



Helsingin kaupungin

ympäristökeskuksen julkaisuja

16/94

Ilmansaasteiden vaikutus  
poissaoloihin ja  
hengitystieinfektioihin  
Helsingissä 1987 - 1991

Antti Pönkä ja Mikko Virtanen

Helsinki 1994



Antti Pönkä ja Mikko Virtanen

Ilmansaasteiden vaikutus  
poissaoloihin ja  
hengitystieinfektioihin  
Helsingissä 1987 - 1991



## SISÄLLYSLUETTELO

|                              | Sivu |
|------------------------------|------|
| YHTEENVETO .....             | 1    |
| SAMMANDRAG .....             | 2    |
| JOHDANTO .....               | 3    |
| AINEISTO JA MENETELMÄT ..... | 5    |
| TULOKSET .....               | 6    |
| POHDINTA .....               | 10   |
| KIRJALLISUUTTA .....         | 15   |



## YHTEENVETO

Helsingissä tutkittiin ilmansaasteiden vaikutusta tartuntataudeista johtuvien poissaolojen määriin ja hengitystieinfektioiden esiintyvyyteen lapsilla ja aikuisilla vuosina 1987-1991. Poissaoloja seurattiin 14 päiväkodissa (keskimäärin 1 328 lasta), kaikilla koululaisilla (keskimäärin 56 642) ja 10 työpaikan aikuisilla (keskimäärin noin 28 000 työntekijää). Samoissa päiväkodeissa tarkasteltiin diagnoosikohtaisesti tavallisimpien infektioiden esiintymistä. Nämä tiedot saatiin myös koko väestöä koskien kaikilta Helsingin 25:ltä terveysasemalta.

Ilmansaasteista tarkasteltiin rikkidioksidin (SO<sub>2</sub>), typpidioksidin (NO<sub>2</sub>), otsonin (O<sub>3</sub>) ja kokonaisleijuman (TSP) pitoisuutta eri mittausasemien keskiarvoina. Viikottaisia saastepitoisuuksia verrattiin viikottaisiin sairausindikaattoreihin regressioanalyysillä. Lämpötilan ja suhteellisen kosteuden vaikutus otettiin huomioon. Samoin otettiin huomioon lomat, influenssaepidemiat, pitkän aikavälin trendit sekä vuodenaikavaihtelut.

Rikkidioksidipitoisuuksien nousun todettiin olevan merkitsevästi yhteydessä aikuisten poissaolojen lisääntymisen kanssa. Rikkidioksidipitoisuuden noustessa 10:stä 30:een µg/m<sup>3</sup> sairauspoissaolojen määrä lisääntyi 0.073 prosenttiyksikköä eli noin 7 %. Koululaisten ja päiväkotilasten poissaolojen yleisyys, päiväkotilasten tulehdustautien määrät ja terveysasemilla todettujen infektioiden määrät eivät olleet yhteydessä saastepitoisuuksiin. Otsoni korreloi käänteisesti koululaisten poissaoloihin, aikuisten kesäaikaisiin poissaoloihin, päiväkotilasten ylähengitystieinfektioihin ja keuhkokuumeisiin sekä terveysasemilla todettuihin hengitystieinfektioiden määriin. Tämä näennäisesti epälooginen vaikutus voi kuvastaa muiden saasteiden aiheuttamaa otsonipitoisuuden laskua.

Tutkimuksen tulokset yhdessä aiempien tutkimusten kanssa, osoittavat, että terveydellisin perustein on ollut syytä alentaa rikkidioksidipitoisuuksia vuosina 1987-1991 vallinneista pitoisuuksista. Pääasiassa energiantuotannosta peräisin olevan rikkidioksidin pitoisuus on laskenut vuoden 1987 eri Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunnan Helsingissä sijaitsevien mitausasemien keskiarvopitoisuudesta  $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$  siten, että keskipitoisuus oli vuonna 1991  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja vuonna 1993 vain  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sensijaan typpidioksidin, joka hengityskorkeudella on peräisin pääasiassa liikenteen pakokaasuisista, keskipitoisuudet ovat pysyneet melko samansuuruisina ollen vuonna 1989  $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 1991  $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja vuonna 1993  $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Mikäli tutkimusjakson  $\text{NO}_2$ -,  $\text{SO}_2$ - ja hiukkaspitoisuuksia verrataan Maailman terveysjärjetön vuorokausiohjearvoihin, ylityksiä tapahtui  $\text{NO}_2$ :n osalta kolmen,  $\text{SO}_2$ :n osalta yhden ja hiukkasten osalta 293 vuorokauden aikana. Verrattaessa mitattuja pitoisuuksia voimassa oleviin suomalaisiin ohjearvoihin vastaavat lukumäärät olivat 0, 1 ja 196. Verrattaessa pitoisuuksia ympäristöministeriön esittämiin uusiin ohjearvoihin, ylitysten lukumäärä oli 52, 169 ja 293. Täten ainakin rikkidioksidin epäpuhtauksien osalta ohjearvojen uusiminen maassamme on nyt tehdyn tutkimuksen valossa perusteltua.

## SAMMANDRAG

Vid Helsingfors miljöcentral utredes åren 1987-1991 sambandet mellan föroreningar i utomhusluften, lufttemperaturen och luftfuktigheten och förekomsten av luftvägsinfektioner. Som sjukdomsindikator användes det antal vårdtillfällen på alla Helsingfors hälsostationer som berodde på akuta luftvägsinfektioner och antalet fall av sjukfrånvaro förorsakade av infektioner bland barn i barndaghem och skolor samt hos vuxna. Sjukfrånvaron följdes hos alla skolelever (medeltal 56 642) och hos en kohort barn i 14 daghem (medeltal 1 328) och vuxna på 10 arbetsplatser (medeltal 28 000).

Antalet infektioner och sjukfrånvarofrekvensen jämfördes med samma veckas luftförorenings- och vädervariabler, dvs. medelhalterna av svavel-dioxid, kvävedioxid, damm och ozon, medeltemperaturen och den genom-



snittliga luftfuktigheten. Svaveldioxid-, kvävedioxid- och dammhalterna räknades som medelvärde för de olika mätstationerna. För mätningarna svarade Huvudstadsregionens samarbetsdelegation.

Förhöjda svaveldioxidhalter konstaterades påverka sjukfrånvarofallen bland vuxna, men inte bland daghemsbarn eller skolelever. Ökning av svaveldioxidhalten från 10 till 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  motsvarade ökning av sjukfrånvarofallen med 0.073 procentenhet, d.v.s. 7 %. Kvävedioxidhalterna, dammhalterna, den relativa fuktigheten och temperaturen kunde inte sättas i samband med ett ökat antal infektioner eller sjukfrånvaro.

Ozonhalterna hade ett omvänt samband med sjukfrånvarofallen bland skolelever, och bland vuxna på sommaren, likaså med antalet luftvägsinfektioner bland daghemsbarn och bland patienter på hälsostationerna. Detta skenbart ologiska samband reflekterar troligtvis sänkta ozonhalter förorsakade av andra luftföroreningar.

Svaveldioxidhalterna kan anses reflektera utsläppen från energiproduktionen. Såväl den nu föreliggande undersökningen som tidigare undersökningar talar för att dessa halter med tanke på människors hälsa var skäl att fås ner från de nivåer som uppmättes i Helsingfors åren 1987-1991. Årsmedelhalterna för svaveldioxid har sjunkit från 19  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  år 1987 till 8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  år 1993. Däremot har just inga förändringar inträffat i årsmedelhalterna för kvävedioxid, 43  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  år 1989 och 44  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  år 1993. Årsmedelhalterna har getts som medelsvärden av mätningresultaten från olika mätningstationer i Helsingfors.

$\text{NO}_2$  24h-halterna överskred under 3 dygn WHO:s gränsvärden,  $\text{SO}_2$  -halterna under ett och dammhalterna under 293 dygn. Om som normvärde tas de finländska riktvärdena skedde överskridningar under 0,1 respektive 196 dygn. Miljöministeriet har föreslagit nya gränsvärden och med dem som utgångspunkt skedde överskridningar 52, 169 och 293 gånger. Den nu utförda undersökningen visar att det är motiverat att förnya gränsvärdena i vårt land, åtminstone i fråga om svaveldioxid.

## JOHDANTO

Useat tutkimukset viimeisen vuosikymmenen aikana ovat osoittaneet, että suhteellisen matalatkin ilman epäpuhtauspitoisuudet voivat aiheuttaa hengitysteiden ärsytysoireita ja lisääntynyttä hengitysinfektioiden esiintyvyyttä terveillä henkilöillä sekä etenkin kroonisia keuhkosairauksia sairastavilla henkilöillä (1-6). Näissä tutkimuksissa on käytetty useita eri sairausindikaattoreita.

Ilmansaasteet, etenkin leijuvat hiukkaset, aiheuttavat hengitysteiden ärsytysoireita, keuhkojen toimintakyvyn alenemista ja lisäävät äkillisiä hengitystieinfektioita tai kroonisten keuhkosairauksien pahenemista aiheuttavia sairaalahoitajaksoja. Viime vuosina on myös havaittu esimerkiksi Yhdysvaltain suurimmissa kaupungeissa saasteiden vaikuttavan kuolleisuuteen. Kuolleisuuden on todettu lisääntyneen hengitystiesairauksien, iskeemisten sydänsairauksien sekä aivoverenkierron häiriöiden pahenemisesta myötä (7-10).

Epäsuorina saasteiden terveysindikaattoreina on käytetty koululaisten poissaoloja tai kroonisia keuhkosairauksia sairastavien potilaiden käyttämien lääkkeiden määrää. Myös aikuisväestön aktiiviteetin vähentymistä, kuten vuodelepopäivien määrää, on käytetty indikaattorina (11-14). Kuitenkin sekä sairaanhoitojärjestelmistä, sosioekonomisista eroista ja muista syistä johtuen luotettavan tiedon saaminen avohoidosta on useissa maissa vaikeaa. Väestötason tietoa kuitenkin tarvitaan, jotta pienempien otospopulaatioiden seuraamiseen liittyviä virhelähteitä voidaan välttää.

Helsingissä on poikkeuksellisen hyvät mahdollisuudet tutkia ilmansaasteiden terveysvaikutuksia myös avohoidossa mitattavilla sairausparametreilla. Suurten populaatioiden altistuminen matalillekin saastepitoisuuksille voi aiheuttaa huomattavaa sairaustapausten lisääntymistä ja merkittäviä taloudellisia haittoja. Tämän vuoksi olemme tutkineet useita indikaattoreita käyttäen aiheuttavatko Helsingissä ilman saasteet epidemiologisesti todettavia muutoksia väestön terveydessä.

## AINEISTO JA MENETELMÄT

### Sairastavuustiedot

Sairastavuusindikaattorina käytettiin vuosina 1987-1991 Helsingin kaupungin terveysasemilla todettuja sairaustapauksia. Erikseen näistä tutkittiin ylähengitystieinfektioiden ja keuhkokuumeiden viikottaisia määriä ja kontrollina käytettiin ripulitautien viikottaisia määriä. Seurantaviikkojen lukumäärä oli 259.

Lisäksi sairastavuutta seurattiin 14 päiväkodissa, joissa hoidettiin vuosittain keskimäärin 1 328 lasta. Tiedot sairaustapauksista perustuvat lastenhoitajien antamiin raportteihin, jotka oli laadittu vanhemmilta saatujen tietojen perusteella. Erikseen seurattiin ylähengitystieinfektioiden, välikorvantulehdusten ja keuhkokuumeiden viikottaisia määriä ja kontrollina käytettiin ripulitapausten määriä. Tietojen saannin kattavuudesta ja luotettavuudesta johtuen kesäkuukaudet jätettiin pois, joten tiedot saatiin 180 viikolta.

Lisäksi infektioautien aiheuttamia poissaoloja seurattiin päiväkotilapsilla edellämämainituissa 14 päiväkodissa, kaikilla Helsingin koululaisilla sekä 10 suurella työpaikalla. Keskimäärin koululaisia oli seurannassa 56 642 ja työikäisiä noin 28 000. Tiedot perustuvat lastenhoitajien sekä sairaanhoitajien ja terveydenhoitajien antamiin raportteihin. Päiväkotilapsista tiedot saatiin 188 viikon ajalta, koululaisista 182 viikon ajalta ja työikäisistä 172 viikon ajalta, koska kesäkuukausina tietoja ei kerätty. Sairastavuustiedot on esitetty taulukossa 1.

### Ilman epäpuhtaudet

Tiedot epäpuhtauspitoisuuksista perustuvat Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunnan mittauksiin. Rikkidioksiditulokset mitattiin viidellä automaattisella mittausasemalla kulometrisellä tekniikalla (Töölö, Kontula, Pakila, Vallila, Punavuori) typen oksideita kahdella asemalla (Töölö, Vallila) kemilumini-

senssimenetelmällä. Otsonimittauksia tehtiin yhdellä asemalla (Töölö). Lämpötilaa ja suhteellista kosteutta mitattiin Kalliossa. Leijuvien hiukkasten määrää mitattiin suurtehokeräimillä kuudessa mittauspisteessä (Kaisaniemi, Vallila, Pakila, Kyläsaari, Erottaja, Kontula). Epäpuhtauspitoisuudet on esitetty taulukossa 2.

Vuonna 1987 typen oksidien päästöt Helsingissä olivat 18100 tonnia, josta liikenteen osuus oli 31 %, energiantuotannon 65 % ja teollisuuden 4 %. Rikkidioksidipäästöjen määrä oli 23300 tonnia, josta energiantuotannon osuus oli 90 %, teollisuuden 8 % ja liikenteen 2 %. Hiukkaspäästöjen määrä oli 2700 tonnia, josta energiantuotanto aiheutti 73 %, liikenne 23 % ja teollisuus 4 %. Viiden vuoden seurannan aikana päästösuhteet pysyivät lähes ennallaan, mutta liikenteen osuus kasvoi ja energiantuotannon väheni. Vuonna 1991 typenoksidien päästöt olivat 19 900 tonnia, josta liikenteen osuus oli 34 %, energiantuotannon 65 % ja teollisuuden 1%. Rikkipäästöt olivat enää 13 900 tonnia, josta energiantuotannon osuus oli 96 %, teollisuuden 3 % ja liikenteen alle 1 %. Kuitenkin päästölähteet ja päästökorkeus huomiottaen typpidioksidia voidaan pitää liikennepäästöjen indikaattorina ja rikkidioksidia energiantuotannon päästöjen indikaattorina. Liikenteen päästöjen osuus typpidioksidipitoisuudesta kaduilla hengityskorkeudella on Helsingissä 60-80 % (15).

#### Analyttiset menetelmät

Viikottain sairastuneiden määriä ja poissaolojen osuuksia verrattiin kyseisen viikon keskiarvosaastepitoisuuksiin. Tilastolliset menetelmät on kuvattu yksityiskohtaisemmin aikaisemmassa tutkimuksessa (6). Analyysissä käytettiin kuitenkin regressioanalyysiä sairaustapausten suuresta viikottaisesta määrästä johtuen.

Sekottavista tekijöistä otettiin huomioon ajalliset muutokset sekä lyhemmissä että pidemmissä sykleissä mukaanlukien vuodenaikavaihtelut. Lisäksi huomioitiin ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden vaikutus, influenssaepidemiat ja juhlapyhien vaikutus.

Mikäli saastearvoja ei ollut käytävissä jollekin päivälle, tämä arvioitiin regressioanalyysillä aiemmin kuvatulla tavalla (6). Autokorrelaation esiintyminen tarkastettiin.

## TULOKSET

Tutkittu sairausaineisto oli varsin suuri. Terveysasemilla todettiin kyseisenä aikana 191 142 ylähengitystieinfektiota, 2 305 keuhkokuumetta ja 21 834 ripulitautia. Päiväkotilasten kohortissa todettiin 13 824 ylähengitystieinfektiota, 2 322 välikorvantulehdusta, 450 keuhkokuumetta ja 3 600 ripulitautia. Keskimääräinen poissaoloprosentti infektioitautien johdosta päiväkotilapsilla oli 8.7%, koululaisilla 2.7% ja työikäisillä 1.0%.

Keskimääräinen rikkidioksidipitoisuus oli  $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , typpidioksidipitoisuus  $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , hiukkaspitoisuus  $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja otsonipitoisuus  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Ainoa tilastollisesti merkitsevä positiivinen yhteys todettiin rikkidioksidipitoisuuden ja aikuisten poissaolojen välillä. Rikkidioksidipitoisuuksien noustessa työssäkäyvien poissaolojen määrä lisääntyi merkitsevästi (PE 0.15, SE 0.06, 95 % CI 0.03, 0.26,  $P=0.01$ ). Tämä vaikutus oli talvella suurempi kuin kesällä. Kun rikkidioksidipitoisuus nousi 10:stä 20:een  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  lisääntyi poissaolojen määrä 0.045 prosenttiyksikköä eli 4.5 %. Nousu 10:stä 30:een  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  lisäsi poissaolojen määrää 0.073 prosenttiyksikköä eli noin 7 %.

Päiväkotilasten ylähengitystieinfektioiden, korvatulehdusten, keuhkokuumeiden ja ripulin määrä tai terveysasemilla todettujen infektioiden määrät eivät olleet positiivisesti yhteydessä minkään saasteen pitoisuuteen. Myöskään päiväkotilasten tai koululaisten poissaolojen määrä ei liittynyt merkitsevällä tavalla saasteiden pitoisuuksiin.

Otsoni oli negatiivisesti yhteydessä useisiin sairausindikaattoreihin: terveysasemilla todettujen ylähengitystieinfektioiden (PE -0.54, SE 0.26, 95 % CI -1.05, -0.03,  $P=0.04$ ) ja keuhkokuumeiden (PE -0.14, SE 0.06, 95 % CI -0.26, -0.02,  $P=0.02$ ), päiväkotilasten ylähengitystieinfektioiden (PE -0.10,



Taulukko 1. Yhdyskuntailman epäpuhtauspitoisuudet, suhteellinen kosteus ja lämpötila Helsingissä 1987- 1991. Arviot ilmoitettu viikkokeskiarvoina.

|  | Mittaus-<br>viikkojen<br>lukumäärä | Keskiarvo | Minimi | 5 % raja-<br>arvo | 25 % raja-<br>arvo | Mediaani | 75 % raja-<br>arvo | 95 % raja-<br>arvo | Maksimi |
|--|------------------------------------|-----------|--------|-------------------|--------------------|----------|--------------------|--------------------|---------|
| SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )         | 260                                | 17.1      | 3.2    | 5.4               | 10.2               | 15.6     | 21.9               | 33.1               | 64.8    |
| NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )         | 260                                | 39.1      | 20.0   | 27.4              | 33.0               | 37.4     | 43.9               | 53.1               | 99.6    |
| Kokonais-<br>leijuma<br>(µg/m <sup>3</sup> ) | 260                                | 68.9      | 29.0   | 37.6              | 50.0               | 61.2     | 80.5               | 126.8              | 173.0   |
| O <sub>3</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> )       | 260                                | 17.9      | 12.0   | 4.8               | 11.1               | 16.0     | 23.9               | 35.5               | 49.7    |
| Lämpötila<br>(°C)                            | 260                                | +5.4      | -31.0  | -6.1              | -0.1               | +4.9     | +12.1              | +17.3              | +24.1   |
| Suhteellinen<br>kosteus (%)                  | 260                                | 82.3      | 45.9   | 64.2              | 76.7               | 83.6     | 88.5               | 94.9               | 98.6    |

Taulukko 2. Helsingin terveysasemilla ja päiväkotilapsilla 14 päiväkodissa todettujen sairaustapauksien sekä aikuisten, koululaisten ja päiväkotilasten poissaolot viikoittain Helsingissä vuosina 1987 - 1991.

|  | Seurantaviikkojen lukumäärä | Keskiarvo | Minimi | 5 % persentti | 25 % persentti | Mediaani | 75 % persentti | 95 % persentti | Maksimi | Kokonais määrä |
|--|-----------------------------|-----------|--------|---------------|----------------|----------|----------------|----------------|---------|----------------|
| Terveysasemilla todetut sairaustapaukset   |                             |           |        |               |                |          |                |                |         |                |
| - ylähengitystieinfektiot                  | 259                         | 738       | 145    | 264           | 557            | 750      | 933            | 1190           | 1802    | 191 142        |
| - keuhkokuumeet                            | 259                         | 8,9       | 0      | 2             | 5              | 8        | 12             | 18             | 37      | 2 305          |
| - ripulitaudit                             | 259                         | 84,3      | 24     | 40            | 63             | 81       | 99             | 148            | 198     | 21 834         |
| Päiväkotilapsilla todetut sairaustapaukset |                             |           |        |               |                |          |                |                |         |                |
| - ylähengitystieinfektiot                  | 180                         | 76,8      | 30     | 40            | 40             | 75       | 90             | 124            | 149     | 13 824         |
| - välikorvantulehdukset                    | 180                         | 12,9      | 2      | 5             | 9              | 12       | 15             | 23             | 29      | 2 322          |
| - keuhkokuumeet                            | 180                         | 2,5       | 0      | 0             | 1              | 2        | 4              | 6              | 10      | 450            |
| - ripulitaudit                             | 180                         | 20        | 4      | 6             | 12             | 17       | 25             | 43             | 66      | 3 600          |
| Infektiosairauspoissaolot ( % )            |                             |           |        |               |                |          |                |                |         |                |
| - päiväkotilapset                          | 188                         | 8,7       | 2,3    | 5             | 6,9            | 8,5      | 10,1           | 13,2           | 15,7    |                |
| - koululaiset                              | 182                         | 2,7       | 0,3    | 1,2           | 2,3            | 2,7      | 3,3            | 4,3            | 5       |                |
| - työkäiset                                | 172                         | 1         | 0,5    | 0,6           | 0,8            | 1        | 1,2            | 1,6            | 2,3     |                |

SE 0.04, 95 % CI -0.18, -0.03, P= 0.01) ja päiväkotilasten poissaolojen (PE -0.06, SE 0.03, 95 % CI 0.12, 0.00, P= 0.05) määriin.

## POHDINTA

Yhdyskuntailman saasteiden ja kuolleisuuden ja toisaalta yhdyskuntailman saasteiden ja eri syistä aiheutuvan sairaalahoitoisuuden väliset yhteydet tunnetaan melko hyvin, kun taas saasteiden vaikutus poissaoloihin ja avohoidossa todettuihin hengitystiesairauksiin tunnetaan huonommin.

Päiväkirjatutkimuksin on tutkittu USA:ssa ja Sveitsissä (1,2,16) hengitystieoireiden ja saasteiden yhteyksiä avohoitoaineistossa sekä aikasarja-analyysillä USA:ssa, Saksassa, Hollannissa ja Sveitsissä (3,16,17,18,19). Myös eräät maantieteelliset ekologiset tutkimukset ovat antaneet viitteitä siihen, että hengitystieoireet lisääntyvät saasteiden myötä (20,21).

Yhdysvalloissa on tutkittu hengitystieoireiden ja leijuman hiukkasten, sulfatin ja SO<sub>2</sub>:n välisiä yhteyksiä (1). Tiedot terveydentilasta kerättiin kyselylomakkeilla jotka koskivat edellistä vuotta tai nuoremmissa lapsilla kahta ensimmäistä elinvuotta. Edeltävän vuoden hiukkaspitoisuudet olivat yhteydessä lasten yskän ja keuhkoputkentulehdusten esiintyvyyteen ja kaikkien alahengitystieinfektioiden yhteisesiintyvyyteen. Tutkimusta jatkettiin myöhemmin 10-12-vuotiailla koululaisilla, joilla havaittiin oireiden olevan voimakkaammin yhteydessä hiukkasiin, erityisesti pienikokoisiin, kuin SO<sub>2</sub>:een tai NO<sub>2</sub>:een (2). TSP:n vuosikeskiarvo eri kaupungeissa oli 34-80 µg/m<sup>3</sup>, PM<sub>15</sub> 20-59 µg/m<sup>3</sup>, SO<sub>2</sub> 12 ug/m<sup>3</sup>, NO<sub>2</sub> 12-43 ja O<sub>3</sub> 36-76 ug/m<sup>3</sup>. Astmaa sairastavilla lapsilla saasteet lisäsivät herkemmin oireita kuin terveillä lapsilla.

Pope ym. (17) tutkivat PM<sub>10</sub>-tasojen vaikutusta 9-11-vuotiaisiin koululapsiin sekä toisaalta astmaa sairastaviin kyselytutkimuksella Utahin laaksossa. Päivittäisessä aikasarja-analyysissä havaittiin hengitystieoireiden lisääntyvän PM<sub>10</sub>-tasojen lisääntymisen myötä samoin kuin astmaan tarvittavan lääkityksen niissäkin pitoisuuksissa, jolloin PM<sub>10</sub>-tasot alittivat 150 µg/m<sup>3</sup>. Tutki-



muksen aikana  $PM_{10}$ -vuorokausipitoisuudet vaihtelivat 11-195  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ :een keskiarvon ollessa 46  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Noin kolmen kuukauden mittaisen tutkimuksen aikana  $PM_{10}$ -vuorokausipitoisuus ylitti vain kerran raja-arvon 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Los Angelesissa tutkittiin noin sadan sairaanhoitajan kohorttia päiväkirjatutkimuksella kolmen vuoden ajan (19). Aikasarja-analyysi osoitti yhteyden kohonneiden typpidioksidipitoisuuksien ja limanerityksen, kurkkukivun ja silmä-ärsytyksen välillä. Sen sijaan rikkidioksidin ei havaittu olevan yhteydessä oireisiin. Keskimääräinen typpidioksidin korkein vuorokausipitoisuus oli 244 ja rikkidioksidin korkein vuorokausipitoisuus 97  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ja 75 %:n persentiilit 320 ja 114  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Saksassa on tutkittu viidellä eri paikkakunnalla pikkulasten kurkunpääntulehduksen ja obstruktiivisen keuhkoputkentulehduksen suhdetta ilmansaasteisiin sairaaloista ja lastenlääkäreiltä kerättyjen tietojen perusteella (18). Saasteiden vuorokausipitoisuuksien mediaanit olivat seuraavat:  $\text{SO}_2$  9-48, TSP 17-56 ja  $\text{NO}_2$  14-44  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ja 90 %:n persentiilit 40-113, 41-118 ja 33-84  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Hiukkasten ja  $\text{NO}_2$ :n pitoisuudet olivat yhteydessä kurkunpääntulehduksien esiintyvyyteen, mutta eivät obstruktiivisen keuhkoputkentulehduksen esiintyvyyteen. Kun TSP lisääntyi 10:stä 70:een  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  kurkunpääntulehdusten määrä lisääntyi 27 %. Kun  $\text{NO}_2$  pitoisuus nousi 10:sta 70:een  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , kurkunpääntulehdusten määrä lisääntyi 28 %. Tutkimuksessa ei analysoitu erikseen avohoito- ja sairaalapotilaita.

Sveitsissä tutkittiin kuuden viikon ajanjaksona päiväkirjatutkimuksella 0-5-vuotiaita lapsia (16). Kuuden viikon TSP keskiarvopitoisuus oli yhteydessä yskäjaksojen määrään ja melkein merkitsevästi yhteydessä ylähengitystieoireisiin. TSP:n mediaani oli 43  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ja vaihteluväli 30-117  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Obstruktiivista keuhkosairautta sairastavat ovat herkempiä ilmansaasteille kuin terveet henkilöt. Roemer ym. (3) seurasivat Hollannissa kroonista obstruktiivista keuhkosairautta sairastavien lasten oireita kolmen kuukauden ajan ja havaitsivat näiden olevan heikosti yhteydessä  $\text{SO}_2$ - ja  $PM_{10}$ -pitoisuuksiin, mutta ei  $\text{NO}_2$ -pitoisuuksiin. Tutkimuksenaikainen korkein  $\text{SO}_2$ -vuoro-

kausipitoisuus oli  $105 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja kuutena päivänä keskimääräinen  $\text{PM}_{10}$  vuorokausipitoisuus ylitti Maailman Terveysjärjestön mukaisen alimman haittaa aiheuttavan pitoisuustason  $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (22).

Sairauksien aiheuttamien poissaolojen ja saasteiden välistä yhteyttä on selvitetty perusteellisesti ainoastaan yhdessä tutkimuksessa (11). Tutkimus tehtiin Utahin laaksossa ja siinä tutkittiin lähinnä  $\text{PM}_{10}$ -tasojen vaikutusta koululaisien poissaoloihin. Näissä havaittiin merkitsevä yhteys, joka jatkui 3-4 viikkoa korkeista pitoisuuksista. Keskimääräinen  $\text{PM}_{10}$ -pitoisuus koko tutkimusjaksona oli noin  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja korkein vuorokausipitoisuus  $365 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tutkimuksen aikana kuumina kesäpäivinä korkeimmat otsonin tuntimaksimipitoisuudet olivat noin  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Rikkidioksidipitoisuuksien ilmoitettiin olevan matalat.

Ostro on tutkinut Yhdysvalloissa terveystutkimuksissa saatua aineistoa käyttäen hiukkasten ja otsonin pitoisuuksien vaikutusta kaksiviikkoisina jaksoina aikuisten "rajoittuneeseen aktiviteettiin", joka käsitti mm. työstä poissaolopäivät, vuodelopäivät ja määrittelemättömät vähäisemmät rajoitukset (12,13,14). Sulfaattipitoisuuksien todettiin olevan yhteydessä saman kahden viikon jakson kuluessa toimintarajoitteisuuteen sekä hiukkasten kahden viikon viiveellä.

Nyt tehdyssä tutkimuksessa  $\text{SO}_2$ :n havaittiin olevan yhteydessä poissaoloihin, kun taas useimmissa aikaisemmissa tutkimuksissa hiukkasten merkitys on osoittautunut suuremmaksi. Kuitenkin Harvardin Six Cities Studyssä havaittiin myös  $\text{SO}_2$ :n ja  $\text{NO}_2$ :n liittyvän sairastavuuteen (2). Lisäksi kahdessa muussa aiemmassa tutkimuksessa on havaittu yhteys  $\text{NO}_2$ -pitoisuuksien ja sairaaloiden ulkopuolella hoidettujen potilaiden hengitystieinfektioiden välillä (18,19), mutta näissä  $\text{NO}_2$ -pitoisuudet olivat korkeampia kuin nyt Helsingissä. Edellä oleva voi selittyä monella eri tekijällä. Ensinnäkin, monissa aiemmissa tutkimuksissa muiden kaasumaisten ilman epäpuhtauksien pitoisuudet ovat olleet matalia. Toiseksi, viikottainen analyysi voi olla epäherkempi kuin päivittäinen. Toisaalta ainakin kaksi aiempaa tutkimusta on osoittanut viikottaisessa aineistossa yhteyksiä saasteiden ja hengitystieinfek-

tioiden tai poissaolojen välillä (11,23). Samoin näitä yhteyksiä on todettu kuukausittaisissa analyyseissä koskien sairaalahoitoisuutta (24,25). Sveitsissä tehdyssä päiväkirjatutkimuksissa käytettiin kuuden viikon saasteiden keskiarvoa ja yhteyksiä todettiin hengitystiesairauksien ja saasteiden välillä (16). Eräs mahdollinen syy siihen, että saasteiden ei todettu nyt vaikuttavan päiväkoti-lasten sairauksiin, voi olla päiväkotilapsilla jo muutenkin havaittava korkea infektioidensidenssi. Tämä saattaa peittää vähäisemmän saasteiden aiheuttaman vaikutuksen.

Leijuvien hiukkasten ei havaittu olevan yhteydessä sairastavuuteen tässä tutkimuksessa, vaikka nämä pitoisuudet ovat Helsingissä melko korkeat ja samaa luokkaa kuin useissa muualla tehdyissä tutkimuksissa. Tämä johtuu mahdollisesti leijuvien hiukkasten erilaisesta koostumuksesta. Helsingissä pääasiällisin lähde on liikenteen jauhama hiekka ja kiinteä katuaines;  $PM_{10}$  osuus eri asemilla on alle 20 % kokonaisleijumasta. Karkeakokoiset hiukkaset, lähinnä yli 10  $\mu m$  läpimitaltaan olevat, eivät pääse syvälle hengitysteihin ja ovat tässä mielessä haitattomampia kuin hengitysteihin joutuvat pienet hiukkaset. On mahdollista, että muualla, missä polttoprosessit ovat merkittävämpi hiukkasten lähde, myös hiukkasten vaikutus on suurempi. Keskimääräinen  $PM_{10}$ -pitoisuus oli Helsingin keskustassa vuonna 1988  $34 \mu g/m^3$  ja vuonna 1991  $27 \mu g/m^3$  (26). Kaisaniemen mittausasemalla  $PM_{10}$  pitoisuudet olivat vuosina 1988-1993 33-44% kokonaishiukkaspitoisuudesta (26).

Otsonin havaittiin olevan käänteisesti yhteydessä moniin indikaattorisairauksiin. Tämä, näennäisesti epälooginen seikka, voi selittyä sillä, että Helsingissä on otsoninielu. Tällöin muut saasteet vähentävät otsonipitoisuutta. Helsinkiin otsoni tulee todennäköisesti miltei yksinomaan kaukokulkeutumana. Paikallisten typpimonoksidipäästöjen noustessa otsonipitoisuus vähenee. Täten edellä mainittu negatiivinen assosiaatio kuvastaa itse asiassa mahdollisesti muiden saasteiden aiheuttamaa sairastavuuslisää.

Tutkimuksemme tulokset viittaavat siihen, että vuosina 1987-1991 Helsingissä todetut, suhteellisen matalatkin rikkidioksidipitoisuudet lisäsivät sairastavuutta. Rikkidioksidi on Helsingissä miltei yksinomaan peräisin energian-

tuotannosta ja kaukokulkeutumasta. Vuoden 1991 jälkeen rikkidioksidipitoisuudet ovat edelleen laskeneet. Tutkimusajanjaksona SO<sub>2</sub>:n keskimääräinen pitoisuus Helsingin eri mittausasemilla oli 17 µg/m<sup>3</sup> ja vuonna 1993 vain 8 µg/m<sup>3</sup>. Täten on mahdollista, ettei SO<sub>2</sub>:n haitallisia pitoisuuksia enää ole todettavissa. Typpidioksidin pääasiallinen lähde hengityskorkeudella on liikenne. NO<sub>2</sub>-pitoisuudet eivät ole kehittyneet yhtä suotuisasti kuin SO<sub>2</sub>-pitoisuudet Helsingin alueella. Yksiselitteistä trendiä ei ole todettavissa sitten vuoden 1987.

Mikäli tutkimusjakson NO<sub>2</sub>-, SO<sub>2</sub>- ja hiukkaspitoisuuksia verrataan Maailman terveysjärjetön vuorokausiohjearvoihin, ylityksiä tapahtui saasteittain 3,1 ja 293 vuorokauden aikana. Verrattaessa mitattuja pitoisuuksia voimassa oleviin suomalaisiin ohjearvoihin vastaavat lukumäärät olivat 0, 1 ja 196. Verrattaessa pitoisuuksia ympäristöministeriön esittämiin uusiin ohjearvoihin, ylitysten lukumäärä oli 52, 169 ja 293. Täten ainakin rikkidioksidin osalta ohjearvojen uusiminen maassamme on nyt tehdyn tutkimuksen valossa perusteltua.

## KIITOKSET

Imatran Voiman Säätiö on tukenut taloudellisesti tätä tutkimusta. Tekijät esittävät parhaat kiitokset lääket.lis. Tuija Nurmelle osuudesta työhön.

## KIRJALLISUUTTA

1. Ware JH, Ferris BG, Dockery DW, Spengler JD, Stram DO, Speizer FE. Effects of ambient sulfur oxides and suspended particles on respiratory health of preadolescent children, *Am Rev Respir Dis* 1986;133:834-842.
2. Dockery DW, Speizer FE, Sram DO, Ware JH, Spengler JD, Ferris BG Jr. Effects of inhalable particles on respiratory health of children. *Am Rev Respir Dis* 1989;139:587-594.
3. Roemer W, Hoek G, Brunekreef B. Effect of ambient winter air pollution on respiratory health of children with chronic respiratory symptoms. *Am Rev Respir Dis* 1993;147:118-124.
4. Schwartz J. Particulate air pollution and chronic respiratory disease. *Environ Res* 1993;6-2:7-13.
5. Pönkä, A. Asthma and low level air pollution in Helsinki. *Arch Environ Health* 1991;46: 262-269
6. Pönkä A, Virtanen M. Chronic bronchitis, emphysema, and low-level air pollution in Helsinki, 1987-1989. *Environ Res* 1994;65:207-217.
7. Schwartz, J. Air pollution and daily mortality in Birmingham, Alabama. *Am J Epidemiol* 1993; 137:1136-1147.
8. Schwartz, J. What are people dying of on high air pollution days? *Environ Res* 1994; 64:26-35.
9. Schwartz, J. Dockery D.W. Increased mortality in Philadelphia associated with daily air pollution concentrations. *Am Rev Respir Dis* 1992;145: 600-604.
10. Dockery, DW, Pope, CA III, Xu, X, Spengler, JD, Ware, JH, Fay, ME, Ferris, BG Jr.,



- Speizer, FE. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *N Engl J Med* 1994;329: 1753-1759.
11. Ransom MR, Pope CA. Elementary school absences and PM<sub>10</sub> pollution in Utah Valley. *Environ Res* 1992;58:204-219.
  12. Ostro BD. The effects of air pollution on work loss and morbidity. *J Environ Econ Manage* 1983;10:371-382.
  13. Ostro BD. Associations between morbidity and alternative measures of particulate matter. *Risk Anal* 1990;10:421-427.
  14. Ostro BD, Rothschild S. Air pollution and acute respiratory morbidity: an observational study of multiple pollutants. *Environ Res* 1989;50:238-247.
  15. Malkki M. Typen oksidit pääkaupunkiseudun ilmassa 1986-VII/1988. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1989:2.
  16. Braun-Fahrländer C, Ackermann-Liebrich, Schwartz J, Gnehm HP, Rutishauser M, Wanner HU. Air pollution and respiratory symptoms in preschool children. *Am Rev Respir Dis* 1992;145:42-47.
  17. Pope CA III, Dockery DW, Spengler JD, Raizanne ME. Respiratory health and PM<sub>10</sub> pollution: A daily time series analysis. *Am Rev Respir Dis* 1991; 144: 668-674.
  18. Schwartz J, Spix C, Wichmann HE, Malin E. Air pollution and acute respiratory illness in five German communities. *Environ Res* 1991;56:1-14.
  19. Schwartz J, Zeger S. Passive smoking, air pollution, and acute respiratory symptoms in a diary study of student nurses. *Am Rev Respir Dis* 1990;141:62-67.
  20. Viegi G, Paoletti P, Carrozzi L, VBellutini M, Diviggiano E, DiPede C, Pistelli G, Giutini G, Lebowitz MD. Prevalence rates of respiratory symptoms in Italian general population samples exposed to different levels of air pollution. *Environ Health Perspect*

1991;94:95-99.

21. Goren AI, Goldsmith JR, Hellmann S, Brenner S. Follow-up of schoolchildren in the vicinity of a coal-fired power plant in Israel. *Environ Health Perspect* 1991;94:101-105.
22. World Health Organization. Air quality guidelines for Europe. WHO Regional Publications, European Series No. 23. Copenhagen, 1987.
23. Pönkä A. Absenteeism and respiratory disease among children and adults in Helsinki in relation to low-level air pollution and temperature. *Environ Res* 1990;52:34-46.
24. Pope CA. Respiratory disease associated with a community air pollution and a steel mill, Utah Valley. *Am J Public Health* 1989;79:623-628.
25. Pope CA. Respiratory hospital admissions associated with PM<sub>10</sub> pollution in Utah, Salt Lake, and Cache Valleys. *Arch Environ Health* 1991;46:90-97.
26. Aarnio P, Hämeikoski K, Koskentalo T. Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 1993. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta YTV, Helsinki 1994. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1994:8.

HELSINGIN KAUPUNGIN  
YMPÄRISTÖKESKUS  
Sturenkatu 25  
00510 HELSINKI

KUVAILULEHTI

|   |              |             |            |
|---|--------------|-------------|------------|
| Tekijä(t)<br>Antti Pönkä ja Mikko Virtanen  |              |             |            |
| Nimike<br>Ilmansaasteiden vaikutus poissaoloihin ja hengitystieinfektioihin Helsingissä 1987 - 1991   |              |             |            |
| Julkaisija  | Julkaisuaika | Sivumäärä   | Liitteet   |
| Helsingin kaupungin ympäristökeskus   | 1994         | 17          |            |
| Sarjan nimike   |              | Osanumero   |            |
| Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisu   |              | 16/94       |            |
| ISSN-numero<br>1235-9718  | Kieli        |             |            |
| ISBN-numero<br>951-772-584-1  | Koko teos    | Tiivistelmä | Taulukot   |
|   | fin          | fin, swe    | Kuvatestit |
| Avainsanat<br>ilmansaasteet, poissaolot, hengitystieinfektiot   |              |             |            |
| UDK   |              |             |            |
| Lisätietoja:<br>Antti Pönkä,<br>Helsingin kaupungin ympäristökeskus, ympäristöterveysyksikkö<br>Sturenkatu 25, 00510 Helsinki<br>puh. 7099 2427 |              |             |            |