

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Energiatekniikka / Käynnissä- ja kunnossapito

Jenna Enegren

ISO 8178-2 STANDARDIN MUKAINEN LAIVOJEN PÄÄSTÖMITTAUSOHJEIS-
TUS

Opinnäytetyö 2011

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Energiatekniikan koulutusohjelma

ENEGREN, JENNA	ISO 8178-2 standardin mukainen laivojen päästömittausohjeistus
Insinööri	93 sivua + 15 liitesivua
Työn ohjaaja	Lehtori, DI Risto Korhonen
Toimeksiantaja	Kymenlaakson ammattikorkeakoulu, Päästömittauslaboratorio
Toukokuu 2011	
Avainsanat	Standard 8178-2, IMO, Marpol 73/78, päästömittaus, Nox

ISO 8178 on standardi, joka käsittelee testisyklejä, joita käytetään kun määritellään päästönormeja. Standardi sisältää 11 erilaista osaa ja tässä työssä on käsitelty osaa 2, joka pitää sisällään polttomoottorien hiukkas- ja kaasumaisten päästöjen mittaus käytännön olosuhteissa. Siihen kuuluu mittausjärjestelyt, näytteenotto sekä näytteiden käsittelyn, analysointimenetelmät ja tulosten käsittely.

Kymenlaakson ammattikorkeakoulun Päästömittauslaboratorio, tekee laivoilla päästömittauksia ja tämä ohjeistus on luotu helpottamaan mittauksien tekemistä. Standardissa on tarkasti selvitetty, mitkä asiat tulee päästömittauksien yhteydessä mitata, kuinka näytteet otetaan, millaisissa olosuhteissa näytteet saa ottaa ja miten nämä tulee raportoida. ISO 8178-2 standardin yhteydessä käytetään ISO 8178-1 ja ISO 8178-11. ISO 8178-1 standardista löytyvät tarkemmat laskukaavakkeet joita tulee käyttää, kun käytetään ISO 8178-2 standardia hiukkaspäästömittauksien ohjeistuksena. Laskennat ovat tärkeä osuus kun päästömittauksia tehdään ja tarkastellaan. Työ sisältää myös tutustumista International Maritime Organization sekä International Organization for Standardization, jotta hiukan selvennyy mistä nämä standardit tulevat. Työhön kerätty materiaali on lähtöisin useista eri lähteistä. Työn pääpaino on materiaalisessa osuudessa.

Tämä työ on luotu varmistamaan, että mittaja kerää oikeat tiedot aluksesta mittauksia tehdessä, jotta tuloksien keruu ei jää vajavaiseksi. Tätä varten on luotu mittajalle muistilista, mitä tulisi muistaa, helpottamaan mittajan työskentelyä. Toisesta listasta löytyy mitä tulee mittajan muistaa raporttia kirjoittaessa laittaa raporttiin ja mitä tietoja tulee kerätä raporttia varten mittauksen aikana.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Energy Engineering

ENEGREN, JENNA

Bachelor's Thesis

Supervisor

Commissioned by

June 2011

Keywords

ISO 8178-2 with emission measurement Guide

93 pages + 15 of appendices

Risto Korhonen MS, Senior Lecturer

Kymenlaakson ammattikorkeakoulu, Emission Measurement Laboratory

Standard 8178-2, IMO, Marpol 73/78, emission measurement, Nox

ISO 8178 is a standard that deals with cycles that are used when determining the emission standards. The standard contains 11 parts. This work has deals with part 2, which includes: which discusses them measurement of gaseous and particulate exhaust emissions under field conditions. It includes arrangements for measuring, sampling and sample handling, analysis methods and results of treatment.

The Kyamk Emission Measurement Laboratory makes ship emission measurements, and this guide has been created for it to facilitate the measurements taken. The standard has been carefully studied as to what things should be measured when conducting of emission measurements, how samples are taken, the circumstances in which samples may be taken and how the results should be reported. ISO 8178-2 is used in connection with ISO 8178-1 and ISO 8178-11. In ISO 8178-1 can be found more detailed form that should be used when using the ISO 8178-2 emissions particulate measurement for guidance. Calculations play an important part of the emissions measurements when they are made and reviewed. The work also includes a study of the International Maritime Organization and the International Organization for Standardization to learn more about the background and origin of these standards. The material collected for the work from several sources. The focus is on the material part.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

MERKIT, LYHENTEET, TERMIT

1	JOHDANTO	13
2	IMO – INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION	13
2.1	Yleistä	13
2.2	JÄSENYYS	14
2.2.1	Jäsenvaltiot	14
2.2.2	Kansalaisjärjestöt	14
2.2.3	Hallitustenväliset järjestöt	14
2.3	IMO ja lakien säätäminen	15
2.3.1	IMO ja auditointijärjestelmä	16
2.4	IMO:n rakenne	16
2.4.1	Neuvosto	16
2.4.2	Komiteat	18
2.4.3	Sihteeristö	20
2.5	Suunnitelmat	21
2.6	Yleissopimukset	21
2.6.1	Yleissopimuksien hyväksyminen	21
3	MARPOL 73/78	22
3.1	Marpol 73/78, Annex VI, ilmansuojeluliite	23
3.1.1	VI-liitteen uudistus	23
4	ISO	26
4.1	Yleistä	26

4.2	IS- järjestelmä	27
4.3	ISO-standardien kehittäminen	27
5	PAKOKAASUT	28
5.1	Pakokaasupäästöjen aiheuttajat	28
5.2	Komponentit	30
5.3	Hiilivety-yhdisteet C _x H _y	31
5.4	Hiukkaset	31
5.5	Typen oksidit NO _x	32
5.6	Rikin oksidit SO _x	33
5.7	Hiilidioksidi CO ₂ ja Hiilimonoksidi CO	33
5.8	Ilmaylimäärä O ₂ , N	34
5.9	Ammoniakki, NH ₃	35
6	LAIVADIESELIEN PÄÄSTÖJEN MITTAUS	36
6.1	Päästölähteet	36
6.2	Päästömittausten raportointi	36
6.3	Mittauslaitteiston vaatimukset	37
6.4	Laitteiston valinnan jälkeen	38
6.5	Mittaaja	38
7	ISO 8178-STANDARDI	39
8	ISO 8178-2	40
8.1	Laajuus	40
8.2	Käsitteitä ja määritelmiä	40
9	TESTIOLOSUHTEET ISO 8178-2-STANDARDIN MUKAAN	42
10	MOOTTORIN TESTIOLOSUHTEET	43
10.1	Ympäröivät olosuhteet	43
10.2	Moottorit ahtoilmajähdytyksellä	43
10.3	Moottorien parametrit	44
10.4	Teho	44

10.5 Moottorin imuilmajärjestelmä ja Jäähdytysjärjestelmä	44
10.6 Voiteluöljy	45
10.7 Mittausvälineiden ja varusteiden asennus	45
11 MITTAUSLAITTEET JA MITATTAVAT TIEDOT	45
11.1 Yleisesti	45
11.2 Vaihtoehtoiset mittausjärjestelmät	46
12 HIUKKASTEN MÄÄRITTÄMINEN	47
13 ANALYYTTISTEN VÄLINEIDEN KALIBROINTI	48
13.1 Hiukkasnäytteenottojärjestelmän kalibrointi	48
14 MITATTAVIEN TIETOJEN TARKKUUS ISO 8178-2 MUKAAN	48
14.1 Pakokaasuanalysointilaitteet	48
14.2 Muut mittauslaitteet	48
14.3 Arvioitu täsmällisyys ja tarkkuus testituloksissa	50
15 KÄYTTÖOLOSUHTEET	51
15.1 Testisyklit	51
15.2 Moottorin valmistelu	52
15.3 Testipolttoaine	52
15.4 Testisekvenssi	52
15.4.1 Yleistä	52
15.5 Analysointilaitteiden vaste	53
15.5.1 Analysointilaitteiden uusinta tarkastus	53
15.6 Hiukkasnäytteenotto (tarvittaessa)	53
15.7 Moottori ehdot	54
16 TESTIAJO	55
16.1 Näytteenottosuodattimien valmistelu	55
16.2 Mittauslaitteiden asentaminen	55
16.3 Moottorin ja laimennusjärjestelmän käynnistäminen	55

16.4 Laimennussuhteen säätö	56
16.5 Testipisteiden määrittäminen (vakaantilan testaukseen vain)	56
17 TESTIRAPORTTI	56
17.1 Yleistä	56
17.2 Yleinen ohjeistus	57
17.3 Mittauslaitteet	57
17.4 Moottorin parametrit	57
18 MITTAUSTULOSTEN JA TESTIEN RAPORTOINTI ISO 8178-5 MUKAAN	57
18.1 Johdanto	57
18.2 Yleistä	57
18.3 Moottorin tiedot	58
18.4 Ympäristön ja moottorin testitulokset	58
18.5 Kaasupäästöjen tiedot	58
18.6 Hiukkaspäästö tiedot	59
18.7 Savun testitulokset	59
18.8 Testisolun tiedot	59
18.9 Polttoaineen ominaisuudet	60
18.9.1 Kaavakkeet	60
19 KAASUPÄÄSTÖJEN LASKENTA	60
19.1 Pakokaasuvirta	60
19.2 Merkkiaineen mittausmenetelmä	62
19.3 Kuiva/kosta korjaus	63
19.4 NO _x :n kosteuden ja lämpötilan korjaus	65
19.5 Päästöjen massavirtaus laskelmat	66
19.6 Laimennettu pakokaasu	69
20 PÄÄSTÖJEN LASKEMINEN	70
21 HIUKKASPÄÄSTÖJEN LASKEMINEN	70
21.1 Hiukkasten kosteuden korjauskerroin	70
21.2 Virtauksen osittainen laimennusjärjestelmä	71

21.3 Isokineettiseten järjestelmä	71
CO ₂ mittausjärjestelmät ja hiilitasapaino	72
21.4 Virtausmittaus järjestelmät	73
21.5 Laimennusjärjestelmän päävirtausjärjestelmä	73
21.6 Päästöjen laskeminen	74
21.7 Tehollinen painokerroin	74
22 YHTEENVETO	75
LÄHTEET	76
LIITTEET	
Liite 1. Tehtävälista	
Liite 2. ISO 8178-2 standardissa käytetyt symbolit	
Liite 3. Table A.1	
Liite 4. Table A.2	
Liite 5. Table A.3	
Liite 6. Table A.4	
Liite 7. Table A.5	
Liite 8. Table A6	
Liite 9. Table A.7	
Liite 10. Table A.8	
Liite 11. Table A.9	
Liite 12. Table A.10	
Liite 13. Table A.11	
Liite 14. Taulukko 6 – Kertoimet u_{gas} ja polttoaineen erityiset parametrit raakapakokaasusta	
Liite 15. Taulukko 7 Kertoimet u_{gas} ja polttoaineen erityiset parametrit raakapakokaasusta	

MERKIT, LYHENTEET, TERMIT

ECA	Emission Control Area, päästöjen valvonta-alue
IMO	International Maritime Organization, Kansainvälinen merenkulkujärjestö
j	joule, SI-järjestelmän työn ja energian yksikkö
MARPOL	International Convention for the Prevention of Pollution From Ships
MARPOL 73/78	Yleissopimus merellisen ympäristön suojelemiseksi
MSC	Maritime Safety Committee, IMO:n Meriturvallisuuskomitea
MEPC	Maritime Environment Protection Committee, IMO:n meriympäristön suojelukomitea
NECA	Nox Emission Control Area, typen oksidipäästöjen valvonta-alue
rpm	pyörimisnopeus, kierrosta minuutissa
SECA	Sox Emission Control Area, rikin oksidipäästöjen valvonta-alue
BLG	Bulk Liquids and Gases, nesteet ja kaasut
DSC	Carriage of Dangerous Goods, Solid Cargoes and Containers, Vaaralliset aineet, kiinteä lasti ja konttit
FP	Fire Protection, palotorjunta
COMSAR	Radio-communications and Search and Rescue, radioviestintä- ja pelastustehtäviin

NAV	Safety of Navigation, Merenkulun turvallisuus
DE	Ship Design and Equipment, aluksen suunnittelu ja varusteet
SLF	Stability and Load Lines and Fishing Vessels Safety, vakaus, lastiviivayleissopimus ja kalastusalusten turvallisuutta
STW	Standards of Training and Watchkeeping, annettu koulutus ja päivystysvastuu
FSI	Flag State Implementation , lippuvaltion toteutus
EC	European Commission, Euroopan komissio
ECE	United Nations Economic Commission for Europe, Yhdistyneiden kansakuntien talouskomissio euroopalle,
ECM	Electronic Control Module
EPA	United states environmental protection agency, Yhdysvaltain ympäristönsuojeluvirasto
NTE	Not-To-Exceed
ZRDO	Zirconium dioxide (analyser), Sirkoniumoksidi (analysaattori)
PEMS	Portable Emissions Measurement System, Siirrettävä päästömittausjärjestelmä,
PAH	polyaromaattiset hiilivedyt
PCB	polyklooratut bifenyylit
PCDD	polyklooratut dibentsodioksiinit
PCDF	polyklooratut dibentsofuraanit

CH ₄	metaani
CH ₃ OH	metanoli
CO	hiilimonoksidi
CO ₂	hiilidioksidi
(T)HC	hiilivety
HCHO	metanaali
H ₂ O	vesi
NH ₃	ammoniakki
NMHC	metaanivety
NO	typpioksidi
NO ₂	typpidioksidi
NO _x	typen oksidit
N ₂ O	dityppioksidi
O ₂	happi
PT	hiukkaset

ALKUSANAT

Haluan kiittää Kymenlaakson ammattikorkeakoulua ja Päästömittauslaboratoriota, että sain heiltä aiheen tähän työhön. Suurimman kiitoksen haluan osoittaa laboratorion insinööreille Marko Piispalle ja Mikko Nykäselle. He olivat apunani jos tarvitsin. Kiitos kuuluu myös työnohjaajalleni Risto Korhoselle.

Haluan myös kiittää lähipiiriäni tukenani olemisesta.

Kotka 8.5.2011

Jenna Enegren

1 JOHDANTO

Työn toimeksiantaja on Kymenlaakson ammattikorkeakoulun Päästömittauslaboratorio. Minun tehtävänäni oli rakentaa käytännöllinen ohjeistus ISO 8178-2 standardin pohjalta, helpottamaan päästömittaustöitä. Käytössäni oli ISO 8178-2:2008 versio. Tämä standardi käsittelee polttomoottorien hiukkas- ja kaasumaisten päästöjen mittauskäytännön olosuhteissa. Olen myös käsitellyt työssäni International Maritime Organization järjestöä ja sen luomaa MARPOL-yleissopimusta, sekä International Organization for Standardization järjestöä.

2 IMO – INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION

2.1 Yleistä

International Maritime Organization on kansainvälinen merenkulkujärjestö, joka huolehtii merenkulkuun liittyvistä turvallisuusasioista. Järjestö on hallitsija ja päättävä. IMO on YK:n alainen erityisjärjestö, joka on perustettu 17. maaliskuuta 1948. Se kokoontui kuitenkin tammi-kuussa 1959 vasta ensimmäisen kerran. Oli jo kauan ennen kuin kyseinen järjestö perustettiin toivottu yhtenäistä järjestöä, joka huolehtisi turvallisuusasioista valtioiden keskuudessa. Ensiksi järjestöä kutsuttiin IMCO – Inter Governmental Maritime Consultative Organization, mutta vuonna 1982 järjestö sai nykyisen nimensä IMO – International Maritime Organization. (1)

IMO on kansainvälinen järjestö, johon kuuluu tällä hetkellä 169 jäsenmaata. Näistä valtioista on edustajat, jotka toimivat järjestössä päättävänä elimenä, ja heidän joukostaan on vielä valittu edustajat, jotka vastaavat talousasioista. Päättävä elin kokoontuu yleensä vain kerran kahdessa vuodessa yleiskokouksessa, ja yleiskokousten välillä neuvosto toimii hallintona. Tärkeimmät osuudet jaetaan viiden komitean kesken ja heidän työtään tukevat useat eri alakomiteat. Järjestön tarkoituksena on parantaa, kehittää ja ratkaista merenkulkuun liittyviä turvallisuusongelmia, kuten ehkäistä merien saastumista, olla mukana myös oikeudellisissa asioissa mm. vastuu- ja korvauskysymyksissä sekä helpottaa kansainvälistä meriliikennettä. (1)

Aloittaessaan työnsä järjestön suurimpia ongelmia oli huoli kehittää kansainvälisiä sopimuksia ja muita lainsäädäntöjä, jotka koskevat turvallisuutta ja meren pilaantumisen ehkäisemistä. Jo 1970-luvun loppupuolella säädäntötyö oli suurimmilta osilta tehty. Viime vuosina on kuitenkin tehty vielä joitakin tärkeitä säädäntöjä. Nykyisin IMO keskittyy pitämään säätämiään

säädäntöjä ajan tasalla, että mahdollisimman moni maa on ratifioitu. Tämä on onnistunut erittäin hyvin, koska yleissopimuksia sovelletaan yli 98 % maailman kauppalaivastojen tonnistosta. Pääpainona on yrittää varmistaa, että yleissopimukset hyväksytään ja hyväksyneet maat laittavat täytäntöön säädännöt, joihin ovat suostuneet. (1)

IMO:lla on myös laaja tekninen yhteistyöohjelma, jossa keskitytään parantamaan kehitysmaiden kykyä auttaa itse itseään. Se keskittyy inhimillisten voimavarojen avulla merenkulkualan koulutus- ja vastaavaan toimintaan. (1)

IMO:n iskulauseesta selviää erittäin hyvin, minkä asioiden puolesta he taistelevat ”Turvallisen, varman ja tehokkaan merenkäynnin puolesta puhtaissa valtamerissä”. (1)

2.2 JÄSENYYS

2.2.1 Jäsenvaltiot

IMO:on kuuluu tällä hetkellä 169 jäsenvaltiota ja kolme liitännäisjäsenvaltiota. (2)

2.2.2 Kansalaisjärjestöt

Kansainvälisten järjestöjen kansalaisjärjestöt voivat saada neuvoa-antavan aseman neuvoston hyväksytyä sen yleiskokouksessa. Saavuttaakseen aseman järjestön tulee kyetä antamaan merkittävä panos IMO:lle. Järjestöjen tulee pystyä osoittamaan IMO:lle huomattavaa asiantuntemusta sekä kykyä osallistua sen toimivaltaan ja työhön. On myös pystyttävä osoittamaan, että sillä ei ole keinoja saada työtä IMO:n muiden järjestöjen jo neuvoa-antavissa asemissa olevilta ja että se on "aidosti kansainvälinen" jäsenyys. Se tarkoittaa että siinä on erilaisia jäseniä, jotka kattavat laajan maantieteellisen otannan ja yleensä enemmän kuin vain yhden alueen. Tähän mennessä riippumatonta kansainvälistä järjestöä neuvoa-antavassa asemassa on 79 valtiosta, joiden asiantuntemusta IMO käyttää. (2)

2.2.3 Hallitustenväliset järjestöt

IMO voi tehdä sopimuksia ja yhteistyötä muiden hallitustenvälisten järjestöjen kanssa, ajaen asioissa yhteistä etua ja varmistaakseen mahdollisimman hyvän yhteistyön. Tähän mennessä

on 61 hallitustenvälisiä järjestöjä, jotka ovat allekirjoittaneet sopimukset yhteistyöstä ja joita IMO käyttää. (2)

2.3 IMO ja lakien säätäminen

Koska merenkulku on kansainvälinen ala, on hyvä, että kaikilla olisi siten yhtenäiset säädännöt eikä jokainen kansakunta säätäisi omia. Tällaisen järjestön kautta saadaan järjestystä turvallisuusasioihin. IMO ei säädä itse ollenkaan lakeja, vaan se hyväksyy niitä, jos on tarvetta. Hallitukset ovat itse vastuussa näiden täytäntöönpanoista. Kun hallitus hyväksyy IMO:n yleissopimuksen, se suostuu tekemään sen osaksi omaa kansallista lainsäädäntöään ja soveltamaan sitä aivan kuin mitä muutakin lakia. Ongelmana on, että joissakin maissa ei ole asiantunte-
musta, kokemusta eikä myöskään tarvittavaa voimavaraa tehdä tätä kunnolla. Toiset hallitukset jopa ehkä laittavat täytäntöönpanon melko alas heidän prioriteeteissaan. Tästä johtuen vaaratilanteiden määrä vaihtelee eri lippujen alla. Tämä on myös varmaan kaikkein tehokkain keino saada selville, kuinka hallitukset täytäntöönpanevat lainsäädäntöjä.

