

# JÄLKIASENNETTAVAN DIESELPARTIKKELISUODATTIMEN MARKKINATUTKIMUS

Jonna Putkonen

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2012

Logistiikan koulutusohjelma  
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) PUTKONEN, Jonna	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 20.05.2012
	Sivumäärä 56	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus ( ) saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty ( X )
Työn nimi JÄLKIASENNETTAVAN DIESELPARTIKKELISUODATTIMEN MARKKINATUTKIMUS		
Koulutusohjelma Logistiikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) VÄRTÖ-NIEMI, Merja		
Toimeksiantaja(t) KesLift Oy, Jyväskylä		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehostaa KesLift Oy:n suodatinmarkkinoita ja tavoitteena oli selvittää dieselpartikkelisuodattimien markkina-aluetta Suomen alueella sekä ottaa selvää viranomais määräyksistä. Lisäksi käytiin läpi teknisiä määräyksiä.</p> <p>Viitekehityksessä käsiteltiin dieselmoottorin toimintaperiaatetta ja moottoreiden ympäristövaikutuksia sekä työhygieniää. Toisena aihealueena oli markkinointi ja survey-tutkimusmenetelmä. Tutkimusongelmia nimettiin kolme: jälkiasennettavien suodatinmallien markkinoiden selvitys, nykyisten ja tulevien off-road-dieselkalustoa koskevien viranomaismääräysten selvittäminen sekä teknisten määräysten selvitys.</p> <p>Markkinoitavia suodatinmalleja on saatavana kolmena versiona. Niiden tekniset tiedot on esitetty opinnäytetyössä. Viranomaismääräyksistä on selkeä taulukko, jossa dieselmoottoreiden sallitut päästölukemat on esitetty vuoteen 2017 saakka.</p> <p>Tutkimustulokset viittasivat siihen, että suurimmalla osalla vastaajista ei ollut käsitystä tulevien vuosien päästömääräyskehityksestä. Suurin osa kyselyyn vastanneista yrityksistä oli sitä mieltä, että tiukentuvat päästömääräykset vaikuttavat heidän toimintaansa, mutta lähes yhtä monella yrityksellä ei ollut asiasta tietoa. Silti suurin osa vastaajista oli sitä mieltä, ettei heidän yrityksellään ole tarvetta jälkiasennettaville suodatinmalleille eivätkä he tarvitse lisätietoa asiasta. Lisätietoja halunneille yrityksille lähetettiin kutsu Helsingin kuljetusmessuille, jossa KesLift Oy esitteli tuotteitaan sekä palveluitaan.</p>		
Avainsanat (asiasanat) suodatin, markkina-alue, suodatinmarkkinat, jälkiasennettava suodatin, tutkimus		
Muut tiedot		



Author(s) PUTKONEN, Jonna	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 20.05.2012
	Pages 56	Language Finnish
	Confidential ( ) Until	Permission for web publication ( X )
Title MARKET SURVEY OF RETROFIT DIESEL PARTICLE FILTERS		
Degree Programme Degree Programme in Logistics		
Tutor(s) VÄRTÖ-NIEMI, Merja		
Assigned by KesLift Oy, Jyväskylä		
Abstract <p>The purpose of the thesis was to enhance the filter market of KesLift Ltd. Three research problems were identified: to survey the market for retrofit filter models, to clarify the official regulations related to the current and future off-road diesel machinery, as well as to find out about the technical regulations.</p> <p>In the framework, the operational principle and the environmental effects of a diesel engine were dealt with. Also occupational hygiene was considered. Another topic was marketing, and the thesis also included a customer study where survey was used as a research method.</p> <p>Filters which are on the market are available in three versions. The technical information can be found in the thesis. The Finnish authorities have determined the allowed emission figures till 2017 and those figures are also presented in the thesis.</p> <p>The research results indicated that most of the respondents did not have any idea about the future development of emission regulations. Most of the respondent companies thought that the tightened emission regulations may affect their actions, but almost an equal number of companies did not have any information about the subject. Still, most of the respondents thought they did not need the new type of retrofit filters, nor any further information. The companies that wanted more information were sent invitations to the Helsinki Transportation Fair, where KesLift Ltd was presenting its products and services.</p>		
Keywords filter, market area, filter market, retrofit filter, study		
Miscellaneous		

## SISÄLTÖ

1 JOHDANTO .....	3
2 TUTKIMUKSEN LUONNE JA TAVOITE.....	4
3 KESLIFT OY .....	4
4 VIIITEKEHYS.....	5
4.1 Dieselmoottorit työkoneissa .....	6
4.1.1 Dieselmoottorin toimintaperiaate.....	7
4.1.2 Dieselmoottorin ympäristövaikutukset .....	9
4.1.3 Säädetyt ja sääntelemättömät päästöt .....	15
4.1.4 Pakokaasujen puhdistustekniikka.....	23
4.2 Työhygieniä .....	25
4.3 Markkinointi käsitteenä.....	28
4.3.1 Segmentointi .....	29
4.3.2 Primääridata ja sekundääridata .....	30
4.4 Survey-tutkimusmenetelmä.....	30
4.4.1 Kyselytutkimuksen suunnittelu .....	31
4.4.2 Kyselyaineiston analysointi .....	34
5 TUOTEINFO .....	35
5.1 Sint-AC .....	37
5.2 Sint-DOC.....	38
5.3 Sint-ROC.....	39
6 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS .....	40
6.1 Tutkimusongelma.....	40
6.2 Tutkimusmenetelmät .....	40
6.3 Aineiston keruu ja analysointi.....	40
6.4 Tutkimuksen eteneminen ja luotettavuus.....	41
7 TUTKIMUSTULOKSET .....	42
8 POHDINTA.....	45
LÄHTEET.....	48
LIITTEET .....	50
Liite 1. Kyselyn saatekirje.....	50
Liite 2. Kyselylomake .....	51
Liite 3. Kyselyn lisätietolomake.....	53

Liite 4. Päästömääräystaulukko .....	56
--------------------------------------	----

## KUVIOT

KUVIO 1. EU:n alueen kehitys vuoteen 2014 saakka - Non-road-ohjeistus 97/68/EC .....	11
KUVIO 2. Työkoneiden lukumäärän, päästöjen ja kulutuksen prosentuaaliset osuudet Suomessa .....	14
KUVIO 3. Tyypillinen hiukkasjakauma sekä partikkelikoot .....	17
KUVIO 4. Hiukkasten depositio hengityselimistön eri osa-alueilla .....	19
KUVIO 5. CRT (Continuously Regenerating Trap) katalysaattori ja hiukkasloukku, Johnson Matthey .....	25
KUVIO 6. Markkinoinnin keskeiset käsitteet .....	29
KUVIO 7. Aktiivisen ja passiivisen dieselpartikkelisuodattimen hapetusreaktion lämpötilaikkuna .....	37
KUVIO 8. Sint-AC -malli .....	38
KUVIO 9. Sint-DOC -malli .....	38
KUVIO 10. Sint-ROC -malli .....	39
KUVIO 11. Tiukentuvien pakokaasumääräysten vaikutus kohderyhmään .....	42
KUVIO 12. Yritysten tarve jälkiasennussuodattimille .....	44
KUVIO 13. Lisätietojen halukkuus .....	45

## TAULUKOT

TAULUKKO 1. Raskaan kaluston euroluokitus .....	12
TAULUKKO 2. Raskaan kaluston päästöluokat .....	13
TAULUKKO 3. Off-road-kaluston päästörajat .....	14
TAULUKKO 4. HTP-arvot 2009 .....	26

## 1 JOHDANTO

Tutkimuksen aihe on peräisin materiaalinkäsittelylaitteiden maahantuonti- ja myyntiyritys KesLift Oy:ltä. Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää jälkiasennettavien dieselpartikkelisuodattimien markkina-alueita, eli toisin sanoen käyttökohteita, koko Suomessa. Tutkimus sisältää myös suodattimien teknisten vaatimusten sekä viranomaismääräysten käsittelyosion. Viranomaismääräyksiin kuuluvat muun muassa emissioon liittyvät rajoitukset ja työhygienian hengityselimien osalta.

Tutkimusta tukevaa viitekehystä saadaan Internetistä, alan ammattilaisia haastatteleamalla sekä alan kirjallisuudesta. Myös sähköisiä artikkeleita ja aiheeseen liittyviä tekniikan alan lehtien palstoja hyödynnetään.

Teoreettisessa viitekehyksessä käydään läpi dieselmoottorin toimintaperiaate, dieselmoottorit työkoneissa, markkinointia käsitteenä sekä markkinaselvitystä. Luotettavimpia lähteitä ovat alan parissa työskenteleviltä ammattilaisilta saatu tieto, oikeanlaista tietoa sisältävät internetsivut sekä kirjallisuus.

Tutkimusmenetelmänä käytetään haastattelukaavaketta, joka lähetetään sähköpostitse aiemmin valittuihin yrityksiin. Kaavakkeesta tehdään yksinkertainen ja niukasti aikaa vievä, jotta mahdollisimman moni vastaisi siihen ja palauttaisi sen.

Tutkimustulosten merkitys aiheen luoneelle yritykselle on suuri, koska kyse on tulevaisuuden suodatinmyynnistä. Tutkimuksella pyritään kartoittamaan esimerkiksi sitä, millä toimialoilla ja minkälaisissa työkoneissa suodattimelle olisi eniten kysyntää Suomessa. Mahdollisesti työkoneteollisuus hyötyy dieselpar

tikkelisuodattimesta suurestikin, sillä vaikutukset ympäristöön ovat pakokaasupäästöjen osalta erittäin positiivisia.

## **2 TUTKIMUKSEN LUONNE JA TAVOITE**

Tutkimus on luonteeltaan 80 prosenttisesti tutkimus- ja kehitystyö. Tutkimusmenetelmänä voidaan käyttää joko survey -kyselytutkimusta tai case -tutkimusta, jossa yksityiskohtana on suodatin.

Tavoitteena on luoda selkeä tutkimus, josta on hyötyä kohdeyrityksen toiminnalle. Pääasiallinen tehtävä on dieselpartikkelisuodattimien markkinaselvityksen laatiminen, jonka lisäksi huomioidaan päästönormit ja suodattimien tekniset vaatimukset. Tehtävänä siis selvittää kyselykaavaketta käyttämällä Suomessa toimivilta työkoneita hyödyntäviltä yrityksiltä heidän tilannettaan tulevaisuudessa tiukentuvien päästömääräysten tiimoilta. Otetaan selvää myös yritysten nykyisestä suodatintilanteesta ja normeista. Kartoitetaan aluksi yritysten otoskoko, toimiala sekä sijainti.

## **3 KESLIFT OY**

KesLift Oy on toiminut korkealaatuisten materiaalinkäsittelylaitteiden maahantuojana ja myyjänä yli 20 vuotta. Yrityksen maahantuontiedustukseen kuuluvat Hyster-vastapaino- ja varastotrukit, Bulmorin valmistamat (Jumbo, Baumann, Lancer ja Irion) kylki- ja nelitietrukit sekä Ranger-maastotrukit. Lisäksi valikoi- maan kuuluvat Logitrans-lavankäsittelylaitteet.

KesLift Oy on Suomen Mann+Hummel-dieselpartikkelisuodattimien edustaja. Mann+Hummel-pakokaasu- tai partikkelisuodatin voidaan asentaa trukkien ohella myös muihin dieselmoottorikäyttöisiin työkoneisiin. KesLift Oy on Yanmar-teollisuusmoottoreiden virallinen huolto-organisaatio Suomessa. Yanmar-moottorit soveltuvat käytettäväksi trukeista ja maanrakennuskoneista veneisiin. Yritys toimii myös kaikkien teollisuusmoottorimallien varaosien huoltajana sekä toimittajana.

Trukkimyynnin lisäksi KesLift Oy:n palveluihin kuuluu erilaisia trukkien leasing- ja rental-vaihtoehtoja. Vaihtoehtona uudelle trukille on tarjolla myös valikoima tarkastettuja käytettyjä trukkeja. KesLift Oy huoltaa kaiken merkiset trukit joko Jyväskylän tai Lappeenrannan huoltamolla ja sopimushuoltajien avulla koko maassa. Varaosia ja tarvikkeita saa yritykseltä kattavasti kaikkiin trukki-merkkeihin. Tämän lisäksi yritys järjestää trukinkuljettajan koulutusta ja trukkin teknistä koulutusta. (KesLift Oy, n.d.)

#### **4 VIITEKEHYS**

Tässä opinnäytetyön osiossa käsitellään dieselmoottoreiden toimintaperiaatetta sekä käyttöä työkoneissa, koska tutkimus käsittelee dieselpartikkelisuodattinta, joka on olennainen osa moottoria. Näiden ohella yksi tärkeimpiä aiheita on työhygienia, johon perehdytään myös. Lisäksi käydään läpi markkinointia ja markkinaselvitystä käsitteinä valottamaan tulevaa tutkimusta ja siinä käytettäviä analyysimenetelmiä.



## 4.1 Dieselmoottorit työkoneissa

Dieselmoottorit on patentoitu saksalaisen Rudolf Dieselin toimesta vuonna 1892. Tämä yli satavuotias moottori on nykypäivänä merkittävin kuljetuskaluston ja työkoneiden voimanlähde kaikkialla maailmassa. Pienimpiä malleja lukuun ottamatta työkoneissa ja traktoreissa sekä laivoissa ja monissa junissa käytetään dieselmoottoria voimanlähteenä. (Orpana 2007, 6.)

Dieselkaluston päästöt vähenevät uusien moottorimallien kehittyessä. Lisäksi hiukkassuodattimet, hapetuskatalysaattorit sekä muut pakokaasujen puhdistuslaitteet pienentävät päästöjä. Polttoaineita on kehitettävä parempien moottorien rinnalla jatkuvasti ympäristöä vähemmän kuormittavaan suuntaan. Dieselmoottorit ovat pitkäikäisiä ja varmakäyntisiä, eikä näköpiirissä ole dieseliä korvaavia tuotteita vuosikymmeniin. (Mts. 6-7.)

Työkoneissa käytettävät dieselmoottorit ovat useimmiten nelitahtisia. Euroopassa kaksitahtiset moottorit ovat harvinaisia, mutta USA:ssa niitäkin käytetään. (Mts. 7.)

Dieselmoottoreiden teholuokat jakaantuvat viiteen osaan (vertaa taulukkoon 3):

- 18-36kW
- 37-55kW
- 56-74kW
- 75-129kW
- 130-560kW (Oja 2012).

#### 4.1.1 Dieselmoottorin toimintaperiaate

Dieselmoottoreiden toimintaperiaate ei ole muuttunut edes sadan vuoden kuluessa. Tiivistettynä kertomuksena ennen tarkempaa selvitystä sylinteriin sujutettu dieselöljy syttyy, kun kasvava paine kuumentaa sylinterissä olevan ilma-kaasuseoksen. Tällöin mäntä nousee ylös. Nykymoottoreissa palotapahuman hallinta on elektronista ja tärkeimpänä saavutuksena pidetään kasvannutta tehoa ja paremman polttoainetalouden syntyä. Työkoneen moottori voi olla ulkoisesti aivan samanlainen, kuin esimerkiksi henkilöautossa, mutta polttoaineen ruiskutusta on saatettu säätää kulloistakin käyttösovellusta (teho, kierroslukualue) ajatellen sopivammaksi. (Oja 2012.)

#### **Seoksen muodostus**

Ohjatun palamisen edellytys on polttonesteen ja ilman tehokas sekoittuminen keskenään. Epätäydellinen palaminen johtuu ilman puutteesta ja ilmenee savutuksena. Nopea itsesytyminen ja iskumainen palaminen ovat seurausta täysin homogeenisestä seoksesta ja tällöin saattaa ilmetä moottorivaurioita tai äänekästä käyntiä. Tämän vuoksi seoksen tulisi muodostua ohjatusti. (Dieselmoottorit n.d.)

Polttonesteen ruiskutukseen tarvitaan korkea paine yhtenä tai useampana suihkuna. Ennen pyrittiin mahdollisimman pieneen polttonesteen pisarakoon, mutta nykyään tiedetään, että ainoastaan termisen sekoittumisprosessin avulla saavutetaan tyydyttävä palamiseseos. Kun ruiskutetaan polttonestettä kuumentuneeseen ilmanpyörteeseen tai palamistilan seinämään, johtaa se polttonestepisaroiden hajoamiseen sekä höyrystymiseen ja siten sekoittumiseen ilman kanssa. (Mt.)

## **Palaminen**

Palamisprosessissa on kolme vaihetta: syttymisjättämä, vakiotilavuuspalaminen ja vakio painepalamisvaihe. Syttymisjättämä on aika, jolloin lämpötila nousee kohti syttymispistettä, mutta palotilaan ruiskutettu polttoneste ei ole vielä ehtinyt syttyä. Tämän vaiheen pituus on 0,0007-0,003 sekuntia. (Dieselmoottorit n.d.)

Vakiotilavuuspalamista kutsutaan myös nopean paineen nousun vaiheeksi. Syttymisjättämä-vaiheen aikana palotilaan kertyy polttonestettä, mikä pyrkii syttymisen jälkeen palamaan äkillisesti. Dieselmoottorille ominainen nakutus syntyy jyrkästä paineen noususta. Nakutuksella on myös yhteyttä palotapah-tuman ajoittumiseen. (Mt.)

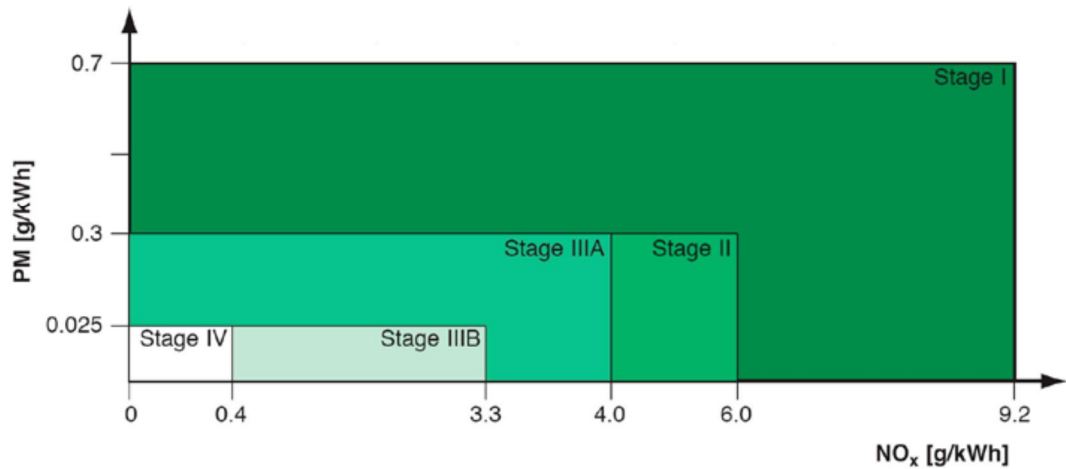
Vakio painepalamisvaiheessa poltetaan loppuosa ruiskutettavasta polttonesteestä, jolloin lämpötila ja paine ovat niin korkeat, että palamistilaan ruiskutettava polttoneste palaa liki välittömästi. Tällöin palamistapahtumaa voidaan hallita yksinkertaisesti polttonesteen ruiskutuksen avulla. (Mt.)

Jotta saataisiin hyvä hyötysuhde, edellyttää se palamisen päättymistä kolmannen vaiheen aikana. Mikäli moottori on nopeakäyntinen, palamisen jatkumista on vaikea välttää paisuntavaiheessa. Palamistilaan puristuneen ilman paineen ja lämpötilan tulisi olla mahdollisimman korkeita, jotta varmistetaan ruiskutetun polttonesteen nopea syttyminen sekä tehokas palaminen. Vaikuttamiskeinoina toimivat ilman esilämmitys ja puristussuhteen nosto. (Mt.)



Polttoaineen kulutusta alentamalla voidaan vähentää ympäristökuormitusta. Kulutuksen vähentämistä voidaan edesauttaa monin keinoin, kuten esimerkiksi käyttämällä lohkolämmitintä, kun ulkoilman lämpötila laskee alle nollan. Myös synteettisten voiteluöljyjen suosiminen sekä moottorissa että voimansiirrossa, rengaspaineiden tarkistus sekä taloudellisen ajotavan opetteleminen ja ajokaluston säännöllinen huollattaminen vähentävät polttoaineen kulutusta. (Mts. 12 – 13.)

Dieselmoottorin pakokaasu koostuu pääosin tavallisesta ilmakehässä olevasta timestä sekä palamistuotteina syntyneistä vesihöyrystä ja hiilidioksidista. Pakokaasu sisältää lisäksi happea, koska moottori käy ilmaylimäärällä. Saasteiksi luokiteltavia ainesosia on alle prosentti. Tyypillisimpiä niistä ovat hiukkaset ja typen oksidit sekä osittain palaneet hiilivedyt. (Mts.13.) Juuri näitä ei-toivottuja päästöjä rajoitetaan euro-normistolla. Vuosittaiset muutokset ja niiden merkittävyys on esitetty kuviossa 1.



Stage I: 1999  
 Stage II: 2003  
 Stage IIIA: 2003  
 Stage IIIB: 2012  
 Stage IV: 2014

### KUVIO 1. EU:n alueen kehitys vuoteen 2014 saakka - Non-road-ohjeistus 97/68/EC (Mann & Hummel Soot Filters n.d.)

Uusien ajoneuvojen päästömääräysten täyttymistä valvotaan tyyppihyväksynnän avulla, jolloin dieselkäyttöisen kuorma- ja linja-auton moottorin on alitettava säädetyt arvot mitattuna ECE-, ESC- tai ETC-menetelmällä (Orpana 2007, 14). Taulukosta 1 nähdään sekä raskaan tiekaluston euroluokitus että vuosiluku, milloin määräykset astuvat voimaan ja kuinka kauan ne ovat voimassa. Euro 7 osalta ollaan vielä vaiheessa eli vuosiluku on arvio tulevasta. Rajoitettuja päästöjä ovat hiilimonoksidi, typen oksidit, partikkelit ja palamaton hiilivety. Näiden päästöjen luokat, vuosiluvut sekä arvot on nähtävillä taulukossa 2.

### TAULUKKO 1. Raskaan kaluston euroluokitus (mukailtu Motivan ja Liikenne- ja Viestintäministeriön tiedoista)

Luokka	Vuosimalli
ECE R 49	ennen 1986
ECE R 49/01	1987 – 1993
EURO 1	1994 – 1996
EURO 2	1997 – 2000
EURO 3	2001 – 2005
EURO 4	2006 – 2008
EURO 5	2009 – 2012
EURO 6	2013 →
EURO 7	2020 →

Kuorma-autojen, linja-autojen ja työkoneiden päästöt ilmoitetaan moottorin kampiakselilta mitattua työtä kohden (g/kWh). Tällä tavalla mitattuja päästöjä voidaan pienentää polttoaine- ja moottoriteknisin keinoin sekä pakokaasuja puhdistamalla katalysaattorin tai hiukkassuodattimen avulla. Lisäksi päästöt voidaan laskea ajokilometriä tai kuljetussuoritetta kohti. Tällöin niitä voidaan alentaa pienentämällä polttoaineenkulutusta ja tehontarvetta. Keinoina mainittakoon muun muassa vierintävastuksen, ilmanvastuksen ja voimansiirron häviöiden pienentäminen. (Orpana 2007, 14.)

Viranomaiset puuttuvat käytössä olevien dieselajoneuvojen päästöihin toistaiseksi silloin, kun savutus on häiritsevän selkeää (mts). Taulukosta 2 voidaan todeta myös, että k-arvo turbottomille dieselmoottoreille on  $2,5 \text{ m}^{-1}$ , ahdetuille moottoreille  $3 \text{ m}^{-1}$  ja Euro 4 normien mukaan  $1,5 \text{ m}^{-1}$ .

## TAULUKKO 2. Raskaan kaluston päästöluokat (Heavy-Duty Diesel Truck and Bus Engines 2009)

**Table 1**  
EU Emission Standards for HD Diesel Engines, g/kWh (smoke in m<sup>-1</sup>)

Tier	Date	Test	CO	HC	NOx	PM	Smoke	
Euro I	1992, < 85 kW	<u>ECE R-49</u>	4.5	1.1	8.0	0.612		
	1992, > 85 kW		4.5	1.1	8.0	0.36		
Euro II	1996.10		4.0	1.1	7.0	0.25		
	1998.10		4.0	1.1	7.0	0.15		
Euro III	1999.10, <i>EEVs only</i>		<u>ESC &amp; ELR</u>	1.5	0.25	2.0	0.02	0.15
	2000.10		<u>ESC &amp; ELR</u>	2.1	0.66	5.0	0.10 0.13 <sup>a</sup>	0.8
Euro IV	2005.10		1.5	0.46	3.5	0.02	0.5	
Euro V	2008.10		1.5	0.46	2.0	0.02	0.5	
Euro VI	2013.01		1.5	0.13	0.4	0.01		

a - for engines of less than 0.75 dm<sup>3</sup> swept volume per cylinder and a rated power speed of more than 3000 min<sup>-1</sup>

**Table 2**  
Emission Standards for Diesel and Gas Engines, ETC Test, g/kWh

Tier	Date	Test	CO	NMHC	CH <sub>4</sub> <sup>a</sup>	NOx	PM <sup>b</sup>
Euro III	1999.10, <i>EEVs only</i>	<u>ETC</u>	3.0	0.40	0.65	2.0	0.02
	2000.10	<u>ETC</u>	5.45	0.78	1.6	5.0	0.16 0.21 <sup>c</sup>
Euro IV	2005.10		4.0	0.55	1.1	3.5	0.03
Euro V	2008.10		4.0	0.55	1.1	2.0	0.03
Euro VI	2013.01		4.0	0.16 <sup>d</sup>	0.5	0.4	0.01

a - for gas engines only (Euro III-V: NG only; Euro VI: NG + LPG)  
b - not applicable for gas fueled engines at the Euro III-IV stages  
c - for engines with swept volume per cylinder < 0.75 dm<sup>3</sup> and rated power speed > 3000 min<sup>-1</sup>  
d - THC for diesel engines

Off-road –kalusto tarkoittaa maantiellä liikkumatonta ajokalustoa, kuten maansiirtoautoja, trukkeja, kaivosajoneuvoja, joitakin traktoreita ja metsätyökoneita. Toinen käytössä oleva nimitys kyseiselle kalustolle on non-road. Taulukosta 3 ilmenee off-road-kaluston päästöraajat vuoteen 2017 saakka. Työkoneiden lukumäärän, päästöjen ja kulutuksen prosentuaaliset osuudet vuodelta 2005 nähdään kuviosta 2.



### TAULUKKO 3. Off-road-kaluston päästörajat

#### MOBILE OFF-HIGHWAY EMISSIONS REGULATIONS SCHEDULES

##### U.S. EPA

kW (HP)	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	NMHC Product
19 - 36 (25 - 48)	(7.5) / 5.5 / 0.60			(7.5) / 5.5 / 0.30			(4.7) / 5.0 / 0.03						1-2 ton and 2-3 ton		
37 - 55 (49 - 74)	(7.5) / 5.0 / 0.40			(4.7) / 5.0 / 0.30*									2-3 ton		
56 - 74 (75 - 99)	(7.5) / 5.0 / 0.40			(4.7) / 5.0 / 0.40						3.4 / 0.19 / 5.0 / 0.02			0.40 / 0.19 / 5.0 / 0.02		
75 - 129 (100 - 173)	(6.6) / 5.0 / 0.30			(4.0) / 5.0 / 0.30											
130 - 224 (174 - 301)	(6.6) / 3.5 / 0.2			(4.0) / 3.5 / 0.20			2.0 / 0.19 / 3.5 / 0.02			0.40 / 0.19 / 3.5 / 0.02			16 ton +		
	Tier 2			Tier 3			Tier 4 Interim			Tier 4 Final					

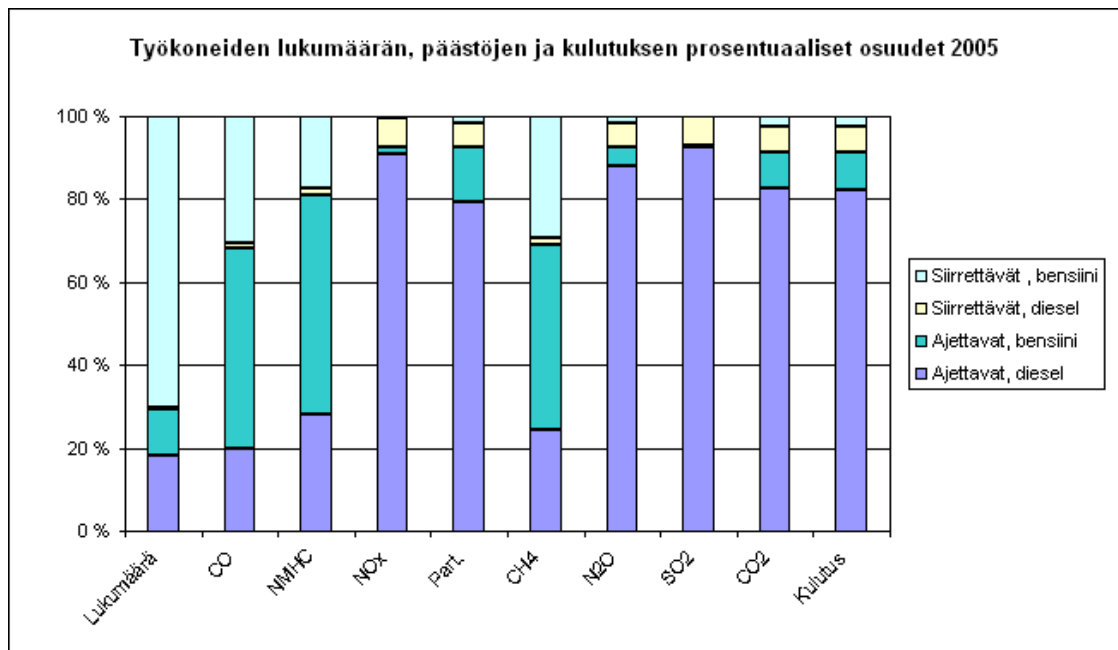
##### EUROPE

kW (HP)	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	NMHC Product
18 - 36 (24 - 48)	8.0 / 1.5 / 5.5 / 0.8			(7.5) / 5.5 / 0.6									1-2 ton and 2-3 ton		
37 - 55 (49 - 74)	7.0 / 1.3 / 5.0 / 0.4			(4.7) / 5.0 / 0.4						(4.7) / 5.0 / 0.025			2-3 ton		
56 - 74 (75 - 99)	7.0 / 1.3 / 5.0 / 0.4			(4.7) / 5.0 / 0.4						3.3 / 0.19 / 5.0 / 0.025			0.4 / 0.19 / 5.0 / 0.025		
75 - 129 (100 - 173)	6.0 / 1.0 / 3.5 / 0.3			(4.0) / 5.0 / 0.3						3.3 / 0.19 / 5.0 / 0.025			**		
130 - 560 (174 - 751)	6.0 / 1.0 / 3.5 / 0.3			(4.0) / 3.5 / 0.2			2.0 / 0.19 / 3.5 / 0.025			0.4 / 0.19 / 3.5 / 0.025			16 ton +		
	Stage II			Stage IIIA			Stage IIIB			Stage IV					

\* Tier 4i if PM levels are met early

\*\* Stage IV in 56-130kW effective October 2014

NOx / HC / CO / PM (g/kW-hr) [Conversion: (g/kW-hr) x 0.7457 = g/bhp-hr]  
 (NOx+HC) / CO / PM (g/kW-hr) [Conversion: (g/kW-hr) x 0.7457 = g/bhp-hr]



**KUVIO 2. Työkoneiden lukumäärän, päästöjen ja kulutuksen prosentuaaliset osuudet Suomessa (Kauppinen & Malinen 2012)**

### 4.1.3 Säännellyt ja sääntelemättömät päästöt

Päästöt luokitellaan kahteen kategoriaan, säänneltyihin ja sääntelemättömiin päästöihin. Säänneltyihin päästöihin kuuluvat hiilimonoksidi, hiilivedyt, typen oksidit ja hiukkaset.

#### **Säännellyt päästöt**

##### **Hiilimonoksidi, CO**

Dieselmoottoareiden hiilimonoksidipäästöt ovat melko vähäiset. Katalysaattoritomasta moottorista tulevia CO-päästöjä pystyttäisiin edelleen pienentämään 50 - 90 prosenttia hapetuskatalysaattorin tai hapettavan hiukkassuodattimen avulla. Hiilimonoksidi on hajuton ja mauton kaasu, joka vaikeuttaa ihmisen hengitystä syrjäyttämällä hapen veren hemoglobiinista. Seurauksena voi olla päänsärkyä ja jopa kuolema. (Orpana 2007, 14.)

##### **Hiilivedyt, HC**

Dieselmoottoareiden hiilivetypäästöt ovat hiilimonoksidipäästöjen tavoin vähäisiä, ja päästöjä on jo vähennetty kehittämällä moottoreita. Tässäkin tapauksessa voidaan vähentää päästöjä entisestään 60 – 90 prosenttia käyttämällä hiukkassuodatinta tai hapetuskatalysaattoria. Yleensä moottorissa palamatta jääneet hiilivedyt ärsyttävät limakalvoja, mutta eivät ole varsinaisesti myrkyllisiä, joskin dieselmoottoareiden hiilivetypäästöjen on epäilty sisältävän yhdisteitä, jotka saattavat edistää syövän syntyä. Lisäksi ne edistävät savusumun ja otsonin syntyä. HC-pitoisuus vähenisi hapetuskatalysaattoria hyödyntämällä tai polton ilmakerrointa suurentamalla, mutta pelkistyskatalysaattorilla ei olisi asiaan vaikutusta. Lisäksi palamattomien hiilivetyjen päästöillä on savusumua ja otsonin syntyä edistävä vaikutus. (Mts.)

## **Typen oksidit, NO<sub>x</sub>**

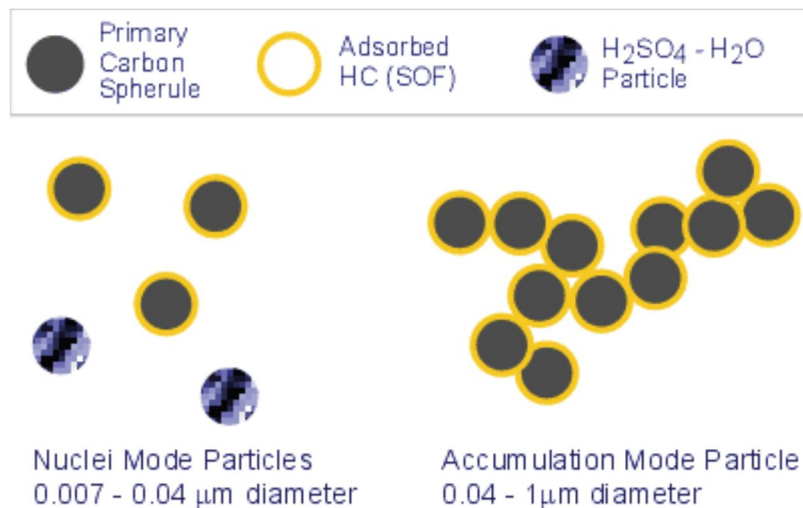
Nämä päästöt ärsyttävät hengityselimiä, vaurioittavat kasvillisuutta ja aiheuttavat happamia sateita sekä edistävät savusumun ja otsonin muodostumista. Työkoneiden sekä kuorma- ja linja-autojen suoraruiskutusmoottorit tuottavat paljon typen oksideja, joten tämän vuoksi juuri näiden päästöjen vähentäminen on yksi tärkeimpiä dieselmoottorin kehityskohteita. (Mts. 15.)

## **Hiukkaset**

Typen oksidipäästöjen ohella hiukkaspäästöt ovat dieselmoottoreissa ongelmallisia, koska hiukkaset ärsyttävät hengityselimiä ja likaavat ympäristöä. Lisäksi ne sisältävät syöpää edistäviä yhdisteitä. (Mts. 15.)

Pakokaasuhiukkaset muodostuvat hiilestä, johon on tarttunut huonosti palaaneesta voiteluöljystä tai polttoaineesta jääneitä hiilivetyjä sekä vettä, rikkiä ja muita epäpuhtauksia. Kun moottorin kuormitus on suuri, hiilihiukkaset muodostavat suuren määrän päästöjen kokonaismäärästä. Tällainen tilanne voi ilmetä tummana savutuksena. Hiukkaset ovat kooltaan 0,01-1,0 millimetrin suuruusluokkaa ja kuviosta 3 nähdään myös tyypillistä hiukkasjakaumaa. Käsititys pienhiukkasten haitallisuudesta on vahvistunut 2000-luvulla. (Mts. 15.)

Moottoreissa syntyvien hiukkasten kokonaismäärää voidaan pienentää vähentämällä hiukkasten osatekijöitä eri keinoin. Esimerkiksi, kun polttoaineen rikkipitoisuus alenee, niin rikkipitoisten hiukkastenkin määrä alenee. Pakokaasun hiukkaspitoisuutta voidaan pienentää hiukkassuodattimella ja joissakin määrin myös hapetuskatalysaattorilla. Mikäli moottorista tulee mustaa savua, se ei ole normaalia. Savu saattaa johtua moottorin tai ruiskutuslaitteiden puutteellisesta kunnosta tai tukkiintuneesta ilmansuodattimesta. Savuttava moottori kuluttaa paljon polttoainetta, joten sellaisella ajaminen ei ole kannattavaa. (Mts. 16.)



**KUVIO 3. Tyypillinen hiukkasjakauma sekä partikkelikoot (Xinqun, Dou & Winsor 2010, 9)**

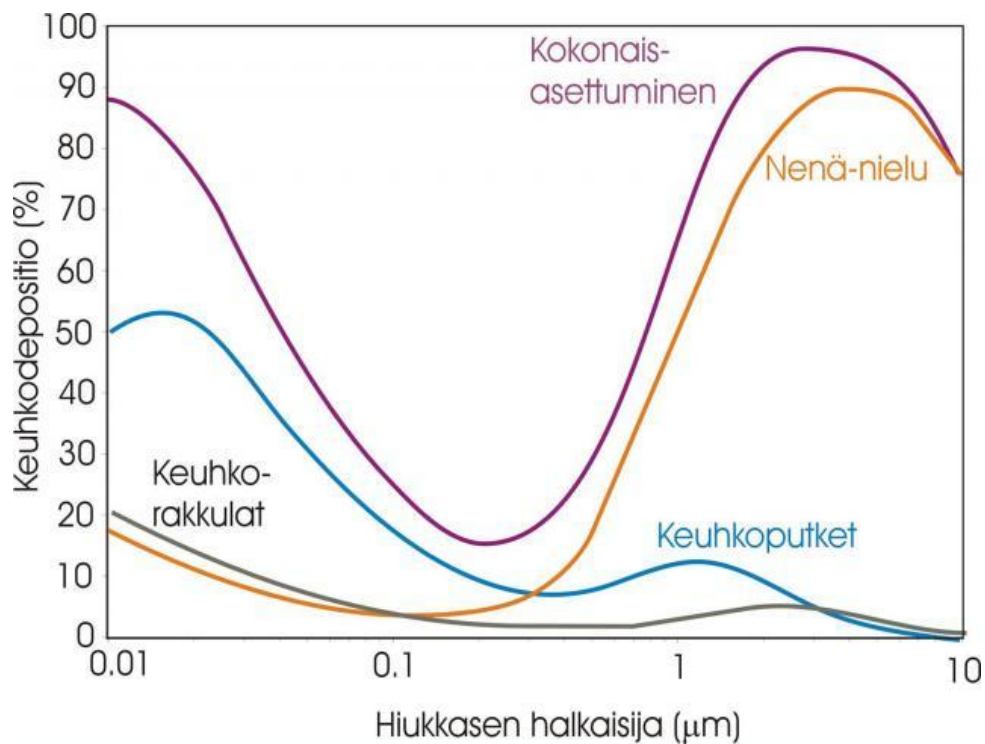
### Hiukkasten vaikutus terveyteen

Hiukkaset päätyvät hengitysilman mukana ihmisen elimistöön. Tavallisista hiukkasaltistukseen ja ilmansaasteisiin liitettävistä terveydellisistä haitoista mainittakoon hengityselinsairaudet sekä sydän- ja verisuonitaudit. Hiukkasten haitallisuus riippuu niiden koosta, muodosta ja kemiallisesta koostumuksesta. Pienhiukkaset näyttävät olevan haitallisimpia, koska ne voivat tunkeutua keuhkorakkuloihin asti. Hiukkasten on arvioitu aiheuttavan Suomessa 1300 ennen aikaista kuolemaa sekä yli 600 uutta ja pysyvää keuhkoputkentulehdusta vuodessa. (Hiukkasten vaikutus terveyteen 2008 - 2012.)

Ilmansaasteiden lisäksi ihminen saattaa altistua pienhiukkasille omassa työympäristössään. Useat teollisuuslaitokset hyödyntävät hiukkasia toiminnassaan, jolloin hiukkasia tai niiden sivutuotteita pääsee ilmaan, esimerkkinä paloeristeitä purettaessa vapautuvat asbestikuidut ja metallin sulattaminen sekä hitsaus. (Mt.)

Hiukkasten terveysvaikutukset riippuvat fysikaalisten sekä kemiallisten ominaisuuksiensa lisäksi siitä, mihin hengityselimistön kohtaan ne deponoituvat. Depositionilla tarkoitetaan hiukkasten poistumista ilmasta tarttumalla johonkin pintaan. Ylähengitysteiden ja keuhkoputkien värekarvat kuljettavat niihin tarttuneet hiukkaset ilman mukana pois hengitystiehyistä muutamassa tunnissa. Keuhkorakkuloihin saakka kulkeutuneet pienemmät liukenemattomat hiukkaset poistuvat hitaasti, kuukausien tai vuosien kuluessa makrofagien nielemänä tai kuljetettuna imusolmukkeisiin. Liukenemattomat tai ultrapienet hiukkaset voivat imeytyä keuhkorakkuloiden kautta verenkiertoon. (Hiukkasten deponitio hengityselimistössä 2008 - 2012.)

Aikuisen ihmisen hengityselimistö käsittelee vuorokaudessa kymmenestä kahteenkymmeneenviiteen kuutiometriin ilmaa. Alle kymmenen mikrometrin kokoisia hiukkasia kutsutaan hengitettäväksi hiukkasiksi, sillä tätä suuremmat hiukkaset eivät yleensä päädy ihmisen hengityselimistöön. Nenän ja ylähengitysteiden alueelle tehokkaimmin deponoituvat kaikkein suurimmat, alle kymmenen mikrometrin kokoiset, sekä pienimmät, alle kymmenen nanometrinen kokoiset, hiukkaset. Hengitystiet läpäisevä osa pienimmistä nanohiukkasista päätyy useimmiten keuhkoputkien pinnalle. Syvimmälle keuhkojen alueelle eli keuhkorakkuloihin tunkeutuvat kymmenen nanometrinen kokoiset hiukkaset tehokkaimmin sekä lisäksi muutamien mikrometrinen kokoisista hiukkasista se osa, jota nenä ja ylähengitystiet eivät suodata. Kuviosta 4 nähdään hiukkasdeponitiot hengityselimistön eri osissa. (Mt.)



**KUVIO 4. Hiukkasten depositio hengityselimistön eri osa-alueilla (Hiukkasten depositio hengityselimistössä 2008 - 2012)**

Hiukkasten haittavaikutuksille herkimpiä väestöryhmiä ovat astmaatit, allergikot ja keuhkohtaumatautia sairastavat henkilöt, sillä pitkäaikainen altistuminen pienhiukkasille pahentaa näiden ryhmien terveydentilaa huomattavasti kaikenikäisillä. Tämänkaltaisten sairauksien puhkeaminen rasittaa kansantaloutta, mikä näkyy poissaoloina työpaikoilla sekä terveydenhuollon hoito- ja tutkimuskulujen kasvuna. (Hiukkasten vaikutus kansanterveyteen 2008 – 2012.)

”Toukokuussa 2008 hyväksyttiin EU:n aluetta koskeva ilmanlaatudirektiivi 2008/50/EY, jonka kansallisen täytäntöönpanon takaraja oli kesäkuussa 2010. Direktiivin mukaiset tavoitearvot pienhiukkasten pitoisuudelle (PM<sub>2.5</sub>) ovat seuraavat: 25 µg/m<sup>3</sup> ohjeellisena tavoitearvona vuodelle 2010 sekä sitovana

raja-arvona vuoteen 2015. Vuoteen 2020 mennessä pyritään raja-arvoksi asettamaan  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  kohti. Direktiivissä asetetaan lisäksi nimetyillä kaupunkitausta-aseilla havaittavaksi vuosittaiseksi keskimääräiseksi altistuskatoksi  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vuoteen 2015 mennessä. Lisäksi direktiivissä asetetaan tavoitteeksi pienhiukkasaltistuksen kansallinen vähentäminen 10 - 20 % vuosien 2010 - 2020 välisenä aikana. Direktiivissä asetetaan myös vaatimus seurata ilmanlaatua tausta-alueilla, taajamissa, teollisuuslaitosten vaikutusalueella, alueilla, jotka edustavat väestön yleistä altistumista sekä alueilla, jotka edustavat korkeimpia pitoisuuksia, joille väestö altistuu. Erityisesti säädetään, että väestökeskittymissä ja yli 100 000 asukkaan kaupungeissa kutakin miljoonaa asukasta kohti tulee olla vähintään yksi kaupunkitausta-asema. Lisäksi säädetään, että kutakin 100 000 neliökilometriä kohti tulee olla yksi  $\text{PM}_{2.5}$ -asema.” (EU:n ilmanlaatusäädökset hiukkasille 2008 – 2012.)

” $\text{PM}_{10}$  hiukkasille on säädetty raja-arvot jo aiemmissa direktiiveissä: vuodesta 2005 alkaen on säädetty, että  $\text{PM}_{10}$  -hiukkasten pitoisuus saa ylittää  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  35 päivänä vuodesta. Koko kalenterivuoden keskiarvon tulisi pysyä alle  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ :ssa. Suomen kansalliseksi ohjearvoksi  $\text{PM}_{10}$  -hiukkasten kunkin kuukauden toiseksi suurimmalle vuorokausipitoisuudelle on asetettu  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Suomessa ilmanlaatua ja hiukaspitoisuuksia valvoo 13 alueellista ympäristökeskusta.” (Mt.)

Hiukkasia esiintyy kaikissa sisä- ja työympäristöissä ja sisäilman laadulla onkin erittäin suuri merkitys työntekijöiden terveyteen sekä viihtyvyyteen. Arviolta miljoona suomalaista altistuu vuosittain työympäristössään kemikaaleille, joista monet leviävät hiukkas muodossa ilmaan. Asbesti (tietyt luonnon kuitumaiset silikaattimineraalit) on nykypäivänäkin yleisin kemiallinen ammattitaudin aiheuttaja. (Hiukkaset työympäristössä 2008 – 2012.)

Muita hiukkasmuotoisia työperäisiä altistajia ovat mineraalipölyt, puupöly, pakokaasut, hitsaushuurut sekä jauhot ja muut orgaaniset pölyt, kuten eläinhilse, siitepöly ja itiöt. Työilman epäpuhtaudet voivat aiheuttaa verenkierto- ja hengityselinsairauksien lisäksi jopa keuhkosityöpää. (Mt.)

Työperäinen altistuminen hiukkasille on vähentynyt hiukkasten haitallisuuden tiedostamisen ja teollisuusprosessien automatisoinnin myötä, mutta toisaalta ympäristön kemikalisoituminen ja nanoteknologia voivat tuoda mukanaan uudenlaisia riskitekijöitä. Työhygieniä alana tutkii ja valvoo työperäistä altistusta fysikaalisille, kemiallisille sekä biologisille terveyshaitoille. Työympäristöjen turvallisuutta säädetään EU:n työsuojelulainsäädännöllä. (Mt.)

Esimerkkejä korkeille hiukkaspitoisuuksille altistuvista ammattiryhmistä ovat muun muassa kaivostyöläiset, hitsaajat, rakennustyöntekijät, teollisuudessa eri materiaalien valmistuksessa työskentelevät henkilöt, maanviljelijät, leipomotyöntekijät sekä autonkuljettajat. (Mt.)

### **Sääntelemättömät päästöt**

Sääntelemättömät päästöt ovat pakokaasupäästöjen ainesosia, joiden määrää ei vielä ole määräyksen rajoitettu. Niitä ovat rikkidioksidi, hiilidioksidi, kylmäsavutus ja muut päästöt. (Orpana 2007, 16.)

### **Rikkidioksidi, SO<sub>2</sub>**

Rikkidioksidi vaurioittaa kasvillisuutta, ärsyttää hengityselimiä ja happamoittaa luontoa. Mikäli halutaan alentaa ajoneuvojen rikkipäästöjä, tulisi käyttää polttoainetta, jossa on mahdollisimman alhainen rikkidioksidipitoisuus. Suurin osuus rikistä tulee teollisuuden päästöistä ja kivihiltä tai raskasta polttoöljyä



käyttävästä energiatuotannosta. Tieliikenteen osuus rikkipäästöistä on pieni, koska olemassa oleva asetus kieltää runsasrikkisen polttoaineen käytön. Liikenteestä aiheutuneet rikkipäästöt vaikuttavat taajamien ilman laatuun, sillä muun muassa hiukkas- ja rikkipäästöjen yhteisvaikutusta pidetään terveyshaittana. (Mts.)

### **Hiilidioksidi, CO<sub>2</sub>**

Tämä kaasu on pieninä pitoisuuksina myrkytön ja kasvien kasvamiselle välttämätön. Ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden nousu edistää kasvihuoneilmiötä eli ilmaston lämpenemistä. Dieselmoottori tuottaa vähemmän hiilidioksidia bensiinimoottoriin verrattuna, koska dieselmoottori kuluttaa vähemmän polttoainetta. Suomen CO<sub>2</sub>-päästöistä liikenteen osuus on keskimäärin 16 prosenttia. Ilmakehän hiilidioksidipäästöjen pienentämiseksi olisi vähennettävä fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Lisäksi energian tuotannossa voisi hyödyntää tuuli-, vesi-, aurinko- ja ydinvoimaa siinä määrin kuin se on mahdollista. Toisena keinona voidaan pitää biopolttoaineiden, viljasta tehdyn etanolin tai puun hyödyntämistä. (Mts. 17.)

EU on määrittänyt tavoitteelliset raja-arvot biopolttoaineiden käytölle Euroopan alueella. Vuoden 2010 tavoite oli 5,75 prosenttia liikennepolttoaineiden energiasällöstä. Suomen osalta tavoite täyttyi, kuten myös vuoden 2011 tavoite 6,0 prosenttia. EU:n osalta asiasta ei ole saatu tietoa. Eri Euroopan maissa on asetettu vaihtelevia kansallisia tavoitteita. (Hartikka 2012.)

### **Kylmäsavutus**

Kylmäkäynnistyksen jälkeen dieselmoottorit tuottavat usein valkeaa, harmaata tai sinertävää savua, joka koostuu vesihöyrystä ja palamatta jääneistä polttoainepisaroista. Tärkeimmät savutukseen vaikuttavat tekijät ovat moottorin,

polttoaineruiskutuksen ja kylmäkäynnistyslaitteiden rakenne. Polttoaineen laatu vaikuttaa savutukseen myös jossakin määrin.

Savutuksen vähentämiskeinoja ovat lohkolämmittimen tai muun esilämmityksen käyttäminen ja hehkutulppien sekä muiden apulaitteiden hyvästä kunnosta huolehtiminen. (Mts.)

### **Muut päästöt**

Muihin sääntelemättömiin päästöihin lukeutuvat muun muassa hiilivetyjen yhteydessä esiintyvät aldehydit, joiden haittavaikutuksia ovat haju ja ärsytys. Hiilivedyt ja hiukkaset sisältävät pieniä määriä polyaromaattisia hiilivetyjä, joiden tiedetään lisäävän pakokaasujen syöpävaarallisuutta sekä perimämutoksen aiheuttamista eli mutageenisuutta. Dieselpakokaasuille altistuminen satunnaisesti on suurin piirtein samanlainen terveysriski kuin altistuminen passiiviselle tupakoinnille. Toistaiseksi pakokaasujen hajua, mutageenisuutta ynnä muuta voidaan vähentää samoin keinoin kuin HC- ja hiukkaspäästöjä sekä tietenkin polttoaineita kehittämällä. Polttoaineiden haihtumisesta aiheutuneet hiilivetypäästöt tulevat pääosin bensiiniautoista ja bensiiniautojen käsittelystä. Dieselpolttoaineet eivät haihdu mainittavasti tavanomaisissa lämpötiloissa, joten ne eivät aiheuta hiilivetypäästöjä juuri lainkaan. (Mts. 18.)

#### **4.1.4 Pakokaasujen puhdistustekniikkaa**

##### **Hapetuskatalysaattori**

Dieselmoottorin hapetuskatalysaattori on kennorakenteeltaan samankaltainen kuin bensiinimoottorin kolmitoimikatalysaattori. Hapetuskatalyytteinä käytössä ovat muun muassa jalometallit platina ja palladium. Katalysaattori vähentää HC- ja CO-päästöjä jopa 90 prosenttia. Se hapettaa myös hiukkasissa olevia,

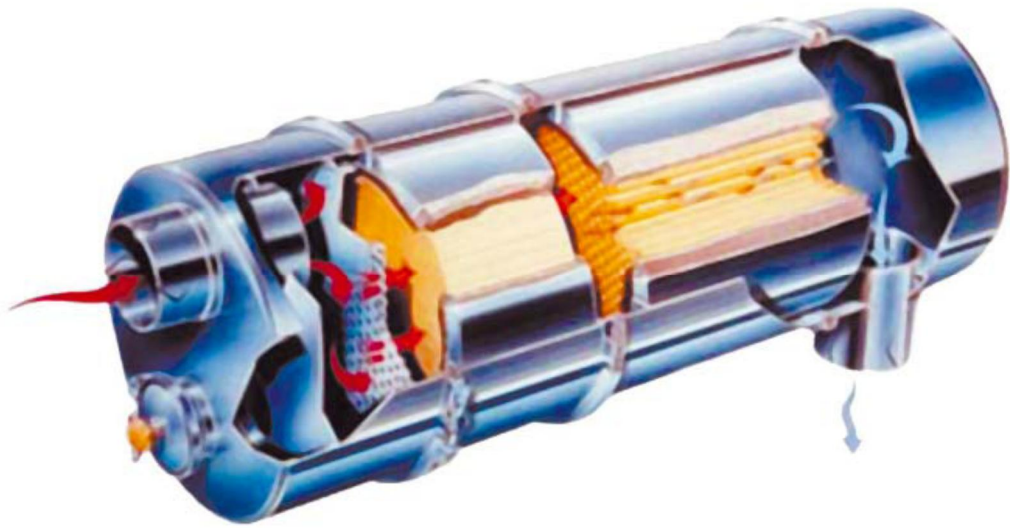
voiteluöljystä ja polttoaineesta peräisin olevia hiilivetyjä. Tällöin hiukkasten kokonaismäärä pienenee muutamia kymmeniä prosentteja. Hiukkasten hii-lytymiin katalysaattorilla ei ole mainittavaa tehoa. (Orpana 2007, 18.)

Mikäli hapetuskatalysaattori on tehokas, hapettaa se myös moottorista tulevaa rikkidioksidia rikkitrioksidiksi ( $\text{SO}_3$ ), joka sitten reagoi vesihöyryn kanssa tavoitteenaan lisätä hiukkasmassaa. Katalysaattorilla varustetun moottorin hiukkas- päästöt voivat tästä johtuen olla paljonkin suuremmat kuin ilman katalysaatto- ria silloin, kun moottori käy suurella kuormalla. Rikittömän dieselpolttoaineen käyttö ehkäisee haitallisen  $\text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_3$ -reaktion. On olemassa toinenkin mah- dollisuus vähentää katalysaattorin aktiivisuutta, mutta tästä seuraa haittavai- kutuksena HC:n ja CO:n puhdistuskyvyn heikkeneminen. Katalysaattorin liit- täminen pakoputkistoon on helppo tehdä myös jälkiasennuksena. (Mts.)

Hapetuksen myötä PAH-, aldehydi- ja hajuhaittoja sekä mutageenisuutta ja karsinogeenisuutta voidaan pienentää.  $\text{NO}_x$ -päästöjä on mahdollista poistaa jopa 90 prosentin hyötysuhteella lisäämällä pakokaasuihin ureaa kolmesta viiteen prosenttiin käytetyn polttoaineen määrästä. Tämä tosin nostaisi hiilidi- oksidipäästöjä 2-5 prosenttia. (Mts.)

### **Hiukkassuodatin**

Hiukkassuodatin (kuvio 5) kerää hiukkasia pakokaasusta. Kertyneet hiukkaset poltetaan erikseen ajon aikana tai sen jälkeen. Polttamista varten on suodat- timen lämpötila nostettava 400 – 500 asteen tasolle, mikä on normaalia pako- kaasun lämpötilaa korkeampi. Tämä voidaan toteuttaa muun muassa  $\text{NO}_2$ :n avulla, jota muodostetaan katalysaattorille ennen hiukkassuodatusta sekä die- selpolttoainetta käyttävällä liekki- polttimella ajon aikana, ruiskuttamalla sopivaa lisäainetta suodattimeen tai polttoaineeseen ajon aikana tai sähkövastuksella, kun auto seisoo. (Mts. 18 – 19.)



**KUVIO 5. CRT (Continuously Regenerating Trap) katalysaattori ja hiukkasloukku, Johnson Matthey (Orpana 2007, 19)**

## 4.2 Työhygienia

Työhygienia-osuudessa sovelletaan työturvallisuuslaista saatua tietoa sekä HTP-pitoisuuksia (haitallisiksi tunnetut pitoisuudet), mikä on sosiaali- ja terveysministeriön julkaisu vuodelta 2009. Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet eli HTP-arvot (taulukko 4) ovat sosiaali- ja terveysministeriön arvioita työntekijöiden hengitysilman epäpuhtauksien pienimmistä pitoisuuksista, jotka voivat aiheuttaa haittaa tai vaaraa työntekijöiden turvallisuudelle, terveydelle tai lisääntymisterveydelle. (HTP-arvot 2009: Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet 2009, 13.)

**TAULUKKO 4. HTP-arvot 2009 (HTP-arvot 2009: Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet 2009, 27 & 35)**

Aine tai aineryhmä	CAS-numero	HTP-arvot				R-lauseet	Huomautus
		8 h		15 min			
		ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>		
Hiilidioksidi	124-38-9	5000	9100			liite 3	
Hiilimonoksidi	630-08-0	30	35	75	87	12-23-48/23-61	liite 3
Rikkidioksidi	7446-09-5	1	2,7	4	11	23-34	liite 3

CAS-rekisterinumeron on luonut yhdysvaltalainen Chemical Abstracts Service (CAS), joka pitää yllä rekisteriä, johon on koottu aineiden kemiallisia yksilöintejä. CAS-rekisterinumeroita käytetään tieteellisiin, teollisiin ja hallinnollisiin tarkoituksiin ympäri maailman. Vaarallisten aineiden luettelosta on Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksella säädetty siinä lueteltujen aineiden vaaraa osoittavat standardilausekkeet eli R-lausekkeet. (Mts. 18.)

HTP-arvot ilmaistaan yleensä massapitoisuuksina ilmassa. Kaasut ja höyryt on ilmaistu sekä tilavuusosuuksina että massapitoisuuksina. Massapitoisuusyksikkönä käytetään useimmiten milligrammaa kuutiometrissä, mg/m<sup>3</sup>. Tilavuusosuuden yksikkönä käytetään tilavuuden miljoonasosaa tunnuksella ppm (part per million). (Mts. 19.)

Työturvallisuuslain (738/2002) viidennen luvun pykälä 33 koskee työpaikan ilmanvaihtoa sekä tilavuutta. Työpaikalla tulee olla riittävästi kelpollista hengitysilmää ja ilmanvaihdon tulee olla riittävän tehokas ja tarkoituksenmukainen. Pykälä 37 käsittelee ilman epäpuhtauksia. Työpaikalla, jossa esiintyy ilman epäpuhtauksia, esimerkiksi pölyä, savua, kaasua tai höyryä työntekijää häiritsevässä tai vahingoittavassa määrin, on niiden leviäminen pyrittävä mahdollisuuksien mukaan estämään eristämällä epäpuhtauden lähde tai sijoittamalla se suljettuun tilaan tai laitteeseen. Epäpuhtaudet on riittävässä määrin koottava ja poistettava ilmanvaihtoa hyödyntämällä. (Työturvallisuuslaki 2002.)

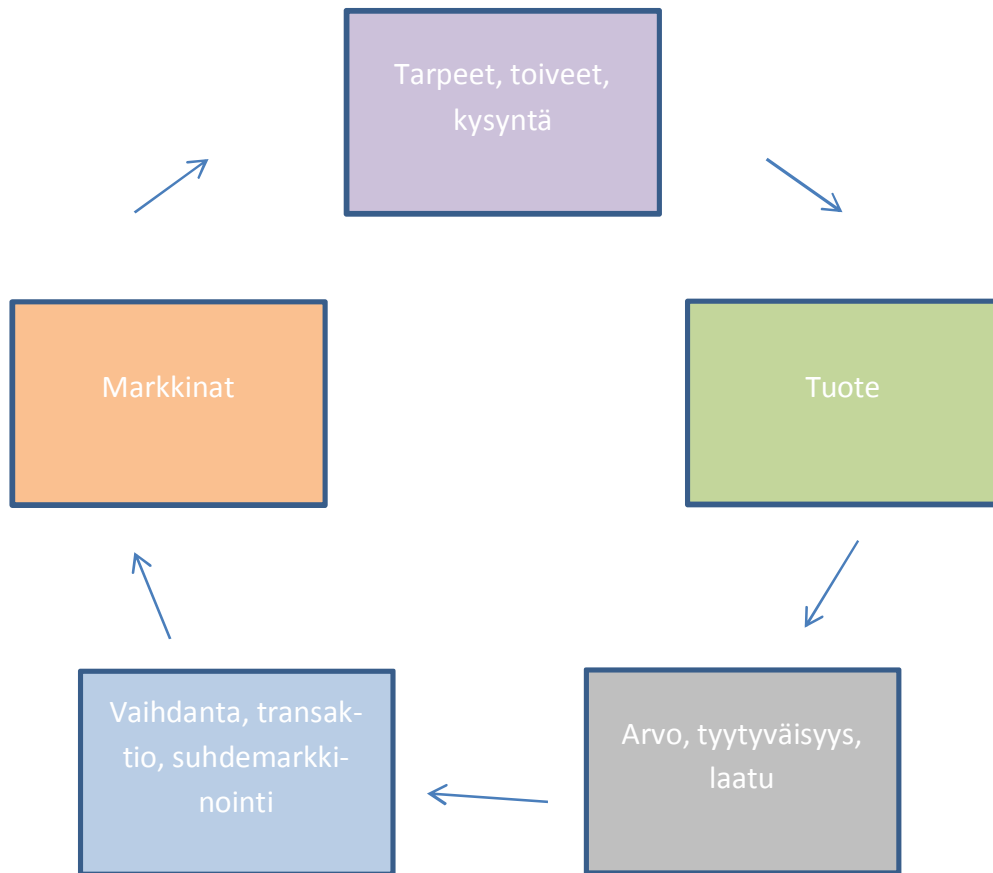
Seitsemännessä luvussa pykälässä 58 säädetään koneen, työvälineen tai muun laitteen asentajan velvollisuudet. Sen, joka toimeksiantona asentaa koneen, työvälineen tai muun laitteen käyttöön työpaikalla, on otettava huomioon asennukseen annetut valmistajan ja muut ohjeet sekä muutoinkin osaltaan huolehdittava siitä, että kone tai laite suojalaitteineen saatetaan asianmukaiseen kuntoon. Pykälä 59 koskee käyttöönotto- ja määräaikaistarkastuksen suorittajan velvollisuuksia. Pykälässä sanotaan, että sen, joka toimeksiantona suorittaa 43 pykälässä (Työvälineiden käyttöönotto- ja määräaikaistarkastukset) tarkoitetun käyttöönotto- tai määräaikaistarkastuksen, on huolehdittava siitä, että tarkastus suoritetaan asianmukaisesti. Lisäksi havaituista työvälineen turvallisuuteen vaikuttavista vioista ja puutteista sekä tarvittaessa niiden korjauksesta tai poistamisesta annetaan tarpeen mukaiset ohjeet. (Mt.)

Yhdeksäs luku koskee erinäisiä säännöksiä. Pykälä 65 Lain noudattamisen valvonta-kohdassa sanotaan, että tämän lain noudattamista valvovat työsuojeluviranomaiset. Pykälän 67 mukaan tämä laki ja sen nojalla annetut työpaikkaa koskevat säännökset on pidettävä työntekijöiden nähtävänä työpaikalla. (Mt.)

Kymmenes ja viimeinen luku käsittää voimaantulosäännökset. Pykälän 68 mukaan tämä laki on tullut voimaan 1.1.2003. Se kumoaa 26.6.1958 annetun työturvallisuuslain siihen myöhemmin tehtyine muutoksineen kahta poikkeusta lukuun ottamatta. (Mt.)

### 4.3 Markkinointi käsitteenä

Kivikankaan ja Vesannon (1998) mielestä markkinointi on tapahtumaketju, johon kuuluu tarpeiden olemassaolon selvittäminen, asiakkaille tiedottaminen heidän tarpeisiinsa sopivista hyödykkeistä, hyödykkeiden toimitus asiakkaille, pitkäaikaisten asiakassuhteiden luominen sekä kannattavasti toimiminen. Tätä markkinoinnin määritelmää voidaan tarkastella kahdesta eri näkökulmasta. Markkinointia voidaan pitää yrityksen omaksumana ajattelutapana tai toimintojen kokonaisuutena. Markkinoinnin toimintakokonaisuuteen kuuluvat kaikki ne tehtävät ja toiminnot, jotka markkinointiprosessi sisältää. (Mts. 17 - 18.) Kuviossa 6 on esitetty markkinoinnin keskeiset käsitteet.



**KUVIO 6. Markkinoinnin keskeiset käsitteet**

#### 4.3.1 Segmentointi

Segmentointi eli kohderyhmäajattelu on oleellinen osa markkinointia. Yritykset, jotka ajattelevat asiakaslähtöisesti, jakavat kokonaismarkkinat pienempiin osiin eli kohderyhmiin. Kohderyhmät voidaan jakaa esimerkiksi iän, perheen koon, siviilisäädyn, ostotottumusten, asuinpaikan, tulojen, koulutuksen, ammatin, ostotapojen, elämäntapojen, asenteiden tai arvojen perusteella. (Korkeamäki, Pulkkinen & Selinheimo 2000, 81 – 82.)



Segmentoinnin tarkoituksena on löytää asiakasryhmiä, jotka ovat yritykselle kannattavia ja joiden palvelemiseen voitaisiin keskittyä mahdollisimman perusteellisesti. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että tuotetta suunniteltaessa otetaan huomioon juuri kyseisen ryhmän mielipiteet ja ajatukset, tuotteen hinnoittelu tapahtuu asiakaslähtöisesti, jakelu järjestetään niin, että tuotetta on mahdollisimman helppo saada sekä mainonta suunnitellaan juuri näitä asiakkaita silmällä pitäen ja mainosten sijainti suunnitellaan niin, että ne ovat juuri kyseisen kohderyhmän nähtävillä. (Mts.)

#### 4.3.2 Primääridata ja sekundääridata

Primääridata on tietoa, joka on jo valmiiksi olemassa. Tieto on kerätty aiempaa tarkoitusta varten. Sekundääridata on vastaavasti tietoa, joka on saanut alkunsa tutkijan tarpeesta kerätä tietoa omaa tutkimustaan varten. Tutkimuksen tarkoitus määrittää tiedon erot. Esimerkiksi, jos GE keräisi tietoa demograafisesti jääkaapinostajien ominaispiirteiden vaikutuksesta erilaisten jääkaappien ostoon, tällainen tieto voisi olla primääridataa. Mikäli yritys etsisi saman tiedon sisäisistä asiakirjoista, joiden tiedot on kerätty eri tarkoitusta varten tai julkaistuista tilastoista, tietoa voitaisiin pitää sekundääridatana. (Churchill & Iacobucci 2005, 167.)

#### 4.4 Survey-tutkimusmenetelmä

Kysely- eli survey-tutkimuksen tarkoitus on saada kerättyä tietyin kriteerein valitulta joukolta vastauksia samoihin kysymyksiin. Tutkimusta kuulee kutsuttavan survey-tutkimukseksi joko silloin, kun tutkitaan suurehkoa rajattua kohderyhmää tai silloin, kun tutkija käyttää kyselymenetelmää. Tutkimuksen kohderyhmänä on yleensä otoksella valikoitu ryhmä jostain tietystä perusjoukosta

ja ryhmä voi olla suurikin. Survey-tutkimuksessa hyödynnetään tavallisesti kyselylomaketta, jolloin joudutaan tarkoin miettimään kyselyyn liittyvien muuttujien sisältöä ja määrää. Kyselyn kohdehenkilöiden tulisi pystyä vastaamaan jokaiseen kysymykseen yksiselitteisesti ja sen kummemmin asiaa empimättä. (Kyselyyn perustuvan tutkimuksen suorittaminen n.d.)

#### 4.4.1 Kyselytutkimuksen suunnittelu

Kyselylomakkeen suunnittelu kannattaa tehdä yhdessä kohderyhmän edustajien kanssa, koska he tietävät parhaiten, mikä on heidän kannaltaan tarkoituksenmukaista sekä sanonnaltaan heidän ajatusmaailmaansa vastaavaa. Jokainen kyselylomake on esitettävä vastaajien tasolla ja aineiston jälkikäsitelyn kannalta, jotta ylimääräiset ja epäselvät kysymykset saadaan ajoissa korjattua ja jotta aineiston taulukointi sujuisi jouhevasti. (Kyselyyn perustuvan tutkimuksen suorittaminen n.d.)

Kysymyksiä ei laadita pelkästä uteliaisuudesta, sillä runsas kysymysten määrä voi pitkästytää vastaajat. Kyselyn esikokeilun aikana kannattaa tarkistaa, kuinka pitkiin kysymyksiin vastaajat ovat motivoituneita vastaamaan. Mikäli kysymysten määrä on enemmän kuin 30, kannattaa ryhtyä kriittiseen määrän tarkasteluun. (Mt.)

Lopullisen kysymyslomakkeen tulisi olla lyhyt, suoraviivainen ja mahdollisimman yksinkertainen. Liian monimutkaiset ja vaikeasti luettavat lomakkeet karkottavat vastaajia. Tällöin vastaajiksi valikoituu asiaan eniten perehtyneitä, korkeammin koulutettuja henkilöitä tai niitä, joilla on aikaa vastata pitkäkestoiseen kyselyyn. (Mt.)

Kyselylomakkeeseen liitetään vastaajien henkilöllisyyttä koskevia tietoja vain sen verran, kuin niitä todella tarvitaan vastausten analysoinnissa. Aikaisempien tutkimusten tulosten perusteella on syytä katsoa, mitkä tiedot ovat osoittautuneet kyseisen tutkittavan ilmiön kannalta tarpeellisiksi. Tavallisesti lomakkeissa kysytään vastaajan ikää, sukupuolta, osoitetta ja/tai paikkakuntaa, ammattia sekä koulutusta. Lisäksi saatetaan kysyä muun muassa perheenjäsenten lukumäärää. Näiden tietojen kysymistä kannattaisi monessakin suhteessa rajoittaa, sillä ne lisäävät kyselyn pituutta ja lomakkeen monimutkaisuutta, ja ne koetaan joskus jopa yksityisyyttä loukkaaviksi. (Mt.)

Kannattaa harkita tarkkaan, mitkä tiedot ovat olennaisimpia tutkimustulosten selittämiseksi. Mikäli se edellyttää vastaajien henkilötaustojen selvittämistä, käytetään näitä muuttujia tällöin joko selittävinä tai luokittelu- ja ryhmittelymuuttujina. Mitä useampaan henkilömuuttujien mukaiseen alakategoriaan aineisto jaetaan, sen pienempiä ryhmiä on käsiteltävä ja voi käydä niin, ettei otoksen koko kestä moniin pikkuryhmiin jakamista. Tämä tarkoittaa sitä, että liian pienten ryhmien merkitsevyydestä jätetään hyvin puutteelliseksi. Useimmiten suositeltu 60 henkilön otos voi olla riittämätön. (Mt.)

Henkilötietoihin liittyvien kysymysten sijoittaminen kysymyslomakkeen alkuun on tällöin monien mielestä hyökkäävän henkilökohtainen ja silloin onkin parempi sijoittaa tiedot lomakkeen loppuun. Mikäli henkilötietojen kysyminen tapahtuu vasta ylipitkän kysymyslomakkeen lopussa, vastaajien motivaatio on ehkä ehtynyt, ennen kuin he pääsevät kysymysten loppusuoralle. Esitutkimus on paikallaan tässäkin asiassa. Esitutkimus, joka suoritetaan ystävien ja perheenjäsenten keskuudessa antaa jonkinasteisen kuvan kyselyosioiden toimivuudesta. Tuloksia ei kuitenkaan kannata sekoittaa varsinaisen kohderyhmän vastauksiin, mikäli kohderyhmä ei satu olemaan sama. Varsinainen analyysi tehdään laadullisesti sekä määrällisesti asianmukaisella aineistolla. (Mt.)

Nominaaliasteikkoa käytettäessä vastaaja valitsee itselleen sopivan vaihtoehdon monista mahdollisuuksista. Vaihtoehdoista mitään ei pidetä toisen edellä olevana. Hyvin usein pohditaan vastaajille annettavien vaihtoehtojen määrää. Kahden vaihtoehdon käyttö johtaa dikotomiaan, jolloin syntyy kaksi toisiaan poissulkevaa vaihtoehtoa. Tätä kysymysmuotoa käytetään ainakin henkilöiden sukupuolta koskevissa kysymyksissä, mutta muissa tapauksissa sen käyttöä on harkittava kriittisesti. Tutkija ei hyödy dikotomiasta paljonkaan. Kolmen vaihtoehdon käyttö on suotavaa silloin, kun halutaan esille kahden ääripään välille jäävä niin kutsuttu neutraali alue. (Mt.)

Esimerkkinä nominaaliasteikon kahdesta vaihtoehdosta voisi olla vaikka identiteettiin liittyvä kysymys sukupuolesta. Sitä voitaisiin merkitä näin: miehet ”1” ja naiset ”2”. Nämä ovat toisensa poissulkevat vaihtoehdot. Monia vastausvaihtoehtoja antanee esimerkiksi kysymys: ”Mistä seuraavista virvoitusjuomista pidät? Voit valita useamman vaihtoehdon. Vastausvaihtoehdot: Coca-Cola, Dr. Pepper, Mountain Dew, Pepsi, Seven-Up ja Sprite.” (Churchill & Iacobucci 2005, 267 – 270.)

Järjestysasteikkoa käytettäessä vastaajia pyydetään asettamaan henkilöitä tai asioita järjestykseen jonkin mainitun kriteerin mukaisesti. Esimerkki voi olla vaikka tällainen:

Järjestä limonadit sen mukaisesti, kuinka paljon pidät niistä (suosituin juoma = 1 ja vähiten suosittu = 6):

- \_\_\_ Coca-Cola
- \_\_\_ Dr. Pepper
- \_\_\_ Mountain Dew
- \_\_\_ Pepsi
- \_\_\_ Seven-Up
- \_\_\_ Sprite. (Mts. 268 – 270.)

Likertin asteikkoa käytetään mielipideväittämissä. Normaalisti se on neljä- tai viisiportainen järjestysasteikon tasoinen asteikko, jossa toinen ääripää on useimmiten *täysin samaa mieltä* ja toinen ääripää *täysin eri mieltä*. Vastaajan tehtävä on valita asteikolta parhaiten omaa käsitystä vastaava vaihtoehto. Asteikolla voi olla vaihtoehtoja enemmänkin kuin viisi. Esimerkki:

Tilastollisen tutkimuksen tekeminen on mielenkiintoista. Rengastakaa sopivin vaihtoehto.

- |   |                          |
|---|--------------------------|
| 1 | Täysin eri mieltä        |
| 2 | Jokseenkin eri mieltä    |
| 3 | Ei samaa eikä eri mieltä |
| 4 | Jokseenkin samaa mieltä  |
| 5 | Täysin samaa mieltä      |

Vaihtoehdon numero 3 tilalle voisi yhtä hyvin laittaa ”*en osaa sanoa*”, mutta tämä saattaisi olla liian houkutteleva vaihtoehto, jonka vuoksi kannattaakin harkita sen pois jättämistä. Näin vastaajaa pakotettaisiin ottamaan kantaa suuntaan tai toiseen. (Heikkilä 1998, 52.)

#### 4.4.2 Kyselyaineiston analysointi

Aineiston kokoamisen jälkeen se muokataan niin hyvin, jotta analysoiva käsittely voidaan aloittaa. Aluksi aineisto tarkistetaan, jonka jälkeen alkaa koodaus. Ensimmäiseksi tarkistetaan puutteelliset lomakkeet ja virheelliset vastaukset ja kiinnitetään huomiota muun muassa seuraaviin asioihin:

- Täydellisyys: Onko kaikkiin kysymyksiin vastattu? Joskus puuttuville vastauksille saadaan apua lomakkeen muista kysymyksistä, mutta useimmiten kohdat jäävät auki, joka vaikeuttaa tulosten tulkintaa huomattavasti.

- Täsmällisyys: Tarkistetaan, että kaikkiin kysymyksiin on vastattu täsmällisesti, sillä joskus esiintyy väärinymmärryksiä ja huolimattomuuttakin. Rasti voi olla väärässä ruudussa, on ympyröity väärä koodi tai löytyy virheellisiä numerotietoja, kuten esimerkiksi ikä ja tulotaso. Tällaiset huolimattomuudet vaikuttavat tulosten luotettavuuteen.
- Yhtenäisyys: Katsotaan, että kaikki vastaajat ovat tulkinneet ja ymmärtäneet kysymykset sekä ohjeet samalla tavalla. Mikäli aineisto sisältää täysin virheellisiä vastauksia, tällöin niistä raportoidaan tutkimuksen luotettavuutta pohdittaessa. Aineistossa olevat väärinymmärretyt ja virheelliset vastaukset osoittavat, että kyselyä ei ole suunniteltu ja toteutettu riittävän huolellisesti. Rehellisesti toimiva tutkija toteaa tämän raportissaan. Kun aineisto on tarkastettu, aloitetaan sellaisten vastausten koodaus, joiden kohdalla se on mahdollista. Esikoodattujen kysymysten joukkoon voivat kuulua esimerkiksi sukupuoli sekä siviilisääty. (Kyselyyn perustuvan tutkimuksen suorittaminen n.d.)

Tutkimusaineiston kokoamisen sekä palautettujen vastausten tarkistamisen ja koodaamisen jälkeen jatketaan analyysiä erilaisia tilastollisia menetelmiä hyödyntäen. Kyselyaineistot hankitaan analysoitaviksi ja tulkittaviksi, sillä pelkkien vastausten ei katsota riittävän johtopäätösten tekemiseen. Vaativiakin tilastollisia menetelmiä voidaan vastausten analysoinnissa käyttää, koska asteikkojen käyttö mahdollistaa sen. (Mt.)

## 5 TUOTEINFO

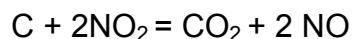
Markkinoitavia metallisia jälkiasennettavia Mann+Hummel dieselpartikkelisuodattimia on saatavilla kolmena eri versiona. Materiaalinsa ansiosta suodattimen kesto voidaan verrata koneen elinikään. Hengitysilman pienhiukkasten vähentäminen on terveydellisistä syistä erittäin tärkeää ja tähän uusimmat päästönormit juuri pyrkivät.

Aktiivisessa järjestelmässä partikkelisuodattimen jälkipolttot alkaa itsenäisesti ohjausyksikön todettua suodattimessa olevan riittävästi nokea. Tämä tapahtuu, kun sähkövirta kytketään suodattimessa olevaan vastukseen, joka lämmittää noen niin kuumaksi, että nokipalo voi alkaa. Nokihiukkasia on oltava riittävän tiheästi, keskimäärin 20 prosenttia suodattimen kapasiteetista, jotta palo etenee. Nokikerroksen paksuus on tällöin alle yksi millimetri, ja palo etenee hiukkasesta toiseen rintamana, kuten metsäpalo. Sähkövastus aloittaa palon suodattimen toisesta päästä, jonka jälkeen palo etenee vapaasti. (Oja 2012.)

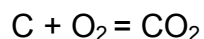
Passiivisessa järjestelmässä noki syttyy itsestään, kun pakokaasu on riittävän kuumaa. Pakokaasun lämpötila saadaan tiettyyn kuumuusasteeseen esimerkiksi ajoneuvoa ylämäkeen ajamalla. (Oja 2012.)

Toiminta perustuu palamiseen, johon tarvitaan palava aine, happea sekä riittävä lämpötila. Arkielämän esimerkkejä kyseisestä palamisesta on esimerkiksi noen palaminen takan luukuista ja seinämistä, kun poltetaan koivuhalkoja riittävällä vedolla. (Oja 2012.)

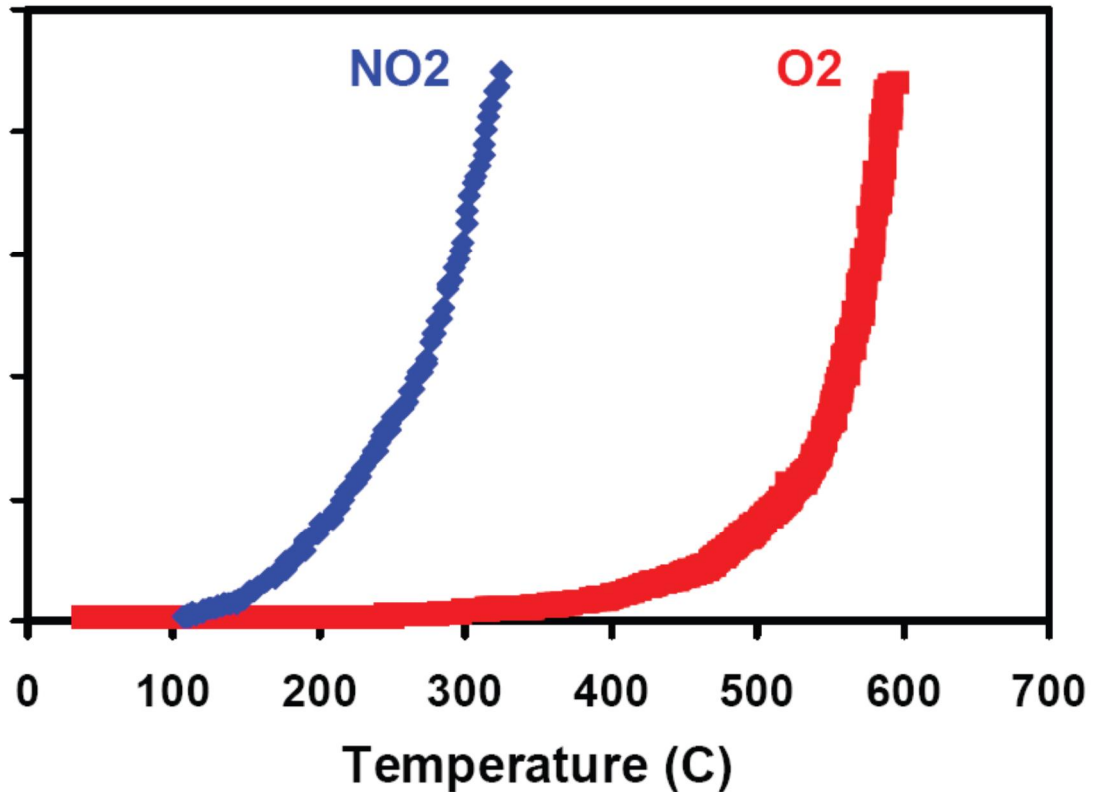
Passiivinen noen hapetusreaktio:



Aktiivinen noen hapetusreaktio:



Passiivinen uudistuminen (regeneraatio) viittaa partikkelien hapetusreaktioon typpidioksidin kanssa ( $\text{NO}_2$ ) ja aktiivinen regeneraatio taas toimintaan happimolekyylien kanssa, kuten kuviosta 7 nähdään. (Xinqun, Dou & Winsor 2010, 10.)



KUVIO 7. Aktiivisen ja passiivisen dieselpartikkelisuodattimen hapetusreaktion lämpötilaikkuna (mts.)

### 5.1 Sint-AC

Sint-AC –järjestelmä (kuvio 8) sopii parhaiten trukkeihin. Kyseisessä järjestelmässä noen poltto aloitetaan sähkövastuksella, joka kuumentaa suodattimen siten, että nokipalo voi alkaa. Järjestelmä ei ole riippuvainen pakokaasun lämpötilasta. Trukit ajavat enimmäkseen tasaisella maaperällä ja tyhjäkäyntiäkin tapahtuu, siksi pakokaasun lämpötila ei ole riittävä muunlaisen Mann+Hummel-suodattimen käyttöä ajatellen. (Oja 2012.)





**KUVIO 8. Sint-AC -malli**

## **5.2 Sint-DOC**

Tätä suodatinmallia (kuvio 9) voidaan hyödyntää isommissa työkoneissa, kuten dumppereissa (maansiirtoauto), kaivinkoneissa, pyöräkuormaajissa ja teliajoneuvoissa. Näille kaikille yhteistä on se, että moottori pyörittää lähinnä hydraulikkapumppuja, joiden tuottamaa painetta käytetään liikkumiseen ja työskentelyyn. Järjestelmä toimii, kun pakokaasun lämpötila on enimmäkseen yli 260 astetta, johon trukin tyhjäkäyntilämpötila ei riitä. Järjestelmän sisällä on myös katalysaattori. (Oja 2012.)



**KUVIO 9. Sint-DOC -malli**

### 5.3 Sint-ROC

Tämä järjestelmä (kuvio 10) on jo lähellä aktiivista järjestelmää, mutta siinäkin pakokaasun lämpötilan on oltava hetkittäin hyvin korkea, jopa yli 380 astetta 10 prosenttia käyttöajasta, jotta regenerointi (noen palaminen) onnistuu. Sopivia asennuskohteita ovat muun muassa kaivosajoneuvot, jotka ajavat ylämäkeen isolla kuormalla, rakennustyökoneet ja maatalouskoneet. Käytön pitää olla mahdollisimman paljon moottoria kuormittavaa, jotta päästään ajoittain pakokaasun 380 lämpöasteeseen. (Oja 2012.)



**KUVIO 10. Sint-ROC -malli**

## 6 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

### 6.1 Tutkimusongelma

Tutkimuksen lähtökohtana on tutkimusongelma, joka määritellään kysymykseksi tai joukoksi kysymyksiä, joihin haetaan vastauksia tutkimustyötä tekeväällä. Kysymysten tulisi olla mahdollisimman yksiselitteisiä. (Tutkimusongelmat ja –tehtävät sekä hypoteesit 2009.)

Tutkimusongelmat:

1. Jälkiasennettavien suodatinmallien markkinoiden selvitys
2. Nykyisten ja tulevien off-road –dieselkalustoa koskevien viranomaismääräysten selvittäminen
3. Teknisten määräysten selvitys

### 6.2 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelmäksi valikoitui survey- eli kyselytutkimus, koska haluttiin todella selkeät ja yksinkertaiset kysymykset, jotta saataisiin mahdollisimman paljon vastauksia ja asia ymmärrettäisiin oikein. Kyselylomake esiteltiin tutkimusaiheen antaneen yrityksen työntekijöiden kesken.

### 6.3 Aineiston keruu ja analysointi

Kyselylomake suunniteltiin yhdessä KesLift Oy:n tiimin kanssa. Kyselyn toteutuksen apuna käytettiin SurveyMonkey-sivustoa. Kyselyitä lähetettiin viikolla 15 sähköisessä muodossa yhteensä 482 kappaletta. Aikaa vastaamiseen annettiin viikon verran, sillä kysely oli erittäin vähän aikaa vievä sekä hyvin

yksiselitteinen. Vastauksia saapui 27 kappaletta ympäri Suomen, Raahesta alaspäin eteläiseen Suomeen saakka. SurveyMonkey-sivusto analysoi tuloksia jonkinasteisesti, mutta lopullinen analysointi ja yhteenveto tehtiin käsin. Aineiston keruun porkkanaksi asetettiin arvonta, jonka palkintona arvotaan kyselyyn vastanneiden kesken Nokia Lumia – matkapuhelin. Sähköpostiosoitelista saatiin ostamalla. Näin saimme juuri oikeilta aloilta ja yrityksistä oikeiden henkilöiden osoitteet. Alat, joilta sähköpostiosoitteita haettiin, olivat kaivostoiminta ja louhinta, raudan, teräksen ja rautaseoksen valmistus, nosto- ja siirtolaitteiden valmistus, maa- ja metsätalouskoneiden valmistus sekä rakennuspaikan valmistelutyöt (maansiirtoyritykset).

#### 6.4 Tutkimuksen eteneminen ja luotettavuus

Tutkimuksen ensimmäinen vaihe oli alojen mietintä, jotta kysely kohdistettaisiin oikeiden alojen yritysten edustajille. Sähköpostiosoitelista saatiin ostamalla ja lista toimitettiin yrityksen sähköpostiin. Sähköpostiosoitelista odoteltaessa suunniteltiin kyselylomaketta ja siihen liitettävää lisätietolomaketta sekä saatekirjettä. Lomakkeet suunniteltiin yhdessä KesLift Oy:n työntekijöiden kanssa, jotta asiantuntemus olisi myös vahvasti suunnittelussa mukana. Selkeintä oli se, että kyselyssä tulisi olla vain muutama lyhyt ja ytimekäs kysymys. Sen vastaamiseen ei myöskään saisi kulua muutamaa minuuttia kauemmin. Saatekirjeestä oli tehtävä selkeä ja ymmärrettävä sekä myyvä, jotta vastaanottaja avaisi kyselyn ja vastaisi siihen. Kyselyn ensimmäinen vaihe oli kysymysten suunnittelu, jonka jälkeen niitä vielä muokattiin oikeaan muotoon. Ensimmäinen versio tehtiin Microsoft Word –ohjelmalla, jonka jälkeen mietittiin kyselyn siirtämistä Microsoft Exceliin, jotta saataisiin lukittua kysymyskentät ja jätettyä vain vastauskentät avoimiksi. Kuitenkin ajatus muuttui vielä matkan varrella ja yrityksen johdosta kysely perustettiin SurveyMonkey – sivustolle.

## 7 TUTKIMUSTULOKSET

Kyselylomakkeessa kohderyhmälle esitettiin neljä kysymystä, joista ensimmäinen oli: Vaikuttavatko tiukentuvat pakokaasumääräykset toimintaan. Vastausvaihtoehtoja annettiin kolme: kyllä, ei tietoa ja ei, kuten kuviosta 11 voidaan havaita. Tässä vaiheessa kyselyä vastaaja olisi voinut hämmentyä, jos vastausvaihtoehtoja olisi ollut vain kaksi, koska vastaajalla olisi mahdollisesti voinut olla liian vähän resursseja vastata kysymykseen. Kysymykseen vastanneista 44,4 prosentilla oli tietoa, että tiukentuvat päästönormit vaikuttavat heidän firmansa toimintaan. Vastausten määrä oli 12. 40,7 prosenttia vastaajista ei ollut asiasta tietoa vastausten määrän ollessa 11. Loput vastaajista eli 14,8 prosenttia olivat sitä mieltä, että määräysten tiukentuminen ei koske heidän toimintaansa. Näin vastasi neljä henkilöä.



**KUVIO 11. Tiukentuvien pakokaasumääräysten vaikutus kohderyhmään**

Toiseen kysymykseen annettiin vastaustilaa, sillä kysymys oli avoin: Millaisia pakokaasujen poistojärjestelmiä teillä on käytössä tällä hetkellä? Kysymykseen vastasi 27 henkilöstä 22, joten näin ollen viisi vastaajaa ohitti kysymyksen. Alla vastausten kirjoja:

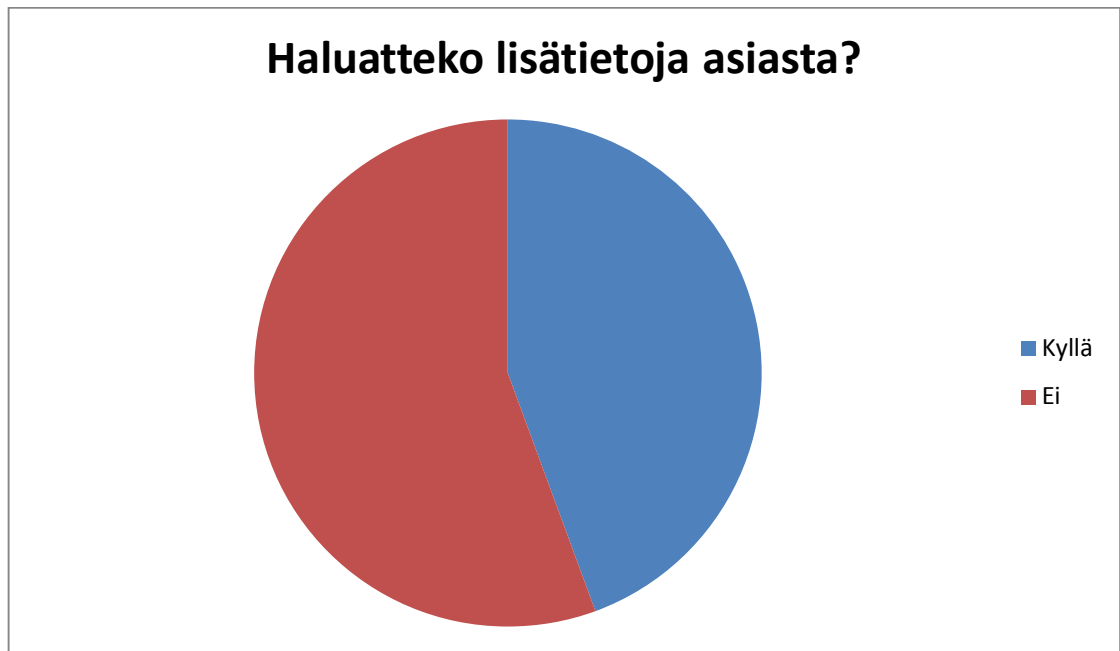
- "Meillä ei ole käytössä omia koneita. Hankimme palvelut ja edellytämme sopimuksissa ympäristömääräysten täyttämistä tai käytämme leasing autoja, joissa normaalit pakokaasusuodattimet."
- "SCR ja EGR."
- "En osaa sanoa."
- "Katalyysaattorisuodin ja äänenvaimennin."
- "Pakokaasuimurit trukkien huoltotilassa."
- "Uudehkoa moottoritekniikkaa Cat ja Scania."
- "Ei mitään. Emme vaihda enää uusia koneita juuri päästömääräysten takia. Kuluttavat enemmän ja on jatkuvia ongelmia toiminnassa, sekä suuri tulipalon riski! Kunnostamme entisiä koneita tarpeen mukaan."
- "Moottorivalmistajien omia, tulevat toimitusten mukana."
- "Sekä SCR että DPF järjestelmät suoraan moottoritoimittajilta."
- "Raskaita maanrakennuskoneita. Poistojärjestelmistä ei minulla ole tietoa! Uusimmissa koneissa on jo varmaankin huomioitu. Vanhat koneet?"
- "AD-Blue."
- "Hiukkassuodatin."
- "Aliurakoitsijoiden konekanta."
- "Poistoilmasuodatin hitsauskaasulle."
- "Ei ole."
- "Suora putki."
- "Emme käytä polttomoottoreita tuotteissamme tai tuotannossamme."
- "Ei mitään."
- "AD-Blue ja jälkipolttosysteemi."
- "En tiedä tarkkaan."
- "Koneiden ja autojen alkuperäispoistojärjestelmä."
- "Ihan on normaalit pakoputket autoissa."

Kolmanteen kysymykseen ”Onko yrityksellänne tarvetta jälkiasennettaville suodatinmalleille?” saatiin vastaus koko kohderyhmältä. 11,1 prosentilla eli kolmella yrityksellä olisi käyttöä suodatinmalleille, 33,3 prosenttia eli 9 yritystä ei tiennyt ja 55,6 prosenttia eli 15 yritystä oli sitä mieltä, ettei heillä olisi käyttöä jälkiasennettaville suodattimille (kuvio 12).



**KUVIO 12. Yritysten tarve jälkiasennussuodattimille**

Neljännessä kysymyksessä kysyttiin, haluavatko yritykset lisätietoja asiasta. Kaikki vastasivat kysymykseen ja odotusten vastaisesti yrityksistä 12 eli 44,4 prosenttia vastasi kyllä ja loput 55,6 prosenttia eli 15 yritystä ei. Nämä tiedot ovat nähtävillä ympyrädiagrammin muodossa kuviossa 13.



**KUVIO 13. Lisätietojen halukkuus**

## 8 POHDINTA

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää jälkiasennettavien suodattimien markkina-aluetta Suomessa. Kyselyyn vastanneiden määrä jäi vähäiseksi, mutta saatujen vastausten määrän katsottiin kuitenkin riittävän johtopäätösten tekemiseen. Tavoitteenani oli saada kasaan onnistunut tutkimus ja opinnäytetyö, ja olen tyytyväinen lopputulokseen. Jatkoa ajatellen kyselyn voisi lähettää uudestaan, jolloin todennäköisesti saataisiin lisää vartenotettavaa asiakaskuntaa.

Tulosten analysoinnin myötä jäi mietityttämään se, että yritykset, jotka vastasivat kyllä kysymykseen ”Vaikuttavatko tiukentuvat pakokaasumääräykset toimintaanne?” eivät tarvinneet lisätietoja asiasta. He olivat myös sitä mieltä, ettei heillä olisi käyttöä jälkiasennettaville suodatinmalleille.



Tämä on mielestäni ristiriidassa tosiasioiden kanssa. Mistä he tietävät, ettei yrityksellä olisi käyttöä jälkiasennussuodattimille, mikäli heillä ei ole tietoa, vaikuttavatko tulevat määräykset heidän toimintaansa? Tämä saattaa vaikuttaa tulosten luotettavuuteen, sillä voidaan kyseenalaistaa kyselyyn vastaamisen todenmukaisuus. Henkilöllä, joka näin on vastannut, on saattanut olla kiire tai hän ei ole ottanut asiaa todesta.

12 lisätietoja halunnutta yritystä eivät tienneet, vaikuttavatko tiukentuvat määräykset heidän toimintaansa tai sitten he tiesivät, että ne vaikuttavat. Kaikille kahdelletoista yritykselle lähetettiin KesLift Oy:n toimesta kutsu Helsingissä toukokuussa 2012 järjestettävälle kuljetusmessuille, jossa KesLift Oy:llä on oma osasto. Näin mahdolliset asiakkaat, jotka käyttävät messutarjouksen ja piipahtavat osastolle, saavat lisätietoa suodatinmalleista sekä tulevista määräyksistä. Tulevia messuja ja muita samankaltaisia tapahtumia silmällä pitäen voisi tutkimuksestani tehdä informatiivisen tiivistelmän, jota esitettäisiin esimerkiksi power point –esityksen muodossa messukansalle.

Tällä hetkellä pakokaasumääräykset ovat suhteellisen kattavat ja tulevaisuudessa ne vielä kiristyvät, joten voidaan hieman huokaista helpotuksesta luonnon sekä eläin- ja ihmiskunnan puolesta. Toisaalta maailma ei ainakaan saasteettomampaan suuntaan ole menossa. Kyse ei ole vain Suomesta ja kuinka me täällä toimimme, vaan tässä ollaan kaikkien maailman mantereiden kanssa niin sanotusti samassa veneessä ja meidän tulisi puhaltaa yhteen hiileen.

Durbanin ilmastopöytäkirja on globaali ja erittäin tärkeä asia tämän päivän ympäristöön ja ilmastoon liittyvissä puheenaiheissa. YK:n ilmastopöytäkirjan 17. osapuolikokous (COP17) järjestettiin Etelä-Afrikan Durbanissa 28.11. - 11.12.2011. Durbanin keskeiset tulokset muodostuivat kolmesta pääkohdasta. Tiekartta kattavan ilmastopöytäkirjan suunnitelmasta eteni, vaikkakin

tärkeimmät kysymykset, kuten sopimuksen laillinen sitovuus ja eri maiden päästörajoitukset, jäivät jälleen auki. Kioton pöytäkirjan velvoitteita jatkettiin ja sääntöjä uusittiin. Kehitysmaiden ilmasto-rahautuksessa tapahtui edistystä ja vihreän rahaston kautta onkin tarkoitus kanavoida suuri osa teollisuusmaiden kehitysmaalle lupaamasta vuosittaisesta 100 miljardin dollarin summasta. Konkreettiset rahoituslähteet jäivät puuttumaan. Kahden asteen lämpenemisen sijaan nykyisillä toimilla maailma on menossa kohti neljän asteen lämpenemistä. Tästä voidaan päätellä, että oikeudenmukainen ja laillisesti sitova sopimus on karkaamassa yhä kauemmaksi. Seuraava kokous järjestetään vuoden kuluttua Qatarissa, Arabian niemimaalla. (Ilmasto.org 2012.)

”Kun katsomme vuoteen 2015, non-road-dieselmotimet ovat mahdollisesti jossain Euro-säädösten alla. Silloin olisimme ratkaisseet yhden monista yhteiskuntamme ilmastoon liittyvistä ongelmista. Mitä ovat uudet haasteemme? In-sinööreinä kohtalomme on ratkaista ihmiskuntamme ongelmia. Energiaturvallisuus, energiatehokkuus ja kasvihuonekaasujen vähentäminen ovat tämän päivän puheenaiheita. Ne haastavat meidät ja tulevaisuuden sukupolvien insinöörit.” Näin kommentoivat ainakin Xinqun, Dou ja Winsor julkaisussaan vuonna 2010. (Xinqun, Dou & Winsor 2010, 20.)

Kaikin puolin tutkimus oli opettavainen, sillä en ole koskaan aikaisemmin työskennellyt tutkimusluonteisen työn parissa. Aihe oli mielenkiintoinen, sillä olen aiemmin ollut mukana varaosabisneksessä, joten aiheen vastaanottaminen tuli niin kutsutusti luonnostaan. Uskoakseni KesLift Oy:lle on hyötyä tutkimuksestani ainakin siinä suhteessa, että tutkimus antaa jonkinlaista suuntaa suodatinmarkkinoita ajatellen.

## LÄHTEET

- Arposalo, A. & Liedes, M. 2007. Traket II – Turvallisuus ja ympäristövaikutukset transitoliikenteessä. Viitattu 10.2.2012. [http://www.lut.fi/fi/nordi/publications/publicationslist/2007/Documents/43\\_TRAKET\\_II\\_Turvallisuus\\_ja\\_ymparistovaikutukset.pdf](http://www.lut.fi/fi/nordi/publications/publicationslist/2007/Documents/43_TRAKET_II_Turvallisuus_ja_ymparistovaikutukset.pdf).
- Churchill, G. & Iacobucci, D. 2005. Marketing Research: Methodological Foundations, 9e. The United States of America: Thomson, South-Western.
- Dieselmoottorit. n.d. Viitattu 21.1.2012. [www.peda.net](http://www.peda.net), verkkolehti, Kiuruvesi, Kiuruveden lukion verkkolehdet, Heisenbergin epätarkkuusperiaate, fysiikkaan liittyviä uutisia, dieselmoottorit.
- DieselNet. 2009. Heavy-Duty Diesel Truck and Bus Engines. Viitattu 15.2.2012. [www.dieselnets.com](http://www.dieselnets.com), Standards, Emission Standards, European Union, Heavy-Duty Diesel Truck and Bus Engines.
- EU:n ilmanlaatusäädökset hiukkasille. 2008 - 2012. Helsingin yliopiston Hiukkastieto-sivusto. Viitattu 16.3.2012. [www.hiukkastieto.fi](http://www.hiukkastieto.fi), hiukkaskäsikirja, EU:n ilmanlaatusäädökset hiukkasille.
- Hartikka, T. 2012. Sähköpostiviesti 16.1.2012. Vastaanottaja J. Putkonen. Moottoritutkijan tiedot EU:n määrittämien biopolttoaineiden raja-arvojen täyttymisestä.
- Heikkilä, T. 1998. Tilastollinen tutkimus. Helsinki: Oy Edita Ab.
- Hiukkasten depositio hengityselimistössä. 2008 - 2012. Helsingin yliopiston Hiukkastieto-sivusto. Viitattu 15.3.2012. [www.hiukkastieto.fi](http://www.hiukkastieto.fi) hiukkaskäsikirja, hiukkasten depositio hengityselimistössä.
- Hiukkaset työympäristössä. 2008 – 2012. Helsingin yliopiston Hiukkastieto-sivusto. Viitattu 16.3.2012. [www.hiukkastieto.fi](http://www.hiukkastieto.fi), hiukkaskäsikirja, hiukkaset työympäristössä.
- Hiukkasten vaikutus kansanterveyteen. 2008 - 2012. Helsingin yliopiston Hiukkastieto-sivusto. Viitattu 16.3.2012. [www.hiukkastieto.fi](http://www.hiukkastieto.fi), hiukkaskäsikirja, hiukkasten vaikutus kansanterveyteen.
- Hiukkasten vaikutus terveyteen. 2008 - 2012. Helsingin yliopiston Hiukkastieto-sivusto. Viitattu 15.3.2012. [www.hiukkastieto.fi](http://www.hiukkastieto.fi), hiukkaskäsikirja, hiukkasten vaikutus terveyteen.
- HTP-arvot 2009: Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet. 2009. Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisu. Helsinki: Yliopistopaino.

- Ilmasto.org. 2012. Ilmasto.org – Kaikki ilmastonmuutoksesta. Viitattu 19.5.2012. [www.ilmasto.org](http://www.ilmasto.org), Ilmastokokouksen järjestöblogi – COP17 taustat ja reportaasit.
- Kauppinen, J. & Malinen, L. 2012. Off-Road Catalytic Converter. Power point. Jyväskylän ammattikorkeakoulu.
- KesLift Oy. n.d. Viitattu 24.2.2012. [www.keslift.fi](http://www.keslift.fi)
- Kivikangas, T. & Vesanto, U. 1998. Markkinoinnin perusteet. Porvoo: WSOY.
- Korkeamäki, A., Pulkkinen, I. & Selinheimo, R. 2000. Asiakaspalvelu ja markkinointi. Helsinki: WSOY.
- Kyllönen, M. 2012. Sähköpostiviesti 10.5.2012. Vastaanottaja J. Putkonen. Liikenneministerin tiedot tulevaisuuden päästönormeista.
- Kyselyyn perustuvan tutkimuksen suorittaminen. n.d. Viitattu 24.4.2012. <http://www.amk.fi/opintojaksot/0709019/1193463890749.html>, 3. Ammatillinen tiedonhankinta: Kyselyyn perustuvan tutkimuksen suorittaminen.
- Mann & Hummel Soot Filters. n.d. Esite partikkelisuodattimista.
- Oja, A. 2011 - 2012. Sähköpostiviestejä 1.12.2011 – 30.3.2012 väliseltä ajalta. Vastaanottaja J. Putkonen. Teknisen tuen asiantuntevaa tietoa suodatinmal- leista ja niiden toiminnasta.
- Orpana, K. 2007. Neste Oil Dieselpolttoaineopas. Viitattu 21.1.2012. [www.neste.fi](http://www.neste.fi), Neste Oil –polttonesteet, Neste-dieselit, Neste - dieselpoltto- aineopas (pdf-tiedosto).
- Sarkkinen, S. 2012. Sähköpostiviesti 30.3.2012. Vastaanottaja J. Putkonen. Ympäristöministeriön neuvottelevan virkamiehen tiedot kalustosta, jota tämän päivän pakokaasumääräykset koskevat.
- Tutkimusongelmat ja –tehtävät sekä hypoteesit. 2009. Viitattu 2.5.2012. [www.kajak.fi](http://www.kajak.fi), opiskelijoille, opinnäytetyö, opinnäytetyöpakki: teoreettinen ma- teriaali, tukimateriaali, tutkimusongelmat
- Työturvallisuuslaki. 2002. Työturvallisuuslainsäädäntö. [www.finlex.fi](http://www.finlex.fi), lainsäädäntö, säädökset alkuperäisinä, 2002, 750-701, 738/2002.
- Xinqun, G., Dou, D. & Winsor, R. 2010. Non-Road Diesel Engine Emissions and Technology Options for Meeting Them. ASABE Distinguished Lecture #34, pp. 1-24. Agricultural Equipment Technology Conference, 10-13 January 2010, Orlando, Florida, USA. Copyright 2010 American Society of Agricultural and Biological Engineers. ASABE Publication Number 913C0110.

## LIITTEET

### Liite 1. Kyselyn saatekirje

Arvoisa vastaanottaja,

Ohessa on opinnäytetyöhön liittyvä tutkimus dieselmoottori-käyttöisten työkoneiden tiukentuvien pakokaasumääräysten vaikutuksista suomalaisiin yrityksiin.

Pyydämme Teitä ystävällisesti käyttämään pienen hetken ajastanne oheisen kyselyn tekemiseen.

20.4.2012 mennessä vastanneiden kesken arvomme Nokia Lumia-puhelimen.

Kyselyyn pääset [TÄSTÄ!](#)

Liitteenä tietoa tulevista EU -päästömääräyksistä ja jälkiasennettavista suodatinmalleista sekä minkäläistä kalustoa määräykset koskevat.

Kiitos!

Ystävällisin terveisin,

Jonna Putkonen

Jyväskylän ammattikorkeakoulu

Teknologiayksikkö

## Liite 2. Kyselylomake

### Pakokaasumääräykset tiukentuvat!

\*

#### 1. Vaikuttavatko tiukentuvat pakokaasumääräykset toimintaanne?

- KYLLÄ
- EI TIETOA
- EI

#### 2. Millaisia pakokaasujen poistojärjestelmiä teillä on käytössä tällä hetkellä?

An empty text input field with a light gray border and a white background. It features standard scrollbars on the right and bottom edges, indicating it is a multi-line or scrollable text area.

\*

#### 3. Onko yrityksellänne tarvetta jälkiasennettaville suodatinmalleille?

- KYLLÄ
- EI TIETOA
- EI

\*

#### 4. Haluatteko lisätietoja asiasta?

- KYLLÄ
- EI

\*

**5. Yhteystiedot****Nimi:** **\*Yritys:** **Osoite 1:** **Osoite 2:** **Paikkakunta:** **Postinumero:** **Sähköpostiosoite:** **Puhelinnumero:**

### Liite 3. Kyselyn lisätietolomake

# Lisätietoja!

Pakokaasumääräykset koskevat kaikkia polttomoottoreilla varustettuja laitteita, **myös useimmissa tapauksissa jo käytössä olevia työkoneita**, lukuun ottamatta lentokoneita ja maantiellä liikkuvia ajoneuvoja. Jälkiasennuskatalyyttien kannalta tärkeimpiä ovat mm. metsätyökoneet, traktorit, trukit sekä muut isolla dieselmoottorilla varustetut laitteet ja pienemmätkin kaupunkialueella käytössä olevat dieselit. (Sarkkinen 2012.)

Pienhiukkasten vähentäminen on terveydellisistä syistä erittäin tärkeää ja tähän uusimmat päästönormit juuri pyrkivät. Markkinoilla on mm. seuraavia jälkiasennettavia suodatinvaihtoehtoja:

Sint-AC –järjestelmä sopii parhaiten työkoneisiin, jotka käyvät enimmäkseen tyhjäkäynnillä, jolloin pakokaasujen lämpötila jää suhteellisen matalaksi. Kyseisessä järjestelmässä noen poltto aloitetaan sähkövastuksella, joka kuumentaa suodattimen siten, että nokipalo voi alkaa. Järjestelmä ei ole riippuvainen pakokaasun lämpötilasta.





Sint-AC

Sint-DOC-suodatinmallia voidaan hyödyntää isommissa työkoneissa, kuten maansiirtoautoissa, kaivinkoneissa, pyöräkuormaajissa ja tela-ajoneuvoissa. Näille kaikille yhteistä on se, että moottori pyörittää lähinnä hydraulikkapumppuja, joiden tuottamaa painetta käytetään liikkumiseen ja työskentelyyn. Järjestelmä toimii, kun pakokaasun lämpötila on enimmäkseen yli 260 astetta. Järjestelmän sisällä on myös katalysaattori.



Sint-DOC

Sint-ROC- järjestelmä sopii järeimpiin koneisiin ja silloinkin pakokaasun lämpötilan on oltava hetkittäin hyvin korkea, jopa yli 380 astetta 10 prosenttia käyttöajasta, jotta regenerointi (noen palaminen) onnistuu. Sopivia asennuskohteita ovat muun muassa kaivosajoneuvot, jotka ajavat ylämäkeen isolla kuormalla, sekä rakennustyökoneet ja maatalouskoneet. Käytön pitää olla mahdollisimman paljon moottoria kuormittavaa, jotta päästään ajoittain pakokaasun 380 lämpöasteeseen.



Sint-ROC

Mikäli haluatte lisätietoja asiasta, olkaa hyvä ja ottaa yhteyttä [jonna.putkonen@keslift.fi](mailto:jonna.putkonen@keslift.fi).

## Liite 4. Päästömääräystaulukko

PÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMISEN AIKATAULU VUOTEEN 2017 SAAKKA															
EU															
Kw (HV)	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
18 - 36 (24 - 48)	8.0 / 1.5 / 5.5 / 0.8			(7.5) / 5.5 / 0.30											
37 - 55 (49 - 74)	7.0 / 1.3 / 5.0 / 0.4				(4.7) / 5.0 / 0.4					(4.7) / 5.0 / 0.025					
56 - 74 (75 - 99)	7.0 / 1.3 / 5.0 / 0.4				(4.7) / 5.0 / 0.4					3.3 / 0.19 / 5.0 / 0.025		0.4 / 0.19 / 3.5 / 0.025			
75 - 129 (100 - 17)	6.0 / 1.0 / 5.0 / 0.3			(4.7) / 5.0 / 0.4					3.3 / 0.19 / 5.0 / 0.025		0.4 / 0.19 / 3.5 / 0.025				
130 - 560 (174 - 75)	6.0 / 1.0 / 3.5 / 0.3			(4.0) / 3.5 / 0.2				2.0 / 0.19 / 3.5 / 0.025			0.4 / 0.19 / 3.5 / 0.025				
	VAIHE II			VAIHE IIIA				VAIHE IIIB			VAIHE IV				
NUMEROIDEN MERKITYS (g / kW -hr)															
8.0	1.5	5.5	0.8	(4.7)		5.0	0.4								
NOx	HC	CO	PM	(NOx+HC)		CO	PM								
Nox = Typen oksidit															
HC = Hiilivety															
CO = Hiilimonoksidi															
PM = Hiukkaset															