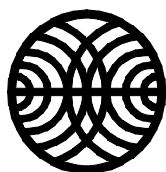


ILMANLAATU SUOMESSA -MITATUT PITOISUUDET SUHTEESSA OHJE- JA RAJA- ARVOIHIN SEKÄ VERTAILUJA EUROOPPALAISIIN PITOISUUS- TASOIHIN

Pia Anttila
Birgitta Alaviippola
Timo Salmi



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Ilmanlaadun julkaisuja
Publikationer om luftkvalitet
Publications on air quality

No. 33

**ILMANLAATU SUOMESSA
– MITATUT PITOISUUDET SUHTEESSA OHJE- JA RAJA-
ARVOIHIN SEKÄ VERTAILUJA EUROOPPALAISIIN
PITOISUUSTASOIHIN**

Pia Anttila
Birgitta Alaviippola
Timo Salmi

Ilmatieteen laitos
Meteorologiska Institutet
Finnish Meteorological Institute

Helsinki 2003

ISBN 951-697-574-7

ISSN 1456-789X

Edita Oyj

Helsinki 2003

**Nimeke Ilmanlaatu Suomessa - mitatut pitoisuudet suhteessa ohje- ja raja-arvoihin sekä vertailuja eurooppalaisiin pitoisuustasoihin**

Tiivistelmä Tässä tutkimuksessa esitetään yhteenveto Suomen ilmanlaadun seurannan mittaustuloksista vuoteen 2000 asti. Aineisto on peräisin Ilmatieteen laitos ylläpitämästä ilmanlaadun seurannan tietojärjestelmästä (ILSE), johon vuodesta 1994 alkaen on vuosittain kerätty käytännössä kaikki Suomen ilmanlaadun rutiiniseurannan mittaustulokset kuntien ja toiminnanharjoittajien ylläpitämistä mittaustuloksista. Vuodelta 2000 mittauksia on 58 kunnasta ja 123 asemalta yhteensä 278 mittaussarjaa. Tutkimuksen lähestymistapana ovat vertailut Suomessa voimassaoleviin ohje-, raja- ja kynnysarvoihin. Myös ilmanlaadun kehittymistä tarkastellaan siltä osin kuin tietojärjestelmässä on tietoja. Lisäksi esitetään vertailuja muualla Euroopassa esiintyviin pitoisuustasoihin.

Vuonna 2000 eniten ohjearvoylityksiä esiintyi hiukkasille ja haiseville rikkiyhdisteille. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvo ylittyi vähintään kerran lähes 40 % asemista ja kokonaisleijuman vuorokausiohjearvo 56 % asemista. Haisevien rikkiyhdisteiden vuorokausiohjearvo ylittyi vähintään kerran 18 % asemista. Rikkidioksidin ohjearvot ylittyivät yhdellä paikkakunnalla ja typpidioksidin kahdella paikkakunnalla vuonna 2000. Hiilimonoksidin ohjearvot eivät ylittyneet lainkaan vuonna 2000.

Ainoa raja-arvon ylitys vuoden 2000 aineistossa oli kokonaisleijuman siirtymäajan raja-arvon ylitys yhdellä asemalla. Uusien raja-arvojen suhteen kriittisimmät yhdisteet ovat typpidioksidi ja hengitettävät hiukkaset, joille 1990-luvun jälkipuoliskolla on esiintynyt raja-arvoja ylittäviä pitoisuuksia.

Terveiden suojelemiseksi annettu otsonin kahdeksan tunnin keskiarvo ylittyi vähintään kerran 70 % asemista ja kasvillisuuden suojelemiseksi annettu vuorokausiarvo kaikilla asemilla vuonna 2000. Otsonin vuosikeskiarvot ovat korkeimmat maaseudun tausta-asemilla, mutta terveyden suojelemisen kynnysarvon ylitykset myös esikaupunkien asemilla ovat varsin yleisiä.

Otsonia lukuun ottamatta pitoisuuksia leimaa joko aleneminen tai pysyminen paikoillaan. Yleisintä pitoisuuksien lasku oli rikkidioksidilla ja hiilimonoksidilla, joilla laskevia aikasarjoja oli noin puolessa aineistosta. Vähiten laskevia trendejä oli typpidioksidilla (18 %) ja hengitettävillä hiukkasilla (13 %). Otsonille puolestaan puolessa aikasarjoista oli tilastollisesti merkitsevä nouseva trendi.

Verrattuna muun Euroopan vastaaviin ilmanlaadun seurannan tuloksiin (5208 mittaussarjaa 25 maasta vuodelta 2000) Suomen pitoisuudet ovat keskimäärin varsin matalia. Rikkidioksidille, typpidioksidille, hengitettävillä hiukkasilla ja hiilimonoksidille kaikkien asemien vuosikeskiarvojen maittain lasketut mediaanit ovat Suomessa koko vertailuaineiston pienimmät. Myöskään näiden yhdisteiden korkeimmat lyhytaikaispitoisuudet eivät yltäneet Euroopan suurkaupungeissa ja teollisuuskeskittymissä mitattuihin pitoisuuksiin. Otsonin vuosikeskiarvot sijoittuvat eurooppalaisen vertailuaineiston keskivaiheille ja pitoisuuksien ääripäät puuttuvat Suomesta. Etelä-Euroopan kaupungeissa ja maaseutualueilla esiintyviä korkeita otsonin lyhytaikaispitoisuuksia ei Suomessa esiintynyt.

Julkaisijayksikkö

Ilmatieteen laitos, ilmanlaadun tutkimus

Luokitus (UDK)

504.064

Asiasanat ilmanlaadun seuranta, ohjearvot, raja-arvot, kynnysarvot, pitoisuuksien kehittyminen

ISSN ja avainnimike

1456-789X

ISBN

951-697-574-7

Kieli

suomi

Myynti

Ilmatieteen laitos / Kirjasto

PL 503, 00101 Helsinki

Sivumäärä

101 sivua

Hinta

Lisätietoja



FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Published by Finnish Meteorological Institute

Vuorikatu 24, P.O. Box 503

FIN-00101 Helsinki, Finland

Series title, number and report code of publication

Publications on Air Quality No. 33

FMI-AQ-33

Date 2003

Authors

Pia Anttila, Birgitta Alaviippola and Timo Salmi

Name of project

Commissioned by

Title Air quality in Finland - monitoring results in relation to the guideline and limit values and comparisons with European concentration levels

Abstract This study presents a summary of Finnish air quality monitoring results up to year 2000. The data was obtained from the air quality monitoring data management system (ILSE) maintained by the Finnish Meteorological Institute. Since 1994 practically all Finnish routine air quality monitoring results from the measurement networks maintained by the municipalities and enterprises have been annually collected to this system. In 2000 there were 278 measured time series from 128 monitoring stations in 58 municipalities. The approach of this study is a comparison of the monitoring results with the operative guideline, limit and threshold values. The temporal development of air quality is also studied and comparisons to results from other European stations are presented.

Exceedances of national guideline values in 2000 were most often caused by particles and total reduced sulphur. The daily guideline value of inhalable particles was exceeded at least once at almost 40 % of the stations, while those for total suspended particles and total reduced sulphur were exceeded at 56% and 18 % of the stations, respectively. The guideline values for sulphur dioxide and nitrogen dioxide were exceeded at two stations which represents 1-2 % of the stations. The guideline values for carbon monoxide were not exceeded in 2000.

The only limit value exceedance in 2000 was the transition period limit value for total suspended particles at one station. With respect to the new limit values, the most critical compounds are the inhalable particles and nitrogen dioxide whose concentrations have exceeded the new limit values in the latter half of the 1990's.

For ozone, the threshold value set for the protection of human health was exceeded at least once at 70 % of the stations in 2000. The annual averages of ozone are highest at the background stations but the threshold values for the protection of human health are frequently exceeded also at suburban stations.

With the exception of ozone, the temporal development of the concentrations is characterized by a decreasing or non-existent trend. The decrease of concentrations was most common for sulphur dioxide and carbon monoxide for which about half of the trends were statistically significantly decreasing. The smallest number of decreasing trends were found for nitrogen dioxide (18 %) and inhalable particles (13%). For ozone, half of the studied twelve time series showed a statistically significant increasing trend.

When compared to other European air quality monitoring results (5208 measurements in 25 countries in 2000) the pollutant concentrations in Finland are generally low. For sulphur dioxide, nitrogen dioxide, inhalable particles and carbon monoxide the medians of the annual averages calculated country by country were the lowest in Finland. Nor did the highest short-term concentrations of these compounds in Finland reach the high levels measured in European metropolises or industrial areas. The annual averages of ozone in Finland settled to the middle of the European comparison material and the extreme high or low concentrations were not detected. The highest short term ozone concentrations in Finland did not reach the high values found in southern European cities and background areas.

Publishing unit Air Quality Research

Classification (UDK) 504.064

Keywords air quality monitoring, guideline, limit values, threshold values, trends

ISSN and series title 1456-789X

ISBN 951-697-574-7

Language Finnish

Sold by

Pages

Price

Finnish Meteorological Institute / Library
P.O.Box 503, FIN-00101 Helsinki Finland

101 pages
Note

SISÄLLYSLUETTELO

1. Johdanto	7
2. Ilmanlaadun ohje-, raja- ja kynnysarvot	7
3. Aineistot ja menetelmät	10
3.1 Suomen ilmanlaatumittaukset	10
3.2 Euroopan ilmanlaatumittaukset	13
3.3 Asemien luokittelu	14
3.4 Trendien tilastollinen tarkastelu	15
3.5 Päästötiedot	17
4. Ilmanlaadun seurantajärjestelmä ILSE	17
5. Tulokset	18
5.1. Rikkidioksidi SO₂	19
5.1.1. Rikkidioksidipitoisuudet vuonna 2000	19
5.1.2. Rikkidioksidipitoisuudet vuosina 1985–2000	21
5.1.3. Pitoisuudet verrattuna muihin Euroopan maihin	28
5.2. Typpidioksidi NO₂	30
5.2.1. Typpidioksidipitoisuudet vuonna 2000	30
5.2.2. Typpidioksidipitoisuudet vuosina 1987–2000	33
5.2.3. Pitoisuudet verrattuna muihin Euroopan maihin	37
5.3. Hengitettävät hiukkaset PM₁₀	40
5.3.1. Hengitettävien hiukkasten mittausmenetelmät	40
5.3.2. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet vuonna 2000	42
5.3.3. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet vuosina 1991–2000	44
5.3.4. Pitoisuudet verrattuna muihin Euroopan maihin	48
5.4. Kokonaisleijuma TSP	52
5.4.1. Kokonaisleijuman pitoisuudet vuonna 2000	52
5.4.2. Kokonaisleijuman pitoisuudet vuosina 1979–2000	54
5.4.3. Pitoisuudet verrattuna muihin Euroopan maihin	56
5.5. Haisevat rikkiyhdisteet TRS	58
5.5.1. Haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuudet vuonna 2000	58
5.5.2. Haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuudet vuosina 1993–2000	61
5.6. Hiilimonoksidi CO	64
5.6.1. Hiilimonoksidipitoisuudet vuonna 2000	64
5.6.2. Hiilimonoksidipitoisuudet vuosina 1989–2000	65
5.6.3. Pitoisuudet verrattuna muihin Euroopan maihin	68
5.7. Otsoni O₃	70
5.7.1. Otsonipitoisuudet vuonna 2000	70
5.7.2. Otsonipitoisuudet vuosina 1987–2000	73
5.7.3. Pitoisuudet verrattuna muihin Euroopan maihin	76
5.7.4. Uusi otsonidirektiivi	79
6. Yhteenveto	80
Lähdeviitteet	82

LIITELUETTELO

Liite 1. Ilmanlaadun seurannan mittausverkot seuranta-alueittain vuonna 2000.	84
Liite 2. Rikkidioksidipitoisuuksien ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset pitoisuudet, ohjearvojen ylityslukumäärät sekä raja-arvojen numeroarvojen ylityslukumäärät mittausasemittain vuonna 2000.	85
Liite 3. Typpidioksidin ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset pitoisuudet, ohjearvojen ylityslukumäärät sekä raja-arvojen numeroarvojen ylityslukumäärät mittausasemittain vuonna 2000.	87
Liite 4. Hengitettävien hiukkasten ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset pitoisuudet, ohjearvon ylityslukumäärät sekä raja-arvon numeroarvon ylityslukumäärät mittausasemittain vuonna 2000.	89
Liite 5. Kokonaisleijuman ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset pitoisuudet mittausasemittain vuonna 2000.	91
Liite 6. Haisevien rikkiyhdisteiden ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet sekä ohjearvojen ylityslukumäärät mittausasemittain vuonna 2000.	92
Liite 7. Hiilimonoksidin ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset korkeimmat pitoisuudet, ohjearvojen ylityslukumäärät sekä raja-arvon numeroarvon ylityslukumäärät mittausasemittain vuonna 2000.	93
Liite 8. Otsonin kynnysarvoihin verrannolliset korkeimmat pitoisuudet sekä kynnysarvojen ylityslukumäärät mittausasemittain vuonna 2000.	93
Liite 9. Ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset SO ₂ -pitoisuudet v. 2000 asemittain.	94
Liite 10. Ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset NO ₂ -pitoisuudet v. 2000 asemittain.	96
Liite 11. Ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset PM ₁₀ -pitoisuudet v. 2000 asemittain.	97
Liite 12. Ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset TSP-pitoisuudet v. 2000 asemittain.	98
Liite 13. Ohjearvoon verrannolliset TRS-pitoisuudet v. 2000 asemittain.	99
Liite 14. Ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset CO-pitoisuudet v. 2000 asemittain.	100
Liite 15. Kynnysarvoihin verrannolliset O ₃ -pitoisuudet v. 2000 asemittain.	101

1. Johdanto

Ilmanlaadun seuranta on Suomessa järjestetty hajautetusti. Seurannasta vastaavat kunnat ja niiden yhteenliittymät usein yhteistyössä toiminnanharjoittajien kanssa sekä Ilmatieteen laitos. Järjestely perustuu ympäristönsuojelulakiin, jonka mukaan kuntien tulee järjestää alueellaan tarpeellinen ilmanlaadun seuranta. Näiden ns. taajamamittausten lisäksi Ilmatieteen laitos ylläpitää omaa valtakunnallista ilmanlaadun seurantaverkkoa, jonka asemat ovat taajama-alueiden ulkopuolella ns. tausta-alueilla, ja jonka mittausohjelmat ovat pitkälle muodostuneet kansainvälisten seuranta- ja tutkimusohjelmien pohjalta. Suomessa onkin tällä hetkellä näiden eri yhteisöjen ylläpitämänä lukumääräisesti varsin kattava asemaverkosto ilman epäpuhtauksien mittaamiseen.

Kunnat ovat myös vastuussa ilmanlaatuun liittyvästä reaaliaikaisesta ja muusta tiedottamisesta alueellaan. Ilmanlaadun mittaustiedoille on kuitenkin monia valtakunnallisia tarpeita, jonka vuoksi Ilmatieteen laitos kerää vuosittain takautuvasti käytännössä kaikki Suomen ilmanlaadun rutiiniseurannan mittaustulokset ilmanlaadun seurannan tietojärjestelmäänsä. Tästä ns. ILSE-tietojärjestelmästä tiedot toimitetaan edelleen mm. ympäristöhallinnon ympäristönsuojelun tietojärjestelmään Suomen ympäristökeskukseen sekä Euroopan Unionin elimille. Tietojärjestelmässä on hajanaisesti ilmanlaadun mittaustietoja vuodesta 1979 alkaen, mutta vasta vuonna 1994 tietojen keruu säännöllistyi kattamaan käytännössä koko Suomen ilmanlaadun rutiiniseurannan.

ILSE-järjestelmässä olevat mittaustiedot mahdollistavat kansalliset yhteenvedot ilmanlaadusta Suomessa. Saari ym. (1996) ja Kukkonen ym. (1999) julkaisivat yhteenvedot ilmanlaadun mittaustuloksista vuosilta 1990–1993. Näissä tutkimuksissa tarkasteltiin uusien vuonna 1996 voimaan astuneiden kansallisten ohjearvojen ja Euroopan unionin tuolloisten raja-arvojen ylittymisiä ilmanlaadun mittausasemilla Suomessa. Pietarila ym. (2001) tarkasteli Euroopan Unionin antaman ilmanlaadun puitedirektiivin ja ns. ensimmäisen tytärdirektiivin asettamien raja-arvojen ylittymisiä. Tässä ns. alustavassa arvioinnissa hyödynnettiin mittausaineistoja vuosilta 1994–1998.

Tässä tutkimuksessa esitetään yhteenveto ILSE-järjestelmän sisältämistä Suomen ilmanlaadun seurannan mittaustuloksista vuoteen 2000 asti. Vuoden 2000 mittaustulokset käsitellään yksityiskohtaisimmin. Tutkimuksen lähestymistapana käytetään vertailuja kaikkiin Suomessa tällä hetkellä voimassaoleviin ohje-, raja- ja kynnysarvoihin. Myös ilmanlaadun kehittymistä tarkastellaan siltä osin kuin tietojärjestelmässä on saatavana tietoja. Lisäksi esitetään vertailuja muualla Euroopassa esiintyviin pitoisuustasoihin.

2. Ilmanlaadun ohje-, raja- ja kynnysarvot

Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot on laadittu ilman pilaantumisen aiheuttamien terveydellisten haittojen ehkäisemiseksi sekä kasvillisuuden ja ekosysteemien suojelemiseksi. Ilmanlaadulle voimassa olevat säännökset ovat vuonna 1996 annetut ohjearvot terveyden suojelemiseksi (480/1996) ja vuonna 2001 annettu ilmanlaatuasetus (711/2001). Yhteenveto Suomessa keväällä 2002 voimassa olevista ilmanlaadun ohje-, raja- ja kynnysarvoista on esitetty Taulukossa 1.

Ohjearvot ovat tavoitteita, joihin ilmanlaadun parantamisessa pyritään. Tarkoituksena on estää ohjearvojen ylittyminen ennakolta ja ne on tarkoitettu ensisijaisesti ohjeeksi viranomaisille. Ohjearvot on otettava huomioon ilman pilaantumisen vaaraa aiheuttavan toiminnan

ympäristölupamenettelyssä. Ohjearvot ovat kansallisia ja nykyiset tulivat voimaan vuonna 1996.

Raja-arvot ovat luonteeltaan ohjearvoja tiukempia. Raja-arvojen ylityksistä on tiedotettava ja niiden pohjalta kuntien on ryhdyttävä toimenpiteisiin uusien ylitysten ehkäisemiseksi. Ilmanlaatuasetuksella (711/2001) on annettu ulkoilman rikkidioksidille, typpidioksidille, hiukkasille, lyijylle, hiilimonoksidille ja bentseenille raja-arvot ja ajankohdat, jolloin niiden pitoisuuksien tulee olla raja-arvoa pienemmät. Raja-arvot tulee alittaa viimeistään vuonna 2005 (rikkidioksidi, hiukkaset ja hiilimonoksidi) tai vuonna 2010 (typpidioksidi ja bentseeni). Siihen asti ovat voimassa siirtymäajan raja-arvot. Ilmanlaatuasetuksella on implementoitu EU:n ns. ensimmäinen ja toinen ilmanlaadun tytärdirektiivi ja siten raja-arvot ovat yhdenmukaiset kaikissa unionin jäsenmaissa.

Sitovien raja-arvojen lisäksi vuoden 2001 ilmanlaatuasetukseen on sisällytetty sellaisenaan. alailmakehän otsonin kynnysarvot vuodelta 1996. Kynnysarvot on annettu otsonin aiheuttaman ilman pilaantumisen arviointiperusteiksi. Tiedotus- ja varoituskynnysten ylittyminen edellyttää lisäksi aktiivista tiedottamista terveydelle haitallisista pitoisuuksista. Euroopan unioni antoi helmikuussa 2002 uuden otsonidirektiivin, mutta tässä työssä otsonipitoisuuksia tarkastellaan suhteessa ilmanlaatuasetuksen kynnysarvoihin.

Taulukko 1. Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot sekä otsonin kynnysarvot. Pitoisuudet ilmoitetaan olosuhteissa 20 °C ja 101,3 kPa.

		Tilastotaulukoissa (Liitteet 2-8)	
	µg/m ³	käytetty vertailuluku	käytetty lyhenne
RIKKIDIOKSIDI SO₂			
Ohjearvot			
Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste	250	vuoden korkeimman kk:n arvo	^{kk} h _{p99}
Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo	80	vuoden korkeimman kk:n arvo	^{kk} vrk _{2.korkein}
Uudet raja-arvot (alitettava viimeistään 2005)			
1 tunti (sallittu 24 ylitystä vuodessa)	350	vuoden 25. korkein tuntiarvo	^v h _{25.korkein}
24 tuntia (sallittu 3 ylitystä vuodessa)	125	vuoden 4. korkein vrk-arvo	^v vrk _{4.korkein}
1 kalenterivuosi (kasvillisuuden suojele)	20		
Talvikausi 1.10.–31.3. (kasvillisuuden suojele)	20		
Varoituskynnys			
1 tunti (kolmen peräkkäisen tunnin aikana)	500		
Siirtymäajan raja-arvot (voimassa 2004 loppuun)			
Vuoden vuorokausiarvojen mediaani	80		^v vrk _{p50}
Vuoden vuorokausiarvojen 98. prosenttipiste	250		^v vrk _{p98}
TYPPIDIOKSIDI NO₂			
Ohjearvot			
Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste	150	vuoden korkeimman kk:n arvo	^{kk} h _{p99}
Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo	70	vuoden korkeimman kk:n arvo	^{kk} vrk _{2.korkein}
Uudet raja-arvot (alitettava viimeistään 2010)			
1 tunti (sallittu 18 ylitystä vuodessa)	200	vuoden 19. korkein tuntiarvo	^v h _{19.korkein}
1 kalenterivuosi	40		
1 kalenterivuosi (NO _x) kasvillisuuden suojele	30		
Varoituskynnys			
1 tunti (kolmen peräkkäisen tunnin aikana)	400		
Siirtymäajan raja-arvot (voimassa 2009 loppuun)			
Vuoden tuntiarvojen 98. prosenttipiste	200		^v h _{p98}
HIUKKASET PM₁₀			
Ohjearvot			
Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo	70	vuoden korkeimman kk:n arvo	^{kk} vrk _{2.korkein}

		Tilastotaulukoissa (Liitteet 2-8)	
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	käytetty vertailuluku	käytetty lyhenne
Raja-arvot (alitettava viimeistään 2005) 24 tuntia (sallittu 35 ylitystä vuodessa) ¹ kalenterivuosi ¹	50 40	vuoden 36. korkein vrk-arvo	^v vrk _{36.korkein}
KOKONAISLEIJUMA TSP			
Ohjearvot Vuoden vuorokausiarvojen 98. prosenttipiste Vuosikeskiarvo	120 50		^v vrk _{p98}
Siirtymääjan raja-arvot (voimassa 2004 loppuun) Vuoden vuorokausiarvojen 95. prosenttipiste Vuosikeskiarvo	300 150		^v vrk _{p95}
HAISEVAT RIKKIYHDISTEET TRS			
Ohjearvot (pitoisuus ilmaistaan rikkinä) Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo	10	vuoden korkeimman kk:n arvo	^{kk} vrk _{2.korkein}
HIILIMONOKSIDI CO			
Ohjearvot 1 tunti 8 tuntia	20 000 8 000	vuoden korkein tuntiarvo vuoden korkein 8h keskiarvo	^v h _{max} ^v h _{8max}
Raja-arvot (alitettava viimeistään 2005) Vuorokauden korkein 8 tunnin liukuva keskiarvo	10 000	vuoden korkein 8h keskiarvo	^v h _{8max}
BENTSEENI C₆H₆			
Raja-arvot (alitettava viimeistään 2010) 1 kalenterivuosi	5		
LYIJY Pb			
Raja-arvot 1 kalenterivuosi ¹	0,5		
OTSONI O₃			
Kynnysarvot 1 tunti (tiedotuskynnys) 1 tunti (varoituskynnys) 1 tunti (kasvillisuuden suojeleminen) 8 tuntia (terveyshaittojen ehkäiseminen) 24 tuntia (kasvillisuuden suojeleminen)	180 360 200 110 65	vuoden korkein tuntiarvo vuoden korkein 8h keskiarvo vuoden korkein vrk-arvo	^v h _{max} ^v h _{8max} ^v vrk _{max}

¹ ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa

Ilmanlaatuasetuksella rikkidioksidille, typpidioksidille ja hengitettävälle hiukkasille annetuissa uusissa tunti- ja vuorokausiraja-arvoissa sallitaan tietty määrä raja-arvon numeroarvon ylityksiä vuodessa. Tässä tutkimuksessa vertailut raja-arvoon esitetään suoraan ottamalla huomioon sallittujen ylitysten lukumäärä. Näin esimerkiksi rikkidioksidin uuden tuntiraja-arvon vertailuarvona käytetään kunkin mittaussarjan vuoden tuntiarvojen 25. korkeinta pitoisuutta. Uudet raja-arvot tulee alittaa vuonna 2005 (SO₂, PM₁₀ ja CO) tai 2010 (NO₂). Tässä tutkimuksessa tehdään vertailuja näihin uusiin raja-arvoihin myös takautuvasti. Ennen yllämainittuja voimaantulovuosia tapahtuneet ylitykset eivät luonnollisestikaan ole varsinaisia raja-arvon ylittymisiä.

Rikkidioksidin, typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja haisevien rikkiyhdisteiden tunti- ja vuorokausiohjearvot ovat kuukausikohtaisia. Tässä tutkimuksessa esitetään kuitenkin vain kunkin aseman ohjearvoon verrannollisten tunnuslukujen vuoden korkein.

3. Aineistot ja menetelmät

3.1 Suomen ilmanlaatumittaukset

Vuonna 2000 Suomessa oli 33 ilmanlaadun seurantamittauksista vastaavaa organisaatiota (ks. Liite 1), joilla on vastuullaan oma mittausverkko eli omia mittausasemia. Näistä valtaosa on kunnallisia ympäristönsuojeluyksiköitä. Mittauksia suorittavat myös teollisuuden ympäristönsuojeluyksiköt ja pääkaupunkiseudulla mittauksista vastaa pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta YTV. Lisäksi Ilmatieteen laitos ylläpitää tausta-alueiden ilmanlaadun seurantaverkkoa.

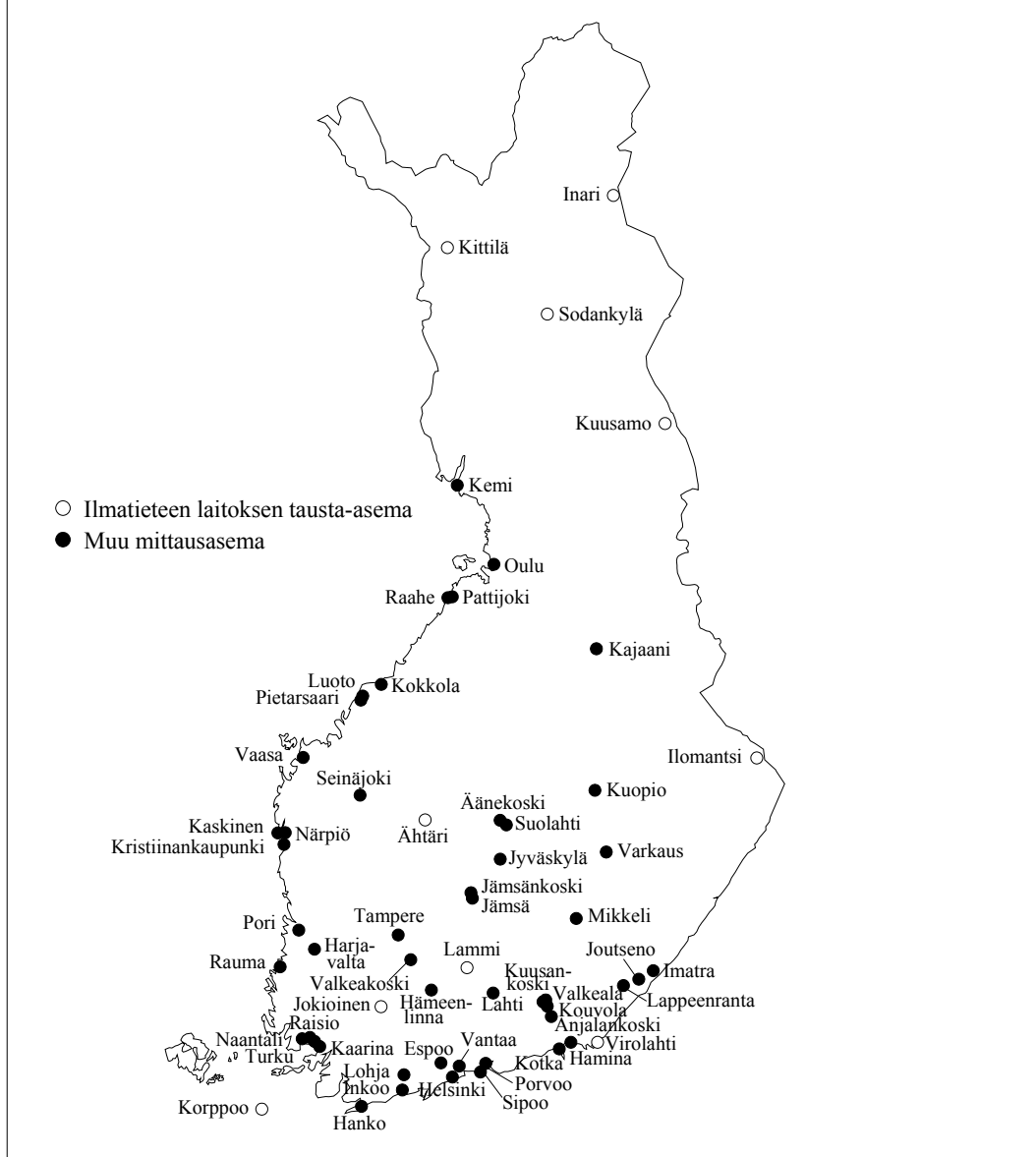
Mittausverkot vastaavat mittauksen laadunvarmennuksesta. Dokumentoitu laatujärjestelmä on kuitenkin vasta muutamalla verkolla. Suurimmalle osalle mittausverkoista laitteiden kalibrointi- ja huoltopalvelut toimittaa sama yksityinen yritys, mikä periaatteessa edesauttaa näiden mittausverkkojen tulosten keskinäistä vertailtavuutta. Lähes kaikilla mittausverkoista vastaavilla organisaatioilla on käytössään PPM Systems Oy:n DILTA-ohjelmisto ilmanlaadun mittaustietojen keruuta, käsittelyä ja raportointia varten. Vietäessä mittaustietoja Ilmanlaadun seurantajärjestelmään (ILSE) suoritetaan vielä yhdenmukaisia tarkistuksia, jotka kuvataan luvussa 4.

Vuonna 2001 ympäristöministeriö nimitti Ilmatieteen laitoksen ilmanlaadun vertailulaboratorioksi, jonka tehtävänä on mm. vertailumittausten järjestäminen kuntien mittausverkoille, joten tulevaisuudessa verkkojen laadunvarmennusjärjestelmien riittävyys ja tulosten vertailtavuus voidaan yhä paremmin varmentaa.

Tässä tutkimuksessa käsitellään Suomessa ohje-, raja- ja tai kynnysarvoin säänneltyjen yhdisteiden pitoisuuksia. Vuonna 2000 rikkidioksidia (SO_2) mitattiin 72 asemalla, typpidioksidia (NO_2) 51:llä ja hengitettäviä hiukkasia (PM_{10}) 52 asemalla. Kokonaisleijumaa (TSP) mitattiin 40 asemalla, haisevia rikkiyhdisteitä (TRS) 32:llä, hiilimonoksidia (CO) 15:llä ja otsonia (O_3) 25 asemalla (Taulukko 2). Taulukossa 2 kunnat on lajiteltu alueellisten ympäristökeskusten toimintalueiden mukaan niin, että pääkaupunkiseutu muodostaa kuitenkin oman ryhmänsä. Jaottelu vastaa ilmanlaatuasetuksessa määriteltyä rikkidioksidin, typpidioksidin, hiukkasten, hiilimonoksidin ja lyijyn ilmanlaadun seuranta-aluejakoa.

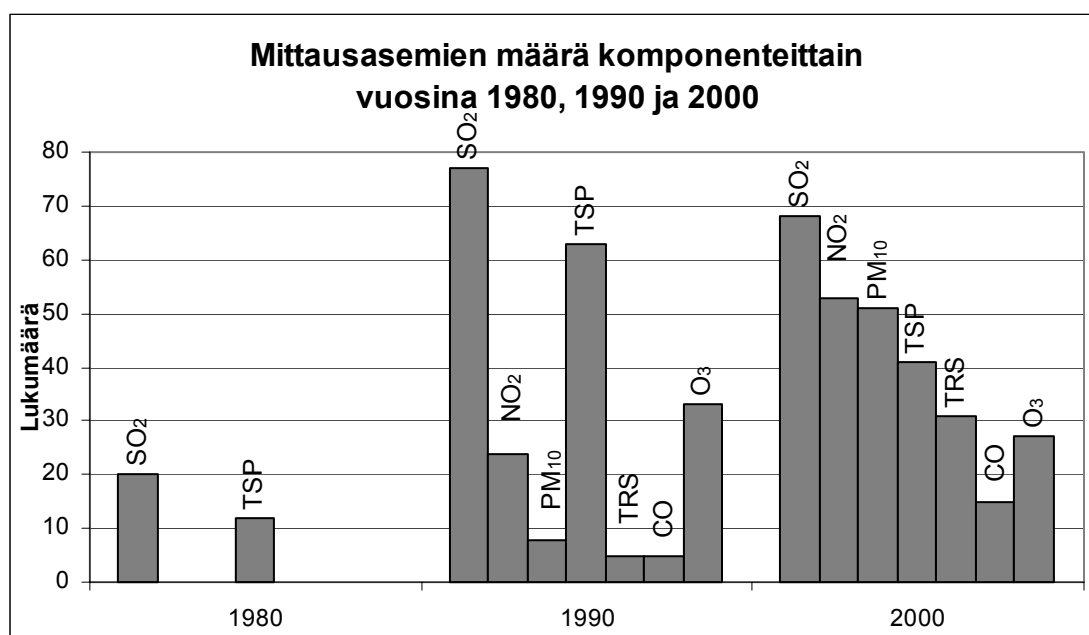
Ilmanlaatuasetuksessa säädellyistä yhdisteistä bentseeniä ei kaupunkien verkoissa rutiiniluonteisesti vielä vuonna 2000 seurattu ja lyijypitoisuutta seurattiin muutamalla paikkakunnalla vain lyhytkestoilla indikaatiivisilla mittauksilla. Näitä kahta yhdistettä ei käsitellä tässä tutkimuksessa. Yleisesti samalla asemalla mitataan useita yhdisteitä, joten vuonna 2000 tässä käsiteltyjä yhdisteitä mitattiin 60 kunnan alueella noin 120:llä pysyväisluonteisella asemalla (Kuva 1).

Ilmanlaadun mittausasemien sijaintikunnat vuonna 2000



Kuva 1. Ilmanlaadun mittausasemien sijaintikunnat vuonna 2000.

Kuluneen kahdenkymmenen vuoden aikana ilmanlaadun seuranta on laajentunut voimakkaasti. Vielä 1980-luvun alussa mitattiin lähinnä rikkidioksidia ja kokonaisleijumaa. 1990-luvulla rikkidioksidin ja kokonaisleijuman mittausasemien määrät ovat kääntyneet laskuun, kun taas typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten, haisevien rikkiyhdisteiden ja hiilimonoksidin mittaukset ovat lisääntyneet (Kuva 2).



Kuva 2. Vähintään vuoden toimineiden mittausasemien määrät komponenteittain vuosina 1980, 1990 ja 2000 Suomessa.

3.2 Euroopan ilmanlaatumittaukset

Tässä tutkimuksessa käytetty Euroopan maiden ilmanlaatuaineisto on Euroopan ympäristökeskuksen (European Environment Agency, EEA) AirBase-tietokannasta. Suuri osa Euroopan maista toimittaa vuosittain mittaustietojaan ja niihin liittyvää metadataa EEA:lle tietojenvaihtopäätöksen (EoI 1997 ja EoI 2001) tai ns. EuroAirnet-ohjelman puitteissa. Esimerkiksi vuoden 2000 mittaustietoja toimitettiin AirBaseen 26 Euroopan maasta, yhteensä lähes 9000 aikasarjaa (Looysschelder ym. 2002) (Taulukko 3). Tässä tutkimuksessa käsitellyistä yhdisteistä vain haiseville rikkiyhdisteille ei AirBase-tietokannasta löydy vertailuarvoja Euroopasta.

Tietokannasta voi tehdä eri tavoin määriteltyjä hakuja AirView (AIR quality Visualisation Instrument for Europe on the Web) – verkkosovelluksella (<http://www.etcaq.rivm.nl/databases/airbase.html>). Tietokannasta saa AirView-hauilla paitsi raaka-dataa myös asemille laskettuja tunti- tai päiväarvoihin perustuvia tilastolukuja kuten vuosikeskiarvo, korkein tunti- tai vuorokausiarvo sekä persentiilejä. Tätä tutkimusta varten AirBase tietokannasta tehtiin hakuja, joissa yhdistekohtaisina hakuehtoina käytettiin alueen tyyppiä ja/tai suhdetta hallitsevaan päästölähteeseen ja joissakin tapauksissa kaupungin asukaslukua.

AirBase-tietokannassa olevien mittausten määrä vaihtelee maittain. Tämä johtuu paitsi asemien määrästä myös erilaisista käytännöistä tietojen toimittamisessa. Myös Suomi lähettää vuosittain tietokantaan EoI- ja EuroAirnet-ohjelmiin kuuluvat mittaustulokset. EoI-ohjelmaan kuuluu direktiivien mukaiseen seurantaan liittyvät mittaukset sekä joitakin muita valittuja mittauksia. Euro-Airnet ohjelmaan kuuluu mittauksia Ilmatieteen laitoksen, YTV:n sekä Imatra-Joutseno-Lappeenranta verkkojen mittauksista.

Taulukko 3. Vuonna 2000 AirBase-tietokantaan toimitetut pitoisuusaikasarjat maittain ja yhdisteittäin (Looysschelder ym. 2002).

Maa	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	TSP	CO	TRS	O ₃
Alankomaat	38	45	20		21		38
Belgia	66	42	22		8		31
Bulgaria			7	35	6		7
Espanja	141	143	50	74	100		141
Irlanti	2	2			1		6
Iso-Britannia	67	87	55		65		74
Italia	95	126	31	60	102		65
Itävalta	153	146	5	119	61		113
Kreikka	9	10			8		9
Latvia	12	12					13
Liettua							3
Norja	1	2	4				
Portugali	25	29	10		23		23
Puola		30	28		18		22
Ranska		426		83	89		348
Ruotsi	5	7	7		5		8
Saksa	446	473	199	219	320		382
Slovakia	8	8	5	2	5		23
Slovenia	3	2					5
Suomi	9	16	8	10	5		13
Sveitsi	15	29	19		11		30
Tanska		8		3	4		
Tsekki	56	57	56		26		35
Unkari	1	1	1		1		2
Viro		4		1	1		5
Yhteensä	1152	1705	527	606	880		1396

Verrattuna muihin Skandinavian maihin Suomessa on lukumääräisesti varsin runsas ilmanlaadun jatkuvatoiminen seuranta. Tanskassa Ympäristöntutkimuslaitos (National Environmental Research Institute, NERI) ylläpitää kymmenkunta asemaa käsittävää mittausverkkoa Tanskan neljässä suurimmassa kaupungissa ja lisäksi Kööpenhaminan kaupungilla on kaksi omaa mittausasemaa (Kemp and Palmgren 2002). Norjassa puolestaan kaupunkien ilmanlaadun seuranta hoitaa Tielaitos (Statens Vegvesen) yhteistyössä kaupunkien kanssa. Norjan Ilmantutkimuslaitos (Norsk Institutt for Luftforskning, NILU) vastaa laadunvarmistuksesta ja ylläpitää portaalia, jolla reaaliaikainen tieto välitetään Internetiin. Mittausasemia on nykyisin viitisentoista kuudessa kaupungissa (<http://www.luftkvalitet.info/>). Ruotsissa taas Ympäristöinstituutti (Svenska Miljöinstitutet, IVL) ylläpitää laajaa URBAN-mittausverkkoa lähes neljälläkymmenellä paikkakunnalla. Näillä asemilla on kuitenkin käytössä manuaalisia vuorokausi- tai kuukausipohjaisia keräys-analyysimenetelmiä ja mittaukset ovat pääosin toiminnassa vain talvikaudella lokakuusta huhtikuuhun. Vain suurimmissa kaupungeissa on jatkuvatoimisilla analysointoreilla toteutettuja ympärivuotisia mittauksia (Persson ja Sjöberg 2003).

3.3 Asemien luokittelu

Mittausverkosta vastaava organisaatio luokittelee kunkin asemansa EU:n komission keskinäistä tietojenvaihtoa koskevan päätöksen (EoI 1997 ja EoI 2001) mukaisesti:

Alueen tyyppi:

- Kaupunkialue: yhtenäisesti rakennettu alue
- Esikaupunki: suureksi osaksi rakennettu alue: sekä yhtenäisesti rakennettua aluetta että

- Maaseutu: rakentamattomia alueita (pieniä järviä, metsiä, maataloutta) kaikki alueet, jotka eivät täytä kaupunki- ja/tai esikaupunkialueiden kriteereitä

Aseman tyyppi suhteessa hallitseviin päästölähteisiin:

- Liikenne: asemat, joiden sijoituspaikalla epäpuhtauksien pitoisuustasot johtuvat pääasiallisesti läheisen tien/kadun päästöistä
- Teollisuus: asemat, joiden sijoituspaikalla epäpuhtauksien pitoisuustasot johtuvat pääasiallisesti läheisten yksittäisten teollisuuslaitosten tai teollisuusalueiden päästöistä
- Tausta: asemat, joiden sijoituspaikan epäpuhtaudet eivät johdu pääasiallisesti mistään yksittäisestä lähteestä tai kadusta, vaan joiden epäpuhtaudet ovat aseman kaikkien tuulenpuoleisten päästölähteiden kokonaiskertymä

Luokittelu on varsin kvalitatiivinen ja sitä voidaan pitää lähinnä suuntaa antavana kuvauksena aseman lähiympäristöstä ja merkitsevimmistä päästölähteistä. Luokittelu on asemakohtainen. Asemilla, joilla mitataan useita yhdisteitä, tästä aiheutuu yhdistekohtaista epätarkkuutta. Aseman hallitsevaksi päästölähteeksi luokitellaan joko liikenne, teollisuus tai tausta, kun todellisuudessa eri yhdisteille hallitseva vaihtoehto ei välttämättä ole sama. Näin esimerkiksi samalla asemalla tehtävä rikkidioksidin- ja typpidioksidimittaus saavat hallitsevaksi päästölähteekseen liikenteen, vaikka näin ei todellisuudessa rikkidioksidin osalta yleensä olekaan tilanne. Vuoden 2002 aikana Suomen ilmanlaadun mittausasemien yo. luokituksia on tarkistettu ja muutettu paremmin vastaamaan vallitsevaa tilannetta. Tässä esitetyt luokitukset ovat kuitenkin siinä muodossa kuin ne olivat ILSE-järjestelmässä keväällä 2002.

3.4 Trendien tilastollinen tarkastelu

Eri yhdisteiden vuosikeskiarvopitoisuuksien ajallista kehittymistä tutkittiin myös tilastollisin menetelmin. Vuosikeskiarvojen trendin olemassaolon todennäköisyyden arviointiin käytettiin ei-parametrista Mann-Kendall-menetelmää ja trendin suuruuden arviointiin ei-parametrista Senin menetelmää (esim. Gilbert 1987). Tilastollinen laskenta suoritettiin Ilmatieteen laitoksessa kehitetyllä MAKESENS-ohjelmalla, joka on Microsoft Excel-tiedosto. Tilastolliset menetelmät ja ohjelma on kuvattu julkaisussa Salmi ym. (2002).

Mann-Kendall-menetelmä soveltuu aikasarjoihin, joiden käyttäytymistä voidaan olettaa kuvaavan monotonisesti kasvavan tai pienenevän trendikäyrän ja satunnaisvaihtelun yhdistelmä. Trendin monotonisuuden voidaan olettaa useimmissa tapauksissa toteutuvan, koska niihin vaikuttavilla päästöillä on sekä Suomessa että lähialueilla ollut mittauksia vastaavana ajanjaksona koko ajan laskeva suunta. Menetelmä siis soveltuu hyvin myös esimerkiksi rikkidioksidipitoisuuksien aikasarjoihin, jossa muutos on ollut mittauksen alkuvuosina nopeaa, mutta on viime vuosina hidastunut. Jäännöskomponenttiin vaikuttavia keskeisiä tekijöitä ovat sääolojen vaihtelu vuodesta toiseen ja mittausepätarkuus. Näiden vaikutus ei välttämättä ole satunnainen vaan ne saattavat myös aiheuttaa trendiä havaituissa pitoisuuksissa.

Trendin olemassaolon todennäköisyydelle (Mann-Kendall) on tässä käytetty seuraavia merkintöjä:

- *** trendi on olemassa 99,9 % todennäköisyydellä
- ** trendi on olemassa 99 % todennäköisyydellä
- * trendi on olemassa 95 % todennäköisyydellä
- + trendi on olemassa 90 % todennäköisyydellä

Tässä työssä trendi on tulkittu tilastollisesti merkitseväksi, mikäli Mann-Kendall-testi antaa 90 % todennäköisyyden trendin olemassaololle.

Senin menetelmä käyttää lineaarista mallia trendin suuruuden arviointiin. Senin menetelmä ei siten sovellu kaikkiin niihin aikasarjoihin, joihin Mann-Kendall-testi soveltuu. Jos lineaarisen mallin käyttö trendille on perusteltua, saadaan Senin menetelmällä estimaatti trendiä kuvaavan suoran yhtälöksi sekä myös virherajat halutulla luottamustasolla.

Jotta eri yhdisteille ja eri jaksoille Senin menetelmällä lasketut lineaaristen trendien suuruudet olisivat paremmin keskenään vertailukelpoisia, on trendeistä laskettu suhteellinen muutos vuotta kohti (%-yksikköä/vuosi) kaavalla

$$R = \left(\frac{S_l - S_f}{S_f} \right) \times \frac{1}{v} \times 100,$$

missä ,

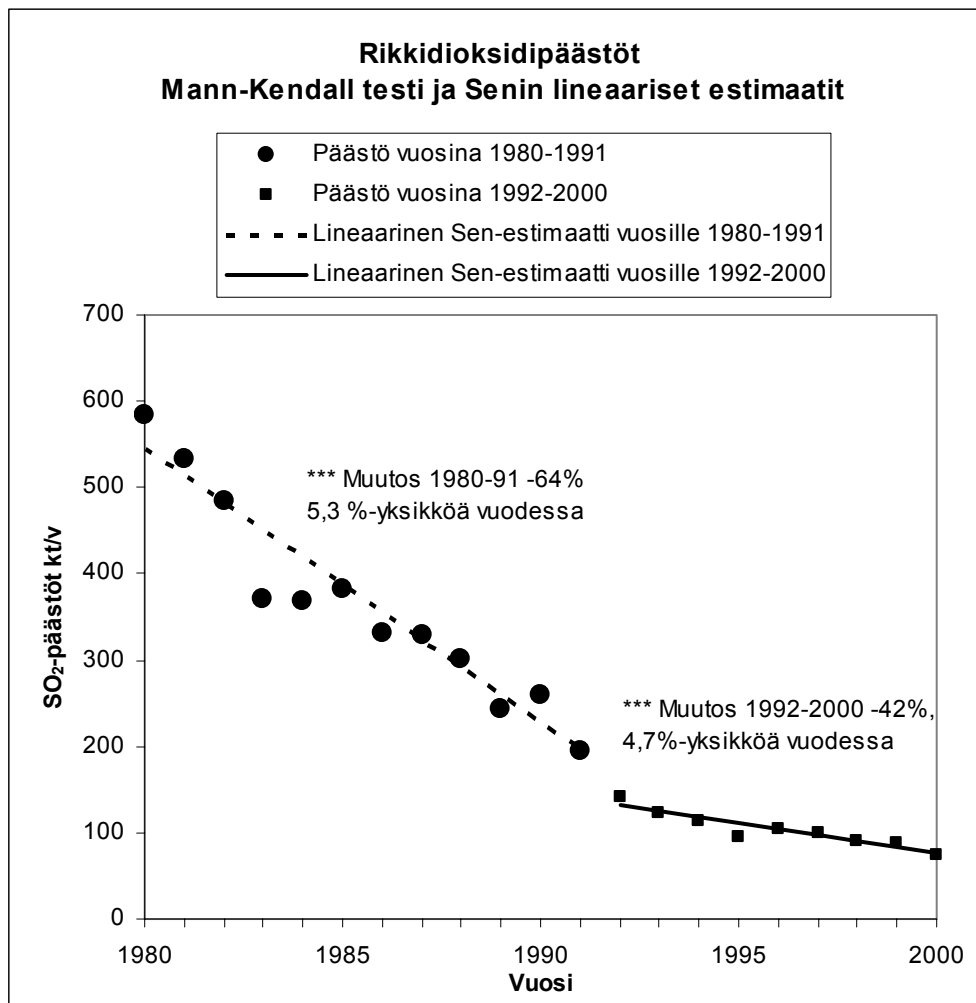
S_f = Senin trendisuoraestimaatin arvo aikasarjan ensimmäisen vuoden kohdalla

S_l = Senin trendisuoraestimaatin arvo aikasarjan viimeisen vuoden kohdalla

v = aikasarjan pituus vuosina.

Lineaarinen malli ei kaikissa pitoisuusaikasarjoissa välttämättä sopinut aineistoon. Näissä tapauksissa aikasarja on jaettu kahteen osaan, joista kumpaankin on sovitettu erikseen lineaarinen trendi. Havainnollinen esimerkki paloittain lineaarisesta aikasarjasta on Suomen rikkidioksidin vuosipäästöjen aikasarja vuosina 1980–2000 (Kuva 3). Rikkidioksidipäästöt vähenivät 1980-luvulla jyrkemmin (5,3 prosenttiyksikköä vuodessa) kuin 1990-luvulla on tapahtunut (4,7 prosenttiyksikköä vuodessa). Rikkidioksidin päästöaikasarja on tässä esitetty esimerkkinä havainnollisuutensa vuoksi; pitoisuusaikasarjoissa ilmiö ei esiinny yhtä selkeänä.

Joissakin tapauksissa pitoisuusaikasarjassa tapahtuu selvä pitoisuustason lasku aikasarjan parina ensimmäisenä vuonna, jolloin yksi lineaarinen malli ei sovi koko aineistoon eikä mittaustuloksia ole riittävästi kahden erillisen lineaarisen trendin sovittamiseen. Näissä tapauksissa sarjan loppuosalle on kuitenkin etsitty lineaarista trendiä jättämällä alkuvuosien poikkeavat arvot pois tarkastelujaksosta. Näitä tilanteita esiintyi lähinnä rikkidioksidille. Pääsääntöisesti lineaarinen malli sopii varsin hyvin tässä käsiteltyjen yhdisteiden pitoisuuksien aikasarjoille



Kuva 3. Mann-Kendall-testin ja Senin menetelmän soveltaminen rikkidioksidipäästöjen vuosiaikasarjaan.

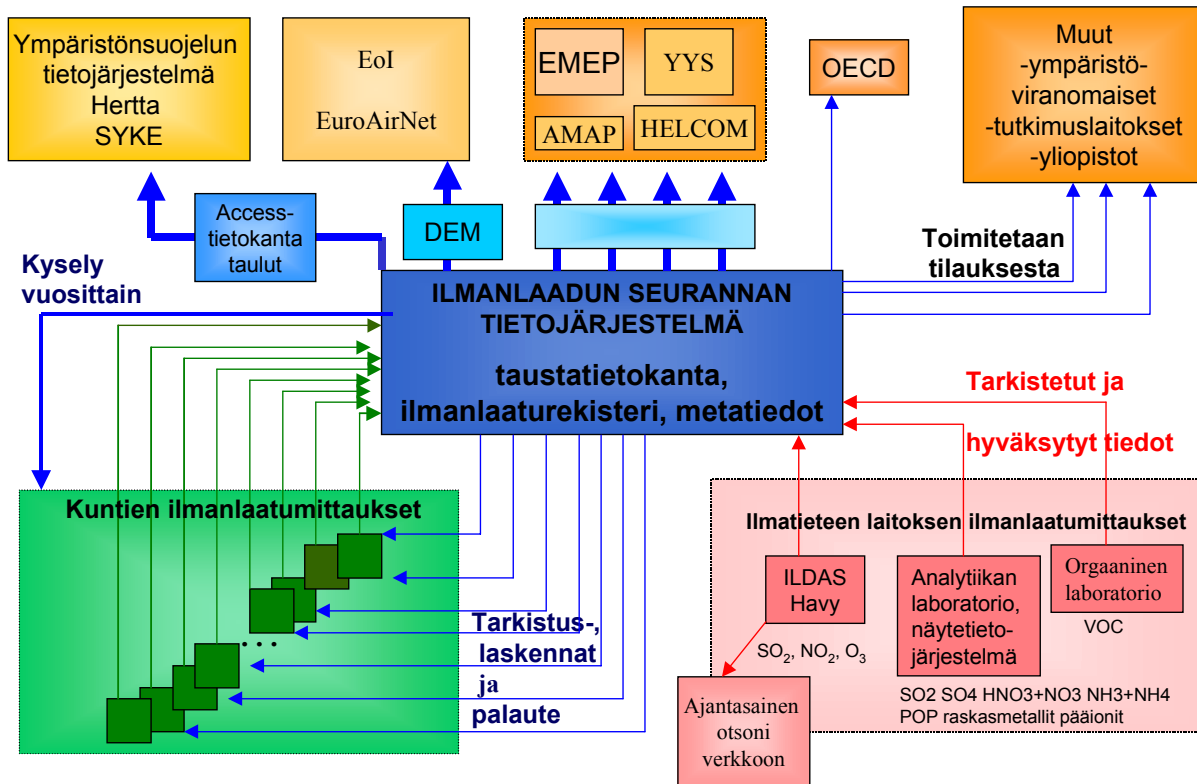
3.5 Päästötiedot

Pitoisuuksien aikasarjatarkasteluihin liittyen tutkimuksessa esitetään viitteenomaisesti myös vastaavien yhdisteiden kokonaispäästömäärien kehitys Suomessa. Kaikki päästötiedot on haettu UNECE/EMEP-päästötietokannasta (WebDab 2002), jonne Suomen ympäristökeskus vuosittain toimittaa Suomen päästötiedot Euroopan talouskomission alaisen kaukokulkeutumissopimuksen mukaisesti.

4. Ilmanlaadun seurantajärjestelmä ILSE

Ilmatieteen laitoksen ylläpitämä ilmanlaadun seurantajärjestelmä ILSE on tiedonhallintajärjestelmä, jolla hoidetaan kansallinen ilmanlaadun mittaustietojen keruu ja raportointi (Kuva 4). Ilmanlaadun mittaustietojen kerääminen ilmanlaadun seurantajärjestelmään tapahtuu vuosittain helmi-maaliskuussa, jolloin Ilmatieteen laitos lähettää verkoille mittaustietoja koskevan kyselyn. Mittauksista vastaavat organisaatiot lähettävät mittaustulokset Ilmatieteen laitokselle. Ennen tietokantaan tallettamista tiedoille suoritetaan yleisluonteinen tarkistus. Kaikille tuloksille on asetettu komponenttikohtaiset alaja ylärajat. Tämän lisäksi mittaustuloksista lasketaan tilastollisia tunnuslukuja, joiden perusteella erotellaan epäilyttävät aikasarjat tarkempaan tarkasteluun.

Tarvittaessa otetaan yhteyttä mittaustulosten toimittajaan. Joissakin tapauksissa osa saaduista mittaustuloksista joudutaan hylkäämään niiden huonon laadun vuoksi. Hylkäysehdotukset lähetetään vielä hyväksyttäväksi tulosten toimittajalle. Kaikille tietojen toimittajille lähetetään vuosittain palauteraportti, jossa on kaikista talletetuista mittaustiedoista kalenterivuosi-kohtaisia tunnuslukuja, mm. mittaustulosten lukumäärä, keskiarvo, pienin arvo, suurin arvo, 98. prosenttipiste ja tietojärjestelmän ylläpitäjän hylkäämien mittaustulosten määrä.



Kuva 4. Ilmanlaatatietojen keruu ja raportointijärjestelmä

Ilmatieteen laitos toimittaa vuosittain keräämänsä ilmanlaadun seurantamittausten tiedot mm. Suomen ympäristökeskukselle ympäristönsuojelulain mukaiseen ympäristönsuojelun tietojärjestelmään (HERTTA). Lisäksi Ilmatieteen laitos lähettää ilmanlaadun mittaustietoja vuosittain mm. Euroopan ympäristökeskukselle (EoI- ja EuroAirNet-ohjelmat), NILU:lle (EMEP, HELCOM, AMAP) sekä EU:n komissiolle.

5. Tulokset

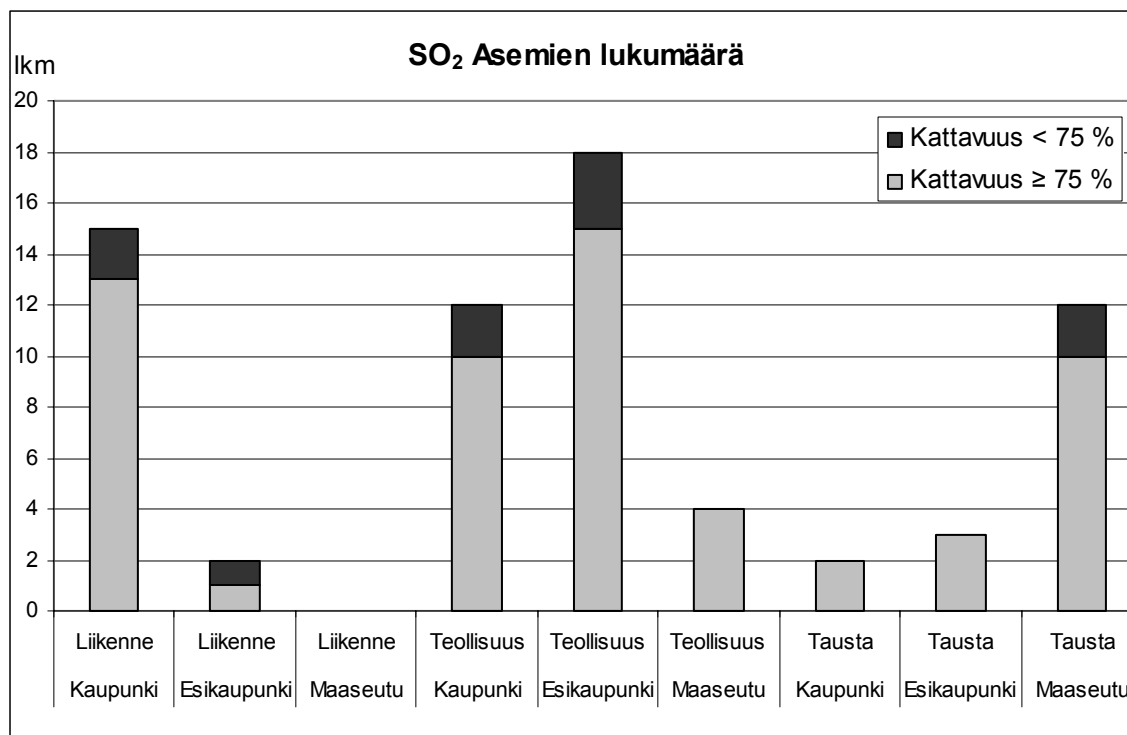
Tämän työn aineistona on käytetty ILSE:en talletettuja ilmanlaadun mittaustuloksia vuosilta 1979–2000. Vuoden 2000 tiedot käsitellään tarkemmin: tilastotaulukoissa (Liitteet 2-8) esitetään yhdisteittäin kunkin mittausaseman kunnittainen sijaintitieto, verkon ylläpitäjä, asemaluokitus, mittaussarjan vuosikattavuus, keskiarvo, ohje-, raja- ja kynnysarvojen mukaiset tunnusluvut sekä näiden ylittymisten määrä. Vuodelta 2000 mittauksia on 58 kunnasta ja 123 asemalta yhteensä 278 mittaussarjaa. Ohje-, raja- ja kynnysarvovertailut esitetään myös kartta-aineistona (Liitteet 9-15) sekä asemien luokitukseen perustuvina kaavioina. Pitoisuuksien kehittyminen vuosina 1979–2000 esitetään aikasarjakuvina ja trendien suuntaa ja suuruutta arvioidaan tilastollisin menetelmin. Suomen ilmanlaadun seurannan pitoisuustuloksia verrataan myös muualla Euroopassa esiintyviin pitoisuuksiin. Mittaustulosten laatua ei ole tässä arvioitu, vaan niitä käytetään sellaisina kuin ne ovat tietokannoissa. Eräitä poikkeuksia lukuun ottamatta tuntiarvoja tuottavista mittauksista

jatkokäsittelyyn on hyväksytty mittaussarjoista vain ne, joiden tuntiarvojen vuosikohtainen ajallinen kattavuus on vähintään 75 %.

5.1. Rikkidioksidi SO₂

5.1.1. Rikkidioksidipitoisuudet vuonna 2000

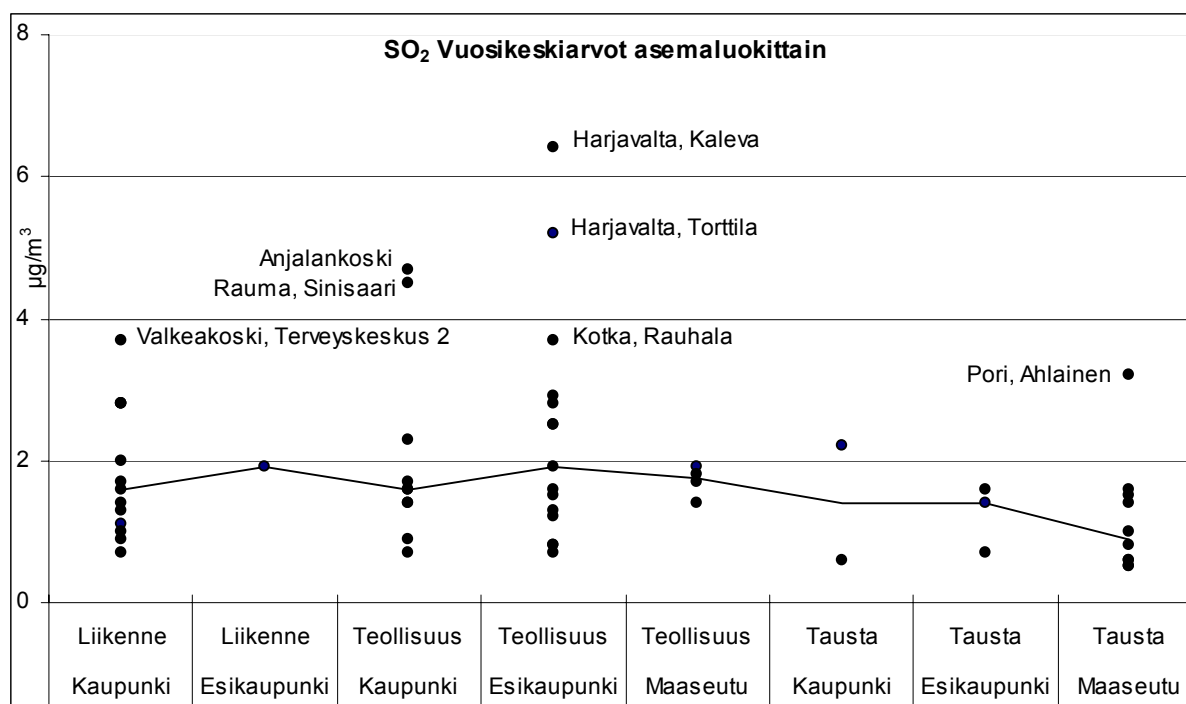
ILSE-järjestelmässä on vuoden 2000 rikkidioksidipitoisuustuloksia 68 ilmanlaadun pysyvältä mittausasemalta, joista kuusi on Ilmatieteen laitoksen verkon tausta-asemia. Rikkidioksidiasemia on runsaimmin teollisuustyyppin asemilla (Kuva 5). Jatkokäsittelyn vuosikattavuusehdon 75 % täytti 58 mittaussarjaa vuonna 2000.



Kuva 5. Rikkidioksidin mittausasemien lukumäärä asemaluokittain vuonna 2000.
Kuvaan on merkitty myös jatkokäsittelystä kattavuusehdon vuoksi hylättyjen mittaussarjojen lukumäärät.

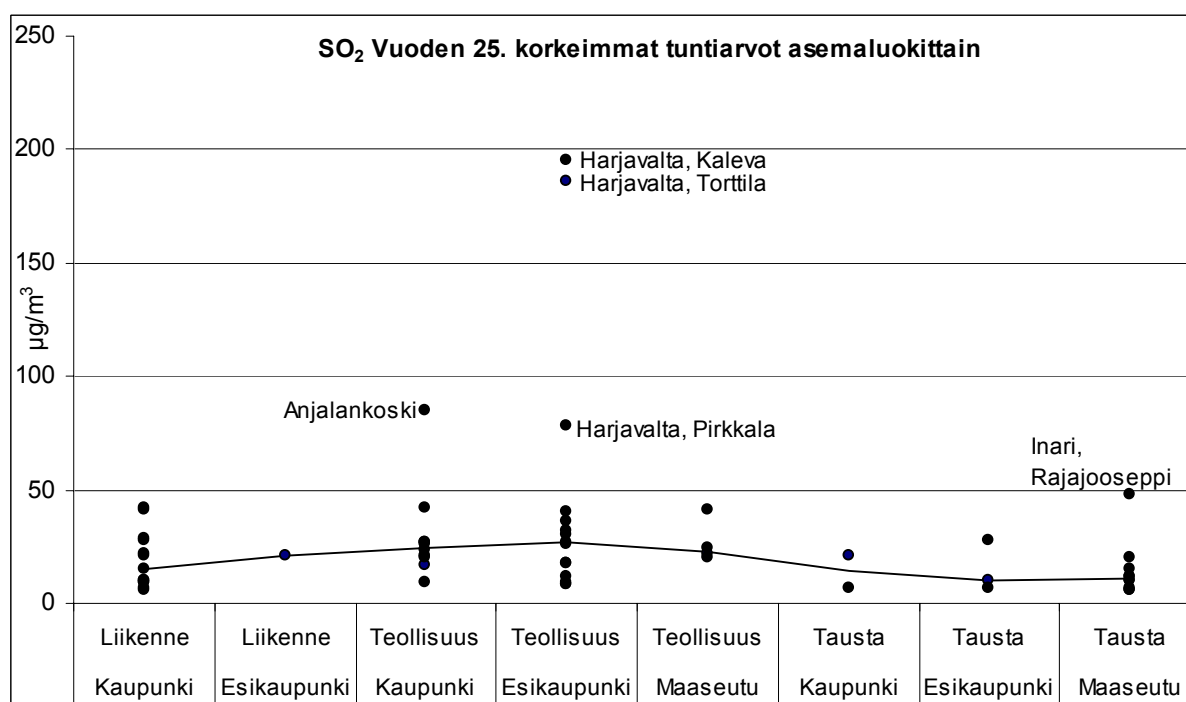
Rikkidioksidin mittausmenetelmänä on pääasiallisesti jatkuvatoiminen UV-fluoresenssiin perustuva analysaattori, joka on myös ilmanlaatuasetuksessa annettu rikkidioksidin vertailumenetelmä. Tässä tutkimuksessa on mukana myös ne Ilmatieteen laitoksen verkon rikkidioksiditulokset, joissa mittausmenetelmänä on kyseinen analysaattori. DOAS-menetelmää (differentiaalinen optinen absorptiospektroskopia) käytetään Valkeakosken Terveyskeskuksen asemalla, joten sen tulokset eivät välttämättä ole täysin vertailukelpoisia suhteessa muihin.

Keskimääräiset rikkidioksidipitoisuudet vuonna 2000 (vuosikeskiarvojen mediaani) kaikissa asemaluokissa ovat varsin alhaiset (alle 2 µg/m³) verrattuna vuosikeskiarvon raja-arvopitoisuuteen 20 µg/m³ eikä luokittaisia selkeitä eroja esiinny (Kuva 6). Kaikilla yksittäisilläkin asemilla rikkidioksidin pitkän ajan keskiarvot (vuosi- ja talvikeskiarvot, Liite 2 ja Liite 9) jäävät alle puoleen kasvillisuuden suojelemiseksi annetusta vuosi- ja talviraja-arvosta 20 µg/m³.



Kuva 6. Rikkidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvot asemaluokittain sekä kunkin asemaluokan mediaani vuonna 2000 (raja-arvo on 20 µg/m³).

Myöskään korkeimmissa lyhytaikaispitoisuuksissa (vuoden 25. korkein tuntipitoisuus) asemien tyyppiluokittelu ei paljasta merkittäviä tasoeroja (Kuva 7). Pitoisuustasoltaan varsin homogeenisesta aineistosta eroaa vain muutama merkittävämpi teollisuuspaikkakunta korkeammilla pitoisuuksillaan. Näilläkin jäädyään kuitenkin selvästi alle raja-arvon 350 µg/m³. Inarin Raja-Joosepin tausta-aseman 25. korkein tuntipitoisuus on Harjavallan ja Anjalankosken asemien jälkeen aineiston korkein.



Kuva 7. Rikkidioksidin 25. korkeimmat tuntipitoisuudet asemaluokittain sekä kunkin asemaluokan mediaani vuonna 2000.

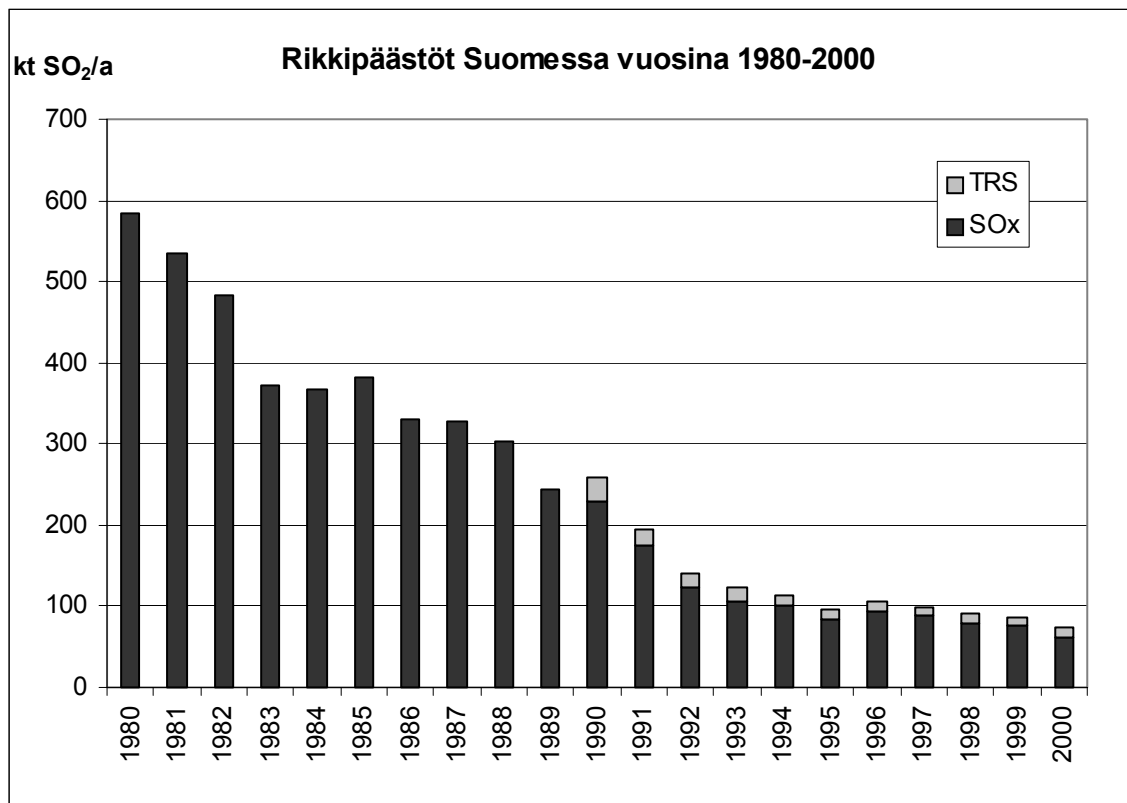
Rikkidioksidin ohjearvoihin ja muihin raja-arvoihin verrannolliset pitoisuudet on esitetty Liitteen 2 taulukossa ja Liitteen 9 karttakuvissa. Valtaosalla asemista jäädään korkeimmillaankin selvästi tunti- ja vuorokausiohjearvon alapuolelle. Ohjearvot ylittyvät vain Harjavallassa, jonka Kalevan asemalla tuntiohjearvo ylittyi kerran ja Torttilan asemalla vuorokausiohjearvo samoin kerran vuoden 2000 aikana. Myös rikkidioksidin varoituskynnysarvo ($500 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ylittyi Harjavallan Torttilassa vuonna 2000. Korkein mitattu tuntipitoisuus oli Torttilassa $935 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vuonna 2000.

Rikkidioksidille annettu uusi vuorokausiraja-arvo (vuoden 4. korkein vuorokausiarvo; $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ei ylittynyt millään asemalla kuten ei myöskään siirtymäajan raja-arvo. Korkeimmillaankin pitoisuudet jäivät noin viidesosaan siirtymäajan raja-arvoista.

Tässä aineistossa on mukana myös kuusi Ilmatieteen laitoksen tausta-alueita edustavaa mittausasemaa. Utön asemalla rikkidioksidipitoisuudet ovat kaikilla tunnusluvuilla mitattuna aineiston pienimpiä. Virolahti puolestaan sijoittuu pitoisuustasoltaan aineiston keskivaiheille. Ähtäri, Oulanka ja Sammaltunturi sijoittuvat puhtaampaan puoliskoon. Inarin Raja-Joosepissa korkeita rikkidioksidipitoisuuksia esiintyy tyypillisesti muutaman kerran vuodessa, kun sopivissa sääoloissa rikkidioksidia kulkeutuu Kuolan päästöalueilta. Vuonna 2000 tällainen huomattava kulkeutumistilanne tapahtui maaliskuun alkupäivinä (Ruoho-Airola 2001). Tuolloin (2.3.) Raja-Joosepissa rikkidioksidin vuorokausiarvo ylsi $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mikä on kymmenenneksi korkein vuorokausiarvo koko tässä aineistossa. Raja-Jooseppi on keskimääräiseltä (vuorokausipitoisuuksien mediaani) pitoisuudeltaan aineiston kolmanneksi puhtain, mutta lyhytaikaisilta pitoisuuksiltaan sijoittuu aineiston kahdenkymmenen korkeimman joukkoon.

5.1.2. Rikkidioksidipitoisuudet vuosina 1985–2000

Suomessa 1980-luvulla alkanut rikkipäästöjen väheneminen on hiljalleen jatkunut vielä 1990-luvullakin (Kuva 8). Valtaosa päästöistä on peräisin energiantuotanto- ja teollisuussektorilta, tieliikenteen osuus vuonna 2000 oli 0,3 % kokonaispäästöstä ja muun liikenteen ja työkoneiden osuus noin 6 % (WebDab 2002). Rikkidioksidin päästömääriin sisältyy myös pelkistyneet (ns. haisevat) rikkiyhdisteet (Total Reduced Sulfur, TRS), joiden päästöjen kokonaismäärä rikkidioksidiksi laskettuna on myös laskenut vuoden 1990 31 000 tonnista 11 000 tonniin vuonna 2000 (Ilmapäästötietojärjestelmä 2002).

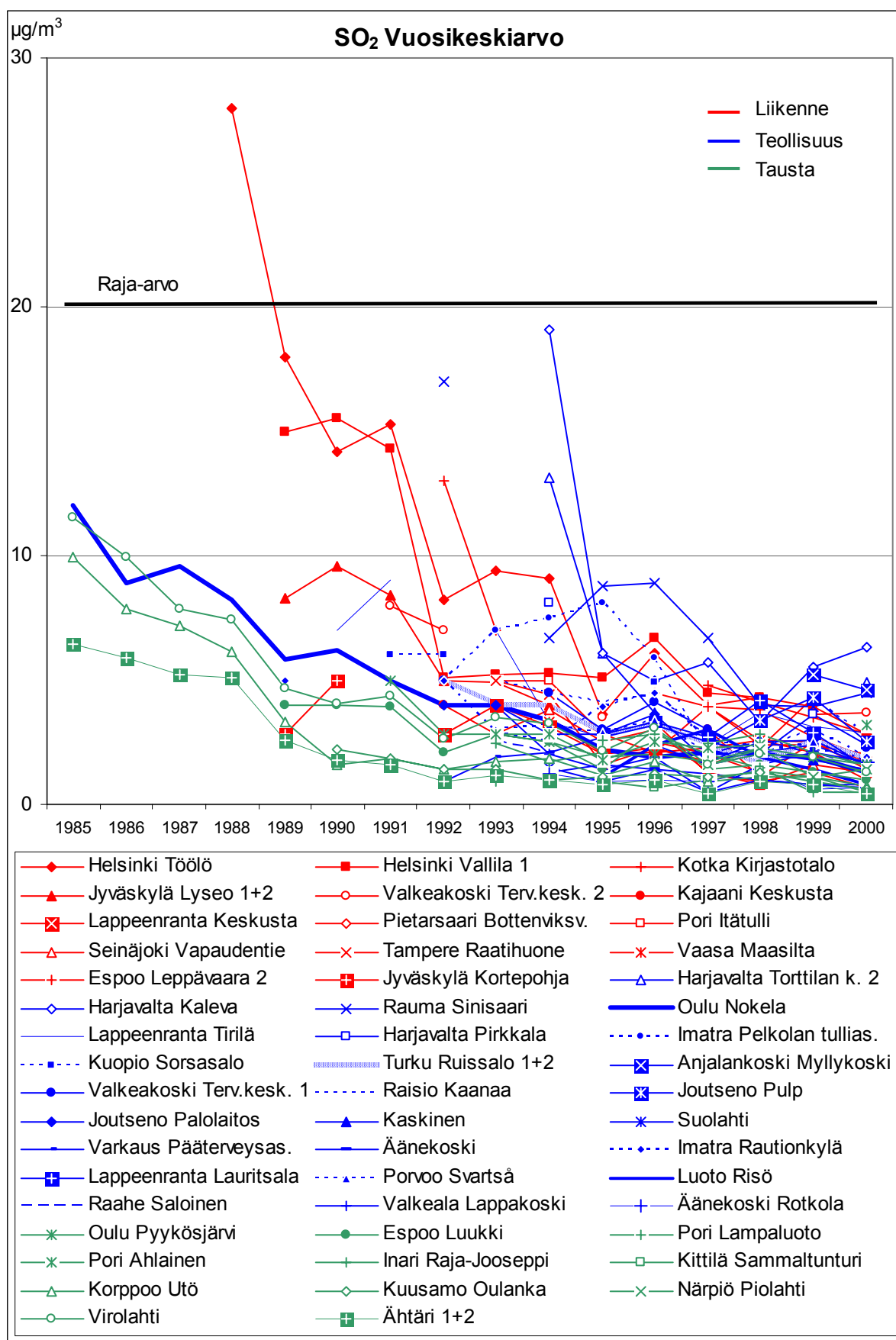


Kuva 8. Rikkiyhdisteiden päästöt (rikkidioksidina) Suomessa vuosina 1980–2000 (WebDab 2002 ja Ilmapäästötietojärjestelmä 2002).

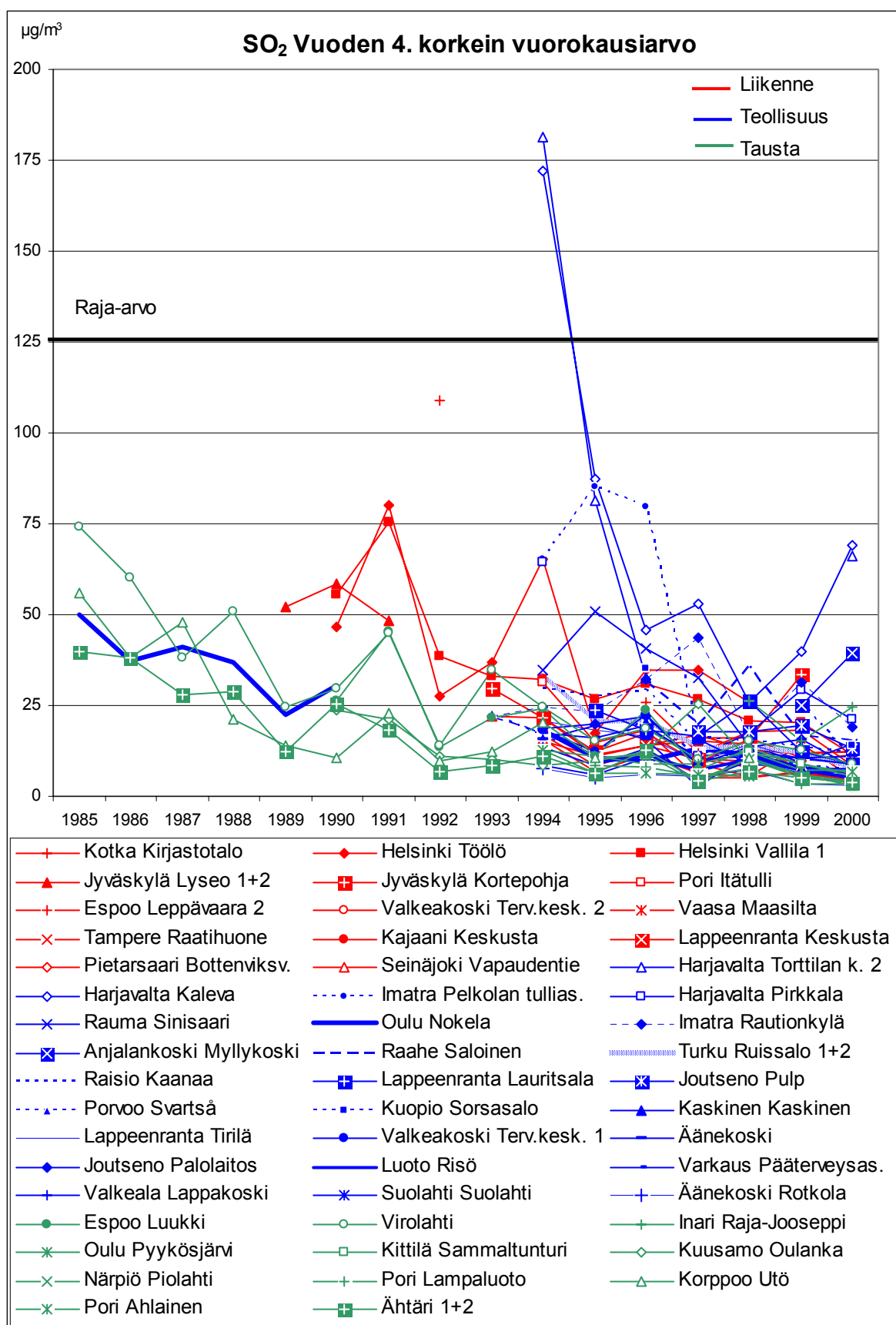
Myös ilman rikkidioksidipitoisuudet ovat laskeneet (Kuva 9). Kuvassa on vuonna 2000 toimineiden asemien lisäksi Helsingin Töölön (päätyi 1998) ja Jyväskylän Kortepohjan (päätyi 1999) asemien aikasarjat. Pääsääntöisesti vain asemat, joilla on vähintään neljä hyväksyttyä vuosiarvoa (vuosikattavuusehto 75 %), on mukana. Kuvaan on poikkeuksellisesti otettu Ilmatieteen laitoksen Utön, Virolahden, Ähtärin ja Oulangan asemilta manuaalisella keräysmenetelmällä (EMEP 1995) mitatut rikkidioksidipitoisuudet jatkuvatoimisten analysaattoreiden sijaan. Jatkuvatoimiset analysaattorit otettiin käyttöön näillä asemilla vasta 1990-luvulla. Jyväskylän Lyseon ja Turun Ruissalon asemien aikasarjat on yhdistetty kahden lähekkäin sijainneen mittauspaikan aikasarjoista. Molempien asemien siirrot tapahtuivat vuonna 1999.

1990-luvun loppupuoliskolla vuosikeskiarvot ovat kaikilla asemilla pysyneet alle kymmenen mikrogramman kuutiometrissä. Viimeiset vuosiraja-arvon $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ylitykset tapahtuivat vuonna 1988 Helsingin Töölön asemalla ja vuonna 1989 Harjavallan kahdella asemalla. ILSE-järjestelmässä ei ole Harjavallan mittaustietoja vuosilta 1990–1993. Vuonna 1998 rikkidioksidipitoisuuksien vuosikeskiarvot olivat poikkeuksellisen alhaiset kaikilla asemilla. Vuosi 2000 puolestaan ei erityisesti poikkea viime vuosien tasosta.

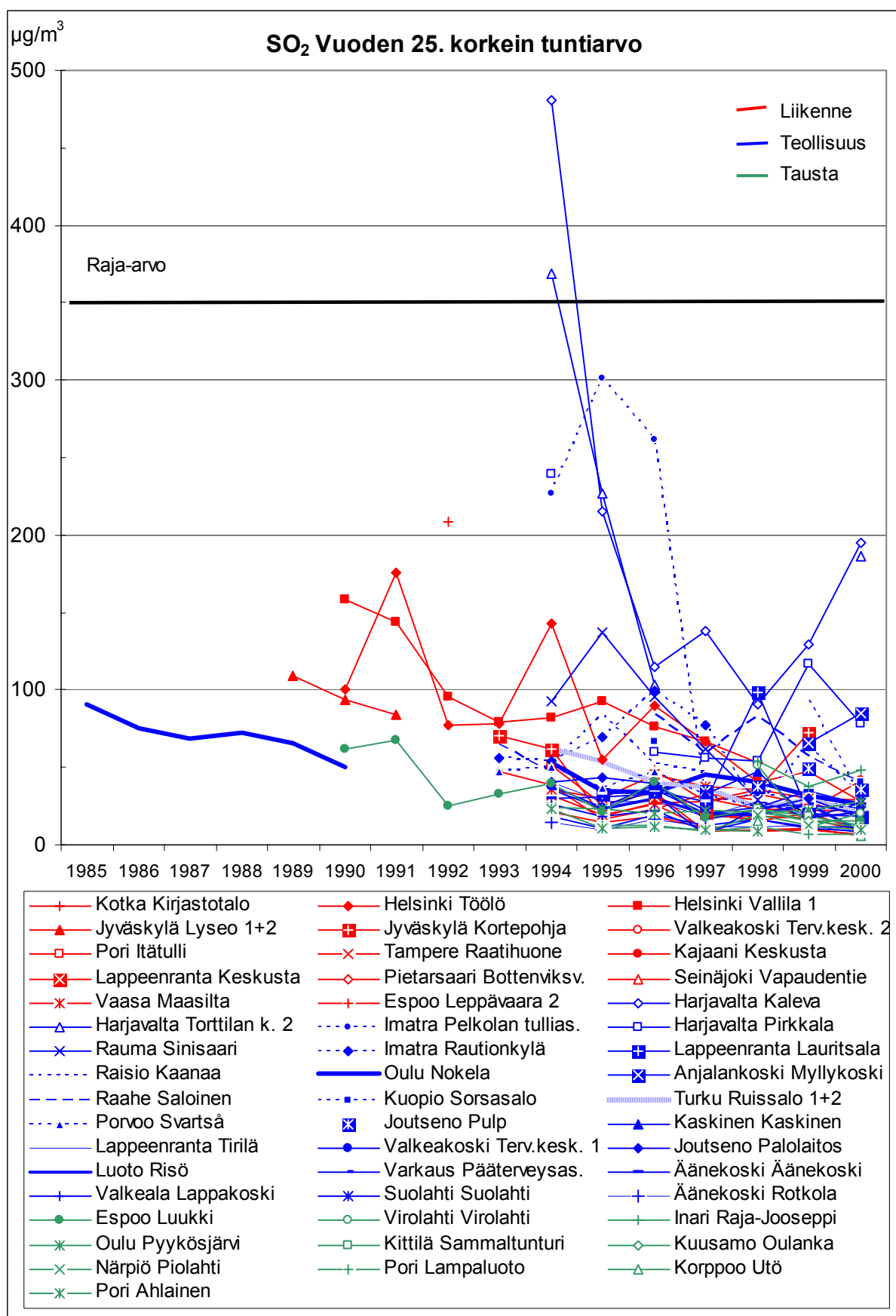
Myös lyhytaikaispitoisuuksissa (Kuva 10 ja Kuva 11) näkyy pitoisuuksien yleinen aleneminen. Vuonna 1994 Harjavallan kahdella asemalla uusiin raja-arvoihin verrannolliset vuorokausi- ja tuntiarvot ylittyivät. Harjavallan vuoden 2000 korkeat lyhytaikaispitoisuudet ovat edeltäviin vuosiin verrattuna poikkeuksellisen suuret.



Kuva 9. Rikkidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvot vuosina 1985–2000.



Kuva 10. Rikkidioksidin vuoden 4. korkeimmat vuorokausipitoisuudet vuosina 1985–2000.



Kuva 11. Rikkidioksidin vuoden 25. korkeimmat tuntipitoisuudet vuosina 1985–2000.

Rikkidioksidipitoisuuksien vuosikeskiarvoaikasarjoille tehtiin myös tilastollinen trendianalyysi (Taulukko 4).

Tutkittuja rikkidioksidipitoisuusaikasarjoja oli kaikkiaan 46 kappaletta. Näistä 25:ssä eli yli puolessa oli tilastollisesti merkitsevä laskeva lineaarinen trendi. Näillä asemilla pitoisuuslasku vaihteli välillä 2,8 - 14 prosenttiyksikköä vuodessa ollen keskimäärin 7,6 %-yksikköä vuodessa. Vastaavasti Suomen kokonaisrikkidioksidipäästöt vähenivät 5,3 %-yksikköä vuodessa (1980–1991) ja 4,7 prosenttiyksikköä vuodessa (1992–2000) (Kuva 3). Näin pitkiä rikkidioksidipitoisuusaikasarjoja ei juuri ole tässä käytettävissä vaan pitoisuusaikasarjat tyypillisesti alkavat vasta 1990-luvun alkuvuosista edustaen näin päästökehityksen jälkimmäistä puoliskoa. Koko aineistossa ei ollut yhtään tilastollisesti merkitsevää nousevaa trendiä (Taulukko 4).

Taulukko 4. Rikkidioksidipitoisuuksien vuosikeskiarvoaikasarjojen tilastollinen tarkastelu.

Asema	Tarkastelu- jakso	Jakson pituus vuosissa	Vuosi- arvojen lukumäärä	Mann- Kendall- testi	Muutos koko jaksolla %	Muutos vuodessa %-yks./v
v	v	n				
Tilastollisesti merkitsevä laskeva lineaarinen trendi						
Espoo Leppävaara	1996–2000	5	5	*	-55	-11
Espoo Luukki	1989-2000	12	12	**	-77	-6,4
Helsinki Töölö	1988-1998	11	11	**	-88	-8,0
Helsinki Vallila 1 ^a	1992-2000	9	9	*	-36	-4,0
Imatra Pelkolan tulliasema	1993-2000	8	8	+	-80	-10
Imatra Rautionkylä	1989-2000	12	10	*	-54	-4,5
Joutseno Palolaitos	1993-2000	8	8	+	-48	-6,0
Jyväskylä Lyseo 1+2 ^a	1992-2000	9	9	**	-77	-8,5
Korppoo Utö ^b	1980-1989	10	10	*	-54	-5,4
Korppoo Utö ^b	1990-2000	11	11	*	-48	-4,4
Kotka Kirjastotalo ^c	1993-2000	8	5	*	-61	-7,6
Kuusamo Oulanka	1990-2000	11	11	**	-55	-5,0
Lappeenranta Keskusta	1996-2000	5	4	+	-69	-14
Lappeenranta Tirilä	1990-2000	11	10	+	-62	-5,6
Luoto Risö ^c	1996-2000	5	5	+	-71	-14
Oulu Nokela ^b	1985-1992	8	8	**	-66	-8,3
Oulu Nokela ^b	1993-2000	8	8	**	-63	-7,9
Oulu Pyykösjärvi ^c	1992-2000	9	9	*	-43	-4,8
Pori Itätulli	1993-2000	8	8	*	-89	-11
Pori Lampaluoto ^c	1995-2000	6	6	*	-83	-14
Raisio Kaanaa	1993-2000	8	7	+	-41	-5,1
Rauma Sinisaari	1992-2000	9	8	+	-75	-8,3
Suolahti	1994-2000	7	7	*	-55	-7,9
Tampere Raatihuone	1993-2000	8	6	*	-92	-12
Turku Ruissalo 1+2	1992-2000	9	9	**	-67	-7,4
Valkeakoski Terveystieteiden keskus 1	1992-2000	9	6	*	-54	-6,0
Violahti ^b	1977-1988	12	12	*	-34	-2,8
Violahti ^b	1989-2000	12	12	***	-68	-5,7
Ähtäri 1+2 ^b	1989-2000	12	12	***	-78	-6,5
Ei tilastollisesti merkitsevää trendiä						
Harjavalta Kaleva	1994-2000	7	7			
Harjavalta Pirkkala	1994-2000	7	6			
Inari Rajajooseppi	1993-2000	8	7			

Asema	Tarkastelu- jakso v	Jakson pituus vuosissa v	Vuosi- arvojen lukumäärä n	Mann- Kendall- testi	Muutos koko jaksolla %	Muutos vuodessa %-yks./v
Joutseno Pulp	1997-2000	4	4			
Jyväskylä Kortepohja	1989-1999	11	10			
Kajaani Keskusta	1992-2000	9	7			
Kaskinen	1997-2000	4	4			
Kittilä Sammaltunturi	1995-2000	6	6			
Lappeenranta Lauritsala	1995-2000	6	6			
Närpiö Piolahti	1997-2000	4	4			
Pietarsaari Bottenviksvägen	1997-2000	4	4			
Pori Ahlainen	1993-2000	8	7			
Porvoo Svartså	1993-2000	8	8			
Raahe Saloinen	1993-2000	8	7			
Seinäjoki Vapaudentie	1993-2000	8	8			
Vaasa Maasilta	1994-2000	7	7			
Valkeala Lappakoski	1994-2000	7	7			
Varkaus Pääterveysasema	1993-2000	8	8			
Ähtäri 1	1980-1988	8	8			
Äänekoski Äänekoski	1994-2000	7	7			
Äänekoski Rotkola	1994-2000	7	7			

^a ei sisällä vuosia 1989-1991

^b aikasarja jaettu kahteen osaan

^c ei sisällä aikasarjan ensimmäistä vuotta

Valtaosalla mittausasemista rikkidioksidipitoisuudet ovat siis varsin alhaisia: vain muutamalla teollisuustyyppin asemalla pitoisuudet poikkeavat muita korkeampina. Vuonna 2000 rikkidioksidin ohjearvot ylittyivät kahdesti yhdellä paikkakunnalla, mutta raja-arvojen alle jäätin selvästi. Kotimaisten rikkidioksidipäästöjen voimakas väheneminen viimeisen 20 vuoden aikana onkin saanut aikaan taajama-alueiden rikkidioksidipitoisuuksien laskemisen lähelle tausta-alueiden pitoisuuksia. Rikkidioksidimittausasemien väheneminen 1990-luvulla onkin tässä mielessä varsin perusteltua.

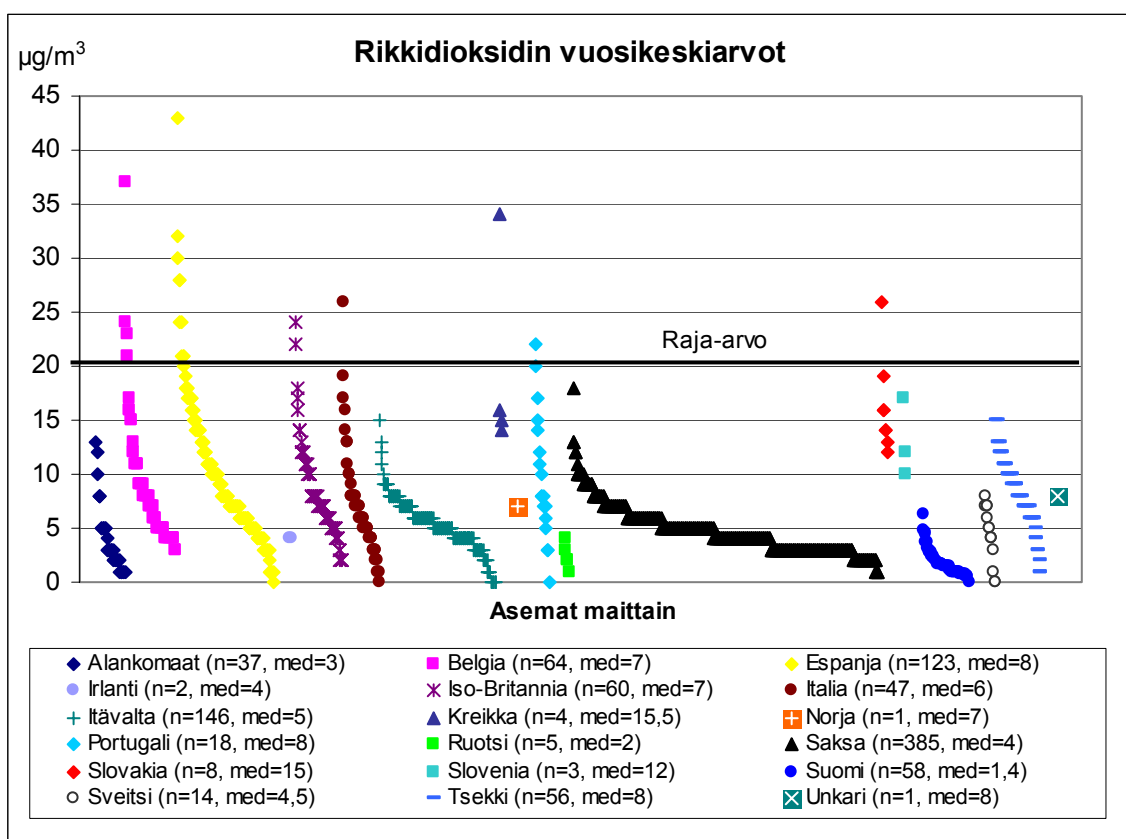
5.1.3. Pitoisuudet verrattuna muihin Euroopan maihin

Euroopan Ympäristökeskuksen AirBase-tietokannassa on vuoden 2000 rikkidioksidipitoisuuksien päiväarvoihin perustuvaa tilastoa 1681 asemalta ja tuntiarvoihin perustuvia 1105 asemalta. Ensin mainittu aineisto osoittautui tarkemmassa tarkastelussa mittausmenetelmien osalta hajanaisemmaksi: mukana oli runsaasti keräys-analyysipohjaisia menetelmiä ja menetelmä oli myös varsin usein dokumentoitu tuntemattomaksi. Järjestelmä ei mahdollista mittausmenetelmään kohdistuvaa hakuehtoa. Tämän vuoksi tähän vertailuun otettiin päiväarvotilastoistakin mukaan vain ne asemat, joilla oli järjestelmästä saatavilla myös tuntiarvoihin perustuvat tilastot. Näin pyrittiin ainakin karkealla tavalla lisäämään aineiston vertailukelpoisuutta. Vertailun ulkopuolelle jäivät kaikki Liettuan, Makedonian, Puolan, Ranskan, Romanian ja Viron asemat. Vertailuun otettiin mukaan kaikki asemat, joilla rikkidioksidipitoisuuden tuntiarvojen vuosikattavuus oli vähintään 75 % vuonna 2000. Ehdon täyttäviä asemia oli 17 Euroopan maasta yhteensä 974. Suomen aineistoksi otettiin ILSE:n vastaavat ehdon täyttävät 58 asemaa vuodelta 2000.

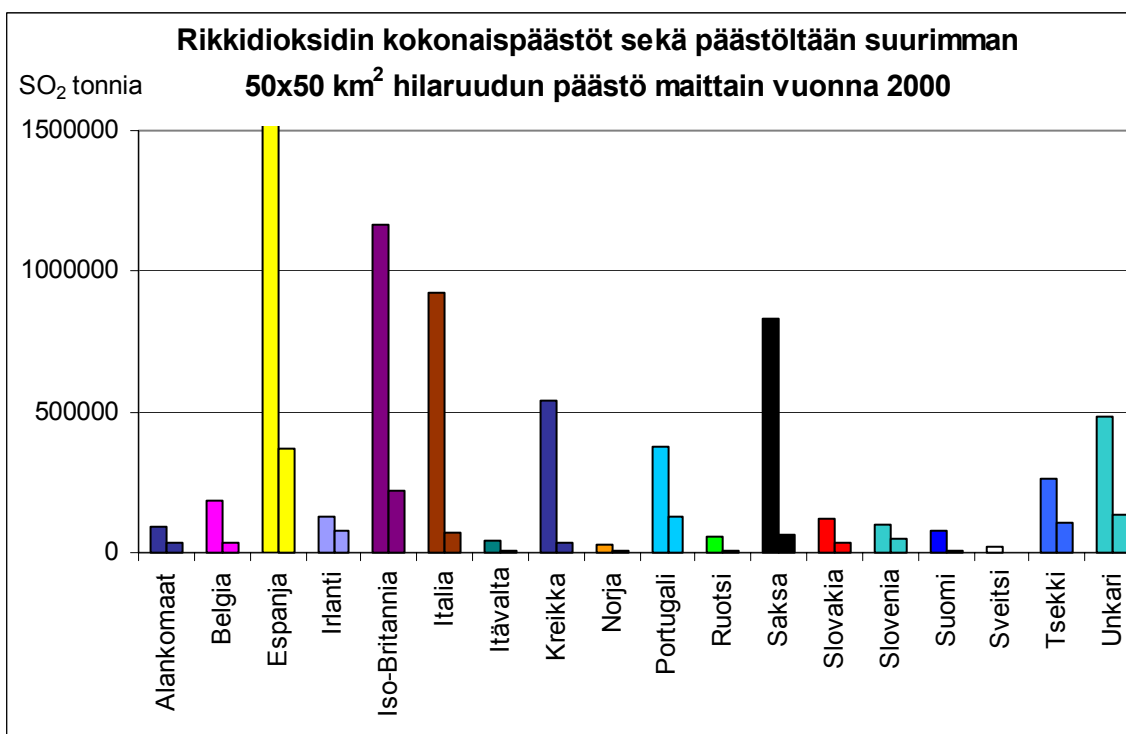
Vuosikeskiarvolle annettu raja-arvo $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ylittyi vähintään yhdellä asemalla seitsemässä Euroopan maassa (Belgia, Espanja, Iso-Britannia, Italia, Kreikka, Portugali ja Slovakia) vuonna 2000 (Kuva 12). Suomen lisäksi ainoastaan Irlannissa, Norjassa, Ruotsissa, Sveitsissä ja Unkarissa vuosikeskiarvo kaikilla asemilla jää alle $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kaikkien asemien maittain mediaani on Suomessa aineiston alhaisin $1,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Muista pohjoismaista on AirBaseen ilmoitettu verrattain vähän jatkuvatoimisten analysointilaitteiden rikkidioksidituloksia. Esimerkiksi Norjan ainoa mittaustulos on Pohjois-Norjasta Svanvikin asemalta läheltä venäläistä Petschenganikelin metallisulattoa eikä siis edusta Norjan kokonaistilannetta kovinkaan hyvin.

Mittausasemien vuosikeskiarvot heijastelevat maiden päästömääriä (Kuva 13). Belgian, Italian, Kreikan, Portugalin ja Saksan päästötiedot ovat vuodelta 1999, muiden vuodelta 2000 (WebDab 2002). Suurin päästötiheys on kunkin maan päästömäärältään suurin $50 \times 50 \text{ km}^2$ -hilaruudun (EMEP grid 2002) päästömäärä, joka on tässä laskettuna ko. ruudun todellista pinta-alaa kohti. Tarkastelluista maista Espanjassa on suurimmat rikkidioksidin kokonaispäästöt sekä myös suurimmat päästökeskittymät. Suomen kokonaispäästöt ovat näistä maista viidenneksi pienimmät Sveitsin, Norjan, Itävallan ja Ruotsin jälkeen ja suurin päästötiheys neljänneksi pienin Sveitsin, Ruotsin ja Norjan jälkeen.

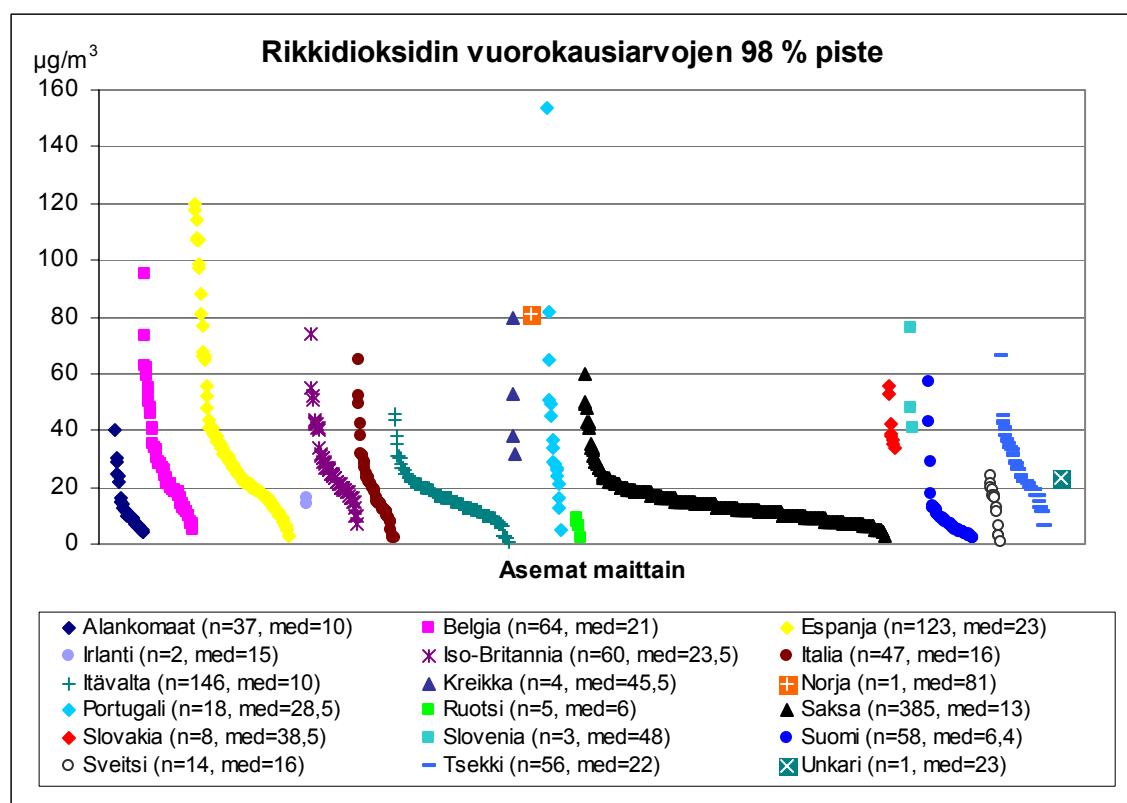
Korkeimmissa lyhytaikaispitoisuuksissa Suomi ei erotu aivan yhtä selkeästi edukseen verrattuna muuhun Eurooppaan (Kuva 14). Harjavallan Kalevan ja Torttilan koulun sekä Anjalankosken Myllykosken asemien huippupitoisuudet sijoittuvat varsin tavalliselle eurooppalaiselle tasolle. Kuvan vertailuarvo on samalla siirtymäajan raja-arvo ($250 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mikä alittui reilusti kaikilla tarkastelussa mukana olleilla asemilla vuonna 2000.



Kuva 12. Rikkidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvot ilmanlaadun mittausasemilla maittain Euroopassa vuonna 2000 (AirBase 2002 ja ILSE). (Yksi täplä vastaa yhden aseman pitoisuutta; asemat on järjestetty maittain pitoisuuden mukaiseen suuruusjärjestykseen; käyrän leveys kuvastaa asemien määrää.)



Kuva 13. Rikkidioksidin kokonaispäästöt sekä suurimmat hilaruutupäästöt (50 km x 50 km EMEP-hila) kussakin maassa vuonna 2000 (WebDab 2002).



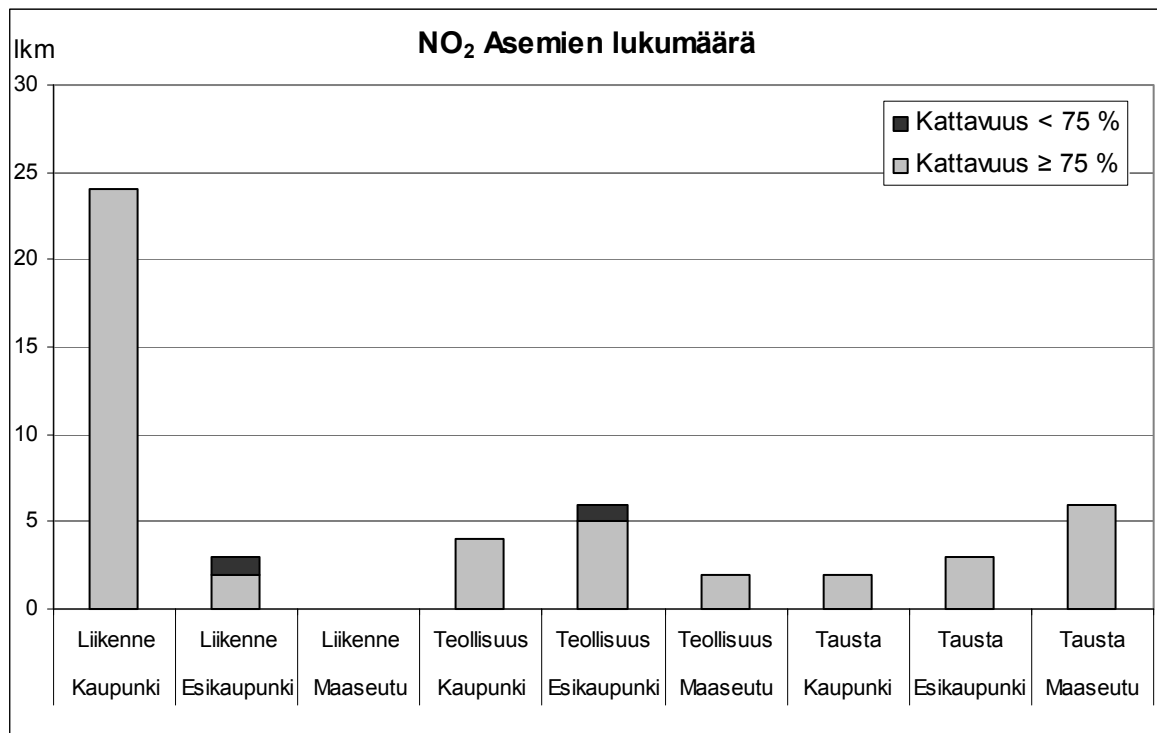
Kuva 14. Rikkidioksidipitoisuuden vuoden vuorokausiarvojen 98. prosenttipisteet ilmanlaadun mittausasemilla maittäin Euroopassa vuonna 2000 (AirBase 2002 ja ILSE) (siirtymäajan raja-arvo on 250 µg/m³).

5.2. Typpidioksidi NO₂

5.2.1. Typpidioksidipitoisuudet vuonna 2000

ILSE-järjestelmässä on vuoden 2000 typpidioksidipitoisuustuloksia 50 ilmanlaadun jatkuvalta mittausasemalta, joista 48 täyttää 75 % kattavuusehdon vuonna 2000 (Liite 3). Valtaosa mittauksista on edelleen kaupunkien liikenneasemilla, mutta nykyään typpidioksidimittaukset on aloitettu myös parilla kaupunki/tausta asemalla (Kuva 15).

Typpidioksidin mittausmenetelmänä on yleisesti kemiluminesenssiin perustuva jatkuvatoiminen analysaattori, joka on myös ilmanlaatuasetuksessa annettu vertailumenetelmä. DOAS-menetelmä on käytössä Tampereen Raatihuoneen asemalla (vuoteen 2000 asti) ja Valkeakosken Terveyskeskuksen asemalla, joten näiden asemien tulokset eivät välttämättä ole täysin vertailukelpoisia muiden kanssa.

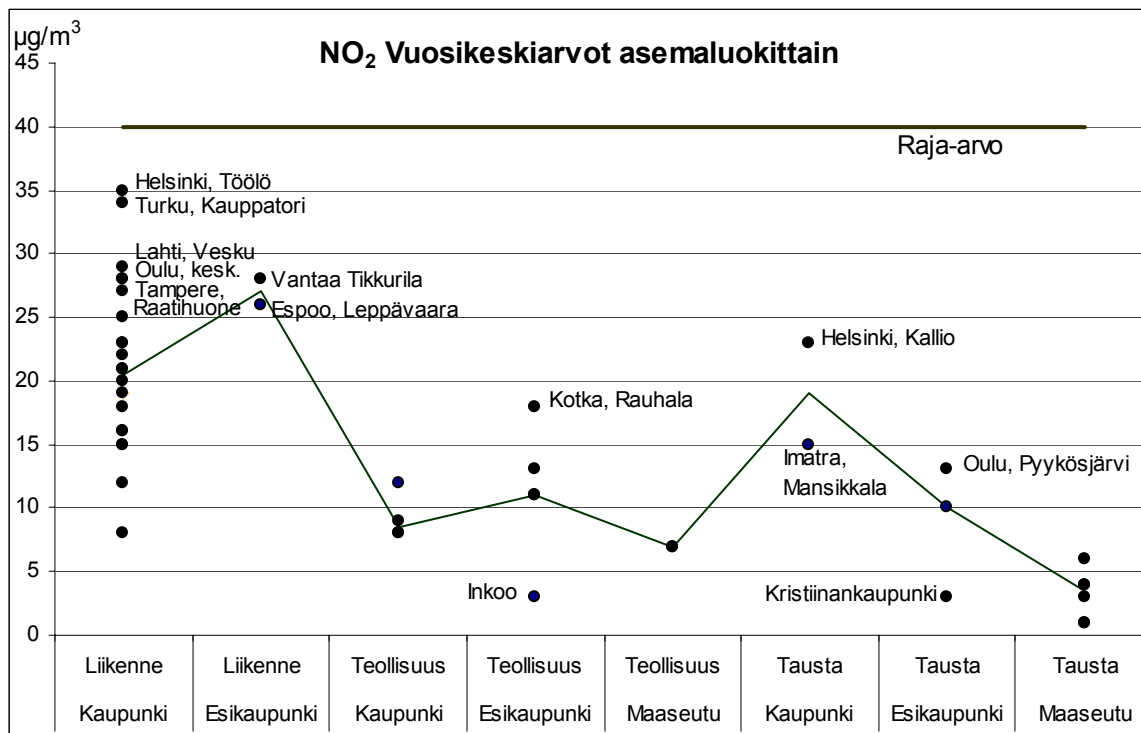


Kuva 15. Typpidioksidin mittausasemien lukumäärä asemaluokittain vuonna 2000.

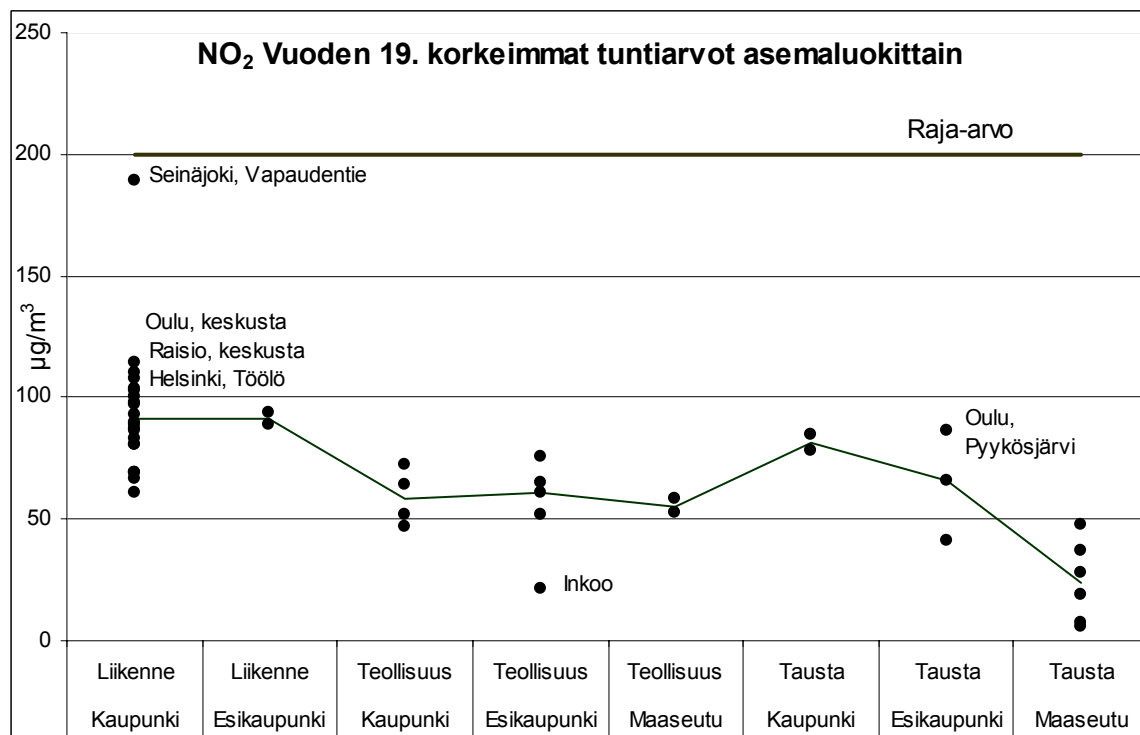
Asemien harvalukuisuus muissa kuin kaupunki/liikenneasemaluokissa tuo epävarmuutta asemaluokittaisten johtopäätösten tekoon, mutta kuitenkin niissä on nähtävissä luokittaista säännönmukaisuutta. Kaupunkien liikenneasemilla keskimääräinen pitoisuustaso (Kuva 16) on noin kuusinkertainen verrattuna maaseudun tausta-asemiin. Suurimpien kaupunkien liikenneasemilla vuosipitoisuudet ovat verrattain lähellä raja-arvopitoisuutta $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vantaan ja Espoon esikaupunkien liikenneasemilla ja Helsingin Kallion kaupunginosassa sijaitsevalla kaupunki/tausta-asemalla vuosipitoisuudet ovat pienempien kaupunkien liikenneasemien tasoa.

Myös typpidioksidin korkeimmissa lyhytaikaispitoisuuksissa (Kuva 17) on nähtävissä tasoero kaupunki/liikenneasemien ja maaseutu/tausta-asemien välillä keskimääräisen eron ollessa noin 4:1. Ehkä hieman yllättäen suurimpien kaupunkien keskustojen liikenneasemat eivät tässä tarkastelussa nouse esiin vaan korkeimmat pitoisuudet löytyvät Seinäjoelta, Oulusta ja Raisiosta. Varsinkin Seinäjoen Vapaudentien selvästi muusta aineistosta poikkeava tulos on yllättävä. Uusi tuntiraja-arvo $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ei ylittynyt millään asemalla vuonna 2000.

Liitteessä 3 ja Liitteen 10 karttakuvissa on esitetty muut typpidioksidin ohjearvoihin sekä raja-arvoihin verrannolliset pitoisuudet. Typpidioksidin tuntiohjearvo ylittyi Seinäjoen Vapaudentiellä kahdesti vuonna 2000 ja vuorokausiohjearvo Seinäjoen Vapaudentiellä ja Helsingin Töölössä kummassakin kerran. Lukumääräisesti siis ohjearvon ylityksiä ei esiintynyt juuri enempää kuin rikkidioksidilla, mutta yleisesti pitoisuustasot ovat lähempänä ohjearvoja. Siirtymäajan raja-arvosta jäätin alle puoleen kaikilla asemilla.



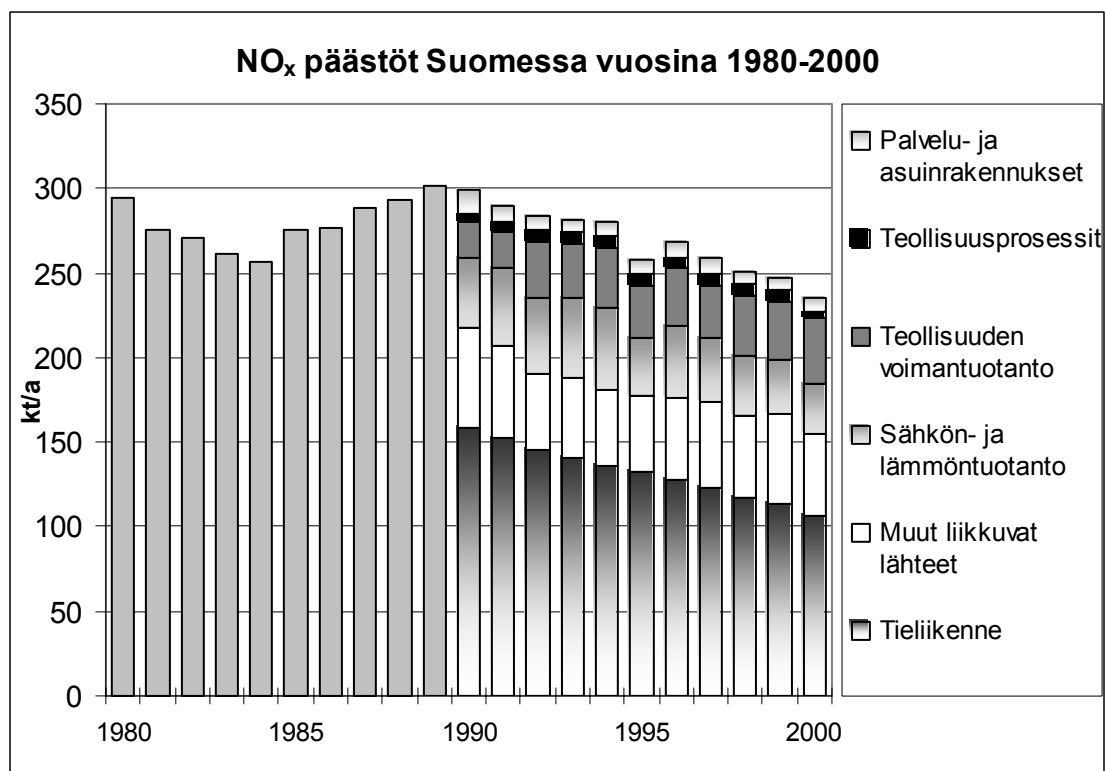
Kuva 16. Typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvot asemaluokittain sekä kunkin asemaluokan mediaanit vuonna 2000.



Kuva 17. Typpidioksidin 19. korkeimmat tuntipitoisuudet asemaluokittain sekä kunkin asemaluokan mediaani vuonna 2000.

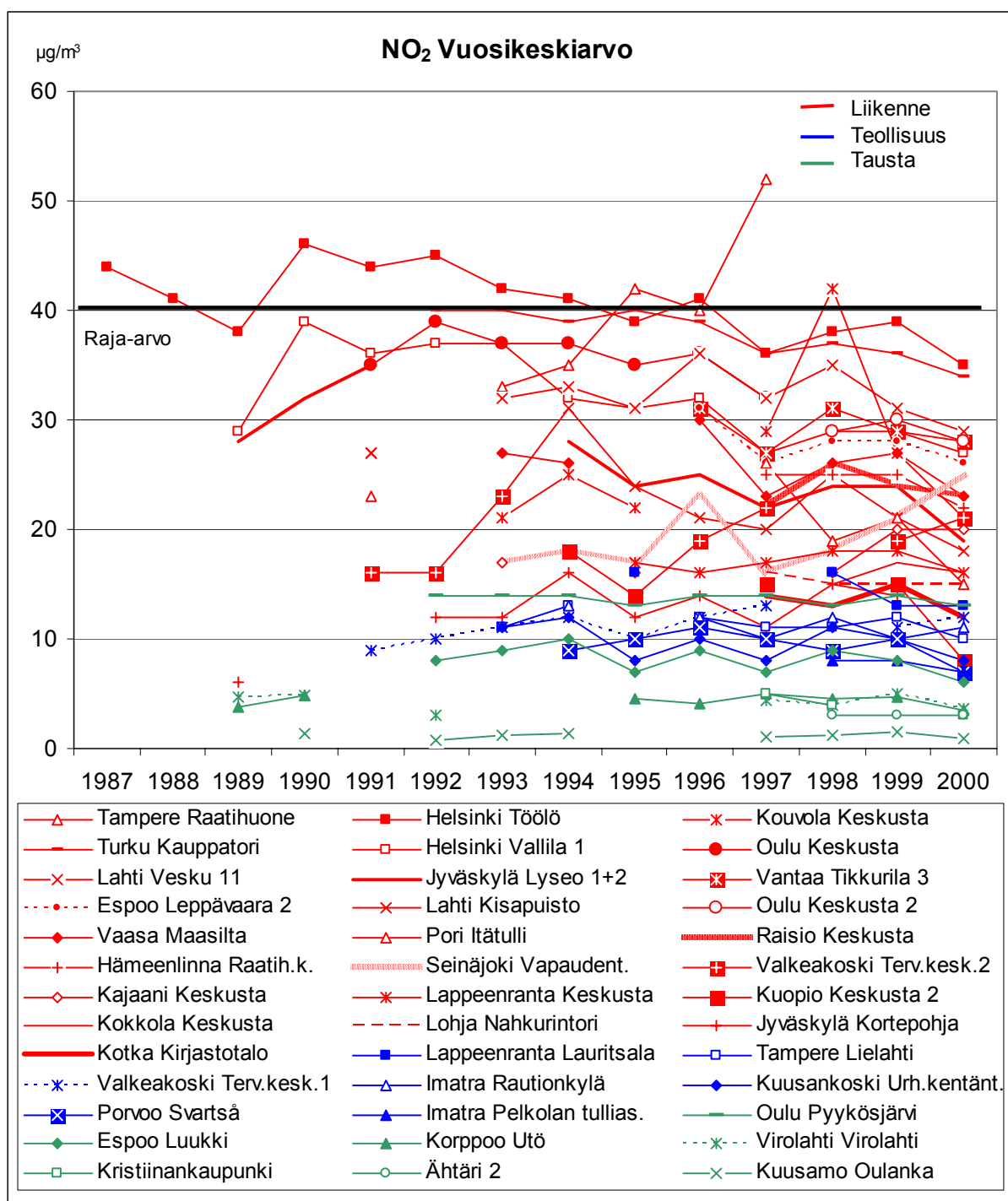
5.2.2. Typpidioksidipitoisuudet vuosina 1987–2000

Suomen typen oksidien päästöt ovat olleet lievässä laskussa 1990-luvulla (Kuva 18). Kokonaispäästö Suomessa vuonna 2000 oli 236 000 tonnia, josta tieliikenteen osuus oli 45 % ja muiden liikkuvien lähteiden ja työkoneiden 20 % (WebDab 2002).



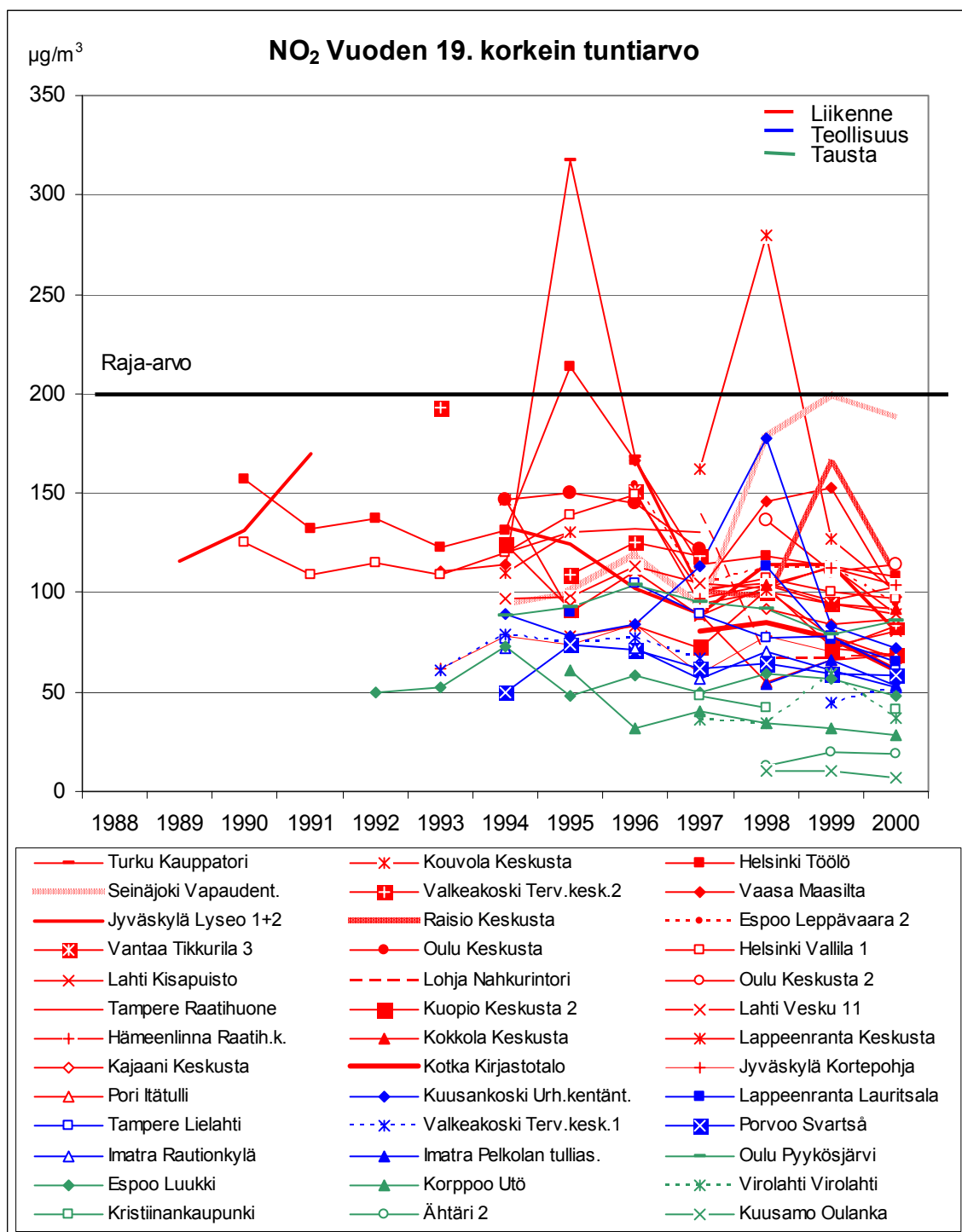
Kuva 18. Typen oksidien päästöt (typpidioksidina) Suomessa vuosina 1980–2000. Vuodesta 1990 alkaen päästöt on esitetty päästösektoreittain (WebDab 2002).

Typpidioksidipitoisuuksissakaan ei yleisesti nopeaa vähenemistä ole havaittavissa vaan pitkän ajan keskiarvot ovat 1990-luvulla asemittain pysyneet varsin tasaisina (Kuva 19). Helsingin Töölön asemalla vielä 1990-luvun alussa nykyinen uusi raja-arvopitoisuus $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ylittyi useana vuotena. Myös Tampereen Raatihuoneella ja Kouvolan keskustassa on uusi vuosiraja-arvo ylittynyt 1990-luvulla. Vuoden 2000 pitoisuustasot ovat varsin säännönmukaisesti pienemmät kuin edeltävän vuoden pitoisuudet. Kaiken kaikkiaan kuitenkin hyvin lähellä raja-arvopitoisuutta ollaan oltu viime vuodet Helsingin Töölön ja Turun Kauppatorin asemilla.



Kuva 19. Typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvot vuosina 1987–2000.

Uusien raja-arvojen lyhytaikaishypitoisuus (vuoden 19. korkein tuntipitoisuus $>200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) on satunnaisesti ylittynyt muutamalla asemalla (Turku Kauppatori, Helsinki Töölö ja Kouvola) 1990-luvulla (Kuva 20). Silmiinpistävää on Seinäjoen Vapaudentien mittausaseman voimakas pitoisuusnousu vuodesta 1997 alkaen, mikä näkyy myös vuosikeskiarvokuvassa.



Kuva 20. Typpidioksidin vuoden 19. korkeimmat tuntipitoisuudet vuosina 1988–2000.

Tilastollinen trenditarkastelu tehtiin 34:lle typpidioksidin vuosikeskiarvosajasarjalle (Taulukko 5). Jyväskylän Lyseon ja Oulun Keskustan asemien ajasarjat on yhdistetty kahden lähekkäin sijainneen mittauspaikan ajasarjoista. Asemien siirrot tapahtuivat vuonna 1999 Jyväskylässä ja vuonna 1997 Oulussa.

Kaikkiaan kuudessa eli 18 prosentissa aikasarjoja oli tilastollisesti merkitsevä laskeva lineaarinen trendi. Näillä asemilla pitoisuuslasku vaihteli välillä 1,3 - 2,9 prosenttiyksikköä vuodessa. Vastaavasti Suomen typpidioksidipäästöjen väheneminen vuosina 1990–2000 on ollut 1,8 prosenttiyksikköä vuodessa. Myös yksi tilastollisesti merkitsevä nouseva trendi oli aineistossa; Valkeakosken Terveyskeskus 1:ssä. Tällä asemalla typpidioksidia mitataan DOAS-menetelmällä.

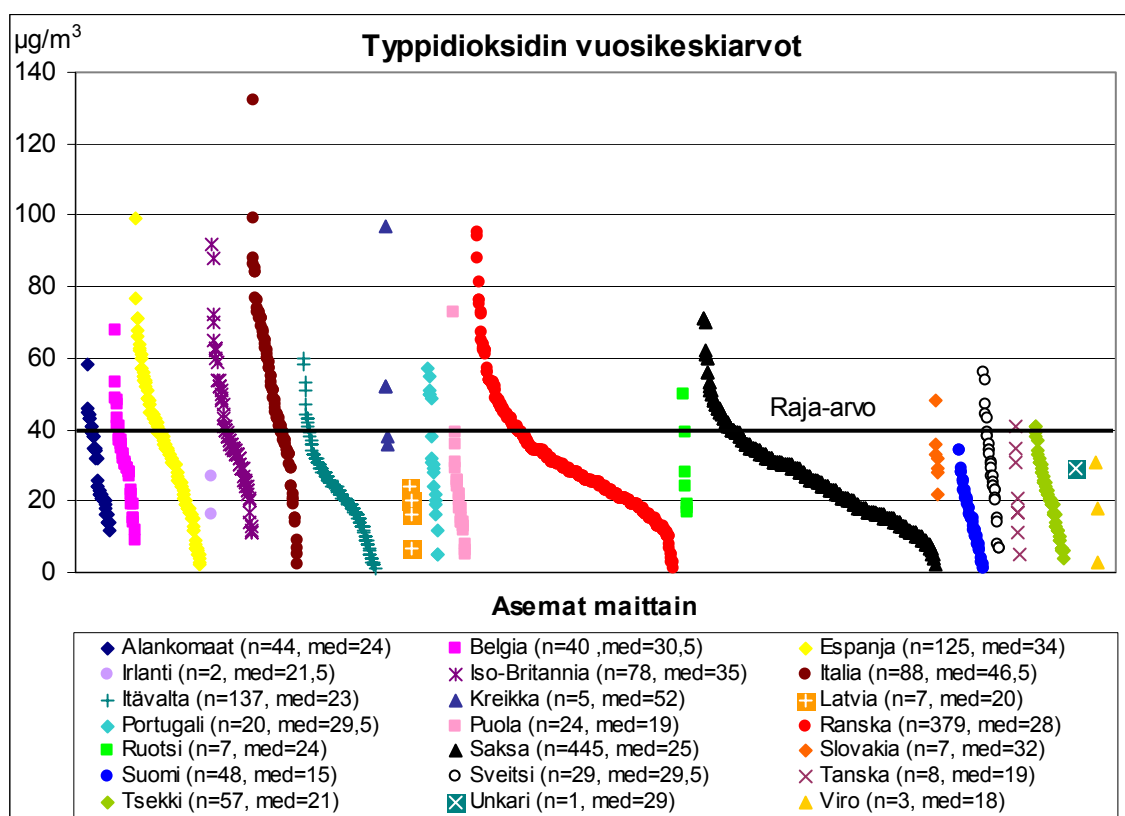
Taulukko 5. Typpidioksidipitoisuuksien vuosikeskiarvoaikasarjojen tilastollinen tarkastelu.

Asema	Tarkastelu- jakso V	Jakson pituus vuosissa v	Vuosi- arvojen lukumäärä n	Mann- Kendall - testi	Muutos koko jaksolla %	Muutos vuodessa %-yks./v
Tilastollisesti merkitsevä laskeva lineaarinen trendi						
Helsinki Töölö	1987–2000	14	14	*	-18	-1,3
Helsinki Vallila	1989–2000	12	12	*	-29	-2,4
Jyväskylä Lyseo1+2	1989–2000	12	10	*	-34	-2,8
Oulu Keskusta 1+2	1991–2000	10	10	**	-29	-2,9
Turku Kauppatori	1992–2000	9	9	**	-15	-1,7
Lahti Kisapuisto	1991–2000	10	9	+	-25	-2,5
Tilastollisesti merkitsevä nouseva lineaarinen trendi						
Valkeakoski Terv.kesk.1 DOAS	1991–2000	10	9	+	+31	+3,1
Ei tilastollisesti merkitsevää trendiä						
Espoo Leppävaara	1996–2000	5	5			
Espoo Luukki	1992–2000	9	9			
Hämeenlinna Raatihuoneenkatu	1997–2000	4	4			
Imatra Rautionkylä	1994–2000	7	6			
Jyväskylä Kortepohja	1989–1999	11	9			
Kajaani Keskusta	1993–2000	8	5			
Korppoo Utö	1989–2000	12	8			
Kotka Kirjastotalo	1997–2000	4	4			
Kouvola Keskusta	1993–2000	8	7			
Kuopio Keskusta	1994–2000	7	5			
Kuusamo Oulanka	1990–2000	11	8			
Kuusankoski Urheilukentäntie	1993–2000	8	8			
Lahti Vesku	1991–2000	10	9			
Lappeenranta Keskusta	1995–2000	6	6			
Lappeenranta Lauritsala	1995–2000	6	4			
Lohja Nahkurintori	1997–2000	4	4			
Oulu Pyykösjärvi	1992–2000	9	9			
Pori Itätulli	1991–2000	10	5			
Porvoo Svartså	1994–2000	7	7			
Raisio Keskusta	1997–2000	4	4			
Seinäjoki Vapaudentie	1993–2000	8	8			
Tampere Lielähti	1993–2000	8	7			
Tampere Raatihuone DOAS	1993–2000	8	6			
Vaasa Maasilta	1993–2000	8	7			
Valkeakoski Terv.kesk.2 DOAS	1991–2000	10	8			
Vantaa Tikkurila	1996–2000	5	5			
Virolahti	1989–2000	12	7			

5.2.3. Pitoisuudet verrattuna muihin Euroopan maihin

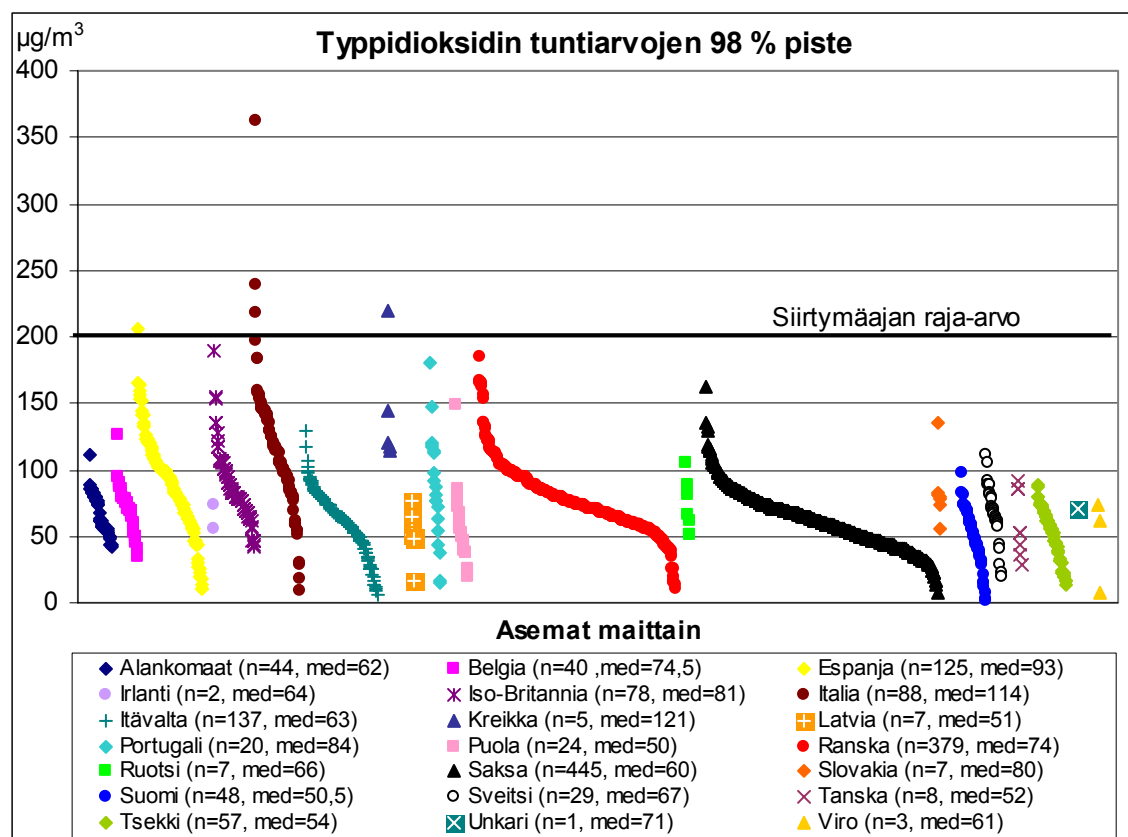
AirBase-tietokannasta löytyi vuoden 2000 typpidioksidipitoisuuksien tuntiarvoihin perustuvaa tilastoa 1762 asemalta. Tähän vertailuun otettiin mukaan kaikki asemat, joilla typpidioksidin tuntiarvojen vuosikattavuus vuonna 2000 oli vähintään 75 %. Ehdon täyttäviä asemia oli 20 Euroopan maasta yhteensä 1506. Suomen aineistoksi otettiin ILSE:n vastaavan ehdon täyttävät 48 asemaa vuodelta 2000.

Vuosikeskiarvolle annettu uusi raja-arvo $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ylittyi vähintään yhdellä asemalla 15 Euroopan maassa vuonna 2000 (Kuva 21). Vain Irlannissa, Latviassa, Puolassa, Suomessa, Unkarissa ja Virossa ko. raja-arvo ei ylittynyt. Sekä Tukholmassa että Kööpenhaminassa vuosikeskiarvon raja-arvo ylittyi yhdellä asemalla kummassakin. Korkeimmat vuosikeskiarvot ovat Espanjan Valenciassa ja Madridissa, Lontoossa, Roomassa, Ateenassa, Berliinissä, Stuttgartissa ja Frankfurtissa. Myös Ranskassa esiintyy korkeita pitoisuuksia, mutta Ranskan mittausasemista on AirBase-tietokannassa vain mittausaseman nimi, ei sen sijaintikaupunkia. Kaikkien asemien maittain mediaani on Suomessa aineiston pienin, $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



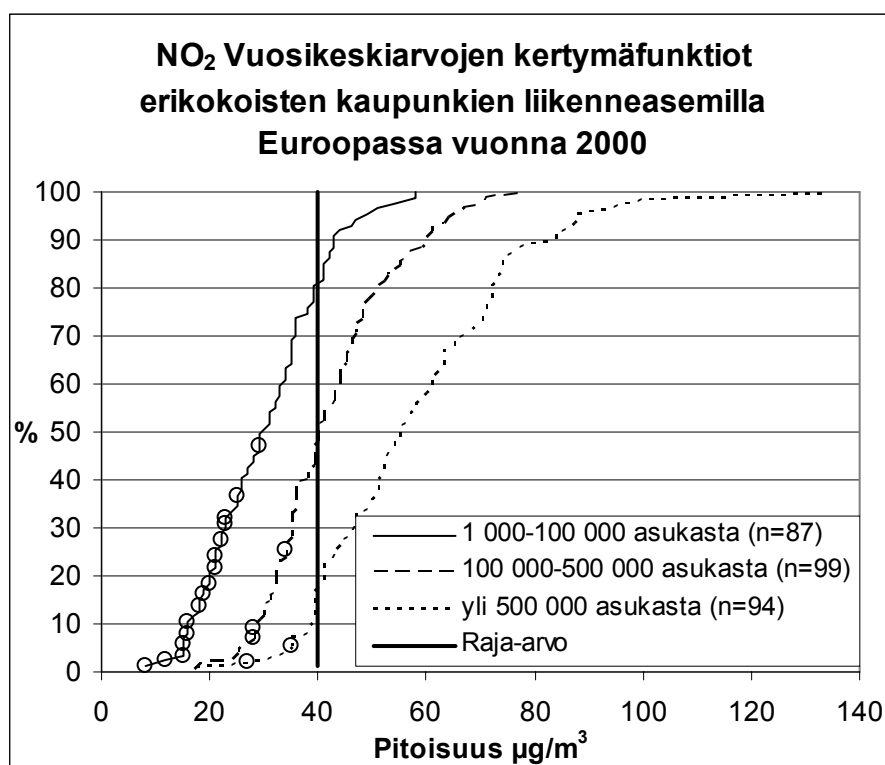
Kuva 21. Typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvot ilmanlaadun mittausasemilla maittain Euroopassa vuonna 2000 (AirBase 2002 ja ILSE).

Myös korkeimmissa lyhytaikaispitoisuuksissa Suomi sijoittuu pitoisuuksiltaan aineiston alapäähän. Kaikkien vertailussa olevien asemien maittain mediaani on Suomessa aineiston toiseksi pienin (Kuva 22). Kuvan vertailuarvo (tuntiarvojen 98. prosenttipiste) on samalla siirtymäajan raja-arvo ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mikä ylittyi Espanjan Valenciassa, Italian Napolissa ja Kreikan Ateenassa vuonna 2000.

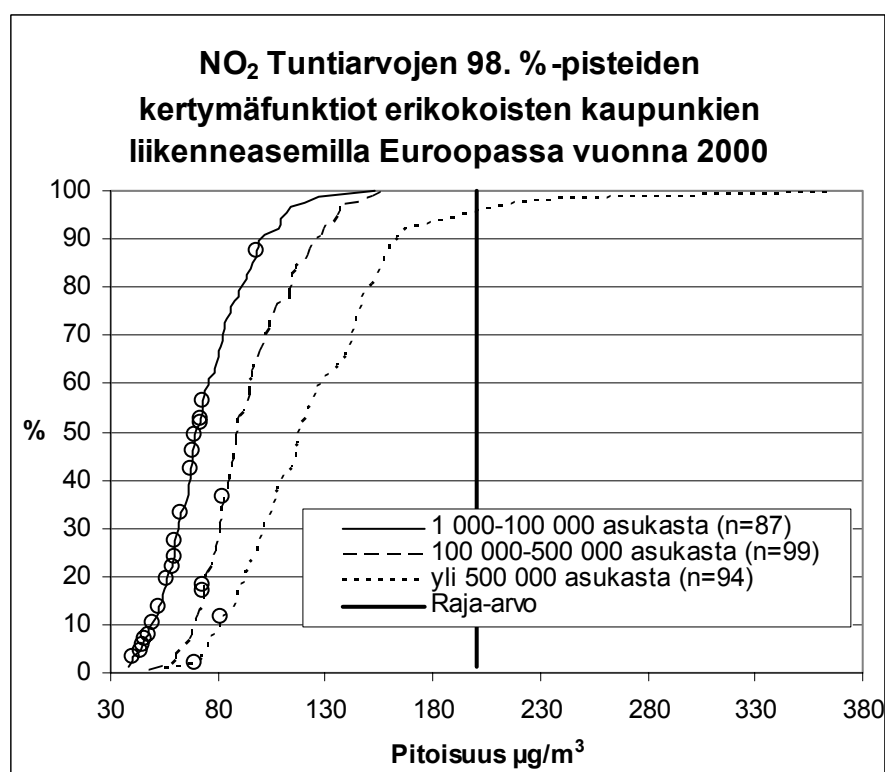


Kuva 22. Typpidioksidipitoisuuden tuntiarvojen 98. prosenttipisteet ilmanlaadun mittausasemilla maittain Euroopassa vuonna 2000 (AirBase 2002 ja ILSE).

Typpidioksidin pitoisuuksissa näkyy selkeä riippuvuus kaupungin asukasluvusta (Kuva 23 ja Kuva 24). Kuvissa on esitetty typpidioksidin vuosikeskiarvojen ja tuntiarvojen 98. prosenttipisteiden kertymäfunktio kolmessa eri kaupunkikokoluokassa. Mukana ovat vain kaupunkien liikenneasemat. Alle sadantuhannen asukkaan kaupunkien liikenneasemilla vuosikeskiarvomedianaani on noin $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja yli puolen miljoonan asukkaan kaupungeissa noin $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Suurimman kokoluokan kaupungeissa (yli puoli miljoonaa asukasta) vuosikeskiarvon raja-arvo $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ylittyy lähes 80 prosentissa asemia kun taas pienimmissä kaupungeissa ylitys tapahtuu vain 20 prosentissa asemia. Sekä vuosikeskiarvoissa että lyhytaikaispitoisuuksissa Suomen asemien pitoisuudet sijoittuvat kokoluokissaan pääosin mediaanipitoisuuksien alapuolelle.



Kuva 23. Typpidioksidin vuosikeskiarvojen kertymäfunktiot erikokoisten kaupunkien/kuntien liikenneasemilla (urban/traffic) Euroopassa vuonna 2000. Suomen asemat on ympyröity (AirBase 2002 ja ILSE).

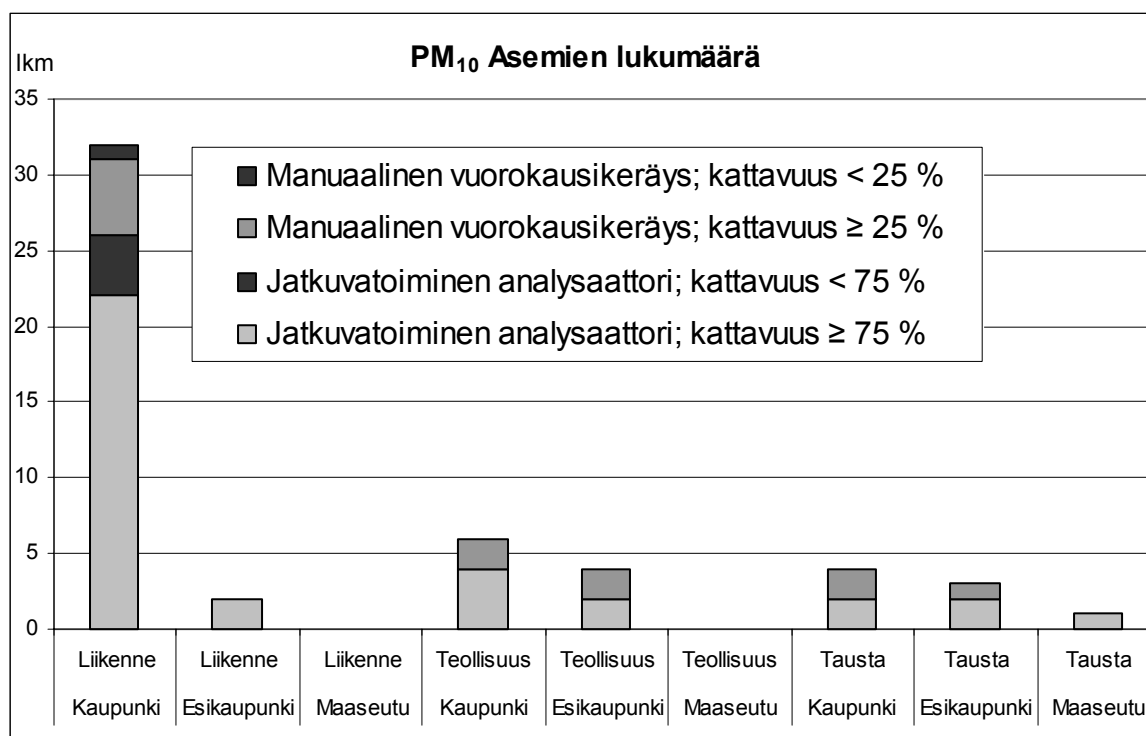


Kuva 24. Typpidioksidin tuntiarvojen 98. prosenttipisteiden kertymäfunktiot erikokoisten kaupunkien/kuntien liikenneasemilla (urban-traffic) Euroopassa vuonna 2000. Suomen asemat on ympyröity (AirBase 2002 ja ILSE).

5.3. Hengitettävät hiukkaset PM₁₀

5.3.1. Hengitettävien hiukkasten mittausmenetelmät

Hengitettävien hiukkasten, PM₁₀, pitoisuutta seurattiin 52 asemalla vuonna 2000 (Liite 4). Valtaosa mittauksista on kaupunkien liikenneasemilla (Kuva 25). PM₁₀-mittauksessa määritetään aerodynaamiselta halkaisijaltaan alle 10 µm hiukkasten kokonaismassa ilmassa. PM₁₀:n mittausmenetelmänä käytetään joko jatkuvatoimisia PM₁₀-analysaattoreita (väähtelevään mikrovaakaan perustuva TEOM tai β-säteilyn vaimenemiseen perustuva Eberline) tai manuaalisia keräys-analyysimenetelmiä, joissa esierottimilla saadaan aikaan 10 µm:n leikkausraja. Vuonna 2000 52 mittausasemasta 38:llä oli käytössä jatkuvatoiminen analysaattori ja 13 asemalla oli käytössä manuaalinen menetelmä (Taulukko 6).



Kuva 25. Hengitettävien hiukkasten mittausasemien lukumäärä asemaluokittain vuonna 2000.

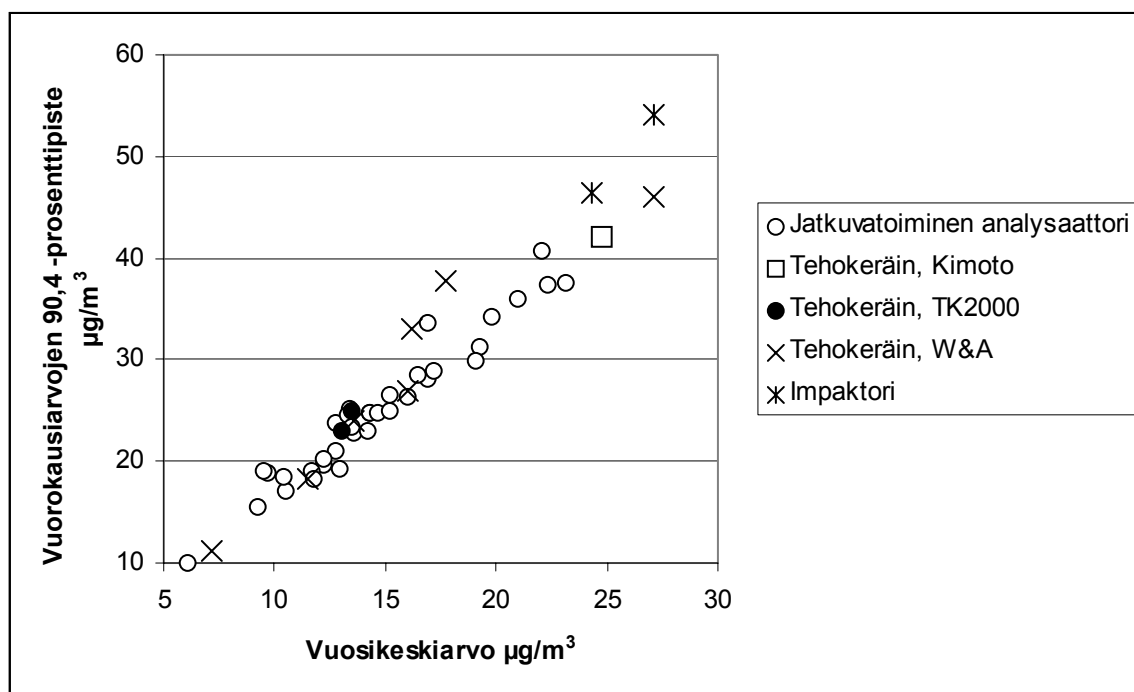
Taulukko 6. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) manuaaliset mittausmenetelmät v. 2000.

Näytteenottomenetelmä	Laite	Käytössä kpl
Tehokeräys, PM ₁₀ -erotin	Wedding & Associates PM10	7
Tehokeräys, PM ₁₀ -erotin,	TK 2000	2
Tehokeräys PM ₁₀ -erotin	Kimoto 130	1
Tehokeräys, PM ₁₀ -erotin	Kimoto PK-2000	1
Impaktori	Kimoto 131S	2

Käytetyt menetelmät eivät ole ilmanlaatuasetuksen mukaisia vertailumenetelmiä (standardi EN 12341). Jatkuvatoimisten analysaattorien toimintaperiaatteisiin kuuluva kerätyn näytteen lämmitys voi aiheuttaa haihtuvien yhdisteiden karkaamista näytteestä. Tästä syystä on esitetty korjauskertoimien käyttöä muunnettaessa analysaattorien antama PM₁₀-pitoisuustulos vertailumenetelmää vastaavaksi. Kansainvälisissä tutkimuksissa korjauskertoimeksi on ehdotettu kerrointa 1,3. Suomessa tehdyissä vertailumittauksissa (Sillanpää ym. 2002,

Salminen ja Karlsson 2002) kuitenkin analysaattorien ja vertailumenetelmän vastaavuus on osoittautunut paremmaksi.

Manuaalisia PM₁₀-mittauksia puolestaan vaivaa näytteiden puutteellinen ajallinen edustavuus. Suomessa yleisesti vuorokausinäytteet kerätään ja punnitaan vain noin joka kolmas vuorokausi, joten niille ideaalinen vuosikattavuus voi siis olla noin 33 %. Vuosikeskiarvolle tällaisella näytteenottotiheydellä ehkä saadaan tilastollisesti edustava arvo, mutta vuorokausiarvojen raja-arvon ylityslukumäärille se ei sovellu. Periaatteessa manuaalisten mittausten (keräys joka kolmas vuorokausi) ylityslukumäärät tulisi kertoa kolmella tai oikeampi tapa on käyttää raja-arvoon verrannollisena tunnuslukuna vuorokausiarvojen 90,4 persentiiliä, joka vastaa raja-arvon määritelmässä olevaa 35 sallittua ylitystä. Ko. persentiiliä käyttäen manuaalisten menetelmien ja jatkuvatoimisten analysaattorien antamat tulokset näyttäisivät tuottavan kohtuullisen hyvin vertailukelpoisia tuloksia (Kuva 26). Silmiinpistävää on kuitenkin, että kahdella käytössä olevalla Kimoto 131S-tyyppisellä impaktorilla mitatut (Karhulan keskusta ja Mikkeli) vuorokausipitoisuudet ovat aineiston korkeimmat ja vuosipitoisuudet vastaavasti korkeimmat ja neljänneksi korkeimmat.



Kuva 26. Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvot ja vuorokausiarvojen 90,4-prosenttipiste vuonna 2000 mittausmenetelmittäin.

Lisäksi ilmanlaatuasetuksen mukaan PM₁₀-pitoisuudet tulee ilmaista ulkoilman lämpötilassa ja paineessa, eikä siis 20 C:ssa ja 101,3 kPa:ssa, jossa analysaattorien pitoisuustulokset on tässä ilmaistu. Korjaus vallitseviin ympäristöoloihin aiheuttaisi keskimäärin 6 % korotuksen pitoisuustuloksiin. Vallitsevaa lämpötilaa ja painetta ei ilmanlaadun mittausasemilla säännönmukaisesti vielä mitata, joten tätä muunnosta ei voi tässä vertailussa tehdä.

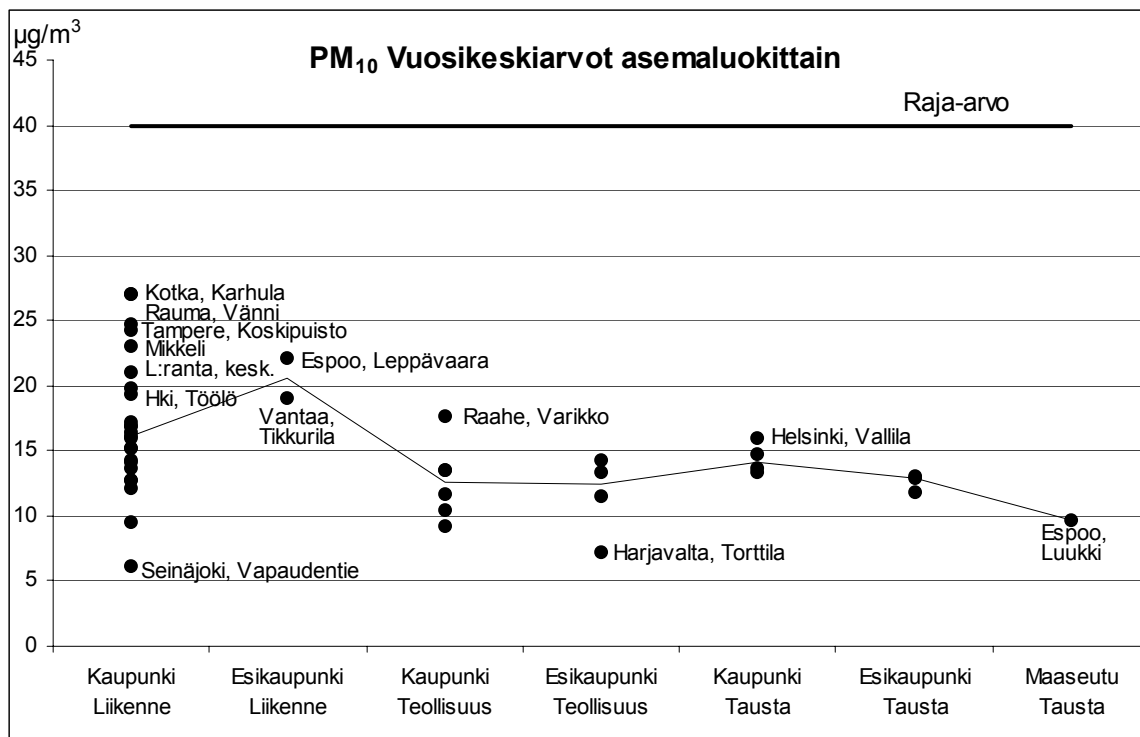
PM₁₀-mittausmenetelmissä vallitseva kirjavuus ja käytettyjen menetelmien sisältämät epävarmuudet vaikeuttavat hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien tulkintaa. Tähän tutkimukseen on otettu mukaan kaikki mittaukset kuitenkin niin, että jatkuvatoimisille analysaattoreille asetettiin 75 % vuosikattavuusehto ja manuaalisille menetelmille 25 %. Näin mukaan tuli 47 hyväksyttyä mittaussarjaa. Korjauskertoimia ei käytetä eikä paine/lämpötilakorjauksia tehdä. Molemmat korjaukset muuttaisivat pitoisuustuloksia

ylöspäin, joten tässä esitettyjä pitoisuuksia voidaan pitää todellisten vertailuarvojen aliarvioina.

5.3.2. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet vuonna 2000

Asemaluokkien väliset pitoisuustasoerot ovat varsin pienet (Kuva 27). Kaupunkien liikenneasemien keskimääräinen pitoisuustaso on toki asemaluokista korkein ja noin puolitoistakertainen verrattuna maaseutu/tausta-asemaksi määritellyn Espoon Luukin aseman pitoisuuteen. PM₁₀-mittauksia ei vielä vuonna 2000 ollut muilla maaseutu/tausta-asemilla.

Yksittäisistä asemista korkeimmat vuosipitoisuudet löytyvät Kotkasta, Raumalta, Tampereelta, Mikkelistä ja Lappeenrannasta, pääkaupunkiseudulta ja Raahesta, jotka ovat Raahen Varikkoa lukuun ottamatta kaupunkialueiden liikenne- tai tausta-asemia. Kaikilla asemilla jäädyään selvästi alle vuosiraja-arvon 40 µg/m³. Kuitenkin toisen vaiheen raja-arvo 20 µg/m³, joka on alitettava vuoteen 2010 mennessä, ylittyi vuonna 2000 kahdeksalla asemalla eli noin 16 % asemista.

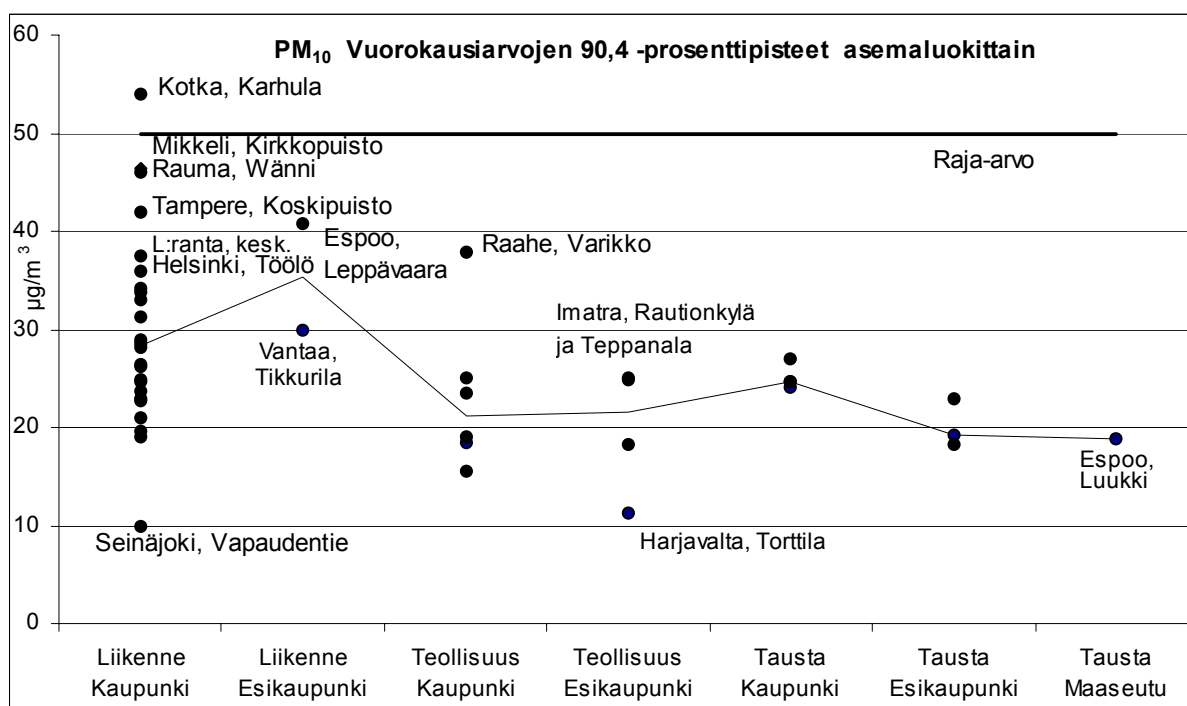


Kuva 27. Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet asemaluokittain sekä kunkin asemaluokan mediaani vuonna 2000.

Hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvoa sallittujen ylitysten osalta ei siis voi sellaisenaan soveltaa vain joka kolmas vuorokausi tehtäville manuaalisille mittauksille. Raja-arvon ylittymisen estimaattina käytetäänkin tässä mitattujen vuorokausiarvojen 90,4-prosenttipistettä, joka vastaa vuoden 36. korkeinta vuorokausiarvoa, jos tuloksia on vuoden jokaiselle päivälle. Ko. estimaatti mahdollistaa manuaalisten mittausten ja jatkuvatoimisten analysaattoreiden yhdenmukaisen vertailun suhteessa raja-arvoon, mutta virallista asemaa raja-arvojen valvonnassa sillä ei ole.

Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuustasot asemaluokittain käyttäytyvät varsin yhdenmukaisesti vuosikeskiarvon kanssa. (Kuva 28). Kuitenkin vuorokausipitoisuuksissa ollaan huomattavasti lähempänä raja-arvoa kuin vuosikeskiarvopitoisuuksissa. Käyttäen

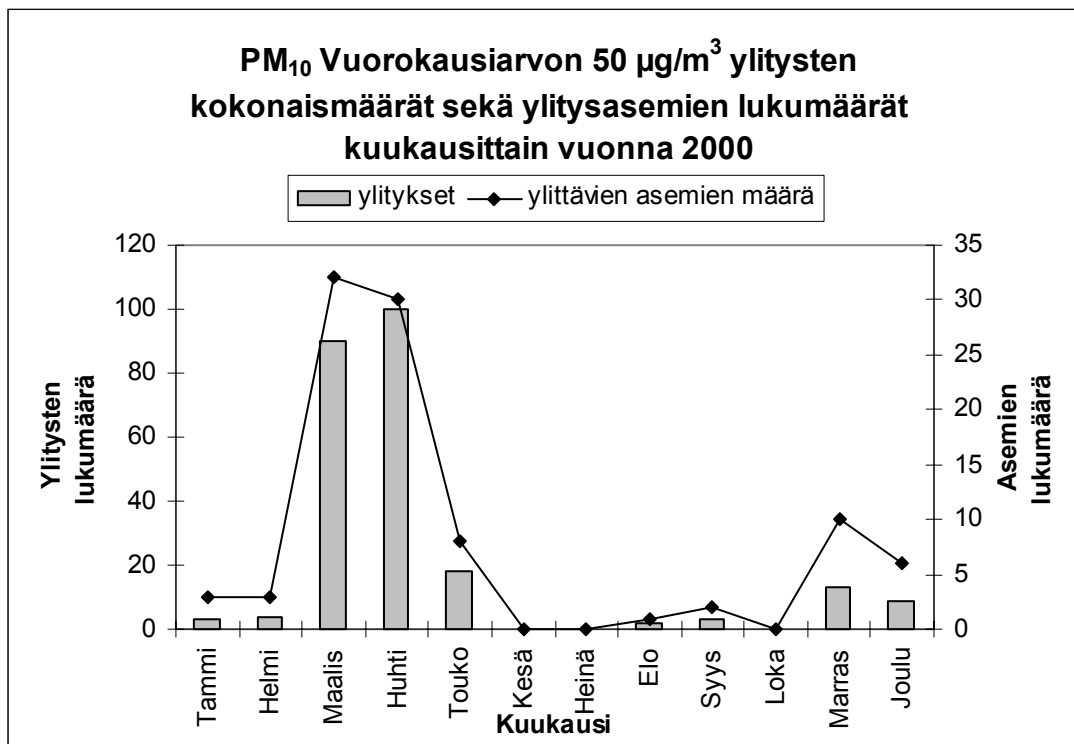
vuorokausipitoisuuden raja-arvolle 90,4-prosenttipiste-estimaattia esiintyy myös yksi raja-arvoylitys Kotkan Karhulan keskustan asemalla vuonna 2000.



Kuva 28. Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuuksien 90,4-prosenttipiste asemaluokittain sekä kunkin asemaluokan mediaani vuonna 2000.

Liitteen 4 taulukossa ja Liitteen 11 karttakuvana ovat hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjeeseen verrannolliset pitoisuudet ilmanlaadun mittausasemilla vuonna 2000. Kartoissa on ohjeeseen verrannollisen tunnusluvun vuoden korkein pitoisuusarvo. Vuorokausiohjearvo $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ylittyy kerran 16 asemalla, kahdesti Espoon Leppävaarassa ja Oulun Keskustassa sekä kolmesti Porin Itätullissa.

Vain kuudella asemalla (Espoo Luukki, Harjavalta Torttila, Seinäjoki Vapaudentie, Kokkola Ykspihlaja ja Varkaus Pääterveysasema ja Psaari) 47:stä hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvon numeroarvo $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ei ylittynyt kertaakaan vuoden 2000 aikana. Kaikkiaan ylityksiä tapahtui 242 kertaa, joista 80 % maaliskuussa keväisten pölyepisodien aikana (Kuva 29). Maalis-huhtikuussa vuorokausiraja-arvon numeroarvo ylittyi vähintään kerran kahdella kolmasosalla asemista.



Kuva 29. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvon 50 µg/m³ ylitysten lukumäärät sekä niiden asemien määrät, joilla ko. pitoisuusarvo ylittyi vuonna 2000.

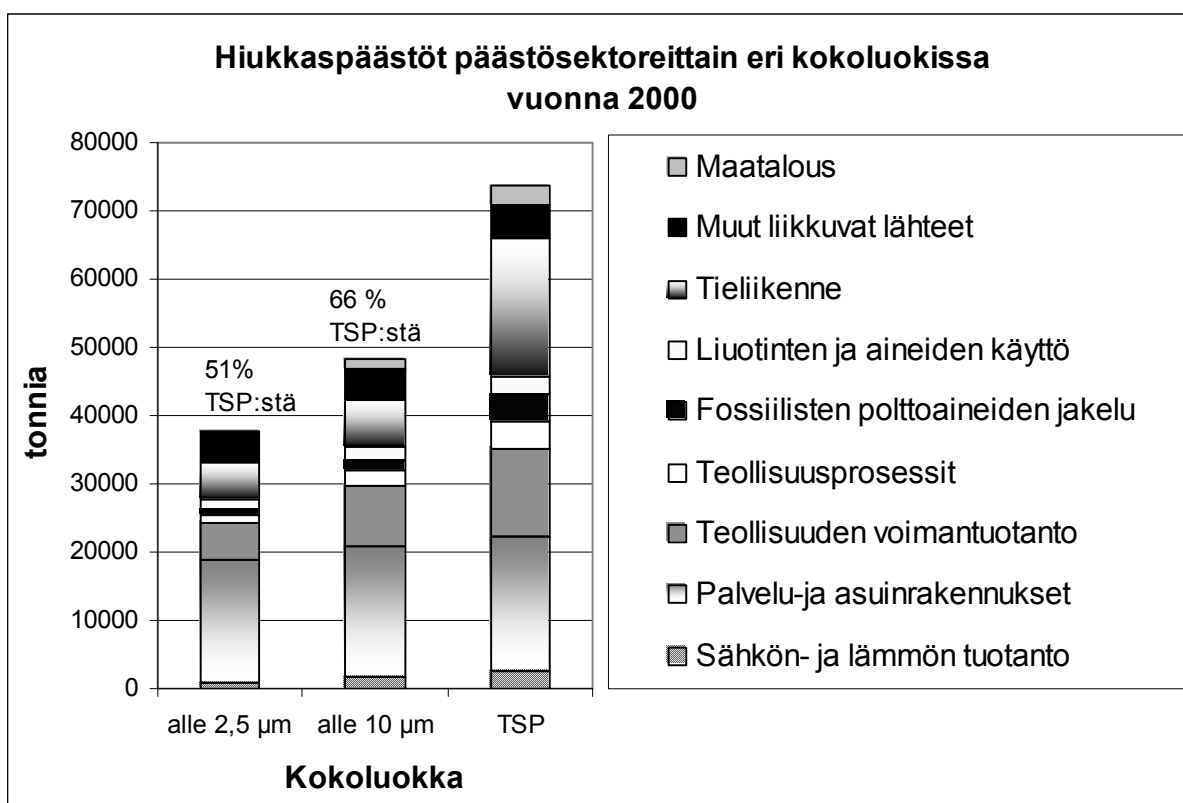
5.3.3. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet vuosina 1991–2000

PM₁₀-mittauksessa määritetään aerodynaamiselta halkaisijaltaan alle 10 µm hiukkasten kokonaismassa ilmassa. Tämä massa sisältää polttoaineiden käytössä ja teollisuusprosesseista suoraan ilmaan päässeitä primaarihiukkasia, ilmassa kemiallisesti muodostuneita sekundaarihiukkasia (kuten sulfaatti ja nitraatti) sekä lisäksi ns. hiukkasresuspension. Resuspensiossa liikenne, rakentaminen, maatalous ja muu vastaava toiminta sekä myös tuuli nostattaa hiukkasia ilmaan erilaisilta pinnoilta.

Esimerkiksi Lenschow ym. (2001) ovat arvioineet, että 50 % Berliinin kaupunki/tausta-asemien PM₁₀-pitoisuuksista on kaukokulkeutuvia sekundaarihiukkasia tai peräisin luonnollisista lähteistä. Pääkatujen varsilla PM₁₀-pitoisuudet ovat 40 % korkeampia kuin kaupunki/tausta-asemilla. Tästä kohonneesta pitoisuudesta puolet on liikenteen pakokaasupäästöjä ja renkaiden kulumaa ja toinen puoli resuspensoituneita maaperähiukkasia.

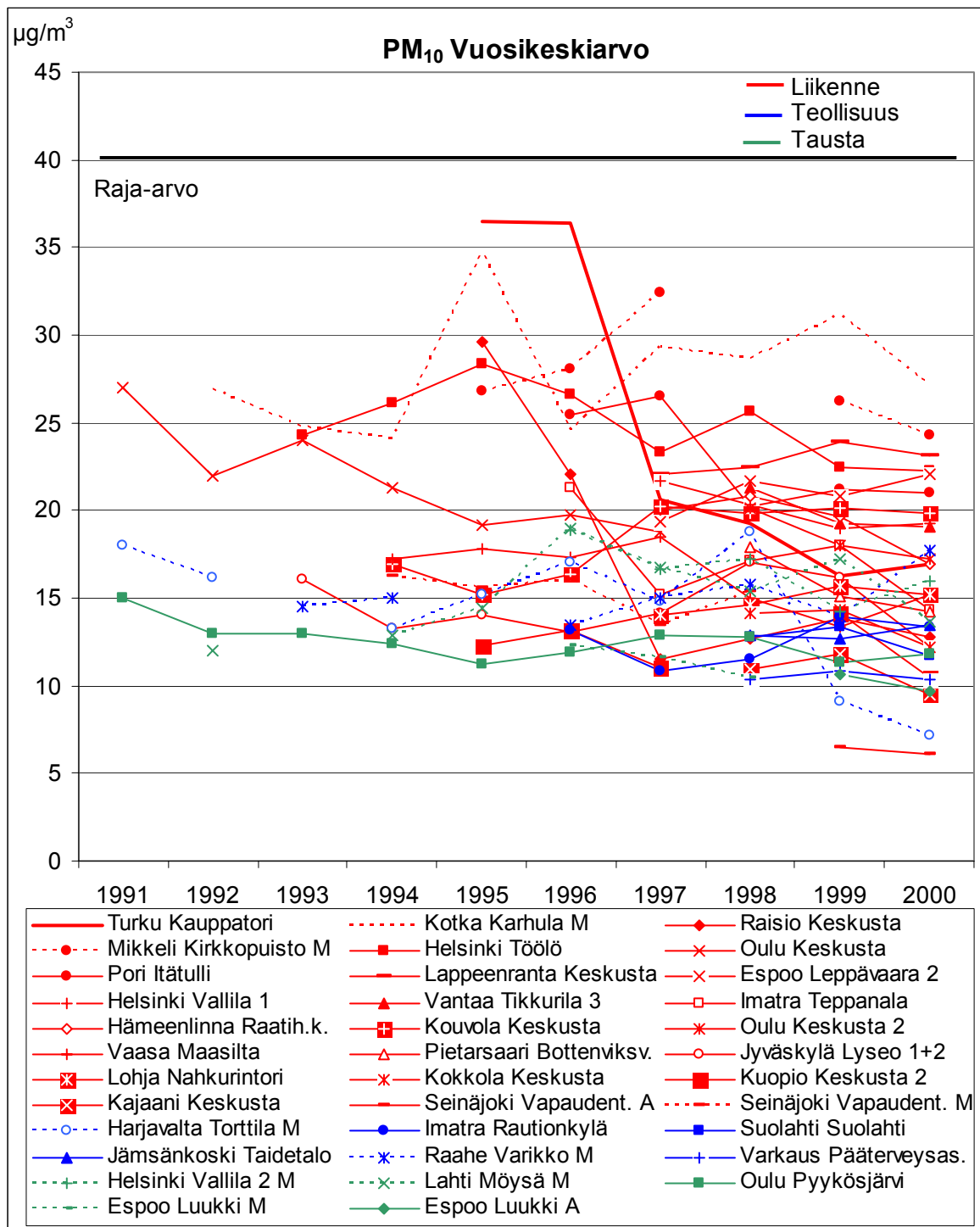
Niinpä suorat hiukkas päästöt eivät yksin määrää ilman PM₁₀-pitoisuuksia. Valtaosa nykyisistä PM₁₀-mittauksista on kuitenkin sijoitettu paikoille, joilla liikenne on hallitseva päästölähde. Liikenteen päästöt tapahtuvat maanpinnan tasolla lähellä mittauspistettä (toisin kuin kiinteiden lähteiden). Näin on varsin ymmärrettävää, että liikenteen suorat ja epäsuorat (resuspensio) päästöt ovat määrääviä PM₁₀-pitoisuuksille.

Vain suorille hiukkas päästöille on olemassa toistaiseksi luotettavia päästöarvioita ja niillekin kokoluokittaisia arvioita on tehty vasta vähän. Tieliikenne, teollisuuden voimantuotanto ja pienpoltto ovat tällä hetkellä hiukkasten suurimmat suorat päästölähteet. Hiukkasten kokonaispäästö vuonna 2000 oli noin 74 000 tonnia, josta alle 10 mikrometrin hiukkasia oli kaksi kolmannesta ja noin puolet alle 2,5 mikrometrin hiukkasia (Kuva 30).



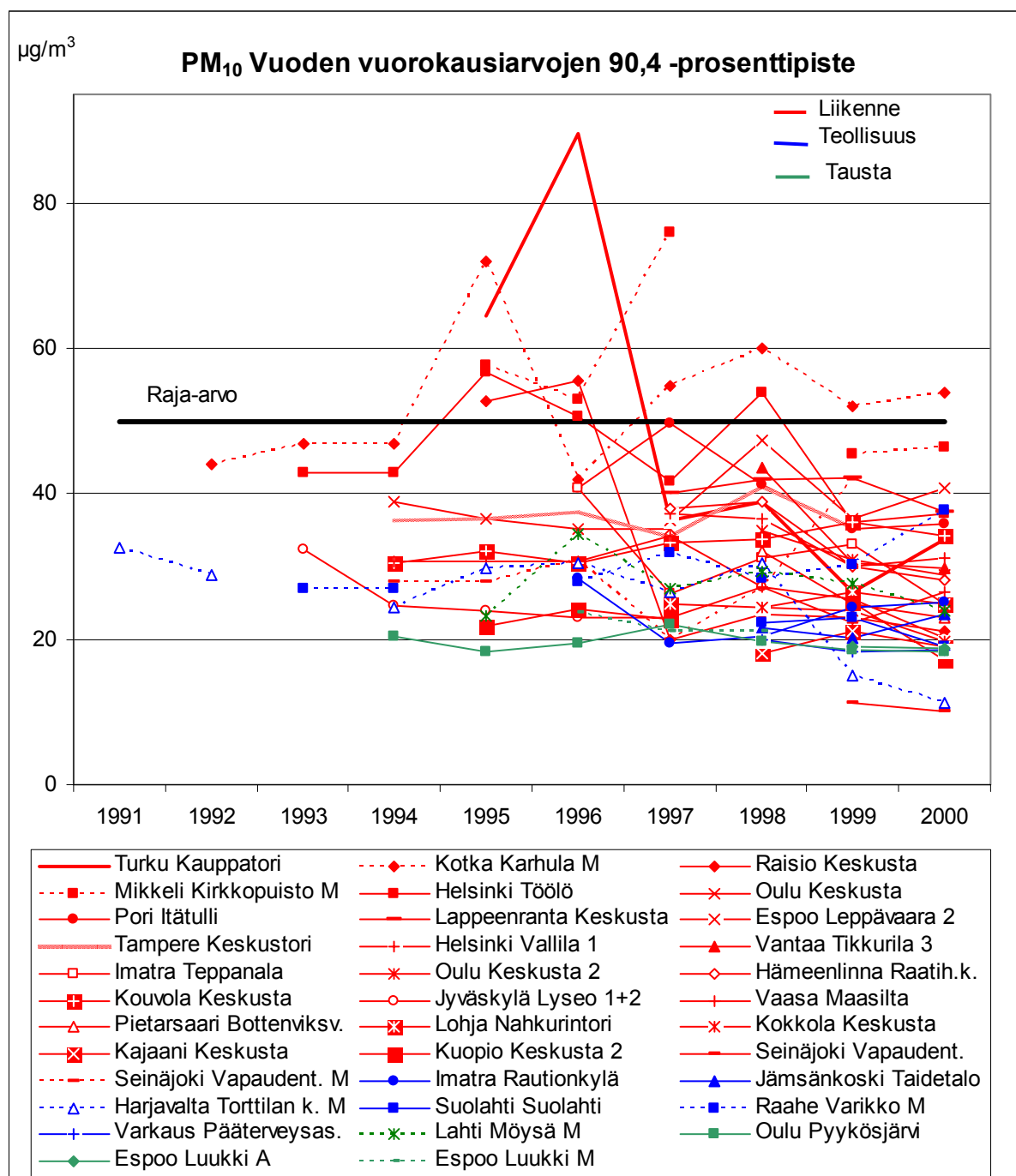
Kuva 30. Primaarihiukkasten päästöt Suomessa päästösektoreittain eri kokoluokissa vuonna 2000 (WebDab 2002).

PM₁₀:n vuosikeskiarvot (Kuva 31) ovat pysytelleet 1990-luvulla kaikilla mittaavilla asemilla alle uuden vuosiraja-arvon 40 µg/m³. PM₁₀-mittausmenetelmät ovat 1990-luvulla vaihtuneet useilla asemilla manuaalisesta menetelmästä jatkuvatoimiseen monitoriin. Aikasarjoihin on kuitenkin tässä kelpuutettu vain samalla menetelmällä tehdyt mittaukset eli pääosin kuvassa on monitorituloksiin perustuvia vuosikeskiarvoja. Niiden lisäksi muutama pidempi manuaalinen aikasarja (merkintä M) on otettu mukaan. Manuaalisille menetelmille vuosikattavuusehto oli siis 25 %. Turun Kauppatorin asemalla vuosina 1995 ja 1996 vuosipitoisuudet olivat poikkeuksellisen korkeat, mutta sen jälkeen ne ovat laskeneet muiden tasolle.



Kuva 31. Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet vuosina 1991–2000.

Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuuksien 90,4-prosenttipiste (Kuva 32) sen sijaan on 1990-luvulla ylittänyt uuden raja-arvopitoisuuden $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Turun Kauppatorin asemalla Helsingin Töölössä, Mikkelin Kirkkopuistossa, Kotkan Karhulassa sekä Raision keskustassa. Yleisesti vuosina 1999 ja 2000 korkeita lyhytaikaispitoisuuksia on ollut vähemmän kuin edeltävinä vuosina.



Kuva 32. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiarvopitoisuuksien 90,4-prosenttipisteet vuosina 1991–2000.

Tilastollinen trenditarkastelu tehtiin kaikkiaan 23:lle PM₁₀-vuosikeskiarvoaikaasarjalle (Taulukko 7). Näistä kolmessa eli 13 prosentissa esiintyi tilastollisesti merkitsevä laskeva lineaarinen trendi, vuosimuutoksen ollessa 1,6 -9,5 prosenttiyksikköä.

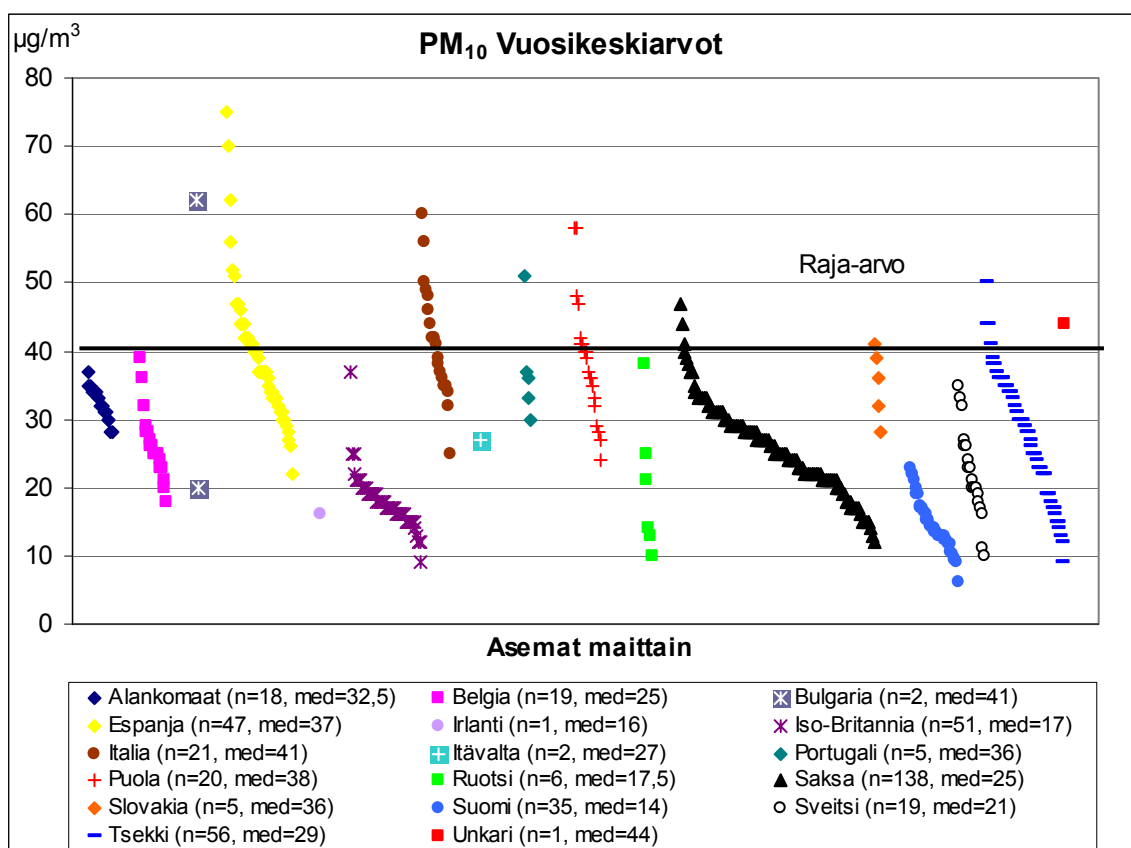
Taulukko 7. Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvoaikasarjojen tilastollinen tarkastelu.

Asema	Tarkastelu- jakso v	Jakson pituus vuosissa v	Vuosi-arvojen lukumäärä n	Mann- Kendall- testi	Muutos koko jaksolla %	Muutos vuodessa %-yks./v
Tilastollisesti merkitsevä laskeva lineaarinen trendi						
Oulu Keskusta 1+2	1991–2000	10	10	**	-30	-3,0
Oulu Pyykösjärvi	1991–2000	10	10	*	-16	-1,6
Turku Kauppatori	1995–2000	6	6	*	-57	-9,5
Ei tilastollisesti merkitsevää trendiä						
Espoo Leppävaara	1997–2000	4	4			
Harjavalta Torttila M	1991–2000	10	9			
Helsinki Töölö	1993–2000	8	8			
Helsinki Vallila 1	1997–2000	4	4			
Helsinki Vallila 2 M	1996–2000	5	5			
Hämeenlinna Raatihuoneenkatu	1997–2000	4	4			
Imatra Teppanala	1996–2000	5	5			
Imatra Rautionkylä	1996–2000	5	5			
Jyväskylä Lyseo	1993–2000	8	8			
Kotka Karhula M	1992–2000	9	9			
Kouvola Keskusta	1994–2000	7	7			
Kuopio Keskusta	1995–2000	6	5			
Lahti Möysä M	1992–2000	9	8			
Lappeenranta Keskusta	1997–2000	4	4			
Lohja Nahkurintori	1997–2000	4	4			
Mikkeli Kirkkopuisto M	1995–2000	6	5			
Pori Itätulli	1996–2000	5	5			
Raahe Varikko M	1993–2000	8	7			
Raisio Keskusta	1995–2000	6	6			
Vaasa Maasilta	1994–2000	7	7			

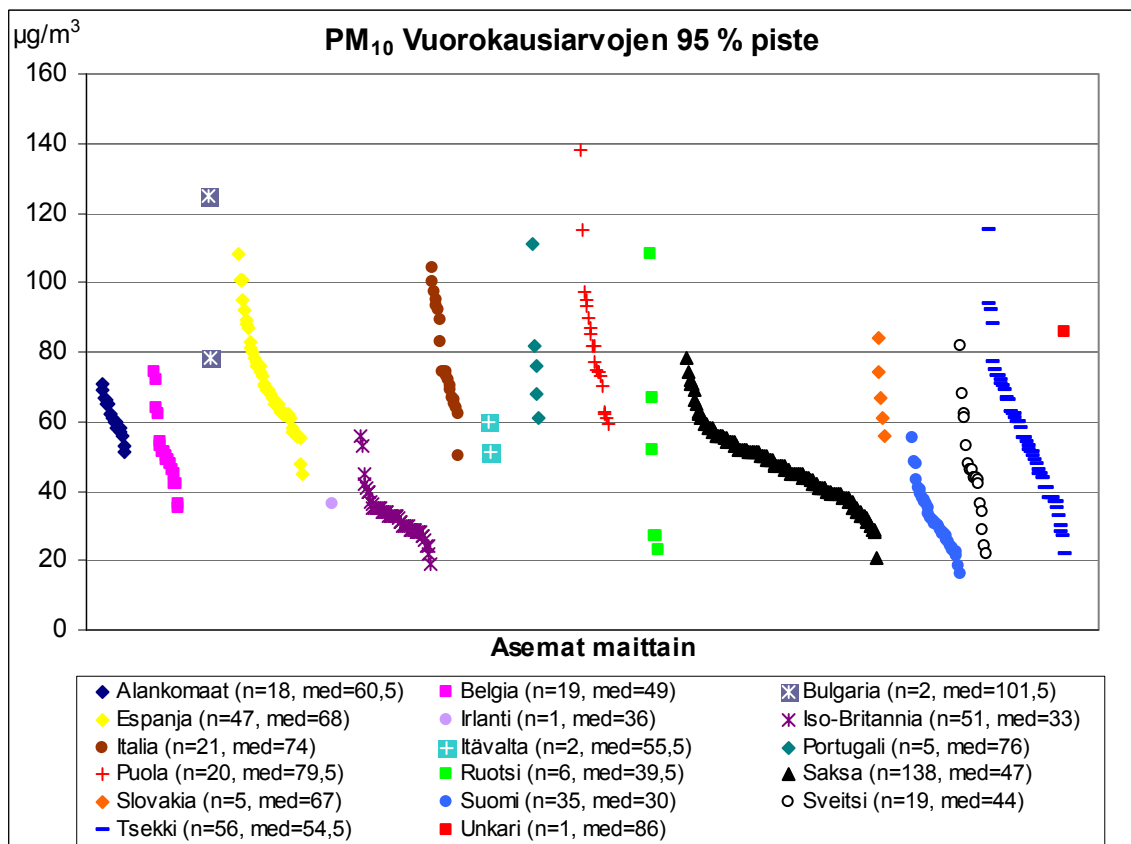
5.3.4. Pitoisuudet verrattuna muihin Euroopan maihin

AirBase-tietokannassa on vuoden 2000 PM₁₀:n vuorokausiarvoihin perustuvaa tilastoa 530 asemalta 17 maasta. Koska Euroopan mittauksista ei ollut mahdollista erotella manuaalisia menetelmiä ja edellyttää niiltä alempaa vuosikattavuusehtoa, vertailuun kelpuutettiin vain 75 % kattavuusehdon täyttävät 411 asemaa kuudestatoista Euroopan maasta. Suomen aineistoksi vertailuun otettiin ILSE:stä vastaavat ehdot täyttävät 35 asemaa vuodelta 2000.

Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvolle annettu uusi raja-arvo 40 µg/m³ ylittyi vähintään yhdellä asemalla Bulgariassa, Espanjassa, Italiassa, Portugalissa, Puolassa ja Tsekissä vuonna 2000 (Kuva 33). Eteläisimmässä Euroopassa hengitettävien hiukkasten pitoisuustasoihin vaikuttavat merkittävästi myös luonnolliset syyt kuten alhaisista sademääristä ja karusta, paikoin jopa paljaasta maaperästä resuspensoituva sekä Saharasta kaukokulkeutuva pöly. Artíñano ym. (2001) raportoivatkin uuden raja-arvon ylityksistä jopa Espanjan tausta-alueilla (rural). Puolan Gliwice (asukkaita noin 200 000) Ylä-Sleesian kaivos- ja teollisuusalueella ja Bulgarian Pernik (asukkaita noin 100 000) puolestaan ovat esimerkkejä teollisuuden kuormittamasta alueesta. Sekä vuosikeskiarvojen että korkeimpien lyhytaikaispitoisuuksien (Kuva 34) maittaiset mediaanit ovat Suomessa aineiston pienimmät.

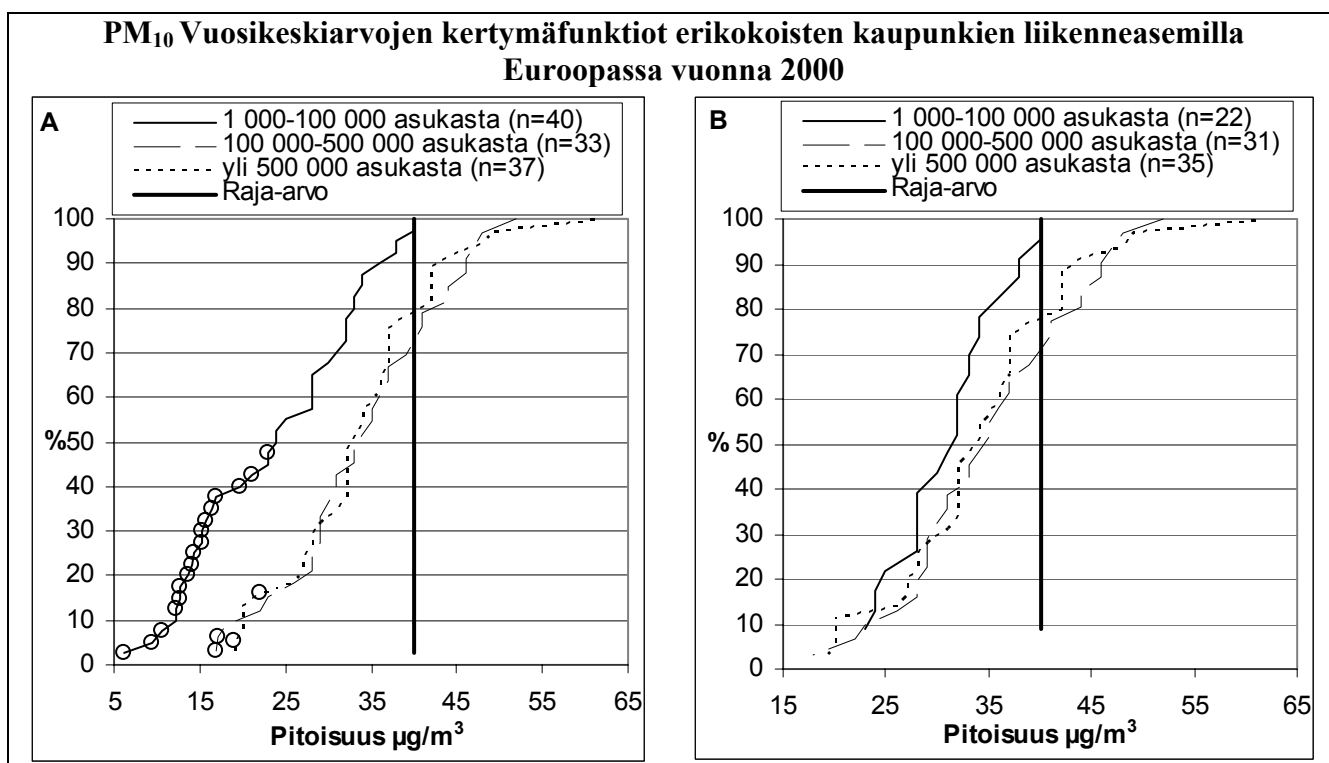


Kuva 33. Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet ilmanlaadun mittaussasemilla maittain Euroopassa vuonna 2000 (AirBase 2002 ja ILSE).

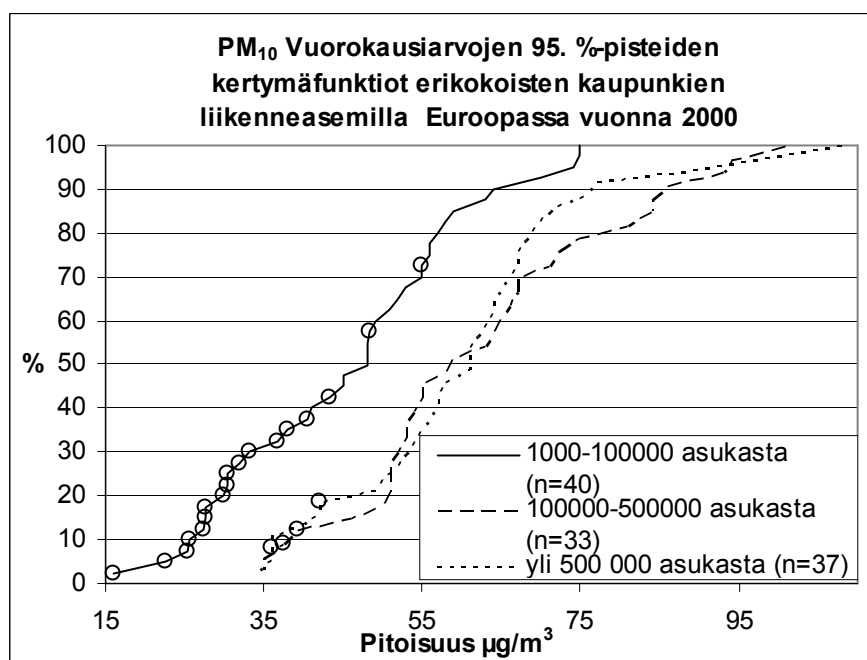


Kuva 34. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiarvopitoisuuksien 95. prosenttipiste ilmanlaadun mittaussasemilla maittain Euroopassa vuonna 2000 (AirBase 2002 ja ILSE).

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien riippuvuus kaupungin asukasluvusta ei ole yhtä selkeä kuin oli typpidioksidilla (Kuva 35 ja Kuva 36). Pienimmässä kaupunkikokoluokassa (1 000–100 000 asukasta) pitoisuudet keskimäärin ovat pienemmät kuin kahdessa suuremmassa kokoluokassa, jotka puolestaan eivät eroa selvästi toisistaan. On kuitenkin huomattava, että pienimmässä kaupunkikokoluokassa Suomen asemien alhaiset pitoisuudet hallitsevat kertymäfunktion alapäätä ja ilman Suomen asemien tuloksia pitoisuuksien kokoluokittainen ero jää varsin pieneksi (Kuva 35 B).



Kuva 35. Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvojen kertymäfunktioit erikokoisten kaupunkien/kuntien liikenneasemilla (urban-traffic) Euroopassa vuonna 2000. A) Kaikki asemat; Suomen asemat on ympyröity B) Muut kuin Suomen asemat (AirBase 2002 ja ILSE).

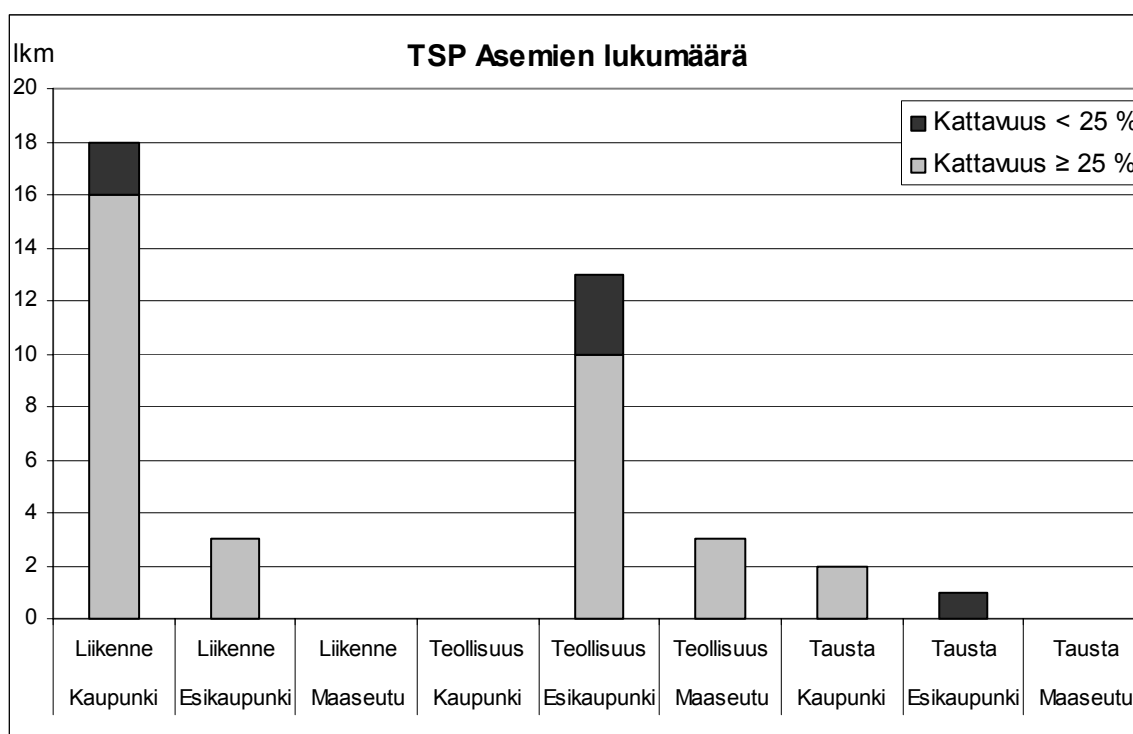


Kuva 36. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiarvojen 95. prosenttipisteiden kertymäfunktioit erikokoisten kaupunkien/kuntien liikenneasemilla (urban-traffic) Euroopassa vuonna 2000. Suomen asemat on ympyröity (AirBase 2002 ja ILSE).

5.4. Kokonaisleijuma TSP

5.4.1. Kokonaisleijuman pitoisuudet vuonna 2000

Kokonaisleijuman pitoisuutta seurattiin 40 asemalla vuonna 2000 (Liite 5). Mittausmenetelmänä käytetään yleisesti standardin SFS 3863 mukaista tehokeräysmenetelmää. Kokonaisleijumaan sisältyy hengitettävien hiukkasten lisäksi myös kooltaan suurempia hiukkasia. Kokonaisleijumanäytteet kerätään manuaalisesti noin joka kolmas vuorokausi, joten vuosikattavuudet jäävät alhaisiksi. Tässä tarkastellaan vain niitä tuloksia, joiden kattavuus on vähintään 25 % (34 asemaa). Eniten TSP-mittauksia on kaupunkien liikenneasemilla (Kuva 37).

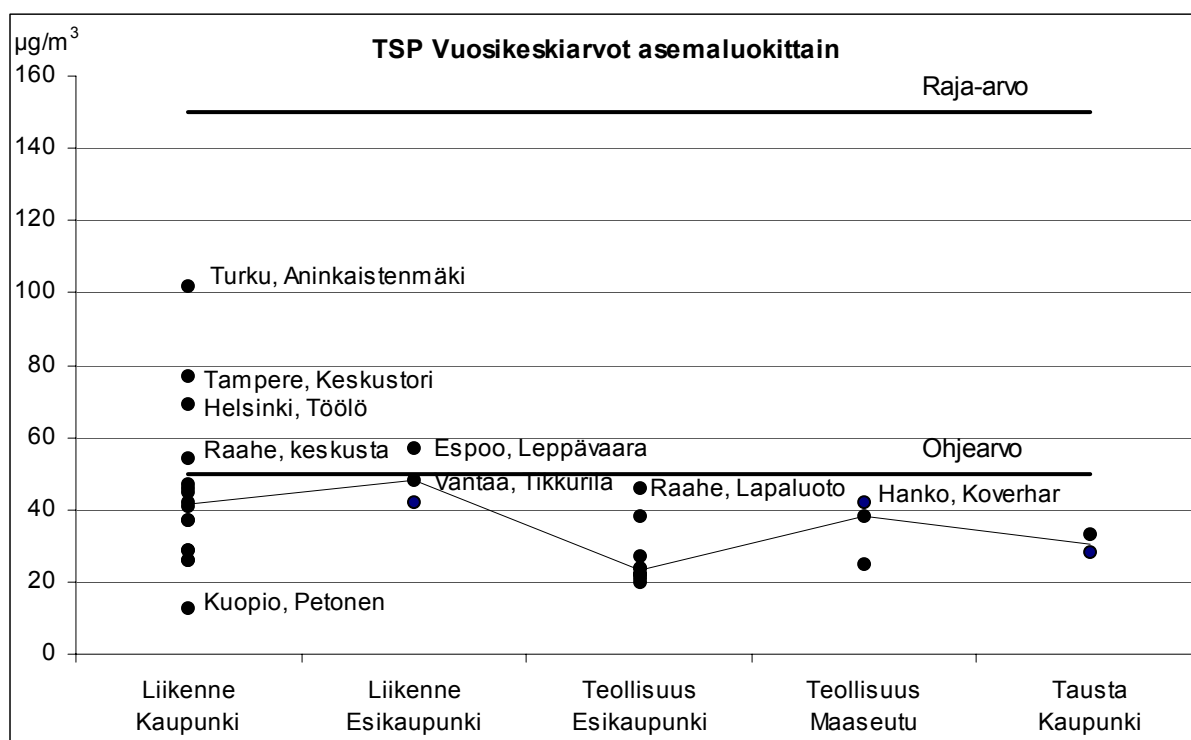


Kuva 37. Kokonaisleijuman mittausasemien lukumäärä asemaluokittain vuonna 2000.

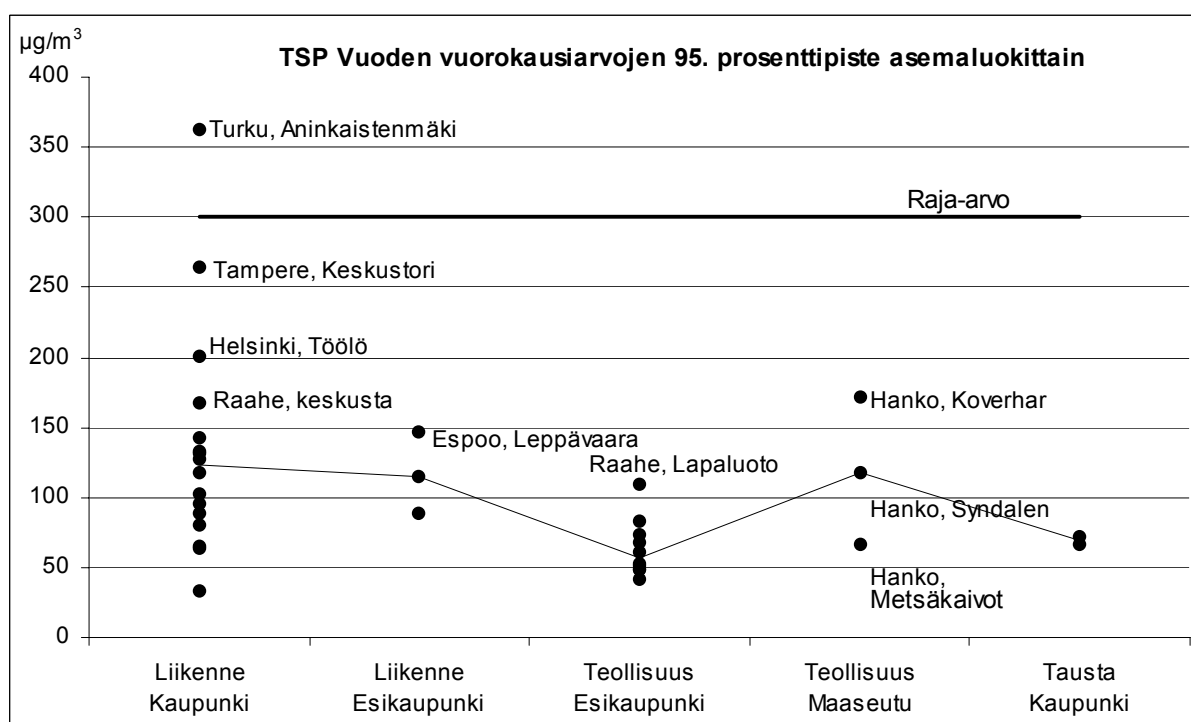
Korkeimmat vuosikeskiarvot esiintyvät suurimpien kaupunkiemme liikenneasemilla (Kuva 38). Vuosikeskiarvon raja-arvo ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) alitetaan kaikilla asemilla selvästi, mutta ohjearvo ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ylittyi viidellä mittausasemalla (Turun Aninkaistenkadulla, Tampereen Keskustorilla, Raahen keskustassa, Espoon Leppävaarassa ja Helsingin Töölössä) vuonna 2000 eli noin 15 % asemista.

Korkeimmat lyhytaikaispitoisuudet esiintyvät kaupunkien ja esikaupunkien liikenneasemilla (Kuva 39). Lyhytaikaispitoisuuden siirtymäajan raja-arvo ylittyi vuonna 2000 Turun Aninkaistenmäen asemalla. Muista asemista lähimpänä raja-arvoa on Tampereen Keskustorin asema. Maaseudun tausta-asemilla ei ole TSP-seurantaa, joten tätä vertailuarvoa ei ole käytettävissä. Rauta- ja terästeollisuuspaikkakuntien Raahen ja Hangon teollisuusasemat ylittävät liikenneasemien mediaanipitoisuuteen.

Vuorokausiohjearvo (vuoden vuorokausiarvojen 98. prosenttipiste, $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ylittyi 19 asemalla eli 56 % asemista (Liite 5 ja karttakuvat Liitteessä 12). Eniten ohjearvoylityksiä tapahtui liikenneasemilla, mutta myös teollisuustyyppin asemilla Hangon Koverharissa ja Sundaleniissa, Raahen Lapaluodossa ja Lappeenrannan Ihalaisessa.



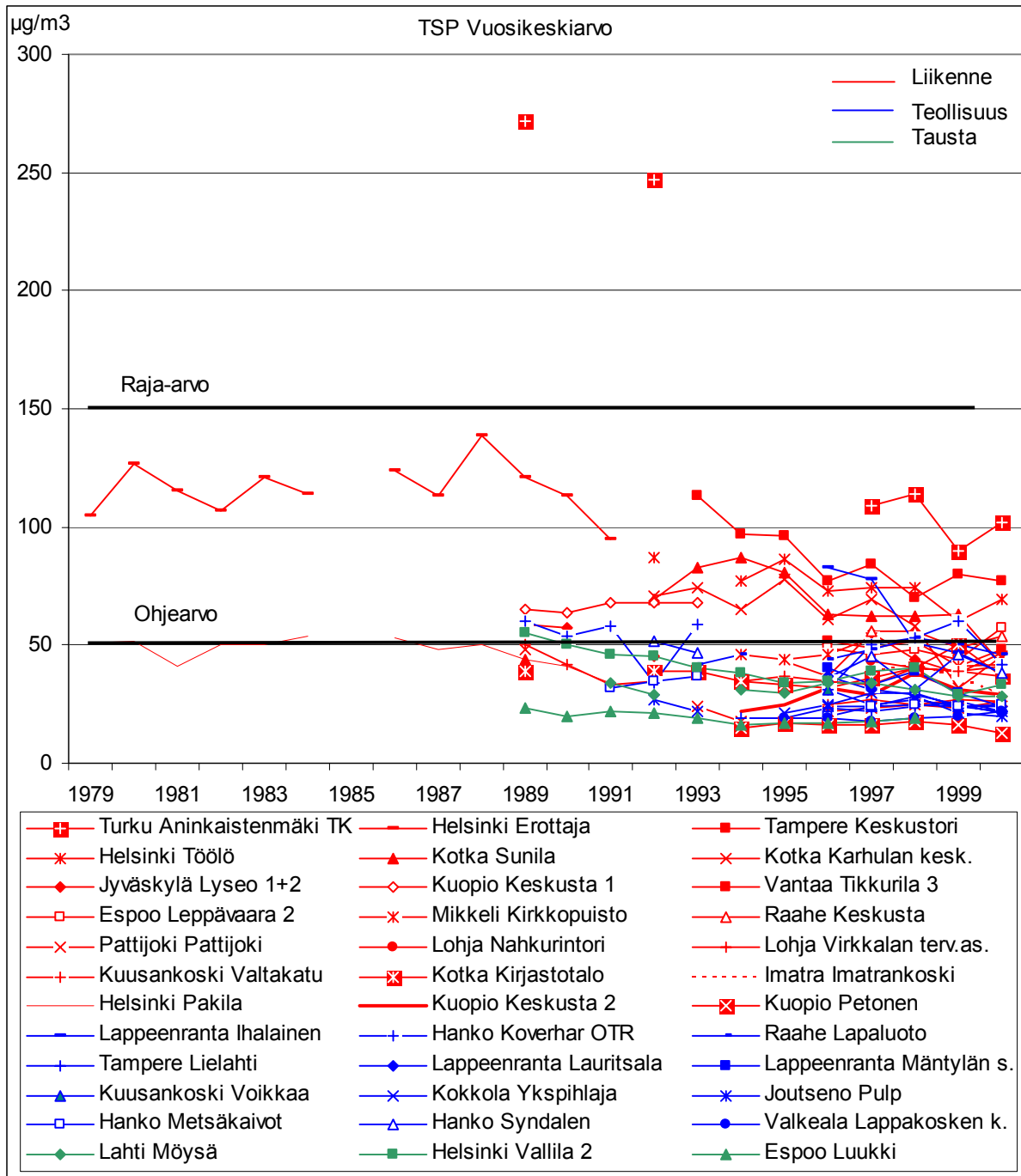
Kuva 38. Kokonaisleijuman vuosikeskiarvopitoisuudet asemaluokittain sekä kunkin asemaluokan mediaani vuonna 2000.



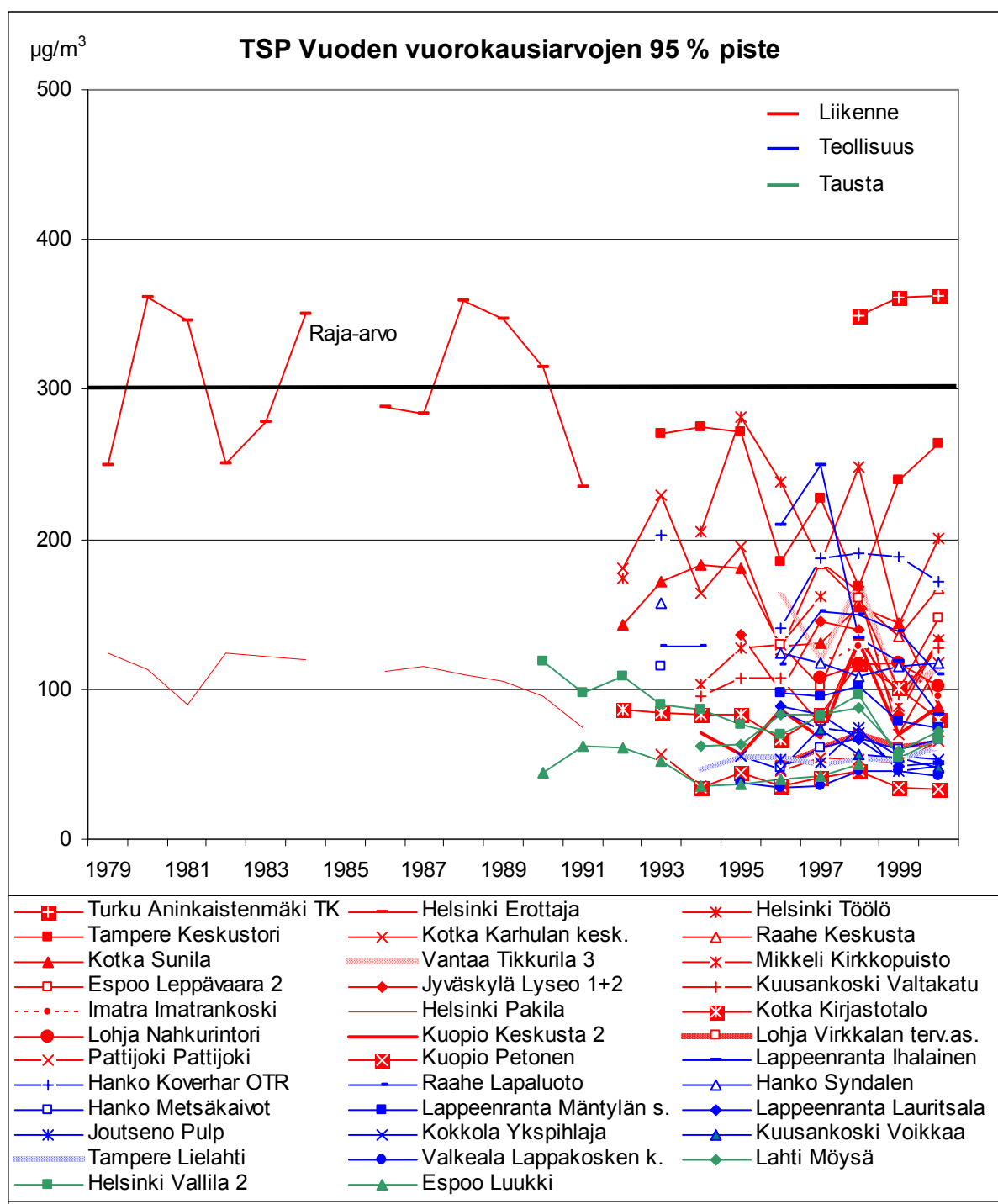
Kuva 39. Kokonaisleijuman vuoden vuorokausiarvopitoisuuden 95. prosenttipiste asemaluokittain sekä kunkin asemaluokan mediaani vuonna 2000.

5.4.2. Kokonaisleijuman pitoisuudet vuosina 1979–2000

Kokonaisleijumalle annettu vuosiraja-arvo ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) on tarkastelujaksolla ylittynyt vain Turun Aninkaistenmäen asemalla (Kuva 40) vuosina 1989 ja 1992. Sielläkin pitoisuustaso on vuodesta 1994 alkaen asettunut selvästi raja-arvon alapuolelle. Vuosiohjearvopitoisuuden ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) on ylitykset ovat edelleen yleisiä. Lyhytaikaishypitoisuuksille annettu raja-arvo (vuoden vuorokausiarvojen 95.prosenttipiste $>300 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (Kuva 41) on ylittynyt viime vuosina Turun Aninkaistenmäen asemalla



Kuva 40. Kokonaisleijuman vuosikeskiarvopitoisuudet vuosina 1979–2000.



Kuva 41. Kokonaisleijuman vuoden vuorokausiarvopitoisuuksien 95. prosenttipisteet vuosina 1979–2000.

Tilastollinen tarkastelu tehtiin 37:lle kokonaisleijuman vuosikeskiarvoaikasarjalle. Näistä neljässätoista eli 38 prosentissa esiintyi tilastollisesti merkitsevä laskeva lineaarinen trendi (Taulukko 8). Vuosimuutokset vaihtelivat välillä 1,4 - 11 prosenttiyksikköä vuodessa, keskimääräisen muutoksen ollessa -5,1 prosenttiyksikköä vuodessa. Yhtään tilastollisesti merkitsevää nousevaa trendiä ei aineistossa ollut.

Taulukko 8. Kokonaisleijumapitoisuuksien vuosikeskiarvoaikasarjojen tilastollinen tarkastelu.

Asema	Tarkastelu-jakso	Jakson pituus vuosissa v	Vuosi- arvojen lukumäärä n	Mann- Kendall- testi	Muutos koko jaksolla %	Muutos vuodessa %-yks./v
Tilastollisesti merkitsevä laskeva lineaarinen trendi						
Espoo Luukki	1989–1998	10	10	+	-24	-2,4
Helsinki Töölö	1992–2000	9	8	*	-22	-2,4
Helsinki Vallila 2	1989–2000	12	12	**	-44	-3,7
Helsinki Pakila	1979–1991	13	12	+	-18	-1,4
Kotka Karhulan keskusta ^a	1992–2000	9	9	*	-39	-4,4
Kotka Sunila ^a	1992–2000	9	9	*	-40	-4,4
Lappeenranta Ihalainen	1996–2000	5	5	*	-56	-11
Lappeenranta Lauritsala	1996–2000	5	5	*	-43	-8,6
Lappeenranta Mäntylän sairaala	1996–2000	5	5	+	-37	-7,4
Lohja Nahkurintori	1997–2000	4	4	+	-14	-3,5
Lohja Virkkalan terveysasema	1989–2000	12	10	*	-44	-3,7
Tampere Keskustori	1993–2000	8	8	*	-28	-3,5
Turku Aninkaistenmäki TK	1989–2000	12	6	*	-71	-5,9
Turku Aninkaistenmäki Imp	1992–1997	6	6	*	-53	-8,8
Ei tilastollisesti merkitsevää trendiä						
Espoo Leppävaara 2	1996–2000	5	5			
Hanko Koverhar	1989–2000	12	10			
Hanko Syndalen	1992–2000	9	7			
Hanko Metsäkaivot	1991–2000	10	8			
Helsinki Erottaja	1979–1991	13	12			
Imatra Imatrankoski	1997–2000	4	4			
Joutseno Pulp	1992–2000	8	6			
Jyväskylä Lyseo 1+2	1989–2000	12	9			
Kokkola Ykspihlaja	1995–2000	6	6			
Kotka Kirjastotalo	1992–2000	9	9			
Kuopio Keskusta 1	1989–1993	5	5			
Kuopio Keskusta 2	1994–2000	7	7			
Kuopio Petonen	1994–2000	7	7			
Kuusankoski Valtakatu	1994–2000	7	7			
Kuusankoski Voikkaa	1996–2000	5	5			
Lahti Möysä	1991–2000	10	9			
Pattijoki	1993–2000	8	7			
Mikkeli Kirkkokuisto	1994–2000	7	6			
Raahe Keskusta	1997–2000	4	4			
Raahe Lapaluoto	1993–2000	8	7			
Tampere Lielähti	1994–2000	7	7			
Valkeala Lappakosken koulu	1995–2000	6	6			
Vantaa Tikkurila	1996–2000	5	5			

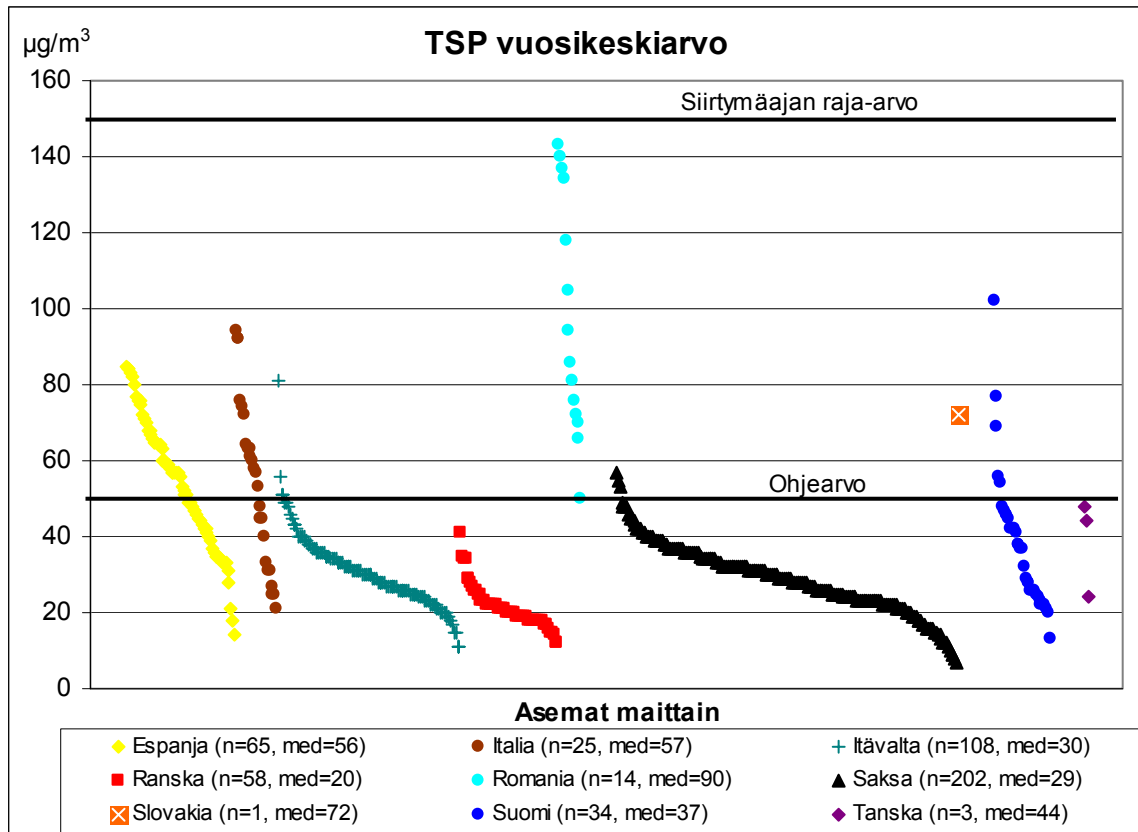
^a ei sisällä vuotta 1989

5.4.3. Pitoisuudet verrattuna muihin Euroopan maihin

AirBase-tietokantaan oli raportoitu kokonaisleijuman mittauksia vuodelta 2000 Suomen lisäksi yhdeksästä muusta maasta. Suomessa kokonaisleijumaa mitataan yleisesti gravimetrisellä menetelmällä noin joka kolmas vuorokausi, mikä ei ole vallitseva käytäntö muualla Euroopassa. Jatkuvatoimisilla monitoreilla kokonaisleijumaa mitataan mm. Itävallassa (119 asemaa), Saksassa (219), Italiassa (60), Slovakiassa (2) ja Espanjassa (74).

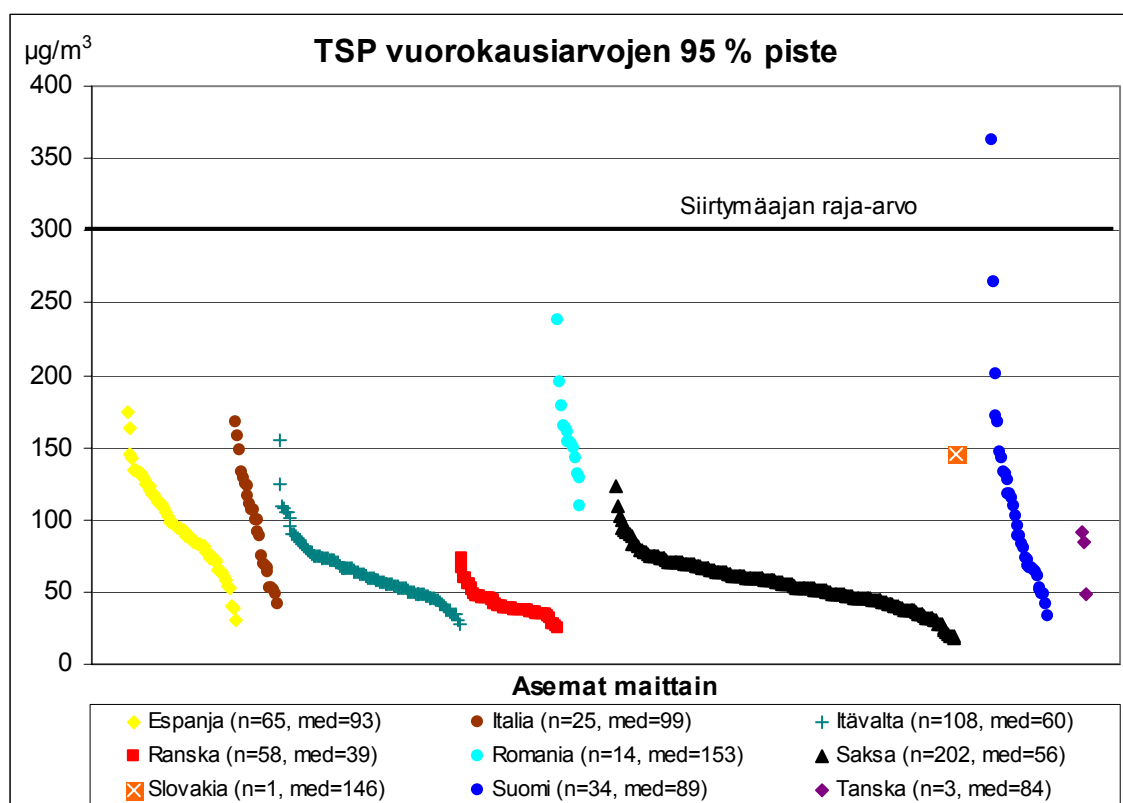
Lisäksi Ranskassa, Romaniassa ja Tanskassa gravimetrisellä menetelmällä tehtyjen mittausten näytteenottotiheys on jokavuorokautinen. Niinpä vuosikattavuusehdoksi tähän vertailuun asetettiin Suomen mittauksille 25 % ja muille 75 %. Kaikkiaan ehdot läpäisseitä mittaussarjoja oli Suomesta 34 ja kahdeksasta muusta Euroopan maasta 476.

Romania erottuu muista vertailun maista korkeimmilla kokonaisleijuman pitoisuuksillaan (Kuva 42). Romanian korkeimmat pitoisuudet esiintyvät Ploestissa, Resitassa, Targu Mures'ssa, Medias'ssa ja Baia Maressa, jotka kaikki ovat raskaasti teollistuneita paikkakuntia ja myös raportoitu ilmanlaadun suhteen Romanian ongelma-alueiksi (UN 2001). Suomen korkeimmat vuosipitoisuudet (Turku Aninkaistenmäki, Tampere Keskustori ja Helsinki Töölö) ovat samalla tasolla Espanjan, Italian ja Itävallan korkeimpien pitoisuuksien kanssa.



Kuva 42. Kokonaisleijuman vuosikeskiarvot ilmanlaadun mittausasemilla maittäin Euroopassa vuonna 2000 (AirBase 2002 ja ILSE).

Lyhytaikaispitoisuudet ovat Suomen asemilla varsin korkeat verrattuna muihin maihin. Aineiston korkein arvo löytyy Suomesta: Turun Aninkaistenmäen siirtymä-ajan raja-arvon ylitys on ainoa tässä yli 500 mittausasemaa käsittävässä aineistossa (Kuva 43). Tilanne muuttuu vain hieman, jos tarkasteluun otetaan mukaan myös alle 75 % vuosikattavuuden omaavat sarjat, joita huomattavassa määrin on vain Bulgariassa. Bulgarian 33 TSP – asemasta, joiden vuosikattavuudet ovat välillä 28–67 %, löytyy siirtymäraja-arvon ylitys kymmeneltä asemalta vuonna 2000.



Kuva 43. Kokonaisleijuman vuorokausiarvojen 95. prosenttipiste ilmanlaadun mittausasemilla maittain Euroopassa vuonna 2000 (AirBase 2002 ja ILSE).

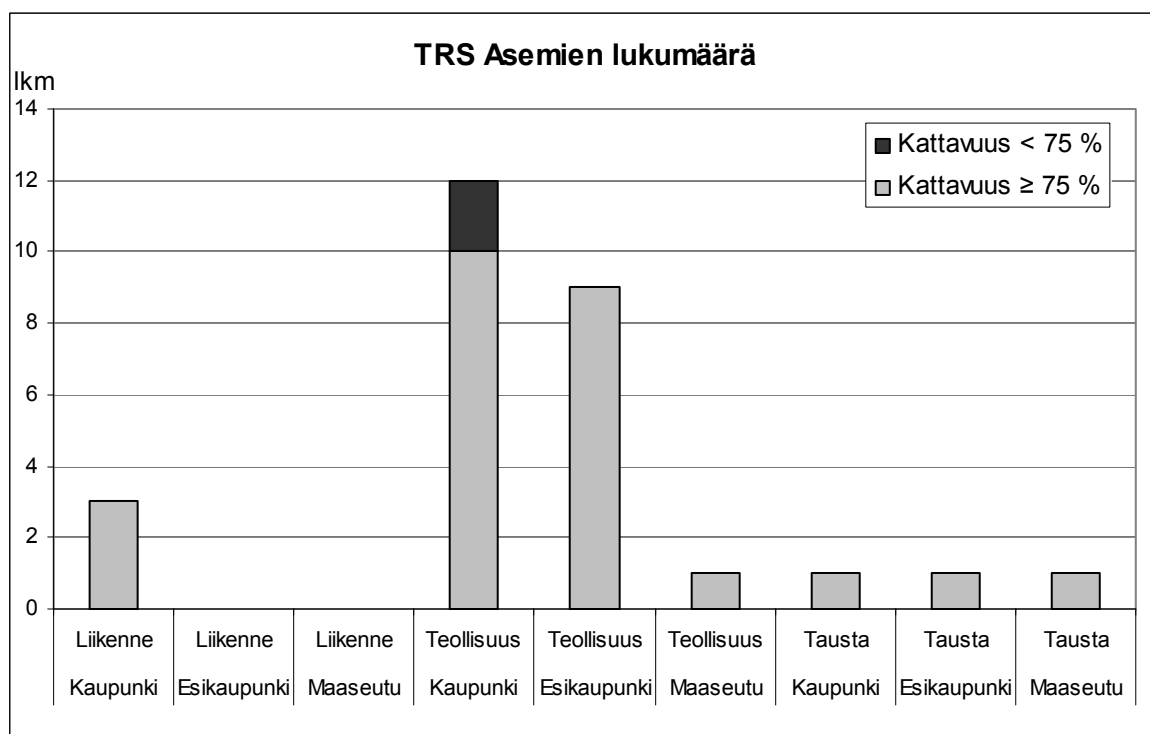
5.5. Haisevat rikkiyhdisteet TRS

5.5.1. Haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuudet vuonna 2000

Haisevia rikkiyhdisteitä ovat mm. rikkivety H_2S , metaanitioli CH_3SH , dimetyylisulfidi eli DMS CH_3SCH_3 ja dimetyyliidisulfidi CH_3SSCH_3 sekä rikkihiili CS_2 . Näissä yhdisteissä rikki esiintyy pelkistyneessä muodossa, josta seuraa näille yhdisteille yhteisnimitys pelkistyneet rikkiyhdisteet (Total Reduced Sulfur). Yhdisteille on yhteistä myös varsin epämiellyttävä haju. Ilmakehässä nämä yhdisteet hapettuvat muutamien päivien kuluessa hydroksyyliiradikaalin vaikutuksesta karbonyylisulfidiksi COS ja rikkidioksidiksi ja muiksi hapettuneiksi rikkiyhdisteiksi (Seinfeld and Pandis 1998). Pelkistyneiden rikkiyhdisteiden päästö ilmoitetaan usein rikkidioksidipäästön osana.

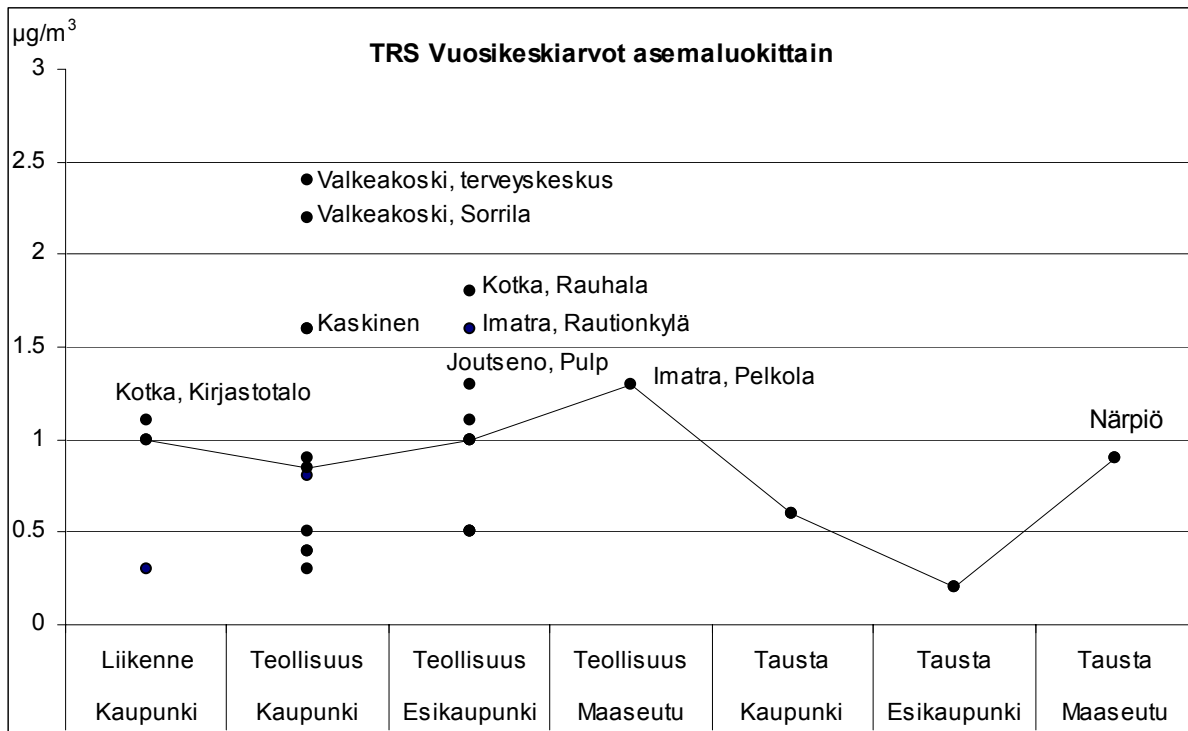
Haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuutta mitattiin 32 asemalla vuonna 2000 (Liite 6 ja karttakuvat Liite 13), joista ILSE-järjestelmään on viety 28 aseman tulokset. TRS-mittausasemista valtaosa on sijoitettu selluteollisuuspaikkakuntien teollisuusasemille (Kuva 44). Suurimmista sellupaikkakunnistamme (Metsäteollisuus 2001) vain Kemin, Kemijärven ja Enon Uimaharjun alueilta ei TRS mittaustietoja ole ILSE-järjestelmässä.

Suomessa rutiiniseurannassa mitataan haisevien rikkiyhdisteiden kokonaispitoisuutta laitteistolla, jossa pelkistyneet rikkiyhdisteet hapetetaan konvertteriunissa korkeassa lämpötilassa rikkidioksidiksi ja muodostunut rikkidioksidi mitataan UV-fluoresenssiin perustuvalla rikkidioksidianalysaattorilla. Tuloksena saadaan TRS-yhdisteiden kokonaismäärä. Menetelmän tehokkuutta rikkihiilen mittaamiseen ei tarkoin tiedetä. Tässä tarkastellaan vain niitä tuloksia, joiden kattavuus vuonna 2000 oli vähintään 75 % (26 asemaa).

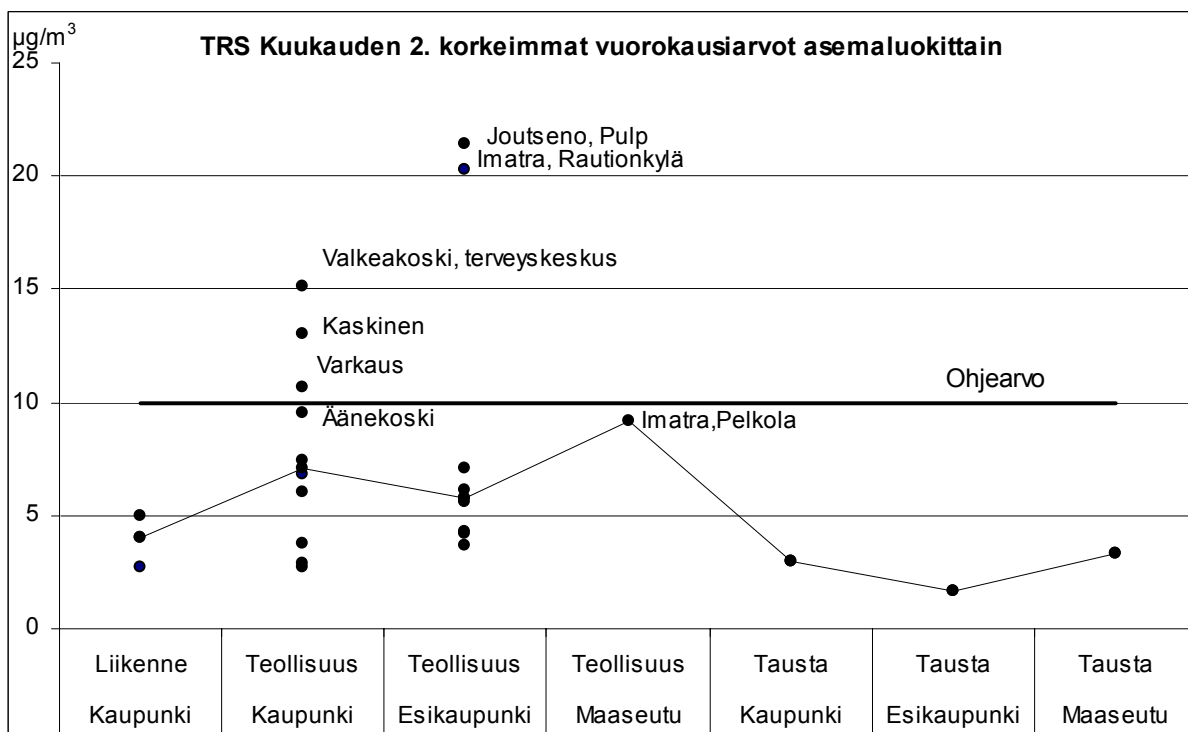


Kuva 44. Haisevien rikkiyhdisteiden mittausasemien lukumäärä asemaluokittain vuonna 2000.

Korkeimmat vuosikeskiarvot ja lyhytaikaispitoisuudet esiintyvät selluteollisuuspaikkakuntien teollisuusasemilla (Kuva 45 ja Kuva 46). Vuonna 2000 ohjearvo (kuukauden 2. korkein vuorokausiarvo $> 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ylittyi vähintään kerran Valkeakosken terveyskeskuksessa, Imatran Rautionkylässä, Joutsenon Pulpissa, Varkauden pääterveysasemalla ja Kaskisissa.



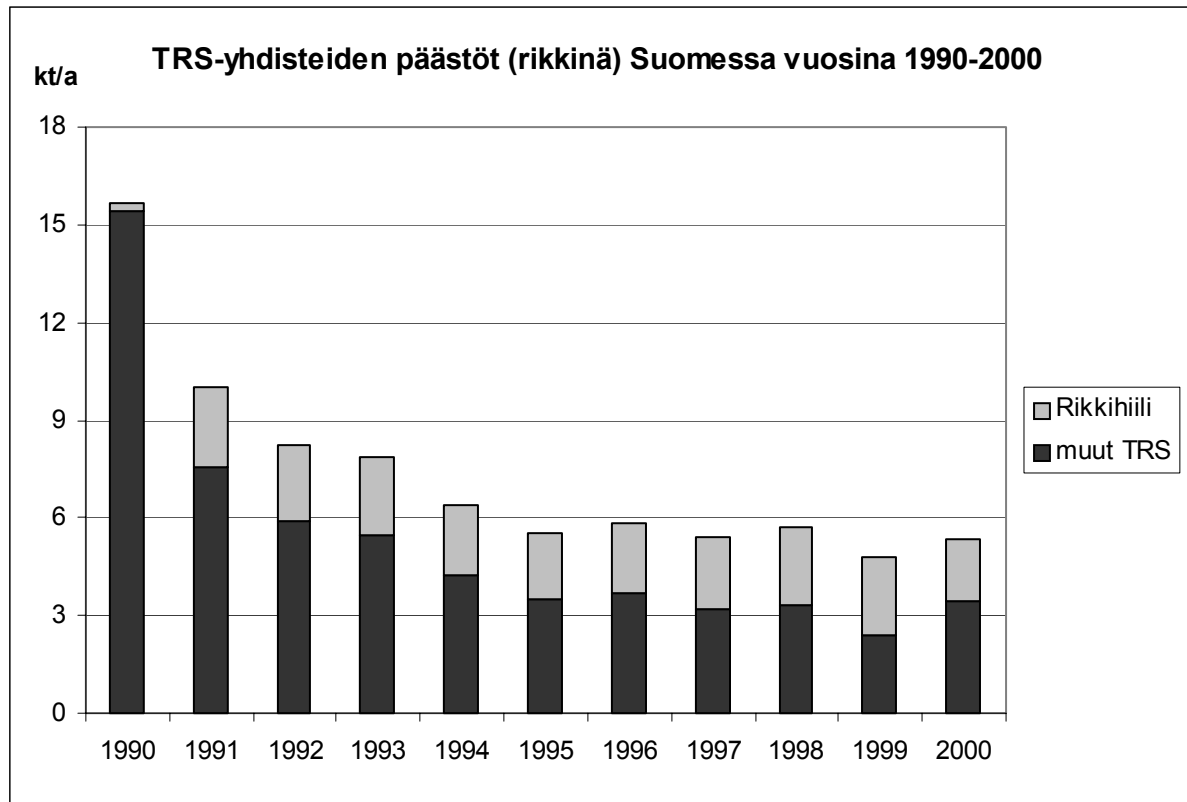
Kuva 45. Haisevien rikkiyhdisteiden vuosikeskiarvopitoisuudet asemaluokittain sekä kunkin asemaluokan mediaani vuonna 2000.



Kuva 46. Haisevien rikkiyhdisteiden toiseksi korkeimmat vuorokausipitoisuudet asemaluokittain sekä kunkin asemaluokan mediaani vuonna 2000.

5.5.2. Haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuudet vuosina 1993–2000

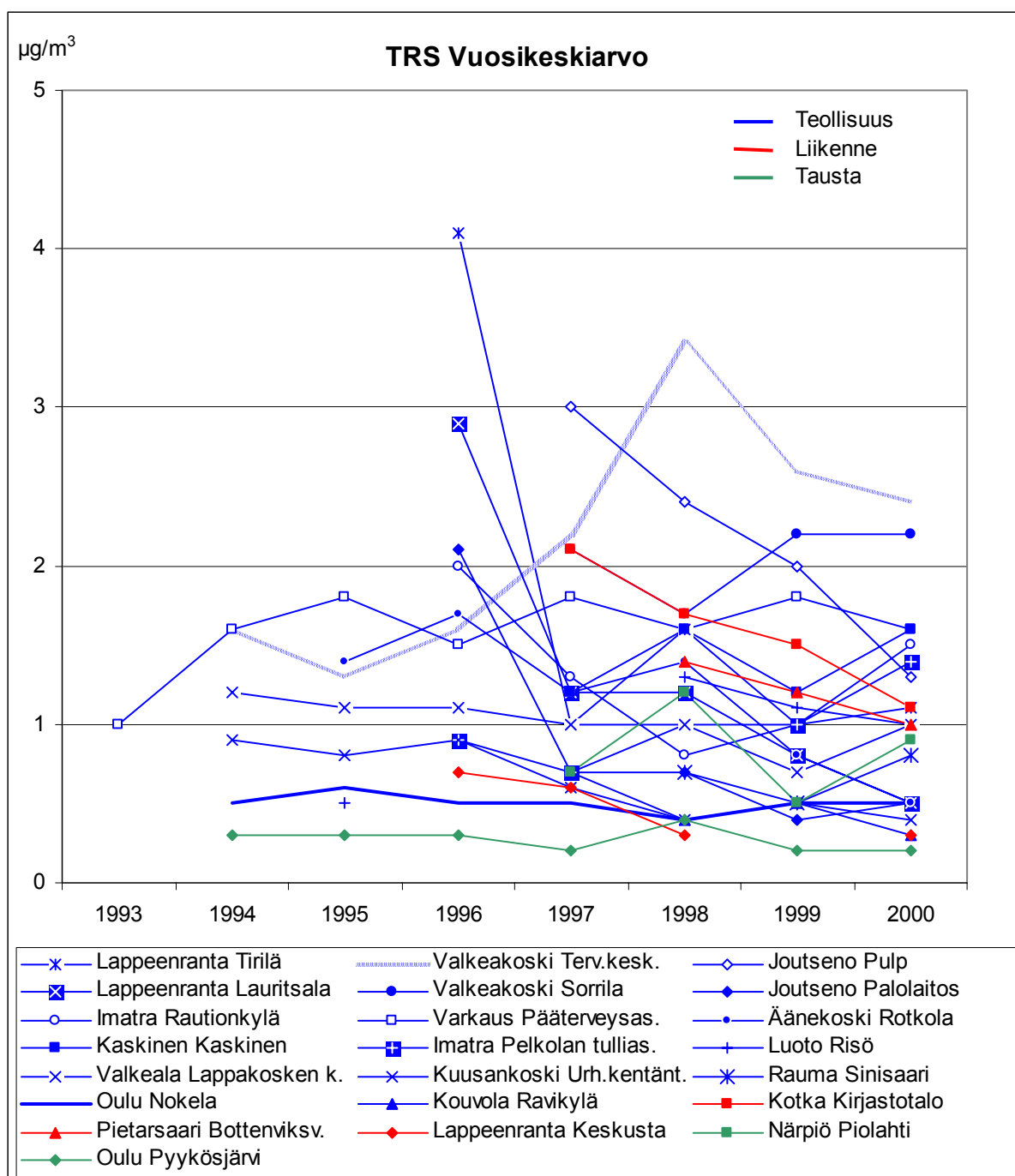
Haisevien rikkiyhdisteiden kokonaispäästöt Suomessa ovat 1990-luvulla olleet selvässä laskussa (Kuva 47). TRS-yhdisteiden osuus kokonaisrikkipäästöstä on nykyään noin 14 %. Haisevia rikkiyhdisteitä joutuu ilmaan mm. sulfaattiselluteollisuudessa, jätevedenkäsittelyssä ja viskoosikuidun tuotannossa (rikkihiili). Rikkihiili on muista TRS-yhdisteistä ominaisuuksiltaan hieman poikkeava. Sitä vapautuu ilmaan merkittävästi vain viskoosikuidun tuotannossa (Valkeakoski) sekä vähemmässä määrin Hangon viskoosimakkarankuoren tuotannossa. Rikkihiilen osuus TRS:n kokonaispäästöstä on kuitenkin huomattava.



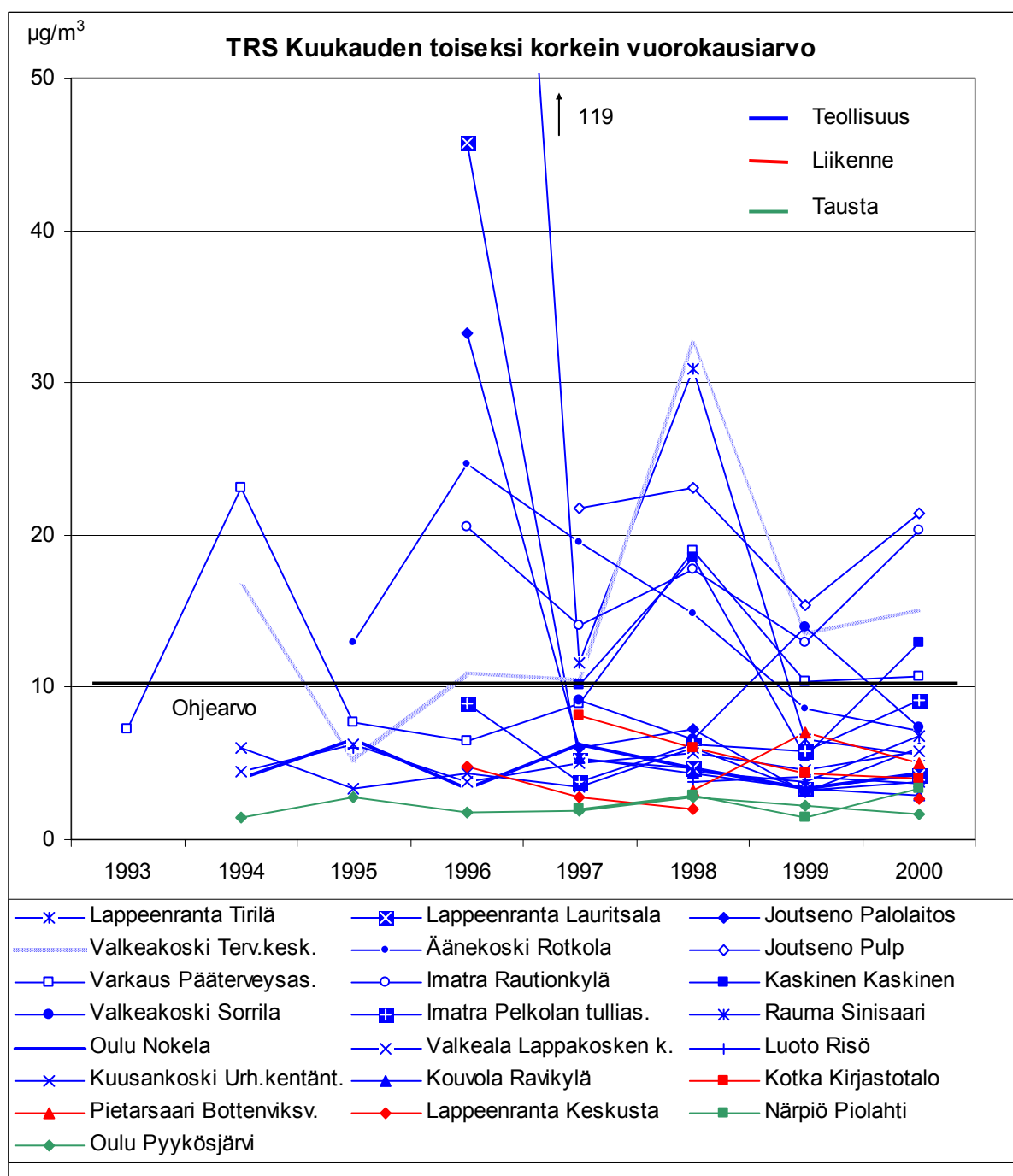
Kuva 47. Haisevien rikkiyhdisteiden päästöt ympäristöluvallisista laitoksista Suomessa 1990-luvulla (Ilmapäästötietojärjestelmä 2002).

Haiseville rikkiyhdisteille on ILSE-järjestelmässä tietoja vuodesta 1994 alkaen. Vuosikeskiarvoaikasarjoista nähdään, että tällä ajanjaksolla pitoisuustasoissa ei esiinny mitään huomattavaa yhteistä kehityssuuntaa (Kuva 48), kuten ei TRS-päästöissäkään vastaavana aikana.

Myöskään vuorokausiohjearvoon verrannollisissa pitoisuusajaksarjoissa (Kuva 49) (kuukauden toiseksi korkein vuorokausiarvo $>10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ei näy selviä laskevia suuntauksia tällä lyhyellä tarkastelujaksolla. Vuosi 2000 ei ole poikkeava tässä suhteessa.



Kuva 48. Haisevien rikkiyhdisteiden vuosikeskiarvopitoisuudet vuosina 1993–2000.



Kuva 49. Haisevien rikkiyhdisteiden korkeimmat kuukauden toiseksi korkeimmat vuorokausipitoisuudet vuosina 1993–2000.

Tilastollinen trenditarkastelu tehtiin 20:lle haisevien rikkiyhdisteiden vuosipitoisuusajaksarjalle. Näistä viidessä eli 25 prosentissa esiintyi tilastollisesti merkitsevä laskeva lineaarinen trendi (Taulukko 9). Pitoisuusmuutokset näillä asemilla vaihtelivat välillä 3,6 – 17 prosenttiyksikköä vuodessa. Yhtään tilastollisesti merkitsevää nousevaa trendiä ei esiintynyt.

Taulukko 9. TRS-pitoisuuksien vuosikeskiarvoaikasarjojen tilastollinen tarkastelu.

Asema	Tarkastelu- jakso v	Jakson pituus vuosissa v	Vuosi- arvojen lukumäärä n	Mann- Kendall- testi	Muutos koko jaksolla %	Muutos vuodessa %-yks./v
Tilastollisesti merkitsevä laskeva lineaarinen trendi						
Joutseno Pulp	1997–2000	4	4	+	-56	-14
Kotka Kirjastotalo	1997–2000	4	4	+	-46	-12
Kuusankoski Urheilukentäntie	1994–2000	7	7	*	-67	-17
Lappeenranta Lauritsala ^a	1996–2000	5	5	+	-77	-15
Valkeala Lappakosken koulu	1994–2000	7	7	*	-25	-3,6
Ei tilastollisesti merkitsevää trendiä						
Imatra Pelkolan tulliasema	1996–2000	5	5			
Imatra Rautionkylä	1996–2000	5	5			
Joutseno Palolaitos ^a	1996–2000	5	5			
Kaskinen	1997–2000	4	4			
Kouvola Ravikylä	1997–2000	4	4			
Lappeenranta Keskusta	1996–2000	5	4			
Lappeenranta Tirilä ^a	1996–2000	5	5			
Närpiö Piolahti	1997–2000	4	4			
Oulu Nokela	1994–2000	7	7			
Oulu Pyykösjärvi	1994–2000	7	7			
Valkeakoski Sorrila	1997–2000	4	4			
Valkeakoski Terveyskeskus	1994–2000	7	7			
Varkaus Pääterveysasema	1993–2000	8	8			
Äänekoski Rotkola	1995–2000	6	6			

^a pitoisuus pienenee hyppäyksellisesti vuonna 1997

Haiseville rikkiyhdisteille ei ole annettu Euroopan Unionissa raja-arvoja eikä tämä yhdiste kuulu EoI- tai EuroAirNet- ohjelmiin, joten mittaustuloksia ei ole vertailua varten saatavissa AirBase-tietokannasta.

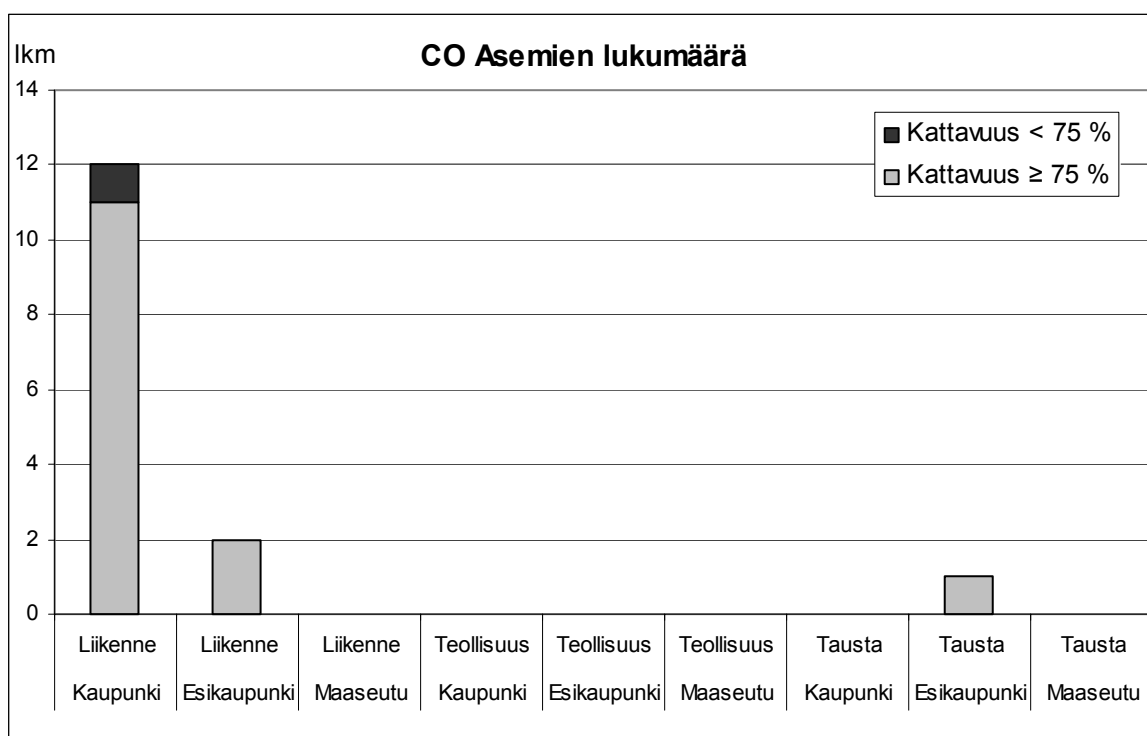
5.6. Hiilimonoksidi CO

5.6.1. Hiilimonoksidipitoisuudet vuonna 2000

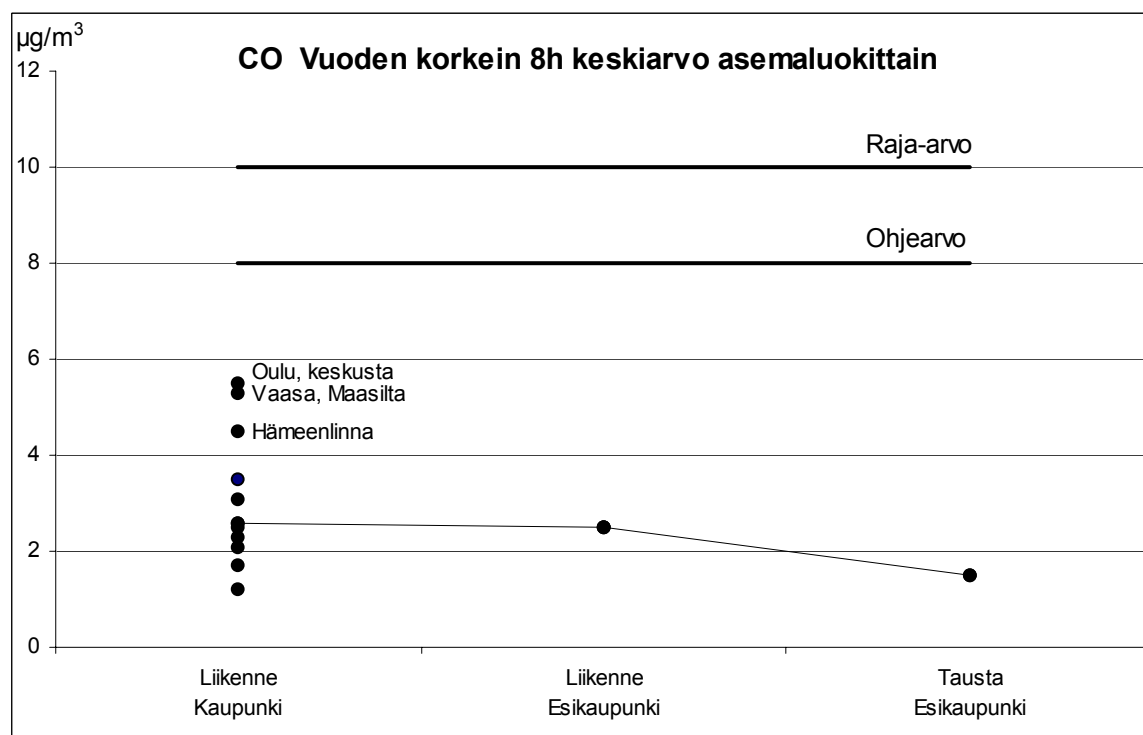
Hiilimonoksidipitoisuutta seurattiin 15 asemalla vuonna 2000 (Liite 7). Valtaosa asemista on kaupunkien liikenneasemia (Kuva 50), joten asemaluokittaisia pitoisuustasoja ei juuri voi analysoida. Mittausmenetelmänä on yleisesti ei-dispersiivinen infrapunamenetelmä, joka perustuu hiilimonoksidin absorptioon IR-alueella. Tässä otetaan huomioon vain ne tulokset, joiden vuosikattavuus on yli 75 % (14 asemaa).

Korkeimmat lyhytaikaispitoisuudet (vuoden korkein kahdeksan tunnin keskiarvo) esiintyvät Oulun, Vaasan ja Hämeenlinnan liikenneasemilla (Kuva 51). Kaikilla näilläkin asemilla jäädään selvästi ohje ja raja-arvojen alle.

Hiilimonoksidille on annettu myös tuntiohjearvo: tuntiarvo ei saa ylittää 20 mg/m³. Aineiston korkein tuntipitoisuus vuonna 2000 oli Oulun keskustassa (12,2 mg/m³), joten tämä tuntiohjearvo ei ylittynyt millään asemalla (Liite 7).



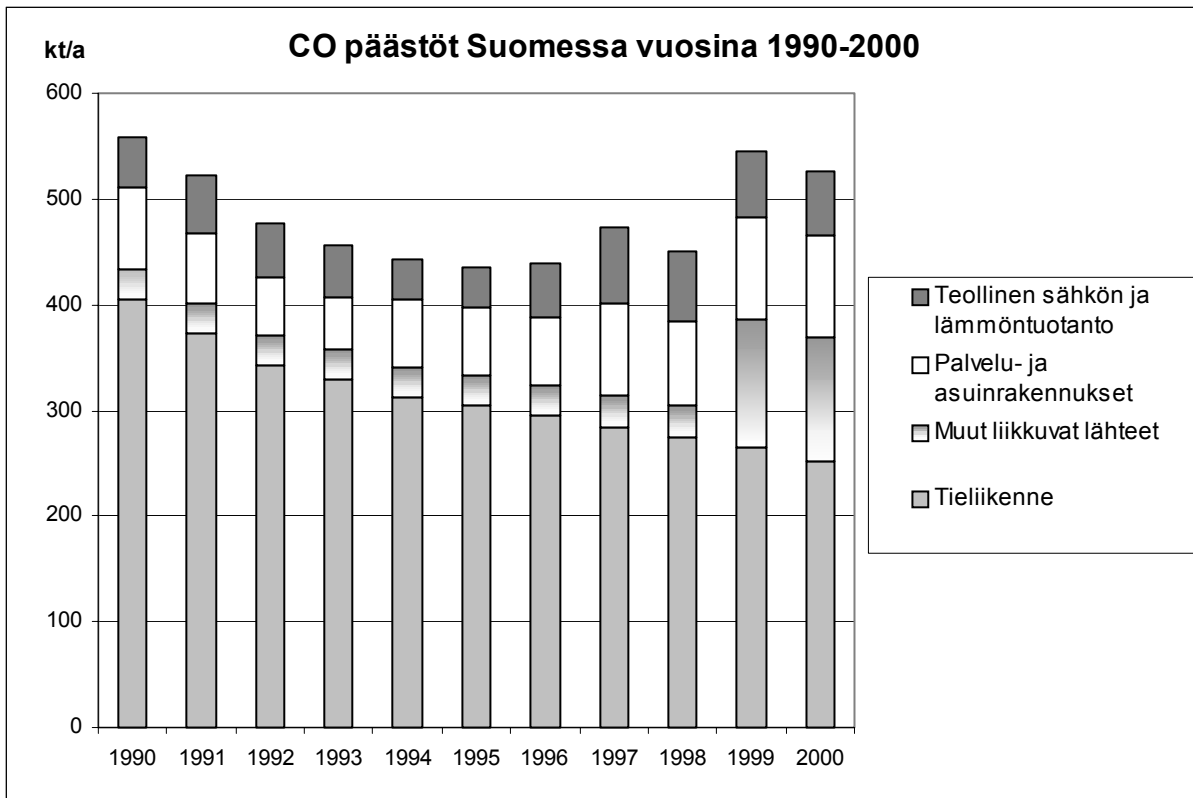
Kuva 50. Hiilimonoksidin mittausasemien lukumäärä asemaluokittain vuonna 2000.



Kuva 51. Hiilimonoksidin korkein kahdeksan tunnin keskiarvopitoisuus asemaluokittain sekä kunkin asemaluokan mediaani vuonna 2000.

5.6.2. Hiilimonoksidipitoisuudet vuosina 1989–2000

Tieliikenne on huomattava hiilimonoksidin päästölähde: Vuonna 2000 tieliikenteen osuus kokonaispäästöistä oli 48 % (Kuva 52) (WebDab 2000). Tieliikenteen päästöt ovat vähentyneet koko 1990-luvun ajan.

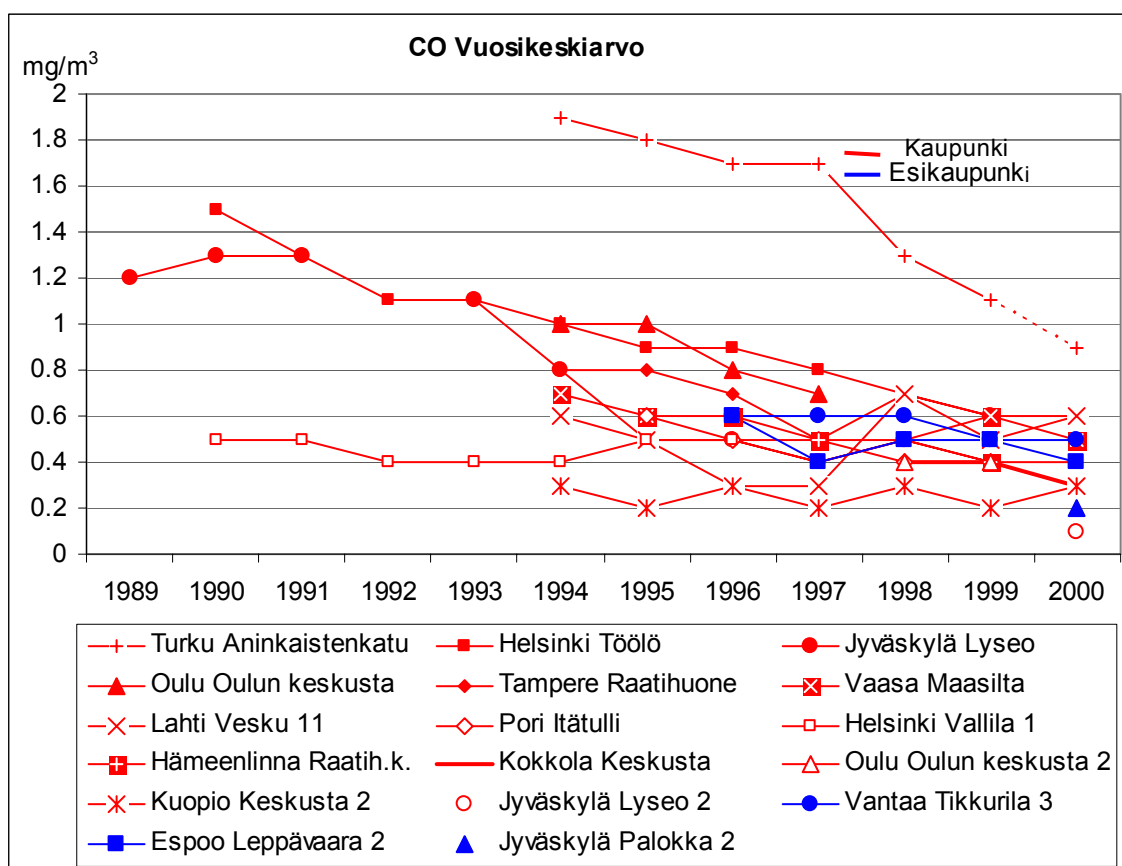


Kuva 52. Hiilimonoksidipäästöt Suomessa vuosina 1990–2000 (WebDab 2002).

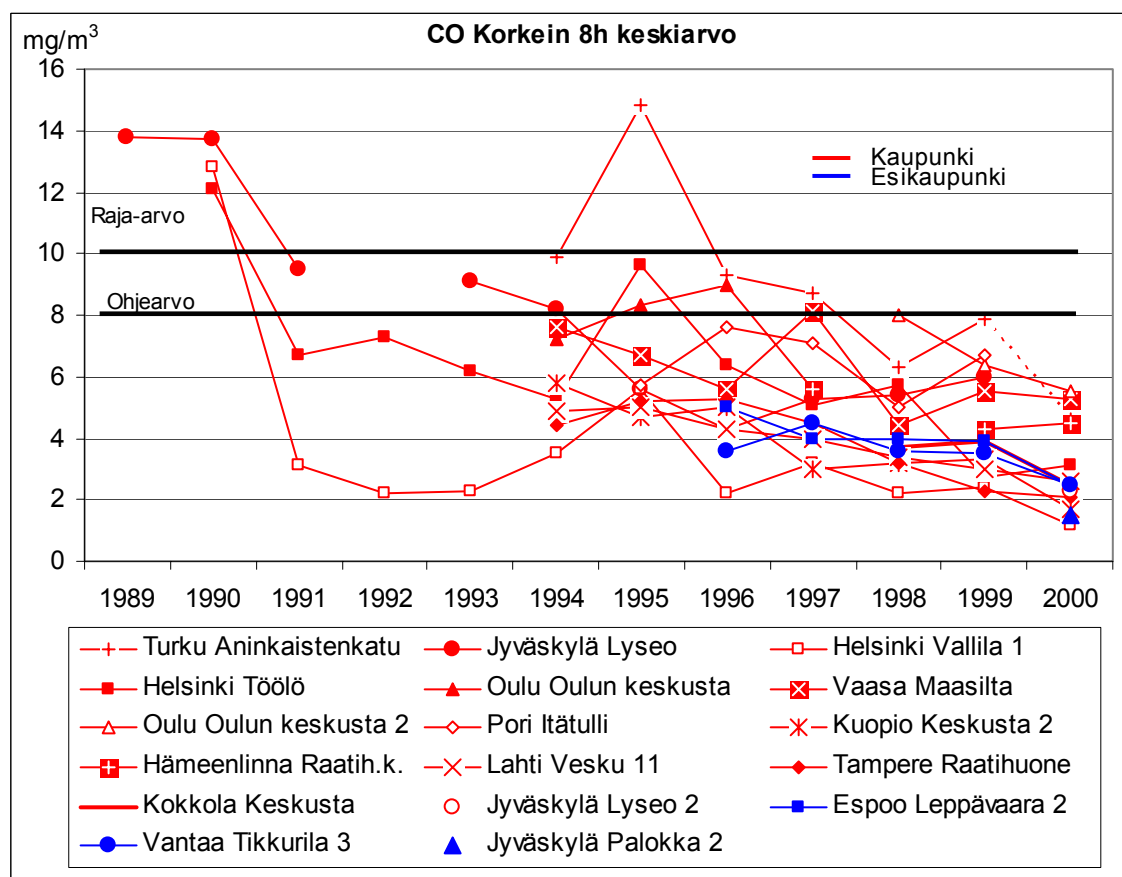
Myös hiilimonoksidipitoisuuksien aikasarjojen yleispiirteenä on pitoisuuksien aleneminen. Vuosikymmenen alun korkeita pitoisuuksia ei enää vuosikymmenen lopulla ole esiintynyt (Kuva 53). Turun Aninkaistenkadun aikasarja eroaa muista korkeammilla pitoisuuksillaan (vuoden 2000 mittauksen kattavuus 67 %).

Hiilimonoksidipitoisuuden ohjearvoon (kahdeksan tunnin keskiarvo $> 8 \text{ mg/m}^3$) verrannollisista aikasarjoista nähdään, että vuonna 2000 pitoisuudet olivat useilla asemilla edeltäviä vuosia matalampia (Kuva 54). Ohjearvon tuntumassa oltiin vuosina 1997–1999 Turun Aninkaisenkadulla, Oulun keskustassa ja Vaasan Maasillassa.

Tilastollinen tarkastelu tehtiin 12:lle hiilimonoksidin vuosikeskiarvoaikasarjalle (Taulukko 10). Näistä kuudessa eli puolessa esiintyi tilastollisesti merkitsevä laskeva trendi. Vuosimuutokset näillä asemilla vaihtelivat välillä -5,5 – -11 prosenttiyksikköä vuodessa keskiarvon ollessa -8 prosenttiyksikköä vuodessa. Yhtään tilastollisesti merkitsevää nousevaa trendiä ei aineistossa ollut. Vastaavasti tieliikenteen hiilimonoksidipäästöjen vähenemä vuosina 1990–2000 on ollut -2,9 prosenttiyksikköä vuodessa.



Kuva 53. Hiilimonoksidipitoisuuden vuosikeskiarvot vuosina 1989–2000.



Kuva 54. Hiilimonoksidin korkeimmat kahdeksan tunnin keskiarvopitoisuudet vuosina 1989–2000.

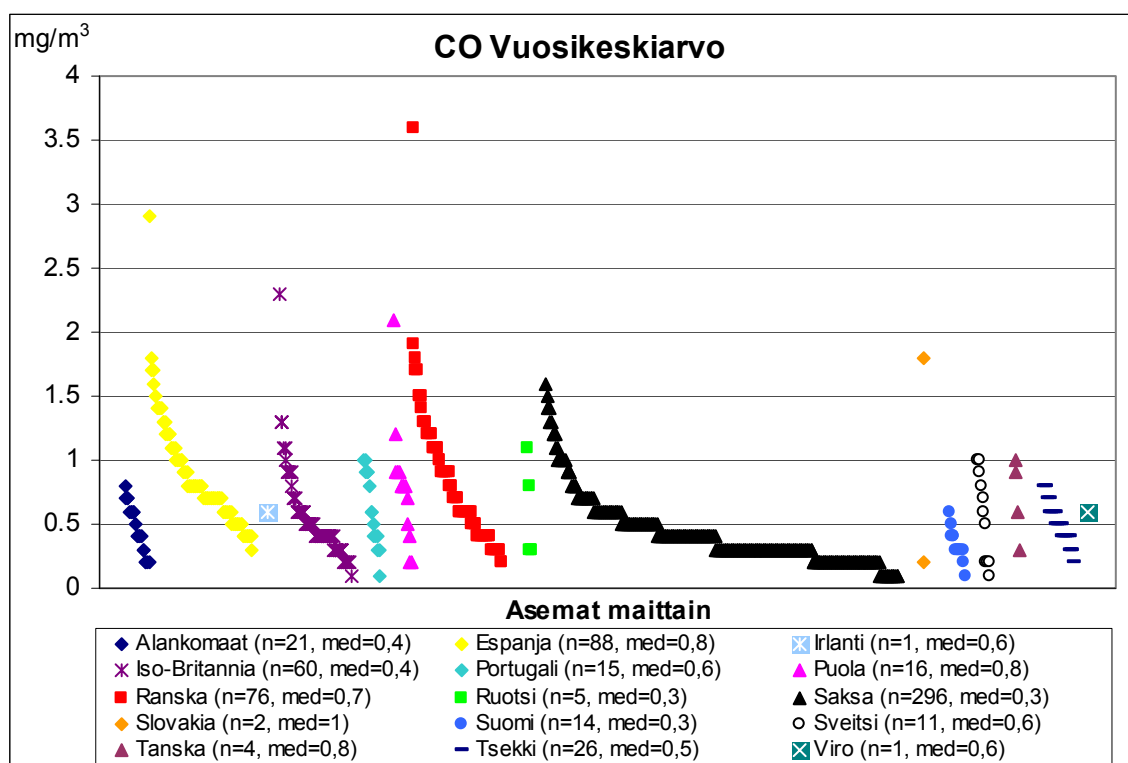
Taulukko 10. Hiilimonoksidipitoisuuksien vuosikeskiarvoaikasarjojen tilastollinen tarkastelu.

Asema	Tarkastelu- jakso v	Jakson pituus vuosissa v	Vuosi- arvojen lukumäärä n	Mann- Kendall- testi	Muutos koko jaksolla %	Muutos vuodessa %-yks./v
Tilastollisesti merkitsevä laskeva lineaarinen trendi						
Helsinki Töölö	1990–2000	11	11	***	-60	-5,5
Jyväskylä Lyseo	1989–2000	12	11	**	-85	-7,0
Oulu Keskusta	1994–2000	7	7	**	-75	-11
Pori Itätulli	1995–2000	6	6	*	-43	-7,2
Tampere Raatihuone	1994–2000	7	7	**	-67	-9,6
Turku Aninkaistenkatu	1994–2000	7	7	**	-53	-7,6
Ei tilastollisesti merkitsevää trendiä						
Espoo Leppävaara	1996–2000	5	5			
Helsinki Vallila	1990–2000	11	11			
Kuopio Keskusta	1994–2000	7	7			
Lahti Vesku	1994–2000	7	7			
Vaasa Maasilta	1994–2000	7	7			
Vantaa Tikkurila 3	1996–2000	5	5			

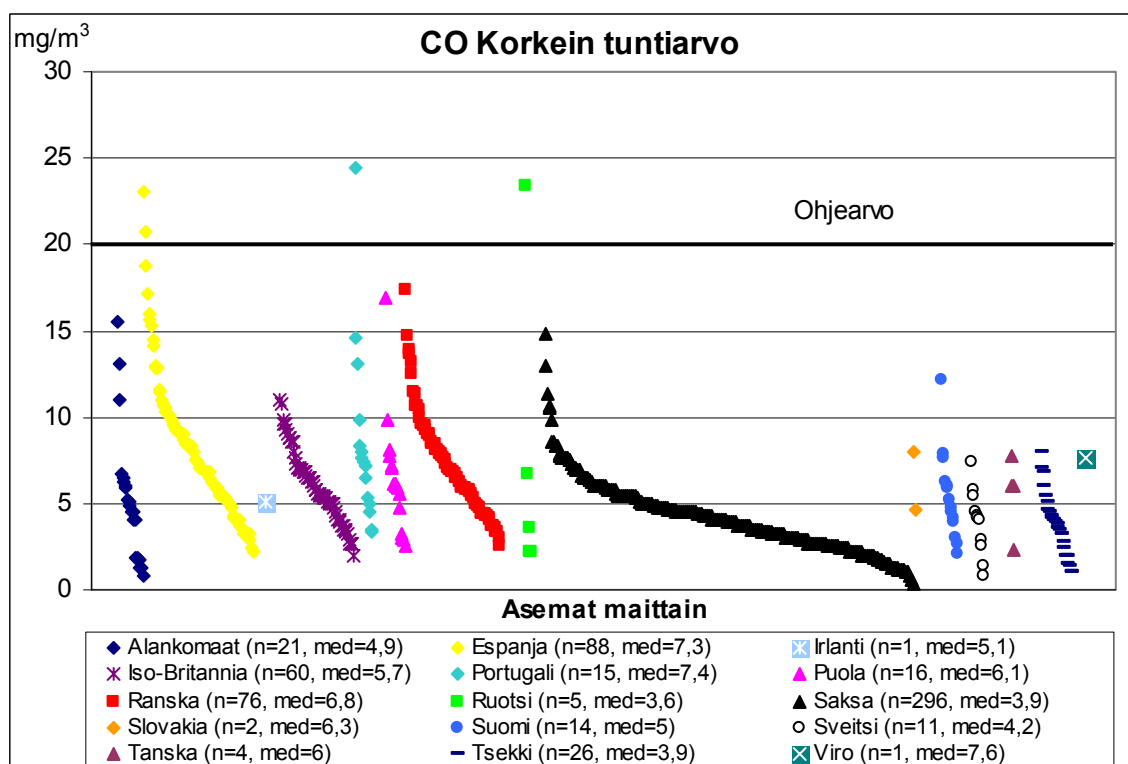
5.6.3. Pitoisuudet verrattuna muihin Euroopan maihin

Hiilimonoksidin mittaustietoja vuodelta 2000 oli AirBase-tietokannassa neljästätoista maasta 703 asemalta, joista 622 mittaussarjaa täytti 75 % kattavuusehdon. Suomen aineistoksi otettiin ILSE:n vastaavat ehdon täyttävät 14 asemaa vuodelta 2000.

Suomen kaikkien asemien vuosikeskiarvojen mediaani on aineiston pienin (0,3 mg/m³) (Kuva 55). Sama mediaaniarvo saadaan myös Ruotsin viiden aseman ja Saksan lähes kolmensadan aseman vuosikeskiarvoista. Korkeimmat vuosipitoisuudet esiintyvät Espanjan Valenciassa, Lontoossa, Puolan Krakovassa, Berliinissä ja Slovakian Bratislavassa. Korkeimmat tuntiarvot puolestaan vuonna 2000 olivat Espanjan Madridissa ja Ponferradassa, Portugalin Barreiroissa ja Tukholman Sveavägenillä (Kuva 56).



Kuva 55. Hiilimonoksidin vuosikeskiarvopitoisuudet ilmanlaadun mittausasemilla maittain Euroopassa vuonna 2000 (AirBase 2002 ja ILSE).

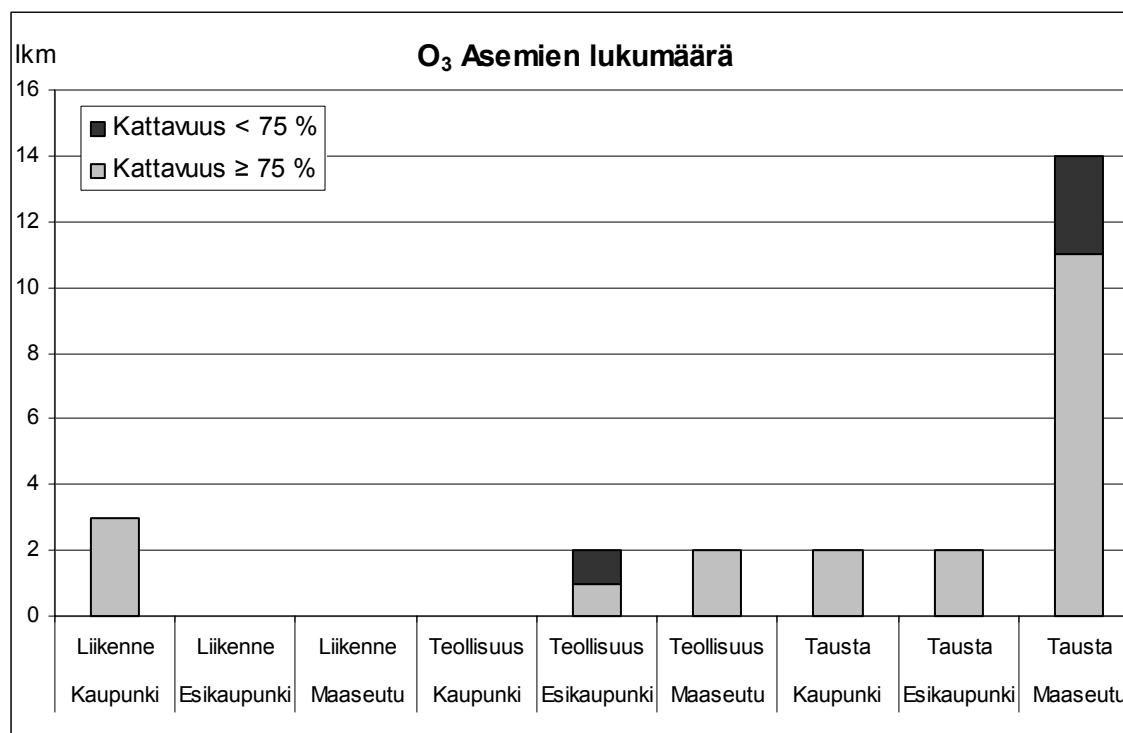


Kuva 56. Hiilimonoksidin korkeimmat tuntipitoisuudet ilmanlaadun mittausasemilla maittain Euroopassa vuonna 2000 (AirBase 2002 ja ILSE).

5.7. Otsoni O₃

5.7.1. Otsonipitoisuudet vuonna 2000

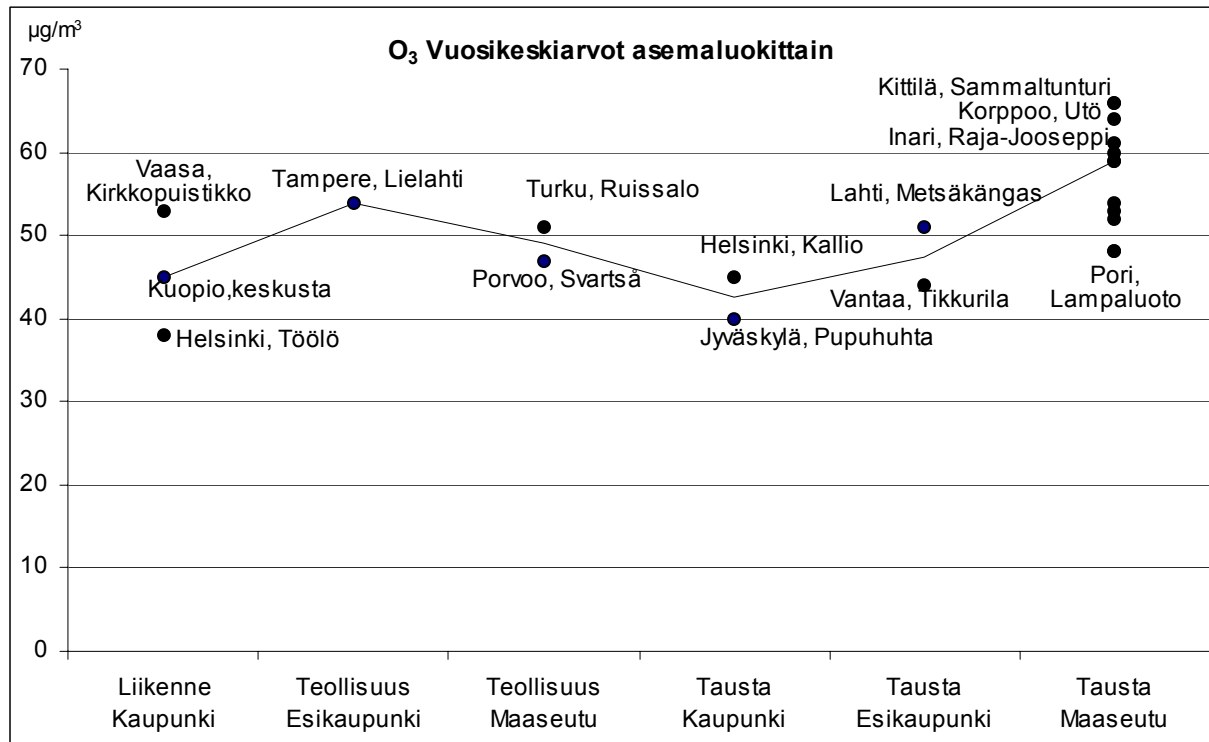
Vuonna 2000 otsonipitoisuutta seurattiin 25 asemalla, joista Ilmatieteen laitoksen tausta-asemia oli kymmenen (Liite 8). Valtaosa otsonimittausasemista on sijoitettu tausta-alueille (Kuva 57). Mittausmenetelmänä käytetään Haminaa lukuunottamatta UV-absorptioon perustuvaa jatkuvatoimista analysaattoria. Tässä tarkastellaan asemia, joiden kattavuus on yli 75 % (21 asemaa).



Kuva 57. Otsonin mittausasemien lukumäärä asemaluokittain vuonna 2000.

Otsonin vuosikeskiarvolle ei ole annettu ohje-, raja- tai kynnysarvoa. Vuosikeskiarvoista kuitenkin näkyy selvästi otsonin poikkeava käyttäytyminen verrattuna muihin tässä käsiteltyihin epäpuhtauksiin (Kuva 58). Maaseudun tausta-asemilla keskimääräinen pitoisuustaso on kaikkien luokkien korkein. Korkeimmat pitoisuudet ovat Kittilän ja Inarin asemilla sekä eteläsaariston Utössä.

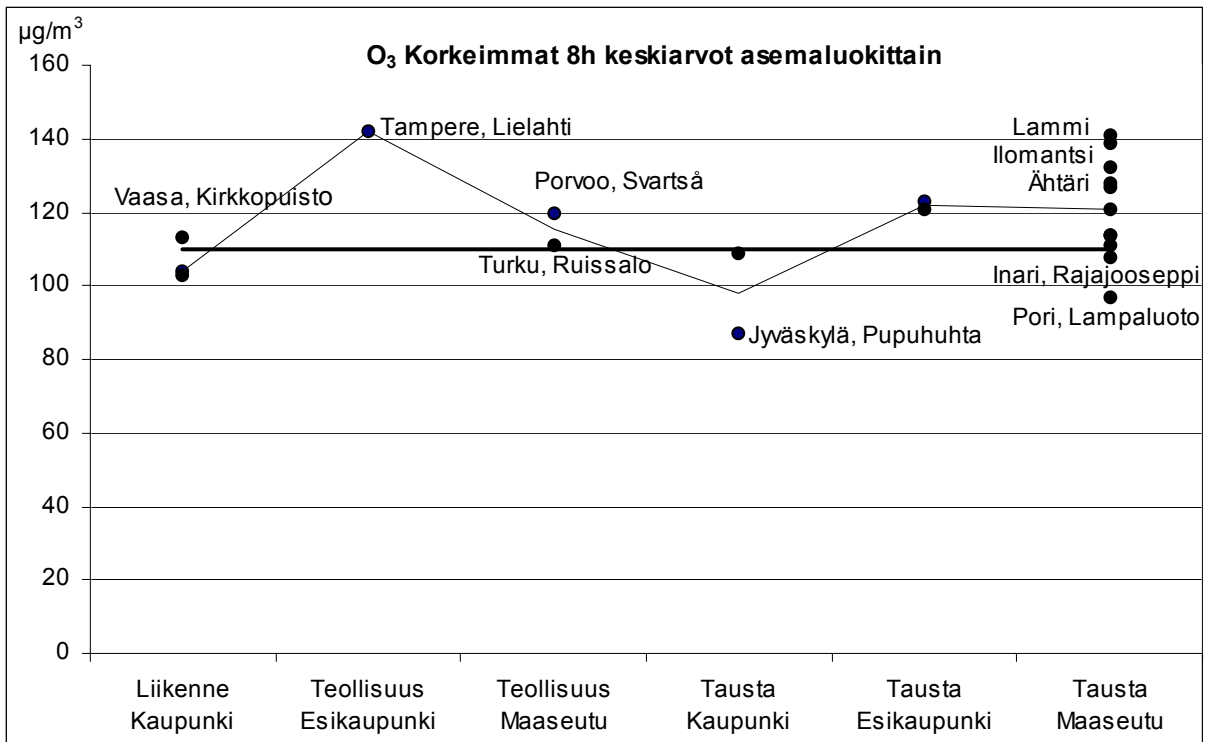
Tähän on syynä otsonin valokemiallinen muodostuminen ilmakehässä. Otsonia ei merkittävässä määrin pääse ilmakehään suoraan päästölähteistä vaan se muodostuu hiilivetyjen, typen oksidien ja hiilimonoksidin välisissä valokemiallisissa reaktioissa tuntien ja päivien kuluessa. Toisaalta runsaasti epäpuhtauksia sisältävässä ilmassa jo muodostunutta otsonia häviää ja sen pitoisuudet näin alenevat. Alueen otsonipitoisuus on siten näiden muodostumis- ja poistumisreaktioiden summa. Käytännössä tästä seuraa tilanne, jossa kaukana päästölähteistä muuten puhtaassa ilmassa otsonipitoisuustaso on suhteellisen korkea. Lähellä päästölähteitä puolestaan keskimääräinen pitoisuustaso saattaa olla verrattain alhainen, mutta lyhytaikaiset korkeat pitoisuudet ovat mahdollisia.



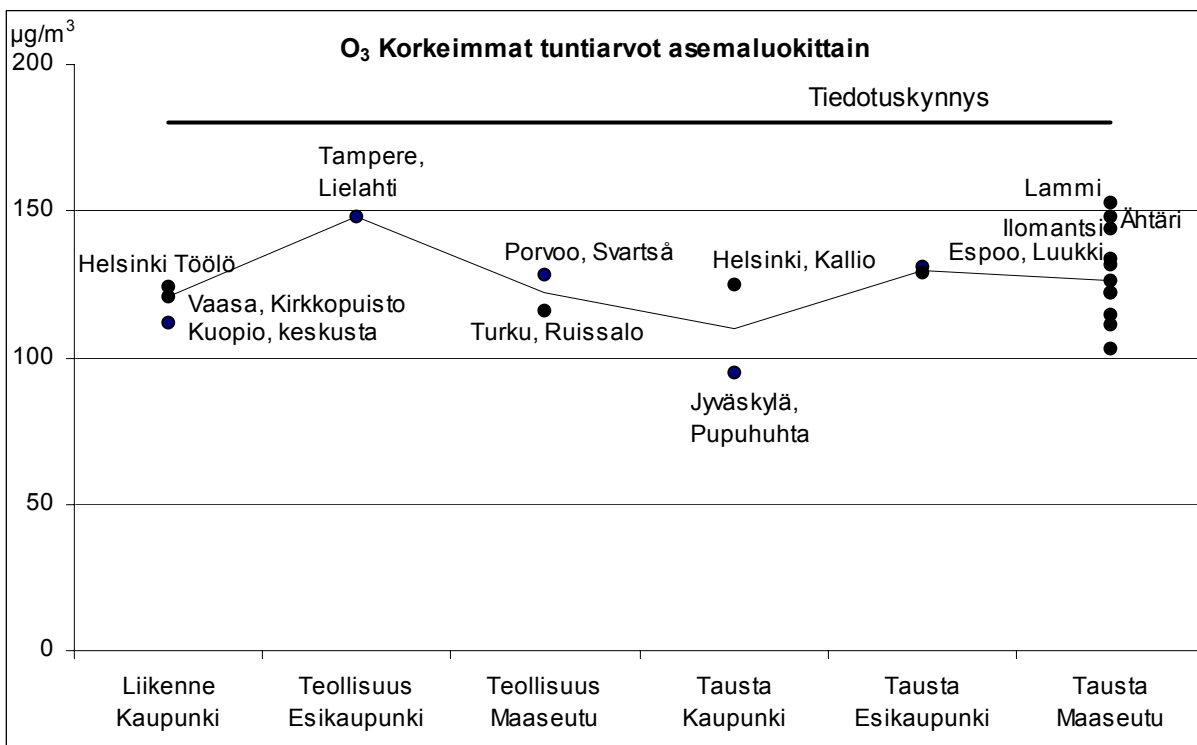
Kuva 58. Otsonin vuosikeskiarvopitoisuudet asemaluokittain sekä kunkin asemaluokan mediaani vuonna 2000.

Lyhytaikaispitoisuuksissa (korkein 8h keskiarvo (Kuva 59) ja korkein tuntiarvo (Kuva 60)) ei näin selvää eroa näy. Terveyshaittojen ehkäisemiseksi otsonille on annettu kynnyksarvoksi, että kahdeksan tunnin keskiarvon (laskettuna neljästi vuorokaudessa) ei tulisi ylittää 110 µg/m³. Tämä kynnyksarvo ylittyi vähintään kerran 67 % (16/25) asemista vuonna 2000. Ylitysvuorokausia oli eniten Tampereella, Lammilla ja Espoossa. Suurin kynnyksarvoon verrannollinen pitoisuus oli Tampereella 142 µg/m³ (Liite 8 ja Liite 15). Otsonille on annettu tiedotuskynnyksarvoksi 180 µg/m³/h, joka arvo ei ylittynyt millään asemalla vuonna 2000.

Kasvillisuuden suojelemisen kynnyksarvo on 65 µg/m³ vuorokausikeskiarvona. Tämä arvo ylittyi ainakin kerran kaikilla asemilla vuonna 2000. Eniten ylitysvuorokausia oli Korppoon Utössä (197), Kittilän Sammaltunturilla (184) ja Inarin Raja-Joosepissa (176).



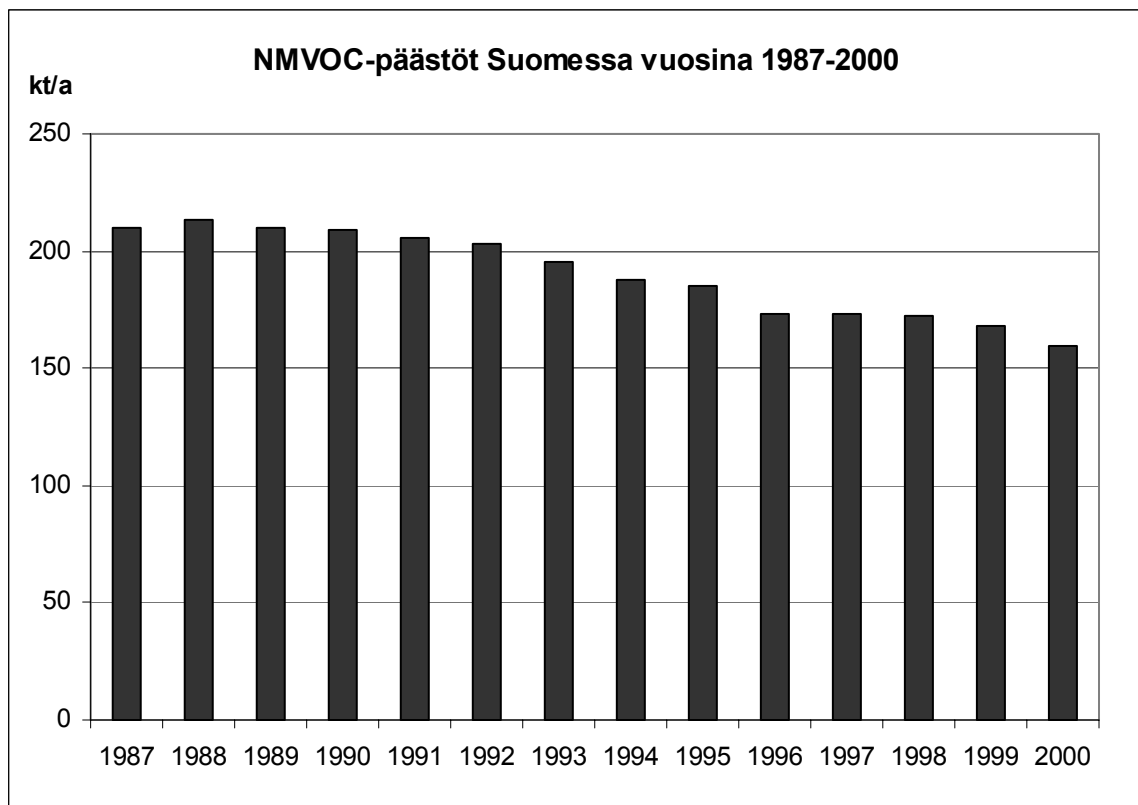
Kuva 59. Otsonin korkeimmat kahdeksan tunnin keskiarvopitoisuudet asemaluokittain sekä kunkin asemaluokan mediaani vuonna 2000.



Kuva 60. Otsonin korkeimmat tuntiarvopitoisuudet asemaluokittain sekä kunkin asemaluokan mediaani vuonna 2000.

5.7.2. Otsonipitoisuudet vuosina 1987–2000

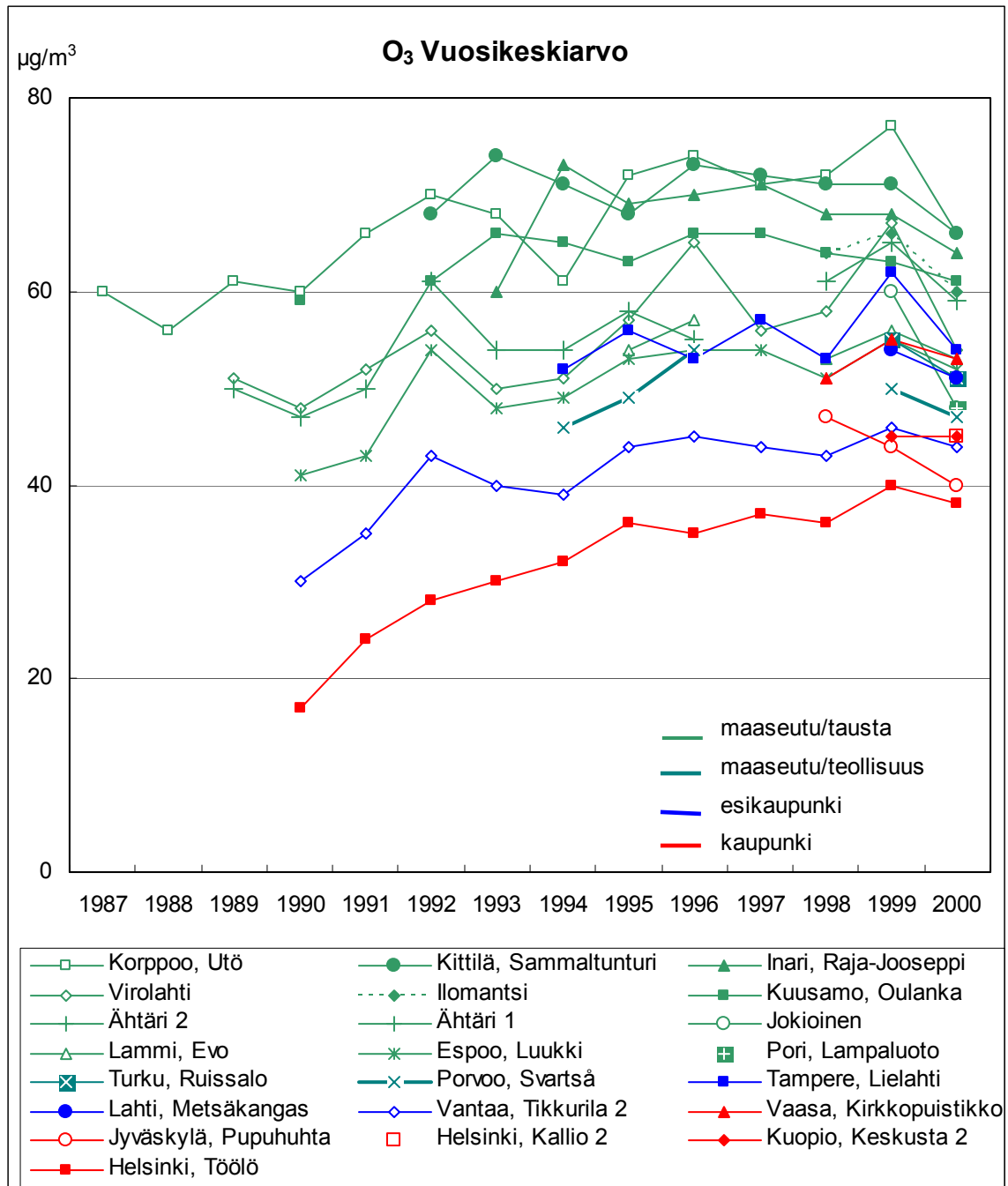
Otsoni muodostuu ilmakehässä valokemiallisissa reaktioketjuissa, joissa haihtuvat hiilivedyt (VOC) hapettuvat auringonvalossa typpimonoksidin (NO) ja typpidioksidin (NO₂) läsnä ollessa. Monimutkaisiin reaktioketjuihin osallistuu myös hiilimonoksidi ja ilmakehän vapaat radikaalit (mm. vetyperoksidiradikaali HO₂, erilaiset orgaaniset peroksidiradikaalit RO₂, hydroksyyli-radikaali OH). Osa näiden yhdisteiden välisistä reaktioista toisaalta kuluttaa jo ilmassa olevaa otsonia. Muodostuva otsonin määrä riippuu yhdisteiden välisistä pitoisuussuhteista ja sääoloista. Otsoninmuodostukselle välttämättömiä ovat kuitenkin typen oksidit, radikaaleja synnyttävät orgaaniset yhdisteet ja auringon valo. Keskeisten otsonia muodostavien yhdisteiden, typen oksidien ja VOC-yhdisteiden (Kuva 61) päästöt Suomessa ovat olleet 1990-luvulla lievässä laskussa.



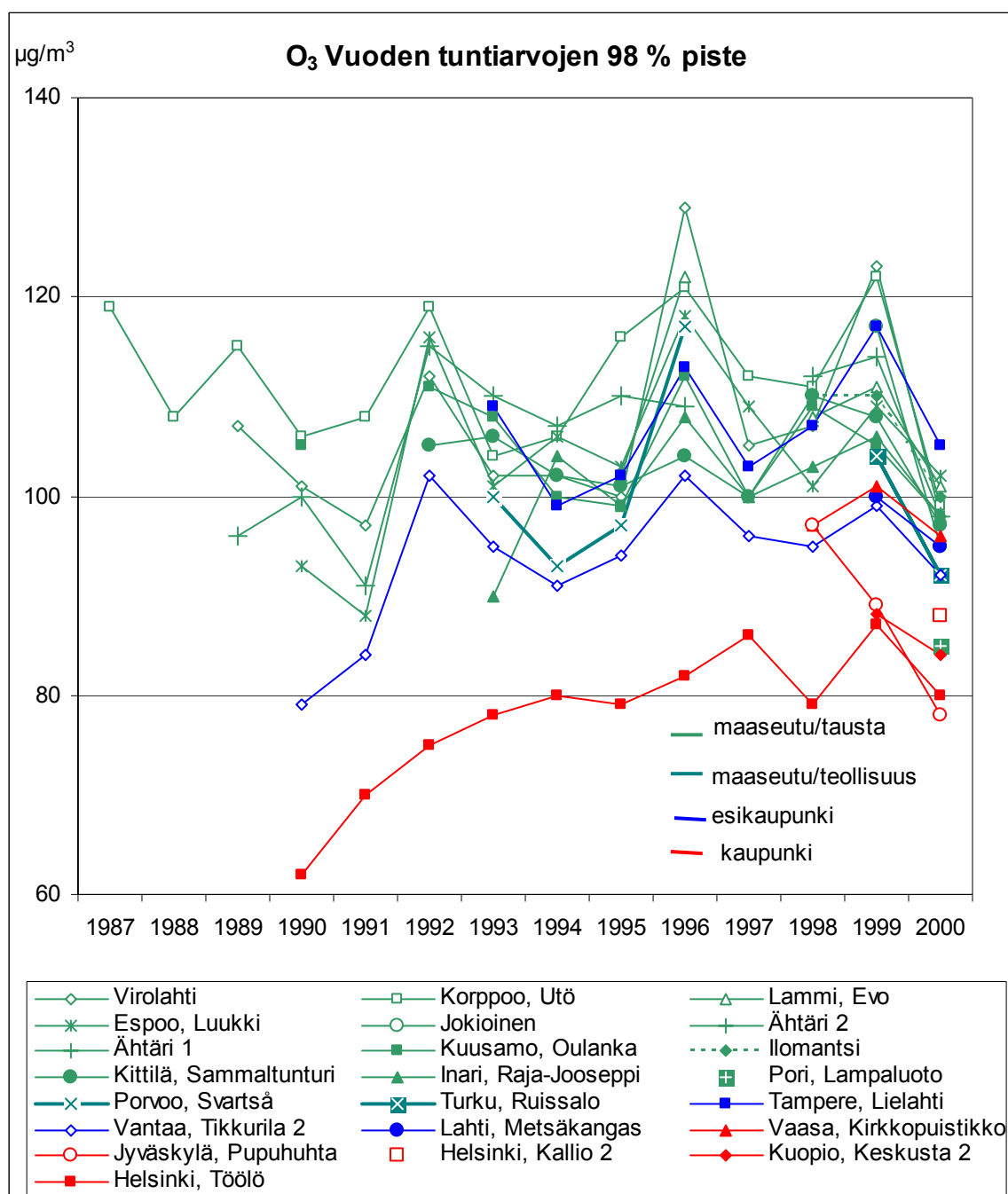
Kuva 61. Haihtuvien hiilivetyjen päästöt Suomessa vuosina 1987–2000 (WebDab 2002).

Otsonin keskimääräinen pitoisuustaso vastaavan aikana on kuitenkin nousemassa (Kuva 62). Pitoisuudet ovat kohonneet sekä kaupunki että tausta-asevilla.

Myös lyhytaikaispitoisuuksissa (Kuva 63) näkyy vastaava pitoisuuksien kohoaminen. Aikasarjoista on myös nähtävissä, että vuonna 2000 otsonipitoisuudet olivat kaikilla asemilla poikkeuksellisen alhaiset. Otsonipitoisuudet vaihtelevat vuosittain pitkälti sääolosuhteiden mukaisesti. Otsonipitoisuudet eivät määräydy suoraviivaisesti kansallisista päästöistä vaan niitä leimaa koko pohjoista pallonpuoliskoa koskeva yleinen pitoisuustason nousu.



Kuva 62. Otsonin vuosikeskiarvopitoisuudet vuosina 1987–2000.



Kuva 63. Otsonipitoisuuksien vuoden tuntiarvojen 98. prosenttipisteet vuosina 1987–2000.

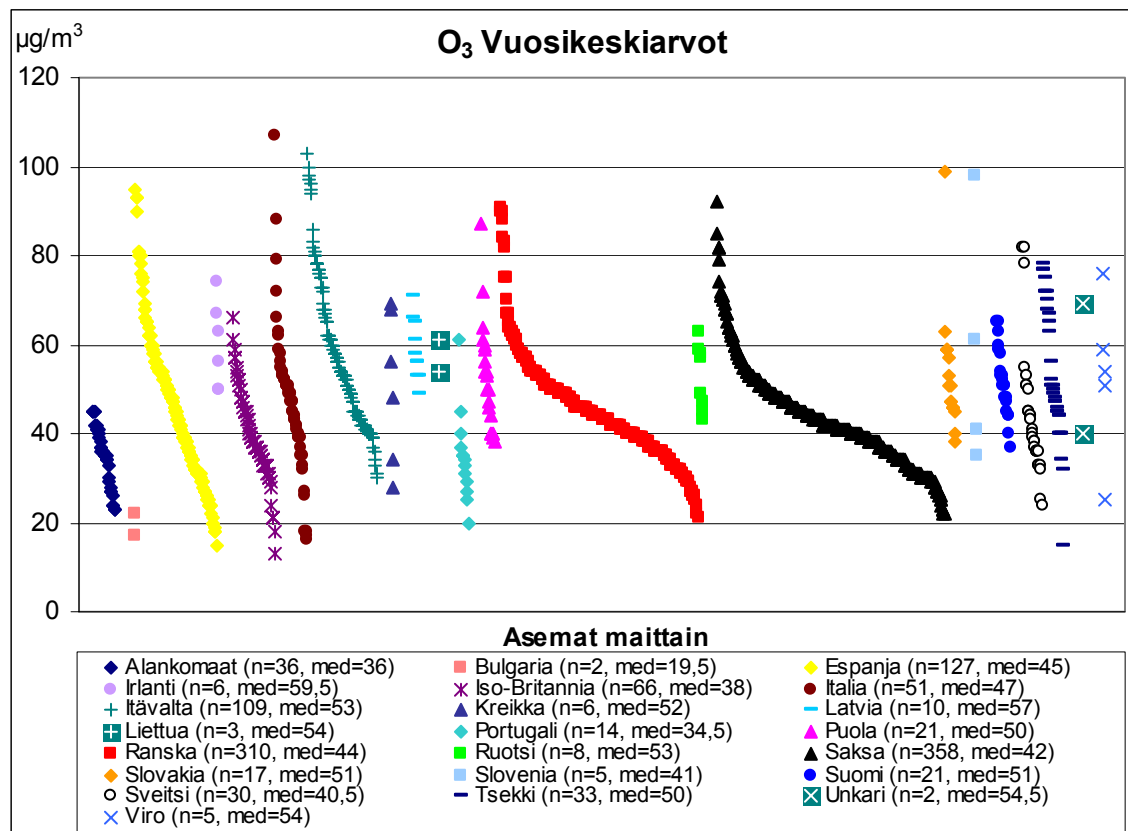
Tilastollinen trenditarkastelu tehtiin 12:lle otsonin vuosipitoisuusaikasarjalle, joista kuudessa eli puolessa esiintyi tilastollisesti merkitsevä nouseva trendi. Vuosimuutokset vaihtelivat välillä 1,7 – 6,5 prosenttiyksikköä vuodessa. Nousevia trendejä esiintyi sekä tausta-aseilla että kaupunki-aseilla. Pisimmistä mittaussarjoista vain Kuusamon Oulangan asemalla ei ollut tilastollisesti merkitsevää trendiä (Taulukko 11).

Taulukko 11. Otsonipitoisuuksien vuosikeskiarvoaikasarjojen tilastollinen tarkastelu.

Asema	Tarkastelu- jakso v	Jakson pituus vuosissa v	Vuosi- arvojen lukumäärä n	Mann- Kendall- testi	Muutos koko jaksolla %	Muutos vuodessa %-yks./v
Tilastollisesti merkitsevä laskeva lineaarinen trendi						
Espoo Luukki	1990–2000	11	11	*	+22	+2,0
Helsinki Töölö	1990–2000	11	11	***	+71	+6,5
Korppoo Utö	1987–2000	14	14	**	+27	+1,9
Vantaa Tikkurila 2	1990–2000	11	11	*	+27	+2,5
Virolahti	1989–2000	12	12	*	+20	+1,7
Ähtäri 1+2	1989–2000	12	11	**	+27	+2,3
Ei tilastollisesti merkitsevää trendiä						
Inari Raja-Jooseppi	1993–2000	8	8			
Kittilä Sammaltunturi	1992–2000	9	9			
Lammi Evo	1995–2000	6	5			
Kuusamo Oulanka	1990–2000	11	10			
Porvoo Svartså	1994–2000	7	5			
Tampere Lielähti	1994–2000	7	7			

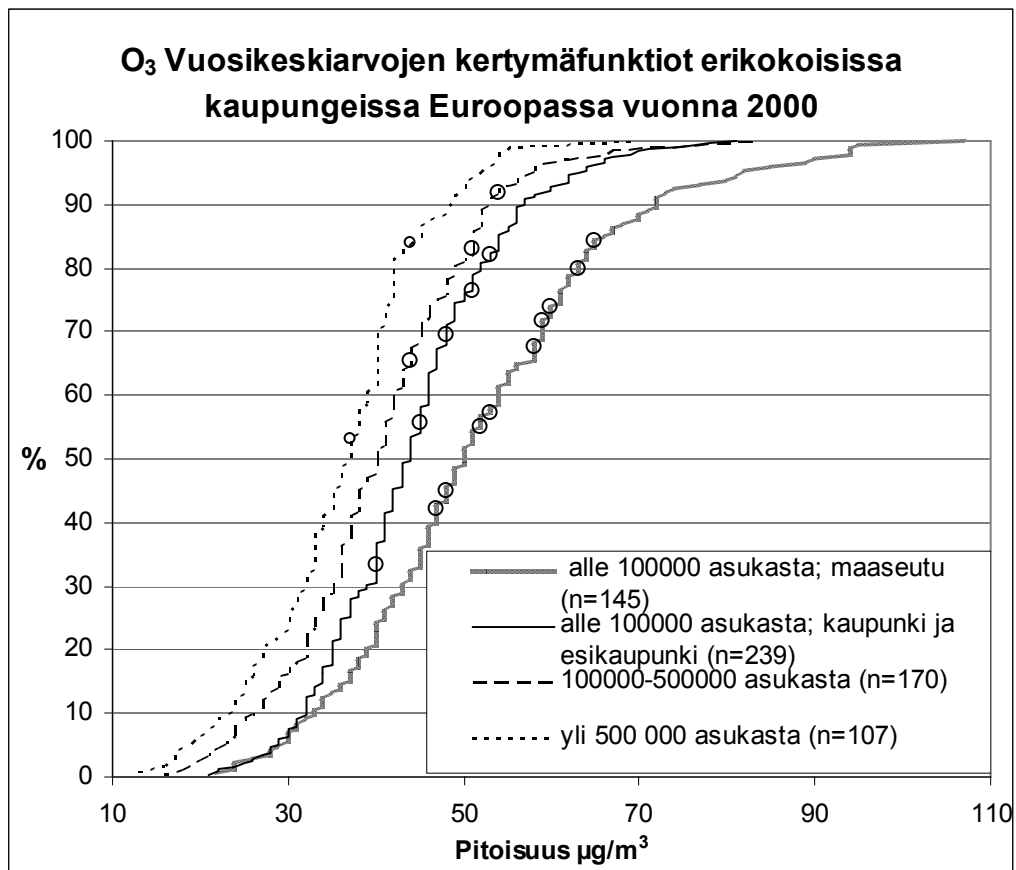
5.7.3. Pitoisuudet verrattuna muihin Euroopan maihin

Otsonin mittaustietoja oli saatavilla 21 Euroopan maasta. Euroopan asemista 1219 ja Suomen asemista 21 mittaussarjaa täytti 75 % vuosikattavuusehdon. Otsonin vuosikeskiarvot Suomen asemilla sijoittuvat aineiston keskivaiheille ja pitoisuuksien ääripäät puuttuvat Suomesta (Kuva 64).



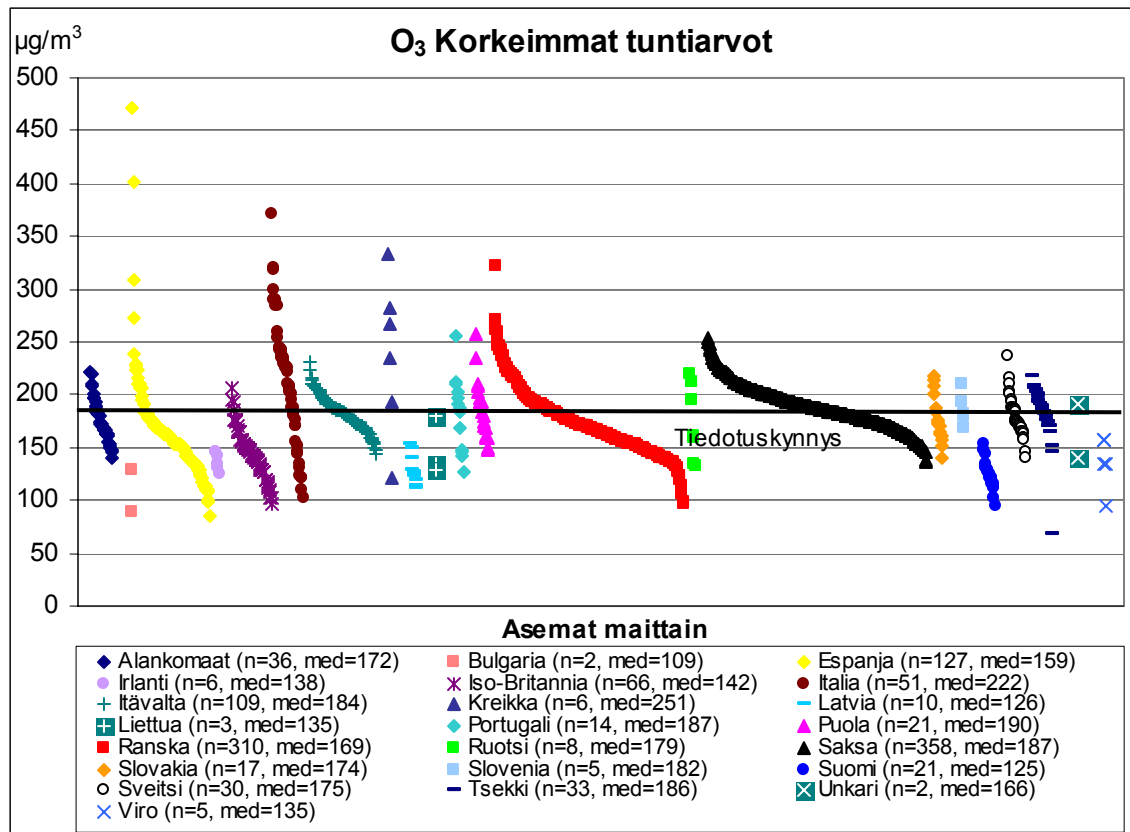
Kuva 64. Otsonin vuosikeskiarvopitoisuudet ilmanlaadun mittausasemilla maittäin Euroopassa vuonna 2000 (AirBase 2002 ja ILSE).

Myös euroopanlaajuisesti korkeimmat otsonipitoisuustasot esiintyivät harvaanasutuilla seuduilla (Kuva 65). Kuvassa on jaoteltu kaikki otsonimittaukset neljään luokkaan mittausasemapaikkakunnan asukasluvun mukaan. Alle 100 000 asukkaan paikkakunnista on eroteltu erikseen maaseutu(rural)-luokan asemat. Tässä luokassa aineiston vuosipitoisuusmediaani noin $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vastaavasti yli puolen miljoonan asukkaan suurkaupungeissa vuosipitoisuusmediaani on $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Aineiston matalin vuosikeskiarvo, $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$, on Lontoon Marylebone Road-asemalta. Kyseinen asema on kuusikaistaisen, vilkasliikenteisen (80 000 ajoneuvoa/vrk) kaupunkikadun katukuilussa. Suomen asemien pitoisuudet sijoittuvat kokoluokissaan valtaosin mediaanin yläpuolelle.



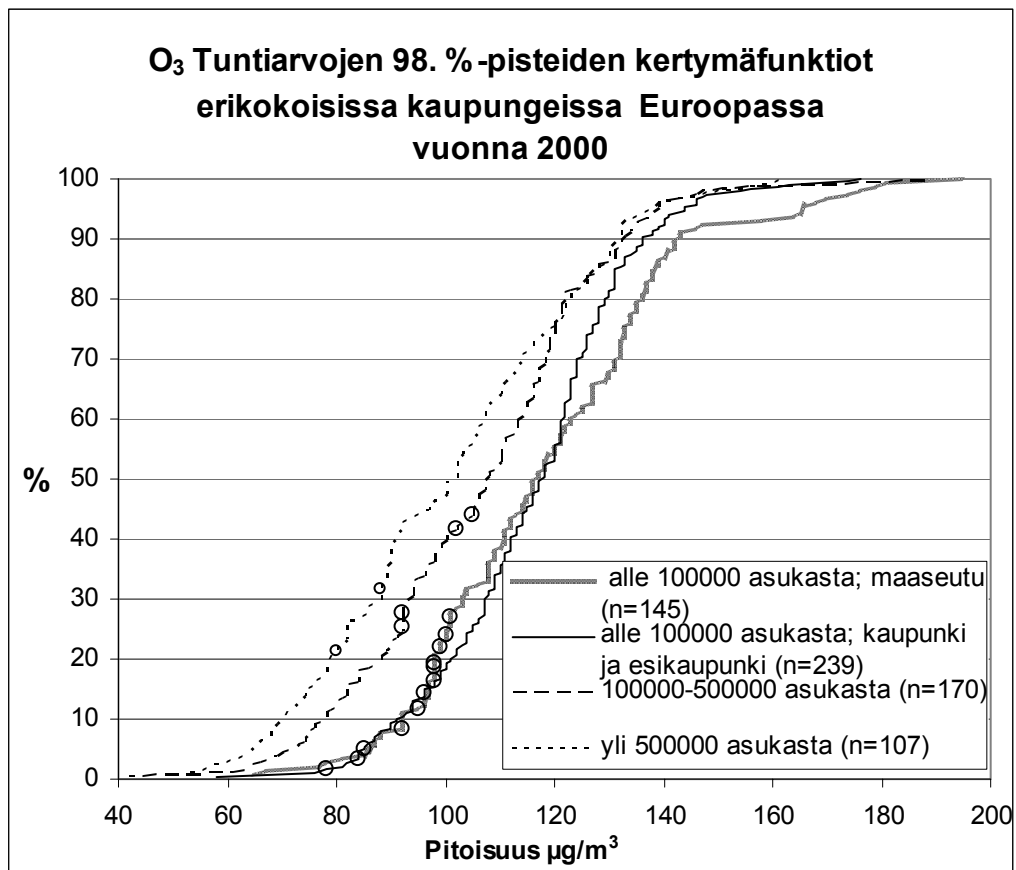
Kuva 65. Otsonin vuosikeskiarvopitoisuuksien kertymäfunktioit ilmanlaadun mittausasemilla Euroopassa vuonna 2000. Alle 100 000 asukkaan mittaustaippaikkakunnista on eroteltu maaseutu ja kaupunki/esikaupunkityypin asemat. Suomen asemat on ympyröity (AirBase 2002 ja ILSE).

Korkeimmat lyhytaikaispitoisuudet puolestaan ovat Suomessa aineiston matalammasta päästä (Kuva 66). Vuonna 2000 otsonin tiedotuskynnysarvo ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ylittyi vähintään kerran 560 asemalla eli lähes puolella tarkastelluista asemista. Tiedotuskynnysarvo ei ylittynyt Bulgariassa, Irlannissa, Latviassa, Liettuassa, Suomessa ja Virossa. Varoituskynnysarvo ($360 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ylittyi Italian Maddalonissa (alle 100 000 asukasta) ja Espanjan Madridissa sekä Puertollanossa (alle 100 000 asukasta). Pitoisuus $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ylittyi 26 asemalla vuonna 2000. Nämä kaikki kahta asemaa lukuun ottamatta (Puolan Varsova sekä Saksan Ingolstadt) olivat 46° :n leveysasteen eteläpuolella olevia valtaosaltaan pieniä alle 100 000 asukkaan pikkukaupunkeja tai maaseutualueita. Eteläisistä suurkaupungeista Madridissa ja Ateenassa ylittyi pitoisuusarvo $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Kuva 66. Otsonin korkeimmat tuntipitoisuudet ilmanlaadun mittausasemilla maittain Euroopassa vuonna 2000 (AirBase 2002 ja ILSE).

Lyhytaikaispitoisuuksien riippuvuus mittauspaikkakunnan asukasluvusta ei ole aivan yhtä selkeä kuin vuosikeskiarvon. Kuitenkin korkeimmat lyhytaikaispitoisuudet ovat yleisempiä alle 100 000 asukkaan mittauspaikkakunnilla kuin suurkaupungeissa (Kuva 67). Suomen asemilla korkeimmat lyhytaikaispitoisuudet ovat kokoluokkiensa mediaanin alapuolella.



Kuva 67. Otsonin tuntipitoisuuksien 98. prosenttipisteiden kertymäfunktioit ilmanlaadun mittausasemilla Euroopassa vuonna 2000. Alle 100000 asukkaan mittauspaikkakunnista on eroteltu maaseutu ja kaupunki/esikaupunkityypin asemat. Suomen asemat on ympyröity (AirBase 2002 ja ILSE).

5.7.4. Uusi otsonidirektiivi

Euroopan unionissa annettiin helmikuussa 2002 uusi alailmakehän otsonipitoisuutta koskeva direktiivi (2002/3/EY), jossa määritellään uudet pitkän ajan tavoitteet ja tavoitearvot terveyden ja kasvillisuuden suojelemiseksi ja joka tulee korvaamaan nyt voimassa olevat kynnysarvot viimeistään syyskuussa 2003. Uuden direktiivin mukaan tiedotuskynnys tulee säilymään entisellään ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mutta varoituskynnysarvo laskee $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$:ssä. Ihmisten terveyden suojelemiseksi annetaan vuodeksi 2010 tavoitearvo $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, joka saa ylittyä enintään 25 päivänä kalenterivuodessa kolmen vuoden keskiarvona. Kasvillisuuden suojelemiseksi annettu tavoitearvo ei enää uudessa direktiivissä perustu pitoisuuskeskiarvoon vaan käyttöön on otettu uusi altistumisajan ja pitoisuustason yhdistävä käsite (amount of ozone over the threshold) AOT40, joka ilmaisee yhteenlasketut 40 ppb:n ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) otsonipitoisuuksien ylitykset tunteina. AOT40 lasketaan touko-heinäkuun päivittäisistä klo 8.00 ja klo 20.00 välisistä tuntiarvoista ja sen tavoitearvo vuodeksi 2010 on $18\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ h}$ viiden vuoden keskiarvona.

Näihin uusiin tavoitearvoihin liittyvä ilmanlaadun alustava arviointi on parhaillaan valmisteilla Ilmatieteen laitoksessa ympäristöministeriön toimeksiannosta.

6. Yhteenveto

Suomen taajamissa on lukumääräisesti varsin runsas ja tekniikaltaan suhteellisen ajanmukainen ilmanlaadun seuranta. Mittauksissa käytetään valtaosin jatkuvatoimisia analysointilaitteita, jotka ovat välttämättömiä ilman epäpuhtauksille annettujen lyhytaikaispitoisuuksien ohje-, raja- ja kynnyksarvojen valvomiseksi. Viidestätoista suurimmasta kaupungistamme vain Joensuussa ei vielä vuonna 2000 ollut lainkaan jatkuvatoimista ilmanlaadun seurantaa. Vain olemassa oleviin mittauksiin perustuva tutkimus ei kuitenkaan anna vastausta siihen, ovatko kaikki mahdolliset ilmanlaadun seurantaa edellyttävät ongelma-alueet jo varustettu tarvittavilla mittauksilla. Tällainen analyysi edellyttää päästöinventarioiden, leviämismallien ja mittauskampanjoiden antaman tiedon yhdistäviä analyyskejä, joita ollaan nyt Suomessakin tekemässä ilmanlaadun tytärdirektiivien voimaantulon edellyttämässä aikataulussa. Näiden ns. alustavien arviointien perusteella määräytyy kullekin seuranta-alueelle yhdistekohtaiset ilmanlaadun seurannan minimivaatimukset. Yleisellä tasolla kuitenkin ilmanlaadun seuranta Suomen taajamissa vastaa hyvin Euroopan Unionin jäsenmailta edellytettyä tasoa.

Myös yhdistekohtainen mittausasemien määrän kehitys on oikeansuuntainen. Rikkidioksidin ja kokonaisleijuman seuranta on 1990-luvulla vähentynyt ja hengitettävien hiukkasten puolestaan lisääntynyt. Tulevaisuuden mittausvelvoitteet tulevat pitkälti määräytymään Euroopan Unionin ilmanlaadun tytärdirektiivien antamassa aikataulussa ja laajuudessa. Lähivuosien uusia haasteita tulevat olemaan yhä pienemmät hiukkaset (PM_{2,5}), bentseeni ja muut hiilivedyt sekä raskasmetallit ilmassa.

Ilmanlaadun seurannan mittausten laadunvarmistus on mittausverkkojen vastuulla. Lisäksi tietojen ILSE-järjestelmään viennin yhteydessä mittausaineistoja seulotaan tietyillä tilastollisilla tarkistuksilla, joista joskus seuraa aineiston tai sen osien hylkäämistä. Tästä huolimatta tämän tutkimuksen aineistossa tuli joissakin tapauksissa esiin muista niin poikkeavia tuloksia, että mittausvirheen mahdollisuutta ei voi poissulkea.

Hengitettävien hiukkasten mittausmenetelmissä vallitsee kuitenkin kirjavuutta, joka heikentää tulosten keskinäistä vertailukelpoisuutta ja vertailtavuutta raja-arvopitoisuuksiin. Ongelmia ovat jatkuvatoimisille analysointilaitteille ominainen mahdollisesta haihtumisesta aiheutuva pitoisuuden aliarviointi sekä tarvittavien meteorologisten tietojen puuttuminen pitoisuuden muuntamiseksi vallitsevaan paineeseen ja lämpötilaan. Manuaalisia mittausmenetelmiä vaivaa vajavainen ajallinen kattavuus. Näiden seikkojen merkitystä tulisi selvittää mm. keskitetyillä mittausmenetelmien vertailumittauksilla ja asemien auditoinneilla.

Vuonna 2000 eniten ohjearvoylityksiä esiintyi hiukkasille ja haiseville rikkiyhdisteille. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjarvo ylittyi vähintään kerran lähes 40 % asemista ja kokonaisleijuman vuorokausiohjarvo 56 % asemista. Haisevien rikkiyhdisteiden vuorokausiohjarvo ylittyi vähintään kerran 18 % asemista. Rikkidioksidin ohjearvot ylittyivät yhdellä paikkakunnalla ja typpidioksidin kahdella paikkakunnalla vastaten 1-2 %:a asemista. Hiilimonoksidin ohjearvot eivät ylittyneet lainkaan vuonna 2000. Haisevat rikkiyhdisteet ovat oma kansallinen ilmanlaatuongelmamme eikä niiden pitoisuuksille ole lähivuosina odotettavissa esimerkiksi Euroopan Unionin suunnasta tiukentuvaa sääntelyä. Ohjearvojen näinkin runsas ylittyminen kuitenkin osoittaa, että ongelma ei ole vielä Suomesta poistunut.

Ainoa raja-arvon ylitys vuoden 2000 aineistossa oli kokonaisleijuman siirtymäajan raja-arvon ylitys yhdellä asemalla. Uusien raja-arvojen suhteen kriittisimmät yhdisteet ovat typpidioksidi

ja hengitettävät hiukkaset, joille 1990-luvun jälkipuoliskolla on esiintynyt raja-arvoja ylittäviä pitoisuuksia lähinnä suurimpien kaupunkiemme liikenneasemilla.

Terveyden suojelemiseksi annettu otsonin kahdeksan tunnin keskiarvo ylittyi vähintään kerran lähes 70 % asemista ja kasvillisuuden suojelemiseksi annettu vuorokausiarvo kaikilla asemilla vuonna 2000. Otsonin vuosikeskiarvot ovat korkeimmat maaseudun tausta-asemilla, mutta terveyden suojelemisen kynnysarvon ylitykset myös esikaupunkien asemilla ovat varsin yleisiä. Vuonna 2000 otsonipitoisuudet olivat poikkeuksellisen alhaiset.

Otsonia lukuun ottamatta pitoisuuksia leimaa joko aleneminen tai pysyminen paikoillaan. Tilastollinen trenditarkastelu tehtiin kaikkiaan 172:lle rikkidioksidin, typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten, kokonaisleijuman, haisevien rikkiyhdisteiden ja hiilimonoksidin aikasarjalle. Näissä esiintyi yhteensä 59 tilastollisesti merkitsevää laskevaa aikasarjaa ja yksi nouseva. Yleisintä pitoisuuksien lasku oli rikkidioksidilla ja hiilimonoksidilla, joilla laskevia aikasarjoja oli noin puolessa aineistosta. Vähiten laskevia trendejä oli typpidioksidilla (18 %) ja hengitettävillä hiukkasilla (13 %). Otsonille puolestaan tutkituista kahdestatoista aikasarjasta kuudessa oli tilastollisesti nouseva trendi. Johtopäätöksiä rajoittaa vielä varsin lyhyet mittaussarjat.

Suomessa vuonna 2000 esiintyneitä pitoisuuksia verrattiin muun Euroopan vastaaviin ilmanlaadun seurannan tuloksiin. Vertailuaineistoa oli saatavissa Euroopan Ympäristökeskuksen tietokannasta yhteensä 5208 mittaussarjaa 25 maasta vuodelta 2000. Verrattuna muun Euroopan vastaaviin ilmanlaadun seurannan tuloksiin Suomen pitoisuudet ovat keskimäärin varsin matalia. Rikkidioksidille, typpidioksidille, hengitettäville hiukkasille ja hiilimonoksidille kaikkien asemien vuosikeskiarvojen maittain lasketut mediaanit ovat Suomessa koko vertailuaineiston pienimmät. Myöskään näiden yhdisteiden korkeimmat lyhytaikaispitoisuudet eivät yllä Euroopan suurkaupungeissa ja teollisuuskeskittymissä mitattuihin pitoisuuksiin. Kokonaisleijumalle löytyi vertailuaineistoa vain kahdeksasta maasta, joiden joukossa Suomen asemien vuosikeskiarvot sijoituivat aineiston keskivaiheille. Tässä vertailuaineistossa ainoa siirtymäajan vuorokausiraja-arvon ylitys oli Suomessa. On kuitenkin huomattava, että Suomessa mittausmenetelmä ja näytteenottotiheys poikkeavat muusta vertailuaineistosta.

Otsonin vuosikeskiarvot sijoittuvat eurooppalaisen vertailuaineiston keskivaiheille ja pitoisuuksien ääripää puuttuvat Suomesta. Etelä-Euroopan kaupungeissa ja maaseutualueilla esiintyviä korkeita lyhytaikaispitoisuuksia ei Suomessa esiintynyt. Haiseville rikkiyhdisteille ei ollut käytettävissä vertailuaineistoa Euroopasta.

Lähdeviitteet

AirBase, 2002. European Topic Centre on Air Quality and Climate Change, air quality database <http://www.etcaq.rivm.nl/databases/airview.html>.

Artiñano, B., Querol, X., Salvador, P., Rodríguez, S., Alonso, G., and Alastuey, A., 2001. Assessment of airborne particulate levels in Spain in relation to the new EU-directive. *Atmospheric Environment* 35, Supplement No.1, S43-S53.

EMEP, 1995. Manual for sampling and chemical analysis. EMEP/CCC-Report 1/95, Kjeller, Norwegian Institute for Air Research.

EMEP grid 2002. Detailed description of the EMEP 50x50 km² grid and the EMEP 150x150 km² grid (<http://projects.dnmi.no/~emep/grid/griddescr.html>); Geographical co-ordinates and area of each grid cell (http://projects.dnmi.no/~emep/index_data.html).

EoI, 1997. Neuvoston päätös ilman epäpuhtauksia mittaavien jäsenvaltioiden mittausasemaverkostojen ja yksittäisten mittausasemien tietojenvaihtojärjestelmän käyttöönottamisesta, 1997/101/EY, 27.1.1997.

EoI, 2001. Komission päätös ilman epäpuhtauksia mittaavien jäsenvaltioiden mittausasemaverkostojen ja yksittäisten asemien tietojenvaihtojärjestelmän käyttöönottamisesta tehdyn neuvoston päätöksen 97/101/EY liitteiden muuttamisesta, 2001/752/EY, 17.10.2001.

Gilbert, R.O., 1987. Statistical methods for environmental pollution monitoring. Van Nostrand Reinhold, New York.

Ilmapäästötietojärjestelmä, 2002. Suomen ympäristökeskus/Pia Forsell, kesäkuu 2002.

Kemp, K., og Palmgren, F., 2002. Det landsdækkende luftkvalitetsmåleprogram (LMP). Årsrapport for 2001. Danmarks Miljøundersøgelser. 32 s. Faglig rapport fra DMU nr.406.

Kukkonen, J., Salmi, T., Saari, H., Konttinen, M. & Kartastenpää, R., 1999. Review of urban air quality in Finland. *Boreal Env. Res.* 4: 55-65. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun tutkimus, Helsinki.

Lenschow, P., Abraham, H.-J., Kutzner, K., Lutz, M., Preuss, J.-D. and Reichenbacher, W., 2001. Some ideas about the sources of PM₁₀. *Atmospheric Environment* 35, Suppl.1, S23-S33.

Looyschelder, H., van Hooydonk, P., Mol, W. and de Leeuw, F., 2002. European exchange of air quality monitoring information in 2000. Final draft, July 2002. European Topic Centre on Air and Climate Change.

Metsäteollisuus, 2001. Ympäristönsuojelun vuosikirja, Massa- ja paperiteollisuus Suomessa, Vuoden 2000 tilastot.

Persson, K. och Sjöberg, K. 2003. Luftkvalitet i tätorter 2001/02. IVL Rapport/report B1514. Svenska Miljöinstitutet AB, Göteborg, 38 s.

Pietarila, H., Salmi, T., Saari, H. ja Pesonen, R. 2000. Ilmanlaadun alustava arviointi Suomessa - Rikkidioksidi, typen oksidit, PM₁₀ ja lyijy. Ilmatieteen laitos- Ilmanlaadun tutkimus. Helsinki 27.9.2000. 50s + liitteet. <http://www.fmi.fi/kuvat/arviointi1.pdf>

Ruoho-Airola, T., 2001. Taustailman rikkidioksidipitoisuus vuonna 2000. Ympäristö 3, 2001, s.22.

Saari, H., Salmi, T. ja Kartastenpää, R., 1996. Taajamien ilmanlaatu suhteessa uusiin ohjearvoihin. Raportteja 1996:1. Ilmatieteen laitos, Helsinki. 52 s.

Salmi, T., Määttä, A., Anttila, P., Ruoho-Airola, T. and Amnell, T., 2002. Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates – the Excel template application MAKESENS. Publications on Air Quality No. 31, Finnish Meteorological Institute, 35p.

Salminen, K., and Karlsson, V., 2002. PM₁₀ Reference Equivalence between reference sampler and β -attenuation monitor in low concentration background air. In: Smolik, J., and Hämeri, K. (eds.), Report Series in Aerosol Science 56, Finnish Association for Aerosol Research, Helsinki, pp. 129-131.

Seinfeld, J. and Pandis, S., 1998. Atmospheric Chemistry and Physics. From Air Pollution to Climate Change. John Wiley & Sons, Inc.

Sillanpää, M., Saarikoski, S., Koskentalo, T., Hillamo, R. and Kerminen, V.-M., 2002. PM₁₀ monitoring and intercomparison with the reference sampler in Helsinki. http://www.fmi.fi/kuvat/FINAL_PM_Report.pdf.

UN, 2001. Environmental performance reviews, Romania. Economic Commission for Europe, Committee on Environmental Policy. Environmental Performance Reviews Series No. 13. United Nations, 2001.

WebDab, 2002. UNECE/EMEP emission database. <http://webdab.emep.int/>.

480/1996. Valtioneuvoston päätös ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta. Annettu Helsingissä 19.6.1996.

711/2001. Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta. Annettu Helsingissä 9.8.2001.

Liite 1. Ilmanlaadun seurannan mittausverkot seuranta-alueittain vuonna 2000.**Uusimaa/UUS**

Fortum/FOR
Fundia Wire Oy Ab Koverhar/FUN
Inkoo/INK
Lohja/LOH

Lounais-Suomi/LOS

Harjavalta/HAR
Pori/POR
Rauman kaupunki/RAU
Turun seutu/TUR

Häme/HAM

Hämeenlinna/HÄM
Lahti/LAH

Pirkanmaa/PIR

Tampere/TAM
Valkeakoski/VAL

Kaakkois-Suomi/KAS

Haminan satama/HAM
Imatra, Joutseno, Lappeenranta ja Svetogorsk/IMA
Kotka/KOT
Pohjois-Kymenlaakso/KOU

Etelä-Savo/ESA

Mikkeli/MIK

Pohjois-Savo/PSA

Kuopio/KUO
Varkaus/VAR

Pohjois-Karjala/PKA**Keski-Suomi/KSA**

Jyväskylä/JYV
Jämsä, Jämsänkoski/JÄM
Äänekoski, Suolahti/ÄÄN

Länsi-Suomi/LSU

Kokkola/KOK
Pietarsaaren seutu/JAK
Seinäjoki/SEI
Suupohjan ilmanlaadun seurantaverkko/SUU
Vaasa/VAA

Pohjois-Pohjanmaa/PPO

Raahen alue/RAA
Oulu/OUL

Kainuu/KAI

Kajaani/KAJ

Lappi/LAP

Kemi-Keminmaa

Pääkaupunkiseutu/YTV

Pääkaupunkiseudun ilmanlaadun seurantaverkko/YTV

Valtakunnallinen

Suomen taustailmanlaadun seurantaverkko/FMI

Liite 2. Rikkidioksidipitoisuuksien ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset pitoisuudet, ohjearvojen ylityslukumäärät sekä raja-arvojen numeroarvojen ylityslukumäärät mittausasemittain vuonna 2000.

SO ₂	Kunta	Verk- ko	Asema	Tyyppi	Katta- vuus	Keski- arvo	Talvi- keskiarvo 1.10.99- 31.3.00 µg/m ³ ra=20	Uudet raja-arvot					Ohjearvot ¹				Siirtymäajan raja-arvot	
								µg/m ³ ra=20	%	µg/m ³ ra=350	µg/m ³ ra=125	µg/m ³ ra=250	Ohjearvo ylitys	Ohjearvo ylitys	Ohjearvo ylitys	Ohjearvo ylitys	µg/m ³ ra=80	µg/m ³ ra=250
UUS Inkoo	INK		Heimgård	esi/teo	91,9	1,2		8		0	4	0	11	0	4	0	1	3,5
UUS Porvoo	FOR		Riemari	maa/teo	95,5	8,3	8	114		0	43	0	131	0	40,5	0	3,4	40
UUS Porvoo	FOR		Svartså	maa/teo	94,4	1,7	2	24		0	7,3	0	23	0	0	0	1,2	6,7
UUS Sipoo	FOR		Löparö	maa/tau	38,9	0,2	0,2			0	1,8	0	6	0	0	2,8	0	
UUS Sipoo	FOR		Löparö 2	maa/tau	47	0,1		2		0	0,8	0	1	0	0,5	0		
LOS Harjavalta	HAR		Kaleva	esi/teo	92,3	6,4	6,8	195		6	69,1	0	268	1	77,3	0	0,9	57
LOS Harjavalta	HAR		Pirkkala	esi/teo	88,6	2,5	3	78		0	21	0	83	0	20,5	0	1,1	17,9
LOS Harjavalta	HAR		Torttulan koulu 2	esi/teo	84	5,2	4,7	186		5	66	1	246	0	122	1	0,8	42,7
LOS Kaarina	TUR		Kaarinan kesk.	kau/lii	93,8	1,6		15		0	7	0	15	0	7	0	1,2	5,8
LOS Korppoo	FMI		Utö	maa/tau	86,6	0,6		5,5		0	2,3	0	4,7	0	2,5	0	0,4	2,1
LOS Naantali	TUR		Naantalin kesk.	kau/lii	95	2,8	2,2	42		0	18	0	38	0	16,6	0	1,9	13,3
LOS Pori	POR		Ahainen	maa/tau	92,1	3,2	3,4	10		0	6,7	0	11	0	7,3	0	3,3	5,6
LOS Pori	POR		Aittaluoto	kau/teo	15,9	3,9		28		0	12,4	0	43	0	21	0		
LOS Pori	POR		Itätulli	kau/lii	95,2	0,7	0,9	6		0	3,2	0	6	0	3,2	0	0,5	2,7
LOS Pori	POR		Lampaluoto	maa/tau	94,2	0,5	0,6	7		0	3,4	0	8	0	3,5	0	0,3	2,5
LOS Raisio	TUR		Kaanaa	esi/teo	95	2,8	3,3	30		0	10,3	0	26	0	11,2	0	2,1	9,5
LOS Raisio	TUR		Raision kesk.	kau/lii	4,5	4,2		12		0	5,2	0	23	0	8,4	0		
LOS Rauma	RAU		Sinisaari	kau/teo	90,7	4,5	4,2	27,3		0	14,3	0	30,4	0	16,1	0	4	11,8
LOS Turku	TUR		Ruissalo	maa/teo	95	1,8		20		0	7,6	0	22	0	7,6	0	1,4	6,8
PIR Tampere	TAM		Raathuone	kau/lii	84,5	0,9		9		0	4,9	0	10	0	5,1	0	0,6	4
PIR Tampere	TAM		Rantaperkiö	esi/lii	48,2	1,7	2,7	9		0	6,3	0	11	0	6,5	0		
PIR Valkeakoski	VAL		Terveyskeskus1	kau/teo	96,3	2,3	2,5	23,6		0	8,2	0	29,8	0	7,9	0	2	6,8
PIR Valkeakoski	VAL		Terveyskeskus2	kau/lii	90,1	3,7	3,2	41,5		0	12,3	0	55,2	0	21	0	3,1	10,7
KAS Anjalankoski	KOU		Mylykoski	kau/teo	88,8	4,7	5,2	85		0	39,5	0	83	0	28,9	0	2,1	28,9
KAS Hamina	HAM		Satama	esi/teo	58,5	2,6		18,2		0	8,4	0	18,4	0	8,4	0		
KAS Imatra	IMA		Mansikkala	kau/tau	97,3	2,2	2,4	21		0	10,8	0	24	0	15,5	0	1,7	9,4
KAS Imatra	IMA		Pelkolan tullias.	maa/teo	88	1,9	2,6	22		0	12	0	29	0	12	0	1,3	8,9
KAS Imatra	IMA		Rautionkylä	esi/teo	99,2	1,9	2,1	32		2	19,2	0	67	0	21,7	0	1,3	8,8
KAS Joutseno	IMA		Palbiatos	kau/teo	95,9	1,6	2,6	17		0	8	0	22	0	8,8	0	1	6,9
KAS Joutseno	IMA		Pulp	esi/teo	96,1	2,5	5,1	36		0	13,2	0	36	0	13	0	1,5	12,8
KAS Kotka	KOT		Kirjastotalo	kau/lii	98,5	2,8	3	22		0	9	0	26	0	9,1	0	2,4	8,2
KAS Kotka	KOT		Rauhala	esi/teo	98,6	3,7		27		0	12,3	0	24	0	12,3	0	3	10,2
KAS L.ranta	IMA		L.rannan kesk.	kau/lii	83,3	1,1	1,5	9		0	5	0	10	0	7	0	1	4,5
KAS L.ranta	IMA		Lauritsala	esi/teo	89,2	1,5	3	18		0	9	0	17	0	9,2	0	0,7	7,6
KAS L.ranta	IMA		Tirilä	esi/teo	96,6	2,9	3,6	18		0	9	0	20	0	9,4	0	2,5	7,8
KAS Valkeala	KOU		Lappakoski	esi/teo	94,7	0,8	0,6	12		0	6,6	0	12	0	5,8	0	0,3	4,7

SO2						Uudet raja-arvot						Ohjearvot ¹			Siirtymäajan raja-arvot		
Alue	Kunta	Verk-ko	Asema	Tyyppi	Kattavuus	Keskisarvo	Talvi-keskiarvo 1.10.99-31.3.00 µg/m ³ ra=20	Y _{h25,kork.}	>350µg/m ³	V _{vrk4,kork.}	>125µg/m ³ kk _{h_{p99}}	Ohjearvo ylitys	kk _{vrk2,kork.}	Ohjearvo ylitys	V _{vrk_{p50}}	V _{vrk_{p98}}	
					%	µg/m ³ ra=20	µg/m ³ ra=20	µg/m ³ ra=350	lkm/v	µg/m ³ ra=125	lkm/v	µg/m ³ oa=250	µg/m ³ oa=80	lkm/v	µg/m ³ ra=80	µg/m ³ ra=250	
KAS	Virolahti	FMI	Virolahti	maa/tau	98,9	1,5	20,1	0	10,7	0	21,9	0	10,7	0	1	8,3	
PSA	Kuopio	KUO	Sorsasalo	maa/teo	89,4	1,4	41	0	13,8	0	42	0	13,8	0	0,1	13	
PSA	Varkaus	VAR	Psaari	kau/teo	95,2	0,9	27	0	4,9	0	61	0	4,2	0	0,5	4,3	
PSA	Varkaus	VAR	Päätterveysas.	kau/teo	96,6	1,6	2,1	20	0	8,7	0	18	0	8,7	0	1,2	7,4
KSU	Jyväskylä	JYV	Lyseo 2	kau/lii	97,3	1	10	0	4,3	0	11	0	4,2	0	0,7	3,8	
KSU	Jyväskylä	JYV	Palokka 2	esi/tau	82,5	1,4	10	0	4,1	0	14	0	4,3	0	1,2	3,7	
KSU	Jämsä	JÄM	Lääkäritalo	kau/tau	87,1	0,6	7	0	3,4	0	8	0	3,4	0	0,3	2,5	
KSU	Jämsänkoski	JÄM	Taidetalo	kau/teo	95,5	1,4	42	0	15,5	0	38	0	16,5	0	0,4	12,7	
KSU	Suolahti	ÄÄN	Suolahti	kau/teo	95,3	0,7	9	0	5,3	0	8	0	5,3	0	0,4	3,3	
KSU	Äänekoski	ÄÄN	Rotkola	esi/teo	98,7	0,7	8	0	2,8	0	9	0	3	0	0,5	2,4	
KSU	Äänekoski	ÄÄN	Äänekoski	kau/teo	94,9	1,7	2,3	26	0	11,2	0	34	0	10,8	0	1	9,8
LSU	Kaskinen	SUU	Kaskinen	kau/teo	90,7	1,4	1,6	21	0	7,8	0	34	0	16,2	0	1,1	5,7
LSU	Kokkola	KOK	Halkokari 2	esi/teo	21,6	2,9	2,5	19	0	7,3	0	23	0	7,3	0		
LSU	Kokkola	KOK	Keskusta	kau/lii	63,4	4	65	0	20,9	0	78	0	25,5	0	2,8	20,3	
LSU	Kokkola	KOK	Yksipihlaja	esi/teo	19,1	5,8	25	0	15,5	0	78	0	25,5	0			
LSU	Kristiinankau	SUU	Kristiinankaup.	esi/tau	91,1	0,7	7	0	3,3	0	7	0	2,8	0	0,6	2,3	
LSU	Luoto	JAK	Risö	esi/teo	94,8	0,8	1,1	9	0	5,2	0	9	0	7,1	0	0,5	3,3
LSU	Närpiö	SUU	Piolahti	maa/tau	87,8	1,4	1,1	10	0	4,3	0	14	0	4,3	0	1,3	3,3
LSU	Pietarsaari	JAK	Bottenviksv.	kau/lii	88,7	2	2,8	21	0	11,4	0	23	0	11,7	0	1,4	8,6
LSU	Seinäjoki	SEI	Vapaudentie	kau/lii	96,3	1,3	0,8	7	0	4,6	0	8	0	4,6	0	1,1	3,9
LSU	Vaasa	VAA	Maasilta	kau/lii	98,7	1,7	2	29	0	12,2	0	36	0	18,9	0	1,1	7,8
LSU	Ähtäri	FMI	Ähtäri 2	maa/tau	99,4	0,6	0,8	6	0	3,7	0	6,3	0	4,4	0	0,4	2,9
PPO	Kuusamo	FMI	Oulanka	maa/tau	99,5	0,8	1,5	11,7	0	5,7	0	14,4	0	6,2	0	0,3	5,2
PPO	Oulu	OUL	Nokela	esi/teo	93,8	1,3	1,6	26	0	6,8	0	25	0	6,8	0	0,9	6
PPO	Oulu	OUL	Pyykösjärvi	esi/tau	94,8	1,6	1,9	28	0	7,2	0	39	0	13,7	0	1,2	5,2
PPO	Raah	RAA	Saloinen	esi/teo	93,7	1,6	1,2	40	0	15,3	0	36	0	15	0	0,8	10,9
PPO	Raah	RAA	Varikko	kau/teo	61,2	4,1	19	0	10,4	0	27	0	10,6	0	3,3	10	
KAI	Kajaani	KAJ	Kajaanin kesk.	kau/lii	90,3	1,4	2,5	10	0	5,2	0	11	0	5,8	0	1	4,3
LAP	Inari	FMI	Raja-Jooseppi	maa/tau	99,8	1,6	1,9	48,2	0	24,7	0	57,4	0	24,8	0	0,2	13,2
LAP	Kittilä	FMI	Sammaltunturi	maa/tau	99,8	0,5	0,8	12,1	0	5,7	0	17,3	0	6,4	0	0,1	4,3
YTV	Espoo	YTV	Leppävaara 2	esi/lii	99,7	1,9	2,1	21	0	8,3	0	17	0	8,3	0	1,5	6,6
YTV	Espoo	YTV	Luukki	maa/tau	94,5	1	0,9	15	0	6,2	0	16	0	6,2	0	0,7	5,5
YTV	Helsinki	YTV	Vallila 1	kau/lii	90,5	2,8	2,7	28	0	11,5	0	28	0	9,8	0	2,3	9,5

1 kuukausiperusteisille ohjearvoille ilmoitetaan vain korkein kuukausikohtainen pitoisuusarvo vuonna 2000; ra = raja-arvo; oa = ohjearvo

¹ kuukausiperusteisille ohjearvoille ilmoitetaan vain korkein kuukausikohtainen pitoisuusarvo vuonna 2000; ra = raja-arvo; oa = ohjearvo

Liite 3. Tyypidioksidin ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset pitoisuudet, ohjearvojen ylityslukumäärät sekä raja-arvojen numeroarvojen ylityslukumäärät mittausasemittain vuonna 2000.

NO2	Alue	Kunta	Verkko	Asema	Tyyppi	Kattavuus %	Uudet raja-arvot			Ohjearvot ¹				Siirtymäajan raja-arvo γ_{p98} $\mu\text{g}/\text{m}^3$ $\text{ra}=200$
							Keskiv. arvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$ $\text{ra}=40$	$\gamma_{h1,9, korkein}$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ $\text{ra}=200$	$>200\mu\text{g}/\text{m}^3$ lkm/v	h_{p99} $\mu\text{g}/\text{m}^3$ $\text{oa}=150$	Ohjearvo ylitys lkm/v	h_{p99} $\mu\text{g}/\text{m}^3$ $\text{oa}=150$	Ohjearvo h_{p99} $\mu\text{g}/\text{m}^3$ $\text{oa}=150$	
UUS	Inkoo		INK	Heimgård	esi/teo	79,5	3	21	0	22	0	8	0	12
UUS	Lohja		LOH	Nahkurintori	kau/lii	95,3	15	69	0	70	0	34	0	45
UUS	Porvoo		FOR	Svartså	maa/teo	93,1	7	58	0	64	0	24	0	31
LOS	Kaarina		TUR	Kaarinan keskusta	kau/lii	93,1	20	90	0	86	0	58	0	67
LOS	Korpoo		FMI	Utö	maa/tau	76,7	4	28	0	28	0	14	0	15
LOS	Naantali		TUR	Naantalin keskusta	kau/lii	89,7	16	86	0	80	0	42	0	60
LOS	Pori		POR	Itätulli	kau/lii	85,5	15	69	0	76	0	46	0	46
LOS	Raisio		TUR	Raision keskusta	kau/lii	93,9	23	110	0	99	0	56	0	73
LOS	Turku		TUR	Turun kauppatori	kau/lii	91,5	34	103	0	93	0	58	0	73
HAM	Hämeenlinna		HÄM	Raatihuonekatu	kau/lii	93,1	22	104	0	107	0	55	0	72
HAM	Lahti		LAH	Kisapuisto	kau/lii	92,1	18	81	0	88	0	40	0	52
HAM	Lahti		LAH	Vesku 11	kau/lii	94,4	29	89	0	90	0	60	0	72
PIR	Tampere		TAM	Lielähti, Isoniemenkatu	esi/teo	87,5	11	61	0	61	0	42	0	40
PIR	Tampere		TAM	Raatihuone	kau/lii	84,5	28	93	0	90	0	59	0	73
PIR	Tampere		TAM	Rantaperkiö	esi/lii	73,3	19	86	0	87	0	50	0	63
PIR	Valkeakoski		VAL	Terveyskeskus, linja 1	kau/teo	96,8	12	52	0	52	0	32	0	30
PIR	Valkeakoski		VAL	Terveyskeskus, linja 2	kau/lii	95	21	83	0	84	0	47	0	50
KAS	Imatra		IMA	Mansikkala	kau/tau	95,4	15	78	0	92	0	41	0	51
KAS	Imatra		IMA	Pelkolan tulliasema/Raja	maa/teo	99,5	7	53	0	53	0	26	0	34
KAS	Imatra		IMA	Rautionkylä	esi/teo	86,8	11	52	0	57	0	25	0	37
KAS	Kotka		KOT	Kirjastotalo	kau/lii	98,3	12	61	0	59	0	34	0	40
KAS	Kotka		KOT	Rauhala	esi/teo	95,3	18	76	0	76	0	42	0	56
KAS	Kouvola		KOU	Kouvolan keskusta	kau/lii	85,3	21	100	0	102	0	53	0	68
KAS	Kuusankoski		KOU	Kuusankoski Urh.kentänt.	kau/teo	88,8	8	72	0	74	0	35	0	36
KAS	Lappeenranta		IMA	Lappeenrannan keskusta	kau/lii	90,2	16	67	1	65	0	41	0	48
KAS	Lappeenranta		IMA	Lauritsala	esi/teo	89,7	13	65	0	62	0	32	0	43
KAS	Virolahti		FMI	Virolahti	maa/tau	96,6	4	37	0	39	0	17	0	15
PSA	Kuopio		KUO	Kuopion keskusta 2	kau/lii	81,7	8	69	0	70	0	41	0	44
PSA	Varkaus		VAR	Psaari	kau/teo	88	9	64	0	65	0	35	0	39
PSA	Varkaus		VAR	Pääterveysasema	kau/teo	93,5	8	47	0	43	0	22	0	31
KSU	Jyväskylä		JYV	Lyseo 2	kau/lii	97,1	19	81	0	86	0	48	0	56
KSU	Jyväskylä		JYV	Palokka 2	esi/tau	81,3	10	66	0	70	0	38	0	42
LSU	Kokkola		KOK	Keskusta, Pitkäsillankatu	kau/lii	99,3	16	92	0	91	0	53	0	60
LSU	Kristiinankaupunki		SUU	Kristinankau	esi/tau	85,4	3	41	0	42	0	17	0	21
LSU	Pietarsaari		JAK	Bottenviksvägen	kau/lii	89,7	15	98	0	100	0	54	0	59
LSU	Seinäjoki		SEI	Vapaudentie	kau/lii	85,4	25	189	13	197	2	80	1	98
LSU	Vaasa		VAA	Maasilta	kau/lii	98,7	23	98	1	105	0	62	0	69
LSU	Ähtäri		FMI	Ähtäri 2	maa/tau	94,6	3	19	0	23	0	13	0	9
PPO	Kuusamo		FMI	Oulanka	maa/tau	99,5	1	7	0	8	0	5	0	3

NO2						Uudet raja-arvot			Ohjearvot ¹				Siirtymäajan raja-arvo
Alue	Kunta	Verkko	Asema	Tyyppi	Kattavuus %	Keskiv. arvo µg/m ³ ra=40	¹ h _{1,9, korkein} µg/m ³ ra=200	>200µg/m ³ lkm/v	^{KK} h _{p99} µg/m ³ oa=150	Ohjearvo ylitys lkm/v	^{KK} vrk _{2, korkein} µg/m ³ oa=70	Ohjearvo ylitys lkm/v	¹ h _{p98} µg/m ³ ra=200
PPO Oulu	Oulu	OUL	Oulun keskusta 2	kau/lii	93,6	28	114	0	125	0	66	0	82
PPO Oulu	Oulu	OUL	Pykösjärvi	esi/tau	86,3	13	86	0	101	0	51	0	58
PPO Raahen	Raahen	RAA	Olinsaari	esi/teo	61,1	6	42	1	44	0	23	0	28
KAI Kajaani	Kajaani	KAJ	Kajaanin keskusta	kau/lii	90,3	19	87	0	90	0	55	0	63
LAP Kittilä	Kittilä	FMI	Sammaltunturi	maa/tau	99,8	1	6	0	7	0	4	0	3
YTV Espoo	Espoo	YTV	Leppävaara 2	esi/lii	96,5	26	94	0	92	0	57	0	72
YTV Espoo	Espoo	YTV	Luukki	maa/tau	97,1	6	48	0	46	0	24	0	28
YTV Helsinki	Helsinki	YTV	Kallio 2	kau/tau	99,2	23	85	0	81	0	52	0	62
YTV Helsinki	Helsinki	YTV	Toölö	kau/lii	99,1	35	108	0	107	0	72	1	81
YTV Helsinki	Helsinki	YTV	Vallila 1	kau/lii	97,3	27	97	0	99	0	58	0	69
YTV Vantaa	Vantaa	YTV	Tikkurila 3	esi/lii	95,9	28	89	0	93	0	60	0	71

¹ kuukausipäruiteisille ohjearvoille ilmoitetaan vain korkein kuukausikohtainen arvo vuonna 2000

¹ kuukausiperusteisille ohjearvoille ilmoitetaan vain korkein kuukausikohtainen arvo vuonna 2000

Liite 4. Hengitettävien hiukkasten ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset pitoisuudet, ohjearvon ylityslukumäärät sekä raja-arvon numeroarvon ylityslukumäärät mittausasemittain vuonna 2000.

PM ₁₀	Kunta	Verkko	Asema	Tyyppi	Autom./ Manual	Katta- vuus %	Uudet raja-arvot				Ohjearvo ¹	
Alue							Keski- arvo µg/m ³ ra=40	VRK _{36, korkein} µg/m ³ ra=50	>50µg/m ³ lkm	VRK _{90,4} µg/m ³	VRK _{2, korkein} µg/m ³ oa=70	Ohjearvo ylitys lkm/v
UUS Lohja		LOH	Nahkurintori	kau/lii	A	100	15,2	24,9	4	24,9	74,9	1
LOS Harjavalta		HAR	Torttilan koulu 1	esi/teo	M	28,7	7,2	8,4	0	11,2	17,1	0
LOS Kaarina		TUR	Kaarinan keskusta	kau/lii	A	98,1	16,5	27,6	12	28,5	87,5	6
LOS Naantali		TUR	Naantalın keskusta	kau/lii	A	99,2	13,6	22,8	4	22,8	72,2	1
LOS Pori		POR	Itätulli	kau/lii	A	97,3	21	35,8	18	36	96,5	3
LOS Raisio		TUR	Raision keskusta	kau/lii	A	99,2	12,8	21	3	21	51,6	0
LOS Rauma		RAU	Wännin päiväkot	kau/lii	M	32,8	27,1	29	8	46	58	0
LOS Turku		TUR	Turun kauppatori	kau/lii	A	99,2	16,9	33,7	6	33,7	65,2	0
HAM Hämeenlinna		HAM	Raathuoneenkatu	kau/lii	A	97,3	16,9	28,2	12	28,2	106	1
HAM Lahti		LAH	Kisapuisto	kau/lii	A	19,9	6,4	5,7	0		13,2	0
HAM Lahti		LAH	Möysä	kau/tau	M	30,9	13,6	15	1	24	44	0
HAM Lahti		LAH	Tori	kau/lii	A	68	16,6	24,8	6	28,3	66,6	0
PIR Tampere		TAM	Koskipuisto	kau/lii	M	28,1	24,8	25	6	42	86	1
PIR Tampere		TAM	Tampere, keskustori	kau/lii	A	58,2	20,6	29,8	9	40	88,4	1
PIR Valkeakoski		VAL	Hiekkatekonurmi	kau/lii	A	91,3	12,8	22,7	3	23,7	55,5	0
KAS Imatra		IMA	Mansikkala	kau/tau	A	98,9	13,3	24,6	7	24,6	66,4	0
KAS Imatra		IMA	Rautionkylä	esi/teo	A	96,7	13,4	25	1	25,1	41,5	0
KAS Imatra		IMA	Teppanala	esi/teo	A	87,7	14,3	24,3	1	24,8	46,6	0
KAS Joutseno		IMA	Joutsenon keskusta	kau/lii	A	91,3	14,3	23,7	4	24,7	85,3	1
KAS Kotka		KOT	Karhulan keskusta	kau/lii	M	32,2	27,1	29	13	54	79	1
KAS Kotka		KOT	Kirjastotalo	kau/lii	A	94,3	16	26	3	26,3	60,8	0
KAS Kouvola		KOU	Kouvolan keskusta	kau/lii	A	86,9	19,8	33,8	2	34,2	62,2	0
KAS Lappeenranta		IMA	Lappeenrannan keskusta	kau/lii	A	86,3	23,1	36,7	21	37,5	132	1
ESA Mikkeli		MIK	Kirkkopuisto	kau/lii	M	28,4	24,3	25,7	9	46,5	90,8	1
PSA Kuopio		KUO	Itkonniemi	kau/lii	A	73,5	12,7	20,8	5	24,5	62,4	0
PSA Kuopio		KUO	Kuopion keskusta 2	kau/lii	A	80,1	10,5	16,1	3	17,1	51,4	0
PSA Kuopio		KUO	Petonen	kau/lii	M	16,1	8	5	0	16	19	0
PSA Varkaus		VAR	Psaari	kau/teo	A	100	9,2	15,5	0	15,5	25,4	0
PSA Varkaus		VAR	Päätterveysasema	kau/teo	A	98,1	10,4	18,4	0	18,5	38,3	0
KSU Jyväskylä		JYV	Lyseo 2	kau/lii	A	100	12,2	20,2	2	20,2	45,7	0
KSU Jyväskylä		JYV	Palokka 2	esi/tau	A	82,5	12,9	18,7	4	19,3	60	0
KSU Jämsänkoski		JÄM	Taidetalo	kau/teo	A	100	13,5	23,4	6	23,4	58,5	0
KSU Suolahti		ÄÄN	Suolahti	kau/teo	A	99,7	11,7	19,1	1	19,1	39,5	0
LSU Kaskinen		SUU	Kaskinen2	kau/teo	M	30,1	13,5	15	1	25	34	0
LSU Kookola		KOK	Keskusta, Pitkän sillankatu	kau/lii	A	98,6	12,2	19,6	6	19,6	66,9	0
LSU Kookola		KOK	Yksipihlaja	esi/teo	M	27,6	11,5	13,3	0	18,2	24,8	0
LSU Kristinankaupunki		SUU	Kristinankaupunki	esi/tau	M	32,2	13	14	1	23	32	0
LSU Pietarsaari		JAK	Bottenviksvägen	kau/lii	A	100	14,2	22,9	8	22,9	73,9	1
LSU Seinäjoki		SEI	Vapaudentie	kau/lii	A	95,4	6,1	10	0	10	35,6	0

PM10	Kunta	Verkko	Asema	Tyyppi	Autom./ Manual.	Katta- vuus %	Keski- arvo µg/m ³ ra=40	Uudet raja-arvot		Ohjearvo ¹		
Alue							µg/m ³ ra=50	µg/m ³ ra=50	µg/m ³ ra=50	µg/m ³ oa=70	Ohjearvo ylitys lkm/v	
LSU	Vaasa	VAA	Maasilta	kau/lii	A	95,4	15,2	26	9	26,5	71,8	1
PPO	Oulu	OUL	Oulun keskusta 2	kau/lii	A	98,1	17,2	28,8	7	28,9	119,7	2
PPO	Oulu	OUL	Pyykösjärvi	esi/tau	A	100	11,8	18,3	2	18,3	151,2	1
PPO	Raah	RAA	Raahen keskusta	kau/lii	M	34,2	16,2	19,7	2	33,1	43,7	0
PPO	Raah	RAA	Varikko	kau/teo	M	33,3	17,7	21,3	5	37,8	54,9	0
KAI	Kajaani	KAJ	Kajaanin keskusta	kau/lii	A	97,5	9,5	18,8	2	19	43,1	0
YTV	Espoo	YTV	Leppävaara 2	esi/lii	A	97,8	22,1	40,7	15	40,8	72,9	2
YTV	Espoo	YTV	Luukki	maa/tau	A	93,7	9,7	18,3	0	18,8	31,4	0
YTV	Helsinki	YTV	Kallio 2	kau/tau	A	99,2	14,7	24,7	1	24,7	48,9	0
YTV	Helsinki	YTV	Töölö	kau/lii	A	98,4	22,3	37,3	10	37,3	77,5	1
YTV	Helsinki	YTV	Vallila 1	kau/lii	A	95,9	19,3	31,2	7	31,3	79,9	1
YTV	Helsinki	YTV	Vallila 2	kau/tau	M	40,7	16	20,2	2	27	39,2	0
YTV	Vantaa	YTV	Tikkurila 3	esi/lii	A	96,7	19,1	29,9	10	29,9	79,8	1

¹ kuukausiperusteisille ohjearvoille ilmoitetaan vain korkein kuukausikohtainen arvo vuonna 2000

¹ kuukausiperusteisille ohjearvoille ilmoitetaan vain korkein kuukausikohtainen arvo vuonna 2000

**Liite 5. Kokonaisleijuman ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset pitoisuudet
mittausasemittain vuonna 2000.**

TSP						Ohjearvo ja siirtymäajan raja-arvo	Ohjearvo	Siirtymäajan raja-arvo
Alue	Kunta	Verkko	Asema	Tyyppi	Katta- vuus %	Keskiarvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$ oa=50 ra=150	$v_{vrk_{p95}}$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ oa=120	$v_{vrk_{p95}}$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ra=300
UUS	Hanko	FUN	Koverhar OTR	maa/teo	32,8	42	267	172
UUS	Hanko	FUN	Metsäkaivot	maa/teo	32,8	25	96	67
UUS	Hanko	FUN	Syndalen	maa/teo	32	38	191	118
UUS	Lohja	LOH	Nahkurintori	kau/lii	32,2	37	152	102
UUS	Lohja	LOH	Virkkalan terveysasema	kau/lii	32,5	26	90	64
LOS	Harjavalta	HAR	Torttilan koulu 1	esi/teo	19,1	20	95	55
LOS	Turku	TUR	Aninkaistenmäki	kau/lii	39,9	102	472	362
HAM	Lahti	LAH	Möysä	kau/tau	31,4	28	99	72
HAM	Lahti	LAH	Tori	kau/lii	24,6	45	155	131
PIR	Tampere	TAM	Lielähti, Isoniemenkatu	esi/teo	38,8	22	78	61
PIR	Tampere	TAM	Tampere, keskustori	kau/lii	37,2	77	314	264
KAS	Imatra	IMA	Imatrankoski	kau/lii	41,5	29	125	95
KAS	Imatra	IMA	Rautionkylä	esi/teo	40,4	27	94	68
KAS	Joutseno	IMA	Pulpin K-lähikauppa	esi/teo	39,9	20	71	49
KAS	Lappeenranta	IMA	Ihalainen	esi/teo	38	38	132	83
KAS	Lappeenranta	IMA	Lappeenrannan keskusta	kau/lii	37,4	46	283	143
KAS	Lappeenranta	IMA	Lauritsala	esi/teo	39,9	21	71	51
KAS	Lappeenranta	IMA	Mäntylän sairaala	esi/teo	38,3	24	98	74
KAS	Kotka	KOT	Karhulan keskusta	kau/lii	32,2	45	238	118
KAS	Kotka	KOT	Kirjastotalo	kau/lii	33,3	37	94	80
KAS	Kotka	KOT	Sunila	esi/lii	32,5	42	132	89
KAS	Kuusankoski	KOU	Kuusankoski Valtakatu	kau/lii	29	41	156	127
KAS	Kuusankoski	KOU	Kuusankoski Voikkaa	esi/teo	31,1	24	99	48
KAS	Valkeala	KOU	Lappakosken koulu	esi/teo	31,7	22	76	42
ESA	Mikkeli	MIK	Kirkkopuisto	kau/lii	28,4	42	152	133
PSA	Kuopio	KUO	Kuopio Keskusta 2	kau/lii	31,1	29	123	89
PSA	Kuopio	KUO	Petonen	kau/lii	31,4	13	43	33
KSU	Jyväskylä	JYV	Lyseo 2	kau/lii	30,6	47	219	132
LSU	Kokkola	KOK	Halkokari 2	esi/teo	4,6	12	34	18
LSU	Kokkola	KOK	Koivuhaka	esi/tau	1,4	18	26	26
LSU	Kokkola	KOK	Ykspihlaja	esi/teo	27,3	22	95	53
LSU	Seinäjoki	SEI	Vapaudentie	kau/lii	19,1	61	303	195
PPO	Pattijoki	RAA	Pattijoki	kau/lii	33,6	26	88	65
PPO	Raahe	RAA	Lapaluoto	esi/teo	33,3	46	146	110
PPO	Raahe	RAA	Raahen keskusta	kau/lii	33,3	54	319	167
PPO	Raahe	RAA	Saloinen	esi/teo	10,7	27	59	59
YTV	Espoo	YTV	Leppävaara 2	esi/lii	28,4	57	188	147
YTV	Helsinki	YTV	Töölö	kau/lii	43,7	69	234	201
YTV	Helsinki	YTV	Vallila 2	kau/tau	42,3	33	90	67
YTV	Vantaa	YTV	Tikkurila 3	esi/lii	30,1	48	152	115

Liite 6. Haisevien rikkiyhdisteiden ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet sekä ohjearvojen ylityslukumäärät mittausasemittain vuonna 2000.

TRS							Ohjearvo ¹	
Alue	Kunta	Verkko	Asema	Tyyppi	Kattavuus %	Keskiarvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\text{vrk}_{2,\text{korkein}}$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ oa=10	Ohjearvo ylitys lkm/v
UUS	Porvoo	FOR	Riemari	maa/teo	100	0,5	1,8	0
LOS	Pori	POR	Aittaluoto	kau/teo	15,8	1,8	8,2	0
LOS	Pori	POR	Toejoki 2	kau/teo	24,6	0,9	2,2	0
LOS	Rauma	RAU	Sinisaari	kau/teo	97,3	0,8	6,8	0
PIR	Valkeakoski	VAL	Sorila	kau/teo	99,2	2,2	7,4	0
PIR	Valkeakoski	VAL	Valkeakosken terveyskeskus	kau/teo	100	2,4	15,1	1
KAS	Imatra	IMA	Mansikkala	kau/tau	96,4	0,6	3	0
KAS	Imatra	IMA	Pelkolan tulliasema/Raja	maa/teo	86,3	1,3	9,2	0
KAS	Imatra	IMA	Rautionkylä	esi/teo	98,9	1,6	20,3	3
KAS	Joutseno	IMA	Palolaitos	kau/teo	96,2	0,5	6	0
KAS	Joutseno	IMA	Pulp	esi/teo	96,2	1,3	21,4	2
KAS	Lappeenranta	IMA	Lappeenrannan keskusta	kau/lii	81,4	0,3	2,7	0
KAS	Lappeenranta	IMA	Lauritsala	esi/teo	86,9	0,5	4,2	0
KAS	Lappeenranta	IMA	Tirilä/Pekkasenkatu	esi/teo	96,2	1,1	5,6	0
KAS	Kotka	KOT	Kirjastotalo	kau/lii	98,6	1,1	4	0
KAS	Kotka	KOT	Rauhala	esi/teo	98,6	1,8	6,1	0
KAS	Kouvola	KOU	Ravikylä	kau/teo	83,9	0,3	2,9	0
KAS	Kuusankoski	KOU	Kuusankoski, Urheilukentäntie	kau/teo	99,2	0,4	3,8	0
KAS	Valkeala	KOU	Lappakosken koulu	esi/teo	99,2	1	5,8	0
PSA	Varkaus	VAR	Psaari	kau/teo	95,4	0,4	2,7	0
PSA	Varkaus	VAR	Pääterveysasema	kau/teo	95,9	1,6	10,7	1
KSU	Äänekoski	ÄÄN	Rotkola	esi/teo	96,2	0,5	7,1	0
KSU	Äänekoski	ÄÄN	Äänekoski	kau/teo	97	0,9	9,5	0
LSU	Luoto	JAK	Risö	esi/teo	98,9	1	3,7	0
LSU	Pietarsaari	JAK	Bottenviksvägen	kau/lii	91	1	5	0
LSU	Kaskinen	SUU	Kaskinen	kau/teo	88,3	1,6	13	1
LSU	Närpiö	SUU	Piolahti	maa/tau	88,8	0,9	3,3	0
PPO	Oulu	OUL	Nokela	esi/teo	100	0,5	4,3	0
PPO	Oulu	OUL	Pyykösjärvi	esi/tau	99,5	0,2	1,7	0

¹ kuukausiperusteisille ohjearvoille ilmoitetaan vain korkein kuukausikohtainen arvo vuonna 2000

Liite 7. Hiilimonoksidin ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset korkeimmat pitoisuudet, ohjearvojen ylityslukumäärät sekä raja-arvon numeroarvon ylityslukumäärät mittaussasemittain vuonna 2000.

CO No	Kunta	Verkko	Asema	Tyyppi	Katta- vuus %	Keski- arvo mg/m ³	Ohjearvot				Uusi raja-arvo	
							^v _{h_{max}} mg/m ³ oa=20	Ohjearvo ylitys lkm/v	^v _{h_{8max}} mg/m ³ oa=8	Ohjearvo ylitys lkm/v	^v _{h_{8max}} mg/m ³ ra=10	>10mg/m ³ lkm/v
LOS	Pori	POR	Itätulli	kau/lii	99,1	0,3	6,3	0	3,5	0	3,5	0
LOS	Turku	TUR	Aninkaistenkatu	kau/lii	67,5	0,9	7	0	4,6	0	4,6	0
HAM	Hämeenlinna	HÄM	Raatihuoneenkatu	kau/lii	97,6	0,3	7,6	0	4,5	0	4,5	0
HAM	Lahti	LAH	Vesku 11	kau/lii	99	0,6	5,9	0	2,6	0	2,6	0
PIR	Tampere	TAM	Raatihuone	kau/lii	99,3	0,3	3	0	2,1	0	2,1	0
PSA	Kuopio	KUO	Kuopion keskusta 2	kau/lii	82,5	0,3	4,2	0	1,7	0	1,7	0
KSU	Jyväskylä	JYV	Lyseo 2	kau/lii	93,6	0,1	4,5	0	2,3	0	2,3	0
KSU	Jyväskylä	JYV	Palokka 2	esi/tau	79,8	0,2	2,1	0	1,5	0	1,5	0
LSU	Kokkola	KOK	Keskusta Pitkänsillank.	Kau/lii	99,4	0,3	5,2	0	2,5	0	2,5	0
LSU	Vaasa	VAA	Maasilta	kau/lii	98,9	0,5	7,9	0	5,3	0	5,3	0
PPO	Oulu	OUL	Oulun keskusta 2	kau/lii	98,9	0,3	12,2	0	5,5	0	5,5	0
YTV	Espoo	YTV	Leppävaara 2	esi/lii	99,7	0,4	4,8	0	2,5	0	2,5	0
YTV	Helsinki	YTV	Töölö	kau/lii	99,5	0,6	6,1	0	3,1	0	3,1	0
YTV	Helsinki	YTV	Vallila 1	kau/lii	98,5	0,4	2,8	0	1,2	0	1,2	0
YTV	Vantaa	YTV	Tikkurila 3	esi/lii	98,7	0,5	3,9	0	2,5	0	2,5	0

Liite 8. Otsonin kynnysarvoihin verrannolliset korkeimmat pitoisuudet sekä kynnysarvojen ylityslukumäärät mittaussasemittain vuonna 2000.

O ₃	Kunta	Verkko	Asema	Tyyppi	Katta- vuus %	Keski- arvo µg/m ³	Tiedotus- kynnys		Terveys- haittojen ehkäiseminen		Kasvillisuuden suojeleminen	
							^v _{h_{max}} µg/m ³ kya=180	>180µg/m ³ lkm/v	^v _{h_{8max}} µg/m ³ kya=110	>110µg/m ³ vrk lkm/v	^v _{vrk_{max}} µg/m ³ kya=65	>65µg/m ³ vrk lkm/v
UUS	Porvoo	FOR	Svartså	maa/teo	98,8	47	128	0	120	1	95	68
UUS	Sipoo	FOR	Löparö	maa/tau	39	55	115	0	104	0	91	29
UUS	Sipoo	FOR	Löparö 2	maa/tau	48,8	32	93	0	81	0	66	1
LOS	Korppoo	FMI	Utö	maa/tau	99	66	122	0	114	2	103	197
LOS	Pori	POR	Lampaluoto	maa/tau	94,8	48	103	0	97	0	87	59
LOS	Turku	TUR	Ruissalo Saaronniemi	maa/teo	94,8	51	116	0	111	1	96	79
HAM	Jokioinen	FMI	Jokioinen	maa/tau	99,6	48	132	0	128	3	105	80
HAM	Lammi	FMI	Evo (Lammi)	maa/tau	98,7	53	153	0	141	7	114	99
HAM	Lahti	LAH	Metsäkangas	esi/tau	95,1	51	131	0	123	4	101	88
PIR	Tampere	TAM	Lielähti Isoniemenk.	Esi/teo	99,4	54	148	0	142	8	124	141
KAS	Virolahti	FMI	Virolahti	maa/tau	98,9	54	122	0	114	1	100	100
KAS	Hamina	HAM	Haminan satama	esi/teo	33,9	57	153	0	102	0	85	6
PSA	Kuopio	KUO	Kuopio Keskusta 2	kau/lii	82,5	45	112	0	104	0	87	37
PKA	Ilomantsi	FMI	Ilomantsi	maa/tau	99,6	60	144	0	139	3	114	151
KSU	Jyväskylä	JYV	Pupuhuhta	kau/tau	94,6	40	95	0	87	0	77	20
LSU	Ähtäri	FMI	Ähtäri 2	maa/tau	99,4	59	148	0	132	5	109	126
LSU	Vaasa	VAA	Kirkkopuistikko	kau/lii	93,4	53	121	0	113	2	98	100
PPO	Kuusamo	FMI	Oulanka	maa/tau	99,5	61	115	0	111	1	101	148
LAP	Inari	FMI	Raja-Jooseppi	maa/tau	99,8	64	111	0	108	0	104	176
LAP	Kittilä	FMI	Sammaltunturi	maa/tau	99	66	126	0	121	2	102	184
LAP	Sodankylä	FMI	Sodankylä	maa/tau	49,1	62	115	0	113	1	100	81
YTV	Espoo	YTV	Luukki	maa/tau	98,6	52	134	0	127	6	101	95
YTV	Helsinki	YTV	Kallio 2	kau/tau	98,1	45	125	0	109	0	85	46
YTV	Helsinki	YTV	Töölö	kau/lii	99,6	38	124	0	103	0	80	16
YTV	Vantaa	YTV	Tikkurila 2	esi/tau	97,4	44	129	0	121	2	94	52

kya = kynnysarvo

Liite 9. Ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset SO₂-pitoisuudet v. 2000 asemittain.

A=vuoden korkein kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste; ohjearvo 250 µg/m³

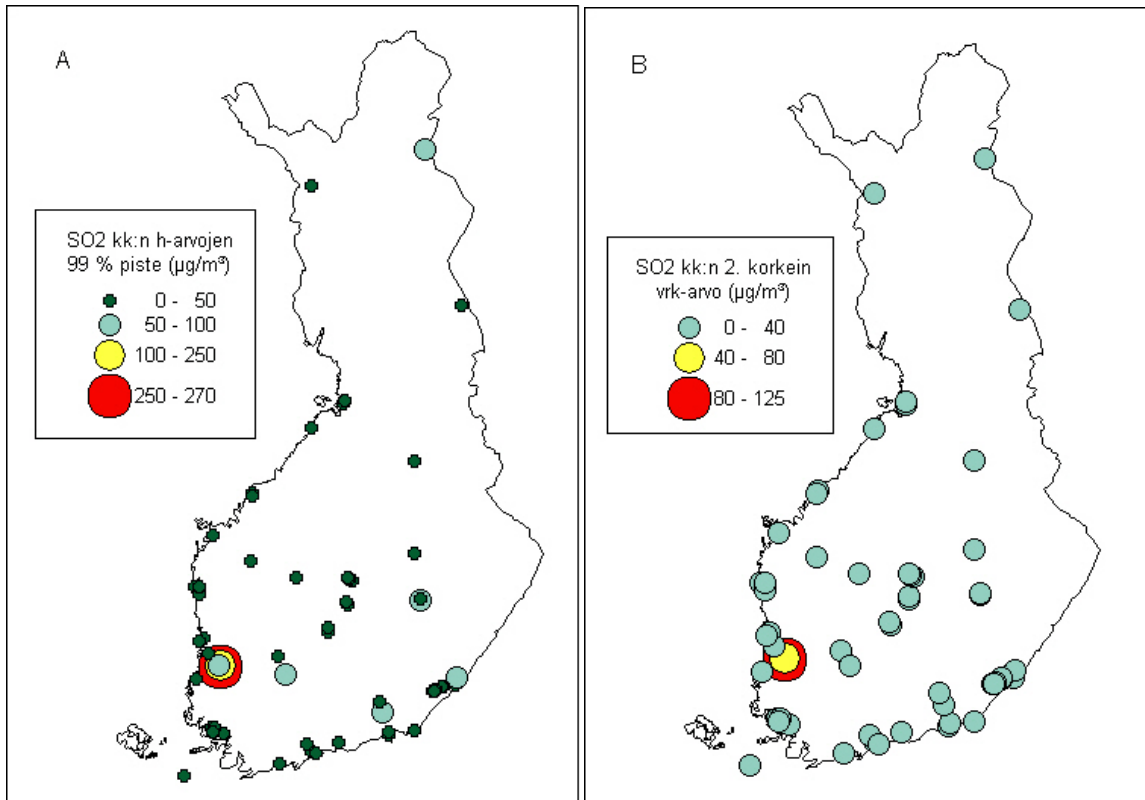
B=vuoden korkein kuukauden toiseksi korkein vuorokausiarvo; ohjearvo 80 µg/m³

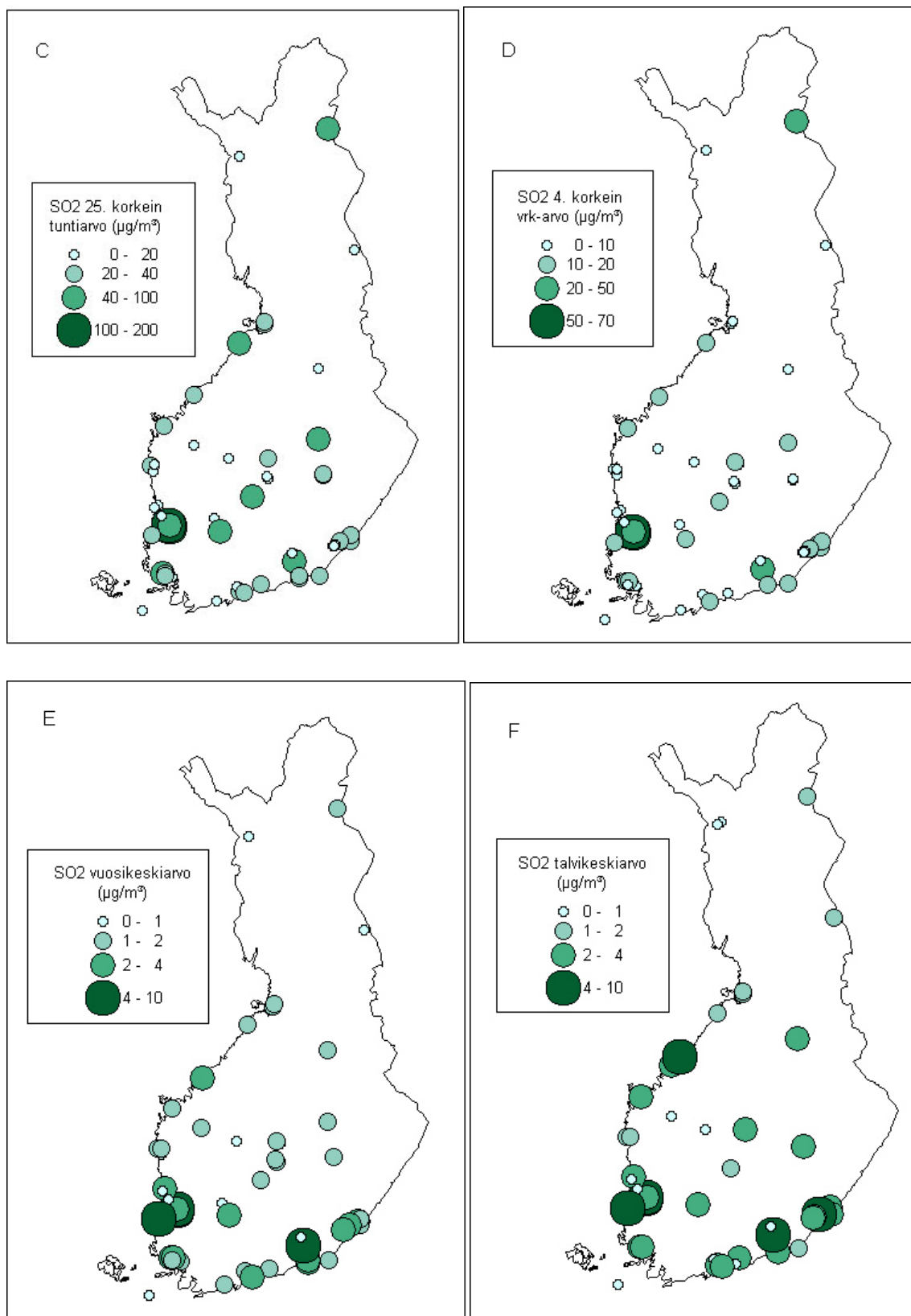
C=vuoden 25. korkein tuntiarvo; raja-arvo 350 µg/m³

D=vuoden 4. korkein vuorokausiarvo; raja-arvo 125 µg/m³

E=vuosikeskiarvo; raja-arvo 20 µg/m³

F=talvikeskiarvo; raja-arvo 20 µg/m³





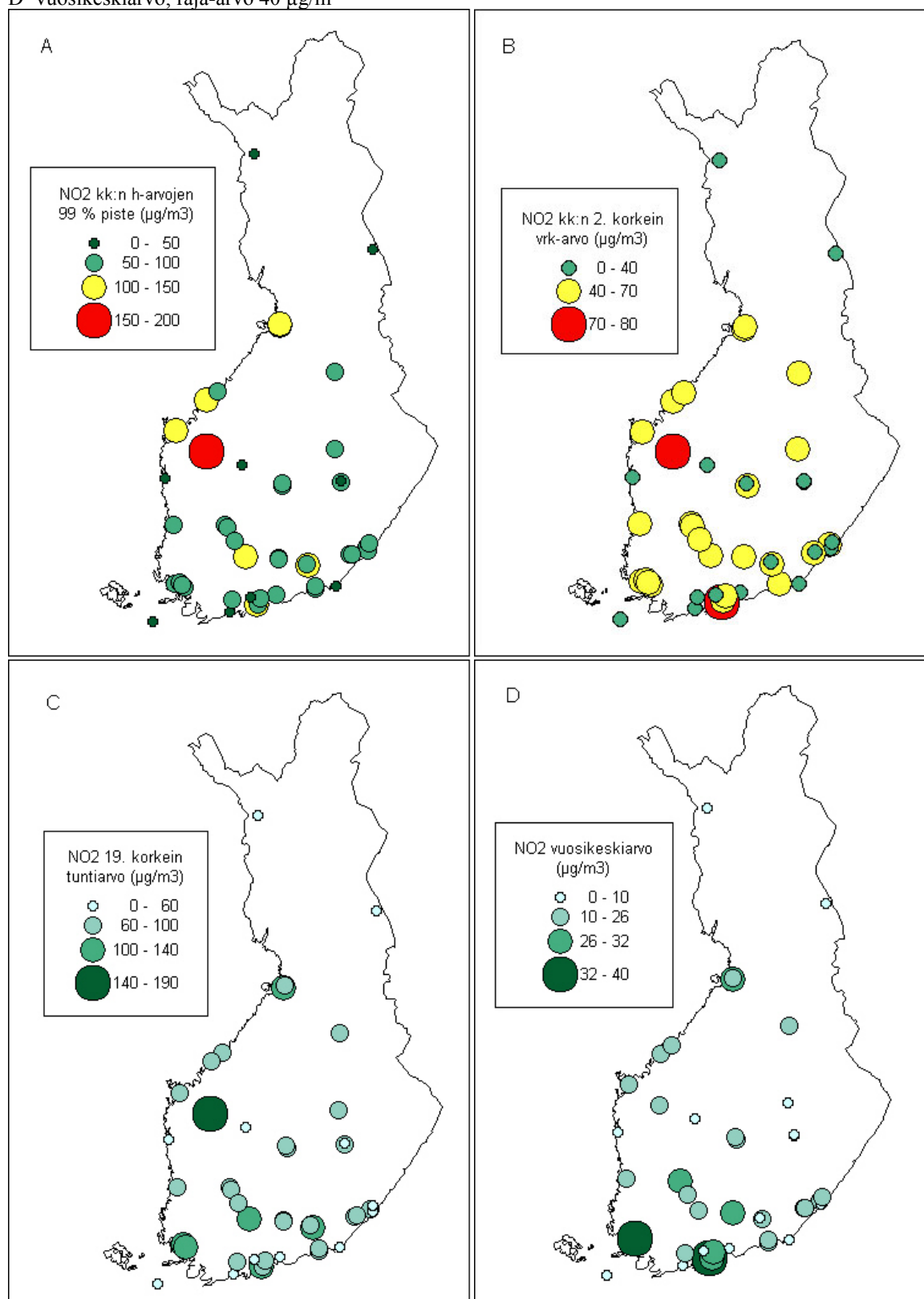
Liite 10. Ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset NO₂-pitoisuudet v. 2000 asemittain.

A=vuoden korkein kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste; ohjearvo 150 µg/m³

B=vuoden korkein kuukauden toiseksi korkein vuorokausiarvo; ohjearvo 70 µg/m³

C=vuoden 19. korkein tuntiarvo; raja-arvo 200 µg/m³

D=vuosikeskiarvo; raja-arvo 40 µg/m³



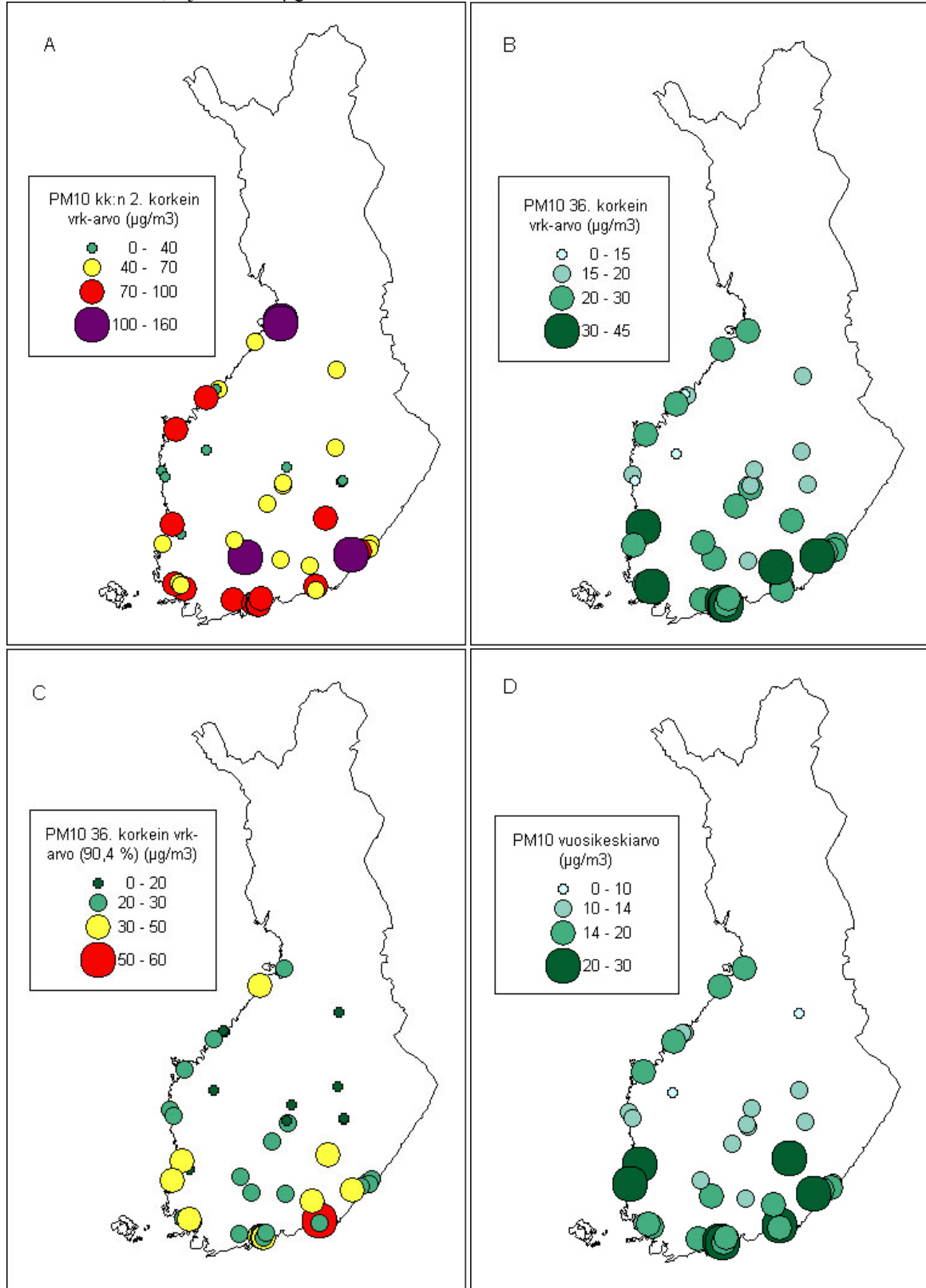
Liite 11. Ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset PM₁₀-pitoisuudet v. 2000 asemittain.

A=vuoden korkein kuukauden toiseksi korkein vuorokausiarvo; ohjearvo 70 µg/m³

B=vuoden 36. korkein vuorokausiarvo, raja-arvo 50 µg/m³

C=vuoden 36. korkein vuorokausiarvo (90,4-prosenttipiste), raja-arvo 50 µg/m³

D=vuosikeskiarvo, raja-arvo 40 µg/m³

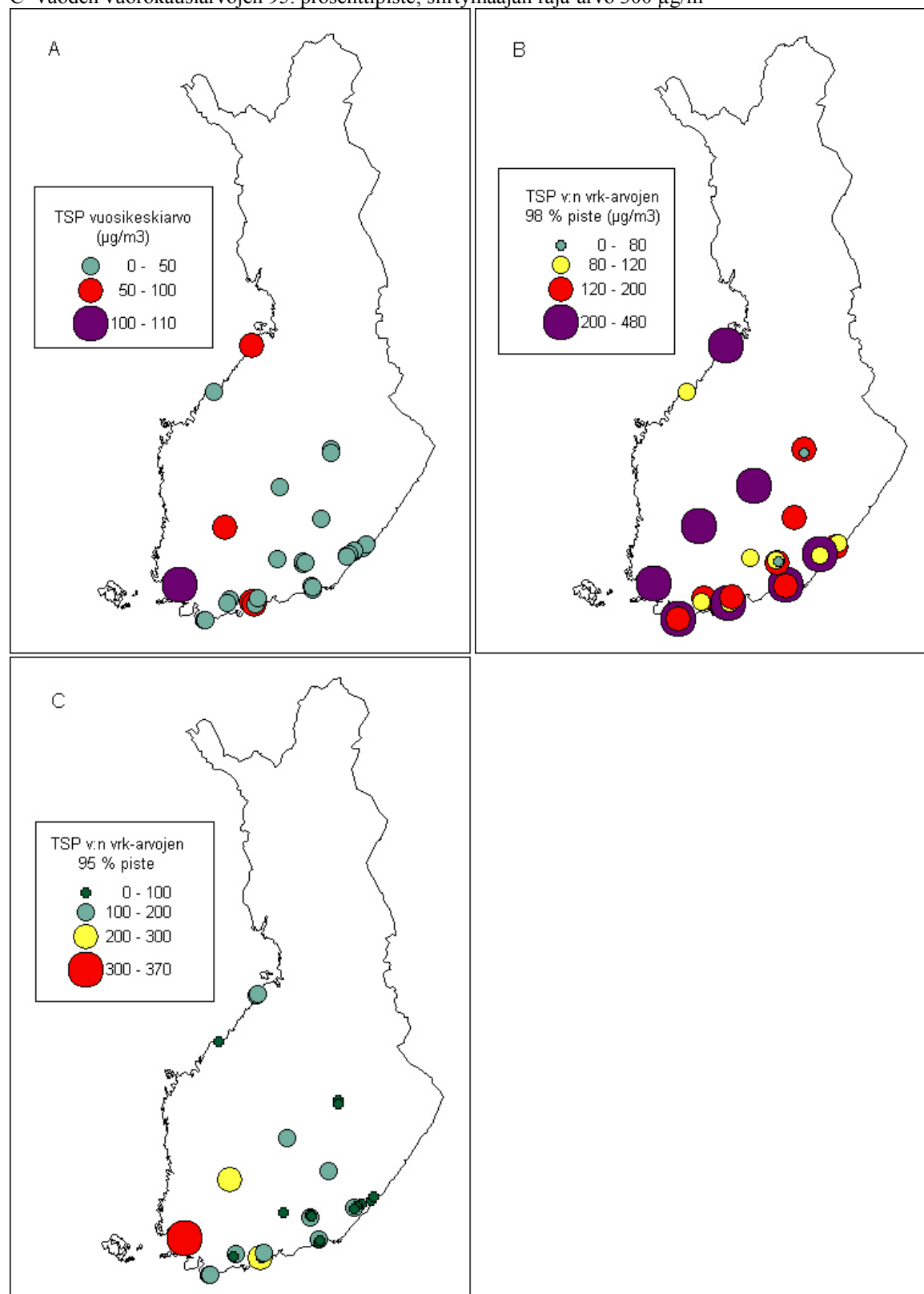


Liite 12. Ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset TSP-pitoisuudet v. 2000 asemittain.

A=vuosikeskiarvo; ohjearvo $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$; siirtymääjan raja-arvo $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$

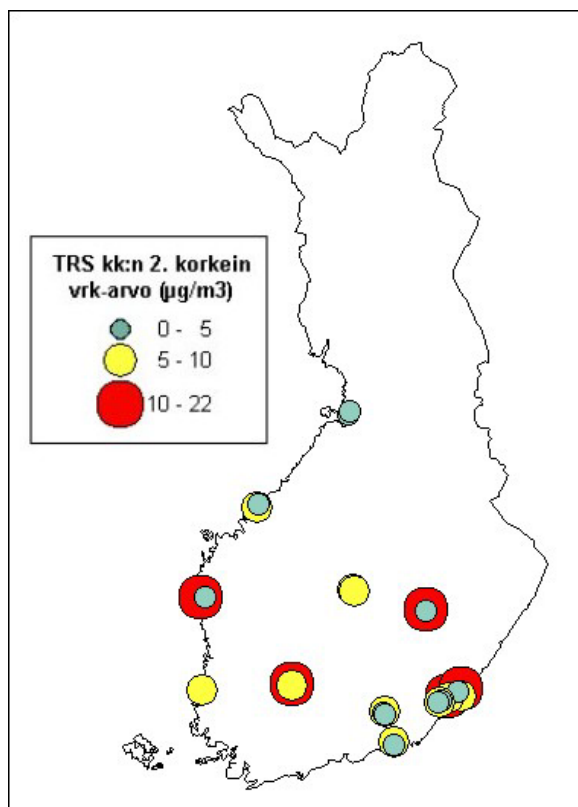
B=vuoden vuorokausiarvojen 98. prosenttipiste; ohjearvo $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$

C=vuoden vuorokausiarvojen 95. prosenttipiste; siirtymääjan raja-arvo $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Liite 13. Ohjearvoon verrannolliset TRS-pitoisuudet v. 2000 asemittain.

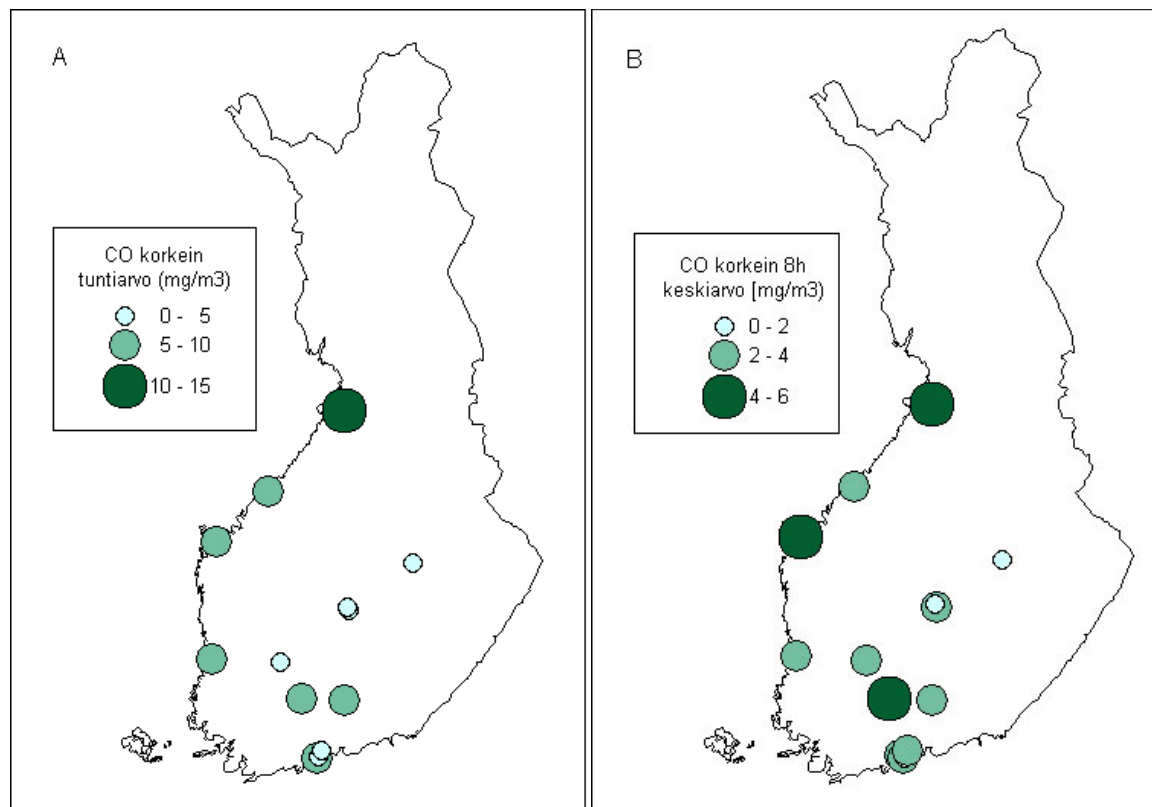
kuukauden toiseksi korkein vrk-arvo; ohjearvo $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Liite 14. Ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset CO-pitoisuudet v. 2000 asemittain.

A=vuoden korkein tuntiarvo; ohjearvo 20 mg/m³

B=vuoden korkein kahdeksan tunnin keskiarvo; ohjearvo 8 mg/m³; raja-arvo 10 mg/m³



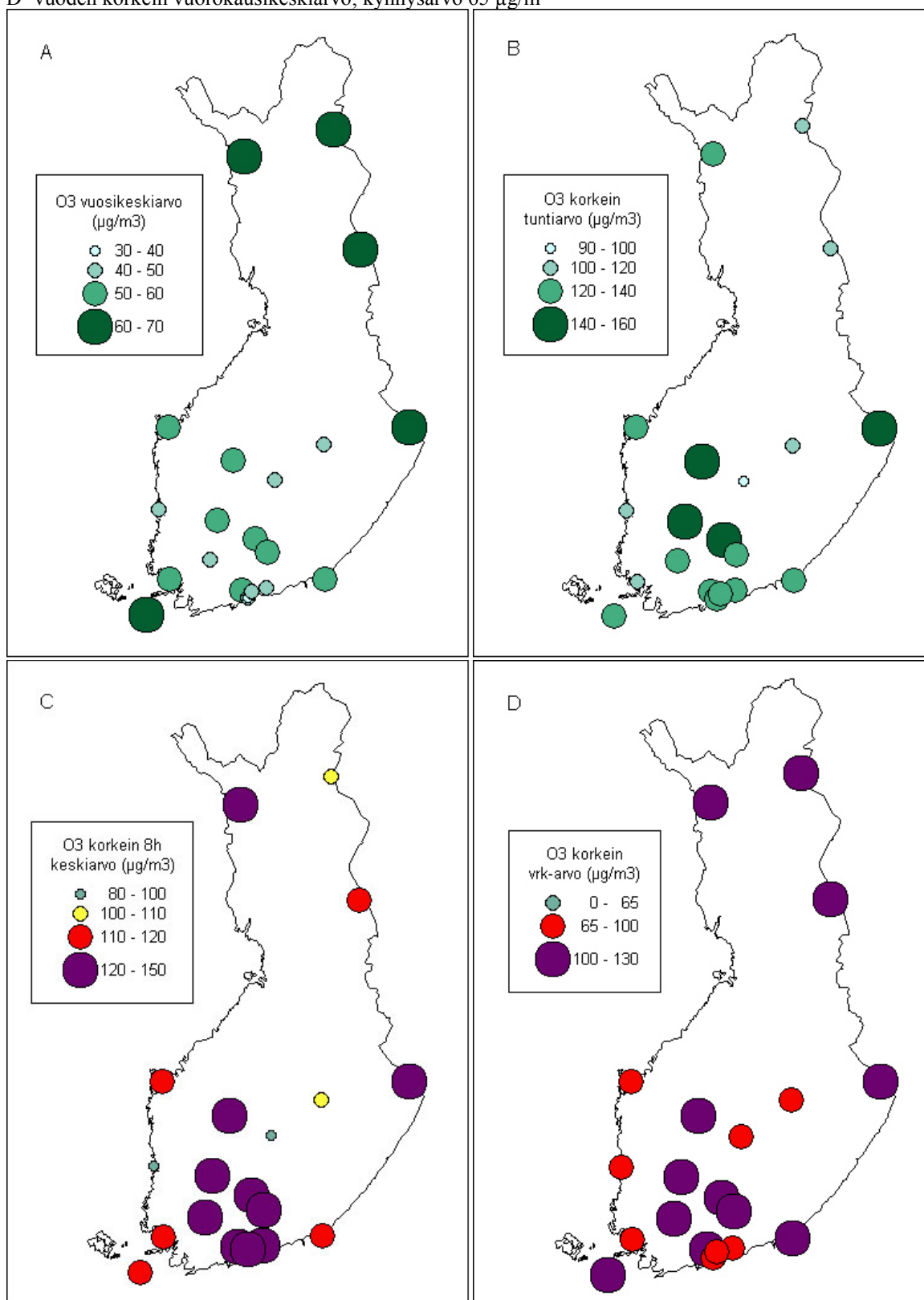
Liite 15. Kynnysarvoihin verrannolliset O₃-pitoisuudet v. 2000 asemittain.

A=vuosikeskiarvo

B=vuoden korkein tuntiarvo, tiedotuskynnysarvo 180 µg/m³

C=vuoden korkein 8 tunnin keskiarvo; kynnysarvo 110 µg/m³

D=vuoden korkein vuorokausikeskiarvo; kynnysarvo 65 µg/m³



Ilmansuojelun julkaisuja — Luftvårds publikationer — Publications on air quality

1. Kukkonen, Jaakko, 1987. Modelling of discharges and atmospheric dispersion of toxic gases. 73 p.
2. Walden, Jari, Lättilä, Heikki, Hyppönen, Mauri, Plathan, Pekka and Virtanen, Timo, 1987. Intercalibration of sulphur dioxide monitors. 63 p.
3. Bremer, Pia, 1987. Meteorological aspects of wet deposition in Southern Finland. 46p.
4. Kukkonen, Jaakko ja Savolainen, Anna Liisa, 1988. Vaarallisten aineiden leviämisen arviointi onnettomuustilanteissa. 112 s.
5. Lindfors, V. ja Joffre, S.M., 1989. Ilman kaasumaisten ja hiukkasmaisten epäpuhtauksien kulkeutuminen, muutunta ja depositio Itämeren alueella. 39 s.
6. Vesala, Timo, Kukkonen, Jaakko and Kulmala, Markku, 1989. A model for evaporation of freely falling droplets. 58 p.
7. Kulmala, Antti, Leinonen, Liisa ja Säynätkari, Tapani, 1990. Tausta-asemien ilmanlaatu Suomessa 1980-1986. 201 s.
8. Parviainen, Maija and Joffre, Sylvain M., 1991. Weekly variations of sulphur dioxide and aerosol sulphate concentrations at Finnish background stations. 43 p.
9. Riikonen, Kari, Kukkonen, Jaakko, Nikmo, Juha ja Savolainen, Anna Liisa, 1991. Helppokäyttöinen laskentaohjelmisto vaarallisten aineiden onnettomuuksien seurauksien arvioimiseksi. 40 s.
10. Heikkilä, Outi, 1991. Ilman epäpuhtauksien vaikutusten arvioiminen infrapunavalokuvauksen avulla. Menetelmätutkimus männyn neulasilla liikenneympäristössä. – IR-photography for conifer forest damage assessment. Method study in traffic environment. 76 p.
11. Valkonen, Esko, 1993. Malli typen oksidien muutunnalle katukuilussa. 57 s.
12. Ilvessalo, Pekko, 1992. Ilmanlaatuindeksit ja niiden soveltaminen Suomen kaupunkien ilmanlaadun seurantaan. 36 s.
13. Riikonen, Kari, Kukkonen, Jaakko, Nikmo, Juha and Savolainen, Anna Liisa, 1992. Laskentaohjelmisto kemikaalionnettomuuksien seurausten arvioimiseksi. 33 s.
14. Hongisto, Marke, 1993. A simulation model for the transport, transformation and deposition of oxidized nitrogen compounds in Finland. Technical description of the model. 51 p.
15. Bremer, Pia, 1993. Assessment of two methods to predict SO₂ concentrations in the Helsinki area. 42 p.
16. Laine, Elina, Jokinen, Juhani ja Meinander, Outi, 1993. Ilman epäpuhtauksien ilmeneminen Kaakkois-Suomen metsissä. 70 s.

17. Paatero, Jussi, Mattsson, Rolf and Hatakka Juha, 1994. Measurements of airborne radioactivity in Finland, 1983-1990, and applications to air quality studies. 106 p.
18. Pakkanen, T.A. et al., 1994. Nordic $\text{HNO}_3/\text{NO}_3^-$ and $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ gas/particle intercomparison in Helsinki, 11-22 May, 1992. 125 p.
19. Kangas, Leena, Juntto, Sirkka, Laurila, Tuomas and Nordlund Göran, 1994. Comparison of EMEP model predictions and observations in Finland. 59 p.
20. Ruoho-Airola, Tuija ja Leinonen, Liisa, 1994. Ympäristön yhdenmety seuranta. Mittaustuloksia 1991 - 1992, laskeuman yhteenveto 1987 -1992. 67 s.
21. Rantakrans, Erkki ja Savunen, Tarja, 1995. Hajuyhdisteiden leviämisen arviointi. 70 s.
22. Hyppönen, M. and Walden, J. A., 1996. A system for vertical profile measurements of sensible heat and chemical concentrations near the ground surface. 55 p.
23. Härkönen, Jari, Valkonen, Esko, Kukkonen, Jaakko, Rantakrans, Erkki, Lahtinen, Kimmo, Karppinen, Ari and Jalkanen, Liisa, 1996. A model for the dispersion of pollution from a road network. 34 p.
24. Ruoho-Airola, Tuija ja Leinonen, Liisa, 1996. Ympäristön yhdenmety seuranta. 83 s.
25. Valkonen, Esko, Härkönen, Jari, Kukkonen, Jaakko, Rantakrans, Erkki and Jalkanen, Liisa, 1996. Dispersion model computations of urban air pollution in Espoo, Finland. 57 p.
26. Paatero, Jussi and Hatakka, Juha, 1997. Measurements of long-lived radioactivity in the air and precipitation in Finland 1991-1994. 71 p.
27. Nikmo, Juha, Tuovinen, Juha-Pekka, Kukkonen, Jaakko and Valkama, Ilkka, 1997. A hybrid plume model for local-scale dispersion. 65 p.
28. Karppinen, Ari, Kukkonen, Jaakko, Nordlund, Göran, Rantakrans, Erkki and Valkama, Ilkka, 1998. A dispersion modelling system for urban air pollution. 58 p.

**Ilmanlaadun julkaisuja — Publikationer om luftkvalitet — Publications on air
quality**

29. Riikonen, Kari, Nikmo, Juha, Kukkonen, Jaakko, 1999. The extension of a consequence analysis model to include liquid pool vaporisation. 22 p.
30. Paatero, Jussi and Hatakka, Juha, 2002. Observations of long-lived airborne and deposited radioactivity in Finland 1995-1997. 66 p.
31. Salmi, T., Määttä, A., Anttila, P., Ruoho-Airola, T., Amnell, T., 2002. Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates – the Excel template application MAKESENS. 35 p.
32. Riikonen, Kari, Nikmo, Juha, Kukkonen, Jaakko, 2002. The extension of a consequence analysis modelling system to allow for continuous vapour release, gas cloud explosion and plume rise. 40 p.
33. Anttila, Pia, Alaviippola, Birgitta, Salmi, Timo, 2003. Ilmanlaatu Suomessa – mitatut pitoisuudet suhteessa ohje- ja raja-arvoihin sekä vertailuja eurooppalaisiin pitoisuustasoihin. 101 s.