



Janne Räsänen

FORTÈ-PUHDISTUSAINEIDEN VAIKUTUS AJONEUVON MOOTTORIN TOIMINTAAN JA KUNTOON

FORTÈ-PUHDISTUSAINEIDEN VAIKUTUS
AJONEUVON MOOTTORIN TOIMINTAAN JA
KUNTOON

Janne Räsänen
Opinnäytetyö
30.5.2011
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

Koulutusohjelma	Opinnäytetyö	Sivuja	+	Liitteitä
Kone- ja tuotantotekniikka		79	+	4
Suuntautumisvaihtoehto	Aika			
Auto- ja kuljetustekniikka	2011			
Työn tilaaja	Työn tekijä			
Tecalemit Oy	Janne Räsänen			
Työn nimi	Fortè-puhdistusaineiden vaikutus ajoneuvon moottorin toimintaan ja kuntoon			
Avainsanat	Fortè, moottorin puhdistus, pakokaasupäästöt, tehomittaus, päästömittaus			

Opinnäytetyön aiheena oli tutkia Fortè-puhdistusaineiden vaikutusta auton moottorin ominaisuuksiin. Työssä tutkittiin neljää toisistaan eroavaa ajoneuvoa, joihin kaikkiin suoritettiin Fortè-käsittely. Työn tavoitteena oli saada tehtyä jokaisesta ajoneuvosta vertailukelpoisia kokeita, joiden perusteella puhdistusaineiden vaikutusta moottorin toimintaan ja kuntoon voitiin analysoida.

Tutkimuksessa käytettiin viittä eri tutkimusmenetelmää, joiden perusteella moottorin kuntoa voitiin määritellä. Tutkimusmenetelmät olivat teho-, puristuspaine-, ohivuoto-, pakokaasupäästö- ja ruiskutusmittaukset. Kaikkiin testiautoihin tehtiin tarvittavat kokeet sekä ennen että jälkeen Fortè-käsittelyn. Saatujen koetulosten perusteella analysoitiin käsittelyn todellista vaikutusta moottorissa.

Mittaustuloksien perusteella Fortè-käsittely vaikutti testiautojen moottoreiden toimintaan pääosin pelkästään parantamalla mitattuja arvoja muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Erityisesti käsittelyllä oli vaikutusta ottomoottoreiden pakokaasupäästöjen vähenemiseen. Fortè-käsittely vaikutti selvästi heikentävästi ainoastaan Ford Mondeon vääntömomenttiin, joka todennettiin tehomittauksen avulla.

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
1.1 Työn tavoite.....	6
1.2 Fortè-puhdistusaineiden käyttötarkoitus.....	6
1.3 Käytettävät Fortè-tuotteet.....	7
1.3.1 Motor Flush.....	7
1.3.2 Advanced Diesel Fuel Conditioner	7
1.3.3 Gas Treatment.....	7
1.3.4 Fuel System Cleaner	8
1.3.5 Top End Treatment	8
1.3.6 Seal Conditioner	8
2 AUTOJEN PAKOKAASUPÄÄSTÖT JA NIIDEN VÄHENNYSKEINOT	9
2.1 Haitallisten päästökomenttien ominaisuuksia.....	10
2.2 Dieselmoottorin pakokaasupäästöt	11
2.2.1 Pakokaasukomponenttien syntymekanismit dieselmoottorissa	13
2.2.2 Pakokaasun puhdistimet dieselmoottorissa	15
2.3 Ottomoottorin pakokaasupäästöt	19
2.3.1 Pakokaasukomponenttien syntymekanismit ottomoottorissa	22
2.3.2 Pakokaasun puhdistimet ottomoottorissa.....	24
3 LAINSÄÄDÄNTÖ	29
4 KOKEELLISET MENETELMÄT JA MITTAUSKOHTEET	32
4.1 Kokeelliset menetelmät	32
4.2 Mittauskohteet	38
5 KOKEIDEN SUORITUS.....	43
5.1 Tehomittaus	44
5.2 Pakokaasupäästömittaus	47
5.3 Ohivuotomittaus	51
5.4 Puristuspainemittaus	54
5.5 Ruiskutussuuttimien korjausarvojen mittaaminen	55
5.6 Fortè-käsittely.....	56
6 MITTAUSTULOKSET	57

6.1 Ford Mondeo	57
6.2 Volkswagen Caddy.....	58
6.3 Toyota Corolla	59
6.4 Nissan Sunny	61
7 MITTAUSTULOSTEN KÄSITTELY.....	62
7.1 Ford Mondeo	62
7.2 Volkswagen Caddy.....	64
7.3 Toyota Corolla	65
7.4 Nissan Sunny	67
8 JOHTOPÄÄTÖKSET	69
8.1 Pakokaasupäästöt.....	69
8.2 Teho ja vääntömomentti.....	71
8.3 Puristusaineet.....	72
8.4 Sylinterin ohivuodot.....	73
8.5 Ruiskutuspuuttimien korjausarvot.....	73
9 YHTEENVETO	75
LÄHTEET	77
LIITTEET	
Liite 1. Fordin mittaustulokset	
Liite 2. Volkswagenin mittaustulokset	
Liite 3. Toyotan mittaustulokset	
Liite 4. Nissanin mittaustulokset	

1 JOHDANTO

Auton moottorin kunnan kannalta on tärkeää, miten sitä on huollettu vuosien aikana. Moottoriöljyjen ja öljynsuodattimen vaihtovälillä on vaikutusta moottorin likaantumiseen. Kuitenkin jossain vaiheessa moottori karstoittuu sisältä ja epäpuhtaudet tarttuvat öljykanaviin ja moottorin osiin. Moottoriöljyn tarkoitus voitelun ja jäähdyttämisen lisäksi on sitoa epäpuhtauksia moottorista ja öljynsuodattimen tehtävä on kerätä epäpuhtauksia öljyn seasta pois. Tarkoitus olisi, että moottorin epäpuhtaudet poistuisivat moottoriöljyn ja öljynsuodattimen vaihdon yhteydessä.

Myös polttoaineella on vaikutusta likaantumiseen. Polttoaineen laatu vaikuttaa polttoainejärjestelmän likaantumiseen. Tämän takia on syytä käyttää autossa oikeanlaista polttoainetta. Polttoainejärjestelmässäkin on suodatin, jonka tehtävänä on suodattaa epäpuhtaudet polttoaineesta pois, jotta esimerkiksi polttoainesuuttimet pysyvät kunnossa ja puhtaina. Markkinoilla on tarjolla erilaisia moottoria ja polttoainejärjestelmää puhdistavia aineita, joissa luvataan moottorin toiminnan ja kunnan parantuvan aineiden vaikutuksesta.

1.1 Työn tavoite

Työn tarkoituksena on testata, miten Fortè-puhdistuskäsittely käytännössä vaikuttaa moottorin toimintaan. Käsittelyn vaikutusta tutkittiin neljään erilaiseen henkilöautoon mittaamalla nämä ennen käsittelyä ja käsittelyn jälkeen ja vertailemalla mittauksista saatuja tuloksia.

1.2 Fortè-puhdistusaineiden käyttötarkoitus

Fortè-puhdistusaineiden tarkoituksena on irrottaa ja poistaa ohjeiden mukaan tehtynä turvallisesti diesel- ja bensiinimoottoreiden sisälle kertyneen lian ja karstan ja näin palauttaa moottorin tehokkuuden ja ajettavuuden sille

tasolle, kuin se on uutena ollut. Puhdistettu moottori on myös polttoaineta-
loudellisempi ja tästä johtuen myös pakokaasupäästöt ovat pienemmät kuin
ennen käsittelyä. (1.)

1.3 Käytettävät Fortè-tuotteet

1.3.1 Motor Flush

Motor Flush -tuote on tarkoitettu lisättäväksi käytetyn moottoriöljyn sekaan
ennen öljynvaihtohuoltoa. Aine on tarkoitettu moottorin öljytilan puhdistuk-
seen. Motor Flush puhdistaa koko voitelujärjestelmän, vähentää öljyn kulu-
tusta ja tasaa moottorin puristuksia. Tuotteen tarkoituksena on myös pitää
hydrauliset venttiilinnostimet hiljaisina, optimoida uuden öljyn lisäaineet puh-
distetussa moottorissa, neutraloida jäännösöljyn sekä palauttaa moottorin
tehoa. (2, s. 2.)

1.3.2 Advanced Diesel Fuel Conditioner

Tuotetta käytetään dieselmoottorin ja sen polttoainejärjestelmän puhdistami-
seen. Tuotteen tarkoituksena on alentaa polttoaineen kulutusta, voidella
korkeapainejärjestelmät, estää bakteerikasvustoa ja polttoainesuodattimen
tukkeutumista, pitää pakokaasupäästöt kurissa sekä parantaa ajoneuvon
käynnistyvyyttä. Tuote on tarkoitettu dieselmoottoristen autojen
säännölliseen huoltoon. (2, s. 2.)

1.3.3 Gas Treatment

Gas Treatment -tuote on tarkoitettu moottorin yläpuoliseen puhdistamiseen.
Tuotteen tarkoitus on puhdistaa ja liuottaa karstaa ja muita epäpuhtauksia
pois paltiloista ja venttiileistä. Tarkoituksena on myös vähentää pakokaa-
supäästöjä ja moottorin likaantumista, estää polttoaineen hapettumista polt-
toainetankissa ja puhdistaa polttoainesuuttimia. Gas Treatment myös palaut-
taa moottorin tehoa ja vähentää polttoaineen kulutusta. (2, s. 2.)

1.3.4 Fuel System Cleaner

Tuote on tarkoitettu erityisesti polttoainejärjestelmän puhdistamiseen. Se puhdistaa bensiinimoottorin suihkutussuuttimet ja muut polttoainejärjestelmän komponentit. Tarkoituksena on estää nykimistä, tehottomuutta sekä polttoaineen hapettumista polttoainetankissa. Fuel System Cleaner palauttaa moottorin tehoa ja pienentää polttoaineen kulutusta. (2, s. 2.)

1.3.5 Top End Treatment

Tuote on tarkoitettu laitettavaksi tuoreen moottoriöljyn sekaan öljynvaihdon jälkeen. Tarkoituksena on estää lakkakerrostumien muodostuminen sylinterin seinämiin sekä estää ongelmien uusiutumista Motor Flush -käsittelyn jälkeen. Tuote vähentää ja estää öljylietteen muodostumista, vähentää polttoaine- ja öljykerrostumia moottorissa sekä puhdistaa männänrenkaat ja niiden urat. (2, s. 2.)

1.3.6 Seal Conditioner

Tuote on tarkoitettu laitettavaksi tuoreiden moottoriöljyjen sekaan öljynvaihdon jälkeen. Seal Conditioner pehmentää kovettuneet tiivisteet ja näin vähentää moottorin öljyvuotoja, esimerkiksi parantamalla kampiakselin stefan tiiveyttä. Tuote myös vähentää öljyn vaahtoamista ja vähentää pakokaasupölyhdyksiä. (2, s. 2.)

2 AUTOJEN PAKOKAASUPÄÄSTÖT JA NIIDEN VÄHENNYSKEINOT

Nykyaikana pakokaasupäästöt ja auton polttoaineen kulutus ovat tärkeässä asemassa ajoneuvoteollisuudessa ja uusien innovaatioiden keksimisessä. Sallitut pakokaasupäästöjen raja-arvot ovat tiukentuneet vuosi vuodelta. Pakokaasupäästöt vaikuttavat myös autojen perusveron sekä käyttövoimaveron määrään. Tästä syystä on tärkeää, että valmistajat kehittävät koko ajan uusia ja tarkempia polttoaineensyöttöjärjestelmiä ja paremmin palavia polttoaineita, jotta pakokaasupäästöt saataisiin mahdollisimman alhaiseksi.

Polttonesteen täydellisessä palamisessa hapen kanssa syntyy ainoastaan vettä (H_2O) sekä hiilidioksidia (CO_2). Polttonesteen palaminen muuttuu epätäydelliseksi, kun esimerkiksi polttonestepisararat eivät höyrysty kokonaan. Puutteellisten palamisolosuhteiden takia palaminen on käytännössä aina epätäydellistä ja siihen sisältyy usein myös epätoivottuja sivureaktioita. Näin palamisen seurauksena syntyy myös epätoivottuja sivutuotteita, joita ovat

- palamattomat hiilivedyt, eli C_nH_m (parafiineja, olefiinejä, aromaatteja)
- osittain palaneet hiilivedyt, esimerkiksi $C_nH_m \cdot CHO$ (aldehydejä), $C_nH_m \cdot CO$ (ketoneja), $C_nH_m \cdot COOH$ (hiilihappoja), CO (hiilimonoksidia)
- termisen krakkautumisen tulokset sekä seurannaiset, esimerkiksi C_2H_2 (asetyleeniä), C_2H_4 (etyyleeniä), H_2 (vetyä), C (hiiltä) ja polysyklisiä hiilivetyjä. (3, s. 602.)

Pieni osa ilman sisältämästä typestä (N_2) reagoi korkeissa palamislämpötiloissa hapen (O_2) kanssa. Tästä reaktiosta muodostuu typpimonoksidia (NO) sekä typpioksidia (NO_2), joita kutsutaan yhteisellä nimityksellä typenoksidit (NO_x). Muita palamisen sivutuotteita ovat rikinoksidit, jotka muodostuvat poltettavan polttonesteen sisältämästä rikistä. (3, s. 602.)

Pakokaasujen pääkomponentit ovat typpi, vesihöyry, hiilidioksidi sekä happi dieselmootoreissa ja laihaseosottomootoreissa. Hiilidioksidi on komponentti jota myös ilmakehän ilma sisältää, joten hiilidioksidia ei luokitella haittapäästöksi. Kuitenkin hiilidioksidi edistää osaltaan kasvihuoneilmiön muodostumista. Ilmakehän hiilidioksidipitoisuus on kasvanut 20 % vuodesta 1920 vuoteen 1995, jolloin ajoneuvoteollisuus on kasvanut suuresti. Polttonesteen palamistuotteena syntyvä hiilidioksidi on suoraan verrannollinen polttonesteen kulutukseen. (3, s. 602.)

Palamisreaktiossa syntyvien pakokaasujen sivukomponenttien osuus riippuu olennaisesti moottorin käyttötilanteesta. Sivukomponenttien raakaosuus ottomootorissa ennen pakokaasujen jälkikäsitteilyä lämpimällä moottorilla sekä stökiometrisellä seoksella ($\lambda = 1$) on noin 1 % koko pakokaasujen määrästä. Dieselmootorissa pakokaasujen sivukomponenttien osuus riippuu suuresti palamisreaktion ilmaylimäärästä, jolloin ilmakertoimen (λ) arvo on aina suurempi, kuin 1. Pakokaasujen sivukomponentteja ovat hiilimonoksidi (CO), hiilivedyt (HC), typenoksidit (NO_x), oksidantit sekä hiukkaset. (3, s. 602 - 603.)

2.1 Haitallisten päästökomponenttien ominaisuuksia

Hiilimonoksidi (CO)

Hiilimonoksidi eli häkä on hajuton, väritön ja mauton kaasu. Hiilimonoksidi on terveydelle erittäin vaarallinen kaasu ja jo pieninä määrinä se voi olla tappava. Hiilimonoksidilla on taipumusta yhtyä veren hemoglobiiniin. Se heikentää veren hapenottokykyä ja aiheuttaa tällä tavoin elimistön myrkyttymisen. Jo 0,3 tilavuusprosenttia hiilimonoksidia hengitysilmassa voi johtaa kuolemaan 30 minuutissa. (3, s. 602; 4, s. 3.)

Hiilivedyt (HC)

Pakokaasut sisältävät hyvin erilaisia hiilivetyjä. Alifaattiset hiilivedyt, alkaani, alkeeni ja alkiini kuten myös näiden rengasmaiset johdannaiset, ovat lähes hajuttomia. Aromaattisilla renkaan muotoisilla hiilivedyillä, kuten tolueenillä,

bentseenillä ja polysyklisillä hiilivedyillä, on selvästi havaittava haju. Hiilivedyt edistävät osittain syöpää. Osittain hapettuneet hiilivedyt, kuten ketonit ja aldehydit, ovat epämiellyttävän hajuisia ja muodostavat seurannaistuotteita auringonvalon vaikutuksesta. Nämä voivat pitkään vaikuttaessaan myös edistää syövän riskiä. (3, s. 602.)

Typen oksidit (NO_x)

Typpimonoksidi (NO) on hajuton, mauton ja väritön kaasu, joka hapen kanssa reagoiessaan muuttuu vähitellen typpioksidiksi (NO₂). Puhdas typpioksidi on väriltään punaisenruskea, myrkyllinen ja pistävän hajuisen kaasu. Suuremmissa määrin se voi aiheuttaa limakalvoärsytystä ja tuhoaa keuhkojen limakalvoa. Typenoksidit vaikuttavat osaltaan happosateisiin ja aiheuttavat yhdessä hiilivetyjen kanssa savusumua. (3, s. 602; 4, s. 3.)

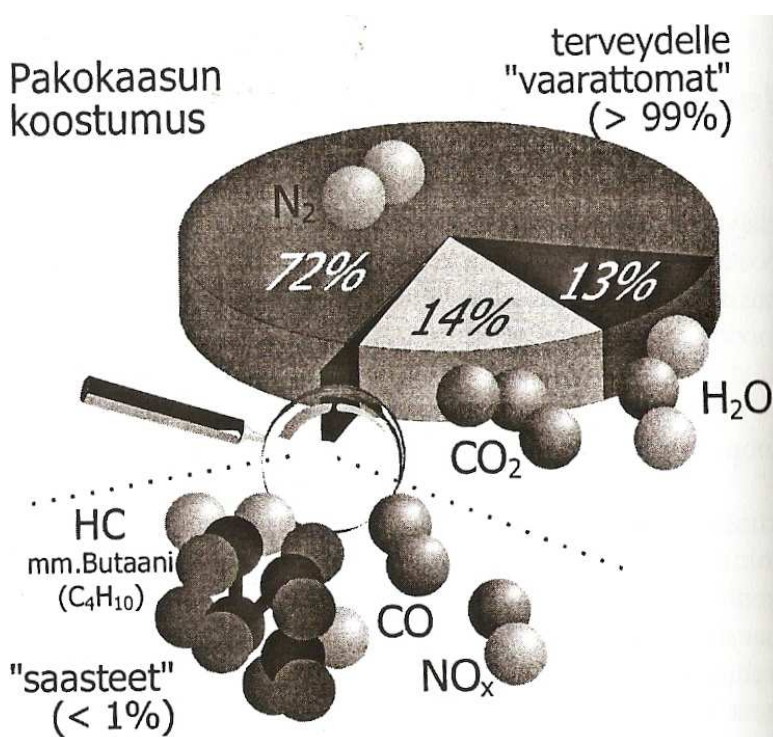
2.2 Dieselmoottorin pakokaasupäästöt

Diesel- ja ottomoottoreiden pakokaasupäästöt eroavat toisistaan monessa suhteessa. Taulukossa 1 ja kuvassa 1 on esitetty dieselmoottorin pakokaasupäästöjen koostumus. Dieselmoottori tuottaa eniten typen oksideja (NO_x) ja hiukkasmaisia ainesosasia, jotka voidaan havaita savutuksena. Dieselmoottorissa syntyy palamattomia hiilivety-yhdisteitä (HC) yleensä polttonesteen ja ilman huonon sekoittumisen seurauksena, jolloin syntyy paikallista hapenpuutetta palotilassa. Typen oksidit puolestaan syntyvät korkean palamispaineen ja -lämpötilan sekä ilmaylimäärästä ($\lambda > 1$) johtuvan suuren happipitoisuuden vuoksi. (5, s. 3, 8.)

Dieselpolttoaineen pitkäketjuisista hiilivety-yhdisteistä muodostuu palamista-
pahtuman aikana pyrolyysin ja kondensaatio-dehydraatioreaktioiden kautta hiili(noki)hiukkasia, jotka havaitaan pakoputkesta tulevana näkyvänä savutuksena. Dieselmoottorissa syntyy verrattain vähän hiilimonoksidia runsaan ilmaylimäärän takia. (5, s. 3, 8.)

TAULUKKO 1. Dieselpakokaasujen koostumus (3, s. 603)

Pakokaasukomponentti:	Joutokäynnillä	Suurimmalla teholla
Typen oksidit (NO _x)	50...200 ppm	600...2500 ppm
Hiilivedyt (HC)	50...500 ppm	<50 ppm
Hiilimonoksidi (CO)	100...450 ppm	350...2000 ppm
Hiilidioksidi (CO ₂)	...3,5 Vol.-%	12...16 Vol.-%
Vesihöyry (H ₂ O)	2...4 Vol.-%	...11 Vol.-%
Happi (O ₂)	18 Vol.-%	2...11 Vol.-%
Typpi (N ₂) ym.	jäännös	jäännös
Savutusarvo (henkilöauto)	SZ = <0,5	SZ = 2...3
Pakokaasun lämpötila pakoventtiilin jälkeen	100...200 c	550...750 c



KUVA 1. Pakokaasujen koostumus dieselmootorissa (6, s. 2/ VI)

Henkilöautojen määräaikaikatsastuksessa dieselsäkäyttöisten autojen pakokaasupäästöt tarkastetaan mittaamalla kuormittamattoman moottorin savutusarvo vapaassa kiihdytyksessä joutokäynniltä ruiskutuksen katkaisun pyörimisnopeuteen asti vaihteen ollessa vapaalla ja kytkinpoljin vapautettuna. Absorptiokertoimen mittausta tapahtuu valonläpäisyyn perustuvalla opasiteettimenetelmällä, jolloin mittausarvot mitataan ja tallennetaan savutuksen mitalaitetta käyttäen. (7.)

2.2.1 Pakokaasukomponenttien syntymekanismit dieselmoottorissa

Hiilimonoksidi (CO)

Hiilimonoksidi on hajuton, mauton ja väritön kaasu, joka heikentää veren hapenottokykyä ja aiheuttaa elimistön myrkyttymisen. Kun hiilivetypolttoaine palaa, syntyy palamisreaktiossa ensimmäisenä hiilimonoksidia. Kun hiilimonoksidi on syntynyt, reagoi se OH^- -radikaalin kanssa, jonka lopputuotteena syntyy hiilidioksidia. Palaminen voi jäädä epätäydelliseksi hiilimonoksidin ja OH^- -radikaalin reaktion hitauden takia, joka on nopeudeltaan noin kymmenesosan hiilivetypolttoaineen palamisreaktion nopeuteen verrattuna.

(5, s. 11; 3, s. 602.)

Palotilan O_2 -konsentraatio vaikuttaa myös hiilimonoksidin syntymiseen, kuten myös palamisilman pyörrenopeus ja lämpötila. Normaalisti hiilimonoksidipitoisuus dieselmoottorin pakokaasuissa on hyvin pieni johtuen moottoriin suhteellisen pienestä käyntinopeudesta, tästä syystä palamisreaktioiden täydellistä tapahtumista varten on käytössä enemmän aikaa. Yksi oleellinen asia hiilimonoksidin pienuuteen dieselmoottorin pakokaasupäästöissä on palamisreaktion ilmaylimäärä, jolloin O_2 -konsentraatio on suuri.

(5, s. 11; 3, s. 602.)

Hiilivedyt (HC)

Kun palamisreaktiossa ei ole riittävästi happea mukana tai palamislämpötila on liian matala, syntyy tämän seurauksena palamattomia hiilivetyjä. Palotilan kylmät seinämät pysäyttävät liekin etenemisen, jolloin liekkirintaman ja seinämän väliin jää ohut kerros, jossa hapettuminen on epätäydellistä. Tällä palamattomalla polttoaineella on kuitenkin vielä mahdollista pilkkoutua palotilassa vallitsevan korkean lämpötilan takia lyhytkestoisemmiksi hiilivetyyhdisteiksi, jolloin ne voivat yhdistyä pidemmiksi hiiliketjuiksi. Vielä pakoputkistossakin tapahtuu palamattomien hiilivetyjen hapettumista, koska dieselmoottorin pakokaasut sisältävät vielä runsaasti happea palamisprosessin suuren ilmaylimäärän ansiosta. (5, s. 12.)

Typen oksidit (NO_x)

Typpimonoksidi (NO) on väritön mauton ja hajuton kaasu, joka muuttuu hapen vaikutuksesta vähitellen typpidioksidiksi (NO₂). Pakokaasujen sisältämät typen oksidit (NO, NO₂ ja N₂O) ovat peräisin poltettavan ilman typen (N₂) ja hapen (O₂) reaktiosta palotilassa. Typen oksidien syntyyn vaikuttaa suuresta ilmaylimäärästä johtuva korkea O₂-konsentraatio, kuten myös palotilassa vallitseva korkea lämpötila. Tästä syystä dieselmoottorin pakokaasut sisältävätkin yleensä verrattain paljon typen oksideja. Typen oksidit ovat yksi syy happosateisiin ja ne aiheuttavat yhdessä hiilivetyjen kanssa savusumua. Pakokaasujen typen oksideja saadaan vähennettyä myöhästyttämällä palamisen ajoitusta, jolloin palamisen huippulämpötilat laskevat. Tämän seurauksena polttoaineen kulutus kasvaa ja hiukkaspäästöt lisääntyvät sen myötä. (5, s. 12; 3, s. 603; 8, s. 12/ IV.)

Hiukkaset

Hiukkaspäästöjä ilmenee lähinnä dieselmoottorin pakokaasupäästöissä. Ottomootoreissa hiukkaspäästöjen määrät ovat erittäin pieniä. Kun polttoaine ei pala täydellisesti, alkaa syntyä kiinteitä aineita hiukkasten muodossa. Riippuen palamismuodosta ja käyttöolosuhteista, pinta-alaltaan suuret hiukkaset koostuvat pääosin yhteen liittyneistä pienistä hiili(noki)hiukkasista. Noen pinnalle kiinnittyy palamattomia ja osittain palaneita hiilivetyjä, kuten myös aldehydejä. Nokeen kiinnittyy myös voiteluaine- ja polttoneste-aerosoleja, sekä sulfaatteja. Jotta nokea voi syntyä, täytyy seoksen paikallinen ilmakerroin olla hyvin alhainen, tavallisesti hiilivedyllä noin 0,5. Tämä tarkoittaa erittäin rikasta seosta, jonka happipitoisuus on alhainen. Noen syntymistä voidaan vähentää ilmakerrointa kasvattamalla, eli palamisreaktioon happea lisäämällä. (3, s. 603; 8, s. 15/ IV.)

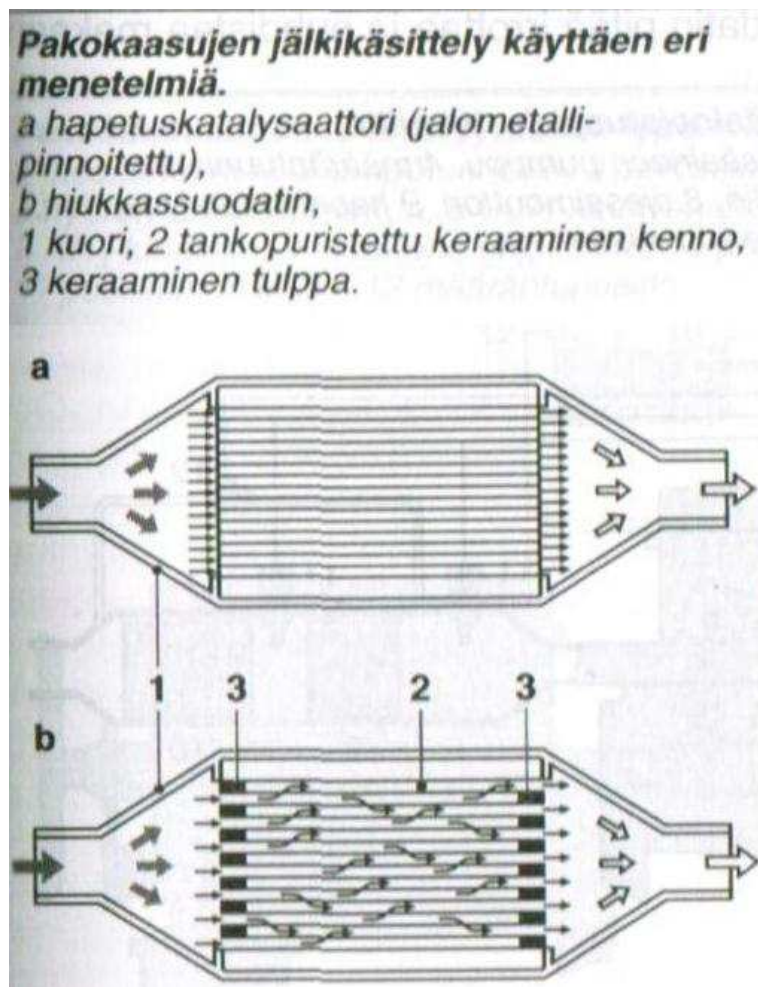
Rikin oksidit

Dieselmoottorin polttoneste sisältää pieniä määriä rikkiä, josta muodostuu palamisreaktion aikana korkeissa lämpötiloissa rikin oksideja, joista noin 98 % on SO₂:a ja loput noin 2 % SO₃:a. (5, s. 13.)

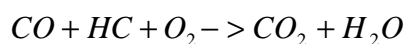
2.2.2 Pakokaasun puhdistimet dieselmoottorissa

Hapetuskatalysaattori

2000-luvulla hapettavista katalysaattoreista on tullut lähes vakiovaruste henkilöautoluokan dieselmoottoreissa ja sen käyttö on laajentunut myös raskaaseen kalustoon. Kuvassa 2 nähdään jalometallipinnoitettu hapetuskatalysaattori. Hapetuskatalysaattorin tarkoituksena on hapettaa haitalliset pakokaasukomponentit ympäristöystävällisemmiksi päästöiksi kaavan 1 mukaisesti.



KUVA 2. Pakokaasujen jälkikäsittelyssä käytettävät hapetuskatalysaattori sekä hiukkassuodatin (3, s. 597)



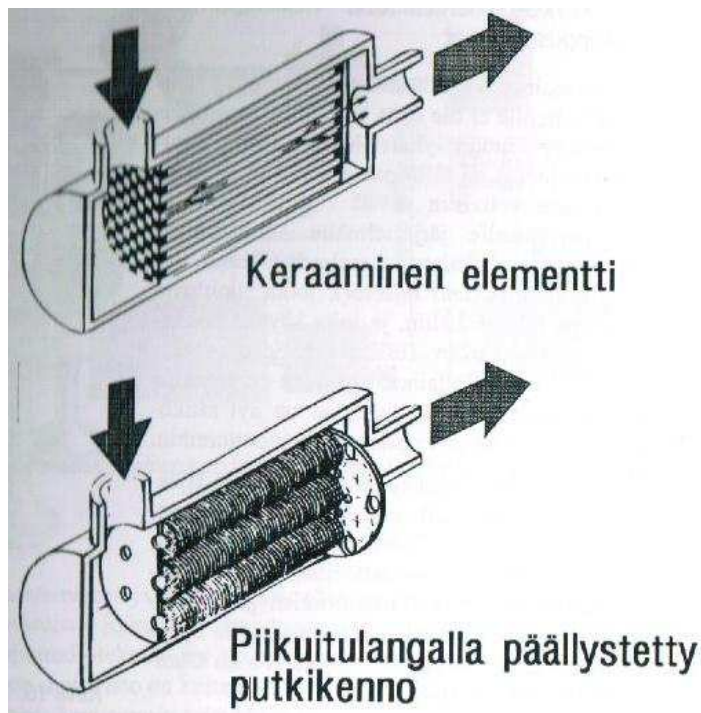
KAAVA 1

Katalysaattorin avulla saadaan hapetettua hiilivetyjä, jotka ovat haitallisia paitsi sellaisenaan, myös hiukkasten pinnalle tiivistyneenä. Hiilivety (HC) saadaan hapetettua hiilidioksidiksi (CO₂), sekä vedeksi (H₂O), jolloin ympäristöön ei pääse haitallisia hiilivetyjä samalla tavalla kuin ilman hapetuskatalysaattoria. Myös haitalliset hiilimonoksidit (CO) saadaan hapetettua katalysaattorin avulla hiilidioksidiksi. Kun hiukkasiin kondensoituneet hiilivety päästöt vähenevät, myös hiukkaspäästöt vähenevät samalla. (6, s. 12/ I)

Hiukkassuodatin

Dieselmoottorista tuleva hiukkanen koostuu pääasiassa tasajakoisesti hiilestä, tuhkasta sekä palamattomista hiilivedyistä. Tarkka jakautuminen riippuu polttonesteen rikkipitoisuudesta sekä pakokaasujen lämpötilasta. (3, s. 596.)

Hiukkassuodattimet ovat tulleet käyttöön henkilöautojen pakokaasujen puhdistuksessa 2000-luvun aikana ja nykyään lähes jokaisesta dieselmoottorista automallista löytyy hiukkassuodatin. Alussa hiukkassuodattimia käytettiin vain erikoissovelluksissa, kuten taajamaliikenteen linja-autoissa, joissa hiukkaspäästöt olivat muun muassa Yhdysvalloissa erittäin ankarat jo 1990-luvulla. Hiukkassuodattimia on rakennettu sekä huokoiseen keraamiseen elementtiin että piikuitulangalla päällystettyyn putkikennoon perustuvina kuvan 3 mukaisesti. Nykyisin käytetään pääosin keraamista kennoa sen helpomman valmistettavuuden vuoksi. Kyseessä on metallista sintrattu kenno. (6, s. 12/ I.)



KUVA 3. Hiukkassuodattimen perustyyppit (6, s. 12/l)

Hiukkassuodattimen rakenne on vastaavanlainen kuin keraaminen katalyysaattori, muodostaen suuren lukumäärän neliömuotoisia yhdensuuntaisia kanavia. Yhden kanavan seinämän paksuus on normaalisti 300 - 400 μm ja kanavien koko ilmoitetaan pääsääntöisesti kanavatiheytenä neliötuumaa kohti, kanavatiheyden tyypillinen arvo on 100 - 200 cpsi. (3, s. 596.)

Suodattimen periaatteena on, että sisällä olevista vierekkäisistä kanavista vastakkaiset päät on tulpattu, joten pakokaasu joutuu virtaamaan kanavien huokoisten seinämien läpi. Näin nokihiukkaset saadaan kulkeutumaan diffuusion vaikutuksesta huokosiin, joihin ne jäävät kiinni. Kyseessä on syväsuodatus. Kun hiukkassuodatin täyttyy, alkaa kanavien seinämille kertyä nokikerros. Pintasuodatuksessa, eli niin sanotussa Wall-Flow-Filter-suodattimessa nokihiukkaset kerääntyvät pinnoille. Tällaisen suodattimen suodatusaste on jopa 90 %. (3, s. 596 - 597.)

Hiukkassuodattimen heikkona lenkkinä on sen nopea tukkeutuminen nokihiukkasten vuoksi. Tästä syystä virtausvastus, eli vastapaine kasvaa ja moottorin toiminta häiriintyy heikentäen polttoainetaloudellisuutta ja mootto-

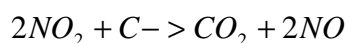
rin suorituskykyä. Tavallisesti pakokaasujen lämpötila ei riitä sytyttämään hiukkassuodattimeen tarttuneita nokihiukkasia ja polttamaan suodatinta puhtaaksi ajon aikana. Nokihiukkasten polttamiseen tarvitaan joko lisäenergiaa, joka lämmittää suodatinta, tai lisäainetta, joka alentaa noen syttymislämpötilaa. (6, s. 13/ I.)

Lisäenergian tuojina on kokeiltu esimerkiksi poltinta, sähkövastusta ja myös mikroaaltoja. Katalysoivina noen syttymislämpötilaa alentavina lisäaineina on testattu erilaisia kupariyhdisteitä sekä mangaania ja ceriumia. (6, s. 13/ I.)

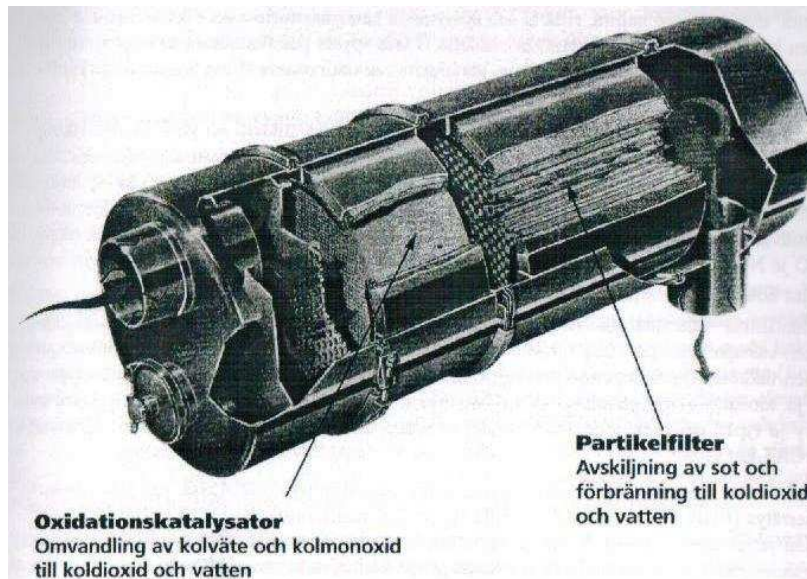
Partikkelisuodattimen hinta nousee helposti hyvin korkeaksi monimutkaisen itsepuhdistusjärjestelmän, eli regeneroinnin takia, eikä puhdistaminen siltikään ole täysin ongelmaton. Myös kestoiän kanssa on ollut ongelmia erityisesti keraamisissa suodattimissa. Suurimpana ongelmana on ollut kennostorakenteen rikkoutuminen regeneraation jälkiseurauksena, joka johtuu epätasaisesta ja epäsymmetrisestä, kennon sisältäpäin lähtöisin olevasta lämpölaajenemisesta. (6, s. 13/ I.)

CRT-järjestelmä

Yksi tunnetuimmista hiukkassuodattimen sovelluksista on Johnson-Matthey yhtiön ja Eminox AB:n yhdessä markkinoima CRT-nimellä (continuously regenerating trap, koko ajan itsepuhdistava loukku) tunnettu hiukkassuodattimen ja hapettavan katalysaattorin yhdistelmä (kuva 4), jossa hiukkasten hapettamisesta ja regeneroinnista huolehtii katalysaattorissa syntyvä typpioksidi (NO₂). Toiminta perustuu noen palamiseen NO₂:n avulla jo 250 - 350 °C lämpötilassa muodostaen reaktion kaava n 2 mukaisesti. Tästä menetelmästä käytetään myös nimitystä passiivinen regenerointi. Tätä menetelmää käytettäessä hiukkassuodattimen eteen on sijoitettu hapetuskatalysaattori, joka hapettaa hiilimonoksidin (CO) hiilidioksidiksi (CO₂). (6, s. 13/ I; 3, s. 597.)



KAAVA 2



KUVA 4. Jatkuvatoiminen CRT-hiukkassuodatin-katalysaattoriyhdistelmä (6, s. 13/1)

2.3 Ottomoottorin pakokaasupäästöt

Ottomoottorin toiminta perustuu polttoaine-ilmaseoksen sytyttämiseen ulkopuolisen kipinän avulla, dieselmoottoreissa sytytys tapahtuu puristamalla. Ottomoottorin polttoneste on helpommin höyrystyvää, kuin dieselmoottorien polttoneste, joten ilma-polttonesteseoksen valmistumiseen palamisen alkuhetkeen mennessä tarvitaan enemmän aikaa. Tämän vuoksi ottomoottorit saavuttavat homogeenisemmän seoksen kuin dieselmoottorit. Ottomoottorin seoksenmuodostus voi tapahtua joko ulkoisesti tai sisäisesti. Ulkoisella seoksenmuodostuksella saadaan pääsääntöisesti homogeeninen seos aikaan, kun taas sisäisellä seoksenmuodostuksella sytytyshetkellä vallitsee voimakkaasti heterogeeninen seos. (3, s. 412, 562.)

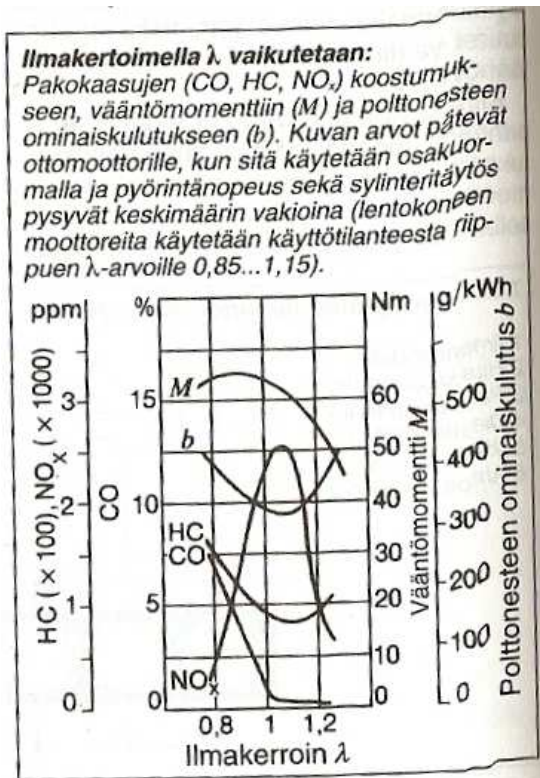
Kuten dieselmoottorikin, myös ottomoottori tuottaa haitallisia pakokaasupäästöjä. Palamistuotteina muodostuu aina pieniä määriä aineita, kuten palamattomia hiilivetyjä (HC), hiilimonoksidia (CO) sekä typen oksideja (NO_x). Aineiden pitoisuuksiin voidaan vaikuttaa esimerkiksi moottorin rakenteella ja kuormituksella, kuten myös polttoaineen ja ilman seossuhteella. Myös sillä on merkitystä, ajetaanko kylmällä vai lämpimällä moottorilla. Kylmäkäynn-

tyksen jälkeen rikkaalla seoksella käyvän moottorin pakokaasujen hiili-monoksidi- ja hiilivetytypitoisuudet ovat määrältään moninkertaiset verrattuna normaaliin ajotilanteeseen. Kun palamislämpötila on korkea, kasvaa myös typen oksidien määrä pakokaasujen joukossa. Ottomoottorien polttoainetalouden parantuessa tarkemman polttoaineen ruiskutuksen ja katalyyttisten puhdistusmenetelmien myötä pakokaasupäästöt ovat pienentyneet. (9, s. 3.)

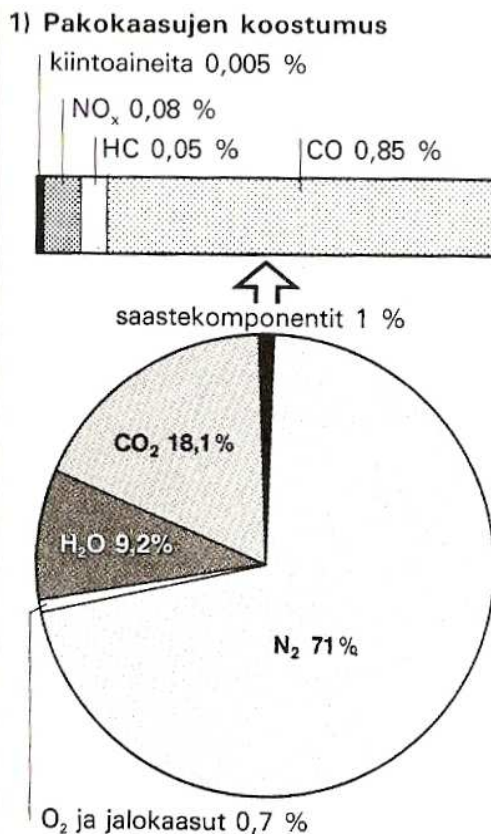
Eri pakokaasupäästöjen komponenttien määrään voidaan vaikuttaa moottoriin johdetun seoksen ilmakertoimella (λ). Ilmakertoimella on ratkaiseva merkitys pakokaasujen koostumukseen. Ottomoottorin maksimiteho saadaan aikaan ilmakertoimella $\lambda = 1$. Tästä syystä polttoaine-ilmaseos säädetään hieman rikkaammalle täyskuormakäytössä ($\lambda < 1$). Seosta rikastetaan täyskuormakäytössä myös moottorista tulevien pakokaasujen lämpötilan laskemiseksi, koska korkea lämpötila voi vahingoittaa pakoventtiileitä, pakosarjaa ja katalysaattoria. (3, s. 562.)

Jotta polttonesteen kulutus saataisiin alhaiseksi, on etua pienestä ilmaylimäärästä eli laihasta seoksesta ($\lambda > 1$). Tämä vaikuttaa myös alentavasti hiilimonoksidi- ja hiilivetyypäästöihin. Typen oksidit sen sijaan alkavat kasvaa laihan seoksen takia. Jos palamisseoksen ilmaylimäärä kasvaa liikaa, saavutetaan tai ylitetään moottorin käyntiraja, jolloin hiilivetyypäästöt kasvavat voimakkaasti sytytyskatkoksista johtuen. Kuvasta 5 nähdään ilmakertoimen vaikutus eri pakokaasujen syntymiseen. (3, s. 562.)

Pakokaasujen koostumus nähdään kuvasta 6. Kuvasta nähdään, että suurin osa pakokaasuista on typpeä (noin 71 %), vesihöyryä (noin 9,2 %) sekä hiilidioksidia (noin 18,1 %). Jäljelle jäävästä noin 1,7 prosentista, saastekomponentteja on noin 1 % (hiilivetyjä, hiilimonoksidia, typen oksideja) ja loput 0,7 % ovat happea ja jalokaasuja.



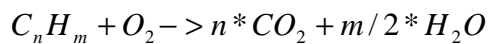
KUVA 5. Ilmakertoimen vaikutus pakokaasujen koostumukseen (3, s. 562)



KUVA 6. Ottomoottorin pakokaasujen koostumus (4, s. 3)

2.3.1 Pakokaasukomponenttien syntymekanismit ottomoottorissa

Ottomoottorin tehtävänä on muuttaa polttonesteen kemiallinen energia mekaaniseksi energiaksi. Täydellisen palamisen lopputuotteena hiilivety-polttoainetta käyttävästä moottorista tulisi pakokaasuina vain hiilidioksidia sekä vesihöyryä. Tällöin palaminen etenisi kaavan 3 mukaisesti. Pakokaasujen pääainesosat ovat hiilidioksidi, vesihöyry sekä typpi. Nämä kaikki ainesosat ovat terveydelle vaarattomia. (9, s. 8; 4, s. 3.)



KAAVA 3

Hiilimonoksidi (CO)

Hiilimonoksidi on hajuton, mauton ja väritön kaasu, joka heikentää veren hapenottokykyä ja aiheuttaa elimistön myrkyttymisen. Kun palamisreaktio tapahtuu ilma-alijäämällä ($\lambda < 1$), syntyy hiilimonoksidia epätäydellisen palamisen seurauksena, jolloin kaikki hiilimonoksidi ei kerkeä hapettua hiilidioksidiksi. (4, s. 3.)

Hiilimonoksidipitoisuus pakokaasussa riippuu suuresti polttoaine-ilmaseoksen seossuhteesta. Hiilimonoksidipitoisuus on sylinterissä suurimmillaan palamisen aikana. Kun paisuntavaihe alkaa, osa hiilimonoksidista hapettuu hiilidioksidiksi. Kun toimitaan ilmaylijäämällä, hiilimonoksidipitoisuus johtuu epätasaisesta seoksen jakautumisesta ja seoksen muodostumisen vaihteluista eri työtahtien aikana. Korkeassa palamislämpötilassa ja suurella ilmaylijäämällä laajenemisvaiheessa tapahtuva jälkihapettuminen ei enää saavuta termodynaamista tasapainotilaa, joten hiilimonoksidipitoisuus lisääntyy. Hiilimonoksidipitoisuus on pienimmillään ilmakertoimella $\lambda = 1-1,2$. (4, s. 3.)

Hiilivedyt (HC)

Kun polttoaine-ilmaseos on rikasta ($\lambda < 1$), epätäydellinen palaminen aiheuttaa joko palamattomien tai osittain palaneiden hiilivetyjen jäämisen pakokaasujen joukkoon. Hiilivety päästöt tulevat palotilan alueilta, joissa palaminen ei ehdi tapahtua ollenkaan tai se tapahtuu vain osittain. Näitä alueita on sylinterien seinämien läheisyydessä, koska seinämän jäähdyttävän vaikutuksen vuoksi liekki sammuu sekä kohdat, joihin liekki ei muutenkaan ylety joten palamista ei tapahdu. Poistotahdin aikana osa palamattomista hiilivedyistä sekoittuu kuumiin pakokaasuihin ja palaa tätä kautta. Hiilivetyjen pitoisuus pakokaasuissa on pienimmillään ilmakertoimella $\lambda = 1 - 1,2$. (4, s. 3.)

Myös sylinterin ohivuoto vaikuttaa hiilivetyjen määrään pakokaasuissa. Ohivuodon seurauksena kaasuseos tunkeutuu männän ja sylinterin välisen raon kautta kampikammioon. Kampikammioista huohotuskaasut kulkevat normaalisti moottorin imusarjaan huohotusputken kautta, jolloin ohivuodon seurauksena kampikammioon tulleet hiilivedyt kulkeutuvat jälleen sylinterin palotilaan aiheuttamatta hiilivety päästöjä ulkoilmaan. Hiilivety päästöjä tulee myös polttonestesäiliössä ja muussa polttonestejärjestelmässä tapahtuvasta höyrystymisestä. (4, s. 3.)

Typen oksidit (NO_x)

Typen oksidien määrä palamisreaktiosta riippuu suuresti palotilan maksimilämpötilasta ja sen kestoajasta. Palamisreaktion lopputuotteena syntyy typpioksidia (NO) sekä vähäisissä määrin typpidioksidia (NO₂) ja typpioksidulia (N₂O). Typen oksidien määrä pakokaasuissa on pienimmillään rikkaalla seoksella, eli ilmakertoimen ollessa $\lambda = 0,8-0,9$. (4, s. 3.)

Muut vaaralliset kaasukomponentit

Dieselmoottorille tyypillistä pakokaasukomponenttia, nokea, syntyy ottomoottorissa vain erittäin suuren ilma-alimäärän lopputuloksena. Näin suuria ilma-alimääriä ei kunnossa olevassa ja oikein säädetyssä ottomoottorissa ole

missään tilanteessa. Pakokaasujen seassa on myös erittäin pieniä määriä kloori-, fosfori-, boori- ja bromiyhdisteitä. (4, s. 3.)

2.3.2 Pakokaasun puhdistimet ottomoottorissa

Ensimmäiset hapetuskatalysaattorit ottomoottoreissa otettiin käyttöön vuonna 1975 Yhdysvalloissa tiukentuneiden pakokaasupäästörajoiden vuoksi.

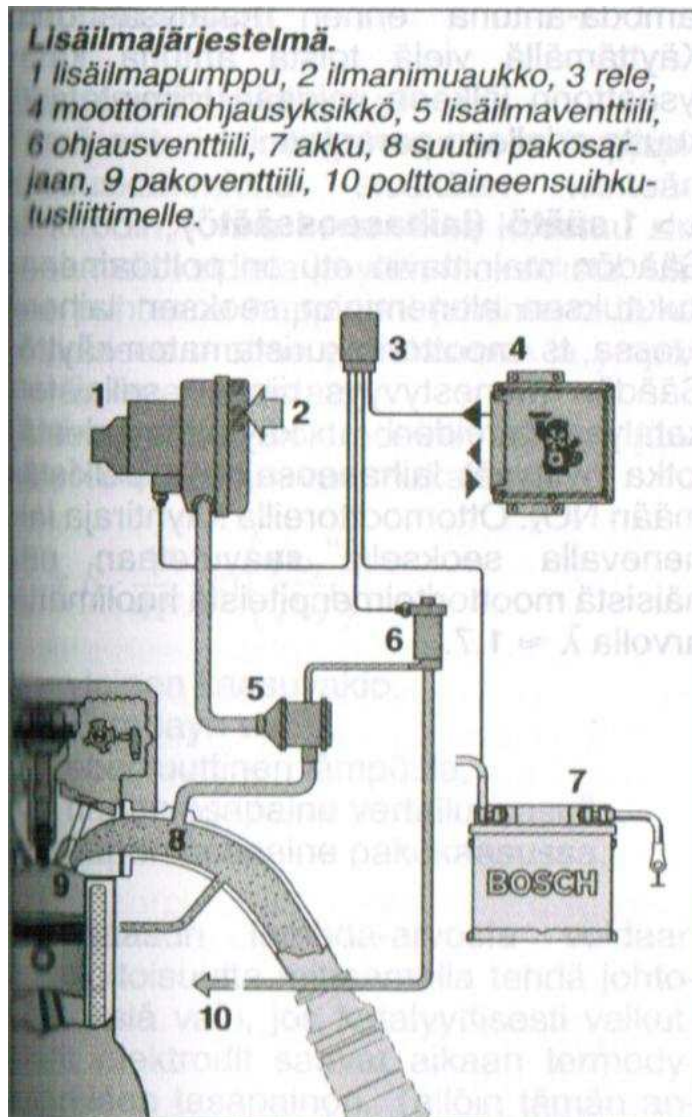
Tämän jälkeen katalysaattoritekniikkaa on kehitetty koko ajan eteenpäin ja nykyään autoissa on käytössä kolmitoimikatalysaattorit 1970-luvun yksivaiheisten katalysaattorien sijaan. (4, s. 26.)

Terminen jälkipoltto

Ennen katalysaattorien kehittämistä käytettiin pakokaasujen vähentämiseen termistä jälkipolttoa. Tämä tarkoittaa sitä, että pakokaasuja kierrätettiin kuussa pakoputkistossa niin kauan, että seoksen palamaton osa ehtii reagoita ilman kanssa ja näin hapettua. Jos seos oli rikkaalla ($\lambda = 0,7 \dots 1,0$), käytettiin lisäilman syöttöä pakoputkistoon kuvan 7 mukaisella järjestelmällä. Laihalla seoksella ($\lambda = 1,05 \dots 1,2$) happiytimäärä hoiti jälkipolton. (3, s. 564.)

Lisäilman syöttäminen tapahtui aiemmin mekaanisilla, hihnakäyttöisillä pumpuilla. Koska lisäilman tarve pakoputkistoon oli vain moottorin lämpiämisvaiheessa, pumpuissa oli käytössä sähkömagneettiset kytkimet. Myöhemmin, edullisemmat sähkömoottoreilla varustetut pumput korvasivat mekaaniset pumput. (3, s. 564.)

Termisen jälkipolton heikkoutena on se, että typen oksideja ei saada vähennettyä kyseisellä menetelmällä. Kuitenkin menetelmällä saadaan vähennettyä hiilimonoksidi- ja hiilivety päästöjä siinä vaiheessa, kun varsinainen katalysaattori ei ole vielä saavuttanut toimintalämpötilaansa. Tästä johtuen termistä jälkipolttoa voidaan käyttää edelleen kylmäkäynnistyksen jälkeisten päästöjen vähentämisessä, kun katalysaattori ei ole vielä toiminnassa. (3, s. 564.)



KUVA 7. Termisessä jälkipoltossa käytettävä lisäilmajärjestelmä (3, s. 565)

Hapetuskatalysaattori

Hapetuskatalysaattori- eli yksivaiheinen katalysaattori toimii ilmaylijäämän avulla ja muuntaa sen avulla hiilivetyjä ja hiilimonoksidia hapettamalla, eli polttamalla ne vesihöyryksi ja hiilidioksidiksi. Hapetuskatalysaattori ei vaikuta typen oksidien määrään käytännössä ollenkaan. Hapetuskatalysaattorin tarvitsema ylijäämahappi saavutetaan laihaseosmoottorissa laihaa seosta käyttämällä ($\lambda > 1$). 80-luvun kaasutinmoottorisissa henkilöautoissa on myös käytetty lisähapen tuottoa, esimerkiksi syöttämällä lisähappea moottorista voimansa saavalla keskipakopumpulla pakoputkeen ennen katalysaattoria. (4, s. 26.)

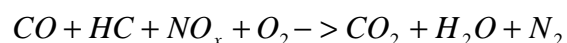
Kaksivaihekatalysaattori

Kaksivaihekatalysaattori sisältää kaksi samassa kotelossa peräkkäin olevaa katalysaattoria. Jotta menetelmä toimisi oikein, on moottorin käytävä rikkaalla seoksella, eli ilma-alijäämällä ($\lambda < 1$). Ensin moottorin pakokaasut virtaavat pelkistävään ja tämän jälkeen hapettavaan katalysaattoriin. Katalysaattorien välillä pakokaasuihin puhalletaan lisää ilmaa. Ensimmäisen katalysaattorin tehtävänä on muuntaa typen oksideja, toisessa hiilimonoksidia ja hiilivetyjä eri muotoon. (4, s. 26.)

Polttonesteen kulutuksen kannalta kaksivaihekatalysaattori ei ole taloudellinen ratkaisu, koska moottori käy kokoajan rikkaalla seoksella. Toisena heikkoutena tässä katalysaattoryypissä on se, että pelkistettäessä typen oksideja ilma-alijäämän vallitessa syntyy ammoniakkaa (NH_3), joka hapettuu osittain takaisin typen oksideiksi ilman syöttämisen jälkeen. Kaksivaihekatalysaattorin etuna on kuitenkin sen yksinkertaisuus, eikä se siis vaadi elektrodista polttonesteen syötön ohjausta. Kaksivaiheista katalysaattoria ei ole käytetty ollenkaan eurooppalaisissa autoissa, eikä myöskään Euroopassa valmistettujen autojen Amerikan tai Japanin vientiversioissa. Kaksivaiheinen katalysaattori onkin ollut yleisessä käytössä amerikkalaisissa autoissa. (4, s. 26.)

Kolmitoimikatalysaattori

Tällä hetkellä tehokkain keino vähentää ottomoottorin pakokaasupäästöjä on kolmitoimikatalysaattorin käyttäminen yhdessä lambda-säädön kanssa. Nimi tulee siitä, että kyseisellä katalysaattorilla voidaan vähentää kaikkia kolmea haitallista pakokaasukomponenttia, eli hiilimonoksidia (CO), hiilivetyjä (HC) sekä typen oksideja (NO_x). Hiilimonoksidi ja hiilivety hapettuvat ja typen oksidit pelkistyvät reaktiossa (kaava 4). (3, s. 565; 4, s. 26.)

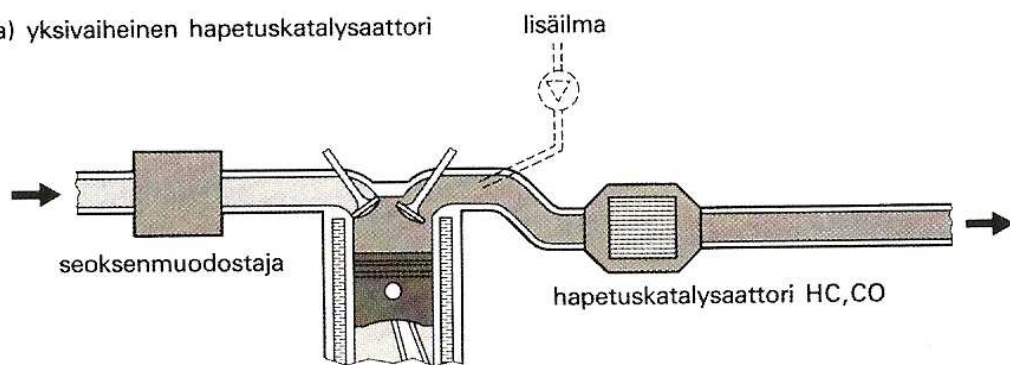


KAAVA 4

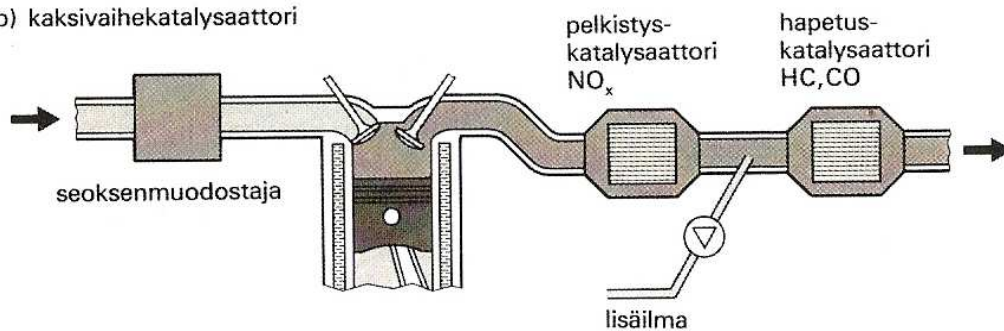
Jotta katalyyssi voi onnistua halutulla tavalla, on moottorin saama polttoneste-ilmaseos ja pakokaasut oltava stökiometrisesti oikeassa suhteessa. Tämä onnistuuakin lambda-säädön avulla. Kolmitoimikatalysaattoria on käytetty 80-luvun loppupuolelta saakka ja sitä ollaan kehitetty kokoajan paremmin virtaavaksi ja tehokkaammaksi tähän päivään saakka. Kuvasta 8 nähdään käytössä olleet katalysaattorityytit yksivaiheisesta hapetuskatalysaattorista kolmitoimikatalysaattoriin. (4, s. 26.)

34) Katalysaattorijärjestelmät

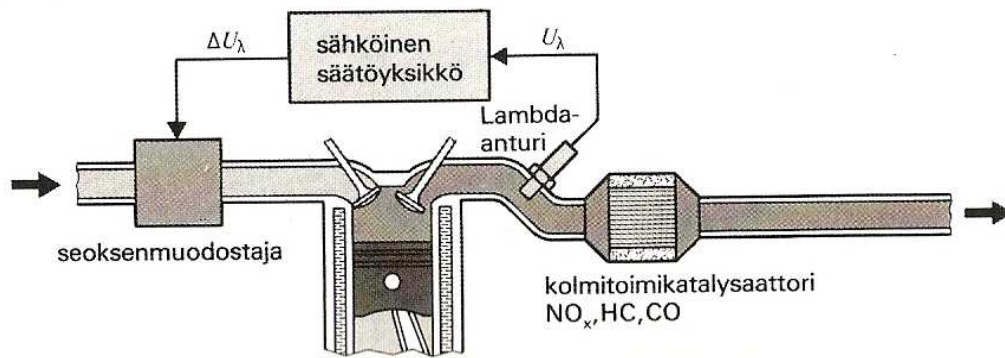
a) yksivaiheinen hapetuskatalysaattori



b) kaksivaihekatalysaattori



c) kolmitoimikatalysaattori

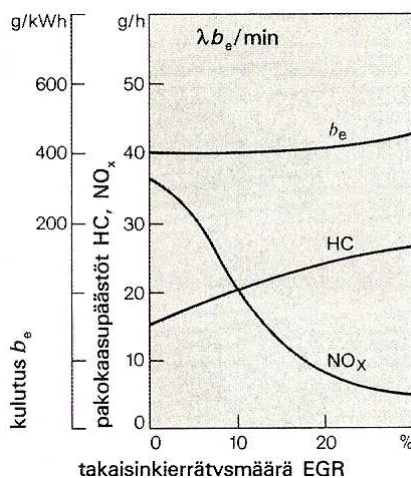


KUVA 8. Katalysaattorijärjestelmät (4, s. 26)

Ulkopuolinen pakokaasujen takaisinkieritys (EGR)

Ulkopuolinen pakokaasujen takaisinkieritysjärjestelmä, eli EGR-järjestelmä (Exhaust Gas Recirculation) kierrättää osan pakokaasuista takaisin imusarjan kautta palotilaan. Tämän tarkoituksena on vähentää typen oksidien pitoisuutta polttamalla osa pakokaasuista uudestaan tuoreen polttoaineilmaseoksen joukossa. Riippuen pakokaasujen takaisinkierityksen määrästä, typen oksidien (NO_x) määrää voidaan pienentää jopa 60 %. EGR-järjestelmän heikkoutena kuitenkin on palamattomien hiilivetyjen (HC) määrän kasvaminen pakokaasuissa (kuva 9). (4, s. 28.)

Polttoaineen kulutukseen (b_e) takaisinkieritysjärjestelmällä ei ole vaikutusta, jos kierityksen määrä on enimmillään 10 - 15 %. Edellytyksenä tälle kuitenkin on, että sytytyksen ajoitus optimoidaan takaisinkieritetyn pakokaasun mukaan. EGR-järjestelmä ei ole kokoaikaa käytössä, koska esimerkiksi joutokäynnillä ei käytännössä synny ollenkaan typen oksideja niin takaisinkieritystä ei tällöin tarvita. Myös moottorin täyskuormitustilanteessa moottorin toimiessa rikkaalla seoksella tuottaen vain vähäisessä määrin typen oksideja, on takaisinkieritys tällöinkin tarpeetonta ja suljetaan pois käytöstä paremman tehon aikaansaamiseksi. EGR-järjestelmän heikkoutena on se, että pakokaasut likaavat ajan saatossa imusarjan ja venttiilit, joista tulee myöhemmin ongelmia. (4, s. 28.)



KUVA 9. Pakokaasujen takaisinkierityksen määrän vaikutus hiilivetyjen ja typen oksidien määrään (4, s. 28)

3 LAINSÄÄDÄNTÖ

Seuraavassa käsitellään valtioneuvoston asetusta liikenteessä käytettävien ajoneuvojen liikennekelpoisuuden valvonnasta pakokaasupäästöjen osalta (10).

”Pakokaasupäästöjen tarkastus

1. Ottomootorilla varustetulle ajoneuvolle, joka on otettu käyttöön vuonna 1978 tai myöhemmin, sekä dieselmootorilla varustetulle ajoneuvolle, joka on otettu käyttöön vuonna 1980 tai myöhemmin, suoritetaan pakokaasupäästöjen tarkastus 6 §:n 3 momentissa mainitun direktiivin liitteessä II olevan 8.2 kohdan mukaisesti tässä pykälässä säädetyin poikkeuksin. Pakokaasupäästöjen tarkastusta ei kuitenkaan tarvitse suorittaa kaksitahtimootorilla varustetulle tai moottoripetrolia polttoaineena käyttävälle ajoneuvolle.

2. Ottomootorilla varustettujen ajoneuvojen pakokaasupäästöjen raja-arvot ovat seuraavat (kuva 10):

VNA liikennekelpoisuuden valvonnasta

Vi 227a

2. Ottomootorilla varustettujen ajoneuvojen pakokaasupäästöjen raja-arvot ovat seuraavat:

ajoneuvon käyttöönottoaika tai moottorityyppi	OBD:n toiminta	joutokäynnillä		vähintään 2000 rpm pyörintänopeudella		
		CO [%]	HC [ppm]	CO [%]	HC [ppm]	lambda
ennen 1.10.1986	-	4,5	1000	-	-	-
1.10.1986 tai sen jälkeen	-	3,5	600	-	-	-
varustettu kolmitoimisella katalysaattorilaitteistolla	-	0,5	100	0,3	100	1±0,03
EY-tyyppihyväksytty direk- tiivin 98/69/EY mukaisesti (EURO 3 ja 4)	tarkastus	-	-	0,2	100	1±0,03
1.7.2002 jälkeen	tarkastus	-	-	0,2	100	1±0,03

KUVA 10. Pakokaasupäästöjen raja-arvot ottomootorissa (10)

3. Jos ajoneuvon valmistaja on ilmoittanut kolmitoimisella katalysaattorilaitteistolla varustetun ajoneuvon joutokäynnin hiilimonoksidi- ja hiilivety päästöjen ja korotetun joutokäyntinopeuden lambda raja-arvot 2 momentin mukaisista raja-arvoista poikkeavasti, raja-arvoina käytetään valmistajan ilmoittamia arvoja ja mittaus suoritetaan valmistajan ilmoittamalla tavalla.

4. Jollei dieselkäyttöisen ajoneuvon valmistaja tai maahantuoja ole tyyppi hyväksynnässä ilmoittanut savutuksen raja-arvoa ajoneuvossa käytetylle moottorille, absorptiokertoimen raja-arvona käytetään vapaasti hengittävälle moottorille $2,5 \text{ m}^{-1}$ ja ahtimella varustetulle moottorille $3,0 \text{ m}^{-1}$. Ajoneuville, joka on otettu käyttöön ennen vuotta 1990 ja jota ei ole tyyppi hyväksytty ajoneuvojen dieselmootoreiden päästöjen vähentämiseksi toteutettavien toimenpiteitä koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämisestä annetun neuvoston direktiivin 72/306/ETY tai E-säännön n:o 24 mukaisesti, raja-arvona on kuitenkin 7,0 Bosch-yksikköä. Ajoneuvon moottorin absorptiokertoimen raja-arvona käytetään $1,5 \text{ m}^{-1}$, jos:

a) moottori on EY-tyyppi hyväksytty ajoneuvojen puristussytytysmoottoreiden kaasumaisten ja hiukkasmaisten päästöjen sekä ajoneuvoissa käytettävien maa- tai nestekaasulla toimivien ottomoottoreiden kaasupäästöjen torjumiseksi toteutettavista toimenpiteistä annetun jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämisestä ja neuvoston direktiivin 88/77/ETY muuttamisesta annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 1999/96/EY mukaiseen EURO IV tai EURO V luokkaan;

b) ajoneuvo on EY-tyyppi hyväksytty a kohdassa tarkoitetun direktiivin mukaisesti erittäin ympäristöystävälliseksi ajoneuvoksi;

c) moottori on EY-tyyppi hyväksytty moottoriajoneuvojen ottomoottoreiden kaasujen aiheuttaman ilman pilaantumisen estämiseksi toteutettavien toimenpiteitä koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämisestä annetun neuvoston direktiivin 70/220/ETY, sellaisena kuin se on muutettuna direktiivillä 98/69/EY, mukaiseen EURO 4 luokkaan;

d) moottori on a-c kohdan direktiivien myöhempien muutosten mukaisesti EY-tyyppihyväksytty;

e) moottori tai ajoneuvo on a-d kohdassa tarkoitetussa EY-tyyppihyväksynnässä käytetystä laitteistosta poikkeavaa, päästötasoltaan vastaavaa laitteistotyyppiä; tai

f) a-e kohtiin kuulumaton ajoneuvo on otettu ensi kertaa käyttöön 2 päivänä heinäkuuta 2008 tai sen jälkeen.

5. Ottomoottorikäyttöiselle M₁- ja N₁-luokan ajoneuville, joka on varustettu 4 momentin c kohdassa tarkoitetun direktiivin 70/220/ETY, sellaisena kuin se on muutettuna direktiivillä 98/69/EY tai myöhemmillä muutoksilla, mukaisella sisäisellä valvontajärjestelmällä, joutokäynnin hiilimonoksidi- ja hiilivetypäästöjen mittauksen asemesta suoritetaan ajoneuvon sisäisen valvontajärjestelmän (OBD) tarkastus.”

4 KOKEELLISET MENETELMÄT JA MITTAUSKOHTEET

4.1 Kokeelliset menetelmät

Pakokaasupäästömittaus

Pakokaasunmittauslaboratoriot käyttävät kalliita menetelmiä ja mittalaitteita pakokaasujen mittauksia varten. Autokorjaamot käyttävät yleensä infrapunamenetelmää pakokaasujen mittauksissa. Oulun seudun ammattikorkeakoulusta löytyy saman tyyppinen mittauslaite, kuin monista autokorjaamoista. Infrapunamenetelmä perustuu periaatteeseen, jossa pakokaasun sisältämät epäpuhtaudet imevät voimakkaasti infrapunavaloa eri ainesosille luonteenomaisella aaltopituudella, jolloin näiden pitoisuudet on mahdollista tunnistaa.

Säteilijä, joka on pakokaasunmittauslaitteen mittaustilassa, on kuumennettu noin 700 °C lämpötilaan. Säteilijä läpäisee mittaustilan ja tunkeutuu vastaanottotilaan.

Mitattava pakokaasu saadaan otettua pakokaasun näytteenottosondilla ajoneuvon pakokaasuista pakoputkesta. Pakokaasu imetään mittauslaitteeseen kuuluvan kalvopumpun ja karkeasuodattimen läpi vedenerottimeen. Kondenssivesi ja kaasussa olevat karkeat epäpuhtaudet erotetaan tässä vaiheessa. Tämän jälkeen mittauskaasu puhdistetaan vielä yhdesti seuraavassa suodattimessa. Kondenssiveden poistamista varten toinen kalvopumppu tyhjentää suodattimen vedestä.

Kuvassa 11 näkyy mittauksissa käytetty laite, joka on malliltaan BEA 370 (Bosch Emissions Analysis). Laite sisältää dieselmoottorin savutustesterin sekä bensiinimoottoareiden pakokaasuanalysointilaitteen. Lisävarusteena BEA370:sta löytyy myös öljynlämpötilan mittaus, moottorin pyörintänopeuden mittaus, lambdatunnistimen jännite, kosketuskulman mittaus, sytytys-

hetken mittaus, ruiskutuksen aloitushetken mittaus ja pyörintänopeuden mittaus YKK-anturilla.



KUVA 11. Bosch BEA 370 -pakokaasuanalysaattori

Moottorin tehon ja vääntömomentin mittaus tehodynamometrillä

Oulun seudun ammattikorkeakoulun autolaboratoriossa on nykyaikainen tehonmittauspenkki, jolla voi mitata myös nelivetoisia autoja. Nykyaikaisuus tarkoittaa sitä, että auton tehoa ei mitata perinteiseen tapaan tehonmittausrullilla renkailta, vaan mittaus suoritetaan mittauslaitteiden kiinnityksellä suoraan vetävien pyörien napoihin. Tällä mittaustavalla ei ole mahdollista tulla luistoa, kuten tehonmittausrullilla ajaessa. Ehdottoman tärkeää ennen mittauksien aloittamista on selvittää mitattavan auton välityssuhteet, muuten teho- ja vääntökäyrät vääristyvät oleellisesti. Tehodynamometri on vastaavanlainen, kuin kuvan 12 Rototest-tehodynamometri.



ROTOTEST® VPA-RX™ chassis dynamometer
Industrial 1Q (hydraulic)

KUVA 12. Rototest-tehdynamometrin esimerkkikuva (11)

Tehomittauspenkki Rototest ottaa auton moottorista lähtevän vääntömomentin suoraan pyörännapaan kiinnitettävällä välilapalla kuvan 13 mukaisesti, joka on toisesta päästä kiinnitetty mittausyksikköön. Dynamometri itsessään käyttää teollisuudessa käytettäviä hydraulipumppuja tehon määrittämiseen. Nämä pumput ovat kiinteänä asennuksena pyörännapoihin kiinnitettävissä mittausyksiköissä. Laskentaohjelma ottaa huomioon myös pumppujen omat hyötysuhteet ja kitkahäviöt. (12.)

Vääntövastus luodaan rajoittamalla pumpun tilavuusvirtaa tietokoneohjatulla hydrauliventtiilillä, tällä tavalla auton suurin sallittu nopeus voidaan rajoittaa esimerkiksi 50 km/h nopeuteen. Öljyn virtaus pumpuilta ohjataan hydraulimoottorien avulla pyöritettäville puhaltimille auton etuosaan, jotka jäähdyttävät moottoria, antavat sille viileää ilmaa ja käyttävät auton moottorilta tuotetun energian puhaltimien pyörykseen. (12.)



KUVA 13. Mittausyksikön kiinnitys ajoneuvon pyörännapaan välilaipan avulla (12)

Ohivuotomittaus

Sylinterin ohivuotomittauksella tutkitaan sylinterin puristustahdissa tulevaa ohivuotoa joka tarkoittaa sitä, kuinka paljon prosenteissa (%) sylinterin puristusaineesta menee hukkaan. Tämä ohivuoto syntyy normaalisti joko kulu-neista männänrenkaista, kannentiivisteestä tai venttiileiden tiiveydestä.

Ohivuotomittaus perustuu palotilan paineistamiseen paineilmalla. Kun palotilassa on paine, voidaan vuotoääniä paikantaa männänrenkaista, venttiileistä ja myös kannentiivisteestä. Sylinteri jota mitataan, pyöritetään ylös työtahdin alkuun, jolloin venttiilit ovat kiinni ja palotila suljettuna. Seuraavaksi paineilma johdetaan palotilaan tulpanreiän kautta. On erittäin tärkeää, että mäntä saadaan tarkasti yläkuolokohtaan, sillä muuten kampiakseli pyörähtää ja mitaus epäonnistuu. (13, s. 6; 14, s. 15.)

Uudessa sisään ajamattomassa moottorissa ohivuodot voivat olla normaalisti jopa noin 10 %. Kun moottori on sisään ajettu ja kunnossa kaikin puolin, ohivuodot ovat yleisesti noin 4 - 6 %. Esimerkiksi kunnossa olevan ralliauton moottorin ohivuodon määrä on usein noin 5 %. Niin kauan, kun ohivuodot pysyvät alle 20 %, ohivuodot ovat vielä normaaleja eli kunto on vielä hyvä.

Kun ohivuodon määrä on välillä 20 - 30 %, alkaa sylinterin kunto olla välttämättä. Siinä vaiheessa, kun ohivuoto on jo yli 30 %, on sylinteri huonossa kunnossa ja tässä vaiheessa on viimeistään aika alkaa etsiä ohivuodon aiheuttajaa ja syytä kunnostaa ohivuodon aiheuttava tekijä. Jotta ohivuotomittauksen tulokset voidaan saada oikein, on moottorin oltava normaalissa käyntilämpötilassa mittausten aikana. (13, s. 6; 14, s. 15.)

Puristuspainemittaus

Puristuspainemittaus on mittaustekniikkana melko yksinkertainen mittaamenetelmä moottorin kunnan määrittämiseksi. Puristuspainemittauksen tuloksista ei saada suoranaisesti tietoa mitattavan moottorin suorituskyvystä, mutta se antaa tietoa moottorin mekaanisesta kunnosta. Puristuspainemittauksessa mitataan, kuinka suuri paine sylinteriin saadaan puristustahdin aikana, kun moottoria pyöritetään starttimoottorin avulla kaasupohjassa. Mitä enemmän moottorissa on kulumaa, sitä pienempi sylinterin puristusaine on. (13, s. 5-6; 14, s. 15-16.)

Mittausten puristuspainetuloksella ei ole hyvin suurta merkitystä, vaan tärkeää puristuspainemittauksessa on sylinterien välinen puristusaineiden tasaisuus. Puristusaineiden ero sylintereillä pienimmän ja suurimman tuloksen välillä ei saisi olla normaalisti yli 0,5 bar, eikä sytytysjärjestyksessä kahden peräkkäisen sylinterin välillä yli 0,3 bar. Näitä suuremmat erot alkavat vaikuttaa moottorin käynnin tasaisuuteen. Mittaustuloksia voidaan verrata myös moottorin puristusaineiden ohjearvoihin, mutta ne ovat vain suuntaa antavia. Mittaustuloksiin vaikuttaa erittäin paljon mittauksessa käytetty puristusaineittari, sekä akun ja starttimoottorin kunto. (13, s. 5-6; 14, s. 15-16.)

Ruiskutusventtiilien korjausarvojen mittaaminen

Sekä yhteispaineruiskutus- että pumppusuutindieselmootorit ovat varustettu joutokäynnin tasauksella, eli niin sanotulla tasapaino-ohjauksella. Moottorin kierrosnopeuden ollessa joutokäynnin ja noin 1 400 rpm välillä, moottorinohjauksyksikkö tarkkailee jokaisen ruiskutusventtiilin ruiskuttamaa polttonesteen määrää suhteessa vääntömomenttiin, jonka kukin sylinteri tuottaa kampiak-

selille. Jos jonkun sylinterin synnyttämä vääntömomentti on alhaisempi kuin muilla sylintereillä, lasketaan kyseiselle ruiskutusventtiilille pidempi ruiskutusaika ja näin saadaan vääntömomentti nousemaan. Vastaavasti muille sylintereille voidaan laskea lyhyempi ruiskutusaika. Ruiskutusventtiileillä on olemassa ihanteelliset ruiskutusajat, joiden muutoksia voidaan lukea siihen tarkoitettulla järjestelmätesterillä. (15, s. 38.)

Oulun seudun ammattikorkeakoululla on käytössä kuvassa 14 näkyvä Boschin valmistama Bosch FSA 740 -ajoneuvojärjestelmäanalyysilaitteisto, jonka avulla voidaan tutkia ajoneuvon ruiskutusventtiilien korjausarvoja. Järjestelmätesterä yhdistetään ajoneuvon moottorinohjausyksikköön OBD-liitännän (On-Board-Diagnostics) kautta, jolloin saadaan yhteys ajoneuvon ja mittauslaitteiston välille. Tämän jälkeen ajoneuvo käynnistetään ja valitaan testerillä ruiskutussuuttimien korjausarvomittaus. Laitteisto näyttää reaaliaikaisesti ruiskutussuuttimen korjaus- eli oppimisarvoja, yksikkönä tässä on milligrammaa yhtä moottorin iskua kohden (mg/H). Ruiskutussuuttimien summaksi kuuluu tulla 0, joten oppimisarvoissa on sekä ruiskutusmäärän lisäämistä, sekä vähentämistä eri ruiskutussuuttimilla.



KUVA 14. Bosch FSA 740 - ajoneuvojärjestelmäanalyysilaitteisto

4.2 Mittauskohteet

Autolaboratoriomittauksissa mitattiin yhteensä neljää erilaista ajoneuvoa. Kuvissa 15 ja 16 näkyvissä ajoneuvoissa on dieselmootorit, näistä toisessa autossa on perinteinen mekaanisesti toimiva Bosch VE4-jakajapumpulla oleva esikammiodieselmoottori ja toisessa nykyaikainen Delphin valmistama Commonrail-yhteispaineruiskutusjärjestelmällä oleva suoraruiskutusdieselmoottori. Kuvien 17 ja 18 ajoneuvot ovat varustettu ottomootoreilla, joista toinen ajoneuvo on kaasutinjärjestelmällä ja toinen elektronisesti ohjatulla nelipisteruiskutusjärjestelmällä.

Ford Mondeo 2.0 TDCi

Seuraavassa on esitetty Ford Mondeon tekniset tiedot, rekisterinumero RUI-801 (kuva 15):

- mittarilukema 271 563 km (ennen Fortè-käsittelyä)
- vuosimalli 2002
- sylinterin halkaisija 86,0 mm (16)
- iskunpituus 86,0 mm (16)
- iskutilavuus 1 998 cm³ (16)
- teho DIN 96 kW / 3 800 rpm (16)
- vääntömomentti 330 Nm / 1 800 rpm (16)
- puristussuhde 19:1 (16)
- polttoaineen syöttö Delphi Commonrail-yhteispaineruiskutus.



KUVA 15. Ford Mondeo (RUI-801)

Volkswagen Caddy 1.6 TD

Seuraavassa on esitetty Volkswagen Caddyn tekniset tiedot, rekisterinumero OSF-443 (kuva 16):

- mittarilukema 367 824 km (ennen Fortè-käsittelyä)
- vuosimalli 1989
- iskutilavuus 1 588 cm³ (17)
- teho DIN 51 kW / 4 500 rpm (17)
- vääntömomentti 133 Nm / 2 600 rpm (17)
- puristussuhde 23:1 (17)
- polttoaineen syöttö Bosch VE4 -mekaaninen jakajapumppu.



KUVA 16. Volkswagen Caddy, (OSF-443)

Nissan Sunny 1.6 (IEC-244)

Seuraavassa on esitetty Nissan Sunnyn tekniset tiedot, rekisterinumero IEC-244 (kuva 17):

- mittarilukema 304 757 km (ennen Fortè-käsittelyä)
- vuosimalli 1989
- sylinterin halkaisija 76,0 mm (18)
- iskunpituus 88,0 mm (18)
- iskutilavuus 1 597 cm³ (18)
- teho DIN 69 kW / 6 000 rpm (18)
- vääntömomentti 133 Nm / 4 000 rpm (18)
- puristussuhde 9,8:1 (18)
- polttoaineen syöttö mekaanisesti toimiva kaasutin.



KUVA 17. Nissan Sunny (IEC-244)

Toyota Corolla 1.3Xi (MFU-348)

Seuraavassa on esitetty Toyota Corollan tekniset tiedot, rekisterinumero MFU-348 (kuva 18):

- mittarilukema 237 400 km (ennen Fortè-käsittelyä)
- vuosimalli 1992
- iskutilavuus 1 296 cm³ (19)
- teho DIN 60 kW / 6 000 rpm (19)
- vääntömomentti 104 Nm / 5 200 rpm (19)
- polttoaineen syöttö elektronisesti ohjattu 4-pisteruiskutus.



KUVA 18. Toyota Corolla (MFU-348)

5 KOKEIDEN SUORITUS

Kokeet autolaboratoriossa suoritettiin kolmessa erässä. Taulukoista 2 ja 3 voidaan seurata mittausaikatauluja eri mittauskohteiden mittauksista. Ensimmäisessä erässä, eli välillä 18. - 20.4.2011 suoritettiin autoihin tehodynamometrimittaukset sekä Nissaniin ja Toyotaan muut tehtävät mittaukset. Tällä välillä Sunnyyn ja Corollaan tehtiin myös Fortè-käsittely. Seuraavat mittaukset suoritettiin välillä 27. - 29.4.2011, jolloin suoritettiin Volkswagen Caddyn ja Ford Mondeon loput mittaukset sekä Fortè-käsittely.

Kaikkien autojen kokeiden suoritusten ja Fortè-käsittelyn jälkeen autot olivat ajossa noin 1 - 2 viikkoa. Fortè-käsittelyn jälkeiset kokeet suoritettiin aikavälillä 10. - 11.5.2011, jolloin alussa mitatuille lähtöarvoille saatiin vertailuarvot, jonka perusteella voitaisiin analysoida Fortè-puhdistusaineiden vaikutusta ajoneuvojen moottorien toimintaan ja kuntoon.

TAULUKKO 2. Fortè-käsittelyn, sekä kokeiden suoritusaikataulu ennen käsittelyä

Käsittely, sekä kokeet ennen käsittelyä:	18.4.2011	19.4.2011	20(21).4.2011	27.4.2011	28.4.2011	29.4.2011
Tehodynamometri-mittaus	Mondeo, Caddy, Corolla					
Pakokaasupäästö-mittaus	Mondeo, Corolla	Sunny	Caddy			
Ohivuotomittaus		Corolla	Sunny	Caddy		
Puristuspaine-mittaus	Corolla	Sunny		Caddy		Mondeo
Ruiskutuslaitteiden korjausarvomittaus						Mondeo
Fortè-käsittely		Corolla	Sunny		Caddy	Mondeo

TAULUKKO 3. Kokeiden suoritusaikataulu Fortè-käsittelyn jälkeen.

Käsittelyn jälkeiset kokeet:	10.5.2011	11.5.2011
Tehodynamometrimittaus	Mondeo, Corolla	
Pakokaasupäästömittaus	Mondeo, Corolla	Caddy, Sunny
Ohivuotomittaus	Corolla	Caddy, Sunny
Puristuspainemittaus	Mondeo, Corolla	Caddy, Sunny
Ruiskutuspuuttimien korjausarvomittaus	Mondeo	

5.1 Tehomittaus

Tehodynamometrimittauksen tarkoituksena on saada mitattua ajoneuvon pyöriltä tuleva vääntömomentti, jonka perusteella saadaan laskettua pyöräteho kaavan 5 mukaisesti.

$$P = M * r * \pi / 30rad / s$$

KAAVA 5

M = moottorin vääntömomentti

r = moottorin pyörintänopeus

Seuraavassa on esimerkki tehon laskemisesta testiauto Ford Mondeosta, kun

r = 2500 rpm ja M = 310,4 Nm:

$$P = 310,4Nm * 2500rpm * \pi / 30rad / s = 81262,6W \approx 81,3kW$$

Ennen mittausten aloittamista, testiajoneuvo ajetaan autolaboratorioon nosturille, jonka avulla auto saadaan nostettua ilmaan ja tarvittavat pyörät irrotettua. Kun auto on ilmassa, irrotetaan autosta vetävältä akselilta pyörät, joka mahdollistaa välilaipan asennuksen vetävän akselin pyörännapaan. Koska kaikki mittauskohteet olivat etuvetoisia, irrotettiin jokaisesta autosta mittauksia varten ainoastaan etupyörät mittausten ajaksi. Jos mittauskohteena olisi ollut nelivetoinen auto, olisi täytynyt irrottaa jokainen pyörä mitta-

usten suorittamiseksi. Tässä vaiheessa mittausyksiköt laitetaan lämpenemään esilämmittimien avulla.

Kun pyörät on irrotettu, valitaan pyörännapoihin kiinnitettäväksi oikeanlaiset välilaidat pyörän pulttien määrän mukaan. Välilaidaa kiinnittäessä täytyy varmistua, että välilaidat pyörii vapaana pyörännapaan kiinnitettynä, eikä näin hankaa mihinkään. Esimerkiksi Volkswagen Caddy -testiautossa jarrusatulat olisivat ottaneet välilaidan kiinni, joten ne täytyi irrottaa pyörännavasta mittauksen ajaksi. Välilaidat kiinnitetään pyörännapaan ja pultit/mutterit kiristetään oikeaan 120 Nm momenttiin momenttiavaimella.

Seuraavaksi on vuorossa mittausyksikön kiinnittäminen välilaidaan. Auton korkeutta säädellään nosturin avulla, jotta välilaidat ja mittausyksikkö saadaan samalle korkeudelle ja näin kiinnitettyä toisiinsa. Välilaidat ja mittausyksikkö kiinnitetään toisiinsa muttereiden avulla, jotka nekin kiristetään 120 Nm momenttiin.

Kun kaikkien muttereiden kiinnitys on tarkastettu, voidaan nosturi laskea alasentoon, jolloin mittausyksiköt pitävät auton etupään ilmassa kuvan 19 mukaisesti. Tämän jälkeen pakokaasuimuri asennetaan auton takaosaan pakoputken ulostulon kohdalle, jotta pakokaasut ohjautuisivat imurin kautta ulkoilmaan.



KUVA 19. Volkswagen Caddy kiinnitettynä tehodynamometriin

Seuraavaksi on vuorossa Rototest-tietokoneen ja käytettävien ohjelmien käynnistäminen. Rototest-ohjelman käynnistyttyä ladataan Testsave1-tiedosto, jolla saadaan perusarvot mittauksia varten valmiiksi. Tämän jälkeen valitaan vaihde, jolla tehomittaus tulitisiin tekemään. Esimerkiksi Ford Mondeo -testiauto mitattiin 4. vaihteella, joten Rototest-ohjelmaan asetettiin 4. vaihteen kohdalle oikea kokonaisvälityssuhde. Kokonaisvälityssuhteen on syytä olla oikein, koska muuten mittaustulokset vääristyvät suuresti.

Rototest-ohjelmalla avataan seuraavaksi tiedosto, joka lataa mittauksissa käytettävät perusajot, kuten Sweep (tehomittaus) sekä Road Resistance (simuloitu ajovastus tiellä). Sweep-toiminto säädetään tietylle vaihteelle sekä valitaan samalla mittauksen kesto, lähtökierrosnopeus ja loppukierrosnopeus. Esimerkiksi Ford Mondeo -testiautossa Sweep-toiminnon säädöt olivat 4. vaihteelle seuraavasti: mittauksen kesto 11 sekuntia, lähtökierrosnopeus 1 000 rpm ja loppukierrosnopeus 5 500 rpm. Avataan vielä lopuksi Rototest Datmon -ohjelma, joka piirtää teho- ja vääntömomenttikäyrät mittauksia tehdessä. Datmoniin tehdään tallennustiedosto, jonka jälkeen ohjelma on valmis käytettäväksi.

Käynnistetään pakokaasuimuri sekä jäähdytyspuhallin ja käynnistetään mittava ajoneuvo. Näppäimistöä painetaan F11-painiketta, jolloin saadaan inertia eli hitausmomentti päälle. Tällöin mittausyksiköt jarruttavat vetäviä pyöriä valitun ajon mukaan. Seuraavaksi lämmitetään moottori sekä mittausyksiköt riittävään lämpötilaan esimerkiksi Road Resistance -ajon avulla. Kun lämpötilat ovat riittävät, eli moottorin lämpötila normaalissa ajolämpötilassa ja mittausyksiköt ohjelman mukaan tarpeeksi lämmentyneet, voidaan aloittaa varsinainen tehomittaus Sweep-ajoa käyttäen. Tehomittaus voidaan suorittaa yhä uudelleen Sweep-ajoa käyttäen niin monta kertaa, kuin on tarvetta. Tehomittauksen tuloksia voidaan tarkastella tehomittauksien jälkeen Datmon-ohjelmalla, josta nähdään kaikkien ajojen teho- ja vääntökäyrät.

5.2 Pakokaasupäästömittaus

Pakokaasupäästömittauksia varten otetaan käyttöön Boschin BEA370 pakokaasuanalysointilaitteeseen, joka näkyy sivulla 33. Laitteesta valitaan ensin päävalikosta pakokaasupäästö, jonka jälkeen valitaan testauslaji, esimerkiksi ahdettu dieselmoottori. Seuraavaksi syötetään mitattavan ajoneuvon tekniset tiedot, kuten merkki, malli ja vuosimalli.

Ajoneuvon moottorin öljyn mittatikon tilalle asetetaan kuvan 20 mukainen öljylämpötila-anturi. Moottorin pyörimisnopeus saadaan mitattua useimmiten ottomoottorissa kuvan 21 mukaisella tahdistuspihdillä, joka asetetaan tulpanjohtoon kiinni. Dieselmoottorissa moottorin pyörimisnopeus saadaan normaalisti mitattua akun napoihin kiinnitettävillä kuvan 22 mukaisilla hauenleukapihdillä.



KUVA 20. Moottorin öljylämpötila-anturi (20)



KUVA 21. Moottorin pyörimisnopeuden tahdistuspihti (20)



KUVA 22. Hauenleukapihdit moottorin pyörimisnopeuden mittaamista varten (20)

Ottomoottorin pakokaasutesti

Ottomoottorilla varustetussa ajoneuvossa pakokaasujen mittaukseen käytetään pakoputkeen asetettavaa kuvassa 23 näkyvää sondia, jolla saadaan mitattua neljää eri pakokaasukomponenttia pakokaasuista.



KUVA 23. Sondi (20)

Ottomoottorin pakokaasupäästömittauksen suoritus Bosch BEA 370 -analysoitsijalla tapahtuu seuraavasti näytön ohjeita noudattaen (20):

1. Valitaan päävalikosta pakokaasutesti.
2. Valitaan testauslaji ajoneuvon mukaisesti, esimerkiksi "Ei KAT 9.86 jälkeen".
3. Täytetään ajoneuvon tunnistetiedot, kuten merkki, malli ja rekisterinumero.
4. Tarkastetaan, että näytössä näkyvät raja-arvot ovat oikein.
5. Tarkastetaan pakoputken tiiveys silmämääräisesti.
6. Asetetaan pulssiluku pyörintänopeuden oikean näyttämisen saamiseksi.
7. Tarkastetaan öljyn lämpötila, jatketaan eteenpäin kun öljyn lämpötila yli raja-arvon.
8. Ohjelma tekee nolapisteasetuksen, sondin täytyy olla pois pakoputkesta.

9. Asetetaan sondi pakoputkeen.

10. Suoritetaan pakokaasupäästömittaus joutokäynnillä.

11. Suoritetaan pakokaasupäästömittaus korotetulla joutokäynnillä.

12. Tulostetaan pakokaasupäästömittaustulos.

Jotta pakokaasupäästömittaus voidaan suorittaa, on sondin, tahdistuspihdin sekä öljynlämpötunnistimen oltava paikoillaan.

Dieselmoottorin pakokaasutesti

Dieselmoottorilla varustetussa ajoneuvossa pakokaasujen mittaamiseen käytetään kuvassa 24 näkyvää erillistä savutusmittalaitetta ja sondia. Savutusmittalaite viedään lähelle pakoputkenpäättä ja sondi asetetaan pakoputkeen.



KUVA 24. Savutusmittalaite ja sondi (20)

Dieselmoottorin pakokaasupäästömittauksen suoritus Bosch BEA 370 - analysaattorilla tapahtuu seuraavasti näytön ohjeita noudattaen (20):

1. Valitaan päävalikosta pakokaasutesti.
2. Valitaan testauslaji ajoneuvon mukaisesti, esimerkiksi "Ahdettu dieselmoottori".
3. Täytetään ajoneuvon tunnistetiedot, kuten merkki, malli ja rekisterinumero.
4. Asetetaan ajoneuvon joutokäynnin raja-arvot, sekä öljyn minimi lämpötila.
5. Tarkastetaan pakoputken tiiveys silmämääräisesti.
6. Asetetaan pulssiluku pyörintänopeuden oikean näyttämisen saamiseksi.
7. Tarkastetaan öljyn lämpötila, jatketaan eteenpäin kun öljyn lämpötila yli raja-arvon.
8. Mitataan joutokäyntipyörintänopeus.
9. Mitataan ryntäyspyörintänopeus.
10. Jos ryntäytyspyörintänopeus kunnossa, jatketaan eteenpäin.
11. Pidetään auto joutokäynnillä 10 sekuntia.
12. Siirytään ryntäytysnopeudelle, vapautetaan kaasupoljin kun saadaan lupa.
13. Testi päättyy, tulostustetaan pakokaasupäästömittauksen tulos.

Jotta pakokaasupäästömittaus voidaan suorittaa, on sondin, hauenleukapihtien sekä öljynlämpötunnistimen oltava paikoillaan.

5.3 Ohivuotomittaus

Ohivuotomittaus voidaan suorittaa sekä diesel- että ottomoottoriin. Normaalisti helpoin tapa tehdä ohivuotomittaus ottomoottorissa on sytytystulppien reiän kautta. Dieselmoottorissa ohivuotomittaus voidaan suorittaa joko hehkutulppien, tai suuttimien reiän kautta. Ohivuotomittaukselta varten täytyy olla sopivalla kierteellä oleva adapteri, joka käy esimerkiksi sytytystulpan kierteille ja tiivistyy kunnolla.

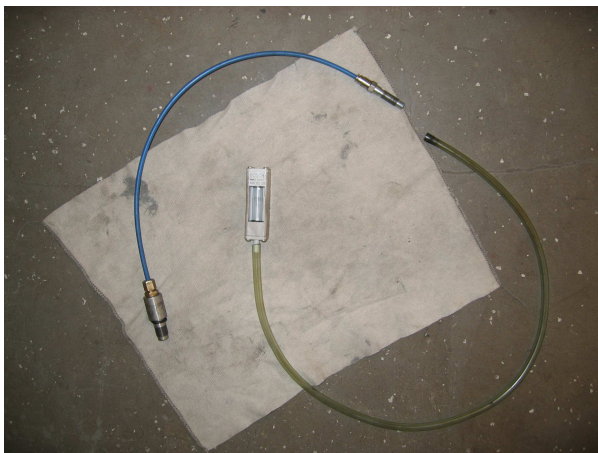
Ohivuotomittaus ottomoottoriin

Ottomoottorin ohivuotomittaus on helpoin suorittaa sytytystulppien reikien kautta. Moottorista täytyy irrottaa tulpanjohdot, jotta sytytystulpat voidaan ottaa irti. Ennen sytytystulppien irrotusta on syytä puhdistaa sytytystulppien ympärillä oleva irtolika esimerkiksi puhaltamalla sinne paineilmalla. Kun sytytystulpat on irrotettu, pyöritetään sytytystulpan kierteillä oleva adapteri letkuihin kuvan 25 mukaisesti sytytystulpan reikään, alkaen ensimmäisestä järjestyksessä olevasta sylinteristä.



KUVA 25. Ohivuotomittarin adapteri asennettu sytytystulpan reikään

Seuraavaksi adapterissa olevan letkun päähän asetetaan männän yläkuolokohdan tulkki kuvan 26 mukaisesti. Tulkki kertoo, kun mäntä on yläkuolokohdassaan ja ohivuotomittaus voidaan tehdä. Tulkissa on sisällä mäntä joka nousee silloin, kun mitattavan sylinterin mäntäkin nousee. Kun tulkin mäntä alkaa laskea, on mäntä yläkuolokohdassaan. Moottoria pyöritetään kampiakselin päässä olevasta pultista myötäpäivään yläkuolokohdan löytämiseksi. Sylintereiden ohivuotomittauksia on syytä tehdä sytytysjärjestyksen mukaan, jotta moottoria tarvitsisi pyörittää mahdollisimman vähän kampiakselin päästä.



KUVA 26. Adapteri sytytystulpan tilalle, sekä männän yläkuolokohdan tulkki

Mitattavan sylinterin männän yläkuolokohdan löytämisen jälkeen yläkuolokohdan tulkki vaihdetaan eri letkuun, jonka päässä on liitin ohivuotomittarille. Ennen kuin ohivuotomittari voidaan liittää letkuun, on se kalibroitava ohivuotomittarissa roikkuvan kalibroitiliittimen avulla. Mittari liitetään paineil-maverkostoon, jolloin kalibroitiliitin alkaa vuotamaan. Liittimellä ohivuoto on 23 %, joten mittari säädetään tähän kohtaan. Kalibroinnin jälkeen mittari liitetään sylinterille menevään letkuun kuvan 27 mukaisesti ja ohivuodon määrä mitattavasta sylinteristä nähdään mittarista prosentteina.



KUVA 27. Ohivuotomittari kytkettynä sylinteriin sytytystulpan reiän kautta

Ohivuotomittaus dieselmoottoriin

Dieselmoottorin ohivuotomittaus on periaatteeltaan samanlainen, kuin otto-
moottoriinkin. Dieselmoottorissa ei ole sytytystulppia, joten mittaukset on
suoritettava joko suuttimien tai hehkutulppien reikien kautta. Jotta mittauk-
sen voi suorittaa, on irrotettava joko suuttimet tai hehkutulpat. Mittauksien
suorittamista varten täytyy olla myös sopivilla kierteillä oleva adapteri. Auto-
laboratoriosta löytyy Boschin vanhasta suuttimesta tehty adapteri, jonka
avulla esimerkiksi Volkswagenin dieselmoottorin mittaukset on mahdollista
suorittaa suuttimien reikien kautta. Kuvassa 28 näkyy suuttimen tiiviste, suu-
tinadapteri, suuttimen ja letkun väliliitin, letku, sekä ohivuotomittari.



*KUVA 28. Ohivuotomittari sekä Volkswagen Caddy-testiauton ohivuotomitta-
uksia varten tarvittavat välineet*

5.4 Puristuspainemittaus

Puristuspainemittaus on erittäin yksinkertainen ja nopea tapa mitata moottoria. Puristuspainemittaus tehdään sitä varten tarkoitetulla puristuspainemittarilla, joka painetaan suuttimen tai sytytystulpan reikää vasten tiiviisti kuvan 29 mukaisesti, jonka jälkeen autoa startataan kaasupoljin pohjassa kunnes puristuspainemittarin viisari ei enää liiku. Seuraavaksi puristuspainemittari nostetaan pois ja sen kärki painetaan kovaa vasten, jolloin mittarin viisari palaa takaisin nollapisteeseen. Tämän jälkeen mittarin liipaisinta painetaan, jolloin mittarin viisari menee seuraavan sylinterin kohdalle mittauskortilla. Kun kaikki sylinterit on mitattu samalla tavalla, mittauskortti vedetään ulos mittarista ja puristuspainemittau tulokset voidaan nähdä mittauskortista kuvan 30 mukaisesti.



KUVA 29. Puristuspainemittari Volkswagenin suuttimen reiässä



KUVA 30. Puristuspainemittarin mittauskortti Toyota Corollasta

5.5 Ruiskutussuuttimien korjausarvojen mittaaminen

Ruiskutussuuttimien korjausarvojen mittaaminen tapahtuu Bosch FSA 740 -ajoneuvojärjestelmäanalyysilaitteiston avulla. Auton OBD-liitäntään liitetään langaton lähetin, joka lähettää signaalia laitteistolle. Ajoneuvossa täytyy olla virta päällä, jotta yhteys voi muodostua.

Kun yhteys on saatu, järjestelmälaiteistolla valitaan mitattava ajoneuvo jolloin ohjelma hakee kaikki mahdolliset mittauskohteet kyseisestä autosta. Kun ohjelma on hakenut mittauskohteet, valitaan moottorinohjausjärjestelmä, jonka kautta päästään tarkastelemaan kaikkien ruiskutussuuttimien korjausarvoja erikseen. Tässä vaiheessa auto käynnistetään ja mittauslaitteisto näyttää hetken viiveellä suuttimien korjausarvoja.

5.6 Fortè-käsittely

Öljyn mittatikusta tarkastetaan, että moottoriöljyn sekaan mahtuu kaksi purkkia, eli 8 dl Fortè Motor Flush -tuotetta öljyn pinnan ylittämättä mittatikun ylärajaa. Lisätään Motor Flush -aine öljyn sekaan. Seuraavaksi käsiteltävä auto käynnistetään ja aloitetaan puhdistuskäsittely. Autolla ei saa missään tapauksessa ajaa, kun Motor Flush -aine on moottoriöljyn seassa.

Moottorin pyörintänopeus pidetään korkeudella 1 500 rpm viisi minuuttia kerrallaan, jonka jälkeen kierrokset nostetaan 3 500 rpm korkeudelle noin kymmeneksi sekunniksi. Tämän jälkeen kierrokset lasketaan 1 500 rpm pyörintänopeudelle, jossa kierrokset pidetään taas viisi minuuttia. Tätä tehdään noin kuudenkymmenen minuutin ajan, jolloin moottorin puhdistus on suoritettu.

Seuraavaksi on vuorossa moottoriöljyjen ja öljynsuodattimen vaihto. Vanhat öljyt lasketaan pois öljypohjassa olevasta öljynvaihtopropusta ja vanha suodatin vaihdetaan uuteen. Uuden öljynsuodattimen ja öljynvaihtopropun kiinnittämisen jälkeen moottoriin lisätään uutta moottoriöljyä. Moottoriöljyä lisätään moottoriin noin 0,5 litraa vähemmän, kuin mitä moottorin öljytilavuus on. Öljyn lisäyksen jälkeen tarkastetaan öljyn mittatikusta öljymäärä, minkä jälkeen lisätään Fortè Top End Treatment- sekä Seal Conditioner -tuotteet uuden öljyn sekaan. Tarkastetaan vielä öljyn määrä mittatikusta ja lisätään tarvittaessa uutta moottoriöljyä.

Vanha polttoainesuodatin otetaan pois ja ennen uuden suodattimen asennusta, se täytetään dieselkäyttöisessä autossa Fortè Advanced Diesel Fuel Conditioner -aineella ja bensiinikäyttöisessä vastaavasti Fortè Fuel System Cleaner -aineella. Jos koko pakkaus ei mahdu suodattimeen, kaadetaan loput suoraan polttonestesäiliöön. Säiliöön, joka on täynnä polttonestettä, lisätään dieselkäyttöisessä autossa yksi pakkaus Fortè Advanced Fuel Conditioner -ainetta ja bensiinikäyttöisessä autossa Fortè Gas Treatment -ainetta yksi pakkaus. Tämän jälkeen autot ovat valmiita ajoa varten.

6 MITTAUSTULOKSET

6.1 Ford Mondeo

Ford Mondeo mitattiin ennen Fortè-käsittelyä, kun auton mittarilukema oli 271 563 km. Käsittelyn jälkeiset mittaukset tehtiin noin viikon kuluttua ensimmäisistä mittauksista, jolloin mittarilukema oli 271 954 km. Mittausten välillä kilometrejä oli kertynyt 391 km. Taulukoista 4 - 7 nähdään Ford Mondeon mittaustulokset ennen ja jälkeen puhdistuksen.

TAULUKKO 4. Ford Mondeon tehomittaustulokset

	Ennen puhdistusta	Puhdistuksen jälkeen	Muutos (%)	Muutos
Teho	98,5 kW @3280 rpm	99,8 kW @3250 rpm	+ 1,3 %	+ 1,3 kW
Vääntömomentti	325,1 Nm @2780 rpm	313,8 Nm @2750 rpm	- 3,5 %	- 11,3 Nm

TAULUKKO 5. Ford Mondeon pakokaasupäästömittaukset

	Ennen puhdistusta	Puhdistuksen jälkeen	Muutos (%)	Muutos
k-arvo	0,88	0,88	0,0%	0,0

TAULUKKO 6. Ford Mondeon puristuspainemittaukset

Sylinteri	Ennen puhdistusta	Puhdistuksen jälkeen	Muutos (%)	Muutos (bar)
1	29,0 bar	29,5 bar	+ 1,7 %	+ 0,5 bar
2	29,5 bar	30,0 bar	+ 1,7 %	+ 0,5 bar
3	30,0 bar	30,5 bar	+ 1,7 %	+ 0,5 bar
4	30,0 bar	30,0 bar	+ 0,0 %	+ 0,0 bar
Suurin ero	1,0 bar	1,0 bar		
Suurin perättäisten ero	1,0 bar	1,0 bar		

TAULUKKO 7. Ford Mondeon ruiskutussuuttimien korjausarvomittaukset

Sylinteri	Ennen puhdistusta	Puhdistuksen jälkeen	Muutos (%)	Muutos (mg/H)
1	-1,40	-0,58	58,6 %	-0,82
2	0,95	0,58	39,0 %	-0,37
3	-1,05	-0,70	33,3 %	-0,35
4	1,50	0,70	53,3 %	-0,80

6.2 Volkswagen Caddy

Volkswagen Caddyyn tehtiin Fortè-käsittely, kun mittarilukema oli 367 824 km. Ennen käsittelyä Caddyyn tehtiin lähtöarvomittaukset. Reilun viikon päästä käsittelystä, Caddyyn tehtiin puhdistuksen jälkeiset mittaukset mittarilukeman ollessa 368 981 km. Mittausten välillä kilometrejä oli siis kertynyt 1 157 km. Taulukoista 8 - 11 nähdään Volkswagen Caddyn mittaustulokset ennen ja jälkeen Fortè-käsittelyyn.

TAULUKKO 8. Volkswagen Caddyn tehomittaustulos ennen puhdistusta

	Ennen puhdistusta	Puhdistuksen jälkeen	Muutos (%)	Muutos
Teho	63,2 kW @4120 rpm	-	-	-
Vääntömomentti	159,1 Nm @3370 rpm	-	-	-

TAULUKKO 9. Volkswagen Caddyn pakokaasupäästömittaukset

k-arvo	Ennen puhdistusta	Puhdistuksen jälkeen	Muutos (%)	Muutos
1. mittaus	2,37	3,07	29,5 %	+ 0,7
2. mittaus	2,31	2,79	20,8 %	+ 0,5
3. mittaus	2,32	2,54	9,5 %	+ 0,2

TAULUKKO 10. Volkswagen Caddyn ohivuotomittaukset

Sylinteri	Ennen puhdistusta	Puhdistuksen jälkeen	Muutos
1	2,0 %	1,0 %	- 1,0 %
2	6,0 %	4,0 %	- 2,0 %
3	3,0 %	2,0 %	- 1,0 %
4	6,0 %	3,0 %	- 3,0 %

TAULUKKO 11. Volkswagen Caddyn puristuspainemittaukset

Sylinteri	Ennen puhdistusta	Puhdistuksen jälkeen	Muutos (%)	Muutos (bar)
1	26,0 bar	27,0 bar	+ 3,8 %	+ 1,0 bar
2	23,0 bar	23,5 bar	+ 2,2 %	+ 0,5 bar
3	26,0 bar	27,0 bar	+ 3,8 %	+ 1,0 bar
4	26,0 bar	26,0 bar	+ 0,0 %	+ 0,0 bar
Suurin ero	3,0 bar	3,5 bar		
Suurin perättäisten ero	3,0 bar	3,5 bar		

6.3 Toyota Corolla

Toyota Corollaan tehtiin Fortè-käsittely, kun mittarilukema oli 237 400 km. Ennen käsittelyä, Corollaan tehtiin käsittelyä edeltävät mittaukset. Toyota oli ajossa noin kaksi viikkoa, jonka jälkeen siihen tehtiin käsittelyn jälkeiset mittaukset, tällöin mittarilukema oli 238 509 km. Mittausten välillä kilometrejä oli tullut 1 109 km. Taulukoista 12 - 15 nähdään Corollasta saadut mittaustulokset.

TAULUKKO 12. Toyota Corollan tehomittaustulokset

	Ennen puhdistusta	Puhdistuksen jälkeen	Muutos (%)	Muutos
Teho	51,9 kW @6040 rpm	52,9 kW @6040 rpm	+ 1,9 %	+ 1,0 kW
Vääntömomentti	88,2 Nm @3080 rpm	90,7 Nm @2900 rpm	+ 2,8 %	+ 2,5 Nm

TAULUKKO 13. Toyota Corollan puristuspainemittaukset

Sylinteri	Ennen puhdistusta	Puhdistuksen jälkeen	Muutos (%)	Muutos (bar)
1	13,50 bar	14,00 bar	+ 3,7 %	+ 0,50 bar
2	12,00 bar	14,00 bar	+ 16,7 %	+ 2,00 bar
3	12,50 bar	14,00 bar	+ 12,0 %	+ 1,50 bar
4	13,50 bar	13,75 bar	+ 1,9 %	+ 0,25 bar
Suurin ero	1,50 bar	0,25 bar		
Suurin perättäisten ero	1,50 bar	0,25 bar		

TAULUKKO 14. Toyota Corollan pakokaasupäästömittaukset

Joutokäynti	Ennen puhdistusta	Puhdistuksen jälkeen	Muutos (%)	Muutos
Pyörintänopeus	950 rpm	900 rpm	- 5,3 %	- 50 rpm
Lambda	1,024	1,029	+ 0,5 %	+ 0,005
CO	0,144 %	0,147 %	+ 2,1 %	+ 0,003 %
CO ₂	14,79 %	14,57 %	- 1,5 %	- 0,22 %
HC	78 ppm	60 ppm	- 23,1 %	- 18 ppm
O ₂	0,69 %	0,78 %	+ 0,13%	+ 0,09 %
Co(cor)	0,145 %	0,150 %	+ 3,4 %	+ 0,005 %
Korotettu joutokäynti	Ennen puhdistusta	Puhdistuksen jälkeen	Muutos (%)	Muutos
Pyörintänopeus	2200 rpm	2280 rpm	+ 3,6 %	+ 80 rpm
Lambda	1,016	1,019	+ 0,3 %	+ 0,003
CO	0,245 %	0,197 %	- 19,6 %	-0,048 %
CO ₂	14,77 %	14,60 %	- 1,2 %	-0,17 %
HC	87 ppm	67 ppm	- 23,0 %	- 20 ppm
O ₂	0,60 %	0,61 %	+ 1,7 %	+ 0,01 %
Co(cor)	0,245 %	0,200 %	- 18,4 %	- 0,045 %

TAULUKKO 15. Toyota Corollan ohivuotomittaukset

Sylinteri	Ennen puhdistusta	Puhdistuksen jälkeen	Muutos
1	18,0 %	15,0 %	- 3,0 %
2	13,0 %	14,0 %	+ 1,0 %
3	13,0 %	14,0 %	+ 1,0 %
4	13,0 %	15,0 %	+ 2,0 %

6.4 Nissan Sunny

Nissan Sunnyn mittarilukema käsittelyä edeltävien mittauksien aikana oli 304 757 km. Mittausten jälkeen tehtiin Fortè-käsittely, jonka jälkeen Sunny oli ajossa noin kaksi viikkoa. Puhdistuksen jälkeiset mittaukset tehtiin, kun Nissanin mittarilukema oli 305 315 km. Mittausten välillä kilometrejä kertyi 558 km. Taulukoista 16 - 18 nähdään Nissanin mittaustulokset.

TAULUKKO 16. Nissan Sunnyn ohivuotomittaukset

Sylinteri	Ennen puhdistusta	Puhdistuksen jälkeen	Muutos
1	15,0 %	12,0 %	- 3,0 %
2	14,0 %	13,0 %	- 1,0 %
3	16,0 %	12,0 %	- 4,0 %
4	15,0 %	13,0 %	- 2,0 %

TAULUKKO 17. Nissan Sunnyn pakokaasupäästömittaukset

Joutokäynti	Ennen puhdistusta	Puhdistuksen jälkeen	Muutos (%)	Muutos
Pyörintänopeus	970 rpm	920 rpm	- 5,2 %	- 50 rpm
Lambda	1,026	1,072	+ 4,5 %	+ 0,046
CO	0,255 %	0,152 %	- 40,4 %	- 0,103 %
CO ₂	14,45 %	13,92 %	- 3,7 %	- 0,53 %
HC	180 ppm	146 ppm	- 18,9 %	- 34 ppm
O ₂	0,91 %	1,71 %	+ 87,9 %	+ 0,80 %
Co(cor)	0,260 %	0,162 %	- 37,7 %	- 0,098 %

TAULUKKO 18. Nissan Sunnyn puristuspainemittaukset

Sylinteri	Ennen puhdistusta	Puhdistuksen jälkeen	Muutos (%)	Muutos (bar)
1	14,00 bar	14,50 bar	+ 3,6 %	+ 0,50 bar
2	14,25 bar	13,50 bar	- 5,3 %	- 0,75 bar
3	14,50 bar	14,00 bar	- 3,4 %	- 0,50 bar
4	14,50 bar	14,00 bar	- 3,4 %	- 0,50 bar
Suurin ero	0,50 bar	1,00 bar		
Suurin perättäisten ero	0,50 bar	1,00 bar		

7 MITTAUSTULOSTEN KÄSITTELY

Jokaisen testauksissa olleen auton mittaustuloksia käsitellään erikseen. Kaikkien testikohteiden sytytysjärjestys oli 1-3-4-2.

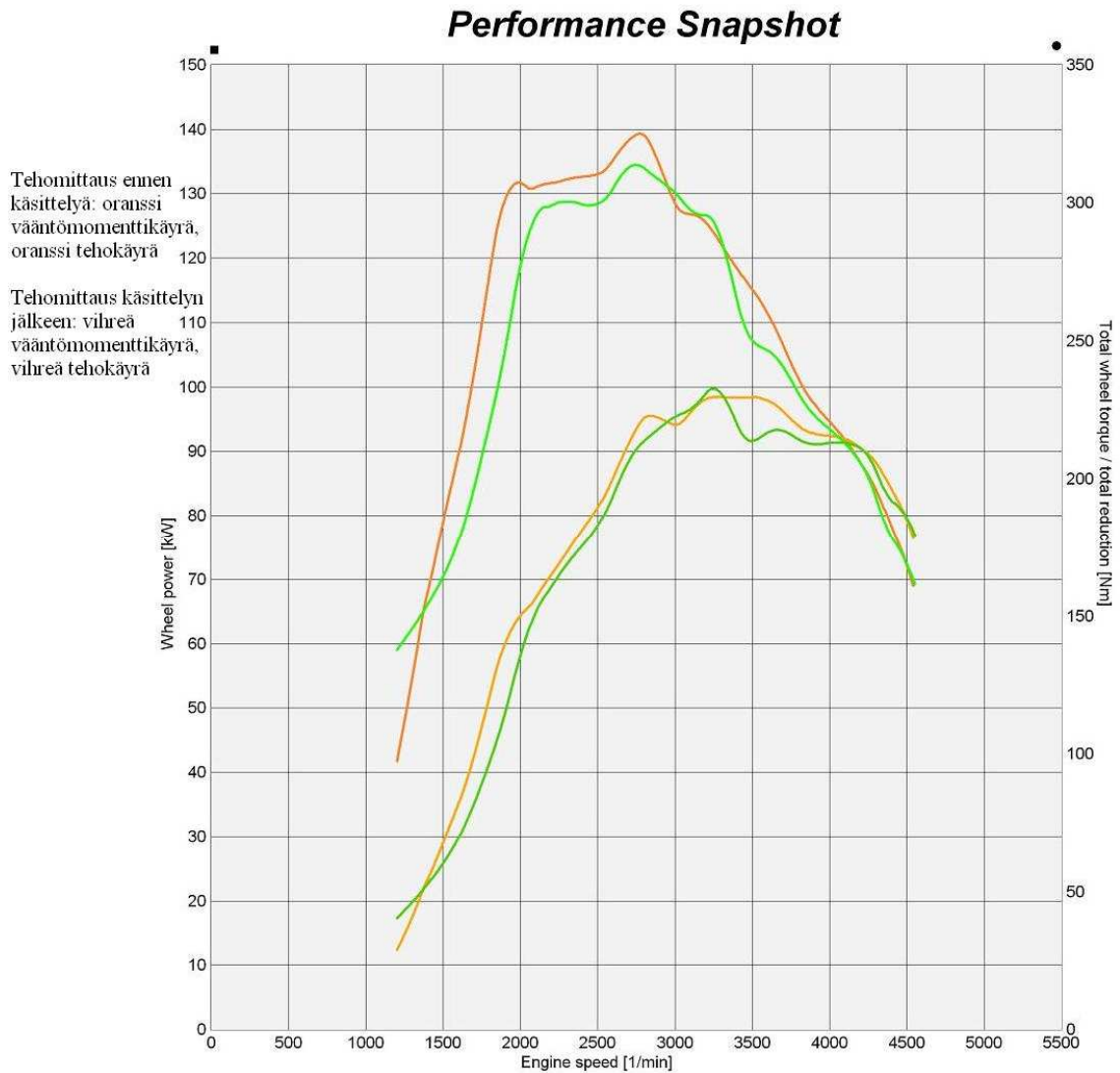
7.1 Ford Mondeo

Testiauto Ford Mondeota mitattiin neljällä eri tavalla: Mondeoon tehtiin teho-, pakokaasupäästö-, puristusaine-, sekä ruiskutuslaitteiden korjausarvomittaus. Kaikki mittaukset suoritettiin sekä ennen, että jälkeen Fortè-käsittelyn. Fordin puristusaine- ja pakokaasupäästömittausten tulokset löytyvät liitteestä 1.

Kuvasta 31 nähdään Mondeon molempien tehomittausten teho- ja vääntömomenttikäyrät. Moottorin vääntömomentti lähes koko moottorin käyttöalueella oli korkeammalla ennen käsittelyä, kuin käsittelyn jälkeen. Ennen käsittelyä, vääntömomentti oli suurimmillaan 325,1 Nm pyörintänopeudella 2 780 rpm. Käsittelyn jälkeisessä tehomittauksessa vääntömomentti oli suurimmillaan 313,8 Nm pyörintänopeudella 2 750 rpm. Mittausten vääntömomenttihuippujen erot olivat peräti 11,3 Nm, eli Fortè-käsittelyn vaikutuksesta vääntömomentti oli pienentynyt noin 3,5 %. Maksimiteho ennen käsittelyä oli 98,5 kW pyörintänopeudella 3 280 rpm. Käsittelyn jälkeen maksimitehoksi mitattiin 99,8 kW pyörintänopeudella 3 250 rpm. Huipputeho oli siis kasvanut Fortè-käsittelyn seurauksena 1,3 kW, joka tarkoittaa 1,3 % tehon kasvua.

Ennen Fortè-käsittelyä tehdyssä pakokaasupäästömittauksessa k-arvoksi, eli niin sanotuksi valonläpäisykerroimeksi mitattiin 0,88. Ennen pakokaasupäästömittausta Mondeoon oli juuri tehty tehomittaus. Käsittelyn jälkeisessä pakokaasupäästömittauksessa k-arvoksi mitattiin uudestaan 0,88. Tämäkin mittaus suoritettiin välittömästi tehomittauksen jälkeen, jolloin pakoputkessa on mahdollisimman vähän karstaa moottorin tehomittauksessa kuormittami-

sen johdosta. Mondeon pakokaasupäästöt pysyivät siis samana käsittelystä huolimatta.



KUVA 31. Ford Mondeon tehomittauskäyrät ennen ja jälkeen puhdistuksen, vääntömomenttikäyrät kuvassa ylempänä

Ennen Fortè-käsittelyä Mondeosta mitatut puristusaineet olivat tasaiset välillä 29,0 - 30,0 bar, peräkkäin sytyttävien sylinterien puristusaine-erojen ollessa 1,0 bar. Käsittelyn seurauksena puristusaineet nousivat tasaisesti 1,7 % eli 0,5 bar, 4. sylinteriä lukuunottamatta. Tällöin puristusaineet sylinterissä olivat välillä 29,5 - 30,5 bar, peräkkäin sytyttävien sylinterien puristusaine-erojen ollessa suurimmillaan 1,0 bar, joten oli tapahtunut pienenä parantumista.

Ruiskutussuuttimien korjausarvomittauksissa käsittelyä edeltävät korjausarvot olivat suurimmillaan 1,40 - 1,50 mg/H. Mitä pienemmät korjausarvot ovat, sitä paremmassa tasapainossa suuttimet ovat toisiinsa nähden. Kaikkien suuttimien korjausarvojen summaksi tulee 0, joten osa suuttimista ruiskuttaa ylimääräistä polttoainetta sylinteriin ja osa suuttimista taas vähentää vastavasti polttoaineen syöttöä. Fortè-käsittelyn vaikutuksesta mitatut suuttimien korjausarvot olivat enää 0,58 - 0,70 mg/H, joten prosentuaalisesti parannusta oli tapahtunut osalla suuttimista jopa noin 58 %.

7.2 Volkswagen Caddy

Volkswagen Caddy -testiautoon tehtiin seuraavat mittaukset: pakokaasupäästö-, ohivuoto-, puristusaine-, sekä tehomittaus. Valitettavasti tehomitauksetta ei voitu toistaa enää Fortè-käsittelyn jälkeen, koska Caddyn kytkin alkoi luistamaan kytkimeen päässeen moottoriöljyn vaikutuksesta.

Volkswagenin puristusaine- ja pakokaasupäästömittausten tulokset löytyvät liitteestä 2.

Pakokaasupäästömittauksien k-arvot, eli valonläpäisykertoimet ennen käsittelyä olivat seuraavanlaiset: 2,37; 2,31 sekä 2,32. Käsittelyn jälkeiset pakokaasupäästömittauksien k-arvot olivat kasvaneet: 3,07; 2,79 sekä 2,54. K-arvon kasvaminen on tuskin yhteydessä Fortè-käsittelyyn, koska mekaanisella syöttöpumpulla olevan dieselmoottorisen auton ajotyylillä vaikuttaa suuresti päästöjen määrään. Jos autolla ajetaan kevyellä kaasulla juuri ennen mittausta, karstoittuu pakoputkisto ja siten päästömittausten tulokset voivat olla todellista suuremmat ja vääristyneet, kuten tässä tapauksessa.

Ennen puhdistusta, Caddyn puristusaineissa oli selvä heitto 2. sylinterissä. Sylintereissä 1, 3 ja 4 oli 26,0 bar puristusaineet, mutta 2. sylinterissä oli ainoastaan 23,0 bar puristusaine. Fortè-käsittelyn jälkeen puristusaineet mitattiin uudestaan ja kolmen sylinterin puristusaineet olivat parantuneet. Ensimmäisen ja kolmannen sylinterin puristusaineet olivat kasvaneet 1,0 bar verran, joten ne olivat nyt 27,0 bar. Toisen sylinterin puristusaine kasvoi arvoon 23,5 bar. Neljännen sylinterin puristusaine pysyi ennallaan 26,0 bar

arvossa. Ennen käsittelyä suurin ero peräkkäin sytyttävien sylinterien puristus-
paineiden välillä 3,0 bar, käsittelyn jälkeen ero kasvoi 3,5 bar:iin.

Volkswagen Caddyn ohivuotomittaus tulokset eivät näytä moottorin todellisia
ohivuotoja, mutta niiden avulla nähdään Fortè-käsittelyn vaikutusta vuotojen
määrään. Syy ohivuotojen pieneen määrään johtuu ohivuotomittauksissa
käytetystä suutinadapterin ja letkun väliin asennetusta väliliittimestä, joka
osaltaan ahdisti paineilman kulkua mitattavaan sylinteriin. Ennen käsittelyä
mitatut ohivuodot olivat seuraavanlaisia, alkaen 1. sylinteristä: 2 %, 6 %, 3 %
sekä 6 %. Fortè-käsittelyn jälkeen ohivuodot mitattiin uudestaan ja saatiin
seuraavanlaisia tuloksia, alkaen 1. sylinteristä: 1 %, 4 %, 2 % ja 3 %. Ohi-
vuotojen määrä vähentyi käsittelyn seurauksena 1-3 %-yksikköä.

7.3 Toyota Corolla

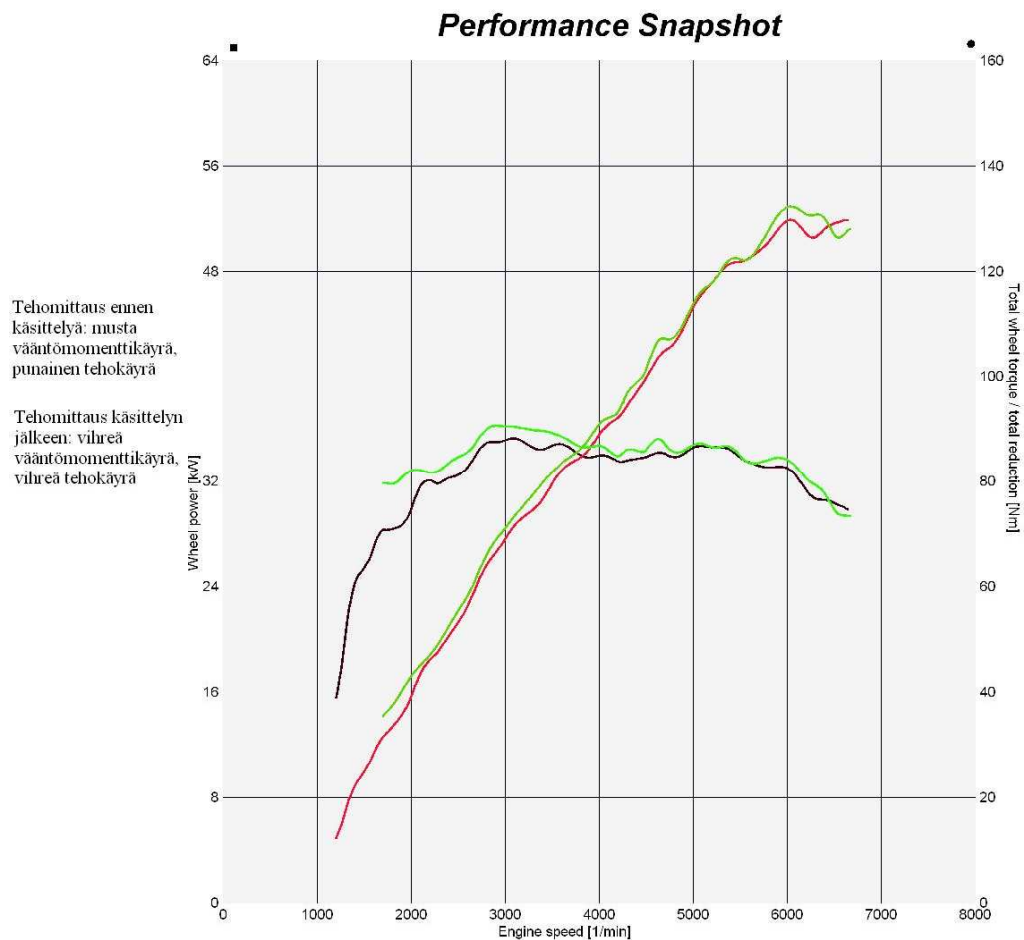
Toyota Corollaan tehtiin 4 erilaista mittausta, joiden avulla Fortè-käsittelyn
vaikutusta moottorin toimintaan ja kuntoon oli mahdollista analysoida. Corol-
laan tehtiin pakokaasupäästö-, ohivuoto-, puristus- ja tehomittaus.
Toyotan puristus- ja pakokaasupäästämittausten tulokset löytyvät liit-
teestä 3.

Koska Corolla on varustettu kolmitoimikatalysaattorilla, oli pakokaasupäästöt
otettava sekä joutokäynnillä, että korotetulla joutokäynnillä eli pyörintäno-
peuden ollessa yli 2 000 rpm. Taulukosta 14 nähdään Corollan pakokaasu-
päästöt ennen ja jälkeen Fortè-käsittelyn. Pakokaasupäästöt olivat erittäin
hyvät ja menivät ilman käsittelyäkin helposti raja-arvojen alle. Ennen puhdis-
tuskäsittelyä pakokaasupäästöt olivat joutokäynnillä HC 100 ppm, CO 0,5 %
ja korotetulla joutokäynnillä HC 100 ppm, CO 0,3 %.

Ennen käsittelyä hiilivedyn (HC) määrä joutokäynnillä oli 78 ppm, käsittelyn
jälkeen 60 ppm. Hiilivedyn, eli palamattoman polttoaineen määrä väheni
noin 23 % joutokäynnillä. Epätäydellisen polttoaine-ilmaseoksen palamisen
seurauksena syntyvän hiilimonoksidin (CO) määrä joutokäynnillä oli 0,144
%, käsittelyn jälkeen 0,147 %. CO:n määrä kasvoi noin 2 %. Korotetulla jou-

tokäynnillä HC-pitoisuus oli 87 ppm, käsittelyn jälkeen 67 ppm. Korotetun joutokäynnin HC-pitoisuus pieneni noin 23 %. Korotetulla joutokäynnillä CO-pitoisuus oli 0,245 %, käsittelyn jälkeen 0,197 %. CO-pitoisuus pieneni noin 19 %. Myös hiilidioksidin (CO₂) pitoisuus väheni sekä joutokäynnillä, että korotetulla joutokäynnillä noin 1,2-1,5 %.

Toyota Corollaan tehtiin tehomittaus, josta saatiin tulokseksi 51,9 kW pyörintänopeudella 6 040 rpm, sekä 88,2 Nm pyörintänopeudella 3 080 rpm. Fortè-käsittelyn jälkeen tehomittaus tehtiin uudestaan, jonka jälkeen tulokset muuttuivat hieman parempaan suuntaan: 52,9 kW pyörintänopeudella 6 040 rpm, 90,7 Nm pyörintänopeudella 2 900 rpm. Teho kasvoi 1,0 kW eli noin 1,9 %, vääntömomentti 2,5 Nm eli noin 2,8 %. Kuvasta 32 nähdään teho- ja vääntömomenttikäyrät ennen ja jälkeen käsittelyn.



KUVA 32. Toyota Corollan tehomittauskäyrät ennen ja jälkeen puhdistuksen, vääntömomenttikäyrät kuvassa alempana

Ennen Fortè-käsittelyä Corollasta mitatut puristusaineet olivat välillä 12,0 - 13,5 bar. Suurin sytytysjärjestyksessä peräkkäin olevien sylintereiden puristusaineiden ero oli 1,5 bar. Puristusaineet sylintereissä olivat seuraavanlaiset ennen käsittelyä, alkaen 1. sylinteristä: 13,5 bar, 12,0 bar, 12,5 bar sekä 13,5 bar. Käsittelyn jälkeen puristusaineet mitattiin uudestaan, puristusaineet kasvoivat jokaisessa sylinterissä välillä 0,5-2,0 bar, eli noin 2-16 %. Puhdistuksen jälkeen puristusaineet olivat seuraavanlaiset, alkaen 1. sylinteristä: 14,0 bar, 14,0 bar, 14,0 bar sekä 13,75 bar. Suurin sytytysjärjestyksessä perättäisten sylinterien puristusaine-ero oli enää 0,25 bar. Puristusaineet sylintereiden välillä tasoittuivat ja parantuivat.

Ennen käsittelyä tehtyjen ohivuotomittausten mittaustulokset olivat seuraavanlaiset, alkaen 1. sylinteristä: 18 %, 13 %, 13 % sekä 13 %. Ensimmäisen sylinterin ohivuodon määrä oli suurempi, kuin muiden sylintereiden. Fortè-käsittelyn jälkeen ohivuotomittaukset tehtiin uudelleen ja saatiin seuraavanlaisia tuloksia, alkaen 1. sylinteristä: 15 %, 14 %, 14 % sekä 15 %. Ensimmäisen sylinterin muita suurempi ohivuodon määrä vähentyi 3 %-yksikköä, mutta muiden sylintereiden ohivuodon määrä kasvoi noin yhdellä prosenttiyksiköllä.

7.4 Nissan Sunny

Nissan Sunnyyn tehtiin kolme mittausta: ohivuo-, puristusaine-, sekä pakokaasupäästömittaus. Tehomittausta ei ollut mahdollista suorittaa, koska Nissanin kytkin ei pitänyt kunnolla. Kytkimen luistamisen takia tehomittauksesta ei olisi saanut vertailukelpoisia tuloksia. Nissanin puristusaine- ja pakokaasupäästömittausten tulokset löytyvät liitteestä 4.

Ennen käsittelyä tehtyjen ohivuotomittausten mittaustulokset olivat seuraavat, alkaen 1. sylinteristä: 15 %, 14 %, 16 % sekä 15 %. Sylintereiden ohivuotojen määrät olivat lähellä toisiaan. Fortè-käsittelyn jälkeen ohivuotomittaukset tehtiin uudelleen ja saatiin seuraavanlaisia tuloksia, alkaen 1. sylinteristä: 12 %, 13 %, 12 % sekä 13 %. Jokaisessa sylinterissä ohivuodon määrä väheni 1-4 %-yksikköä.

Ennen Fortè-käsittelyä Sunnysta mitatut puristusaineet olivat välillä 14,0 - 14,5 bar. Suurin sytytysjärjestyksessä peräkkäin olevien sylintereiden puristusaineiden ero oli 0,5 bar. Puristusaineet sylintereissä olivat seuraavanlaiset ennen käsittelyä, alkaen 1. sylinteristä: 14,0 bar, 14,25 bar, 14,5 bar sekä 14,5 bar. Käsittelyn jälkeen puristusaineet mitattiin uudestaan, puristusaine kasvoi ensimmäisessä sylinterissä ja pieneni muissa kolmessa. Puhdistuksen jälkeen puristusaineet olivat seuraavanlaiset, alkaen 1. sylinteristä: 14,5 bar, 13,5 bar, 14,0 bar sekä 14,0 bar. Suurin sytytysjärjestyksessä perättäisten sylinterien puristusaine-ero oli 1,0 bar. Puristusaineet sylintereiden välillä kasvoivat hieman ja heikkenivät kolmessa sylinterissä.

Nissan Sunny on 1980-luvulla valmistetulle autolle tyypillisesti varustettu kaasuttimella, eikä autossa ole minkäänlaista katalysaattoria pakokaasupäästöjä pienentämässä. Pakokaasupäästöt tämän ikäisessä autossa ja ilman katalysaattoria otetaan vain joutokäynnillä. Päästörajat autossa ovat seuraavat: hiilimonoksidi (CO) 3,5 %, hiilivety (HC) 600 ppm. Ennen Fortè-käsittelyä Nissanin CO:n määrä oli vain 0,255 % ja HC 180 ppm. Muutkin pakokaasupäästökomponentit olivat hyvissä arvoissa.

Käsittelyn jälkeen CO:n määrä laski määrään 0,152 %, eli CO:n määrä pieneni yli 40 %. Myös HC:n määrä laski, käsittelyn jälkeen se oli vain 146 ppm. HC:n määrä pieneni yli 18 %. Näiden päästöjen pieneneminen viittaisi siihen, että polttoaine-ilmaseos paloi täydellisemmin Fortè-käsittelyn seurauksena. Hapen (O₂) määrä kasvoi arvosta 0,91 % arvoon 1,71 %, eli se kasvoi noin 88 %. Tämä vaikutti ilmakertoimeen, joka kasvoi arvosta 1,026 arvoon 1,072. Tämän perusteella voidaan sanoa, että polttoaine-ilmaseos on on vähän liian laihalla.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Yleisesti katsottuna mitatut arvot paranivat kaikissa testiautoissa muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Pakokaasupäästömittaukset dieselmoottorien osalta eivät ole täysin vertailukelpoisia keskenään, koska niissä mitattiin ai-noastaan k-arvoa eli valonläpäisykerrointa.

8.1 Pakokaasupäästöt

Dieselautojen ajotyyli ennen pakokaasupäästömittausten suorittamista vai-kuttaa suuresti k-arvoon. Jos esimerkiksi autolla on ajettu useita kilometrejä pienellä vaihteella ja korkealla moottorin pyörintänopeudella, on k-arvo huo-mattavasti pienempi kuin vastaavan matkan alhaisella pyörintänopeudella ajamisen jälkeen. Volkswagen Caddy:n pakokaasumittausten suoritusta edel-tävät ajot eivät täysin vastanneet toisiaan, joten Fortè-käsittelyn jälkeinen k-arvon kasvaminen voisi selittyä tällä.

Ford Mondeon pakokaasupäästömittaukset suoritettiin molemmilla kerroilla suoraan tehomittauksen jälkeen, joten kyseiset mittaustulokset ovat vertailu-kelpoisia keskenään. Mondeon k-arvo ei muuttunut käsittelyn vaikutuksesta mihinkään, vaan pysyi arvossa 0,88. K-arvon samana pysymiseen voi vaikut-taa Mondeon hyvä huoltohistoria, autoon on tehty huollot säännöllisesti 10 000 km välein ja polttoainesuodattimen vaihto vuosittain, joten moottori ja polttoainejärjestelmä ovat pysyneet puhtaana koko auton käyttöhistorian ajan.

Ottomoottoreiden pakokaasupäästöistä mitattiin neljää eri pakokaasukom-ponenttia: hiilivetyjä (HC), hiilimonoksidia (CO), hiilidioksidia (CO₂) sekä happea (O₂). Näiden komponenttien perusteella ohjelma laskee automaatti-esti ilmakertoimen (λ) arvon, joka on normaalisti välillä 0,97 - 1,03. Mo-lempien bensiinikäyttöisten autojen pakokaasupäästömittauksissa todettiin tapahtuneen parannusta HC-päästöjen osalta: Toyotan HC-päästöt jouto-

käynnillä ja korotetulla joutokäynnillä olivat vähentyneet noin 23 %, Nissanin noin 19 %. Myös CO-päästöissä oli tapahtunut muutosta: Toyotan CO-päästöt joutokäynnillä kasvoivat noin 2% ja korotetulla joutokäynnillä vähenivät lähes 20 %, Nissanin CO-päästöt pienenevät joutokäynnillä yli 40 %. HC- ja CO-päästöjen Fortè-käsittelyn saamien muutoksien perusteella polttoaineilmaseos on palanut palotilassa paremmin, kuin ennen käsittelyä. Palamisen laadun paranemiseen vaikuttaa koko polttoainejärjestelmän puhtaus, erityisesti suuttimien toiminnan parantuminen käsittelyn vaikutuksesta. CO₂-päästöt pienentyivät molemmissa bensiinimoottoreissa: Toyotan CO₂-päästöt vähenivät joutokäynnillä 1,5 % ja korotetulla joutokäynnillä 1,2 %, Nissanin CO₂-päästöt vähenivät 3,7 %.

Koska syntyvä hiilidioksidin määrä on suoraan verrannollinen polttonesteen kulutukseen, voidaan todeta että Toyotan polttonesteen kulutus vähenisi noin 1,35 %, joka on keskiarvo joutokäynnin ja korotetun joutokäynnin CO₂-päästöjen vähenemisestä. Jos Toyotan keskikulutukseksi arvioitaisiin 7,5 litraa 100 kilometriä kohden, 1,35 % olisi 0,1 litraa/100 km, eli polttonesteen kulutus olisi 7,4 litraa/100 km. Jos autolla ajettaisiin 10 000 km vuodessa, polttonestettä kuluisi 10 litraa vähemmän yhtä vuotta kohden.

Nissanin CO₂-päästöt pienenevät joutokäynnillä 3,7 %. Jos Nissanin keskikulutukseksi arvioitaisiin 7,5 litraa 100 kilometriä kohden, polttonestettä kuluisi 0,2775 l/100 km vähemmän 3,7 % mukaan. Keskikulutus laskisi siis noin 7,1 litraan 100 kilometriä kohden. Jos autolla ajettaisiin vuodessa 10 000 km, polttonestettä kuluisi 27,75 litraa vähemmän yhdessä vuodessa.

Hapen (O₂) määrä Corollan pakokaasuissa ei käytännössä muuttunut mihinkään käsittelyn seurauksena. O₂:n määrä joutokäynnillä kasvoi 0,13 % ja korotetulla joutokäynnillä 1,7 %, tähän vaikutusta oli luultavimmin ympäristön lämpötilan- ja ilmanpaineen muutoksilla mittauksien välillä. Nissanin O₂:n määrä kasvoi arvosta 0,91 % arvoon 1,71 % mittausten välillä. Yhtenä syynä hapen määrän kasvuun pakokaasupäästöissä on kaasuttimen epätarkka polttoaineen syöttö, jolloin pakokaasukomponenttien määrät voivat hetkelli-

sesti vaihdella. Toinen vaihtoehto hapen kasvulle on mahdollinen pieni vuoto pakoputkessa, joka olisi tullut mittauksen välillä.

Katalysaattorilla varustetun moottorin ilmakertoimen tulisi olla välillä 0,97 - 1,03. Corollan ilmakerroin joutokäynnillä oli ennen käsittelyä 1,024 ja käsittelyn jälkeen 1,029. Korotetulla joutokäynnillä ilmakerroin oli 1,016 ennen käsittelyä ja käsittelyn jälkeen 1,019. Polttoaine-ilmaseos oli siis molempien mittausten aikana hieman laihalla.

Nissan Sunnyn ilmakerroin joutokäynnillä ennen Fortè-käsittelyä oli 1,026 eli moottori kävi hieman laihalla polttoaine-ilmaseoksella. Käsittelyn jälkeisessä mittauksessa ilmakerroin oli kasvanut arvoon 1,072. Syynä tähän on hapen määrän kasvaminen käsittelyn jälkeen, jonka syitä on käsitelty edellä.

Saatujen pakokaasupäästömittausten tulosten perusteella voidaan todeta, että Fortè-käsittelyllä on ollut päästöjä pienentävä vaikutus bensiiniautoihin.

8.2 Teho ja vääntömomentti

Tehomittaus suoritettiin kokonaisuudessaan kahteen autoon, Toyota Corollaan ja Ford Mondeoon. Toyota Corollassa oli tapahtunut parannusta Fortè-käsittelyn jälkeisissä mittauksissa. Teho oli kasvanut 1,9 % ja vääntömomentti 2,8 %. Erot mittausten välillä olivat pieniä, huipputehoilla eroa oli vain 1,0 kW ja huippuvääntömomenteilla 2,5 Nm. Käsittelyn jälkeiset teho- ja vääntömomenttikäyrät olivat tasaisesti korkeammalla kuin sitä edeltävän mittauksen käyrät. Ilman lämpötila oli noin 2 °C tarkk uudella sama molempia mittauksia suorittaessa ulkolämpötilan ollessa noin +14 °C, joten käsittely on vaikuttanut Corollan tehoon ja vääntömomenttiin positiivisin tuloksin. Mittaustuloksia analysoitaessa ei otettu huomioon ilman lämpötilasta johtuvaa korjauskerrointa.

Ford Mondeon tehomittausten lopputuloksena auton huipputeho on kasvanut 1,3 kW, eli noin 1,3 %. Vääntömomentin huippu on kuitenkin pienentynyt 11,3 Nm, eli noin 3,5 %. Ennen Fortè-käsittelyä saadut teho ja vääntömo-

mentin käyrät ovat koko matkaltaan korkeammalla, kuin käsittelyn jälkeen mittauksista saadut käyrät lukuun ottamatta käsittelyn jälkeistä huipputehon piikkiä pyörintänopeudella 3 250 rpm. Muuten käsittelyä edeltävät ja käsittelyn jälkeiset käyrät seuraavat toisiaan hyvin samalla tavalla. Mondeoon Fortè-käsittely vaikutti vääntömomenttia alentavasti koko moottorin käyttöalueella.

8.3 Puristusaineet

Puristusaineet mitattiin kaikista neljästä mittauskohteesta. Puristusaineet kasvoivat kolmessa neljästä autosta Fortè-käsittelyn seurauksena. Ainoastaan Nissanin puristusaineet pienenevät käsittelyn lopputuloksena. Puristusaineiden kasvuun vaikutti todennäköisesti venttiileistä irronnut karsta, jolloin venttiilit tiivistyivät paremmin kanteen.

Ford Mondeossa käsittely vaikutti puristusaineisiin positiivisesti, puristusaineet kasvoivat kolmessa sylinterissä 0,5 bar ja sylinterien väliset puristusaineiden erot tasoittuivat. Ennen käsittelyä puristusaineet olivat välillä 29,0 - 30,0 bar, käsittelyn jälkeen mitatut puristusaineet kasvoivat välille 29,5 - 30,5 bar.

Volkswagen Caddyn puristusaineet kasvoivat kolmessa sylinterissä Fortè-käsittelyn ansiosta. Ennen käsittelyä kolmen sylinterin puristusaineet olivat 26,0 bar yhden sylinterin puristusaineiden ollessa vain 23,0 bar. Käsittelyn jälkeisissä mittauksissa huonoimman sylinterin puristusaine kasvoi 23,5 bar:iin, yhden sylinterin puristusaine pysyi 26,0 bar:ssa ja kahden sylinterin puristusaineet kasvoivat 26,0 bar:sta 27,0 bar:iin. Sylinterien väliset erot kasvoivat hieman käsittelyn lopputuloksena.

Suurin vaikutus puristusaineisiin tapahtui Toyota Corollassa, jossa puristusaineet kasvoivat Fortè-käsittelyn jälkeen joka sylinterissä. Ennen käsittelyä puristusaineet olivat välillä 12,0 - 13,5 bar, mutta käsittelyn seurauksena puristusaineet kasvoivat ja tasoittuivat puristusaineiden ollessa yhdessä sylinterissä 13,75 bar ja kolmessa sylinterissä 14,0 bar.

Nissan Sunnyn puristusaineet ennen Fortè-käsittelyä olivat tasaisesti välillä 14,0 - 14,5 bar. Käsittelyn jälkeen puristusaineiden mittauksissa yhden sylinterin puristusaine oli kasvanut ja kolmen sylinterin heikentynyt. Puristusaineet olivat käsittelyn jälkeen välillä 13,5 - 14,5 bar.

8.4 Sylinterin ohivuodot

Sylinterin ohivuodon määrään vaikuttaa venttiilien-, männänrenkaiden-, kanteen tiivisteiden-, kanteen- ja sylinterilohkon tiiveys. Ohivuotomittaus tehtiin kolmeen testiajoneuvoon, ainoastaan Ford Mondeoon ei tehty kyseistä mittaus- ta Mondeoon soveltumattoman adapterin takia.

Volkswagen Caddyssä ja Nissan Sunnyssä ohivuodon määrä pieneni, mutta Toyota Corollassa ohivuoto kasvoi kolmessa sylinterissä. Syy Corollan ohivuodon kasvamiseen selittyy mittauksen epätarkkuudella. Koska adapteria ei voinut kiristää kanteen joka mittauksia varten samaan momenttiin, erisuuruisia pieniä vuotoja on voinut esiintyä adapterin ja sylinterikanteen välillä. Caddyssä ja Sunnyn ohivuodot pienenevät todennäköisesti venttiileistä liuenneen karstan ansiosta, sekä männänrenkaiden puhdistumisesta seuranneesta paremmasta tiivistymisestä sylinteriseinämiin.

8.5 Ruiskutuslaitteiden korjausarvot

Ruiskutuslaitteiden korjausarvomittaus oli mahdollista suorittaa vain Ford Mondeoon, josta löytyy OBD-liitäntä. Tämän kautta Mondeon moottorinohjauksikkoon pääsi käsiksi ja katsomaan ruiskutuslaitteiden oppimis- eli korjausarvoja.

Ennen Fortè-käsittelyä suuttimien korjausarvot olivat seuraavat, alkaen 1. sylinteristä: - 1,40 mg/H, + 0,95 mg/H, - 1,05 mg/H, sekä + 1,50 mg/H. Ensimmäisen- ja neljännen sylinterin suuttimien korjausarvot olivat hieman muita suuremmat. Käsittelyn seurauksena korjausarvot olivat seuraavat, alkaen 1. sylinteristä: - 0,58 mg/H, + 0,58 mg/H, - 0,7 mg/H, sekä + 0,7 mg/H. Suuttimien korjausarvot olivat lähentyneet tavoiteltua arvoa 0 mg/H. Paran-

tuminen suuttimien oppimisarvoissa kertoo, että karstan määrä suuttimeneuloissa on vähentynyt tai poistunut kokonaan, ylimääräinen vastus vähentynyt ja suuttimien tasapainotila on parantunut.

9 YHTEENVETO

Työssä selvitettiin Fortè-puhdistusaineiden vaikutusta neljän toisistaan poikkeavan ajoneuvon moottorin ominaisuuksiin. Jokaista testiajoneuvoa mitattiin vähintään kolmella eri kokeella, jotta Fortè-aineiden todellista vaikutusta voitiin todentaa useamman eri mittaustuloksen perusteella. Tutkimuksen tavoitteena oli tutkia, miten Fortè-puhdistusaineet todellisuudessa vaikuttavat tutkimuksen kohteena oleviin moottoreihin.

Tutkimus aloitettiin etsimällä neljä erilaisilla polttoaineen syöttöjärjestelmällä olevaa ajoneuvoa mittauskohteiksi. Suunnitelmissa oli, että mitattaisiin kaksi dieselmoottorilla ja kaksi ottomoottorilla olevaa autoa. Testiautoiksi löytyi yksi elektronisesti ohjatulla monipisteruiskutusjärjestelmällä oleva ottomoottori, yksi kaasuttimella oleva ottomoottori, yksi perinteisellä mekaanisella jakajapumpulla oleva dieselmoottori sekä yksi nykyaikainen yhteispaineruiskutuksella oleva dieselmoottori.

Fortè-käsittelyn tutkimista varten oli käytössä viisi erilaista tutkimusmenetelmää, joiden perusteella käsittelyn vaikutusta pystyi analysoimaan. Tutkimuksessa käytettiin tehomittaus-, puristusaine-, ohivuoto-, pakokaasupäästö- sekä ruiskutussuuttimien korjausarvomittauksia. Näiden menetelmien avulla käsittelyn vaikutuksia oli mahdollista tutkia ja analysoida.

Mittaukset suoritettiin Oulun seudun ammattikorkeakoulun autolaboratoriossa kolmessa erässä. Käsittelyä edeltävät mittaukset ja Fortè-käsittely tehtiin viikoilla 16 ja 17 ja käsittelyn jälkeiset mittaukset suoritettiin viikolla 19. Koheet menivät suunnitelmien ja ennalta suunnitellun aikataulun mukaisesti. Mittauksien onnistumiseen vaikutti se, että mittausmenetelmät ja mittalaitteiden käyttö olivat ennestään tuttuja eikä mittalaitteiden käytön opettelemiseen tarvinnut käyttää ylimääräistä aikaa.

Mittaustuloksien perusteella Fortè-käsittelyllä on ollut pääosin pelkästään moottorin toimintaa parantava vaikutus muutamaa poikkeusta

lukuunottamatta. Käsittelyllä oli erityisesti vaikutusta ottomoottorien pakokaasupäästöjen vähenemiseen sekä Ford Mondeon ruiskutussuuttimien korjausarvojen pienenemiseen. Fortè-käsittely myös vaikutti pääosin moottorin ohivuotoa pienentävästi sekä puristusaineita parantavasti. Käytännössä Fortè-käsittelyllä oli heikentävä vaikutus vain Ford Mondeon vääntömomenttiin, joka voitiin todentaa tehomittauksen avulla.

Tutkimus oli autolaboratorion kokeiden kannalta erittäin mielenkiintoinen ja opettava kokemus. Kokeiden tekemisessä oli riittävästi haastetta ja niistä saadut tutkimustulokset olivat riittävän laajat Fortè-käsittelyn vaikutusten tutkimista ajatellen. Työn teoria kertoi pakokaasupäästöistä ja niiden erilaisista vähennyskeinoista. Pakokaasupäästöjen eri komponentteihin syventyminen teoriaa kirjoitettaessa auttoi myöhemmässä vaiheessa ottomoottorien päästömittaustuloksien syvällisemmässä analysoinnissa.

Jos työn tekemiseen ei olisi ollut näin tiukka aikataulu, olisi mittauksia voinut suorittaa useamman kerran. Ensimmäisenä olisi voinut tehdä kokeet käytetyillä ja uusilla moottoriöljyillä, jolloin olisi nähnyt pelkästään uuden öljyn todennäköisesti parantavan vaikutuksen käytettyyn öljyyn verrattuna. Tämän jälkeen olisi voinut tehdä Fortè-käsittelyn ja välittömästi kokeet uudestaan. Käsittelyn jälkeen mittaukset olisi voinut suorittaa vielä muutamaan kertaan; esimerkiksi 3 000 km, 6 000 km ja 9 000 km jälkeen käsittelystä. Näin olisi nähty, mikä vaikutus käsittelyllä on moottoriin pidemmällä ajanjaksolla.

Työ olisi pitänyt aikatauluttaa pidemmälle välille aikataulun nyt ollessa ainoastaan kaksi kuukautta. Kirjoitusosuuden sekä kokeiden tekemisen olisi voinut aloittaa huomattavasti aiemmin. Pelkästään kokeiden suorittamiseen autolaboratoriossa meni kahdeksan täyttä työpäivää, eli noin 64 tuntia. Myös kirjoitusosuuden tekeminen vei yllättävän paljon aikaa.

LÄHTEET

1. Tecalemit Oy - Korjaamotarvikkeet - Moottorin sisäpuhdistus - Forte. Saatavissa: http://www.tecalemit.fi/tuotteet.php?kieli=1&sivu=tuotteet&r_id=116. Hakupäivä 31.3.2011.

2. Tecalemit Oy - Forte: Puhdistustuotteet ammattikäyttöön. Esite. Saatavissa: http://www.tecalemit.fi/files/File/Tecalemit/Korjaamotarvikkeet/forte_4s_25102010.pdf. Hakupäivä 4.4.2011.

3. Bosch, Robert 2003. Autoteknillinen taskukirja 6. painos. Jyväskylä: Gummerus Oy.

4. Bosch, Robert 1989. Ottomoottorien pakokaasutekniikka. Helsinki: Autoalan Koulutuskeskus Oy 1990.

5. Laurikko, Juhani 1987. Dieselmootoriautojen pakokaasupäästöt: Mittaaminen, rajoitukset ja puhdistustekniikka. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT).

6. Laurikko, Juhani – Vakkilainen, Aulis – Lehtinen, Arto – Hjon, Pekka – Honkanen, Markku – Pirjola, Liisa – Salminen, Jussi – Lehikoinen, Tapani – Lehtinen, Jarkko – Koskinen, Olavi H. 2003. Dieseltekniikka sekä poltto- ja voiteluaineet. Helsinki: Autoalan Koulutuskeskus Oy.

7. Ajoneuvohallintokeskus (Liikenteen Turvallisuusvirasto TraFi) - Dieselkäyttöisten autojen katsastukseen liittyvä pakokaasupäästöjen tarkastus. 2007. Saatavissa: <http://www.ake.fi/NR/rdonlyres/55CD138B-C52B-4813-98BD-264A91CB1D3E/0/19892082007.pdf>. Hakupäivä 2.5.2011.

8. Nylund, Nils-Olof – Laurikko, Juhani – Salonen, Raimo O. – Larmi, Martti – Parviainen, Heikki – Pirjola, Liisa – Ikonen, Markku – Mikkonen, Seppo -

Vakkilainen, Aulis – Tikkanen, Juha – Lintula, Kalevi – Erkkilä, Kimmo 2006. Liikenteen pakokaasupäästöt ja niiden vähentäminen. Helsinki: Autoalan Koulutuskeskus Oy.

9. Nylund, Nils-Olof – Kytö, Matti – Koponen, Päivi – Leppämäki, Eero 1985. Bensiiniautojen pakokaasupäästöjen määrät, puhdistus, mittaaminen ja päästörajat. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT).

10. Finlex - Ajantasainen lainsäädäntö. Valtioneuvoston asetus liikenteessä käytettävien ajoneuvojen liikennekelpoisuuden valvonnasta 19.12.2002/1245. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20021245>. Hakupäivä 5.5.2011.

11. Rototest Ab - Rototest Dynamometers For True Measurements. Saatavissa: <http://www.rototest.com/rototest-dynamometer.php>. Hakupäivä 5.5.2011.

12. Rototest Ab - Rototest VPA-RX Chassis Dynamometer. Saatavissa: <http://www.rototest.com/dynamometer/dyno-how-it-works.php?DN=29&Visitor=4>. Hakupäivä 5.5.2011.

13. Karttunen, Tuomo 1997. Fortè-moottorinpuhdistusaineiden testaus. Oulu: Oulun teknillinen oppilaitos, koneosasto. Teknikkotyö.

14. Lämpsä, Janne 2001. Fortè-tuotteiden testaaminen. Oulu: Oulun teknillinen oppilaitos, koneosasto. Teknikkotyö.

15. Pihlajasaari, Ari – Lehtinen, Jarkko 2006. Tekninen opas - Polttonestjärjestelmien ja moottorien likaantuminen. Helsinki: Oy Tecalemit Ab.

16. AutoDB.fi - Suomalainen autotietokanta - 2005 Ford Mondeo 2.0 TDCi Wagon Ghia. Saatavissa: <http://autodb.fi/model.php?carid=1907&compare=>. Hakupäivä 5.5.2011.

17. AutoDB.fi - Suomalainen autotietokanta - 1987 Volkswagen Golf CL Turbodiesel 1.6. Saatavissa: <http://autodb.fi/model.php?carid=7525&compare=>. Hakupäivä 5.5.2011.

18. 1988. Käyttöohjekirja Nissan Sunny Mallisarja N13/B12. Helsinki: Aro-Yhtymä Oy.

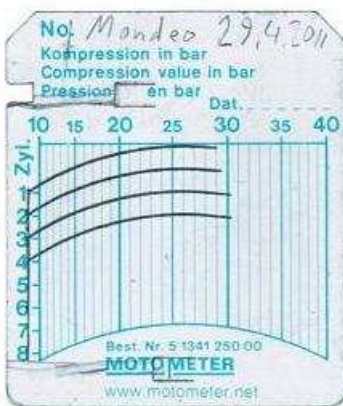
19. AutoDB.fi - Suomalainen autotietokanta - 1991 Toyota Corolla 1.3 Xi 4D. Saatavissa: <http://autodb.fi/model.php?carid=7007&compare=>. Hakupäivä 5.5.2011.

20. Pikakäyttöohje: Bosch BEA 270 ja 370.

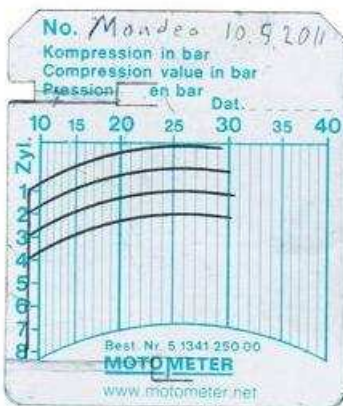
FORDIN MITTAUSTULOKSET

LIITE 1

ENNEN:



JÄLKEEN:



ENNEN:

Bosch
Dieselpakokaasutesti
Testitulos

TESTIPAIKKA
OAMK / TEKNIIKAN YKS.
AUTOLABORATORIO
Kotkantie
Oulu

BEA-versio: V2.50-FIN
RTM-versio: V2.0
Päiväys: 18.04.2011
Aika: 15:08

AJONEUVON TUNN. TIEDOT
Rekisterinumero: RUI-801
Ajokilometrimäärä: 270935
Merkki: Ford
Tyyppi: Mondeo
Malli: 2.0 TDCi
Käyttö: 2002
Moott. tyyppi: Ahdettu
Sondi: 1 (ha)

TULOKSET

Silmäm. tarkistus: o.k.#
öljyn l. tila [°C] 66
min: 60 o.k.

Jout. pyör. nop. [/min] 800
min: 500 maks: 1000
Rynt. pyör. nop. [/min] 4760
Rynt. pyör. nop. # o.k.

tn	tp	nJK	nRP	k
[s]	[s]	[/min]	[/m]	[/m]

1.27 3.59 790 4760 0.88

Hyväksytty k ≤ 2.00

Testi hyväksytty

moottorin suojat

Allekirjottus

OULU POLYTECHNIC
Leimä
Jani Vartiainen

JÄLKEEN:

Bosch
Dieselpakokaasutesti
Testitulos

TESTIPAIKKA
OAMK / TEKNIIKAN YKS.
AUTOLABORATORIO
Kotkantie
Oulu

BEA-versio: V2.50-FIN
RTM-versio: V2.0
Päiväys: 10.05.2011
Aika: 13:18

AJONEUVON TUNN. TIEDOT
Rekisterinumero: RUI-801
Ajokilometrimäärä: 271954
Merkki: Ford
Tyyppi: Mondeo
Malli: 2.0 TDCi
Käyttö: 2002
Moott. tyyppi: Ahdettu
Sondi: 1 (ha)

TULOKSET

Silmäm. tarkistus: o.k.#
öljyn l. tila [°C] 62
min: 60 o.k.

Jout. pyör. nop. [/min] 760
min: 500 maks: 1000
Rynt. pyör. nop. [/min] 4760
Rynt. pyör. nop. # o.k.

tn	tp	nJK	nRP	k
[s]	[s]	[/min]	[/m]	[/m]

1.17 3.50 750 4760 0.88

Hyväksytty k ≤ 2.00

Testi hyväksytty

moottorin suojat

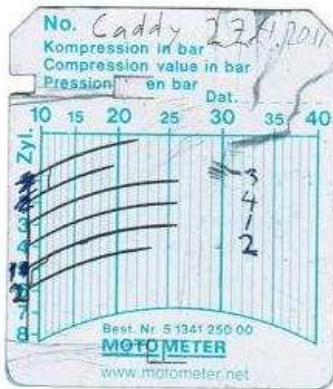
Allekirjottus

OULU SEUDUN AMMATTIKORKEAKOULU
Leimä
Jani Vartiainen

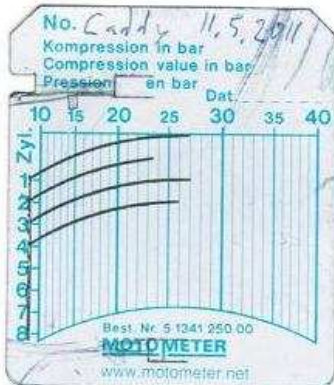
ENNEN:

JÄLKEEN:

ENNEN:



JÄLKEEN:



Bosch
Dieselpakokaasutesti
Testitulos

TESTIPAIKKA
OAMK / TEKNIIKAN YKS.
AUTOLABORATORIO
Kotkantie
Oulu

BEA-versio: V2.50-FIN
RTM-versio: V2.0
Päiväys: 21.04.2011
Aika: 11:50

AJONEUVON TUNN. TIEDOT
Rekisterinumber: OSF-443
Ajokilometrimäärä: 367252
Merkki: vw
Tyyppi: 1.6 turbodiesel
Malli: caddy
Käytt. otto: 1990
Moott. tyyppi: Ahdettu
Sondi: 1 (ha)

TULOKSET

Silmäm. tarkistus: o.k.#

Moottori käyntilämmin #

Jout. pyör. nop. [/min] 970
min: 500 maks: 1000
Rynt. pyör. nop. [/min] 5310
Rynt. pyör. nop. # o.k.

tn	tp	nJK	nRP	k
[s]		[/min]	[/m]	
1.27	3.53	960	5310	2.37
1.10	3.25	960	5360	2.31
1.15	3.20	960	5310	2.32

Keskiarvo 2.33 o.k.
Raja-arvo k 3.00
Huojunta 0.04 o.k.
Sall. huojunta 0.50

Testi hyväksytty

manuaali syöttö

Allekirjoitus:



Bosch
Dieselpakokaasutesti
Testitulos

TESTIPAIKKA
OAMK / TEKNIIKAN YKS.
AUTOLABORATORIO
Kotkantie
Oulu

BEA-versio: V2.50-FIN
RTM-versio: V2.0
Päiväys: 11.05.2011
Aika: 12:24

AJONEUVON TUNN. TIEDOT
Rekisterinumber: OSF-443
Ajokilometrimäärä: 368981
Merkki: Volkswagen
Tyyppi: Caddy
Malli: 1.6 TD
Käytt. otto: 1990
Moott. tyyppi: Ahdettu
Sondi: 1 (ha)

TULOKSET

Silmäm. tarkistus: o.k.#

öljyn l. tila [°C] 86
min: 70 o.k.

Jout. pyör. nop. [/min] 890
min: 500 maks: 1000
Rynt. pyör. nop. [/min] 5310
Rynt. pyör. nop. # o.k.

tn	tp	nJK	nRP	k
[s]		[/min]	[/m]	
1.30	3.23	870	5260	3.07
1.12	3.17	860	5310	2.79
1.02	3.29	860	5310	2.54

Keskiarvo 2.80 o.k.
Raja-arvo k 3.00
Huojunta 0.27 o.k.
Sall. huojunta 0.50

Testi hyväksytty

manuaali syöttö

Allekirjoitus:

James Räsänen
Leima

ENNEN:

Bosch
Pakokaasutesti
Testitulokset

TESTIPAIKKA
OAMK / TEKNIIKAN YKS.
AUTOLABORATORIO
Kotkantie
Oulu

BEA-versio: V2.50-FIN
AMM-versio: 5575

Päiväys: 18.04.2011
Aika: 11:21

AJONEUVON TUNN. TIEDOT
Rekisterinumero: MFU-348
Ajokilometrimäärä: 237400
Merkki: Toyota
Tyyppi: Corolla
Malli: 1.3i
Käyttö: 1992
Polttoneste: Bensiini

TULOKSET

Silmäm tarkistus: o.k.#

oljyn t tila [°C] o.k.
min: 70 On: 71

Joutokäyntimittaus

Pyörintänopeus	950	/min
Lambda	1.024	
CO	0.144	% til
CO2	14.79	% til
HC	78	ppm til
O2	0.69	% til
COcor	0.145	% til

Korotettu joutokäynti

Pyörintänopeus	2200	/min
Lambda	1.016	
CO	0.245	% til
CO2	14.77	% til
HC	87	ppm til
O2	0.60	% til
COcor	0.245	% til

TULOKSET

Joutokäyntimittaus:
Pyörintänopeus (700-1000)
CO (0.50) o.k.
HC (100) o.k.

Korotettu joutokäynti:
Pyörintänopeus (2000-)
CO (0.30) o.k.
HC (100) o.k.
Lambda (0.97-1.03) o.k.

Testi hyväksytty

manuaalinen suodatin

Allekirjoitus



Jouko Kosken

JÄLKEEN:

Bosch
Pakokaasutesti
Testitulokset

TESTIPAIKKA
OAMK / TEKNIIKAN YKS.
AUTOLABORATORIO
Kotkantie
Oulu

BEA-versio: V2.50-FIN
AMM-versio: 5575

Päiväys: 10.05.2011
Aika: 11:30

AJONEUVON TUNN. TIEDOT
Rekisterinumero: MFU-348
Ajokilometrimäärä: 238509
Merkki: Toyota
Tyyppi: Corolla
Malli: EE90
Käyttö: 1992
Polttoneste: Bensiini

TULOKSET

Silmäm tarkistus: o.k.#

oljyn t tila [°C] o.k.
min: 70 On: 77

Joutokäyntimittaus

Pyörintänopeus	900	/min
Lambda	1.029	
CO	0.147	% til
CO2	14.57	% til
HC	60	ppm til
O2	0.78	% til
COcor	0.150	% til

Korotettu joutokäynti

Pyörintänopeus	2280	/min
Lambda	1.019	
CO	0.197	% til
CO2	14.60	% til
HC	67	ppm til
O2	0.61	% til
COcor	0.200	% til

TULOKSET

Joutokäyntimittaus:
Pyörintänopeus (700-1000)
CO (0.50) o.k.
HC (100) o.k.

Korotettu joutokäynti:
Pyörintänopeus (2000-)
CO (0.30) o.k.
HC (100) o.k.
Lambda (0.97-1.03) o.k.

Testi hyväksytty

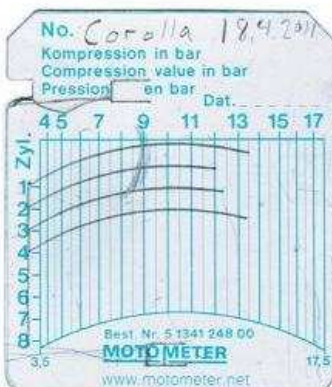
manuaalinen suodatin

Allekirjoitus



Jouko Kosken

ENNEN:



JÄLKEEN:



ENNEN:

Bosch
Pakokaasutesti
Testitulokset

TESTIPAIKKA
DAMK / TEKNIIKAN YKS.
AUTOLABORATORIO
Kotkantie
Oulu

BEA-versio: V2.50-FIN
AMM-versio: 5575

Päiväys: 19.04.2011
Aika: 14:11

AJONEUVON TUNN. TIEDOT
Rekisterinumero: IEC-244
Ajokilometrimäärä: 304757
Merkki: Nissan
Tyyppi: Sunny
Malli: 1.6 SLX
Käyttö: 1989
Polttoneite: Bensiini

TULOKSET
Silmäm. tarkistus: o.k.#

öljyn l. tila [°C] o.k.
min: 70 On: 71

Joutokäyntimittaus

Pyörintänopeus	970	/min
Lambda	1.026	
CO	0.255	% til
CO2	14.45	% til
HC	180	ppm til
O2	0.91	% til
COcor	0.260	% til

TULOKSET
Joutokäyntimittaus:
Pyörintänopeus (700-1000)
CO (3.50) o.k.
HC (600) o.k.

Testi hyväksytty
manuaalinen käyttö

Allekirjoitus

Leima
Jame Keskitalo

JÄLKEEN:

Bosch
Pakokaasutesti
Testitulokset

TESTIPAIKKA
DAMK / TEKNIIKAN YKS.
AUTOLABORATORIO
Kotkantie
Oulu

BEA-versio: V2.50-FIN
AMM-versio: 5575

Päiväys: 11.05.2011
Aika: 09:16

AJONEUVON TUNN. TIEDOT
Rekisterinumero: IEC-244
Ajokilometrimäärä: 305315
Merkki: Nissan
Tyyppi: Sunny
Malli: 1.6 SLX
Käyttö: 1989
Polttoneite: Bensiini

TULOKSET
Silmäm. tarkistus: o.k.#

öljyn l. tila [°C] o.k.
min: 70 On: 83

Joutokäyntimittaus

Pyörintänopeus	920	/min
Lambda	1.072	
CO	0.152	% til
CO2	13.92	% til
HC	146	ppm til
O2	1.71	% til
COcor	0.162	% til

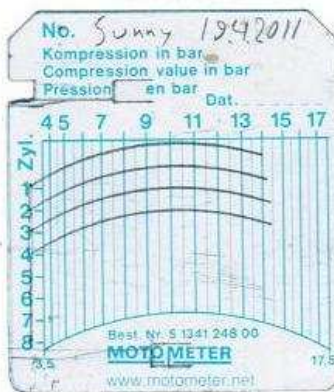
TULOKSET
Joutokäyntimittaus:
Pyörintänopeus (700-1000)
CO (3.50) o.k.
HC (600) o.k.

Testi hyväksytty
manuaalinen käyttö

Allekirjoitus

Leima
Jame Keskitalo

ENNEN:



JÄLKEEN:

