



ILMANLAATUSELVITYS

**Autoliikenteen päästöjen vaikutus alueen
ilmanlaatuun Peltolammi-Lakalaiva-
suunnittelualueella Tampereella**

Donna ID 5 679 380



ILMANLAATUSELVITYS

**Autoliikenteen päästöjen vaikutus alueen ilmanlaatuun
Peltolammi–Lakalaiva-suunnittelualueella
Tampereella**

Donna ID 5 679 380

**Timo Rasila
Jenni Latikka
Katja Lovén**

**Ilmatieteen laitos – Asiantuntijapalvelut
Ilmanlaatu ja energia
Helsinki 18.6.2021**

SISÄLLYSLUETTELO

OSA I	5
1 JOHDANTO	5
2 LEVIÄMISMALLILASKELMIEN LÄHTÖTIEDOT	6
2.1 Tarkastelukohteen sijainti	6
2.2 Liikennemäärät ja päästölaskenta	8
2.3 Mallilaskelmissa käytetty meteorologia	12
3 LEVIÄMISMALLILASKELMIEN TULOKSET	13
3.1 Typpidioksidipitoisuudet (NO ₂)	13
3.2 Pienhiukkaspitoisuudet (PM _{2,5})	17
3.3 Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet (PM ₁₀)	21
4 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	27
OSA II	30
5 TAUSTATIETOA ILMANLAADUSTA.....	30
5.1 Ilmanlaatuun vaikuttavat tekijät	30
5.2 Typpidioksidi	30
5.3 Hiukkaset	31
5.4 Ilman epäpuhtauksien terveysvaikutukset.....	33
6 ULKOILMANLAADUN RAJA- JA OHJEARVOT	33
7 LEVIÄMISMALLILASKELMIEN YLEISKUVAUS	35
7.1 Pitoisuuslaskenta päästöjen leviämismalleilla.....	35
7.2 Liikenteen päästöjen leviämismalli (CAR-FMI).....	37
7.3 Liikenteen suspensiopäästömalli katupölyn mallintamiseen	37
7.4 Liikenteen päästölaskenta	37
VIITELUETTELO	40

OSA I

1 JOHDANTO

Ilmanlaatuselvityksessä arvioitiin leviämismallilaskelmin autoliikenteen päästöjen vaikutusta ilmanlaatuun WSP Finland Oy Peltolammi–Lakalaiva-suunnittelualueella Tampereella Lempääläntien uuden ja väliaikaisen linjauksen välisellä alueella. Suunnittelualueelle on tarkoitus toteuttaa hyvinvointikeskus, johon sisältyy koulu, päiväkotia, ikäihmisten päivätoimintaa, kirjasto, nuoriso- ja liikuntatila, neuvola ja hammashoitola. Kohdealueelle on suunniteltu rakennettavaksi hyvinvointikeskuksen lisäksi myös kaupallisia palveluita ja asuinkortteleita. Tutkimuksessa arvioitiin rakennuskohteen lähialueen liikenteen päästöjen aiheuttamaa ilmanlaatuvaikutusta hengityskorkeudelle lähiympäristöön ja kolmeen erillistarkastelupisteeseen suunnittelualueelle korkeustasoille +125 – +161 mmpy (mmpy = korkeus merenpinnasta). Leviämismallilaskelmin arvioitiin täyttävätkö alueen uudet suunnitelmat ilmanlaadulle asetetut ohje- ja raja-arvot. Ilmanlaatuselvitys tehtiin alueen kaavamuutosuunnitelman tueksi.

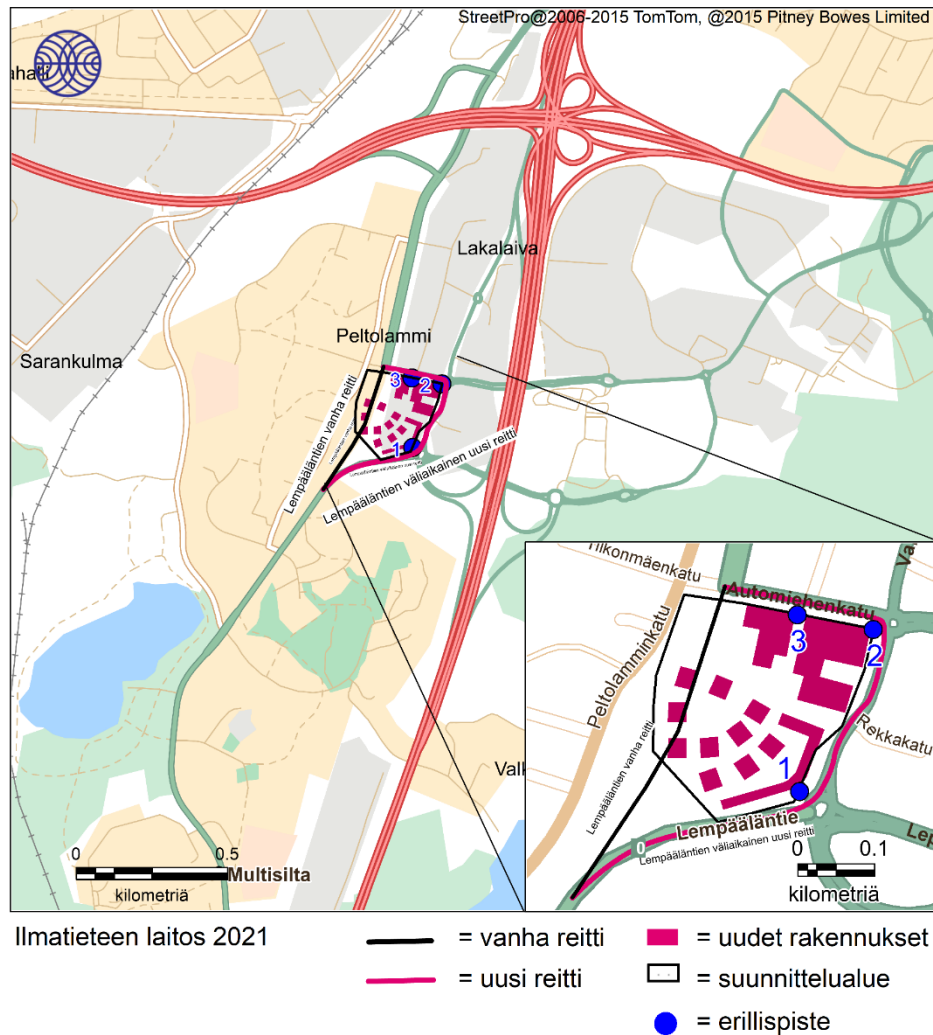
Tutkimuksessa tarkasteltiin liikenteen päästöjen aiheuttamia ulkoilman typpidioksidin (NO_2) ja pienhiukkasten ($\text{PM}_{2,5}$) sekä katupölystä aiheutuvien hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) pitoisuuksia. Liikenteen päästöjen leviämismallilaskelmissa käytettiin lähtötietoina autoliikenteen nykytilannetta edustavia nopeusriippuvaisia ajoneuvotyyppi- ja EURO-luokkakohtaisia päästökertoimia sekä vuotta 2040 edustavia lähialueen liikennemäärätietoja. Mallilaskelmissa päädyttiin käyttämään Lempääläntien uuden väliaikaisen reitin linjauksena suunnittelualueen edestä Automiehenkadun kautta kulkevaa linjausta, jossa liikenteen päästövaikutus ilmanlaatuun olisi suunnittelualueen rakennushankkeiden kannalta suurin. Päästöjen ilmanlaatuvaikutusten arviointi tehtiin käyttämällä Ilmatieteen laitoksella kehitettyjä malleja; katupölypäästölaskentamallia FORE sekä liikenteen päästöjen leviämismallia CAR-FMI.

Ilmanlaatuselvityksen tilasi WSP Finland Oy (jäljempänä WSP). Suunnittelualueen lähiliikenteen päästöjen leviämislaskelmat perustuivat Insinööritoimisto Ramboll Finland Oy:ltä saatuihin tietoihin vuoden 2040 liikennemäärästä. Suunnittelualueetta ympäröivältä laajemmalla alueella käytettiin liikenteen päästölaskelmiin Tampereen kaupungin Oskari-karttapalvelusta saatuja tietoja ennustetusta vuoden 2040 autoliikenteestä. Päästöjen leviämismallilaskelmat tehtiin Ilmatieteen laitoksen Asiantuntijapalvelut -yksikössä.

2 LEVIÄMISMALLILASKELMIEN LÄHTÖTIEDOT

2.1 Tarkastelukohteen sijainti

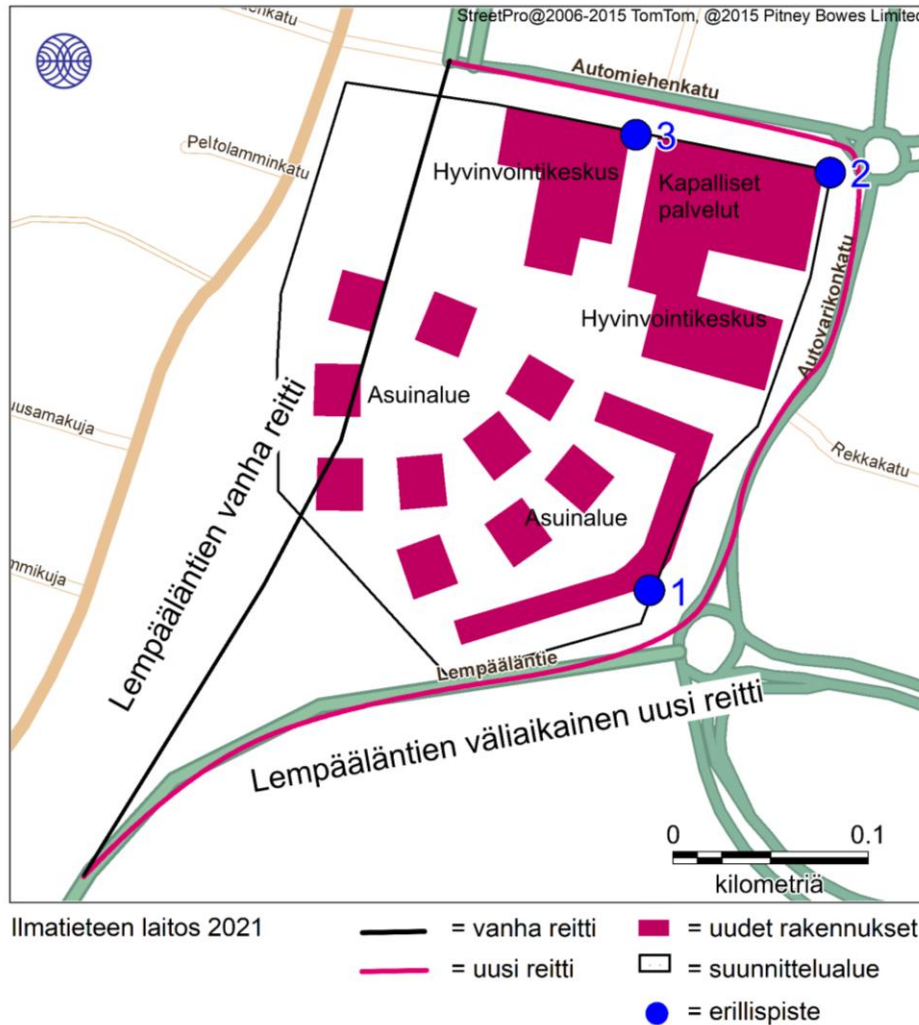
Ilmanlaatuselvityksessä tarkasteltiin Peltoniemi–Lakalaiva-suunnittelualueen lähiympäristön autoliikenteen pakokaasu- ja katupölypäästöjen ilmanlaatuvaikutuksia. Kuvassa 1 on esitetty suunnittelualueen ja erillispisteiden sijainnit sekä uuden väliaikaisen ja vanhan Lempääläntien tielinjaukset Tampereella karttapohjalla.



Kuva 1. WSP:n Peltoniemi–Lakalaiva-suunnittelualueen ja erillistarkastelupisteiden sijainnit sekä uuden väliaikaisen että vanhan Lempääläntien tielinjaukset Tampereella karttapohjalla.

Suunnittelualue sijaitsee Peltolammin kaupunginosassa Tampereella. Viikkaimmin liikennöidyt (KVL yli 50 000) lähialueen tiet ja kadut (valtatie 3 idässä ja Pyhäjärventie pohjoisessa) sijaitsevat alueen lähituntumassa. Pyhäjärventie sijaitsee alle 1 km etäisyydellä pohjoisessa ja valtatie 3 noin 200 m etäisyydellä itään alueelta.

Mallilaskelmin tarkasteltiin lähiliikenteen päästöjen aiheuttamia typpidioksidin, pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia tutkimusalueella hengityskorkeudella (2 metriä maanpinnasta) ja kolmessa erillistarkastelupisteessä, jotka sijaitsivat suunnittelualueen itä- ja pohjoisosissa aluetta ympäröivien kiertoliittymien tai teiden risteysten lähituntumassa. Pitoisuudet laskettiin erillistarkastelupisteisiin korkeussuunnassa 3 metrin välein +125 – +161 mmpy välille merenpintatasosta. Suunnittelualueen maanpinnan korkeus on noin +125 mmpy. Kuvassa 2 on esitetty karttapohjalla laskelmissa tarkasteltujen kolmen erillistarkastelupisteen sijaintikohdat, rakennettavaksi suunniteltujen uusien rakennusten sijainnit sekä Lempääläntien vanhan ja uuden väliaikaisen tielinjauksen reitit.

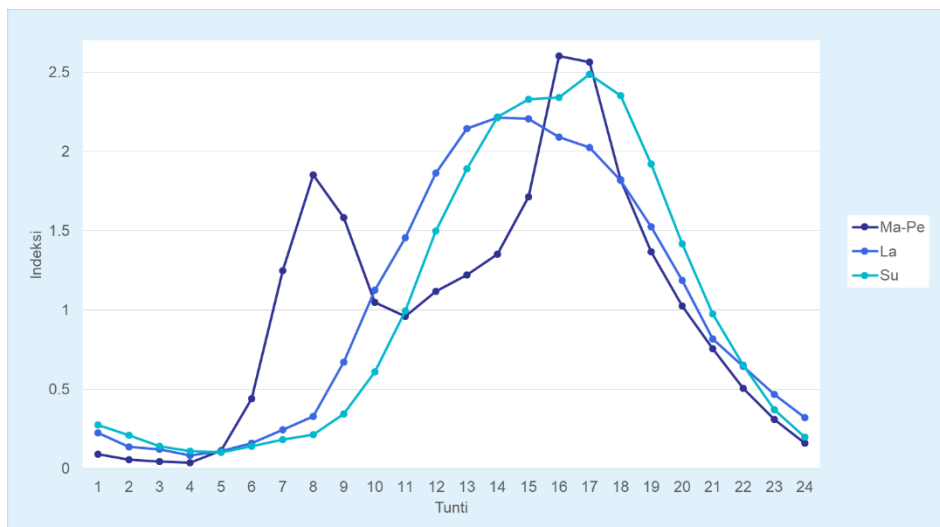


Kuva 2. WSP:n Peltoniemi–Lakalaiva-suunnittelualueen laskelmissa tarkasteltujen kolmen erillistarkastelupisteen sijaintikohdat, rakennettavaksi suunniteltujen uusien rakennusten sijainnit sekä Lempääläntien vanhan ja uuden väliaikaisen tielinjauksen reitit karttapohjalla.

2.2 Liikennemäärät ja päästölaskenta

Mallilaskelmin tarkasteltiin autoliikenteelle ennustettua vuoden 2040 päästötilannetta. Suunnittelualueen lähiliikenteen päästöjen laskelmat perustuivat Insinööritoimisto Ramboll Finland Oy:n toimittamiin liikennemäärätietoihin lähiliikenteestä noin 2 km × 2 km alueelta. Suunnittelualuetta ympäröivältä laajemmalla alueelta (noin 5 km × 5 km) käytettiin liikenteen päästölaskelmiin Tampereen kaupungin Oskari -karttapalvelun tietoja. Liikenteen päästöt mallinnettiin tiekohtaisina viivalähteinä. Liikenneväylää kuvattiin laskelmissa peräkkäisinä lyhyinä viivoina, joista jokaisesta vapautuu ympäristöönsä erikseen laskettavan suuruinen päästö. Tieverkon liikenteen päästöt laskettiin Ilmatieteen laitoksella keskimääräisten ennustettujen vuorokausiliikennemäärien (KVL) ajonopeuksien, raskaan liikenteen sekä eri euroluokkien ajosuoriteosuuksien ja liikenteen tuntikohtaisen vaihtelun perusteella.

