

YMPÄRISTÖN-  
SUOJELU

Jouko Soveri, Kimmo Peltonen ja Olli Järvinen

# Laskeuma Helsingin seudulla lumesta määritettynä talvikaudella 1995–1996





Jouko Soveri, Kimmo Peltonen ja Olli Järvinen

Laskeuma Helsingin  
seudulla lumesta  
määritettynä talvikaudella  
1995–1996

HELSINKI 1998

ISBN 952-11-0235-7  
ISSN 1238-7312

Kansikuva: Kimmo Peltonen

Oy Edita Ab  
Helsinki 1998

# Alkusanat

Lumipeite toimii luontaisena laskeuma-alustana, johon ilman epäpuhtaudet kerrostuvat. Ilman kautta tapahtuvaa kuorimitusta voidaan arvioida lumen ainekoostumuksen, lumen vesiarvon sekä laskeuma-aikatietojen avulla. Lumitutkimusmenetelmä on osoittautunut erittäin käyttökelpoiseksi menetelmäksi arvioitaessa alueellista tai paikallista laskeumaa. Edellytyksenä kuitenkin aina on, että yhtenäisen talvikauden kesto on riittävän pitkä, eikä tänä aikana tapahdu merkittävää lumen sulamista.

Talvi 1995-1996 oli Helsingin alueella poikkeuksellinen. Yhtenäinen lumipeite tuli jo marraskuussa 1995 ja alkoi hävitä vasta huhtikuussa 1996. Talvi oli erinomaisen hyvä lumitutkimuksen suorittamiseen, koska välillä ei tapahtunut lumen sulamista ja aineiden poistumista. Pitkä laskeuma-aika lisäsi myös merkittävästi tulosten luotettavuutta. Tässä tutkimuksessa laskeuma-ajan pituus oli neljä kuukautta.

Tämä tutkimus tehtiin Suomen ympäristökeskuksessa Ympäristöntilayksikön ja Laboratorioyksikön yhteistyönä. Tutkimuksen virallisina arvioijina olivat vanhempi tutkija Veijo Pohjola Ilmatieteen laitokselta sekä MMM Jaakko Mannio Suomen ympäristökeskuksesta. Lisäksi tutkimusta ovat Suomen ympäristökeskuksessa kommentoineet Dos. Pertti Seuna, Dos. Juha Kämäri, FK Tapani Säynätkari sekä FM Stella From. Edellä mainituille esitämme parhaat kiitoksemme.

Helsingissä 8.1.1998

Jouko Soveri Kimmo Peltonen Olli Järvinen



# Sisällys

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Alkusanat</b> .....                                   | <b>3</b>  |
| <b>I Johdanto</b> .....                                  | <b>7</b>  |
| <b>2 Aineisto ja menetelmät</b> .....                    | <b>9</b>  |
| 2.1 Tutkimusalue .....                                   | 9         |
| 2.2 Näytteenotto ja analyysimenetelmät .....             | 13        |
| 2.3 Meteorologiset olosuhteet .....                      | 14        |
| 2.4 Laskeuman määrittäminen .....                        | 16        |
| <b>3 Tulokset ja niiden tarkastelu</b> .....             | <b>18</b> |
| 3.1 Lumen ainepitoisuudet ja laskeuma .....              | 18        |
| 3.2 Ionitasapaino .....                                  | 19        |
| 3.3 Keskinäiset riippuvuussuhteet .....                  | 20        |
| 3.4 Laskeuma Helsingin alueella .....                    | 24        |
| <b>4 Tulosten vertailua</b> .....                        | <b>36</b> |
| 4.1 Vertailu tausta-arvoihin .....                       | 36        |
| 4.2 Vertailu muihin pääkaupunkiseudun tutkimuksiin ..... | 36        |
| <b>5 Yhteenveto</b> .....                                | <b>39</b> |
| <b>English Summary</b> .....                             | <b>42</b> |
| <b>Kirjallisuus</b> .....                                | <b>45</b> |
| <b>Liitteet</b> .....                                    | <b>47</b> |
| Liite 1 Lumen ainepitoisuudet .....                      | 47        |
| Liite 2 Laskeuma .....                                   | 48        |
| <b>Kuvailulehdet</b> .....                               | <b>49</b> |





# Johdanto

Energiantuotanto on suurin rikkidioksidin päästölähde pääkaupunkiseudulla. Ilman rikkidioksidin määrään vaikuttaa pääasiassa polttoaineen rikkipitoisuus. Merkittävin osa rikin paikallisista päästöistä tulee pääkaupunkiseudun energialaitosten suurista pistelähteistä, Hanasaaren ja Salmisaaren kivihiiivoimalaitoksista. Pienempien pistelähteiden sekä talokohtaisen lämmityksen päästöt ovat selvästi vähäisempiä, mutta matalan päästökorkeuden vuoksi näiden osuus lähialueiden ilmanlaatuun ja laskeumaan on päästöosuuteen verrattuna suhteellisen suuri.

Vuonna 1994 suurten energialaitosten osuudeksi pääkaupunkiseudun rikkidioksidipäästöistä arvioitiin 88 %. Muiden pistelähteiden ja talokohtaisen lämmityksen osuudeksi arvioitiin 6 %, autoliikenteen osuudeksi 3 % sekä lento ja laivaliikenteen osuudeksi 3 %. Vastaavat typpidioksidin arviot olivat: energialaitokset 43 %, piste- ja pintalähteet 2 %, autoliikenne 45 % sekä lento- ja laivaliikenne 10 %. Energialaitosten hiukkaspäästöt ovat likimain yhtä suuret kuin liikenteen päästöt, mutta suuren päästökorkeuden vuoksi vaikutus paikallisiin pitoisuuksiin on suhteellisen vähäinen (Aarnio et al., 1995). Energiantuotannon savukaasut sisältävät pölyyn sitoutuneena alkaliaerosoleja, silikaattimineraaleja, kloridia, rautaa sekä mm. vanadiinia, kromia, nikkeliä, sinkkiä, arseenia, kadmiumia ja lyijyä (Anttila, 1990).

Energiantuotannon ja teollisuuden päästöjen vähentämisen seurauksena liikenteen aiheuttamat päästöt ovat muodostuneet yhdeksi merkittävimmistä ihmisen terveyteen vaikuttavista ilmansaasteista. Vähärikkisen dieselpolttoaineen käyttöönnotto on johtanut rikkidioksidipitoisuuksien vähenemiseen, minkä seurauksena pakokaasujen haitallisimmiksi yhdisteiksi on tullut häkä ja typen oksidit. Merkittävän terveysriskin muodostavat palamisproesseissa syntyvät alle 2,5 µm pienhiukkaset (PM<sub>2,5</sub>-hiukkaset). Kaupunki-ilman hiukkaset, joiden läpimitta on yli 2,5 µm, muodostuvat enimmäkseen mekaanisissa prosesseissa. Ympäristöterveyden kannalta olisi oleellista tarkastella läpimitaltaan alle 10 µm (PM<sub>10</sub>) hiukkasia (Ruuskanen, 1996).

Liikenteen pakokaasupäästöjen ohella huomattavan terveysriskin muodostaa ajoneuvojen nostattama leijuva pöly, joka erityisesti kevättalvella on usein suurin ilmanlaatuongelma pääkaupunkiseudulla. Ilmassa leijuvan pölyn pitoisuus Helsingin keskustassa on eurooppalaisittain korkea (Salonen, 1991). Pöly koostuu pääosin jauhautuneesta hiekoitushiekasta sekä kestopäällysteen- ja renkaiden kulumistuotteista. Pölyyn on usein sekoittunut liukkaudentorjunnassa käytettyä suolaa ja talvella käytettävästä aurasikalustosta sekä ajoneuvojen kuluvista metalliosista, jarruista ja moottorista peräisin olevia metalleja. Lisäksi raideliikenne ja ajoneuvojen korirakenteiden ruostuminen nostavat pölyn rautapitoisuutta. PM<sub>10</sub>-hiukkasten kokonaismassan lisäksi hiukkasten rautapitoisuus vaikeuttaa akuutisti keuhkojen toimintaa, minkä on todettu aiheuttavan terveyshaittoja mm. Hollannissa (Dusseldorp et al., 1995). Japanissa kaupunkialueella tehdyissä laskeumatutkimuksissa asfalttipäällysteestä peräisin olevien hiukkasten osuus vaihteli syksyn 30 %:sta talven 90 %:iin. Pohjois-Japanissa nastarenkaiden käyttö kiellettiin 1990-luvun alussa, minkä seurauksena asfalttipölyn pitoisuudet ovat selvästi laskeneet (Noguchi et al., 1995).

Lyijyttömään polttoaineeseen siirtymisen jälkeen liikenteen lyijypäästöt ovat pienentyneet oleellisesti. Lyijyllisen polttoaineen käyttöhistoria ilmenee kuitenkin vielä joitakin vuosia tieväylien lähiympäristössä maaperästä liikennevirran ja tuulen vaikutuksesta tapahtuvana resuspendoitumisena.

Energiantuotannon lisäksi päästöjä aiheuttavat pääkaupunkiseudulla mm. elintarviketeollisuus, satamat, lentoliikenne, huoltamotoiminta sekä liuottimia käyttävä teollisuus. Muihin suuriin teollisuudenaloihin verrattuna elintarviketeollisuuden  $\text{SO}_2$ -,  $\text{NO}_x$ -, hiukkas- hiilivety- ja PAH-päästöt ovat vähäisiä. Elintarviketeollisuuden energiantuotannon päästöt ovat samankaltaisia kuin muunkin energiantuotannon päästöt. Satamien päästöt syntyvät laivojen sekä kuljetus- ja ahtauskalustojen polttoaineiden, kuten dieselöljyn, kaasöljyn sekä diesel- ja raskaan polttoöljyn seoksen käytöstä. Päästöjen määrät vaihtelevat vuodenajan mukaan, johtuen mm. valaistuksen- ja lämmön tarpeesta sekä jääolosuhteista.

Huoltamopäästöt ovat lähinnä bensiinin hävikkiä varastosäiliöistä, jota tapahtuu polttoaineen käsittelyn yhteydessä sekä lämpötilan ja ilmanpaineen muutosten vaikutuksesta. Haihtuvat yhdisteet ovat pääasiassa kevyitä parafiineja ja olefiineja sekä pieneltä osin raskaita nafteneja ja aromaattisia hiilivetyjä.

Metalliteollisuus, elektroniikka- ja sähkötarviketeollisuus, maali-, painoväri- ja liimateollisuus, muoviteollisuus, graafinen teollisuus, puutavateollisuus, pesulatoiminta sekä autojen pesu ja maalaustoiminta käyttävät erilaisia haihtuvia liuottimia mm. rasvanpoistoon, maalien viskositeetin alentamiseen, työvälineiden puhdistamiseen, erilaisten raaka-aineiden liuottamiseen ja uuttamiseen sekä kemianteollisuudessa prosessien raaka-aineina. (Aunela et al., 1988a).

Talvikuukausina rikkilaskeuman vuosivaihtelut ovat suurelta osin riippuvaisia lämmitystarpeesta; kylminä talvina rikkidioksidipäästöt lisääntyvät ja leutoina talvina taas vähenevät. Toisaalta alhaisissa lämpötiloissa rikkidioksidin hapettuminen sulfaatiksi on hitaampaa, jolloin kulkeutumismatkat pidentyvät ja kaukokulkeuman osuus lisääntyy.

Päästöinä ilmaan joutuvat kaasumaiset yhdisteet ja niiden reaktiotuotteet saattavat kulkeutua pitkiäkin matkoja niiden alkuperäisiltä lähteiltä. Esimerkiksi vuonna 1995 rikkilaskeumasta oli kotimaista alkuperää vain 12 % ja typpilaskeumasta 24 %. Vastaavasti näiden aineiden kotimaisista päästöistä kulkeutui ulkomaille arvioiden mukaan lähes 70 % (Statistics Finland, 1997).

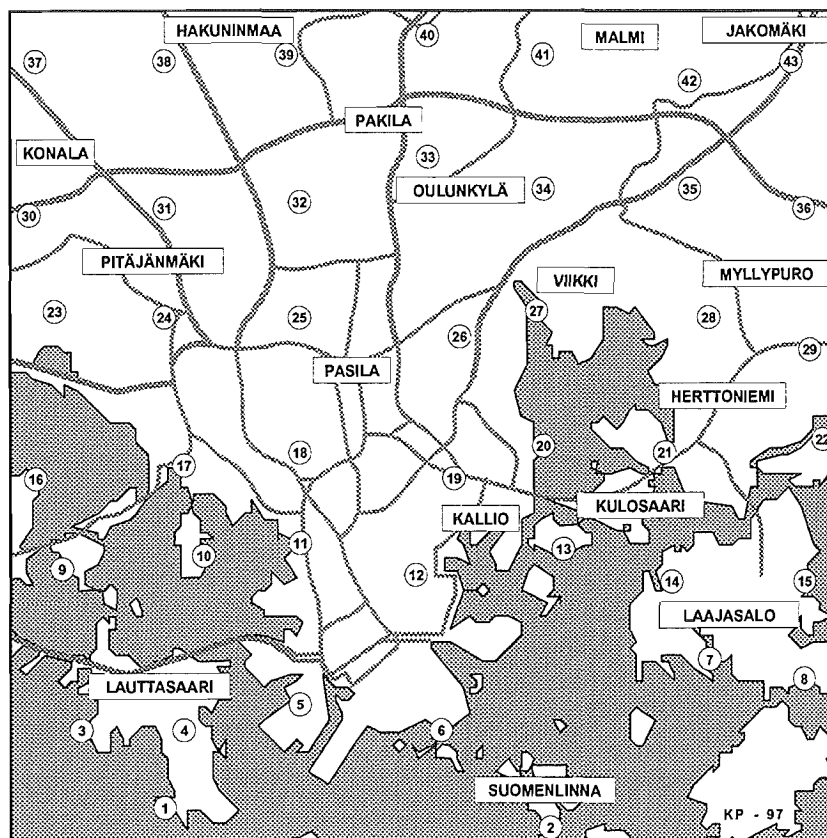
Tässä tutkimuksessa arvioidaan lumen ainepitoisuuksien ja laskeuman paikallista ja alueellista vaihtelua kaupunkiympäristössä sekä niihin vaikuttavia syitä. Vertailuaineistona arvioinnille on käytetty vuonna 1975 käynnistetyn valtakunnallisen lumen laadun seurantatutkimuksen tuloksia (Soveri, 1976, Soveri, 1985, Soveri & Peltonen, 1996).

# Aineisto ja menetelmät

# 2

## 2.1 Tutkimusalue

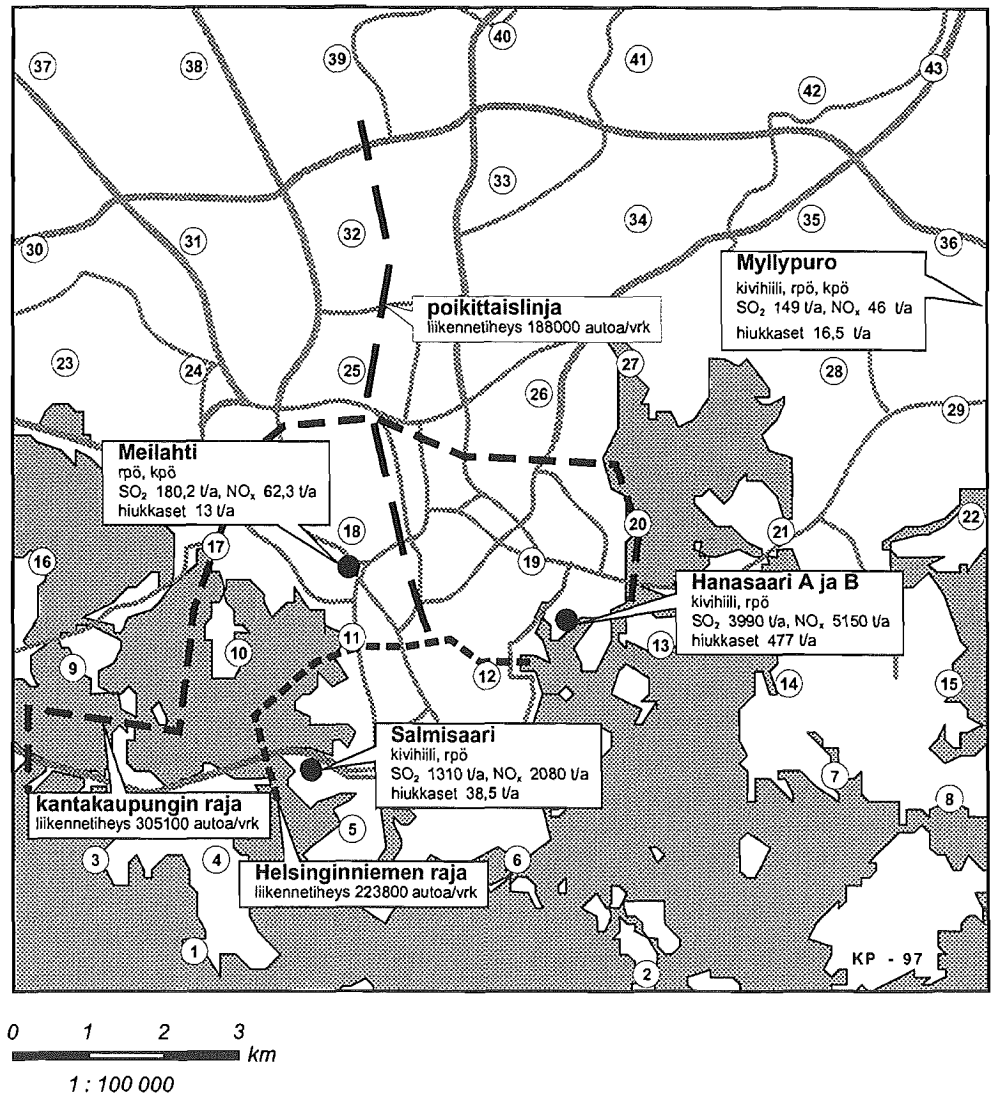
Luminäytteet otettiin 43 kohteesta. Mahdollisuuksien mukaan näytteenottopaikat sijoitettiin 2 km \* 2 km havaintoverkkoon pääasiassa Helsingin kaupungin alueella. Lisäksi otettiin näytteet Espoosta, Vantaalta ja Sipoosta 14 - 24 kilometrin etäisyydeltä tutkimusalueen keskustasta. Näytteenottopaikkojen sijainti on esitetty kuvassa 1 ja näytteenottopaikkojen maastokuvaukset ja lähimmät päästölähteet on esitetty taulukossa 1. Suomen ympäristökeskuksen ympäristötietojärjestelmän (YTJ) ilmansuojelun tietojärjestelmästä (ISR) on taulukkoon 2 valittu ne pistelähteet, jotka sijaisevat alle kahden kilometrin etäisyydellä näytteenottopisteistä. Tärkeimmät pistelähteet ja ajoneuvoliikenteen määrä Helsingissä vuonna 1996 (Kaupunkisuunnitteluvirasto) on esitetty kuvassa 2. Ajoneuvoliikenteen emisioita ja ympäristökuormitusta tarkastellessa oleellista on verrata käytetyn polttoaineen määrään ajokilometreihin. Tällöin ydinkeskustan aluetta, jossa ajoneuvojen moottoreiden käyttötuntimäärä suhteutettuna alueen pinta-alaan on suuri, voidaan suuremmassa mittakaavassa pitää lähinnä pistelähteenä.



0 1 2 3  
km  
1 : 100 000

Kuva 1. Näytteenottopaikat.

Fig. 1. Sampling locations.



Kuva 2. Tärkeimmät pistelähteet, polttoaine- ja päästötiedot sekä liikennetiheys Helsingin alueella.

Fig. 2. The most significant point sources (energy plants) and traffic densities (vehicles/day) in Helsinki study area. Combustible matter: kivihiili = coal, kpö = light fuel oil, rpö = heavy fuel oil. Hiukkaset = particles.

Taulukko 1. Näytteenottoaikaikojen kuvaus.

Table 1. Descriptions of the sampling locations.

| Näytteenottoaikka     | Etäisyys lähimpään tiehen | Merkitykselliset pistelähteet (taulukko 2.)   | Havaintopaikan kuvaus                           |
|-----------------------|---------------------------|---|---|
| Sampling location     | Distance to roads         | Significant point sources (table 2)   | Description of sampling site                    |
| 1 Särkiniemi          | 280 m                     | 1 (2,6 km)  | Kalliota, mäntyjä, rantaan 10 m                 |
| 2 Kustaanmiekka       | > 2000 m                  |   | Aukea, pensaskasvustoa                          |
| 3 Länsiulpanniemi     | 250 m                     |   | Mäntyjä, rantaan 10 m                           |
| 4 Lauttasaari         | 100 m                     | 19 (1,6 km), 23 (1,6 km)  | Puistoalue, ruohikkoa                           |
| 5 Ruoholahti          | 5 m                       | 14 (1,0 km), 19 (0,4 km), 20 (1,0 km)<br>23 (0,8 km)  | Avoin maasto, etelässä konttien varastointialue |
| 6 Pohj. Uunisaari     | 140 m                     | 14 (1,3 km), 20 (1,3 km)  | Saaren pohjoisranta, pihlajia                   |
| 7 Varisluodonkari     | 600 m                     | 28, 29, 30 ja 31 (0,6 - 0,8 km)   | Rantavyöhyke                                    |
| 8 Hevossalmi          | 280 m                     |   | Harvahko havupuusto, rantaan 10 m               |
| 9 Lehtisaari          | 220 m                     | 32 (1,4 km), 34 (1,6 km), 35 (1,6 km)   | Kallioinen pohjoisrinne, havupuita              |
| 10 Seurasaari         | 1000 m                    | 10 (2,1 km), 23 (1,9 km)  | Suojainen katve, rantaan 40 m                   |
| 11 Sibeliuksen puisto | 60 m                      | 10 (1,1 km), 13 (1,4 km), 23 (1,8 km)   | Ruohikkoinen pohjoisrinne, pensaikkoa           |
| 12 Kaisaniemi         | 110 m                     | 3 (1,3 km), 4 (1,6 km), 13 (1,4 km)<br>22 (1,7 km), 26 (1,9 km)   | Pohjoisrinne                                    |
| 13 Mustikkamaa        | 700 m                     | 3 (1,2 km), 4 (1,1 km), 22 (1,3 km)<br>26 (1,7 km), 27 (1,8 km), 31 (2,0 km)                            | Länsirinne, suojainen aukea                     |
| 14 Laajasalo          | 30 m                      | 1 (1,9 km), 2 (1,9 km), 28 (1,0 km)<br>29 (0,7 km), 30 (0,8 km), 31 (0,6 km)                            | Pohjoisrinne, rantaan 15 m                      |
| 15 Yliskylä           | 150 m                     |   | Niittykasvustoa, itäpuolella havupuita          |
| 16 Otaniemi           | 60 m                      | 32 (1,5 km), 34 (1,6 km), 35 (0,7 km)   | Sekametsäkaistale, rantaan 5 m                  |
| 17 Saunalahti         | 50 m                      | 10 (1,9 km), 15 (2,1 km)  | Luoteisrinne, puistikko                         |
| 18 Laakso             | 150 m                     | 10 (0,3 km), 13 (1,5 km), 15 (1,6 km)   | Kallioinen luoteisrinne, havupuita              |
| 19 Vallila            | 15 m                      | 3 (1,2 km), 4 (1,1 km), 5 (1,4 km)<br>13 (1,1 km), 21 (1,5 km), 22 (0,9 km)<br>26 (0,6 km), 27 (0,7 km) | Aidattu nurmialue                               |
| 20 Hermanninranta     | 200 m                     | 3 (1,7 km), 4 (1,3 km), 5 (1,0 km)<br>25 (1,7 km), 26 (1,1 km), 27 (0,9 km)                             | Täyttömaa                                       |
| 21 Herttoniemi        | 15 m                      | 1 (0,6 km), 2 (0,4 km), 21 (1,4 km)   | Pohjoisrinne, lehtipuita                        |
| 22 Tammisalo          | 110 m                     | 1 (1,7 km), 2 (1,8 km)  | Pohjoisrinne, koivikko                          |
| 23 Vermo              | 470 m                     | 8 (1,8 km), 33 (1,0 km)   | Pohjoisrinne, lehtipuita                        |
| 24 Tali               | 140 m                     | 8 (1,9 km), 15 (1,6 km)   | Lehtipuumetsikkö                                |
| 25 Ilmala             | 15 m                      | 15 (0,7 km)   | Havu- ja lehtipuita                             |
| 26 Kumpula            | 200 m                     | 5 (1,2 km), 7 (0,9 km), 21 (0,9 km)<br>25 (0,9 km), 27 (2,0 km)   | Koillisrinne, sekametsikkö                      |
| 27 Vanhakaupunki      | 150 m                     | 5 (1,7 km), 7 (1,3 km), 21 (1,6 km)<br>25 (0,8 km)  | Puustomainen rantakaistale                      |
| 28 Länsi-Herttoniemi  | 170 m                     |   | Lounaisrinne, havupuumetsikkö                   |
| 29 Roihuvuori         | 60 m                      |   | Havupuumetsikkö                                 |
| 30 Mäkkylä            | 200 m                     | 8 (1,5 km), 9 (1,3 km), 11 (1,5 km)<br>33 (1,1 km)  | Havupuumetsikkö                                 |
| 31 Pohjois-Haaga      | 80 m                      | 6 (0,9 km), 8 (0,9 km), 9 (2,0 km)<br>16 (0,9 km)   | Avoin metsikkö                                  |
| 32 Pirkkola           | 20 m                      | 6 (1,2 km), 16 (1,6 km)   | Pajukkoa ja lehtipuita                          |
| 33 Oulunkylä          | 15 m                      | 7 (1,7 km), 17 (1,5 km)   | Metsäkaistale                                   |
| 34 Veräjänmäki        | 300 m                     | 7 (1,8 km), 17 (1,1 km)   | Metsäinen rantakaistale (Vantaanjoki)           |
| 35 Latokartano        | 30 m                      |   | Pohjoisrinne, metsikkö                          |
| 36 Myllypuro          | 100 m                     | 12 (1,3 km)   | Sekametsää                                      |
| 37 Malminkartano      | 130 m                     | 9 (1,4 km), 11 (1,1 km), 24 (0,5 km)  | Havupuumetsikkö                                 |
| 38 Kaarela            | 440 m                     | 9 (1,9 km), 11 (1,9 km), 16 (1,6 km)  | Puistikko, koristekuusia                        |
| 39 Länsi-Pakila       | 110 m                     |   | Havumetsä                                       |
| 40 Tuomarinkartano    | 160 m                     |   | Havumetsä                                       |
| 41 Pukinmäki          | 240 m                     | 17 (1,1 km)   | Pohjoisrinne, metsikkö                          |
| 42 Ala-Malmi          | 220 m                     |   | Länsirinne, pensaita ja lehtipuita              |
| 43 Tattariharju       | 50 m                      | 18 (1,9 km)   | Sekametsää, pajukkoa                            |

Taulukko 2. Tutkimusalueella (< 2 km) sijaitsevat merkittävät pistelähteet. Päästötiedot vuodelta 1993 (YTJ/ISR).  
Polttoaineet: kpö = kevyt polttoöljy, rpö = raskas polttoöljy.

Table 2. Significant point sources (energy plants) located at the Helsinki study area. Emission data from FEI's register for air pollution control (YTJ/ISR), 1993. Combustible matter: Kaasu = gas, kpö = light fuel oil, Kivihiili = coal, rpö = heavy fuel oil.

| Päästölähde<br>Point source                     | Päästöt (tonnia/vuosi)<br>emissions (t/y) |                 |                       | Polttoaine<br>Fuel   |
|---|---|-----------------|-----------------------|----------------------|
|   | NO <sub>x</sub>                           | SO <sub>2</sub> | hiukkaset (particles) |                      |
| 1 Öljynpuristamo Oy                             |   |                 | 16                    |                      |
| 2 Suomen Unilever Oy, höyryvoimala              | 7,60                                      | 1,0             |                       | kaasu, kpö           |
| 3 Hanasaaren A-laitos                           | 1510                                      | 2800            | 335                   | kivihiili, rpö       |
| 4 Hanasaaren B-laitos                           | 3640                                      | 1190            | 142                   | kivihiili, rpö       |
| 5 Kyläsaaren jätevedenpuhdistamo                | 20,5                                      | 0,24            |                       | biokaasu, kaasu, kpö |
| 6 Haaga III Lämpö Oy                            | 17,4                                      | 32,5            | 1,38                  | rpö                  |
| 7 H:gin kaupungin keskuspesula                  | 7,08                                      | 3,40            | 0,43                  | kpö                  |
| 8 Valio Pitäjänmäki                             | 5,72                                      | 0,002           | 0,001                 | kaasu, kpö, rpö      |
| 9 Hartwall Oy/Amri                              | 2,62                                      |                 |                       | kaasu                |
| 10 Meilahden voimakeskus                        | 62,3                                      | 180,2           | 13                    | rpö, kpö             |
| 11 Lindströmin pesula                           | 2,31                                      |                 |                       | kaasu                |
| 12 Myllypuron voimalaitos                       | 46,0                                      | 149             | 16,5                  | kivihiili, rpö, kpö  |
| 13 Alppilan huippu ja varalämpökeskus           | 0,50                                      | 0,90            | 0,23                  | rpö                  |
| 14 Munkkisaaren huippu- ja varalämpökeskus      | 3,00                                      | 9,20            | 0,40                  | rpö                  |
| 15 Ruskeasuon huippu- ja varalämpökeskus        | 6,80                                      | 22,3            | 0,40                  | rpö, kpö             |
| 16 Lassilan huippu- ja varalämpökeskus          | 15,7                                      | 34,7            | 1,50                  | rpö, kpö             |
| 17 Patolan huippu- ja varalämpökeskus           | 25,3                                      | 69,7            | 1,90                  | rpö, kpö             |
| 18 Jakomäen huippu- ja varalämpökeskus          | 0,30                                      | 1,00            | 0,20                  | rpö                  |
| 19 Kellosaaren kaasuturbiini                    | 2,00                                      | 0,90            | 2,00                  | kpö                  |
| 20 Kvaerner Masa-Yards Oy, telakka              | 7,79                                      | 9,80            | 2,42                  | kpö, rpö, kaasu      |
| 21 Kotisaari                                    | 3,84                                      | 11,2            | 0,67                  | rpö                  |
| 22 Kaupunkikaasutehdas                          | 3,66                                      |                 |                       | kaasu                |
| 23 Salmisaaren voimalaitokset                   | 2080                                      | 1310            | 38,5                  | kivihiili, rpö       |
| 24 Konalan asfalttiasema                        | 2,02                                      | 1,29            | 0,14                  | kpö                  |
| 25 Arabian tehdas                               | 8,10                                      | 0,10            | 5,10                  | kaasu, kpö           |
| 26 Tarttuvien tautien klinikka (ELKK)           | 0,053                                     | 0,025           | 0,01                  | kpö                  |
| 27 Eläinlääkintä- ja elintarv. laitos (jp-uuni) | 0,60                                      |                 | 0,20                  | kaasu                |
| 28 Esso Oy Ab, H:gin keskusvarasto              | 3,90                                      | 1,95            | 0,78                  | kpö                  |
| 29 Neste Alfa voiteluainetehdas                 | 2,20                                      | 0,70            | 0,45                  | kpö                  |
| 30 Neste Oy, Helsingin varasto                  | 0,13                                      | 0,10            | 0,03                  | kpö                  |
| 31 Shell Oy, polttonestevarasto                 | 8,90                                      | 20,3            | 5,40                  | rpö                  |
| 32 Keskuslaboratorio Oy                         | 1,07                                      | 0,40            | 0,21                  | kpö                  |
| 33 Vermon lämpökeskus                           | 11,6                                      | 12,0            | 0,51                  | rpö, kaasu           |
| 34 Otaniemen lämpökeskus                        | 0,46                                      | 1,40            | 0,03                  | rpö                  |
| 35 Otaniemen voimalaitos                        | 11,0                                      | 31,0            | 1,20                  | rpö                  |

## 2.2 Näytteenotto ja analyysimenetelmät

Laskeumanäytteet voidaan ottaa koko lumikerroksesta kokoomanäytteinä, jolloin ne edustavat koko talvikauden laskeumaa, tai ne voidaan myös stratigrafisesti erottaa lumen eri kerrostumista, jolloin näyte edustaa vain tietyn ajanjakson laskeumaa. Tässä tutkimuksessa luminäytteistä kerättiin kokoomanäytteet työntämällä tasaisella pistolla näytteenotin pystysuoraan lumipeitteeseen, jolloin näyte edusti koko talvikauden laskeumaa. Näytteenottopistoja tehtiin jokaisessa kohteessa kolmesta viiteen noin 100 m<sup>2</sup> alueelta, jolloin tässä yksittäisen näytteenotto-paikan tulos edustaa itseasiassa aluearvoa eli useamman näytteen keskipitoisuutta ja laskeumaa.

Näytteenottopaikat valittiin mahdollisimman häiriintymättömästä lumipeitteestä siten, että ne edustivat tutkimusalueen keskimääräistä lumitilannetta. Näytteenottopaikkoja valittaessa vältettiin paikkoja, joilla on tapahtunut tuulten aiheuttamaa lumen poiskuljetusta, kasautumista tai pidättymistä kasvillisuuteen. Tiheimmin rakennetuilla alueilla näytteenottopaikkojen valinnassa vältettiin kohteita, joissa liikenne aiheutti selviä roiskeita. Lisäksi kaupunkialueen näytteenottopaikoilla kiinnitettiin erityistä huomiota mahdollisten sivilisaatiokontaminaatioiden välttämiseen. Näytteenottopaikan alueellinen edustavuus testattiin aina lumensyvyysmittauksilla. Näytteiden otto ja -käsittely perustui Suomen ympäristökeskuksessa yleisesti käytössä oleviin menetelmiin (Soveri, 1976, Soveri, 1985 ja Mäkelä et al., 1992).

Näytteet varastoitiin näytteenottopaikalla kaksinkertaisiin viiden litran polyeteenimuovipusseihin ja kuljetettiin styrox-kylmälaukuissa pakastinvarastoon. Ennen analysointia näytteet sulatettiin huoneenlämpötilassa. Mahdolliset neulaset ym. kasvijätteet siivilöitiin näytteistä karkealla polyeteenikiekosta valmistetulla suotimella, johon on porattu läpimitaltaan noin kahden millimetrin reikiä. Näytteet homogenoitiin polyeteeniasioissa ravistamalla, minkä jälkeen raskasmetallianalyysijä varten erotettiin 125 ml näytteet, jotka kestävästiin.

Luminäytteistä tehtiin seuraavat analyysit Suomen ympäristökeskuksen laboratoriossa: sähkönjohtavuus, pH, kokonaistyyppi ( $N_{tot}$ ), nitraattityppi ( $N_{NO_3}$ ), ammoniumtyppi ( $N_{NH_4}$ ), kloridi (Cl), rauta (Fe), mangaani (Mn), sulfaatti ( $SO_4$ ), natrium (Na), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), alumiini (Al), arseeni (As), kadmium (Cd), koboltti (Co), kromi (Cr), kupari (Cu), lyijy (Pb), molybdeeni (Mo), sinkki (Zn) ja vanadiini (V). Käytetyt analyysimenetelmät on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Tutkimuksessa käytetyt analyysimenetelmät.

Table 3. Analytical methods used by the FEI.

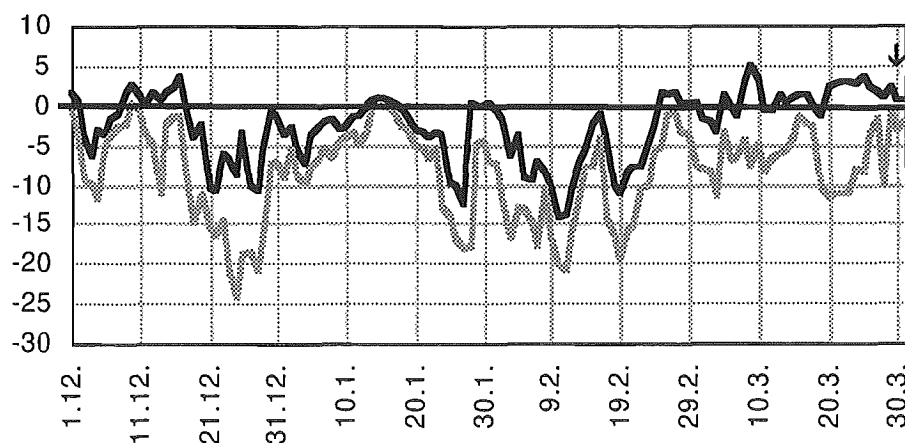
| Muuttuja                | Menetelmä   |
|-------------------------|---|
| Sähkönjohtavuus         | Mittaus platinaelektrodilla lämpötilassa 25°C (SFS 3022).   |
| pH                      | Potentiometrinen määrittäminen lämpötilassa 25°C (SFS 3021).  |
| $N_{tot}$               | Tyypin määrittäminen peroksidisulfaattihapetuksen jälkeen, Lachat automaattianalyysiaattori (modifioitu SFS 3031).  |
| $N_{NO_3}$              | Nitriitti- ja nitraattityypin summan määrittäminen. Tuloksesta vähennetään SFS 3029 mukainen nitriittityypin määrä, Lachat automaattianalyysiaattori (modifioitu SFS 3030). |
| $N_{NH_4}$              | Spektrofotometrinen menetelmä (SFS 3032).   |
| Cl                      | Ionikromatografinen menetelmä.  |
| $SO_4$                  | Ionikromatografinen menetelmä.  |
| K, Na                   | Atomiabsortiospektrofotometrinen määrittäminen, liekkimenetelmä (SFS 3017).   |
| Mg, Ca                  | Atomiabsortiospektrofotometrinen määrittäminen, liekkimenetelmä (SFS 3018).   |
| Fe, Mn, Al, As, Cd, Co, |   |
| Cr, Cu, Pb, Mo, Zn, V   | Määrittäminen ICP-MS:llä, Perkin-Elmer Sciex Elan 5000 laitteella.  |

## 2.3 Meteorologiset olosuhteet

Ilman epäpuhtauspitoisuudet ja laskeumat vaihtelevat ajallisesti ja paikallisesti sääolosuhteiden mukaan. Ympäristöä kuormittavien aineiden leviäminen päästölähteistä ja niiden kulkeutuminen laskeuma-alueille riippuu pääasiassa tuulen suunnasta ja nopeudesta sekä ilmakehän tasapainotilasta. Ilmakehä on erityisen stabiili ns. inversiotilanteessa, jossa ilman lämpötila normaalitilanteesta poiketen nousee korkeuden kasvaessa. Liikenteen päästöistä johtuvat ilman epäpuhtauspitoisuudet ovat yleensä suurimmillaan stabiileissa ja heikottuulisissa tilanteissa, jolloin myös paikallisten päästölähteiden vaikutus lähiympäristön laskeumaan on suurin. Stabiilitilanteet ovat yleisimpiä talvella.

Maaston erityispiirteiden ja varsinkin rakennetun ympäristön vaikutukset paikallisiin tuuliolosuhteisiin tulevat korostetusti esille kaupunkialueella. Harvaan rakennettujen esikaupunkialueiden ilman epäpuhtauspitoisuuksia ja laskeumaa kontrolloivat tuuliolosuhteet poikkeavat yleensä merkittävästi kaupunkien tiheästi kaavoitettujen keskusta-alueiden olosuhteista. Ydinkeskustan rakennusten muodostamissa katukuiluissa ilman virtauskenttä saattaa olla hyvinkin monimutkainen. Yleisesti voidaan sanoa, että kaupunkialueella katujen varsilla mitatuista pitoisuuksista enintään viidesosa on kulkeutunut kauempaa kuin lähikaduilta (Pohjola et al., 1989). Myös maaston topografia ja kasvipeitteen laatu ja runsaus vaikuttavat epäpuhtauksien leviämiseen. Koska edustavien näytteiden ottaminen ydinkeskustasta on yleensä mahdotonta, on tämän tutkimuksen näytteenottoaikat valittu tiheän katuverkoston ulkopuolelta.

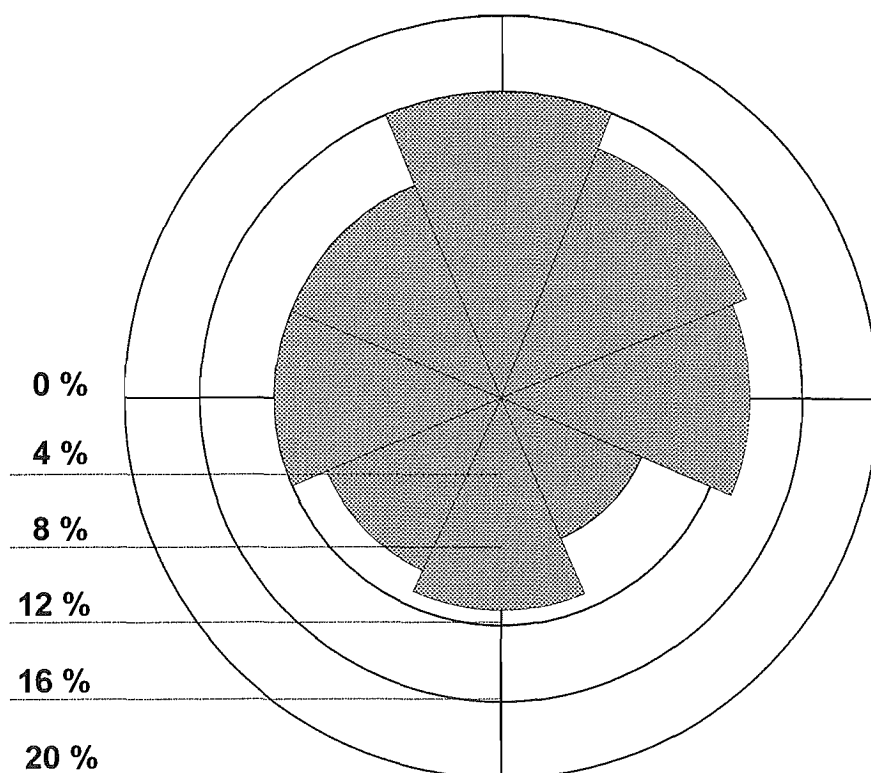
Talvikausi 1995-1996 Helsingissä oli normaalia kylmempi. Keskilämpötilat olivat Ilmatieteen laitoksen mukaan Kaisaniemessä joulun ja helmikuussa kolmen astetta ja maaliskuussa asteen normaalia kylmempiä. Tammikuussa lämpötila oli puoli astetta pitkän ajan keskiarvoa korkeampi. Tutkimusjakson aikana ainoastaan kolmena päivänä (1.12., 10.12. ja 29.3.) vuorokauden alin lämpötila ylitti 0°C. Vuorokauden minimi- ja maksimilämpötilat on esitetty kuvassa 3 (Ilmatieteen laitos, 1995, 1996a, 1996b, 1996c).



Kuva 3. Vuorokauden minimi- ja maksimilämpötila Helsingin Kaisaniemessä ajalla 1.12.1995 - 31.3.1996. Näytteenottoajankohta merkitty nuolella.

Fig. 3. Daily minimum and maximum air temperature at Kaisaniemi observation station in Helsinki during 1.12.1995 - 31.3.1996. The arrow marks the sampling date.





Kuva 4. Tuulen suunnan suhteellinen jakauma Helsinki-Vantaan lentoasemalla ajalla 1.12.1995 - 31.3.1996.

Fig 4. Prevailing winds at Helsinki-Vantaa International Airport during 1.12.1995 - 31.3.1996.

Taulukko 4. Erisuuntaisten tuulien lukuisuudet (%) Helsinki-Vantaan lentoasemalla ajalla 1.12.1995 - 31.3.1996 (Ilmatieteen laitos, 1995, 1996a, 1996b, 1996c).

Table 4. Percentages of the prevailing winds at the Helsinki-Vantaa International Airport during 1.12.1995 - 31.3.1996.

| Ajankohta      | N  | NE | E  | SE | S  | SW | W  | NW | Tyyntä |
|----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|
| 1.12. - 31.12. | 18 | 11 | 4  | 6  | 7  | 9  | 19 | 16 | 8      |
| 1.1. - 31.1.   | 14 | 20 | 17 | 7  | 5  | 17 | 9  | 10 | 1      |
| 1.2. - 28.2.   | 17 | 15 | 7  | 8  | 19 | 8  | 10 | 14 | 2      |
| 1.3. - 31.3.   | 13 | 11 | 24 | 12 | 13 | 6  | 8  | 6  | 6      |
| 1.12. - 31.3   | 16 | 14 | 13 | 8  | 11 | 10 | 12 | 12 | 4      |

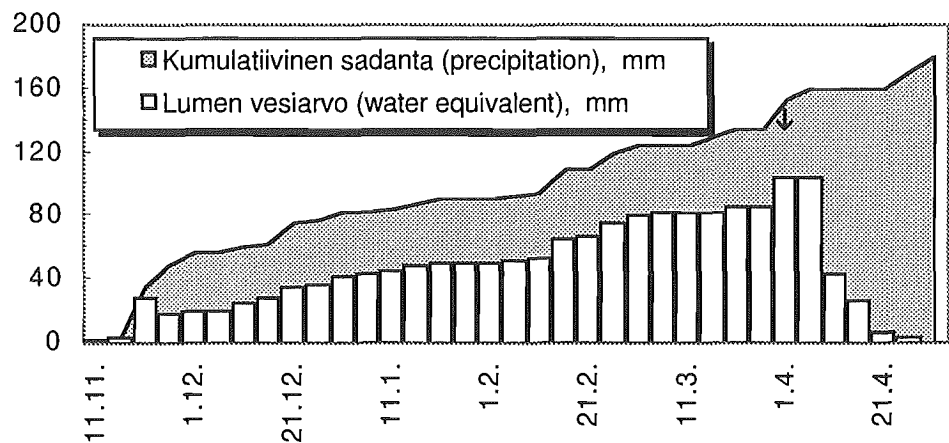
Vallitsevat tuulet tarkasteltavana ajanjaksona olivat pohjoisesta, koillisesta ja idästä, joiden osuus tuulijakaumasta oli 43 %. Yleisesti arvioiden tuulijakauma oli alueella hyvin symmetrinen, mitään selvää vallitsevaa tuulensuuntaa ei voitu todeta (kuva 4 ja taulukko 4).

Rikkidioksidin kaukokulkeutuminen on yleisempää talvella kuin kesällä. Talvella suuremman lämmityksen seurauksena rikkipäästöt ilmaan lisääntyvät. Alhaisissa lämpötiloissa rikkidioksidin hapettuminen sulfaatiksi on hidasta ja näinollen kulkeutumismatkat tuuliolosuhteista riippuen ovat yleensä pitkiä. Myös kaasumaiset tyyppiyhdisteet kulkeutuvat kauas emissiolähteiltä. Keskustan alueella rakennukset rajoittavat liikenteen nostattaman pölyn ja pakokaasujen leviämistä. Olosuhteista riippuen liikenteen aiheuttama pölyyn sitoutunut laskeumakuormitus saattaa kaupunkialueella olla hyvinkin paikallista.

## 2.4 Laskeuman määrittäminen

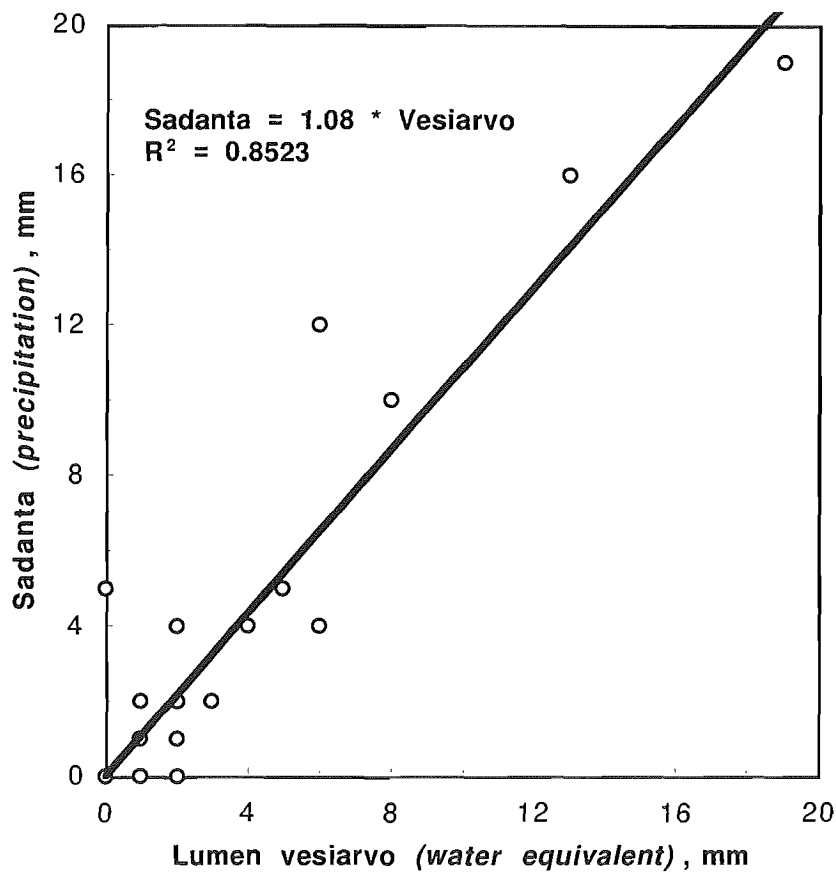
Lumipeite toimii luontaisena laskeuma-alustana, johon ilman epäpuhtaudet kerrostuvat. Ilman kautta tapahtuvaa kuormitusta voidaan arvioida lumen ainekoostumuksen, lumen vesiarvon sekä laskeuma-aikatietojen avulla. Ainepitoisuudet muutetaan laskeumaksi kertomalla pitoisuusarvot lumen vesiarvon ( $\text{mm} = 1 \text{ m}^2$ ) ja laskeuma-ajan (vrk) osamäärällä (Soveri, 1985).

Pysyvän lumipeitteen vesiarvo ylitti 5 mm 17.11.1995, jota voidaan pitää luminäytteenottoon perustuvassa laskeumanmäärittämisessä ensimmäisenä mahdollisena talvikauden laskeumaperiodin alkujankohtana. Jos laskeumakauden alkujankokohdaksi valitaan 17.11., oli lumipeitteen vesiarvo näytteenottohetkellä (28.-31.3.1996) 68 % vastaavan aikajakson sadannasta. Ero johtui pääasiassa ensimmäisen kahden viikon aikana tapahtuneesta lumipeitteen osittaisesta sulamisesta ja vetenä tulleesta sadannasta. Koska alkutalvesta tapahtuneen sulamisen vaikutus lumipeitteen ainepitoisuuksiin näytteenottohetkellä on vain muutaman prosenttiyksikön suuruusluokkaa — huomattavasti vähäisempi virhelähde verrattuna vesiarvon ja kokonaissadannan eron aiheuttamaan laskeuman määrän aliarviointiin — valittiin laskeuma-ajan alkupäivämääräksi 1.12.1995, jolloin lumen vesiarvot vastasivat hyvin kumuloituvaa sademäärää (kuva 5). Viiden vuorokauden sadannan ja lumen vesiarvon lisäyksen regressioanalyysi ajalta 2.12.1995 - 1.4.1996 on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Kumulatiivinen sadanta ja lumen vesiarvo Vantaanjoen valuma-alueella talvikaudella 1995-1996. Näytteenottoajankohta merkitty nuolella.

Fig 5. Cumulative precipitation and water equivalent of snow at the river Vantaa drainage basin during the winter period of 1995-1996. The arrow marks the sampling date.



Kuva 6. Sadanta ja lumen vesiarvon lisäys viiden vuorokauden jaksoina 2.12.1995 - 1.4.1996.

Fig. 6. Precipitation and water equivalent of snow in five day periods during 2.12.1995 - 1.4.1996.

Lumipeitteestä haihtuu Etelä-Suomessa keskimäärin (1951-80) noin 20 - 30 mm 16.12. - 15.3. välisenä aikana (Kuusisto, 1984). Syke:n suorittamien lumen vesiarvomittausten mukaan talvella 1995-96 joului-, tammi-, helmi- ja maaliskuun aikana sadannan ja lumen vesiarvon lisäyksen erotus oli 19 mm (Hydrologinen kuu-kausitiedote, 1995-1996), mikä tässä arvioidaan haihdunnan osuudeksi, eikä näinollen aiheuta virhettä laskeuma-arvoihin käytettäessä laskeumayhtälössä lumen vesiarvoa.

Maaliskuun lopussa tapahtuneista lumisateista johtuen lumen vesiarvo lisääntyi näytteenotajankohtana (28.3. - 31.3.1996) 13 millimetriä. Laskeuman määrittämisessä käytetyt lumen vesiarvot ja laskeuma-ajan vastaavat kokonaissadannat olivat näytteenottopäivinä seuraavat: 28.3. 91 (110) mm, 29.3. 97 (116) mm, 30.3. 100 (119) mm ja 31.3. 104 (123) mm.

Talvella 1995-96 oli Helsingin alueella poikkeuksellisen pitkä yhtenäinen lumijakso. Talvi oli erinomaisen hyvä lumitutkimuksen suorittamiseen, koska välillä ei tapahtunut lumen sulamista ja aineiden poistumista. Pitkä laskeuma-aika lisää merkittävästi myös tulosten luotettavuutta. Tässä tutkimuksessa laskeuma-ajan pituus oli neljä kuukautta. Näytteet otettiin mahdollisimman myöhään, kuitenkin ennen sulamisen varsinaista alkamista, sillä sulamisveden ensimmäisen 30 % mukana poistuu jo 44 - 76 % lumen epäpuhtauksista (Johannessen ja Henriksen, 1978).

# 3

## Tulokset ja niiden tarkastelu

### 3.1 Lumen ainepitoisuudet ja laskeuma

Helsingin alueen lumenäytteiden ainepitoisuudet on esitetty liitteessä 1. Pitoisuuksien keskiarvot, mediaanit, minimi- ja maksimi-arvot, keskihajonnat, määrittäysrajat sekä määrittäysrajan alittavien pitoisuuksien prosenttimäärät on esitetty taulukossa 5. Pitoisuusarvoista lasketut vastaavat kuukausilaskeuma-arvot on esitetty liitteessä 2 ja taulukossa 6. Laskeuma-arvojen laskennassa määrittäysrajan alittavat arvot on korvattu määrittäysrajan puolittavalla arvolla.

Taulukko 5. Lumenäytteiden ainepitoisuuksien tilastollisia tunnuslukuja Helsingin alueelta talvikaudella 1995-1996 (n=43).

Table 5. Parameters of the snow analyses in the Helsinki study area during the winter period of 1995-1996 (n=43).

|                  | Yksikkö            | Keskiarvo | Mediaani | Minimi  | Maksimi | Keski-<br>hajonta     | Määrittäys-<br>raja | < määrittäys-<br>raja |
|------------------|--------------------|-----------|----------|---------|---------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
|                  | Unit               | Mean      | Median   | Minimum | Maximum | Standard<br>deviation | Detection<br>limit  | < detection<br>limit  |
| $\mu_{25}$       | mS m <sup>-1</sup> | 3,79      | 3,41     | 2,44    | 6,88    | 1,14                  |                     |                       |
| pH               |                    | 4,91      | 4,70     | 4,30    | 6,00    | 0,45                  |                     |                       |
| N <sub>tot</sub> | mg l <sup>-1</sup> | 1,64      | 1,60     | 0,790   | 2,50    | 0,389                 | 0,025               |                       |
| N <sub>NO3</sub> | mg l <sup>-1</sup> | 0,753     | 0,710    | 0,490   | 1,12    | 0,171                 | 0,03                |                       |
| N <sub>NH4</sub> | mg l <sup>-1</sup> | 0,618     | 0,590    | 0,150   | 1,30    | 0,196                 | 0,025               |                       |
| Cl               | mg l <sup>-1</sup> | 3,00      | 2,30     | 0,70    | 9,6     | 2,19                  | 0,1                 |                       |
| SO <sub>4</sub>  | mg l <sup>-1</sup> | 5,00      | 4,70     | 2,90    | 8,10    | 1,25                  | 0,5                 |                       |
| K                | mg l <sup>-1</sup> | 0,62      | 0,46     | 0,12    | 2,20    | 0,44                  | 0,01                |                       |
| Na               | mg l <sup>-1</sup> | 1,66      | 1,30     | 0,35    | 5,20    | 1,18                  | 0,01                |                       |
| Mg               | mg l <sup>-1</sup> | 0,22      | 0,20     | 0,08    | 0,37    | 0,07                  | 0,01                |                       |
| Ca               | mg l <sup>-1</sup> | 1,69      | 1,50     | 0,77    | 3,40    | 0,70                  | 0,01                |                       |
| Fe               | µg l <sup>-1</sup> | 190       | 143      | 42,5    | 696     | 154                   | 1,15                |                       |
| Mn               | µg l <sup>-1</sup> | 16,6      | 12,5     | 3,96    | 35,3    | 9,20                  | 0,06                |                       |
| Al               | µg l <sup>-1</sup> | 194       | 136      | 75,9    | 893     | 174                   | 0,26                |                       |
| As               | µg l <sup>-1</sup> | 0,59      | 0,55     | 0,32    | 0,98    | 0,17                  | 0,06                |                       |
| Cd               | µg l <sup>-1</sup> | 0,09      | 0,08     | <0,03   | 0,40    | 0,06                  | 0,03                | 7,0 %                 |
| Co               | µg l <sup>-1</sup> | 0,29      | 0,26     | 0,09    | 0,79    | 0,16                  | 0,03                |                       |
| Cr               | µg l <sup>-1</sup> | 0,47      | 0,40     | 0,15    | 2,57    | 0,40                  | 0,10                |                       |
| Cu               | µg l <sup>-1</sup> | 6,16      | 4,62     | 0,95    | 36,0    | 6,78                  | 0,07                |                       |
| Pb               | µg l <sup>-1</sup> | 3,94      | 3,62     | 0,65    | 11,1    | 1,74                  | 0,03                |                       |
| Mo               | µg l <sup>-1</sup> | 0,15      | 0,12     | 0,04    | 0,41    | 0,08                  | 0,03                |                       |
| Zn               | µg l <sup>-1</sup> | 31,4      | 22,9     | 7,29    | 346     | 50,5                  | 0,29                |                       |
| V                | µg l <sup>-1</sup> | 6,50      | 5,65     | 1,10    | 29,1    | 4,33                  | 0,03                |                       |

Taulukko 6. Laskeuman tunnuslukuja Helsingin alueella talvikaudella 1995-1996 (n=43).

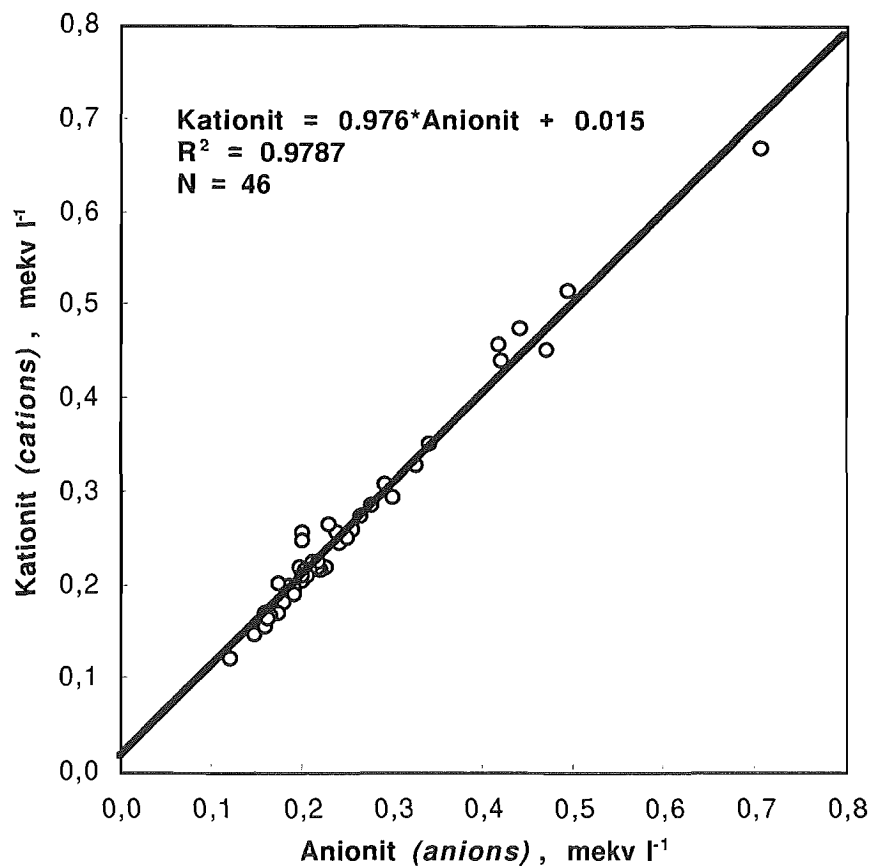
Table 6. Parameters of the deposition in the Helsinki study area during the winter period of 1995-1996 (n=43).

|                  | Yksikkö                               | Keskiarvo | Mediaani | Minimi  | Maksimi | Keskihajonta       |
|------------------|---------------------------------------|-----------|----------|---------|---------|--------------------|
|                  | Unit                                  | Mean      | Median   | Minimum | Maximum | Standard deviation |
| H <sup>+</sup>   | µekv m <sup>-2</sup> kk <sup>-1</sup> | 427       | 462      | 23,1    | 1253    | 278                |
| N <sub>tot</sub> | mg m <sup>-2</sup> kk <sup>-1</sup>   | 39,6      | 39,1     | 20,4    | 61,1    | 9,60               |
| N <sub>NO3</sub> | mg m <sup>-2</sup> kk <sup>-1</sup>   | 18,2      | 17,4     | 11,3    | 27,4    | 4,32               |
| N <sub>NH4</sub> | mg m <sup>-2</sup> kk <sup>-1</sup>   | 14,9      | 14,1     | 3,9     | 32,5    | 4,82               |
| Cl               | mg m <sup>-2</sup> kk <sup>-1</sup>   | 72,2      | 56,9     | 71,7    | 225     | 51,6               |
| SO <sub>4</sub>  | mg m <sup>-2</sup> kk <sup>-1</sup>   | 121       | 115      | 16,2    | 203     | 30,1               |
| K                | mg m <sup>-2</sup> kk <sup>-1</sup>   | 15,1      | 10,9     | 2,93    | 53,8    | 10,8               |
| Na               | mg m <sup>-2</sup> kk <sup>-1</sup>   | 40,0      | 32,1     | 8,10    | 128     | 27,8               |
| Mg               | mg m <sup>-2</sup> kk <sup>-1</sup>   | 5,41      | 4,87     | 1,85    | 8,56    | 1,79               |
| Ca               | mg m <sup>-2</sup> kk <sup>-1</sup>   | 40,7      | 36,7     | 17,8    | 82,5    | 16,4               |
| Fe               | mg m <sup>-2</sup> kk <sup>-1</sup>   | 4,61      | 3,58     | 0,98    | 17,4    | 3,74               |
| Mn               | µg m <sup>-2</sup> kk <sup>-1</sup>   | 402       | 91,6     | 91,6    | 863     | 225                |
| Al               | mg m <sup>-2</sup> kk <sup>-1</sup>   | 4,67      | 3,30     | 1,76    | 20,7    | 4,11               |
| As               | µg m <sup>-2</sup> kk <sup>-1</sup>   | 14,3      | 13,2     | 7,63    | 24,5    | 2,29               |
| Cd               | µg m <sup>-2</sup> kk <sup>-1</sup>   | 2,18      | 1,96     | 0,35    | 10,0    | 1,48               |
| Co               | µg m <sup>-2</sup> kk <sup>-1</sup>   | 7,11      | 6,36     | 2,08    | 19,8    | 3,98               |
| Cr               | µg m <sup>-2</sup> kk <sup>-1</sup>   | 11,5      | 9,49     | 3,67    | 64,3    | 9,90               |
| Cu               | µg m <sup>-2</sup> kk <sup>-1</sup>   | 149       | 114      | 22,0    | 880     | 163                |
| Pb               | µg m <sup>-2</sup> kk <sup>-1</sup>   | 95,6      | 89,8     | 15,0    | 278     | 43,2               |
| Mo               | µg m <sup>-2</sup> kk <sup>-1</sup>   | 3,56      | 2,93     | 0,93    | 10,3    | 1,87               |
| Zn               | µg m <sup>-2</sup> kk <sup>-1</sup>   | 764       | 532      | 169     | 8650    | 1262               |
| V                | µg m <sup>-2</sup> kk <sup>-1</sup>   | 168       | 138      | 25,5    | 712     | 106                |

### 3.2 Ionitasapaino

Analyysitulosten luotettavuutta voidaan arvioida ionitaselaskelmien avulla. Luminäytteistä analysoitujen tärkeimpien kationien (H<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> ja Mg<sup>2+</sup>) ja anionien (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ja Cl<sup>-</sup>) yhteenlasketut ekvivalenttipitoisuudet on esitetty kuvassa 7. Aineistosta 5 näytettä oli yli 5 % ja 2 näytettä yli 10 % (10,2 % ja 11,9 %) epätasapainossa. Ionitasapainon poikkeama oli keskimäärin 1,18 %. Kationien ja anionien ekvivalenttipitoisuuksien mediaaniarvot (µeq/l) olivat:

$$72 \text{ Ca} > 57 \text{ Na} > 40 \text{ NH}_4 > 17 \text{ Mg} > 20 \text{ H} > 12 \text{ K} \approx 99 \text{ SO}_4 > 64 \text{ Cl} > 51 \text{ NO}_3$$



Kuva 7. Lumen pääkomponentit (kationit,  $H^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  ja anionit,  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $Cl^-$ ).

Fig. 7. The main components of snow (cations,  $H^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  and anions,  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $Cl^-$ ).

Näytteet, joissa ionivahvuudet ovat vähäisiä, analyysien epätarkkuudet yleensä korostuvat. Tässä tutkimuksessa voidaan todeta, että pääkomponenttien varaus-taseen poikkeamat ovat erittäin pieniä, jolloin myös analyysituloksia tältä osin voidaan pitää luotettavina.

### 3.3 Keskinäiset riippuvuussuhteet

Lumen ainepitoisuuksien keskinäistä riippuvuutta tutkittiin korrelaatioanalyysil-lä. Korrelaatiot kuvastavat ilmakehästä peräisin olevien laskeumakomponenttien riippuvuussuhteita, esimerkiksi yhteistä emissiolähdettä. Taulukossa 7 on esitetty koko aineistosta lasketut korrelaatiokertoimet lumen ainepitoisuuksille. Merkitsevyyss-tason 95 % (jokseenkin merkitsevä) alittavat korrelaatiot on jätetty pois taulukosta. Liikenneväylien ympäristössä ainepitoisuuksien on todettu pienenevän eksponen-tiaalisesti etäisyyden kasvaessa (Lygren et al., 1984). Tieympäristön vaikutusta eri laskeumakomponentteihin tutkittiin laskemalla viivalähteiden (kadut ja maantiet) etäisyyksien ja laskeuma-arvojen väliset Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimet. Korrelaatioita laskettaessa on huomioitu alle 2 kilometrin etäisyydellä olevat läh-teet (taulukko 1). Viivalähteiden etäisyydeksi on laskettu lähimmän liikenneväy-

län kohtisuora etäisyys jaettuna ajokaistojen lukumäärällä. Näin saatujen etäisyyksien käänteisarvojen korrelaatiot eri laskeumakomponenttien kanssa kuvaavat siisteiden läheisyyden vaikutusta lumen ainepitoisuuksiin.

Sähkönjohtavuus korreloi voimakkaasti lumen pääkomponenteista magnesiumin, natriumin, kloridin, sulfaatin, nitraatin ja kalsiumin kanssa. Raskasmetalleista sähkönjohtavuuden kanssa voimakkaimmin korreloituneita ovat arseeni, kadmium, lyijy ja sinkki.

Pääkaupungin alueella lumen pH-arvojen korrelaatiot ovat erittäin merkitseviä raudan ja kalsiumin sekä merkitseviä alumiinin ja ammoniumtyypin kanssa. Kolme ensinmainittua komponenttia liittyvät tyypillisesti maapölyyn, jolla kaupunkialueella on lumen happamuutta puskuroiva vaikutus. Raskasmetalleista molybdeenilla, koboltilla, kuparilla, kromilla ja sinkillä on erittäin merkitsevä korrelaatio pH:n kanssa.

Nitraattityppi korreloi voimakkaimmin sulfaatin kanssa, mikä liittyy energiantuotantolaitosten  $\text{NO}_x$ - ja  $\text{SO}_2$ -päästöihin. Emäskationien (K, Ca, Mg) lisäksi voimakkaat korrelaatiot ovat arseenin ja kadmiumin kanssa, mikä viittaa kivihiilivoimalaitosten päästöihin.

Ammoniumtyppi korreloi voimakkaimmin raudan sekä molybdeenin, kuparin, koboltin ja lyijyn kanssa. Lisäksi ammoniumtyypellä on suuntaa antava korrelaatio ( $r=0,253$ ,  $p=0,088$ ) liikenneväylien kanssa, joten ammoniumtyppi näyttäisi liittyvän nitraattityppeä voimakkaammin teiden ja katujen lähiympäristöön.

Sulfaatti korreloi voimakkaimmin nitraatin ja kalsiumin kanssa sekä raskasmetalleista kadmiumin kanssa. Kaikki sulfaatin korrelaatiot ovat positiivisia ja erittäin merkitseviä lukuunottamatta ammoniumtyppeä ( $r=0,469$ ,  $p=0,002$ ), kuparia ( $r=0,371$ ,  $p=0,014$ ), pH:ta ( $r=0,282$ ,  $p=0,067$ ) ja vanadiinia ( $r=0,213$ ,  $p=0,169$ ).

Kloridi korreloi erittäin voimakkaasti natriumin kanssa, mikä viittaa selvästi tiesuolaukseen. Erittäin merkitseviä korrelaatiot ovat myös maapölyn komponenttien (Ca, Mg, Al, Fe) kanssa. Raskasmetalleista voimakkaimmat korrelaatiot ovat koboltin, sinkin, molybdeenin ja kromin kanssa. Kloridin liittymistä tiepölyyn tukee myös suuntaa antava korrelaatio tieväylien kanssa.

Rauta korreloi erittäin voimakkaasti tyypillisten seosmetallien, kuten kromin, molybdeenin ja koboltin kanssa. Myös raudan ja alumiinin korrelaatio on voimakas. Alumiini korreloi myös kalsiumin kanssa. Alumiinin, raudan ja kalsiumin korrelaatioita voidaan pitää ilmentymänä maantiepölyn kemiallisesta peruskoostumuksesta ja näiden aineiden kanssa korreloivien raskasmetallien voidaan suurlta osin olettaa olevan lähtöisin ajoneuvokalustosta.

Emäskationien keskinäiset korrelaatiot ovat voimakkaimpia natriumin ja magnesiumin, natriumin ja kalsiumin sekä kaliumin ja magnesiumin välillä.

Raskasmetallien keskinäisistä korrelaatioista selvimmin erottuu kromin, molybdeenin ja koboltin ryhmä. Toisen selvästi erottuvan ryhmän muodostavat arseeni ja kadmium. Kadmiumilla on lisäksi erittäin merkitsevä korrelaatio lyijyn kanssa, minkä voidaan ajatella johtuvan siitä, että lyijy liittyy nykyään entistä voimakkaammin energiantuotannon päästöihin liikenteen merkityksen lyijyemissioiden lähteenä vähetessä. Toisaalta lyijy korreloi mm. alumiinin kanssa, mikä yhteisen emissiolähdetulkinnan perusteella voidaan katsoa liikenteestä johtuvan tiepölyn resuspendoitumisen vaikutteeksi. Sinkin voimakkaimmat korrelaatiot ovat kuparin ja koboltin kanssa.

Vanadiinin merkitsevin korrelaatio on arseenin kanssa. Korrelaatiot muiden aineiden kanssa ovat pääsääntöisesti melko heikkoja. Korrelaatioiden puuttuminen sulfaatin ja nitraatin kanssa selittyy sillä, että raskasta polttoöljyä käyttävien energiantuotantolaitosten  $\text{SO}_2$ - ja  $\text{NO}_x$ -päästöt esiintyvät pääosin kaasufaasisa, kun taas vanadiini on sitoutuneena hiukkasiin. Rikki- ja typpioksidien muun-

tuminen sulfaatiksi ja nitraatiksi on hidasta, jolloin laskeuma leviää pistelähteestä lajemmalle alueelle. Vanadiinilla on myös merkitsevä korrelaatio kaliumin ja kuparin kanssa.

Liikenneväylillä on voimakas korrelaatio pH-arvojen kanssa, mikä selittyy ajoneuvoliikenteen nostattaman pölyn neutraloivalla vaikutuksella. Lisäksi raskasmetalleista koboltilla on erittäin merkitsevä, molybdeenilla, sinkillä ja kuparilla merkitsevä ja kromilla jokseenkin merkitsevä positiivinen korrelaatio liikenneväylien kanssa. Koboltin korrelaatio selittyy nykyisissä nastarenkaissa käytettävien kovametallinastojen vaikutuksena; nastojen volframi-karbidi-piikkien sideaineena käytetään tyypillisesti 5 - 15 % kobolttia. Kromin pitoisuudet maapölyssä ovat myös usein luontaisesti korkeita. Myös rauta ja kalsium ovat merkitsevästi sekä alumiini, kloridi ja natrium jokseenkin merkitsevästi korreloituneita. Natriumin ja kloridin korrelaatiot selittyvät liukkaudentorjunnassa käytetystä natriumkloridista.

Mainituista raskasmetallien korrelaatioista voidaan päätellä, että kromi, molybdeeni ja koboltti raudan seosmetalleina ovat suureksi osaksi peräisin mm. ajoneuvojen korirakenteista, kovametallinastoista ja talviaikaan teiden kunnossapitoon käytetystä aurauskalustosta.



Taulukko 7. Spearmanin korrelaatiomatriisi lumen ainepitoisuuksille pääkaupungin alueella talvella 1995-1996. Muuttuja D\_R kuvaa näytteenottoaikkojen etäisyyttä lähimpiin liikenneväyliin.

Table 7. Spearman correlation coefficients for substances in urban snow in Helsinki study area. Parameter D\_R indicates the proximity of traffic routes.

|                  | Joht    | pH      | N <sub>tot</sub> | N <sub>NO3</sub> | N <sub>NH4</sub> | SO <sub>4</sub> | Cl      | Fe      | Mn      | Na      | K       | Ca      | Mg      | Al      | As      | Cd      | Co      | Cr      | Cu      | Pb      | Mo      | Zn     |  |
|------------------|---------|---------|------------------|------------------|------------------|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--|
| N <sub>tot</sub> | 0,65*** |         |                  |                  |                  |                 |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |  |
| N <sub>NO3</sub> | 0,78*** |         | 0,76***          |                  |                  |                 |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |  |
| N <sub>NH4</sub> | 0,36*   | 0,47**  | 0,63***          | 0,32*            |                  |                 |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |  |
| SO <sub>4</sub>  | 0,79*** |         | 0,79***          | 0,79***          | 0,47**           |                 |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |  |
| Cl               | 0,79*** | 0,36*   | 0,47**           | 0,41**           | 0,43**           | 0,58***         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |  |
| Fe               | 0,32*   | 0,62*** | 0,46**           |                  | 0,50***          | 0,50***         | 0,53*** |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |  |
| Mn               | 0,44**  | 0,37*   | 0,59***          | 0,53***          | 0,38*            | 0,69***         | 0,35*   | 0,54*** |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |  |
| Na               | 0,79*** | 0,32*   | 0,45**           | 0,44**           | 0,40**           | 0,58***         | 0,96*** | 0,51*** | 0,34*   |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |  |
| K                | 0,47**  |         | 0,61***          | 0,52***          |                  | 0,58***         | 0,34*   |         | 0,45**  | 0,32*   |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |  |
| Ca               | 0,64*** | 0,57*** | 0,63***          | 0,51***          | 0,42**           | 0,77***         | 0,70*** | 0,68**  | 0,64*** | 0,69*** | 0,41**  |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |  |
| Mg               | 0,86*** |         | 0,59***          | 0,69***          |                  | 0,70***         | 0,69*** |         | 0,44**  | 0,70*** | 0,60*** | 0,58*** |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |  |
| Al               | 0,46**  | 0,45**  | 0,57***          | 0,43**           | 0,39**           | 0,55***         | 0,56*** | 0,85*** | 0,50*** | 0,58*** |         | 0,77*** | 0,38*   |         |         |         |         |         |         |         |         |        |  |
| As               | 0,61*** |         | 0,73***          | 0,61***          | 0,40**           | 0,61***         | 0,42**  | 0,37*   | 0,44**  | 0,41**  | 0,51*** | 0,48**  | 0,54*** | 0,49*** |         |         |         |         |         |         |         |        |  |
| Cd               | 0,60*** |         | 0,67***          | 0,71***          | 0,31*            | 0,66***         | 0,41**  | 0,33*   | 0,53*** | 0,43**  | 0,44**  | 0,49*** | 0,53*** | 0,44**  | 0,75*** |         |         |         |         |         |         |        |  |
| Co               | 0,46**  | 0,64*** | 0,55***          | 0,35*            | 0,51***          | 0,64***         | 0,66*** | 0,91*** | 0,68**  | 0,63*** | 0,40**  | 0,77*** | 0,39**  | 0,79*** | 0,38*   | 0,41**  |         |         |         |         |         |        |  |
| Cr               | 0,47**  | 0,52*** | 0,59***          | 0,37*            | 0,45**           | 0,58***         | 0,60*** | 0,87*** | 0,57*** | 0,59*** | 0,34*   | 0,76*** | 0,45**  | 0,84*** | 0,56**  | 0,39**  | 0,80*** |         |         |         |         |        |  |
| Cu               |         | 0,64*** | 0,41**           |                  | 0,54***          | 0,37*           | 0,53*** | 0,88**  | 0,43**  | 0,48**  |         | 0,56*** |         | 0,69*** | 0,30*   |         | 0,83*** | 0,78**  |         |         |         |        |  |
| Pb               | 0,55*** |         | 0,72***          | 0,53***          | 0,51***          | 0,62***         | 0,57*** | 0,70*** | 0,57*** | 0,57*** | 0,40**  | 0,67*** | 0,44**  | 0,79*** | 0,62*** | 0,64*** | 0,70*** | 0,69*** | 0,58*** |         |         |        |  |
| Mo               | 0,41**  | 0,67*** | 0,51***          |                  | 0,57***          | 0,59***         | 0,61*** | 0,89*** | 0,54*** | 0,62*** | 0,36*   | 0,72*** | 0,39**  | 0,73*** | 0,49*** | 0,39**  | 0,83*** | 0,85*** | 0,78*** | 0,64*** |         |        |  |
| Zn               | 0,54*** | 0,50*** | 0,58***          | 0,47**           | 0,43**           | 0,62***         | 0,63*** | 0,76**  | 0,57*** | 0,62**  | 0,43**  | 0,73*** | 0,52*** | 0,73*** | 0,41**  | 0,40**  | 0,82**  | 0,83*** | 0,70*** | 0,60*** | 0,71*** |        |  |
| V                |         |         | 0,30*            |                  |                  |                 |         | 0,37*   | 0,30*   |         | 0,42**  |         |         |         | 0,45**  | 0,31*   | 0,34*   |         | 0,42**  |         | 0,39**  |        |  |
| D_R              |         | 0,66*** |                  |                  |                  |                 | 0,35*   | 0,43**  |         | 0,33*   |         | 0,42**  |         | 0,37*   |         |         | 0,55*** | 0,31*   | 0,42**  |         | 0,40**  | 0,42** |  |

\* p ≤ 0,05

\*\* p ≤ 0,01

\*\*\* p ≤ 0,001

### 3.4 Laskeuma Helsingin alueella

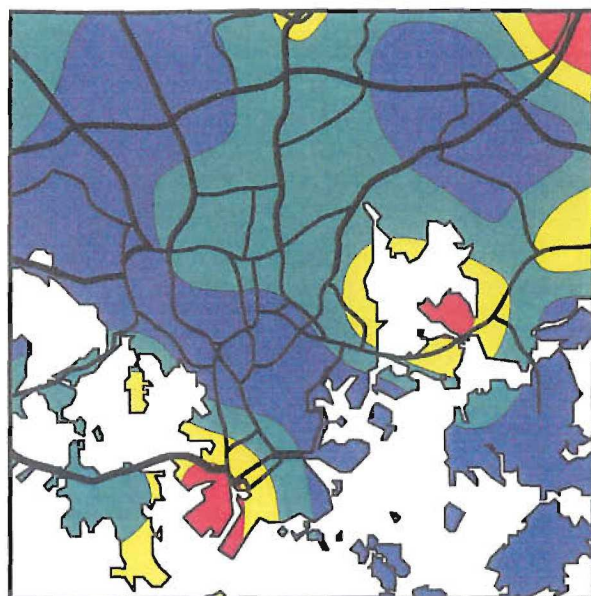
Lumen ainepitoisuudet on muutettu keskimääräiseksi talviajan kuukausilaskeumaksi lumen vesiaron sekä laskeuma-ajan avulla luvussa 2.4 kuvatulla tavalla. Kuvissa 8 - 12 esitetyt laskeumakomponenttien isoviivakäyrästöt muodostuvat splinikäyristä eli havaintopisteisiin tukeutuen muodostetusta pala-approksimaatiosta, joka kulkee annettujen tukipisteiden (havaintopisteiden) kautta. Käyrästöt on laadittu SAS-ohjelmistopakettin G3GRID proseduurilla ja suodatusparametrin  $\lambda$  arvoksi on valittu 0,01 (SAS Institute Inc., 1990).

$2 * 2 \text{ km}^2$  näytteenottoverkko ei kaupunkialueella ole kaikilta osin riittävän tiheä kuvaamaan emissiolähteiden pienimpiä yksityiskohtia, kuten yksittäisten liikenneväylien ympäristön jyrkkiä pitoisuusgradientteja. Tämän lisäksi erot maastonmuodoissa, kasvillisuudessa sekä erityisesti kantakaupungin alueella katuverkoston ja muun rakennetun ympäristön piirteisä asettavat rajoituksia alueellisten laskeumaerojen yksityiskohtaisiin tulkintoihin. Karttoja tarkasteltaessa huomio tuleekin kiinnittää ennenkaikkea useamman vierekkäisen näytteenottopaikan välillä esiintyviin samankaltaisuuksiin, joita voidaan pitää alueellisina erityispiirteinä eräiden laskeumakomponenttien kohdalla (mm. tutkimusalueen lounaisosan keskimääräistä korkeammat nitraattipitoisuudet ja eräiden raskasmetallien korkeat pitoisuudet kantakaupungin alueella).

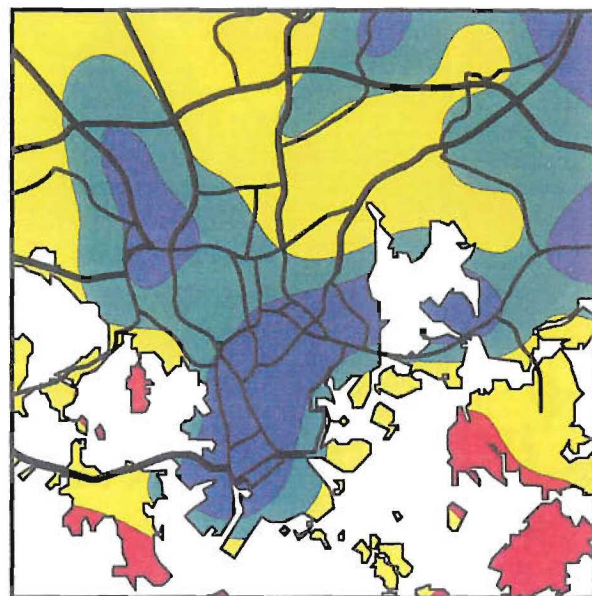
Lumen sähkönjohtavuuden alueellinen jakautuminen Helsingin alueella on esitetty kuvassa 8. Sähkönjohtavuus kuvastaa lumen kokonaiselektrolyyttipitoisuutta, joka pääkaupungin alueella johtuu suurimmaksi osaksi sulfaatti-, kloridi-, kalsium- ja natriumioneista. Korkeimmat johtavuusarvot esiintyvät Ruoholahdesa, Herttoniemessä ja Lahdenväylän läheisyydessä Tattariharjussa.

Vetyionilaskeuma on pienin kaupungin keskialueilla. Suurimmat laskeumarvot (pienin lumen pH) olivat kaakkois-, lounais- ja pohjois-Helsingissä. Lauttasaaren eteläosissa, Seurasaarella ja Laajasalossa. Kaupungin kaakkois- ja lounaisosissa myös rikki- ja typpilaskeuma on keskimääräistä suurempi ja emäskationilaskeuma keskimääräistä pienempi. Tiheimmin liikennöidyn ydinkeskustan alueella lumi on vähemmän hapanta, mikä selittyy liikenteen nostattaman maapölyn pH:ta puskuroivalla vaikutuksella.

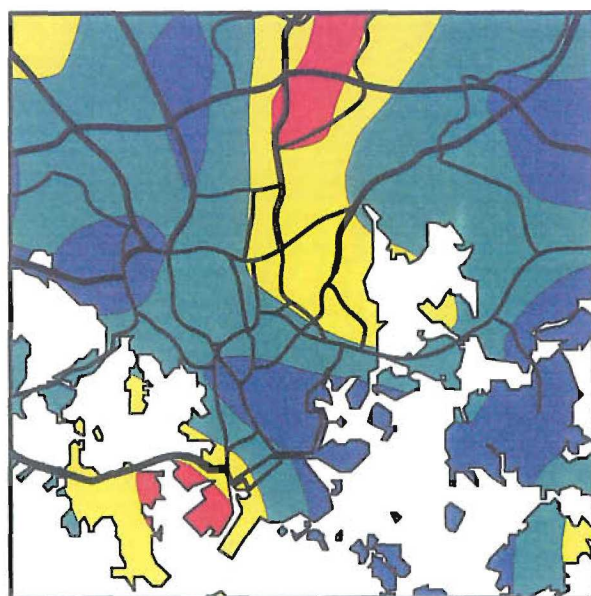
Ammonium-, nitraatti- ja kokonaistyyppilaskeuma on esitetty kuvassa 8 ja 9. Nitraattityypin alueellinen pitoisuusvaihtelu oli varsin vähäistä, johtuen Helsingin päästöjen melko tasaisesta leviämisestä ympäristöön sekä kaukokulkeumasta aiheutuvasta suhteellisen korkeasta taustatasosta. Nitraattityypilaskeuman suurimmat yksittäiset arvot olivat pohjoiseen vievien liikenneväylien lähistöllä. Laajan yhtenäisen, keskimääräistä korkeampaa nitraattityypilaskeumaa edustavan alueen muodostivat Seurasaari-Lehtisaari-Lauttasaari-Ruoholahti-alueen kuusi näytteenottopistettä. Tällä alueella koko tutkimusalueen keskiarvon ylittävä nitraattityypilaskeuman osuus (noin 36 %) johtuneen pääasiassa kaupungin keskustan alueelta tuulen mukana (vrt. kuva 4) kulkeutuneista tyyppien oksidien laskeumatuotteista. Myös Hermannin-Herttoniemen alueella nitraattityypilaskeuma oli noin 12 % keskimääräistä korkeampi. Keskustassa (Vallila) pitoisuudet olivat pieniä, mikä tukee olettamusta laskeuman kulkeutumisesta keskustan alueelta etelään ja lounaaseen. Suomenlinnassa nitraattityypilaskeuma oli saman suuruinen kuin Töölössä ja jopa hieman korkeampi kuin Vallilassa. Myös Lauttasaaren eteläkärjessä laskeumapitoisuudet olivat Vallilan ja Töölön pitoisuuksia korkeampia. Nitraattityypin verrattuna keskimääräistä korkeampia ammoniumtyypipitoisuuksia esiintyi Helsinginniellä ja kantakaupungissa (kuva 2), mikä saattaa olla osoitus laskeumakomponenttien lyhyemmästä kulkeutumismatkasta suuren ajoneuvotiheyden omaavilla alueilla (Helsinginniemen ja kantakaupungin alue). Pienin ammoniumtyypipitoisuus oli Suomenlinnassa.



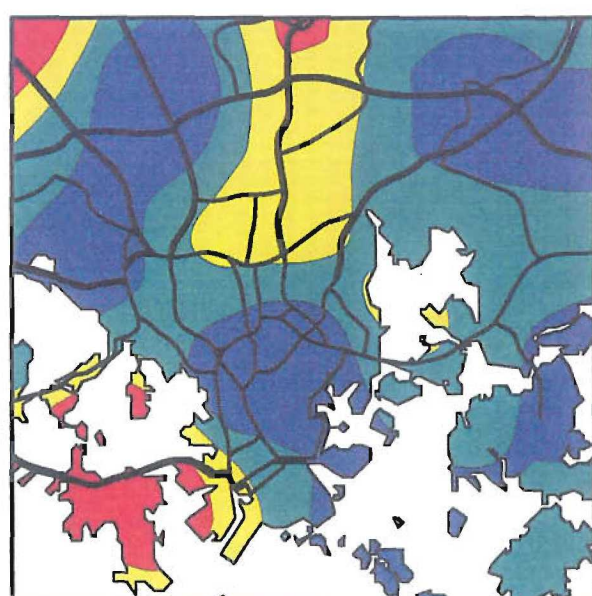
Sähkönjohtavuus,  $mS\ m^{-1}$



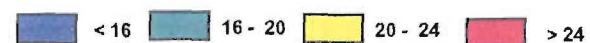
$H^+$ ,  $\mu kv\ m^{-2}\ kk^{-1}$



$N_{tot}$ ,  $mg\ m^{-2}\ kk^{-1}$

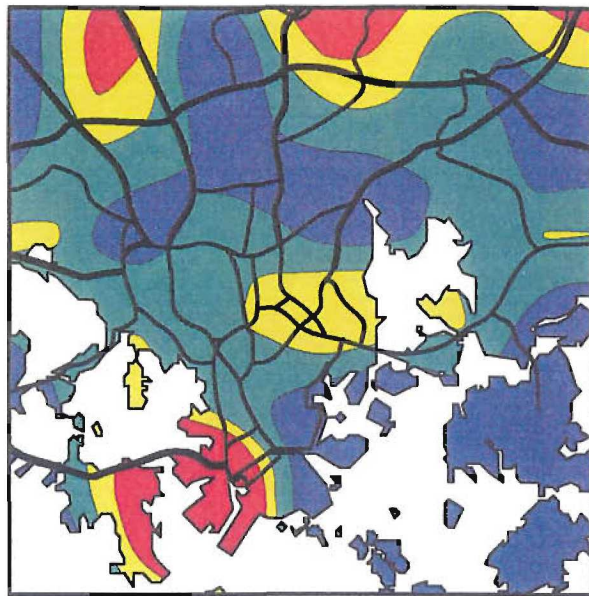


$NO_3-N$ ,  $mg\ m^{-2}\ kk^{-1}$

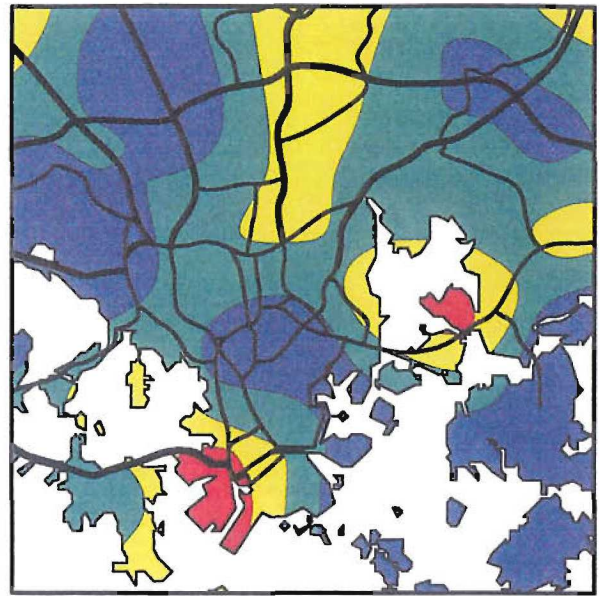


Kuva 8. Sähkönjohtavuus, vetyioni-, kokonaistyppi- ja nitraattityypilaskeuma pääkaupungin alueella talvikaudella 1995-1996.

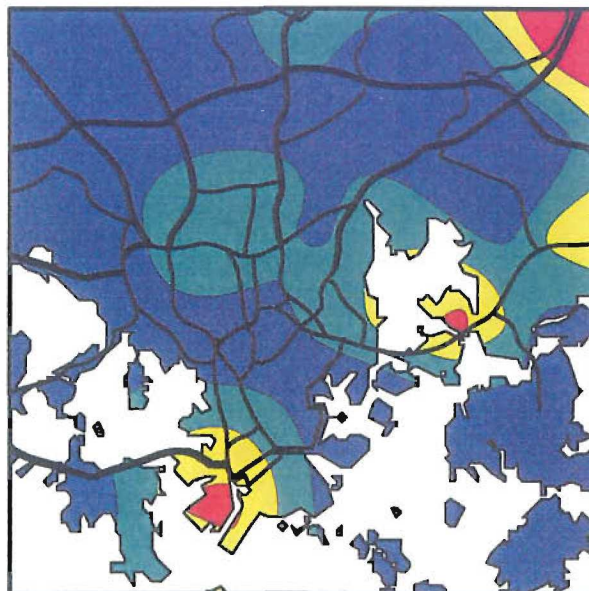
Fig. 8. Electrical conductivity of snow, deposition of hydrogen ions, total nitrogen and nitrate nitrogen in the metropolitan area during the winter period of 1995-1996.



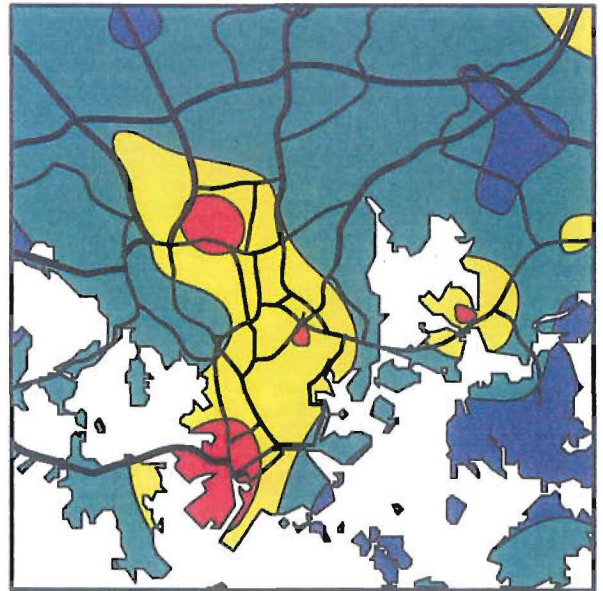
$\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{mg m}^{-2} \text{kk}^{-1}$



$\text{SO}_4$ ,  $\text{mg m}^{-2} \text{kk}^{-1}$



$\text{Cl}$ ,  $\text{mg m}^{-2} \text{kk}^{-1}$



$\text{Fe}$ ,  $\text{mg m}^{-2} \text{kk}^{-1}$



Kuva 9. Ammoniumtyppi-, sulfaatti-, kloridi- ja rautalaskeuma Helsingin alueella talvikaudella 1995-1996.

Fig. 9. Deposition of ammonium nitrogen, sulphate, chloride and iron in the metropolitan area during the winter period of 1995-1996.

Nitraattityppilaskeuman tapaan sulfaattilaskeuman alueelliset erot olivat melko vähäisiä kaupunkialueella. Sulfaattilaskeuma (kuva 9) oli suurin Ruoholahti-Seurasaaari ja Hermanninranta-Herttoniemi-alueilla, joissa laskeumataso oli noin 50 % keskimääräistä korkeampi. Sulfaatti on oletettavasti osaksi sitoutunut energialaitosten ympäristössä maapölyyn, joka ajoneuvoliikenteen vaikutuksesta leviää liikenneväylien lähiympäristöön. Salmisaassa poikkeuksellisen korkeat pitoisuudet selittynevät ainakin osin Ruoholahden näytteenottoaikan läheisyydellä tiehen, jolloin ajoneuvoliikenteestä johtuva hiukkasten resuspensio ilmeisesti nostaa sulfaattipitoisuuden lisäksi muidenkin laskeumakomponenttien pitoisuuksia. Suurimpia rikkidioksidin pistelähteitä tutkimusalueella ovat Hanasaaren ja Salmisaaren energiantuotantolaitokset. Matalimmat pitoisuudet olivat Suomenlinnassa, Laajasalon itäosissa ja Tammisalossa. Varisluodonkarin sulfaattimääritykselle on ilmeisen kontaminaation vuoksi meriveden  $SO_4/Mg$ -suhteen perusteella tehty sulfaattipitoisuuden korjaus, jonka mukaan merivedestä peräisin olevan sulfaattilaskeuman osuus oli 42 %. Keskimäärin merivedestä peräisin olevan sulfaattilaskeuman osuus pääkaupunkialueella oli 9,5 %

Kloridilaskeuman korkeimpiin arvoihin on pääasiassa syynä teiden liukkaudentorjunnassa käytetty maantiesuola. Varisluodonkarin havaintopaikalla kloridianalyysi on jätetty pois ilmeisen merivesikontaminaation vuoksi. Korkeimmat kloridipitoisuudet esiintyvät Ruoholahdessa, jossa näytepistojen keskimääräinen etäisyys tiehen on alle kymmenen metriä, sekä Tattariharjussa, jossa näytteenottoaikkojen etäisyys vilkkaasti ja verrattaen suurilla nopeuksilla liikennöityyn Lahdenväylään on viitisenkymmentä metriä.

Surimmat rautapitoisuudet on tavattu keskustan alueella tiheimmän katuverkoston alueella. Pitoisuudet ovat pienimpiä tutkimusalueen kaakkoisosassa, Laajasalon-Tammisaloon alueella.

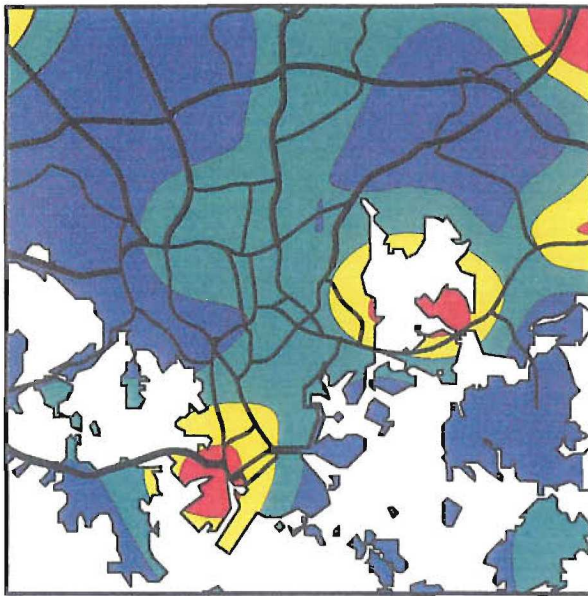
Meren läheisyys vaikuttaa magnesiumpitoisuuksiin (kuva 10). Merialueita lähinnä olevien havaintopaikkojen ohella korkeita pitoisuuksia esiintyy Oulunkylässä ja Malminkartanossa. Pienin pitoisuus esiintyi Laajasalon itäosassa, jossa Yliskylän näytteenottoaikalta etäisyys meren rantaan on muihin Laajasalon näytteenottoaikoihin verrattuna selvästi pisin (300 m). Varisluodonkarin havaintopaikalla Mg-analyysi on jätetty pois ilmeisen merivesikontaminaation vuoksi.

Alumiinin suurin laskeuma oli alueilla, joilla liikenteen nostattaman maapölyn pitoisuudet ovat suuria. Alumini on yleisin maa-aineksessa esiintyvä alkuaine. Pölyyn on sitoutuneena myös rautaa, kalsiumia, tiesuolauksesta peräisin olevaa kloridia sekä mm. ajoneuvojen korirakenteissa, nastarenkaissa ja muissa kuluuosissa käytettyjä teräksen seosmetalleja, kuten kromia, molybdeenä ja kobolttia. Pölyn happamuutta puskuroiva vaikutus käy ilmi vetyionilaskeumakartasta (kuva 8), jossa pienimmät pitoisuudet sijoittuvat korkeimpien alumiinipitoisuuksien alueille.

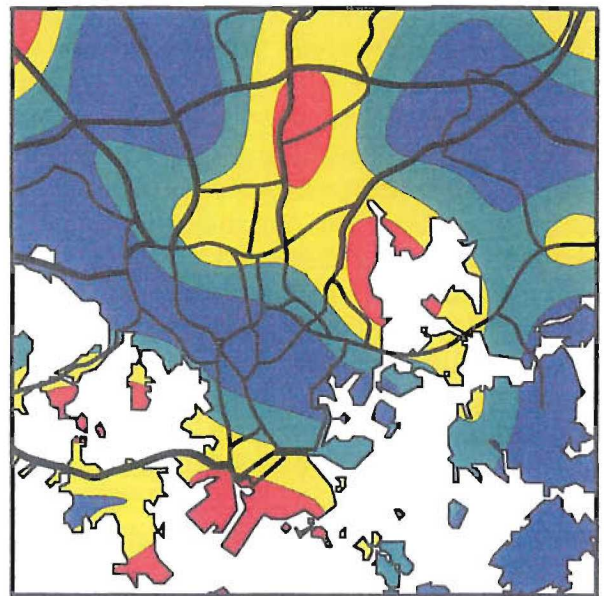
Korkeimmat kadmiumpitoisuudet on tavattu Seuraasaresta, Ruoholahdesta ja Lauttasaaren eteläkärjestä. Vastaavankaltainen laskeumakartta on arseenilla jonka korkeita pitoisuuksia esiintyi lisäksi erityisesti Vallilan ja Vanhankaupungin alueella. Kyseisten raskasmetallien lähteitä pääkaupungin alueella ovat mm. suuret kivihiihtä polttavat energialaitokset.

Koboltti-, kromi- ja molybdeenilaskeuman (kuva 11) alueellinen jakauma muistuttaa suurelta osin raudan laskeumakarttaa. Kyseisten raskasmetallien korkeimmat pitoisuudet esiintyivät keskustan alueella havaintopaikoilla, joiden etäisyys liikenneväyliin oli lyhyt (Ruoholahti, Herttoniemi, Vallila, Ilmala). Kaikki tämä viittaa talvella nastarenkaiden sekä aurasikaluston käyttöön. Pienimmät pitoisuudet tavattiin tutkimusalueen kaakkois-osasta, Laajasalon ja Tammisaloon alueilta.

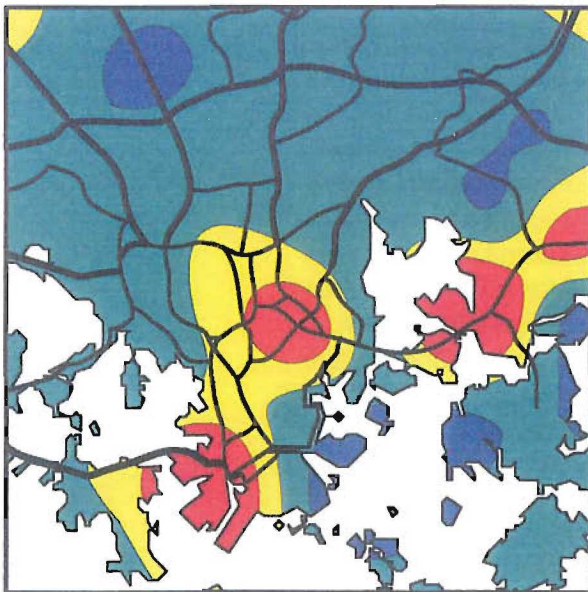
Korkeimmat kuparilaskeuman (kuva 12) arvot tavattiin Vallilasta Ilmalan kautta Pohjois-Haagaa ulottuvalla vyöhykkeellä. Korkeita pitoisuuksia esiintyi myös Vermossa, Ruoholahdessa, Kaisaniemessä, Töölössä ja Herttoniemessä. Pienin laskeuma oli Laajasalon-Tammisaloon alueella sekä Suomenlinnassa.



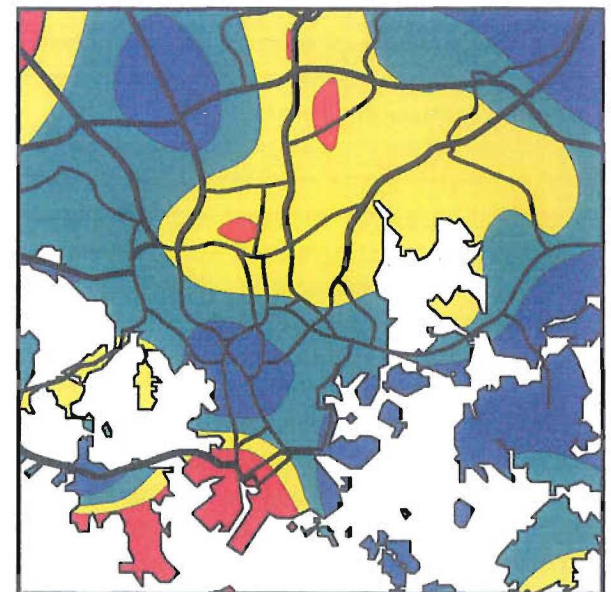
Ca, mg m<sup>2</sup> kk<sup>-1</sup>



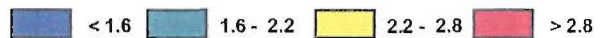
Mg, mg m<sup>2</sup> kk<sup>-1</sup>



Al, mg m<sup>2</sup> kk<sup>-1</sup>



Cd, µg m<sup>2</sup> kk<sup>-1</sup>



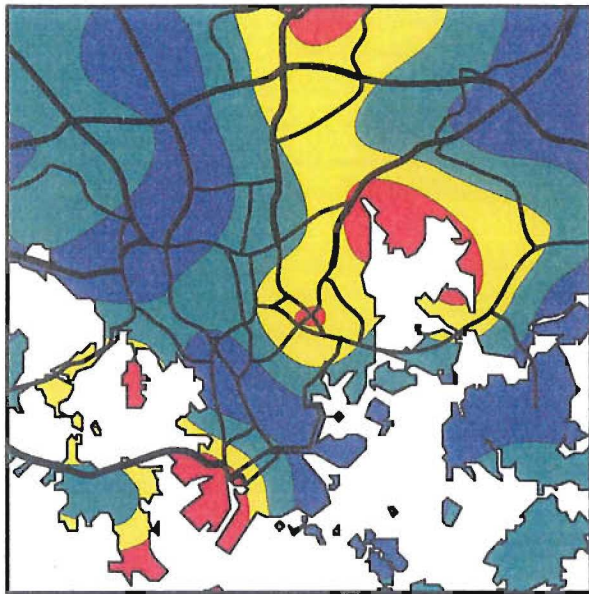
Kuva 10. Kalsium-, magnesium-, alumiini ja kadmiumlaskeuma Helsingin alueella talvikaudella 1995-1996.

Fig. 10. Deposition of calcium, magnesium, aluminium and cadmium in the metropolitan area during the winter period of 1995-1996.

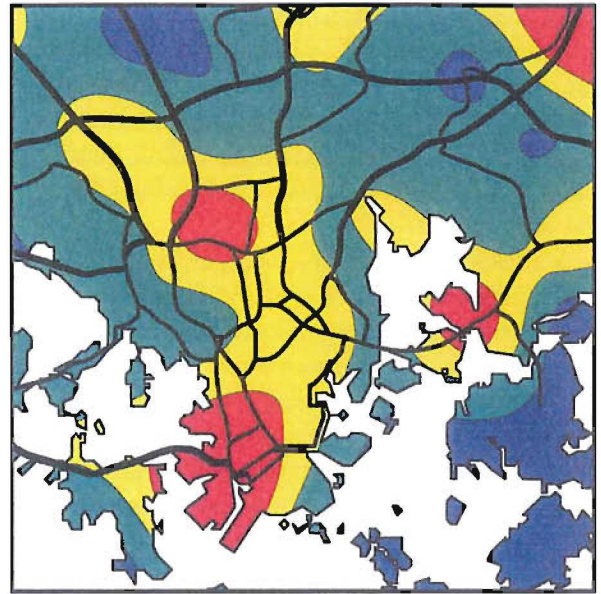
Lyijyn suurimmat laskeuma-arvot olivat kolmella alueella: etelässä Ruoholahdes-  
sa, Seurasaarella ja Lauttasaarella, keskustassa Vallilassa sekä pohjoisessa Verä-  
jänmäessä ja Tuomarinkartanossa. Yllättävää on, että Ruoholahden ja Vallilan näyt-  
teenottopaikkoja lukuunottamatta korkeita pitoisuuksia tavattiin paikoista, jotka  
ovat kaukana liikenneväylistä. Tämä johtunee lyijyttömään bensiiniin siirtymi-  
sestä vuoden 1993 lopussa, jolloin pistelähteiden merkitys lyijypäästöjen lähteenä  
on korostunut.

Sinkkilaskeuma on suurin eteläisessä kantakaupungissa, Lauttasaaren itäosas-  
sa, Vallilassa sekä Ilmalassa, toisin sanoen suurten hiilivoimaloiden ympäristössä  
sekä tiheimmän katuverkoston alueella. Pienin sinkkilaskeuma oli tutkimusalu-  
een kaakkois- ja pohjoisosissa.

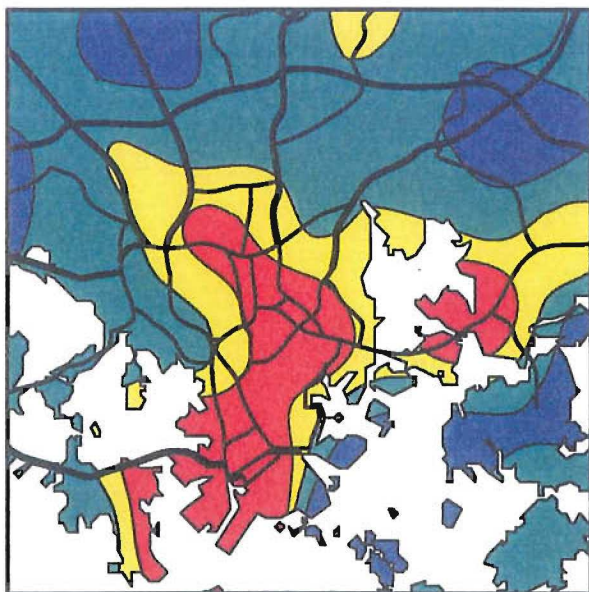
Vanadiinin laskeumakartta poikkeaa huomattavasti muista raskasmetalleis-  
ta. Raskasta polttoöljyä käyttävien energialaitosten (taulukko 2) sijainti näkyy kor-  
keina vanadiinipitoisuuksina mm. Otaniemessä, Pohjois-Haagassa ja Veräjänmä-  
ki-Pukinmäki-alueella. Pienimmät vanadiinipitoisudet on tavattu Tammisalosta  
ja Laajasalosta. Vanadiinin melko korkea taustataso pääkaupungin alueella on ha-  
vaittavissa myös Metsäntutkimuslaitoksen keräämissä sammalnäyteissä (Rühling  
et al., 1996).



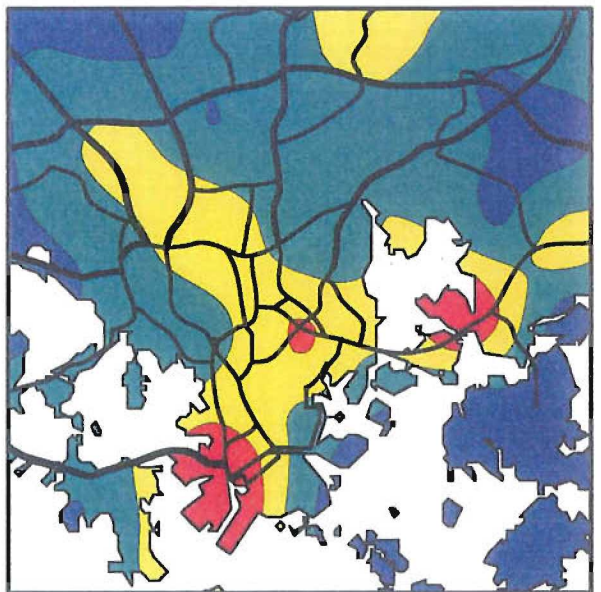
As,  $\mu\text{g m}^{-2} \text{kk}^{-1}$



Co,  $\mu\text{g m}^{-2} \text{kk}^{-1}$



Cr,  $\mu\text{g m}^{-2} \text{kk}^{-1}$



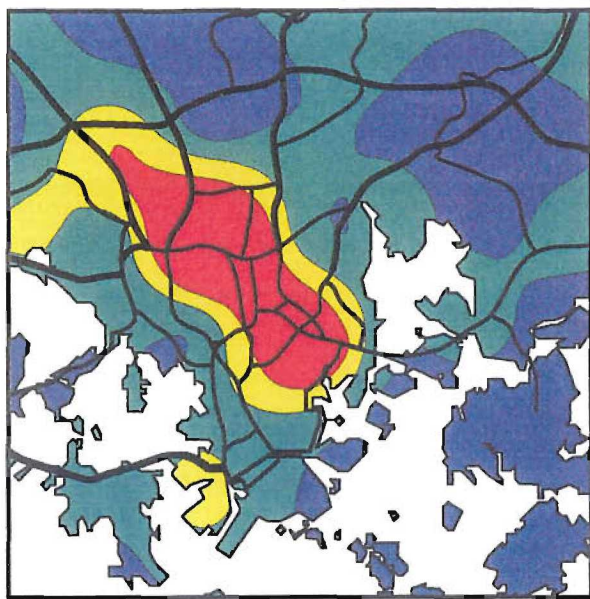
Mo,  $\mu\text{g m}^{-2} \text{kk}^{-1}$



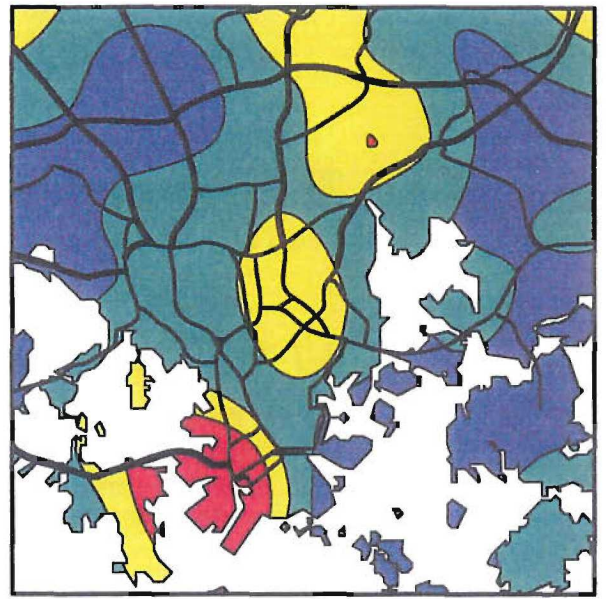
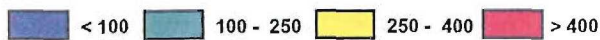
Kuva 11. Arseni-, koboltti-, kromi ja molybdeenilaskeuma Helsingin alueella talvikaudella 1995-1996.

Fig. 11. Deposition of arsenium, cobalt, chromium and molybdenum in the metropolitan area during the winter period of 1995-1996.

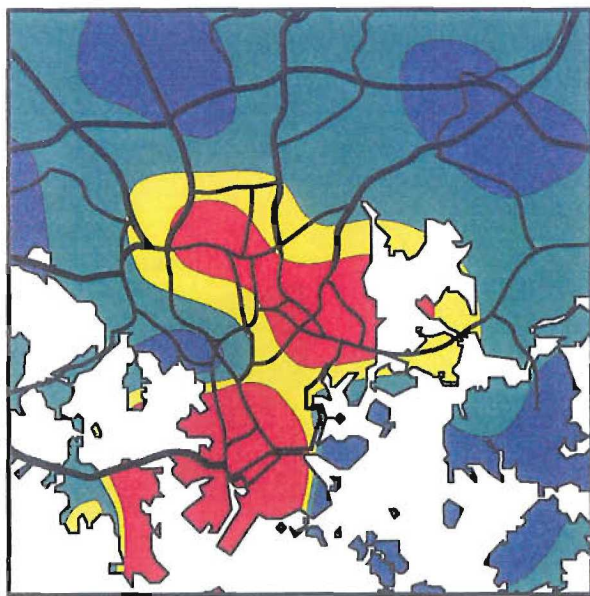




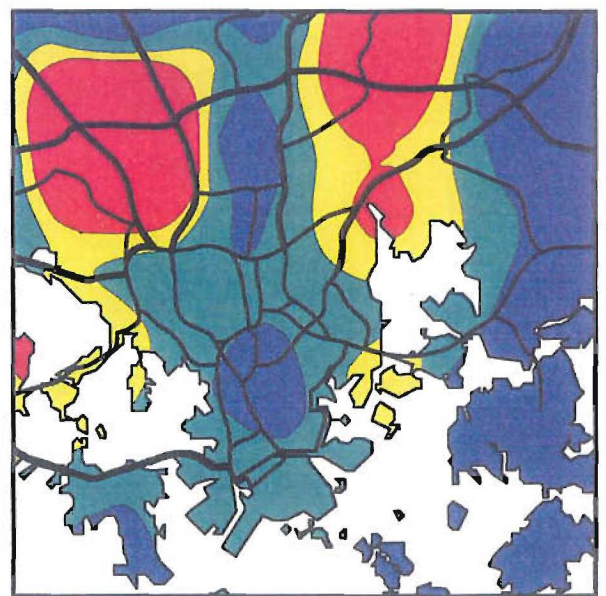
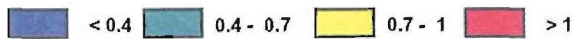
Cu,  $\mu\text{g m}^2 \text{kk}^{-1}$



Pb,  $\mu\text{g m}^2 \text{kk}^{-1}$



Zn,  $\text{mg m}^2 \text{kk}^{-1}$



V,  $\mu\text{g m}^2 \text{kk}^{-1}$



Kuva 12. Kupari-, lyijy-, sinkki- ja vanadiinilaskeuma Helsingin alueella talvikaudella 1995-1996.

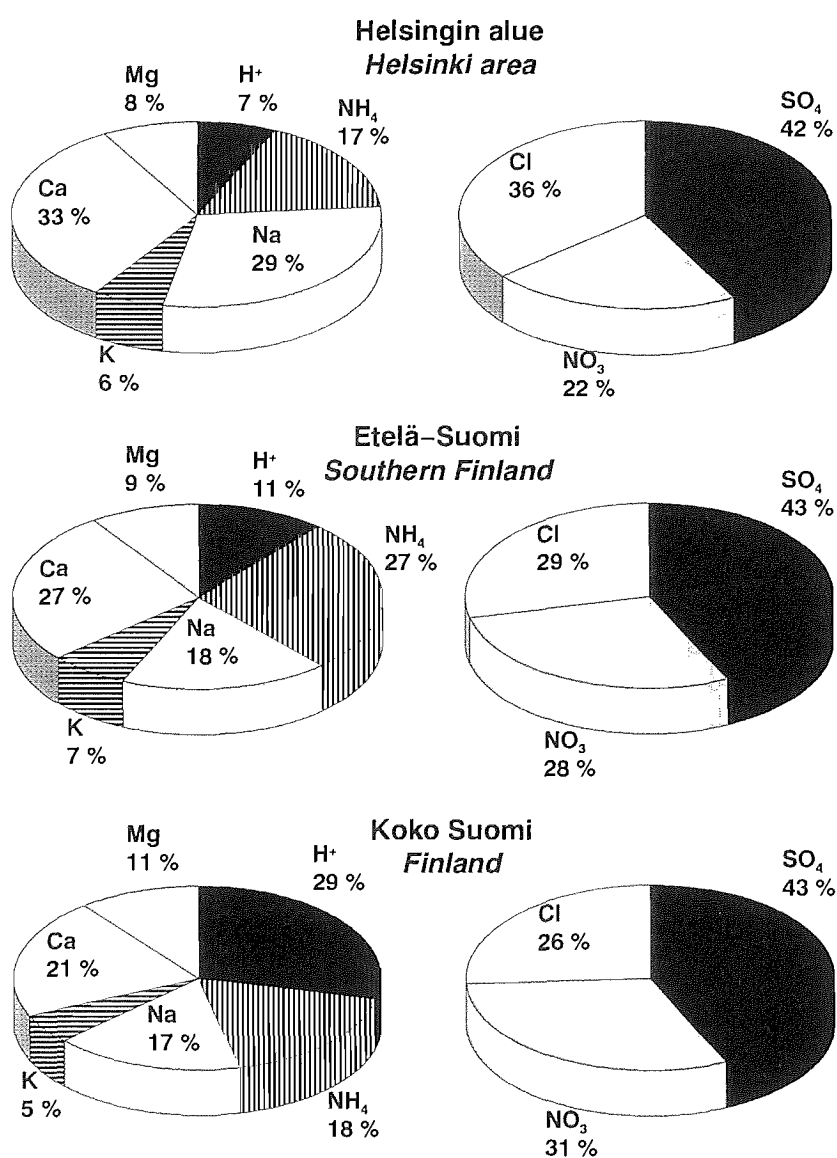
Fig. 12. Deposition of copper, lead, zink and vanadium in the metropolitan area during the winter period of 1995-1996.

# 4

## Tulosten vertailua

### 4.1 Vertailu tausta-arvoihin

Lumen kemiallisten pääkomponenttien keskimääräiset ionisuhteet pääkaupungin alueella, Etelä-Suomen pohjavesiasemilla ja koko Suomessa on esitetty kuvassa 13. Etelä-Suomen ja Suomen vertailuaineisto perustuu lumen analyysituloksiin vuosilta 1996-1993 (Soveri ja Peltonen, 1996).



Kuva 13. Lumen pääkomponenttien suhteellinen koostumusvaihtelu Helsingin alueella, Etelä-Suomessa ja koko Suomessa.

Fig. 13. Proportional cocentrations of main components of snow in Helsinki study area, in Southern Finland and in entire Country.

Merkittävin ero Helsingin alueen lumen suhteellisissa ionipitoisuuksissa on kloridin ja natriumin kohdalla. Kloridipitoisuudet ovat Helsingissä yli nelinkertaisia koko Suomen taustatasoon verrattuna. Korkeat kloridipitoisuudet sulamisvesissä kiihdyttävät mm. teräsbetonirakenteiden ruostumista. Lisäksi tiesuolan käyttö aiheuttaa pohjavesien pilaantumista (Soveri & Vesterinen, 1990).

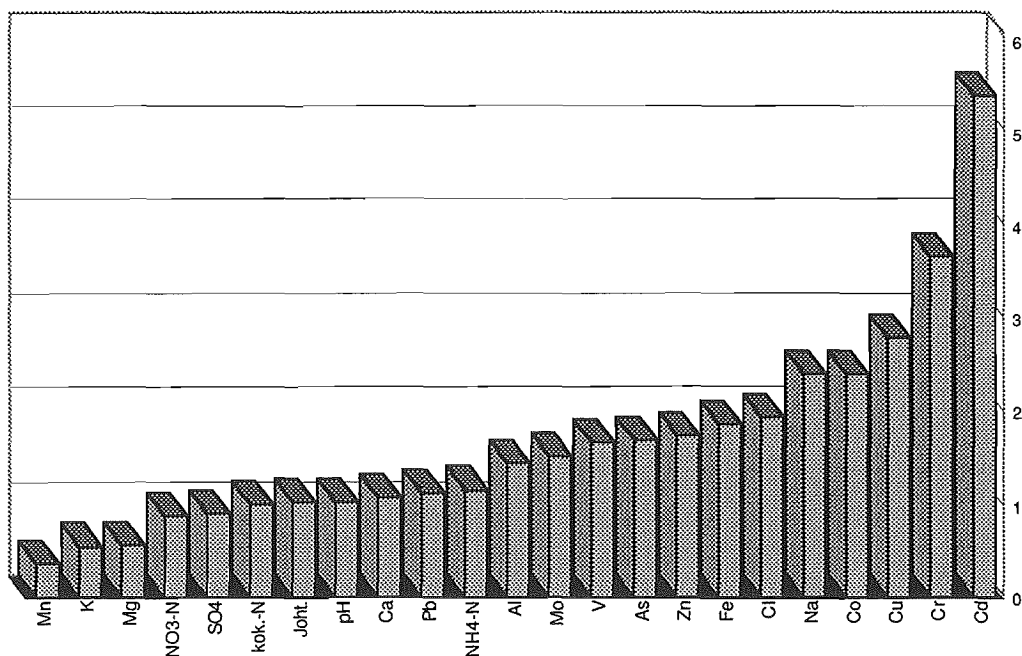
Sulfaattipitoisuudet ovat kolminkertaisia koko Suomen taustatasoon verrattuna. Sulfaatin suhteellinen osuus on kuitenkin likimain sama, vähän yli 40 % pääanioneista.

Nitraattipitoisuudet ovat likimain kaksinkertaisia koko Suomen taustatasoon verrattuna. Nitraatin suhteellinen osuus on kuitenkin pääkaupungin alueella noin 20 % pienempi kuin Etelä-Suomessa ja lähes 30 % pienempi verrattuna koko Suomen taustatasoon.

Ammoniumtyyppipitoisuudet ovat keskimäärin kolminkertaisia Suomen tausta-arvoihin verrattuna suhteellisen osuuden ollessa likimain sama. Etelä-Suomen pohjavesiasemilla sensijaan  $\text{NH}_4$ -ionien suhteellinen osuus on huomattavasti suurempi. Osittain tätä saattaa selittää se, että Suomen ammoniumtyypilaskeumasta 30-50 % on lähtöisin omista ammoniakkipäästöistä, josta noin 80 % aiheutuu kotieläintaloudesta ( $\text{NH}_3$ -työryhmä, 1994).

Kalsiumpitoisuus on Helsingin alueella noin viisinkertainen Suomen taustatasoon verrattuna, joten Ca-ionien suhteellinen osuus myös selvästi suurempi. Kalsium on suureksi osaksi peräisin maapölystä, jonka happamuutta neutraloiva vaikutus näkyy Helsingin alueella muuta Suomea matalampana vetyionikonsentraationa.

Kuvassa 14 on vertailtu varsinaisen tutkimusalueen mediaanipitoisuuksia Espoon Sundsbergista, Vantaan Petikosta ja Sipoon Nikinmäestä otettujen kolmen vertailunäytteen mediaanipitoisuuksiin.

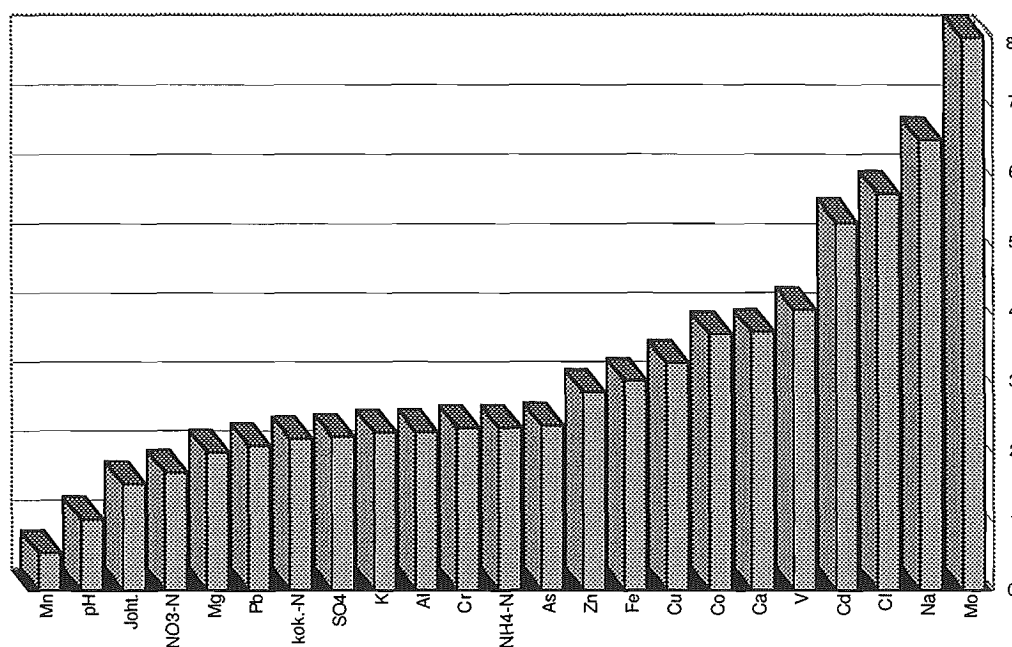


Kuva 14. Lumen ainepitoisuudet pääkaupungin alueella verrattuna Espoon, Vantaan ja Sipoon taustanäytteisiin.

Fig. 14. The quality of snow in the Helsinki study area compared with the reference samples at Espoo, Vantaa and Sipoo outskirts.

Mangaanin, kaliumin ja magnesiumin pitoisuudet ovat tutkimusalueella noin puolet Espoon, Vantaan ja Sipoon vertailunäytteiden pitoisuuksista. Sulfaatti- ja nitraattipitoisuudet ovat vertailunäytteisiin verrattuna jopa hieman pienempiä. Tämä johtuu kyseisten aineiden kaukokulkeumasta peräisin olevasta suhteellisen korkeasta taustatasosta sekä paikallisten lähteiden SO<sub>2</sub>- ja NO<sub>x</sub>-päästöjen hitaasta muuttumisesta sulfaatiksi ja nitraatiksi, jolloin pitoisuudet laimenevat ja leviävät laajemmalle alueelle. Sähkönjohtavuus- ja pH-arvot ovat likimain samoja ja kalsium-, lyijy- sekä ammoniumtyyppipitoisuus hieman vertailunäytteiden (Espoo, Vantaa, Sipoo) pitoisuuksia korkeampia. Natrium- sekä kloridipitoisuudet ovat noin kaksinkertaisia Espoon, Vantaan ja Sipoon näytteisiin verrattuna. Raskasmetalleista yli kaksinkertaisia pitoisuuksia vertailunäytteisiin verrattuna esiintyy koboltilla, kuparilla, kromilla ja kadmiumilla.

Kuvassa 15 on vertailtu pääkaupungin alueen lumen mediaanipitoisuuksia Etelä-Suomen pohjavesiasemilta otettujen luminäytteiden tausta-arvoihin. Vertailuaineistona on käytetty kolmen pohjavesiaseman (Siuntio, Karkkila ja Orimattila) talvikauden 1995-1996 mediaaniarvoja.



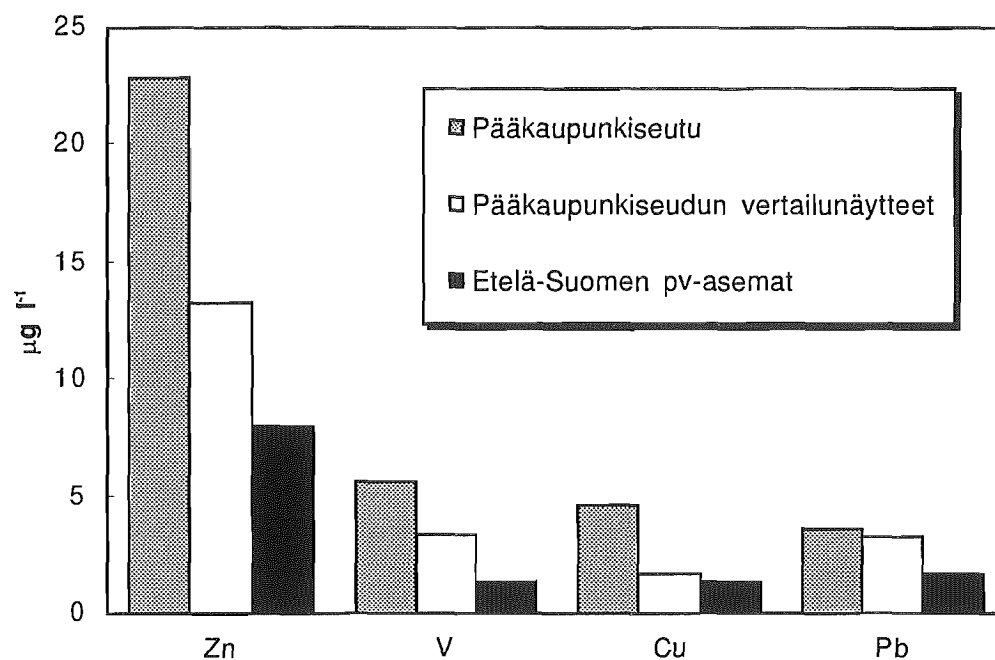
Kuva 15. Lumen ainepitoisuudet pääkaupungin alueella verrattuna Siuntion, Karkkilan ja Orimattilan pohjavesiasemien taustanäytteisiin.

Fig. 15. The quality of snow in the Helsinki study area compared with the reference samples at the sites of the Siuntio, Karkkila and Orimattila groundwater stations in Southern Finland.

Mangaania lukuunottamatta kaikkien aineiden pitoisuudet ovat vähintään 1,5-kertaisia verrattuna Etelä-Suomen pohjavesiasemien mediaanipitoisuuksiin. Nitraattipitoisuus on 1,7-kertainen kaupunkialueella Siuntion pohjavesiasemaan verrattuna, joten pitoisuusgradientti on selvästi laskeva Helsingistä itäänpäin haja-asutusalueelle mentäessä. Sulfaatti- ja ammoniumtyyppipitoisuudet sekä kaikki raskasmetallipitoisuudet ovat yli kaksinkertaisia verrattuna Siuntion, Karkkilan ja Orimattilan pohjavesiasemien taustanäytteisiin. Tiesuolauksen ja meren läheisyyden vuoksi natriumin ja kloridin pitoisuudet ovat Helsingissä likimain kuusinkertaisia pohjavesiasemien pitoisuuksiin verrattuna. Raskasmetalleista koboltti-

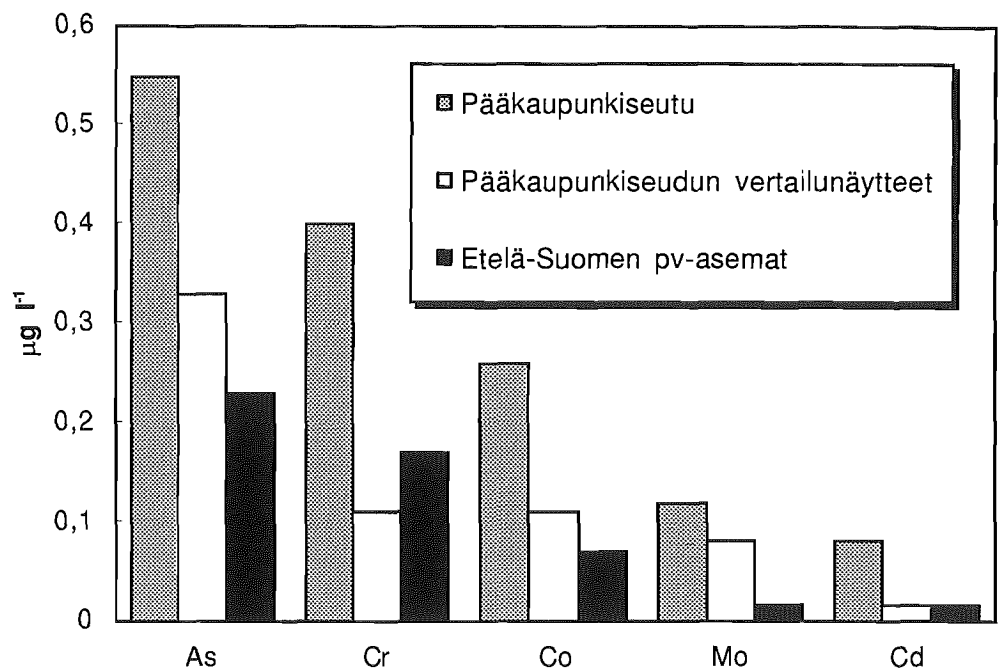
ja vanadiinipitoisuudet ovat noin nelinkertaisia, kadmiumpitoisuus yli viisinkertainen ja molybdeenipitoisuus peräti kahdeksankertainen Etelä-Suomen taustapitoisuuksiin verrattuna.

Kuvissa 16 ja 17 on esitetty raskasmetallien mediaanipitoisuudet eri tutkimusvyöhykkeillä (Helsinki, Espoon, Vantaan ja Sipoon vertailunäytteet, Etelä-Suomen pohjavesiasemat). Kadmiumin, kromin kuparin ja koboltin korkeat pitoisuudet näyttävät rajoittuvan selvimmin varsinaiselle kaupunkialueelle kun taas lyijyn ja molybdeenin pitoisuudet laskevat selvemmin Espoon, Vantaan ja Sipoon vertailunäytteiden ja Etelä-Suomen pohjavesiasemien välisellä alueella. Vanadiinipitoisuudet ovat selvästi kuparipitoisuuksia korkeampia kaupunkialueella ja pääkaupunkiseudun vertailunäytteissä kun taas pitoisuudet Etelä-Suomen pohjavesiasemilla ovat likimain samaa tasoa. Tämä johtunee pääasiassa Helsingin alueen energialaitosten emissioista. Vastavaanlainen vanadiinilaskeuman taustatason kohoaminen pääkaupunkiseudun lähialueilla on nähtävissä myös Metsäntutkimuslaitoksen keräämissä sammalnäytteissä (Rühling et al., 1996). Raskasmetalleista pienimmät pitoisuuserot eri vyöhykkeiden välillä on lyijyllä.



Kuva 16. Luminäytteiden sinkin, vanadiinin, kuparin ja lyijyn mediaanipitoisuudet eri tutkimusvyöhykkeillä.

Fig. 16. Median concentrations of zinc, vanadium, copper and lead in snow in different regions.



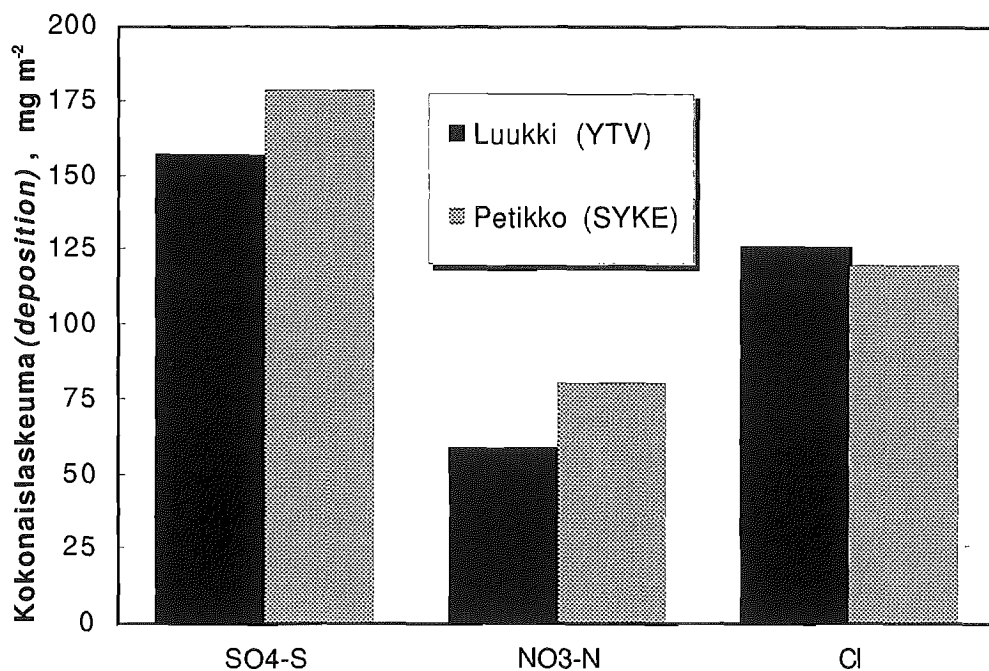
Kuva 17. Luminäytteiden arseenin, kromin, koboltin, molybdeenin ja kadmiumin mediaanipitoisuudet eri tutkimusvyöhykkeillä.

Fig. 17. Median concentrations of arsenium, chromium, cobalt, molybdenum and cadmium in snow in different regions.

#### 4.2 Vertailu muihin pääkaupunkiseudun tutkimuksiin

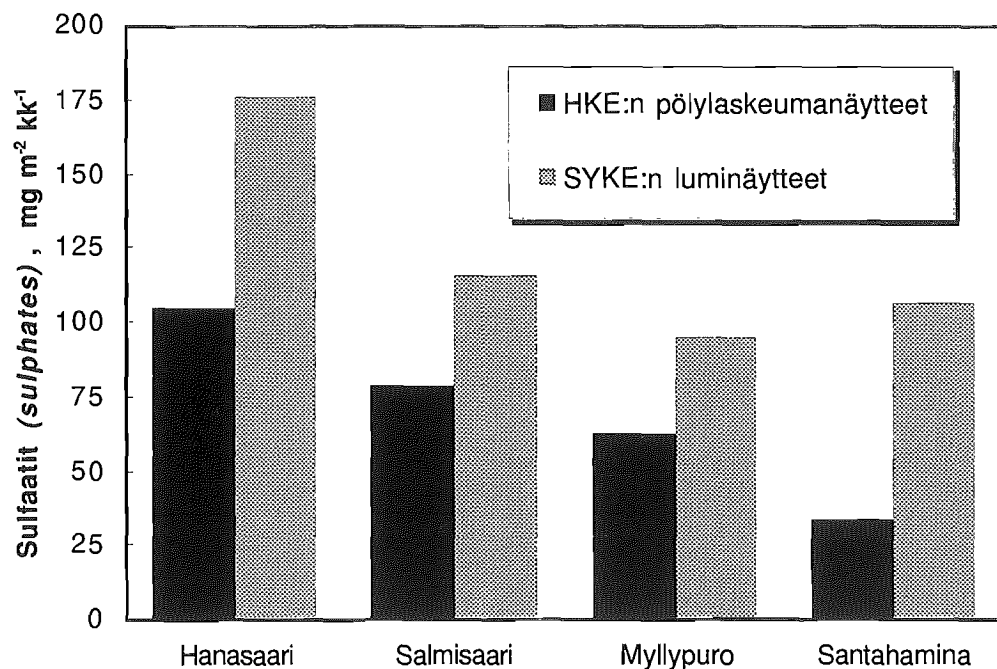
Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta YTV seuraa pääkaupunkiseudulla kuiva- ja märkälasseumaa Luukissa ja Helsingin kaupungin energialaitos (HKE) toteuttaa omaa laskeumaseurantaa voimalaitostensa ympäristössä (Aarnio et al., 1995).

YTV:n Luukissa talvikaudella (joulukuu-maaliskuu) 1995-1996 määrittämiä sulfaattirikin, nitraattitypen ja kloridin neljän kuukauden kokonaislaskeuma-arvoja (Aarnio et al., 1996) on verrattu kuvassa 18. Vantaan Petikosta (näytteenotto-paikan etäisyys Luukin mittausasemaan 3,6 km) otetun kokoomanäytteen laskeumapitoisuuksiin. SYKE:n luminäytteestä määritetty rikkilaskeuma oli 13 % suurempi, typpilaskeuma 36 % suurempi ja kloridipitoisuus 5 % pienempi verrattuna YTV:n laskeuma-arvoihin.



Kuva 18. Sulfaattirikki-, nitraattityppi- ja kloridilaskeuman tausta-arvojen vertailu Luukissa (YTV) ja Petikossa (SYKE).

Fig. 18. A comparison of sulphate sulphur, nitrate nitrogen and chloride deposition during the period of 1. december 1995 - 31. march 1996 between Luukki background monitoring station and a nearby (3.6 km) Petikko snowsample location.



Kuva 19. Sulfaattilaskeuman vertailu Helsingin energialaitosten ympäristössä. Kuvassa on verrattu Helsingin kaupungin energialaitoksen (HKE) talvikauden 1995-1996 (joulukuu-maaliskuu) pöylaskeumanäytteitä vastaavan aikajakson luminäytteisiin Hanasaarella, Salmisaarella, Myllypurossa ja Santahaminassa.

Fig. 19. A comparison of different methods for determination of sulphate deposition nearby the energy plants at Hanasaari, Salmisaari, Myllypuro and Santahamina. HKE:n pöylaskeumanäytteet = dust samples taken by Helsinki City Energy Production Company (HKE), SYKE:n luminäytteet = snow samples taken by the FEI.

HKE:n pölylaskeumanäytteiden tuloksia joulumaaliskuulta talvikaudelta 1995-1996 verrattiin lähimpien, maasto-olosuhteiltaan parhaiten vertailukelpoisten luminäytteenottopaikkojen tuloksiin pareittain seuraavilla näytteenottopaikoilla (HKE-SYKE): Hanasaari-Hermanninranta, Salmisaari-Lauttasaari, Myllypuro-Myllypuro, Santahamina-Hevossalmi. HKE:n näytteenottopaikkojen kuvaus on esitetty julkaisussa Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 1995 (Aarnio et al., 1996). Kuvassa 19 on esitetty sulfaattilaskeumavertailun tulokset. HKE:n pölylaskeumanäytteistä määritetty laskeuma Hanasaaren, Salmisaaren ja Myllypuron voimalaitosten ympäristössä on keskimäärin 64 % (59 %, 69 % ja 65 %) luminäytteiden laskeumasta. Laskeumien tasoero selittyy menetelmien eroavaisuuksilla; märkälasseuman osuus luminäytteissä aiheuttaa pölylaskeumanäytteisiin verrattuna suuremmat laskeuma-arvot. Santahamina-Hevossalmi havaintopaikkavertailussa laskeuma-arvot poikkesivat eniten (pölylaskeumanäytteiden laskeuma 31,6 % luminäytteiden laskeumasta), mikä saattaa johtua merivedestä ja kaukokulkeumasta peräisin olevan märkälasseumana tulevan sulfaatin suhteellisesti suuremmasta osuudesta verrattuna kuivalasseumaan.



## Yhteenveto

Lumipeite toimii luontaisena laskeuma-alustana, johon ilman epäpuhtaudet kerrostuvat. Eri aineiden laskeumat säilyvät lumikerroksessa käytännöllisesti katsoen muuttumattomina. Laskeumanäytteet voidaan ottaa koko lumikerroksesta kokoomänäyteinä, jolloin ne edustavat koko talvikauden laskeumaa, tai ne voidaan myös stratigrafisesti erottaa lumen eri kerrostumista, jolloin näyte edustaa vain tietyn ajanjakson laskeumaa. Lumipeite kerää ja varastoi itseensä sekä kuiva- että märkälaskeumaa edustaen näin lähes koko talvikauden eli pysyvän lumipeitteen ajan laskeumaa. Laskeuma-aika tarkoittaa tässä tutkimuksessa yhtenäisen ja pysyvän lumipeitteen alkamisajankohdan ja näytteenoton välistä aikaeroa.

Lumipeitteestä arvioitava laskeuma-aika vaihtelee Suomessa paljon talven kestosta riippuen sekä alueellisesti että vuodesta toiseen. Mitä pitempi on laskeuma-aika, sitä parempi on tulosten luotettavuus. Talvi 1995-1996 oli Helsingin alueella poikkeuksellinen. Tämän tutkimuksen laskeumatiedot perustuvat neljän kuukauden (1.12.1995 - 31.3.1996) laskeuma-aikaan ja tänä aikana ainoastaan kolmena päivänä vuorokauden alin lämpötila ylitti 0°C. Keskilämpötilat olivat joulumaaliskuun aikana yhdestä kolmeen asteeseen normaalia alempia, poikkeuksena kuitenkin tammikuu, joka oli puolisen astetta pitkän jakson keskiarvoa lämpimämpi. Tällainen tilastollisestikin harvinainen talvi tarjosi erinomaiset edellytykset lumitutkimuksen suorittamiselle pääkaupungin alueella.

Laskeumatutkimusta varten tutkimusalue jaettiin 43 tasasuuruiseen 2\*2 km<sup>2</sup> ruudukkoon ja jokaisen näytteenottoruudun alueelta valittiin useita näytteenotopisteitä (3-5 kpl), jolloin tässä yksittäisen ruudun tulos edustaa itseasiassa ruudun aluearvoa eli useamman näytteen keskipitoisuutta ja laskeumaa. Lisäksi otettiin vertailunäytteet Espoosta, Vantaalta ja Sipoosta noin 14-24 km etäisyyksiltä tutkimusalueen keskustasta.

Tutkimuksessa arvioitiin ICP-tekniikkaa hyväksi käyttäen monianalyttisesti eri aineiden ja erityisesti raskasmetallien laskeumien alueellista vaihtelua kaupunkiympäristössä ja pyrittiin myös arvioimaan niiden yhteyttä eri päästölähteisiin. Vaikka Helsingin alueella on tehty lukuisia ilman laatuun liittyviä selvityksiä, niin puutteena voidaan pitää sitä, ettei aikaisemmin ole arvioitu eri raskasmetallien laskeumien esiintymistä pääkaupungin alueella, jolloin ei myöskään tämän tutkimuksen tuloksia ole voitu suoranaisesti verrata aikaisempiin tutkimuksiin.

Suurin rikkidioksidin päästölähde pääkaupunkiseudulla on energiantuotanto, jolloin merkittävin osa rikin paikallisista päästöistä tulee Hanasaaren ja Salmisaaren kivihiilivoimalaitoksista. Suurten energialaitosten osuudeksi arvioidaan lähes 90 % koko pääkaupunkiseudun rikkipäästöistä. Vaikka pienten pistelähteiden sekä talokohtaisten lämmitysten päästöt ovat vähäisiä, noin 6 %, matalan päästökorkeuden vuoksi näiden osuus lähialueiden ilman laatuun ja laskeumaan on päästöosuuteen verrattuna suhteellisen suuri.

Typpidioksidin suurimmat päästölähteet ovat vastaavasti autoliikenne (45 %) ja energialaitokset (43 %). Energiantuotannon typpipäästöt ovat lähes yhtä suuret kuin liikenteen päästöt, mutta energialaitosten suuren päästökorkeuden takia vaikutus paikallisiin pitoisuuksiin on suhteellisen vähäinen, kun taas liikenteen paikallinen vaikutus typpidioksidipitoisuuksiin katutasolla on suuri. Liikenne on pääkaupunkiseudulla merkittävin ilman laadun pilaaja. Pakokaasupäästöjen lisäksi huomattavan terveysriskin muodostaa ajoneuvojen nostattama leijuva pöly, mikä

koostuu muun muassa jauhautuneesta hiekoitushiekasta, kestopäällysteen ja renkaiden kulumistuotteista, liukkauden torjunnassa käytetystä tiesuolasta, auras-kalustojen, nastarenkaiden ja ajoneuvojen kuluviasta metalliosista sisältäen näin huomattavan määrän terveydelle haitallisia erilaisia yhdisteitä.

Tämä tutkimus osoitti myös selvästi sen, että tietyt raudan seosmetallit, kuten kromi, molybdeeni ja koboltti olivat tausta-arvoihin verrattuna moninkertaisia ja esiintyivät erityisesti liikenneväylien lähiympäristössä. Kromi ja molybdeeni ovat raudan seosmetalleina suureksi osaksi peräisin ajoneuvojen korirakenteista, kovametallinastoista ja talviaikaan teiden kunnossapitoon käytetystä auras-kalustosta. Selvimmin autoliikenteen vaikutus ilmeni koboltin kohdalla, jota käytetään talvirenkaiden kovametallinastojen n.s. volframi-karbidipiikkien sideaineena. Koboltti onkin erinomainen merkkiaine arvioitaessa talviliikenteen hiukkaspäästöjä. Näiden metallisten hiukkaspäästöjen esiintyminen pienhiukkasina taa-jamien hengitysilmassa aiheuttaa ihmisille ilmeisen terveydellisen vaaran, johon jatkossa tulisi kiinnittää erityistä huomiota. Osittain tästä syystä esimerkiksi Pohjois-Japanissa kiellettiin nastarenkaiden käyttö 1990-luvun alusta, minkä jälkeen myös ilman metalli- ja bitumipitoisuudet merkittävästi vähenivät.

Helsingin alueen laskeumatasot vaihtelivat talvella 1996 alueellisesti paljon eri aineiden kohdalla riippuen mm. siitä, missä laskeuman päästölähde sijaitsee ja mikä on aineen kaukokulkeutumisen osuus. Esimerkiksi vuonna 1995 rikkilaskeumasta oli kotimaista alkuperää vain 12 % ja typpilaskeumasta 24 %. Vastaa-vasti näiden aineiden kotimaisista päästöistä kulkeutui ulkomaille arvioiden mukaan lähes 70 % (Statistics Finland, 1997).

Nitraattitypen ja sulfaatin alueelliset vaihtelut tutkimusalueella olivat vähäisiä johtuen juuri kaukokulkeuman suhteellisen suuresta osuudesta. Keskimääräistä suurempia typpilaskeumia, noin 36 % yli tutkimusalueen mediaaniarvon, esiintyi alueen lounaisosassa Salmisaaren voimalaitoksen läheisyydessä Seurasaari-Lehtisaari-Lauttasaari-Ruoholahti-alueella. Myös Hermannin-Herttoniemen alueella Hanasaaren voimalaitoksen ympäristössä nitraattityppilaskeuma oli noin 12 % keskimääräistä korkeampi. Laskeumajakson aikana alueella vallitsevat tuulet olivat pohjoisesta, koillisesta ja idästä, jolloin keskustan liikenteen päästöt todennäköisesti myös aiheuttivat paikallisesti suuremmat typpiyhdisteiden laskeumat mm. Lauttasaarella.

Sulfaattilaskeumat olivat suurimpia Ruoholahti-Seurasaari- ja Hermannin-ranta-Herttoniemi-alueilla, missä laskeumataso oli noin 50 % koko alueen keskimääräistä sulfaattitasoa suurempi. Pienimmät sulfaattilaskeumat todettiin Suomenlinnassa, Laajasalon itäosissa ja Tammisalossa. Raskasmetallien laskeumat poikkesivat alueellisesti sulfaatti- ja nitraattilaskeumien vastaavista, koska paikallisten päästölähteiden vaikutus raskasmetallilaskeumiin on aina suhteellisen suuri.

Kloridilaskeumaan kaupunkialueella vaikuttavat pääasiassa liukkaudentorjunnassa käytetty maantiesuola ja myös meren läheisyys. Suurimmat kloridilaskeumat esiintyivät Ruoholahdessa, missä näytteenottopisteiden etäisyydet olivat lähellä ajotietä (noin 10 m) sekä Tattariharjussa, jossa oli myös selvästi nähtävissä vilkkaasti liikennöidyn Lahdenväylän (etäisyys noin 50 m) vaikutukset. Kloridi- ja natriumlaskeumat korreloivat selvästi tieväylien läheisyyden kanssa.

Korrelaatioanalyysien mukaan myös lumen pH on liikenneväylien ympäristössä korkeampi kuin muualla johtuen liikenteen nostattaman emäksisen pölyn happamuutta neutraloivasta vaikutuksesta. Lisäksi raudan, kalsiumin, alumiinin, koboltin, molybdeenin, sinkin, kuparin ja kromin laskeumat olivat selvästi korkeampia liikenneväylien lähiympäristössä.

Raskasta polttoöljyä käyttävät päästölähteet ovat todennäköisesti syynä lumen korkeisiin vanadiinipitoisuuksiin Otaniemessä, Pohjois-Haagassa ja Veräjänmäen-Pukinmäen alueella. Vanadiinin laskeumavaihtelut olivat melko suuria pääkaupungin alueella.

Tämän tutkimuksen eräänä tavoitteena oli myös arvioida kaupunkiympäristön paikallisten epäpuhtauskuormitusten osuutta kokonaislaskeumasta. Tuloksia verrattiin puhtaita tausta-alueita edustavien Etelä-Suomen pohjavesiasemien, Siuntion, Karkkilan, Perniön ja Myrskylän vastaaviin laskeuma-arvoihin.

Nitraattityypen laskeuma pääkaupungin lumessa oli ainoastaan 1,7-kertainen tausta-arvoihin verrattuna. Tästäkin voidaan päätellä, että suurin osa pääkaupungin alueen nitraattilaskeumasta on peräisin kaukokulkeumasta. Sulfaatin kohdalla paikallisten lähteiden osuus laskeumaan oli jonkin verran suurempi kuin nitraatilla. Liukkauden torjunnassa käytetyn tiesuolan vaikutukset kloridin ja natriumin laskeumiin olivat pääkaupungin alueella noin kuusi kertaa suuremmat kuin Etelä-Suomen tausta-alueilla.

Raskasmetallien kohdalla pääkaupungin laskeumat olivat selvästi suurempia kuin muualla. Yllättävää ja positiivista kaupunkialueella oli lyijyn suhteellisen matala laskeumataso, mikä on selvästi seurausta lyijyttömän bensiinin käytöstä.

Katalysaattoritekniikan käyttöönotto sekä polttoainelaatujen nopea kehitys 1990-luvulla ovat vähentäneet merkittävästi autojen hiilivety- ja rikki-päästöjä. Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen LIISA-ennusteen mukaan liikenteen päästöt tulevat edelleen vähenemään liikenteen lisääntymisestä huolimatta. On arvioitu, että hiilivetyjen, typen oksidien ja hiilimonoksidin päästöt laskevat vuoteen 2015 mennessä noin puoleen nykyisestä ja rikkipäästöistä päästäisiin lähes kokonaan eroon. Liikenteen päästöennusteet näyttävät tulevaisuudessa todella hyviltä, mutta suurena ongelmana tulee jatkossa edelleen olemaan talvikaudella ja keväällä liikenteen nostattama leijuva pöly, minkä on todettu sisältävän paljon erilaisia terveydelle haitallisia yhdisteitä. Osittaisena ratkaisuna tähän lähinnä kaupunkiongelmaan saattaisi olla nastarenkaiden korvaaminen kitkarenkailla.

## ENGLISH SUMMARY

Snow cover forms a natural base for the deposition of atmospheric impurities. Different chemical substances are stored practically constant in the snowpack during the winter season. Snow samples are usually taken as vertical composite samples from the entire snowpack whereupon they represent the deposition of the whole winter period. However, samples representing different periods of the time of deposition can be obtained by stratigraphic segregation of the snowpack. Accordingly, snowpack accumulates and conserves both wet and dry deposition during the permanence of continuous snow cover. The period of deposition, in this study, is the period between the initial stage of permanent snow cover and the sampling time.

The durability of permanent snow cover and therefore the period of deposition varies considerably in different parts of Finland, mainly due to differences in climatological conditions. Prolonged period of deposition usually improves the representativity of results. In this study the estimates of wintertime deposition are based on a 4 months period (1.12.1995 - 31.3.1996). During this period the lowest daily temperature exceeded 0 degrees Celsius only on three days. The mean monthly temperatures during December 1995 - March 1996 were 1 - 3 degrees lower compared with the long time (1961-1990) mean temperatures, excluding January, which was 0,5 degrees warmer compared with the long time average. Exceptionally cold winter of 1995-1996 in Helsinki offered exquisite conditions for snow survey to determinate the spatial variation of wintertime deposition in urban environment.

The Helsinki study area was divided into a 2 km by 2 km grid consisting of a total of 43 sampling squares. From 3 to 5 samples were taken at each square and combined to one sample. Furthermore three combined samples for reference purposes were taken at Espoo, Vantaa and Sipoo outskirts, approximately 14 to 24 kilometers apart from the center of the Helsinki survey area.

In this study the deposition rates for 22 different constituents, including trace metals, were measured. Analyses were carried out with inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS). The regional variations in the deposition rates of different constituents within an urban environment were evaluated. The impacts of local emission sources to the quality of snow, predominantly the effects of traffic and energy plants, were also estimated. Several studies concerning the urban air quality in Helsinki has been carried out before. However, this is the first survey in order to reveal the occurrence and spatial distribution of trace metal deposition within the entire metropolitan area and therefore it has not been possible to unambiguously compare the results of this study with former studies.

The biggest sulphur dioxide emissions in the metropolitan area are due to energy production. Most of the local emissions of sulphur comes from large coal combustion energy plants at Hanasaari and Salmisaari within the Helsinki city area. In total, nearly 90 % of sulphur emission in the metropolitan area comes from large energy plants. Emissions of minor point sources, household heating etc. represents only 6 % of local output; however, the impact on the near-by air quality is rather large due to low stacks.

The main sources for emissions of nitrogen oxides ( $\text{NO}_x$ ) are traffic (45 %) and energy production (43 %). Even though the proportional share of  $\text{NO}_x$  emissions of energy plants is nearly equal to the share of the traffic emissions, due to high outlet altitudes of energy plants the impacts on local urban air quality and nitrogen deposition is clearly smaller compared with pollution caused by daily traffic. Therefore the traffic is the most significant threat to urban air quality. In addition to exhaust gas emissions a substantial risk for health results from road dust raised by vehicles. Road dust is composed of several substances, such as pow-

derized gravel, de-icing salt, asphalt dust, rust, cuttings of tires, anti-skid studs and snowploughs, thus evidently containing a considerable amount of hazardous constituents.

This study also showed that concentrations of certain components of steel alloys, such as chromium, molybdenum and cobalt, were multiple compared with background levels. The concentrations of these substances were especially high at the proximity of roads. The most distinct impact of motor passenger vehicles became apparent by high cobalt concentrations in the immediate surroundings of the traffic routes. Cobalt is at present generally used as a binder in hard alloy anti-skid studs. Therefore cobalt appears to be a fairly good tracer for estimating the dispersion of wintertime dust emissions caused by traffic. The occurrence of trace metal particles in urban air apparently causes a risk for health and thus this problem should be paid more attention to in the near future. For example, in Northern Japan the concentration of asphalt dust in urban air has decreased during the 1990's owing to the ban on the use of studded tires.

The deposition of different substances varied regionally considerably depending on the locations of emission sources and the proportional share of long-range transport. In 1995 only 12 % of the deposited sulphur and 24 % of the deposited nitrogen in Finland was of domestic origin. On the other hand, almost 70 % of domestic emissions of these substances were transported abroad.

The variations in spatial distributions of nitrate nitrogen and sulphate were comparatively small due to large proportional share of long-range transport. However, deposition rates of nitrate nitrogen were 36 % above the median level in the southwest part of the study area. The prevailing winds in Helsinki during the winter period of 1995-1996 were from north, northeast and east, therefore the emissions of downtown traffic probably partly caused the higher local deposition in the southwestern Helsinki.

The deposition rate of sulphate was 50 % higher in Ruoholahti-Seurasaari and Hermanninranta-Herttoniemi areas compared with the mean level of deposited sulphate. The lowest deposition rates of sulphate were found near the coast of the Gulf of Finland, in Suomenlinna, Laajasalo and Tammisalo. The spatial distributions of trace metals were different compared with sulphate and nitrate, which basically results from the shorter transport distances of the trace metals.

High concentration of chloride in urban snow is usually originated from the use of de-icing salt. The chloride concentrations are also usually somewhat higher in the coastal zone. The highest levels of chloride were found in Ruoholahti nearby (10 meters) a street and in Tattariharju, approximately 50 meters away from a busy Lahdenväylä-motorway. The concentrations of chloride and sodium were correlated with the proximity of traffic routes.

According to correlation analysis the pH of the snowpack was principally higher near the roads than the average owing to the alkaline dust raised by motor vehicles. Additionally the depositions of iron, calcium, aluminium, cobalt, molybdenum, zink, copper and chromium correlated with the vicinity of roads.

Combustion of the heavy fuel oil probably caused the high vanadium concentrations in Otaniemi, Pohjois-Haaga and Veräjänmäki-Pukinmäki areas. The variation in the spatial distribution of vanadium was considerably high in Helsinki metropolitan area.

One aim of this study was to estimate the proportional share of local urban emissions compared with the total deposition. The concentrations of substances in urban snow were compared with the results of 4 background observation stations in Siuntio, Karkkila, Perniö and Myrskylä, located in Southern Finland in areas where the impacts of local point sources were negligible.

Nitrate deposition in Helsinki was only 70 % higher compared with background level, and accordingly the major part of deposited nitrate comes from distant sources. The local impacts of sulphate deposition were somewhat higher compared with nitrate deposition. The use of de-icing salt was the primary cause for 6-fold deposition rates of chloride and sodium in Helsinki Study area compared with background levels.

The depositions of trace metals were also clearly higher in Helsinki city area compared with the background observation stations of Southern Finland. However, gratifyingly the concentration of lead in urban snow was fairly low compared with the background level owing to the extensive use of unleaded gasoline.

Increasing use of catalyzers in motor passenger vehicles, advanced motor technology of new cars and the product improvements in gasoline and diesel oils have significantly reduced the hydrocarbon and sulphur dioxide emissions of traffic. According to the LIISA-prognosis made by the Technical Research Centre of Finland (VTT) the traffic emissions will be further reduced despite the increase of traffic volume. Concerning the environmental loads of traffic it has been estimated that the hydrocarbon, nitrogen oxides and carbonic oxide emissions will be reduced 50 % and the sulphur emissions will be negligible by the year 2015. The traffic emissions prognosis appears to be favourable; nevertheless an extensive problem will be the dust raised by vehicles during the late winter and spring periods. Perhaps this problem could be partially solved by replacing studded tires with unstudded snow tires in urban traffic.

# Kirjallisuus

- Aarnio, P., Koskentalo, T., & Hämeikoski, K. 1995. Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 1994. Helsinki, Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta. 67 s. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1995:7. ISSN 0357-5454.
- Aarnio, P., Koskentalo, T., & Hämeikoski, K. 1996. Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 1995. Helsinki, Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1996:12. ISSN 0357-5454.
- Aarnio, P., Koskentalo, T., & Hämeikoski, K. 1997. Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 1996. Helsinki, Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1997:6. ISSN 0357-5454.
- Anttila, P. 1990. Characteristics of Alkaline Emissions, Atmospheric Aerosols and Deposition. Teoksessa: Kauppi, P., Anttila, P. & Kenttämies, K. (eds.) Acidification in Finland. Berlin, Springer-Verlag. S. 111-134. ISBN 3-540-52213-1, ISBN 0-387-52213-1.
- Dusseldorp, A., Kruize, H., Brunekreef, B. et al. 1995. Association of PM10 and Airborne Iron with Respiratory Health of Adults Living Near a Steel Factory. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, Vol 152, s.1932-1939.
- Aunela, L., Reinikainen, L. & Tuovinen, P. 1988a. Sörnäisten-Hermannin-Toukolan ja Pitäjänmäen-Konalan teollisuusalueiden päästöselvitys. Helsinki 1988. 35 s. Helsingin kaupungin ympäristönsuojelulautakunnan julkaisu 3/1988. ISBN 951-771-797-0, ISSN 0783-9111.
- Aunela, L. & Reinikainen, L. 1988b. Koillisen suurpiirin sekä Lauttasaaren, länsisataman, Valtilan ja Vuosaaren kaupunginosien teollisuusalueiden päästöselvitys. Helsinki 1988. 24 s. Helsingin kaupungin ympäristönsuojelulautakunnan julkaisu 7/1988. ISBN 951-771-864-0, ISSN 0783-9111.
- Aunela, L. & Tuovinen, P. 1989. Teollisuuden päästöt ilmaan Helsingin alueella - Yhteenvedo päästökartoituksista ja arvio päästöjen vaikutuksista ilmanlaatuun. Helsinki 1989. 21 s. Helsingin kaupungin ympäristönsuojelulautakunnan julkaisu 4/1989. ISBN 951-771-963-9, ISSN 0783-9111.
- Ilmatieteen laitos. 1995. Kuukausikatsaus Suomen ilmastoon, 1995/12. ISSN 0303-2485.
- Ilmatieteen laitos. 1996a. Ilmastokatsaus 1/96. "Tammikuun sää". ISSN 1239-0291.
- Ilmatieteen laitos. 1996b. Ilmastokatsaus 2/96. "Helmikuun sää". ISSN 1239-0291.
- Ilmatieteen laitos. 1996c. Ilmastokatsaus 3/96. "Maaliskuun sää". ISSN 1239-0291.
- Johannessen, M. & Henriksen, A. 1978. Chemistry of snow meltwaters: Changes in concentration during melting. Water Resources Research, Vol. 14, s. 615-619.
- Kuusisto, E. 1984. Snow accumulation and snowmelt in Finland. Helsinki, vesihallitus, 149 s. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 55. ISBN 951-46-7494-4, ISSN 0355-0982.
- Lygren, E., Gjessing, E., & Berglind, L. 1984. Pollution Transport from a Highway. Science of the Total Environment, Vol. 33, s. 147-161.
- Mäkelä, A., Antikainen, S., Mäkinen, I., Kivinen, J., & Leppänen, T. 1992. Vesitutkimusten näytteenottomenetelmät. Helsinki, Vesi- ja ympäristöhallitus. Vesi ja ympäristöhallituksen julkaisuja - sarja B 10. ISBN 951-47-4730-5, ISBN 951-37-0694-X.
- NH<sub>3</sub>-työryhmä. 1994. Toimintaohjelma kotieläintalouden ammoniakkipäästöjen vähentämiseksi: NH<sub>3</sub>-työryhmän ehdotus 15.5.1994. Helsinki, Vesi- ja ympäristöhallitus. 48 s. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 569.
- Noguchi, I., Kato, T., Akiyama, M., Otsuka, H., & Matsumoto, Y. 1995. The Effect of Alkaline Dust Decline on the Precipitation Chemistry in Northern Japan. Water, Air and Soil Pollution, Vol. 85, s. 2357-2362.
- Pohjola, V., Junila, P., Kartastenpää, R., & Parviainen-Mäkelä, M. 1989. Liikenteen aiheuttamat ilman epäpuhtaudet - laskentamenetelmän tarkentaminen Helsingissä vuonna 1989. Helsinki 1989. 108 s. Helsingin kaupungin ympäristönsuojelulautakunnan julkaisu 3/1989. ISBN 951-771-905-1, ISSN 0783-9111.
- Ruuskanen, J. 1996. Hiukkasten käyttäytyminen ja alkuperä kaupunki-ilmassa. Ympäristö ja terveystieteet 1996;27. s. 44-50.
- Rühling, Å., Steinnes, E. & Berg, T. 1996. Atmospheric Heavy Metal Deposition in Northern Europe 1995. Copenhagen, Nordic Council of Ministers. 46 s. NORD 1996:37. ISBN 92-9120-965-1, ISSN 0903-7004

- Salonen, R. 1991. Ilmansaasteet aiheuttavat merkittävää haittaa terveydelle. *Silmu*, Vol. 46, s. 12-14.
- SAS Institute Inc. 1990. SAS/GRAPH® Software: Reference, Version 6, First Edition, Volume 2, Cary, NC: SAS Institute Inc., 1990. 664 s. ISBN 1-55544-379-6.
- SFS 3017. 1982. Veden metallipitoisuudet. Määritys atomiabsorptiospektrofotometrisesti liekkimenetelmällä. Erityisohjeita natriumille ja kaliumille. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.
- SFS 3018. 1982. Veden metallipitoisuudet. Määritys atomiabsorptiospektrofotometrisesti liekkimenetelmällä. Erityisohjeita kalsiumille ja magnesiumille. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.
- SFS 3021. 1979. Veden pH-arvon määrittäminen. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.
- SFS 3022. 1976. Veden sähköjohtavuuden määrittäminen. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.
- SFS 3026. 1986. Veden kokonaisfosforin määrittäminen. Hajotus peroksodisulfaattilla. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.
- SFS 3028. 1976. Veden raudan määrittäminen. Fotometrinen menetelmä. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.
- SFS 3029. 1976. Veden nitriittityypen määrittäminen. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.
- SFS 3030. 1976. Veden nitriitti- ja nitraattityypen summan määrittäminen. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.
- SFS 3031. 1976. Veden typen määrittäminen: peroksodisulfaattihapetus. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.
- SFS 3032. 1974. Veden ammoniumtypen määrittäminen. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.
- Soveri, J. 1976. Epäpuhtauslaskeumista Suomessa 1975-1976, sadevesi- ja lumianalyyseiden avulla arvioituna. *Ympäristö ja Terveys*, no. 9-10/76.
- Soveri, J. 1985. Influence of meltwater on the amount and composition of groundwater in quaternary deposits in Finland. Helsinki, vesihallitus. 92 s. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 63.
- Soveri, J. & Ahlberg, T. 1990. Effects of Air Pollutants on Chemical Characteristics of Soil Water and Groundwater. Teoksessa: Kauppi, P., Anttila, P. & Kenttämies, K. (eds.) Acidification in Finland. Berlin, Springer-Verlag. S. 865-881. ISBN 3-540-52213-1, ISBN 0-387-52213-1. Finland.
- Soveri, J. & Vesterinen, J. 1990. Effects of Road Salting in Groundwater Quality in Salpausselkä Area in Southern Finland. Nordisk Hydrologisk Konferens, Kalmar, Sverige.
- Soveri, J. & Peltonen, K. 1995. Evaluation of the Changes in Regional Wintertime deposition in Finland during 1976-1993. *Water, Air and Soil Pollution*, Vol. 85, s. 2191-2197.
- Soveri, J. & Peltonen, K. 1996. Lumen ainepitoisuudet ja talviaikainen laskeuma Suomessa vuosina 1976-1993. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. 98 s. Suomen ympäristö 6. ISBN 952-11-0013-3, ISSN 1238-7312.
- Statistics Finland. 1997. Finland's Natural Resources and the Environment 1997. Helsinki, Statistics Environment. Environment 1997:10C. ISBN 951-727-365-7, ISSN 0784-8455.
- Suomen ympäristökeskus. 1995. Helsinki. Hydrologinen kuukausitiedote, joulukuu 1995.
- Suomen ympäristökeskus. 1996a. Helsinki. Hydrologinen kuukausitiedote, tammikuu 1996.
- Suomen ympäristökeskus. 1996b. Helsinki. Hydrologinen kuukausitiedote, helmikuu 1996.
- Suomen ympäristökeskus. 1996c. Helsinki. Hydrologinen kuukausitiedote, maaliskuu 1996.
- Vesihallitus. 1984. Hydrologiset havainto- ja mittausmenetelmät. Helsinki, Vesihallitus, 88 s. Vesihallituksen julkaisuja 47. ISBN 951-46-7491-X, ISSN 0355-9297.



| HAVAINTOPAIKAN NIMI      | TUNNUS | kp     | ki        | Johd.<br>ms m <sup>-1</sup> | pH  | N <sub>tot</sub><br>µg l <sup>-1</sup> | N <sub>org</sub><br>µg l <sup>-1</sup> | N <sub>org</sub><br>µg l <sup>-1</sup> | SO <sub>4</sub><br>mg l <sup>-1</sup> | Cl<br>mg l <sup>-1</sup> | Fe<br>µg l <sup>-1</sup> | Mn<br>µg l <sup>-1</sup> | Na<br>mg l <sup>-1</sup> | K<br>mg l <sup>-1</sup> | Ca<br>mg l <sup>-1</sup> | Mg<br>mg l <sup>-1</sup> | Al<br>µg l <sup>-1</sup> | As<br>µg l <sup>-1</sup> | Cd<br>µg l <sup>-1</sup> | Co<br>µg l <sup>-1</sup> | Cr<br>µg l <sup>-1</sup> | Cu<br>µg l <sup>-1</sup> | Pb<br>µg l <sup>-1</sup> | Mo<br>µg l <sup>-1</sup> | Zn<br>µg l <sup>-1</sup> | V<br>µg l <sup>-1</sup> |
|--------------------------|--------|--------|-----------|-----------------------------|-----|--|--|--|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| SÄRKINIEMI               | 1      | 667242 | 338214    | 4,95                        | 4,3 | 1900                                   | 960                                    | 660                                    | 5,6                                   | 2,5                      | 93,0                     | 10,0                     | 1,60                     | 0,30                    | 1,20                     | 0,29                     | 136,0                    | 0,79                     | 0,400                    | 0,12                     | 0,35                     | 2,51                     | 4,47                     | 0,13                     | 18,0                     | 4,31                    |
| KUSTAANMIEKKA            | 2      | 667150 | 338823    | 2,60                        | 4,6 | 790                                    | 530                                    | 150                                    | 2,9                                   | 1,7                      | 73,0                     | 6,0                      | 0,89                     | 0,27                    | 1,00                     | 0,20                     | 112,0                    | 0,46                     | 0,050                    | 0,11                     | 0,23                     | 1,25                     | 1,96                     | 0,09                     | 11,0                     | 3,79                    |
| LÄNSIJLAPANNIEMI         | 3      | 667342 | 338095    | 4,05                        | 4,5 | 1700                                   | 970                                    | 520                                    | 4,4                                   | 2,3                      | 143,0                    | 11,0                     | 1,30                     | 0,32                    | 1,30                     | 0,23                     | 191,0                    | 0,63                     | 0,090                    | 0,27                     | 0,40                     | 4,98                     | 4,26                     | 0,10                     | 25,0                     | 5,23                    |
| LAUTTASAARI              | 4      | 667350 | 338253    | 3,75                        | 4,7 | 2100                                   | 980                                    | 820                                    | 4,6                                   | 2,6                      | 209,0                    | 16,0                     | 1,40                     | 0,68                    | 1,60                     | 0,24                     | 294,0                    | 0,55                     | 0,090                    | 0,30                     | 0,53                     | 5,93                     | 5,34                     | 0,13                     | 38,0                     | 4,70                    |
| RUOHOLAHTI               | 5      | 667378 | 338434    | 6,88                        | 6,0 | 2400                                   | 990                                    | 1300                                   | 8,1                                   | 9,0                      | 696,0                    | 28,0                     | 5,10                     | 0,37                    | 3,30                     | 0,32                     | 723,0                    | 0,98                     | 0,210                    | 0,79                     | 2,57                     | 11,80                    | 11,10                    | 0,41                     | 346,0                    | 6,52                    |
| P. UUNISAARI             | 6      | 667304 | 338650    | 3,52                        | 4,8 | 1400                                   | 630                                    | 430                                    | 4,5                                   | 2,9                      | 73,0                     | 7,9                      | 1,40                     | 0,30                    | 1,20                     | 0,32                     | 98,0                     | 0,44                     | 0,070                    | 0,20                     | 0,23                     | 3,05                     | 2,86                     | 0,11                     | 20,0                     | 5,32                    |
| VARIISLUODONKARI         | 7      | 667402 | 339065    |                             | 4,5 | 1100                                   | 650                                    | 510                                    | 4,2                                   |                          | 47,4                     | 4,0                      |                          | 0,51                    | 1,40                     |                          | 80,5                     | 0,55                     | 0,070                    | 0,09                     | 0,24                     | 1,77                     | 2,95                     | 0,10                     | 8,2                      | 3,74                    |
| HEVOSSALMI               | 8      | 667345 | 339215    | 3,42                        | 4,5 | 1900                                   | 820                                    | 310                                    | 4,6                                   | 1,8                      | 75,6                     | 7,9                      | 1,10                     | 0,44                    | 1,70                     | 0,22                     | 139,0                    | 0,61                     | 0,080                    | 0,10                     | 0,41                     | 2,33                     | 3,94                     | 0,08                     | 15,4                     | 4,39                    |
| LEHTISAARI               | 9      | 667597 | 338076    | 3,93                        | 4,6 | 1700                                   | 970                                    | 520                                    | 5,3                                   | 2,2                      | 138,0                    | 33,7                     | 1,30                     | 0,60                    | 1,70                     | 0,31                     | 128,0                    | 0,67                     | 0,110                    | 0,30                     | 0,32                     | 3,40                     | 3,59                     | 0,13                     | 22,9                     | 8,52                    |
| SEURASAARI               | 10     | 667607 | 338288    | 5,26                        | 4,4 | 2000                                   | 1080                                   | 760                                    | 6,8                                   | 2,9                      | 191,0                    | 26,2                     | 1,60                     | 0,97                    | 1,60                     | 0,31                     | 167,0                    | 0,95                     | 0,130                    | 0,30                     | 0,53                     | 4,56                     | 5,96                     | 0,14                     | 27,6                     | 6,83                    |
| SIBELIUKSEN PUISTO       | 11     | 667618 | 338441    | 2,80                        | 5,3 | 1300                                   | 530                                    | 550                                    | 4,1                                   | 2,6                      | 298,0                    | 12,2                     | 1,60                     | 0,20                    | 1,70                     | 0,18                     | 231,0                    | 0,32                     | 0,015                    | 0,40                     | 0,55                     | 7,17                     | 3,92                     | 0,18                     | 24,1                     | 4,78                    |
| KAISANIEMI               | 12     | 667553 | 338626    | 3,00                        | 5,3 | 1200                                   | 580                                    | 490                                    | 4,7                                   | 2,6                      | 370,0                    | 14,1                     | 1,40                     | 0,21                    | 2,10                     | 0,17                     | 187,0                    | 0,44                     | 0,070                    | 0,45                     | 0,68                     | 9,05                     | 3,62                     | 0,18                     | 40,2                     | 4,39                    |
| MUSTIKKAMAA              | 13     | 667587 | 338853    | 3,22                        | 4,6 | 1400                                   | 730                                    | 480                                    | 4,6                                   | 1,4                      | 178,0                    | 11,1                     | 0,89                     | 0,31                    | 1,40                     | 0,19                     | 144,0                    | 0,55                     | 0,060                    | 0,21                     | 0,43                     | 3,13                     | 2,80                     | 0,14                     | 21,8                     | 9,15                    |
| LAAJASALO                | 14     | 667524 | 339029    | 3,75                        | 4,5 | 1600                                   | 850                                    | 530                                    | 4,9                                   | 1,7                      | 42,5                     | 10,5                     | 1,10                     | 0,82                    | 1,30                     | 0,27                     | 85,2                     | 0,39                     | 0,040                    | 0,20                     | 0,22                     | 1,22                     | 1,14                     | 0,04                     | 25,2                     | 1,73                    |
| YLISKYLÄ                 | 15     | 667521 | 339236    | 2,44                        | 4,6 | 1000                                   | 520                                    | 440                                    | 3,1                                   | 0,7                      | 52,9                     | 4,0                      | 0,35                     | 0,16                    | 0,77                     | 0,08                     | 75,9                     | 0,43                     | 0,040                    | 0,09                     | 0,17                     | 1,37                     | 2,85                     | 0,08                     | 7,3                      | 3,65                    |
| OTANIEMI                 | 16     | 667740 | 338035    | 3,15                        | 4,6 | 1400                                   | 610                                    | 590                                    | 3,8                                   | 2,7                      | 72,7                     | 10,5                     | 1,40                     | 0,28                    | 1,20                     | 0,17                     | 81,4                     | 0,47                     | 0,060                    | 0,20                     | 0,30                     | 3,70                     | 2,54                     | 0,09                     | 17,6                     | 8,94                    |
| SAUNILAHTI               | 17     | 667745 | 338275    | 3,19                        | 4,9 | 1500                                   | 710                                    | 700                                    | 4,7                                   | 2,4                      | 190,0                    | 10,5                     | 1,20                     | 0,66                    | 1,50                     | 0,16                     | 140,0                    | 0,54                     | 0,070                    | 0,31                     | 0,34                     | 5,13                     | 3,62                     | 0,12                     | 19,2                     | 7,32                    |
| LAAKSO                   | 18     | 667750 | 338438    | 2,80                        | 4,9 | 1600                                   | 640                                    | 670                                    | 4,5                                   | 1,6                      | 202,0                    | 10,2                     | 0,96                     | 0,54                    | 1,40                     | 0,15                     | 254,0                    | 0,53                     | 0,070                    | 0,23                     | 0,45                     | 5,78                     | 3,85                     | 0,14                     | 20,7                     | 5,58                    |
| VALLILA                  | 19     | 667714 | 338677    | 3,22                        | 5,8 | 1800                                   | 490                                    | 850                                    | 3,9                                   | 3,0                      | 533,0                    | 18,5                     | 1,50                     | 0,47                    | 2,00                     | 0,19                     | 603,0                    | 0,89                     | 0,090                    | 0,50                     | 1,17                     | 29,70                    | 7,28                     | 0,30                     | 58,8                     | 5,76                    |
| HERMANNINRANTA           | 20     | 667747 | 338835    | 6,08                        | 6,0 | 2300                                   | 930                                    | 850                                    | 7,6                                   | 6,8                      | 157,0                    | 15,4                     | 3,80                     | 1,20                    | 3,40                     | 0,37                     | 127,0                    | 0,70                     | 0,090                    | 0,29                     | 0,61                     | 6,23                     | 3,30                     | 0,20                     | 61,9                     | 6,57                    |
| HERTONIEMI               | 21     | 667730 | 339031    | 6,27                        | 5,9 | 1900                                   | 830                                    | 760                                    | 7,8                                   | 8,8                      | 560,0                    | 24,5                     | 4,40                     | 0,49                    | 3,40                     | 0,28                     | 893,0                    | 0,85                     | 0,100                    | 0,68                     | 1,25                     | 7,32                     | 5,16                     | 0,39                     | 33,0                     | 6,39                    |
| TAMMISALO                | 22     | 667735 | 339246    | 2,66                        | 4,8 | 1100                                   | 640                                    | 460                                    | 3,6                                   | 1,3                      | 51,9                     | 11,6                     | 0,70                     | 0,29                    | 1,10                     | 0,17                     | 80,6                     | 0,38                     | 0,015                    | 0,10                     | 0,29                     | 0,95                     | 0,65                     | 0,07                     | 23,0                     | 1,10                    |
| VERMO                    | 23     | 667995 | 338073    | 3,12                        | 4,6 | 1500                                   | 660                                    | 740                                    | 4,1                                   | 1,7                      | 105,0                    | 9,9                      | 0,87                     | 0,25                    | 0,96                     | 0,14                     | 95,4                     | 0,52                     | 0,080                    | 0,19                     | 0,25                     | 12,60                    | 2,98                     | 0,10                     | 15,3                     | 7,17                    |
| TALI                     | 24     | 667960 | 338250    | 2,55                        | 5,1 | 1300                                   | 590                                    | 500                                    | 3,8                                   | 1,8                      | 172,0                    | 8,2                      | 1,30                     | 0,87                    | 1,30                     | 0,17                     | 135,0                    | 0,47                     | 0,080                    | 0,23                     | 0,36                     | 6,19                     | 3,37                     | 0,14                     | 24,6                     | 9,11                    |
| ILMALA                   | 25     | 667952 | 338460    | 4,67                        | 5,1 | 1600                                   | 900                                    | 610                                    | 5,7                                   | 5,6                      | 595,0                    | 31,6                     | 3,30                     | 0,44                    | 2,40                     | 0,30                     | 243,0                    | 0,45                     | 0,120                    | 0,62                     | 0,84                     | 36,00                    | 4,26                     | 0,26                     | 50,5                     | 5,61                    |
| KUMPULA                  | 26     | 667928 | 338700    | 3,90                        | 4,7 | 2100                                   | 860                                    | 550                                    | 5,8                                   | 2,4                      | 173,0                    | 26,9                     | 1,20                     | 1,40                    | 1,60                     | 0,28                     | 150,0                    | 0,67                     | 0,100                    | 0,31                     | 0,49                     | 5,44                     | 4,95                     | 0,12                     | 31,4                     | 7,16                    |
| VANHAKAUPUNKI            | 27     | 667973 | 338841    | 3,98                        | 4,7 | 1700                                   | 740                                    | 470                                    | 4,8                                   | 4,0                      | 208,0                    | 10,0                     | 1,90                     | 0,91                    | 1,77                     | 0,30                     | 177,0                    | 0,95                     | 0,100                    | 0,35                     | 0,51                     | 5,41                     | 3,85                     | 0,18                     | 27,3                     | 9,81                    |
| LÄNSI-HERTONIEMI         | 28     | 667920 | 339110    | 3,52                        | 4,7 | 1600                                   | 770                                    | 610                                    | 5,2                                   | 1,9                      | 97,0                     | 30,5                     | 1,20                     | 0,43                    | 1,60                     | 0,20                     | 124,0                    | 0,79                     | 0,090                    | 0,23                     | 0,41                     | 3,30                     | 2,90                     | 0,11                     | 20,7                     | 5,55                    |
| ROIHUVUORI               | 29     | 667886 | 339248    | 5,84                        | 5,6 | 1800                                   | 820                                    | 790                                    | 7,0                                   | 7,7                      | 339,0                    | 23,7                     | 4,20                     | 0,64                    | 3,20                     | 0,29                     | 532,0                    | 0,66                     | 0,090                    | 0,48                     | 0,73                     | 6,28                     | 4,40                     | 0,24                     | 27,8                     | 4,37                    |
| MÄKKYLÄ                  | 30     | 668149 | 338034    | 3,40                        | 4,6 | 1400                                   | 740                                    | 520                                    | 4,2                                   | 2,1                      | 96,5                     | 10,9                     | 1,40                     | 0,46                    | 1,10                     | 0,18                     | 105,0                    | 0,47                     | 0,090                    | 0,21                     | 0,20                     | 3,26                     | 3,02                     | 0,10                     | 15,4                     | 6,63                    |
| POHJOIS-HAAGA            | 31     | 668140 | 338270    | 3,11                        | 5,3 | 1800                                   | 610                                    | 690                                    | 4,8                                   | 2,1                      | 304,0                    | 20,6                     | 1,10                     | 1,50                    | 1,20                     | 0,19                     | 99,9                     | 0,55                     | 0,070                    | 0,50                     | 0,51                     | 17,40                    | 3,12                     | 0,22                     | 24,1                     | 29,10                   |
| PIRKKOLA                 | 32     | 668157 | 338472    | 3,10                        | 4,7 | 1300                                   | 640                                    | 550                                    | 3,9                                   | 2,3                      | 136,0                    | 11,7                     | 1,30                     | 0,30                    | 1,20                     | 0,16                     | 123,0                    | 0,46                     | 0,060                    | 0,22                     | 0,32                     | 3,52                     | 3,08                     | 0,11                     | 15,9                     | 5,47                    |
| QULUNKYLÄ                | 33     | 668180 | 338666    | 4,31                        | 4,9 | 2500                                   | 1020                                   | 610                                    | 6,8                                   | 2,7                      | 141,0                    | 35,3                     | 1,40                     | 2,20                    | 2,10                     | 0,35                     | 149,0                    | 0,73                     | 0,120                    | 0,32                     | 0,46                     | 4,62                     | 4,61                     | 0,14                     | 25,8                     | 6,45                    |
| VERÄJÄNMÄKI              | 34     | 668135 | 338856    | 3,45                        | 4,6 | 1500                                   | 710                                    | 610                                    | 4,8                                   | 2,1                      | 135,0                    | 14,8                     | 1,20                     | 0,41                    | 1,40                     | 0,18                     | 122,0                    | 0,61                     | 0,100                    | 0,26                     | 0,32                     | 3,88                     | 6,73                     | 0,12                     | 19,8                     | 9,08                    |
| LATOKARTANO              | 35     | 668121 | 339075    | 2,98                        | 5,1 | 1700                                   | 670                                    | 700                                    | 5,1                                   | 1,8                      | 98,7                     | 12,5                     | 1,00                     | 0,41                    | 1,70                     | 0,17                     | 109,0                    | 0,47                     | 0,100                    | 0,22                     | 0,22                     | 2,87                     | 3,19                     | 0,12                     | 15,1                     | 5,14                    |
| MYLLYPURO                | 36     | 668128 | 339245    | 2,94                        | 4,8 | 1100                                   | 590                                    | 430                                    | 4,1                                   | 1,6                      | 67,8                     | 13,3                     | 0,91                     | 0,30                    | 1,30                     | 0,13                     | 87,3                     | 0,42                     | 0,090                    | 0,17                     | 0,16                     | 2,87                     | 2,11                     | 0,07                     | 13,5                     | 2,59                    |
| MÄLMINKARTANO            | 37     | 668393 | 338070    | 4,28                        | 4,7 | 2000                                   | 1120                                   | 470                                    | 6,1                                   | 2,5                      | 161,0                    | 29,4                     | 1,40                     | 1,20                    | 2,30                     | 0,32                     | 257,0                    | 0,62                     | 0,120                    | 0,33                     | 0,40                     | 5,02                     | 5,17                     | 0,10                     | 23,5                     | 6,16                    |
| KÄRELA                   | 38     | 668364 | 338270    | 2,51                        | 4,8 | 1600                                   | 590                                    | 960                                    | 3,6                                   | 1,5                      | 79,1                     | 4,5                      | 0,84                     | 0,12                    | 0,77                     | 0,08                     | 79,6                     | 0,42                     | 0,060                    | 0,14                     | 0,15                     | 2,93                     | 2,94                     | 0,09                     | 11,5                     | 5,65                    |
| LÄNSI-PAKILA             | 39     | 668362 | 338472    | 2,98                        | 4,6 | 1300                                   | 590                                    | 400                                    | 4,2                                   | 1,2                      | 102,0                    | 24,8                     | 0,65                     | 0,57                    | 1,10                     | 0,18                     | 91,6                     | 0,51                     | 0,070                    | 0,16                     | 0,25                     | 2,51                     | 3,45                     | 0,11                     | 13,2                     | 6,67                    |
| TUOMARINKARTANO          | 40     | 668403 | 338675    | 4,91                        | 4,7 | 2200                                   | 1040                                   | 840                                    | 6,9                                   | 3,8                      | 173,0                    | 26,9                     | 2,10                     | 1,50                    | 1,90                     | 0,27                     | 169,0                    | 0,84                     | 0,120                    | 0,37                     | 0,42                     | 4,94                     | 6,03                     | 0,16                     | 27,8                     | 5,85                    |
| PUKINMÄKI                | 41     | 668342 | 338831    | 3,38                        | 5,3 | 2200                                   | 750                                    | 840                                    | 5,6                                   | 2,1                      | 168,0                    | 34,3                     | 1,30                     | 1,10                    | 1,90                     | 0,26                     | 170,0                    | 0,77                     | 0,080                    | 0,29                     | 0,51                     | 5,04                     | 4,50                     | 0,23                     | 19,0                     | 16,10                   |
| ALA-MALMI                | 42     | 668307 | 339087    | 3,13                        | 4,7 | 1500                                   | 640                                    | 560                                    | 4,4                                   | 1,9                      | 96,0                     | 8,8                      | 0,99                     | 0,39                    | 1,30                     | 0,15                     | 130,0                    | 0,57                     | 0,080                    | 0,18                     | 0,26                     | 3,34                     | 2,98                     | 0,11                     | 16,2                     | 4,05                    |
| TATTARIHARJU             | 43     | 668310 | 339246    | 6,17                        | 5,6 | 1700                                   | 700                                    | 780                                    | 5,8                                   | 9,6                      | 290,0                    | 22,5                     | 5,20                     | 0,39                    | 3,20                     | 0,26                     | 221,0                    | 0,33                     | 0,015                    | 0,62                     | 0,36                     | 5,21                     | 4,73                     | 0,15                     | 26,4                     | 3,24                    |
| SUNDSBERG                | R1     |        |           | 3,36                        | 4,6 | 2000                                   | 820                                    | 540                                    | 5,2                                   | 1,2                      | 89,9                     | 33,0                     | 0,55                     | 0,93                    | 1,40                     | 0,35                     | 110,0                    | 0,33                     | 0,015                    | 0,11                     | 0,11                     | 2,87                     | 3,79                     | 0,08                     | 24,4                     | 3,42                    |
| PETIKKO                  | R2     |        |           | 3,07                        | 5,3 | 1600                                   | 800                                    | 390                                    | 5,3                                   | 1,2                      | 77,8                     | 71,0                     | 0,60                     | 0,83                    | 2,60                     | 0,45                     | 94,3                     | 0,24                     | 0,015                    | 0,12                     | 0,11                     | 1,68                     | 2,27                     | 0,15                     | 13,3                     | 4,28                    |
| NIKINMÄKI                | R3     |        |           | 3,38                        | 4,4 | 1400                                   | 690                                    | 510                                    | 4,1                                   | 1,0                      | 52,0                     | 30,1                     | 0,48                     | 0,27                    | 0,98                     | 0,13                     | 78,1                     | 0,48                     | 0,040                    | 0,06                     | 0,05                     | 1,37                     | 3,21                     | 0,05                     | 10,6                     | 3,11                    |
|                          |        |        |           | Johd.<br>ms m <sup>-1</sup> | pH  | N <sub>tot</sub><br>µg l <sup>-1</sup> | N <sub>org</sub><br>µg l <sup>-1</sup> | N <sub>org</sub><br>µg l <sup>-1</sup> | SO <sub>4</sub><br>mg l <sup>-1</sup> | Cl<br>mg l <sup>-1</sup> | Fe<br>µg l <sup>-1</sup> | Mn<br>µg l <sup>-1</sup> | Na<br>mg l <sup>-1</sup> | K<br>mg l <sup>-1</sup> | Ca<br>mg l <sup>-1</sup> | Mg<br>mg l <sup>-1</sup> | Al<br>µg l <sup>-1</sup> | As<br>µg l <sup>-1</sup> | Cd<br>µg l <sup>-1</sup> | Co<br>µg l <sup>-1</sup> | Cr<br>µg l <sup>-1</sup> | Cu<br>µg l <sup>-1</sup> | Pb<br>µg l <sup>-1</sup> | Mo<br>µg l <sup>-1</sup> | Zn<br>µg l <sup>-1</sup> | V<br>µg l <sup>-1</sup> |
| Helsingin havaintoverkko |        |        | Keskiarvo | 3,79                        | 4,  |  |  |  |                                       |                          |                          |                          |                          |                         |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                         |



# Kuvailulehti

|  |  |  |
|--|--|--|
| Julkaisija   | Suomen ympäristökeskus   | Julkaisu-aika<br>Tammikuu 1998   |
| Tekijä(t)  | Jouko Soveri, Kimmo Peltonen ja Olli Järvinen  |  |
| Julkaisun nimi   | Laskeuma Helsingin seudulla lumesta määritettynä talvikaudella 1995 - 1996   |  |
| Julkaisun osat/<br>muut saman projektin<br>tuottamat julkaisut |  |  |
| Tiivistelmä  | <p>Lumipeite toimii luontaisena laskeuma-alustana, johon ilman epäpuhtaudet kerrostuvat ja jossa eri aineiden laskeumat säilyvät käytännöllisesti katsoen muuttumattomina. Tutkimuksessa arvioitiin ICP-analyysitekniikkaa hyväksi käyttäen eri aineiden, erityisesti raskasmetallien laskeumien alueellista vaihtelua Helsingin alueella ja pyrittiin myös arvioimaan niiden yhteyttä eri päästölähteisiin. Tämän tutkimuksen laskeumatiedot perustuvat neljän kuukauden (1.12.1995 - 31.3.1996) laskeuma-aikaan.</p> <p>Nitratityypin ja sulfaatin alueelliset vaihtelut tutkimusalueella olivat vähäisiä johtuen mm. kaukokulkeuman suhteellisen suuresta osuudesta. Keskimääräistä suurempia typpilaskeumia, noin 36 % yli tutkimusalueen mediaaniarvon, esiintyi alueen lounaisosissa Salmisaaren voimalaitoksen läheisyydessä. Myös Hermannin-Herttoniemen alueella Hanasaaren voimalaitoksen ympäristössä nitratityppilaskeuma oli noin 12 % keskimääräistä korkeampi. Sulfaattilaskeumat olivat suurimpia Ruoholahti-Seurasaari- ja Hermanninranta-Herttoniemi-alueilla, missä laskeumataso oli noin 50 % koko alueen keskimääräistä sulfaattitasoa suurempi. Nitratityypin laskeuma pääkaupungin lumessa oli ainoastaan 1,7-kertainen tausta-arvoihin verrattuna. Sulfaatin kohdalla paikallisten lähteiden osuus laskeumaan oli jonkin verran suurempi kuin nitraatilla.</p> <p>Korrelaatioanalyysien mukaan lumen pH on liikenneväylien ympäristössä korkeampi kuin muualla johtuen liikenteen nostattaman emäksisen pölyn happamuutta neutraloivasta vaikutuksesta. Lisäksi raudan, kalsiumin, alumiinin, kobolttin, molybdeenin, sinkin, kuparin ja kromin laskeumat olivat selvästi korkeampia tieväylien lähiympäristössä. Kromi ja molybdeeni ovat raudan seosmetalleina suureksi osaksi peräisin ajoneuvojen korirakenteista ja talviaikana teiden kunnossapitoon käytetystä auruskalustosta. Selvimmin autoliikenteen vaikutus ilmeni kobolttin kohdalla, jota pakokaasuemissioiden lisäksi joutuu ympäristöön talvirenkaissa käytettävien kovametallinastojen n.s. volframi-karbidipiikkien sideaineesta. Liukkauden torjunnassa käytetyn tiesuolan vaikutukset kloridin ja natriumin laskeumiin olivat pääkaupungin alueella noin kuusi kertaa suuremmat kuin Etelä-Suomen tausta-alueilla. Useimpien raskasmetallien kohdalla pääkaupungin laskeumat olivat selvästi suurempia kuin muualla, mistä poikkeuksena lyijyn suhteellisen matala laskeumataso kaupunkialueella, mikä pääosin on seurausta lyijyttömän bensiinin käytöstä.</p> |  |
| Asiasanat  | laskeumat, lumi, ilman saastuminen, rikkiyhdisteet, typpiyhdisteet, raskasmetallit, päästöt, liikenne, suolaus, tiet, teollisuus, Helsinki, pääkaupunkiseutu   |  |
| Julkaisusarjan nimi ja numero                                  | Suomen ympäristö 179   |  |
| Julkaisun teema  | ympäristönsuojelu  |  |
| Projektihankkeen nimi ja projektinumero                        |  |  |
| Rahoittaja/<br>toimeksiantaja                                  | Suomen ympäristökeskus   |  |
| Projektiryhmään<br>kuuluvat organisaatiot                      |  |  |
|  | ISSN<br>1238-7312  | ISBN<br>952-11-0235-7  |
|  | Sivuja<br>51   | Kieli<br>suomi   |
|  | Luottamuksellisuus<br>julkinen   | Hinta<br>64 mk   |
| Julkaisun myynti/<br>jakaja                                    | Suomen ympäristökeskuksen asiakaspalvelu<br>sähköpostiosoite: neuvonta.syke@vyh.fi<br>faksi (09) 4030 0190, puh. (09) 4030 0100  | Oy Edita Ab<br>asiakaspalvelu puh. (09) 566 0266,<br>faksi (09) 566 0380 |
| Julkaisun kustantaja   | Suomen ympäristökeskus   |  |
| Painopaikka ja -aika   | Oy Edita Ab, Helsinki 1998   |  |

# Presentationsblad

|  |   |  |
|--|---|--|
| Utgivare   | Finlands miljöcentral   | Datum<br>Januari 1998  |
| Författare   | Jouko Soveri, Kimmo Peltonen ja Olli Järvinen   |  |
| Publikationens titel   | Laskeuma Helsingin seudulla lumesta määritettynä talvikaudella 1995 - 1996<br>Needfallet i Helsingfors vintern 1995 - 1996: En analys av föroreningshalter i snö  |  |
| Publikationens delar/<br>andra publikationer<br>inom samma projekt |   |  |
| Sammandrag   | <p>Snötäcket fungerar som ett naturligt nedfallsunderlag för luftföroreningar. I snötäcket lagras stofvet i praktiskt taget oförändrat under vintern. Med hjälp av ICP-analys teknik mättes den regionala variationen i olika ämnens, speciellt tungmetallers nedfall i stadsmiljö. Även de lokala utsläppskällornas inverkan på snökvaliteten uppskattades. Undersökningens nedfallsuppgifter är insamlade under fyra månader: 1.12.1995-31.3.1996.</p> <p>De regionala variationerna i nitratkväve- och sulfathalterna var relativt små beroende på bl.a. den proportionellt stora andelen långdistanstransport. Kvävehalter som överskred det genomsnittliga, ca. 36 % över medianen, registrerades i Helsingfors sydvästra delar i närheten av Sundholmens kraftverk. Även i området Hermanstad-Hertonäs i omgivningarna kring Hanaholmens kraftverk uppmättes nitratkvävehalter som var ca. 12 % högre än genomsnittet. De största sulfatnedfallen registrerades i två områden, Gräsviken-Fölisön och Hermanstadsstrand-Hertonäs, med nedfallsnivåer ca. 50 % över den genomsnittliga sulfatnedfallsnivån i undersökningsområdet. Nitrathalten i Helsingfors var endast 1,7 gånger högre än bakgrunds-nivån, vilket visar att största delen av det avlagrade nitraten kommer från avlägsna källor. De lokala källorna hade en något högre inverkan på sulfatnedfallet än på nitrat dito.</p> <p>Enligt korrelationsanalys var snödrivornas pH i medeltal högre nära vägar, vilket förklaras av att de alkaliska damm-moln som förorsakas av biltrafiken neutralerar surheten. Dessutom var halterna av järn, kalcium, aluminium, kobolt, molybden, zink, koppar och krom tydligt högre i närheten av vägleder. Vissa stållegeringskomponenter, såsom krom och molybden kan förmodligen härledas till rostiga bilkarosser och snöplögar. Tydligast kunde man se biltrafikens inverkan i de höga koncentrationerna av kobolt. Kobolten härstammar förutom från avgasutsläppen även från bindmedlet i de sk. volfram-karbid piggarna som sitter på vinterdäckens hårdmetallnubbar. Klorid- och natriumhalterna var ca. sex gånger större i huvudstadsregionen än i södra Finlands bakgrundsområden, vilket beror på vägsaltet som används för att motverka halka. Huvudstadens tungmetallnedfall var tydligt större än i bakgrundsområdena. Det enda undantaget var de relativt låga blyhalterna i Helsingfors, vilket till största del kan tillskrivas den blyfria bensinen.</p> |  |
| Nyckelord  | nedfall, snö, luftföroreningar, svavelföreningar, kväveföreningar, tungmetaller, utsläpp, trafik, vägsalt, industri, Helsingfors, huvudstadsregionen  |  |
| Publikationsserie<br>och nummer                                    | Miljön i Finland 179  |  |
| Publikationens tema  | miljövård   |  |
| Projektets namn och<br>nummer                                      |   |  |
| Finansiär/<br>uppdragsgivare                                       | Finlands miljöcentral   |  |
| Organisationer<br>i projektgruppen                                 |   |  |
|  | ISSN<br>1238-7312   | ISBN<br>952-11-0235-7  |
|  | Sidantal<br>51  | Språk<br>finska  |
|  | Offentlighet<br>offentlig   | Pris<br>64 mk  |
| Beställningar/<br>distribution                                     | Finlands miljöcentral<br>kundservice e-mail: neuvonta.syke@vyh.fi<br>telefax (09) 4030 0190, tel. (09) 4030 0100  | Oy Edita Ab<br>kundservice tel. (09) 566 0266<br>telefax (09) 655 0380 |
| Förläggare   | Finlands miljöcentral   |  |
| Tryckeri/<br>tryckningsort och -år                                 | Oy Edita Ab, Helsingfors 1998   |  |

# Documentation page

|  |   |  |                   |                       |                   |                     |                        |                 |
|--|---|--|-------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|------------------------|-----------------|
| Publisher  | Finnish Environment Institute   | Date<br>January 1998   |                   |                       |                   |                     |                        |                 |
| Author(s)  | Jouko Soveri, Kimmo Peltonen ja Olli Järvinen   |  |                   |                       |                   |                     |                        |                 |
| Title of publication                                   | Laskeuma Helsingin seudulla lumesta määritettynä talvikaudella 1995 - 1996<br>The wintertime deposition in the Helsinki city area during 1995 -1996: assessment using snow analyses   |  |                   |                       |                   |                     |                        |                 |
| Parts of publication/<br>other project<br>publications |   |  |                   |                       |                   |                     |                        |                 |
| Abstract   | <p>Snow cover forms a natural base for the deposition of atmospheric impurities, which are stored practically constant in the snowpack during the winter season. In this study the deposition of different constituents, including trace metals, was measured. Analyses were carried out with inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS). The regional variations in the deposition of different constituents within an urban environment were evaluated. The impacts of local emission sources to the quality of snow were also estimated. The estimates of wintertime deposition are based on a 4 month period (1.12.1995 - 31.3.1996).</p> <p>The variations in spatial distributions of nitrate nitrogen and sulphate were comparatively small due to large proportional share of long-range transport. However, deposition rates of nitrate nitrogen were 36 % above the median level in the southwest part of the study area nearby the Salmisaari energy plant and 12 % above the median level nearby the Hanasaari energy plant. The deposition rate of sulphate was 50 % higher in Ruoholahti-Seurasaaari and Hermanninranta-Herttoniemi areas compared with the mean level of deposited sulphate. Nitrate deposition in Helsinki was only 70 % higher compared with background level, and accordingly the major part of deposited nitrate comes from distant sources. The local impacts of sulphate deposition were somewhat higher compared with nitrate deposition.</p> <p>According to correlation analysis the pH of the snowpack was principally higher near the roads than the average owing to the alkaline dust raised by motor vehicles. Additionally the depositions of iron, calcium, aluminium, cobalt, molybdenum, zink, copper and chromium correlated with the vicinity of roads. Certain components of steel alloys, such as chromium and molybdenum are probably largely originated from rusted vehicle bodyworks and snowploughs. The most distinct impact of motor vehicles became apparent by high cobalt concentrations. In addition of exhaust emissions cobalt is originated from hard alloy anti-skid studs used in snow tires. The use of de-icing salt was the primary cause for 6-fold deposition rates of chloride and sodium in Helsinki study area compared with background levels. The depositions of most trace metals were also clearly higher in Helsinki study area compared with the background observation stations of southern Finland. However, gratifyingly the concentration of lead in urban snow was fairly low compared with the background level owing to the extensive use of unleaded gasoline.</p> |  |                   |                       |                   |                     |                        |                 |
| Keywords   | deposition, snow, air pollution, sulphur, nitrogen compounds, trace metals, emissions, traffic, road salt, industry, Helsinki, Finland  |  |                   |                       |                   |                     |                        |                 |
| Publication series<br>and number                       | The Finnish Environment 179   |  |                   |                       |                   |                     |                        |                 |
| Theme of publication                                   | environmental protection  |  |                   |                       |                   |                     |                        |                 |
| Project name and<br>number, if any                     |   |  |                   |                       |                   |                     |                        |                 |
| Financier/<br>commissioner                             | Finnish Environment Institute   |  |                   |                       |                   |                     |                        |                 |
| Project organization                                   | <table border="1"> <tr> <td>ISSN<br/>1238-7312</td> <td>ISBN<br/>952-11-0235-7</td> </tr> <tr> <td>No. of page<br/>51</td> <td>Language<br/>Finnish</td> </tr> <tr> <td>Restrictions<br/>public</td> <td>Price<br/>64 FIM</td> </tr> </table>   |  | ISSN<br>1238-7312 | ISBN<br>952-11-0235-7 | No. of page<br>51 | Language<br>Finnish | Restrictions<br>public | Price<br>64 FIM |
| ISSN<br>1238-7312                                      | ISBN<br>952-11-0235-7   |  |                   |                       |                   |                     |                        |                 |
| No. of page<br>51                                      | Language<br>Finnish   |  |                   |                       |                   |                     |                        |                 |
| Restrictions<br>public                                 | Price<br>64 FIM   |  |                   |                       |                   |                     |                        |                 |
| For sale at/<br>distributor                            | Finnish Environment Institute<br>e-mail: <a href="mailto:neuvonta.syke@vyh.fi">neuvonta.syke@vyh.fi</a><br>telex +358 9 4030 0190, tel. +358 9 4030 0100  | Edita Ltd,<br>customer service tel +358 9 566 022<br>telex +358 9 566 0380 |                   |                       |                   |                     |                        |                 |
| Financier<br>of publication                            | Finnish Environment Institute   |  |                   |                       |                   |                     |                        |                 |
| Printing place and year                                | Edita Ltd, Helsinki 1998  |  |                   |                       |                   |                     |                        |                 |

## SUOMEN YMPÄRISTÖ

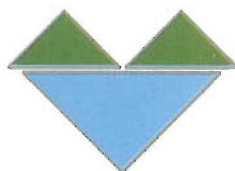
75. Kosonen, Lasse; Kaipainen, Heidi & Kemppainen, Eija: Suomen uhanalaiset lajit Mäkiorkkeli (*Viola collina*). Suomen ympäristökeskus.
76. Pykälä, Juha & Vuorinen Soili: Suomen uhanalaiset lajit. Punavalkku (*Cephalanthera rubra*). Suomen ympäristökeskus.
77. Pykälä, Juha & Vuorinen Soili: Suomen uhanalaisia lajeja: Vuorikuisma (*Hypericum montanum*). Suomen ympäristökeskus.
78. Kaipainen, Heidi; Kemppainen, Eija & Bonn; Thomas: Suomen uhanalaisia lajeja: Tähdähelmikkä (*Melica ciliata*). Hotade arter i Finland: Grusslok (*Melica ciliata*). Suomen ympäristökeskus.
79. Joensuu, Ilona; Vuori, Kari-Matti & Nieminen, Mari: Vesistö rakentamisen ja lyhytaikaisäännyttelyn vaikutus Perhonjoen koskien eliöyhteisöihin. Keski-Pohjanmaan ympäristökeskus.
80. Hassi, Laura: Ihanteita ja ohjauvälineitä - asumisen tuen kohdentuminen vuonna 1993. Ympäristöministeriö.
81. Grönroos, Juha; Rekolainen, Seppo & Nikander, Antero: Maatalouden ympäristötuen toimenpiteiden toteutuminen v. 1995. Suomen ympäristökeskus.
82. Leskelä, Ari & Hudd, Richard: Kyrönjoen lohi- ja meritaimenistutusten tuloksellisuus Carlinmerkintöjen perusteella. Länsi-Suomen ympäristökeskus.
83. Hudd, Richard; Kjellman, Jakob & Leskelä, Ari: Kyrönjoen suiston poikastuotanto ja kalakannat. Länsi-Suomen ympäristökeskus.
84. Markat ja maankäyttö. Kaavatalouden näkökohtia päättäjille. Ympäristöministeriö.
85. Uuskallio, Irma: National overview on distressed urban areas in Finland. Ympäristöministeriö.
86. Peltola, Taru: Yritysten muuttuva toimintaympäristö hallinnon haasteena. Hämeen ympäristökeskuksen pk-yritysprojektin loppuraportti. Hämeen ympäristökeskus.
87. Luostarinen, Matti; Yli-Viikari, Anja (toim.): Maaseudun kulttuurimaisemat. Suomen ympäristökeskus, Maatalouden tutkimuskeskus.
88. Airamo, Raimo & Permanto, Timo: Yleiskaavoitus ja vaikutusten arviointi. Esimerkkinä Lahden yleiskaavoitus 1946 - 1996. Ympäristöministeriö.
89. Seppälä, Jyri & Jouttijärvi, Timo (toim.): Metsäteollisuus ja ympäristö. Suomen ympäristökeskus.
90. Jokioisten kulttuuriympäristöohjelma. Ympäristöministeriö.
91. Kilpailuttaminen valtion tukemassa asuntotuotannossa. Työryhmän mietintö. Ympäristöministeriö.
92. Malaska, Pentti; Luukkanen, Jyrki; Vehmas, Jarmo & Kaivo-oja, Jari: Environment - Based Energy Taxation in the Nordic Countries. Comparisons by Energy Source and a Review of the Finnish Discussion. Ympäristöministeriö.
93. Muuttuva ihminen - muuttuva asunto. Ympäristöministeriö.
94. Jauhainen, Tapani; Vuorinen, Heikki; Heinonen-Guzejev, Marja & Paikkala, Sirkka-Liisa: Ympäristömelun vaikutukset. Ympäristöministeriö.
95. Lind, Tuula & Pietala, Jorma: Kotipalveluja käyttävien vanhusten kauppamatkat Lahdessa. Ympäristöministeriö.
96. The Finnish Background Report for the EC Documentation of Best Available Techniques for Pulp and Paper Industry. Ympäristöministeriö.
97. Alanen, Tommi & Ratia, Pasi: Asuntorakentamisen työllisyysvaikutukset. Ympäristöministeriö.
98. Pitkälampi, Jyrki: Geenitekniikalla muunnettujen mikro-organismien ympäristövaikutukset. Suomen ympäristökeskus.
99. Viinikainen, Tytti: Yhteiskuntatieteellinen ympäristötutkimus Suomessa. Katsaus tutkimusaloihin ja kirjallisuuteen. Suomen ympäristökeskus.
100. Pietiläinen, Olli-Pekka & Pirinen, Marja: Typpi- ja fosforikuormituksen vaikutus periytonon kasvuun Kymijoen alueella. Suomen ympäristökeskus.
101. Maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamista koskeva valtioneuvoston päätösehdotus. - Työryhmän mietintö. Ympäristöministeriö.
102. Suurmyymälätyöryhmän mietintö. Ympäristöministeriö.
103. Kilpi, Mikael & Asanti, Timo (toim.): Saaristolinnuston suojelun nykytila Suomen rannikoilla. Suomen ympäristökeskus.
104. Björklöf, Katarina: Merkkigeenien käyttö geeniteknisesti muunnettujen mikro-organismien seurantaan ympäristössä. Suomen ympäristökeskus.
105. Filatov & Heinonen: Results of the Finnish-Russian Joint Study of the Lakes Onega, Ladoga and Saimaa Conducted in the Summer of 1990. Suomen ympäristökeskus.
106. Hukkanen, Tiina: Puutalo- ja -projekti. Ympäristöministeriö.
107. Paldanius, Jari: Vuorovaikutteisen suunnittelun kokemuksia Suomessa. Ympäristöministeriö.
108. Biodiversiteettityöryhmä: Ympäristöministeriön toimintaohjelma luonnon monimuotoisuuden säilyttämiseksi. Ympäristöministeriö.
109. Lahti, Pekka; Heinonen, Sirkka; Koski, Kimmo & Tolsa, Heimo: Kestävä kehitys aluerakenteessa. Kansainvälisiä näkemyksiä, suomalainen sovellus. Ympäristöministeriö.
110. Water and Wastewater Management in Finland and Fifteen Other European Countries. Ympäristöministeriö.
111. Luontokoulutyöryhmä: Luontokoulutoiminta. Palvelut. Kehittämissideat. Verkostot. Ympäristöministeriö.
112. Sipilä, Kaija: Luonto- ja leirikoulutoiminta osana maaseudun kehittämistä. Ympäristöministeriö.
113. Itämeren tila. Ympäristöministeriö.

114. Siikanen, Antti: Kotitalous ja asumismenot. Selvitys lama-ajan asumismenoista. Ympäristöministeriö.
115. Äystö, Virpi: Rehevien järvien kunnostusten arviointi. Suomen ympäristökeskus.
116. Kleemola, Sirpa & Forsius, Martin: 6th Annual Report 1997. UN ECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, International Co-operative Programme on Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems. Suomen ympäristökeskus.
117. Marttunen, Mika & Kylmä, Petri: Kalakantojen hoitomalli Inarjärven kalaistutusten vaikutusten arvioinnissa. Suomen ympäristökeskus.
118. Viirikorpi, Paavo: Eteneekö lähiuudistus? Paikallisten lähiöprojektien käynnistämisen arviointi. Ympäristöministeriö.
119. Mäkinen, Risto: Remonttiohjelma 1992 - 1996. – Korjausrakentamisen tutkimus- ja kehitysprojektien tulokset. Ympäristöministeriö.
120. Mähönen, Outi & Joki-Heiskala, Päivi: (toim.) AMAP-Arktisen ympäristön tila ja Suomen Lappi. Suomen ympäristökeskus.
121. Lehtoranta, Jouni: Ravinteet Itäisen Suomenlahden pintasedimentissä. Suomen ympäristökeskus.
122. Åkerblom, Satu: Erityisasuminen. Katsaus Ruotsin vanhuksen asumiseen 1980- ja 1990-luvuilla. Ympäristöministeriö.
123. Seppälä, Jyri: Decision analysis as a tool for life cycle impact assessment. Suomen ympäristökeskus.
124. Lindholm, Tapio; Heikkilä, Raimo & Heikkilä, Marjo (eds.): Ecosystems, fauna and flora of the Finnish-Russian Nature Reserve Friendship. Suomen ympäristökeskus.
125. Malkki, Sirkka; Heinonen-Tanski, Helvi & Jantunen, Paula: Ympärikuivattujen kompostikäymälöiden toimintavarmuus ja häiriöiden kartoitus. Ympäristöministeriö.
126. Peuhkuri, Timo: Ympäristövaikutusten arviointi energia-alan ohjelmavalmistelussa. Tapaustutkimus hallituksen energiansäästöohjelman valmisteluprosessista. Suomen ympäristökeskus.
127. Kankaanpään kulttuuriympäristöohjelma. Ympäristöministeriö.
128. Kananoja, Tapio: Turun ja Porin läänin kallioperän suojele- ja opetuskohteita. Ympäristöministeriö.
129. Kaavoitustoimen seuranta 1996. Ympäristöministeriö.
130. Asumistuesta itselliseen asumiseen vai toimeentulotukeen? I osaraportti. Ympäristöministeriö.
131. Melanen, Matti & Ekqvist, Marko (toim.): Suomen ilmanpäästöt ja niiden skenaariot (SIPS-projekti) Tietojärjestelmän tietopohja ja alustavia tuloksia. Suomen ympäristökeskus.
132. Nikulainen, Virpi & Pyy, Outi: Huoltoasemien maaperän kunnostus. Suomen ympäristökeskus.
133. Isaksson, Kaj: Korjausrakentaminen asunto-osa-alueissa ja arava vuokrataloissa. Ympäristöministeriö.
134. Larjavaara, Ilmari: Asuntojen yksityistäminen Pietarissa. Ympäristöministeriö.
135. Liukkonen, Matti: Asukkaat asumisoikeusasuntojen suunnittelussa. Ympäristöministeriö.
136. Koski, Kimmo & Lahti, Pekka: Kaupan suuryksiköt ja kunnallistalous – Herkkyyshanalyysi. Ympäristöministeriö.
137. Suomen biologista monimuotoisuutta koskeva kansallinen toimintaohjelma 1997 - 2005. Ympäristöministeriö.
138. Karvinen, Päivi: Kansalaisten kokemuksia YVA-menettelyyn osallistumisesta. Ympäristöministeriö.
139. Kiviniemi, Markku & Sulankivi, Kristiina: Talonrakentamisen ja kiinteistönhoidon laatujärjestelmien tilanneselvitys. Ympäristöministeriö.
140. Seppälä, Timo: Torjunta-aineiden käyttäytyminen Suomen ympäristöoloissa. Suomen ympäristökeskus.
141. Mujunen, Satu-Pia; Teppola, Pekka & Minkkinen, Pentti: Metsäteollisuuden aktiivilietelaitosten toiminnan monimuuttujainen seuranta ja mallintaminen. Kaakkois-Suomen ympäristökeskus.
142. Teollisuuslaitoksen ympäristömelu. Ympäristöministeriö.
143. Ilmansuojelun neuvottelukunta: Ilmansuojelututkimuksen kehittämisohjelma 2001. Ympäristöministeriö.
144. Hudd, Richard & Kållax, Pia: 0+ kalanpoikasten esiintyminen ja 0+ kalanpoikasten esiintymisbiotoopit Kyrönjoen alaosalla. Länsi-Suomen ympäristökeskus.  
Rautio, Mika: Ympäristönsuojelun hallinnollis-oikeudellinen ohjaus kemiallisen metsäteollisuuden vesien suojelussa. Suomen ympäristökeskus.
146. Kulttuuriympäristön hoito-ohjelma 1997-98. Etelä-Savo ja Häme. Etelä-Savon ympäristökeskus.
147. Koskiaho, Kristiina (toim.): Eheyttävän suunnittelun haasteet. Neuvottelupäivät ympäristöministeriössä 1997. Ympäristöministeriö.
148. Vehmas, Jarmo; Malaska, Pentti; Luukkanen, Jyrki & Kaivo-oja, Jari: Ympäristöpoliittiset ohjauskeinot uusiutuvien energialähteiden käytön edistämiseksi. Ympäristöministeriö.
149. OECD arvioi maamme ympäristöpolitiikkaa. Yhteenveto arvioinnin päätelemistä ja suosituksista. Ympäristöministeriö.
150. Environmental Policies in Finland. Background papers for the OECD Environmental Performance Review of Finland 1997. Ympäristöministeriö.
151. Tanskanen, Juha-Heikki: Valtakunnallisten yhdyskuntajätteen hyödyntämistavoitteiden saavuttavuus Päijät-Hämeessä. Suomen ympäristökeskus.
152. Vanhojen metsien suojelutyöryhmä: Vanhojen metsien suojele Pohjois-Suomessa. Vanhojen metsien suojelutyöryhmän osamietintö III, osa II karttaliitteet. Ympäristöministeriö.
153. Riihimäki, Juha & Hellsten, Seppo: Konnivesi-Ruotsalaisen säännöstelyn vaikutukset rantavyöhykkeessä. Suomen ympäristökeskus.

154. Natura 2000 -ehdotuksesta annetut lausunnot. Yhteenvedot ministeriöide, asiantuntijatahojen sekä järjestöjen ja edunvalvontatahojen lausunnoista. Ympäristöministeriö.
155. Kokko, Kai: Ympäristövaikutusten selvittäminen seutu- ja yleiskaavoituksessa – oikeudellises-tanäkökuulmasta. Ympäristöministeriö.
156. Rähkä, Ulla: Alavuden kulttuuriympäristön hoito. Ympäristöministeriö.
157. Rönkä, Kimmo; Halomo, Jyrki; Huhdanmäki, Aimo; Teerimo, Seppo; Terho, Juha & Tolsa, Heimo: Hissi vanhaan kerrostaloon. Taloudellinen kannattavuus, sosiaalinen tarpeellisuus sekä hallin-nolliset ja taloudelliset edellytykset. Ympäristöministeriö.
158. Leskelä, Ari; Hudd, Richard; Kälax, Pia & Kjellman, Jakob: Kevätkutuisten kalalajien lisääntymi-nen Lappsundinjoella 1990–96. Länsi-Suomen ympäristökeskus.
159. Hyvärinen, Marketta: Ympäristövaikutusten arvioinnin kehittäminen metsätalouteen liittyvässä suunnittelussa – esimerkkisuunnittelujen tarkastelu. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus.
160. Marttunen, Mika: Vaihtoehtoisten kuormitustavoitteiden vaikutukset sisävesissä. Suomen ym-päristökeskus.
161. Melanen, Matti (toim.): Jätealan tutkimuksen puiteohjelma 1998 –2002. Suomen ympäristökes-kus.
162. Ympäristön seurannan strategia. Ympäristöministeriö.
163. Tamminen, Pertti; Pakarinen, Kimmo; Lintilä, Janne & Salmela, Arto: Kunnan nettotulot kerrosta-lo-, rivitalo- ja omakotialueilla. Tutkimuskohteena Tampere. Ympäristöministeriö.
164. Saarikoski, Heli: Ympäristövaikutusten arviointi jätehuollon strategisessa suunnittelussa. Suo-men ympäristökeskus.
165. Andersson, Harri: Lounais-Suomen saaristo - valtakunnallisen alueidenkäyttötavoitteiden nä-kökuulmasta. Ympäristöministeriö.
166. Andersson, Harri: Sydvästra Finlands skärgård - med tanke på de riksomfattande målen för markanvändning. Ympäristöministeriö.
167. Nippala, Eero; Nuuttila, Harri & Rintanen, Risto: Asuinrakennusten perusparannustarpeen vaih-toehtoja 1996–2005. Ympäristöministeriö.
168. Wahlberg, Niklas & Aalto, Jari (toim.) Suomen uhanalaisia lajeja: tummaverkkoperhonen (*Meli-taea diamina*). Suomen ympäristökeskus.
169. Kuussaari, Mikko; Pöyry, Juha; Savolainen, Markku & Paukkunen, Juho: Suomen uhanalaisia lajeja: lehtohopeatäplä (*Clossiana titania*). Suomen ympäristökeskus.
170. Lindström, Marianne (ed.): Water Legislation in Selected Countries - a Comparative Study for South African Water Law Review. Suomen ympäristökeskus.
171. Mäkinen, Risto: Rakentamisen vastuut ja laatu. Selvitysmiehen raportti. Ympäristöministeriö.
172. Nurmi, Paula: Eräiden Suomen järvien pohjaeläimistö. Valtakunnallisen seurannan tulokset 1989 - 1992. Suomen ympäristökeskus.
173. Haverinen, Kalervo & Lempinen, Petri: Omin avuin, valtion varoin. Opiskelija-asuntojärjestelmä Suomessa. Ympäristöministeriö.
174. Vaitomaa, Jaana: Sinilevien ja niiden tuottamien maksatoksiinien käyttäytyminen imeytyksessä. Kokeita harju- ja sedimenttipatsailla. Suomen ympäristökeskus.
175. Porvari, Petri & Verta, Matti: Elohopea ja metyylielohopea tekoaltaissa ja Kemijoen vesistössä. Suomen ympäristökeskus.
176. Hyvärinen, Veli (toim.) Hydrologinen vuosikirja 1994. Hydrological Yearbook 1994. Suomen ym-päristökeskus.
177. Suomen tekemät kansainväliset ympäristösopimukset. Ympäristöministeriö.
178. Helin, Juha: Turvetuotantovelvoitteita koskevat vesituomioistuinten lupapäätökset. Suomen ympäristökeskus.







## YMPÄRISTÖN- SUOJELU

### Laskeuma Helsingin seudulla lumesta määritettynä talvikaudella 1995–1996

Helsingin alueella on paljon erilaisia päästölähteitä, jotka vaikuttavat ilman laatuun ja näin myös välillisesti ihmisten terveyteen. Tässä tutkimuksessa arvioitiin eri aineiden ja erityisesti raskasmetallien laskeumien alueellista vaihtelua kaupunkiympäristössä. Tämä lomitutkimus on laaja-alaisin raskasmetallien laskeumaselvitys, mitä Helsingin alueelta on tehty.

Energian tuotanto ja autoliikenne ovat pääkaupunkiseudulla ehdottomasti suurimmat päästölähteet. Liikenne on kuitenkin merkittävin ilman laadun pilaaja. Pakokaasupäästöjen lisäksi huomattavan terveysriskin muodostaa ajoneuvojen nostattama leijuva pöly, mikä koostuu muun muassa jauhautuneesta hiekoitushiekasta, liukkauden torjunnassa käytetystä tiesuolasta sekä kestopäällysteen, auraukalojen, nastarenkaiden ja ajoneuvojen metalliosien kulumistuotteista sisältäen näin huomattavan määrän erilaisia terveydelle haitallisia yhdisteitä.

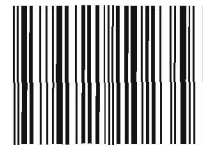
Tämä tutkimus osoitti myös selvästi sen, että tietyt raudan seosmetallit, kuten kromi, molybdeeni ja koboltti olivat tausta-arvoihin verrattuna moninkertaisia. Nämä metallit ovat suureksi osaksi peräisin ajoneuvojen korirakenteista, auraukaloista ja talvirenkaiden kovametallinastoista. Näiden metallisten hiukkaspäästöjen esiintyminen pienhiukkasina taajamien hengitysilmassa erityisesti liikenneväylien läheisyydessä aiheuttaa ihmisille ilmeisen terveydellisen vaaran, johon jatkossa tulisi kiinnittää erityistä huomiota.

ISBN 952-11-0235-7

ISSN 1238-7312

Myynti: Suomen ympäristökeskuksen asiakaspalvelu  
sähköpostiosoite: [neuvonta.syke@vyh.fi](mailto:neuvonta.syke@vyh.fi)  
faksi (09) 4030 0190, puh. (09) 4030 0100  
postiosoite: PL 140, 00251 Helsinki  
ja Oy Edita Ab

Oy EDITA Ab  
PL 800, 00043 EDITA, vaihde (09) 566 01  
ASIAKASPALVELU  
puh. (09) 566 0266, telefax (09) 566 0380  
EDITA-KIRJAKAUPAT HELSINGISSÄ  
Annankatu 44, puh. (09) 566 0566  
Eteläesplanadi 4, puh. (09) 662 801



9 789521 102356