



ILMATIETEEN LAITOS

ILMANLAADUN SEURANTOJEN LAATU JA KUSTANNUKSET



Kuva: Kaj Lindgren

ASiantuntijapalvelut
ILMANLAATU JA ENERGIA 2015

ILMANLAADUN SEURANTOJEN LAATU JA KUSTANNUKSET

Birgitta Komppula

Katja Lovén

Jari Waldén

Mika Vestenius

Kaisa Korpi

ILMATIETEEN LAITOS
ASiantuntijapalvelut – Ilmanlaatu ja energia
Helsinki 11.9.2015

TIIVISTELMÄ

Selvityksessä tarkasteltiin Suomen ilmanlaadun seurantojen laatutasoa ja kustannuksia. Mittaustoiminnan laatutasoa ja vaatimustenmukaisuutta tarkasteltiin pääasiassa kansallisen vertailulaboratorion aikaisemmin suorittamien vertailumittausten ja kenttäauditointien perusteella. Ilmanlaadun mittausten kustannuksia kartoitettiin ilmanlaadun mittaajille suunnatulla kyselyllä. Lisäksi tarkasteltiin muiden ilmanlaadun arviointimenetelmien kuin jatkuvien mittausten käytettävyyttä ilmanlaadun arvioinnissa. Laajaa aihepiiriä taustoitettiin kokoamalla yhteenveto laatutavoitteista, ilmanlaadun mittausasemien edustavuudesta, laadunvarmistusmenetelmistä, Suomen ilmanlaadun mittausten järjestämisestä, mittausten kehittymisestä 1970-luvulta tähän päivään sekä ilmansuojelun parissa toimivista toimijoista ja heidän rooleistaan ilmansuojelun kentällä.

Suomen ilmanlaatumittausten laatutaso on keskimäärin melko hyvä ja pääosin mittaukset täyttävät vähimmäislaatuvaatimukset. Lähes kaikilla mittausverkoilla oli käytössään dokumentoitu laatujärjestelmä, joka oli joko itse laadittu tai jonka pohjana oli käytetty toisen mittausverkon laatujärjestelmää. Sisäisiä ja ulkoisia auditointeja mittausverkoissa suoritetaan vertailulaboratorion kenttäauditointien lisäksi melko vähän, lähinnä vain suurimmissa mittausverkoissa. Kahdella kolmesta mittausverkosta kalibrointitoiminta oli ulkoistettua ja kolmasosa hoiti kalibroinnit itse. Yleisesti ottaen kalibrointien jäljitettävyyden on mittausverkoilla asianmukaisesti järjestetty. Puutteita on havaittu yksittäisillä mittausverkoilla. Huolto- ja laadunvarmistustoimet ovat pääosin ainakin vähimmäisvaatimukset täyttäviä, mutta käytännöt vaihtelevat mittausverkoittain. Lähes kaikkien mittausverkkojen mittaustiedot ovat saatavilla reaaliaikaisesti ilmanlaatuportaalissa ja tarkistettavat mittaustiedot toimitetaan vuosittain ilmanlaadun seurannan tietokantaan.

Ilmatieteen laitoksen Asiantuntijapalvelut lähetti ilmanlaadun mittaajille kyselyn ilmanlaadun seurannan kustannuksista. Kyselyyn vastasi 15 mittausverkkoa 34:sta eli kyselyn vastausprosentti oli 44 %. Myös Ilmatieteen laitoksen hoitama taustailmanlaadun seuranta on mukana kyselyssä. Kyselyn mukaan ilmanlaatumittausten vuosittaiset kokonaiskustannukset vaihtelivat mittausverkoissa 8 500–180 000 euron välillä. Mittauskustannusten mediaani oli 38 000 euroa/vuosi. Yhden mittausaseman keskimääräiset vuosikustannukset olivat 21 000 euroa. Valtaosa (keskimäärin 60 %) mittaustoiminnan kokonaiskustannuksista muodostui henkilökuluista. Henkilöresursseja ilmanlaadun mittaustoimintaan kului keskimäärin kahdeksan henkilötyökuukautta vuodessa. Mittaustoiminnan ylläpitoon käytettiin keskimäärin 20 % määrärahoista ja investointeihin noin 15 %. Useimmat kyselyyn vastanneista mittausverkoista hoitavat seurantaa yhteistarkkailuna: kunnan osuus rahoituksesta on keskimäärin 46 % ja teollisuuden sekä energiantuotannon osuus on 54 %.

Ilmanlaadun arvioinnissa jatkuvia mittauksia täydentäviä menetelmiä ovat suuntaantavat mittaukset, mallinnustekniikat ja objektiivinen arviointi. Suomessa jatkuvien mittausten ohella EU:lle on raportoitu joissakin tapauksissa passiivikeräintuloksia. Mallinnustekniikat eivät ole saaneet mittauksia vastaavaa asemaa jatkuvana ilmanlaadun arviointimenetelmänä vaan niitä käytetään tapauskohtaisesti ja erityisesti arvioitaessa uusien toimintojen vaikutusta ilmanlaatuun taikka ilmanlaadun kehittymistä tulevaisuudessa. Objektiivinen arviointi on riittävä menetelmä alueilla, joilla ei ole merkittäviä päästölähteitä ja joilla pitoisuustasojen arvioidaan olevan matalia.

TERMIEN SELITYKSET

Akkreditointi = Ulkopuolisen virallisen tahon antama muodollinen hyväksyntä, jolla annetaan tunnustus määritettyjen kriteerien noudattamisesta ja standardien mukaisuudesta. Toistetaan määräajoin.

Alempi arviointikynnys = Ilman epäpuhtauden pitoisuus, jota alemmissa pitoisuuksissa ilmanlaadun arvioimiseksi riittää, että seuranta-alueella käytetään yksinomaan mallintamista tai muita menetelmiä, kuten päästökartoituksia.

Auditointi = Prosessi, jossa järjestelmällisesti ja objektiivisesti arvioidaan sekä dokumentoidaan, miten hyvin kriteerit on täytetty ja miten laadunvarmistusjärjestelmää noudatetaan. Voivat olla organisaation sisäisiä tai ulkoisia.

Ekvivalentti = Yhdenmukainen, täysin vastaava

Ilmanlaadun arviointikynnykset = Pitoisuustasoja, joiden avulla määritellään ilmanlaadun seurannan tasoa ja tarvetta (ks. ylempi ja alempi arviointikynnys). Arviointikynnysten ylittyminen määritetään viiden edellisen vuoden pitoisuuksien perusteella. Arviointikynnyksen katsotaan ylittyneen, kun se on ylittynyt vähintään kolmena vuotena viidestä.

Jatkuva mittaus = Kiinteillä mittausasemilla jatkuvatoimisesti tai satunnaisotannalla tehtävä mittaus, joka täyttää taulukon 2 laatutavoitteet.

Kalibrointi = Toimenpide, jossa verrataan mittalaitteen antamia arvoja (pitoisuuksia) tunnettuihin, jäljitettyihin mittanormaalien arvoihin. Muodostetaan yhteys mitattujen arvojen ja mittanormaalien välille esim. kalibrointiyhtälön avulla.

Huom1. Jatkotoimet: datan korjaus jälkikäteen kalibrointiyhtälön avulla.

Huom2. Laitteen säätö yhdessä pisteessä, jos ero on yli 5 %. Tämän jälkeen seuraa uusi kalibrointi.

Laadunhallinta = Tuotteen, palvelun tai toiminnan vaatimuksenmukaisen laadun ylläpito. Laajempi käsite, joka kattaa toiminnan laadun suunnittelun ja ohjauksen, laadunvarmistuksen ja laadun parantamisen.

Laatukäsikirja = Laadunhallintajärjestelmän yksi keskeisimmistä dokumenteista. Laadunhallintajärjestelmä on kuvattu laatukäsikirjaan.

Laatutavoitteet = Mittauksille esimerkiksi lainsäädännössä asetettavat mitattavissa olevat kriteerit, joiden täyttymistä laatujärjestelmässä valvotaan.

Esimerkiksi ilmanlaatudirektiivin asettamat laatutavoitteet jatkuville tai suuntaa-antaville mittauksille.

Laadunvalvonta/ohjaus (Quality Control, QC) = Toimenpiteet, joiden tavoitteena on asetettujen laatutavoitteiden todentaminen.

Esimerkiksi vertailumittaukset, auditointitulokset ja mittaustulosten validointi.

Laadunvarmistus (Quality Assurance, QA) = Suunnitellut menettelytavat, prosessit ja teknikat, joita käyttämällä turvataan toiminnan laatu.

Esimerkiksi mittalaitteiden huollot ja kalibroinnit, henkilöstön koulutus ja menettelyohjeistukset.

Laadunvarmistusjärjestelmä = Laadunvarmistuksen menettelytavoista muodostuva kokonaisuus

Laajennettu mittausepävarmuus = Mittaustulokseen liittyvä parametri, joka kuvaa mittaustuloksen arvojen jakaumaa tietyllä kattavuustekijän arvolla (k).

Esimerkiksi ilmanlaadudirektiivi määrittää, että laajennetun mittausepävarmuuden kattavuustekijä $k=2$, mikä vastaa normaalijakautuneille tuloksille 95 %:n luotettavuustasoa.

Mittausepävarmuus = Mittaustulokseen liittyvä parametri, joka kuvaa mittasuureeseen liittyvien arvojen jakaumaa.

Nolla- ja span tarkistus = Toimenpide, jossa tarkistetaan mittalaitteen toimintakyky kahden testipisteen avulla. Mikäli testipisteet (pitoisuus) ovat kalibroitu mittanormaanin avulla, toimenpide voi olla kalibrointi. *Huom. nolla- ja span tarkistuksen perusteella ei voi tehdä muutoksia tuloksiin.*

NO₂ konverterin hyötysuhde = Typpidioksidin muuntumisaste typpimonoksidiksi näytekaasussa (%). Kuvaa NO-NOx-mittalaitteen toimintakuntoa.

Sertifiointi = Todistus siitä, että laadunhallintajärjestelmä täyttää tietyt kriteerit.

Standardi = Tunnustetun elimen hyväksymä asiakirja, joka esittää yleisesti hyväksytyjä sääntöjä ja ohjeita toiminnoille ja niiden tuloksille.

Standardiepävarmuus = Mittaustuloksen epävarmuus, joka ilmaistaan keskihajontana.

Suuntaa-antava mittaus = Kiinteillä tai siirrettävillä mittausasemilla tehtävä yleensä lyhytkestoinen tai otantaan perustuva mittaus, joka täyttää taulukon 3 laatutavoitteet.

Tyyppihyväksyntä = Nimetyn elimen päätös, jonka mukaan mittalaitetyyppi täyttää tietyt vaatimukset.

Tyyppihyväksyntätesti = Tutkimus, jossa mittalaitetyyppejä testataan laitetyypin hyväksymiseksi pätevän testauslaboratorion toimesta hyväksytyä testausohjelmaa noudattaen.

Huom1. Usein vaaditaan kaksi identtistä mallia testattavaksi.

Huom2. Pätevä testauslaboratorio on akkreditoitu kyseistä testaustoimintaa varten.

Vertailumenetelmä eli referenssimenetelmä = Ilmanlaatuasetuksessa ja -direktiivissä annettu ja EN standardeissa kuvattu ilmanlaatumittausten näytteenotto- tai analyysimenetelmä

Yhdistetty standardiepävarmuus = Useiden mittaussuureiden arvoista painotetusti laskettu mittaustuloksen standardiepävarmuus.

Ylempi arviointikynnys = Ilman epäpuhtauden pitoisuus, jota korkeammissa pitoisuuksissa seuranta-alueella jatkuvat mittaukset ovat ensisijainen ilmanlaadun seurantamenetelmä ja jota alemmissa pitoisuuksissa jatkuvien mittausten tarve on vähäisempi ja ilmanlaadun arvioinnissa voidaan käyttää jatkuvien mittausten ja mallintamistekniikoiden tai suuntaa-antavien mittausten yhdistelmää.

SISÄLLYSLUETTELO

| | | |
|-------|---|----|
| 1. | JOHDANTO | 5 |
| 2. | ILMANLAATUMITTAUKSET SUOMESSA | 6 |
| 2.1 | Ilmansuojelun toimijat ja niiden tehtävät Suomessa | 6 |
| 2.2 | Mittausverkot ja -asemat | 7 |
| 3. | ILMANLAATUMITTAUSTEN LAATU | 10 |
| 3.1 | Ilmanlaadun mittaustietojen laatutavoitteet | 10 |
| 3.2 | Mittausasemien sijainti | 12 |
| 3.2.1 | Mittausasemien edustavuus | 12 |
| 3.2.2 | Näytteenottopisteen sijoittaminen | 14 |
| 3.3 | Laadunvarmistus ja -valvonta | 14 |
| 3.3.1 | Laatujärjestelmä | 15 |
| 3.3.2 | Vertailumenetelmä, vastaavuuden osoittaminen ja tyyppihyväksyntä | 16 |
| 3.3.3 | Mittausepävarmuus | 17 |
| 3.3.4 | Kalibroinnit, jäljitettävyys ja mittausten ylläpito | 19 |
| 3.3.5 | Datan keruu, editointi ja raportointi | 21 |
| 3.3.6 | Vertailumittaukset ja auditoinnit | 22 |
| 3.4 | Suomen ilmanlaatumittausten laadun tavoitetilanne | 23 |
| 3.5 | Suomen ilmanlaatumittausten nykyinen laatutaso | 24 |
| 4. | ILMANLAATUMITTAUSTEN KUSTANNUKSET | 27 |
| 4.1 | Kyselytutkimus ilmanlaadun seurannan kustannuksista | 27 |
| 4.2 | Ilmanlaadun mittauskustannukset Suomessa | 27 |
| 4.3 | Säästömahdollisuuksien arviointi | 34 |
| 4.3.1 | Mittausverkkojen yhdistäminen laajemmiksi alueellisiksi kokonaisuuksiksi | 35 |
| 4.3.2 | Mittausarpeen optimointi | 35 |
| 4.3.3 | Täydentävien arviointimenetelmien käytön lisääminen | 36 |
| 4.3.4 | Seuranta-aluejaon muutos | 36 |
| 5. | ILMANLAADUN ARVIOINNISSA KÄYTETTÄVÄT MUUT MENETELMÄT | 37 |
| 5.1 | Mallintamistekniikat | 38 |
| 5.2 | Objektiivinen arviointi | 39 |
| 6. | YHTEENVETO JA EHDOTUKSIA JATKOTOIMIKSI | 41 |
| 6.1 | Ilmanlaadun seurantojen laatu ja kustannukset | 41 |
| 6.2 | Ehdotuksia jatkotoimiksi | 42 |
| | VIITELUETTELO | 45 |
| | LIITTEET | |

1. JOHDANTO

Selvityksen tarkoituksena oli tarkastella Suomen ilmanlaadun mittausten vaatimustenmukaisuutta ja laatutasoa huomioiden EU:n asettamat vaatimukset mittausten laadunvarmistukselle ja raportoinnille. Työssä arvioitiin kyselytutkimuksen perusteella myös ilmanlaadun mittausten kustannuksia sekä tehostamisella mahdollisesti saatavia säästöjä ilmanlaadun seurannassa. Ilmanlaadun jatkuvien mittausten lisäksi tarkasteltiin myös muiden ilmanlaadun arviointimenetelmien soveltuvuutta ilmanlaadun arviointiin. Selvityksessä tehtyjen arviointien perusteella on tehty ehdotuksia ilmanlaadun seurannan kehittämistä ja tehostamisesta Suomessa.

Selvityksellä tuotetaan ensisijaisesti tietoa viranomaisille päätöksenteon tueksi: missä seuranta on laatuvaatimukset täyttävää ja siten EU:n raja-arvovalvontaan ja ilmanlaaturaportointiin soveltuvaa ja millä tavoin ilmanlaadun seurantajärjestelmiä tulisi tulevaisuudessa kehittää, jotta siihen kohdennetut resurssit tulisivat hyödynnettyä mahdollisimman tehokkaasti. Selvitys tuo myös lisätietoa mittausverkoille ilmanlaadun mittausten yleisestä kustannustasosta ja rakenteesta Suomessa ja auttaa siten mittausverkkoja arvioimaan oman toimintansa kustannustehokkuutta.

Tutkimus on jatkoa raportille Ilmanlaadun seurantarpeen arviointi (*Komppula ym., 2014*), jossa tarkasteltiin ilmanlaadun mittausverkoston laajuutta ja alueellista jakautumista, kartoitettiin Suomen nykyinen ilmanlaatu-tilanne sekä arvioitiin ilman epäpuhtauksien pitoisuustasojen perusteella ilmanlaadun seurantarvetta seuranta-alueilla.

Ilmanlaatuselvityksen rahoittivat ympäristöministeriö ja Ilmatieteen laitos. Selvityksen laatimisesta vastasi Ilmatieteen laitoksen Asiantuntijapalvelut -yksikkö yhteistyössä laitoksen muiden yksiköiden asiantuntijoiden kanssa.

2. ILMANLAATUMITTAUKSET SUOMESSA

2.1 Ilmansuojelun toimijat ja niiden tehtävät Suomessa

Ympäristönsuojelulaki (YSL 527/2014) ja valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta (YSA 713/2014) määrittelevät ilmansuojelun toimijat sekä niiden vastuut ja velvollisuudet Suomessa. Ilmanlaatua koskevassa asetuksessa (Vna 38/2011) on kuvattu yksityiskohtaisemmin eri toimijoiden tehtäviä ilmanlaatuun liittyen.

Ympäristönsuojelulain mukaisen toiminnan yleinen ohjaus, seuranta ja kehittäminen kuuluu ympäristöministeriölle (YSL 527/2014, 21 §). Ympäristöministeriö valmistelee ilmansuojelun valtakunnalliset tavoitteet. Ympäristöministeriö osallistuu kansainväliseen yhteistyöhön ja edustaa Suomea Euroopan komission ilmanlaatuun liittyvissä työryhmissä esimerkiksi uuden lainsäädännön valmisteluissa ja on vastuussa EU:n lainsäädännön kansallisesta täytäntöönpanosta.

Kuntien velvollisuus on huolehtia paikallisten olojen edellyttämästä tarpeellisesta ympäristön tilan seurannasta asianmukaisin menetelmin ja turvata käytettävissä olevin keinoin hyvä ilmanlaatu alueellaan. Pääkaupunkiseudulla ilmanlaadun seurannasta huolehtivat Espoo, Helsinki, Kauniainen ja Vantaa yhdessä (YSL 527/2014, 143 § ja 144 §). Käytännössä kunnat usein yhdessä teollisuuden kanssa vastaavat ilmanlaadun seurannan toteuttamisesta yhden tai useamman kunnan alueella, jolloin ilmanlaadun seurantaan sisältyvät sekä laitosten ympäristöluvuissa määritetty tarkkailu että ilmanlaatua koskevien asetusten mukainen valvonta. Kunnan ympäristönsuojeluviranomainen toimii myös ympäristönsuojelulain mukaisena yleisenä valvontaviranomaisena.

Valtion valvontaviranomainen eli Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (jatkossa ELY-keskus) huolehtii ympäristön tilan seurannasta alueellaan. ELY-keskus ohjaa ja edistää ympäristönsuojeluun liittyvien tehtävien hoitamista alueellaan, valvoo säännösten noudattamista sekä käyttää osaltaan ympäristönsuojelun yleisen edun puhevaltaa ympäristönsuojelulain mukaisessa päätöksenteossa (YSL 527/2014, 21 ja 143 §). ELY-keskuksen tulee olla selvillä ilmanlaadusta ja huolehtia siitä, että sen alueella ilmanlaadun seuranta on järjestetty hyvin (Vna 38/2011, 3 §). Käytännössä ELY-keskuksen ohjaava rooli ilmanlaadun seurantojen suunnittelussa vaihtelee paljon eri seuranta-alueilla.

Ilmatieteen laitos huolehtii ilman epäpuhtauksien seurannasta maaseututaustasemilla sijaitsevilla mittausasemilla. Ilmatieteen laitos on ympäristönsuojelulain mukainen asiantuntijalaitos (YSA 713/2014, 40 §), toimii ilmanlaadun kansallisena vertailulaboratoriona ja ylläpitää ympäristönsuojelun tietojärjestelmän ilmanlaatuosaa (Vna 38/2011, 3 §). Ilmatieteen laitos huolehtii ilmanlaatudirektiivissä (2008/50/EC) tarkoitettua ilmanlaadun mittausjärjestelmien (menetelmät, laitteet, verkostot ja laboratoriot) vaatimustenmukaisuuden sekä mittaustulosten tarkastamisesta. Tarkastamisesta on laadittava vuosittain kirjallinen arvio, joka tulee toimittaa ympäristöministeriölle 31.7. mennessä (YSL 527/2014, 209 §).

Toimivaltaisia ympäristölupaviranomaisia ovat valtion ympäristölupaviranomainen eli aluehallintovirasto (AVI) sekä kunnan ympäristönsuojeluviranomainen. Aluehal-

lintovirasto käsittelee isoimpien tuotantolaitosten ympäristöluvat, joiden toiminnalla voi olla merkittäviä ja usean kunnan alueelle ulottuvia ympäristövaikutuksia. Kunnat käsittelevät pienten laitosten ympäristöluvat.

Suomen ympäristökeskus (SYKE) laskee, arvioi ja kokoaa ilmansaasteiden päästö-tietoja sekä raportoi niistä kansainvälisten sopimusten ja EU:n direktiivien toimeenpanoa varten. SYKE tekee myös asiantuntijaselvityksiä kansallisen ja kansainväli-sen ilmansuojelulainsäädännön valmistelua ja toimeenpanoa varten.

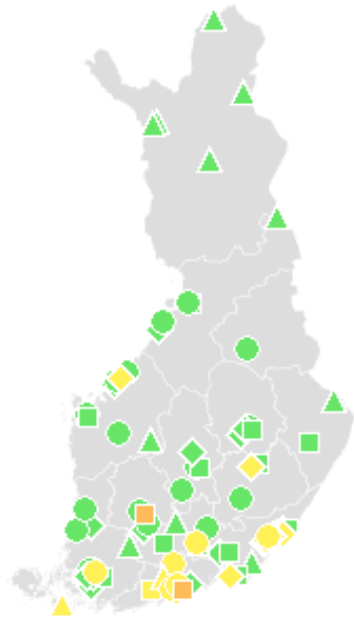
2.2 Mittausverkot ja -asemat

Mittaustoiminta on Suomessa järjestetty hajautetusti: noin 30 erillistä organisaatiota eli mittausverkkoa, vastaa ilmanlaadun mittauksista. Kuntien vastuulla on perustaa ja ylläpitää paikallisten olojen edellyttämät ilmanlaadun mittausasemat. Usein lähikunnat hoitavat mittaus toimintaansa yhteistyössä. Tällöin ne muodostavat yhteisen mittausverkon. Alueella toimiva päästöjä aiheuttava teollisuus osallistuu useissa tapauksissa mittaus toiminnan rahoitukseen, jolloin puhutaan yhteistarkkai-lusta. Teollisuudella voi olla myös oma mittausverkko. Ilmanlaadun mittauksia voi hoitaa myös ulkopuolinen taho kunnan tai toiminnanharjoittajan toimeksiannosta tai osa mittauksien ylläpitoon liittyvistä toimista (esimerkiksi kalibroinnit) voi olla ulkois-tettua toimintaa.

Suomessa on noin 30 mittausverkon alaisuudessa kaikkiaan noin 100 pysyväisluon-teista ilmanlaadun mittausasemaa, jotka sijaitsevat noin 60 kunnan alueella. Mitta-usverkkojen toiminnan laajuus vaihtelee paljon: yhden mittausaseman verkoista 12 aseman verkkoihin. Taulukossa 1 on havainnollistettu mittausverkkojen koko-luokkia. Vuonna 2014 toiminnassa olleet mittausverkot ja kiinteät ilmanlaadun mittausasemat, joiden tiedot ovat ilmanlaatuportaalissa saatavilla, on esitetty liitteessä 1 ja kuvassa 1.

Taulukko 1. Suomen mittausverkkojen koko ja lukumäärä (*Ilmanlaatuportaali, 2014*).

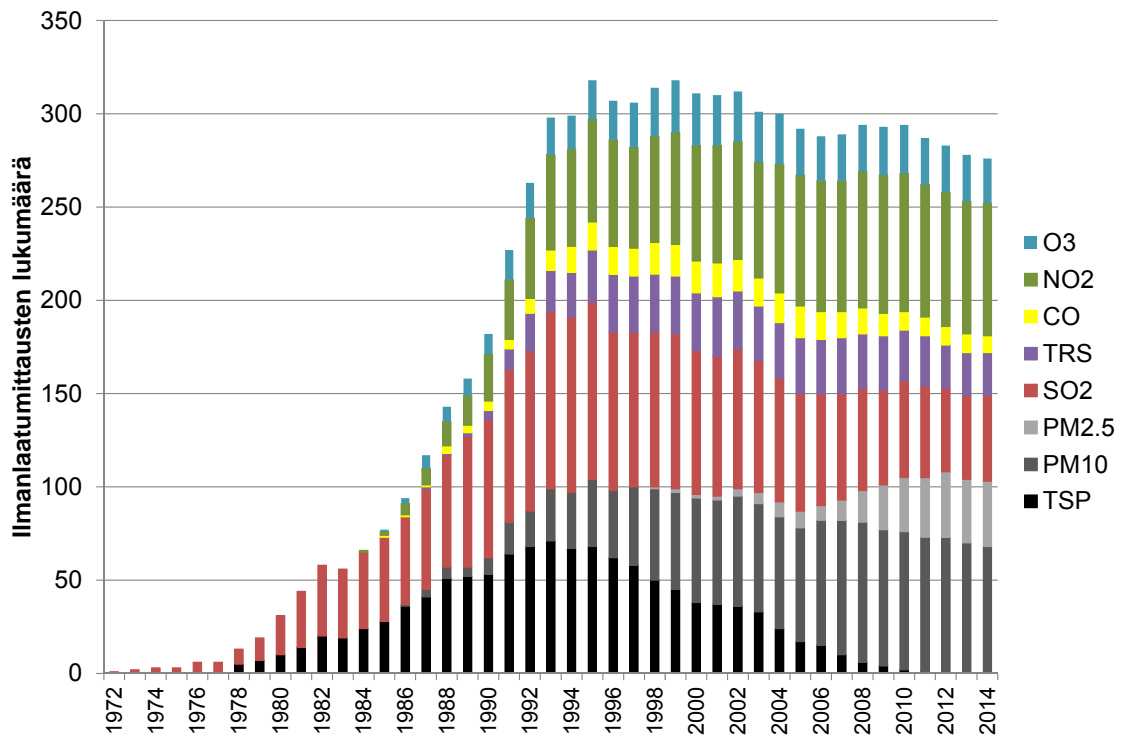
| Mittausverkon koko | Mittausverkkojen lukumäärä |
|---------------------|----------------------------|
| Yli 4 mittausasemaa | 9 kpl |
| 3 mittausasemaa | 5 kpl |
| 2 mittausasemaa | 11 kpl |
| 1 mittausasema | 9 kpl |



Kuva 1. Suomen ilmanlaadun mittausasemat (*Ilmanlaatuportaali, 2014*).

Kuvassa 2 on esitetty Suomen ilmanlaatumittausten kehitys vuosina 1989–2014. Ensimmäiset kokonaisleijuma- (TSP) ja rikkidioksidipitoisuuksien mittaukset alkoivat jo 1970-luvulla, mutta kansallisesti ilmanlaadun mittausten metatietoja ja tilastoarvoja alettiin kerätä Ilmatieteen laitoksen ylläpitämään tietokantaan vasta vuonna 1989 ja mittaustuloksia vuodesta 1994 lähtien. Ilmanlaatumittaukset yleistyivät ja monipuolistuivat 1990-luvun aikana ilmanlaadun koskevan lainsäädännön kehittyessä. Enimmillään eri ilman epäpuhtauksia seurattiin yli 300 mittalaitteella vuosituhannen vaihteen molemmin puolin, jonka jälkeen mittausten kokonaislukumäärä on hieman vähentynyt viime vuosina. Eri epäpuhtauskomponenttien mittaukset ovat viime vuosikymmeninä vaihdelleet ja muuttuneet lainsäädännön ja ilmanlaadun kehityksessä.

Ilmanlaatumittausten alkuvuosina yleisimpiä seurattavia ilman epäpuhtauksia olivat hiukkasten kokonaisleijuma ja rikkidioksidi. 1990-luvulla yleistyivät liikenneympäristöissä typen oksidien ja hiilimonoksidin mittaukset sekä puunjalostusteollisuuspaikkakunnilla haisevien rikkiyhdisteiden (TRS) mittaukset. Otsonimittausten määrä vakiintui 1990-luvun lopulla nykyiselle tasolle. Hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) mittaukset yleistyivät 1990-luvulla ja niiden määrä ylitti vuosituhannen vaihteessa kokonaisleijumamittaukset, jotka loppuivat käytännössä kokonaan 2010-luvulle tultaessa. Ensimmäiset pienhiukkasmittaukset ($PM_{2,5}$) tehtiin vuonna 1998. Pienhiukkaspitoisuuksien seuranta on laajentunut merkittävästi vuoden 2006 jälkeen. Suomen ilmanlaadun parannuttua mitattavien komponenttien kokonaismäärä on vähentynyt 2000-luvulla lähinnä rikkidioksidin, haisevien rikkiyhdisteiden ja hiilimonoksidipitoisuuksien mittaustarpeen vähennyttyä. Kokonaisleijumamittaukset ovat korvautuneet pienempien hiukkaskokoluokkien mittauksilla.



Kuva 2. Suomen ilmanlaadun mittausten kehitys 1972–2014 (*Ilmanlaatuportaali, 2014*). Ilmanlaatu tietoja on tallennettu kattavasti tietokantaan vuodesta 1994 lähtien. Sitä aiempien vuosien mittausten lukumäärät ovat todennäköisesti aliarvioita. Vuoden 2014 tietoja ei ollut kattavasti saatavilla raporttia kirjoitettaessa.

3. ILMANLAATUMITTAUSTEN LAATU

3.1 Ilmanlaadun mittaustietojen laatutavoitteet

Ilmanlaadun seurantamenetelmille on annettu ilmanlaatudirektiiveissä (2004/107/EC, 2008/50/EC) sekä edelleen kansallisissa ilmanlaatu- ja metalliasetuksissa (Vna 38/2011, Vna 164/2007) ilmanlaadun arviointiin liittyvät tietojen laatutavoitteet. Laatutavoitteita ovat sallittu epävarmuus, mittausten ajallinen kattavuus ja mittausaineiston vähimmäismäärä. Laatutavoitteiden tarkoituksena on antaa mittausaineiston käyttäjille informaatiota siitä, kuinka luotettavia (=mittaustulos±mittausten kokonaisepävarmuus) ja kattavia mittaustulokset ovat. Laatutavoitteet on otettava huomioon ilmanlaadun seurannan suunnittelussa.

Jatkuville mittauksille annetut laatutavoitteet on esitetty taulukossa 2 ja suunta-antavien mittausten laatutavoitteet taulukossa 3. *Jatkuvilla mittauksilla* tarkoitetaan kiinteillä mittausasemilla jatkuvatoimisesti tai satunnaisotannalla tehtyjä mittauksia, jotka täyttävät taulukon laatutavoitteet. Vuosittain siirrettävien asemien osalta tulee huomioida, että jos mittaustuloksia on saatu vähintään 85 %:lle vuoden tunneista, voidaan asema katsoa kiinteäksi asemaksi. *Suuntaa-antavilla mittauksilla* tarkoitetaan kiinteillä tai siirrettävillä mittausasemilla tehtyjä yleensä lyhytkestoisia tai otantaan perustuvia mittauksia. Suuntaa-antavilla mittauksilla laatutavoitteet eivät ole yhtä tiukat kuin jatkuvilla mittauksilla. Suuntaa-antavia mittauksia voidaan käyttää täydentävänä ilmanlaadun arviointimenetelmänä erityisesti alueilla, joilla pitoisuudet alittavat ilmanlaadun arviointikynnykset. Suuntaa-antavat mittaukset voivat olla mittauksia, joissa ei käytetä vertailumenetelmää (esimerkiksi passiivikeräimet) tai joissa mittausten laatu ei täytä jatkuville mittauksille asetettuja vaatimuksia. Tästä esimerkkinä ovat kiinteillä mittausasemilla vertailumenetelmällä suoritettavat mittaukset, joiden aineiston kattavuus ei täytä jatkuville mittauksille asetettuja vaatimuksia.

Taulukko 2. Laatutavoitteet jatkuvien mittausten sallitulle epävarmuudelle, mittausten ajalliselle kattavuudelle ja mittausaineiston vähimmäismäärälle (Vna 38/2011; Vna 164/2007).

| Jatkuvat mittaukset | SO ₂ , NO ₂ , NO _x , CO | PM ₁₀ , PM _{2,5} , Pb | Bent- seeni | O ₃ | As, Cd, Ni | BaP |
|--------------------------|---|--|-----------------------|-----------------------|---------------|------|
| Sallittu epävarmuus | 15 % | 25 % | 25 % | 15% | 40 % | 50 % |
| Aineiston vähimmäismäärä | 90 % | 90 % | 90 % | 75–90 % ¹⁾ | 90 % | 90 % |
| Ajallinen kattavuus | 100 % | 100 % | 35–90 % ²⁾ | 100 % | 50 % | 33 % |

¹⁾ 75 % kesällä ja 75 % talvella

²⁾ 35 % kaupunkitausta- ja liikenneasemilla sekä 90 % teollisuusasemilla

Taulukko 3. Laatutavoitteet suuntaa-antavien mittausten sallitulle epävarmuudelle, mittausten ajalliselle kattavuudelle ja mittausaineiston vähimmäismäärälle (Vna 38/2011; Vna 164/2007).

| Suuntaa antavat mittaukset | SO ₂ , NO ₂ , NO _x , CO | PM ₁₀ , PM _{2.5} , Pb | Bentseeni | O ₃ | As, Cd, Ni | BaP |
|----------------------------|--|---|-----------|------------------|------------|------|
| Sallittu epävarmuus | 25 % | 50 % | 30 % | 30 % | 40 % | 50 % |
| Aineiston vähimmäismäärä | 90 % | 90 % | 90 % | 90 % | 90 % | 90 % |
| Ajallinen kattavuus | 14 % | 14 % | 14 % | yli 10 % kesällä | 14 % | 14 % |

Ilmanlaadun mittausten kokonaisepävarmuuden arviointia on käsitelty tarkemmin luvussa 3.3.3.

Mittausaineiston vähimmäismäärää ja mittausten ajallista kattavuutta koskevat vaatimukset eivät sisällä laitteiden säännöllisestä kalibroinnista tai normaalista kunnossapidosta aiheutuvaa tietohukkaa. *Ajallisella kattavuudella (Time coverage)* tarkoitetaan osuutta kalenterivuodesta, jolloin on suunniteltu tehtävän ilmanlaadun mittauksia ($N_{\text{planned}}/N_{\text{year}}$). Esimerkiksi hiukkassuodattimille joka kolmas päivä tehtävät metallikeruut tarkoittavat 33 % ajallista kattavuutta. Jatkuvilla mittauksilla ajallisen kattavuuden laatuvaatimus on 100 %. *Aineiston vähimmäismäärällä (Data capture)* tarkoitetaan sitä osuutta ajallisesta kattavuudesta, jolta on mittausaineistoa käytettävissä ($N_{\text{valid}}/N_{\text{time coverage}}$). Aineiston vähimmäismäärän laatutavoite on 90 %, josta vähennetään huoltoihin ja kalibrointeihin arviolta kuluva 5 % ajasta, joten todellinen vähimmäiskattavuus on 85 %. Jatkuvilla mittauksilla se tarkoittaa 310 päivää vuodessa.

Lisätietoa: Euroopan komission alulle panema AQUILA-Network (AQUILA, 2015), mikä koostuu kansallisista vertailulaboratorioista sekä EU:n keskeisistä organisaatioista ilmanlaadun osalta, on esittänyt, että ajallista kattavuutta parempi laatutavoite olisi *aineiston kattavuus (Data coverage)*. Aineiston kattavuus määriteltäisiin onnistuneiden näytteiden määränä kalenterivuoden aikana ($N_{\text{valid}}/N_{\text{year}}$) sen sijaan, että määritettäisiin, milloin mittauksia on suunniteltu tehtävän.

3.2 Mittausasemien sijainti

3.2.1 Mittausasemien edustavuus

Mittausasemalla mitataan ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia, jotka edustavat tiettyä aluetta mittausaseman ympäristössä. Alue, jolla pitoisuudet eivät eroa mittausasemalla mitatuista pitoisuuksista tiettyä määrää enempää (esimerkiksi vain mittausepävarmuuden verran), kuvaa mittausaseman edustamaa aluetta. Mittausaseman edustavuudella on merkitystä erityisesti arvioitaessa mittausaineiston perusteella ihmisten altistumista tai validoitaessa leviämismalleja (*Larssen et al, 1999*).

Mittausasemat tulisi sijoittaa niin, että saadaan tietoa pahimmin kuormitetuilta alueilta, joilla väestön altistuminen ilman epäpuhtauksille on suurinta sekä toisaalta alueilta, jotka edustavat ihmisten pitkäaikaista altistumista (*Vna 38/2011*). Käytännössä tämä tarkoittaa Suomessa sitä, että yksi asema on yleensä sijoitettu kaupunkien ruuhkaisimpaan liikekeskustaan sekä muita asemia eri etäisyyksille keskustasta edustaen työpaikka- ja asuinalueita. Teollisuuspaikkakunnilla mittausasema tai -asemia on myös sijoitettava päästöjä aiheuttavien teollisuuslaitosten ympäristöön.

Koska lähipäästöt vaikuttavat asemalla mitattuihin pitoisuuksiin, lähiympäristön kuvausta päästöineen käytetään mittausasemien luokittelun perusteena. Kunkin mittausaseman lähiympäristö luokitellaan yhdeksi kolmesta tyypistä: kaupunki, esikaupunki tai maaseutu. Vastaavasti asemalla vaikuttava päästötyyppi on joko liikenne, teollisuus tai tausta (*European Commission, 2013*). Aseman luokitus koostuu ympäristöä ja lähipäästöä kuvaavasta sanaparista. Luokitus on käytössä koko EU:n alueella ja se edesauttaa asemien välistä vertailua. IPR-päätöksen (*Implementing Provisions on Reporting, 2011/850/EU*) mukaisesti mittausasemat luokitellaan nykyisin myös erikseen kaikille mitattaville epäpuhtauksille päästölähteen mukaan. Aseman perusluokitus määräytyy päätarkoituksen mukaan.

Alueen tyyppi

- **Kaupunki:** Tiheään rakennettu kaupunkimainen alue, jossa katuja reunustavat kauttaaltaan tai ainakin vallitsevasti vähintään kaksikerroksiset rakennukset. Rakennusten lisäksi kaupunkialueeseen kuuluvat puistot, rautatieasemat, moottoritiet ja niiden risteysalueet.
- **Esikaupunki:** Suureksi osaksi rakennettu kaupunkimainen alue, johon kuuluu omakotitalovaltaisia asutusalueita, muuta erillISRakentamista sekä rakentamattomia alueita (pieniä järviä, metsiä, maataloutta), ja jonka rakennustiheys on pienempi kuin kaupungissa.
- **Maaseutu:** Kaikki alueet, jotka eivät täytä kaupunki- ja/tai esikaupunkialueiden kriteerejä. Maaseutualueet voidaan jakaa edelleen:
 - Lähellä kaupunkia oleva maaseutu: alle 10 km etäisyydellä kaupunki- tai esikaupunkialueen rajasta
 - Alueellinen maaseutu: 10–50 km merkittävimmistä lähteistä
 - Syrjäinen maaseutu: yli 50 km etäisyydellä merkittävimmistä lähteistä

Aseman tyyppi suhteessa hallitseviin päästölähteisiin

- **Liikenne:** Asema, joka sijaitsee lähellä yksittäistä pääkatua tai tietä.
- **Teollisuus:** Asema, joka sijaitsee lähellä yksittäistä teollisuuslaitosta tai teollisuusaluetta. Teollisuuden päästölähteitä ovat esimerkiksi voimalaitokset, lämpökeskukset, jalostamot, jätteenpolttolaitokset, jätteenkäsittelykeskukset, kaivokset, lentokentät ja satamat.
- **Tausta:** Asema, jota ei voi luokitella liikenne- tai teollisuusasemaksi ja jolla mitatut epäpuhtaudet edustavat väestön (tai kasvillisuuden ja ekosysteemiin) yleistä altistumista. Pitoisuustasoihin eivät vaikuta yksittäiset päästölähteet (esimerkiksi liikenne). Aseman tulisi edustaa laajempaa, vähintään useiden neliökilometrien kokoista aluetta.

Mittausasemien tulee olla riittävän edustavia, jotta mittaustuloksia voidaan käyttää myös ympäristöltään ja olosuhteiltaan samankaltaisten alueiden ilmanlaadun arvioinnissa. Valtioneuvoston asetuksessa (*Vna 38/2011*) on annettu mittausasemien sijoittamista koskevia yleisiä kriteereitä.

- **Liikenneasema:** Liikenteen vaikutuksia arvioitaessa mittausaseman tulee edustaa ympäröivän alueen ilmanlaatua vähintään 100 metrin pituisella kaatuosuudella.
- **Teollisuusasema:** Teollisuuslaitosten vaikutuksia arvioitaessa mittausaseman tulee edustaa ympäröivän alueen ilmanlaatua vähintään 250 × 250 metrin laajuudelta. Ainakin yksi mittausasema on sijoitettava lähteestä katsoen lähimmälle vallitsevan tuulensuunnan alapuolella sijaitsevalle asuinalueelle. Jos taustapitoisuutta ei tiedetä, on sijoitettava yksi ylimääräinen mittausasema lähteestä katsoen tuulen yläpuolelle.
- **Kaupunkitausta-asema:** Kaupungin yleistä ilmanlaatua arvioitaessa mittausaseman tulee edustaa ympäröivän alueen ilmanlaatua pääsääntöisesti usean neliökilometrin laajuudelta ja siten, että alueen pitoisuuksiin vaikuttavat kaikki ympäristön merkittävät päästölähteet yhdessä eikä yksittäinen lähde hallitse liikaa.
- **Maaseututausta-asema:** Maaseudun taustapitoisuuksia arvioitaessa mittausaseman tulee sijaita vähintään viiden kilometrin etäisyydellä väestökeskittymistä, taajamista ja teollisuuslaitoksista, jotka voivat vaikuttaa taustapitoisuuksiin.
- **Asema kasvillisuuden ja ekosysteemien suojelemiseksi:** Kasvillisuuden ja ekosysteemien altistumisen seuraamiseen tarkoitettu mittausasema tulee sijaita vähintään 20 kilometrin etäisyydellä väestökeskittymistä tai vähintään 5 kilometriä muista rakennetuista alueista, teollisuuslaitoksista, moottoriteistä tai vilkkaasti liikennöidyistä valtateistä, joiden liikennemäärä on yli 50 000 ajoneuvoa vuorokaudessa.

Lisätietoa: *Larssen et al (1999)* mukaan kaupunkitausta-aseman läheisyydessä alle 50 metrin etäisyydellä ei tulisi olla katuja tai teitä, joiden liikennemäärä on yli 2 500 ajoneuvoa vuorokaudessa eikä esiintyä kotitalouksien pienpolttoa.

3.2.2 Näytteenottopisteen sijoittaminen

Kaikilla mittausasemilla näytteenotto tulisi suorittaa vähintään 1,5 metrin (hengitystaso) ja enintään 4 metrin korkeudella maanpinnasta (*Vna 38/2011*). Näytteenotto voidaan sijoittaa korkeammallekin, jos asema edustaa laajempaa aluetta ja mahdolliset poikkeamat dokumentoidaan (*2015/1480/EU*).

Näytteenoton läheisyydessä ei saisi olla ilmavirtaa rajoittavia esteitä (vapaa kulma vähintään 270 astetta tai 180 astetta rakennuksen julkisivulla olevalle näytteenotolle. Näytteenottimen tulisi sijaita joidenkin metrien etäisyydellä rakennuksista, puista ja muista esteistä. Jos näytteenotto suoritetaan rakennuksen julkisivulta, tulee etäisyys rakennukseen olla vähintään 0,5 metriä. Näytteenotinta ei tule sijoittaa päästölähteiden välittömään läheisyyteen kun tavoitteena on arvioida ilmanlaatua eikä mitata suoria päästöjä (*Vna 38/2011; 2015/1480/EU*).

Liikenneasemilla näytteenottimen tulisi sijaita vähintään 25 metrin etäisyydellä suurista tienristeyksistä ja enintään 10 metrin etäisyydellä ajokaistan reunasta (*Vna 38/2011*). Suurella tienristeyksellä tarkoitetaan risteystä, joka pysäyttää liikennevirran ja aiheuttaa erilaisia päästöjä (stop&go) kuin muilla tieosuuksilla (*2015/1480/EU*).

3.3 Laadunvarmistus ja -valvonta

Laadunvarmistus on tärkeä osa ilmanlaadun mittauksia. Mittaustoiminta on Suomessa hajautettu eli noin 30 mittausverkkoa vastaavat ilmanlaadun mittauksista. Verkkojen mittaustoiminnan laajuus ja resurssit ovat hyvin erilaisia ja myös laatujärjestelmät ovat kussakin verkossa omanlaisiaan. Yhtenäisen laatutason varmistamisessa kansallisella vertailulaboratoriolla on tärkeä rooli.

Laajemmin EU:n tasolla kansalliset vertailulaboratoriot muodostavat AQUILA-yhteistyöelimen (*AQUILA, 2015*), jonka yhtenä keskeisimmistä tehtävistä on koordinoita ja harmonisoida ilmanlaatumittausten laadunvarmistus- ja valvontakäytäntöjä (QA/QC) Euroopassa. AQUILA on perustettu EU:n komission toimesta vuonna 2001. Se on neuvoa-antava elin, joka keskittyy teknis-tieteellisiin kysymyksiin ilmanlaadun mittauksen, mittausmenetelmien, standardisoinnin, tutkimusprojektien sekä laadunvarmennustoimien kehittämisessä mittaustulosten laadun parantamiseksi. Lisäksi tavoitteena on tarjota asiantuntijoille yhteinen tiedonvaihtofoorumi koulutuksiin, kokouksiin sekä eri mittauskäytäntöihin liittyen. AQUILA on laatinut dokumentin, mikä määrittää kansallisten vertailulaboratorioiden roolin ja tehtävät.

Ilmanlaadun mittaukset, testaukset, selvitykset ja tutkimukset on tehtävä pätevästi, luotettavasti ja tarkoituksenmukaisin menetelmin. Mittauksissa tulee käyttää määriteltäviä näytteenotto-, mittaus-, laskenta- ja testausmenetelmiä, standardeja ja laskentamalleja. Ilmatieteen laitos huolehtii ilmanlaadun mittausjärjestelmien (menetelmät, laitteet, verkostot ja laboratoriot) vaatimustenmukaisuuden sekä mittaustulosten tarkastamisesta (*YSL 527/2014, 209 §*). Ilmanlaadun mittauksiin liittyvää ohjeistusta on koottu Ilmanlaadun mittausohjeeseen (*Kartastenpää ym., 2004*), johon on seuraavassa viitattu soveltuvin osin. Ohje päivitetään vuosina 2015–2016.

3.3.1 Laatujärjestelmä

Kaikilla mittausverkoilla tulee olla laadunvarmistus- ja laadunvalvontajärjestelmä, joka sisältää kuvauksen säännöllisestä kunnossapidosta mittauslaitteiden tarkkuuden varmistamiseksi (*Vna 38/2011*). Käytännössä tämä tarkoittaa laatujärjestelmää, mikä voidaan laatia laatustandardin mukaiseksi (*SFS-EN ISO 17025*). Standardin mukaan laadittu laatujärjestelmä käsittää mm. laatuksikirjan, laiterekisterin, suunnitelmat henkilöstön koulutukselle, laitteiden huolloille ja kalibroinneille sekä erilliset työ- ja menettelyohjeet, joissa kuvataan käytännön mittaus toiminnassa suoritettavat toiminnot. Tämänlaisia toimintoja ovat esimerkiksi kalibroinnin suoritusohje, mittalaitteiden käyttöohje sekä EN-standardeissa kuvatut mittausasemalla tehtävät laadunvarmennustoimet. Laatujärjestelmän tavoitteena on mm. saavuttaa ilmanlaatuasetuksessa ilmanlaatumittauksille määritetyt laatu tavoitteet.

Ilmanlaadun mittausohjeessa (*Kartastenpää, ym., 2004*) on esitetty vaatimukset laatujärjestelmälle, joka kattaa mittaus toiminnan tärkeimmät osa-alueet. Ilmanlaatumittauksissa tulisi noudattaa seuraavia vähimmäislaatuvaatimuksia:

- Ilmanlaatumittausten laatuvaatimukset: Kirjataan laatu tavoitteet.
- Menettelytavat ja ohjeistus mittauspaikan valinnalle: Kirjataan yleiset periaatteet mittausalueen ja mittausaseman sijoittamisesta sekä huomioidaan kunkin paikkakunnan erityispiirteet ilmanlaadun kannalta.
- Asemakuvauksen laatiminen: Laaditaan asianmukaiset kuvaukset jokaisesta mittausasemasta.
- Mittausmenetelmät: Käytetään vertailumenetelmiä tai sellaisia menetelmiä, joiden on todettu täyttävän samat laatu kriteerit vertailumenetelmän kanssa (ekvivalenttinen menetelmä).
- Mittausten suorittaminen ja näytteenotto: Tulee olla ohjeet mittalaitteen oikean toiminnan varmistamiseksi ja näytteenoton edustavuuden ja häiriöttömyyden arvioimiseksi.
- Mittaustietojen keruu ja käsittely: Varmistetaan, että mittaus tieto ei muutu tiedon käsittelyn aikana.
- Kalibrointi: Laaditaan kalibrointisuunnitelma, jolla varmistetaan mittaus ten jäljitettävyys kansallisiin mittanormaaleihin (SI-yksikköön). Kaikki mittaus tulokseen oleellisesti vaikuttavat suureet tulee kalibroida mittausjärjestelmässä ja kalibroinnin epävarmuuden tulee olla tunnettu.
- Laitteiden ylläpito ja huolto: Laaditaan ohjeistus ja suunnitelma huollon järjestämisestä ja tarkistustoimenpiteistä mittalaitteiden oikean toiminnan toteamiseksi (toimintatestit).
- Mittaus tulosten korjaus ja validointi: Ohjeistetaan mittaus tulosten korjaus ja hyväksymismenettely niin, että toiminnan perusteet ovat helposti osoitettavissa.
- Mittaus tulosten tallennus: Ohjeistetaan kaikki toiminnot, joilla varmistetaan tiedon eheä tallentuminen.
- Tulosten raportointi: Tulokset esitetään käyttäen ilmanlaatu- ja metalliasetuksissa (*Vna 38/2011, Vna 164/2007*) määrättyä yksikköä.
- Mittausepävarmuuden laskeminen: Mittausepävarmuus tunnetaan ja se laske taan SFS-EN-standardien mukaisesti. Mittaus tulokset täyttävät mittaus suunnitelman mukaisesti joko jatkuville mittauksille asetetut tavoitteet tai suuntaa antaville mittauksille asetetut tavoitteet.

- **Vertailumittaukset:** Laaditaan suunnitelma vertailumittauksiin osallistumisesta sekä siitä, miten vertailumittauksia on tarkoitus hyödyntää arvioitaessa laatu järjestelmän toimivuutta.

Vuoden 2014 alusta voimaan tulleen IPR-päätöksen (2011/850/EU) myötä ilmanlaatu tietojen raportointi EU:lle uudistui ja jatkossa mittausverkkojen tulee liittää mukaan web-linkki, jossa on kuvaus laatu järjestelmästä. Ilmanlaatudirektiivissä (2008/50/EC) on toki jo aiemmin edellytetty, että mittausasemilla on vakiintunut laadunvarmistus- ja laadunvalvontajärjestelmä mittauslaitteiden kunnossapidolle, tietojen keruulle sekä raportoinnille.

3.3.2 Vertailumenetelmä, vastaavuuden osoittaminen ja tyyppihyväksyntä

Ilmanlaadun tavoitteiden valvontaan liittyvässä ilman epäpuhtauksien mittauksessa tulee käyttää vertailumenetelmää tai muuta menetelmää, jonka voidaan osoittaa antavan vastaavat tulokset. Ilman epäpuhtauksille, joille on säädetty raja- tai tavoitearvot, on määriteltävä myös vertailu- eli referenssimenetelmät (taulukko 4). Ilmanlaadun mittauksilta ei vaadita akkreditointia, mutta kansalliselta vertailulaboratoriolta akkreditointi vaaditaan. Suomessa ilmanlaadun kansallinen vertailulaboratorio on FINAS-akkreditoitu (Finnish Accreditation Service) kalibrointilaboratorio (FINAS tunnus K043) SFS-EN ISO/IEC 17025 laatustandardin mukaisesti. Laboratorion pätevyysalue kattaa pääosan taulukon 4 vertailumenetelmistä (www.finas.fi).

Taulukko 4. Vertailumenetelmät ilman epäpuhtauksille. Taulukko perustuu uusimpiin voimassa oleviin standardeihin (2015/1480/EU).

| Epäpuhtaus | Standardi | Vertailumenetelmä |
|---------------------------------------|-------------------|---|
| SO ₂ | SFS-EN 14212:2012 | UV-fluoresenssi |
| NO ₂ ja NO _x | SFS-EN 14211:2012 | kemiluminesenssi |
| PM ₁₀ ja PM _{2,5} | SFS-EN 12341:2014 | gravimetrinen menetelmä |
| CO | SFS-EN 14626:2012 | ei-dispersiivinen infrapunaspektroskopia |
| O ₃ | SFS-EN 14625:2012 | UV-fotometria |
| Bentseeni | EN 14662:2005 | pumpattu näytteenotto ja kaasukromatografi (3 menetelmää) |
| Pb, Cd, As, Ni | EN 14902:2005 | atomiabsortiospektrometri tai ICP-massaspektrometri |
| Bentso(a)pyreeni | EN 15549:2008 | kromatografinen menetelmä ¹⁾ |

¹⁾ Bentso(a)pyreenille ja muille ilmassa oleville PAH-yhdisteille on standardissa EN 15549:2008 mainittu analyysimenetelmiksi kaasukromatografia-massaspektrometria (GC/MS) ja nestekromatografia, jossa on detektorina fluoresenssidetektorina (HPLC/FLD).

Useimmiten ilman epäpuhtauksien mittauksissa voidaan käyttää vertailumenetelmää. Jos käytetään jotain muuta menetelmää, on sen vastaavuus vertailumenetelmään osoitettava kokeellisesti. Jos vertailumenetelmää ei ole, niin silloin tulee ensisijaisesti käyttää menetelmiä, jotka ovat standardoituja. Esimerkiksi haisevien

rikkiyhdisteiden (TRS) pitoisuuksien mittauksille ei ole määritetty vertailumenetelmää.

Hiukkaspitoisuuksien mittaamenetelmänä käytetään pääasiassa jatkuvatoimisia analysointilaitteita vertailumenetelmän ollessa gravimetrinen menetelmä. Ilmatieteen laitos on tehnyt hiukkaspitoisuuksia mittaavien laitteiden vastaavuuden eli ekvivalenttisuuden vertailun kenttätestien avulla Helsingissä vuosina 2007–2008 (Walden et al., 2010) ja vastaava vertailumittaus uusitaan Kuopiossa vuosina 2014–2015. Vertailumittaus suoritetaan sekä hengitettäviä hiukkasia että pienhiukkasia mittaaville laitteille. Ekvivalenttisuusohjeen mukaisesti vertailukampanja suoritetaan kahdessa eri ympäristössä: Kuopion sisääntuloväylänä toimivan Tasavallankadun varrella sekä Savilahden kampusalueen ja Kuopion läpi kulkevan valtatie 5:n välillä jäävällä alueella. Hiukkaslaitevertailussa ovat mukana seuraavat laitetypit: Sharp, FH 62 IR, Grimm, TEOM, MP101, BAM ja Osiris.

Vertailumenetelmän lisäksi vaaditaan, että mittauksiin käytettävä analysointimalli on läpäissyt hyväksyttävästi ns. tyyppi hyväksyntätestit, jotka on kuvattu menetelmää kuvaavassa standardissa. Lisäksi edellytetään, että tyyppi hyväksyntätestit on suoritettu tyyppitestaukseen akkreditoidussa testauslaboratoriossa. Laaja valikoima testatuista mittalaitteista löytyy esimerkiksi sivustolta (www.gal1.de), jossa ovat sekä tyyppitestausraportit että ekvivalenttisuusraportit hyväksytyille laitemalleille. Uutta laitetta hankittaessa mittajaan tulee vaatia mukaan tyyppitestausraportti. Tyyppi hyväksyntöjen osalta on lisäksi huomattava, että vertailumenetelmän mukaisen analysointilaitteiden tyyppi hyväksyntäraportit hyväksytään kaikissa EU-jäsenmaissa, jos tyyppi hyväksyntäraportti on kokonaisuudessaan saatavilla ja hyväksyttävästi tehty. Ekvivalenttisuusraporttien osalta jokaisen jäsenmaan vastuu tahon tulee hyväksyä ekvivalenttisuusraportti erikseen. Analysointityypin hyväksyminen voi tällöin edellyttää lisämittauksia, mikäli mittausolosuhteet tai mittausympäristö ei vastaa jäsenmaan vastaavia olosuhteita.

3.3.3 Mittausepävarmuus

Mittausepävarmuus on mittaustulokseen liittyvä parametri, joka kuvaa mittaussuureen arvojen arvioitua vaihtelua. Ilmanlaadun mittausten kokonaisepävarmuus koostuu useista eri tekijöistä. Mittausepävarmuuteen vaikuttavat mittauspaikan olosuhteet. Toisaalta osa laitteita koskevista epävarmuuksista on määritetty jo mittalaitteiden tyyppi hyväksyntätesteissä. Kenttäolosuhteissa kokonaisepävarmuuteen vaikuttavat näytteenottoon ja näytteen käsittelyyn liittyvät tekijät. Kenttäolosuhteissa testattavia mittaussuureita ovat toistettavuus, pitkän ajan liukuma, laitteen käytettävyyden ja toiminnan sekä konvertterin hyötysuhde. Kalibroinnin vaikutus kokonaisepävarmuuteen riippuu kalibroitamiseksi ja kalibroitamistietojen epävarmuudesta sekä kalibroitamistietojen tarkkuudesta. Mittalaitteiden tyyppitestauksissa testataan mittaussuureita, jotka vaikuttavat laitteen kokonaisepävarmuuteen. Näitä mittaussuureita ovat mm. lineaarisuus, toistettavuus, stabiilisuus sekä riippuvuus ympäristötekijöistä (lämpötila, paine, linjajännite) ja mittaustulokseen vaikuttavista häiritsevistä tekijöistä (kemialliset yhdisteet ja kosteus).

Mittausepävarmuuden arviointi tehdään vuosittain mittaukset toteuttavan tahon toimesta. Mittausepävarmuusbudjetin laskentaan on olemassa ilmanlaadun kansal-

lisen vertailulaboratorion laatimia laskentapohjia eri ilman epäpuhtauksille (*Walden, 2014*).

Ilmanlaatumittauksille määritetyt laatutavoitteet sisältävät mittausepävarmuuden, mikä on määritelty ISO:n ohjeen (*JCGM 100:2008*) mukaisesti ns. laajennetun mittausepävarmuuden avulla. Laajennettu mittausepävarmuus, U , määritetään kattavuustekijän ja yhdistetyn standardiepävarmuuden avulla:

$$U = k \cdot u_c$$

missä kattavuustekijä $k = 2$ vastaa luotettavuustasoa 95 % normaalijakautuneelle tulosjoukolle. Yhdistetty standardiepävarmuus u_c pitää sisällään kaikki mittaustulokseen vaikuttavat epävarmuustekijät. Yksinkertaisimmillaan epävarmuustekijät ovat toisistaan riippumattomia ja voidaan esittää seuraavassa muodossa:

$$u_c^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial w_i} \right)^2 u_i^2 = \sum_{i=1}^n c_i^2 \cdot u_i^2 = \sum_{i=1}^n u_i^2$$

missä mittaustulosta kuvaavan funktion f osittaisderivaatta lasketaan erikseen kaikkien muuttujiensa suhteen kerrottuna muuttujaa kuvaavalla standardiepävarmuudella u_i . Jos mittaustulosta ei voida esittää funktionaalisessa muodossa, mutta voidaan erottaa kaikki mittaustulokseen vaikuttavat tekijät toisistaan, voidaan yhdistetty standardiepävarmuus laskea yo. kaavan keskimmäisen tai oikeanpuoleisen yhtälön avulla. Keskimmäisessä yhtälössä painotekijöiden c_i arviointi suoritetaan laskemalla suoraan osittaisderivaatasta tai arvioimalla tapauskohtaisesti. Toisistaan riippumattomien standardiepävarmuuksien arviointi on aina työlästä. Standardiepävarmuudet voidaan jakaa kahteen luokkaan: tyyppiin A ja B. Tyyppiin A omaava standardiepävarmuus voidaan määrittää tilastollisin menetelmin, esimerkiksi toistokokein laskemalla tulosten keskiarvo sekä keskiarvon hajonta. Tyyppiin B osalta määrittäminen tapahtuu muiden saatavilla olevien tietojen avulla. Tällaisia ovat esimerkiksi kalibroitodistuksessa annettu mittausepävarmuus tai vertailuaineen osalta referenssiarvon poikkeama tai mittausepävarmuus.

Laajennettu mittausepävarmuus, U , voidaan esittää laadullisena arviona tai suhteellisenä arviona esimerkiksi raja-arvopitoisuudessa.

$$U(\%) = \frac{U()}{LV}$$

missä $U()$ on laajennettu mittausepävarmuus ilmaistuna samassa laadussa kuin mittaustuloskin ja LV on vastaava raja-arvopitoisuus. Saatua tulosta voidaan sitten verrata epäpuhtauden laatutavoitteeseen ja todeta ylittykö vai alittuuko kyseinen laatutavoite kyseisen epäpuhtausmittaustuloksen osalta. Suurimmat sallitut mittausepävarmuudet eri yhdisteille on esitetty raportin taulukoissa 2 ja 3.

3.3.4 Kalibroinnit, jäljitettävyys ja mittausten ylläpito

Kalibrointi on laadunvarmistuksen tärkeimpiä tekijöitä. Sen tarkoituksena on kiinnittää mittalaitteen antaman signaalin vaste tunnettuun mittanormaalin arvoon. Mittausohjeessa (*Kartastenpää ym., 2004*) kalibrointi suositellaan tehtäväksi monipistekalibrointina. Uusimmat menetelmästandardit (ks. taulukko 4) eivät edellytä monikalibrointia tehtäväksi muulloin kuin lineaarisuustestin yhteydessä. Käytännössä pitoisuusmittaukset kiinnitetään kalibrointien kautta kansalliseen mittanormaaliin ja sitä kautta ainemäärään. Raja-arvoseurantaa tekevissä kaasumaisten yhdisteiden mittauksissa käytettäviltä mittanormaaleilta edellytetään jäljitettävyttä kansallisiin mittanormaaleihin. Hiukkasmittauksissa näytevirtaus kalibroidaan virtausnormaalilla. Kalibrointitaajuus määritetään laatujärjestelmässä ja se on pisimmillään kolme kuukautta. Laitteet kalibroidaan lisäksi aina huollon jälkeen. Kaikki kalibroinnit ja niihin liittyvät toimenpiteet tulee kirjata kalibrointipöytäkirjaan.

Ilmanlaadun mittausten tulee olla jäljitettävissä standardeissa vahvistettujen vaatimusten mukaisesti. Kalibrointiin käytettävistä mittanormaaleista tulee olla kalibrointitodistus, joka osoittaa mittanormaalin arvon, sen kokonaisepävarmuuden sekä jäljitettävyysketjun korkeimpaan primaarinormaaliin joko suoraan tai muiden mittanormaalien avulla. Jäljitettävyysketjun katkeamattomuus tulee siten olla todennettävissä mittanormaalien ja -laitteiden kalibrointitodistusten ja sertifikaattien perusteella. Käytännössä ilmanlaadun mittaajalla tulee olla oman laitteen kalibroinnista kalibrointitodistus, jossa tulee olla viittaus kalibroinnin jäljitettävydestä kalibrointilaboratorioon. Ilmatieteen laitos toimii kansallisena mittanormaallaboratoriona ilmanlaadun osalta. Toiminta perustuu Ilmatieteen laitoksen ja Mittatekniikan laitoksen (nykyisin VTT-MIKES) kesken solmittuun sopimukseen. Tämä sopimus edellyttää, että Ilmatieteen laitos ylläpitää kansallisia mittanormaaleja ilmanlaadun kannalta keskeisimmillä kaasumaisilla epäpuhtauksilla, joille Euroopan unionissa on määritelty raja-arvot tai tavoitearvot. Samalla Ilmatieteen laitos liittyi kansainväliseen kalibrointitodistusten vastavuoroiseen hyväksymissopimukseen (International Committee of Weights and Measures:n Mutual Recognition Arrangement, CIPM-MRA-sopimus). MRA-sopimuksen myötä Ilmatieteen laitoksella on velvollisuus osallistua maailmanlaajuisiin ns. avainvertailuihin, joiden perusteella hyväksytään mittanormaallaboratorioiden kalibrointi- ja mittauskyyky.

Mittalaitteiden ylläpidosta, huollosta ja kalibroinneista tulee olla kirjallinen ohjelma, josta käy ilmi kullekin laitteelle suunnitellut toimenpiteet sekä niiden aikataulu. Kaikki mittalaitteille tehdyt toimet tulee dokumentoida asemakohtaiseen mittauspöytäkirjaan. Taulukoihin 5 ja 6 on koottu eräitä standardeihin kirjattuja säännöllisiä laadunvarmennustoimia, joita mittaajan tulee tehdä.

Taulukko 5. Kaasumaisten epäpuhtauksien mittaamisessa suoritettavat laadunvarmennustoimenpiteet ja niiden suoritusväli (SFS-EN 14211, SFS-EN 14212, SFS-EN 14625 ja SFS-EN 14626).

| Toimenpide | Aika | Toimintakriteeri |
|---|---|---|
| Span ja zero tarkistus | Vähintään 2 vk välein, Suositus: päivittäin | Nollataso: $\leq -4,0$ tai $\geq 4,0$ nmol/mol ⁽¹⁾ $\leq -0,5$ tai $\geq 0,5$ $\mu\text{mol/mol}$ ⁽²⁾ Span: ≥ 5 % määritetystä arvosta ^(1, 2) |
| Näytelinjan testaus | 6 kk välein | ≥ 2 % hävikki pitoisuudessa ^(1, 2) |
| Hiukkassuodattimet | Vaihto tarvittaessa, vähintään 3 kk välein, suodatinkotelon puhdistus vähintään 6 kk välein | Pitoisuusvaste suodattimen läpi ≤ 97 % ^(1, 2) |
| Analysaattorin lineaarisuustesti | Kerran vuodessa + aina huollon jälkeen | ≥ 4 % mitatusta arvosta ^(1, 2) $> 5,0$ nmol/mol nollataso ⁽¹⁾ $> 0,5$ $\mu\text{mol/mol}$ nollataso ⁽²⁾ |
| Konvertterin tehokkuuden määrittäminen (NO-NO _x analysaattori) | Vähintään kerran vuodessa | < 95 % ⁽³⁾ |
| Kalibrointi | Vähintään 3 kk välein ja aina huollon jälkeen | Span ja nollan liukuma ylittää käyttäjän asettaman raja-arvon ^(1, 2) |
| Analysaattorin toistettavuus | Kalibroinnin yhteydessä, analysointi pitoisuustasosta | Standardipoikkeama nollassa: $\geq 1,0$ nmol/mol ⁽¹⁾ , $\geq 1,0$ $\mu\text{mol/mol}$ ⁽²⁾ Standardipoikkeama span: ≥ 5 % ^(1, 2) |
| Kenttänormaalien tarkistus | 6 kk välein | Laimennuskaasu: \geq havaintoraja ^(1, 2) Span: ≥ 5 % edellisestä määritetystä arvosta ^(1, 2) |
| Näytteenottosondin testaus - pumpun/tuulettimen aiheuttaman paine-eron vaikutus - näytteen keruutehokkuus | 3 vuoden välein | Jos vaikutus > 1 % mitatuista arvosta ^(1, 2) Vaikutus pitoisuustasoon > 2 % ^(1, 2) |
| Laitteiden huolto | Erillisen huoltosuunnitelman mukaan laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti | |

⁽¹⁾ EN 14211 (NO₂/NO_x), EN 14212 (SO₂), EN 14625 (O₃)

⁽²⁾ EN 14626 (CO)

⁽³⁾ EN 14211 (NO₂/NO_x), tulokset korjataan, jos konvertterin hyötysuhde < 98 %. Korjauksen epävarmuus sisällytetään epävarmuusbudjettiin. Jos käytetään muun tyyppistä konvertteriä kuin molybdeenikonvertteriä, niin konvertterin tehokkuus voi olla alhaisempi kuin 95 %, jolloin korjauksen vaikutus on lisättävä epävarmuusbudjettiin. Lisäksi on tarkistettava, että konvertterin linjassa ei ole vuotoja, mikä saattaa johtaa tehokkuuden aliarviointiin.

Taulukko 6. Jatkuvat toimien hiukkasmittalaitteiden laadunvarmennustoimet (FprCEN/TS 16450:2012).

| Toimenpide | Aika |
|-------------------------------|--|
| Näytelin ja PM-inletti | Puhdistus 6 kk välein |
| Laitteen huolto | Erillisen huoltosuunnitelman mukaan laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti |
| Kalibrointi | |
| - näytevirtaus | Vähintään kerran vuodessa |
| - paine- ja lämpötila-anturit | Vähintään kerran vuodessa |
| - massa | Laitevalmistajan suositusten mukaisesti, vähintään kerran vuodessa ja aina huollon jälkeen |

3.3.5 Datat keruu, editointi ja raportointi

Laadunvarmistus- ja valvontamenettelyä sovelletaan myös tietojen kokoamisessa ja raportoinnissa. Mittaustulokset tulee validoida ja korjata laatujärjestelmän tavoitteiden ja vaatimusten mukaisesti. Laadultaan epäilyttävät aineistot (esimerkiksi laitteiden häiriötilanteista aiheutuneet) joko hyväksytään tai hylätään. Mittausaineisto korjataan tarvittaessa matemaattisesti kalibrointitulosten perusteella. Kalibrointien perusteella tehtävät korjaukset pitävät sisällään nollatason korjauksen sekä vasteen korjauksen kalibrointiyhtälön perusteella. Tarvittaessa tehdään myös lämpötila- ja painekorjaukset sekä pitoisuusyksikkömuutokset. Hiukkasmittauksissa voi olla tarpeen korjata mittausaineistoa vertailumittauksissa laitteelle määritettyjen ekvivalenttisuuskertoimien avulla. Hyväksytyistä tuloksista lasketaan aikakeskiarvoja ja muita tilastollisia tunnuslukuja, esimerkiksi raja-, tavoite- tai ohjearvoihin verrannollisia pitoisuusarvoja.

Mittaustulosten raportoinnin ja tiedotuksen tulisi olla säännöllistä ja tavoittaa kaikki ilmanlaadusta tietoa tarvitsevat. Raportoinnissa arvioidaan ilmanlaatua mittaustulosten perusteella sekä verrataan pitoisuuksia ilmanlaadun raja-, tavoite- ja ohjearvoihin tai muihin normeihin (AOT₄₀, PM_{2,5} altistumistavoitteet jne). Tulosten esittämisessä ja tiedotuksessa voidaan hyödyntää myös ilmanlaatuindeksiä. Raja- ja tavoitearvojen valvontaan liittyvistä mittauksista tiedottaminen on pakollista. Vuosittain tarkistetut ilmanlaadun mittaustiedot toimitetaan ympäristönsuojelun tietojärjestelmän ilmanlaatuosaan, jolla tarkoitetaan nykyisin ilmanlaatuportaalin tietokantaa.

EU-raportointiin valittujen mittausasemien, ns. direktiivasemien, metatiedot ja mittaustulokset raportoidaan vuosittain IPR-päätöksen (2011/850/EU) säännösten mukaisesti. Mittausasemien ja mitattavien epäpuhtauksien valinta EU-raportointiin tehdään mittausverkoilta saatavien mittauksia ja mittausten laatua koskevien

tietojen perusteella ottaen huomioon ilmanlaadun seuranta-alueita koskevat mittausasemien lukumäärää koskevat vähimmäisvaatimukset.

IPR-päätöksen myötä tulleita uusia raportoitavia tietoja ovat:

- Komponenttikohtaiset tiedot: asemaluokitus, horisontaalinen etäisyys rakennuksesta sekä teollisuusasemille pakolliset tiedot: tärkein päästölähde, teollisuuspäästön päästölähde ja päästömäärä
- Asemakohtaiset tiedot: paikalliset ilmapirtausolosuhteet
- Menetelmäkohtaiset tiedot: laatuun liittyvät tiedot (jäljitettävyyden, mittausepävarmuus, havaintoraja, ajallinen kattavuus jne.) ja web-linkki laatudokumenttiin. Mikäli käytössä on muita kuin vertailumenetelmiä, tulee osoittaa vastaavuus vertailumenetelmään ja lisätä web-linkki vastaavuusdokumenttiin (esim. Ilmatieteen laitoksen ekvivalenttisuustestiraportti hiukkasmittalaitteille tai muu luvussa 3.3.2 tarkoitettu tyyppihyväksyntää koskeva testiraportti).

3.3.6 Vertailumittaukset ja auditoinnit

Ilmatieteen laitos toimii ilmansuojelun lainsäädännön mukaisena ilmanlaadun kansallisena vertailulaboratoriona. Ilmatieteen laitos osallistuu kansallisille vertailulaboratorioille järjestettäviin kansainvälisiin vertailumittauksiin ja järjestää kansallisia vertailumittauksia Suomen ilmanlaadun seurantaverkoille. Mittauksia tekevän organisaation tai sen mittauksen laadunvarmentamisesta vastaavan organisaation tulee osallistua kansallisiin vertailumittauksiin. Tulosten perusteella voidaan arvioida oman mittausjärjestelmän tulosten oikeellisuus.

Ensimmäinen kansallinen vertailumittaus ja verkkojen kenttäauditointi kaasumaisille ilman epäpuhtauksille tehtiin vuonna 2003 ja toinen vuonna 2006 (*Walden et al., 2004; Walden et al., 2008*). Toisessa kampanjassa selvitettiin, miten ilmanlaatumittauksen laatu ja laatujärjestelmät ovat parantuneet ja kehittyneet ensimmäisestä kampanjasta ja todettiin, että kokonaisuutena vertailumittauksien tulokset olivat selvästi parantuneet edellisestä vertailusta. Viimeisin vertailumittauskampanja järjestettiin vuonna 2011 (*Walden et al., 2015*). Vertailtavat kaasukomponentit olivat typpimonoksidi, rikkidioksidi, hiilimonoksidi ja otsoni. Vuoden 2006 kampanjassa vertailtiin myös rikkivetymittauksen tuloksia. Taulukossa 7 on esitetty kansallisiin vertailumittauksiin eri vuosina osallistuneet mittausverkot.

Vertailumittauskampanjoiden ohessa Ilmatieteen laitos suoritti mittausasemilla niin sanottua järjestelmäauditointia, jossa tarkasteltiin mittausasemien varustusta ja käytännön järjestelyjä sekä laadunvarmennustoimia. Vuoden 2011 vertailumittauksen yhteydessä suoritettua auditointia tarkistettiin, miten hyvin mittausasemalla noudatettiin mittausmenetelmää kuvaavien standardien vaatimuksia kentällä tehtävistä laadunvarmennustoimista. Kenttäauditoinnit eivät pitäneet sisällään tietojen keruun ja raportoinnin laadun arviointia.

Taulukko 7. Mittausverkkojen osallistuminen kansallisiin vertailumittauksiin eri vuosina.

| Mittausverkko | 2003 | 2006 | 2011 |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| Etelä-Savo | x | x | |
| Harjavalta | x | x | |
| Heinola | | | x |
| HSY | x | x | x |
| Hämeenlinna | x | x | |
| Ilmatieteen laitos | | x | x |
| Imatra | x | x | x |
| Jyväskylä | x | x | x |
| Joensuu | | x | x |
| Kajaani | x | x | x |
| Kemi | x | x | |
| Kokkola | x | x | x |
| Kotka | x | x | x |
| Kouvola | x | x | x |
| Kuopio | x | x | x |
| Lahti | x | x | x |
| Lohja | x | x | |
| Neste | x | x | x |
| Oulu | x | x | x |
| Pietarsaari | x | x | x |
| Pori | | x | x |
| Raahe | x | x | x |
| Rauma | x | x | x |
| Seinäjoki | x | x | x |
| Suupohja | | x | |
| Tampere | x | x | x |
| Turku | x | x | x |
| Vaasa | x | x | x |
| Valkeakoski | x | x | |
| Varkaus | x | x | |
| Äänekoski | | x | x |
| Yhteensä | 25 | 30 | 23 |

3.4 Suomen ilmanlaatumittausten laadun tavoitetilanne

Tavoitteena on, että nykyiset ilmanlaatudirektiivien edellyttämät mittaukset ja pidemmällä aikavälillä kaikki ilmanlaatumittaukset Suomessa:

- täyttävät ilmanlaatua koskevien asetusten vaatimukset,
- noudattavat eurooppalaisia standardeja (European committee for standardization CEN) tai niiden puuttuessa muita yleisesti käytössä olevia standardeja, kuten kansainvälisiä ISO-standardeja ja kansallisia SFS-standardeja,
- perustuvat referenssi- eli vertailumenetelmiin tai niiden kanssa ekvivalenteiksi osoitettuihin menetelmiin,
- noudattavat laatujärjestelmää, joka kattaa mittaukset, mittaustulosten käsittelyn sekä raportoinnin,
- täyttävät hyväksytyt laatutavoitteet (mittausten epävarmuus, mittausten ajallinen kattavuus ja mittausaineiston vähimmäismäärä),
- ovat jäljitettäviä kansallisiin mittanormaaleihin,
- ovat vertailukelpoisia kansallisesti ja kansainvälisesti.

3.5 Suomen ilmanlaatumittausten nykyinen laatutaso

Suomen ilmanlaadun mittausverkkojen toiminnan laatutasoa on arvioitu Ilmatieteen laitoksen vuosina 2003, 2006 ja 2011 kaasumaisille ilman epäpuhtauksille tekemien vertailumittausten ja kenttäauditointien perusteella. Yhteenveto mittausverkkojen auditoinnin tuloksista on esitetty liitteessä 2. Mittausverkoilla oli mahdollisuus tarkistaa ja päivittää taulukon tiedot vastaamaan vuoden 2015 tilannetta. Noin 70 % mittausverkoista korjautti oman mittausverkkonsa tietoja tai kommentoi niiden olevan ajantasaisia. Lisäksi tiedossa olleet muutokset korjattiin liitteen taulukkoon.

Ilmatieteen laitoksen suorittamien vertailumittausten perusteella voidaan sanoa, että mittausten laatu on parantunut selvästi ensimmäisestä vertailumittauskampanjasta lähtien. Tavoitearvo hyväksyttävälle poikkeamatasolle on puolet sallitusta laatutavoitteesta mittausepävarmuudelle (ts. $U=7,5\%$). Vuoden 2003 vertailumittausten perusteella 80 % vertailutuloksista oli hyväksyttävän arvon sisäpuolella, kun vuonna 2006 vastaava luku oli 94 %. Vuonna 2011 järjestetyissä vertailumittauksissa vertailuun osallistui 23 mittausverkkoa 34 mittausverkosta. Tuloksista 99 % oli hyväksyttäviä. Vuoden 2011 vertailumittauksiin osallistuneita mittausverkkoja pyydettiin myös arvioimaan mittausepävarmuus kaikille vertailutuloksille. 14 mittausverkkoa arvioi mittausepävarmuuden vertailutuloksille ja näistä 12, eli puolet osallistuneista, olivat osanneet tehdä arvion realistiseksi.

Mittausepävarmuuden osalta mittausverkkojen tulokset täyttävät asetetut laatuvaatimukset hyvin ja nähdään selvästi, että mittausten laatu on parantunut vuodesta 2003 ja pysynyt hyvänä toisesta vertailumittauskierrroksesta lähtien. On kuitenkin huomioitava, että viimeisellä vertailumittauskierroksella mukana oli vähemmän mittausverkkoja ja, että mittausverkot saivat itse valita vertailussa mukana olevat kaasukomponentit ja mittausasemat. Mittausverkoilla voi olla eritasoisia mittausasemia, joilla laadunvarmennustoimet tehdään eri laatutasolla, esimerkiksi kustannussäästöjen vuoksi laadunvarmennustoimia on voitu karsia. Lähtökohtana voi olla raja-arvojen seuranta tai muu ilmanlaadun seuranta.

Ilmanlaadun lainsäädäntö edellyttää mittausverkoilta laatujärjestelmää. Vuoden 2006 kansallisessa vertailumittauksessa pyrittiin selvittämään vertailussa mukana olleiden 30 mittausverkon laatujärjestelmän laajuus ja toimivuus. Laatujärjestelmistä oli poikkeavuuksia sen kattavuuden, käytön ja auditointien suhteen. Laatujärjestelmistä 28 oli dokumentoitu. Tarkastelluista laatujärjestelmistä 16 oli laajoja ja 12 suppeita. Noin puolella kaikista mittausverkoista oli käytössä Imatran mittausverkon laatima laatukäsikirja, jota käytettiin joko sellaisenaan tai muokattuna omaan mittausjärjestelmään. Noin kolmasosalla mittausverkoista oli oman laatujärjestelmän mukainen laatukäsikirja. Seitsemällä mittausverkolla ei ollut varsinaista laatukäsikirjaa ilmanlaadun mittaustoiminnalle, vaikka työhohjeistuksia löytyikin. Länsi-Suomen alueen mittausverkoilla (Kokkola, Pietarsaari, Vaasa, Seinäjoki) on ollut usean kunnan yhteinen laatujärjestelmä, joka vaatisi nykyisin päivitystä. Nesteen laatujärjestelmä oli ainoa, joka oli akkreditoitu ja noudatti EN ISO 17025 laatustandardia. Sittemmin Neste on luopunut akkreditoinnista. Muiden mittausverkkojen laatujärjestelmät soveltavat edellä mainittua laatustandardia tai ovat sen mukaisia ainakin osittain, mutta järjestelmiä ei ole akkreditoitu tai sertifioitu.

Vuoden 2011 auditointikyselyn perusteella kaikilla vertailumittauksiin osallistuneilla 23 mittausverkolla oli dokumentoitu laatujärjestelmä, mikä sisälsi ohjeistukset kalibroinneista ja kentällä tehtävistä laadunvarmennustoimista. Tarkemmin vertailumittausten yhteydessä suoritettujen auditointien tulosten analysointi esitetään mittausraportissa *Walden et al., 2015*. Viime vuosina mittauksen laatujärjestelmien dokumentointi on kehittynyt. Kuopion kaupunki ja JPP Kalibrointi Ky ovat laatineet laatujärjestelmän, joka on otettu käyttöön monissa Itä-Suomen kaupungeissa ja lisäksi noin 5–6 muuta mittausverkkoa ovat hankkineet tai hankkimassa ko. laatujärjestelmän. Tämä huomioiden laatujärjestelmien kattavuus on Suomessa nykyisin seuraavanlainen: 24 laajaa ja 5 suppeaa laatujärjestelmää. Liitteen 2 kuvaukset laatujärjestelmien luonteesta on päivitetty vuoden 2015 tilannetta vastaaviksi. Ilmanlaatudirektiiveihin vuonna 2015 hyväksytyjen muutosten perusteella jatkossa mittausverkkojen laatujärjestelmä tarkistetaan viiden vuoden välein ja myös vertailumittauksia suoritetaan säännöllisin väliajoin (2015/1480/EU).

Laatujärjestelmän auditoinnit voivat olla joko sisäisiä tai ulkoisia. Sisäisiä auditointeja voi suorittaa esimerkiksi oman organisaation laatupäällikkö. Ulkoisia auditointeja ovat esimerkiksi kansalliset vertailumittauskampanjat, toisten mittausverkkojen ristiinauditoinnit sekä akkreditoituille laatujärjestelmille suoritettavat säännölliset FINAS-auditoinnit. Kenttäauditoinnin perusteella sisäisiä auditointeja oli tehty muutamissa mittausverkoissa (HSY, Ilmatieteen laitos, Imatra, Neste, Raahel). Ulkoisia auditointeja ei useimmissa mittausverkoissa ole tehty kansallisten vertailumittausten lisäksi. Lahti ja Turku tekevät yhdessä vertaisarviointia ilmanlaadun seurannasta, raportoinnista, tiedotuksesta ja sidosryhmäsuhteista. Myös Länsi-Suomen ELY-keskuksen alueen mittausverkot tekevät auditointeja keskenään. Myös Kouvola ja Kotka ovat tehneet ristiinauditointeja aikaisemmin. Mahdollisuuksia kuitenkin olisi laajemmallekin alueelliselle yhteistyölle.

Ilmanlaatumittausten laatuun suoraan vaikuttava tekijä ovat itse mittalaitteet. Kaasumaisilla yhdisteillä mittaukset suoritetaan poikkeuksetta vertailumenetelmään perustuvilla analysointilaitteilla. Vaikka mittaukset tehdään vertailumenetelmään perustuvilla analysointilaitteilla, tulee analysointilaitteiden olla myös tyyppitestattuja testauksiin erikoistuneissa testauslaboratorioissa, joiden akkreditointi kattaa nimenomaisen testaustoiminnan. Suomessa mittauksiin käytetty analysointilaitteiden on kuitenkin vanhentunut siten, että vanhoille laitteille ei ole tehty tyyppihyväksyntätestejä. Toisaalta on todettava, että vanhojen analysointilaitteiden käyttö ei näy mittauksien laadussa. Joillakin asemilla on käytössä analysointilaitteita, jotka on testattu MCERT-protokollan (Monitoring emissions to air, land and water, <http://www.siraenvironmental.com/mcerts/>) mukaan, mutta testituloksista ei ole saatavilla täyttä raporttia. Hiukkasmittauksissa ollaan menetelmän suhteen tilanteessa, jossa vertailumenetelmää ei ole käytössä missään, vaan mittaukset tehdään jatkuvatoimisilla analysointilaitteilla. Tällöin mittausmenetelmän vastaavuus vertailumenetelmää vastaan tulee olla osoitettuna vertailumittauksilla (*Walden et al., 2010*).

On huomattava, että mittalaitteen vaatimuksenmukaisuuden täytyminen on mittalaitteen tilaajan vastuulla. Paras varmuus tilauksen onnistumiselle tässä suhteessa on pyytää täydellinen testausraportti (tyyppitestaus- ja/tai ekvivalenttisuusraportti) tuloksineen ennen tilauksen lopullista hyväksymistä. Laaja valikoima testatuista mittalaitteista löytyy sivustolta (www.gal1.de), jossa on esitetty sekä tyyppitestaus- että ekvivalenttisuusraportit hyväksytyille laitemalleille valmistajien ja/tai mitattavan komponentin suhteen. Kyseisillä sivuilla tyyppitestausraportit on päivitetty uusien

standardiversioiden vaatimusten mukaisesti useimmille laitetyppeille. Myös uusia ekvivalenttisuusraportteja on laadittu lähinnä hiukkasmittalaitteille.

Ilmanlaadun mittausten tulee olla jäljitettävissä kansalliseen vertailulaboratorioon, mikä ylläpitää jäljitettäviä kalibrointipalveluja suoraan SI-yksikköön tai kansainvälisesti hyväksytyyn referenssiin. Lähes kaikilla Suomen ilmanlaadun mittausverkoilla mittausten jäljitettävyys oli järjestetty joko suoraan tai konsultin kautta Ilmatieteen laitokseen, mikä toimii kansallisena mittanormaali-laboratoriona ilmanlaadun osalta. Ainoastaan yhden mittausverkon ilmanlaatumittaukset eivät olleet jäljitettäviä kenttäauditoinnin tulosten perusteella.

Raja-arvojen seurannassa käytettävät kaasuanalysointilaitteet tulee mittausstandardien mukaan kalibroida vähintään kolmen kuukauden välein, jotta voidaan määrittää analysointilaitteen toimintakyky ja arvioida liukumaa. Uusimpien SFS-EN standardiversioiden mukaan kolmen kuukauden väliä voidaan pidentää puoleen vuoteen, mikäli analysointilaitteen stabiilisuus kolmen kuukauden jaksolla on $\leq 2\%$. Stabiilisuus voidaan määrittää nolla- ja span tarkastusten avulla. Mittausverkot ovat suurelta osin ulkoistaneet kalibroinnit. Kahdella kolmasosalla mittausverkoista ulkopuolinen konsultti hoitaa kalibrointien suorittamisen ja yleisimmin kalibrointitiheys on neljä kertaa vuodessa. Kolmasosa mittausverkoista kalibroi analysointilaitteensa itse ja kalibroi oman kalibraattorinsa konsultin tai suoraan vertailulaboratorion kalibraattoreita vasten 1–3 kertaa vuodessa.

Liitteeseen 2 on koottu osa huolto- ja laadunvarmistustoimenpiteistä, joita mittausverkkojen tulee suorittaa säännöllisesti: näytelinjan huolto tai vaihto, analysointilaitteiden huollot, automaattiset nolla- ja span tarkastukset, lineaarisuuden määrittäminen ja NO-NO_x-laitteen konvertterin hyötysuhde. Pääosin huolto- ja laadunvarmistustoimet ovat mittausverkoilla riittäviä ja ainakin vähimmäislaatuvaatimukset täyttäviä, mutta käytännöt vaihtelevat mittausverkoittain.

Ympäristönsuojelulain mukaan kuntien ympäristön tilan seurantatiedot on julkistettava ja niistä on tiedotettava tarvittavassa laajuudessa. Ilmanlaadun mittausverkot tuottavat kiitettävästi ilmanlaatu- ja laadunvarmistustietoja julkisesti saataville. Lähes kaikkien mittausverkkojen mittaustiedot ovat saatavilla reaaliaikaisesti ilmanlaatuportaalisissa ja joissakin tapauksissa kuntien omilla verkkosivuilla. Tarkistettavat mittaustiedot myös toimitetaan vuosittain Ilmatieteen laitoksen ylläpitämään ilmanlaadun seurannan tietokantaan. Muutaman mittausverkon ajantasaisia mittaustuloksia ei ole ollut nähtävillä ilmanlaatuportaalisissa. Teknisistä syistä johtuen editoitamatonta dataa ei ole myöskään voitu tallentaa ilmanlaadun tietokantaan.

4. ILMANLAATUMITTAUSTEN KUSTANNUKSET

Yhtenä tämän selvityksen tavoitteena oli kartoittaa Suomen ilmanlaadun mittausten kustannuksia sekä arvioida mahdollisia kustannusten säästötoimenpiteitä. Ilmanlaadun mittausten kustannukset koostuvat laite-, henkilö- ja ylläpitokustannuksista. Merkittävimpiä mittauksiin liittyviä investointeja ovat mittauslaitteistojen ja mittauskoppien hankinta. Tiedonkeruussa ja -käsittelyssä käytettävien tietokoneiden ja mittausohjelmistojen hankinta on tyypillisesti kertainvestointi pidemmälle ajalle. Mittauksista syntyviä jatkuvia kustannuksia ovat ammattitaitoisen henkilöstön kustannukset, jotka muodostavat kustannuksista selvästi merkittävimmän osan. Henkilöresursseja tarvitaan mittausten teknisessä ylläpidossa (huollot, kalibroinnit), mittausdatan valvonnassa, käsittelyssä ja raportoinnissa. Jatkuvia mittauskustannuksia aiheuttavat myös kalibroinnissa tarvittavat kulutustarvikkeet, sähkönkulutus ja tietoliikenneyhteydet. Satunnaisempia kustannuseriä voi aiheutua ilkivallasta, laitteiden rikkoontumisesta, huolloista ja varaosahankinnoista. Keräinperusteisissa mittauksissa lisäkustannuksia syntyy myös näytteenottotarvikkeista ja näytteiden laboratorioanalyyseistä.

4.1 Kyselytutkimus ilmanlaadun seurannan kustannuksista

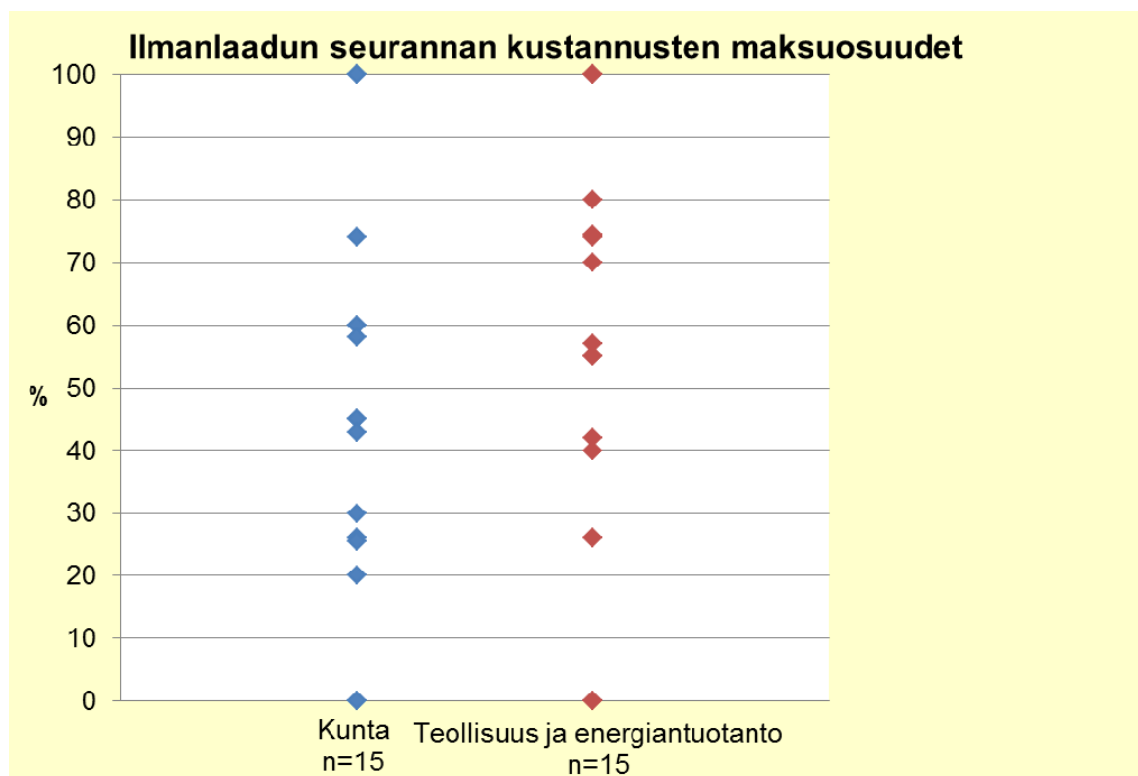
Suomen ilmanlaadun mittausverkoille lähetettiin sähköpostitse kysely, jolla kartoitettiin ilmanlaadun mittausten kustannuksia. Kysely lähetettiin yhteyshenkilöille, joiden yhteystiedot olivat saatavilla Ilmanlaatuportaalissa. Kyselyssä tiedusteltiin mm. ilmanlaadun mittausten kokonaiskustannuksia sekä mittauskustannusten erittelyä investointeihin, henkilökustannuksiin ja mittausten ylläpitoon. Kyselylomake on kokonaisuudessaan nähtävillä liitteessä 3.

Kysely lähetettiin yhteensä 34 mittausverkoille, joista 15 vastasi kyselyyn, joten kyselyn vastausprosentti oli 44 %. Ilmatieteen laitoksen ylläpitämän taustailmanlaadun seurannan kustannukset ovat mukana tuloksissa ilman kemiallisten analyysien laboratoriokuluja. Kyselyyn vastanneet henkilöt olivat taustaltaan ympäristötarkastajia, -päälliköitä tai -asiantuntijoita. Kyselyn tulokset esitetään yhteenvetona eivätkä yksittäisten mittausverkkojen kustannukset tule esiin tuloksissa. Mittausverkoilla oli halutessaan mahdollisuus vastata kyselyyn anonyymisti. Tuloksia tarkasteltaessa tulee huomioida, että kustannukset ovat suurimmaksi osaksi arvioita ja tuloksiin sisältyy epävarmuutta siinä, mitä kustannuksiin on laskettu kuuluvaksi eri mittausverkoissa.

4.2 Ilmanlaadun mittauskustannukset Suomessa

Kyselyn tulosten mukaan lähes kaikissa mittausverkoissa ilmanlaadun seuranta hoidetaan yhteistarkkailuna, jolloin kunta yleensä hoitaa mittaus toiminnan ja teollisuus ja energiantuotanto osallistuvat ilmanlaadun tarkkailun rahoitukseen ympäristölupavelvoitteidensa mukaisesti. Kuvassa 3 on esitetty kustannusten jakaantuminen kunnan ja teollisuuden kesken kyselyyn osallistuneissa mittausverkoissa. Kunnan ja teollisuuden maksusuodet vaihtelevat paljon mittausverkoittain (0–100 %). Teollisuus voi maksaa ilmanlaadun mittaukset kokonaan ja toisaalta on

myös muutama mittausverkko, joissa ei ole yhteistarkkailua vaan kunta tai muu ilmanlaadun mittaaja kuten Ilmatieteen laitos vastaa kustannuksista kokonaisuudessaan. Maksuosuudet määrittyvät tyypillisesti päästöjen suhteessa. Yksittäisten laitosten maksuosuudet määritetään päästöjen mukaisesti ja kunta vastaa yleensä hajapäästöjä (liikenne, asutus) vastaavasta maksuosuudesta. Keskimäärin kunnan osuus rahoituksesta on 46 % ja teollisuuden sekä energiantuotannon 54 %.



Kuva 3. Ilmanlaadun mittauskustannusten jakautuminen mittausverkoissa kunnan ja teollisuuden maksamiin osuuksiin (%). n=kyselyyn vastanneiden mittausverkkojen lukumäärä. Kuvassa on päällekkäisiä pisteitä, siksi n ei vastaa näkyvissä olevien pisteiden määrää. Ilmatieteen laitoksen verkko on mukana "kuntana".

Arviot ilmanlaadun mittausten vuosittaisista kokonaiskustannuksista vaihtelevat kyselyn mukaan välillä 8 500–180 000 euroa. Vaihteluvälin suuruus osoittaa, että mittausverkkojen koot vaihtelevat paljon. Mittaustoiminnan kokonaiskustannukset mittausverkossa ovat keskimäärin noin 66 000 euroa vuodessa. Mittauskustannusten mediaani on puolestaan selvästi vähemmän, noin 38 000 euroa vuodessa, joka johtuu siitä, että pieniä mittausverkkoja oli kyselyssä mukana suuria enemmän. Kuvassa 4 on esitetty keskimääräiset kokonaiskustannukset neljän eri kokoluokan mittausverkoissa.

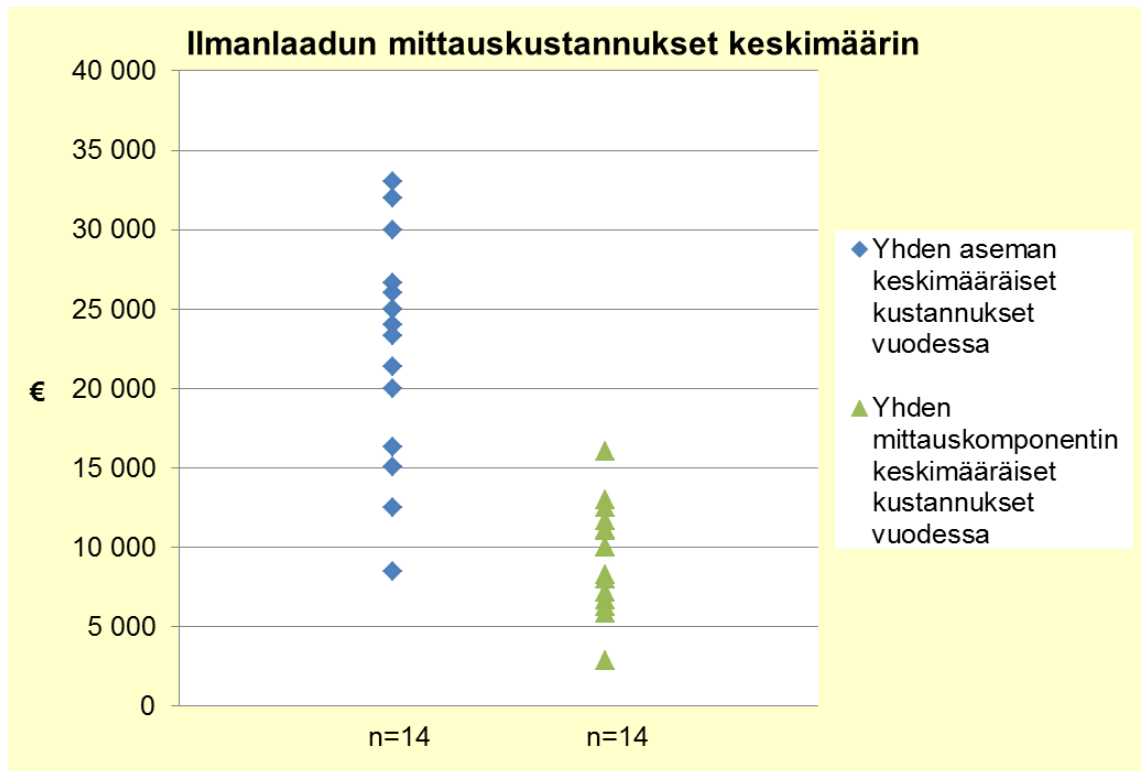
Kun ilmanlaadun seurannan kokonaiskustannukset jaetaan mittausverkon mittausasemien lukumäärällä, voidaan arvioida ja vertailla asemakohtaisia kustannuksia. Kyselyn mukaan asemakohtaiset kustannukset vaihtelevat välillä 8 500–33 000 euroa vuodessa (kuva 5). Asemakohtaisten kustannusten erot yksittäisten mittausverkkojen välillä voivat olla yli kolminkertaiset. Suurinta vaihtelu on yhden aseman verkoissa. Kustannusten vaihteluun vaikuttavat mm. asemilla mitattavien kompo-

nenttien määrä, laatutaso sekä se, järjestetäänkö mittaukset ostopalveluna. Keskimäärin yhden aseman ilmanlaadun mittauskustannukset olivat noin 22 000 euroa/vuosi mediaanin ollessa noin 24 000 euroa/vuosi.

Kun ilmanlaadun seurannan kokonaiskustannukset jaetaan mittausverkon mittausasemilla mitattavien komponenttien yhteismäärällä, saadaan arvio komponenttikohtaisista kustannuksista. Yhden ilman epäpuhtauden mittauskustannukset vaihtelivat mittausverkoissa noin 3 000–16 000 euroa vuodessa (kuva 5). Kun asemalla mitataan paljon komponentteja, jäävät yhden ilman epäpuhtauden keskimääräiset kustannukset pienemmiksi. Keskimäärin yhden ilman epäpuhtauden mittaukset maksoivat noin 9 000 euroa/vuosi mediaanin ollessa 10 000 euroa/vuosi.



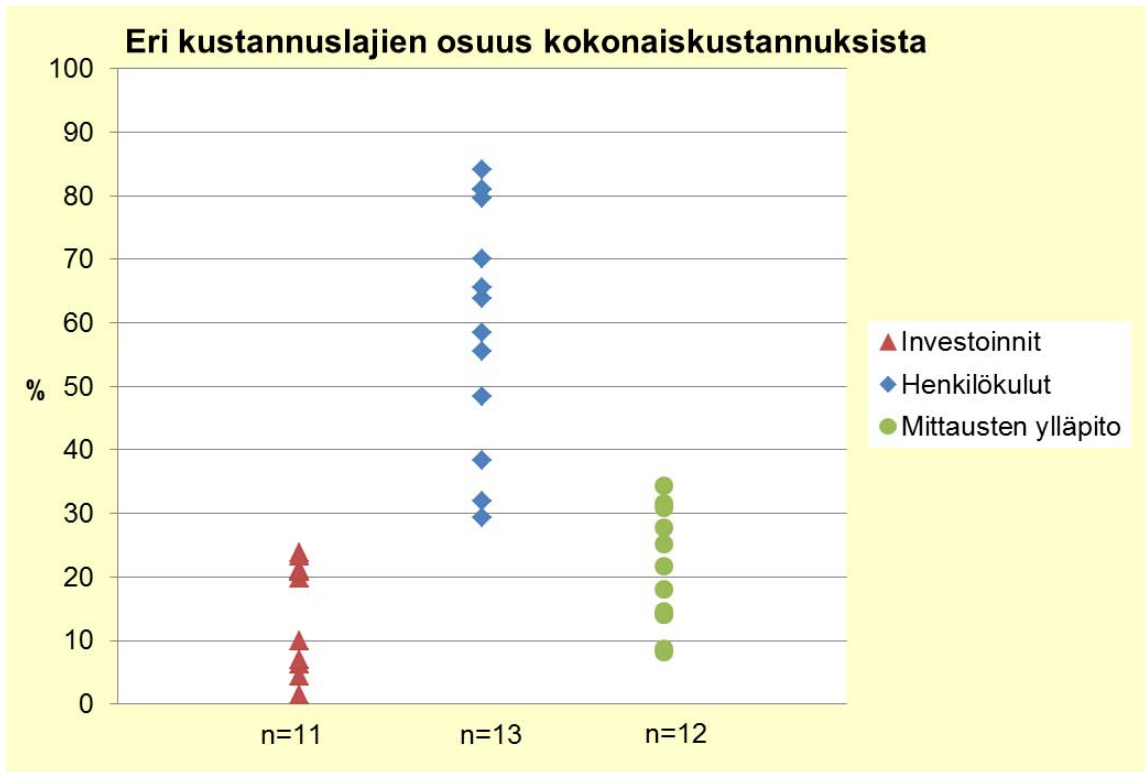
Kuva 4. Ilmanlaadun mittaustoiminnan kokonaiskustannukset keskimäärin erikokoisissa mittausverkoissa. n=kyselyn ao. kohtaan vastanneiden mittausverkkojen lukumäärä=14.



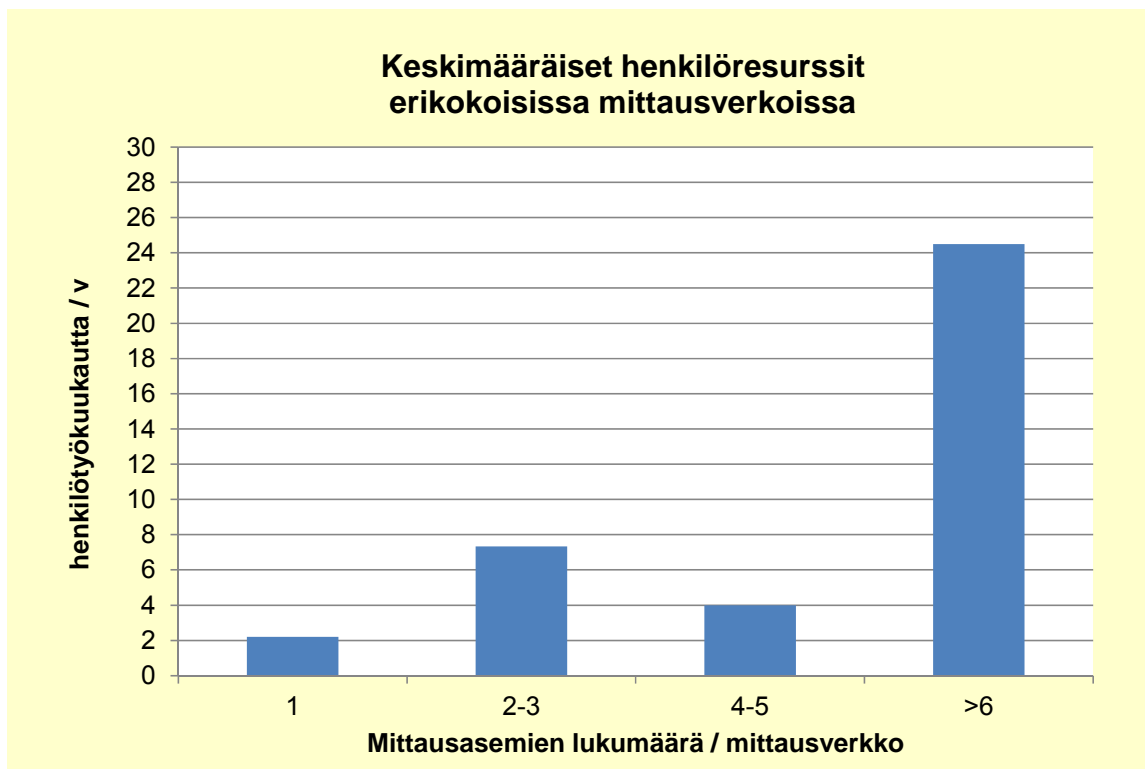
Kuva 5. Ilmanlaadun mittauksen kustannukset keskimäärin yhdellä asemalla ja yhtä mittauskomponenttia kohden eri mittausverkoissa. n=kyselyn ao. kohtaan vastanneiden mittausverkkojen lukumäärä.

Ilmanlaadun mittaustoiminnan kulut muodostuvat karkeasti ottaen investoinneista, henkilökuluista ja mittauksen ylläpidosta, jolla tarkoitetaan tässä yhteydessä kalibroinneista, huolloista, varaosista, sähköstä ja tiedonsiirrosta syntyviä kuluja ilman henkilökuluja. Erillisten kustannusten laskeminen ja arviointi voi olla vaikeaa. Mikäli esimerkiksi kalibroinnit on ostettu ostopalveluna, voi henkilökulujen erottaminen kalibrointikuluista olla mahdotonta. Kuvassa 6 on esitetty eri osakustannusten osuudet kokonaiskustannuksista. Kyselyn mukaan henkilökustannukset muodostavat suurimman menoerän ilmanlaadun mittauskustannuksista (noin 30–85 %). Keskimäärin henkilökustannusten osuus on noin 60 %. Mittauksen ylläpidon kustannukset ovat noin 10–35 % kokonaiskustannuksista. Keskimäärin 20 % kokonaiskustannuksista muodostuu mittauksen ylläpidosta. Kyselyn perusteella investointien osuus on 1–24 % ollen keskimäärin 15 % mittauksen kokonaiskustannuksista. Tosin investointien määrä vaihtelee paljon vuosittain. Investointien kuoletusaikaa ei erikseen tiedusteltu kyselyssä.

Ilmanlaadun mittaustoimintaan käytetään kyselyn mukaan vuosittain henkilöresursseja 1–37 henkilötyökuukautta. Keskimääräiset henkilöresurssit erikokoisissa mittausverkoissa on esitetty kuvassa 7. Isommissa mittausverkoissa tarvitaan henkilöresursseja selvästi enemmän kuin pienissä ja keskisuurissa mittausverkoissa. Keskimäärin henkilöresursseja tarvitaan kahdeksan henkilötyökuukautta. Henkilöresurssien mediaani on neljä henkilötyökuukautta eli puolet kyselyyn osallistuneista mittausverkoista käyttää mittaustoimintaan vuodessa resursseja neljä henkilötyökuukautta tai vähemmän.

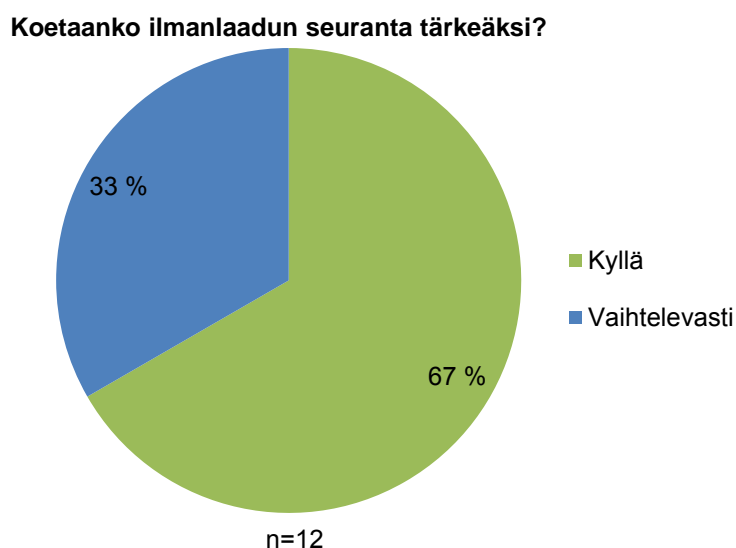


Kuva 6. Ilmanlaadun mittaustoiminnan eri osakustannusten osuus kokonaiskustannuksista. n=kyselyn ao. kohtiin vastanneiden mittausverkkojen lukumäärä.



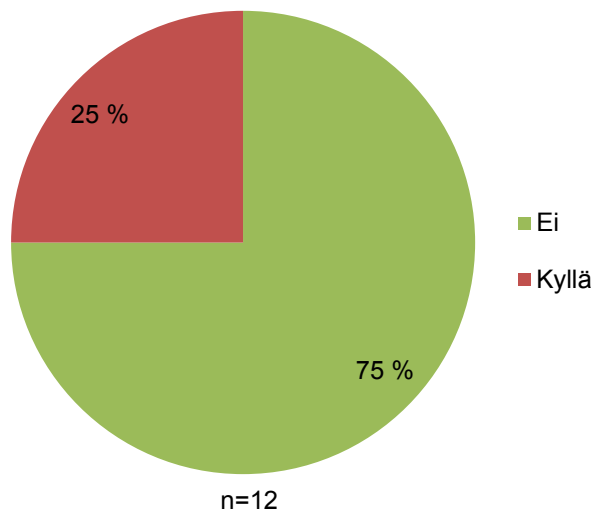
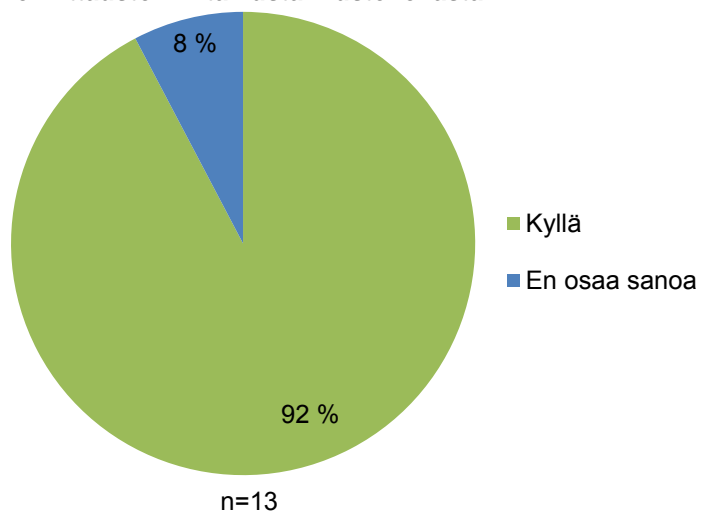
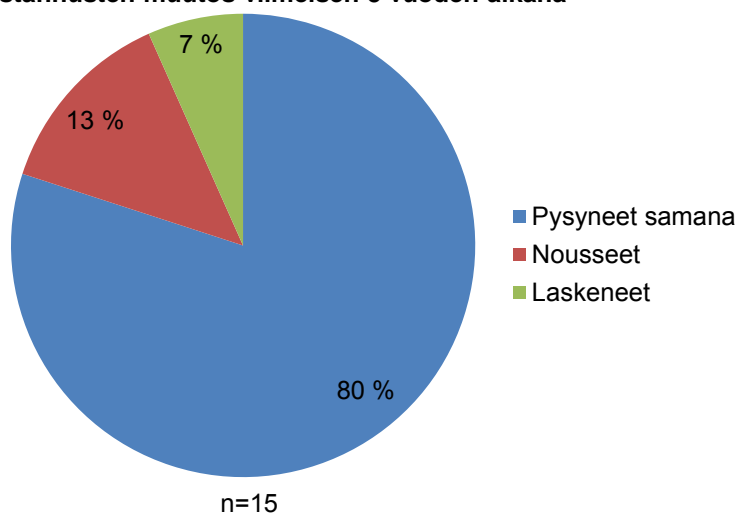
Kuva 7. Ilmanlaadun mittaustoimintaan käytettävät henkilöresurssit vuoden aikana (henkilötyökuukautta) erikokoisissa mittausverkoissa. n=11.

Kyselyssä tiedusteltiin, kuinka tärkeäksi ilmanlaadun seuranta koetaan mittausverkon alueella. Suurimmassa osassa mittausverkoista ilmanlaadun seuranta koetaan tärkeäksi tai erittäin tärkeäksi ilmanlaadun paranemisesta huolimatta (kuva 8). Kyselyyn vastanneiden tahojen mukaan energiantuotannon ja teollisuuden edustajat osallistuvat mielellään yhteistarkkailuun, sillä ne saavat kohtuullisen helposti ympäristölupien velvoitteet täytettyä ja pitävät mittauksia jatkamisen arvoisina. Samoin kyselyyn vastanneiden tahojen mukaan erityisesti ilmanlaadulle herkät ihmiset pitävät ilmanlaadun seurantaan tärkeänä: he seuraavat ilmanlaatuportaalia ja ovat kiinnostuneet eri päästölähteiden vaikutuksesta hengitysilman laatuun. Tietoa ilmanlaadusta kaivataan erityisesti kevät-pölykaudella. Kolmasosassa mittausverkoista on kuultu poikkeaviakin mielipiteitä ilmanlaadun seurannasta: osa kuntalaisista kokee toiminnan tärkeäksi kun taas osan mielestä mittaukset voisi lopettaa. Kaiken kaikkiaan koetaan, että vain pieni osa asukkaista on kiinnostunut ilmanlaadusta – toisaalta ilmanlaadusta kiinnostuneiden voidaan olettaa edustavan herkkiä väestöryhmiä, joille ilmanlaadun heikkeneminen aiheuttaa konkreettisia terveyshaittoja.



Kuva 8. Kokemukset ilmanlaadun seurannan tärkeydestä.

Kyselyllä tiedusteltiin kokemuksia mittaus-toiminnan kalleudesta ja kustannustehokkuudesta sekä kustannustason muutoksista (kuva 9). Kolme neljäsosaa vastaajista ei kokenut ilmanlaadun seurannan olevan kallista. Neljäsosa arvioi mittaus-toiminnan olevan ainakin osittain kallista ja vievän valtaosan ympäristönsuojelun määrärahoista. Lähes kaikki mittausverkot arvioivat toteuttavansa ilmanlaadun seurantaan kustannustehokkaasti. 80 % kyselyyn vastaajista arvioi mittaus-toiminnan kustannustason pysyneen ennallaan viimeisen viiden vuoden aikana. Muutama mittausverkko totesi kustannustason nousseen ja yksi mittausverkko arvioi kustannusten laske-neen. Kustannustasojen muutoksiin olivat vaikuttaneet lähinnä mittauslaitteistojen tai -ohjelmistojen uusimiset.

Koetaanko ilmanlaadun mittaukset kalliiksi?**Onko mittaustoiminta kustannustehokasta?****Kustannusten muutos viimeisen 5 vuoden aikana**

Kuva 9. Kokemuksia ilmanlaadun seurannan kalleudesta, kustannustehokkuudesta ja kustannustason muutoksista.

Yhtenä kyselyn tavoitteena oli kartoittaa mittausverkkojen omia näkymyksiä siitä, millä tavalla ilmanlaadun mittauksissa voitaisiin aikaansaada säästöjä ja kohdentaa käytettävissä olevat resurssit mahdollisimman tehokkaasti. Yleisimpänä keinona kustannustehokkuuden parantamiseksi nähtiin alueellinen yhteistyö. Alueellisia mittausverkkoja voitaisiin perustaa siirtämällä pienet ja mahdollisesti keskiuuretkin mittausverkot osaksi isoja mittausverkkoja. Kokonaisuutta ajatellen saataisiin tällöin kustannussäästöjä ja mahdollisesti samalla parannettaisiin laatutasoakin. Alueellinen yhteistyö voisi tarkoittaa myös siirrettävien asemien yhteiskäyttöä tai vuokraamista. Kunnissa käytössä olevan yhteistarkkailun ja siten kustannusten jakamisen nähtiin ylipäättään mahdollistavan mittauksen ylläpidon. Koko mittausverkostoa ehdotettiin tarkasteltavan kriittisesti: mikä on verkoston kattavuus ja alueellinen jakautuminen. Todettiin myös, että omaa mittausverkkoa ylläpidetään minimiresursseilla ja että kustannuksista säästäminen edellyttäisi mittausverkon supistamista, mitä ei koeta tarkoituksenmukaiseksi. Säästöjä nähtiin syntyvän myös mittauksen etähallinnassa sekä mahdollisuudessa soveltaa mittausstandardeja joustavammin. Osaamisen kartuttamiseksi toivottiin tehokkaita koulutustilaisuuksia sekä Ilmatieteen laitoksen viestintää mittausverkoille muulloinkin kuin vuosittaisessa Mittaajatapaamisessa.

Ilmanlaadun mittaajia pyydettiin myös arvioimaan, paljonko IPR-päätöksen mukaiset tiukkenevat laatuvaatimukset tulevat lisäämään kustannuksia seuraavan parin vuoden aikana. Ne mittausverkot, joilla laatu järjestelmän kehittämiseen on panostettu viime vuosina, olivat sitä mieltä, että tiukkenevat laatuvaatimukset eivät nosta enää kustannuksia. Euromääräisen arvion antaneet mittausverkot arvioivat lisäkustannusten olevan 1 000–6 000 euroa vuodessa. Joidenkin mittausverkkojen näkemys oli, että tarkan summan arviointi on hankalaa, mutta työmäärän arvioidaan lisääntyvän.

Kyselyllä tiedusteltiin myös tulevaisuuden suunnitelmia ilmanlaadun seurannan kehittämiseksi. Yhdelläkään vastanneista mittausverkoista ei ollut laajentamissuunnitelmia mittausasemien tai mitattavien komponenttien suhteen vaan tilanteen arvioitiin säilyvän suurin piirtein ennallaan. Uusia mittauksia aloitetaan, mikäli ilmaantuu tarvetta (tämä voisi koskea periaatteessa esim. bentso(a)pyreenin mittauksia, joita ei ole laajasti saatavilla) tai tulee uusia velvoitteita. Joistakin ilman epäpuhtauksien mittauksista ollaan luopumassa, kun mittaustarve on vähentynyt ja laitteet ovat samalla tulleet käyttöikänsä päähän.

4.3 Säästömahdollisuuksien arviointi

Kustannuskyselyyn osallistui 44 % Suomen mittausverkoista. Kun kyselyn tulokset laajennetaan kansalliselle tasolle, voidaan karkeasti arvioida, että koko Suomen ilmanlaadun mittaustoiminnan ylläpidon kustannukset ovat noin 2,1 miljoonaa euroa vuodessa, josta julkisen sektorin eli kuntien ja valtion osuus on keskimäärin noin 46 % eli noin 1 milj. euroa ja toiminnanharjoittajien osuus noin 54 % eli noin 1,1 milj. euroa. Kun Suomessa on noin 100 ilmanlaadun mittausasemaa, maksaa yhden mittausaseman ylläpito kaikkine kuluineen keskimäärin noin 21 000 euroa vuodessa.

Kyselytutkimuksen perusteella mittausverkkojen arvio asemakohtaisista mittauskustannuksista vaihtelee välillä 8 500–33 000 euroa vuodessa. Keskimäärin yhden aseman ilmanlaadun mittauskustannukset olivat noin 22 000 euroa/vuosi mediaanin ollessa noin 24 000 euroa/vuosi. Yhden ilman epäpuhtauskomponentin vuotuisiksi mittauskustannuksiksi arvioitiin 3 000–16 000 euroa vuodessa. Keskimäärin yhden ilman epäpuhtauden mittaukset maksoivat noin 9 000 euroa/vuosi mediaanin ollessa 10 000 euroa/vuosi. Voidaan siis arvioida, ettei mittausverkon koolla eli mittausasemien lukumäärällä ole merkittävää vaikutusta asemakohtaisiin kustannuksiin, joskin asemakohtaisissa kustannuksissa on merkittäviäkin eroja eri mittausverkkojen välillä.

4.3.1 Mittausverkkojen yhdistäminen laajemmiksi alueellisiksi kokonaisuuksiksi

Kyselyn vastausten perusteella mittauksen kustannuksissa voitaisiin säästää yhdistämällä pienempiä mittausverkkoja osaksi suurempia verkkoja, jolloin myös mittausasemien lukumäärän alueellinen optimointi ja mittauskäytäntöjen yhtenäistäminen voisi olla helpompaa.

Vuonna 2014 valmistuneessa Ilmanlaadun seurantarpeen arviointi -raportissa (*Komppula ym., 2014*) arvioitiin ilmanlaadun seurantojen tehostamismahdollisuuksia. Tulosten mukaan typpidioksidin ja erityisesti hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien seuranta on edelleen tarpeellista suurimmassa osassa Suomen ilmanlaadun seuranta-alueita ja kuntia. Mittausasemia on Suomessa kuitenkin selvästi enemmän kuin ilmanlaatuasetus (38/2011) ja ilmanlaatudirektiivi (2008/50/EC) minimissään edellyttävät. Osa asemista on toki tarkoitettu teollisuuden päästövaikutusten seurantaan ja tämä koskee usein erityisesti metalliasetuksen (164/2007) mukaista seurantaa. Kiinteitä asemia kevyempi menetelmä hengitettävien hiukkasten ja typpidioksidin pitoisuuksien seurantaan ovat kunnissa vuorovuosina kiertävät asemat, jollainen malli on käytössä mm. Uudellamaalla ja Etelä-Savossa. Tämä voisi olla sopiva malli sovellettavaksi useammassakin mittausverkoissa, etenkin jos mittausverkot olisivat alueellisempia.

4.3.2 Mittaustarpeen optimointi

Komppula ym., 2014 raportissa todetaan, että Suomessa hajapäästölähteiden aiheuttamat rikkidioksidin, pienhiukkasten, hiilimonoksidin ja bentseenin pitoisuudet alittavat alemman arviointikynnyksen. Hiilimonoksidin pitoisuustasot ovat nykyisin niin matalia, että jatkuvista mittauksista voidaan luopua ja mittauksia onkin jo lopetettu. Jatkossa pitoisuuksia voitaisiin arvioida kevyempien menetelmien, esimerkiksi päästökartoitusten avulla. Rikkidioksidipitoisuuksien seurantarvetta voisi myös tarkastella kriittisesti muualla kuin teollisuuden, energiantuotannon ja satamien vaikutuspiirissä. Jonkin verran säästöjä voitaisiin saada karsimalla historiallisista syistä tehtäviä mittauksia. Pienhiukkaspitoisuuksia on hyvä jatkossakin seurata väestön altistumisen ja terveysvaikutusten vuoksi erilaisissa päästöympäristöissä, vaikka arviointikynnykset alittuvat, sillä turvallista pitoisuustasoa pienhiukkaspitoisuuksille ei ole pystytty esittämään. Bentseenin ja eräiden muiden haihtuvien orgaanisten yhdisteiden mittauksia tulee jatkaa ainakin pääkaupunkiseudulla ja

tausta-alueella otsonin prekursoriyhdisteiden tason seuraamiseksi. Bentso(a)pyreenin ja muiden PAH-yhdisteiden seuranta sen sijaan tulisi laajentaa pääkaupunkiseudun ulkopuolella alueille, joilla kiinteistökohtainen puun pienpoltto on yleistä, jotta saataisiin tietoa bentso(a)pyreenin pitoisuuksista eri ympäristöissä myös muualla Suomessa.

4.3.3 Täydentävien arviointimenetelmien käytön lisääminen

Raportin kappaleessa 5 on esitetty jatkuvatoimisten mittausten ohella tehtäviä täydentäviä ilmanlaadun arviointimenetelmiä sekä edellytyksiä näiden käytön lisäämiselle. Täydentäviä menetelmiä ovat mm. suuntaa-antavat mittaukset ja mallinnusmenetelmät. Täydentävien arviointimenetelmien käyttäminen voi vähentää kiinteiden mittausasemien tarvetta, mikäli pitoisuustasot ovat matalia. Edellytyksenä kuitenkin on, että täydentävät menetelmät ovat ajallisesti ja alueellisesti riittävän kattavia raja- ja tavoitearvoihin vertailua ja tiedottamista ajatellen. Jatkossa tulisikin huomioida ilmanlaadun raja-arvojen seurannassa myös mallintamisella ja/tai suuntaa-antavilla mittauksilla saadut tulokset yhdenvertaisina jatkuvatoimisten mittausten kanssa. Esimerkiksi Iso-Britannia on lisännyt mallinnusten käyttöä ilmanlaadun seurannassa, jolloin on voitu vähentää kiinteiden asemien määrää ja mittauksista aiheutuvia kustannuksia.

4.3.4 Seuranta-aluejaon muutos

Ilmanlaadun seurantarapeen arviointi -raportissa (*Komppula ym., 2014*) Ilmatieteen laitos otti kantaa nykyiseen seuranta-aluejakoon, joka on monimutkainen sekä ilmanlaadun valvonnan että raportoinnin kannalta. Raportissa suositeltiin ilmanlaadun seuranta-aluejaon yksinkertaistamista siten, että kaikille ilman epäpuhtauksille sovellettaisiin yhtenäistä seuranta-aluejakoa. Raportissa esitettiin kaksi vaihtoehtoa ehdotusta uusiksi seuranta-alueiksi terveyshaittojen ehkäisemiseksi. Ensimmäisessä vaihtoehdossa Suomi on jaettu kolmeen seuranta-alueeseen ja yhteen väestökeskittymään (pääkaupunkiseutu) (3+1 malli). Toisessa vaihtoehdossa seuranta-alueet perustuisivat kuuteen aluehallintoviraston alueeseen ja pääkaupunkiseutuun (6+1 malli). Seuranta-alue kasvillisuuden ja ekosysteemien suojelemiseksi voisi jatkossakin olla koko Suomi.

Kumpikin vaihtoehto voisi antaa nykyistä järjestelmää paremmat mahdollisuudet hajapäästöjen seurannan optimointiin ja kustannussäästöihin ilmanlaadun seurannan tason kuitenkin vaarantumatta. Molemmat ehdotukset vähentäisivät rikkidioksidin, typen oksidien, hiukkasten, lyijyn ja hiilimonoksidin seuranta-alueiden lukumäärää, mutta lisääisivät bentseenin, otsonin, arseenin, kadmiumin, nikkelin ja bentso(a)pyreenin seuranta-alueiden lukumääriä. Seuranta-aluejaon muuttamisen myötä voitaisiin vähentää EU-raportoinnissa olevia mittausasemia ja raportoida ainoastaan edustavimpien ja parhaiten laatuvaatimukset täyttävien asemien mittaukset.

Nykyiseen seuranta-aluejakoon verrattuna vaikutukset mittausasemien vähimmäismäärään olisivat taulukon 8 mukaisia eri seuranta-aluejakomalleissa. Esimerkiksi NO₂-asemien vähimmäislukumäärä olisi 3+1-mallissa kaksi vähemmän ja 6+1-

mallissa yhtä paljon kuin nykyisessä. Hiukkasmittausasemien vähimmäislukumäärä vähenisi ehdotetuissa malleissa selvästi nykyisestä: PM₁₀ 7–10 asemalla ja PM_{2,5} 4–5 asemalla. Pitoisuustasosta riippumattomien otsoniasemien vähimmäismäärä lisääntyisi 3–6 mittausasemalla, sillä uusissa seuranta-aluejaoissa otsonin seuranta-alueiden määrä lisääntyisi nykyisestä kahdesta alueesta. Bentso(a)pyreenin mittausasemien vähimmäismäärä on vaikea arvioida, sillä mittauksia on ollut lähinnä vain pääkaupunkiseudulla. Tässä arviossa on oletettu, että pääkaupunkiseudulla ylittyisi bentso(a)pyreenipitoisuuden ylempi arviointikynnys ja muualla Suomessa alempi arviointikynnys. Kokonaisuudessaan eri epäpuhtauksien vähimmäisasemamäärä olisi 3+1 mallissa 13 asemaa pienempi nykytilanteeseen verrattuna. 6+1 mallissa asemien määrä pienenee yhdellä. Kustannuskyselyn perusteella arvioituna yhden komponentin keskimääräiset mittauskustannukset ovat 9 000 euroa/vuosi. Tämän arvion perusteella 3+1 mallissa säästöä kertyisi 117 000 euroa/vuosi ja 6+1 mallissa 9 000 euroa/vuosi. Säästömäärät ovat vähäisiä suhteessa tässä selvityksessä arvioituihin ilmanlaadun mittauksen vuosittaisiin kokonaiskustannuksiin, joiksi arvioitiin 2,1 miljoonaa euroa. Tulee lisäksi huomioida, että ilmanlaatudirektiivien ja -asetusten mukaisesti määritetyt vähimmäisasemamäärät vaikuttavat lähinnä EU:lle raportoitavien mittausasemien määrään eivätkä välttämättä vähennä mittausasemien kokonaismäärää, johon vaikuttavat paikalliset ja kansalliset olosuhteet ja tarpeet.

Taulukko 8. Vähimmäismittausasemamäärien muutos uusissa seuranta-aluejakomalleissa verrattuna nykyisiin seuranta-aluejakoihin. Muiden kuin taulukossa mainittujen ilman epäpuhtauksien pitoisuudet alittavat alemmat arviointikynnykset eikä jatkuva-toimisia mittauksia hajapäästöjen seurantaan siten tarvittaisi.

| Epäpuhtaus | Nykyinen vähimmäis- asemamäärä | 3+1 malli | 6+1 malli |
|-----------------------|-----------------------------------|----------------|--------------|
| NO ₂ | 11 | -2 | ±0 |
| PM ₁₀ | 26 | -10 | -7 |
| PM _{2,5} | 13 | -5 | -4 |
| O ₃ | 10 | +3 | +6 |
| BaP | 4 | +1 | +4 |
| Kokonaismuutos | | -13 | -1 |
| Säästö (euroa) | | 117 000 | 9 000 |

5. ILMANLAADUN ARVIOINNISSA KÄYTETTÄVÄT MUUT MENETELMÄT

Ilmanlaadun jatkuvia mittauksia on tehtävä seuranta-alueilla, joilla ylempi arviointikynnys ylittyy sekä seuranta-alueilla, joilla ilman epäpuhtauspitoisuudet ovat ylemmän ja alemman arviointikynnyksen välissä. Jos ilman epäpuhtauksien pitoisuudet ovat alemman arviointikynnyksen alapuolella riittää, että ilmanlaatua seurataan yksinomaan suuntaa-antavien mittauksen, mallintamistekniikoiden, päästökartoitusten tai muiden vastaavien menetelmien perusteella. Jatkuvista mittauksista saatavia tietoja voidaan myös täydentää suuntaa-antavilla mittauksilla ja mallintamistekniik-

koilla riittävien tietojen saamiseksi ilmanlaadun alueellisesta jakautumisesta. Lisäksi ilmanlaadun mittauksista tai mallilaskelmista saatuja tuloksia voidaan käyttää arvioitaessa muiden olosuhteiltaan vastaavanlaisten alueiden ilmanlaatua (*Vna 38/2011*).

Seuranta-alueilla, joilla mittauksista saatavia tietoja täydennetään muilla arviointimenetelmillä saaduilla tiedoilla tai joilla ilmanlaadun arvioinnissa käytetään yksinomaan muita menetelmiä kuin mittauksia, on kerättävä seuraavat tiedot (*Vna 38/2011*):

- yleiskuvaus seurannan järjestämisestä
- tiedot käytetyistä menetelmistä ja viittaukset tarkempiin menetelmäkuvauksiin sekä muut käytetyt tietolähteet
- arvioinnin tulokset ja erityisesti arvio alueiden laajuudesta (km²) tai tieosuuksien pituudesta (km), joilla raja-arvot, tavoitearvot, pitkän aikavälin tavoitteet tai ylemmät ja alemmat arviointikynnykset ylittyvät
- arvioinnin epävarmuudet
- tiedot väestöstä, joka saattaa altistua pitoisuuksille, jotka ylittävät terveyshaittojen ehkäisemiseksi säädettyt raja-arvot

Täydentävien arviointimenetelmien käyttäminen saattaa vähentää kiinteiden mittausasemien tarvetta. Tämän edellytyksenä on, että täydentävät menetelmät tarjoavat riittävästi tietoa ilmanlaadunormeihin vertailua ja tiedottamista ajatellen. Tällöin myös suuntaa-antavien mittausasemien määrä sekä muiden tekniikoiden alueellinen resoluutio tulee olla riittävä pitoisuustasojen arviointiin laatutavoitteiden mukaisesti (*Bush, 2014b*).

IPR-päätöksessä (2011/850/EU) on säädetty seuraavat täydentävät arviointimenetelmät: suuntaa-antavat antavat mittaukset, mallintaminen ja objektiivinen arviointi. Suuntaa-antavia mittauksia on käsitelty kappaleessa 3.1 ja mallintamistekniikoita sekä objektiivista arviointia käsitellään tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

5.1 Mallintamistekniikat

Mallintamistekniikoiden käyttö täydentää ilmanlaadun mittauksista saatavia tietoja. Mallintamista voidaan käyttää myös yksinomaisena ilmanlaadun arviointimenetelmänä alueilla, joiden pitoisuustasot eivät edellytä jatkuvatoimista mittauksia. Mallintamisesta on kuitenkin tulossa yhä tärkeämpi arviointityökalu, koska mallintamalla saadaan yhtä mittauspistettä kattavampi alueellinen kuva pitoisuuksista ja ihmisten altistumisesta.

Mallilaskelmista saatuja tuloksia voidaan käyttää arvioitaessa muiden olosuhteiltaan vastaavanlaisten alueiden ilmanlaatua. Mallintamistekniikoiden etuna on myös, että niiden avulla voidaan arvioida ilmanlaatua tulevaisuuden tilanteissa esimerkiksi teollisuuden prosessien ja päästömäärien muuttuessa, liikennemäärien kasvaessa sekä erilaisissa suunnitteluskenarioissa, jolloin voidaan vertailla tulevaisuuden vaihtoehtoja keskenään. Mallintamista käyttämällä voidaan tarkastella myös eri päästölähteiden osuutta mitatuista ilman epäpuhtauksista.

Mallintamista ei Suomessa ainakaan vielä mielletä mittauksia vastaavana ilmanlaadun arviointimenetelmä, jolla voitaisiin arvioida tietyn alueen ilmanlaatua vuosittain ja raportoida tiedot ilmanlaadun mittausten tapaan. Mallintamistekniikoita käytetään perinteisesti teollisuuslaitosten päästöjen leviämisen simuloimisessa häiriötilanteissa, tulevien prosessimuutosten vaikutusten arvioinnissa sekä piipun mitoituksessa. Kaupunkisuunnittelussa ja kaavoituksessa leviämismallinnusta hyödynnetään esimerkiksi asuinalueiden sijoittamisessa riittävän etäälle liikenneväylistä, ilmanvaihdon suunnittelussa sekä arvioitaessa liikenneväylämuutosten, tunneleiden ja katukuilujen vaikutusta ilmanlaatuun.

Mallintajille ja mallien käyttäjille tarkoitettu foorumi FAIRMODE (Forum for AIR quality MODElling) perustettiin vuonna 2007 Euroopan ympäristökeskuksen (EEA) ja Euroopan komission yhteisen tutkimuskeskuksen (JRC) toimesta edistämään ja tukemaan harmonisoitua mallien käyttöä EU:n direktiivien mukaisesti. Mallintamisverkosto jakaa tietoa, kehittää ja tarjoaa mallien validointityökaluja sekä ohjeistusta mallien käyttöön ilmanlaatuarvioinneissa sekä edistää hyviä mallinnuskäytäntöjä. FAIRMODE verkoston tarkoituksena on tarjota tukea mallin käyttäjille kaikilla tasoilla: kansallisen, alueellisen ja paikallistason mallien sovelluksissa. Verkosto edistää hyviä mallinnuskäytäntöjä jäsenvaltioiden kesken tarjoamalla puitteet kokemusten vaihtamiseksi esim. verkkosivujen, rajapintojen, tietokantojen, seminaarien sekä yhteisten hankkeiden ja toiminnan kautta. Jäsenvaltioiden nimeämät kansalliset asiantuntijat osallistuvat vuosittain järjestettäviin FAIRMODE tapaamisiin. Lisäksi vuosittain järjestetään eri työpakettien teknisiä tapaamisia, jotka ovat avoimia kaikille (FAIRMODE, 2015).

Mallintamistekniikoiden epävarmuudelle on ilmanlaatuasetuksessa määritetty laatutavoitteet. Epävarmuuden arviointi onkin merkittävä osa mallinnustulosten luotettavuuden arviointia. Mallintamisen epävarmuus määritellään enimmäispoikkeamana mitatuista ja lasketuista pitoisuustasoista raja- tai tavoitearvon laskentajaksolla ottamatta huomioon tapahtumien ajoitusta (taulukko 9).

Taulukko 9. Laatutavoitteet mallintamisen sallitulle epävarmuudelle (Vna 38/2011; Vna 164/2007).

| Mallintaminen | SO ₂ , NO ₂ , NO _x , CO | PM ₁₀ , PM _{2,5} , Pb | Bent- seeni | O ₃ | As, Cd, Ni | BaP |
|----------------------|---|--|----------------|----------------|---------------|------|
| Sallittu epävarmuus: | | | | | | |
| 1 tunti-arvo | 50-60 % | - | - | 50 % | - | - |
| 8 tunnin arvo | - | - | - | 50 % | - | - |
| 24 tunnin arvo | 50 % | - | - | - | - | - |
| vuosiarvo | 30 % | 50 % | 50 % | - | 60 % | 60 % |

5.2 Objektiivinen arviointi

Objektiivistä arviointia voidaan käyttää yksinomaisena ilmanlaadun arviointimenetelmänä seuranta-alueilla, joilla korkeimpien pitoisuuksien voidaan arvioida olevan

alle alempien arviointikynnysten. Tyypillisesti objektiivisessa arvioinnissa yhdistetään eri lähdeaineistoja ja asiantuntija-arviona tuotetaan arvio alueen ilmanlaadusta. Yleensä menetelmää hyödynnetään yhdessä mallintamistekniikoiden ja suuntaantavien mittausten tai mittauskampanjoiden kanssa.

Objektiivisessa arvioinnissa voidaan käyttää seuraavia aineistoja (*Bush, 2014a*):

- Yhdistetyt, laadukkaat mittausaikaasarjat
- Lyhytaikaiset tai siirrettävät mittaukset
- Päästöinventaarit yhdistettyinä erilaisiin mittausaineistoihin
- Empiiristen suhteiden hyödyntäminen

Jos mittausaseman sijaintia on siirretty kesken vuoden, voidaan arvioinnissa yhdistää rinnakkaisten asemien mittausaikaasarjat olettaen, että pitoisuustasot ovat alueella alle ylemmän tai alemman arviointikynnyksen ja yhdistetyt mittautulokset ovat luotettavia. Arvion luotettavuus on riippuvainen mittausmenetelmästä ja mittaus-ten kestosta.

Objektiivinen arviointi voi perustua laadukkaisiin, lyhytkestoisiin mittauskampanjoihin, jotka on tehty joko jatkuvatoimisella tai siirrettävällä mittausasemalla. Kampanjamittauksia voidaan käyttää täydentävänä arviointimenetelmänä, jos pitoisuudet ovat alle alemman arviointikynnyksen ja mittaukset ovat muutoin laadultaan luotettavia, vaikka ajallinen kattavuus on alhainen. Yleensä lyhytaikaisia mittauskampanjoita käytetään jatkuvamman mittausstarpeen indikoinnissa.

Päästöinventaariorista ja muista lähteistä hankittujen tietojen yhdistämiseen perustuva asiantuntija-arvio ilman epäpuhtauksien pitoisuuksista on yleisesti käytetty menetelmä. Se soveltuu alueille, joilla pitoisuustaso on alle alemman arviointikynnyksen. Menetelmä sopii esimerkiksi hiilimonoksidi- ja lyijypitoisuuksien arviointiin. Näiden epäpuhtauksien pitoisuuksia seurataan Suomessa enää muutamilla asemilla, joilla pitoisuuksien arvellaan olevan korkeimmillaan. Asiantuntija-arvioissa on hyödynnetty päästötietojen ohella muun muassa asukasmääriä ja olosuhteiltaan vastaavien alueiden ilmanlaadun mittaustietoja.

Objektiivinen arviointi voi perustua myös empiiristen suhteiden hyödyntämiseen. Esimerkiksi määritettäessä todennäköisyyttä typpidioksidin tuntiraja-arvon ylittymiselle, voidaan hyödyntää typpidioksidin mitattujen vuosipitoisuuksien sekä tuntiraja-arvotason ylittävien tuntien lukumäärän välistä empiiristä suhdetta. Pääkaupunki-seudulla empiiristä suhdetta on hyödynnetty arvioimalla typpidioksidin vuosikeskiarvon perusteella kansallisen vuorokausiohjearvon ylittymisen todennäköisyyttä. Arviointimenetelmä on kehitetty suuntaantavien mittausten eli passiivikeräimien tulkinnan tueksi (*Airola ja Myllynen, 2015*).

Objektiivisen arvioinnin epävarmuudelle on myös määritetty laatutavoitteet. Objektiivisen arvioinnin epävarmuus määritellään enimmäispoikkeamana mitatuista ja lasketuista pitoisuustasoista raja- tai tavoitearvon laskentajaksolla ottamatta huomioon tapahtumien ajoitusta (taulukko 10).

Taulukko 10. Laatutavoitteet muiden arviointimenetelmien sallitulle epävarmuudelle (Vna 38/2011; Vna 164/2007).

| Muu arvio | SO ₂ , NO ₂ , NO _x , CO | PM ₁₀ , PM _{2,5} , Pb | Bent- seeni | O ₃ | As, Cd, Ni | BaP |
|---------------------|---|--|----------------|----------------|---------------|-------|
| Sallittu epävarmuus | 75 % | 100 % | 100 % | 75 % | 100 % | 100 % |

6. YHTEENVETO JA EHDOTUKSIA JATKOTOIMIKSI

6.1 Ilmanlaadun seurantojen laatu ja kustannukset

Selvityksessä tarkasteltiin Suomen ilmanlaadun seurantojen laatu- ja kustannustasoja. Ilmanlaadun seurantaan voidaan käsittää kuuluvan ilmanlaadun mittaukset, päästökartoitukset, mallintaminen, ilmanlaadun seurantaan liittyvä tutkimus ja koulutus jne. Tässä selvityksessä on kuitenkin keskitytty pelkästään ilmanlaadun mittaustoiminnan laadun ja kustannusten arviointiin.

Ilmanlaadun mittaustoiminta on Suomessa toteutettu hajautetusti eli noin 30 eri mittausverkkoa vastaavat ilmanlaadun mittauksista noin 60 kunnan alueella ja noin 100 mittausasemalla. Mittausverkkojen mittaustoiminnan laajuus ja resurssit ovat hyvin erilaisia: skaala ulottuu suppeista yhden mittausaseman verkoista laajoihin, useiden kuntien alueille ulottuviin, yli kymmenen aseman mittausverkkoihin. Pienemmissä mittausverkoissa ilmanlaadun mittaustoimintaa hoidetaan monen muun ympäristönsuojeluun liittyvän toimen ohessa, mikä tuo haasteita seurantaan. Isommissa mittausverkoissa on enemmän henkilökuntaa ja taloudellisia resursseja panostaa laajempaan seurantaan ja parempaan laatutasoon. Kansallisen vertailulaboratorion tehtävänä on varmistaa ja tukea yhtenäistä laatutasoa mittausverkoissa järjestämällä vertailumittauksia ja koulutusta.

Mittausverkkojen erilaisista lähtökohdista huolimatta ilmanlaadun mittaustoiminta on Suomessa hoidettu pääsääntöisesti hyvin ja laatu on parantunut viimeisten 10-15 vuoden aikana. Mittausverkkojen laatutasoa arvioitiin vuosien 2003, 2006 ja 2011 kenttäauditointien tulosten perusteella ja mittausverkoille annettiin mahdollisuus päivittää tiedot ajantasalle. 28 mittausverkolla 30:stä oli käytössään dokumentoitu laatujärjestelmä. Laatujärjestelmät olivat joko itse kehitettyjä tai toisen mittausverkon laatujärjestelmästä omalle mittausjärjestelmälle sovellettuja versioita. Suurimmissa mittausverkoissa oli toteutettu sisäistä auditointia, mutta toiminta oli yleisesti ottaen melko vähäistä. Ulkoisia auditointeja on vertailulaboratorion kenttäauditointien lisäksi tehty melko vähän. Kahdella kolmesta mittausverkosta kalibrointitoiminta oli ulkoistettua ja kolmasosa hoiti kalibroinnit itse. Kalibrointien jäljitettävyyden on mittausverkoilla pääosin asianmukaisesti järjestetty. Puutteita on havaittu yksittäisillä mittausverkoilla. Huolto- ja laadunvarmistustoimet ovat pääosin ainakin vähimmäisvaatimukset täyttäviä, mutta käytännöt vaihtelevat mittausverkoittain. Lähes kaikki mittausverkot täyttävät säädösten edellyttämän tiedotusveloitteen eli

mittaustiedot ovat saatavilla reaaliaikaisesti ja tarkistettut mittaustiedot toimitetaan vuosittain ilmanlaadun seurannan tietokantaan. Muuta paikallista tiedottamista ei tarkasteltu selvityksessä, mutta sille on selkeästi tarvetta ottaen huomioon paikallisten olojen asiantuntemus.

Ilmanlaadun mittausten kustannuksia kartoitettiin ilmanlaadun mittaajille lähetetyllä kyselyllä. Kyselyn vastausprosentti oli 44 %, jota voidaan pitää melko hyvänä. Kyselyn tulosten mukaan eri mittausverkkojen ilmanlaatumittausten vuotuiset kokonaiskustannukset vaihtelevat 8 500–180 000 euron välillä. Kokonaiskustannuksiin vaikuttaa merkittävimmin mittausverkon koko eli mittausasemien ja mitattavien komponenttien lukumäärä. Keskimäärin mittauskustannukset olivat 66 000 euroa vuodessa. Kustannusten mediaani oli selvästi keskiarvoa pienempi ollen 38 000 euroa/vuosi, koska merkittävä osa kyselyyn vastanneista mittausverkoista oli kooltaan pieniä tai melko pieniä. Yhden mittausaseman vuosittaiset kustannukset olivat kyselyn perusteella keskimäärin 22 000 euroa. Kun tulokset laajennetaan kansalliselle tasolle voidaan arvioida yhden mittausaseman vuosikustannusten olevan noin 21 000 euroa. Valtaosa (keskimäärin 60 %) mittaustoiminnan kokonaiskustannuksista muodostuu henkilökuluista. Henkilöresursseja ilmanlaadun mittaustoimintaan kului keskimäärin kahdeksan henkilötyökuukautta vuodessa, mutta puolet kyselyyn osallistuneista mittausverkoista käyttää mittaustoimintaan vuodessa resursseja neljä henkilötyökuukautta tai vähemmän. Mittaustoiminnan ylläpitoon käytettiin keskimäärin 20 % määrärahoista ja investointeihin noin 15 %.

Lähes kaikissa mittausverkoissa ilmanlaadun seuranta hoidetaan yhteistarkkailuna, jolloin kunta yleensä hoitaa mittaustoiminnan ja teollisuus ja energiantuotanto osallistuvat ilmanlaadun tarkkailun rahoitukseen. Kyselyn mukaan kunnan osuus rahoituksesta on keskimäärin 46 % ja teollisuuden sekä energiantuotannon 54 %. Ilmanlaadun mittaajat eivät kokeneet mittaamisen olevan kallista vaan nähtiin, että mittaustoiminta toteutetaan kustannustehokkaasti. Suurimmassa osassa mittausverkoista ilmanlaadun seuranta koetaan edelleen tärkeäksi tai erittäin tärkeäksi, vaikka ilmanlaatu on parantunut monilta osin. Huomionarvoista on, että mittauskustannuksiin liittyvä kysely toimitettiin mittausverkkojen yhteyshenkilöille, jotka arvioivat ilmanlaatumittaustoiminnan kustannuksia sekä sitä, kuinka tärkeäksi toiminta koetaan.

Tarkasteltaessa mittauskustannuksien säästömahdollisuuksia merkittävimmäksi toimenpiteeksi arvioitiin mittausverkkojen yhdistäminen laajemmiksi alueellisiksi kokonaisuuksiksi. Täydentävien arviointimenetelmien, kuten suuntaa-antavien mittausten, mallitekniikoiden ja objektiivisen arvioinnin laajempi käyttö ilmanlaadun seurantamenetelmänä saattaa vähentää kiinteiden mittausasemien tarvetta. Täydentävien menetelmien tulee kuitenkin tarjota riittävästi tietoa ilmanlaatonormeihin vertailua ja tiedottamista ajatellen. Ilmatieteen laitoksen arvion mukaan seuranta-aluejaon uusiminen antaisi myös mahdollisuuksia tehostaa mittausverkkojen toimintaa.

6.2 Ehdotuksia jatkotoimiksi

Ilmanlaadun mittaustulosten tulee täyttää joko jatkuville mittauksille tai suuntaa-antaville mittauksille asetetut laatutavoitteet eli mittaussaineistoa tulee olla riittävästi

ja mittausepävarmuus tulee olla tiedossa ja laskettuna. Esimerkiksi kaasumaisilla yhdisteillä jatkuvien mittausten suurin sallittu epävarmuus on 15 % ja suuntaa-antavien mittausten 25 %. Suomen ilmanlaadun mittausasemat tulisi luokitella jatkuvia ja suuntaa-antavia mittauksia tekeviin asemiin ilmanlaadun mittaajien ja vertailulaboratorion toimesta. Korkeatasoisia jatkuvia mittauksia tarvitaan erityisesti alueilla, missä pitoisuudet ovat korkeita ja missä väestön altistuminen on suurinta. Muilla alueilla suuntaa-antavat mittaukset voivat olla riittäviä. Suuntaa-antavia mittauksia voidaan käyttää myös jatkuvien mittausten tukena pitoisuuksien alueellisen jakautumisen selvittämiseksi. Mittausten laatuluokitus antaa mahdollisuuden mitoittaa laadunvarmennustoimet laadutavoitteiden mukaisesti, jolloin se voi myös merkitä kustannussäästöjä. Laatuluokituksen muodostaminen edellyttää, että mittauksista vastuussa olevat tahot laativat käytettyjen analysaattorien mittausominaisuuksien, laadunvarmennustoimien, kalibrointiin käytettävien mittanormaalien laadun sekä kalibrointiheyden avulla mittausepävarmuusbudjettinsa. Luokitusta voidaan tarkistaa auditointien ja vertailumittausten yhteydessä.

Ilmanlaadun seuranta on Suomessa toteutettu hajautetun mallin mukaisesti, mikä aiheuttaa vaihtelua kustannus- ja laadutasossa mittausverkkojen välillä. Selvityksen tulosten perusteella kannattaisi selvittää mahdollisuuksia yhdistää maantieteellisesti lähekkäin sijaitsevia verkkoja alueellisesti laajemmiksi kokonaisuuksiksi ja siten vähentää mittausverkkojen kokonaisuutta sekä yhtenäistää mittauskäytäntöjä. Ilmanlaadun mittaajille suunnatussa kyselyssä alueellinen yhteistyö tuotiinkin esille merkittävimpänä mahdollisena säästökeinona. Jo toteutetuissa esimerkitapauksissa yhdistäminen on osoittautunut kustannustehokkaaksi tavaksi toteuttaa ilmanlaadun seuranta.

Mittausverkkojen yhdistäminen voi parantaa toiminnan laatua sekä yhtenäistää mittauskäytäntöjä ja menetelmiä. Jos mittaus toiminta halutaan ulkoistaa, olisi huolehdittava siitä, että tarjousten ehtona on laatu kriteerien noudattaminen, kuten esimerkiksi mittaukset kattava laatu järjestelmä, kalibrointi jäljitettävyyden, kirjalliset dokumentit mittalaitteiden tyyppitestauksesta, mittausepävarmuuden toteutuminen ja laadunvarmennustoimet. Mittausverkkojen yhdistämistä kevyempikin alueellinen yhteistyö olisi hyödyllistä toiminnan laadun ylläpitämiseksi ja parantamiseksi. Mittausverkot voisivat nykyistä laajemmin esimerkiksi ristiinauditoida toimintonsa ja mittauskäytäntönsä.

Komission direktiivi ilmanlaatua koskevien direktiivien liitteiden muuttamisesta (2015/1480/EU) julkaistiin elokuussa 2015. Ilmanlaatua koskevat asetukset tullaan päivittämään komission direktiivin mukaisesti vuoden 2016 aikana. Komission direktiivissä täsmennetään eräitä kansallisten vertailulaboratorioiden keskeisiä tehtäviä. Näitä tehtäviä ovat mm. osallistuminen komission järjestämiin vertailumittauksiin vähintään kolmen vuoden välein hyväksyttävien tuloksien, kansallisella tasolla tehtävä mittausten laatu järjestelmien auditointi vähintään viiden vuoden välein sekä suositus akkreditoinnista niille vertailulaboratorioille, jotka suorittavat kansallisia vertailumittauksia. Mittauksista vastaavien tahojen tulee arvioida ja dokumentoida mittausasemien sijoittamista koskevat valintakriteerit vähintään viiden vuoden välein ja aina kun asemien ympäristö muuttuu. Komission pyynnöstä nämä dokumentit on toimitettava kolmen kuukauden kuluessa.

Ilmatieteen laitos jatkaa vertailumittausten tekemistä sekä laatu järjestelmien auditointia nykyisten ilmanlaadudirektiivien ja uuden komission direktiivin mukaisesti.

Tavoitteena on järjestää seuraava vertailumittauskierrros vuonna 2016. Lisäksi annetaan koulutusta tarpeellisista ja ajankohtaisista asioista vuosittaisissa mittaaja-tapaamisissa sekä yksilöidyissä koulutustapahtumissa (laatujärjestelmä, mittaus-epävarmuus, mittausmenetelmät).

VIITELUETTELO

Airola, H. ja Myllynen, M., 2015. Ilmanlaadun huomioon ottaminen maankäytön suunnittelussa, ELY-opas, luonnos.

AQUILA, 2015. Air quality reference laboratories. European Commission's Joint Research Centre. <https://ec.europa.eu/jrc/en/aquila/>

Bush, T., 2014a. Air quality e-Reporting. Reporting schemes for supplementary assessment methods. European Environment Agency, European Topic Centre on Air Pollution and Climate Change mitigation. 11th Air Quality e-Reporting pilot group meeting 12–13 June 2014.

Bush, T., 2014b. Air quality e-Reporting mechanisms. Supplementary assessment methods. European Environment Agency, European Topic Centre on Air Pollution and Climate Change mitigation. 12th Air Quality e-Reporting pilot group meeting 12–13 November 2014.

EN 14662-1:2012. Ambient air quality – Standard method for measurement of benzene concentrations – Part 1: Pumped sampling followed by thermal desorption and gas chromatography.

EN 14662-2:2012. Ambient air quality – Standard method for measurement of benzene concentrations – Part 2: Pumped sampling followed by solvent desorption and gas chromatography.

EN 14662-3:2012. Ambient air quality – Standard method for measurement of benzene concentrations – Part 3: Automated pumped sampling with in situ gas chromatography.

EN 14902:2012. Ambient air quality – Standard method for the measurement of Pb, Cd, As and Ni in the PM₁₀ fraction of suspended particulate matter.

EN 15549:2008. Air quality – Standard method for the measurement of the concentration of benzo(a)pyrene in ambient air.

European Commission, 2013. Guidance on the Commission Implementing Decision laying down rules for Directives 2004/107/EC and 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council as regards the reciprocal exchange of information and reporting on ambient air. Version of 15 July 2013.

FAIRMODE, 2015. The Forum for AIR quality MODElling. European Commission's Joint Research Centre. <http://fairmode.jrc.ec.europa.eu>

FprCEN/TS 16450:2012. Ambient air – Automated measuring system for the measurement of the concentration of particulate matter (PM₁₀; PM_{2,5})

ILSE, 2014. Ilmatieteen laitoksen ilmanlaadun seurannan tietojärjestelmä.

Ilmanlaatuportaali, 2014. Ilmatieteen laitoksen ylläpitämä portaali, johon ilmanlaatu tiedon tuottavat ilmanlaadun mittaajat.

JCGM 100:2008 (Joint Committee for Guides in Metrology). Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement. 134 p.
www.bipm.org/utls/common/documents/jcgm/JCGM_100_2008_E.pdf

Kartastenpää, R., Pohjola, V., Walden, J., Salmi, T. ja Saari, H., 2004. Ilmanlaadun mittaussuositus. Versio 1.0. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun tutkimus.

Komppula, B., Anttila, P., Vestenius, M., Salmi, T. ja Lovén, K., 2014. Ilmanlaadun seurantaraportin arviointi. Ilmatieteen laitos, Asiantuntijapalvelut. 123 s. + 48 liites.

Larssen, S., Sluyter, R. and Helmis, C., 1999. Criteria for EUROAIRNET. The EEA Air Quality Monitoring and Information Network. Technical Report No. 12. European Environment Agency, Copenhagen.

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

SFS-EN 12341:2014 Ambient air. Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM₁₀ or PM_{2,5} mass concentration of suspended particulate matter.

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

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

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

SFS-EN 14626:2012 Ambient air. Standard method for the measurement of the concentration of carbon monoxide by non-dispersive infrared spectroscopy.

Vna 38/2011. Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta. Annettu Helsingissä 20.1.2011.

Vna 164/2007. Valtioneuvoston asetus ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä. Annettu Helsingissä 8.2.2007.

Walden, J., Talka, M., Pohjola, V., Häkkinen, T., Lusa, K., Sassi, M.-K. and Laurila, S., 2004. Ulkoilman hiilimonoksidi-, rikkidioksidi- ja typpimonoksidimittausten kansallinen vertailumittaus ja kenttäauditointi 2002–2003. *Ilmanlaadun julkaisuja* 35. Ilmatieteen laitos, Helsinki. 49 s.
[http://cdn.fmi.fi/legacy-fmi-fi-content/documents/Ilmanlaatumittausten kansallinen vertailumittaus ja kenttaauditointi 2002-2003.pdf](http://cdn.fmi.fi/legacy-fmi-fi-content/documents/Ilmanlaatumittausten_kansallinen_vertailumittaus_ja_kenttaauditointi_2002-2003.pdf)

Walden, J., Bergius, J., Pohjola, V., Laurila, S., Kuronen, P. and Wemberg, A., 2008. Ulkoilman CO-, SO₂-, NO-, H₂S- ja O₃-mittausten kansallinen vertailumittaus ja kenttäauditointi 2006. *Tutkimuksia* 2. Ilmatieteen laitos, Helsinki. 71 s.
<http://cdn.fmi.fi/legacy-fmi-fi-content/documents/ilmanlaatuEU.pdf>

Walden, J., Hillamo, R., Aurela, M., Mäkelä, T., and Laurila, S., 2010. Demonstration of the equivalence of PM_{2,5} and PM₁₀ measurement methods in Helsinki 2007–2008. *Tutkimuksia* No. 3. Finnish Meteorological Institute, Helsinki. 103 p.
http://www.ilmanlaatu.fi/ilmansaasteet/julkaisu/pdf/vertailulab/PM-equivalence_report-FMI.pdf

Walden, J., 2014. Mittausepävarmuuskoulutus 5.5.2014 Helsingissä Ilmatieteen laitoksella.

Walden, J., Laurila S., Lusa, K., Kuronen, P., Walden, T. ja Anttila, T., 2015. Ulkoilman CO-, SO₂-, NO- ja O₃-mittausten kansallinen vertailumittaus ja kenttäauditointi 2011 (valmisteilla).

YSA 713/2014. Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta. Annettu 4.9.2014.

YSL 527/2014. Ympäristönsuojelulaki. Annettu 27.6.2014.

2004/107/EC. Directive of the European Parliament and of the Council relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air. Done at Strasbourg 15.12.2004.

2008/50/EC. Directive of the European Parliament and of the Council on ambient air quality and cleaner air for Europe. Done at Strasbourg 21.5.2008.

2011/850/EU. Commission Implementing Decision laying down rules for Directives 2004/107/EU and 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council as regards the reciprocal exchange of information and reporting on ambient air quality. Done at Brussels 12.12.2011.

2015/1480/EU. Commission Directive amending several annexes to Directives 2004/107/EC and 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council laying down the rules concerning reference methods, data validation and location of sampling points for the assessment of ambient air quality. Done at Brussels 28.8.2015.

LIITTEET

LIITE 1. Ilmanlaadun mittausverkot ja kiinteät mittausasemat kunnittain vuonna 2014 (*Ilmanlaatuportaali, 2014*). Mittausverkot, joilla on vain siirrettävä asema, joka kiertää eri alueilla, on myös esitetty tässä listassa (Etelä-Savon mittausverkko: Mikkeli, Savonlinna, Pieksämäki; Kotkan mittausverkon siirrettävä asema; Uudenmaan mittausverkko: Hyvinkää, Tuusula, Kerava, Porvoo, Järvenpää). HSY=Helsingin seudun ympäristöpalvelut.

| Mittausverkko | Kunta | Mittausasema |
|----------------------|--------------|---|
| Etelä-Savo | Mikkeli | Porrassalmenkatu (<i>siirrettävä</i>) |
| HSY | Espoo | Leppävaara 4 |
| HSY | Espoo | Luukki |
| HSY | Helsinki | Kallio 2 |
| HSY | Helsinki | Mannerheimintie |
| HSY | Helsinki | Vallila 1 |
| HSY | Helsinki | Vartiokylä |
| HSY | Vantaa | Tikkurila 3 |
| Hamina | Hamina | Haminan satama (<i>siirrettävä</i>) |
| Harjavalta | Harjavalta | Kaleva |
| Harjavalta | Harjavalta | Pirkkala |
| Heinola | Heinola | Heinolan keskusta |
| Hämeenlinna | Hämeenlinna | Niittykatu |
| Ilmatieteen laitos | Lammi | Evo |
| Ilmatieteen laitos | Ilomantsi | Ilomantsi |
| Ilmatieteen laitos | Jokioinen | Jokioinen |
| Ilmatieteen laitos | Utsjoki | Kevo |
| Ilmatieteen laitos | Kittilä | Matorova |
| Ilmatieteen laitos | Kuusamo | Oulanka |
| Ilmatieteen laitos | Inari | Raja-Jooseppi |
| Ilmatieteen laitos | Muonio | Sammaltunturi |
| Ilmatieteen laitos | Sodankylä | Sodankylä 2 |
| Ilmatieteen laitos | Parainen | Utö |
| Ilmatieteen laitos | Virolahti | Virolahti 2 |
| Ilmatieteen laitos | Ähtäri | Ähtäri 2 |
| Imatra | Imatra | Mansikkala |
| Imatra | Imatra | Pelkolan tulliasema, Raja |
| Imatra | Imatra | Rautionkylä |
| Imatra | Imatra | Teppanala |
| Imatra | Lappeenranta | Ihalainen |
| Imatra | Lappeenranta | Joutsenon keskusta |
| Imatra | Lappeenranta | Lappeenrannan keskusta 4 |
| Imatra | Lappeenranta | Lauritsala |
| Imatra | Lappeenranta | Pulp |
| Imatra | Lappeenranta | Tirilä, Pekkaskatu |
| Inkoo | Inkoo | Heimgård |
| Joensuu | Joensuu | Koskikatu 1 |
| Jyväskylä | Jyväskylä | Lyseo 2 |
| Jyväskylä | Jyväskylä | Palokka 2 |
| Jämsä | Jämsä | Lääkäritalo |
| Jämsä | Jämsä | Seppolantie |
| Kajaani | Kajaani | Kajaanin keskusta 3 |
| Kokkola | Kokkola | Keskusta, Pitkäsillankatu |
| Kokkola | Kokkola | Ykspihlaja |
| Kotka | Kotka | Kirjastotalo |
| Kotka | Kotka | Rauhala |
| Kouvola | Kouvola | Kankaan koulu |
| Kouvola | Kouvola | Käsityöläiskatu |
| Kouvola | Kouvola | Kuusankoski Mäkikylä |
| Kouvola | Kouvola | Kuusankoski Urheilukentäntie |
| Kuopio | Kuopio | Haminalahti |
| Kuopio | Kuopio | Kasarmipuisto |

Kuopio
Kuopio
Kuopio
Lahti
Lahti
Lahti
Lahti
Lahti
Lahti
Lohja
Neste
Neste
Neste
Oulu
Oulu
Oulu
Pietarsaari
Pietarsaari
Pori
Pori
Raahe
Raahe
Raahe
Rauma
Rauma
Seinäjoki
Suupohja
Tampere
Tampere
Tampere
Tampere
Turku
Turku
Turku
Turku
Turku
Turku
Turku
Uusimaa
Vaasa
Vaasa
Valkeakoski
Valkeakoski
Varkaus
Varkaus
Varkaus
Varkaus
Äänekoski

**Yhteensä:
34 mittausverkkoa**

Kuopio
Kuopio
Kuopio
Lahti
Lahti
Lahti
Lahti
Lahti
Lahti
Lohja
Porvoo
Porvoo
Porvoo
Oulu
Oulu
Oulu
Luoto
Pietarsaari
Pori
Pori
Raahe
Raahe
Raahe
Rauma
Rauma
Seinäjoki
Närpiö
Tampere
Tampere
Tampere
Tampere
Kaarina
Naantali
Parainen
Raisio
Turku
Turku
Turku
Turku
Turku
Hyvinkää
Vaasa
Vaasa
Valkeakoski
Valkeakoski
Varkaus
Varkaus
Varkaus
Varkaus
Äänekoski

58 kuntaa

Maaherrankatu
Sorsasalo
Tasavallankatu
Kisapuisto
Laune
Metsäkangas
Saimaankatu
Satulakatu
Vesku 11
Nahkurintori
Mustijoki
Nyby
Svartbäck
Nokela
Oulun keskusta 2
Pyykösjärvi
Vikarholmen
Bottenviksvägen
Pastuskeri
Porin keskusta
Lapaluoto
Merikatu
Raahen keskusta 2
Hallikatu
Sinisaari
Vapaudentie 6a
Närpiö 2
Epilä 2
Kaleva
Linja-autoasema
Pirkankatu
Kaarina
Naantali
Parainen II
Raision keskusta
Kaanaan koulu
Oriketo
Ruissalo Saaronniemi
Turun kauppatori
Hyvinkää (*siirrettävä*)
Vesitorni
Keskusta
Hiekkatekonurmi
Terveyskeskus
Psaari 2
Pääterveysasema
Taulumäki
Hiski

100 mittausasemaa

LIITE 2. Yhteenveto mittausverkkojen vuosien 2006 ja 2011 kenttäauditointien tuloksista. Tulokset on päivitetty vuoden 2015 tilannetta vastaaviksi.

| Mittausverkko ¹⁾ | HUOLLOT JA LAADUNVARMISTUSTOIMET | | | | | KALIBROINNIT | | | |
|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------|--|----------------------|---|-------------------------|----------------|-------------------------------|--|
| | Näytelinjan huolto/vaihtoväli | Analysaattoreiden huollot | Nolla- ja span-tarkastuksien tiheys (autom.) | Lineaarisuus (krt/v) | Konvertterin hyötysuhde (NOx-laite) (krt/v) | Kalibroinnin suorittaja | Tiheys (krt/v) | Jäljitettävyyden SI-yksikköön | Oman kalibrointilaitteiston huolto (krt/v) |
| | Laatutavoite: testaus 6 kk | Laitevalmistajan suositus | 2 vk välein | | 1 krt/v | | | | 4 krt/v |
| Etelä-Savo | 6 kk | 4 krt/v | 1 krt/vrk | 4 | 4 | konsultti | 8 | x | 4 |
| Harjavalta, Pori, Rauma | 1 v | 1 krt/v | 1 krt/vrk | 4 | 4 | konsultti | 4 | x | |
| Heinola | 1 v | tarvittaessa | ei tehdä | 4 | 1 | konsultti | 4 | x | 2 |
| HSY ja Uusimaa | 0,5-1 v | 1 krt/v | 1 krt/viikko | 2 | 1 | itse | 1-12 | x | ohjeiden mukaan |
| Hämeenlinna | 1 v | 4 krt/v | 1 krt/vrk | 4 | 4 | konsultti | 4 | x | |
| Ilmatieteen laitos | 1 v | tarvittaessa | ei tehdä | 4 | 1 | itse | 4 | x | ohjeiden mukaan |
| Imatra | 1 v | tarvittaessa | 1-2 krt/kk | laitekoht. | 4 | itse/konsultti | 4 / 1 | x | 4 |
| Jyväskylä | 3 kk-1 v | 1 krt/v | 1 krt/kk | 4 | 4 | itse/konsultti | 12 / 3 | x | 3 |
| Joensuu | ei mainita | tarvittaessa | 1 krt/vrk | 3 | 3 | konsultti | 3 | x | |
| Kajaani | 1 v | tarvittaessa | ei tehdä | 4 | 1 | konsultti | 4 | x | 2 |
| Kokkola | ei mainita | 1 krt/v | 1 krt/vrk | 4 | 4 | konsultti | 4 | x | |
| Kotka | 1 v | 1-12 krt/v | 1 krt/vrk | 3 | 3 | konsultti | 3 | x | |
| Kouvola | 1 v | 1 krt/v | 1 krt/vrk | 4 | 4 | konsultti | 3 | x | |
| Kuopion seutu | 1 v | 1 krt/v | 1 krt/vrk | 4 | 4 | konsultti | 4 | x | |
| Lahti | 2 v | 1 krt/v | 1 krt/vrk | 1-6 | ei mainita | konsultti | 1-6 | x | |
| Neste | 2 v | 1 krt/v | 1 krt/vrk | 1 | 1 | konsultti | 4 | x | |
| Oulu | 1 v | 1 krt/v | 1 krt/vrk | 3 | 3 | itse/konsultti | 4-6 / 2 | x | 2 |
| Pietarsaari | kalibr. yht. | 2 krt/v | 1 krt/vrk | 4 | 4 | konsultti | 4 | x | |
| Raahe | 1 v | 2 krt/v | 1 krt/vrk | 2 | ei mainita | konsultti/konsultti | 2 / 2 | x | |
| Rauma (Sinisaari) | 1 v | tarvittaessa | ei tehdä | 4 | - | konsultti | 4 | x | 2 |
| Seinäjoki | 2 v | 1 krt/v | 1 krt/vrk | 4 | 4 | konsultti | 4 | x | |
| Tampere | 1 v | 1 krt/v | 1 krt/vrk | 1 | 1 | itse/konsultti | 2 / 1 | x | 1 |
| Turku | 1 v | 2 krt/v | 1 krt/vrk | 1 | 1 | itse/konsultti | 6-12 / 2 | x | |
| Vaasa | 1 v | tarvittaessa | 1 krt/kk | 4 | 4 | konsultti | 4 | x | |
| Valkeakoski | | tarvittaessa | 1 krt/vrk | 3-4 | 4 | konsultti | 4 | x | |
| Äänekoski | 1 v | 4 krt/v | 1 krt/kk | 4 | 4 | konsultti | 4 | x | |


¹⁾ Suupohja ja Kemi on jätetty pois, sillä jatkuvat mittaukset ovat loppuneet. Varkaus on yhdistetty Kuopion seudun verkkoon ja Lohja Uudenmaan verkkoon.

Harjavalta, Pori ja Rauma muodostavat nykyisin yhteisen mittausverkon.

| Mittausverkko | LAATUJÄRJESTELMÄN LUONNE | | | RAPORTOINTI JA TIEDOTTAMINEN | | | |
|-------------------------|--|--|--|------------------------------|----------|--|--|
| | Suppea/laaja | Dokumentoitu/ standardinmukainen/ akkreditoitu | Laatukäsikirja | Auditoinnit | | Data reaaliaikaisesti ilmanlaatuportaalissa | Data ilmanlaadun seurannan tietokannassa |
| | | | | Sisäinen | Ulkoinen | | |
| Etelä-Savo | laaja | standardinmukainen | x ¹⁾ | | | x | x |
| Harjavalta, Pori, Rauma | laaja | standardinmukainen | x ¹⁾ | | | x | x |
| Heinola | laaja | standardinmukainen | x | x | | x | x |
| HSY | laaja | standardinmukainen | x | x | | x | x |
| Hämeenlinna | suppea | dokumentoitu | | | | x | x |
| Ilmatieteen laitos | laaja | standardinmukainen | x | x | | x | x |
| Imatra | laaja | standardinmukainen | x | x | | x | x |
| Jyväskylä | suppea | dokumentoitu | x ²⁾ | | | x | x |
| Joensuu | laaja | standardinmukainen | x ¹⁾ | | | x ³⁾ | |
| Kajaani | laaja | standardinmukainen | x | x | | x | x |
| Kokkola | laaja | dokumentoitu | x | | x | x | x |
| Kotka | suppea | | x ²⁾ | | | x | x |
| Kouvola | laaja | standardinmukainen | x ¹⁾ | | | x | x |
| Kuopio | laaja | standardinmukainen | x ¹⁾ | | | x | x |
| Lahti | laaja | standardinmukainen | x ¹⁾ | | x | x | x |
| Neste | laaja | standardinmukainen | x | x | x | x | x |
| Oulu | laaja | standardinmukainen | x ¹⁾ | | x | x | x |
| Pietarsaari | laaja | dokumentoitu | x | | x | x | x |
| Raahe | laaja | dokumentoitu | | x | x | x | x |
| Rauma (Sinisaari) | laaja | standardinmukainen | x | x | | x | x |
| Seinäjoki | laaja | dokumentoitu | x | | x | x | x |
| Tampere | suppea | dokumentoitu | x ²⁾ | | | x | x |
| Turku | laaja | standardinmukainen | x ¹⁾ | | x | x | x |
| Vaasa | laaja | dokumentoitu | x | | x | x | x |
| Valkeakoski | suppea | dokumentoitu | x ²⁾ | | | x | x |
| Äänekoski | laaja | dokumentoitu | | | | x | x |
| | ¹⁾ ns. Kuopion laatujärjestelmä | | ³⁾ päivittäiset nolla/span tarkistukset mukana raakatassa | | | | |
| | ²⁾ ns. Imatran laatujärjestelmä | | | | | | |

LIITE 3. Ilmanlaadun mittaajille lähetetty kyselylomake ilmanlaadun mittausten kustannuksista

| KYSELYLOMAKE | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> | Haluamme, että yhteystiedot ja kohdat, joista mittausverkon voi tunnistaa, poistetaan lomakkeesta ennen tietojen toimittamista Ilmatieteen laitokselle. (rasti) Kohdat 1-5 voi myös jättää tyhjäksi ja kohdat 10-11 voi täyttää vaihtoehdoisen mallin mukaan niin, että anonyymiteetti säilyy. |
| Yleistiedot | |
| 1. Mittausverkon nimi: | |
| 2. Organisaatio/yritys: | |
| 3. Kyselyyn vastaajan nimi: | |
| 4. Asema/nimike/tehtävä: | |
| 5. Mittausverkon omistaja: | |
| 6. Onko kyseessä yhteistarkkailu? | |
| 7. Mikäli kyseessä on yhteistarkkailu, kuinka suuren osan kustannuksista maksaa kunta ja kuinka suuren osan teollisuusyritykset? | |
| Kunta (%): | |
| Teollisuusyritykset (%): | |
| Millä perusteella maksuosuudet on jaettu? | |
| 8. Miten ilmanlaadun mittaukset käytännössä toteutetaan? | Merkitse rasti yhteen kohtaan: |
| a) kunta omalla työpanoksellaan: | <input type="checkbox"/> |
| b) ostopalveluna kokonaan: | <input type="checkbox"/> |
| c) ostopalveluna osittain: | <input type="checkbox"/> |
| Selitys: miltä osin ostopalveluna? | |
| Mittausverkon koko | |
| 9. Kiinteiden mittausasemien lukumäärä: | |
| 10. Mittausasemat ja niillä mitattavat komponentit sekä mittalaitteet (luettele allekkain ja lisää rivejä tarvittaessa): | |
| Mittausaseman nimi | Mitattavat komponentit |
| (vaihtoehtoisesti: asema1, asema 2...) | (vaihtoehtoisesti: mitattavien komponenttien lukumäärä koko mittausverkossa, esim. 2xPM ₁₀ , 3xNO ₂) |
| | |
| 11. Mahdolliset muut ilmanlaadun mittaukset (siirrettävät asemat, suuntaa-antavat mittaukset jne.): | |
| Huom! Jos vuosittain siirrettävältä asemalta on saatu tuloksia vähintään 85 % (data capture), voidaan se katsoa ns. kiinteäksi asemaksi. | |
| Mittausaseman nimi | Mitattavat komponentit |
| (vaihtoehtoisesti: asema1, asema 2...) | (vaihtoehtoisesti: mitattavien komponenttien lukumäärä koko mittausverkossa, esim. 2xPM ₁₀ , 3xNO ₂) |
| | |

A decorative graphic consisting of a solid blue wave shape that curves across the page. It is composed of multiple thin, parallel lines that create a sense of movement and depth. The wave starts on the left, dips, and then rises towards the right, crossing the center of the page.

Ilmatieteen laitos
Erik Palménin aukio 1
PL 503, 00101 Helsinki
Puh. 029 539 1000
ilmatieteenlaitos.fi