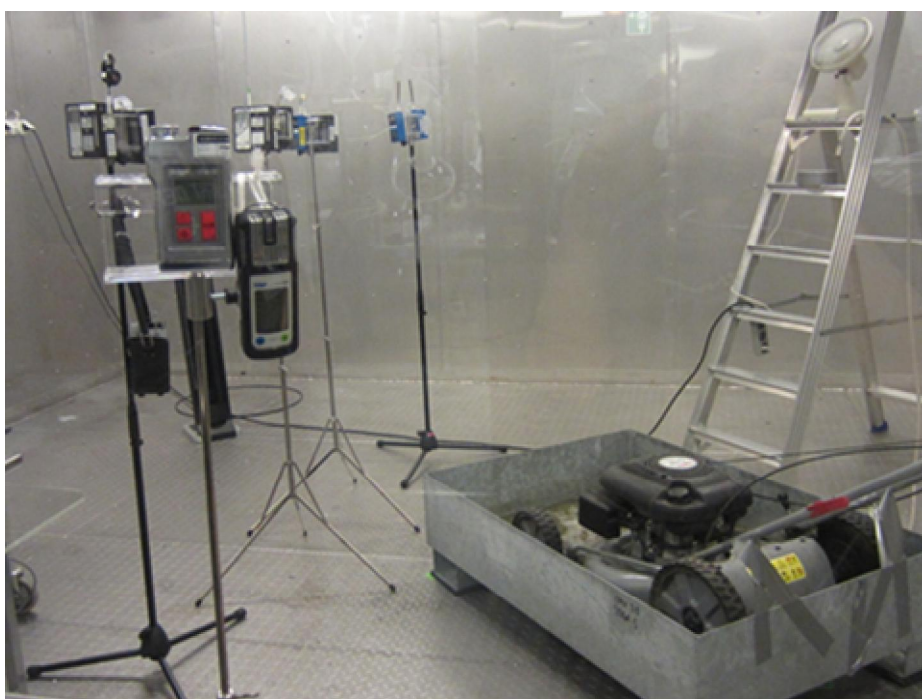
Kuva 8. Elektronimikroskooppikuvat suodattimelle kerätyistä ilmanäytteistä (keräysaika keskimäärin 17 min). Moottorisahatesti 550XP/98E5 (vasen kuva), moottorisahatesti 435/98E5 (oikea kuva). Näytteenkeräys: kuparihila, jossa reikäinen hiilikalvo (200-mesh) (SPI West Chester, USA) kasettikeräimessä (SKC Inc., USA; sisähalkaisija 1/8 tuumaa), jossa selluloosaesterisuodatin (suodattimen halkaisija 25mm). Muodostuneet hiukkaset olivat pieniä, joten suurin osa niistä on mennyt läpi suodattimen reiistä.



Kuva 9. Mittauskalustoa varsinaisten testien aikana. Erillisessä vaunussa SMPS- ja OPS-hiukkasmittarit.



Kuva 10. Moottorisahatesti. Häkämittarit etualalla, takana hydraulinen pumppu ja öljysäiliö.



Kuva 11. Ruohonleikkuritesti käynnissä.

4. Mittaustulosten vertailu ja johtopäätökset

Mittaustulosten vertailu käytettyjen polttoaineiden kesken on esitetty taulukossa 10. Vertailu osoittaa, että suurin ero mitattujen emissioiden suhteen oli hiilivety päästöjen laadullinen ero. Sen sijaan hiilivetyyhdisteiden ja muiden haihtuvien yhdisteiden (VOC) tuottamat kokonaispäästöt (TVOC) olivat samaa suuruusluokkaa polttoaineesta riippumatta.

Päästöjen hiilivedyt olivat pääosin alifaattisia pienmoottoribensiiniä käytettäessä, 98E5 taas tuotti merkittävästi aromaattisia hiilivetyjä kuten BTEX-hiilivetyjä (bentseeni, tolueni, etyylibentseeni, ksyleeni). Näistä bentseenille on syöpävaarallisena aineena asetettu sitova työpaikan ilman raja-arvo (viite 2). Suomessa tuotetuissa reformuloiduissa bensiinilaaduissa on bentseenin määrää vähennetty jo 1990-luvun alkupuolelta lähtien alle 1 prosenttiin. Tavanomaisten moottoribensiinien päästöissä bentseeniä kuitenkin aina jossain määrin esiintyy, joten pienmoottoribensiini on alkylaattipohjaisena tässä suhteessa haittattomampi bensiinilaatu.

Polysyklisen aromaattisten hiilivetyjen (PAH) päästöissä oli selkeä ero erityisesti moottorisahatesteissä, jolloin merkittävästi suuremmat pitoisuudet syntyivät käytettäessä 98E5-bensiiniä. Sen sijaan ruohonleikkureilla polttoainekohtainen ero ei ollut selkeä, ainoastaan naftaleenin suhteellinen osuus oli selvästi suurempi kaikissa 98E5-testeissä. EU on asettanut naftaleenille syöpävaarallisuuden suhteen vaaraluokan Carc 2 ja vaaralauseen H351 (epäillään aiheuttavan syöpää) (EC Regulation No 1272/2008). Naftaleeni kuuluu PAH-seosten höyryjakeen yhdisteisiin kuten myös asenaftyleeni, asenafteni, fluoreeni, fenantreeni, antraseeni, fluoranteeni ja pyreeni.

Suomen lainsäädännössä PAH-yhdisteiden seokset on luokiteltu syöpävaarallisiksi. EU:n kategoria 1B:n mukainen karsinogeenisuusluokitus (saattaa aiheuttaa syöpää) on annettu seuraaville PAH-yhdisteille: bentso(a)pyreeni, bentso(a)antraseeni, kryseeni, bentso(b)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni ja dibentso(a,h)antraseeni (EC Regulation No 1272/2008). Tulosten perusteella voidaan arvioida, että näiden suurimolekyylisempien hiukkasjakeeseen sitoutuvien PAH-yhdisteiden pitoisuudet päästöissä jäävät paljon pienemmiksi kuin höyryjakeen komponenttien pitoisuudet.

Testit osoittivat sekä moottorisahan että ruohonleikkurin tuottavan merkittävän häkäpäästön, joka nousi hyvin nopeasti laitteen käynnistyksen jälkeen. Koska huoneen ilmanvaihto oli säädetty pieneksi, syntyi korkea häkäpitoisuus jo 1 - 2 minuutin aikana testin alettua. Testit eivät osoittaneet selkeää eroa häkäpitoisuuksissa käytettyjen polttoaineiden välillä. Korkeat häkäpitoisuudet ovat haitallisia, koska aineen sitoutuminen hemoglobiiniin vähentää veren hapenkuljetuskykyä. Elimistöstä häkä poistuu uloshengitysilman mukana puoliintumisajan ollessa 3 – 5 tuntia. Raskaana olevien ei tule altistua hiilimonoksidille.

Formaldehydipitoisuus nousi korkeaksi erityisesti moottorisahatesteissä ja myös ruohonleikkurin emissioissa se oli aldehydyryhmän pitoisuudeltaan suurin komponentti. Käytettyjen polttoaineiden suhteen ei selkeää eroa ollut todettavissa. Tulokset antoivat viitteitä siitä, että 98E5-bensiinin sisältämä etanoli lisää asetaldehydin pitoisuutta emissioissa. Pienimolekyyliset aldehydit ovat reaktiivisia ja ärsyttäviä yhdisteitä. Erityisesti akroleiini ja formaldehydi ovat jo suhteellisen pieninäkin pitoisuuksina hengitysteitä ärsyttäviä, formaldehydi voi aiheuttaa myös hengitysteiden herkistymistä.

Eri mittareilla suoritettujen hiukkasmittaukset tuottivat samansuuntaisia tuloksia sekä pitoisuustasojen että hiukkaskokojakauman puolesta. Tulokset osoittivat kokojakauman painottuvan hyvin pieniin < 0,5 µm hiukkasiin. Pienhiukkasten katsotaan olevan terveysvaikutuksiltaan haitallisimpia, koska ne pääsevät tunkeutumaan kaikkialle hengityselimistöön aina keuhkorakkuloihin asti. Hiukkasten lukumäärä on yleensä pienhiukkasilla suuri verrattuna karkeampiin hiukkasiin. Niiden pinta-ala massaan nähden on suuri, joten niiden kemiallinen reaktiivisuus voi olla suurempi kuin massaltaan samalla määrällä suuria hiukkasia.

Käytetyn polttoaineen suhteen testitulokset (massapitoisuus, lukumääräpitoisuus, hiukkaskoko) eivät juuri poikenneet toisistaan.

Taulukko 10. Mittaustulosten vertailu.

Mittaus	Merkittävimmät emissiotuotteet		Vertailu 98E5/ pienmoottoribensiini	Muut huomiot
	98E5	PMB		
Pienhiukkaset/ hiukkaset -lukumäärä			Ei eroa hiukkasten lukumääräpitoisuudessa.	
Pienhiukkaset/ hiukkaset -hiukkaskoko	56 – 131 nm	85 – 129 nm	Ei eroa keskimääräisessä hiukkaskoossa	
Hiukkaset, hengittyvä jae -massapitoisuus	Hiukkaset pääosin alveoli- jakeessa	Hiukkaset pääosin alveoli- jakeessa	Ei merkittävää eroa massapitoisuudessa.	Ruohonleikkuri- testeissä IOM- keräimen tulos alle määritysrajan.
PAH	Naftaleeni	Naftaleeni	98E5: PAH-yhdisteitä enemmän, naftaleenia kertaluokkaa enemmän	
Aldehydit ja ketonit	Form- aldehydi	Formaldehydi	Formaldehydi: ei suuruusluokkaeroa 98E5: bentsaldehydi, metyyli-bentsaldehydi	
VOC -hiiliputki VOC- termo- desorptio	Isopentaani BTEX Etanoli	Isopentaani Trimetyyli- pentaanin isomeerit	TVOC: ei suuruusluokkaeroa. Aromaattisia yhdisteitä 98E5- emissiossa	
Öljysumu			Ei suuruusluokkaeroa.	
Häkä			Ei suuruusluokkaeroa.	Kaikki häkä- pitoisuudet suuria. HTP-arvo = 30/75 ppm (8h/15 min)

5. Viitteet

1. Koivisto AJ, Aromaa M, Mäkelä JM, Pasanen P, Hussein T, Hämeri K, Concept to estimate regional inhalation dose of industrially synthesized nanoparticles. *ACSNano* 6(2) 2012: 1195-1203.
2. HTP-arvot, Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet, Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 2012:5.

Taulukko 11. Lämpötila ja ilman kosteus sekä häkä-, hiilidioksidi-, rikkivety-, öljysumu- ja hiukkaspitoisuudet emissiohuoneen ilmassa pilottikokeessa.

		MS 435/98E5 + PMB		
	mittaus- piste		ka	vaihteluväli
Öljysumu, mg/m³	vasen		2,9	
Öljysumu, mg/m³	oikea		3,1	
Hiukkaset, mg/m³	vasen	IOM hengittyvä jae	1,3	
Hiukkaset, mg/m³	oikea	IOM hengittyvä jae	4,7	
Hiukkaset, mg/m³	oikea	SMPS/OPS	3,9	
Hiukkaset, mg/m³	oikea	Grimm hengittyvä jae alveolijae keuhkojoe	2,49 2,48 2,44	0,008 – 4,88 0,006 - 4,87 0,002 – 4,79
CO, ppm	vasen	PAC III	727	0 – 1160
CO, ppm	vasen	X-Arm	842	0 - 1190
H₂S, ppm	oikea	X-Arm	1,1	0 - 4
CO₂, til%	vasen	X-Arm	0,2	0,07 – 0,90
CO₂, ppm	oikea	Q-Trak	1845	699 - 2618
LT, °C	oikea	kokeen alku testikäytön jälkeen kokeen lopussa	25,7 30,1 28,1	
RH%	oikea	kokeen alku testikäytön jälkeen kokeen loppu	25,0 24,6 29,8	

LIITE 2

Taulukko 12. VOC-, aldehydi- ja PAH-pitoisuudet emissiohuoneen ilmassa pilottitestin aikana.

	MS 435	MS 435	MS 435	MS 435
	98E5/PMB	98E5/PMB	98E5/PMB	98E5/PMB
Bensiini				
Keräyspiste	oikea	oikea	vasen	vasen
Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC) hiiliputkesta (mg/m ³)				
TVOC	118*	115**	130*	119**
Bentseeni	0,7	0,8	0,8	0,8
Etyylibentseeni	0,9	0,9	0,9	0,9
Etanoli	0,5	0,6	0,6	0,6
Ksyleeni	3,8	3,8	3,9	4
MTBE	0,5	0,5	0,5	0,5
Tolueeni	3,6	4,2	4	4,3
isopentaani		17,7		18,3
iso-oktaani		25,8		26,8
trimetyylipentaani		10,5		10,8
trimetyylipentaani		6,4		6,6
* tulokset 226-81A -hiiliputkesta; **tulokset 226-01 -hiiliputkesta				
Aldehydit ja ketonit (mg/m ³)				
Akroleiini	0,084	0,07	0,082	
Asetaldehydi	0,25	0,24	0,2	
Asetoni	0,014	0,016	0,006	
Bentsaldehydi	0,083	0,073	0,079	
Butyyrialdehydi	0,051	0,049	0,045	
Formaldehydi	1,6	1,4	1,5	
Heksanaali	0,027	0,025	0,026	
Krotonaldehydi	0,029	0,026	0,027	
m-Metyylibentsald.	0,065	0,058	0,062	
Valeraldehydi	0,005	0,004	0,005	
Propionaldehydi	0,038	0,038	0,031	
PAH-yhdisteet (µg/m ³)				
Naftaleeni	40	28***	31	20***
Asenaftyleeni	0,97	<0,62	0,93	0,64
Asenafteeni	0,16	0,1	<0,17	0,1
Fluoreeni	0,38	0,19	0,35	0,2
Fenantreeni	0,34	0,14	0,3	0,16
Antraseeni	<0,09	<0,02	0,08	<0,02
Fluoranteeni	0,05	0,033	0,04	0,034
Pyreeni	0,05	0,054	0,05	0,064
Bentso(a)antraseeni	<0,038	<0,058	-	<0,061
Kryseeni	0,027	0,054	-	0,044
Bentso(b)fluoranteeni	<0,029	<0,056	-	<0,043
Bentso(k)fluoranteeni	<0,012	<0,031	-	<0,024
Bentso(a)pyreeni	0,035	0,061	-	0,08
Indeno(123cd)pyreeni	<0,046	<0,07	-	<0,086
Dibentso(ah)antraseeni	<0,012	<0,02	-	<0,022
Bentso(ghi)peryleeni	0,075	0,087	-	0,12

***tulokset yhdistelmäkeräimestä (suodatin +putki)

LIITE 3/Taulukko 13 /Moottorisahat	MS 550XP	MS 550XP	MS 435	MS 435
VOC-tulokset/termodesorptiomenetelmä	98E5	PMB	98E5	PMB
Etanoli	3,5	0,41	2,6	0,09
2-Metyylipentaani	6,3	0,43	2,6	0,38
Heksaani	1,6	0,099	0,97	0,13
Metyylisyklopentaani	2,2	0,32	1,2	0,34
Bentseeni	2,9	0,29	2,3	0,32
Sykloheksaani	1,7	0,088	1,2	0,12
Heptaani	1,7	0,1	1,1	0,16
Tolueeni	16	1	11	1,4
Oktaani	0,52		0,32	
Etyylibentseeni	4,3	0,27	2,7	0,3
m- ja p-Ksyleeni	13	0,79	8,4	0,85
Styreeni	0,33		0,25	
o-Ksyleeni	5,3	0,33	3,3	0,34
Isopropyylibentseeni	0,33		0,2	
Bentsaldehydi	0,41		0,3	
Propyylibentseeni	1,1	0,072	0,67	0,062
1,3,5-Trimetyylibentseeni	1,5	0,098	0,89	0,073
1-Etyyli-2-metyylibentseeni	1,3	0,088	0,76	0,079
1,2,4-Trimetyylibentseeni	4,8	0,27	2,9	0,27
1,2,3-Trimetyylibentseeni	1,3	0,075	0,82	0,088
Fenoli			0,12	
Naftaleeni	0,46	0,033	0,27	0,017
C ₄ H ₈ -hiilivety	3,3	4,3	2,4	3
2-Metyylibutaani (isopentaani)	11	14	8,6	12
Pentaani	2,8	0,45	1,6	
C ₅ H ₁₀ -hiilivety	0,92	0,45	0,53	
C ₃ H ₁₀ -hiilivety	0,82	0,71	0,53	
2,2-Dimetyylibutaani	2,7	0,1	1,9	
2-Metyyli-2-propenaali		0,076		
Metyyli-tert-butyylieetteri (MTBE)	0,09	0,004	0,043	0,039
2,3-Dimetyylibutaani		0,59	1	0,57
3-Metyylipentaani	1,9	0,16	1,2	
Etyyli-tert-butyylieetteri (ETBE)	5,3	0,14	2,8	
2,4-Dimetyylipentaani		0,8	0,33	0,81
2-Metyyliheksaani	1,5		0,92	0,28
2,3-Dimetyylipentaani		0,84	0,81	0,69
Metyyli-tert-amyylieetteri (TAME)	0,33	0,011	0,11	0,4
3-Metyyliheksaani	2,1		1,3	
2,2,4-Trimetyylipentaani (iso-oktaani)	1,1	22	1,7	18
2,5-Dimetyyliheksaani	0,23	2,7	0,31	1,9
2,4-Dimetyyliheksaani	0,46	4,1	0,38	3
2,3,4-Trimetyylipentaani	0,29	12	0,65	9,2
2,3,3-Trimetyylipentaani		8,4		6,4
2,3-Dimetyyliheksaani	0,26	3,2	0,26	2,2
Trimetyyliheksaani		2,2	0,13	1,5
1-Etyyli-3-metyylibentseeni	4	0,16	2,3	0,18
1-Etyyli-4-metyylibentseeni	1,5	0,067	0,87	0,078
C ₄ -alkyylibentseenit	3,7		2,4	
Alifaattinen hiilivety, kp. n. 165 °C		0,7		0,53
C ₁₁ -C ₁₃ -alkaanit		2,2		1,6
Haihtuvien org. yhdisteiden kokonaispitoisuus TVOC	105	74	67	58
TVOC-alueen ulkopuoliset yhdisteet	30	22	21	18
TVOC yhteensä	135	96	88	76

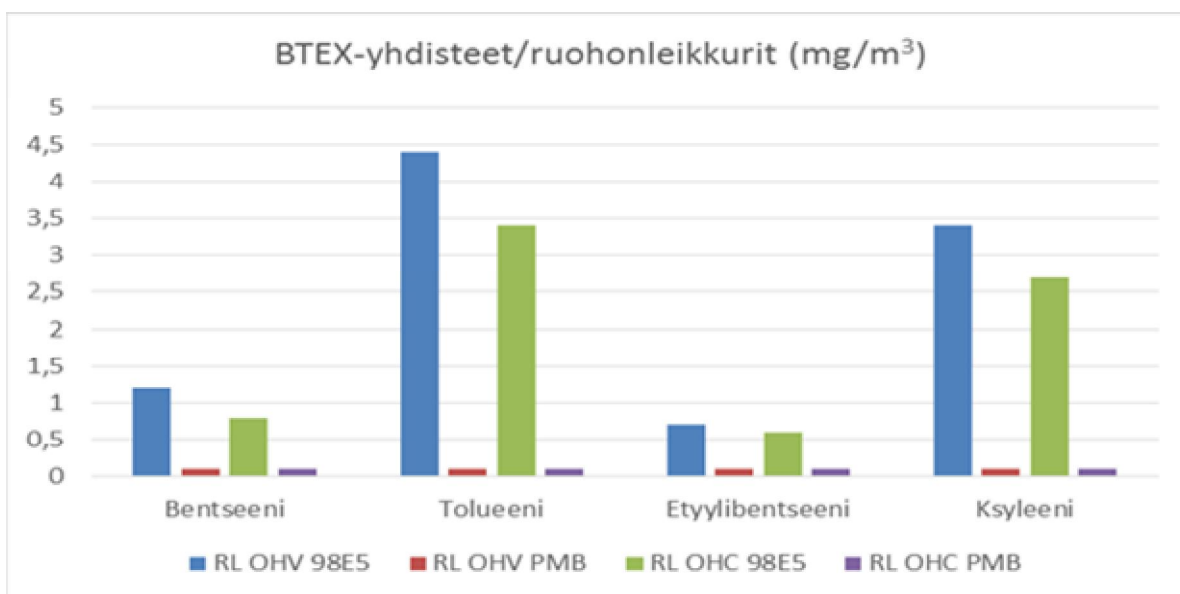
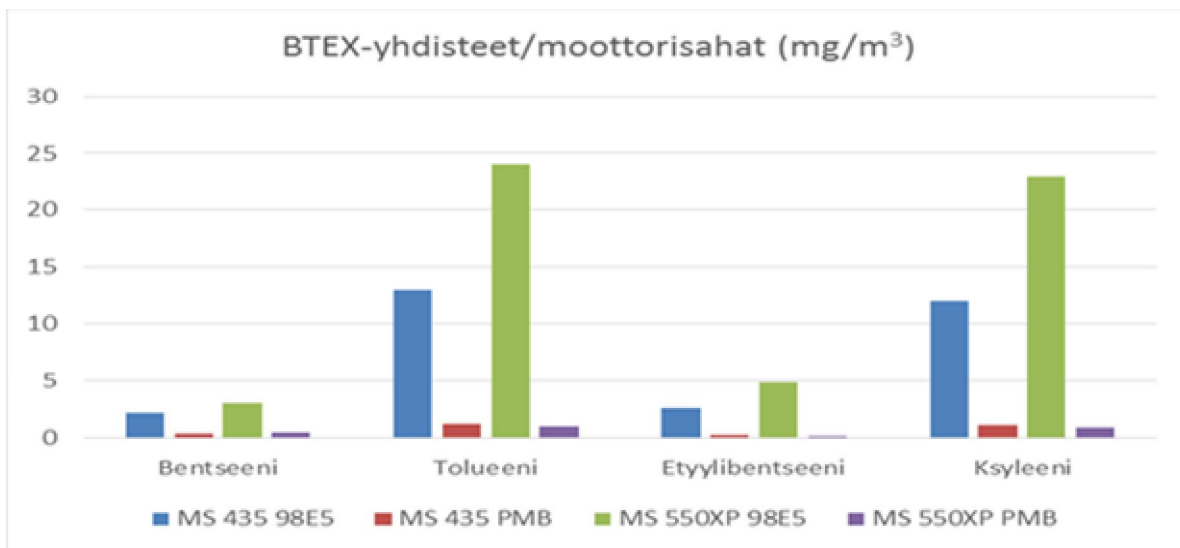
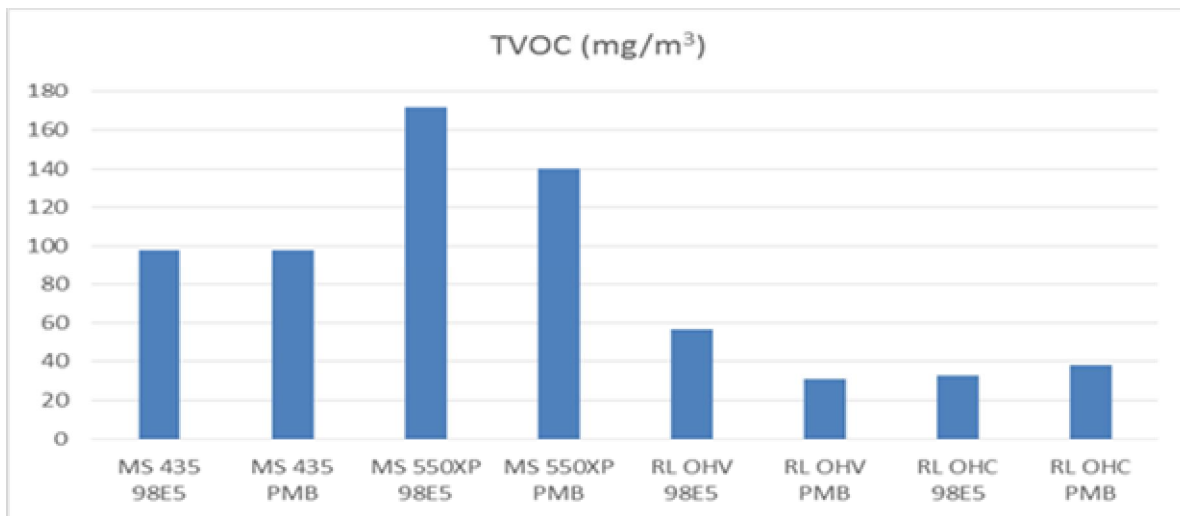
Taulukon yläosan yhdisteet naftaleeniin asti tunnistettu ja laskettu käyttäen puhtaita vertailuaineita. Muut yhdisteet tunnistettu spektrikirjaston ja Kovatsin retentioindeksien avulla sekä laskettu käyttäen tolueenia vertailuaineena.

LIITE 4/Taulukko 14/Ruohonleikkurit	RL OHV	RL OHV	RL OHC	RL OHC
VOC-tulokset/termodesorptiomenetelmä	98E5	PMB	98E5	PMB
Etanoli	2,6	0,03	1,7	
2-Metyylipentaani	1,3	0,12	0,73	0,12
Heksaani	0,48	0,024	0,28	
Metyylisyklopentaani	0,75	0,11	0,28	
Bentseeni	1,2	0,07	0,82	0,1
Sykloheksaani	0,55		0,27	0,17
Heptaani	0,38		0,26	
Tolueeni	3,9	0,052	3,1	
Etyylibentseeni	0,77		0,64	
m- ja p-Ksyleeni	2,3	0,029	1,9	
Styreeni	0,13			
o-Ksyleeni	0,91		0,77	
Isopropylibentseeni				
Bentsaldehydi			0,16	
Propyylibentseeni	0,15		0,14	
1,3,5-Trimetyylibentseeni	0,23		0,19	
1-Etyyli-2-metyylibentseeni	0,18		0,16	
1,2,4-Trimetyylibentseeni	0,69		0,55	
1,2,3-Trimetyylibentseeni	0,2		0,17	
Naftaleeni	0,085	<0,01	0,061	<0,01
C ₄ H ₈ -hiilivety	2,1	1,3	1,1	0,95
Butaani	1,4		0,53	0,41
2-Metyylibutaani (isopentaani)	10	13	5,2	10
Pentaani	1,1	0,17	0,49	0,1
C ₅ H ₁₀ -hiilivety	1,1	0,11	0,49	
C ₅ H ₁₀ -hiilivety	0,42	0,11	0,2	
2,2-Dimetyylibutaani	1,3		0,59	
Metyyli-tert-butylietteri (MTBE)	0,22		0,11	
2,3-Dimetyylibutaani	0,93	0,29	0,52	0,19
3-Metyylipentaani	0,65	0,054	0,34	
Etyyli-tert-butylietteri (ETBE)	1,1		0,61	
2,4-Dimetyylipentaani		0,43		0,26
2-Metyyliheksaani	0,44	0,064	0,26	
2,3-Dimetyylipentaani	0,18	0,25	0,26	0,2
Metyyli-tert-amylietteri (TAME)	0,13		0,075	
3-Metyyliheksaani	0,49		0,34	
2,2,4-Trimetyylipentaani (iso-oktaani)	0,49	9,6	1,4	7,6
2,5-Dimetyyliheksaani		0,87	0,15	0,63
2,4-Dimetyyliheksaani		1,2	0,24	1,2
2,3,4-Trimetyylipentaani		3,7	0,59	3
2,3,3-Trimetyylipentaani		2,3	0,19	2
2,3-Dimetyyliheksaani		0,85	0,18	0,68
Trimetyyliheksaani		0,59	0,12	0,49
1-Etyyli-3-metyylibentseeni	0,52		0,44	
1-Etyyli-4-metyylibentseeni	0,21		0,17	
C ₄ -alkyylibentseenit	0,44		0,36	
Alifaattinen hiilivety, kp. n. 165 °C		0,19		
C ₁₁ -C ₁₃ -alkaanit		0,61		0,67
Haihtuvien org. yhdisteiden kokonaispitoisuus TVOC	19	23	17	18
TVOC-alueen ulkopuoliset yhdisteet	21	16	11	13
TVOC yhteensä	40	39	28	31

Taulukon yläosan yhdisteet naftaleeniin asti tunnistettu ja laskettu käyttäen puhtaita vertailuaineita. Muut yhdisteet tunnistettu spektrikirjaston ja Kovatsin retentioindeksien avulla sekä laskettu käyttäen tolueenia vertailuaineena.

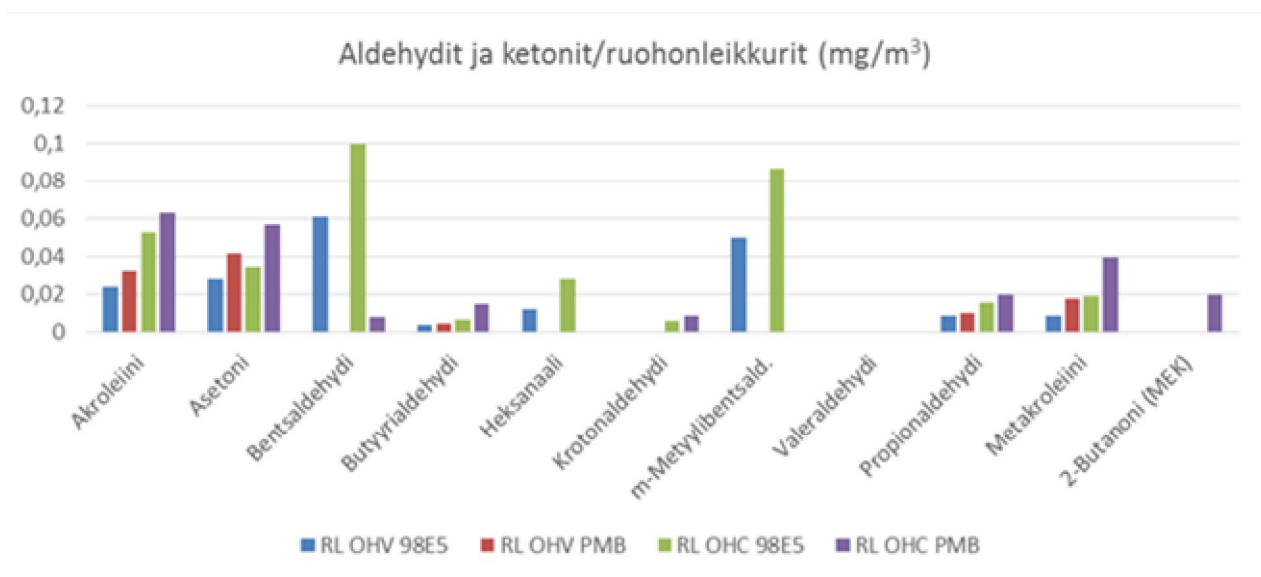
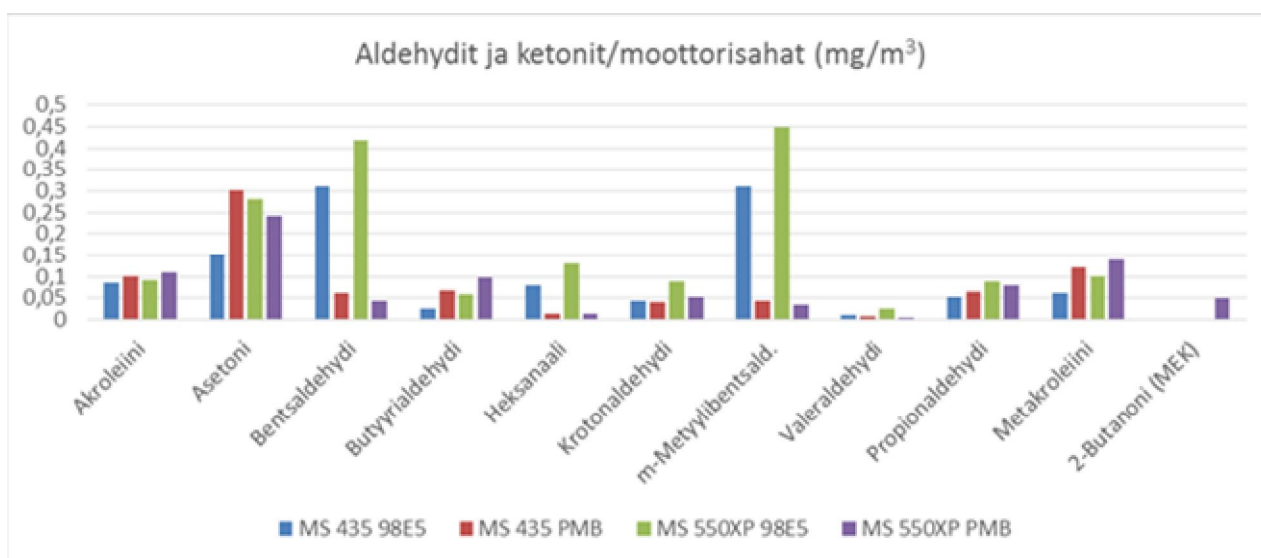
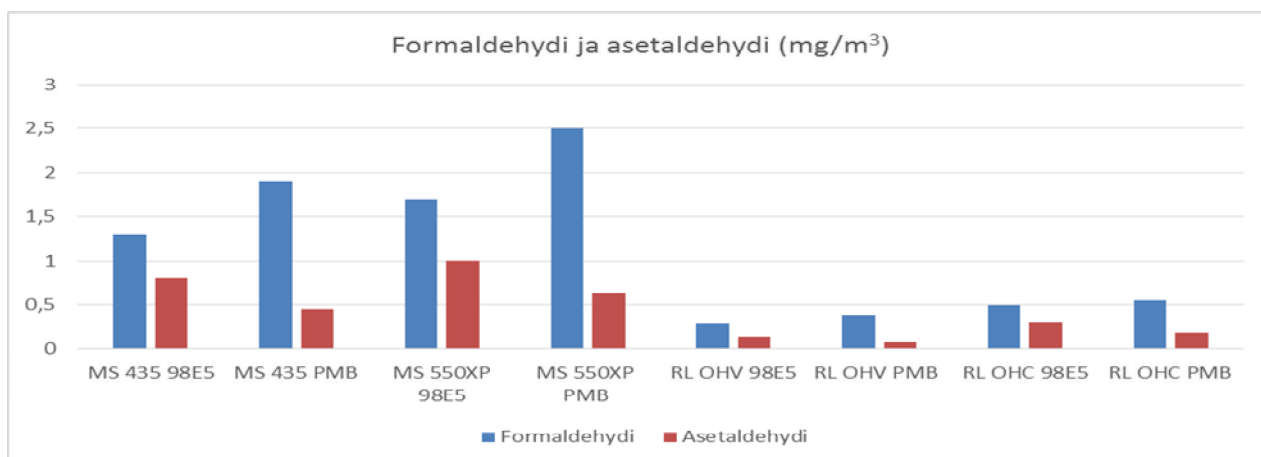
Hiiliputkinäytteet/VOC-pitoisuudet

Liite 5



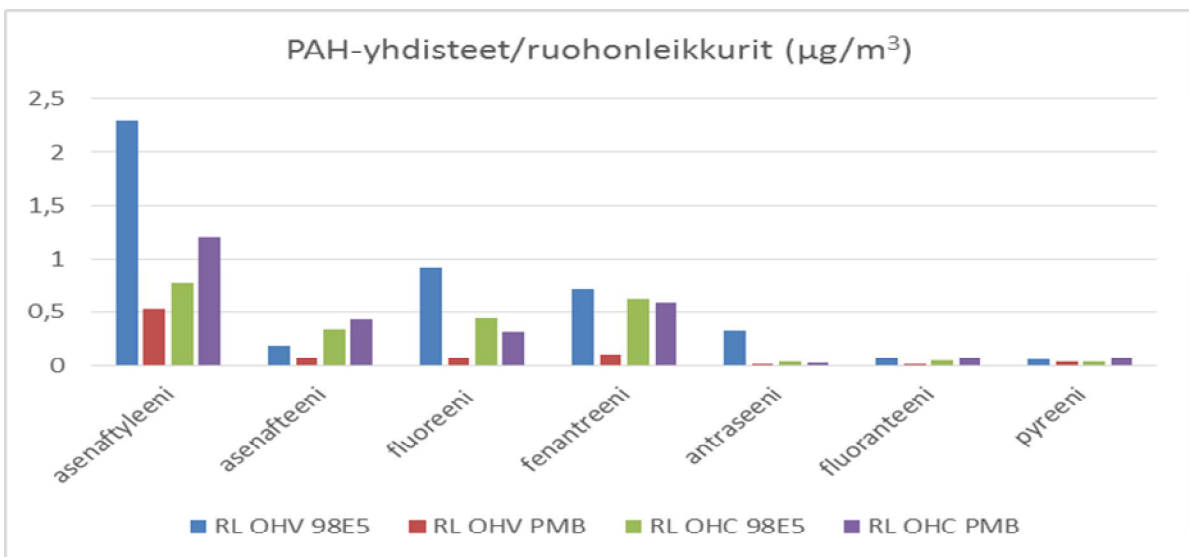
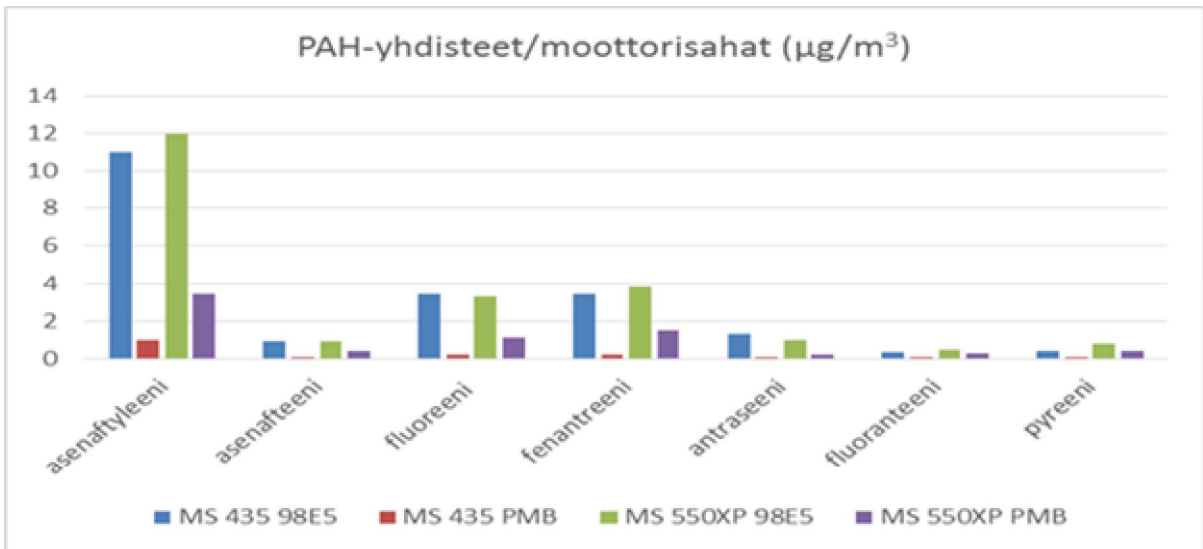
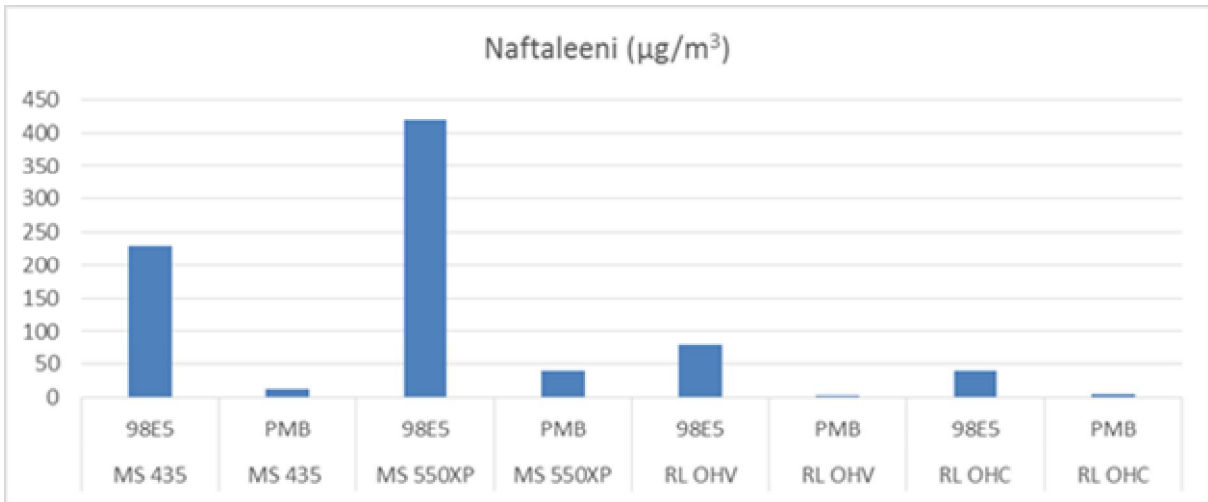
Aldehydit ja ketonit

Liite 6



PAH-yhdisteet

Liite 7



LIITE 8

NESTE OIL

Tutkimustodistus
 TT-14-001693

 1 (2)
 12.5.2014
Aihe

TTL emissiomittaukset

Näytteet

Nimike	Kohde	Näytteenottoaika	Näytteenottoaika	Näytetunnus
1. BENSIINI PMB 4-T TTL	MOOTTORIL erät	090/14	03.03.2014	03326248
2. BENSIINI BE98E5 TTL	MOOTTORIL erät	089/14	03.03.2014	03326249

Tulokset

Ominaisuus	Menetelmä	Yksikkö	Näyte	Näyte
			1.	2.
Tiheys 15°C	ENISO12185	kg/m3	686,7	750,6
Höyrinpaine, Grabner, DVPE	EN13016-1	kPa	57,0	65,9
Etanoli O-FID	EN1601	vol-%		4,43
Kokonais happi O-FID	EN1601	wt-%	<0,05	2,74
Tislaus alkupiste	ENISO3405	°C	30,5	32,4
Tislaus 5 vol-%	ENISO3405	°C	45,4	44,3
Tislaus 10 vol-%	ENISO3405	°C	52,4	48,4
Tislaus 20 vol-%	ENISO3405	°C	62,3	53,7
Tislaus 30 vol-%	ENISO3405	°C	74,2	59,4
Tislaus 40 vol-%	ENISO3405	°C	91,1	73,2
Tislaus 50 vol-%	ENISO3405	°C	102,5	91,4
Tislaus 60 vol-%	ENISO3405	°C	105,9	107,5
Tislaus 70 vol-%	ENISO3405	°C	108,3	121,5
Tislaus 80 vol-%	ENISO3405	°C	111,1	135,8
Tislaus 90 vol-%	ENISO3405	°C	117,8	151,6
Tislaus 95 vol-%	ENISO3405	°C	135,8	165,6
Tislaus loppupiste	ENISO3405	°C	179,0	192,6
Tislaus saanto	ENISO3405	vol-%	97,6	97,9
Tislaus jäännös	ENISO3405	vol-%	1,4	1,0
Tislaus häviö	ENISO3405	vol-%	1,0	1,1
Tislaus 70°C (E70)	ENISO3405	vol-%	26,9	38,1
Tislaus 100°C (E100)	ENISO3405	vol-%	46,6	55,0
Bentseeni	ENISO22854	vol-%	0,00	0,70
Nafteenit	ENISO22854	vol-%	0,1	4,4
Parafiinit	ENISO22854	vol-%	99,5	44,7
Olefiinit	ENISO22854	vol-%	0,1	5,6
Aromaattit	ENISO22854	vol-%	0,3	33,7
Hiihi	ENISO22854	wt-%	83,93	84,60
Vety	ENISO22854	wt-%	16,07	13,14

Elektroninen hyväksyntä**Laatija**
 Jari Sorvari
 Laitesiantuntija/0504587204
jari.sorvari@nesteoil.com
Hyväksyjä
 Ari Engman
 Ryhmäpäällikkö/0504583727
ari.engman@nesteoil.com

LIITE 8

NESTE OIL**Tutkimustodistus**

TT-14-001693

2 (2)

12.5.2014

Laboratorio

Tutkimus ja kehitys

Neste Oil Corporation, Technology Centre, Engine Laboratory, P.O. Box 310, 06101 Porvoo, FINLAND

Laboratorio ei vastaa näytteenotosta.
Tulokset pätevät vain tutkituille näytteille
Todistuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan.
