



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

RAPORTEJA
RAPPORTER
REPORTS
2018:1

ULKOILMAN SO₂-, NO- JA O₃-MITTAUSTEN KANSALLINEN VERTAILUMITTAUS SEKÄ ILMANLAATUMITTAUSTEN LAATU- JÄRJESTELMÄ- JA KENTTÄAUDITOINTI 2017

KARRI SAARNIO
KATRIINA KYLLÖNEN
SISKO LAURILA
KAISA LUSA
JARI WALDÉN



**ULKOILMAN SO₂-, NO- JA O₃-MITTAUSTEN KANSALLINEN
VERTAILUMITTAUS SEKÄ ILMANLAATUMITTAUSTEN
LAATUJÄRJESTELMÄ- JA KENTTÄAUDITOINTI 2017**

Karri Saarnio
Katriina Kyllönen
Sisko Laurila
Kaisa Lusa
Jari Waldén

Ilmatieteen laitos
Meteorologiska Institutet
Finnish Meteorological Institute

Helsinki 2018

ISBN 978-952-336-053-2 (pdf)
ISSN 0782-6079

Helsinki 2018



ILMATIETEEN LAITOS

Julkaisun sarja, numero ja raporttikoodi:
Raportteja-Rapporter-Reports 2018:1

Julkaisija: Ilmatieteen laitos,
Erik Palménin aukio 1
PL 503, 00101 Helsinki

Julkaisuaika: lokakuu 2018

Tekijät:

Karri Saarnio, Katriina Kyllönen, Sisko Laurila, Kaisa Lusa ja Jari Waldén

Nimeke:

Ulkoilman SO₂-, NO- ja O₃-mittausten kansallinen vertailumittaus sekä ilmanlaatumittausten laatujärjestelmä- ja kenttäauditointi 2017

Tiivistelmä:

Neljäs kaasumaisten yhdisteiden vertailumittauskampanja sekä mittausasemien kenttä- ja laatujärjestelmä-auditointi suoritettiin Suomen ilmanlaadun mittausverkoille vuoden 2017 aikana. Vertailumittauksessa kaasukomponentit olivat rikkidioksidi (SO₂), typpimonoksidi (NO) ja otsoni (O₃). Vertailupitoisuudet eri komponenteille koostuivat kahdesta eri pitoisuudesta, joista toinen edusti alhaista pitoisuutta ja toinen korkeahkoa pitoisuutta. Lisäksi kullekin komponentille suoritettiin nollatason mittaus. Mittaustulosten raportointi vertailuun osallistuneilta tahoilta edellytti korjatut tulokset jokaisesta vertailumittauksesta sekä arvion mittaustulosten epävarmuudesta. Vertailumittauksiin osallistui 21 mittausverkkoa 31:stä ilmanlaadun seurantaa suorittavasta mittausverkosta. Näissä vertailumittauksia suoritettiin yhteensä 80 mittausta 28:lla eri mittausasemalla. Pitoisuusvertailujen ohessa suoritettua kenttä- ja laatujärjestelmäauditoinnissa pyrittiin selvittämään mittausverkon laatujärjestelmän laajuus ja toimivuus. Pääpaino oli erityisesti mittausmenetelmää kuvaavien standardien vaatimusten toteutuminen kentällä tehtävissä laadunvarmennustoimissa. Auditoinnissa tarkasteltiin kaasumaisten komponenttien mittausten lisäksi ulkoilman hiukkasmittauksia. Tässä raportissa esitetään vertailumittausten sekä kenttä- ja laatujärjestelmäauditoinnin tulokset sekä johtopäätökset.

Raportoiduista SO₂-tuloksista 22 tulosta 24:stä oli hyväksyttäviä. NO:n osalta 38 tulosta 40:stä oli hyväksyttäviä. O₃:n osalta 14 tulosta 16:sta oli hyväksyttäviä. SO₂:n, NO:n ja O₃:n osalta yhteensä 92,5 % tuloksista oli hyväksyttäviä, mutta korjaavien toimenpiteiden jälkeen kaikki mittausverkot tuottivat hyväksyttävän vertailutuloksen. Mittausepävarmuusarvion oli laatinut noin 86 % osallistuneista mittausverkoista.

Laatujärjestelmä- ja kenttäauditointien tulokset olivat ylipäänsä hyviä. Mittausverkot ovat laatineet menetelmäohjeita mittausaseman sijoittamisesta, mittausmenetelmistä, laadunvarmennustoimista, tulosten käsittelystä ja raportoinnista. Laatujärjestelmää on kehitetty viime auditoinnin jälkeen. Mittausverkkojen ylläpitämistä laatujärjestelmistä 16 oli kattavia, neljä oli rakenteilla ja kahdella mittausverkolla laatujärjestelmä oli pääasiallisesti dokumentoitu, mutta se ei ollut aktiivikäytössä. Kaikissa verkoissa oli toimivat tietojen keruu- ja käsittelyohjelmistot. Ilmanlaatumittausten tulokset oli jäljitetty kansalliseen vertailulaboratorioon joko suoraan mittausverkkojen ylläpitämällä tai välillisillä kalibroinneilla, joskin kalibrointivälit eivät aina täyttäneet EN-menetelmästandardeja (EN 14211, EN 14212, EN 14625). Välillisistä kalibroinneista suurin osa oli ulkoistettu yhdelle konsultille, jonka jäljitettävyyden kansalliseen vertailulaboratorioon oli ylläpidetty säännöllisillä kalibroinneilla. Kaasumittausten laadunvarmennustoimet olivat pääasiallisesti em. EN-menetelmästandardien mukaisia, joskin poikkeuksiakin oli. Hiukkasmittausten osalta laadunvarmennustoimissa tavattiin eniten vaihtelevuutta eri verkkojen välillä ja tätä on syytä kehittää.

Julkaisijayksikkö:

Ilmakehän koostumuksen tutkimus

Luokitus (UDK):

Asiasanat: ilmanlaatu, vertailumittaukset, jäljitettävyyden, kenttäauditointi, laatujärjestelmä

ISSN ja avainnimeke:

0782-6079 Raportteja-Rapporter-Reports

ISBN:

978-952-336-053-2 (pdf)

Kieli: suomi

Sivumäärä: 74



FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Series title, number and report code of publication:
Raportteja-Rapporter-Reports 2018:1

Published by: Finnish Meteorological Institute
Erik Palménin aukio 1, P.O. Box 503 Date: October 2018
FIN-00101 Helsinki, Finland

Authors:
Karri Saarnio, Katriina Kyllönen, Sisko Laurila, Kaisa Lusa, and Jari Waldén

Title:
National interlaboratory comparison exercise for measurements of ambient SO₂, NO, and O₃, and quality management system and field audit 2017

Abstract:

The fourth field comparison campaign of gaseous compound measurements by the air quality networks in Finland was carried out during 2017. The gaseous components used in the comparison studies were sulphur dioxide (SO₂), nitrogen monoxide (NO) and ozone (O₃). Two reference concentrations, one representing a low concentration and the other a higher concentration than normal ambient air concentration were used. Additionally, the zero gas level for each component was determined. In the reporting, corrected results were required for each comparison point from each participant as well as estimation for the uncertainty of the measurement results. Most of the Finnish air quality monitoring networks, a total of 21 out of 31, participated in the comparison measurements. In total, 80 measurements were conducted at 28 different measurement stations. The extent and functioning of the quality system of each measurement network was examined by a field and quality management system audit. In addition to the measurements of gaseous components, the measurements of ambient particulate matter were also considered in the field and quality management system audit. The results and conclusions of the comparison measurements as well as those of field and quality management system audit are presented in this report.

According to the analysis of the results, 22 out of 24 results for SO₂ were acceptable. In case of NO, 38 out of 40 results were acceptable. For O₃, 14 out of 16 results were acceptable. For SO₂, NO and O₃, altogether 92.5 % of the results were acceptable; however, after corrective operations, all the monitoring networks produced acceptable comparison results. Approximately 86 % of the participating measurement networks had drawn up an estimate of the measurement uncertainty.

The results of the field audit were generally good. The measurement networks had prepared instructions concerning the location of the measurement stations, the measurement methods, quality control procedures, processing of the results and reporting. Quality management systems had been developed since the last surveillance. The quality management systems supported by the measurement networks were well documented. Sixteen of them were considered extensive by nature, four were under preparation and two were mostly documented quality management systems but not in active use. All networks had functional data collecting and analysis software. The results of the air quality measurements were traceable to the national reference laboratory either from the direct calibrations supported by the measurement networks or from the indirect calibrations; however, the calibration intervals did not always follow the EN standard methods (EN 14211, EN 14212, EN 14625). A major part of the indirect calibrations were contracted out to one consultant, whose traceability to the national reference laboratory was maintained with regular calibrations. The quality control procedures were mainly following aforementioned EN standards, however, some exceptions were found. In the quality control procedures of particulate matter measurements, more variability between networks was observed and this needs to be improved.

Publisher unit:
Atmospheric Composition Research

Classification (UDK):

Keywords: air quality, comparison study, traceability, field audit, quality management system

ISSN and series title:
ISSN 0782-6079 Raportteja-Rapporter-Reports

ISBN:
978-952-336-053-2 (pdf)

Language: Finnish
Pages: 74

SISÄLLYSLUETTELO

ESIPUHE	6
1. JOHDANTO	7
2. MENETELMÄT JA TOTEUTUS	11
2.1. OSALLISTUJAT	11
2.2. VERTAILUMITTAUKSISSA KÄYTETTY LAITTEISTO	13
2.3. VERTAILUMITTAUSTEN SUORITUS	15
2.4. VERTAILUMITTAUSAINEISTON KÄSITTELY	17
2.5. LAATUJÄRJESTELMÄ- JA KENTTÄAUDITOINTI	20
3. TULOKSET	22
3.1. VERTAILUARVOT JA NIIDEN EPÄVARMUUS	22
3.2. VERTAILUMITTAUSTEN TULOKSET	24
3.3. LAATUJÄRJESTELMÄ- JA KENTTÄAUDITOINTITULOKSET	33
4. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	47
5. VIITTEET	51
LIITE 1. VERTAILUMITTAUKSIIN OSALLISTUNEET MITTAUSVERKOT	55
LIITE 2. VERTAILUMITTAUSTEN SUORITUS	57
LIITE 3. ILMANLAADUN MITTAUSVERKKOJEN AUDITOINTILOMAKE	58
LIITE 4. VERTAILUMITTAUSTEN TULOKSET (TAULUKOT L4.1–L4.3)	68
LIITE 5. Z-ARVOJEN JA E_n -ARVOJEN ANALYYSILLÄ SAADUT TULOKSET	74

ESIPUHE

Tämä on ympäristönsuojelulain 527/2014 25 §:n mukaisesti nimetyn ilmanlaadun kansallisen vertailulaboratorion valmisteleva raportti, joka sisältää vuonna 2017 toteutetun neljännen ilmanlaadun mittausverkoille suunnatun kaasumaisten yhdisteiden vertailumittauskampanjan tulokset. Vertailumittausten yhteydessä suoritettiin mittausverkkojen laatujärjestelmien auditointi sekä kenttäauditoitiin käytännön toimia mittausasemilla laatujärjestelmän toimivuuden selvittämiseksi. Myös auditoinnin tulokset julkaistaan tässä raportissa.

Kiitämme kaikkia vertailumittauksiin osallistuneita mittausverkkojen edustajia hyvästä yhteistyöstä ja avusta mittausten suorittamisen yhteydessä sekä saadusta palautteesta. Kiitämme teknisestä avusta Timo Anttilaa, Jaakko Laakiaa ja Mika Vesteniusta Ilmatieteen laitokselta vertailumittausten käytännön suorittamisessa. Raportin tarkastusvaiheessa saaduista kommentteista kiitämme neuvottelevaa virkamiestä Tarja Lahtista ympäristöministeriöstä sekä erikoistutkija Pia Anttilaa Ilmatieteen laitokselta.

Tekijät

1. JOHDANTO

Ilmatieteen laitos on toiminut ympäristönsuojelulain 527/2014 25 §:n (vanha 86/2000, 24 §) mukaisesti nimettynä kansallisena *vertailulaboratoriona* vuodesta 2001 lähtien. Ympäristöministeriön kirjeessä Dnro 60/481/2001 vertailulaboratorion tehtäviksi määrättiin mm. kansallisten ilmanlaadun vertailumittausten ja mittausten laadunvarmennukseen liittyvän koulutuksen järjestäminen. YSL:n 209 §:n mukaan Ilmatieteen laitos huolehtii myös ilmanlaadun mittausjärjestelmien vaatimuksenmukaisuuden tarkastamisesta. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että Ilmatieteen laitos tarkastaa ilmanlaatuasetukseen perustuen tiedot mittausverkoista, -asemista ja -laitteista sekä näytteenotto- ja analyysimenetelmistä.

Euroopan alueella ilmanlaadun seurannan kansallisille vastuutahoille, pääasiassa kansallisille vertailulaboratorioille, on järjestetty säännöllisesti vertailumittauksia Euroopan ilmanlaadun referenssilaboratorion (European Reference Laboratory for Air Pollution, ERLAP) toimesta vuodesta 1994 lähtien (de Saeger et al., 1996; 1997; Borowiak et al., 2000; Barbieri et al., 2010; Lagler et al., 2017). Myös Maailman Terveysjärjestön (World Health Organisation, WHO) toimesta vertailumittauksia on järjestetty vuodesta 1995 lähtien lähinnä entisten Itä-Euroopan maiden vastuulaboratorioille, useimmiten kansallisille terveyslaitoksille (Mücke et al., 1995; 1996; 1999). Vuodesta 2010 lähtien ERLAP:n ja WHO:n vertailumittaukset harmonisoitiin yhteneväksi ERLAP:n vertailumittausohjelman kanssa. Tämä merkitsi, että molempien vertailumittausten tulokset ovat hyväksyttäviä osoitettaessa kansallisen vastuutahon mittaus- ja kalibrointikykyä ilmanlaadusta ja sen parantamisesta annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2008/50/EY (jäljempänä *ilmanlaatudirektiivi*) edellyttämällä tavalla. Näiden vertailumittausten lisäksi Kansainvälinen Painojen ja Mittojen Komitea (International Committee for Weight and Measures, CIPM) järjestää kansallisille *mittanormaali-laboratorioille* (National Metrological Institutes) maailmanlaajuisia vertailumittauksia

(ns. avainvertailuja, key comparison) eri suurealueille (www.bipm.org) maailmanlaajuisen vastavuoroisuussopimuksen (Mutual Recognition Arrangement, CIPM-MRA) mukaisesti. Ilmanlaadun mittauksille avainvertailuja on järjestetty otsonin, rikkidioksidin, typpi-monoksidin, typpidioksidin ja hiilimonoksidin osalta. Myös EU:n tutkimusohjelmissa on yksittäisissä tutkimusprojekteissa (Bell et al., 2000; Macé et al., 2014) järjestetty vertailumittauksia kaasumaisille yhdisteille. Ilmatieteen laitoksen mittanormaali- ja vertailulaboratorio on osallistunut yllä mainittuihin vertailumittauksiin osoittaakseen oman laatu-järjestelmänsä (<https://www.finas.fi/toimijat/Sivut/default.aspx#k=K043>) toimivuuden.

Ensimmäinen kansallinen vertailumittaus Suomen ilmanlaadun mittausverkoille suoritettiin vuosina 2002–2003 (Waldén et al., 2004). Vertailu tehtiin hiilimonoksidille, rikkidioksidille ja typpimonoksidille vain yhdellä vertailupitoisuudella kutakin kaasukomponenttia kohti. Tuloksissa havaittiin selvää systemaattista poikkeamaa vertailuarvon ja mittausverkkojen tulosten välillä, joskin kokonaisuutena tuloksia voitiin pitää varsin hyvinä. Toinen kansallinen vertailumittaus tehtiin vuonna 2006, jossa vertailtavat kaasumaiset yhdisteet olivat hiilimonoksidi, rikkidioksidi, typpimonoksidi, rikkivety sekä otsoni. Tällä kertaa vertailupitoisuuksia oli kaksi eri pitoisuutta muille paitsi otsonille, jolle käytettiin kolmea eri pitoisuutta. Vertailun yhteydessä suoritettiin myös kenttäauditointi, jossa kyselylomakkeen avulla pyrittiin selvittämään mittausverkkojen laatu-järjestelmän kattavuus. Tulokset olivat selvästi parantuneet ensimmäisestä vertailusta ja lisäksi voitiin osoittaa, että lähes kaikilla mittausverkoilla oli jonkinlainen laatu-järjestelmä (Waldén et al., 2008). Kolmas kansallinen vertailumittaus tehtiin vuonna 2011, jossa vertailtavat kaasumaiset yhdisteet olivat hiilimonoksidi, rikkidioksidi, typpimonoksidi ja otsoni. Tällä kertaa vertailupitoisuuksia oli kaksi eri pitoisuutta kullekin kaasukomponentille. Vertailun yhteydessä suoritettiin edellisen kerran tapaan kenttäauditointi, jossa kyselylomakkeen avulla selvitettiin mittausverkkojen laatu-järjestelmän kattavuus. Tulokset olivat edelleen pääosin parantuneet edellisestä vertailusta, ja lisäksi voitiin osoittaa, että yhtä lukuun ottamatta kaikilla vertailumittauksiin osallistuneilla mittausverkoilla oli käytössä laatu-järjestelmä (Waldén et al., 2015).

Tässä raportissa esitetään vuonna 2017 toteutetun, järjestyksessään neljännen kansallisen ulkoilman kaasumaisia epäpuhtauksia koskevan vertailumittauskampanjan sekä laatujärjestelmä- ja kenttäauditoinnin tulokset. Tällä kertaa mittausverkkojen laatu-järjestelmät auditoitiin aiempaa laajemmin keskittyen erityisesti laatujärjestelmien toimivuuteen, dokumentointiin, standardien noudattamiseen sekä tyyppitestattujen ja ekvivalenttien mittausmenetelmien tai mittalaitteiden käyttöön. Kenttäauditoinnissa tarkasteltiin mittausverkon toimintaa kaasumaisten yhdisteiden mittausten lisäksi ensi kertaa myös hiukkasmittausten osalta niillä mittausasemilla, joiden hiukkasmittaus-tulokset raportoidaan Euroopan ympäristökeskukselle (European Environment Agency, EEA). Vertailumittauksilla selvitettiin mittausverkkojen tulosten oikeellisuutta aine-määrään jäljitettyyn vertailuarvoon nähden. Vertailtavat kaasukomponentit olivat rikkidioksidi (SO_2), typpimonoksidi (NO) ja otsoni (O_3). Vertailupitoisuuksia oli kaikille kaasukomponenteille kaksi edustaen matalaa ja korkeahkoa pitoisuutta. Vertailu-mittausten tulokset pyydettiin lähettämään Ilmatieteen laitokselle korjattuina tuloksina kalibrointien mukaan sekä liittämään mittausepävarmuusarvio kuhunkin pitoisuuteen. Tulosten analysointi suoritettiin samoja menetelmiä käyttäen kuin edellisissäkin vertailuissa (Waldén et al., 2004; 2008; 2015). Mittausepävarmuuden osalta tulokset analysoitiin käyttäen tarkoitukseen soveltuvaa arviointimenetelmää (ISO 13528:2015).

Ilmanlaadusta annettu valtioneuvoston asetus 79/2017 (jäljempänä *ilmanlaatuasetus* tai *asetus*) määrittää mm. rikkidioksidi- ja typpidioksidipitoisuuksille raja-arvot suurimmille sallituille ulkoilmapitoisuuksille. Raja-arvojen lisäksi asetus määrittää suurimman sallitun mittausepävarmuuden, 15 %, ilmaistuna 95 % todennäköisyytenä, joka raja-arvo-pitoisuudessa sallitaan. Vertailukaasuna typen oksidien (NO_x) vertailussa käytettiin typpi-monoksidia, koska typen oksidien mittauksiin käytetty vertailumenetelmä perustuu typpi-monoksidin määrittämiseen kemiluminesenssimenetelmän avulla (SFS-EN 14211:2012). Typen oksideilla tarkoitetaan typpimonoksidin ja typpidioksidin summaa ($\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$). Typpidioksidin pitoisuus määritetään analysoimalla konvertoimalla typpidioksidi typpimonoksidiksi. Otsonin osalta ilmanlaatuasetus määrittelee otsonille tavoitearvon,

pitkän ajan tavoitteen sekä otsonipitoisuuksien tiedotus- ja varoituskynnyksen. Myös otsonimittauksille suurin sallittu mittausepävarmuus on 15 %.

Laatujärjestelmäauditoinnin tarkoituksena oli selvittää kunkin mittausverkon laatu-järjestelmän taso ja toimivuus aiempia auditointeja kattavammin. Kenttäauditoinnin kohteena oli mittausasemien varustelu ja henkilöstö, mittaus- ja tiedonkeruumenetelmät sekä mittauksen laadunvarmistusmenettelyt kenttäoloissa ja niiden dokumentointi. Auditointi suoritettiin kyselylomakkeen avulla haastatellen sekä tarkastamalla paikan päällä laatujärjestelmään liittyviä dokumentteja. Pääpaino tarkastuskohteissa oli Euroopan Standardointielimen (CEN) laatimien menetelmästandardien vaatimukset kentällä tehtävien laadunvarmennustoimien toteuttamisesta. Auditoinnin aikana voimassa olivat standardit SFS-EN 14211:2012 (NO), SFS-EN 14212:2012 (SO₂) ja SFS-EN 14625:2012 (O₃). Näistä käytetään raportissa yhteisenä nimityksenä termiä *EN-menetelmästandardit*. Näiden päivitystarpeista CEN on järjestänyt jäsenmaille kyselyn vuonna 2017, ja maaliskuussa 2018 CEN ilmoitti nykyisten standardien jatkavan voimassaoloaan toistaiseksi sellaisenaan. Huhtikuussa 2018 CEN kuitenkin esitti standardien vaativan pieniä muutoksia, jolloin alkamassa on mahdollisesti joko EN-menetelmästandardien uudistus tai luultavimmin korjausliitteen laatiminen nykyisiin standardeihin.

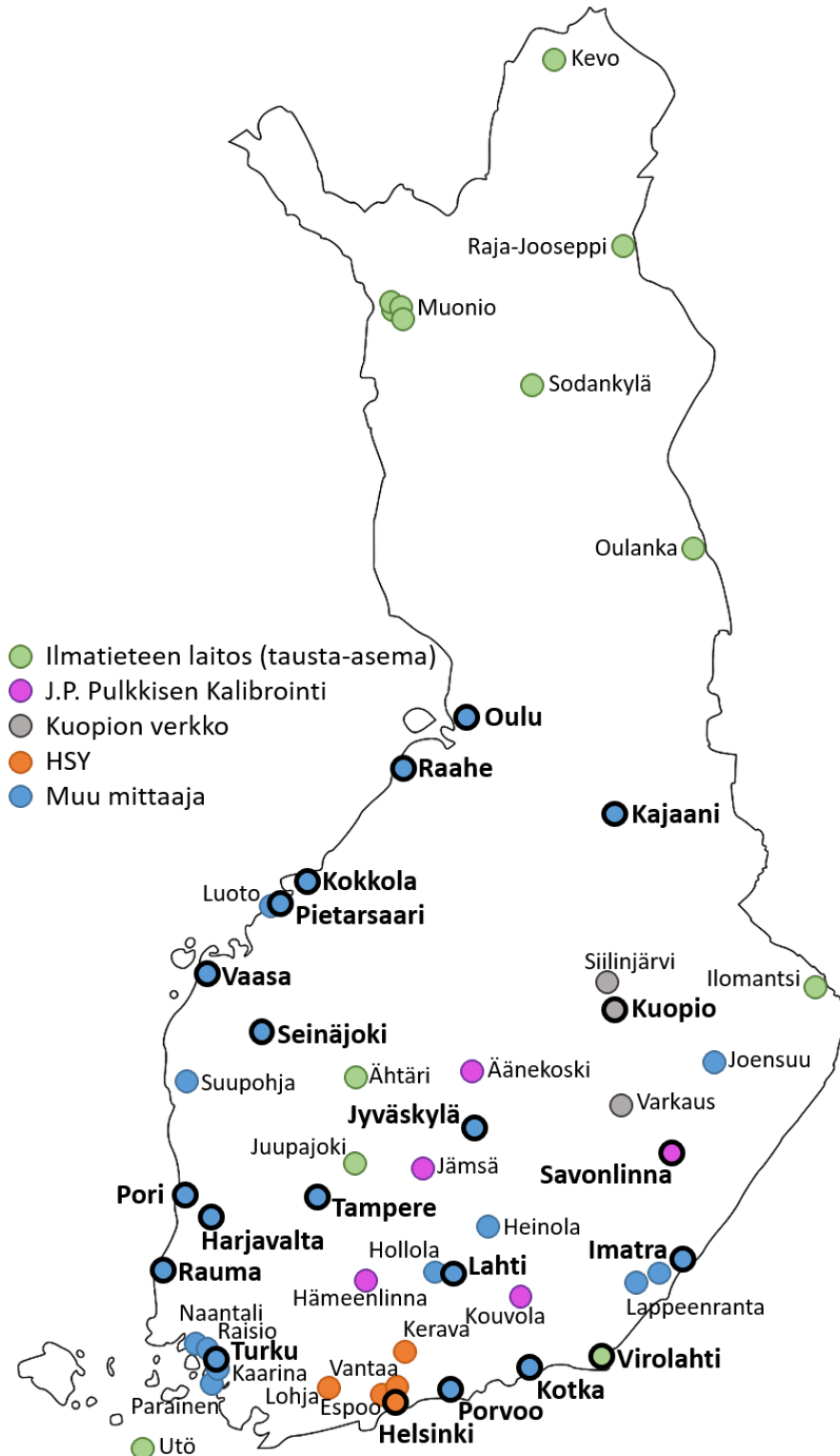
Kaasujen EN-menetelmästandardit koskevat direktiivissä mainittuja vertailumenetelmiä. Hiukkasmittauksen vertailumenetelmä perustuu gravimetrisen määrittämiseen, ja jatkuvatoimisten analyysimenetelmien ekvivalenttisuus on osoitettava vertailumittauksin. Kuopiossa järjestettiin v. 2014–2015 toinen PM₁₀- ja PM_{2,5}-hiukkasten ekvivalenttisuuden vertailumittaus (Walden et al., 2017). Jatkuvatoinnille hiukkasmittauksille on viime vuonna ilmestynyt standardi, SFS-EN 16450:2017, joka on tehty teknisen spesifikaation CEN/TS 16450:2013 pohjalta. Toistaiseksi kyseinen standardi ei ole velvoittava. Hiukkasmittauksen kenttäauditointi suoritettiin kuitenkin kyseisen standardin vaatimusten perusteella.

2. MENETELMÄT JA TOTEUTUS

2.1. Osallistujat

Vertailumittausten järjestäminen on yksi keskeisimmistä kansallisen vertailulaboratorion tehtävistä. Ilmoitus vertailumittausten järjestelyistä lähetettiin edellisten vertailujen tapaan kuntien ilmanlaadun mittauksista vastaaville yhteyshenkilöille. Yhteyshenkilöitä pyydettiin nimeämään mittausverkostaan vertailuun osallistuvat mittausasemat ja vertailtavat kaasumittaukset. Osallistuminen oli mahdollista joko yhden tai useamman kaasukomponentin osalta. Saatujen vastausten perusteella laadittiin Liitteessä 1 esitetty lista vertailumittauksiin osallistuvista mittausverkoista (21 kpl) ja mittausasemista (28 kpl) sekä vertailtavista kaasumaisista yhdisteistä.

Vertailumittauksiin osallistui suurin osa Suomen ilmanlaadun mittausverkoista, jotka toimittavat kaasumaisten komponenttien mittaustuloksensa merkittäväksi Ilmatieteen laitoksen ylläpitämään ympäristönsuojelun tietojärjestelmän ilmanlaatuosaan ilmanlaatuasetuksen 20 §:n mukaisesti. Ilmanlaadun mittausverkostoa Suomessa on havainnollistettu Kuvassa 1. Hämeenlinnan, Joensuun, Jämsän, Kouvolan, Lohjan, Uudenmaan, Varkauden ja Äänekosken mittausverkot jäivät pois tästä vertailumittauskampanjasta. Näistä Hämeenlinnan, Kouvolan, Jämsän ja Äänekosken mittausverkkojen ilmanlaatumittaukset ovat saman toimijan (J.P. Pulkisen Kalibrointi Ky.) ylläpitämiä kuin Etelä-Savon mittausverkolla, joka osallistui vertailuun. Lohjan ja Uudenmaan mittausverkkoja puolestaan ylläpitää HSY:n mittausverkko ja vastaavasti Varkauden mittausverkkoa Kuopion mittausverkko, jotka kumpikin osallistuivat vertailuun. Ainoastaan Joensuun mittausverkon osalta ei selitystä poisjäännille saatu, tosin Joensuun mittauksista ainoastaan hiukkasmittaustulokset raportoidaan EEA:lle. Ilmatieteen laitos on vastuussa Suomen taustailmanlaadun mittaamisesta, ja Virolahden mittausasema valittiin edustamaan Suomen tausta-asemaverkostoa.



Kuva 1. Ilmanlaadun mittauspaikkakunnat ja -asemat Suomessa vuonna 2017: vahvennetuilla paikkakunnilla suoritettiin vertailumittaus ja auditointi tämän kampanjan yhteydessä. Asemien ja verkkojen mittaustoimintaa operoivia toimijoita havainnollistetaan värikoodeilla.

Vertailumittauksiin osallistuville mittausverkoille lähetettiin mittausten suoritusohje, alustava aikataulu mittausten suorittamisesta kussakin paikassa, tulosten raportointilomake, laskentaohjelmataulukot epävarmuuksien laskemiseksi sekä kenttäauditoinnin kyselylomake. Ennen varsinaisten vertailumittausten suorittamista varmistettiin vertailun ajankohta mittausverkon vastuuhenkilöltä ja tehtiin tarvittavat muutokset aikatauluun.

2.2. Vertailumittauksissa käytetty laitteisto

Nyt suoritettu, järjestyksessään neljäs kansallinen vertailumittauskampanja käsitti rikkidioksidin (SO_2), typpimonoksidin (NO) ja otsonin (O_3) mittaukset. Vertailupitoisuudet rikkidioksidille ja typpimonoksidille tuotettiin laimentamalla kaasunormaalista syötettyä pitoisuutta laimennusilmaan. Laimentimen toiminta perustui ns. kriittisten aukkojen läpäisemään kaasuvirtaukseen, mikä riippui kaasun ominaisuuksista, aukon koosta sekä kaasun paineesta ja lämpötilasta. Laimentimen toiminta testattiin laboratoriossa kaikilla eri muuttujien arvoilla riittävän stabiilisuuden takaamiseksi varsinaisissa vertailumittauksissa. Laimennuskaasuna sekä ns. nollakaasuna käytettiin synteettistä ilmaa, jonka puhtausluokitus oli 5.0 (AGA:n luokitus). Laboratoriomittausten perusteella määritettiin kaasunormaalien sekä laimennuskaasun syöttöpaineet sekä laimentimen sisälämpötila, jotka pidettiin vakioina kaikissa mittauksissa. Laimentimessa oli seitsemän erikokoista kriittistä aukkoa kaasunormaalien syöttöä varten, joiden avulla määritettiin halutut pitoisuudet eri vertailukaasuille. Laimennuskaasun virtaus kulki yhden kriittisen aukon läpi, jolloin laimennuskaasun määrä oli vakio kaikissa laimennuksissa. Laimentimella tuotettiin kaasukomponenttia kohti kaksi eri vertailupitoisuutta. Tuotetuista pitoisuuksista toinen vastasi matalaa pitoisuustasoa ja toinen selvästi korkeampaa pitoisuustasoa.

Otsonin tapauksessa vertailupitoisuudet tuotettiin otsonilaitteiden kalibrointiin käytettävällä kalibraattorilla (TEI 49CPS, Thermo Environment, USA). Kalibraattorin jäljitettävyyttä kansalliseen otsonin primaarinormaaliin (Standard Reference Photometer, SRP-37) yllä-

pidettiin säännöllisillä kalibroinneilla. Kalibraattorista tuotettiin kahta eri pitoisuustasoa, joista toinen vertailupitoisuus oli useimpien mittausverkkojen normaalilla mittausalueella ja toinen oli tätä aluetta korkeampi. Kaikilla mittausasemilla käytettiin samoja vertailupitoisuuksia riippumatta asemalla normaalisti mitattavista ulkoilman pitoisuuksista.

Vertailuarvon määrittämisessä tarvittavien suureiden (ainemäärä, virtausnopeus, paine ja lämpötila) jäljitettävyyden siirtyä vertailulaboratorion kautta Britannian (National Physical Laboratory, NPL) ja Suomen (VTT-MIKES Metrologia) metrologialaitoksiin. Nämä laitokset ylläpitävät kansallisia mittanormaaleja, jotka on jäljitetty SI-yksikköön. Otsonin osalta Ilmatieteen laitos ylläpitää kansallista primaarinormaalia (SRP-37). Näin vertailunormaalien pitoisuuksille saatiin aukoton ketju SI-yksikköön. Vertailunormaalien pitoisuuksille määritettiin myös laajennettu mittausepävarmuus koko jäljitettävyydsketjun osalta. Vertailupitoisuuksien stabiilisuutta ja toistettavuutta seurattiin määrittämällä vertailuarvot ennen vertailumittausten aloittamista, vertailumittausten aikana sekä niiden päätyttyä.

Tässä raportissa tulokset esitetään käyttäen pitoisuuden yksikkönä nmol/mol ($=10^{-9}$ mooliosuutta = ppb). Vertailumittauksissa olleet kaasut muistuttavat ideaalikaasuja, jolloin mooliosuus ja tilavuusosuus ovat lähes samat. Mittausepävarmuutta käsitellään vertailuarvojen ja vertailumittaustulosten yhteydessä (ks. kappaleet 3.1 ja 3.2). Raportissa noudatetaan ISO:n (JCGM 100, 2008) terminologiaa, jossa standardiepävarmuudella (u_i) tarkoitetaan mittaustulokseen vaikuttavan yksittäisen virhelähteen aiheuttamaa osuutta. Yhdistetty standardiepävarmuus (u_c) tarkoittaa yksittäisten standardiepävarmuuksien yhteisvaikutusta ($u_c = \sqrt{\sum_i^n (u_i^2)}$), missä summaus suoritetaan kaikkien yksittäisten standardiepävarmuuksien yli. Laajennettu epävarmuus (U) saadaan kertomalla yhdistetty mittausepävarmuus u_c kattavuuskertoimella $k=2$. Tämä vastaa normaalijakaumalla (Gaussin jakaumalla) noin 95 % luotettavuusväliä eli ilmoitettujen mittausepävarmuusrajojen sisäpuolella on noin 95 % tuloksista. Tässä raportissa laajennettu epävarmuus ilmaistaan suhteellisenä arvona vertailupitoisuudesta, U %.

2.3. Vertailumittausten suoritus

Vertailumittaukset suoritettiin mittausasemilla Ilmatieteen laitoksen vertailulaboratorion laatiman ohjeen mukaisesti (Liite 2). Vertailumittausten ohjeessa oli selvitetty vertailumittausten kulku ja toimenpiteet ennen mittausten suorittamista sekä tulosten lähetys. Näin menetellen saatiin vertailumittausten suoritukset yhdenmukaisiksi.

Ennen vertailumittausten aloittamista mittausasemalla laimentimen annettiin stabiloitua asetettuun lämpötilaan (40 °C). Laimentimen laimennuslinja huuhdeltiin laimennusilmalla ja kaasulinjat huuhdottiin ennen vertailun aloittamista vertailtavalla kaasukomponentilla. Tällä menettelyllä pyrittiin kyllästämään kaasulinjat sekä tuottamaan mahdollisimman tuore ja laimentumaton kaasua kriittisille aukoilta. Laimennusilman sekä vertailukaasun käyttöpaineet säädettiin asetettuihin arvoihin laimentimen sisäänmenossa. Lopuksi testattiin kytkennän ilmatiiviys; näin pyrittiin laimentimen toiminta saattamaan samanlaiseksi kuin laboratoriossa. Myös otsonikalibraattorin annettiin lämmetä ennen vertailumittausten aloittamista.

Vertailumittaukset aloitettiin tarvittavien laitteiden, kaasunormaalien ja näyteletkujen kytkemisellä laimennusjärjestelmään ja tutkittavaan analysaattoriin. Vertailumittauksissa vertailupitoisuus syötettiin tutkittavan analysaattorin näytevirtaukseen hiukkassuodattimien läpi. Mittausaseman ylläpidosta vastannut henkilöstö oli voinut suorittaa tarvittavat laadunvarmennustoimet (laitteen kalibrointi, suodattimien vaihto ja suodattimen kyllästäminen) ennen vertailun suoritusta. Vertailulaboratorio huolehti yhdessä paikallisen henkilökunnan kanssa tarvittavien liitosten tekemisestä ja liittimisestä. Mittauksissa käytettiin aina samoja letkuja kaasunormaalien ja laimentimen välillä sekä laimentimen ja eri analysaattorien välillä.

Vertailumittauksessa näytevirtaus oli valmiiksi säädetty laimentimesta ja se ohjattiin analysaattorin näytelinjaan. Näytelinjasta ylimääräinen virtaus ohjattiin ennen

analyssaattoria olevan kolmitieliittimen kautta poistoon, joka oli vallitsevassa ilmanpaineessa. Virtausmittauksella (terminen massavirtausmittaus) varmistuttiin, että näytelinjan virtaus oli vähintään 20 % suurempi kuin analyssaattorin tarvitsema näytevirtaus. Tällöin voitiin varmistua siitä, että analyssaattorin näytevirtaus oli vallitsevassa ulkoilmanpaineessa eikä vertailupitoisuus päässyt laimentumaan näytelinjassa.

Vertailumittauksessa syötettiin aluksi nollakaasua vähintään 15 minuutin ajan, sitten vertailukaasupitoisuudet vähintään 30 minuuttia/pitoisuus ja lopuksi vielä nollakaasua 15 minuutin ajan mittausverkon analyssaattoriin. Kaikki vertailupitoisuudet syötettiin siten, että aluksi syötettiin korkeampi pitoisuus, jonka jälkeen matalampi pitoisuus. Korkeamman pitoisuuden syöttäminen ennen matalampaa pitoisuutta johtui mittaus teknisistä syistä, koska käytettävät kaasulinjat haluttiin kyllästää vertailupitoisuudella, ja tämä on parhaiten toteutettavissa korkealla pitoisuudella. Kaasulinjojen kyllästymisen jälkeen pitoisuuden vaihtelulla ei ole todettu vaikutusta pitoisuustasoon. Mittaustulokset tallennettiin mittausverkon omaan tiedonkeruujärjestelmään. Varsinainen mittaustulos käsitti tasaantuneista pitoisuusarvoista (minuuttiarvot) lasketun keskiarvon ja keskihajonnan kahdelta itsenäiseltä kymmenen minuutin jaksolta sekä mittaus epävarmuuden mittaustulokselle.

Vertailumittauskampanja suoritettiin tekemällä asemavierailut vuoden 2017 elokuun ja marraskuun välisenä aikana. Lisäksi uusintavertailumittauksia tehtiin yhdellä asemalla tammikuussa 2018. Olosuhteet olivat melko vaihtelevat ja oli tärkeää huolehtia, etteivät kosteus ja lämpötilan muutokset aiheuttaisi ongelmia mittauksissa. Laitteiden ja kaasunormaalien annettiin stabiloitua mittausaseman sisälämpötilaan ennen vertailumittausten suorittamista. Lisäksi kaasusylinterien paineenalennussäätimet ja näyteletkut oli tiiviisti tulpattu molemmista päistä. Näin pyrittiin estämään ilman sekä kosteuden pääsy ja kondensoituminen kaasulinjojen tai paineenalennussäätimien pintoihin asemalta toiselle siirtymisten välissä.

2.4. Vertailumittausaineiston käsittely

Vertailumittaukseen osallistuneiden mittausverkkojen yhdyshenkilöiden tuli lähettää tuloksensa annettujen ohjeiden mukaisesti Ilmatieteen laitokselle. Vertailumittauksiin osallistuneille verkoille lähetettiin kooste vertailumittauksen tuloksista, joista verkko pystyi tarkistamaan omat tuloksensa vertailuarvoihin nähden. Verkoilta, joilla havaittiin poikkeavia tuloksia, pyydettiin lisäselvitystä ja tarvittaessa suoritettiin uusintavertailu.

Vertailuaineistosta laskettiin aluksi mittaustulosten suhteellinen erotus vertailuarvosta:

$$H_{ij} = 100(X_{ij} - C_j)/C_j \quad (2.1)$$

missä X_{ij} on mittausverkon i ilmoittama mittaustulos kaasukomponentille j ($=\text{SO}_2$, NO tai O_3) ja C_j on kaasukomponentin vertailuarvo. Näistä tuloksista laskettiin kullekin kaasukomponentille tilastolliset tunnusluvut, jotka on esitetty ns. laatikko- ja janakaaviona (Kuva 2). Tuloksista lasketut tunnusluvut ovat prosenttipisteet 25 % ja 75 %, keskiarvo sekä mediaani, jotka on esitetty Taulukossa 4.

Vertailumittausten tulosten käsittelyssä ja esitystavassa on kirjallisuudessa vaihtelevaa käytäntöä. Erilaisten esitystapojen tarkoituksena on saada tulokset esitettyä mahdollisimman havainnollisesti. Yhdenmukaista käsittelytapaa edustaa kansainvälisen standardointiliiton (International Organization for Standardization, ISO) julkaisema opas, jossa on esitetty menettely testisuureen, *Z-arvon*, laskemiseksi vertailumittaustuloksille (ISO 13528, 2015). *Z*-arvo voidaan laskea kullekin kaasukomponentille seuraavasti:

$$Z_{ij} = (X_{ij} - C_j)/s_j \quad (2.2)$$

missä X_{ij} on yksittäisen mittausaseman tulos, alaindeksi j kuvaa kaasukomponenttia ja indeksi i mittausasemaa, C_j on vertailuarvo ja s_j on hajonnalle asetettu tavoitearvo. Vertailuarvo C_j voi olla osallistuneiden laboratorioiden keskiarvo tai mediaani taikka luku-

arvo, jonka määrittäminen perustuu SI-yksikköön jäljitettyyn pitoisuusarvoon. Tässä tutkimuksessa käytettiin jälkimmäistä menettelyä, jossa SI-yksikköön jäljitetyt vertailuarvot määritettiin ilmanlaadun kansallisessa vertailulaboratoriossa.

Z-arvo (kaava 2.2) tarjoaa yksinkertaisen keinon verrata vertailumittaus tuloksia osallistuneiden laboratorioden kesken. Z-arvo voi saada samat arvot riippumatta pitoisuudesta tai kaasukomponentista. Tulosten hyväksyttävyydelle on asetettu seuraavat hyväksymiskriteerit:

$ Z \leq 2$	hyväksyttävä tulos	
$2 < Z < 3$	arveluttava tulos	(2.3)
$ Z \geq 3$	hylättävä tulos	

Tässä vertailumittauksessa hajonnan tavoitearvoksi s_j asetettiin 4 %, jolloin mittaus- aseman tulos voi poiketa enimmillään 8 % ($= 2 \cdot s_j$) vertailuarvosta ollakseen kuitenkin vielä hyväksyttävä. Tämä on noin puolet ilmanlaadun seurantamenetelmien jatkuvien mittausten laatutavoitteesta (15 %), joka on asetettu ilmanlaatuasetuksessa (Vna 79/2017).

Mittausverkkoja pyydettiin myös arvioimaan omien tulostensa mittausepävarmuudet. Mittausepävarmuus oli mahdollista arvioida Ilmatieteen laitoksen vertailulaboratorion tarkoitusta varten laatiman laskentaohjelman avulla, joka perustuu EN-menetelmä-standardien vaatimuksiin. Laskentaohjelma jaettiin ennen vertailumittausten suorittamista mittaaajille, ja mittaaajien tuli arvioida vertailutulokseen keskeisesti liittyvät mittausepävarmuustekijät laskentapohjan sarakkeisiin. Tällaisia tekijöitä olivat mm. analysaattorin toistettavuus, lineaarisuus, riippuvuudet näytteen lämpötilasta, paineesta ja mittausaseman sisälämpötilasta sekä kalibroinnin epävarmuudesta. Laskentaohjelma oli lisäksi mittaaajien saatavilla vertailukampanjan aikana käytössä olleen ilmanlaatu-

portaalin (www.ilmanlaatu.fi, nykyisin <http://ilmatieteenlaitos.fi/raportit-ja-lomakkeet>) suojatuilla sivuilla.

Vastaavasti Z-arvojen lisäksi voidaan laskea ns. E_n -arvot, jotka osoittavat, kuinka paljon mittaustulokset poikkeavat suhteessa niiden mittausepävarmuuteen (ISO 13528, 2015):

$$E_n = \frac{X_{ij} - C_j}{\sqrt{U_{Xij}^2 + U_{Cj}^2}} \quad (2.4)$$

missä X_{ij} on yksittäisen mittausaseman tulos laajennetulla epävarmuudella U_{Xij} ja C_j on vertailupitoisuus laajennetulla epävarmuudella U_{Cj} . Myös E_n -luvulle voidaan esittää hyväksymiskriteerit:

$$\begin{array}{ll} |E_n| \leq 1 & \text{hyväksyttävä tulos} \\ |E_n| > 1 & \text{hylättävä tulos} \end{array} \quad (2.5)$$

Yhtälöstä 2.4 voidaan havaita, että nimittäjän ollessa suurempi kuin osoittaja, E_n -luku on aina hyväksyttävä. Tässä vertailussa mittausverkon hyväksyttävä maksimiepävarmuus on sama kuin Z-arvojen arvioinnissakin ts. $U_{Xij} \leq 8 \%$. Näin ollen hyväksyttävät tulokset Z-arvojen ja E_n -arvojen osalta voidaan jakaa seuraaviin Taulukon 1 tilanteisiin (Lagler et al., 2017).

Taulukko 1. Vertailutulosten yleinen arviointimalli Z-arvojen, E_n -arvojen ja mittaus-epävarmuuden avulla arvioituna.

Z-arvo	E_n -arvo	U_{xij}	Hyväksyttävyys	Luokittelu
$ Z \leq 2$	$ E_n \leq 1$	$\leq 8 \%$	Tulos on täysin hyväksyttävä	1
$ Z \leq 2$	$ E_n \leq 1$	$8 \% \leq U \leq 15 \%$	Tulos hyväksyttävä	2
$ Z \leq 2$	$ E_n > 1$	$\leq 8 \%$ tai $8 \% \leq U \leq 15 \%$	Tulos arveluttava	3
$2 < Z < 3$	$ E_n \leq 1$	$\leq 8 \%$ tai $8 \% \leq U \leq 15 \%$	Tulos arveluttava	4
$2 < Z < 3$	$ E_n > 1$	$\leq 8 \%$ tai $8 \% \leq U \leq 15 \%$	Tulos arveluttava	5
$ Z \geq 3$	$ E_n \leq 1$	$\leq 8 \%$ tai $8 \% \leq U \leq 15 \%$	Tulos hylättävä	6
$ Z \geq 3$	$ E_n > 1$	$\leq 8 \%$ tai $8 \% \leq U \leq 15 \%$	Tulos hylättävä	7

Taulukon 1 perusteella hyväksyttävä vertailumittaustulos on luokilla 1–2, arveluttava luokilla 3–5 ja hylättävä luokilla 6–7.

2.5. Laatujärjestelmä- ja kenttäauditointi

Vertailumittausten yhteydessä tehtiin mittausasemien ja -toiminnan auditointi. Kohteena oli 21 mittausverkkoa ja niissä yhteensä 28 asemaa. Asemat olivat tyypiltään joko teollisuusasemia, teollisuus-/liikenneasemia, teollisuuden tausta-asemia, liikenne-asemia, liikenne-/teollisuusasemia, liikennekaupunkitausta-asemia, kaupunkitausta-asemia tai tausta-asemia. Asemien tietojen laatu- ja sijaintitavoitteena oli kaikille asemille kiinteä mittaus, eli verkkojen tavoitteena olivat ilmanlaatuasetuksen mukaiset mittaus-epävarmuudet, ajallinen vähimmäiskattavuus eri asematyypeille ja datan vähimmäismäärä.

Auditoinnin tarkoituksena oli selvittää mittaus toiminnan toteutus ja kuinka hyvin vertailumenetelmää kuvaavien ilmanlaatuasetuksen liitteessä 10 tarkoitettujen EN-menetelmästandardien edellyttämät laadunvarmennustoimet toteutuvat kussakin mittausverkossa sekä saada arvio laadunvarmennuksen tasosta Suomessa. Auditoinnissa selvitettäviä asioita olivat mm. laatu järjestelmän kattavuus, dokumentointi ja arviointi, mittaus- ja näytteenottotilat sekä -olosuhteet, mittaajien pätevyys ja koulutus, asemilla olevat analysaattorit, niiden kalibrointi ja huolto sekä laadunvarmennustoimenpiteet, tiedonkeruu ja -käsittely sekä tietojen dokumentointi ja ohjeiden käyttö. Hiukkasmittausten osalta suoritettu kenttäauditointi on ensimmäinen vertailulaboratorion suorittama. Suoritettu auditointi oli luonteeltaan kvalitatiivinen ns. järjestelmäauditointi. Auditoidut asiat ja auditointikysymykset käyvät ilmi Liitteestä 3.

3. TULOKSET

3.1. Vertailuarvot ja niiden epävarmuus

Vertailuarvot määritettiin Ilmatieteen laitoksen kalibrointilaboratoriossa noudattaen laboratorion laatujärjestelmää.

Vertailuarvojen määrittäminen ja käyttö vertailumittauksissa perustuu siihen, että:

- Ilmatieteen laitoksen laboratorio on akkreditoitu kalibrointilaboratorio (FINAS; K043, <https://www.finas.fi/toimijat/Sivut/default.aspx>), jonka kalibrointipitoisuus on jäljitetty SI-yksikköön tai kansalliseen otsonin primaarinormaaliin (Standard Reference Photometer, SRP-37).
- Ilmatieteen laitos on solminut VTT-MIKES Metrologian (www.mikes.fi) kanssa sopimuksen jäljitettävien kalibrointipalvelujen ylläpitämisestä ilmanlaadun mittauksille (Mittanormaalilaboratorio).

Taulukossa 2 on esitetty vertailuarvojen keskiarvot ja keskihajonnat vertailumittausjakson ajalta eli ennen varsinaisia vertailumittauksia, niiden puolivälissä sekä varsinaisten vertailumittausten päätyttyä.

Taulukko 2. Laboratoriomittausten perusteella määritetyt vertailuarvojen keskiarvot ja niiden standardipoikkeamat koko vertailumittausjakson aikana.

Vertailuarvo	SO ₂ (nmol/mol)	NO (nmol/mol)	O ₃ (nmol/mol)
matalampi pitoisuus (C1)	50,8 ± 0,5	165,5 ± 0,4	42,8 ± 0,5
korkeampi pitoisuus (C2)	162,1 ± 1,0	445,3 ± 1,3	136,8 ± 1,3

Vertailuarvojen laajennettu mittausepävarmuus määritettiin ISO:n ohjeen (JCGM 100, 2008) mukaisesti (esitelty luvussa 2.2). Epävarmuuslaskuissa huomioidut epävarmuuskomponentit (standardiepävarmuudet) sekä niistä laskettu yhdistetty mittausepävarmuus (u_c) ja suhteellinen laajennettu mittausepävarmuus (U %) on esitetty Taulukossa 3. Vertailuarvojen epävarmuusbudjettiin on sisällytetty Ilmatieteen laitoksen kalibrointilaboratoriossa käytettyjen kaasunormaalien ja laimentimen tuottamien pitoisuuksien epävarmuudet SI-yksikköön asti. Lisäksi budjettiin sisältyy vertailussa käytetyn laimentimen toistettavuudesta ja kaasunormaalien toistettavuudesta johtuvat epävarmuuskomponentit. Analysaattorin mittausominaisuuksista huomioitiin lineaarisuus, toistettavuus ja lyhyen ajan liukuma. Otsonin vertailuarvojen epävarmuusbudjetissa on huomioitu kalibrointilaboratorion otsonin primaarinormaalien (Standard Reference Photometer SRP-37) mittausepävarmuuskomponentit sekä vertailuun käytetyn otsonikalibraattorin mittausominaisuuksista johtuvat epävarmuuskomponentit.

Taulukko 3. Vertailumittauksissa käytettyjen vertailuarvojen epävarmuusbudjetit kullekin kaasulle (C1 = matalampi pitoisuus, C2 = korkeampi pitoisuus).

Vertailuarvojen epävarmuusbudjetti	Vertailupitoisuus	SO ₂	NO	O ₃
Vertailuarvojen määrityksen standardiepävarmuus, u_{ver} (%)	C1	2,6	1,4	1,5
	C2	1,5	1,4	1,0
Vertailuarvojen toistettavuus, u_{toist} (%)	C1	1,0	0,2	1,2
	C2	0,6	0,3	1,0
Yhdistetty standardiepävarmuus, u_c (%)	C1	2,8	1,4	1,9
	C2	1,6	1,4	1,4
Suhteellinen laajennettu mittausepävarmuus, U (%)	C1	5,6	2,9	3,8
	C2	3,2	2,8	2,8

Suhteellinen laajennettu mittausepävarmuus on laskettu epävarmuuskomponenteista (standardiepävarmuuksista) seuraavan kaavan avulla:

$$U(\%) = k \cdot \sqrt{(u_{\text{ver}}(\%))^2 + (u_{\text{toist}}(\%))^2}, \quad (3.1)$$

missä epävarmuuskomponentit, u_{ver} ja u_{toist} on esitetty Taulukossa 3. Kattavuustekijälle on käytetty arvoa kaksi ($k = 2$). Vertailuarvo voidaan nyt esittää muodossa:

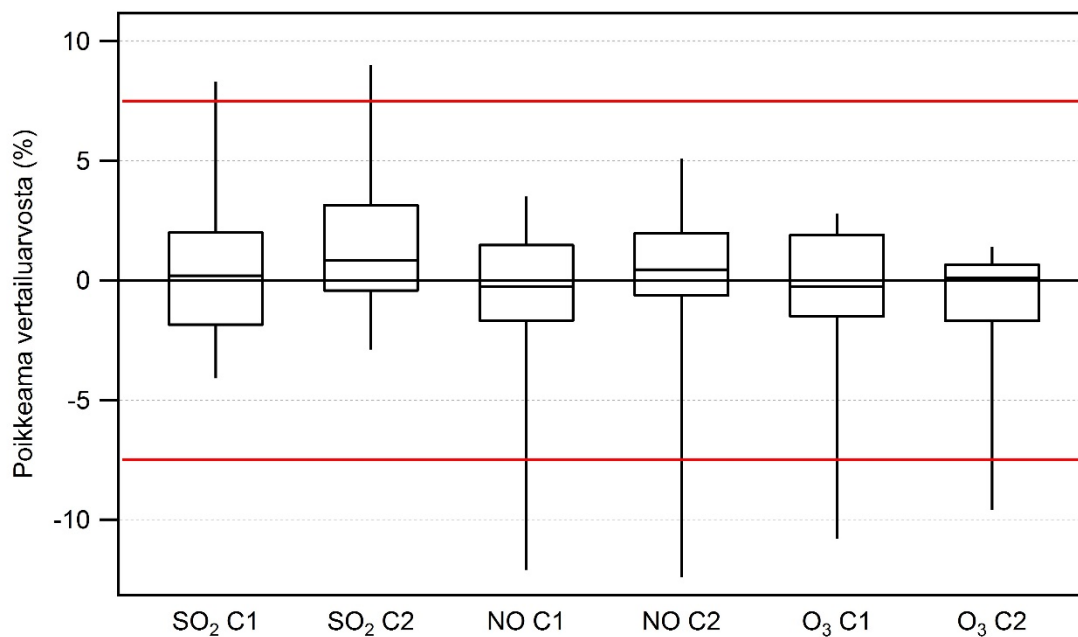
$$C_{\text{ver},j} = C_j \pm U_j(\%), \quad (3.2)$$

missä $C_{\text{ver},j}$ on vertailuarvon vaihteluväli, C_j määritetty vertailuarvo ja $U_j(\%)$ on suhteellinen laajennettu epävarmuus. Indeks j kuvaa vertailtavia kaasukomponentteja.

3.2. Vertailumittausten tulokset

Tässä kappaleessa esitetään vertailumittaukseen osallistuneiden mittausverkkojen tulokset käyttäen mittausverkon nimenä muiden osalta virallista nimeä lyhentämättömänä paitsi Neste Oyj:n verkosta nimeä Neste, Helsingin seudun verkosta nimeä HSY (Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY -kuntayhtymä) ja Ilmatieteen laitoksen havaintopalvelujen ylläpitämästä tausta-asemaverkosta lyhennettä IL. Mittausasemien nimet käyvät ilmi Liitteen 1 taulukosta. Siinä on myös esitetty vertailumittausten suoritus eri asemilla komponenteittain. Vertailumittausten tulokset kaikkien komponenttien osalta on esitetty keskiarvoina Liitteen 4 taulukoissa L4.1–L4.3.

Kuvan 2 laatikko- ja janakaaviossa on esitetty yhteenveto mittausverkkojen tuloksista suhteellisenä poikkeamana vertailuarvosta kaikille kaasukomponenteille. Kuvaan on merkitty vertailumittausten tulokset sekä mittausten standardiepävarmuus, joka on puolet ilmanlaatuasetuksessa sallitusta mittausepävarmuudesta.



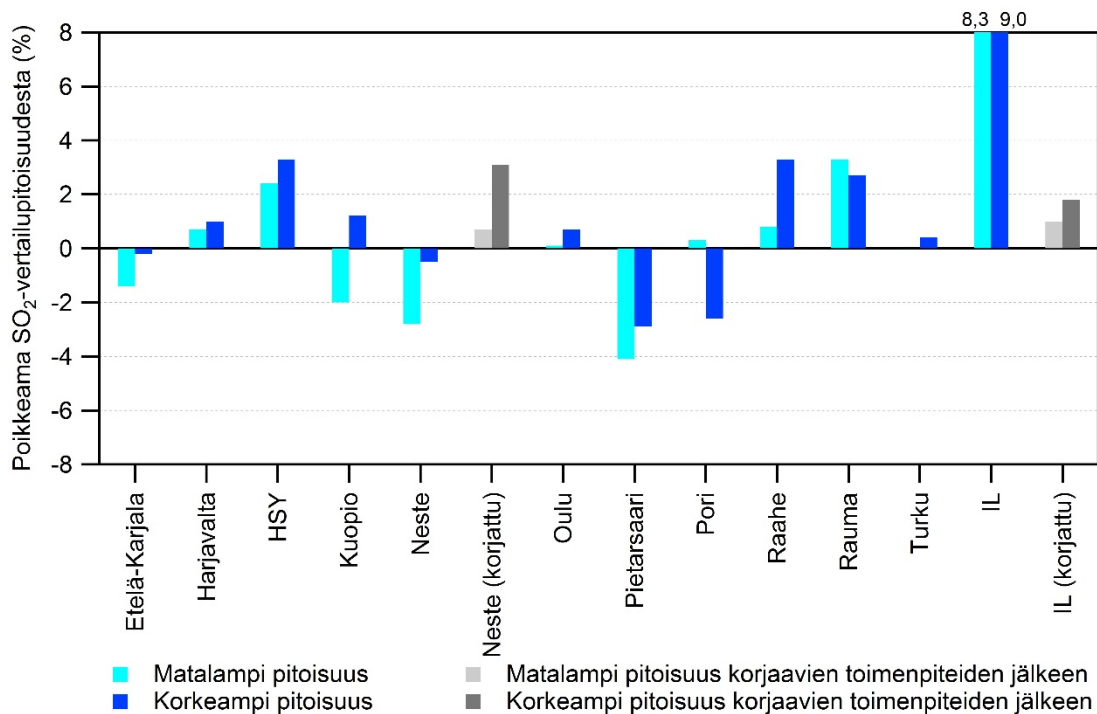
Kuva 2. Laatikko- ja janakaavio vertailumittaustulosten suhteellisista poikkeamista vertailuarvosta kaikissa mittauksissa (C1 = matalampi, C2 = korkeampi pitoisuus). Laatikko edustaa 25–75 % mitatuista tuloksista, laatikon sisällä oleva vaakaviiva osoittaa tulosten mediaanin. Loput tuloksista asettuvat laatikon ulkopuolelle asettuvien janojen välille. Kuvaan on merkitty punaisella viivalla ilmanlaatuasetuksen mittauserävarmuuden arvosta puolet eli 7,5 %.

Taulukossa 4 on esitetty Kuvan 2 mittaustulokset eri tunnuslukuina.

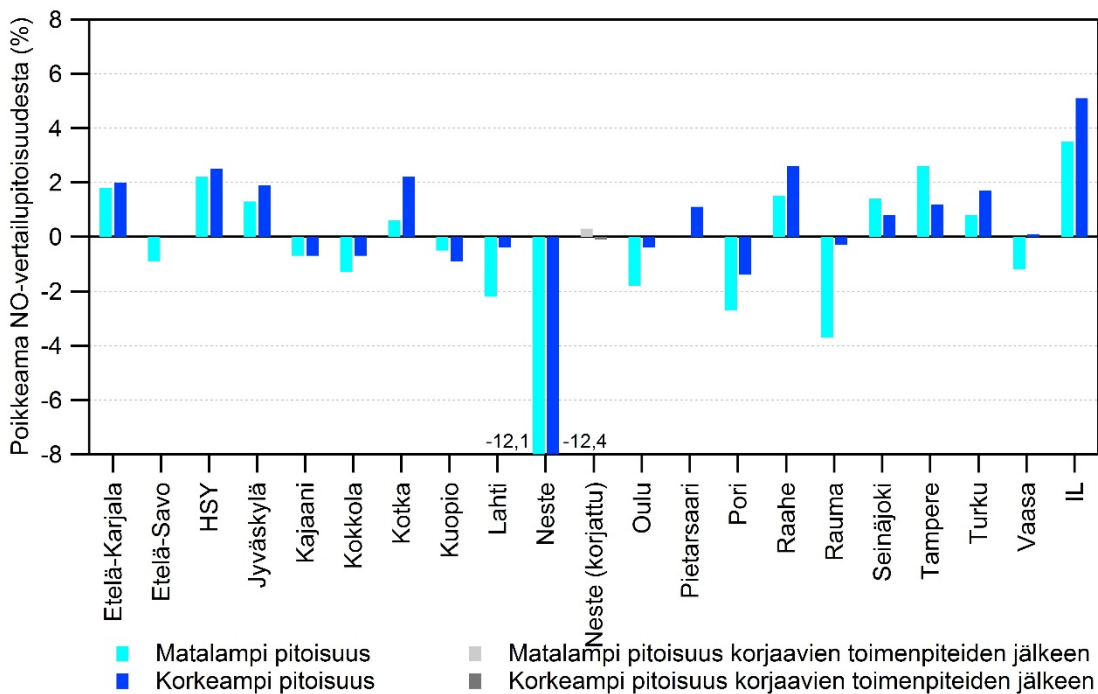
Taulukko 4. Kuvan 2 tulosten tunnusluvut prosentteina (%).

Tunnusluku	SO ₂ C1	SO ₂ C2	NO C1	NO C2	O ₃ C1	O ₃ C2
Min	-4,1	-2,9	-12,1	-12,4	-10,8	-9,6
25 %-piste	-1,5	-0,3	-1,4	-0,5	-1,3	-1,5
Keskiarvo	0,5	1,3	-0,6	0,2	-1,0	-1,2
Mediaani	0,2	0,8	-0,2	0,5	-0,3	0,1
75 %-piste	1,2	2,9	1,5	1,9	1,3	0,5
Max	8,3	9,0	3,5	5,1	2,8	1,4
Lukumäärä	12	12	20	20	8	8
Keskihajonta	3,2	3,2	3,3	3,4	4,3	3,5
Vertailupitoisuus (nmol/mol)	50,8	162,1	165,5	445,3	42,8	136,8

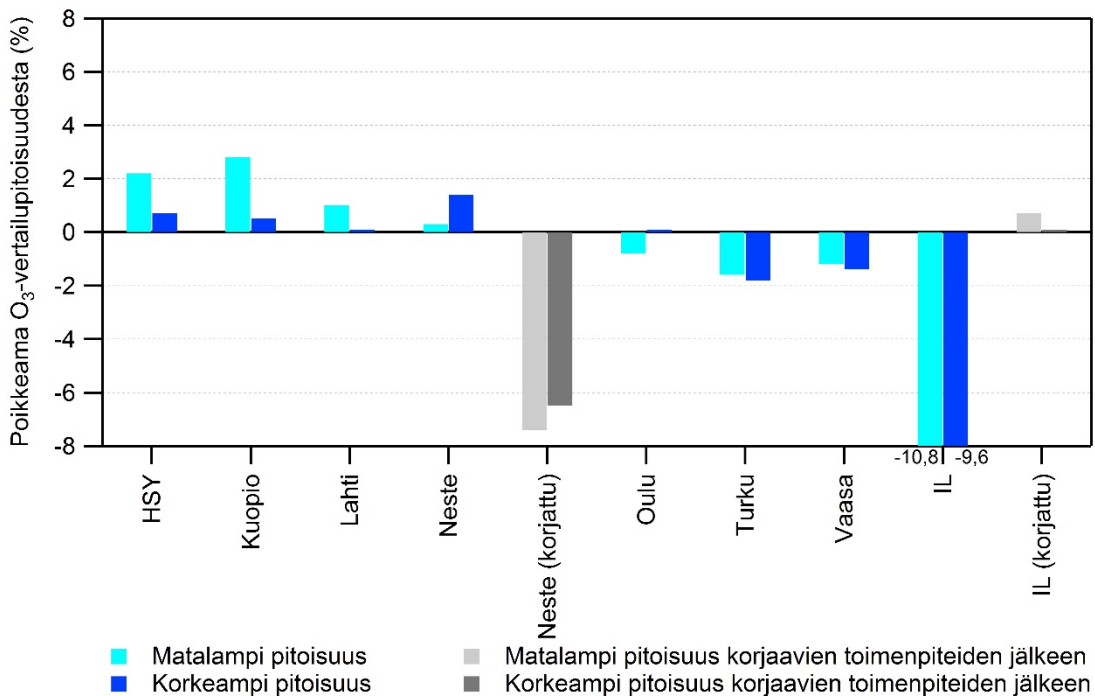
Yhteenvedosta havaitaan, että kussakin vertailupitoisuudessa on jokin mittauksittainen tulos, joka ei täytä tässä vertailussa tavoitteena ollutta ehtoa alle 8 %:n suhteellisen poikkeaman suuruudesta (luku 2.4). Tuloksia käydään läpi yksityiskohtaisemmin näiden poikkeamien osalta myöhemmin tässä raportissa. Kuvassa 2 esitettyjen kaikkien tulosten yhteenvedon pohjana olleet tulokset on esitelty Kuvissa 3–5 eriteltynä kunkin vertailuun osallistuneen mittausverkon tulosten suhteellisina poikkeamina vertailuarvoista kaikille kaasukomponenteille kummassakin vertailupitoisuudessa. Tässä vertailussa tavoitteena tulosten hyväksyttävyydelle oli alle 8 %:n poikkeama kunkin kaasupitoisuuden vertailuarvosta. Kuvista 3–5 havaitaan, että tavoite ei täytynyt IL:n tausta-asetusverkon mittauksissa rikkidioksidi- ja otsonivertailuissa kummankaan vertailupitoisuuden osalta sekä Nesteen osalta typpimonoksidivertailussa kummankaan vertailupitoisuuden osalta.



Kuva 3. Rikkidioksidin vertailumittauksittain suhteellinen poikkeama vertailuarvoista.



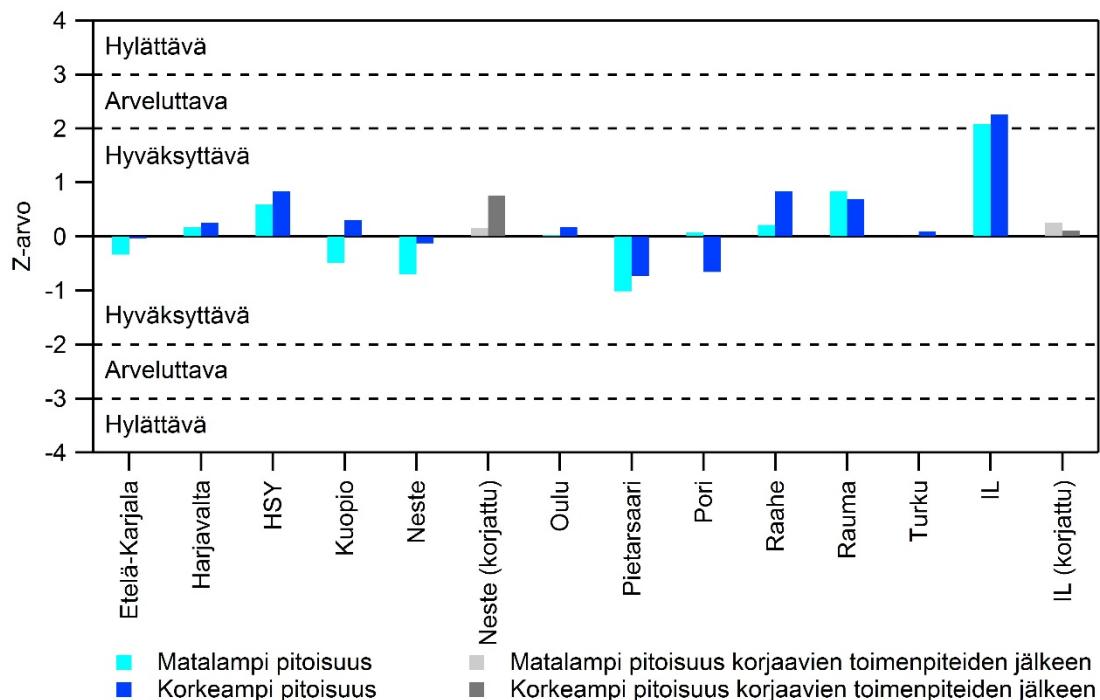
Kuva 4. Typpimonoksidin vertailumittaustulosten suhteellinen poikkeama vertailuarvoista.



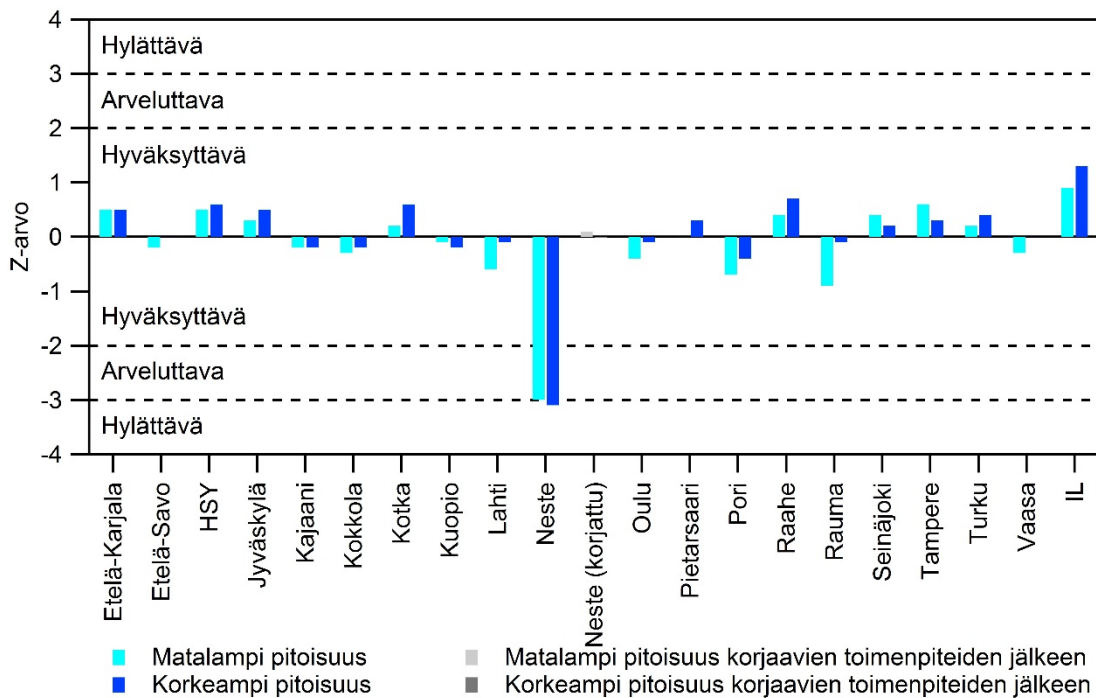
Kuva 5. Otsonin vertailumittaustulosten suhteellinen poikkeama vertailuarvoista.

Kuvissa 6–8 on esitetty mittausverkkojen Z-arvotestin tulokset rikkidioksidin, typpimonoksidin ja otsonin osalta kummassakin vertailupitoisuudessa. Z-arvot on laskettu Kaavan 2.2 avulla. Tällöin kaikille mittauksille saadaan tulkinta Hyväksyttävä – Arveluttava – Hylättävä. Hyväksymiskriteerit on esitetty Kaavassa 2.3.

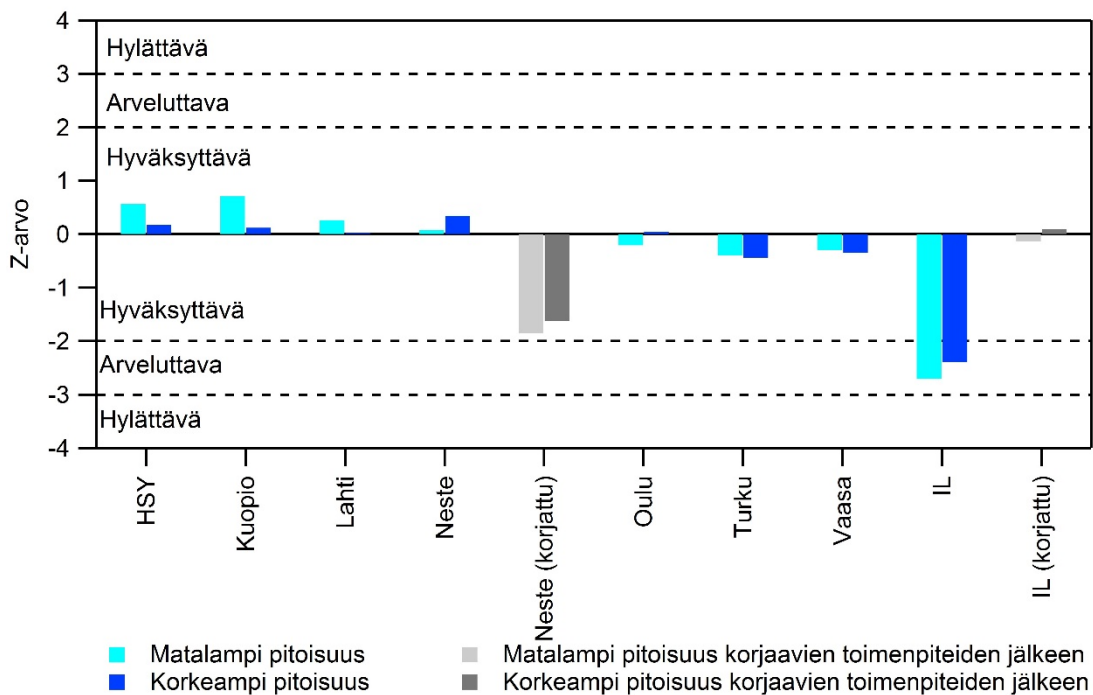
Rikkidioksidivertailuun (Kuva 6) osallistui 12 mittausasemaa, joissa vertailumittauksia tehtiin yhteensä 24; tuloksista 22 oli hyväksymisrajojen sisällä. Typpimonoksidin osalta (Kuva 7) mittausasemia oli 20 ja vertailumittauksia yhteensä 40; tuloksista 38 alitti hyväksymisrajan. Otsonin osalta (Kuva 8) mittausasemia oli 8 ja vertailumittauksia yhteensä 16; tuloksista 14 oli hyväksyttävällä alueella.



Kuva 6. Z-arvot rikkidioksidivertailussa.



Kuva 7. Z-arvot typimonomoksidivertailussa.



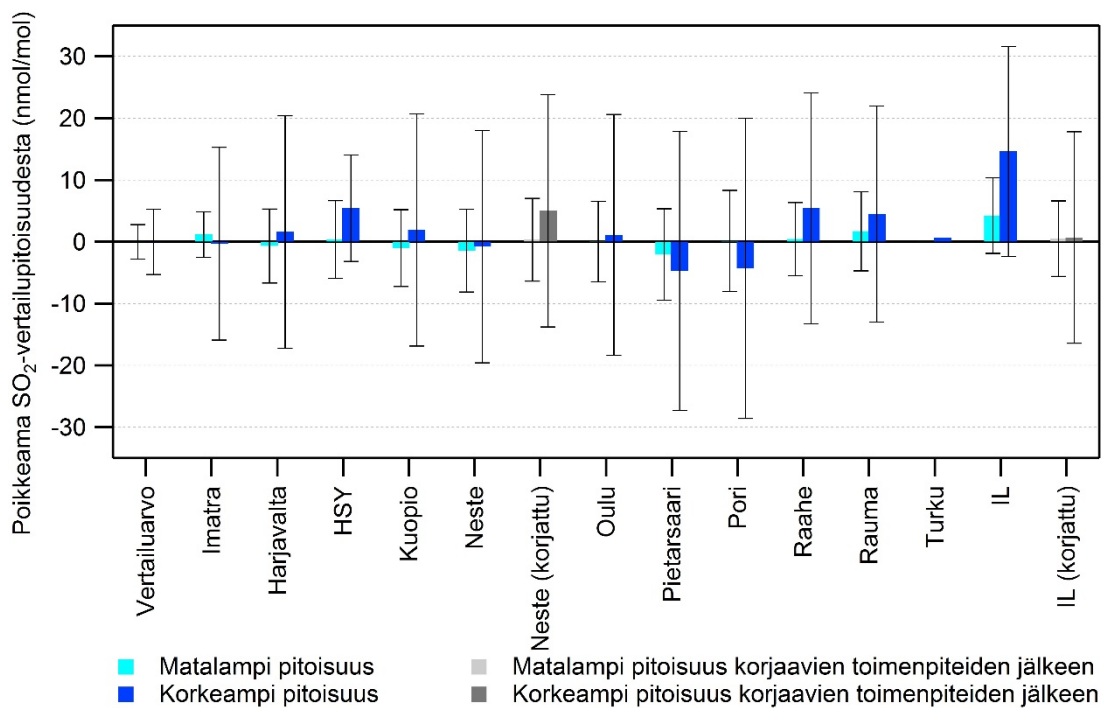
Kuva 8. Z-arvot otsonivertailussa.

Hylättävän tai arveluttavan tuloksen raportoineille mittausverkoille (Nesteen verkko ja IL:n tausta-asemaverkko) annettiin mahdollisuus selvittää mahdolliset syyt tulosten liian suurelle poikkeavuudelle.

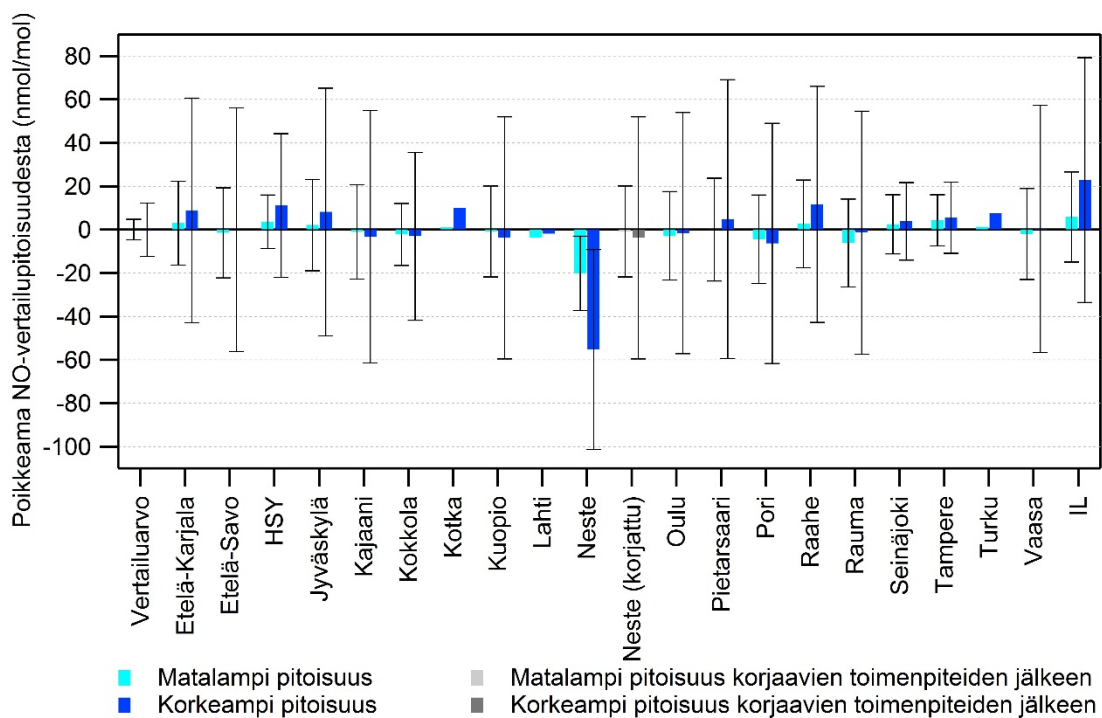
Nesteen raportoimat tulokset olivat hylättäviä typpimonoksidin osalta kummassakin vertailupitoisuudessa. Selvitettäessä syytä tulosten poikkeavuudelle huomattiin, että tulokset, ei pelkästään typpimonoksidin vaan kaikkien kaasukomponenttien osalta, oli raportoitu käyttämättä kalibrointikertoimia tulosten korjaamiseen. Kaikki uudelleenlasketut tulokset olivat hyväksyttäviä, tosin tulokset otsonin ja osin rikkidioksidin osalta heikkenivät jonkin verran alun perin raportoiduista. Tulokset korjaavien toimenpiteiden jälkeen on esitetty Kuvissa 3–11 harmailla sävyillä.

IL:n tausta-asemaverkon raportoimat tulokset olivat arveluttavia SO_2 - ja O_3 -vertailujen osalta. Raportoitujen tulosten poikkeavuutta selvitettiin ja selvityksestä kirjoitettiin mittajaan laatujärjestelmän mukaisesti poikkeamaraportti: Syyksi rikkidioksidituloksen arveluttaville tuloksille havaittiin SO_2 -analysaattorin säätämiseen käytetyn kalibraattorin epäkuntoisuus. Otsonin osalta todettiin, että vertailumittauksen aikana käytössä ollut O_3 -analysaattori oli epäkunnossa ja tämä oli siksi antanut arveluttavan vertailutuloksen. Lisäsyys tulosten poikkeavuudelle epäiltiin sitä, että SO_2 - ja NO -analysaattorit on kalibroitu vertailupitoisuuksia alhaisemmille pitoisuusalueille, koska kyseessä on tausta-asema, sillä IL on vastuussa Suomen taustailmanlaadun mittaamisesta. Korjaavien toimenpiteiden jälkeen (SO_2 -analysaattorin kalibrointi toisella kalibraattorilla ja O_3 -analysaattorin vaihto uuteen yksilöön) suoritettiin asemalla uusintavertailu, josta raportoidut tulokset olivat hyväksyttäviä (Kuvissa 3, 5, 6, 8, 9 ja 11 harmailla sävyillä).

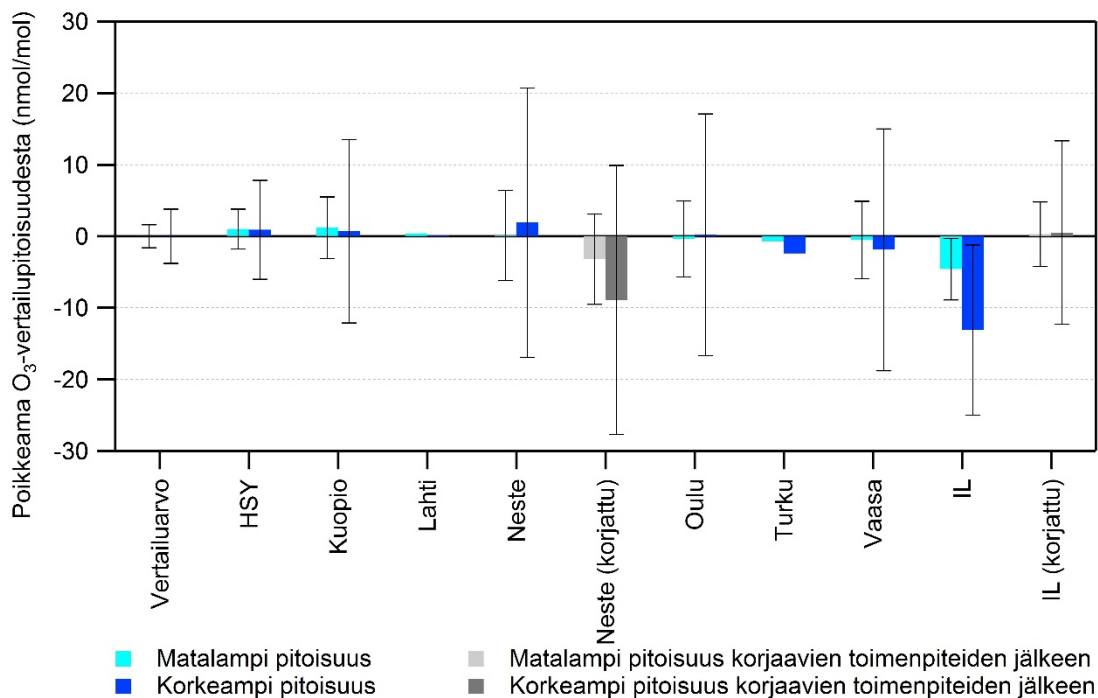
Kuvissa 9–11 on esitetty mittausverkkojen tulosten poikkeamat vertailupitoisuudessa sekä mittausverkkojen ilmoittama mittausepävarmuus. Epävarmuusrajoja ei ole merkitty kuviin, mikäli mittausasema ei ilmoittanut raportointilomakkeella ko. tietoa tarkastelujaksolle.



Kuva 9. Poikkeamat SO₂:n vertailuarvoista yhdistettynä mittausverkkojen ilmoittamaan mittaus-epävarmuuteen.



Kuva 10. Poikkeamat NO:n vertailuarvoista yhdistettynä mittausverkkojen ilmoittamaan mittaus-epävarmuuteen.



Kuva 11. Poikkeamat O₃:n vertailuarvoista yhdistettynä mittausverkkojen ilmoittamaan mittaus-epävarmuuteen.

Liitteeseen 4 on koottu taulukot ennen mahdollisia korjaavia toimenpiteitä raportoiduista vertailumittausten tuloksista, joissa on myös esitetty Z- ja E_n-arvot sekä Taulukon 1 mukainen hyväksyttävyyssluokka. E_n-luvut on laskettu ainoastaan siinä tapauksessa, jos mittausverkko on lähettänyt mittausepävarmuusarvion. Yhteenveto näistä tuloksista ja niiden hyväksyttävyydestä on koottu Liitteeseen 5.

Rikkidioksidin osalta lähes kaikki arvioidut E_n-arvot olivat hyväksyttävällä tasolla, mutta hyväksyttävyyssluokat vaihtelevat 1:n ja 2:n välillä riippuen suhteellisen mittausepävarmuuden $U(\%)$ arvosta. Yhdellä mittausverkolla E_n-arvot olivat arveluttavat (hyväksyttävyyssluokka 4) johtuen Z-arvosta (> 2). Yhdellä mittausverkolla alhaisemman pitoisuuden suhteellinen epävarmuus ylitti sallitun rajan, jolloin hyväksyttävyyssluokaksi tuli 7.

Typpimonoksidin osalta myös lähes kaikki arvioidut E_n -arvot olivat hyväksyttävällä tasolla hyväksyttävyyssluokkien vaihdellessa 1 ja 2 välillä riippuen suhteellisen mittaus-epävarmuuden $U(\%)$ arvosta. Yhdellä mittausverkolla E_n -arvo ylitti sallitun rajan, jolloin hyväksyttävyyssluokaksi tuli 7.

Myös otsonin osalta lähes kaikki arvioidut E_n -arvot olivat hyväksyttävällä tasolla; hyväksyttävyyssluokat vaihtelevat 1 ja 2 välillä riippuen suhteellisen mittaus-epävarmuuden $U(\%)$ arvosta. Yhdellä mittausverkolla E_n -arvot olivat arveluttavalla tasolla hyväksyttävyyssluokan ollessa 5.

3.3. Laatujärjestelmä- ja kenttäauditointitulokset

Laatujärjestelmä- ja kenttäauditointi suoritettiin Liitteen 3 mukaisen kyselylomakkeen avulla. Lomake lähetettiin etukäteen verkoille tiedoksi, ja auditointi täytti lomakkeen mittausverkon edustajan/edustajien haastattelun, havainnoinnin ja dokumenttien tarkistuksen perusteella. Joissain tilanteissa kaikkia tietoja ei saatu käynnin aikana, ja puuttuvia tietoja täydennettiin jälkikäteen. Ennen auditoinnin sulkemista verkolla oli mahdollisuus kommentoida auditointihavaintoja, ja tarvittaessa merkintöjä korjattiin. Mikäli tarpeen, korjattavasta muutoksesta pyydettiin näyttöä. Lopuksi raportti lähetettiin mittausverkoille.

Auditoinnin havainnot koskevat tilannetta auditoinnin ajankohtana. Tämän jälkeen mittausverkoissa on tapahtunut muutoksia mm. mittaajan, konsultin, mittalaitteiden ja raportoinnin osalta. Auditoinnit suoritettiin samoilla asemilla kuin vertailumittaukset. Rauman Hallikadun ja Sinisaaren mittauksista vastasi kaksi erillistä tahoa (kaupunki ja konsultti (Ilmatieteen laitoksen asiantuntijapalvelut), vastaavasti), joten auditointien osalta Rauman mittaukset on esitetty taulukoissa nimityksillä Rauma H (Hallikatu) ja Rauma S (Sinisaari).

3.3.1 Laatujärjestelmäauditointi

Laatujärjestelmäauditoinnin tulosten yhteenveto on esitetty taulukossa 5. Taulukkoon on koottu tiedot laatujärjestelmän perusteena olevasta laatustandardista, laatukäsikirjasta, teknisten ja muiden ohjeiden kattavuudesta, poikkeamien kirjauksista, auditointien suorittamisesta (sekä sisäiset laatujärjestelmään kohdistuvat että sisäiset ja ulkoiset kenttäauditoinnit), laatukatselmuksista, laatu- ja asemakuvauksista, perehdytyksistä ja pätevyysrekisteristä, sekä vastuut laitteen antaman raakadatan ja korjatun datan jatkokäsittelyn osalta. Taulukkoon on kirjattu myös yhteenvetona havainto laatujärjestelmän kattavuudesta. Lisäksi yleisestä laatujärjestelmästä esitettiin kysymyksiä mm. mittausten laatu- ja sijaintitavoitteesta, mittausten vastuuhenkilöistä sekä dokumenttien hallinnasta. Neljän verkon osalta konsultti vastasi kokonaisuudessaan mittausten hallinnasta, ja näiden osalta laatujärjestelmän auditointi perustuu konsulttien järjestelmään.

Mittausverkkojen laatujärjestelmät perustuvat kahta verkkoa lukuun ottamatta laatustandardeihin SFS-EN ISO 17025 ja SFS-EN ISO 9001. Ilmanlaatuasetuksessa standardille ei ole vaatimusta, mutta mittausmenetelmien standardeissa suositellaan käytettäväksi standardia SFS-EN ISO 17025. Suurin osa mittausverkoista käytti Kuopion mallin mukaista dokumentointia, jolloin laatukäsikirja ja useimmiten valtaosa ohjeistuksesta on laadittu valmiiden dokumenttien perusteella ja muokattu omaan käyttöön soveltuvaksi. Itse laadittua laatukäsikirjaa ja muuta dokumentointia käytti vain kuusi verkkoa Kuopion lisäksi. Mittalaitteiden ja muiden ohjeiden (mm. tulosten editointi ja raportointi sekä mittausverkon suunnittelu) kattavuus arvioitiin riittäväksi 17 mittausverkossa. Muutamassa verkossa ohjeiden muokkaus omaan käyttöön oli keskeneräistä ja yhdessä verkossa havaittiin puutteita ohjeistuksen kattavuudessa. Poikkeamia kirjattiin ylös suurimmassa osassa mittausverkoista, joskin usein poikkeamien kirjaus koski vain havaintoja teknisistä ongelmista, esimerkkinä laiteongelmien kirjaus asemapäiväkirjaan. Dokumenttien hallinta oli pääosin verkoissa kunnossa: niitä päivitettiin, ne oli identifioitu ja talletettu määritettyihin paikkoihin, ja jäljitettävästä arkistoinnista oli huolehdittu.

Mittausten laatukuvaus, jota EEA edellyttää vuosiraportoinnin yhteydessä merkittäväksi, oli laadittu lähes kaikissa mittausverkoissa, joskin muutamassa verkossa se ei ollut sähköisesti saatavilla ja parissa verkossa laatukuvaus viittasi väärin mittauksiin.

Euroopan Komissio edellyttää näytteenottopaikan dokumentointia, ja asemakuvaus oli noin puolessa verkoissa laadittu laatujärjestelmään kuuluvaan dokumenttiin ja puolessa se oli dokumentoitu vain Ilmatieteen laitoksen tietokantaan käyttöliittymän kautta (aikaisemmin MKL ja vuodesta 2018 alkaen AQUSTI). Asemien varustuksissa ei havaittu sellaisia ratkaisuja, joita ei voitaisi hyväksyä. Näytteenotossa havaittiin puutteita kolmella asemalla. Yhdessä liikenneasemaksi määritetty asema sijaitsi arviolta noin 25 metrin etäisyydellä ajokaistan reunasta suojaisella sisäpihalla, ja näytteenottolinjan alkupää sijaitsi rehevän lehvästön keskellä. Toinen asema oli niin ikään määritetty liikenneasemaksi, mutta vaatimus enintään 10 metrin etäisyydestä ajokaistan reunaan ei täyttnyt etäisyyden ollessa katuihin 15–20 m. Kolmannessa näytteenottoletkun alkupää oli kiinnitetty suoraan rakennuksen seinään kiinni, ja tällöin vaatimus 0,5 metrin etäisyydestä ei täyttnyt.

Auditointeja suoritetaan mittausverkoissa vain vähän. Sisäisiä laatujärjestelmä- tai kenttäauditointeja on tehty seitsemässä verkossa. Ristiinauditointeja verkkojen välillä ei ole tehty dokumentoidusti lainkaan, joskin niitä oli suunniteltu tehtävän lähes puolessa verkoista, mutta toistaiseksi ne olivat jääneet suorittamatta. Useimmiten verkon ainoat auditoinnit ovat olleet vertailulaboratorion suorittamia. Koska useat verkot toimivat hyvin pienillä henkilömäärillä, erityisesti ristiinauditointien osalta laajempi yhteistyö auditointien järjestämisessä olisi toivottavaa. Laatukatselmuksia tai sitä vastaavia kokouksia on järjestetty alle puolessa verkoissa. Hyvin pienissä verkoissa katselmusten järjestäminen ei ole välttämättä järkevää tai tarpeellista.

Mittauksille on määritetty kussakin verkossa vastuuhenkilöt. Mittausasemien toiminnasta ja mittauksista vastaavilla henkilöillä on vaihtelevia koulutustaustoja. Suuri osa

mittauksista vastaavista henkilöistä on kunnan ympäristö- tai terveystarkastajia, joiden koulutus pohja on teknispainotteinen, esim. laborantti-, teknikko-, insinööri-, kemisti- tai fyysikkokoulutus. Ammattitaidon ylläpitokoulutusta mittaajat saavat Ilmanlaadun mittaajatapaamisista, Ilmansuojelupäiviltä ja laitetoimittajilta. Lisäksi osa mittaajista on osallistunut muihin ilmanlaatua tai laitteistoja koskeviin koulutuksiin, verkkojen yhteisiin laatukokouksiin tai hankkinut ympäristönäytteenottajan pätevyyden ilmanlaatu-mittausten alalla (www.syke.fi/sertifiointi). Pätevyysrekisteriä tai vastaavaa dokumenttia ylläpidetään suurimmassa osassa verkkoja. Tulosten raportoinnin osalta raakadatan korjauksesta vastasi konsultti runsaassa puolessa osassa verkkoja, ja lopuista vastasi mittausverkko itse. Jatkokäsittelystä vastasi pääosin verkko itse. Tiedonkeruu on kaikissa mittausverkoissa järjestetty Envidas-tiedonkeruujärjestelmän avulla lukuun ottamatta Jyväskylää, missä Envidasiin oltiin siirtymässä vuoden 2018 alusta.

Kaiken kaikkiaan laatujärjestelmä arvioitiin kattavaksi 16 mittausverkossa ja neljässä verkossa laatujärjestelmä oli rakenteilla. Kahdessa verkossa oli olemassa laatujärjestelmä, mutta siinä havaittiin puutteita oleellisten dokumenttien osalta tai sitä ei ollut päivitetty. Rakenteilla olevien laatujärjestelmien tilanne oli sinänsä hyvä, sillä kyseisiin verkkoihin oli hankittu hiljattain Kuopion mallin mukainen laatujärjestelmä, jonka käyttöönotto ja soveltaminen oman verkon tarpeisiin olivat käynnissä auditoinnin aikaan. Onnistuneen käyttöönoton jälkeen on odotettavissa, että näidenkin verkkojen laatujärjestelmät ovat kattavia, mikäli laatujärjestelmä otetaan riittävällä laajuudella aktiiviseen käyttöön.

Taulukko 5. Kooste mittausverkkojen laatujärjestelmien auditoinnista.

Verkko	Laatu- standardi	Laatu- käsikirja	Ohjeet kattav.	Poikkeaa- mat	Sis. aud.	Kenttä- audit.	Katsel- mus	Laatu- kuv.	Asema- kuvaus	Pereh- dytys	Pätev.- rekist.	Raaka- data	Jatko- käs.	Laatujärj. kattavuus
Etelä-Karjala	17025, 9001	H (KU)	K	K	O/-	V	Vast.	K	Erill.	E**	K	O	O	Kattava
Etelä-Savo	17025, 9001	O (KO, KU)	K	K tekn.	E	V	E	Päiv.	MKL	E**	K	KO1	KO1	Kattava
Harjavalta	17025, 9001	H (KU)	K	K	E	V	Suunn.	K	Erill.	E	K	KO1	O	Kattava
HSY	17025, 9001	O	K	K	O	V	K	K	Erill.	K	K	O	O	Kattava
Jyväskylä	17025, 9001	H (KU)	K	E	E	V	E	K*	MKL	E**	E	KO1	O	Kattava
Kajaani	17025	O (KO)	K	K tekn.	O	O, V	Vast.	K	MKL	K	K	KO2	KO2	Kattava
Kokkola	17025	H (KU)	Tek.	E	E	V	E	K	MKL	K***	E	KO1	O	Rakenteilla
Kotka	Imatra	H (I)	K	E	E	V	E	E	MKL	K***	E	O	O	Ei akt.
Kuopio	17025, 9001	O (KU)	K	K tekn.	E	V	E	K	Erill.	K***	K	KO1	O	Kattava
Lahti	17025, 9001	H (KU)	K	K tekn.	E	V	Vast.	K	Erill.	K	K	KO1	O	Kattava
Neste	17025, 9001	O	K	K	O	V	Vast.	K	Erill.	K	K	O	O	Kattava
Oulu	17025, 9001	H (KU)	Tek.	K tekn.	E	V	Suunn.	K*	MKL	K***	K	O	O	Rakenteilla
Pietarsaari	17025, 9001	H (K, ke)	Tek.	K tekn.	E	V	E	Päiv.	Erill.	K***	E	KO1	O	Rakenteilla
Pori	17025, 9001	H (KU)	K	K	E	V	Suunn.	K	Erill.	K***	K	KO1	O	Kattava
Raahe	17025	O (KO)	K	K	O	M, V	K	E	MKL	K	K	KO3	KO3	Kattava
Rauma H	Tek.	Tek.	Tek.	E	E	E	E	Tek.	MKL	K***	E	KO1	O	Rakenteilla
Rauma S	17025	O (KO)	K	K	O	O, V	Vast.	K	MKL	K	K	KO2	KO2	Kattava
Seinäjoki	17025, 9001	H (KU)	K	K	E	V	K	K*	Erill.	K	K	O	O	Kattava
Tampere	17025, 9001	H (KU)	K	K tekn.	E	V	E	K	MKL	K***	E	O	O	Kattava
Turku	17025, 9001	H (KU)	K	K tekn.	E	V	E	K*	Erill.	K***	K	O	O	Kattava
Vaasa	Imatra	H (I)	E	K tekn.	E	V	E	K	Erill.	E	E	O	O	Ei akt.
IL	17025	O	K	K	O	O, V	Vast.	K	Erill.	K	K	O	O	Kattava

K=kyllä, K*=kyllä mutta ei www, E=ei, H=hankittu, O=oma/ltse, KU=Kuopion mallin mukainen, I=Imatran mallin mukainen, Tek.=tekeillä, Suunn.=suunnitteilla, Vast.=vastaava, V=vertailulaboratorio, M=muu, Päiv.=päivittämättä, MKL=Mittajaan käyttöliittymä, Erill.=erillinen, E**= ei ole ollut tarpeen, K***=kyllä, ei dokumentoitu, KO=konsultti, KO1-KO3=eri konsultit, Ei akt.=ei aktiivisessa käytössä.

3.3.2 Kaasumittausten kenttäauditointi

Kenttäauditoinnin oleelliset tulokset on esitetty taulukoissa 6–8. Taulukoihin on kerätty tietoa käytetyistä analysaattoreista, niiden tyyppitestauksista ja PM-mittausten osalta ekvivalenttisuuden osoituksesta, mittausepävarmuuksista ja toteutuneista laadunvarmennustoimenpiteistä. Lisäksi auditoinnissa selvitettiin mm. huolto-toimenpiteitä, mittausten ja kalibrointien dokumentointia, käytettyjä näytelinjoja ja ohjelmistoja sekä nollakaasun tuottamismenetelmiä.

Suomessa on käytössä useita eri kaasuanalysaattorimerkkejä ja -malleja. Auditoitujen asemien NO_x-analysaattoreista 85 %, SO₂-analysaattoreista 75 % ja O₃-analysaattoreista 80 % oli tyyppitestattuja, ja kaikissa mittauksissa oli käytössä vertailumenetelmä. Laitekannan ikä vaihteli suuresti: auditoinnin kohteena olevien analysaattorien keskimääräinen ikä oli 6 vuotta, kolme neljäsosaa oli alle 10 vuoden ikäisiä ja neljä laitteista oli peräti parinkymmenen vuoden ikäisiä.

Mittausepävarmuuden laskennassa ja dokumentoinnissa havaittiin edelleen puutteita kaasujen osalta. Euroopan Unionille raportoitavien mittausten osalta kahden aseman NO_x-mittauksille sekä yhden aseman O₃-mittauksille ei ollut laadittu EN-menetelmä-standardien mukaisesti mittausepävarmuutta. Myös kahdella muita seurantarpeita palvelevalla verkolla havaittiin puutteita mittausepävarmuuden laskennassa. PM_{2,5}- ja PM₁₀-mittausten osalta vain puolet verkoista oli arvioinut mittausepävarmuuden.

Kaasuanalysaattorien laadunvarmennustoimenpiteet noudattivat pääosin EN-menetelmästandardeja, joskin puutteita havaittiin erityisesti nollan ja spanin mittauksissa sekä näytelinjan tarkistuksissa. NO_x- ja SO₂-analysaattoreilla span-mittauksia suoritettiin noin neljällä viidesosalla auditoiduista asemista, kun taas otsonin osalta vain puolet mittauksista käytti span-mittausta O₃-generaattorilla. Mikäli span-mittauksia suoritettiin, ne toteutettiin useimmiten 24 h välein ja EN-kriteeri taajuudesta toteutui yhtä asemaa

lukuun ottamatta kaikilla analysaattoreilla. Nollan ja spanin hyväksyntäkritereeri oli EN-menetelmästandardien mukainen vain runsaassa puolessa verkoista, ja loppuissa verkoissa käytettiin standardeissa mainittujen rajojen sijaan asiantuntija-arviota.

Kaasuanalysaattorien etusuodattimen vaihtotiheys toteutui EN-menetelmästandardien mukaisesti yhtä verkkoa lukuun ottamatta. Näytelinjan tarkistus suoritetaan useimmiten linjan vaihdolla. HSY:n ja Lahden verkko vaihtaa näytelinjat 6 kk välein, ja neljä muuta tekee tarkistuksen puolivuositain ja letkujen vaihdon kerran vuodessa. Valtaosa verkoista ei tee puolivuositista tarkistusta ja vaihto tehdään kerran vuodessa tai kahden vuoden välein. Suurin osa verkoista käyttää yksilöityjä teflonisia näytelinjoja, ja metallista tai teflonista sondia käytetään vain neljässä verkossa. Sondin toiminnan tarkistuksissa havaittiin puutteita. Lineaarisuus ja konvertterin hyötysuhde määritetään kaikissa verkoissa EN-menetelmästandardien aikataulun mukaisesti. Nollakaasun tuottoon käytettiin tyypillisimmin NO_x:lla purafilin, silikageelin ja aktiivihiiilen yhdistelmää, ja SO₂:lla sekä O₃:lla aktiivihiiiltä. Nollapatruunoiden materiaalit vaihdettiin yleisesti tarvittaessa tai 1–2 vuoden välein.

Kalibrointien osalta vain kaksi verkkoa (HSY, IL) vastasi niistä kokonaisuudessaan itse ja konsulttien kokonaisuudessaan hoitamien verkkojen osalta konsultti vastasi niin ikään itse kalibroinneista. Kahdessa verkossa (Oulu, Turku) tehtiin kalibrointeja itse konsultin suorittamien kalibrointien lisäksi ja suurimmasta osasta kalibroinneista vastasi kokonaisuudessaan konsultti. Lisäksi ainakin kahdessa verkossa (Neste, Tampere) tehtiin laitteen käyttökunnon verifointia kalibraattorilla, mutta tuloksia ei ollut käytetty laitteen kalibrointiin. Kalibrointeja suoritti vuonna 2017 kolme konsulttia auditoiduissa mittaus-verkoissa. Yksi konsultti vastasi suurimmasta osasta kalibrointeja, ja taho vastasi usein myös mm. vaihtelevasta määrästä huoltotoimenpiteitä ja tulosten tarkistuksen osalta vähintään raakadatan korjauksesta. Yhden verkon osalta kyseinen konsultti vastasi mittaustoiminnasta kokonaan. Kaksi muuta konsulttia vastasi kalibrointien lisäksi mittaustoiminnasta kyseisellä mittausasemalla kokonaisuudessaan. Kalibrointien

jäljitettävyydestä on huolehdittu hyvin: konsulttien, HSY:n, Turun ja IL:n kalibroinnit ovat jäljitettäviä kansalliseen vertailulaboratorioon, joka puolestaan ylläpitää kalibrointiensa jäljitettävyyttä SI-yksikköön. Kalibrointien tiheys oli lähes kaikissa verkoissa vähintään 3 kk. Kolmessa verkossa EN-menetelmästandardien kriteerien mukainen kalibrointitiheys ei toteutunut. Kenttäkalibrointien epävarmuudeksi ilmoitettiin lähes kaikissa verkoissa vertailulaboratorion antama kalibraattorin epävarmuus laboratorio-olosuhteissa, ja erillistä kenttäkalibroinnin epävarmuutta ei ollut saatavilla.

Kalibrointi- ja huoltosuunnitelmat oli laadittu kattavasti kahta mittausverkkoa lukuunottamatta. Huoltotoimenpiteiden tiheys oli määritetty huoltosuunnitelmassa. Huoltotoimenpiteiden suorittajataho vaihteli: joissain verkoissa niistä vastattiin pääosin itse, toisissa hyödynnettiin konsulttia ja tarvittaessa käytettiin laitetoimittajan huoltoja, joissain verkoissa säännöllisestikin.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että EN-menetelmästandardien mukaiset laadunvarmennustoimenpiteet katsottiin toteutuvan Harjavallan, HSY:n, Lahden ja Rauman Hallikadun verkoissa, joskin Hallikadun näytteenottolinjan asennus ei vastannut ilmanlaatuasetusta. Lisäksi Kuopion, Etelä-Savon ja Turun mittaukset noudattivat EN-menetelmästandardeja, kun näytelinjan vaihto kerran vuodessa puolivuositaisen tarkistuksen sijaan hyväksyttiin. Näiden seitsemän verkon mittaukset voidaan katsoa olevan vaatimusten mukaisia. Muiden verkkojen toiminnassa havaittiin eriasteisia poikkeavuuksia EN-menetelmästandardeihin nähden erityisesti nollan ja spanin seurannassa tai kalibrointien tiheydessä.

Taulukko 6. Auditoitujen mittausasemien kaasuanalysaattorit ja niiden tyyppitestaus, mittausepävarmuudet (MU) ja EN-mukaisuus.

Verkko	NO _x -anal.	Tyyppi-test.	SO ₂ -anal.	Tyyppi-test.	O ₃ -anal.	Tyyppi-test.	MU	MU puuttuu	MU dokumentoitu	QC:n EN-mukaisuus
Etelä-Karjala	AC32M	K	TEI43i	K	–	–	NO _x , SO ₂	PM ₁₀ , PM _{2.5}	Excel	O
Etelä-Savo	AC32M	K	–	–	–	–	NO _x , PM ₁₀	–	Excel	K*
Harjavalta	–	–	TEI43i	K	–	–	SO ₂	PM ₁₀	Excel	K
HSY	APNA-370	K	APSA-370	K	TEI49i	K	NO _x , SO ₂ , O ₃ , PM ₁₀	–	Excel	K
Jyväskylä	AC32M	K	–	–	–	–	E	NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2.5}	E (AQD)	O
Kajaani	TEI42i	K	–	–	–	–	NO _x	PM ₁₀	Excel	O
Kokkola	API T200	K	–	–	–	–	NO _x , PM ₁₀	–	Excel	O
Kotka	AC31M	E	–	–	–	–	NO _x , PM ₁₀	–	Excel	O
Kuopio	AC32M	K	TEI43i	K	TEI49i	K	NO _x , SO ₂ , O ₃ , PM ₁₀	–	Excel	K*
Lahti	AC32M	K	–	–	O3 42M	K	NO _x , O ₃	–	Excel	K
Neste	TEI42i	K	TEI43i	K	TEI49i	K	NO _x , SO ₂ , O ₃	–	Excel	O
Oulu	AC32M	K	API T100	K	O3 42e	K	NO _x , SO ₂ , O ₃	PM ₁₀	Excel	K, O (O ₃)
Pietarsaari	ML9841B	E	ML9850	E	–	–	NO _x , SO ₂	PM ₁₀	Oma arvio (NO ₂ AQD)	O
Pori	AC32M	K	TEI43A	E	API400A	E	NO _x , PM ₁₀	SO ₂	Excel	K, O (O ₃)
Raahe	AC32M	K	TEI43i	K	–	–	NO _x , SO ₂ , PM ₁₀	–	Työn alla (ei AQD)	O
Rauma H	AC32M	K	–	–	–	–	NO _x , PM ₁₀	–	Excel	K
Rauma S	–	–	TEI43i	K	–	–	E	SO ₂	E (ei AQD)	O
Seinäjoke	AC32M	K	–	–	–	–	NO _x	PM ₁₀	Excel	O
Tampere	TEI42i	K	–	–	–	–	NO _x	PM ₁₀	Excel	O
Turku	AC32M	K	AF22e	K	O3 42e	K	NO _x , SO ₂ , O ₃	PM ₁₀	Excel	K*
Vaasa	AC32M	K	–	–	O3 41M	E	NO _x	O ₃ , PM _{2.5} , PM ₁₀	Excel	O
IL	TEI42i-TL	E	TEI43i-TLE	E	TEI49i	K	NO _x , SO ₂ , O ₃ , PM ₁₀ , PM _{2.5}	–	Excel	O

K=kyllä, E=ei, K*=Näytelinjan tarkistus ei täytä EN-kriteeriä 6 kk, vaan linjan vaihto tehdään 12 kk välein. QC=laadunvalvontatoimenpiteet.

Taulukko 7. Kaasumittausten laadunvarmistustoimenpiteet mittausasemilla.

Verkko	Suod. vaihto	NO ₂ , span	SO ₂ , span	O ₃ , span	Span taajuus	Kriteeri	Lineaarisuus	Konvertteri	Linjan vaihto	Kalibrointi- ja huoltosuunn.	Kalibr. tiheys	Kalibr.taho	Kalibr. jäljitt.
Etelä-Karjala	1 kk	perm.	perm.	–	24 h	Arvio	1 v	3 kk	1 v	K	3 kk	KO1, O	KO1/K043
Etelä-Savo	1.5 kk		–	–	24 h	EN	3 kk	3 kk	1 v	K	3 kk	KO1	KO1/K043
Harjavalta	1 kk	–	perm.	–	24 h	EN	3 kk	–	1 v**	K	3 kk	KO1	KO1/K043
HSY	1-2 kk	kaasu	perm.	gener.	1 vk	EN	1 v	1 v	6 kk	K	1-2 kk	O	O/K043
Jyväskylä	1 kk	kalibr.	–	–	4 kk	Arvio	3 kk	1 v	2 v	K	3 kk	KO1	KO1/K043
Kajaani	3 kk	E	–	–	E	–	3 kk	1 v	1 v	K	3 kk	KO2	KO2/K043
Kokkola	1 kk	perm.	–	–	24 h	Arvio	3 kk	1 v	1 v	K	3 kk	KO1	KO1/K043
Kotka	1 kk	perm.	–	–	24 h	EN	4 kk	4 kk	1 v	K	4 kk	KO1	KO1/K043
Kuopio	1 kk	perm.	perm.	gener.	24 h	EN	3 kk	3 kk	1 v	K	3 kk	KO1	KO1/K043
Lahti	1 kk	perm.	–	E	24 h, E	EN	2 kk	2 kk	6 kk	K	2 kk	KO1	KO1/K043
Neste	1-2 kk	perm.	perm.	E	24 h, E	Arvio	1 v	1 v	1 v	K	3 kk	KO2	KO2/K043
Oulu	5-6 vk	perm.	perm.	gener.	24 h, E	EN	1 v	1 v	1 v**	K	3 kk	KO1, O	KO1/K043, O/KO1
Pietarsaari	4 vk	E	E	–	E	–	3 kk	3 kk	1 v	E	3 kk	KO1	KO1/K043
Pori	1 kk	perm.	perm.	E	24 h, E	EN	3 kk	3 kk	1 v**	K	3 kk	KO1	KO1/K043
Raahe	1 kk	perm.	perm.	–	24 h	EN, arvio	3 kk	1 v	2 v	K	3 kk	KO3	KO3/K043
Rauma H	1 kk	perm.	–	–	24 h	EN	3 kk	3 kk	1 v**	K	3 kk	KO1	KO1/K043
Rauma S	3 kk	–	E	–	E	–	3 kk	–	1 v	K	3 kk	KO2	KO2/K043
Seinäjoki	1 kk	perm.	–	–	24 h	Arvio	3 kk	3 kk	1-2 v.	K	3 kk	KO1	KO1/K043
Tampere	1-2 kk	perm.	–	–	24 h	Arvio	1 v	1 v	2 v	K	1 v	KO1	KO1/K043
Turku	1 kk	perm.	perm.	gener.	24 h	EN	6 kk	6 kk	1 v	K	3 kk	KO1, O	KO1/K043, O/K043
Vaasa	1 kk	perm.	–	E	24 h, E	Arvio	3/12 kk	1 v	1 v	E (NO _x), K (O ₃)	3/12 kk	KO1	KO1/K043
IL	4 kk	E	E	E	E	–	4 kk	1 v	1 v	K	4 kk	O	O/K043

perm.=permeaatiolähde, kalibr.=kalibraattori, gener.=generaattori, K=kyllä, E=ei, **=Näytelinjan tarkistus 6 kk, vaihto 1 v. välein, O=oma/itse, KO=konsultti, KO1-KO3=eri konsultit, K043=vertailulab.

3.3.3 Hiukkasmittausten kenttäauditointi

Hiukkasmittausten osalta auditointi suoritettiin pääasiallisesti vain ns. direktiiviseurannan (AQD) mittausasemille. Vertailumittausten samanaikaisuuden johdosta hiukkasmittausten auditointi tehtiin muulla kuin AQD-asemalla Kuopion Sorsasalossa ja Imatran Rautionkylässä (EOI-asema). Joensuun verkon hiukkasmittausten (AQD-raportoitava) osalta auditointi ei toteutunut.

Hiukkasmittausten vertailumenetelmänä toimii gravimetrinen hiukkasmassan määrittäminen standardin SFS-EN 12341:2014 mukaisesti. Kuitenkin Euroopassa hiukkasmittauksia suoritetaan yleisesti jatkuvatoimisilla analysaattoreilla. Suomessa vakiintunut tapa suorittaa hiukkasmittauksia on niin ikään jatkuvatoimisten analysaattorien käyttö. Kuopiossa järjestettiin v. 2014–2015 PM₁₀- ja PM_{2,5}-hiukkasten ekvivalenttisuuden vertailumittaus (Walden et al., 2017). Suomessa on käytössä useiden laitevalmistajien laitteita ja näiden malleja jatkuvatoimisille hiukkasmittauksille, ja käytössä olevista analysaattorimalleista TEOM 1405D ei kuulunut Kuopion ekvivalenttisuustestauksen piiriin. Kuopion ekvivalenttisuustestauksen perusteella määritettyjen korjauskertoimien käytön toteutumista ei kuitenkaan tällä auditointikierroksella tarkistettu. Lisäksi vuosina 2017–2018 järjestettiin hiukkasmittausten paikallinen ekvivalenttisuuden osoitus eri puolella Suomea, ja tämä kampanja on kattanut pääosin vastaavat laitemallit kuin Kuopion vertailu.

Jatkuvatoimisten hiukkasmittausten menetelmästandardi SFS-EN 16450:2017 vahvistettiin alle puoli vuotta ennen auditointien aloittamista, ja tätä ennen hiukkasmittausten ohjeistuksena on toiminut tekninen spesifikaatio CEN/TS 16450:2013. Toistaiseksi menetelmästandardin noudattamista ei kuitenkaan veloiteta lainsäädännössä. Huolimatta siitä, että ko. EN-menetelmästandardi ei ole velvoittava, tässä auditoinnissa arvioitiin, kuinka hyvin Suomen hiukkasmittausten laadunvarmennustoimenpiteet vastasivat standardin SFS-EN 16450 vaatimuksia auditoinnin ajankohtana.

Yhtä verkkoa lukuun ottamatta hiukkasmittausten suoritus oli ohjeistettu menetelmäohjeissa.

Kahta verkkoa lukuun ottamatta mittausverkoissa suoritettiin päivittäisiä mittausparametrien tarkistuksia, mutta tarkistuksen kattavuus vaihteli. Menetelmästandardissa vaaditaan vähintään virtauksen, näytteenottoajan, massapitoisuuden, ulkolämpötilan, ulkoilmanpaineen ja mittausyksikön lämpötilan seuranta sekä, mikäli merkityksellistä, näytesuodattimen paineenpudotuksen, näytetilavuuden ja lämmitetyn inletin osalta lämpötilan tarkkailua.

Lämpötila-, paine- ja kosteussensorien tarkistuksissa ja kalibroinneissa havaittiin kehitystarpeita. Osa verkoista ei suorittanut näitä lainkaan. Tarkistuksia suoritti vain pieni osa verkoista standardin määrittämän tiheyden (3 kk) mukaisesti. Puolet verkoista ilmoitti tekevänsä sensorien kalibrointeja vähintään vuoden välein, mikä on standardin vaatimus. Joillain laitemalleilla sensorien tarkistuksia tai kalibrointeja ei ole mahdollista suorittaa kenttäolosuhteissa, ja tällöin standardi ohjeistaa tekemään vertailun referenssinormaalia vastaan laboratoriohuoneessa, jossa lämpötila ja suhteellinen kosteus ovat stabiileja.

Virtauksen tarkistus on tehtävä standardin SFS-EN 16450 mukaan vähintään 3 kk välein ja kalibrointi vuoden välein. Tarkistustiheys toteutui vain kahdessa verkossa, mutta kalibrointitiheys toteutui useimmissa. Sensorien kalibrointiin käytetylle referenssinormaalille sekä virtauksen tarkistukseen ja kalibrointiin käytetylle referenssinormaalille on asetettu epävarmuuskriteerit seuraavasti: sensorien kalibrointi $T=1,5\text{ °C}$, $p=0,5\text{ kPa}$, $RH=3\text{ %}$; virtauksen tarkistus 2 % ja virtauksen kalibrointi 1 % . Referenssinormaaleilta edellytetään jäljitettävyyttä kansalliseen (tai kansainväliseen) mittanormaaliin. Referenssinormaaleja ei tällä auditointikerralla tarkistettu, ja aiheeseen palataan seuraavalla auditointikierröksellä.

Vuototestaus suoritettiin yli puolessa verkoista vähintään kerran vuodessa ja näissä EN-kriteeri määrittystiheydestä täyttyi. Kaksi verkkoa raportoi sen olevan mahdotonta suorittaa. Analysaattorin nollatason lukeman tarkisti vain neljä verkkoa vuosittain. Värähtelevään mikrovaakaan tai valonsirontaan perustuvilla analysaattoreilla nollataso voidaan tarkistaa puhdistamalla näyteilma HEPA-suodattimella, kun taas β -säteilyn absorptioon perustuvilla analysaattoreilla käyttäen puhdasta näytealustaa (sample support). Analysaattorien massantarkistukset tehtiin lähes kaikilla asemilla vähintään kerran vuodessa, joten EN-kriteeri täyttyi tässä useimmiten. Leikkurin puhdistus tehtiin usein 3–6 kk välein, ja linjan puhdistustiheys vaihteli selvästi (0,5–3 v). Näille ei ole asetettu EN-menetelmästandardissa kriteerejä. Useimmilla verkoilla oli huolto-suunnitelma, ja huolloista vastasivat vaihdellen verkko itse, konsultti tai laitetoimittaja.

Kaiken kaikkiaan hiukkasmittausten laadunvarmennustoimenpiteissä todettiin kehitystarpeita, ja seuraavalla auditointikierroksella näitä arvioidaan syvällisemmin.

Taulukko 8. Auditoitujen asemien PM-analysaattorit, tyyppitestaukset, ekvivalenttisuuden osoitukset ja laadunvarm. toimenpiteet.

Verkko	PM10-anal.	Tyyppi- testaus	Ekviva- lentt.	PM2.5-anal.	Tyyppi- testaus	Ekviva- lentt.	Daily check	Sensori- tark.	Sensori- kalib.	Virt. tark.	Virt. kal.	Vuoto- test.	Nolla- taso	Massa
Etelä-Karjala	FH62 I-R	E	K	-	-	-	K	(1v)	1 v	1 v	1 v	6 kk	E	E
Etelä-Savo	TEOM 1400A	E	K	-	-	-	K	3/6 kk	6/12 kk	6 kk	6 kk	6 kk	E	6 kk
Harjavalta	TEOM 1400AB	E	K	TEOM 1405	E	K	K	3-6 kk	3-6 kk	6 kk	6 kk	Suunn.	E	6 kk
HSY	TEOM 1400AB	E	K	TEOM 1400AB, TEOM 1405	E E	K K	K	6 kk	6 kk	6 kk	6 kk	6 kk	E	1 v
Jyväskylä	TEOM 1405D	E	E	T1405D	E	E	K	E	E	6 kk	Tarvitt.	6 kk	1 v	k
Kajaani	Sharp 5030	E	K	-	-	-	K	3 kk	E	3 kk	3 kk	Ei mahd.	1 v	1 v
Kokkola	MP101M&CPM	E	K	MP101M&CPM	E	K	E	E	E	E	E	E	E	1 v
Kotka	FH62 I-R	E	K	-	-	-	K	2 v	2 v	1 v	2 v	2 v	E	6 kk
Kuopio	TEOM 1405	E	K	-	-	-	K	3 kk	3 kk	6 kk	6 kk	2v	E	6 kk
Lahti	MP101M	E	K	-	-	-	K	6 kk	6 kk	6 kk	6 kk	4 kk	E	6-12 kk
Oulu	TEOM 1400	E	K	-	-	-	K	3 kk	6 kk	6 kk	6 kk	3 kk	E	12 kk
Pietarsaari	TEOM 1400AB	E	K	-	-	-	K	E	6 kk	6 kk	6 kk	6 kk	E	6 kk
Pori	MP101M&CPM	E	K	MP101M&CPM	E	K	K	6 kk	6 kk jatk	6 kk	6 kk	1 v	E	6 kk
Raahe	TEOM1400	E	E	-	-	-	K	E	E	6 kk	Tarvitt.	1 v	E	1 v
Rauma	MP101M	E	K	-	-	-	K	6 kk	6 kk	6 kk	6 kk	1 v	E	6 kk
Seinäjäjoki	TEOM 1400a	E	K	-	-	-	K	Ei tietoa	Ei tietoa	3 kk	Tarvitt.	Tarvitt.	E	12 kk
Tampere	TEOM 1400a	E	K	-	-	-	K	E	E	1 v	1 v	6 kk	E	1 v
Turku	TEOM 1400AB	E	K	-	-	-	K	6 kk	6 kk	6 kk	6 kk	1 v	E	6 kk
Vaasa	MP101M, Grimm 180	E E	K K	- Grimm 180	- E	- K	E E	E E	E E	Ei dok. Ei dok.	E E	E E	autom. E	Ei dok. Ei dok.
IL	Sharp 5030	E	K	Sharp 5030	E	K	K	4 kk	Tarvitt.	4 kk	4 kk	Ei mahd.	4 kk	4 kk

4. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Ilmanlaadun seuranta on tehty Suomessa jo 1970-luvulta lähtien. Ilmanlaatumittauksia tehdään lainsäädännön velvoittamina, viranomais määräyksinä, ilmanlaadun selvittämiseksi tai tiedonhalusta. Ympäristönsuojelulaki vaatii kunnilta selvilläolo-velvollisuuden ilmanlaadun tilanteesta ja tavoitteen ilmanlaadun parantamisesta tai säilyttämisestä hyvänä niillä alueilla, joilla se on hyvä. Ilmanlaatuasetus asettaa laatuvaatimuksia ilmanlaatumittauksille sekä raja-arvoja ja tavoitearvoja eräille ilman epäpuhtauksille. Nyt tehty kansallinen vertailumittauskierros oli neljäs kuntien tai teollisuuslaitosten ylläpitämille ilmanlaadun mittausverkoille sekä taustailmanlaatuverkolle. Siinä selvitettiin, miten ilmanlaatumittausten laatu ja laatu järjestelmät ovat parantuneet ja kehittyneet edellisestä vastaavasta kampanjasta (Waldén et al., 2015).

Vertailumittaus toteutettiin ilmanlaadun mittausverkoissa katsomatta siihen, mikä on kunkin mittausverkon tavoite. Joukossa oli mittausasemia, joiden tulokset raportoidaan Euroopan ympäristöviraston (EEA) tietojärjestelmiin ilmanlaadun raja-arvojen noudattamista valvovina asemina Suomessa. Mukana oli myös toiminnanharjoittajien ympäristölupien edellyttämiä mittausasemia. Yhteisenä tekijänä vertailumittaukseen osallistuvilla mittausasemilla oli se, että ilmanlaatumittausten tulokset toimitetaan Ilmatieteen laitoksen ylläpitämään ympäristönsuojelun tietojärjestelmän ilmanlaatuosaan. Ympäristönsuojelulain 527/2014 pykälä 209 edellyttää, että mittaukset on suoritettava asiantuntevasti ja hyvää mittauskäytäntöä noudattaen. Näiden lisäksi ilmanlaatuasetus edellyttää raja-arvojen valvonnassa käytettävien seuranta-menetelmien täyttävän tietyt laatuvaatimukset mittauksen ajalliselle kestolle, mittauksen kattavuudelle ja mittauksen suurimmalle sallitulle epävarmuudelle.

Tässä vertailumittauskampanjassa käytettiin jokaiselle vertailukaasulle kahta vertailupitoisuutta. Vertailupitoisuudet kuvasivat matalaa ja korkeahkoa ulkoilmasta mitattavaa pitoisuutta. Tällä pyrittiin saamaan tarkempi kuva mittalaitteiden pitoisuusvasteesta

laajalla mittausalueella. Vertailumittauksessa olivat mukana kaikki kaasumaiset epäpuhtaudet, joita kunnissa yleisesti mitataan. Otsonimittausten osalta Ilmatieteen laitoksella on päävastuu yhdessä HSY:n kanssa otsoniseurannasta, mutta näiden lisäksi monet kunnat seuraavat otsonipitoisuuksia terveyshaittojen ja tiedottamisvelvollisuuden vuoksi.

Vertailulaboratorion käyttämät laitteistot toimivat varsin hyvin mittausten ajan tuottaen toistettavat vertailupitoisuudet lukumääräisesti jokseenkin suuressa mittauskampanjassa. Tuotettujen vertailupitoisuuksien toistettavuus oli sangen hyvä sekä laimentimessa että otsonikalibraattorissa. Laitteistoja testattiin ennen mittauskampanjaa, sen aikana ja vielä sen jälkeen. Vertailuarvojen toistettavuutta kuvaavat standardipoikkeamat vaihtelivat kaasukomponenteittain 0,4–1,3 %. Vertailuarvojen epävarmuusbudjetti koostui vertailuarvon määrittämisestä ja mittauslaitteiston toistettavuudesta (Taulukko 3). Näistä vertailuarvon määrittäminen pitää sisällään vertailuarvojen jäljitettävyysetjun sekä vertailuarvojen määrittämiseen liittyvien laitteiden ominaisuudet. Yhdistetty mittausepävarmuus vaihteli 2,8 ja 5,6 % välillä kaasukomponentista ja vertailuarvosta riippuen.

Kokonaisuutena voidaan sanoa, että ensimmäisestä vertailumittauskampanjasta lähtien tulokset ovat selvästi parantuneet. Suoritetuista mittauksista 92,5 % oli hyväksyttävällä alueella niiden yhdisteiden osalta, joille laatuvaatimukset on asetettu ilmanlaatuasetuksessa. Korjaavien toimenpiteiden jälkeen kaikki mittausverkot raportoivat tulokset, jotka olivat hyväksyttävällä alueella. Saatu tulos antaa hyvän kuvan siitä, että mittausasemilla on mahdollisuus täyttää ilmanlaatuasetuksen laatuvaatimukset mittausepävarmuuden suhteen.

Vertailumittausten yhteydessä suoritettulla laatujärjestelmä- ja kenttäauditoinnilla saatiin tietoa mittausverkkojen laatujärjestelmistä ja laadunvarmistusmenettelyistä.

Laatujärjestelmäauditointi oli edellistä kierrosta kattavampi, ja lisäksi hiukkasmittauksille tehtiin ensimmäisen kerran kenttäauditointi.

Laatujärjestelmäauditointien perusteella 16 laatujärjestelmää oli kattavia, neljä oli rakenteilla ja kahden verkon laatujärjestelmässä havaittiin kehitystarpeita. Suurella osalla verkoista oli otettu käyttöön viime kierroksen jälkeen Kuopion mallin mukainen laatujärjestelmä, joka oli muokattu omaan mittausjärjestelmään soveltuvaksi ja jonka tiimoilta verkot järjestävät yhteisiä laatupalavereita. Tämä on varsin hyvä käytäntö. Laatujärjestelmien kehitys on ollut hyvää. Auditointeja oli tehty joissakin kunnissa, mutta laajempi yhteistyö tässä suhteessa olisi toivottavaa.

Mittausten ja laadunvarmistustoimien dokumentointi ja ohjeiden saatavuus asemilla oli yleensä hyvällä tasolla. Dokumentointikäytännöissä oli eroja eri verkoissa samoin kuin dokumenttien säilytyspaikoissa, joilla ei kuitenkaan mittausten laadun kanssa ole merkitystä.

Pääosa mittausverkoista on ulkoistanut kalibrointien suorittamisen konsulteille ja vain pieni osa huolehtii kalibrointien jäljitettävyydestä ja kalibroinneista itse. Konsulttien tekemien kalibrointien jäljitettävyys SI-yksikköön oli todennettavissa kalibrointitodistuksista. Muutamissa verkoissa itse suoritettujen kalibrointien jäljitettävyys SI-yksikköön oli toteutettu jäljittämällä kalibroinnit suoraan kansalliseen vertailulaboratorioon. Vuosittaisten kalibrointien lukumäärässä oli asemittain suuria eroja, kalibrointitiheyden vaihdellessa yhdestä kerrasta kahteentoista kertaan vuodessa. Useimmiten kalibrointeja suoritettiin 3 kk välein. Tarkasteltaessa analysaattorien vaatimuksenmukaisuutta havaittiin, että 80 % käytetyistä kaasuanalysaattoreista on tyyppihyväksytyjä. Ei-tyyppihyväksytyistä analysaattoreista puolet oli käytössä direktiiviä valvovilla asemilla ja puolet toteuttivat muita seurantatarpeita. Tilanne on huomattavasti parempi kuin vuoden 2011 kierroksella, jolloin 1/3 analysaattoreista oli TÜV:n tyyppihyväksymiä, 1/3 analysaattoreista MCERT-tyyppihyväksyntä oli umpeutumassa

vuonna 2012 ja loput 1/3 eivät olleet tyyppihyväksytyjä. Laitemallien tyyppihyväksyntöjä on listattu osoitteeseen www.gal1.de saksalaisen testauslaboratorion TÜV Rheinland Immissionsschutz und Energiesysteme GmbH toimesta.

Suoritettu vertailumittauskampanja sekä laatujärjestelmä- ja kenttäauditointi oli tarpeellinen sekä ilmanlaadun kansalliselle vertailulaboratoriolle että ilmanlaadun mittausverkoille. Kampanjan avulla löydettiin parantamisen paikkoja ilmanlaadun mittausverkkojen toiminnoissa ja mittauksen oikeellisuudessa, ja näihin myös reagoitiin aktiivisesti. Vertailumittauksien tulokset olivat edelleen parantuneet edellisestä vertailusta, kun kahden verkon tulokset korjaavien toimenpiteiden jälkeen otettiin huomioon. Tuloksia voidaan pitää erittäin hyvinä.

Vertailulaboratorio jatkaa kaasumaisten yhdisteiden sekä hiukkasmittauksen vertailumittauksen järjestämistä määräajoin. Samassa yhteydessä suunnitellaan jatkettavan myös mittausverkkojen laatujärjestelmien auditointeja. Seuraavassa kansallisessa laatujärjestelmien auditoinnissa kiinnitetään erityistä huomiota mittausepävarmuuslaskelmiin, standardien noudattamiseen, tyyppitestattujen ja ekvivalenttien mittausmenetelmien tai mittalaitteiden käyttöön sekä hiukkasmittauksen laadunvarmennustoimenpiteisiin.

5. VIITTEET

Barbiere M., Belis C., Kapus M., Lagler F., & Karagulian F.: Interlaboratory comparison exercise for SO₂, CO, O₃, NO and NO₂ 14 – 17 June, 2010. EUR 24943 EN 2011. ISSN 1831-9424 (online), 2010.

Bell W., Paton Walsh C., Woods P.T., Uprichard I.J., Davies N.M., Sweeney B., Woolley A., D'Souza H., Brookes C., Nieuwenkamp G., Van Wijk J., Hafkenscheid T., Alink A., Borowiak A., De Saeger E., Lagler F., Macé T., Sutour C., Rudolf W., Harju T., Waldén J., Lusa K., Ramiro E.D., & Fernandez-Patier R.: Final Report on Standards, Measurement and Testing Programme Project SMT4-CT96-2094: Harmonisation of air quality measurements in Europe ('HAMAQ'), NPL Report COEM S31, 2000.

Borowiak A., Lagler F., Gerboles M., & de Saeger E.: EC Harmonisation Programme for Air Quality Measurements – Intercomparison Exercises 1999/2000 for SO₂, CO, NO₂ and O₃. EUR 19629 EN, 2000.

De Saeger E., Noriega Guerra A., Perez Ballesta P., Amantini L., & Rau H.: Inter-comparison of ozone measurements in the Framework of the Project Proposal" Alpine Ozone Measurement". EUR 16361 EN, 1996.

De Saeger E., Noriega Guerra A., Gerboles M., Rau H., Amantini L., & Perez Ballesta P.: Harmonization of directive 92/72/EEC on air pollution by ozone inter-comparison of calibration procedures for ozone measurements. EUR 17662 EN, 1997.

ISO 13528:2015, Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons.

JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement, First edition 2008, Corrected version 2010, pp.134.

Lagler F., Barbieri M., & Borowiak A.; Evaluation of the Laboratory Comparison Exercise for SO₂, CO, O₃, NO and NO₂, 13–16 June 2016, EUR 28610 EN, doi: 10.2760/214326, 2017.

Macé T. et al.: JRP ENV01 Comparison. NO, NO₂ and SO₂ comparison at limit values. Final report of MACPoll project. LNE report 2014-03-04, 2014.

Mücke H-G., Manns M., Turowski E., & Nitz G.: European Intercomparison Workshop on Air Quality Monitoring. Vol 1. Measuring of SO₂, NO and NO₂. Air Hygiene Report 7. World Health Organisation/WHO Collaborating Centre for Air Quality Management and Air Pollution Control, Berlin, Germany, 1995.

Mücke H.-G., Rudolf W., Turowski E., & Stummer V.: European Intercomparison Workshop on Air Quality Monitoring. Vol 2. Measuring of CO, NO, NO₂ and O₃. Air Hygiene Report 9. World Health Organisation/WHO Collaborating Centre for Air Quality Management and Air Pollution Control, Berlin, Germany, 1996.

Mücke H.-G., Kratz M., Medem A., Rudolf W., Turowski E., Stummer V., & Sukale G.: European Intercomparison Workshop on Air Quality Monitoring. Vol 3. Measuring of CO, NO, NO₂ and BTX. Air Hygiene Report 11. World Health Organisation/WHO Collaborating Centre for Air Quality Management and Air Pollution Control, Berlin, Germany, 1999.

SFS-EN 12341:en. Ambient air – Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM₁₀ and PM_{2,5} mass concentration of suspended particulated matter.

SFS-EN 14211:2012. Ambient air – Standard method for the measurement of the concentration of nitrogen dioxide and nitrogen monoxide by chemiluminescence.

SFS-EN 14212:2012. Ambient air – Standard method for the measurement of the concentration of sulphur dioxide by UV fluorescence.

SFS-EN 14625:2012. Ambient air – Standard method for the measurement of the concentration of ozone by ultraviolet photometry.

SFS-EN 16450:2017. Ambient air – Automated measuring systems for the measurement of the concentration of particulate matter (PM₁₀; PM_{2,5}).

SFS-EN ISO/IEC 17025:2005. Testaus- ja kalibrointilaboratorioiden pätevyys. Yleiset vaatimukset.

SFS-EN ISO 9001:2015. Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset.

Vna 79/2017. Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta. Annettu Helsingissä 26 päivänä tammikuuta 2017.

Waldén J., Talka M., Pohjola V., Häkkinen T., Lusa K, Sassi M.-K., & Laurila S.: Ulkoilman hiilimonoksidi-, rikkidioksidi- ja typpimonoksidimittausten kansallinen vertailumittaus ja kenttäauditointi 2002–2003. Ilmanlaadun julkaisuja No. 35, Ilmatieteen laitos, 2004.

Waldén J., Bergius J., Pohjola V., Laurila S., Kuronen P., & Wemberg A.: Ulkoilman CO-, SO₂-, NO-, H₂S- ja O₃-mittausten kansallinen vertailumittaus ja kenttäauditointi 2006. Tutkimuksia No. 2, Ilmatieteen laitos, 2008.

Waldén J., Laurila S., Lusa K., Kuronen P., Waldén T., & Anttila T.: Kansallinen vertailumittaus ja kenttäauditointi 2011 – Ulkoilman CO-, SO₂-, NO- ja O₃-mittaukset. Raportteja 2015:2, Ilmatieteen laitos, 2015.

Waldén, J., Waldén, T., Laurila, S., Hakola, H.: Demonstration of the equivalence of PM_{2.5} and PM₁₀ measurement methods in Kuopio 2014–2015. Reports 2017:1. Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 137 p., 2017.

527/2014. Ympäristönsuojelulaki. Annettu Naantalissa 27 päivänä kesäkuuta 2014 (vanha 86/2000).

LIITE 1. VERTAILUMITTAUKSIIN OSALLISTUNEET MITTAUSVERKOT

Mittausverkko	Asema(t)	Vertailun päivämäärä	Vertailtavat komponentit			Mittauksista vastannut organisaatio ja yhteyshenkilö(t)
			SO ₂	NO	O ₃	
Etelä-Karjalan verkko	Imatra Rautionkylä	26.9.2017	X	X		Imatran seudun ympäristötoimi: Minna Ahlqvist, Riikka Litmanen, Arto Ahonen
Etelä-Savon verkko	Savonlinna Haapasalmi	31.8.2017		X		J.P. Pulkisen Kalibrointi Ky: Juha Pulkkinen
Harjavallan verkko	Harjavalta Kaleva	2.10.2017	X			Porin kaupunki, ympäristö- ja lupapalvelut: Jari Lagerroos
Helsingin seudun verkko (HSY)	Helsinki Kallio 2	9.10.2017	X	X	X	Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY: Anssi Julkunen
Jyväskylän verkko	Jyväskylä Lyseo 2	20.9.2017		X		Jyväskylän kaupunki, ympäristönsuojelupalvelut: Pekka Kupari
Kajaanin verkko	Kajaani keskusta	29.8.2017		X		Ilmatieteen laitos, asiantuntijapalvelut: Kaj Lindgren, Helena Saari
Kokkolan verkko	Kokkola keskusta Pitkänsillankatu	24.8.2017, 6.11.2017		X X*		Kokkolan kaupunki, ympäristöpalvelut: Risto Koljonen, Taija Lahtinen
Kotkan verkko	Kotka Rauhala	16.10.2017		X		Kotkan kaupunki, ympäristökeskus: Timo Valkonen
Kuopion verkko	Kuopio Kasarmipuisto, Kuopio Maaherrankatu, Kuopio Sorsasalo	30.8.2017	X	X	X	Kuopion kaupunki, alueelliset ympäristönsuojelupalvelut: Erkki Pärjälä, Mikko Sokura
Lahden verkko	Lahti Vesku 11, Lahti Satulakatu	27.9.2017		X	X	Lahden ympäristöpalvelut: Kaarina Kähäri
Neste Oyj -verkko, Porvoo	Porvoo Mustijoki	11.9.2017	X	X	X	Neste Oyj: Juha Heijari

Mittausverkko	Asema(t)	Vertailun päivämäärä	Vertailtavat komponentit			Mittauksista vastannut organisaatio ja yhteyshenkilö(t)
			SO ₂	NO	O ₃	
Oulun verkko	Oulu Nokela, Oulu Pyykösjärvi	22.8.2017	X	X	X	Oulun kaupunki, Oulun seudun ympäristötoimi: Heikki Orava
Pietarsaaren seudun verkko	Pietarsaari Bottenviksvägen	5.9.2017, 6.11.2017	X	X*		Pietarsaaren kaupunki, ympäristötoimisto: Ulla Lundell-Muittari
Porin verkko	Pori Paanakedonkatu	3.10.2017	X	X		Porin kaupunki, ympäristö- ja lupapalvelut: Jari Lagerroos
Raahen verkko	Raahe Lapaluoto, Raahe keskusta	23.8.2017	X	X		Ramboll Analytics: Leena Junnila
Rauman verkko	Rauma Tarvonsaari Hallikatu ¹ , Rauma Sinisaari ²	4.10.2017	X ²	X ¹		¹ Rauman kaupunki, ympäristönsuojelu: Raija Hakanen; ¹ Porin kaupunki, ympäristö- ja lupapalvelut: Jari Lagerroos; ² Ilmatieteen laitos, asiantuntijapalvelut: Kaj Lindgren, Helena Saari
Seinäjoen verkko	Seinäjoki Vapaudentie 6a	7.9.2011		X		SeAMK Tekniikka: Eija Rintamäki; Seinäjoen kaupunki, ympäristönsuojelu: Pirjo Korhonen
Tampereen verkko	Tampere Pirkankatu	21.9.2017		X		Tampereen kaupunki, ympäristönsuojelu: Ari Elsilä
Turun seudun verkko	Turku Ruissalo Saarontie	5.10.2017	X	X	X	Turun kaupunki, ympäristötoimiala: Toni Mattila, Miika Meretoja, Petra Sainisto
Vaasan verkko	Vaasa keskusta Vaasanpuistikko, Vaasa Vesitorni	6.9.2017		X	X	Vaasan kaupunki, ympäristöosasto Esa Hirvijärvi, Steve Johnson
Ilmatieteen laitoksen verkko	Virolahti Koivuniemi Ääpäälä	18.8.2017, 11.10.2017, 26.1.2018	X X**	X X**	X X**	Ilmatieteen laitos, havaintopalvelut: Matti Monto

X*=Vertailumittauksen uusiminen laitevian vuoksi, **=Uusintavertailumittaus korjaavien toimenpiteiden jälkeen.

LIITE 2. VERTAILUMITTAUSTEN SUORITUS

Vertailumittaukseen osallistuvat mittausverkot, jotka toimittavat tulokset Ilmatieteen laitoksen tietorekisteriin. Vertailumittaus suoritetaan pääsääntöisesti yhdessä kunkin mittausverkon asemista, mikäli se mitattavien komponenttien suhteen on mahdollista. Käytännössä vertailumittaus toteutetaan Ilmatieteen laitoksen henkilökunnan ja mittaajien yhteistyönä. Ilmatieteen laitoksen henkilökunta tuo mittausasemalle laimennuslaitteiston, kaasunormaalit ja laimennuskaasun. Vertailunäyte syötetään analysaattoreihin kaasulaimentimen tai otsonikalibraattorin kautta. Tarpeen mukaan kaasunormaalit jätetään asemalle lämpiämään ennen varsinaista vertailumittausten suorittamista. Mittausverkko vastaa itse analysaattorien toiminnasta, näytelinjasta sekä tulosten keruusta ja niiden lähettämisestä Ilmatieteen laitokselle.

Vertailumittaus suoritetaan seuraavaa kaavaa noudattaen:

- | | |
|---------------------------|---------------------|
| 1. Nollailmaa: | 15 min. (vähintään) |
| 2. Vertailukaasunäyte I: | 30 min. |
| 3. Vertailukaasunäyte II: | 30 min. |
| 4. Nollailmaa: | 15 min. |

Käytettävien kaasunormaalien pitoisuuksien vaihteluvälit eri komponenteille ovat:

- Typpimonoksidi (NO): 120 - 500 ppb
- Rikkidioksidi (SO₂): 50 - 150 ppb
- Otsoni (O₃): 30 - 150 ppb

Lisäksi on huomattava, että

- Mitattavat kaasut syötetään analysaattoreille näyteletkun kautta ennen hiukkassuodinta.
- Mahdollisuuksien mukaan Ilmatieteen laitos kerää vertailumittausten aikaiset (raaka)tulokset minuuttiarvoina.
- Laitteessa mahdollisesti käytettävä offset otetaan huomioon tuloksissa.
- Ilmatieteen laitos toimittaa tulosten kirjaamisessa tarvittavat lomakkeet. Lomakkeeseen täytetään 10 min. keskiarvot yksikössä (ppb) ja mittaustulosten hajonta sekä esitetään arvio mittaustuloksen epävarmuudelle 95 % luotettavuustasolla. Huom. että myös NO₂-tulos ilmoitetaan, vaikka se ei sisälly vertailuun.

Tuloslomakkeet lähetetään Ilmatieteen laitokselle kalibrointikertoimilla korjattuina sähköpostitse.

LIITE 3. ILMANLAADUN MITTAUSVERKKOJEN AUDITOINTILOMAKE

Mittausaseman nimi:

Sijaintikunta:

Auditoinnin suorittaja:

Mittaajan edustaja(t):

Päivämäärä:

1. Mittausasema

a: Aseman mittauksen käyttötarkoitukset:

- ☐ hajapäästöjen seuranta ☐ pistepäästöjen seuranta
- ☐ terveyden suojele ☐ kasvillisuuden suojele ☐ ekosysteemien suojele
- edustavuus terveyden suojele: ☐ yleinen altistuminen ☐ suurin altistuminen
- ☐ muu:

Laatu- ja sijaintitavoite:

- asetuksen (Vna 79/2017) mukainen kiinteä asema (mittaus): ☐ NO/NO₂/NO_x ☐ SO₂ ☐ O₃ ☐ PM₁₀ ☐ PM_{2.5} ☐ muu, mikä?
- asetuksen (Vna 79/2017) mukainen suuntaa-antava asema (mittaus): ☐ NO/NO₂/NO_x ☐ SO₂ ☐ O₃ ☐ PM₁₀ ☐ PM_{2.5} ☐ muu, mikä?
- muu, mikä:

Virallinen status nykyisin:

- Raportoidaan EEA:lle kiinteänä asemana (mittauksena):
- Raportoidaan EEA:lle suuntaa-antavana asemana (mittauksena):
- Raportoidaan EEA:lle Eol-tietojenvaihdossa:
- Raportoidaan kansallista/kunnallista käyttöä varten (esim. ohjeavot):

Mittausepävarmuus:

- Arvioidaan raja-arvopitoisuuksissa: ☐ NO/NO₂/NO_x ☐ SO₂ ☐ O₃ ☐ PM₁₀
☐ PM_{2.5}

b: Mittausaseman kuvaus

- Aseman pinta-ala:
- Altistusalue ☐ Kaupunki. ☐ Esikaupunki. ☐ Maaseutu.
- Päästölähdetyyppi (tarkenna tarvittaessa komponentit erikseen)
☐ Liikenne. ☐ Tausta. ☐ Teollisuus.
- Sijainti ja ympäristö:
- Etäisyydet päästölähteisiin , katuihin , lähimpään risteykseen , rakennuksiin

c: Onko mittausverkko tehnyt asemakuvauksen (ympäristön kuvaus, valokuvat, kartta, päästötiedot, esim. liikenneasemille liikennemäärä, keskinopeus, raskaan liikenteen osuus)?

Milloin mittausverkko on viimeksi tarkistanut asemakuvauksen (päivämäärä)?

d: Asema- ja ympäristömuutokset viime auditoinnista:

e: Mittausaseman ilmastointi ja lämmitys (lämpötilan seuranta):

f: Mittausaseman ilmanvaihto ja poistoilman aukkojen sijainti:

g: Laitetila ja laitteiden häiriöttömän toiminnan varmistaminen (mm. huoltotilaa, sähköinen häiriöttömyys, värinäsuojaus, ukkossuojaus):

h: Mittausaseman yleisvaikutelma (mm. järjestys):

i: Muuta mainittavaa:

2. Mittausverkon henkilöstö

a: Mittausaseman vastuuhenkilöt:

b: Laitteiden huolto ja kalibrointi:

c: Onko uudet henkilöt perehdytetty ja kirjataanko henkilöstön perehdytys?

d: Pidetäänkö henkilöstön pätevyydestä rekisteriä?

e: Millaista koulutusta ja milloin vastuuhenkilöt ovat saaneet mittalaitteiden käyttöön ja laadunvarmennukseen?

f: Dokumentoidaanko saatu koulutus? ☐ Kyllä. ☐ Ei.

g: Järjestetäänkö koulutusta suunnitelmallisesti (koulutussuunnitelma)?

h: Muuta mainittavaa:

3. Laatujärjestelmä

a: Noudattaako laatujärjestelmä jotain laatustandardia?

☐ SFS-EN ISO/IEC 17025 ☐ SFS-EN ISO 9001 ☐ muu, mikä?

b: Laatukäsikirja (toimintakäsikirja) ja sen viimeisin päivitys?

☐ Kyllä. ☐ Ei. Pvm:

c: Onko laatukäsikirjassa mainittu:

- Mittausverkon toiminta kokonaisuudessaan yleisellä tasolla ☐
- Yleiset periaatteet ja dokumentaation rakenne ☐
- Teknisen johdon ja laatupäällikön tehtävät ja vastuut sekä usein myös teknisen ja muun henkilökunnan tehtävät ja vastuut ☐
- Laatupolitiikka (esim. laatujärjestelmän tarkoitus, sitoutuminen, kannanotto toiminnan tasosta, henkilöstö) ☐

d: Kenen laatima laatukäsikirja on?

☐ Oma. ☐ Hankittu, mistä ja onko muokattu ja miten sovellettu?

e: Onko asemalla saatavilla työohjeita tms.?

☐ Kyllä, sähköisesti. ☐ Kyllä, paperilla. ☐ Ei.

f: Lista ohjeista:

g: Kattaako ohjeet asemalla tehdyt työvaiheet?

☐ Kyllä. ☐ Ei.

h: Mitä muita ohjeita laatujärjestelmä kattaa kuin aseman ohjeet (lista)?

i: Onko verkko laatinut ohjeet itse?

☐ Kyllä, kaikki. ☐ Kyllä, osan (mitkä?) ☐ Ei, kuka?

j: Onko ohjeita päivitetty tarvittaessa ja milloin viimeksi?

☐ Kyllä. ☐ Ei.

k: Jos joku muu on laatinut ohjeita, miten ohjeiden päivitys on hoidettu?

l: Onko ohjeet ja muu dokumentointi selkeästi tunnistettavissa (selkeä otsikointi, päivämäärä, laatija/vastuuhenkilö, versionumerointi, sivunumerointi)?

☐ Kyllä. ☐ Ei.

m: Miten dokumentointia hallitaan?

☐ Dokumenttiluettelot.
☐ Yhteinen säilytyspaikka (esim. sähköinen kansio), mikä?
☐ Muu, mikä?
☐ Ei.

n: Onko vanhentuneet dokumentit talletettu jäljitettävästi?

o: Tehdäänkö sisäisiä laatuauditointeja, ja kuinka usein ja kenen toimesta?

☐ Kyllä. ☐ Ei.

p: Tehdäänkö ulkoisia laatuauditointeja ja kenen toimesta?

☐ Kyllä. ☐ Ei.

q: Tehdäänkö ristiinauditointeja ja kenen toimesta?

☐ Kyllä. ☐ Ei.

r: Onko asemalla tehty kenttäauditointi aiemmin, milloin ja kenen toimesta?

☐ Kyllä, oma. ☐ Kyllä, vert.lab. ☐ Kyllä, muu (mikä?)
☐ Ei.

s: Miten auditoinnit on dokumentoitu ja onko poikkeamiin reagoitu?

t: Järjestääkö verkko laatukselmuksia (kattaa esim. johdon raportointi, laadunvarmistuksen ja vertailujen tulokset, auditoinnit, muutokset, resurssit) ja milloin viimeksi?

☐ Kyllä. ☐ Ei, mutta vastaava: ☐ Ei.

u: Onko mittausverkolla voimassa oleva laatu kuvaus?

☐ Kyllä. Pvm: ☐ Ei.

4. Mittausten dokumentointi

a: Onko mittausasemalla mittauspäiväkirja ja analysaattoreiden laitepäiväkirjat?

☐ Kyllä. ☐ Ei.

b: Onko mittauspäiväkirja- ja laitepäiväkirjamerkintöjä tehty asiaankuuluvasti ja järjestelmällisesti (mm. muutokset asemalla ja ympäristössä, ongelmat, viat, ylläpito, korjaukset, kalibroinnit, kalibrintikaasut/muutokset)?

☐ Kyllä. ☐ Ei.

c: Ovatko laitemanuaalit asemalla? ☐ Kyllä. ☐ Ei.

d: Miten kalibroinnit on dokumentoitu?

e: Miten mittausepävarmuus on dokumentoitu?

f: Miten validointitiedot on dokumentoitu?

g: Dokumentoidaanko laatu järjestelmän poikkeamat ja miten?

☐ Kyllä. ☐ Ei.

h: Dokumentoidaanko poikkeamien korjaavat toimenpiteet ja miten?

☐ Kyllä. ☐ Ei.

i: Muuta mainittavaa:

5. Näytteenottopaikka ja näytelinja

a: Näytteenotto sondin sijainti (näytteenottokorkeus maanpinnasta, etäisyydet eri kohteisiin kuten rakennukset, liikenneväylät/risteykset, kadun reuna):

b: Näytelinjan kuvaus (sadesuojaus, yksilöllinen/läpivirtaussondi):

c: Näytelinjan materiaali (sondi, putket/letkut):

d: Näytelinjan pituus:

e: Virtaus näytelinjassa:

f: Näytelinjan huoltotoimet ja testaukset (painehäviö, keräystehokkuus, näytehäviö):

g: Muuta mainittavaa:

6. Analysaattori (kaasu- ja hiukkasanalysaattorit)

a: Analysaattori:

b: Sarjanumero:

c: Analysaattorin ikä ja käyttöönottopäivä mittausasemalla:

d: Mittausmenetelmä:

e: Mittausalue:

f: Analysaattorin hyväksyntä: tyyppitestattu ☐ Kyllä. ☐ Ei. Ekvivalenttisuuden osoitus:

☐ Kyllä. ☐ Ei

g: Tiedonkeruuväylä (analoginen/sarjaportti):

h: Säädetäänkö laite näyttämään oikein kalibroinnissa?

i: Ulkoinen/sisäinen pumppu:

j: Laiterekisterin merkinnät:

k: Muuta mainittavaa:

7. Huollot ja laadunvarmennustoimet

a: Onko mittausasemalla kirjallinen huolto- ja kalibrointisuunnitelma?

☐ Kyllä. ☐ Ei.

b: Onko mittausasemalla kirjalliset huolto- ja kalibrointiohjeet? ☐ Kyllä. ☐ Ei.

c: Analysaattorin huoltoväli ja edellinen huolto (pvm): Pvm:

d: Huollossa tehtävät toimenpiteet:

e: Etusuodattimen vaihtoväli ja edellinen vaihto (pvm):

☐ Vähintään 3 kk välein. ☐ Muu, mikä? Pvm:

f: Nolla- ja span-tarkastukset:

- Menetelmä:
- Taajuusväli: ☐ 23 tai 25 h. ☐ Väh. 2 vk välein. ☐ Muu, mikä? ☐ Ei.
- Edellinen tarkastus (pvm):

g: Span-tarkastuksen pitoisuus:**h: Toimintakriteeri span- ja zero-tarkastuksille:**

- ☐ Nolla $\leq -4,0$ tai $\geq 4,0$ nmol/mol
- ☐ Span-pitoisuuden poikkeama $\geq 5,0$ % alkuperäisestä span-pitoisuudesta
- ☐ Muu, mikä?

i: Tarkistetaanko span-lähteen pitoisuus, kuinka usein ja edellinen tarkistus (pvm)?

☐ Kyllä, väh. 6 kk välein. ☐ Kyllä, muu: ☐ Ei. Pvm:

j: Kuinka usein analysaattori kalibroidaan, kenen toimesta ja ed. kalibrointi?

- ☐ Vähintään 3 kk välein. ☐ Muu taajuus, mikä?
- ☐ Korjaustoimien jälkeen.
- ☐ Verkko itse. ☐ Konsultti, mikä?

Pvm:

k: Kuinka usein lineaarisuus (5 pistettä) tarkistetaan ja edellinen tarkistus (pvm)?

- ☐ 1 v. ☐ 3 v. ☐ Muu, mikä?
- ☐ Korjaustoimien jälkeen.

Pvm:

l: Kuinka usein määritetään konvertterin hyötysuhde (NO-NOx) ja ed. määrittäminen (pvm)?

☐ Vähintään kerran vuodessa. ☐ Muu, mikä? Pvm:

m: Kuinka usein testataan näytesondin pumpusta aiheutuvan paineen pudotuksen vaikutus ja edellinen testaus (pvm)?

☐ Vähintään 3 v. välein. ☐ Muu, mikä? Pvm:

n: Kuinka usein testataan näytesondin keräystehokkuus ja edellinen testaus (pvm)?

☐ Vähintään 3 v. välein. ☐ Muu, mikä? Pvm:

o: Kuinka usein näytelinjat testataan, puhdistetaan ja vaihdetaan ja ed. kerta (pvm)?

☐ Vähintään 6 kk välein. ☐ Muu, mikä? Pvm:

p: Kalibrointien jäljitettävyyden ja kalibrointitodistusten säilytys:

q: Vastaako mittauksen jäljitettävyydestä mittausverkko vai konsultti?

☐ Mittausverkko. ☐ Konsultti, mikä?

r: Miten oma kalibrointilaitteisto huolletaan ja kalibroidaan?

s: Arvio kalibroinnin epävarmuudesta (kalibrointitodistus tms. dokumentti):

t: Muuta mainittavaa:

8. Nollakaasu

a: Nollakaasun tuottamismenetelmä:

b: Nolla-scrubbereiden materiaalien vaihtovälit ja edellinen vaihto (pvm):

Pvm:

c: Muuta mainittavaa:

9. Tiedonkeruu

a: Tiedonkeruulaitteiston kuvaus (ohjelmisto, modeemi, dataloggeri):

b: Raakadatan korjaus (käsittelyrutiini):

c: Kuka vastaa raakadatan korjauksesta?

☐ Mittausverkko. ☐ Konsultti, mikä?

d: Kuka vastaa tulosten jatkokäsittelystä?

☐ Mittausverkko. ☐ Konsultti, mikä?

e: Onko tiedonkeruulle ja tulosten käsittelylle ohjeet? ☐ Kyllä. ☐ Ei.

f: Muuta mainittavaa (esim. tulosten validointimenettely):

Tietojen toimittaminen ympäristönsuojelun tietojärjestelmään:

10. Hiukkasmittaukset (erikseen ilmoitetuille asemille)

a: Laadunvarmennustoimenpiteet

- Parametrien päivittäinen tarkistus: ☐ Kyllä. ☐ Ei.
- Lämpötila-, paine- ja/tai kosteussensorien tarkistus ja ed. tarkistus (pvm):
☐ 3 kk välein. ☐ Muu, mikä: ☐ Ei. Pvm:
- Lämpötila-, paine- ja/tai kosteussensorien kalibrointi ja ed. kalibrointi (pvm):
☐ 1 v. välein. ☐ Muu, mikä: ☐ Ei. Pvm:
- Analysaattorin virtauksen tarkistus ja ed. tarkistus (pvm):
☐ 3 kk välein. ☐ Muu, mikä: ☐ Ei. Pvm:
- Analysaattorin virtauksen kalibrointi ja ed. kalibrointi (pvm):
☐ 1 v. välein. ☐ Muu, mikä: ☐ Ei. Pvm:
- Näytelinjan vuototestaus ja ed. testaus (pvm):
☐ 1 v. välein. ☐ Muu, mikä: ☐ Ei. Pvm:
- Analysaattorin lukeman nollatestaus ja ed. testaus (pvm):
☐ 1 v. välein. ☐ Muu, mikä: ☐ Ei. Pvm:
- Analysaattorin massan mittauksen tarkistus:
- Analysaattorin säännölliset huoltotoimenpiteet:
- Kuinka usein näytteenottolinja puhdistetaan ja miten?
- Näytteenottoinletti: US-EPA ☐, EU ☐, Muu, mikä:
- Rasvataanko hiukkaskokoa rajoittavan näytteenottoinletin impaktorilevy?

b: Onko mittauksen ekvivalenttisuus referenssimenetelmän kanssa osoitettu ja milloin?

☐ Kyllä. ☐ Ei. Pvm:

c: Onko hiukkasmittauksista laadittu työohjeet?

☐ Kyllä. ☐ Ei. Ohje(et), lista:

Auditoinnin perusteella todettu laatujärjestelmän taso:

Hyvä mittauskäytäntö (...)

Täyttää vähimmäisvaatimukset (...)

Kattava järjestelmä (...)

Akkreditoitu tai sertifioitu järjestelmä (...)

Auditoinnin perusteella todettu soveltuvuus asetuksen mukaiseen ilmanlaadun arviointiin:

() Soveltuu asetuksen mukaiseen ilmanlaadun arviointiin kiinteille mittauksille annettujen vaatimusten mukaisesti seuraavin poikkeuksin:

() Soveltuu asetuksen mukaiseen ilmanlaadun arviointiin suuntaa-antavien mittausten vaatimusten mukaisesti seuraavin poikkeuksin:

LIITE 4. VERTAILUMITTAUSTEN TULOKSET (TAULUKOT L4.1–L4.3)

Taulukoihin on merkitty mittausasemien tulosten keskiarvot ja keskihajonnat sekä nollakaasulle että vertailukaasulle sekä offset-korjatut mitatut vertailupitoisuudet, syötetty vertailuarvo, mittausaseman tulosten poikkeamat vertailuarvosta, Z- ja E_n-arvot sekä hyväksyttävyyssluokat. Huom! Näissä taulukoissa ei ole otettu huomioon korjaavien toimenpiteiden jälkeen raportoituja tuloksia, vaan mittausverkkojen tulokset on esitetty siten, kuin ne on alun perin raportoitu.

Taulukko L4.1a. Rikkidioksidin vertailumittaustulokset, matalampi vertailuarvo.

Paikkakunta	Vertailumittaus nollakaasu		Vertailumittaus mitattu vertailupitoisuus			Vertailuarvo SO ₂ nmol/mol	Poikkeama vertailuarvosta SO ₂ nmol/mol	Z-arvo	E _n -arvo	Mittausverkon suhteellinen mittausepäturvamus U(%)	Hyväksyttävyyssluokka (Taulukko 1)
	SO ₂ nmol/mol	k.hajonta nmol/mol	SO ₂ nmol/mol	SO ₂ offset nmol/mol	k.hajonta nmol/mol						
Etelä-Karjala	0,3	0,2	50,4	50,1	0,1	50,8	-0,7	-0,3	0,1	10,6 %	2
Harjavalta	0,0	0,1	51,2	51,2	0,3	50,8	0,3	0,2	0,1	10,9 %	2
HSY	0,1	0,1	52,1	52,0	0,2	50,8	1,2	0,6	0,3	4,6 %	1
Kuopio	0,1	0,1	49,9	49,8	0,2	50,8	-1,0	-0,5	0,2	11,0 %	2
Neste	-0,1	0,1	49,3	49,4	0,3	50,8	-1,4	-0,7	0,2	12,3 %	2
Oulu	0,1	0,1	51,0	50,9	0,1	50,8	0,0	0,0	0,0	11,6 %	2
Pietarsaari	0,1	0,1	48,9	48,8	0,3	50,8	-2,1	-1,0	0,3	13,9 %	2
Pori	0,3	0,2	51,2	51,0	0,3	50,8	0,1	0,1	0,0	15,1 %	7
Raahe	0,3	0,1	51,6	51,2	0,2	50,8	0,4	0,2	0,1	10,1 %	2
Rauma	0,6	0,1	53,1	52,5	0,3	50,8	1,7	0,8	0,3	10,9 %	2
Turku	-0,3	0,1	50,5	50,8	0,1	50,8	0,0	0,0	na	na	na
IL	0,1	0,0	55,1	55,0	0,1	50,8	4,2	2,1	0,7	9,8 %	4

Taulukko L4.1b. Rikkidioksidin vertailumittaustulokset, korkeampi vertailuarvo.

Paikkakunta	Vertailumittaus nollakaasu		Vertailumittaus mitattu vertailupitoisuus			Vertailu- arvo SO ₂ nmol/mol	Poikkeama vertailu- arvosta SO ₂ nmol/mol	Z-arvo	E _n -arvo	Mittausverkon suhteellinen mittaus- epävarmuus U(%)	Hyväksyttä- vyysluokka (Taulukko 1)
	SO ₂ nmol/mol	k.hajonta nmol/mol	SO ₂ nmol/mol	SO ₂ offset nmol/mol	k.hajonta nmol/mol						
Etelä-Karjala	0,3	0,2	162,2	161,9	0,3	162,1	-0,3	0,0	0,0	9,1 %	2
Harjavalta	0,0	0,1	163,8	163,8	0,6	162,1	1,6	0,2	0,1	11,0 %	2
HSY	0,1	0,1	167,6	167,5	0,8	162,1	5,4	0,8	0,6	4,1 %	1
Kuopio	0,1	0,1	164,2	164,1	0,4	162,1	1,9	0,3	0,1	11,0 %	2
Neste	-0,1	0,1	161,2	161,3	0,6	162,1	-0,8	-0,1	0,0	11,2 %	2
Oulu	0,1	0,1	163,4	163,3	0,6	162,1	1,1	0,2	0,1	11,5 %	2
Pietarsaari	0,1	0,1	157,5	157,4	0,5	162,1	-4,7	-0,7	0,2	14,0 %	2
Pori	0,3	0,2	158,1	157,9	1,0	162,1	-4,3	-0,7	0,2	15,0 %	2
Raahe	0,3	0,1	167,8	167,5	0,7	162,1	5,4	0,8	0,3	10,7 %	2
Rauma	0,6	0,1	167,2	166,6	0,4	162,1	4,5	0,7	0,3	10,0 %	2
Turku	-0,3	0,1	162,5	162,8	0,7	162,1	0,6	0,1	na	na	na
IL	0,1	0,0	176,8	176,8	0,5	162,1	14,6	2,3	0,9	9,2 %	4

Taulukko L4.2a. Typpimonoksidin vertailumittaustulokset, matalampi vertailuarvo.

Paikkakunta	Vertailumittaus nollakaasu		Vertailumittaus mitattu vertailupitoisuus			Vertailuarvo NO nmol/mol	Poikkeama vertailuarvosta NO nmol/mol	Z-arvo	E _n -arvo	Mittausverkon suhteellinen mittauserävarmuus U(%)	Hyväksyttävyyssluokka (Taulukko 1)
	NO nmol/mol	k.hajonta nmol/mol	NO nmol/mol	NO offset nmol/mol	k.hajonta nmol/mol						
Etelä-Karjala	0,6	0,5	169,1	168,5	0,3	165,5	3,0	0,5	0,2	11,2 %	2
Etelä-Savo	0,1	0,4	164,1	164,0	0,5	165,5	-1,5	-0,2	0,1	12,3 %	2
HSY	-0,2	0,2	168,9	169,1	0,3	165,5	3,6	0,5	0,3	6,7 %	1
Jyväskylä	-0,2	0,4	167,3	167,5	0,6	165,5	2,1	0,3	0,1	12,3 %	2
Kajaani	0,0	0,1	164,4	164,4	0,3	165,5	-1,1	-0,2	0,1	12,9 %	2
Kokkola	0,2	0,0	163,5	163,3	0,1	165,5	-2,2	-0,3	0,2	8,3 %	2
Kotka	1,1	0,7	167,6	166,5	1,1	165,5	1,0	0,2	na	na	na
Kuopio	0,5	0,3	165,2	164,7	0,8	165,5	-0,8	-0,1	0,0	12,4 %	2
Lahti	0,6	0,2	162,4	161,8	0,6	165,5	-3,7	-0,6	na	na	na
Neste	0,0	0,0	145,4	145,4	0,2	165,5	-20,1	-3,0	1,2	11,3 %	7
Oulu	0,2	0,5	162,7	162,5	0,4	165,5	-2,9	-0,4	0,1	12,2 %	2
Pietarsaari	0,2	0,1	165,7	165,5	0,6	165,5	0,0	0,0	0,0	14,0 %	2
Pori	0,0	0,2	161,1	161,0	0,3	165,5	-4,4	-0,7	0,2	12,3 %	2
Raahe	0,4	0,5	168,5	168,0	0,5	165,5	2,6	0,4	0,1	11,7 %	2
Rauma	0,4	0,8	159,8	159,4	1,0	165,5	-6,1	-0,9	0,3	12,3 %	2
Seinäjoki	0,2	0,4	168,0	167,8	0,6	165,5	2,4	0,4	0,2	7,7 %	1
Tampere	0,5	0,0	170,3	169,8	0,3	165,5	4,3	0,6	0,4	6,4 %	1
Turku	0,3	0,2	167,1	166,8	0,3	165,5	1,3	0,2	na	na	na
Vaasa	-0,2	0,4	163,3	163,5	0,7	165,5	-2,0	-0,3	0,1	12,5 %	2
IL	0,1	0,0	171,3	171,2	0,2	165,5	5,8	0,9	0,3	11,8 %	2

Taulukko L4.2b. Typpimonoksidin vertailumittaustulokset, korkeampi vertailuarvo.

Paikkakunta	Vertailumittaus nollakaasu		Vertailumittaus mitattu vertailupitoisuus			Vertailu- arvo NO nmol/mol	Poikkeama vertailu- arvosta NO nmol/mol	Z-arvo	E _n -arvo	Mittausverkon suhteellinen mittausepä- varmuus U(%)	Hyväksyttä- vyysluokka (Taulukko 1)
	NO nmol/mol	k.hajonta nmol/mol	NO nmol/mol	NO offset nmol/mol	k.hajonta nmol/mol						
Etelä-Karjala	0,6	0,5	454,8	454,2	0,7	445,3	8,9	0,5	0,2	11,1 %	2
Etelä-Savo	0,1	0,4	445,4	445,3	1,0	445,3	0,0	0,0	0,0	12,3 %	2
HSY	-0,2	0,2	456,3	456,5	0,4	445,3	11,1	0,6	0,3	6,7 %	1
Jyväskylä	-0,2	0,4	453,4	453,6	1,0	445,3	8,2	0,5	0,1	12,3 %	2
Kajaani	0,0	0,1	442,1	442,1	0,5	445,3	-3,3	-0,2	0,1	12,9 %	2
Kokkola	0,2	0,0	442,4	442,2	0,4	445,3	-3,1	-0,2	0,1	8,3 %	2
Kotka	1,1	0,7	456,4	455,3	1,0	445,3	10,0	0,6	na	na	na
Kuopio	0,5	0,3	442,0	441,6	1,5	445,3	-3,8	-0,2	0,1	12,3 %	2
Lahti	0,6	0,2	444,1	443,5	0,3	445,3	-1,9	-0,1	na	na	na
Neste	0,0	0,0	390,0	390,0	1,8	445,3	-55,3	-3,1	1,2	11,4 %	7
Oulu	0,2	0,5	443,9	443,8	1,6	445,3	-1,6	-0,1	0,0	12,2 %	2
Pietarsaari	0,2	0,1	450,5	450,3	0,1	445,3	4,9	0,3	0,1	14,0 %	2
Pori	0,0	0,2	439,1	439,1	0,6	445,3	-6,3	-0,4	0,1	12,3 %	2
Raahe	0,4	0,5	457,4	456,9	1,2	445,3	11,6	0,7	0,2	11,6 %	2
Rauma	0,4	0,8	444,3	444,0	0,4	445,3	-1,4	-0,1	0,0	12,3 %	2
Seinäjoki	0,2	0,4	449,3	449,1	1,2	445,3	3,8	0,2	0,2	2,9 %	1
Tampere	0,5	0,0	451,4	450,9	0,6	445,3	5,5	0,3	0,3	2,4 %	1
Turku	0,3	0,2	453,1	452,8	0,4	445,3	7,4	0,4	na	na	na
Vaasa	-0,2	0,4	445,5	445,7	0,9	445,3	0,3	0,0	0,0	12,5 %	2
IL	0,1	0,0	468,3	468,3	0,4	445,3	22,9	1,3	0,4	11,7 %	2

Taulukko L4.3a. Otsonin vertailumittaustulokset, matalampi vertailuarvo.

Paikkakunta	Vertailumittaus nollakaasu		Vertailumittaus mitattu vertailupitoisuus			Vertailuarvo O ₃ nmol/mol	Poikkeama vertailu- arvosta nmol/mol	Z-arvo	E _n -arvo	Mittausverkon suhteellinen mittausepä- varmuus U(%)	Hyväksyttä- vyysluokka (Taulukko 1)
	O ₃ nmol/mol	k.hajonta nmol/mol	O ₃ nmol/mol	O ₃ offset nmol/mol	k.hajonta nmol/mol						
HSY	-0,1	0,1	43,6	43,7	0,4	42,8	1,0	0,6	0,3	5,3 %	1
Kuopio	0,1	0,1	44,1	44,0	0,6	42,8	1,2	0,7	0,3	9,0 %	2
Lahti	0,4	0,1	43,6	43,2	0,3	42,8	0,4	0,3	na	na	na
Neste	-0,1	0,1	42,8	42,9	0,8	42,8	0,1	0,1	0,0	14,2 %	2
Oulu	-0,3	0,0	42,2	42,4	0,3	42,8	-0,4	-0,2	0,1	12,0 %	2
Turku	0,4	0,1	42,5	42,1	0,1	42,8	-0,7	-0,4	na	na	na
Vaasa	0,4	0,0	42,7	42,3	0,1	42,8	-0,5	-0,3	0,1	12,3 %	2
IL	1,1	0,2	39,2	38,1	0,2	42,8	-4,6	-2,7	1,1	10,5 %	5

Taulukko L4.3b. Otsonin vertailumittaustulokset, korkeampi vertailuarvo.

Paikkakunta	Vertailumittaus nollakaasu		Vertailumittaus mitattu vertailupitoisuus			Vertailuarvo O ₃ nmol/mol	Poikkeama vertailu- arvosta nmol/mol	Z-arvo	E _n -arvo	Mittausverkon suhteellinen mittausepä- varmuus U(%)	Hyväksyttävyy- luokka (Taulukko 1)
	O ₃ nmol/mol	k.hajonta nmol/mol	O ₃ nmol/mol	O ₃ offset nmol/mol	k.hajonta nmol/mol						
HSY	-0,1	0,1	137,6	137,7	0,4	136,8	0,9	0,2	0,1	4,1 %	1
Kuopio	0,1	0,1	137,6	137,5	0,4	136,8	0,7	0,1	0,1	8,9 %	2
Lahti	0,4	0,1	137,3	136,9	0,6	136,8	0,1	0,0	na	na	na
Neste	-0,1	0,1	138,6	138,7	0,5	136,8	1,9	0,3	0,1	13,3 %	2
Oulu	-0,3	0,0	136,7	137,0	0,4	136,8	0,2	0,0	0,0	12,0 %	2
Turku	0,4	0,1	134,8	134,4	0,1	136,8	-2,4	-0,4	na	na	na
Vaasa	0,4	0,0	135,3	134,9	0,1	136,8	-1,9	-0,3	0,1	12,2 %	2
IL	1,1	0,2	124,8	123,7	0,2	136,8	-13,1	-2,4	1,1	9,1 %	5

LIITE 5. Z-ARVOJEN JA E_n -ARVOJEN ANALYYSILLÄ SAADUT TULOKSET

Komponentti	Vertailu- mittausten lkm	Hyväksyttyt $ Z \leq 2$ (lkm)	Hyväksyttyt $ E_n \leq 1$ (lkm)	Hyväksyttyt $ Z \leq 2$ (%)	Hyväksyttyt $ E_n \leq 1$ (%)
SO ₂	24	22	22	91.7	91.7
NO	40	38	32	95.0	80.0
O ₃	16	14	10	87.5	62.5
Kaikki	80	74	64	92.5	80.0



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

ILMATIETEEN LAITOS

Erik Palménin aukio 1
00560 Helsinki
puh. 029 539 1000

WWW.ILMATIETEENLAITOS.FI

ILMATIETEEN LAITOS
RAPORTEJA 2018:1
ISBN 978-952-336-053-2 (pdf)
ISSN 0782-6079
Helsinki 2018