Lähiympäristön autoliikenteen päästöjen tunneittaisena ja viikottaisena aikavaihteluna käytettiin Väylaviraston ylläpitämän automaattisen mittausjärjestelmän (LAM-pisteet) Tampereen Sarankulman mittauspisteestä saatuja tietoja (kuva 3). Kuvissa 4, 5 ja 6 on esitetty laskelmissa käytetyt vuodelle 2040 ennustetut vuoden keskimääräiset vuorokausiliikennemäärät (KVL) ja liikenneväyläkohtaisesti lasketut pakokaasuperäiset typenoksidien (NO_x), pienhiukkasten (PM_{2,5}) ja hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) päästöt (kg/m/vuosi) tutkimusalueella. Suunnittelukohteen lähialueen liikennemääristä valtatie 3:lla ja Pyhäjärventiellä liikkuvan raskaan liikenteen (linja-autot, kuorma-autot ja rekat) osuudet olivat noin 6–8 % liikennevirran kokonaismääristä.

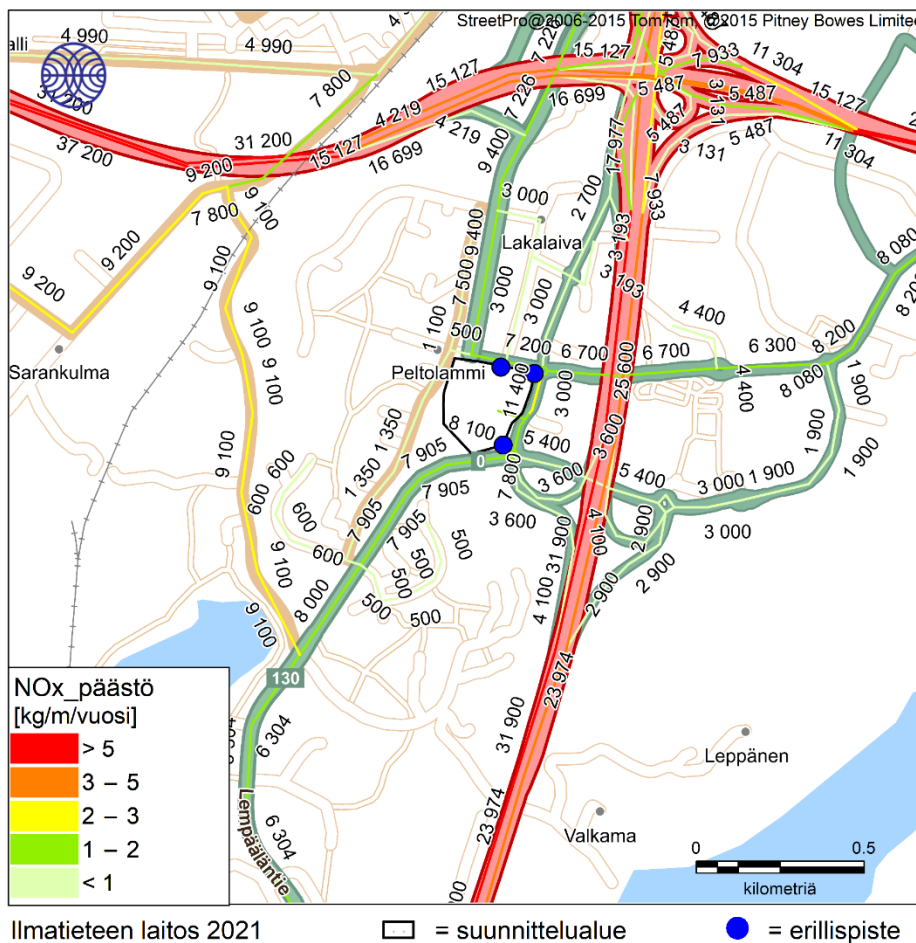


Kuva 3. Lähiliikenteen tunneittaista ja viikoittaista vaihtelua kuvaavat aikavaihteluindeksit tutkimusalueella, joka perustuu Tampereen Sarankulman LAM- mittauspisteeseen aineistoihin

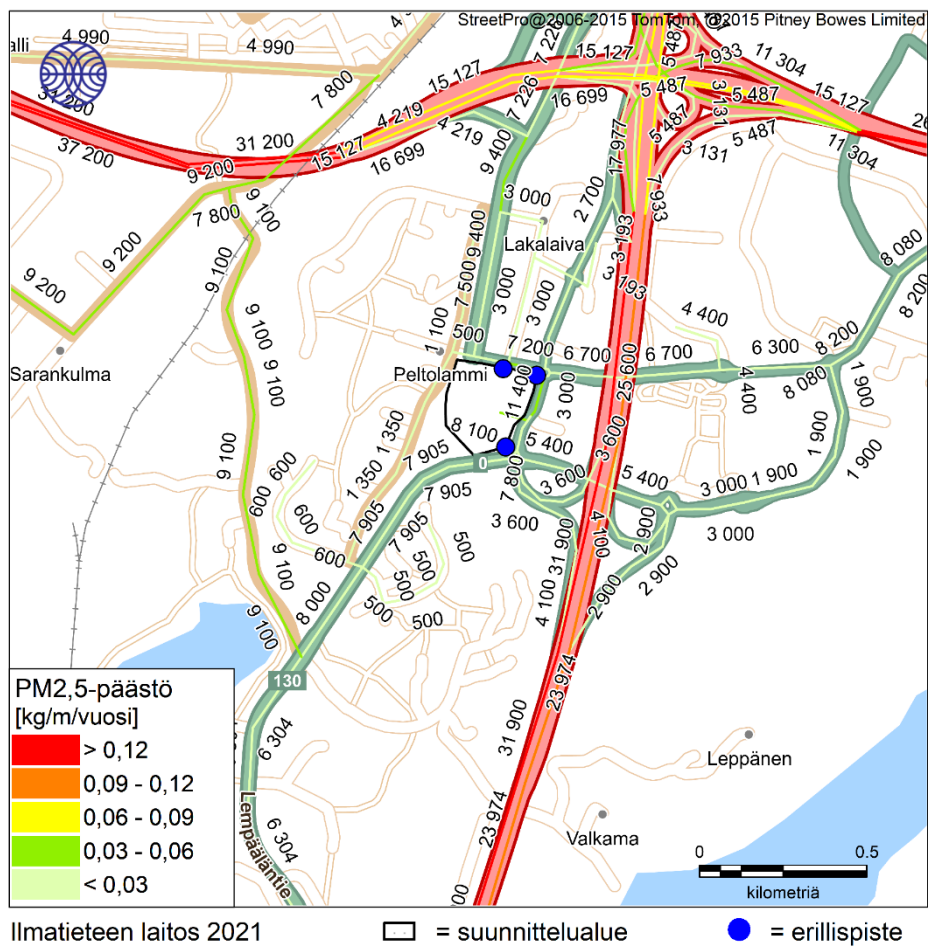
Lähiympäristön autoliikenteen pakokaasupäästöjen leviämislaskelmat tehtiin käyttäen Euroopan ympäristöviraston (*European Environmental Agency, EEA*) määrittämiä nopeudesta ja ajoneuvojen päästöluokista (EURO-luokitus) riippuvia ajoneuvotyyppi-kohtaisia päästökertoimia (*EEA, 2017*). Päästökertoimissa huomioitiin Suomessa vuonna 2018 käytössä olevien ajoneuvojen EURO-luokittaiset ajosuoriteosuudet VTT:n julkaiseman liikenteen päästöjen laskentajärjestelmän mukaisesti (*VTT, 2019*). EURO-luokittelussa eritellään päästöluokittain ajoneuvoilla vuodessa ajettun matkan määrä (ns.

suorite). Autoliikenteen pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten päästöt sisältävät autojen pakokaasuista peräisin olevat sekä katupölystä peräisin olevat hiukkaset.

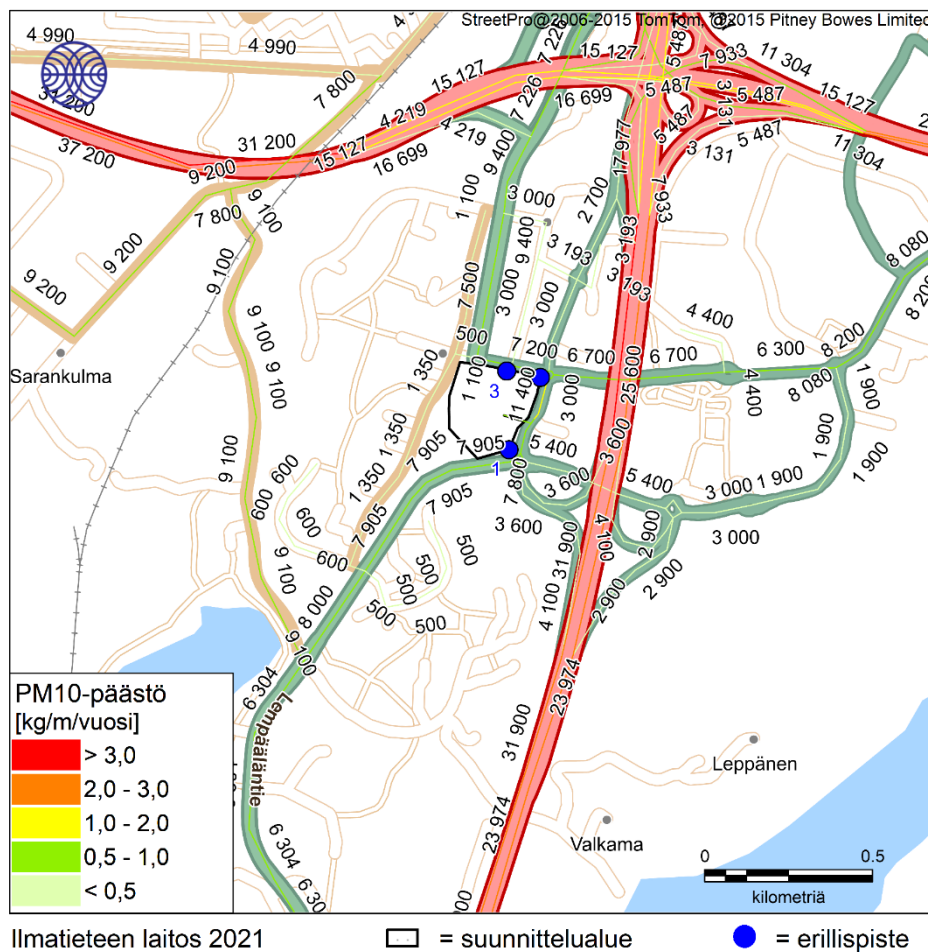
VTT ja Liikennevirasto ovat laatineet vuoteen 2030 asti ulottuvan ennusteen Suomen ajoneuvokannan suoriteosuuksien kehittymisestä. Tulevaisuuden autoliikenteen päästöjen ennustamiseen sisältyy useita epävarmuustekijöitä. Tässä ilmanlaatuselvityksessä nykytilannetta edustava ajoneuvojen EURO-luokkajakaumaa on ns. konservatiivinen arvio tulevaisuuden päästötilanteesta. Todennäköistä on, että päästöt ja niiden aiheuttamat vaikutukset pienenevät tulevaisuudessa nykytilanteeseen verrattuna, kun ajoneuvojen moottoritekniikka kehitty ja päästörajoitukset tiukkenevat. On kuitenkin mahdollista, ettei VTT:n ja Liikenneviraston tuottamat ennusteet toteudu täysimääräisenä ja autokannan uudistuminen on ennustettua hitaampaa. Eri ennustevuosien EURO-luokkajakaumaa ja vaikutusta mallinnuksessa käytettäviin päästökertoimiin on kuvattu raportin lopussa luvussa 7.4.



Kuva 4. Suunnittelualueen ja erillistarkastelupisteiden sijaintikohdat sekä laskelmissa mukana olleiden katujen ja teiden autoliikenteen typenoksidipäästöt (kg/m/vuosi) ja vuoden keskimääräiset vuorokauden liikennemäärät (KVL, ajoneuvoa vuorokaudessa) tutkimusalueella ennustetussa vuoden 2040 liikennetilanteessa.



Kuva 5. Suunnittelualueen ja erillistarkastelupisteiden sijaintikohdat sekä laskelmissa mukana olleiden katujen ja teiden autoliikenteen pienhiukkaspäästöt (kg/m/kuusi) ja vuoden keskimääräiset vuorokauden liikennemäärät (KVL, ajoneuvoa vuorokaudessa) tutkimusalueella ennustetussa vuoden 2040 liikennetilanteessa.



Kuva 6. Suunnittelualueen ja erillistarkastelupisteiden sijaintikohdat sekä laskelmissa mukana olleiden katujen ja teiden autoliikenteen hengitettävien hiukkasten päästöt vuonna 2018 (kg/m/voosi) ja vuoden keskimääräiset vuorokauden liikennemäärät (KVL, ajoneuvoa vuorokaudessa) tutkimusalueella ennustetussa vuoden 2040 liikennetilanteessa.

FORE-katupölypäästömallissa liikenteestä aiheutuvan PM_{10} -päästön määrä perustuu todellisiin havaittuihin sääolosuhteisiin ja sääolosuhteiden perusteella arvioituihin hiekoitusajankohtiin. Katupölypäästön määrässä ei ole otettu huomioon todellisia hiekoitusten ajankohtia, hiekoitusmääriä ja katujen puhdistamisen ja mahdollisen pölynsidonnan vaikutusta pölypäästöön. Katupölyn määrä vaihtelee siten vuosittain sääolosuhteiden mukaan. Mallilaskelmissa vuosien 2017, 2018 ja 2019 hengitettävien hiukkasten kokonaispäästöksi saatiin tutkimusalueella 167 t/a, 210 t/a ja 179 t/a vuodessa. Katupölyn osalta pahimmaksi vuodeksi osoittautui vuosi 2018 (ks. kuva 6).

Lähiliikenteen päästöjen lisäksi mallilaskelmissa huomioitiin alueellisten typpidioksidin, otsonin ja pienhiukkasten taustapitoisuudet. Typpidioksidin ja otsonin taustapitoisuuksina käytettiin Ilmatieteen laitoksen Hyttiälässä sijaitsevan ilmanlaadun mittausaseman mittauksia. Pienhiukkasten taustapitoisuutena käytettiin Vaasan kaupungin ylläpitämän Vaasan vesitornin ilmanlaadun mittausasemalta saatuja tuloksia. Hyttiälän typpidioksidien ja Vaasan vesitornin pienhiukkasten taustapitoisuuksien vuosikeskiarvot olivat tarkastelujakson 2017–2019 mittauksissa $2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (NO_2) ja $3,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($PM_{2,5}$). Mallilaskelmissa käytettiin Hyttiälän ilmanlaadun mittausaseman otsonihavaintoja typpidioksidipäästöjen muutoksen osuuden arviointiin typpidioksidipitoisuuksissa. Otsonin taustapitoisuuksina käytettiin pitoisuuksien kuukausittain laskettuja tunneittaisia keskiarvoja,

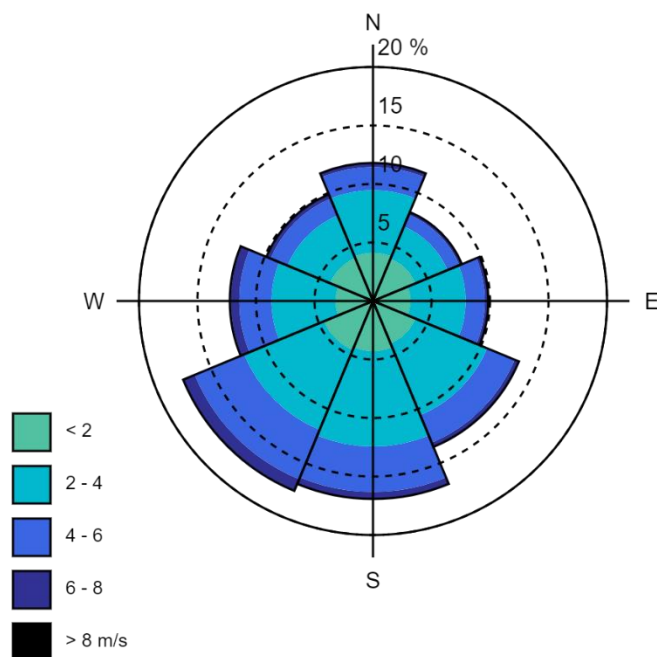
joilla pyrittiin kuvaamaan taustapitoisuuden vuorokauden sisäistä vaihtelua (*Ilmatieteen laitos, 2021*). Leviämismallilaskelmissa autoliikenteen aiheuttamista typenoksidipäästöistä (NO_x) oletettiin typpidioksidin (NO_2) osuudeksi 20 % ennen ulkoilmassa tapahtuvaa muutuntaa (*Anttila, ym., 2011*).

2.3 Mallilaskelmissa käytetty meteorologia

Leviämismallin tarvitseman meteorologisen aikasarjan muodostuksessa käytettiin Ilmatieteen laitoksella kehitettyä meteorologisten tietojen käsittelymallia, joka perustuu ilmakehän rajakerroksen parametrisointimenetelmään (*Karppinen, 2001*). Menetelmän avulla voidaan meteorologisten rutiinihavaintojen ja fysiikan perusyhtälöiden avulla arvioida rajakerroksen tilaan vaikuttavat muuttujat, joita tarvitaan päästöjen leviämismallilaskelmissa. Menetelmässä huomioidaan tutkimusalueen paikalliset tekijät, kuten leviämisalustan rosoisuus ja vuodenaikaiset albedoarvot (maanpinnan kyky heijastaa auringon säteilyä) eri maanpinnan laaduille.

Laskelmissa käytettiin kolmen vuoden pituista tutkimusalueen sääolosuhteita edustavaa meteorologista aineistoa. Laskelmissa käytettäväksi sääasemiksi valittiin tutkimusaluetta edustavimmat sääasemat, joilla mitataan kaikkia mallin tarvitsemia sääsuureita. Säähavainto- ja luotausaineistot täyttävät WMO:n ja ICAO:n laatuvaatimukset. Tuulen suunta- ja nopeustiedot muodostettiin kahden sääaseman havaintojen etäisyyspainotettuna tilastollisena yhdistelmänä. Lopputuloksena saatiin leviämismalleissa tarvittavien meteorologisten tietojen tunnittaiset aikasarjat.

Tutkimusalueen ilmastollisia olosuhteita edustava meteorologinen aikasarja muodostettiin Tampereen Härmälän, Siilinkarin ja Pirkkalan lentoaseman sääasemien havaintotiedoista vuosilta 2017–2019. Sekoituskorkeuden määrittämiseen käytettiin Jokioisten luotaushavaintoja. Tuulen suunta- ja nopeusjakauma tutkimusalueella on esitetty kuvassa 7. Tutkimusalueella lounaistuulet ovat vallitsevia, kun koillistuulia esiintyy alueella vähemmän.



Kuva 7. Keskimääräinen tuulen suunta- ja nopeusjakauma tutkimusalueella vuosina 2017–2019. Tuulitiedot kuvaavat olosuhteita 10 metrin korkeudella maan pinnasta.

3 LEVIÄMISMALLILASKELMIEN TULOKSET

Mallilaskelmien tuloksina saadut typpidioksidi- ja hiukkaspitoisuudet (PM_{10} ja $PM_{2,5}$) on esitetty taulukoina ja kaaviokuvina, joissa ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia verrataan ilmanlaatulainsäädännössä annettuihin ohje- ja raja-arvoihin sekä WHO:n ohjearvoihin. Vuosikeskiarvopitoisuus kuvaa alueen keskimääräistä ja vallitsevaa ilman epäpuhtauspitoisuustasoa parhaiten. Vuorokausiohjearvoja käytetään tyypillisesti suunnittelun tukena. Hetkelliset pitoisuudet voivat nousta vuosikeskiarvopitoisuuksia huomattavasti korkeammiksi. Mallinnettuihin lyhytaikaispitoisuuksiin sisältyy enemmän epävarmuutta kuin vuosikeskiarvopitoisuuksiin ja lyhytaikaispitoisuuksiin vaikuttavat voimakkaammin yksittäiset meteorologiset tilanteet.

3.1 Typpidioksidipitoisuudet (NO_2)

Taulukossa 1 on esitetty leviämismallilaskelmin saadut lähiliikenteen päästöjen sekä taustapitoisuuden yhteisvaikutuksen aiheuttamat ulkoilman suurimmat typpidioksidin raja- ja ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet erillistarkastelupisteissä (pisteet 1–3) eri korkeuksilla merenpinnasta. Kuvassa 8 on esitetty leviämismallilaskelmin saadut lähiliikenteen päästöjen sekä alueellisen taustapitoisuuden yhteisvaikutuksen aiheuttamat suurimmat typpidioksidipitoisuudet (NO_2) suhteessa raja- ja ohjearvoihin kaikissa erillistarkastelupisteissä. Suurimmillaan typpidioksidipitoisuus on alimmalla korkeustasolla maanpintaa lähempänä alle 30 % vuosiraja-arvosta ja noin 65 %

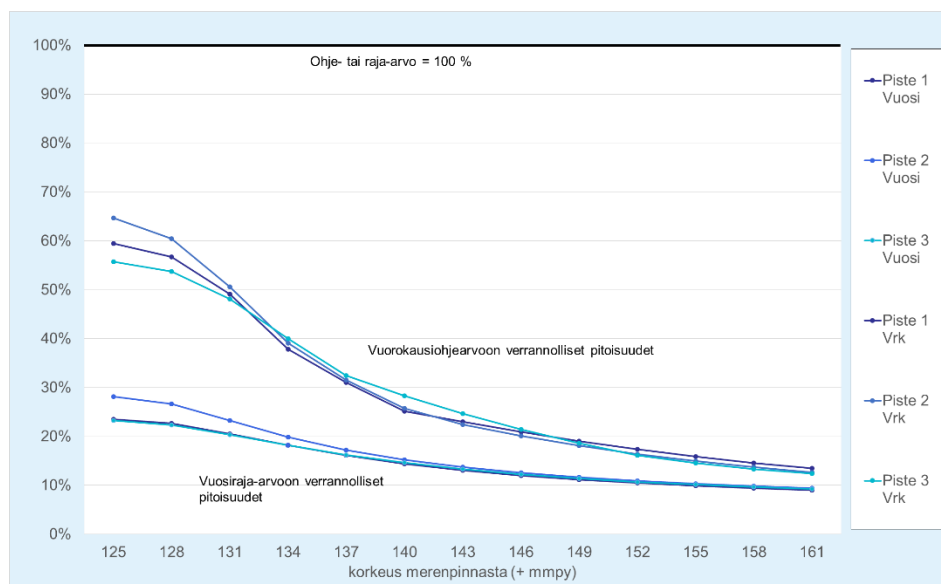
vuorokausiohjearvosta. Korkeustasolla +161 mmpy merenpinnasta typpidioksidipitoisuus on noin 10–15 % vuosiraja-arvosta ja vuorokausiohjearvosta.

Taulukko 1. Leviämismallilaskelmilla saadut lähiliikenteen sekä taustapitoisuuden yhteisvaikutuksen aiheuttamat suurimmat raja- ja ohjearvoihin verrannolliset ulkoilman typpidioksidipitoisuudet erillistarkastelupisteissä 1–3.

Korkeustaso merenpinnasta (mmpy)	Typpidioksidipitoisuus NO ₂ (µg/m ³)											
	Vuosiraja-arvo (40 µg/m ³) ⁽¹⁾			Vrk-ohjearvo (70 µg/m ³) ⁽²⁾			Tuntiohjearvo (150 µg/m ³) ⁽²⁾			Tuntiraja-arvo (200 µg/m ³) ⁽¹⁾		
	P 1	P 2	P 3	P 1	P 2	P 3	P 1	P 2	P 3	P 1	P 2	P 3
+125	9,4	11	9,3	42	45	39	100	104	100	90	99	92
+128	9,0	11	8,9	40	42	38	96	98	96	87	93	88
+131	8,2	9,3	8,1	34	35	34	88	88	87	80	83	81
+134	7,3	7,9	7,3	27	27	28	80	78	78	71	73	73
+155	4,0	4,1	4,0	11	10	10	30	28	29	28	29	31
+161	3,6	3,7	3,7	9	9	9	22	22	24	23	24	25

⁽¹⁾ raja-arvo

⁽²⁾ ohjearvo



Kuva 8. Leviämismallilaskelmilla saadut lähiliikenteen päästöjen sekä taustapitoisuuden yhteisvaikutuksen aiheuttamat suurimmat typpidioksidipitoisuudet (NO₂) suhteessa raja- ja ohjearvoihin erillistarkastelupisteissä.

Taulukossa 2 on esitetty alueellisten pitoisuusjakaumien suurimmat typpidioksidin raja- ja ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet suunnittelukohteen lähiympäristössä. Suunnittelukohteen alueella typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo on noin 5–10 µg/m³ vuosiraja-arvon ollessa 40 µg/m³. Typpidioksidin (NO₂) taustapitoisuus on Hyytiälän mittauksissa ollut vuosina 2017–2019 vuosikeskiarvona 2,1 µg/m³. Laskelmien mukaan typpidioksidipitoisuuden raja- ja ohjearvot alittuvat hengityskorkeudella kaikkialla tutkimusalueella.

Taulukko 2. Leviämismallilaskelmilla saadut lähiliikenteen päästöjen sekä taustapitoisuuden yhteisvaikutuksen aiheuttamat suurimmat raja- ja ohjearvoihin verrannolliset ulkoilman typpidioksidipitoisuudet suunnittelukohteen lähialueella hengityskorkeudella (rajarvot eivät ole voimassa tiealueilla).

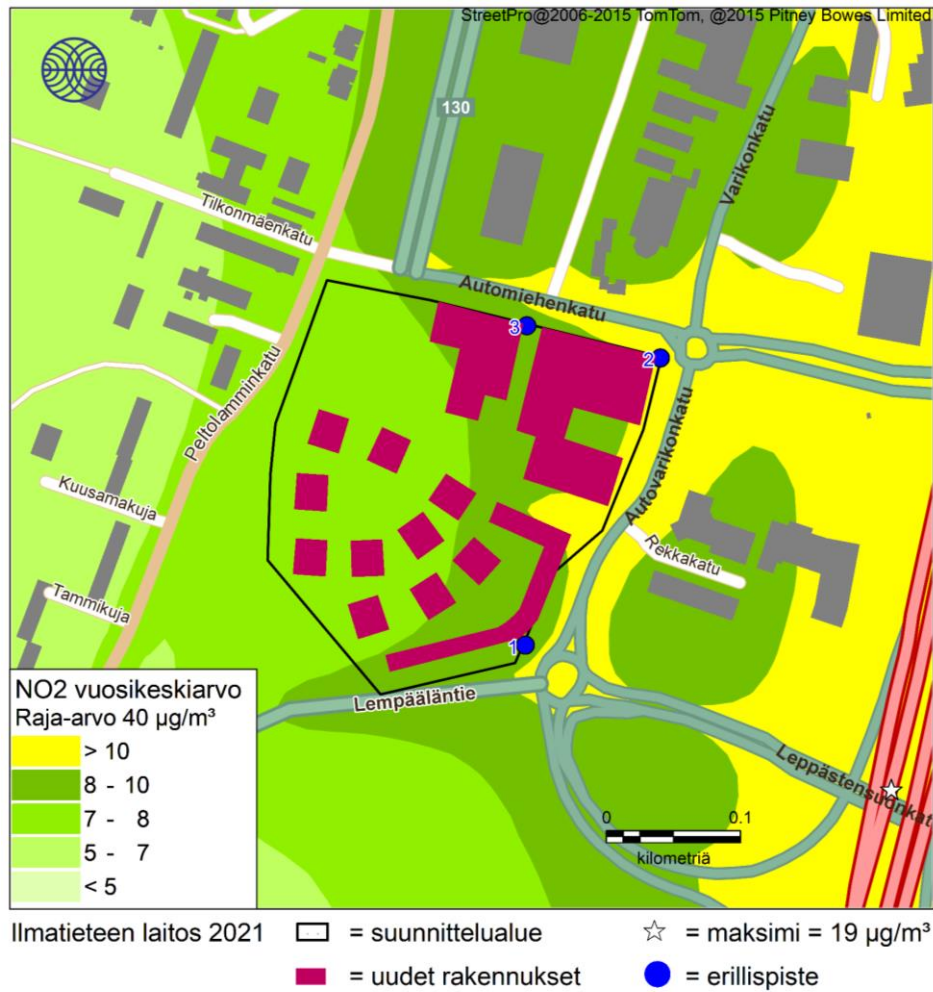
NO ₂ -pitoisuus (µg/m ³)	Raja- tai ohjearvo	Hengityskorkeus
Vuosikeskiarvo	40 ⁽¹⁾	19
Korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus	70 ⁽²⁾	52
Korkein tuntiohjearvoon verrannollinen pitoisuus	150 ⁽²⁾	126
Korkein tuntiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus	200 ⁽¹⁾	115

⁽¹⁾ raja-arvo

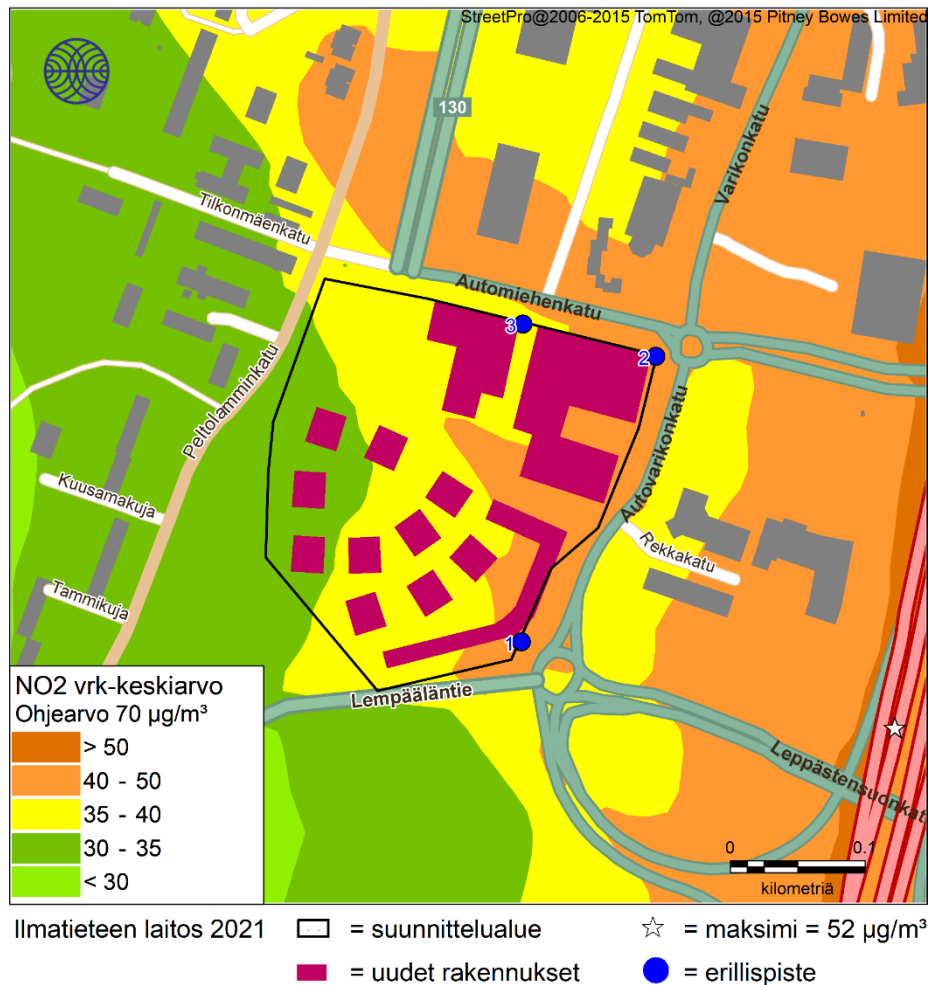
⁽²⁾ ohjearvo

Lähiliikenteen vaikutus ulkoilman typpidioksidipitoisuuksiin on suurimmillaan lähellä maanpintaa. Päästöjen sekoittumisen ja laimenemisen vuoksi pitoisuudet pienenevät maanpintatasolta ylöspäin mentäessä ja kuljettaessa etäämmälle tiestä. Typpidioksidipitoisuuden ohje- ja raja-arvot alittuvat kaikissa tutkituissa tarkastelukohteissa.

Kuvissa 9 ja 10 on esitetty lähiliikenteen päästöjen sekä taustapitoisuuden yhteisvaikutuksen aiheuttamat typpidioksidin vuosiraja-arvoon ja vuorokausiohjearvoon verrannollisten pitoisuuksien aluejakaumat suunnittelukohteen lähialueella hengityskorkeudella.



Kuva 9. Leviämislaskelmin saatu lähiliikenteen päästöjen sekä taustapitoisuuden yhteisvaikutuksen aiheuttama typpidioksidin (NO₂) vuosiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus suunnittelukohteen lähialueella hengityskorkeudella.



Kuva 10. Leviämislaskelmin saatu lähiliikenteen päästöjen sekä taustapitoisuuden yhteisvaikutuksen aiheuttama typpiidioksidin (NO₂) vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus suunnittelukohteen lähialueella hengityskorkeudella.

3.2 Pienhiukkaspitoisuudet (PM_{2,5})

Taulukossa 3 on esitetty leviämismallilaskelmin saadut lähiliikenteen päästöjen sekä taustapitoisuuden yhteisvaikutuksen aiheuttamat ulkoilman suurimmat pienhiukkasten vuosiraja-arvoon sekä WHO:n ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet Voimakadun suunnittelukohteen erillistarkastelupisteissä 1–3. Pienhiukkaspitoisuus alittaa laskelmien mukaan vuosiraja-arvon ja WHO:n antamat vuosi- ja vuorokausiohjearvon kaikissa tutkituissa erillistarkastelupisteissä.

Kuvassa 11 on esitetty leviämismallilaskelmin saadut lähiliikenteen ja pysäköintilaitoksen päästöjen sekä taustapitoisuuden yhteisvaikutuksesta aiheutuneet suurimmat pienhiukkaspitoisuudet suhteessa vuosiraja-arvoon ja WHO:n vuorokausiohjearvoon suunnittelukohteen erillistarkastelupisteissä. Korkeimmillaan pitoisuus on erillistarkastelupisteissä lähimpänä maanpintaa (+125 mmpy), jossa pienhiukkaspitoisuus on noin 20 % vuosiraja-arvosta ja lähes 35 % WHO:n vuorokausiohjearvosta.

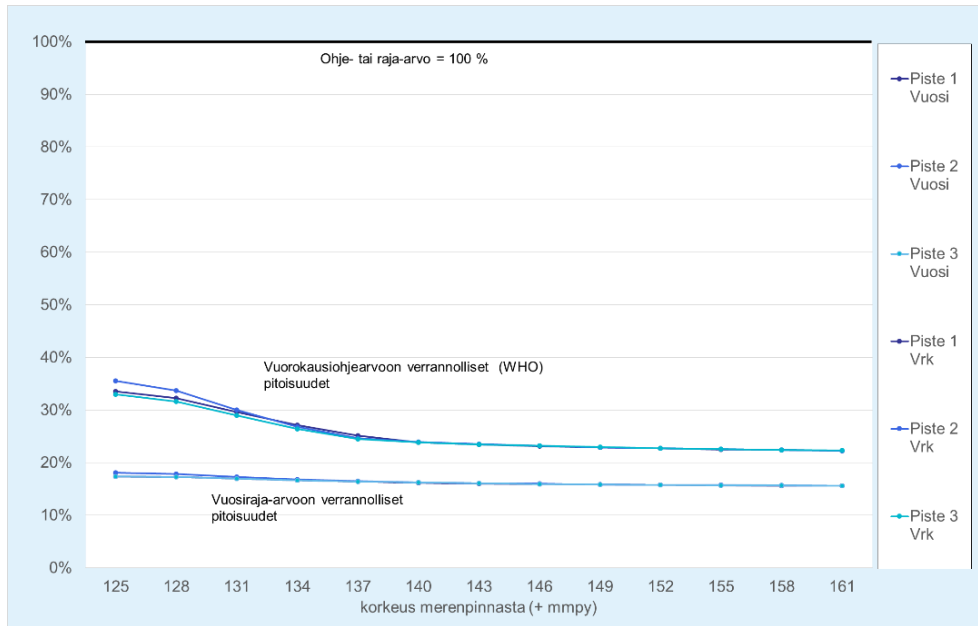
Taulukko 3. Leviämismallilaskelmilla saadut lähiliikenteen päästöjen sekä taustapitoisuuden yhteisvaikutuksen aiheuttamat suurimmat vuosiraja-arvoon ja WHO:n ohjearvoihin verrannolliset ulkoilman pienhiukkaspitoisuudet erillistarkastelupisteissä 1–3.

Korkeustaso merenpinnasta (mmpy)	Hiukkaspitoisuus PM _{2,5} (µg/m ³)								
	Vuosiraja-arvo (25 µg/m ³) ⁽¹⁾			Vuosiohjarvo (WHO) (10 µg/m ³) ⁽²⁾			Vuorokausiohjarvo (WHO) (25 µg/m ³) ⁽²⁾		
	Piste 1	Piste 2	Piste 3	Piste 1	Piste 2	Piste 3	Piste 1	Piste 2	Piste 3
+125	4,3	4,5	4,3	4,3	4,5	4,3	20	24	20
+128	4,3	4,5	4,3	4,3	4,5	4,3	20	22	19
+131	4,2	4,3	4,2	4,2	4,3	4,2	17	19	17
+134	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	15	15	15
+155	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	6	7	7
+161	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	6	6	6

⁽¹⁾ raja-arvo

⁽²⁾ WHO:n asettama ohjarvo

Lähiliikenteen vaikutus ulkoilman pienhiukkaspitoisuuksiin on suurimmillaan lähellä maanpintaa. Päästöjen sekoittumisen ja laimenemisen vuoksi pitoisuudet pienenevät sekä korkeammalle noustessa että kuljettaessa etäämmälle tiestä. Pitoisuuksia verrataan WHO:n vuorokausiohjarvoon, koska pienhiukkasten lyhytaikaispitoisuuksille ei Suomessa ole voimassaolevaa raja- tai ohjarvoa. Suurin osa pienhiukkaspitoisuuksissa on alueellista taustaa, joka Vaasan vesitornin mittauksissa on vuosina 2017–2019 ollut vuosikeskiarvona 3,8 µg/m³. Taulukosta 5 voidaan nähdä tarkastelukorkeuden kasvaessa pitoisuuksien vuosikeskiarvojen lähenevän kohden taustapitoisuuden vuosikeskiarvoa, kun autoliikenteen päästöjen vaikutus pitoisuuksissa vähenee suuremmilla korkeustasoilla.



Kuva 11. Leviämismallilaskelmilla saadut lähiliikenteen päästöjen sekä taustapitoisuuden yhteisvaikutuksen aiheuttamat suurimmat pienhiukkasten (PM_{2,5}) pitoisuudet suhteessa vuosisiraja-arvoon ja WHO:n vuorokausiohjearvoon erillistarkastelupisteissä.

Taulukossa 4 on esitetty alueellisten pitoisuusjakaumien suurimmat pienhiukkasten raja-arvoihin ja WHO:n ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet suunnittelukohteen lähiympäristössä. Suunnittelukohteen alueella pienhiukkaspitoisuuden vuosikeskiarvo on noin 4,1–4,4 µg/m³ vuosisiraja-arvon ollessa 25 µg/m³. Laskelmien mukaan pienhiukkaspitoisuuden vuosisiraja-arvo ja WHO:n ohjearvot alittuvat hengityskorkeudella kaikkialla tutkimusalueella.

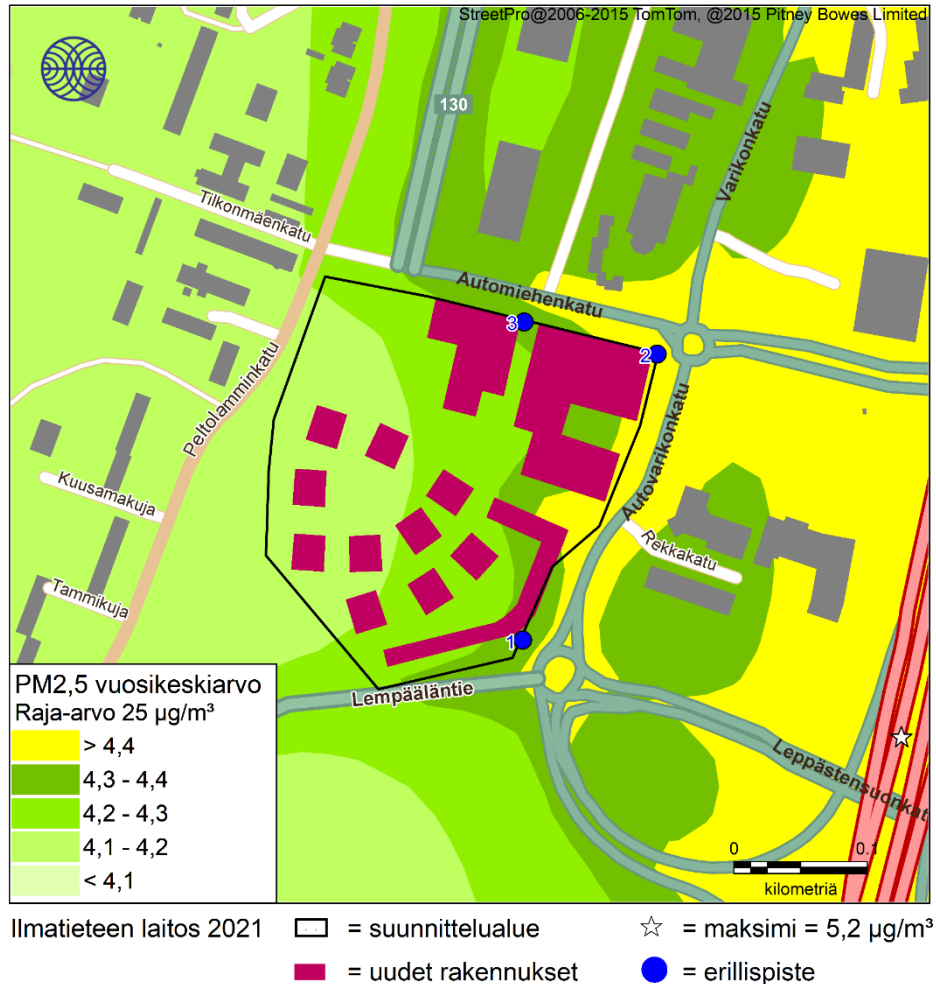
Taulukko 4. Leviämismallilaskelmilla saadut lähiliikenteen päästöjen sekä taustapitoisuuden yhteisvaikutuksen aiheuttamat suurimmat vuosisiraja-arvoon ja WHO:n ohjearvoihin verrannolliset ulkoilman pienhiukkaspitoisuudet (PM_{2,5}) suunnittelukohteen lähialueella hengityskorkeudella (raja-arvot eivät ole voimassa tiealueilla).

PM _{2,5} -pitoisuus (µg/m ³)	Raja- tai ohjearvo	Hengityskorkeus
Vuosikeskiarvo	25 ⁽¹⁾ / 10 ⁽²⁾	5,2
Korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus	25 ⁽²⁾	12

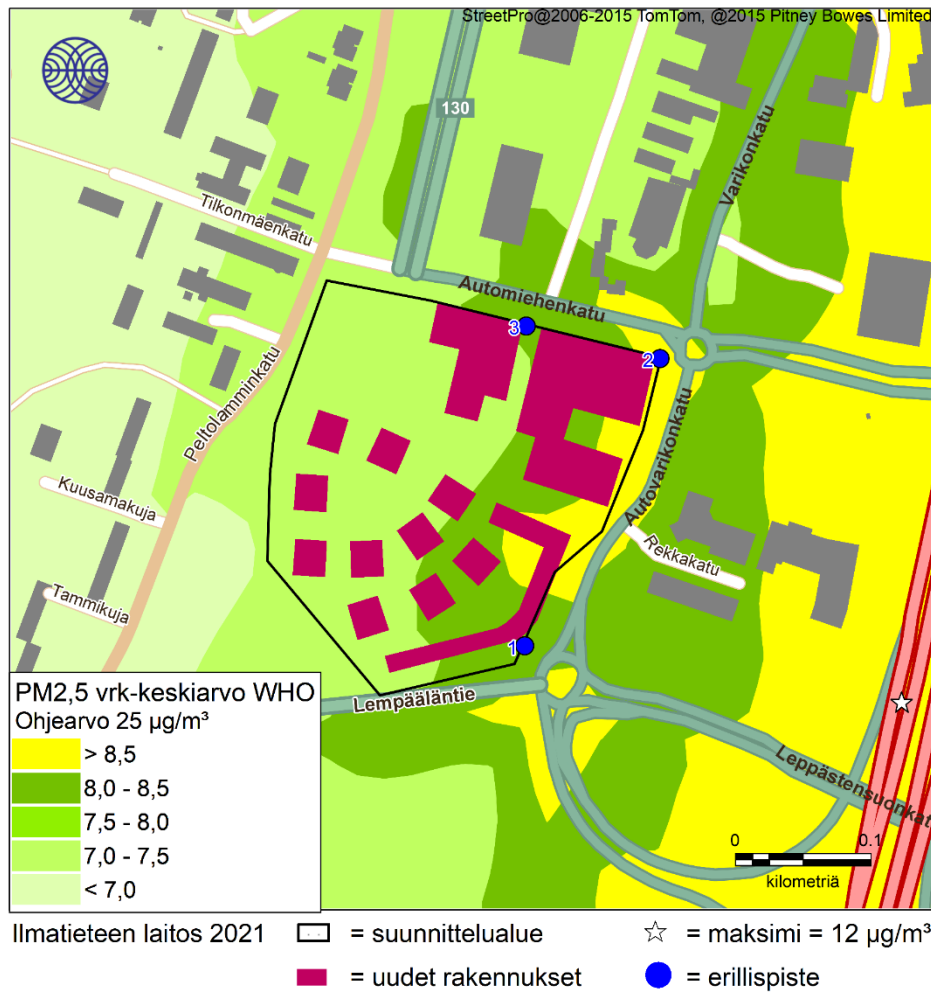
⁽¹⁾ raja-arvo

⁽²⁾ WHO:n asettama ohjearvo

Kuvissa 12 ja 13 on esitetty lähiliikenteen päästöjen sekä taustapitoisuuden yhteisvaikutuksen aiheuttamat pienhiukkaspitoisuuden ($PM_{2,5}$) vuosiraja-arvoon ja WHO:n vuorokausiohjeeseen verrannollisen pienhiukkaspitoisuuden aluejakaumat suunnittelu-kohteen lähialueella hengityskorkeudella.



Kuva 12. Leviämislaskelmin saatu lähiliikenteen päästöjen sekä taustapitoisuuden yhteisvaikutuksen aiheuttama pienhiukkasten ($PM_{2,5}$) vuosiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus suunnittelu-kohteen lähialueella hengityskorkeudella.



Kuva 13. Leviämislaskelmin saatu lähiliikenteen päästöjen sekä taustapitoisuuden yhteisvaikutuksen aiheuttama pienhiukkasten (PM_{2,5}) WHO:n vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus suunnittelualueen lähialueella hengityskorkeudella.

Kaukokulkeumalla on merkittävä vaikutus pienhiukkasten pitoisuuksiin Suomessa ja korkeimmat pienhiukkaspitoisuudet havaitaan yleensä kaukokulkeumaepisodien aikana. Näissä tilanteissa pienhiukkaspitoisuuden WHO:n vuorokausiohjearvo ylittyy helposti koko Suomessa tausta-alueillakin. Suurimmat pitoisuudet havaitaan, kun ilmavirtaukset ovat etelän tai idän suuntaisia (mm. Venäjän ja Itä-Euroopan metsäpalojen aiheuttamat kohonneet pienhiukkaspitoisuudet).

3.3 Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet (PM₁₀)

Taulukossa 5 on esitetty leviämismallilaskelmin saadut lähiliikenteen päästöjen sekä taustapitoisuuden yhteisvaikutuksen aiheuttamat ulkoilman suurimmat hengitettävien hiukkasten raja- ja ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet suunnittelualueen erillistarkastelupisteissä 1–3. Hengitettävien hiukkasten pitoisuus alittaa laskelmien mukaan vuosi- ja vuorokausiraja-arvon, mutta ylittäisi erillistarkastelupisteissä korkeimmillaan vuorokausiohjearvon noin 1,3–1,6-kertaisesti +125 mmpy korkeustasolla merenpinnasta. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvo alittuu kaikissa

erillispisteissä korkeustasojen +131 – +134 mmpy välillä ja alkaa sen jälkeen laskea nopeasti korkeuden kasvaessa.

Kuvassa 14 on esitetty leviämismallilaskelmin saadut lähiliikenteen päästöjen sekä taustapitoisuuden yhteisvaikutuksesta aiheutuneet suurimmat hengitettävien hiukkasten pitoisuudet suhteessa vuosiraja-arvoon ja vuorokausiohjearvoon suunnittelualueen erillistarkastelupisteissä. Korkeimmillaan pitoisuus on erillistarkastelupisteissä lähimpänä maanpintaa, jossa hiukkaspitoisuus on noin 30–40 % vuosiraja-arvosta.

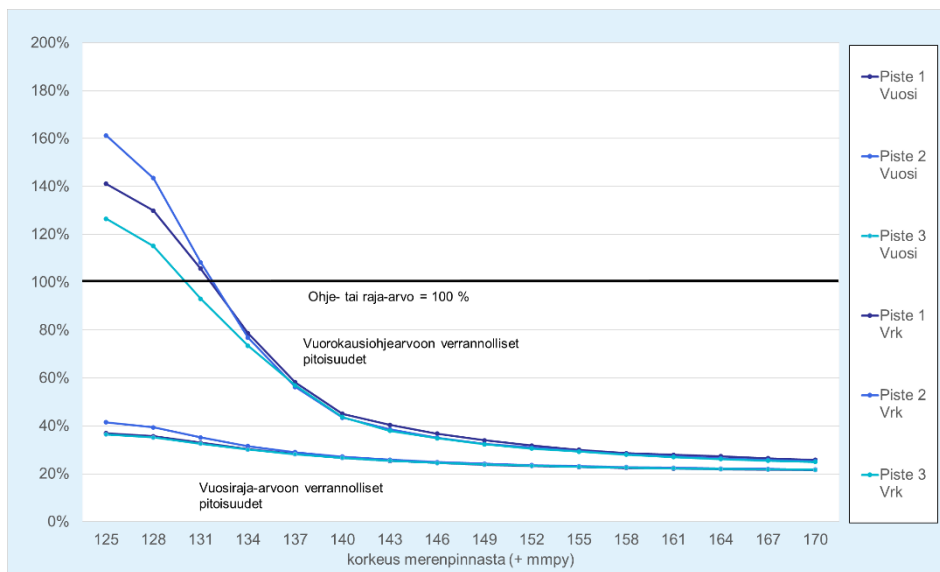
Taulukko 5. Leviämismallilaskelmilla saadut lähiliikenteen päästöjen sekä taustapitoisuuden yhteisvaikutuksen aiheuttamat suurimmat raja- ja ohjearvoihin verrannolliset ulkoilman hengitettävien hiukkasten pitoisuudet (PM₁₀) erillistarkastelupisteissä 1–3.

Korkeustaso merenpinnasta (mmpy)	Hiukkaspitoisuus PM ₁₀ (µg/m ³)								
	Vuosiraja-arvo (40 µg/m ³) ⁽¹⁾			Vuorokausiraja-arvo (50 µg/m ³) ⁽¹⁾			Vuorokausiohjearvo (70 µg/m ³) ⁽²⁾		
	Piste 1	Piste 2	Piste 3	Piste 1	Piste 2	Piste 3	Piste 1	Piste 2	Piste 3
+125	15	17	15	27	27	32	99	113	89
+128	14	16	14	25	25	29	91	100	81
+131	13	14	13	22	23	25	74	76	65
+134	12	13	12	20	20	21	55	54	51
+155	9	9	9	12	12	13	21	21	20
+161	9	9	9	12	12	12	20	19	19

⁽¹⁾ raja-arvo, vuorokausiraja-arvo sallii 35 raja-arvotason ylitystä vuodessa.

⁽²⁾ ohjearvo

Lähiliikenteen vaikutus ulkoilman hengitettäviin hiukkasten pitoisuuksiin on suurimmillaan lähellä maanpintaa. Päästöjen sekoittumisen ja laimenemisen vuoksi pitoisuudet pienenevät sekä korkeammalle noustessa että kuljettaessa etäämmälle tiestä. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksissa on huomioitu alueellinen pienhiukkasten tausta, joka on Vaasan vesitornin mittauksissa ollut vuosina 2017–2019 vuosikeskiarvona 3,8 µg/m³. Taulukosta 5 voidaan nähdä tarkastelukorkeuden kasvaessa pitoisuuksien vuosikeskiarvojen lähenevän kohden pienhiukkasten taustapitoisuuden vuosikeskiarvoa, kun autoliikenteen päästöjen ja mm. autojen maasta nostattaman pölyn vaikutus pitoisuuksissa vähenee suuremmilla korkeustasoilla.



Kuva 14. Leviämismallilaskelmilla saadut lähiliikenteen päästöjen sekä taustapitoisuuden yhteisvaikutuksen aiheuttamat suurimmat hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) pitoisuudet suhteessa vuosiraja-arvoon ja vuorokausiohjearvoon erillistarkastelupisteissä.

Taulukossa 7 on esitetty aluejakaumien suurimmat hengitettävien hiukkasten raja- ja ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet suunnittelualueen lähiympäristössä. Suunnittelualueen alueella hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvo on hengityskorkeudella noin 12–16 µg/m³ vuosiraja-arvon ollessa 40 µg/m³. Laskelmien mukaan hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosiraja-arvo alittuu hengityskorkeudella kaikkialla tutkimusalueella, mutta vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus voi ylittyä laajoilla alueilla valtatie 3:n varrella ja tien välittömässä läheisyydessä suunnittelualueelle asti. Vuorokausiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus voisi lievästi ylittyä valtatie 3:n varrella, mutta raja-arvo ei ole voimassa tiealueilla.

Taulukko 7. Leviämismallilaskelmilla saadut lähiliikenteen päästöjen sekä taustapitoisuuden yhteisvaikutuksen aiheuttamat suurimmat raja-arvoihin ja ohjearvoon verrannolliset ulkoilman hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) pitoisuudet suunnittelualueen lähialueella hengityskorkeudella (raja-arvot eivät ole voimassa tiealueilla).

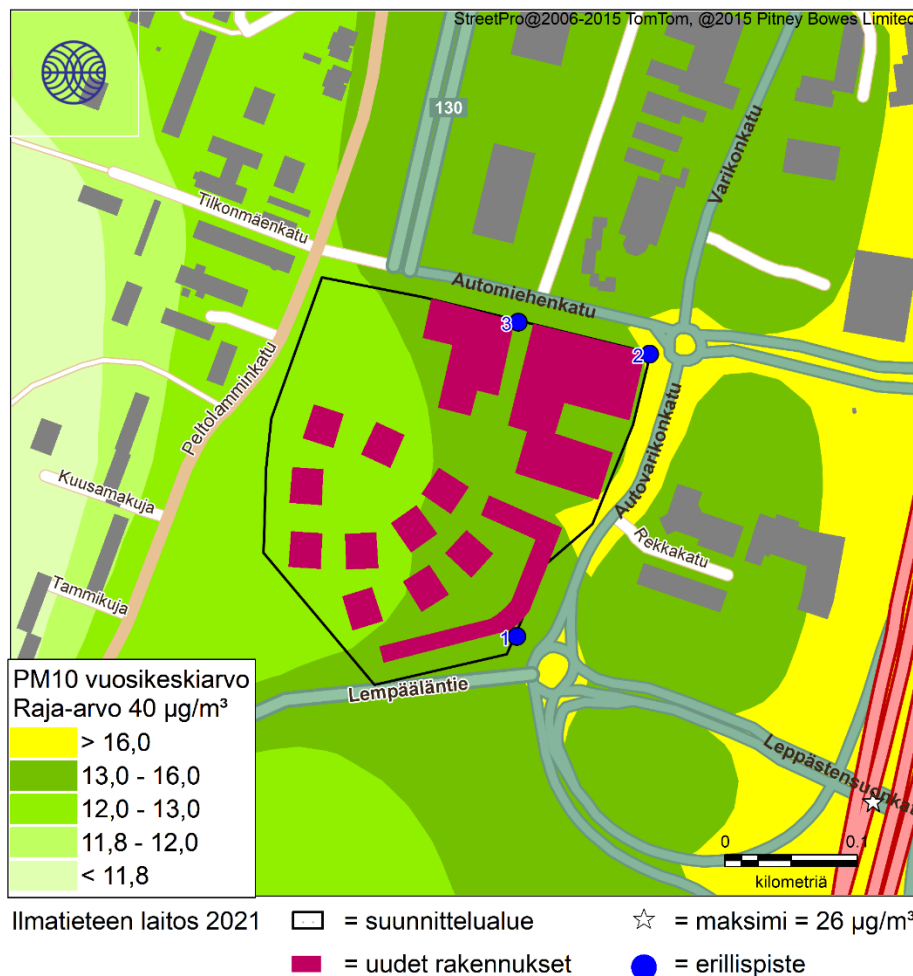
PM ₁₀ -pitoisuus (µg/m ³)	Raja- tai ohjearvo	Hengityskorkeus
Vuosikeskiarvo	40 ⁽¹⁾	26
Korkein tuntiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus	50 ⁽¹⁾	53
Korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus	70 ⁽²⁾	158

⁽¹⁾ raja-arvo

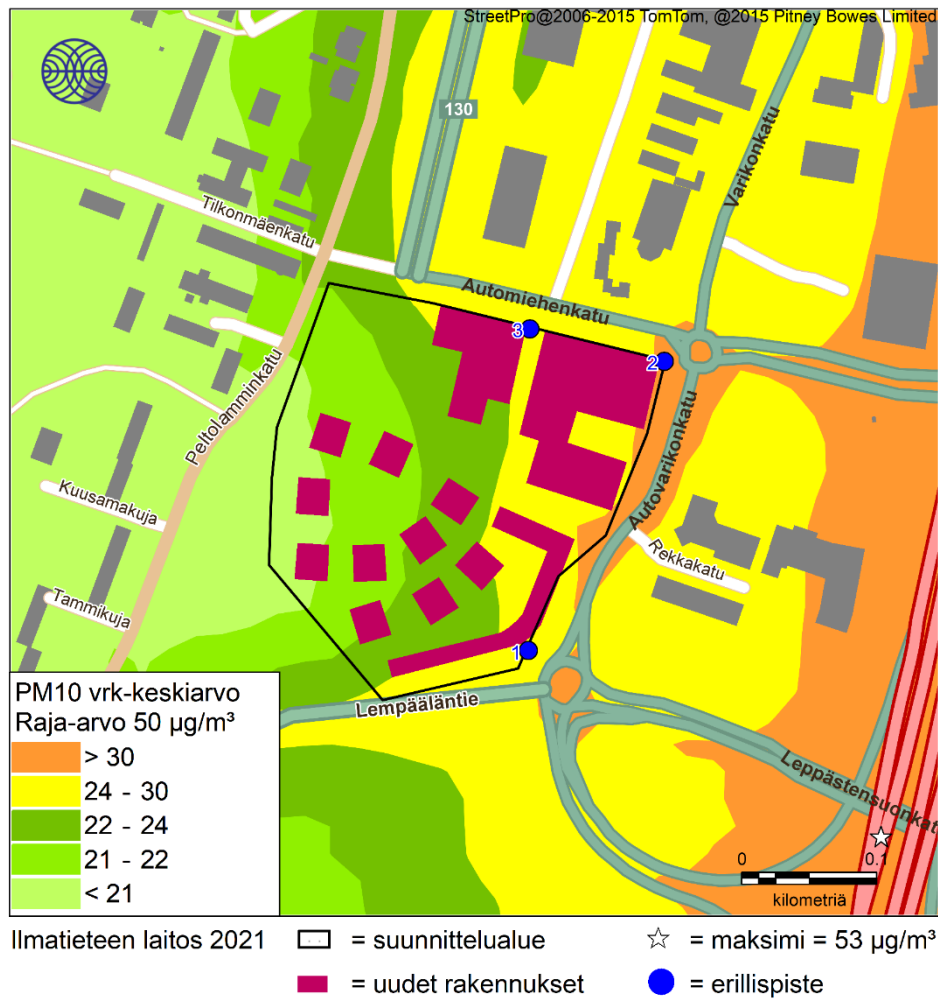
⁽²⁾ ohjearvo

Kuvissa 15–17 on esitetty lähiliikenteen päästöjen sekä taustapitoisuuden yhteisvaikutuksen aiheuttamat hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) raja-arvoihin ja vuorokausiohjearvoon verrannollisten pitoisuuksien aluejakaumat suunnittelukohteen lähialueella hengityskorkeudella.

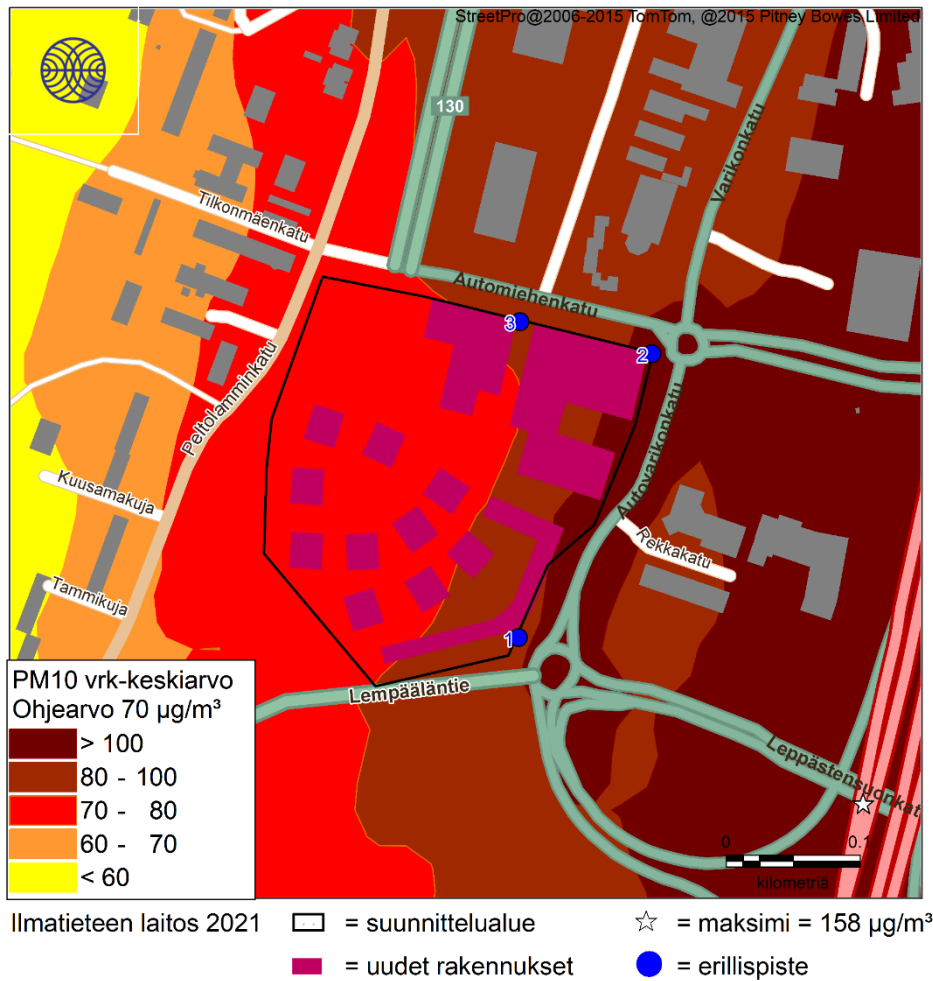
Hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) pitoisuudet muodostuvat pääosin kadun pinnalta nousevista hiukkasista, joita kutsutaan myös resuspensiopäästöksi. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet kohoavat etenkin katupölykaudella vilkkaasti liikennöityjen väylien läheisyydessä. Katupölyä esiintyy tyypillisesti keväällä maaliskuusta huhtikuuhun sekä loppusyksystä talvirengaskauden alettua. Tampereen kaupungin ilmanlaadun mittauksen mukaan hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) vuorokausiohjearvo on ylittynyt 1–2 kertaa kevätpölyaikaan (maaliskuusta huhtikuuhun) Pirkankadun ja Epilän ilmanlaadun mittausasemalla vuosina 2017–2019 (*Tampereen kaupunki, 2018, 2019 ja 2020*). Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia mitataan Tampereella vain Pirkankadun ja Epilän mittausasemilla. Näistä Epilä sijaitsee noin 9 km ja Pirkankatu 6 km päässä pohjoiseen suunnittelualueelta.



Kuva 15. Leviämislaskelmin saatu lähiliikenteen päästöjen sekä taustapitoisuuden yhteisvaikutuksen aiheuttama hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) vuosiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus suunnittelukohteen lähialueella hengityskorkeudella.



Kuva 16. Leviämislaskelmin saatu lähiliikenteen päästöjen sekä taustapitoisuuden yhteisvaikutuksen aiheuttama hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus suunnittelualueen lähialueella hengityskorkeudella (raja-arvo ei ole voimassa liikenneväylien varsilla).



Kuva 17. Leviämislaskelmin saatu lähiliikenteen päästöjen sekä taustapitoisuuden yhteisvaikutuksen aiheuttama hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausi-ohjearvoon verrannollinen pitoisuus suunnittelukohteen lähialueella hengityskorkeudella.

Uudenmaan ELY-keskuksen oppaassa (Ilmanlaatu maankäytön suunnittelussa) suositus- ja minimietäisyyksistä (ilmanlaatuvyöhykkeet), joita lähemmäs ajoteitä ei asutusta tai herkkiä kohteita tulisi sijoittaa (*Airola, Myllynen, 2015*). Oppaassa mainittuja ilmanlaatuvyöhykkeitä suositellaan käytettäväksi, kun uusia asuinalueita tai täydennysrakentamista suunnitellaan avointen katujen ja väylien läheisyyteen. Ilman epäpuhtauspitoisuudet laskevat kun etäisyys liikenneväylästä kasvaa (myös korkeus-suunnassa). ELY-keskuksen oppaan mukaan herkkiä kohteita, kuten päiväkodit, leikkipuistot, alakoulut, iäkkäiden asuin- ja hoitolaitokset sekä sairaalat, ei suositella sijoitettavaksi alueille, joilla ilmanlaadun ohjearvot ylittyvät. Mikäli ohjearvot ylittyvät harvoin, suositellaan laadittavaksi ilmanlaatuarvio, jossa selvitetään mahdollisuudet vähentää ilman epäpuhtaushaittoja. Toimenpiteet tulisi oppaan mukaan viedä kaavamääräyksiin. Mahdollisia toimenpiteitä on esitetty ELY-keskuksen oppaassa tarkemmin.

Asuntojen parvekkeiden, pihojen ja muiden oleskelualueiden sekä raittiinilman sisäänottojen sijoittelussa on hyvä huomioida, että ilmanlaatu on huonompaa valtatie 3:n ja Autovarikonkadun puolella, joten ne tulisi pyrkiä sijoittamaan mahdollisuuksien mukaan mahdollisimman etäälle valtatiestä ja sinne missä ilma on puhtainta. Laskelmista saatujen tulosten mukaan esim. ilmanvaihdon korvausilman ottaminen rakennusten kattotasolta, jossa ilma on puhtainta, olisi laskelmien mukaan asuntojen sisäilman laadun kannalta paras vaihtoehto.

Suunnitellun hyvinvointikeskuksen sisäpihan pitoisuuksia maanpintatasolla tai hengityskorkeudella ei nyt tehdyillä mallilaskelmilla pystytä arvioimaan tarkasti. Pitoisuudet ovat tyypillisesti pienempiä suojaisan sisäpihan puolella kuin vastaavalla etäisyydellä väylästä avoimessa ympäristössä. Valtatie 3:n puoleiset rakennukset kuten myös itse alueelle rakennettavaksi suunnitellut rakennukset estävät päästöjen suoraa leviämistä läheisiltä valtatieltä suunnittelualueen rakennusten sisäpihalle, joka siten alentaisi myös sisäpihalle päästöistä syntyviä pitoisuuksia. Myöskään valtatie 3:n ja suunnittelualueen välille ehkä myöhemmin syntyvän rakennusmassan ja mahdollisen kaupunkikuvan muuttumisen vaikutusta laskelmiin ei ole voitu täysimääräisenä huomioida. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjeeseen verrannollinen pitoisuus on tehtyjen laskelmien mukaan suunnittelualueen uusien rakennusten ulkoisella julkisivulla, ulkopuolella ja koko tutkitulla suunnittelualueella hengityskorkeudella (+125 mmpy; maanpintataso + 2 m) mukaan noin 70–100 µg/m³ ja ylittää vuorokausiohjeen 70 µg/m³.

Katupölyn (PM₁₀) mallinnuksessa eri vuosien päästöt ovat riippuvia alueellisista sääolosuhteista ja vuosittaiset päästömäärät voivat vaihdella. Tässä tutkimuksessa hengitettävien hiukkasten vuosittaiset kokonaispäästöt vaihtelivat välillä 167–210 t/a. Katupölyn leviämislaskelmien pitoisuustuloksissa voi olla vaihtelua eri vuosien välillä. Katujen talvikunnossapidolla, oikea aikaisella siivouksella ja pölynsidonnalla voidaan vaikuttaa katupölyn määrään alueella ilmanlaatua parantavasti.

4 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä ilmanlaatuselvityksessä arvioitiin leviämismallilaskelmin autoliikenteen päästöjen vaikutusta ilmanlaatuun Tampereella WSP:n Peltolampi–Lakalaiva-suunnittelualueella. Leviämislaskelmissa huomioitiin lähiliikenteen aiheuttamat päästöt. Selvityksessä tarkasteltiin ulkoilman typpidioksidin, pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten (katupöly) pitoisuuksia erillistarkastelupisteissä suunnittelualueen lähiympäristön hengityskorkeudella ja kolmessa erillistarkastelupisteessä suunnittelualueen reunoilla. Leviämismallinnuksella saatuja ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia verrattiin ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin. Ilmanlaatuselvitys toteutettiin alueen kaavamuutossuunnitelmien tueksi.

Leviämismallilaskelmat tehtiin Ilmatieteen laitoksella liikenteen päästöjen leviämisen mallintamiseen kehitetyllä leviämismallilla (CAR-FMI) ja mallilaskelmien lähtötietoina käytettävät katupölypäästöt laskettiin Ilmatieteen laitoksella kehitetyllä FORE-katupölypäästömallilla. Lähiliikenteen leviämismallinnusten lähtökohtana olivat nykytilanteen ajoneuvokannan mukaiset, mutta ennustetut autoliikenteen vuoden 2040 mukaiset liikennemäärät.

Tieliikenteen päästöt laskettiin ajoneuvotyypikohtaisilla nopeusriippuvaisilla päästökertoimilla. Mallilaskelmissa otettiin huomioon autoliikenteen päästöjen aiheuttamien pitoisuuksien lisäksi alueelliset taustapitoisuudet. Mallinnuksessa käytettiin taustapitoisuuksina Ilmatieteen laitoksen Hyytiälän ja Vaasan kaupungin vesitorin ilmanlaadun mittausasemien vuosien 2017–2019 havaintoja. Alueelle ominainen meteorologinen aineisto koostettiin vastaamaan mallinnuksessa käytetyn ajanjakson 2017–2019 taustapitoisuusmittaushavaintoja.

Epäpuhtauksien pitoisuuksia ulkoilmassa säädellään ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoilla. Ilmanlaadun ohjeet tulisi ottaa huomioon esimerkiksi liikennesuunnittelussa,

kaavoituksessa, rakennusten sijoittelussa ja teknisissä ratkaisuissa, joilla pyritään etukäteen välttämään ihmisten altistuminen terveydelle haitallisen korkeille ilma-saasteiden pitoisuuksille. Terveysvaikutusperusteiset ilmanlaadun raja-arvot ovat ohjearvoja sitovampia, eivätkä ne saa ylittyä alueella, joilla asuu tai oleskelee ihmisiä. Autoliikenteelle varatuilla väylillä raja-arvot eivät kuitenkaan ole voimassa.

Leviämislaskelmien tulosten mukaan typpidioksidipitoisuuden raja- ja ohjearvot alittuivat kaikissa erillistarkastelupisteissä ja lähiympäristössä tutkimusalueella hengityskorkeudella. Alimmalla erillistarkastelupisteiden korkeustasolla (+125 mmpy) typpidioksidipitoisuudet olivat suurimmillaan noin 65 % vuorokausiohjearvosta. Korkeustasolla +161 mmpy merenpintatasosta typpidioksidipitoisuudet olivat suurimmillaan noin 15 % vuorokausiohjearvosta.

Leviämislaskelmien tulosten mukaan pienhiukkaspitoisuuden raja-arvo ja WHO:n ohjearvot alittuivat kaikissa tarkastelluissa erillispisteissä ja tutkimusalueella hengityskorkeudella. Erillistarkastelupisteissä pienhiukkaspitoisuudet olivat korkeimmillaan noin 35 % WHO:n vuorokausiohjearvosta. Pienhiukkaspitoisuuksissa merkittävä osa on taustapitoisuutta. Hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) raja-arvot alittuvat kaikkialla tarkastelluissa erillispisteissä ja tutkimusalueella hengityskorkeudella, mutta vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus ylittyisi korkeimmillaan noin 1,6-kertaisesti katutasolla +125 mmpy korkeudella merenpinnasta. Laskelmien mukaan korkeustasolla +134 mmpy (noin 9 m maanpintatasosta) pitoisuus alittaisi vuorokausiohjearvon kaikissa erillistarkastelupisteissä. Uudenmaan ELY-keskuksen oppaassa (Ilmanlaatu maankäytön suunnittelussa) ei suositella sijoitettavaksi herkkiä kohteita (päiväkodit, leikkipuistot, alakoulut, iäkkäiden asuin- ja hoitolaitokset sekä sairaalat) alueille, jossa hengitettävien hiukkasten pitoisuus ylittää vuorokausiohjearvon. Rakennuksen ensimmäisiin kerroksiin on suositeltavinta sijoittaa liike- tai muita vastaavia tiloja ja rakennuksen ilmastoinnin korvausilma tulisi ottaa sieltä, missä ilma on puhtainta.

Korkeimmat typpidioksidin ja hiukkasten pitoisuudet havaitaan tyypillisesti vilkkaasti liikennöidyillä väylillä ja niiden lähiympäristössä sekä risteysalueilla. Päästöjen sekoittumisen ja laimenemisen vuoksi pitoisuudet pienenevät, kun etäisyys liikenneväylistä kasvaa sekä maanpinnan tasossa että ylöspäin mentäessä. Suunnittelu-kohteessa pitoisuudet ovat korkeimmillaan maanpintatasolla ja pienenevät kerroskorkeuden kasvaessa sitä enemmän mitä korkeammalla sijaitsevasta erillispisteestä on kyse.

Tulevaisuuden autoliikenteen päästöjen ennustamiseen sisältyy useita epävarmuustekijöitä. Todennäköistä on, että päästöt ja niiden aiheuttamat vaikutukset pienenevät tulevaisuudessa, kun ajoneuvojen moottoritekniikka kehittyy ja päästörajoitukset tiukkenevat. Katupölytilanne ei kuitenkaan parane ajoneuvojen moottoritekniikan kehittymisen myötä. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksiin voidaan vaikuttaa liikennemääriä vähentämällä, rengasvalinnoilla (nastat vs. kitkat) sekä katujen kunnossapidolla (hiekoitus, suolaus, pölynsidonta ja putsaus).

Tässä ilmanlaatuselvityksessä on käytetty konservatiivista lähestymistapaa, kun mallinnuksen pohjana on käytetty nykytilanteen ajoneuvojakaumaa, päästökertoimia ja liikennemääriä. Nyt tehtyjen laskelmien mukaan lähiliikenteen päästöjen sekä alueellisen taustapitoisuuden yhteisvaikutuksen aiheuttama pitoisuus ei ylitä tutkituissa erillistarkastelupisteissä ilmanlaadun raja-arvoja eikä typpidioksidin ja pienhiukkasten pitoisuudelle annettuja ohjearvoja. Mallilaskelmien mukaan hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) pitoisuudet voivat satunnaisesti kohota kuitenkin selvästi suunnittelualueella yli vuorokausiohjearvotason alemmilla korkeustasoilla. Siksi läheisten asuintalojen tai

liiketilojen riittävän hyvän sisäilmanlaadun kannalta kaikkina aikoina on ilmastoinnin korvausilma suositeltavinta ottaa mahdollisimman korkealta ja etäältä maanpintaa ja suunnittelukohtetta ympäröivään tieliikenteeseen nähden. Laskelmien mukaan hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvo ylittyy keväisin katupölyaikaan Peltolampi–Lakalaiva-suunnittelualueella korkeustason +134 mmpy (noin 9 metriä maanpinnasta) alapuolella. Erityishuomiota tulisi kiinnittää etenkin hyvinvointikeskuksen suunnitteluun ja sijoittamiseen alueelle, mikäli sen toiminnot sisältävät herkkiä kohteita.

OSA II

5 TAUSTATIETOA ILMANLAADUSTA

5.1 Ilmanlaatuun vaikuttavat tekijät

Ilmanlaatua heikentävien ilmansaasteiden suurimpia päästölähteitä Suomessa ovat liikenne, energiantuotanto, teollisuus ja puun pienpoltto. Ilmansaasteita kulkeutuu Suomeen myös kaukokulkeutena maamme rajojen ulkopuolelta. Ilmansaasteiden päästöistä suurin osa vapautuu ilmakehän alimpaan kerrokseen, jota kutsutaan ilmakehän rajakerrokseksi. Rajakerroksessa päästöt sekoittuvat ympäröivään ilmaan ja ilmansaasteiden pitoisuudet 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. Ilmansaasteet poistuvat ilmasta sateen huuhtomina (märkälasseuma), kuivalasseumana erilaisille pinnoille tai kemiallisen muutoksen 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 tuoliolosuhteet 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 stabiilisuus ja sekoituskorkeus. Ilmakehän stabiilisuudella tarkoitetaan ilmakehän herkkyyttä pystysuuntaiseen sekoittumiseen. Stabiilisuuden määrää ilmakehän pystysuuntainen lämpötilarakenne sekä mekaaninen turbulenssi eli alustan kitkan synnyttämä ilman pyörteisyys.

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, minkä vuoksi ilmansaasteet laimenevat huonosti. Inversiotilanteissa pitoisuudet kohoavat taajamissa etenkin liikenneneruuhkien aikana, koska ilmansaasteet kerääntyvät matalaan ilmakerrokseen päästölähteiden lähelle.

5.2 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 myös kemialliset muutuntareaktiot, joissa typpimonoksidi hapettuu typpidioksidiksi.

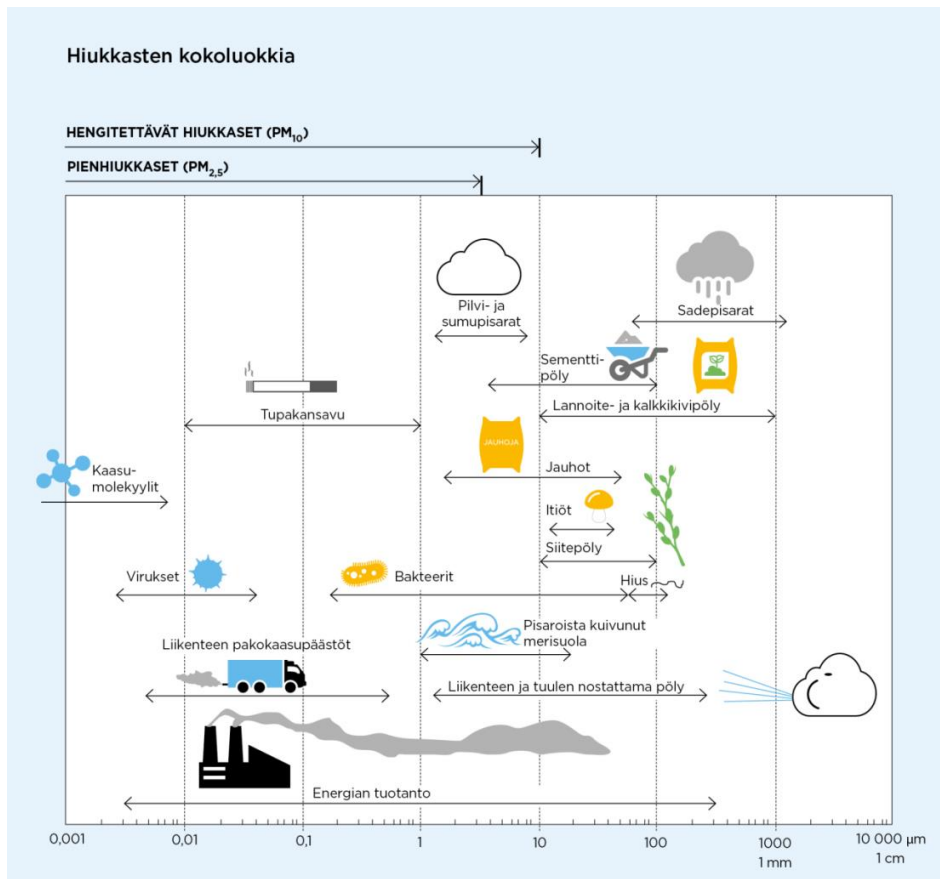
Ulkoilman typpidioksidipitoisuuksille altistuminen on suurinta kaupunkien keskustojen ja taajamien liikenneympäristöissä. Typpidioksidipitoisuudet kohoavat tyypillisesti ruuhka-aikoina. Korkeimmillaan typpidioksidipitoisuudet ovat erityisesti tyyninä ja kylminä talvipäivinä, jolloin myös energiantuotannon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

Typpidioksidin vuosiraja-arvo $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alittuu nykyisin Suomessa. Typpidioksidin vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet viime vuosina suurimmissa kaupungeissa keskimäärin $15\text{--}25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vilkkaimmilla teillä ja katukuiluosuuksilla vuosipitoisuudet voivat olla yli $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pienissä ja keskisuurissa kaupungeissa typpidioksidin vuosikeskiarvot ovat yleensä noin $5\text{--}20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mittausympäristöstä riippuen. Typpidioksidin tuntipitoisuudet voivat kohota yli raja-arvotason ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) yksittäisillä mittausasemilla muutamina tunteina vuodessa. Ylitystunteja saa olla vuodessa 18 kpl, ennen kuin raja-arvo katsotaan ylittyneeksi. Puhtailla tausta-alueilla typpidioksidin vuosikeskiarvot ovat olleet Etelä-Suomessa noin $1,5\text{--}4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Pohjois-Suomessa noin $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (*Ilmatieteen laitos, 2021*).

5.3 Hiukkaset

Ulkoilman hiukkaset ovat nykyisin merkittävimpiä ilmanlaatuun vaikuttavia tekijöitä Suomen kaupungeissa. Pienhiukkasia pidetään haitallisimpana ilmaperäisenä ympäristötekijänä ihmisten terveydelle. Ulkoilman hiukkaset ovat taajamissa peräisin autojen pakokaasuista, energiantuotannon ja teollisuuden prosesseista ja puun pienpoltosta. Nämä hiukkaspäästöt ovat pääasiassa pieniä hiukkasia. Keväisin ja syksyisin hiukkaspitoisuuksia kohottaa katupöly eli epäsuorat hiukkaspäästöt (ns. resuspensio). Hiukkasiin on sitoutunut myös erilaisia haitallisia yhdisteitä kuten hiilivetyjä ja raskasmetalleja. Liikenteen vaikutukset korostuvat matalan päästökorkeuden vuoksi.

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. Hengitettävien hiukkasten halkaisija on alle 10 mikrometriä (PM_{10}) ja pienhiukkasten halkaisija on alle 2,5 mikrometriä ($\text{PM}_{2,5}$). Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet kohoavat erityisesti keväällä, jolloin jauhautunut hiekoitushiekka ja asfalttipöly nousevat ilmaan kuivilta kaduilta liikenteen nostattamana. Katupölyä esiintyy myös syksyllä talvirengaskauden alussa, kun tiet ovat vielä lumettomia sekä rakennustyömaiden läheisyydessä. Pienhiukkaset ovat pääasiassa peräisin suorista autoliikenteen ja teollisuuden päästöistä ja kaukokulkeumasta, jonka lähde voi olla esimerkiksi metsä- ja maastopalot. Hiukkasten kokoluokkia on havainnollistettu kuvassa 18.



Kuva 18. Hiukkasten kokoluokkia. Hiukkasten koko ilmaistaan halkaisijana mikrometreissä (μm). Mikro (μ) etuliite tarkoittaa miljoonasosaa. 1 μm on siten metrin miljoonasosa eli millimetrin tuhannesosa.

Suurimmat hiukkaspitoisuudet esiintyvät vilkkaasti liikennöidyissä kaupunkikeskustoissa. Suomessa hiukkaspitoisuudet kohoavat yleensä voimakkaasti keväällä maaliskuussa, kun maanpinnan kuivuessa tuuli ja liikenne nostattavat talven aikana kertynyttä katupölyä ilmaan. Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuuksille asetettu raja-arvotaso ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ylittyy mittausasemilla noin 0–25 kertaa vuoden aikana. Vuorokausiraja-arvotason ylityksiä saa olla mittausasemalla 35 kappaletta vuodessa, ennen kuin raja-arvo katsotaan ylittyneeksi. Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuudelle annettu raja-arvo on ylittynyt vain Helsingin keskustassa, viimeksi vuonna 2006. Katupölyn muodostumiseen voidaan merkittävästi vaikuttaa oikea-aikaisella katujen siivouksella ja kunnossapidolla sekä pölynsidonnalla.

Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudelle annettu raja-arvo $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alittuu Suomessa. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvot ovat olleet viime vuosina suurimmissa kaupungeissa noin $10\text{--}20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vilkkaimmilla teillä ja katukuiluosuusilla vuosipitoisuudet voivat olla yli $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pienissä ja keskisuurissa kaupungeissa vuosikeskiarvot ovat noin $6\text{--}15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mittausympäristöstä riippuen. Puhtailla tausta-alueilla vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet Etelä-Suomessa noin $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Pohjois-Suomessa noin $3\text{--}5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ilmatieteen laitos, 2021).

Pienhiukkaspitoisuuden vuosikeskiarvolle määritetty raja-arvo $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alittuu selvästi kaikkialla Suomessa. Viime vuosina pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuus on ollut pääkaupunkiseudun kaupunkialueilla noin $5\text{--}8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja muilla kaupunkialueilla noin $3\text{--}7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pitoisuuserot erityyppisten mittausympäristöjen välillä ovat muutamia mikrogrammoja. Puhtailla tausta-alueilla vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet Etelä-

Suomessa noin 4–6 µg/m³ ja Pohjois-Suomessa noin 2–3 µg/m³ (*Ilmatieteen laitos, 2021*). Pienhiukkasten taustapitoisuudesta valtaosa on kaukokulkeutunutta hiukkasainesta. Kaukokulkeuma muodostaa huomattavan osan myös kaupunki-ilman pienhiukkaspitoisuuksista.

5.4 Ilman epäpuhtauksien terveysvaikutukset

Ilmansaasteiden terveyshaitat ovat seurausta altistumisesta ulkoilmassa oleville haitallisille aineille. Altistuminen on sitä suurempaa mitä korkeampia hengitysilman pitoisuudet ovat ja mitä kauemmin ihminen hengittää saastunutta ilmaa. Pitkäaikainen altistuminen ilmansaasteille on terveysvaikutusten kannalta haitallisempaa kuin lyhytaikainen altistuminen.

Ilmansaasteiden arvioidaan aiheuttavan Suomessa noin 1 600 ennen aikaista kuolemantapausta vuodessa (*Hänninen ym. 2016*). Lisäksi ilmansaasteet aiheuttavat haittoja lisääntyneen sairastamisen takia. Haitalliset vaikutukset ilmenevät siitä huolimatta, että ilmanlaadun raja- tai ohjearvot eivät Suomessa ylity laajassa mitassa. Terveyshaitat aiheutuvat suurelta osin pienhiukkasista ja pienemmältä osin hengitettävistä hiukkasista sekä typpidioksidista. Yksilöiden herkkyys ilmansaasteille vaihtelee. Herkkiä väestöryhmiä ovat kaikenikäiset astmaatit, ikääntyneet sepelvaltimotautia ja keuhkohtaumatautia sairastavat sekä lapset. Talvisin pakkanen voi pahentaa ilmansaasteista aiheutuvia oireita.

Tieteellinen näyttö pienhiukkasten haitallisista terveysvaikutuksista on erittäin laaja. Hiukkaset kulkeutuvat ilman mukana kaikkiin osiin hengitysteitä, jolloin ne aiheuttavat sekä suoria vaikutuksia keuhkoissa että siirtyvät osin verenkiertoon ja edelleen kehon muihin osiin kuten sydänlihakseen ja aivoihin. Hiukkaset lisäävät sydän- ja verenkiertoelimistön sairauksia ja lisäävät kuolleisuutta. Muiden ilmansaasteiden vaikutukset ovat myös vakavia mutta niiden kansanterveydelliset haitat ovat pienhiukkasiin verrattuna vähäisempiä.

6 ULKOILMANLAADUN RAJA- JA OHJEARVOT

Leviämismallilaskelmilla tai ilmanlaadun mittauksilla saatuja ilman epäpuhtauksien 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 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 taata hyvän ilmanlaadun säilyminen.

Raja-arvot määrittelevät ilmansaasteille sallitut korkeimmat pitoisuudet. Raja-arvoilla pyritään vähentämään tai ehkäisemään terveydelle ja ympäristölle haitallisia vaikutuksia. Raja-arvon ylittyessä kunnan 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. Ilman epäpuhtauksien aiheuttamien terveyshaittojen ehkäisemiseksi ulkoilman typpidioksidin ja

pienhiukkasten pitoisuudet eivät saisi ylittää taulukon 8 raja-arvoja alueilla, joilla ihmiset saattavat altistua ilmansaasteille.

Taulukko 8. Terveyshaittojen ehkäisemiseksi annetut ulkoilman typpidioksidin, pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia koskevat raja-arvot (*Vna 79/2017*).

Ilman epäpuhtaus	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Sallittujen ylitysten määrä kalenterivuodessa
Typpidioksidi (NO_2)	1 tunti	200 ¹⁾	18
	kalenterivuosi	40 ¹⁾	–
Pienhiukkaset ($\text{PM}_{2,5}$)	kalenterivuosi	25 ²⁾	–
Hengitettävät hiukkaset (PM_{10})	24 tuntia	50 ²⁾	35
	kalenterivuosi	40 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 ilmansaasteiden aiheuttamia terveysvaikutuksia. Suomessa voimassa olevat ulkoilman typpidioksidin pitoisuuksia koskevat ilmanlaadun ohjearvot on esitetty taulukossa 9. Lisäksi taulukossa esitetään WHO:n suositustenomaiset ohjearvot pienhiukkasten vuorokausipitoisuudelle ja vuosipitoisuudelle (*WHO, 2006*).

Taulukko 9. Ulkoilman typpidioksidin ja pienhiukkasten pitoisuuksia koskevat ilmanlaadun ohjearvot (*Vnp 480/1996, WHO, 2006*).

Ilman epäpuhtaus	Ohjearvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Tilastollinen määrittely
Typpidioksidi (NO_2)	150 ¹⁾	Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste
	70 ¹⁾	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Pienhiukkaset ($\text{PM}_{2,5}$)	25 ²⁾	Suurin vuorokausikeskiarvo
	10 ²⁾	Vuosikeskiarvo
Hengitettävät hiukkaset (PM_{10})	70 ¹⁾	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo

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

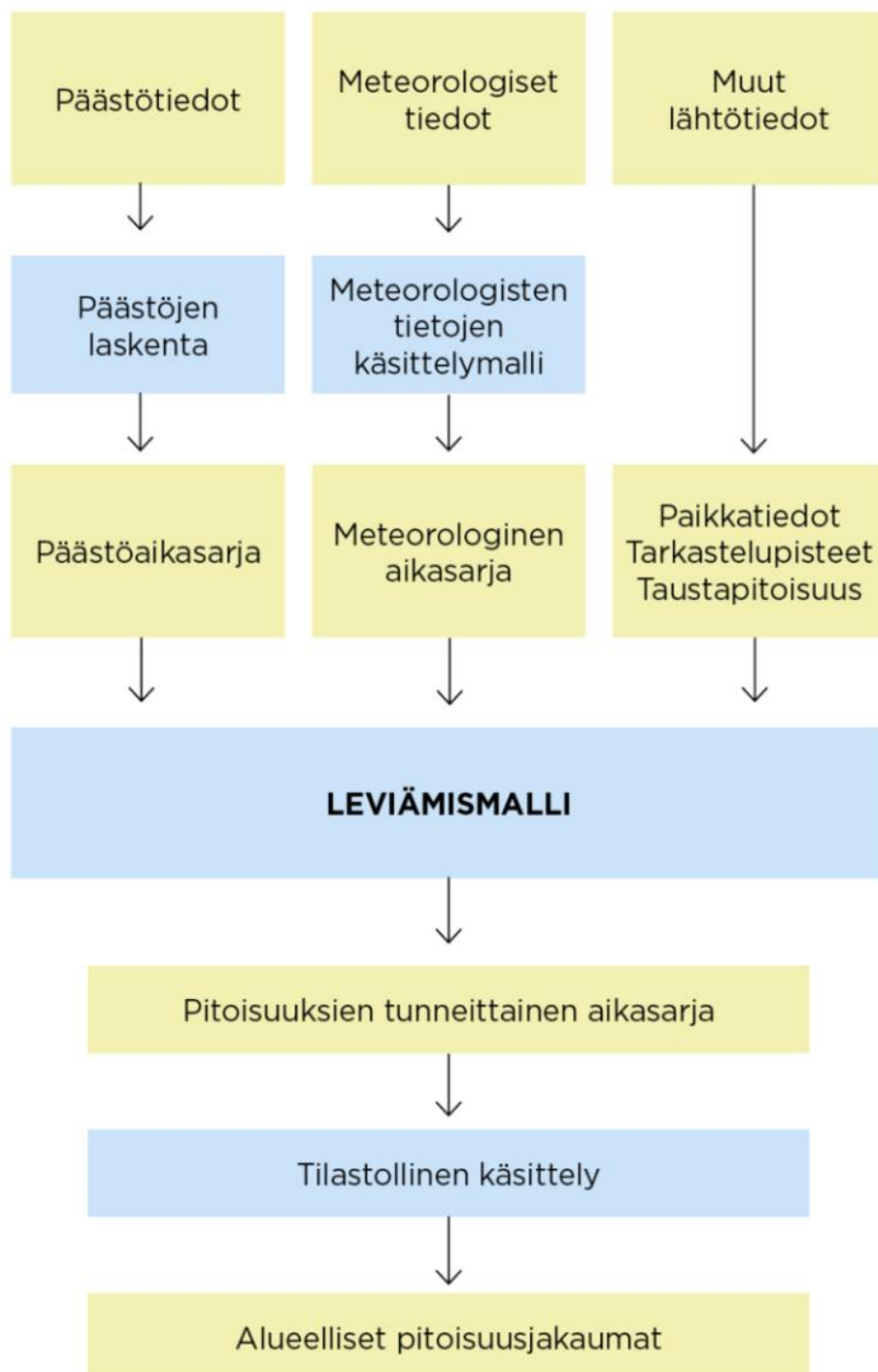
²⁾ WHO

7 LEVIÄMISMALLILASKELMIEN YLEISKUVAUS

7.1 Pitoisuuslaskenta päästöjen leviämismalleilla

Leviämismalleilla tutkitaan päästöjen kulkeutumista ilmakehässä ja niiden aiheuttamia ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia maanpinnan tasolla. Leviämismallit ovat tietokoneohjelmistoja, joiden avulla pyritään jäljittelemään ilmakehässä tapahtuvia fysikaalisia ja kemiallisia ilmiöitä mahdollisimman todenmukaisesti. Malleihin sisältyy usein laskentamenetelmiä, joiden avulla voidaan tarkastella epäpuhtauksien muuntumista, kemiallisia reaktioita ja poistumista ilmakehästä laskeutuneina. Leviämismallien lähtötiedoiksi tarvitaan tietoja päästöistä ja niiden lähteistä, mittaamalla ja mallittamalla saatuja tietoja ilmakehän tilasta sekä tietoja ilmansaasteiden taustapitoisuudesta tutkimusalueella. Lisäksi lähtötiedoiksi tarvitaan erilaisia paikkatietoja, kuten tietoja maanpinnan muodoista ja maanpinnan laadusta sekä tietoa päästölähteiden sijainnista.

Leviämislaskelmia varten muodostetaan kaikille eri päästölähteille päästöaikasarjat, joissa on jokaiselle tarkastelujakson tunnille (3 vuotta, 26 304 tuntia) laskettu päästö määrä erikseen kaikille tarkasteltaville ilman epäpuhtauksille. Leviämismalleilla lasketaan ilman epäpuhtauspitoisuuden tuntikeskiarvoja sillä oletuksella, että meteorologinen tilanne ja eri lähteiden päästöt pysyvät vakioina tunnin ajan. Laskenta etenee tunnin aika-askeleella kunnes koko meteorologisten tietojen kolmen vuoden tuntiaikasarja ja kunkin päästölähteen tunneittaiset päästöaikasarjat on käyty läpi. Leviämismallit tuottavat jokaisen tunnin meteorologista tilannetta vastaavat, kunkin lähteen päästöjen aiheuttamat pitoisuudet jokaiseen laskentapisteeseen. Näin kuhunkin laskentapisteeseen muodostetaan tilastollisesti edustava määrä pitoisuuden tuntiarvoja, joista ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset tunnusluvut edelleen lasketaan. Mallilaskelmasta saatuja pitoisuusarvoja voidaan verrata ilmanlaadun raja- ja ohje-arvoihin (taulukot 8 ja 9). Kaaviokuvassa 19 on esitetty Ilmatieteen laitoksen leviämismallien toimintaa. Eri leviämismalleja kuvataan tarkemmin seuraavissa kappaleissa.



Kuva 19. Kaaviokuva Ilmatieteen laitoksella kehitettyjen leviämismallien CAR-FMI ja ns. suspensiopäästömallin toiminnasta.

7.2 Liikenteen päästöjen leviämismalli (CAR-FMI)

Ilmatieteen laitoksella kehitetty liikenteen päästöjen viivalähdemalli CAR-FMI (Contaminants in the Air from a Road; *Karppinen, 2001; Härkönen ym., 2001*) perustuu leviämisen osalta analyttiseen ratkaisuun ja päästöjen kemiallisen muutunnan osalta ns. 'discrete parcel' -menetelmään. Viivalähdemallin leviämislaskenta perustuu avoimen väylän oletukseen. Viivalähdemallilla voidaan laskea esimerkiksi typpimonoksidin, typpidioksidin ja typen oksidien (kokonais- NO_x) ja hiukkasten pitoisuuksia haluttuihin pisteisiin eri etäisyyksille liikenneväylästä. Viivalähdemalli on kehitetty alun perin autoliikenteen päästövaikutusten arviointiin, mutta siihen on muokattu menetelmät, joka soveltuvat myös juna-, laiva- ja lentoliikenteen päästöjen leviämislaskelmiin. Viivalähdemallin laskentatuloksista voidaan arvioida yksittäisen liikenneväylän vaikutus lähialueen pitoisuuksiin tai laajan tutkimusalueen liikenneverkon päästöjen kokonaisvaikutus epäpuhtauskomponentteittain. Viivalähdemallilla saadut mallinnustulokset voidaan yhdistää laskentapisteittäin myös Ilmatieteen laitoksen muilla ilmanlaatumalleilla saatuihin tuloksiin.

7.3 Liikenteen suspensiopäästömalli katupölyn mallintamiseen

Tieliikenne aiheuttaa pakokaasujen suorien pienhiukkaspäästöjen lisäksi myös epäsuoria hiukkaspäästöjä ajoneuvojen nostattaman katupölyn muodossa, mistä suurin osa on hengitettäviä hiukkasia. Ilmatieteen laitoksen leviämismalleilla voidaan laskea liikenteen pakoakaasupäästöjen lisäksi myös liikenteen epäsuora vaikutus hengitettävien hiukkasten pitoisuuksiin. Tieliikenteen hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien laskelmissa hyödynnetään suspensiopäästömallia, jolla kuvataan katujen pölyämisen vaikutusta hiukkaspäästöön (*Kauhaniemi ym., 2011*). Suspensiopäästömalli perustuu Ruotsin Ilmatieteen laitoksen (SMHI) kehittämään hiukkaspäästömalliin (*Omstedt ym., 2005*).

Tienpinnan kosteus säätelee hiukkasten nousemista tienpinnalta ilmaan. Suspensiopäästömalli arvioi tien pinnan kosteutta sademäärän, haihdunnan ja valunnan avulla. Mallissa kuvitteellinen tien pölykerros kasvaa kosteissa olosuhteissa nastarenkaiden aiheuttaman tien kulumisen ja hiekoituksen vuoksi, sillä pöly ei pääse vapautumaan ilmaan sateisina aikoina. Kuivana kautena liikenteen ja tuulen aiheuttama turbulenssi nostaa hiukkaset ilmaan pienentäen näin pölykerrosta. Tien pölykerros pienenee myös sateen aiheuttaman huuhtoutumisen seurauksena. Tien kulumisesta aiheutuvan pölykerroksen paksuus riippuu nastarenkaiden käytön määrästä. Tien hiekoituksesta aiheutuva pölykerros määräytyy mallissa meteorologisten muuttujien mukaan tai kaupungin katujen kunnossapidosta saatujen hiekoitustietojen mukaan. Katujen pölyämisestä ilmaan vapautuvan päästön määrää arvioidaan tiepölyhiukkasten suspensiopäästökertoimien, liikennemäärien ja sääolosuhteiden avulla.

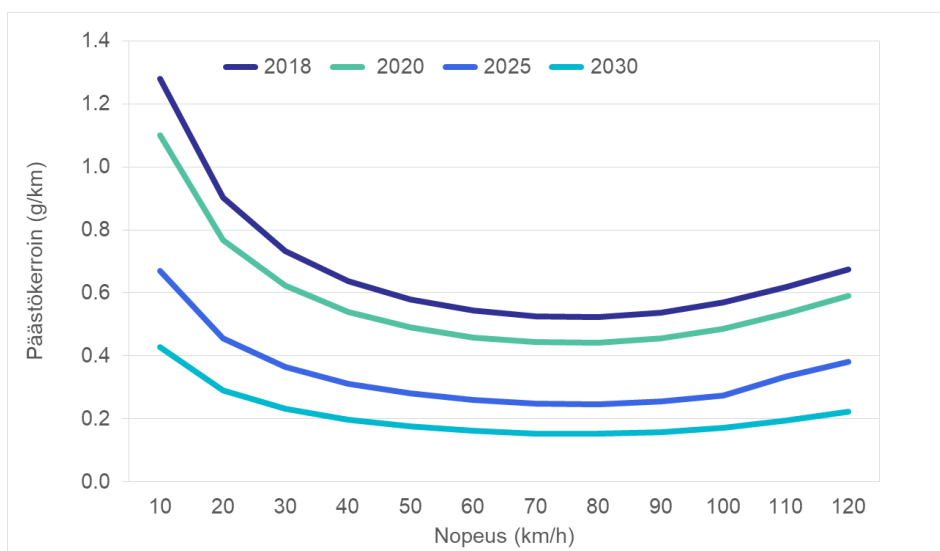
7.4 Liikenteen päästölaskenta

Liikenteen päästölaskennan pohjatietona sovelletaan Euroopan ympäristöviraston määrittämiä tieliikenteen päästökertoimia (*EEA, 2017*). Nämä päästökertoimet riippuvat ajoneuvojen moottoriteknologiasta, EURO-päästöluokista sekä ajonopeudesta. Kertoimet on määritetty yksityiskohtaisesti eri ajoneuvotyypeille, niiden katu- ja

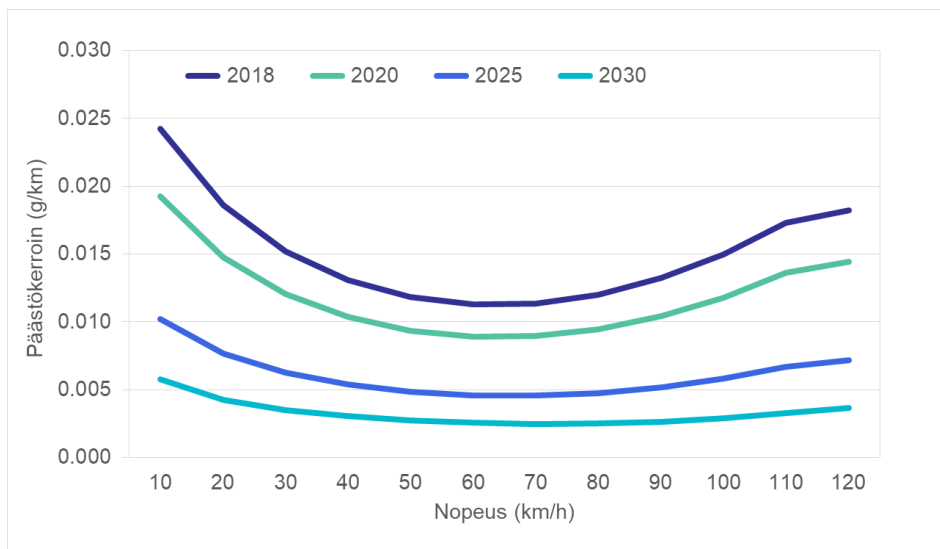
maantieajolle tasaisella nopeudella ja ruuhka-aikaan suoritettavalle ajolle. Näistä kertoimista on tätä työtä varten keskiarvoistettu Suomen ajoneuvokantaa edustavat kertoimet.

Suomen autokantaa edustavat EURO-päästöluokkaiset ajosuoriteosuudet on esitetty VTT:n julkaiseman liikenteen laskentajärjestelmä LIPASTO:n ALIISA-autokantamallissa. Tämä malli tarjoaa vuosittain päivittyvät nykytilannetta edustavat arvot (nyt käytössä vuosi 2018) ja ennusteet vuosille 2020, 2025 ja 2030 koko Suomen autokannan EURO-päästöluokkaisille ajosuoriteosuuksille. Ennusteet pohjautuvat Liikenneviraston ja VTT:n ennusteisiin suoritejakaumista ja autokannan kehityksestä. Ne edustavat perustilannetta, jossa otetaan huomioon vain jo päätetyt autokannan kehitykseen vaikuttavat valtakunnantason toimenpiteet (esim. muutokset verotuksessa).

Kuvissa 20 ja 21 on esitetty Helsingin keskimääräiset päästökertoimet eri vuosille 2018, 2020, 2025 ja 2030. Alla olevat kertoimet ottavat huomioon ajoneuvotyyppien keskimääräiset suhteelliset osuudet Suomessa. Kertoimet kohdennetaan kunnittain ajoneuvotyyppien suhteellisilla suoriteosuuksilla katu- tai tieosuuksien mukaan VTT:n LIISA-laskentajärjestelmän mukaisesti. Ajoneuvotyyppien suhteellisten suoriteosuuksien ei oleteta muuttuvan eri vuosien päästöskenaarioissa. Päästökertoimen pieneneminen vuodesta 2018 vuoteen 2030 selittyy autokannan uusiutumisella ja sillä, että uusilla vähäpäästöisemmällä ajoneuvoilla ajetaan tulevaisuudessa suhteessa suurempi osa ajosuoritteesta. Tulevaisuuden ennusteisiin kuitenkin liittyy runsaasti epävarmuustekijöitä. Tekemällä päästöjen leviämislaskennat useilla eri vuosien päästötasoilla, saadaan aikaiseksi vaihteluväli, jolla autoliikenteen päästöjen aiheuttamat pitoisuudet tulevaisuudessa todennäköisesti esiintyvät.



Kuva 20. Mallilaskelmissa käytettävät ajoneuvojen keskimääräiset nopeusriippuvat typenoksidien päästökertoimet. Kertoimien pohjana ovat EEA:n päästökertoimet (EEA, 2017) painotettuna suoritteiden euroluokkajakaumilla ja Suomen keskimääräisillä ajosuoriteosuuksilla vuonna 2018 ja ennustettuna vuosille 2020, 2025 ja 2030 (VTT, 2019).



Kuva 21. Mallilaskelmissa käytettävät ajoneuvojen keskimääräiset nopeusriippuvat pienhiukasten päästökertoimet. Kertoimien pohjana ovat EEA:n päästökertoimet (EEA, 2017) painotettuna suoritteiden euroluokkajakaumilla ja Suomen keskimääräisillä ajosuoriteosuuksilla vuonna 2018 ja ennustettuna vuosille 2020, 2025 ja 2030 (VTT, 2019).

VIITELUETTELO

AIROLA, H., MYLLYNEN, M., 2015. Ilmanlaatu maankäytön suunnittelussa. Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Opas 2. ISBN 978-952-314-244-2 (PDF), Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-314-244-2>

ANTTILA, P., TUOVINEN, J.-P. JA NIEMI, J., 2011. Primary NO₂ emissions and their role in the development of NO₂ concentration in a traffic environment. *Atmospheric Environment* 45 (2011) 986-992.

EEA, 2017. Exhaust emissions from road transport. Kappale teoksessa: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guide book 2016, last update June 2017. EEA Report No 21/2016. European Environment Agency, Denmark. ISBN 978-92-9213-806-6

HÄNNINEN, O., KORHONEN, A., LEHTOMÄKI, H., ASIKAINEN, A., RUMRICH, I., 2016. Ilmansaasteiden terveysvaikutukset. Ympäristöministeriön raportteja 16/2016. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/74861/YMr_a_16_2016.pdf

HÄRKÖNEN, J., NIKMO, J., KARPPINEN, A., AND KUKKONEN, J., 2001. A refined modelling system for estimating the emissions, dispersion, chemical transformation and dry deposition of traffic-originated pollution from a road. In: Cuvelier, C. et al., Seventh International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, Joint Research Centre, European Commission, Ispra, Italy, pp. 311-313.

ILMATIETEEN LAITOS, 2021. Ilmatieteen laitoksen ylläpitämä Ilmanlaatu Suomessa -sivusto, josta on saatavilla mittaustiedot ja historiatietoja pitoisuuksista lähes kaikilta Suomen ilmanlaadun seuranta-asemilta: <https://ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatu>

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.

KAUHANIEMI, M., KUKKONEN, J., HÄRKÖNEN, J., NIKMO, J., KANGAS, L., OMSTEDT, G., KETZEL, M., KOUSA, A., HAAKANA, M. and KARPPINEN, A., 2011. Evaluation of a road dust suspension model for predicting the concentrations of PM₁₀ in street canyon in Helsinki. *Atmospheric Environment*, 45, 3646-3654.

OMSTEDT, G., BRINGELT, B., JOHANSSON, C., 2005. A model for vehicle-induced non-tailpipe emissions of particles along Swedish roads. *Atmospheric Environment*, Vol. 39, issue 33, 6088–6097.

Tampereen kaupunki, 2018. Tampereen ilmanlaatu 2017. Päästöt ja ilmanlaadun mittaustulokset. Ympäristönsuojelun julkaisuja 2/2018.

Tampereen kaupunki, 2019. Tampereen ilmanlaatu 2018. Päästöt ja ilmanlaadun mittaustulokset. Ympäristönsuojelun julkaisuja 2/2018

Tampereen kaupunki, 2020. Tampereen ilmanlaatu 2019. Päästöt ja ilmanlaadun mittaustulokset. Ympäristönsuojelun julkaisuja 1/2020.

VTT, 2019. Teknologian tutkimuskeskus VTT. LIPASTO liikenteen päästöt <http://lipasto.vtt.fi/>

Vna 79/2017. Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta. Julkaistu 1.2.2017.

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

WHO, 2006. WHO Air quality guidelines. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide. Global update 2005. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe.



ILMATIETEEN LAITOS

ILMATIETEEN LAITOS

puh. 029 539 1000

Ilmanlaatu ja energia

ilmanlaatupalvelut@fmi.fi

www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatupalvelut

WWW.ILMATIETEENLAITOS.FI

