



EUROOPAN
KOMISSIO

Bryssel 20.3.2023
C(2023) 1796 final

KOMISSION SUOSITUS,

annettu 20.3.2023,

**puristussytytysmoottorilla varustettujen ajoneuvojen määräaikaikatsastuksissa
käytettävästä hiukkasmäärän mittauksesta**

KOMISSION SUOSITUS,

annettu 20.3.2023,

puristusytytysmoottorilla varustettujen ajoneuvojen määräaikaikatsastuksissa käytettävästä hiukkasmäärän mittauksesta

EUROOPAN KOMISSIO, joka

ottaa huomioon Euroopan unionin toiminnasta tehdyn sopimuksen ja erityisesti sen 292 artiklan,

sekä katsoo seuraavaa:

- (1) Kansanterveyden, ympäristönsuojelun ja tasapuolisen kilpailun kannalta on tärkeää varmistaa, että käytössä olevat ajoneuvot huolletaan ja katsastetaan asianmukaisesti, jotta niiden tyyppihyväksynnän mukaista suorituskykyä voidaan ylläpitää ilman liiallista heikkenemistä koko niiden käyttöiän ajan.
- (2) Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivissä 2014/45/EU¹ moottoriajoneuvojen pakokaasupäästöjen osalta vaadittuja testausmenetelmiä, erityisesti puristusytytysmoottoreihin sovellettavaa savutuksen testausta, ei ole mukautettu hiukkassuodattimilla varustettuja uudempia ajoneuvoja varten. Laboratoriotestit osoittavat, että savutustestin voivat läpäistä myös ajoneuvot, joissa on viallinen tai asiattomasti käsitelty dieselhiukkassuodatin, ilman että toimintahäiriötä havaitaan.
- (3) Viallisilla dieselhiukkassuodattimilla varustettujen ajoneuvojen havaitsemiseksi eräät jäsenvaltiot ovat ottaneet tai aikovat pian ottaa käyttöön hiukkasmäärän mittaamenetelmiä osana puristusytytysmoottorilla varustettujen ajoneuvojen määräaikaikatsastuksia. Vaikka kyseiset menetelmät ovat keskenään samankaltaisia, ne eroavat toisistaan joiltakin osin. Sen sijaan, että unionissa otettaisiin käyttöön erilaisia mittaamenetelmiä, olisi otettava käyttöön ohjeisiin perustuvat hiukkasmäärän mittausta koskevat yhteiset vähimmäisvaatimukset.
- (4) Ohjeita laadittaessa on otettu asianmukaisesti huomioon tiettyjen jäsenvaltioiden jo kehittänyt menetelmät, komission Yhteisen tutkimuskeskuksen tekemien laboratoriotestien tulokset² sekä katsastusta käsittelevän asiantuntijaryhmän kuulemisen tulokset.
- (5) Koska ohjeiden sovellettavuutta ei ole testattu kipinäsytytysmoottorilla varustettujen ajoneuvojen osalta, ohjeiden soveltamisala olisi rajattava ajoneuvoihin, jotka on varustettu puristusytytysmoottorilla ja joiden tyyppihyväksynnässä on kiinteiden hiukkasten määrän raja-arvo. Tällaisia ajoneuvoja ovat kevyet dieselajoneuvot, jotka on rekisteröity ensimmäisen kerran 1 päivänä tammikuuta 2013 tai tätä myöhemmin

¹ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/45/EU, annettu 3 päivänä huhtikuuta 2014, moottoriajoneuvojen ja niiden perävaunujen määräaikaikatsastuksista sekä direktiivin 2009/40/EY kumoamisesta (EUVL L 127, 29.4.2014, s. 51).

² *Comparisons of Laboratory and On-Road Type-Approval Cycles with Idling Emissions. Implications for Periodical Technical Inspection (PTI) Sensors* (doi.org/10.3390/s20205790) ja *Evaluation of Measurement Procedures for Solid Particle Number (SPN) Measurements during the Periodic Technical Inspection (PTI) of Vehicles* (doi.org/10.3390/ijerph19137602).

(Euro 5b ja uudemmat)³, ja raskaat dieselajoneuvot, jotka on rekisteröity ensimmäisen kerran 1 päivänä tammikuuta 2014 tai tätä myöhemmin (Euro VI ja uudemmat)⁴. Kun sama luotettavuustaso saavutetaan kipinäsytytysmoottorilla varustettuihin ajoneuvoihin sovellettavalla hiukkasmäärän mittaamenetelmällä, vastaavat ohjeet olisi laadittava niille.

- (6) Jotta ohjeet olisivat tehokkaat, niihin olisi sisällyttävä mittauslaitteisiin, metrologisiin tarkastuksiin ja mittausten toteuttamiseen liittyviä vaatimuksia sekä metrologisia ja teknisiä vaatimuksia ja hyväksymis- ja hylkäämisraja.
- (7) Tämä suositus on ensimmäinen askel kohti yhdenmukaistettua hiukkasmäärän mittausta unionissa suoritettavissa katsastuksissa,

ON ANTANUT TÄMÄN SUOSITUKSEN:

Jäsenvaltioiden olisi käytettävä puristus- ja dieselhiukkassuodattimella varustettujen ajoneuvojen määräaikaikatsastuksissa hiukkasmäärän mittausta liitteessä esitettyjen ohjeiden mukaisesti.

Tehty Brysselissä 20.3.2023

Komission puolesta

Komission jäsen

³ Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 715/2007, annettu 20 päivänä kesäkuuta 2007, moottoriajoneuvojen tyyppihyväksynnästä kevyiden henkilö- ja hyötyajoneuvojen päästöjen (Euro 5 ja Euro 6) osalta ja ajoneuvojen korjaamiseen ja huoltamiseen tarvittavien tietojen saatavuudesta (EUVL L 171, 29.6.2007, s. 1–16).

⁴ Moottoriajoneuvojen ja moottorien tyyppihyväksynnästä raskaiden hyötyajoneuvojen päästöjen osalta (Euro VI) ja ajoneuvojen korjaamiseen ja huoltamiseen tarvittavien tietojen saatavuudesta ja asetuksen (EY) N:o 715/2007 ja direktiivin 2007/46/EY muuttamisesta sekä direktiivien 80/1269/ETY, 2005/55/EY ja 2005/78/EY kumoamisesta 18 päivänä kesäkuuta 2009 annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 595/2009 (EUVL L 188, 18.7.2009, s. 1–13) mukaisesti.



EUROOPAN
KOMISSIO

Bryssel 20.3.2023
C(2023) 1796 final

ANNEX

LIITE

asiakirjaan

Komission suositus

**puristusytetysmoottorilla varustettujen ajoneuvojen määräaikaikatsastuksissa
käytettävästä hiukkasmäärän mittauksesta**

LIITE

Sisällysluettelo

| | | |
|-------|--|----|
| 1. | Soveltamisala | 2 |
| 2. | Termit ja määritelmät | 2 |
| 3. | Laitteen ja merkinnän kuvaus | 4 |
| 3.1. | PN-PTI-mittauslaitteen kuvaus | 4 |
| 3.2. | Merkintä | 4 |
| 3.3. | Käyttöohjeet | 5 |
| 4. | Metrologiset vaatimukset | 6 |
| 4.1. | Mittaustuloksen ilmaiseminen | 6 |
| 4.2. | Mittausalue | 6 |
| 4.3. | Näyttölaitteen tarkkuus (vain digitaalisille näyttölaitteille) | 6 |
| 4.4. | Vasteaika | 7 |
| 4.5. | Lämpenemisaika | 7 |
| 4.6. | Suurin sallittu virhe (MPE): | 7 |
| 4.7. | Hyötysuhdevaatimukset | 7 |
| 4.8. | Lineaarisuusvaatimukset | 8 |
| 4.9. | Nollataso | 9 |
| 4.10. | Haihtuvien hiukkasten poiston hyötysuhde | 9 |
| 4.11. | Vakaus ajan tai ryöminnän osalta | 9 |
| 4.12. | Toistettavuus | 10 |
| 4.13. | Vaikutussuureet | 10 |
| 4.14. | Häiriöt | 11 |
| 5. | Tekniset vaatimukset | 12 |
| 5.1. | Kokoonpano | 12 |
| 5.2. | Oikean toiminnan varmistamista koskevat vaatimukset | 14 |
| 6. | Metrologinen valvonta | 15 |
| 6.1. | Tyypitarkastus | 15 |
| 6.2. | Aluksi suoritettava tarkistus | 15 |
| 6.3. | Jälkeenpäin suoritettu tarkistus | 16 |
| 7. | Mittausmenettely | 18 |
| 8. | PN-PTI-raja | 19 |
| 9. | Luettelo lähteistä | 19 |

Hiukkasmäärän mittaamista koskevat ohjeet

1. SOVELTAMISALA

Tämä asiakirja sisältää ohjeet teknisessä määräaikaistarkastuksessa (periodic technical inspection, PTI) tehtävälle hiukkasmäärän (particle number, PN) pitoisuusmittaukselle (PN-PTI-mittaus). PN-PTI-mittaukset voidaan tehdä kaikille M- ja N-luokan ajoneuvoille, joissa on puristussytysmoottori ja dieselhiukkassuodatin. Nämä ohjeet koskevat kevyitä henkilö- ja hyötyajoneuvoja, jotka on rekisteröity ensimmäisen kerran 1. tammikuuta 2013 tai tätä myöhemmin (Euro 5b ja uudemmat), ja raskaita hyötyajoneuvoja, jotka on rekisteröity ensimmäisen kerran 1. tammikuuta 2014 tai tätä myöhemmin (Euro VI ja uudemmat).

