



ILMATIETEEN LAITOS

TURUN SEUDUN PÄÄSTÖJEN LEVIÄMISMALLISELVITYS



Valokuvaus: Heikki Laakari

*Energiantuotannon, teollisuuden,
laivaliikenteen ja autoliikenteen
typenoksidi-, rikkidioksidi- ja
hiukkaspäästöjen leviämlaskelmat*

ILMANLAADUN ASiantuntijapalvelut 2010

Ilmatieteen laitos on tehnyt vuoden 2009 aikana Turun seudulle ilmanlaatututkimuksen, jossa arvioitiin leviämismallien avulla alueen energiantuotannon, teollisuuden, laivaliikenteen ja autoliikenteen päästöjen aiheuttamia ilmanlaatuvaikutuksia. Tutkimuksessa olivat mukana Kaarina, Länsi-Turunmaa, Naantali, Raisio ja Turku. Tutkimuksessa tarkasteltuja ilmansaasteita olivat typen oksidit, rikkidioksidi ja hiukkaset.

Ilmanlaatua heikentävien ilmansaasteiden suurimpia päästölähteitä Suomessa ovat liikenne, energiantuotanto, teollisuus ja puun pienpoltto. Ilmansaasteita kulkeutuu Suomeen myös kaukokulkeutena maamme rajojen ulkopuolelta. Ilmansaasteiden päästöistä suurin osa vapautuu ilmakehän alimpaan kerrokseen, jossa ne sekoittuvat ympäröivään ilmaan ja ilmansaasteiden pitoisuudet laimevat. Päästöt voivat levitä liikkuvien ilmassojen mukana laajoille alueille. Tämän kulkeutumisen aikana ilmansaasteet voivat reagoida keskenään sekä muiden ilmassa olevien yhdisteiden kanssa muodostaen uusia yhdisteitä.

Ilmansaasteiden leviämismalleilla tutkitaan eri ilmansaasteiden kulkeutumista ilmakehässä ja ilmansaasteiden pitoisuuksien alueellista muodostumista. Leviämismallien lähtötiedoiksi tarvitaan tietoja päästöistä ja niiden lähteis-

tä, ilmakehän tilasta sekä ilmansaasteiden taustapitoisuudesta tutkimusalueella. Lisäksi lähtötiedoiksi tarvitaan erilaisia paikkatietoja, kuten tietoja maanpinnan muodoista ja laadusta sekä päästölähteiden sijainnista tutkimusalueella. Leviämismalleilla lasketaan ilmansaasteiden pitoisuuksia tarkasteluajanjakson jokaiselle tunnille laskentapisteikköön, joka kattaa koko tutkimusalueen. Tässä tutkimuksessa käytettiin Ilmatieteen laitoksella kehitettyjä leviämismalleja.

Ilmanlaadun raja- ja ohjearvot

Ilmansaasteiden pitoisuuksia hengitysilmassa säädelään raja-arvoilla ja ohjearvoilla. Kaikissa EU-maissa voimassa olevat raja-arvot määrittelevät ilmansaasteille sallitut korkeimmat pitoisuudet. Raja-arvot ovat sitovia ja ne eivät saa ylittyä alueilla, joissa asuu tai oleskelee ihmisiä (taulukko 1). Suomessa voimassa olevat ilmanlaadun ohjearvot eivät ole yhtä sitovia kuin raja-arvot. Ohjearvoja sovelletaan mm. alueiden käytön, kaavoituksen, rakentamisen ja liikenteen suunnittelussa sekä ympäristölupaharkinnassa (taulukko 2). Tavoitteena on ennaltaehkäistä ohjearvojen ylittyminen sekä taata hyvän ilmanlaadun säi-

Taulukko 1. Terveystahittojen ehkäisemiseksi annetut ulkoilman typpidioksidin, rikkidioksidin ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia koskevat raja-arvot (Vna 711/2001).

Aine	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Sallittujen ylitysten määrä kalenterivuodessa (vertailujakso)
Typpidioksidi (NO_2)	1 tunti	200	18
	kalenterivuosi	40	–
Rikkidioksidi (SO_2)	1 tunti	350	24
	24 tuntia	125	3
Hengitettävät hiukkaset (PM_{10})	24 tuntia	50	35
	kalenterivuosi	40	–

Taulukko 2. Ulkoilman typpidioksidin, rikkidioksidin ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia koskevat ilmanlaadun ohjearvot (Vnp 480/1996).

Ilmansaaste	Ohjearvo ($20\text{ }^\circ\text{C}$, 1 atm)	Tilastollinen määrittely
Typpidioksidi (NO_2)	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Rikkidioksidi (SO_2)	250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Hengitettävät hiukkaset (PM_{10})	70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo

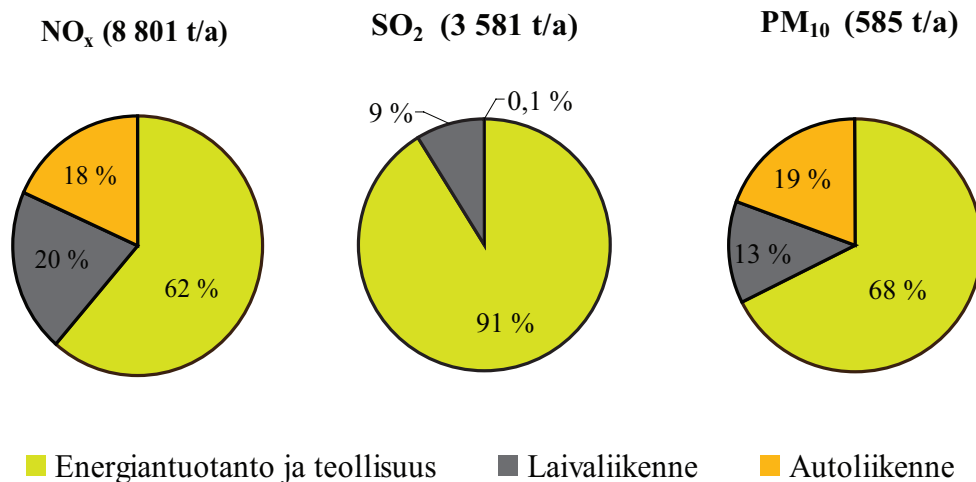
lyminen. Leviämismallin tuloksena saaduista tunneittaisista pitoisuusajaksarjoista lasketaan edelleen ilmanlaadun raja- ja ohjearvoihin verrannollisia pitoisuuksia, jotta voidaan havaita ovatko raja- ja ohjearvot vaarassa ylittyä tutkimusalueella.

Leviämismallin lähtötiedot

Tässä tutkimuksessa laskettiin leviämismalleilla typpidioksidipitoisuuksia (NO_2), rikkidioksidipitoisuuksia (SO_2) ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia (PM_{10}) tutkimusalueelle, joka käsitti Kaarinan, Länsi-Turunmaan, Naantalin, Raision ja Turun alueet. Koko tutkimusalueen laajuus oli 33 x 41 km. Leviämismallien lähtötietoina käytetyt energiantuotannon, teollisuuden, laivaliikenteen ja autoliikenteen päästöt (kuva 1) kattavat suurimman osan tutkimusalueella syntyvistä päästöistä. Leviämislaskelmissa ei huomioitu lentoliikenteen, junaliikenteen, puun pienpolton ja työkojen päästöjä. Tutkimusalueen teollisuuden ja energiantuotannon rikkidioksidipäästöt olivat vuonna 2007 yhteensä 3 317 t/a, typenoksidipäästöt 5 393 t/a ja hiukkaspäästöt 405 t/a. Laivaliikenteen rikkidioksidipäästöt olivat 261 t/a, typenoksidipäästöt 1 793 t/a ja hiukkaspääs-

töt 64 t/a. Tutkimusalueen teiden ja katujen autoliikenteen rikkidioksidipäästöt olivat 2,7 t/a, typenoksidipäästöt 1 615 t/a ja suorat pienhiukkaspäästöt 116 t/a.

Autoliikenne aiheuttaa lisäksi epäsuorasti tienpinna mekaanisesti irtoavia ja hiekoitushiekasta peräisin olevia hiukkasia. Näiden päästöjen lisäksi mallinnuksessa otettiin huomioon myös ilmansaasteiden alueelliset taustapitoisuudet, jotka arvioitiin Ilmatieteen laitoksen Utön ilmanlaadun mittausaseman tuloksista. Mallilaskelmien meteorologisina tietoina käytettiin Turun seudun ilmastollisia olosuhteita edustavaa vuosien 2005 - 2007 säähavainnoista muodostettua aineistoa.



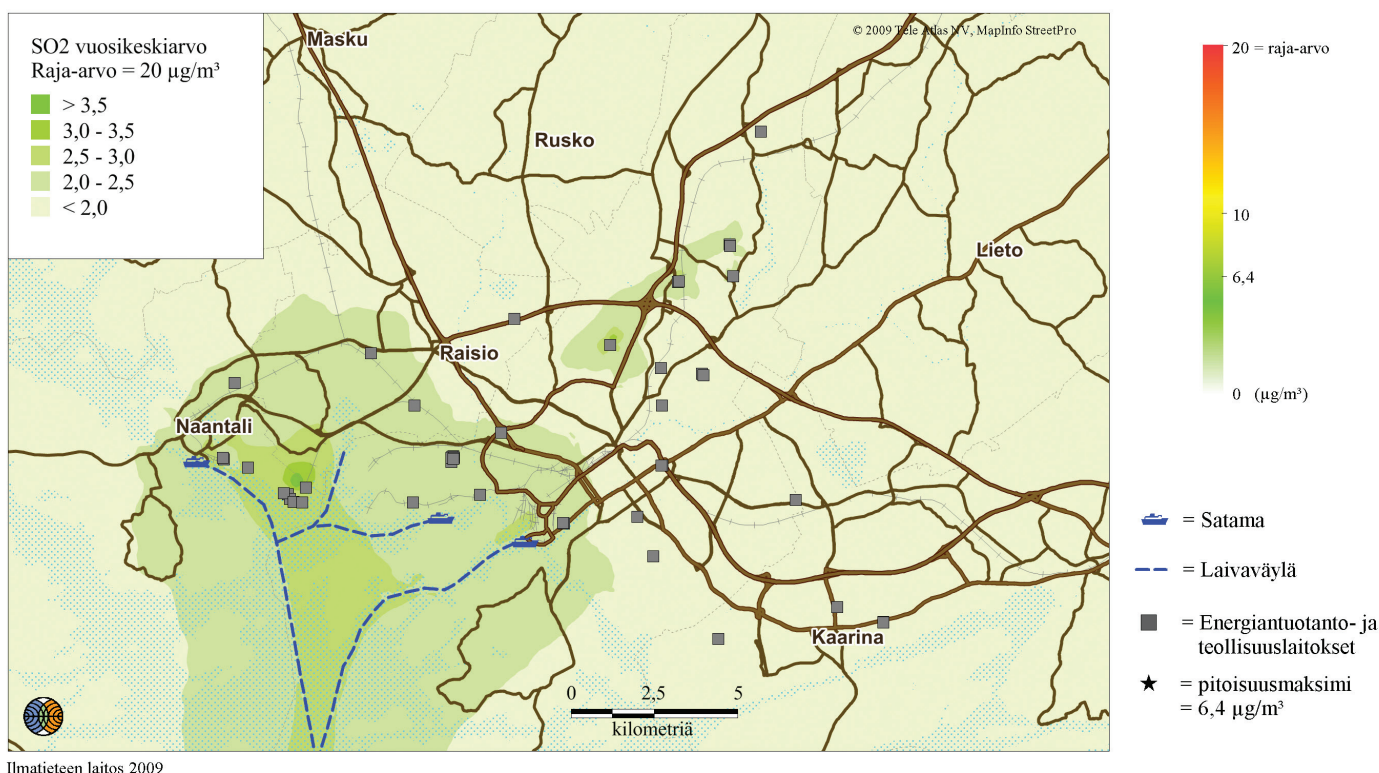
Kuva 1. Eri päästölähteiden osuudet leviämismallilaskelmissa huomioidusta kokonaispäästöistä vuonna 2007.

Rikkidioksidipitoisuudet (SO₂)

Merkittävimmät vaikuttajat rikkidioksidipitoisuuksien muodostumiseen Turun seudulla ovat energiantuotannon, teollisuuden ja laivaliikenteen päästöt. Korkeimmat energiatuotannon ja teollisuuden aiheuttamat rikkidioksidipitoisuudet aiheutuvat Länsi-Turunmaan päästökorkeudeltaan matalien päästölähteiden sekä Naantalinvuonon voimalaitoksen ja Naantalinvuonon öljynjalostamon päästöjen vaikutuksesta. Suurimmat laivaliikenteen aiheuttamat rikkidioksidipitoisuudet muodostuvat laivareittien varsille ja satama-alueiden läheisyyteen. Autoliikenteen rikkidioksidipäästöt ovat hyvin pienet ja niillä on vain vähäinen vaikutus rikkidioksidin pitoisuuksiin tutkimusalueella.

Leviämismallinnuksen tulosten mukaan Turun seudun päästöjen aiheuttamat rikkidioksidipitoisuudet ovat pieniä. Rikkidioksidipitoisuudet alittavat selvästi koko tutkimusalueella niille määritellyt ilmanlaadun raja- ja ohjearvot. Rikkidioksidipitoisuudet ovat korkeimmillaankin vuositasolla noin 6 µg/m³ (kuva 2). Puhtailla tausta-

alueilla tehtyjen ilmanlaatumittausten mukaan rikkidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvot ovat olleet viime vuosina noin 1 - 2 µg/m³.



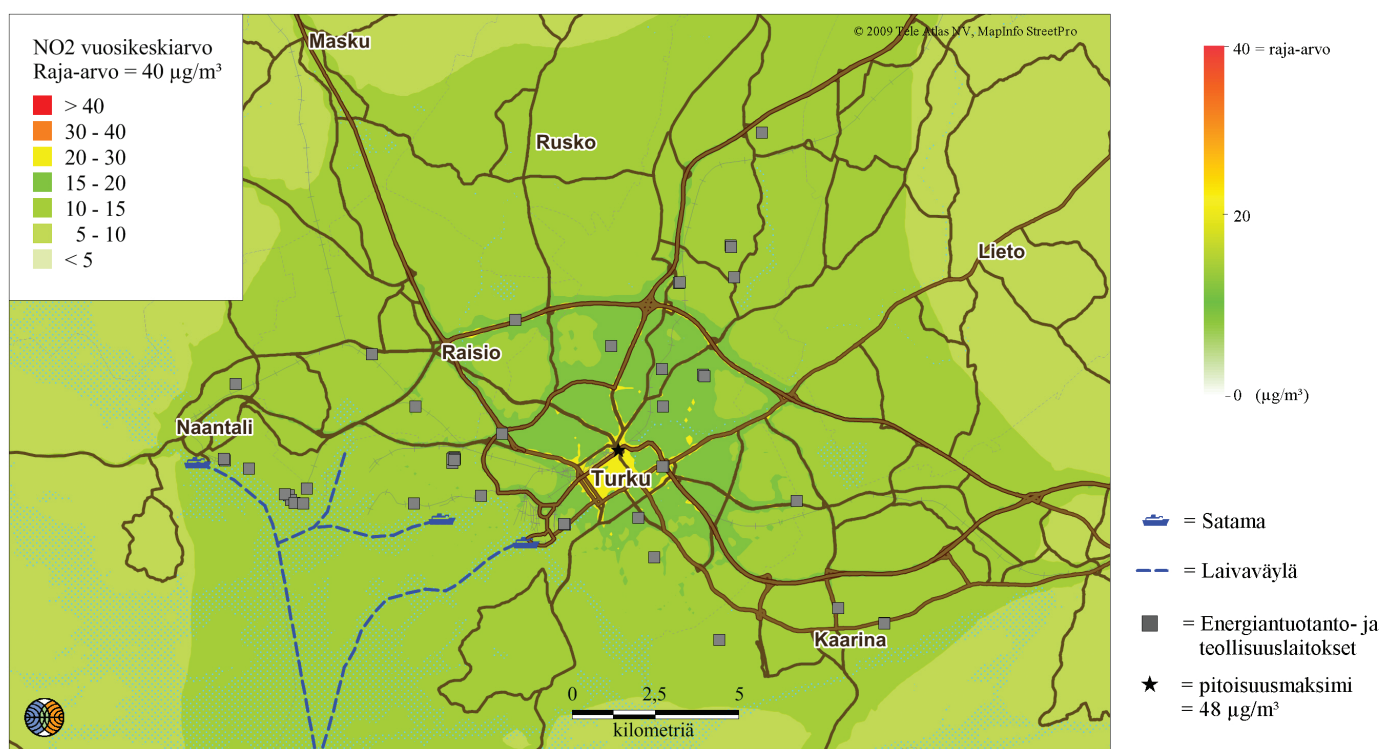
Kuva 2. Rikkidioksidin vuosikeskiarvopitoisuus Turun seudulla.

Typidioksidipitoisuudet (NO₂)

Typidioksidipitoisuuksien muodostumiseen Turun seudulla vaikuttavat eniten autoliikenteen päästöt ja kaukokulkeuma. Energiantuotannon ja teollisuuden päästöt aiheuttavat vain vähäisen lisän Turun seudun typidioksidipitoisuuksiin, vaikka päästöistä niiden osuus onkin auto- ja laivaliikennettä merkittävämpi. Tämä johtuu siitä, että energiantuotannon ja teollisuuden päästöt vapautuvat korkealla, jolloin vaikutus maanpintatason pitoisuuksiin on vähäisempi.

Leviämislaskelmien tulosten mukaan typidioksidipitoisuudet ovat Turun keskustassa vuositasolla noin 20–30 µg/m³. Tätä korkeampia pitoisuuksia esiintyy vain vilkkaimilla risteysalueilla. Keskustan ulkopuolella typidioksidipitoisuudet ovat noin 15–20 µg/m³. Kaarinassa, Länsi-Turunmaalla, Naantalissa ja Raisiossa pitoisuudet ovat vielä tätäkin pienempiä. Ilmanlaatumittausten mukaan typidioksidin vuosikeskiarvot ovat yleensä Suomen kaupungeissa noin 20–30 µg/m³. Puhtailla tausta-alueilla tehtyjen mittausten mukaan typidioksidin vuosikeskiarvot ovat olleet Etelä-Suomessa noin 2–8 µg/m³ ja Pohjois-Suomessa noin 1 µg/m³.

Energiantuotannon ja teollisuuden päästöjen aiheuttamat suurimmatkin typidioksidipitoisuudet ovat koko tutkimusalueella hyvin pieniä verrattuna autoliikenteen päästöjen aiheuttamiin pitoisuuksiin. Suurimmat laivaliikenteen aiheuttamat typidioksidipitoisuudet muodostuvat laivareittien varsille sekä satama-alueille ja niiden välittömään läheisyyteen. Korkeimmillaan laivaliikenteen aiheuttamat pitoisuudet ovat noin puolet autoliikenteen aiheuttamista korkeimmista pitoisuuksista. Autoliikenteen päästöt aiheuttavat tutkimusalueelle typidioksidipitoisuuksia, jotka korkeimmillaan ylittävät typidioksidille määritellyt ilmanlaadun ohjearvot. Typidioksidin raja-arvot alittuvat alueilla, joilla asuu tai oleskelee ihmisiä. Korkeimmillaan autoliikenteen aiheuttamat pitoisuudet ovat keskusta-alueiden vilkkaiden autoteiden ja etenkin niiden risteysalueiden välittömässä läheisyydessä. Typidioksidipitoisuudet laimenevat nopeasti keskusta-alueen ja vilkkaimpien väylien ulkopuolella ja suurimmassa osassa tutkimusaluetta pitoisuudet ovat selvästi ohje- ja raja-arvotasoa pienempiä.



Kuva 3. Typidioksidin vuosikeskiarvopitoisuus Turun seudulla.

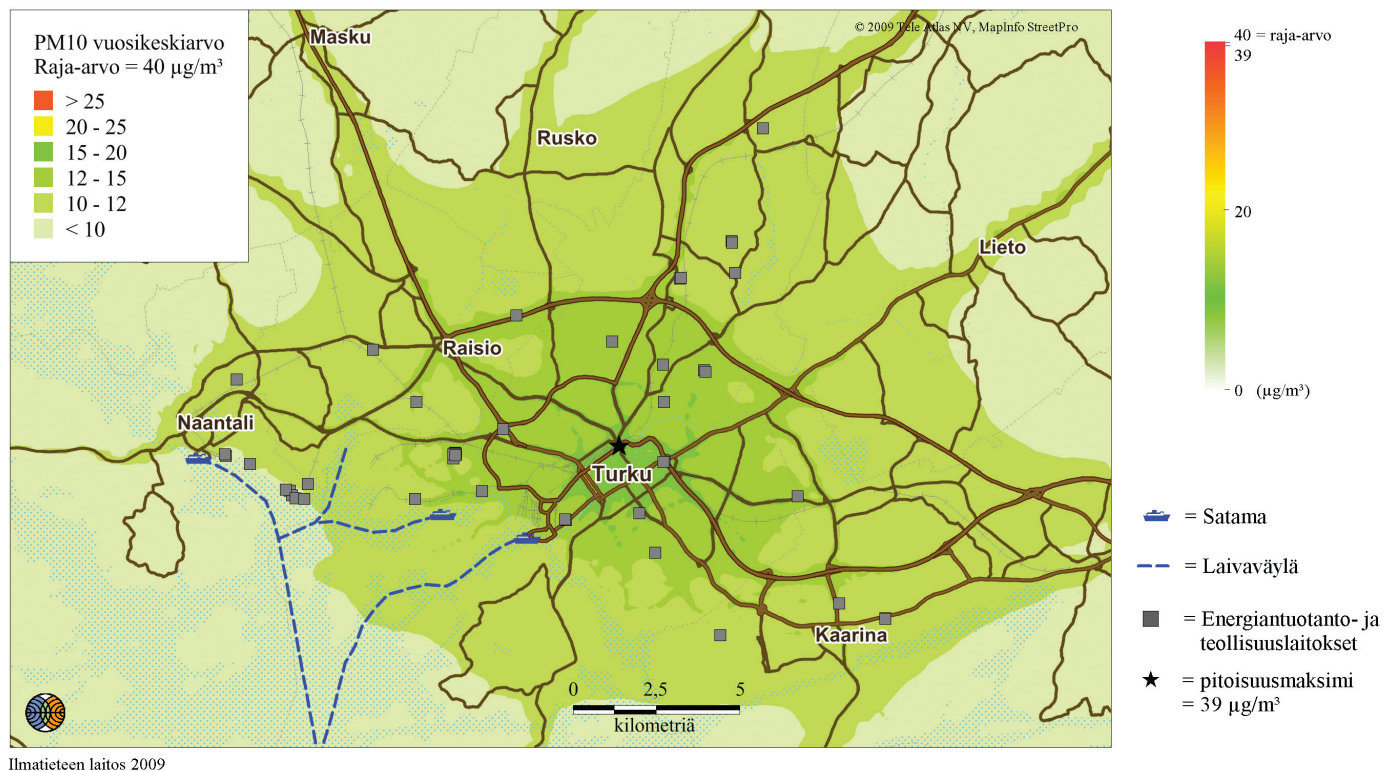
Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet (PM₁₀)

Korkeimmat hengitettävien hiukkasten pitoisuudet aiheutuvat autoliikenteen päästöjen ja kaukokulkeuman vaikutuksesta. Autoliikenteen aiheuttamiin hengitettävien hiukkasten pitoisuuksiin vaikuttavat sekä suorat ajoneuvojen päästöt että mekaanisesti tienpinnasta irtoava tai hiekoi-tushiekasta johtuva pöly. Energiantuotannon ja teollisuuden sekä laivaliikenteen päästöt aiheuttavat vain vähäisen lisän Turun seudun hengitettävien hiukkasten pitoisuuksiin, vaikka päästöistä niiden osuus onkin autoliikennettä merkittävämpi.

Leviämislaskelmien tulosten mukaan Turun seudun päästöjen aiheuttamat hengitettävien hiukkasten pitoisuudet ovat Turun keskustassa vuositasolla noin 15–25 µg/m³. Tätä korkeampia pitoisuuksia esiintyy vain hyvin pienellä alueella. Turun keskustan ulkopuolella, Kaarinassa, Länsi-Turunmaalla, Naantalissa ja Raisiossa pitoisuudet ovat pienempiä. Ilmanlaatumittausten mukaan yleensä Suomen keskisuurten kaupunkien keskusta-alueilla hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvot voivat ylittää 20 µg/m³ ja kaupunkien keskusta-alueiden

ulkopuolella pitoisuudet ovat olleet yli 10 µg/m³. Puhtail-la tausta-alueilla vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet Etelä-Suomessa noin 10–12 µg/m³ ja Pohjois-Suomessa noin 3 µg/m³.

Leviämislaskelmien mukaan autoliikenteen päästöt aiheuttavat hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia, jotka korkeimmillaan ylittävät hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuudelle asetetun ohjearvon. Hengitettävien hiukkasten lyhytaikaisiin pitoisuuksiin vaikuttaa merkittävästi autoliikenteen tienpinnasta mekaanisesti nostattama pöly, jonka määrään vaikuttaa liikennemäärien ja etenkin raskaan liikenteen määrien lisäksi meteorologiset olosuhteet, tienpinnan laatu sekä teiden hiekoitus ja puhdistaminen. Korkeimmillaan autoliikenteen aiheuttamat pitoisuudet ovat vilkkaiden autoteiden ja etenkin niiden risteysalueiden välittömässä läheisyydessä. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet laimenevat nopeasti keskust-alueen ja vilkkaimpien väylien ulkopuolella ja suurim-massa osassa tutkimusaluetta pitoisuudet ovat selvästi ohje- ja raja-arvotasoa pienempiä.



Kuva 4. Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuus Turun seudulla.

Turun seudun alueellinen ilmanlaatu

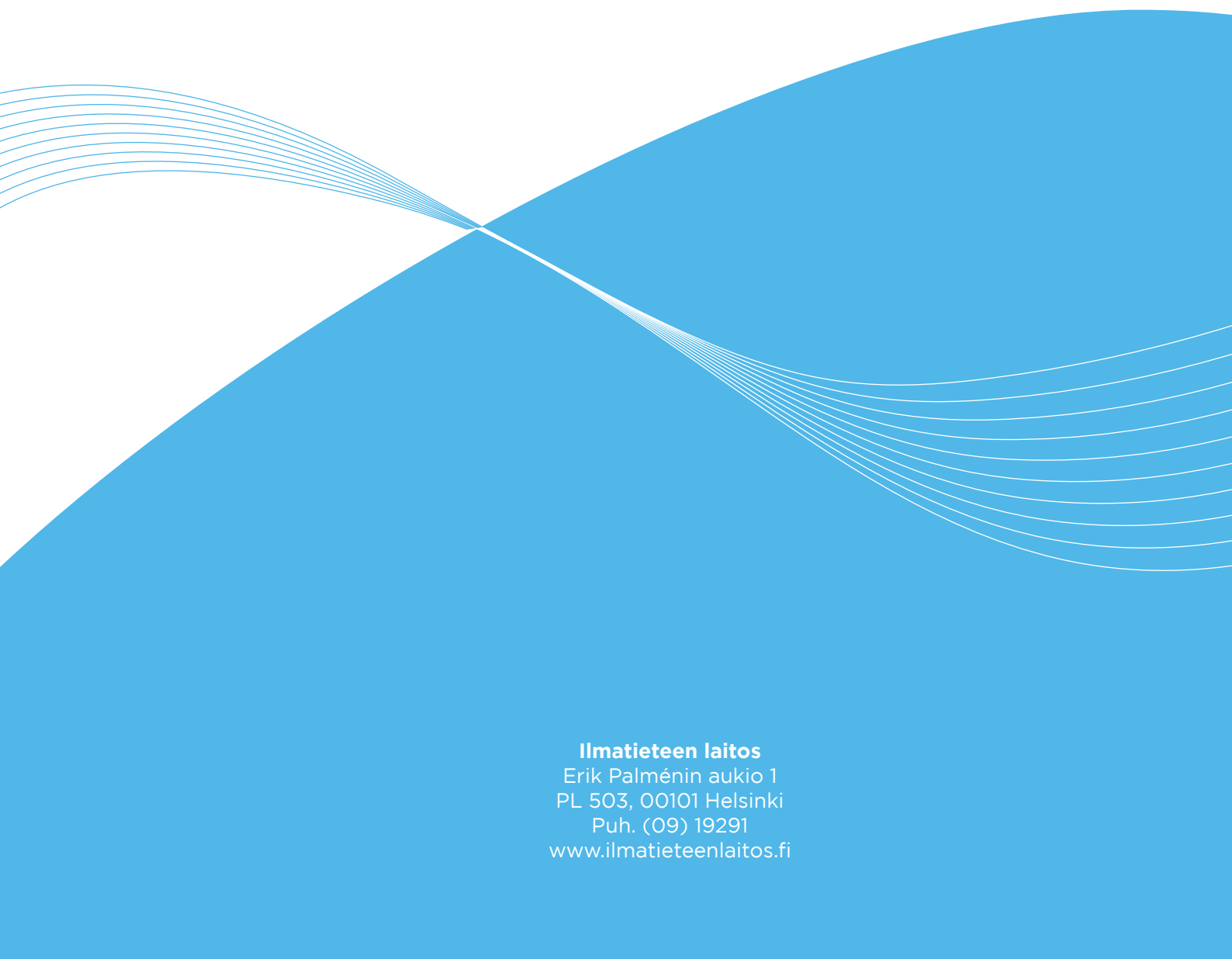
Turun seudun (Kaarina, Länsi-Turunmaa, Naantali, Raisio ja Turku) ilmanlaadun mittauksista huolehtii keskitetysti kuntien ja teollisuuden muodostama ilmansuojelun yhteistyöryhmä. Vuosina 2005–2007 ilmanlaadun mittauksia suoritettiin kuudella pysyvällä mittausasemalla Turussa, Raisiossa, Naantalissa ja Kaarinassa. Leviämismallilaskelmilla täydennettiin mittauksilla saatua tietoa ilmanlaadusta, tavoitteena parantaa tietämystä alueellisesta ilmanlaadusta ja sen vaihtelusta sekä eri päästölähteiden vaikutusosuudesta kokonaispitoisuuksiin.

Leviämismallilaskelmien tulosten perusteella voidaan arvioida, että Turun seudun ilmanlaatuun vaikuttavat merkittävimmin autoliikenteen typenoksidi- ja hiukkaspäästöt sekä näiden yhdisteiden kaukokulkeuma. Teollisuuden ja energiantuotannon päästöillä on pääsääntöisesti vähäinen vaikutus Turun seudulla esiintyviin korkeimpiin ilmansaasteiden pitoisuuksiin. Ilmanlaatu on suurimmasa osassa Turun seutua laskelmien mukaan hyvää ja pitoisuudet alittavat terveyden suojelemiseksi asetetut raja-arvot alueilla, joilla asuu tai oleskelee ihmisiä. Osassa

Turun keskusta-aluetta ja vilkkaimpien liikenneväylien varilla ilmanlaatu on tyydyttävää. Näillä alueilla ilmansaasteiden pitoisuudet voivat ylittää ilmanlaadun ohjearvot, joiden lähtökohtana on terveydellisten ja luontoon kohdistuvien haittojen ehkäiseminen. Tämän leviämismallinnuksen tulokset tukevat ilmanlaadun mittauksilla ja muilla leviämismallilaskelmilla saatua tietoa Turun seudun ilmanlaadusta ja siihen vaikuttavista tekijöistä.



Leviämismallilaskelmien tulosten perusteella voidaan arvioida, että Turun seudun ilmanlaatuun vaikuttavat merkittävimmin autoliikenteen typenoksidi- ja hiukkaspäästöt sekä näiden yhdisteiden kaukokulkeuma.



Ilmatieteen laitos
Erik Palménin aukio 1
PL 503, 00101 Helsinki
Puh. (09) 19291
www.ilmatieteenlaitos.fi