

Puupelletin 40 % seospolton aiheuttamat muutokset ympäristövaikutuksiin Hanasaaren voimalaitoksella

Helsingin Energian uusiutuvan energian lisäämiseen tähtäävän kehitysohjelman tavoitteet on mahdollista saavuttaa kahdella tavalla: 1) rakentamalla Vuosaaren uusi monipolttoainevoimalaitos tai 2) lisäämällä biopolttoaineiden osuutta Hanasaaren ja Salmisaaren voimalaitoksissa 40 %:iin vuosittaisesta energiantuotannosta. Monipolttoainevoimalaitoksen polttoaineteho tulisi olemaan yli 300 MW, mistä johtuen hanke edellyttää ympäristövaikutusten arviointimenettelyä YVA-asetuksen mukaisesti. Arvioitiin vaihtoehtona monipolttoainevoimalaitokselle myös vaihtoehto, jossa biopolttoaineiden osuutta Hanasaaren ja Salmisaaren voimalaitoksissa lisättäisiin 40 %:iin. Liitteessä 5.1 olevassa ympäristövaikutusten arvioinnissa arvioitiin normaalitoiminnan aikaiset ja rakentamisen aikaiset ympäristövaikutukset myös puupelletin 40 % seospoltolle.

Laitoksen jätevedet vastaanottavan vesistön tila sekä ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla on kuvattu Hanasaaren voimalaitoksen ympäristölupahakemuksessa, joka on laitettu vireille huhtikuussa 2013. Vesistön tilassa tai ilmanlaadussa ei ole tapahtunut sen jälkeen muutoksia.

1.1. Normaalitoiminnan aikaiset ympäristövaikutukset

Pellettilaitteisto suunnitellaan lähtökohtaisesti sellaiseksi että sen toiminnan aikaiset ympäristövaikutukset ovat mahdollisimman pienet. Erityistä huomiota kohdistetaan pölyämisen ja laitteiston käytöstä aiheutuvan melun estämiseen.

Normaalin toiminnan aikana pellettiä toimitetaan voimalaitokselle kuorma-autoilla sekä laivoilla tai proomuilla. On arvioitu, että pellettiä kuluu noin 290 000 tonnia vuodessa. Laskennallisesti tämä liikennemäärä olisi noin 10–20 kuorma-autoyhdistelmiä päivässä ja kolmesta neljään laivaan tai proomuun viikossa riippuen proomun koosta.

Mikäli Helsingin kaupunginvaltuusto valitsee 40 % seospolton kehitysohjelman toteuttamiseksi, tehdään vastaavat muutokset myös Salmisaaren B-voimalaitoksella. On mahdollista, että Hanasaaren satamaan tuotaisiin myös Salmisaaren menevä pelletti, koska Salmisaaren voimalaitoksilla ei ole mahdollisuutta vastaanottaa pellettiä vesitse. Salmisaaren voimalaitoksissa vuoden pellettimääräksi on arvioitu 280 000 tonnia. Mikäli kaikki Salmisaaren B-voimalaitoksille menevä pelletti tuodaan Hanasaaren sataman kautta, määrä vuositasolla on arvioitu olevan noin 570 000 tonnia. Tällöin Hanasaaren satamaan tuleva proomumäärä nousisi noin kuudesta kahdeksaan proomuun viikossa riippuen proomun koosta.

Mikäli kaikki Salmisaareen B-voimalaitoksille menevä pelletti tuodaan Hanasaaren sataman kautta, pellettikuljetusten määrä Hanasaaren voimalaitokselta Salmisaaren voimalaitoksille olisi noin 50 kuorma-autoyhdistelmällistä vuorokaudessa. Kantakaupungin liikenteen rajoitteiden vuoksi, pellettikuormat ajaisivat Lahden moottoritien, Kehä 1:sen ja Länsiväylän kautta Salmisaareen. Maatiekuljetukset voivat myös tulla suoraan pellettitoimittajien tehtailta, pellettitoimittajien välivarastoista tai Helsingin Energian omista välivarastoista.

Pelletin käsittelyssä syntyy pölyä, jonka leviäminen estetään aktiivisilla pölynpoistojärjestelmillä, käsittelylaitteiden rakenteilla sekä alueen säännöllisellä siivoamisella. Mikäli satunnaisissa laitteiston pesutilanteissa syntyy puuainesta sisältäviä pesuvesiä, erotetaan puuaines vedestä. Puuaineesta puhdistettu vesi johdetaan joko mereen tai kaupungin viemäriverkostoon. Erotettu puuaines ohjataan uudelleen polttoon. Voimalaitoksen jäähdytykseen käytettävän meriveden määrä ei olennaisesti muutu.

Liitteessä 5.2 olevassa selvityksessä on tutkittu 40 % seospolton vaikutuksia ilmanlaatuun. Selvityksessä on esitetty sekä Hanasaaren B-voimalaitoksen että Salmisaaren B-voimalaitoksen yhteisvaikutus ilmanlaatuun. Vaikutukset ovat hyvin pienet. Korkeimpien pitoisuuksien vyöhykkeet muodostuivat etäälle laitoksista, koska päästöt vapautuvat korkeiden piippujen kautta. Korkeimmat päästöt muodostuivat mallinnuksessa laitosten koillispuolelle, koska vallitseva tuulensuunta on lounaasta.

Ilmanlaadun mallinnuksessa typpidioksidipitoisuudet olivat korkeimmillaankin alle 0,2 %, rikkidioksidipitoisuudet alle 1,5 % ja pienhiukkaspitoisuudet alle 0,1 % vastaavista vuosikeskiarvopitoisuuksille asetetuista raja-arvoista. Typpidioksidipitoisuudet olivat alle 2 % ja rikkidioksidipitoisuudet noin 11 % vastaavista vuorokausikeskiarvopitoisuuksille asetetuista ohjearvoista.

Pellettilaitteistoon kuuluu suhteellisen korkeita laitteita, kuten siilot ja vastaanottopaikka. Näiden maisemointi kaupunki- ja voimalaitosympäristöön sopivaksi huomioidaan.

1.2. Rakentamisen aikaiset ympäristövaikutukset

Pellettilaitteisto sijoitetaan alueelle, jossa epäillään olevan pilaantuneita maamassoja. Pilaantuneet maat tutkitaan ennen rakennustöiden aloitusta ja tarvittaessa tehdään maamassojen vaihto.

Rakentamisen aikana työmaalla työskentelee suuri määrä henkilöstöä ja työkoneita. Työmaasta aiheutuvaa melua pyritään rajoittamaan ajoittamalla melua synnyttävät työt päiväsaikaan.

Rakentamisen aikana liikennemäärät voimalaitosalueelle kasvavat hetkellisesti. Lisääntyvä liikennemäärä on kuitenkin rajallista, eikä se tule näkymään ruuhkautumisena voimalaitosalueen ympäristössä.

Rakennustöiden aikaisessa jätehuollossa noudatetaan jätelainsäädäntöä.

- | | | |
|----------|-----|---|
| Liitteet | 5.1 | Ympäristövaikutusten arviointiselostus koskien biopolttoaineiden käytön lisäämistä Helsingin energiantuotannossa |
| | 5.2 | Erillisselvitys Helsingin Energian kehitysohjelman eri vaihtoehtojen vaikutuksista savukaasupäästöjen leviämiseen |

Liite 5.1 Ympäristövaikutusten arviointiselostus koskien biopolttoaineiden käytön lisäämistä Helsingin energiantuotannossa

Helsingin Energian uusiutuvan energian lisäämiseen tähtäävän kehitysohjelman tavoitteet on mahdollista saavuttaa kahdella tavalla: 1) rakentamalla Vuosaaren uusi monipolttoainevoimalaitos tai 2) lisäämällä biopolttoaineiden osuutta Hanasaaren ja Salmisaaren voimalaitoksissa 40 %:iin vuosittaisesta energiantuotannosta. Monipolttoainevoimalaitoksen polttoaineteho tulisi olemaan yli 300 MW, mistä johtuen hanke edellyttää ympäristövaikutusten arviointimenettelyä YVA-asetuksen mukaisesti. Arvioitiin vaihtoehtona monipolttoainevoimalaitokselle myös vaihtoehto, jossa biopolttoaineiden osuutta Hanasaaren ja Salmisaaren voimalaitoksissa lisättäisiin 40 %:iin. Liitteessä 5.1 olevassa ympäristövaikutusten arvioinnissa arvioitiin normaalitoiminnan aikaiset ja rakentamisen aikaiset ympäristövaikutukset myös puupelletin 40 % seospoltolle.

Ympäristövaikutusten arviointi liitteineen liitetään erillisenä tähän hakemukseen.



ILMATIETEEN LAITOS

ILMANLAATUSELVITYS



*Helsingin Energian voimalaitosten
savukaasupäästöjen leviämismalliselvitys*

ILMANLAADUN ASiantuntijapalvelut 2013

ILMANLAATUSELVITYS

**Helsingin Energian voimalaitosten
savukaasupäästöjen leviämismalliselvitys**

**Jatta Salmi
Katja Lovén**

**ILMATIETEEN LAITOS – ILMANLAADUN ASiantuntijapalvelut
Helsinki 12.9.2013**

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	3
2	TAUSTATIETOA ILMAN EPÄPUHTAUKSISTA.....	3
2.1	Ilmanlaatuun vaikuttavat tekijät.....	3
2.2	Kaupunkien ilmanlaatu	4
2.2.1	Typpidioksidi	4
2.2.2	Rikkidioksidi	5
2.2.3	Hiukkaset	5
2.3	Ilmanlaadun raja- ja ohje- ja tavoitearvot	6
3	MENETELMÄT	8
3.1	Leviämismallilaskelmien kuvaus	8
3.2	Tutkimuskohde ja leviämismallilaskelmien lähtötiedot	10
4	TULOKSET	14
4.1	Typpidioksidipitoisuudet	15
4.2	Rikkidioksidipitoisuudet	16
4.3	Hiukkaspitoisuudet	18
4.4	Nitraattityppilaskeuma ja rikkilaskeuma	19
4.5	Tulosten vertailu pitoisuustasoihin pääkaupunkiseudulla.....	20
5	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	21
	VIITELUETTELO.....	24
	LIITEKUVAT	

1 JOHDANTO

Tässä tutkimuksessa arvioitiin leviämismallilaskelmilla Helsingin Energian voimalaitosten päästöjen leviämistä. Tutkimus oli osa Helsingin energiantuotannon biopolttoaineiden käytön lisäämisen ympäristövaikutusten arviointiohjelmaa. Tarkastellut vaihtoehdot olivat arviointiohjelman mukaiset:

VE0+: Hanasaari B + Salmisaari A ja B; biopolttoaineita 5–10 %
 VE1: Vuosaari C + Salmisaari A ja B
 VE2: Hanasaari B + Salmisaari A ja B; biopolttoaineita 40 %

Leviämismallilaskelmilla tarkasteltiin voimalaitosten päästöjen maanpintatasolle aiheuttamia typpidioksidi-, rikkidioksidi- ja hiukkaspitoisuuksia eri tarkasteluvaihtoehdoissa. Lisäksi tarkasteltiin erikseen Vuosaaren A, B ja C -voimalaitosyksiköiden aiheuttamaa nitraattityppilaskeumaa ja rikkilaskeumaa läheisillä Natura-alueilla.

Tutkimuksen tilaaja oli Ramboll. Leviämismallilaskelmat tehtiin Ilmatieteen laitoksella Ilmanlaadun asiantuntijapalveluissa.

2 TAUSTATIETOA ILMAN EPÄPUHTAUKSISTA

2.1 Ilmanlaatuun vaikuttavat tekijät

Ilmanlaatua heikentävien ilman epäpuhtauksien suurimpia päästölähteitä Suomessa ovat liikenne, energiantuotanto, teollisuus ja puun pienpoltto. Ilmansaasteita kulkeutuu Suomeen myös kaukokulkeumana maamme rajojen ulkopuolelta. Päästöistä suurin osa vapautuu ilmakehän alimpaan kerrokseen, jota kutsutaan rajakerrokseksi. Rajakerroksessa päästöt sekoittuvat ympäröivään ilmaan ja niiden pitoisuudet ilmassa laimenevat. Päästöt voivat levitä liikkuvien ilmamassojen mukana laajoille alueille. Tämän kulkeutumisen aikana ilmansaasteet voivat reagoida keskenään sekä muiden ilmassa olevien yhdisteiden kanssa muodostaen uusia yhdisteitä. Ilman epäpuhtaudet poistuvat ilmasta sateen huuhtomina (märkälasseuma), kuivalasseumana erilaisille pinnoille tai kemiallisen muutunnan kautta.

Päästöjen leviäminen tapahtuu pääosin ilmakehän alimmassa osassa, rajakerroksessa. Sen korkeus on Suomessa tyypillisesti alle kilometri, mutta varsinkin kesällä se voi nousta yli kahteen kilometriin. Matalimmat rajakerroksen korkeudet havaitaan yleensä talvella kovilla pakkasilla. Rajakerroksen korkeus määrää ilmatilavuuden, johon päästöt voivat välittömästi sekoittua. Rajakerroksen tuuliolosuhteet määräävät karkeasti ilmansaasteiden kulkeutumis suunnan, mutta rajakerroksen ilmavirtausten pyörteisyys ja kerroksen korkeus vaikuttavat merkittävästi ilmansaasteiden sekoittumiseen ja pitoisuuksien laimenemiseen kulkeutumisen aikana. Leviämisen kannalta keskeisiä meteorologisia tekijöitä ovat tuulen suunta ja nopeus, ilmakehän stabiilisuus ja sekoituskorkeus. Ilmakehän stabiilisuudella tarkoite-

taan ilmakehän herkkyyttä pystysuuntaiseen sekoittumiseen. Stabiilisuuden määrää ilmakehän pystysuuntainen lämpötilarakenne.

Inversiolla tarkoitetaan tilannetta, jossa ilmakehän lämpötila nousee ylöspäin mentäessä. Erityisesti maanpintainversion aikana ilmanlaatu voi paikallisesti huonontua nopeasti. Maanpintainversiossa maanpinta ja sen lähellä oleva ilmakerros jäähtyy niin, että kylmempi ilma jää ylempänä olevan lämpimämmän ilman alle. Kylmä pintailma ei raskaampana pääse kohoamaan yläpuolellaan olevan lämpimän kerroksen läpi, ja ilmakehän pystysuuntainen liike estyy. Inversiokerroksessa tuuli on hyvin heikkoa ja ilmaa sekoittava pyörteisyys on vähäistä, jonka vuoksi ilmansaasteet laimenevat huonosti. Inversiotilanteissa pitoisuudet kohoavat taajamissa etenkin liikennerruuhkien aikana, koska ilmansaasteet kerääntyvät matalaan ilmakehään päästölähteiden lähelle.

2.2 Kaupunkien ilmanlaatu

2.2.1 Typpidioksidi

Typen yhdisteitä vapautuu päästölähteistä ilmaan typen oksideina eli typpimonoksidina (NO) ja typpidioksidina (NO₂). Näistä yhdisteistä terveysvaikutuksiltaan haitallisempaa on typpidioksidi, jonka pitoisuuksia ulkoilmassa säädellään ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoilla. Typpidioksidin määrään ilmassa vaikuttavat kemialliset muutuntareaktiot, joissa typpimonoksidi hapettuu typpidioksidiksi.

Ulkoilman typpidioksidipitoisuuksille altistuminen on suurinta kaupunkien keskustojen ja taajamien liikenneympäristöissä. Typpidioksidipitoisuudet kohoavat tyypillisesti ruuhka-aikoina. Korkeimmillaan typpidioksidipitoisuudet ovat erityisesti tiyninä ja kylminä talvipäivinä, jolloin myös energiantuotannon päästöt ovat suurimmillaan. Taajamien ja kaupunkien korkeimmat typpidioksidipitoisuudet aiheuttaa pääasiassa autoliikenne, vaikka energiantuotannon ja teollisuuden aiheuttamat päästöt (piste-mäiset päästölähteet) olisivat määrällisesti jopa suurempia autoliikenteeseen verrattuna. Ihmiset altistuvat helposti liikenteen päästöille, sillä autojen pakokaasupäästöt vapautuvat hengityskorkeudelle.

Typpidioksidille herkimpiä väestöryhmiä ovat lapset ja astmaatikoit, joiden hengitysoireita kohonneet pitoisuudet voivat lisätä suhteellisen nopeasti. Pakkaskaudella tapahtuva typpidioksidipitoisuuden kohoaminen on erityisen haitallista astmaatikoil, koska jo puhtaan kylmän ilman hengittäminen rasituksessa aiheuttaa useimmille astmaatikoille keuhkoputkien supistusta ja typpidioksidi pahentaa tästä aiheutuvia oireita kuten hengenahdistusta ja yskää.

Ilmatieteen laitoksella tehdyn ilmanlaadun alustavan arvioinnin (*Pietarila ym., 2001*) tulosten mukaan typpidioksidipitoisuuden raja-arvot voivat nykyisin ylittyä etenkin suurimpien kaupunkien vilkkaasti liikennöidyillä keskusta-alueilla, lähinnä liikenneväylien ja risteysten läheisyydessä. Korkeimmillaan vuosikeskiarvot ovat olleet ilmanlaadun mittauksen mukaan Helsingin vilkasliikenteisimmillä alueilla noin 40–50 µg/m³. Yleensä Suomen kaupungeissa vuosikeskiarvot ovat noin 20–30 µg/m³. Puhtailla tausta-alueilla tehtyjen ilmanlaatumittauksen mukaan

typpidioksidin vuosikeskiarvot ovat olleet Etelä-Suomessa noin $2\text{--}8\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Pohjois-Suomessa noin $1\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.2.2 Rikkidioksidi

Ulkoilman rikkidioksidipitoisuudet ovat nykyisin alhaisella tasolla Suomessa. Rikkidioksidipäästöjen voimakkaan vähenemisen seurauksena taajama-alueiden rikkidioksidipitoisuudet ovat laskeneet lähelle tausta-alueiden pitoisuuksia. Ulkoilmassa oleva rikkidioksidi on pääosin peräisin energiantuotannosta, teollisuudesta ja laivojen päästöistä. Teollisuuspaikkakunnilla rikkidioksidipitoisuudet voivat kohota lyhytaikaisesti ja paikallisesti häiriöpäästötilanteissa. Puhtailla tausta-alueilla rikkidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvot ovat olleet noin $1\text{--}2\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.2.3 Hiukkaset

Ulkoilman hiukkaset ovat nykyisin merkittävimpiä ilmanlaatuun vaikuttavia tekijöitä Suomen kaupungeissa. Pienhiukkasia pidetään länsimaissa haitallisimpana ympäristötekijänä ihmisten terveydelle. Ulkoilman hiukkaset ovat taajamissa suurelta osin peräisin liikenteen ja tuulen nostattamasta katupölystä (ns. resuspensio) eli epäsuorista päästöistä. Hiukkaspitoisuuksia kohottavat myös nk. suorat hiukkaspäästöt, jotka ovat peräisin energiantuotannon ja teollisuuden prosesseista, autojen pakokaasuista ja puun pienpoltosta. Suorat hiukkaspäästöt ovat pääasiassa pieniä hiukkasia. Hiukkasiin on sitoutunut myös erilaisia haitallisia yhdisteitä kuten hiilivetymiä ja raskasmetalleja.

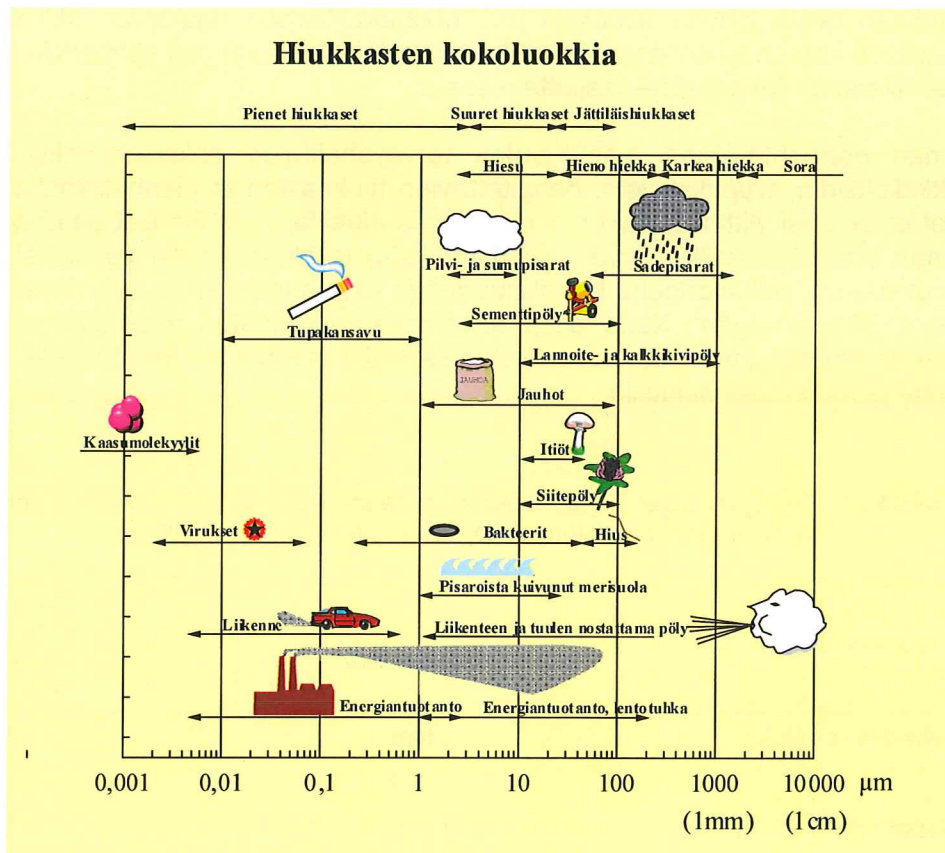
Ulkoilman hiukkasten koko on yhteydessä niiden aiheuttamiin erilaisiin vaikutuksiin. Suurempien hiukkasten korkeat pitoisuudet vaikuttavat merkittävimmin viihtyvyyteen ja aiheuttavat likaantumista. Terveysvaikutuksiltaan haitallisempia ovat ns. hengitettävät hiukkaset ja pienhiukkaset, jotka kykenevät tunkeutumaan syvälle ihmisten hengitysteihin. Hengitettävälle hiukkasille, joiden halkaisija on alle 10 mikrometriä (PM_{10}), on annettu ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet kohoavat erityisesti keväällä, jolloin jauhautunut hiekoitus-hiekka ja asfalttipöly nousevat ilmaan kuivilta kaduilta liikenteen nostattamana. Pienhiukkaset, joiden halkaisija on alle 2,5 mikrometriä ($\text{PM}_{2,5}$), ovat pääasiassa peräisin suorista autoliikenteen ja teollisuuden päästöistä ja kaukokulkeumasta, jonka lähde voi olla esimerkiksi metsä- ja maastopalot. Hiukkasten kokoluokkia on havainnollistettu kuvassa A.

Suurimmat hiukkaspitoisuudet esiintyvät vilkkaasti liikennöidyissä kaupunkikeskustoissa. Suomessa hiukkaspitoisuudet kohoavat yleensä voimakkaasti keväällä maalisi–huhtikuussa, kun maanpinnan kuivuessa tuuli ja liikenne nostattavat katupölyä ilmaan. Liikenteen vaikutukset korostuvat matalan päästökorkeuden vuoksi. Hengitettävälle hiukkasille annettu vuorokausiohje-arvo ylittyy keväisin yleisesti Suomen kaupungeissa. Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuudelle annettu raja-arvo on sen sijaan ylittynyt viime vuosina vain Helsingin keskustassa.

Maamme suurimpien kaupunkien keskusta-alueilla on mitattu useina vuosina yli $25\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$:n hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvoja. Hengitettävien hiukkasten vuosipitoisuudelle annettu raja-arvo $40\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ on kuitenkin alittunut

Suomessa. Pienempien kaupunkien keskusta-alueilla hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvot voivat ylittää $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja kaupunkien keskusta-alueiden ulkopuolella pitoisuudet ovat olleet yli $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Pietarila ym., 2001). Puhtailla tausta-alueilla vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet Etelä-Suomessa noin $10\text{--}12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Pohjois-Suomessa noin $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Pienhiukkaspitoisuudet ovat Suomessa suurimmillaan pääkaupunkiseudun vilkasliikenteisillä alueilla, joilla vuosikeskiarvopitoisuudet ovat yli $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Keskiuurissa kaupungeissa ja Etelä-Suomen tausta-alueilla pienhiukkaspitoisuudet ovat noin $6\text{--}10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Alaviippola & Pietarila, 2011).



Kuva A. Hiukkasten kokoluokkia. Hiukkasten koko ilmaistaan halkaisijana mikrometreissä (μm). Mikro (μ) etuliite tarkoittaa miljoonasosaa. $1 \mu\text{m}$ on siten metrin miljoonasosa eli millimetrin tuhannesosa.

2.3 Ilmanlaadun raja- ja ohje- ja tavoitearvot

Leviämismallilaskelmilla tai ilmanlaadun mittauksilla saatuja pitoisuuksia voidaan arvioida vertaamalla niitä ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin. EU-maissa voimassa olevat raja-arvot ovat sitovia ja ne eivät saa ylittyä alueilla, joissa asuu tai oleskelee ihmisiä. Raja-arvot eivät ole voimassa esimerkiksi teollisuusalueilla tai liikenneväylillä, lukuun ottamatta kevyen liikenteen väyliä. Kansalliset ilmanlaadun ohje-

vot eivät ole yhtä sitovia kuin raja-arvot, mutta niitä käytetään esimerkiksi kaupunkisuunnittelun tukena ja ilman pilaantumisen vaaraa aiheuttavien toimintojen sijoittamisessa. Tavoitteena on ennalta ehkäistä ohjearvojen ylittyminen sekä taata hyvän ilmanlaadun säilyminen.

Raja-arvot määrittelevät ilmansaasteille sallitut korkeimmat pitoisuudet. Raja-arvoilla pyritään vähentämään tai ehkäisemään terveydelle ja ympäristölle haitallisia vaikutuksia. Raja-arvon numeroarvon ylityksistä on viipymättä tiedotettava väestölle. Tietojen saatavuudesta vastaa ensisijaisesti tiedon tuottaja, kuten ilmanlaadun mittauksista vastaava kunta, toiminnanharjoittaja tai Ilmatieteen laitos. Jos raja-arvo ylittyy tai on vaarassa ylittyä, on kunnan laadittava ja toimeenpantava ilmansuojelusuunnitelma raja-arvon alittamiseksi. Lisäksi kunta voi harkintansa mukaan laatia lyhyen aikavälin toimintasuunnitelman raja-arvon alittamiseksi ja ylityksen keston lyhentämiseksi. Käytännön toimia voivat olla esimerkiksi määräykset liikenteen tai päästöjen rajoittamisesta.

Ilman epäpuhtauksien aiheuttamien terveyshaittojen ehkäisemiseksi ulkoilman rikkidioksidin, typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuudet eivät saisi ylittää taulukon 1 raja-arvoja alueilla, joilla ihmiset saattavat altistua ilman epäpuhtauksille. Typen oksidien (NO_x) ja rikkidioksidin vuosikeskiarvopitoisuuksille on lisäksi annettu kasvillisuuden ja ekosysteemien suojelemiseksi kriittiset tasot: 30 ja 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Näitä tasoja sovelletaan rakennetun ympäristön ulkopuolella olevilla alueilla, kuten luonnonsuojelun kannalta merkityksellisillä alueilla ja laajoilla maa- ja metsätalousalueilla.

Taulukko 1. Terveyshaittojen ehkäisemiseksi annetut ulkoilman rikkidioksidin, typpidioksidin ja pienhiukkasten pitoisuuksia koskevat raja-arvot (Vna 38/2011).

Ilman epäpuhtaus	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Sallittujen ylitysten määrä kalenterivuodessa (vertailujakso)
Rikkidioksidi (SO_2)	1 tunti	350 ¹⁾	24
	24 tuntia	125 ¹⁾	3
Typpidioksidi (NO_2)	1 tunti	200 ¹⁾	18
	kalenterivuosi	40 ¹⁾	–
Pienhiukkaset ($\text{PM}_{2,5}$)	kalenterivuosi	25 ²⁾	–

¹⁾ Tulokset ilmaistaan lämpötilassa 293 K ja paineessa 101,3 kPa.

²⁾ Tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

Ilmanlaadun ohjearvot on otettava huomioon suunnittelussa ja niitä sovelletaan mm. alueiden käytön, kaavoituksen, rakentamisen ja liikenteen suunnittelussa ja ympäristölupaharkinnassa. Ohjearvojen soveltamisen avulla pyritään ehkäisemään ilman epäpuhtauksien aiheuttamia terveysvaikutuksia. Suomessa voimassa olevat ulkoilman typpidioksidipitoisuuksia koskevat ilmanlaadun ohjearvot on esitetty taulukossa 2. WHO on antanut lisäksi suosituksenomaisina ohjearvoina pienhiukkasten vuorokausikeskiarvopitoisuudelle ohjearvon 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja vuosikeskiarvopi-

toisuudelle ohjearvon $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO, 2006). WHO:n ohjearvot eivät ole osa Suomen lainsäädäntöä.

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

Ilman epäpuhtaus	Ohjearvo ¹⁾	Tilastollinen määrittely
Rikkidioksidi (SO_2)	$250 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste
	$80 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Typpidioksidi (NO_2)	$150 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste
	$70 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo

¹⁾ Tulokset ilmaistaan lämpötilassa 20°C ja paineessa 1 atm.

Järvi- ja metsäekosysteemeissä ilman epäpuhtauksista aiheutuvien vaikutusten ehkäisemiseksi on Suomen metsätalousalueilla pitkän ajan tavoitteena, että rikki-laskeuman vuosiarvo ei rikkinä ylitä $0,3 \text{ g}/\text{m}^2$ (Vnp 480/1996).

3 MENETELMÄT

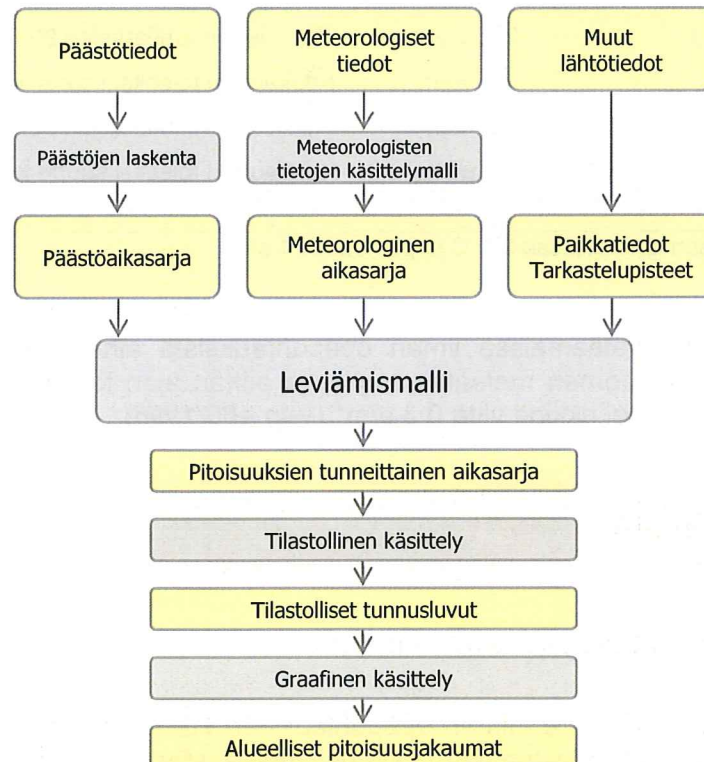
3.1 Leviämismallilaskelmien kuvaus

Leviämismalleilla tutkitaan eri ilman epäpuhtauksien kulkeutumista ilmakehässä ja niiden pitoisuuksien muodostumista tutkimusalueelle. Malleihin sisältyy usein myös laskentamenetelmiä, joiden avulla voidaan kulkeutumisen lisäksi tarkastella ilman-saasteiden muuntumista ja kemiallisia reaktioita ilmakehässä sekä poistumista ilmakehästä laskeumana. Tässä tutkimuksessa käytettiin Ilmatieteen laitoksella kehitettyä UDM-FMI leviämismallia (Urban Dispersion Modelling system; Karppi-nen, 2001), jolla voidaan arvioida pistemäisten päästölähteiden aiheuttamia ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia ja laskeumaa päästölähteiden lähialueilla.

Ilmatieteen laitoksen leviämismalleja on kehitetty pitkäjänteisesti useita vuosikymmeniä tavoitteena tuottaa luotettavaa tietoa ilmanlaadusta mm. kaupunki- ja liikennesuunnittelun ja ilmansuojelutoimenpiteiden suunnittelun tueksi sekä pitoisuuksien ja väestön altistumisen arvioimiseksi. Mallien toimintaa on kehitetty lukuisissa tutkimusprojekteissa, ja verifiointitutkimusten mukaan mallinnusten tulokset on todettu hyvin yhteensopiviksi Suomen taajamien ja teollisuusympäristöjen ilmanlaadun mittaustulosten kanssa. Nykyisissä Ilmatieteen laitoksen leviämismalleissa kuvataan tarkasti päästökohdassa tapahtuvaa mekaanista ja lämpötilaeroista johtuvaa nousulisää, lähimpien esteiden aiheuttamaa savupainumaa, ilmassa tapahtuvia päästöaineiden kemiallisia prosesseja sekä ilmansaasteiden poistumamekanismeja ilmakehästä. Malleihin sisältyy laskentamenetelmä typen oksidien kemialliselle muutunnalle. Energiantuotannon typenoksidipäästöt koostuvat typpidi-

oksidista sekä typpimonoksidista, jota on valtaosa päästöistä. Osa typpimonoksidista hapettuu ilmassa terveydelle haitallisemmaksi typpidioksidiksi.

Leviämismallien lähtötiedoiksi tarvitaan tietoja päästöistä ja päästölähteiden ominaisuuksista, mittaamalla ja mallittamalla saatuja tietoja ilmakehän tilasta sekä tietoja tutkimusalueen taustapitoisuudesta. Lisäksi lähtötiedoiksi tarvitaan erilaisia paikkatietoja, kuten tietoja maanpinnan muodoista ja päästölähteiden sijainnista. Kaaviokuva leviämismallin toiminnasta on esitetty kuvassa B.



Kuva B. Kaaviokuva Ilmatieteen laitoksella kehitetyn leviämismallin, kaupunkimallin (UDM-FMI) toiminnasta.

Leviämismallin tarvitseman meteorologisen aikasarjan muodostuksessa käytetään Ilmatieteen laitoksella kehitettyä meteorologisten tietojen käsittelymallia, joka perustuu ilmakehän rajakerroksen parametrisointimenetelmään (*Rantakrans, 1990; Karppinen, 2001*). Menetelmän avulla voidaan arvioida rajakerroksen tilaan vaikuttavat muuttujat, joita tarvitaan leviämismallilaskelmissa. Laskelmissa käytetään 1–3 vuoden mittaista tutkimusalueen sääolosuhteita edustavaa meteorologista aineistoa. Aluetta parhaiten edustavan meteorologisen aineiston mallilaskelmia varten laatii meteorologi. Tarvittavat mittaustiedot saadaan Ilmatieteen laitoksen havaintotietokantaan tallennetuista sää-, auringonpaiste- ja radioluotaushavainnoista. Tutkimuksessa käytetyt säähavainto- ja luotausaineistot täyttävät WMO:n laatuvaatimukset. Laskelmissa käytettäväksi sääasemiksi valitaan tutkimusaluetta lähimpänä sijaitsevat sääasemat, joilla mitataan kaikkia mallin tarvitsemia suureita. Tuulen suunta- ja nopeustiedot muodostetaan kahden tai useamman sääaseman havainto-

jen etäisyyspainotettuna tilastollisena yhdistelmänä. Menetelmässä huomioidaan tutkimusalueen paikalliset tekijät, kuten leviämisalustan rosoisuus ja vuodenaikaiset albedoarvot (maanpinnan kyky heijastaa auringon säteilyä) eri maanpinnan laaduille. Lopputuloksena saadaan leviämismalleissa tarvittavien meteorologisten tietojen tunneittaiset aikasarjat.

Energiantuotannon ja teollisuuden päästöjen laskennassa huomioidaan lähdekoh-
taiset päästöt, savukaasujen ominaisuudet, laitoksen ja piippujen tekniset tiedot
sekä laitoksen käyntiajat. Leviämislaskelmia varten muodostetaan kaikille eri
päästölähteille päästöaikasarjat, joissa on jokaiselle tarkastelujakson tunnille (1–3
vuotta, eli 8 760–26 304 tuntia) laskettu päästö määrä erikseen eri ilman epäpuhta-
uksille. Leviämismalleilla lasketaan ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia tarkastelu-
jakson jokaiselle tunnille laskentapisteikköön, joka räätälöidään kullekin tutkimus-
alueelle sopivaksi sen erityispiirteet huomioon ottaen. Laskentapisteitä on yleensä
useita tuhansia, ja niiden etäisyys toisistaan vaihtelee muutamasta kymmenestä
metristä satoihin metreihin riippuen tutkimusalueen koosta ja tarkasteltavista
kohteista. Mallien tuottamista tunneittaisista pitoisuusajaksarjoista lasketaan
ilmanlaadun raja- ja ohjearvoihin verrannollisia tilastollisia suureita, jotka esitetään
raportissa mm. pitoisuuksien aluejakaumakuvina ja taulukkoina.

Ilmatieteen laitoksen kehittämiä leviämismalleja on laaja-alaisesti verifioitu vertaa-
malla mallinnettuja pitoisuuksia mitattuihin pitoisuuksiin lukuisissa tutkimushank-
keissa ja vertaisarvioituissa julkaisuissa. Mallilaskelmien tulokset ovat näissä
tutkimuksissa täyttäneet hyvin ilmanlaatuasetuksessa (Vna 38/2011) asetetut
laatutavoitteet eri yhdisteiden mallintamiselle.

3.2 Tutkimuskohde ja leviämismallilaskelmien lähtötiedot

Tässä tutkimuksessa selvitettiin leviämismallilaskelmilla Helsingin Energian voima-
laitosten päästöjen leviämistä ja niiden aiheuttamia typpidioksidi-, rikkidioksidi- ja
hiukkaspitoisuuksia. Tutkimus oli osa Helsingin energiantuotannon biopolttoainei-
den käytön lisäämisen ympäristövaikutusten arviointiohjelman. Tarkasteluvaihtoeh-
dot olivat seuraavanlaiset:

- VE0+:** Hanasaari B sekä Salmisaari A ja B -voimalaitosyksiköiden päästöjen leviäminen. Kivihiili pääpolttoaineena, biopolttoaineiden osuus 5–10 % polttoaineista, IE-direktiivin mukainen päästötaso.
- VE1:** Vuosaari C sekä Salmisaari A ja B -voimalaitosyksiköiden päästöjen leviäminen. Vuosaaren rakennetaan uusi monipolttoainevoimalaitos, Salmisaaren voimalaitoksessa pääpolttoaineena kivihiili ja biopolttoai-
neiden osuus 5–10 %, IE-direktiivin mukainen päästötaso.
- VE2:** Hanasaari B sekä Salmisaari A ja B -voimalaitosyksiköiden päästöjen leviäminen. Kivihiilen osuus 60 % ja biopolttoaineiden osuus 40 % lai-
tosten polttoaineista, IE-direktiivin mukainen päästötaso.

Salmisaaren voimalaitoksen sähkön tuotantoteho on 160 MW ja kaukolämmön tuotantoteho 480 MW. Hanasaaren voimalaitoksen sähkön tuotantoteho on 220 MW ja kaukolämmön tuotantoteho 445 MW. Uuden Vuosaaren

C-voimalaitosyksikön sähkön tuotantoteho tulisi olemaan noin 240 MW ja kaukolämmön tuotantoteho 410 MW. Vuosaari A ja B -voimalaitosyksiköiden sähkön tuotantoteho on 630 MW ja kaukolämmön tuotantoteho 580 MW.

Teollisuuden päästöjä koskevassa direktiivissä eli IE-direktiivissä (Directive on industrial emissions, 2010/75/EU) määritetään teollisuuslaitosten ympäristöluville päästöraja-arvoja ja muita vaatimuksia. Tämän direktiivin piiriin kuuluvat polttolaitokset, joiden polttoaineteho on yli 50 MW. Uudessa Vuosaaren C-voimalaitosyksikössä poltetaan 80 % biopolttoaineita ja 20 % kivihiiltä. Tarvittaessa Vuosaari C kykenee polttamaan myös pelkkää kivihiiltä. Uuden voimalaitoksen päästöt ovat IE-direktiivin vaatimusten mukaiset kaikilla eri polttoainevaihtoehdoilla. Mallilaskelmat on tehty käyttäen direktiivin mukaisia päästöraja-arvoja, jotka määrittävät maksimipäästötason. Hanasaaren ja Salmisaaren olemassa olevissa voimalaitoksissa tehdään direktiivin mukaisia päästövähennystoimia kaikissa yllä esitetyissä tarkasteluvaihtoehdoissa, eivätkä ulkoilmaan vapautuvat päästöt saa ylittää direktiivin päästörajoja millään polttoainevaihtoehdolla. Yllä esitetyissä tarkasteluvaihtoehdoissa ei täten ole tarpeen tehdä erillisiä päästöjen leviämismallinnuksia voimalaitosten eri polttoainevaihtoehdoille, koska ulkoilmaan vapautuvat maksimipäästöt ovat eri polttoainevaihtoehdoille samat.

Päästöjen leviämismallilaskelmat tehtiin kaikissa tarkasteluvaihtoehdoissa erikseen typenoksidipäästöille, rikkidioksidipäästöille ja hiukkaspäästöille. Lisäksi mallinnettiin Vuosaaren voimalaitoksen aiheuttamat nitraattityppi- ja rikkilaskkeumat. Laitosten päästölaskennassa käytetyt IE-direktiivin mukaiset päästöraja-arvot on esitetty taulukossa 3 ja päästölähdekohtaiset käyntitunnit ja vuosipäästöt taulukossa 4. Laitosten hiukkaspäästöt ovat kokonaishiukkaspäästöjä (TSP), joista pienhiukkasia (halkaisija alle 2,5 µm) on Helsingin Energian tekemien päästömittausten mukaan noin 70–80 %.

Kunkin laitoksen päästöistä muodostettiin laskentaa varten tuntiaikasarja, joka kattoi kolme tarkasteluvuotta (2010–2012). Päästöaikasarjat muodostettiin laitosten oletetun keskimääräisen vuotuisen käyntiajan, polttoainekulutuksen sekä laskennallisten IE-direktiivin päästöraja-arvotasaan vastaavien päästötietojen perusteella. Lisäksi otettiin huomioon kunkin päästölähteen tyypillinen kuukausittainen päästövaihtelu, savukaasuvirtaama ja savukaasujen lämpötila. Niiden kuukausien aikana, jolloin laitos ei ollut toiminnassa kaikkina tunteina, päästöt jaettiin kuukauden tunneille satunnaisesti. Vuosaaren C-voimalaitosyksikön osalta käytettiin suunnittelutietoja, joiden oletettiin vastaavan laitoksen normaalikäyttöä. Leviämismallilaskelmissa huomioitiin lisäksi poistopiippujen sijainti, piippujen mittasuhteet ja laitosrakennusten ja lähirakennusten mittasuhteet Helsingin Energian toimittamien tietojen perusteella.

Taulukko 3. Helsingin Energian voimalaitosten päästölaskennassa käytetyt IE-direktiivin (2010/75/EU) mukaiset päästöraja-arvot (mg/Nm³).

Päästöraja-arvot (mg/Nm ³)		NO _x	SO ₂	Hiukkaset
Hanasaari B	kattilat K3 ja K4	200	200	20
Hanasaari B	apukattila K8	400	400	20
Salmisaari A	kattilat K1 ja K7	200	200	20
Salmisaari B	kattilat K5 ja K6	450	850	25
Vuosaari C		150	150	10

Taulukko 4. Helsingin Energian voimalaitosten päästöjen leviämismallilaskennassa käytetyt laitosten piipunkorkeudet maanpinnasta (m), käyntitunnit (h) ja vuosipäästöt (t/a).

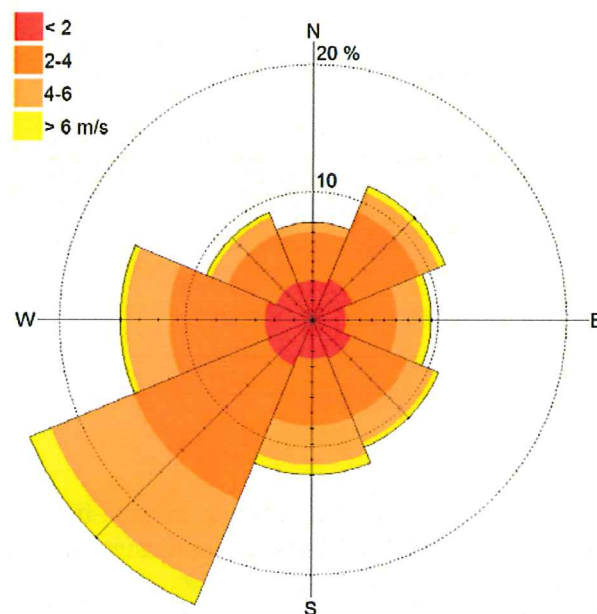
Voimalaitosyksikkö	Piipun korkeus (m)	Käyntitunnit (h)	NO _x (t/a)	SO ₂ (t/a)	Hiukkaset (t/a)
Hanasaari B kattila K3	150	6500	608,4	608,4	60,8
Hanasaari B kattila K4	150	6500	608,4	608,4	60,8
Hanasaari B apukattila K8	150	504	7,3	7,3	0,4
Salmisaari A kattilat K5 ja K6	113,3	1149+150	56,5	106,8	3,1
Salmisaari B kattilat K1 ja K7	151	6500+1500	889,1	889,1	88,9
Vuosaari C	150	6500	852,9	852,9	56,9

Tutkimusalue oli kooltaan 38 × 30 km. Alue määritettiin siten, että se kattaa kaikkien tutkimuksessa mukana olleiden päästölähteiden merkittävimmät vaikutusalueet. Typpidioksidin, rikkidioksidin ja hiukkasten pitoisuudet laskettiin tälle alueelle laskentapisteikköön, joka koostui yli 25 000 laskentapistestä. Laskentapistekkössä pisteiden välisiä etäisyyksiä oli tihennetty pitoisuuksien muodostumisen kannalta merkittävimmissä kohteissa eli kaikkien voimalaitosten lähiympäristössä. Laskentapistekkön pisteet olivat tiheimmillään 50 metrin etäisyydellä toisistaan ja alueen reunoilla harvimmillaan 500 metrin etäisyydellä toisistaan. Pitoisuudet laskettiin

maanpintatasoon ja maanpinnan korkeuserot huomioitiin laskentapisteissä Maanmittauslaitoksen maastonkorkeusmallin mukaisesti.

Vuosaaren nykyisten A ja B -voimalaitosyksiköiden ja uuden C-voimalaitosyksikön typenoksidi- ja rikkidioksidipäästöjen yhdessä aiheuttamasta nitraattityppi- ja rikkilaskeumasta tehtiin erilliset tarkastelut. Erityisenä kiinnostuksen kohteena oli voimalaitosalueen läheisyydessä sijaitseville Natura-alueille aiheutuvan nitraattityppi- ja rikkilaskeuman suuruus. Natura-alueet on esitetty liitekuvilla 19 ja 20. Vuosaari A ja B -voimalaitosyksiköiden kaasuturbiineista ei aiheudu lainkaan rikkipäästöjä, joten rikkilaskeuma edustaa ainoastaan Vuosaaren C-voimalaitosyksikön päästöjen aiheuttamaa laskeumaa. Vuosaari A ja B -voimalaitosyksiköiden päästöt arvioitiin laitosten oletetun keskimääräisen vuotuisen käyntiajan, polttoainekulutuksen sekä laskennallisten IE-direktiivin päästöraja-arvotasa vastaavien päästötietojen perusteella. Vuosaaren A-voimalaitosyksikön kaasuturbiinien Kt1 ja Kt2 käyntiaika oli 6 000 tuntia vuodessa ja kummankin NO_x-päästö oli 275 t/a. Vuosaaren B-voimalaitosyksikön kaasuturbiinien Kt4 ja Kt5 käyntiaika puolestaan oli 7 500 tuntia vuodessa ja kummankin NO_x-päästö 1 013 t/a.

Tutkimusalueen ilmastollisia olosuhteita edustava meteorologinen aikasarja muodostettiin Helsingin Kumpulan ja Sipoon Eestiluodon sääasemien havaintotiedoista vuosilta 2010–2012. Sekoituskorkeuden määrittämiseen käytettiin Jokioisten observatorion radioluotaushavaintoja. Kuvassa C on esitetty tuulen suunta- ja nopeusjakauma tutkimusalueella tuuliruusun muodossa. Tutkimusalueella ovat vallitsevia lounaistuulet.



Kuva C. Tuulen suunta- ja nopeusjakauma tutkimusalueella vuosina 2010–2012. Lasketut tuulitiedot kuvaavat olosuhteita 10 metrin korkeudella maanpinnasta.

Tutkimusalueen otsonin taustapitoisuudet saatiin Espoon Luukissa sijaitsevalta HSY:n taustailmanlaadun mittausasemalta (*Ilmanlaatuportaali*, 2013). Otsonin taustapitoisuutta käytettiin laskettaessa typenoksidipäästöjen ilmakemiallista muutunutta leviämisen aikana. Leviämisen aikana osa päästöjen typpimonoksidista (NO) hapettuu ilmassa typpidioksidiksi (NO₂) reagoidessaan otsonin kanssa. Tutkimusalueen taustapitoisuutena käytettiin pitoisuuksien kuukausittain laskettuja tunneittaisia keskiarvoja, joilla pyrittiin kuvaamaan taustapitoisuuksien vuorokauden sisäistä vaihtelua.

4 TULOKSET

Leviämismallilaskelmien pitoisuustulokset esitetään karttakuvina. Näissä aluejakaumissa on esitetty laskentapisteittäisistä keskiarvoista samanarvonviivoin muodostetut korkeimpien pitoisuuksien alueet, joilla tietyn pitoisuuden ylittyminen on pitkän havaintojakson aikana todennäköistä. Pitoisuuksien aluejakaumat eivät edusta koko tulostusalueella yhtä aikaa vallitsevaa pitoisuustilannetta vaan ne kuvaavat eri päivinä ja eri tunteina esiintyvien, raja- ja ohjearvoihin verrannollisten pitoisuuksien maksimitasoa tutkimusalueen eri osissa. Suurimman osan ajasta pitoisuudet ovat kaikissa laskentapisteissä selvästi pienempiä kuin aluejakaumakuviissa esitetyt korkeimmat arvot. Lisäksi suurimmassa osassa tutkimusaluetta pitoisuudet ovat jatkuvasti merkittävästi pienempiä kuin niissä kohteissa, joissa maksimi-arvot esiintyvät.

Pitoisuuksien aluejakaumissa esiintyy kohonneiden pitoisuuksien kielekkeitä, joiden sijaintiin vaikuttaa varsinkin tuulen pysyvyys pitkällä tarkastelujaksolla tietyssä ilmansuunnassa. Maanpinnan muodot voivat aiheuttaa aluejakaumiin erillisiä suppeita alueita, joissa pitoisuudet ovat joko korkeampia tai matalampia kuin lähiympäristössään. Pistemäisten päästölähteiden välittömään läheisyyteen muodostuu usein ns. katvealue, jolla pitoisuudet ovat minimissään ja kasvavat lyhyellä etäisyydellä nopeasti. Tällaisten aivan päästölähteen ympärille muodostuvien, muita arvoja matalampien pitoisuuksien alueiden laajuuteen vaikuttavat piipun korkeus ja poistokaasujen nousulisä. Nousulisää aiheuttavat poistokaasujen nousunopeus piipussa sekä ulkolämpötilan ja poistokaasujen lämpötilan välinen ero.

Leviämismallilaskelmilla saatavien tulosten luotettavuuteen vaikuttavat malliin syötettävät lähtötiedot sekä itse mallin toiminta. Mallilaskelmilla kuvataan ilmiöiden tavanomaista kehittymistä pitkällä aikavälillä yksinkertaisten jossain määrin todellisuutta. Malliin sisältyy olettamuksia ja yksinkertaistuksia, jotka ovat välttämättömiä mallin toiminnan ja lähtötietojen puutteellisen saatavuuden vuoksi. Vuosikeskiarvopitoisuudet edustavat vallitsevaa pitoisuustilannetta pitkällä ajanjaksolla ja vuorokausi- ja tuntikeskiarvopitoisuudet edustavat lyhytkestoisempia episoditilanteita, jolloin meteorologinen tilanne on paikallisesti päästöjen laimenemisen ja sekoittumisen kannalta epäedullinen. Huomionarvoista on, että suurimman osan ajasta epäpuhtauspitoisuudet ovat pienempiä kuin korkeimmat hetkelliset pitoisuudet. Yleensä leviämismallilaskelmien tuloksiin liittyy epävarmuutta sitä enemmän mitä lyhyemmän jakson pitoisuusarvoista on kyse. Näin ollen on suositeltavaa käyttää vuosiraja-arvoon sekä vuorokausiohjearvoon verrannollisia pitoisuustasoja hankkeen ilmanlaatuvaikutuksia arvioitaessa sekä niihin liittyvien päätösten teon tukena. Mallitulosten epävarmuuden pienentämiseksi laskennassa tarkastellaan pitkiä

kolmen vuoden aikasarjoja (yli 26 000 tarkastelutuntia), jolloin tilastolliset raja- ja ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet ovat mahdollisimman edustavia.

4.1 Typpidioksidipitoisuudet

Leviämislaskelmien tuloksina saadut Helsingin Energian voimalaitosten päästöjen aiheuttamat ulkoilman typpidioksidipitoisuuksien suurimmat arvot tutkimusalueella on esitetty taulukossa 5 ja raportin lopussa liitekuvin 1–6. Pitoisuudet on esitetty ilman alueellista taustapitoisuutta. Laskelmissa on huomioitu typenoksidipäästöjen ilmakemiallinen muutunta kulkeutumisen aikana.

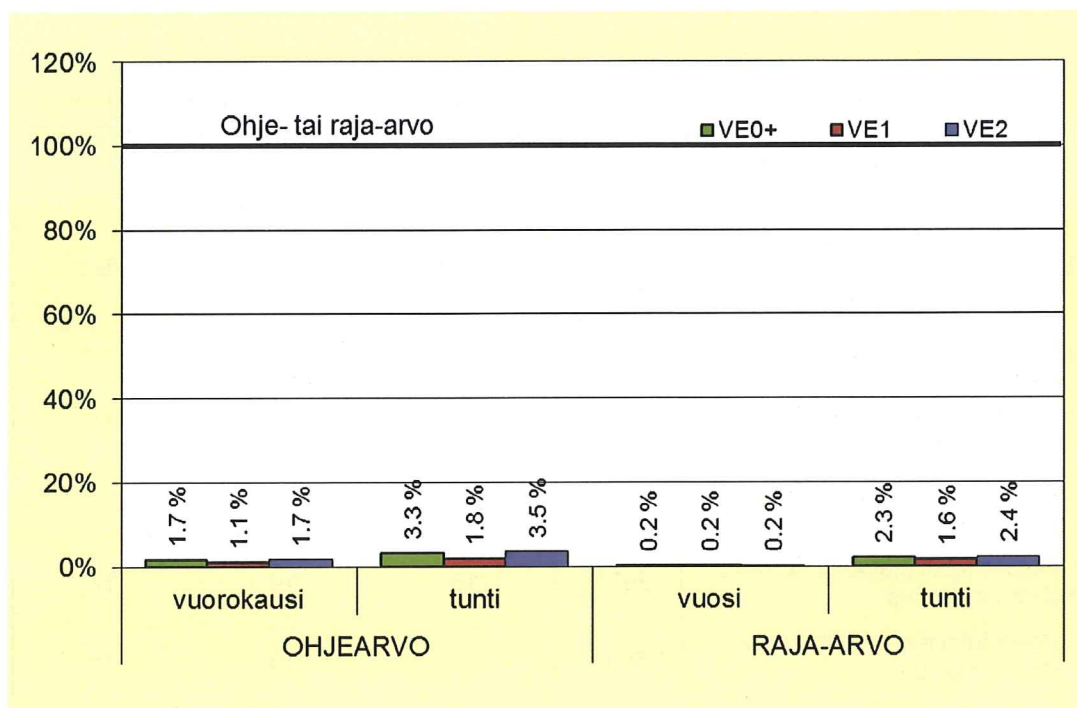
Korkeimmat typpidioksidin vuosikeskiarvopitoisuudet muodostuivat alueella vallitsevan tuulensuunnan vuoksi pääosin voimalaitosten koillispuolelle. Lyhytaikaiset maksimipitoisuudet muodostuvat tyypillisesti heikkotuulisissa tilanteissa, jolloin vallitsevalla tuulensuunnalla ei ole yhtä merkittävää vaikutusta. Korkeita typpidioksidin vuorokausiohjearvoon verrannollisia pitoisuuksia havaitaan siten eri ilman-suunnissa. Eri tarkasteluvaihtoehtojen väliset pitoisuuserot olivat hyvin pieniä. Vaihtoehdossa VE1 muodostuneet typpidioksidipitoisuudet olivat hiukan pienempiä kuin vaihtoehdoissa VE0+ tai VE2 ja ne sijoituivat etäämmälle Helsingin keskustasta Vuosaaren voimalaitoksen koillispuolelle. Korkeimmat typpidioksidipitoisuuksien vyöhykkeet maanpintatasossa muodostuivat melko etäälle voimalaitosalueesta, koska päästöt vapautuvat korkeiden piippujen kautta. Vapautuessaan korkeista piipuista päästöt kuitenkin laimenevat hyvin tehokkaasti, jolloin korkeimmatkin maanpintatasolle muodostuneet typpidioksidipitoisuudet olivat hyvin pieniä. Mallinnettujen päästöjen aiheuttamat typpidioksidipitoisuudet olivat suurimmillaankin 3,5 % maassamme voimassa olevista ilmanlaadun ohjearvoista ja alle 3 % raja-arvoista. Pitoisuuksien suhde ohje- ja raja-arvoihin on esitetty kuvassa D.

Taulukko 5. Leviämismallilaskelmilla saadut Helsingin Energian voimalaitosten typenoksidipäästöjen aiheuttamat suurimmat ulkoilman typpidioksidipitoisuudet eri tarkasteluvaihtoehdoissa.

Typpidioksidipitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Raja- tai ohjearvo	VE0+	VE1	VE2
Korkein vuosikeskiarvo	40 (*)	0,09	0,07	0,09
Korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus	70 (**)	1,2	0,8	1,2
Korkein tuntiohjearvoon verrannollinen pitoisuus	150 (**)	4,9	2,7	5,3
Korkein tuntiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus	200 (*)	4,5	3,1	4,8

(*) raja-arvo

(**) ohjearvo



Kuva D. Leviämismallilaskelmilla saadut Helsingin Energian voimalaitosten typenoksidipäästöjen aiheuttamat suurimmat ulkoilman typpidioksidipitoisuudet eri tarkasteluvaihtoehdoissa suhteessa ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin.

4.2 Rikkidioksidipitoisuudet

Leviämislaskelmien tuloksina saadut Helsingin Energian voimalaitosten päästöjen aiheuttamat ulkoilman rikkidioksidipitoisuuksien suurimmat arvot tutkimusalueella on esitetty taulukossa 6 ja raportin lopussa liitekuvin 7–12. Pitoisuudet on esitetty ilman alueellista taustapitoisuutta.

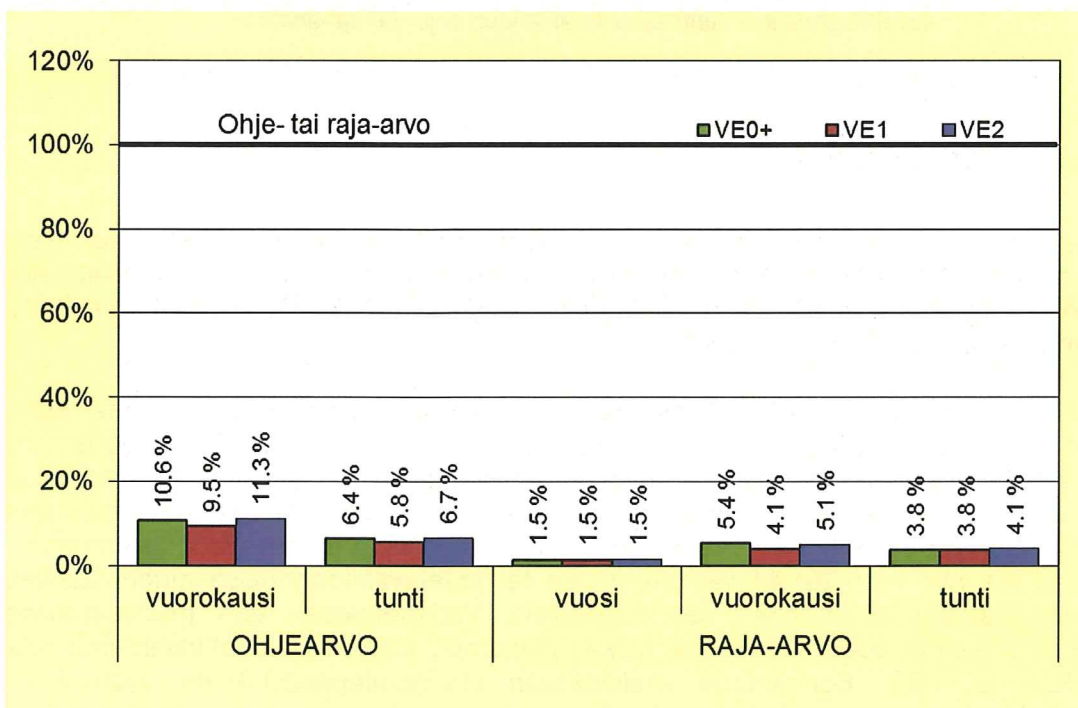
Korkeimmat rikkidioksidin vuosikeskiarvopitoisuudet muodostuivat pääasiassa voimalaitosten koillispuolelle, koska alueella vallitseva tuulensuunta on lounaasta. Korkeita rikkidioksidin vuorokausiohjearvoon verrannollisia pitoisuuksia havaitaan kuitenkin myös laitosten lounaispuolella, koska lyhytaikaiset maksimipitoisuudet muodostuvat yleensä heikkotuulisissa tilanteissa, jolloin vallitsevalla tuulensuunnalla ei ole niin merkittävää vaikutusta. Eri tarkasteluvaihtoehdoissa muodostuneet pitoisuustasot olivat lähes samansuuruisia. Vaihtoehdossa VE1 muodostuneet rikkidioksidipitoisuudet olivat vain hiukan pienempiä kuin pitoisuudet vaihtoehdoissa VE0+ tai VE2. Korkeimmat rikkidioksidin maanpintapitoisuuksien vyöhykkeet muodostuivat melko etäälle voimalaitosalueesta, koska päästöt vapautuvat korkeiden piippujen kautta. Vaihtoehdoissa VE0+ ja VE2 suurimmat vuosikeskiarvopitoisuudet muodostuivat Hanasaaren voimalaitoksen koillispuolelle ja vaihtoehdossa VE1 Salmisaaren voimalaitoksen koillispuolelle. Mallinnettujen päästöjen aiheuttamat rikkidioksidipitoisuudet olivat suurimmillaankin noin 11 % maassamme voimassa olevasta ilmanlaadun ohjearvoista ja alle 5,5 % raja-arvoista. Rikkidioksidipitoisuuksien suhde ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin on esitetty kuvassa E.

Taulukko 6. Leviämismallilaskelmilla saadut Helsingin Energian voimalaitosten rikkidioksidipäästöjen aiheuttamat suurimmat ulkoilman rikkidioksidipitoisuudet eri tarkasteluvaihtoehdoissa.

Rikkidioksidipitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Raja- tai ohjearvo	VE0+	VE1	VE2
Korkein vuosikeskiarvo	20 (*)	0,3	0,3	0,3
Korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus	80 (**)	8,5	7,6	9,0
Korkein vuorokausiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus	125 (*)	6,7	5,1	6,4
Korkein tuntiohjearvoon verrannollinen pitoisuus	250 (**)	16	14	17
Korkein tuntiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus	350 (*)	13	13	15

(*) raja-arvo

(**) ohjearvo



Kuva E. Leviämismallilaskelmilla saadut Helsingin Energian voimalaitosten rikkidioksidipäästöjen aiheuttamat suurimmat ulkoilman rikkidioksidipitoisuudet eri tarkasteluvaihtoehdoissa suhteessa ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin.

4.3 Hiukkaspitoisuudet

Leviämislaskelmien tuloksina saadut Helsingin Energian voimalaitosten päästöjen aiheuttamat ulkoilman hiukkaspitoisuuksien suurimmat arvot tutkimusalueella on esitetty taulukossa 7 ja raportin lopussa liitekuvin 13–18. Pitoisuudet on esitetty ilman alueellista taustapitoisuutta. Laitosten hiukkaspäästöt ovat kokonaishiukkaspäästöjä, joista pienhiukkasten osuus on noin 70–80 %. Näin ollen mallitulokset eivät ole suoraan verrannollisia pienhiukkasten ohje- ja raja-arvoihin. Mallilaskelmien tuloksia on tässä raportissa verrattu pienhiukkasten terveysvaikutusperusteisiin ohje- ja raja-arvoihin, koska tarkkaa tietoa Helsingin Energian voimalaitosten pienhiukkaspäästöjen kokojakaumasta ei ole ja koska pienhiukkaset ovat merkittävimmin terveyteen vaikuttava ilman epäpuhtauskomponentti. Vertailu on näin ollen suuntaa-antava ja todellisuudessa voimalaitosten aiheuttamat pienhiukkaspitoisuudet jäävät hieman mallinnettuja pitoisuuksia alhaisemmiksi, koska mallinnetut hiukkaspitoisuudet sisältävät pienhiukkasten lisäksi myös suurempikokoisia hiukkasia.

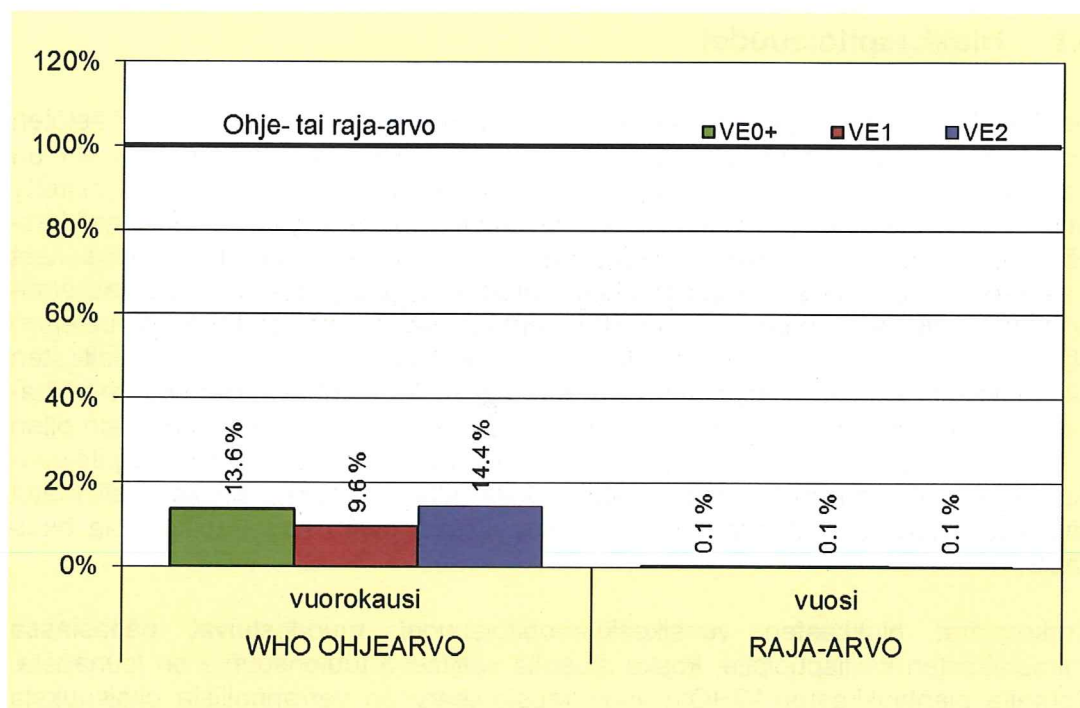
Korkeimmat hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet muodostuivat pääasiassa voimalaitosten koillispuolelle, koska alueella vallitseva tuulensuunta on lounaasta. Korkeita pienhiukkasten WHO:n vuorokausiohjeeseen verrannollisia pitoisuuksia havaitaan kuitenkin myös laitosten lounaispuolella. Eri tarkasteluvaihtoehtojen välillä ei juuri ollut pitoisuuseroja. Vaihtoehdossa VE1 alueelle muodostuneet hiukkaspitoisuudet olivat vain hiukan pienempiä kuin pitoisuudet vaihtoehdoissa VE0+ tai VE2. Vaihtoehdoissa VE0+ ja VE2 suurimmat vuosikeskiarvopitoisuudet muodostuivat Hanasaaren voimalaitoksen koillispuolelle ja vaihtoehdossa VE1 Salmisaaren voimalaitoksen koillispuolelle. Korkeimmat WHO:n vuorokausiohjeeseen verrannolliset pitoisuudet sijoittuivat aivan Hanasaaren ja Salmisaaren voimalaitosten läheisyyteen. Mallinnettujen päästöjen aiheuttamat hiukkaspitoisuudet olivat suurimmillaankin noin 0,1 % pienhiukkaspitoisuuden vuosiraja-arvosta ja alle 14 % WHO:n suosituksenomaisesta vuorokausiohjeestä. Hiukkaspitoisuuksien suhde pienhiukkasten ohje- ja raja-arvoihin on esitetty kuvassa F.

Taulukko 7. Leviämismallilaskelmilla saadut Helsingin Energian voimalaitosten hiukkaspäästöjen aiheuttamat suurimmat ulkoilman hiukkaspitoisuudet eri tarkasteluvaihtoehdoissa. Hiukkasten kokonaispäästöstä 70–80 % on pienhiukkasia.

Hiukkaspitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Raja- tai ohjearvo	VE0+	VE1	VE2
Korkein vuosikeskiarvo	25 (*)	0,03	0,02	0,03
Korkein WHO:n vuorokausiohjeeseen verrannollinen pitoisuus	25 (**)	3,4	2,4	3,6

(*) raja-arvo pienhiukkaspitoisuudelle

(**) WHO:n suosituksenomainen ohjearvo pienhiukkaspitoisuudelle



Kuva F. Leviämismallilaskelmilla saadut Helsingin Energian voimalaitosten hiukkaspäästöjen aiheuttamat suurimmat ulkoilman hiukkaspitoisuudet eri tarkasteluvaihtoehdoissa suhteessa pienhiukkasten ohje- ja raja-arvoihin. Hiukkasten kokonaispäästöstä 70–80 % on pienhiukkasia.

4.4 Nitraattityppilaskeuma ja rikkilaskeuma

Vuosaaren nykyisten A ja B -voimalaitosyksiköiden ja uuden C-voimalaitosyksikön päästöjen yhdessä aiheuttamasta nitraattityppi- ja rikkilaskeumasta tehtiin erilliset tarkastelut. Erityisenä kiinnostuksen kohteena oli voimalaitosalueen läheisyydessä sijaitseville Natura-alueille aiheutuvan nitraattityppi- ja rikkilaskeuman suuruus. Voimalaitoksen päästöjen aiheuttama nitraattityppilaskeuman alueellinen jakautuminen on esitetty liitekuvassa 19 ja rikkilaskeuman liitekuvassa 20. Molemmat kuvat on esitetty ilman alueellista taustalaskeumaa. Rikkilaskeumasta on huomiotava, että tulos edustaa ainoastaan Vuosaari C -voimalaitosyksikön aiheuttamaa rikkilaskeumaa, koska Vuosaari A ja B -voimalaitosyksiköiden kaasuturbiineista ei aiheudu lainkaan rikkipäästöjä.

Voimalaitosyksiköiden yhdessä aiheuttama nitraattityppilaskeuma on hyvin pieni. Korkeimmillaankin nitraattityypen vuosilaskeuman suuruus oli noin $1,5 \text{ mg(N)}/\text{m}^2$. Laskeuma on korkeimmillaan niillä alueilla minne typenoksidipäästöt leviävät. Päästöjen vallitseva leviämssuunta on koilliseen, koska alueella vallitseva tuulensuunta on lounaasta. Koillisessa sijaitseville Natura-alueille ei kuitenkaan voitu havaita muodostuvan haitallisen korkeita nitraattilaskeumia Vuosaaren voimalaitosyksiköiden (A, B ja C) yhteisvaikutuksesta.

Vuosaari C -voimalaitosyksikön aiheuttama rikkilaskeuma on pieni. Korkeimmillaan rikin vuosilaskeuman suuruus oli noin 12 mg(S)/m^2 , metsätalousalueilla voimassa olevan rikkilaskeuman tavoitearvon ollessa 300 mg(S)/m^2 . Laskeuma on korkeimmillaan voimalaitosalueen koillispuolella, niillä alueilla minne rikkidioksidi-päästöt leviävät. Natura-alueille ei kuitenkaan voitu havaita muodostuvan haitallisen korkeita rikkilaskeumia Vuosaaren C -voimalaitosyksikön vaikutuksesta.

4.5 Tulosten vertailu pitoisuustasoihin pääkaupunkiseudulla

Pääkaupunkiseudun päästöjen ilmanlaatuvaikutuksia on tutkittu leviämismallilaskelmilla vuonna 2008 valmistuneessa tutkimuksessa: Pääkaupunkiseudun päästöjen leviämismalliselvitys. Energiantuotannon, satamatoiminnan, laivaliikenteen, lentoliikenteen, lentoasematoiminnan ja autoliikenteen typenoksidi, rikkidioksidi- ja hiukkaspäästöjen leviämislaskelmat (Lappi ym., 2008). Tässä tutkimuksessa olivat mukana myös nyt tarkastellut Hanasaaren ja Salmisaaren voimalaitokset sekä Vuosaaren A- ja B-voimalaitosyksiköt. Pääkaupunkiseudun päästöjen leviämismalliselvitys edustaa vuoden 2005 päästötilannetta.

Pääkaupunkiseudun energiantuotannon, satamatoiminnan, laivaliikenteen, lentoliikenteen, lentoasematoiminnan ja autoliikenteen päästöjen sekä taustapitoisuuksien aiheuttamat yhteenlasketut pitoisuustasot ovat huomattavasti suurempia kuin energiantuotannon yksinään aiheuttamat pitoisuustasot. Pääkaupunkiseudun kaikkien päästölähteiden leviämismalliselvityksessä todetaan, että teollisuus ja energiantuotanto aiheuttavat määrällisesti suuren osan päästöistä, mutta näillä on liikenteen päästöihin verrattuna hyvin pieni vaikutus ilman epäpuhtauspitoisuustasoihin. Liikenteen päästöt vapautuvat läheltä hengityskorkeutta ja maanpintatasoa, kun taas energiantuotannon päästöt vapautuvat ilmaan korkeiden piippujen kautta, jolloin päästöt laimenevat ja leviävät tehokkaammin kuin liikenteen päästöt. Rikkidioksidin pitoisuustasoihin Vuosaaren C-voimalaitosyksikön aiheuttama lisäys voi olla selvempi kuin lisäys typpidioksidin tai hiukkasten pitoisuustasoihin, koska rikkidioksidipäästöstä yli 90 % on peräisin energiantuotannosta. Autoliikenteestä ei rikkidioksidipäästöjä vapaudu juuri lainkaan. Laivaliikenteen päästöillä on myös vaikutusta rikkidioksidipitoisuuksiin. Vuoden 2015 alusta alkaen voimaan astuu laivojen polttoaineiden rikkipitoisuutta koskeva Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2005/33/EY, joka tulee vähentämään laivaliikenteen aiheuttamia rikkidioksidipäästöjä.

Pääkaupunkiseudun päästöjen leviämismalliselvityksessä todettiin energiantuotannon päästöjen aiheuttamien typpidioksidin vuosikeskiarvopitoisuuksien olevan korkeimmillaan $0,2 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ kun taas autoliikenteen päästöt aiheuttivat jo yksinään raja-arvotason $40 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ylittäviä pitoisuuksia vilkkaille risteysalueille. Energiantuotannon päästöjen aiheuttama rikkidioksidin vuosikeskiarvopitoisuus oli korkeimmillaan $0,5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ja autoliikenteen yksinään aiheuttama pitoisuus $0,9 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. Energiantuotannon päästöjen aiheuttama pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuus oli korkeimmillaan $0,03 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ja liikenteen yksinään aiheuttama pitoisuus $10 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. Pääkaupunkiseudun päästöjen leviämismalliselvityksen pitoisuustasoja tarkasteltaessa on huomattava, että tulokset edustavat vuoden 2005 päästötilannetta, mikä ei vastaa enää täysin nykytilannetta.

Vantaan Långmossebergeniin rakennettavan jätevoimalan päästöjen ilmanlaatuvaikutuksia on tarkasteltu vuonna 2007 valmistuneessa tutkimuksessa YTV:n jätevoimalan savukaasupäästöjen ja kuljetusten päästöjen ilmanlaatu- ja altistusvaikutusten mallinnus (Alaviippola ja Pietarila, 2007), sekä vuonna 2009 valmistuneessa tutkimuksessa Vantaan Energian Långmossebergenin jätevoimalan päästöjen leviämismalliselvitys (Alaviippola ja Lappi, 2009). Jätevoimala sijaitsee noin viiden kilometrin etäisyydellä nyt rakennettavaksi suunnitellusta Vuosaaren C-voimalaitosyksiköstä.

Leviämismalliselvitysten mukaan Långmossebergenin jätevoimalan suunnitteluarvojen mukaisten päästöjen ja jätteenpolttoasetuksen päästörajojen mukaisten päästöjen aiheuttamat rikkidioksidi-, typpidioksidi- ja hiukkaspitoisuudet alittivat selvästi terveysvaikutusperusteiset ilmanlaadun raja- ja ohjearvot. Selvityksissä todettiin, että ilmanlaatu ei merkittävästi huonone jätevoimalan rakentamisen myötä. Jätevoimalan suunnitteluarvojen mukaisten päästöjen aiheuttamat typpidioksidipitoisuudet olivat korkeimmillaankin noin 1 % vastaavista ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoista. Jätteenpolttoasetuksen päästörajojen mukaisilla päästöillä laskettuna typpidioksidipitoisuudet olivat korkeimmillaan noin 2 % ohje- ja raja-arvoista. Jätevoimalan lähiympäristön lisääntyvä liikenne sen sijaan aiheutti tutkimuksen mukaan typpidioksidipitoisuuksia, jotka olivat korkeimmillaan noin 7 % vastaavista ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoista.

Edellä esitetyn perusteella voidaan todeta, että Vuosaaren nyt rakennettavaksi suunniteltu uusi voimalaitosyksikkö C tulee aiheuttamaan koko pääkaupunkiseudun ilman epäpuhtauspitoisuustasoihin vain pienen lisän. Voidaan myös arvioida, että Vuosaaren voimalaitoksen ja Långmossebergenin jätevoimalan päästöt eivät yhdessäkään aiheuta ympäristössään terveydellistä haittaa, koska niiden aiheuttamat pitoisuudet jäävät selvästi alle ilmanlaadun ohje- ja raja-arvojen. Autoliikenteen päästöjen vaikutus pitoisuustasoihin energiantuotantoyksiköiden lähiympäristössä ja koko pääkaupunkiseudulla on merkittävämpi kuin Vuosaaren voimalaitoksen ja Långmossebergenin jätevoimalan päästöjen yhdessä aiheuttama lisäys pitoisuustasoihin.

5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksessa arvioitiin Helsingin Energian voimalaitosten typenoksidi-, rikkidioksidi- ja pienhiukkaspäästöjen aiheuttamia ilmanlaatuvaikutuksia laitosten ympäristössä. Leviämismallilaskelmien avulla selvitettiin voimalaitosten päästöjen aiheuttamat typpidioksidin, rikkidioksidin ja pienhiukkasten pitoisuudet 38 × 30 km kokoisien tutkimusalueen maanpintatasolla. Lisäksi mallinnettiin Vuosaaren voimalaitoksen aiheuttamat nitraattityppi- ja rikkilaskeumat. Tutkimus oli osa Helsingin energiantuotannon biopolttoaineiden käytön lisäämisen ympäristövaikutusten arviointiohjelmaa. Leviämismallilaskelmat tehtiin arviointiohjelman mukaisille tarkasteluvaihtoehdoille:

VE0+:	Hanasaari B + Salmisaari A ja B; biopolttoaineita 5–10 %
VE1:	Vuosaari C + Salmisaari A ja B
VE2:	Hanasaari B + Salmisaari A ja B; biopolttoaineita 40 %.

Epäpuhtauksien pitoisuuksia ulkoilmassa säädellään ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoilla. Ilmanlaadun ohjearvot tulisi ottaa huomioon esimerkiksi kaavoituksessa, rakennusten sijoittelussa ja teknisissä ratkaisuissa, jolloin pyritään etukäteen välttämään ihmisten pitkäaikainen altistuminen terveydelle haitallisen korkeille ilmansaasteiden pitoisuuksille. Terveysvaikutusperusteiset ilmanlaadun raja-arvot ovat ohjearvoja sitovampia, eivätkä ne saa ylittyä alueella, joilla asuu tai oleskelee ihmisiä. Leviämismallilaskelmissa tarkastellaan pitkiä kolmen vuoden aikasarjoja (yli 26 000 tarkastelutuntia), jolloin mallinnetut tilastolliset raja- ja ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet ovat mahdollisimman edustavia ja niitä voidaan verrata raja- ja ohjearvoihin.

Leviämismallilaskelmilla saadut vuosikeskiarvopitoisuudet edustavat päästölähteiden aiheuttamaa vallitsevaa pitoisuustilannetta pitkällä ajanjaksolla. Vuorokausi- ja tuntikeskiarvopitoisuudet puolestaan edustavat lyhytkestoisempia episoditilanteita, jolloin meteorologinen tilanne on paikallisesti päästöjen laimenemisen ja sekoittumisen kannalta epäedullinen. Huomionarvoista on, että suurimman osan ajasta epäpuhtauspitoisuudet ovat pienempiä kuin leviämismallilaskelmassa saadut korkeimmat hetkelliset pitoisuudet. On suositeltavaa käyttää vuosiraja-arvoon sekä vuorokausiohjearvoon verrannollisia pitoisuustasoja hankkeen ilmanlaatuvaikutuksia arvioitaessa sekä niihin liittyvien päätösten teon tukena.

Leviämismallilaskelmien tuloksena saadut Helsingin Energian voimalaitosten päästöjen aiheuttamat typpidioksidi-, rikkidioksidi- ja hiukkaspitoisuudet olivat pieniä. Myös eri tarkasteluvaihtoehtojen väliset erot jäivät hyvin vähäisiksi. Vaihtoehdossa VE1 tutkimusalueelle muodostuneet pitoisuudet olivat hiukan pienempiä kuin vaihtoehdossa VE0+ tai VE2. Vuosaaren uuden C-voimalaitosyksikön päästöt ovat IE-direktiivin vaatimusten mukaiset ja myös Hanasaaren ja Salmisaaren olemassa olevissa voimalaitoksissa tehdään IE-direktiivin mukaisia päästövähennystoimia kaikissa eri tarkasteluvaihtoehdossa. Voimalaitosten piipuista ulkoilmaan vapautuvat päästöt eivät saa ylittää IE-direktiivin mukaisia päästörajoja millään polttoainevaihtoehdolla, joten käytännössä vaihtoehdossa VE0+ ja VE2 piipuista ulkoilmaan vapautuvat päästöt ovat samat. Tällöin myös vaihtoehtojen väliset ilmanlaatuvaikutukset ovat samat.

Leviämismallilaskelmien tulosten mukaan Helsingin Energian voimalaitosten päästöjen aiheuttamat korkeimpien pitoisuuksien vyöhykkeet muodostuivat etäällä laitoksista, koska päästöt vapautuvat korkeiden piippujen kautta. Korkeimmat pitoisuudet muodostuivat pääasiassa voimalaitosten koillispuolelle, koska alueella vallitseva tuulensuunta on lounaasta. Korkeita hetkellisiä pitoisuuksia havaitaan kuitenkin myös muissa ilmansuunnissa, koska lyhytaikaiset maksimipitoisuudet muodostuvat yleensä heikkotuulisissa tilanteissa, jolloin vallitsevalla tuulensuunnalla ei ole niin merkittävää vaikutusta.

Kaikki leviämismallilaskelmien tuloksena saadut pitoisuudet alittivat selvästi voimassa olevat ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot. Käytännössä mikään yksittäinen laitos tai prosessi ei saa yksinään ylittää ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoja, sillä niiden avulla pyritään säätelemään alueen kaikkien päästölähteiden, eli liikenteen, energiantuotannon ja teollisuuden yhdessä ympäristöönsä aiheuttamaa kuormitusta. Typpidioksidipitoisuudet olivat korkeimmillaankin alle 0,2 %, rikkidioksidipitoisuudet alle 1,5 % ja pienhiukkaspitoisuudet alle 0,1 % vastaavista vuosikeskiarvopitoisuudelle asetetuista raja-arvoista. Typpidioksidipitoisuudet olivat alle 2 % ja

rikkidioksidipitoisuudet noin 11 % vastaavista vuorokausikeskiarvopitoisuudelle asetetuista ohjearvoista. Vuosaaren voimalaitoksen aiheuttama nitraattityppi- ja rikkilaskeuma jäi melko pieneksi läheisillä Natura-alueilla.

Leviämismallilaskelmien tulosten perusteella voidaan arvioida, että Helsingin Energian voimalaitosten normaalitoiminnan typenoksidi-, rikkidioksidi- tai pienhiukaspäästöt eivät aiheuta terveydellistä riskiä lähialueen asukkaille, sillä terveyden suojelemiseksi annetut ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot alittuvat kaikissa tarkasteluvaihtoehdoissa. Vuosaareen rakennettavaksi suunniteltu uusi C-voimalaitosyksikkö tulee aiheuttamaan koko pääkaupunkiseudun ilman epäpuhtauspitoisuustasoihin vain pienen lisän. Leviämislaskelmien tuloksia arvioitaessa on otettava huomioon, että tässä työssä ei ole tarkastelu laitosten mahdollisia häiriöpäästöjä eikä voimalaitosten ja alueen kaikkien muiden päästölähteiden yhteisvaikutusta alueen ilmanlaatuun.

VIITELUETTELO

Alaviippola, B. & Pietarila, H., 2007. YTV:n jätevoimalan savukaasupäästöjen ja kuljetusten päästöjen ilmanlaatu- ja altistusvaikutusten mallinnus. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun asiantuntijapalvelut, 59 s. + 72 liites.

Alaviippola, B. ja Lappi, S., 2009. Vantaan Energian Långmossebergenin jätevoimalan päästöjen leviämismalliselvitys. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun asiantuntijapalvelut, 23 s. + 20 liites.

Alaviippola, B. & Pietarila, H., 2011. Ilmanlaadun alustava arviointi Suomessa, pienhiukkaset (PM_{2,5}). Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun asiantuntijapalvelut, 23 s. + 5 liites.

Ilmanlaatuportaali, 2013. Ympäristönsuojelun tietojärjestelmän ilmanlaatuosa, tarkistetut mittaustulokset. www.ilmanlaatu.fi

Karppinen, A., 2001. Meteorological pre-processing and atmospheric dispersion modelling of urban air quality and applications in the Helsinki metropolitan area. Academic dissertation. Finnish Meteorological Institute, Contributions No. 33, Helsinki, ISBN 951-697-552-6.

Lappi, S., Lovén, K., Rasila, T., Pietarila, H., 2008. Pääkaupunkiseudun päästöjen leviämismalliselvitys. Energiantuotannon, satamatoiminnan, laivaliikenteen, lentoliikenteen, lentoasematoiminnan ja autoliikenteen typenoksidi, rikkidioksidi- ja hiukkaspäästöjen leviämislaskelmat. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun asiantuntijapalvelut, 56 s. 31 liites.

Pietarila, H., Salmi, T., Saari H. & Pesonen, R., 2001. Ilmanlaadun alustava arviointi Suomessa. Rikkidioksidi, typen oksidit, PM₁₀ ja lyijy. The preliminary assessment under the EC air quality directives in Finland. SO₂, NO₂/NO_x PM₁₀, lead. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun tutkimus.

Rantakrans, E., 1990. Uusi menetelmä meteorologisten tietojen soveltamiseksi ilman epäpuhtauksien leviämismalleissa. Ilmansuojelu-uutiset 1/90, s. 18–20.

Vna 38/2011. Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta. Annettu 20.1.2011.

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

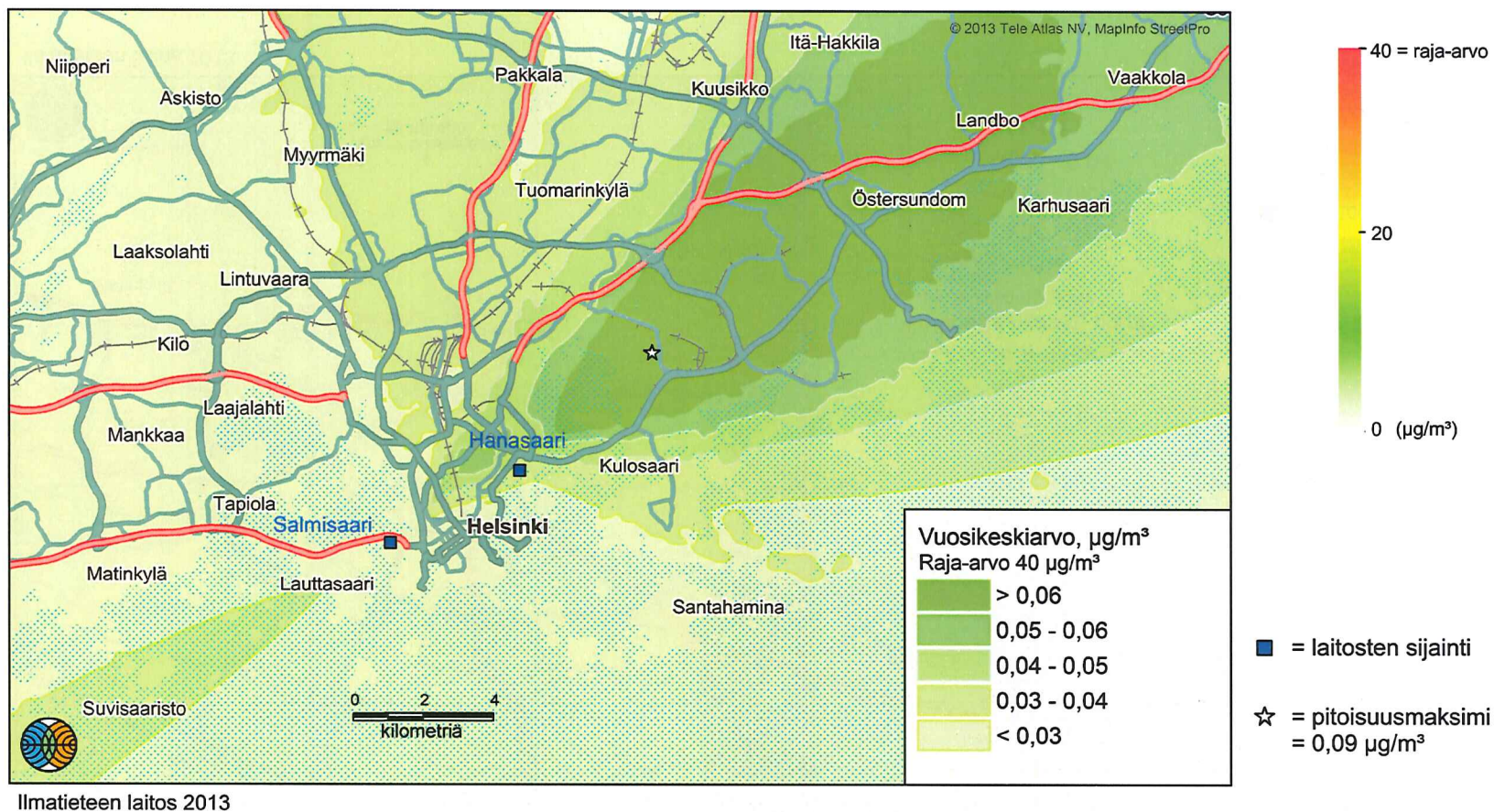
2010/75/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/75/EU, annettu 24. päivänä marraskuuta 2010, teollisuuden päästöistä (yhtenäistetty ympäristön pilaantumisen ehkäiseminen ja vähentäminen).

LIITEKUVAT

Seuraavissa karttakuvissa on esitetty laskentapisteittäisistä keskiarvoista samanarvonviivoin muodostetut korkeimpien pitoisuuksien alueet, joilla tietyn pitoisuuden ylittyminen on pitkän havaintojakson aikana todennäköistä.

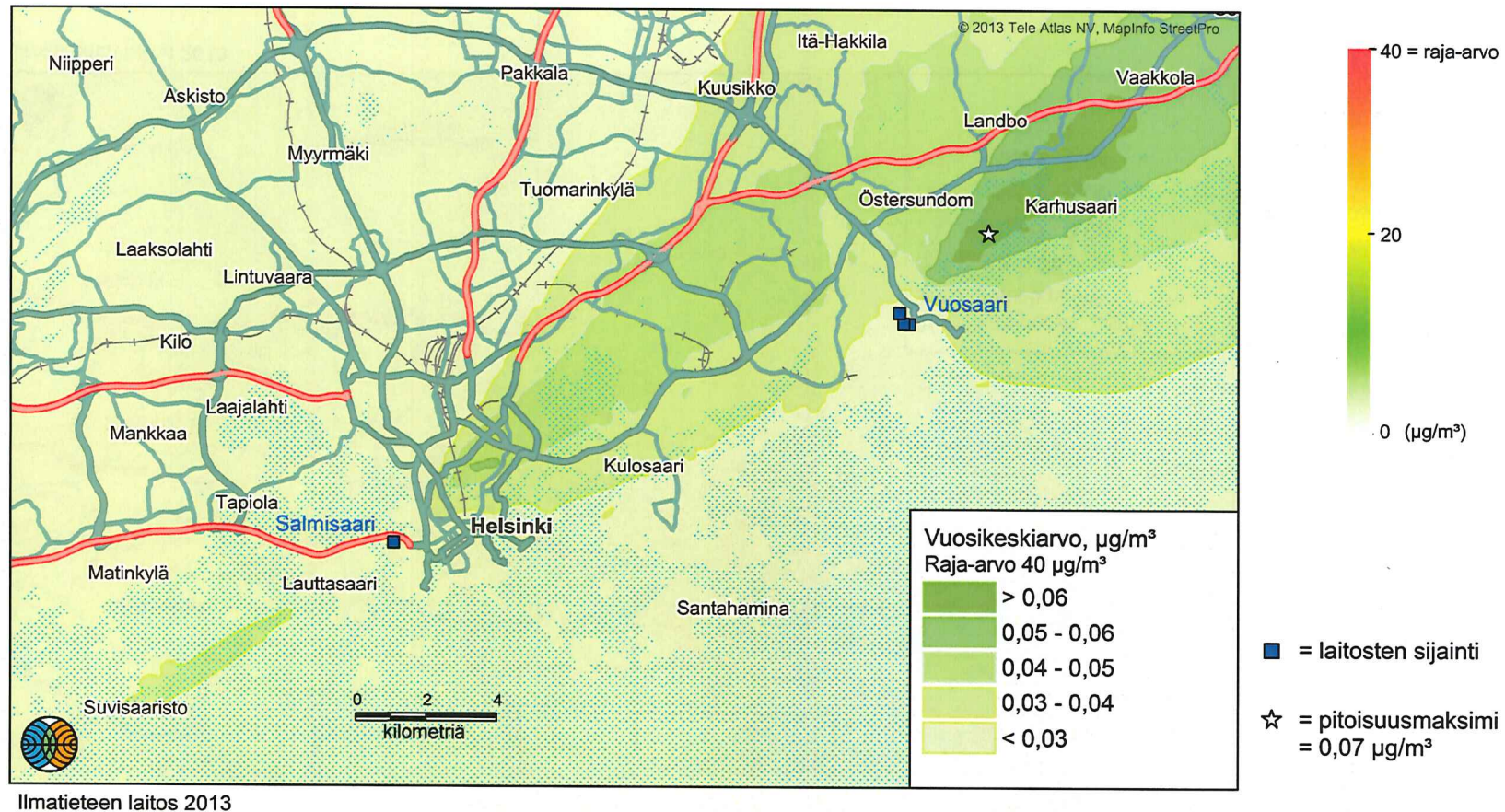
Pitoisuuksien aluejakaumat eivät edusta koko tulostusalueella yhtä aikaa vallitsevaa pitoisuustilannetta vaan ne kuvaavat eri päivinä ja eri tunteina esiintyvien, raja- ja ohjearvoihin verrannollisten pitoisuuksien maksimitasoa tutkimusalueen eri osissa. Suurimman osan ajasta pitoisuudet ovat kaikissa laskentapisteissä selvästi pienempiä kuin aluejakaumakuvissa esitetyt korkeimmat arvot. Lisäksi suurimmas-
sa osassa tutkimusaluetta pitoisuudet ovat jatkuvasti merkittävästi pienempiä kuin niissä kohteissa, joissa suurimmat arvot esiintyvät.

VE0+ Hanasaari ja Salmisaari



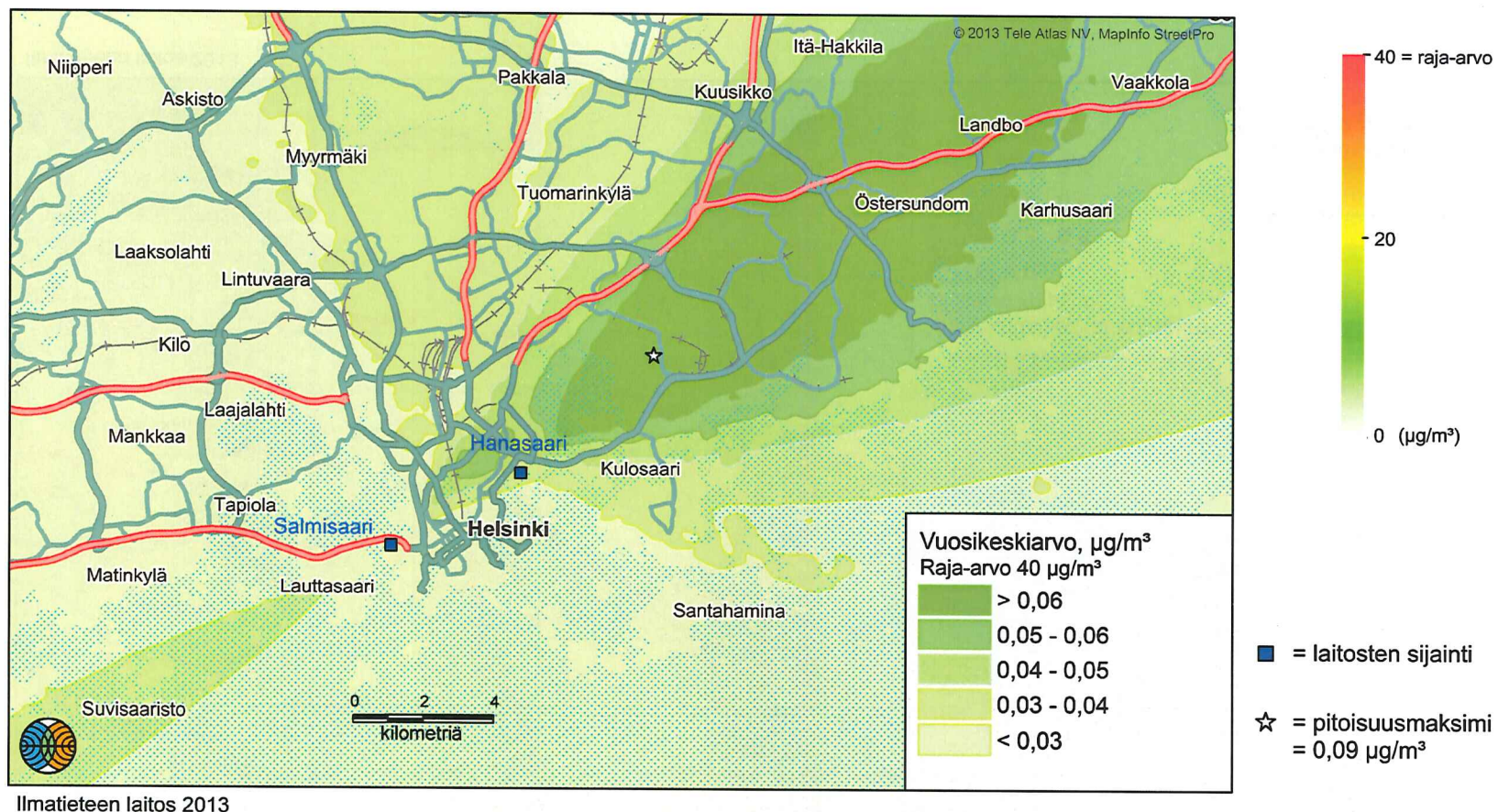
Kuva 1. Typpidioksidin korkein vuosikeskiarvopitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) tarkasteluvaihtoehdossa VE0+.

VE1 Vuosaari C ja Salmisaari



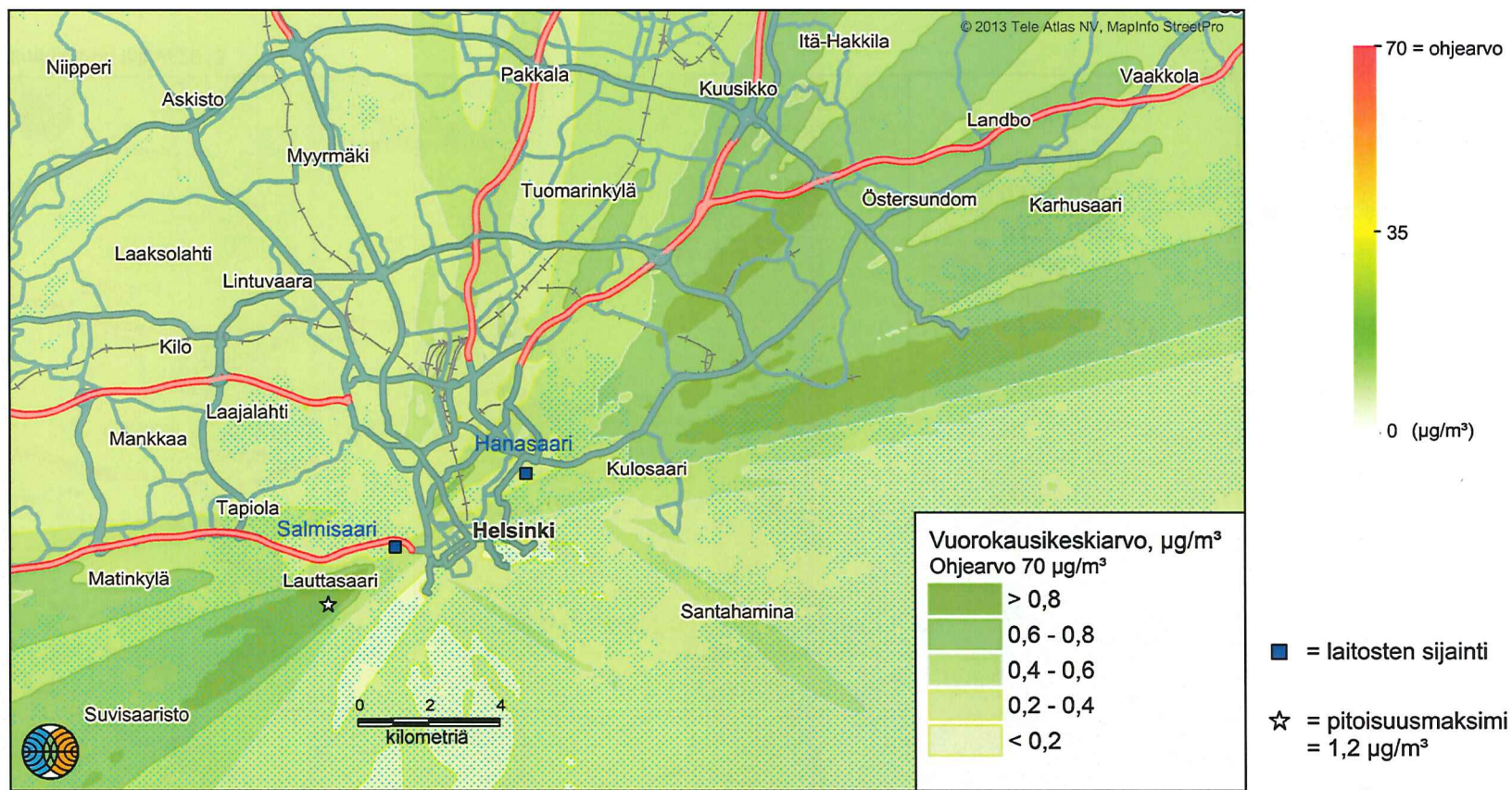
Kuva 2. Typpidioksidin korkein vuosikeskiarvopitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) tarkasteluvaihtoehdossa VE1.

VE2 Hanasaari ja Salmisaari



Kuva 3. Typpidioksidin korkein vuosikeskiarvopitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) tarkasteluvaihtoehdossa VE2.

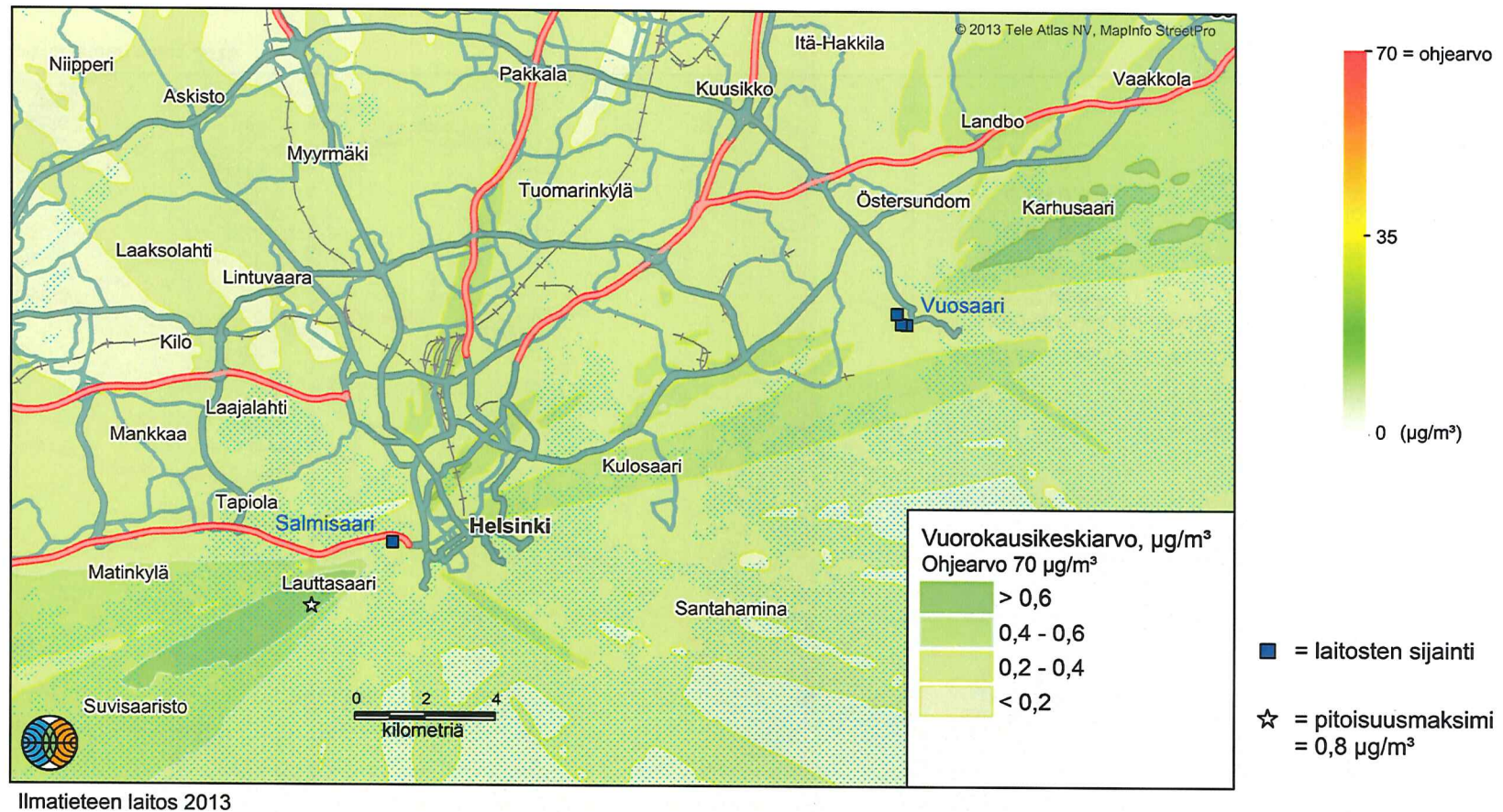
VE0+ Hanasaari ja Salmisaari



Ilmatieteen laitos 2013

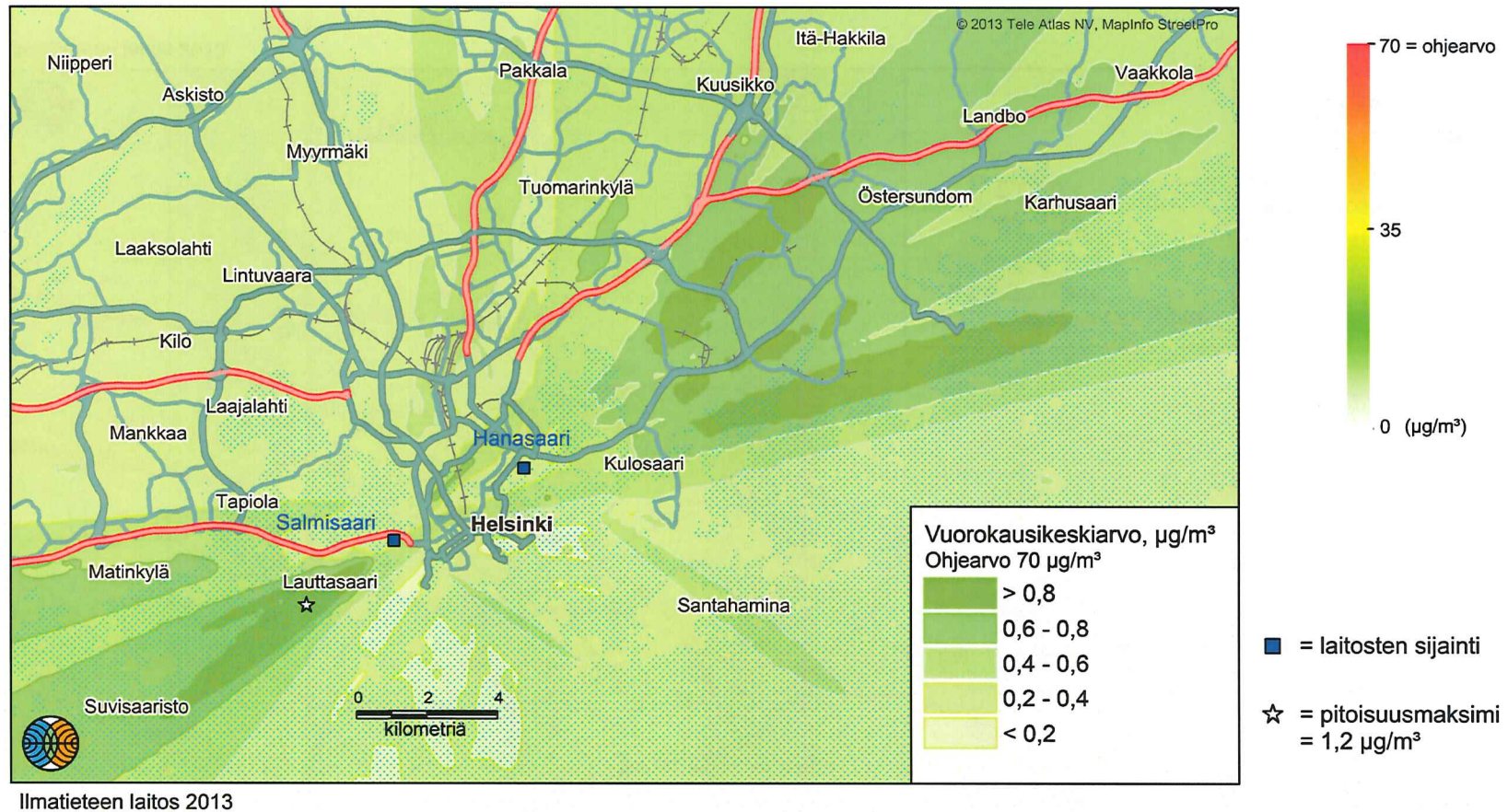
Kuva 4. Typpidioksidin korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) tarkasteluvaihtoehdossa VE0+.

VE1 Vuosaari C ja Salmisaari



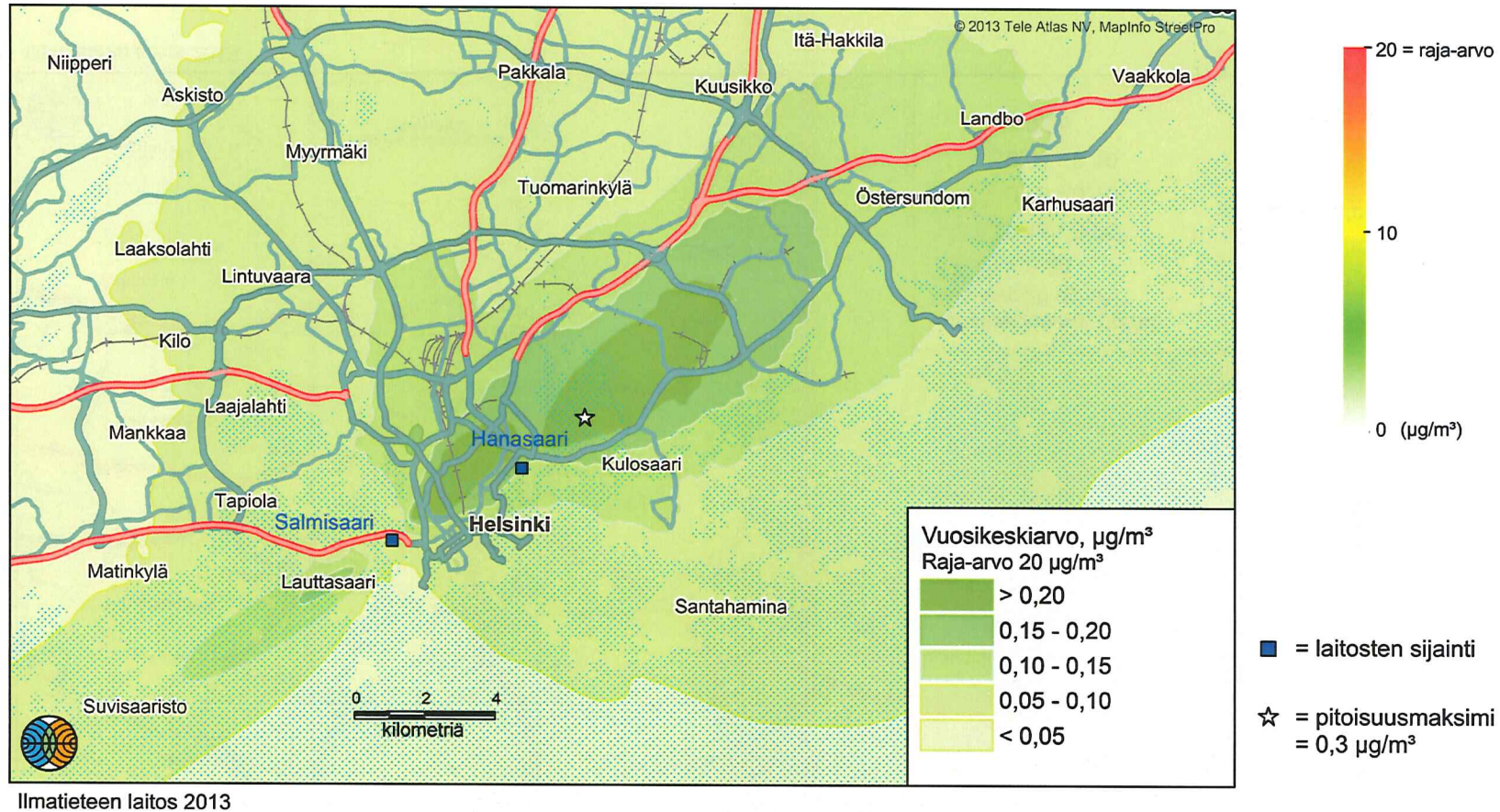
Kuva 5. Typpidioksidin korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) tarkasteluvaihtoehdossa VE1.

VE2 Hanasaari ja Salmisaari



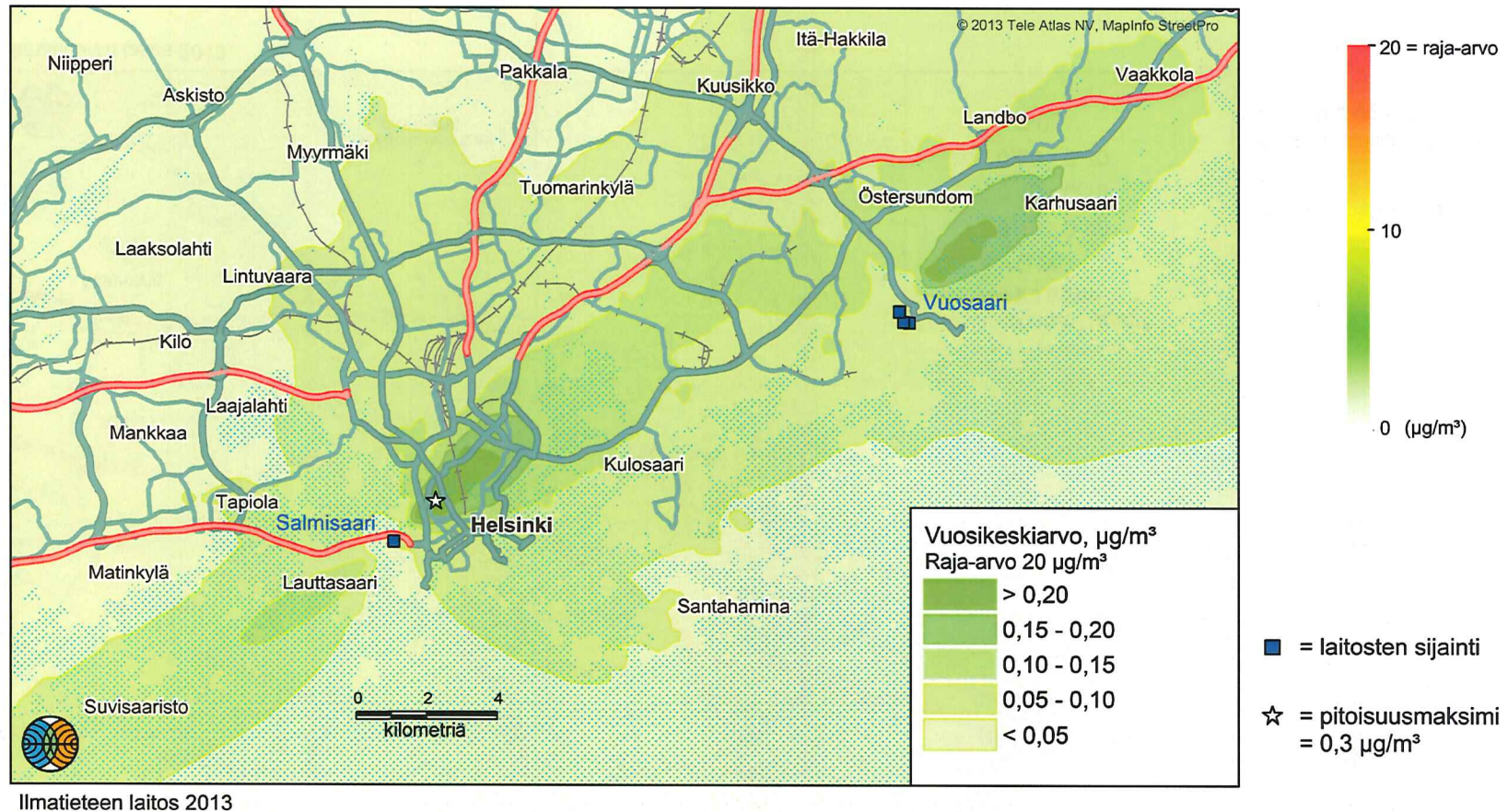
Kuva 6. Typpidioksidin korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) tarkasteluvaihtoehdossa VE2.

VE0+ Hanasaari ja Salmisaari



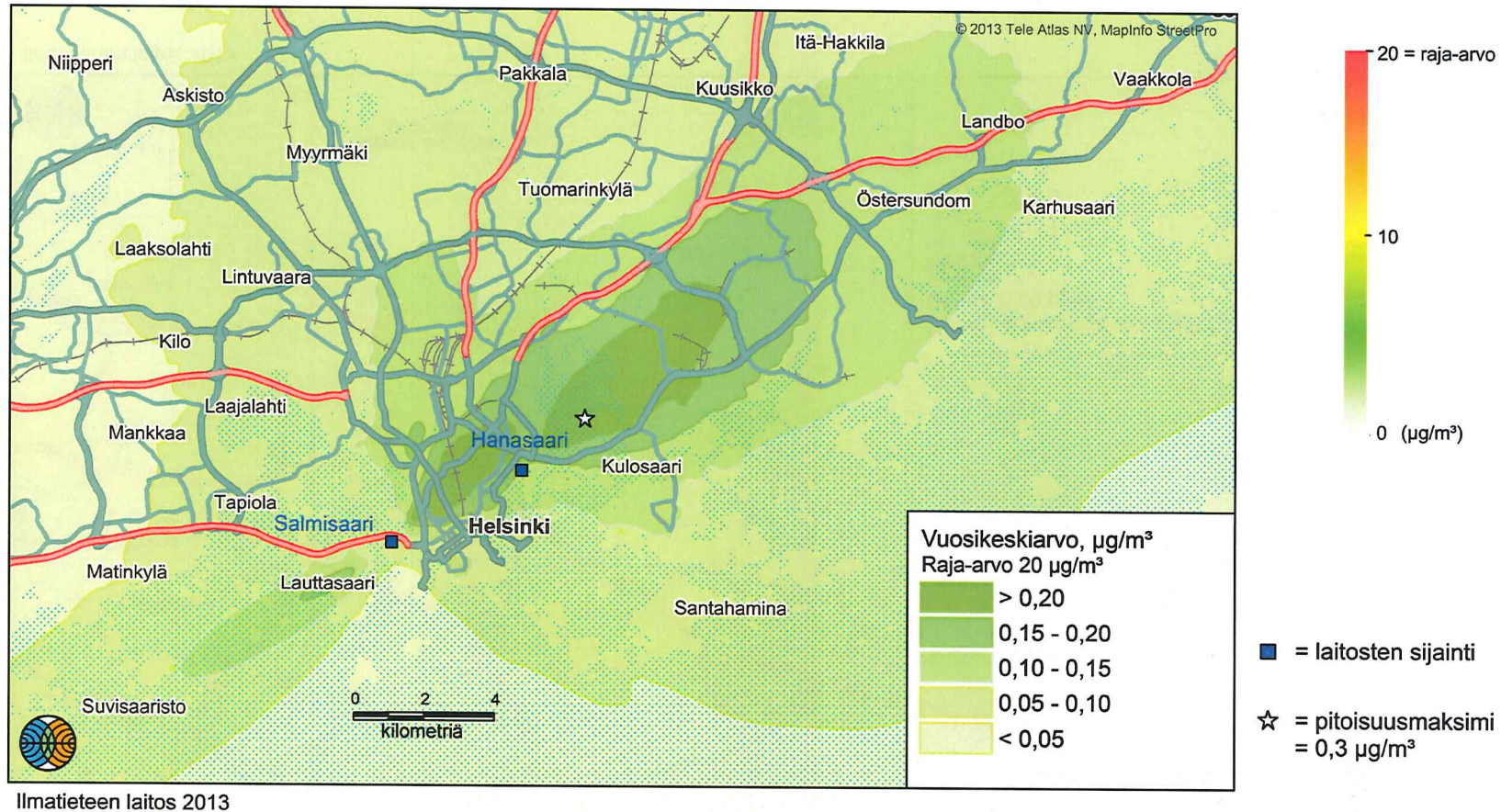
Kuva 7. Rikkidioksidin korkein vuosikeskiarvopitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) tarkasteluvaihtoehdossa VE0+.

VE1 Vuosaari C ja Salmisaari



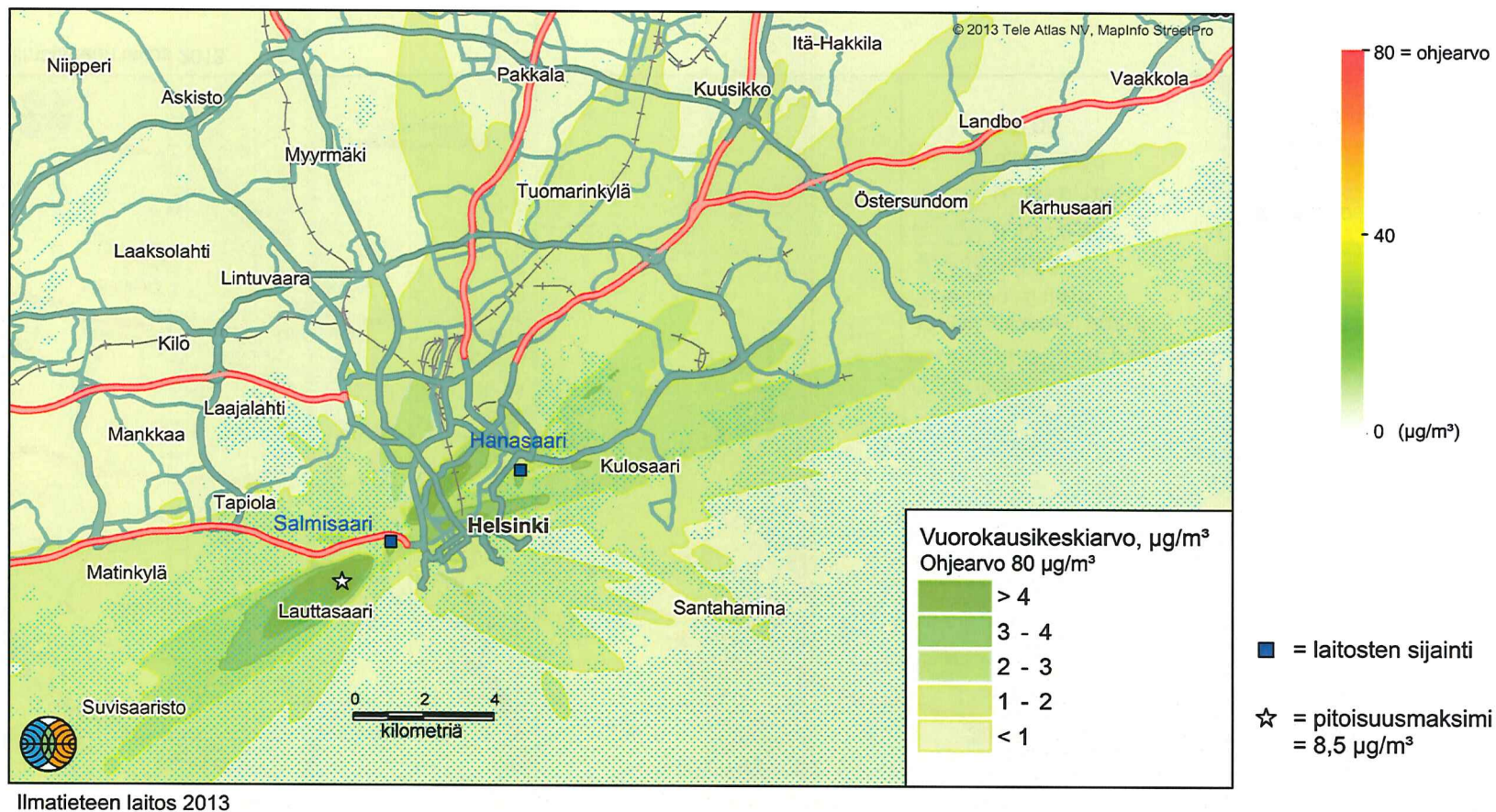
Kuva 8. Rikkidioksidin korkein vuosikeskiarvopitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) tarkasteluvaihtoehdossa VE1.

VE2 Hanasaari ja Salmisaari



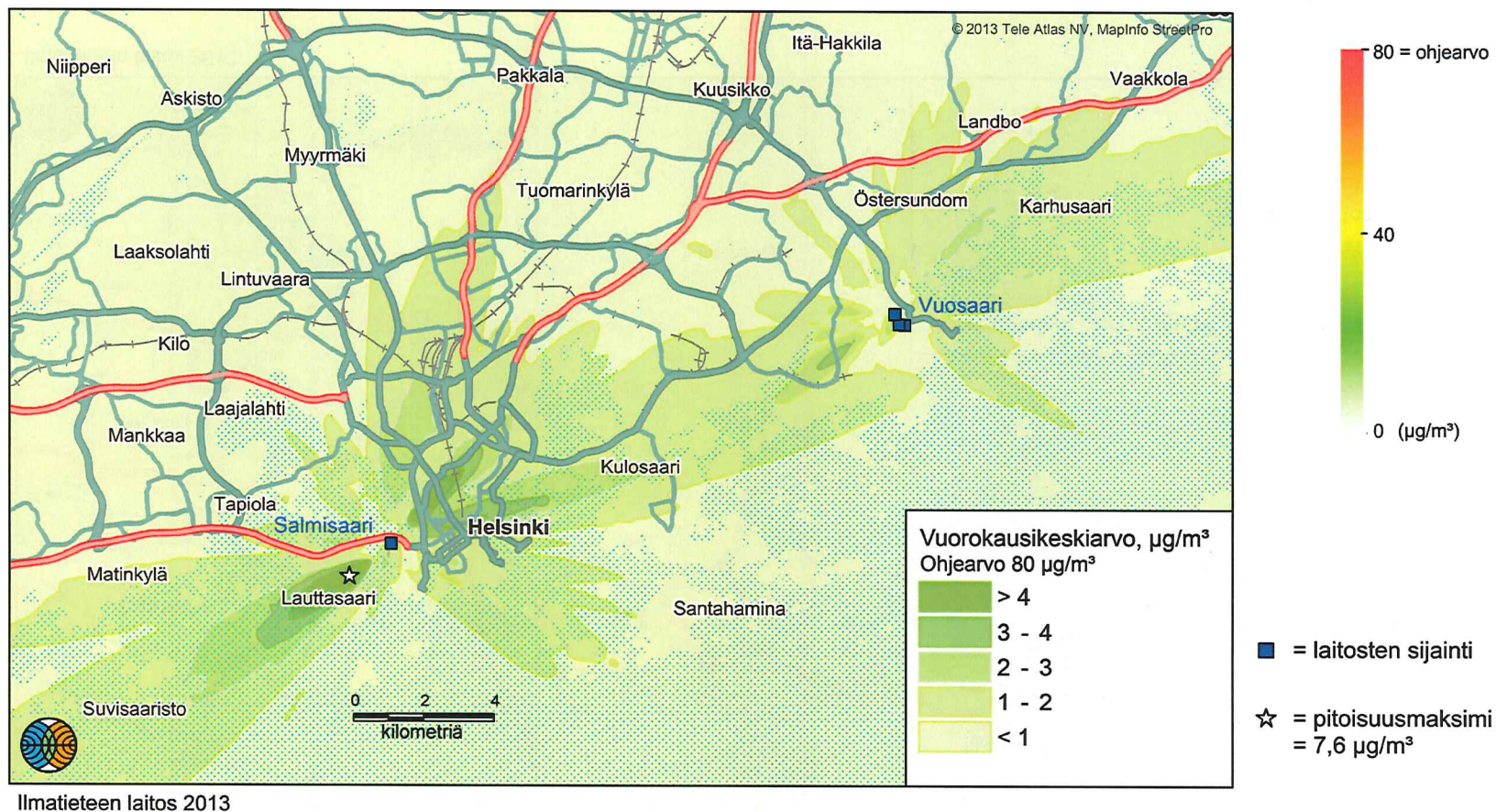
Kuva 9. Rikkidioksidin korkein vuosikeskiarvopitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) tarkasteluvaihtoehdossa VE2.

VE0+ Hanasaari ja Salmisaari



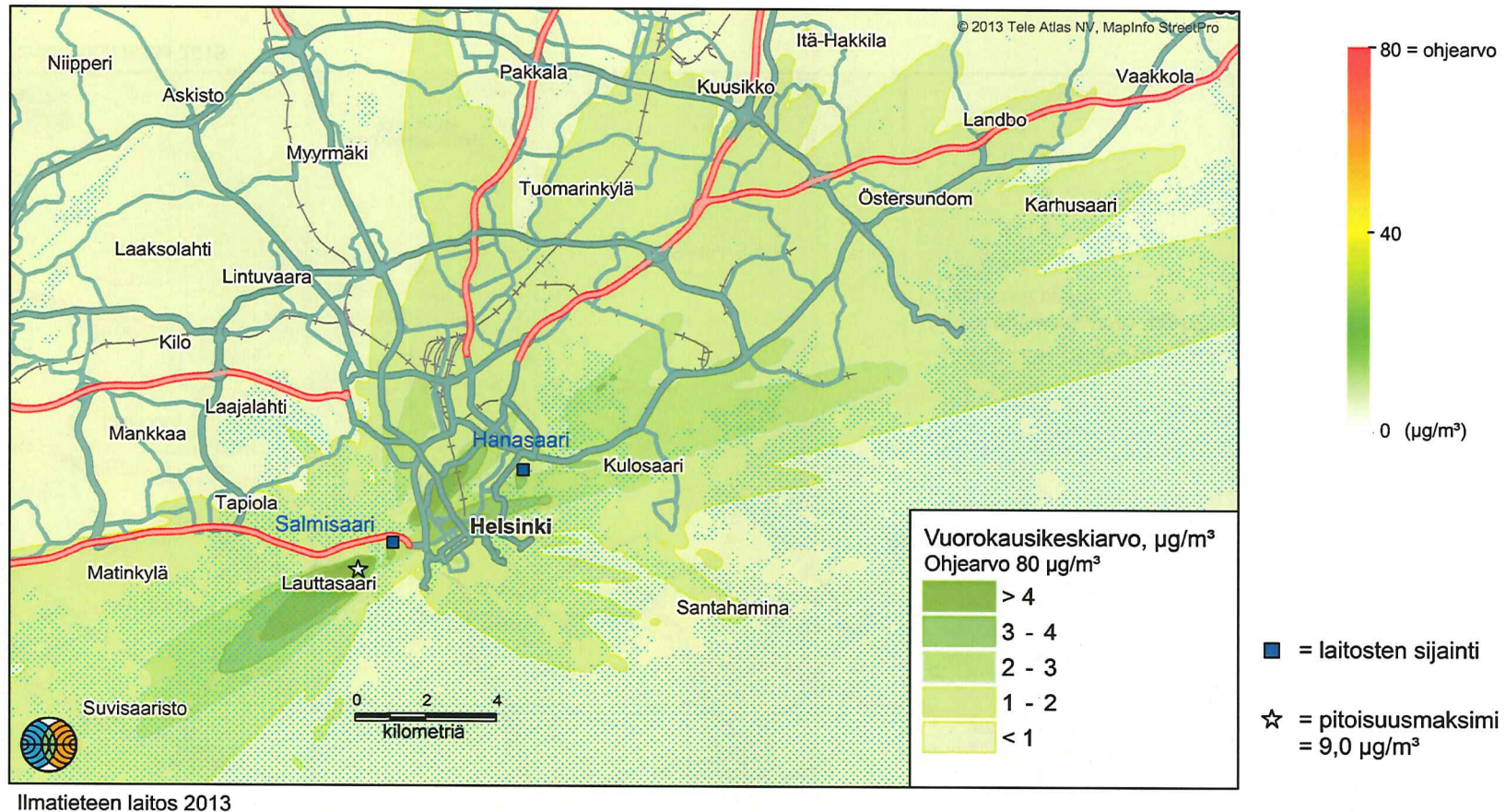
Kuva 10. Rikkidioksidin korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) tarkasteluvaihtoehdossa VE0+.

VE1 Vuosaari C ja Salmisaari



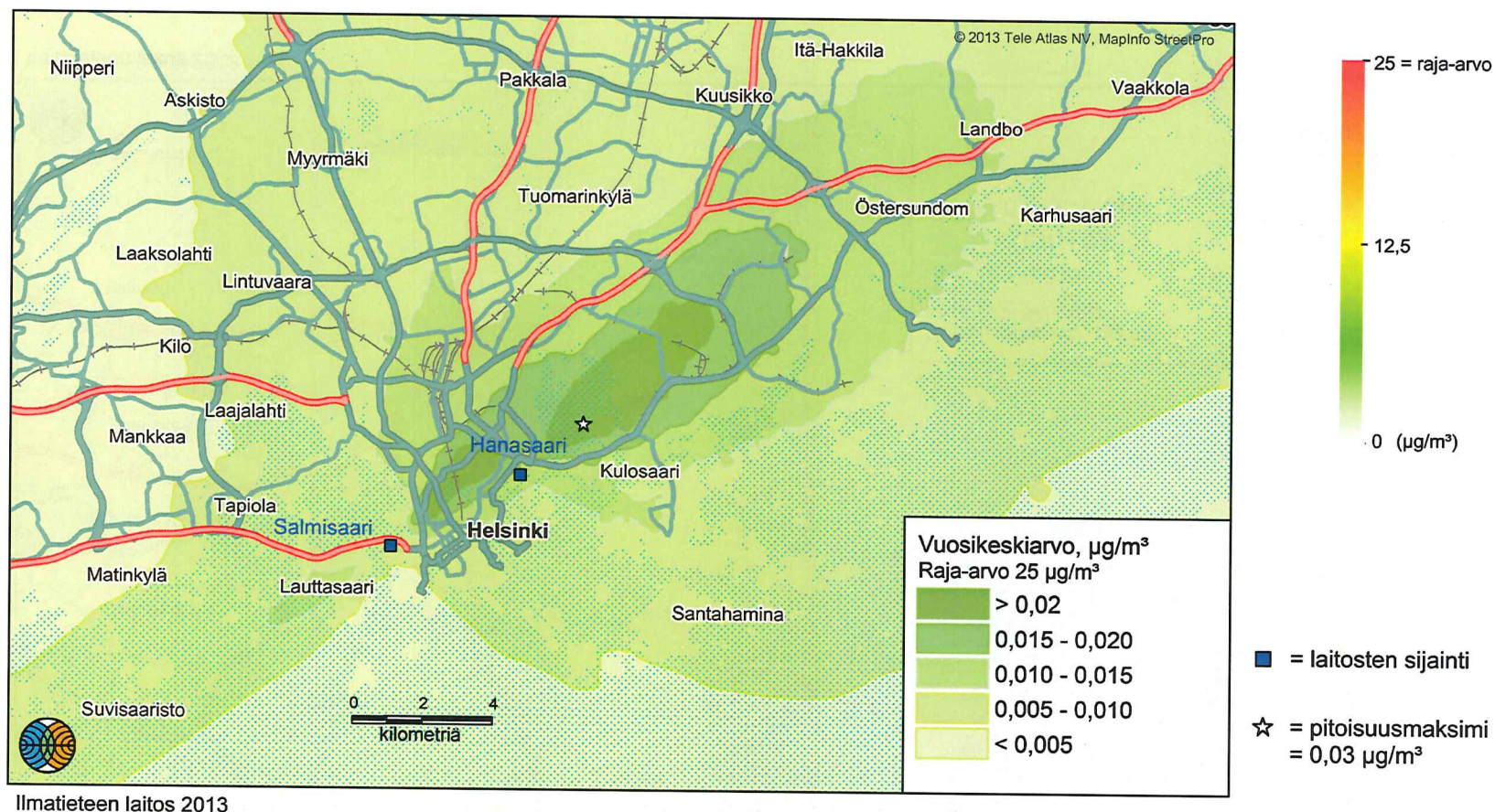
Kuva 11. Rikkidioksidin korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) tarkasteluvaihtoehdossa VE1.

VE2 Hanasaari ja Salmisaari



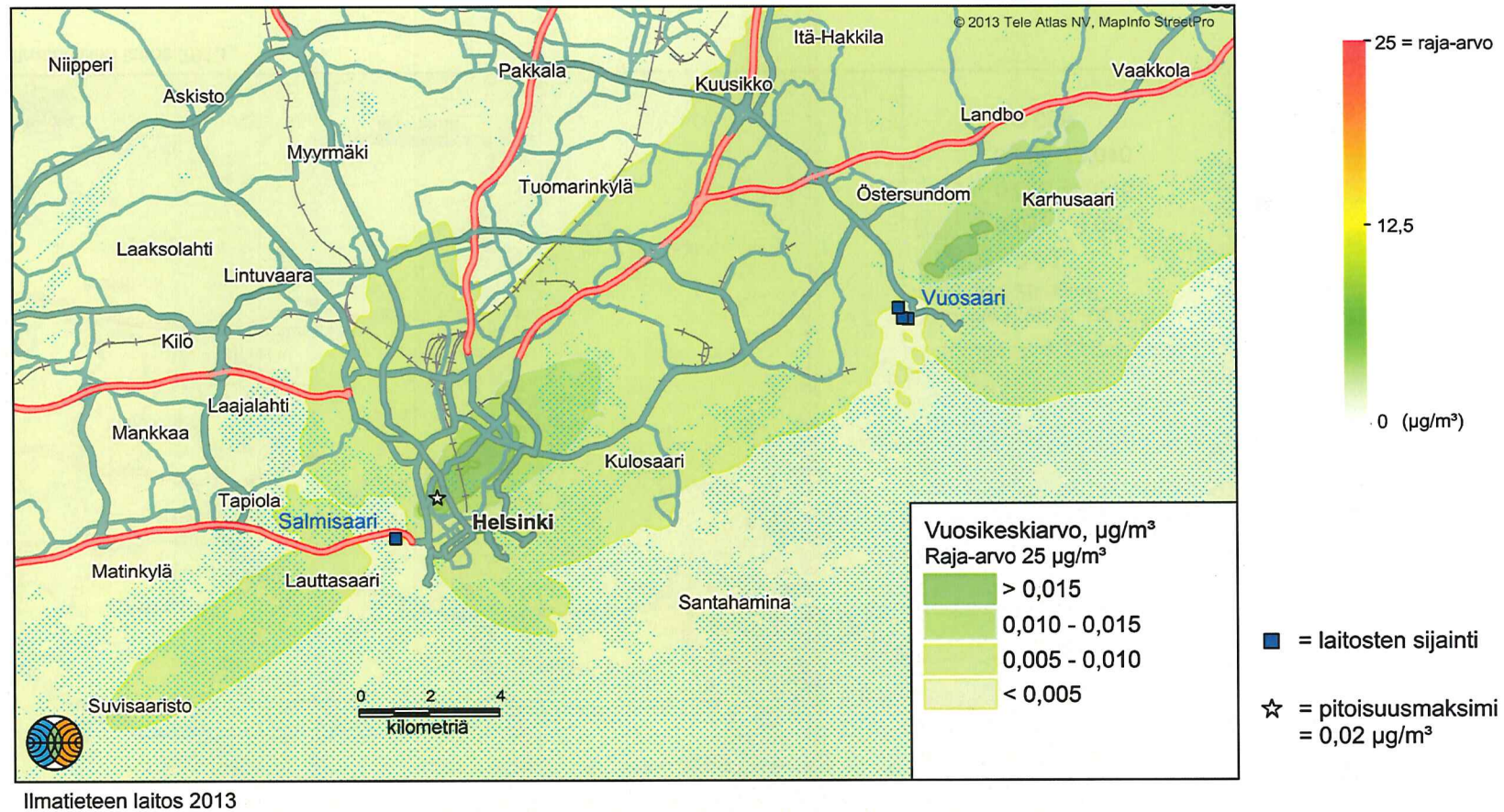
Kuva 12. Rikkidioksidin korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) tarkasteluvaihtoehdossa VE2.

VE0+ Hanasaari ja Salmisaari



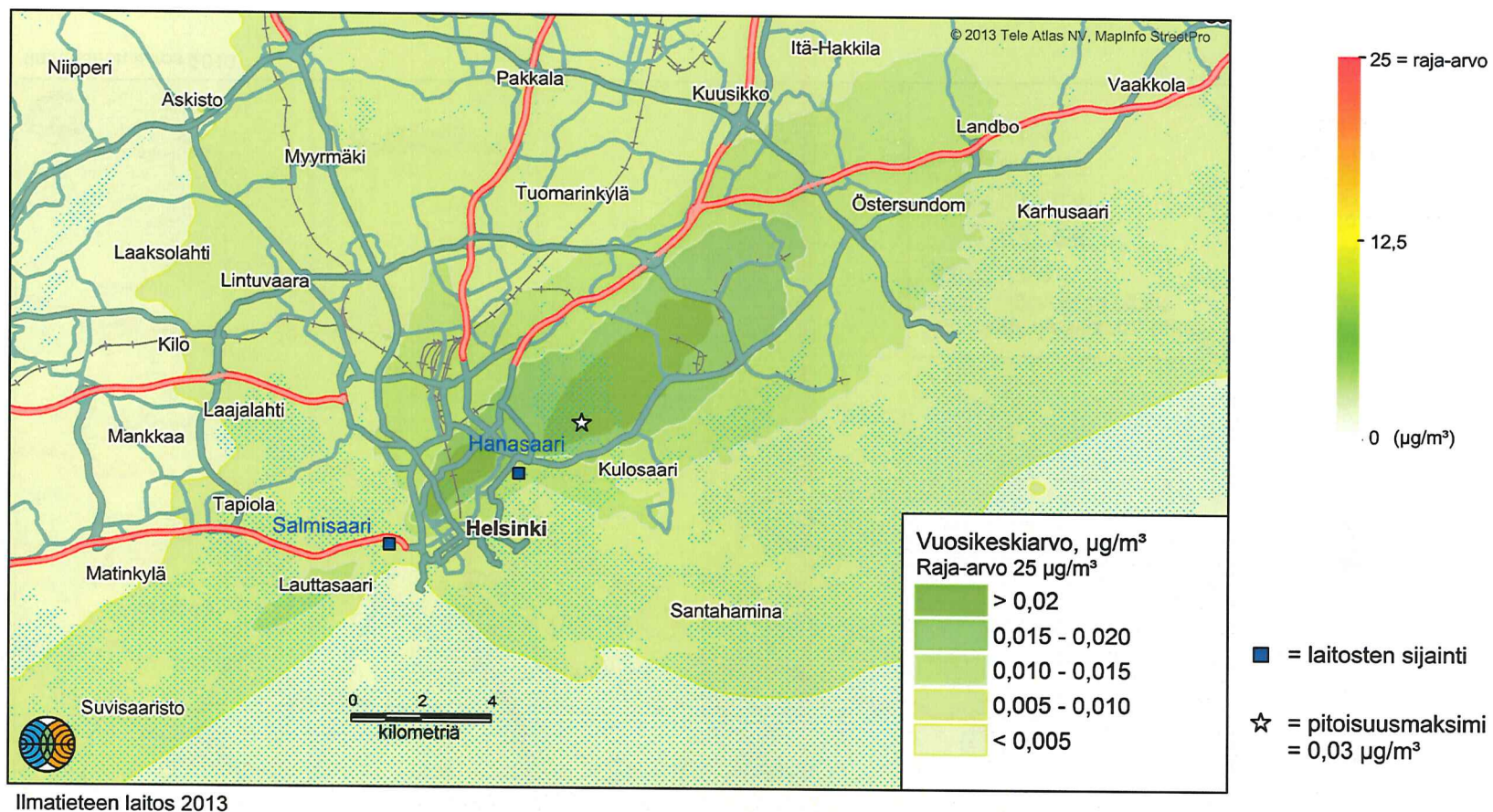
Kuva 13. Pienhiukkasten korkein vuosikeskiarvopitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) tarkasteluvaihtoehdossa VE0+.

VE1 Vuosaari C ja Salmisaari



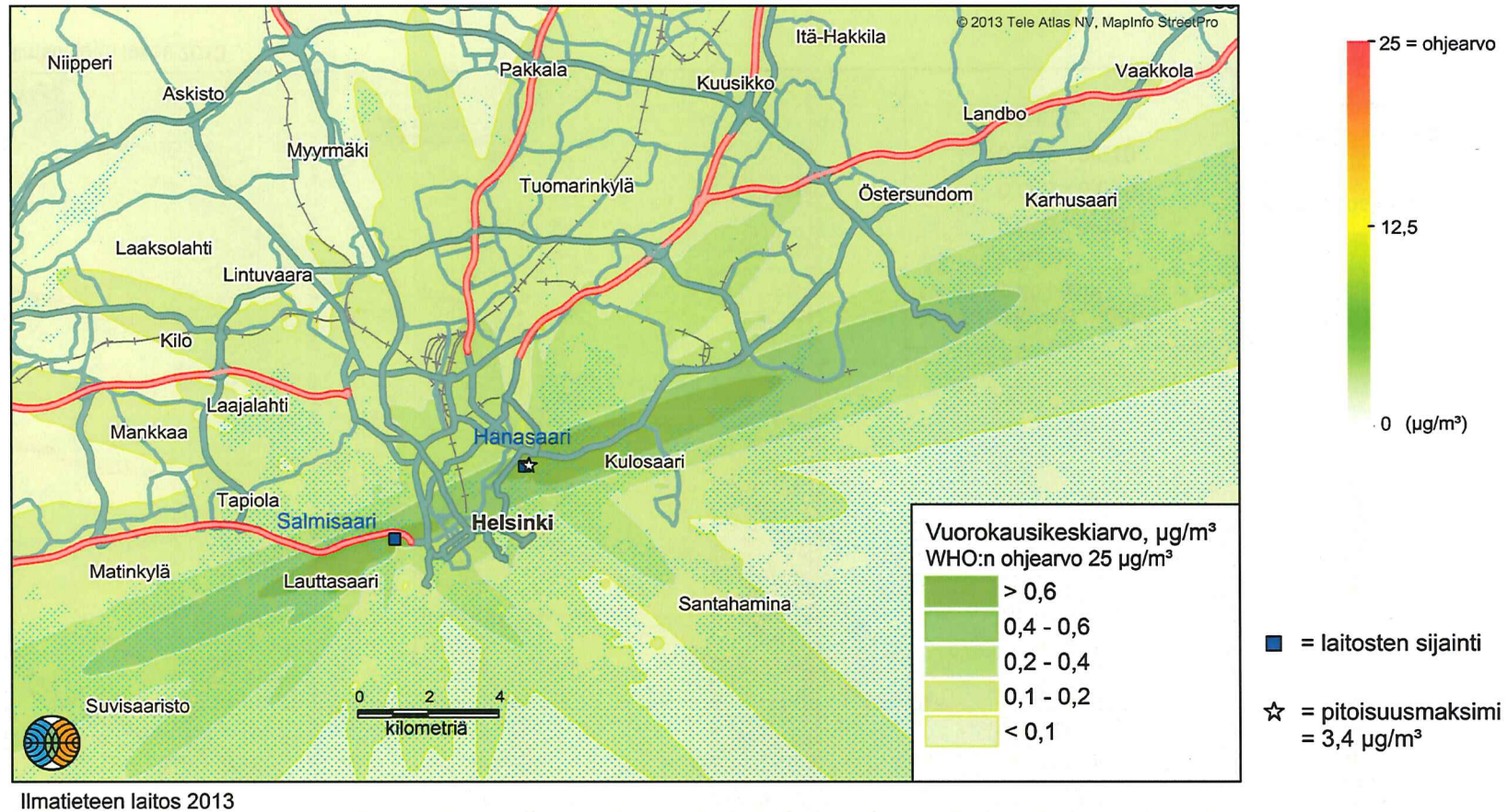
Kuva 14. Pienhiukkasten korkein vuosikeskiarvopitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) tarkasteluvaihtoehdossa VE1.

VE2 Vuosaari C ja Salmisaari



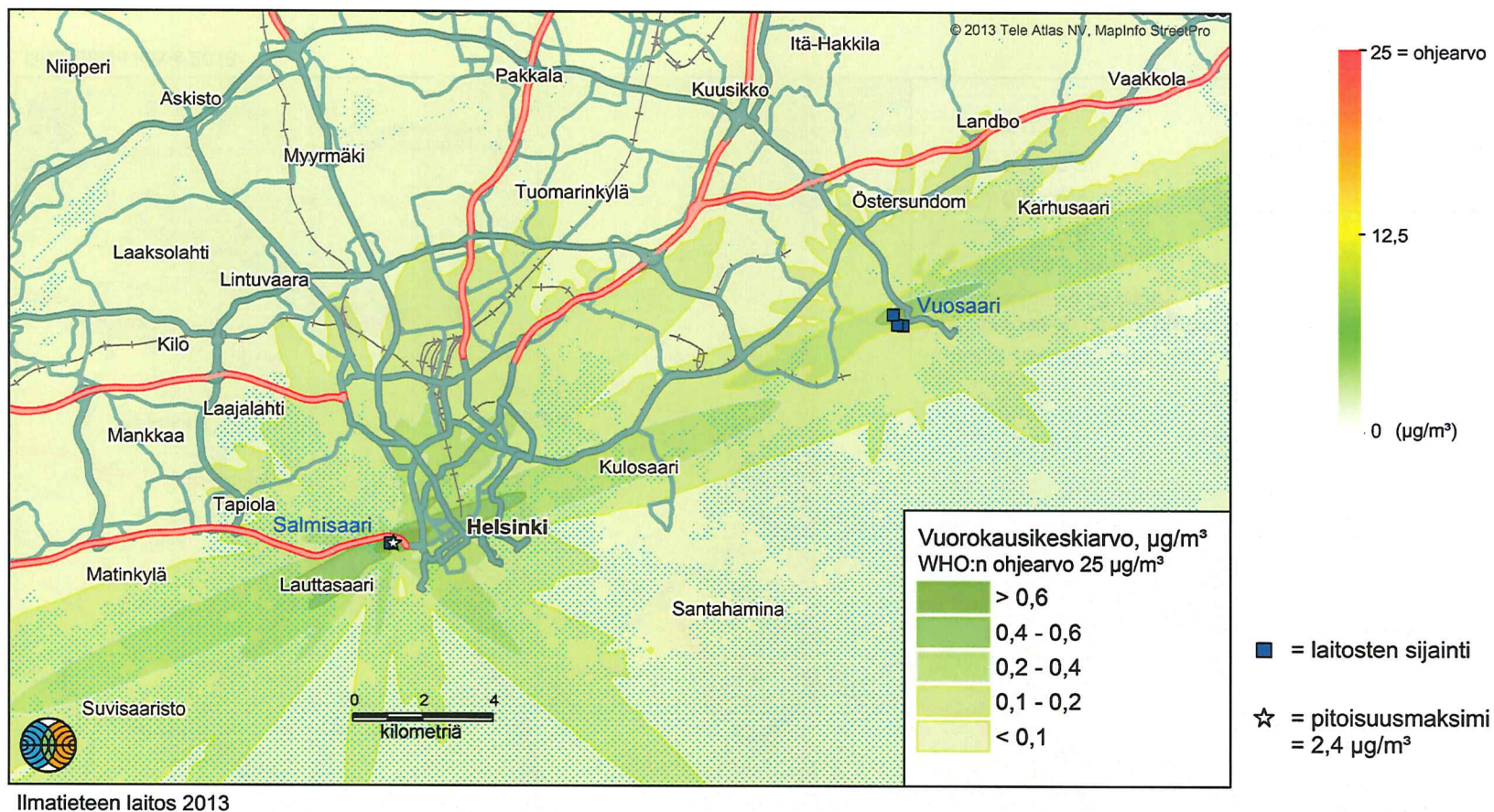
Kuva 15. Pienhiukkasten korkein vuosikeskiarvopitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) tarkasteluvaihtoehdossa VE2.

VE0+ Hanasaari ja Salmisaari



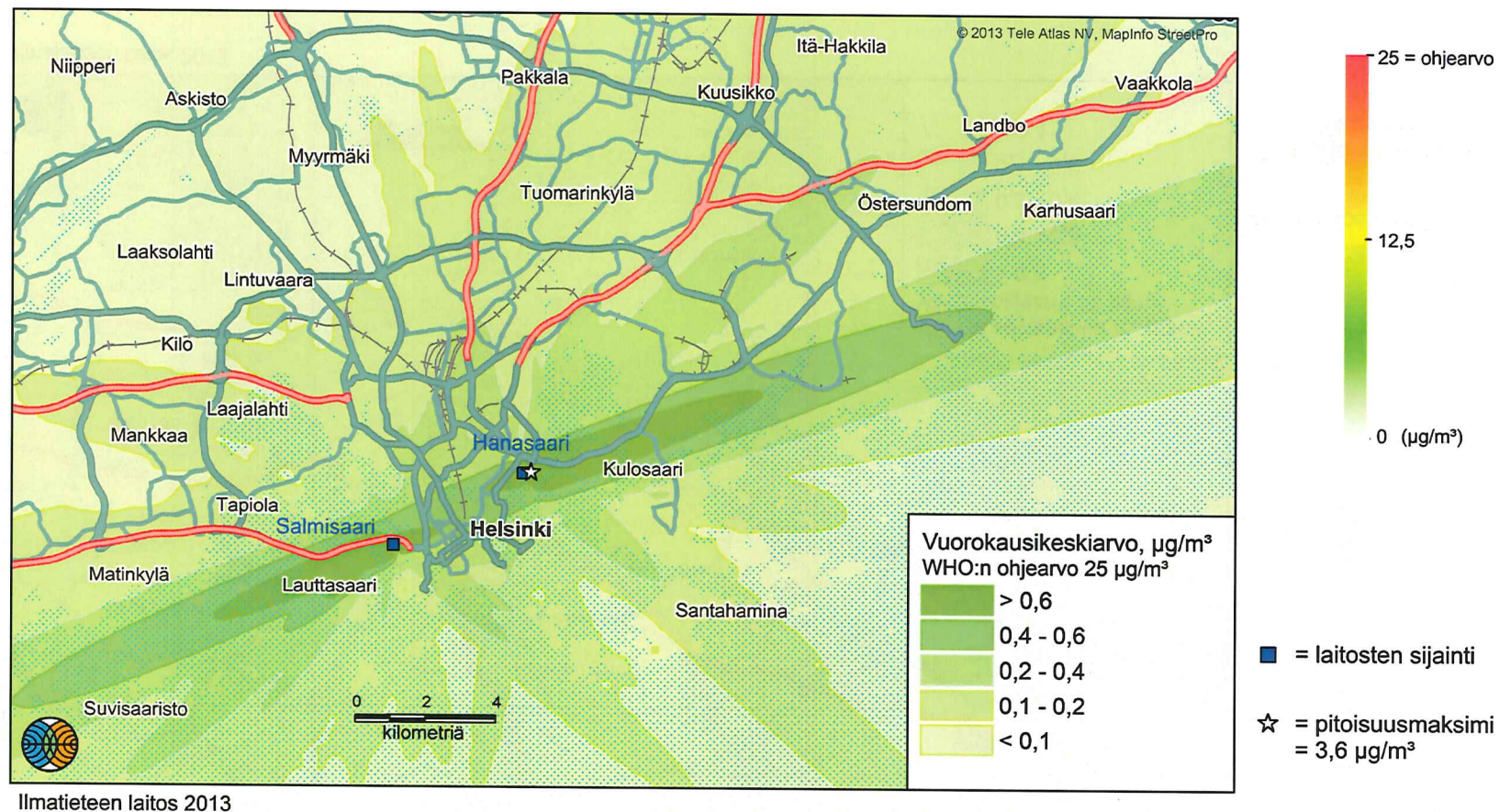
Kuva 16. Pienhiukkasten korkein WHO:n vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) tarkasteluvaihtoehdossa VE0+.

VE1 Vuosaari C ja Salmisaari



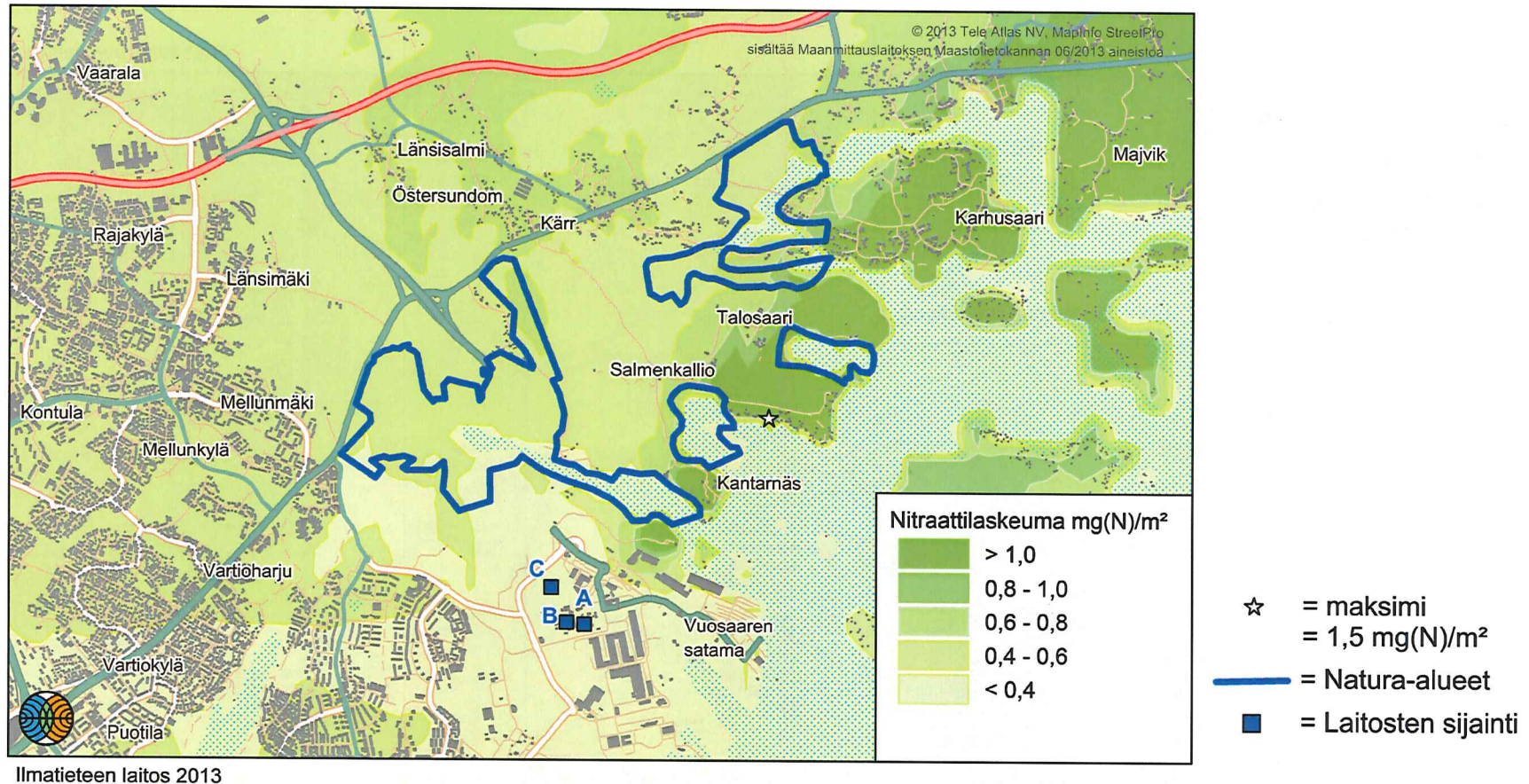
Kuva 17. Pienhiukkasten korkein WHO:n vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) tarkasteluvaihtoehdossa VE1.

VE2 Vuosaari C ja Salmisaari



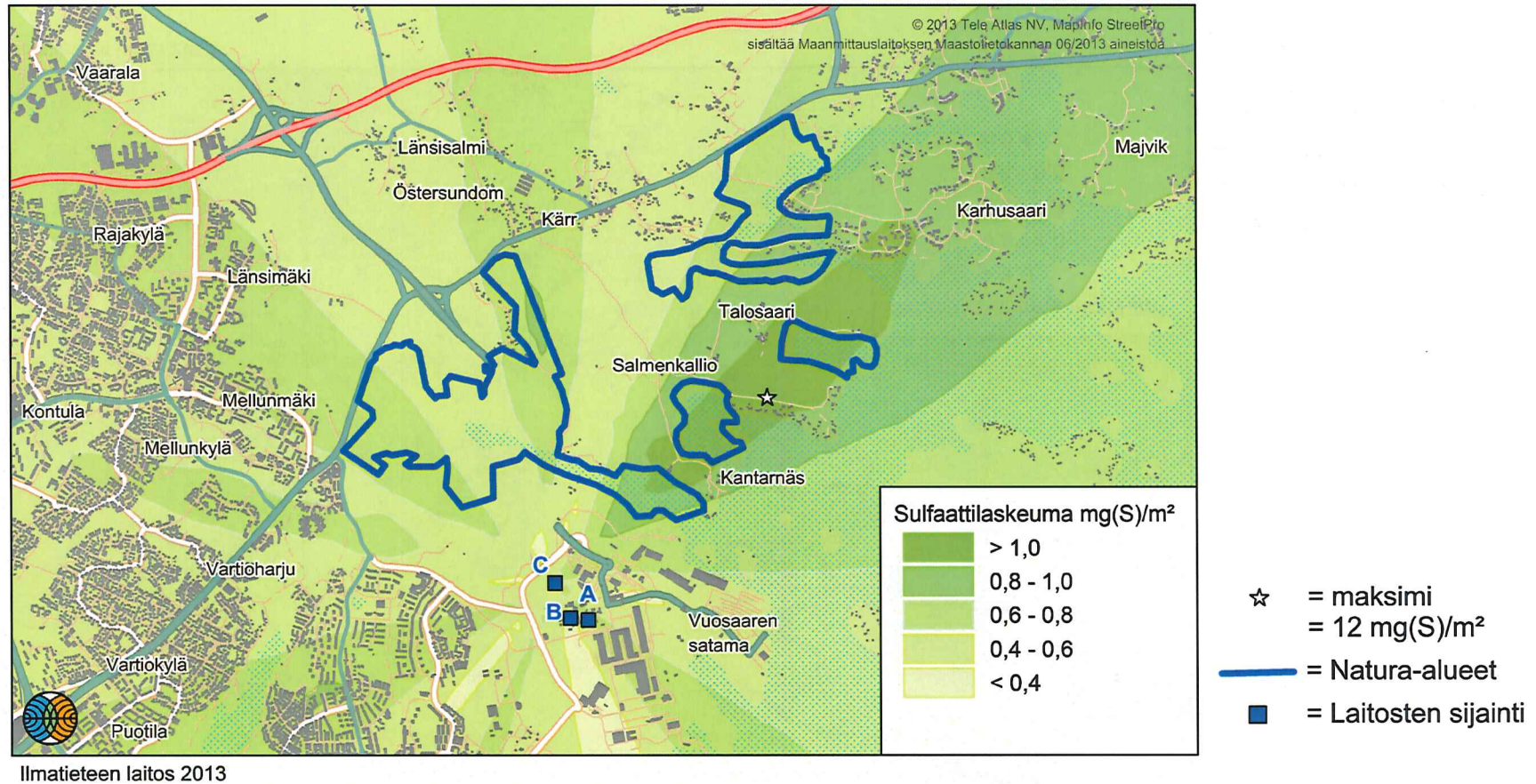
Kuva 18. Pienhiukkasten korkein WHO:n vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) tarkasteluvaihtoehdossa VE2.

VE1 Vuosaari A, B ja C nitraattityppilaskeuma



Kuva 19. Vuosaari A, B ja C -laitosten yhdessä aiheuttama nitraattitypen vuosilaskeuma (mg(N)/m²).

VE1 Vuosaari A, B ja C rikkilaskeuma



Kuva 20. Vuosaari A, B ja C -laitosten yhdessä aiheuttama rikin vuosilaskeuma (mg(S)/m²).

The graphic features a large, solid blue shape that starts from the bottom left and curves upwards towards the right. Two sets of thin, parallel blue lines enter from the left and right edges, curving inwards to meet at a point in the center of the blue shape. The background is white.

Ilmatieteen laitos
Erik Palménin aukio 1
PL 503, 00101 Helsinki
Puh. 029 539 1000
ilmatieteenlaitos.fi