

WSP FINLAND OY

TAMPEREEN KANSI JA KESKUSAREENA  
Ilmanlaatuselvitys kaavamuutosta varten

Hanna Hannuniemi

Katja Lovén



ILMATIETEEN LAITOS  
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

**TAMPEREEN KANSI JA KESKUSAREENA**  
**Ilmanlaatuselvitys kaavamutosta varten**

**Hanna Hannuniemi**  
**Katja Lovén**

**ILMATIETEEN LAITOS – ILMANLAADUN ASiantuntijapalvelut**  
**Helsinki 25.10.2010**

## SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO .....	3
2	TAUSTAA ILMANLAADUSTA .....	3
2.1	Ilmanlaatuun vaikuttavat tekijät .....	3
2.2	Kaupunkien ja taajamien ilmanlaatu .....	4
2.2.1	Typpidioksidi .....	4
2.2.2	Hiukkaset .....	5
2.3	Ilmanlaadun raja-arvot ja ohjearvot .....	6
3	MENETELMÄT .....	8
3.1	Leviämismallilaskelmien kuvaus .....	8
4	TUTKIMUSALUE JA LÄHTÖTIEDOT .....	10
5	TULOKSET .....	14
5.1	Typpidioksidipitoisuudet (NO <sub>2</sub> ) .....	14
5.2	Pienhiukkaspitoisuudet (PM <sub>2,5</sub> ) .....	16
5.3	Rakennusmassojen erillispistetarkastelu .....	17
6	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	19
	VIITELUETTELO .....	21
	LIITEKUVAT	

## 1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoituksena oli arvioida Tampereen keskusareenan kaava-alueen liikenteen sekä keskusareenan parkkihallien poistohormien kautta vapautuvien päästöjen ilmanlaatuvaikutuksia lähiympäristössä. Työssä arvioitiin lähialueen katujen ja teiden autoliikenteen päästöjen vaikutusta alueen ilmanlaatuun nykytilanteessa sekä tulevassa tilanteessa, jossa liikenteen päästöjen lisäksi huomioitiin myös keskusareenan parkkihallien poistokaasujen aiheuttamia maanpintatason ulkoilman typpidioksidi – ja pienhiukkaspitoisuuksia. Lisäksi selvitettiin typpidioksidi- ja pienhiukkaspitoisuudet mahdollisten raittiin ilman sisäänottoaukkojen kohdilla, kannen päälle rakennettävien rakennusten kattotason oleskelualueilla sekä tulevien rakennusmassojen julkisivuilla.

Keskusareenan kaava-alue sijaitsee Sorinkadun ja Ratapihankadun välissä Tampereen keskustassa. Tutkimuksessa tarkasteltiin tutkimusalueen ilmanlaatua nykyisiä liikennemääriä vastaavilla päästöillä sekä vuoden 2020 liikennemäärillä ja päästöillä. Nykytilanteessa keskusareenaa ei ole ja mallinnuksessa on huomioitu vain tieliikenteen päästöt sekä alueellinen taustapitoisuus. Vuoden 2020 tilanteessa mallinnuksessa on mukana tieliikenteen päästöt ja areenan parkkihallien poistohormien kautta vapautuvat päästöt sekä alueellinen taustapitoisuus.

Tutkimuksen tilasi ja leviämismallilaskelmien lähtötietoja toimitti WSP Finland Oy. Liikennemäärä- ja päästötiedot mallilaskelmia varten toimitti Trafifix Oy. Päästölaskelmat perustuvat Tampereen seudun liikennemallin (Talli-malli) liikennemääriin sekä joidenkin katujen osalta liikennelaskennan liikennemääriin. Parkkihallien tiedot toimitti WSP Finland Oy. Leviämismallilaskelmat tehtiin Ilmatieteen laitoksen Ilmanlaadun asiantuntijapalveluissa.

## 2 TAUSTAA ILMANLAADUSTA

### 2.1 Ilmanlaatuun vaikuttavat tekijät

Ilmanlaatua heikentävien ilmansaasteiden suurimpia päästölähteitä Suomessa ovat liikenne, energiantuotanto, teollisuus ja talojen lämmitys. Ilmansaasteita kulkeutuu Suomeen myös kaukokulkeumana maamme rajojen ulkopuolelta. Ilmansaasteiden päästöistä suurin osa vapautuu ilmakehän alimpaan kerrokseen, jota kutsutaan rajakerrokseksi. Rajakerroksessa päästöt sekoittuvat ympäröivään ilmaan ja ilmansaasteiden pitoisuudet laimenevat. Päästöt voivat levitä liikkuvien ilmassojen mukana laajoille alueille. Tämän kulkeutumisen aikana ilmansaasteet voivat reagoida keskenään sekä muiden ilmassa olevien yhdisteiden kanssa muodostaen uusia yhdisteitä. Ilmansaasteet poistuvat ilmasta sateen huuhtomina, kuivalaskeumana erilaisille pinnoille tai kemiallisen muutunnan kautta.

Ilmansaasteiden 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 kulkeutumissuunnan, 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 stabiilisuutta kuvaava suure ja sekoituskorkeus. Ilmakehän stabiilisuudella tarkoitetaan 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 näin ollen ilmaa sekoittava pyörteisyys on vähäistä, jonka vuoksi ilmansaasteiden pitoisuudet laimenevat huonosti. Inversiotilanteissa pitoisuudet kohoavat taajamissa etenkin liikenne-ruuhkien aikana, koska ilmansaasteet kerääntyvät matalaan ilmakerrokseen päästölähteiden lähelle.

## **2.2 Kaupunkien ja taajamien ilmanlaatu**

### **2.2.1 Typpidioksidi**

Typen yhdisteitä vapautuu päästölähteistä ilmaan typen oksideina eli typpimonoksidina (NO) ja typpidioksidina (NO<sub>2</sub>). Typpidioksidin pitoisuus on kaupunki-ilmassa yleensä pienempi kuin typpimonoksidin pitoisuus. Näistä yhdisteistä terveysvaikutuksiltaan haitallisempaa on typpidioksidi, jonka pitoisuuksia ulkoilmassa säädellään ilmanlaadun ohjearvoilla ja raja-arvoilla. Typpidioksidin määrään ilmassa vaikuttavat myös 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 tyyninä ja kylminä talvipäivinä, jolloin myös energiantuotannon päästöt ovat suurimmillaan. Taajamien ja kaupunkien korkeimmat typpidioksidipitoisuudet aiheuttaa pääasiassa autoliikenne, vaikka energiantuotannon ja teollisuuden aiheuttamat päästöt (pistemäiset päästölähteet) olisivat määrällisesti jopa suurempia autoliikenteeseen verrattuna. Ihmiset altistuvat helposti liikenteen päästöille, sillä autojen pakokaasupäästöt vapautuvat hengityskorkeudelle.

Typpidioksidille herkimpiä väestöryhmiä ovat lapset ja astmaatikot, joiden hengitysoireita kohonneet pitoisuudet voivat lisätä suhteellisen nopeasti. Pakkaskaudella tapahtuva typpidioksidipitoisuuden kohoaminen on erityisen haitallista astmaatikoidelle, koska jo puhtaan kylmän ilman hengittäminen rasituksessa aiheuttaa useimmille ast-

maatikoille keuhkoputkien supistusta ja typpidioksidi pahentaa tästä aiheutuvia oireita kuten hengenahdistusta ja yskää.

Typpidioksidipitoisuuden raja-arvot voivat nykyisin ylittyä suurimpien kaupunkien vilkkaasti liikennöityjen väylien ja risteyksien läheisyydessä. Korkeimmillaan vuosikeskiarvot ovat olleet ilmanlaadun mittausten mukaan Helsingin vilkasliikenteisimmillä alueilla noin  $40\text{--}50\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  (YTV, 2008). Yleensä Suomen kaupungeissa vuosikeskiarvot ovat noin  $20\text{--}30\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ilmatieteen laitoksen puhtailla tausta-alueilla tehtyjen ilmanlaatumittausten mukaan typpidioksidin vuosikeskiarvot ovat olleet Etelä-Suomessa noin  $2\text{--}8\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja Pohjois-Suomessa noin  $1\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Pietarila ym. 2001).

### 2.2.2 Hiukkaset

Ulkoilman hiukkaset ovat nykyisin merkittävimpiä ilmanlaatuun vaikuttavia tekijöitä Suomen kaupungeissa. Pienhiukkasia pidetään länsimaissa haitallisimpana ympäristökijänä 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 pienpoltoista. Suorat hiukkaspäästöt ovat pääasiassa pieniä hiukkasia. Hiukkasiin on sitoutunut myös erilaisia haitallisia yhdisteitä kuten hiilivetyjä ja raskasmetalleja.

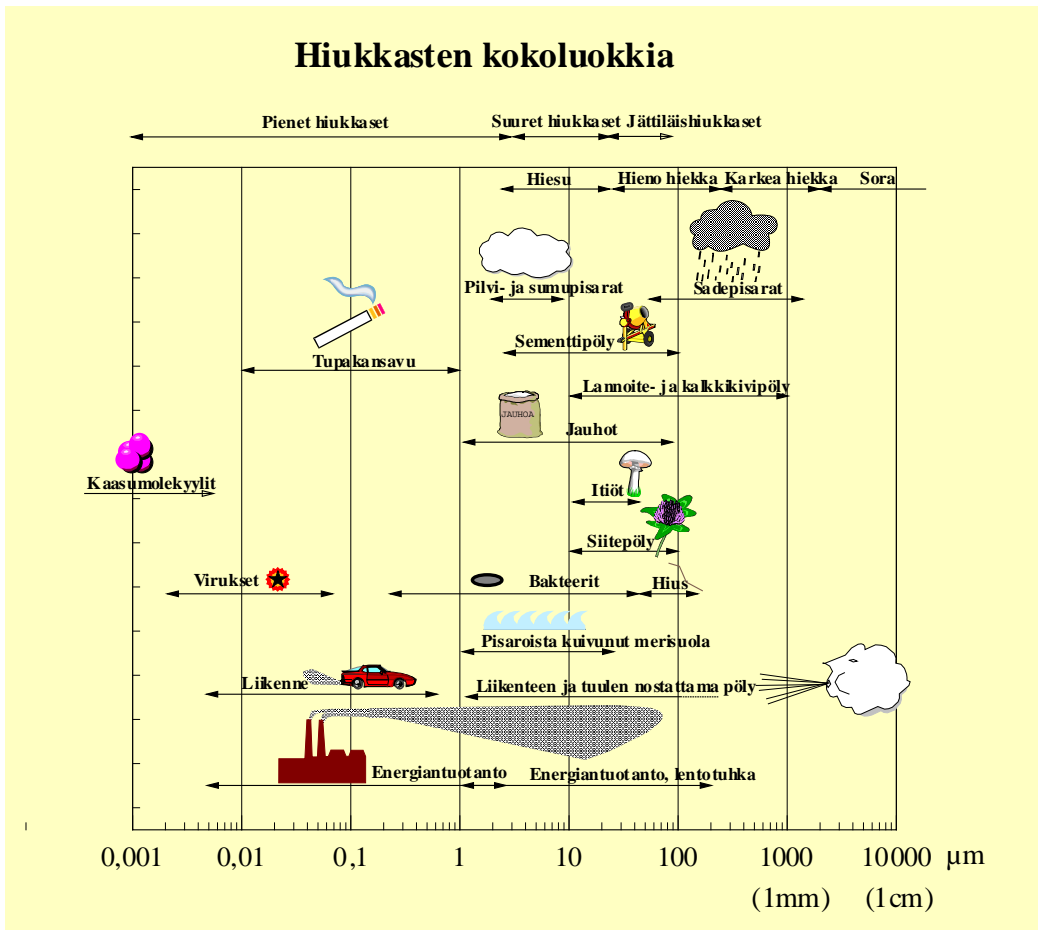
Ulkoilman hiukkasten koko on yhteydessä niiden aiheuttamiin erilaisiin vaikutuksiin. Suurempien hiukkasten korkeat pitoisuudet vaikuttavat merkittävimmin viihtyvyyteen ja aiheuttavat likaantumista. Terveysvaikutuksiltaan haitallisempia ovat ns. hengitettävät hiukkaset ja pienhiukkaset, jotka kykenevät tunkeutumaan syväälle ihmisten hengitysteihin. Hengitettävillä hiukkasilla, joiden halkaisija on alle 10 mikrometriä ( $\text{PM}_{10}$ ), on annettu ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet kohoavat erityisesti keväällä, jolloin jauhautunut hiekoitushiekka 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 maaliskuuhuhtikuussa, kun maanpinnan kuivuessa tuuli ja liikenne nostattavat katupölyä ilmaan. Liikenteen vaikutukset korostuvat matalan päästökorkeuden vuoksi. Hengitettävillä hiukkasilla annettu vuorokausiohje- ja raja-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  $25\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ :n hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvoja. Hengitettävien hiukkasten vuosipitoisuudelle annettu raja-arvo  $40\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  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  $1012 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja Pohjois-Suomessa noin  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Pienhiukkasten vuosipitoisuudelle annettu raja-arvo  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ei ole ylittynyt Suomessa. Pienhiukkaspitoisuudet ovat Suomessa suurimmillaan pääkaupunkiseudun vilkasliikenteisillä alueilla, joilla vuosikeskiarvopitoisuudet ovat yli  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Keskisuurissa kaupungeissa ja Etelä-Suomen tausta-alueilla pienhiukkaspitoisuudet ovat noin  $6\text{--}10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Alaviippola ym., 2010).



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

### 2.3 Ilmanlaadun raja-arvot ja ohjearvot

Leviämismallilaskelmilla tai ilmanlaadun mittauksilla saatuja ilmansaasteiden pitoisuuksia voidaan arvioida vertaamalla niitä ilmanlaadun raja- ja ohjearvoihin. 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, joilla ei säännöllisesti oleskele ihmisiä tai liikenneväylillä, lukuun ottamatta kevyen liikenteen

väyliä. Kansalliset ilmanlaadun ohjearvot 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 säilyttää hyvä ilmanlaatu.

Raja-arvot määrittelevät ilmansaasteille sallitut korkeimmat pitoisuudet. Raja-arvoilla pyritään vähentämään tai ehkäisemään terveydelle ja ympäristölle haitallisia vaikutuksia. Raja-arvon ylittyessä kunnan tai alueellisen ympäristökeskuksen on tiedotettava väestöä ja tehtävä ohjelmia ja suunnitelmia ilmanlaadun parantamiseksi ja raja-arvon ylitysten estämiseksi. Tällaisia toimia voivat olla esimerkiksi määräykset liikenteen tai päästöjen rajoittamisesta. Ilmansaasteiden aiheuttamien terveyshaittojen ehkäisemiseksi ilmansaasteiden pitoisuudet ulkoilmassa eivät saisi ylittää taulukon 1 raja-arvoja alueilla, joilla ihmiset saattavat altistua ilmansaasteille. Typen oksidien vuosiraja-arvo ( $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) on annettu kasvillisuuden ja ekosysteemien suojelemiseksi ja se on voimassa laajoilla maa- ja metsätalousalueilla ja luonnonsuojelun kannalta merkityksellisillä alueilla.

Ilmanlaadun ohjearvot on otettava huomioon suunnittelussa ja niitä sovelletaan mm. alueiden käytön, kaavoituksen, rakentamisen ja liikenteen suunnittelussa ja ympäristölupaharkinnassa. Ohjearvojen soveltamisen avulla pyritään ehkäisemään ilmansaasteiden aiheuttamia terveysvaikutuksia. Suomessa voimassa olevat typpidioksidipitoisuuksien ohjearvot on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 1. Terveyshaittojen ehkäisemiseksi annetut ulkoilman typpidioksidin ja pienhiukkasten pitoisuuksia koskevat raja-arvot (Vna 711/2001, 2008/50/EY).

Aine	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (293 K, 101,3 kPa)	Sallittujen ylitysten määrä kalenterivuodessa (vertailujakso)	Ajankohta, jolloin pitoisuuksien viimeistään tulee olla raja-arvoa pienemmät
Typpidioksidi ( $\text{NO}_2$ )	1 tunti	200	18	1.1.2010
	kalenterivuosi	40	–	1.1.2010
Pienhiukkaset ( $\text{PM}_{2,5}$ )	kalenterivuosi	25 <sup>1)</sup>	–	1.1.2015

1) Tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

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

Epäpuhtaus	Ohjearvo (20 °C, 1 atm)	Tilastollinen määrittely
Typpidioksidi ( $\text{NO}_2$ )	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste
	70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo



## 3 MENETELMÄT

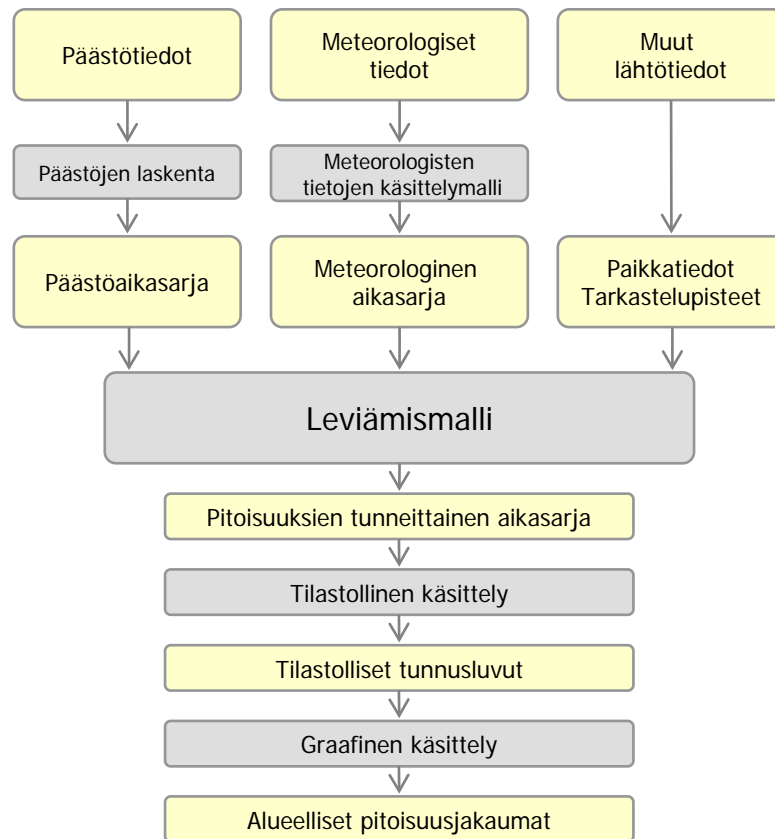
### 3.1 Leviämismallilaskelmien kuvaus

Ilmansaasteiden leviämismalleilla tutkitaan eri ilmansaasteiden kulkeutumista ilmakehässä. Malleihin sisältyy usein laskentamenetelmiä, joiden avulla voidaan tarkastella ilmansaasteiden muuntumista, kemiallisia reaktioita ja poistumista ilmakehästä laskeutuneena sekä ilmansaasteiden pitoisuuksien muodostumista. Tässä tutkimuksessa käytettiin Ilmatieteen laitoksella kehitettyjä leviämismalleja pysäköintilaitoksen päästöjen leviämisen kuvaamiseen ja niiden ilmanlaatuvaikutusten arvioimiseen.

Ilmatieteen laitoksen leviämismalleja on kehitetty pitkäjänteisesti tavoitteena tuottaa luotettavaa tietoa ilmanlaadusta mm. kaupunki- ja liikennesuunnittelun sekä 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. Malleihin sisältyy laskentamenetelmä typenoksidien kemialliselle muuttunnalle. Autoliikenteen ja energiantuotannon typenoksidipäästöt koostuvat typpidioksidista sekä typpimonoksidista, jota on valtaosa päästöistä. Osa typpimonoksidista hapettuu ilmassa terveydelle haitallisemmaksi typpidioksidiksi.

Tässä selvityksessä käytetyillä leviämismalleilla voidaan arvioida ilmansaasteiden pitoisuuksia päästölähteen lähialueilla. Kaupunkimallia (UDM-FMI, Urban Dispersion Modelling system) käytetään pistemäisten päästölähteiden (esim. piippujen) ilmanlaatuvaikutusten arviointiin. Liikenteen päästöjen aiheuttamia ilmanlaatuvaikutuksia arvioidaan ns. viivalähdemallilla (CAR-FMI). Tässä mallissa liikenneväylää kuvataan peräkkäisinä lyhyinä viivoina, joista jokaisesta vapautuu ympäristöönsä erikseen laskettavan suuruinen päästö. Kaavio leviämismallin toiminnasta on esitetty kuvassa A.

Leviämismallien lähtötiedoiksi tarvitaan tietoja päästöistä ja niiden lähteistä, mittaamalla ja mallittamalla saatuja tietoja ilmakehän tilasta sekä tietoja ilmansaasteiden taustapitoisuuksista. Lisäksi lähtötiedoiksi tarvitaan erilaisia paikkatietoja, kuten tietoja maanpinnan muodoista ja laadusta sekä päästölähteiden sijainnista. Pistemäisten lähteiden päästöjen laskennassa huomioidaan lähdekohtaiset päästöt, savukaasujen ominaisuudet ja laitoksen tekniset tiedot. Liikenteen päästölaskennassa huomioidaan liikennemäärät ja niiden tunneittainen vaihtelu, erityyppisten ajoneuvojen osuudet liikennemääristä, liikennevirtojen nopeudet ja ajoneuvokohtaiset nopeusriippuvat päästökertoimet. Leviämislaskelmia varten muodostetaan kaikille päästölähteille päästöaikasarjat, joissa on jokaiselle tarkastelujakson tunnille (1–3 vuotta, 8760–26304 tuntia) laskettu päästö määrä erikseen eri ilmansaasteille.



Kuva B. Kaaviokuva Ilmatieteen laitoksella kehitettyjen leviämismallien, kaupunkimallin (UDM-FMI) ja viivalähdemallin (CAR-FMI) toiminnasta.

Leviämismallin tarvitseman meteorologisen aikasarjan muodostuksessa käytetään Ilmatieteen laitoksella kehitettyä meteorologisten tietojen käsittelymallia, joka perustuu ilmakehän rajakerroksen parametrusointimenetelmään (*Rantakrans, 1990; Karppinen, 2001*). Menetelmän avulla voidaan meteorologisten rutiinihavaintojen ja fysiikan perusyhtälöiden avulla arvioida rajakerroksen tilaan vaikuttavat muuttujat, joita tarvitaan ilmansaasteiden leviämismallilaskelmissa. Tarvittavat mittaustiedot saadaan Ilmatieteen laitoksen havaintotietokantaan talletetuista sää-, auringonpaiste- ja radioluotaushavainnoista. Menetelmässä huomioidaan tutkimusalueen paikalliset tekijät, kuten leviämisalustan rosoisuus ja vuodenaikaiset albedoarvot (maanpinnan kyky heijastaa auringon säteilyä) eri maanpinnan laaduille. Laskelmissa käytetään yleensä 1–3 vuoden pituisia tutkimusalueen sääolosuhteita edustavaa meteorologista aineistoa. Laskelmissa käytettäväksi sääasemiksi valitaan tutkimusaluetta lähimpänä sijaitsevat sääasemat, joilla mitataan kaikkia mallin tarvitsemia suureita. Tuulen suunta- ja nopeustiedot muodostetaan kahden tai useamman sääaseman havaintojen etäisyyspainotettuna tilastollisena yhdistelmänä. Lopputuloksena saadaan leviämismalleissa tarvittavien meteorologisten tietojen tunneittaiset aikasarjat.

Päästötietojen ja meteorologisten tietojen aikasarjojen avulla leviämismalli laskee ilmansaasteiden pitoisuuksia tarkastelujakson jokaiselle tunnille. Pitoisuudet lasketaan laskentapisteikköön, joka muodostetaan kullekin tutkimusalueelle sopivaksi. Laskentapisteitä on yleensä useita tuhansia ja niiden etäisyys toisistaan vaihtelee muutamasta

kymmenestä metristä satoihin metreihin riippuen tutkimusalueen koosta ja tarkasteltavista kohteista. Mallin tuottamasta pitoisuusajakaavasta lasketaan tilastollisia ilmanlaadun raja- ja ohjearvoihin verrannollisia suureita, jotka esitetään raportissa mm. pitoisuuksien aluejakaumakuvina ja taulukkoina.

## 4 TUTKIMUSALUE JA LÄHTÖTIEDOT

Tutkimuksessa tarkasteltiin liikenteen päästöjen sekä keskusareenan parkkihallien poistohormien kautta vapautuvien päästöjen aiheuttamia ilmanlaatuvaikutuksia Tampereen keskusareenan korttelikaava-alueella nykytilanteessa ja tulevassa tilanteessa. Nykytilanteella tarkoitetaan tilannetta, jossa keskusareenaa ei ole rakennettu ja mallinnuksessa on mukana vain tieliikenteen päästöt ja taustapitoisuus. Tulevan tilanteen mallinnus on tehty vuoden 2020 liikennemäärillä ja päästöillä. Tulevassa tilanteessa mallinnuksessa on mukana tieliikenteen päästöt ja areenan parkkihallien poistohormien kautta vapautuvat päästöt sekä nykytilannetta vastaava taustapitoisuus. Tulevaisuuden liikenteen päästöjen ennustaminen sisältää paljon eri muuttujia ja epävarmuustekijöitä. Epävarmuudet päästöskenaarioiden kehityksen suhteen suurenevat, mitä kauemmaksi tulevaisuuteen ennustetaan. Tästä johtuen tulevan tilanteen mallilaskelmien tarkasteluvoodeksi valittiin 2020.

Kaava-alue sijaitsee Sorinkadun ja Ratapihankadun välissä. Tutkimuksessa tarkasteltiin liikenteen päästöjen aiheuttamia ulkoilman typpidioksidi- ja pienhiukkaspitoisuuksia hengityskorkeudella, rakennusten kattotason oleskelualueilla, mahdollisilla raittiinilmanottojen kohdilla sekä rakennusmassojen julkisivuilla. Kuvassa C esitetty keskusareena ja erillistarkastelupisteiden sijainnit. Tutkimusalue on kooltaan noin 1,5 km × 1,5 km ja laskelmissa huomioitiin tieliikenteen päästöt noin 3 km × 3 km alueelta. Päästöjen aiheuttamat pitoisuudet laskettiin maanpintatasolle laskentapisteikköön, jossa oli 7 814 laskentapistettä. Laskentapisteikössä pisteiden välisiä etäisyyksiä on tihennetty pitoisuuksien muodostumisen kannalta merkittävimmällä alueella eli teiden läheisyydessä.



käytetty nopeusriippuvia päästökerroinfunktioita. Päästön ja nopeuden suhde perustuu ajoneuvojen päästöjen laboratoriomittauksiin (*LAURIKKO, 1998*). Päästömallinnusta ja nopeusriippuvaisia päästökertoimia on kuvattu tarkemmin mm. *HÄRKÖNEN ym., 2001*.

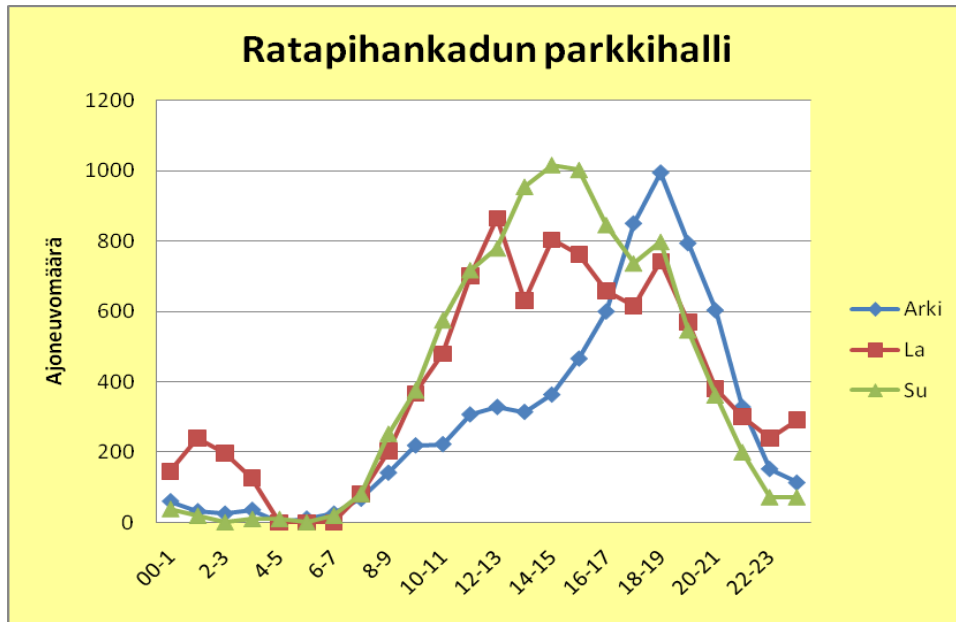
Päästölaskennassa huomioitiin dieselkatalysaattoriajoneuvojen yleistymisen myötä lisääntyvä typpidioksidin ( $\text{NO}_2$ ) osuus typenoksidipäästöistä. Nykytilanteen leviämismallilaskelmissa on oletettu autoliikenteen typenoksidipäästöistä olevan keskimäärin 19 % typpidioksidia ja vuotta 2020 koskevissa leviämismallilaskelmissa keskimäärin 20 % typpidioksidia. Typenoksidipäästöjen muutunnan kuvaamiseen käytettiin Helsingin seudun ympäristöpalveluiden Luukin ilmanlaadun mittausaseman otsonihavaintoja vuosilta 2007-2009 (*Ilmanlaatuportaali, 2010*). Otsonin taustapitoisuuksina käytettiin pitoisuuksien kuukausittain laskettuja tunneittaisia keskiarvoja, joilla pyrittiin kuvaamaan taustapitoisuuksien vuorokauden sisäistä vaihtelua.

Tutkimusalueen lähikatujen liikenteen lisäksi mallilaskelmissa on huomioitu tutkimusalueen ulkopuolelta kulkeutuneiden päästöjen aiheuttama taustapitoisuus. Typpidioksidin ja pienhiukkasten alueellinen taustapitoisuus arvioitiin Helsingin seudun ympäristöpalveluiden (HSY) Luukin ilmanlaadun mittausaseman vuosien 2007–2009 tuloksista (*Ilmanlaatuportaali, 2010*). Typpidioksidin taustapitoisuus on vuosikeskiarvona suuruusluokaltaan noin  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuus on noin  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Tulevan tilanteen päästölaskennassa oletettiin olevan vuoden 2020 arvioitu ajoneuvokanta. Päästöjen laskennassa on huomioitu ajoneuvokannan kehitys ja uusimpien moottoreiden päästönormien (EURO4-5) vaikutus yksikköpäästökertoimiin.

Nykytilanteen laskelmissa huomioon otettujen teiden ja katujen liikenteen typenoksidipäästöt ovat noin 81 tonnia/vuosi ja pienhiukkaspäästöt noin 8,2 tonnia/vuosi. Tulevan tilanteen laskelmissa huomioon otetut teiden ja katujen liikenteen typenoksidipäästöt ovat noin 82 tonnia/vuosi ja hiukkaspäästöt noin 7,9 tonnia/vuosi.

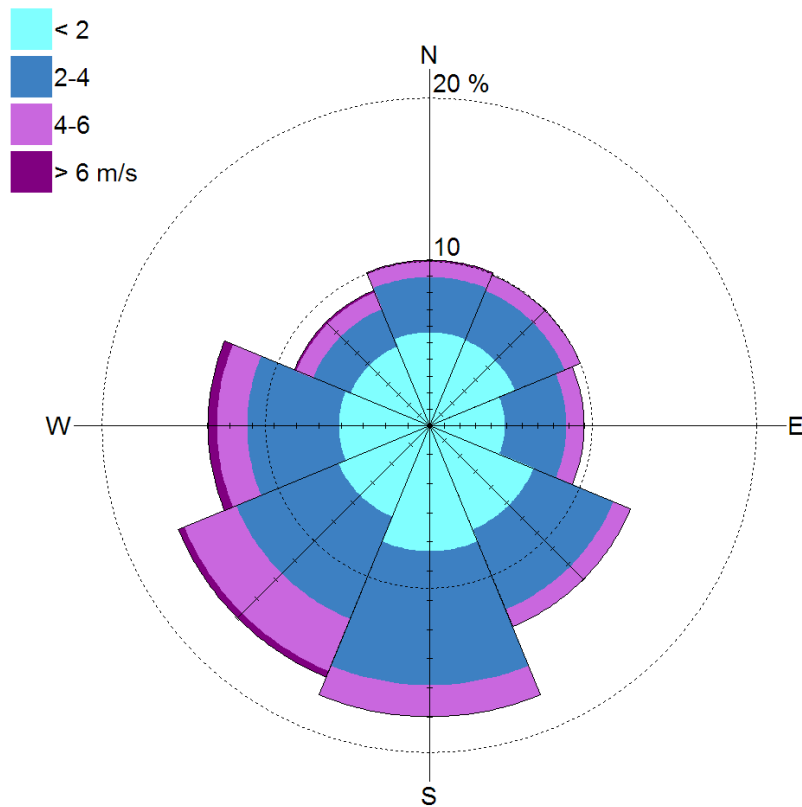
Keskusareenalle on suunniteltu kolme erillistä parkkihallia. Yksi parkkihalli sijaitsee Ratapihankadun puolella, toinen Sorinkadun puolella ja kolmas Kalevantien ja Rautatiekadun kulmassa. Parkkihallien keskimääräiset ajoneuvomäärät ovat erilaiset. Eniten ajoneuvoja käy Ratapihankadun puoleisissa parkkihallissa, keskimäärin noin 3870 ajoneuvoa vuorokaudessa. Ratapihankadun parkkihalli on suunniteltu vapaa-ajan käyttöön. Sorinkadun puoleinen parkkihalli on tarkoitettu asukkaiden käyttöön ja sen keskimääräinen ajoneuvomäärä vuorokaudessa on noin 118 ajoneuvoa. Kalevantien ja Rautatiekadun kulmauksen parkkihallin keskimääräinen ajoneuvomäärä on noin 410 ajoneuvoa vuorokaudessa. Kuvassa D on Ratapihankadun parkkihallin ajoneuvomäärien aikavaihtelu arkipäivien, lauantaiden ja sunnuntaiden osalta.



Kuva D. Ratapihankadun parkkihallin ajoneuvomäärien aikavaihtelu eri viikonpäivinä.

Parkkihallien poistohormien korkeudeksi on oletettu 3 metriä kattotasolta. Ratapihankadun parkkihallin päästöt vapautuvat ilmaan kahdeksan poistohormin kautta, hormien halkaisija on 1,25 m. Sorinkadun parkkihallin päästöt vapautuvat ilmaan kuuden poistohormin kautta, joiden halkaisija on myös 1,25 m. Kalevantien ja Rautatiekadun kulman parkkihallin päästöt vapautuvat ilmaan yhden poistohormin kautta, hormin halkaisija on 0,80 metriä. Parkkihallien päästölaskelmissa oletettiin auton keskimääräiseksi ajomatkaksi sisään- ja ulosajettaessa 330 metriä. Sisään- ja ulosajosta aiheutuvien päästöjen lisäksi otettiin huomioon käynnistyksistä ja joutokäynnistä aiheutuvat päästöt. Eri autotyyppien ajon aikaiset päästökertoimet sekä käynnistysten ja joutokäynnin päästökertoimet perustuvat Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) Suomen tieliikenteen pakokaasupäästöjen laskentajärjestelmän (LIISA 2008) kertoimiin (MÄKELÄ ym., 2008). Laskelmissa käytettiin vuoden 2010 ajoneuvokannan mukaisia päästökertoimia. Ajosta syntyvät päästöt on määritetty nopeusriippuvien päästökerroin-funktioiden avulla käyttämällä keskimääräisenä ajonopeutena 15 km/h. Parkkihallien liikenteen aiheuttamaksi typen oksidien kokonaispäästöksi arvioitiin laskelmien avulla noin 2 tonnia/vuosi ja hiukkaspäästöiksi noin 0,6 tonnia/vuosi.

Tutkimusalueen ilmastollisia olosuhteita edustava meteorologinen aikasarja muodostettiin Tampereen Pirkkalan lentoaseman ja Siilinkarin sääasemien havaintotiedoista vuosilta 2007–2009. Sekoituskorkeuden määrittämiseen käytettiin Jokioisten observatorion radioluotaushavaintoja vuosilta 2007–2009. Kuvassa E on esitetty tuulen suunta- ja nopeusjakaumat tutkimusalueella tuuliruusun muodossa. Etelän ja lounaan puoleiset tuulet ovat tutkimusalueella vallitsevia.



Kuva E. Tuulen suunta- ja nopeusjakauma tutkimusalueella vuosina 2007–2009. Lasketut tuulitiedot kuvaavat olosuhteita 10 metrin korkeudella maan pinnasta.

## 5 TULOKSET

### 5.1 Typpidioksidipitoisuudet (NO<sub>2</sub>)

Leviämismallilaskelmien tuloksina saadut autoliikenteen ja tulevassa tilanteessa autoliikenteen ja parkkihallien ilmastoinnin päästöjen aiheuttamat ulkoilman typpidioksidipitoisuuksien maksimiarvot kaava-alueen ympäristössä on esitetty taulukossa 3. Laskennassa on huomioitu typpidioksidin alueellinen taustapitoisuus (noin 6 µg/m<sup>3</sup>). Nyky- ja tulevan tilanteen päästöjen aiheuttamien typpidioksidipitoisuuksien alueellinen vaihtelu käy ilmi raportin liitekuvista 5 – 7 ja 9 – 11. Korkeimpien pitoisuuksien muodostumisalue on merkitty liitekuviin valkoisella tähdellä. Tutkimusalueen suurimmat pitoisuudet muodostuivat pääasiassa Tampereen valtatie läheisyyteen ja ne aiheutuvat autoliikenteen päästöistä. Nykytilanteessa myös Kalevantien läheisyyden muodostui korkeita pitoisuuksia. Tällä tieosuudella on käytetty liikennelaskennan liikennemääriä päästölasennan pohjana. Parkkihallin ilmastointipiippujen kautta vapautuvilla päästöillä on hyvin pieni vaikutus tutkimusalueen typpidioksidipitoisuuksiin. Korkeimmillaankin parkkihallin ilmastoinnin kautta vapautuvien päästöjen aiheuttamat pitoisuudet olivat alle 1 % koko tutkimusalueen korkeimmista typpidioksidipitoisuuksista.

Taulukko 3. Leviämismallilaskelmilla saadut Tampereen keskusareenan kaava-alueen nykytilanteen ja tulevan tilanteen päästöjen aiheuttamat ulkoilman typpidioksidipitoisuuksien maksimiarvot tutkimusalueella maanpintatasossa.

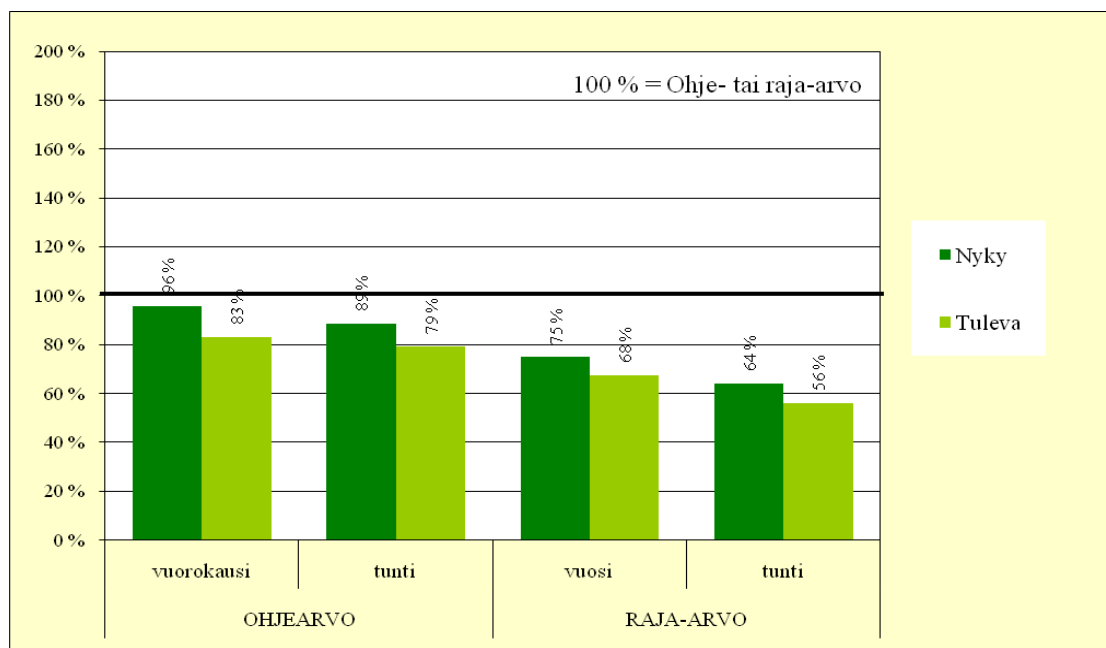
Typpidioksidipitoisuus ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Raja- tai ohjearvo	Nykytilanne	Tuleva tilanne
Vuosiraja-arvo	40	30	27
Vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus	70	67	58
Tuntiohjearvoon verrannollinen pitoisuus	150	133	119
Tuntiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus	200	128	112

Kuvassa F on esitetty pylväin leviämislaskelmien tuloksina saatujen tutkimusalueen suurimpien typpidioksidipitoisuuksien suhde maassamme voimassa oleviin ilmanlaadun raja- ja ohjearvoihin. Nykytilanteen autoliikenteen päästöjen aiheuttamat typpidioksidin pitoisuudet ovat tutkimusalueella noin 60 % – 95 % raja- ja ohjearvoista. Tulevan tilanteen autoliikenteen ja parkkihallien ilmastoinnin päästöjen yhdessä aiheuttamat typpidioksidin pitoisuudet ovat tutkimusalueella noin 60 – 80 % raja-arvoista. Lähimpänä ohjearvon ylitystä on typpidioksidin vuorokausiohjearvo, mutta leviämismallilaskelmien mukaan se ei kuitenkaan ylity tutkimusalueella.

Areenan kattotasojen oleskelualueille ja mahdollisille raittiin ilman sisäänottojen kohdille mallinnettiin typpidioksidipitoisuudet erillispistetarkasteluna. Typpidioksidipitoisuudet ovat oleskelualueiden ja mahdollisten raittiin ilman sisäänottojen kohdilla noin 12 % – 22 % raja- ja ohjearvoista. Oleskelualueet ovat sen verran korkealla (40–70 metriä) maanpinnan tasosta, että pitoisuudet laimenevät selvästi maanpinnan tason pitoisuuksista.

Tutkimusalueella sijaitsevalla Tampereen kaupungin linja-autoaseman ilmanlaadun mittausasemalla on mitattu typpidioksidi- ja pienhiukkaspitoisuuksia marraskuusta 2008 lähtien. Vuonna 2009 mittausasemalla mitattu typpidioksidin raja-arvoon verrannollinen vuosikeskiarvopitoisuus oli  $19,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , tuntiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus  $94 \mu\text{g}/\text{m}^3$  korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus  $54,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja tuntiohjearvoon verrannollinen pitoisuus  $104 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .





Kuva F. Leviämismallilla laskettujen nykytilanteen ja tulevan tilanteen autoliikenteen ja parkkihallien ilmastonin päästöjen aiheuttamien ulkoilman korkeimpien typpidioksidipitoisuuksien suhde ilmanlaadun terveystaustapitoisuuksiin ohje- ja raja-arvoihin. Laskennassa on huomioitu typpidioksidin taustapitoisuus, noin  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Kuvassa y-akselin 100 % kuvaa ohje- tai raja-arvotasoa, johon pitoisuuksia verrataan.

## 5.2 Pienhiukkaspitoisuudet (PM<sub>2,5</sub>)

Leviämismallilaskelmien tuloksina saadut autoliikenteen ja tulevassa tilanteessa myös parkkihallien ilmastonin päästöjen aiheuttamat ulkoilman pienhiukkaspitoisuuksien suurimmat arvot kaava-alueen ympäristössä on esitetty taulukossa 4. Laskennassa on huomioitu pienhiukkasten alueellinen taustapitoisuus (noin  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Pienhiukkaspitoisuuksien alueellinen vaihtelu käy ilmi raportin liitekuvista 8 ja 12. Korkeimpien pitoisuuksien muodostumisalue on merkitty liitekuviin valkoisella tähdellä.

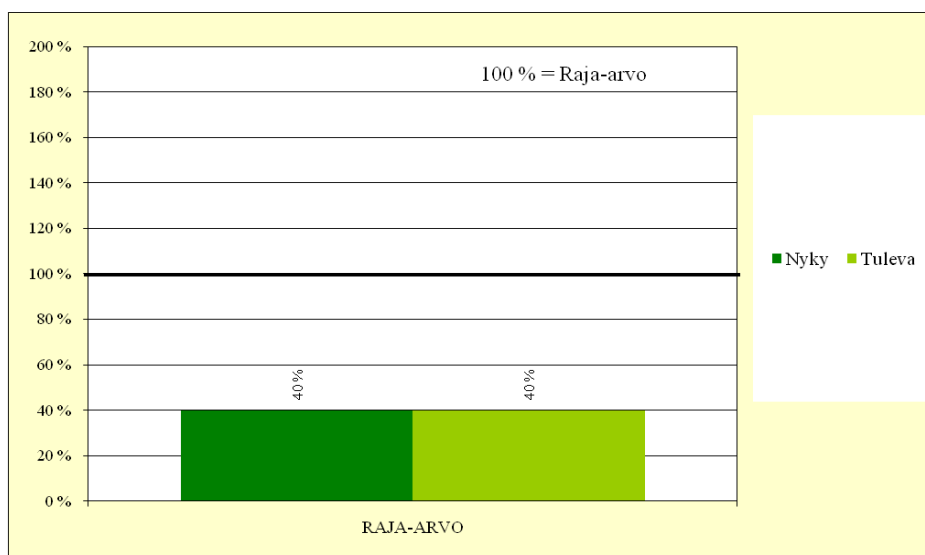
Taulukko 4. Leviämismallilaskelmilla saadut Tampereen keskusareenan kaava-alueen nykytilanteen ja tulevan tilanteen päästöjen aiheuttamat ulkoilman pienhiukkaspitoisuuksien maksimiarvot tutkimusalueella maanpintatasossa.

Pienhiukkaspitoisuus ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Raja- tai ohjearvo	Nykytilanne	Tuleva tilanne
Vuosikeskiarvo	25*, 10**	10	10

(\* kansallinen ja EU raja-arvo)

(\*\* WHO:n ohjearvo)

Leviämislaskelmien tuloksena saadut tutkimusalueen korkeimmat pienhiukkaspitoisuudet muodostuivat Tampereen valtatieen läheisyyteen. Vuosikeskiarvopitoisuus oli tutkimusalueella korkeimmillaan  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  alittaen pienhiukkasille määritetyn vuosiraja-arvon  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Kuvassa G on esitetty pylväin leviämislaskelmien tuloksina saatujen tutkimusalueen suurimpien pienhiukkaspitoisuuksien suhde maassamme voimassa olevaan pienhiukkasten raja-arvoon.



Kuva G. Leviämismallilaskelmilla lasketut tutkimusalueen suurimmat ulkoilman pienhiukkaspitoisuudet nyky ja tulevassa tilanteessa. Laskennassa on huomioitu pienhiukkasten taustapitoisuus, noin  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Suurimmat pitoisuudet muodostuivat Tampereen valtatieen läheisyyteen.

Areenan kattotasojen oleskelualueille ja mahdollisille raittiinilman sisäänottojen kohdille mallinnettiin pienhiukkaspitoisuudet erillispistetarkasteluna. Pienhiukkaspitoisuudet ovat oleskelualueiden ja mahdollisten raittiinilman sisäänottojen kohdilla noin 29 % raja-arvosta. Pitoisuus pienenee korkeuden noustessa vähemmän kuin typpidioksidin tapauksessa, sillä pienhiukkasten taustapitoisuus muodostaa valtaosan havaittavista ilman pienhiukkaspitoisuuksista.

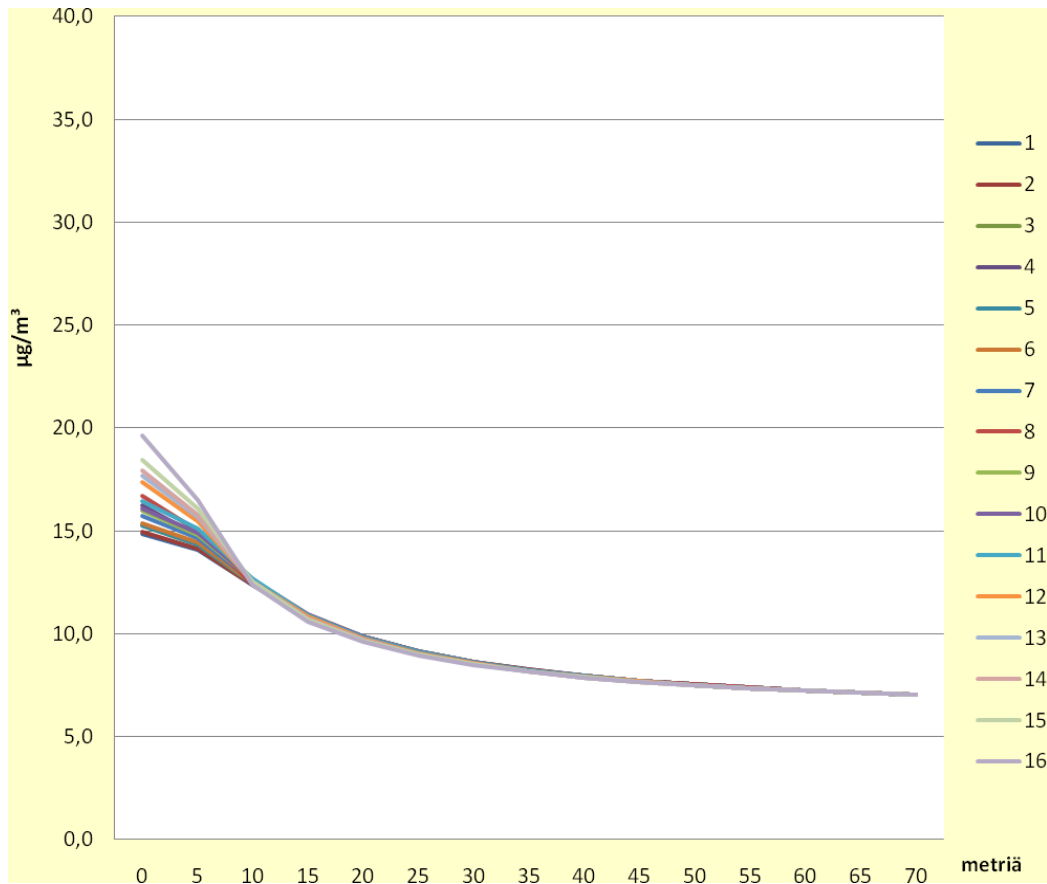
Vuonna 2009 Tampereen linja-autoaseman ilmanlaadun mittausasemalla mitattu pienhiukkasten raja-arvoon verrannollinen vuosikeskiarvopitoisuus oli  $8,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 5.3 Rakennusmassojen erillispistetarkastelu

Tampereen keskusareenan kaava-alueen suunnittelutyön tueksi tutkimusalueelta valittiin kolme tarkastelukohdealuetta nk. rakennusmassoja, joille määritettiin 4–25 erillislaskentapistettä. Näihin erillisiin tarkastelupisteisiin laskettiin tulevan tilanteen liikenteen ja parkkihallien päästöjen sekä nykytilannetta edustavan alueellisen taustapitoisuuden aiheuttamat typenoksidipitoisuudet eri korkeuksille maanpintatasosta vertikaalisesti ylöspäin tarkasteltuna 40–70 metriin saakka.



ylöspäin. Pitoisuudet pienevät huomattavasti, kun korkeus väylästä ylittää 15–20 metriä. Kuvassa F on esitetty typpidioksidin raja-arvoon ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) verrannollisten vuosikeskiarvopitoisuuksien muutos korkeuden suhteen rakennusmassan 1 erillispisteisiin laskettuna. Pitoisuustasoihin vaikuttaa merkittävästi kohteen etäisyys päästölähteistä.



Kuva F. Leviämismallilaskelmilla saadut Tampereen keskusareenan kaava-alueen tulevan tilanteen (vuosi 2020) päästöjen aiheuttamat ulkoilman typpidioksidin korkeimmat vuosikeskiarvot ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) rakennusmassaa 1 edustavissa pisteissä eri korkeuksilla (m) maanpinnan yläpuolella.

## 6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän työn tarkoituksena oli arvioida Tampereen keskusareenan kaava-alueen liikenteen sekä keskusareenan parkkihallien poistohormien kautta vapautuvien päästöjen ilmanlaatuvaikutuksia lähiympäristössä nykytilanteessa sekä tulevassa tilanteessa (vuosi 2020). Tutkimuksessa tarkasteltiin liikenteen suorien päästöjen sekä keskusareenan parkkihallien poistokaasujen aiheuttamia typpidioksidi- ja pienhiukkaspitoisuuksia lähialueen ulkoilmassa maanpintatasolla. Lisäksi selvitettiin typpidioksidi- ja pienhiukkaspitoisuudet mahdollisten raittiin ilman sisäänottoaukkojen kohdilla, kannen päälle

rakennettavien rakennusten kattotason oleskelualueilla sekä tulevien rakennusmassojen julkisivuilla. Laskelmat tehtiin Ilmatieteen laitoksella kehitetyillä ilman epäpuhtauksien leviämistä kaupunkialueella kuvaavilla matemaattis-fysikaalisilla leviämismalleilla, ns. kaupunkimallilla ja viivalähdemallilla.

Leviämislaskelmissa käytetyt liikenteen päästöt toimitti Trafix Oy. Nykytilanteen päästölaskelmat perustuvat Tampereen seudun liikennemallin (Talli-malli) vuoden 2005 liikennemääriin sekä Tampereen kaupungin liikennelaskennan perusteella saatuihin liikennemääriin. Tulevan tilanteen päästöt kuvaavat vuoden 2020 tilannetta liikennemäärien ja päästöjen osalta. Saatuja tuloksia on verrattu maassamme voimassa oleviin terveysvaikutusperusteisiin ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin. Laskennassa on huomioitu myös tutkittujen epäpuhtauksien alueellinen taustapitoisuus.

Liikenteen aiheuttamat pitoisuudet olivat tutkimusalueen maanpintatasolla suurimmillaan Tampereen valtatie läheisyydessä. Korkeimmat typpidioksidin vuosiraja-arvoon verrannolliset pitoisuudet olivat nykytilanteessa noin 75 % raja-arvosta ja tulevassa tilanteessa noin 70 % raja-arvosta. Typpidioksidin lyhytaikaispitoisuudet olivat nykytilanteessa noin 90 % - 95 % typpidioksidin tunti- ja vuorokausiohje-arvoista ja tulevassa tilanteessa noin 80 % tunti- ja vuorokausiohje-arvoista. Pienhiukkasten vuosipitoisuudet olivat tutkimusalueella nyky- ja tulevassa tilanteessa korkeimmillaan noin 40 % pienhiukkasille asetetusta vuosiraja-arvosta. Tulevan tilanteen pitoisuudet ovat nykytilanteen pitoisuuksia pienempiä johtuen ajoneuvokannan päästöjen oletetusta pienenemisestä. Mallinuksessa tulevan tilanteen päästökertoimet eri ajoneuvoille ovat pienemmät kuin nykytilanteen päästökertoimet. Parkkihallien ilmastointipiippujen kautta vapautuvat päästöt aiheuttivat vain hyvin pienen lisän tutkimusalueen typpidioksidin- ja pienhiukkaspitoisuuksiin. Suurimmat epäpuhtauspitoisuudet muodostuivat vilkkaasti liikennöidyille kaduille, risteysalueille sekä niiden välittömään läheisyyteen.

Erillispistetarkasteluna mallinnettiin typpidioksidin- ja pienhiukkaspitoisuudet areenan kattotason oleskelualueilla ja mahdollisilla raittiin ilman sisäänottojen kohdilla. Mallilaskelmien mukaan typpidioksidin pitoisuudet ovat noin 12 % – 22 % raja- ja ohje-arvoista ja pienhiukkaspitoisuudet noin 29 % vuosiraja-arvosta oleskelualueiden ja mahdollisten raittiin ilman sisäänottojen kohdilla. Rakennusmassojen erillispistetarkastelussa tarkastelupisteisiin saadut pitoisuudet ovat korkeuseroista johtuen pääsääntöisesti selvästi pienempiä, kuin koko tutkimusalueen mallilaskelmassa samalle alueelle saadut maanpintapitoisuudet. Erillispisteisiin laskettuihin pitoisuustasoihin vaikuttaa merkittävästi kohteen etäisyys päästölähteistä. Mallilaskelmien tulosten mukaan kaikissa tarkastelukohteissa maanpintatasoon lasketut pitoisuudet alittaisivat typpidioksidille asetetut raja- ja ohje-arvot selvästi.

Leviämismallilaskelmissa käytettyjen liikennemäärä- ja päästötietojen perusteella ilmanlaatu keskusareenan kaava-alueella alittaa ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot. Liikenteen päästöjen aiheuttamat pitoisuudet laskevat kun etäisyys ajoväylästä ja korkeus maanpintatasolta kasvaa. Vilkkaimpien liikenneväylien lähialueelle rakennettavien rakennusten raittiin ilmanotot olisi suositeltavinta sijoittaa mahdollisimman etäälle ajoväylästä ja korkealle maanpintatasolta.

## VIITELUETTELO

*Karppinen, A. 2001.* Meteorological pre-processing and atmospheric dispersion modeling of urban air quality and applications in the Helsinki metropolitan area. Academic dissertation. Finnish Meteorological Institute, Contributions No. 33, Helsinki

*Laurikko, J.K., 1998.* On exhaust from petrol-fuelled passenger cars at low ambient temperatures. VTT julkaisu 348. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Espoo.

*Mäkelä, K., Laurikko, J. & Kanner, H., 2009.* Suomen tieliikenteen päästöt. LIISA 2008 laskentajärjestelmä. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Tutkimusraportti VTT-R-05607-08.

*Pietarila, H., Salmi, T., Saari H. & Pesonen, R., 2001.* Ilmanlaadun alustava arviointi Suomessa. Rikkidioksidi, typen oksidit, PM<sub>10</sub> ja lyijy. The preliminary assessment under the EC air quality directives in Finland. SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> PM<sub>10</sub>, lead. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun tutkimus.

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

*Vnp 480/96.* Valtioneuvoston päätös ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvoista. Annettu 19.6.1996.

*Vna 711/2001.* Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta. Annettu 9.8.2001

*YTV, 2008.* Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2007.

## **LITTEET**

Taulukko I. Leviämismallilaskelmilla saadut Tampereen keskusareenan kaava-alueen tulevan tilanteen päästöjen aiheuttamat ulkoilman typpidioksidin korkeimmat vuosikeskiarvot ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) rakennusmassaa 1 edustavissa pisteissä eri korkeuksilla (m) maanpinnan yläpuolella.

Rakennusmassa 1 tarkastelupiste	korkeus (m) maanpinnasta														
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
1	14.9	14.1	12.4	10.9	9.9	9.1	8.6	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.2	7.1	7.0
2	15.0	14.1	12.4	10.9	9.8	9.1	8.6	8.2	8.0	7.7	7.5	7.4	7.2	7.1	7.0
3	15.3	14.3	12.4	10.9	9.8	9.1	8.6	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.2	7.1	7.0
4	16.2	14.7	12.4	10.8	9.8	9.1	8.6	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.2	7.1	7.0
5	15.3	14.3	12.5	10.9	9.9	9.1	8.6	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.2	7.1	7.0
6	15.4	14.4	12.5	10.9	9.9	9.1	8.6	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.2	7.1	7.0
7	15.7	14.6	12.6	10.9	9.8	9.1	8.6	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.2	7.1	7.0
8	16.7	15.0	12.4	10.8	9.8	9.1	8.6	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.2	7.1	7.0
9	16.0	14.8	12.6	10.9	9.8	9.1	8.6	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.2	7.1	7.0
10	16.1	14.9	12.6	10.9	9.8	9.1	8.6	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.2	7.1	7.0
11	16.4	15.1	12.7	10.9	9.8	9.1	8.6	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.2	7.1	7.0
12	17.4	15.5	12.6	10.8	9.8	9.1	8.6	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.2	7.1	7.0
13	17.7	15.7	12.5	10.7	9.7	9.0	8.5	8.1	7.9	7.7	7.5	7.3	7.2	7.1	7.0
14	17.9	15.8	12.6	10.7	9.7	9.0	8.5	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.2	7.1	7.0
15	18.5	16.1	12.6	10.7	9.7	9.0	8.5	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.2	7.1	7.0
16	19.6	16.5	12.4	10.6	9.6	9.0	8.5	8.1	7.9	7.7	7.5	7.4	7.2	7.1	7.0



Taulukko II. Leviämismallilaskelmilla saadut Tampereen keskusareenan kaava-alueen tulevan tilanteen päästöjen aiheuttamat ulkoilman typpidioksidin korkeimmat vuorokausiohjeeseen verrannolliset pitoisuudet ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) rakennusmassaa 1 edustavissa pisteissä eri korkeuksilla maanpinnan yläpuolella.

Rakennusmassa 1 erillistarkastelupiste	korkeus (m) maanpinnasta														
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
1	44.9	40.1	31.7	25.1	21.0	18.4	16.5	15.5	14.6	14.2	13.9	13.6	13.4	13.2	13.0
2	44.3	40.0	32.0	25.3	21.3	18.6	16.6	15.5	14.6	14.2	13.9	13.6	13.4	13.2	13.0
3	44.1	40.4	32.0	25.2	21.5	18.7	16.8	15.4	14.6	14.3	13.9	13.6	13.3	13.1	13.0
4	44.6	40.7	31.9	25.2	21.6	18.8	16.8	15.4	14.6	14.3	13.9	13.6	13.3	13.1	13.0
5	45.0	40.0	31.2	25.2	21.1	18.5	16.6	15.4	14.6	14.2	13.9	13.7	13.4	13.2	13.0
6	44.7	40.3	31.5	25.2	21.4	18.7	16.8	15.4	14.6	14.2	13.9	13.6	13.4	13.2	13.0
7	44.7	40.7	31.7	25.3	21.6	18.9	16.9	15.4	14.6	14.3	13.9	13.6	13.4	13.2	13.0
8	45.6	41.2	31.6	25.3	21.7	18.9	16.9	15.5	14.6	14.2	13.9	13.6	13.4	13.2	13.0
9	46.1	40.8	30.9	24.7	21.3	18.6	16.7	15.4	14.6	14.2	14.0	13.7	13.4	13.2	13.0
10	46.9	41.2	31.2	25.0	21.6	18.9	16.9	15.5	14.6	14.3	13.9	13.7	13.4	13.2	13.0
11	47.2	41.3	31.2	25.2	21.7	19.0	17.0	15.5	14.6	14.2	13.9	13.6	13.4	13.2	13.0
12	48.0	41.6	31.0	25.3	21.8	19.1	17.0	15.6	14.6	14.2	13.9	13.6	13.4	13.2	13.0
13	47.6	41.3	30.2	24.7	21.4	18.8	16.9	15.5	14.7	14.3	14.0	13.7	13.5	13.2	13.0
14	48.2	41.7	30.6	24.9	21.6	19.0	17.0	15.5	14.6	14.3	14.0	13.7	13.4	13.2	13.0
15	49.4	41.8	31.0	25.0	21.7	19.1	17.1	15.6	14.6	14.3	14.0	13.7	13.4	13.2	13.0
16	51.3	41.9	31.1	25.2	21.8	19.2	17.1	15.6	14.6	14.3	14.0	13.7	13.4	13.2	13.0

Taulukko III. Leviämismallilaskelmilla saadut Tampereen keskusareenan kaava-alueen tulevan tilanteen päästöjen aiheuttamat ulkoilman typpidioksidin korkeimmat vuosikeskiarvot ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) rakennusmassaa 2 edustavissa pisteissä eri korkeuksilla maanpinnan yläpuolella.

Rakennusmassa 2 tarkastelupiste	korkeus (m) maanpinnasta														
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
1	17.7	16.0	12.9	11.0	9.7	9.0	8.5	8.1	7.9	7.7	7.5	7.3	7.2	7.1	7.0
2	17.4	15.8	13.0	11.0	9.8	9.1	8.5	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.2	7.1	7.0
3	17.6	15.9	13.0	11.0	9.8	9.1	8.5	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.2	7.1	7.0
4	18.5	16.5	13.0	11.0	9.8	9.0	8.5	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.2	7.1	7.0
5	18.5	16.4	13.1	11.0	9.8	9.0	8.5	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.2	7.1	7.0
6	16.6	15.3	12.9	11.1	9.9	9.1	8.6	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.2	7.1	7.0
7	16.3	15.1	12.9	11.1	9.9	9.1	8.6	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.2	7.1	7.0
8	16.3	15.2	12.9	11.1	9.9	9.1	8.6	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.2	7.1	7.0
9	16.9	15.4	12.9	11.1	9.9	9.1	8.6	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.2	7.1	7.0
10	17.2	15.6	12.8	11.0	9.9	9.1	8.6	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.3	7.1	7.1
11	16.0	14.9	12.7	11.0	9.9	9.1	8.6	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.2	7.1	7.0
12	15.7	14.7	12.7	11.1	9.9	9.2	8.6	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.2	7.1	7.0
13	15.7	14.7	12.7	11.0	9.9	9.2	8.6	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.3	7.1	7.1
14	16.1	14.9	12.7	11.0	9.9	9.2	8.6	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.3	7.1	7.1
15	16.7	15.1	12.6	10.9	9.9	9.1	8.6	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.3	7.2	7.1
16	15.5	14.5	12.6	11.0	9.9	9.1	8.6	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.3	7.1	7.1
17	15.2	14.3	12.5	11.0	9.9	9.1	8.6	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.3	7.2	7.1
18	15.1	14.3	12.5	11.0	9.9	9.2	8.6	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.3	7.2	7.1
19	15.4	14.4	12.5	10.9	9.9	9.2	8.6	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.3	7.2	7.1
20	16.0	14.6	12.4	10.9	9.9	9.1	8.6	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.3	7.2	7.1
21	15.2	14.3	12.5	10.9	9.9	9.1	8.6	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.3	7.2	7.1
22	14.9	14.1	12.4	10.9	9.9	9.1	8.6	8.2	7.9	7.7	7.5	7.4	7.3	7.2	7.1
23	14.8	14.0	12.4	10.9	9.9	9.2	8.6	8.2	8.0	7.7	7.5	7.4	7.3	7.2	7.1
24	14.9	14.0	12.4	10.9	9.9	9.1	8.6	8.2	8.0	7.7	7.5	7.4	7.3	7.2	7.1
25	15.3	14.3	12.4	10.9	9.9	9.1	8.6	8.2	8.0	7.7	7.5	7.4	7.3	7.2	7.1

Taulukko IV. Leviämismallilaskelmilla saadut Tampereen keskusareenan kaava-alueen tulevan tilanteen päästöjen aiheuttamat ulkoilman typpidioksidin korkeimmat vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) rakennusmassaa 2 edustavissa pisteissä eri korkeuksilla maanpinnan yläpuolella.

Rakennusmassa 2 tarkastelupiste	korkeus (m) maanpinnasta														
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
1	46.7	41.3	31.1	24.7	21.4	18.8	16.9	15.4	14.8	14.3	14.0	13.7	13.5	13.3	13.1
2	46.6	41.3	31.1	24.9	21.5	18.9	17.0	15.5	14.7	14.3	14.0	13.7	13.5	13.3	13.1
3	46.9	41.6	31.1	25.0	21.6	19.0	17.0	15.5	14.7	14.3	14.0	13.7	13.5	13.3	13.1
4	47.1	41.8	31.3	25.3	21.6	19.0	17.1	15.6	14.6	14.3	14.0	13.7	13.5	13.2	13.0
5	47.3	41.4	32.3	25.7	21.8	19.1	17.1	15.6	14.6	14.3	14.0	13.7	13.5	13.2	13.0
6	45.4	41.1	32.2	25.2	21.5	18.9	16.9	15.5	14.8	14.4	14.0	13.8	13.5	13.3	13.1
7	45.1	41.0	31.9	25.1	21.6	18.9	16.9	15.4	14.8	14.3	14.0	13.7	13.5	13.3	13.1
8	45.1	40.9	32.0	25.3	21.6	18.9	17.0	15.5	14.7	14.3	14.0	13.7	13.5	13.3	13.1
9	45.0	40.7	32.1	25.6	21.7	19.0	17.0	15.5	14.7	14.3	14.0	13.7	13.5	13.3	13.1
10	46.4	40.9	32.9	26.1	21.8	19.1	17.1	15.5	14.6	14.3	14.0	13.7	13.5	13.3	13.1
11	44.5	40.7	32.8	25.4	21.5	18.9	16.9	15.6	14.9	14.4	14.0	13.8	13.5	13.3	13.1
12	43.9	40.5	32.6	25.3	21.7	19.0	17.0	15.5	14.8	14.4	14.0	13.8	13.5	13.3	13.1
13	43.8	39.9	32.7	25.6	21.7	19.0	17.0	15.5	14.8	14.4	14.0	13.8	13.5	13.3	13.1
14	44.0	39.7	32.6	26.0	21.8	19.0	17.0	15.5	14.7	14.3	14.0	13.7	13.5	13.3	13.1
15	46.2	40.6	33.2	26.5	21.9	19.1	17.0	15.5	14.7	14.3	14.0	13.7	13.5	13.3	13.1
16	44.4	40.4	33.1	25.7	21.6	18.9	16.9	15.8	14.9	14.5	14.1	13.8	13.6	13.3	13.1
17	43.9	40.1	32.9	25.6	21.6	19.0	16.9	15.7	14.9	14.5	14.1	13.8	13.6	13.3	13.1
18	43.5	39.5	32.9	25.9	21.8	19.0	17.0	15.6	14.9	14.4	14.1	13.8	13.5	13.3	13.1
19	43.4	39.3	32.9	26.3	21.7	19.0	17.0	15.5	14.8	14.4	14.0	13.8	13.5	13.3	13.1
20	45.5	40.3	33.4	26.8	21.8	19.1	17.0	15.5	14.8	14.4	14.0	13.7	13.5	13.3	13.1
21	44.2	39.9	33.1	26.1	21.5	18.9	16.9	15.9	15.0	14.5	14.1	13.8	13.6	13.4	13.2
22	44.0	39.8	33.1	25.8	21.6	18.9	16.9	15.8	15.0	14.5	14.1	13.8	13.6	13.4	13.2
23	43.7	39.7	33.1	26.2	21.7	19.0	17.0	15.7	15.0	14.5	14.1	13.8	13.6	13.3	13.1
24	43.5	39.5	33.1	26.6	21.7	19.0	17.0	15.6	15.0	14.5	14.1	13.8	13.5	13.3	13.1
25	43.9	40.1	33.6	27.0	21.8	19.1	17.0	15.5	14.9	14.4	14.1	13.7	13.5	13.3	13.1

Taulukko V. Leviämismallilaskelmilla saadut Tampereen keskusareenan kaava-alueen tulevan tilanteen päästöjen aiheuttamat ulkoilman typpidioksidin korkeimmat vuosikeskiarvot ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) rakennusmassaa 3 edustavissa pisteissä eri korkeuksilla maanpinnan yläpuolella.

Rakennusmassa 3 tarkastelupiste	korkeus (m) maanpinnasta								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
1	14.9	14.1	12.4	10.9	9.9	9.1	8.6	8.2	7.9
2	14.8	14.0	12.3	10.8	9.8	9.1	8.6	8.3	8.0
3	14.7	14.0	12.3	10.8	9.8	9.1	8.6	8.3	8.0
4	14.7	13.9	12.3	10.8	9.8	9.1	8.6	8.2	7.9

Taulukko VI. Leviämismallilaskelmilla saadut Tampereen keskusareenan kaava-alueen tulevan tilanteen päästöjen aiheuttamat ulkoilman typpidioksidin korkeimmat vuorokausiohjeeseen verrannolliset pitoisuudet ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) rakennusmassaa 3 edustavissa pisteissä eri korkeuksilla maanpinnan yläpuolella.

Rakennusmassa 3 tarkastelupiste	korkeus (m) maanpinnasta								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
1	45.5	40.9	32.3	24.8	20.4	17.8	16.4	15.6	14.8
2	45.3	40.7	32.6	24.9	20.5	17.8	16.5	15.6	14.8
3	44.7	40.2	32.8	25.0	20.5	17.9	16.5	15.6	14.9
4	44.4	39.9	32.7	25.0	20.5	17.9	16.5	15.6	14.9

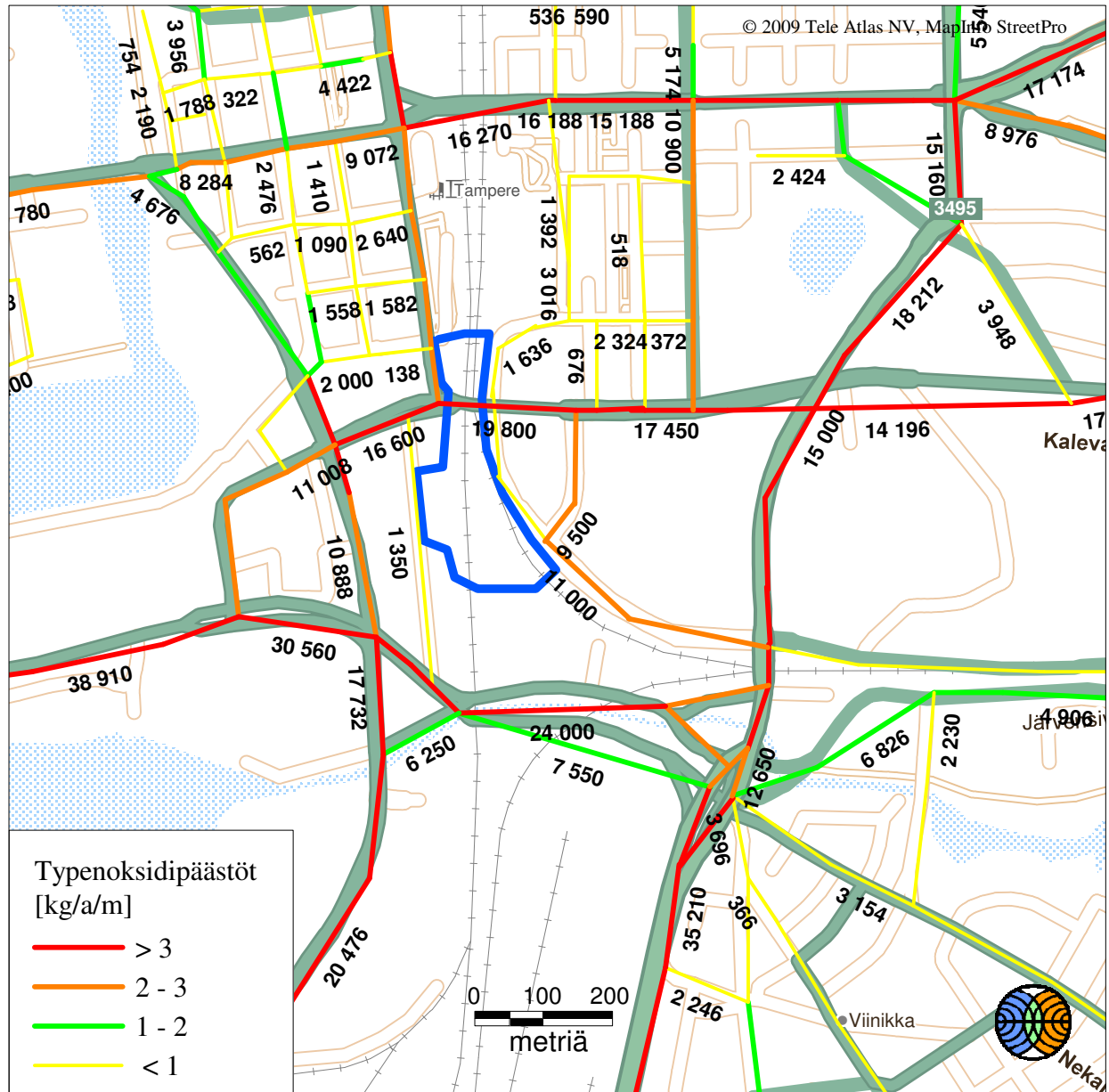
## LIITEKUVAT

Seuraavissa karttakuvissa on esitetty laskentapisteittäisistä keskiarvoista samanarvoviivoin muodostetut korkeimpien pitoisuuksien alueet, joilla tietyn pitoisuuden ylittyminen on pitkän havaintojakson aikana todennäköistä. Laskentapiste, johon muodostui koko tutkimusalueen suurin pitoisuus, on esitetty kuvassa valkoisella tähdellä.

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 suurimmassa osassa tutkimusaluetta pitoisuudet ovat jatkuvasti merkittävästi pienempiä kuin niissä kohteissa, joissa maksimiarvot esiintyvät.

Pitoisuuksien aluejakaumissa esiintyy kohonneiden pitoisuuksien kielekkeitä, joiden sijaintiin vaikuttaa varsinkin tuulen pysyvyys pitkällä tarkastelujaksolla tietyssä ilman-suunnassa. Maanpinnan muodot voivat aiheuttaa aluejakaumiin erillisiä suppeita alueita, joissa pitoisuudet ovat joko korkeampia tai matalampia kuin lähiympäristössään.

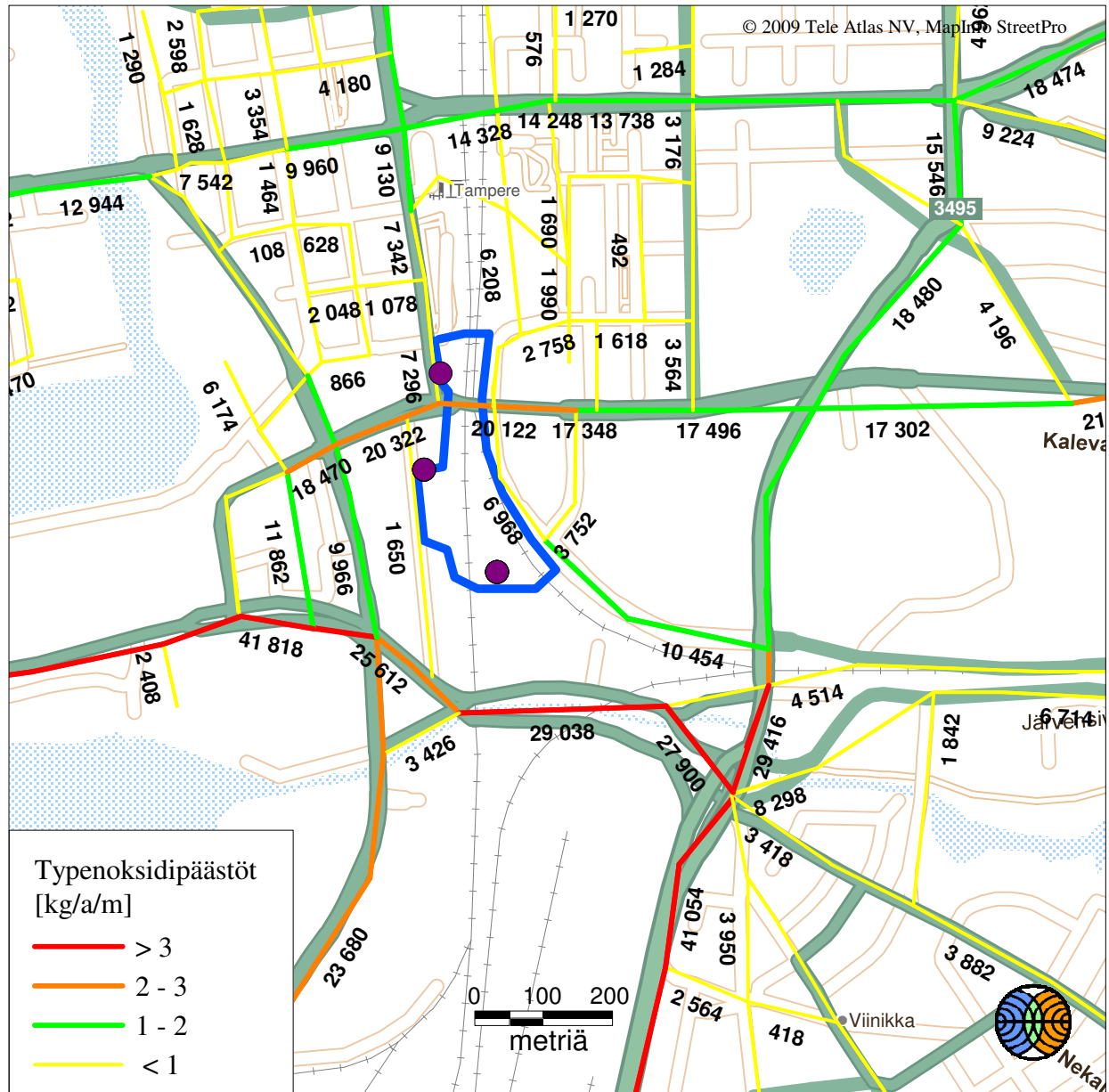
# TAMPEREEN KESKUSAREENA VUOSI 2010



Kuva 1. Liikenteen typenoksidipäästöt (kg/a/m) ja liikennemäärät (KAVL, ajoneuvoa/vrk) nykytilanteessa.



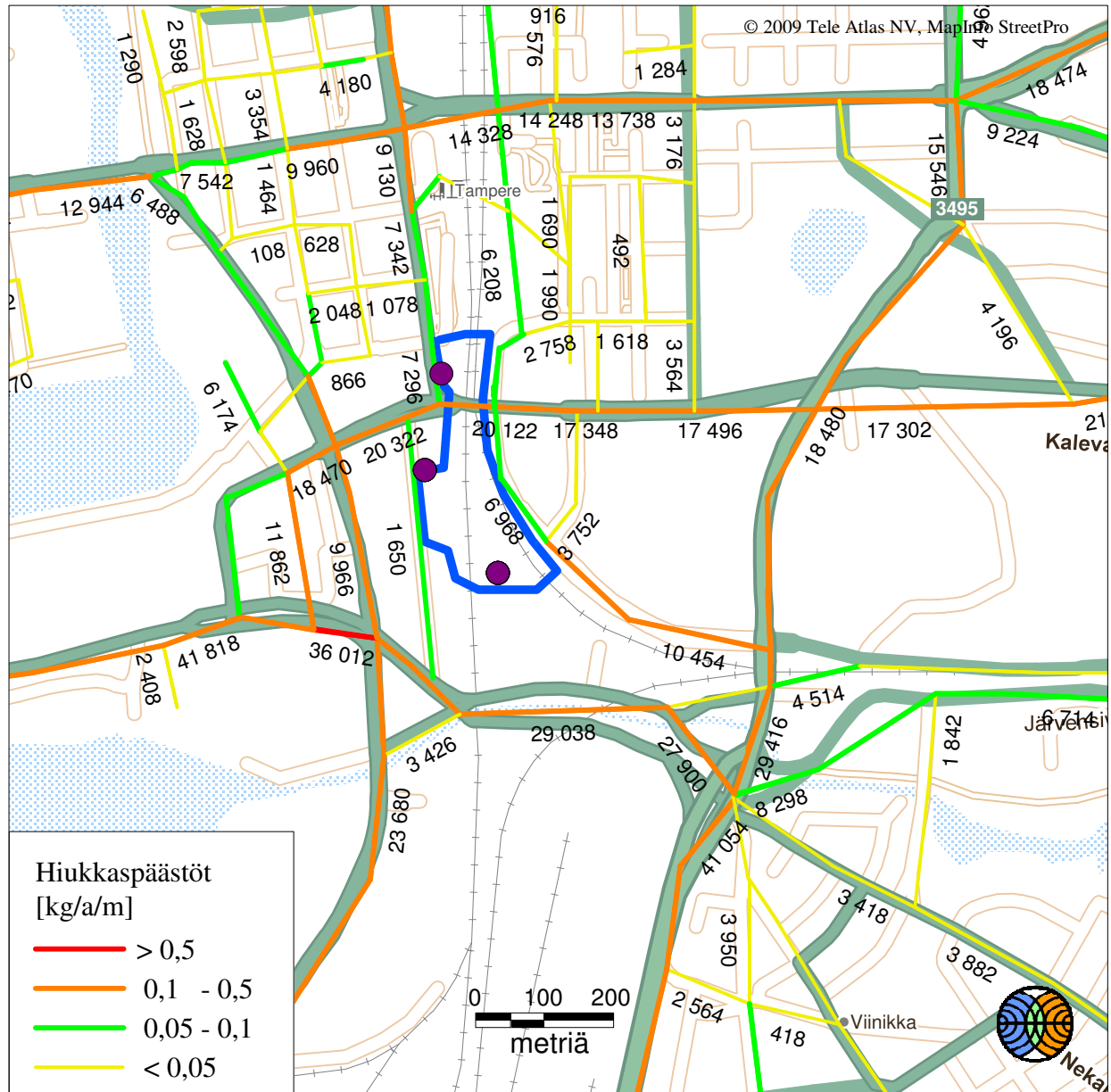
# TAMPEREEN KESKUSAREENA VUOSI 2020



Kuva 3. Liikenteen typenoksidipäästöt (kg/a/m) ja liikennemäärät (KAVL, ajoneuvoa/vrk) tulevassa tilanteessa vuonna 2020).

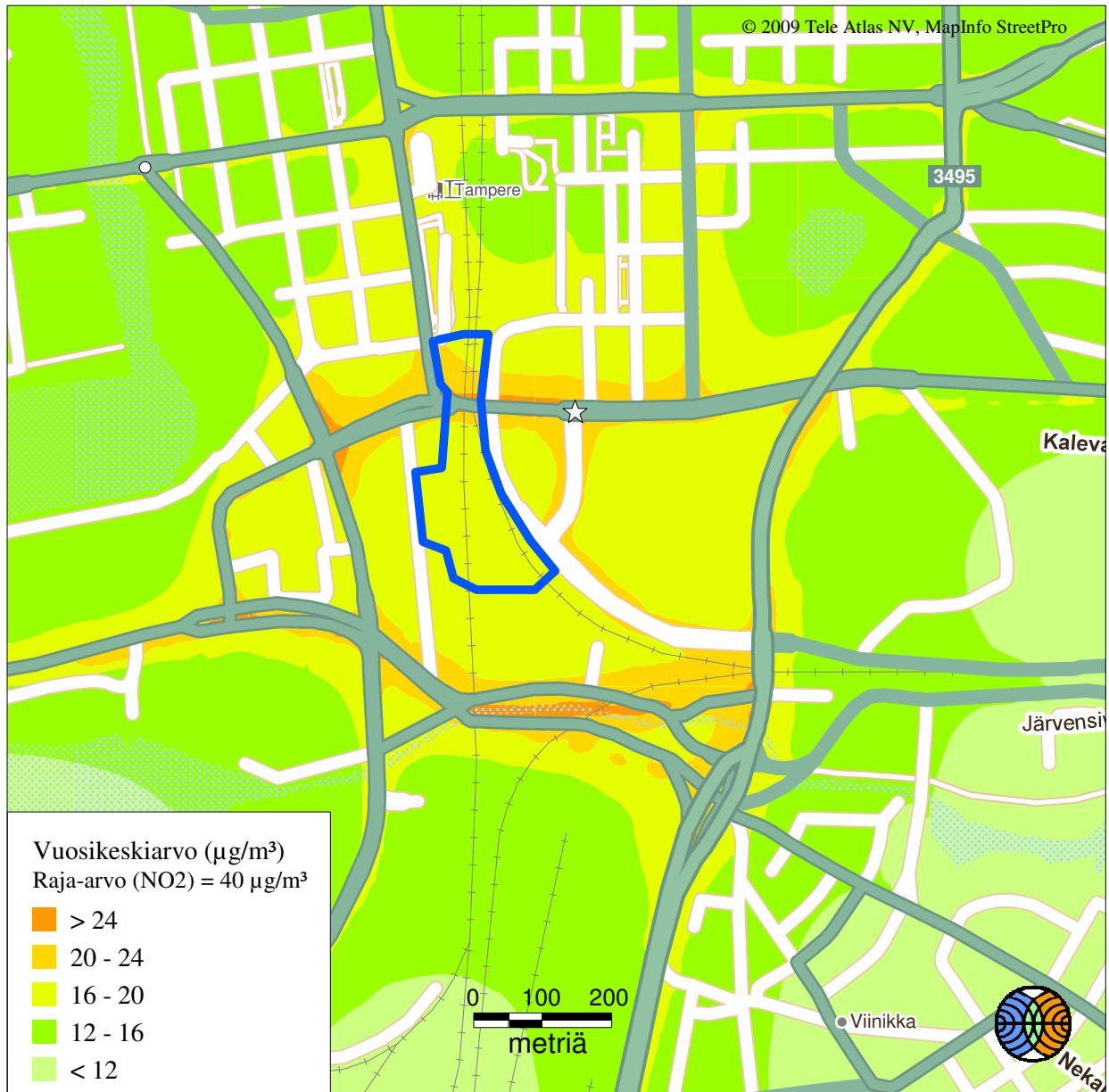


# TAMPEREEN KESKUSAREENA VUOSI 2020



Kuva 4. Liikenteen hiukkaspäästöt (kg/a/m) ja liikennemäärät (KAVL, ajoneuvoa/vrk) tulevassa tilanteessa (vuonna 2020).

# TAMPEREEN KESKUSAREENA VUOSI 2010

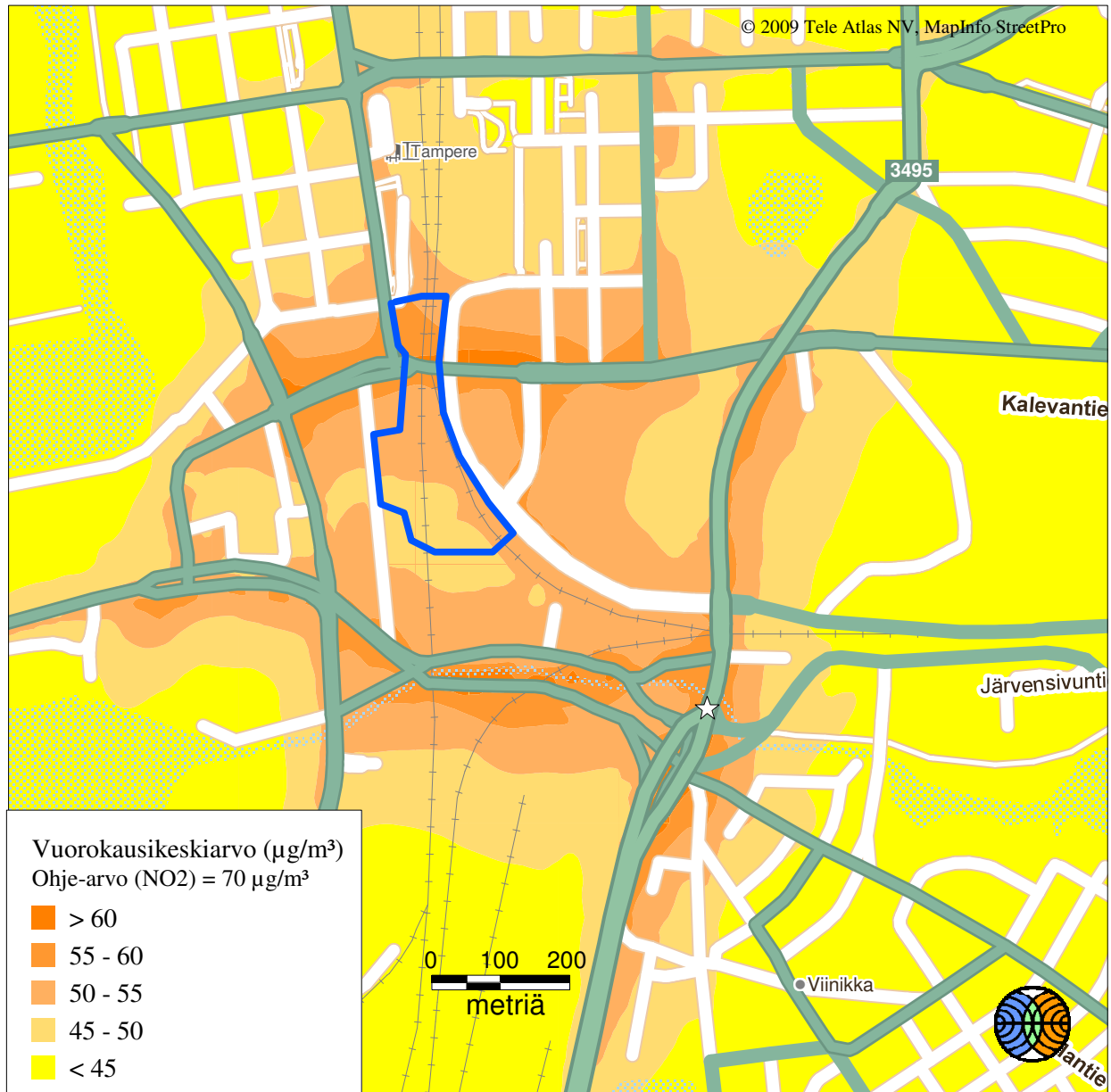


Ilmatieteen laitos 2010

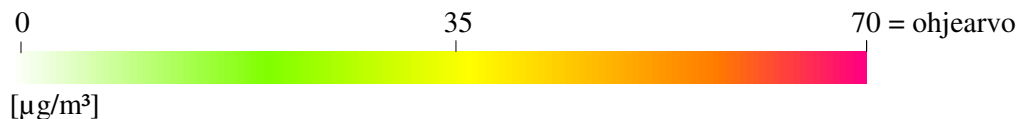


Kuva 5. Typpidioksidin korkein vuosikeskiarvopitoisuus ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) nykytilanteessa.

# TAMPEREEN KESKUSAREENA VUOSI 2010

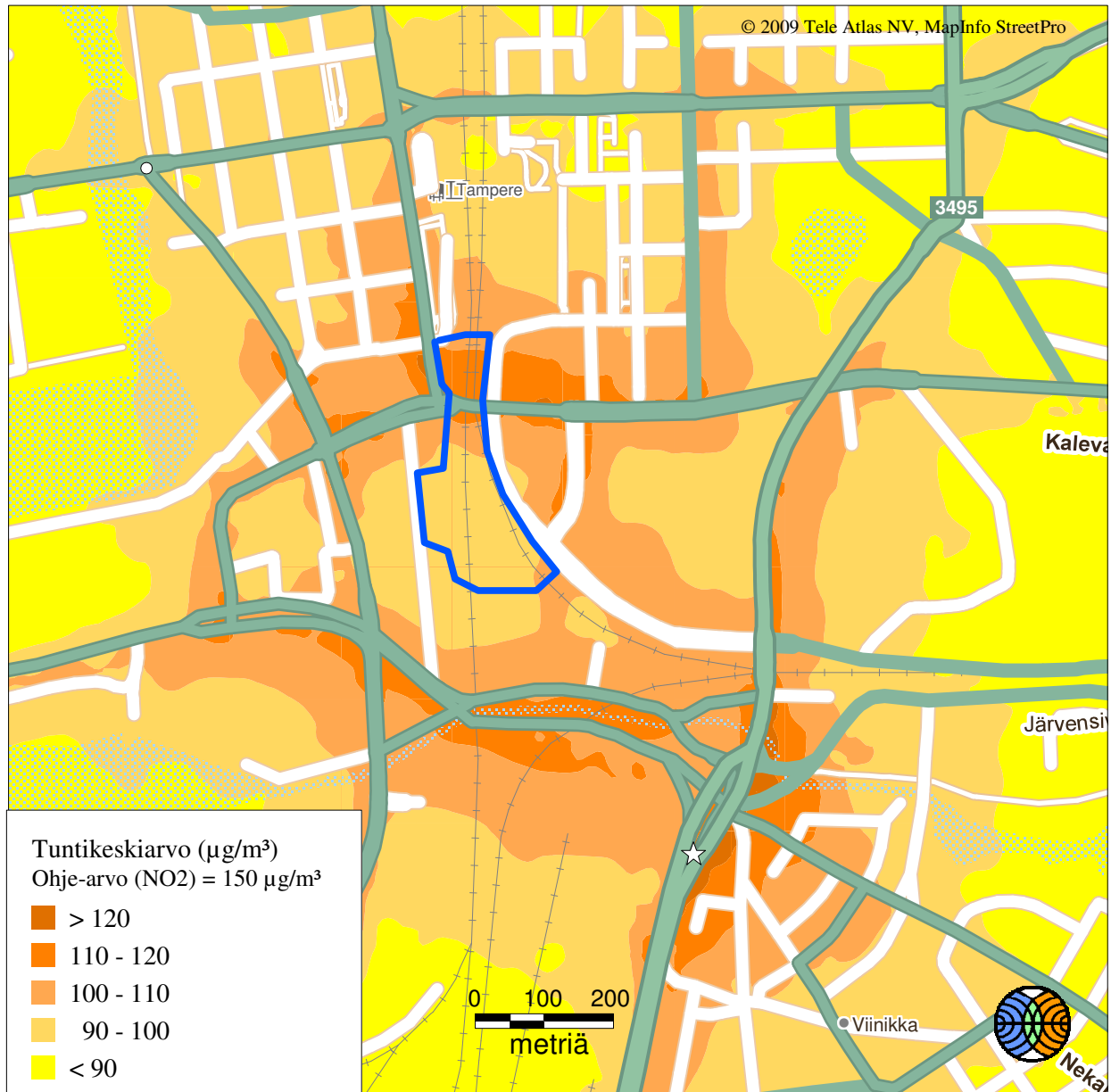


Ilmatieteen laitos 2010

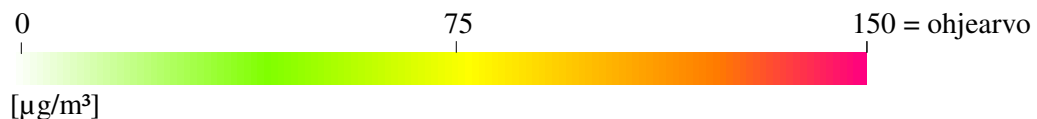


Kuva 6. Typpidioksidin korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) nykytilanteessa.

# TAMPEREEN KESKUSAREENA VUOSI 2010

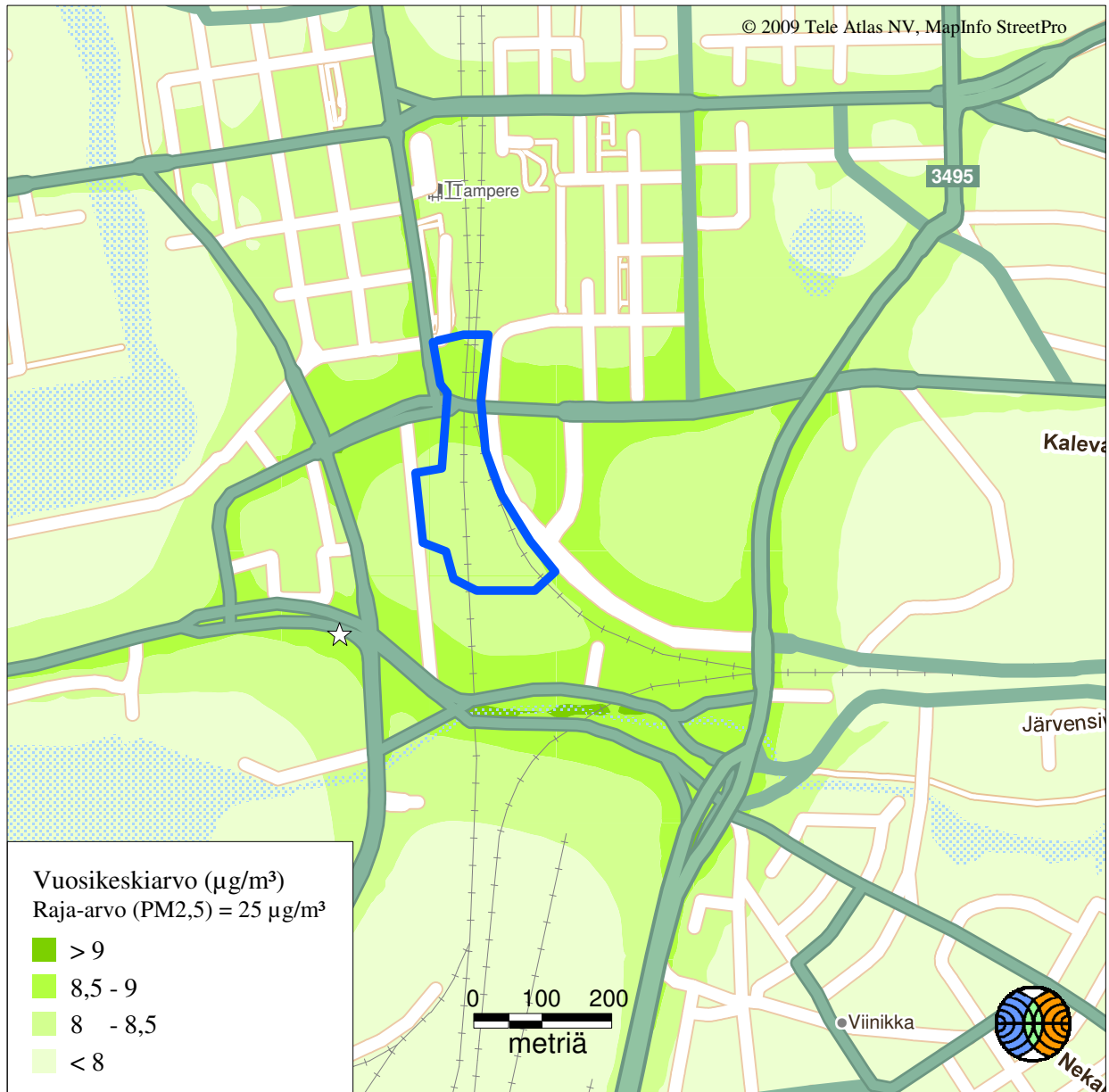


Ilmatieteen laitos 2010

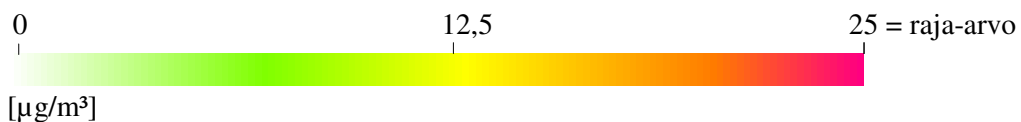


Kuva 7. Typpidioksidin korkein tuntiohjarvoon verrannolinen pitoisuus ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) nykytilanteessa.

# TAMPEREEN KESKUSAREENA VUOSI 2010

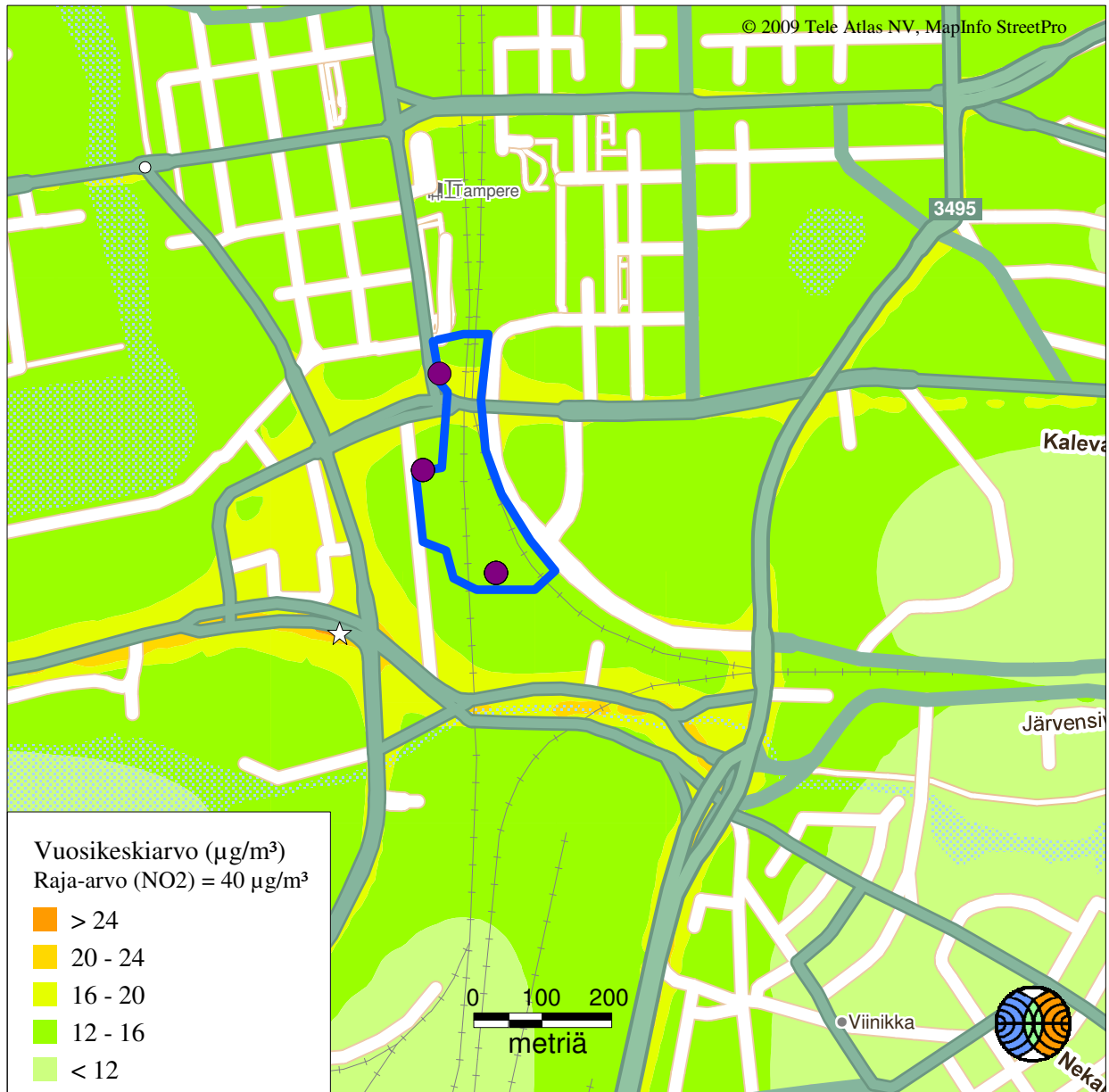


Ilmatieteen laitos 2010



Kuva 8. Pienhiukkasten korkein vuosikeskiarvopitoisuus ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) nykytilanteessa.

# TAMPEREEN KESKUSAREENA VUOSI 2020

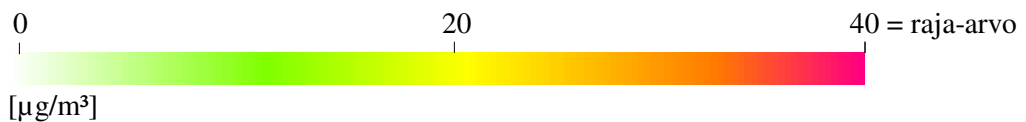


Ilmatieteen laitos 2010

● = pysäköintihallien  
poistoilmapiiput

☆ = maksimi = 27  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

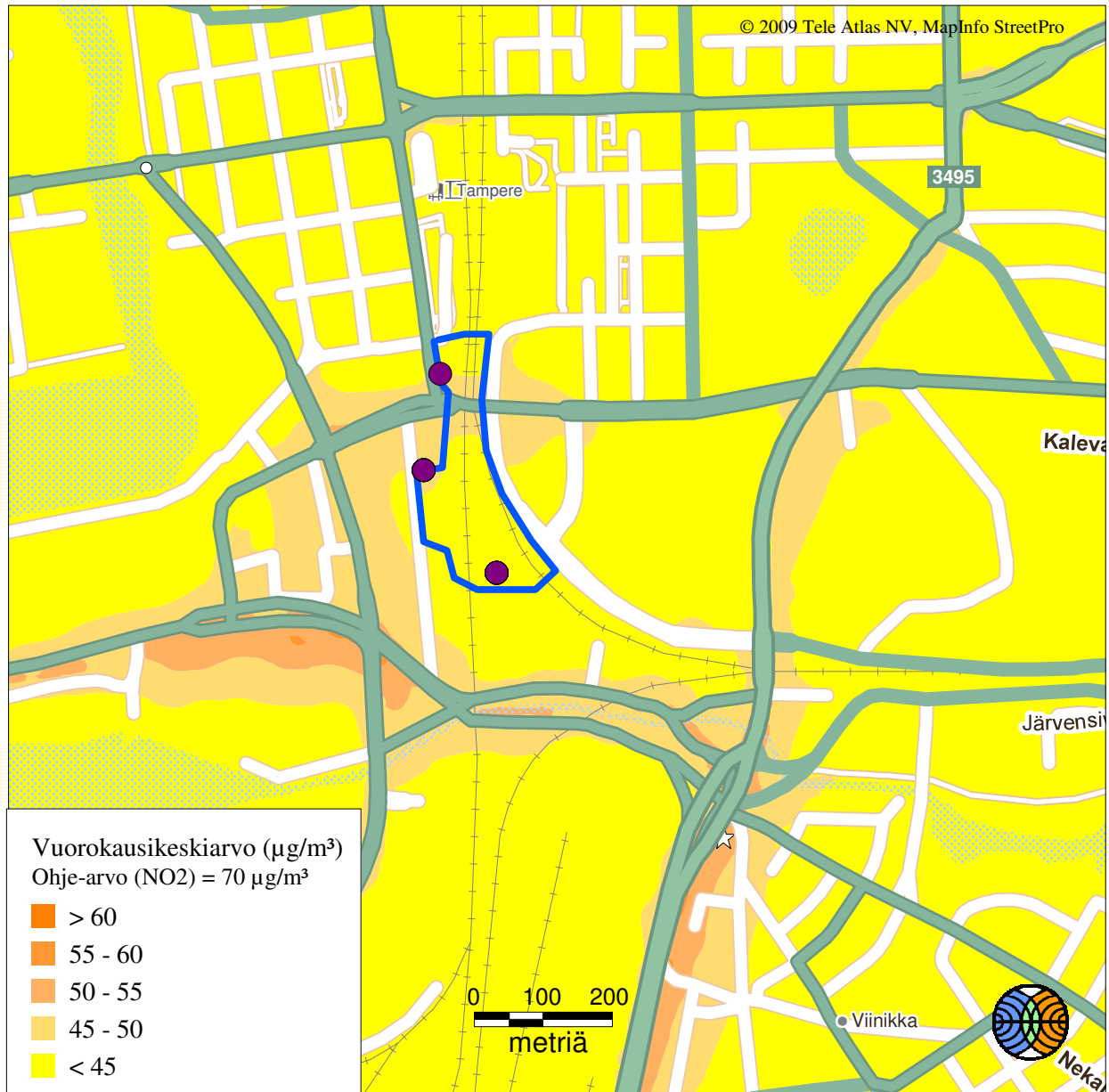
— = arena



Kuva 9. Typpidioksidin korkein vuosikeskiarvopitoisuus ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) tulevassa tilanteessa (vuonna 2020).



# TAMPEREEN KESKUSAREENA VUOSI 2020

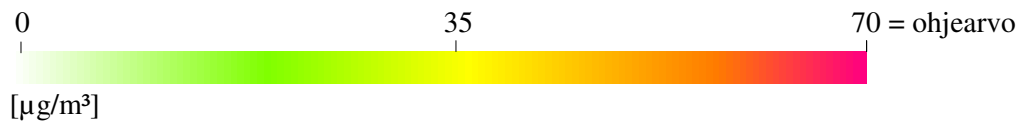


Ilmatieteen laitos 2010

● = pysäköintihallien  
poistoilmapiiput

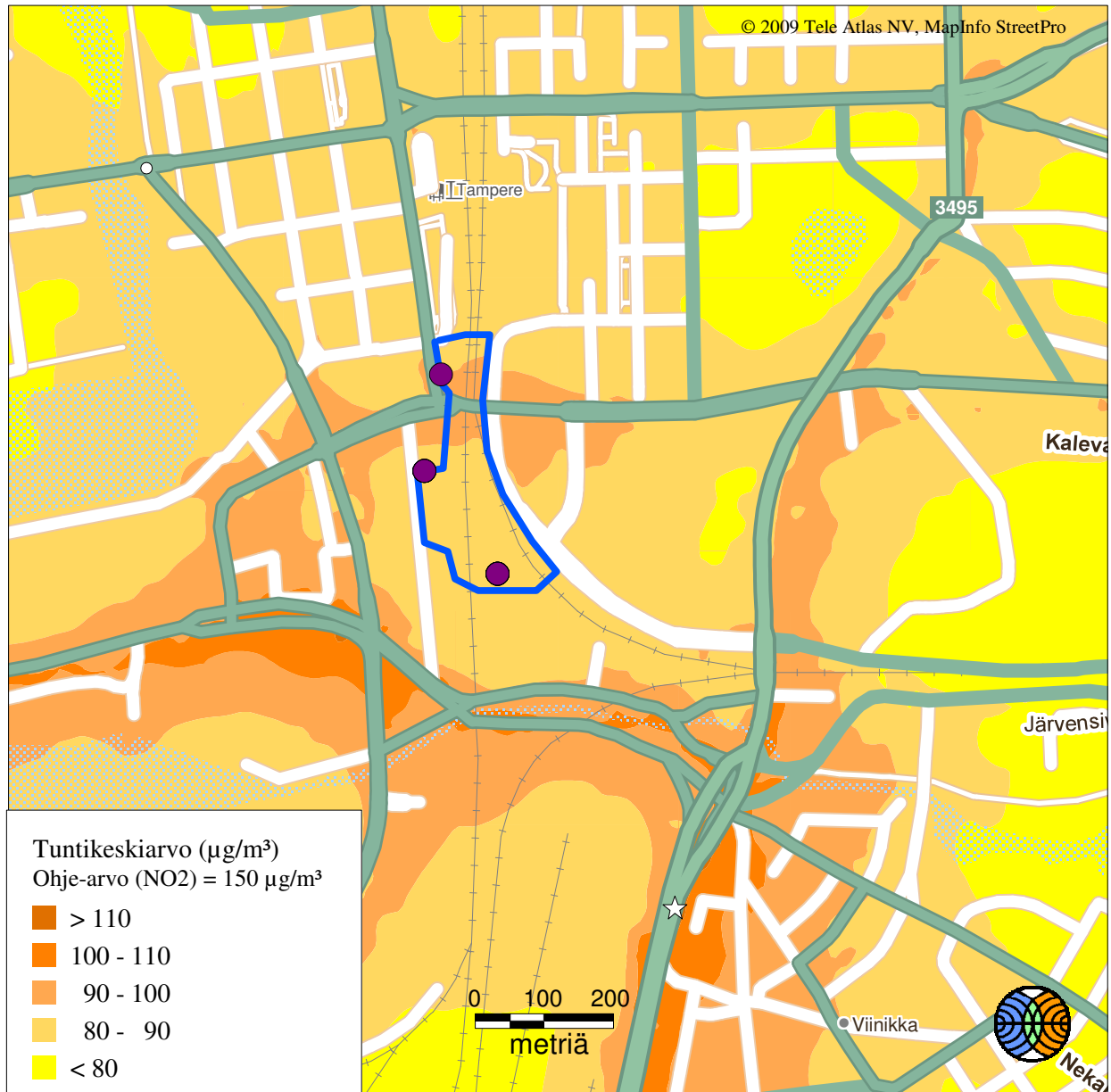
☆ = maksimi = 58  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

— = areena



Kuva 10. Typpidioksidin korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) tulevassa tilanteessa (vuonna 2020).

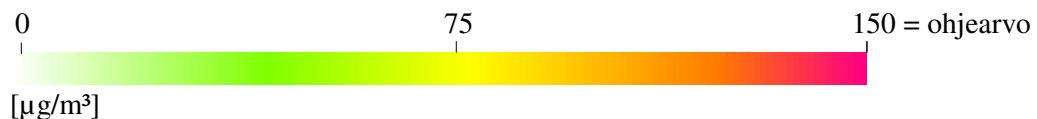
# TAMPEREEN KESKUSAREENA VUOSI 2020



Ilmatieteen laitos 2010

● = pysäköintihallien  
poistoilmapiiput

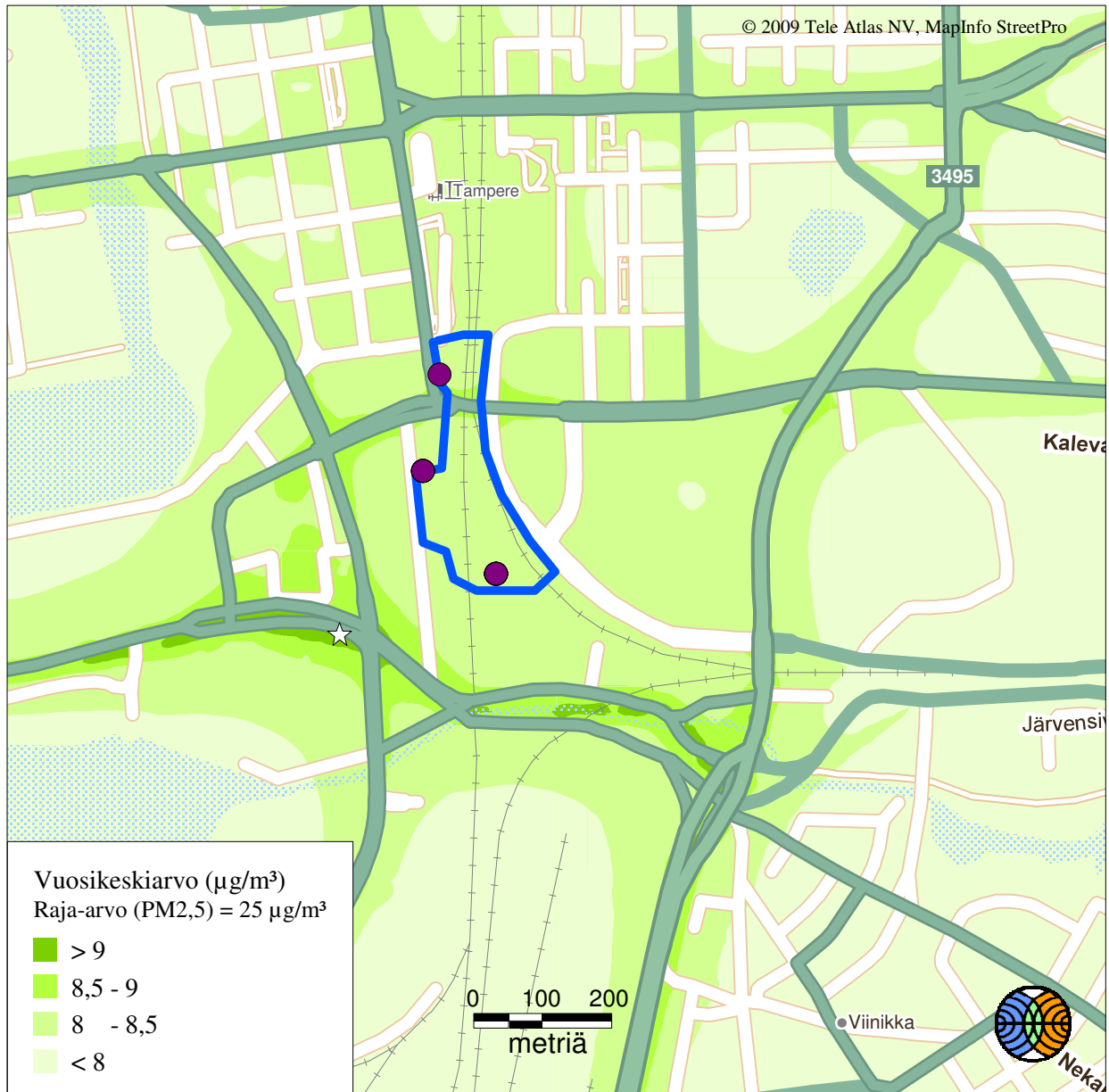
☆ = maksimi =  $119 \mu\text{g}/\text{m}^3$   
— = areena



Kuva 11. Typpidioksidin korkein tuntiohjearvoon verrannollinen pitoisuus ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) tulevassa tilanteessa (vuonna 2020).



# TAMPEREEN KESKUSAREENA VUOSI 2020

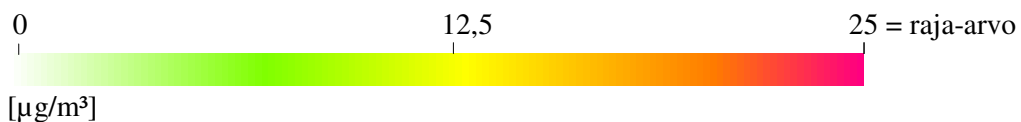


Ilmatieteen laitos 2010

● = pysäköintihallien  
poistoilmapiiput

☆ = maksimi = 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

— = arena



Kuva 12. Pienhiukkasten korkein vuosikeskiarvopitoisuus ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) tulevassa tilanteessa (vuonna 2020).

Ilmanlaadun asiantuntijapalvelut

PL 503

00101 HELSINKI

puh. (09) 19291

[ilmanlaatupalvelut@fmi.fi](mailto:ilmanlaatupalvelut@fmi.fi)

Air quality expert services

P.O.Box 503

FIN-000101 HELSINKI

tel. +358 9 19291

[airquality.services@fmi.fi](mailto:airquality.services@fmi.fi)

[www.fmi.fi](http://www.fmi.fi)



ILMATIETEEN LAITOS  
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE