

# ILMANLAADUN MITTAUSOHJE

Versio 1.0

Raimo Kartastenpää

Veijo Pohjola

Jari Walden

Timo Salmi

Helena Saari



# **ILMANLAADUN MITTAUSOHJE**

**Versio 1.0**

Raimo Kartastenpää  
Veijo Pohjola  
Jari Walden  
Timo Salmi  
Helena Saari

**ILMATIETEEN LAITOS – ILMANLAADUN TUTKIMUS**  
**Helsinki 26.4.2004**

## ESIPUHE

Ilmanlaadun seuranta ja muu ympäristön tilan seuranta ovat kehittyneet nopeasti viime vuosina. Euroopan yhteisöjen ilmanlaatua koskevat direktiivit säätelevät yhä laajemmin ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia ja pitoisuuksien seuranta. Ohjearvojen rinnalle on tullut sitovia ilmanlaadun raja-arvoja, joiden ylittyminen on käytettävissä olevin keinoin estettävä annettuihin määräaikoihin mennessä, sekä tavoitearvoja, joiden ylittyminen on pyrittävä estämään. Perinteisten ilman epäpuhtauksien lisäksi säätelyn piiriin on tullut uusia aineita ja yhdisteitä, kuten alailmakehän otsoni, bentseeni, raskasmetallit ja polyaromaattiset hiilivety-yhdisteet. Raja-arvoja ja tavoitearvoja pyritään pitämään jatkuvasti ajan tasalla ja uudistamaan viimeisimpien tieteellisten tutkimusten perusteella.

Myös ilmanlaadun seurantamenetelmät kehittyvät jatkuvasti. Eurooppalainen standardisoimisjärjestö CEN (European Committee for Standardisation) huolehtii yhteistyössä kansainvälisen standardisoimisjärjestön ISO:n (International Standardisation Organisation) kanssa mittausmenetelmien kehittämisestä, kenttätestauksesta ja validoinnista. Standardien lisäksi CEN:ssä, Euroopan ympäristökeskuksessa (EEA) ja Euroopan yhteisöjen komission alaisissa työryhmissä on laadittu ohjeita, jotka koskevat muun muassa ilmanlaadun seurannan järjestämistä seuranta-alueilla, mittausverkkojen perustamista, mittausasemien sijoittamista, mittausten epävarmuuden arvioimista ja mittausten ekvivalenttisuuden osoittamista.

Tässä ohjeessa käsitellään ilmanlaadun mittaamista ilmanlaadun seurannassa, mittaustarpeen arviointia, mittausten suunnittelua, suorittamista ja laadunvarmennusta sekä raportointia. Ohjeen valmistelussa on käytetty soveltuvien osin edellä mainittuja ohjeita ja suosituksia. Ohjeen tarkoituksena on kehittää mittausten laatua, luotettavuutta, edustavuutta ja vertailtavuutta sekä luoda edellytyksiä mittaustulosten käytölle ilmansuojelutoimien tarvetta arvioitaessa.

Ohjetta on tarkoitus päivittää säännöllisesti. Päivityksestä vastaa Ilmatieteen laitos, jonka ympäristöministeriö on määrännyt toimimaan 1.10.2001 alkaen ilmansuojelun kansallisena vertailulaboratoriona ilmanlaatumittausten laadunvarmistukseen liittyvissä tehtävissä.

Helsingissä 26.4.2003

## Sisällysluettelo

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>6</b>
1.1 TAUSTA	6
1.2 ILMANSUOJELUN TAVOITTEET JA MITTAUSTEN MERKITYS	7
1.3 OHJEEN RAJAUS	8
<b>2 MITTAUKSET ILMANLAADUN SEURANNASSA</b>	<b>9</b>
2.1 LAINSÄÄDÄNTÖ	9
2.2 MITTAUKSET OSANA ILMANLAADUN SEURANTAA	10
2.2.1 Yleistä	10
2.2.2 Esiselvitys	11
2.2.3 Perusselvitys	12
2.3 ILMANLAADUN SEURANTAMITTAUSTEN TAVOITTEET JA MITTAUSSUUNNITELMA	13
2.3.1 Tavoitteiden asettaminen	13
2.3.2 Ilmanlaadun seurantamittausten aloittaminen	14
2.3.3 Mittausalueiden ja mitattavien epäpuhtauksien valinta	15
2.3.4 Mittausasemien luokittelu ja sijoituskriteerit	16
<b>3 MITTAAMINEN</b>	<b>20</b>
3.1 MITTAUSMENETELMÄT	20
3.1.1 Vaatimukset ja standardit	20
3.1.2 Menetelmät	21
3.2 METEOROLOGINEN MITTAUSAINEISTO	24
3.3 LAITETILA JA NÄYTTEENOTTO	25
3.4 MITTAUSTIEDON KERUU	26
<b>4 LAADUNVARMISTUS</b>	<b>28</b>
4.1 YLEISTÄ	28
4.2 VÄHIMMÄISLAATUVAATIMUKSET	28
4.3 KALIBROINTI	32
4.3.1 Yleistä	32
4.3.2 Kalibrointitaajuus	33
4.3.3 Kalibrointiin käytettävät mittanormaalit	34
4.3.4 Mittanormaalien jäljitettävyys	35
4.3.5 Tilavuusvirtauksen kalibrointi	36
4.3.6 Analysaattorin kalibrointi kaasumittauksissa	38
4.3.7 Hiukkasmittausten kalibrointi	47
4.4 VERTAILUMITTAUKSET	48
<b>5 TULOSTEN KÄSITTELY JA RAPORTOINTI</b>	<b>50</b>
5.1 MITTAUSARVOJEN KORJAUS JA VALIDOINTI	50
5.2 MITTAUSTULOSTEN VERTAAMINEN ILMANLAADUN TAVOITTEISIIN	52
5.2.1 Yleistä	52
5.2.2 Pitoisuuksien yksiköt ja vertailuolosuhteet	53
5.2.3 Mittaustulosten yhdistäminen	55
5.2.4 Tunnuslukujen laskeminen	56
5.2.5 Ohjearvot terveydellisten haittojen ehkäisemiseksi	57
5.2.6 Tavoitearvo rikkilaskeumalle	59
5.2.7 Raja-arvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi	59
5.2.8 Raja-arvot kasvillisuuden ja ekosysteemien suojelemiseksi	60
5.2.9 Otsonin tavoite- ja kynnysarvot	61
5.3 RAPORTOINTI JA TIEDOTUS	62

<i>5.3.1 Raportointi</i>	62
<i>5.3.2 Tiedottaminen yleisölle</i>	63
<i>5.3.3 Tietojen raportointi ympäristönsuojelun tietojärjestelmään</i>	64
<b>6 VIITTEET</b>	<b>66</b>
<b>7 WWW-OSOITTEITA</b>	<b>67</b>
<b>LIITELUETTELO</b>	<b>68</b>

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tausta

Suomessa ilmanlaadun seuranta ovat säädelleet 1980-luvulta peräisin olleet ilmansuojelulaki ja -asetus. Ne kumoutuivat, kun ympäristönsuojelulaki (86/2000) ja -asetus (169/2000) tulivat voimaan 1.3.2000. Ilmansuojeluvuorokauden taso säilyi muutoksessa jokseenkin ennallaan ja suurin osa ilmansuojelulain säännöksistä sisältyy uuteen ympäristönsuojelulakiin.

Ympäristönsuojelulain tavoitteena on muun muassa:

- selkeyttää ympäristönsuojelun eri osa-alueiden lainsäädännön rakennetta;
- tehostaa ennaltaehkäisevää ympäristönsuojelua ja ympäristön pilaantumisen torjuntaa;
- pyrkiä tarkastelemaan erilaisten toimintojen ympäristövaikutuksia kokonaisuutena;
- edistää kustannustehokkaiden ympäristönsuojelutoimien käyttöä;
- lisätä kansalaisten vaikutusmahdollisuuksia ympäristönsuojelussa sekä
- yhdentää samaa toimintaa koskevien lupien hakumenettelyt (ns. yhden luukun periaate).

Vuonna 2001 annetulla valtioneuvoston asetuksella ilmanlaadusta (711/2001, ilmanlaatuasetus) on pantu täytäntöön kaksi Euroopan neuvoston ilmanlaatudirektiiviä ja kumottu valtioneuvoston päätös ilmanlaadun raja-arvoista ja kynnyсарvoista (481/1996) sekä ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta annetun valtioneuvoston päätöksen (480/1996) 3 §, eli ohjearvot kasvillisuusvaikutusten ehkäisemiseksi. Ohjearvot terveydellisten haittojen ehkäisemiseksi ja tavoitearvo rikkilaskeumalle jäivät voimaan sellaisenaan.

Vuonna 2003 annetulla valtioneuvoston asetuksella alailmakehän otsonista (783/2003, otsoniasetus) pantiin täytäntöön kolmas ilmanlaatu koskeva direktiivi. Samassa yhteydessä annettiin asetus ilmanlaatuasetuksen muuttamisesta (784/2003), jolla kumottiin otsonia koskevat ilmanlaatuasetuksen pykälät ja tehtiin vähäisiä muutoksia eräisiin pykäliin (väestölle tiedottaminen ja väestön varoittaminen sekä tietojen toimittaminen ympäristönsuojelun tietojärjestelmään).

Valtioneuvoston päätöksen ohjearvot on otettava huomioon muun muassa maankäytön ja liikenteen suunnittelussa, rakentamisen muussa ohjauksessa ja ilman pilaantumisen vaaraa aiheuttavien toimintojen sijoittamisessa ja

lupakäsittelyssä. Ohjearvot on annettu rikkidioksidin, haisevien rikkiyhdisteiden, kokonaisleijuman ja hengitettävien hiukkasten, typpidioksidin ja hiilimonoksidin pitoisuuksille ulkoilmassa. Päätöksessä on lisäksi annettu pitkän ajan tavoite rikkilaskeumalle. Ohjearvojen lähtökohtana on terveydellisten ja luontoon sekä osittain myös viihtyvyyteen kohdistuvien haittojen ehkäiseminen. Lyhytaikaispitoisuuksien ohjearvot on annettu ensisijaisesti terveydellisiin perusteisiin. Pitkäaikaispitoisuuksien ohjearvojen ja rikkilaskeuman tavoitearvon tavoitteena on ensisijaisesti kasvillisuuteen ja muuhun luontoon kohdistuvien haittojen ehkäiseminen.

Valtioneuvoston asetuksen raja-arvot puolestaan määrittävät suurimmat hyväksyttävät ilman epäpuhtauksien pitoisuudet, joiden ylittyminen ilmansuojeluviranomaisten on käytettävissä olevin keinoin estettävä. Otsoniasetuksen tavoitearvot ja pitkän ajan tavoitteet ovat luonteeltaan vähemmän sitovia. Ilmanlaatuasetuksen ja otsoniasetuksen tarkoituksena on terveyshaittojen ehkäiseminen alueilla, joilla asuu tai oleskelee ihmisiä ja joilla ihmiset saattavat altistua ilman epäpuhtauksille. Tavoitteena on suojella myös kasvillisuutta ja ekosysteemejä. Rikkidioksidille, typpidioksidille, typen oksideille, hiukkasille, lyijylle, hiilimonoksidille ja bentseenille on vahvistettu raja-arvot sekä ajankohdat, joista alkaen raja-arvoja ei saa ylittää. Otsonille on vahvistettu tavoitearvot, jotka tulisi saavuttaa mahdollisuuksien mukaan vuoteen 2010 mennessä sekä pitkän ajan tavoitteet. Lisäksi asetuksissa on säädetty varoituskynnykset rikkidioksidille, typpidioksidille ja otsonille sekä erikseen tiedotuskynnys otsonille.

Ilmanlaatuasetuksen siirtymäsäännöksessä on annettu raja-arvot, joita sovelletaan ennen uusille raja-arvoille säädettyjä määräaikoja. Toisin sanoen siirtymäsäännöksessä annetut rikkidioksidin ja kokonaisleijuman raja-arvot ovat voimassa 1.1.2005 saakka ja typpidioksidin raja-arvo 1.1.2010 saakka. Siirtymäsäännöksen raja-arvot perustuvat vanhoihin Euroopan neuvoston direktiiveihin (85/203/ETY, 80/779/ETY, 89/427/ETY ja 82/884/ETY). Siirtymäsäännös on merkityksellinen ainoastaan raja-arvojen ylittymisen kannalta. Ilmanlaadun seurannan järjestämisessä sovelletaan uusia raja-arvoja.

## ***1.2 Ilmansuojelun tavoitteet ja mittausten merkitys***

Ilmansuojelun tavoitteena on ehkäistä teollisesta toiminnasta, energiantuotannosta, liikenteestä ja muusta toiminnasta aiheutuva ilman pilaantuminen. Ilman pilaantumisella tarkoitetaan sellaista ihmisen toiminnasta johtuvaa ilman koostumuksen tai sen ominaisuuksien muuttumista, josta joko välittömästi tai välillisesti aiheutuu terveyshaittaa, haittaa luonnolle ja sen toiminnoille, yleistä viihtyisyyden vähentymistä tai taloudellista vahinkoa taikka muu näihin rinnastettava yleisen tai yksityisen edun loukkaus. Ilmansuojelutoimenpiteisiin on ryhdyttävä mahdollisimman aikaisin ennen kuin pilaantumisesta aiheutuvia

haittoja on ilmennyt. Alueilla, joissa pitoisuudet eivät ylitä raja-arvoja, on ilmanlaatu pyrittävä pitämään mahdollisimman hyvänä.

Ilmanlaadun mittauksilla on suuri merkitys, sillä ilmanlaatuasetuksen ja otsoniasetuksen raja-arvojen, tavoitearvojen ja kynnysarvojen (tiedotus- ja varoituskynnykset) ylittymistä arvioidaan mittausten perusteella. Raja-arvojen<sup>1</sup> ylittyessä tai ollessa vaarassa ylittyä kunnan on laadittava ja toimeenpantava suunnitelmia tai ohjelmia, joilla raja-arvojen ylittyminen estetään säädettyssä määräjasssa. Otsonin tavoitearvoihin ja pitkän ajan tavoitteisiin pyritään ensisijaisesti valtakunnallisin ja kansainvälisin toimin, koska paikallisten toimien vaikuttavuus otsonipitoisuuksiin on vähäinen. Ilmanlaadun mittaukset ovat keskeisessä asemassa myös tiedonvälityksessä. Ilmanlaatatietojen on oltava yleisesti saatavilla ja raja-arvojen sekä tiedotus- ja varoituskynnysten ylityksistä on tiedotettava väestölle aktiivisesti.

Tässä ohjeessa käsitellään ilmanlaadun mittaamista ilmanlaadun seurannassa, mittaustarpeen arviointia, mittausten suunnittelua, tekemistä ja laadunvarmennustoimenpiteitä sekä raportointia. Ohjeen tarkoituksena on kehittää mittausten laatua, luotettavuutta, edustavuutta ja vertailtavuutta sekä yhtenä keinona luoda edellytyksiä mittaustulosten käytölle ilmansuojelutoimien tarvetta arvioitaessa.

Erityistä asiantuntemusta edellyttävissä tapauksissa saattaa olla tarpeen kääntyä ulkopuolisten asiantuntijatahojen, esimerkiksi ympäristönsuojelulain mukaisten asiantuntijalaitosten (esim. Ilmatieteen laitos, Suomen ympäristökeskus) puoleen.

### ***1.3 Ohjeen raja***

Ohje on rajattu käsittelemään vain ilmanlaadun mittauksia. Ohje on tarkoitettu ensisijaisesti ilmanlaatua koskevassa valtioneuvoston päätöksessä(480/1996) ja valtioneuvoston asetuksissa (711/2001 ja 783/2003) mainittujen epäpuhtauksien mittauksiin. Se koskee sekä kunnan ja toiminnanharjoittajan tekemiä että näiden toimeksiannosta tehtäviä ilmanlaadun mittauksia. Ohjetta voidaan käyttää soveltuvin osin myös tausta-alueiden ilmanlaatumittauksissa. Mittauksia koskevat yleiset periaatteet soveltuvat myös muiden epäpuhtauksien mittauksiin, mikäli epäpuhtauden tai epäpuhtauslähteen ominaisuudet eivät poikkea oleellisesti päätöksessä mainittujen epäpuhtauksien ominaisuuksista.

---

<sup>1</sup> Raja-arvoilla tarkoitetaan tässä ilmanlaatuasetuksen 3 §:ssä säädettyjä raja-arvoja



## 2 MITTAUKSET ILMANLAADUN SEURANNASSA

### 2.1 Lainsäädäntö

Ympäristönsuojelulaki (86/2000), jonka tarkoituksena oli yhtenäistää ympäristönsuojelulainsäädäntöä ja uudistaa lupajärjestelmää, astui voimaan 1.3.2000. Samassa yhteydessä kumottiin ilmansuojelulaki (67/1982), meluntorjuntalaki (382/1987) ja ympäristölupamenettelylaki (753/1991). Suurin osa vanhan ilmasuojelulain asiallisista säännöksistä sisältyy myös uuteen ympäristönsuojelulakiin. Näin ollen ympäristönsuojelulaki edellyttää muun muassa, että kunta huolehtii ympäristön tilan seurannasta, mukaan lukien ilmanlaadun seuranta, paikallisten olojen edellyttämässä laajuudessa. Toiminnanharjoittajalla puolestaan on velvollisuus huolehtia ympäristön pilaantumisen ehkäisemisestä ja tässä tarkoituksessa oltava riittävästi selvillä toiminnan ympäristövaikutuksista. Tarpeelliset lupamääräykset päästöjen rajoittamisesta sekä seurannasta ja valvonnasta annetaan ympäristöluvassa. Alueellinen ympäristökeskus voi antaa luvassa määräyksiä ilmanlaadun seurannan järjestämisestä yhdessä eri toimijoiden kesken. Myös kuntien velvollisuus ryhtyä tarpeellisiin toimiin, jos ilmanlaadun raja-arvot ylittyvät, on säilynyt ennallaan. Seurantatietojen julkisuudesta ja tietojen toimittamisesta ympäristönsuojelun tietorekisteriin annetaan ympäristönsuojelulaissa aiempaa yksityiskohtaisempia säännöksiä. Uudessa laissa on lisäksi säännöksiä mittausten ja tutkimusten laadunvarmistuksesta. Lain nojalla ympäristöministeriö määräsi Ilmatieteen laitoksen toimimaan 1.10.2001 alkaen ilmansuojelun kansallisena vertailulaboratoriona ilmanlaatumittausten laadunvarmennukseen liittyvissä tehtävissä sekä huolehtimaan kansallisten mittanormaalien ylläpidosta ja niiden jäljitettävyydestä kansainvälisiin primaarinormaaleihin sekä kansallisten vertailumittausten järjestämisestä (YM:n päätös Dnro 60/481/2001).

Euroopan unionin uudet ilmanlaatuun liittyvät säädökset ovat vaikuttaneet merkittävästi ilmanlaadun seurantaan Suomessa 1990-luvulta lähtien. Ilmanlaadun arviointia ja hallintaa koskeva puitedirektiivi (96/62/EY), rikkidioksidia, typen oksideja, lyijyä ja hiukkasia koskeva ensimmäinen tytärdirektiivi (1999/30/EY) sekä bentseeniä ja hiilimonoksidia koskeva toinen tytärdirektiivi (2000/69/EY) on pantu kansallisesti täytäntöön valtioneuvoston asetuksella ilmanlaadusta (711/2001, ilmanlaatuasetus). Kolmas tytärdirektiivi (2002/3/EY) on pantu täytäntöön valtioneuvoston asetuksella alailmakehän otsonista (783/2003, otsoniasetus). Neljäs tytärdirektiivi, joka käsittelee eräiden raskasmetallien ja polysyklisten aromaattisten hiilivetyjen (PAH-yhdisteet) tavoitearvoja ulkoilmassa, tulee todennäköisesti voimaan vuoden 2004 aikana, ja se on pantava kansallisesti täytäntöön kahden vuoden kuluessa voimaantulosta.

Direktiivit edellyttävät, että ilman epäpuhtauksista on riittävästi tietoa ilmanlaatuilanteen arvioimiseksi erityisesti suhteessa raja-arvoihin. Mikäli

riittävää mittausaineistoa ei ole käytettävissä, on jäsenmaan selvittävä tilanne ja toteutettava joukko edustavia mittauksia, tutkimuksia tai arviointeja annettuun määräaikaan mennessä. Tätä ilmanlaatutilanteen ja mittaustarpeen kartoitusta kutsutaan ilmanlaadun alustavaksi arvioinniksi. Suomessa tehdyt alustavan arvioinnin raportit eri yhdisteille on nähtävissä muun muassa Ilmatieteen laitoksen www-sivuilla (<http://www.fmi.fi/ilmanlaatu/>).

Säädösten kehittyminen luo paineita hankkia lisää tietoa muun muassa pienhiukkasten (PM<sub>2,5</sub>), otsonia muodostavien yhdisteiden (haihtuvat orgaaniset yhdisteet, VOC), bentseenin sekä myöhemmässä vaiheessa metallien (nikkeli, arseni, kadmium, elohopea) ja polysyklisen aromaattisten hiilivetyjen (PAH-yhdisteet) pitoisuuksista Suomessa. Näiden komponenttien sisällyttäminen mittausohjelmiin olisi suositeltavaa ainakin muutamissa mittausverkoissa Suomessa<sup>2</sup>

## **2.2 Mittaukset osana ilmanlaadun seurantaa**

### 2.2.1 Yleistä

Päästöjen luonne, määrä, päästölähteen sijainti ja päästökorkeudet, taustapitoisuudet sekä väestön ja elollisen luonnon, lähinnä kasvillisuuden, altistuminen epäpuhtauksille vaikuttavat ilmanlaadun seurannan tarpeeseen ja toteuttamistapoihin. Seurannassa on tarpeen käyttää tutkimusmenetelmiä, jotka ovat riittäviä ja luotettavia ilmanlaatutilanteen arvioimiseksi. Seurannalla tarkoitetaan ilmanlaatuasetuksessa menetelmiä, joilla mitataan, lasketaan, ennustetaan tai muulla tarvoim arvioidaan epäpuhtauden pitoisuutta ilmassa.

Ilmanlaadun jatkuvilla mittauksilla saadaan tietoja lyhyt- ja pitkäaikaispitoisuuksista, pitoisuuksien vaihtelusta mittausalueella, eri päästölähteiden vaikutuksesta ilmanlaatuun sekä tietoja leviämismallien verifiointiin

Päästökartoituksilla saadaan tietoja energiantuotannon, teollisuuden ja liikenteen aiheuttamien epäpuhtauksien kokonaismäärästä, päästöjen laadusta, ajallisesta vaihtelusta ja päästöihin vaikuttavien häiriöiden yleisyydestä, päästölähteiden sijainnista, päästökorkeuksien suhteesta ympäröiviin rakennuksiin ja maastoon, maankäytöstä, kuten teollisuus- ja asuntoalueiden, tiestön, virkistysalueiden, koulujen, päivä- ja vanhainkotien, sairaaloiden ym. sijainnista kunnan alueella sekä päästöjen tulevasta kehityksestä.

Leviämisselvityksillä saadaan tietoja ulkoilman pitoisuuksien lyhyt- ja pitkäaikaistasoista, pitoisuuksien vaihtelusta tarkasteltavan alueen, kuten

---

<sup>2</sup> Metallien ja PAH-yhdisteiden seurantarvetta selvitetään ympäristöministeriön toimeksiannosta Ilmatieteen laitoksella vuosina 2004 – 2005 tytärdirektiivin edellyttämässä ns. alustavassa arvioinnissa.

esimerkiksi kunnan alueella, yhden lähteen vaikutuksesta ilmanlaatuun monilähteisessä ympäristössä, tehtyjen tai suunniteltujen ilmansuojelu- ja muiden toimien vaikutuksesta ilmanlaatuun sekä energiantuotannon, teollisuuden ja liikenteen erilaisten suunnitteluvaihtoehtojen vaikutuksista ilmanlaatuun.

Voimavarojen säästämiseksi on suositeltavaa edetä selvitystoiminnassa vaiheittain. Ilmanlaadun seuranta voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen, jotka ovat esiselvitys, perusselvitys ja ilmanlaadun seurantamittaukset. Seurantamittauksia käsitellään erikseen kappaleessa 2.3. Jokaiseen seurantavaiheeseen sisältyy jatkotoimien arviointi ilmansuojelutilanteen kannalta. Periaatetta voidaan soveltaa myös silloin, kun uusille epäpuhtauskomponenteille asetetaan laatutavoitteita (ohje-, raja-, kynnyks- tai tavoitearvot). Koska ympäristösuojelulain mukaan kunta on velvollinen huolehtimaan paikallisten olojen edellyttämästä ympäristön tilan seurannasta, on seuranta toteutettu useimmiten kuntakohtaisesti. Seuranta voidaan toteuttaa myös kuntien välisenä yhteistyönä.

Ilmanlaatuasetus kannustaa ilmanlaadun seurannassa alueelliseen yhteistyöhön määrittelemällä epäpuhtauksille seuranta-alueet ja antamalla määräyksiä ilmanlaadun seurannan järjestämisestä seuranta-alueella. Seuranta-alueilla tarkoitetaan asetuksessa yhden tai useamman alueellisen ympäristökeskuksen toimialuetta taikka väestökeskittymää, johon voi kuulua yksi tai useampi kunta ja jonka asukasluku on vähintään 250 000 asukasta. Suomessa väestökeskittymällä tarkoitetaan pääkaupunkiseutua (YTV-alue).

Ilmanlaatuasetuksen mukaan alueellisen ympäristökeskuksen tulee huolehtia siitä, että sen alueella ilmanlaadun seuranta on järjestetty hyvin, ja että muun muassa mittausasemien määrä on riittävä niillä seuranta-alueilla, joilla mittaukset ovat pakollisia. Alueellisen yhteistyön tarkoituksena on ensisijaisesti kehittää tiedonvaihtoa kuntien ja alueellisten ympäristökeskusten välillä sekä sopia yhteisesti menettelytavoista ja, mikäli mahdollista, seurannan sisällöstä ja kehittämisestä. Ympäristökeskusten tehtävänä on ohjata seurantaa yleisellä tasolla, aktivoida ja kannustaa kuntia yhteistyöhön sekä tehdä ehdotuksia seurannan järjestämiseksi lyhyellä ja keskipitkällä aikavälillä. Kunnat kuitenkin vastaavat seurannan toteutuksesta ellei toisin sovita. Kustannusten minimoimiseksi ilmanlaadun mittauksista ja mallilaskelmista saatuja tuloksia voidaan käyttää hyväksi arvioitaessa muiden oloiltaan vastaavanlaisten alueitten ilmanlaatua. Tämä on helpointa toteuttaa, jos yhteistyö aluetasolla toimii hyvin.

### 2.2.2 Esiselvitys

Esiselvityksessä kootaan eri viranomaisilla tai toiminnanharjoittajilla olevat tiedot päästöistä, ilmanlaadusta ja altistuvista kohteista sekä arvioidaan näiden ja muiden ilmansuojelua koskevien tietojen kattavuutta ja luotettavuutta.

Esiselvitys on suppea kuvaus ilmansuojelutilanteesta kunnassa muun muassa perusselvityksen tarpeen arvioimiseksi.

### 2.2.3 Perusselvitys

Perusselvitys tehdään, jos esiselvitys ei anna riittävästi tietoja ilmanlaadun arvioimiseksi. Perusselvityksessä hankitaan paikallisten olojen edellyttämät tiedot päästöistä, ilmanlaadusta, säätekijöistä ja alueen topografiasta sekä väestön ja kasvillisuuden altistumisesta.

Perusselvityksestä saatavien tietojen perusteella arvioidaan ilmanlaadun seurannan tarvetta, kerätään perustiedot seurannan suunnittelulle ja toteuttamiselle sekä tunnistetaan alueita, joilla ilmanlaatu ei täytä sille asetettuja tavoitteita.

Perusselvityksen aluksi tehdään tavallisesti päästökartoitus. Usein on aiheellista täydentää päästökartoitusta mm. leviämisselvityksillä, bioindikaattoritutkimuksilla ja ilmanlaadun mittauksilla etenkin jos on arvioitavissa, että korkeita pitoisuuksia saattaa esiintyä poikkeuksellisen päästölähteen tai meteorologisen tilanteen tai tavanomaista heikompien sekoittumisolosuhteiden takia.

Perusselvityksessä voidaan hyödyntää myös toisaalla, vastaavanlaisessa ympäristössä ja olosuhteissa kerättyä ilmanlaatuaineistoa. Esimerkiksi pitoisuudet ympäristöissä, joissa liikennemäärät samoin kuin sää- ja leviämisolosuhteet ovat samankaltaisia, myös liikenteen aiheuttamat pitoisuudet ovat todennäköisesti vastaavalla tasolla.

Ilmanlaatumittausten tarvetta perusselvityksessä tarkastellaan tässä epäpuhtauksittain. Kun kunkin epäpuhtauden mittaustarve on arvioitu, valitaan mitattavat epäpuhtaudet ja mittausalueet ottaen huomioon mahdollinen usean epäpuhtauden yhteisvaikutus ilmanlaatuun.

Mittaukset voidaan toteuttaa esimerkiksi mittauskampanjoina todennäköisillä maksimipitoisuusalueilla. Ilmanlaatumittauksissa normaalisti käytettävien vertailumenetelmien sijasta tai ohella voidaan hyödyntää myös muita mittausmenetelmiä edellyttäen, että mittauksille asetetut laatutavoitteet saavutetaan. Mittausjakson pituus perusselvityksessä tulisi olla mielellään 3 – 6 kuukautta.

Rikkidioksidia (SO<sub>2</sub>) on perusteltua mitata:

- leviämisselvityksin saatavien tietojen tueksi alueilla, joilla on päästöiltään merkityksellisiä luvanvaraisia laitoksia ja
- alueilla, joilla on odotettavissa voimakkaan lähi- tai kaukokulkeutuman aiheuttamia korkeita pitoisuustasoja (esim.

maaston topografia, maantieteellinen sijainti päästölähteiden tai päästöjen kaukokulkeutumisreittien varrella).

Hiukkasia (kokonaisleijumaa TSP, hengitettäviä hiukkasia PM<sub>10</sub> tai pienhiukkasia PM<sub>2,5</sub>) on perusteltua mitata:

- alueilla, joilla on merkittäviä hiukkaspäästölähteitä tai hiukkaspäästöt sisältävät terveydelle tai muulle elolliselle luonnolle haitallisia tai haitalliseksi epäiltyjä aineita tai yhdisteitä (tällöin myös kemiallisen koostumuksen selvitys voi olla tarpeellinen);
- liikenteen voimakkaasti kuormittamilla taajama-alueilla;
- alueilla, joilta on tullut valituksia likaantumisen takia sekä
- alueilla, joilla on epäiltävissä merkityksellistä hiukkasten aiheuttamaa viihtyisyyden vähentymistä.

Typpidioksidia (NO<sub>2</sub>) ja hiilimonoksidia (CO) on perusteltua mitata:

- liikenteen voimakkaasti kuormittamilla taajama-alueilla ensisijaisesti eri tyyppisten katujen ja teiden varsilla (mittaussuunnitelmaa laadittaessa voidaan hyödyntää kokemuksia muista vastaavanlaisista taajamista ja mittausalueista).

Haisevia rikkiyhdisteitä (TRS) on perusteltua mitata:

- leviämiselvityksin saatavien tietojen tueksi alueilla, joilla on päästöiltään merkityksellisiä luvanvaraisia laitoksia ja
- alueilla, joilla on epäiltävissä merkityksellistä haisevien rikkiyhdisteiden aiheuttamaa viihtyisyyden vähentymistä.

Otsonia (O<sub>3</sub>) on perusteltua mitata:

- alueilla, joissa otsonipitoisuus on jonkin viimeksi kuluneen viiden vuoden aikana ylittänyt pitkän ajan tavoitteen ja
- alueilla, joilla kynnsarvot taikka tavoitearvot ovat vaarassa ylittyä.

## ***2.3 Ilmanlaadun seurantamittausten tavoitteet ja mittaussuunnitelma***

### **2.3.1 Tavoitteiden asettaminen**

Tavoitteiden asettaminen on mittausverkon ja mittausten suunnittelun tärkein vaihe. Usein tavoitteita ilmanlaatuverkoille asettavat niin paikalliset, kansalliset kuin kansainväliset päämäärät. Raja-, kynns- ja ohjearvojen edellyttämä mittaustarve selvitetään ilmanlaadun esi- ja perusselvitysten avulla. Usein on kuitenkin perusteltua pohtia mittaussuunnitelmaa kokonaisuutena jolloin raja-,

kynnys- ja ohjearvojen valvontaan liittyvät mittaustavoitteet yhdistetään muihin mahdollisiin mittaustavoitteisiin.

Seuraavassa on lueteltu yleisimpiä mittauksille asetettuja tavoitteita:

- ilmanlaadun raja-, ohje-, kynnys- ja tavoitearvojen valvonta;
- ilmanlaadun arvioiminen paikallisella, kansallisella tai kansainvälisellä tasolla;
- ilmanlaadun kehityksen arviointi;
- väestön epäpuhtauksille altistumisen ja terveyshaittojen arviointi;
- epäpuhtauksien viihtyisyyshaitan arviointi;
- kasvillisuusvaikutusten arviointi;
- yhden tai useamman päästölähteen ilmanlaatuvaikutusten arviointi;
- lupaehtojen täyttymisen seuranta;
- ilmanlaatutietojen tuottaminen maankäytön, suunnittelun yms. tarpeisiin;
- ilmanlaadun parantamiseen tähtäävien toimien tehokkuuden arviointi;
- päästöhäiriöiden tai -muutosten aiheuttamien vaikutusten seuranta;
- vertailu- ja lähtöaineiston tuottaminen leviämismallien tarpeisiin;
- aineiston tuottaminen ilmakehän prosessien ja vaikutustutkimuksen tarpeisiin;
- ilmanlaatutietojen tuottaminen kansainvälisiin seurantaohjelmiin ja väestölle tiedottaminen ja väestön varoittaminen.

### 2.3.2 Ilmanlaadun seurantamittausten aloittaminen

Perusselvityksessä hankittua tietoa käytetään seurantamittausten suunnittelussa. Siinä tulee huomioida myös muut mittaustarpeeseen vaikuttavat seikat, kuten epäpuhtauksista tehdyt valitukset.

Ilmanlaadun seurantamittaukset on aloitettava seuranta-alueella, kun perusselvityksessä tai valtakunnallisessa alustavassa arvioinnissa on todettu, että

- ilmanlaatuasetuksen raja-arvo tai varoituskynnys ylittyy ja seuranta alueella ei ole riittävää;
- ilmanlaatuasetuksen ylin arviointikynnys ylittyy ja seuranta alueella ei ole riittävää tai
- otsoniasetuksen tavoitearvo, pitkän ajan tavoite tai kynnysarvo ylittyy.

Lisäksi ilmanlaadun seurantamittausten aloittamista tulisi harkita myös silloin kun perusselvityksessä on todettu, että

- epäpuhtauden pitoisuus on ilmanlaatuasetuksessa säädetyn alemman ja ylemmän arviointikynnyksen välissä;

- kasvillisuus tai muu elollisen luonnon osa on selvästi vaurioitunut ilman epäpuhtauksien takia tai
- valtioneuvoston päätöksessä säädetty ohjearvo ylittyy taikka tietty päästö- tai säätilanne saattaa aiheuttaa ohjearvon ylityksen.

Otsonin muutunta, kaukokulkeutuminen ja Suomessa mitatut pitoisuudet huomioon ottaen uusien otsonimittausasemien perustaminen ei ole yleensä tarpeellista (Pietarila et al., 2003). Otsonitilanne ja siihen vaikuttavat tekijät on kuitenkin hyvä arvioida käyttäen apuna esimerkiksi asiantuntija-arvioita ja saatavilla olevia tietoja tausta- ja/tai kaupunkiasemien mittaustuloksista.

Seurantamittausten mittaamenetelmät on esitetty kohdassa 3.1. Seurantamittausten lisäksi voidaan tehdä suuntaa-antavia mittauksia. Suuntaa-antavia mittauksia voidaan käyttää silloin, kun alustavassa arvioinnissa pitoisuustasot ovat alle ylemmän arviointikynnyksen. Suuntaa-antavilla mittauksilla tarkoitetaan kiinteillä tai siirrettävillä mittausasemilla tehtäviä, yleensä lyhytkestoisia tai otantaan perustuvia mittauksia. Suuntaa antavien mittausten laatutavoitteet eivät ole yhtä tiukat kuin varsinaisten seurantamittausten (ks. liitteen 2 liite 4).

### 2.3.3 Mittausalueiden ja mitattavien epäpuhtauksien valinta

Asetettujen tavoitteiden perusteella valitaan mitattavat epäpuhtaudet ja kyseisille epäpuhtauksille soveltuvat mittausalueet. Mittausalueiden valintaan, mittausverkon laajuuteen sekä myös mitattavien yhdisteiden valintaan vaikuttavat useat eri tekijät, joita ovat tavoitteiden asettamien vaatimusten lisäksi mm.

- mittausverkon kattaman alueen laajuus, rakenne ja ominaisuudet;
- väestö, kasvillisuus tai materiaalit, joiden altistumista alueella halutaan seurata;
- päästölähteet ja päästöjen kehittyminen sekä jakautuminen alueella;
- ilman epäpuhtauspitoisuuksien alueellinen vaihtelu;
- taloudelliset edellytykset;
- ammattitaitoisen työvoiman saatavuus ja
- käytettävissä olevat laitteet.

Mittausalueet arvioidaan aluksi jokaiselle epäpuhtaudelle ja tavoitteelle erikseen.

Ilmanlaadun seurannan tulokset yhdistetään maankäyttö- ja väestötietoihin ja valitaan mittausalueet eri epäpuhtauksille siten, että mittausverkolle asetetut tavoitteet saavutetaan mahdollisimman hyvin. Valitsemalla näin mittausalueet eri epäpuhtauksille saadaan arvio mittausalueiden lukumäärästä ja niiden tärkeysjärjestyksestä eri tyyppisillä alueilla. Kun kunkin epäpuhtauden mittaustarve on arvioitu erikseen, valitaan mitattavat epäpuhtaudet ja

mittausalueet. Mittausalueiden lukumäärä on yleensä kompromissi tavoitteiden ja taloudellisten mahdollisuuksien välillä.

Ilmanlaatuilanteen arvioimiseksi ja tulosten tulkintaa ajatellen asemilla on usein tarpeen tehdä usean epäpuhtauden mittauksia samanaikaisesti. Useimmiten tämä on järkevää myös resurssien käytön suhteen.

### ***Mittausalueiden valintakriteerit***

Ilmanlaatuasetuksessa on annettu yleiset mittausalueen valintaa koskevat perusteet (ks. liitteen 2 liite 3). Alueiden valintaperusteet on määritelty erikseen terveyshaittojen ehkäisemiseksi ja kasvillisuuden ja ekosysteemin suojelemiseksi annettujen raja-arvojen seurantaan. Otsoniasetuksessa on annettu yleiset perusteet mittausalueiden valinnalle ja mittausasemien sijoittamiselle otsonimittauksia varten. Perusteet on jaoteltu mittausaluetyypeittäin (kaupunki, esikaupunki, maaseutu ja maaseututausta) ja huomioiden mittauksen tavoitteet eli terveyshaittojen ehkäiseminen ja kasvillisuuden suojeleminen (ks. liitteen 4 liite 1).

### ***Dokumentointi ja mittausalueiden tarkastaminen***

Mittausalueiden valintakriteerit tulee dokumentoida. Olosuhteissa mahdollisesti tapahtuneet muutokset tulee kirjata ja huomioida mittaus suunnitelman tarkistusten yhteydessä. Tarkistus tulisi tehdä säännöllisesti ja vähintään viiden vuoden välein, samoin kuin mittaus suunnitelman arviointi.

## 2.3.4 Mittausasemien luokittelu ja sijoituskriteerit

Kuten ilmanlaadun tavoitteita ja arviointia, myös mittausasemien luokittelua pyritään yhdenmukaistamaan Euroopassa. Luokittelun perusta on määritelty neuvoston tietojenvaihtopäätöksessä (97/101/EY, muutettu 2001/752/EY) ja sitä täydentävässä ohjeessa (Garber et al., 2002). Ilmanlaatuasetuksessa ja otsoniasetuksessa on erityyppisten asemien tarkempia sijoittamisohjeita, joka perustuvat Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiveihin (1999/30/EY, 2000/69/EY ja 2002/3/EY). Yhtenäisten asemien luokittelu- ja sijoittamiskriteerien tarkoituksena on parantaa ilmanlaadun mittaustulosten ja arviointien vertailtavuutta eri paikkakuntien, seuranta-alueiden ja Euroopan unionin jäsenvaltioiden kesken sekä suhteessa ilmanlaadun tavoitteisiin.

Mittausasemien luokittelu ja edustavuus riippuvat usein tarkasteltavasta komponentista etenkin päästölähteiden läheisyydessä. Joissakin tapauksissa voi olla järkevää yhdistää liikenteen ja teollisuuden lähipäästöjen vaikutusten tarkkailu saman mittausaseman yhteyteen. Aseman luokitus ja edustavuus tulisi siksi arvioida erikseen kaikkien mitattavien komponenttien kannalta.



Päästöjen luonteen, päästölähteiden etäisyyden ja aseman edustavuuden suhteen mittausasemat voidaan jakaa kolmeen pääluokkaan, jotka ovat teollisuus-, liikenne- ja tausta-asemat. Edustamansa alueen mukaan tausta-asemat voidaan jakaa kaupunkitausta, esikaupunkitausta ja maaseututausta-asemiin.

Teollisuusasema sijaitsee yksittäisen teollisuuslaitoksen tai teollisuusalueen läheisyydessä. Teollisuus käsittää tässä myös mm. energiantuotannon, jätteenkäsittelylaitokset ja maa-aineisten käsittelyn. Teollisuusaseman tarkoituksena on mitata teollisuuden välittömiä, paikallisia vaikutuksia ilmanlaatuun. Teollisuusasemat voivat sijaita sekä kaupunki- esikaupunki- että maaseutualueella.

Liikenneasema sijaitsee vilkasliikenteisen kadun varrella ja yleensä kaupunki- tai esikaupunkialueella. Liikenneasemien tarkoituksena on selvittää liikenteen lähivaikutusta taajamailman epäpuhtaustasoihin. Liikenneasemat tulisi sijoittaa ensisijaisesti paikkoihin, joissa ne edustavat väestön suurinta altistumista ilmanlaadun raja- tai ohjearvon laskenta-aikoihin nähden. Niiden tulisi edustaa ympäröivän alueen ilmanlaatua vähintään 200 neliömetrin laajuudelta.

Kaupunkitausta-asema sijaitsee yhtenäisesti rakennetulla kaupunkialueella, mutta riittävän etäällä vilkasliikenteisistä kaduista, teistä ja teollisuuslaitoksista siten, että mikään yksittäinen päästölähde ei pääasiallisesti määrää pitoisuustasoja. Kaupunkitausta-asemaa käytetään väestön yleisen altistumisen arviointiin kaupunkialueella. Aseman tulisi edustaa ilmanlaatua usean neliökilometrin alueella.

Esikaupunkitausta-asema sijaitsee alueella, jossa on sekä yhtenäisesti rakennettua aluetta että rakentamattomia alueita, kuten metsää, peltoa tai pieniä järviä. Asemaluokituksessa tämän tyyppiset taajama-alueet luokitellaan esikaupunkialueiksi, vaikka lähistöllä ei olisikaan suuremman väestötiheyden kaupunkialuetta. Esikaupunkitausta-asema sijaitsee riittävän etäällä yksittäisistä päästölähteistä siten, etteivät lähilähteet pääasiallisesti määrää pitoisuustasoja vaan pitoisuudet edustavat laajempaa, muutamasta neliökilometristä muutamaa kymmeneen neliökilometriin aluetta. Asemaa käytetään alueen väestön yleisen altistumisen arviointiin.

Maaseututausta-asema sijaitsee haja-asutusalueella riittävän kaukana lähilähteistä (esim. teollisuus, valtatie) siten, että pitoisuudet edustavat laajojen alueiden ilmanlaatua. Maaseututausta-asemat voidaan edelleen jakaa edustamansa alueen laajuuden mukaan alaluokkiin lähellä kaupunkia, alueellinen ja syrjäinen tausta-asema.

Lähellä kaupunkia oleva tausta-asema sijaitsee alle 10 km päässä kaupunki- tai esikaupunkialueen reunasta. Asemalla saadaan tietoja kaupungin lähialueella vallitsevista taustapitoisuustasoista, mihin tässä tapauksessa katsotaan kuuluvan myös kyseisen kaupunkialueen päästöjen vaikutus. Asema edustaa ilmanlaadun taustapitoisuustasoa noin 10 – 100 km<sup>2</sup> alueella.

Alueellinen tausta-asema sijaitsee taajaman ulkopuolella n. 10–50 km:n etäisyydellä suurista päästölähteistä (kaupungit, teollisuus- ja energiantuotantolaitokset, moottori- ja valtatie jne.). Asema edustaa ilmanlaadun pitoisuuksien ja laskeuman taustatasoa 100 - 1 000 km<sup>2</sup> alueella.

Syrjäinen tausta-asema sijaitsee harvaan asutulla seudulla, vähintään 50 km päässä suurista päästölähteistä. Ilman epäpuhtauksien pitoisuuksiin alueella vaikuttavat vain luonnosta peräisin olevat epäpuhtaudet yhdessä kaukokulkeuman kanssa. Asema edustaa ilmanlaadun pitoisuuksien ja laskeuman taustatasoa 1 000–10 000 km<sup>2</sup> alueella.

### ***Mittausasemien sijoituskriteerit mittausalueella***

Mittausasemien sijoittelussa olisi noudatettava mahdollisuuksien mukaan seuraavia ohjeita.

Kaikki asemat:

- Mittausaseman näytteenottimen (sondi) lähellä ei saisi olla ilmavirtaa rajoittavia esteitä, jotka vaikuttavat ilmavirran kulkuun näytteenottokohdan läheisyydessä. Yleensä sen olisi oltava vähintään muutaman metrin päässä rakennuksista, puista ja muista esteistä sekä vähintään 0,5 metrin etäisyydellä lähimmästä rakennuksesta, jos näytteenotto kohta edustaa ilmanlaatua rakennusten lähellä. Otsonimittauksissa näytteenottimen tulee sijaita niin, että vapaa kulma on vähintään 270 astetta ja etäisyys rakennuksiin, parvekkeisiin, puihin ja muihin esteisiin on vähintään kaksi kertaa esteen korkeus.
- Näytteenottokohdan olisi yleensä oltava vähintään 1,5 metrin (hengitystaso) ja enintään 4,0 metrin korkeudella maanpinnasta. Tietyissä olosuhteissa saattaa olla tarpeen käyttää korkeammalla (enintään 8 metrissä) sijaitsevaa näytteenotto kohtaa. Korkeammalla sijaitseva näytteenotto kohta saattaa olla aiheellinen, jos mittausasema edustaa hyvin laajaa aluetta. Otsonimittauksissa sijainti voi olla korkeampi kaupunkialueilla tietyissä olosuhteissa (kaupunkitaustan mittaaminen katolta, mittaukset katukuilussa) ja puustoisilla alueilla.
- Näytteenotinta ei tule sijoittaa päästölähteiden välittömään läheisyyteen. Otsonimittauksissa näytteenotin olisi sijoitettava vähintään 10 metrin päähän lähimmältä tieltä; välimatkaa on pidennettävä suhteessa liikenteen määrän kasvuun.
- Näytteenotossa poistoilmanaukko olisi sijoitettava niin, ettei poistoilma pääse näytteenottimeen.

**Liikenneasemat:**

- Näytteenottimien olisi sijaittava vähintään 25 metrin etäisyydellä suurista tienristeyksistä sekä vähintään 4 metrin etäisyydellä lähimmän ajokaistan keskiviivasta.

**Lisäksi:**

- Typpidioksidin ja hiilimonoksidin mittauksissa näytteenottimen olisi sijaittava enintään 5 metrin etäisyydellä ajokaistan reunasta
- Hiukkas-, lyijy- ja bentseenimittauksissa näytteenottimet olisi sijoitettava siten, että ne edustavat ilmanlaatua (asuin)rakennusten läheisyydessä

**Huomioon otettavat muut tekijät:**

- mahdolliset häiriölähteet;
- toimintavarmuuteen vaikuttavat tekijät;
- kulkuyhteydet;
- sähkön ja puhelinyhteyksien saatavuus;
- paikan näkyvyys ja aseman sopeutuminen ympäristöön;
- väestön ja mittaajien turvallisuus;
- mittausten keskittäminen (monikomponenttiasemien perustaminen) ja
- suunnittelun muut vaatimukset.

***Mittausaseman kuvaus ja tarkastaminen***

Mittausaseman näytteenottoaikkojen valintamenettelyt on kuvattava asianmukaisesti kirjallisten kuvausten, ympäristöstä otettujen valokuvien ja karttojen avulla. Näytteenottoaikat tulee tarkastaa vuosittain ja/tai aseman tai ympäristön muutosten yhteydessä toistaen dokumentoinnissa käytettyjä menettelyjä, jotta voidaan varmistaa, että valintaperusteet täyttyvät edelleen.

## 3 MITTAAMINEN

### 3.1 Mittausmenetelmät

#### 3.1.1 Vaatimukset ja standardit

Ilmanlaadun tavoitteiden valvontaan liittyvässä ilman epäpuhtauksien mittaamisessa tulee käyttää vertailumenetelmää tai muuta menetelmää, jonka voidaan osoittaa antavan vertailumenetelmää vastaavat tulokset.

Vertailumenetelmällä tarkoitetaan valtioneuvoston asetuksen 711/2001 ja valtioneuvoston asetuksen 783/2003 mukaisia menetelmiä, jotka perustuvat ilmanlaadun direktiiveihin (99/30/EY, 2000/69/EY ja 2002/3/EY).

Eurooppalainen standardisoimisjärjestö CEN (European Committee for Standardisation) laatii standardeja lähtien EU-maiden tarpeista ja huomioiden EU:n lainsäädännön. Standardointi tapahtuu yhteistyössä Kansainvälisen standardisoimisjärjestön ISO:n (International Standardisation Organisation) kanssa. Ilmanlaadun mittaamiseen liittyvien standardien valmistelu CEN:issä tapahtuu teknisen komitean CEN 264 ”Air Quality” alaisissa työryhmissä, jotka järjestävät menetelmien kenttätestauksen ja validoinnin. CEN:in tehtävänä on standardoida ilmanlaatumittauksia varten menetelmiä, joita käytetään direktiivien mukaisina vertailumenetelminä kaikissa EU-maissa. Osa direktiiveissä esitetyistä vertailumenetelmistä perustuu ISO:n menetelmästandardeihin.

Useimmissa tapauksissa voidaan ilman epäpuhtausmittauksissa käyttää vertailumenetelmää. Jos käytetään jotain muuta menetelmää, on sen vastaavuus vertailumenetelmään nähdén oltava kokeellisesti osoitettu. Kokeellisesti vastaavanlaiseksi osoitettua menetelmää kutsutaan vertailumenetelmän ekvivalenttimenetelmäksi. Ilmassa olevan tietyn epäpuhtauden mittaamisen vertailumenetelmän ekvivalenttimenetelmä on menetelmä, joka täyttää asianomaisessa ilmanlaatudirektiivissä määritellyt tulosten laatuvaatimukset jatkuville tai kiinteille mittauksille (EC Working group on Guidance for the Demonstration of Equivalence, 2003). Jos vertailumenetelmää ei ole, niin silloin tulee ensisijaisesti käyttää menetelmiä, jotka ovat standardoituja.

CEN on standardisoinut vertailumenetelmän hengitettävien hiukkasten ( $PM_{10}$ ) mittaamiseen. Parhaillaan CEN:ssä on standardisoitavana vertailumenetelmät seuraavien komponenttien mittaamiseen: rikkidioksidi ( $SO_2$ ), typen oksidit ( $NO$  ja  $NO_2$ ), otsoni ( $O_3$ ), hiilimonoksidi ( $CO$ ), pienhiukkaset ( $PM_{2,5}$ ), lyijy ( $Pb$ ), kadmium ( $Cd$ ), arseeni ( $As$ ), nikkeli ( $Ni$ ), PAH -yhdisteet ( $B[a]P$ ) ja bentseeni ( $C_6H_6$ ). Lisäksi on perustettu työryhmä standardin valmistelemiseksi raskasmetallien laskeumamittaukselle ja elohopean ( $Hg$ ) mittaamiselle (ad-hoc – työryhmä).

CEN on laatinut kolmiosaisen standardin diffuusikeräinten käytöstä kaasu- ja höyrypitoisuuksien määrittämiseksi (kaksi ensimmäistä osaa julkaistu, kolmas suunniteltu julkaistavan v. 2004).

Liitteessä 5 on lueteltu ilmanlaadun mittaukseen liittyviä ISO:n, CEN:in ja SFS:n menetelmästandardeja.

### 3.1.2 Menetelmät

#### ***Rikkidioksidi***

Rikkidioksidin analyysin vertailumenetelmä on ISO/FDIS 10498 (Ambient air – Determination of sulfur dioxide – Ultraviolet Fluorescence method).

Menetelmä (mittausperiaate UV-fluoresenssi) on standardisoitavana CEN:issä (standardiehdotus prEN 14212). Standardi on arvioitu julkaistavan elokuussa 2005.

#### ***Typpidioksidi ja typen oksidit***

Typpidioksidin ja typen oksidien analyysin vertailumenetelmä on ISO 7996:1985 (Ambient air - Determination of the mass concentration of nitrogen oxides – Chemiluminescence method).

Menetelmä (mittausperiaate kemiluminesenssi) on standardisoitavana CEN:issä (standardiehdotus prEN 14211). Standardi on arvioitu julkaistavan elokuussa 2005.

#### ***Hengitettävät hiukkaset***

Hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) näytteenoton ja analyysin vertailumenetelmä on EN 12341:1998 (Air quality - Determination of the PM<sub>10</sub> fraction of suspended particulate matter - Reference method and field test procedure to demonstrate reference equivalence of measurement methods)<sup>3</sup>. Menetelmässä hiukkasten PM<sub>10</sub>-fraktio kerätään suodattimelle ja näytteen hiukkasmassa määritetään gravimetrisesti.

Näytteenoton vertailukeräimet ovat:

- LVS-PM<sub>10</sub> -pientehokeräin
- HVS-PM<sub>10</sub> -tehokeräin
- WRAC-PM<sub>10</sub> -suurtehokeräin

---

<sup>3</sup> Direktiivissä 1999/30/EY ja ilmanlaatuasetuksessa standardin nimenä on käytetty EN 12341:1998 Air quality – Field test procedure to demonstrate reference equivalence of sampling methods for the PM<sub>10</sub> fraction of particulate matter

Näytteenottoon voidaan myös käyttää vertailumenetelmän ekvivalenttimenetelmiä, joilla saatuja tuloksia on korjattava asianmukaisella kertoimella, jotta saataisiin vertailumenetelmää käyttämällä saatavia tuloksia vastaavat tulokset. Standardissa EN 12341 on esitetty kriteerit näytteenottoon perustuvien gravimetristen menetelmien ekvivalenttisuuden osoittamiseksi. Euroopan yhteisöjen komission alainen työryhmä on laatinut ohjeen automaattisten PM<sub>10</sub>-mittausmenetelmien vertaamisesta vertailumenetelmään (EC working group on particulate matter, 2002). Ilmatieteen laitos on tehnyt YTV:n ja Oleinotec Oy:n kanssa yhteistyönä ja ympäristöministeriön toimeksiannosta vertailun, jossa oli mukana Suomessa yleisesti käytettyjä mittausrakenteita (Sillanpää et al., 2002). Lisäksi CEN:ssä on valmisteilla tarkempia ohjeita mittausrakenteiden ekvivalenttisuuden osoittamiseksi (EC Working group on Guidance for the Demonstration of Equivalence, 2003).

Mitattaessa hengitettäviä hiukkasia jatkuvatoimisella analysaattorilla, jossa suodattimelle kerätty hiukkasmassa määritetään  $\beta$ -säteilyn absorptio – menetelmällä, tulee noudattaa standardia ISO 10473:2000 (Ambient air – Measurement of the mass of particulate matter on a filter medium – Beta-ray absorption method). Standardista poiketen tulokset ilmoitetaan vallitsevia mittaolosuhteita (lämpötila, paine) vastaavina Hiukkasten mittaamiseen TEOM -menetelmällä (Tapered Element Oscillation Microbalance) ei ole varsinaista menetelmästandardia, vaan mittaaminen suoritetaan laitemanuaalin ohjeisiin perustuen.

Mitattaessa hiukkasia standardin mukaisella  $\beta$ -menetelmällä tai laitevalmistajan ohjeiden mukaan TEOM -menetelmällä käytetään tulosten korjauskertoimena lukua 1,0, joka perustuu Suomessa tehtyihin vertailumittauksiin (Sillanpää et al., 2002).

### ***Lyijy***

Lyijyn näytteenoton vertailumenetelmä on sama kuin hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) näytteenottoon käytetty menetelmä.

Lyijyn analysoinnin vertailumenetelmä on ISO 9855:1993 (Ambient air – Determination of the particulate lead content of aerosols collected on filters – Atomic absorption spectrometric method).

Lyijyn määrittämisen menetelmä on standardisoitavana CEN:issä (standardiehdotus prEN 14902). Standardi on arvioitu julkaistavan elokuussa 2006.

### ***Hiilimonoksidi***

Hiilimonoksidin analyysin vertailumenetelmä (mittausperiaate NDIR) on standardisoitavana CEN:issä (standardiehdotus prEN 14626). Standardi on arvioitu julkaistavan elokuussa 2005.

CEN:in standardoiman vertailumenetelmän puuttuessa analysoinnissa suositellaan käyttämään NDIR -menetelmää noudattamaan standardia ISO 4224:2000 (Ambient air – Determination of carbon monoxide – Non-dispersive infrared spectrometric method).

### ***Bentseeni***

Bentseenin näytteenoton ja analyysin vertailumenetelmä on standardisoitavana CEN:issä (standardiehdotukset prEN 14662-1, prEN 14662-2, prEN 14662-3, prEN 14662-4 ja prEN 14662-5). Standardit on arvioitu julkaistavan elokuussa 2005.

CEN:in standardoiman vertailumenetelmän puuttuessa mittauksissa voidaan käyttää seuraavia menetelmiä:

- Näytteenotto pumpulla, terminen desorptio ja määrittäminen kaasukromatografisesti (Pumped sampling followed by thermal desorption and gas chromatography method)
- Näytteenotto pumpulla, desorptio liuottimella ja määrittäminen kaasukromatografisesti (Pumped sampling followed by solvent desorption and gas chromatography method)
- Automaattinen näytteenotto-kaasukromatografi –määrittäminen menetelmä (Automated pumped sampling with in situ gas chromatographic analysis)
- Näytteenotto diffuusimenetelmällä, terminen desorptio ja määrittäminen kaasukromatografisesti (Diffusive sampling followed by thermal desorption and gas chromatography).
- Näytteenotto diffuusimenetelmällä, desorptio liuottimella ja määrittäminen kaasukromatografisesti (Diffusive sampling followed by thermal desorption and gas chromatography).

### ***Otsoni***

Otsonin analyysin vertailumenetelmä on ISO/FDIS 13964 (Ambient air-Determination of ozone in ambient air – Ultraviolet photometric method) ja mittalaitteiden kalibroinnin vertailumenetelmä on ISO/FDIS 13064, VDI 2468; B1.6 (Reference ultraviolet photometer).

Vertailumenetelmä (UV-fotometrinen menetelmä) on standardisoitavana CEN:issä (standardiehdotus prEN 14625). Standardi on arvioitu julkaistavan elokuussa 2005.

### ***Kokonaisleijuma***

Kokonaisleijuman näytteenottoon ja mittaukseen suositellaan menetelmää SFS 3863 (Leijuvan pölyn määrittäminen ilmasta – Tehokeräysmenetelmä).

### ***Pienhiukkaset***

Pienhiukkasten (PM<sub>2,5</sub>) näytteenoton ja analyysin vertailumenetelmä on standardisoitavana CEN:issä. Standardi on arvioitu julkaistavan syyskuussa 2005.

Euroopan yhteisöjen komissio on teettänyt vertailuja PM<sub>2,5</sub>-hiukkasten näytteenotto- ja mittausmenetelmistä. Komissio on myöskin antanut ohjeet näytteenotossa ja mittauksessa käytettävistä väliaikaisista vertailumenetelmistä (EY:n komissio, 2003). Ohjetta on päivitetty vuoden 2004 alussa, ja uusi ohje hyväksyttäneen toukokuun alkuun mennessä.

### ***Haisevat rikkiyhdisteet***

Haisevien rikkiyhdisteiden (TRS) mittaamiselle ei ole vahvistettu vertailumenetelmää.

Mittaamisessa suositellaan käytettäväksi UV-fluoresenssimenetelmään perustuvia SO<sub>2</sub>-analysointilaitteita. Ennen analysointia TRS -yhdisteet hapetetaan korkeassa lämpötilassa (820 - 870°C) rikkidioksidiksi ja muodostunut rikkidioksidi mitataan rikkidioksidianalysointilaitteella. Rikkidioksidi analysoidaan ja laitteet kalibroidaan standardin ISO/FDIS 10498 (standardiehdotus) mukaan.

Liitteessä 6 on annettu ohjeita mittauksen suorittamisesta.

## ***3.2 Meteorologinen mittausaineisto***

Ilmanlaadun mittauksissa saatujen tulosten validoinnissa sekä tulkinnassa tarvitaan tietoa alueella mittaushetkellä vallinneista meteorologisista tekijöistä. Yleensä tarvittavia tietoja ovat tuulen suunta ja nopeus, lämpötila, ilmanpaine sekä suhteellinen kosteus.

Ilman lämpötila- ja painetietoja tarvitaan hiukkasmittauksissa tilavuusvirran määrittämisessä. Ilman kosteudella on häiritsevää vaikutusta sekä kaasuihin hiukkasmittauksiin. Tietoa ilman suhteellisesta kosteudesta voi käyttää ilman hiukkaspitoisuuksien tulkintaan.



Lisäksi tulosten tulkinnassa hyödyllisiä ovat tiedot ilmakehän kerrostuneisuudesta. Tiedot auttavat tunnistamaan mm. inversiotilanteet, jolloin tavanomaista korkeampien epäpuhtauspitoisuuksien esiintyminen on mahdollista.

Mikäli meteorologisia mittauksia ei ole mahdollista suorittaa tai tehdyt mittaukset tarvitsevat täydennystä, voidaan tukeutua esimerkiksi Ilmatieteen laitoksen tuottamiin havaintoihin (säähavaintoasemien havaintodataa).

### ***3.3 Laitetila ja näytteenotto***

Mittausasema tulee suunnitella rakenteiltaan ja tiloiltaan sellaiseksi, että mittaus- ja näytteenotto voi tapahtua häiriöttä ja laitteiden kalibrointi-, huolto- ja korjaustoimet voidaan tarvittaessa suorittaa vaivatta. Tärkeää on aseman sisälämpötilan kontrolloiminen sopivin lämmitys/jäähdytyslaitteistoin, jos analysaattorin mittausvaste on lämpötilariippuvainen eikä laitteessa ole lämpötilakompensointia. Lämpötilan tulee olla laitteen vaatimuksen mukaisella alueella ja sen tulisi pysyä mahdollisimman stabiilina. Yleensä analysaattorien toiminnan edellyttämä lämpötila-alue on välillä 5–35 °C. Jos lämpötila ylittää laitteen toiminta-alueen lämpötilarajat, tuloksia ei saa harkitsematta käyttää. Mittausaseman sisälämpötilan seuranta on tarpeellista.

Mittalaitteet on voitava sijoittaa sisätiloissa niin, että ne eivät sähköisesti häiritse toisiaan. Suuren virtamäärän vaativat laitteet kuten esim. tehokeräimet tulee kytkeä muista mittalaitteista erilliseen virtapiiriin tai samassa virtapiirissä eri sulakkeiden taakse. Mittalaitetila (esim. mittausasema) ja mittalaitteet tulee suojata ukkoselta.

Näytteenottimet (sondit) sijoitetaan niin, että näytteenotto voi tapahtua häiriöttömästi. Näytteenottopää tulee suojata sateelta. Näytteenotto voi tapahtua yksittäisellä sondilla ja näytelinjalla tai käyttämällä läpivirtaussondia, jolloin siihen voidaan kytkeä useampi näytelinja (liite 7). Yksittäistä näytteenottolinjaa ei tulisi haaroittaa useammalle eri analysaattorille. Näytteenottolinjat on järjestettävä muodoiltaan ja mitoiltaan sellaisiksi, että näyte siirtyy mahdollisimman muuttumattomana ja edustavana mittalaitteelle. Näytteenottosondien ja -linjojen materiaali ei saa vaikuttaa näytteen koostumukseen. Parhaita materiaaleja ovat polytetrafluoroetyyleeni (PTFE), perfluoro-etyyleeni-propyleeni (FEP), borosilikaattilasi ja ruostumaton teräs.

Laitetilan ilmanvaihto tulee järjestää niin, ettei poistoilmavirta häiritse näytteenottoa, ja ilmanvaihdon poistoaukko sijoittaa niin, etteivät poistoilman epäpuhtaudet pääse näytteenottimiin.

Näytteenotinten samoin kuin ulos sijoitettavien keräimien, meteorologisten anturien ja mastojen sijoittamisratkaisuissa tulisi huomioida ilkvallan mahdollisuus.

Yleisiä vaatimuksia näytteenoton järjestämiselle:

- mitattavan yhdisteen pitoisuus ei saisi merkittävästi (>2%) muuttua näytteenottojärjestelmässä;
- näytekaasun viiveaika tulisi minimoida (yleensä joitakin sekunteja), jotta näytelinjan materiaalivaikutus näytekaasuun jäisi mahdollisimman vähäiseksi;
- näytteenoton päätilavuusvirran tulee olla riittävän suuri, jotta analysaattorin mittausvasteen viive minimoituisi;
- analysaattoreihin haitallisesti vaikuttava paineen alenema näytelinjassa tulisi saada minimoitua;
- analysaattoreiden toimintaa häiritsevät aineet tulisi poistaa näytevirrasta ja
- näytteenottojärjestelmä täytyy huoltaa säännöllisesti.

Tarkemmat eri menetelmiin liittyvät ohjeet esitetään CEN:in vertailumenetelmästandardeissa (ks. arvioitu julkaisuaika kohdasta 3.1.2 ), joissa määritetään ilman epäpuhtauksien mittausmenetelmät ja -periaatteet sekä esitetään vaatimukset näytteenotolle, kalibroinnille ja laadunvarmistukselle.

### **3.4 Mittaustiedon keruu**

Ilmanlaatumittauksissa tuotetaan suuri määrä mittaustietoa, jotka tulee kerätä, käsitellä ja tallettaa huolellisesti. Jatkuvatoimisten mittausten tiedonkeruu on nykyään usein tietokoneavusteista. Mittaustulokset voidaan kerätä myös suoraan analysaattorilta tulosten jatkokäsittelyyn.

Jatkuvatoimisen analysaattorin antamat mittausarvot välittyvät asemalla sijaitsevaan tiedonkeruuyksikköön joko analogisena signaalina (jännite - tai virtaviesti), jonka tiedonkeruuyksikkö muuntaa digitaaliseen muotoon, tai digitaalisena (sarjaportti) uudemmissa RS -väylällä varustetuissa laitteissa. Tiedonkeruuyksiköstä mittaustulokset voidaan siirtää keskustietokoneelle mittausverkon käyttöön reaaliaikaisena tai halutussa aikataulussa puhelinlinjoja pitkin modeemin avustuksella. Tiedonkeruujärjestelmä (mittausohjelma) tallettaa mittauslaitteiston tuottamia arvoja sekä voi laskea niistä haluttuja keskiarvoja. Näitä tarkistamattomia mittaustuloksia ja niistä laskettuja keskiarvoja sanotaan raakatuloksiksi.

Mittausohjelma voi tallettaa tietoja myös mittalaitteiden asetuksista, tilasta ja häiriöistä ja lähettää niistä tiedon keskustietokoneelle. Keskustietokoneelta voidaan myös ohjata asemalla olevia tiedonkeruuyksiköitä, muuttaa vallitsevia asetuksia ja uusissa kehittyneimmissä järjestelmissä jopa kaukokäyttää aseman analysaattoreita.

Keräys - analyysimenetelmissä kerätään ensin näyte, joka sitten analysoidaan laboratoriossa. Keräykseen liittyvät tiedot tallennetaan yleensä ensin

manuaalisesti lomakkeelle, josta ne voidaan siirtää tietojärjestelmään tulosten laskemista ja jatkokäsittelyä varten.

Virheiden minimoimiseksi on mittaustiedon keruuseen liittyvät menetelmät dokumentoitava riittävässä laajuudessa ja varmistettava, että mittaustulosten keräämiseen ja käsittelyyn osallistuvat henkilöt noudattavat menettelytapaohjeita sekä ymmärtävät ja tuntevat niissä esitetyt menetelmät ja laskentakaavat.

Ohjeita tietokoneavusteisten mittausjärjestelmien hankinta- ja varmistusmenettelyistä on Mittatekniikan keskuksen oppaassa (Mittatekniikan keskus, 2002). Opas on tarkoitettu avuksi tietotekniikkaan liittyvien asioiden arvioimiseksi akkreditointimenettelyssä, mutta se on hyödyllinen myös muuhun käyttöön sisältäen tietoa tietojärjestelmistä ja tietotekniikan hallintaan ja käyttöön liittyviä asioita.

## 4 LAADUNVARMISTUS

### 4.1 Yleistä

Laadunvarmistus on merkittävä osa ilmanlaadun mittaustoimintaa. Sen tarkoituksena on taata mittaus- tai tutkimustulosten oikeellisuus.

Ilmanlaatumittauksissa laadunvarmistuksen yleisinä tavoitteina on, että

- mittauksista saadut tulokset ovat luotettavia ja kuvaavat mahdollisimman edustavasti tutkittavan alueen ilmanlaatua;
- mittaukset ovat riittävän tarkkoja ja toistettavia täyttääkseen mittaus-toiminnalle asetetut tavoitteet;
- mittauksista saadut tulokset ovat jäljitettävissä hyväksytyihin mitta-normaaleihin;
- mittauksista saadut tulokset ovat vertailukelpoisia suunnitellussa laajuudessa (mittausverkon sisäisesti, kansallisesti tai kansainvälisesti);
- mittaustulokset ovat ajallisesti yhtäpitäviä (kesäaika, normaaliaika yms.) ja
- mittauksilla saavutetaan riittävä ajallinen kattavuus ja tuloksille mahdollisimman tasainen ajallinen jakautuminen.

Tavoitteiden saavuttamiseksi laadunvarmistustoimet on kohdistettava mittaustoiminnan jokaiseen eri osatekijään, joita ovat:

- mittausalueiden ja paikkojen valitseminen;
- mitattavien yhdisteiden, mittausmenetelmien ja laitteiden valinta;
- mittausten yksityiskohtainen suunnittelu;
- mittausten suorittaminen ja ylläpito;
- laitteiden kalibrointi ja mittanormaalien jäljitettävyys;
- mittaustiedon keruu, käsittely ja säilytys;
- mittaustoiminnan dokumentointi;
- mittaustulosten esittäminen ja raportointi sekä
- henkilökunnan pätevyys ja koulutus.

### 4.2 Vähimmäislaatuvaatimukset

Mittaustoiminnan laadunvarmistus konkretisoituu laatujärjestelmän työ- ja menettelyohjeisiin, jotka sisältävät kaikki ne toiminnot, joilla mittaustoiminnalle asetetut laatutavoitteet voidaan saavuttaa. Asetetuista tavoitteista riippuen laatujärjestelmän sisältö ja laajuus voi vaihdella.

Eri mittausverkkojen tulosten saamiseksi kansallisella tasolla samanlaatuisiksi ja keskenään vertailtaviksi tulee kaikilla mittausverkoilla olla käytössään ainakin tietyt vähimmäisvaatimukset täyttävä laatujärjestelmä, joka tulee myös olla riittävässä määrin dokumentoitu. Sama koskee myös niitä konsultteja, jotka vastaavat mittausverkkojen mittauksiin liittyvästä laadunvarmistuksesta, so. laitteiden kalibroinnista ja huollosta. Seuraavassa tekstissä on esitetty laatujärjestelmältä edellytetyt vaatimukset, jotka kattavat mittaustoiminnan tärkeimmät osa-alueet. Liitteessä 8 on esitetty vaatimukset laatujärjestelmälle, joka kattaa mittaustoiminnan kaikki osa-alueet (soveltuvien osien akkreditointivaatimusten mukainen laatujärjestelmä).

### ***Seurantamenetelmien ja mittaustulosten laatuavoitteet***

Seurantamenetelmille ja mittaustuloksille tulee asettaa laatuavoitteet seuraavien parametrien osalta:

- suurin sallittu kokonaisepävarmuus;
- mitattavan aineiston vähimmäismäärä ja
- mittausten ajallinen kattavuus.

Asetettavat laatuavoitteet riippuvat siitä, mitkä ovat mittausten tavoitteet: raja-arvojen valvonta, paikallinen verkko, kansainvälinen verkko (esim. Larssen et al., 1977) ym.. Asetetut laatuavoitteet tulee dokumentoida.

Iltanlaadun raja-arvojen valvontaan liittyvien rikkidioksidin, typpidioksidin, typen oksidien, hiukkasten, lyijyn, hiilimonoksidin ja bentseenin jatkuvien sekä suuntaa antavien mittausten laatuavoitteet mittausten ajalliselle kattavuudelle, aineiston vähimmäismäärälle sekä mittausten sallitulle epävarmuudelle on esitetty liitteen 2 liitteessä 4. Vastaavat laatuavoitteet otsonin tavoitearvon, pitkän ajan tavoitearvon sekä tiedotus- ja varoituskynnysarvon valvontaan liittyville jatkuville ja suuntaa antaville mittauksille on esitetty liitteen 4 liitteessä 2.

Ajallisella kattavuudella tarkoitetaan epäpuhtauden mittaamiseen käytetyn ajan suhdetta tunnusluvun määrittelyaikaan. Mittaustulosten määrällä tarkoitetaan laitteen tuottamien hyväksytyjen tulosten kattaman ajan suhdetta tilastollisen tunnusluvun tai aikakeskiarvon laskenta-aikaan.

Mitattavan aineiston vähimmäismäärää ja mittausten ajallista kattavuutta koskevat vaatimukset eivät sisällä tietohukkaa, joka aiheutuu laitteiden säännöllisestä kalibroinnista tai normaalista kunnossapidosta.

Mittausten kokonaisepävarmuus (95 prosentin luottamusvälillä) määritetään niiden periaatteiden mukaisesti, jotka on esitetty kansainvälisen standardisointijärjestön ISO:n julkaisussa Guide to the expression of uncertainty in measurement, (GUM) (ISO, 1995), ISO:n standardissa ISO 5725:1994 (Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Parts

1–6) tai CEN:in raportissa Approach to uncertainty estimation for ambient air reference measurement methods (CEN, 2002).

CEN:ssä valmisteltavana olevissa uusissa ilmanlaatustandardeissa on tarkoitus esittää yksityiskohtaiset testausprotokollat. Koska standardien valmistelu ja hyväksyntämenettely on kesken, on mittausten epävarmuuden määrittämisessä käytettävä yllä mainittuja ohjeita ja standardeja kunnes uudet standardit on hyväksytty (ks. myös liite 13).

Raja-arvojen valvontaa koskevia laatuavoitteita suositellaan sovellettavaksi myös ohjearvojen valvonnassa

### ***Menettelytavat mittauspaikan valinnalle***

Kaikilla mittauspaikoilla pitää olla yhdenmukaiset valinta- ja sijoittamiskriteerit. Mittauspaikkaa valittaessa tulee noudattaa tämän ohjeen kappaleessa 2.3.4 annettuja ohjeita ja kriteereitä.

Kustakin mittauspaikasta tulee tehdä kuvaus tämän ohjeen liitteessä 9 annettujen ohjeiden mukaisesti.

### ***Mittausmenetelmät***

Mittausmenetelmien tulee olla valtioneuvoston asetusten mukaisia vertailumenetelmiä tai niiden ekvivalenttimenetelmiä (ks. kappale 3.1.1). Jos näitä ei ole, voidaan käyttää tarkoitukseen sopivaksi katsottua menetelmää, kuitenkin ensisijaisesti standardoitua menetelmää.

Mittalaitteista tulee olla riittävät kirjalliset käyttöohjeet, vähintään laitevalmistajan toimittama manuaali.

### ***Mittausten suorittaminen***

Mittaukset tulee suorittaa tämän ohjeen kappaleissa 3.2 ja 3.3 esitettyjen vaatimusten ja ohjeiden mukaisesti.

### ***Mittaustietojen keruu***

Mittaustiedot tulee kerätä tämän ohjeen kappaleessa 3.4 esitettyjen vaatimusten ja ohjeiden mukaisesti.

### ***Kalibrointi***

Kalibroinnista tulee olla kirjallinen ohjelma, josta käy ilmi kullekin laitteelle suoritettavat kalibroinnit ja niiden aikataulu. Ohjelman tulee kattaa kaikki kalibrointia tarvitsevat laitteet kuten jatkuvatoimiset analysaattorit, keräysperiaatteella toimivat laitteet ja tilavuusvirtamittarit.

Kalibrointiin käytetyn mittanormaanin (esim. permeaatioputki, kaasupullo, siirtonormaalina toimiva analysaattori/kalibraattori, tilavuusvirtausmittanormaali) tulee olla jäljitettävä. Jäljitettävyyden ylläpito tulee dokumentoida siten, että koko jäljitettävyyshetken katkeamattomuus on todennettavissa mittanormaalien ja -laitteiden kalibrointitodistusten ja sertifikaattien perusteella.

Kalibrointilaitteista tulee olla riittävät kirjalliset käyttöohjeet, vähintään laitevalmistajan manuaali. Kalibroinnissa tulee noudattaa tämän ohjeen kappaleessa 4.3 annettuja kalibrointiohjeita. Kaikki kalibroinnit ja niihin liittyvät toimenpiteet tulee kirjata kalibrointipöytäkirjaan (ks. liite 10).

### ***Laitteiden ylläpito ja huolto***

Mittalaitteiden ylläpidosta ja huollosta tulee olla kirjallinen ohjelma, josta käy ilmi kullekin laitteelle suunnitellut tarkistus- ja ylläpitotoimenpiteet sekä huollot mittaussivustalla tai laboratoriossa ja niiden aikataulu. Ohjelman tulee sisältää sekä jatkuvatoimisille analysaattoreille että näytteenottoon perustuvilla laitteilla säännöllisesti tehtävät toimenpiteet, kuten

- toimintatellit;
- laitevalmistajan tarkoittaman laitteen toimintakyvyn tarkastaminen;
- virtauksen tarkistukset ja
- rutiinihuollot.

Kaikki mittalaitteille tehdyt ylläpito-, tarkistus- ja huoltotoimet tulee dokumentoida ja dokumentit säilyttää. Mittaustulosten dokumentointi tehdään asemakohtaiseen mittaustulostietokirjaan (ks. liite 11).

### ***Mittaustulosten korjaus ja validointi***

Mittaustulokset tulee korjata ja validoida mittaussuunnitelmassa asetettujen tavoitteiden ja vaatimusten mukaisesti.

Korjauksen ja validoinnin tulee sisältää ainakin teknisiin menetelmiin perustuva tulosten tarkastelu, korjaus ja validointi, johon liittyvät toimenpiteet on esitetty kappaleessa 5.1.

Mittaustulosten validointitoimenpiteet tulee dokumentoida riittävässä laajuudessa, jotta tulokset on mahdollista tarvittaessa todentaa ja jäljittää jälkikäteen.

### ***Mittaustulosten tallennus***

Mittaustulokset tulee tallentaa oleellisin osin ja säilyttää tämän ohjeen kappaleissa 5.1 ja 5.3.3 annettujen ohjeiden mukaisesti.

### ***Tulosten raportointi***

Tulosten raportointi tulee suorittaa tämän ohjeen kappaleissa 5.3.1 ja 5.3.3 annettujen ohjeiden mukaisesti.

### ***Vertailumittaukset***

Ilmatieteen laitos osallistuu kansallisille vertailulaboratorioille järjestettyihin kansainvälisiin vertailumittauksiin, ja järjestää kansallisia vertailumittauksia mittauksia tekeville organisaatioille. Tulosten perusteella voidaan arvioida oman mittausjärjestelmän tulosten oikeellisuus. Mittauksia tekevän organisaation tai sen mittauksen laadunvarmentamisesta vastaavan organisaation tulee osallistua kansallisiin vertailumittauksiin (ks. kappale 4.4).

## ***4.3 Kalibrointi***

### ***4.3.1 Yleistä***

Kalibrointi on eräs laadunvarmistuksen tärkeimpiä tekijöitä. Sen tarkoituksena on kiinnittää mittalaitteen antaman signaalin (analoginen/digitaalinen) vaste tunnettuun mittanormaanin arvoon tai arvoihin. Mittanormaalit luokitellaan erilaisiin laatutasoihin (hierarkkinen järjestelmä), joista korkeimman laatutason omaavat normaalit, primaarinormaalit, ovat suoraan jäljitettäviä SI-yksikköön ja joiden kokonaismittausepävarmuus on tunnettu. Tällöin kalibroinnissa tietyn mittalaitteen tai mittausmenetelmän (vertailumenetelmän) antama mittasignaali kiinnittyy perussuureeseen (mooli, massa), jolloin mittaustulos on oikea tietyllä epävarmuusvälillä, se on jäljitetty ja vertailukelpoinen (mittausepävarmuuden puitteissa) muiden vastaavanlaisella mittanormaalilla kalibroittujen mittalaitteiden kanssa.

Kalibrointiin käytettävistä mittanormaaleista tulee olla kalibrointitodistus (sertifikaatti), joka osoittaa mittanormaanin arvon, sen kokonaisepävarmuuden sekä jäljitettävyydet korkeimpaan primaarinormaaliin joko suoraan tai muiden mittanormaalien avulla. Kalibrointitodistuksesta tulee käydä ilmi jäljitettävyydet osoittamiseen tarvittavien sertifikaattien numerot. Mikäli jäljitettävyyttä osoittava merkintä puuttuu, ei voida puhua mittausten jäljitettävyydestä. Mikäli mittanormaanin epävarmuus puuttuu, ei voida arvioida mittausten kokonaisepävarmuutta. Jos mittanormaalista puuttuvat em. maininnat, voidaan mittanormaali kuitenkin määrittää uudelleen (uudelleensertifiointi) sellaisessa laboratorioissa, joka voi mittanormaanin arvon ja sen kokonaisepävarmuuden määrittää, sekä vahvistaa mittanormaanin jäljitettävyys. Kaikki kalibrointiin käytettävät mittanormaalit tai kalibrointimenetelmät voidaan uudelleensertifioida tarpeen tullen, jolloin saavutetaan mittauksille jäljitettävyys, mittaustulosten oikeellisuus sekä kalibroinnista aiheutuva mittausten epävarmuus.



Kalibroitaessa ilman kaasumaisten epäpuhtauksien mittaamiseen tarkoitettuja analysaattoreita, mittanormaalina on syytä käyttää sertifioitua kaasunormaalina. Hiukkasmittauksissa, joissa hiukkasten erottelu tai keräys perustuu näytevirtauksen määrään (esim. suurtehokeräys, jatkuvatoiminen tai manuaalinen PM<sub>10</sub> -hiukkaskeräys) näytevirtaus kalibroidaan virtausnormaalilla. Samoin suodatinkeruussa punnitukseen käytetty vaaka kalibroidaan massaan jäljitettävillä punnuksilla. Virtausmittanormaalina käytetään esim. saippuakuplamittaria tai sen kehittyneimpiä sovelluksia (elohopeamäntämittari), laminaarivirtauselementtiä, kaasukelloa, kuumalanka-anemometriä tai pitotputkea. Mittalaitteissa olevat tai mittaustulosten laskemiseen tarvittavat lämpötila- ja paineanturit on myös kalibroitava jäljitettävillä mittanormaaleilla.

Kalibroinnin lisäksi suoritetaan joukko laboratorio- ja kenttäkokeita, joilla määritetään mittalaitteen keskeisimmät mittauss ominaisuudet. Niitä ovat lineaarisuus, toistettavuus, pienin havaintoraja, stabiilisuus, mittasignaalin liukuma (ryömintä) mittauss alueen eri osissa sekä mittauss menetelmää häiritsevien yhdisteiden (muut epäpuhtaudet, kosteus) vaikutus mittaussignaaliin. Mittalaitteen mittauss ominaisuudet yhdessä kalibrointitulosten kanssa tuottavat tietoa mittalaitteen toiminnasta, tulosten oikeellisuudesta ja niiden kokonaisuvarmuudesta. Mittalaitteiden ominaisuuksien määrittelyssä voidaan käyttää ISO:n valmistamia standardeja (ISO 6879:1995, ISO 9169:1994, ISO 13752:1998, ISO 5725-1:1994). Mittauss ominaisuuksien tarkistus tehdään vuosittain. CEN:n valmistumassa olevissa, vertailumenetelmiä koskevissa ilmanlaatustandardeissa määritellään mittalaitteiden tyyppitestauksessa testattavat mittauss ominaisuudet. Mittauss ohje päivitetään näiden standardien vaatimusten mukaiseksi niiden tultua voimaan.

#### 4.3.2 Kalibrointitaajuus

Mittauksille asetetut laatu tavoitteet määrittelevät mittanormaalin ominaisuudet, mittauksiin käytettävän laitteiston ominaisuudet sekä kalibrointitaajuuden. Laadunvarmistusjärjestelmässä on optimoitava kalibrointitaajuus mittaustulosten ajallisen kattavuuden ja kalibrointikustannusten välillä. Pitkä kalibrointiväli pitää kalibrointikustannukset alhaisina, mutta voi johtaa mittaustulosten hylkäämiseen, jos mittaustulosten oikeellisuus on huonontunut niin, että mittausten laatu tavoitteet eivät täyty.

Kalibrointi aikataulun suunnittelussa tulee huomioida seuraavia seikkoja:

- mittaustuloksille sallittu suurin epävarmuus;
- aikaisemmat kokemukset laitteen toiminnasta (vaeltelu, stabiilisuus);
- laitevalmistajan suositukset;
- mittauss ympäristö;
- mittaustulosten hyväksyttävyydelle asetetut mahdolliset lisävaatimukset ja

- kalibrointikustannukset.

Mittauksista vastaava taho voi aikaisempien kokemusten myötä asettaa kalibrointiaikataulun mittalaitteille. Ilmanlaatumittauksissa käytettävien analysaattorien mittauseräominaisuuksissa on eroja ja myös mittausaseman sijainti voi olla sellainen (liikenneasema, tausta-asema), että se vaatii tiuhempaa kalibrointia toiseen asemaan tai analysaattoriin nähden. Selvää ohjetta kalibrointitaajuudelle on em. syistä johtuen vaikea asettaa. Kalibrointitaajuus vaihtelee normaalisti muutamasta viikosta kolmeen kuukauteen.

#### 4.3.3 Kalibrointiin käytettävät mittanormaalit

Kalibroinnissa tulee käyttää tarkoitukseen sopivia mittanormaaleja. Tärkeimmät mittanormaaleilta vaadittavat ominaisuudet ovat seuraavat:

- Kaikkien käytettävien mittanormaalien tulee olla jäljitettäviä ja jäljitettävyysetjuna on oltava tunnettu. Mittanormaalina jäljitettävyysetjuna tulee johtaa SI-yksikköön kiinnitettyyn primaarinormaaliiin (tai primaarimittalaitteeseen). Mikäli jäljitettävyyttä SI-yksikköön ei ole saatavilla, mittanormaali voi myös olla kiinnitetty kansainvälisesti hyväksytyyn mittanormaaliiin. Kansalliset mittanormaalit ovat jäljitettäviä joko suoraan tai jonkun muun valtion kansallisen mittanormaalina kautta perussuureisiin.
- Mittanormaalina arvo on oltava tunnettu. Mittanormaalina arvo tulee olla määritettynä oikein ja sen oikeellisuus ilmenee kalibrointitodistuksesta, jossa on kerrottu mihin tulos perustuu tai miten se on saatu.
- Mittanormaalina kokonaisepävarmuus on tunnettava. Sen tulee sisältää kaikki tekijät, jotka oleellisesti vaikuttavat mittanormaalina arvoon. Mittanormaalina kokonaisepävarmuus sisältää myös koko jäljitettävyysetjuna aiheutuvan epävarmuuskomponentin. Mittausepävarmuus lasketaan käyttäen ISO:n julkaisemaa ohjetta (ISO, 1995).
- Mittanormaalina tulee olla pysyviä. Ongelmaa esiintyy erityisesti standardikaasuissa, joissa alhaisissa pitoisuuksissa tapahtuu aineen reaktiivisuuden ja adsorboitumisen lisääntymistä. Kaikissa kaasunormaaleissa tulee olla sen pysyvyyttä osoittava aikamerkintä. Jos mittanormaalia käytetään aikarajan umpeuduttua, tulee sen pitoisuus ensin määrittää uudelleen ennen käyttöä.

Mittanormaalit jaetaan tyybiltään eri pääluokkiin: primaari-, sekundaari-, vertailu-, käyttö-, siirto- ja kuljetettava mittanormaali (SFS 3700, 1998).

Primaarinormaalien ominaisuudet on määritetty primaarimenetelmän avulla korkeimmalla mahdollisella metrologisella tasolla. Primaarinormaalien sertifiointi perustuu fysikaalisten perussuureiden kuten massan, pituuden, tilavuuden, paineen, ajan tai ainemäärän (moolin) määrityksiin. Korkeimmalla metrologisella tasolla tarkoitetaan yleensä kansainvälisesti tunnustettua metrologista laboratoriota tai tunnustettua metrologista menettelytapaa.

Sekundaarinormaalit ovat vertailumateriaaleja, -menetelmiä tai -laitteita, joiden sertifiointi perustuu primaarinormaalin kanssa suoritettuun vertailuun. Sekundaarinormaalien avulla mittayksikkö siirretään edelleen vertailu-, käyttö-, siirto- ja kuljetettaviin normaaleihin.

Primaarimenetelmäksi kutsutaan menetelmää, jonka avulla korkeimmalla mahdollisella metrologisella tasolla toiminnat ovat täysin kuvattu ja ymmärretty sekä epävarmuus voidaan määrittää SI-yksiköiden avulla (SFS 3700, 1998). Primaarimenetelmistä gravimetria on kaasumaisten mittanormaalien valmistamiseen yleisemmin käytössä oleva menetelmä.

Mittausverkot hankkivat yleensä kalibrointikaasut kaupallisilta kaasujen toimittajilta. Ne ovat tyypillisesti sekundaarinormaaleja, joiden pitoisuus on määritetty vertailumenetelmällä korkeamman tason normaalin avulla. Yleensä kaasu normaalin hinta riippuu halutusta epävarmuustasosta. Mitä alhaisempi (pienempi) kokonaisepävarmuus sitä kalliimpi normaali. Kaupalliset kaasutoimittajat ovat yleensä jäljitettyjä joihinkin kansallisiin metrologialaitoksiin, jolloin niiden korkeinta tasoa olevat mittanormaalit ovat jäljitettäviä SI-yksikköön. Mittausverkot voivat hankkia laadultaan tarkoitukseen sopivia mittanormaaleja. Korkeimman laadun omaavilla normaaleilla voidaan kalibroida alemman tason normaaleja. Näin saadaan aikaan kustannussäästöjä ilman, että mittauksen laatu heikkenee. Raja-arvoseurantaa tekevissä kaasumaisten yhdisteiden mittauksissa käytettäviltä mittanormaaleilta edellytetään jäljitettävyyttä kansallisiin mittanormaaleihin.

#### 4.3.4 Mittanormaalien jäljitettävyys

Jäljitettävyydellä tarkoitetaan mittaustuloksen tai mittanormaalin yhteyttä ilmoitettuihin referensseihin, yleensä kansallisiin tai kansainvälisiin mittanormaaleihin, sellaisen aukottoman vertailuketjun välityksellä, jossa on ilmoitettu kaikkien vertailujen epävarmuudet (SFS 3700, 1998).

Jäljitettävyyden määrittely pitää sisällään kansallisten ja kansainvälisten mittanormaalien tarpeen ja voimavarat niiden ylläpitoon, joilla luodaan hyväksyttävät vertailunormaalit. Lisäksi määrittely antaa yksittäisille laboratorioille keinon kiinnittää omat mittanormaalit kansallisiin tai kansainvälisiin mittanormaaleihin.

Kaikilla mittanormaaleilla tulee olla jäljitettävyys ylempään mittanormaaliin. Kansalliset mittanormaalit ovat jäljitettäviä suoraa SI-yksikköön tai ne ovat jäljitettäviä kansainvälisiin primaarinormaaleihin. Mittanormaalien käytössä tulee pyrkiä mahdollisimman lyhyeen jäljitettävyysketjuun, koska ketjun pidetessä epävarmuus kasvaa. Liitteessä 12 on esitetty esimerkkinä kaasunormaalien jäljitettävyysketju mittausjärjestelmässä.

Suomessa kansallisia mittanormaaleja eri suurealueille säilytetään ja ylläpidetään kansallisissa mittanormaallilaboratorioissa, jotka toimivat joko Mittatekniikan keskuksessa tai erillisellä sopimuksella tietyissä asiantuntijalaboratorioissa. Mittatekniikan keskus voi myös solmia suurealueiden ulkopuolisten asiantuntijalaboratorioiden kanssa sopimuksia tiettyjen kalibrintipalvelujen ylläpidosta mikäli niillä on kansallista merkitystä. Kaikki em. laboratoriot muodostavat kansallisen mittauspalvelujärjestelmän. Laboratoriot huolehtivat oman suurealueensa kansallisten mittanormaalien tai kalibrintipalveluiden jäljitettävyydestä kansainvälisiin primaarinormaaleihin. Kansalliseen mittauspalvelujärjestelmään kuuluvat mittanormaali- ja sopimuslaboratoriot liittyvät myös Mittatekniikan keskuksen allekirjoittamaan Kansainvälisen painojen ja mittojen komitean (Comité International des Poids et Mesures, CIPM) kansallisten mittanormaalien ja kansallisten metrologian laitosten antamien kalibrointi- ja mittaustodistusten vastavuoroiseen tunnustamissopimukseen (Mutual Recognition Arrangement, MRA). Ilmatieteen laitos toimii sopimuslaboratoriona eräiden kaasumaisten yhdisteiden kalibrintivalmiuksien ylläpitoon liittyvissä tehtävissä. Mittatekniikan keskus ylläpitää seuraavien suureiden mittanormaaleja: massa, sähkö, pituus, aika ja taajuus, lämpötila, kosteus ja akustiikka. Myös kaasuvirtauksen (20 – 30 000 ml/min) kalibrintivalmiudet on kehitetty kansallista mittanormaallilaboratorion perustamista varten. Mittatekniikan keskus julkaisee vuosittain kansallisten mittanormaali- ja sopimuslaboratorioiden tiedot, jotka ovat myös nähtävissä Mittatekniikan keskuksen www-sivuilla ([www.mikes.fi](http://www.mikes.fi)).

Ilmatieteen laitos ylläpitää tärkeimmille epäpuhtauksille kansallisia kaasunormaaleja (hiilimonoksidi, rikkidioksidi ja typpimonoksidi), joiden jäljitettävyys menee eurooppalaisten metrologialaboratorioiden kansallisten mittanormaalien kautta SI-yksikköön. Samoin se ylläpitää kansallista otsonifotometriä, jota kalibroidaan NIST:in primaarifotometriä (standard reference photometer, SRP, no 2) vastaan säännöllisin väliajoin. Kalibrintitulosten vertailtavuuden osoittamiseksi Ilmatieteen laitos osallistuu kansainvälisiin vertailumittauksiin muiden maiden kansallisten metrologialaitosten tai vastuulaboratorioiden kanssa.

#### 4.3.5 Tilavuusvirtauksen kalibrointi

Kaasumäärän virtausmittaus tehdään tilavuus- tai massavirtauksena. Erona näille on se, että ensimmäisessä tapauksessa mitataan suoraan tilavuutta ja jälkimmäisessä tapauksessa mittaus perustuu tiheyden mittaamiseen. Tiheyden

mittaus voidaan tehdä suoraan tai epäsuorasti paineen ja lämpötilan avulla. Näin ollen massavirtausmittauksissa lämpötilan ja paineen tunteminen on oleellista mittausten suorittamiseksi. Myös kaasun kosteus ja siinä mahdollisesti olevat muut epäpuhtaudet (esim. hiukkaset) vaikuttavat mittaustulokseen. Mittaustulos kiinnitetään sovittuun lämpötila- ja painearvoon, joka voi olla esimerkiksi NTP -olosuhde ( $T = 273\text{K}$ ;  $P = 101,3\text{ kPa}$ ) tai muu määritelty lämpötila- ja paineolosuhde (esim.  $T = 293\text{K}$  tai  $298\text{K}$ ,  $P = 101,3\text{ kPa}$ ). Tämän johdosta myös massavirtausmittarin kalibrointi pätee vain niissä olosuhteissa ja sillä väliaineella (esim. synteettinen ilma, typpikaasu), jolla kalibrointi on tehty. Massavirtausmittari voidaan kalibroida tilavuusmittauksena, kun vallitsevat olosuhteet tunnetaan. Normaalisti voidaan ideaalikaasujen tilanyhtälöä käyttäen massavirtauksen ja tilavuusvirtausten laskemisessa. Reaaliset kaasut kuitenkin poikkeavat ideaalikaasusta, jolloin tietyissä tilanteissa (alhainen paine) on tarvetta käyttää korjauskerrointa reaalikaasun ja ideaalikaasun välille. Tällaisia kertoimia on taulukoitu kaasuvirtauksia käsittelevissä oppikirjoissa.

### ***Virtausmittaustyyppjä***

Tilavuusvirtausta mitataan esim. Pitot-putkella, Venturi-putkella, rotametrilla, kuplamittarilla (saippuakupla) tai kaasukellolla. Massavirtausmittaukseen käytetään esim. kaasumäärän punnitsemiseen käytettyä primaarimenetelmää, paine-eroon perustuvaa virtauselementtiä, kuumalanka-anemometriä, massavirtausmittaria, kriittistä aukkoa tai kalibroituja aukkoja ja erilaisia rotametreja.

Massavirtaukseen perustuvat mittalaitteet tulostavat myös tilavuusvirtaustuloksen, jolloin käyttäjän voi olla vaikea selvittää mittauseriaa. Mittalaitteiden käytössä on huomioitava, että mittaukset tehdään samalla kaasulla kuin kalibrointi. Muutoin on mittaustulokset korjattava korjauskertoimia käyttäen, jotka huomioivat kaasujen eri tiheydet. Yleensä kalibroinnissa käytetään puhdasta tyyppiä tai synteettistä ilmaa.

Seuraavassa on lyhyt kuvaus erilaisista virtausmittareista. Saippuakuplamittarit ovat varsin luotettavia virtausmittareita, mutta työläitä käyttää. Mittalaite koostuu tasapaksusta lasiputkesta, jonka tilavuus on tunnettu. Siihen johdetaan mitattava ilma suukappaleen kautta, joka on yhdistetty saippualliuosta sisältävään säiliöön. Saippualliuoksen pintaa nostetaan niin, että virtaus ei pääse esteettä lasiputkeen, vaan nesteen pintajännityksen avulla muodostaa saippualliuoksesta kuplan. Kupla siirtyy virtauksen mukana lasiputkeen, jossa sen nousunopeus lasiputkessa mitataan kahden pisteen välillä. Kun pisteiden välinen tilavuus tunnetaan, saadaan tilavuusvirtaus mitattua. Saippuakuplamittarista on valmistettu automaattisia mittalaitteita, joissa valokennon avulla mitataan saippuakuplan nousunopeus. Laitteisto tulostaa keskiarvon useasta yksittäisestä mittauksesta. Eräissä sovelluksissa saippualliuos on korvattu elohopealla ja kuplana toimii mäntä.

Massavirtausmittareista yleisimmin käytössä olevan termisen massavirtausmittarin periaatteena on mitata lämmön siirtymistä massavirta-anturissa. Lämmön siirtyminen on verrannollinen kaasun virtausnopeuteen ja lämpökapasiteettiin. Mittarit kalibroidaan tietyillä kaasuilla (typpi, synteettinen ilma), mutta käytettäessä mittaria muiden kaasujen mittaamiseen on käytettävä korjauskertoimia kalibrointikaasun ja mitattavan kaasun välille. Mittauslaitteen vasteaika on varsin lyhyt, joten se sopii hyvin virtauksen ajalliseen seurantaan. Termisiä massavirtausmittareita valmistetaan myös siten, että mittari toimii vakiovirtauksen säätäjänä. Näin mittari pitää tietyissä rajoissa asetetun virtausarvon vakiona. Mittarit on kalibroitava riittävän usein, jotta niiden näyttämä ei ryömi ulos kalibrointialueesta. Käyttäjän on todennettava mittarin stabiilisuus kalibrointien avulla, jolloin hän voi todentaa tarpeellisen kalibrointivälin.

### ***Virtausmittareiden kalibrointi***

Virtausmittausten tunteminen on oleellista, kun käytetään manuaalisia näytteenotto- ja mittausten menetelmiä sekä käytettäessä dynaamista laimennusmenetelmää analysaattoreiden kalibroinnissa. Näissä tapauksissa virtausmittausten epävarmuus kasvattaa mittausten kokonaisepävarmuutta. Paitsi virtausmittalaitteiden kalibrointi, myös niissä mahdollisesti olevien muiden anturien (lämpötila- ja paineanturit) kalibrointi on syytä tehdä samanaikaisesti.

Eräät virtausmittausmenetelmät ovat mittaustapansa puolesta primaarimenetelmiä. Ne mittaavat joko suoraan perussuureita (pituus, aika, massa) tai ovat jäljitettävissä niihin. Primaarimenetelmänä on gravitaatioon perustuva menetelmä, jossa puhdasta kaasua (esim. typpi, N<sub>2</sub>) sisältävästä kaasusylinteristä johdetaan vakioitu kaasuvirtaus kalibroitavalle mittarille tunnetun ajan. Kun sylinteri punnitaan ennen ja jälkeen virtauksen, saadaan keskimääräinen massavirtaus laskettua. Myös kuplamittari perustuu primaarimenetelmään, jossa mitattavan kaasun tilavuusvirta mitataan tilavuuden ja ajan avulla. Tilavuus- ja massavirtausmittareita kalibroidaan yleensä samoilla mittalaitteilla. Kun tunnetaan tutkittavan kaasun ominaisuudet, voidaan massa- ja tilavuusvirtauksen välinen yhteys määrittää.

Virtausmittarit voidaan kalibroida Suomessa esimerkiksi akkreditoituissa tai asiantuntijalaboratorioissa, joissa on tarpeelliset kalibrointivalmiudet. Korkeamman tason kalibroinneista voi kääntyä kansallisen virtauslaboratorion puoleen, joka on Mittatekniikan keskus.

#### 4.3.6 Analysaattorin kalibrointi kaasumittauksissa

### ***Kaasunormaalien valmistusmenetelmät***

Ilman kaasumaisia epäpuhtauksia mittaavien analysaattoreiden kalibrointiin tarkoitettujen kaasunormaalien valmistamiseen käytetään mm. seuraavia

menetelmiä: gravimetriaa, dynaamista tai staattista laimennusmenetelmää ja permeaatiomenetelmää.

Gravimetrisessä menetelmässä haluttu pitoisuus tuotetaan puhtaasta yhdisteestä (esim. 100 % typpimonoksidi) ja laimennuskaasusta (esim. typpi) punnituksen avulla. Halutusta pitoisuustasosta riippuen pitoisuus saavutetaan kertalaimennuksella tai useampiasteisessa laimennuksessa. Menetelmä on primaarimenetelmä, mutta vaatii suurta huolellisuutta kaasupitoisuuden valmistuksessa ja on kallis. Menetelmän käyttö edellyttää muun muassa epäpuhtauksien analysoinnin näytteestä, tarkan ja hyvin eristetyin (täriäväpää) punnitusjärjestelmän, painejärjestelmän kaasun tuottamista varten, käytettävien sylinterien materiaalien soveltuvuustestit ja kosteuden poistojärjestelmän. Menetelmällä voidaan tuottaa kaasunormaleja alle 1 %:n epävarmuudella. Kaasu paineistetaan metalliseen sylinteriin käyttöä varten.

Staattista menetelmää käytetään tunnettujen kalibrointipitoisuuksien valmistuksessa. Siinä tunnettu tilavuus puhdasta ainetta (nestemäisessä/kaasumaisessa muodossa) sekoitetaan laimennuskaasuun säiliössä, jonka tilavuus tunnetaan. Staattinen laimennusmenetelmä on primaarinen menetelmä, koska tuotetun standardikaasun pitoisuuden laskeminen perustuu perusyksiköiden, tilavuuden ja paineen, määrittämiseen. Sekoituskammio voi olla normaalipaineinen tai paineistettu. Jälkimmäisen ratkaisun etuna on, että kammion koko on pienempi, kaasu on helpommin sekoitettavissa ja sen syöttö kalibrointia varten on helpompaa. Menetelmällä on mahdollista tuottaa tunnettu kaasupitoisuus alle 2 %:n epävarmuudella. Menetelmällä voidaan tuottaa tyypillisesti tilavuudeltaan alle 150 dm<sup>3</sup> suuruinen tilavuus, joten se soveltuu hyvin ilman kaasumaisten epäpuhtauksia mittaavien analysaattorien kalibrointiin. Monipistekalibroinnissa voidaan tuottaa jokainen tarvittava kaasupitoisuus erikseen tai tuottamalla ensin väkevä pitoisuus ja lisäämällä kammioon laimennusilmaa tietyin välein ja laskemalla uusi pitoisuustaso.

Dynaamisessa laimennusmenetelmässä tunnetun ainemäärän (pitoisuuden) omaava kaasumäärä laimennetaan dynaamisesti (jatkuvasti) laimennuskaasulla. Tuotetun kaasuseoksen pitoisuus saadaan laskettua, kun tunnetaan lähtöpitoisuus sekä lähtökaasun ja laimennuskaasun virtaukset. Menetelmä on pääasiallinen menetelmä kaupallisten sylinterikaasujen tuottamiseen. Seoskaasu syötetään metallisylinteriin (tilavuudeltaan 5 – 50 dm<sup>3</sup>) ja paineistetaan aina 200 bar paineeseen asti. Tällöin kaasusylinteri voi sisältää seoskaasua 10 m<sup>3</sup>. Kaasusylinterin annetaan stabiloitua muutaman viikon ja seoskaasun pitoisuus määritetään analysoimalla kaasupitoisuus.

Permeaatiomenetelmässä puhdas kaasu on puristettu nestemäiseen muotoon umpinaisessa putkessa, jossa osa putken rakenteesta on valmistettu kaasua läpäisevästä aineesta. Asettamalla putki kammioon, jossa lämpötila ja paine ovat vakioita, siirtyy (permeoituu) putkesta kaasua läpäisevän kalvon läpi kammioon. Punnitsemalla putki tietyin väliajoin saadaan poistuneen kaasun määrä määritettyä ja olettamalla kaasun tuotto vakioksi voidaan putken tuotto

määrittää. Permeaatioputken tuoton määrittäminen perustuu gravimetriaan. Primaarimenetelmänä permeaatiomenetelmää voidaan pitää vain, jos tuoton kokonaisepävarmuus voidaan laskea. Tämä ehto on vaikea toteuttaa jos vallitsevat olosuhteet eivät ole pysyneet vakioina. Menetelmä on kuitenkin varsin yleisesti käytetty sen edullisuuden vuoksi verrattuna kahteen edellä mainittuun menetelmään. Huolellisella työllä ja stabiileilla uuneilla menetelmällä päästään alle 3 % epätarkkuuteen. Menetelmää voidaan käyttää myös siten, että asetetaan permeaatiouuni herkkään vaakaan niin, että permeaationopeus voidaan määrittää jatkuvasti. Tällöin menetelmä täyttää primäärimenetelmän vaatimukset. Sovellukseen tarvittava vaaka ja tarvittava lämmitysjärjestelmä on suhteellisen kallis.

### ***Kalibrointimenetelmät***

Gravimetrisella, dynaamisella ja staattisella laimennusmenetelmällä voidaan tuottaa myös valmiita kalibrointipitoisuuksia. Katettaessa analysointimittausalue joudutaan kuitenkin käyttämään useita standardeja. Normaali menettely kalibroinnissa on käyttää dynaamista laimennusvirtausmenetelmää. Menetelmää sovelletaan sekä sylinterikaasun että permeaatiomenetelmällä tuotetun kaasun laimentamiseen. Periaate dynaamisen menetelmän käytölle kalibrointiin on sama kuin sylinterikaasujen valmistaminen: kalibrointikaasua laimennetaan dynaamisesti laimennuskaasulla. Tuotettu kaasupitoisuus voidaan laskea, kun tunnetaan käytetyn kaasun normaalin pitoisuus ja kaasujen virtaukset.

Eräs sovellus titrimetrisestä menetelmästä on ns. kaasufaasititraus, jossa normaalin happo-emästitrauksen sijaan sovelletaan kahden eri kaasumolekyylin välistä reaktiota. Kaasufaasititrausta käytetään typpidioksidikonvertterin hyötysuhteen määrittämisessä typen oksideja mittaavissa, kemiluminesenssi-menetelmää soveltavissa analysointilaitteissa. Menetelmä perustuu reaktioon:



Titraus suoritetaan typpimonoksidin ylimäärällä, jolloin stökiometrian mukaisesti otsonin lisäys aiheuttaa yhtä suuren muutoksen typpimonoksidin pitoisuudessa ja myös yhtä suuren lisäyksen typpidioksidin määrässä, ts.

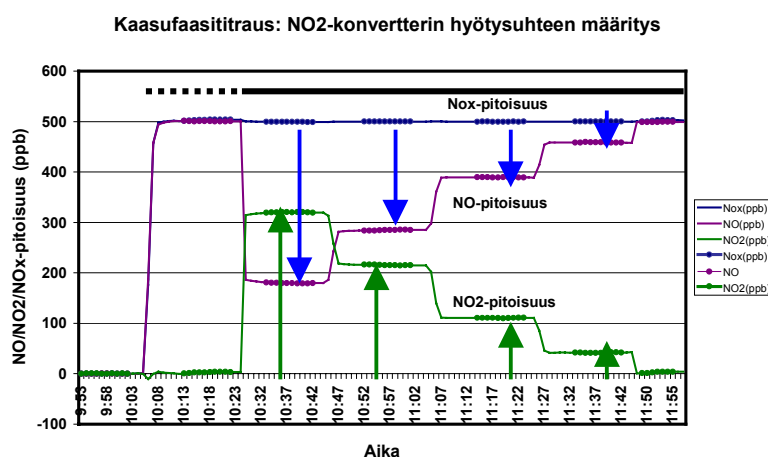
$$d[\text{O}_3] = d[\text{NO}] = d[\text{NO}_2] \quad (\text{R2})$$

Tällöin esimerkiksi mittaamalla typpimonoksidin muutos saadaan selville kuinka paljon typpidioksidia on syntynyt tai kuinka paljon otsonia on syötetty (titrattavaa ainetta, "emästä"). Kaasuanalysointilaitteita on aina kalibroitava ennen konvertterin hyötysuhteen määrittämistä. Kaasufaasititrauksella voidaan myös kalibroida otsonianalysointilaitteita. On tärkeää huomata, että titraus suoritetaan typpimonoksidin ylimäärällä otsoniin nähden, koska tällöin otsoni kuluu aina loppuun eikä aiheuta  $\text{NO}_2$ -konvertterin jälkeen reaktiota (R1). Konvertterin hyötysuhde voidaan laskea kaavasta:



$$E_{\text{conv}} = \left( 1 - \frac{(\text{NO}_x)_i - (\text{NO}_x)_f}{(\text{NO})_i - (\text{NO})_f} \right) \times 100\% \quad (4.1)$$

missä  $\text{NO}_{xi}$  ja  $\text{NO}_{xf}$  ovat alkutilan ja lopputilan  $\text{NO}_x$  -määrät. Vastaavasti  $\text{NO}_i$  ja  $\text{NO}_f$ . Jos testaamme konvertterin kykyä eri tyypidioksidin pitoisuuksissa (kuva 4.1), voidaan konvertterin hyötysuhde laskea jokaiselle pitoisuudelle erikseen kaavan (4.1) mukaisesti. Voidaan myös menetellä siten, että sijoitetaan pystyakselille syötetty  $\text{NO}_2$ -pitoisuus (=  $\text{NO}$  -pitoisuus) ja vaakakselille mitattu  $\text{NO}_2$ -pitoisuus (=  $\text{NO}_x - \text{NO}$ ). Tällöin regressiosuoran kulmakerroin antaa konvertterin keskimääräisen hyötysuhteen. Konvertterin hyötysuhteen tulisi olla  $> 95\%$ .



Kuva 4.1

Kaasufaasititraus reaktion (R1) mukaan. Titraus suoritetaan  $\text{NO}$  -ylimäärällä, jolloin  $\text{NO}$ :ta on aina läsnä. Alkutilanteessa ei syötetä otsonia, jolloin  $\text{NO} = \text{NO}_x$  ja  $\text{NO}_2 = 0$  (musta katkoviiva). Pidetään edelleen  $\text{NO}$  -syöttö vakiona ja lisätään vain otsonin määrää (musta yhtenäinen viiva), jolloin yhtä suuri osa typpimonoksidia (sininen nuoli) muuntuu typpidioksidiksi (vihreä nuoli).  $\text{NO}_x$  -määrä (=  $\text{NO} + \text{NO}_2$ ) pysyy lähes vakiona, josta voidaan päätellä hyvä konvertointiaste.

Ohjeet kaasufaasititrauksen suorittamisesta ja konvertterin hyötysuhteen laskemisesta löytyvät typen oksidien mittalaitteiden manuaaleista ja ISO:n standardista (ISO 7996:1985).

Kalibrointiin käytettävän laimennusilman tulee olla tarkoitusta varten riittävän puhdasta (kaupallista kaasupulloilmaa tai puhdistettua ilmaa). Järjestelmä vaatii tarkan tilavuusvirtamittauksen ja ensiluokkaiset virtauksen säätimet. Dynaamisen menetelmän kokonaisuvarmuus riippuu käytetyn kaasulähteen epävarmuudesta ja virtausmittareiden epävarmuudesta (2–4 %). Pienimmillään kaasunormaalien epävarmuus on n. 2 %, mikä tarkoittaa, että kaasulähteen epävarmuudesta ja laimennuksesta aiheutuva yhdistetty epävarmuus on n. 3–4 % (ks. liite 13).

Seuraavassa taulukossa on esitetty kaasujen mittaamiseen käytettävien laitteiden kalibrointimenetelmät ja niiden jäljitettävyydet.

Taulukko 4.1 Kaasujen mittaamiseen käytettävien laitteiden kalibrointimenetelmät ja niiden jäljitettävyydet (+ sovelias menetelmä, - ei-sovelias menetelmä).

Menetelmä/epäpuhtaus	CO	SO <sub>2</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	Jäljitettävyyys
Kaasusylinteri: Pieni pitoisuus	+	+	+	-	-	Primaarimenetelmään perustuva (punnitus). Stabiilisuus tarkistettava. Virtausmittarit jäljitettävästi kalibroituja
Permeaatioputki	-	+	-	+	-	Primaarimenetelmään perustuva (punnitus), mutta vaatii tarkan laitteiston. Tuotto verrattava toiseen primaarimenetelmään. Virtausmittarit jäljitettävästi kalibroituja
Staattinen laimennus	+	+	+	-	-	Primaarimenetelmään perustuva (tilavuus)
Dynaaminen laimennus Kaasupullo: suuri pitoisuus	+	+	+	-	-	Primaarimenetelmään perustuva (punnitus). Stabiilisuus tarkistettava. Virtausmittarit jäljitettävästi kalibroituja
Kaasufaasititraus	-	-	+	+	+	Vertaileva tekniikka (O <sub>3</sub> /NO)
UV-fotometri	-	-	-	-	+	Primaarimenetelmä (UV-adsorptio)

Kalibrointikaasujen valmistuksesta laaditut ISO:n standardit on esitetty liitteessä 4.

### ***Kalibrointimenettely***

Erilaisista kalibrointimenetelmistä johtuen ei ole mahdollista antaa kaikille kalibroinneille soveltuvaa yksikäsitteistä ohjetta. Seuraavassa kappaleessa käsitellään kaasumaisten epäpuhtauksien mittaamiseen tarkoitettujen analysaattorien kalibrointia. Esitetyt peruseriaatteen soveltuvat myös paineen, lämpötilan ja virtausmittarien kalibrointiin.

### **Monipistekalibrointi**

Kaasuanalysaattorin kalibrointi tulisi tehdä monipistekalibrointina. Siinä laitteen antaman mittaussignaalin riippuvuus pitoisuudesta määritetään nollakaasun (nollapitoisuuden) ja usean (3 – 10) tunnetun kaasupitoisuuden

avulla. Kalibrointipitoisuuksien on oltava sellaisella pitoisuusalueella, joka on tyypillinen tutkittavan mittausalueen ilman laadulle. Kalibrointipitoisuuksien tulisi kuitenkin kattaa käytetystä mittausalueesta n. 0 - 80 % ja ne tulee valita tältä alueelta tasaisesti. Mikäli mittauksessa käytetään useampaa kuin yhtä laitteen mittausaluetta, on kukin mittausalue kalibroitava erikseen.

Ennen kalibroinnin aloittamista on varmistuttava siitä, että kalibroitava laite ja kalibraattori ovat stabiloituneet riittävästi. Laittevalmistajat antavat ohjeet laitteiden lämpenemisajoista, mutta kylmän laitteen toiminnan tasaantuminen kestää usein huomattavasti kauemmin kuin laitevalmistaja ilmoittaa. Tuotaessa laite kentältä laboratorioon, hyvänä tapana on antaa laitteen olla toiminnassa yli yön ja aloittaa kalibrointi vasta seuraavana päivänä. Kalibroinnissa tiedonkeruujärjestelmän keräämät tulokset tallennetaan minuuttiarvoina (tai lyhyempinä arvoina), jolloin kalibrointipitoisuuksien keskiarvot ovat laskettavissa.

Monipistekalibrointi tehdään mittauksessa olevalle laitteelle säännöllisin välein kalibrointisuunnitelman mukaisesti. Kalibrointitaajuus riippuu asetetuista laatuvaatimuksista, yleensä se riittää kattamaan useiden viikkojen tai muutaman kuukauden mittaukset. Kalibrointi tehdään mittauskäytössä olevalle analysaattorille siinä kunnossa kuin se mittaushetkellä on, mutta myös aina kun laitteelle on tehty sellaisia korjauksia tai säätöjä, jotka aiheuttavat merkittäviä muutoksia sen mittausvasteeseen. Tämä siis merkitsee kahta peräkkäistä kalibrointia, joiden välillä laitteelle on tehty huolto- tai säätötoimet. Myös uusi laite kalibroidaan ennen kuin se otetaan käyttöön. Usein on mahdollista säätää laitteen mittaussignaalin vaste osoittamaan kalibrointipitoisuutta yhdessä pisteessä. Tällainen säätö voidaan tarvittaessa tehdä, mutta aina säädön jälkeen laite on kalibroitava. Kun laite säädetään näyttämään oikein eikä laite ole liukunut kalibrointivälin aikana, voidaan mittaustuloksia käyttää sellaisenaan. Mittaustulokset voidaan myös korjata matemaattisesti kalibrointiyhtälön avulla riippumatta laitteen säädöstä.

On tärkeää, että analysaattorin mittaustuloksia laskettaessa voidaan käyttää tarkasteltavan jakson alussa ja lopussa tehtyjä kalibrointeja, jotta voidaan nähdä laitteen liukuma kalibrointivälin aikana. Mikäli laite on kuitenkin liukunut enemmän kuin suurin sallittu liukuma (esim. 5 %), on mittausten laatutavoitteiden (rikkidioksidin, typpidioksidin, hiilimonoksidin sallittu epävarmuus 15 %, ks. liitteen 2 liite 4) ylittyminen vaarana. Tällöin mittaustulokset tulee hylätä kalibrointia edeltävältä koko jaksolta. Tällaisilta vahingoilta voidaan välttyä, kun tarkistuskalibrointeja tehdään riittävän usein.

Monipistekalibrointi tehdään jäljitettävällä mittanormaalilla, esimerkiksi siirto-kalibraattorilla tai analysaattorin yhteydessä toimivalla kalibraattorilla edellyttäen, että se on kalibroitu riippumattoman siirtonormaalilla avulla. Kalibrointi tehdään mittauspaikalla samoissa olosuhteissa kuin mikä vallitsee varsinaisissa mittauksissa. Laboratoriokalibroinnissa on huolehdittava, että laitteen kalibrointi ei muutu vietäessä laite kentälle.

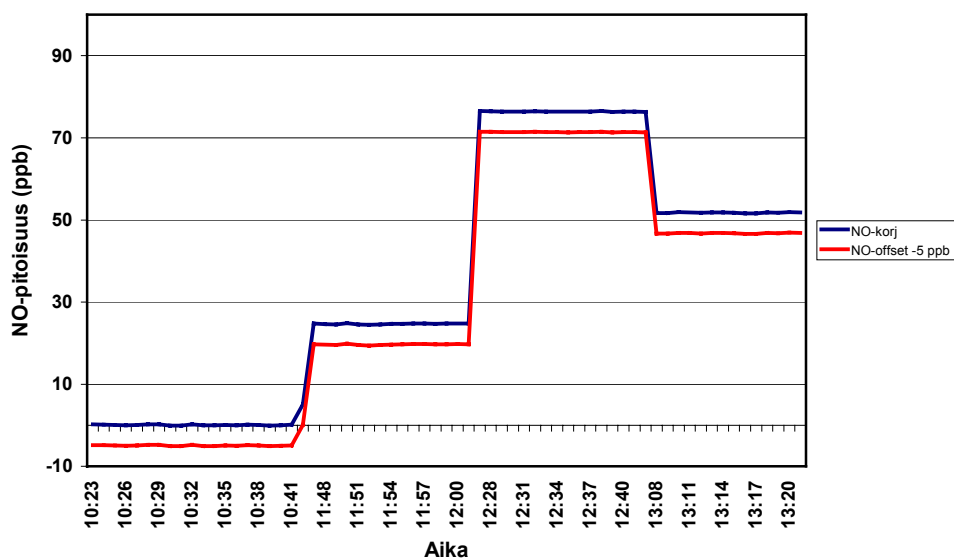
Kalibrointi aloitetaan syöttämällä ensin puhdasta laimennusilmaa (nollailmaa) analysaattorille, jonka jälkeen syötetään eri pitoisuuksia kattaen mittauksissa käytetty mitta-alue tasaisesti 0 - 80 %:n väliltä. Syötetyn kalibrointipitoisuuden annetaan saavuttaa tasaantuva pitoisuus ennen kuin mittaustulokset huomioidaan kalibrointituloksissa. Vähimmäisaikana analysaattorin vasteen tasaantumiselle voidaan pitää neljä kertaa laitteen nousuaika ts.

$$T_{\text{tasaantuminen}} = 4 \cdot T_{\text{nousuaika}}$$

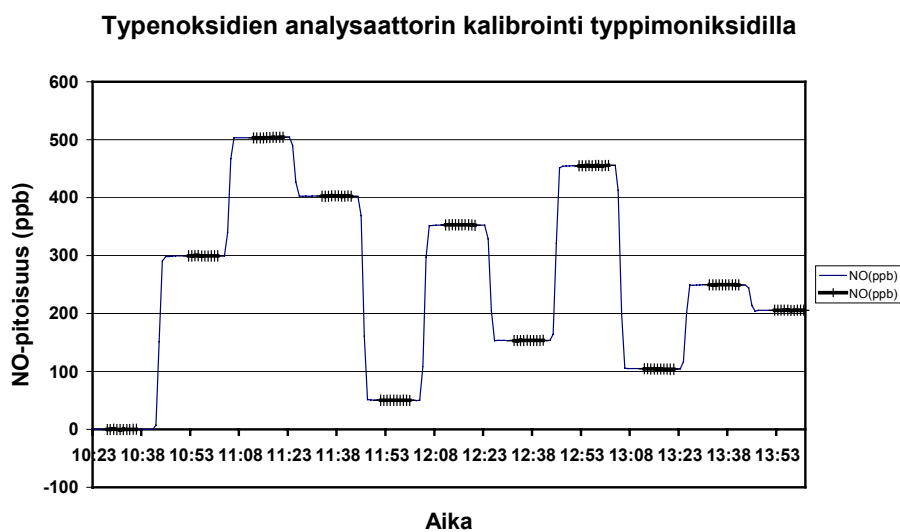
Tasaantumisaajan jälkeen rekisteröidään 10 – 20 min ajalta mittaustulokset, joista lasketaan tulosten keskiarvot ja mahdollisesti tulosten standardipoikkeama. Menettely toistetaan jokaisessa kalibrointipitoisuudessa. On suositeltavampaa syöttää kalibrointipitoisuudet satunnaisessa tai mielivaltaisessa järjestyksessä kuin joko nousevassa tai laskevassa järjestyksessä. Satunnainen järjestys tarkoittaa, että kalibrointipitoisuudet syötetään täysin satunnaisessa järjestyksessä, kun taas mielivaltainen järjestys tarkoittaa omavaltaisesti valittuja pitoisuustasoja ilman tiettyä järjestystä.

Keskiarvotuloksia laskettaessa on myös syytä tarkastella puhtaan laimennuskaasun (nollakaasun) aikaisia mittaustuloksia. Mikäli nämä arvot poikkeavat selvästi nolasta, laitteella on erillinen, nolasta poikkeava nolataso (offset). Tämä voi olla elektronisesti säädetty, jolla varmistutaan, ettei negatiivisia tuloksia esiinny. Se voi myös olla nollatason liukumasta johtuva tai siitä, että nollailma sisältää pienen määrän tutkittavaa kaasua epäpuhtautena. Ennen tulosten jatkokäsittelyä nollatason keskiarvot voidaan vähentää jokaisesta kalibrointiarvosta, jolloin tämä aiheuttaa vain ns. yhdensuuntaissiirtymän tuloksissa. Kuvassa 4.2 on havainnollistettu toimenpidettä. Nollatason säätö ei vaikuta vastefunktion verrannollisuuskertoimeen (kulmakerroin), vaan vakiotekijään. Toimenpide yksinkertaistaa tulosten matemaattista korjausta etenkin alhaisilla pitoisuusarvoilla.

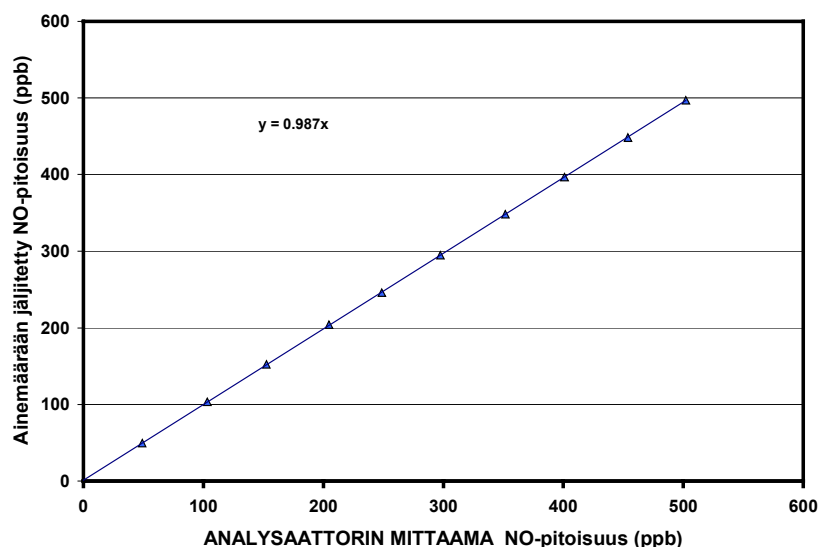
Kalibrointipitoisuuksien keskiarvojen ja mitattujen pitoisuusarvojen pistejoukkoon sovitetaan lineaarinen regressioyhtälö (pienimmän neliösumman menettelyä käyttäen), joka löytyy tilastollisista ohjelmapaketeista ja taulukkolaskentaohjelmista (esim. Excel). Kuvassa 4.3 on esitetty typenoksidien analysaattorin kalibrointi typpimonoksidilla. Kuvassa 4.4 on edellisen kuvan kalibrointitulokset analysoitu regressiomallin avulla.



Kuva 4.2 Matemaattisesti tehtävä nollatason korjaus. Kuvassa negatiivinen nollataso (punainen/alempi viiva) korjataan lisäämällä pitoisuusarvoihin negatiivisen nollatason keskiarvo, jolloin saadaan korjattu arvo (sininen/ylempi viiva).



Kuva 4.3 Typen oksidien (NO + NO<sub>2</sub>) analysaattorin kalibrointi typpimonoksidilla. Kuvaan on merkitty analysaattorin mittaamat arvot minuuttiarvoina (jatkuva viiva) ja kalibrointipitoisuuksien laskemiseen tarvittavat pitoisuuskeskiarvot (++), kun pitoisuustaso on tasaantunut.



Kuva 4.4 Regressioanalyysin avulla laskettu analysaattorin mitaaman pitoisuuden ja kalibrointipitoisuuden välinen riippuvuus. Kun kalibrointipitoisuus sijoitetaan y-akselille ja analysaattorin mitaama pitoisuus x-akselille, kertoo regressiosuora suoraan, millä tavalla analysaattorin tulokset on korjattava oikeiden tulosten saavuttamiseksi.

Jäljitettävillä kalibroinneilla mittaustulokset saadaan yhteismitallisiksi kansainvälisesti. Kun mittaustuloksiin lasketaan kokonaisepävarmuus, ovat tulokset vertailtavissa helpommin keskenään ja myös tulosten käyttö ilmanlaadun arviointiin ja erilaiseen mallittamiseen on luotettavammalla pohjalla. Mittausten kokonaisepävarmuudesta on kerrottu liitteessä 13.

### Kalibroinnin tarkistus

Kalibroinnin tarkistuksella (nolla- ja span-tarkistus) seurataan laitteen toiminta-arvojen pysyvyyttä määritellyissä rajoissa säännöllisin aikavälin. Kalibroinnin tarkistus tehdään nollakaasulla ja yhdellä tunnetulla kaasupitoisuudella, joka valitaan mitattavan pitoisuusalueen yläpäästä, yleensä n. 80 % mittausalueesta. Kaasupitoisuus tuotetaan analysaattorin yhteydessä toimivalla kalibraattorilla tai erillisellä kaasulähteellä. Tarkistuskalibrointiin käytettävän mittanormaanin (kaasulähteen) laatuluokitus voi olla alhaisempi kuin varsinaisessa kalibroinnissa.

Kalibroinnin tarkistus voidaan tehdä automaattisesti esim. päivittäin tai viikoittain. Jos se tehdään kerran vuorokaudessa, se tulisi ajoittaa vuorokauden eri ajoille (esim. joka 23. tai 25. tunti), jolloin vältytään tarkistustoiminnan samanaikaisuudesta aiheutuvasta systemaattisesta virheestä. Kalibroinnin tarkistusarvoille tulee asettaa rajat, joiden sisällä niiden tulisi olla. Jos span-arvo tai nolla-arvo ovat määriteltyjen rajojen ulkopuolella, esim. span 5 % asetetusta arvostaan ja nolla 2 ppb, analysaattori tulee huoltaa. Huollon jälkeen se

säädetään tarpeen mukaan ja kalibroidaan monipistekalibroinnilla. Tarkistuskalibroinnin tulosten avulla ei korjata analysaattorin tuloksia, mutta sillä tarkistetaan, että analysaattorin toiminta pysyy asetettujen toimintarajojen sisällä. Tällä estetään mittaustulosten hylkäys monipistekalibroinnin yhteydessä.

#### 4.3.7 Hiukkasmittausten kalibrointi

Seuraavassa käsitellään lähinnä PM<sub>10</sub> -mittauksiin soveltuvia kalibrointeja. Hiukkasmittaukset jaetaan jatkuvatoimisiin tai manuaalisiin menetelmiin. Jatkuvatoimisia menetelmiä ovat mm.  $\beta$ -säteilyn absorptioon perustuva mittaamenetelmä (esim. ESM Andersen FH 62 IR, OPSIS SM 200, Environnement), värähtelevään mikrovaakaan perustuva menetelmä (TEOM) sekä optiseen menetelmään perustuva menetelmä (GRIMM Dust monitor #180). Manuaaliset menetelmät ovat suodatinkeruumenetelmiä, joissa suodatimen vaihto ja punnitus suoritetaan manuaalisesti.

Kaikissa menetelmissä hiukkasten jako kerättäviin ja poistettaviin hiukkasiin tapahtuu erityisen keruulaitteiston näytteenottoerottimen (sampling inlet) kautta. Laitteisto on suunniteltu ja testattu valmistajien toimesta toimimaan leikkurina (cut-off) halutulle hiukkaskoolle, esimerkiksi PM<sub>10</sub> -leikkuri leikkaa 50 % 10  $\mu$ m:n kokoisista hiukkasista. Kriittistä kokoa pienemmät hiukkaset läpäisevät keruulaitteiston suurempien jäädessä siihen.

Hiukkasmittalaitteissa näyte kerätään suodattimelle tai suodatinnauhalle, jossa analysointi tapahtuu epäsuorasti, esimerkiksi mittaamalla suodatimen läpäisseen  $\beta$ -säteilyn absorptio tai suodatinta punnitsevan mikrovaan oskillaation muutos. Näissä menetelmissä laitteiden antama signaali on verrannollinen suodattimelle kertyneen massan määrään. Laitteet tulostavat hiukkasten massakonsentraation ja kertymän reaaliajassa tai aikakeskiarvona (esim. kahdeksan tunnin keskiarvoina). Optisessa menetelmässä (valon sironta hiukkasista) mittalaitteet laskevat hiukkasten lukumääräjakauman, josta massakonsentraatio saadaan hiukkasten tiheyden avulla. Tässä menetelmässä tarvitaan tieto valon taitekertoimesta hiukkasen pinnalla ja hiukkasen tiheys. Joissakin jatkuvatoimisissa hiukkasmittalaitteissa on myös mahdollista poistaa kerätty suodatin keruun jälkeen, jolloin se voidaan punnita ja siitä voidaan analysoida näytteen kemiallinen koostumus (esim. raskasmetallit).

Laitteiden kalibrointi on pääasiassa virtauksen määrittämistä. Virtaus mitataan asianmukaisella mittanormaalilla valmistajan ohjeiden mukaisesti. On myös muistettava, että laitteissa olevat lämpötila- ja paineanturit on kalibroitava säännöllisesti. Muita kalibrointeja laitteisiin ei vaadita. Laitteen toimintakunnon testaamiseksi laitevalmistajat ovat valmistaneet referenssiaineita, joilla voi varmistua mittaamenetelmän toimivuudesta (esim. tunnetun massan omaavan suodatimen mittausta). Näillä menetelmillä ei voida kuitenkaan itse mittaamenetelmää kalibroida.

Hiukkasmittauslaitteiden rinnakkainen vertailu onkin käytännössä paras tapa selvittää mittausten luotettavuutta. On kuitenkin huomautettava, että muissa maissa tehdyt vertailumittaukset eivät aina ole vertailukelpoisia. Tämä johtuu siitä, että yleisenä ongelmana laitteiden toiminnassa on haihtuvien yhdisteiden osuus näytteestä. Se voi vaihdella 10 – 50 %:n välillä. Koska esimerkiksi Suomen leveysasteella haihtuvien yhdisteiden osuus on pieni, eivät vertailut enää päde täällä silloin, kuin mittaukset on tehty muualla Euroopassa ja päinvastoin.

#### **4.4 Vertailumittaukset**

Mittaustulosten vertailtavuus osoitetaan käytännössä osallistumalla vertailumittauksiin, joissa osallistuvat laboratoriot analysoivat saman näytteen ja ilmoittavat saamansa tuloksen. Vertailumittauksissa realisoituu laboratorion laadunvarmennusjärjestelmien toimivuus ja oikeellisuus. Vertailumittauksissa mittaajat määrittävät vertailuaineiden tai -näytteiden arvot rutiinitoiminnassaan käyttämillään menetelmillä pyrkien kuitenkin parhaimpaan mahdolliseen laatuun (ei osana rutiinimittauksia).

Vertailumittauksissa voidaan todentaa oman laboratorion tulosten oikeellisuus sellaiseen vertailuarvoon nähden, jonka jäljitettävyys on primaarimenetelmään tai SI-yksikköön. Vertailumittaukset voidaan järjestää myös niin, että tulosten vertailu suoritetaan vain osallistuneiden laboratorioden tulosten kesken, mutta ei voida verrata tulosten oikeellisuutta.

Ensin mainittuja vertailumittauksia järjestävät metrologiset laitokset tai korkean metrologisen tason omaavat laboratoriot. Vertailunäytteen arvo on tunnettu ja sille annettu epävarmuus kuvaa näytteen jäljitettävyysketjun SI-yksikköön asti. Vertailumittaukseen osallistuminen antaa laboratoriolle mahdollisuuden systemaattisten virhelähteiden tarkistamiseen ja oman järjestelmän epävarmuusbudjetin arviointiin. Tällaisia vertailumittauksia järjestetään yleensä kansallisille metrologia- tai vertailulaboratorioille.

Suurin osa vertailumittauksista järjestetään niin, että vertailunäytteen arvoa ei tunneta tarkasti, vaan sen arvo määritetään osallistuneiden laboratorioden antamien tulosten tunnuslukuna (esim. mediaani) tai sitä ei ilmoiteta lainkaan. Tarkkaan ottaen vertailumittaus ei anna kuvaa laboratorion tulosten oikeellisuudesta, mutta tulokset ovat hyvinkin vertailukelpoisia osallistuneiden laboratorioden kesken. Usein tulokset osoittavat laboratorioille korjaavien toimenpiteiden tarpeen ja kohteen.

Vertailumittaukset voidaan toteuttaa näytettä kierrättämällä tai kokoamalla osallistujat yhteen testitilaisuuteen. Vertailumittaukset voivat käsittää joko yhden vertailtavan arvon tai useita vertailuarvoja. Jälkimmäinen tapaus on suositeltavaa, koska tällöin laboratorion kalibroitimenetelmä tulee myös osaksi vertailua.



Vertailumittauksista, järjestäjistä ja niiden pätevyysvaatimuksista on kerätty tietoa tietopankkiin, johon pääsy tapahtuu Federal Institute for Materials Research and Testing sivuilta (<http://www.bam.de>). Vertailumittausten järjestäminen on myös kansallisten vertailulaboratorioiden tehtävä.

## 5 TULOSTEN KÄSITTELY JA RAPORTOINTI

### 5.1 Mittausarvojen korjaus ja validointi

Ennen tulosten raportointia mittaustulokset tarvittaessa korjataan kalibroititietojen perusteella ja suoritetaan mittaustulosten validointi eli hyväksymismenettely. Validoinnissa tutkitaan ja objektiiviseen todistusaineistoon perustuen selvitetään, täytyvätkö mittaustulosten käyttöä koskevat laatuvaatimukset yksittäisten mittaustulosten osalta. Laadultaan epäilyttävät mittausravot etsitään ja arvioidaan laatujärjestelmään kirjattujen ohjeiden mukaisesti. Arvioinnin jälkeen mittausravo merkitään joko validiksi (hyväksytyksi) tai ei-validiksi (hylätyksi). Jatkuvatoinisille mittauksille riittää yleensä validointi tuntikeskiarvoille, koska tunti on yleensä lyhin raportoitava aika ilmanlaadun seurannassa. Validoinnin suorittavalla henkilöllä tulee olla hyvät tiedot mittauslaitteiden ominaisuuksista ja epäpuhtauksien käyttäytymisestä.

Jos mittaustuloksella on useita käyttötarkoituksia, joilla on eri laatuksiteerit, voidaan tuloksille tehdä periaatteessa useita eri validointeja. Suositeltavampaa on kuitenkin suorittaa validointi vain kerran tiukimpien mittaukseen sovellettavien kriteerien mukaisesti.

Mittauksen huolto- ja kalibrintiohjelma pitäisi suunnitella siten, että laitteen säädöt pysyvät kalibrintivälin laatuksitavoitteen edellyttämässä rajoissa eikä arvoja tarvitse jälkikäteen korjata. Jos arvoja kuitenkin korjataan esimerkiksi vahvistuksen tai nollasson liiallisen ryömynnän vuoksi, on tehty korjaukset ja niiden perusteet dokumentoitava. Menettelyohjeissa tulee määrittellä, missä tilanteissa korjaus voidaan tehdä ja missä taas tulokset on kokonaan hylättävä.

Seuraavassa esitetään erilaisia teknisiä, rutiiniluonteisia ja tilastollisia menetelmiä epäilyttävien mittausravojen havaitsemiseksi.

Tekniset menetelmät pohjautuvat ennalta määrättyihin kriteereihin koskien lähinnä analysaattorin toimintaa (virtaus, lämpötila, paine, kalibrintitulokset jne.).

Automaattiset tiedonkeruujärjestelmät voivat tallentaa jo mittauksen aikana tietoa tuloksen laadusta merkitsemällä eri koodeilla esim. mittausralueen ylitykset sekä laitteiden kalibroinnit, huollot ja toimintahäiriöt. Tiedonkeruujärjestelmän suorittama laatuksitoodaus on tarkistettava.

Rutiinitarkastuksiin kuuluu:

- mittaustulosten identifioinnin tarkistus (aika, paikka ja mitattu suure);

- epätavallisten tapahtumien tarkistus (liikenneuhkat, rakennustoiminta, katujen harjaus tai muut puhtaanapitoimet, suuret yleisötilaisuudet jne., jotka voivat toimia epätavallisten pitoisuuksien selittävänä tekijänä) ja
- deterministinen tarkistus. Mittausaineistosta, jossa on kaksi tai useampia fysikaalisesti tai kemiallisesti toisistaan riippuvia yhdisteitä, tulisi tarkistaa, että yksittäisen komponentin mittausarvot eivät ole suurempia kuin vastaavat yhdistelmäkomponentin mittausarvot. Esimerkiksi NO:n mittausarvot eivät ylitä samaan aikaan samassa paikassa mitattuja NO<sub>x</sub>:n arvoja.

Tilastollisia menetelmiä voidaan käyttää arvioitaessa:

- mittausaineiston sisäistä johdonmukaisuutta (poikkeuksellisen korkeat ja matalat arvot ja suuret erot peräkkäisissä arvoissa);
- mittausaineiston johdonmukaisuutta aiemmin mitattujen arvojen kanssa (onko systemaattista eroa aiempiin vastaavana ajankohdan tuloksiin) ja
- samanaikaisten mittausaineistojen johdonmukaisuutta rinnakkaismittauksissa tai läheisillä asemilla.

Tilastollisia menetelmiä käyttävän tulee olla perehtynyt menetelmän oletuksiin ja rajoituksiin.

Yksittäisten mittausarvojen validoinnin perusteet voidaan tallettaa esimerkiksi tulokseen liitettävällä koodilla tai erillisellä kirjanpidolla. Myös validoinnissa hylätyt mittausarvot säilytetään. Dokumentoinnin pitäisi mahdollistaa kalibrointi- ja huoltosuunnitelman mukaisten huoltojen ja kalibrointien erottelu.

Koodauksessa voi olla eroteltuna perusteet hyväksytyille ja hylätyille tai puuttuville mittausarvoille esimerkiksi seuraavasti.

Hyväksytyt mittausarvot:

- hyväksytty sellaisenaan;
- hyväksytty korjattuna menettelytapaohjeen mukaisesti tai
- hyväksytty korjattuna menettelytapaohjeesta poikkeavasti.

Hylätyt tai puuttuvat mittausarvot, joiden syynä on:

- kalibrointi;
- nollatason säätö/tarkistus;
- huolto-ohjelman mukainen huolto;
- kalibrointi-arvojen (vahvistus, nollataso) liiallinen ryömintä;
- vika mittausjärjestelmässä/ennakoimaton huolto;
- virheellinen mittausarvo (usein esiintyville syille voi olla omat koodinsa) tai
- muu katkos mittauksissa.

Varmentamattomat mittausravot:

- mittausarvo, jolle ei ole vielä suoritettu validointimenettelyä.

Alkuperäiset mittaustulokset sekä tiedot niille suoritetuista toimenpiteistä ja niiden perusteista on säilytettävä siten, että raakatulosten korjaus- ja validointimenettely voidaan tarvittaessa tarkistaa ja toistaa. Myös tiedot toimenpiteiden suorittajasta, hyväksyjästä ja toimenpiteiden ajankohdasta talletetaan.

Myös mittausjärjestelmän asetukset ja tulosten muuntokertoimet on tallennettava samoin kuin kalibrointi- ja huoltotiedot.

Alkuperäisten tulosten lisäksi tallennetaan korjatut (kalibrointi-, lämpötila- ja painekorjaus sekä pitoisuusyksikkömuunnos) ja validoidut tulokset. Tarpeen mukaan tallennetaan myös hyväksytyistä tuloksista laskettuja aikakeskiarvoja ja muita tilastosuureita, esim. ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset pitoisuusarvot.

Mittaustiedot tallennetaan joko paperimuodossa tai digitaalisessa muodossa (esim. levykkeet, nauhat, kirjoittava CD-ROM). Tallennettavista tiedoista tehdään selkeät kuvaukset ja niihin liitetään viite arkistoon, jotta ne tarvittaessa löydetään.

Osana laatujärjestelmää mittaustulosten korjaus- ja validoinmenettelystä pitäisi olla kirjallinen kuvaus ja ohjeet.

## **5.2 Mittaustulosten vertaaminen ilmanlaadun tavoitteisiin**

### 5.2.1 Yleistä

Mittaustuloksiin perustuvaa ilmanlaadun arviointia suoritetaan sekä paikallisella, kansallisella että Euroopan tasolla. Näissä arvioinneissa mittajilta peräisin olevista validoiduista tunti- tai vuorokausiarvoista lasketaan tunnuslukuja, joita sitten käytetään mm. ilmanlaadun tavoitteisiin (ohje-, raja-, kynnys- ja tavoitearvot) vertaamiseen, asemien keskinäiseen vertailuun sekä ilmanlaadun muutosten arviointiin. Mittaustulosten vertaaminen ilmanlaadun tavoitteisiin tulisi eri tahoilla tehdä samoilla säännöillä, jotta tulosten perusteella tehtävät ilmanlaadun arvioinnit olisivat siltä osin vertailukelpoisia.

Tilastollisten tunnuslukujen laskenta suoritetaan yleensä tietokoneilla joko tätä tarkoitusta varten olevilla valmisohjelmilla tai esim. taulukkolaskentaohjelmilla tehdyillä sovelluksilla. Laskentaan käytettyjen tietojärjestelmien laskentatapojen oikeellisuus tulisi varmistaa laskemalla testattavalla järjestelmällä tilastolliset tunnusluvut laskentasääntöjen kannalta eri tapaukset esiin tuovalla testiaineistolla ja vertaamalla tuloksia varmistetulla tavalla saatuihin lukuihin. Järjestelmälle suoritettujen laskentamenetelmien varmistukset dokumentoidaan. Jos ohjelmasta asennetaan uusi versio, on testaus uusittava.

## 5.2.2 Pitoisuuksien yksiköt ja vertailuolosuhteet

Ilmanlaadun tavoitteisiin vertaamista varten kaasumaisten aineiden pitoisuudet ilmoitetaan yksikössä  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$  ja TRS) tai  $\text{mg}/\text{m}^3$  ( $\text{CO}$ ), missä tilavuus on ilmaistu lämpötilassa  $20\text{ }^\circ\text{C} = 293\text{ K}$  ja ilmanpaineessa  $1\text{ atm} = 101,3\text{ kPa}$ .

Kaasumaisia yhdisteitä käsitellään usein myös yksikössä ppb ("parts per billion" = miljardisosa =  $1/1000\ 000\ 000$ ). Taulukossa 5.1. ovat muuntokertoimet yksikköjen ppb ja  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  välillä yleisimmin mitatuille kaasuyhdisteille.

Taulukko 5.1 Muuntokertoimet yksikköjen ppb ja  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (273 K, 101,3 kPa) välillä yleisimmin mitatuille kaasumaisille yhdisteille.

Kaasu	ppb- $\rightarrow\mu\text{g}/\text{m}^3$ (273 K, 101,3 kPa)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ (273 K, 101,3 kPa) $\rightarrow$ ppb
$\text{O}_3$	1.996	0.501
$\text{NO}_2$	1.913	0.523
$\text{NO}$	1.248	0.801
$\text{SO}_2$	2.664	0.375
$\text{CO}$	1.165	0.858
TRS <sup>1)</sup>	1.333	0.750

<sup>1)</sup> ilmaistuna rikkinä perustuen rikkidioksidin mittaamiseen ennen ja jälkeen hapetuksen

Vuoteen 1996 saakka oli Suomessa ohjeena<sup>4</sup> ilmaista kaasumaiset pitoisuudet lämpötilassa  $0\text{ }^\circ\text{C} = 273\text{ K}$  ja ilmanpaineessa  $1\text{ atm}$ . Lämpötilassa  $0\text{ }^\circ\text{C}$  ilmaistut pitoisuudet ovat noin 7 % korkeampia kuin lämpötilassa  $20\text{ }^\circ\text{C}$  ilmaistut pitoisuudet, kun vertailupaine on sama. Lämpötilassa  $0\text{ }^\circ\text{C}$  ilmaistut pitoisuudet muunnetaan lämpötilassa  $20\text{ }^\circ\text{C}$  ilmaistuuksi pitoisuuksiksi kertoimella  $273/293 \approx 0,932$ .

Vuoteen 1996 saakka oli ohjeena ilmaista hiukkaspitoisuudet lämpötilassa 273 K ja ilmanpaineessa 101,3 kPa, kuten kaasumaiset pitoisuudetkin. Vastaavasti vuosina 1996–2001 oli ohjeena ilmoittaa kaikki hiukkasmittaukset lämpötilassa 293 K ja ilmanpaineessa 101,3 kPa, kuten kaasumaisten epäpuhtauksien pitoisuudetkin.

Ilmanlaatuasetuksen mukaan ilmanlaadun raja-arvoihin vertaamista varten hiukkasmaisten aineiden ( $\text{PM}_{10}$ , TSP, Pb) pitoisuudet ilmoitetaan nyt ulkoilman lämpötilassa ja paineessa. Jotta hiukkastulosten käsittelyssä ja raportoinnissa ei tarvittaisi eri lämpötiloissa ilmaistuja hiukkaspitoisuuksia raja- ja ohjearvovertailuja varten, suositellaan myös ohjearvoihin ( $\text{PM}_{10}$ , TSP) vertaaminen tehtäväksi ympäristön olosuhteissa ilmaistuilla pitoisuuksilla. Tämä voi lisätä hieman ohjearvojen ylitysten määrää.

<sup>4</sup> Ohjeet ilmanlaadun mittaamisesta ja mittaustulosten vertaamisesta ohjearvoihin. Ympäristöministeriö, Ympäristön- ja luonnonsuojeluosasto, Sarja B 7/1986.

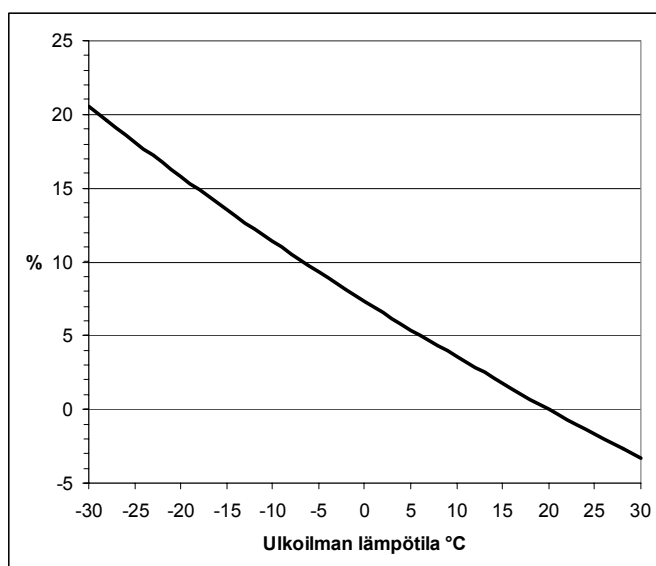
Olosuhteissa 293 K ja 101,3 kPa ja ulkoilman olosuhteissa ilmaistujen pitoisuuksien välisessä yksikkömuunnossa tarvitaan pitoisuusaikasarjaa vastaava ulkoilman lämpötila-aikasarjaa ja periaatteessa myös ilmanpaineaikasarjaa. Olosuhteissa 293 K ja 101,3 kPa ilmaistunut tunti- tai vuorokausipitoisuusarvo  $C_{293\text{ K}, 101,3\text{ kPa}}$  muutetaan ulkoilman lämpötilassa  $T_{ulko}$  [°C] ja paineessa  $p_{ulko}$  [mbar] ilmaistuksi pitoisuudeksi  $C_{ulko}$  kaavalla

$$C_{ulko} = C_{293\text{ K}, 101,3\text{ kPa}} \times \frac{293}{(273 + T_{ulko})} \times \frac{p_{ulko}}{1013}. \quad (5.1.)$$

Jatkuvatoimisissa mittauksissa muunnosta sovelletaan tuntikeskiarvoihin käyttäen ulkoilman lämpötilan ja paineen tuntikeskiarvoja. Vuorokausinäytteiden keruuseen perustuvissa menetelmissä muunnosta sovelletaan käyttäen ulkoilman lämpötilan ja paineen vuorokausikeskiarvoa keräystä vastaavalta ajalta.

Ilmanpaineen vaikutus Suomen oloissa kaavassa 5.1. on käytännössä niin vähäinen, ettei sitä yleensä tarvitse ottaa huomioon. Tekijän  $p_{ulko}/1013$  kaavassa 5.1. voi silloin korvata vakiolla 1. Ilmanpaineen vaihteluista aiheutuva virhe vuorokausiarvoihin on harvoin paria prosenttia suurempi ja kuukausi- tai vuosikeskiarvoihin yleensä alle prosentin.

Lämpötilan huomioimisesta aiheutuva korjaus on sen sijaan merkittävä verrattuna raja-arvojen ylittymisen valvonnassa sovellettavaan mittausepävarmuuden laatuavoitteeseen, joka on ilmanlaatuasetuksen mukaan enintään 25 % (kuva 5.1).



Kuva 5.1 Ulkoilman lämpötilassa ja lämpötilassa 20 °C ilmaistujen pitoisuuksien ero prosentteina lämpötilassa 20 °C ilmaistusta pitoisuudesta.

Vuosikeskiarvoa ulkoilman olosuhteisiin muunto nostaa Suomen olosuhteissa noin 5 %. Korkeita hiukkaspitoisuuksia esiintyy Suomessa eniten keväällä, jolloin lämpötila on vielä selvästi alle 20 °C ja siksi ulkoilman lämpötilassa ilmaistujen hiukkaspitoisuuksien tarkastelussa löytyy myös yleensä enemmän vuorokausiraja-arvon numeroarvon ylittäviä pitoisuuksia kuin tarkasteltaessa normaaliolosuhteissa ilmaistuja pitoisuuksia.

Lämpötilamittausten ei kuitenkaan tarvitse olla kovin tarkkoja hiukkasmittausten lämpötilakorjausta varten. Kuuden asteen epävarmuus lämpötilassa aiheuttaa noin 2 % epävarmuuden pitoisuuteen. Ulkoilman lämpötilaa ei siten tarvitse mitata aina hiukkasmittauksen vieressä vaan siihen kelpaa lähialueella sijaitseva mittaus, jos se vain edustaa lämpötilaolosuhteiden puolesta hiukkasmittausta vastaavaa paikkaa.

### 5.2.3 Mittaustulosten yhdistäminen

Tuntiarvolla tarkoitetaan yhden tunnin kestäneen näytteenoton pitoisuusarvoa tai lyhytaikaisemmista tuloksista laskettua keskiarvoa yhden tunnin ajalta. Jatkuvatomissa mittauksissa tuntiarvo voidaan hyväksyä, jos sen laskemiseen käytettävät arvot kattavat ajallisesti vähintään 75 % tunnista<sup>5</sup>. Mittaustulosten vertailtavuuden vuoksi tuntiarvojen tulisi edustaa aikaa, joka alkaa tasatunnista. Otsonin tavoitearvot on määritelty siten että niihin verrannollisten tunnuslukujen laskemiseen tarvitaan tasatunnein alkavat tuntiarvot.

Vuorokausiarvolla tarkoitetaan vuorokauden kestäneen näytteenoton pitoisuusarvoa tai tuntiarvoista laskettua vuorokausikeskiarvoa. Tuntiarvoista laskettu vuorokausiarvo voidaan hyväksyä, jos tuntiarvoista on hyväksytyjä yli 50 % eli vähintään 13, ja peräkkäisiä puuttuvia tuntiarvoja on korkeintaan 25 % eli kuusi<sup>5</sup>. Ilmanlaadun tavoitteisiin verrattaessa on suositeltavaa, että tuntiarvoista lasketut vuorokausiarvot edustavat aikaa, joka alkaa keskiyöllä Suomen normaaliaikaa.

Näytteenottoon perustuvissa menetelmissä näytteenoton alkuaika ei kuitenkaan tarvitse olla keskiyö. Näytteenoton alkukellonajan tulisi mahdollisuuksien mukaan olla kuitenkin päivästä toiseen sama tasatunti ja näytteenoton alkuaika on raportoitava toimitettaessa tietoja ympäristönsuojelun tietojärjestelmään.

Kahdeksan tunnin arvolla tarkoitetaan kahdeksan peräkkäisen tuntiarvon keskiarvoa. Tuntiarvoja on oltava käytettävissä vähintään kuusi. Pidemmän ajan tilastoja laskettaessa on suositeltavaa merkitä kahdeksan tunnin arvo kuuluvaksi sille päivälle, jolloin kahdeksan tunnin jakso päättyy. Vuoden, kuukauden tai päivän ensimmäisen kahdeksan tunnin arvo edustaa siten ajanjaksoa, joka alkaa

---

<sup>5</sup> Esitetyt mittausaineiston määrää koskevat vähimmäisvaatimukset perustuvat Neuvoston päätökseen 97/101/EY (ns. ilmanlaadun tietojenvaihtopäätös) sekä komission päätökseen 2001/752/EY sen liitteiden muuttamisesta.

edeltävänä päivänä klo 17:00 ja päättyy ko. päivänä klo 01:00. Vuoden, kuukauden tai päivän viimeinen 8 tunnin jakso taas alkaa viimeisenä päivänä klo 16:00 ja päättyy klo 24:00.

#### 5.2.4 Tunnuslukujen laskeminen

Kun mittaustuloksista laskettuja tunnuslukuja verrataan ohje- raja- ja kynnys- ja tavoitearvoihin, on tarkistettava, täytyvätkö mittaustaipaikan sijainnille, mittausten menetelmälle, mittaustulosten epävarmuudelle ja mittaustulosten määrälle asetetut vaatimukset tai laatuavoitteet. Jos vaatimukset tai laatuavoitteet eivät täyty, on siitä mainittava tulosten esittämisen ja raportoinnin yhteydessä.

Puutteellisestakin aineistosta voi kuitenkin todeta ohje-, raja- tai kynnysarvon ylittymisen, mikäli ohje-, raja- tai kynnysarvon ylittäviä pitoisuuksia on enemmän kuin sallittu määrä.

Mittausten laatuavoitteet ovat erilaiset jatkuville ja suuntaa-antaville mittauksille. Mikäli suuntaa antavissa mittauksissa aineiston määrä ei ole tilastosuureen laskentaohjeen mukaan riittävä, voi ylittymistä arvioida käyttämällä soveltuvaa tilastollista estimaattia. Mittausten tulisi kuitenkin olla silloinkin ajallisesti tasan jakautuneita tilastosuureen määrittäjäjälle.

Aineiston q. prosenttipiste on se aineiston pitoisuusarvo, jota pienempiä tai yhtä suuria pitoisuusarvoja aineistossa on q %. Verrattaessa mittaustuloksia ohje-, raja- tai kynnysarvoihin aineiston prosenttipiste lasketaan seuraavasti:

Aineiston hyväksytyt pitoisuusarvot järjestetään suuruusjärjestykseen pienimmästä suurimpaan:

$$X_1 \leq X_2 \leq \dots \leq X_K \leq \dots \leq X_{N-1} \leq X_N$$

Aineiston q. prosenttipiste on arvo  $X_K$ , missä  $K = (q/100) * N$  pyöristettynä lähimpään kokonaislukuun, kun N on hyväksytyjen arvojen lukumäärä tarkastelujaksolla.

Ellei ohje-, raja- tai tavoitearvoon vertaamisesta ole aineiston määrän suhteen muuta säädetty, suositellaan sovellettavaksi seuraavia kriteerejä tilastoarvojen hyväksymiselle<sup>6</sup>. Kalenterivuoden tai kuukauden keskiarvo ja mediaani (50. prosenttipiste) ovat hyväksyttäviä, jos aineiston määrä on vähintään 50 % jakson mahdollisista arvoista. Mediaania korkeammat aineiston prosenttipisteet ja suurimmat arvot ovat hyväksyttäviä, jos aineiston määrä on vähintään 75 % jakson mahdollisista arvoista. Mittaustulosten olisi kuitenkin mahdollisuuksien

<sup>6</sup> Esitetyt mittaustulosten määrää koskevat vähimmäisvaatimukset perustuvat Neuvoston päätökseen 97/101/EY (ns. ilmanlaadun tietojenvaihtopäätös) sekä komission päätökseen 2001/752/EY sen liitteiden muuttamisesta.



mukaan jakaannuttava tasaisesti laskentajakson ajalle. Kalenterivuotta koskevia tunnuslukuja laskettaessa talvi- (tammikuun alusta maaliskuun loppuun ja lokakuun alusta joulukuun loppuun) ja kesäkauden (huhtikuun alusta syyskuun loppuun) aineiston määrän välinen suhde ei saa olla suurempi kuin kaksi.

Raja-arvojen ylittymisen valvontaan käytettävissä mittauksissa laatutavoite koko vuoden aineiston vähimmäismäärälle on pääsääntöisesti 90 %, mikä ei kuitenkaan sisällä laitteiden säännöllisestä kalibroinnista tai normaalista kunnossapidosta aiheutuvaa tietohukkaa. Tavoitteen täyttymisen arvioimiseksi vähennetään ensin kalibrointien tai normaalin kunnossapidon vuoksi menetettyjen mittaustulosten yhteismäärä koko vuoden suurimmasta mahdollisesta mittauservojen määrästä. Pienin hyväksyttävä laatutavoitteen täyttävä aineiston määrä on 90 % tästä erotuksesta. Esimerkiksi, jos tuntiarvojen mittauksessa kalibrointien ja normaalin kunnossapidon vuoksi menetetään tuntiarvoja 5 % vuoden tunneista, on pienin laatutavoitteen täyttävä aineiston määrä 90 % 95 %:sta eli 85,5 % vuoden tunneista.

Kokonaisleijuman mittaukset voidaan tehdä joka vuorokausi, joka toinen vuorokausi tai joka kolmas vuorokausi. Mittauksia tulee tehdä koko kalenterivuosi ja valittua rytmitystä ei saa muuttaa tänä aikana. Hyväksytyjä vuorokausiarvoja tulee olla vuoden ajalta vähintään 100 ja niiden on jakaannuttava tasaisesti vuoden ajalle.

#### 5.2.5 Ohjearvot terveydellisten haittojen ehkäisemiseksi

Ilman epäpuhtauksien aiheuttamien terveydellisten haittojen ehkäisemiseksi on ohjeena, että hiilimonoksidin, typpidioksidin, rikkidioksidin ja hengitettävien hiukkasten pitoisuudet sekä kokonaisleijuma ulkoilmassa alueilla, missä asuu tai oleskelee ihmisiä ja missä ihmiset saattavat altistua ilman epäpuhtauksille, eivät ylitä taulukossa 5.2 esitettyjä pitoisuuksia.

Epäpuhtauden ohjearvo on ylittynyt, mikäli mittauservoista laskettu taulukon tilastollisen määrittelyn mukainen lukuarvo on suurempi kuin taulukossa 5.2. esitetty vastaava ohjearvo.

Taulukko 5.2 Ohjearvot terveydellisten haittojen ehkäisemiseksi

Epäpuhtaus	Ohjearvo (20 °C, 1 atm))	Tilastollinen määrittely
Hiilimonoksidi	20 mg/m <sup>3</sup> 8 mg/m <sup>3</sup>	Tuntiarvo Tuntiarvojen liukuva 8 tunnin keskiarvo
Tyypidioksidi	150 µg/m <sup>3</sup> 70 µg/m <sup>3</sup>	Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Rikkidioksidi	250 µg/m <sup>3</sup> 80 µg/m <sup>3</sup>	Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Hiukkaset, kokonaisleijuma (TSP)	120 µg/m <sup>3</sup> <sup>1)</sup> 50 µg/m <sup>3</sup> <sup>1)</sup>	Vuoden vuorokausiarvojen 98. prosenttipiste Vuosikeskiarvo
Hengitettävät hiukkaset (PM <sub>10</sub> )	70 µg/m <sup>3</sup> <sup>1)</sup>	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Haisevien rikkiyhdisteiden kokonaisuus (TRS)	10 µg/m <sup>3</sup>	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo TRS ilmoitetaan rikkinä

<sup>1)</sup> Hiukkaspitoisuudet suositellaan ilmoitettavan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

Hiilimonoksidin tuntiarvojen ohjearvo on annettu enimmäispitoisuutena, jolle ei sallita ylityksiä. Kaikki ylitykset kirjataan ilmoittamalla kunkin ylityksen päivämäärä, kellonaika ja pitoisuus.

Hiilimonoksidin kahdeksan tunnin arvot lasketaan liukuvana keskiarvona kahdeksasta peräkkäisestä tuntiarvosta esimerkiksi klo 7 - 15 ja 8 - 16 jne. Liukuva keskiarvo lasketaan myös yli vuorokaudenvaihteen esimerkiksi klo 20 - 04. Laskettaessa kahdeksan tunnin arvoista pidemmän ajan tilastoarvoja on suositeltavaa merkitä kahdeksan tunnin arvo sille päivälle, jona kahdeksan tunnin jakso päättyy.

Hiilimonoksidin kahdeksan tunnin ohjearvo on annettu enimmäispitoisuutena, jolle ei sallita ylityksiä. Kaikki ylitykset kirjataan ilmoittamalla ylityksen alkuaika ja pitoisuus.

Jos rikkidioksidin tai tyypidioksidin kalenterikuukauden tuntiarvoista puuttuu tai on hylätty yli 25 %, voidaan ohjearvon kuitenkin todeta ylittyneen jos 31 vuorokauden pituisen kalenterikuukauden tapauksessa seitsemänneksi korkein tai muiden kuukausien tapauksessa kuudenneksi korkein havaittu tuntiarvo on suurempi kuin tuntiohjearvo. Vastaavasti, jos kokonaisleijuman vuoden vuorokausiarvoista puuttuu tai on hylätty 25 % tai enemmän, ohjearvon voidaan todeta ylittyneen jos vuoden kahdeksanneksi korkein havaittu vuorokausiarvo on suurempi kuin vuorokausiohjearvo.

### 5.2.6 Tavoitearvo rikkilaskeumalle

Ilman pilaantumisen aiheuttamien järvi- ja metsäekosysteemivaikutusten ehkäisemiseksi Suomen metsätalousalueilla on pitkän ajan tavoitteena, että rikkilaskeuman vuosiarvo ei ylitä rikkinä  $0,3 \text{ g/m}^2$ . Laskeuman vuosiarvolla tarkoitetaan mittauksin tai mallilaskelmin määritettyä vuoden aikana kertynyttä laskeumaa.

Suomen ympäristökeskus seuraa valtakunnallisesti rikkilaskeumaa, joten paikallinen seuranta ei näin ollen ole pääsääntöisesti tarpeen.

### 5.2.7 Raja-arvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi

Ilman epäpuhtauksien aiheuttamien terveyshaittojen ehkäisemiseksi alueilla, joilla asuu tai oleskelee ihmisiä ja joilla ihmiset saattavat altistua ilman epäpuhtauksille, rikkidioksidin, typpidioksidin, hiukkasten, lyijyn, hiilimonoksidin tai bentseenin pitoisuudet ulkoilmassa eivät saa ylittää taulukossa 5.3 esitettyjä raja-arvoja.

Taulukko 5.3 Raja-arvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi

Aine	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo $\mu\text{g/m}^3$ (293 K, 101,3 kPa)	Sallittujen ylitysten määrä kalenterivuodessa (vertailujakso)	Ajankohta, jolloin pitoisuuksien viimeistään tulee olla raja-arvoa pienemmät
Rikkidioksidi ( $\text{SO}_2$ )	1 tunti	350	24	1.1.2005
	24 tuntia	125	3	1.1.2005
Typpidioksidi ( $\text{NO}_2$ )	1 tunti	200	18	1.1.2010
	Kalenterivuosi	40	-	1.1.2010
Hiukkaset ( $\text{PM}_{10}$ )	24 tuntia	50 <sup>1)</sup>	35	1.1.2005
	Kalenterivuosi	40 <sup>1)</sup>	-	1.1.2005
Lyijy (Pb)	Kalenterivuosi	0,5 <sup>1)</sup>	-	15.8.2001
Hiilimonoksidi (CO)	8 tuntia <sup>2)</sup>	10 000	-	1.1.2005
Bentseeni ( $\text{C}_6\text{H}_6$ )	kalenterivuosi	5	-	1.1.2010

1) Tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

2) Vuorokauden korkein 8 tunnin keskiarvo, joka valitaan tarkastelemalla 8 tunnin liukuvia keskiarvoja. Kukin kahdeksan tunnin jakso osoitetaan sille päivälle, jona jakso päättyy.

Epäpuhtauden tunti- tai vuorokausiraja-arvo on ylittynyt, mikäli kalenterivuoden mittausaineistossa on raja-arvon numeroarvon ylittäviä tunti- tai vuorokausiarvoja (24 tuntia) enemmän kuin taulukossa 5.3. ilmoitettu sallittujen ylitysten määrä. Vuosikeskiarvoille ja hiilimonoksidin vuorokauden korkeimmalle 8 tunnin keskiarvolle ei sallita ylityksiä. Vuosikeskiarvon raja-arvo on ylittynyt, jos mittausaineistosta laskettu vuosikeskiarvo on suurempi kuin taulukossa esitetty vastaava raja-arvo. Hiilimonoksidin 8 tunnin raja-arvo

on ylittynyt, mikäli jokin mittausaineiston liukuvista 8 tunnin keskiarvoista on ko. raja-arvoa suurempi.

Vanhan valtioneuvoston päätöksen (481/1996) mukaiset raja-arvot rikkidioksidin, typpidioksidin ja kokonaisleijuman pitoisuuksille on sisällytetty ilmanlaatuasetuksen siirtymäsäännökseen (taulukko 5.4), ja ne ovat voimassa siihen asti, kunnes asetuksessa säädettyjä uusia raja-arvoja on noudatettava (ks. taulukon 5.3. viimeinen sarake).

Alueilla, joilla asuu tai oleskelee ihmisiä ja joilla ihmiset saattavat altistua ilman epäpuhtauksille, rikkidioksidin, typpidioksidin ja hiukkasten pitoisuudet eivät saa ylittää taulukossa 5.4 esitettyjä raja-arvoja.

Taulukko 5.4 Siirtymäsäännöksen raja-arvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi

Aine	Tilastollinen määrittely	Raja-arvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (293 K, 101,3 kPa)
Rikkidioksidi ( $\text{SO}_2$ )	vuoden vuorokausiarvojen mediaani	80
	vuoden vuorokausiarvojen 98. prosenttipiste	250
Typpidioksidi ( $\text{NO}_2$ )	vuoden tuntiarvojen 98. prosenttipiste	200
Hiukkaset, kokonaisleijuma (TSP)	vuoden vuorokausiarvojen 95. prosenttipiste	300 <sup>1)</sup>
	Vuosikeskiarvo	150 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

Epäpuhtauden raja-arvo on ylittynyt, mikäli mittausaineistosta taulukon 5.4. tilastollisen määrittelyn mukaan laskettu lukuarvo on suurempi kuin taulukossa esitetty vastaava raja-arvo.

Hiukkasten kokonaisleijuman pitoisuus voidaan arvioida myös hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien perusteella. Tällöin kokonaisleijuman raja-arvoon verrannollinen pitoisuus lasketaan kertomalla hengitettävien hiukkasten mitattu pitoisuus kertoimella 1,2.

### 5.2.8 Raja-arvot kasvillisuuden ja ekosysteemien suojelemiseksi

Ilman epäpuhtauksien aiheuttamien välittömien kasvillisuusvaikutusten ja ekosysteemeissä aiheutuvien vaikutusten ehkäisemiseksi laajoilla maa- ja metsätalousalueilla ja luonnonsuojelun kannalta merkityksellisillä alueilla rikkidioksidin tai typen oksidien pitoisuudet ulkoilmassa eivät saa ylittää taulukossa 5.5 esitettyjä raja-arvoja.

Taulukko 5.5 Raja-arvot kasvillisuuden ja ekosysteemien suojelemiseksi

Aine	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (293 K, 101,3 kPa)	Ajankohta, jolloin pitoisuuksien viimeistään tulee olla raja-arvoa pienemmät
Rikkidioksidi ( $\text{SO}_2$ )	kalenterivuosi ja talvikausi (1.10.-31.3.)	20	15.8.2001
Typen oksidit ( $\text{NO}_x$ )	kalenterivuosi	30	15.8.2001

Epäpuhtauden raja-arvo on ylittynyt, jos mittausaineistosta laskettu taulukon 5.5 keskiarvon laskenta-ajan mukainen keskiarvo on suurempi kuin taulukossa esitetty vastaava raja-arvo.

Typen oksidien pitoisuus ilmoitetaan typpidioksidina. Se lasketaan typpidioksidin ja typpimonoksidin pitoisuuden summana (yksikössä  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) muuntamalla mitattu typpimonoksidipitoisuus (yksikössä  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ensin typpidioksidiksi (yksikössä  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) kertomalla arvo luvulla 1,53 ja laskemalla sen jälkeen näin saatu pitoisuusarvo ja typpidioksidin mitattu pitoisuus (yksikössä  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) yhteen.

### 5.2.9 Otsonin tavoite- ja kynnsarvot

Terveyshaittojen ehkäisemiseksi ja kasvillisuuden suojelemiseksi otsonin tavoitearvot vuodelle 2010 on esitetty taulukossa 5.6.

Taulukko 5.6 Otsonin tavoitearvot vuodelle 2010

	Tunnusluku	Tavoitearvo vuodelle 2010 (293 K, 101,3 kPa)
Terveyshaittojen ehkäiseminen	Korkein päivittäinen kahdeksan tunnin keskiarvo	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , joka saa ylittyä enintään 25 päivänä kalenterivuodessa kolmen vuoden keski-arvona
Kasvillisuuden suojeleminen	AOT40 laskettuna 1.5.-31.7. ajan tuntiarvoista	18 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ h viiden vuoden keskiarvona

Korkein päivittäinen kahdeksan tunnin keskiarvo valitaan tarkastelemalla 8 tunnin liukuvia keskiarvoja. Kukin kahdeksan tunnin jakso osoitetaan sille päivälle, jona se päättyy. Edellä taulukossa tarkoitettujen vuoden 2010 tavoitearvojen toteutuminen lasketaan aineistosta, jonka ensimmäinen vuosi on 2010. Jos taulukossa tarkoitettuja kolmen tai viiden vuoden keskiarvoja ei voida laskea täydellisten ja perättäisten vuosittaisten tietojen perusteella, terveyshaittojen ehkäisemistä koskevan tavoitearvon toteutumisen tarkistamiseksi riittävät pitoisuustiedot yhdeltä vuodelta ja kasvillisuuden

suojelemista koskevan tavoitearvon toteutumisen tarkistamiseksi tiedot kolmelta vuodelta.

Terveyshaittojen ehkäisemiseksi ja kasvillisuuden suojelemiseksi pitkän ajan tavoitteet otsonille on esitetty taulukossa 5.7.

Taulukko 5.7 Otsonin pitkän ajan tavoitearvot

	Tunnusluku	Pitkän ajan tavoite (293 K, 101,3 kPa)
Terveyshaittojen ehkäiseminen	Korkein päivittäinen kahdeksan tunnin keskiarvo	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ kalenterivuoden aikana
Kasvillisuuden suojeleminen	AOT40, joka lasketaan 1.5.-31.7. ajan tunti-arvoista	6 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ h

Korkein päivittäinen kahdeksan tunnin keskiarvo valitaan tarkastelemalla 8 tunnin liukuvia keskiarvoja. Kukin kahdeksan tunnin jakso osoitetaan sille päivälle, jona se päättyy.

AOT40:llä ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$ ) tarkoitetaan otsonin kuormitusta, joka ilmaistaan 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ylittävien tuntipitoisuuksien ja 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  erotuksen kumulatiivisena summana laskettuna päivittäisistä tunti-arvoista määrättyä ajanjaksolta. Kasvillisuuden suojelemiseksi annettu AOT40 tavoitearvo ja pitkänajan tavoitearvo lasketaan tunti-arvoista, jotka mitataan klo 9.00–21.00 välisenä aikana Suomen normaaliaikaa, joka on klo 10.00–22.00 Suomen kesäaikaa.

Otsonin tiedotuskynnys on 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (293 K, 101,3 kPa) tuntikeskiarvona. Otsonin varoituskynnys on 240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (293 K, 101,3 kPa) tuntikeskiarvona.

### 5.3 Raportointi ja tiedotus

Mittaustulosten raportoinnin ja tiedotuksen tulisi olla säännöllistä ja tavoittaa kaikki ilmanlaadusta tietoa tarvitsevat. Esittämistapaa valittaessa on otettava huomioon, kenelle tiedotetaan ja mitä tietoja tämä tarvitsee.

#### 5.3.1 Raportointi

Säännöllinen raportointi voi käsittää mm. kuukausi-, osavuosi- ja vuosiraportteja sekä erillisiä mittausraportteja. Mittaustuloksia voidaan välittää myös mittausverkon omilla Internet -sivuilla sekä erillisillä tiedotteilla.

Vuosiraportti tehdään kalenterivuoden päätyttyä. Vuosiraportissa esitetään tarkkailun tavoitteet, mittauksen toteuttaminen ja tulokset sekä arvioidaan mittauksen edustavuutta ja luotettavuutta. Pitoisuuksia verrataan ilmanlaadun ohje-, raja- ja kynnysarvoihin ja arvioidaan ilmanlaatua mittauksien perusteella. Jos ohje-, raja- tai kynnysarvot ylittyvät, esitetään vuosiraportissa

ylitysten yleisyys ja suuruus sekä todennäköiset syyt. Vuosiraportin runko on esitetty liitteessä 14.

Mittaustulokset tulee esittää selkeästi sellaisessa muodossa, että ilmanlaadun ja sen arvioinnin kannalta oleellinen tieto tulee esiin ja mittaustulosten vertailu ohje-, raja- ja kynnysarvoihin on yksikäsitteistä. Tulosten lisäksi on esitettävä tulosten arvioinnin kannalta oleellinen tausta-aineisto. Tulosten esittämisessä on hyvä käyttää useita erilaisia esitysmuotoja ja ottaa huomioon graafisen esityksen edut. Tulosten esittämisessä voidaan hyödyntää myös ilmanlaatuindeksiä.

### 5.3.2 Tiedottaminen yleisölle

Lainsäädännön eräs keskeinen tavoite on saada ilmanlaadusta riittävästi tietoa ja parantaa tietojen hyväksikäyttöä. Ilmanlaadun puitedirektiivi ja uudet tytärdirektiivit velvoittavat jäsenvaltioita jakamaan kansalaisilleen ajantasaista tietoa ilman epäpuhtauksista. Kansalaisia tulee myös informoida mm. ilmanlaadun parantamiseen tähtäävistä suunnitelmista ja ohjelmista, toimivaltaisista viranomaisista ja kaikista ilmanlaadun huononemiseen liittyvistä seikoista.

Raja-arvojen valvontaan liittyvistä mittauksista tiedottaminen on pakollista. Näiden tietojen on oltava asiaankuuluvien järjestöjen kuten ympäristö- ja kuluttajajärjestöjen ja ilman epäpuhtauksien vaikutuksille herkkiä väestöryhmiä edustavien järjestöjen sekä terveydenhuollosta vastaavien elinten saatavilla esimerkiksi radion ja television, lehdistön, ilmoitustaulujen tai tietoverkkojen välityksellä.

Tiedot pitoisuuksista tulisi saattaa ajan tasalle vähintään päivittäin, tuntipitoisuuksien osalta mahdollisuuksien mukaan tunneittain. Lyijy- ja bentseenipitoisuuksien osalta tiedot on saatettava ajan tasalle vähintään neljännesvuosittain.

Yleisölle jaettavan tiedon tulee vähintään sisältää raja-arvopitoisuuksien ja varoitus- ja tiedotuskynnysten ylitykset. Jos epäpuhtauden tunti- tai vuorokausipitoisuuden raja-arvon numeroarvo ylittyy, on siitä tiedotettava viipymättä väestölle. Tiedoissa on oltava maininta mitattujen pitoisuuksien suhteesta raja-arvoihin sekä kyseisten epäpuhtauksien terveysvaikutuksista.

Jos epäpuhtauden tiedotuskynnys tai varoituskynnys ylittyy, väestölle on tiedotettava ilman epäpuhtauksien aiheuttamasta vaarasta tai väestöä on varoitettava siitä. Varoitus- ja tiedotuskynnysten ylittyessä väestölle annettavat tiedot on esitetty liitteen 2 liitteessä 5 ja liitteen 4 liitteessä 4. Tiedot annetaan radion, television tai lehtien välityksellä.

Ajantasaisessa väestölle tiedottamisessa on suositeltavaa merkitä tuntiarvo sille tasatunnille, jolloin tuntiarvoa edustava jakso päättyy. Talviaikana tiedottamisessa käytetään Suomen normaaliaikaa ja kesäaikana kesäaikaa.

Muistakin kuin raja-arvojen valvontaan liittyvistä mittauksista tiedottaminen on suositeltavaa ja siinä voidaan noudattaa em. ohjeita soveltuvin osin.

Ajantasainen tai lähes ajantasainen tiedottaminen perustuu yleensä varmentamattomiin tuloksiin. Tiedotusjärjestelmän pitäisi mahdollisuuksien mukaan kuitenkin pystyä estämään virheellisten tulosten käyttö tiedottamisessa.

### 5.3.3 Tietojen raportointi ympäristönsuojelun tietojärjestelmään

Ilmanlaadun seurantamittausten tiedot kerätään ympäristönsuojelulain (86/2000) mukaiseen ympäristönsuojelun tietojärjestelmään. Ilmatieteen laitos ja Suomen ympäristökeskus ovat 3.1.2001 sopineet, että Ilmatieteen laitos hoitaa tietojen kokoamisen mittaajilta ja tietojen toimittamisen ilmanlaadun ympäristönsuojelun tietojärjestelmään. Ilmatieteen laitos pitää tiedoista omaa ilmanlaadun seurannan tietokantaa (ILSE) ja toimittaa tiedot edelleen Suomen ympäristökeskukselle valmiina tietokantana.

Mittaajien on toimitettava kalenterivuoden tiedot seuraavan vuoden huhtikuun 15. päivään mennessä. Tietojen toimittamisesta annetaan erilliset ohjeet. Ilmanlaadun seurannan mittausverkon perustamisesta on ilmoitettava Ilmatieteen laitokselle. Ilmoituksen voi tehdä sähköpostilla osoitteeseen [ilmanlaatu.kysely@fmi.fi](mailto:ilmanlaatu.kysely@fmi.fi).

Toimittaessa tietoja ympäristönsuojelun tietojärjestelmään on mittaustulosten kaikkien oltava ilmaistu Suomen normaaliajassa eli talviajassa. Esimerkiksi tuntiarvo merkitään sille tasatunnille, jolloin tuntiarvoa edustava jakso alkaa Suomen normaaliajassa.

Valtioneuvoston asetuksen 783/2003 mukaiseen otsonipitoisuuksien valvontaan osallistuvien mittaajien on toimitettava kesäkauden 1.4.–30.9. ajalta Ilmatieteen laitokselle tiedot kalenterikuukauden korkeimmasta tuntiarvosta sekä luettelon päivistä, jolloin terveyden suojelun pitkän ajan tavoite ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  8 tunnin keskiarvona) on ylittynyt sekä ko. päivien korkeimman 8 tunnin keskiarvon. Tiedot on toimitettava 15. lokakuuta mennessä. Lisäksi mittaajan on toimitettava tiedot väestön tiedotuskynnyksen (otsonin tuntikeskiarvo  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ylityksistä Ilmatieteen laitokselle mahdollisimman pian havainnon jälkeen. Väestön tiedotuskynnyksen ylittyminen on Suomessa epätodennäköistä kaupunkimittauksissa ja erittäin harvinaista maaseudullakin. Otsonin kesäkauden raportointitiedot voivat perustua varmistamattomiin tietoihin ja niihin voi tehdä myöhemmin korjauksia. Ilmatieteen laitos raportoi tiedot edelleen Euroopan yhteisöjen komissiolle ja Euroopan ympäristökeskukselle



(EEA) kesäkauden otsoniraportointia varten. Otsonin kesäkauden tulosten raportoinnista annetaan mittajille erikseen tarkemmat ohjeet.

Mittajilta ILSE-tietokantaan kerättyjä tietoja käytetään kansallisesti ilmansuojelun tutkimukseen, suunnitteluun ja valvontaan. Tietoja käytetään mm. ilmanlaadun puitedirektiivin (96/62/EY) mukaisissa ilmanlaadun alustavissa arvioinneissa, joiden perusteella arvioidaan seurannan tarve (seurannassa käytettävät menetelmät, mittausasemien määrä ja sijainti jne.) seuranta-alueilla. Näissä arvioinneissa käytetään viiden edeltävän vuoden mittaustuloksia ja arvioinnit on uusittava vähintään viiden vuoden välein.

Mittajilta kerättyjä ILSE-tietokantaan talletettuja tietoja toimitetaan vuosittain EY:n komissiolle ja EEA:lle. Vuosittaisen tietojen toimitukset liittyvät direktiivien mukaiseen ilmanlaadun arviointiin, neuvoston päätökseen 97/101/EY ilmanlaadun tietojenvaihdosta sekä EEA:n EUROAIRNET-ohjelmaan (<http://www.nilu.no/niluweb/services/euroairnet/>) Tietojenvaihtopäätöksen ja EUROAIRNET-ohjelman puitteissa kerätyt tiedot tulevat yleisön saataville AIRBASE-tietojärjestelmän (<http://www.etcaq.rivm.nl/airbase>) kautta. Tietoja käytetään muun muassa EEA:n ja sen ilmanlaadun ja ilmastomuutoksen aihekeskuksen raporteissa.

## 6 VIITTEET

CEN, 2002. Air quality. Approach to uncertainty estimation for ambient air reference measurement methods. CEN Report CR 14377:2002

EC Working group on Particulate Matter, 2002. Guidance to member states on PM10 monitoring and intercomparisons with the reference method. Draft final report, pp.69.

EC Working group on Guidance for the Demonstration of Equivalence, 2003. Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods. Report (draft), pp. 74

2000/69/EY, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi, annettu 16 päivänä marraskuuta 2000, ilmassa olevan bentseenin ja hiilimonoksidin raja-arvoista.

2002/3/EY, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi, annettu 12 päivänä helmikuuta 2002, ilman otsonista.

1999/30/EY, Neuvoston direktiivi, annettu 22 päivänä huhtikuuta 1999, ilmassa olevien rikkidioksidin, typpidioksidin ja typen oksidien, hiukkasten ja lyijyn raja-arvoista.

97/101/EY, Neuvoston päätös, tehty 27 päivänä tammikuuta 1997, ilman epäpuhtauksia mittaavien jäsenvaltioiden mittausasemaverkostojen ja yksittäisten mittausasemien tietojenvaihtojärjestelmän käyttöönottamisesta.

2001/752/EY, Komission päätös, tehty 17 päivänä lokakuuta 2001, ilman epäpuhtauksia mittaavien jäsenvaltioiden mittausasemaverkostojen ja yksittäisten mittausasemien tietojenvaihtojärjestelmän käyttöönottamisesta tehdyn neuvoston päätöksen 97/101/EY liitteiden muuttamisesta.

European Environment Agency, 1999. Criteria for EUROAIRNET. The EEA Air Quality Monitoring and Information Network. Technical Report no. 12. Feb. 1999.

EY:n komissio, 2003. Komission päätös, tehty 16 päivänä tammikuuta 2003, direktiivissä 1999/30/EY säädetyssä PM<sub>2,5</sub>-pitoisuuksien näytteenotossa ja mittaamisessa käytettävää väliaikaista referenssimenetelmää koskevista ohjeista. EYVL L 12/31-33.

Garber, Wolf et al., 2002. Guidance on the Annexes to Decision 97/101/EC on Exchange of Information as revised by Decision 2001/752/EC.

ISO, 1995. Guide to the expression of uncertainty in measurement, (GUM). Pp. 101.

Larssen, Steinar, et al., 1997. Criteria for the design of EUROAIRNET. The EEA Air Quality Monitoring and Information Network. Draft 10. Sept. 1997.

Mittatekniikan keskus, 2002. Tietokoneavusteisten mittaus- ja testausjärjestelmien varmistusmenettelyt. FINAS S21/2002. Mittatekniikan keskus, Helsinki. 31 s.

Pietarila, Harri, et al., 2003. Ilmanlaadun alustava arviointi Suomessa. Otsoni. Ilmatieteen laitos, Helsinki. 50 s. liite. 16 s.

SFS 3700,1998 Metrologia. Perus- ja yleistermien sanasto

Sillanpää, Markus, et al., 2002. PM10 monitoring and intercomparison with the reference sampler in Helsinki. Report.

Van Aalst, Roel, et al., 1997. Guidance Report on Preliminary Assessment under EC Air Quality Directives, Final Draft, 14. Nov. 1997.

Ympäristöministeriö, 1986. Ohjeet ilmanlaadun mittaamisesta ja mittaustulosten vertaamisesta ohjearvoihin. Ympäristöministeriö, Ympäristön- ja luonnonsuojeluosasto, Sarja B7/1986.

Guidance on assessment under the EU Air Quality Directives, Final Draft.

## **7 WWW-OSOITTEITA**

<http://europa.eu.int/eur-lex/>

<http://europa.eu.int/comm/environment/air/index.htm>

<http://europa.eu.int/comm/environment/air/ambient.htm>

<http://www.etcaq.rivm.nl/airbase>

<http://www.nilu.no/niluweb/services/euroairnet>

<http://www.finlex.fi/>

<http://www.fmi.fi/ilmanlaatu>

<http://www.mikes.fi>

<http://www.bam.de>

## LIITELUETTELO

- Liite 1 Valtioneuvoston päätös ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeumasta (480/1996)
- Liite 2 Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta (711/2001)
- Liite 3 Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta annetun valtioneuvoston asetuksen muuttamisesta (784/2003)
- Liite 4 Valtioneuvoston asetus alailmakehän otsonista (783/2003)
- Liite 5 Standardiluettelo
- Liite 6 Haisevien rikkiyhdisteiden (TRS) mittaaminen
- Liite 7 Näytteenoton järjestäminen
- Liite 8 Laatu järjestelmä
- Liite 9 Ilmanlaadun mittausaseman kuvaus
- Liite 10 Kalibrointipöytäkirja
- Liite 11 Mittauspöytäkirja
- Liite 12 Kaasunormaalien jäljitettävyys
- Liite 13 Mittausten epävarmuus
- Liite 14 Esimerkki vuosiraportin rungosta

## Valtioneuvoston päätös

### ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta

Annettu Helsingissä 19 päivänä kesäkuuta 1996

Valtioneuvosto on 25 päivänä tammikuuta 1982 annetun ilmansuojelulain (67/82) 9 §:n nojalla, sellaisena kuin se on 22 päivänä joulukuuta 1995 annetussa laissa (1711/95), ympäristöministeriön esittelystä päättänyt:

#### 1 §

##### *Soveltamisala ja ohjearvojen huomioonottaminen*

Tämän päätöksen mukaiset ohjearvot on otettava huomioon ilman pilaantumisen ehkäisemiseksi suunnittelussa kuten maankäytön ja liikenteen suunnittelussa, rakentamisen muussa ohjauksessa ja ilman pilaantumisen vaaraa aiheuttavien toimintojen sijoittamisessa ja lupakäsittelyssä.

Tavoitteena on, että ohjearvojen ylittyminen estetään ennakolta. Ohjearvojen ylittyminen on pyrittävä estämään pitkällä aikavälillä alueilla, joilla ilmanlaatu on tai saattaa toistuvasti olla huonompi kuin ohjearvo edellyttäisi. Ilmalupaa koskevassa päätökses-

sä on lisäksi otettava huomioon toiminnan luonne ja sen vaikutus ympäristöön siten kuin ilmansuojelulain 7 §:n 2 momentissa säädetään.

#### 2 §

##### *Ohjearvot terveydellisten haittojen ehkäisemiseksi*

Ilman epäpuhtauksien aiheuttamien terveydellisten haittojen ehkäisemiseksi on ohjeena, että hiilimonoksidin, typpidioksidin, rikkidioksidin ja hengitettävien hiukkasten pitoisuudet sekä kokonaisleijuma ulkoilmassa alueilla, missä asuu tai oleskelee ihmisiä ja missä ihmiset saattavat altistua ilman epäpuhtauksille, ovat enintään seuraavat:

Aine	Ohjearvo (20 °C, 1 atm)	Tilastollinen määrittely
Hiilimonoksidi (CO)	20 mg/m <sup>3</sup> 8 mg/m <sup>3</sup> nin keskiarvo	tuntiarvo tuntiarvojen liukuva 8 tun
Typpidioksidi (NO <sub>2</sub> )	150 µg/m <sup>3</sup> prosenttipiste 70 µg/m <sup>3</sup> vuorokausiarvo	kuukauden tuntiarvojen 99. kuukauden toiseksi suurin
Rikkidioksidi (SO <sub>2</sub> )	250 µg/m <sup>3</sup> prosenttipiste 80 µg/m <sup>3</sup> vuorokausiarvo	kuukauden tuntiarvojen 99. kuukauden toiseksi suurin
Hiukkaset, kokonaisleijuma (TSP)	120 µg/m <sup>3</sup> 98. prosenttipiste 50 µg/m <sup>3</sup>	vuoden vuorokausiarvojen vuosikeskiarvo
Hengitettävät hiukkaset (PM <sub>10</sub> )	70 µg/m <sup>3</sup>	kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Haisevien rikkidyhdisten kokonaismäärä (TRS)	10 µg/m <sup>3</sup>	kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo TRS ilmoitetaan rikkinä

Aineiston q. prosenttipiste on se pitoisuusarvo, jota pienempiä pitoisuusarvoja aineistossa on q %. Prosenttipiste määritetään siten, että aineiston hyväksytyt pitoisuusarvot järjestetään suuruusjärjestykseen pienimmästä suurimpaan seuraavasti:  
 $X_1 \leq X_2 \leq \dots \leq X_k \leq \dots \leq X_{N-1} \leq X_N$ , jolloin q. prosenttipiste on arvo  $X_k$ , missä  $k = (q/100)$   
 \* N pyöristettynä lähimpään kokonaislukuun ja N on hyväksytyjen arvojen lukumäärä vertailujaksolla.

3 §

*Ohjearvot kasvillisuusvaikutusten ehkäisemiseksi*

Ilman epäpuhtauksien aiheuttamien välitömiön kasvillisuusvaikutusten ehkäisemiseksi laajoilla maa- ja metsätalousalueilla ja luonnonsuojelun kannalta merkityksellisillä

alueilla on ohjeena, että typen oksidien vuosikeskiarvo, jolla tarkoitetaan typpioksidin ja typpidioksidin yhteistä pitoisuutta, ei ylitä 30 µg/m<sup>3</sup> (20 °C, 1 atm) typpidioksidiksi laskettuna ja että rikkidioksidin vuosikeskiarvo ei ylitä 20 µg/m<sup>3</sup> (20 °C, 1 atm).

4 §

*Tavoitearvo rikkilaskeumalle*

Ilman epäpuhtauksista järvi- ja metsä-ekosysteemeissä aiheutuvien vaikutusten ehkäisemiseksi Suomen metsätalousalueilla keskimäärin on pitkän ajan tavoitteena, että rikkilaskeuman vuosiarvo ei rikkinä ylitä 0,3 g/m<sup>2</sup>.

Tavoitearvoon tulee pyrkiä kansainvälisin ja kansallisin toimin.

5 §

*Täytäntöönpano-ohjeet*

Ympäristöministeriö antaa tarkempia ohjeita ilmanlaadun mittaus- ja määrittämenetelmistä ja niiden soveltamisesta sekä tämän päätöksen muusta täytäntöönpanosta.

6 §

*Voimaantulo*

Tämä päätös tulee voimaan [1] päivänä syyskuuta 1996.

Tällä päätöksellä kumotaan 28 päivänä kesäkuuta 1984 annettu valtioneuvoston päätös ilman laatua koskevista ohjeista (537/84).

Helsingissä 19 päivänä kesäkuuta 1996

Ympäristöministeri *Pekka Haavisto*

Neuvotteleva virkamies Seppo Sarkkinen

N:o 711

## Valtioneuvoston asetus

### ilmanlaadusta

Annettu Helsingissä 9 päivänä elokuuta 2001

Valtioneuvoston päätöksen mukaisesti, joka on tehty ympäristöministeriön esittelystä, säädetään 4 päivänä heinäkuuta 2000 annetun ympäristönsuojelulain (86/2000) 11 ja 117 §:n nojalla:

#### 1 §

##### *Tavoite*

Tämän asetuksen tavoitteena on ehkäistä ja vähentää ympäristön pilaantumista vahvistamalla raja-arvot tässä asetuksessa tarkoitetuille ilman epäpuhtauksille ja ajankohdat, jolloin epäpuhtauksien pitoisuuksien tulee viimeistään olla raja-arvoja pienemmät.

Alueilla, joilla ilman epäpuhtauksien pitoisuudet eivät ylitä raja-arvoja, ilmanlaatu on pyrittävä pitämään mahdollisimman hyvänä.

#### 2 §

##### *Määritelmät*

Tässä asetuksessa tarkoitetaan:

1) *ilmalla* ulkoilmaa, lukuun ottamatta ulkoilmaa työpaikoilla;

2) *epäpuhtaudella* ihmisen suoraan tai välillisesti ilmaan päästämää ainetta, jolla

voi olla haitallisia terveys- tai ympäristövaikutuksia;

3) *ilmanlaadun seurannalla* menetelmiä, joilla mitataan, lasketaan, ennustetaan tai muulla tavoin arvioidaan epäpuhtauksien pitoisuutta ilmassa;

4) *raja-arvolla* ilman epäpuhtauden pitoisuutta, joka on alitettava määräajassa ja jota ei saa ylittää sen jälkeen, kun se on alitettu;

5) *tiedotuskynnyksellä* ilman epäpuhtauden pitoisuutta, jonka ylittyessä lyhytaikainenkin altistuminen voi vaarantaa ilman epäpuhtauksille herkkien väestöryhmien terveyttä;

6) *varoituskynnyksellä* ilman epäpuhtauden pitoisuutta, jonka ylittyessä lyhytaikainenkin altistuminen voi vaarantaa yleisesti ihmisten terveyttä;

7) *seuranta-alueella* yhden tai useamman alueellisen ympäristökeskuksen toimialuetta taikka väestökeskittymää, johon voi kuulua yksi tai useampi kunta;

8) *väestökeskittymällä* yhtä tai useampaa kuntaa tai muuta taajaan rakennettua aluetta,



jonka asukasluku on vähintään 250 000;

9) *typen oksidien (NO<sub>x</sub>) pitoisuudella* typpidioksidin ja typpioksidin yhteenlaskettua pitoisuutta typpidioksidiksi laskettuna;

10) *hengitettävillä hiukkasilla (PM<sub>10</sub>)* hiukkasia, joiden aerodynaaminen halkaisija on alle 10 µm;

11) *pienhiukkasilla (PM<sub>2,5</sub>)* hiukkasia, joiden aerodynaaminen halkaisija on alle 2,5 µm;

12) *ylemmällä arviointikynnyksellä* ilman epäpuhtauden pitoisuutta, jota korkeammissa pitoisuuksissa seuranta-alueella tulee tehdä riittävä määrä jatkuvia mittauksia ja jota alemmissa pitoisuuksissa suuntaa-antavat mittaukset ovat riittäviä tarvittaessa täydennettyinä mallintamistekniikoilla;

13) *alemmalla arviointikynnyksellä* ilman epäpuhtauden pitoisuutta, jota alemmissa pitoisuuksissa riittää, että seuranta-alueella käytetään yksinomaan mallintamista tai muita menetelmiä, kuten päästökartoituksia, ilmanlaadun arvioimiseksi;

14) *jatkuvilla mittauksilla* kiinteillä

mittausasemilla joko jatkuvatoimisesti tai satunnaisotannalla tehtyjä mittauksia;

15) *suuntaa-antavilla mittauksilla* kiinteillä tai siirrettävillä mittausasemilla tehtyjä yleensä lyhytkestoisia tai otantaan perustuvia mittauksia;

16) *vertailumenetelmillä* liitteen 7 mukaisia näytteenotto- ja analyysimenetelmiä.

### 3 §

#### *Raja-arvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi*

Ilman epäpuhtauksien aiheuttamien terveyshaittojen ehkäisemiseksi alueilla, joilla asuu tai oleskelee ihmisiä ja joilla ihmiset saattavat altistua ilman epäpuhtauksille, rikkidioksidin, typpidioksidin, hiukkasten, lyijyn, hiilimonoksidin tai bentseenin pitoisuudet ulkoilmassa eivät saa ylittää seuraavia raja-arvoja:

Aine	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo µg/m <sup>3</sup> (293 K, 101,3 kPa)	Sallittujen ylitysten määrä kalenterivuodessa (vertailujakso)	Ajankohta, jolloin pitoisuuksien viimeistään tulee olla raja-arvoa pienemmät
Rikkidioksidi (SO <sub>2</sub> )	1 tunti	350	24	1.1.2005
	24 tuntia	125	3	1.1.2005
Typpidioksidi (NO <sub>2</sub> )	1 tunti	200	18	1.1.2010
	kalenterivuosi	40	-	1.1.2010
Hiukkaset (PM <sub>10</sub> )	24 tuntia	50 <sup>1)</sup>	35	1.1.2005
	kalenterivuosi	40 <sup>1)</sup>	-	1.1.2005
Lyijy (Pb)	kalenterivuosi	0,5 <sup>1)</sup>	-	15.8.2001
Hiilimonoksidi (CO)	8 tuntia <sup>2)</sup>	10 000	-	1.1.2005
Bentseeni (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	kalenterivuosi	5	-	1.1.2010

<sup>1)</sup> Tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

<sup>2)</sup> Vuorokauden korkein 8 tunnin keskiarvo, joka valitaan tarkastelemalla 8 tunnin liukuvia keskiarvoja. Kukin kahdeksan tunnin jakso osoitetaan sille päivälle, jona jakso päättyy.

## 4 §

*Raja-arvot kasvillisuuden ja ekosysteemien suojelemiseksi*

Ilman epäpuhtauksien aiheuttamien välittömien kasvillisuusvaikutusten ja

ekosysteemeissä aiheutuvien vaikutusten ehkäisemiseksi laajoilla maa- ja metsätalousalueilla ja luonnonsuojelun kannalta merkityksellisillä alueilla rikkidioksidin tai typen oksidien pitoisuudet ulkoilmassa eivät saa ylittää seuraavia raja-arvoja:

Aine	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (293 K, 101,3 kPa)	Ajankohta, jolloin pitoisuuksien viimeistään tulee olla raja-arvoa pienemmät
Rikkidioksidi ( $\text{SO}_2$ )	kalenterivuosi ja talvikausi (1.10. - 31.3)	20	15.8.2001
Typen oksidit ( $\text{NO}_x$ )	kalenterivuosi	30	15.8.2001

## 5 §

*Rikkidioksidin ja typpidioksidin varoituskynnys*

Rikkidioksidin varoituskynnys on  $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (293 K, 101,3 kPa) mitattuna kolmen perättäisen tunnin aikana.

Typpidioksidin varoituskynnys on  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (293 K, 101,3 kPa) mitattuna kolmen perättäisen tunnin aikana.

## 6 §

*Otsonin kynnysarvot*

Otsonin aiheuttamien terveyshaittojen ehkäisemiseksi, kasvillisuuden suojelemiseksi sekä väestölle tiedottamiseksi ja väestön varoittamiseksi ovat alailmakehän otsonipitoisuuden kynnysarvoina:

Peruste	Keskiarvon laskenta-aika	Kynnysarvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (293 K, 101,3 kPa)
Terveyshaittojen ehkäiseminen	8 h <sup>1)</sup>	110
Kasvillisuuden suojeleminen	1 h 24 h	200 65
Tiedotuskynnys	1 h	180
Varoituskynnys	1 h	360

<sup>1)</sup> 8 tunnin keskiarvo, joka lasketaan neljä kertaa vuorokaudessa (kello 0-8, 8-16, 16-24 ja 12-20)

## 7 §

### *Viranomaiset ja niiden tehtävät ilmanlaadun seurannassa*

Kunnan velvollisuudesta huolehtia paikallisten olojen edellyttämästä ilmanlaadun seurannasta säädetään ympäristönsuojelulain (86/2000) 25 §:ssä. Ilmanlaadun seurannasta pääkaupunkiseudulla säädetään Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunnasta annetun lain (1269/1996) 2 §:n 5 kohdassa.

Alueellisten ympäristökeskusten tulee olla selvillä ilmanlaadusta ja huolehtia siitä, että niiden alueella ilmanlaadun seuranta on järjestetty hyvin. Alueellisten ympäristökeskusten tulee myös varmistaa, että tarpeelliset alueelliset seurantatiedot toimitetaan merkittäviksi ympäristönsuojelun tietojärjestelmään.

## 8 §

### *Ilmanlaadun seuranta-alueet*

Ilmanlaadun seuranta-alueet luetellaan liitteessä 1.

## 9 §

### *Ilmanlaadun seurannan järjestäminen seuranta-alueella*

Ilmanlaadun seurannan suunnittelussa tulee ottaa huomioon liitteen 2 mukaiset ilmanlaadun arviointikynnykset, liitteen 3 mukaiset perusteet mittausalueiden valinnalle ja mittausasemien sijoittamiselle sekä liitteen 4 mukaiset seurantamenetelmien laatutavoitteet.

Ilmanlaadun jatkuvia mittauksia tulee tehdä seuranta-alueilla, joilla ylempi arviointikynnys ylittyy. Jos ilman epäpuhtauksien pitoisuudet ovat ylempään ja alemman arviointikynnyksen välissä, suuntaa-antavat mittaukset ovat riittäviä

tarvittaessa täydennettynä mallintamistekniikoilla. Jos ilman epäpuhtauksien pitoisuudet ovat alemman arviointikynnyksen alapuolella, riittää, että ilmanlaatua seurataan yksinomaan leviämismallien, päästökartoitusten tai muiden menetelmien perusteella. Väestökeskittymässä on kuitenkin seurattava rikkidioksidi- ja typpidioksidipitoisuuksia jatkuvatoimisin mittauksin. Seurannan riittävyys tulee tarkistaa ainakin viiden vuoden välein liitteessä 2 olevan II kohdan mukaisesti.

Mittausasemien lukumäärän ja seurantamenetelmien on oltava riittävät ilmanlaadun arvioimiseksi liitteessä 3 olevan I kohdan ja liitteessä 4 olevan I kohdan mukaisesti. Ilmanlaadun mittauksista tai mallilaskelmista saatuja tuloksia voidaan käyttää hyväksi arvioitaessa myös muiden oloiltaan vastaavanlaisten alueiden ilmanlaatua.

Alueilla, joilla mittauksista saatavia tietoja täydennetään muilla seurantamenetelmillä saaduilla tiedoilla tai joilla ilmanlaadun arvioinnissa käytetään yksinomaan muita menetelmiä kuin mittauksia, tulee kerätä liitteessä 4 olevan II kohdan mukaisia tietoja.

Edellä 2 momentissa tarkoitettujen mittausten lisäksi alueilla, joilla rikkidioksidipitoisuudet ovat jatkuvasti tai ajoittain korkeita, taikka joilla mitatut 10 minuutin keskiarvot ylittävät pitoisuuden  $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , on kerättävä rikkidioksidin pitoisuustietoja 10 minuutin keskiarvoista. Lisäksi tulee mahdollisuuksien mukaan kerätä tietoja pienhiukkasten ( $\text{PM}_{2,5}$ ) pitoisuuksista.

## 10 §

### *Ilmanlaatu-tietojen saatavuus*

Tiedot 3 §:ssä säädettyjä raja-arvoja ja 5 §:ssä säädettyjä varoituskynnyksiä valvovilla asemilla mitatuista rikkidioksidin, typpidioksidin, hiukkasten ja hiilimonoksidin pitoisuuksista on saatettava ajan tasalle ainakin päivittäin ja tuntipitoisuudet

mahdollisuuksien mukaan tunneittain. Tiedot lyijyn ja bentseenin pitoisuuksista viimeksi kuluneiden 12 kuukauden keskiarvona on saatettava ajan tasalle vähintään neljännesvuosittain ja mahdollisuuksien mukaan kuukausittain.

Tiedot 4 §:ssä säädettyjä raja-arvoja valvovilla asemilla mitatuista rikkidioksidin ja typen oksidien pitoisuuksista on saatettava ajan tasalle ainakin kerran vuodessa.

Edellä 1 ja 2 momentissa tarkoitettujen tietojen on oltava yleisesti saatavilla tietoverkkopalvelujen, ilmanlaatupuhelimen, lehtien, radion, television taikka näyttö- tai ilmoitustaulujen välityksellä. Vuosittain annettavat tiedot voidaan julkaista painettuina kertomuksina tai sähköisessä muodossa.

Tiedoissa on oltava myös lyhyt selostus mitatuista pitoisuuksista suhteessa raja-arvoihin ja varoituskynnyksiin sekä ilman epäpuhtauksien vaikutuksista.

## 11 §

### *Väestölle tiedottaminen ja väestön varoittaminen*

Jos 3 §:ssä säädettyjen tunti- ja vuorokausipitoisuuksien raja-arvon numeroarvo ylittyy, on siitä tiedotettava viipymättä väestölle. Tiedoissa on oltava maininta mitattujen pitoisuuksien suhteesta raja-arvoihin sekä kyseisten epäpuhtauksien terveysvaikutuksista.

Jos edellä 5 tai 6 §:ssä tarkoitettu tiedotuskynnys tai varoituskynnys ylitetään, väestölle on tiedotettava ilman epäpuhtauksien aiheuttamasta vaarasta tai väestöä on varoitettava siitä. Edellä 1 momentissa tarkoitettujen tietojen lisäksi väestölle on annettava liitteessä 5 tarkoitettut tiedot radion, television tai lehtien välityksellä.

## 12 §

### *Raja-arvojen ylittymisen estäminen*

Jos 3 §:ssä säädetty raja-arvo ylittyy tai on vaarassa ylittyä, kunnan on laadittava ja toimeenpantava liitteen 6 mukaiset tiedot sisältäviä suunnitelmia tai ohjelmia, joilla raja-arvojen ylittyminen estetään säädettyissä määräajoissa.

Ilmanlaadun turvaamisesta säädetään ympäristönsuojelulain 102 §:ssä. Luvanvaraisista toiminnoista aiheutuvien päästöjen vähentämisestä sekä ennalta-arvaamatta ilmenevän ilman merkittävän pilaantumisen ehkäisemisestä säädetään erikseen.

Hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) pitoisuuksiin kohdistuvilla suunnitelmilla ja ohjelmilla on pyrittävä alentamaan myös pienhiukkasten (PM<sub>2,5</sub>) pitoisuuksia.

Suunnitelmat ja ohjelmat, jotka voivat koskea koko kuntaa tai sen tiettyjä alueita, tulee laatia viimeistään 18 kuukauden kuluessa sen vertailujakson päättymisestä, jona raja-arvo on ylittynyt tai sen ylittymisen vaara on havaittu. Suunnitelmat ja ohjelmat lähetetään alueelliselle ympäristökeskukselle, joka toimittaa ne ympäristöministeriölle. Suunnitelmista ja ohjelmista on tiedotettava niille kunnan tai sen tietyn alueen asukkaille. Suunnitelmien ja ohjelmien edistymisestä on toimitettava selvitys alueelliselle ympäristökeskukselle ja ympäristöministeriölle joka kolmas vuosi.

## 13 §

### *Hiekoituksesta aiheutuvat raja-arvojen ylitykset*

Alueilla, joilla hengitettävien (PM<sub>10</sub>) hiukkasten pitoisuudelle säädetyt raja-arvot ilmeisesti ylittyvät hiekoituksesta aiheutuvan hiukkaskuormituksen vuoksi, ei ole tarpeen laatia 12 §:ssä tarkoitettuja suunnitelmia tai ohjelmia raja-arvojen alittamiseksi. Tällöin kunnan tulee laatia selvitys, josta ilmenee mahdollisimman yksityiskohtaisesti kyseisten alueiden laajuus, arvioidut tai mitatut hengitettävien hiukkasten

pitoisuudet, käytettävissä olevat tiedot hiukkaskokojakaumasta ja hiukkasten lähteistä sekä tiedot suunnitelluista ja jo toteutetuista toimista pitoisuuksien alentamiseksi sekä arvio näiden toimien vaikutuksista pitoisuuksiin. Selvitys lähetetään viimeistään kuuden kuukauden kuluessa sen vertailujakson päättymisestä, jona raja-arvo on ylittynyt, alueelliselle ympäristökeskukselle, joka toimittaa sen edelleen ympäristöministeriölle. Kunnan on tiedotettava selvityksestä alueen asukkaille.

Jos raja-arvo ylittyy uudestaan, kunnan tulee toimittaa alueelliselle ympäristökeskukselle uudet tiedot pitoisuuksista ja arvio pitoisuuksien alentamiseksi tehdyistä toimista.

#### 14 §

##### *Tietojen toimittaminen ympäristönsuojelun tietojärjestelmään*

Kunnan on toimitettava tiedot 3-6 §:ssä säädettyjen epäpuhtauksien mittausverkoista, mittausmenetelmistä, mittausten tarkoituksesta, mitatuista pitoisuuksista, raja-arvojen, tiedotuskynnysten ja varoituskynnysten ylityksistä sekä raja-arvojen ylittymisen syistä ja muista tarpeellisista seikoista merkittäviksi ympäristönsuojelun tietojärjestelmän ilmanlaatuosaan viimeistään vertailujaksoa seuraavan vuoden huhtikuun 15 päivänä.

Kunnan on toimitettava alustavat tiedot 5 ja 6 §:ssä säädettyjen tiedotuskynnysten ja varoituskynnysten ylityksistä, mitatuista pitoisuuksista ja ylitysten kestosta merkittäviksi ympäristönsuojelun tietojärjestelmän ilmanlaatuosaan kuukauden kuluessa ylityksistä.

#### 15 §

##### *Näytteenotto- ja analyysimenetelmät*

Ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien määrittämisessä tulee käyttää vertailumenetelmää tai muuta menetelmää, joka antaa vastaavia tuloksia kuin vertailumenetelmä.

#### 16 §

##### *Voimaantulo*

Tämä asetus tulee voimaan 15 päivänä elokuuta 2001.

Hiilimonoksidia ja bentseeniä koskeviin suunnitelmiin sovelletaan 12 §:n 4 momenttia vasta vuodesta 2003.

Tällä asetuksella kumotaan ilmanlaadun raja-arvoista ja kynnysarvoista 19 päivänä kesäkuuta 1996 annettu valtioneuvoston päätös (481/1996) sekä ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta 19 päivänä kesäkuuta 1996 annetun valtioneuvoston päätöksen (480/1996) 3 §.

#### 17 §

##### *Siirtymäsäännös*

Ennen 3 §:ssä säädettyjä ajankohtia alueilla, joilla asuu tai oleskelee ihmisiä ja joilla ihmiset saattavat altistua ilman epäpuhtauksille, rikkidioksidin, typpidioksidin ja hiukkasten pitoisuudet eivät saa ylittää seuraavia raja-arvoja:

Aine	Tilastollinen määrittely	Raja-arvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (293 K, 101,3 kPa)
Rikkidioksidi ( $\text{SO}_2$ )	vuoden vuorokausiarvojen mediaani	80
	vuoden vuorokausiarvojen 98. prosenttipiste	250
Typidioksidi ( $\text{NO}_2$ )	vuoden tuntiarvojen 98. prosenttipiste	200
Hiukkaset, kokonaisleijuma (TSP)	vuoden vuorokausiarvojen 95. prosenttipiste	300 <sup>1)</sup>
	vuosikeskiarvo	150

<sup>1)</sup> Tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

Aineiston  $q$ . prosenttipiste on se pitoisuusarvo, jota pienempiä tai yhtä suuria pitoisuusarvoja on aineistossa  $q$  %. Prosenttipiste määritetään siten, että aineiston hyväksytyt pitoisuusarvot järjestetään suuruusjärjestykseen pienimmästä suurimpaan seuraavasti:

$X_1 \leq X_2 \leq \dots \leq X_k \leq \dots \leq X_{N-1} \leq X_N$ , jolloin  $q$ . prosenttipiste on arvo  $X_k$ , missä  $k = (q/100) * N$  pyöristettynä lähimpään kokonaislukuun ja  $N$  on hyväksytyjen arvojen lukumäärä vertailujaksolla.

Mediaani on aineiston 50. prosenttipiste.

Hiukkasten kokonaisleijuman (TSP) pitoisuuksia arvioitaessa tulee käyttää Euroopan yhteisöjen ilmanlaadun raja- ja ohjearvoista rikkidioksidille sekä leijumalle annetun direktiivin (80/779/ETY, muutettu direktiivillä 89/427/ETY) mukaista näytteenotto- ja analyysimenetelmää. Vaihtoehtoisesti voidaan laskea edellä 1 momentissa säädetyn kokonaisleijuman raja-arvoon verrannollinen pitoisuus kertomalla liitteen 7 mukaisesti määritetty hengitettävien hiukkasten pitoisuus ( $\text{PM}_{10}$ ) kertoimella 1,2.

Helsingissä 9 päivänä elokuuta 2001

Ympäristöministeri *Satu Hassi*

Hallitussihteeri *Oili Rahnasto*

## **ILMANLAADUN SEURANTA-ALUEET**

### **I Terveyshaittojen ehkäiseminen**

Tässä asetuksessa tarkoitettut ilmanlaadun seuranta-alueet rikkidioksidin, typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten (PM<sub>10</sub> ja PM<sub>2,5</sub>) sekä lyijyn ja hiilimonoksidin pitoisuuksien arvioimiseksi ovat:

1. Uudenmaan ympäristökeskus pois lukien kohdan 14 alue
2. Lounais-Suomen ympäristökeskus
3. Hämeen ympäristökeskus
4. Pirkanmaan ympäristökeskus
5. Kaakkois-Suomen ympäristökeskus
6. Etelä-Savon ympäristökeskus
7. Pohjois-Savon ympäristökeskus
8. Pohjois-Karjalan ympäristökeskus
9. Keski-Suomen ympäristökeskus
10. Länsi-Suomen ympäristökeskus
11. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus
12. Kainuun ympäristökeskus
13. Lapin ympäristökeskus
14. Pääkaupunkiseutu (YTV-alue)

Tässä asetuksessa tarkoitettut ilmanlaadun seuranta-alueet bentseenin pitoisuuksien arvioimiseksi ovat:

1. Etelä-Suomen seuranta-alue
  - a. Uudenmaan ympäristökeskus pois lukien kohdan 3 alue
  - b. Lounais-Suomen ympäristökeskus
  - c. Hämeen ympäristökeskus
  - d. Pirkanmaan ympäristökeskus
  - e. Kaakkois-Suomen ympäristökeskus
  - f. Etelä-Savon ympäristökeskus
  - g. Keski-Suomen ympäristökeskus
  - h. Länsi-Suomen ympäristökeskus
2. Pohjois-Suomen seuranta-alue
  - a. Pohjois-Savon ympäristökeskus
  - b. Pohjois-Karjalan ympäristökeskus
  - c. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus
  - d. Kainuun ympäristökeskus
  - e. Lapin ympäristökeskus
3. Pääkaupunkiseutu (YTV-alue)

### **II Kasvillisuuden ja ekosysteemien suojelu**

Tässä asetuksessa tarkoitettu ilmanlaadun seuranta-alue rikkidioksidin ja typen oksidien pitoisuuksien arvioimiseksi on koko Suomi.

## ALUEIDEN LUOKITTELU ILMANLAADUN ARVIOINTIA VARTEN

## I Ylemmät ja alemmat arviointikynnykset

## a) Rikkidioksidi

	Terveyshaittojen ehkäiseminen	Ekosysteemien suojelu
Ylempi arviointikynnys	60 % 24 tunnin raja-arvosta (75 µg/m <sup>3</sup> , saa ylittyä 3 kertaa kalenterivuodessa)	60 % talvikauden raja-arvosta (12 µg/m <sup>3</sup> )
Alempi arviointikynnys	40 % 24 tunnin raja-arvosta (50 µg/m <sup>3</sup> , saa ylittyä 3 kertaa kalenterivuodessa)	40 % talvikauden raja-arvosta (8 µg/m <sup>3</sup> )

## b) Typpidioksidi ja typen oksidit

	Terveyshaittojen ehkäiseminen	Kasvillisuuden suojelu
Ylempi arviointikynnys	70 % tuntiraja-arvosta (140 µg/m <sup>3</sup> , saa ylittyä 18 kertaa kalenterivuodessa) ja 80 % vuosiraja-arvosta (32 µg/m <sup>3</sup> )	80 % vuosiraja-arvosta (24 µg/m <sup>3</sup> )
Alempi arviointikynnys	50 % tuntiraja-arvosta (100 µg/m <sup>3</sup> , saa ylittyä 18 kertaa kalenterivuodessa) ja 65 % vuosiraja-arvosta (26 µg/m <sup>3</sup> )	65 % vuosiraja-arvosta (19,5 µg/m <sup>3</sup> )

c) Hengitettävät hiukkaset (PM<sub>10</sub>)

	Terveyshaittojen ehkäiseminen
Ylempi arviointikynnys <sup>1)</sup>	60 % 24 tunnin raja-arvosta (30 µg/m <sup>3</sup> , saa ylittyä 7 kertaa kalenterivuodessa) ja 70 % vuosiraja-arvosta (14 µg/m <sup>3</sup> )
Alempi arviointikynnys <sup>1)</sup>	40 % 24 tunnin raja-arvosta (20 µg/m <sup>3</sup> , saa ylittyä 7 kertaa kalenterivuodessa) ja 50 % vuosiraja-arvosta (10 µg/m <sup>3</sup> )

<sup>1)</sup> Arviointikynnykset perustuvat ilmassa olevien rikkidioksidin, typpidioksidin ja typen oksidien, hiukkasten ja lyijyn pitoisuuksien raja-arvoista annetun neuvoston direktiivin (1999/30/EY) liitteessä III määriteltyihin, vuoden 2010 suuntaa-antaviin hengitettävien hiukkasten raja-arvoihin, jotka ovat 24 tunnin raja-arvo 50 µg/m<sup>3</sup>, joka saa ylittyä enintään 7 kertaa kalenterivuoden aikana ja vuosiraja-arvo 20 µg/m<sup>3</sup>.

## d) Lyijy



Terveyshaittojen ehkäiseminen

Ylempi arviointikynnys	70 % vuosiraja-arvosta (0,35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Alempi arviointikynnys	50 % vuosiraja-arvosta (0,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

e) Hiilimonoksidi

Terveyshaittojen ehkäiseminen

Ylempi arviointikynnys	70 % 8 tunnin raja-arvosta (7 $\text{mg}/\text{m}^3$ )
Alempi arviointikynnys	50 % 8 tunnin raja-arvosta (5 $\text{mg}/\text{m}^3$ )

f) Bentseeni

Terveyshaittojen ehkäiseminen

Ylempi arviointikynnys	70 % vuosiraja-arvosta (3,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Alempi arviointikynnys	40 % vuosiraja-arvosta (2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

## II Ylemmän ja alemman arviointikynnyksen määrittäminen

Ylemmän ja alemman arviointikynnyksen ylittyminen määritetään viiden edellisen vuoden pitoisuuksien perusteella. Arviointikynnys katsotaan ylitetyksi, jos kynnyksen lukuarvon ylitysten kokonaislukumäärä kyseisten viiden vuoden aikana on enemmän kuin kolme kertaa vuotta kohden sallittujen ylitysten määrä. Vuosiraja-arvosta määritetyn arviointikynnyksen katsotaan ylittyvän, kun kynnyksen lukuarvo on ylittynyt vähintään kolmena vuonna kyseisten viiden vuoden aikana.

Jos pitoisuustietoja ei ole saatavilla viiden vuoden jaksolta, voidaan käyttää lyhyemmiltä mittausjaksoilta saatuja tietoja sekä päästökartoituksista ja ilmanlaatumalleista saatuja tietoja. Tietojen tulee edustaa alueita ja vuodenaikoja, jolloin pitoisuudet ovat tyypillisesti korkeimmillaan.

## MITTAUSALUEIDEN VALINTA JA MITTAUSASEMIEN SJOITTAMINEN

### I Yleiset mittausalueen valintaa koskevat perusteet

#### *Terveyshaittojen ehkäiseminen*

Mittausalue tulee valita siten, että

- a) saadaan tietoja pitoisuuksista alueilla, joilla väestön altistuminen suoraan tai epäsuorasti ilman epäpuhtauksille on suurinta ja altistumisen kesto on merkityksellistä raja-arvon laskenta-aikaan nähden ja
- b) saadaan tietoja pitoisuuksista alueilla, jotka edustavat väestön yleistä altistumista.

Mittausalueen tulee olla riittävän edustava. Liikenteen vaikutuksia mittaavan aseman (liikenneasema) sijoituspaikka tulee valita siten, että se edustaa ympäröivän alueen ilmanlaatua vähintään 200 neliömetrin laajuudelta. Kaupungin yleistä ilmanlaatua edustava asema (kaupunkitausta-asema) tulee sijoittaa alueelle, joka edustaa ilmanlaatua usean neliökilometrin alueella.

#### *Kasvillisuuden ja ekosysteemien suojelu*

Mittausalue, jolla seurataan pääasiassa kasvillisuuden ja ekosysteemien altistumista, tulee valita siten, että se sijaitsee vähintään 20 kilometrin etäisyydellä väestökeskittymistä tai vähintään 5 kilometriä muista rakennetuista alueista taikka teollisuuslaitoksista, moottoriteistä tai vilkkaasti liikennöidyistä valtateistä ja edustaa ilmanlaatua useiden satojen tai noin tuhannen neliökilometrin laajuudelta.

### II Mittausasemien sijoittamista koskevat perusteet

#### *Kaikki asemat*

Mittauslaitteen näytteenottimen (sondi) lähellä ei saisi olla ilmavirtaa rajoittavia esteitä, jotka vaikuttavat ilmavirran kulkuun näytteenottokohdan läheisyydessä (yleensä sen olisi oltava vähintään muutaman metrin päässä rakennuksista, puista ja muista esteistä sekä vähintään 0,5 metrin etäisyydellä lähimmästä rakennuksesta, jos näytteenottoa edustaa ilmanlaatua rakennusten läheisyydessä).

Näytteenottokohdan olisi yleensä oltava vähintään 1,5 metrin (hengitystaso) ja enintään 4,0 metrin korkeudella maanpinnasta. Tietyissä olosuhteissa saattaa olla tarpeen käyttää korkeammalla (enintään 8 metrissä) sijaitsevaa näytteenottoa. Korkeammalla sijaitseva näytteenottoa saattaa olla aiheellinen, jos mittausasema edustaa hyvin laajaa aluetta.

Näytteenotinta ei tule sijoittaa päästölähteiden välittömään läheisyyteen.

Näytteenotossa poistoaukko olisi sijoitettava niin, ettei poistoilmaa pääse näytteenottoon.

### *Liikenneasemat*

Näytteenottimen olisi sijoitettava vähintään 25 metrin etäisyydellä suurista tienristeyksistä sekä vähintään 4 metrin etäisyydellä lähimmän ajokaistan keskiviivasta.

Typpidioksidin ja hiilimonoksidin mittauksissa näytteenottimen olisi sijoitettava enintään 5 metrin etäisyydellä ajokaistan reunasta.

Hiukkas-, lyijy- ja bentseenimittauksissa näytteenottimet olisi sijoitettava siten, että ne edustavat ilmanlaatua (asuin)rakennusten läheisyydessä.

### *Huomioon otettavat muut tekijät*

- mahdolliset häiriölähteet,
- toimintavarmuuteen vaikuttavat tekijät,
- kulkuyhteydet,
- sähkön ja puhelinyhteyksien saatavuus,
- paikan näkyvyys ja aseman sopeutuminen ympäristöön,
- väestön ja mittaajien turvallisuus,
- mittausten keskittäminen (monikomponenttiasemien perustaminen) sekä
- suunnittelun muut vaatimukset.

### **III Näytteenottopaikan dokumentointi ja tarkastaminen**

Näytteenottopaikan valintamenettely on dokumentoitava asianmukaisesti kirjallisten kuvausten, ympäristöstä otettujen valokuvien ja karttojen avulla. Näytteenottopaikat tulee tarkastaa säännöllisin väliajoin toistaen dokumentoinnissa käytettyjä menettelyjä, jotta voidaan varmistaa, että valintaperusteet täyttyvät edelleen.

## SEURANTAMENETELMIEN LAATUTAVOITTEET, TULOSTEN KÄSITTELY JA KERÄÄMINEN

### I Laatutavoitteet ja tulosten käsittely

Raja-arvojen valvonnassa ja mahdollisuuksien mukaan muussa ilmanlaadun seurannassa ovat seurantamenetelmien sallittua epävarmuutta, mittausten ajallista kattavuutta ja mittaustulosten vähimmäismäärää koskevat laatutavoitteet seuraavat:

	Rikkidioksidi, typpidioksidi, typen oksidit	Hiukkaset, lyijy	Bentseeni	Hiilimonoksidi
Jatkuvat mittaukset:				
- sallittu epävarmuus	15 %	25 %	25 %	15 %
- ajallinen kattavuus	100 %	100 %	35 % ja 90 % <sup>2)</sup>	100 %
- aineiston vähimmäismäärä	90 %	90 %	90 %	90 %
Suuntaa antavat mittaukset:				
- sallittu epävarmuus	25 %	50 %	30 %	25 %
- ajallinen kattavuus	14 % <sup>1)</sup>	14 % <sup>1)</sup>	14 % <sup>1)</sup>	14 % <sup>1)</sup>
- aineiston vähimmäismäärä	90 %	90 %	90 %	90 %
Mallintaminen:				
- sallittu epävarmuus:				
tuntiarvoilla	50 - 60 %	-	-	-
8 tunnin arvoilla	-	-	-	50 %
24 tunnin arvoilla	50 %	-	-	-
vuosiarvoilla	30 %	50 %	50 %	-
Muu arvio:				
- sallittu epävarmuus	75 %	100 %	100 %	75 %

<sup>1)</sup> Yksi satunnaismittaus viikossa tasaisesti jaettuna koko vuoden ajalle tai kahdeksan viikon mittaista jaksoja tasaisesti jaettuna vuoden ajalle.

<sup>2)</sup> Mittausten on jakauduttava tasaisesti koko vuoden ajalle. Pienempi luku koskee kaupunkitausta- ja liikenneympäristössä tehtyjä mittauksia ja suurempi luku teollisuusympäristöjä.

Mittausten epävarmuus (95 prosentin luottamusvälillä) määritellään oppaassa Guide to the Expression of Uncertainty of Measurements (ISO 1993) tai standardissa ISO 5725:1994 taikka muussa vastaavassa standardissa esitettyjen periaatteiden mukaisesti.

Mitattavan aineiston vähimmäismäärää ja mittausten ajallista kattavuutta koskevat vaatimukset eivät sisällä laitteiden säännöllisestä kalibroinnista tai normaalista kunnossapidosta aiheutuvaa tietohukkaa.

## **II Tulosten kerääminen käytettäessä muita kuin mittauksiin perustuvia arviointimenetelmiä**

Alueilla, joilla ilmanlaadun seurannassa käytetään leviämismalleja tai muita menetelmiä kuin ilmanlaadun mittauksia, tulee kerätä seuraavat tiedot:

- yleiskuvaus seurannan järjestämisestä,
- tiedot käytetyistä menetelmistä ja viittaukset tarkempiin menetelmäkuvauksiin,
- muut käytetyt tietolähteet,
- tulokset ja niiden arvioidut epävarmuudet,
- kuvaus ja arvio niiden alueiden laajuudesta (km<sup>2</sup> tai km), joilla raja-arvot, ylemmät arviointikynnykset tai alemmat arviointikynnykset ylittyvät,
- tiedot väestöstä, joka altistuu pitoisuuksille, jotka ylittävät terveyshaittojen ehkäisemiseksi säädettyt raja-arvot sekä
- kartta, josta ilmenee pitoisuuksien jakautuminen kyseisellä alueella.

**VAROITUS- JA TIEDOTUSKYNNYSTEN YLITTYESSÄ VÄESTÖLLE  
ANNETTAVAT TIEDOT**

Väestölle 11 §:n mukaisesti annettaviin tietoihin on sisällyttävä vähintään:

- varoitus- tai tiedotuskynnyksen ylittymispäivä ja kellonaika,
- mittauspaikka tai alue, jolla ylittyminen on tapahtunut,
- syyt ylityksiin, jos ne ovat tiedossa,
- ennusteet:
  - maantieteellinen alue, jota ylittyminen koskee,
  - muutokset pitoisuuksissa (paraneminen, vakiintuminen tai huononeminen),
  - ennakoitujen muutosten syyt,
  - ylityksen ennakoitu kesto,
- tiedot herkistä väestöryhmistä, jotka voivat saada ylityksistä terveyshaittoja,
- asianmukaista tietoa terveysvaikutuksista sekä
- herkille väestöryhmille suositeltavat varotoimenpiteet.

## SUUNNITELMIIN JA OHJELMIIN JA SISÄLLYTETTÄVÄT TIEDOT

Ilmanlaadun raja-arvojen ylittymisen estämiseksi 12 §:n mukaisesti laadittuihin suunnitelmiin ja ohjelmiin tulee sisältyä vähintään seuraavat tiedot:

1. *Epäpuhtaus tai epäpuhtaudet, joita suunnitelma tai ohjelma koskee*

2. *Alue, jossa raja-arvot ylittyvät tai ovat vaarassa ylittyä*

- ilmanlaadun seuranta-alue ja sen koodi
- paikkakunta (kartta)
- mittausasema (kartta, pituus- ja leveyspiirit) ja sen koodi

3. *Yleiset tiedot*

- aluetyyppi (kaupunki, esikaupunki, teollisuusalue tai maaseutualue)
- arvio ylitysalueen pinta-alasta (km<sup>2</sup>)
- arvio ylitysalueella asuvan väestön määrästä
- käytettävissä olevat meteorologiset tiedot
- tarpeelliset tiedot alueen topografiasta
- tarpeelliset tiedot suojelua vaativista herkistä kohteista

4. *Vastuuviranomaiset*

- ohjelman laatineiden tahojen ja henkilöiden yhteystiedot
- ohjelman toteuttamisesta vastuulliset tahot ja henkilöt yhteystietoineen

5. *Arvio ilman pilaantumisesta ja tiedot käytetyistä seurantamenetelmistä*

- ennen ohjelman toteuttamista havaitut pitoisuudet
- ohjelman aloittamisen jälkeen mitatut pitoisuudet
- arvioinnissa käytetyt menetelmät

6. *Päästöt ja päästölähteet*

- luettelo tärkeimmistä päästölähteistä (kartta)
- päästömäärät mahdollisuuksien mukaan lähteittäin (tonnia/vuosi)
- tiedot muilta alueilta peräisin olevista päästöistä ja niiden vaikutuksista alueen ilmanlaatuun

7. *Arvio ylityksen syistä*

- yksityiskohtaiset tiedot ylityksen aiheuttaneista tekijöistä (kaukokulkeuma, ilmakemiallinen muutunta ym.)
- yksityiskohtaiset tiedot mahdollisista ilmansuojelutoimista

8. *Tiedot toimista, jotka on toteutettu ennen vuotta 2001*

- paikalliset, alueelliset, kansalliset tai kansainväliset toimet
- näiden toimien todetut vaikutukset

9. *Tiedot toimista, jotka on toteutettu 1.1.2001 jälkeen:*

- kuvaus kaikista suunnitelmaan tai ohjelmaan sisältyvistä toimista
- toimien toteuttamisaikataulu ja vastuutahot
- arvio toimien vaikutuksista ilmanlaatuun aikatauluineen

*10. Pitkällä aikavälillä suunniteltuja toimia koskevat tiedot sekä*

*11. Luettelo julkaisuista, asiakirjoista, neuvotteluista jne, jotka täydentävät edellä kohdissa 1 - 10 mainittuja tietoja.*



## **VERTAILUMENETELMÄT**

### *1. Rikkidioksidin analyysin vertailumenetelmä*

ISO/FDIS 10498 (Ambient air - Determination of sulfur dioxide - Ultraviolet Fluorescence method).

### *2. Typpidioksidin ja typen oksidien analyysin vertailumenetelmä*

ISO 7996:1985 (Ambient air - Determination of the mass concentration of nitrogen oxides - Chemiluminescence method).

### *3. Hengitettävien hiukkasten näytteenoton ja analyysin vertailumenetelmä*

EN 12341:1998 (Air Quality - Field Test Procedure to Demonstrate Reference Equivalence of Sampling Methods for the PM<sub>10</sub> Fraction of Particulate Matter).

### *4. Lyijyn näytteenoton ja analyysin vertailumenetelmät*

Lyijyn näytteenoton vertailumenetelmä on sama kuin hengitettävien hiukkasten näytteenottoon käytetty menetelmä.

Lyijyn analysoinnin vertailumenetelmä on ISO 9855:1993 (Ambient air - Determination of the particulate lead content of aerosols collected on filters - Atomic absorption spectrometric method.).

### *5. Hiilimonoksidin analyysin vertailumenetelmä*

Vertailumenetelmä on standardisoitavana CEN:ssä.

Analysoinnissa suositellaan käytettäväksi NDIR-menetelmää (Nondispersive infrared spectrometry).

### *6. Bentseenin analyysin vertailumenetelmä*

Vertailumenetelmä on standardisoitavana CEN:ssä.

Analysoinnissa suositellaan käytettäväksi menetelmää, jossa näyte pumpataan absorbenttiin ja määritetään kaasukromatografisesti (pumped sampling on a sorbent cartridge + gas chromatography).

### *7. Otsonin analyysin ja kalibroinnin vertailumenetelmät*

Vertailumenetelmä on standardisoitavana CEN:ssä.

Siihen asti, kunnes uusi vertailumenetelmä valmistuu, otsonin analysoinnin vertailumenetelmänä on ISO FDIS 13964 (Ambient air - Determination of ozone in ambient air - Ultraviolet photometric method) ja mittalaitteiden kalibroinnin vertailumenetelmänä ISO FDIS 13964, VDI 2468, B1.6 (Reference ultraviolet photometer).

N:o 784

## Valtioneuvoston asetus

### ilmanlaadusta annetun valtioneuvoston asetuksen muuttamisesta

Annettu Helsingissä 4 päivänä syyskuuta 2003

Valtioneuvoston päätöksen mukaisesti, joka on tehty ympäristöministeriön esittelystä, *kumotaan* ilmanlaadusta 9 päivänä elokuuta 2001 annetun valtioneuvoston asetuksen (711/2001) 2 §:n 5 kohta, 6 § ja liitteen 7 kohta 7 sekä *muutetaan* 11 §:n 2 momentti, 14 § ja liite 5 seuraavasti:

#### 11 §

##### *Väestölle tiedottaminen ja väestön varoittaminen*

Jos edellä 5 §:ssä tarkoitettu varoituskynnys ylitetään, väestölle on tiedotettava ilman epäpuhtauksien aiheuttamasta vaarasta. Edellä 1 momentissa tarkoitettujen tietojen lisäksi väestölle on annettava liitteessä 5 tarkoitettut tiedot radion, television tai lehtien välityksellä.

#### 14 §

##### *Tietojen toimittaminen ympäristönsuojelun tietojärjestelmään*

Kunnan on toimitettava tiedot 3—5 §:ssä

säädettyjen epäpuhtauksien mittausverkoista, mittausten tarkoituksesta, mitatuista pitoisuuksista, raja-arvojen ja varoituskynnysten ylityksistä sekä raja-arvojen ylittymisen syistä ja muista tarpeellisista seikoista merkittäviksi ympäristönsuojelun tietojärjestelmän ilmanlaatuosaan viimeistään vertailujaksoa seuraavan vuoden huhtikuun 15 päivänä.

Kunnan on toimitettava alustavat tiedot 5 §:ssä säädettyjen varoituskynnysten ylityksistä, mitatuista pitoisuuksista ja ylitysten kestosta merkittäviksi ympäristönsuojelun tietojärjestelmän ilmanlaatuosaan kuukauden kuluessa ylityksistä.

Tämä asetus tulee voimaan 9 päivänä syyskuuta 2003.

Helsingissä 4 päivänä syyskuuta 2003

Ympäristöministeri *Jan-Erik Enestam*

Hallitussihteeri *Oili Rahnasto*

## **VAROITUSKYNNYKSEN YLITTYESSÄ VÄESTÖLLE ANNETTAVAT TIEDOT**

Väestölle 11 §:n mukaisesti annettaviin tietoihin on sisällytettävä vähintään:

- varoituskyynnyksen ylittymispäivä ja kellonaika,
- mittauspaikka tai alue, jolla ylittyminen on tapahtunut,
- syyt ylityksiin, jos ne ovat tiedossa,
- ennusteet:
  - maantieteellinen alue, jota ylittyminen koskee,
  - muutokset pitoisuuksissa (paraneminen, vakiintuminen tai huononeminen),
  - ennakoitujen muutosten syyt,
  - ylityksen ennakoitu kesto,
- tiedot herkistä väestöryhmistä, jotka voivat saada ylityksistä terveyshaittoja,
- asianmukaista tietoa terveysvaikutuksista sekä
- herkille väestöryhmille suositeltavat varotoimenpiteet

N:o 783

## Valtioneuvoston asetus

### alailmakehän otsonista

Annettu Helsingissä 4 päivänä syyskuuta 2003

Valtioneuvoston päätöksen mukaisesti, joka on tehty ympäristöministeriön esittelystä, säädetään 4 päivänä helmikuuta 2000 annetun ympäristönsuojelulain (86/2000) 11 §:n nojalla:

#### 1 §

##### *Tavoite*

Tämän asetuksen tavoitteena on ehkäistä ja vähentää ympäristön pilaantumista, erityisesti terveyshaittoja ja kasvillisuusvaikutuksia. Tavoitetta toteutetaan vahvistamalla tavoitearvot vuodelle 2010 ja pitkän ajan tavoitteet sekä asettamalla varoitus- ja tiedotuskynnys alailmakehän otsonille.

Alueilla, joilla ilmanlaatu otsonin osalta on hyvä, on ilmanlaatu säilytettävä hyvänä ja alueilla, joilla se ei ole hyvä, on ilmanlaatua parannettava.

#### 2 §

##### *Määritelmät*

Tässä asetuksessa tarkoitetaan:

1) *tavoitearvolla* otsonin pitoisuutta tai kuormitusta, joka on mahdollisuuksien mukaan alitettava määräajassa ja jolla pyritään välttämään haitallisia terveys- ja ympäristövaikutuksia;

2) *pitkän ajan tavoitteella* otsonin pitoisuutta tai kuormitusta, jolla ei nykyisen tieteellisen tietämyksen mukaan todennäköisesti ole haitallisia suoria terveys- tai ympäristövaikutuksia ja joka on alitettava

pitkän ajan kuluessa, paitsi jos alittaminen ei ole mahdollista oikeasuhtaisin toimin;

3) *tiedotuskynnyksellä* otsonin pitoisuutta, jonka ylittyessä lyhytaikainenkin altistuminen voi vaarantaa ilman epäpuhtauksille herkkien väestöryhmien terveyden;

4) *otsonia muodostavilla yhdisteillä* aineita, jotka osaltaan aiheuttavat alailmakehän otsonin muodostumista, kuten liitteessä 3 mainitut aineet;

5) *haihtuvilla orgaanisilla yhdisteillä* ihmisen toiminnasta tai luonnosta peräisin olevia orgaanisia yhdisteitä, jotka voivat tuottaa valokemiallisia hapettimia reagoidessaan auringonvalossa typen oksidien kanssa, ei kuitenkaan metaania;

6) *AOT 40:llä* ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$ ) otsonin kuormitusta, joka ilmaistaan 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ylittävien otsonin tuntipitoisuuksien ja 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  erotuksen kumulatiivisena summana määrätyltä ajanjaksolta laskettuna päivittäisistä tuntiarvoista;

7) *vertailumenetelmällä* liitteen 5 mukaista menetelmää.

*Ilmalla, epäpuhtaudella, ilmanlaadun seurannalla, varoituskynnyksellä, seuranta-alueella, väestökeskittymällä, typen oksidien pitoisuudella, jatkuvilla mittauksilla ja suuntaa-antavilla mittauksilla* tarkoitetaan tässä asetuksessa ilmanlaadusta annetussa valtioneuvoston asetuksessa (711/2001) määriteltyjä asioita.

## 3 §

Terveyshaittojen ehkäisemiseksi ja kasvillisuuden suojelemiseksi otsonin tavoitearvot vuodelle 2010 ovat:

*Otsonin tavoitearvot vuodelle 2010*

	Tunnusluku	Tavoitearvo vuodelle 2010 (293 K, 101,3 kPa)
Terveyshaittojen ehkäiseminen	Korkein päivittäinen kahdeksan tunnin keskiarvo	120 µg/m <sup>3</sup> , joka saa ylittyä enintään 25 päivänä kalenterivuodessa kolmen vuoden keskiarvona
Kasvillisuuden suojeleminen	AOT40 laskettuna 1.5.—31.7. ajan tuntiarvoista, jotka mitataan klo 9.00—21.00 välisenä aikana Suomen normaaliaikaa, joka on klo 10.00—22.00 Suomen kesäaikaa	18 000 µg/m <sup>3</sup> h viiden vuoden keskiarvona

Korkein päivittäinen kahdeksan tunnin keskiarvo valitaan tarkastelemalla 8 tunnin liukuvia keskiarvoja. Kukin kahdeksan tunnin jakso osoitetaan sille päivälle, jona se päättyy. Edellä taulukossa tarkoitettujen vuoden 2010 tavoitearvojen toteutuminen lasketaan aineistosta, jonka ensimmäinen vuosi on 2010. Jos taulukossa tarkoitettuja kolmen tai viiden vuoden keskiarvoja ei voida laskea täydellisten ja perättäisten vuosittaisten tietojen perusteella, terveyshaittojen ehkäisemistä koskevan tavoitearvon toteutumisen tarkistamiseksi riittävät pitoisuustiedot yhdeltä vuodelta ja kasvillisuuden suojelemista koskevan tavoitearvon toteutumisen tarkistamiseksi tiedot kolmelta vuodelta.

## 4 §

*Pitkän ajan tavoitteet otsonille*

Terveyshaittojen ehkäisemiseksi ja kasvillisuuden suojelemiseksi pitkän ajan tavoitteet otsonille ovat:

	Tunnusluku	Pitkän ajan tavoite (293 K, 101,3 kPa)
Terveyshaittojen ehkäiseminen	Korkein päivittäinen kahdeksan tunnin keskiarvo	120 µg/m <sup>3</sup> kalenterivuoden aikana
Kasvillisuuden suojeleminen	AOT40, joka lasketaan 1.5.—31.7. ajan tuntiarvoista	6 000 µg/m <sup>3</sup> h

Korkein päivittäinen kahdeksan tunnin keskiarvo valitaan tarkastelemalla 8 tunnin liukuvia keskiarvoja. Kukin kahdeksan tunnin jakso osoitetaan sille päivälle, jona se päättyy.

## 5 §

### *Otsonin tavoitearvon ja pitkän ajan tavoitteiden toteuttaminen*

Ottaen huomioon otsonin luonteen kaukokulkeutuvana ilman epäpuhtautena ja otsonin muodostumiseen vaikuttavat sääolot otsonin tavoitearvoon ja pitkän ajan tavoitteeseen tulee pyrkiä oikeasuhtaisin, erityisesti kansainvälisin ja valtakunnallisin toimin. Alailmakehän otsonin muodostumista pyritään ehkäisemään pantaessa täytäntöön tiettyjen ilman epäpuhtauksien kansallisista päästörajoista annettua Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviä 2001/81/EY.

Tavoitearvojen toteutumiseksi tulee tarvittaessa laatia ympäristönsuojelulain 26 §:n mukainen suunnitelma tai ohjelma. Sitä laadittaessa on otettava huomioon ilmanlaadusta annetun valtioneuvoston asetuksen liitteen 6 mukaiset seikat.

Alueilla, joilla ylitetään pitkän ajan tavoitteet otsonille mutta ei ylitetä otsonin tavoitearvoja vuodelle 2010, on suunniteltava ja toimeenpantava kustannustehokkaita toimia otsonipitoisuuden pienentämiseksi. Toimet eivät saa olla ristiriidassa 2 momentissa tarkoitettujen suunnitelmien ja ohjelmien kanssa. Niiden suunnittelussa tulee ottaa huomioon Euroopan yhteisön lainsäädäntö.

Alueilla, joilla otsonin pitoisuus tai kuormitus alittaa pitkän ajan tavoitteen, on se pidettävä tämän tavoitteen alapuolella ja säilytettävä paras mahdollinen ilmanlaatu sekä turvattava ihmisten terveyden ja ympäristön suojelun korkea taso siinä määrin kuin se on mahdollista oikeasuhtaisin toimin.

### 6 §

#### *Otsonin tiedotus- ja varoituskynnys*

Otsonin tiedotuskynnys on 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (293 K, 101,3 kPa) tuntikeskiarvona.

Otsonin varoituskynnys on 240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (293 K, 101,3 kPa) tuntikeskiarvona.

### 7 §

#### *Viranomaiset ja niiden tehtävät otsonin seurannassa*

Kunnan velvollisuudesta huolehtia paikallisten olojen edellyttämästä ilmanlaadun seurannasta säädetään ympäristönsuojelulain (86/2000) 25 §:ssä. Ilmanlaadun seurannasta säädetään pääkaupunkiseudulla ja pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunnasta annetun lain (1269/1996) 2 §:n 5 kohdassa.

Alueellisten ympäristökeskusten tulee olla selvillä ilmanlaadusta ja huolehtia siitä, että niiden alueella ilmanlaadun seuranta on järjestetty hyvin sekä varmistaa, että tarpeelliset alueelliset seurantatiedot toimitetaan merkittäviksi ympäristönsuojelun tietojärjestelmään.

Ilmatieteen laitos huolehtii otsonin seurannasta maaseututausta-asevilla.

### 8 §

#### *Otsonin seuranta-alueet*

Otsonin seuranta-alueet ovat:

- 1) Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunnasta annetun lain 1 §:ssä tarkoitettu pääkaupunkiseutu (YTV-alue) ja
- 2) muun Suomen seuranta-alue.

### 9 §

#### *Otsonin ja otsonia muodostavien yhdisteiden seurannan järjestäminen*

Otsonin seurannan suunnittelussa tulee ottaa huomioon liitteen 1 mukaiset perusteet mitta-alueiden valinnalle ja mittausasemien sijoittamiselle sekä liitteen 2 mukaiset seurantamenetelmien laatutavoitteet.

Otsonin jatkuvia mittauksia tulee tehdä seuranta-alueilla, joilla otsonin pitkän ajan tavoite on ylittynyt jonkin viimeksi kuluneen viiden vuoden aikana. Jatkuvista mittauksista saatavia tietoja voidaan täydentää suuntaantavien mittauksin tai mallintamistekniikoilla saatavilla tiedoilla. Tällöin tulee kerätä liitteessä 2 olevan II kohdan mukaisia tietoja. Mittausasemien lukumäärän ja seurantamenetelmien muutenkin tulee olla riittävät ottaen huomioon liitteet 1 ja 2 sekä ilman otsonista annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2002/3/EY liitteen V jakso I.

Typpidioksidia on seurattava jatkuvien mittauksin vähintään joka toisella otsonia

valvovalla mittausasemalla lukuun ottamatta liitteessä 1 olevan I kohdan mukaisia maaseututausta-asemia, joilla voidaan käyttää muita mittausmenetelmiä.

Otsonia muodostavia yhdisteitä on mitattava ainakin yhdellä otsonia valvovalla mittausasemalla.

#### 10 §

##### *Otsonitietojen saatavuus ja yleinen tiedottaminen*

Tiedot otsonia valvovilla asemilla mitatuista otsonipitoisuuksista on saatettava ajan tasalle ainakin päivittäin ja mahdollisuuksien mukaan tunneittain.

Tiedot on annettava ainakin pitoisuuksista, jotka ylittävät terveyshaittojen ehkäisemiseksi annetun pitkän ajan tavoitteen tai tiedotus- ja varoituskynnyksen. Tiedoissa on oltava lyhyt selostus mitatuista pitoisuuksista suhteessa terveyshaittojen ehkäisemiseksi annettuun tavoitearvoon sekä arvio otsonin terveysvaikutuksista. Kertomukseen voidaan sisällyttää tietoja otsonin vaikutuksesta metsiin ja materiaaleihin sekä otsonia muodostavista yhdisteistä.

Otsonista tulee laatia vuosittainen kertomus, jossa annetaan tiedot vähintään pitoisuuksista ja kuormituksesta, jotka kertomusvuonna ovat ylittäneet otsonin tavoitearvon, pitkän ajan tavoitteen otsonille taikka otsonin tiedotus- tai varoituskynnyksen sekä tarvittaessa lyhyt arvio ylitysten vaikutuksista.

Edellä 1 ja 2 momentissa tarkoitetut tiedot on saatettava yleisesti saataville tietoverkkopalvelujen, ilmalaatupuhelimen, lehtien, radion, television taikka näyttö- tai ilmoitustaulujen välityksellä. Vuosittain annettavat tiedot voidaan julkaista painettuina kertomuksina tai sähköisessä

Helsingissä 4 päivänä syyskuuta 2003

Ympäristöministeri *Jan-Erik Enestam*

muodossa.

#### 11 §

##### *Väestölle tiedottaminen ja väestön varoittaminen*

Jos otsonin tiedotus- tai varoituskynnys ylitetään tai sen ennustetaan ylittyvän, väestölle on tiedotettava otsonin aiheuttamasta vaarasta tai väestöä on varoitettava siitä. Väestölle on annettava liitteessä 4 tarkoitetut tiedot radion, television tai lehtien välityksellä.

#### 12 §

##### *Tietojen toimittaminen ympäristönsuojelun tietojärjestelmään*

Mitä ilmanlaadusta annetun valtioneuvoston asetuksen 14 §:ssä säädetään tietojen toimittamisesta ympäristönsuojelun tietojärjestelmään, sovelletaan otsonia koskevien tietojen toimittamiseen.

#### 13 §

##### *Vertailumenetelmä*

Otsonin määrittämisessä tulee käyttää vertailumenetelmää tai muuta menetelmää, joka antaa vastaavia tuloksia kuin vertailumenetelmä.

#### 14 §

##### *Voimaantulo*

Tämä asetus tulee voimaan 9 päivänä syyskuuta 2003.

Hallitussihteeri Oili Rahnasto

## MITTAUSALUEIDEN VALINTA JA MITTAUSASEMIEN SJOITTAMINEN

## I Yleiset mittausalueen valintaa koskevat perusteet

Asematyyppi	Mittausten tavoitteet	Edustavuus (a)	Yleiset mittausalueen valintaa koskevat perusteet
Kaupunki	<b>Terveyshaittojen ehkäiseminen:</b> Arvioida kaupunkiväestön otsonille altistumista siellä, missä asukastiheys on suhteellisen korkea ja otsonipitoisuus edustaa väestön yleistä altistumista.	Muutama neliökilometri	Ei paikallisten päästölähteiden kuten liikenteen ja huoltoasemien vaikutusalueelle; paikoille, joissa ilmamassat ovat hyvin sekoittuneita; paikoille kuten kaupunkien asuma-alueet ja liikekeskukset, puistot (ei puiden läheisyyteen), isot kadut ja aukiot, joissa on vain vähän tai ei ollenkaan liikennettä, avoimet opetus-, liikunta- tai virkistyskäyttöön tarkoitetut alueet.
Esikaupunki	<b>Terveyshaittojen ehkäiseminen ja kasvillisuuden suojeleminen:</b> Arvioida väestön ja kasvillisuuden altistumista taajamien reuna-alueilla, joilla asukastiheys on kohtuullisen suuri ja otsonipitoisuudet ovat yleensä korkeampia kuin kaupunkikeskustoissa	Muutamia kymmeniä neliökilometrejä	Riittävän kauas enimmäispäästöjen alueesta ja päätuulensuunnan myötäisesti otsonin muodostumiselle otollisten olojen vallitessa; taajamien reuna-alueille, joilla väestö, herkäät viljelykasvit ja ekosysteemit altistuvat korkeille otsonipitoisuuksille ja -kuormille; tarvittaessa joitakin esikaupunkiasemia myös vastatuuleen enimmäispäästöjen alueesta otsonin alueellisten taustapitoisuuksien ja taustakuormituksen määrittämiseksi.
Maaseutu	<b>Terveyshaittojen ehkäiseminen ja kasvillisuuden suojeleminen:</b> Arvioida väestön, viljelykasvien ja luonnollisten ekosysteemien otsonille altistumista pienaluetasolla.	Pienaluetasot (muutamia satoja neliökilometrejä)	Pieniin asutuskeskuksiin tai alueille, joilla on luonnon ekosysteemejä, metsiä tai viljelykasveja; sijainnin tulee edustaa otsonipitoisuuksia tai kuormitusta, joihin eivät vaikuta paikalliset päästölähteet, kuten teollisuuslaitokset ja tiet; avoimille paikoille, mutta ei korkeiden vuorten tai mäkien huipulle.
Maaseututautasta	<b>Kasvillisuuden suojeleminen ja terveyshaittojen ehkäiseminen:</b> Arvioida viljelykasvien ja luonnollisten ekosysteemien sekä väestön altistumista	Alueelliset/kansalliset/ko ko mantereeseen kattavat tasot (1 000—10 000 km <sup>2</sup> )	Esimerkiksi luonnon ekosysteemejä ja metsiä sisältävälle alueelle, jonka asukastiheys on pieni ja joka sijaitsee kaukana kaupunki- ja teollisuusalueilta sekä



	otsonille alueellisella tasolla.		paikallisten päästöjen vaikutusalueesta; vältettävä paikkoja, joilla esiintyy paikallisia maanpintainversioita, samoin on vältettävä korkeita vuorenhuippuja; rannikkoalueita, joilla esiintyy paikallistuulia, joiden vuorokausivaihtelut ovat voimakkaita, ei suositella.
--	----------------------------------	--	---

(a) Näytteenottoaikojen olisi mahdollisuuksien mukaan oltava edustavia myös samankaltaisten paikkojen osalta, jotka eivät ole niiden välittömässä läheisyydessä.

## II Mittausasemien sijoittamista koskevat perusteet

Mittauslaitteen näytteenottimen (sondi) lähellä ei saisi olla ilmavirtaa rajoittavia esteitä, jotka vaikuttavat ilmavirran kulkuun näytteenottokohdan läheisyydessä (vapaa kulma vähintään 270 astetta); näytteenottimen on siten sijaittava rakennuksiin, parvekkeisiin, puihin ja muihin esteisiin nähden etäisyydellä, joka on vähintään kaksi kertaa esteen korkeus.

Näytteenottokohdan olisi yleensä oltava vähintään 1,5 metrin (hengitystaso) ja enintään 4 metrin korkeudella maanpinnasta. Sijainti voi olla korkeampi kaupunkialueilla tietyissä olosuhteissa ja puustoisilla alueilla.

Näytteenotin olisi sijoitettava riittävän etäälle polttolaitoksista ja muista samantyyppisistä lähteistä ja vähintään 10 metrin päähän lähimmältä tieltä; välimatkaa on pidennettävä suhteessa liikenteen määrän kasvuun.

Näytteenotossa poistoaukko olisi sijoitettava siten, että poistoilma ei kierrä näytteenottiimeen.

Huomioon otettavat muut tekijät:

- mahdolliset häiriölähteet,
- toimintavarmuuteen vaikuttavat tekijät,
- kulkuyhteydet,
- sähkön ja tietoliikenneyhteyksien saatavuus,
- paikan näkyvyys ja aseman sopeutuminen ympäristöönsä,
- väestön ja mittaajien turvallisuus,
- mittausten keskittäminen (monikomponenttiasemien perustaminen) sekä
- suunnittelun muut vaatimukset.

## III Näytteenottoaikojen kuvaus ja tarkastaminen

Näytteenottoaikojen valintamenettely on kuvattava asianmukaisesti kirjallisesti sekä ympäristöstä otettujen valokuvien ja karttojen avulla. Näytteenottoaikat tulee tarkastaa säännöllisin väliajoin toistaen kuvaamisessa käytettyjä menettelyjä, jotta voidaan varmistaa, että ne täyttävät edelleen valintaperusteet.

Tämä edellyttää seuranta-aineiston perusteellista läpikäymistä ja tulkintaa siten, että otetaan huomioon ne meteorologiset ja valokemialliset prosessit, jotka vaikuttavat kullakin paikalla mitattuihin otsonipitoisuuksiin.

## SEURANTAMENETELMIEN LAATUTAVOITTEET, TULOSTEN KÄSITTELY JA KERÄÄMINEN

### I Laatuavoitteet ja tulosten käsittely

Seurantamenetelmiä koskevat laatuavoitteet, joihin kuuluvat menetelmien sallittu epävarmuus, mittausten ajallinen kattavuus ja mittaustulosten vähimmäismäärä, ovat seuraavat:

	Otsoni, typpioksidi ja typpidioksidi
<b>Jatkuvat kiinteät mittaukset</b> - yksittäisten mittausten sallittu epävarmuus - ajallinen kattavuus - aineiston vähimmäismäärä	15 % 100 % 90 % kesällä 75 % talvella
<b>Suuntaa-antavat mittaukset</b> - yksittäisten mittausten sallittu epävarmuus - ajallinen kattavuus - aineiston vähimmäismäärä	30 % yli 10 % kesällä 90 %
<b>Mallintaminen</b> - sallittu epävarmuus: tuntikeskiarvoilla (päivällä) kahdeksan tunnin arvoilla	50 % 50 %
<b>Muu arviointi</b> - sallittu epävarmuus	75 %

Mittausten epävarmuus (95 prosentin luottamustasolla) arvioidaan ISO:n julkaisun Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (1993) tai julkaisun ISO 5725-1 Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results (1994) tai vastaavan julkaisun menettelytapojen mukaisesti. Epävarmuutta koskevat taulukon prosenttiarvot on annettu yksittäisille mittauksille laskettuina keskiarvoina tavoitearvojen ja pitkän ajan tavoitteiden laskenta-ajanjaksoille ja 95 prosentin luottamustasolla. Jatkuvien mittausten epävarmuutta olisi sovellettava kyseisen tunnusluvun pitoisuusalueella.

Mallintamisen ja muun arvioinnin epävarmuus määritellään enimmäispoikkeamana mitatuista ja lasketuista pitoisuustasoista asianomaisen tunnusluvun laskentajaksoilla ottamatta huomioon tapahtumien ajoitusta.

"Ajallinen kattavuus" tarkoittaa epäpuhtauden mittaamiseen käytetyn ajan suhdetta tunnusluvun määrittelyaikaan.

"Mittaustulosten määrä" tarkoittaa laitteen tuottamien hyväksytyjen tulosten kattaman ajan suhdetta tilastollisen tunnusluvun tai aikakeskiarvon laskenta-aikaan.

Mitattavan aineiston vähimmäismäärää ja mittausten ajallista kattavuutta koskevat vaatimukset eivät sisällä tietohukkaa, joka aiheutuu laitteiden vaatimasta säännöllisestä kalibroinnista tai normaalista kunnossapidosta.

## **II Tulosten kerääminen käytettäessä muita kuin mittauksiin perustuvia arviointimenetelmiä**

Alueilta, joilla mittaustietoja täydennetään muista lähteistä saaduilla tiedoilla, tulee kerätä seuraavat tiedot:

- yleiskuvaus seurannan järjestämisestä,
- tiedot käytetyistä menetelmistä ja viittaukset tarkempiin menetelmäkuvauksiin,
- muut käytetyt tiedonlähteet,
- tulokset ja niiden arvioidut epävarmuudet,
- kuvaus ja arvio niiden alueiden laajuudesta (km<sup>2</sup> tai km), joilla pitoisuudet tai kuormitus ylittävät pitkän ajan tavoitteet tai tavoitearvot,
- tiedot väestöstä, joka altistuu terveyshaittojen ehkäisemiseksi annettujen pitkän ajan tavoitteiden tai tavoitearvojen ylityksille,
- kartta, josta ilmenee pitoisuuksien jakautuminen kyseisellä alueella.

## OTSONIA MUODOSTAVIEN YHDISTEIDEN MITTAUKSET

### Tavoitteet

Mittausten tärkeimmät tavoitteet ovat otsonia muodostavien yhdisteiden kehityssuunnan analysointi, päästöjen vähentämisstrategioiden tehokkuuden tarkistaminen, päästökartoitusten yhtenäisyyden tarkistaminen ja epäpuhtauspäästöjen paikantaminen niiden lähteisiin.

Lisätavoitteena on tukea otsonin muodostumisen ja otsonia muodostavien yhdisteiden leviämisen ymmärtämistä sekä valokemiallisten mallien soveltamista.

### Aineet

Otsonia muodostavien yhdisteiden mittauksiin on sisällytettävä ainakin typen oksidit ja kyseeseen tulevat haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC). Ohessa luettelo haihtuvista orgaanisista yhdisteistä, joiden mittaamista suositellaan:

	1-buteeni	Isopreeni	Etyylibentseeni
Etaani	trans-2-buteeni	n-heksaani	m+p-ksyleeni
Etyleeni	cis-2-buteeni	i-heksaani	o-ksyleeni
Asetyleeni	1,3-butadieeni	n-heptaani	1,2,4-trimetyylibentseeni
Propaani	n-pentaani	n-oktaani	1,2,3-trimetyylibentseeni
Propeeni	i-pentaani	i-oktaani	1,3,5-trimetyylibentseeni
n-butaani	1-penteeni	Bentseeni	Formaldehydi
i-butaani	2-penteeni	Tolueeni	Muiden hiilivetyjen kuin metaanin kokonaismäärä

### Vertailumenetelmät

Typen oksideihin sovelletaan ilmanlaadusta annetussa valtioneuvoston asetuksessa määriteltyä vertailumenetelmää. Haihtuville orgaanisille yhdisteille ei ole määritelty vertailumenetelmää.

### Sijainti

Mittauksia olisi tehtävä erityisesti kaupunki- ja esikaupunkialueilla sellaisilla mittauspaikoilla, jotka täyttävät ilmanlaadusta annetun valtioneuvoston asetuksen vaatimukset ja joiden katsotaan olevan edellä mainittujen seurantatavoitteiden kannalta tarkoituksenmukaisia.

## **VAROITUS- JA TIEDOTUSKYNNYSTEN YLITTYESSÄ VÄESTÖLLE ANNETTAVAT TIEDOT**

Väestölle 11 §:n mukaisesti annettaviin tietoihin on sisällytettävä vähintään:

1) Tiedot havaitusta ylityksestä:

- paikka tai alue, jossa ylittyminen on tapahtunut;
- tieto siitä, onko kysymyksessä tiedotus- vai varoituskynnyksen ylittyminen;
- ylittymisen alkamisaika ja kesto;
- suurin otsonin tuntikeskiarvo ja suurin kahdeksan tunnin keskiarvo.

2) Ennuste seuraavaksi iltapäiväksi tai yhdeksi tai useammaksi vuorokaudeksi:

- alue, jota tiedotus- tai varoituskynnyksen odotettavissa oleva ylittyminen koskee;
- odotettavissa olevat muutokset pitoisuudessa (paraneminen, vakiintuminen tai huononeminen).

3) Tiedot asianomaisista väestöryhmistä ja mahdollisista terveysvaikutuksista sekä suositeltavista varotoimista:

- tiedot väestöryhmistä, jotka voivat saada ylityksistä terveyshaittoja;
- todennäköisten oireiden kuvaus;
- suositukset kyseisiä väestöryhmiä koskeviksi varotoimiksi;
- tiedot lisätietojen antajista.

4) Tiedot ennalta ehkäisevistä toimista pitoisuuden tai sille altistumisen vähentämiseksi:

toiminnot ja toimialat, joilla otsonin muodostumiseen vaikuttavia päästöjä syntyy eniten sekä toimintasuosituksia näille päästöjen vähentämiseksi.

## **OTSONIN VERTAILUMENETELMÄ**

Vertailumenetelmä on standardisoitavana Euroopan standardisoimiskomiteassa (CEN).

Siihen asti, kunnes uusi vertailumenetelmä valmistuu, otsonin analysoinnin vertailumenetelmänä on ISO FDIS 13964 (Ambient air - Determination of ozone in ambient air - Ultraviolet photometric method) ja mittauslaitteiden kalibroinnin vertailumenetelmänä ISO FDIS 13964, VDI 2468, B1.6 (Reference ultraviolet photometer).

## STANDARDILUETTELO

### ILMANLAADUN MITTAAMISEEN LIITTYVIÄ STANDARDEJA

#### ISO:n mittausmenetelmästandardeja

ISO 4219:1979 Air quality - Determination of gaseous sulphur compounds in ambient air - Sampling equipment

ISO 4220:1983 Ambient air - Determination of a gaseous acid air pollution index - Titrimetric method with indicator or potentiometric end-point detection

ISO 4221:1980 Air quality - Determination of mass concentration of sulphur dioxide in ambient air - Thorin spectrophotometric method

ISO 4224:2000 Ambient air - Determination of carbon monoxide - Non-dispersive infrared spectrophotometric method

ISO 6767:1990 Ambient air - Determination of the mass concentration of sulfur dioxide - Tetrachloromercurate (TCM)/pararosaniline method

ISO 6768:1998 Ambient air - Determination of the mass concentration of nitrogen dioxide - Modified Griess-Saltzman method

ISO 7996:1985 Ambient air - Determination of mass concentration of nitrogen oxides - Chemiluminescence method

ISO 8186:1989 Ambient air - Determination of the mass concentration carbon monoxide - Gas chromatographic method.

ISO 9835:1993 Ambient air - Determination of a black smoke index

ISO 9855:1993 Ambient air - Determination of the particulate lead content of the aerosols collected on filters - Atomic absorption spectrometric method

ISO 10312:1995 Ambient air - Determination of asbestos fibres - Direct transfer transmission electron microscopy method

ISO 10313:1993 Ambient air - Determination of the mass concentration of ozone - Chemiluminescence method

ISO 10473:2000 Ambient air - Measurement of the mass particulate matter on a filter medium  
- Beta-ray absorption method

ISO/FDIS 10498 Ambient air - Determination of sulfur dioxide - Ultraviolet fluorescence method

ISO 12884:2000 Ambient air - Determination of total (gas- and particle-phase) polycyclic aromatic hydrocarbons – Collection on sorbent-backed filters with gas chromatographic/mass spectrometric analysis

ISO 13794:1999 Ambient air - Determination of asbestos fibres - Indirect-transfer transmission electron microscopy method

ISO 13964:1998 Air quality – Determination of ozone in ambient air – Ultraviolet photometric method

ISO 14965:2000 Ambient air - Determination of non-methane organic compounds - Cryogenic preconcentration and direct flame ionization detection method

ISO 14966:2002 Ambient air - Determination of numerical concentration of inorganic fibrous particles - Scanning electron microscopy method

### **Muita ISO:n standardeja**

ISO 4225:1994 Air quality - General aspects - Vocabulary

ISO 4226:1993 Air quality - General aspects - Units of measurements

ISO 6879:1995 Air quality - Performance characteristics and related concepts for air quality measuring methods

ISO 7168-1:1999 Air quality - Exchange of data - Part 1: General data format

ISO 7168-2:1999 Air quality - Exchange of data - Part 2: Condensed data format

ISO 7708:1995 Air quality - Particle size fraction definitions for health-related sampling

ISO 8756:1994 Air quality - Handling of temperature, pressure and humidity data

ISO 9169:1994 Air quality - Determination of performance characteristics of measurement methods

ISO 11222:2002 Air quality – Determination of the uncertainty of the time average of air quality measurements

ISO 13752:1998 Air quality – Assessment of uncertainty of a measurement method under field conditions using a second method as reference

ISO 14956:2002 Air quality – Evaluation of the suitability of a measurement procedure by comparison with a required measurement uncertainty

ISO 16017- 1: 2000 Indoor, ambient and workplace air – Sampling and analysis of volatile



Organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography –Part 1:  
Pumped sampling  
ISO 16017-2:2003 Indoor, ambient and workplace air- Sampling and analysis of volatile  
organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography- Part 2:  
Diffusive sampling

### **CEN:in mittausmenetelmästandardeja**

SFS-EN 12341:1998 Air quality - Determination of the PM<sub>10</sub> fraction of suspended particulate  
matter - Reference method and field test procedure to demonstrate reference equivalence of  
measurement methods

SFS-EN 13528-1:2002 Ambient air quality – Diffusive samplers for the determination of  
concentrations of gases and vapours – Requirements and test methods – Part 1: General  
requirements

SFS-EN 13528-2:2002 Ambient air quality – Diffusive samplers for the determination of  
concentrations of gases and vapours – Requirements and test methods – Part 2: Specific  
requirements and rest methods

### **SFS:n mittausmenetelmästandardeja**

SFS 3863:1977 Leijuvan pölyn määrittäminen ilmasta. Tehokeräysmenetelmä

SFS 3865:1978 Laskeuman määrittäminen

SFS 5008:1984 Ilmansuojelu. Leijuvan pölyn sisältämän lyijyn massakonsentraation  
määrittäminen. Atomiabsorptiospektrometrinen menetelmä

SFS 5425:1988 Ilmansuojelu. Ilman laatu. Typen oksidien määrittäminen  
kemiluminesenssimenetelmällä

## **KAASUANALYSAATTOREIDEN KALIBROINTIIN LIITTYVIÄ STANDARDEJA**

### **ISO:n standardeja kalibrointikaasujen valmistuksesta**

ISO 6142:2001 Gas analysis - Preparation of calibration gas mixtures. – Gravimetric method

ISO 6143:2001 Gas analysis – Comparison methods for determining and checking the composition of calibration gas mixtures

ISO 6144:2003 Gas analysis - Preparation of calibration gas mixtures. - Static volumetric method

ISO 6145-1:1986 Gas analysis – Preparation of calibration gas mixtures – Dynamic volumetric methods – Part 1: Methods of calibration

ISO 6145-2:2001 Preparation of calibration gas mixtures using dynamic volumetric methods – Part 2: Volumetric pumps

ISO 6145-4:1986 Gas analysis – Preparation of calibration gas mixtures – dynamic volumetric methods – Part 4; Continuous injection method

ISO 6145-5:2001 Gas analysis – Preparation of calibration gas mixtures using dynamic volumetric methods – Part 5: Capillary calibration devices

ISO 6145-6:2003 Gas analysis – Preparation of calibration gas mixtures using dynamic volumetric methods – Part 6: Critical orifices

ISO 6145-7:2001 Gas analysis – Preparation of calibration gas mixtures using dynamic volumetric methods – Part 7: Thermal mass flow controllers

ISO 6145-9:2001 Gas analysis – Preparation of calibration gas mixtures using dynamic volumetric methods – Part 9: Saturation method

ISO 6145-9:2001/Cor 1:2002

ISO 6145-10:2002 Gas analysis – Preparation of calibration mixtures using dynamic volumetric methods– Part10: Permeation method

ISO 6147:1979 Gas analysis – Preparation of calibration gas mixtures – Saturation method

## **LAADUNHALLINTAAN JA -VARMISTUKSEEN LIITTYVIÄ STANDARDEJA**

SFS-EN ISO/IEC 17025:2000 Testaus- ja kalibrointilaboratorioiden pätevyys. Yleiset vaatimukset

SFS-EN ISO 9001:2001 Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset

SFS-EN ISO 9000:2001 Laadunhallintajärjestelmät. Perusteet ja sanasto

SFS 3700:1998 Metrologia. Perus- ja yleistermien sanasto

SFS-ISO 10011-1:1993 Laatujärjestelmien auditoinnin suuntaviivat. Osa 1: Auditointi

SFS-ISO 10012-2:1993 Laatujärjestelmien auditoinnin suuntaviivat. Osa 2: Laatujärjestelmien auditointien pätevyys

SFS-ISO 10011-3:1993 Laatujärjestelmien auditoinnin suuntaviivat. Osa 3: Auditointien johtaminen

SFS-ISO 10012-1:1994 Mittauslaitteiston laadunvarmistusvaatimukset. Osa 1: Mittauslaitteiston metrologinen varmennusjärjestelmä

ISO 10012-2:1997 Quality assurance for measuring equipment – Part 2: Guidelines for control of measurement processes

ISO 5725-1:1994 Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – Part 1 General principles and definitions

ISO 5725-1:1994/Cor 1:1998

ISO 5725-2:1994 Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method

ISO 5725-2:1994/Cor 1:2002

ISO 5725-3:1994 Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – Part 3: Intermediate measures of the precision of a standard measurement method

ISO 5725-3:1994/Cor 1:2001

ISO 5725-4:1994 Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – Part 4: Basic methods for the determination of the trueness of a standard measurement method

ISO 5725-5:1994 Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – Part 5: Alternative methods for the determination of the precision of a standard measurement method

ISO 5725-6:1994 Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – Part 6: Use in practise of accuracy values

ISO 5725-6:1994/Cor 1:2001

## HAISEVIEN RIKKIYHDISTEIDEN (TRS) MITTAAMINEN

### Periaate

Haisevilla rikkiyhdisteillä eli TRS-yhdisteillä tarkoitetaan pelkistyneitä rikkiyhdisteitä kuten rikkivety, metyylimerkaptani, dimetyylisulfidi ja dimetyylidisulfidi. TRS-mittauksessa määritetään näiden yhdisteiden yhteispitoisuus. Määrittämistä varten yhdisteet hapetetaan korkeassa lämpötilassa rikkidioksidiksi ja muodostunut rikkidioksidi mitataan UV-fluoresenssiin perustuvalla rikkidioksidianalysointilaitteella.

### Näytteenotto

Näytteenotossa tulee käyttää riittävän lyhyttä (alle 6 metriä) näytelinjaa, jotta näytteessä ei pääsisi tapahtumaan muuttumista. Suositeltavaa on käyttää läpivirtaussondia. Sondin ja näytelinjojen materiaalien tulee olla inerttiä materiaalia (näytteenotin ruostumatonta terästä ja linjat teflonia). Näytelinjassa tulee olla hiukkasten suodattamiseksi tefloninen suodatin (5 µm), joka tulee vaihtaa vähintään joka kolmas kuukausi.

### Konvertterin toiminnan tarkistus ja laitteen kalibrointi

Näytekaasu johdetaan konvertteriin, joka käsittää SO<sub>2</sub>-erottimen (scrubberin) ja uunin. SO<sub>2</sub>-erottimen sisältämä materiaali adsorboi näytekaasusta rikkidioksidimolekyylit. SO<sub>2</sub>-erottimesta näytekaasu johdetaan uuniin, jonka lämpötila on n. 820 – 870 °C (uunin optimaalinen lämpötila on laitemerkkikohtainen).

SO<sub>2</sub>-erottimen tehokkuus, joka riippuu käytetystä adsorptiomateriaalista ja käyttöiästä, tulee määrittää säännöllisesti vähintään joka toinen kuukausi. Tämä tapahtuu syöttämällä laitteeseen konvertterin kautta tunnetunpitoista SO<sub>2</sub>-kaasua (esim. 100 ppb) vähintään 10 min ajan. Mikäli erotinmateriaali päästää lävitseen 3% tai enemmän rikkidioksidia, erottimen materiaali tulee vaihtaa.

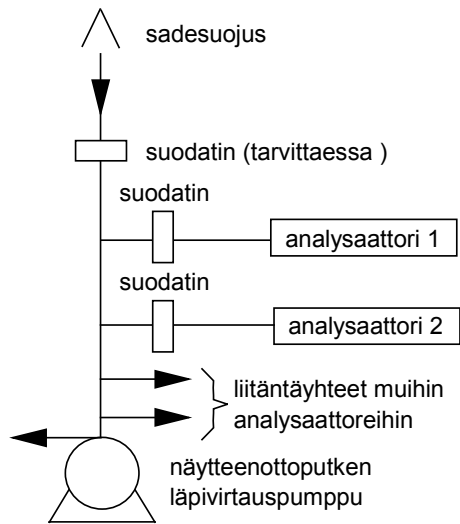
Uuni konvertoi TRS-yhdisteet rikkidioksidiksi konvertoimisasteen ollessa yleensä 90 – 95 % (osa hävikistä tulee SO<sub>2</sub>-erottimesta). Konvertoimisaste tulee tarkistaa säännöllisesti vähintään joka kolmas kuukausi johtamalla laitteeseen konvertterin kautta tunnetunpitoista rikkivetykaasua (esim. 100 ppb) vähintään 10 min ajan. Tulokset tulee korjata konvertointiasteen verran.

Analysointilaitteisto kalibroidaan monipistekalibrointina vähintään joka kolmas kuukausi rikkidioksidikaasulla, jolloin SO<sub>2</sub>-erotin ohitetaan. Jos analysointilaitteisto on ollut poissa käytöstä, sen tulee olla päällä ennen kalibrointia vähintään yksi vuorokausi.

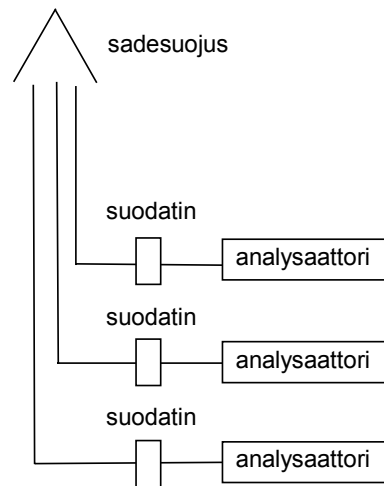
### Mittausten suorittaminen

TRS-mittauslaitteella voidaan mitata ns. vuorottelevalla tekniikalla sekä TRS- että SO<sub>2</sub>-pitoisuutta. Mittaus syklien pituudesta päätettäessä tulee huolehtia siitä, että tuntiarvojen ajallinen kattavuus jää riittäväksi (75 %) sen komponentin osalta, jonka tuloksista halutaan vertailukelpoisia,

## NÄYTTEENOTON JÄRJESTÄMINEN



Yhteinen näytteenottoputki  
(läpivirtaussondi)



Erillinen näytteenkeruu

## LAATUJÄRJESTELMÄ

Laatujärjestelmä tulee olla kattavasti dokumentoitu. Laatujärjestelmän rakenne ja yleiset periaatteet ja toimenpiteet kuvataan laatukäsikirjassa. Kaikki käytettävät menetelmät ja menettelytavat dokumentoidaan riittävän yksityiskohtaisesti.

Mittaustuloksille tulee asettaa laatutavoitteet, ja laatutavoitteiden määrittelyyn käytetyt menetelmät tulee kuvata. Tavoitteet asetetaan seuraaville parametreille:

- mittausten epävarmuus
- mitattavan aineiston vähimmäismäärä
- mittausten ajallinen kattavuus.

Menettelytavat mittauspaikan valitsemiselle ja mittausverkon suunnittelulle on kuvattava. Mittauspaikasta tulee tehdä mittauspaikkakuvaus.

Mittauslaitteet tulee valita mittaustoiminnalle asetettujen kriteerien perusteella. Laitteiden tulee täyttää myös laatujärjestelmän edellyttämät laatukriteerit. Laitteet käsittävät:

- mittauslaitteet (automaattiset, puoliautomaattiset, manuaaliset);
- kalibrointilaitteet ja mittanormaalit (primaari- ja sekundaarinormaalit);
- tilavuusvirta- ym. mittarit;
- mittaustulosten keruu-, käsittely- ja tallennuslaitteistot (tietokoneperustaisia) ja
- mittaus- ja näytteenottovälineistöt (näytteenottimet, näytelinjat, mittauskopit, ilmastointijärjestelmä yms.)

Ennen mittaustoiminnan aloittamista uudet ja ennen käyttämättömät mittausjärjestelmät tulee validoida. Validointitulokset tulee dokumentoida.

Kalibroinneista tulee olla kirjallinen suunnitelma ja aikataulu, joka kattaa kaikki kalibroittavat laitteet ja välineet. Kalibroinnit tehdään suunnitelman mukaisesti ja tulokset dokumentoidaan.

Kalibroinnissa käytettävillä mittanormaaleilla tulee olla jälki kansallisiin primaarinormaaleihin. Jäljitettävyyssketjun pituuteen vaikuttaa kalibrointipalvelujen saatavuus ja rajoittaa ketjusta aiheutuvalla epävarmuudella sallittu määrä mittausten kokonaisepävarmuusbudjetissa. Jäljitettävyyssketju tulee dokumentoida.

Mittauslaitteiden toiminnantarkistuksista ja huolloista tulee olla kirjallinen suunnitelma ja aikataulu, jota noudatetaan. Mittausasemakäynneillä kirjataan kaikki suoritettut toimenpiteet kalibrointi- ja mittauspöytäkirjoihin.

Tulosten validoinnissa tulee käyttää sekä teknisiä että tilastollisia menetelmiä. Validoidut tulokset tulee koodata laatuluokittain. Kaikki validointiin liittyvät oleelliset toimet ja tulokset tulee dokumentoida. Tulokset raportoidaan vaatimusten mukaisesti.

Laitteista ja ohjelmistoista pidetään rekisteriä, joka päivitetään.

Mittauksia ja näytteenottoa tekevillä henkilöillä tulee olla tehtäviin soveltuva koulutus tai muuten hankittu pätevyys sekä riittävä perehtyneisyys työtehtäviinsä.

Henkilöstön koulutuksesta ja päteväisyydestä pidetään rekisteriä, joka säännöllisesti päivitetään. Henkilöstölle tehdään koulutussuunnitelma.

- Mittausverkon tai mittauksia tekevän organisaation tulee osallistua säännöllisesti kansallisesti järjestettäviin vertailumittauksiin.

Laatujärjestelmä eri osatoimintoinen tulee auditoida sisäisesti säännöllisesti (yleensä kerran vuodessa). Laatujärjestelmän auditoinnissa voidaan käyttää myös ulkoisia auditoreita. Mittaustoiminnan auditointi käsittää:

- järjestelmäauditoinnit ja
- suoritusauditoinnit.

Laatujärjestelmän katselmus (johdon katselmus) tulee suorittaa säännöllisesti, yleensä kerran vuodessa.

Kaikki kirjalliset laadunvarmistusdokumentit ja oleelliset mittaus- ym. tulokset ja raportit arkistoidaan. Dokumenttien säilytystavasta ja -ajasta tehdään kirjallinen suunnitelma. Arkistointijärjestelmä dokumentoidaan.

(Laatujärjestelmän vaatimukset perustuvat soveltuvin osin standardiin SFS-EN ISO/IEC 17025:2000 Testaus- ja kalibrointilaboratorion pätevyys. Yleiset vaatimukset.)

## ILMANLAADUN MITTAUSASEMAN KUVAUS

Ilmanlaatutuloksia esitettäessä ja arvioitaessa on tarpeen olla selvillä mittausaseman sijainnista ja sen ympäristöstä, kuten päästölähteistä, topografiasta, rakennuksista ja muista ilmajärjestelmien vaikuttavista tekijöistä. Ympäristötiedot ovat tarpeen jo mittausaseman paikkaa valittaessa ja niitä tulee tarkentaa tarvittaessa mittausjakson aikana.

### Mittausaseman yleistiedot

- Nimi (mittausaseman yksikäsitteinen nimi mittausverkossa)
- Tietotekninen koodi (mittausasemasta sen tulosten käsittelyssä ja talletuksessa käytetty koodi)
- Sijaintikunta
- Sijaintialue (tieto, jonka avulla kuntaa tunteva voi arvioida mittausaseman sijaintia, esim. kaupunginosa, kylä)
- Osoite
- Koordinaatit (pohjois- ja itäkoordinaatti yhtenäiskoordinaatteina)
- Korkeus merenpinnan yläpuolella (mittausaseman maanpinnan korkeus)
- Perustamispäivä (milloin mittaukset on aloitettu, päivä, kuukausi, vuosi)

### Mittausaseman sijoittamiskriteerit (ks. luku 2, mittausten tavoitteet)

Esimerkiksi jokin seuraavista:

- ohjearvojen valvonta
- raja-arvojen valvonta
- väestön epäpuhtauskuormituksen tai viihtyisyshaitan arviointi
- kasvillisuusvaikutusten arviointi
- ilmanlaatutietojen tuottaminen kuntasuunnittelun tarpeisiin
- ilmanlaatutietojen tuottaminen kansainvälisiin tietoverkkoihin
- yhden tai useamman päästölähteen ilmanlaatuvaikutusten arviointi
- päästöhäiriöiden pitoisuusvaikutusten havainnointi
- päästömuutosten ilmanlaatuvaikutusten seuranta
- päästöjen yhteisvaikutusten havainnointi esim. taajaman ulkopuolella
- leviämismallien vertailuaineiston tuottaminen
- ilmanlaatuennusteiden ja -indeksien tuottaminen

### Mittausaseman sijaintialueen tyyppi (etäisyydellä noin 100 m ... 1 - 3 km)

Esimerkiksi jokin seuraavista:

- |                      |  |
|----------------------|--|
| • kaupunkikeskusta   | • meren tai järven ranta                         |
| • esikaupunkialue    | • maanviljelysalue                               |
| • kauppakeskus       | • puisto, metsä, luonnonniitty                   |
| • maaseutu           | • satama   |
| • teollisuusalue     | • laaja maa- ja metsätalousalue                  |
| • pienteollisuusalue | • luonnonsuojelun kannalta merkityksellinen alue |
| • asuntoalue         |  |
| • pientaloalue       |  |



## **Mittausaseman sijaintipaikan tyyppi (etäisyydellä 0 - 100 m)**

Mittausaseman välitön ympäristö, esim.

- leveä katu
- kapea katu
- katukuilu
- erillinen kevyen liikenteen väylä
- rakennuksen edusta
- terassi, torni, kattotasanne
- sisäpiha
- koulu, sairaala
- tunneli
- niitty, ruohokenttä, pelto
- tori tai muu tasainen aukea kenttä

## **Mittausasemalla mitatut komponentit ja meteorologiset parametrit**

Komponentti/parametri, laite, menetelmä, mittauskorkeus (näytteenottopisteen korkeus maanpinnasta)

## **Tärkeimmät päästölähteet, jotka vaikuttavat mittauspaikan pitoisuustasoon**

### *Liikennepäästölähteet*

- Kadun tai tien nimi
- Etäisyys mittauspaikasta (lyhin etäisyys tien keskiviivaan)
- Ilmansuunta, jossa katu sijaitsee mittausasemalta katsottuna em. lyhimmän etäisyyden mukaan
- Väylän tyyppi (syvä/kapea katukuilu, matala/leveä katukuilu, puoliavoin/avoin väylä)
- Kadun leveys
- Kadun varren rakennusten keskikorkeus
- Liikennetyyppi (liikenteen sujuvuus, ruuhkautuvuus)
- Keskiajonoisuus
- Liikennemäärä arkisin (ajoneuvoa/vrk, keskimääräinen arkivuorokausiliikenne, KAVL)
- Raskaan liikenteen osuus

### *Luvanvaraiset laitokset ja muut mittausaseman pitoisuustasoon vaikuttavat kiinteät päästölähteet*

- Teollisuuslaitoksen tms. nimi ja omistaja
- Laitoksen tyyppi (prosessiteollisuus, pienteollisuus, muu teollisuus, energiantuotanto, rakennusten erillislämmitys, kaivostoiminta, satama, lentokenttä, kasvihuone, turkistarhaus, kotieläintalous, peltoviljely, tms.)
- Päästökorkeus
- Etäisyys mittauspaikasta (hajapäästöjen tapauksessa lyhin etäisyys päästöalueen reunaan)
- Ilmansuunta, jossa päästölähde sijaitsee mittausasemalta katsottuna, hajapäästön tapauksessa sektori
- Päästöjen laatu ja määrä

## **Kartta**

Havainnollisuuden vuoksi mittausaseman kuvausta on syytä täydentää kartalla (mittakaava 1:1000 - 1:20000 aseman luonteesta riippuen), josta selviää mittausaseman sijainti ja etäisyys lähimpiin liikenneväyliin/kiinteisiin päästölähteisiin nähden (ilmansuunnat, mittakaava). Kartalla tulee myös

esittää merkittävien virtausesteiden kuten mäkien ja rakennusten tai kasvillisuuden korkeus ja sijainti mittauspisteeseen nähden.

## KALIBROINTIPÖYTÄKIRJA

Esimerkkinä kaasuanalysointilaitteen kalibrointi

Kalibrointipöytäkirjaan merkitään seuraavat tiedot:

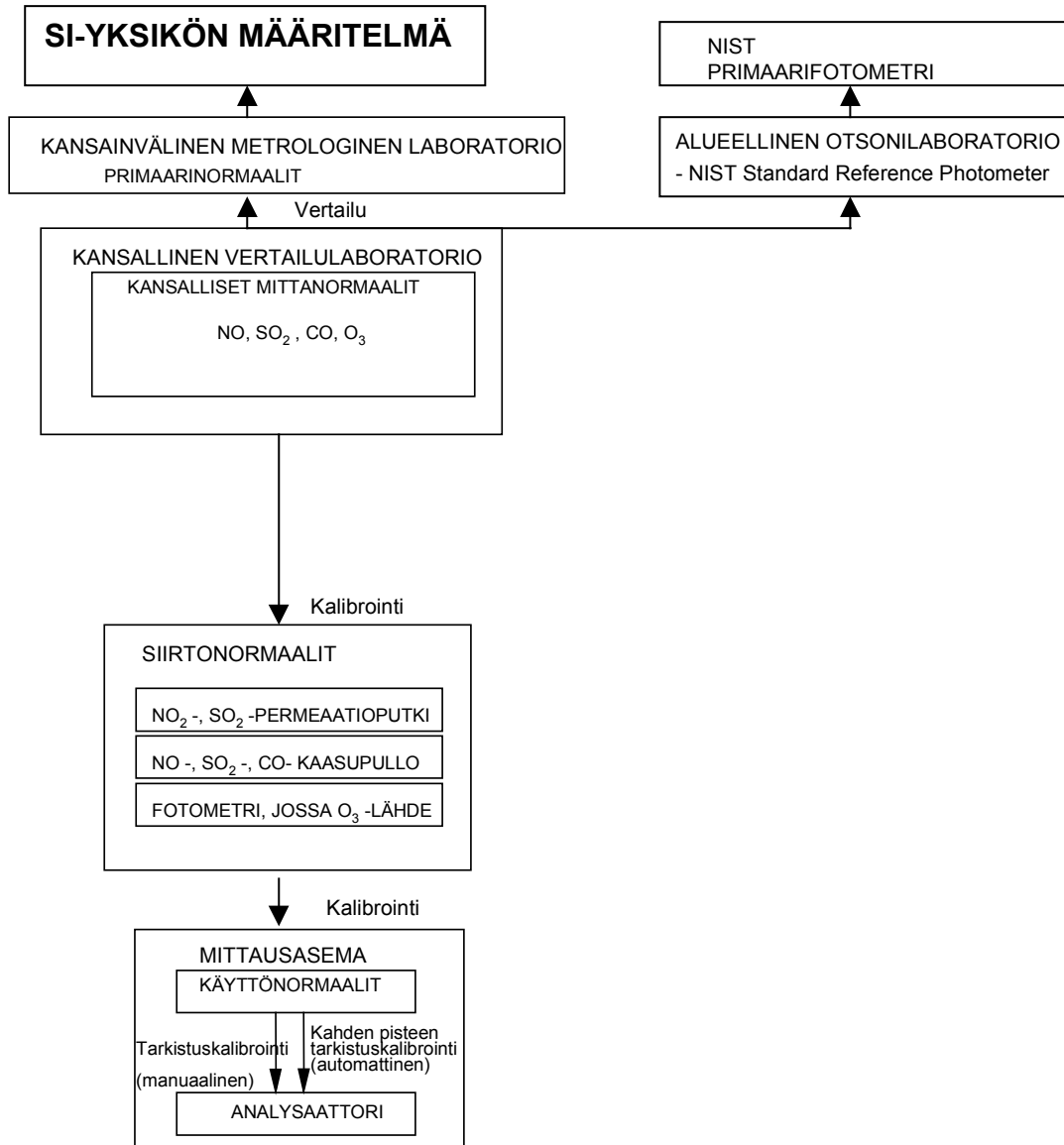
- Kalibroitava laite, sen merkki ja tyyppi.
- Kalibrointiajankohta, paikka ja suorittaja. Kalibroinnin aloitus- ja lopetusaika merkitään mahdollisimman tarkasti, vähintään 5 minuutin tarkkuudella.
- Kalibraattori, sen merkki ja tyyppi.
- Kalibrointilähde, esim. kaasupullo, permeaatioputki, kaasugeneraattori.
- Kalibrointikaasu, sen alkuperä (kaasun valmistaja, kaasugeneraattori) ja kaasupitoisuus.
- Mittalaitteen pitoisuusalue kalibroinnissa.
- Maininta siitä, onko kyseessä tarkistuskalibrointi vai tämän jälkeen säädetyn mittalaitteen uusintakalibrointi.
- Kalibrointitulokset: syötetyt pitoisuudet (lasketut pitoisuusarvot) ja mittalaitteen näyttämät pitoisuudet (asteikonäyttämä/mitatut jännitteet).
- Tuloksista määritetty kalibrointisuora ja kalibrointikertoimet (voidaan tehdä tilanteesta riippuen myöhemmin).
- Mittausaseman sisälämpötila.

## MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Mittausten aikana pidetään pöytäkirjaa, jota säilytetään mittausasemalla mittalaitteiden yhteydessä. Mittauspöytäkirjaan merkitään seuraavia mittauksiin ja laitteisiin liittyviä asioita:

- Mittalaitteiden huoltojen ajankohdat ja tekijät. Ajankohdat, jolloin mittalaitteet kytketään pois mittauksesta ja taas takaisin mittaukseen, ilmoitetaan mahdollisimman tarkasti.
- Mittalaitteissa havaitut häiriöt ja viat.
- Suoritetut huollot ja korjaukset.
- Havaitut poikkeamat menetelmä- ja laitekuvauksen tiedoista ja niiden perusteella tehdyt laitteen säätö- tai korjaustoimet.
- Tiedot suoritetuista kalibroinneista. Kalibroinnin aloitus- ja lopetusaika ilmoitetaan mahdollisimman tarkasti. Kalibrointitulokset merkitään erilliseen kalibrointipöytäkirjaan.
- Tiedot näytteenkeruusta ja keruun aloitus- ja lopetusajat. Havainnot näytteiden poikkeuksellisesta ulkonäöstä tai vahingoittumisesta.
- Havainnot poikkeuksellisista mittaustuloksista ja arviot tulosten luotettavuudesta.
- Tiedot säähavaintoanturien ja -mastojen tarkistuksesta ja huollosta.
- Havaitut häiriöt sähköjälkelussa kuten sähkökatkokset ja mahdolliset jännitevaihtelut.
- Havainnot poikkeuksellisista sääolosuhteista.
- Havainnot ympäristön häiritsevistä toiminnoista (työmaa, rakennustoiminta, poikkeukselliset liikenneuhkat tms.) ja niiden kestosta.

# KAASUSTANDARDIEN JÄLJITETTÄVYYS



## MITTAUSTEN EPÄVARMUUS

Perinteisesti fysikaalisissa mittauksissa mittaustulokseen liitetään arvio mittausten luotettavuudesta. Tällöin tiedetään, missä rajoissa mittaustulos liikkuu, mittaustulosten vertailtavuus muiden tulosten kesken käy päinsä sekä tulosten käyttö erityisesti mallintamisessa on järkevää. Toisaalta myös mittauksiin liittyvien epävarmuustekijöiden tunteminen auttaa pienentämään epävarmuuslähteitä. Myös ilmanlaadun mittauksissa on epävarmuustekijät selvitettävä tulosten vertailtavuuden, sekä tulosten arvioinnin ja mallintamisen vuoksi.

Mittauksiin liittyvä epävarmuuskäsite on verrattain nuori, vaikka mittausten virhe on jo kauan ollut tunnustettu. Yksittäiseen mittaukseen liittyvä virhe koostuu satunnaisvirheistä ja systemaattisista virheistä. Laadunvarmistuksen tavoitteena on tunnistaa mittaukseen liittyvät virheet tai epävarmuustekijät ja korjata tai hallita ne. Mittausten epävarmuus sen sijaan kuvaa mittaustulosten vaihtelualuetta, mikä mittauksiin jää jäljelle, kun systemaattiset ja satunnaiset virheet on eliminoitu tai minimoitu. Se on tilastollinen suure, estimaatti, niille epävarmuustekijöille, jotka liittyvät satunnaisvaihtelun ja systemaattisten tekijöiden epätäydelliseen korjaukseen. Sillä kuvataan esimerkiksi kuinka hyvin lineaarinen kalibrointisuora (estimaatti) kuvaa laitteen pitoisuusvastetta mitta-alueella (ISO,1995).

Mittauksiin liittyy monia epävarmuuslähteitä, jotka on pystyttävä identifioimaan ja määrittämään (laskemaan, arvioimaan). Seuraavassa muutamia mahdollisia epävarmuuslähteitä:

- a) Mitattava suure:
  - ei ole selvästi määritelty tai
  - todentaminen on puutteellista.
  
- b) Näytteenotto:
  - ei ole edustava (ei kuvaa mitattavaa suuretta);
  - ympäristöoloja ei tunneta, tai ne eivät sovellu mittaamiseen;
  - keruutehokkuutta ei tunneta;
  - materiaalit eivät ole sopivia, keruusondi ei ole oikean muotoinen tai
  - näytteenottoaika, keruunopeus tai näytetilavuus ei ole riittävä.
  
- c) Näytteen käsittely:
  - puutteelliset ohjeet tai koulutus näytteenkäsittelylle tai
  - näytteen säilytys puutteellinen.
  
- d) Mittaustuloksen lukeminen:
  - käyttäjähenkilöstö lukee analogisia mittareita eri tavalla tai
  - mittalaitteen erotuskyky ei ole riittävä.

e) Kalibrointi:

- mittanormaanin arvoa ei tunneta tarkasti;
- mittalaitteen mittausominaisuuksia ei tunneta (lineaarisuus, stabiilisuus, toistettavuus);
- laimennusvirtausten epävarmuutta ei tunneta;
- laimennuskaasun tai kalibrointikaasun puhtautta ei tunneta (epäpuhtaudet, kosteus) tai
- kalibrointiolosuhteita (paine ja lämpötila) ei tunneta.

f) Tulosten käsittely:

- tulosten korjaus huonosti dokumentoitu tai
- mittausolojen huomioonottaminen puutteellista.

On huomattava, että ym. epävarmuuslähteet eivät välttämättä ole toisistaan riippumattomia. Toisistaan riippumattomissa tapauksissa epävarmuustekijät määritetään erikseen ja lasketaan niiden vaikutus kokonaisepävarmuuteen. Jos epävarmuustekijät ovat toisistaan riippuvia, lasketaan niiden yhteisvaikutus (kovarianssi). Yhdistetty epävarmuus toisistaan riippumattomille tekijöille voidaan laskea seuraavasti:

$$u^2_{tot} = \sum_{i=1}^n c_i^2 u_i^2 ,$$

jossa  $u_i$  on epävarmuustekijöiden komponentti ja  $c_i$  sen painokerroin. Useimmissa tapauksissa voidaan asettaa  $c_i = 1$ . Summaus suoritetaan kaikkien riippumattomien mittausedpävarmuuteen vaikuttavien tekijöiden yli. Yhdistetty epävarmuus kerrotaan tuloksen kattavuutta merkitsevällä tekijällä  $k$ , jolloin saadaan mittausten yhdistetty kokonaisepävarmuus:

$$U = k \cdot u_{tot}$$

Kattavuustekijän  $k$  määrittämisessä täytyy ensin huomioida seuraavat seikat:

- mikä luotettavuustaso vaaditaan mittaustuloksilta (mittausten laatuksiteerit,
- millaista jakaumaa mittaustulokset edustavat (Gaussimainen, log-normaalinen)
- tunnetaanko yksittäisten epävarmuustekijöiden määrittämiseksi tehtyjen mittausten vapausasteet (esim riippumattomat toistokerrat)

Kun nämä asiat on selvitetty, voidaan kattavuustekijä määrittää. Jos suurin epävarmuustekijä koostuu esim. viidestä mittauksesta ( $n=5$ ) on riippumattomien vapausasteiden lukumäärä laskelmissa 4 ( $= n - 1$ ), saadaan kattavuustekijä 95 %:n luotettavuustasolla ottamalla Student-t-jakauman (2-puolinen jakauma  $95\% = (1 - \gamma/2)$  taulukkoarvo em. arvoilla ( $\alpha = .975$ ;  $p = 4$ ;  $k = 2.776$ ). Jos on useita samaa suuruusluokkaa olevia epävarmuuskomponentteja, käytetään 95 %:n luotettavuustasolla arvoa  $k = 2$ .

Esimerkkinä erotetaan jatkuvatoimisen analysoijan mittausten kokonaisepävarmuuteen vaikuttavia komponentteja  $u_i$  :

I) Mittalaitteen stabiilisuus: mitataan samaa pitoisuutta riittävän pitkä aika ja lasketaan tulosten hajonta varianssin avulla:

$$s^2(q_k) = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (q_k - \bar{q})^2$$

jossa  $q$  on havaintojen  $q_k$  aritmeettinen keskiarvo. Mittausten hajonta saadaan kaavasta :

$$u_q = s(q_k)$$

II) Mittausten toistettavuus ja uusittavuus (ISO 9169:1994):

- mittausten toistettavuus (repeatability) suoritetaan esimerkiksi 10 peräkkäisten pitoisuusarvojen perusteella, joista lasketaan standardipoikkeama (ISO 5725:1994)  $u_{rep}$
- mittalaitteiden uusittavuus (reproducibility). Voidaan käyttää samalle analysaattorille tehty testaus standardin (ISO 5725:1994) mukaisesti  $u_{rp}$

III) Kalibroinnin aiheuttama epätarkkuus (ISO 9169:1994, ISO/DIN 13752)  $u_{cal}$ : tähän vaikuttavat analysaattorin vastefunktio (lineaarisuus), kalibroitikaasun epävarmuus, kalibroitikaasun laimennuksesta aiheutuva epävarmuus sekä laimennuskaasun puhtaudesta.

- Kalibroitisuoran epävarmuus. Kalibroitisuoralle voidaan määrittää verhoikäyrä tietyllä luotettavuusasteella. Toinen tapa on käyttää sovitusestimaattia ( $u_{see}$  = standard error of estimate) kalibroitialueen painopisteessä
- Kalibroitikaasun epävarmuus lasketaan jokaiselle pitoisuustasolle,  $u_{span}$
- Kalibroitikaasun laimennuksesta aiheutuva epävarmuus koostuu laimennusvirtausten epävarmuudesta  $u_{laim}$
- Laimennusilman puhtaus  $u_{nolla}$

IV) Mittalaitteen vaeltelu (drift) (ISO 9169:1994)  $u_{drift}$

- määrittäminen tapahtuu edellä mainitun standardin mukaisesti

Yhdistetty epävarmuus saadaan tällöin:

$$\sqrt{u_{tot}^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n c_i^2 u_i^2} = \sqrt{u_q^2 + u_{rep}^2 + u_{rp}^2 + u_{cal}^2 + u_{drift}^2} =$$



$$\sqrt{u_q^2 + u_{rep}^2 + u_{rp}^2 + u_{see}^2 + u_{laim}^2 + u_{nolla}^2 + u_{drift}^2}$$

ja kokonaisepävarmuus kattavuustekijällä  $k = 2$ , saadaan:

$$U = 2 \cdot \sqrt{u_{tot}^2} .$$

## ESIMERKKI VUOSIRAPORTIN RUNGOSTA

### TIIVISTELMÄ

#### 1 JOHDANTO

Taustatietoja, esimerkiksi

- kunnan ilmanlaadun seurannan kuvaus
- mittausten tavoite
- ilmanlaadun tarkkailuorganisaatio
- tutkimuksen rahoittajat
- tutkimuksen yhteistyötahot

#### 2 MITTAUSTOIMINTA

Mittaustoiminnan kuvaus

- mitatut epäpuhtaudet ja suuret
- mittausten kesto
- mittausalueet ja -paikat sekä niiden sijainti toisiinsa ja päästöihin nähden (kartta)
- mittausmenetelmät ja -laitteet ja niiden valintaperusteet
- mittaustulosten siirto, käsittely ja taltiointi
- mittausten laadunvarmistus

#### 3 PÄÄSTÖT

Päästölähteiden (piste-, pinta-, ja liikennepäästöt) kuvaus

- sijainti mittauspisteisiin nähden
- päästömäärät ja päästöjen luonne
- päästöhäiriöt ja muut poikkeamat (seisokit yms.)
- päästöjen kehityssuunta
- ilmansuojelutoimet, jotka voivat vaikuttaa tuloksiin

#### 4 SÄÄ

Mittausvuoden sää ja sen poikkeamat pitkäaikaistilanteeseen nähden

#### 5 TARKKAILTAVAT EPÄPUHTAUDET

- ilmanlaadun tavoitteet ja niihin vertaaminen
- terveys- ja luontovaikutukset

#### 6 TULOKSET

6.1 Mitatut pitoisuudet

- tunti-, vuorokausi-, kuukausi- ja vuosikeskiarvot
- ajallinen vaihtelu (vuorokausi-, viikonpäivä-, kuukausi- ja vuosivaihtelu)

6.2 Mittaustulosten vertaaminen ilmanlaadun tavoitteisiin

- ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet
- ohjearvojen ylitykset

- raja-, tavoite- ja kynnsarvoihin verrattavat pitoisuudet

## 7 TULOSTEN ARVIOINTI

### 7.1 Pitoisuuksien arviointi

- ylitysten syyt
- eri päästölähteiden vaikutus pitoisuuksiin (paikalliset lähteet, kaukokulkeuma)
- säätekijöiden vaikutus mittaustuloksiin
- poikkeuksellisen korkeiden pitoisuuksien jaksot
- pitoisuuksien kehityssuunta
- pitoisuuksien vertailu mittauspaikoittain

### 7.2 Tulosten luotettavuus

- laitteiden toiminta  
(miten laitteistot ovat toimineet, onko kalibroinnit ja muu laadunvarmennus tehty suunnitelmien mukaisesti sekä mikä on mahdollisten poikkeamien vaikutus mittaustulosten luotettavuuteen)
- häiriöt  
(onko ollut mittauksia häiritseviä tekijöitä, jotka olisivat vaikuttaneet mittaustuloksiin, esim. ilkkivalta, sähkökatkot)

### 7.3 Mittausten arviointi

- mitattujen epäpuhtauksien riittävyys (komponenttien kattavuus)
- mittausverkon alueellinen kattavuus

## 8 YHTEENVETO

## 9 PÄÄTELMÄT

Arvio kunnan ilmansuojelutilanteesta ja esitykset mahdollisiksi toimiksi.

## LIITTEET

- mittauspaikkakuvaukset (vrt. liite 8) karttoineen
- mittaustuloksia soveltuvien osien

Ilmanlaadun tutkimus  
Sahaajankatu 20 E  
00810 HELSINKI  
puh. (09) 19291  
fax (09) 1929 5403

Air quality research  
Sahaajankatu 20 E  
FIN-00810 HELSINKI  
tel. +358 9 19291  
fax +358 9 1929 5403

[www.fmi.fi](http://www.fmi.fi)



ILMATIETEEN LAITOS  
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE