

Ilmansaasteille altistuminen Suomessa vuonna 2013

Ilmanlaadun mittausverkostoon
pohjautuen

Antti Korhonen, Arja Asikainen, Isabell Rumrich, Otto Hänninen

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL)

PL 30 (Katuosoite 00)
00271 Helsinki
Telephone: 029 524 6000

www.thl.fi

Antti Korhonen, Arja Asikainen, Isabell Rumrich, Otto Hänninen

Ilmansaasteille altistuminen Suomessa vuonna 2013

Ilmanlaadun mittausverkostoon pohjautuen



TERVEYDEN JA
HYVINVOINNIN LAITOS

© Kirjoittajat ja THL

2016-01-07

Sisällys

Sisällys	3
1 JOHDANTO	5
2 ALTISTUSTASOJEN ARVIOINTI	6
2.1 ILMANLAADUN MITTAUSOHJELMAT	6
2.2.1 Ilmanlaadun mittaukset	6
2.2.2 Tausta-asemien mittaukset	7
2.2.3 Muut mittauskampanjat	8
2.2 TUTKIMUSKIRJALLISUUS	8
2.3 VÄESTÖPAINOTETTUIJEN PITOISUUKSIEN ARVIOINTI	8
3 ALTISTUSTASOT SUOMESSA	10
3.1 HIUKKASET	11
3.1.1 Pienhiukkaset (PM _{2.5})	11
3.1.2 Hengitettävät hiukkaset (PM ₁₀ ja PM _{10-2.5})	14
3.1.3 Kokonaisleijuma	16
3.1.4 Hiukkasten sisältämät komponentit	16
Lyijy	17
Arseeni	19
Kadmium	20
Nikkeli	22
Bentso(a)pyreeni	23
3.2 KAASUMAISET ILMANSAASTEET	25
3.2.1 Otsoni	25
3.2.2 Typpidioksidi	27
3.2.3 Bentseeni	29
3.2.4 Hiilimonoksidi	31
3.2.5 Rikkidioksidi	32
3.2.6 Typen oksidit (NO ₂ + NO)	34
3.2.7 Haisevat rikkiyhdisteet, TRS	35
3.3 ILMANSAASTEIDEN TRENDITARKASTELU	36
4 JOHTOPÄÄTÖKSET	41
Kirjallisuusviitteet	43
LIITTEET	45
LIITE 1. Kaupunkien mittausasemat tyypeittäin ja niillä mitatut komponentit v.2013.	46
LIITE 2. Vuoden 2013 mittauspaikkakuntien väkiluvut ja koordinaatit	49
LIITE 3. Ilmanlaadun mittaus tulokset vuonna 2013	50
LIITE 4. Ilmansaasteiden yhteisasemien lukumäärät, ilmansaasteiden väliset korrelaatiot sekä niiden itsenäisyys Suomessa, pääkaupunkiseudulla ja kaupungeissa v.2013	57
LIITE 5. Kaukokulkeuma- ja kotimaisen osuuden erittely tärkeimmille ilmansaasteille	61

1 JOHDANTO

Tämän työn tavoitteena oli arvioida Suomen väestön altistustasot tärkeimmille ilmansaasteille. Päähuomio altistumisen arvioinnissa keskitettiin säädeltyihin ulkoilman epäpuhtauksiin, joita tällä hetkellä on Suomessa viisitoista. Altistuminen arvioitiin pääasiassa vuoden 2013 varmistetuista mittaustuloksista (Ilmanlaatuportaali 2015). Mittausverkoston tuloksia verrattiin muihin tehtyihin arvioihin suomalaisten altistumisesta ilmansaasteille. Tämä oli erityisesti tarpeen joidenkin komponenttien kuten raskasmetallien osalta, joita mitataan vain muutamalla asemalla Suomessa.

Altistuksen arviointi muodostaa pohjan ilmansaasteiden terveysvaikutukset (ISTE) -hankkeen seuraavalle työosiolle, jossa tuotetaan varsinaiset terveysvaikutusarviot. Altistuksen perusarviointia täydennetään Antti Korhosen pro gradu – tutkielmassa tarkastelemalla altisteittain ulkoilmasta peräisin olevan altistuksen merkitystä kokonaisaltistuksen muodostumisessa ja kuvataan kullekin altisteelle muut merkitykselliset mikroympäristöt ja lähdeprosessit.

Tämä työ on osa Ilmansaasteiden terveysvaikutukset (ISTE) –hanketta, jonka rahoittavat yhteistyössä Ympäristöministeriö ja Sosiaali- ja terveysministeriö. Työ toteutetaan Terveystieteiden ja hyvinvoinnin laitoksella ja sen pohjalta tehtävät opinnäytteet Itä-Suomen yliopistossa.

2 ALTISTUSTASOJEN ARVIOINTI

Suomalaisten altistumista ulkoilman saasteille arvioitiin käyttäen pääasiassa ulkoilmamittauksia. Ilmanlaatumittaukset rajautuvat aina valittuihin mittauspisteisiin, eikä siten saada tarkkaa kuvaa pitoisuuksien alueellisesta vaihtelusta. Alueellisen vaihtelun kuvaamiseen on käytetty mm. kaukokartoitusta, leviämismalleja, spatiaalista interpolointia. Joissakin tapauksissa lisäksi on tarpeen tarkastella altistuksia, jotka tapahtuvat sisätiloissa tai tiettyjen päästölähteiden läheisyydessä (esim. työperäinen altistuminen). Tässä työssä rajautaan väestön keskimääräiseen altistumiseen ulkoilmassa esiintyvälle pitoisuuksille.

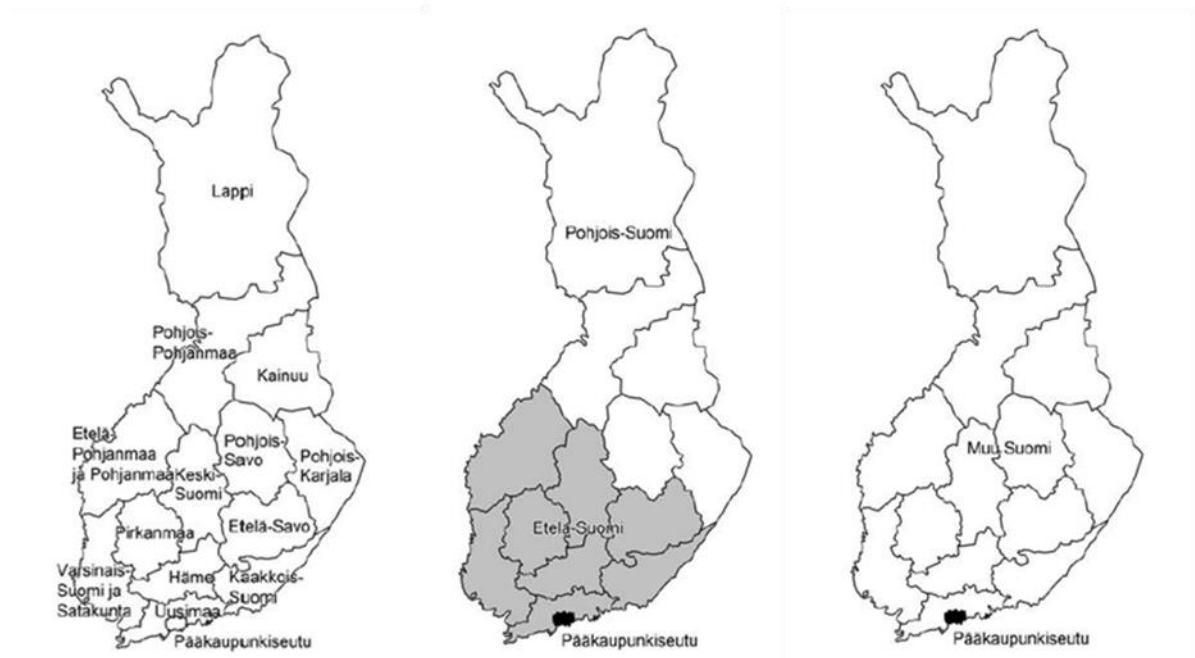
2.1 ILMANLAADUN MITTAUSOHJELMAT

2.2.1 Ilmanlaadun mittaukset

Vuonna 2013 mittauksia suoritettiin 52 paikkakunnalla ja mittausasemia näissä oli 103 kappaletta. Tiedot näistä mittauksista on kerätty ilmanlaatuportaaliin, johon kerätään tietoa Suomen ilmanlaadusta. Ilmanlaadun tiedon tuottajina toimivat kunnat, Helsingin seudun ympäristöpalvelut – kuntayhtymä (HSY), Ilmatieteen laitos sekä teollisuus. HSY:n toimesta seurataan pääkaupunkiseudun ilmanlaatua ja sen seurannasta huolehtivat Espoo, Helsinki, Kauniainen ja Vantaa.

Kuntien tulee seurata ilmanlaatua ja tarvittaessa tiedottaa kuntalaisia ilmanlaadun heikentyessä. Lähikunnat hoitavat usein mittauksia yhdessä, jolloin ne muodostavat yhteisen verkon. Teollisuuden ja energiatuotantosektorin on huolehdittava, että niiden toiminnasta aiheutuvia päästöjä ja vaikutuksia tarkkaillaan. Nämä sektorit voivat toteuttaa seurannan yhteistoiminnassa kuntien kanssa, osallistumalla mittaustoiminnan rahoittamiseen tai ne voivat muodostaa myös oman mittausverkostonsa. Pysyvien mittausasemien lisäksi on käytössä siirrettäviä asemia, joilla voidaan kartoittaa mittaustarvetta tai parantaa alueellista edustavuutta. Ilmatieteen laitos vastaa ilmanlaadun seurannasta maaseudun taustaa mittaavilla mittausasemilla. (Ilmanlaatuportaali 2015, Komppula ym. 2014b). Euroopan tasolla laajimmin ilmanlaatua koskevaa tietoa on saatavilla European Environment Agency (EEA) AirBase – tietokannasta (AirBase 2014). Palveluun kerätty ilmanlaatu data perustuu Suomen osalta käytännössä samoihin mittausasemiin, kuin mitä on käytetty ilmanlaatuportaaliin kootussa datassa.

Valtioneuvoston asetuksilla (Vna 38/2011 ja Vna 164/2007) Suomi on jaettu ilmanlaadun terveyshaittojen ehkäisemiseksi seuranta-alueisiin. Rikkidioksidin, typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten, pienhiukkasten, lyijyn ja hiilimonoksidin pitoisuuksien arvioimiseksi Suomi on jaettu 14 eri seuranta-alueeksi ja rajat noudattelevat elinkeino-, liikenne-, ja ympäristökeskusten rajoja sekä lisäksi pääkaupunkiseutu on omana seuranta-alueenaan (Kuva 1). Bentseenipitoisuuksien arvioimista seuranta-alueet ovat pääkaupunkiseutu, Etelä-Suomi ja Pohjois-Suomi. Otsonin, arseenin, kadmiumin, nikkelin ja bentso(a)pyreenin pitoisuuksien seuranta varten Suomi on jaettu pääkaupunkiseutuun sekä muuhun Suomeen. (Komppula ym. 2014b).



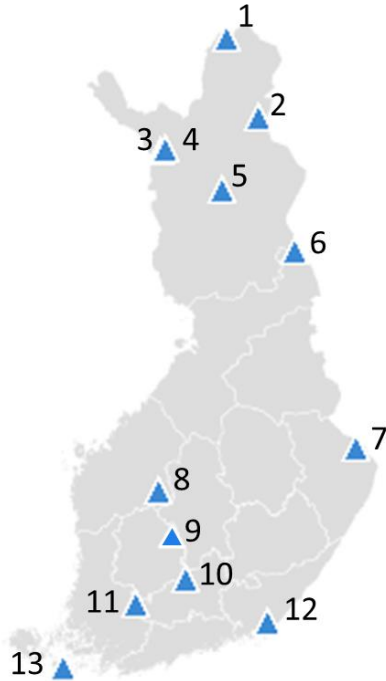
Kuva 1. Ilmanlaadun seuranta-alueet 1) SO₂ -, NO₂ -, PM₁₀ -, PM_{2,5} -, Pb- ja CO- 2) bentseeni- 3) otsoni-, arseeni-, kadmium-, nikkeli- ja bentso(a)pyreenipitoisuuksien arvioimista varten (Vna 38/2011 ja Vna 164/2007) (Komppula ym. 2014b).

2.2.2 Tausta-asemien mittaukset

Euroopan unionin säädösten mukaisesti Ilmatieteen laitos seuraa ilmanlaatua maaseututausta-asemilla (Komppula ym. 2014a) ja ilmanlaatuportaalista löytyy v.2013 mittaustuloksia 13 asemalle Taulukko 1 ja Kuva 2).

Taulukko 1. Taustamittausasemat ja niillä mitatut komponentit v.2013 (Ilmanlaatuportaali 2015).

	Kunta	Asema	Ympäristö	Päästö	Komponentti
1	Utsjoki	Kevo	maaseutu	tausta	SO ₂
2	Inari	Raja-Jooseppi	maaseutu	tausta	SO ₂ , O ₃ , PM ₁₀
3	Muonio	Sammaltunturi	maaseutu	tausta	SO ₂ , NO ₂ , NOx, O ₃ , PM ₁₀ , C ₆ H ₆
4	Kittilä	Matorova	maaseutu	tausta	PM _{2,5} , As,Cd,Ni, B(a)P
5	Sodankylä	Sodankylä	maaseutu	tausta	O ₃
6	Kuusamo	Oulanka	maaseutu	tausta	SO ₂ , NO ₂ , NOx, O ₃
7	Ilomantsi	Ilomantsi	maaseutu	tausta	SO ₂ , O ₃
8	Ähtäri	Ähtäri2	maaseutu	tausta	NO ₂ , NOx, O ₃ , As, Cd, Ni
9	Juupajoki	Hyytiälä	maaseutu	tausta	B(a)P
10	Hämeenlinna	Evo (Lammi)	maaseutu	tausta	O ₃
11	Jokioinen	Jokioinen	maaseutu	tausta	O ₃
12	Virolahti	Virolahti	maaseutu	tausta	SO ₂ , NO ₂ , NOx,O ₃ , PM ₁₀ , PM _{2,5} , As,Cd,Ni, B(a)P
13	Länsi-Turunmaa	Utö	maaseutu	tausta	SO ₂ , NO ₂ , NOx, O ₃ , PM _{2,5}



Kuva 2. Ilmanlaadun taustamittausasemat v.2013 (Ilmanlaatuportaali 2015).

2.2.3 Muut mittauskampanjat

Euroopan unionin säädösten mukaisen ilmanlaadun seurannan lisäksi, Ilmatieteen laitoksen tausta-asemat kuuluvat European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP), Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Global Atmosphere Watch (GAW), Helsinki Commission (HELCOM) ja Yhdenne-
tyn seurannan (Integrated Monitoring) tutkimusohjelmiin. (Komppula ym. 2014a).

2.2 TUTKIMUSKIRJALLISUUS

Kirjallisuuskatsauksessa Suomen ilmanlaatuun ja ilmansaasteisiin keskittyvää tutkimuskirjallisuutta haettiin PubMed, Google Scholar ja Nelli-järjestelmistä. Erityisesti etsittiin tutkimuksia koskien ulkoilman epäpuhtauksien pitoisuuksia ja suomalaisten altistumista eri ilmansaasteille. Tässä työssä laskettuja keskimääräisiä väestöpainotettuja pitoisuuksia verrattiin muissa tutkimuksissa havaittuihin tasoihin.

2.3 VÄESTÖPAINOTETTUJEN PITOISUUKSIEN ARVIOINTI

Altistuksen arvioinnissa käytettiin vuonna 2013 mitattuja ulkoilmapitoisuuksia, koska tältä vuodelta oli saatavissa laajimmin jo varmistettuja mittaustuloksia. Mittaustuloksia verrattiin ja täydennettiin mm. kuntien ilmanlaaturaporteista ja erillisistä mittauksista.

Mittausverkosto keskittyy Etelä-Suomeen ja asutuskeskuksiin, erityisesti suurimpiin kaupunkeihin, ja siten koko väestön altistumisen arvioinnissa keskeistä on mittausverkoston pitoisuuksien vertaaminen koko väestön asuinpaikkakuntajakaumaan. Relevanttien päästölähteiden tunnistamiseksi tulokset jaettiin asematyypeittäin (esikaupunki, kaupunki, maaseutu) ja lähteittäin (liikenne, teollisuus, tausta) ja tarkasteltiin pitoisuuksien maantieteellistä jakaumaa etelä-pohjoissuunnassa. Typpidioksidin, typen oksidien, hiilimonoksidin, rikkidioksidin, haisevien rikkiyhdisteiden ja raskasmetallien osalta karsittiin korkeimman kuormituksen alueita pois altistuslaskuista ja pyrittiin näillä toimenpiteillä korjata vääristymää mittaustuloksissa, jotka olisivat aiheuttaneet liian korkeat arviot suomalaisten altistumisesta. Typpidioksidin, typen oksidien ja hiilimonoksidin osalta korkeimman kuormituksen alueet ovat liikenneympäristöt sekä rikkidioksidin,

haisevien rikkiyhdisteiden ja raskasmetallien kohdalla teollisuusympäristöt. Kaiken kaikkiaan altistusarviot menetelmästä riippumatta olivat suhteellisen lähellä saatavilla olleita tarkempia altistusarvioita. Mittausverkoston tulosten tulkinnan tueksi tarvittaisiin kuitenkin rutiininomainen menetelmä väestöaltistusten arvioimiseksi vuosittain.

Väestöpainotettujen pitoisuuksien arvioimiseksi käytettiin pääasiassa kahta menetelmää: (i) regressioanalyysissä tunnistettujen tekijöiden perusteella rakennettua kuntakohtaista ekstrapolaatiomallia ja (ii) väestöpohjaista kaksi- tai kolmiportaista allokaatiomallia. Regressiomallissa tarkasteltiin kahta selittävää tekijää suhteessa mittaustuloksiin: käänteistä etäisyyttä Keski-Euroopan teollisuusalueista kaukokulkeuma-komponentin kuvaajana, ja paikkakunnan asukaslukua paikallisten väestöpohjaisten päästölähteiden kuten liikenteen ja lämmityksen kuvaajana. Kaksiportaisessa allokaatiomallissa Suomi jaettiin pääkaupunkiseutuun ja muuhun Suomeen sekä kolmiportaisessa allokaatiomallissa pääkaupunkiseutuun, muihin kaupunkeihin (yli 50 000 as.) ja maaseutuun (alle 50 000 as.).

Regressioanalyysin ja kuntakohtaisen ekstrapolaatiomallin avulla laskettiin pitoisuudet jokaiselle Suomen kunnalle, jolloin pystyttiin laskemaan kuntien väestön ja niiden pitoisuuksien avulla Suomen keskimääräiset väestöpainotetut pitoisuudet. Allokaatiomalleissa jokaiselle alueelle määritettiin keskimääräinen pitoisuus mittaustuloksista sekä tarvittaessa kirjallisuuden tuloksista täydentäen. Väestöpainotetut pitoisuudet laskettiin alueiden väestön ja niiden pitoisuuksien perusteella. Keskimääräiset väestöpainotetut pitoisuudet laskettiin painotetun keskiarvon yhtälöä ja keskiarvon keskivirhe Cochranin yhtälöä käyttäen (Gatz & Smith 1995).

3 ALTISTUSTASOT SUOMESSA

Euroopan unioni on määritellyt ulkoilman laatuvaatimukset raja-arvoilla (EU:n sitovimmat ilmanlaatu­normit), joilla tarkoitetaan pitoisuutta, jonka ylittyessä on ryhdyttävä toimenpiteisiin pitoisuuksien alentamiseksi. Lisäksi ilmanlaatua säädel­lään kansallisilla tavoitearvoilla, kynnysarvoilla sekä kansallisilla ohje­arvoilla. Tässä työssä painopiste asetettiin näihin säädeltyihin komponentteihin (Taulukko 2).

Taulukko 2. Säädellyt ulkoilman epäpuhtaudet ja niille asetetut raja-, tavoite-, ohje- ja kynnysarvot.

Komponentti		Vuosi µg m ⁻³	Vrk µg m ⁻³	Tunti µg m ⁻³	Muu µg m ⁻³
Hiukkaset					
1	Pienhiukkaset	PM _{2.5}	10 (a), 25 (b)	25 (a)	
2	Hengitettävät hiukkaset	PM ₁₀	20 (a), 40 (b)	50 (ab*) , 70 (e ¹)	
3	Kokonaisleijuma	TSP	50 (e)	120 (e)	
Hiukkasten sisältämät ai­neet					
4	Lyijy	Pb	0.5 (ab)		
5	Nikkeli	Ni	20n (b)		
6	Arseeni	As	6n (b)		
7	Kadmium	Cd	5n (ab)		
8	Bentso[a]pyreeni	B[a]P	1n (a)		
Kaasut					
9	Typpidioksidi	NO ₂	40 (ab)	70 (e ¹)	150 (e ³), 200 (ab*)
10	Typen oksidit	NO _x	30 (c)		
11	Otsoni	O ₃		240 (f)	100 (a) [8h], 120 (d*) [8h],
12	Hiilimonoksidi	CO		7k (a)	20k (e) 8k (e) [8h], 10k (ab) [8h]
13	Rikkidioksidi	SO ₂	20 (c)	20 (a), 80 (e ¹), 125 (b*)	250 (e ³), 350 (b*) 500 (af) [3h tai WHO 10 min.]
14	Bentseeni	C ₆ H ₆	5 (b)		
15	Haisevat rikkiyhdisteet	TRS		10 (e ¹)	

a WHO ohjearvo

b Terveysperusteinen raja-arvo
(lihavoitu)

c Kasvillisuusperusteinen raja-arvo

d Tavoitearvo

e Kansallinen ohjearvo

f Kynnysarvo

Merkinnät:

* = tietyt ylitykset sallittu

k = tuhat

n = nanogrammaa

1 = Kuukauden toiseksi suurin vrk-arvo

2 = Vuoden vrk-arvojen 98.prosenttipiste

3 = Kuukauden tuntiarvojen

99.prosenttipiste

3.1 HIUKKASET

Ilman hiukkasmaisia epäpuhtauksia mitataan monin eri tavoin. Ilman kokonaishiukkaspitoisuuksia kuvaavat pienhiukkas- ($PM_{2,5}$) ja hengitettävät (PM_{10}) hiukkaspitoisuudet. Hiukkaset sisältävät myös raskasmetalleja ja heikosti haihtuvia hiilivetyjä kuten bentso(a)pyreeniä ym. komponentteja, joita tarkastellaan tässä luvussa.

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia on kartoitettu Euroopan tasolla interpolointimenetelmällä, jossa mitattujen PM_{10} -vuosikeskiarvopitoisuuksien ja väestötiheyden lisäksi on käytetty mm. maanpinnan korkeus- sekä meteorologisia tietoja, ilmanlaatu- ja väestötiheyden luomiseksi. Mitattu ilmanlaatu- ja väestötiheyden data on kerätty pääosin EEA:n ylläpitämästä AirBase – tietokannasta ja vain asemilta, joilla mitattiin joko maaseudun tai esikaupunkien ja kaupunkien taustapitoisuuksia sekä mitatun datan kattavuus on vähintään 75 % tai 274 päivää vuodesta. Ilmanlaatu- ja väestötiheyden dataa tehtiin kolme erilaista, jotka olivat maaseutu-, kaupunki- ja yhdistetty maaseutu/kaupunki kartta ja ne tehtiin 10x10 km resoluutiolla. Väestötiheyden data perustui kuitenkin 1x1 km ruudukkoon, joten ilmanlaatu- ja väestödataa yhdistettäessä karttojen lopulliseksi resoluutioksi tuli 1x1 km, jota on käytetty myös väestön altistumisen arvioinnissa. Väestöpainotettu pitoisuus on laskettu ruudukon keskimääräisen pienhiukkaspitoisuuden ja väestön määrän avulla. (Horálek ym. 2015).

Pienhiukkaspitoisuuksia on kartoitettu myös samalla tavalla kuin hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia. Pienhiukkasten osalta mittausverkosto ei ole yhtä kattava kuin hengitettävien hiukkasten, joten interpolointia varten tarvittua mittausaineistoa on täydennetty varsinaisten $PM_{2,5}$ – mittausasemien lisäksi ns. *pseudo* $PM_{2,5}$ – asemilla. Niissä PM_{10} – mittausasemien pitoisuuksista on arvioitu $PM_{2,5}$ – pitoisuudet näiden kahden pitoisuuden välisen suhdeluvun avulla. $PM_{2,5}$ ja PM_{10} välinen suhde on laskettu sellaisten mittausasemien tuloksista, joilta on saatavissa sekä PM_{10} – että $PM_{2,5}$ – pitoisuuksia. (Horálek ym. 2015).

World Health Organization (WHO) on arvioinut myös omalla tahollaan 32 Euroopan maan maakohtaisia väestöpainotettuja altistustasoja sekä hengitettävillä hiukkasilla että pienhiukkasilla. Väestöpainotettujen altistustasojen pohjana on käytetty EEA:n AirBase –palvelusta kerättyjä mittaustuloksia ja niistä on huomioitu vain ne asemat, jotka mittasivat joko esikaupunkien tai kaupunkien taustapitoisuuksia ja mittaukset kattoivat vähintään 75 % vuoden päivistä. (WHO/Europe 2015).

3.1.1 Pienhiukkaset ($PM_{2,5}$)

Suomalaisten keskimääräinen väestöpainotettu altistustaso ulkoilman pienhiukkasille on n. $6,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Taulukko 3). Tulos laskettiin kirjallisuuslähteiden (EEA ja WHO) sekä vuoden 2013 mittaustuloksista regressioekstrapolaatiomallilla lasketun pitoisuuden keskiarvona (Taulukko 4). Väestöpainotettu altistustaso on n. $0,1\text{--}0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pienempi verrattuna EEA:n ja WHO:n arvioihin vuoden 2012 väestöpainotetuista pienhiukkasten pitoisuuksista. Altistustasot ovat selkeästi ilmanlaadun raja- (EU: $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja ohjearvojen (WHO: $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja alapuolella.

Taulukko 3. Ulkoilman väestöpainotettu $PM_{2,5}$ – pitoisuus v.2013.

Altistuneiden määrä (milj.)	Väestöpainotettu pitoisuus $\mu\text{g}/\text{m}^3$	95 % luottamusväli $\mu\text{g}/\text{m}^3$
5,4	6,8	(6,1–7,5)

EEA:n arvio vuoden 2012 väestöpainotetuksi $PM_{2,5}$ –pitoisuudeksi on $7,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Horálek ym. 2015). WHO:n arvio Suomen vuoden 2012 väestöpainotetusta $PM_{2,5}$ –pitoisuudesta on puolestaan $6,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Arviossa on käytetty 3 kaupungin mittaustuloksia ja ne käsittävät 18 % (834 225 as.) Suomen kaupunkiväestöstä (WHO/Europe 2015). Regressioekstrapolaatio- ja allokatiomallien avulla lasketut väestöpainotetut pitoisuudet vuoden 2013 mittaustuloksista tuottavat hyvin samanlaiset arviot altistustasosta ($6,3\text{--}6,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ja myös kaikkien asemien pitoisuuksien keskiarvo on lähellä mallien tulosta ($6,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$). EEA:n ja WHO:n arvioihin verrattuna väestöpainotetut pitoisuudet mallista riippuen ovat n. $0,5\text{--}0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pienempiä.

Taulukko 4. EEA:n (1) ja WHO:n (2) arviot v.2012 väestöpainotetuista PM_{2.5} -pitoisuuksista, eri malleilla lasketut väestöpainotetut pitoisuudet (3-5) ja mittausasemien keskiarvo (6) v.2013 mittaustuloksista sekä eri menetelmien (1-3) pitoisuuksista laskettu keskimääräinen altistus.

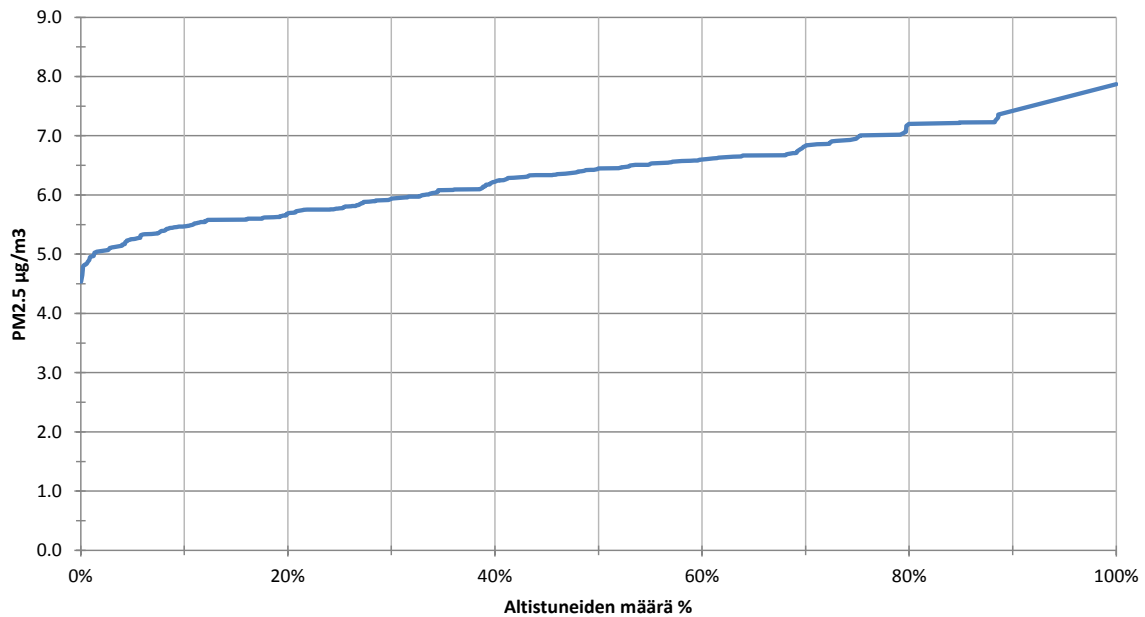
Väestöpainotetun altistuksen / pitoisuuden laskemiseen käytetty menetelmä	Altistus/Pitoisuus $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Vuosi
1 Horalek ym. 2015	7,1	2012
2 WHO/Europe 2015	6,9	2012
3 Regressioekstrapolaatio kunnittain (SE, %)	6,4 (0,4, 5,6 %)	2013
Menetelmien ka. (\pm SD)	6,8 (\pm 0,3)	
Vaihteluväli (min-max)	6,4–7,1	
4 Allokaatiomalli (PKS, muu Suomi) (SE, %)	6,4 (0,4, 6,5 %)	2013
5 Allokaatiomalli (PKS, muut kaupungit, maaseutu) (SE, %)	6,3 (0,4, 6,6 %)	2013
6 Kaikkien mittausasemien ka. (\pm SD)	6,6 (\pm 1,6)	2013

Vuonna 2012 suurin osa Suomen pienhiukkasten päästöistä muodostui energiasektorilla (yli 70 %), josta suurin osa oli peräisin puun pienpoltosta. Liikenteen (hiekoitus, tien kuluminen ym.) osuus päästöistä oli yli 20 % ja teollisuuden n. 5 %. Pienhiukkaspäästöt ovat vuodesta 2000 lähtien olleet n. 35 000 – 45 000 tonnia vuodessa. Vuosina 2008–2012 pienhiukkaspitoisuuksia on mitattu 42 mittausasemalla siirrettävät asemat mukaan luettuna. Asemista 20 sijaitsi liikenneympäristöissä, 11 tausta-alueilla, 8 teollisuusympäristöissä ja 3 tuntemattomissa tai määrittelemättömissä kohteissa (pienpoltto tai satama päästölähteenä). (Kompula ym. 2014a). Vuonna 2013 pienhiukkaspitoisuuksia mitattiin kaikkiaan 31 asemalla ja 22 paikkakunnalla (Taulukko 5 ja LIITE 3).

Keskimääräisesti suurimmat pienhiukkaspitoisuudet on mitattu esikaupunkitausta-aseilla ($7,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$), jonka pitoisuutta nosti Helsingin Tapanilan ($8,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) mittaukset vuoden 2013 aikana, jolloin alueella selvitetiin miten puun pienpoltto vaikuttaa alueen ilmanlaatuun (Ilmanlaatuportaali 2015). Pitoisuus on n. $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ suurempi kuin kahdella muulla pääkaupunkiseudulla esikaupunkiympäristöissä sijainneella asemalla. Teollisuus- ja liikenneympäristöissä pitoisuuskeskiarvo oli $7,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Maaseututausta-aseiden keskiarvo v.2013 oli $4,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja suurimmat pitoisuudet mitattiin Etelä-Suomessa Virolahdella ja Espoossa, joissa vuosikeskiarvopitoisuudet olivat $6,3$ ja $5,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pohjois-Suomessa Kittilässä mittausten vuosikeskiarvo oli puolestaan vain $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vuoden 2013 mittaustuloksiin perustuvan regressiomallin avulla tuotettujen kuntakohtaisten pitoisuusarvioiden perusteella, suomalaiset eivät altistu $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ suuremmille pienhiukkaspitoisuuksille (Kuva 3).

Taulukko 5. Keskimääräiset ulkoilman PM_{2.5} -pitoisuudet asematyypeittäin v.2013 (Ilmanlaatuportaali 2015).

Aseman tyyppi	Asemien lukumäärä	Keskiarvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Keskihajonta (SD) $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Kaikki Suomen asemat	31	6,6	1,6
Liikenne	10	7,0	1,2
Teollisuus	8	7,0	1,7
Esikaupunkitausta	3	7,6	1,1
Kaupunkitausta	5	6,0	0,9
Maaseututausta	4	4,4	2,1
Määrittelemätön	1	8,0	-



Kuva 3. Regressioekstrapolaatiomallilla arvioitu väestön kumulatiivinen PM_{2.5} altistusjakauma vuonna 2013.

Ilmatieteen laitos on tehnyt alustavan arvioinnin Suomen pienhiukkaspitoisuuksista v. 2004–2008 mitatuista tuloksista. Suurimmat vuosipitoisuudet mitattiin Helsingin vilkkaasti liikennöidyillä keskusta-alueilla (n. 12–14 µg/m³). Helsingin Kalliossa kaupunkitaustaa mittaavalla asemalla vuosipitoisuudet vaihtelivat välillä 9–12 µg/m³. Pääkaupunkiseudun ulkopuolisilla kaupunkialueilla, pienhiukkaspitoisuudet olivat yleisesti luokkaa 5–10 µg/m³. Maaseututausta-alueilla mitatut pitoisuudet olivat Etelä-Suomessa n. 7–10 µg/m³, Keski-Suomessa n. 4–7 µg/m³ ja Pohjois-Suomessa n. 3 µg/m³. Pitoisuudet olivat suurimmillaan etelä- ja kaakkoisosissa Suomea ja pienivät pohjois- ja länsisuuntaan mentäessä. (Alaviippola & Pietarila 2011).

Pääkaupunkiseudulle tehdyssä päästöjen leviämismalliselvityksessä arvioitiin lentoasema- ja satamatoiminnan, energiantuotannon, laiva- ja lentoliikenteen sekä autoliikenteen ilman-laatuvaikutuksia v.2005 tilanteessa. Kaikki päästölähteet ja taustapitoisuus mukaan luettuna, pienhiukkaspitoisuudet olisivat suuressa osassa Helsinginniemeä n. 9–10 µg/m³, muualla pääkaupunkiseudulla n. 8–9 µg/m³, vilkkaimpien teiden ja väylien varsilla pitoisuudet voivat kohota tasolle 10–12 µg/m³ ja pääväylien risteysalueilla pitoisuudet voivat olla yli 12 µg/m³. (Lappi ym. 2008).

Euroopan unionissa on otettu käyttöön, pienhiukkasten haitallisuuden vuoksi, väestön altistumisen pitoisuuskatto (20 µg/m³ saavutettava v.2015 mennessä) sekä vähennystavoite, joka syntyy jos vuosikeskiarvopitoisuus ylittää 8,5 µg/m³. Suomessa mittausasemana on käytetty Helsingin Kallion kaupunkitaustan ilmanlaatua mittaavan mittausaseman vuosikeskiarvopitoisuuksia. Vuodelle 2010 laskettiin tätä tarkoitusta varten, keskimääräinen altistusindikaattori vuosien 2009–2011 vuosikeskiarvoista, jolloin keskiarvoksi saatiin 8,3 µg/m³ eikä vähennystarvetta tällöin syntynyt vuosille 2010–2020. Keskimääräisesti suurimmat pienhiukkaspitoisuudet mitattiin liikenne- ja teollisuusympäristöissä (Taulukko 6). (Komppula ym. 2014a).

Taulukko 6. PM_{2.5} -pitoisuuksien kolmen vuoden (2009–2011) keskiarvot asematyypeittäin (Komppula ym. 2014a).

Aseman tyyppi	Keskiarvo µg/m ³
Kaikki Suomen asemat	8,0
Liikenne	8,5
Teollisuus	8,1
Kaupunkitausta	7,3
Maaseututausta	6,9

Mitatuista pienhiukkasten taustapitoisuuksista suurin osa on kaukokulkeutunutta ja vain muutama µg/m³ on alueellista taustakuormitusta. Kaukokulkeuma muodostaa myös ison osan kaupunki-ilman pitoisuuksista. Kaupunkiympäristöjen päästöt kohottavat vuosipitoisuuksia liikenneympäristöissä 3-4 µg/m³ ja kaupunkitausta-alueilla 1-2 µg/m³. KOPRA-projektin yhteydessä SILAM-leviämismallilla vuoden 2000 tasolle laskettu arvio kotimaisten päästölähteiden vaikutuksista pienhiukkaspitoisuuksiin oli pääkaupunkiseudulla 1-3 µg/m³, muissa suurimmissa kaupungeissa 0,6-2µg/m³, Etelä-Suomen tausta-alueilla 0,3-1 µg/m³, Keski-Suomen tausta-alueilla 0,3-0,6 µg/m³ ja Pohjois-Suomen tausta-alueilla alle 0,3 µg/m³ PILTTI-projektissa mallinnettiin puun pienpoltosta ja tieliikenteestä syntyvien päästöjen keskimääräisiä pienhiukkaspitoisuuksia lähialueilla. Keskimääräinen väestöpainotettu altistustaso oli 2,46 µg/m³ vuonna 2000, josta 1,07 µg/m³ oli peräisin autojen pakokaasuista, 0,81 µg/m³ resuspensiopäästöistä ja 0,58 µg/m³ puun pienpoltosta. (Alaviippola & Pietarila 2011).

3.1.2 Hengitettävät hiukkaset (PM₁₀ ja PM_{10-2.5})

Suomalaisten keskimääräinen väestöpainotettu altistustaso ulkoilman PM₁₀ -hiukkasille on n. 11,4 µg/m³ (Taulukko 7). Keskimääräinen altistus laskettiin kirjallisuuslähteiden (EEA ja WHO) ja vuoden 2013 mitaustuloksista regressioekstrapolaatiomallilla lasketun pitoisuuden keskiarvona (Taulukko 9). Väestöpainotettu pitoisuus on n. 0,4-1,2 µg/m³ suurempi verrattuna EEA:n ja WHO:n arvioihin vuodelle 2012. Altistustasot ovat selkeästi ilmanlaadun raja- (EU: 40 µg/m³) ja ohjearvojen (WHO: 20 µg /m³) ja alapuolella.

Taulukko 7. Ulkoilman väestöpainotettu PM₁₀ – pitoisuus v.2013.

Altistuneiden määrä (milj.)	Väestöpainotettu pitoisuus µg/m ³	95 % luottamusväli µg/m ³
5,4	11,4	8,4–14,5

Karkeiden hengitettävien hiukkasten (PM_{10-2.5}) väestöpainotettu pitoisuus on n. 6,4 µg/m³ (Taulukko 8). Karkeiden hiukkasten pitoisuudet laskettiin hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuuksien erotuksena, niiltä asemilta joissa mitattiin sekä pienhiukkasia että hengitettäviä hiukkasia. Yhteensä näitä asemia oli 21. Väestöpainotettu pitoisuus laskettiin 3-portaisella allokaatiomallilla.

Taulukko 8. Ulkoilman väestöpainotettu PM_{10-2.5} vuonna 2013.

	Asemia n	Altistuneiden määrä (milj.)	Pitoisuus (µg/m ³)
Pääkaupunkiseutu	6	1,1	10,0
Muut kaupungit	10	1,7	6,0
Maaseutu	5	2,6	5,0
		Altistuneet yhteensä	Väestöpainotettu pitoisuus ng/m³ (±SE, %)
		5,4	6,4 (±1,2, 19,0 %)

EEA on arvioinut Suomen vuoden 2012 väestöpainotetuksi PM₁₀ -pitoisuudeksi 10,2 µg/m³ (Horálek ym. 2015). WHO:n arvio Suomen vuoden 2012 väestöpainotetusta PM₁₀ -pitoisuudesta on 11,0 µg/m³. Arviossa on käytetty 4 kaupungin mittaustuloksia ja ne käsittävät 20 % (891 352as.) Suomen kaupunkiväestöstä (WHO/Europe 2015). Regressioanalyysin ja allokaatiomallien avulla lasketut väestöpainotetut pitoisuudet vuoden 2013 mittaustuloksista tuottavat samanlaiset arviot altistustasosta (13,1–13,2 µg/m³), ja myös kaikkien asemien pitoisuuksien keskiarvo on lähellä mallien tulosta (12,8 µg/m³). EEA:n ja WHO:n arvioihin verrattuna väestöpainotetut pitoisuudet ovat mallista riippuen n. 2-3 µg/m³ suurempia.

Taulukko 9. EEA:n (1) ja WHO:n (2) arviot v.2012 väestöpainotetuista PM₁₀ -pitoisuuksista, eri malleilla lasketut väestöpainotetut pitoisuudet (3-5) ja mittausasemien keskiarvo (6) v.2013 mittaustuloksista sekä eri menetelmien (1-3) pitoisuuksista laskettu keskimääräinen altistus.

Väestöpainotetun altistuksen / pitoisuuden laskemiseen käytetty menetelmä	Altistus/Pitoisuus µg/m ³	Vuosi
1 Horalek ym.2015	10,2	2012
2 WHO/Europe 2015	11,0	2012
3 Regressioekstrapolaatio kunnittain (SE, %)	13,1 (1,1, 8,6 %)	2013
Menetelmien ka. (±SD)	11,4 (±1,5)	
Vaihteluväli (min-max)	10,2–13,1	
4 Allokaatiomalli (PKS, muu Suomi) (SE, %)	13,2 (1,7, 12,9 %)	2013
5 Allokaatiomalli (PKS; muut kaupungit, maaseutu) (SE, %)	13,1 (1,5, 11,8 %)	2013
6 Kaikkien mittausasemien ka. (±SD)	12,8 (± 3,6)	2013

Vuonna 2012 Suomen hengitettävien hiukkasten päästöistä yli 60 % oli peräisin energiasektorilta (puun pienpoltto merkittävä), yli 20 % liikenteestä (mm. hiekoitus, suolaus, tien kuluminen, jarrut ja renkaat) ja alle 10 % teollisuudesta. Päästöt ovat olleet vuodesta 2000 lähtien n. 50 000 – 60 000 tonnia vuodessa. Vuosina 2008–2012 Suomessa mitattiin hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia yhteensä 90 mittausasemalla siirrettävät asemat mukaan lukien. Asemista 48 sijaitsi liikenneympäristöissä, 20 tausta-alueilla, 18 teollisuusympäristöissä ja 4 määrittelemättömissä ympäristöissä (mm. Kotkan sataman siirrettävä asema). (Komppula ym. 2014a). Vuonna 2013 mittauksia suoritettiin 39 paikkakunnalla ja yhteensä 61 asemalla (Taulukko 10 ja LIITE 3).

Suurimmat hengitettävien hiukkasten pitoisuudet on mitattu liikenneympäristöissä, joiden keskimääräinen pitoisuus vuonna 2013 oli 14,3 µg/m³. Teollisuusympäristöjen pitoisuudet olivat luokkaa 12,2 µg/m³ sekä esikaupunki- ja kaupunkitaustojen keskimääräiset pitoisuudet olivat 10,2 ja 11,4 µg/m³. Maaseututaustasemien pitoisuuksien keskiarvo oli 5,9 µg/m³, mutta etelän ja pohjoisen vuosikeskiarvoissa on suuri ero, sillä Etelä-Suomen (Virolahti) vuosikeskiarvopitoisuus oli 10,2 µg/m³ ja Pohjois-Suomen 3,2 µg/m³ (Muonio) ja 3,9 µg/m³ (Inari), joten ero asemien välillä on n. 2,5-3-kertainen.

Taulukko 10. Mittausasemien keskimääräiset PM₁₀ – pitoisuudet asematyypeittäin v.2013 (Ilmanlaatuportaali 2015).

Aseman tyyppi	Asemien lukumäärä	Keskiarvo µg/m ³	Keskihajonta (SD) µg/m ³
Kaikki Suomen asemat*	60	12,8	3,6
Liikenne	32	14,3	3,6
Teollisuus*	14	12,2	1,7
Esikaupunkitausta	3	10,2	0,6
Kaupunkitausta	8	11,4	2,0
Maaseututausta	3	5,9	4,1

*Sorsasalo jätetty pois siltatyömaan läheisyyden vuoksi

Ilmatieteen laitos on tehnyt alustavan arvioinnin hengitettävien hiukkasten pitoisuuksista 2000-luvun alussa. Arviointiajanjaksona käytettiin vuosien 1994–1998 mittaustuloksia ja suurimmat mitatut vuosikeskiarvot olivat yli 25 µg/m³, joita mitattiin Helsingin Töölössä, Turun Kauppatorilla ja Aninkaistensillalla sekä Porin Itätullissa. Yli 20 µg/m³ vuosikeskiarvoja mitattiin lähinnä kaupunkien keskustojen liikenneasemilla (mm. Espoo, Vantaa, Tampere, Hämeenlinna, Imatra). Pienempien paikkakuntien liikenneasemilla mitattiin puolestaan yli 14 µg/m³ vuosikeskiarvoja (mm. Jyväskylä, Kokkola, Vaasa) ja keskusta-alueiden ulkopuolellakin pitoisuudet olivat paikoitellen yli 10 µg/m³ esimerkiksi Oulun Pyykösjärvellä ja Espoon Luukissa. (Pietarila ym. 2001).

Leviämismallien mukaan suurimmat pitoisuudet olivat pääkaupunkiseudulla ja Turussa keskusta-alueilla ja vilkkaiten liikennöidyillä alueilla, joissa päästiin yli 20 µg/m³ vuosikeskiarvoihin, yli 14 µg/m³ pitoisuuksia oli jo suuressa osassa pääkaupunkiseutua ja Turun seutua ja 10 µg/m³ vuosikeskiarvo ylittyi kaikkialla kummallakin tutkimusalueella. Myös muilla tarkastelussa olleilla alueilla 10 µg/m³ ylittyi kaikkialla (Lahti, Pori, Tornio, Heinola, Rovaniemi), 14 µg/m³ ylittyi keskusta-alueiden ja vilkkaiden teiden varsilla ja 20 µg/m³ ylittyi vain vilkkailla risteysalueilla. (Pietarila ym. 2001).

3.1.3 Kokonaisleijuma

Kokonaisleijumalle on olemassa kansalliset ohjearvot (vuorokausi, vuosikeskiarvo), joita sovelletaan mm. rakentamisen ja liikenteen suunnittelussa sekä ympäristölupien käsittelyssä ennalta ehkäisemään ohjearvojen ylitykset. Kokonaisleijuman mittaukset ovat käytännössä loppuneet 2000-luvun aikana ja esim. pääkaupunkiseudulla kokonaisleijuman mittaamisesta luovuttiin v.2008 ja on siirrytty seuraamaan terveysvaikutuksiltaan haitallisemmaksi arvioituja pienhiukkasia. (Malkki ym. 2010). Ajankohtaisten mittaustulosten puuttuessa altistuksen arviointia ei tässä tapauksessa tehty.

Aiemmin kokonaisleijumaa on arvioitu mittausten puuttuessa hengitettävien hiukkasten pitoisuuksista kertoimella 1,2 (Kartastenpää ym. 2004), jolloin Suomen väestön keskimääräiseksi kokonaisleijumaltistukseksi saataisiin n. 13,7 µg/m³.

3.1.4 Hiukkasten sisältämät komponentit

Hiukkasten sisältämistä komponenteista erikseen säädeltyjä ovat raskasmetallit (As, Cd, Ni ja Pb) ja polyyklisistä aromaattisista hiilivedyistä (PAH-yhdiste) bentso(a)pyreeni (B(a)P), joiden pitoisuudet on määritetty pääasiassa PM₁₀ –suodattimilta. Väestöpainotetut altistukset ovat selvästi EU:n raja- ja WHO:n ohjearvojen alapuolella (Taulukko 11). Väestöaltistusten luotettavuutta heikentää, erityisesti raskasmetallien osalta, ilmanlaatumittausten rajallisuus (5-7 mittausasemaa).

Taulukko 11. Ulkoilman raskasmetallien ja B(a)P:n väestöpainotetut pitoisuudet v.2013.

Altiste	Altistuneiden määrä (milj.)	Väestöpainotettu pitoisuus ng/m ³	Keskiarvon keskivirhe (± SE)
Lyijy	5,4	3,95	2,14
Arseeni	5,4	0,30	0,10
Kadmium	5,4	0,08	0,05
Nikkeli	5,4	1,14	0,73
Bentso(a)pyreeni	5,4	0,47	0,08

Raskasmetallien altistuksen arviointi. Raskasmetalleista arseenin, kadmiumin ja nikkelin ilmapitoisuuksia on vuosina 2008–2012 mitattu 15 asemalla, joista 6 sijaitsi teollisuusympäristöissä (Raahe, Harjavalta, Tornio), 5 liikenneympäristöissä (pääkaupunkiseutu, Raahe, Tornio) sekä 4 tausta-alueilla (Komppula ym. 2014a). Vuonna 2013 pitoisuuksia mitattiin ainakin viidellä eri mittausasemalla, joista on saatavilla vuosikeskiarvopitoisuudet ilmanlaatuportaalista. Asemista kolmella on mitattu maaseudun taustapitoisuuksia (Virolahti, Ähtäri, Kittilä), Helsingin Kalliossa mitattiin kaupunkitaustapitoisuuksia ja Harjavallassa teollisuudesta aiheutuneita päästöjä.

Vuosina 2008–2012 ilman lyijypitoisuuksia on seurattu yhteensä 13 asemalla, joista 5 sijaitsi teollisuusympäristöissä (Raahe ja Harjavalta), 4 liikenneympäristöissä (pääkaupunkiseutu ja Raahe) sekä 4 tausta-alueilla. Lyijyn mittausasemia on vähennetty, koska nykyisin lyijyn ilman pitoisuudet ovat hyvin alhaisia (Komppula ym. 2014a). Ulkoilman lyijyn pitoisuuksia on mitattu v.2013 ainakin 5 eri paikkakunnalla. Ilmanlaatuportaalista vuosikeskiarvot olivat saatavilla Helsingin Kalliosta sekä Raahesta. Lisäksi lyijylle haettiin maaseututausta-asemien (Virolahti, Ähtäri, Kittilä) mittaustulokset EBAS – tietokannasta, jonka kehittäjänä ja ylläpitäjänä toimii Norwegian Institute for Air Research (NILU) (EBAS database 2015). Kyseiset asemat kuuluvat Ilmatieteen laitoksen verkkoon, mutta ilmanlaatuportaalista vuosikeskiarvoja ei ollut saatavilla.

Raskasmetallien (As, Cd, Ni, Pb) osalta Suomi jaettiin altistustasoiltaan kolmeksi alueeksi (pääkaupunkiseutu, muut kaupungit ja maaseutu), ja näiden alueiden pitoisuuden ja väestön perusteella laskettiin väestöpainotetut pitoisuudet kullekin altisteelle. Pääkaupunkiseudun (Espoo, Helsinki, Kauniainen, Vantaa) ulkopuolisiin muihin kaupunkeihin laskettiin mukaan asutuskeskukset, joissa oli yli 50 000 asukasta. Maaseudun väestöön laskettiin mukaan alle 50 000 asukkaan kunnat.

Raskasmetallien väestöpainotettuja altistustasoja laskettaessa käytettiin pääkaupunkiseudun altistustasopitoisuuksina Helsingin Kalliossa v. 2013 mitattuja vuosikeskiarvopitoisuuksia. Maaseudun altistustasoiksi määritettiin edelleen vuoden 2013 mittaustuloksista maaseutuasemien (Virolahti, Ähtäri, Kittilä) vuosikeskiarvopitoisuuksista lasketut keskiarvot. Muiden kaupunkien kohdalla altistustaso arvioitiin Kuopion v.2008 mittausten raskasmetallien pitoisuuksista, joka soveltui parhaiten käytettäväksi altistuksen arviointiin, sillä siellä ilmanlaadun mittaukset suoritettiin kaupunkitausta-asemaksi luokitellulla asemalla, kun muut mittaukset sijoituivat teollisuus- tai liikenneympäristöön.

Lyijy

Suomalaisten keskimääräinen väestöpainotettu altistustaso ulkoilman lyijylle on n. 4,0 ng/m³ (Taulukko 12). Pääkaupunkiseudun altistustasona käytettiin Helsingin Kallion kaupunkitausta ja maaseudun pitoisuutena maaseututausta-asemien keskimääräistä pitoisuutta (Taulukko 13). Muiden kaupunkien pitoisuutena käytettiin Kuopiossa v.2008 kaupunkitausta-aseamalla mitattua keskiarvopitoisuutta (Taulukko 14). Väestöpainotettu pitoisuus alittaa selvästi raja- ja ohjearvojen pitoisuudet (EU ja WHO: 0,5 µg/m³).

Taulukko 12. Lyijyn väestöpainotettu altistustaso v.2013.

	Asemia n	Altistuneiden määrä (milj.)	Pitoisuus ng/m ³
Pääkaupunkiseutu	1	1,1	10,0
Muut kaupungit	1	1,7	4,0
Maaseutu	3	2,6	1,0
		Altistuneet yhteensä	Väestöpainotettu pitoisuus ng/m³ (±SE, %)
		5,4	4,0 (±2,0, 54,2 %)

Vuonna 2012 suurin ulkoilman lyijyn päästölähde oli energiasektori (n. 90 %). Teollisuudesta aiheutui vajaa 5 % päästöistä (rauta- ja terästeollisuus, öljynjalostamot) ja lyijypäästöt ovat laskeneet yli 90 % v.1990 tasosta (n. 340 t/a) n. 20 tonniin vuodessa (v.2013). (Komppula ym. 2014a), SYKE 2015). Vuonna 2013 lyijyn ulkoilman pitoisuuksia on mitattu ainakin Helsingissä ja Raahessa sekä maaseudun taustasemilla (Virolahti, Ähtäri, Kittilä) (Taulukko 13). Suurimmat pitoisuudet on mitattu teollisuuden päästöjä mittaavalla Raahen Merikadun asemalla sekä Helsingin Kallion kaupunkitaustaa mittaavalla asemalla, joissa kummassakin vuosikeskiarvopitoisuudet olivat 0.01 µg/m³. Pitoisuudet ovat olleet 4–25-kertaisia maaseututausta-asemiin verrattuna.

Taulukko 13. Ulkoilman lyijyn pitoisuudet v.2013 (Ilmanlaatuportaali 2015, EBAS database 2015).

	Kunta	Asema	Aseman lähiympäristö	Lähiympäristön päästö	Vuosikeskiarvo µg/m ³	Hiukkasfraktio
1	Helsinki	Kallio 2	kaupunki	tausta	0,0100	PM ₁₀
2	Raahe	Raahen Kes-kusta 2	kaupunki	liikenne	0,0040	PM ₁₀
3	Raahe	Lapaluoto	kaupunki	teollisuus	0,0070	PM ₁₀
4	Raahe	Merikatu	kaupunki	teollisuus	0,0100	PM ₁₀
5	Ähtäri	Ähtäri 2	maaseutu	tausta	0,0010*	aerosoli
6	Kittilä	Matorova	maaseutu	tausta	0,0004*	aerosoli
7	Virolahti	Virolahti 2	maaseutu	tausta	0,0025*	aerosoli
			Kaikkien asemien ka. (SD)	Teollisuusasemien ka. (SD).	Maaseututausta- asemien ka. (SD)	
			µg/m ³	0,0050 (0,0040)	0,0085 (0,0021)	0,0014 (0,0011)
			* EBAS database			

Ilmanlaatuportaalista sekä EBAS – tietokannasta kerättyjen vuoden 2013 mittausaineistojen lisäksi muista ulkoilman arseenipitoisuuksien mittauksista on esitetty tulokset Taulukko 14. Ilmatieteen laitos on tehnyt alustavan arvioinnin Suomen lyijypitoisuustasoista 2000-luvun alussa. Vielä 1970-luvulla Helsingissä mitattiin yli 1 µg/m³ vuosikeskiarvoja, mutta 1980-luvun lopulla vuosikeskiarvot olivat jo alle 0,2 µg/m³. 1990-luvulla Helsingin vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet alle 0,1 µg/m³ ja aikavälillä 1994–1998 suurin lyijypitoisuuden vuosikeskiarvo oli 0,02 µg/m³. Kittilän Matorovalla lyijypitoisuuksien mittaaminen alkoi v.1996 ja 90-luvun lopulla, alle 15 µm:n hiukkasista mitattuna, vuosikeskiarvopitoisuudet olivat alle 0,001 µg/m³. (Pietarila ym. 2001).

Taulukko 14. Ulkoilman lyijypitoisuusaineistot.

	Aineisto	Alueen päästö	Pisteitä	Kattavuus	Pitoisuus µg/m ³	Vuosi	Hiukkas- fraktio
1	Salokannel ym. 2015	teollisuus/ liikenne	3	Raahе	0,010	2012	PM ₁₀
2	Koljonen 2013	teollisuus	1	Kokkola	0,003	2012	PM ₁₀
3	Komppula ym. 2014b	teollisuus/ tausta	2	Tornio- Haaparanta	0,002	2013 ^a	PM ₁₀
4	Malkki ym. 2014	kaupunkitausta	1	Helsinki (Kallio)	0,006	2012	PM ₁₀
5	Saari & Pesonen. 2008	kaupunkitausta	1	Kuopio	0,004	2008 ^b	PM ₁₀
6	Hänninen ym. 2004*	kaupunki	99	Helsinki	0,005	1997	PM _{2,5}

^a 10.1.–7.3. ja 5.8.–30.9.2013, ^b 17.1.–12.5.2008, * Julkaisematon osa-aineisto

Arseeni

Suomalaisten ulkoilman arseenin keskimääräinen väestöpainotettu altistustaso on n. 0,3 ng/m³ (Taulukko 15). Pääkaupunkiseudun pitoisuutena käytettiin Helsingin Kallion mittausaseman v.2013 vuosikeskiarvoa ja maaseudun pitoisuus laskettiin maaseudun tausta-asemien vuosikeskiarvoista (Taulukko 16). Muiden kaupunkien pitoisuutena käytettiin v.2008 Kuopiossa kaupunkitaustaa mitanneen aseman pitoisuutta (Taulukko 17). Väestöpainotettu pitoisuus alittaa selvästi Euroopan unionin terveysperusteisen raja-arvon 6,0 ng/m³.

Taulukko 15. Arseenin väestöpainotettu altistustaso v.2013.

	Asemia n	Altistuneiden määrä (milj.)	Pitoisuus ng/m ³
Pääkaupunkiseutu	1	1,1	0,7
Muut kaupungit	1	1,7	0,3
Maaseutu	3	2,6	0,2
		Altistuneet yhteensä	Väestöpainotettu pitoisuus ng/m³ (± SE, %)
		5,4	0,3 (± 0,1, 41,4 %)

Vuonna 2012 suurin osa arseenin päästöistä oli peräisin energiasektorilta (yli 90 %) sekä teollisuudesta (yli 5 %) ja päästöt olivat vain vajaan kymmenesosan vuonna 2013 (2,9 t/a) vuoden 1990 tasosta (33 t/a) (Komppula ym. 2014a, SYKE 2015). Vuonna 2013 suurimmat pitoisuudet mitattiin teollisuuden päästöjä mittaavalla asemalla Harjavallassa, jossa mitattu pitoisuus oli yli kymmenkertainen verrattuna Helsingin Kallion kaupunkitaustaa mittaavan asemaan vuosikeskiarvopitoisuuteen (Taulukko 16). Vastaavasti maaseudun taustaa mittaaviin asemiin verrattuna Harjavallan pitoisuudet ovat suurimmillaan melkein satakertaiset. Helsingin pitoisuudet ovat maaseutuun verrattuna 2,5-7 kertaa suuremmat. Maaseudun tausta-asemista suurin vuosikeskiarvopitoisuus oli Etelä-Suomen Virolahdella, jonka pitoisuus on 3-kertainen verrattuna Keski-Suomen (Ähtäri) ja Pohjois-Suomen (Kittilä) pitoisuuksiin.

Taulukko 16. Ulkoilman arseenipitoisuuksien vuosikeskiarvot asemittain v.2013 (Ilmanlaatuportaali 2015).

Kunta	Asema	Aseman lähiympäristö	Lähiympäristön päästö	Vuosikeskiarvo ng/m ³	Hiukkasfraktio	
1	Harjavalta	Kaleva	esikaupunki	teollisuus	9,6	PM ₁₀
2	Helsinki	Kallio 2	kaupunki	tausta	0,7	PM ₁₀
3	Kittilä	Matorova	maaseutu	tausta	0,1	PM ₁₀
4	Virolahti	Virolahti	maaseutu	tausta	0,3	PM ₁₀
5	Ähtäri	Ähtäri 2	maaseutu	tausta	0,1	PM ₁₀
			Kaikkien asemien ka. (SD)	Maaseututausta-asemien ka. (SD)		
			ng/m ³	2,2 (4,2)	0,2 (0,1)	

Ilmanlaatuportaalista kerättyjen vuoden 2013 mittausaineistojen lisäksi muista ulkoilman arseenipitoisuuksien mittauksista on esitetty tulokset Taulukko 17. Ilmatieteen laitos on lisäksi tehnyt raskasmetallien ja PAH-yhdisteiden pitoisuuksista Suomessa alustavan arvion v.2007, jolloin v.1996–2004 arseenin vuosikeskiarvopitoisuudet Kittilän Matorovan asemalla olivat n. 0,2-0,3 ng/m³. Pääkaupunkiseudulla vuosikeskiarvopitoisuudet olivat v.2000–2004 aikavälillä pääasiassa alle 1 ng/m³. (Alaviippola ym. 2007).

Taulukko 17. Ulkoilman arseenipitoisuusaineistot.

Aineisto	Alueen päästö	Pisteitä	Kattavuus	Pitoisuus ng/m ³	Vuosi	Hiukkasfraktio	
1	Elo ym. 2015	teollisuus	2	Harjavalta	4,50	2012	PM ₁₀
2	Salokannel ym. 2015	teollisuus/liikenne	3	Raahe	0,63	2012	PM ₁₀
3	Koljonen 2013	teollisuus	1	Kokkola	0,47	2012	PM ₁₀
4	Komppula ym. 2014b	teollisuus/tausta	2	Tornio-Haaparanta	0,34	2013 ^a	PM ₁₀
5	Malkki ym. 2014	kaupunkitausta	1	Helsinki (Kallio)	0,90	2012	PM ₁₀
6	Saari & Pesonen. 2008	kaupunkitausta	1	Kuopio	0,30	2008 ^b	PM ₁₀
7	Hänninen ym. 2004*	kaupunki	99	Helsinki	1,60	1997	PM _{2,5}

^a 10.1.–7.3. ja 5.8.–30.9.2013^b 17.1.–12.5.2008

* Julkaisematon osa-aineisto

Kadmium

Suomalaisten ulkoilman kadmiumin keskimääräinen väestöpainotettu altistustaso on n. 0,1 ng/m³ (Taulukko 18). Pääkaupunkiseudun pitoisuutena käytettiin Helsingin Kallion kaupunkitausta mittausaseman v.2013 vuosikeskiarvoa ja maaseudun pitoisuus laskettiin maaseudun tausta-asemien vuosikeskiarvoista (Taulukko 19). Muiden kaupunkien pitoisuutena käytettiin v.2008 Kuopiossa kaupunkitaustaa mitattaneen aseman pitoisuutta (Taulukko 20). Väestöpainotettu pitoisuus alittaa selvästi ilmanlaadun raja- sekä ohjearvon (EU ja WHO: 5,0 ng/m³)

Taulukko 18. Kadmiumin väestöpainotettu altistustaso.

	Asemia n	Altistuneiden määrä (milj.)	Pitoisuus ng/m ³
Pääkaupunkiseutu	1	1,1	0,20
Muut kaupungit	1	1,7	0,10
Maaseutu	3	2,6	0,02
		Altistuneet yhteensä	Väestöpainotettu pitoisuus ng/m³ (± SE, %)
		5,4	0,08 (± 0,05, 56,2 %)

Vuonna 2012 suurin osa kadmiumpäästöistä oli peräisin energiasektorilta (yli 75 %) ja teollisuudesta (yli 20 %) (Komppula ym. 2014a). Kadmiumin päästöt ovat pudonneet vuoteen 2013 mennessä yli 80 % v.1990 tasosta (6 t/a) n. 1 tonniin vuodessa (SYKE 2015). Vuonna 2013 suurin vuosikeskiarvo mitattiin Harjavallassa, jossa pitoisuus oli 15 -kertainen Helsingin Kallion pitoisuuksiin verrattuna sekä jopa monisatakertainen verrattuna maaseututausta-asemiin (Taulukko 19). Helsingin pitoisuudet ovat puolestaan 5-10 kertaa suurempia kuin maaseudun. Maaseudun pitoisuuksista suurin vuosikeskiarvopitoisuus oli Etelä-Suomen Virolahdessa ja pitoisuudet pienenevät pohjoiseen päin mentäessä.

Taulukko 19. Ulkoilman kadmiumpitoisuuksien vuosikeskiarvot asemittain v.2013 (Ilmanlaatuportaali 2015).

	Kunta	Asema	Aseman lähiympäristö	Lähiympäristön päästö	Vuosikeskiarvo ng/m ³	Hiukkas- fraktio
1	Harjavalta	Kaleva	esikaupunki	teollisuus	3,00	PM ₁₀
2	Helsinki	Kallio 2	kaupunki	tausta	0,20	PM ₁₀
3	Kittilä	Matorova	maaseutu	tausta	0,01	PM ₁₀
4	Virolahti	Virolahti	maaseutu	tausta	0,04	PM ₁₀
5	Ähtäri	Ähtäri 2	maaseutu	tausta	0,02	PM ₁₀
		Kaikkien asemien ka. (SD)	Maaseututausta-asemien ka. (SD)			
		ng/m³	0,65 (1,31)	0,02 (0,02)		

Ilmatieteen laitoksen alustavassa arvioinnissa vuosien 2000–2004 pääkaupunkiseudun kadmiumpitoisuuksien vuosikeskiarvot olivat luokkaa 0,05-0,20 ng/m³. Vuosien 1996–2004 välillä Kittilän Matorovan vuosikeskiarvopitoisuudet olivat puolestaan välillä 0,03-0,05 ng/m³ (Alaviippola ym. 2007). Ilmanlaatuportaalista kerättyjen kadmiumpitoisuuksien (v.2013) lisäksi Taulukko 20 on esitetty tulokset muista ulkoilman mittauksista.

Taulukko 20. Ulkoilman kadmiumpitoisuusaineistot.

	Aineisto	Alueen päästö	Pisteitä	Kattavuus	Pitoisuus ng/m ³	Vuosi	Hiukkas- fraktio
1	Elo ym. 2015	teollisuus	2	Harjavalta	1,50	2012	PM ₁₀
2	Salokannel ym. 2015	teollisuus/ liikenne	3	Raahe	0,23	2012	PM ₁₀
3	Koljonen 2013	teollisuus	1	Kokkola	0,11	2012	PM ₁₀
4	Komppula ym. 2014b	teollisuus/ tausta	2	Tornio- Haaparanta	0,05	2013 ^a	PM ₁₀
5	Malkki ym. 2014	kaupunki/ tausta	1	Helsinki (Kal- lio)	0,20	2012	PM ₁₀
6	Saari & Pesonen. 2008	kaupunki/ tausta	1	Kuopio	0,10	2008 ^b	PM ₁₀
7	Hänninen ym. 2004*	kaupunki	99	Helsinki	6,20	1997	PM _{2,5}

^a 10.1.–7.3. ja 5.8.–30.9.2013, ^b 17.1.–12.5.2008, * Julkaisematon osa-aineisto

Nikkeli

Suomalaisten ulkoilman nikkelin keskimääräinen väestöpainotettu altistustaso on n. 1,1 ng/m³ (Taulukko 21). Pääkaupunkiseudun pitoisuutena käytettiin Kallion mittausasemalla v.2013 mitattua pitoisuutta ja maaseudun pitoisuudeksi laskettiin keskiarvo maaseututausta-asemien vuosikeskiarvopitoisuuksista (Taulukko 22). Muiden kaupunkien altistustasoksi määritettiin Kuopion v. 2008 mittaustulosten keskiarvopitoisuus (Taulukko 23). Väestöpainotettu pitoisuus alittaa selvästi Euroopan unionin terveysperusteisen raja-arvon (20 ng/m³).

Taulukko 21. Nikkelin väestöpainotettu altistustaso v.2013.

	Asemia n	Altistuneiden määrä (milj.)	Pitoisuus ng/m ³
Pääkaupunkiseutu	1	1,1	3,0
Muut kaupungit	1	1,7	1,4
Maaseutu	3	2,6	0,2
	Altistuneet yhteensä		Väestöpainotettu pitoisuus ng/m³ (± SE, %)
	5,4		1,1 (± 0,7, 64,4 %)

Vuonna 2012 nikkelpäästöistä yli 80 % oli peräisin energiasektorilta sekä yli 15 % teollisuudesta (Komppula ym. 2014a). Päästöt ovat pudonneet n. 70 % vuosien 1990–2013 välillä n. 60 tonnista vuodessa n. 16 tonniin vuodessa (SYKE 2015). Vuoden 2013 mittauksissa suurin maaseudun taustapitoisuus mitattiin Etelä-Suomessa sijaitsevalla Virolahden asemalla, jossa pitoisuus oli 3-kertainen Ähtärissä mitattuun pienimpään taustapitoisuuteen verrattuna (Taulukko 22). Helsingin Kallion mittausaseman pitoisuus oli 10–30-kertainen verrattuna maaseudun tausta-asemien pitoisuuksiin. Harjavallassa teollisuuden päästöjä mittaavalla asemalla pitoisuus on puolestaan ollut 30–90 –kertainen maaseudun taustaan verrattuna.

Taulukko 22. Ulkoilman nikkelipitoisuuksien vuosikeskiarvot asemittain v.2013 (Ilmanlaatuportaali 2015).

	Kunta	Asema	Aseman lähiympäristö	Lähiympäristön päästö	Vuosikeskiarvo ng/m ³	Hiukkasfraktio
1	Harjavalta	Kaleva	esikaupunki	teollisuus	9,2	PM ₁₀
2	Helsinki	Kallio 2	kaupunki	tausta	3,0	PM ₁₀
3	Kittilä	Matorova	maaseutu	tausta	0,2	PM ₁₀
4	Virolahti	Virolahti	maaseutu	tausta	0,3	PM ₁₀
5	Ähtäri	Ähtäri 2	maaseutu	tausta	0,1	PM ₁₀
			Kaikkien asemien ka. (SD)	Maaseututausta- asemien ka. (SD)		
		ng/m³	2,6 (3,9)	0,2 (0,1)		

Yksinkertaisimmillaan keskimääräinen suomalaisten nikkelille altistuminen on laskettu maaseudun tausta-
asemien sekä Helsingin Kallion kaupunkitaustaa mittaavan aseman vuosikeskiarvopitoisuuksien keskiar-
vosta, joka vuoden 2012 mittausaineistosta laskettuna oli 1,1 ng/m³ (Buekers ym. 2015) (Taulukko 23).
Ilmatieteen laitoksen alustavassa arvioinnissa vuosina 1996–2004 nikkelin vuosikeskiarvopitoisuudet ovat
olleet Kittilän Matorovan asemalla luokkaa 0,4–0,8 ng/m³. Pääkaupunkiseudulla pitoisuudet ovat olleet
puolestaan aikavälillä 2000–2004 luokkaa 2–4 ng/m³ ja teollisuusalueilla jopa kymmenkertaisia edellä mai-
nntuihin lukuihin verrattuna. (Alaviippola ym. 2007).

Taulukko 23. Ulkoilman nikkelipitoisuusaineistot.

	Aineisto	Alueen päästö	Pisteitä	Kattavuus	Pitoisuus ng/m ³	Vuosi	Hiukkas- fraktio
1	Elo ym. 2015	teollisuus	2	Harjavalta	5,00	2012	PM ₁₀
2	Salokannel ym. 2015	teollisuus/liikenne	3	Raahe	8,43	2012	PM ₁₀
3	Koljonen 2013	teollisuus	1	Kokkola	1,06	2012	PM ₁₀
4	Komppula ym. 2014b	teollisuus/tausta	2	Tornio- Haaparanta	1,80	2013 ^a	PM ₁₀
5	Malkki ym. 2014	kaupunki/tausta	1	Helsinki (Kal- lio)	2,90	2012	PM ₁₀
6	Saari & Pesonen. 2008	kaupunki/tausta	1	Kuopio	1,40	2008 ^b	PM ₁₀
7	Buekers ym. 2015	tausta (kaupun- ki/maaseutu)	4	Koko maa (Helsinki- Kittilä)	1,10	2012	PM ₁₀
8	Hänninen ym. 2004*	kaupunki	81	Helsinki	1,60	1997	PM _{2,5}

^a 10.1.–7.3. ja 5.8.–30.9.2013, ^b 17.1.–12.5.2008, * Julkaisematon osa-aineisto

Bentso(a)pyreeni

Suomalaisten ulkoilman keskimääräinen väestöpainotettu altistustaso bentso(a)pyreenille on n. 0,5 ng/m³ (Taulukko 24). Muun Suomen keskimääräinen pitoisuus laskettiin Raahan ja maaseututausta-
asemien vuosikeskiarvoista (Taulukko 25). Väestöpainotettu pitoisuus alittaa WHO:n ohjearvon 1,0 ng/m³.

Taulukko 24. Bentso(a)pyreenin väestöpainotettu altistustaso v.2013.

	Asemia n	Altistuneiden määrä (milj.)	Pitoisuus ng/m ³
Pääkaupunkiseutu	3	1,1	0,67
Muu Suomi	7	4,3	0,42
		Altistuneet yhteensä	Väestöpainotettu pitoisuus ng/m³ (± SE, %)
		5,4	0,5 (± 0,1, 17,3 %)

Vuonna 2012 PAH-yhdisteiden päästöistä n. 95 % oli peräisin energiasektorilta, merkittävimpana lähteenä puun pienpoltto. Liikenteestä peräisin olevat päästöt olivat n. 5 %:n luokkaa. Päästöt ovat pysyneet suunnilleen samalla tasolla välillä 1990–2013 vaihdellen välillä 13–18 t/a. Bentso(a)pyreenin ulkoilman pitoisuuksia on mitattu 12 asemalla vuosina 2008–2012, joista 5 sijaitsi tausta-alueilla, 3 teollisuusympäristöissä (Raahessa), 2 liikenneympäristöissä (pääkaupunkiseutu, Raahessa) sekä 2 siirrettävää asemaa pääkaupunkiseudulla asuinalueilla, joilla oli paljon puun pienpolttoa. (Komppula ym. 2014a, SYKE 2015).

Vuonna 2013 bentso(a)pyreenin pitoisuuksia mitattiin kymmenellä eri asemalla, joista 4 sijaitsi pääkaupunkiseudulla (esikaupunki- ja kaupunkitausta), 3 maaseututausta-alueilla (Virolahti, Juupajoki, Kittilä) ja 3 Raahessa (teollisuus, liikenne) (Taulukko 25 ja Taulukko 26). Suurimmat bentso(a)pyreenin vuosikeskiarvopitoisuudet olivat vuonna 2013 Helsingin Tapanilan esikaupunkitausta-asetalla sekä Raahen teollisuusympäristössä sijaitsevalla asemalla, joissa kummassakin pitoisuudet olivat 1,0 ng/m³. Helsingin Tapanilan ja Vartiokylän sekä Kauniaisen mittausasemat sijaitsivat pientalovaltaisilla alueilla ja niiden korkeat B(a)P -pitoisuudet selittyvät puun pienpoltolla. Pitoisuudet näillä alueilla olivat n. 2-3 kertaa suuremmat kuin esimerkiksi Kallion kaupunkitausta mittausasemalla. Maaseututausta-asemiin verrattuna esikaupunkitausta ja teollisuusympäristöjen pitoisuudet olivat n. 7-8 kertaa suurempia. Suurin maaseututausta-asetan vuosikeskiarvopitoisuus oli Etelä-Suomen Virolahdella (0,2 ng/m³), jonka pitoisuus oli 10 kertaa suurempi kuin Kittilän Matorovan pitoisuus (0,02 ng/m³), joka puolestaan oli mittausaineiston pienin vuosikeskiarvo.

Taulukko 25. Ulkoilman B(a)P -pitoisuuksien vuosikeskiarvot asemittain v.2013 (Ilmanlaatuportaali 2015).

	Kunta	Asema	Aseman lähiympäristö	Lähiympäristön päästö	Vuosikeskiarvo ng/m ³	Hiukkasfraktio
1	Helsinki	Tapanila	esikaupunki	tausta	1,00	PM ₁₀
2	Raahessa	Lapaluoto	kaupunki	teollisuus	1,00	PM ₁₀
3	Helsinki	Vartiokylä Huivi-polku	esikaupunki	tausta	0,70	PM ₁₀
4	Raahessa	Merikatu	kaupunki	teollisuus	0,70	PM ₁₀
5	Raahessa	Raahen Keskusta 2	kaupunki	liikenne	0,50	PM ₁₀
6	Kauniainen	Kauniainen 2	esikaupunki	tausta	0,40	PM ₁₀
7	Helsinki	Kallio 2	kaupunki	tausta	0,30	PM ₁₀
8	Virolahti	Virolahti	maaseutu	tausta	0,20	PM ₁₀
9	Juupajoki	Hyytiälä	maaseutu	tausta	0,10	PM ₁₀
10	Kittilä	Matorova	maaseutu	tausta	0,02	PM ₁₀

Taulukko 26. Mittausasemien keskimääräiset B(a)P –pitoisuudet asematyypeittäin v.2013 (Ilmanlaatuportaali 2015).

Aseman tyyppi	Asemien lukumäärä	Keskiarvo ng/m ³	Keskiahajonta (SD) ng/m ³
Kaikki Suomen asemat	10	0,49	0,35
Liikenne	1	0,50	-
Teollisuus	2	0,85	0,21
Esikaupunkitausta	3	0,70	0,35
Kaupunkitausta	1	0,30	-
Maaseututausta	3	0,11	0,09

Puun poltto on yksi merkittävimmistä bentso(a)pyreenin lähteistä ja se käy ilmi myös Kuopion Niiralan ja Kurkimäen pientalovaltaisilla alueilla suoritetuista mittauskampanjoista (Taulukko 27), joissa mittauksen keskiarvopitoisuudet ovat olleet lämmityskaudella selvästi suuremmat kuin esimerkiksi pääkaupunkiseudun vuosikeskiarvopitoisuudet. Ilmatieteen laitos on tehnyt v.2007 ilmanlaadun alustavan arvioinnin bentso(a)pyreenin osalta. Vuosien 1996–1999 mittaustulosten vuosikeskiarvopitoisuudet olivat Kittilässä luokkaa 0,01-0,03 ng/m³. Pääkaupunkiseudulla vuosina 2003–2005 eri alueilla ja eripituisina järjestettyjen mittauskampanjoiden keskiarvotulokset liikkuivat 0,31 ng/m³ ja 0,87 ng/m³ välillä. 1980-luvun lopulla vuosikeskiarvopitoisuudet olivat pääkaupunkiseudulla (Pakila ja Erottaja) yli 1,2 ng/m³. (Alaviippola ym. 2007).

Taulukko 27. Ulkoilman B(a)P-pitoisuusaineistot.

	Aineisto	Alueen päästö	Asemia	Kattavuus	Pitoisuus ng/m ³	Vuosi	Hiukkasfraktio
1	Malkki ym. 2014	kaupunki- ja esikaupunkitausta	3	Pääkaupunkiseutu	0,47	2012	PM ₁₀
2	Salokannel ym. 2015	liikenne ja teollisuus	3	Raahe	1,03	2012	PM ₁₀
3	Vestenius ym. 2011	maaseututausta	2	Virolahti-Kittilä	0,11	2007	PM ₁₀ , ilma + aerosoli
4	Hakola ym. 2009	pientaloalue	1	Kuopio, Niirala	1,36	2008-2009 ^a	PM ₁₀
5	Hellen ym. 2008	pientaloalue	1	Kuopio, Kurkimäki	1,32	2006 ^b	PM ₁₀

^a 28.11.-31.3., ^b 14.1.-6.3.

3.2 KAASUMAISET ILMANSAASTEET

3.2.1 Otsoni

Otsonin ulkoilman keskimääräinen väestöpainotettu altistustaso on vuositasolla n. 55 µg/m³, SOMO35 –indikaattorilla laskettuna 1 640 µg/m³ sekä SOMO10 –indikaattorilla laskettuna 15 900 µg/m³ (Taulukko 28). Väestöpainotettu O₃ laskettiin regressioekstrapolaatio- ja allokaatiomallien ja SOMO10 –pitoisuudet allokaatiomallien keskiarvona (Taulukko 29). SOMO35 –indikaattorin väestöpainotettu pitoisuus määritettiin laskemalla keskiarvo EEA:n ja WHO:n arvioista sekä 2-portaisesta allokaatiomallista (Taulukko 30).

Taulukko 28. Otsonin väestöpainotetut pitoisuudet (SOMO35, SOMO10, vuosi).

	Altistuneiden määrä (milj.)	Väestöpainotettu pitoisuus $\mu\text{g}/\text{m}^3$	95 % luottamus- väli $\mu\text{g}/\text{m}^3$
SOMO35	5,4	1640	1000–2300
SOMO10	5,4	15900	15600–16100
Vuosi (2013)	5,4	55,4	54,9–55,9

Taulukko 29. Regressioekstrapolaatio (1) ja allokaatiomalleilla (2,3) tuotetut arviot v.2013 väestöpainotetuista O_3 ja SOMO10 –pitoisuuksista, menetelmien keskiarvo sekä kaikkien mittausasemien keskiarvo (4).

Väestöpainotetun altistuksen / pitoisuuden laskemiseen käytetty menetelmä	O_3 altistus/ pitoisuus $\mu\text{g m}^{-3}$	SOMO10 altistus/pitoisuus $\mu\text{g m}^{-3}$	Vuosi
1 Regressioekstrapolaatio kunnittain (SE, %)	55,2 (2,4, 4,4 %)		2013
2 Allokaatiomalli (PKS, muut kaupungit, maaseutu) (SE, %)	55,7 (3,9, 7,0 %)	15968 (1398, 8,8 %)	2013
3 Allokaatiomalli (PKS, muu Suomi) (SE, %)	55,3 (2,8, 5,1 %)	15783 (205, 1,3 %)	2013
Menetelmien ka. (\pm SD)	55,4 (\pm 0,2)	15876 (\pm 130)	
Vaihteluväli (min-max)	55,2–55,7	15783–15968	
4 Kaikkien mittausasemien keskiarvo (\pm SD)	55,1 (\pm 8,1)	15774 (\pm 3279)	2013

Taulukko 30. EEA:n (1) ja WHO:n (2) arviot v.2012 väestöpainotetuista SOMO35 –pitoisuuksista, 2-portaisella allokaatiomallilla (3) laskettu väestöpainotettu pitoisuus, menetelmien keskiarvo ja eri malleilla lasketut väestöpainotetut pitoisuudet (4,5) ja kaikkien mittausasemien keskiarvo (6) v.2013.

Väestöpainotetun altistuksen / pitoisuuden laskemiseen käytetty menetelmä	Väestöpainotettu pitoisuus $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Vuosi
1 Horalek ym.2015	1650	2012
2 WHO/Europe 2015	1326	2012
3 Allokaatiomalli (PKS, muu Suomi)	1942	2013
Menetelmien ka. (\pm SD)	1639 (\pm 308)	
Vaihteluväli (min-max)	1326–1942	
4 Regressioekstrapolaatio	2085 (218, 10,5 %)	2013
5 Allokaatiomalli (PKS, muut kaupungit, maaseutu) (SE, %)	1994 (396, 19,9 %)	2013
6 Kaikkien mittausasemien ka. (\pm SD)	1940 (\pm 982)	2013

SOMO35 (Sum of Ozone Means Over 35 ppb tai $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) on indikaattori, jota WHO on suositellut käytettäväksi terveysvaikutusten arvioinnissa. Indikaattorissa tarkastellaan kunkin vuorokauden korkeinta 8 tunnin liukuvaa keskiarvoa ja lasketaan yhteen vuoden aikana kynnysarvon $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ylittävät otsonipitoisuudet. EEA ja WHO ovat laskeneet väestöpainotetut altistustasot SOMO35 –indikaattoria käyttäen. EEA on käyttänyt laskennassaan esikaupunki-, kaupunki-, maaseututausta mittausasemien tuloksia ja kattavuus mittaustuloksissa on ollut vähintään 75 % vuodesta. Väestöpainotettuja pitoisuuksien laskennassa käytettiin apuna mm. interpolointimenetelmää, joka on kuvailtu hiukkasten yhteydessä. EEA:n arvio Suomen väestöpainotetusta otsonin altistustasosta on SOMO35 –indikaattorin pitoisuuksista laskettuna on $1650 \mu\text{g}/\text{m}^3$. WHO:n arvio samaa indikaattoria käyttäen on $1326 \mu\text{g}/\text{m}^3$. WHO:n arvioon otettiin mukaan vain esikaupunki- ja kaupunkitausta-asemien tulokset (kattavuus väh. 75 %) ja tuloksia oli 6 eri kaupungista, jotka

käsittivät n. 26 % väestöstä (1 177 529 as.) EEA on laskenut myös vuorokauden 26 korkeimman 8 tunnin liukuvien keskiarvojen (93.2 persenttiili) väestöpainotetun otsonipitoisuuden, joka oli vuonna 2012 88,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. (Horálek ym. 2015). SOMO10 –indikaattorissa tarkastellaan myös kunkin vuorokauden korkeinta 8 tunnin liukuvaa keskiarvoa ja lasketaan yhteen vuoden aikana kynnyksarvon 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ylittävät otsonipitoisuudet

Otsonia muodostuu alailmakehässä valokemiallisissa reaktioissa, typen oksidien ja haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöistä, joista varsinkin typen oksidien päästöt ovat merkittävässä roolissa. Suoria päästöjä ei otsonista siis synny. Liikenteen pakokaasujen typpimonoksidi puolestaan kuluttaa otsonia, joten otsonin pitoisuudet ovat pienimmillään vilkkaimmin liikennöidyillä alueilla ja korkeimmillaan vilkkaimpien keskusten reuna-alueilla. Otsonipitoisuuksiin vaikuttaa myös kaukokulkeutuminen. Vuosina 2008–2012 otsonipitoisuuksia on mitattu 29 asemalla, joista 12 sijaitti kaupunkiympäristöissä, 13 maaseutualueilla ja 4 liikenneympäristöissä. (Komppula ym. 2014a).

Vuonna 2013 otsonipitoisuuksia mitattiin 21 paikkakunnalla ja 23 asemalla (Taulukko 31 ja LIITE 3). Suurin osa asemista sijaitti esikaupunki- ja kaupunki- sekä maaseututausta-aseilla ja suurimmat pitoisuudet on mitattu maaseudun taustaa mittaavilla asemilla. Esikaupunkitausta-aseiden pitoisuudet ovat olleet keskimääräisesti pienempiä kuin kaupunkitausta- ja teollisuusympäristöissä sijaitsevien asemien. Yhdellä liikenneasemalla mitattu otsonipitoisuus on selvästi pienempi verrattuna muiden ympäristöjen keskimääräisiin pitoisuuksiin.

Taulukko 31. Keskimääräiset ulkoilman O₃ -pitoisuudet asematyypeittäin v.2013 (Ilmanlaatuportaali 2015).

Aseman tyyppi	Asemien lukumäärä	Keskiarvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Keskihajonta (SD) $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Kaikki Suomen asemat	23	55,1	8,1
Liikenne	1	39,1	-
Teollisuus	3	54,8	4,2
Esikaupunkitausta	5	47,4	5,9
Kaupunkitausta	3	54,0	5,0
Maaseututausta	11	60,5	5,7

Ilmatieteen laitoksen on tehnyt ilmanlaadun alustavan arvioinnin otsonin osalta 2000-luvun alkupuolella, jossa arviointiajanjaksona käytettiin vuosia 1998–2002. Tarkasteluajanjaksolla korkeimmat 8 tunnin liukuvan keskiarvon pitoisuudet pääkaupunkiseudulla olivat Espoon Luukin maaseututausta-aseilla välillä 114–148 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Helsingin Töölössä 90–111 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Vuodelle 2000 tehtyjen pääkaupunkiseudun tieliikenteen päästöjen leviämislaskelmien mukaan korkein pitoisuus (8 tunnin keskiarvo) olisi pääkaupunkiseudun laitamilla (n. 110–120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ja pienimmät vilkkaimpien teiden varsilla pitoisuuksien ollessa n. 100–105 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. EMEPin kaukokulkeutumismallin mukaan, jossa käytettiin mm. v.1999 päästötietoja, kesäkaudella tausta-alueiden suurimmat otsonipitoisuudet olisivat etelä-rannikolla (yli 76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja pienimmät Pohjois-Suomessa (alle 64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Huhti-syyskuussa kasvua olisi pohjoisesta etelään päin mentäessä 1,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ leveyspiiristä kohden. Vuosien 1996–2000 maaseututausta-aseiden havaintojen mukaan pitoisuudet kasvaisivat samana ajankohtana puolestaan 0,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ leveyspiiristä kohden. (Pietarila ym. 2003).

3.2.2 Typpidioksidi

Suomalaisten ulkoilman typpidioksidin keskimääräinen väestöpainotettu altistustaso on n. 9,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja vuoden 2013 korkeimpien vuorokauden tuntiarvojen keskiarvo n. 23,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Taulukko 32). Altistustasot laskettiin regressioekstrapolaatio ja allokaatiomallien keskiarvona (Taulukko 33). Altistustason laskennassa käytettiin tausta-aseiksi luokiteltuja mittausasemia, sillä liikenneympäristöissä sijaitti n. 40 % kaikista mittausasemista ja niiden keskimääräiset pitoisuudet olivat n. 1,5 kertaa suurempia verrattuna esikaupunki-

ja kaupunkitausta-asemien mittauksiin, joten liikenneasemien käyttö tuottaisi yliarvioinnin suomalaisten keskimääräistä altistustasoa arvioitaessa. Väestöpainotettu pitoisuus alittaa selvästi raja- ja ohjearvojen pitoisuudet (EU ja WHO: 40 µg/m³).

Taulukko 32. Tyypidioksidin väestöpainotettu pitoisuus.

	Altistuneiden määrä (milj.)	Väestöpainotettu pitoisuus µg/m ³	95 % luottamusväli µg/m ³
NO ₂	5,4	9,9	9,0–10,8
NO ₂ vrk:n 1h max keskiarvo	5,4	23,2	21,1–25,3

Taulukko 33. Regressioekstrapolaatio (1) ja allokaatiomalleilla (2,3) tuotetut arviot v.2013 väestöpainotetuista NO₂ ja NO₂ vrk:n 1h max keskiarvo –pitoisuuksista, menetelmien keskiarvo sekä kaikkien mittausasemien keskiarvo (4).

Väestöpainotetun altistuksen / pitoisuuden laskemiseen käytetty menetelmä	NO ₂ altistus/pitoisuus µg m ⁻³	NO ₂ vrk:n 1h max. keskiarvo altistus/pitoisuus µg m ⁻³	Vuosi
1 Regressioekstrapolaatio kunnittain (SE, %)	10,1 (1,0, 9,7 %)	23,6 (2,1 8,8 %)	2013
2 Allokaatiomalli (PKS, muut kaupungit, maaseutu) (SE, %)	9,4 (3,0, 31,9 %)	22,0 (6,6, 30,2 %)	2013
3 Allokaatiomalli (PKS, muu Suomi) (SE, %)	10,3 (1,3, 12,5 %)	23,9 (2,9, 12,2 %)	2013
Menetelmien ka. (± SD)	9,9 (± 0,5)	23,2 (± 1,0)	
Vaihteluväli (min-max)	9,4–10,3	22,0–23,9	
4 Kaikkien mittausasemien keskiarvo (± SD)	14,7 (± 8,5)	31,7 (± 14,6)	2013

Vuosina 2008–2012 Suomessa mitattiin typpioksidipitoisuuksia yhteensä 92 mittausasemalla, joista 45 sijaitsi liikenneympäristöissä, 22 tausta-alueilla, 18 teollisuusympäristöissä ja 7 määrittelemättömissä ympäristöissä (mm. satamat ja siirrettävät asemat) (Komppula ym. 2014a). Vuonna 2013 mittauksia suoritettiin 41 paikkakunnalla ja yhteensä 68 asemalla (LIITE 3). Vuonna 2013 suurimmat pitoisuudet mitattiin liikenneasemilla (Taulukko 34), joka myös on yksi merkittävimmistä NO₂ lähteistä. Liikenneasemien keskimääräinen pitoisuus oli 20,3 µg/m³, joka oli n. 1,5 -kertainen verrattuna esikaupunki- ja kaupunkitausta-asemien (12,4 ja 13,8 µg/m³) sekä n. 2 -kertainen teollisuusasemien (10,4 µg/m³) pitoisuuksiin verrattuna. Maaseututausta-asemien keskimääräinen pitoisuus oli n. 2,8 µg/m³, joista suurimmat vuosikeskiarvopitoisuudet olivat Etelä-Suomessa (Espoo 5,3 ja Virolahti 4,0 µg/m³) sekä pienimmät Pohjois-Suomessa (Kuusamo 0,8 ja Muonio 1,0 µg/m³).

Taulukko 34. Keskimääräiset ulkoilman NO₂ -pitoisuudet asematyypeittäin v.2013 (Ilmanlaatuportaali 2015).

Aseman tyyppi	Asemien lukumäärä	Keskiarvo µg/m ³	Keskihajonta (SD) µg/m ³
Kaikki Suomen asemat	68	14,7	8,5
Liikenne	29	20,3	9,0
Teollisuus	16	10,3	3,2
Esikaupunkitausta	6	12,3	2,7
Kaupunkitausta	10	13,8	5,4
Maaseututausta	6	2,8	1,8
Määrittelemätön	1	17,8	-

Taulukko 35 on esitetty muita typpidioksidin ulkoilman pitoisuusmittauksien tuloksia. Ilmatieteen laitos on lisäksi tehnyt alustavan arvioinnin typpidioksidien pitoisuuksista vuosien 1994–1998 mittaustuloksista. Ajanjakson aikana mitattiin 40 µg/m³ tai yli vuosikeskiarvoja vähintään kerran Helsingin Töölössä, Tampereen raatihuoneella sekä Turussa. 30 µg/m³ ylittyi Vaasassa ja Lappeenrannassa, 25 µg/m³ ylityksiä oli mm. Jyväskylässä ja Hämeenlinnassa ja näitä pienemmillä paikkakunnilla typpidioksidipitoisuudet olivat alle 20 µg/m³, usein alle 15 µg/m³. Maaseututausta-aseilla pitoisuudet liikkuvat 2-6 µg/m³ välillä. (Pietarila ym. 2001).

Pääkaupunkiseudulle tehdyssä päästöjen leviämismalliselvityksessä arvioitiin lentoasema- ja satamatoiminnan, energiantuotannon, laiva- ja lentoliikenteen sekä autoliikenteen ilmanlaatuvaikutuksia v.2005 tilanteessa. Kaikki päästölähteet ja taustapitoisuus mukaan luettuna, typpidioksidin vuosikeskiarvo olisi suurimmassa osassa Helsinginniemeä n. 15–20 µg/m³, kantakaupungissa ja muilla vilkkaasti liikennöidyillä alueilla 20–30 µg/m³, muualla pääkaupunkiseudulla 5-15 µg/m³, sekä vilkkaimmilla teillä ja väylillä 30–40 µg/m³ sekä pääväylien risteysalueilla paikoittain yli 40 µg/m³. (Lappi ym. 2008).

Taulukko 35. Ulkoilman NO₂ -pitoisuusaineistot.

	Aineisto	Alueen päästö	Pisteitä	Kattavuus	Pitoisuus µg/m ³	Vuosi
1	Beelen ym. 2013	liikenne, tausta	40	Helsinki, Turku	18,9	2008-2011*
2	Malkki ym. 2015	liikenne, tausta, pientaloalue	11	Pääkaupunkiseutu	23,1	2014
3	Ahlqvist ym. 2015	teollisuus, liikenne	7	Imatra-L:ranta	10,4	2014
4	Pärjälä & Pulkkinen 2015a	liikenne, kaupunkitausta	3	Kuopio	13,7	2014
5	Oulun seudun ympäristötoimi 2015	liikenne, esikaupunkitausta	2	Oulu	15,0	2014
6	Hänninen ym. 2004**	kaupunki	161	Helsinki	23,9	1997
	* mittaukset suoritettiin 3 eri vuodenaikana 14 päivän jaksoissa, lokakuun 2008 ja huhtikuun 2011 välisenä aikana					
	** Julkaisematon osa-aineisto					

3.2.3 Bentseeni

Suomalaisten ulkoilman bentseenin keskimääräinen väestöpainotettu altistustaso on n. 0,5 µg/m³ (Taulukko 36). Muiden kaupunkien pitoisuutena käytettiin Lahden (Taulukko 37) ja Kuopion (Taulukko 38) v.2013

mittauksista laskettua keskiarvoja, sekä maaseudun pitoisuutena Muonion v.2013 mittausten vuosikeskiarvoa. Väestöpainotettu pitoisuus alittaa selvästi Euroopan unionin terveysperusteisen raja-arvon $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Taulukko 36. Bentseenin väestöpainotettu pitoisuus.

	Asemia n	Altistuneiden määrä (milj.)	Pitoisuus $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Pääkaupunkiseutu	3	1,1	0,7
Muut kaupungit	5	1,7	0,7
Maaseutu	1	2,6	0,2
		Altistuneet yhteensä	Väestöpainotettu pitoisuus $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (\pm SE, %)
		5,4	0,48 (\pm 0,17, 36,5 %)

Bentseeni kuuluu haihtuviin orgaanisiin yhdisteisiin (non-methane volatile organic compounds, NMVOC), joiden päästöt ovat pudonneet vuoden 1990 tasosta vuoteen 2013 mennessä n. 257 000 tonnista n. 95 000 tonniin (yli 60 %) (SYKE 2015). NMVOC-yhdisteiden päästöistä vuonna 2012 yli 40 % oli peräisin energisektorilta, yli 30 % liikenteestä ja alle 20 % erilaisten liuottimien käytöstä. Vuosina 2008–2012 bentseenipitoisuuksia on mitattu 13 mittausasemalla, joista 4 sijaitsi liikenneympäristöissä, 5 tausta-alueilla ja 4 ympäristöissä joiden päästölähdettä ei ole määritelty tai lähteenä oli puun pienpoltto. Tyypillisesti bentseenin pitoisuudet ovat koholla paikoissa, joissa on runsaasti liikennettä tai paljon puun pienpolttoa. (Komppula ym. 2014a). Vuonna 2013 bentseenipitoisuuksia mitattiin ainakin 6 asemalla ja 4 paikkakunnalla (Taulukko 37). Suurimmat pitoisuudet mitattiin liikenneympäristöissä ja pitoisuudet ovat n. kolmanneksen suurempia verrattuna kaupunkitausta-asemien vuosikeskiarvoihin sekä n. 3-4 kertaa suurempia kuin Muonion maaseututausta-aseman vuosikeskiarvo.

Taulukko 37. Ulkoilman bentseenipitoisuuksien vuosikeskiarvot asemittain v.2013 (Ilmanlaatuportaali 2015).

	Kunta	Asema	Aseman lähiympäristö	Lähiympäristön päästö	Vuosikeskiarvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1	Vantaa	Tikkurila 3	esikaupunki	liikenne	0,94
2	Lahti	Laune	esikaupunki	liikenne	0,83
3	Lahti	Vesku 11	kaupunki	liikenne	0,81
4	Helsinki	Kallio 2	kaupunki	tausta	0,68
5	Helsinki	Vartiokylä Huivipolku	esikaupunki	tausta	0,59
6	Muonio	Sammaltunturi	maaseutu	tausta	0,24
				Kaikkien asemien ka. (SD)	Liikenneasemien ka. (SD)
				0,68 (0,25)	0,86 (0,07)

Ilmanlaatuportaalista saatavilla olleiden v.2013 mittaustulosten lisäksi Taulukko 38 on esitetty muiden ulkoilman mittausten pitoisuuksia. Ilmatieteen laitos on tehnyt valtakunnallisen alustavan arvion ulkoilman bentseenipitoisuuksista 2000-luvun alussa mm. leviämismallien ja vuosien 1997–2001 mittaustulosten avulla. Tuolloin seurantajakson suurimmat maaseututausta-asemien vuosikeskiarvot olivat $0,56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Utössä ja $0,46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Sammaltunturilla. Pääkaupunkiseudulla vuonna 2000 mitatut 2. viikon keskiarvotulokset vaihtelivat Töölön ja Tikkurilan liikenneympäristöissä $1-3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ välillä sekä Kallion kaupunkitausta-asemalla ja Herttoniemessä pitoisuudet olivat alle $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pääkaupunkiseudulle vuodelle 2000 tehdystä autoliikenteen päästöjen leviämislaskelmassa suurimmat pitoisuudet olivat vilkkaiden teiden varsilla ja risteysalueilla ($1,5-2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Keskustassa ja sen ulkopuolella vuosikeskiarvot jäivät alle $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (Pietarila ym. 2002).

Taulukko 38. Ulkoilman bentseenipitoisuusaineistot.

	Aineisto	Alueen päästö	Asemia	Kattavuus	Pitoisuus µg/m ³	Vuosi
1	Hellen ym.2014	liikenne, kaupunkitausta	3	Kuopio	0,60	2013
2	Kähäri & Malminen 2013	teollisuus, liikenne, pientaloalue	4	Lahti	0,80	2012
3	Hellen ym.2005	teollisuus, liikenne, tausta	4	Pääkaupunkiseutu	1,21	2003
4	Malkki ym. 2015	liikenne, kaupunkitausta	2	Pääkaupunkiseutu	0,65	2014

3.2.4 Hiilimonoksidi

Hiilimonoksidin ulkoilman keskimääräinen väestöpainotettu altistustaso on n. 122 µg/m³ (Taulukko 39). Pääkaupunkiseudun ja muun Suomen keskimääräiset pitoisuudet määritettiin alueiden tausta-asemien mitauksista (Taulukko 40).

Taulukko 39. Hiilimonoksidin väestöpainotettu pitoisuus.

	Asemia n	Altistuneiden määrä (milj.)	Pitoisuus µg/m ³
Pääkaupunkiseutu	1	1,1	206,5
Muu Suomi	2	4,3	100,0
		Altistuneet yhteensä	Väestöpainotettu pitoisuus µg/m³ (± SE, %)
		5,4	121,6 (± 34,5, 28,4 %)

Hiilimonoksidin päästöt ovat pudonneet 1990-luvun alusta alkaen. Vuosien 2000–2013 välillä vähennystä tuli n. 40 %, 611 000 tonnista 370 000 tonniin (SYKE 2015). Vuonna 2012 hiilimonoksidipäästöistä yli 55 % oli peräisin liikenteestä ja yli 40 % energiasektorilta. Vuosien 2008–2012 aikana Suomessa on mitattu hiilidioksidipitoisuuksia 16 asemalla, joista 13 sijaitsi liikenneympäristöissä ja 3 tausta-alueilla. Hiilimonoksidin pitoisuudet ulkoilmassa ovat hyvin alhaisia ja mittaustarpeen vähentyessä on myös mittausasemien määrää vähennetty. (Komppula ym. 2014a). Vuonna 2013 CO-pitoisuuksia on mitattu ainakin 8 paikkakunnalla ja 10 mittausasemalla (Taulukko 40). 7 asemista sijaitsi liikenneympäristöissä sekä 3 esi-kaupunki- ja kaupunkitausta-alueilla. Suurimmat vuosikeskiarvot (262–206 µg/m³) on mitattu Porin ja pääkaupunkiseudun vilkasliikenteisillä alueilla (Tikkurila ja Mannerheimintie) sekä Vartiokylän tausta-aseamalla, jonka pitoisuuksiin vaikuttavat mm. puun pienpoltto, alueellinen päästöjen kulkeutuminen sekä lähiliikenne (Ilmanlaatuportaali 2015).

Taulukko 40. Ulkoilman hiilimonoksidipitoisuuksien vuosikeskiarvot asemittain v.2013 (Ilmanlaatuportaali 2015).

	Kunta	Asema	Aseman lähiympäristö	Lähiympäristön päästö	Vuosikeskiarvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1	Pori	Porin keskusta	kaupunki	liikenne	262,0
2	Vantaa	Tikkurila 3	esikaupunki	liikenne	261,6
3	Helsinki	Mannerheimintie	kaupunki	liikenne	231,3
4	Helsinki	Vartiokylä Huivi-polku	esikaupunki	tausta	206,5
5	Hämeenlinna	Niittykatu	kaupunki	tausta	141,4
6	Turku	Turun kauppatori	kaupunki	liikenne	95,7
7	Kuopio	Maaherrankatu	kaupunki	liikenne	84,6
8	Jyväskylä	Lyseo 2	kaupunki	liikenne	61,8
9	Jyväskylä	Palokka 2	esikaupunki	tausta	58,5
10	Oulu	Oulun keskusta 2	kaupunki	liikenne	57,6
			Kaikki asemien ka. $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (SD)	Liikenneasemien ka. $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (SD)	Esikaupunkitausta-asemien ka. $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (SD)
			145,9 (86,1)	150,7 (95,9)	132,5 (104,7)

Ilmatieteen laitos on tehnyt ilmanlaadun alustavan arvion hiilimonoksidin osalta vuosien 1997–2001 mittauksista. Vuosikeskiarvot laskivat koko tarkastelujakson ajan liikenneympäristöissä ja olivat v.2001 Kuopiossa ja Jyväskylässä luokkaa $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Helsingin Vallilassa, Oulussa ja Tampereella luokkaa $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Helsingin Töölössä ja Lahdessa $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Suurin mitattu vuosikeskiarvo v.2001 oli Turun Aninkaistenkadulla $900 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pitoisuudet ovat korkeimmillaan talvella mm. kylmäkäynnistysten sekä kylmänä ajon seurauksena lisääntyvistä päästöistä. (Pietarila ym. 2002). Ilmanlaatuportaalin vuoden 2013 mittauksien lisäksi Taulukko 41 on tulokset muutamista muista ulkoilman hiilimonoksidipitoisuuksien mittauksista.

Taulukko 41. Ulkoilman hiilimonoksidipitoisuusaineistot.

	Aineisto	Alueen päästö	Asemia	Kattavuus	Pitoisuus $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Vuosi
1	Pärjälä & Pulkkinen 2015a	liikenne	1	Kuopio	100	2014
2	Tampereen kaupunki 2009	liikenne	2	Tampere	110	2008
3	Oulun seudun ympäristötoimi 2015.	liikenne	1	Oulu	47	2014
4	Malkki ym. 2015	liikenne	1	pääkaupunkiseutu	300	2014

3.2.5 Rikkidioksidi

Suomalaisten ulkoilman rikkidioksidin keskimääräinen väestöpainotettu altistustaso on n. $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Taulukko 42). Laskennassa käytettiin mittausasemia, jotka oli luokiteltu tyypiltään liikenne- ja tausta-asemiksi. Väestöpainotettu pitoisuus alittaa selvästi WHO:n ohjearvon $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Taulukko 42. Rikkidioksidin väestöpainotettu altistustaso v.2013.

	Asemia n	Altistuneiden määrä (milj.)	Pitoisuus $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Pääkaupunkiseutu	2	1,1	1,3
Muut kaupungit	5	1,7	0,9
Maaseutu	10	2,6	0,9
		Altistuneet yhteensä	Väestöpainotettu pitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (\pm SE, %)
		5,4	0,9 (0,1, 10,4 %)

Vuoden 1990 tasosta (263 000 t/a) rikkidioksidipitoisuudet ovat pudonneet n. 80 % vuoteen 2013 mennessä (47 000 t/a) (SYKE 2015). Vuonna 2012 rikkidioksidipäästöistä n. 95 % oli peräisin energiasektorilta ja n. 5 % teollisuudesta. Vuosina 2008–2012 Suomessa on mitattu rikkidioksidipitoisuuksia 54 mittausasemalla siirrettävät asemat mukaan luettuna. Mittausasemista 29 sijaitsi teollisuusympäristöissä, 15 tausta-alueilla, 8 liikenneympäristöissä ja 2 satamissa. Pitoisuudet ovat Suomessa alhaisia ja kohonneita pitoisuuksia havaitaan ajoittain lähinnä teollisuusympäristöissä. (Komppula ym. 2014a). Vuonna 2013 rikkidioksidipitoisuuksia mitattiin 28 paikkakunnalla ja 37 mittausasemalla (LIITE 3).

Noin puolet mittausasemista sijaitsi teollisuusympäristöissä, joissa myös pitoisuudet ovat olleet korkeimmat (Taulukko 43). Teollisuusasemien keskimääräinen pitoisuus oli $2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, joka on n. 2 kertaa suurempi pitoisuus, kuin liikenneympäristöjen keskimääräinen pitoisuus. Teollisuusympäristöistä yksittäiset korkeimmat rikkidioksidipitoisuudet on mitattu Harjavallassa ja Kokkolassa, joissa vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet n. $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Maaseututausta-asemien keskimääräinen pitoisuus oli $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Suurimmat pitoisuudet mitattiin Espoossa (Luukki) ja Inarissa (Raja-Jooseppi), joissa kummassakin vuosikeskiarvo oli $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pienin vuosikeskiarvo vuonna 2013 oli Muoniossa $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Maaseututausta-asemien mittausten perusteella pitoisuudet putoavat pohjoiseen päin mentäessä, mutta poikkeuksena on kuitenkin Inarin pitoisuus, joka yhdessä Espoon vuosikeskiarvon kanssa edustivat suurinta pitoisuutta Suomessa. Inarin pitoisuuteen vaikuttavat Kuolan niemimaalla sijaitseva kaivos- ja metallin jalostusteollisuus, mutta alueella vallitsevien länsituulten ansiosta Kuolan alueella syntyvät päästöt kulkeutuvat useimmiten itään ja koilliseen (Paatero ym. 2008).

Taulukko 43. Keskimääräiset ulkoilman SO₂ -pitoisuudet asematyypeittäin v.2013 (Ilmanlaatuportaali 2015).

Aseman tyyppi	Asemien lukumäärä	Keskiarvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Keskiahjonta (SD) $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Kaikki Suomen asemat	37	1,6	1,4
Liikenne	7	1,2	0,4
Teollisuus	19	2,1	1,8
Esikaupunkitausta	1	0,7	-
Maaseututausta	9	0,7	0,2
Määrittelemätön	1	3,2	-

Taulukko 44 on esitetty muutaman mittauspaikkakunnan vuosikeskiarvopitoisuuksia vuodelta 2014. Ilmatieteen laitos on tehnyt rikkidioksidipitoisuuksien alustavan arvioinnin Suomen ulkoilmassa vuosien 1994–1998 mittaustuloksista. Suurimmat pitoisuudet mitattiin Harjavallan teollisuusympäristössä v.1994, jolloin kahden eri mittausaseman vuosikeskiarvot olivat 13 ja $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mutta 1995–1998 välisenä aikana vuosikeskiarvot olivat korkeimmillaan n. $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Turussa vuosikeskiarvot olivat pääsääntöisesti alle $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Itä-Suomessa $2-4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Imatra-Joutseno-Lappeenranta). Edellä mainittuihin pitoisuuksiin vaikuttivat teollisuuden ja energiantuotannon päästöt. Ilmatieteen laitoksen maaseututausta-asemista suurimmat pitoisuudet mitattiin tarkasteluajanjaksolla Virolahdella ja pienimmät Ähtärissä, vuosikeskiarvojen ollessa 1-3

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ välillä. EMEP:n kaukokulkeumamallien avulla tausta-alueiden vuosikeskiarvot olivat v.1996 pienellä alueella Kaakkois-Suomessa 2-4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Etelä- ja Lounais-Suomessa 1-2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sekä Keski- ja Pohjois-Suomessa 0,4-1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. (Pietarila ym. 2001).

Pääkaupunkiseudulle tehdyssä päästöjen leviämismalliselvityksessä arvioitiin lentoasema- ja satamatoiminnan, energiantuotannon, laiva- ja lentoliikenteen sekä autoliikenteen ilman-laatuvaikutuksia v.2005 tilanteessa. Kaikki päästölähteet ja taustapitoisuus mukaan luettuna, rikkidioksidipitoisuudet olisivat suuressa osassa Helsinginniemeä 2-3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja muualla pääkaupunkiseudulla alle 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. (Lappi ym. 2008).

Taulukko 44. Rikkidioksidin ulkoilman pitoisuusaineistot.

	Aineisto	Alueen päästö	Asemia	Kattavuus	Pitoisuus $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Vuosi
1	Pärjälä & Pulkkinen 2015a	teollisuus	1	Kuopio	2,7	2014
2	Malkki ym. 2015	liikenne, tausta, satama	4	Pääkaupunkiseutu	2,0	2014
3	Elo ym. 2015	teollisuus, liikenne, tausta	2	Pori, Harjavalta	2,0	2014
4	Ahqvist ym. 2015	teollisuus, liikenne, tausta	6	Imatra-L:ranta	1,0	2014
5	Oulun seudun ympäristötoimi 2015	teollisuus	1	Oulu	1,2	2014

3.2.6 Typen oksidit ($\text{NO}_2 + \text{NO}$)

Suomalaisten ulkoilman keskimääräinen väestöpainotettu typen oksidien altistustaso on n. 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Taulukko 45). Väestöpainotettujen pitoisuuksien laskennassa käytettiin tausta-asemien vuosikeskiarvoja (esikaupunki, kaupunki, maaseutu), jotka laskettiin Ilmanlaatuportaalin vuoden 2013 tuntidatasta, summaamalla yhteen NO_2 ja NO – pitoisuudet (NO -pitoisuudet muunnettu typpidioksidiksi kertoimella 1,53).

Taulukko 45. Allokaatiomalleilla (1,2) tuotetut arviot v.2013 väestöpainotetuista NO_x – pitoisuuksista, menetelmien keskiarvo sekä kaikkien mittausasemien keskiarvo (3).

	Väestöpainotetun altistuksen / pitoisuuden laskemiseen käytetty menetelmä	Altistus/pitoisuus $\mu\text{g m}^{-3}$	Vuosi
1	Allokaatiomalli (PKS, muut kaupungit, maaseutu) (SE, %)	14,2 (4,8, 33,8 %)	2013
2	Allokaatiomalli (PKS, muu Suomi) (SE, %)	15,8 (0,6, 3,8 %)	2013
	Menetelmien ka. (\pm SD)	15,0 (\pm 1,1)	
	Vaihteluväli (min-max)	14,2–15,8	
3	Kaikkien mittausasemien keskiarvo (\pm SD)	25,7 (\pm 18,0)	2013

Vuonna 2012 typen oksidien päästöistä yli 50 % oli peräisin energiasektorilta ja hieman vajaat 50 % liikenteestä. Typen oksidien päästöt ovat lähes puolittuneet vuosien 1990 ja 2013 välillä n. 285 000 tonnista vuodessa n. 145 000 tonniin vuodessa (Kompula ym. 2014a, SYKE 2015). Vuonna 2013 typen oksidien (NO ja NO_2) pitoisuuksia on mitattu ainakin 38 paikkakunnalla ja 65 mittausasemalla (LIITE 3). Typen oksidien pitoisuudet laskettiin Ilmanlaatuportaalin tuntidatasta summaamalla yhteen typpidioksidin ja typpimonoksidin pitoisuudet. Ennen yhteenlaskua typpimonoksidin pitoisuus muunnettiin typpidioksidiksi käyttämällä kerrointa 1,53. Suurimmat typenoksidipitoisuudet on mitattu liikenneympäristöissä, joissa myös vajaa puolet mittausasemista sijaitsi (Taulukko 46). Pitoisuudet liikenneympäristöissä ovat keskimäärin n. kaksi kertaa suurempia verrattuna esikaupunki-, kaupunkitausta- sekä teollisuusympäristöjen pitoisuuksiin. Maa-

seututausta-asemiin verrattuna liikenneympäristöjen pitoisuudet ovat n. 12 kertaa suuremmat. Maaseututausta-asemista suurimmat pitoisuudet mitattiin Etelä-Suomessa ja pienimmät Pohjois-Suomessa.

Taulukko 46. Keskimääräiset ulkoilman NO_x -pitoisuudet asematyypeittäin v.2013 (Ilmanlaatuportaali 2015).

Aseman tyyppi	Asemien lkm.	Keskiarvo µg/m ³	Keskihajonta (SD) µg/m ³
Kaikki Suomen asemat	67	25,7	18,0
Liikenne	28	38,6	18,7
Teollisuus	16	16,3	7,5
Esikaupunkitausta	5	17,6	3,6
Kaupunkitausta	11	22,0	11,2
Maaseututausta	6	2,9	1,7
Määrittelemätön	1	30,9	-

Ilmanlaatuportaalista vuodelta 2013 kerättyjen mittaustulosten lisäksi Taulukko 47 on lueteltu muutamasta muista mittauksista löytyneitä mittaustuloksia. Ilmatieteen laitos on tehnyt typenoksidipitoisuuksien alustavan arvioinnin v.1994–1998 tuloksista. Tuolloin Ilmatieteen laitoksen HILATAR-mallin mukaiset vuosikeskiarvot v.1998 tuloksista olivat pääkaupunkiseudulla yli 8 µg/m³, Etelä- ja Lounais-Suomessa 3-8 µg/m³, Keski-Suomessa ja Oulun seudulla 1-3 µg/m³ sekä Pohjois-Suomessa alle 1 µg/m³. EMEP-kaukokulkeumamallien mukaan tausta-alueiden vuosikeskiarvot Suomessa v.1996 olivat pienellä alueella koillis- ja etelärannikkoa 7-15 µg/m³, Etelä-Suomessa 3-7 µg/m³, Keski-Suomessa ja Oulun seudulla 1-3 µg/m³, Kainuussa ja Etelä-Lapissa n. 1 µg/m³ sekä Pohjois-Suomessa alle 1 µg/m³. (Pietarila ym. 2001).

Taulukko 47. Ulkoilman NO_x -pitoisuusaineistot.

	Aineisto	Alueen päästö	Asemia	Kattavuus	Pitoisuus µg/m ³	Vuosi
1	Beelen ym. 2013	tausta, liikenne	40	Helsinki, Turku	30,6	2008-2011*
2	Pärjälä & Pulkkinen 2015a	liikenne, kaupunkitausta	3	Kuopio	29,3	2014
3	Ahlqvist ym. 2015.	teollisuus, liikenne	7	Imatra, L:ranta	17,0	2014
4	Malkki ym. 2015	liikenne, tausta, pien-taloalue	11	pääkaupunkiseutu	47,3	2014

* mittaukset suoritettiin 3 eri vuodenaikana 14 päivän jaksoissa, lokakuun 2008 ja huhtikuun 2011 välisenä aikana

3.2.7 Haisevat rikkiyhdisteet, TRS

Ulkoilman väestöpainotettu altistustaso haiseville rikkiyhdisteille on n. 0,4 µg/m³ (Taulukko 48). Altistustaso laskettiin liikenne-asemien ja tausta-aseman keskiarvona (LIITE 3). Haisevilla rikkiyhdisteillä tarkoitetaan pelkistyneitä rikkiyhdisteitä kuten rikkivety, metyylimerkaptani, dimetyylisulfidi, dimetyylidisulfidi ja mittauksissa määritetään näiden yhteispitoisuus (Kartastenpää ym. 2004).

Taulukko 48. Haisevien rikkiyhdisteiden väestöpainotettu pitoisuus.

	Asemia n	Altistuneiden määrä	Pitoisuus µgS/m ³	Keskihajonta (±SD)	95 % luottamusväli
Suomi	7	5,4	0,40	0,14	0,11–0,68

Vuonna 2013 haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuuksia mitattiin 11 paikkakunnalla ja 22 mittausasemalla (LIITE3, Taulukko 49). Mittausasemat sijaitsivat selluteollisuuden läheisyydessä ja asemista 15 luokiteltiin teollisuusympäristöiksi, joissa myös keskimääräiset pitoisuudet (0,74 µg/m³) ovat korkeimmat. Teollisuus-

ympäristöjen pitoisuudet ovat n. 1,5-2 kertaa suurempia verrattuna kaupunkitausta sekä liikenneasemien pitoisuuksiin.

Taulukko 49. Keskimääräiset ulkoilman TRS -pitoisuudet asematyypeittäin v.2013 (Ilmanlaatuportaali 2015).

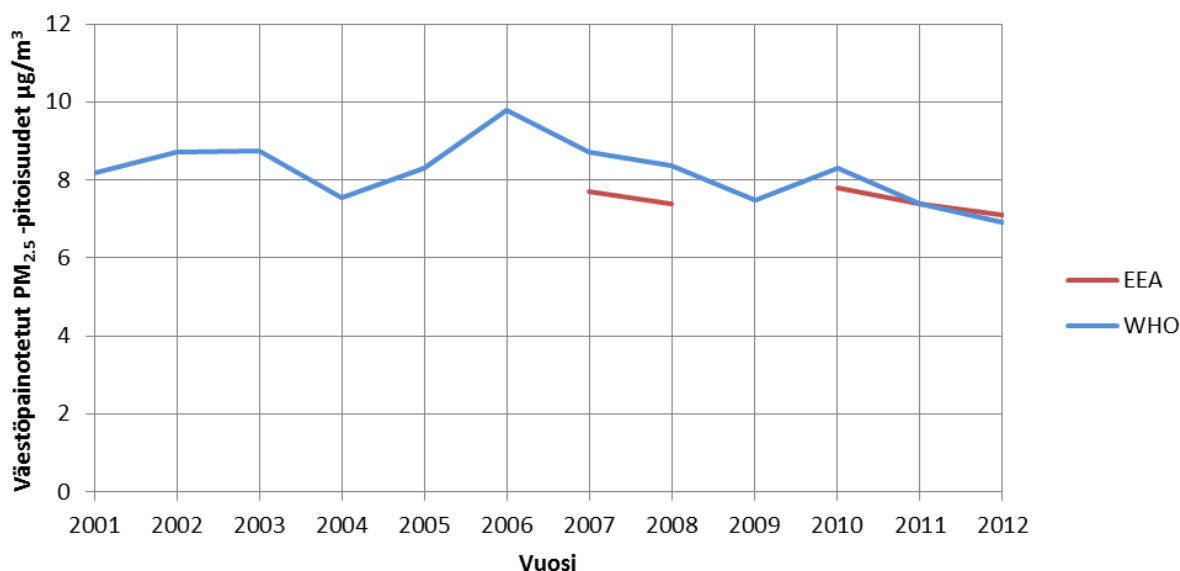
Aseman tyyppi	Asemien lukumäärä	Keskiarvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Keskiahjonta (SD) $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Kaikki Suomen asemat	22	0,63	0,44
Liikenne	5	0,37	0,14
Teollisuus	15	0,74	0,49
Kaupunkitausta	2	0,46	0,07

Taulukko 50. Ulkoilman TRS -pitoisuusaineistot.

Aineisto	Alueen päästö	Asemia	Kattavuus	Pitoisuus $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Vuosi
Pärjälä & Pulkinen 2015a	teollisuus	2	Kuopio	0,75	2014
Pärjälä & Pulkinen 2015b	teollisuus, kaupunkitausta	3	Varkaus	0,73	2014
Saari ym. 2015	liikenne	1	Heinola	0,30	2014

3.3 ILMANSAASTEIDEN TRENDITARKASTELU

Pienhiukkasten pitoisuudet ovat EEA:n arvion mukaan vähentyneet Suomen ulkoilmassa, vuosien 2003–2012 välisenä aikana, keskimäärin $0,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja $0,27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kaupunkitausta- ja liikenneasemilla per vuosi. Kummankin asematyyppin tulokset perustuvat 2 aseman mittaukseen ja kummassakin yhdellä asemalla laskeva trendi on ollut tilastollisesti merkitsevä. Maaseututausta-asemilla trendi on ollut nouseva $0,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mutta nousu ei ole ollut kahdella seurannassa olleella asemalla tilastollisesti merkitsevää. (Guerreiro ym. 2014). WHO:n ja EEA:n Suomea koskevissa arvioissa pienhiukkasten väestöpainotetut pitoisuudet ovat olleet viime vuosina laskusuunnassa (Kuva 4) (Horálek ym. 2015, WHO/Europe 2015).



Kuva 4. WHO:n ja EEA:n arviot väestöpainotetuista PM_{2.5} -pitoisuuksista vuosina 2001–2012 (Horálek ym. 2015, WHO/Europe 2015)

Pienhiukkasille laskettiin väestöpainotetut pitoisuudet vuoden 2013 lisäksi vuosille 2011–2012 ja 2014 regressiomallia käyttäen, jotta saatiin arvio siitä poikkesiko vuosi 2013 lähivuosista pitoisuuksien suhteen

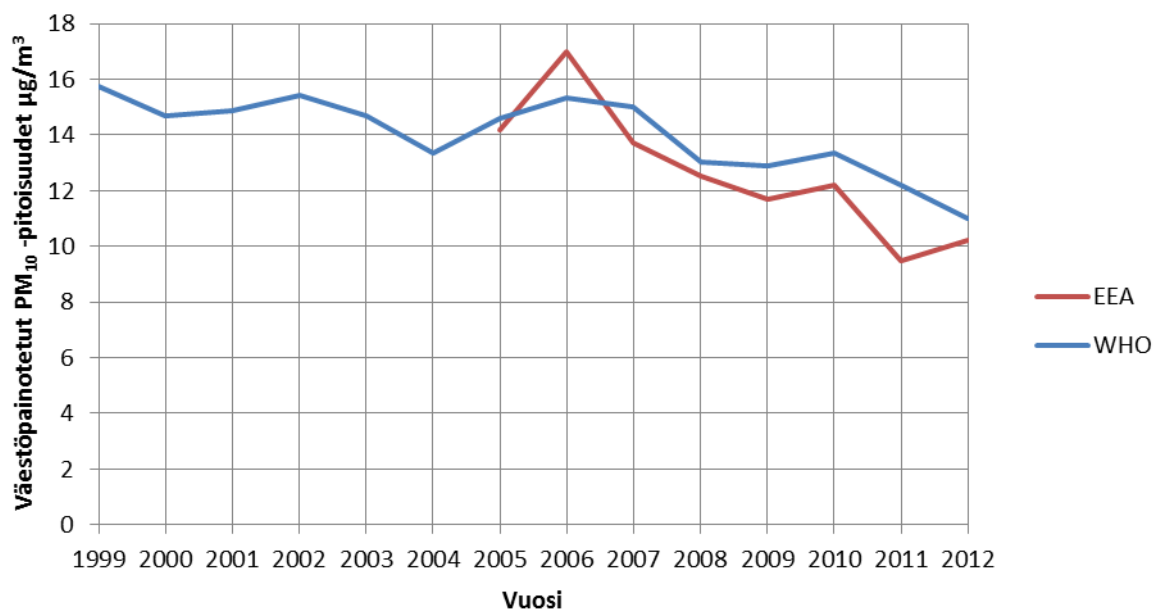
(Taulukko 51). Vuonna 2013 pitoisuus oli n. 1 µg/m³ pienempi regressiomallien yksittäisiin vertailuvuosiin. Vertailuvuosien keskiarvoon verrattuna tässä työssä arvioitu väestöpainotettu pitoisuus (6,8 µg/m³ vuonna 2013) oli 0,6 µg/m³ pienempi, joten vuosi 2013 oli hieman puhtaampi vuosi muihin vuosiin verrattuna.

Taulukko 51. PM_{2.5} väestöpainotetut pitoisuudet regressiomallilla laskettuna vuosille 2011–2014, vuoden 2013 arvio väestöpainotetusta pienhiukkaspitoisuudesta ja vuosien 2011–2012 ja 2014 pitoisuuksien ka. sekä keskiarvon vertailu eri menetelmillä arvioituihin pitoisuuksiin.

	PM _{2.5} väestöpainotetut pitoisuudet regressiomallilla v.2011-2014				Keskiarvo(±SD)
	2011	2012	2013	2014	µg/m ³ (-11, -12,-14)
µg/m ³	7,4	7,3	6,4	7,6	7,4 (±0,2)
SE µg/m ³ (%)	0,4 (5,3 %)	0,2 (2,5 %)	0,4 (5,6 %)	0,4 (5,3 %)	
Ero vuosien (-11, -12,-14) keskiarvoon µg/m ³ (%)	0,0 (0 %)	-0,2 (-2 %)	-1,0 (-13 %)	0,2 (2 %)	

Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat laskussa 9 mittausasemalla kaiken kaikkiaan 12 seurannassa olleesta asemasta vuosien 1994–2007 välisenä aikana. Viiden aseman lasku oli tilastollisesti merkitsevää. Kolmella asemalla trendi oli nouseva, joista 2 sijaitsi liikenneympäristöissä (Kouvola, Raisio) ja 1 teollisuusympäristössä (Varkaus), joista Raision nouseva trendi oli tilastollisesti merkitsevä. Suurin selittävä tekijä laskeville trendeille on luultavasti kaukokulkeutuneiden merkittävimpien epäorgaanisten ionien (SO₄²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺) pitoisuuksien väheneminen Suomen ulkoilmassa, joka on taas seurausta rikkipäästöjen merkittävästä vähenemisestä. Erityisesti sulfaatti-ionien pitoisuus on laskenut tarkasteluajanjaksoilla kolmella maaseututausta-asemalla, joissa pitoisuuksia mitattiin (Utö, Virolahti, Oulanka). (Anttila & Tuovinen 2010).

EEA:n arvion mukaan hengitettävien hiukkasten pitoisuudet Suomen ulkoilmassa ovat vähentyneet keskimäärin kaupunkitausta-asemilla 0,21 µg/m³ ja liikenneasemilla 0,41 µg/m³ vuotta kohden, vuosien 2003–2012 aikana. Maaseututausta-asemille trendi on nouseva (0,21 µg/m³), mutta arvio perustuu vain yhden aseman tuloksiin eikä nousu ole tilastollisesti merkitsevä. Kaupunkitausta-asemista kahdella (5:stä) seuraavista asemista laskeva trendi oli tilastollisesti merkitsevä ja liikenneympäristöissä yhdeksällä (14:sta). (Guerreiro ym. 2014). EEA:n ja WHO:n arvioimat hengitettävien hiukkasten väestöpainotetut pitoisuudet ovat olleet selvästi laskussa viime vuosina (Kuva 5) (Horálek ym. 2015, WHO/Europe 2015).



Kuva 5. EEA:n ja WHO:n arviot väestöpainotetuista PM₁₀ -pitoisuuksista vuosina 1999–2012 (Horálek ym. 2015, WHO/Europe 2015).

Otsonin pitoisuuksissa ei ole tapahtunut suuria muutoksia vuosien 1994–2007 välisenä aikana. Maaseututausta-asetilla (8 kpl) merkittävää muutosta ei tapahtunut yhdelläkään asemalla. Helsingin seudulla pitoisuuksissa havaittiin tilastollisesti merkitsevää nousua 3 asemalla, joista 2 oli liikenneasemia (Töölö, Tikkurila) ja yksi maaseututausta-asema (Luukki). Pitoisuuksien nousu asemilla vaihteli 0,2-2,4 % välillä vuodessa. Pitoisuudet ovat tyypillisesti suurimmillaan läpi Suomen huhtikuussa ja kahdella pohjoisimmalla asemalla (Muonio, Inari) havaittiin tilastollisesti merkitsevää nousua keväthuippujen pitoisuuksissa, joissa nousua havaittiin 0,1-0,4 % vuodessa. (Anttila & Tuovinen 2010).

EEA:n vuoden 2014 ilmanlaaturaportin mukaan vuosien 2003–2012 välisenä aikana, Suomen otsonin kesä- ja talvipitoisuuksien trendi on ollut laskeva. Kesäkuukausina (kesä-, heinä- ja elokuu) pitoisuudet ovat laskeneet keskimäärin 0,47 µg/m³ vuosittain (3 asemalla 16:sta lasku on ollut tilastollisesti merkitsevä). Talvikuukausina (joulu-, tammi- ja helmikuu) laskeva trendi on ollut voimakkaampi ja pitoisuudet ovat pudonneet keskimäärin 0,88 µg/m³ vuodessa ja laskeva trendi on ollut tilastollisesti merkitsevä 8 asemalla (15 asemasta). Vuorokauden korkeimmista 8 tunnin liukuvista keskiarvopitoisuuksista (93.2 persenttiili) katsottuna, kaupunkitausta-asetilla on ollut pieni laskeva trendi (-0,36 µg/m³ vuodessa), mutta yhdelläkään 4 asemasta se ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Maaseututausta-asetilla laskua on ollut keskimäärin 1,18 µg/m³ vuosittain, joista 3 asemalla kymmenestä lasku on ollut tilastollisesti merkitsevä. Yhdellä liikenneympäristössä sijainneella asemalla havaittiin puolestaan tilastollisesti merkitsevä nouseva trendi otsonipitoisuuksissa (0,79 µg/m³ vuodessa). (Guerreiro ym. 2014). Väestöpainotettujen SOMO35 – pitoisuuksissa ei ole havaittavissa mitään selkeää suuntausta. Pitoisuusvaihtelut ovat olleet suuria vuosien välillä, sillä esimerkiksi vuosien 2006 ja 2007 välillä pudotusta on ollut n. 1 500 µg/m³ (Horálek ym. 2015, WHO/Europe 2015).



Kuva 6. EEA:n ja WHO:n arviot väestöpainotetuista SOMO35 -pitoisuuksista v.1997–2012 (Horálek ym. 2015, WHO/Europe 2015).

Typpidioksidipitoisuudet ovat olleet tarkastelujakson 1994–2007 aikana laskussa 19 (22 asemasta) mitta-asemalla. Tilastollisesti merkittävää lasku oli 11 asemalla ja pitoisuudet ovat pienentyneet mitta-asemilla keskimäärin 1-2 % vuodessa. Kahdella Etelä-Suomen maaseutu- (Utö ja Virolahti) ja yhdellä kaupunkitausta-asemalla (Kotka) pitoisuudet eivät olleet laskeneet tai trendi oli lievästi nouseva. Pitoisuudet ovat laskeneet hitaammin typen oksidien pitoisuuksiin verrattuna, joiden pitoisuudet ovat laskeneet n. 3-4 % vuosittain. Syynä typpidioksidipitoisuuksien hitaampaan pienemiseen on ilmeisesti se, että ulkoilman typpidioksidin määrä typen oksideissa on kasvanut ja tähän puolestaan on yksi syy se, että dieselkäyttöisten ajoneuvojen osuus on kasvanut Suomen autokannasta, joissa typpidioksidin osuus on suurempi typenoksidipäästöistä. Toinen mahdollinen selitys on vaihtelu ulkoilman otsonin määrässä. (Anttila & Tuovinen 2010). EEA on puolestaan arvioinut (v. 2003–2012 mittaustuloksista) Suomen ulkoilman typpidioksidipitoisuuksien vähenevän vuosittain keskimäärin kaupunkitausta-alueilla 0,40, liikenneasemilla 0,57 ja maaseututausta-asemilla 0,07 µg/m³. Kaupunkitausta-asemista yhdellä (4 asemasta), liikenneasemilla neljällä (9:stä) ja maaseututausta-asemilla kahdella (6:sta) laskeva trendi oli tilastollisesti merkitsevä. (Guerreiro ym. 2014).

Hiihimonoksidin pitoisuudet ovat olleet selvässä laskussa vuosien 1994–2007 välisenä aikana kaupunkialueilla, erityisesti liikenteen päästöissä tapahtuneen laskun ansiosta (mm. katalysoittorit, polttoaineiden kehittyminen). Kuudella seurannasta olleella kaupunkiasemalla pitoisuudet putosivat n. 3-7 % per vuosi. (Anttila & Tuovinen 2010).

Rikkidioksidin pitoisuudet Suomen ulkoilmassa ovat pienentyneet merkittävästi ajanjaksolla 1994–2007. 22 mitta-asemasta viidellätoista, lasku oli tilastollisesti merkitsevää ja vain yhdellä teollisuusympäristössä sijainneella mitta-asemalla trendi oli lievästi nouseva. Maaseututausta-asemilla pitoisuudet ovat vähentyneet 5,7 % vuosittain. Myös kaupunki- ja teollisuusympäristöjen pitoisuudet olivat laskussa ja lähestyivät jo tausta-asemien pitoisuuksia. Maaseututausta-asemien pudotus pitoisuuksissa johtunee kaukokulkeumana tulevan rikkidioksidin vähenemisestä Suomen ulkoilmassa, sillä tarkasteluajanjaksolla Suomen omat päästöt eivät olleet pudonneet yhtä voimakkaasti (-2,2 % vuosittain). (Anttila & Tuovinen 2010).

Typen oksidien pitoisuuksissa on ollut laskeva trendi vuosien 1994–2007 välisenä aikana. Laskeva trendi oli tilastollisesti merkitsevä 14 asemalla 20 seurattua asemasta. Neljällä muulla asemalla (2 x maaseutu, 2 x kaupunkitausta) pitoisuuksien pienentyminen ei ollut tilastollisesti merkitsevää. Kahdella maaseututausta-asemalla (Utö, Virolahti) trendi oli nouseva, mutta ei myöskään tilastollisesti merkitsevää. Keskimäärin asemien pitoisuudet vähenivät ajanjaksolla 3-4 % vuodessa. Typenoksidipäästöjen vähentymisen yhtenä

syynä on ollut bensiinikäyttöisten ajoneuvojen vähentyneet suorat typpimonoksidipäästöt. (Anttila & Tuovinen 2010)

Haisevien rikkiyhdisteiden vuosikeskiarvot vaihtelivat vuosien 1993–2000 välisenä aikana teollisuusasemilla (17 kpl) n. 0,2–4,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, liikenneasemilla (3 kpl) n. 0,2–2,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja tausta-asemilla (2 kpl) n. 0,1–1,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ välillä. 1990-luvun loppupuolen vuosipitoisuusajaksarjojen tarkastelussa 5 asemalla kahdestakymmenestä havaittiin tilastollisesti merkitsevä laskeva trendi pitoisuuksissa ja pitoisuudet näillä asemilla laskivat 3,6–17 % vuosittain. (Anttila ym. 2003).

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Ulkoilman epäpuhtauksien yhdisteitä tai yhdisteryhmien pitoisuuksia varten on säädetty jonkinasteisia rajoituksia 15 eri komponentille, joista Euroopan unionin säätämät raja-arvot ovat sen sitovimmat ilmanlaadunormit. Tässä työssä määritettiin keskimääräiset pitkäaikaista altistumista kuvaavat väestöpainotetut altistustasot 14 eri komponentille (Taulukko 52), joista oli saatavilla ilmanlaadun mittaustuloksia.

Taulukko 52. Yhteenveto säädeltyjen ilman epäpuhtauksien väestöpainotetuista altistustasoista.

Altiste	Asemia n	Pitoisuus µg/m ³	95 % luottamusväli µg/m ³
Hiukkaset			
PM _{2.5}	31	6,8	6,1–7,5
PM ₁₀	60	11,4	8,4–14,5
PM _{10-2.5}	21	6,4	3,9–8,8
Kaasut			
O ₃	23	55,4	54,9–55,9
SOMO35	23	1640	1000–2300
SOMO10	23	15900	15600–16100
NO ₂	22 ^a	9,9	9,0–10,8
NO ₂ vrk:n 1hmax	22 ^a	23,2	21,1–25,3
C ₆ H ₆	9	0,5	0,1–0,8
CO	3 ^a	121,6	52,6–190,6
SO ₂	17 ^b	0,9	0,7-1,1
NO _x	22 ^a	15,0	12,8–17,2
TRS	7 ^b	0,4	0,1–0,7
Hiukkaskomponentit			
	Asemia n	Pitoisuus ng/m ³	95 % luottamusväli ng/m ³
Lyijy	5 ^a	4,0	0,0-8,2
Arseeni	5 ^a	0,3	0,1-0,6
Kadmium	5 ^a	0,1	0,0-0,2
Nikkeli	5 ^a	1,1	0,0-2,6
Bentso(a)pyreeni	10	0,5	0,3-0,6

a = esikaupunki-/kaupunki- / maaseututausta-asetat, b = liikenne- ja tausta-asetat

Suomessa säänneltyjen ilman epäpuhtauksien osalta keskimääräiset väestöpainotetut altistustasot alittavat usein selvästi, pitkä-aikaista altistumista (vuosiarvot) varten säädetty, terveyden kannalta merkittävimmät raja- ja ohjearvot. Pitoisuuksissa on vaihtelua ja ne riippuvat esimerkiksi maantieteellisestä sijainnista, asuinkunnan koosta (maaseutu vs. isoimmat kaupungit) ja vaihtelua on myös asuinpaikkakuntien sisällä (liikenne- ja teollisuusympäristöjen läheisyys). Tätä vaihtelua pyrittiin karkeasti kuvaamaan jakamalla Suomi altistustasoiltaan eri alueisiin (allokaatiomallit) tai huomioimalla maantieteellinen sijainti ja asuinpaikkakunnan koko ja arvioimalla näiden muuttujien avulla kuntakohtaiset altistustasot (regressioekstrapolaatio). Hiukkasten ja otsonin (SOMO35) osalta käytettävissä oli EEA:n ja WHO:n väestöpainotetut arviot mainituille altisteille, jotka huomioitiin hiukkasten ja SOMO35 väestöpainotettujen altistustasojen arvioinnissa.

Altistuksen arvioimisen kannalta joitain komponentteja mitataan Suomessa vain muutamalla mittausasemalla ja/tai suuri osa asemista sijaitsee suurimman kuormituksen alueella, jolloin väestön altistumisen arviointi hankaloituu tai johtaa altistumisen arvioinnissa suurempaan pitoisuuteen, kuin mikä tilanne todellisuudessa on. Altistuksen arvioinnissa varsinkin mittausasemien liiallinen sijoittuminen ”hot spot” alueille on otettava huomioon esimerkiksi jättämällä korkeimman kuormituksen alueiden asemat pois altistuslaskuista, joita useimmiten ovat liikenne- ja teollisuusympäristöt, ja käyttää laskuihin mahdollisimman hyvin väestön altistumista edustavien mittausasemien mittaustuloksia. Korkeimman kuormituksen alueet vaihtelevat komponentteittain ja niitä ovat hiilimonoksidin, typpidioksidin ja typen oksidien tapauksessa liikenneympäristöt sekä raskasmetallien ja rikin (SO₂ ja TRS) osalta teollisuusympäristöt. Varsinkin haisevien rikkiyhdisteiden osalta altistuksen arvioiminen Suomessa on hankalaa, koska mittauspisteet sijaitsevat pääsääntöisesti lähellä kyseisten päästöjen lähdettä, jolloin altistumista voi olettaa tapahtuvan vain päästölähteiden lähellä asuvalle väestölle. Hiukkasten sisältämien komponenttien osalta altistuksen arviointi on myös haasteellista mittausasemien vähäisyyden vuoksi.

Hiukkasten sisältämistä komponenteista raskasmetallien osalta mittausasemien määrät ovat kuitenkin riittäviä, koska muutamia pistepäästölähteiden ympäristöjä lukuun ottamatta pitoisuudet alittavat selvästi säädettyt ohje- ja raja-arvot, joten tarvetta jatkuvaluonteisten mittausasemien määrän lisäämiseen ei ole. Bentso(a)pyreenin pitoisuudet ylittävät WHO:n ohjearvon (1 ng/m³) usein pientalovaltaisilla alueilla, joissa on paljon puun pienpolttua, joten mittausasemien määrän lisääminen Suomessa, varsinkin pientalovaltaisilla alueilla, voisi tulla kyseeseen. Haisevien rikkiyhdisteiden osalta ei myöskään ole tarvetta ulottaa mittauksia päästölähteiden ulkopuolelle, koska pitoisuudet eivät ole kovin suuria edes päästölähteiden ympäristöissä. Hengitettävien hiukkasten mittausasemia on n. kaksi kertaa enemmän verrattuna pienhiukkasten mittausasemiin, vaikka pienhiukkasille altistumista pidetään yleisesti terveydelle haitallisempuna verrattuna hengitettäviin hiukkasiin. Tästä syystä olisi perusteltua lisätä PM_{2,5} mittausasemien määrää, jotta saataisiin muodostettua tarkempi kuva pienhiukkasaltistumisesta.

Hengitettävien hiukkasten, otsonin, typpidioksidin, typen oksidien, rikkidioksidin asemien määrää voi pitää riittävänä altistuksen arvioimisen kannalta. Bentseenin ja hiilimonoksidin osalta mittausverkosto on riittävä, vaikka mittausasemia on vähän, koska varsinkin hiilimonoksidin pitoisuudet alittavat selvästi säädettyt ohje- ja raja-arvot. Vaikka altistumisen arviointi olisi sitä tarkempaa ja helpompaa mitä kattavampi mittausverkosto on, suurimmalle osalle säädellyistä ilmansaasteista ei liene kuitenkaan ole tällä perusteella järkevää lisätä mittausasemien määrää, koska useimpien säädeltyjen ilmansaasteiden osalta pitoisuudet ovat selvästi alle raja- ja ohjearvojen.

Kirjallisuusviitteet

- Ahlqvist M & Litmanen R. 2015. Imatran, Lappeenrannan ja Svetogorskin ilmanlaatu vuonna 2014. Imatran kaupunki, Imatran seudun ympäristötoimi.
- Ahtoniemi P, Tainio M, Tuomisto J, Karvosenoja N, Kupiainen K, Porvari P, Karppinen A, Kangas L & Kukkonen J. 2010. Health risks from nearby sources of fine particulate matter : Domestic wood combustion and road traffic (PILTTI). Report / National Institute for Health and Welfare (THL) : 3/2010.
- AirBase. 2014. *European air quality database*.
<http://acm.eionet.europa.eu/databases/airbase/index.html>
Luettu 25.06.2015.
- Alaviippola B & Pietarila H. 2011. Ilmanlaadun alustava arviointi Suomessa, pienhiukkaset (PM_{2,5}). Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun asiantuntijapalvelut, Helsinki, 48 s. + 12 liites.
- Alaviippola B, Pietarila H, Hakola H, Hellen H & Salmi T. 2007. Ilmanlaadun alustava arviointi Suomessa. Arseeni, kadmium, nikkeli, elohopea ja polysykliset aromaattiset hiilivedyt (=PAH-yhdisteet). Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun asiantuntijapalvelut, Helsinki, 88 s. + 29 liites.
- Anttila P, Alaviippola B & Salmi T. 2003. Ilmanlaatu Suomessa, mitatut pitoisuudet suhteessa ohje- ja raja-arvoihin sekä vertailuja eurooppalaisiin pitoisuustasoihin. Ilmatieteen laitos. Ilmanlaadun julkaisuja 33.
- Anttila P & Tuovinen J. 2010. Trends of primary and secondary pollutant concentrations in Finland in 1994–2007. *Atmospheric Environment* 44 (1), 30-41.
- Beelen R, Hoek G, Vienneau D, Eeftens M, Dimakopoulou K, Pedeli X, Tsai M, Künzli N, Schikowski T, Marcon A, Eriksen KT, Raaschou-Nielsen O, Stephanou E, Patelarou E, Lanki T, Yli-Tuomi T, Declercq C, Falq G, Stempfelet M, Birk M, Cyrus J, von Klot S, Nádor G, Varró MJ, Dédèlè A, Gražulevičienė R, Mölter A, Lindley S, Madsen C, Cesaroni G, Ranzi A, Badaloni C, Hoffmann B, Nonnema-cher M, Krämer U, Kuhlbusch T, Cirach M, de Nazelle A, Nieuwenhuijsen M, Bellander T, Korek M, Olsson D, Strömberg M, Dons E, Jerrett M, Fischer P, Wang M, Brunekreef B & de Hoogh K. 2013. Development of NO₂ and NO_x land use regression models for estimating air pollution exposure in 36 study areas in Europe – The ESCAPE project. *Atmospheric Environment* 72 (0), 10-23.
- Buekers J, De Brouwere K, Lefebvre W, Willems H, Vandenbroele M, Van Sprang P, Eliat-Eliat M, Hicks K, Schlegel CE & Oller AR. 2015. Assessment of human exposure to environmental sources of nickel in Europe: Inhalation exposure. *The Science of the Total Environment* 521-522, 359-371.
- EBAS database. 2015. *Norwegian Institute for Air Research (NILU)*.
<http://ebas.nilu.no/Default.aspx> Luettu 02.07.2015 .
- Elo L, Leppänen H, Pulkkinen J & Lampinen J. 2015. Harjavallan ja Porin ilmanlaatu 2014. Mittaustulokset 2014. Porin kaupunki ympäristövirasto.
- Gatz DF & Smith L. 1995. The standard error of a weighted mean concentration—I. Bootstrapping vs other methods. *Atmospheric Environment* 29 (11), 1185-1193.
- Guerreiro C, de Leeuw F, Foltescu V & Horálek J. 2014. Air quality in Europe - 2014 report. EEA report 5/2014, European Environment Agency.
- Hakola H, Vestenius M, Saari H & Pesonen R. 2009. Polysyklisten aromaattisten hiilivetyjen (PAH) pitoisuudet ulkoilman PM₁₀ hiukkasissa Kuopion Niiralassa jaksolla marraskuu 2008 – maaliskuu 2009. Ilmatieteen laitos, ilmanlaadun tutkimus ja ilmanlaadun asiantuntijapalvelut. 13 s.
- Hanninen OO, Alm S, Katsouyanni K, Kunzli N, Maroni M, Nieuwenhuijsen MJ, Saarela K, Sram RJ, Zmirou D & Jantunen MJ. 2004. The EXPOLIS study: implications for exposure research and environmental policy in Europe. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology* 14 (6), 440-456.
- Hellén H, Hakola H, Haaparanta S, Pietarila H & Kauhaniemi M. 2008. Influence of residential wood combustion on local air quality. *Science of the Total Environment* 393 (2-3), 283-290.
- Hellén H, Kukkonen J, Kauhaniemi M, Hakola H, Laurila T & Pietarila H. 2005. Evaluation of atmospheric benzene concentrations in the Helsinki Metropolitan Area in 2000–2003 using diffusive sampling and atmospheric dispersion modelling. *Atmospheric Environment* 39 (22), 4003-4014.
- Hellén H, Hakola H, Pesonen R & Saari H. 2014. Aromaattisten hiilivetyjen pitoisuudet Kuopion ilmassa 2013. Ilmakehän koostumuksen tutkimus ja asiantuntijapalvelut 2014.
- Horálek J, de Smet P, Kurfürst P, de Leeuw F & Benešová N. 2015. European air quality maps of PM and ozone for 2012 and their uncertainty. ETC/ACM Technical Paper 2014/4.
- Ilmanlaatuportaali. 2015. *Vuosittelastot 2013. Vuosikeskiarvot – PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, SO₂, CO, O₃, As, Cd, Ni ja B(a)P*. [PDF].
http://www.ilmanlaatu.fi/tarkistetut_tulokset/vuosittelastot/2013/vuosi_2013.php
Luettu 16.06.2015 .
- Kartastenpää R, Pohjola V, Walden J, Salmi T & Saari H. 2004. Ilmanlaadun mittaushje, versio 1.0. Ilmatieteen laitos, ilmanlaadun tutkimus.
- Koljonen R. 2013. Ilmanlaadun tarkkailun vuosiraportti 2012, Kokkola. Ympäristöpalvelut - Risto Koljonen.
- Komppula B, Anttila P, Vestenius M, Salmi T & Lovén K. 2014a. Ilmanlaadun seurantaraportin arviointi. Ilmatieteen laitos, Asiantuntijapalvelut, Ilmanlaatu ja energia. Helsinki. 123 s. + 49 liites.

- Komppula B, Saari H & Pesonen R. 2014b. Ilmanlaatumittaukset Tornion Ruohokarissa ja Haaparannan Riekkolassa. Pienhiukkasten, hengitettävien hiukkasten, arseenin ja metallien pitoisuudet vuonna 2013. Ilmatieteen laitos, Asiantuntijapalvelut - Ilmanlaatu ja energia, 53 s. + 16 liites.
- Kähäri K & Malminen T. 2013. Ilmanlaatu Lahdessa vuonna 2012. Lahden kaupunki. Tekninen ja ympäristötoimiala, Lahden seudun ympäristötoimipalvelut.
- Lappi S, Lovén K, Rasila T & Pietarila H. 2008. Pääkaupunkiseudun päästöjen leviämismalliselvitys. Energiantuotannon, satamatoiminnan, laivaliikenteen, lentoliikenteen, lentoasematoiminnan ja autoliikenteen typenoksidi-, rikkidioksidi- ja hiukkaspäästöjen leviämislaskelmat. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun asiantuntijapalvelut, Helsinki, 55 s. + 31 liites.
- Malkki M & Loukkola K. 2015. Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2014. HSY:n julkaisu 6/2015. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä (HSY).
- Malkki M, Aarnio P, Matilainen L & Loukkola K. 2014. Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2013. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä, Helsinki. HSY: julkaisu 3/2014, 60 s.
- Malkki M, Niemi J, Lounasheimo J, Myllynen M, Julkunen A & Loukkola K. 2010. Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2009. HSY:n julkaisu 2/2010. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY, Helsinki.
- Oulun seudun ympäristötoimi. 2015. Oulun ilmanlaatu, mittaustulokset 2014. Oulun kaupunki, Oulun seudun ympäristötoimi. Julkaisu 2/2015. Julkaisu 2/2015.
- Paatero J, Dauvalter V, Derome J, Lehto J, Pasanen J, Vesala T, Miettinen J, Makkonen U, Kyrö E, Jernström J, Isaeva L & Derome K. 2008. Effects of Kola air pollution on the environment in the western part of the Kola peninsula and Finnish Lapland : final report. Ilmatieteen laitos. Raportteja 2008:6.
- Pärjälä E & Pulkkinen J. 2015a. Kuopion ilmanlaatu vuonna 2014. Kuopion kaupunki, alueelliset ympäristönsuojelupalvelut. JPP-kalibrointi Ky.
- Pärjälä E & Pulkkinen J. 2015b. Varkauden ilmanlaatu vuonna 2014. Keski-Savon ympäristötoimi. Ympäristönsuojelu. JPP-kalibrointi Ky.
- Pietarila H, Alaviippola B, Hellén H, Salmi T, Laurila T & Hakola H. 2002. Ilmanlaadun alustava arviointi Suomessa. Hiilimonoksidi ja bentseeni. The preliminary assessment under the EC air quality directives in Finland. Carbon monoxide and benzene. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun tutkimus, Helsinki, 46 s. + 12 liites.
- Pietarila H, Alaviippola B, Salmi T, Laurila T & Tuovinen J. 2003. Ilmanlaadun alustava arviointi Suomessa. Otsoni. The preliminary assessment under the EC air quality directives in Finland. Ozone. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun tutkimus, Helsinki, 50 s. + 16 liites.
- Pietarila H, Salmi T, Saari H & Pesonen R. 2001. Ilmanlaadun alustava arviointi Suomessa. Rikkidioksidi, typen oksidit, PM₁₀ ja lyijy. The preliminary assessment under the EC air quality directives in Finland. SO₂, NO₂/NO_x, PM₁₀ and lead. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun tutkimus, Helsinki, 51 s. + 31 liites.
- Saari H & Pesonen R. 2008. Hengitettävien hiukkasten sisältämien arseenin ja metallien pitoisuusmittaukset Kuopiossa. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun asiantuntijapalvelut, Helsinki. 18 s. + 1 liites.
- Salokannel K, Junnila L & Nuutinen K. 2015. Raahan alueen ilmanlaatu 2014. Ramboll. Suomen ympäristökeskus. 2015. *Ilman epäpuhtauksien päästöt Suomessa*. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Ilman_epapuhtauksien_paastot Luettu 20.7.2015 .
- Tampereen kaupunki. 2009. Tampereen ilmanlaatu 2008. Päästöt ja ilmanlaadun mittaustulokset. Tampereen kaupunki, ympäristönsuojelun julkaisu 4/2009, 66 s.
- Vestenius M, Leppänen S, Anttila P, Kyllönen K, Hatakka J, Hellén H, Hyvärinen A & Hakola H. 2011. Background concentrations and source apportionment of polycyclic aromatic hydrocarbons in south-eastern Finland. *Atmospheric Environment* 45 (20), 3391-3399.
- 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.
- World Health Organization (WHO), Regional Office for Europe. 2015. *Environment and Health Information System (ENHIS) [online database]*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. <http://www.euro.who.int/en/data-and-evidence/environment-and-health-information-system-ehis> Luettu 23.06.2015 .

LIITTEET

LIITE 1. Kaupunkien mittausasemat tyypeittäin ja niillä mitatut komponentit v.2013.

Ilmansaastealtistustasojen määrittämisessä käytetyt mittausasemat kunnittain sekä niillä mitattujen ilmansaasteiden pitoisuudet.

Mittausasemat 2013				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Kunta	Nimi	Ympäristö	Päästö	PM _{2,5} µg m ⁻³	PM ₁₀ µg m ⁻³	PM _c µg m ⁻³	SO ₂ µg m ⁻³	NO ₂ µg m ⁻³	NO µg m ⁻³	NO _x µgNO ₂ m ⁻³	O ₃ µg m ⁻³	CO µg m ⁻³	As ng m ⁻³	Cd ng m ⁻³	Ni ng m ⁻³	B(a)P ng m ⁻³	Pb ng m ⁻³	C ₆ H ₆ µg m ⁻³	TRS µg m ⁻³
1	Espoo	Leppävaara 4	kaupunki	7.0	19.6	12.6		27.0	16.8	52.7									
2	Espoo	Luukki	maaseutu	5.8			0.9	5.3	-0.2	4.9	55.5								
3	Hamina	HaminaKotka Satama/siirrettävä	tuntematon	10.8	14.9	4.1		13.7	5.2	21.7									
4	Harjavalta	Kaleva	esikaupunki		10.3		6.3		3.2				9.6	3.0	9.2				
5	Harjavalta	Pirkkala	esikaupunki		10.3		5.5												
6	Heinola	Heinolan keskusta	kaupunki		12.0			15.1	3.0	19.7									0.2
7	Helsinki	Tapanila	esikaupunki	8.8				16.3	3.9	22.2						1.0			
8	Helsinki	Vartiokylä Huivipolku	esikaupunki	6.8	10.8	4.0		14.6	3.7	20.3	48.4	206.5				0.7		0.6	
9	Helsinki	Mannerheimintie	kaupunki	8.5	24.5	16.0		37.4	23.9	74.0	39.1	231.3							
10	Helsinki	Töölöntulli	kaupunki					48.7											
11	Helsinki	Vallila 1	kaupunki		17.4		1.6	23.9	8.8	37.4									
12	Helsinki	Kallio 2	kaupunki	6.9	13.1	6.2		20.2	4.2	26.6	51.6		0.7	0.2	3.0	0.3	10.0	0.7	
13	Helsinki	Katajanokka 2	kaupunki	8.0			3.2	17.8	8.5	30.9									
14	Hyvinkää	Hyvinkää	kaupunki		15.5			16.5	10.0	31.8									
15	Hämeenlinna	Niittykatu	kaupunki		14.0			17.2	8.0	29.5		141.4							
16	Hämeenlinna	Evo (Lammi)	maaseutu								51.4								
17	Ilomantsi	Ilomantsi	maaseutu				0.7				59.1								
18	Imatra	Rautionkylä	esikaupunki		10.8		2.0	10.4	3.7	16.0									0.8
19	Imatra	Teppanala	esikaupunki	5.4	10.3	4.9													
20	Imatra	Mansikkala	kaupunki		10.2		1.1	9.3	3.0	13.8									0.5
21	Imatra	Pelkolan tulliasema Raja	maaseutu				1.0	11.7	7.7	23.4									0.8
22	Inari	Raja-Jooseppi	maaseutu		3.9		0.9				64.1								
23	Inkoo	Heimgård	maaseutu				1.2	5.0	1.2	6.9									
24	Jokioinen	Jokioinen	maaseutu								58.9								
25	Juupajoki	Hyytiälä	maaseutu													0.1			
26	Jyväskylä	Palokka 2	esikaupunki		10.2		0.7	9.1	4.5	16.1	38.9	58.5							
27	Jyväskylä	Lyseo 2	kaupunki	4.3	14.2	9.9	0.5	13.7	5.6	22.3		61.8							
28	Jämsä	Seppolantie	kaupunki		12.7			9.8	5.9	18.9									
29	Kaarina	Kaarina	kaupunki		9.7			12.6	6.7	22.8									
30	Kajaani	Kajaanin keskusta 3	kaupunki		12.0			18.7	11.4	36.2									

Mittausasemat 2013				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Kunta	Nimi	Ympäristö	Päästö	PM _{2.5} µg m ⁻³	PM ₁₀ µg m ⁻³	PM _c µg m ⁻³	SO ₂ µg m ⁻³	NO ₂ µg m ⁻³	NO µg m ⁻³	NO _x µgNO ₂ m ⁻³	O ₃ µg m ⁻³	CO µg m ⁻³	As ng m ⁻³	Cd ng m ⁻³	Ni ng m ⁻³	B(a)P ng m ⁻³	Pb ng m ⁻³	C ₆ H ₆ µg m ⁻³	TRS µg m ⁻³
31	Kauniainen	Kauniainen 2	esikaupunki tausta													0.4			
32	Kauniainen	Kauniainen 4	esikaupunki tausta	7.1				10.6	1.8	13.3									
33	Kittilä	Matorova	maaseutu tausta	1.8									0.1	0.0	0.2	0.0	0.4		
34	Kokkola	Ykspihlaja	esikaupunki teollisuus		10.5		5.9	7.8	1.9	10.8									
35	Kokkola	Keskusta Pitkänsillankatu	kaupunki liikenne	6.3	13.2	6.9		12.8	5.2	20.7									
36	Kotka	Rauhala	esikaupunki teollisuus		13.9			11.5	6.8	21.8									0.5
37	Kotka	Kirjastotalo	kaupunki tausta		11.5			11.5	2.7	15.6									0.5
38	Kouvola	Kuusankoski Mäkikylä	esikaupunki teollisuus	6.6	12.9	6.3													
39	Kouvola	Kuusankoski Urheilukentäntie	esikaupunki teollisuus																0.2
40	Kouvola	Kouvola Käsiyöläiskatu	kaupunki tausta		13.1			11.3	4.1	17.6									
41	Kuopio	Sorsasalo	esikaupunki teollisuus				2.4												0.3
42	Kuopio	Maaherrankatu	kaupunki liikenne		12.0			16.6	9.2	30.7		84.6							
43	Kuopio	Tasavallankatu	kaupunki liikenne		17.1			17.1	18.3	45.0									
44	Kuopio	Kasarmipuisto	kaupunki tausta	5.3	10.3	5.0		11.1	4.0	17.2	50.6								
45	Kuopio	Haminalahti	maaseutu teollisuus																1.2
46	Kuusamo	Oulanka	maaseutu tausta				0.6	0.8	0.1	0.9	62.6								
47	Lahti	Laune	esikaupunki liikenne		16.4			16.7	16.9	42.6								0.8	
48	Lahti	Satulakatu	esikaupunki tausta								46.8								
49	Lahti	Saimaankatu	kaupunki liikenne	6.6	9.6	3.0													
50	Lahti	Vesku 11	kaupunki liikenne					28.2	24.9	66.4								0.8	
51	Lahti	Kisapuisto	kaupunki tausta					10.0	4.1	16.2									
52	Lappeenranta	Joutsenon keskusta	esikaupunki liikenne		11.9		1.5												0.5
53	Lappeenranta	Ihalainen	esikaupunki teollisuus		15.5			14.9	8.4	27.7									0.5
54	Lappeenranta	Lauritsala	esikaupunki teollisuus		12.4			10.3	3.2	15.2									0.5
55	Lappeenranta	Pulp	esikaupunki teollisuus				1.1												1.9
56	Lappeenranta	Tirilä Pekkaskatu	esikaupunki teollisuus	7.4			1.3	8.9	2.6	12.8									0.6
57	Lappeenranta	Lappeenrannan keskusta 4	kaupunki liikenne	6.9	18.1	11.2		11.6	5.6	20.1									0.3
58	Lohja	Nahkurintori 2	kaupunki tausta	6.1	11.1	5.0		9.7	2.7	13.9									
59	Luoto	Vikarholmen	esikaupunki teollisuus				0.6												0.7
60	Länsi-Turunmaa	Utö	maaseutu tausta	3.8			0.6	3.2	0.3	3.7	70.3								
61	Länsi-Turunmaa	Parainen III	esikaupunki teollisuus		12.3														
62	Mikkeli	Porrassalmenkatu	kaupunki liikenne																
63	Muonio	Sammaltunturi	maaseutu tausta		3.2		0.4	1.0	0.0	1.0	69.5							0.2	
64	Naantali	Naantalin keskusta	kaupunki liikenne		11.3		1.3	14.3	7.9	26.3									
65	Oulu	Pyykösjärvi	esikaupunki tausta		9.6			11.2	3.3	16.3	55.6								
66	Oulu	Nokela	esikaupunki teollisuus				0.9												0.2
67	Oulu	Oulun Keskusta 2	kaupunki liikenne	6.6	14.3	7.7		25.3	23.4	61.1		57.6							

Mittausasemat 2013				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Kunta	Nimi	Ympäristö	Päästö	PM _{2.5} µg m ⁻³	PM ₁₀ µg m ⁻³	PM _C µg m ⁻³	SO ₂ µg m ⁻³	NO ₂ µg m ⁻³	NO µg m ⁻³	NO _x µgNO ₂ m ⁻³	O ₃ µg m ⁻³	CO µg m ⁻³	As ng m ⁻³	Cd ng m ⁻³	Ni ng m ⁻³	B(a)P ng m ⁻³	Pb ng m ⁻³	C ₆ H ₆ µg m ⁻³	TRS µg m ⁻³	
68	Pieksämäki	Savontie	kaupunki		10.8															
69	Pietarsaari	Bottenviksvägen	kaupunki		14.7		1.5	11.3	6.8	21.6										0.4
70	Pori	Porin Keskusta	kaupunki		9.2		0.9	18.6	12.5	37.6		262.0								
71	Pori	Pastuskeri	maaseutu				0.7													
72	Porvoo	Mustijoki	maaseutu				1.2	11.5	1.0	13.0	51.0									
73	Porvoo	Nyby	maaseutu				1.3													
74	Porvoo	Svartbäck	maaseutu																	
75	Raahe	Lapaluoto	esikaupunki				2.3									1.0	7.0			
76	Raahe	Raahan keskusta 2	kaupunki		9.4			16.9	8.9	30.5						0.5	4.0			
77	Raahe	Merikatu	kaupunki	6.3			1.9									0.7	10.0			
78	Raisio	Kaanaan koulu	esikaupunki				1.2													
79	Raisio	Raision keskusta	kaupunki		13.5			19.9	14.4	41.9										
80	Rauma	Hallikatu	kaupunki		13.0			10.7	5.0	18.3										
81	Seinäjäki	Vapaudentie 6a	kaupunki		13.2			14.6	11.1	31.6										
82	Sodankylä	Sodankylä	maaseutu								57.9									
83	Tampere	Epila 2	esikaupunki	7.9	13.9	6.0														
84	Tampere	Pirkankatu	kaupunki		15.6			19.4	10.5	35.4										
85	Tampere	Kaleva	kaupunki	6.6		3.7		11.7	3.2	16.6	54.2									
86	Tampere	Linja-autoasema	kaupunki	6.9				25.2	17.6	52.1										
87	Turku	Oriketo	esikaupunki	7.1	11.4	4.3		16.6	8.5	29.5										
88	Turku	Turun Kauppatori	kaupunki		15.0			28.1	17.7	55.2		95.7								
89	Turku	Ruissalo Saaronniemi	maaseutu				1.8	7.9	2.4	11.6	59.3									
90	Utsjoki	Kevo	maaseutu				0.6													
91	Vaasa	Vaasan keskusta	kaupunki		17.5			27.1	10.2	42.7										
92	Vaasa	Vaasa vesitorni	kaupunki	4.9	8.1	3.2					59.8									
93	Valkeakoski	Hiekkatekonurmi	esikaupunki		11.9															
94	Valkeakoski	Valkeakosken terveyskeskus	kaupunki				1.6	7.6												
95	Vantaa	Tikkurila 3	esikaupunki	7.2	13.8	6.6		26.6	20.3	57.6		261.6						0.9		
96	Vantaa	Tikkurila 2	esikaupunki								47.3									
97	Vantaa	Kehä III Varisto	tuntematon	8.3	22.9	14.6		32.8	37.3	89.9										
98	Varkaus	Pääterveysasema	esikaupunki	5.4				6.0	2.0	9.1										1.1
99	Varkaus	Taulumäki (toripaviljonki)	kaupunki					8.9	3.6	14.3										0.4
100	Varkaus	Psaari 2	kaupunki		12.7			11.9	8.4	24.8										0.5
101	Virolahti	Virolahti	maaseutu	6.3	10.6	4.3	0.8	4.0	0.3	4.5	59.1		0.3	0.0	0.3	0.2	2.5			
102	Ähtäri	Ähtäri 2	maaseutu					2.2	0.1	2.4	57.0		0.1	0.0	0.1		1.2			
103	Äänekoski	Äänekoski Hiski	esikaupunki		13.0		0.6	8.8												1.4
Asemia yhteensä				33	62	23	39	70	68	67	25	12	7	7	7	12	9	8	24	

LIITE 2. Vuoden 2013 mittauspaikkakuntien väkiluvut ja koordinaatit.

Vuonna 2013 ilmanlaatua seurattiin 52 paikkakunnalla, joissa asui vajaat 3,3 miljoonaa ihmistä.

Kunta	Väkiluku	Leveys (N)	Pituus (E)
1 Helsinki	624 427	60.17	24.93
2 Espoo	266 791	60.21	24.66
3 Tampere	223 292	61.50	23.76
4 Vantaa	211 730	60.29	25.03
5 Oulu	196 956	65.01	25.47
6 Turku	184 339	60.45	22.25
7 Jyväskylä	135 961	62.24	25.75
8 Kuopio	111 198	62.89	27.68
9 Lahti	103 882	60.98	25.66
10 Kouvola	86 283	60.87	26.70
11 Pori	85 379	61.49	21.80
12 Lappeenranta	72 724	61.06	28.19
13 Hämeenlinna	68 001	61.00	24.47
14 Vaasa	66 954	63.10	21.63
15 Seinäjoki	61 084	62.79	22.84
16 Mikkeli	54 655	61.69	27.27
17 Kotka	54 483	60.47	26.95
18 Porvoo	49 934	60.40	25.67
19 Lohja	47 606	60.25	24.07
20 Kokkola	47 413	63.84	23.13
21 Hyvinkää	46 509	60.63	24.86
22 Rauma	39 954	61.13	21.51
23 Kajaani	37 714	64.23	27.73
24 Kaarina	32 229	60.41	22.38
25 Imatra	27 998	61.21	28.83
26 Raahe	25 359	64.69	24.48
27 Raisio	24 386	60.49	22.17
28 Varkaus	21 731	62.31	27.89
29 Jämsä	21 727	61.87	25.18
30 Valkeakoski	21 158	61.27	24.03
31 Hamina	21 021	60.57	27.19
32 Äänekoski	19 929	62.62	25.68
33 Heinola	19 645	61.20	26.04
34 Pietarsaari	19 579	63.68	22.71
35 Pieksämäki	19 042	62.30	27.17
36 Naantali	18 881	60.47	22.03
37 Kuusamo	15 800	65.98	29.17
38 Länsi-Turunmaa	15 480	60.31	22.30
39 Kauniainen	9 334	60.21	24.73
40 Sodankylä	8 815	67.42	26.59
41 Harjavalta	7 365	61.31	22.12
42 Inari	6 806	68.91	27.03
43 Kittilä	6 463	67.66	24.91
44 Ähtäri	6 172	62.56	24.09
45 Inkoo	5 606	60.05	24.01
46 Jokioinen	5 504	60.79	23.50
47 Ilomantsi	5 460	62.67	30.94
48 Luoto	5 111	63.71	22.76
49 Virolahti	3 394	60.59	27.71
50 Muonio	2 372	67.96	23.68
51 Juupajoki	2 010	61.80	24.44
52 Utsjoki	1 264	69.91	27.03
Asukkaita yhteensä	3 276 910		

LIITE 3. Ilmanlaadun mittaustulokset vuonna 2013.

Mittausasemien PM_{2,5} – pitoisuuksien vuosikeskiarvot v.2013 (Ilmanlaatuportaali 2015).

	Kunta	Asema	Aseman lähiympäristö	Lähiympäristön päästö	Vuosikeskiarvo PM _{2,5} µg/m ³
1	Hamina	HaminaKotka Satama/siirrettävä	tuntematon	teollisuus	10,8
2	Helsinki	Tapanila	esikaupunki	tausta	8,8
3	Helsinki	Mannerheimintie	kaupunki	liikenne	8,5
4	Vantaa	Kehä III Varisto	tuntematon	liikenne	8,3
5	Helsinki	Katajanokka 2	kaupunki	tuntematon	8,0
6	Tampere	Epila 2	esikaupunki	liikenne	7,9
7	Lappeenranta	Tirilä Pekkasenkatu	esikaupunki	teollisuus	7,4
8	Vantaa	Tikkurila 3	esikaupunki	liikenne	7,2
9	Kauniainen	Kauniainen 4	esikaupunki	tausta	7,1
10	Turku	Oriketo	esikaupunki	teollisuus	7,1
11	Espoo	Leppävaara 4	kaupunki	liikenne	7,0
12	Helsinki	Kallio 2	kaupunki	tausta	6,9
13	Lappeenranta	Lappeenrannan keskusta 4	kaupunki	liikenne	6,9
14	Tampere	Linja-autoasema	kaupunki	tausta	6,9
15	Helsinki	Vartiokylä Huivipolku	esikaupunki	tausta	6,8
16	Kouvola	Kuusankoski Mäkikylä	esikaupunki	teollisuus	6,6
17	Lahti	Saimaankatu	kaupunki	liikenne	6,6
18	Oulu	Oulun keskusta 2	kaupunki	liikenne	6,6
19	Tampere	Kaleva	esikaupunki	teollisuus	6,6
20	Kokkola	Keskusta Pitkänsil-lankatu	kaupunki	liikenne	6,3
21	Raahe	Merikatu	kaupunki	teollisuus	6,3
22	Virolahti	Virolahti	maaseutu	tausta	6,3
23	Lohja	Nahkurintori 2	kaupunki	tausta	6,1
24	Espoo	Luukki	maaseutu	tausta	5,8
25	Imatra	Teppanala	esikaupunki	teollisuus	5,4
26	Varkaus	Pääterveysasema	esikaupunki	teollisuus	5,4
27	Kuopio	Kasarmipuisto	kaupunki	tausta	5,3
28	Vaasa	Vaasa vesitorni	kaupunki	tausta	4,9
29	Jyväskylä	Lyseo 2	kaupunki	liikenne	4,3
30	Länsi-Turunmaa	Utö	maaseutu	tausta	3,8
31	Kittilä	Matorova	maaseutu	tausta	1,8

Mittauspaikkakuntien keskimääräiset PM₁₀ -pitoisuudet sekä mittausasemien keskiarvot asematyypeittäin (2013) (Ilmanlaatuportaali 2015).

	Kunta	Asemien lukumäärä	Teollisuus	Liikenne	Kaupunki- tausta	Esikaupunki- tausta	Maaseutu- tausta	Ka. PM ₁₀ µg/m ³
1	Espoo	1		19,6				19,6
2	Vantaa	2		18,4				18,4
3	Helsinki	4		21,0	13,1	10,8		16,5
4	Hyvinkää	1		15,5				15,5
5	Hamina	1	14,9					14,9
6	Tampere	2		14,8				14,8
7	Pietarsaari	1		14,7				14,7
8	Lappeenranta	4	14,0	15,0				14,5
9	Hämeenlinna	1			14,0			14,0
10	Raisio	1		13,5				13,5
11	Seinäjoki	1		13,2				13,2
12	Turku	2	11,4	15,0				13,2
13	Kuopio	4	23,0*	14,6	10,3			13,1
14	Kouvola	2	12,9		13,1			13,0
15	Lahti	2		13,0				13,0
16	Rauma	1		13,0				13,0
17	Äänekoski	1	13,0					13,0
18	Vaasa	2		17,5	8,1			12,8
19	Jämsä	1		12,7				12,7
20	Kotka	2	13,9		11,5			12,7
21	Varkaus	1	12,7					12,7
22	Länsi-Turunmaa	1	12,3					12,3
23	Jyväskylä	2		14,2		10,2		12,2
24	Heinola	1		12,0				12,0
25	Kajaani	1		12,0				12,0
26	Oulu	2		14,3		9,6		12,0
27	Valkeakoski	1		11,9				11,9
28	Kokkola	2	10,5	13,2				11,9
29	Naantali	1		11,3				11,3
30	Lohja	1			11,1			11,1
31	Pieksämäki	1		10,8				10,8
32	Virolahti	1					10,6	10,6
33	Imatra	3	10,6	10,2				10,4
34	Harjavalta	2	10,3					10,3
35	Kaarina	1			9,7			9,7
36	Raahe	1		9,4				9,4
37	Pori	1		9,2				9,2
38	Inari	1					3,9	3,9
39	Muonio	1					3,2	3,2
*Kuopion Sorsasalons mittausasema sijaitsi siltatyömaan läheisyydessä eikä edusta väestön yleistä altistumista, joten se on jätetty keskiarvojen sekä väestöpainotettujen pitoisuuksien laskuista pois.							Asemia yht.	60

Mittausasemien O₃ -pitoisuuksien vuosikeskiarvot v.2013 (Ilmanlaatuportaali 2015).

	Kunta	Asema	Aseman lähiympäristö	Lähiympäristön päästö	Vuosikeskiarvo O ₃ µg/m ³
1	Länsi-Turunmaa	Utö	maaseutu	tausta	70,3
2	Muonio	Sammaltunturi	maaseutu	tausta	69,5
3	Inari	Raja-Jooseppi	maaseutu	tausta	64,1
4	Kuusamo	Oulanka	maaseutu	tausta	62,6
5	Vaasa	Vaasa vesitorni	kaupunki	tausta	59,8
6	Turku	Ruissalo Saaron- niemi	maaseutu	teollisuus	59,3
7	Ilomantsi	Ilomantsi	maaseutu	tausta	59,1
8	Virolahti	Virolahti	maaseutu	tausta	59,1
9	Jokioinen	Jokioinen	maaseutu	tausta	58,9
10	Sodankylä	Sodankylä	maaseutu	tausta	57,9
11	Ähtäri	Ähtäri 2	maaseutu	tausta	57,0
12	Oulu	Pyykösjärvi	esikaupunki	tausta	55,6
13	Espoo	Luukki	maaseutu	tausta	55,5
14	Tampere	Kaleva	esikaupunki	teollisuus	54,2
15	Helsinki	Kallio 2	kaupunki	tausta	51,6
16	Hämeenlinna	Evo (Lammi)	maaseutu	tausta	51,4
17	Porvoo	Mustijoki	maaseutu	teollisuus	51,0
18	Kuopio	Kasarmipuisto	kaupunki	tausta	50,6
19	Helsinki	Vartiokylä Huivi- polku	esikaupunki	tausta	48,4
20	Vantaa	Tikkurila 2	esikaupunki	tausta	47,3
21	Lahti	Satulakatu	esikaupunki	tausta	46,8
22	Helsinki	Mannerheimintie	kaupunki	liikenne	39,1
23	Jyväskylä	Palokka 2	esikaupunki	tausta	38,9

Mittauspaikkakuntien keskimääräiset NO₂ -pitoisuudet sekä mittausasemien keskiarvot asematyypeittäin 2013 (Ilmanlaatuportaali 2015).

	Kunta	Asemien lukumäärä	Teollisuus	Liikenne	Kaupunki-tausta	Esikaupunki-tausta	Maaseutu-tausta	Mittauspaikkakunnan ka. PM ₁₀ µg/m ³
1	Vantaa	2		29,7				29,7
2	Vaasa	1		27,1				27,1
3	Helsinki	7		36,7	20,2	15,5		25,6
4	Raisio	1		19,9				19,9
5	Tampere	3	11,7	19,4	25,2			18,8
6	Kajaani	1		18,7				18,7
7	Pori	1		18,6				18,6
8	Lahti	3		22,5	10,0			18,3
9	Oulu	2		25,3		11,2		18,3
10	Turku	3	12,3	28,1				17,5
11	Hämeenlinna	1			17,2			17,2
12	Raahe	1		16,9				16,9
13	Hyvinkää	1		16,5				16,5
14	Espoo	2		27,0			5,3	16,2
15	Heinola	1		15,1				15,1
16	Kuopio	3		16,9	11,1			14,9
17	Seinäjoki	1		14,6				14,6
18	Naantali	1		14,3				14,3
19	Hamina	1	13,7					13,7
20	Kaarina	1			12,6			12,6
21	Kotka	2	11,5		11,5			11,5
22	Porvoo	1	11,5					11,5
23	Lappeenranta	4	11,4	11,6				11,4
24	Jyväskylä	2		13,7		9,1		11,4
25	Kouvola	1			11,3			11,3
26	Pietarsaari	1		11,3				11,3
27	Rauma	1		10,7				10,7
28	Kauniainen	1				10,6		10,6
29	Imatra	3	11,1	9,3				10,5
30	Kokkola	2	7,8	12,8				10,3
31	Jämsä	1		9,8				9,8
32	Lohja	1			9,7			9,7
33	Varkaus	3	9,0		8,9			8,9
34	Äänekoski	1	8,8					8,8
35	Valkeakoski	1	7,6					7,6
36	Inkoo	1	5,0					5,0
37	Virolahti	1					4,0	4,0
38	Länsi-Turunmaa	1					3,2	3,2
39	Ähtäri	1					2,2	2,2
40	Muonio	1					1,0	1,0
41	Kuusamo	1					0,8	0,8
	Asemia yhteensä	68						

Mittausasemien SO₂ -pitoisuuksien vuosikeskiarvot v2013 (Ilmanlaatuportaali 2015).

	Kunta	Asema	Aseman lähiympäristö	Lähiympäristön päästö	Vuosikeskiarvo SO ₂ µg/m ³
1	Harjavalta	Kaleva	esikaupunki	teollisuus	6,6
2	Helsinki	Länsisatama 2	kaupunki	tuntematon	5,9
3	Kokkola	Ykspihlaja	esikaupunki	teollisuus	5,1
4	Harjavalta	Pirkkala	esikaupunki	teollisuus	4,5
5	Kuopio	Sorsasalo	esikaupunki	teollisuus	3,1
6	Raahe	Lapaluoto	esikaupunki	teollisuus	2,6
7	Naantali	Keskusta	kaupunki	liikenne	2,6
8	Turku	Ruissalo	maaseutu	teollisuus	2,6
9	Imatra	Rautionkylä	esikaupunki	teollisuus	2,2
10	Lappeenranta	Keskusta 4	kaupunki	liikenne	2,2
11	Helsinki	Vallila 1	kaupunki	liikenne	2,1
12	Imatra	Pelkolan tulliasema	maaseutu	teollisuus	2,1
13	Raahe	Merikatu	kaupunki	teollisuus	2,0
14	Porvoo	Nyby	maaseutu	teollisuus	1,9
15	Lappeenranta	Pulp	esikaupunki	teollisuus	1,8
16	Lappeenranta	Tirilä	esikaupunki	teollisuus	1,7
17	Pietarsaari	Bottenviksvägen	kaupunki	liikenne	1,7
18	Inari	Raja-Jooseppi	maaseutu	tausta	1,6
19	Inkoo	Heimgård	maaseutu	teollisuus	1,6
20	Oulu	Nokela	esikaupunki	teollisuus	1,6
21	Imatra	Mansikkala	esikaupunki	tausta	1,5
22	Rauma	Sinisaari	esikaupunki	teollisuus	1,5
23	Virolahti	Virolahti	maaseutu	tausta	1,4
24	Raisio	Kaanaan koulu	esikaupunki	teollisuus	1,4
25	Pori	Keskusta	kaupunki	liikenne	1,3
26	Porvoo	Mustijoki	maaseutu	teollisuus	1,2
27	Espoo	Luukki	maaseutu	tausta	1,1
28	Ilomantsi	Ilomantsi	maaseutu	tausta	1,1
29	Jyväskylä	Palokka 2	esikaupunki	tausta	1,1
30	Kuusamo	Oulanka	maaseutu	tausta	0,9
31	Muonio	Sammaltunturi	maaseutu	tausta	0,9
32	Utsjoki	Kevo	maaseutu	tausta	0,9
33	Länsi-	Utö	maaseutu	tausta	0,8
34	Jyväskylä	Lyseo 2	kaupunki	liikenne	0,7
35	Äänekoski	Hiski	esikaupunki	teollisuus	0,7
36	Luoto	Vikarholmen	esikaupunki	teollisuus	0,6

Mittauspaikkakuntien keskimääräiset NO_x -pitoisuudet sekä mittausasemien keskiarvot asematyypeittäin 2013 (Ilmanlaatuportaali 2015).

	Kunta	Asemien lukumäärä	Teollisuus	Liikenne	Kaupunki- tausta	Esikaupunki- tausta	Maaseutu- tausta	Mittauspaikkakunnan ka. µg NO ₂ /m ³
1	Vantaa	2		73,7				73,7
2	Vaasa	1		42,7				42,7
3	Raisio	1		41,9				41,9
4	Lahti	3		54,5	16,2			41,7
5	Oulu	2		61,1		16,3		38,7
6	Pori	1		37,6				37,6
7	Kajaani	1		36,2				36,2
8	Helsinki	6		55,7	26,6	21,3		35,2
9	Tampere	3		35,4	34,3			34,7
10	Turku	3	20,6	55,2				32,1
11	Hyvinkää	1		31,8				31,8
12	Seinäjoki	1		31,6				31,6
13	Kuopio	3		37,9	17,2			31,0
14	Raahe	1		30,5				30,5
15	Hämeenlinna	1			29,5			29,5
16	Espoo	2		52,7			4,9	28,8
17	Naantali	1		26,3				26,3
18	Kaarina	1			22,8			22,8
19	Pietarsaari	1		21,6				21,6
20	Kotka	3	21,8		15,6			19,7
21	Heinola	1		19,7				19,7
22	Jyväskylä	2		22,3		16,1		19,2
23	Lappeenranta	4	18,6	20,1				19,0
24	Jämsä	1		18,9				18,9
25	Rauma	1		18,3				18,3
26	Imatra	3	19,7	13,8				17,8
27	Kouvola	1			17,6			17,6
28	Varkaus	3	17,0		14,3			16,1
29	Kokkola	2	10,8	20,7				15,7
30	Lohja	1			13,9			13,9
31	Kauniainen	1				13,3		13,3
32	Porvoo	1	13,0					13,0
33	Inkoo	1	6,9					6,9
34	Virolahti	1					4,5	4,5
35	Länsi- Turunmaa	1					3,7	3,7
36	Ähtäri	1					2,4	2,4
37	Muonio	1					1,0	1,0
38	Kuusamo	1					0,9	0,9
	Asemia yhteensä	65						

Mittausasemien TRS -pitoisuuksien vuosikeskiarvot v2013 (Ilmanlaatuportaali 2015).

	Kunta	Asema	Aseman lähiympäristö	Lähiympäristön päästö	Vuosikeskiarvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1	Lappeenranta	Pulp	esikaupunki	teollisuus	1.90
2	Äänekoski	Äänekoski Hiski	esikaupunki	teollisuus	1.42
3	Kuopio	Haminalahti	maaseutu	teollisuus	1.23
4	Varkaus	Pääterveysasema	esikaupunki	teollisuus	1.11
5	Imatra	Rautionkylä	esikaupunki	teollisuus	0.82
6	Imatra	Pelkolan tulliasema Raja	maaseutu	teollisuus	0.76
7	Luoto	Vikarholmen	esikaupunki	teollisuus	0.67
8	Lappeenranta	Tirilä Pekkasenkatu	esikaupunki	teollisuus	0.56
9	Lappeenranta	Lauritsala	esikaupunki	teollisuus	0.53
10	Lappeenranta	Joutsenon keskusta	esikaupunki	liikenne	0.52
11	Kotka	Kirjastotalo	kaupunki	tausta	0.52
12	Imatra	Mansikkala	kaupunki	liikenne	0.51
13	Kotka	Rauhala	esikaupunki	teollisuus	0.48
14	Lappeenranta	Ihalainen	esikaupunki	teollisuus	0.47
15	Varkaus	Psaari 2	kaupunki	teollisuus	0.46
16	Varkaus	Taulumäki (toripaviljonki)	kaupunki	tausta	0.41
17	Pietarsaari	Bottenviksvägen	kaupunki	liikenne	0.35
18	Kuopio	Sorsasalo	esikaupunki	teollisuus	0.32
19	Lappeenranta	Lappeenrannan keskusta 4	kaupunki	liikenne	0.26
20	Heinola	Heinolan keskusta	kaupunki	liikenne	0.20
21	Oulu	Nokela	esikaupunki	teollisuus	0.17
22	Kouvola	Kuusankoski Urheilukentäntie	esikaupunki	teollisuus	0.16

LIITE 4. Ilmansaasteiden yhteisasemien lukumäärät, ilmansaasteiden väliset korrelaatiot sekä niiden itsenäisyys Suomessa, pääkaupunkiseudulla ja kaupungeissa v.2013

Liitteissä 4.1.1. – 4.3.3. on laskettu yhteisasemien lukumäärät, ilmansaasteiden väliset korrelaatiot sekä niiden itsenäisyys koko Suomessa, pääkaupunkiseudulla sekä kaikilla kaupunkiasemiksi luokitelluilla asemilla. Ilmansaasteiden väliset korrelaatiot laskettiin vertailemalla asemien päiväkeskiarvoja, niillä komponenteilla joilta oli saatavissa tuntidataa Ilmanlaatuportaalista (ilmanlaatu.fi). Ilmansaasteiden välinen riippuvuus laskettiin Pearsonin korrelaatiokerrointa käyttäen. Komponenttien vuorokausipitoisuuksien välisellä itsenäisyydellä tarkoitetaan tässä tapauksessa sitä, että kuinka paljon komponenttien välisestä yhteisvaikutuksesta voidaan selittää toisen komponentin läsnäololla. Mitä lähempänä lukema on nollaa sitä isompi merkitys toisen komponentin läsnäololla on toisen pitoisuuteen. Esimerkiksi typen oksidien (NO_x) ja typpimonoksidin (NO) välinen itsenäisyys on pieni (0,04-0,06), eli typen oksidien pitoisuutta voidaan selittää typpimonoksidin läsnäololla, ts. typen oksideja harvemmin esiintyy ilman typpimonoksidia. Komponenttien välinen itsenäisyys laskettiin vähentämällä luvusta 1, Pearsonin korrelaatiokertoimen neliö ($1-r^2$).

Hiilimonoksidilla on kohtalainen korrelaatio pienhiukkasten sekä typen oksidien kanssa, joka on selitettävissä sillä, että hiilimonoksidia mitataan useimmiten liikenneympäristöissä sekä esikaupunkien ja kaupunkien tausta-asemilla, joilla esiintyy myös liikenteestä peräisin olevaa typen oksideja tai puun pienpoltosta peräisin olevia pienhiukkasia. Otsonilla ja typen oksideilla on havaittavissa negatiivista korrelaatiota. Liikenteen pakokaasujen typen oksidit ovat yksi tärkeimmistä otsonin muodostumiseen vaikuttavista tekijöistä, mutta toisaalta pakokaasujen typpimonoksidi myös kuluttaa otsonia ja pienentää pitoisuuksia liikenneympäristöissä. Suurimmat otsonin pitoisuudet mitataan maaseudun tausta-asemilla, joiden lähellä ei ole päästölähteitä. Hengitettävien hiukkasten ja typen oksidien pitoisuuksissa on suurempi korrelaatio verrattuna pienhiukkasten ja typen oksidien pitoisuuksissa, joka todennäköisesti johtuu liikenneympäristöistä joissa syntyy suurempi määrä hengitettäviä hiukkasia kuin pienhiukkasia.

Liite 4.1.1. Yhteisasemien lukumäärä Suomessa

v.2013	Hiukkaset			Kaasut						
Suomi	PM _{2.5}	PM ₁₀	PMcoarse	SO ₂	NO ₂	NO	NOx	O ₃	CO	TRS
PM _{2.5}	31	20	21	7	24	23	24	9	5	3
PM ₁₀		60	20	16	48	48	47	10	10	12
PMcoarse			21	2	16	16	16	7	5	1
SO ₂				37	22	20	20	10	3	11
NO ₂					68	65	65	15	10	15
NO						66	65	15	10	14
NOx							65	15	10	14
O ₃								23	3	0
CO									10	0
TRS										22

Liite 4.1.2. Komponenttien vuorokausipitoisuuksien väliset korrelaatiot Suomessa

v.2013	Hiukkaset			Kaasut						
Suomi	PM _{2.5}	PM ₁₀	PMcoarse	SO ₂	NO ₂	NO	NOx	O ₃	CO	TRS
PM _{2.5}	1.00	0.60	0.29	0.29	0.31	0.17	0.23	-0.08	0.44	0.00
PM ₁₀		1.00	0.94	0.10	0.43	0.29	0.36	-0.14	0.25	0.07
PMcoarse			1.00	0.09	0.44	0.31	0.37	-0.02	0.11	0.20
SO ₂				1.00	0.30	0.21	0.26	0.06	0.34	0.14
NO ₂					1.00	0.76	0.90	-0.41	0.52	0.07
NO						1.00	0.97	-0.40	0.48	0.05
NOx							1.00	-0.44	0.52	0.07
O ₃								1.00	-0.04	-
CO									1.00	-
TRS										1.00

Liite 4.1.3. Komponenttien vuorokausipitoisuuksien välinen itsenäisyys Suomessa

v.2013	Hiukkaset			Kaasut						
Suomi	PM _{2.5}	PM ₁₀	PMcoarse	SO ₂	NO ₂	NO	NOx	O ₃	CO	TRS
PM _{2.5}	1.00	0.64	0.92	0.91	0.91	0.97	0.95	0.99	0.81	1.00
PM ₁₀		1.00	0.12	0.99	0.81	0.91	0.87	0.98	0.94	0.99
PMcoarse			1.00	0.99	0.81	0.91	0.87	1.00	0.99	0.96
SO ₂				1.00	0.91	0.96	0.93	1.00	0.88	0.98
NO ₂					1.00	0.42	0.19	0.83	0.73	0.99
NO						1.00	0.06	0.84	0.77	1.00
NOx							1.00	0.81	0.73	1.00
O ₃								1.00	1.00	-
CO									1.00	-
TRS										1.00

Liite 4.2.1. Yhteisasemien lukumäärä pääkaupunkiseudulla

v.2013	Hiukkaset			Kaasut						
PKS	PM _{2.5}	PM ₁₀	PMcoarse	SO ₂	NO ₂	NO	NOx	O ₃	CO	TRS
PM _{2.5}	10	6	6	2	10	10	10	4	3	0
PM ₁₀		7	6	1	7	7	7	3	3	0
PMcoarse			6	0	6	6	6	3	3	0
SO ₂				3	3	3	3	1	0	0
NO ₂					12	11	11	4	3	0
NO						11	11	4	3	0
NOx							11	4	3	0
O ₃								5	2	0
CO									3	0
TRS										0

Liite 4.2.2. Komponenttien vuorokausipitoisuuksien väliset korrelaatiot pääkaupunkiseudulla

v.2013	Hiukkaset			Kaasut						
PKS	PM _{2.5}	PM ₁₀	PMcoarse	SO ₂	NO ₂	NO	NOx	O ₃	CO	TRS
PM _{2.5}	1.00	0.50	0.23	0.26	0.28	0.16	0.19	0.00	0.46	-
PM ₁₀		1.00	0.96	0.41	0.54	0.35	0.42	-0.03	0.31	-
PMcoarse			1.00	-	0.51	0.34	0.40	-0.05	0.17	-
SO ₂				1.00	0.43	0.41	0.35	0.13	-	-
NO ₂					1.00	0.78	0.89	-0.42	0.61	-
NO						1.00	0.98	-0.48	0.67	-
NOx							1.00	-0.46	0.67	-
O ₃								1.00	-0.27	-
CO									1.00	-
TRS										1.00

Liite 4.2.3. Komponenttien vuorokausipitoisuuksien välinen itsenäisyys pääkaupunkiseudulla

v.2013	Hiukkaset			Kaasut						
PKS	PM _{2.5}	PM ₁₀	PMcoarse	SO ₂	NO ₂	NO	NOx	O ₃	CO	TRS
PM _{2.5}	1.00	0.75	0.95	0.93	0.92	0.97	0.96	1.00	0.79	-
PM ₁₀		1.00	0.09	0.83	0.71	0.87	0.82	1.00	0.90	-
PMcoarse			1.00	-	0.74	0.88	0.84	1.00	0.97	-
SO ₂				1.00	0.82	0.83	0.88	0.98	-	-
NO ₂					1.00	0.39	0.21	0.82	0.62	-
NO						1.00	0.04	0.77	0.55	-
NOx							1.00	0.79	0.55	-
O ₃								1.00	0.93	-
CO									1.00	-
TRS										1.00

Liite 4.3.1. Yhteisasemien lukumäärä kaupunkien mittausasemilla

v.2013	Hiukkaset			Kaasut						
Kaupungit	PM _{2,5}	PM ₁₀	PMcoarse	SO ₂	NO ₂	NO	NOx	O ₃	CO	TRS
PM _{2,5}	15	11	12	3	12	12	12	5	3	1
PM ₁₀		35	11	6	32	32	32	4	7	6
PMcoarse			12	1	10	10	10	5	3	1
SO ₂				9	8	7	7	0	2	2
NO ₂					40	38	38	4	7	7
NO						38	38	4	7	7
NOx							38	4	7	3
O ₃								5	1	0
CO									7	0
TRS										7

Liite 4.3.2. Komponenttien vuorokausipitoisuuksien väliset korrelaatiot kaupunkien mittausasemilla

v.2013	Hiukkaset			Kaasut						
Kaupungit	PM _{2,5}	PM ₁₀	PMcoarse	SO ₂	NO ₂	NO	NOx	O ₃	CO	TRS
PM _{2,5}	1.00	0.59	0.31	0.30	0.34	0.21	0.27	-0.05	0.49	0.13
PM ₁₀		1.00	0.95	0.23	0.41	0.25	0.32	-0.07	0.25	0.10
PMcoarse			1.00	0.15	0.40	0.25	0.32	-0.06	0.35	0.20
SO ₂				1.00	0.29	0.25	0.31	-	0.36	0.14
NO ₂					1.00	0.77	0.90	-0.41	0.48	0.10
NO						1.00	0.97	-0.51	0.46	0.10
NOx							1.00	-0.49	0.49	0.12
O ₃								1.00	-0.21	-
CO									1.00	-
TRS										1.00

Liite 4.3.3. Komponenttien vuorokausipitoisuuksien välinen itsenäisyys kaupunkien mittausasemilla

v.2013	Hiukkaset			Kaasut						
Kaupungit	PM _{2,5}	PM ₁₀	PMcoarse	SO ₂	NO ₂	NO	NOx	O ₃	CO	TRS
PM _{2,5}	1.00	0.65	0.90	0.91	0.88	0.96	0.93	1.00	0.76	0.98
PM ₁₀		1.00	0.10	0.95	0.83	0.94	0.89	0.99	0.94	0.99
PMcoarse			1.00	0.98	0.84	0.94	0.89	1.00	0.88	0.96
SO ₂				1.00	0.92	0.94	0.91	-	0.87	0.98
NO ₂					1.00	0.41	0.19	0.83	0.77	0.99
NO						1.00	0.06	0.74	0.79	0.99
NOx							1.00	0.76	0.76	0.99
O ₃								1.00	0.96	-
CO									1.00	-
TRS										1.00

LIITE 5. Kaukokulkeuma- ja kotimaisen osuuden erittely tärkeimmille ilmansaasteille

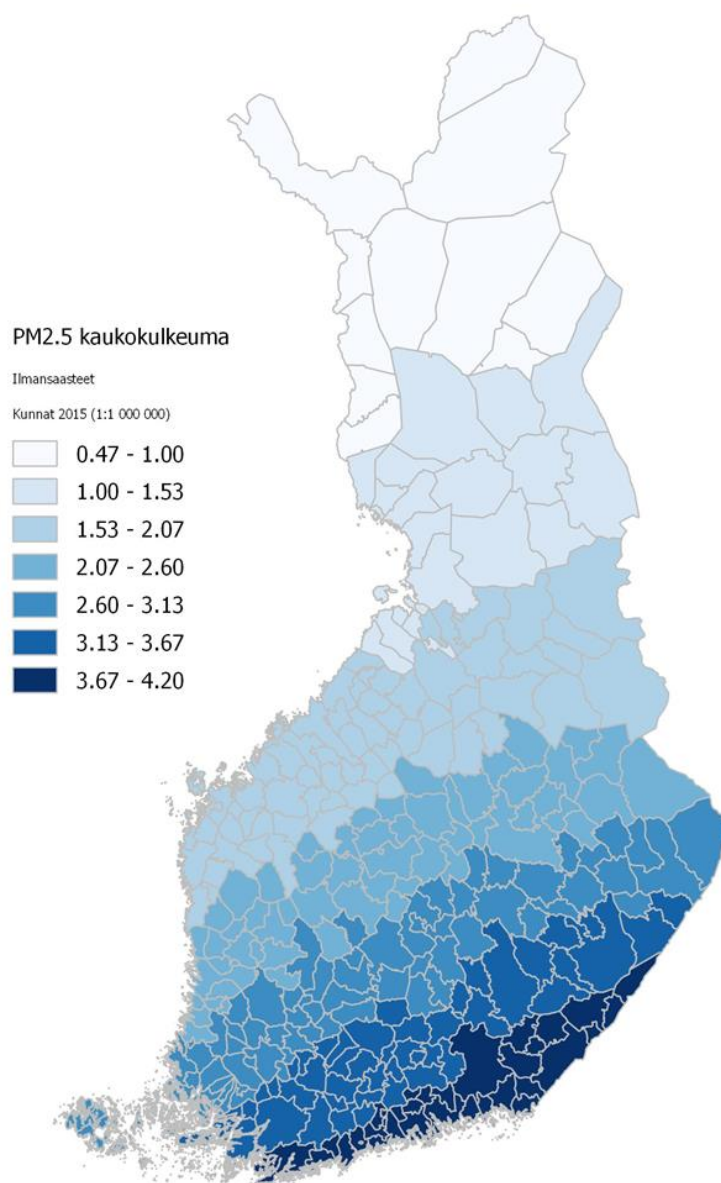
Kaukokulkeuman osuutta kokonaispitoisuuksiin arvioitiin hiukkasille (PM_{2,5} ja PM₁₀), rikkidioksidille (SO₂), typpidioksidille (NO₂) sekä typen oksideille (NO_x) (Liite 5.1.). Kaukokulkeuman osuus arvioitiin Ilmatieteen laitoksen taustamittausasemia käyttäen, vertaamalla taustamittausasemien mittaustuloksilla tuotettua väestöpainotettua pitoisuutta tässä työssä arvioituihin väestöpainotettuihin kokonaispitoisuuksiin. Kaukokulkeuman osuus määritettiin regressioanalyysin ja kuntakohtaisen ekstrapolaatiomallin avulla, valitsemalla yksi taustamittausasema etelästä ja yksi pohjoisesta kuvaamaan kaukokulkeuman pitoisuuden laskua etelä-pohjoissuunnassa ja samaten valittiin yksi taustamittausasema idästä ja yksi lännestä kuvaamaan pitoisuuden vaihtelua itä-länsisuunnassa. Etelä-pohjoissuunnassa kuviteltuna etäisyytenä päästölähteeseen käytettiin leveyspiiriä 54, joka kulkee Minsk-Rostock linjalla ja idästä tulevan päästön lähteenä pituuspiiriä 33 (Murmansk-Laatokan itäranta). Tämän jälkeen jokaiselle kunnalle tuotettiin oma pitoisuus ekstrapolaatiomallia käyttäen.

Pienhiukkasten kaukokulkeuman osuudeksi arvioitiin n. 50 % kaikista päästöistä ja hengitettävien hiukkasten osalta arviolta kolmasosa on kaukokulkeutunutta. Kaukokulkeuman osuuden arviointi on hiukkasten osalta haasteellista, sillä pienhiukkasia mitataan vain neljällä ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia vain kolmella Ilmatieteen laitoksen taustamittausasemalla. Virolahden pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten taustapitoisuudet (6,3 ja 10,6 µg/m³) ovat korkeita ja lähellä Etelä-Suomen kaupunkitausta asemien mittaustuloksia. Rikkidioksidin kaukokulkeuman osuus arvioitiin olevan n. 40 % ja typpidioksidin sekä typen oksidien 18 ja 14 %. Otsonin (O₃) kohdalla pitoisuudet Suomen tausta-aseilla ovat n. 60 µg/m³ koko Suomessa, eikä suurta maantieteellistä eroa pitoisuuksissa havaittu.

Liite 5.1. Kaukokulkeuman ja kotimaisten päästöjen arvioitu osuus kokonaispäästöihin verrattuna.

Komponentti	Väestöpainotettu kokonaispitoisuus (µg/m ³)	Kaukokulkeuma (µg/m ³)	Kotimainen (µg/m ³)	Kaukokulkeuman osuus %	Kotimaisten päästöjen osuus %
PM _{2,5}	6,8	3,6	3,2	53 %	47 %
PM ₁₀	11,4	3,7	7,7	33 %	67 %
SO ₂	0,9	0,4	0,5	43 %	57 %
NO ₂	9,9	1,8	8,1	18 %	82 %
NO _x	15,0	2,1	12,9	14 %	86 %

Liite 5.2. Pienhiukkasten arvioidut kaukokulkeuman pitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Suomessa v.2013



Antti Korhonen
Arja Asikainen
Isabell Rumrich
Otto Hänninen

Ilmansaasteille altistuminen Suomessa vuonna 2013

Ilmanlaadun mittausverkostoon pohjautuen



**TERVEYDEN JA
HYVINVOINNIN LAITOS**

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos
PL 30 (Mannerheimintie 166)
00271 Helsinki
Puhelin: 029 524 6000
www.thl.fi