2. TERMIT JA MÄÄRITELMÄT

Mukauttaminen: sarja toimenpiteitä, jotka suoritetaan mittausjärjestelmässä, jotta voidaan tuottaa mitattavan suureen arvoja vastaavat määrätty indikaatiot (VIM 3.11)

Laskentahyötysuhde: PN-PTI-mittauslaitteen lukeman ja jäljitettävän vertailulaitteen tai -laitteiston lukeman suhde

Korjaus: kompensatio arvioidusta systeemisestä vaikutuksesta (VIM 2.53)

Häiriö: vaikutussuure, jonka arvo on näissä ohjeissa määritettyjen rajojen sisällä mutta mittauslaitteelle määritettyjen nimellisten käyttöedellytysten ulkopuolella (OIML D 11)

Laajennettu mittausepävarmuus: vakiomittausepävarmuuden tulos, joka saadaan käyttämällä mittausmallin syöttösuureisiin liittyviä yksittäisiä vakiomittausepävarmuuksia ja numeroa 1 suurempaa kerrointa (VIM 2.35 ja VIM 2.31)

HEPA-suodatin: laite, joka poistaa hiukkasia ilmasta yli 99,95 %:n hyötysuhteella (eli luokka H13 tai korkeampi standardin EN 1822-1:2019 mukaan)

Indikaatio: mittauslaitteen tai mittausjärjestelmän antama suureen arvo (VIM 4.1)

Vaikutussuure: suure, joka suorassa mittauksessa ei vaikuta mitattuun suureen, mutta vaikuttaa indikaation ja mittaustuloksen väliseen suhteeseen (VIM 2.52)

Lain mukaiset ohjelmistot: mikä tahansa ohjelmiston osa, mukaan lukien tallennetut parametrit, joka vaikuttaa laskettuun, näytettyyn, lähetettyyn tai tallennettuun mittaustulokseen (OIML R 99)

Huolto: tarkasti määritellyt määräaikaishuollot ja säännölliset mukautustoimet, jotta mittauslaite on käyttövaatimusten mukainen

Suurin sallittu virhe (Maximum permissible error, MPE): tiettyä mittausta, mittauslaitetta tai mittausjärjestelmää koskevissa eritelmissä tai määräyksissä sallittu, tunnettuun viitearvoon suhteutettu mittausrvirheen ääriarvo (VIM 4.26)

Mittausvirhe: mitatun suureen arvo miinus viitearvo (VIM 2.16)

Mittaustulos: suureen arvot, jotka on määritetty mittasuurelle yhdessä muiden saatavilla olevien tietojen kanssa (VIM 2.9)

Mittausalue: sarja samantyyppisiä suureiden arvoja, jotka voidaan mitata tietyllä mittauslaitteella tai mittausjärjestelmällä, jolle on määritelty laitemittausepävarmuus määritellyissä olosuhteissa (VIM 4.7)

Kansallinen metrologinen laitos: metrologinen laitos, joka vastaa PN-PTI-mittauslaitteiden tyyppitarkastuksista jäsenvaltiossa

Hiukkastunnistin: laitteisto tai laite, jonka avulla hiukkasten esiintyminen havaitaan PN-pitoisuuden kynnyksarvon ylittyessä

Hiukkanen/hiukkaset: ajoneuvon päästämät kiinteät (termisesti vakaat) hiukkaset, joiden koko on 23 nm:n ja vähintään 200 nm:n välillä ja jotka on mitattu ilmajäliteisessä vaiheessa näissä ohjeissa määriteltyjen menetelmien mukaisesti

- **Tasamolekyyliset hiukkaset:** hiukkaset, joiden kokojakauma on hyvin pieni tietyn hiukkaskoon osalta
- **Erimolekyyliset hiukkaset:** hiukkaset, joilla on useita eri hiukkaskokoja

Hiukkaskoko: sähköisen liikkuvuuden koko eli läpimitta, jolla on sama siirtymänopeus vakioidussa sähkökentässä kuin tarkasteltavalla hiukkasella

PN-PTI-mittauslaite: mittauslaite, jolla mitataan polttomoottorien pakokaasujen PN-pitoisuutta ajoneuvon pakoputkesta otetusta näytteestä teknisen määräaikaistarkastuksen aikana

PN-PTI-mittauslaitetyyppi: kaikki saman valmistajan mittauslaitteet, joilla on sama toimintaperiaate ja laitteisto sekä samat ohjelmiston laskenta- ja korjausalgoritmit

Nimelliset käyttöedellytykset: käyttöedellytykset, joiden on täyttyvä mittauksen aikana, jotta mittauslaite tai mittausjärjestelmä toimii suunnitellulla tavalla (VIM 4.9)

Viitekäyttöedellytykset: mittauslaitteen tai mittausjärjestelmän suorituskyvyn arviointia tai mittauksien vertailua varten määritetyt käyttöedellytykset (VIM 4.11)

Näyttölaitteen tarkkuus: pienin merkityksellinen ero näytettyjen indikaatioiden välillä (VIM 4.15)

Vasteaika: kesto siitä hetkestä, kun mittauslaitteen tai mittausjärjestelmän syöttöarvo muuttuu äkillisesti kahden määritetyn vakioarvon välillä, siihen hetkeen, kun vastaava indikaatio asettuu määritettyjen rajojen sisälle sen lopullisen vakaan arvon ympärille (VIM 4.23, ks. OIML V 2-200 (2012) International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms näiden ohjeiden lopussa olevasta lähdeluettelosta)

Näytteen esivalmistelulaite: laite haihtuvien hiukkasten laimentamiseen ja/tai poistamiseen

Näytteenotin: putki, joka vie ajoneuvon pakoputkeen kaasunäytteiden ottamista varten (OIML R 99)

Merkittävä vika: vika, joka on suuruusluokaltaan suurempi kuin suurin sallittu virhe (MPE) aluksi suoritettavassa tarkistuksessa (OIML R 99)

Testitulokset: lopullinen mittausulos ajoneuvolle, joka on testattu osiossa 7 kuvatulla PN-PTI-mittausmenetelmällä

Jäljitettävyys: metrologinen jäljitettävyys eli mittaus tuloksen ominaisuus, jossa tulos voidaan yhdistää viitearvoon sellaisten dokumentoitujen kalibrointien katkeamattoman ketjun kautta, joista kukin vaikuttaa mittausepävarmuuteen (VIM 2.41)

Todentaminen: objektiivisen näytön toimittaminen sen todistamiseksi, että tietty tuote täyttää asetetut vaatimukset mittausjärjestelmän tai -laitteen tarkastuksessa ja merkintöjen osalta ja/tai antamalla todentamistodistuksen (VIM 2.44)

Lämpenemisaika: aika, joka kuluu siitä hetkestä, kun laitteeseen syötetään tehoa, siihen hetkeen, jona laite täyttää metrologiset vaatimukset (OIML R 99)

Nollaustoiminto tai -menettely: toiminto tai menettely, jolla laitteen indikaatio asetetaan nolnaan (OIML R99)

3. LAITTEEN JA MERKINNÄN KUVAUS

3.1. PN-PTI-mittauslaitteen kuvaus

PN-PTI-mittauslaitteen tärkeimmät osat ovat seuraavat:

- näytteenotin, joka vieään ajoneuvon pakoputkeen pakokaasunäytteen keräämistä varten
- näytteenottolinja, jolla näyte kuljetetaan laitteeseen (valinnainen)
- näytteen esivalmistelulaite, jolla näytteen korkeaa hiukkaspitoisuutta laimennetaan vakiolaimennuskertoimella ja/tai näytteestä poistetaan haihtuvat hiukkaset (valinnainen)
- tunnistuslaite/-laitteet kaasunäytteen PN-pitoisuuden mittaamiseksi; hiukkastunnistin saa esivakauttaa myös kaasun
- laite/laitteet kaasujen siirtämiseksi laitteen läpi; jos hiukkaset kulkevat tunnistinlaitteeseen suodattimen/suodattimien läpi, näiden ohjeiden mukaisten laskentahyötysuhdekriteerien on edelleen täytyttävä
- laite/laitteet, jolla/joilla estetään veden kondensoituminen näytteenottolinjaan ja laitteeseen; tämä voidaan myös toteuttaa esimerkiksi lämmittämällä linja korkeampaan lämpötilaan ja laimentamalla näyte tai hapettamalla (puoli)haihtuvat lajit
- suodatin/suodattimet, joka poistaa / jotka poistavat hiukkasia, jotka voivat aiheuttaa PN-PTI-mittauslaitteen herkkien osien kontaminaatiota; jos hiukkaset kulkevat tunnistinlaitteeseen tällaisten suodattimien läpi, näiden ohjeiden mukaisten laskentahyötysuhdekriteerien (ks. osio 4.7) on edelleen täytyttävä
- HEPA-suodatin/-suodattimet, jolla/joilla tuotetaan puhdasta ilmaa nollatasolle ja tarvittaessa nolla-asetusmenettelyille (molemmissa tapauksissa valinnainen)
- portit kentällä suoritettavaa todentamista varten ilman ja vertailuhiukkasnäytteiden syöttämiseksi silloin, kun käytetty teknologia sitä edellyttää
- ohjelmisto signaalin käsittelemiseksi, mukaan lukien näyttölaite, jolla näytetään mittaustulokset, ja lokitietolaite, jolla kerätään ja tallennetaan tietoja
- hallintatoiminto, jolla käynnistetään ja tarkistetaan laitteen toimintoja, ja puoliautomaattinen tai automaattinen säätötoiminto, jolla laitteen toimintaparametrit asetetaan määrättyihin rajoihin.

3.2. Merkintä

Kuten Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2014/32/EU liitteessä I¹ edellytetään, PN-PTI-mittauslaitteen merkintöjen on oltava pysyviä, siirtämättömiä ja helposti luettavia. Merkintöjen on sisällettävä seuraavat tiedot:

- (1) valmistajan nimi, rekisteröity tuotenimi tai rekisteröity tavaramerkki
- (2) valmistusvuosi
- (3) tyyppitarkistustodistuksen numero
- (4) tunnisteet

¹ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/32/EU, annettu 26 päivänä helmikuuta 2014, mittauslaitteiden asettamista saataville markkinoilla koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön yhdenmukaistamisesta (EUVL L 96, 29.3.2014, s. 149).

- (5) sähkövoimaa koskevat tiedot:
 - (a) jos virran lähteenä on verkkovirta: vaadittu verkon nimellisjännite, -taajuus ja -teho.
 - (b) jos virran lähteenä on ajoneuvon akku: vaadittu akun nimellisjännite ja -teho
 - (c) jos virran lähteenä on irrotettava sisäinen akku: akun tyyppi ja nimellisjännite
- (6) vähimmäisvirta ja (tarvittaessa) nimellisvirta
- (7) mittausalue
- (8) lämpötilan, paineen ja kosteuden toiminta-alue.

Jos kaikkia merkintöjä ei voida merkitä laitteeseen sen mittojen vuoksi, merkinnät on sisällytettävä laitteen ohjeisiin. On myös suositeltavaa, että merkintöihin sisällytetään säilytysolosuhteita koskevat raja-arvot (lämpötila, paine, kosteus).

Lisämerkinnästä on käytävä ilmi PN-PTI-mittauslaitteen viimeisimmän tarkastuksen päivämäärä.

Jos metrologisilla toiminnoilla varustettua PN-PTI-mittauslaitetta hallitaan ohjelmistolla, ohjelmiston on oltava lain mukainen ja sen tunnistetiedot on joko käytävä ilmi merkinnöistä tai oltava nähtävissä näyttölaitteessa.

3.3. Käyttöohjeet

Valmistajan on toimitettava kutakin laitetta koskevat käyttöohjeet sen maan kielellä tai kielillä, jossa laitetta aiotaan käyttää. Käyttöohjeissa on annettava seuraavat tiedot:

- yksiselitteiset ohjeet asennusta, huoltoa, korjauksia ja sallittuja säätöjä varten
- tarvittavat aikavälit ja menettelyt huoltoa, mukautuksia ja tarkastuksia varten suurimman sallitun virheen raja-arvojen noudattamiseksi
- kuvaus puhtaan ilman ja/tai vuodon testausmenettelystä
- tarvittaessa tiedot nollausmenettelystä
- ympäröivän ilman tai korkean PN-pitoisuuden mittausmenettely (valinnainen)
- enimmäis- ja vähimmäislämpötilat säilytykselle
- selvitys nimellisistä käyttöedellytyksistä (jotka on lueteltu osiossa 4.13) ja muista merkityksellisistä mekaanisista ja sähkömagneettisista käyttöolosuhteista
- käyttöympäristön lämpötila-alue, jos se ylittää nimellisissä käyttöedellytyksissä määritellyn lämpötila-alueen (osio 4.13)
- tarvittaessa tiedot yhteensopivuudesta apulaitteiden kanssa
- tiedot mahdollisista erityisistä käyttöedellytyksistä, esimerkiksi signaalin tai tiedon pituuden rajoittamisen tai erityisten ympäristön lämpötila- ja ilmanpainealueiden osalta
- tarvittaessa akun tekniset tiedot
- luettelo virheilmoituksista selityksineen.

4. METROLOGISET VAATIMUKSET

4.1. Mittaustuloksen ilmaiseminen

Laitteen on oltava seuraavien vaatimusten mukainen:

- laite ilmaisee PN-arvon tilavuutta kohti hiukkasten lukumääränä kuutiosenttimetriä kohti
- tämän yksikön on käytävä yksiselitteisesti ilmi indikaatiosta; yksikkömerkinnät ”#/cm³”, ”cm⁻³”, ”hiukkasta/cm³” ja ”1/cm³” ovat sallittuja.

4.2. Mittausalue

Laitteen on oltava seuraavien vaatimusten mukainen:

- vähimmäismittausalue, joka voidaan jakaa edelleen, on arvosta 5 000 1/cm³ (ala-alueen enimmäisarvo) arvoon kaksi kertaa PN-PTI-raja-arvo (ylä-alueen vähimmäisarvo)
- laite ilmoittaa mittausalueen ylittymisen näkyvästi (esim. varoitusviestillä tai vilkkuvalla numerolla)
- PN-PTI-mittauslaitteen valmistaja ilmoittaa mittausalueen, joka on tässä kohdassa määritellyn vähimmäisalueen mukainen; on suositeltavaa, että PN-PTI-mittauslaitteen näyttöalue on suurempi kuin mittausalue ja ulottuu nolasta vähintään viisinkertaiseen PN-PTI-raja-arvoon.

4.3. Näyttölaitteen tarkkuus (vain digitaalisille näyttölaitteille)

Laitteen on oltava seuraavien vaatimusten mukainen:

- PN-pitoisuuksien mittaustulokset yksikköineen näkyvät käyttäjälle luottavasti, selkeästi ja yksiselitteisesti
- digitaaliset numerot ovat vähintään 5 mm:n korkuisia
- näytön vähimmäisresoluutio on 1 000 1/cm³; kansallisen metrologisen laitoksen niin vaatiessa tyyppitarkastuksen / aluksi suoritettavan tarkastuksen / jälkeenpäin suoritettavan tarkastuksen aikana käytettävissä on vähintään 100 1/cm³:n resoluutio nollassa ja 50 000 1/cm³:n välillä.

4.4. Vasteaika

Laitteen on oltava seuraavien vaatimusten mukainen:

- PN-pitoisuuden mittaamista varten PN-PTI-mittauslaite, jossa on (mahdollinen) näytteenottolinja ja näytteen esivalmistelulaite, ilmoittaa 95 prosenttia viite-PN-näytteen lopullisesta arvosta 15 sekunnin kuluessa siitä, kun vaihto HEPA-suodattimella suodatetusta tai ympäröivästä ilmasta on tehty
- tässä testissä voidaan vaihtoehtoisesti käyttää kahta eri PN-pitoisuutta
- PN-PTI-mittauslaitteessa voi olla lokilaite, jolla tämän vaatimuksen täytyminen voidaan tarkistaa.

4.5. Lämpenemisaika

Laitteen on oltava seuraavien vaatimusten mukainen:

- PN-PTI-mittauslaite ei ilmoita mitattua PN-pitoisuutta lämpenemisaikana
- lämpenemisajan jälkeen PN-PTI-mittauslaite täyttää tässä osiossa esitetyt metrologiset vaatimukset.

4.6. Suurin sallittu virhe (MPE):

Suurin sallittu virhe (Maximum permissible error, MPE) määräytyy suhteessa todelliseen pitoisuuteen (MPE_{rel}) tai absoluuttiseen pitoisuuteen (MPE_{abs}) sen mukaan, kumpi on suurempi.

- Viitekäyttöedellytykset (ks. osio 4.13): MPE_{rel} on 25 % todellisesta pitoisuudesta mutta ei pienempi kuin MPE_{abs}
- Nimelliset käyttöedellytykset (ks. osio 4.13): MPE_{rel} on 50 % todellisesta pitoisuudesta mutta ei pienempi kuin MPE_{abs}
- Häiriöt (ks. osio 4.14): MPE_{rel} on 50 % todellisesta pitoisuudesta mutta ei pienempi kuin MPE_{abs}

MPE_{abs} -arvoksi suositellaan enintään 25 000 1/cm³.

4.7. Hyötysuhdevaatimukset

Laskentahyötysuhdetta koskevat vaatimukset on lueteltu alla:

| | Hiukkaskoko geometrinen keskihalkaisija [nm] | Laskentahyötysuhde [-] |
|-------------|---|-------------------------------|
| Vaaditaan | 23 ± 5 % | 0,2–0,6 |
| Valinnainen | 30 ± 5 % | 0,3–1,2 |
| Vaaditaan | 50 ± 5 % | 0,6–1,3 |
| Vaaditaan | 70 tai 80 ± 5 % | 0,7–1,3 |
| Valinnainen | 100 ± 5 % | 0,7–1,3 |
| Valinnainen | 200 ± 10 % | 0,5–3,0 |

- Laskentahyötysuhde määritetään tasamolekyylisillä hiukkasilla, joiden koot on määritelty tässä osiossa, tai erimolekyylisillä hiukkasilla, joiden geometrinen keskihalkaisija (geometric mean diameter, GMD) on määritelty tässä osiossa ja joiden geometrinen keskihajonta (geometric standard deviation, GSD) on enintään 1,6.
- Laskentahyötysuhdetesteissä käytettävän vähimmäispitoisuuden on oltava suurempi kuin PN-PTI-mittauslaitteen mittausalueen alempi arvo jaettuna tässä osiossa kullekin hiukkaskoolle määritetyllä alhaisemmalla laskentahyötysuhteella. Esimerkiksi kun mittausalueen alempi arvo on $5\,000\ 1/\text{cm}^3$ ja hiukkaskoko 23 nm, vertailujärjestelmän mittaaman hiukkaspitoisuuden on oltava vähintään $25\,000\ 1/\text{cm}^3$.
- Laskentatehokkuustestit suoritetaan viitekäyttöedellytysten mukaisissa olosuhteissa (ks. osio 4.13) termisesti vakailta ja nokimaisilla hiukkasilla. Mahdollinen hiukkasten neutralointi ja/tai kuivaaminen on tehtävä ennen jakamista vertailu- ja testilaitteeseen/-laitteisiin. Jos testataan tasamolekyylisiä hiukkasia, korjaus moninkertaisesti varautuneiden hiukkasten osalta saa olla enintään 10 prosenttia (ja se raportoidaan).
- Vertailuinstrumentti on jäljitettävä Faradayn kuppi -elektrometri tai jäljitettävä hiukkaslaskuri, jonka laskentahyötysuhde on yli 0,5, kun koko on 10 nm (yhdistettynä jäljitettävään laimentimeen, jos se on erimolekyylisten hiukkasten osalta tarpeen). Vertailujärjestelmän, mukaan lukien mahdollinen laimennin, laajennettu mittausepävarmuus on alle 12,5 prosenttia, mutta mieluiten enintään kolmasosa suurimmasta sallitusta virheestä viitekäyttöedellytysten mukaisissa olosuhteissa;
- Jos PN-PTI-mittauslaitteessa on sisäinen mukautuskerroin, sen on pysyttävä samana (kiinteänä) kaikissa tässä kappaleessa kuvatuissa testeissä.
- PN-PTI-mittauslaitteen on kokonaisuudessaan (esimerkiksi mahdollinen näytteenotin ja näytteenottolinja mukaan lukien) täytettävä laskentatehokkuutta koskevat vaatimukset. Valmistajan pyynnöstä PN-PTI-mittauslaitteen laskentahyötysuhteet voidaan testata erillisissä osissa edustavissa olosuhteissa laitteen sisällä. Tässä tapauksessa PN-PTI-mittauslaitteen hyötysuhde (eli kaikkien osien hyötysuhteiden tulo) täyttää laskentahyötysuhdetta koskevat vaatimukset.

4.8. Lineaarisuusvaatimukset

Lineaarisuustestauksen osalta on noudatettava seuraavia vaatimuksia:

- Koko PN-PTI-mittauslaitteen lineaarisuus testataan termisesti vakailta erimolekyylisillä nokimaisilla hiukkasilla, joiden GMD on $70 \pm 10\ \text{nm}$ ja GSD enintään 1,6.
- Vertailulaite on jäljitettävissä oleva hiukkaslaskuri, jonka laskentahyötysuhde on yli 0,5, kun koko on 10 nm. Vertailulaitteeseen voi kuulua jäljitettävissä oleva laimennin suurien pitoisuuksien mittaamiseksi, mutta koko vertailujärjestelmän (laimennin + hiukkaslaskuri) laajennettu mittausepävarmuus on alle 12,5 prosenttia, mutta mieluiten enintään kolmasosa suurimmasta sallitusta virheestä viitekäyttöedellytysten mukaisissa olosuhteissa;

- Lineaarisuustestit suoritetaan vähintään yhdeksällä eri pitoisuudella, jotka kuuluvat mittausalueeseen, ja viitekäyttöedellytysten mukaista suurinta sallittua virhearvoa noudatetaan (ks. osio 4.6).
- On suositeltavaa sisällyttää testauspitoisuuksiin mittausalueen alempi arvo, sovellettava PN-PTI-raja ($\pm 10\%$), kaksi kertaa PN-PTI-raja ($\pm 10\%$) ja PN-PTI-raja kertaa 0,2. Vähintään yhden pitoisuuden on oltava PN-PTI-rajaa ja mittausalueen suuremman arvon välillä. Lisäksi vähintään kolmen pitoisuuden on jakauduttava tasaisesti sen pisteen välillä, jossa suurin sallittu virhe muuttuu absoluuttisesta suhteelliseksi, ja PN-PTI-rajaa välillä.
- Jos laitetta testataan osissa, lineaarisuustarkistus voidaan rajata hiukkastunnistimeen, mutta muiden osien laskentahyötysuhteet on otettava huomioon virhelaskennassa.

Seuraavassa esitetään yhteenveto lineaarisuusvaatimuksista:

| Valvontapaikka | Viite | Testattujen pitoisuuksien vähimmäismäärä | Suurin sallittu virhe |
|---------------------------------|---|--|--|
| Kansallinen metrologinen laitos | Jäljitettävissä oleva hiukkaslaskuri ja jäljitettävissä oleva laimennin | 9 | Viitekäyttöedellytykset (ks. osio 4.6) |

4.9. Nollataso

Nollapiste testataan HEPA-suodattimella. Nollataso on PN-PTI-mittauslaitteen, jonka sisääntulossa on HEPA-suodatin, keskimääräinen signaali vähintään 15 sekunnin ajan vähintään 15 sekunnin vakautusjakson jälkeen. Suurin sallittu nollataso on $5\,000\ 1/\text{cm}^3$.

4.10. Haihtuvien hiukkasten poiston hyötysuhde

Haihtuvien hiukkasten poiston hyötysuhdetestauksen osalta on varmistettava, että järjestelmällä voidaan poistaa yli 95 % tetrakontaanihiukkasista ($\text{C}_{40}\text{H}_{82}$), joiden sähköisen liikkuvuuden koko on $30\ \text{nm} \pm 5\%$ ja pitoisuus $10\,000\text{--}30\,000\ 1/\text{cm}^3$. Mahdollinen tetrakontaanihiukkasten neutralointi on tehtävä ennen jakamista vertailu- ja testilaitteeseen/-laitteisiin. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää erimolekyylisiä tetrakontaanihiukkasita, joiden GMD on $30\text{--}35\ \text{nm}$ ja kokonaispitoisuus $50\,000\text{--}150\,000\ 1/\text{cm}^3$. Molemmissa tapauksissa (testaaminen joko tasa- tai erimolekyylisillä tetrakontaanihiukkasilla) vertailujärjestelmä täyttää osiossa 4.8 kuvatut vaatimukset.

Tässä jaksossa kuvattua suuremmalla tetrakontaanipartikkelikoolla (tasamolekyyliset hiukkaset) tai GMD:llä (erimolekyyliset hiukkaset) ja/tai korkeammilla tetrakontaanipitoisuuksilla suoritettu haihtuvien hiukkasten poiston hyötysuhdetestaus voidaan hyväksyä vain, jos PN-PTI-mittauslaite läpäisee testin (poistohyötysuhde on yli 95 %).

4.11. Vakaus ajan tai ryöminän osalta

PN-PTI-mittauslaitetta käytetään vakaustestissä valmistajan käyttöohjeiden mukaisesti. Laitteen vakaustestauksen osalta on varmistettava, että PN-PTI-laitteen toteuttamat mittaukset, jotka on toteutettu vakaassa käyttöympäristössä, ovat viitekäyttöedellytysten mukaisen suurimman sallitun virheen rajoissa (ks. osio 4.6). PN-PTI-mittauslaitteelle ei voida tehdä mukautuksia vakaustestin aikana.

Jos mittari on varustettu ryöminän kompensointitoiminnolla, kuten automaattisella nollauksella tai automaattisella sisäisellä mukautuksella, kyseiset mukautukset eivät tuota indikaatioita, jotka voidaan sekoittaa ulkoisen kaasun mittaukseen. Vakaustmittauksia tehdään vähintään 12 tunnin ajan (ei välttämättä yhtäjaksoisesti), ja nimellispitoisuus on vähintään 100 000 1/cm³. Vertailu viitelaitteeseen (jota koskevat samat vaatimukset kuin osiossa 4.8 kuvattua viitejärjestelmää) tehdään vähintään joka tunti. Nopeutettu kolmen tunnin vakaustesti, jossa nimellispitoisuus on vähintään 10 000 000 1/cm³, on sallittu. Tässä tapauksessa vertailu viitelaitteeseen tehdään joka tunti, mutta nimellispitoisuus on 100 000 1/cm³.

4.12. Toistettavuus

Toistettavuustestauksen osalta on varmistettava, että saman henkilön samalla laitteella suhteellisen lyhyin väliajoin suorittaman saman PN-vertailunäytteen 20 peräkkäisen mittauksen 20 tuloksen kokeellinen keskihajonta on enintään kolmasosa edustavan näytteen (viitekäyttöedellytysten mukaisesta) suurimmasta sallitusta virheestä. Toistettavuus testataan nimellispitoisuudella, joka on vähintään 100 000 1/cm³. Kahden peräkkäisen mittauksen välillä PN-PTI-mittauslaitteeseen syötetään HEPA-suodatettua ilmaa tai ympäröivää ilmaa.

4.13. Vaikutussuureet

- Viitekäyttöedellytykset on esitetty alla. ”Viitekäyttöedellytyksille” määritettyä suurinta sallittua virhettä sovelletaan (ks. osio 4.6).

| | |
|----------------------|--|
| Ympäristön lämpötila | 20 °C ± 2 °C |
| Suhteellinen kosteus | 50 % ± 20 % |
| Ilmanpaine | Vakaa ympäristön ilmanpaine (± 10 hPa) |
| Verkkojännite | Nimellisjännite ± 5 % |
| Verkkotaajuus | Nimellistaajuus ± 1 % |
| Tärinä | Ei ole / merkityksetön |
| Akun jännite | Akun nimellisjännite |

- Nimellisten käyttöedellytysten testauksen vähimmäisvaatimukset on esitetty alla. ”Nimellisille käyttöedellytyksille” määritettyä suurinta sallittua virhettä sovelletaan (ks. osio 4.6).

| | |
|--|---|
| Ympäristön lämpötila (IEC 60068-2-1, IEC 60068-2-2, IEC 60068-3-1) | +5 °C:sta (mittaustasoindeksi 2 OIML D11:n mukaan) (tai vähemmän valmistaja ilmoituksen mukaisesti) +40 °C:een (mittaustasoindeksi 1 OIML D11:n mukaan) (tai enemmän valmistajan ilmoituksen mukaisesti); kun PN-PTI-mittauslaitteen kriittiset sisälämpötilat ovat alueen ulkopuolella, laite ei ilmoita mitattua arvoa ja antaa varoituksen |
| Suhteellinen kosteus (IEC 60068-2-78, IEC 60068-3-4, IEC 60068-2-30) | Enintään 85 %, ei tiivistymistä (mittaustasoindeksi 1 OIML D11:n mukaan) |

| | |
|---|--|
| | (käytettäessä sisällä) Enintään 95 % tiivistyvä (käytettäessä ulkona) |
| Ilmanpaine | 860–1060 hPa |
| Verkkojännite (IEC 61000-2-1, IEC 61000-4-1) | -15 – +10 % nimellisjännitteestä (mittaustasoindeksi 1 OIML D11:n mukaan) |
| Verkkotaajuus (IEC 61000-2-1, IEC 61000-2-2, IEC 61000-4-1) | ± 2 % nimellistaajuudesta (mittaustasoindeksi 1 OIML D11:n mukaan) |
| Ajoneuvon akun jännite (ISO 16750-2) | 12 V:n akku: 9–16 V; 24 V:n akku: 16–32 V |
| Sisäisen akun jännite | Valmistajan ilmoittama pienjännite, joka on enimmillään määritellyn tyyppisen uuden tai täyteen ladatun akun jännite |

4.14. Häiriöt

Häiriöiden osalta määriteltyjä suurimpia sallittuja virhearvoja koskevissa tiedoissa annettuja merkittäviä virheitä (ks. osio 4.6) ei pitäisi esiintyä, tai ne on havaittava ja niihin on puututtava tarkastustoimintojen avulla, jos seuraavat häiriöitä koskevat vähimmäisedellytykset toteutuvat:

| | |
|---|---|
| Mekaaninen isku (IEC 60068-2-31) | Kädessä pidettävä: yksi 1 m:n putoaminen kullekin alareunalle Siirrettävä: yksi 25 mm:n putoaminen kullekin alareunalle (mittaustasoindeksi 1 OIML D11:n mukaan) |
| Tärinä vain kädessä pidettävien laitteiden osalta (IEC 60068-2-47, IEC 60068-2-64, IEC 60068-3-8) | 10–150 Hz, $1,6 \text{ ms}^{-2}$, $0,05 \text{ m}^2\text{s}^{-3}$, -3 dB/oktaavia (mittaustasoindeksi 1 OIML D11:n mukaan) |
| Vaihtovirtajännitteen laskut, lyhyet katkokset ja alenemat (IEC 61000-4-11, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2) | 0,5 jaksoa – lasku 0 %:iin 1 jakso – lasku 0 %:iin 25/30 (*) jaksoa – lasku 70 %:iin 250/300 (*) jaksoa – lasku 0 %:iin (*) 50 Hz / 60 Hz (mittaustasoindeksi 1 OIML D11:n mukaan) |
| Purske (lyhytkestoiset) vaihtoverkkovirralla (IEC 61000-4-4) | Amplitudi 2 kV Toistotiheys 5 kHz (mittaustasoindeksi 3 OIML D11:n mukaan) |

| | |
|--|--|
| Purske (lyhytkestoiset) signaali-, data- ja ohjauslinjoissa (IEC 61000-4-4) | Amplitudi 1 kV Toistotiheys 5 kHz (mittaustasoindeksi 3 OIML D11:n mukaan) |
| Ylijänniteaallot vaihtoverkkovirtalinjoissa (IEC 61000-4-5) | Pääjännite 1,0 kV Vaiheen ja maan välinen jännite 2,0 kV (mittaustasoindeksi 3 OIML D11:n mukaan) |
| Ylijänniteaallot signaali-, data- ja ohjauslinjoissa (IEC 61000-4-5) | Pääjännite 1,0 kV Vaiheen ja maan välinen jännite 2,0 kV (mittaustasoindeksi 3 OIML D11:n mukaan) |
| Staattinen purkaus (IEC 61000-4-2) | 6 kV:n kosketuspurkaus 8 kV:n purkaus ilmassa (mittaustasoindeksi 3 OIML D11:n mukaan) |
| Säteilevät radiotaajuiset sähkömagneettiset kentät (IEC 61000-4-3, IEC 61000-4-20) | 80 (26*) MHz, enintään 6 GHz, 10 V/m (mittaustasoindeksi 3 OIML D11:n mukaan) * Ilman kaapelointia testattavan laitteen alempi taajuusraja on 26 Mhz |
| Johtuvat radiotaajuiset kentät (IEC 61000-4-6) | 0,15–80 MHz, 10 V (lähdejännite, emf) (mittaustasoindeksi 3 OIML D11:n mukaan) |
| Magneettikenttien verkkotaajuus (IEC 61000-4-8) | Jatkuva 100 A/m Lyhyt kesto 1000 A/m 1 s:n ajan (mittaustasoindeksi 5 OIML D11:n mukaan) |
| Jos laitteen virranlähteenä on ajoneuvon akku: | |
| Jännitehuippujen johtuminen syöttölinjoja pitkin | Pulssit 2a, 2b, 3a, 3b, mittaustaso IV (ISO 7637-2) |
| Jännitehuippujen johtuminen muilla tavoin kuin syöttölinjoja pitkin | Pulssit a ja b, testitaso IV (ISO 7637-3) |
| Load dump -muutos | Testi B (ISO 16750-2) |

5. TEKNISET VAATIMUKSET

5.1. Kokoonpano

Laitteen on täytettävä seuraavat vaatimukset:

- Kaikki raakapakokaasun ja laimennetun pakokaasun kanssa kosketuksissa olevat osat pakoputkesta hiukkastunnistimeen on valmistettu korroosionkestävästä materiaalista

eivätkä vaikuta kaasunäytteen koostumukseen. Näytteenottimen materiaali kestää pakokaasun lämpötilan.

- PN-PTI-mittauslaitteessa on sovellettu hyviä hiukkasnäytteenottokäytäntöjä hiukkahävikin minimoimiseksi.
- Näytteenotin on suunniteltu siten, että se voidaan viedä vähintään 0,2 metrin pituudelta (vähintään 0,05 metrin pituudelta perustelluissa poikkeustapauksissa) ajoneuvon pakoputkeen ja pitää paikallaan lukituslaitteella riippumatta asetussyvyydestä ja pakoputken muodosta, koosta ja seinämän paksuudesta. Näytteenottimen rakenne edesauttaa näytteenottoa näytteenottimen sisääntulokohdassa välttämällä kosketuksen pakoputken seinämän kanssa.
- Laitteessa on joko osa, joka estää veden tiivistymisen näytteenotto- ja mittauskomponentteihin, tai tunnistin, joka antaa hälytyksen ja estää laitetta antamasta mittaustulosta. Veden tiivistymisen estäviä osia tai tekniikoita ovat esimerkiksi näytteenottolinjan kuumentaminen tai ympäröivällä ilmalla tapahtuva laimentaminen näytteenottimen lähellä.
- Jos mittaustekniikka vaatii mukautusviitteen, laitteessa on yksinkertainen toiminto tällaisen näytteen tuottamiseen (esimerkiksi näytteenotto-/mukautus-/tarkistusportti).
- Kun laimennusyksikkö sisältyy PN-PTI-mittauslaitteeseen, laimennuskerroin pysyy vakiona mittauksen aikana.
- Pakokaasua välittävä osa on kiinnitetty siten, ettei sen tärinä vaikuta mittauksiin. Käyttäjä voi kytkeä sen päälle ja pois päältä erillään muista laitteen komponenteista. Mittausta ei kuitenkaan voida tehdä, kun se kytketään pois päältä. Kaasunkäsittelyjärjestelmä on huuhdeltava automaattisesti ympäröivällä ilmalla, ennen kuin pakokaasua välittävä osa kytketään pois päältä.
- Laitteessa on osa, joka ilmoittaa, milloin kaasun virtausnopeus on vähimmäisvirtausta alhaisempi, ja virtaus laskee siten tasolle, joka saa tunnistimen lukeman ylittämään joko vasteajan tai suurimman sallitun virheen viitekäyttöödellytysten mukaisissa olosuhteissa (katso kohtaa 4.f). Lisäksi, käytetystä teknologiasta riippuen, hiukkastunnistimessa on lämpötila-, virta- tai jänniteantureita tai muita antureita, jotka valvovat PN-PTI-mittauslaitteen toiminnan kannalta kriittisiä parametreja näissä ohjeissa määriteltyjen suurimman sallitun virheen raja-arvojen noudattamiseksi.
- Näytteen esivakauttamislaitteen (jos sitä käytetään) on oltava siinä määrin ilmatiivis, että laimennusilman vaikutus mittaustuloksiin on enintään $5\ 000\ 1/\text{cm}^3$.
- Laitteessa voi olla liitäntä, jonka avulla se voidaan kytkeä mihin tahansa oheislaitteeseen/-laitteisiin tai muuhun laitteeseen / muihin laitteisiin, kunhan oheislaitteet, muut toisiinsa kytketyt laitteet tai liitäntään vaikuttavat häiriöt eivät vaikuta laitteen/laitteiden metrologisiin toimintoihin tai sen/niiden mittaustietoihin. Liitännän kautta suoritettavat tai käynnistetyt toiminnot täyttävät asiaa koskevat vaatimukset ja ehdot. Jos laite on liitetty datatulostimeen tai ulkoiseen tiedontallennuslaitteeseen, tiedonsiirto laitteesta tulostimeen on suunniteltu siten, että tuloksia ei voida väärentää. Asiakirjan tulostaminen tai mittaustietojen tallentaminen ulkoiseen laitteeseen (laillista tarkoitusta varten) ei ole mahdollista, jos laitteen tarkastustoiminto/-toiminnot havaitsee/havaitsevat merkittävän vian tai toimintahäiriön. PN-PTI-mittauslaitteen liitäntä täyttää OIML D 11:n ja OIML D 31:n vaatimukset.

- Laitteen raportointitaajuus on vähintään 1 Hz.
- Laite on suunniteltu hyvän teknisen käytännön mukaisesti siten, että hiukkasten laskentahyötysuhteet pysyvät vakaina koko testin ajan.
- PN-PTI-mittauslaite tai laite, jossa on asianmukainen ohjelmisto, mahdollistaa osiossa 7 kuvatussa mittausmenettelyssä määritellyn lokikirjausajan ja raportoi mittauslukeman ja testituloksen mittausmenettelyn mukaisesti.
- PN-PTI-mittauslaite tai laite, jossa on asianmukainen ohjelmisto, opastaa käyttäjää osiossa 7 kuvatun mittausmenettelyn vaiheissa.
- Vaihtoehtoisesti PN-PTI-mittauslaite tai laite, jossa on asianmukainen ohjelmisto, voi laskea käyttötunnit mittaustilassa.

5.2. Oikean toiminnan varmistamista koskevat vaatimukset

- Jos yksi tai useampi häiriö havaitaan automaattisten itsetarkistustoimintojen avulla, näiden toimintojen moitteeton toiminta on voitava tarkistaa.
- Laitetta ohjataan automaattisella tarkistustoiminnolla, joka varmistaa ennen mittauslukeman ilmoittamista tai tulostamista, että kaikkien mukautusten ja kaikkien muiden tarkistustoimintojen parametrien arvot tai tilat ovat oikein (eli rajojen sisällä).
- Seuraavat tarkistukset on integroitu:
 - (1) PN-PTI-mittauslaite valvoo automaattisesti ja jatkuvasti parametreja, joilla on merkittävä vaikutus käytettyyn mittausperiaatteeseen (esim. näytteen virtaamaa, tunnistimen lämpötilaa); jos esiintyy poikkeamia, jotka eivät ole hyväksyttäviä, mitattua arvoa ei näytetä; jos PN-PTI-mittauslaite vaatii väliainetta, mittausten tekeminen ei ole mahdollista, jos sen taso ei ole riittävä
 - (2) muistitesti, jolla tarkistetaan tärkeimpien laitteistojen ohjelmisto ja toiminta selkeästi (automaattisesti jokaisen kytkennän jälkeen, ja sen jälkeen viimeistään jokaisen vuorokaudenvaihtumisen jälkeen)
 - (3) puhtaan ilman tai vuodon testausmenettely, jolla havaitaan suurin sallittu vuoto (vähintään osana jokaista itsetestausta; suositeltava ennen jokaista mittausta); jos mitattu arvo on suurempi kuin $5\ 000\ 1/\text{cm}^3$, laite ei anna käyttäjän jatkaa mittausta
 - (4) jos mittausperiaate sitä edellyttää, HEPA-suodattimella tehtävä nollausmenettely PN-PTI-mittauslaitteen sisääntulossa (vähintään osana jokaista itsetestausta; suositeltava ennen jokaista mittausta)
- PN-PTI-mittauslaitteeseen voi vaihtoehtoisesti kuulua ennen puhtaan ilman tai vuodon testausmenettelyä tehtävä ilman tai korkean PN-pitoisuuden mittausmenettelyn tarkastus, jossa PN-PTI-mittauslaite havaitsee ennalta määritettyä PN-pitoisuutta enemmän hiukkasia.
- Jos laitteessa on automaattinen tai puoliautomaattinen mukautustoiminto, käyttäjä voi tehdä mittauksen vasta, kun asianmukaiset mukautukset on tehty.
- Jos laitteessa on puoliautomaattinen mukautustoiminto, käyttäjä ei voi tehdä mittausta, kun mukautusta tarvitaan.
- Sekä automaattisella että puoliautomaattisella mukautustoiminnolla varustetussa laitteessa voi olla toiminto, joka varoittaa vaaditusta mukautuksesta.

- Laitteessa on tehokkaat tiivistimet kaikissa sen osissa, joita ei ole muulla tavoin olennaisesti suojattu toiminnoilta, jotka voivat vaikuttaa laitteen tarkkuuteen tai eheyteen. Tätä sovelletaan erityisesti seuraaviin: a) mukauttamistoiminnot, b) ohjelmiston eheys (ks. myös OIML D 31:n normaalia riskitasoa tai WELMEC 7.2:n riskiluokkaa C koskevat vaatimukset).
- Oikeudellisesti merkityksellinen ohjelmisto on selkeästi yksilöity. Tunniste näytetään tai tulostetaan a) komennolla tai b) käytön aikana tai c) käynnistettäessä, kun kyseessä on mittauslaite, joka voidaan kytkeä pois päältä ja uudelleen päälle. Kaikkia OIML D 31:n normaalia riskitasoa tai WELMEC 7.2:n riskiluokkaa C koskevia asiaankuuluvia säännöksiä sovelletaan.
- Ohjelmisto on suojattu siten, että kaikki toimet (esim. ohjelmistopäivitykset, parametrimuutokset) rekisteröidään. Kaikkia OIML D 31:n normaalia riskitasoa tai WELMEC 7.2:n riskiluokkaa C koskevia asiaankuuluvia säännöksiä sovelletaan.
- Laitteen metrologisiin ominaisuuksiin ei saa liiallisesti vaikuttaa toisen laitteen liittäminen siihen eikä kytketyn laitteen mikään ominaisuus eikä mikään etälaite, joka on yhteydessä mittauslaitteeseen (direktiivin 2014/32/EU liite I).
- Akkukäyttöinen laite toimii oikein määritetyn tyyppisillä uusilla tai täyteen ladatuilla akuilla ja joko jatkaa toimintaansa oikein tai ei ilmoita mitään arvoja, kun jännite alittaa valmistajan määrittämän arvon. Ajoneuvojen akkujen jänniterajat on määritelty nimellisissä käyttöedellytyksissä (ks. osio 4.13).

6. METROLOGINEN VALVONTA

Metrologisia vaatimuksia testataan kolmessa eri vaiheessa:

- Tyypitarkastus
- Aluksi suoritettava tarkistus
- Jälkeenpäin suoritettu tarkastus

6.1. Tyypitarkastus

Jaksossa 4 määritettyjen metrologisten vaatimusten ja jaksossa 5 määritettyjen teknisten vaatimusten mukaisuus tarkistetaan vähintään yhdestä PN-PTI-mittauslaitteesta, joka edustaa lopullista laitetyyppiä. Testit tekee kansallinen metrologinen laitos.

6.2. Aluksi suoritettava tarkistus

Valmistajan valitsema laitevalmistaja tai ilmoitettu laitos tekee alkutarkastuksen jokaiselle valmistetulle PN-PTI-mittauslaitteelle.

Alkutarkastuksessa tehdään lineaarisuustesti polydispersiivisillä hiukkasilla, joiden kokojakauma on monomodaalinen, $GMD 70 \pm 20$ nm ja GSD enintään 2,1. Lineaarisuustesti tehdään viidelle PN-vertailunäytteelle. Viitekäyttöedellytysten suurinta sallittua virhettä sovelletaan (ks. 4.6 kohta). Viiden PN-vertailunäytteen pitoisuus on PN-PTI-rajaa viidenneksestä kaksinkertaiseen PN-PTI-rajaan (mukaan lukien nämä kaksi pitoisuutta, ± 10 %) ja sisältää myös PN-PTI-rajaa (± 10 %).

Vertailujärjestelmä koostuu jäljitettävissä olevasta hiukkaslaskurista, jonka laskentahyötysuhde on vähintään 0,5, kun koko on 23 nm, tai joka on 4.7 kohdan mukainen. Hiukkaslaskuriin voi kuulua jäljitettävissä oleva laimennin. Koko vertailujärjestelmän laajennettu mittaasepävarmuus on alle 12,5 prosenttia, mutta mieluiten enintään kolmasosa suurimmasta sallitusta virheestä viitekäyttöedellytysten mukaisissa olosuhteissa.

Alkutarkastuksessa käytetty materiaali on termisesti vakaata ja noen kaltaista. Muita materiaaleja (esim. suola hiukkasia) voidaan käyttää.

Vastaava kansallinen metrologinen laitos testaa alkutarkastuksessa käytetyn koelaitteiston kokonaisuudessaan (hiukkasgeneraattori, PN-PTI-mittauslaite ja vertailujärjestelmä) (mieluiten PN-PTI-mittauslaitteen tyyppitarkastuksen aikana), ja kansallisen metrologisen laitoksen tyyppitarkastustestille määritetään laitteiston korjauskerroin. Laitteiston korjauskertoimessa otetaan huomioon tyyppitarkastuksen ja alkutarkastuksen testien väliset erot, jotka johtuvat esimerkiksi hiukkasmateriaalista ja hiukkaskokojakaumasta sekä eri vertailulaitteista. Laitteiston korjauskertoimen olisi oltava vakio edellä mainitulla pitoisuusalueella (variaatiokerroin alle 10 %), ja sen suositellaan olevan alueella 0,65–1,5. Kun vertailujärjestelmä tai hiukkasgeneraattori vaihtuu, vastaava kansallinen metrologinen laitos testaa uudelleen alkutarkastuksen koelaitteiston.

Seuraavassa esitetään yhteenveto alkutarkastuksen lineaarisuusvaatimuksista:

| Valvontapaikka | Vertailulaite | Pitoisuuksien vähimmäismäärä | Suurin sallittu virhe |
|--|---|------------------------------|---|
| Valmistaja tai valmistajan valitsema ilmoitettu laitos | Jäljitettävissä oleva hiukkaslaskuri (ja mahdollisesti jäljitettävissä oleva laimennin) | 5 | Viitekäyttöedellytykset (ks. 4.6 kohta) |

Alkutarkastuksen aikana tehtäviin lisätesteihin kuuluvat seuraavat:

- silmämääräinen tarkastus sen määrittämiseksi, onko laite hyväksytyyn PN-PTI-mittauslaitetyypin mukainen
- virransyötön jännitteen ja taajuuden tarkastaminen käyttöpaikalla sen määrittämiseksi, ovatko ne mittauslaitteen merkinnässä esitettyjen eritelmien mukaisia
- puhtaan ilman tai vuodon testi (käyttöohjeiden kuvauksen mukaisesti)
- nollatason testi (ks. 4.9 kohta), jos se poikkeaa puhtaan ilman tai vuodon testistä
- vähäisen kaasuvirtauksen tarkastus rajoittamalla näytteenottoimeen syötettävää kaasuvirtaa
- vasteajan tarkastus.

Vaihtoehtoisesti voidaan tehdä korkeaa PN-pitoisuutta, laskentahyötysuhdetta ja toistettavuutta koskevat testit.

6.3. Jälkeenpäin suoritettu tarkastus

PN-PTI-mittauslaitteen tarkkuus olisi tarkastettava jälkikäteen aina, kun laitteen valmistaja sitä vaatii, ja joka tapauksessa viimeistään vuoden kuluttua viimeisimmästä tarkastuksesta. Jälkitarkastus on testi, joka tehdään kolmelle eri polydispersiivisten hiukkasten pitoisuudelle, kun hiukkasten kokojakauma on monomodaalinen, $GMD 70 \pm 20 \text{ nm}$ ja GSD enintään 2,1. Nimellisten käyttöedellytysten suurinta sallittua virhettä sovelletaan. Testissä käytetyt

pitoisuudet ovat viidennes PN-PTI-rajasta, PN-PTI-rajaa ja kaksi kertaa PN-PTI-rajaa (pitoisuudet 20 %:n sisällä).

Jälkitarkastus voidaan tehdä joko i) valmistajan tai valmistajan valitseman ilmoitetun laitoksen tiloissa tai ii) PN-PTI-mittauslaitteen käyttöpaikassa.

Kun jälkitarkastus tehdään valmistajan tai valmistajan valitseman ilmoitetun laitoksen tiloissa käyttäen samaa hyväksyttyä alkutarkastuksen laitteistoa, sovelletaan samaa laitteiston korjauskerrointa.

Kun jälkitarkastus tehdään PN-PTI-mittauslaitteen käyttöpaikassa, kannettavaan laitteistoon kuuluu kannettava hiukkasgeneraattori ja kannettava vertailujärjestelmä (jäljitettävissä oleva hiukkaslaskuri ja mahdollisesti jäljitettävissä oleva laimennin).

Kannettavan hiukkasgeneraattorin tuottaman hiukkaskokojakauman on täytettävä 6.2 kohdassa määritellyt GMD- ja GSD-vaatimukset yhteensä vähintään kolmen tunnin ajan kolmelle eri päivälle jaoteltuna samoissa olosuhteissa, joita käytetään kentällä. Tämä testi on toistettava vähintään kerran vuodessa.

Kannettava vertailujärjestelmä täyttää samat vaatimukset kuin alkutarkastuksen lineaarisuustesteissä käytetyt vertailujärjestelmät (ks. 6.2 kohta), mutta sen laajennettu epävarmuus nimellisten käyttöedellytysten mukaisissa olosuhteissa on alle 20 prosenttia, mutta mieluiten enintään kolmasosa suurimmasta sallitusta virheestä nimellisten käyttöedellytysten mukaisissa olosuhteissa.

Vastaava kansallinen metrologinen laitos testaa jälkitarkastuksessa käytetyn kannettavan koelaitteiston kokonaisuudessaan (kannettava hiukkasgeneraattori, PN-PTI-mittauslaite ja vertailujärjestelmä), ja kansallisen metrologisen laitoksen tyyppitarkastustestille määritetään laitteiston korjauskerroin. Laitteiston korjauskertoimessa otetaan huomioon tyyppitarkastuksen ja jälkitarkastuksen testien väliset erot, jotka johtuvat esimerkiksi hiukkasmateriaalista ja hiukkaskokojakaumasta sekä eri vertailulaitteista. Laitteiston korjauskertoimen olisi oltava vakio jälkitarkastuksen testien pitoisuusalueella (variaatiokerroin alle 10 %), ja sen suositellaan olevan alueella 0,65–1,5. Kun kannettava vertailujärjestelmä tai kannettava hiukkasgeneraattori vaihtuu, tarvitaan kansalliselta metrologiselta laitokselta uusi hyväksyntä.

Seuraavassa esitetään yhteenveto jälkitarkastuksen lineaarisuusvaatimuksista:

| Valvontapaikka | Vertailulaite | Pitoisuuksien vähimmäismäärä | Suurin sallittu virhe |
|---|---|------------------------------|---|
| Valmistajan tai ilmoitetun laitoksen tilat tai kenttä | Jäljitettävissä oleva hiukkaslaskuri (ja mahdollisesti jäljitettävissä oleva laimennin) | 3 | Nimelliset käyttöedellytykset (ks. 4.6 kohta) |

Jälkitarkastuksen aikana tehtäviin lisätesteihin kuuluvat seuraavat:

- silmämääräinen tarkastus edellisen tarkastuksen pätevyiden ja kaikkien vaadittujen leimojen, sinettien ja asiakirjojen olemassaolon määrittämiseksi
- puhtaan ilman tai vuodon testi (sellaisena kuin se on kuvattu käyttöohjeissa)
- nollatason testi (ks. 4.9 kohta), jos se poikkeaa puhtaan ilman tai vuodon testistä

- vähäisen kaasuvirtauksen tarkastus rajoittamalla näytteenottoimeen syötettävää kaasuvirtaa
- vasteajan tarkastus
- korkean PN-pitoisuuden testi (valinnainen).

7. MITTAUSMENETTELY

PN-pitoisuuden testi tehdään 1 jaksossa kuvatuille ajoneuvoille, ja siinä määritetään paikallaan olevan ajoneuvon pakokaasujen hiukkaset kuutiosenttimetriä kohti moottorin toimiessa matalalla tyhjäkäynnillä. Testiä ei suoriteta ajoneuvon dieselhiukkassuodattimen regeneroinnin aikana.

Ajoneuvon valmistelu

Testin alussa ajoneuvon on oltava

- kuuma eli moottorin jäähdytysnesteen lämpötila $> 60\text{ °C}$ ja mieluiten $> 70\text{ °C}$
- valmisteltu käyttämällä ajoneuvoa tietyn ajan matalalla tyhjäkäynnillä ja/tai suorittamalla kiihdytyksiä paikallaan moottorin pyörimisnopeuden ollessa enintään 2 000 rpm tai ajamalla. Valmistelun tarkoituksena on varmistaa, että äskettäinen regenerointi ei vaikuta dieselhiukkassuodattimen tehokkuuteen. Valmisteluajana pidetään jaksoa, jonka aikana moottori kytketään toimintaan, mukaan lukien testiä edeltävät vaiheet (esim. vakautusvaihe). Suositeltu valmistelu-aika on yhteensä 300 sekuntia.

