

Mika Kortetjärvi

## **POLTTOMOOTTORIN LISÄAINEIDEN TUTKIMINEN**

# **POLTTOMOOTTORIN LISÄAINEIDEN TUTKIMINEN**

Mika Kortetjärvi  
Opinnäytetyö  
Kevät 2021  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma, auto- ja työkonetekniikka

---

Tekijä: Mika Kortetjärvi

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Polttomoottorin lisäaineiden tutkiminen

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Investigation of internal combustion engine additives

Työn ohjaajat: Kari Asumaniemi, Jyrki Impiö

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2021

Sivumäärä: 43 + 14 liitettä

---

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin Pohjanmaan Ykkösvaraosakeskus Oy:n maahantuomia Pro-Tec-autokemikaaleja ja niiden vaikutuksia testattavissa ajoneuvoissa. Työn tavoitteena oli nähdä tuloksia lisäaineiden tehokkuudesta, parannusta pakokaasupäästöissä, sylinterien puristusaineissa ja moottorien toiminnassa.

Työssä tutkittiin neljää Volkswagen Groupin valmistamaa autoa. Autoista mitattiin ennen ja jälkeen lisäaineiden käytön pakokaasupäästöt Boschin pakokaasuanalyysaattorilla, sylinterien puristusaineet Motometerin puristusaineittarilla ja ruiskutussuuttimien arvoja diagnostiikkatesterillä. Moottorien komponentit kuvattiin puhelimen kameralla ja kahdella endoskoopilla. Mittaukset kirjattiin mittauspöytäkirjoihin ja mittauksen keskiarvoista tehtiin taulukot.

Saaduista tuloksista näkee lisäaineiden tehonneen Skodassa ja diesel-Golfissa. Passatissa ja bensiini-Golfissa selviä tuloksia ei saatu moottorien ja komponenttien kuluneisuuden takia. Myös mittauksen tarkkuus voi vaikuttaa tuloksiin. Paras hyöty saavutettaisiin, kun lisäaineita käytettäisiin säännöllisesti huoltojen yhteydessä. Lisäaineiden ei havaittu aiheuttavan negatiivisia vaikutuksia autojen toiminnassa.

---

Asiasanat: polttomoottorit, pakokaasut, puristusaine, pro-tec

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Automotive engineering

---

Author(s): Mika Kortetjärvi

Title of thesis: Investigation of internal combustion engine additives

Supervisors: Kari Asumaniemi, Jyrki Impiö

Term and year when the thesis were submitted: spring 2021

Pages: 43 + 14 appendices

---

In this thesis, the Pro-Tec car chemicals imported by Pohjanmaan Ykkösvaraosakeskus Oy and their effects on the tested vehicles were studied. The aim of the work was to see results on the efficiency of additives, improvement in exhaust emissions, cylinder compression pressures and engine operation.

The study examined four cars manufactured by the Volkswagen Group. Exhaust emissions from the cars were measured before and after the use of the additives with a Bosch exhaust gas analyzer, cylinder compression pressure with a Motometer compression pressure gauge and injection nozzle values with a diagnostic tester. Engine components were imaged with a telephone camera and two endoscopes. The measurements were recorded in measurement reports and the averages of the measurements were tabulated.

The results show that the additives are more effective in Skoda and diesel golf. In Passat and petrol golf, no clear results were obtained due to engine and component wear. Measurement accuracy can also affect results. The best benefit would be obtained if the additives were used regularly in connection with maintenance. The additives were not found to cause any negative effects on the operation of cars.

---

Keywords: combustion engines, exhaust gases, compression pressure, pro-tec

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 POLTTOMOOTTORITEKNIikka	9
2.1 Nelitahtimoottori	9
2.2 Polttoainejärjestelmät	10
2.2.1 Jakajapumppu	11
2.2.2 Pumppusuutin	11
2.2.3 Common rail	12
2.2.4 Imusarjasuihkutus	13
2.2.5 Bensiinin suorasuihkutus	14
2.3 Päästöjen hallinta	15
2.3.1 EGR	15
2.3.2 Kolmitoimikatalysaattori	16
2.3.3 Lambda-anturi	16
2.3.4 Stökiometrinen seossuhde	17
2.4 Moottorin puristuspaine	18
2.5 Pakokaasupäästöt	18
3 TUTKITTAVAT LISÄAINEET	20
3.1 Engine flush	20
3.2 Carbon X combustion chamber cleaner K1 + K2	20
3.3 Common rail diesel system clean and protect	22
3.4 Oxicat Oxygen sensor & catalytic converter cleaner	23
4 TUTKIMUKSESSA KÄYTETTÄVÄT MITTAUSVÄLINEET JA KOHTEET	24
4.1 Pakokaasupäästöjen mittaus	24
4.2 Puristuspaineiden mittaus	25
4.3 Endoskooppikuvaus	25
4.4 Tutkittavat ajoneuvot	26
5 LISÄAINETUTKIMUS	29

5.1 Skoda 1,6FSI	29
5.2 Golf 1,6	31
5.3 Passat 1,9TDi PD	35
5.4 Golf 1,9TDi	36
5.5 Tulokset	39
6 YHTEENVETO	40
LÄHTEET	41
LIITTEET	43

## **SANASTO**

CO = hiilimonoksidipitoisuus

CO<sub>2</sub> = hiilidioksidi

Common Rail = dieselmoottorin polttoaineen ruiskutusjärjestelmä eli yhteispaine-ruiskutus

DPF = hiukkassuodatin

EGR = pakokaasujen takaisinkierrätys

FSI = bensiinin suorasuihkutus

HC = hiilivetyypitoisuus

NO<sub>x</sub> = typpioksidit

O<sub>2</sub> = happi

PD = pumppusuutin

TDI = välijäähdyttimellä varustettu turbodiesel

# 1 JOHDANTO

Nykyiset tiukat päästöraajat vaativat autonvalmistajia kehittämään polttomoottoreihin järjestelmiä, jotka kilometrien kertyessä heikentävät moottorin toimintaa, karsahtavat moottoria ja pahimmillaan aiheuttavat moottoririkkoja. Näihin kuuluvat muun muassa suorasuihkutustekniikka, EGR- ja DPF-järjestelmät sekä longlife-öljynvaihtovälit. Markkinoilla on saatavilla usealta eri valmistajalta polttomoottoreihin tarkoitettuja lisäaineita. Niiden tehtävänä on poistaa karstaa ja likaa, lisätä öljyn voiteluominaisuuksia, parantaa moottorin toimintaa ja pidentää kuluvien osien ikää.

Pohjanmaan Ykkösvaraosakeskus on yksi Ylivieskan alueen varaosaliikkeistä. Se on perustettu vuonna 1997, ja yrityksessä työskentelee tällä hetkellä yhdeksän työntekijää. Liikevaihto vuonna 2017 oli noin 2 miljoonaa euroa. Varastossa on yli 12 000 varaosaa, työkaluja, automaali- ja kemikaalituotteita ja lisävarusteita. Myymälän sekä toimisto- ja koulutustilojen pinta-ala on yhteensä noin 700 neliötä. (1.)

Liike maahantuo saksalaisen Bluechem Groupin valmistamia Pro-Tec-autokemikaaleja. Niihin kuuluvat muun muassa Engine flush -voitelujärjestelmän puhdistusaine, Oxicat-katalysaattorin puhdistusaine, Carbon X -palotilojen tehopuhdistusaine sekä Common rail diesel system clean and protect -puhdistus- ja voiteluaine. Tässä opinnäytetyössä tutkitaan yllä mainittujen lisäaineiden vaikutuksia neljässä autossa mittaamalla pakokaasupäästöt ja moottorien puristusaineet, katsomalla diagnostiikkatesterillä dieselsuuttimien arvoja ja kuvaamalla moottorien komponentteja.

Opinnäytetyön tavoitteena on saada tuloksia lisäaineiden tehokkuudesta sekä nähdä parannusta pakokaasupäästöissä ja moottorien toiminnassa. Ykkösvaraosakeskus Oy:n tavoitteena on saada käytännön tuloksia lisäaineiden toimivuudesta, jotta niitä on helpompi tuoda kuluttajien sekä korjaamoiden tietoisuuteen.



## 2 POLTTOMOOTTORITEKNIikka

Yksityisliikenteessä yleisimmin käytetään joko dieselöljyllä, bensiinillä tai sähkömoottorin ja bensiinimoottorin yhdistelmällä käyviä polttomoottoreita. Yleisty-mässä ovat myös täyssähköautot sekä kaasua ja bensiiniä rinnakkain käyttävät ajoneuvot. Diesel- ja otto- eli bensiinimoottorit ovat pääsääntöisesti nelitahtimoot-toreita. Nelitahtimoottorin pääkomponentit ovat kampiakseli, kiertokanki, mäntä ja venttiilikoneisto, jonka muodostavat imu- sekä pakoventtiili ja nokka-akseli (2, s. 494).

Männän ensisijainen tehtävä on siirtää palamiskaasujen energia kiertokangelle. Mekaanisten rasitusten ja erittäin korkeiden lämpötilojen takia mäntä on erittäin monimutkainen komponentti polttomoottorissa. Männän pinnan geometrialla on ratkaiseva vaikutus seoksen muodostumiseen ja palamiseen. Männänrenkaiden tehtävänä on tiivistää palotilan ja kampikammion väli sekä johtaa lämpöä sylinterin seinämiin ja estää moottoriöljyn pääsy palotilaan. (2, s. 494–495.)

Kiertokanki yhdistää männän kampiakseliin. Se välittää männän kaas- ja iner-tiavoimat kampiakselille. Kampiakseli muuttaa männän pystysuuntaisen liikkeen kiertokangen avulla pyöriväksi liikkeeksi. Tämä liike välitetään kytkimen kautta vaihteistolle. (2, s. 497–498.)

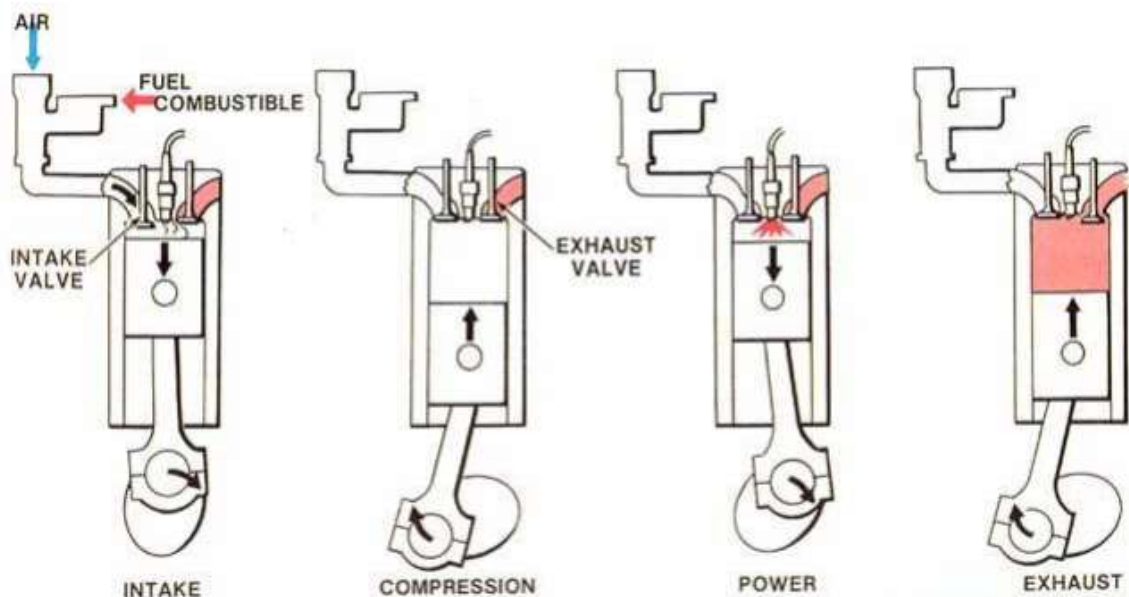
Kampiakseli pyörittää nokka-akselia yleensä jakohihnan tai -ketjun välityksellä. Nokka-akseli pyörii puolet hitaammin kuin kampiakseli, eli kun kampiakseli on pyörähtänyt kaksi kierrosta nokka-akseli pyörähtää yhden kierroksen. Nokka-ak-seli säätelee venttiilien ajoitusta ja kaasunvaihtoa avaamalla venttiilejä. (2, s. 482.)

### 2.1 Nelitahtimoottori

Nelitahtimoottorissa on neljä tahtia: imu-, puristus-, työ- ja pakotahti. Yksi työ-kierto kestää kaksi kampiakselin kierrosta. Imutahdin aikana mäntä liikkuu ylä-kuolokohdasta alaspäin ja samalla imee avautuneista imuventtiileistä ilmaa tai ilma-polttoaineseosta sylinteriin. Puristustahdissa mäntä lähtee alakuolokoh-

dasta takaisin yläkuolokohtaan samalla puristaen ilman tai ilma-polttoaineseoksen sylinterin palotilaan. Samalla imuventtiili sulkeutuu, jotta paine ei pääse imukanaviin. (3, s. 81–82.)

Työtahdissa sytytyskipinä tai dieselsuihku sytyttää seoksen ennen yläkuolokohtaa, ja palamisen alkaessa palotilan paine ja lämpötila kasvavat (kuva 1). Mäntä lähtee paineen vaikutuksesta alas. Pakotahdissa pakoventtiili aukeaa ja mäntä liikkuu takaisin yläkuolokohtaan. Palamiskaasut poistuvat avautuneesta pakoventtiilistä ja työkierto palaa lähtöpisteeseensä. Hieman ennen yläkuolokohtaa imuventtiili avautuu. (3, s. 83–84.)



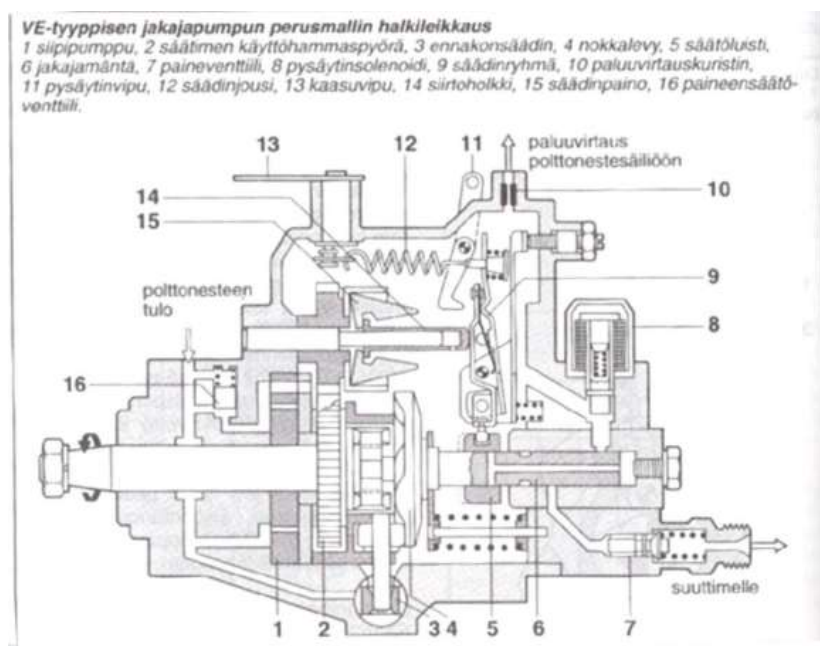
KUVA 1. Nelitahtimoottorin työkierto (3, s. 81)

## 2.2 Polttoainejärjestelmät

Polttoainejärjestelmät eroavat suuresti diesel- ja bensiinimoottorin välillä, koska dieselmoottoreissa vaaditaan suurempi ruiskutusaine seoksen sytyttämiseksi. Bensiinimoottorissa seoksen sytyttää sytytyskipinä, joten polttoainejärjestelmässä riittää pienempi paine. Dieselmoottoreissa käytetään joko jakajapumppua, rivipumppua, pumppusuuttimia tai yhteispaineruiskutusta. Bensiinimoottoreissa käytetään kaasutinta, yksipistesuihikutusta tai monipistesuihikutusta, joka jakautuu vielä imusarja- ja suorasuihikutukseen. (2, s. 636, 726.)

## 2.2.1 Jakajapumppu

Jakajapumppu koostuu syöttöpumpusta, korkeapainepumpusta sekä säätöyksiköstä ja niitä käytetään 3–6-sylinterisissä dieselmootoreissa (kuva 2). Nykyään common rail -tekniikka on korvannut melkein kokonaan jakajapumpputekniikan. Ruiskutustekniikan mukaan jakajapumpussa voidaan käyttää joko aksiaalimäntäpumppua tai säteismäntäpumppua. Säteismäntäpumpuilla suutinpainet voivat olla jopa 1 950 baaria, kun taas aksiaalimäntäpumpulla suutinpaine on noin 200–300 baaria. (3, s. 70.)



KUVA 2. Jakajapumppu (3, s. 70)

## 2.2.2 Pumppusuutin

Pumppusuutinjärjestelmä on elektronisesti ohjattu järjestelmä, joka on kehitetty dieselmootoreita varten. Se soveltuu autoihin ja kevyisiin hyötyajoneuvoihin. Pumppusuutinjärjestelmän erityispiirre on, että jokaiselle sylinterille on määritetty oma pumppuyksikkö. Se koostuu pumpusta ja suuttimesta ja kokoonpano asennetaan suoraan sylinterikanteen. Suuttimen käyttö on yleensä nokka-akselin avulla. Pumppusuutinjärjestelmä mahdollistaa jopa 2 200 baarin ruiskutuspainet

sekä sähköisen ennakon- ja määräsäädön. Etuina saavutetaan korkea suorituskyky tasapainossa matalaan kulutukseen ja pieniin moottoripäästöihin, korkea hyötysuhde kompaktin rakenteen ansiosta ja alhainen melutaso (kuva 3). (4.)



*KUVA 3. Pumppusuutin*

### **2.2.3 Common rail**

Bosch lanseerasi ensimmäisen common rail -järjestelmän vuonna 1997. Järjestelmä on nimetty jaetun korkeapainesäiliön mukaan, joka toimittaa dieselpolttoainetta kaikille sylintereille. Common rail -järjestelmillä on modulaarinen rakenne. Jokainen järjestelmä koostuu korkeapainepumpusta, suuttimista, kiskosta ja elektronisesta ohjausyksiköstä (kuva 4). Perinteisissä diesel-ruiskutusjärjestelmissä polttoaineen paine on tuotettava erikseen kutakin ruiskutusta kohti. Common rail -järjestelmässä paineenmuodostus ja ruiskutus ovat kuitenkin erilliset, mikä tarkoittaa, että polttoainetta on jatkuvasti saatavilla tarvittavalla paineella ruiskutusta varten. (5.)

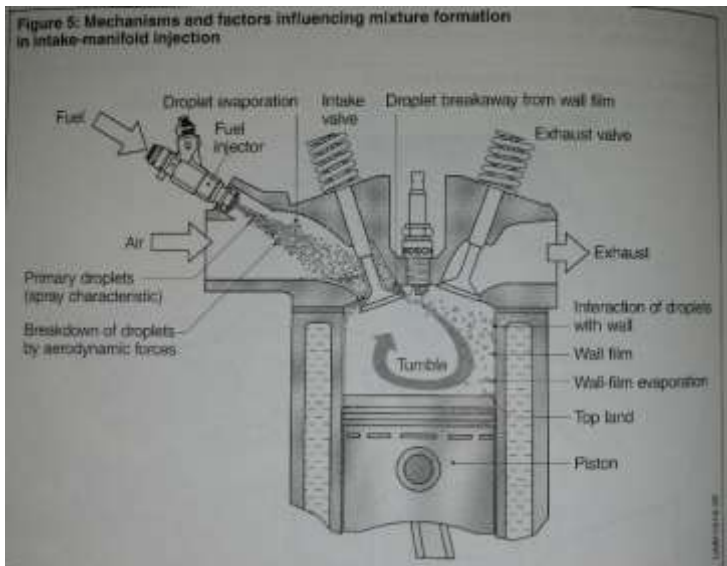


*KUVA 4. Yhteispaineruiskutuksen komponentit (5)*

Paineen muodostuminen tapahtuu korkeapainepumpussa. Pumppu puristaa polttoaineen ja syöttää sen korkeapaineputken kautta kiskon sisääntuloon, joka toimii yhteisenä korkeapainesäiliönä kaikille suuttimille. Sieltä polttoaine jaetaan yksittäisille suuttimille, jotka ruiskuttavat sen palotilaan. Etuina ovat puhdas sekä erittäin tehokas polttoaineen ruiskutus erittäin lyhyiden ruiskutusetäisyyksien ja moninkertaisen ruiskutuksen ansiosta ja käytettävyys kaikkien ajoneuvomallien kanssa modulaarisen rakenteen ansiosta. (5.)

## 2.2.4 Imusarjasuihkutus

Nimensä mukaisesti imusarjasuihkutteisessa bensiinimoottorissa imusarjaan on sijoitettu jokaiseen imukanavaan elektronisesti ohjatut suuttimet, jolloin polttoaine saadaan suihkutettua sykleissä yksittäisiin sylintereihin (kuva 5). Ilma-polttoaineseos muodostuu palotilan ulkopuolella imusarjassa. Matalan lämpötilan ja epätäydellisen höyrystymisen vuoksi ruiskutuspaineen taso voi olla jopa alle 10 baa-ria. (2, s. 465–466, 657.)



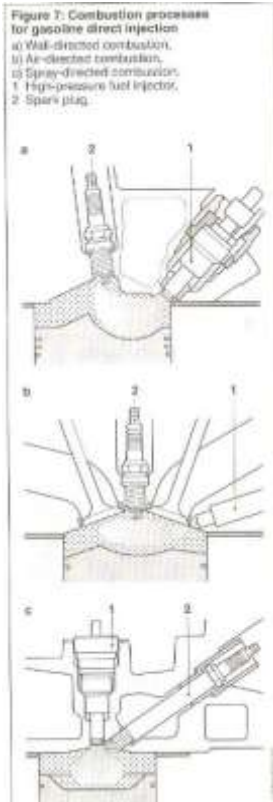
KUVA 5. Imusarjasuihkutus (2, s. 659)

Optimaalisen palamisen saavuttamiseksi imusarjasuihkutteisessa moottorissa tarvitaan tarkan polttoaineen ruiskutusmäärän lisäksi homogeeninen ilma-polttoaineseos. Tämä vaatii tehokkaan polttoaineen sumutuksen, jotta suuria polttoainepisararoita ei muodostuisi imusarjan seinämiin tai palotilaan. Nämä pisarat eivät pala täydellisesti ja nostattavat seoksen hiilivetytypitoisuutta. (2, s. 655.)

## 2.2.5 Bensiinin suorasuihkutus

Nykyään lähes kaikki bensiinimoottorit käyttävät suorasuihkutustekniikkaa tiukkojen päästövaatimusten takia. Suurin ero imusarjasuihkutukseen on polttoaineen suora suihkutus sylinterin palotilaan sylinterikannassa sijaitsevista suuttimista. Rakenne on melkein sama kuin common rail -järjestelmässä. Koska polttoainetta ei suihkuteta imusarjaan, moottorin huohotuskaasut ja EGR-venttiilin kierrättämät pakokaasut tarttuvat imusarjan ja imukanavien seinämiin. Tämän takia suorasuihkutusmoottoreissa esiintyy erilaisia käyntiongelmia ja nopeaa karsan kertymistä. (2, s. 659.)

Suorasuihkutusmoottoreissa seoksen palamisolosuhteet ovat kerrostäytöksen takia erilaiset, joten sytytyskatkosten raja esiintyy vasta huomattavasti korkeammalla ilmakertoimella. Osakuormitusalueella nämä moottorit voivat käydä jopa ilmakertoimen arvolla 4 (kuva 6). Valitettavasti näin korkealla ilmakertoimella kolmitoimikatalysaattori ei pysty muuttamaan  $\text{NO}_x$ -päästöjä, joten on asennettava vielä erillinen  $\text{NO}_x$ -katalysaattori. (2, s. 655.)



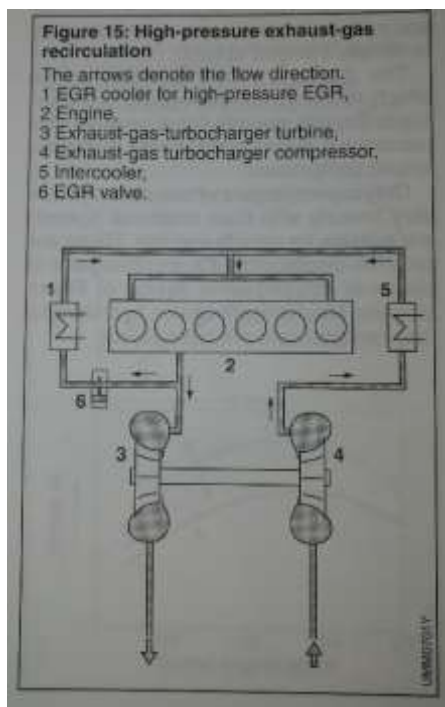
KUVA 6. Palamisprosessit suorasuihkutuksessa (2, s. 660)

## 2.3 Päästöjen hallinta

Lainsäädännössä määritellään moottoriajoneuvojen epäpuhtauspäästöjä koskevat rajat. Pelkästään moottorisuunnittelutoimenpiteet eivät riitä noudattamaan näitä rajoja. Käsittelemättömien pakokaasupäästöjen vähentämisen lisäksi polttomoottoreissa painotetaan pakokaasun jälkikäsitteilyä epäpuhtauksien muuntamiseksi. (2, s. 690.)

### 2.3.1 EGR

EGR-järjestelmä on pakokaasujen takaisinkierätyksjärjestelmä, jota käytetään bensiini- ja dieselmootoreissa (kuva 7). Moottorin pakosarjalta haaroittuu putki EGR-jäähdyttimelle, jotta pakokaasun lämpötilaa saadaan laskettua. Jäähdyttimellä on venttiili, jolla ohjataan pakokaasun takaisinkierätyksen määrää. Venttiililtä menee putki moottorin imusarjaan, josta pakokaasut kulkeutuvat palotilaan. EGR:n avulla dieselmootorissa saadaan epähaluttuja NO<sub>x</sub>-päästöjä laskettua huomattavasti. Bensiinimoottorissa idea ei ole niinkään vähentää päästöjä, vaan laskea pakokaasun lämpötilaa. Tämä suojaa jäljempitä komponentteja kuten turboahdinta ja katalysaattoria. (2, s. 492.)

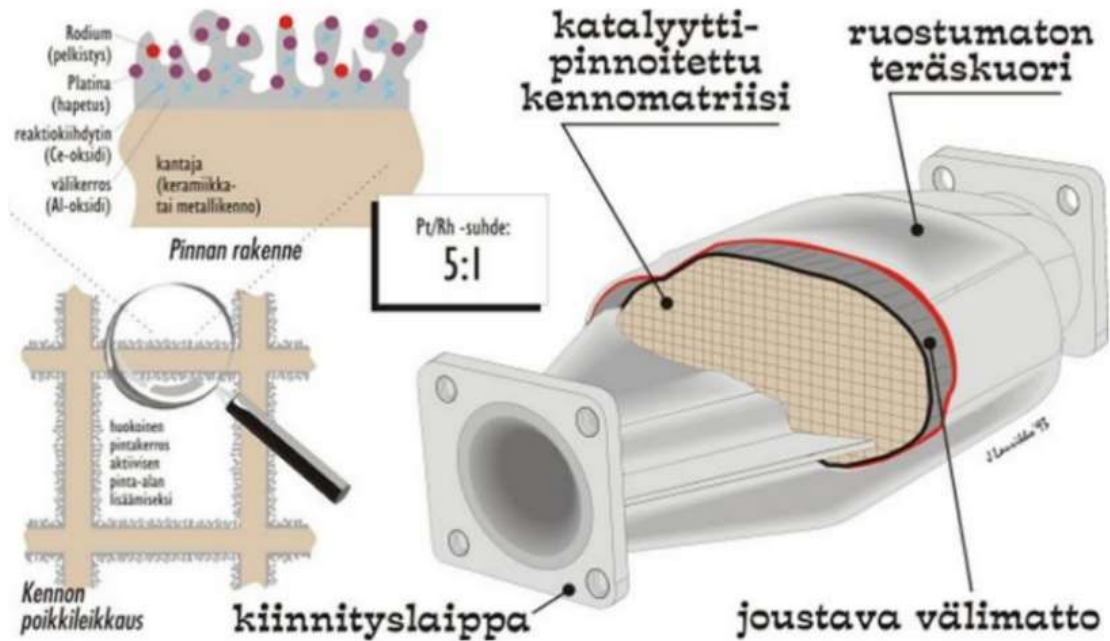


KUVA 7. Korkeapaine EGR (2, s. 492)



### 2.3.2 Kolmitoimikatalysaattori

Stökiometrisellä seossuhteella käyvälle polttomoottorille pakokaasujen puhdistuksen hoitaa kolmitoimikatalysaattori (kuva 8). Sen tehtävänä on muuttaa palamisen aikana syntyvät epäpuhtauksien komponentit HC, CO ja NO<sub>x</sub> ympäristölle harmittomiksi komponenteiksi. Katalysin lopputuotteina saadaan vettä, hiilidioksidia ja typpeä. (2, s. 690.)



KUVA 8. Katalysaattorin rakenne (3, s. 6)

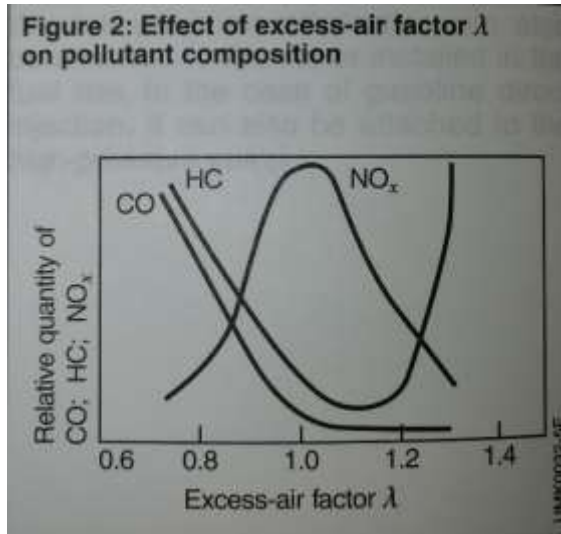
### 2.3.3 Lambda-anturi

Lambda-anturin tehtävänä on kertoa moottorinohjausyksikölle, millaisella seossuhteella moottori käy, koska riittävää tarkkuutta ei voida saavuttaa pelkästään polttoaineen syöttömäärää säätämällä. Lambda-anturi mittaa jäännöshapen määrää sylintereistä poistuneesta pakokaasusta ja ilmoittaa sen moottorinohjausyksikölle jänniteenvaihteluna. Anturi on sijoitettu pakoputkistoon ennen katalysaattoria. Monissa moottoreissa katalysaattorin jälkeen on sijoitettu myös toinen lambda-anturi seuraamaan katalysaattorin puhdistustehoa. (2, s. 163, 695.)



### 2.3.4 Stökiometrinen seossuhde

Kipinäsytytteinen polttomoottori tarvitsee toimiakseen ilman ja polttoaineen seoksen. Katalysaattorin tehokkaan puhdistuksen varmistamiseksi moottorin täytyy käydä ideaalisella seossuhteella, jossa 14,7 kg ilmaa tarvitaan polttamaan 1 kg polttoainetta (kuva 9). Tätä massasuhdetta kutsutaan stökiometriseksi suhteeksi. (2, s. 654.)



KUVA 9. Ilmakertoimen vaikutus epäpuhtauksien muodostumiseen (2, s. 654)

Ilmakerroin määritellään lambda-arvon  $\lambda$  avulla (kaava 1), joka osoittaa missä määrin todellinen ilman ja polttoaineen seos eroaa teoreettisesti tarvittavasta massasuhteesta (2, s. 654).

Ilmakerroin lasketaan kaavalla 1 (3, s. 44).

$$\lambda = \frac{L}{L_o}$$

KAAVA 1

$\lambda$  = ilmakerroin

$L$  = polttoaineen palamisen ilmantarve, kg ilmaa/kg polttoainetta

$L_o$  = polttoaineen palamisen teoreettinen ilmantarve (kg/kg)

## **2.4 Moottorin puristusaine**

Mikä tahansa moottori vaatii oikean puristusaineen toimiakseen. Puristusprosessissa ilman ja polttoaineen seos puristetaan pieneen tilavuuteen sylinterin palotilassa. Bensiinimoottorissa riittää vain kohtalainen puristusaine, noin 10–11 baaria, koska sytytystulppa hoitaa seoksen syttymisen. Jotkut moottorit vaativat suurempaa puristusta kuten 15 baaria, niiden koosta ja sovelluksesta riippuen. Ilma-polttoaineseoksen puristusprosessi ja sen syttyminen tuottavat tarvittavan tehon ajoneuvon käyttämiseen. (6.)

Jos bensiinimoottorissa puristusaine nousee liian korkeaksi yleensä karstoittumisen takia, aiheuttaa se seoksen liian aikaisen sytytyksen. Tämä voi olla erittäin tuhoisa ja vahingoittaa moottoria, koska seos syttyy itsesyttymisen ennen kipinää ja palamuspaineen huippu nousee liian korkealle. Dieselmootoreissa ei ole sytytystulppaa, ja puristusprosessi itsessään saa dieselöljyn syttymään. Dieselmootorissa vaadittu puristusaine on erittäin korkea, yleensä noin 24 baaria tai enemmän. (6.)

## **2.5 Pakokaasupäästöt**

Polttomoottorissa ilma-polttoaineseoksen palaessa sylinterissä syntyy aina epäpuhtauksia, koska olosuhteiden muutosten takia palaminen ei ole täydellistä. Katalysaattori pystyy puhdistamaan suurimman osan pakokaasuista, mutta pieni osa epäpuhtauksista pääsee aina ilmakehään.

### **CO- eli hiilimonoksidipitoisuus**

CO-pitoisuus riippuu suuresti ilma-polttoaineseoksesta. Pienin CO-pitoisuus saavutetaan ilmakertoimella 1,1 ja seoksen rikastuessa kasvaa CO-pitoisuus jyrkästi. Korkea CO-pitoisuus merkitsee aina rikasta seosta. CO-mittausta voidaan käyttää moottorin seoksenmuodostusjärjestelmän analysointiin ja yhdessä HC-pitoisuuden kanssa katalysaattorin kunnon määrittämiseen. (7, s. 4.)

### **HC- eli hiilivetypitoisuus**

Ilma-polttoaineseos palaa parhaiten, kun CO-pitoisuus on alhainen ja HC-pitoisuus erittäin alhainen. Pienin HC-pitoisuus saavutetaan yleensä alle yhden CO-

pitoisuudella. HC-pitoisuus nousee epätäydellisen palamisen takia seoksen rikastuessa tai laihentuessa riittävästi. Koska korkea HC-pitoisuus merkitsee epätäydellistä palamista, kertoo se paljon sytytys- ja seoksenmuodostusjärjestelmän sekä moottorinkin kunnosta ja toiminnasta. (7, s. 5.)

### **CO<sub>2</sub> eli hiilidioksidi**

Hiilidioksidi on palamistuote, joka saavuttaa huippuarvonsa ilmakertoimen arvolla 1 ja laskee seoksen rikastuessa tai laihentuessa. Hiilidioksidin määrä pakokaasuissa on suoraan suhteessa käytetyn polttoaineen määrään. Autojen hiilidioksidipäästöt vaikuttavat muun muassa autoveron ja ajoneuvoveron perusveron määrään. (7, s. 7.)

### **O<sub>2</sub> eli happi**

Pakokaasuissa on hieman jäljellä jäännöshappea ilmakertoimen ollessa 1 ja sen pitoisuus nousee selvästi seoksen laihentuessa. Yhdessä mitattuna hiilimonoksidipitoisuus ja jäännöshappi ilmaisevat seoksen muuttumisen laihalta rikkaalle sekä imu- ja pakoputkivuodot. (7, s. 7.)

### **NO<sub>x</sub> eli typpioksidit**

Typpioksidit vaativat muodostuakseen neljä tekijää: happea, typpeä, korkean lämpötilan ja aikaa. Koska happi ja typpi määritetään ilma-polttoaineseoksen koostumuksesta ja käytettävissä oleva aika määritetään moottorin kierrosluvusta, typpioksideja voidaan vähentää ainoastaan laskemalla palotilan lämpötilaa. Tämä voidaan tehdä joko myöhäistämällä sytytysennakkoa tai pakokaasujen takaisinkierrätyksellä. (2, s. 473.)

### **Diesel K-arvo**

Dieselmoottorin päästömittauksessa mitataan pakokaasujen valon läpäisyä estävä vaikutus eli savutus. Mittaus huomioi näin ollen myös vaalean ja sinisen savun, eli öljyn kulutus ja pakokaasuista muodostuva vesihöyry nostavat mitta-arvoja. Mittayksikkönä käytetään k-kerrointa, mikä ilmaisee 1 metrin matkalla pakokaasuihin absorboituvan valon määrän. (7, s. 12.)

### 3 TUTKITTAVAT LISÄAINEET

Moottorille ja polttoainejärjestelmille tarkoitettuja lisäaineita on saatavilla usealta valmistajalta. Kaikkien yhteinen tavoite on kuitenkin muun muassa lisätä voiteluaineiden voiteluominaisuuksia, vähentää kitkaa ja lämpöä, puhdistaa karstaa ja likajäämiä järjestelmistä, vähentää kulumista ja parantaa pakokaasupäästöjä.

#### 3.1 Engine flush

Engine flush on voitelujärjestelmän puhdistusaine, joka puhdistaa karstaa koko voitelujärjestelmästä (kuva 10). Tuotetta voidaan käyttää muun muassa bensiini- ja dieselmootoreissa, manuaalivaihdelaatikoissa, moottoripyörissä sekä ruohonleikkureissa. Tuote lisätään vanhan öljyn sekaan ennen öljynvaihtoa, käynnistetään moottori ja annetaan sen käydä tyhjäkäynnillä noin 15 minuuttia. Sen jälkeen vaihdetaan moottoriöljyt ja öljynsuodatin valmistajan ohjeen mukaan. (8.)



KUVA 10. Engine flush

#### 3.2 Carbon X combustion chamber cleaner K1 + K2

K1 puhdistusvaahdo liuottaa karsta- ja nokijäämät paltiloista, venttiileistä, venttiilin istukoista ja männänlaelta. K2 neutralointiaine aiheuttaa kemiallisen reaktion, joka muuttaa vaahdon nestemäiseksi ja sitoo irronneen karstan aineeseen. K2 neutralointiaineen sisältämät voitelulisäaineet suojaavat moottoria puhdistuksen jälkeen käynnistysprosessin aikana. (9.)

Tuotteen käyttö aloitetaan irrottamalla moottorista sytytystulpat tai injektorit. K1 puhdistusvaahtoa sumutetaan sylintereihin (kuva 11). Koska vaahto laajenee nopeasti, lopetetaan sumutus heti kun vaahto tulee ulos ja annetaan aineen reagoida 15–20 minuuttia. (9.)



*KUVA 11. Komponentti K1*

Seuraavana sylintereihin suihkutetaan K2 neutralisointiainetta voimakkaasti ja annetaan reagoida 4–5 minuuttia (kuva 12). Tarvittaessa suihkutetaan useita kertoja. Karstainen emulsio imetään pois käyttämällä tähän tarkoitettua imulaitetta. (9.)



*KUVA 12. Komponentti K2*

Kun suurin osa nesteestä on poistettu, pyöritetään moottoria startilla noin 3–4 kierrosta, jolloin viimeisetkin nesteet tulevat ulos. Aukot peitetään rätillä, jotta emulsio ei leviä moottoritilaan. Endoskooppikameralla voi tarkastaa puhdistuksen vaikutuksen. Huomioi, että auto savuttaa käynnistyksen jälkeen huomattavasti. Auto käynnistetään mieluiten ulkoilmassa (kuva 13). (9.)



*KUVA 13. Auton käynnistys*

### **3.3 Common rail diesel system clean and protect**

Common rail diesel system cleaner on dieselmootoreille tarkoitettu puhdistus- ja voiteluaine (kuva 14). Tuote puhdistaa koko polttoainejärjestelmän ja poistaa haitallisen veden ja kosteuden polttoainejärjestelmästä. Tuote kaadetaan polttoainesäiliöön ennen tankkausta tai sitä voidaan käyttää myös puhdistuslaitteella. Aine vaikuttaa ajon aikana. (10.)



*KUVA 14. Common rail diesel system clean and protect*

### 3.4 Oxicat Oxygen sensor & catalytic converter cleaner

Oxicat on karstaa ja hiukkasia puhdistava puhdistusaine bensiini-, diesel- ja hybridimoottorien lambda-antureille, turboahdimille, katalysaattoreille ja EGR-venttiileille (kuva 15). Tuotetta käytetään säännöllisesti 3–4 kuukauden välein lisäämällä aine polttoainejärjestelmään ennen tankkausta. Aine vaikuttaa ajon aikana. (11.)



KUVA 15. Oxicat

## 4 TUTKIMUKSESSA KÄYTETTÄVÄT MITTAUSVÄLINEET JA KOHTEET

Pakokaasumittaukset mitattiin Oulun ammattikorkeakoulun laboratoriotiloissa. Puristusmittaukset, kuvaukset ja lisäaineiden käytöt tehtiin omassa hallissa, koska osa työvaiheista vei paljon aikaa. Omissa tiloissa työtä pystyi tekemään ilman kiirettä.

### 4.1 Pakokaasupäästöjen mittaus

Pakokaasupäästöt mitattiin Bosch BEA 950 -pakokaasuanalysointilaitteella (kuva 16). Mittausta varten auton moottorin täytyy saavuttaa normaali käyntilämpötila. Pakokaasumittaukset suoritetaan testerin antamien ohjeistusten mukaan. Benssiinimootoreista mitataan pakokaasupäästöt joutokäynnillä ja korotetulla joutokäynnillä. Dieselmootorit mitataan ryntäyttämällä moottoria joutokäynniltä ruiskutuspumun säätimen rajaamalle pyörintänopeudelle.



*KUVA 16. Bosch BEA 950 -pakokaasuanalysointilaitte*



## 4.2 Puristusaineiden mittaus

Sylinterien puristusaineet mitattiin Motometerin puristuspainemittarilla. Mittausta varten irrotetaan käyntilämpöisestä moottorista sytytystulpat tai injektorit, asetetaan mittariin tulpanreikään sopiva kärki ja oikea piirtokortti (kuva 17). Kärki asetetaan tulpanreikään ja mittarin kahvasta painetaan sauma tiiviiksi. Moottoria pyöritetään kaasuläppä auki jokaisella mittauksella noin 3–5 kierrosta, kunnes viisarin lukema tasoittuu. Paine vapautetaan painamalla mittarin kärki esimerkiksi pöytää vasten, ja takana olevasta painikkeesta siirretään mittausalue kortista seuraavalle sylinterille.



*KUVA 17. Puristuspainemittari*

## 4.3 Endoskooppikuvaus

Endoskooppi eli tähystyskamera on ohut ja putkimainen kamera, jolla pystytään kuvaamaan ahtaita paikkoja tai pieniä reikiä. Endoskoopin kameraputki on yleensä muutaman millimetrin paksuinen ja useita metrejä pitkä. Endoskooppeja on saatavilla joko edullisempia tietokoneen USB-porttiin liitettäviä kameroita tai korjaamokäyttöön kalliimpia omalla näyttöyksiköllä ja tarkemmalla kuvanlaadulla olevia kameroita.

Tässä työssä käytetään Bilteman tietokoneeseen liitettävää endoskooppia ja Hubitoolsin valmistamaa 3,5" erillisnäytöllä olevaa endoskooppia (kuva 18) palotilojen ja männänlakien kuvauksiin. Koska sytytystulpan, hehkutulpan ja injektorin reiät ovat noin 5 mm halkaisijaltaan, normaalikameralla näitä ei voisi kuvata ilman sylinterikannen irrotusta.



*KUVA 18. Hubitools endoskooppi (12)*

#### **4.4 Tutkittavat ajoneuvot**

Työssä tutkittiin neljää Volkswagen Groupin valmistamaa ajoneuvoa. Oman harrastustoiminnan ja työhistorian kautta monen vuoden tietämys kyseisen konsernin ajoneuvoista on laaja ja helpotti työn tekemistä. Ajoneuvoiksi valittiin kilometrimäärällisesti paljon ajettuja autoja, jotta niissä olisi selviä merkkejä karstoittumisesta ja mahdollisesti käyntihäiriöitä.

##### **Skoda Octavia 1.6 FSI**

Ensimmäinen tutkittava ajoneuvo on vuoden 2005 Skoda Octavia (kuva 19), joka on varustettu 1,6-litraisella vapaasti hengittävällä suorasuihkutus bensiinimoottorilla. Auton mittarilukema on noin 250 000 km. Huomattavissa on nykimistä koko

kierrosalueella ja korkea polttoaineen kulutus. Skodassa tutkitaan Carbon X -palotilojen puhdistusaineen vaikutusta auton päästöihin, puristuspaineisiin ja etenkin palotilojen karstaisuuteen.



*KUVA 19. Skoda Octavia*

### **Volkswagen Golf 1.6**

Toinen ajoneuvo on vuoden 1998 Volkswagen Golf (kuva 20) 1,6-litraisella vapaasti hengittävällä imusarjasuihkutteisella bensiinimoottorilla. Tällä autolla on ajettu jo 350 000 km, joten voidaan olettaa moottorin olevan karstainen. Golfissa tutkitaan Engine flushin vaikutusta moottorin pakokaasupäästöihin, moottorin karstaisuuteen sekä öljynkulutukseen ja Oxicat-lisäaineen vaikutuksia pakokaasupäästöihin.



*KUVA 20. Golf*

### **Volkswagen Passat 1.9TDi PD**

Vuoden 2003 Volkswagen Passatissa (kuva 21) tutkitaan Common rail diesel system cleaner -lisäaineen vaikutuksia moottorin päästöarvoihin ja pump-  
pusuuttimien korjausarvoihin. Moottori on 1,9-litrainen turboahdettu pumppusuu-  
tindiesel. Autolla on ajettu noin 350 000 km.



*KUVA 21. Passat*

### **Volkswagen golf 1.9 TDi**

Vuoden 2000 Volkswagen Golfissa (kuva 22) tutkitaan Engine flushin vaikutusta  
moottorin karstaisuuteen ja päästöihin kahdella puhdistuksella sekä Common rail  
diesel system cleaner -lisäaineen vaikutusta päästöihin ja männänlaen karstai-  
suuteen. Moottori on 1,9-litrainen turboahdettu jakajapumppudiesel, ja autolla on  
ajettu 515 000 km.



*KUVA 22. Golf TDi*

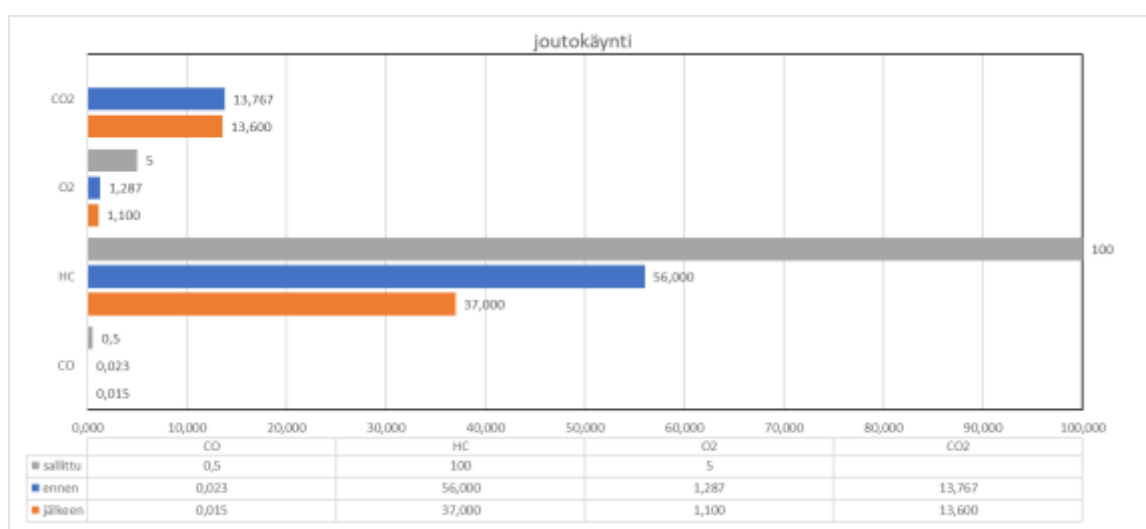
## 5 LISÄAINETUTKIMUS

Ennen mittauksia tutustuttiin mittavälineisiin sekä lisäaineisiin ja tulostettiin liiteinä olevat mittauspöytäkirjat tulosten ylös kirjaamista varten. Joka autoon suunniteltiin työvaiheet ja kerättiin tarvittavat tiedot purkamista sekä kokoamista varten, jotta itse työn suorittaminen olisi nopeaa ja ongelmilta välttyttäisiin.

Autoista mitattiin pakokaasupäästöt ja puristusaineet sekä diagnostiikkatesteillä katsottiin dieselsuuttimien arvoja. Kuvat otettiin joko puhelimen kameralla tai endoskoopilla. Ilmoitetut tulokset on laskettu keskiarvona kolmesta mittauksesta. Mittauspöytäkirjat löytyvät liitteistä 3–14.

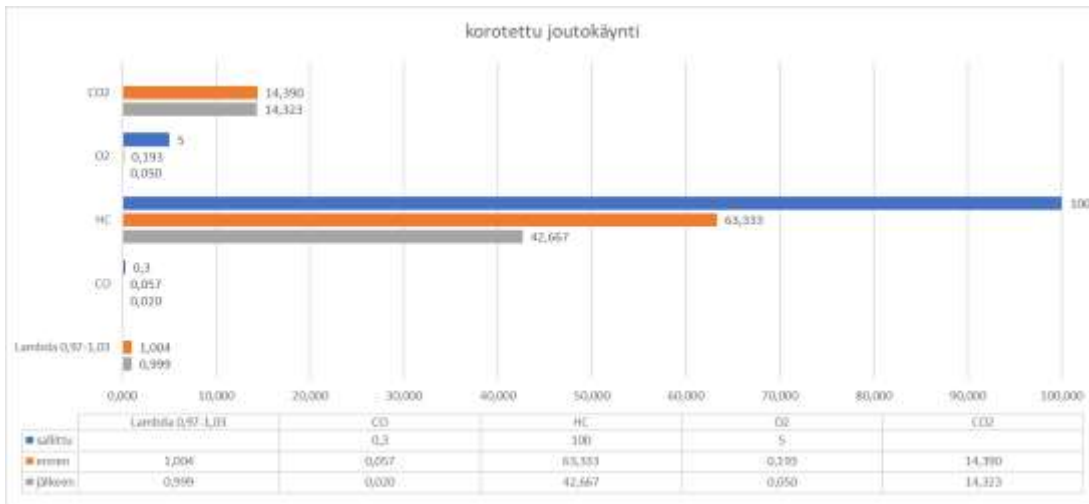
### 5.1 Skoda 1,6FSI

Työ aloitettiin mittaamalla Skodasta pakokaasupäästöt ja sylinterien puristusaineet sekä kuvaamalla palotilat ja imuventtiilit. Tämän jälkeen tehtiin puhdistus ja otettiin uudet kuvat. Noin 200 km:n ajon jälkeen mitattiin pakokaasupäästöt ja puristusaineet uudestaan, jotta kaikki emulsio on varmasti palanut pois. Kuvassa 23 näkyvät mitatut pakokaasupäästöt joutokäynnillä ennen ja jälkeen puhdistuksen.



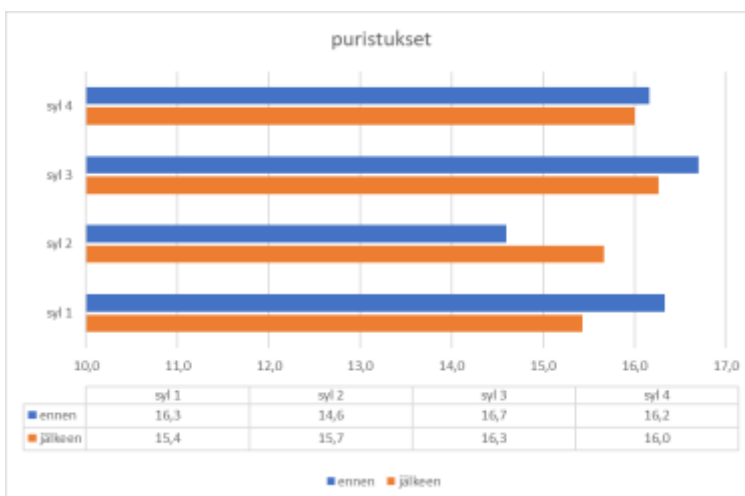
KUVA 23. Pakokaasupäästöt joutokäynnillä

Selvää parannusta pakokaasupäästöissä havaittiin korotetulla joutokäynnillä, vaikka alkumittauksillakin päästiin hyväksytyihin arvoihin (kuva 24). Todennäköisesti toisen sylinterin venttiileissä on ollut ohivuotoa ja palamatonta pakokaasua on päässyt putkistoon. Se on nostattanut hiilivedyn ja jäännöshapen pitoisuuksia, ja puristusaine on ollut pienempi kuin muissa sylintereissä. Puhdistuksen jälkeen venttiilit ovat tiivistyneet ja puristusaine on myös noussut.



KUVA 24. Pakokaasupäästöt korotetulla joutokäynnillä

Sylinterien puristusaineissa näkee selvän eron puhdistuksen jälkeen, lähtötilanteissa paineissa oli huomattavan paljon heittoa keskenään. Ero korkeimman ja matalimman puristusaineen välillä oli 3,1 baaria. Puhdistuksen jälkeen paineet tasoittuivat kaikilla sylintereillä (kuva 25).



KUVA 25. Puristukset ennen ja jälkeen puhdistuksen



Sylinterit kuvattiin endoskoopilla ennen puhdistusta, heti puhdistuksen jälkeen ja 200 km:n ajon jälkeen. Kuvasta 26 näkee, että männät olivat todella karstaiset ja korkeat puristuspaheet viittasivat myös tähän suuntaan. Tämä karstoittuminen aiheuttaa suorasuihkumootoreille tyypillisen nykimisongelman, mikä esiintyi myös tässä yksilössä. Puhdistuksen jälkeen ero lähtötilanteeseen oli huomattava ja karsta saatiin poistettua melkein kokonaan.



*KUVA 26. Kuvakooste sylinteriltä 4, vasemmalla lähtötilanne*

Imuventtiilit kuvattiin ennen puhdistusta ja heti puhdistuksen jälkeen. Koska 4-sylinterisessä moottorissa vain yhden sylinterin imuventtiilit ovat vuorollaan auki, lisäaine pääsee ainoastaan sen sylinterin imukanavaan. Sama tilanne on pakovenntiileissä. Tässä tapauksessa 4:n sylinterin imukanavassa ei nähty selvää puhdistusta (kuva 27).



*KUVA 27. Kuvakooste sylinterin 4 imuventtiileistä, vasemmalla lähtötilanne*

## **5.2 Golf 1,6**

Bensiini-Golfista mitattiin ennen puhdistusta pakokaasupäästöt ja puristuspaheet. Moottorista irrotettiin venttiilikansi ja öljypohja, jotta päästiin kuvaamaan kampikammio ja venttiilikoneisto. Auto kasattiin ja vanhat moottoriöljyt lisättiin lisäaineen kanssa moottoriin puhdistuskäyttöä varten. Puhdistuskäytön jälkeen öljyt laskettiin pois ja venttiilikansi sekä öljypohja irrotettiin. Kuvasta 28 näkee, että

kampikammiossa on ennen puhdistusta pinttynyttä karstaa paljon. Puhdistuksen jälkeen karsta on vähentynyt, mutta yksi puhdistus ei riittänyt irrottamaan kaikkea karstaa.



*KUVA 28. Kampikammio, vasemmalla lähtötilanne*

Myös venttiilikoneistossa oli paljon pinttynyttä karstaa (kuva 29) ja tähän puhdistus ei tehonnut. Bensiinimoottorissa karstoittumista aiheuttaa pakokaasun ja bensiinin pääsy männänrenkaiden ohi öljyn sekaan.



*KUVA 29. Venttiilikoneisto, lähtötilanne vasemmalla*

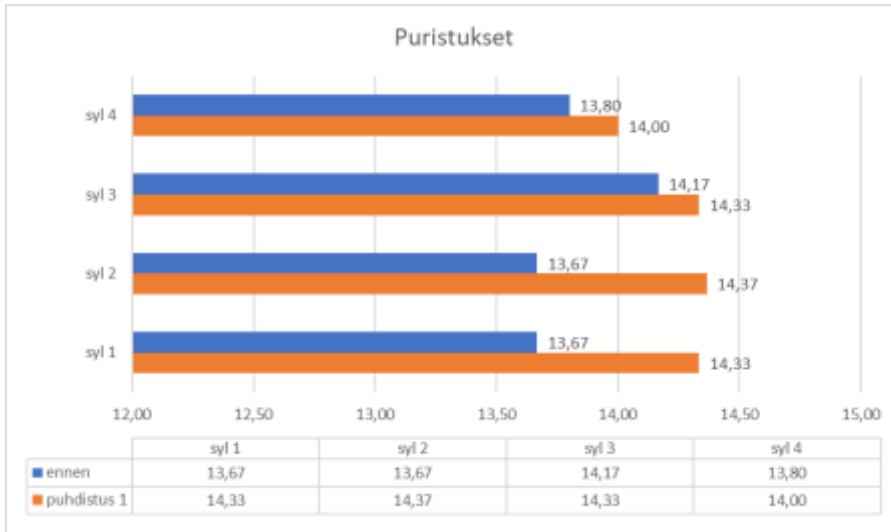
Myös öljyn imusiivilä kuvattiin, jotta nähtiin ettei lisäaine aiheuta niin sanottua siivilän tukkeutumista. Lisäaine hajottaa ja liottaa karstan sekä epäpuhtaudet moottoriöljyn sekaan (kuva 30).



*KUVA 30. Öljyn imusiivilä*

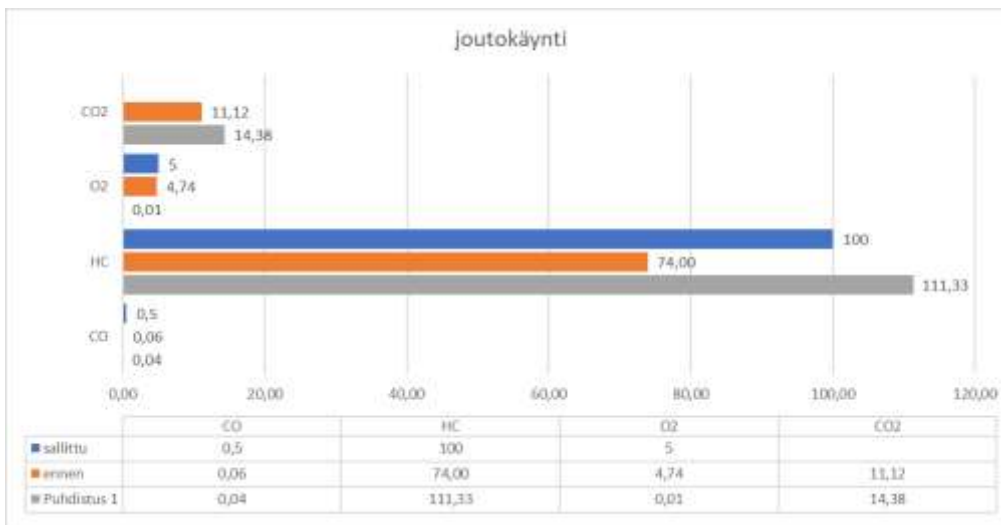


Alkumittauksissa sylinterien puristusaineissa oli hieman eroavaisuuksia. Ero suurimman ja pienimmän paineen välillä oli alle 1 baaria, mikä kertoo, että moottori on kunnossa. Puhdistuksen jälkeen todennäköisesti männänrenkaat puhdistuivat ja sylinterien paineet tasoittuivat (kuva 31).



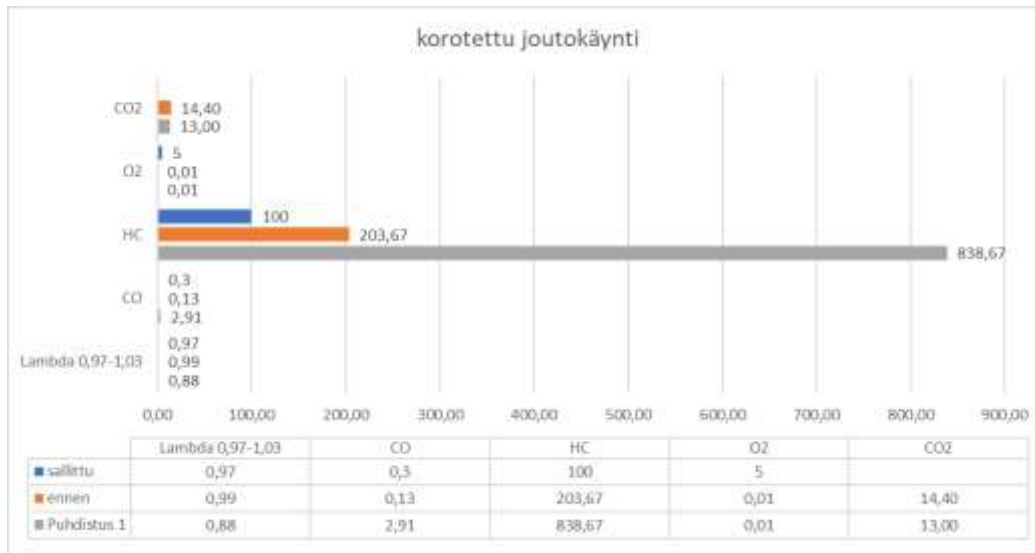
**KUVA 31. Puristusaineet**

Golfin päästöarvot ennen puhdistusta olivat muuten hyvät, mutta hiilivetytitoisuus oli korotetulla joutokäynnillä liian korkea. Todennäköisesti palamatonta polttoainetta pääsi pakoputkistoon sytytyskatkosten takia. Yhtä mittausta sotki joutokäynnillä pakokaasuimurin väärä sijoittelu, jonka takia happiarvo oli koholla ja hiilidioksidiarvo liian matala (kuva 32). Muissa mittauksissa tästä ei ollut ongelmaa.



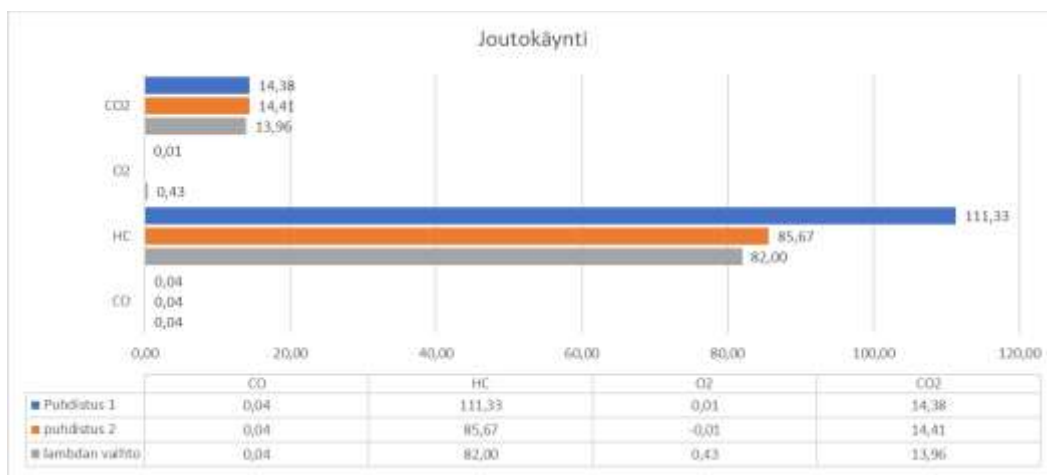
**KUVA 32. Pakokaasupäästöt joutokäynnillä**

Puhdistuksen jälkeen hiilivetypitoisuus ja hiilimonoksidipitoisuus nousivat yli sallitun, koska lambda-arvo laski alle sallitun ja seos oli rikkaalla (kuva 33). Todennäköisesti puhdistuksessa oli päässyt likaa männänrenkaiden kautta lambda-anturille. Anturi antoi väärää signaalia moottorinhjaukselle ja moottorinhjaus rikasti seosta liikaa.



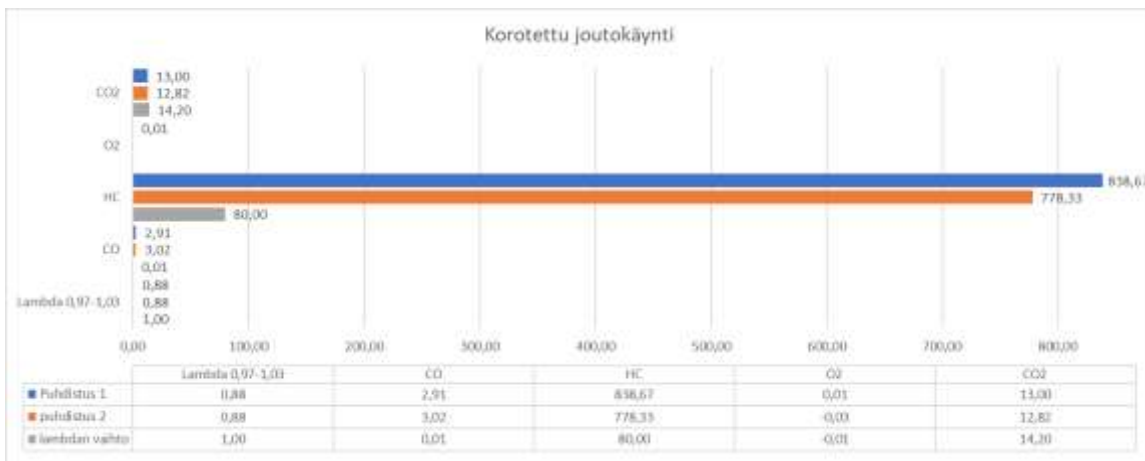
KUVA 33. Pakokaasupäästöt korotetulla joutokäynnillä

Autoon päätettiin tehdä puhdistus Oxicat-lisäaineella, jonka pitäisi puhdistaa lambda-anturi ja katalysaattori. Lisäaine lisättiin polttoainetankkiin ja autolla ajettiin noin 700 km. Uusista mittauksista näkee, etteivät päästöt laskeneet tarpeeksi (kuva 34).



KUVA 34. Pakokaasupäästöt joutokäynnillä, puhdistus 2 on Oxicat-puhdistus

Autoon vaihdettiin lambda-anturi, koska kaikki vianhaut osoittivat anturin olevan viallinen. Anturin vaihdon jälkeen pakokaasupäästöt saatiin hyväksytyille arvoille joutokäynnillä ja korotetulla joutokäynnillä (kuva 35). Anturi on todennäköisesti ollut jo ennen testejä viallinen, koska ensimmäisissä mittauksissa hiilivetyptoisuus oli liian korkea.



KUVA 35. Pakokaasupäästöt korotetulla joutokäynnillä, puhdistus 2 on Oxicat-puhdistus

### 5.3 Passat 1,9TDi PD

Passatista mitattiin pakokaasupäästöt ja katsottiin diagnostiikkatesterillä pumpusuuttimien korjausarvot, eli kuinka paljon syöttömäärää pitää muuttaa suuttimen kohdalla, jotta saavutetaan haluttu seos. Jos korjausarvo ylittää +/- 3,5, on suutin viallinen. Diesel system -lisäaine lisättiin polttoainetankkiin ja autolla ajettiin 950 km ennen uusia mittauksia. Koska suuttimissa on kilometrit huomioon ottaen todennäköisesti kulumaa, korjausarvoissa ei näy suurta muutosta (taulukko 1). Mekaaniseen kulumiseen lisäaine ei pysty vaikuttamaan.

TAULUKKO 1. Suuttimien korjausarvot ennen ja jälkeen puhdistuksen

suuttimien korjausarvot				
Sylinteri	1	2	3	4
ennen	-0,990	0,327	0,160	0,437
jälkeen	-1,083	0,04	0,4	0,59

Pakokaasupäästöt olivat ennen puhdistusta 1,02 ja puhdistuksen jälkeen 0,89 eli pientä muutosta on havaittavissa. Tämä voi johtua myös mittaustarkkuudesta. Katsastuksessa hyväksyty raja on 1,5 ja valmistajan ilmoittama k-arvo on 0,6.

#### 5.4 Golf 1,9TDi

Diesel-Golfista mitattiin pakokaasupäästöt ja moottorista irrotettiin venttiilikansi sekä öljypohja kuvaamista varten. Ensimmäinen puhdistus Engine flush -lisäaineella suoritettiin valmistajan ohjeiden mukaan. Toisen puhdistuksen aikana autolla ajettiin noin 30 kilometriä lisäaine moottoriöljyn seassa.

Lähtötilanteessa kampikammio oli kilometrit huomioon ottaen yllättävän puhdas. Ensimmäisen puhdistuksen jälkeen oli havaittavissa pientä puhdistumista, mutta toisen puhdistuksen jälkeen ero oli huomattava (kuva 36).



*KUVA 36. Kampikammio, ylhäällä lähtötilanne*

Kuvasta 37 näkee, että venttiilikoneisto puhdistui myös. Tässäkin tapauksessa toinen puhdistuskerta näyttäisi olleen tehokkaampi.



*KUVA 37. Venttiilikoneisto, ylhäällä lähtötilanne*

Seuraavana kuvattiin männänlaet ennen Diesel system -lisäaineella tehtävää puhdistusta. Kuvasta 38 näkee, että sylinterien 1 ja 4 männänlaet olivat todella karstaiset. 2 ja 3 sylinterien männissä oli myös hieman karstanokareita.



*KUVA 38. Männänlaet ennen Diesel system -lisäainetta, vasemmalla 1. sylinteri*



Polttoainetankkiin lisättiin Diesel system -lisäaine, ja autolla ajettiin noin 900 km sekalaista ajoa. Kuvasta 39 näkee selvän eron lähtötilanteeseen verrattuna, jokainen männänlaki oli puhdistunut enimmästä karstasta. Pieniä nokareita oli kuitenkin vielä havaittavissa ja koko männänlaen peittävä karstakerros ei irronnut.



*KUVA 39. Männänlaet Diesel system -lisäaineen jälkeen, vasemmalla 1. sylinteri*

EGR-venttiili kuvattiin ennen ja jälkeen Diesel system -lisäaineella tehdyn puhdistuksen (kuva 40). Venttiili oli niin paksun karstakerroksen peitossa, ettei yksi puhdistus riittänyt tätä puhdistamaan.



*KUVA 40. EGR-venttiili, vasemmalla lähtötilanne*

Myös öljyn imusiivilä kuvattiin eikä karstan kertymistä havaittu (liite 1). Tästä autosta kuvattiin myös öljypohja, koska purkuvaiheessa ylimääräisten roskien pääsy öljypohjaan saatiin estettyä (liite 2).

Mittauksista näkee pakokaasupäästöjen pienentyneen merkittävästi Engine flush -puhdistusten aikana. K-arvo oli lähtötilanteessa 0,69, ensimmäisen puhdistuksen jälkeen 0,49 ja toisen puhdistuksen jälkeen 0,28. Viimeisestä päästömittauksesta saatiin k-arvoksi 0,46, joka oli korkeampi kuin toisen Engine flush -puhdistuksen jälkeen. Tämä todennäköisesti johtui männistä irronneesta karstasta, joka ei ollut palanut täydellisesti putkistosta pois.

## 5.5 Tulokset

Skodan tuloksissa havaittiin selviä parannuksia. Puristuspaineet tasoittuivat sylinterien välillä ja päästöarvot pienenevät. Polttoaineenkulutus laski hieman, mutta tarkkoja tuloksia varten pitäisi autolla ajaa tuhansia kilometrejä. Suorasuihkutusmoottorille ominainen nykiminen ei hävinnyt imukanavien ja imusarjan karstaisuuden vuoksi. Näille on kehitetty myös oma lisäaine.

1,6-litraisessa Golfissa pakokaasupäästöt menivät puhdistuksen jälkeen sekaisin lambda-anturin likaantumisen takia. Oxicat-puhdistuksessa ei havaittu suuria eroja. Lambda-anturi olisi todennäköisesti puhdistunut pidempään ajamalla, mutta aikaisemmasta anturin vaihdosta ei löytynyt dokumentteja. Myös ensimmäiset mittaukset osoittivat anturin olleen jo ennestään viallinen, joten se päätettiin vaihtaa. Moottorin öljynkulutukseen aine ei vaikuttanut, koska venttiilivarrenkumit ovat todennäköisesti kuluneet.

Passatissa puhdistuksessa havaittiin pientä parannusta pakokaasupäästöissä. Ruiskutussuuttimien mekaanisen kulumisen takia lisäaine ei vaikuttanut suuttimien korjausarvoihin huomattavasti. Diesel-Golfissa havaittiin puhdistumista kampikammiossa ja venttiilikoneistossa sekä parannusta päästöarvoissa. Toisella puhdistuksella vaikutus oli suurempi. Tuloksia havaittiin myös männänlakien puhdistumisessa Common rail diesel system cleaner -lisäaineen jälkeen.

## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä tutkittiin Pohjanmaan Ykkösvaraosakeskuksen maahantuomia Pro-Tec-autokemikaaleja ja niiden vaikutuksia neljässä autossa mittaamalla pakokaasupäästöt ja moottorien puristusaineet, katsomalla diagnostiikkatesterillä dieselsuuttimien arvoja ja kuvaamalla moottorien komponentteja. Näitä lisäaineita olivat Engine flush -voitelujärjestelmän puhdistusaine, Oxicat-katalysaattorin puhdistusaine, Carbon X -palotilojen tehopuhdistusaine ja Common rail diesel system clean and protect -puhdistus- ja voiteluaine.

Työn tuloksia tarkastellessa näkee lisäaineiden toimineen niille tarkoitetulla tavalla etenkin Skodassa ja diesel-Golfissa. Passatissa ja bensiini-Golfissa ei havaittu selviä tuloksia, koska autoilla on ajettu paljon ja moottorien osat ovat kulumineet. Myös mittaustarkkuus täytyy ottaa huomioon. Lisäaineiden ei havaittu aiheuttavan vaurioita moottoreissa. Näiden lisäaineiden tehtävänä ei ole palauttaa komponenttien mekaanista kuntoa, vaan kuluneet osat tulisi vaihtaa uusiin. Tämän takia näitä lisäaineita tulisi käyttää säännöllisesti huoltojen yhteydessä, jotta pidennettäisiin komponenttien elinikää ja vähennettäisiin kulumista.

Työn tekeminen onnistui hyvin ennalta suunniteltujen työvaiheiden ansiosta. Lisäaineiden käyttöohjeet olivat selkeät. Koska osa autoista oli päivittäisessä käytössä ja osa työvaiheista vaati toisen henkilön avuksi esimerkiksi puristusaineiden mittaamisessa, suunniteltu aikataulu viivästyi. Työ oli mielekäs, ja oma autoharrastus tuki työn tekemistä. Työssä oppi paljon moottorien sekä polttoaine- ja pakokaasujärjestelmien lisäaineista ja päästöarvojen tulkinnasta sekä käytöstä vianhaun yhteydessä.

Opinnäytetyön tuloksia voidaan käyttää apuna muissa tutkimuksissa ja lisäaineiden markkinoinnissa kuluttajille ja jälkimarkkinointiin. Työtä voi jatkokehittää lisäämällä mittauskohteita ja ottamalla öljynäytteitä mittauksien välillä, jotta saadaan tarkempi analyysi moottorin kunnosta ja öljyn sekaan liukenevista epäpuhtauksista.



## LÄHTEET

1. Pohjanmaan Ykkösvaraosakeskus. 2020. Pohjanmaan Ykkösvaraosakeskus Oy. Saatavissa: <https://ykkosvaraosakeskus.fi/yritys>. Hakupäivä 5.11.2020.
2. Bosch, Robert 2018. Automotive handbook 10th edition. Karlsruhe: Robert Bosch GmbH.
3. Niskanen, Perttu 2018. T332103 Polttomoottoritekniikka 3 op. Luentomateriaali syksyllä 2018. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
4. Unit injector system. Bosch auto parts. Bosch Sanayi Ve Ticaret A.S. Saatavissa: [http://de.bosch-automotive-portal.com/en/internet/set\\_tr\\_ap/parts\\_and\\_accessories/engine\\_systems\\_1/diesel/unit\\_injector\\_system/unit\\_injector\\_system\\_diesel\\_motorsys\\_parts](http://de.bosch-automotive-portal.com/en/internet/set_tr_ap/parts_and_accessories/engine_systems_1/diesel/unit_injector_system/unit_injector_system_diesel_motorsys_parts). Hakupäivä 14.11.2020.
5. Common rail injection. Bosch auto parts. Bosch Sanayi Ve Ticaret A.S. Saatavissa: [http://de.bosch-automotive-portal.com/en/internet/set\\_tr\\_ap/parts\\_and\\_accessories/engine\\_systems\\_1/diesel/common\\_rail\\_injection/common\\_rail\\_diesel\\_motorsys\\_parts](http://de.bosch-automotive-portal.com/en/internet/set_tr_ap/parts_and_accessories/engine_systems_1/diesel/common_rail_injection/common_rail_diesel_motorsys_parts). Hakupäivä 14.11.2020.
6. What Is Engine Compression and How Is It Tested? 2020. Apex Tool Company, Inc. Saatavissa: <https://www.apexinds.com/blog/engine-compression-tested/>. Hakupäivä 15.11.2020.
7. Lehtinen, Arto. Autojen päästömittaukset. Luentomateriaali. Diagno Finland Oy.
8. Engine flush (EF). 2018. Esite. Ykkösvaraosakeskus.
9. Carbon X Combustion Chamber Cleaner K1 + K2 (CX). 2018. Esite. Ykkösvaraosakeskus.
10. Common Rail Diesel System Clean & Protect (CRDSC). 2018. Esite. Ykkösvaraosakeskus.

11. OXICAT Oxygen Sensor & Catalytic Converter Cleaner (OXI). 2018. Esite. Ykkösvaraosakeskus.

12. Videoscopes 5.5mm/4.9mm switch probe. Ref: HU23090 / HU23095. 2018-2020. Hubitools. Saatavissa: <https://www.hubitools.com/en/catalog/videoscopes-55mm49mm-switch-probe~9b61ff9c-6818-cb1c-cc8a-39eabe22c089>.  
Hakupäivä 15.11.2020.

## **LIITTEET**

Liite 1 Öljyn imusiivilä

Liite 2 Öljypohja

Liite 3 Mittauspöytäkirja 1

Liite 4 Mittauspöytäkirja 2

Liite 5 Mittauspöytäkirja 3

Liite 6 Mittauspöytäkirja 4

Liite 7 Mittauspöytäkirja 5

Liite 8 Mittauspöytäkirja 6

Liite 9 Mittauspöytäkirja 7

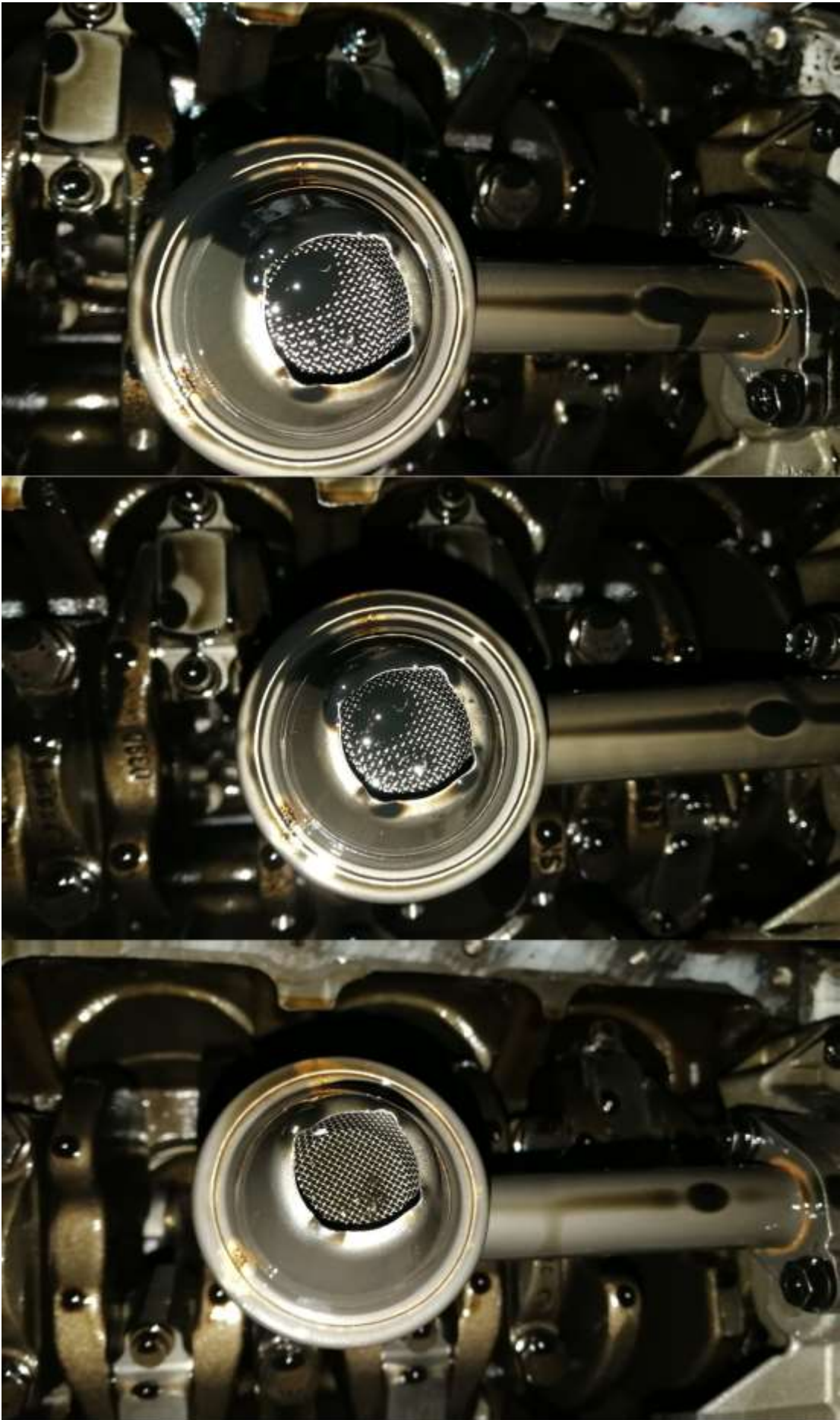
Liite 10 Mittauspöytäkirja 8

Liite 11 Mittauspöytäkirja 9

Liite 12 Mittauspöytäkirja 10

Liite 13 Mittauspöytäkirja 11

Liite 14 Mittauspöytäkirja 12







## Mittauspöytäkirja

Päivämäärä: 21.9.2020Lämpötila: 14 °CAuto: Skoda OctaviaKilometrit: 253 655


Puristuspainet	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
Sylinteri 1	16,5 bar	16,0	16,5
Sylinteri 2	15,0	14,8	14,0
Sylinteri 3	16,3	17,0	16,8
Sylinteri 4	16,0	16,5	16,0

Moottoriöljyn lämpötila	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
	78,2 °C	76,8	75,1

Päästömittaus	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
K-arvo	-	-	-

Päästömittaus joutokäynti	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
pyörintänopeus	740	740	750
CO	0,018	0,021	0,030
HC	54	39	75
O2	1,61	0,95	1,30
CO2	13,72	13,74	13,84

Päästömittaus Korotettu	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
pyörintänopeus	2340	2080	2200
Lambda	0,999	1,005	1,009
CO	0,104	0,034	0,033
HC	80	45	65
O2	0,13	0,18	0,27
CO2	14,42	14,33	14,42

Mittaja: 

## Mittauspöytäkirja

Päivämäärä: 25.9.2020Lämpötila: 16 °CAuto: Skoda OctaviaKilometrit: 253 794

Puristuspainheet	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
Sylinteri 1	15,5	15,5	15,3
Sylinteri 2	15,9	15,5	15,6
Sylinteri 3	16,5	16,3	16,0
Sylinteri 4	16,0	16,0	16,0

Moottoriöljyn lämpötila	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
	80,5 °C	82,2	82,9

Päästömittaus	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
K-arvo	-	-	-

Päästömittaus joutokäynti	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
pyörintänopeus	760	760	740
CO	0,019	0,014	0,011
HC	54	30	27
O2	1,10	1,30	0,90
CO2	13,56	13,71	13,53

Päästömittaus Korotettu	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
pyörintänopeus	2120	2380	2300
Lambda	0,997	1,001	1,000
CO	0,015	0,027	0,018
HC	56	38	34
O2	0,02	0,08	0,05
CO2	14,33	14,32	14,32

Mittaja: 

## Mittauspöytäkirja

Päivämäärä: 1.10.2020Lämpötila: 14 °CAuto: VW passat Td.Kilometrit: 352 342Suurin en  
korjaukset

Puristuspainet	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
Sylinteri 1	-0,92	-0,94	-1,11
Sylinteri 2	0,28	0,28	0,42
Sylinteri 3	0,16	0,16	0,16
Sylinteri 4	0,42	0,42	0,47

Moottoriöljyn lämpötila	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
	80,0 °C	80,0 °C	85,5

Päästömittaus	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
K-arvo	1,05	1,01	1,00

Päästömittaus joutokäynti	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
pyörintänopeus	-	-	-
CO	-	-	-
HC	-	-	-
O2	-	-	-
CO2	-	-	-

Päästömittaus Korotettu	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
pyörintänopeus	-	-	-
Lambda	-	-	-
CO	-	-	-
HC	-	-	-
O2	-	-	-
CO2	-	-	-

Mittaja: 



## Mittauspöytäkirja

Päivämäärä: 26.10.2020Lämpötila: 15°CAuto: VW passat TdiKilometrit: 353 296Suuttimien  
korjaukset

Puristuspaineet	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
Sylinteri 1	-1,06	-1,04	-1,15
Sylinteri 2	0,07	0,00	0,05
Sylinteri 3	0,49	0,40	0,31
Sylinteri 4	0,45	0,59	0,73

Moottoriöljyn lämpötila	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
	80°C	80,7	81,5

Päästömittaus	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
K-arvo	0,88	0,90	0,89

Päästömittaus joutokäynti	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
pyörintänopeus	-	-	-
CO	-	-	-
HC	-	-	-
O2	-	-	-
CO2	-	-	-

Päästömittaus Korotettu	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
pyörintänopeus	-	-	-
Lambda	-	-	-
CO	-	-	-
HC	-	-	-
O2	-	-	-
CO2	-	-	-

Mittaja: 

## Mittauspöytäkirja

Päivämäärä: 29.10.2020Lämpötila: 14°CAuto: VW Golf Td.Kilometrit: 515 424

Puristuspaineeet	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
Sylinteri 1	-	-	-
Sylinteri 2	-	-	-
Sylinteri 3	-	-	-
Sylinteri 4	-	-	-

Moottoriöljyn lämpötila	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
	86,7°C	82,7	81,3°

Päästömittaus	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
K-arvo	0,63	0,73	0,72

Päästömittaus joutokäynti	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
pyörintänopeus	-	-	-
CO	-	-	-
HC	-	-	-
O2	-	-	-
CO2	-	-	-

Päästömittaus Korotettu	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
pyörintänopeus	-	-	-
Lambda	-	-	-
CO	-	-	-
HC	-	-	-
O2	-	-	-
CO2	-	-	-

Mittaja: 

## Mittauspöytäkirja

Päivämäärä: 4.11.2020  
 Lämpötila: 15°C  
 Auto: VW Golf Tdi  
 Kilometrit: 515511

Puristuspaaineet	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
Sylinteri 1	-	-	-
Sylinteri 2	-	-	-
Sylinteri 3	-	-	-
Sylinteri 4	-	-	-

Moottoriöljyn lämpötila	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
	82,9°C	88,0	95,4

Päästömittaus	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
K-arvo	0,52	0,56	0,40

Päästömittaus joutokäynti	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
pyörintänopeus	-	-	-
CO	-	-	-
HC	-	-	-
O2	-	-	-
CO2	-	-	-

Päästömittaus Korotettu	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
pyörintänopeus	-	-	-
Lambda	-	-	-
CO	-	-	-
HC	-	-	-
O2	-	-	-
CO2	-	-	-

Mittaja: 

## Mittauspöytäkirja

Päivämäärä: 12.11.2020

Lämpötila: 15°C

Auto: VW Golf Td.

Kilometrit: 515 589

Puristuspainet	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
Sylinteri 1	-	-	-
Sylinteri 2	-	-	-
Sylinteri 3	-	-	-
Sylinteri 4	-	-	-

Moottoriöljyn lämpötila	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
	88,2°C	89,3	90,5

Päästömittaus	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
K-arvo	0,27	0,28	0,30

Päästömittaus joutokäynti	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
pyörintänopeus	-	-	-
CO	-	-	-
HC	-	-	-
O2	-	-	-
CO2	-	-	-

Päästömittaus Korotettu	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
pyörintänopeus	-	-	-
Lambda	-	-	-
CO	-	-	-
HC	-	-	-
O2	-	-	-
CO2	-	-	-

Mittaja: 

## Mittauspöytäkirja

Päivämäärä: 30.11.2020  
 Lämpötila: 15°C  
 Auto: VW Golf Tdi  
 Kilometrit: 516489


Puristuspainheet	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
Sylinteri 1	-	-	-
Sylinteri 2	-	-	-
Sylinteri 3	-	-	-
Sylinteri 4	-	-	-

Moottoriöljyn lämpötila	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
	86,5°C	88,4	89,5

Päästömittaus	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
K-arvo	0,57	0,42	0,40

Päästömittaus joutokäynti	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
pyörintänopeus	-	-	-
CO	-	-	-
HC	-	-	-
O2	-	-	-
CO2	-	-	-

Päästömittaus Korotettu	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
pyörintänopeus	-	-	-
Lambda	-	-	-
CO	-	-	-
HC	-	-	-
O2	-	-	-
CO2	-	-	-

Mittaja: 

## Mittauspöytäkirja

Päivämäärä: 23.9.2020Lämpötila: 15°CAuto: VW Golf 1.6Kilometrit: 338589


Puristuspaaineet	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
Sylinteri 1	13,5	14	13,5
Sylinteri 2	13,5	13,5	14
Sylinteri 3	14,5	14	14
Sylinteri 4	13,9	14	13,5

Moottoriöljyn lämpötila	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
	92,7°C	94,9	92,5

Päästömittaus	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
K-arvo	-	-	-

Päästömittaus joutokäynti	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
pyörintänopeus	290	800	800
CO	0,112	0,022	0,046
HC	78	34	110
O2	0,02	14,18	0,03
CO2	14,46	4,55	14,36

Päästömittaus Korotettu	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
pyörintänopeus	2180	2290	2210
Lambda	0,987	0,983	0,987
CO	0,125	0,228	0,051
HC	188	200	223
O2	0,01	0,01	0,01
CO2	14,50	14,32	14,38

Mittaja: 

## Mittauspöytäkirja

Päivämäärä: 12.10.2020Lämpötila: 15°CAuto: VW Golf 1,6Kilometrit: 338 979

Puristuspaineeet	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
Sylinteri 1	14,5	14	14,5
Sylinteri 2	14,5	14,5	14,1
Sylinteri 3	14,5	14	14,5
Sylinteri 4	14	14	14

Moottoriöljyn lämpötila	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
	94,9°C	95,6	95,4

Päästömittaus	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
K-arvo	-	-	-

Päästömittaus joutokäynti	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
pyörintänopeus	790	800	800
CO	0,054	0,045	0,023
HC	140	117	77
O2	-0,01	0,00	0,05
CO2	14,44	14,37	14,32

Päästömittaus Korotettu	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
pyörintänopeus	2170	2240	2300
Lambda	0,880	0,869	0,892
CO	2,897	3,382	2,458
HC	861	842	813
O2	0,00	0,01	0,01
CO2	13,08	12,80	13,11

Mittaja: 

## Mittauspöytäkirja

Päivämäärä: 20.11.2020

Lämpötila: 15°C

Auto: VW Golf 1,6

Kilometrit: 340389

Puristusaineet	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
Sylinteri 1	-	-	-
Sylinteri 2	-	-	-
Sylinteri 3	-	-	-
Sylinteri 4	-	-	-

Moottoriöljyn lämpötila	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
	93,0°C	96,7	96,2

Päästömittaus	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
K-arvo	-	-	-

Päästömittaus joutokäynti	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
pyörintänopeus	800	790	800
CO	0,037	0,032	0,043
HC	79	78	100
O2	-0,01	-0,01	-0,02
CO2	14,49	14,35	14,39

Päästömittaus Korotettu	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
pyörintänopeus	2440	2520	2250
Lambda	0,926	0,852	0,859
CO	1,771	3,772	3,562
HC	482	957	896
O2	-0,02	-0,04	-0,02
CO2	13,65	14,35	14,39

Mittaja: 



## Mittauspöytäkirja

Päivämäärä: 30.11.2020  
 Lämpötila: 14°C  
 Auto: VW Golf 1,6  
 Kilometrit: 340649

Puristuspaaineet	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
Sylinteri 1	-	-	-
Sylinteri 2	-	-	-
Sylinteri 3	-	-	-
Sylinteri 4	-	-	-

Moottoriöljyn lämpötila	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
	80,7°C	85,0	87,1

Päästömittaus	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
K-arvo	-	-	-

Päästömittaus joutokäynti	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
	pyörintänopeus	800	800
CO	0,077	0,004	0,034
HC	92	64	90
O2	0,77	0,51	0,00
CO2	13,85	13,97	14,07

Päästömittaus Korotettu	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3
	pyörintänopeus	2250	2240
Lambda	0,995	0,996	0,994
CO	0,010	0,002	0,013
HC	78	64	98
O2	-0,01	-0,01	0,00
CO2	14,25	14,24	14,10

Mittaja: 