

Sakari Mattila

NExBTL:n vaikutukset pienhiukkaspäästöihin työkonemoottoreissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinööriytyö

6.5.2014

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Sakari Mattila NExBTL:n vaikutukset pienhiukkaspäästöihin työkonemootto- reissa 37 sivua + 9 liitettä 6.5.2014
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Energia- ja ympäristötekniikka
Ohjaaja	Projekti-insinööri Aleksi Malinen
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Metropolia ammattikorkeakoululle. Opinnäytetyössä tutkitaan NExBTL-biodieselin vaikutuksia työkonemoottorin pienhiukkaspäästöihin. Tavoitteena työssä oli selvittää, kuinka paljon pienhiukkasia muodostuu NExBTL-polttoaineella, verrattuna perinteiseen EN590-standardin mukaiseen dieseliin erityisesti pienimpien pienhiukkasten kohdalla.</p> <p>Työssä pienhiukkasten mittaukseen on käytetty Metropolian Nuuskija päästömittausautoa. Mittauksissa Nuuskija oli traktorin perässä olevalla lavetilla. Tämän kenttätestin lisäksi työssä tehtiin laboratoriomittauksia, jotka toteutettiin Turun ammattikorkeakoulussa. Laboratoriomittauksiin kuului kenttämittausten perusteella tehty sykli, jota toistettiin seitsemän kertaa kummallakin polttoaineella, ISO 8178 C1 -standardin mukainen kuormitus sykli sekä kaksi ekstra kuormituspistettä, joita voidaan verrata aikaisempiin tutkimuksiin.</p> <p>Mittaustulokset kertovat yksiselitteisesti perinteisen EN590-dieselin muodostavan massaltaan selvästi enemmän pienhiukkaspäästöjä kuin NExBTL. Alle 30 nm:n luokassa tulokset alkavat hajaantua riippuen kuormitusalueesta. Tietyillä kuormilla NExBTL muodostaa enemmän alle 30 nm:n hiukkasia, kun taas toisilla kuormitusalueilla EN590 muodostaa enemmistön hiukkasista.</p> <p>Työn tuloksista voidaan päätellä ajotilanteen vaikuttavan merkittävästi pienhiukkaspäästöihin. Nykyinen päästömittausmenetelmä ottaa huomioon pienhiukkasten kokonaismassan eikä huomioi hiukkasten kokojakaamaa. Erikokoisilla hiukkasilla kuitenkin tiedetään olevan erilaisia terveysvaikutuksia.</p>	
Avainsanat	Biodiesel, pienhiukkaset, työkonemoottori, NExBTL, päästöt

Author Title	Sakari Mattila NExBTL's Effects to Particle Emissions in Tractor Engines
Number of Pages Date	37 pages + 9 appendices 6 May 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Energy- and Environmental Engineering
Instructor	Aleksi Malinen, Project-Engineer
<p>This Bachelor's thesis was made for Metropolia University of Applied Sciences. The aim of this thesis was to examine what how the particle emissions differ between renewable diesel (NExBTL) and traditional fossil diesel (EN590) in a tractor engine. The main focus was especially to measure the smallest particles in the particle emission scale.</p> <p>The measurements of this thesis were implemented in field tests, which were conducted at Suolahti. In Suolahti a tractor pulled a trailer which had an emission control vehicle (Nuuskija) on top of it. To add a scientific value for the thesis, emission measurements were also carried out in a laboratory at Turku UAS. Laboratory measurements included a field cycle which is based on the field tests conducted in Suolahti, ISO 8178 C1-cycle and two extra measurement points which were used to compare the results to the earlier studies of the subject.</p> <p>The results of the measurements state that traditional diesel (EN590) produces more particle emissions by mass than NExBTL. When the emission results are focused below 30 nm particles, the difference between NExBTL and EN590 starts to vary depending on the load of the engine. With some loads NExBTL produces more small particles (< 30 nm) than EN590 and on most of the other loads EN590 produces more particle emissions than NExBTL.</p> <p>As a result, it was discovered that the load of the engine has a big impact on the particle emissions. The current way of measuring particle emissions only considers the mass of the particles and does not pay attention to the size distribution of the particles. It is known that different particle sizes have different effects on human and environmental health.</p>	
Keywords	Particle emissions, renewable, diesel, NExBTL

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Moottoritekniikka	1
3	Päästöt	2
3.1	Päästöjen muodostuminen	2
3.2	Dieselmoottorin päästöt	3
3.3	Pienhiukkaspäästöt	3
3.4	Päästöjen vaikutus	4
4	Biodiesellaadut	4
4.1	Perinteiset biodieselit (FAME)	5
4.2	Toisen sukupolven biodieselit (HVO/BTL)	6
5	Suoritetut mittaukset	7
5.1	Suolahdessa suoritetut kenttämittaukset	7
5.2	Laboratoriomittaukset	8
5.2.1	Testimoottori	10
5.2.2	Mittauslaitteet	12
5.2.3	Mittausten kulku	14
5.3	Ulkopuoliset mittaukset	14
5.3.1	VTT (Optimized usage of NExBTL renewable diesel fuel OPTIBIO)	15
5.3.2	Vertailuinsinööri (2009)	17
6	Tulokset ja niiden analysointi	19
6.1	ISO 8178 C1 -sykli	19
6.2	Turussa ajettu kenttäsykli	24
6.3	Suolahdessa tehdyt kenttämittaukset	27
6.4	Lisämittauspisteet	34
7	Yhteenveto	36
8	Kiitokset	36
	Lähdeluettelo	37

Liitteet

Liite 1. Lokikirja Turku 21.01.2014

Liite 2. Lokikirja Turku 22.01.2014

Liite 3. Polttoaineen kulutuserot kenttäsyklillä

Liite 4. Pakosarjan lämpötilaerot kenttäsyklillä

Liite 5. Moottorista saatu data kenttäsyklin aikana

Liite 6. Kenttätestin vääntö- ja kierroslukudata

Liite 7. Kenttätestien lokikirja

Liite 8. Suolahden kenttätestin päästötaulukko

Liite 9. Polttoaineanalyysit

Lyhenteet

CO ₂	Hiilidioksidi
CPC	<i>The Ultrafine Condensation Particle Counter 3776</i>
DFO	EN590:n mukainen kesälaatuinen diesel
E-ELPI	<i>Extra electrical low pressure impactor</i>
EEV	<i>Enhanced environmentally friendly vehicle</i> , ympäristöystävällinen ajoneuvo
FTF	<i>Flow-through filter</i> , läpivirtaussuodatin
HVO	<i>Hydrotreated Vegetable Oil</i> vetykäsitelty kasviöljy
NO _x	Typenoksidit
PM	Hiukkasmateria
RME	<i>Rapeseed Methyl Ester</i> , rypsiöljystä valmistettu biodiesel
StO	Raaka kalaöljy
SaME	<i>Salmon Methyl Ester</i> , kalaöljystä prosessoitu biodiesel

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan pienhiukkasten muodostumista työkonemoottorissa. Työssä painotetaan pienhiukkasten skaalan alapäätä eli hiukkasia, jotka ovat kooltaan alle 30 nm. Polttoaineina työssä käytetään NExBTL-dieseliä sekä tavallista EN590-standardin mukaista dieseliä ja näiden polttoaineiden hiukkaspäästöjä verrataan keskenään erilaisissa kuormitusolosuhteissa. Tuloksia verrataan myös aikaisempiin pienhiukkastutkimuksiin. Työkoneen moottorilla ei ole aiemmin tutkittu alle 20 nm:n hiukkasten muodostumista vertaamalla kenttätestiä laboratorio tutkimuksiin. Tämän työn tavoitteena on verrata kenttämittausten tuloksia laboratoriossa mitattuihin tuloksiin sekä selvittää traktorin moottorin pienhiukkaspäästöjen kokojakaumaa. Insinöörityö on tehty Biofore-projektin puitteissa ja rahoitus on saatu Tekesiltä sekä yrityksiltä.

2 Moottoritekniikka

Dieselmoottori

Dieselmoottorin toiminta perustuu dieselöljyn palamiseen sylinterissä. Sylinterissä diesel syttyy puristustahdin aikana, paineen ja lämmön nousun vaikutuksesta. Tahteja dieselmoottoreissa on yleensä neljä, vaikkakin edelleen raskaissa työkoneissa sekä esimerkiksi junissa käytetään kaksitahtimoottoreita. Dieselmoottoreilla on parempi hyötysuhde, ja ne tuottavat korkeamman väännön kuin muuten vastaava bensinikäyttöinen ottomoottori, tämän takia dieselitä on pitkään käytetty työkoneissa sekä raskaassa liikenteessä. Niiden suosio on nykyään myös henkilöautoissa kasvanut dieselin alemman hinnan ja pienemmän polttoaineen kulutuksen myötä. Lisäksi uudet moottorit eivät enää pidä vanhoille dieselille ominaista nakutusääntä.

Ilman kierto

Modernit dieselmoottorit ovat lähes poikkeuksetta ahdettuja, millä saavutetaan moottorilta parempi hyötysuhde sekä suurempi teho. Ahtamisen seurauksena palotilan lämpötila nousee, mikä vaikuttaa päästöihin. Ahtoilman lämpenemistä voidaan kuitenkin hillitä esimerkiksi välijäähdyttimellä taikka ruiskuttamalla jäähdyttävää nestettä sylinteriin dieselin lisäksi, näistä kuitenkin selvästi yleisemmin käytössä on välijäähdytin.

Välijäähdytys toteutetaan yleisimmin lämmönvaihtimella joka vastaa moottorin jäähdytysvesikierrossa käytettävää kennoa, erona on vain, että kennon molemmilla puolilla virtaa ilmaa. Jäähdytystehoa voidaan kuitenkin nostaa ruiskuttamalla kennon ulkopuolelle vettä taikka jotakin muuta lämpöä sitovaa ainetta. Välijäähdytys parantaa dieselmoottorin tehoa sekä muuttaa päästöjen koostumusta. Tehon nousu perustuu ilman tiheyden muutokseen sen ollessa kylmempää. Päästöjen koostumus muuttuu myös palotapahtuman lämpötilan muutoksen seurauksena.

Polttoaineen syöttö

Dieselmootoreissa polttoaine syötetään sylinteriin suorasuihkutuksella. Ruiskutuspaineen on oltava korkea, sillä polttoaine ruiskutetaan hetkeä ennen kuin sylinteri on yläkuolokohdassaan. Moderneissa moottoreissa käytetään moninkertaista ruiskutuspainetta verrattuna vanhoihin moottoreihin, jolloin saadaan tarvittava polttoainemäärä ruiskutettua moottoriin tarkemmin oikealla hetkellä sekä nopeammin kuin vanhoissa moottoreissa. Tällä on vaikutusta moottorin hyötysuhteeseen sekä päästöjen koostumukseen. Ruiskutusaineeseen ja päästöihin vaikuttavat myös käytettävä ruiskutus-pumpun tyyppi ja pumpun ohjaus.

3 Päästöt

3.1 Päästöjen muodostuminen

Polttomoottoreiden päästöt sisältävät aina hiilidioksidia (CO_2) molekulääristä typpeä (N_2) ja vettä (H_2O). Nämä päästöt ovat yhteisiä kaikille hiilivetyjä polttaville moottoreille eikä niitä voida välttää, sillä teoreettista täydellistä palamista täydellisen puhtaalla hiilivedyllä ei voida saada aikaiseksi. Lisäksi kaupallisesti saatavilla olevat polttoaineet sisältävät aina jonkin verran epäpuhtauksia sekä erilaisia lisäaineita. Pienhiukkaspäästöt, typenoksidit (NO_x), hiilimonoksidi (CO) sekä palamattomat hiilivedyt (HC) ovat päästöjä joita syntyy polttoaineen ja moottorin epäpuhtauksien ja epätäydellisen palamisen seurauksena.

3.2 Dieselmoottorin päästöt

Dieselmoottoreille ominaista ovat korkeat pienhiukkas- ja NO_x-päästöt. NO_x-päästöt syntyvät dieselmoottorin korkean palolämpötilan takia. Typpi, joka on normaalisti inertti kaasu, alkaa korkeissa lämpötiloissa reagoida hapen kanssa muodostaen typenoksideja, joista enemmistö on typpimonoksidia. Typen oksidit ovat haitallisia ihmisten terveydelle aiheuttaen erilaisia hengityselinsairauksia. Haittaa ympäristölle muodostuu mm. happosateista. (1) Pienhiukkaspäästöjä muodostuu diesellissä nokihiukkasten kulkiessa moottorin läpi sekä palokaasujen tiivistyessä aerosoleiksi.

3.3 Pienhiukkaspäästöt

Pienhiukkaspäästöt jakautuvat dieselmoottoreissa kolmeen ryhmään, nukleaatiomoodiin, nokimoodiin ja karkeanmoodiin. Nukleaatiomoodin hiukkaset ovat näistä pienimpiä (1 - 30 nm) ja kevyimpiä. Nukleaatiomoodin hiukkaset syntyvät kun pakokaasut purkautuvat pakoputkesta jolloin kaasut voivat tiivistyä erilaisiksi aerosoleiksi. Nukleaatiomoodin hiukkasten ytimet ovat yleensä 1-1,5 nm kokoisia ja kasvavat tätä suuremmiksi, kun pakokaasussa olevat kaasut tiivistyvät näiden ytimien ympärille, tätä kutsutaan kondensaatioksi. Nukleaatiomoodin hiukkaset kasvavat myös koagulaatiolla jolloin hiukkaset tarttuvat toisiinsa muodostaen suurempia hiukkasia. Lisäksi moottorissa muodostuu haihtumattomia nukleaatiomoodin hiukkasia jotka saadaan kuitenkin poistettua tehokkaasti hiukkassuodattimilla. (2)

Nokimoodi muodostaa massallisesti suurimman osan hiukkaspäästöistä, vaikka määrällisesti nukleaatiomoodi voi olla suurempi. Nokihiukkasten ytimet koostuvat pääasiassa alkuainehiilestä, ja ne kasvavat samalla tavoin kuin nukleaatiovyöhykkeen hiukkaset, mutta tämän lisäksi nukleaatiovyöhykkeen hiukkaset tarttuvat nokihiukkasiin ja kasvattavat näiden kokoa. Nokimoodin hiukkasia on verrattain helppo puhdistaa pakokaasuista hiukkassuodattimilla. (3)

Karkeanmoodin hiukkaset koostuvat pääasiassa moottorissa syntyneestä karstasta ja pakoputkeen kerääntyneistä nokihiukkasten ryppäistä ja ovat yli yhden µm kokoisia. (4)

3.4 Päästöjen vaikutus

Pienhiukkaspäästöt aiheuttavat useita erilaisia sairauksia, kuten sepelvaltimotautia, astmaa ja keuhkosityöpää. Kaikki pienhiukkasten aiheuttamat sairaudet eivät ole kuitenkaan kuolemaan johtavia, vaan esimerkiksi kurkun ärtyneyttä, päänsärkyä taikka yskää. Pienhiukkasten aiheuttamien tautien vakavuus on yksilöllistä, ja sama altistus voi vaikuttaa eri tavalla eri ihmisiin. Erikokoiset hiukkaset vaikuttavat elimistöön eri tavoin. Isoimmat 2,5 – 10 µm kokoiset hiukkaset eivät tunkeudu kovin syvälle keuhkoihin vaan jäävät värekarvallisiin keuhkoputkiin, josta ne poistuvat n. vuorokauden kuluessa. Alle 2,5 µm:n kokoiset hiukkaset pääsevät syvemmälle keuhkoputkiin ja keuhkorakuihin ja voivat viipyä keuhkoissa jopa vuosien ajan. Kaikista pienimmät hiukkaset, jotka ovat alle 0,1 µm:n kokoisia kulkeutuvat keuhkoista aina verenkiertoon asti. Koska erikokoiset hiukkaset pääsevät eri kohtiin elimistössä, myös niiden vaikutukset poikkeavat toisistaan. Kaikista karkeimmat hiukkaset aiheuttavat mm. astman ja keuhkohtaumataudin pahenemista, ja pitkäaikainen altistuminen voi aiheuttaa keuhkohtaumatautia. Keskikokoiset hiukkaset aiheuttavat samojen tautien pahenemista kuin karkeimmat hiukkaset, mutta lisäksi sepelvaltimotauti ja aivoverenkiertosairaudet pahenevat. Pitkäaikainen altistuminen keskikokoisille hiukkasille on jo huomattavasti vaarallisempaa kuin karkeille hiukkasille. Altistuminen ilmenee mm. eliniän lyhenemisenä ja verisuonten kalkkeutumisen voimistumisena. Kaikista pienemmät hiukkaset aiheuttavat yllä olevia sairauksia mutta pitkäaikaisesta altistumisesta ei ole tutkimustietoa. (5)

4 Biodiesellaadut

Biodieselin valmistamiseen on käytössä kolme eri menetelmää: esteröinti (FAME), vetykäsittely (HVO) sekä käsittelemättömän kasviöljyn suodatus (paistorasvat, sinappiöljy jne.) Näistä ensimmäisenä käytössä ollut biodiesel on ollut käsittelemätön kasviöljy, jota on saatu erilaisista öljykasveista kuten rypsi ja sinappi. Vaikka käsittelemätöntä kasviöljyä on helppoa ja edullista valmistaa, se ei ole yleistynyt. Ongelmina on ollut mm. paakkuuntuminen ja pakkasen kesto. Tämän takia tasalaatuisemmat fossiiliset dieselit ovat olleet suositumpia. Eurooppa on biodieseleiden suurin tuottaja ja USA on toiseksi suurin. (3)

4.1 Perinteiset biodieselit (FAME)

Perinteiset biodieselit (FAME) ovat laadullisesti heikompia kuin fossiiliset dieselit, eikä niitä ole juuri käytössä puhtaana dieselinä vaan enemmänkin seoksina. FAME-dieseileiden laatuun vaikuttavat raaka-biomassan ominaisuudet. Seossuhteet ovat 5 - 20 % jolloin dieselin ominaisuudet eivät heikenny merkittävästi. Perinteisiä biodieseileitä on valmistettu lähinnä öljykasveista, joista rypsi ja soija ovat yleisimpiä. FAME-dieselien valmistamiseen on käytössä kolme menetelmää

- öljyn emäskatalysoitu transesteröinti alkoholilla
- öljyn happokatalysoitu esteröinti alkoholilla
- lipase-katalysoitu transesteröinti

Näistä kolmesta suosituin menetelmä on emäskatalysoitu esteröinti, sillä se sallii matalan prosessilämpötilan ja paineen käytön verrattuna kahteen muuhun menetelmään. Reaktiossa kasviöljy reagoi katalyytin avulla alkoholin kanssa muodostaen metyyliesteereitä sekä glyseriiniä. Katalyyttinä käytetään yleensä natrium- tai kaliumhydroksidia, joka sekoitetaan alkoholiin. Kun prosessi on tapahtunut, täytyy seoksesta erotella halutut metyyliesterit sekä glyseriini, minkä jälkeen ylijäänyt alkoholi ja katalyytti voidaan syöttää uudestaan prosessiin.

4.2 Toisen sukupolven biodieselit (HVO/BTL)

Toisen sukupolven biodieselit (HVO/BTL) valmistetaan vetykäsittämällä biopohjaista raakaainetta, joka voi periaatteessa olla mitä tahansa biomassaa (BTL), yleensä kuitenkin käytössä on joko kasviöljyt taikka eläinrasvat (HVO). HVO-dieselillä ei ole samoja huonoja ominaisuuksia kuin ensimmäisen sukupolven FAME-dieseleillä. Toisen sukupolven ominaisuudet ovat parempia mm. NO_x-päästöissä ja kylmäominaisuuksissa. Lisäksi HVO-dieseleitä voidaan käyttää sellaisenaan myös moderneissa dieselmootteissa, kun taas FAME-dieseleitä voidaan käyttää vain vanhemmissa moottoreissa sellaisenaan, kun päästörajat ovat pienemmät.

HVO-diesel valmistetaan vetykäsittämällä kasviöljy, jolloin siitä saadaan poistettua happi. Valmistuksen hyvinä puolina voidaan pitää myös sitä, että valmistus ei tarvitse vedyn lisäksi mitään lisäkemikaaleja. Lisäksi valmiin tuotteen pakkasominaisuuksia on helppo kontrolloida prosessissa ja esimerkiksi vähäinen rikki, mitä raaka-aineessa saattaa olla, saadaan poistettua suoraan prosessin sisällä.

Päästöt HVO-dieselillä putoavat merkittävästi, mm. pienhiukkasten massapäästön on osoitettu putoavan 28 - 46 % ja NO_x-päästöjen putoavan 7 - 14 % verrattuna perinteiseen fossiiliseen dieseliin (EN 590). (6)

5 Suoritetut mittaukset

5.1 Suolahdessa suoritetut kenttämittaukset

Metropolian päästömittausautolla (Nuuskija) tehtiin mittauksia Suolahdessa vetämällä sitä lavetilla traktorin perässä (Kuva 1). Auton normaaleita mittalaitteita muokattiin koetta varten siirtämällä näytteenottosondit autonkatolle, jolloin ne olivat mahdollisimman hyvin linjassa traktorin korkean pakoputken kanssa, eivätkä häiriinny alueen muusta liikenteestä tulevista päästölähteistä. Testireitti ajettiin kolme kertaa sekä NExBTL:llä että verrokkidieselillä. Testireitti koostui maantiellä ajettavasta edestakaisesta osuudesta, yhden testikierroksen ajamiseen kului n. puolituntia. Ensimmäiset kolme edestakais- ta ajoa ajettiin NExBTL:llä ja seuraavat kolme ajettiin EN590-dieselillä. Näin molemmille polttoaineille tuli kolme toistoa kahdesta erilaisesta testisyklistä. Ennen testiajoja mittalaitteille mitattiin nollataso mittaamalla ympäristön hiukkaset traktorin ollessa sammutettuna. Samoja mittalaitteita käytettiin Turussa suoritettavissa laboratoriomittauksissa.



Kuva 1 Päästömittaus auto Nuuskija lavetilla mitattavan traktorin takana

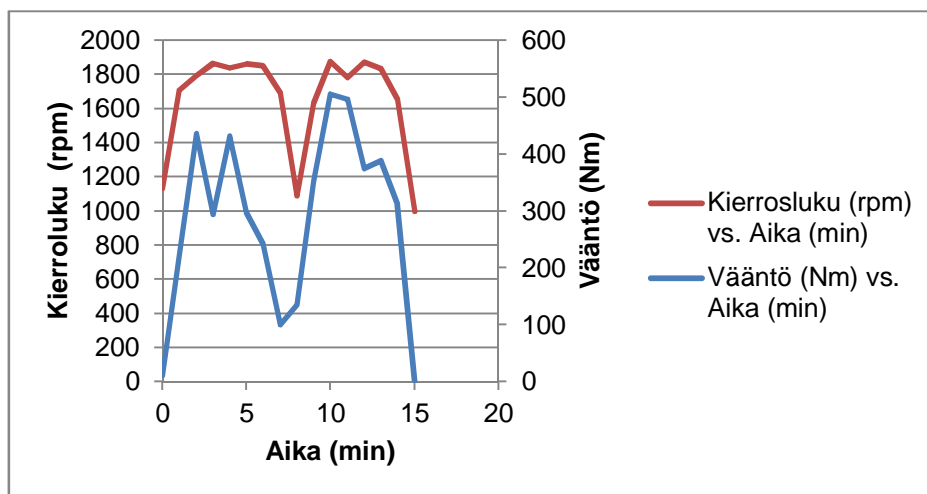
Suolahdessa tehtyjen mittausten datassa on paljon vaihtelua. Mittausten tarkkuuteen vaikuttivat mm. muu liikenne, jota testipaikalla oli, sekä sään vaihtelut. Nämä seikat voidaan kuitenkin huomioida mittausdatan käsittelyssä tarkkojen lokikirjojen (liite 7) ja säätilanmittausdatan avulla. Mittausdatasta voidaan siis karsia selvät poikkeavuudet pois vertaamalla tapahtumalokia mittausdatan epä johdonmukaisuuksiin.

5.2 Laboratoriomittaukset

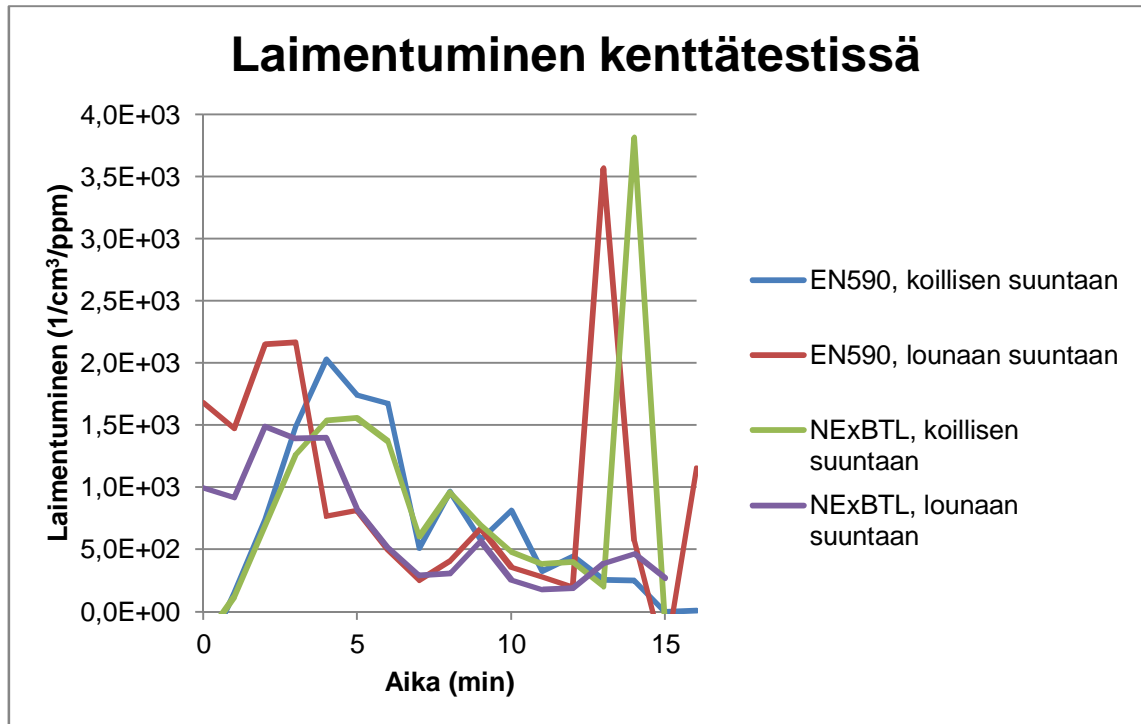
Laboratoriomittaukset suoritettiin Turun ammattikorkeakoulun tiloissa. Turussa testattava moottori oli kiinnitettynä testipenkkiin ja sitä kuormitettiin Schenck W400 -moottoridynamometrillä. Testattavana moottorina käytettiin Agco Sisu Powerin 44 AWI -mallista moottoria, joka oli pääpiirteittäin samanlainen kuin Suolahdessa käytetyn traktorin moottori. Mittaukset veivät yhteensä neljä päivää, joihin sisältyy kaksi varsinaista mittauspäivää sekä laitteiston koonti ja purku päivät. Koonti päivänä koottiin koelaitteistoon kuuluvat laitteet sekä Tampereelta ja Metropoliasta tuodut laitteet. Mittausyhteisöinä käytettiin ISO 8178 C1 -standardin mukaista sykliä, Suolahdessa aiemmin suoritettujen kenttämittausten pohjalta tehtyä kenttäsykliä sekä kahta lisäpistettä, joissa moottoria kuormitettiin 100 %:lla kierrosten ollessa 1300 rpm ja 1800 rpm. ISO C1 -sykliin sisältyvät taulukon 1 mukaiset kuormituspisteet. Suolahdessa tehtyjen mittausten pohjalta tehty sykli perustuu koosteeseen, jossa on pyritty simuloimaan Suolahdessa ajettua n. 15 minuutin mittausajoa vastaavalla dynamometrisyklillä (diagrammi 1). Sykli on tehty käyttämällä polttoaineenkulutusta vertailukohtana dynamometriajon ja kentällä tapahtuneen ajon välillä. Suoraa vertailua ei kuitenkaan voida tehdä laboratoriosyklin ja Suolahdessa ajettun syklin välillä, koska Suolahdessa ajettu kenttäsykli on liian epätasainen ja sisältää liian paljon muuttujia verrattuna laboratoriosykliin. Suoraa lukuarvojen vertailua ei voida tehdä myöskään, koska Suolahdessa tehdyissä kenttämittauksissa ei ole tarkkoja mittalaitteelle menevän kaasun laimennussuhteita vaan suhteet on laskettu taustan hiukkasten sekä hiilidioksidin suhteesta testilenkillä mitattuihin pitoisuuksiin. Kenttättestissä laimennussuhteet vaihtelevat jonkin verran mutta ovat pääpiirteittäin samansuuntaisia (diagrammi 2). Laimennussuhteet ovat laboratoriomittauksissa suurimmillaan tuhatkertaisia verrattuna tuloksiin, joissa laimennusta ei ole otettu huomioon.

Taulukko 1 ISO 8178 C1 standardin kuormitus pisteet

Sykli piste	Kierros-luku (rpm)	Vääntö (Nm)
ISO1	2200	431
ISO2	2200	323
ISO3	2200	215
ISO4	2200	43
ISO5	1500	572
ISO6	1500	429
ISO7	1500	286
ISO8	850	0



Diagrammi 1 Vääntö ja kierros-luku vs. aika Suolahtisyklillä



Diagrammi 2 Päästöjen laimentuminen Suolahden kenttätestissä

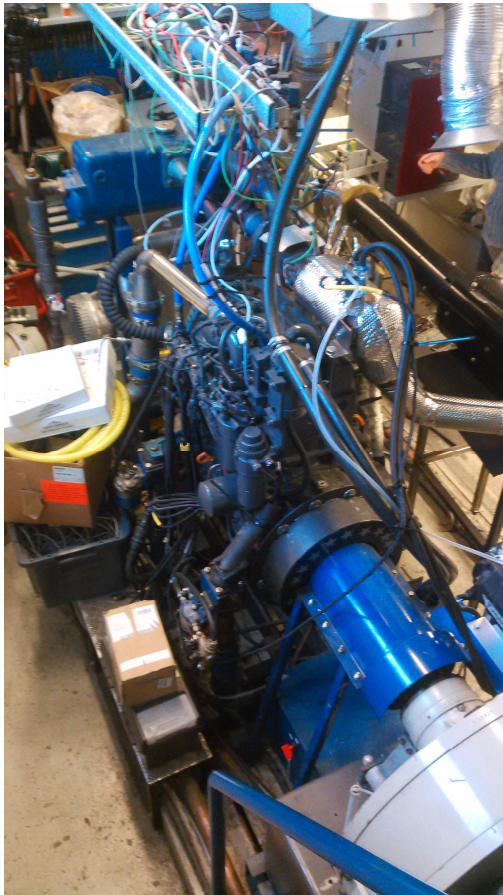
5.2.1 Testimoottori

Laboratoriomittauksissa ja kenttämittauksissa käytetyt moottorit ovat (kuva 2) Agco Sisu Powerin valmistamia. Moottorit ovat käytössä ympäri maailman erilaisissa työkonsovelluksissa. Kyseiset moottorit valmistetaan Nokialla Agcon tehtaalla. Laboratoriomittauksissa käytetty moottori ei ollut sama yksilö eikä aivan samoilla varusteilla varustettu kuin Suolahden kenttämittauksissa käytetty moottori. Moottori oli kuitenkin tyypiltään sama, moottorin perustiedot selviävät taulukosta 2. Moottorien suurimpina eroavaisuuksina oli kenttämittauksissa käytetty SCR-pakokaasunjälkikäsittely jota ei laboratoriomittauksissa käytetty. Toinen suuri ero oli välijäähdyttimissä. Laboratoriomittauksissa käytettiin ilmasta-veteen-välijäähdytintä, kun taas kenttämittauksissa on ollut käytössä tavallinen ilmasta-ilmaan-välijäähdytin. CAN-väylästä kerätyssä datassa (liite 5) ei kuitenkaan ole mitattu imuilman lämpötilaa, joten välijäähdyttimen vaikutusta mitausten vertailukelpoisuuteen on vaikea päätellä. Molemmissa moottoreissa on kuitenkin käytetty samanlaisia moottorinohjausyksiköjä sekä samanlaista moottorinohjausohjelmistoa. Voimansiirtolinjana Suolahden kenttämittauksissa on ollut Hitech5-vaihteisto ja kuormituksena ovat tavalliset ajokuormitukset sekä lavetilla ollut Nuuskija-pakettiauto, laboratoriomittauksissa vaihteistoa ei ole käytetty ja kuormituksesta vastasi

Schenck W400 -dynamometri. Moottorin ohjauksesta vastaa Agco Sisu Powerin EEM4-moottorinohjausyksikkö.

Taulukko 2 Testimoottorien perustiedot

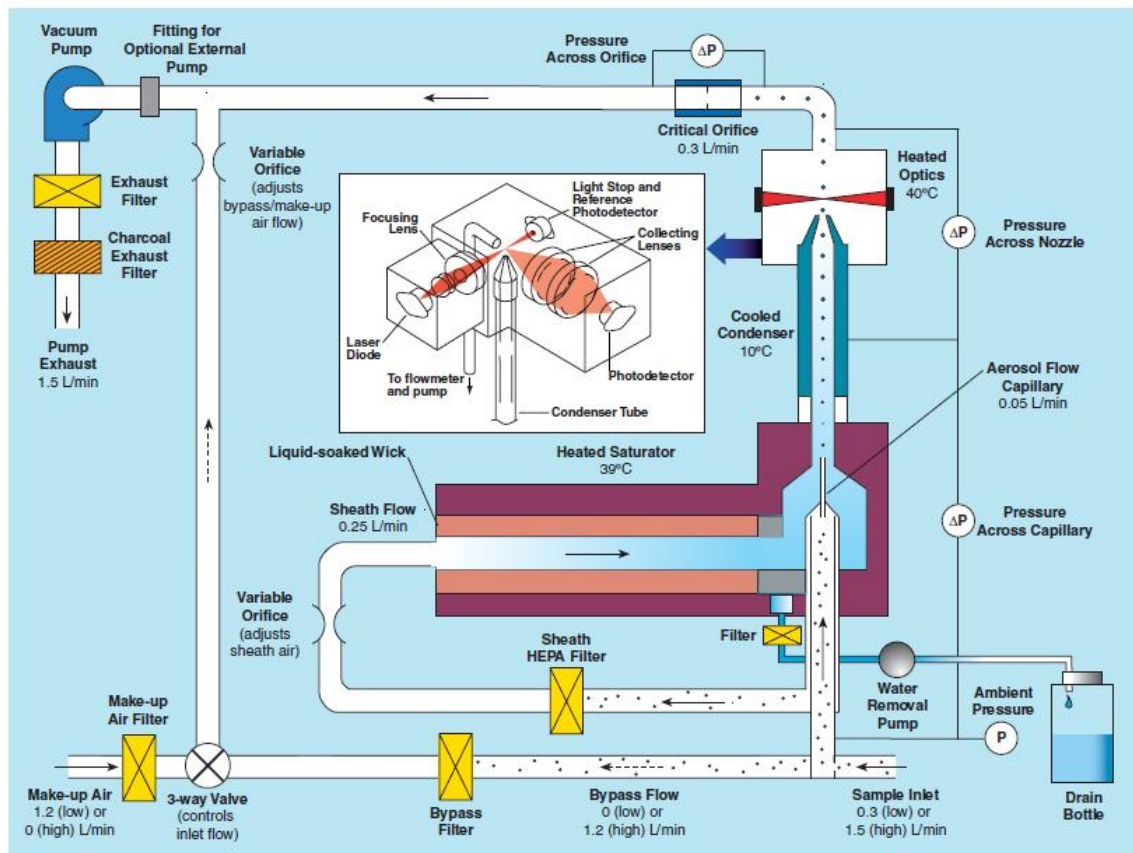
N123 HiTech5 / Agco Sisu Power 44 AWI .858		
Sylinteriluku/Iskutilavuus	Teho (2000 rpm)	Vääntömomentti (1500 rpm)
4/4,4 (l)	135 (kW)	540 (Nm)



Kuva 2 Turussa käytetty testimoottori kiinnitettynä dynamometriin

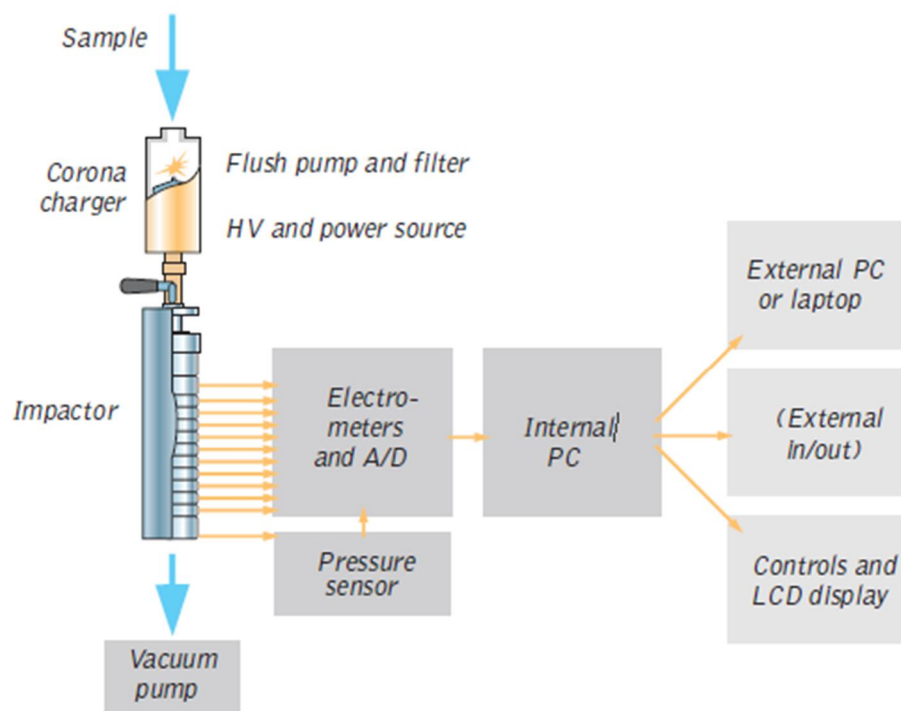
5.2.2 Mittauslaitteet

Kondensaatioydinlaskuri (The Ultrafine Condensation Particle Counter 3776, TSI inc.) on laite, joka mittaa hiukkasten lukumäärää alueella $0,0025\text{-}1\ \mu\text{m}$ (laitteeseen viitataan jatkossa nimellä CPC). CPC mittaa siis vain hiukkasia lukumääräisesti eikä pysty erottelemaan hiukkasten kokojakaumaa. CPC:n toiminta perustuu hiukkasten kasvattamiseen. Hiukkasten kokoa kasvatetaan kerryttämällä niiden pinnalle butanolia jonka jälkeen ne voidaan havaita optisesti (kuva 3). Hiukkasten mittaus tapahtui yhden sekunnin resoluutiolla. (7)



Kuva 3 CPC-mittalaitteen toimintaperiaatekaavio (7)

ELPI:ä (Electrical Low Pressure Impactor, dekati Ltd.) käytettiin mitattavien hiukkasten kokojakauman selvittämiseen. ELPI:llä mitattiin hiukkasia kokoalueella 7 nm -10 µm, tulosten käsittelyssä huomioitiin vain 7 - 1000 nm:n hiukkaset, joista pakokaasujen hiukkaset muodostuvat. Mittauksissa käytetty EELPI on varustettu lisämittaustasolla. ELPI:n toiminta perustuu varattujen hiukkasten törmäyttämiseen erietäisyyksillä oleville havaintopinnoille. Hiukkaset kulkevat sähkökentän läpi, jonka jälkeen ne saavat varauksen. Osuessaan havaintopintaan sähkövaraus purkaantuu, ja hiukkasesta saadaan signaali. Hiukkasen koosta riippuu mille havaintopinnalle se osuu (kuva 4). ELPI mittaa hiukkasten kokojakaumaa yhden sekunnin resoluutiolla. (8)



Kuva 4 ELPI:n toimintaperiaate (8)

Nuuskija-autossa käytössä oli näiden hiukasmittalaitteiden lisäksi tuuleen suuntaa ja nopeutta mittaava mittalaite, GPS-paikkatietoja keräävä laite, sekä kaasumuotoisia päästöjä mittaavat laitteet.

Moottorin tiedot kuten vääntö- ja ruiskutusarvot saatiin CAN-väylästä 10-tuhannesosasekunnin resoluutiolla. CAN-väylädatasta tulosten käsittelyssä käytettiin moottorin kierroslukua ja vääntöarvoa. Lisäksi on käytetty mm. pakokaasun lämpötilaa sekä traktorin nopeutta. Moottorin kuormitukseen laboratoriomittauksissa käytettiin Schenck W400 dynamometriä.

5.2.3 Mittausten kulku

Mittauspäivistä ensimmäinen päivä käytettiin NExBTL-mittauksiin, toinen päivä käytettiin verrokkidieselin (EN 590) mittauksiin. Mittaukset tehtiin molempina päivinä pääsääntöisesti samalla tavalla (liitteet 1 ja 2). Päivän aluksi moottori ajettiin lämpimäksi Turussa säiliössä olevalla polttoaineella, samaan aikaan mittauslaitteet lämpenivät. Seuraavaksi ajettiin testisyklistä läpi Turussa säiliössä olevalla polttoaineella. Testisyklistä ajettiin testin ulkopuolisella polttoaineella testipolttoaineen säästämiseksi, ja jotta saataisiin selville syklien mahdolliset ongelmakohdat sekä mittauslaitteiston toimintakunto. Kaikkien mittaussyklien välillä ajettiin stabilointijakso. Stabiloinnin aikana moottorista mitatut päästöarvot tasoittuvat, jolloin seuraavan testijakson tuloksesta saatiin luotettava. Mittauspolttoaineilla ajettiin ensiksi kolme kertaa Suolahden datan perusteella tehtyä kenttäsykliä, minkä jälkeen ajettiin ISO 8178 C1 -sykli jonka jälkeen ajettiin jälleen neljä Suolahden dataan perustuvaa kenttäsykliä. ISO-syklin jälkeinen neljäs kenttäsykli on karsittu pois CPC:n ja ELPI:n datasta, koska kyseisen syklin päästöt poikkeavat huomattavasti muista kenttäsykleistä. Tämä poikkeavuus on tapahtunut siitakin huolimatta, että stabilointiaika on ollut pidempi kuin muiden syklien välissä.

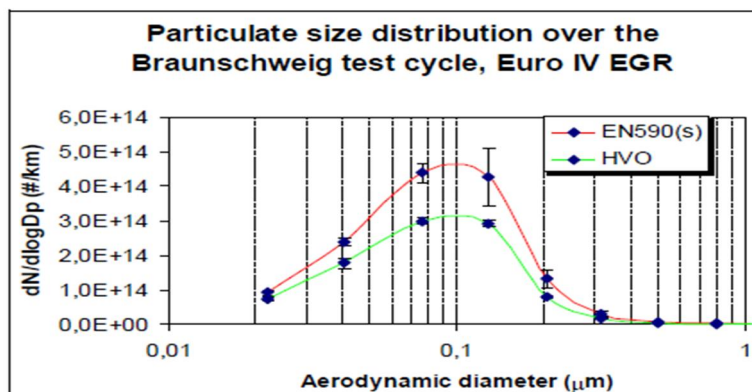
5.3 Ulkopuoliset mittaukset

Verrokkimittauksina käytettiin VTT:n tekemiä mittauksia sekä Turussa aiemmin tehtyä insinööriyötä, jossa on käsitelty polttoaineiden hiukkaspäästöjä. Näissä mittauksissa ei kuitenkaan ole mitattu alle 20 nm:n kokoluokan hiukkasia, joissa suurimpia eroja havaitaan EN590:n hyväksi.

5.3.1 VTT (Optimized usage of NExBTL renewable diesel fuel OPTIBIO)

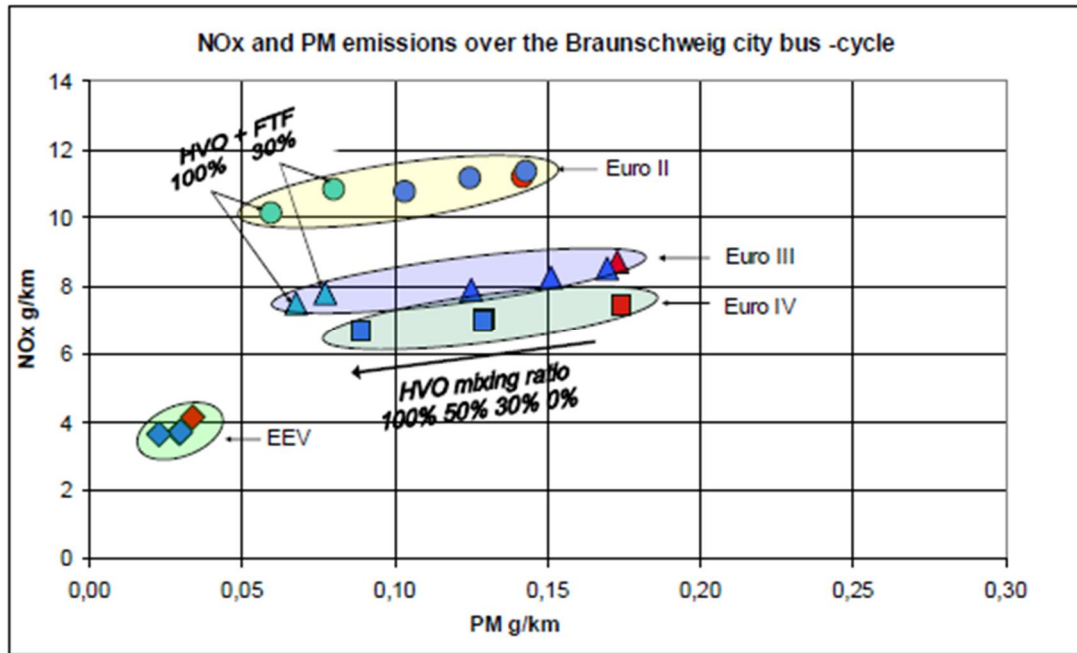
HSL, Neste Oil, Proventia Emission Control, VTT ja Aalto-yliopisto tutkivat NExBTL-polttoaineen soveltuvuutta bussiliikenteen käyttöön 3,5 v kestäneessä tutkimuksessa. Tutkimukseen kuului n. 50 miljoonaa ajokilometriä joista 1,5 miljoonaa kilometriä ajettiin 100 %:sella NExBTL seoksella ja loput ajettiin 30 %:sella seoksella. Testiajon lisäksi polttoainetta testattiin laboratorioissa sekä kylmässä että lämpimässä ilmanalassa. Testit osoittivat, että NExBTL vähentää pienhiukkaspäästöjä merkittävästi ja että sitä voidaan käyttää korvaavana polttoaineena ilman muutoksia moottoriin. (9)

VTT:n tekemissä mittauksissakin huomataan, kuinka EN590 tuottaa suuremmat pienhiukkaspäästöt 0,1 μm :n kokoisilla hiukkasilla (diagrammi 3). VTT:n tekemissä mittauksissa ei ole kuitenkaan käsitelty kuin yli 20 nm:n pienhiukkaskokoluokkaa. Diagrammi 3 kuitenkin osoittaa, kuinka eroavaisuudet hiukkasmäärissä kutistuvat, kun siirrytään lähemmäs 20 nm:n pienhiukkasten kokoa. (9)



Diagrammi 3 Pienhiukkaspäästön kokojakauma (9)

Diagrammista 4, nähdään typenoksidin (NO_x) ja pienhiukkaspäästöjen (PM) muodostuminen Braunschweig-syklissä. Siniset merkit ovat HVO-seoksia ja punaiset merkit EN590-dieseliä. Kuvaaja osoittaa miten PM-päästöt vähenevät kun HVO-osuus polttoaineesta kasvaa, ja kuinka läpivirtaussuodatin (FTF) vähentää pienhiukkaspäästöjä luokissa Euro II ja III.



Diagrammi 4 NO_x- ja pienhiukkaspäästöt (9)

VTT:n testit osoittavat, kuinka moottorin ohjauksen optimoinnilla pystytään vaikuttamaan pienhiukkaspäästöihin (taulukko 3). Oikeanlaisella optimoinnilla voidaan saavuttaa parannuksia sekä kulutuksessa että päästöissä. Moottorin kuormituksen muuttuessa muuttaa myös moottorinohjausjärjestelmä ruiskutusparametreja. Tällä tavalla voidaan päästä tilanteeseen, jossa EN590 tuottaa välillä vähemmän pienhiukkaspäästöjä kuin biodiesel.

Taulukko 3 Ruiskutusajankohdan muuttamisen vaikutukset (9)

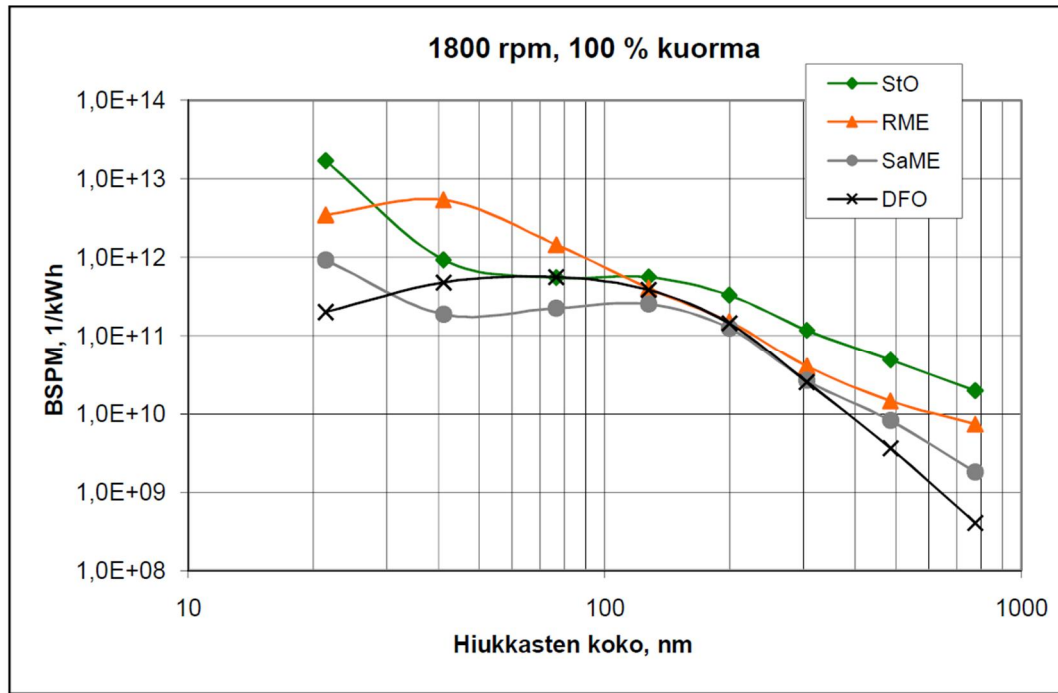
Table 12.1. Possibilities to optimize engine for HVO by changing injection timing. Baseline EN590 fuel.

	Default	Advanced	Remarkably advanced	Retarded
NO _x	- 6 %	0 %	+ 4 %	- 16 %
Smoke	- 35 %	- 37 %	- 32 %	- 23 %
Fuel cons (mass)	- 3 %	- 6 %	- 8 %	0 %
Fuel cons (vol.)	+ 5 %	+ 1.5 %	-0.5 %	+ 8 %
Energy consumption	-1 %	-4 %	-6 %	+2 %

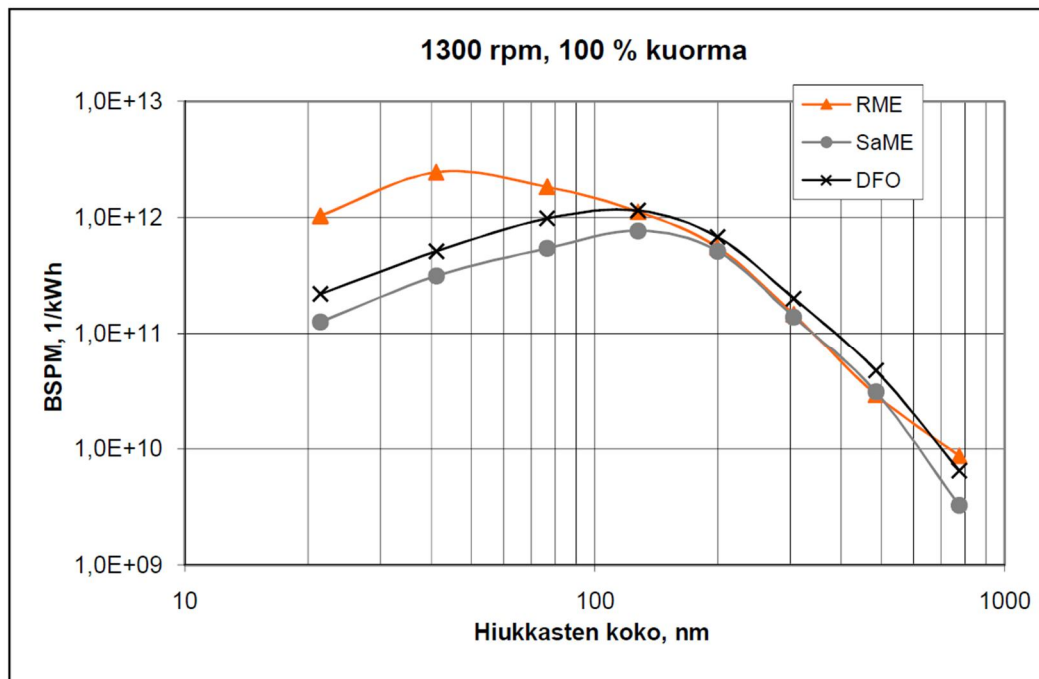
5.3.2 Vertailuinsinööriö (2009)

Turussa vuonna 2009 tehty opinnäytetyö (10) vertaili perinteistä FAME-tyyppistä biodieseliä perinteiseen EN590-standardin mukaiseen dieseliin. Testattavana moottorina oli Valmet 420 -tyyppinen moottori, joka on 4-sylinterinen ja 4,4 litrainen, tyyppiltään siis samankaltainen kuin tässä insinööriössä käytetty moottori, mutta huomattavasti vanhempi ja tehottomampi kuin tässä insinööriössä käytetty moottori. Tässä insinööriössä mitatut kaksi vertailupistettä toteutettiin samoilla kierrosluvuilla kuin verrokkityössä, ja molemmissa mittauksissa käytettiin 100 %:n kuormitusta. (10)

Verrattavissa insinööriössä käytettävät polttoaineet olivat perinteisellä FAME-menetelmällä valmistettuja biodieseleitä, jolloin niitä ei voida suoraan verrata HVO-tyyppiseen dieseliin kuten NExBTL. Tässäkään vertailutyössä ei tutkita alle 20 nm:n pienhiukkasaluetta (diagrammit 5 ja 6). Tuloksista kuitenkin huomataan kuormitusolosuhteiden selvä vaikutus pienhiukkaspäästöjen suuruuteen.



Diagrammi 5 Polttoaineiden pienhiukkaspäästöjen vertailu 1800 rpm (10)



Diagrammi 6 Polttoaineiden pienhiukkaspäästöjen vertailu 1300 rpm (10)

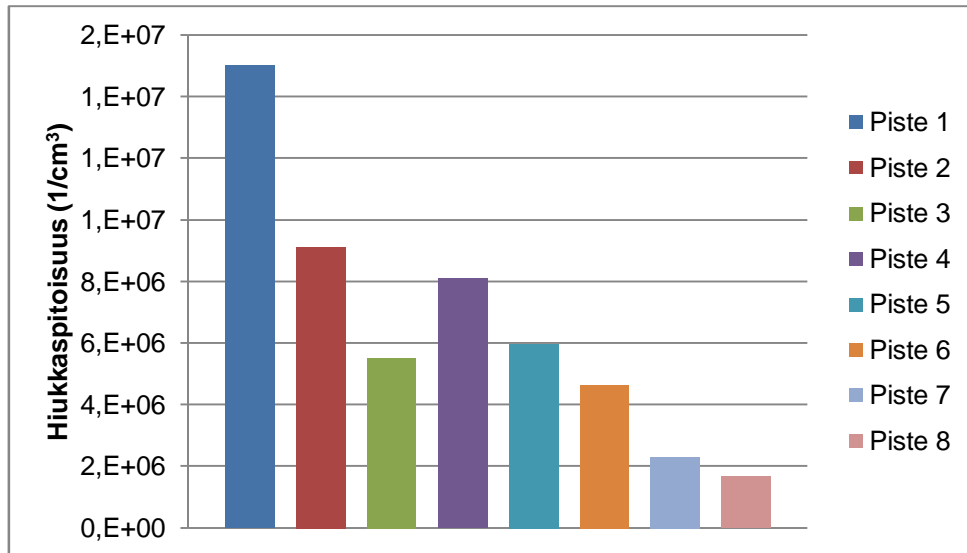
6 Tulokset ja niiden analysointi

Tulokset on saatu kohdassa 5.2.2 esitellyiltä mittauslaitteilta laitteen aikaresoluution puitteissa minkä jälkeen dataa on käsitelty laskemalla minuuttikohtaisia keskiarvoja. Tuloksista huomataan, että NExBTL-päästöissä on enemmän nukleaatiomoodin hiukkasia kuin EN590-standardin mukaisessa dieselissä. Toisaalta taas NExBTL-päästöissä oli vähemmän suuria nokimoodin hiukkasia, kuin EN590-dieselissä.

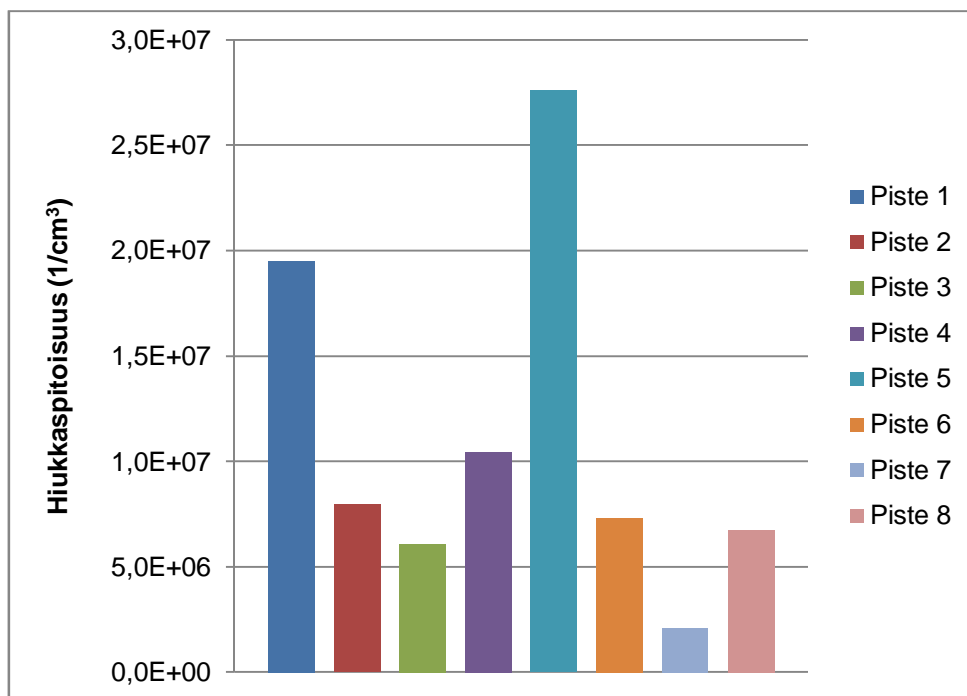
Polttoaineella ei ollut merkittävää vaikutusta moottorin muuhun toimintaan kuten kulu-
tukseen, tehoon, vääntöön taikka pakokaasun lämpötilaan. Polttoaineet poikkeavat
koostumukseltaan kuitenkin jonkin verran. Suurin ero joka vaikuttaa hiukkaspäästöihin,
on polttoaineessa oleva rikinmäärä. Moottorin toimintaan vaikuttaa eniten polttoainei-
den lämpöarvojen erot. Jos moottori optimoidaan NExBTL:lle, niin suuri vaikutus on
myös NExBTL:n korkeammalla setaaniluvulla (Liite 9).

6.1 ISO 8178 C1 -sykli

ISO 8178 C1 on sykleistä kaikista luotettavin vertailukohta, koska se perustuu ISO-
standardiin. Diagrammeista 7 ja 8 nähdään, kuinka EN590 tuottaa CPC:n mittausdatan
mukaan korkeammat hiukkaspäästöt erityisesti kuormituspisteessä 5, jossa hiukkas-
määrän ero on jopa 78 %. Pisteessä 5 moottori vääntää alhaisilla kierroksilla ja lähes
maksimikuormituksella. Lisäksi EN590-hiukkaspäästöt ovat korkeammat kuin NExBTL-
päästöt kaikissa muissakin pisteissä lukuun ottamatta pisteitä 2 ja 7, joissa NExBTL
aiheuttaa 14 ja 8 % korkeammat pitoisuudet.

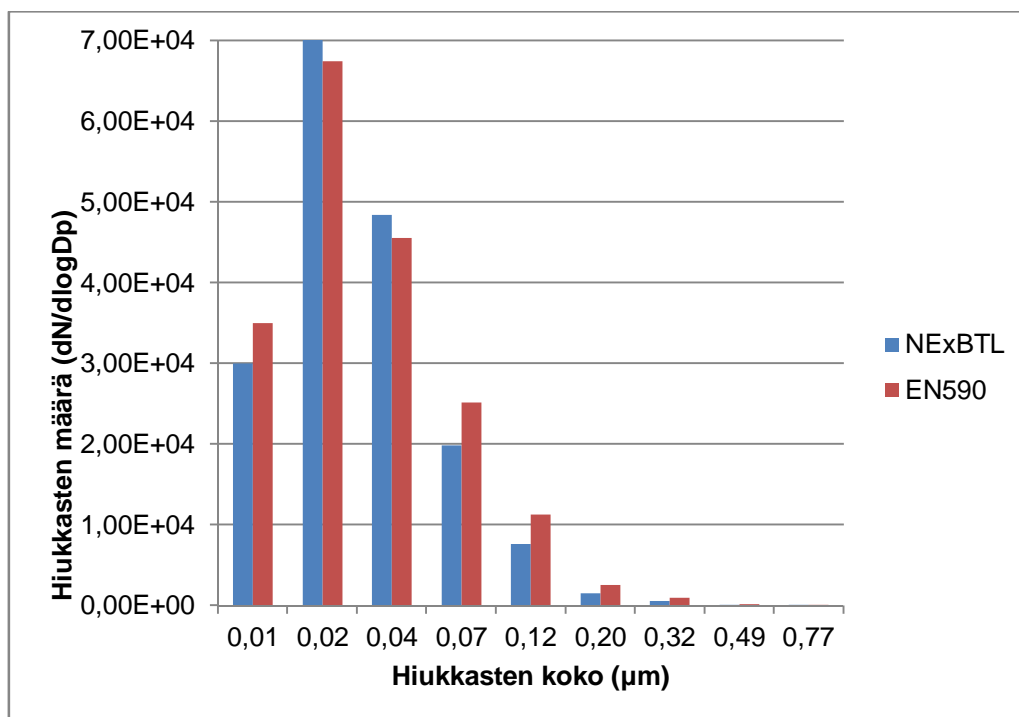


Diagrammi 7 CPC:llä mitatut hiukkaspitoisuudet ISO syklissä (NExBTL)

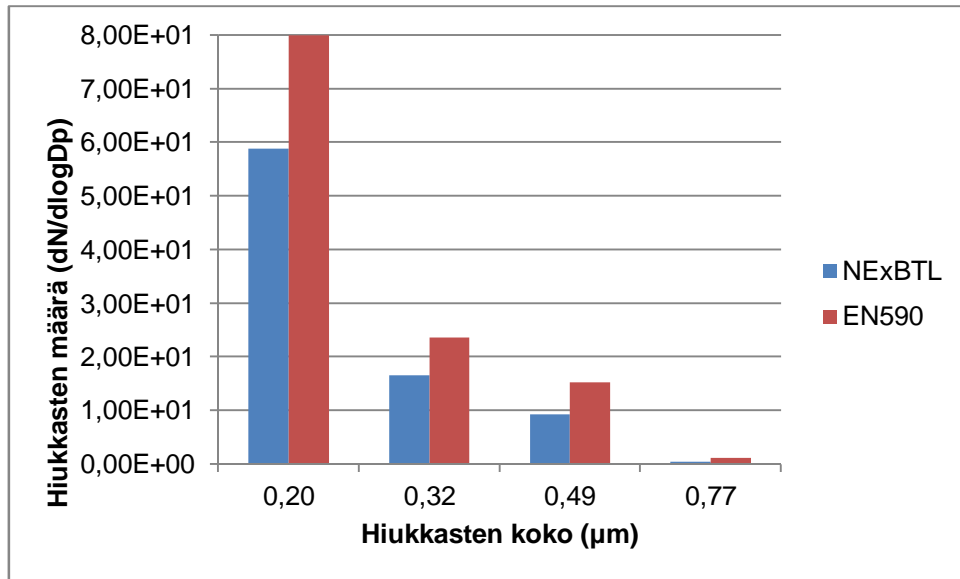


Diagrammi 8 CPC:llä mitatut hiukkaspitoisuudet ISO syklissä (EN590)

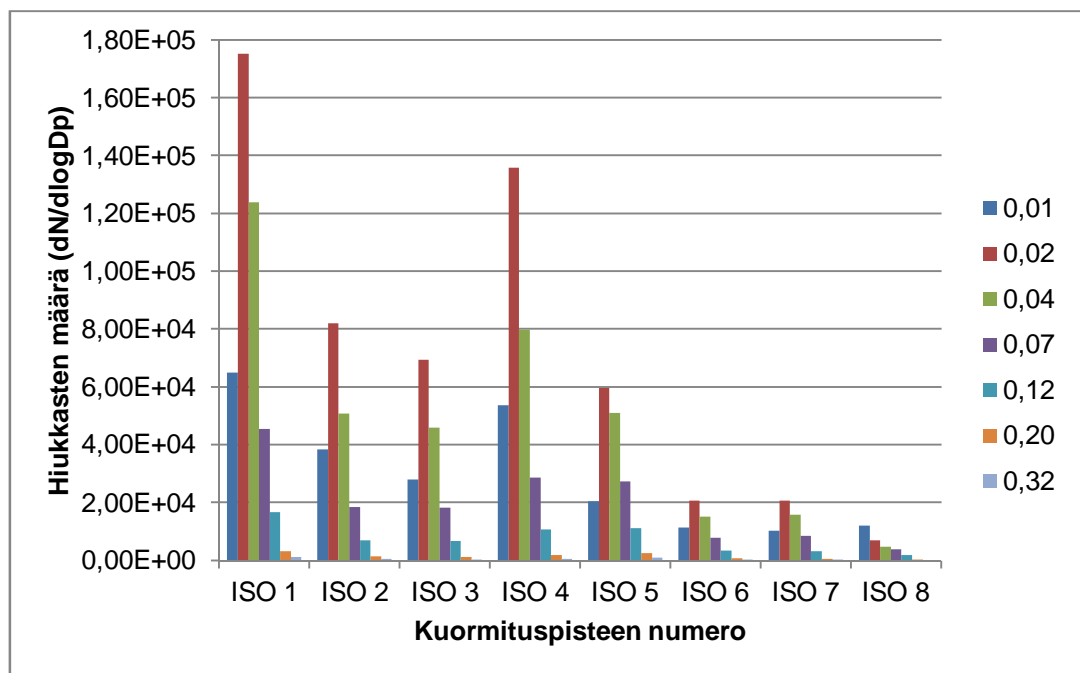
Diagrammeista 9, 10, 11, 12, 13 ja 14 nähdään kuinka nukleatiomoodin hiukkasia löytyy enemmän NExBTL-pakokaasusta tietyillä hiukkaskokoluokilla, kun taas noki-moodin hiukkasia syntyy enemmän perinteisellä EN590-dieselillä. Diagrammeissa 11 - 14 on hiukkasten koko ilmoitettu oikeassa laidassa mikrometreinä. EN590-dieselillä onkin massallisesti merkittävästi isompi hiukkaspäästö, vaikka pienimpien hiukkasten lukumäärässä ei ole paljoa eroa. Tästä seuraa, että päästöjen valvomiseen käytettävät hiukkasmassamittaukset tuomitsevat ankarammin perinteisen dieselin painavien noki-hiukkasten takia, vaikka kaikista pienimmät hiukkaset saattavat olla kaikista vaarallimpia.



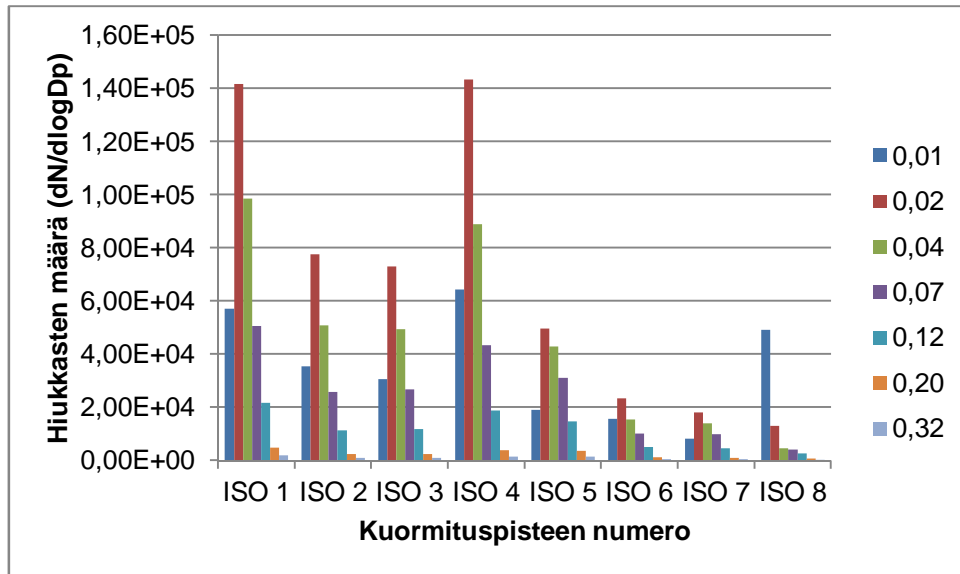
Diagrammi 9 Hiukkasten kokojakauma mittausskaalan alapäässä ISO-syklin läpi NExBTL vs. EN590



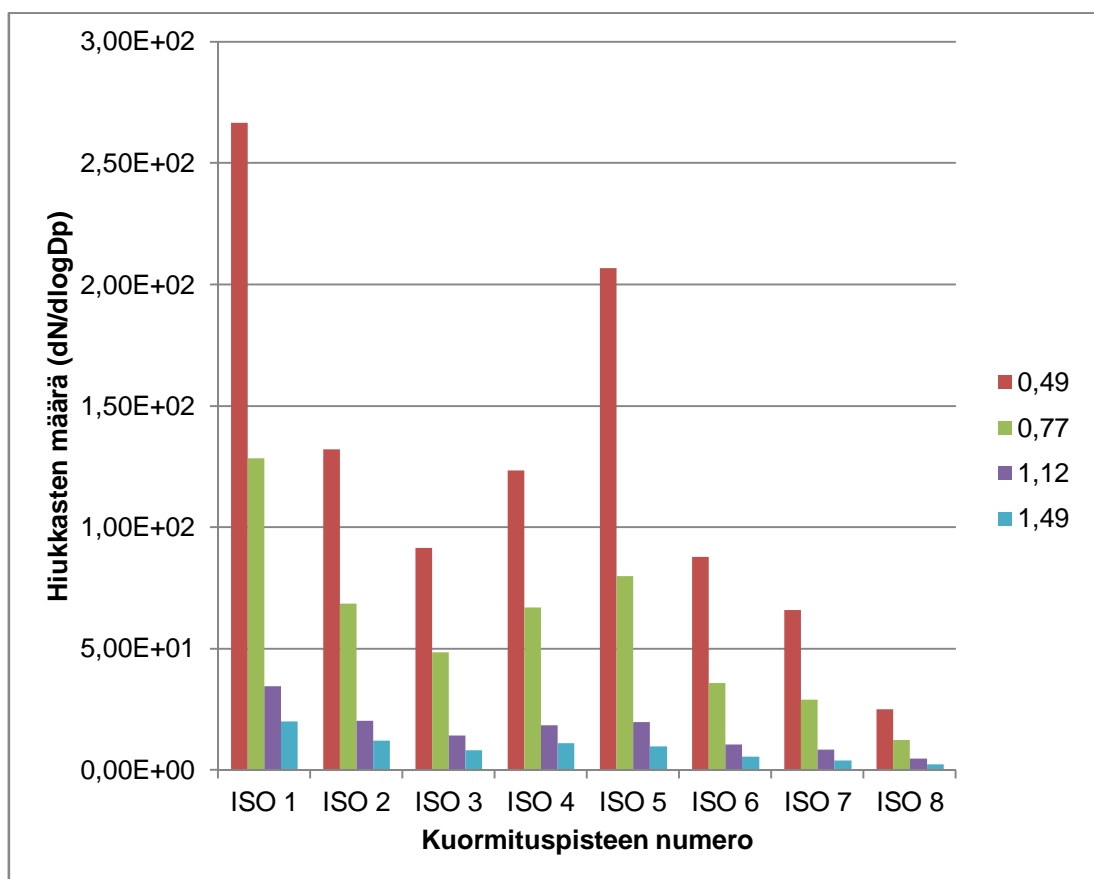
Diagrammi 10 Hiukkasten kokojakauma ISO-syklin aikana mittaus skaalan yläpäässä



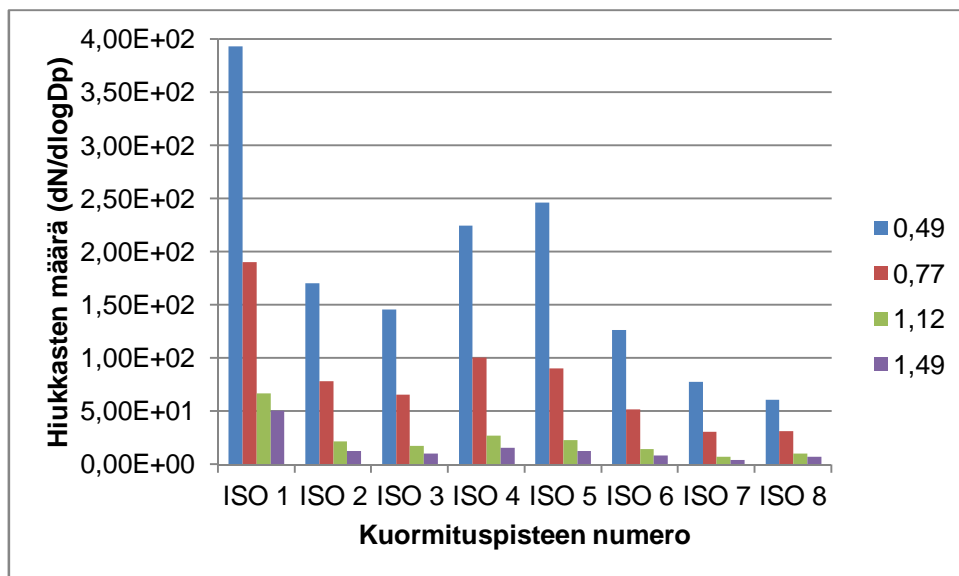
Diagrammi 11 Hiukkasten kokojakauma kuormituspisteittäin ISO-syklillä (NExBTL)



Diagrammi 12 Hiukkasten kokojakauma kuormituspisteittäin ISO-syklillä (EN590)



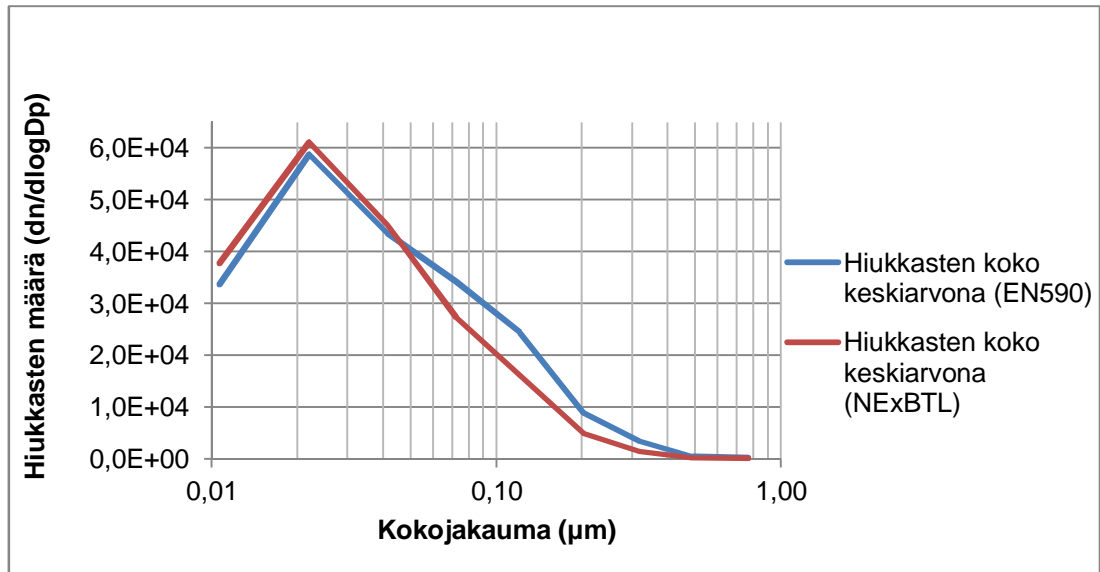
Diagrammi 13 NExBTL:n hiukaspäästö ISO-syklän aikana



Diagrammi 14 EN590:n hiukkaset kuormituspisteittäin ISO-syklillä

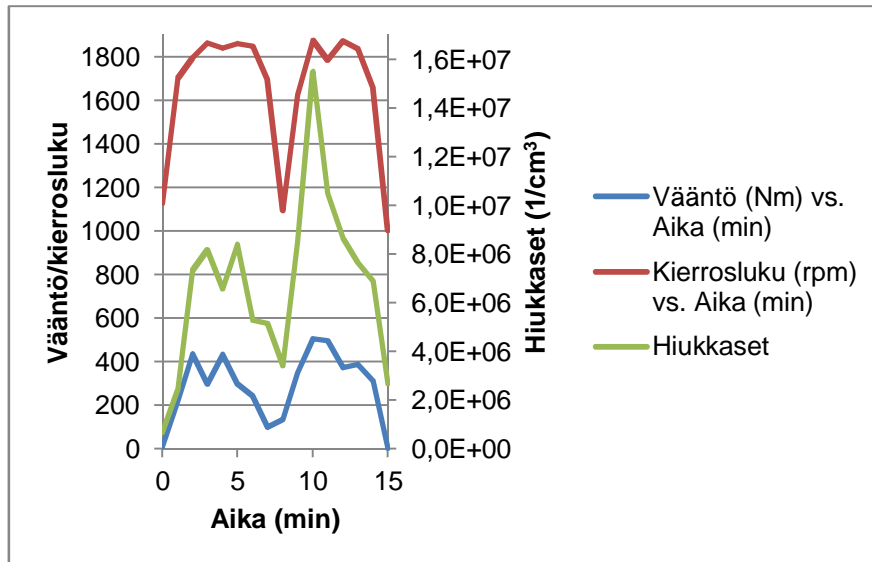
6.2 Turussa ajettu kenttäsykli

Diagrammista 15 nähdään, kuinka NExBTL-päästöissä on enemmän nukleaatiomoodin hiukkasia ja kuinka taas hiukkasten koon kasvaessa hiukkasjakauma muuttuu ja NExBTL-päästöistä syntyy vähemmän hiukkasia. Tässä käyrässä muodostuvat erot eivät ole merkittävän suuria kun taas aiemmissa ISO-syklin mukaisissa testeissä hiukkasten kokojakaumassa oli suuriakin eroja. Tästä voidaan päätellä, että moottorin kuormituksella on merkittävä vaikutus siihen, millainen hiukkasjakauma muodostuu eri polttoaineilla.

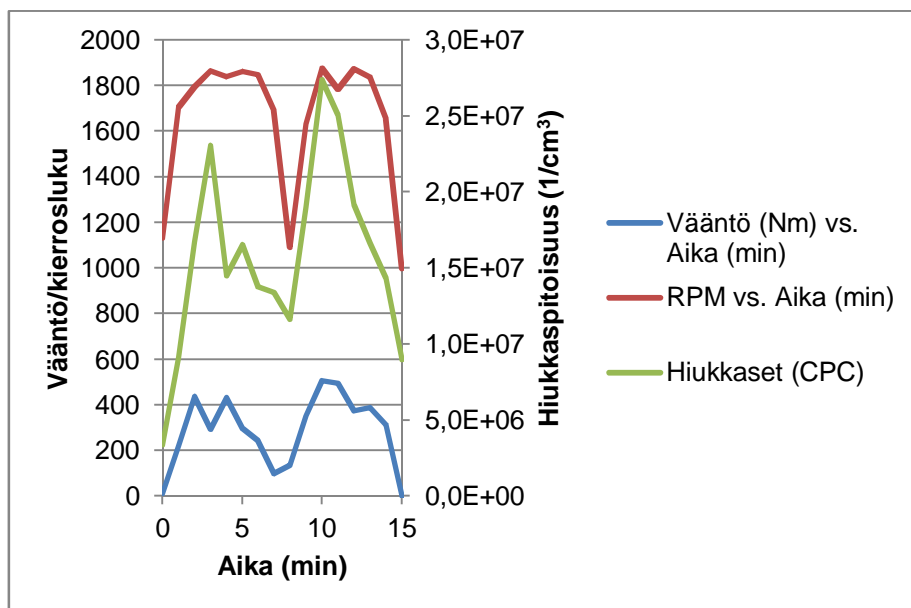


Diagrammi 15 Kenttäsyklin hiukkasjakauman kokoverailu

Diagrammeista 16 ja 17 nähdään, kuinka pienhiukkasten määrä kasvaa kun moottoria aletaan kuormittaa alhaisilla kierroksilla kovan väännön (liite 6) alaisena. Sekä NExBTL ja EN590 molemmat tuottavat hiukkaspiikin syklin kohdassa, jossa alhaisilla kierroksilla nostetaan kierroksia kovan kuormituksen alaisena. EN590-polttoaineella on kuitenkin vielä toinen hiukkaspiikki, jota ei NExBTL:llä esiinny. Tämä piikki esiintyy aikaisemman kuormituksen kasvattamisen aikana. Lukumääräisesti NExBTL tuottaa vähemmän pienhiukkasia kenttäsyklin aikana koko syklin matkalla.

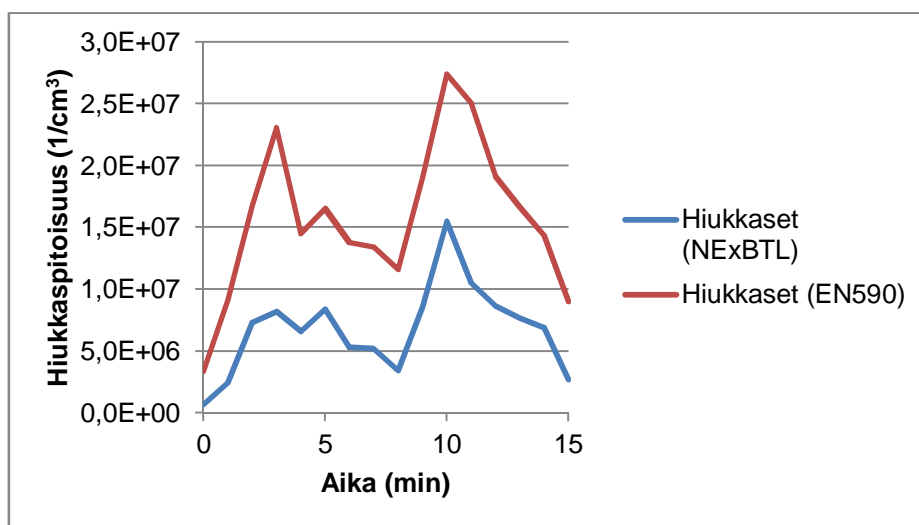


Diagrammi 16 Kenttäsyklin vääntö, kierros-luku ja hiukkaspitoisuus aika-akselilla (NExBTL).



Diagrammi 17 Kenttäsyklin vääntö, kierros-luku ja hiukkaspitoisuus aika-akselilla (EN590)

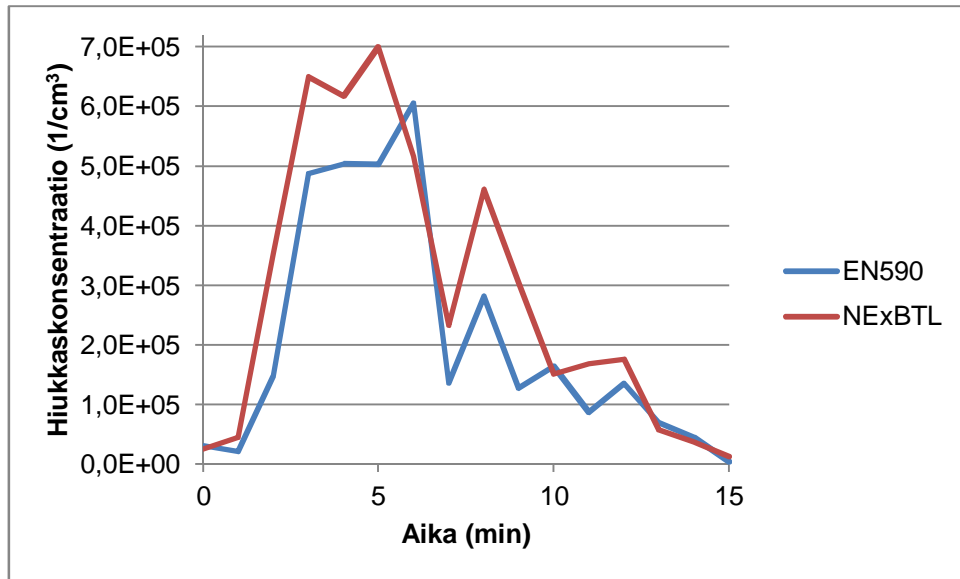
Diagrammi 18 havainnollistaa hyvin, kuinka kenttäsyklin aikana muodostuvien hiukkasten lukumäärä poikkeaa toisistaan koko syklin matkalla EN590:n ja NExBTL:n välillä. EN590:llä havaittava ensimmäinen hiukkaspikki n. 4 minuutin kohdalla syklissä voi johtua polttoaineen huonommasta palamisesta taikka mittausjärjestelyissä tapahtuneesta virheestä. Lukuun ottamatta tuota ensimmäistä piikkiä käyrät mukailevat toisiinsa todella tarkasti. Myös polttoaineen kulutus (liite 3) ja moottorin lämpötilat (liite 4) olivat käytännöllisesti katsoen samat, jolloin pienhiukkasten lukumäärä erot johtuvat palamisen puhtauden muutoksista sekä polttoaineen koostumuksen eroista.



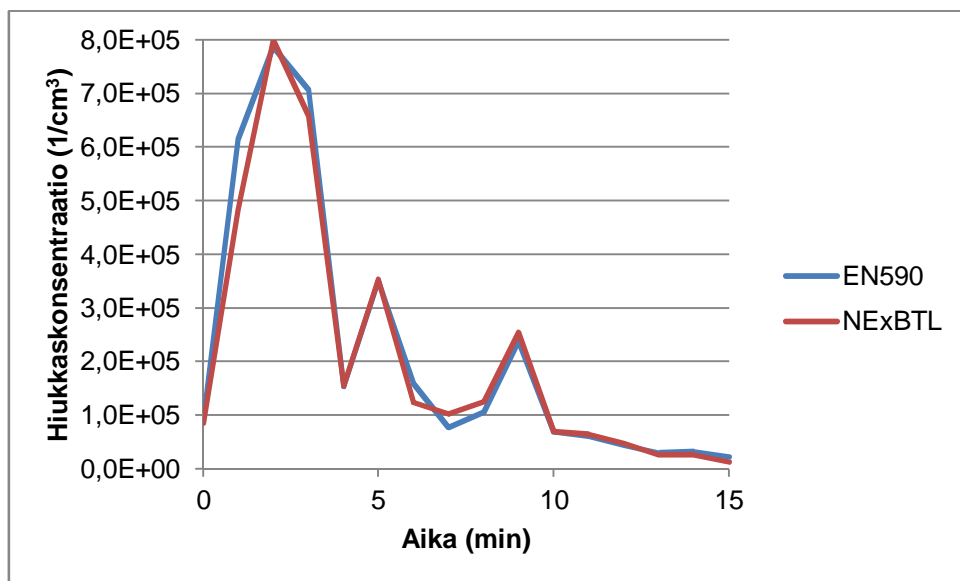
Diagrammi 18 Hiukkaspitoisuuden erot kenttäsyklillä NExBTL vs. EN590

6.3 Suolahdessa tehdyt kenttämittaukset

Suolahdessa ajetuissa CPC:n mittaamissa hiukkaspitoisuuksissa oli merkittäviä eroja, testilenkkiä eri suuntiin ajettaessa. Kuten diagrammit 19 ja 20 osoittavat, koilliseen ajettaessa NExBTL:n hiukkaspäästöt (liite 8) olivat selvästi korkeammat kuin EN590-dieselin. Lounaan suuntaan lenkkiä palatessa ei polttoaineiden hiukkaspäästöissä ollut merkittäviä eroja. Hiukkaspitoisuuksien erot voivat johtua useista eritekijöistä, joita aiheuttaa ulkona tapahtuneesta mittaustilanteesta. Mittaustulokseen vaikuttavia tekijöitä voivat olla esimerkiksi tuulen mukanaan kuljettamat epäpuhtaudet ja tuulen suunnan ja nopeuden muutokset. Satunnaisia muutoksia kuten tuuli ja muu liikenne on erittäin vaikeaa, taikka jopa mahdotonta, poistaa hiukkasmittaus tuloksista.

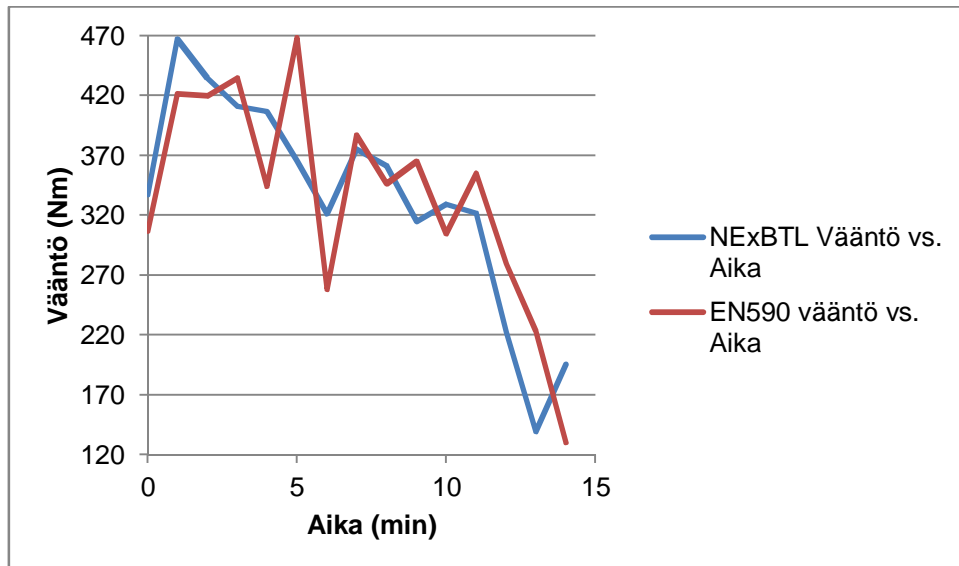


Diagrammi 19 CPC:llä mitattujen hiukkaspitoisuuksien erot kenttättestissä koillisen suuntaan ajettaessa NExBTL vs. EN590

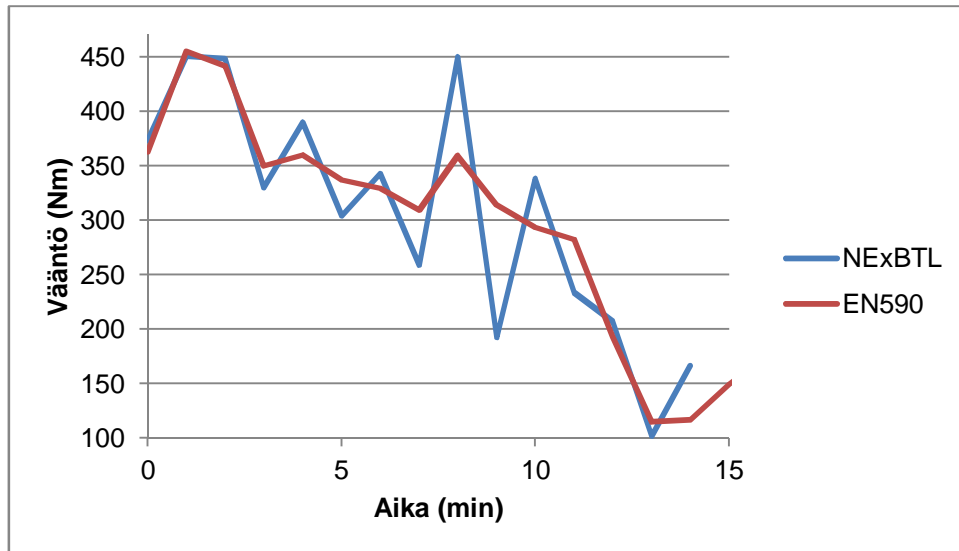


Diagrammi 20 CPC:llä mitattujen hiukkaspitoisuuksien erot kenttättestissä testirataa lounaan suuntaan ajettaessa NExBTL vs. EN590

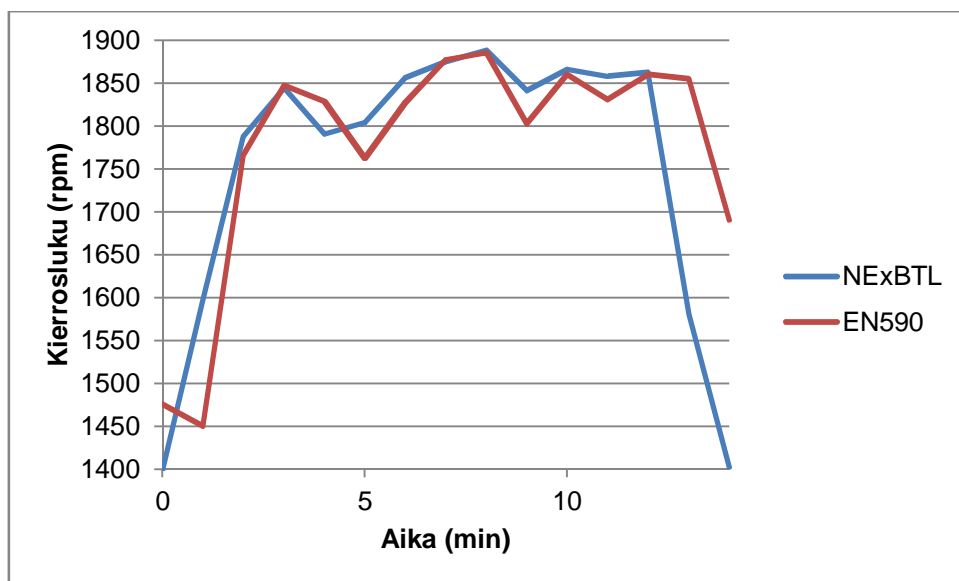
Diagrammista 21 ja 22 huomataan, kuinka koillisen ja lounaan suuntiin ajettaessa vääntökäyrät (keskiarvoja) ovat eri polttoaineilla erilaiset. EN590-dieselin poukkoileva vääntökäyrä saattaa aiheuttaa korkeammat hiukkaspitoisuudet. Vääntökäyrän heitteen syyksi on syytä epäillä traktorin kärryn pomputtamista taikka pienen nykivän liikkeen kertaantumista. Lisäksi inhimilliset tekijät kuten traktorin ajajan ajotapamuutokset voivat vaikuttaa vääntökäyrään merkittävästi. Ajajan tekemät muutokset on kuitenkin minimoitu ajamalla testi rataa mahdollisimman tarkkaan samaa nopeutta, joka tässä tapauksessa oli traktorin huippunopeus. Tämä voidaan todeta kierroslukukäyrien 23 ja 24 yhdenmukaisuudesta.



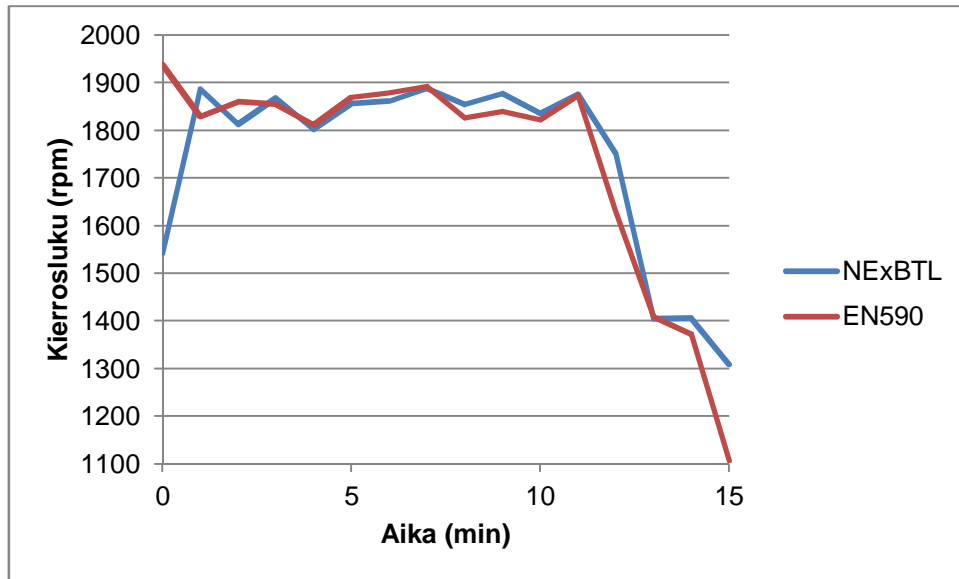
Diagrammi 21 Vääntökäyrien erot koillisen suuntaan ajettaessa NExBTL vs. EN590



Diagrammi 22 Vääntökäyrien erot testirataa lounaseen ajettaessa NExBTL vs. EN590

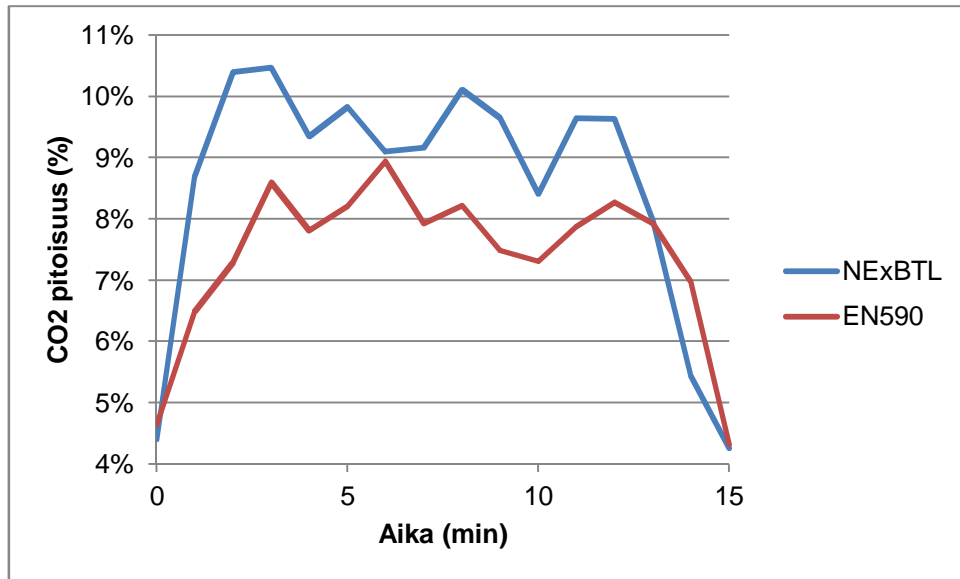


Diagrammi 23 Kierros-lukuerot koillisen suuntaan ajettaessa

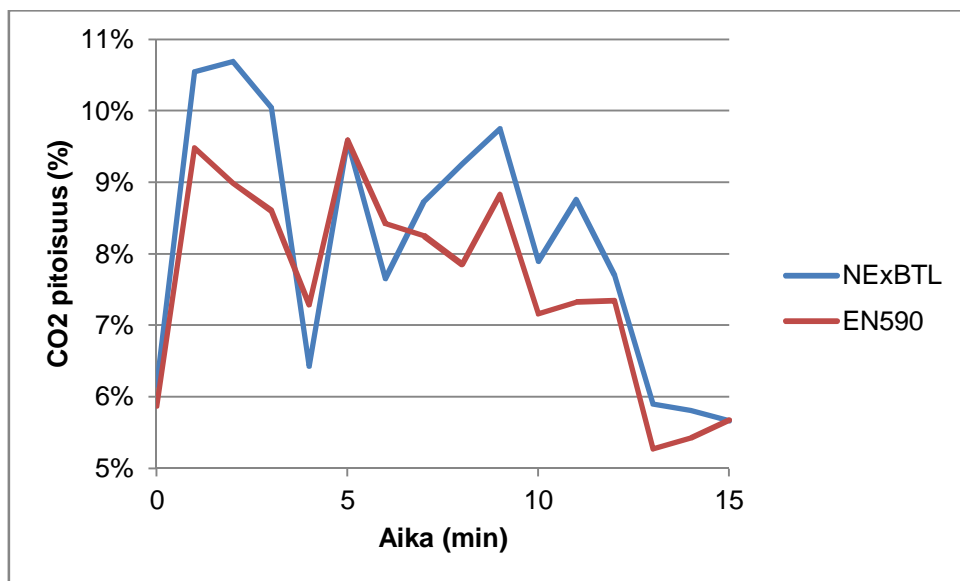


Diagrammi 24 Kierrosnopeuserot lounaan suuntaan ajettaessa

Diagrammeista 25 ja 26 voidaan vertailla CO₂-päästöjä eri polttoaineiden kesken. Taulukko 25 näyttää, kuinka CO₂-päästö on ollut korkeampi NExBTL-polttoaineella koillisen suuntaan ajaessa, CO₂-päästö kertoo suoraan kuinka paljon polttoainetta on palanut moottorissa. Laboratoriomittauksissa ei kulutuseroja tullut ilmi. CO₂-päästöjen erot johtuvatkin luultavimmin ajotavan taikka tuulen suunnan muutoksista. Kenttätestejä tehdessä CO₂-mittaussondi on ollut n. kahden metrin päässä pakoputkesta. Tämä on vaikuttanut kaasunäytteen laimennussuhteeseen ja siis myös CO₂-pitoisuuteen. Mahdollista on myös, että NExBTL palaa paremmin ja täten tuottaen enemmän CO₂-päästöjä. Jos kuitenkin näin kävisi, niin HC-päästöjen pitäisi olla EN590-dieselillä merkittävästi korkeammat, olettaen että ruiskutusmäärät ovat samansuuruiset.

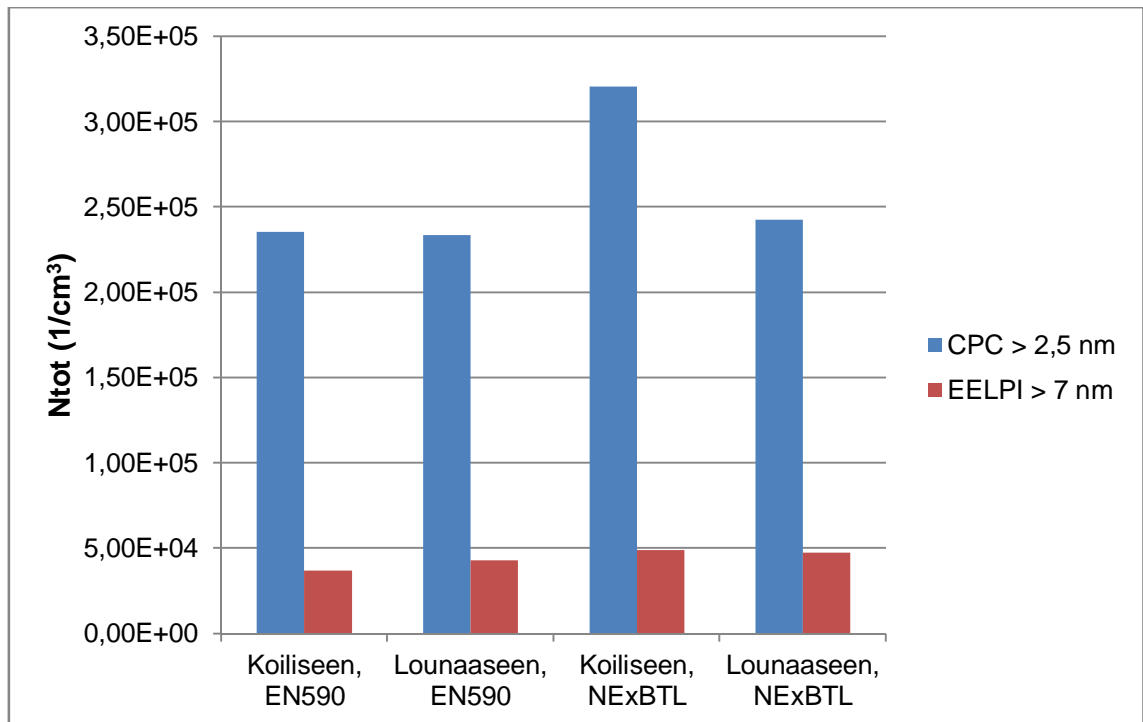


Diagrammi 25 CO2-päästö koillisen suuntaan ajettaessa



Diagrammi 26 CO2-päästö testirataa lounaan suuntaan mentäessä

Diagrammista 27 nähdään sekä CPC:n ja ELPI:n mittaustuloksien erot NExBTL:n ja EN590:n välillä. Kyseisessä diagrammissa on laskettu hiukkasten kokonaismäärä, eikä kokojakaumaa ole huomioitu. Tästä määrästä nähdään NExBTL:n tuottavan jonkin verran enemmän pienhiukkasia. Tämä tulos yhdistettynä laboratoriomittauksiin kertoo ajotavan ja ajo-olosuhteiden vaikuttavan merkittävästi moottorin tuottamaan pienhiukkaspäästöön. ISO-syklin tapaiset tasaisella väännöllä ja kierrosluvulla tehtävät mittaukset eivät siis anna todenmukaista kuvaa moottorin pienhiukkaspäästöistä.

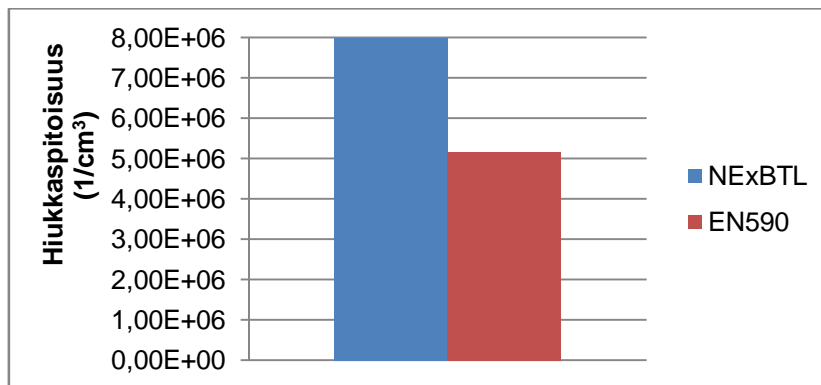


Diagrammi 27 Hiukkasten kokonaismäärät suolahden kenttämittauksissa

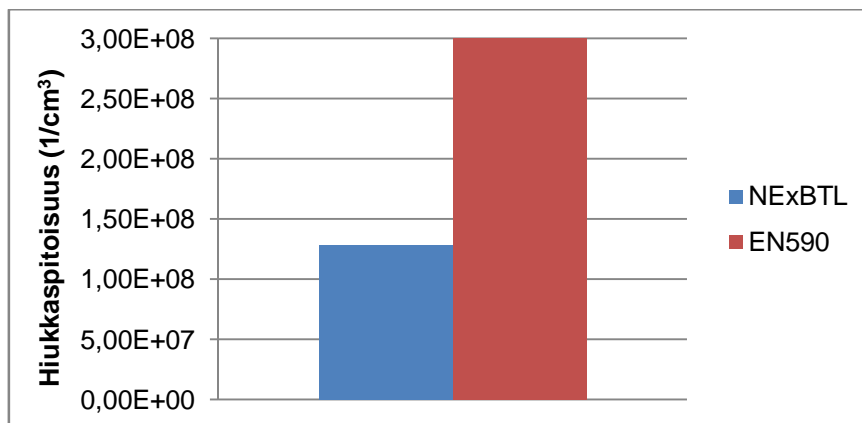
Verrattaessa laboratoriomittauksia keskenään, voidaan todeta NExBTL:n hiukkaspäästöjen olevan matalammat läpi koko mittausalueen. Suolahden kenttämittaukset poikkeavat huomattavasti laboratoriomittauksista. Poikkeavuuksille on olemassa useita eri syitä, kuten ympäristön hiukkaskuormitus, traktorin kuljettajan tekemät muutokset ajotavassa sekä maastonmuotojen ja liikenteen vaikutukset traktorin kuormitukseen. Lopputuloksena kenttämittauksien simulointi oli erittäin vaikeaa poikkeavien vääntö- ja kulutuskyärien takia.

6.4 Lisämittauspisteet

Turussa aiemmin tehtyyn insinööriyöhön vertailua varten mitattiin kaksi lisäkuormituspistettä, jotka toteutettiin kierrosluvuilla 1300 rpm ja 1800 rpm 100 %:n kuormituksella, kuten Turussa oli aiemmin tehty. Diagrammeista 28 ja 29 nähdään hyvin, miten paljon hiukkasten lukumäärä vaihtelee moottorin kuormituksen mukaan. 1300 rpm:llä NExBTL tuottaa enemmän hiukkaspäästöjä, mutta 1800 rpm:n alueella EN590 tuotti huomattavasti enemmän pienhiukkasia.

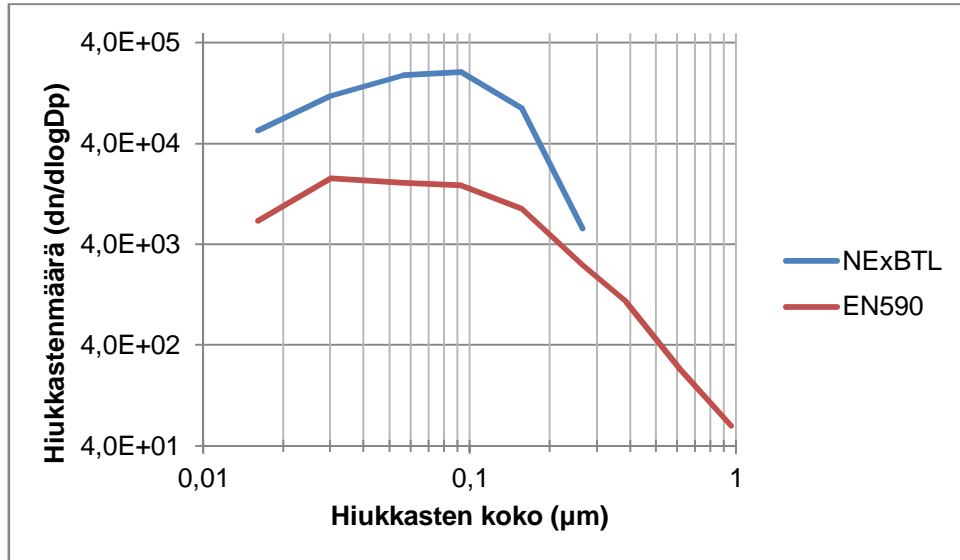


Diagrammi 28 Hiukkasmäärä CPC:llä mitattuna 1300 rpm:n alueella 559 N kuormalla.

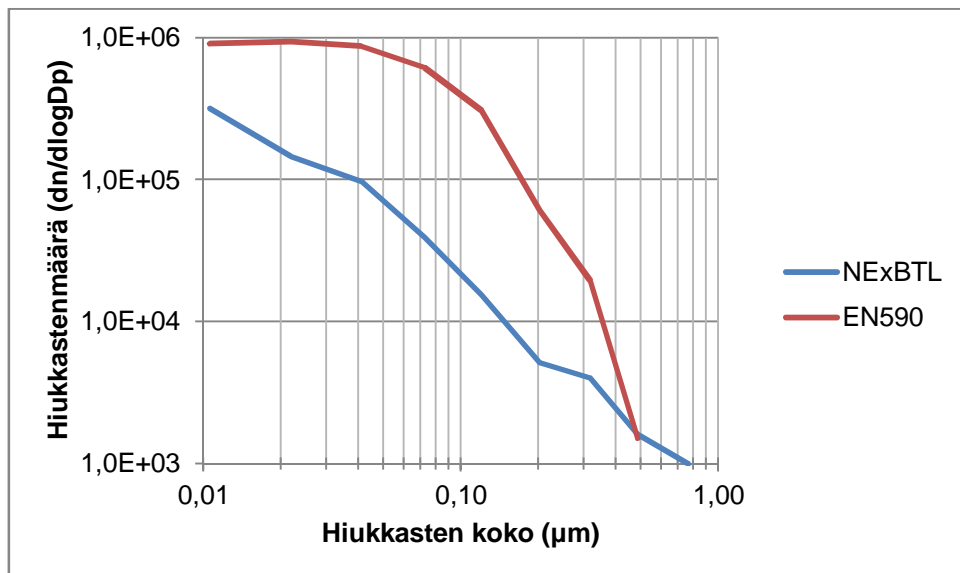


Diagrammi 29 Hiukkasmäärä CPC:llä mitattuna 1800 rpm:n alueella 537 N kuormituksella

Hiukkasten kokojakauma noudattaa samaa trendiä kuin hiukkasten määrä CPC:llä mitattuna, jolloin 1300 rpm:n mittauspisteessä NExBTL aiheuttaa suuremman hiukkaspäästön kuin EN590 (diagrammit 30 ja 31).



Diagrammi 30 Hiukkasten kokojakauma 1300 rpm:n alueella (molemmat akselit ovat logaritmisia)



Diagrammi 31 Hiukkasten kokojakauma 1800 rpm:n alueella (molemmat akselit ovat logaritmisia)

7 Yhteenveto

Opinnäytetyössä selvitettiin polttoainekohtaisia pienhiukkaspäästöjä NExBTL-biodieselin ja perinteisen EN590-standardin mukaisen dieselin välillä. Pienhiukkaspäästöjen tarkastelu keskittyy erityisesti nukleaatiomoodin alueelle (1 - 30 nm). Tämän opinnäytetyön aikana ja sitä aikaisemmin suoritettujen pienhiukkaspäästömittauksien tulokset näyttävät pääpiirteittäin samalta. Nukleaatiomoodin alueelta ei kuitenkaan löytynyt samankaltaisia vertailututkimuksia. Opinnäytetyön aikana suoritettujen mittauksien tulokset näyttävät kuitenkin selvästi, että hiukkaspäästöjen muodostumiseen vaikuttavat niin monet tekijät, että todellisia hiukkaspäästöjä varten tarvitaan huomattavasti enemmän mittausdataa nukleaatiomoodin alueelta. Opinnäytetyössä kerätyn mittausdatan perusteella tulisi kehittää nykyisiä pienhiukkaspäästöjen mittausmenetelmiä, koska ne keskittyvät pienhiukkaspäästöjen kokonaisuudessaan eivätkä huomioi ollenkaan hiukkasten kokojakaumaa.

8 Kiitokset

Kiitän työssä avustamisesta dosentti Liisa Pirjolaa, projekti-insinööri Sini Anttalaista, Turun ammattikorkeakoulua jossa mittaukset suoritettiin, Tampereen yliopistoa joka oli mukana mittauksissa sekä insinööriohjannutta projekti-insinööri Aleksi Malista.

Lähdeluettelo

1. **Helsingin Seudun Ympäristöpalvelut.** HSY. [Online] Helsingin Seudun Ympäristöpalvelut, 03. 01 2011. [Viitattu: 09. 04 2014.] <http://www.hsy.fi/seututieto/ilmanlaatu/tietoa/terveys/nox/Sivut/default.aspx>.
2. *Effects of Gaseous Sulphuric Acid on Diesel Exhaust Nanoparticle Formation and Characteristics.* **Rönkkö, Topi;ym.;ym.** s.l. : Environmental Science & Technology, 2013.
3. **Gosh, Tushar K. and Prelas, Mark A.** *Energy Resources and Systems.* s.l. : Springer Science+Businessmedia, 2011.
4. **Olin, Miska.** Tampereen teknillinen yliopisto. *Dieselpakokaasun hiukkaspäästöjen muodostumisprosessin simulointi.* [Online] Joulukuu 2013. [Viitattu: 09. 04 2014.] <http://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/21940/olin.pdf?sequence=1>.
5. **Salonen, Raimo O ja Pennanen, Arto.** Pienhiukkasten vaikutus terveyteen. [Online] 2006. [Viitattu: 09. 04 2014.] http://www.tekes.fi/Julkaisut/fine_terveys.pdf.
6. *Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) as a Renewable Diesel Fuel.* **Aaltola, Hannu;Larmi, Martti ja Sarjovaara, Teemu.** 2008, Sae International.
7. **TSI.** TSI Product information. [Online] TSI, 2007. [Viitattu: 08. 04 2014.] http://www.tsi.com/uploadedFiles/Product_Information/Literature/Spec_Sheets/3776_2980345.pdf.
8. **DEKATI.** ELPI brohure. [Online] DEKATI, 29. 04 2014. <http://dekati.com/cms/files/File/PDF/ELPIbrohure.pdf>.

9. **Nylund, Nils-Olof;ym.;ym.** Optimized usage of NExBTL. *VTT*. [Online] VTT, 2011. [Viitattu: 10. 03 2014.] <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2011/T2604.pdf>.
10. **Virtanen, Sampo.** *Työkonedieselin toiminta, suoritusarvot ja päästöt eri biopolttoaineilla*. Turku : Turun ammattikorkeakoulu, 2009.

Lokikirja Turku 22.01.2014

Ke 22.01.2014

Polttoaine
TUAS Fossil -> REF Fossil

Jälkikäsittely
DOC+SCR

Mittajaat
Erika, Aleksi

Huomioita
Kellot synkronoitu
CO2 ja kompensatorit mitattu 1.05 lpm
pakokanavan paine vaihtelee noin 15mbar, vaikuttaa primärlämmennykseen +-10%
Ejektin pumppupaine säädety 2068 mbar
Kone käynnin 0:34:25 Kone sammuiettu
lisälämmen CFC:n edessä, DR 00
Ajetaan loppuun ilman lämmintä, niin saadaan vertailu edellisen lämmittimen vaikutuksesta lämmitin pois päältä 13:40:38 23C 13:45:34
Aikaleima 14:57:00

Piste RPM Vääntö Alkualka Loppualka Denu CO2 mittauspa Raaka CO2 Laimea Laitteet CO2 tau DR PrimDR Seku DR Kok. Primäär Ohivirta Kommentit

Painelmaa	1800	360	9:33:42	9:37:16	1	3	0	368	1	1	1	1	48	0 Kaikki OK
Lämmitys+DR	1800	360	9:56:18	9:59:57	1	2	56600	5170	896	368	12,26052	9,660661	118,759	48
ELP-vertailu	1800	360	9:58:52	10:01:15	0				368	1	1	1	48	46,9
Polttoaineen vaihto -> REF Fossil														
Lämmitys+DR	1800	360	10:06:04	10:16:16	1	2	60600	5170	888	368	12,51912	9,435294	118,1216	48
Suolahti			10:17:49	10:33:17	1	3			368	1	1	1	48	46,9
Suolahti			10:33:58	10:49:28	1	3			368	1	1	1	48	46,9
Suolahti			10:51:28	11:06:55	1	2			368	1	1	1	48	46,9
IS01	2200	431	11:22:08	11:27:15	1		80000	5602	1035	368	15,4825	7,596227	117,6368	48
IS02	2200	323	11:32:28	11:37:30	1		62100	5090	854	368	13,04776	9,540323	124,4798	48
IS03	2200	215	11:42:49	11:47:45	1		46500	3680	734	368	12,46328	9,632079	120,0595	48
IS04	2200	43	11:53:34	11:58:30	1		21800	2150	540	368	11,9654	9,846154	117,8132	48
IS05	1500	572	12:06:50	12:11:30	1		98500	6700	1100	368	15,47493	8,54717	132,2688	48
IS06	1500	429	12:16:30	12:22:00	1		74100	5670	920	368	13,88215	9,451967	131,2135	48
IS07	1500	298	12:27:10	12:32:15	1		53000	4450	772	368	12,86461	9,894058	127,1546	48
IS08	850	0	12:46:34	12:57:16	1		12200	1322	466	368	12,29423	8,625026	109,6461	48
Suolahti			13:00:30	13:15:59	1	3			368	1	1	1	48	46,9
Suolahti			13:22:51	13:38:20	1	2			368	1	1	1	48	46,9
Suolahti			13:45:57	14:01:24	1	3			368	1	1	1	48	46,9
Suolahti			14:03:02	14:18:31	1	2			368	1	1	1	48	46,9
Aleksi2	1300	559	14:40:11	14:46:11	1		96500	6300	1080	368	16,01178	8,226917	131,7756	48
Aleksi1	1800	537	14:58:06	15:08:28	1		96100	6200	1073	368	16,38957	8,170629	133,9049	48
EELP-vertailu			15:08:39	15:12:07	0				368				48	46,9
Painelmaa			15:14:20	15:18:42	1				368				48	0

46,9 lämmennyssuhde primärlämmennyksessä liian iso, kokonaislämmitys ok, co2:n isompi kan

46,9 Metropolan CFC pois lisälämmenusejektin takaa

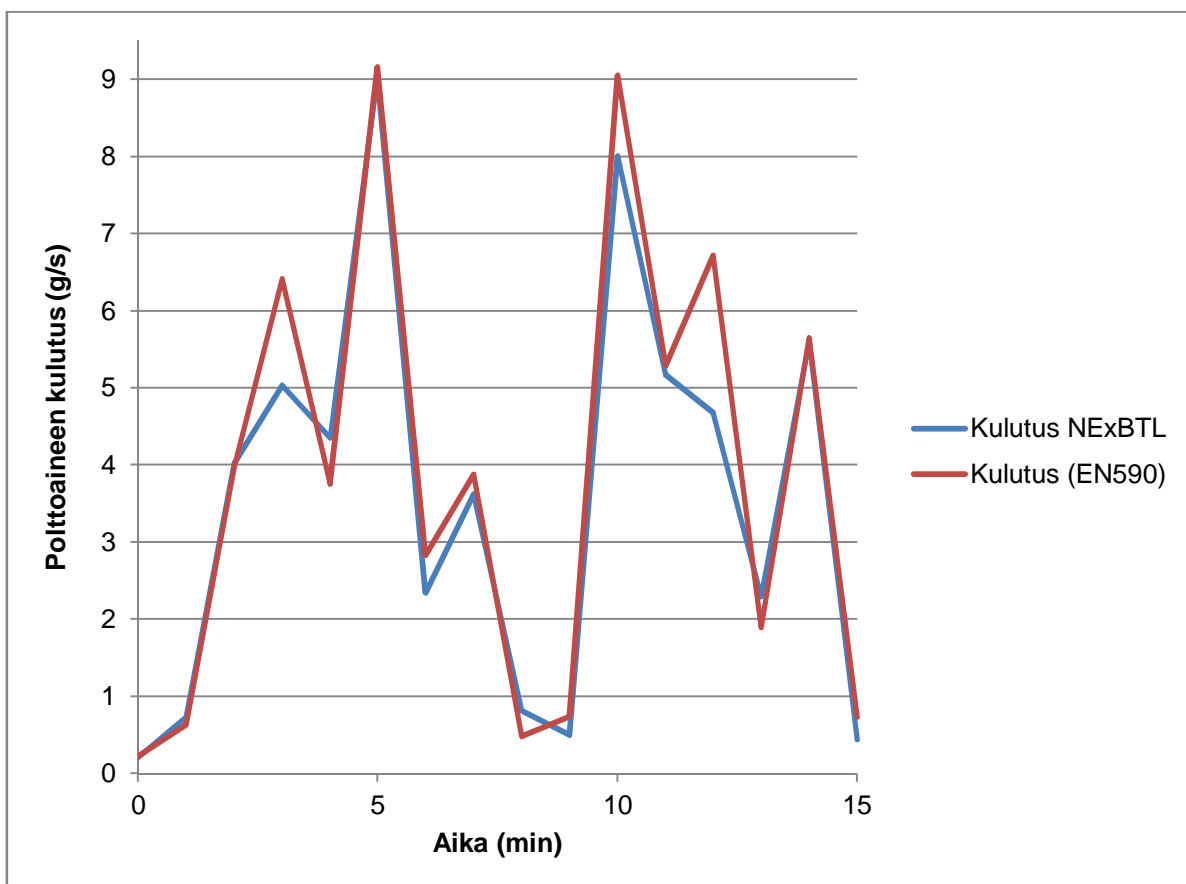
46,9 ilman lämmittimen lämmitystä, lähtöämpö 23C, lpuassa 18C

46,9 ilman lämmittimen lämmitystä, lopetettaessa 17C

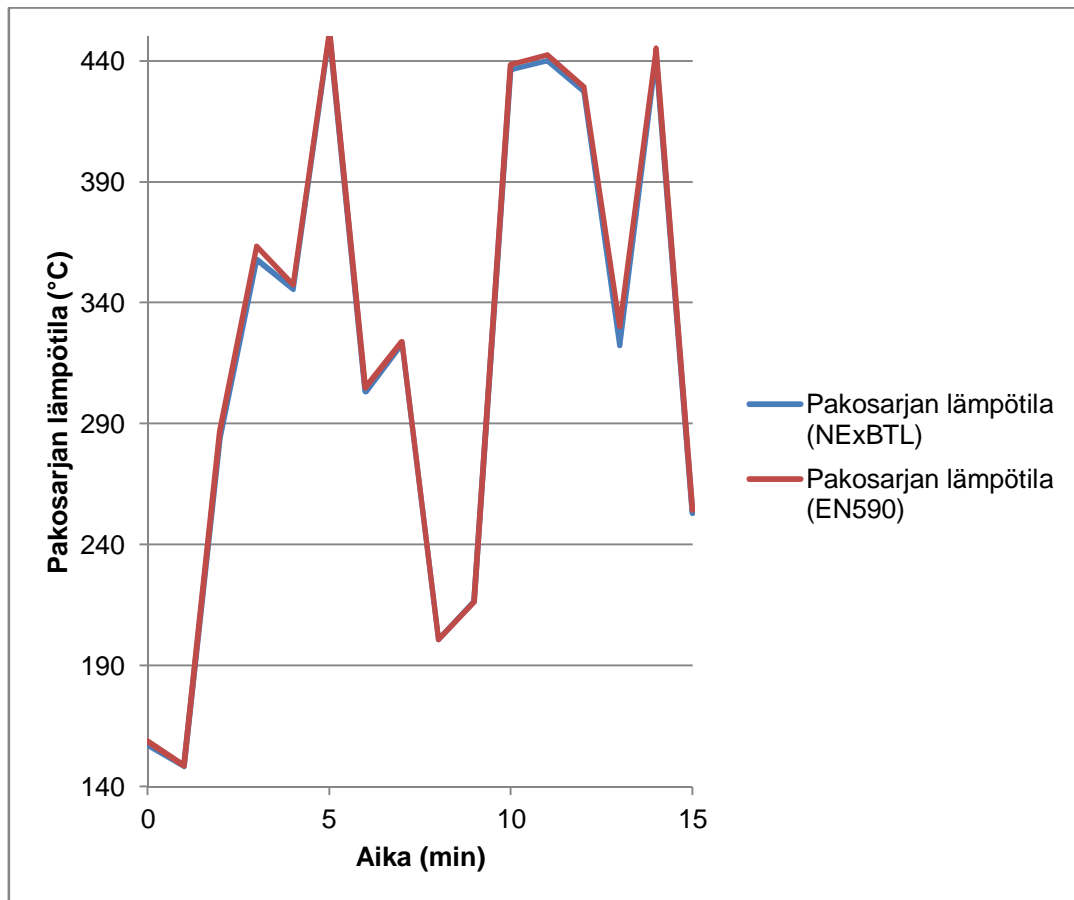
46,9 nukleaatiomoodi jälleen kasvaa hitaasti, viimeinen puoli minuuttia melkein tasaisista

46,9

Polttoaineen kulutuserot kenttäsyklillä



Pakosarjan lämpötilaerot kenttäsyklin aikana



Moottorista saatu data kenttäsyklin aikana

NEB.BTL cycle AVERAGE 4

Time	NEB.BTL												REF																	
	Engine Room	Fuel Mass Flow	Relative Humidity	NEB.BTL Left_CO2	NEB.BTL Left_CO2	NEB.BTL Left_NO2	NEB.BTL Left_NOx	NEB.BTL Left_O2	NEB.BTL Left_THC	NEB.BTL NOx-Sensor1	NEB.BTL NOx-Sensor2	NEB.BTL O2-Sensor	NEB.BTL Power	NEB.BTL Air Mass Flow	NEB.BTL Pegasor max315	NEB.BTL Pegasor max6.3	NEB.BTL Created Cycle	NEB.BTL RPM Request	NEB.BTL RPM	Average RPM/min	Gas Turbine	Exhaust Manifold	NEB.BTL Exhaust Temp	NEB.BTL Turbine Temp	NEB.BTL Exhaust Temp	Average Torque	NEB.BTL Exhaust Torque	NEB.BTL Turbine Torque	Average Torque	
0	9.285714	0.209611	24.58571	1.234286	0	20.02381	178.0476	19.21429	36.51803	150.1513	18.59858	166.0779	16.32981	0.516503	119.7632	0.277847	0.2235817	850.6349	852.9429	848.2382	1130.4598	143.3294	157.2728	0	5.809562	71.25568	71.25568	220.1642033	11.6995843	
1	9.073487	0.209611	24.58571	1.234286	0	23.79524	213.2714	19.07429	31.53271	226.6008	16.85306	256.2192	16.37712	10.64862	268.9317	0.921156	0.564638	1435	1436.619	1432.715	1702.4101	182.7331	148.5252	73.66667	71.25568	71.25568	220.1642033	11.6995843		
2	9.571429	0.402431	31.44286	4.634286	0	34.52143	497.1667	14.02857	34.08216	299.9831	10.7376	659.2837	10.76379	75.30054	513.429	0.542062	0.367639	1866.071	1869.109	1860.613	1795.3011	423.2446	284.1237	400.8984	387.0408	435.1667208	435.1667208	435.1667208	296.5984308	296.5984308
3	9.571429	5.034434	31.27143	9.145714	0	42.11905	1118.714	7.634286	35.04959	99.90792	13.64992	484.0136	13.21638	48.51852	502.9862	0.875032	0.765575	1931.043	1927.463	1925.077	1864.0407	409.7958	357.7498	252.7329	242.4643	296.5984308	296.5984308	296.5984308	431.9834209	431.9834209
4	9.571429	4.448324	30.72857	3.005714	0	49.03333	376.1071	17.84857	31.70035	204.3239	10.69632	729.9091	11.40546	68.92994	497.7549	1.101381	0.794944	1868.487	1867.662	1868.139	1841.0317	480.8917	345.7859	275.5155	347.3713	431.9834209	431.9834209	431.9834209	297.1817665	297.1817665
5	9.714286	6.059169	26.95714	7.597143	0	36.71429	1054.333	9.487143	33.82227	243.4831	6.883406	1126.904	6.970589	103.6661	487.8251	2.592219	1.300827	1787.355	1792.441	1786.633	1861.5262	578.7299	451.7992	551.5427	554.2253	297.1817665	297.1817665	297.1817665	389.8528579	389.8528579
6	9.714286	2.444394	29.62857	6.448571	0	10.42143	625.3643	11.18714	32.91353	80.41251	14.09599	448.5611	14.05446	42.4677	475.4632	0.685431	0.473606	1843.103	1847.555	1838.325	1848.7891	358.1578	303.3936	239.9494	221.8501	242.223179	242.223179	242.223179	100.850468	100.850468
7	9.571429	3.023458	29.48571	5.767143	0	38.59286	569.1024	12.62	31.35653	111.5152	13.0612	518.597	13.50237	46.40172	475.1077	0.697226	0.405807	1852.313	1851.773	1846.351	1692.741	396.1077	323.3334	228.0089	239.0562	100.850468	100.850468	100.850468	351.2437439	351.2437439
8	9.571429	0.816221	28.91429	2.077143	0	30	827.1429	9.044286	33.68315	314.913	7.255422	1017.27	7.421747	104.8484	526.7969	3.540484	1.751602	1927.317	1927.237	1915.9	1876.2724	565.5357	436.378	519.2276	521.7658	505.0070896	505.0070896	505.0070896	374.3520958	374.3520958
9	9.571429	5.167702	34.11428	8.972857	0	5.634921	918.8889	7.947143	29.86532	164.7655	10.56507	690.3451	11.64632	64.45865	487.0934	0.4045263	0.430434	1876.866	1874.997	1866.743	1783.5976	510.2419	440.2428	321.6021	329.1558	487.5256252	487.5256252	487.5256252	311.5566592	311.5566592
10	9.571429	0.44682	28.74286	4.362857	0	19.51667	228.7024	14.99143	30.44296	165.5426	18.48212	162.5206	18.4781	0.42745	213.4541	0.103895	0.176878	1279.286	1272.302	1273.095	1003.0865	227.7895	253.1809	0	3.214322	2.996592546	2.996592546	0	0	

REF fuel cycle AVERAGE 4

Time	NEB.BTL												REF																		
	Engine Room	Fuel Mass Flow	Relative Humidity	NEB.BTL Left_CO2	NEB.BTL Left_CO2	NEB.BTL Left_NO2	NEB.BTL Left_NOx	NEB.BTL Left_O2	NEB.BTL Left_THC	NEB.BTL NOx-Sensor1	NEB.BTL NOx-Sensor2	NEB.BTL O2-Sensor	NEB.BTL Power	NEB.BTL Air Mass Flow	NEB.BTL Pegasor max315	NEB.BTL Pegasor max6.3	NEB.BTL Created Cycle	NEB.BTL RPM Request	NEB.BTL RPM	Average RPM/min	Gas Turbine	Exhaust Manifold	NEB.BTL Exhaust Temp	NEB.BTL Turbine Temp	NEB.BTL Exhaust Temp	Average Torque	NEB.BTL Exhaust Torque	NEB.BTL Turbine Torque	Average Torque		
0	8.142857	0.227735	41.41429	1.258571	0	-4.19048	143.0095	19.15286	58.80586	169.4245	18.56987	177.5173	18.27054	0.467608	119.3106	0.430798	0.293999	850	851.6429	848.1606	1132.935	145.3431	158.7497	0	5.263172	11.45383053	11.45383053	220.4363298	220.4363298		
1	8.571429	0.631395	60.55714	1.274286	0	30.32857	217.5833	18.99	46.28959	247.1097	16.873	255.8464	16.32468	10.69545	271.076	1.015036	0.623375	1437.143	1438.003	1436.109	1705.3403	184.7015	148.8999	74.00142	71.20648	71.20648	220.4363298	220.4363298	220.4363298	436.9315	436.9315
2	8.397132	38.07143	4.761429	0	43.18571	526.4	13.92571	42.37376	423.4298	10.75867	698.8659	10.61554	76.55564	514.9052	0.665855	0.430763	1868.143	1873.253	1864.864	1793.9714	426.7934	286.8356	408.8144	392.9315	436.9315	436.9315	436.9315	296.5984308	296.5984308		
3	8.285714	6.413415	34.94286	9.437143	0	50.38095	1171.429	7.588571	44.77681	104.4571	13.65607	483.7371	13.39465	45.44257	495.8375	1.098469	0.923026	1932.286	1921.338	1924.662	1863.7501	413.3916	363.3452	240.1146	226.3213	296.5984308	296.5984308	296.5984308	431.2290629	431.2290629	
4	8.285714	3.757005	32.68571	2.76	0	51.01905	410.2714	17.98571	42.80703	251.8918	10.44511	757.4807	11.62173	67.19585	489.8792	1.434427	0.949914	1864.286	1864.56	1864.362	1839.9443	480.3723	347.557	269.4068	339.4605	431.2290629	431.2290629	431.2290629	297.1817665	297.1817665	
5	8.285714	9.155614	29.32857	7.825714	0	52.85714	1120.952	9.357143	43.44073	257.8052	6.930008	1204.614	6.962223	103.7049	488.347	2.220222	1.249552	1789.571	1791.931	1787.645	1861.4818	570.4296	452.7445	551.5355	554.0069	297.1817665	297.1817665	297.1817665	389.8528579	389.8528579	
6	8.285714	2.837037	30.15	6.654286	0	13.14286	572.381	11.055	46.56519	85.44371	14.04441	482.3093	13.86275	43.77034	477.151	0.953368	0.614919	1843.857	1850.216	1844.019	1848.8437	360.9678	304.9099	242.974	227.3079	242.4872665	242.4872665	242.4872665	100.4813245	100.4813245	
7	8.285714	3.87567	32.57143	5.997143	0	46.21667	611.7357	12.3429	39.94508	120.8862	13.08134	539.3149	13.57684	45.45071	471.747	0.916132	0.501951	1851.429	1850.124	1842.909	1691.1428	397.2889	323.9407	226.2802	234.809	100.4813245	100.4813245	100.4813245	134.9224143	134.9224143	
8	8.285714	0.481542	33.04286	2.311429	0	21.97819	155.9524	17.9	48.09228	189.7705	16.49424	322.3164	13.2998	18.24653	300.844	4.676397	4.592169	1443.143	1469.719	1436.089	1809.5881	232.5487	200.8975	208.2643	119.9654	134.9224143	134.9224143	134.9224143	352.5482429	352.5482429	
9	8.285714	0.749118	33.04286	4.744286	0	9.033333	360.6143	13.01343	43.7222	70.30367	17.12214	312.6167	16.29461	16.29461	17.50439	1.162484	0.850	850	853.7383	853.7718	119.2578	216.6443	43.91095	52.63031	352.5482429	352.5482429	352.5482429	505.2413654	505.2413654		
10	8.285714	9.048274	71.67143	8.278571	0	65.7619	1017.976	9.801429	42.67605	326.373	7.265325	1075.457	7.437813	104.9502	528.7258	3.74331	1.934003	1931.714	1933.39	1927.39	1875.8142	566.6745	438.6799	517.7438	520.0574	505.2413654	505.2413654	505.2413654	496.5366126	496.5366126	
11	8.285714	5.292322	35.84286	9.261429	0	41.71429	1079.429	7.812857	42.27538	161.2258	10.98632	736.19	11.90033	62.39639	486.1921	0.004065	0.511794	1875.143	1875.18	1865.462	1783.3713	513.2491	442.6397	319.4903	328.079	496.5366126	496.5366126	496.5366126	374.3310016	374.3310016	
12	8.571429	6.718142	33.31429	6.935714	0	42.85714	1174.571	7.514286	42.932	224.9061	10.81877	784.0534	10.78033	67.66939	500.7358	-0.16367	0.372756	1895.266	1896.717	1900.448	1873.767	488.3905	429.2391	355.7579	364.8758	374.3310016	374.3310016	374.3310016	388.4928057	388.4928057	
13	8.571429	1.891569	34.08571	5.742857	0	22.97857	204.35	13.58286	47.3714	240.3462	10.08579	870.6693	10.43496	79.81994	496.0858	1.062877	0.483589	1870.714	1862.229	1881.197	1836.0347	441.3281	330.4635	313.8346	396.858	388.4928057	388.4928057	388.4928057	312.1514177	312.1514177	
14	8.571429	5.649006	33.38571	6.964286	0	61.38333	776.4429	11.26143	41.9006	216.48	7.087301	1239.169	7.035474	97.31362	445.3674	1.513422	0.904168	1643.429	1639.344	1636.762	1655.709	570.0017	445.213	567.352	567.407	312.1514177	312.1514177	312.1514177	2.96512	2.96512	
15	8.571429	0.732126	29.91429	4.577143	0	26.85714	265.3643	14.76143	46.68261	161.0226	18.71277	171.3542	18.40889	0.382967	214.2118	0.194766	0.233636	1275.714	1273.381	1271.88	997.6894	229.9438	254.3513	0	2.86152	2.58310196	2.58310196	0	0		

Kenttätestin vääntö- ja kierroslukudata

EN590 koillisen suuntaan väännöt (Nm)				EN590 lounaan suuntaan väännöt (Nm)				EN590 koillisen suuntaan kierrosluku (rpm)				EN590 lounaan suuntaan kierrosluku (rpm)				
Aika (min)	sykli 1	sykli 2	sykli 3	Keskiaarvo	sykli 1	sykli 2	sykli 3	Keskiaarvo	sykli 1	sykli 2	sykli 3	Keskiaarvo	sykli 1	sykli 2	sykli 3	Keskiaarvo
0	344,0	266,9	309,9	307,0	444,5	473,1	171,7	363,1	1504,1	1456,5	1467,4	1476,0	1965,3	1907,5	1939,6	1937,4
1	401,8	416,3	445,7	421,2	448,3	455,0	462,0	455,1	1444,2	1397,0	1510,0	1450,4	1893,5	1791,8	1801,9	1829,1
2	429,6	409,9	419,3	419,6	452,7	416,6	455,3	441,5	1842,0	1570,8	1886,6	1766,5	1816,3	1882,2	1882,0	1860,2
3	442,3	414,8	446,2	434,4	335,4	274,8	439,4	349,9	1828,9	1867,9	1847,0	1847,9	1873,9	1843,6	1847,5	1855,0
4	342,8	363,8	325,4	344,0	393,6	420,9	264,8	359,8	1800,6	1847,8	1839,0	1829,1	1828,1	1803,4	1804,5	1812,0
5	478,2	438,4	488,5	468,4	304,2	295,8	410,2	336,8	1787,6	1782,7	1716,7	1762,3	1866,7	1865,8	1875,0	1869,2
6	231,6	332,5	209,9	258,0	362,0	314,9	311,7	329,5	1831,1	1804,0	1847,3	1827,5	1852,8	1891,8	1890,5	1878,4
7	420,2	332,2	408,4	386,9	263,3	325,7	338,6	309,2	1878,5	1863,6	1891,4	1877,8	1881,3	1894,9	1901,5	1892,6
8	335,1	370,5	333,6	346,4	407,7	395,2	275,9	359,6	1882,9	1880,2	1894,0	1885,7	1856,1	1776,5	1844,9	1825,8
9	367,6	359,1	368,0	364,9	287,0	212,2	443,7	314,3	1781,2	1818,6	1809,0	1802,9	1782,1	1875,1	1864,2	1840,5
10	301,9	340,5	271,5	304,6	350,8	320,9	208,9	293,5	1852,7	1852,5	1874,8	1860,0	1825,9	1795,3	1847,7	1823,0
11	369,7	297,8	397,8	355,1	257,4	283,5	306,5	282,5	1811,9	1843,3	1838,2	1831,1	1869,3	1871,3	1881,5	1874,0
12	246,0	340,6	251,9	279,5	227,1	86,0	266,5	193,2	1856,7	1858,3	1865,6	1860,2	1823,4	1491,9	1572,7	1629,3
13	210,6	231,8	226,8	223,1	83,1	114,1	146,5	114,6	1849,6	1848,0	1867,7	1855,1	1425,4	1365,3	1434,1	1408,2
14	115,2	186,2	90,1	130,5	116,0	120,9	113,2	116,7	1556,1	1838,5	1677,8	1690,8	1462,7	1193,8	1461,7	1372,7
15	125,7	106,1	132,7	121,5	114,8	86,3	247,2	149,4	938,0	1168,0	1031,6	1045,9	1097,9	707,5	1516,4	1107,3
NExBTL koillisen suuntaan väännöt (Nm)				NExBTL lounaan suuntaan väännöt (Nm)				NExBTL koillisen suuntaan kierrosluku (rpm)				NExBTL lounaan suuntaan kierrosluku (rpm)				
Aika (min)	sykli 1	sykli 2	sykli 3	Keskiaarvo	sykli 1	sykli 2	sykli 3	Keskiaarvo	sykli 1	sykli 2	sykli 3	Keskiaarvo	sykli 1	sykli 2	sykli 3	Keskiaarvo
0	240,1	441,0	330,0	337,1	454,3	339,3	327,1	373,6	1274,0	1416,9	1506,4	1399,1	1949,5	1724,3	1542,0	1542,0
1	499,9	407,5	495,0	467,5	461,2	452,1	438,3	450,5	1506,3	1807,9	1479,3	1597,8	1843,5	1871,0	1886,9	1886,9
2	427,1	446,6	430,6	434,8	456,3	443,6	445,1	448,3	1674,9	1860,2	1829,1	1788,1	1810,0	1829,8	1813,6	1813,6
3	451,0	343,4	438,3	410,9	323,3	343,1	324,0	330,1	1845,4	1840,8	1846,7	1844,3	1864,9	1876,1	1867,5	1867,5
4	387,1	490,3	342,3	406,6	400,1	384,2	386,3	390,2	1812,7	1722,0	1837,1	1790,6	1793,8	1812,3	1802,1	1802,1
5	464,8	216,8	415,1	365,6	322,9	304,1	286,0	304,3	1788,2	1864,6	1760,7	1804,5	1855,8	1869,4	1855,8	1855,8
6	271,4	426,5	266,0	321,3	343,0	336,7	349,3	343,0	1818,7	1883,2	1868,9	1856,9	1874,6	1888,6	1861,0	1861,0
7	419,3	314,3	392,0	375,2	270,5	256,2	250,1	258,9	1875,3	1889,9	1860,9	1875,4	1884,7	1896,1	1888,6	1888,6
8	353,9	378,3	351,5	361,2	461,5	450,8	437,9	450,1	1885,2	1835,0	1946,0	1888,7	1766,3	1790,9	1854,2	1854,2
9	388,6	270,3	285,0	314,6	197,8	194,6	185,6	192,7	1804,3	1849,4	1872,3	1842,0	1852,0	1845,0	1877,5	1877,5
10	285,4	349,3	352,4	329,0	331,7	337,6	345,6	338,3	1866,9	1863,3	1868,8	1866,3	1788,4	1820,7	1836,5	1836,5
11	430,6	225,2	308,7	321,5	242,6	234,4	224,3	233,7	1831,0	1870,8	1873,1	1858,3	1846,8	1872,5	1876,7	1876,7
12	262,1	188,0	217,3	222,5	191,5	221,9	207,3	206,9	1874,9	1845,0	1867,6	1862,5	1651,2	1732,5	1751,5	1751,5
13	224,9	108,7	85,0	139,5	111,2	88,1	106,0	101,8	1863,6	1159,4	1720,1	1581,0	1473,3	1391,1	1404,0	1404,0
14	123,3	339,3	123,4	195,3	104,4	92,4	302,0	166,2	1602,2	1724,3	883,0	1403,1	1053,7	971,3	1405,8	1405,8

Kenttätestien lokikirja

Suolahti traktorimittakset, päivä 2

Date 13.8.2013

'Index'	'description'	
	0 'zero with a HEPA filter'	
	1 'background air'	
	3 'instrument comparison'	
	11 regular fuel, 1st leg'	
	12 regular fuel, 2nd leg'	N123
	21 'NExBTL, 1st leg'	Normidiesel
	22 'NExBTL, 2nd leg'	SCR

Weather Pilvinen, kostea muttei sateinen. 13astetta lämpöä.

TUT instruments EELPI 241 + extra + filter (greased foils) (after denu)
 EEPS
 CPC 3776 (after denu)
 CO2 logger

Metropolia instruments Nox
 CO
 CO2
 CPC 3776
 EELPI

Time	Action	Routine	Comments
8:17:17	nollaukset		
8:21:19	HEPAn kanssa nollaa		
8:24:26	HEPA pois		
9:12:38	lämmittelyä		
9:51:02	mittaus alkaa		
10:05:52	kääntöpaikalla		
10:07:12	takaisin		
10:21:49	aloituspaikalla		
10:25:56	kierros 2 alkaa		
10:36:20	rekka tuli vastaan		
10:40:44	kääntöpaikalla		
10:42:03	takaisin		
10:56:32	aloituspaikalla		
11:01:01	kierros 3		
11:15:57	kääntöpaikalla		
11:18:43	takaisin		
11:19:07	traktori vastaan		
11:20:42	Nuuskija käyntiin virran säästämiseksi		
11:22:32	EEPS:iin tallennuskatko		
11:25:12	pari autoa ohitti		
11:29:04	pari autoa ohitti		

11:33:20 valmis, paluu suoraan tehtaalle
11:42:17 tehtaalla
11:43:53 ruokatauko
12:20:17 HEPA
12:30:28 lataustauko/tallennustauko
13:30:24 taustaa
13:34:17 kone käyntiin
13:36:14 vesisade....
13:38:33 lämmittely/siirtymä
13:52:20 sondin kiristelyä
13:52:46 nexbtl kierros 1 lähtee
14:00:12 auto ohitti
14:07:30 kääntöpaikalla
14:14:18 takaisin
14:15:37 auto ohitti
14:15:37 skootteri
14:15:37 auto ohitti
14:17:13 auto ohitti
14:28:51 Nuuskija käyntiin virran säästämiseksi
14:29:20 aloituspaikalla
14:30:13 nexbtl kierros 2
14:33:59 savuava auto ohitti
14:42:12 auto ohitti
14:42:49 auto ohitti
14:42:56 auto ohitti
14:43:18 auto ohitti
14:43:29 kuorma-auto ohi
14:44:04 auto ohitti
14:44:43 kääntöpaikalla
14:45:43 takaisin
14:47:45 auto ohitti
14:53:00 pari autoa ohitti
14:53:09 auto ohitti
15:00:09 aloituspaikalla
15:05:50 nexbtl kierros 3
15:09:22 pari autoa ohitti
15:13:40 skootteri edellä
15:13:59 ohitetaan skootteri
15:17:30 auto ohitti
15:20:07 kääntöpaikalla
15:21:47 takaisin
15:28:40 auto ohitti
15:29:31 auto ohitti
15:29:46 kuorma-auto vastaan
15:35:56 aloituspaikalla
15:36:24 paluu tehtaalle
15:45:58 tehtaalla

15:47:33 nollaa HEPAlla
15:56:17 CPC:t pois päältä nollan mittaus päättyi
15:57:31 CPC:t takaisin päälle
15:57:38 denu pois päältä
16:13:26 elpi- ja cpc -vertailu alkoi, näyte molempiin samasta linjasta, ilman denua
16:17:42 vertailu loppui
16:18:46 tallennus loppui

Suolahden kenttätestin päästötaulukko

EN590 kollisen suuntaan CPC hiukkaspitoisuus				EN590 lounaan suuntaan CPC hiukkaspitoisuus				NEXBTL kollisen suuntaan CPC hiukkaspitoisuus				NEXBTL lounaan suuntaan CPC hiukkaspitoisuus				
Aika (min)	Sykli 1	Sykli 2	Average	Sykli 1	Sykli 2	Sykli 3	Average	Sykli 1	Sykli 2	Sykli 3	Average	Sykli 1	Sykli 2	Sykli 3	Average	
0	27824,1	45538,2	19335,0	30899,1	104962,9	102484,6	70108,4	92518,6	34776,9	25282,8	17856,2	25972,0	75298,7	63121,2	118736,4	85718,8
1	18788,9	17196,3	27130,6	21038,6	580886,9	649276,1	612564,4	614242,5	62182,6	28226,7	44902,3	45103,9	344356,2	493973,7	612163,2	483497,7
2	174496,5	116170,5	152423,9	147697,0	783498,5	753368,0	825401,6	787422,7	325155,9	353390,7	381102,5	353883,0	808736,1	793838,3	808173,8	800249,4
3	492028,0	427491,4	542448,5	487322,7	662383,0	693049,2	769373,4	708268,5	688042,6	631945,9	630704,9	650231,1	808800,0	756776,7	409722,9	658433,2
4	430068,4	474284,4	608225,5	504192,8	150129,1	136325,5	173346,1	153266,9	689218,2	672050,5	491413,3	617560,7	180693,8	178263,4	104829,8	154595,7
5	445763,4	579352,4	482084,7	502400,2	303634,3	344151,8	403180,5	350322,2	746711,5	634995,9	720857,4	700854,9	449045,7	345296,7	266449,6	353597,3
6	529286,7	569340,5	718360,0	605662,4	94616,2	179455,9	204522,3	159201,5	626800,8	560028,0	364258,4	517029,1	175602,8	115661,2	79368,0	123544,0
7	138077,0	128721,9	142861,6	136553,5	56885,6	79776,7	96782,8	77815,0	271389,7	204399,0	224394,4	233394,4	118213,3	127060,8	60862,3	102045,5
8	298298,1	180573,9	363632,2	280834,7	112841,9	96749,5	110202,8	106598,0	649703,3	350986,1	380782,8	460490,7	83030,9	112773,0	177943,8	124582,5
9	138090,8	147934,4	96552,2	127525,8	159602,3	173856,8	382976,8	238812,0	280197,5	232498,9	401014,8	304570,4	305037,0	222650,9	234943,1	254210,3
10	129437,5	123457,0	238581,8	163825,4	64997,2	65936,1	77194,8	69376,0	229789,4	146908,1	76484,6	151060,7	72571,7	58804,2	75198,5	68858,1
11	92789,1	88847,6	80202,2	87279,6	47312,1	50956,1	81948,6	60072,3	156668,5	165542,1	182493,3	168234,7	56207,1	56370,6	79328,9	63968,9
12	116296,3	124373,7	164579,7	135083,2	33874,9	47897,4	48506,2	43426,2	284360,5	148676,4	94322,3	175786,4	43344,6	47022,4	53627,8	47998,3
13	62250,6	75949,0	69657,2	69285,6	40254,2	20229,9	27252,2	29245,4	54615,0	55481,9	62841,7	57646,2	35669,8	22253,5	18770,5	25564,6
14	50470,1	39713,9	44963,1	45049,0	26534,3	23191,0	44528,9	31418,1	61868,3	32696,8	19058,0	37874,4	25010,5	1119,0	40816,4	25648,7
15	2357,8	5968,7	4983,0	4436,5	2722,6	3688,4	61550,5	22653,9	9618,7	21461,8	6670,1	12583,5	3190,3	7641,4	26962,2	12598,0
EN590 kollisen suuntaan CPC hiukkaspitoisuus				EN590 lounaan suuntaan CPC hiukkaspitoisuus				NEXBTL kollisen suuntaan CO2 pitoisuus				NEXBTL lounaan suuntaan CO2 pitoisuus				
Aika (min)	Sykli 1	Sykli 2	Keskiarvo	Sykli 1	Sykli 2	Sykli 3	Keskiarvo	Sykli 1	Sykli 2	Sykli 3	Keskiarvo	Sykli 1	Sykli 2	Sykli 3	Keskiarvo	
0	4,70 %	5,09 %	4,15 %	4,65 %	5,89 %	6,23 %	5,51 %	5,88 %	4,44 %	4,59 %	4,18 %	4,40 %	5,88 %	5,23 %	7,40 %	6,17 %
1	6,34 %	7,05 %	6,06 %	6,48 %	10,51 %	9,16 %	8,78 %	9,48 %	11,16 %	6,90 %	8,00 %	8,69 %	12,00 %	9,23 %	10,43 %	10,55 %
2	7,47 %	7,21 %	7,19 %	7,29 %	9,05 %	9,12 %	8,82 %	8,99 %	11,24 %	9,88 %	10,27 %	10,39 %	12,41 %	9,77 %	9,91 %	10,70 %
3	8,60 %	8,43 %	8,76 %	8,60 %	8,88 %	8,39 %	8,54 %	8,60 %	10,82 %	10,28 %	10,31 %	10,47 %	11,57 %	9,90 %	8,68 %	10,05 %
4	7,25 %	8,10 %	8,08 %	7,81 %	8,04 %	7,20 %	6,64 %	7,29 %	10,40 %	9,33 %	8,30 %	9,34 %	6,04 %	7,00 %	6,25 %	6,43 %
5	7,71 %	10,11 %	8,81 %	8,21 %	9,42 %	9,81 %	9,53 %	9,59 %	11,13 %	9,06 %	9,30 %	9,93 %	10,24 %	9,66 %	8,84 %	9,58 %
6	8,59 %	9,67 %	8,57 %	8,94 %	8,57 %	8,70 %	8,02 %	8,43 %	10,14 %	9,51 %	7,63 %	9,09 %	8,52 %	7,36 %	7,11 %	7,66 %
7	8,48 %	7,99 %	7,31 %	7,92 %	8,26 %	8,74 %	7,77 %	8,26 %	8,37 %	9,54 %	9,55 %	9,15 %	9,00 %	8,81 %	8,38 %	8,73 %
8	8,37 %	7,90 %	8,38 %	8,21 %	8,14 %	7,70 %	7,72 %	7,85 %	11,60 %	9,50 %	9,23 %	10,11 %	9,48 %	9,56 %	8,73 %	9,26 %
9	7,60 %	7,73 %	7,14 %	7,49 %	8,69 %	8,51 %	9,30 %	8,83 %	10,53 %	9,52 %	8,89 %	9,65 %	9,00 %	11,01 %	9,24 %	9,75 %
10	7,13 %	7,78 %	7,01 %	7,31 %	6,95 %	7,34 %	7,22 %	7,17 %	8,96 %	8,16 %	8,10 %	8,41 %	7,81 %	6,48 %	9,41 %	7,90 %
11	8,03 %	7,79 %	7,81 %	7,88 %	6,94 %	7,36 %	7,68 %	7,33 %	9,70 %	10,90 %	8,34 %	9,64 %	9,34 %	8,17 %	8,76 %	8,76 %
12	8,62 %	8,12 %	8,08 %	8,27 %	6,88 %	7,39 %	7,77 %	7,35 %	10,21 %	10,14 %	8,53 %	9,63 %	7,57 %	7,55 %	7,99 %	7,70 %
13	8,02 %	7,80 %	7,95 %	7,93 %	5,46 %	5,13 %	5,24 %	5,27 %	8,46 %	8,19 %	7,25 %	7,97 %	6,66 %	5,60 %	5,45 %	5,90 %
14	7,32 %	6,66 %	6,94 %	6,97 %	5,48 %	5,52 %	5,29 %	5,43 %	7,77 %	4,50 %	4,05 %	5,44 %	5,10 %	5,24 %	7,11 %	5,82 %
15	4,14 %	4,51 %	4,33 %	4,33 %	4,20 %	4,29 %	8,55 %	5,68 %	4,20 %	4,26 %	4,32 %	4,26 %	4,30 %	4,26 %	8,45 %	5,67 %

Polttoaineanalyytit

* Jos haluat käyttää tuloksia laskennassa tai trendejissä niin käytä 'Raportit'-toiminnon alla olevia tuloraportteja.

* If you want to use results in formulas or charts then use other result reports under 'Report' button.

09323685	09323686
TEKNOL	TEKNOL
MOOTTORIL erä:	MOOTTORIL erä:
DIESEL	DIESEL
27.2.2014 15:00	27.2.2014 15:00
Meropoli Diesel, Valtia	Meropoli Diesel, 401 Fuel

ENISO12185	TIHEYS	1	kg/m3	821,5	822
ASTMD7889	SAME AUTOM	1	°C	27	27
ENISO20846	RIKKI	1	mg/kg	5,8	4,1
ENISO12937	VESI	1	mg/kg	29	
ENISO6245	TUHKAA	1	wt %	-0,001	
EN12916	AROM MONO	1	wt %	17,8	
EN12916	AROM DI	1	wt %	1,6	
EN12916	AROM TRI	1	wt %	0,1	
EN12916	AROM DI+TRI	1	wt %	1,7	
EN12916	AROM LC	1	wt %	19,5	
ASTMD4809	KAL LÄMPÖARVO	1	MJ/kg	46,108	
ASTMD5291	HILJI	1	wt %	85,2	
ASTMD5291	VETY	1	wt %	13,7	
ASTMD6890	SETLUKU IGT	1		59	57,8
ENISO9405	TIS- TA	1	°C	167,6	
ENISO9405	TIS- 05	1	°C	186,9	
ENISO9405	TIS- 10	1	°C	193,1	
ENISO9405	TIS- 20	1	°C	203,2	
ENISO9405	TIS- 30	1	°C	213,7	
ENISO9405	TIS- 40	1	°C	224,7	
ENISO9405	TIS- 50	1	°C	235,4	
ENISO9405	TIS- 60	1	°C	246,8	
ENISO9405	TIS- 70	1	°C	260,6	
ENISO9405	TIS- 80	1	°C	276,9	
ENISO9405	TIS- 90	1	°C	299,1	
ENISO9405	TIS- 95	1	°C	316,1	
ENISO9405	TIS- TL	1	°C	328,6	
ENISO9405	TIS- SAANTO	1	vol %	98	
ENISO9405	TIS- JÄÄN	1	vol %	2	
ENISO9405	TIS- HÄVIÖ	1	vol %	-0,1	
ENISO9405	TIS- E180	1	vol %	1,9	
ENISO9405	TIS- E250	1	vol %	62,2	
ASTMD5185	KALIUM	1	mg/kg	0,7	0,8
ASTMD4809	TEH LÄMPÖARVO	1	MJ/kg	43,206	
ASTMD4809	TEH LÄMPÖARVO	1	MJ/l	35,49	
EN14078	FAME	1	vol %		<-0,05
ASTMD5185	KUPARI- ICP	1	mg/kg	<-0,1	<-0,1
ASTMD5185	NATRIUM- ICP	1	mg/kg	<-1,0	<-1,0
ASTMD5185	LYUY- ICP	1	mg/kg	<-0,6	<-0,6
ASTMD5185	PII- ICP	1	mg/kg	0,3	0,7
ASTMD5185	KALSIUM- ICP	1	mg/kg	<-0,3	<-0,3
ASTMD5185	MAGNESIUM- ICP	1	mg/kg	<-0,3	<-0,3
ASTMD5185	SINKKI- ICP	1	mg/kg	<-0,5	<-0,5

Subject

NExBTLTEST batch 55/13

Samples

1. NExBTL, batch 055/13

Collectiondt	Sampleid
18.02.2013 13:00	03054291

Results

Physical property	Method	Unit	Sample 1.
Density at 15 °C	ENISO12185	kg/m ³	778,6
Cloud point with the ISL mini automatic device	ASTMD7689	°C	-37
Cold filter plugging point	EN116	°C	-40
Viscosity at 20 °C	ENISO3104	mm ² /s	4,380
Viscosity at 40 °C	ENISO3104	mm ² /s	2,831
Sulphur, UV	ENISO20846	mg/kg	<1
Water colourimetric	ENISO12937	mg/kg	17
Flash point, Pensky Martens	ENISO2719	°C	83,0
Copper Corrosion 3 h 50 °C	ENISO2160	no	1a
Contamination	EN12662	mg/kg	3
Ash, 775 °C	ENISO6245	wt-%	<0,001
Aniline point	ISO2977	°C	96,3
Cetane index	ENISO4264		>56,5
Micro Carbon Residue 10% bottom	ENISO10370	wt-%	<0,01
Acidity Total (TAN)	ASTMD3242	mg KOH/g	0,001
Monoaromatics	EN12916	wt-%	0,2
Diaromatics	EN12916	wt-%	<0,1
Triaromatics	EN12916	wt-%	<0,10
Polyaromatics	EN12916	wt-%	<0,1
Aromatics	EN12916	wt-%	0,2
Gross heat of comb. calor.	ASTMD4809	MJ/kg	47,169
Oxidation stability	ENISO12205	g/m ³	24
Carbon, C	ASTMD5291	wt-%	84,5
Hydrogen	ASTMD5291	wt-%	15,1
High Frequency Reciprocating Rig	ENISO12156-1	µm/60 °C	341
Cetane Number by IQT-analyser	ASTMD6890		77,0
Distillation IBP	ENISO3405	°C	186,8
Distillation 5 vol-%	ENISO3405	°C	237,8
Distillation 10 vol-%	ENISO3405	°C	254,6
Distillation 20 vol-%	ENISO3405	°C	267,0
Distillation 30 vol-%	ENISO3405	°C	272,2
Distillation 40 vol-%	ENISO3405	°C	275,2
Distillation 50 vol-%	ENISO3405	°C	277,4
Distillation 60 vol-%	ENISO3405	°C	279,8
Distillation 70 vol-%	ENISO3405	°C	282,2
Distillation 80 vol-%	ENISO3405	°C	285,3
Distillation 90 vol-%	ENISO3405	°C	289,7
Distillation 95 vol-%	ENISO3405	°C	293,9
Distillation FBP	ENISO3405	°C	302,1
Distillation Recovery	ENISO3405	vol-%	97,7
Distillation Residue	ENISO3405	vol-%	2,3

NESTE OIL

Certificate of Analysis

TT-13-000911

2 (2)

19.3.2013

Physical property	Method	Unit	Sample 1.
Distillation Loss	ENISO3405	vol-%	<0,1
Distillation 180°C (E180)	ENISO3405	vol-%	<0,1
Distillation 250°C (E250)	ENISO3405	vol-%	7,9
n-paraffins, C10 - C20	NM490A	wt-%	5,91
n-paraffins, C6 - C36	NM490A	wt-%	6,40
Appearance at 25°C (english)	ASTMD4176-1		C&B
Net heat of combustion	ASTMD4809	MJ/kg	43,956
Net heat of combustion	ASTMD4809	MJ/l	34,231
Vapour pressure absolute at 0°C, modification	EN13016-2M	kPa	0,2
Vapour pressure absolute at 10°C, modification	EN13016-2M	kPa	0,7
Vapour pressure absolute at 20°C, modification	EN13016-2M	kPa	0,9
Vapour pressure absolute at 30°C, modification	EN13016-2M	kPa	1,1
Vapour pressure absolute at 37,8°C, modification	EN13016-2M	kPa	1,3
Vapour pressure absolute at 40°C, modification	EN13016-2M	kPa	1,3
Vapour pressure absolute at 50°C, modification	EN13016-2M	kPa	1,5
Vapour pressure absolute at 60°C, modification	EN13016-2M	kPa	1,8
Vapour pressure absolute at 70°C, modification	EN13016-2M	kPa	2,3
Vapour pressure absolute at 80°C, modification	EN13016-2M	kPa	2,9
Vapour pressure absolute at 90°C, modification	EN13016-2M	kPa	3,7
Vapour pressure absolute at 100°C, modification	EN13016-2M	kPa	4,8
Copper (TECH, ICP)	ASTMD5185	mg/kg	<0,1
Sodium (TECH, ICP)	ASTMD5185	mg/kg	<1,0
Lead (TECH, ICP)	ASTMD5185	mg/kg	<0,6
Silicon (TECH, ICP)	ASTMD5185	mg/kg	<0,3
Calcium (TECH, ICP)	ASTMD5185	mg/kg	<0,3
Magnesium (TECH, ICP)	ASTMD5185	mg/kg	<0,3
Zinc (TECH, ICP)	ASTMD5185	mg/kg	<0,5

Attachments

03054291.xls

Electronical approval

Authorized by

Tuula Sikstus
Laboratory Technician
tuula.sikstus@nesteoil.com

Approved by

Ari Engman
Group Manager
ari.engman@nesteoil.com

Laboratory

Neste Oil Oyj, Physical Analyses
Neste Oil Oyj, Research and Technology, Central Laboratory, P.O. Box 310, 06101 Porvoo, FINLAND

The laboratory is not responsible for sampling.
The test results relate to the items tested.
The Research Certificate can be copied only in whole.



Neste Oil Research and Technology applies
a Bureau Veritas Certification approved
ISO 9001 quality management system.
Certification number: FFG-93635A

Neste Oil Oyj

Tel +358(0)1045811
www.nesteoil.com

Business ID 1852302-9
Domicile Espoo

Valtion diesel: neste oil (talvi)