

Miikka Tanskanen

## **DIESELAJONEUVOJEN PÄÄSTÖT JA NIIDEN PUHDISTUSMENETELMÄT**

# **DIESELAJONEUVOJEN PÄÄSTÖT JA NIIDEN PUHDISTUSMENETELMÄT**

Miikka Tanskanen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2018  
Kone ja tuotantotekniikka  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka, auto- ja kuljetustekniikka

---

Tekijä: Miikka Tanskanen

Opinnäytetyön nimi: Dieselaajoneuvojen päästöt ja niiden puhdistusmenetelmät

Työn ohjaaja: Kai Jokinen

Työn valmistuslukumäärä ja -vuosi: kevät 2018

Sivumäärä: 27 + 0 liitettä

---

Työssä tutkittiin dieselaajoneuvojen päästöjä ja niiden puhdistusmenetelmiä. Työhön kuului myös aiheen lainsäädäntö, jonka alueeksi rajattiin EU:n alue. Työn tavoitteena oli tehdä helppokäyttöinen kokonaisuus, josta selviää, mitä dieselpäästöjen hallintaan kuuluu sekä mitä vaatimuksia lainsäädäntö asettaa. Työn avulla pystyy helpommin ymmärtämään, miten ja miksi päästöjä kontrolloidaan. Työn tilaajana toimii Oulun ammattikorkeakoulu.

Työhön kerättiin eri lähteistä tietoa päästöjen puhdistusmenetelmistä sekä sitä ohjaavasta lainsäädännöstä. Työssä selvitettiin, minkälaisia päästöjä dieselmoottorista syntyy ja miten niitä vähentävä teknologia toimii. Diesel ajoneuvosta syntyy normaalien ilmakehässä olevien kaasujen lisäksi typen oksideja, häkää, rikkidioksidia ja partikkeli päästöjä. Työssä käydään läpi vaadittavat komponentit sekä käsitellään kokonaisuutta. Työssä käsiteltävät komponentit ovat katalysaattori, NOx-katalysaattorit sekä DPF-suodatin. Lisäksi työssä selviää, minkälainen lainsäädäntö ohjaa ajoneuvojen kehitystä ja miten se on kehittynyt historian aikana. Lain säädäntö on tiukentunut ja tiukkenee edelleen edellä mainittujen päästöjen osalta.

Työn lopputuloksena syntyi yleispätevä kokonaisuus dieselhenkilöajoneuvojen päästöistä ja niiden haittavaikutuksista. Tuloksena syntyi myös tietoa siitä, miten puhdistuskomponentit toimivat. Komponentit puhdistavat päästöjä reagoimalla kemiallisesti komponentissa käytettävän materiaalin kanssa tai komponenttiin suihkutetun lisäaineen avulla. Komponentti voi myös sulkea päästöjä sisälleen. EU vaatii yhä pienempiä päästöjä typen oksidien, partikkeleiden ja hiilivetyjen osalta. Työssä perehdyttiin myös dieselautojen tulevaisuuteen ja tultiin siihen tulokseen, että dieselhenkilöajoneuvot vähenevät, mutta eivät häviä, jos autonvalmistajat kykenevät kustannustehokkaasti vastaamaan tiukentuviin päästövaatimuksiin. Työtä voi hyödyntää pohjana, kun perehtyy dieselmoottorin päästöihin. Työn avulla voi perehtyä, mitä dieselaajoneuvo käytännössä tarkoittaa ympäristölle. Työn seuraava askel olisi perehtyä puhdistusmenetelmien ohjausjärjestelmiin.

---

Asiasanat: diesel, päästöt, typenoksidit, hiukkaspäästöt, eurokoodit, katalysaattori

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Mechanical and production technology, vehicle and transport technology

---

Author(s): Miikka Tanskanen

Title of thesis: Emissions and Purification Technology of Diesel Vehicle

Supervisor(s): Kai Jokinen

Term and year when the thesis was submitted: spring 2018      Number of pages: 27 + 0 attachment

---

The work involved examining diesel vehicle emissions and methods of cleaning them. The work also included legislation on the subject, and its territory was confined to the EU. The aim of the thesis was to make an easy-to-use package to find out what the management of the diesel is and what the requirements of the law set. This work will make it easier to understand how and why emissions are controlled. The thesis is operated by Oulu University of Applied Sciences.

Information was collected from various sources about the methods of cleaning the emissions and the legislation regulating it. The work identified the types of emissions from the diesel engine and how the technology to reduce them is working. In addition to normal atmospheric gases, the diesel generates nitrogen oxides, carbon monoxide, sulfur dioxide and particulate emissions. The work covers the required components and deals with the overall. The components to be treated are catalyst, NOx catalysts and DPF filter. In addition, it will be clear what kind of legislation guides the development of vehicles and how it has developed during the history. Legislation is tightened and tightened further with respect to the aforementioned emissions.

The result of the work was the creation of a universal set of emissions from diesel vehicles and their adverse effects. The result was also information on how cleaning components work. The components purify the emissions by chemically reacting with the material used in the component or with a sprayed additive. The component can also shut down the emissions inside. The EU demands increasingly smaller emissions for nitrogen oxides, particulates and hydrocarbons. The study also focused on the future of diesel vehicles and came to the conclusion that diesel-powered vehicles are reduced but do not disappear if car manufacturers are able to cost-effectively meet the tightening emission requirements. Work can be taken as a basis when familiarizing yourself with diesel engine emissions. The work allows you to find out what a diesel vehicle actually means for the environment. The next step would be to familiarize yourself with the cleaning methods control systems.

---

Keywords: Diesel, emissions, particle, NOx, Euro-standard, Catalytic converter.

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	6
2 DIESELAJONEUVON PÄÄSTÖT	7
2.1 Päästöjen koostumus ja niiden haitat	7
2.2 Typen oksidit (NO <sub>x</sub> )	8
2.3. Hiilivedyt, HC	9
2.3 Hiilimonoksidi CO	10
2.4 Rikkidioksidi SO <sub>2</sub>	11
2.5 Partikkelit PM	11
3 PÄÄSTÖJEN PUHDISTUSKOMPONENTIT	13
3.1 Katalysaattori	14
3.2 NO <sub>x</sub> -katalysaattorit	15
3.2.1 NSC-Katalysaattori	15
3.2.2 SCR-katalysaattori	16
3.3 DPF-suodatin	18
4 PÄÄSTÖJEN LAINSÄÄDÄNTÖ JA EURO-STANDARTIT	20
5 DIESELAUTOJEN TULEVAISUUS	24
6 YHTEENVETO	25
LÄHTEET	26

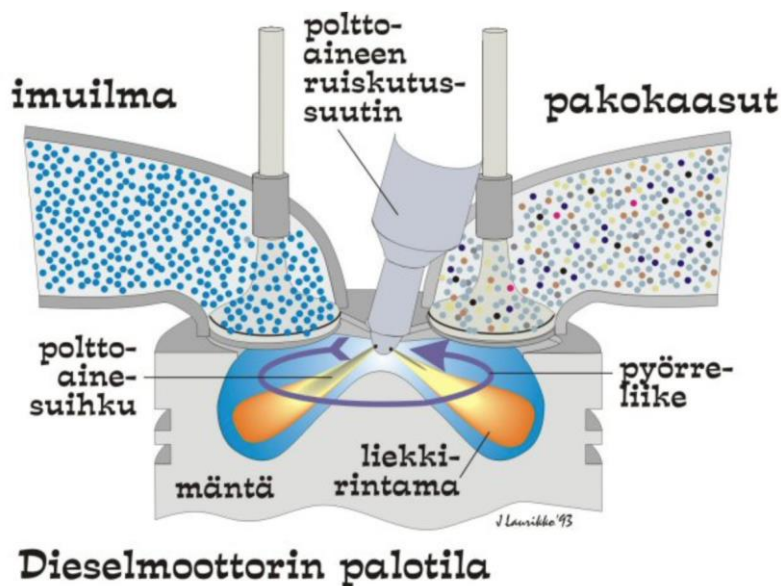
# 1 JOHDANTO

Työssä käsitellään dieselhenkilöajoneuvojen päästöjä ja niiden kontrollointia. Työn on koottu yhtenäinen kokonaisuus, jossa käsitellään dieselajoneuvon tuottamat päästöt sekä sitä ohjaava lainsäädäntö EU:n alueella. Työssä käydään läpi päästöjä hallitsevat komponentit ja niiden toimintaperiaatteet. Työn tilaajana toimii Oulun ammattikorkeakoulu.

Työssä tutkitaan ja koostetaan kattava materiaali, jossa käydään läpi, miten päästöjen raja-arvot ovat muuttuneet historiassa ja mikä on nykyinen tilanne sekä perehdytään dieselajoneuvojen tulevaisuuteen. Työ on rajattu koskemaan EU:n aluetta.

## 2 DIESELAJONEUVON PÄÄSTÖT

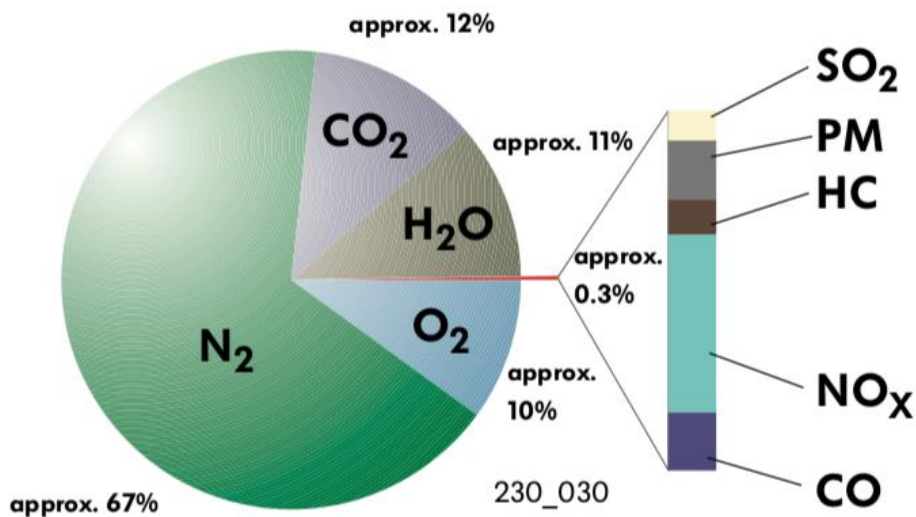
Dieselmoottori on lämpövoimakone, jossa hiilivedyt yhdistyvät happeen ja siitä syntyy mekaanista liikettä, lämpöä sekä päästöjä (1, s. 6). Dieselajoneuvon päästöillä tarkoitetaan käytännössä moottorin palotapahtumasta syntyviä pakokaasuja eli päästöjä, jotka poistuvat ajoneuvon pakoputkesta. Kuvassa 1 kuvataan dieselmoottorin palotilaa ja palamistapahtumaa.



KUVA 1. Dieselmoottorin palotila (2)

### 2.1 Päästöjen koostumus ja niiden haitat

Suurin osa dieselajoneuvon päästöistä eli 99,7 % on hiilidioksidia, typpeä ja vettä tai vesihöyryä sekä palotapahtumassa palamatonta happea eli alkuaineita, joita on ilmakehässä luonnostaan. Näistä ainoana ilmaston vaikuttava päästö on hiilidioksidi, joka on kasvihuonekaasu. Jäljelle jää vain 0,3 % muita päästöjä, jotka syntyvät epätäydellisessä palamisessa. Näihin 0,3 %:iin sekä hiilidioksidin perustuu päästöjen lainsäädäntö. Kuvassa 2 esitetään dieselajoneuvon pakokaasujen koostumus. (3, s. 6.)



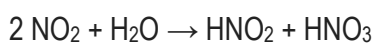
**Composition of exhaust emissions of diesel engines**

KUVA 1. Dieselpäästöjen koostumus (3, s. 6)

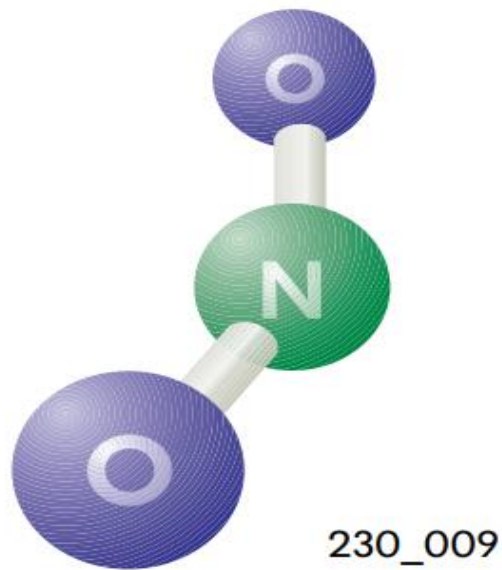
## 2.2 Typen oksidit (NO<sub>x</sub>)

Typen oksideja syntyy eniten silloin, kun moottori on maksimikuormituksella, ja vähiten joutokäynnillä. Typen oksidit ovat typen ja vedyn yhdisteitä. Typpimonoksidi on väritön, hajuton ja mauton kaasu, joka hitaasti muuttuu typpidioksidiksi ilmakehässä. Puhdas typpidioksidi on myrkyllinen, punaruskea, tunkeutuvan hajuisen kaasu, joka suurina määrinä ärsyttää limakalvoja. Typen oksidit ovat reaktiivisia aineita ja osasyynä happosateisiin. Lisäksi ne muodostavat sumua hiilivetyihin yhdistettynä. (4, s. 567.)

Typen oksidit ovat helposti reaktiivisia yhdisteitä, jotka käyttäytyvät eri tavoilla eri lämpötiloissa. Typpidioksidi muodostaa reagoidessaan veden kanssa typpihappoa ja typpihapoketta kaavan 1 mukaisesti. Kuvassa 3 on Typpidioksidi. (5, s. 350.)



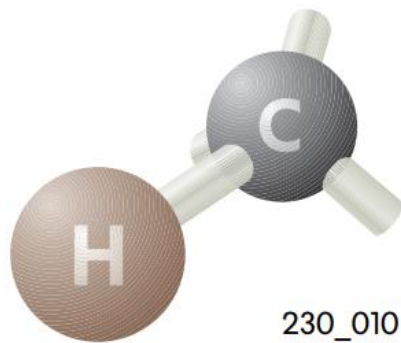
KAAVA 1



*KUVA 3 Typen oksidi (3, s. 8)*

### **2.3. Hiilivedyt, HC**

Dieselauton pakokaasut sisältävät hiilivetyjen erilaisia muotoja. Pakokaasun hiilivedyt ovat palamisreaktiossa palamatonta polttoainetta. Alifaattiset hiilivedyt ovat lähes hajuttomia. Puolestaan sykliset aromaattiset hiilivedyt tuhoavat hajuja. Osa hiilivedyistä käsitetään karsinogeneiksi silloin, kun altistuminen on pitkäkestoista. Hapettuneilla hiilivedyillä on voimakas haju, ja niitä syntyy auringon valon vaikutuksesta. Hapettuneet hiilivedyt ovat myös karsinogenejä. Hiilivetyjen ja typenoksidien yhdisteet muodostavat oksidantteja, muun muassa otsonia, jotka ärsyttävät limakalvoja. (4, s. 588.) Kuvassa 4 on esimerkki hiilivetyketjusta.



KUVA 4. Hiilivetyketju (3, s. 9)

### 2.3 Hiilimonoksidi CO

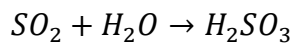
Dieselmoottorista syntyy eniten häkäpäästöjä silloin, kun moottori käy joutokäyntiä ja vähiten maksimikuormalla. Hiilimonoksidi eli häkä on väritön, hajuton ja mauton kaasu, joka syrjäyttää happea voimakkaasti. Hengitettynä häkä vaikeuttaa hapen siirtymistä vereen aiheuttaen häkämyrkytyksen. Jo 0,3 %:n pitoisuus hengitettävässä ilmassa aiheuttaa kuoleman 30 minuutissa. Kuvassa 5 on hiilimonoksidimolekyylä. (4, s. 567 - 568.)



KUVA 5. Hiilimonoksidi eli häkämolekyylä (3, s. 8)

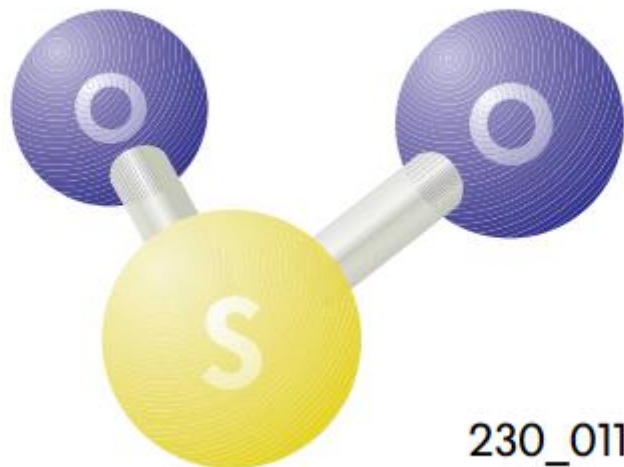
## 2.4 Rikkidioksidi SO<sub>2</sub>

Fossiilisten polttoaineiden seassa on pieniä rikkipitoisuuksia, jotka muuttuvat rikkidioksidiksi. Nykyään Euroopassa on käytössä 10 ppm:n maksimimäärä rikkiä polttoaineessa. Rikkidioksidi on väritön, pistävän hajuisen ja syövyttävä kaasu. Rikkidioksidi on ongelmallinen päästö ja ilmasaaste, koska se reagoi voimakkaasti veden kanssa muodostaen rikkihapoketta kaavan 2 mukaisesti. (6.)



KAAVA 2

Rikkihapoke muuttuu rikkihapoksi, joka edelleen liukenee ilmakehän sisältämään kosteuteen. Rikkihapo sataa alas veden mukana ja aiheuttaa maaperän sekä vesistöjen happamoitumista. Happamat sateet syövyttävät myös erilaisia materiaaleja sekä aiheuttavat haittoja eliöille. Kuvassa 6 on rikkidioksidimolekyylillä. (6.)

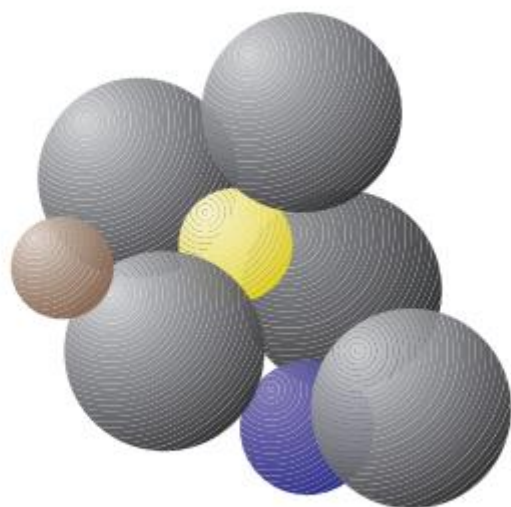


KUVA 6. Rikkidioksidi molekyyli (3, s. 9)

## 2.5 Partikkelit PM

Dieselmotorissa epähomogeenisen palamisen seurauksena syntyy kiinteitä aineita, joita sanotaan partikkeleiksi. Partikkelit ovat pääasiassa erilaisia palamattomia hiiliketjuja eli nokea, ja niiden

muoto riippuu palotapahtumasta sekä moottorin toimintapisteestä. Palamattomat ja osaksi pala-  
neet hiilivedyt tiivistyvät nokeen ja yhdistyvät aldehydeihin, ja siitä aiheutuu dieselmoottorin omi-  
nainen haju. Myös polttoaineen, voiteluaineiden aerosolit ja sulfidit kerääntyvät nokeen. Partikke-  
leiden epäillään myös olevan karsinogeenejä. Kuvassa 7 esitetään esimerkki partikkelista. (4, s.  
568.)



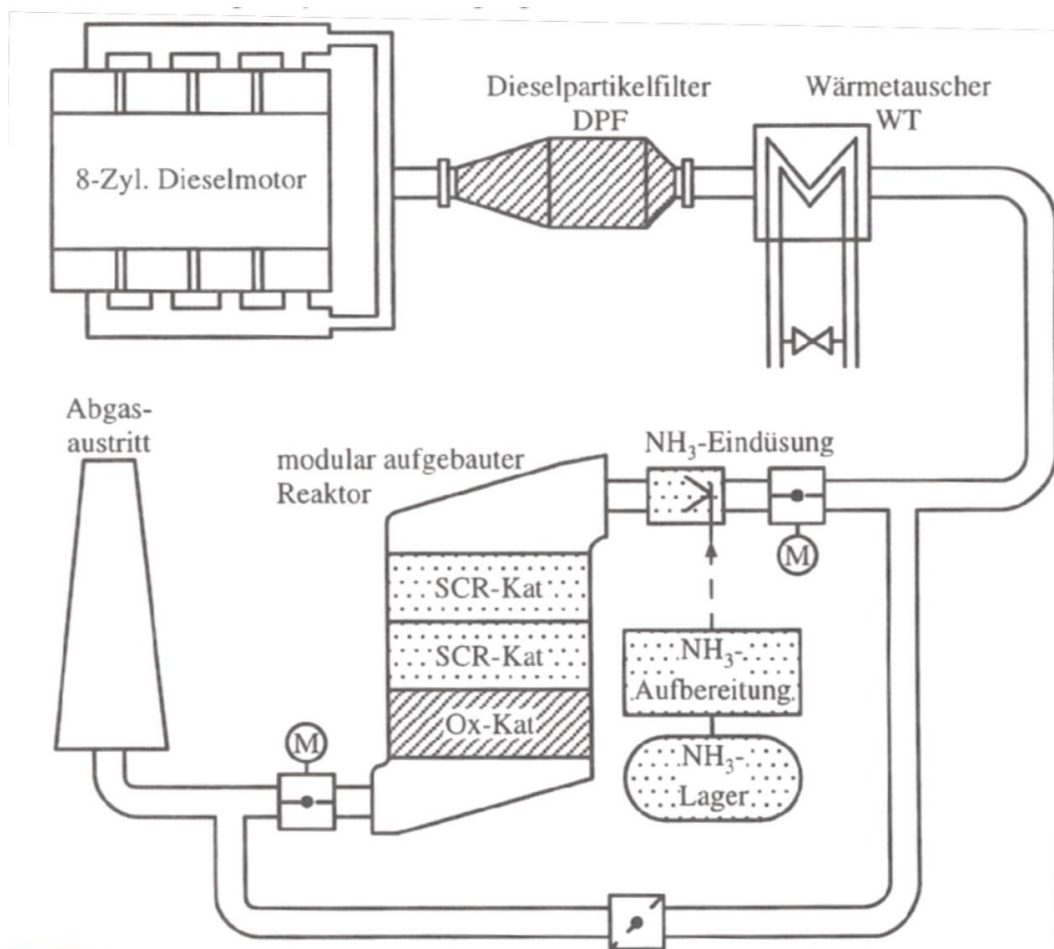
230\_033

*KUVA 7. Partikkeli (3, s. 9)*

### 3 PÄÄSTÖJEN PUHDISTUSKOMONENTIT

Moottorin päästöjen puhdistaminen on iso kokonaisuus, johon kuuluu useita osatekijöitä, joiden pitää toimia täydellisesti yhteen. Pakokaasuja puhdistavien komponenttien lisäksi dieselmoottorin ilmastoystävällisempään toimintaan kuuluvat kehittyneet polttoaineen suihkutukset, hyvä moottorin ilmanotto, pakokaasujen takaisinkierätykset sekä moottorin turboahtaminen. (4, s. 136.)

Tässä luvussa käsitellään varsinaisia kaasujen puhdistuskeinoja nykyaikaisessa ajoneuvossa eli pakoputkessa sijaitsevia komponentteja. Komponentit ovat katalysaattori, NO<sub>x</sub>-katalysaattorit ja dieselpartikkelisuodatin. Kuvassa 7 on kaavio komponenteista pakoputkessa. Puhdistusta myös valvotaan erilaisilla antureilla.



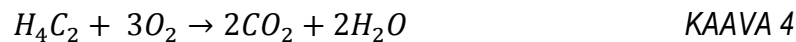
KUVA 7. Päästöjenpuhdistus komponentit pakoputkessa (1)

### 3.1 Katalysaattori

Yleisesti puhuttaessa katalysaattorista polttomoottorien yhteydessä tarkoitetaan kolmivaiheista katalyyttistä muunninta. Tämä ei kuitenkaan päde dieselmoottoriin, koska moottorissa on ilmaylijäämä, jolloin katalyyttistä muutosta ei tapahdu typenoksideissa, vaan pakokaasun sisältämässä hapessa. (4, s. 738.)

Dieselmoottorissa katalysaattorista puhuttaessa tarkoitetaan hapettavaa katalyyttistä muunninta DOC (Diesel oxidation-type catalytic converter). Katalysaattori on kennomainen keraaminen rakenne, jossa hapetteet sekoittuvat ja reagoivat katalyyttisesti aktiivisten alkuaineiden kanssa. Näitä alkuaineita ovat platina (Pt), palladium (Pd) sekä rodium (Rh). (4, s. 738.)

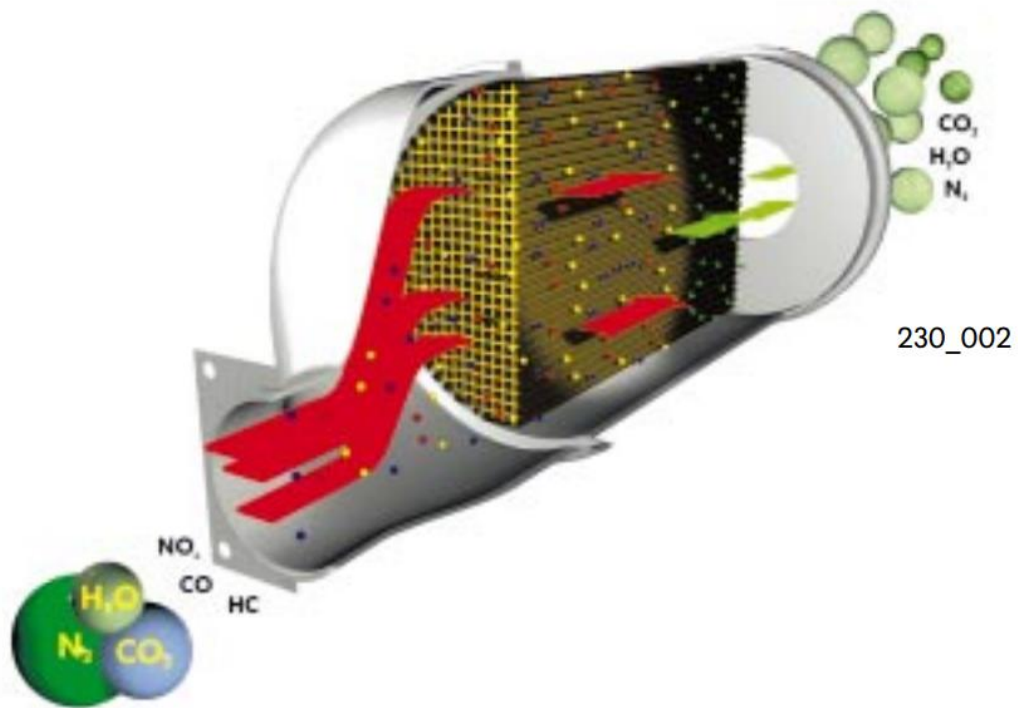
Katalysaattorin tehtävä on hapettaa häkää ja hiilivetyjä. Häkä ja hiilivedyt hapettuvat katalyyttisessä muutoksessa hiilidioksidiksi ja vedeksi kaavojen 3 ja 4 mukaisesti. (4, s. 738.)



Katalysaattori myös hapettaa typpimonoksidia typpidioksidiksi, joka on välttämätöntä typen oksidien vähentämistä varten muissa komponenteissa. Hapetus tapahtuu kaavan 5 mukaisesti. (4, s. 738.)



Katalysaattorissa osa hiilivetyjen emittoiduista partikkeleista desorboidaan katalysaattorin korkean lämpötilan avulla. Katalysaattoria käytetään myös katalyyttisenä polttajana, jota käytetään hyödyksi DPF:än regeneroinnissa. (4, s. 738.) Kuvassa 8 on poikkileikkauskuva katalysaattorista.



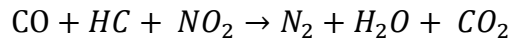
KUVA 8. Katalysaattori (3, s. 2)

### 3.2 NO<sub>x</sub>-katalysaattorit

On olemassa pääsääntöisesti kahden tyyppisiä katalysaattoreita typenoksidien vähentämiseksi. Toinen niistä perustuu oksideja keräävään katalyyttiin (NSC) ja toinen valikoivaan katalyyttiseen pelkistämiseen (SCR). Näitä järjestelmiä voi myös yhdistää yhtenäiseksi variaatioksi mm. BMW-järjestelmässä, jolloin NSC-järjestelmä tuottaa synteettisesti ammoniakkia SCR-katalysaattoriin. (7)

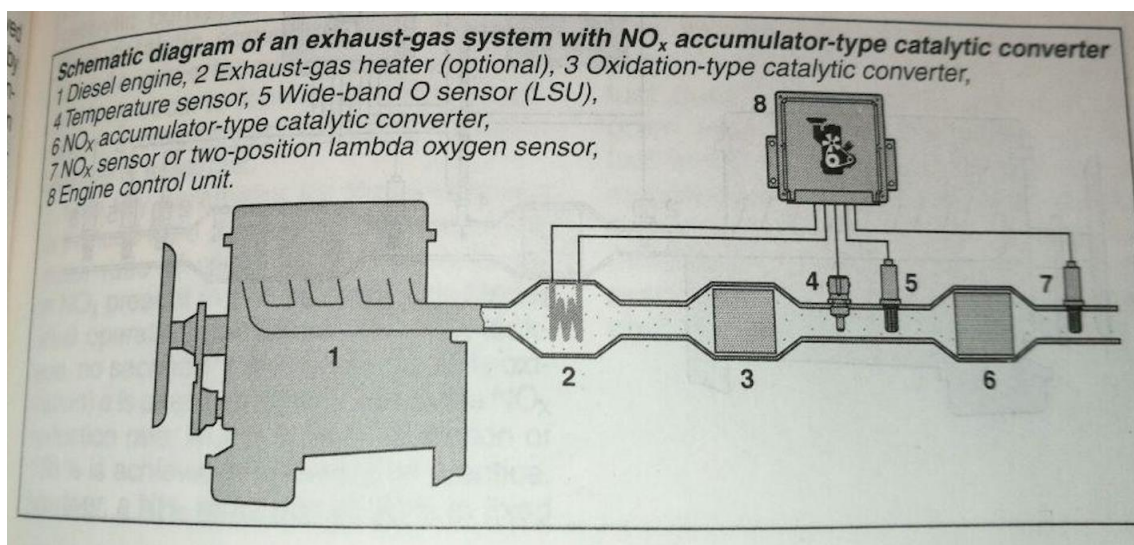
#### 3.2.1 NSC-Katalysaattori

NSC, (eng. NO<sub>x</sub> accumulator-type catalytic converter) on kaksiosainen katalysaattori, joka kykenee varastoimaan pelkästään typpidioksidia katalyyttiin. Tämän takia on tärkeää, että typpimonoksidit on muunnettu typpidioksidiksi aikaisemmassa vaiheessa. Katalyytin pinta kerää typpidioksidia silloin, kun moottori ei ole raskaasti kuormitettu ja seos on laiha. NSC-katalysaattoria pitää kuormittaa moottorin toimiessa ilma-alijäämällä ( $\lambda < 1$ ), jolloin katalysaattori hapettaa typen oksidit typeksi ja vedeksi.



KAAVA 6

Katalysaattorin puhdistus voidaan toteuttaa kiihdytystilanteissa tai erillisellä regeneroinnilla. Normaalisti hapetusvaihe tarvitsee 2 - 10 sekunnin syklejä. NSC-katalysaattorin hyviä ominaisuuksia ovat yksinkertainen toimintaperiaate, kestävyys sekä tehokkuus. Huonona puolena katalysaattori on herkkä rikille. Rikki voidaan poistaa pidemmillä regenerointi jaksoilla, mutta ne puolestaan nostavat polttoaineen kulutusta. Rikkiä poistaessaan regenerointilämpötilan on oltava yli 650 °C yli 5 minuutin ajan. Toinen huono puoli NSC-katalysaattorilla on, ettei se kykene toimimaan pitkään taaisessa kuormituksessa. Kuvassa 9 on kaavio NSC-katalysaattorista. (4 s.737; 7)



KUVA 9. NSC-katalysaattorin kaavio (4, s. 737)

### 3.2.2 SCR-katalysaattori

SCR, (eng. Selective catalytic reduction of nitrogen oxides) eli valikoiva katalyyttinen typen oksidien vähennyskatalysaattori on tällä hetkellä eniten käytetty tapa vähentää typen oksideja sarjavalmis-teisissa ajoneuvoissa. SCR:n toiminta perustuu, siihen että typen oksidit reagoivat katalysaattorissa happeen ja siihen syötettäviin pelkistäviin aineisiin. Valikoivalla tarkoitetaan, että reduceoiva aine mieluummin hapettaa valikoivasti typpioksidien sisältämän hapen sijasta pakokaasussa olevia isompia hiukkasia. Ammoniakki NH<sub>3</sub> on todettu olevan korkeasti valikoiva aine tässä tapauksessa. (4, s. 738.)

Ammoniakki on myrkyllistä ainetta, mutta siitä saadaan myrkytöntä, kun se yhdistetään hiilimonoksidin kanssa. Tätä yhdistettä kutsutaan ureaksi  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ . Urea sekoittuu helposti veteen ja sitä on 32,5% SCR-katalysaattoriin suihkutettavassa Adbluessa. Adblue-nesteen jäätymispiste on  $-11^\circ\text{C}$ , mutta vaikka se jäätyisi, niin sen ainesosat eivät eroa toisistaan. (4, s. 738.)

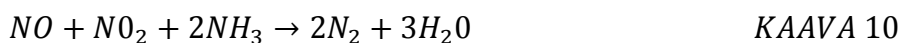
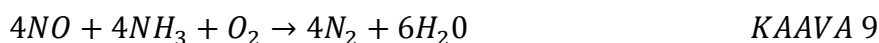
Katalysaattorissa tapahtuu kaksi reaktiota, joita yhdessä kutsutaan hydrolyysiseksi reaktioksi. Ensimmäisessä reaktiossa ureasta erotetaan ammoniakki kaavan 7 mukaan, jolloin ureasta syntyy ammoniakkia ja isosyaanihappoa. (4, s. 738.)



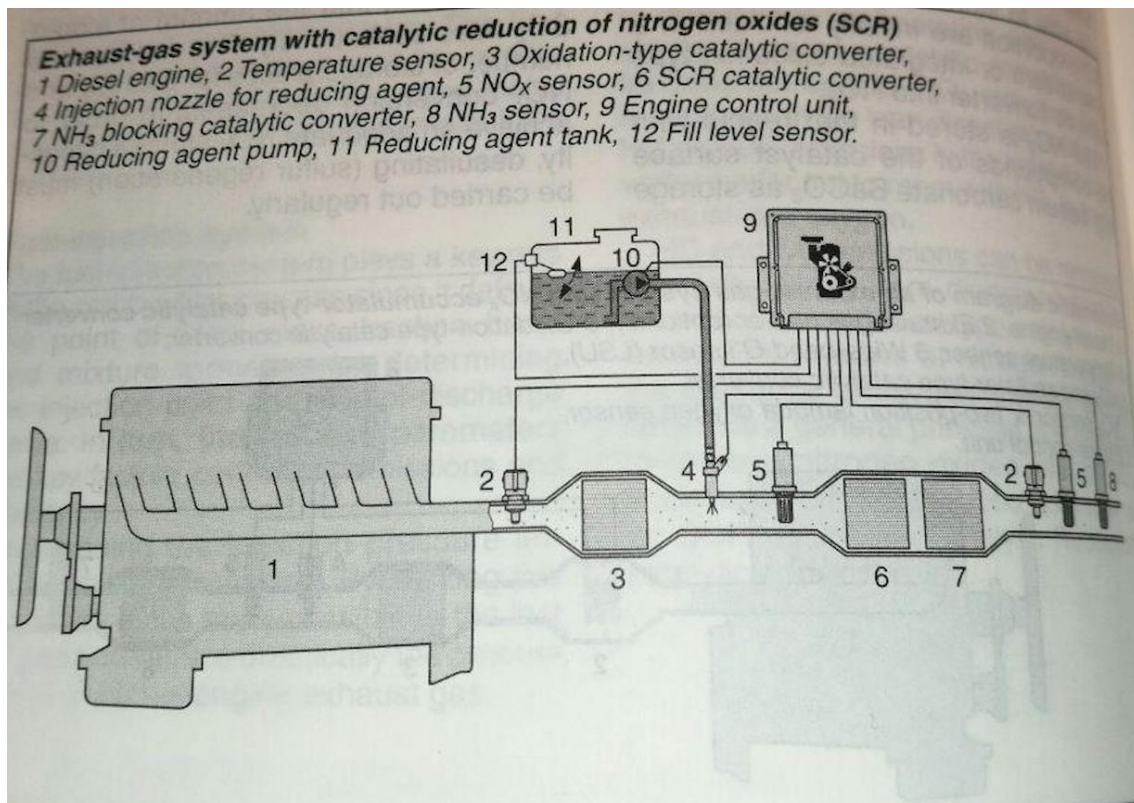
Tämän jälkeen happo muutetaan veden kanssa ammoniakiksi ja hiilidioksidiksi.



Hydrolyyttisessä reaktiossa syntyvä ammoniakki reagoi typen oksidien kanssa Kaavojen 9 - 11 mukaisesti.



Reaktiota varten pitää valita nopeasti reagoiva katalyytti ja reaktion pitää tapahtua korkeassa lämpötilassa. Tällä estetään ammoniakin pääsy katalysaattorin läpi. Kuvassa 10 on kaavio SCR-katalysaattorista. (4, s. 738.)



KUVA 10. SCR-katalysaattorin kaavio (4, s. 738)

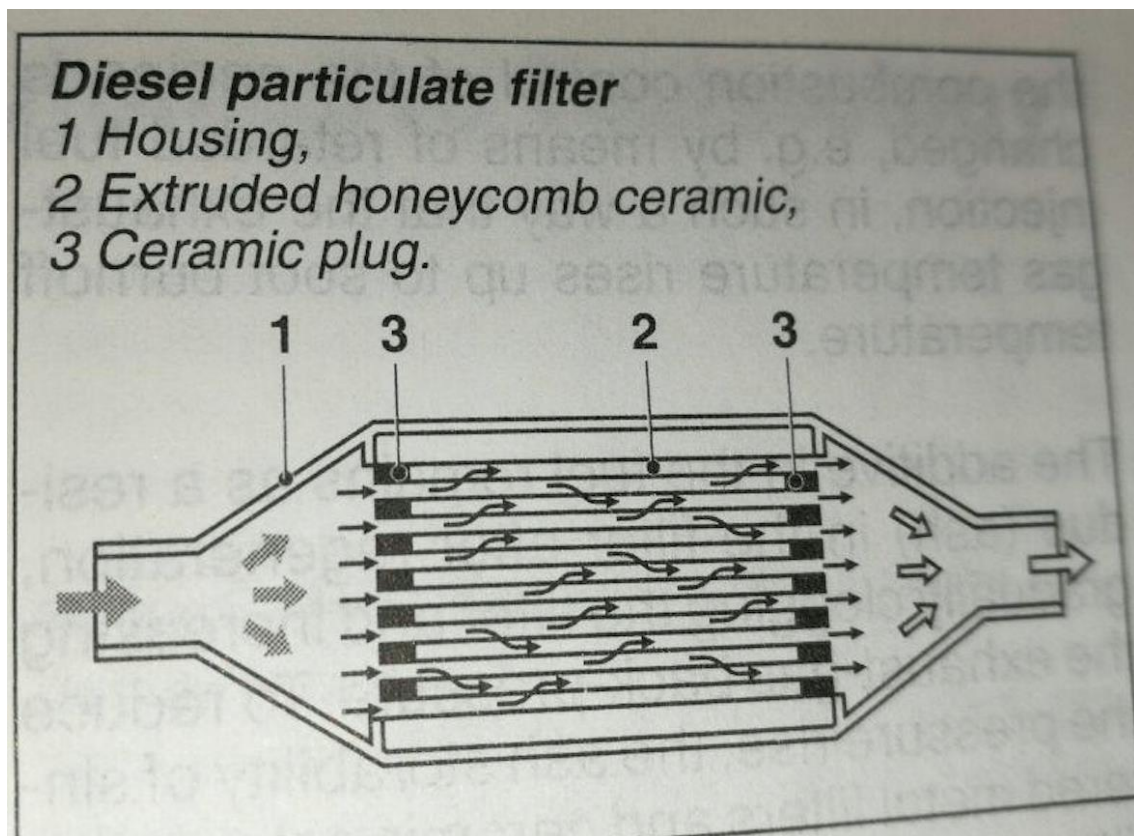
### 3.3 DPF-suodatin

DPF (eng. Diesel Particulate filter) on kennomallinen suodatin, jonka tehtävä on poistaa partikkeleita, joita syntyy dieselmoottorissa. DPF on tehokas keino vähentää hiukkaspartikkeli päästöjä. Suodattimia valmistetaan keraamisina sekä sintrattuina metallisina ja molemmat näistä suodattimista pystyvät poistamaan 95 % partikkelipäästöistä, hiukkasen spektrin ollessa 10nm-1µm kokoluokkaa. (4, s. 741.)

Keraaminen partikkelisuodatin muodostuu hunajakennorakenteesta, joka on tehty piikarbidista tai kordieritistä. Näillä aineilla on paljon rikkiäisiä kanavia, jotka soveltuvat suodattimeen. Kanavan paksuus on normaalisti 300 - 400µm. Kanavan koko määritetään niiden solutiheyden mukaan käytävinä per neliö tuuma, eli cpsi. Suodattimessa vierekkäiset kanavat on suljettu keraamisilla tulpilla, joka pakottaa pakokaasun tunkeutumaan keraamisen seinämän läpi. Kun partikkelit tunkeutuvat seinämien läpi, ne jäävät kiinni keramiikan huokosiin kohtiin. Hiukkaset ja noki varastoituvat keraamien pinnalle. (4, s. 741.)

Sintratun suodattimen pinta koostuu verkkomaisesta rakenteesta, jossa on sintrattua metallipölyä. Suodatin on symmetrisesti suunnattu kiilan muotoinen rakenne, johon muodostuu taskuja. Näiden taskujen läpi virtaa pakokaasu samalla tavalla kuin keraamisessa partikkelisuodattimessa. (4, s. 741.)

Noen kertyessä partikkelisuodattimeen, kasvaa pakokaasun vastapaine. Tämän takia suodatin täytyy regeneroida säännöllisesti. Regeneroinnissa suodattimessa oleva noki poltetaan. Noki poltetaan siten, että pakokaasussa oleva happi liittyy noen hiileen ja muodostaa hiilidioksidia. Tämä tapahtuu lämpötilan ollessa noin 600°C. Näin korkean pakokaasun lämpötilan saavuttamiseksi moottorin täytyy toimia sen nimellisellä maksimiteholla. Tätä kuitenkin tapahtuu erittäin harvoin normaalissa ajotilanteessa. Tästä syystä moottorin arvoja on muutettava, jotta saadaan tarpeeksi korkea pakokaasun lämpötila. Kuvassa 11 on kaavio DPF-suodattimesta. (4, s. 741.)

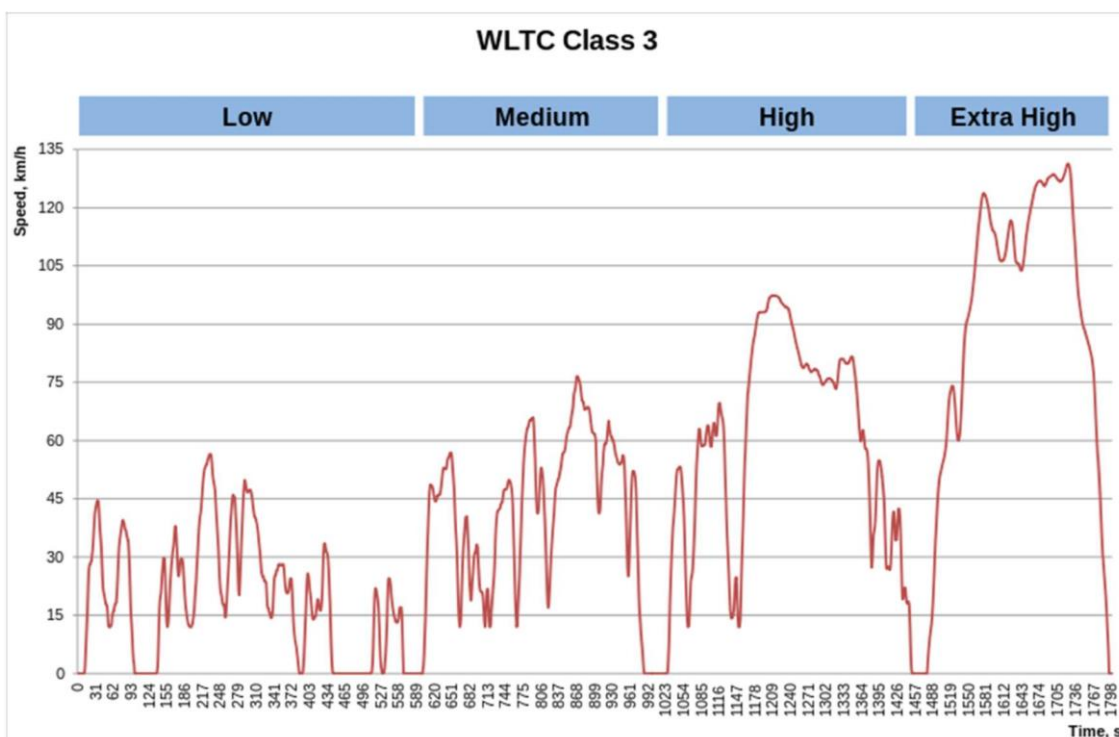


KUVA 11 DPF kaavio (4, s. 741.)

## 4 PÄÄSTÖJEN LAINSÄÄDÄNTÖ JA EURO-STANDARTIT

Ajoneuvon sallituille päästöille on määritetty erilaisia standardeja, jotka ovat maakohtaisia. Maailmanlaajuisista päästöstandardia ei ole olemassa. On olemassa kaksi suurta eri standardia, jota muut mukailevat: Euroopan unionin Euro-standardi ja Yhdysvaltojen käyttämä Tier-standardi. Nämä kaksi standardia ovat kohtalaisen lähellä toisiaan ja suurin piirtein vastaava auto on laillinen kaikkialla. (8) Tässä luvussa käsitellään Euro-standardia, sekä kerrotaan millä teknologialla raja-arvot saavutetaan.

Ajoneuvon päästöt mitataan ja sertifioidaan silloin, kun autolle haetaan tyyppihyväksyntää. EU:n alueella käytetään vuodesta 2017 WLRP-testikäytäntöä. WLTP (eng Worldwide harmonized Light vehicles Test procedures) on EU:n, Japanin ja Intian yhteistyöprojekti. EU ottaa myös käyttöön RED-testin (Real Driving Emissions), jossa päästöjä mitataan myös käytännön ajossa, eikä pelkästään dynamotestissä. Kuvassa 12 esitetään WLTC-testisykli. (9, s.2-4.)



KUVA 12 WLTC-testisykli (9, s. 2-4.)

Nykyinen Euro 6 -standardi jakaa dieselajoneuvot kolmeen ryhmään. Autot jaetaan eri ryhmiin ajo-neuvon massan mukaan. Kevyin luokka on, M\* tai HA ja alle 1 305 kg:n hyötyajoneuvot N1 I. Seuraavaan luokkuun kuuluvat 1 350 - 1 760 kg:n hyötyajoneuvot N1 II ja suurin luokka on 1760kg-3500kg hyötyajoneuvot N1 II ja N2. Eurostandardi myös määrää eri päästöjen maksimimäärät. Euro-standardit ovat automaattisesti käytössä kaikissa EU-maissa. (10.)

TAULUKKO 1. Euro 6:en päästörajat (10)

Euro 6 päästörajat ajoneuvoluokittain	CO	THC	NMHC	Nox	HC+Nox	PM	P#
	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	lkm/km
Diesel							
N2 & N1 III	740	-	-	125	215	5	6,0*10 <sup>11</sup>
N1 II	630	-	-	105	195	5	6,0*10 <sup>11</sup>
HA & N1 I	500	-	-	80	170	5	6,0*10 <sup>11</sup>

Euro 1 -standardi on syntynyt EU:n perustamisen yhteydessä. Euro1 standardissa rajoitettiin hiilimonoksidin, hiilivetyjen sekä typenoksidien määrää. Näihin raja-arvoihin päästiin katalysaattorin avulla. (10.)

Euro 2 -standardin astuttua voimaan vuonna 1996 dieselautojen hiukkaspäästöihin asetetut raja-arvot suosivat suorasuihkutteisia dieselmootoreita. Standardi antoi lievennyksiä hiukkasmassan rajoituksille. Euro 2 -standardissa kaikkien moottoreiden piti läpäistä päästövaatimukset, kun aikaisemmin valvonta oli toteutettu satunnaisotoksilla. Euro 2 -standardiin kuului myös rikkipitoisuuden rajat dieselpolttoaineelle. Raja-arvoksi rikille asetettiin 500ppm, kun se aikaisemmin oli ollut 2000ppm. (10.)

Euro 3 -standardin tullessa voimaan 2001 otettiin käyttöön common rail -tyyppinen polttoaineen syöttö sekä moottoriin liitettiin vesijäähdytteinen EGR järjestelmä. Euro3 standardissa eroteltiin erikseen hiilivetyjen ja typen oksidien sallitut päästöarvot. Lisäksi dieselautoihin tulivat nykyaikaiset kaksitoimiset katalysaattorit. (10.)

Euro 4:n astuessa voimaan dieselajoneuvoihin yleistyi ahdin ja autoissa oleva teknologia kehittyi ja järjestelmät muuttuivat sähköhjatuuksi. Euro4 astui voimaan vuonna 2006 ja samalla rikin maksimipitoisuus polttoaineeseen asetettiin 50ppm:iin. (10.)

Euro 5:n astuttua voimaan vuonna 2009 dieselkäyttöisten henkilöautojen päästöjen puhdistamisen teknologinen tarve lisääntyi rajusti. Moottoreihin yleistyi muuttuva venttiilinajoitusjärjestelmä VVT, hiukkassuodatin DPF sekä muuntogeometriset turboahtimet. Lisäksi ajoneuvoihin tulivat NO<sub>x</sub>-katalysaattorit. 2011 voimaan astunut Euro5b määräsi hiukkasmäärän mittaamisen, pelkän massan mittaamisen tilalle. Polttoaineen rikkipitoisuus laskettiin 10ppm:iin. (10.)

Euro 6 astui voimaan 2015 syyskuussa. Verrattuna Euro 5:een, Euro 6 pudottaa ainoastaan ty-  
pen oksidien sallittuja maksimiarvoja. Euro 6b astuttua voimaan 2017, muuttui käyttöön nykyaikainen testikäytäntö, joka eroaa merkittävästi vanhasta tavasta tehdä ajoneuvon testikäytäntö. Taulukossa 2 esitetään Euro-päästörajojen kehitystä. (10.)

TAULUKKO 2. Euro-päästörajojen kehitys (10)

Päästö- luokka	Käytössä al- kaen	Häkä (CO)	Hiilivety (HC)	Typenoksidit (NO <sub>x</sub> )	HC+NO <sub>x</sub>	Hiukkaset (PM)
<b>EM1</b>	tammikuu 1989	2,72 (3,16)	-	-	0,97 (1,13)	0,14 (0,18)
<b>Euro2, IDI</b>	tammikuu 1993	1,0	-	-	0,7	0,08
<b>Euro2, DI</b>	tammikuu 1993	1,0	-	-	0,9	0,10
<b>Euro3</b>	joulukuu 1997	0,64	-	0,50	0,56	0,05
<b>Euro4</b>	tammikuu 2003	0,50	-	0,25	0,30	0,025
<b>Euro5</b>	syyskuu 2009	0,50	-	0,18	0,23	0,005

<b>Euro6</b>	syyskuu 2014	0,50	-	0,08	0,17	0,005
--------------	--------------	------	---	------	------	-------

## 5 DIESELAUTOJEN TULEVAISUUS

Tekniikan Maailman artikkelissa mainitaan, etteivät dieselautot eivät ole ainoana ole vastuussa ilmansaasteista. Poistamalla dieselajoneuvot päästäisiin eroon suurimmasta osasta typenoksideista sekä hiukkaspäästöistä. Tosin tekniikan kehitys on tehnyt dieselautoista entistä puhtaampia. Dieselhenkilöautojen määrä on kasvanut viime vuosikymmeninä, mikä on suhteessa nostanut päästöjä diesel autojen osalta. (11.)

Suuri ongelma kaupunkien ilmansaasteissa on katupöly, jota syntyy yhtä paljon diesel-, bensiini- ja sähköautoista. Katupöly on suuri ongelma varsinkin pohjoismaissa. Katupölyä aiheuttaa teiden hiekoittaminen, tien pinnan mureneminen sekä jarrujen ja renkaiden kulumisesta syntyvä pöly. Aikaisemmin mukaan luettiin myös diesel autojen hiukkaspäästöt, mutta DPF:n yleistymisen myötä noki ja hiukkaspäästöt vähentyneet huomattavasti. Alle 2,5  $\mu\text{m}$ :n kokoisia hiukkasia tuottavat sekä diesel-että bensiini autot. Typen oksidipäästöt aiheuttavat samankaltaisia hengitystieoireita kuin katupöly, vaikkei niitä rinnasteta toisiinsa. (11.)

Dieselajoneuvon hiilidioksidi päästöjä pyritään vähentämään kehittämällä ja käyttämällä uusiutuvaa biodieseliä. Suomessa valmistettu Neste  $\mu$  on hyvin korkealaatuista dieseliä, jolla tutkimusten mukaan on mahdollista vähentää päästöjä. (11.)

Suuret kaupungit ovat kieltämässä dieselajoneuvoilla ajon. Pariisi, Ateena, Madrid sekä Mexico City ovat ilmoittaneet kieltävänsä dieselautoilla ajon keskustoissa vuonna 2025. Lisäksi Saksassa kaupungit saavat itse valita, pääsevätkö dieselautot keskustaan. Oslossa on periaatteessa jo nyt voimassa toistaiseksi oleva dieselkielto, johon turvaudutaan, jos ilmansaasteiden määrä kohoaa hälyttävän korkeaksi. Kuitenkaan tällä hetkellä yksikään maa ei ole kieltämässä dieselajoneuvoja kokonaan. Toisaalta monet autovalmistajat ovat kertoneet luopuvansa dieselmootoreista kokonaan lähivuosina. (11.)

## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tuloksena syntyi kattava tietopaketti dieselkäyttöisten henkilöautojen päästöistä, päästöjen hallintateknologiasta sekä sitä koskevasta lainsäädännöstä. Työssä käytettiin laajasti erilaisia lähteitä. Työssä ei käsitelty juurikaan eri autonvalmistajien käyttämiä teknisiä ratkaisuja, vaan perehdyttiin asiaan yleisellä tasolla.

Nykyinen testikäytäntö vaikeuttaa tyyppihyväksynnän saamista sekä raja-arvoihin pääsyä, koska ajoneuvoa on vaikeampi optimoida testiä varten. Kuitenkin asetetut raja-arvot ovat mahdollisia saavuttaa. Teknisesti tulevaisuus ei tuo muuta kuin vanhan teknologian kehittämistä. Suurin kysymys dieselautojen tulevaisuuden kannalta lieneekin, pystyvätkö autonvalmistajat vastaamaan kustannustehokkaasti tiukkoihin päästövaatimuksiin.

## LÄHTEET

1. Niskanen, Perttu 2014. T332103 Polttomoottoriteknikka 1 3 op. Opintojakson luennot syksyllä 2014. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
2. Paavola, Alpo 2011. Palaminen polttomoottorissa. Länsirannikon koulutus Oy WinNowa. Saatavissa: [http://www.autotieto.net/pakokaasutkurssi/oppimateriaalit/palaminen\\_polttomoottorissa.htm](http://www.autotieto.net/pakokaasutkurssi/oppimateriaalit/palaminen_polttomoottorissa.htm). Hakupäivä 28.12.2017.
3. Motor Vehicle Exhaust Emissions 2004. Composition, emission control, standards, etc. Basics. Self-study Programme 230. Wolfsburg. VOLKSWAGEN AG. Saatavissa: [http://www.volkspage.net/technik/ssp/ssp/SSP\\_230.pdf](http://www.volkspage.net/technik/ssp/ssp/SSP_230.pdf). Hakupäivä 5.11.2017.
4. Automotive Handbook 7<sup>th</sup> edition. 2007. Germany Robert Bosch GmbH.
5. Kivinen, Antti – Mäkitie, Osmo 1988. Kemia, 5. painos. Otava.
6. University of Eastern Finland. Saatavissa: [http://www.uku.fi/avoin/ymp\\_terveys/oppimateriaali/terveys/terveys\\_altistus1\\_ilma.html](http://www.uku.fi/avoin/ymp_terveys/oppimateriaali/terveys/terveys_altistus1_ilma.html). Hakupäivä 11.11.2017.
7. Majewski, Addy 2016. NOx adsorbers. ECOpoint Inc. Saatavissa: [https://www.dieselnet.com/tech/cat\\_nox-trap.php](https://www.dieselnet.com/tech/cat_nox-trap.php). Hakupäivä 28.12.2017.
8. Comparative Study on the Differences between the EU and US Legislation on Emission in the Automotive sector 2016. European Parliament. Saatavissa: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/587331/IPOL\\_STU\(2016\)587331\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/587331/IPOL_STU(2016)587331_EN.pdf). Hakupäivä 9.5.2018.
9. Emission Test Cycles 2016. ECOpoint Inc. Saatavissa: <https://www.dieselnet.com/standards/cycles/>. Hakupäivä 1.3.2018.

10. EU: Light-duty: Emissions 2018. TransportPolicy.net. Saatavissa: [http://www.transportpolicy.net/index.php?title=EU:\\_Light-duty:\\_Emissions](http://www.transportpolicy.net/index.php?title=EU:_Light-duty:_Emissions). Hakupäivä 10.3.2018.
  
11. Jussa Nieminen, 2017. Kannattaako dieselautoa enää ostaa? Tekniikan Maailma 5.4.2017. Saatavissa: <https://tekniikanmaailma.fi/tm-selvitti-kannattaako-dieselautoa-ena-ostaa-ja-13-muuta-oleellista-kysymysta/>. Hakupäivä 20.3.2018.