IMO on asiasta hyvin huolissaan, ja tästä johtuen se on perustanut vuonna 1992 erityisen alakomitean lippuvaltioille. Komitean tarkoituksena on parantaa valtioiden tärkeysjärjestystä. Toinen tapa, joka on käytössä, on satamavaltiovalvonta jossa tarkastetaan aluksia, jotta nähdään noudattavatko ulko-alukset IMO:n yleissopimuksessa olevia säännöksiä. Mikäli niitä ei ole noudatettu, on alus voitu ottaa säilöön kunnes alukseen on suoritettu tarvittavat korjaustoimenpiteet. Tämän keinon on todettu toimivan parhaiten, varsinkin jos valtiot liittyvät yhteen muodostaakseen alueellisia satamavaltiovalvonta järjestöjä. IMO on kannustanut tätä prosessia. Sopimukset on allekirjoitettu kattamaan:

- Euroopan ja Pohjois-Atlantin (Pariisin MOU),
- Aasian ja Tyynenmeren (Tokion MOU),
- Latinalaisen Amerikan (Acuerdo de Viña del Mar),
- Karibian (Karibia MOU),
- Länsi- ja Keski-Afrikan (Abuja MOU),
- Mustanmeren alueen (Mustanmeren MOU),
- Välimeren (Välimeren MOU),
- Intian valtameren (Intian valtameri MOU)
- Arabian ja Persianlahden (GCC MOU (Riad MOU)). (1)

2.3.1 IMO ja auditointijärjestelmä

IMO on hyväksynyt vapaaehtoisen IMO:n jäsenvaltioiden auditointijärjestelmän. Auditointijärjestelmä on suunniteltu edistämään merenkulun turvallisuutta ja ympäristönsuojelua arviomalla, kuinka tehokkaasti jäsenvaltiot panevat täytäntöön ja valvovat asianomaisen IMO:n yleissopimuksen vaatimuksia antaen heille palautetta ja neuvoja niiden nykyisen suorituskyvyn mukaan. Ensimmäiset tarkastukset vapaaehtoisessa IMO:n jäsenvaltioiden auditointijärjestelmässä saatiin päätökseen vuoden 2006 lopussa, mutta IMO:n yleiskokouksessa on sovittu ohjelma, jossa tämä järjestelmä pakollistettaisiin todennäköisesti vuonna 2015. (1)

2.4 IMO:n rakenne

IMO on rakenteeltaan useatahoinen. Se rakentuu neuvostosta ja viidestä valiokunnasta: meriturvallisuuskomitea, meriympäristön suojelua käsittelevä komitea, lakikomitea, teknisen yhteistyön komitea, helpottamisen komitea ja useita alakomiteoita. Komiteoihin tutustutaan tarkemmin kappaleessa 1.5.2. (8)

Neuvosto ja valiokunnat muodostavat järjestön korkeimman hallintoelinem. Se koostuu kaikista jäsenvaltioista ja tapaa kahden vuoden välein säännöllisesti kokouksissa. Tarvittaessa se voi kokoontua myös ylimääräiseen istuntoon. Kokoonpanon tehtäviin kuuluu hyväksyä työohjelmia, budjetin äänestäminen sekä määrittellä rahoitusjärjestelyt järjestölle. Edustajakokous valitsee myös neuvoston. Sihteeristö koostuu noin 300 kansainvälisestä henkilöstä. Järjestön johdossa on pääsihteeri. (8)

2.4.1 Neuvosto

Neuvosto valitaan joka toinen vuosi yleiskokouksessa, ja valittu neuvosto toimii tällöin siis kaksi vuotta kerrallaan. Neuvosto on IMO:ssa toimeenpaneva elin, ja se on myös vastuussa, mukana yleiskokouksissa ja valvoo järjestön työtä. Yleiskokouksien välillä neuvosto tekee kaikki toiminnot yleiskokouksia varten, poissulkien suositukset hallituksille jotka koskevat

meriturvallisuutta ja saastumisen ehkäisemistä, joka on varattu Euroopan parlamenttiin yleis-sopimuksen 15 artiklan (j) mukaan. (8)

Neuvoston toiminnot ovat:

- A. koordinoida organisaation elinten toimintaa
- B. harkita työohjelmia ja talousarviot ja toimittaa nämä edustajakokoukseen,
- C. vastaanottaa raportteja ja ehdotuksia komiteoilta ja elimiltä ja toimittaa ne edustajakokoukselle, ja jäsenvaltioille kommentteja sekä tarvittaessa suosituksia
- D. nimittää pääsihteerin suostumuksella yleiskokous
- E. saada aikaan sopimuksia ja tehdä järjestelyjä koskien järjestön suhteita muihin järjestöihin yleiskokouksen suostumuksella. (8)

Neuvoston jäsenet kaudella 2010-2011 ovat:

Luokka (A): 10 valtiota, joiden suurin intressi on tarjota kansainvälistä liikennettä:

Kiina	Panama
Kreikka	Korean tasavalta
Italia	Venäjä
Japani	Iso-Britannia
Norja	Yhdysvallat

Luokka (B): 10 muuta valtiota, joissa suuri kiinnostus kansainvälisiin merikuljetuksiin:

Argentiina	Saksa
Bangladesh	Intia
Brasilia	Alankomaat
Kanada	Espanja
Ranska	Ruotsi

Luokka (C): 20 valtiota, joita ei valittu luokkien (A) tai (B) alle ja joilla on erityisiä etuja meriliikenteeseen tai merenkulkuun ja joiden neuvostoa valinta varmistaa maailman kaikkien suurten maantieteellisten alueiden edustuksen:

Australia	Bahama	Belgia
Egypti	Saudi-Arabia	Malta
Indonesia	Meksiko	Singapore
Chile	Jamaika	Nigeria
Etelä-Afrikka	Thaimaa	Kypros
Kenia	Filippiinit	Turkki
Malesia		
Tanska		(8)

2.4.2 Komiteat

IMO:n sisällä toimii meriturvallisuuskomitea, meriympäristön suojelua käsittelevä komitea, lakikomitea, teknisen yhteis työkomitea ja helpottamisen komitea. Komiteat ovat tärkeä osa IMO:n hallitsevaa elintä. Tässä kappaleessa tutustutaan tarkemmin näihin viiteen komiteaan ja alakomiteoihin. (9)

Meriturvallisuuskomitea (MSC)

Meriturvallisuuskomitea on vanhin näistä ja on tärkein tekninen komitea. Se koostuu kaikista jäsenvaltioista. Se valvoo töitä sen yhdeksässä alakomiteassa ja käynnistää uusia aiheita. Alakomiteoiden otsikoista pystytään päättelemään, mitä työtä he pitävät sisällään;

- 1.) merenkulun turvallisuus
- 2.) radioliikennettä ja etsintä- ja pelastustoimet
- 3.) koulutuksen ja päivityksen standardit
- 4.) aluksen suunnittelu ja varusteet
- 5.) palontorjunta
- 6.) vakaus, lastiviivayleissopimus ja kalastusalusten turvallisuus
- 7.) lippuvaltion täytöntöönpano
- 8.) vaaralliset aineet, kiinteät lastit ja kontit
- 9.) nesteet ja kaasut.

Alakomiteoiden työhön kuuluu useita aiheita, kuten esimerkiksi matkustaja-aluksien parannuksien suunnittelu ja vaatimukset vaarallisten aineiden kuljetuksesta meritse. Yksi laaja aihe jota meriturvallisuuskomitea käsittelee, on ihmisen vaikuttama osa onnettomuuksissa. Tähän työhön on pantu kaikki alakomiteat, sillä välin meriturvallisuuskomitea on kehittänyt alusten hallinnointiin koodin, joka varmistaa, että sovitut toiminnalliset menetelmät ovat henkilökunnan käytössä niin merillä kuin maissakin. (8)

Meriturvallisuuskomitean toiminnot järjestön sisällä on ”navigointilaitteiden käsittely minkä tahansa järjestön kanssa, aluksen rakentaminen ja varustaminen, Manning-turvallisuuden kannalta, luoda säännöt ehkäistä yhteentörmäyksiä, käsitellä vaarallista lastia, meriturvallisuus menettelyistä ja vaatimuksista, hydrografiset tiedot, log-kirjat ja merenkulun asiakirjat, merionnettomuustutkimuksia, pelastus ja muut asiat vaikuttavat suoraan meriturvallisuutta”. (8)

Laajennuttuaan MSC hyväksyy kaikki muutokset ja tarkistukset yleissopimuksissa, kuten SOLAS. Tämä laajennettu versio sisältää kaikki jäsenvaltiot, mutta on myös valtioita, jotka noudattavat yleissopimuksia, mutta eivät kuulu kuitenkaan IMO:n jäsenvaltioihin. (8)

Meriympäristön suojele komitea (MEPC)

MEPC rakentuu kaikista jäsenvaltioista ja heillä on oikeus käsitellä missä puitteissa tahansa järjestöä koskevia ehkäisemistä ja pilaantumista aiheuttavia asioita. Tämän komitean käden jälkeä on MARPOL-yleissopimus, joka säätelee toimenpiteitä, joita tehdään meren pilaantumisen ehkäisemiseksi. Komitea on myös ollut mukana suunnittelemassa määräyksiä joilla minimoidaan öljyalusten yhteentörmäyksiä tai karilleajoja. Alakomitea raportoi nesteiden ja kaasujen pilaantumiseen liittyvät asiat raportoivat myös tälle komitealle. MARPOL-yleissopimuksesta löytyy lisää tietoa kappaleesta 3 (8)

Lakikomitea

Tämä komitea on perustettu vuonna 1967 IMO:n elimen tytäryhtiöksi käsittelemään kaikki oikeudelliset kysymykset, jotka ovat syntyneet Torrey Canyonin onnettomuuden jälkeen. Tällä komitealla on kaikki valtuudet käsitellä kaikkia oikeudellisia asioita järjestön puitteissa. Komiteaan kuuluvat kaikki jäsenvaltiot, jotka kuuluvat IMO:on. Lakikomitealla on myös valtuudet toimittaa laajalti tehtäviä, jotka on saatu muualta kansainvälisesti, kunhan se vain on organisaation hyväksymä tehtävä. (8)

Teknisen yhteistyön komitea

Teknisen yhteistyön komitea on perustettu vuonna 1969 ja kaikki IMO:n jäsenvaltiot kuuluvat komiteaan. Komitea perustettiin aikoinaan neuvoston elimen tytäryhtiöksi, mutta vuonna 1984 IMO:n yleissopimuksen avulla tapahtui muutos ja komitea institutionalisoitiin. Komitean on harkittava kaikkia vaadittavia soveltamisalaan liittyviä asioita, kun he tekevät päätöksiä täytäntöönpanoista yhteistyöhankkeissa, joissa järjestö on mukana. (8)

Helpottavan työn komitea

Komitea perustettiin vuonna 1972 tytäryhtiöelimeksi IMO:lle ja vuonna 2008 siitä tuli täysin vakiintunut IMO:n yleissopimuksen lainmuutoksen seurauksena. Tämän komitean tarkoituksena on helpottaa jäsenvaltioiden ja järjestön töitä poistamalla turhia muodollisuuksia ja byrokratioita, jotta merenkulun olisi helpompaa toteuttaa kansainvälistä meriliikenteen yleissopimusta ja muitakin seikkoja, jotka helpottavat kansainvälistä merenkulkua. Viime vuosina yleiskokouksien toiveiden mukaan komitea on varmistanut, että oikeanlainen tasapaino on säilynyt merenkulun turvallisuuden ja kansainvälisen meriliikenteen kaupan helpottamisen välillä. (8.)

Alakomiteat

MSC- ja MEPC-komiteoiden apuna on yhdeksän alakomiteaa, jotka ovat myös avoimina kaikille jäsenvaltioille. Näissä alakomiteoissa käsitellään seuraavia aiheita:

- BLG Bulk Liquids and Gases, nesteet ja kaasut
- DSC Carriage of Dangerous Goods, Solid Cargoes and Containers, vaaralliset aineet, kiinteä lasti ja kontit
- FP Fire Protection, palotorjunta
- COMSAR Radio-communications and Search and Rescue, radioviestintä, etsintä ja pelastus
- NAV Safety of Navigation, merenkulun turvallisuus
- DE Ship Design and Equipment, aluksen suunnittelu ja varusteet
- SLFS Stability and Load Lines and Fishing Vessels Safety, vakautta, lastiviivayleissopimusta ja kalastusalusten turvallisuus
- STW Standards of Training and Watchkeeping, koulutus ja päivystysvastuu
- FSI Flag State Implementation , lippuvaltio täytäntöönpano

(8)

2.4.3 Sihteeristö

IMO:n sihteeristö koostuu pääsihteeristä ja noin 300 kansainvälisestä henkilöstä, jotka ovat sijoitettu Lontoossa sijaitsevaan päämajaan. Järjestön nykyisenä pääsihteerinä toimii kreikkalainen Efthimios E. Mitropoulos, joka on toiminut virassa 1. tammikuuta 2004 alkaen. Järjestön ensimmäisenä pääsihteerinä on toiminut tanskalainen Ove Nielsen 1959 - 1961 . (8)

2.5 Suunnitelmat

Yleiskokouksessa, joka kokoontuu joka toinen vuosi, annetaan järjestölle strateginen suunnitelma, joka sisältää suunnitelman seuraavalle kuudelle vuodelle. Strateginen suunnitelma on IMO:n ajatuksia, suuntauksia, kehityksiä tai haasteita, joita on organisaatiolla edessä, ja myös strategisia linjauksia tai tavoitteita yksilöllisiin haasteisiin, joihin IMO pyrkii vastaamaan. Strategiseen suunnitelmaan on myös sisällytetty indikaattoreita ja Key Performance Indicators, joilla on saatu mahdolliseksi edustajakokouksen ja neuvoston seurata kuinka strategisten linjauksien suunnitelma toimii. Yleiskokouksessa hyväksytään järjestölle myös korkeantason suunnitelma, jossa määritellään toimet joiden avulla IMO:n tulisi päästä strategisten linjauksiin ja muihin erityisiin tuloksiin, jotka tullaan toimittamaan seuraavan kaksivuotisen kauden aikana. Korkean tason toimintasuunnitelma on joka toinen vuosi järjestön työohjelmassa. Sen avulla tulevien tulosten perusteella muodostetaan budjetti. (10)

Järjestön edistymistä seurataan tuotoksen ja tuloksen syntymän mukaan perustuvasta talousarviosta neuvoston toimesta. Ja tämän avulla neuvosto raportoi kokonaisuudessaan edustajakokouksessa IMO:n työstä kahden vuoden aikana. (10)

2.6 Yleissopimukset

Vuoteen 1958 mennessä, kun IMO viimein syntyi, oli jo kehitetty useita tärkeitä kansainvälisiä sopimuksia, kuten vuonna 1948 voimaan tullut kansainvälinen sopimus ihmishengen turvallisuudesta merellä tai vuodelta 1954 kansainvälinen yleissopimus meren pilaantumisen ehkäisemiseksi öljyltä. IMO laitettiin tuolloin vastaajaksi joka huolehtii, että yleissopimukset ovat ajan tasalla, mutta sai myös luvan kehittää lisää uusia yleissopimuksia, jos huomattiin, että sellaiselle oli tarvetta. IMO:lla onkin ollut suuri vaikutus muutoksiin, joita on saatu aikaisiksi uusilla yleissopimuksilla, joita järjestö on säätänyt. Myös uusia on säädetty ja vanhoja muutettu kun teknologia on mennyt eteenpäin. Nykyään he vastaavat lähes 50 kansainvälisestä yleissopimuksesta. (13)

2.6.1 Yleissopimuksien hyväksyminen

Yleissopimuksien hyväksymisissä IMO on erittäin vahvasti mukana. IMO:n kuusi keskeistä elintä on mukana yleissopimuksien hyväksymisessä ja täytäntöönpanossa. Yleiskokous ja neuvosto ovat tärkeimmät elimet päätöksiä tehtäessä, ja mukana on myös neljä komiteaa, joita

olenkin käsitellyt aikaisemmassa yhteydessä: meriturvallisuuskomitea, meriympäristön suoje-
lua käsittelevä komitea, lakikomitea ja helpottamisen komitea. (14)

Merenkulun ja siihen liittyvän teollisuuden kehittymisestä ja muuttumisesta keskustellaan jä-
senvaltioiden kesken näissä elimissä. Kun tarvitaan uusia tai muokata vanhoja yleissopimuk-
sia, voidaan keskustelu aloittaa missä tahansa elimessä. Nykyään tarvitaan uusia yleissopi-
muksia, kuten myös vanhoja on pidettävä päivitettynä ajan tasalla, koska merenkulku ja tek-
nologianalat muuttuvat nykypäivänä hyvin nopeasti. Uusien yleissopimuksien ja muokattujen
yleissopimuksien täytäntöönpano jää valtioille. (14)

Suurin osa yleissopimuksista, jotka on tehnyt IMO tai jokin muun järjestö joka on vastuussa
yleissopimuksista, jaetaan kolmeen eri pääryhmään. Ensimmäinen on merenkulun turvalli-
suutta käsittelevä, toinen on meren pilaantumista ehkäisevä ryhmä ja kolmas on vastuu- ja
korvausjärjestelmä erityisesti pilaantumisesta aiheutuvista vahingoista. Ja sitten on myös muu-
tama suurempi ryhmittymä, jotka taas käsittelevät sopimuksia helpottamisesta, vetoisuuden
mittaamisesta, meriliikenteen laittomista toimista ja meripelastuksesta, jne. (14)

3 MARPOL 73/78

Marpol 73/78 on Kansainvälinen yleissopimus meren ja muun ympäristön pilaantumisen eh-
käisemiseksi. Sen tarkoituksena on estää ja rajoittaa alusten aiheuttamaa ympäristön pilaan-
tumista. Se kehitettiin jo vuonna 1973, mutta silloin kyseistä sopimusta ei allekirjoitettu.
Vuonna 1976 käyneen vakavan tankkerionnettomuuden jälkeen Yhdysvallat pyysivät IMO:a
kokoontumaan. Viimein helmikuussa 1978 tehtiin pöytäkirja, ja sopimuksen ja pöytäkirjan
yhdistelmä tuli voimaan viimein 2. lokakuuta 1983 ja samalla poistui voimassa ollut OILPOL-
sopimus. Marpol 73/78:n kehittämisessä on ollut myös mukana IMO:n MEPC-komitea.

Marpol 73/78 sisältää kuusi liitettä:

- Liite I: Säännökset öljyn aiheuttaman saastumisen estämiseksi (2. lokakuu 1983)
- Liite II: Säännökset haitallisten nesteiden aiheuttaman saasteen hallitsemiseksi (6. maaliskuu 1987)
- Liite III: Merellä pakattuna kuljetettavien haitallisten aineiden aiheuttaman saastumi-
sen estäminen (1. heinäkuu 1992)
- Liite IV: Alusten käymälävesien aiheuttaman saastumisen estäminen (27. syyskuu
2003)
- Liite V: Alusten kiinteiden jätteiden aiheuttaman saastumisen estäminen (31. joulukuuta
1988)

- Liite VI: Alusten aiheuttaman ilman saastumisen estäminen (19. toukokuu 2005)

Liite VI on tullut voimaan viimeisimmäksi 19.5.2005. Sen tavoitteena on saada alukset vähentämään niiden aiheuttamaa ilman saastuttamista. Marpolia sovelletaan ja käytetään kaikkiin 400 Gt:iin, uudempiin sekä kaikkiin kiinteisiin ja kelluviin porauslauttoihin ja muihin aluksiin. Se sisältää joukon erilaisia vaatimuksia, tutkimuksia, myöntämisen International ilman-suojelutodistuskirjaan (IAPP) ja määräyksiä:

- Otsonikerrosta heikentävien aineiden ympäristövaatimuksia ja palontorjuntavälineitä
- dieselmoottoreiden Typen oksidit (NOx)
- dieselmoottoreiden Rikin oksidit (SOx)
- haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöt öljysäiliöalusten lasteista
- jätteen polttoaluksella
- polttoöljyn laadun määräykset

Kaikkien alusten, jotka purjehtivat lipun alla, on täytynyt allekirjoittaa Marpol-yleissopimus ja noudattaa kyseistä sopimusta. Useat valtiot ovat valtuuttaneet riippumattoman säätiön varmistamaan, että alukset noudattavat Marpol-yleissopimusta. Kyseinen riippumaton säätiö on DNV eli Det Norsk Veritas. Nykyisin IMO pitää vuosittain 1 - 2 kokousta joissa, käsitellään ja kehitetään MARPOL-yleissopimuksen säännöstöä. (2;4)

3.1 Marpol 73/78, Annex VI, ilmansuojeluliite

Vuonna 1997 hyväksyttiin uusi ilmansuojelua koskeva liite Annex VI, Marpol - yleissopimukseen. Tämä uusi liite on asettanut uudet päästörajoitukset typen oksideille, rikin oksideille, CFC-yhdisteille, haloneille ja VOC-yhdisteille (haihtuvat orgaaniset yhdisteet). Liite tuli viimein voimaan 19.5.2005, joka on hyväksymisestä 8 vuotta myöhemmin. Mepc hyväksyi 9.10.2008 Marpol-yleissopimuksen uudistetun ilmansuojeluliitteen (Liite VI). Parannelun VI liitteen uudet säädökset ovat astuneet voimaan 1.7.2010 noudattaen Marpolin mukaista ns. hiljaista hyväksymismenetelmää. Tämän liitteen tarkoituksena on rajoittaa alusten pakokaasupäästöjä. Rajoitettavia ovat mm. typen ja rikin oksidipäästöt, ja tähän on kehitetty rajoituksiksi Tier I, Tier II ja Tier III.

3.1.1 VI-liitteen uudistus

Kyseisessä uudistuksessa on kyse typen oksidipäästöjen vaiheittaisesta rajoittamisesta aluksilla. Aluksissa, joissa on 1.1.2011 jälkeen asennettuja dieselmoottoreita, tulee päästöjen olla 20

% pienemmät kuin nykyiset päästöt ovat. Ja kun alus on NECA alueella Nox -päästöjen tulee olla 80 % pienemmät nykytasosta, jos aluksen dieselmoottorit ovat rakennettu vuonna 2016 tai sen jälkeen. Myös vanhemmille dieselmoottori aluksille tulee Nox-päästörajoituksia. 1990-luvulla rakennettujen alusten, joissa käytetään dieselmoottoria ja joiden teho on 5000kW ja sylinteritilavuus on yli 90l tulee täyttää nykyiset tyypin oksidipäästö rajoitukset. (2.)

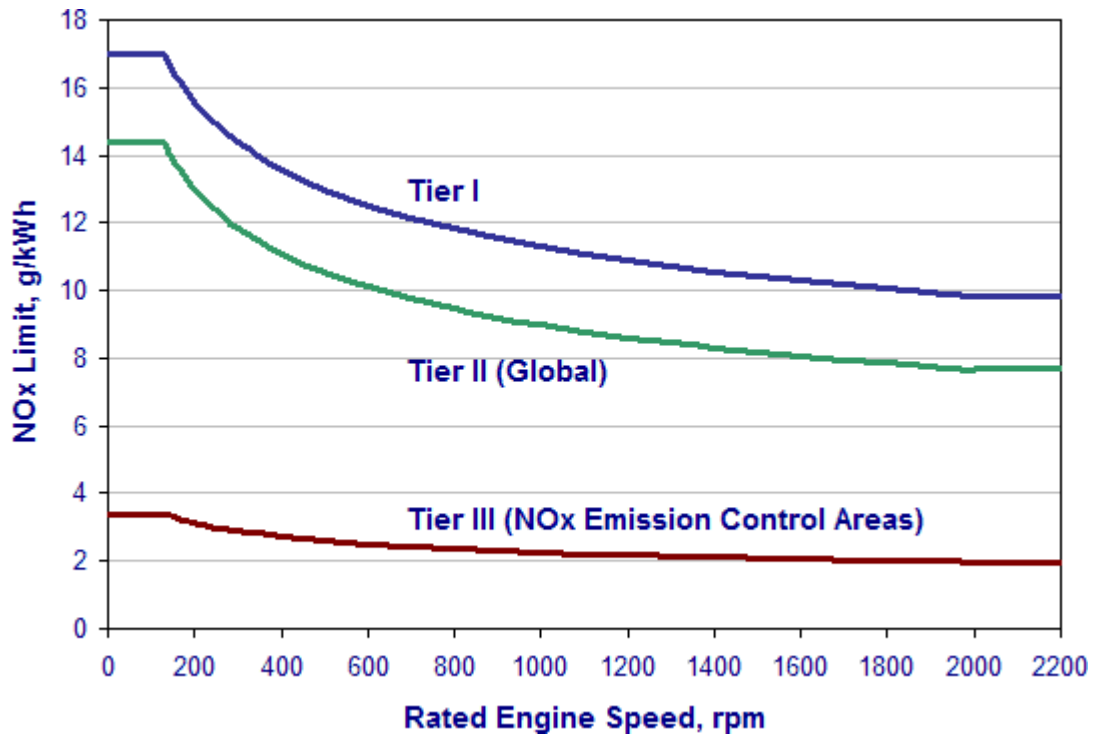
Dieselmoottoireissa Nox-päästörajat ovat määritelty moottorin kierrosnopeuden (rpm) mukaan. Tier I ja Tier II ovat globaalisia rajoituksia kun vuorostaan Tier III on ainoastaan voimassa tyypin oksidipäästöjen kontrollialueilla. Alla olevassa taulukossa 1 on esitelty MARPOL Annex VI-liitteen mukaiset Nox päästörajat. Kuvassa 1 on graafinen esitys Tier I-III rajoituksista, ja siitä nähdään selkeämmin näkemään kuinka paljon ne poikkeavat toisistaan. (3.)

Tier	Aika	Nox rajat, g/kWh		
		$n < 130$	$130 \leq n < 2000$	$n \geq 2000$
Tier I	2000	17.0	$45 \cdot n^{-0.2}$	9.8
Tier II	2011	14.4	$44 \cdot n^{-0.23}$	7.7
Tier III	2016 [^]	3.4	$9 \cdot n^{-0.2}$	1.96

[^] NECA (Tier II-standartit ECA alueiden ulkopuolella)

n = kierrosten lukumäärä

Taulukko 1 No_x päästörajat Tier I-III alueilla kierrosluvun mukaan (3.)



Kuva 1 MARPOL-yleissopimuksen liitteen VI NO_x-päästörajat (3).

Vuoden 2012 alusta alkaen tullaan myös rajoittamaan rikin oksidipäästöjä globaalisti. Tämän hetkinen rikkipitoisuusraja 4,5 %:sta tullaan pudottamaan maailmanlaajuisesti 3,5 %:iin. Ja IMO:n SECA kontrollointialueilla pudotettiin 1.7.2010 alkaen rikkipitoisuudet entisestä 1,5 %:sta 1,0 %:iin. IMO:lla on tarkoituksena pudottaa rikin pitoisuutta progressiivisesti vuoteen 2020 mennessä 0,5 %:iin. Ja kontrollialueella raja lasketaan 1.1.2015 vielä 0,1 %:iin. Taulukossa 2 näkyy päästöjen vähennystavoitteet vuositasolla esitettynä. (1;3)

Aika	Rikin rajat polttoaineessa(% m/m)	
	SO _x ECA	Maailmanlaajuinen
2000	1.5%	4.5%
2010	1.0%	
2012	0.1%	3.5%
2015		
2020 ^a		0.5%

a - vaihtoehtoinen vuosi 2025, tullaan päättämään vuoden 2018 kokouksessa

Taulukko 2 So_x päästörajat (3)

4 ISO

4.1 Yleistä

Maailman suurin Kansainvälisten standardien kehittäjä ja julkaisija on International Organization for Standardization, tunnetaan lyhenteellä ISO. Se on kansainvälinen standardisoimisjärjestö, johon kuuluu kaiken kaikkiaan 160 maan verkosto. Koska ISO on Kansainvälinen järjestö, olisi sillä ollut maailmalla useita eri lyhenteitä (englanniksi ”IOS” ranskaksi ”OIN”), joten perustajat päättivät, että ISO on kaikkialla kutsuttu samalla lyhenteellä, ja he valitsivat ISO:n, joka tulee kreikkalaisesta sanasta *isos*, joka tarkoittaa ”samanarvoinen”. ISO on hallituksesta riippumaton kansainvälinen järjestö, joka toimii eräänlaisena siltana yksityisen ja julkisen sektorin välillä. Tästä johtuen päätöksiä tehdessä on erittäin tärkeitä, että päätökset ovat yksimielisiä ja sopivat laajemmin yhteiskunnan tarpeisiin.(14:15)

ISO on virallisesti alkanut toimia 23. helmikuuta 1947 Genevessä, Sveitsissä, kun edeltävänä vuotena 1946, 25 maan edustajat kokoontuivat Lontoossa jossa päättivät perustaa uuden kansainvälisen organisaation, jonka tehtävänä on helpottaa kansainvälistä koordinoitua ja teollisten standardien yhdenmukaistamista. Standardeilla on nykypäivänä suuri ja positiivinen

merkitys useimpien elämään. Ne takaavat meille, että kyseinen tuotteen ominaisuudet ja palveluiden laatu, ympäristöystävällisyys, luotettavuus, tehokkuus, turvallisuus ja vaihdettavuus ovat taloudellisia ja varmasti laadukkaita. Standardit ovat erittäin yleisiä ja toivottuja, ja tähän tulemme keskittymään hiukan tarkemmin myöhemmin. Olemme nykypäivänä tottuneet, että tuotteet ovat luotettavia ja laadukkaita ja tästä johtuen pidämme näitä asioita itsestään selvyytenä ja emme tiedä, että tämän kyseisen asian meille takaa tämä järjestö.

ISO-standardeilla on useampi tehtävä:

- kehittää, valmistaa ja toimittaa tuotteista ja palveluista *tehokkaampia, turvallisempia ja puhtaampia*
- *helpottaa kaupantekoa* maiden välillä ja tekee sen *oikeudenmukaisemmaksi*
- tarjoaa hallituksille teknistä pohjaa *terveys-, turvallisuus- ja ympäristölainsäädäntöön* ja vaatimuksen mukaista arviointia
- *jakaa* teknologisen kehityksen ja hyvän hallinnon periaatteet
- *innovaatio*
- *turvaa kuluttajien* tuotteet ja palvelut
- tarjota *ratkaisuja* yhteisiin ongelmiin (15)

ISO-standardit takaavat ja tarjoavat meille kolmenlaista hyötyä: teknistä, taloudellista ja yhteiskunnallista. Standardeista hyötyvät useammat tahot; yksityiset henkilöt ja yritykset. Yksityisille henkilöille ja kuluttajille se takaa, että tuote on turvallinen ja laadukas, kun taas yrityksille se luo paremman markkina mahdollisuuden yrityksen tuotteelle kansainvälisesti, luo kovemman kilpailun tuotteille ja yrityksiä täytyy tästä johtuen kehittää tuotteitaan paremmiksi ja laadukkaammiksi ja tästä myös hyötyvät yksityiset henkilöt. Standardit luovat tasapuolisen kilpailutilanteen markkinoilla oleville tuotteille. Ja koska standardit ovat kansainvälisiä ne takaavat, että sama tuote on kaikkialla aivan yhtä laadukasta ostaessa sen tuotteen mistä tahansa. Tärkein asia, joka tulee muistaa ISO-standardeista, on että ne ovat vapaaehtoisia.

(14:15:16)

4.2 IS- järjestelmä

4.3 ISO-standardien kehittäminen

Uusia standardeja kehitetään, kysynnän ja pyyntöjen mukaan, joita tulee aloilta joilla on selvästi standardien tarvetta, kun on hyväksytty ja todettu, että tarvitaan standardi. Se suunnataan tekniselle komitealle ja se alkaa kehittelemään standardia. Teknisten komiteoiden lisäksi löytyy poliittisia komiteoita jotka tarjoavat strategista ohjausta ja monialaisia näkökohtia.

Nämä komiteat keskittyvät enemmänkin laajemmille markkinoille ja sidosryhmien eduille. Ne ovat: CASCO (vaatimustenmukaisuuden arviointi), COPOLCO (kuluttajapolitiikka) ja DEVCO (kehitysmääsasiat). Kansainvälisten standardien kehittämisessä on mukana myös ISON tekniset komiteat (TC) ja alakomiteat (SC), ja standardien kehittäminen tapahtuu kuudessa eri vaiheessa;

- Vaihe 1: Ehdotus
- Vaihe 2: Valmistelu
- Vaihe 3: Valiokunta
- Vaihe 4: Tiedustelu
- Vaihe 5: Hyväksyminen
- Vaihe 6: Levittäminen (19)

Jos standardia on kehittänyt jokin toinen standardiorganisaatio ja siinä on tiettyä kypsyyttä, on mahdollista jättää joitain vaiheita pois ennen hyväksymistä. Tämä on ns. fast-track-menettely. Tällöin asiakirja on toimitettu suoraan hyväksyttäväksi luonnoksena International Standard (DIS)-vaiheessa 4, tai jos sen on kehittänyt standardointielimenä tunnettu ISO-neuvosto, International Standard (FDIS), se pystyy menemään suoraan vaiheeseen 5. (18:19)

5 PAKOKAASUT

Pakokaasut syntyvät kokonaan tai osittain palamattoman polttoaineen osista, mutta myös palamisen sivutuotteena. Pakokaasut sisältävät kaasumaisia, hiukkasmaisia ja nestemäisiä aineita sekä yhdisteitä. Diesel polttoaine sisältää rikkiä, hiiltä ja vetyä, ja täydellisen palamisen tuotteina syntyy CO₂ – hiilidioksidia, SO₂ - rikkidioksidia ja H₂O – vettä. Epätäydellisen palamisen tuotteina syntyy HC – palamattomit hiilivetyjä, C_xH_yO – aldehydit, H₂ – vetykaasua, CO – hiilimoksidia, C – hiukkaset, ja käytetyn palamisilmassa olevat kaasut ovat savukaasussa N₂ – typpi, O₂ – happi, H₂O – vesi, ja No_x – typen oksidit. (20)

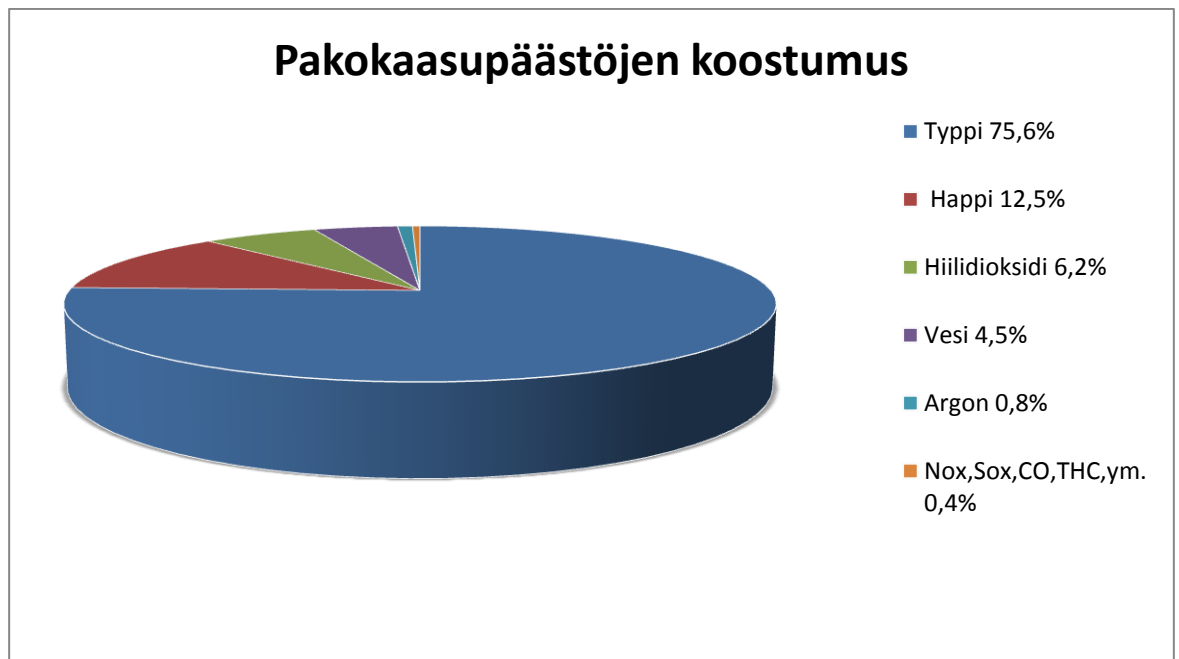
5.1 Pakokaasupäästöjen aiheuttajat

Laivojen päästölähteinä toimivat pääkoneet, apukoneet ja kattilat. Suurin osa laivojen pakokaasupäästöistä syntyy pääkoneiden pakokaasukomponenteista. Pääkoneilla saadaan pakokaasukattilan avustuksella lämpöenergiaa. Alusten jätteiden käsittelyyn on toisinaan liitetty erityinen jätteenpolttolaitos.

Pääkoneiden pakokaasukomponentit ovat pääosasyllinen laivadieselien pakokaasupäästöihin. Tärkein tehtävä pääkoneilla on tuottaa propulsiokoneiston tarvitsemaa energiaa. Pääkoneiden tarvitsee tuottaa generaattorin pyörittämisen vaatima energia, jos niihin on liitetty akseli-generaattori. Lämpöenergiaa saadaan myös pakokaasukattilan avulla.

Apukoneiden ensisijainen tarkoitus on huolehtia aluksen energiahuollosta synnyttämällä sähköenergialla kuten esimerkiksi pumput, nosturit ja jäähdytys- ja lämmityslaitteistoja, kuormitus on jokseenkin alhainen. Näiden kuormitus on alhainen suurimmaksi osaksi ajaksi.

Kattilat vuorostaan synnyttävät höyryn lämmitykseen ja lämpöisen veden tuottoon. Kattilan käyttäminen ei lisää pakokaasukomponenttien muodostumista. Joissakin aluksissa on käytössä pakokaasukattiloita jotka toimivat talteenottamallaan lämpöenergialla, joka syntyy pääkoneiden pakokaasuista. (20)



Kuvaa 2 Suurikokoisen dieselkäyttöisen laivan pakokaasupäästöjen koostumus

5.2 Komponentit

Pakokaasut syntyvät dieselmoottorissa kokonaan palaneen, osittain palanneen ja palamattoman polttoaineen osista ja myös sivutuotteista joita syntyy palamisen ohella. Tästä johtuen pakokaasut eivät ole vain pelkästään kaasua vaan ne sisältävät monia erilaisia kaasumaisia, hiukkasmaisia ja jopa nestemäisiä aineita ja yhdisteitä.

Dieselmoottoareiden käytössä olevassa polttoaineessa on rikkiä, hiiltä ja vetyä. Täydellisen palamisen tuotteet ovat:

CO ₂	hiilidioksidi
SO ₂	rikkidioksidi
H ₂ O	vesi

Ja epätäydellisen palamisen tuotteina syntyy:

HC	palamattomat hiilivedyt
C _x HyO	aldehydit
H ₂	vetykaasu
CO	hiilimonoksidi
C	hiukkaset

Savukaasuissa on käytetystä palamisilmasta peräisin olevia kaasuja:

N ₂	typpi
O ₂	happi
H ₂ O	vesi ja
NO _x	typen oksideja

Typen ja rikin oksidit happamoittavat luontoa ja tästä johtuen ne ovat tämän listan haitallisimpina pidettyjä, kun taas moottorin hyötysuhdetta pienentävät vuorostaan hiilimonoksidi, hiilivedyt ja hiukkaset.

5.3 Hiilivety-yhdisteet C_xH_y

Pakokaasut sisältävät polttoaineen useita erilaisia kokonaan tai osittain palamattomia hiilivetyjä. Näistä hiilivety-yhdisteistä merkittäviä ovat polyaromaattiset hiilivedyt (PAH), polyklooratut bifenyylit (PCB), polyklooratut dibentsodioksiinit (PCDD) ja polyklooratut dibentsofuraanit (PCDF). Näitä voi joskus ilmaantua kiinteinä hiukkaspäästöinä, mutta pääasiallisesti ne ovat kaasumaisia. Nämä dieselpakokaasujen hiilivedyt ovat myös myrkyllisiä ja näitä pidetään myös yhdisteinä jotka aiheuttavat mutageenisia muutoksia. Hiilivedyt, jotka eivät pala aiheuttavat savusumun.

Aldehydit C_xH_yO , jotka ovat epätäydellisen palamisen välituotteita, ovat hiilivetyjä hapen kanssa muodostaneita yhdisteitä. Näillä yhdisteillä on yhteyksiä silmien ja hengityselimien allergioihin. On myös todettu aldehydeillä olevan yhteyksiä syöpään.

Palamattomat hiilivety-yhdisteet ovat suurimmaksi osaksi, osittain tai kokonaan palamattomia polttoaineen osia. Määrään vaikuttavat palotapahtuman aikana lämpötila, happikonsentraatio ja vaikutusaika jotka tapahtuvat palotapahtuman aikana. Mutta näiden seikkojen vaikutus on aivan päinvastainen, kuin mitä sen vaikutus on typen oksideihin.

Polttoaineen osien palamiseen vaikuttaa: polttoaineen ja ilman sekoittuminen palotilassa, suuri happikonsentraatio, korkea lämpötila ja pitkä vaikutusaika. Sitä vähemmän syntyy palamattomia hiilivety-yhdisteitä, mitä täydellisenpä itse palaminen on. Suurin osa palamattomista hiilivety-yhdisteistä syntyy vasta palamisen loppu puolella, epätäydellisen palamisen tuloksena happikonsentraation ollessa alhaalla. Osaksi myös hiilivety-yhdisteet jotka tulevat savukaasuihin ovat peräisin myös voiteluaineista ja erityisesti kaksitahtisilla dieselillä sylinterin tiivistysöljystä. (22)

5.4 Hiukkaset

Suurin osa hiukkaspäästöistä dieselmoottoreissa kehittyy polttoaineen ja voiteluaineen kokonaan palamattomista osista. Enimmäkseen hiukkaspäästöt muodostuvat metallioksidoista ja sulfideista. Hiukkasilla on vaurioittavia vaikutuksia pitkällä ajanjaksolla dieselmoottoriin, johon siinä, kun voiteluöljyn mukana hiukkaset pääsevät kulkeutumaan moottorin eri osiin.

Erityisesti moottorin käynnistysvaiheessa syntyy palamattomia hiilivetyhiukkasia. Tällöin happea ei ole tarpeeksi läsnä tai savukaasut ovat kylmiä eikä vielä tällöin turboahdin toimi kunnolla. (20)

5.5 Typen oksidit NO_x

NO_x on yhteinen nimi kaikille pakokaasujen sisältämille typen oksideille ja nimessä oleva X kertoo happiatomien määrään. Normaalisti kun mainitaan typen oksidit, tarkoitetaan typpi-monoksidia (NO) ja typpioksidia (NO_2). Typpimonoksidi ja typpioksidi ovat kaasuja, joita on luonnostaankin jo pieniä määriä ilmakehässä, mutta ensisijaisesti ne ovat päätyneet ihmisten itse aiheutetuista ilmansaasteista ilmakehään. Ensisijaisesti liikenteen päästöt aiheuttavat typen oksidit, mutta myös energian tuotannossa vapautuu oleellinen määrä.

Dieselmoottorin typen oksideista n. 90 - 98 % on typpimonoksidia ja n. 2 - 10 % typpidioksidia ja hyvin pienen pieni osuus muita typpi-happiyhdisteitä. Vaikka typen oksidien määrä on kokonaisuutena alentunut, ongelmaksi on tullut typpidioksidin osuuden kasvu. Muutos johtuu voimakkaasti hapettavista hiukkassuodattimista. Monilla asioilla pystytään vaikuttamaan päästöjen ehkäisemiseen, polttoaineen ominaisuudella, polttotekniikalla kuten myös kattilan palamisolosuhteita säätelemällä; lämpötila, ilman määrä ja ilman syöttö kattilaan.

Imuilman typen ja hapen reagoidessa keskenään korkeassa paineessa ja lämpötilassa syntyy terminen NO_x . Määrään vaikuttaa kolme asiaa: lämpötila, happiylimäärä palotapahtuman aikana ja aika, kun typpi ja happi reagoivat keskenään, koska siitä syntyy typen oksideja. Polttoöljyissä oleva pieni määrä typpeä muodostaa myös typen oksideja kun se reagoi palamisilman hapen kanssa. Tämänlaisia typen oksideja kutsutaan polttoaine NO_x :ksi ja tämän polttoaine NO_x :n määrä ei kasva samalla tavalla kuin terminen NO_x kasvaa lämpötilan noustessa.

Kun syttymisviiveen aikana polttoainetta kertyy palotilaan, voidaan nähdä suoraan verrannollinen tapahtuma. Mitä enemmän polttoainetta kertyy, sitä korkeampi on silloin painehiippu ja lämpötila polttoaineen syttyessä. Koska termisen NO_x :n muodostuminen on myös verrannollinen lämpötilaan ja kun syttymisviive nostattaa lämpötilaa, se myös lisää tällöin termisen NO_x :n kehittymistä eksponentiaalisesti. (20)

5.6 Rikin oksidit SO_x

Rikin oksidit ovat rikkiä, jotka on sitoutunut happeen. Rikin oksidien kemiallinen kaava on muotoa SO_x, jossa X kuvaa happiatomien määrää. Tunnettuja rikin oksideja ovat rikkidioksidi SO₂ ja rikkiatrioksidi SO₃.

Pakokaasuissa olevat rikin oksidit jakaantuvat siten, että rikkidioksidi on hallitsevana oksidina yli 90 % määrällä verrattuna rikkiatrioksiidiin verrattuna, jota vuorostaan on vain alle 10 % pakokaasussa olevasta rikin oksideista. Rikin oksidit aiheuttavat luonnossa happamoitumista, koska kun rikin oksidit dieselmoottorissa sekä myös pakokaasujen mukana muodostavat ulkoilmaan tullessaan veden kanssa yhtyessään rikkihapoketta H₂SO₃: $\text{SO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3(\text{aq})$ ja se ei ole puhdasta, vaan se on tunnettu vesiliuoksena. Sitten syntyy myös rikkihappoa H₂SO₄: $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HSO}_4^- + \text{H}_3\text{O}^+$.

Kylmäkorroosiota voi syntyä moottoreissa happamien rikkiyhdisteiden aiheuttamana. Polttoaineen rikkipitoisuus vaikuttaa siihen, millaiset rikkipäästöt syntyvät dieselmoottorien pakokaasuissa. Pystytään myös olettaa, että kaikki rikki joka tulee polttoaineen mukana moottoriin, poistuu myös pakokaasun mukana ulkoilmaan rikin oksideina, joten rikinpäästöjen määrään ei vaikuta palotapahtuma ollenkaan. (20)

5.7 Hiilidioksidi CO₂ ja Hiilimonoksidi CO

Hiilivetyjen täydellisessä palamisessa dieselmoottorissa syntyy suurimmaksi osaksi hiilidioksidia CO₂ sekä vesihöyryä, kun taas hiilimonoksidi CO on epätäydellisen palamisen tuote, mikä tarkoittaa että polttoaineen hiilestä ei hapetu hiilidioksidia palotapahtuman aikana vaan jää silloin hiilimonoksidiksi.

Hiilimonoksidi muuttuu nopeasti hiilidioksidiksi tullessaan ilmaan hapen vaikutuksen alaiseksi, joten haitat, joita siitä koituu ovat pääasiallisesti välittömiä. Hiilimonoksidi kestää ilmakehässä noin neljä kuukautta. Hiilimonoksidi on ihmiselle vaarallista, koska kun se sitoutuu ihmisen veren hemoglobiiniin niin se voi estää hapen saannin ja johtaa kuolemaan. Luonnossa se vaikuttaa otsonikerrokseen ja toimii edes auttajana fotokemiallisen usvan synnylle.

Hiilidioksidilla on myös kasvihuoneilmiötä edistäviä vaikutuksia. Hiilidioksidia syntyy aina kun poltetaan fossiilisia, hiilipitoisia polttoaineita. Kun hiilimonoksidin elinikä oli ilmakehäs-

sä vain nelisen kuukautta, niin hiilidioksidilla elinikä ilmakehässä on hyvin pitkä. Vaikka nyt lopetettaisiin kaikki hiilidioksidi päästöt, ei ilmakehän hiilidioksidipitoisuus pieneneisi.

Epätäydelliseen palamiseen, josta syntyy hiilimonoksidia vaikuttaa useita erilaisia tekijöitä kuten lämpötila, polttoaineen ilmaseoksen homogeenisuus palotilassa ja happikonsentraatio. Hiilimonoksidia syntyy eniten palotapahtuman aikana, kun moottorin kuormitus on alhaalla, mikä tarkoittaa sitä, että happikonsentraatio ei ole tarpeeksi korkea jotta voisi syntyä hiilidioksidia. Hiilimonoksidin syntyä tapahtuu myös kun polttoainesuihkun jälkiosan palaessa ja jälkipalamisen aikana happikonsentraatio on alhainen paikallisesti. (20)

Hiilimonoksidipäästöt ovat aika vähäisiä dieselmoottoreissa johtuen palamisesta joka tapahtuu yleensä ilmaylimäärässä, ja aika on tarpeeksi pitkä jotta syntyy hiilidioksidia. Hiilimonoksidin hapettuminen hiilidioksidiksi voi myös tapahtua laihaan palamisen alueella kuten myös rikkaan seoksen palaessa osakuormilla, koska tällöin happipitoisuus on riittävä. (20)

5.8 Ilmaylimäärä O₂, N

Ilmaylimäärä n ilma, joka ei osallistu palamiseen, vaan menee savukaasujen mukana kattilan läpi. Savukaasuissa tulisi aina olla ylimääräistä ilmaa, jolloin vältetään kattilan konvektiosan ja savuhormin nokeentuminen. Yli-ilmalla taataan riittävä hapensaanti ja täydellinen palaminen.

Ilmaa syötetään moottoriin paljon enemmän kuin teoreettinen palaminen edellyttää. Ylijäämäilma (O₂, N₂) siirtyy sellaisenaan savukaasuihin. Happipitoisuus palotapahtumassa määrää ratkaisevasti eri päästökomenttien muodostumisen itse palotapahtuman aikana. Rikkaan seoksen palaessa täydellä kuormalla ja palamisen loppupuolella syntyvät pääasiassa hiilivetyyhdisteet ja hiukkaspäästöt kun happipitoisuus on paikallisesti alhainen. Dieselmoottoreissa käytetään korkeaa ilmakerrointa, joka on yleensä yli 2.

Typhen oksideja syntyy eniten, kun laiha seos palaessaan suurella happiyylimäärällä, silloin kun palaminen on melkein täydellistä. Happipitoisuus on riittävä typhen oksidien syntymiseen osakuormalla rikkaan seoksen palaessa.

Matalilla kuormilla muodostuu suurimmat hiilimonoksidimäärät, sekä jälkipalamisen aikana, kun happipitoisuus on riittämätön hiilidioksidin syntymiseen. Hiilidioksidia kehkeytyy aina, kun happipitoisuus on riittävä palamisreaktion loppuun viemiseen. (20)

5.9 Ammoniakki, NH₃

Ammoniakki on typen ja vedyn yhdiste ja kemialliselta kaavaltaan NH₃. Se on väritön, erittäin ärsyttävä ja hyvin pistävän hajun omaava kaasu. Ammoniakki voidaan helposti nesteyttää värittämäksi nesteeksi.

Yhdiste on kiivaasti reagoiva lämpöä kehittäen happojen ja hapettimien kanssa. Se voi muodostaa jopa kullan, hopean ja elohopean kanssa räjähtäviä yhdisteitä, kun taas halogeenit (fluori, kloori, bromi ja jodi), hypokloriitti sekä vielä etyleenioksidi pystyvät aiheuttamaan sekoituessaan ammoniakin kanssa räjähdysten. Nestemäinen ammoniakki liuottaa monia alkalimetalleja sekä kalsiumia, strontiumia ja bariumia. Ammoniakki syövyttää erityisen voimakkaasti kuparia, mutta myös alumiinia, hopeaa ja sinkkiä sekä näiden seoksia.

Ammoniakkin liuotessa veteen se vapauttaa lämpöä. Tämän aineen vesiliuos reagoi alkalisesti. Ammoniakki on emäs.

Hengitysteiden ärsytys on suoraan verrannollinen ammoniakkipitoisuuteen ilmassa. Ärsytys ja haittavaikutus alkavat 20 - 25 ppm:n (14 - 18 mg/m³) pitoisuudessa. Välittömästi hengitysteitä ja silmiä voimakkaasti ärsyttävä pitoisuus on 400 - 700 ppm (280 - 500 mg/m³). Lyhytaikainen altistuminen yli 5 000 ppm:n (3 600 mg/m³) pitoisuudelle voi aiheuttaa nopean kuoleman kurkunpään turvotuksen tai keuhkopöhön vuoksi. Nestemäisen ammoniakkin roiskeet aiheuttavat iholla syövytystä ja paleltuman. Erittäin suuret kaasupitoisuudet, yli 10 000 ppm (7 000 mg/m³), voivat aiheuttaa ihon ärsytystä tai syöpymistä.

Yli 100 ppm:n (70 mg/m³) pitoisuus aiheuttaa silmän sarveiskalvon ärsytystä ja kyynelvuotoa. Nestemäisen ammoniakkin roiskeet silmään aiheuttavat vakavaa syövytystä silmässä, näön sumenemisen tai jopa sokeuden, ellei hoitoa anneta välittömästi. Ammoniakki ei jää kertymään elimistöön vaan poistuu erittyessään elimistöstä virtsan mukana ammoniumsuloloina ja ureana, mutta hiukan sitä poistuu myös hien mukana.

Bakteerit hapettavat ammoniakkin nitraatiksi, mikä jossain tilanteissa saattaa aiheuttaa happika-
toa muutaman päivän kuluttua. Hapetusnopeuteen vaikuttavat veden happipitoisuus, lämpötila
ja pH. Ammoniakki ja sen hajoamistuotteet ovat vesistöjä rehevöittäviä ravinteita. Ammonia-
kin myrkyllisyys voimistuu alhaisissa lämpötiloissa ($< 10\text{ }^{\circ}\text{C}$), veden pH:n kohotessa 7:stä
9:ään sekä veteen liunneen hapen pitoisuuden pienentyessä. Ammoniakki on erittäin myrkyll-
listä vesieliöille. Sen akuutit LC50-arvot kalalle ovat 0,14 - 1,5 mg/l (96 h) ja akuutit LC50-
arvot katkalle 2 - 2,5 mg/l (48 h). Ammonium-ionin myrkyllisyys on vähäinen verrattuna
ammoniakkiin. Ammoniakki on kasveille tärkeä ravinnelähde, mutta aiheuttaa rehevöitymistä.
Vesieliöille se on erittäin myrkyllistä

Ammoniakki voi esiintyä vedessä joko ammoniakkin (NH_3) tai ammonium-ionina (NH_4^+).
Esiintymismuoto on veden pH:sta riippuvainen tasapainoreaktio. Happamassa ja neutraalissa
vedessä tasapaino on voimakkaasti ammonium-ionin puolella.

6 LAIVADIESELIEN PÄÄSTÖJEN MITTAUS

6.1 Päästölähteet

Laivoilla päästölähteet ovat pääkoneet, apukoneet ja kattilat (joskus erityinen jätteidenkäsitte-
lyssä erityinen jätteenpolttolaitos). Valtaosa pakokaasupäästöistä syntyy pääkoneiden pako-
kaasukomponenteista.

Apukoneiden etusijainen tehtävä on pitää huolta aluksen energiahuollosta tuottamallaan säh-
köenergialla mm. pumput, nosturit, jäädytys- ja lämmityslaitteistoa, kuormituksen ollessa
mahdollisen alhainen. Kattilat kehittävät tarvittavan höyryn lämmitykseen ja lämpimän veden
tuottoon. Joissakin aluksissa käytetään pääkoneiden pakokaasuista lämpöenergiaa talteen ot-
tavia pakokaasukattiloita. Kattilan käyttö ei lisää pakokaasukomponenttien muodostumista
aluksilla. (20)

6.2 Päästömittausten raportointi

Päästömittaustandardit antavat tarkkojakin ohjeita, mitä raportin tulee sisältää. Yleisesti kes-
keinen sisältö käsittelee useita eri tietoja:

- tilaaja
- tilaus
- tehtäväkuvaus
- mittausten kulku
- mittaustulosten yhteenvetotaulukko
- mittausten menetelmät ja niiden laadun varmistus
- tulosten tarkastelu (mittaustuloksiin vaikuttavat poikkeamat, takuuarvojen täyttymisen arviointi tarvittaessa, tulosten epävarmuus tarvittaessa)
- tarvittaessa prosessikuvaus, prosessin toiminta mittausten aikana

Kun halutaan raportoida prosessitietoja, voidaan mm. kuvata seuraavia prosessitietoja:

- polttoainevirrat/prosessiainevirrat
- kattilatehot/nimellistehot
- savukaasuvirrat ja kaasukomponentit
- prosessin vaihtelut mittausten aikana
- polttoaineanalyysit
- valvomopöytäkirja
- savukaasupuhdistimien toiminta

Mittauspöytäkirjat, tulosten laskenta ja raportti säilytetään mittaajan laatujärjestelmän mukaisesti ja mieluiten vähintään 3 vuotta. (24)

6.3 Mittauslaitteiston vaatimukset

Laitteiston tulee kestää erilaisia mittaus- ja ympäristöolosuhteita (kuumaa, kylmää, kuivaa, märkää). Koko on myös yksi erittäin tärkeä ominaisuus mittauslaitteistossa, tulee osata valita oikean kokoinen laite, jotta se sopii paikkaan jossa mittaukset tehdään. Tärkeitä ominaisuuksia myös laitteiden valinnassa on, että niitä tulee helposti siirtää, käsitellä, koota ja käyttää. Ja laitteiston purkausajan tulee olla lyhyt. Laivoilla mittauslaitteisto on eri kuin teollisuudessa, koska on aivan erilaisia häiriötekijöitä kuten värinä tai tilojen ahtaus tai jopa puutteellisuus. Mukana tulee olla myös kaikki tarpeelliset apulaitteet näytteiden käsittelyyn kuten esim. piirturi ja dataloggeri tai jokin vastaava laite joka tallentaa tulokset ja auttaa analysoinnissa tai analysoi itse. (24:20)

Mittajaan tulee suunnitella ja valmistella välineet hyvin tarkasti ennen mittauksien alkamista. Laitteita suunnitellessa on hyvä selvittää etukäteen useita erilaisia asioita

- Kemiallinen, termien ja mekaaninen kestävyys sondeilla
- Näytteen tarpeellinen esikäsittely

- Mittalaitteiden nopeus
- Laitteiden varmuus ja häiriöttömyys
- Huollon tarpeellisuus
- Mahdollinen tuki laitteiden toimittajalta
 - käyttökoulutus, käyttöönotto-opastus, huolto
- Laitteiston siirrettävyys
 - koko ja keveys
- Helppous koota ja käyttää laitteistoa
- Kalibrointimahdollisuus
 - automaattinen, manuaalinen
- Mittausalue aluksella
- Tarkkuus ja luotettavuus
- Tulosten taltiointi (20:24)

6.4 Laitteiston valinnan jälkeen

Sen jälkeen kun laitteisto on valittu oikeanlaiseksi ja tilanteeseen sopivaksi, on mittaajien hyvä miettiä miten on viisainta seuraavaksi menetellä. Liite 1 mainittu mittaustaso tulee valita niin, että kaasunvirtaus on valitussa kohdassa mahdollisimman pienellä häiriömahdollisuudella, mutta mieluiten häiriötön. Etenkin hiukkasmittauksissa tason tulisi olla kanavan pysytsuorassa osassa. Kaasumittauksissa taso voi kuitenkin sijaita virtaushäiriölähteiden lähellä, Tällä tavalla on varmistuttava kaasuseoksen homogeenisuudesta. (24)

6.5 Mittaaja

Mittaajan on hyvin tärkeätä hallita tekniikan ala, tämän tulee olla ammattitaitoinen ja koulutettu työhön. Henkilön on tunnettava mittauksien tarkoitusperät ja mitkä ovat mitattavat komponentit. Mittaajalle on myös erittäin tärkeätä tuntea laivojen rakenteet pääpiirteittäin, koska laivoja on paljon erilaisia, mikä tarkoittaa useita erilaisia tyylejä tehdä mittaus ja tästä johtuen on myös hänen osattava, ja tiedettävä kuinka soveltaa eri mittausmenetelmiä. Osattava sijoittaa mittauslaitteisto oikeisiin paikkoihin ja tiedettävä, mikä mittauspaikka on oikea missäkin laivassa, koska esim. isossa laivassa ei pystytä käyttämään piipun päästä tehtävä mittaustyyliä, koska laitteiden sijoittelu olisi vaikeata ja hankalaa sekä epäkäytännöllistä mm. piipun korkeuden vuoksi. Se tarkoittaa että on etsittävä toinen mittaus paikka. (24)

On myös tärkeätä, että henkilö osaa suunnitella tulevan mittausreissun valmiiksi. Mittaajan tulee osata käsitellä laitteistoa, jolla tämä tulee tekemään paikan päällä mittaukset. Se tarkoittaa, että jos laitteisto on mittaajalle entuudestaan tuntematon, tämän tulee perehtyä kunnolla laitteistoon, ennen kuin alkaa käyttämään tätä virallisten mittausten suoritukseen. On myös hyvä etukäteen jo selvittää sijainti jossa mittaukset tullaan tekemään, sääolosuhteet, mittaustuloksen saavutettavuus, käytös oleva polttoaine ja mittaussyhteet. Jos on mahdollista, on hyvä tutustua myös paikan päällä alukseen etukäteen. (24)

7 ISO 8178-STANDARDI

ISO 8178 standardi on vakaa kokoelma testisyklejä, joita käytetään, kun määritellään päästönormeja. Tämän standardin on määritellyt International Organization for Standardization (ISO). Se käsittelee polttomoottorien hiukkas- ja kaasumaisten aineiden pakokaasupäästöjen mittaamista. Standardi esittää:

- mittausjärjestelyt
- näytteenoton ja näytteiden käsittelyn
- analysointimenetelmät
- tulosten käsittelyn

Tämä standardi pitää sisällään 11 osaa:

- Part 1: Test bed measurement of gaseous and particulate emissions from RIC engines
Osa 1: Polttomoottorien hiukkas- ja kaasumaisten päästöjen mittaus testipenkissä
- Part 2: Measurement of gaseous and particulate exhaust emissions under field conditions
Osa 2: Polttomoottorien hiukkas- ja kaasumaisten päästöjen mittaus käytännön olosuhteissa
- Part 3: Definitions and methods of measurement of exhaust gas smoke under steady-state conditions
Osa 3: Pakokaasujen kiintoainepitoisuuden mittaus tasaisella kuormituksella
- Part 4: Steady-state test cycles for different engine applications
Osa 4: Eri moottorisovellusten koejärjestelyt
- Part 5: Test fuels
Osa 5: Kokeissa käytettävien polttoaineiden määrittelyt
- Part 6: Report of measuring results and test
Osa 6: Mittaustulosten ja testauksien ilmoitus
- Part 7: Engine family determination
Osa 7: Moottorin määrittely (21)

- Part 8: Engine group determination
Osa 8: Moottoriryhmän määrittäminen
- Part 9: Test cycles and test procedures for test bed measurement of exhaust gas smoke emissions from compression ignition engines operating under transient conditions
Osa 9: Testipenkissä testimenetelmät ja testisyklit pakokaasusavujen puristus- ja hiukkaspäästöjen mittauksessa muuttuvissa olosuhteissa
- Part 10: Test cycles and test procedures for field measurement of exhaust gas smoke emissions from compression ignition engines operating under transient conditions
Osa 10: Käytännön olosuhteissa testimenetelmät ja testisyklit pakokaasusavujen puristus- ja hiukkaspäästöjen mittauksessa muuttuvissa olosuhteissa
- Part 11: Test-bed measurement of gaseous and particulate exhaust emissions from engines used in nonroad mobile machinery under transient test condition
Osa 11: Kaasu- ja hiukkaspäästöjen mittaus käytettävien, ei tiellä liikkuvien, työkohteiden ohimenevät pakokaasupäästöt testiolosuhteissa

8 ISO 8178-2

Tässä työssä käsitellään pääasiallisesti ISO 8178-2-standardia joka käsittelee polttomoottorien hiukkas- ja kaasumaisten päästöjen mittausta käytännön olosuhteissa. ISO 8178-standardin on tarkoitus täsmentää erityisiä vaatimuksia.

8.1 Laajuus

ISO 8178-2 yhdessä ISO 8178-1:n ja ISO 8178-11:n kanssa määrittelevät kaasun- ja hiukkaspäästöjen mittaus- ja arviointimenetelmiä mäntä polttomoottoreiden pakokaasupäästöistä vaaka- ja pystysuuntaisissa tiloissa ja muuttuvissa olosuhteissa kenttäkokeita varten. Tätä voidaan käyttää, maastoautojen, merenkulussa, generaattoriyhdistelmät, dieselkoneet tai muita vastaavien testauksessa joko paikan päällä tai testipenkissä vakailta tai muuttuvilla olosuhteilla.

8.2 Käsitteitä ja määritelmiä

Hiukkaset

- Materiaali kerätään suodattimesta, jonka läpi on mennyt laimennettu dieselpakokaasu puhtaana suodatettuna ilmaan. Lämpötilojen tulee olla vähintään 315 K (42 °C) mutta maksimissaan 325 K (52 °C) mitattuna ennen ensisijaista suodatinta.

Osittainen virtauksen laimennus menetelmä

- Erotetaan toisistaan osa raakapakokaasun kokonaismäärästä pakokaasun virrasta ja sen jälkeen sekoitetaan sopiva määrä laimennusilmaa ennen suodattimia.

Täysvirtasuodattimen laimennusmenetelmä

- Prosessissa sekoitetaan laimennusilmaa pakokaasuun ennen osan erottamista analysoitavaksi. Tämä on yleinen monissa täysvirtasuodattimien laimennusjärjestelmissä. Se on yleinen monissa täysvirtasuodatinsysteemeissä, että laimennetaan murto-osa esisekoitettua toisen kerran saadakseen asianmukaiset lämpötilat hiukassuodattimeen.

Isokineettisen näytteenotto

- Kaasun virtanopeus on yhtä suuri suuttimessa kuin suuttimen kohdalla kanavassa. Tässä on kontrolloitava virtauksia, jotta saadaan tarkat tulokset.

Ei isokineettisen näytteenotto

- Prosessin virtauksen pakokaasunäyte joka on riippumaton pakokaasuvirran nopeudesta.

Usean suodattimen menetelmä

- Prosessissa käytetään yhtä suodatinta, jokaisessa testimodulissa tai pisteessä.

Yhden suodattimen menetelmä

- Prosessissa käytetään yhtä paria suodattimia kaikkien testimallien tai käytöstestijakson ajan.

Päästökertoimet

- Päästöjen massa, joka ilmaistaan, g/kWh

Jarruteho

- Havaittu teho on mitattu kampiakselin tai sitä vastaavan moottorin apulaitteet, on varustettu vain toiminnan kannalta tarpeelliset.

Apulaitteet

- Varusteet ja laitteet on lueteltu ISO 14396-standardissa (22)

9 TESTIOLOSUHTEET ISO 8178-2-STANDARDIN MUKAAN

Kentällä toteutetut mittaukset voidaan suorittaa vain, jos olosuhteet täyttävät vähintään yhden sille määrätyn ominaisuuden. Jos olosuhteet eivät täytä vaatimuksia, tällöin ei voida suorittaa mittauksia.

Seuraavaksi käsiteltävistä olosuhdeominaisuuksista tulee siis täyttää vähintään yksi ominaisuus, mieluiten enemmänkin:

- Kun ei voida toteuttaa tyyppihyväksynnän mukaisia testiolosuhteita, tämä voidaan korvata ja tehdä testi ISO 8178-4 mukaan käyttäen sen testisykliä.

Esim. kun normaalisti käytettävää polttoainetta ei voida sijoittaa normaalisti tai on jokin ympäristöllinen este siellä missä testit tulisi tehdä.

Esim. kun ympäristöolosuhteet ovat jotenkin normaalista poikkeavat, kuten korkeuserot, kosteus, lämpötila eroavat normaalista.

- Kun täytyy arvioida todellinen ja paikoittainen saastuminen.
 - Tämä olisi hyvä tehdä todellisessa tai simuloituissa käyttöolosuhteissa. Moottorin toimivat testisyklit jotka on määritelty ISO 8178-4, eivät ole aina mahdollisia, mutta testimenetelmän on oltava mahdollisimman lähellä tätä menettelyä. Ja tästä tulevat tulokset eivät ole verrattavissa testiolosuhteiden tuloksiin.
- Kun mittauspaikka on sovittu osapuolien kesken. (22)

10 MOOTTORIN TESTIOLOSUHTEET

10.1 Ympäröivät olosuhteet

Absoluuttinen lämpötila T_a , moottorin sisääntuloilma on kelvineinä, ja kuivailmanpaine P_s ilmaistaan kilopascaleina, on mitattava ja kirjattava ja parametri, f_a on määriteltävä seuraavien määräysten mukaisesti.

-luonnollinen imu ja mekaanisesti puristussytytysmoottoreiden painekuormitus

$$f_a = (99/p_s) \times (T_a/298)^{0.7} \quad (1)$$

-turboahdettu dieselmoottori jäähdytyksellä tai ilman sisääntuloilmaa.

$$f_a = (99/p_s)^{0.7} \times (t_a/298)^{1.5} \quad (2)$$

Kaava (1) ja (2) ovat samanlaiset pakokaasupäästöjen lainsäädännön ECE:ssä ja EC.

Vapaa imun ja painekuormitetun kipinäsytytysmoottorin parametri α_a määritetään seuraavan kaavan avulla:

$$\alpha_a = (99/p_s)^{1.2} \times (T_a/298)^{0.6} \quad (3)$$

f_a ja α_a -arvot on ilmoitettava testitulosten kanssa. (22)

Seuraavat ympäristö parametri tulee mitata ja kirjata yksiköissä ylös:

- absoluuttinen ilmankosteus sisääntuloilmassa, H_a
- barometrinen ilmanpaine, p_b

10.2 Moottorit ahtoilmajäähdytyksellä

- jäähdytysaineen lämpötila ja ahtoilman lämpötila tulee kirjata ylös

10.3 Moottorien parametrit

Seuraavat moottoriparametrit tulee mitata ja kirjata ylös yksiköiden kanssa.

- polttoaineen ominaiskulutus, b_x
- moottorin pyörimisnopeus testin aikana, v_d
- turboahtimen nopeus, v_t (jos sovelletaan)
- ilmanpaineahtoilma jäähdyttimen jälkeen, p_{be}
- korjaamaton jarruvoima testin aikana, P
- kunkin sylinterin polttoainetelineen asema, s (jos sovelletaan)
- ahtoilmajäähdyttimen jälkeisen ilman lämpötila, T_{ba} (jos sovelletaan)
- jäähdytysnesteen lämpötila, tulo, T_{ci}
- jäähdytysnesteen lämpötila, pois, T_{co}
- voiteluöljyn lämpötila, T_{oil} (22)

10.4 Teho

ISO 8178-2:ssa käytetty tehon tieto on määritelty ISO 14396:ssa. Lähtökohtana päästömittauksille korjaamatonta jarrutehoa käytetään g/kWh. Teho, moottorin vääntömomentti ja kierrosnopeus voivat poiketa kentällä otetuissa näytteissä verratessa niitä testiolosuhteissa otettuihin tuloksiin.

Jollei pystytä saavuttamaan 100 %:n testiolosuhteita kuormassa, rajoittuu suurimman tehon mittaaminen salliin kierrosnopeuksiin ja vääntömomentteihin, jotka niissä olosuhteissa voidaan saavuttaa.

Siinä tapauksessa jos suora vääntömomentti ei ole sallittu, tulee silloin laskea teho käytössä olevien tietojen perusteella mukaan lukien signaalit ja tiedot ECM:stä. Tässä tapauksessa tulee osapuolien sopia keskenään laskentatapa ja arviointi.

Sopiva moottoriteho, mitattuna voimassa olevien alan olevien määräyksien kanssa on kirjattava kummassakin käyttötilanteessa. (22)

10.5 Moottorin imuilmajärjestelmä ja Jäähdytysjärjestelmä

Moottori tulee olla varustettu imuilmajärjestelmällä josta selviää valmistajan asettamat imuilmanrajoitukset käyttöolosuhteita varten. Jäähdytysjärjestelmä tarpeeksi riittävällä kapasiteetillä, jotta pystyy säilyttämään moottori normaalissa toiminta lämpötilassa valmistajan määrää-

mien lukemien mukaan jotta voidaan vastata ympäristöolosuhteiden ja paikan vaatimaan kuormitukseen. (22)

10.6 Voiteluöljy

Voiteluöljy tulee merkitä ja raportissa kertoa mitä, voiteluöljyä on käytetty.

10.7 Mittausvälineiden ja varusteiden asennus

Säännökset asennukseen ja mittaukseen löytyy ISO 8178-1:2006-standardin kohdissa 7.5 ja 7.6. Ne ovat testiolosuhteisiin, mutta niitä voi muokata kenttäolosuhteisiin seuraavin edellytyksin:

- Tilan tulee olla tarpeeksi suuri tarvittaville laitteille ja se täyttää työturvallisuus olosuhteet ja työympäristön mukaiset olosuhteet myös.
- Pakokaasu tulee olla reititetty käyttäen lyhyitä liittimiä, mieluiten joustavia, moottorin pakoputken loppupäässä myötävirtaan minkä tahansa jälkikäsitteilylaitteen jälkeen, jos sellainen on käytössä.
- Joustavat liittimet jotka eivät ylitä pituudeltaan kolmea kertaa niiden suurinta halkaisijaa, voidaan käyttää suurentamaan tai pienentämään, pakoputkenhalkaisijaa vastaamaan testilaitteisiin
- Jäykästä, ruostumattomasta teräksestä oleva raakapakokaasuputki tullaan yhdistämään joustavien liittimien välissä/välillä. Putki voi olla suora tai taivutettu, kunhan putki mukautuu laitteiden muotoon. ”T” tai ”Y” ruostumattoman teräksen sovitusta voidaan käyttää liittämään pakokaasuja useista pakoputkista
- Liittimet ja putket eivät saa lisätä vastapainetta niin paljoa, että se tulisi ylittämään valmistajan määrittelemää enimmäismäärää pakokaasurajoituksista. (ISO) (22)

11 MITTAUSLAITTEET JA MITATTAVAT TIEDOT

11.1 Yleisesti

Kaasu- ja hiukkaspäästöt tulee mitata moottorista joka on toimitettu testattavaksi, joko

1. jatkuvatoimisella testillä, joka on kuvattu ISO 8178-1:2006 lauseke 16 ja 17
2. hetkellisellä testauksella, joka on kuvailtu ISO 8178-11:2006 lauseke 11 ja 12

Nämä lausekkeet kuvaavat analyyttisen järjestelmän kaasumaisten epäpuhtauksien ja hiukkasten laimennus- ja näytteenottojärjestelmien testisolua. Samoja periaatteita sovelletaan myös

konttöolosuhteissa sisältäen kannettavan päästöjenmittausjärjestelmän (PEMS). Kenttäanalyysijärjestelmässä vaikuttavat hyvin vähän ympäristöolosuhteet kuten lämpötila, paine, kosteus, fyysinen suuntautuminen, mekaaniset iskut, värinat, sähkömagneettinen säteily ja ympäröivät hiilivedyt.

Testauksessa käytettävät järjestelmät tulee sopia etukäteen mukana olevien osapuolien kanssa. (22)

11.2 Vaihtoehtoiset mittausjärjestelmät

Muita järjestelmiä tai analysaattoreita voidaan hyväksytysti käyttää vain jos on voitu todeta, että niillä saadaan myös vastaavat tulokset. Tämä tulee sopia mukana olevien osapuolien kesken ja heidän tulee hyväksyä järjestelmä tai analysaattori.

Järjestelmien vastaavuuden määrittämiseen tarvitaan seitsemän näyteparin (tai suuren) korreloitutkimukseen harkinnan alla olevan järjestelmän ja yhden tässä ISO:ssa hyväksytyyn järjestelmän välillä. Tämä testaus tulee tehdä laboratorio-oloissa. ”Tulokset” viittaavat tiettyyn sykliin painotettuun päästöarvoihin. Vastaavuustestit tulee toistaa samassa laboratorioissa ja samassa testisolukossa samaa moottoria käyttäen ja jos mahdollista niin mieluiten myös samanaikaisesti.

Testisyklin ohjelma jota tulee käyttää löytyy ISO 8178-4 tai ISO 8178-11-standardeista.

Näyteparien keskiarvovastaavuus määritetään F -testin tai t -testin tilastotietojen mukaisesti. Nämä löytyvät ISO 8178-4:2006:n, liite D:stä, laboratorio olosuhteiden alta, ja moottorien olosuhteet löytyvät edeltä.

Vastaavuustestauksen järjestelmät tulee ilmoittaa ajoissa mukana oleville osapuolille.

Zirkoniumdiodi (ZRDO) NO_x-analysaattori

ZRDO NO_x-analysaattoria voi käyttää mitattaessa NO_x päästöjä IC moottoreilta, kunhan pakokaasu ei sisällä NH₃ ja jos NO_x vastekerroin on vähintään 0,9. (22)

NO_x:n vastekerroin lasketaan seuraavan kaavan (4) avulla:

$$r_{\text{NO}_x} = 1 - (1 - r_{\text{NO}_2}) \times r_{\text{NO}_{2,\text{max}}} \quad (4.)$$

Missä:

r_{NO_x} on NO_x vastekerroin

r_{NO_2} on NO_2 vastekerroin ZRDO NO_x -analysointilaitteen joka saadaan selville valmistajalta

r_{NO_2} on suurin NO_2/NO_x pitoisuussuhde, joka on odotettavissa testin aikana

ZRDO-analysointilaitteen tulokset on korjattava seuraavan kaavan (5.) avulla:

$$c_{\text{NO}_x} = c_{\text{NO}_{x,m}} / r_{\text{NO}_x} \quad (5.)$$

Missä:

c_{NO_x} on korjattu NO_x pitoisuus, ppm

$c_{\text{NO}_{x,m}}$ on mitattu NO_x pitoisuus, ppm

r_{NO_x} on NO_x vastekerroin

ZRDO-analysointilaitteita voidaan käyttää joissa on jälkikäsittely joka säteilee NH_3 , jos mukana olevat niin sopivat. (22)

12 HIUKKASTEN MÄÄRITTÄMINEN

Hiukkasten määrittäminen ja siihen tarvittavat välineet on määritelty ISO 8178-1:2006:n kohdassa 7.6, ja lausekkeessa 17. Mutta viitesuodattimen punnitseminen voi kuitenkin ylittyä.

Kenttähiukkasnäytejärjestelmän ei tarvitse saavuttaa suodattimen pintanopeusvaatimuksia, toisin kuin laboratorio olosuhteiden vaatimuksissa, ISO 8178-1 ja ISO 8178-11. Keskimääräisen pintasuodattimen nopeus lasketaan ja todetaan testituloksissa. Mutta 25 kPa paine-eroa tulee siltikin edelleen noudattaa.

Käytännöllisyyden vuoksi, suositellaan osavirtauslaimennusjärjestelmien mittaukset tekemään paikan päällä. Punnituskammion olosuhteet voidaan ISO 8178-1:2006, 7.6.3 mukaan soveltaa myös mittauspaikalla ja kenttäolosuhteissa. Jos taas punnituskammio ei ole lähellä, tulee huolehtia, ettei suodatin vioitu tai kärsi muunlaisista rasituksista kuljetuksen aikana punnituskammiolle.

Hiukkasten mittaus voi osoittautua aluksilla vaikeaksi kenttäolosuhteissa. Tästä johtuen on myös hyväksyttyä käyttää toisenlaista systeemiä, kunhan sen on todettu kykenevän vastaavuuteen, ei-suodattimella tai muun laskeuman avulla. (22)

13 ANALYYTTISTEN VÄLINEIDEN KALIBROINTI

Määritelmät ja vaatimukset löytyvät ISO 8178-1:2006:sta, lauseke 8 ja ISO 8178-11:2005:sta, 11.3. Näitä voidaan soveltaa tietyissä määrissä paitsi pisteistä, jotka eivät erota pienimmän neliösumman parhaiten sopivaa kuin ± 4 % lukemasta tai $\pm 0,5$ % koko asteikosta, kumpi tahansa on isompi. Tämä kalibrointi tulee tehdä laboratoriossa.

13.1 Hiukkasnäytteenottojärjestelmän kalibrointi

Määritelmät ja vaatimukset on annettu ISO 8178-1:2006:ssa, lauseke 9 ja ISO 8178-11:2006:ssa, 12.3. Voidaan soveltaa lukuun ottamatta hitaan suhteellisuuden virhettä hiukkas-suodattimessa, jonka tulee olla ± 4 % lukemasta. (22)

14 MITATTAVIEN TIETOJEN TARKKUUS ISO 8178-2 MUKAAN

14.1 Pakokaasuanalysaattori

Analysaattori ei saa poiketa kalibroinnin nimellispisteestä enempää kuin ± 4 % lukemasta tai $\pm 0,5$ % täydestä asteikosta, riippuen siitä kumpi on isompi. Tarkkuus tulee määrittää ISO 8178-1:2006, 8.5 kalibrointivaatimusten mukaan.

14.2 Muut mittauslaitteet

Mittauslaitteen tarkkuus on oltava taulukoiden X ja Y esitettyjen lukemien sallittujen poikkeamien sisällä eli tarkkuus ei saa ylittyä tai alittua. Taulukoissa X ja Y esitetyt poikkeamat

viittaavat lopulliseen kirjanpitoarvoon joka meidän tulee kirjata tietohankinnan jälkeen järjestelmään.

Mittauslaitteiden kalibrointi on jäljitettävissä kansainvälisiin standardeihin. Instrumenttien kalibrointi on hoidettava joko laitteen valmistajan edellyttämin tai ISO 9000 standardin mukaisesti.

Taulukko 3 Moottoriin liittyvien välineiden parametrien sallitut poikkeamat

No.	Nimike	Moottorin suurimpaan arvoon perustuvat poikkeamat
1	Moottorin nopeus	$\pm 2\%$
2	Vääntömomentti	$\pm 5\%$
3	Teho	$\pm 5\%$
4	Polttoaineen kulutus	Diesel polttoaine: $\pm 4\%$, Polttoöljy: $\pm 6\%$
5	Ilman kulutus	$\pm 5\%$
6	Pakokaasun virtaus	$\pm 5\%$ (laskenta)

(Taulukko 3, ISO 8178-2:2006)

Pakokaasupäästöjen toleranssit on rajoitettu laskennassa, Joidenkin sallitut arvot, jotka ovat yhtälöitä tarvittaessa käytössä, ovat pienempiä kuin ISO 15555:2006 ilmoitetut poikkeamat

Käytännön tilanteissa on vaikeata mitata polttoaineen kulutusta sivussa. Näissä tapauksissa, erityisesti niissä, jotka koskevat raskasta polttoöljyä, käytetään arviota, ja tällöin on virhe todennäköinen. Virheen seurauksena lopulliset päästöt tulee laskea ja raportoida päästömittauksen tulokset (22)

Taulukko 4 Sallitut poikkeamat

No.	Nimike	Absoluuttisten lukema arvojen sallittu poikkeama
1	Jäähdytysnesteen lämpötila	± 2 K
2	Voiteluöljyn lämpötila	± 2 K
3	Pakokaasun paine	± 5 % maksimista
4	Paine vaihtelu	± 5 % maksimista
5	Pakokaasun lämpötila	± 15 K
6	Palamisilma sisääntulon lämpötila	± 2 K
7	Ilmanpaine	$\pm 0,5$ % lukemasta
8	Ilmankosteus	± 3 %
9	Polttoaineen lämpötila	± 2 K
10	Laimennuskäytävän lämpötila	$\pm 1,5$ K
11	Laimennusilman kosteus	± 3 %
12	Laimennetun pakokaasun virtaus	± 2 % lukemasta

14.3 Arvioitu täsmällisyys ja tarkkuus testituloksissa

Tunnetusti kentällä otetut näytteet ovat vähemmän tarkkoja ja oikeita, kuin mitä asianmukaisessa koetilassa otetut näytteet ovat. Tarkkuus ja virheettömyys riippuvat myös mittayksiköistä, esim. tilavuusväkevyyys (ppm), massakonsentraatio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) tai jarrupäästökertoimet (g/kWh). Tarkkuudet on määritetty taulukossa 3 ja mittauksen tulokset löytyvät laskettuna ja esitettynä taulukosta 5. (22)

Taulukko 5 Arvioitu täsmällisyys ja tarkkuus testituloksissa

Komponentti	Yksikkö	Sisäinen tarkkuus	Ulkoinen tarkkuus
Kaasupäästöt	ppm	± 5 % lukemasta	± 1 % lukemasta
	mg/m ³	± 7 %	± 5,1 %
	g/kWh	± 9 %	± 7,4 %
Hiukkaspäästöt	mg/m ³	± 6,5 %	± 6,5 %
	g/kWh	± 8,5 %	± 8,5 %
HUOM!	<p>Nämä annetut arvot ovat vain voimassa ihanteellisissa testausolosuhteissa.</p> <p>Käytännössä nämä ehdot eivät aina toteudu varsinkin jos moottori poikkeaa testisyklissä olleesta.</p>		

15 KÄYTTÖOLOSUHTEET

15.1 Testisyklit

Testien tulisi mahdollisimman paljon muistuttaa oikeata moottorin toimintaa. Jos testejä pystytään tekemään kentällä, on mieluiten käytettävä tällöin ISO 8178-4 standardia. Mutta useimmissa tapauksissa ei ole mahdollista käyttää samoja mittauspisteitä kuin ISO 8178-4 määrittelee kentällä. Lisäksi kenttäolosuhteissa voidaan rajoittaa mittauspisteiden määrää. Jos mittauspisteiden määrä on eri kuin ISO 8178-4 on, niin tällöin ei voida käyttää ISO 8178-4 painotuskertoimia. Ja päästöarvot voivat olla erilaiset kuin mitä testipenkissä saadut arvot ovat.

Mittauspisteet ja painotuskertoimet tulee sopia mukana olevien osapuolien kesken, jos ei voida käyttää ISO 8178-4 standardia. (22)

15.2 Moottorin valmistelu

Ennen testauksia, moottori mukaan lukien apulaitteet ja pakoputkisto on vakautettava moottorin valmistajan sekä/tai käyttäjän antamien suositusten mukaan, jotta järjestelmä puhdistuu joka takaa tällöin luotettavimmat testitulokset.

Vakauttaminen on tärkeä moottoreille joilla on pitkät pakoputket ja moottorin äänenvaimentimet, jälkikäsitteily järjestelmät sekä harvoin toiminnassa olevat moottorit. (22)

15.3 Testipolttoaine

Polttoaineen ominaisuudet vaikuttavat moottorin pakokaasupäästöihin. Sen tähden aina tulee polttoaine tarkistaa tarvittaessa, kirjata ja merkata testituloksiin. Kirjattavat ominaisuudet on lueteltu asianmukaisesti ISO 8178-5 standardissa.

Jollei toisin tulla sopimaan, tulee polttoaineen olla asianmukaista vertailupolttoainetta joka on annettu ISO 8178-5 tai moottorin normaali kenttäolosuhteissa käyttämää polttoainetta.

Polttoaineen lämpötila on mitattava polttoaineen ruiskutusumpun sisääntulosta tai valmistajan määrittelemästä paikasta, ja näytteenotto paikka tulee merkata ylös.

Polttoaineen lämpötilassa tulee noudattaa valmistajan suositusta. (22)

15.4 Testisekvenssi

15.4.1 Yleistä

Moottoria on käytettävä 15.1 mukaan. Jos käytetyt vakaantilan testauksen mittauspisteet eroavat annetusta ISO 8178-4:stä, tulee mittaus toteuttaa alenevassa tehossa tai vääntömomentissa ja vähintään 10 min on tarpeen jokaisessa mittauspisteessä. (22)

Pitempi aika voi olla tarpeellinen vakauttamisen ja riittävän hiukkasten keruun vuoksi. Jos sovelletaan kunkin testisyklin moodin aikana, on testisyklin ensimmäisen muutoksen aikana määritelty nopeus pidettävä $\pm 1\%$ nimellisuopeudesta tai $\pm 3 \text{ min}^{-1}$, kumpi vain on suurempi, paitsi joutokäynnin aikana, jonka on oltava valmistajan ilmoittaman toleranssin mukaan.

Tarvittaessa vääntömomenttia on ylläpidettävä siten, että keskiarvo, jonka aikana tullaan suorittamaan mittauksia, tulee olla $\pm 2\%$ testinopeuden suurimmasta vääntömomentista. Ennen testiä tulee mukana olevien osapuolien sopia toiset rajat, jos ei ole mahdollista ylläpitää vääntömomenttia ja nopeutta yllämainituissa rajoissa. (22)

Testien polttoaine on määritelty kappaleessa 15.3.

15.5 Analysaattori vaste

Analysaattoreiden tulokset on tallennettava nauhapiirturilla tai mitattava vastaavalla tiedonkeruujärjestelmällä, kun pakokaasu virtaa analysaattorin läpi.

- vähintään kolmen viimeisen minuutin aikana vakaantilan testauksen kussakin moodissa
- jatkuvasti testin aikana tilapäisessä testaamisessa tai käytössä olevien ajoneuvojen vaatimusten mukaisessa testauksessa
- Jos pussinäytteitä sovelletaan laimennetun CO:n ja CO₂:den mittaamiseen (ks. ISO 8178–1:2006, 7.5.4), tällöin näyte on pussitettava
- vakaan tilan testauksessa, viimeisten kolmen minuutin aikana kussakin moodissa
- tilapäiseen testaamiseen tai käytössä olevien ajoneuvojen vaatimuksenmukaisen testin ajan ja tällöin pussi on analysoitava ja kirjattava.

15.5.1 Analysaattoreiden uusinta tarkastus

Nolla ja alueen asetukset päästöanalysaattorissa tulee tarkistaa ja säätää, tarpeen mukaan, vähintään testin lopussa. Testi katsotaan hyväksytyksi, jos tarpeelliset säädöt eivät ylitä testin jälkeen analysaattorien tarkkuutta joka on määritelty aikaisemmin. (22)

15.6 Hiukkasnäytteenotto (tarvittaessa)

Hiukkasten näytteiden otto voidaan tehdä joko yhden-suodattimen tai usea-suodattimen menetelmällä. Lisätietoja löytyy ISO 8178–1:2006, 7.6.

Koska eri tyylien tulokset voivat poiketa toisistaan, niin tämän takia on merkattava tuloksien yhteyteen millä tavalla tulos on saatu aikaiseksi. (22)

Yhden-suodattimen menetelmä, modaalinen painotuskerroin, on määritelty jo testisyklimenetelyssä tai mukana olevien osapuolien kesken, mutta on otettava tämä myös huomioon näytteenoton aikana säätämällä näytteiden virtausnopeutta ja/tai vastaavasti näytteenotto kerralla.(22)

Jatkuvantilan testauksessa testisykli on määritelty ISO 8178-4 standardissa, näytteenotto toteutetaan mahdollisimman myöhään kussakin tilassa. Testausaika kussakin moodissa on oltava vähintään 20 s yhden-suodattimen menetelmässä ja vähintään 60 s usean-suodattimen menetelmässä. Lisätietoja tarvittaessa katso ISO 8178-4 standardista. Järjestelmässä ilman ohikulku valmiutta on tilakohtaisen näytteenottoajan oltava vähintään 60 s kummassakin yhden-suodattimen tai usean-suodattimen menetelmässä. (22)

Tilapäiseen tai jatkuvaan mittaukseen ei ole määritelty testisykliä, hiukkasten keräysjärjestelmä on vaihdettava ohitustilasta hiukkasten keräämistilaan moottorin testijakson alussa. Näytepumppu(t) on säädettävä siten, että virtaavahiukkasnäytteenotin tai siirtoputken läpi on pidettävä samanlaisessa suhteessa pakokaasun massavirran kanssa. (22)

15.7 Moottori ehdot

Moottorin pyörimisnopeus ja kuormitus, imuilman lämpötila, pakokaasun vastapaine, polttoaineen virtaus ja ilman tai pakokaasun virtaus on kirjattava ylös. (22)

- Jatkuvantilan testauksen, kuluessa lopullisen 80 % kun tila on vakaa ja moottorin käynti on vakaa
- tilapäiseen testaamiseen tai käytössä olevien ajoneuvojen vaatimustenmukaiseen testaamiseen, koko testisarjan kestoajan.

Arvot voivat olla keskimäärin yli tarkasteltavan ajan.

Jos pakokaasujen mittaus tai palamisilman mittaus eikä polttoaineen kulutusta ei ole mahdollista mitata, ne voidaan laskea hiilen kokonaismääränä ja happitasapaino menetelmällä (ks.

ISO 8178-1:2006, 7.3.4 ja Liite A). Kaikki muutkin tulokset laskemista varten on kirjattava ylös. (22)

16 TESTIAJO

16.1 Näytteenottosuodattimien valmistelu

Vähintään tuntia ennen kuin testit alkavat, jokainen suodatin (pari) tulee asettaa suljettuun, mutta sinetöimättömään Petri-maljaan ja asetetaan punnituskammioon stabilisointia varten (ISO 8178-1:2006, 7.6.3). Stabilisoinnin jälkeen jokainen suodatin (pari) punnitaan ja tyhjäpaino merkataan ylös. Suodatin (pari) asennetaan tämän jälkeen takaisin suljettuun ja sinetöityyn Petri-maljaan, ja säilytetään siellä kunnes tarvitaan mittauksissa.

Mittauksien jälkeen Petri-malja sinetöidään asianmukaisesti siihen asti, kunnes se on taas punnituskammiossa, jossa se on ilmastoidussa vähintään tunnin mutta enintään 80 tuntia ja tämän jälkeen vasta punnitaan. Ja tämä paino merkataan taas ylös ja ennen mittauksia oleva tulos vähennetään tästä.

Jos kuljettaminen on tarpeellista mittauspaikan ja punnituskammion välillä, tulee tällöin varautua erityisin toimenpitein, jottei suodatin kokisi muutoksia kuljetuksen aikana joita mm. tärähtely, haihtuminen yli 325 K on mahdollista. On sallittua myös kerätä useampia näytteitä ennen kuin, aloittaa niiden kuljettamisen oikeaan paikkaan, mutta pitää muistaa yrittää pitää säilytys aika mahdollisimman pienenä. (22)

16.2 Mittauslaitteiden asentaminen

Instrumentit ja näytteenottimet on asetettava niiden vaatimuksien osoittamille paikoille. Käytettäessä täysvirtauslaimennusjärjestelmää pakokaasun laimennuksen pakoputki on liitetty järjestelmään. (22)

16.3 Moottorin ja laimennusjärjestelmän käynnistäminen

Käynnistäminen laimennusjärjestelmän ja moottorin riippuen tietyissä koeolosuhteissa, moottori ja laimennuksen järjestelmänvoidaan lämmittää, kunnes kaikki lämpötilat ja paineet ovat tasaantuneet ja suurin saavutettavissa oleva kuorma saavutettu. Vakauttamisen kriteerit löydät ISO 15550:2002, 6.2.4.3.2

Ja jos vain on mahdollista niin ISO 8178-1:2006, 17.2, määriteltyjä laimennusilman lämpötiloja tulisi noudattaa. Laimennusilman lämpötila alle 288 K on sallittu mutta jos ulkoilman lämpötila on alle 288 K. Tai jos osapuolet sopivat. (22)

16.4 Laimennussuhteen säätö

Kaikki menettelyt on suoritettava, jotka on esitetty ISO 8178-1:2006, 12.4

16.5 Testipisteiden määrittäminen (vakaantilan testaukseen vain)

Tarvittaessa maksimitheon arvoja määritellyssä testinopeudessa ilmoitetaan valmistaja, jotta voidaan laskea virrankulutusarvoja testimoodeille. Moottorin kunkin testimoodi lasketaan seuraavaa kaavaa (6) käyttäen

$$S = \left[(P_{max} + P_{aux}) \frac{F}{100} \right] - P_{aux} \quad (6)$$

Missä:

S on moottoridynamometrin asetus kilowatteina

P_{max} on havaittu tai ilmoitettu enimmäisteho moottorin kierrosluvuissa koeolosuhteissa (kilowatteina)

P_{aux} on testiä varten asennettujen lisälaitteiden kokonaisteho, ISO 15550:2002, taulukko 1, (kilowatteina)

F on testimoottorin vääntömomentti prosentti (22)

17 TESTIRAPORTTI

17.1 Yleistä

Testiraportin on oltava ISO 8178-6 mukainen.

17.2 Yleinen ohjeistus

Kertomus on oltava selkä ja siitä tulee tulla selville mitä on mitattu ja miten se on mitattu, ja mitä on laskettu ja/tai korjattu ja miten. Arvioinnin tarkkuus ja syy testiasetuksien valintaan on sisällytettävä tarvittaessa. (22)

17.3 Mittauslaitteet

Mittauslaite merkintä tulee tehdä jos, laitetta on käytetty mukaan lukien vertailukaasu viitteitä, ympäristöolosuhteet tuloilma mukaan lukien kosteus ja moottorin suorituskyvyn tiedot ja polttoaineen ominaisuuksiin. (22)

17.4 Moottorin parametrit

Moottori osien kuvaus ei saa sisältää niitä osia jotka, standardisoinnin takia, ovat helposti jälkikäteen jäljitettävissä, mutta tiedot sytytyksen ajoituksesta, suutin asetukset, suutin reiät ja turboahtimen täsmennys tulee antaa. Kun kyseessä on kipinäsytytteinen moottori tulee ylös kirjata sytytyksen asetukset ja sytytystulpan ominaisuudet. (22)

18 MITTAUSTULOSTEN JA TESTIEN RAPORTOINTI ISO 8178-5 MUKAAN

18.1 Johdanto

Suosittelut testausselostet koostuu yhdestätoistatuoteselosteista (ks. liitteet x-c) jotka sisältävät kaikki asiaan liittyvät tiedot testikäyttöä varten hyvin kompaktina pakettina. Testi raportti on yksittäinen asiakirja, joka voidaan helposti täyttää josta on jälki käteen helppo myös tarkistaa koetuloksen viranomaisten, asiakkaiden ja moottorin valmistajan kanssa. Se sisältää lopulliset testitulokset ja tarvittavat arvot joilla saadaan tarvittaessa jäljitettyä arvot joilla mittaustulokset on saatu sekä tarvittavat tiedot testimoottorille, testisolun laitteet ja testipolttoaine. (24)

18.2 Yleistä

Kaavake 1 (Table A.1) sisältää olennaiset tiedot moottorin hyväksynnästä kuten moottorien tunnistenumerot, moottorin sovellukset, testisykli ja testi tunniste. Päästömittaustulokset voidaan luetteloida viidellä eri testisyklillä tarvittaessa. Kaasu- ja hiukkaspäästöt on grammoina kilowattituntia kohti aina kun vain se on mahdollista. Jos muita yksiköitä käytetään on nämä

mainittava säännösten mukaisesti, vahvistettuja soveltamisalaa. Savun testitulokset tulee merkitä sille tarkoitettuun paikkaan kaavakkeessa. Savuarvot tulee ilmoittaa aina kun vain mahdollista niin metriltä. Poikkeukset ovat sallittuja vain, jos viranomaiset edellyttävät muihin yksiköihin. (24)

18.3 Moottorin tiedot

Kaavake 2 (Table A.2) sisältää vuorostaan testattavan moottorin perusominaisuudet. Tiedot ovat riittävät rakentamaan päästöjen vahvistamia testejä. Jos lisätietoa vaaditaan viranomaisen tai asiakkaiden toimesta, tämän voi liittää testausselesteeseen. Kaavake 3 (Table A.3) ja Kaavake 4 (Table A.4) sisältää muita tietoja tunnistamaan moottoriperheen ja ryhmän piirteet. Jos moottoriperheen tai ryhmän käsitettä ei sovelleta testattavassa moottorissa, ei tällöin tarvitse toimittaa kaavake 3 tai kaavake 4. (24)

18.4 Ympäristön ja moottorin testitulokset

Kaavake 5 (Table A.5) sisältää yläosassa ympäristöntiedot ja alaosassa merkitykselliset moottori tiedot vaaditaan kirjattavaksi ISO 8178-1. Useimmissa tapauksissa mekaanista akselitehoa käytetään lopputuloksen laskennassa. Käytettäessä muunlaista voimaa esim. sähkö-, lämpö- tai kokonaistehoa, tulee se ilmoittaa. Polttoaineen virtaus, ilman virtaus ja pakokaasuvirta voidaan ilmaista joko tilavuutena tai massavirtana ja käytetty yksikkö tulee myös merkitä ylös. Mittausarvot tulee kirjata ylös kussakin tapahtumassa erikseen (enintään 11) ja syklin arvo tulee laskea tehosta ja merkitä sarakkeeseen ” $\sum(C) \times W_{fe}$ ” jossa (C) tarkoittaa tarkasteltavaa osaa. Moodien lukumäärät tulee käyttää ISO 8178-4 mukaisesti. (24)

18.5 Kaasupäästöjen tiedot

Kaavake 6 (Table A.6) sisältää yläosassa alun perin mitattu tai (laskettu SO_2) kaasupäästöjen pitoisuudet, joko raakana tai laimennettuna pakokaasun erillisille moodeille. Tilojen määrä on löydettävissä ISO 8178-4:1996 kappale 8. Mittaustapa (kuiva tai märkä) on ilmoitettava toisessa sarakkeessa. Kun kyseessä on laimeamittaus (keskiarvo) taustapitoisuus tulee merkata sarakkeessa B. Toinen lohko pitää sisällään tilan ja keskimääräisen kierron ($\sum(C) \times W_{fe}$) kosteudella korjattu massavirta (NO_x) ja kosteissa olosuhteissa, joissa (C) on tarkasteltava osa. Massavirta on perusta laskennalle muilla yksiköillä, kuten gramma kilowattituntia kohti tai gramma kuutiometriä. (24)

18.6 Hiukkaspäästö tiedot

Kaavake 7 (Table A.7) sisältää kolmessa ylemmässä sarakkeessa mittausarvot joita tarvitaan kunkin tilan hiukkasten laskemiseen. Jos käytetään yhden suodattimen menetelmää, tulee arvot merkata sarakkeessa Σ . Tilojen määrä tulee käyttää kappaleen 8 ISO 8178-4:1996 mukaisesti. Käytettäessä osittaista tai täryvirtauslaimennusjärjestelmää tulee nämä ilmoittaa raportissa. Laimennustunnelin virtaus, samanarvoisen laimennetun pakokaasun virtaus kosteana ($q \times_{\text{mdx}}$ tai $q \times_{\text{vdx}}$) tai laimennetun pakokaasun virtaus kosteana ($q \times_{\text{mdx}}$ tai $q \times_{\text{vdx}}$) tulee ilmoittaa riippuen käytetystä järjestelmästä. Joitakin arvoja (esim. laimennussuhdetta) ei vaadita tietyissä järjestelmissä. Hiukkasten massa vastaa massojen summaa molempien suodattimien myös nämä tulee olla punnittu erikseen. Jos hiukkasten massaa on korjattu on ”b” ympyröitynä. Massavirta on korjaamattomana raportoitava ja kunkin tilan korjattu kosteus ja keskimääräisen ajan arvo ($\Sigma(C) \times W_{fe}$) jossa (C) tarkoittaa tarkasteltavaa osaa. Savuarvojen raportointi samaan aikaan testisyklissä on vapaaehtoista. Savun mittausyksikkö riippuu kokonaan käytetystä järjestelmästä. Savuarvosta laskettaessa noen keskittymä tulee käytetty korrelaatiofunktio merkitä. (24)

18.7 Savun testitulokset

Kaavake 8 (Table A.8) pitää sisällään savun syklien mittausarvot. On ilmoitettava kunkin testauksen yhteydessä ympäristön tiedot ja onko savuarvoja korjattava. Tarvittaessa ympäröivän ympäristön tiheys on laskettava mutta savuarvot tulee ilmoittaa korjaamattomina. Kaavake 8 on ilmoitettava myös keskiarvot ja suurimmat erot testiajossa. Koska eri savujaksoja sovelletaan eri moottori sovelluksissa on savuarvot tästä johtuen ilmoitettava asianmukaisella tavalla. Ohimenevän testin ladattavat (C1 sovellukset) savuarvot S_{P3} , S_{P6} , S_{P9} tulee merkitä sarakkeiden aikavälillä 1, suorita 2 ja aja 3 osalta. (24)

18.8 Testisolun tiedot

Kaavakkeet 9 (Table A.9) ja kaavake 10 (Table A.10) pitävät sisällään tietoja testitulosta ja mittalaitteista. Kaikki tiedot eivät ole pakko merkata ISO 8178-1 ja ISO 8178-2, mutta kaikki sovellettavat tiedot ovat hyödyllisiä myöhempää varmistustestiä ja laboratorioiden väliseen vertailuun. Analysaattorin kaikkien mittauslaitteiden käytetyt arvot tulee ilmoittaa ja poikkeama on suurin arvo. Kalibrintikäyrät, muuntimen tarkistus tulokset, hiilivetyjen vastetekijät ja häiriöt, tulee liittää raporttiin. Eri paineanturien arvot, lämpötila-anturit ja kosteus anturit

tulee ilmoittaa Kaavake 10. Tyypilaimennus tulee olla esim. PDP, CFC, isokineettinen tai EGA jne. Punnituspaikasta voidaan raportoida olosuhteiden keskiarvot tai alueen sykli. (24)

18.9 Polttoaineen ominaisuudet

Kaavake 11 (Table A.11) sisältää kaikki polttoaineominaisuudet (ISO 8178-5). Polttoainetyyppi tulee ilmoittaa ja arvot kyseisestä polttoaineesta tulee myös ilmoittaa. Helpottamiseksi on kaavake 11 jossa on eri polttoaineiden samanlaisia ominaisuuksia (esim. poltonlaatu; se-taaniluku No. diesel, RON bensiini) löytyy yhdistettynä sarakkeeseen. (24)

18.9.1 Kaavakkeet

Kaavakkeet (Table 1-11) löytyvät liitteistä. (24)

19 KAASUPÄÄSTÖJEN LASKENTA

19.1 Pakokaasuvirta

Määritetään tarkasti ISO 8178-1:2006 kappaleessa 7.3 ja tulen tässä kappaleessa käsittelemään kyseisen tapahtuman laskenta keinoja.

Suora mittausmenetelmä pakokaasun virtauksesta voidaan tehdä jollakin seuraavista menetelmistä:

- paine-ero laitteet, kuten mm. virtaus suutin (ks. ISO 5167)
- ultraäänivirtaus mittaus
- pyörrevanavirtausmittari

Varotoimet tulee suorittaa, mittauksia ennen jotta vältytään virheellisiltä mittaustuloksilta.

Loistavia varotoimenpiteitä on huolellinen asentaminen, laitteen valmistajan suositusten noudattaminen ja hyvä tekninen osaaminen mittaajalla. Laitteen asennus ei vaikuta erityisesti moottorin suoritusarvoihin tai päästöihin. (21)

Ilman ja polttoaineen mittausmenetelmä

Menetelmässä mitataan ilmvirran ja polttoaineen virtaus. Ilmavirtausmittarit ja niiden tarkkuus on määritelty ISO 8178–1:2006, 7.4 ja niitä saa käyttää. Pakokaasuvirta lasketaan seuraavasti:

$$q_{meW} = q_{maW} + q_{mf} \quad (7)$$

Polttoaineen virtaus ja hiilitasapainomenetelmä

Tämä pitää sisällään pakokaasun massan laskemisen polttoaineen kulutuksesta, polttoaineen koostumus ja pakokaasunpitoisuus käyttäen hiilitasapainomenetelmää, joka annetaan seuraavan kaavan mukaan:

$$q_{meW} = q_{mf} \times \left[\left[\frac{WBET \times WBET \times 1,4}{\left(\frac{1,4 \times WBET + w_{ALF} \times 0,08936 - 1}{f_c} \right) \times \frac{1}{1,293} + f_{td}} \right] \right] \quad (8)$$

Missä:

f_{td} on yhtälöiden x ja x mukaan

H_a on veden määrä grammoina / kg kuiva ilma

f_c on yhtälön x mukaan:

$$f_c = (c_{CO2d} - c_{CO2ad}) \times 0,5441 + \frac{c_{COd}}{18\,522} + \frac{c_{HCW}}{17\,355} \quad (9)$$

Missä:

c_{CO2d} on kuiva CO₂-pitoisuus raakapakokaasussa [%];

c_{CO2ad} on kuiva CO₂-pitoisuus ilmassa [%];

c_{CO2d} on kuiva CO-pitoisuus raakapakokaasussa [ppm]

c_{HCw} on märkä HC-pitoisuus raakapakokaasussa [ppm]

Vaihtoehtoisesti myös voidaan käyttää happitasapaino menetelmää. (21)

19.2 Merkkiaineen mittaumenetelmä

Menetelmällä mitataan pakokaasusta merkkikaasun pitoisuus. Pakokaasuun syötetään tietty määrä jotakin reagoimatonta kaasua (puhdas helium) merkiksi. Kaasu sekoittuu ja laimenee pakokaasuun, mutta se ei saa reagoida pakoputkessa. Kaasun pitoisuus mitataan pakokaasu näytteestä sitten. Merkkikaasuvirran virtaus tulee asettaa siten että kaasupitoisuuden jälki tulee sekoittumisen jälkeen olemaan alhaisempi kuin koko asteikko. (21)

Pakokaasun virtaus lasketaan seuraavasti:

$$q_{mew} = \frac{q_{rt} \times \rho_{ew}}{60 \times (c_{mix} - c_a)} \quad (10)$$

Missä:

q_{mew} on pakokaasun massavirta [kg/s]

q_{rt} on merkkikaasun virta [cm³/min]

c_{mix} on merkkikaasun pitoisuus sekoittumisen jälkeen [ppm]

ρ_{ew} on pakokaasun tiheys [kg/m³]

c_a on merkkikaasun taustapitoisuus kaasun imuilmassa [ppm]

Merkkikaasun taustapitoisuus voidaan määrittää keskiarvon mukaan välittömästi ennen matkaa ja sen jälkeen. Kun taustapitoisuus on alle 1 % merkkikaasun pitoisuudesta sekoittumisen jälkeen suurimmalla pakokaasu virralla, niin taustapitoisuus voidaan jättää huomioimatta. Koko järjestelmän tulee täyttää tarkkuusvaatimukset pakokaasun ja kalibrointi tulee tehdä tarkkaan. (21)

Ilman virtaus ja ilman ja polttoaineen välinen mittausmenetelmä. Pitää sisällään pakomassan laskemisen ilmavirrasta ja ilman ja polttoaineen suhteen. Hetkellinen pakokaasun massavirta lasketaan seuraavasti:

$$q_{\text{mew}} = q_{\text{maw}} \times \left(1 + \frac{1}{A/F_{st} \times \lambda} \right) \quad (11)$$

Missä

$$A/F_{st} = \frac{138,0 \times (\beta + \frac{\alpha}{4} + \frac{\varepsilon}{2} + \gamma)}{12,011 \times \beta + 1,00794 \times \alpha + 15,9994 \times \varepsilon + 14,0067 \times \delta + 32,065 \times \gamma} \quad (12)$$

Jossa,

A/F_{st} on stoikiometrinen ilman ja polttoaineen suhde

λ on ilmaylimäärä

c_{CO_2} on kuiva CO₂-pitoisuus [%]

c_{CO} on kuiva CO-pitoisuus [ppm]

c_{HC} on HC-pitoisuus [ppm]

Polttoaineen koostumus $C_{\beta}H_{\alpha}S_{\gamma}N_{\delta}O_{\varepsilon}$ $\beta = 1$ kanssa. Polttoaineet jotka eivät sisällä hiiltä ei voida käyttää laskukaava 11 tai laskukaava 12.

19.3 Kuiva/kosta korjaus

Jollei päästöjä ei mitata märkänä, tulee mitattu pitoisuus muuttaa märäksi jollakin seuraavista kaavoista. Johtaminen:

$$c_w = k_w \times c_d \quad (13)$$

a.) Raakapakokaasua varten

1.) täydellinen palaminen

$$k_{wr1} = \left(1 - \frac{1,244 \ 2 \times H_a + 111,19 \times w_{ALF} \times \frac{q_{mf}}{q_{mad}}}{7773,4 + 1,244 \ 2 \times H_a + \frac{q_{mf}}{q_{mad}} \times f_{fw} \times 1000} \right) \times 1,008 \quad (14)$$

tai

$$k_{wr1} = \left(1 - \frac{1,244 \ 2 \times H_a + 111,19 \times w_{ALF} \times \frac{q_{mf}}{q_{mad}}}{7773,4 + 1,244 \ 2 \times H_a + \frac{q_{mf}}{q_{mad}} \times f_{fw} \times 1000} \right) / \left(1 - \frac{p_r}{p_b} \right) \quad (15)$$

$$f_{fw} = 0,055 \ 594 \times w_{ALF} + 0,008 \ 0021 \times w_{DEL} + 0,007 \ 004 \ 6 \times w_{EPS} \quad (16)$$

2.) epätäydellinen palaminen

Tapauksissa joissa huomattava määrä tai ei ollenkaan palaneita osia (CO,H₂), käytetään seuraavia laskukaavoja:

$$k_{wr2} = \frac{1}{1 + \alpha \times 0,005 \times [c_{CO2d} + c_{COd}] - 0,01 \times c_{H2d} + k_{w2} \frac{p_r}{p_b}} \quad (17)$$

ja

$$c_{H2d} = \frac{0,5 \times \alpha \times c_{COd} \times (c_{COd} + c_{CO2d})}{c_{COd} + 3 \times c_{CO2d}} \quad (18)$$

CO ja CO₂ ilmaistaan yhtälöissä (17 ja 18) prosentteina [%].

b.) laimennettu pakokaasu

$$k_{we1} = \left(1 - \frac{\alpha \times c_{CO2w}}{200} \right) - k_{w1} \quad (19)$$

tai

$$k_{we2} = \left(\frac{[1 - k_{w1}]}{1 + \frac{\alpha \times c_{CO2d}}{200}} \right) \quad (20)$$

c.) laimennusilma

$$k_{wd} = 1 - k_{w1} \quad (21)$$

$$k_{w1} = \frac{1,608 \times [H_d \times (1 - \frac{1}{D}) + H_a \times (\frac{1}{D})]}{1000 + \{1,608 \times [H_d \times (1 - \frac{1}{D}) + H_a \times (\frac{1}{D})]\}} \quad (22)$$

d.) Imuilma (jos eri kuin laimennusilma)

$$k_{wa} = 1 - k_{w2} \quad (23)$$

$$k_{w2} = \frac{1,608 \times H_a}{1000 + (1,608 \times H_a)} \quad (24)$$

missä

H_a, H_d ovat tuloilman ja laimennusilman absoluuttinen kosteus (g vettä/kg kuivaa ilmaa).