Nopeutettu hyväksymistesti on mahdollinen, jos moottorin jäähdytysnesteen lämpötila on $< 60\text{ °C}$. Jos ajoneuvoa ei kuitenkaan hyväksytä testissä, testi toistetaan, ja ajoneuvon on täytettävä moottorin jäähdytysnesteen lämpötilaa ja valmistelua koskevat vaatimukset.

PN-PTI-mittauslaitteen valmisteleminen

- PN-PTI-mittauslaite kytketään päälle vähintään valmistajan ilmoittaman lämpenemisajan ajaksi.
- Jaksossa 5 määritellyillä laitteen omatarkastuksilla valvotaan laitteen moitteetonta toimintaa käytön aikana ja annetaan varoitus tai viesti toimintahäiriöstä.

Ennen jokaista testiä varmistetaan näytteenottojärjestelmän hyvä kunto; tämä käsittää myös näytteenottoletkun ja näytteenottimen tarkastamisen vaurioiden varalta.

Testimenettely

- Ennen mittauksen aloittamista kirjataan seuraavat tiedot:
 - ajoneuvon rekisterinumero
 - ajoneuvon valmistenumero
 - tyyppihyväksytyt päästötaso (Euro-päästönormi).
- Hiukkaslaskurin ohjelmisto ohjaa laitteen käyttäjää testimenettelyssä automaattisesti.
- Näytteenotin asetetaan vähintään 0,20 metrin syvyyteen pakojärjestelmän ulostuloaukkoon. Perustelluissa poikkeustapauksissa, joissa tämä syvyys ei ole mahdollinen näytteenottoa varten, näytteenotin asetetaan vähintään 0,05 metrin syvyyteen. Näytteenotin ei koske pakoputken seinämiin.

- Jos pakojärjestelmässä on useampi kuin yksi ulostuloaukko, testi tehdään kaikille ulostuloaukoille, ja vastaavaa PN-PTI-rajaa noudatetaan kaikissa testeissä. Tällöin ajoneuvon PN-pitoisuudeksi katsotaan suurin pakojärjestelmän eri ulostuloaukoista mitattu hiukkaspitoisuus.
- Ajoneuvo toimii matalalla tyhjäkäynnillä. Jos ajoneuvon moottoria ei kytketä toimintaan liikkumattomasta tilasta, testin suorittaja kytkee käynnistys-/pysäytysjärjestelmän pois päältä. Hybridiajoneuvojen ja ladattavien hybridiajoneuvojen lämpömoottori on kytkettävä päälle (esim. kytkemällä hybridien ilmastointijärjestelmä päälle tai valitsemalla ladattavien hybridien akun lataustila).
- Kun näytteenotin on asetettu pakoputkeen, PN-PTI-testissä suoritetaan seuraavat vaiheet:
 - (a) Vähintään 15 sekunnin vakautusjakso moottorin käydessä tyhjäkäyntinopeudella. Valinnaisesti ennen vakautusjaksoa suoritetaan 2–3 kiihdytystä moottorin pyörimisnopeuden ollessa enintään 2 000 rpm.
 - (b) Vakautusjakson jälkeen mitataan päästöjen PN-pitoisuus. Testin kesto on vähintään 15 sekuntia (mittauksen kokonaiskesto). Testituloksena on mittauksen keston keskimääräinen PN-pitoisuus. Jos mitattu PM-pitoisuus ylittää PN-PTI-rajaa yli kaksinkertaisesti, mittaus voidaan pysäyttää välittömästi ennen 15 sekunnin keston päättymistä, ja testituloksena ilmoitetaan.

Kun testimenettely on saatu päätökseen, PN-PTI-mittauslaite ilmoittaa (ja tallentaa tai tulostaa) ajoneuvon keskimääräisen PN-pitoisuuden ja antaa viestin testin hyväksymisestä ('PASS') tai hylkäämisestä ('FAIL').

- Jos testituloksena on pienempi tai yhtä suuri kuin PN-PTI-rajaa, laite antaa 'PASS'-viestin, ja testi on läpäisty.
- Jos testituloksena on suurempi kuin PN-PTI-rajaa, laite antaa 'FAIL'-viestin, ja testi on hylätty.

8. PN-PTI-RAJA

Ajoneuvojen, joille on tehtävä 1 jaksossa kuvattu PN-pitoisuustesti, on noudatettava PN-PTI-rajaa, joka on 250 000 (1/cm³), kun ne on testattu PN-PTI-mittauslaitteella, joka täyttää näissä ohjeissa säädetyt vaatimukset, ja noudattaen 7 jaksossa kuvattua mittausmenettelyä.

Näitä ohjeita voidaan soveltaa yksittäiseen PN-PTI-rajaa, joka on 250 000 (1/cm³) – 1 000 000 (1/cm³).

9. LUETTELO LÄHTEISTÄ

ISO-standardit

ISO 16750-2 Ed. 4.0 (2012), *Road vehicles – Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment – Part 2: Electrical loads*

ISO 7637-2 (2011) *Road vehicles – electrical disturbance from conducting and coupling – Part 2: Electrical transient conduction along supply lines only*

ISO 7637-3 (2007) *Road vehicles – electrical disturbance from conducting and coupling – Part 3: Passenger cars and light commercial vehicles with nominal 12 V supply voltage and commercial vehicles with 24 V supply voltage – Electrical transient transmission by capacitive and inductive coupling via lines other than supply lines*

IEC-standardit

IEC 60068-2-1 Ed. 6.0 (2007-03), *Environmental testing – Part 2: Test methods – Section 1: Test A: Cold*

IEC 60068-2-2 Ed. 5.0 (2007-07), *Environmental testing – Part 2: Test methods – Section 1: Test B: Dry heat*

IEC 60068-3-1 Ed. 2.0 (2011-08), *Environmental testing – Part 3: Supporting documentation and guidance – Section 1: Cold and dry heat tests*

IEC 60068-2-78 Ed. 2.0 (2012-10), *Environmental testing – Part 2: Test methods – Section 78: Test cab: Damp heat, steady state*

IEC 60068-2-30 Ed. 3.0 (2005-08), *Environmental testing – Part 2: Test methods – Section 30: Test Db: Damp heat, cyclic (12 + 12 hour cycle)*

IEC 60068-3-4 Ed. 1.0 (2001-08), *Environmental testing – Part 3: Supporting documentation and guidance – Section 4: Damp heat tests*

IEC 61000-2-1 Ed. 1.0 (1990-05), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 1: Description of the environment – Electromagnetic environment for low-frequency conducted disturbances and signalling in public power supply systems*

IEC 61000-4-1 Ed. 3.0 (2006-10), *Basic EMC publication - Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing measurement techniques – Section 1: Overview of IEC 61000-4 series*

IEC 61000-2-2 Ed. 1.0 (1990-05), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 2: Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low-voltage power supply systems*

IEC 60068-2-31 Ed. 2.0 (2008-05), *Environmental testing – Part 2: Test methods – Section 31: Test Ec: Rough handling shocks, primarily for equipment-type specimens*

IEC 60068-2-47 Ed. 3.0 (2005-4), *Environmental testing – Part 2: Test methods – Section 47: Mounting of specimens for vibration, impact and similar dynamic tests*

IEC 60068-2-64 Ed. 2.0 (2008-04), *Environmental testing – Part 2: Test methods – Section 64: Test Fh: Vibration, broad-band random and guidance*

IEC 60068-3-4 Ed. 1.0 (2003-08), *Environmental testing – Part 3: Supporting documentation and guidance – Section 8: Selecting amongst vibration tests*

IEC 61000-4-11 Ed. 2.0 (2004-03), *Basic EMC publication - Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing measurement techniques – Section 11: Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests*

IEC 61000-6-1 Ed. 2.0 (2005-3), *Basic EMC publication - Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6: Generic standards – Section 1: Immunity for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 61000-6-2 Ed. 2.0 (2005-01), *Basic EMC publication - Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6: Generic standards – Section 2: Immunity for industrial environments*

IEC 61000-4-4 Ed. 3.0 (2012-04), *Basic EMC publication - Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing measurement techniques – Section 4: Electrical fast transient/burst immunity test*

IEC 61000-4-5 Ed. 2.0 (2005-11) *Correction 1 on Ed. 2.0 (2009-10), Basic EMC publication - Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing measurement techniques – Section 5: Surge immunity test*

IEC 61000-4-2 Ed. 2.0 (2008-12), *Basic EMC publication - Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing measurement techniques – Section 2: Electrostatic discharge immunity test*

IEC 61000-4-3 Ed. 3.2 (2010-04), *Basic EMC publication - Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing measurement techniques – Section 3: Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

IEC 61000-4-20 Ed. 2.0 (2010-08), *Basic EMC publication - Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing measurement techniques – Section 20: Emission and immunity testing in transverse electromagnetic (TEM) waveguides*

IEC 61000-4-6 Ed. 4.0 (2013-10), *Basic EMC publication - Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing measurement techniques – Section 6: Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*

IEC 61000-4-8 Ed. 2.0 (2009-09), *Basic EMC publication - Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing measurement techniques – Section 8: Power frequency magnetic field immunity test*

Eurooppalaiset standardit

EN 1822-1:2019-10, *Particulate air filters (EPA, HEPA and ULPA) – Part 1: Classification, performance testing, marking*

OIML:n julkaisut

OIML R 99-1 & 2 (2008) *Instruments for measuring vehicle exhaust emissions*

OIML V 2-200 (2012) *International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM)*

OIML D 11 (2013) *General requirements for measuring instruments – Environmental conditions*