H_a, H_d pystytään johtamaan suhteellisen kosteuden mittauksesta, kastepisteen mittauksesta höyrynpaineen mittauksesta tai kuivan/märän lämpötilan mittauksen mittauksesta yleisesti hyväksytyjä kaavoja.

19.4 NO_x:n kosteuden ja lämpötilan korjaus

Ympäröivän ilman olosuhteet kun vaikuttavat suuresti NO_x päästöjen määrään, on tästä johtuen NO_x-pitoisuutta korjattava ympäröivän ilman lämpötilan ja kosteus seuraavilla saatavilla laskenta tekijöillä.

Jos mukana olevat osapuolet sopivat kosteuden viitearvon olevan jokin muu kuin 10,71 g/kg, tulee tämä kirjata tuloksien yhteydessä ylös. Muitakin korjauskaavoja voidaan käyttää, jos vain mukana olevat osapuolet sen hyväksyvät. Seuraavassa kaavassa T_a on ulkoilman lämpötilan sisääntulo ilmansuodattimessa ja H_a on ilman kosteus sisääntulo ilmansuodattimessa.

Huomioon ei oteta jos vettä tai höyryä on ruiskutettu (ilmankosteus), koska tätä pidetään päästöjenrajoituslaitteena. Kun vesi vuorostaan tiivistyy välijäähdyttimessä ja muuttaa ahtoilman kosteuden tulee se silloin taas huomioida kosteudenkorjauskertoimen määrittämisessä. (21)

a.) puristusytyksinen moottori

$$k_{hd} = \frac{1}{1 - 0,0182 \times (H_a - 10,71) + 0,0045 \times (T_a - 298)} \quad (25)$$

missä

T_a on ilman lämpötila [K]

H_a on imuilman kosteus (grammaa vettä / kilogrammaa kuiva ilma)

b.) puristusytyksisten moottoreiden joilla keskitason ilmajäähdytin, voidaan käyttää seuraavia laskentaja:

$$k_{hd} = \frac{1}{1 - 0,012 \times (H_a - 10,71) - 0,00275 \times (T_a - 298) + 0,00285 \times (T_{SC} - T_{SCRef})} \quad (26)$$

missä

T_{SC} on välijäähdytetyn ilman lämpötila

T_{SCRef} on välijäähdytetyn ilman peruslämpötila – valmistajan määrittelemä

c.) Kipinäsytytteiset moottorit

$$k_{hp} = 0,6272 + 44,030 \times 10^{-3} \times H_a^2 \quad (27)$$

19.5 Päästöjen massavirtaus laskelmat

Raakapakokaasu

Päästöjen massavirrat kullekin moodille lasketaan epäpuhtauksien raakapitoisuuksista (u arvoista taulukosta X) ja pakokaasun mukaisesti 14.5.1.1. Jos pitoisuudet on mitattu kuivana, tulee kuiva/kostea korjaus tehdä 14.3 mukaan soveltaen pitoisuudet ennen muita kuin muita laskelmia tehdään.

Vaihtoehtoisesti voidaan myös laskea tarkan kaavan (14.5.1.1) mukaan etukäteen jo valmiiksi osapuolille. Tarkkaa laskentakaavaa tulee käyttää, jos taulukossa 6 joka löytyy liitteistä, ei ole määritelty käytettävää polttoainetestä monipolttoainekattilan alle tai riitatapauksissa. (21)

Taulukkoarvoihin perustuva laskumenetelmä

Seuraavan kaavan mukaan:

$$q_{m\text{gas}} = u_{\text{gas}} \times c_{\text{gas}} \times q_{\text{mew}} \quad (28)$$

missä

$q_{m\text{gas}}$ on yksittäisten kaasupäästöjen massavirta

u_{gas} on osuus pakokaasun tiheyden ja pakokaasun tiheyden aineosan välillä

c_{gas} on kunkin komponentin keskittymä raakapakokaasussa [ppm]

q_{mew} on pakokaasumassavirta [kg/h]

Laskiessa NO_x kosteuskorjaus kertoimen määrittäystä - K_{hd} tai k_{hp} , on sopiva esitettäväksi ja määritettäväksi 14.4 mukaan. Mittauspitoisuus tulee myös muokata märkeksi 14.3 mukaan, jos mittauksista ei ole suoritettu kosteana. Taulukossa 6 on annettu u :lle arvot jotka tulee valita sopivimman mukaan.

Tarkkaan kaavaan perustuva laskentamenetelmä

Massapäästöt lasketaan kaavan (28.) mukaan. Taulukko arvojen käyttämisen sijaan on seuraava yhtälö sovellettavissa laskiessa u_{gas} . On oletettu, että seuraavassa keskittymä c_{gas} on yhtälössä (28.) mitattu tai muunnettu ppm.

$$u_{\text{gas}} = \frac{M_{\text{r}\text{gas}}}{M_{\text{r,e}} \times 1000} \quad (29)$$

tai

$$u_{\text{gas}} = \frac{\rho_{\text{gas}}}{\rho_{\text{e}} \times 1000} \quad (30)$$

missä

$\rho_{\text{gas}} = M_{\text{r,gas}}/22,414$ tai annettu taulukossa 6 (perustuen ihanteelliseen kaasun ominaisuuksiin.)

ρ_{gas} tiheydet on annettu pakokaasu komponenttien taulukossa 6. Pakokaasun molekyyli­massa $M_{\text{r,e}}$, on johdettu yleisestä polttoaineen koostumuksesta $C_{\beta}H_{\alpha}O_{\varepsilon}N_{\delta}S_{\gamma}$, olettaen täydellistä palamista seuraavasti:

$$M_{\text{r,e}} = \frac{1 + \frac{q_{mf}}{q_{maw}}}{\frac{q_{mf}}{q_{maw}} \times \frac{\frac{\alpha}{4} + \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\delta}{2}}{12,011 \times \beta + 1007,94 \times \alpha + 15,9994 \times \varepsilon + 14,0067 \times \delta + 32,065 \times \gamma} + \frac{H_a \times 10^{-3}}{2 \times 1,00794 + 15,9994 \times \frac{1}{M_{\text{r,a}}}} + \frac{1}{1 + H_a \times 10^{-3}}} \quad (31)$$

tai epätäydellinen palaminen

$$\begin{aligned} M_{\text{r,e}} = & \frac{M_{\text{rHC}} \times c_{\text{HCw}}}{10^6} + \frac{2,016 \times c_{\text{COw}}}{10^6} + \frac{46,01 \times c_{\text{NO}_x\text{w}}}{10^6} + \frac{32 \times c_{\text{O}_2\text{w}}}{10^2} + \frac{2,016 \times c_{\text{H}_2\text{w}}}{10^2} + 18,01 \\ & \times \left((1 - k_{\text{wr}}) + \frac{28,01}{100} \right) \\ & \times \left[100 - \frac{c_{\text{HCw}}}{10^4} - \frac{c_{\text{COw}}}{10^4} - c_{\text{CO}_2\text{w}} - \frac{c_{\text{NO}_x\text{w}}}{10^4} - c_{\text{O}_2\text{w}} - c_{\text{H}_2\text{w}} - 100 \right] \\ & \times (1 - k_{\text{wr}}) \end{aligned} \quad (32)$$

pakokaasun tiheys ρ_e on johdettu seuraavasti

$$\rho_e = \frac{1000 + H_a + 1000 \times (q_{mf}/q_{mad})}{773,4 + 1,2434 \times H_a + f_{f\text{w}} \times 1000 \times (q_{mf}/q_{mad})} \quad (33)$$

missä

$$f_{f\text{w}} = 0,055594 \times w_{\text{ALF}} + 0,0080021 \times w_{\text{DEL}} + 0,0070046 \times w_{\text{EPS}} \quad (34)$$

Käytettäessä hiilitasapainomenetelmää

$$q_{\text{mgas}} = \frac{1}{M_{\text{rf}} \times \left[(c_{\text{CO}_2\text{w}} - c_{\text{CO}_2\text{aw}}) + \frac{c_{\text{COw}} + c_{\text{HCw}}}{10^4} \right] \times 10} \quad (35)$$

missä

c_{CO} ja c_{HC} on ilmaistu ppm ja c_{CO2} vuorostaan prosentuaalisesti.

Yhtälön johtaminen

$$M_{rf} = \alpha \times A_{rH} \times \beta \times A_{rC} \times \gamma \times A_{rS} \times \delta \times A_{rN} \times \varepsilon \times A_{rO} \quad (36)$$

19.6 Laimennettu pakokaasu

Päästöjen massavirrat kaikille moodeille lasketaan epäpuhtauksien laimennetuista pitoisuuksista, u -arvot löytyvät taulukosta 7 ja laimennetun pakokaasun massavirta seuraavanlaisesti.

Ja jos on mitattu pitoisuudet kuivana, tulee tehdä kuiva/kostea korjaus 14.3 mukaan. (21)

$$q_{mgas} = u_{gas} \times c_{gas,c} \times q_{mdew} \quad (37)$$

missä

u_{gas} on osuus pakokaasun tiheyden (vastaa ilman tiheyttä) ja pakokaasun tiheyden ai-neosan välillä

$c_{gas,c}$ on taustakorjattu pitoisuus laimennetusta pakokaasusta [ppm]

q_{mdew} on laimennetun pakokaasun massavirta [kg/s]

Arvot jotka on annettu taulukossa BB perustuvat komponenttien ihanteellisiin kaasu ominai-suuksiin sekä eri polttoaineilla.

$$c_c = c - c_d \times \left(1 - \frac{1}{D}\right) \quad (38)$$

$$D = \frac{FS}{c_{CO2} + (c_{CO} + c_{HC}) \times 10^{-4}} \quad (39)$$

tai

$$D = \frac{FS}{c_{CO_2}} \quad (40)$$

missä

$$FS = 100 \times \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{2} + \gamma + 3,76 \left(1 + \frac{\alpha}{4} + \frac{\varepsilon}{2} + \gamma\right)} \quad (41)$$

$\alpha, \gamma, \varepsilon$ tarkoittavat polttoaineen koostumusta $CH_\alpha O_\varepsilon S_\gamma$. Dieselissä, $FS = 13,4$.

20 PÄÄSTÖJEN LASKEMINEN

Päästöjä lasketaan kaikille yksittäisille aineosille seuraavasti:

$$gas_x = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (q_{mgas_i} \times W_{fi})}{\sum_{i=1}^{i=n} (P_i \times W_{fi})} \quad (42)$$

missä

q_{mgas} n yksittäisen kaasu päästöjen masavirta

$$P = P_m + P_{aux} \quad (43)$$

missä

P_m on yksittäisen moodin mitattu teho

P_{aux} yksittäisten asennettujen moodien apulaite teho

(21)

21 HIUKKASPÄÄSTÖJEN LASKEMINEN

21.1 Hiukkasten kosteuden korjauskerroin

Koska dieselmoottoareiden hiukkaspäästöt ovat riippuvaisia ympäröivän ilman olosuhteista, tulee hiukkaspitoisuuksia korjata ympäröivän ilman kosteuden mukaan kertoimella k_p , joka saa-

daan seuraavalla kaavalla. Viitearvo kosteudelle voi olla jokin muu kuin 10,71 g/kg, jos mukana olevat osapuolet näin sopivat. (21)

Muita korjaus kaavoja voi myös käyttää, jos se pystytään perustelevaan ja valikoimaan.

$$k_p = \frac{1}{[1+0,0133 \times (H_a - 10,71)]} \quad (44)$$

missä

H_a on imuilman kosteus (grammaa vettä / kg kuiva ilma)

21.2 Virtauksen osittainen laimennusjärjestelmä

Lopulliset, raportoitavat hiukkaspäästöjen testitulokset on määritettävä seuraavien vaiheiden avulla. Kaikki laskelmien keskiarvot perustuvat yksittäisiin moodeihin näytteenoton aikana.

21.3 Isokineettisen järjestelmä

$$q_{medf} = q_{mew} \times r_d \quad (45)$$

kanssa

$$r_d = \frac{q_{mdw} + (q_{medf} \times r_a)}{q_{mew} \times r_a} \quad (46)$$

Missä r vastaa poikkileikkauksen pinnan suhde isokineettiseen näytteenottimeen A_p ja pako-putken A_t

$$r_a = \frac{A_p}{A_T} \quad (47)$$

Järjestelmät joissa mitataan CO_2 ja NO_x pitoisuuksia

q_{medf} käytä kaavaa (45.) ja

$$r_d = \frac{c_{EW} - c_{Aw}}{c_{Dw} - c_{Aw}} \quad (48)$$

missä

c_{EW} on raakapakokaasussa merkkikaasun kosteus pitoisuus

c_{Dw} on laimennetun pakokaasun merkkikaasun kosteus pitoisuus

c_{Aw} on laimennusilman merkkikaasun kosteus pitoisuus

Kuivana mitatut tulee punnita kostutettuna aikaisemmin jo mainitulla tavalla.

CO₂ mittausjärjestelmät ja hiilitasapaino

q_{medf} lasketaan kaavalla

$$q_{medf} = \frac{k_f \times q_{mf}}{q_{mew} \times [c_{(CO_2)D} - c_{(CO_2)A}]} \quad (49)$$

missä

$c_{(CO_2)D}$ on laimennetun kaasun CO₂-pitoisuus

$c_{(CO_2)A}$ on laimennusilman CO₂-pitoisuus

Pitoisuudet ovat kosteina tilavuusprosentteina. Sen takia,

$$r_d = \frac{k_f \times q_{mf}}{q_{mew} \times [c_{(CO_2)D} - c_{(CO_2)A}]} \quad (50)$$

Jotta saadaan k_f , tulee laskea se seuraavalla kaavalla,

$$k_f = w_{BET} \times 2,4129 \quad (51)$$

21.4 Virtausmittaus järjestelmät

q_{medf} saadaan kaavalla (52.)

$$r_d = \frac{q_{mdew}}{q_{mdew} - q_{mdw}} \quad (53)$$

21.5 Laimennusjärjestelmän päävirtausjärjestelmä

q_{mdew} sijaan käytetään q_{medf} . Kaikki laskut tulee perustua keskiarvojen pohjalle koko mittauksen ajan.

Hiukkasten massavirran laskeminen

Hiukkasten massavirta lasketaan seuraavasti

a.) Yhden-suodattimen menetelmä

$$q_{mPT} = \frac{m_f}{m_{sep}} \times \frac{\overline{q_{medf}}}{1000} \quad (54)$$

$$\overline{q_{medf}} = \sum_{i=1}^n q_{medfi} \times w_{fi} \quad (55)$$

$$m_{sep} = \sum_{i=1}^n M_{sepi} \quad (56)$$

$$i = 1, \dots, n$$

b.) usean-suodattimen menetelmä

$$q_{mPTi} = \frac{M_{fi}}{m_{sepi}} \times \frac{q_{medfi}}{1000} \quad (57)$$

$$i = 1, \dots, n$$

PT_{mass} on määritetty testisyklin keskiarvot summattuna yksittäisten moodien näytteenoton aikana.

Hiukkasten massavirta voidaan tausta korjata seuraavanlaisesti

c.) yhden-suodattimen menetelmän tausta korjaus

$$q_{mPT} = \left\{ \frac{m_f}{m_{sep}} - \left[\frac{m_{f,d}}{m_d} \times \sum_{i=1}^{i=n} \left(1 - \frac{1}{D} \right) \times W_{fi} \right] \right\} \times \frac{q_{medf}}{1000} \quad (58)$$

d.) usean-suodattimen menetelmän tausta korjaus

$$q_{mPTi} = \left\{ \frac{m_{fi}}{m_{sepi}} - \left[\frac{m_{f,d}}{m_d} \times \left(1 - \frac{1}{D} \right) \right] \right\} \times \frac{q_{medfi}}{1000} \quad (59)$$

Jos D on laskettu kaavoilla (39) tai (40). Vaihtoehtoisesti, laimennussuhde r_d voidaan käyttää myös osittaista virtaus laimennus järjestelmää jos CO_2 ei mitata laimennuksesta.

21.6 Päästöjen laskeminen

a.) yhden-suodattimen menetelmä

$$e_{PT} = \frac{q_{mPT}}{\sum_{i=1}^{i=n} P_i \times W_{fi}} \quad (60)$$

b.) usean-suodattimen menetelmä

$$e_{PT} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} q_{mPTi} \times W_{fi}}{\sum_{i=1}^{i=n} P_i \times W_{fi}} \quad (61)$$

missä

$$P_i = P_{mi} + P_{auxi} \quad (62)$$

21.7 Tehollinen painokerroin

Yhden-suodattimen menetelmässä tehokas painokerroin W_{fei} , lasketaan kussakin tilassa seuraavasti

$$W_{fei} = \frac{m_{sepi} \times q_{medf}}{m_{sep} \times q_{medfi}} \quad (63)$$

(21)

22 YHTEENVETO

ISO 8178-2-standardi on luotu yhdeksi osaksi suurempaa päästömittaustandardia. Tämä standardi keskittyy kenttäolosuhteissa tapahtuviin päästömittauksiin, mutta laskennat jotka olen ottanut tueksi tähän työhön, ovat ISO 8178-1-standardista, joka on suunnattu ohjeistukseksi testiolosuhteissa tehtäville päästömittauksille. Raportointi oli yksi osa tätä työtä, ja sitä olen käsitellyt ISO 8178-6-standardin pohjalta.

Tärkeä osa standardeissa oli osapuolten välinen yhteistyö, ja sitä kautta asioiden yhdessä sopiminen päästömittauksiin liittyen. Useaan otteeseen painotettiin ISO 8178-2- ja ISO 8178-6-standardissa, että kaikki mahdollinen tieto tulee laittaa ylös mittauksien aikana, joka helpottaa myöhempiä työskentelyä mittaus tuloksien parissa.

Tämä työ on ohjeistus mittauksien tekoon, raportointiin ja laskentoihin. Tässä käytetyt tiedot ovat jo olemassa olevaa tietoa: päästömittaus käsikirja ja standardit. Mittaajan ei tule pelkästään osata mittaamista, vaan hänen tulee osata laskennat, jotka tulee suorittaa hyvin ja huolella. Mittaustulokset tulee toimittaa valmiina viranomaisille. Olen myös luonut niin sanotun muistilistan mittaajalle, jossa näkyy mitä on hyvä tehdä ennen mittauksia, mittauksien aikana ja jälkeen.

LÄHTEET

- 1.) International Maritime organization. Saatavissa: <http://www.imo.org/About/Pages/FAQs.aspx> [viitattu 10.3.2011]
- 2.) International Maritime organization. Saatavissa: <http://www.imo.org/About/Membership/Pages/Default.aspx> [viitattu 10.3.2011]
- 3.) International Maritime organization. Saatavissa: <http://www.imo.org/About/Membership/Pages/MemberStates.aspx> [viitattu 10.3.2011]
- 4.) International Maritime organization. Saatavissa: <http://www.imo.org/About/Membership/Pages/NGOsInConsultativeStatus.aspx> [viitattu 10.3.2011]
- 5.) International Maritime organization. Saatavissa: <http://www.imo.org/About/Membership/Pages/IGOsWithObserverStatus.aspx> [viitattu 10.3.2011]
- 6.) International Maritime organization. Saatavissa: <http://www.imo.org/About/Pages/Structure.aspx> [viitattu 10.3.2011]
- 7.) International Maritime organization. Saatavissa: <http://www.imo.org/About/Membership/Pages/MemberStates.aspx> [viitattu 10.3.2011]
- 8.) International Maritime organization. Saatavissa: <http://www.imo.org/About/Pages/Structure.aspx> [viitattu 10.3.2011]
- 9.) International Maritime organization. Saatavissa: <http://www.marine.gov.uk/imo.htm> [viitattu 10.3.2011]
- 10.) International Maritime organization. Saatavissa: <http://www.imo.org/About/strategy/Pages/default.aspx> [viitattu 10.3.2011]
- 11.) International Maritime organization. Saatavissa: http://www5.imo.org/SharePoint/mainframe.asp?topic_id=158 [viitattu 10.3.2011]
- 12.) International Maritime organization. Saatavissa: http://www.schenker.fi/services/othertransportoperations/dangerousgoods/document_8245.html [viitattu 10.3.2011]
- 13.) International Maritime organization. Saatavissa: <http://www.imo.org/About/Conventions/Pages/Home.aspx> [viitattu 10.3.2011]
- 14.) International Organization for Standardization. Saatavissa: <http://www.iso.org/iso/about.htm> [viitattu 15.4.2011]
- 15.) International Organization for Standardization. Saatavissa: http://www.iso.org/iso/about/discover-iso_isos-name.htm [viitattu 15.4]
- 16.) International Organization for Standardization. Saatavissa: http://www.iso.org/iso/about/discover-iso_isos-origins.htm [viitattu 16.4.2011]
- 17.) International Organization for Standardization. Saatavissa: http://www.iso.org/iso/about/discover-iso_what-standards-do.htm [viitattu 12.3.2011]
- 18.) International Organization for Standardization. Saatavissa: http://www.iso.org/iso/about/discover-iso_who-standards-benefits.htm [viitattu 12.3.2011]
- 19.) International Organization for Standardization. Saatavissa: http://www.iso.org/iso/about/how_iso_develops_standards.htm [viitattu 12.3.2011]

- 20.) Laivadieselien päästöjen mittaus ja valvonta : Measurement and Control of Exhaust Emissions of Marine Diesel Engines / Huhtinen Markku, Korhonen Risto, Laine Kai, Latvala Juha, Orava Ismo s.5-84
- 21.) ISO 8178-1:2006-standard: Test bed measurement of gaseous and particulate emissions from RIC engines
- 22.) ISO 8178-2:2008-standard: Measurement of gaseous and particulate exhaust emissions under field conditions
- 23.) ISO 8178-2:200-standard: Report of measuring results and test
- 24.) Päästömittaajan käsikirja Osa 1, Saatavilla: Päästömittaustekniikan perusteet [viitattu 10.2.2011]

TEHTÄVÄLISTA MITTAAJALLE

Ennen mittausta

- Mittaus menetelmän valinta (laitteiden valinta)
- Suunnitella mistä tehdä mittaukset
- Laitteiden kalibrointi
- Pakkaaminen
- Asentaminen
- Mittauspisteiden/tasojen lukumäärän valinta ja merkintä hiukkasnäytteenotossa

Mittausten aikana

- Kaasun virtausnopeuden mittaus, isokineettisen mittauksen ja tilavuusvirran määrittäminen tarvittaessa
- Näytteidenotto
- Olosuhteiden merkintä tarvittaessa

Mittausten jälkeen

- Näytteiden käsittely
- Laitteiden kalibrointi
- Tulosten laskenta
- Raportointi

ISO 8178-2 STANDARISSA KÄYTETYT SYMBOLIT

Symbolit	Termit	Yksiköt
α_a	kipinäsytytysmoottoreiden jarrujen korjauskertoimen teho	-
b_x	Polttoaineen ominaiskulutus	kg/kWh
f_a	Ilmatekijä, laboratorio	-
H_a	Sisään otetun ilman ehdoton kosteus	g/kg
F	Vääntömomentin suurin prosentuaalinen vääntömomentti	%
v_d	Moottorin nopeus	min ⁻¹
v_t	Turboahtimen nopeus	min ⁻¹
p_b	Totaalinen parometrinen paine	kPa
p_{be}	Ilmanpaine kuormitetun ilmanjäähdyttimen jälkeen	kPa
p_s	Kuivan ilman paine	kPa
P	Korjaamaton jarruvoima	kW
P_{aux}	Julkinen kokonais teho syventynyt testiä varten asennettujen apulaitteiden eikä edellytä ISO 8178-	kW

	1:2006 Liite B:tä	
P_{\max}	max. mitattu tai ilmoitettu voima testikoneen nopeus testi olosuhteissa	kW
rNO_x	NO_x vastekerroin zirkoniumdioksidia analysaattorin	-
rNO_2	NO_2 vastekerroin zirkoniumdioksidia analysaattorin	-
$rNO_{2,\max}$	Max. NO_2/NO_x rikastettu arvo	-
s	Polttoaineen syötösuhdeasento	-
S	dynamometrin asetus	k/W
T_a	Sisäänotetun ilman absoluuttinen lämpötila	K
T_{ba}	Ilman lämpötila kuormitetun ilman jäähtytyksen jälkeen	K
T_{ci}	Jäähdytysaineen tulo lämpötila	K
T_{co}	Jäähdytysaineen lähtö lämpötila	K
T_{oil}	Voiteluöljyn lämpötila	K

LIITE 3/15

Table A.1- ISO 8178 Emissions Test Report: General information

ENGINE	MANUFACTURER:					
	TYPE (MODEL):					
	FAMILY:					
	RATED POWER:					
	RATED SPEED:					
	SERIAL NUMBER:					
APPLICATION ^a	CUSTOMER:					
	FINAL INSTALLATION:					
EMISSIONS TEST RESULTS						
CYCLE						UNITS
NO _x						g/kWh ^b
HC						g/kWh ^b
CO						g/kWh ^b
SO ₂						g/kWh ^b
PT						g/kWh ^b
SMOKE CYCLE						
PEAK (S _p) ^d						m ^{-1 c}
LUG (S _l) ^d						m ^{-1 c}
STEADY STATE (S _s) ^d						m ^{-1 c}
TEST IDENTIFICATION	DATE/TIME:					
	TEST SITE/BENCH:					
	TEST NUMBER:					
TESTING COMPANY						
DATE OF REPORT						
PLACE OF TEST						
MANAGER OF THE TEST						
SIGNATURE						
NOTE						

a If applicable or if known

b Units other than g/kWh to be indicated

c Units other than m⁻¹ to be indicated

d To be indicated in accordance with requirements of the applicable smoke cycle

Table A.2 – ISO 8178 Emissions test report – Test engine information

MANUFACTURER	
ENGINE TYPE (MODEL)	
FAMILY IDENTIFICATION	
SERIAL NUMBER	
RATED SPEED	min ⁻¹
RATED POWER	kW
INTERMEDIATE SPEED	min ⁻¹
MAXIMUM TORQUE AT INTERMEDIATE SPEED	Nm
LOW IDLE SPEED	min ⁻¹
HIGH IDLE SPEED	min ⁻¹
STATIC INJECTION/IGNITION TIMING	° BTDC (BEFORE TOP DEAD CENTER)
INJECTION/IGNITION TIMING CONTROL	NO YES
BORE	mm
STROKE	mm
DISPLACEMENT PER CYLINDER	cm ³
CYLINDER NUMBER and CONFIGURATION	
AUXILIARIES (SEE ISO 8178-2:1996, ANNEX B)	
MAXIMUM INLET DEPRESSION	kPa
MAXIMUM EXHAUST BACK PRESSURE	kPa
INTERCOOLER SETPOINT ^a	K
COOLING MEDIUM TEMPERATURE SPECIFICATION	K
FUEL TEMPERATURE SPECIFICATION	K
LUBRICATING OIL	

a if applicable

Table A.3 – ISO 8178 Emissions test report – Engine family information

Note If applicable, see ISO 8178-7:1996, clause 5.

MANUFACTURER	
FAMILY IDENTIFICATION	
COMBUSTION CYCLE	
COOLING MEDIUM	
INDIVIDUAL	
CYLINDER DISPLACEMENT	cm ³
CYLINDER NUMBER and CONFIGURATION	
METHOD OF AIR ASPIRATION	
FUEL TYPE	
COMBUSTION CHAMBER TYPE	
VALVE and PORTING CONFIGURAAION SIZE and NUMBER CYLINDER HEAD CYLINDER WALL CRANKCASE	
FUEL SYSTEM TYPE	
MISCELLANEOUS FEATURES	
- EXHAUST GAS RECIRCULATION	NO YES
- WATER INJECTION/EMULSION	NO YES
- AIR INJECTION	NO YES
- CHARGE COOLING SYSTEM	NO YES
- EXHAUST AFTERTREATMENT	NO YES (TYPE)
- DUAL FUEL	NO YES
IGNITION TYPE	

Table A.4 – ISO 8178 Emissions test report – Engine group informatio

Note If applicable, see ISO 8178-8

MANUFACTURER	
GROUP IDENTIFICATION	
BORE DIAMETER	mm
STROKE	mm
METHOD OF PRESSURE CHARGING	
CHARGE AIR COOLING SYSTEM	
MAXIMUM DECLARE POWER PER CYLINDER AT MAXIMUM DECLARED SPEED	Kw
INJECTION TIMING RANGE	°BTDC (BEFORE TOP DEAD CENTRE)
FUEL DELIVERY RANGE	mg/INJECTION

Table A.5 – ISO 8170 Emissions test report – Ambient and engine test data

ENGINE _____ TEST SITE _____
 RATED SPEED _____ min⁻¹ TEST NUMBER _____
 INTERMEDIATE SPEED _____ min⁻¹ TEST CYCLE _____
 COMMENTS _____

MODE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	$\sum \times W_{fe}^a$
TIME AT BEGINNING EACH MODE												
AMBIENT DATA												
BAROMETRIC PRESSURE kPa												XXXXX
INTAKE AIR TEMPERATURE K												XXXXX
INTAKE AIR HUMIDITY g/kg												XXXXX
ATMOSPHERIC FACTOR -												XXXXX
ENGINE DATA												
SPEED min ¹												XXXXX
AUXILIARY POWER ^b kW												
DYNO SETTING kW												XXXXX
POWER ^c kW												
SPECIFIC FUEL CONSUMPTION g/kWh												XXXXXX
FUEL FLOW ^d												XXXXX
AIR FLOW ^d												XXXXX
EXHAUST FLOW ^d												XXXXX
EXHAUST TEMPERATURE K												XXXXX
FUEL TEMPERATURE K												XXXXX
COOLANT TEMPERATURE K												XXXXX
TEMPERATURE INTERCOOLER AIR K												XXXXX
LUBRICANT TEMPERATURE K												XXXXX
INLET DEPRESSION kPa												XXXXX
EXHAUST BACKPRESSURE kPa												XXXXX

a If applicable

b If applicable; calculated value to be used according to ISO 8178-1:1996, 5.3

c Other kind of power than mechanical (electrical, thermal, total) to be indicated; uncorrected

d Units to be indicated

LIITE 8/15

Table A.6- ISO 8178 Emissions Test Report: Gaseous Emissions Data

ENGINE _____ Raw _____ Dilute _____ TEST SITE _____
 RATED SPEED _____ min⁻¹ TEST NUMBER _____
 INTERMEDIATE SPEED _____ min⁻¹ TEST CYCLE _____
 COMMENTS _____

MODE		a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	B ^b
TIME AT BEGINNING OF EACH MODE														
NO _x CONCENTRATION	ppm													
HC CONCENTRATION (C1)	ppm													
CO CONCENTRATION	ppm													
CO ₂ CONCENTRATION	% ^c													
O ₂ CONCENTRATION	% ^c													
NO _x HUMIDY CORRECTION FACTOR K _h	— ^b													
FUEL SPECIFIC FACTOR F _h	— ^b													
DRY/WET CORRECTION FACTOR K _w	— ^b													
DILUTION FACTOR I)	— ^b													
														∑x W _{fe}
NO _x MASS FLOW ^d	g/h													
NO _x MASS FLOW ^e	g/h													
HC MASS FLOW	g/h													
CO MASS FLOW ^e	g/h													
SO ₂ MASS FLOW ^f	g/h													
CO ₂ MASS FLOW ^e	kg/h													

a w(et) or d(ry) to be indicated.

b if applicable; B = Background

c Units other than % to be indicated.

d Corrected for humidity (K_h) and to wet conditions (K_w).e Corrected to wet conditions (K_w).

f Calculated.

LIITE 9/15

Table A.7 – ISO 8170 Emissions test report – Particulate emissions data

ENGINE _____ PARTIAL/FULL FLOW _____ TEST SITE _____
 RATED SPEED _____ min-1 TEST NUMBER _____
 INTERMEDIATE SPEED _____ min-1 TEST CYCLE _____
 COMMENTS _____

MODE		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Σ^a
SAMPLING AT BEGINNING OF EACH MODE													
SAMPLING TIME	s												XXXXX
EFFECTIVE W_f^b	-												XXXXX
TUNNEL FLOW c	d												b
DILUTION AIR FLOW a	d												b
DILUTION RATIO a	-												XXXXX
DILUTION AIR TEMPERATURE	K												XXXXX
EXHAUST TEMPERATURE AT PROBE a	K												XXXXX
TUNNEL TEMPERATURE	K												XXXXX
FILTER FACE TEMPERATURE	K												XXXXX
FILTER FACE VELOCITY	cm/s												XXXXX
FILTER PRESSURE DROP	kPa												b
PARTICULATE MASS b^e	mg												b
SAMPLE MASS	kg												b
PARTICULATE CONCENTRATION	d												b
PARTICULATE HUMIDITY CORRECTION FACTOR	-												b
													$\Sigma \times W_{fe}$
PARTICULATE MASS FLOW	g/h												
PARTICULATE MASS FLOW f	g/h												
SMOKE	d												XXXXX
LIGHT ABSORPTION COEFFICIENT	1/m												XXXXX

a If applicable

d Units to be indicated.

b To be filled in, if single filter method is used.

e To circle, if background corrected

c q_{mdx}^*/q_{vdx}^* or q_{mdx}/q_{vdx}

f Corrected for humidity.

Table A.8 – ISO 8178 Emissions test report – Smoke test data

ENGINE	_____	TEST SITE	_____
RATED SPEED	_____ min ⁻¹	INTERMEDIATE SPEED	_____ min ⁻¹
IDLE SPEED	_____ min ⁻¹	TEST NUMBER	_____ min ⁻¹
COMMENTS	_____		

RUN		1	2	3	4*	5*	DIFF	MEAN
AMBIENT DATA								
BAROMETRIC PRESSURE	kPa						---	---
INTAKE AIR TEMPERATURE	K						---	---
INTAKE AIR HUMIDITY	g/kg						---	---
SMOKE CORRECTION FACTOR	-						---	---
ATMOSPHERIC FACTOR	-						---	---
FREE ACCELERATION TEST^b								
IDLING TIME	s						---	
FREE ACCELERATION TEST	s						---	
PEAK SMOKE VALUE S _p	c							
CORRECTED S _p ^d	c							
LOADED TRANSIENT TEST^b								
IDLING TIME	s						---	
ACCELERATION TIME	s						---	
LINEARITY OF ENGINE SPEED	min ⁻¹						---	
STABILIZING TIME AT RATED SPEED	s						---	
TIME RUNNING AT RATED SPEED	s						---	
LUG DOWN TIME	s						---	
TIME RETURNING DO IDLING	s						---	
PEAK SMOKE VALUE S _p ^e	c						---	---
CORRECTED S _p ^d	c						---	---
LUG SMOKE VALUES S _L	c						---	
CORRECTED S _L ^d	c						---	
ENGINE LOAD STEP^f								
STEADY STATE SMOKE VALUE S _S								
CORRECTED S _S ^d	c							
PEAK SMOKE VALUES S _p	c							
CORRECTED S _p ^d	c							
TRANSIENT LOAD TEST^g								
ACCELERATION TIME	s						---	---
PEAK SMOKE VALUE S _p	c							
CORRECTED S _p ^d	c							

a If required by validation criteria

b Diesel powered off road vehicles and off-road industrial equipment (C1 applications of ISO 8178-4:1996)

c Units to be indicate.

d If applicable, corrected for ambient density (see ISO 8178-9:-, 10.3.2)

e Sp3, Sp6, Sp9 under run 1, run 2, run 3, respectively

f Constant speed off-road engines (D2, G1 and G2 applications of ISO 8178-4:1996)

g Engines for marine propulsion and rail traction (E1, E2, E3, E5 and F applications of ISO 8178-4:1996)

Table A.9 – ISO 8178 Emissions Test Report: Test Cell information

ENGINE _____ TEST SITE _____
 TEST DATE _____
 TEST NUMBER _____

EXHAUST PIPE	DIAMETER	LENGHT	INSULATING LENGHT		
	mm	m	m		
	MANUFACTURER	MODEL	MEASURING RANGES	CALIBRATION DATE	DEVIATION ^a
Nox ANALYSER ^b			ppm		%
HC ANALYSER ^b			ppm		%
CO ANALYSER ^b			ppm		%
CO2 ANALYSER ^b			%		%
O2 ANALYSER ^b			%		%
					DEVIATION ^c
SPEED					%
TORQUE			Nm		%
FUEL FLOW ^d					%
AIR FLOW ^d					%
EXHAUST FLOW ^d					%
CVS FLOW					%
PROPANE CHECK	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx		%
DILUTION AIR FLOW ^d					%
DILUTION EXHAUST FLOW ^d					%
PT SAMPLE FLOW ^d					%
SMOKE ^d					%
	TYPE	PARTIAL/FULL	ARRANGEMENT	OPETATING TEMPERATURE	EOPL
	e		e	K	mm
DILUTION SYSTEM	PARTIAL/FULL	TUNNEL DIAMETER	MIXING LENGHT	TYPE	HEAT EXCHANGER
		mm	mm		YES/NO
SECONDARY DILUTION TUNNEL	DIAMETER	RECIDENCE TIME	FILTER HOLDER DISTANCE		
	mm	s	mm		
TRANSFER TUBE	LENGHT mm	DIAMETER mm			
PT TRANSFER TUBE	mm	mm			
PARTICULATE FILTER	MANUFACTURER	TYPE	DIAMETER	STAIN DIAMETER	
			mm	mm	
WEIGHING CHAMBER	TEMPERATURE	RELATIVE HUMIDITY	ABSOLUTE HUMIDITY		
	K	%	g/kg		

Table A.10 – ISO 8178 Emissions test report – Test cell information (temperatures and pressure)

ENGINE _____

TEST SITE _____

TEST DATE _____

TEST NUMBER _____

	MANUFACTURER	MODEL	MEASURING RANGES	CALIBRATION DATE	DEVIATION ^a
TEMPERATURES					
COOLANT			K		K
LUBRICANT			K		K
EXHAUST GAS			K		K
INLET AIR			K		K
INTERCOOLED AIR			K		K
FUEL			K		K
DILUTION AIR			K		K
DILUTION TUNNEL			K		K
FILTER HOLDER			K		K
TRANSFER TUBE			K		K
PT TRANSFER TUBE			K		K
DILUTION EXHAUST GAS			K		K
WEIGHING CHAMBER			K		K
PRESSURES					
EXHAUST GAS			kPa		%
INLET MANIFOLD			kPa		%
BAROMETRIC			kPa		%
BOOST ^b			kPa		%
DPT ^b			Pa		%
DILUTION EXHAUST GAS			kPa		%
PARTICULATE FILTER			kPa		%
VAPOUR PRESSURE INTAKEN AIR			kPa		%
VAPOUR PRESSURE DILUTION AIR			kPa		%
HUMIDITIES					
INLET AIR			%		%
DILUTION AIR			%		%
WEIGHING CHAMBER			%		%
			g/kg		g/kg

a Measured deviation see ISO 8178-1:1996, Table 2 and Table 3

b If applicable

Table A.11 – ISO 8178 Emissions Test Report: Fuel Characteristics

ENGINE _____ TEST SITE _____
 TEST DATE _____
 TEST NUMBER _____
 FUEL TYPE PETROL _____ DIESEL _____ HEAVY OIL _____ CNG _____
 LPG _____ RME _____ METHANOL _____ OTHER _____

PROPERTY	UNIT	METHOD A*	RESULT	PROPERTY	UNIT	METHOD A*	RESULT
DENSITY	kg/l						
CLOUD POINT							
POUR POINT							
FLASH POINT							
CFPP							
VISCOSITY							
Prv**	Kpa						
DISTILLATION							
IBP							
10 vol-%							
50 vol-%							
90 vol-%							
FBP							
RESIDUE							
AT 70°C							
AT 100°C							
AT 180°C							
AT 250°C							
AT 350°C							
CETANE No.							
CETANE INDEX							
CCAI							
RON							
MON							
SENSITIVITY							
HYDROCARBONS							
OLEFINS							
AROMATICS							
PARAFFINS							

Taulukko 6 – Kertoimet u_{gas} ja polttoaineen erityiset parametrit raakapakokaasusta

Polttoaine ja vastaavat $\rho_c(\text{kg/m}^3)$		Kaasu							
		NO _x	CO	HC	CO ₂	O ₂	CH ₄	HCHO	CH ₃ OH
		ρ_{gas} (kg/m ³)							
		2,053	1,25	^a	1,963 6	1,427 7	0,716	1,34	1,43
		Kerroin u_{gas}^b							
Diesel	1,294 3	0,001 586	0,000 966	0,000 479	0,001 517	0,001 103	0,000 553	0,001 035	0,001 104
RME	1,295 0	0,001 585	0,000 965	0,000 536	0,001 561	0,001 102	0,000 553	0,001 035	0,001 104
Methanol	1,261 0	0,001 628	0,000 991	0,001 133	0,001 557	0,001 132	0,000 568	0,001 062	0,001 134
Ethanol	1,275 7	0,001 609	0,000 980	0,000 805	0,001 539	0,001 119	0,000 561	0,001 050	0,001 121
Natur gas ^c	1,266 1	0,001 621	0,000 987	0,000 558 ^d	0,001 551	0,001 128	0,000 565	0,001 058	0,001 129
Propane	1,280 5	0,001 603	0,000 976	0,000 512	0,001 533	0,001 115	0,000 559	0,001 046	0,001 116
Butane	1,283 2	0,001 600	0,000 974	0,000 505	0,001 530	0,001 113	0,000 558	0,001 044	0,001 114
Gasoline	1,297 7	0,001 582	0,000 963	0,000 481	0,001 513	0,001 100	0,000 552	0,001 032	0,001 102

a Riippuu polttoaineesta

b $\lambda = 2$, kuiva ilma, 273 K, 101,3 kPa

c u on massan koostumus 0,2 % tarkkuudella C = 66 % -76 % h = 22 % - 25 % N = 0 % - 12 %

d NMHC perusteella CH_{2,93} (yhteensä HC u_{gas} kerrointa varten on käytettävä CH₄)

Taulukko 7 Kertoimet u_{gas} ja polttoaineen erityiset parametrit raakapakokaasusta

Polttoaine	Kaasu							
	NO _x	CO	HC	CO ₂	O ₂	CH ₄	HCHO	CH ₃ OH
	ρ_{gas} (kg/m ³)							
	2,053	1,25	a	1,963 6	1,427 7	0,716	1,34	1,43
Kerroin u_{gas} ^b								
Diesel	0,001 588	0,000 967	0,000 480	0,001 519	0,001 104	0,000 553	0,001 036	0,001 106
RME	0,001 588	0,000 967	0,000 537	0,001 519	0,001 104	0,000 553	0,001 036	0,001 106
Methanol	0,001 588	0,000 967	0,001 105	0,001 519	0,001 104	0,000 553	0,001 036	0,001 106
Ethanol	0,001 588	0,000 967	0,000 795	0,001 519	0,001 104	0,000 553	0,001 036	0,001 106
Natur gas ^c	0,001 588	0,000 967	0,000 584 ^d	0,001 519	0,001 104	0,000 553	0,001 036	0,001 106
Propane	0,001 588	0,000 967	0,000 507	0,001 519	0,001 104	0,000 553	0,001 036	0,001 106
Butane	0,001 588	0,000 967	0,000 501	0,001 519	0,001 104	0,000 553	0,001 036	0,001 106
Gasoline	0,001 588	0,000 967	0,000 967	0,001 519	0,001 104	0,000 553	0,001 036	0,001 106

a Riippuu polttoaineesta

b Oletetaan pakokaasun tiheys = ilman tiheys

c u on massan koostumus 0,2 % tarkkuudella C = 66 % -76 % h = 22 % - 25 % N = 0 % - 12 %d NMHC perusteella CH_{2,93} (yhteensä HC u_{gas} kerrointa varten on käytettävä CH₄)