

# Enwin

- Vision Keeper -

4. SYYSKUUTA 2020

Tampereen kaupunki  
Kaupunkiympäristön kehittäminen

ID 1 940 831

## AMURITUNNELIN JA NÄSIKALLION ETL ILMANLAATUSELVITYS (KAAVA 8676)

TAMPEREEN KAUPUNKI, KAUPUNKIYMPÄRISTÖN KEHITTÄMINEN

Enwin  
- Vision Keeper -

ENWIN OY, 2020

Kivipöytälanuja 2

33920 Pirkkala

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

## TIIVISTELMÄ

---

Tampereella on suunnitteilla maanalainen Näsikallion eritasoliittymä ja Amuritunneli (kaava-alue 8676). Tässä työssä (ID 1 940 831) on arvioitu leviämismallinnuksen avulla liikenteen aiheuttamien epäpuhtauspäästöjen leviämistä. Mallinnukset tehtiin **nykytilanteessa ja vuoden 2040 vaihtoehtoisissa liikenne-ennustetilanteissa VE0-VE3**. Vaihtoehtoisissa VE2 ja VE3 valmiin Amuritunnelin tuuletusilman vaikutukset mallinnettiin kahdessa erilaisessa ilmanvaihtotilanteessa (poistoilman nopeus 1 m/s ja 3 m/s). **Lisäksi mallinnettiin työmaa-aikaista ilmanlaatua Näsikallion eritasoliittymän louhintatyömaan ja Amuritunnelin avolouhinnan aikana.**

Työssä mallinnettiin  $PM_{10}$ -hiukkasten ( $PM_{10} < 10 \mu\text{m}$ :n hiukkaskoko) ja pienhiukkasten ( $PM_{2.5} < 2.5 \mu\text{m}$ :n hiukkaskoko) vuorokausi- ja vuosipitoisuudet nykytilanteessa ja ennustevuonna 2040. Nykytilanteessa tarkasteltiin myös typpidioksidipitoisuuksia ( $NO_2$ ). Rakennusaikaiset ilmanlaatuarkastelut tehtiin  $PM_{10}$ - ja  $PM_{2.5}$ -hiukkasille sekä typpidioksidille. Mallinnustuloksia verrattiin kansallisiin vuorokausipitoisuuden ohjearvoihin ( $VNp$  480/1996) sekä Maailman terveysjärjestön (*WHO*) esittämiin pienhiukkasten vuorokausi- ja vuosiohjearvoihin ja ilmanlaatuasetuksen vuosiraja-arvoihin (*VNA* 79/2017).

Nykytilannemallinnusten mukaan ilmanlaatu on suunnittelualueella tavanomaista Tampereen kaupunki-ilmaa. Liikennemäärät Satakunnankadulla Amuritunnelin suuaukon suunnittelualueella ovat maltillisia n. 8400 ajon/vrk. Ilmanlaadun  $PM_{10}$ -,  $PM_{2.5}$ - ja  $NO_2$ -pitoisuuksien ohje- ja raja-arvot eivät nykytilanteessa alueella ylity.

Ennustevuonna 2040 liikenteen ilmanlaatuvaikutuksia tarkasteltiin vaihtoehtoisissa VE0, VE1, VE2 ja VE3. Eri vaihtoehtoisissa liikennevaikutukset ulottuvat laajalle kaupungin katuverkossa. Vaihtoehtoisissa VE0 ja VE1 Amuritunnelia ei ole rakennettu. Vaihtoehtoisissa VE2 ja VE3 Amuritunneli lisää liikennettä Satakunnankadulla ennen tunnelin suuaukkoa Kortelahdenkadun ja Hämeenpuiston välillä. Valmiin Amuritunnelin arvioitu liikennemäärä on 10 400-11 100 ajon/vrk vuonna 2040. Ennustemalleissa VE2 ja VE3 tunnelin poistoilma tuuletetaan Satakunnankadulle tunnelin suuaukon kautta. Poistoilman vaikutuksia arvioitiin kahdella ilmanvaihtonopeudella 1 m/s ja 3 m/s.

Johtopäätökset ilmanlaadusta vuonna 2040 eri vaihtoehtoisissa VE0-VE3:

- Ilmanlaadun kannalta kaikki vaihtoehdot VE0-VE3 ovat mahdollisia toteuttaa.
- Hiukkasten ( $PM_{10}$  ja  $PM_{2.5}$ ) vuosipitoisuudet eivät ylitä ilmanlaadun vuosiraja-arvoja missään vaihtoehtoisissa VE0-VE3 kaavan lähivaikutusalueella.

- VE0 ja VE1 ilmanlaatuerot ovat pieniä johtuen pienistä liikennemääräeroista (<±10%). Molemmassa vaihtoehdoissa liikenne Sepänkadulla ja Satakunnankadulla kasvaa verrattuna nykytilanteeseen tai vaihtoehtoihin VE2/VE3. Näsikallion ETL ja Kunkun parkin rakentaminen ilman Amuritunnelia vaikuttaa vain vähän ilmanlaatuun Amurissa (VE0→VE1).
- Kaavan lähivaikutusalueella Amurissa liikenteen aiheuttamat ilmanlaatumuutokset kohdistuvat pääosin Satakunnankadulle suunnitellun Amuritunnelin suuaukon ja Hämeenpuiston väliselle tieosuudelle, jossa liikenne kasvaa vaihtoehdoissa VE2/VE3.
- PM<sub>10</sub> hiukkasten vuorokausipitoisuudet ovat korkeimmillaan ohjearvotasoa 70 µg/m<sup>3</sup> tai jonkin verran sen yli vaihtoehdoissa VE2 ja VE3 Amuritunnelin suuaukon välittömässä läheisyydessä. Amuritunneli tuuletetaan tämän suuaukon kautta ulos. VE2 ja VE3 vaihtoehtojen keskinäiset ilmanlaatuerot ovat pieniä.
- Amuritunnelin ilmanvaihdon tehostaminen 1 m/s → 3 m/s parantaa vertikaalista ilmanlaatua eli ilmanlaatua maanpinnantasosta ylöspäin, koska tällöin jo lähtökohtaisesti korvausilmaa otetaan enemmän ja tunnelipäästö on laimeampaa ja sekoittuminen tehostuu.
- Tietyissä sääolosuhteissa esim. pakkaspäivien inversiotilanteissa, matala sulkukerros voi estää epäpuhtauksien tehokasta laimenemista Satakunnankadulla. Tällöin läheltä maanpintaa tulevat päästöt jäävät inversiokerroksen alapuolelle.
- Työssä annetaan suosituksia erityisesti Amuritunnelin suuaukon lähialueen ilmanlaadun huomioimisesta.

## Maanalaisen kaavan rakennusaikainen ilmanlaatu

Amuritunnelin rakennusaikana avolouhintavaihe kestäisi arviolta n. 4 viikkoa. Tällöin Satakunnankadulla ja Kortelahdenkadulla ilmanlaatu heikkenee paikallisesti työmaaliikenteen ja kaivuutyön seurauksena. Työmaan ympäristössä PM<sub>10</sub>-hiukkasten vuorokausiohjarvo 70 µgPM<sub>10</sub>/m<sup>3</sup> voi ylittyä. Lähimmät rakennukset ovat asuinkerrostaloja ja pölystä voi aiheutua viihtyvyyshaittaa rakennusaikana.

Näsikallion eritasoliittymän ja Amuritunnelin maanalainen louhinta ja louheen kuljetus tehdään suunnitelman mukaan Näsikallion työmaatunnelin kautta. Kallioulouheen kuljetus tapahtuu kuorma-autoilla Lielahden suuntaan reitillä Kuninkaankatu-Näsijärvenkatu-Paasikivenkatu-Paasikiventie. Kuljetukset kestävät n. 35 viikkoa. Ilmanlaatuvaikutukset kohdistuvat pääosin Näsikallion työmaatunnelin suuaukon läheisyyteen, jossa työmaaliikenne voi aiheuttaa PM<sub>10</sub>-hiukkasten vuorokausiohjarvon ylityksiä työmaa-alueella. Näsikallion työmaatunnelin suuaukon lähellä ei ole asuntoja. Mäntinrannan uimaranta ja Tallipihan käsityöläiskeskus ovat lähimmät häiriintyvät kohteet. Hiukkaspitoisuudet jäävät näillä alueilla kuitenkin alle ilmanlaadun ohjearvojen.

Työmaiden aikana pölyämistä tulee vähentää mm. työmaa-alueen ja poistettavan maa-aineksen ja louheen kastelulla. Myös kuljetusreittiä tulee puhdistaa säännöllisesti, jotta kuorma-autojen renkaista ja kuormista kulkeutuva maa-aines ei aiheuttaisi ylimääräistä pölyämistä kuljetusreitillä.

Mallinnuksen epävarmuuteen vaikuttaa eniten tulevaisuuden liikenne-ennusteen epävarmuus, ajoneuvojakaumat ja mm. polttoainevaihtoehdot ja päästökertoimien kehitys. Tunnelipäästöjen ilmanlaatuvaikutuksiin vaikuttaa paitsi tässä selvityksessä mallinnetut poistoilman määrät ja ilmanvaihtonopeudet myös kaksisuuntaisesta liikenteestä aiheutuva ilman sekoittuminen ja pyörteisyys tunnelin suulla.

## Sisältö

TIIVISTELMÄ .....	1
1. Johdanto .....	6
2. Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot.....	7
3. Lähtötiedot mallinnuksessa .....	8
3.1 Mallinnohjelma ja sen lähtötiedot.....	8
3.2 Liikennetiedot ja päästöt eri mallinnusvaihtoehdoissa .....	9
3.3 Amuritunnelin päästöt VE2 ja VE3 vaihtoehdoissa.....	13
4. Mallinnustulokset .....	14
4.1 Ilmanlaadun vertailupisteet Satakunnankadulla .....	14
4.2 PM <sub>10</sub> -hiukkasten pitoisuudet nykytilanteessa ja vuonna 2040 .....	15
4.3 PM <sub>2.5</sub> -hiukkasten pitoisuudet nykytilanteessa ja vuonna 2040.....	17
4.4 Amuritunnelin ilmanvaihdon vaikutus ilmanlaatuun .....	18
5. Johtopäätökset suunnittelualueen ilmanlaadusta nyt ja vuonna 2040.....	22
6. Suositukset ilmanlaadun näkökulmasta .....	24
7. Rakennusaikainen ilmanlaatu - Amuritunnelin avolouhinta ja Näsikallion louheen kuljetus ...	26
7.1 Rakennusaikainen liikenne .....	26
7.2 Rakennusaikainen ilmanlaatu suunnittelualueella.....	27
7.2.1 Louheenkuljetus Näsikallion kautta .....	27
7.2.2 Amuritunnelin avolouhinta.....	28
7.3 Johtopäätökset rakennusajan ilmanlaadusta.....	30
7.3.1 Suositukset ilmanlaadun huomioimiseksi rakennusaikana.....	31
8. Mallinnuksen kokonaispävarmuuteen vaikuttavat tekijät .....	32
LIITE 1. Ilmanlaadun vertailuarvot, terveysvaikutukset ja mitattuja pitoisuuksia Tampereella .....	34
LIITE 2. AERMOD-leviämismalli .....	37
LIITE 3. Liikennepäästöjen laskenta .....	39
LIITE 4. Liikenteen ilmanlaatuvaikutukset nykytilanteessa (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> ja NO <sub>2</sub> ) - vuorokausi- ja vuosipitoisuudet.....	41
LIITE 5. VE0 vuonna 2040 (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> ) - vuorokausi- ja vuosipitoisuudet .....	44
LIITE 6. VE1 vuonna 2040 (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> ) - vuorokausi- ja vuosipitoisuudet .....	46
LIITE 7. VE2 vuonna 2040 (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> ) - Amuritunnelin ilmanvaihto 1 m/s tai 3 m/s.....	48
LIITE 8. VE3 vuonna 2040 (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> ) - Amuritunnelin ilmanvaihto 1 m/s tai 3 m/s.....	52
LIITE 9. Amuritunnelin avolouhinta ja Näsikallion louheenkuljetus-Rakennusaikaiset ilmanlaatuvaikutukset (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , NO <sub>2</sub> - vuorokausipitoisuudet).....	56

**Copyright2020©ENWIN OY**

Tamminen T, Tamminen A, Amuritunnelin ja Näsikallion eritasoliittymän ilmanlaatuselvitys, Tampereen kaupunki, kaupunkiympäristön kehittäminen, Enwin Oy, 4.9.2020, p.59 (saavutettavuus), ID 1 940 831

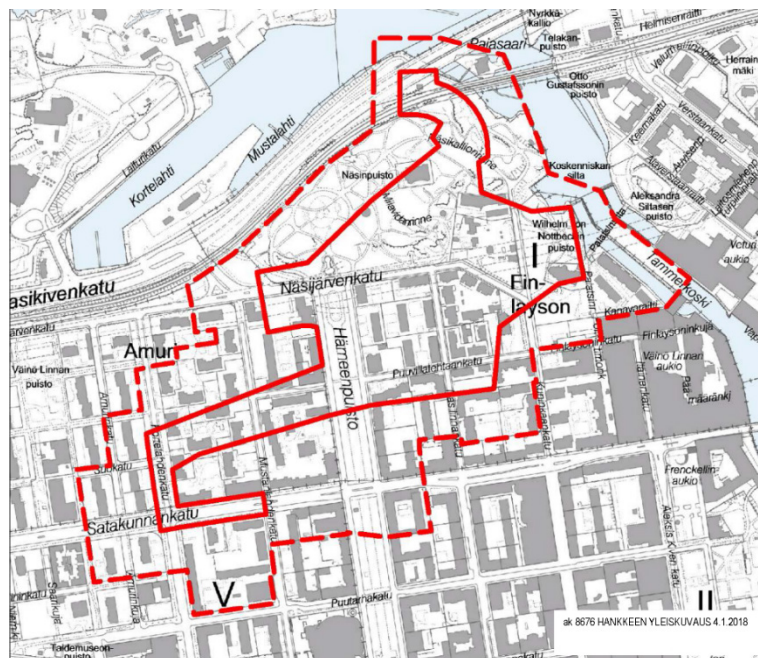
(8676\_AmuritunnelijaNäsikallio\_Ilmanlaatuselvitys\_20200904Enwin.pdf)

Edelliset versiot:

Tamminen T, Tamminen A, Amuritunnelin ja Näsikallion eritasoliittymän ilmanlaatuselvitys, Tampereen kaupunki, kaupunkiympäristön kehittäminen, Enwin Oy, 11.10.2018, p.49 (8676\_ilmanlaatuselvitys\_20181110.pdf (luonnosvaihe)

## 1. Johdanto

Tampereella on suunnitteilla Amuritunnelin ja Näsikallion eritasoliittymän maanalainen asemakaava (nro 8676). Suunnittelualue sijaitsee ydinkeskustan pohjoisosassa I (Finlayson), II (Tammerkoski) ja V (Amuri) kaupunginosissa. Asemakaava koskee pohjoisessa Paasikiventielle, lännessä Kortelahdenkadulle, etelässä Satakunnankadulle ja idässä Tammerkosken länsirannalle ulottuvaa maanalaista aluetta. Alueeseen sisältyy osia jo rakennetusta Rantaväylän tunnelista. Suunnittelualueen yläpuolisille alueille sijoittuu kerrostalovaltaisia asuinkortteleita, puisto- ja katualueita. / Lähde: Tampereen kaupunki, 8676 kaavan OAS nähtävillä 4.1-1.2.2018) (kuva 1).



Kuva 1. Amuritunnelin ja Näsikallion eritasoliittymän suunnittelualue.

(Lähde: 8676, OAS 4.1.2018, TRE)

Tässä työssä arvioidaan päästöjen leviämismallinnuksen avulla liikenteen aiheuttamien päästöjen leviämistä ja vaikutuksia suunnittelualueella ja sen lähivaikutusalueella.

Mallinnukset tehdään

- Nykytilanteessa
- Vuoden 2040 liikenne-ennusteessa VE0, VE1, VE2 ja VE3 vaihtoehdoissa tilanteissa

Vuoden 2040 liikenne-ennustetilanteet ovat:

VE0: Näsikallion eritasoliittymää, Amuritunnelia tai Kunkun parkkia ei toteuteta.

VE1: Toteutetaan Näsikallion eritasoliittymä ja Kunkun parkki.

VE2: Toteutetaan Näsikallion eritasoliittymä, Amuritunneli ja Kunkun parkki.

VE3: Toteutetaan Näsikallion eritasoliittymä ja Amuritunneli.

Lisäksi mallinnetaan rakennusaikaista ilmanlaatua

- Amuritunnelin avolouhinta-työmaan aikana
- Näsikallion ETL:n ja Amuritunnelin kalliolouheen kuljetuksen aikana

Työssä mallinnetaan karkeampien hengittävien hiukkasten ( $PM_{10} < 10 \mu\text{m}$ :n hiukkaskoko, pääosin katupölyä) ja pienhiukkasten ( $PM_{2.5} < 2.5 \mu\text{m}$ :n hiukkaskoko, ajoneuvopäästöjä ja katupölyn pienhiukkasfraktio) vuorokausi- ja vuosipitoisuudet. Alueellinen tausta huomioidaan mallissa nykytilanteen mukaisesti. Mallinnustuloksia verrataan ilmanlaatuasetuksen  $PM_{10}$ - ja  $PM_{2.5}$  -hiukkasten vuosiraja-arvoihin (VNA 79/2017) sekä kansalliseen  $PM_{10}$ -hiukkasten vuorokausi-ohjearvoon (VNp 480/1996) ja Maailman terveysjärjestön (WHO) esittämiin pienhiukkasten vuorokausi- ja vuosiohjearvoihin. Nykytilannemallissa ja työmaamalleissa arvioidaan myös liikenteen typenoksidipäästöjen ( $NO_x$ ) vaikutukset. Typpidioksidin ulkoilman pitoisuuksia verrataan  $NO_2$ :n ilmanlaadun vuorokausipitoisuuden ohjearvoon ja nykytilanteessa myös vuosiraja-arvoon.

Hyvällä suunnittelulla ja erilaisten toimintojen harkitulla sijoituksella pyritään vähentämään ja välttämään ihmisten pitkäaikaista altistumista haitallisen korkeille ilman epäpuhtauspitoisuuksille sekä estämään ennakolta haitallisia terveysvaikutuksia. Ilmanlaadun mallinnuksen tavoitteena on selvittää suunnitelmien toteutuskelpoisuus ja myös rakennusaikaiset vaikutukset huomioitaessa alueelliset ilmanlaatuasiat pitkälle tulevaisuuteen.

Työn on tilannut Tampereen kaupunki. Päästölaskennan ja ilmanlaatumallinnukset on tehnyt Enwin Oy:ssä Tarja Tamminen ja Ari Tamminen.

## 2. Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot

---

Ilmanlaadun vertailuarvoja ovat ns. ilmanlaadun raja-arvot (yhteiset EU:n alueella, VNA 79/2017) ja kansalliset vain Suomessa voimassa olevat ilmanlaadun ohjearvot (VNp 480/1996).



Lisäksi Maailman terveysjärjestö WHO on antanut mm. terveysperusteiset vuorokausi- ja vuosipitoisuuden ohjearvot mm. pienhiukkasille (<2.5 µm:n hiukkaskoko). Ilmanlaadun vertailuarvot on esitetty **Liitteessä 1**.

**Kansalliset ohjearvot** on otettava huomioon mm. alueidenkäytön, kaavoituksen, rakentamisen ja liikenteen suunnittelussa. Tavoitteena on, että suunnittelun avulla ohjearvojen ylittyminen estetään ennakolta. Lyhytaikaispitoisuuksien (tunti ja vrk) ohjearvot on annettu ensisijaisesti terveydellisin perustein. Ohjearvojen asettamisessa on pyritty ottamaan huomioon muun muassa ilman epäpuhtauksien vaikutukset herkkiin väestöryhmiin, kuten lapsiin, vanhuksiin ja hengityselinsairaisiin. *VNp 480/1996*

**EU:n yhteiset raja-arvot** määrittelevät suurimmat hyväksyttävät ilman epäpuhtauksien pitoisuudet, joita ei saa ylittää. Raja-arvot on pääosin annettu terveyshaittojen ehkäisemiseksi alueilla, joissa asuu tai oleskelee ihmisiä. Kasvillisuuden ja ekosysteemin suojelemiseksi on annettu ns. kriittiset arvot (vuosipitoisuudet) typenoksideille ja rikkidioksidille. Raja-arvojen ylittyessä viranomaisten tulee ryhtyä toimenpiteisiin pitoisuuksien alentamiseksi. *VNA 79/2017*

Hiukkasille ei ole annettu lyhytaikaisia esim. tuntipitoisuuden ohje- tai raja-arvoja vaan merkittäviä terveysvaikutuksia ilmenee yleensä pitempiaikaisesta altistuksesta.

Liitteessä 1 on kerrottu myös ilman epäpuhtauksien terveysvaikutuksista ja esitetty Tampereen kaupunki-ilmasta mitattuja epäpuhtauspitoisuuksia viime vuosilta.

## 3. Lähtötiedot mallinnuksessa

---

### 3.1 Mallinnusohjelma ja sen lähtötiedot

Tässä ilmanlaatuselvityksessä ilman epäpuhtauksien mallinnettiin käyttäen AERMOD-leviämismallinnusohjelmistoa. Malliohjelman yleiset lähtötiedot ja mm. tuuliruusu meteorologisessa aineistossa vuosilta 2014-2016 on esitetty **Liitteessä 2**.

### 3.2 Liikennetiedot ja päästöt eri mallinnusvaihtoehdoissa

Liikennemäärät ja raskaan liikenteen osuudet on saatu YVA konsultilta. Vuoden 2040 liikennemääristä ja raskaan liikenteen osuuksista tieosuuksittain on erillinen raportti (24.8.2018 *Sitowise*).

Suunnittelun alueen lähivaikutusalueen pääteiden tieliikenne nykytilanteessa ja vuoden 2040 vaihtoehdoissa liikenne-ennustetilanteissa VE0, VE1, VE2 ja VE3 on esitetty taulukossa 1.

Liikennemäärämuutokset vuoden 2040 vaihtoehdoissa liikenne-ennusteissa kohdistuvat koko kaupunkialueen liikennevirtoihin, mm. myös Rantaväylän tunnelin jälkeen Ratapihankadun liikenteeseen. Lähivaikutusalueella Amurissa liikennemuutokset ovat mm.:

- VE0→VE1 välillä muutokset maanpäällisessä liikenteessä Amurissa < ±10 %
- VE0→VE2/VE3 liikenteen vähentyminen merkittäväntä Sepänkadulla ja Satakunnankadulla välillä Sepänkatu-Kortelahdenkatu.
- VE0→VE2/VE3 Amuritunneli lisää liikennettä Amuritunnelin suulta Hämeenpuistoon.
- Pirkankadun liikenne vähenee välillä Hämeenpuisto-Mariankatu. Liikenne etelästä päin ohjautuu Mariankadun kautta Pirkankadulle, myös raitiotie vähentää liikennettä Pirkankadulla.
- Hämeenpuiston pohjoisosan liikenne vähenee nykyisestä vuoteen 2040 mennessä kaikissa vaihtoehdoissa.

Liikennepäästöjen laskentatapa on esitetty liitteessä 3. Kuvassa 2 on nykyiset liikennemäärät ja raskaan liikenteen osuudet koko mallinnusalueella, kuvassa myös NO<sub>x</sub>-päästöt nykytilanteessa. Tulevaisuusmalleissa VE0-VE3 raskaan liikenteen osuudet vaihtelivat välillä 2.2-4.9 % tieosuuksittain ja ne on huomioitu päästölaskennassa.

Nykyliikenteen ja mallinnettavien vuoden 2040 vaihtoehtojen (VE0-VE3) hiukkaspäästöt (PM<sub>10</sub> ja PM<sub>2.5</sub>) lähivaikutusalueen pääteillä on esitetty kuvissa 3-6. VE2 ja VE3 vaihtoehdoissa mallissa huomioidaan lisäksi Amuritunnelin tuuletuspäästöt (ilmanvaihtonopeus 1 m/s tai 3 m/s).

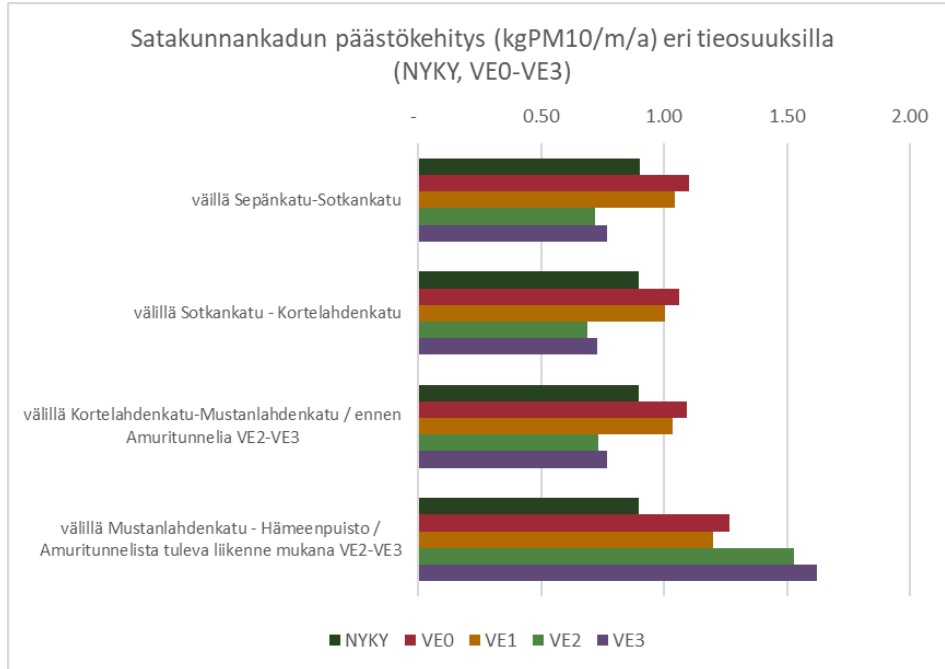
Amuritunnelin liikenne on VE2 10 400 ajon/vrk ja VE3 11 100 ajon/vrk.

Taulukko 1. Näsikallion ETL ja Amuritunneli - Liikenne lähivaikutusalueella (ajon/vrk)					
	2017	2040	2040	2040	2040
	NYKY	VE0	VE1	VE2	VE3
<b>Satakunnankadun liikenne</b>					
välillä Sepänkату-Sotkankatu	8400	11100	10500	7300	7800
välillä Sotkankatu - Kortelahdenkatu	8400	10700	10100	7000	7400
välillä Kortelahdenkatu- Mustanlahdenkatu	8400	11000	10400	7400	7800
välillä Mustanlahdenkatu - Hämeenpuisto	8400	12800	12100	19000*	20100*
välillä Hämeenpuisto-Näsilinnankatu	20300	15100	14600	13000	14800
<b>Sepänkadun liikenne</b>					
	10400	13100	11900	6400	7600
<b>Pirkankadun liikenne</b>					
välillä Mariankatu-Sepänkату	17800	12500	12100	10000	11200
välillä Hämeenpuisto-Mariankatu	10700	2300	2100	2100	2300
<b>Hämeenpuiston liikenne</b>					
välillä Satakunnankatu- Näsiljärvenkatu	10500	1000	800	900	900
välillä Satakunnankatu- Puutarhakatu	10500	9200	8700	13700	13600
Välillä Puutarhakatu- Pirkankату	10500	7300	6900	11200	11200
<b>Raitiotielinja - 1 linja</b>					
Pirkankату - Sepänkату, molemmat suunnat	400	vaunua/vrk			
* VE2 ja VE3 vaihtoehtoissa Amuritunnelin suuaukko Satakunnankadulla Kortelahdenkadun ja Mustanlahdenkadun välissä					

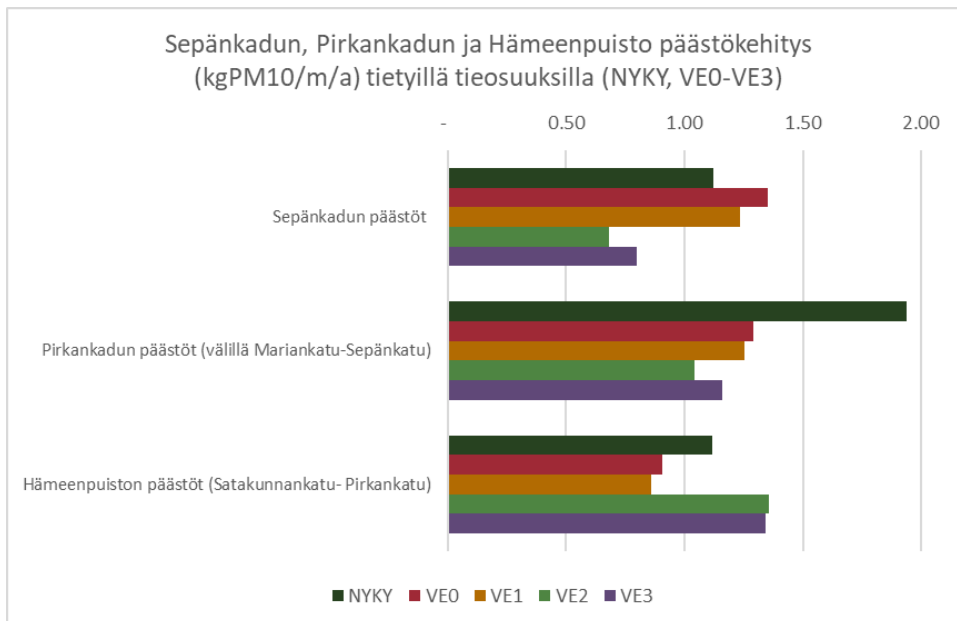


Kuva 2. Nykyiset liikennemäärät (2017) ja typenoksidipäästöt (NOx) mallinnusalueella.

## LIIKENNEPÄÄSTÖT (PM<sub>10</sub>) - Vertailu lähivaikutusalueella NYKY, VE0-VE3



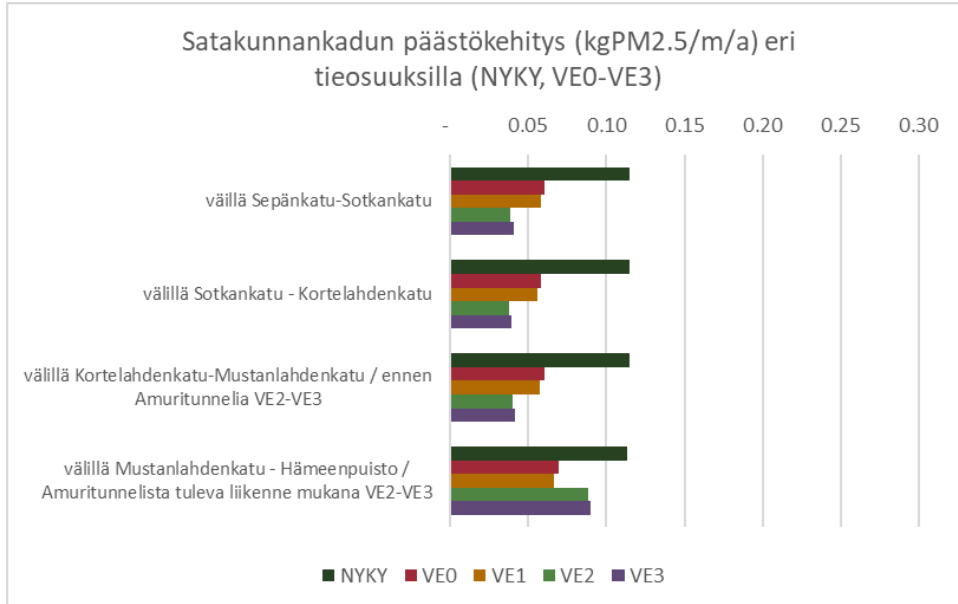
Kuva 3. Satakunnankadun PM<sub>10</sub>-hiukkaspäästöt (kg/m/a) eri tieosuuksilla.



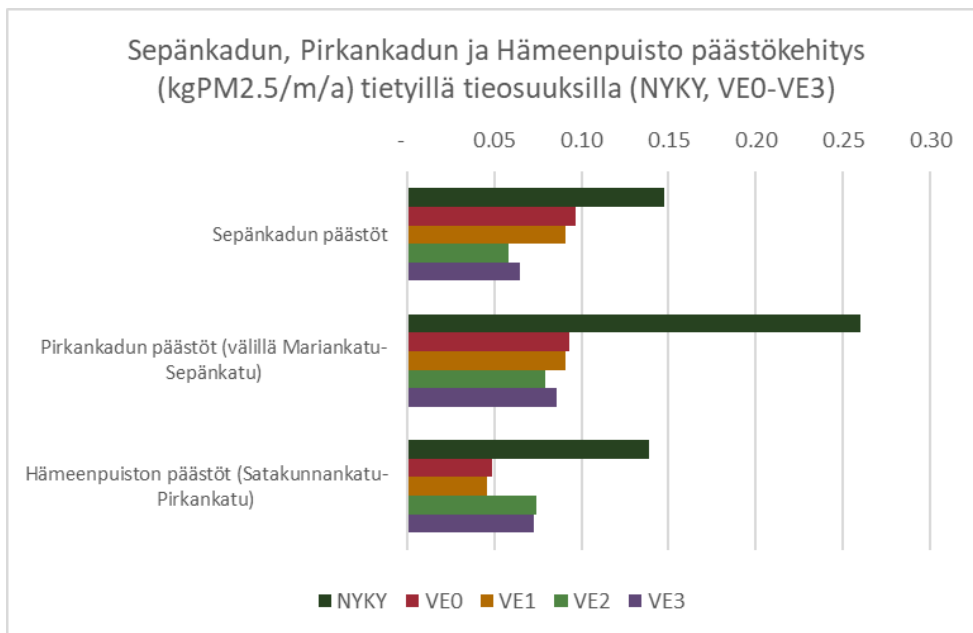
Kuva 4. Sepänkadun, Pirkankadun ja Hämeenpuiston PM<sub>10</sub>-hiukkaspäästöt (kg/m/a).

- PM<sub>10</sub> päästöt kasvavat tai pienenevät pääosin liikenteen ajosuoritemuutosten mukaan eri tieosuuksilla
- PM<sub>10</sub> päästöissä huomioitu nopeusrajoitukset
- Päästömuutokset lähivaikutusalueella VE0/VE1 tai VE2/VE3 vaihtoehtojen välillä pienet

## LIIKENNEPÄÄSTÖT (PM<sub>2.5</sub>) - Vertailu lähivaikutusalueella NYKY, VE0-VE3



Kuva 5. Satakunnankadun PM<sub>2.5</sub>-hiukkaspäästöt (kg/m/a) eri tieosuuksilla.



Kuva 6. Sepänkadun, Pirkankadun ja Hämeenpuiston PM<sub>2.5</sub>- hiukkaspäästöt (kg/m/a).

- Vuoteen 2040 mennessä ajoneuvojen PM<sub>2.5</sub> päästöt vähenevät merkittävästi verrattuna nykytilanteeseen tiukempien päästönormien vaikutuksesta autokannan uusiutuessa
- VE0 / VE1 ja toisaalta VE2 / VE3 päästöerot pienet johtuen pienistä liikennemääräeroista eri vaihtoehdoissa

### 3.3 Amuritunnelin päästöt VE2 ja VE3 vaihtoehdoissa

Amuritunnelin poistoilma kuljetetaan impulssipuhaltimilla Satakunnankadulle Amuritunnelin suuaukon kautta. Korvausilma Amuritunneliin otettaisiin pystykuilun kautta. Impulssipuhaltimilla aikaansaataava ilmanvaihtonopeus on normaalisti portaattomasti säätäen 1-4 m/s (20-100 %), ja mm. savunpoistossa tehona on 3 m/s ja jälkipuhalluksessa 4 m/s.

Vaihtoehdoissa VE2 ja VE3 Amuritunnelin suuaukon lähialueen ilmanlaatua arvioitiin kahdessa erilaisessa tunnelin ilmanvaihtotilanteessa: Amuritunnelin ilmanvaihtonopeus suuaukolla **1 m/s tai 3 m/s**. Erilaisia ilmanvaihtonopeuksia/-kertoimia voitaisiin käyttää esim. ruuhkahuippujen aikana tai ilmanlaadun kannalta haastavissa sääolosuhteissa, kuten inversiotilanteissa (inversiotilanteissa ilma on stabiilia eivätkä epäpuhtaudet sekoitu ns. sulkukerroksen yli ylempään ilmakerrokseen, jolloin pitoisuudet lähempänä maanpintaa kasvavat).

Taulukossa 2 on Amuritunnelin vaihtoehdoisten ilmanvaihtotilanteiden lähtötiedot. Itse tunnelin vuorokausipäästö on samansuuruinen, mutta ilmanvaihtonopeus muuttuu eli laimentavan korvausilman määrä on erilainen. Tunnelin poistoilman (nopeus 1 m/s tai 3 m/s) sekoittuminen ja laimeneminen ympäröivään ilmaan tunnelin suuaukolla arvioidaan mallintamalla ympäristöpitoisuudet. Myös lähirakennukset ja meteorologiset olosuhteet vaikuttavat poistoilman sekoittumiseen. Lisäksi tunnelinsuun autoliikenne, sisään ja ulos liikkuvat autot vaikuttavat ilman pyörteisyyteen ja sekoittumiseen.

Taulukko 2. Amuritunnelin ilmanvaihdon arvioidut hiukkaspäästöt tunnelisuulla v. 2040, vaihtoehdoissa VE2 ja VE3		
Amuritunnelin pituus (km)	0.7	
Suuaukon pinta-ala (m <sup>2</sup> )	62	
Suuaukon diam. (m)	8.9	
Poistokaasun lämpötila (°C)	15	
Kaksi erilaista ilmanvaihtonopeutta	1 m/s	3 m/s
Tilavuusvirtaus (m <sup>3</sup> /s)	62	186
	VE2	VE3
Päästö PM <sub>10</sub> (g/vrk)	1275	1355
Päästö PM <sub>2.5</sub> (g/vrk)	114	120

Näsikallion eritasoliittymän ilmanvaihto on suunniteltu johdetavaksi esim. Näsikallion pystykuiluun, jolloin se liittyy Rantaväylän tunnelin ilmanvaihtoon. Kunkun Parkin ilmanvaihto puolestaan on suunniteltu liitettäväksi osaksi pysäköintilaitoksen ilmanvaihtoa. Näsikallion eritasoliittymän ja Kunkun Parkin ilmanvaihtoa ei tässä selvityksessä ole erikseen mallinnettu.

## 4. Mallinnustulokset

---

Työssä tehtiin seuraavat ilmanlaadun mallinnukset, joista on aluejakaumakuvat liitteissä 4-9.

### NYKYLIIKENNE 2017

- **LIITE 4.** Liikenteen ilmanlaatuvaikutukset suunnittelualueella nykytilanteessa (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> ja NO<sub>2</sub>) - vuorokausi- ja vuosipitoisuudet

### VUONNA 2040

- **LIITE 5.** VE0 vuonna 2040 (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) - vuorokausi- ja vuosipitoisuudet
- **LIITE 6.** VE1 vuonna 2040 (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) - vuorokausi- ja vuosipitoisuudet
- **LIITE 7.** VE2 vuonna 2040 (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) - Amuritunnelin ilmanvaihto 1 m/s tai 3 m/s
- **LIITE 8.** VE3 vuonna 2040 (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) - Amuritunnelin ilmanvaihto 1 m/s tai 3 m/s

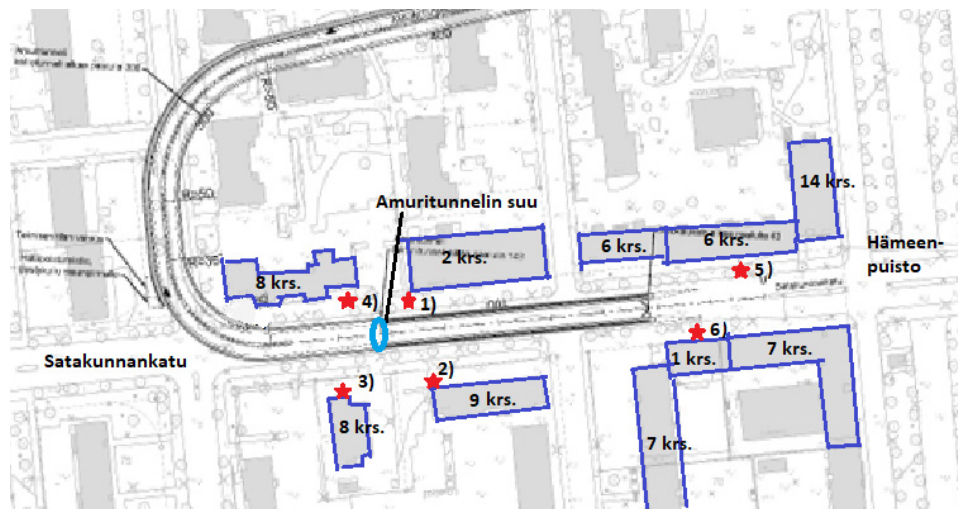
### RAKENNUSAIKA

- **LIITE 9.** Amuritunnelin avolouhinta ja Näsikallion louheenkuljetus - Rakennusaikaiset ilmanlaatuvaikutukset (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> ja NO<sub>2</sub> vuorokausipitoisuudet)

### 4.1 Ilmanlaadun vertailupisteet Satakunnankadulla

Ilmanlaadun vertailupisteet nykytilanteen ja vuoden 2040 vaihtoehtojen VE0-VE3 vertailuihin valittiin Satakunnankadulta suunnitellun Amuritunnelin suuaukon lähiympäristöstä. Ilmanlaatueroja on nähtävissä aluejakaumakuvissa muuallakin, mutta tunnelin suuaukon lähialueella mahdolliset ilmanlaatuerot eri vaihtoehtoissa ovat selkeimmin nähtävissä ja esitettävissä pylväskaavioiden muodossa.

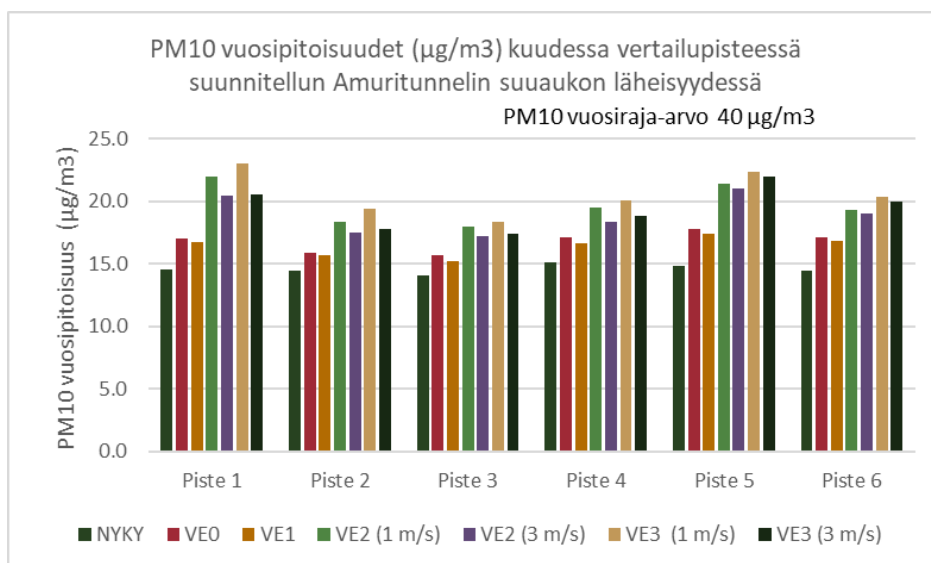
Vertailupisteiden numerointi ja sijainti on esitetty kuvassa 4. Kuvassa myös lähirakennukset ja niiden korkeudet.



Kuva 4. Ilmanlaadun vertailupisteet nykytilanteen ja vuoden 2040 vaihtoehtojen ilmanlaatuvertailussa Amurintunnelin suuaukon ympäristössä. Amurintunnelin suuaukolle laskeva luiska on avonainen. Tunnelin liikenne on kaksisuuntaista.

## 4.2 PM<sub>10</sub>-hiukkasten pitoisuudet nykytilanteessa ja vuonna 2040

PM<sub>10</sub>-hiukkasten vuosipitoisuudet (Kuva 5) jäävät Amurissa ja suunnitellun Amurintunnelin suuaukon läheisyydessä alle ilmanlaadun vuosiraja-arvon 40 µg/m<sup>3</sup> sekä nykytilanteessa että kaikissa vaihtoehdoissa VE0-VE3 vuonna 2040.



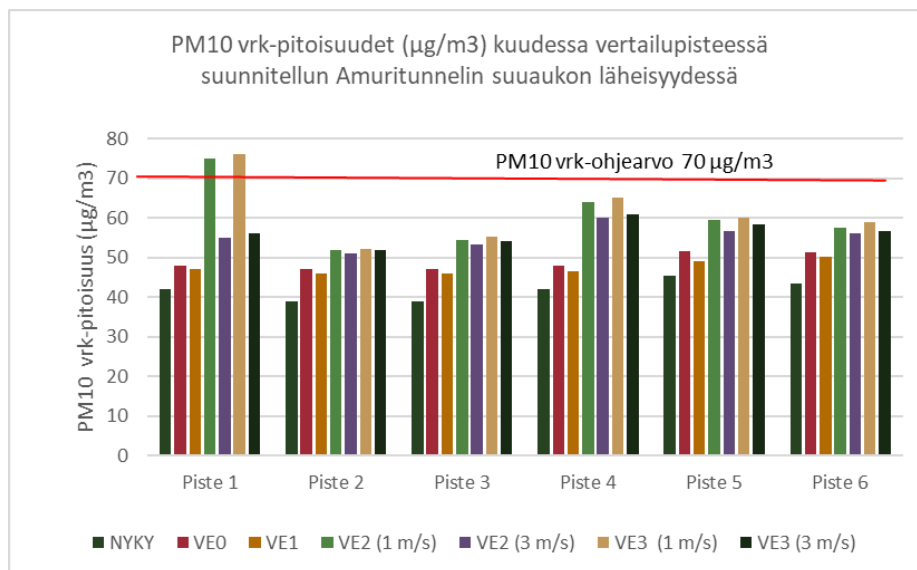
Kuva 5. PM<sub>10</sub> -hiukkasten vuosipitoisuudet vertailupisteissä Amurissa.



- Ilman Amuritunnelia VE0/VE1 PM<sub>10</sub> -vuosipitoisuudet ovat n. 15-17 µg/m<sup>3</sup> (38-43 % vuosiraja-arvosta).
- Amuritunnelin toteutuessa VE2/VE3 PM<sub>10</sub>-vuosipitoisuudet ovat n. 18-23 µg/m<sup>3</sup> (45-58 % vuosiraja-arvosta).
- Nykytilanteessa PM<sub>10</sub>-vuosipitoisuudet ovat n. 14-15 µg/m<sup>3</sup> (35-38 % vuosiraja-arvosta).

Myös PM<sub>10</sub>-vuorokausipitoisuudet (Kuva 6) jäävät pääsääntöisesti Amurissa ja suunnitellun Amuritunnelin läheisyydessä alle ilmanlaadun ohjearvon 70 µg/m<sup>3</sup> nykytilanteessa ja myös vuonna 2040. Kuitenkin VE2/VE3 vaihtoehdoissa Amuritunnelin ilmanvaihdolla 1 m/s PM<sub>10</sub> vrk-pitoisuudet voivat nousta yli ohjearvon aivan suuaukon välittömässä läheisyydessä.

Yli puolet tieosuuden liikenteestä (n. 10 400-11 100 ajon/vrk) suuntautuu Amuritunneliin VE2 ja VE3 vaihtoehdoissa. Vuorokausipitoisuuksia alentaa mm. alhaiset ajonopeudet Amuritunnelin ja Hämeenpuiston liikennevaloristeyksen välillä.



Kuva 6. PM<sub>10</sub> -hiukkasten vuorokausipitoisuudet vertailupisteissä Amurissa.

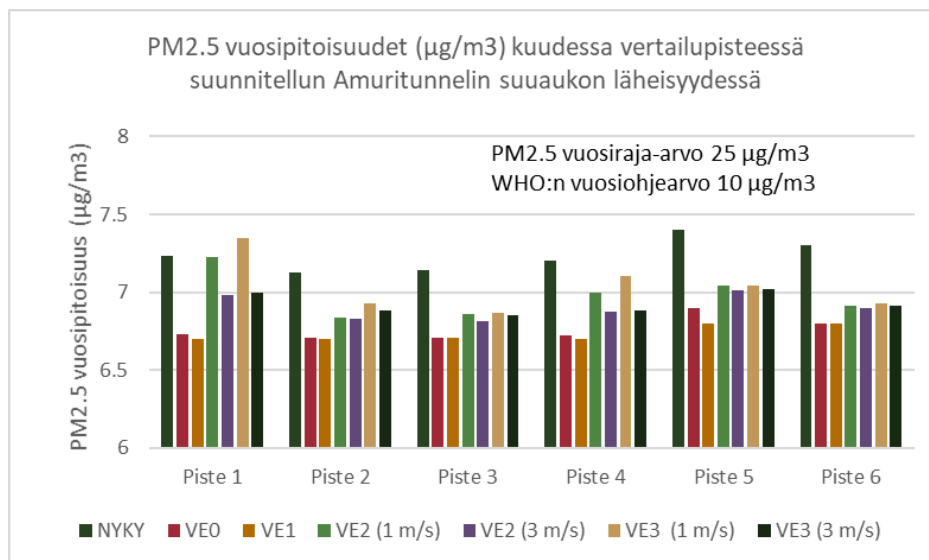
PM<sub>10</sub> vrk-pitoisuudet vertailupisteissä ovat

- VE0/VE1 vaihtoehdoissa 46-51 µg/m<sup>3</sup> (66-73 % vrk-ohjearvosta) ja
- VE2/VE3 vaihtoehdoissa 52-76 µg/m<sup>3</sup> (74-109 % vrk-ohjearvosta).
- Nykytilanteessa PM<sub>10</sub>-vuorokausipitoisuudet ovat 39-45 µg/m<sup>3</sup> (56-64 % vrk-ohjearvosta).

## 4.3 PM<sub>2.5</sub>-hiukkasten pitoisuudet nykytilanteessa ja vuonna 2040

Pienhiukkasten alueelliset vuosipitoisuudet Amurissa ovat hyvin samankaltaisia VE0-VE3 vaihtoehdoissa (vrt aluejakaumakuvat liitteet 5-8). Nykytilanteessa alueellinen pienhiukkaspitoisuus on kokonaisuutena korkeampi kuin vuonna 2040 (Liite 4). Ajoneuvojen pienhiukkaspäästöt pienenevät vuoteen 2040 mennessä, jolloin muun taustapitoisuuden merkitys kasvaa. Pienhiukkaspitoisuudet alittavat kuitenkin selvästi PM<sub>2.5</sub>-hiukkasten vuosiraja-arvon 25 µg/m<sup>3</sup> ja WHO:n terveysperusteisen pienhiukkasten vuosiohjearvon 10 µg/m<sup>3</sup> myös Satakunnankadun vertailupisteissä (Kuva 7).

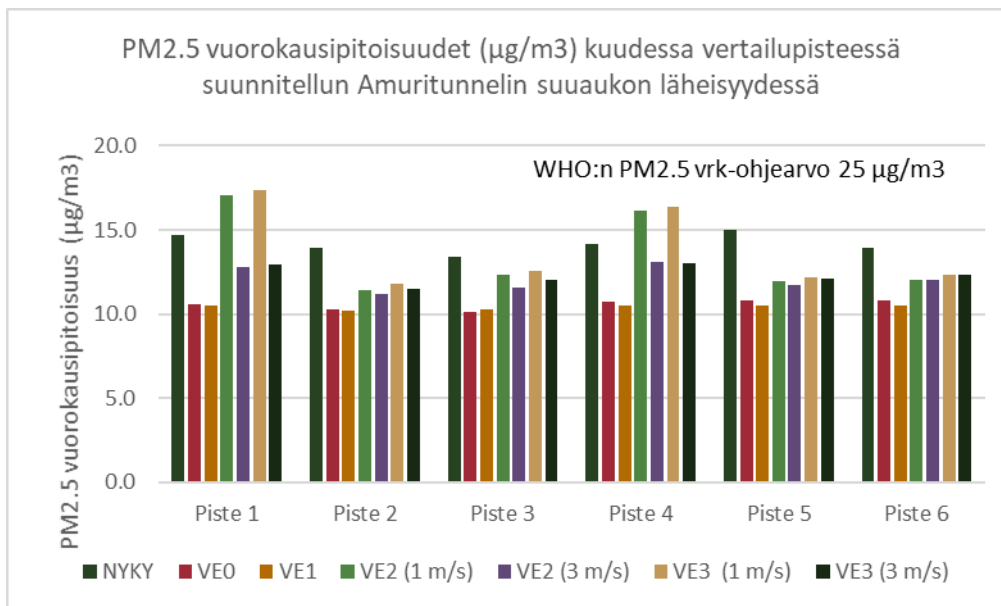
- VE0/VE1 PM<sub>2.5</sub> vuosipitoisuudet ovat vertailupisteissä 6.7-6.8 µg/m<sup>3</sup> (27 % vuosiraja-arvosta).
- VE2/VE3 vaihtoehdoissa PM<sub>2.5</sub> vuosipitoisuudet ovat 6.8-7.3 µg/m<sup>3</sup> (27-29 % vuosiraja-arvosta).
- Nykytilanteessa PM<sub>2.5</sub> vuosipitoisuudet ovat yli 7.1-7.4 µg/m<sup>3</sup> (28-30 % vuosiraja-arvosta).



Kuva 7. PM<sub>2.5</sub> -hiukkasten vuosipitoisuudet vertailupisteissä Amurissa.

Liikenneperäiset PM<sub>2.5</sub> vuorokausipitoisuudet jäävät suunnitellun Amuritunnelin suuaukon läheisyydessä alle WHO:n terveysperusteisen vuorokausiohjearvon 25 µg/m<sup>3</sup> nykytilanteessa ja kaikissa vaihtoehdoissa VE0-VE3 vuonna 2040 (Kuva 8). Pienhiukkasten kaukokulkeuma voi kuitenkin nostaa yksittäisten vrk-pitoisuuksien arvoja. Mallinnus ei huomioi kaukokulkeumaa. Tällaisissa tilanteissa pitoisuudet nousevat yleensä koko kaupunkialueella.

- Ilman Amuritunnelia VE0/VE1 PM<sub>2.5</sub>-hiukkasten vrk-pitoisuudet ovat n. 10-11 µg/m<sup>3</sup> (40-44 % WHO:n vrk-ohjearvosta).
- Amuritunnelin toteutuessa VE2/VE3 PM<sub>2.5</sub>-hiukkasten vrk-pitoisuudet ovat n. 12-17 µg/m<sup>3</sup> (48-68 % WHO:n vrk-ohjearvosta).
- Nykytilanteessa PM<sub>2.5</sub> hiukkasten vrk-pitoisuudet ovat n.13-15 µg/m<sup>3</sup> (52-60 % WHO:n vrk-ohjearvosta).



Kuva 8. PM<sub>2.5</sub> -hiukkasten vuosikokaispitoisuudet vertailupisteissä Amurissa.

## 4.4 Amuritunnelin ilmanvaihdon vaikutus ilmanlaatuun

Amuritunnelin ilmanvaihto on suunniteltu toteutettavaksi Amuritunnelin suun kautta Satakunnankadulle. Vaihtoehtoisissa VE2 ja VE3 ilmanlaatuja mallinnettiin kahdella erilaisella tunnelin ilmanvaihtonopeudella 1 m/s ja 3 m/s.

Maanpinnan hengitysvyöhykkeen epäpuhtauspitoisuuksien vuosikokaispitoisuudet ovat ilmanvaihdolla 1 m/s hieman korkeammat lähellä suuaukkoa kuin ilmanvaihdolla 3 m/s (esim. vertailupisteissä 1 ja 4, vrt kohdan 4.3 kuvat 5-8) PM<sub>10</sub>-vuosikokaisohjearvon taso 70 µg/m<sup>3</sup> voi suppealla alueella suuaukon läheisyydessä ylittyä.

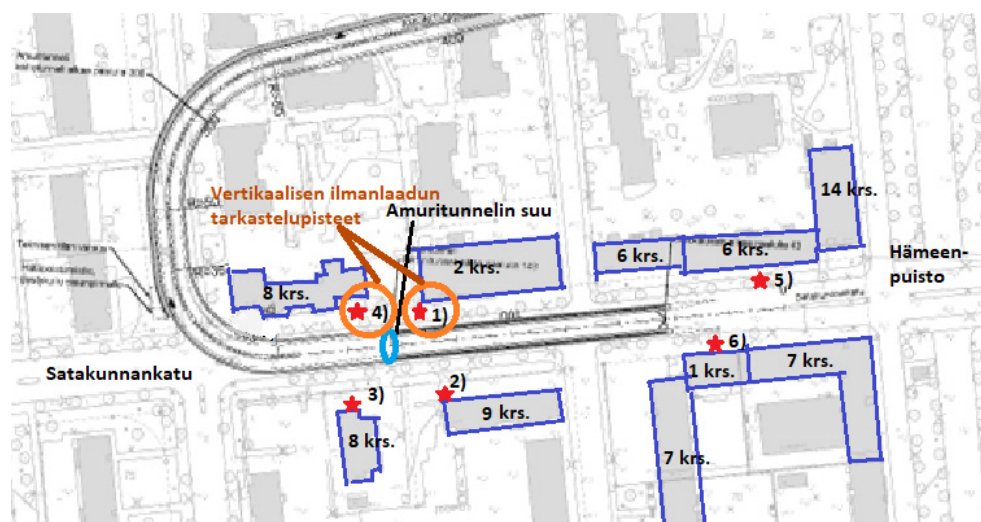
Tunnelin poistoilma aiheuttaa paikallisesti ilmanlaatuvaikutuksia suuaukon lähiympäristössä n. 100-150 metrin etäisyydellä, jossa hiukkasten vrk-pitoisuuksien aluejakaumakäyrät hieman laajenevat riippuen poistoilman nopeudesta (Liitteet 7-8). Suurempi poistoilmanopeus on

ilmanlaadun kannalta parempi, sillä suurempi korvausilmamäärä laimentaa tunnelipäästöä ja korkeampi nopeus tunnelin suuaukolla parantaa poistoilman sekoittumista muuhun ilmaan. Vuorokausipitoisuuksissa pistemäisempi hot-spot-alue muodostuu suuaukon lähelle, mutta vuosipitoisuuksissa ilmanvaihtonopeudesta aiheutuvat pitoisuuserot pienenevät (Liitteet 7-8).

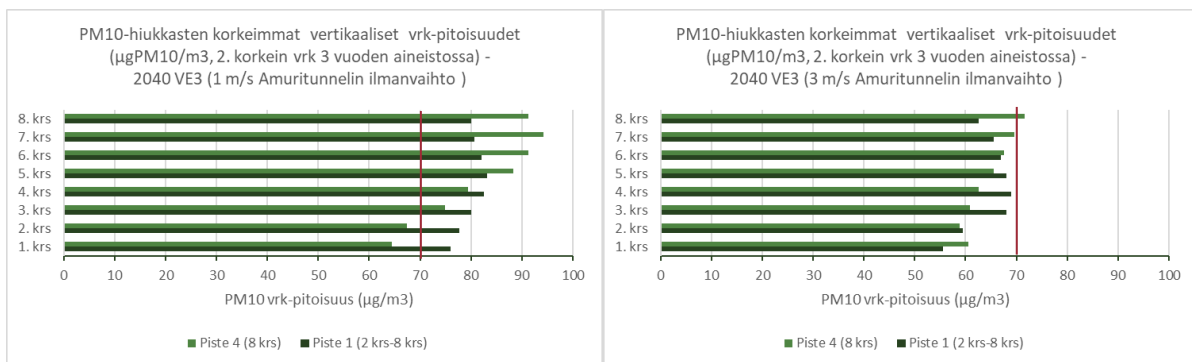
Myös  $PM_{2.5}$ - vuorokausipitoisuuksissa on nähtävissä vastaavaa aluejakaumien pitoisuuseroja eri ilmanvaihtonopeuksilla, vaikkakin pienhiukkasten vuorokausipitoisuudet ovat hyvin lähellä toisiaan ja kokonaisuutena alle WHO:n vrk-ohjearvotason  $25 \mu g/m^3$ .

Ilmanvaihdon (1 m/s tai 3 m/s) vaikutusta ilmanlaatuun tarkasteltiin vielä korkeussuunnassa (=vertikaalisesti) Amuritunnelin suuaukon lähipisteissä. Tähän tarkasteluun valittiin VE3 vaihtoehto (= suurimmat liikennemäärät). Vertailupisteistä tarkasteluun valittiin pisteet 1 ja 4, joissa maanpinnan  $PM_{10}$ -pitoisuudet olivat korkeimmat (Kuva 9).  $PM_{10}$  vrk-pitoisuudet laskettiin kerrostalojen eri kerroksiin (1-8 krs) kahdessa eri Amuritunnelin ilmanvaihtotilanteessa, 1 m/s tai 3 m/s.

Kuvassa 10 on  $PM_{10}$ -hiukkasten vertikaaliset korkeimmat vuorokausipitoisuudet ilmanvaihtotilanteissa 1 m/s ja 3 m/s vertailupisteissä vaihtoehdossa VE3.



Kuva 9. Vertikaalisen ilmanlaadun tarkastelupisteet - VE3 1 m/s tai 3 m/s.



Tunnelin ilmanvaihto 1m/s

Tunnelin ilmanvaihto 3 m/s

Kuva 10. Vertailussa VE3 1 m/s ja 3 m/s worst case-tilanteen vertikaaliset ohjearvoon verrannolliset PM<sub>10</sub>-vuorokausipitoisuudet pisteissä 1 ja 4.

Tunnelin suuaukon lähimmissä vertailupisteissä 1 ja 4 on nähtävissä epäpuhtauspitoisuuksien kohoamista yläkerroksiin mentäessä. Näissä pisteissä worst case -tilanteissa, kuten inversiotilanteissa, vuorokausipitoisuudet voivat ylittää tai lähestyä ilmanlaadun PM<sub>10</sub>-ohjearvoa 70 µg/m<sup>3</sup> ylemmissäkin kerroksissa.

Vertikaalissa pitoisuuksissa näkyy Amuritunnelin ilmanvaihtonopeuden vaikutus vuorokausipitoisuuksiin eri kerroksissa. Amuritunnelin ilmanvaihdolla 1 m/s vertikaaliset pitoisuudet ovat korkeammat kuin 3 m/s ilmanvaihtonopeudella.

Pitoisuuksien kohoaminen vertikaalisesti johtuu lähiliikenteen ja tunnelin poistoilman päästöistä, jotka sääolosuhteiden erikoistilanteissa, kuten inversiotilanteissa, eivät pääse ns. ilmakehän sulkukerrosta, inversiokerrosta ylemmäs. Myös lähikerrostalot vaikuttavat ilman sekoittumisolosuhteisiin ja siten muodostuviin pitoisuuksiin. Tällaisia tilanteita voi esiintyä heikkotuulisina ja selkeinä öinä ja aamuina pääosin talviaikana, jolloin inversiokerros estää alimman ilmakerroksen leviämisen ylöspäin ja ilmaa sekoittava pyörteisyys on hidasta. Epäpuhtauspitoisuudet voivat kohota, jos pintatuulen lisäksi myös ylätuulet ovat heikkoja. Inversiokerroksen korkeus voi myös olla joskus hyvin matala, vain muutamia kymmeniä metrejä.

Vertikaalista ilmanlaatua voidaan parantaa mm. säätämällä tunnelin ilmanvaihtonopeutta esimerkiksi kaupungin ilmanlaatumittausten ja ilmanlaatuindikaattoreiden mukaisesti. Esimerkiksi inversiotilanteissa ilmanlaadun mittaustuloksissa pitoisuudet nousevat, jolloin mittaustulosten perusteella tunneli-ilmanvaihtoa voidaan säätää suuremmaksi. Myös tunnelin säännöllinen puhdistaminen ja pesu vaikuttavat kokonaisuutena muodostuviin hiukkaspäästöihin tunnelista. Tässä mallissa on huomioitu mm. tunnelin alhainen nopeusrajoitus, millä on

vaikutusta muodostuviin ns. katupölypäästöihin (mm. rengas- ja asfalttikulumat, tunneliin kulkeutuva hienoaines). Mallissa on huomioitu Amuritunnelin poistokaasut 700 metrin matkalta.

Ilmanlaatuun vaikuttavat myös lähirakennukset, jotka osaltaan toimivat sekoittumisen esteinä. Amuritunneli on liikenteeltään kaksisuuntainen ja autoliikenne aiheuttaa ilmavirtauksia sisään ja ulos tunnelista eli ns. *piston*-efektin (=tunnelissa auto liikuttaa ilmaa liikkeen suuntaan). Tämä kaksisuuntaisen liikenteen aiheuttama edestakainen mäntäefekti vaikuttaa myös tunnelin ilmanvaihtoon ja ilmanlaatuun sekoittaen ilmaa tunnelisuulla ja tunnelissa sekä lisäten ilman pyörteisyyttä suuaukon läheisyydessä. *Piston*-efektiä ei mallissa ole voitu huomioida.

## 5. Johtopäätökset suunnittelualueen ilmanlaadusta nyt ja vuonna 2040

---

Nykytilanmallinnusten mukaan ilmanlaatu on suunnittelualueella normaalia Tampereen kaupunki-ilmaa. Liikennemäärät Satakunnankadulla Amuritunnelin suuaukon suunnittelualueella ovat maltilliset, n. 8400 ajon/vrk. Ilmanlaadun ohjearvot eivät alueella ylity.

Vuonna 2040 liikennemuutokset eri vaihtoehdoissa VE0-VE3 jakautuvat laajalle kaupungin katuverkossa. Kaavan lähivaikutusalueella Amurissa liikenteen suurimmat ilmanlaatumuutokset eri vaihtoehdoissa kohdistuvat pääosin Satakunnankadulle suunnitellun Amuritunnelin suuaukon ja Hämeenpuiston väliselle tieosuudelle, jossa liikenne kasvaa vaihtoehdoissa VE2/VE3. Toisaalta myös mm. Sepänkadun ja Satakunnankadun liikennepäästöt vaihtelevat eri vaihtoehdoissa läpiajoliikenteen muutosten seurauksena.

### VE0 ja VE1 vaihtoehdot vuonna 2040

VE0 ja VE1 ilmanlaatuero ovat pienet, sillä näiden vaihtoehtojen väliset liikennemääräerot eri tieosuuksilla ovat pieniä ( $< \pm 10\%$ ). Satakunnankadun liikenne (välillä Sepänkatu-Hämeenpuisto) kasvaa molemmissa vaihtoehdoissa verrattuna nykytilanteeseen, mikä kasvattaa  $PM_{10}$ -hiukkaspäästöjä.  $PM_{10}$ -vuorokausipitoisuudet jäävät alle vuorokausiohjearvon  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Pienhiukkasten ( $PM_{2.5}$ ) alueelliset pitoisuudet Amurissa laskevat verrattuna nykytilanteeseen. Päästövähennys johtuu huomattavasta ajoneuvojen hiukkaspäästönormien tiukentumisesta ja uudemmasta ajoneuvokannasta v. 2040. Hiukkasten vuosipitoisuudet ( $PM_{10}$  ja  $PM_{2.5}$ ) jäävät kaavan lähivaikutusalueella selvästi alle hiukkasten ilmanlaadun vuosiraja-arvojen.

### VE2 ja VE3 vaihtoehdot vuonna 2040

VE2/VE3 vaihtoehtojen keskinäiset ilmanlaatuero ovat pieniä Amurissa johtuen pienistä liikennemääräeroista lähikaduilla. Amuritunneli lisää liikennettä Amuritunnelilta Hämeenpuistoon, mutta vähentää liikennettä mm. Sepänkadulla ja Satakunnankadun länsiosassa. Valmiin Amuritunnelin arvioitu liikennemäärä vuonna 2040 on VE2 10 400 ja VE3 11 100 ajon/vrk.

VE2 ja VE3 vaihtoehdoissa PM<sub>10</sub>-hiukkaspitoisuudet kasvavat Amuritunnelin suuaukon lähialueella verrattuna nykytilanteeseen tai vaihtoehtoihin VE0/VE1. Myös Amuritunnelin ilmanvaihtokerroin vaikuttaa ulkoilman vuorokausipitoisuuksiin suuaukon läheisyydessä. Tunnelin poistoilma aiheuttaa paikallisesti ilmanlaatuvaikutuksia Amuritunnelin suuaukon lähiympäristössä n. 100-150 metrin etäisyydellä, jossa vuorokausipitoisuuksien aluejakaumakäyrät hieman laajenevat riippuen poistoilman nopeudesta. PM<sub>10</sub>-hiukkasten vuorokausipitoisuus voi ylittää ohjearvotason 70 µg/m<sup>3</sup> paikallisesti suuaukon läheisyydessä sellaisissa sääolosuhteissa, jossa poistoilman sekoittuminen on heikentynyt (mm. inversiotilanteet). Suurempi ilmanvaihtonopeus (3 m/s) osoittautui ilmanlaatuvaikutuksiltaan suotuisammaksi kuin matalampi ilmanvaihtonopeus (1 m/s). Hiukkasten vuosipitoisuuksissa pitoisuuserot tasoittuivat, mutta *worst case* -vuorokausipitoisuuksissa ero kahden ilmanvaihtotilanteen välillä oli selkeä. PM<sub>10</sub>-hiukkasten vuosiraja-arvo ei ylitä VE2/VE3 vaihtoehdoissa.

Pienhiukkasten (PM<sub>2.5</sub>) pitoisuudet ovat suuaukon läheisyydessä hieman korkeammat kuin VE0/VE1 vaihtoehdoissa, mutta alittavat WHO:n terveysperusteiset PM<sub>2.5</sub>-ohjearvot (vuosiohjearvo 10 µg/m<sup>3</sup> ja vrk-ohjearvo 25 µg/m<sup>3</sup>).

Katupölypäästöihin (asfaltin kulumisen, rengas- ja jarrupöly) vaikuttaa eniten liikennemäärät, ajonopeudet sekä katujen ja tunnelin puhdistus. Kaksisuuntaisen tunnelin autojen liikkeestä aiheutuvaa ilman liikettä ja pyörteisyyttä (*piston-efekti*) ei mallissa ole voitu huomioida.

Selvityksen perusteella annetaan suosituksia (**kohta 6**).

Suunnittelun tavoitteena tulee olla, että kansallisten ilmanlaadun ohjearvojen (*VNp 480/1996*) ja WHO:n ilmanlaadun ohjearvojen ylittyminen estetään ennakolta asuinalueilla. Ilmanlaadun ohjearvot on annettu ensisijaisesti terveydellisin perustein ja niiden asettamisessa on pyritty ottamaan huomioon muun muassa ilman epäpuhtauksien vaikutukset herkkiin väestöryhmiin, kuten lapsiin, vanhuksiin ja hengityselinsairaisiin. Pienhiukkasten osalta noudatetaan yleisesti WHO:n asettamia ohjearvoja.

Mallinnuksen epävarmuuteen vaikuttaa eniten tulevaisuuden liikenne-ennusteen epävarmuus ja ajoneuvojakaumat (mm. eri polttoainevaihtoehdot ja päästökertoimien kehitys). Pitoisuuksien epävarmuuteen vaikuttaa myös mm. ilmastonmuutoksen tuomat muutokset sääolosuhteisiin tulevaisuudessa, mikä mm. vaikuttaa tuulisuuteen, liukkaudentorjuntaan ja rengasvalintoihin ja sitä kautta mm. katupölyn muodostumiseen. Liikennepolitiikan kehitys ja mm.



henkilöautoliikenteen sähköistuminen vuoteen 2040 mennessä voi osaltaan vähentää suoria ajoneuvopäästöjä ennustettua enemmän. Pienhiukkaspitoisuuksien episodimaisiin korkeimpiin lyhytaikaisiin pitoisuuksiin vaikuttaa mm. kaukokulkeuma. Katupölyn määrään vaikuttaa eniten liikenteen määrä, nopeudet sekä liukkaudentorjuntatavat sekä katujen ja teiden sekä tunnelin päällystemateriaalit ja puhtaanapito. Tunnelipäästöjen ilmanlaatuvaikutuksiin vaikuttaa paitsi tässä selvityksessä mallinnetut poistoilman määrät ja nopeudet myös kaksisuuntaisesta liikenteestä aiheutuva ilman sekoittuminen ja pyörteisyys tunnelin suulla.

## 6. Suositukset ilmanlaadun näkökulmasta

---

Suositukset Amuritunnelin ja Näsikallion eritasoliittymän kaavan lähialueen ilmanlaatumallinnusten perusteella:

1. Lähialueen ilmanlaadun kannalta kaikki vaihtoehdot VE0-VE3 ovat mahdollisia toteuttaa.
2. Vaihtoehdoissa VE2 ja VE3 Amuritunnelin ilmanvaihtotehoa suositellaan osaltaan ohjattavaksi ilmanlaadun reaaliaikaisen mittaustekniikan avulla mm. inversiotilanteiden varalta.
3. Amuritunneli ja tunnelin ajoluiska tulee puhdistaa säännöllisesti laskeutuneista hiukkasista, mikä vähentää tunnelin hiukkaspäästöjä ja hiukkasten ilmanlaatuvaikutuksia Satakunnankadulla tunnelin suuaukon lähialueella.
4. Muun maanalaisen liikenneverkon ilmanvaihto suositellaan ohjattavaksi suunnitelman mukaisesti Rantaväylän tunnelin ilmanvaihtoon (Näsikallion ETL) ja osaksi pysäköintilaitoksen ilmanvaihtoa (Kunkun parkki).
5. Maanalaisen kaavan rakennusaikaiset suositukset ovat kohdassa 7.3.1 *Suositukset ilmanlaadun huomioimiseksi rakennusaikana*

Asemakaavan jatkosuunnittelussa tulisi selvittää ilmanvaihdon teknistä toteutustapaa ohjaavien kaavamääräysten tarvetta em. tekijät huomioiden. Kaavan edetessä tulisikin selvittää tarkemmin maanalaisen asemakaavan eri osien (Näsikallion ETL, Amuritunneli, Kunkun parkki) ilmanvaihdon tekniset toteutustapavaihtoehdot ja tehdä niiden riskianalyytit. Tunnelien ilmanvaihdon osalta ei ole julkaistu yksityiskohtaisia ohjeita vaan yleensä ilmanvaihto suunnitellaan tapauskohtaisesti tilaajan vaatimusten mukaisesti. Ilmanvaihdon suunnittelun ohjauksessa on mahdollista varmistaa, että mm. Amuritunnelin ilmanvaihdon toteutuksessa huomioidaan tässä selvityksessä esiin tulleet tunnelin suuaukon lähialueen ilmanlaatuasiat.

Turvallisuuden ja savunpoiston osalta myös paikallinen pelastuslaitos on mukana suunnittelussa. Maantietunneleita koskevia määräyksiä ja ohjeita antaa Suomessa Liikennevirasto, joka on tunnelien hallintoviranomainen.

Yleisperiaatteita tietunnelien ilmanvaihdosta on Liikenneviraston julkaisuissa, mm.

*Tietunnelien hallinnointia ja turvallisuutta koskevat määräykset ja ohjeet Liikenneviraston ohjeita 33/2016*

Tunnelien minimiturvallisuusvaatimukset on esitetty EU:n tunnelidirektiivissä (*Direktiivi 2004/54/EY Euroopan laajuisen tieverkon tunnelien turvallisuudesta*). Kansainvälinen tiejärjestö *World Road Association (PIARC)* on julkaissut maantietunnelien käsikirjan ja joukon teknisiä raportteja maantietunneleista, joissa käsitellään myös tunnelien ilmanvaihtoa. Maanalaisia risteyksiä ja ilmanvaihtoa käsitellään mm. Norjan *Statens Vegvesen* julkaisuissa (*Norwegian Public Road Administration*). Ruotsissa on kehitetty myös tunnelien ilmanvaihdon simulointiohjelma.

## 7. Rakennusaikainen ilmanlaatu - Amuritunnelin avolouhinta ja Näsikallion louheen kuljetus

---

### 7.1 Rakennusaikainen liikenne

Näsikallion eritasoliittymän ja Amuritunnelin rakennusaikainen liikenne perustuu louheenkuljetuksen ja Amuritunnelin avolouhinnan suunnittelutietoihin, jotka on saatu asiakkaan suunnittelukonsultilta (Sitowise).

Maanalaisten tunnelien louhinnat suoritetaan Näsikallion työtunnelin kautta ennen Amuritunnelin avolouhinnan aloittamista. Näsikallion työtunneli sijaitsee Nääshallin sisäänkäynnin yhteydessä, aivan Kuninkaankadun pohjoispäässä. Louhinnan kestoksi on arvioitu 175 arkipäivää (n. 35 viikkoa). Näsikallion työtunnelin kautta louhitaan arviolta 118 000 m<sup>3</sup>ktd, joka tarkoittaa noin 100 kuorma-autoa päivässä (7m<sup>3</sup>ktd/kuorma-auto). Arvio on, että louhe kuljetetaan kohti Lielahtea reittiä Kuninkaankatu-Näsijärvenkatu-Paasikivenkatu-Paasikiventie.

Satakunnankadulla ja Kortelahdenkadulla suoritetaan Amuritunnelin avolouhinnat kalliotunnelin suuaukolle saakka (Amuritunneli paalu 300). Louhittavaa kertyy 18 000 m<sup>3</sup>ktd. Satakunnankadulla avolouhinnan kestoksi on arvioitu 20 arkipäivää (eli 4 viikkoa). Louhetta kuljetetaan arviolta 130 kuorma-autoa päivässä (7m<sup>3</sup>ktd/kuorma-auto). Louhe kuljetetaan kohti Lielahtea reittiä Satakunnankatu-Hämeenpuisto-Näsijärvenkatu-Paasikivenkatu-Paasikiventie.

Taulukossa 3 on rakennusaikainen liikenne ja päästöt. Kuorma-autojen määrä tuplaantuu, kun lasketaan edestakainen liikenne eli tyhjät ja täydet kuorma-autot vuorokaudessa. Työmaatiet on arvioitu joko päällystämättömiksi tai niille on kulkeutunut jonkin verran hienojakeista mursketta. Nämä osuudet ovat Satakunnankadun avolouhinta-alueella ja Näsikallion työmaatunneliaukon suulta n. 100 m. Sen jälkeen kuorma-autojen päästötaso (päästölisäys kuljetusreitillä) on asfalttialueiden mukainen normaali raskaan liikenteen päästö. Työmaateillä on huomioitu pölyämisen vähennyskeinona tien kastelu. Työmaateiden päästökertoimet perustuvat US EPA:n ja Kanadan päästökerrointaulukoihin.

Lisäksi työmaan aikana muodostuu lyhytaikaisesti mm. typenoksideja kallion räjäytyksestä, mutta räjäytyspäästö lasketaan minuuteissa ja muodostunut päästö tuuletetaan pois Näsikallion

pystykuilun kautta. Kallioporauksessa porausvaunussa on käytössä pölynkeräys ja kallion kastelu.

Taulukko 3. Amuritunnelin ja Näsikallion eritasoristeyksen rakennusaikaiset päästöt.				
Amurintunnelin avolouhinta-aika (4 vkoa)	Kuorma-autoa/vrk	PM <sub>2.5</sub> g/m/vrk	PM <sub>10</sub> g/m/vrk	NO <sub>x</sub> g/m/vrk
Satakunnankatu, avolouhintavaihe, työmaatie	260	2.0	20	1.8
Liikennelisäys kuljetusreitillä, asfalttitiet	260	0.04	0.2	1.8
Muut työmaapäästöt		kgPM <sub>2.5</sub> /vrk	kgPM <sub>10</sub> /vrk	kgNO <sub>x</sub> /vrk
Lastauskone ja kaivuri työmaalla		0.2	*	4.3
Näsikallion louheenkuljetus (35 vkoa)	Kuorma-autoa/vrk	PM <sub>2.5</sub> g/m/vrk	PM <sub>10</sub> g/m/vrk	NO <sub>x</sub> g/m/vrk
Kuninkaankadun pää, työmaatie	200	1.5	15	1.4
Liikennelisäys louheenkuljetusreitillä, asfalttitiet	200	0.03	0.1	1.4

\*huomioitu yllä liikenteessä

## 7.2 Rakennusaikainen ilmanlaatu suunnittelualueella

Suunnittelualueen rakennusaikainen ilmanlaadun mallinnus on tehty erikseen Näsikallion louheenkuljetuksesta ja Amuritunnelin avolouhinnasta. Näsikallion eritasoliittymän ja Amuritunnelin maanalainen kalliolouhinta ja louheenkuljetus on tarkoitus suorittaa Näsikallion työmaatunnelin kautta ennen kuin Amuritunnelin avolouhinta alkaa Satakunnankadulla. Aluejakamakuvat (vuorokausipitoisuudet PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub>) Näsikallion ja Amuritunnelin työmaista ja kuljetusten katuverkosta on liitteessä 9.

- LIITE 9. Amuritunnelin avolouhinta ja Näsikallion louheenkuljetus - Rakennusaikaiset ilmanlaatuvaikutukset (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> ja NO<sub>2</sub> vuorokausipitoisuudet)

### 7.2.1 Louheenkuljetus Näsikallion kautta

Näsikallion työmaatunnelin suu on Kuninkaankadun päässä lähellä Nääshallin itäistä suuaukkoa. Louheenkuljetuksen on arvioitu kestävän 175 vuorokautta eli n. 35 viikkoa, kun se tehdään n. 100 täyden louhekuorman päivävauhdilla. Louhe kuljetetaan Lielähteen reitillä Kuninkaankatu-Näsijärvenkatu-Paasikivenkatu-Paasikiventie. Louheenkuljetuksen ilmanlaatuvaikutukset kohdistuvat tälle reitille. Työn aikainen tunnelin tuuletus tehdään Näsikallion pystykuilun

2020©ENWIN OY

kautta. Näsikallion pystykuilu lähellä Näsijärven rantaa on osa Rantatunnelin ilmanvaihtoa. Maanalainen louhinta on suunniteltu tehtäväksi ennen Amuritunnelin avolouhintaa.

Näsikallion louheenkuljetus aiheuttaa melko vähän ilmanlaatuvaikutuksia ajoreitille, koska tiet ovat asfaltoituja ja normaaliliikenteen lisäksi kuorma-autoliikenne lisääntyy n. 200 kuorma-autoa/vrk. Aivan Kuninkaankadun päässä lähellä Näsikallion työmaatunnelin suuaukkoa arvioidaan ilmanlaadun huononevan nykyisestä työmaa-aikana työmaaliikenteen ja tien pölyämisen seurauksena. Siellä ilmanlaadun PM<sub>10</sub>-hiukkasten vuorokausiohjearvo 70 µg/m<sup>3</sup> voi ylittyä. Suuaukon lähellä ei ole asuntoja.

Mäntinrannan uimaranta ja Tallipihan käsityöläiskeskus ovat lähimmät häiriintyvät kohteet. Pitoisuudet jäävät näillä alueilla kuitenkin alle ilmanlaadun ohjearvojen. Pölyämistä tulee vähentää kastelulla ja työmaa-alueen ja kuljetusreitien säännöllisellä puhdistamisella.

Liitteessä 9 on vuorokausipitoisuuksien aluejakaumakuvat Näsikallion louheenkuljetuksen ajalta (PM<sub>10</sub>- ja PM<sub>2.5</sub>-hiukkaset ja NO<sub>2</sub>-pitoisuudet).

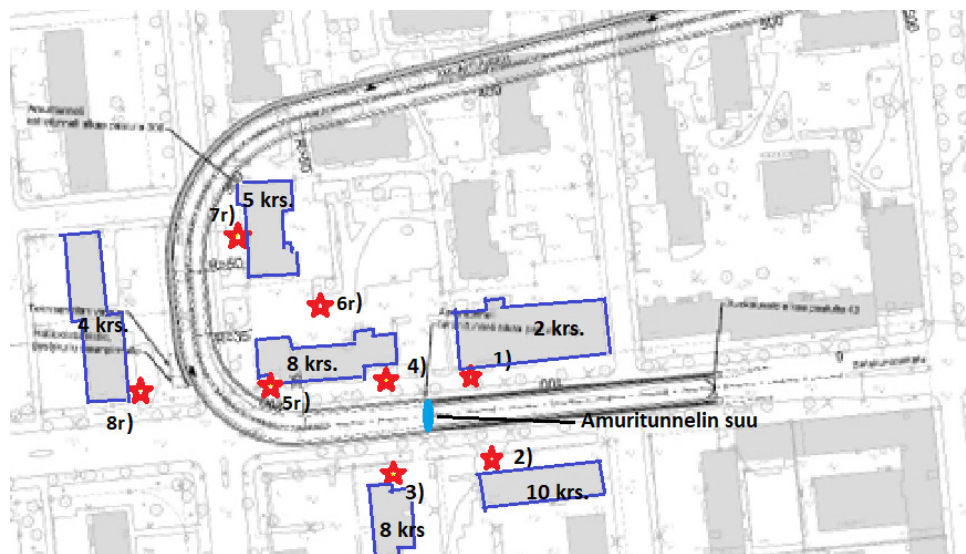
## 7.2.2 Amuritunnelin avolouhinta

Amuritunnelin avolouhintavaihe kestää arviolta n. 20 arkivuorokautta eli 4 viikkoa. Avolouhinta tehdään tunnelinsuun ajoluiskalta Satakunnankadulta Korttelahdenkadulle ns. paalulle 300, jossa kohtaa Amuritunneli sukeltaa kalliotunneliin. Satakunnankadun ajoluiskan ja kalliotunnelin väliin rakennetaan betonitunneli. Avolouhinnan aikana muu liikenne ko. Satakunnankadun osalla siirretään todennäköisesti muille korvaaville reiteille.

Satakunnankadun maanpinnantasoo on n. +98 m, Amuritunnelin suuaukko +92 m ja kohta, jossa tunneli sukeltaa kalliotunneliin n. +82 m. Kaivettava maa- ja kiviaines kuljetetaan Lielahden suuntaan reitillä Satakunnankatu-Hämeenpuisto-Näsijärvenkatu-Paasikivenkatu- Paasikiventie.

Liitteessä 9 on Amuritunnelin avolouhintatyömaan ilmanlaatuvaikutusten vuorokausipitoisuuksien aluejakaumakuvat. Rakennusaikaisessa mallinnuksessa pölyämistä on vähennetty päällystämättömän työmaa-alueen kastelulla. Avolouhinta-aikana kuivina päivinä pölyämiseen tuleekin kiinnittää erityistä huomiota ja pyrkiä vähentämään sitä esim. kastelulla useamman kerran päivässä. Pölyämiseen vaikuttaa myös poiskuljetettavan materiaalin koostumus ja kosteus. Myös kuljetusreitien säännöllistä puhdistamista suositellaan, jotta kuorma-autojen renkaista leviävä maa-aines saadaan pois katuverkosta.

Amuritunnelin avolouhinnan työmaa-ajan vertailupisteet 1-8r on kuvassa 1, pitoisuudet pisteissä on Taulukossa 4. Neljä ensimmäistä pistettä ovat samoja kuin aiemmin kuvatut vertailupisteet (nykyliikenne, VE0-VE3), mutta pisteet 5r-8r on lisätty tunnelin rakennusaikaisen avolouhinnan lähivaikutusalueen pisteiksi.



Kuva11. Ilmanlaadun vertailupisteet Amuritunnelin louhintatyömaan ympäristössä.

Avolouhintatyömaa ulottuu Amuritunnelin rakennusvaiheessa tunnelin luiskalta paalulle 300, joka on lähellä pistettä 7r.

Taulukko 4. Amuritunnelin avolouhinnan aikaiset korkeimmat vuorokausipitoisuudet vertailupisteissä työmaan ympäristössä (PM<sub>10</sub>- ja PM<sub>2.5</sub>-hiukkaset, NO<sub>2</sub>). Liite 5

	PM <sub>10</sub> vuorokausipitoisuus - Rakennusaika Amuritunneli avolouhinta	PM <sub>2.5</sub> vuorokausipitoisuus Rakennusaika Amuritunneli avolouhinta	NO <sub>2</sub> vuorokausipitoisuus Rakennusaika Amuritunneli avolouhinta
	µgPM <sub>10</sub> /m <sup>3</sup>	µgPM <sub>2.5</sub> /m <sup>3</sup>	µgNO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
Piste 1	109	20	28
Piste 2	107	19	23
Piste 3	102	18	24
Piste 4	88	17	25
Piste 5r	72	15	30
Piste 6r	68	15	25
Piste 7r	69	16	40
Piste 8r	71	16	34
Ohjearvot	70	25	70

Amuritunnelin avolouhinta aiheuttaa työmaan lähialueen ilmanlaadun heikkenemistä ja viihtyvyyshaittaa rakennusaikana. Avolouhinnan haitta-aika on arviolta n. 4 viikkoa, jonka jälkeen rakennetaan vielä betonitunneliosuus sekä ajoramppi. Maansiirtotöiden aikana PM<sub>10</sub>-hiukkasten vuorokausiohjearvotaso voi vertailupisteissä nousta yli ilmanlaadun vuorokausiohjearvon 70 µg/m<sup>3</sup> päällystämättömän alueen pölyämisen ja maansiirron seurauksena. Korkeimmat pitoisuudet rajoittuvat kaivuumontun lähiympäristöön ja kuorma-autoliikenteen alueelle Satakunnankadulla ja Kortelahdenkadulla. Kerrostalojen piha-alueilla (esim. vertailupiste 6r) PM<sub>10</sub>-vrk-pitoisuuden korkein vertailuarvo oli 68 µg/m<sup>3</sup> (97 % ohjearvosta). Kuljetusreitillä kuorma-autojen ilmanlaatuvaikutukset jäävät asfalttiteillä pienehköiksi muun liikenteen joukossa.

Pienhiukkasten (< 2.5 µm:n hiukkaskoko) vuorokausipitoisuudet ovat työmaa-aikana normaalitilannetta korkeammat, mutta jäävät vertailupisteissä kuitenkin alle WHO:n ilmanlaadun vuorokauden ohjearvotason (25 µg/m<sup>3</sup>) (Taulukko 4). Typpidioksidipitoisuudet ovat avolouhinnan aikana vertailupisteissä peräisin työmaan kuorma-autoliikenteestä ja työmaakoneiden päästöistä sekä kaupunkitaustasta lähiteiltä. Typpidioksidipitoisuus jää vertailupisteissä alle ilmanlaadun vuorokausipitoisuuden ohjearvotason 70 µg/m<sup>3</sup>.

#### Amuritunnelin avolouhinnan aikana pitoisuudet vertailupisteissä:

- PM<sub>10</sub>-vrk-pitoisuudet 68-109 µgPM<sub>10</sub>/m<sup>3</sup> (97-156 % vrk-ohjearvosta)
- PM<sub>2.5</sub> vrk-pitoisuudet 15-20 µgPM<sub>2.5</sub>/m<sup>3</sup> (60-80 % WHO:n vrk-ohjearvosta)
- NO<sub>2</sub>-vrk-pitoisuudet 23-40 µgNO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> (33-57 % vrk-ohjearvosta)

### 7.3 Johtopäätökset rakennusajan ilmanlaadusta

Maanalaisen asemakaavan (Näsikallion ETL/Kunkun parkki/Amuritunneli) ja Amuritunnelin suuaukon rakennusaikana ilmanlaatu heikkenee paikallisesti työmaaliikenteen ja kaivuutyön seurauksena työmaa-alueiden välittömässä läheisyydessä.

Erityisesti Amuritunnelin avolouhinnan aikana työmaan ympäristössä PM<sub>10</sub>-hiukkasten vuorokausiohjearvo 70 µgPM<sub>10</sub>/m<sup>3</sup> voi ylittyä. Koska lähimmät rakennukset ovat asuinkerrostaloja, voi pölystä aiheutua viihtyvyyshaittaa rakennusaikana Kortelahdenkadun ja Satakunnankadun ympäristössä. Osa pölystä on karkeampaa hiukkasta. Pienhiukkaspitoisuudet ovat tavanomaista korkeammat, mutta jäävät alle ilmanlaadun ohjearvojen.

Varsinaisen maanalaisen kalliolouhinnan louheen kuljetus on suunniteltu toteutettavaksi Näsikallion työmaatunnelin kautta ulos. Työmaatunnelin suulla ei ole lähiasutusta. Lähimmät häiriintyvät kohteet sijaitsevat kuljetusreitillä varrella, Mältinrannan uimaranta ja Tallipihan käsityöläiskeskus.

## 7.3.1 Suositukset ilmanlaadun huomioimiseksi rakennusaikana

### 1. Amuritunnelin avolouhinta

- Työmaan aikana pölyämistä on vähennettävä mm. työmaa-alueen ja poistettavan maa-aineksen ja louheen kastelulla. Tarvittaessa tulee varautua rakentamaan pölyn leviämistä estäviä suojauksia, jos avolouhintavaihe pitkittyy arvioidusta 4 viikosta.
- Myös kuljetusreitti tulee puhdistaa säännöllisesti kuorma-autojen renkaiden mukana kuljettamasta maa-aineksesta.
- Pölynvähennystoimiin ja työn ripeään toteutukseen tulee kiinnittää erityistä huomiota, koska työmaa sijaitsee välittömästi asuinkerrostalojen läheisyydessä.

### 2. Kalliolouheen kuljetus Näsikallion työmaatunnelin kautta

- Louheenkuljetuksen on arvioitu kestävän n. 35 viikkoa.
- Pölyämistä tulee vähentää kastelulla ja työmaa-alueen teiden säännöllisellä puhdistamisella.
- Myös kuljetusreitillä (Kuninkaankatu-Näsijärvenkatu-Paasikivenkatu) puhdistaminen tulee tehdä säännöllisesti louheenajon aikana, koska lähimmät häiriintyvät kohteet sijaitsevat kuljetusreitillä varrella.



## 8. Mallinnuksen kokonaisepävarmuuteen vaikuttavat tekijät

---

Mallinnuksessa eri tekijät on pyritty huomioimaan nykyisen parhaan käyttökelpoisen tietämyksen perusteella. Eniten mallinnustuloksiin vaikuttaa liikenteen määrä ja liikenteen laatu lähiteillä, päästöarviot, meteorologia, taustapitoisuudet sekä maaston muoto ja lähirakennukset.

Tulevaisuuteen pohjautuvien mallinnusten epävarmuuteen vaikuttavat erityisesti lähiteiden liikennemäärätiedot ja liikenteen ajosuoritteiden jakautuminen erityyppisten ajoneuvojen kesken sekä näiden ajoneuvojen päästökertoimien kehitys tulevaisuudessa. Myös tulevaisuuden sääolosuhteet (tuulisuus, sateisuus, pakkaskaudet) voivat muuttua nykytilanteesta, mikä voi vaikuttaa mm. päästöjen leviämiseen, inversiotilanteiden yleisyyteen ja liukkaudentorjuntatarpeisiin.

Ajoneuvokannan uudistuminen ja EURO-päästönormien tiukentuminen eri ajoneuvoluokissa tulee pienentämään suoria ajoneuvojen pienhiukkaspäästöjä ja typenoksidipäästöjä. Henkilöautojen sähköistuminen myös vähentää suoria ajoneuvopäästöjä. Pienhiukkaspäästöjä muodostuu myös katupölyn hienofraktiosta. Typenoksidien ilmakemia vaikuttaa muodostuviin typpidioksidipitoisuuksiin eikä päästövähennelmä ole siten suoraan verrannollinen ulkoilman pitoisuuksiin.

Katupölyn määrään vaikuttaa tulevaisuudessa paitsi ajoneuvojen määrä ja laatu myös ilmaston kehitys ja tarve liukkaudentorjuntaan. Myös tien pinnan materiaaleilla ja ajonopeuksilla on vaikutusta resuspension määrään. Katujen ja tunnelien siivoustekniikat ja pölynsidontatoimet kehittyvät ja ylipäättään katujen puhdistamista ja mm. lumenajoa voidaan kaupungeissa tehostaa, jolloin pölyn vaikutuksia ja pitoisuuksia teiden lähiympäristössä voidaan vähentää. Koulujen ympäristöt ja vilkkaat kadut, joissa on jalankulkuosuudet, tulee puhdistaa ensimmäisinä.

Pienhiukkaspitoisuuksien episodimaisiin korkeimpiin lyhytaikaisiin pitoisuuksiin vaikuttaa eniten kaukokulkeuma mm. maan rajojen ulkopuolelta ja pitempiaikaisiin pitoisuuksiin vaikuttaa yleinen taustapitoisuus Suomessa. Kaukokulkeuma vaikuttaa ilmanlaatuun myös

vähäliikenteisillä alueilla. Pientaloalueiden pienpoltto vaikuttavat pienhiukkaspitoisuuksiin paikallisesti.

Tunnelipäästöjen epävarmuuteen vaikuttaa liikenne-ennuste tunnelissa, ajoneuvojakauma sekä edelleen tunnelin ilmanvaihdon järjestäminen ja mm. korvausilman määrä ja ilmanvaihtonopeus. Myös ajoneuvojen aiheuttama ilman liike tunnelissa (ns. piston-efekti) vaikuttaa ilmanvaihdon toimivuuteen. Amuritunneli ja Näsikallion eritasoliittymä sekä Rantaväylän tunneli ja Kunkun parkki ovat yhteydessä toisiinsa ja niiden ilmanvaihto on osittain yhteydessä toisiinsa. Ilmanvaihto tulee mitoittaa niin, että korvausilmaa on saatavana ja ilma liikkuu haluttuun suuntaan maanalaisessa tieverkossa myös autojen liikesuunnan aiheuttamasta ilman pyörteisyydestä huolimatta.

## LIITE 1. Ilmanlaadun vertailuarvot, terveysvaikutukset ja mitattuja pitoisuuksia Tampereella

Taulukko 1/L1. Ilmanlaadun ohjearvot hengitettävälle hiukkasille (PM <sub>10</sub> ) ja typpidioksidille (NO <sub>2</sub> ). Lähde: Vnp 480/1996		
Aine	Ohjearvo, (20 °C, 1atm)	Tilastollinen määrittely
Hengitettävät hiukkaset (PM <sub>10</sub> )	70 µg/m <sup>3</sup>	kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Typpidioksidi (NO <sub>2</sub> )	150 µg/m <sup>3</sup>	kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste
	70 µg/m <sup>3</sup>	kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo

Taulukko 2/L1. Hengittävien hiukkasten, pienhiukkasten ja typpidioksidin (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , NO <sub>2</sub> ) ilmanlaadun raja-arvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi. NO <sub>x</sub> :n kriittinen taso on annettu kasvillisuuden suojelemiseksi. Lähde: VNA 79/2017				
Aine	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo, µg/m <sup>3</sup> *	Sallittujen ylitysten määrä kalenterivuodessa	Ajankohta, josta lähtien raja-arvot ovat olleet voimassa
Hengitettävät hiukkaset (PM <sub>10</sub> )	24 tuntia kalenterivuosi	50 µg/m <sup>3</sup> * 40 µg/m <sup>3</sup>	35 -	1.1.2005 1.1.2005
Pienhiukkaset (PM <sub>2.5</sub> )	kalenterivuosi	25 µg/m <sup>3</sup>	-	1.1.2010
Typpidioksidi (NO <sub>2</sub> )	1 tunti kalenterivuosi	200 µg/m <sup>3</sup> 40 µg/m <sup>3</sup>	18 -	1.1.2010 1.1.2010
Typen oksidit (NO <sub>x</sub> =NO+NO <sub>2</sub> ) kasvillisuus	kalenterivuosi	30 µg/m <sup>3</sup>	-	15.8.2001

\*Kaasumaisilla yhdisteillä tulokset ilmaistaan 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa. Hiukkasten tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa

Taulukko 3/L1. Pienhiukkasten (PM <sub>2.5</sub> ) WHO:n ohjearvot. Lähde: Maailman terveysjärjestö, WHO	
	Pitoisuus
WHO / PM <sub>2.5</sub> vuorokausiohjearvo	25 µg/m <sup>3</sup>
WHO PM <sub>2.5</sub> vuosiohjearvo	10 µg/m <sup>3</sup>

### Ilman epäpuhtauksien terveysvaikutuksista

Liikenne on merkittävä ilmanlaatuun vaikuttava tekijä taajamissa. Alueidenkäytön suunnittelussa tulee huomioida ilmanlaatuasiat ja pyrkiä vähentämään ihmisten pitkäaikaista altistusta mm. liikenteen päästöille myös suunnittelun keinoin. Liikenteen pakokaasupäästöjä pidetään haitallisina ihmisten terveydelle, erityisesti siksi, että ne muodostuvat matalalla ja purkautuvat suoraan hengityskorkeudelle. Hiukkaspäästöjen lisäksi muita kaupunki-ilman liikenneperäisiä ja suurina

pitoisuuksina myös terveydelle haitallisia epäpuhtauksia ovat mm. typenoksidit (NOx= NO ja NO<sub>2</sub>), joista typpidioksidi on typpimonoksidia haitallisempaa.

Ulkoilman hiukkaspitoisuuksilla on merkitystä paitsi ihmisten viihtyvyyteen (karkeimmat hiukkaset) myös terveyteen (pienemmät hiukkaset). Hiukkasten haitallisuus riippuu paitsi hiukkasten koosta ja muista fysikaalisista ominaisuuksista myös kemiallisesta koostumuksesta; orgaanisesta ja epäorgaanisesta aineksesta. Yhdyskuntailman hiukkaset muodostuvat mm. sulfaateista, nitraateista, ammoniakista, mustasta hiilestä ja mineraalipölystä. Niissä on yleensä vähemmän esim. raskasmetalleja kuin teollisuusperäisissä hiukkasissa.

Suuret näkyvät pölyhiukkaset vaikuttavat erityisesti viihtyvyyteen ja aiheuttavat näkyvää likaantumista. Niiden terveysvaikutukset jäävät vähäisiksi, koska ne eivät pääse pitkälle ihmisen hengityselimissä. Myös ns. hengitettävistä hiukkasista (PM<sub>10</sub>, < 10 µm hiukkaskoko) kokoluokan suurimmat hiukkaset jäävät yleensä ylempiin hengitysteihin ja ovat siten vähemmän haitallisia kuin pienemmät hiukkaset. PM<sub>10</sub>-hiukkaset ovat pääosin peräisin katupölystä (renkaat, jarrut ja liukkaudentorjunta, tien pinnan kuluminen). Ne voivat myös aiheuttaa ylempien hengitysteiden sairauksia, sekä erilaisten hengityselinsairauksien mm. astman pahenemista esim. kevätpölyaikaan. PM<sub>10</sub>-hiukkasissa on mukana myös kokoluokaltaan pienempiä hiukkasia. Terveydelle haitallisempi hiukkasfraktio ns. PM<sub>2.5</sub> hiukkaset kuuluvat osana PM<sub>10</sub>-hiukkasiin.

Pahimmat terveyshaitat liittyvät erityisesti pienhiukkasiin (PM<sub>2.5</sub> < 2.5 µm:n kokoluokka), joista osa voit päätyä hengitysilman mukana syvälle keuhkoihin aina keuhkorakkuloihin saakka. Ne voivat lisätä sairastuvuutta akuutteihin tai kroonisiin tauteihin, kuten hengityselinsairauksiin sekä sydän- ja verisuonitauteihin. Pienhiukkasten osalta täysin haitatonta kynnyspitoisuutta ei ole voitu osoittaa. Tutkimukset ovat osoittaneet, että ihmisten kuolleisuus korreloi kaupunki-ilman pienhiukkaspitoisuuksien kanssa<sup>1</sup>.

Liikenteen ja teollisuuden lisäksi myös pienpoltto pientaloalueilla sekä kaukokulkeuma aiheuttavat merkittävän osan alueellisista episodimaisista pienhiukkaspitoisuuksista.

## Mitattuja pitoisuuksia Tampereella vuosina 2014-2016

Tampereen kaupunki mittaa ilman epäpuhtauspitoisuuksia kiinteillä mittausasemilla. Taulukkoon 1 on koottu viimeisimpien vuosiraporttien (2014-2015-2016<sup>2</sup>) mittaustuloksia ulkoilman epäpuhtauspitoisuuksista Pirkankadulla, Epilässä, Linja-autoasemalla ja Kalevassa.

<sup>1</sup> ESCAPE - European Study of Cohorts for Air Pollution Effects, <http://www.escapeproject.eu/>

<sup>2</sup>Tampereen kaupunki, Tampereen ilmanlaatu 2016/2015/2014. Päästöt ja ilmanlaadun mittaustulokset, Tampere, Ympäristönsuojelun julkaisut 1/2017, 1/2016, 1/2015

**Taulukko 4/L1. PM<sub>10</sub>-hiukkasten ja pienhiukkasten (PM<sub>2.5</sub>) ja typpidioksidin (NO<sub>2</sub>) mitattuja pitoisuuksia Tampereella vuonna 2014-2015-2016. Lähde: Tampereen ilmanlaaturaportit 2014-2015-2016, Tampere**

Mittauspiste 2014-2015-2016	PM <sub>10</sub> vuosipitoisuus µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> 2. korkein vuorokausi- pitoisuus µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>2.5</sub> vuosipitoisuus µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>2.5</sub> korkein vuorokausi- pitoisuus µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> vuosipitoisuus µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> 2. korkein vuorokausi- pitoisuus µg/m <sup>3</sup>
Pirkankatu	19-17-14	91-100-95			19-18-17	59-46-52
Epilä	17-12-11	139-136- 67	9.2-6.6-6.7	39-31- 31.5		
Linja- autoasema			8.3-7.3-6.9	28-25-- 20.5	21-23-22	62-55-49
Kaleva			7.6-6.0-6.3	28-20- 19.7	11-11-11	52-34-37
<i>Ohje- tai raja- arvopitoisuus</i>	<i>40 (raja)</i>	<i>70 (ohje)</i>	<i>10 (ohje) 25 (raja)</i>	<i>25 (ohje)</i>	<i>40 (raja)</i>	<i>70 (ohje)</i>

## LIITE 2. AERMOD-leviämismalli

---

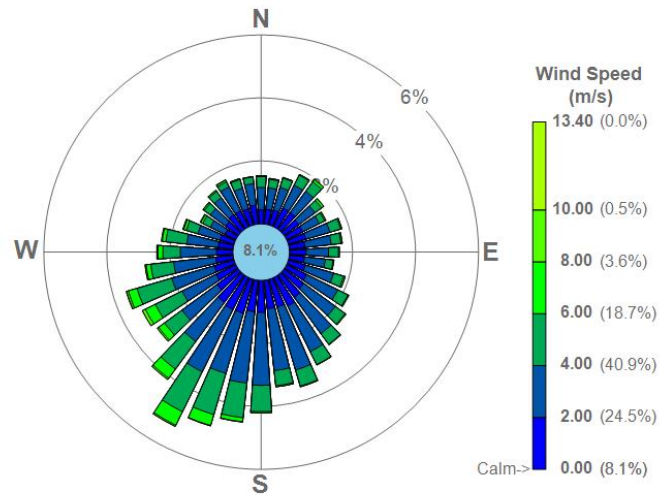
Päästöjen leviämisen mallinnus tehtiin epäpuhtauspäästöjen leviämistä kuvaavalla US EPAn matemaattis-fysikaalisella **AERMOD** -mallilla. Malli soveltuu sekä hiukkasmaisten että kaasumaisten epäpuhtauskomponenttien sekä hajujen leviämisen tarkasteluun ja sillä voidaan tarkastella yhtä aikaa useamman päästölähteen yhteisvaikutusta alueen ulkoilmapitoisuuksiin. Mallia käytetään laajasti ilmanlaadun selvityksissä USA:n lisäksi myös muualla Euroopassa ja mm. Ruotsissa. AERMOD on myös hyväksytty FAIRMODE-mallinnyhteisön mallinnyohjelmien listalle. AERMOD-mallinnyohjelmisto on avoin dokumentoitu ohjelmisto, josta saa ajantasaista tietoa mm. [www.epa.gov](http://www.epa.gov) sivuilta. AERMOD on myös Ruotsin ilmatieteen laitoksen SMHI:n ilmanlaadun vertailulaboratorion hyväksymä ja Pohjoismaisiin olosuhteisiin suositeltu leviämismalli ([www.smhi.se](http://www.smhi.se)).

AERMOD-mallissa otetaan huomioon mm:

- Maaston muoto todellisten maastokoordinaattien mukaisesti (korkeusmalli)
- Typpidioksidin mallinnyksissa typenoksidien ilmakemiallinen muutunta, otsonipitoisuudet ja NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> suhde päästöissä
- Päästölähteiden lähellä olevat korkeimmat rakennukset, jotka saattavat vaikuttaa päästöjen leviämiseen
- 1-3 vuoden pintasääaineisto tuntitietoina (8760-->n. 26 000 tuntia) ja vertikaalinen luotauksiin perustuva mittaustieto tuulen nopeudesta ja lämpötilasta
- Sääaineiston käsittelyssä huomioidaan vuodenaajat, kuten lehdetön ja lumisen vuodenaika Suomessa
- Alueellinen taustapitoisuus
- Katupölyn pienhiukkasfraktio on huomioitu PM<sub>2.5</sub>-mallinnyksissa.
- Hengitettävien hiukkasten PM<sub>10</sub> (katu- ja asfalttipöly) päästökertoimissa käytetään tutkimustietoa THL:n PILTTI-projektista, pääkaupunkiseudun REDUST-hankkeesta sekä pohjoismaisesta NORDTRIP-projektista.

AERMOD -mallissa huomioidaan maaston muoto todellisten maastokoordinaattien mukaisesti (©Maanmittauslaitos, korkeusmalli). Suunnittelualueelle luotiin tiheä havaintopisteverkosto tiealueiden ja suunnittelualan ympäristöön. Suunnittelualan rakennukset huomioitiin mallissa maastoesteinä.

Sää tietoina käytettiin Tampere-Pirkkala lentosääaseman kolmen vuoden tuntisää tietoja vuosilta 2014-2016 (Kuva 1/L2) sekä vertikaalisia tuulen nopeuden ja lämpötilan luotauksetietoja Jokioisista samoilta vuosilta.



Kuva 1/L2. Tuuliruusu (=mistä tuulee) Tampere-Pirkkala tuntisäätiетоjen mukaan 2014-2016.

Epäpuhtauksien alueellinen tausta on huomioitu nykytilanteen mukaisesti ilmanlaatumallinnuksissa kansainvälisesti ohjeistettujen taustapitoisuuskäytäntöjen mukaisesti. PM<sub>10</sub>-hiukkasten vuosipitoisuuden tausta on n. 6 µg/m<sup>3</sup> ja kuukausiarvoista määritetty vrk-tausta n. 9 µg/m<sup>3</sup>. PM<sub>2.5</sub> hiukkasten alueellinen vuositausta on n. 5 µg/m<sup>3</sup> ja kuukausiarvoista määritetty vrk-tausta n. 7 µg/m<sup>3</sup>. Kaupunkialueella taustapitoisuudet voivat nousta jonkin verran mm. teollisuuden päästöjen ja pienpolton seurauksena.

## LIITE 3. Liikennepäästöjen laskenta

---

### 2017 liikennepäästöjen laskenta

Ajoneuvoikohtaiset nykytilanteen NOx- ja pienhiukkaspäästöt laskettiin uusimpien heinäkuussa 2017 päivitettyjen VTT LIPASTO yksikköpäästökertoimien perusteella. Yksikköpäästökertoimissa on huomioitu ajosuoritteissa erilaisten ajoneuvojen tyypilliset jakaumat eri EURO-päästöluokkiin Suomessa. Vuonna 2017 VTT:n ALIISA 2016 tietokannan mukaan keskimäärin Suomessa henkilöautoista 71.5 % on bensiinikäyttöisiä, 28 % dieselkäyttöisiä ja 0.6 % muita vähäpäästöisiä autoja (sähkö kaasu, hybridi, vety). VTT LIPASTO yksikköpäästökertoimien (07/2017) mukaan dieselhenkilöautojen ajosuorite on kuitenkin nykytilanteessa keskimäärin 41 %. Raskas liikenne jakautui pääasiassa busseihin ja kuorma-autoihin, ajoneuvoyhdistelmiä liikkuu keskustassa vähän.

Katupölyn määrään vaikuttaa myös ajonopeus<sup>3</sup>. PM<sub>10</sub>-hiukkaspäästöjen laskennassa huomioitiin alueen teiden nopeusrajoitukset Nordtrip-raportissa esitettyjen arvioiden perusteella. Liikenteen pienhiukkaspäästöihin laskettiin mukaan katupölyn pienhiukkasfraktio. Katupölyn päästölaskenta perustuu THL:n *Piltti*-projektin<sup>4</sup> ja pääkaupunkiseudun *Redust*-<sup>5</sup> -hankkeiden tuloksiin sekä aiempiin mittauksien ja mallinnusten vertailuihin. Katupölyn määrään vaikuttaa kuitenkin myös mm. käytetyt rengastyypit sekä erityisesti katujen puhdistus vuoden aikana.

### 2040 liikennepäästöjen laskenta

Vuonna 2040 liikennesuorite arvioidaan tapahtuvan vähintään nykyiset EURO 6 päästökriteerit täyttävillä ajoneuvoilla. Liikenteen pienhiukkaspäästöt on laskettu VTT:n LIPASTO LIISA-laskentajärjestelmästä perustuen pääosin VTT:n esittämiin eri ajoneuvoluokkien EURO 6-päästökertoimiin. Ajoneuvojen suorat pienhiukkaspäästöt pienevät merkittävästi, koska vanhempi EURO-autokanta jää pois käytöstä ja EURO-6 tason autojen pienhiukkaspäästöt ovat huomattavasti matalammat verrattuna nykyisen autokannan PM<sub>2.5</sub>-hiukkaspäästöihin eri ajoneuvoluokissa.

Tulevaisuuden liikennepolitiikan seurauksena mm. sähköautojen ja muiden vähäpäästöisten autojen (mm. etanoli, biodiesel, kaasu, vety) suoriteosuus voi kasvaa huomattavasti vuoteen 2040 mennessä. Sähköautojen ALIISA ennustetta voimakkaampi lisääntyminen voi vähentää kokonaisuutena ajoneuvojen suorita pakokaasuperäisiä typenoksidi- ja pienhiukkaspäästöjä, mutta ei vaikuta erityisesti katupölypäästöihin. Raskasliikenne tulee todennäköisesti vielä käyttämään dieseliä,

---

<sup>3</sup> NORDTRIP Non-Exhaust Road Traffic Induced Particle Emissions

<sup>4</sup> Ahtoniemi, P.; et al, Health risks from nearby sources of fine particulate matter: Domestic wood combustion and road traffic (PILTTI)

<sup>5</sup> www.redust.fi

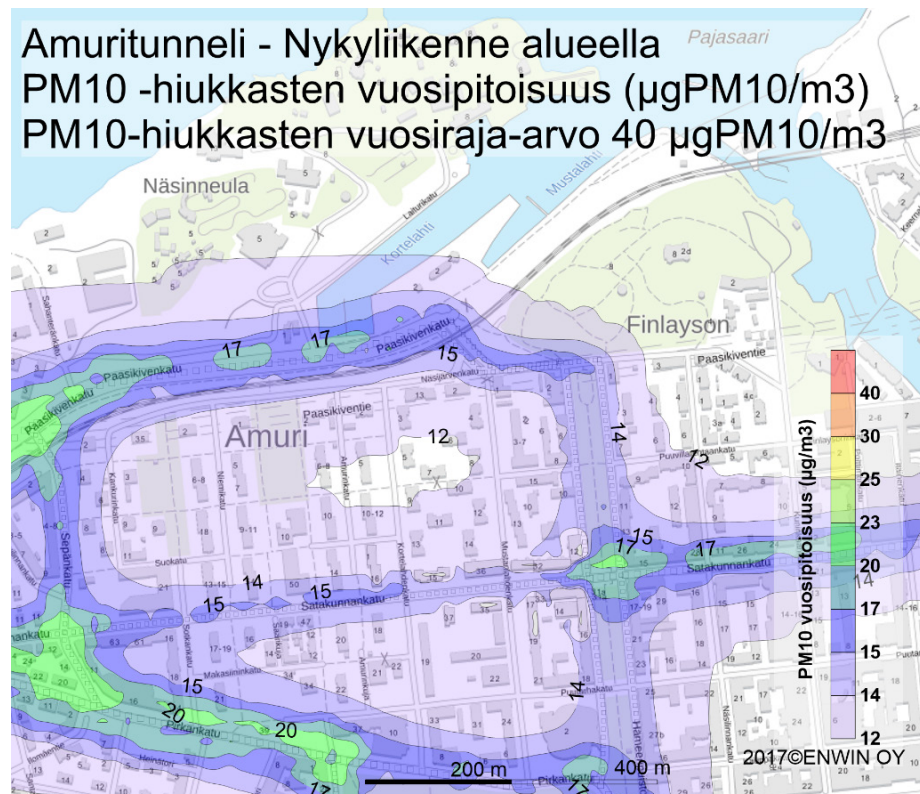
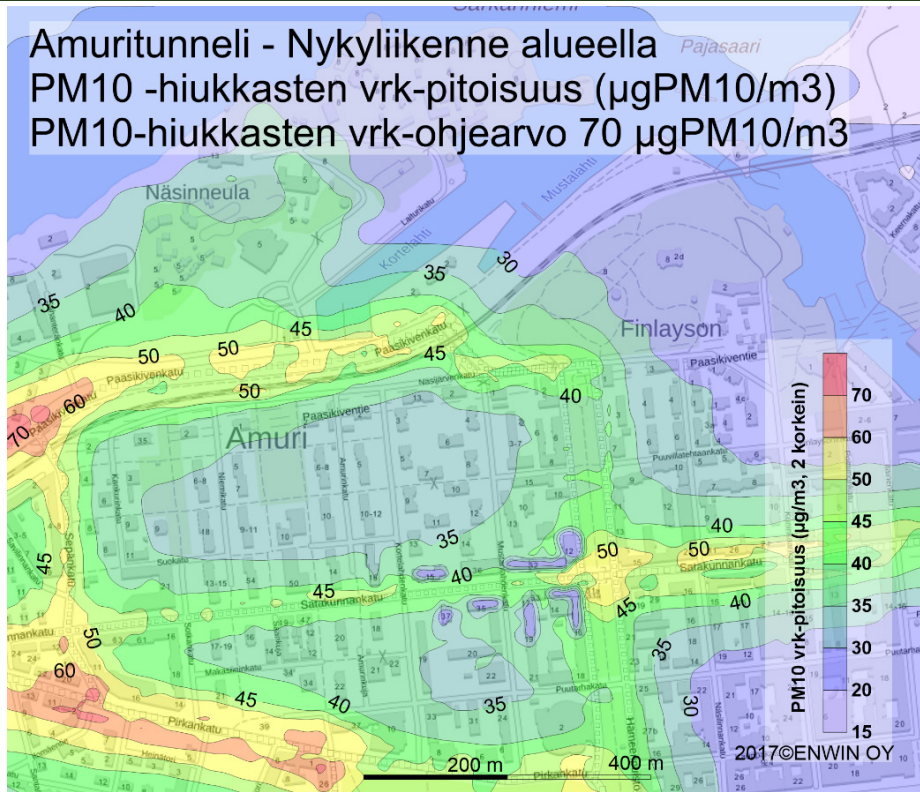


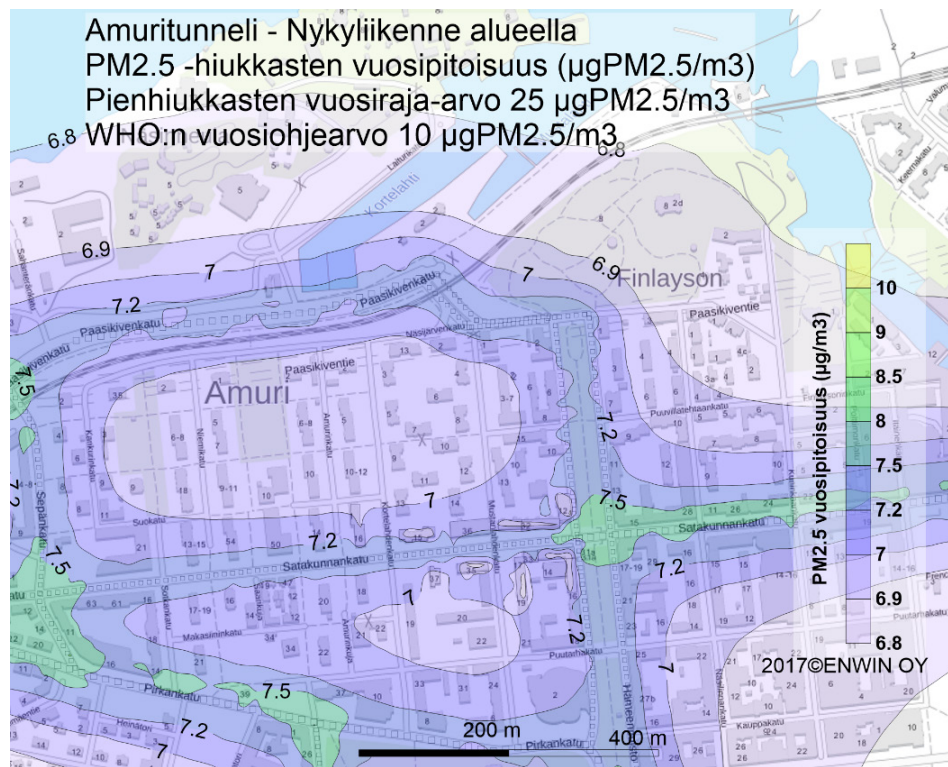
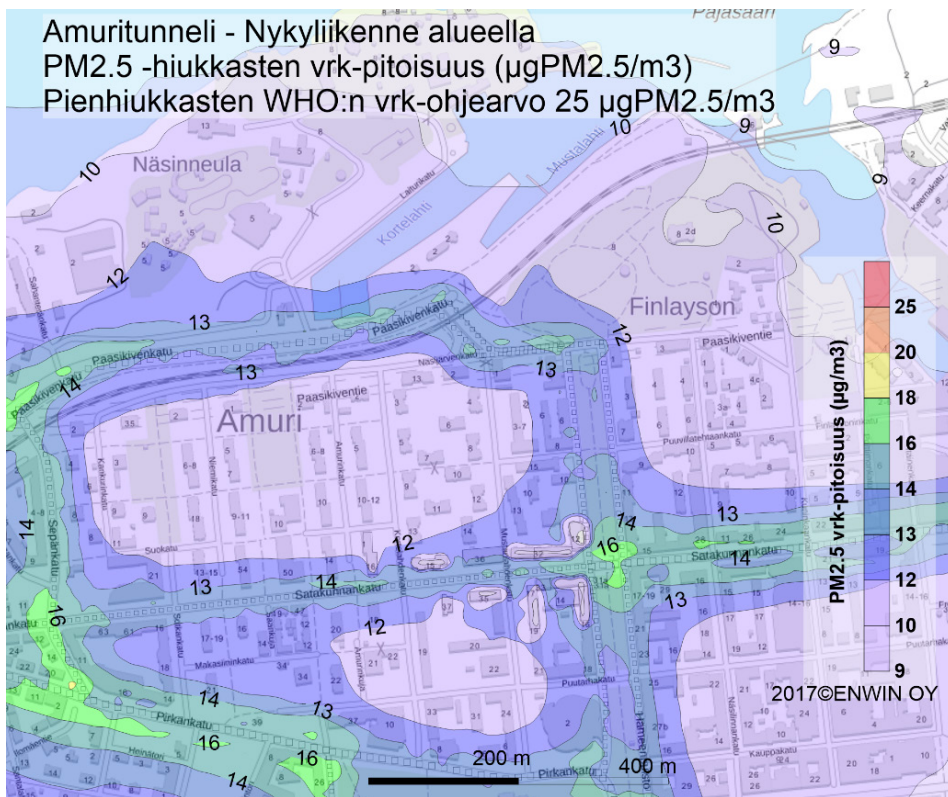
vaikkakin mm. biodieselin osuus voi kasvaa. ALISA ennuste on ns. baseline-ennuste, jossa otetaan huomioon vain jo toteutuneet ja päätetyt toimenpiteet.

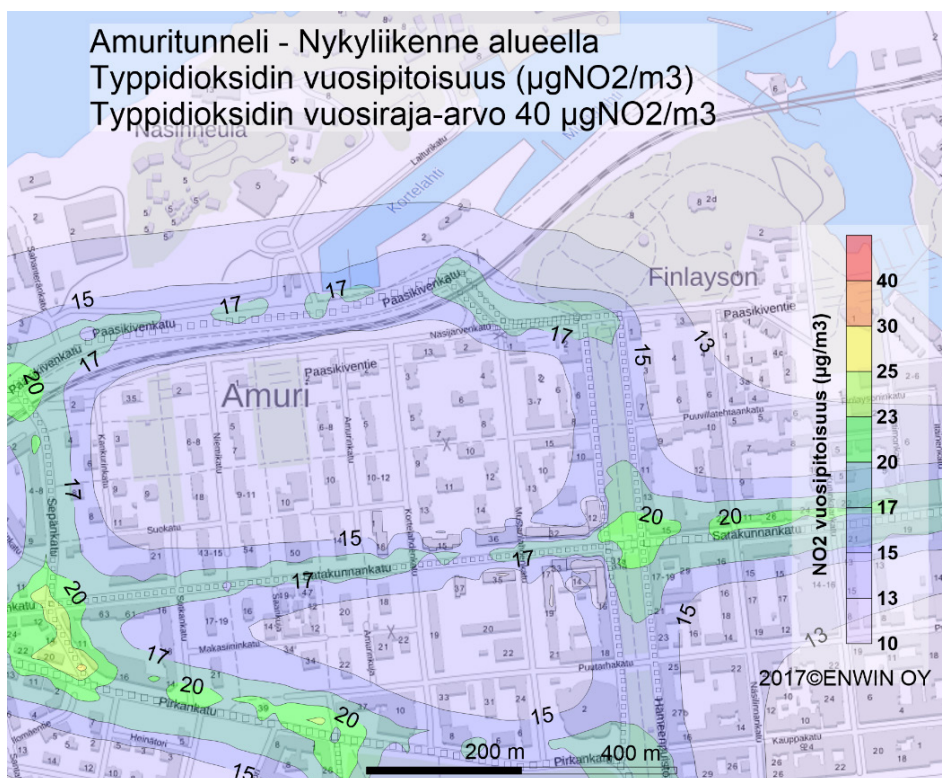
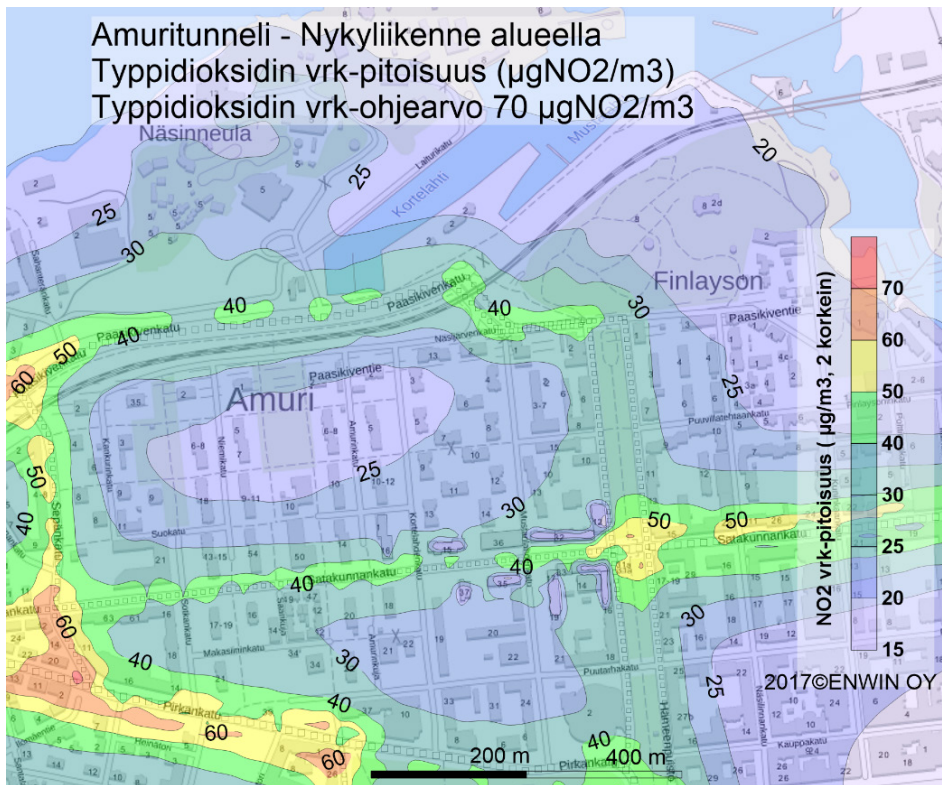
Myös liikenteen NO<sub>x</sub>-päästöt alenevat tulevaisuudessa puhdistustekniikan ja päästöttömien autojen ansiosta. Vuonna 2040 on oletettavaa, että typenoksidipäästöjä muodostuu suurimmaksi osaksi raskaasta liikenteestä, jos liikenteen sähköistuminen etenee suunnitellusti. Typpidioksidipitoisuuteen vaikuttaa kuitenkin myös typenoksidien ilmakemia. Tällöin mm. otsonipitoisuus ei ehkä tulevaisuudessa olekaan merkittävästi rajoittava tekijä typpimonoksidin hapettumisessa vaan yhä suurempi osuus päästöjen typpimonoksidista pääsee hapettumaan typpidioksidiksi jo tien lähialueilla. Tulevaisuuden NO<sub>x</sub>-päästötilannetta ei tässä mallinnettu.

Kokonaisuutena liikenteen päästöihin vaikuttaa myös esim. ajotapa, tieosuuden ruuhkaisuus, ajonopeudet sekä mm. ajoneuvojen vanhenemisen tuoma päästölisäys. Pienhiukkaspäästöissä (PM<sub>2.5</sub>) on huomioitu ajoneuvopäästöjen lisäksi katupölyn pienhiukkasosuus nykyarvioiden perusteella. Katupölypäästöön vaikuttaa eniten tien pintamateriaalien kehitys, kitka/nastarenkaiden käyttö ja rengaskulumat sekä liukkaudentorjunta ja tienpinnan puhdistusmenetelmät ja puhdistussyklit.

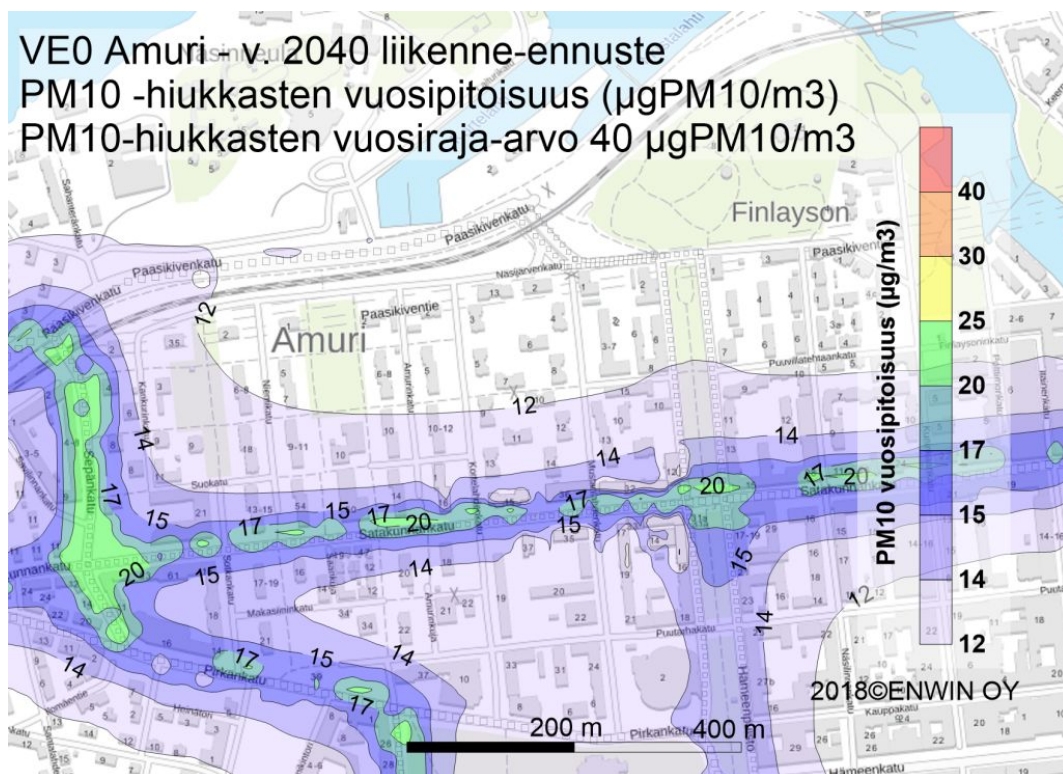
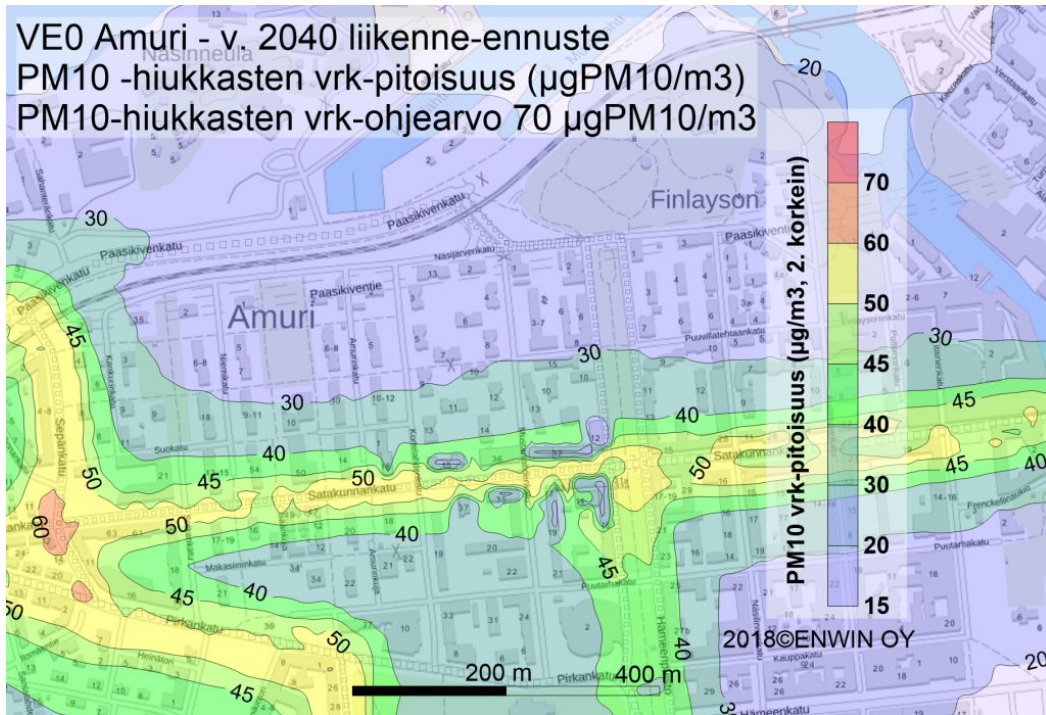
## LIITE 4. Liikenteen ilmanlaatuvaikutukset nykytilanteessa (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> ja NO<sub>2</sub>) - vuorokausi- ja vuosipitoisuudet

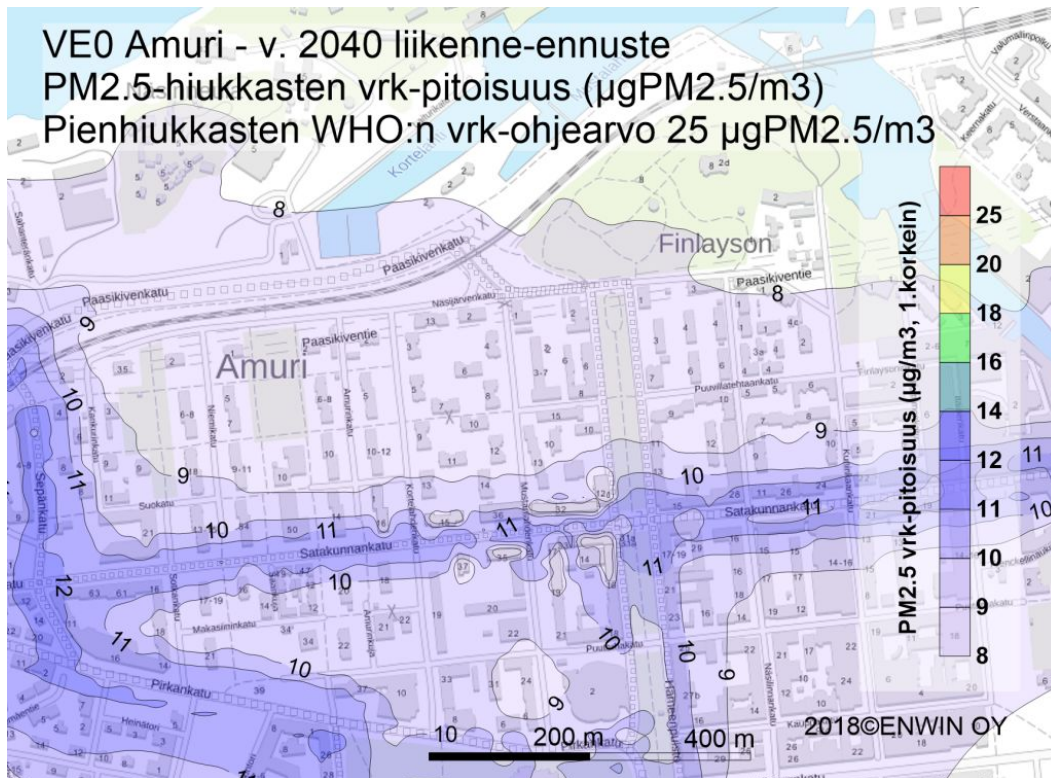




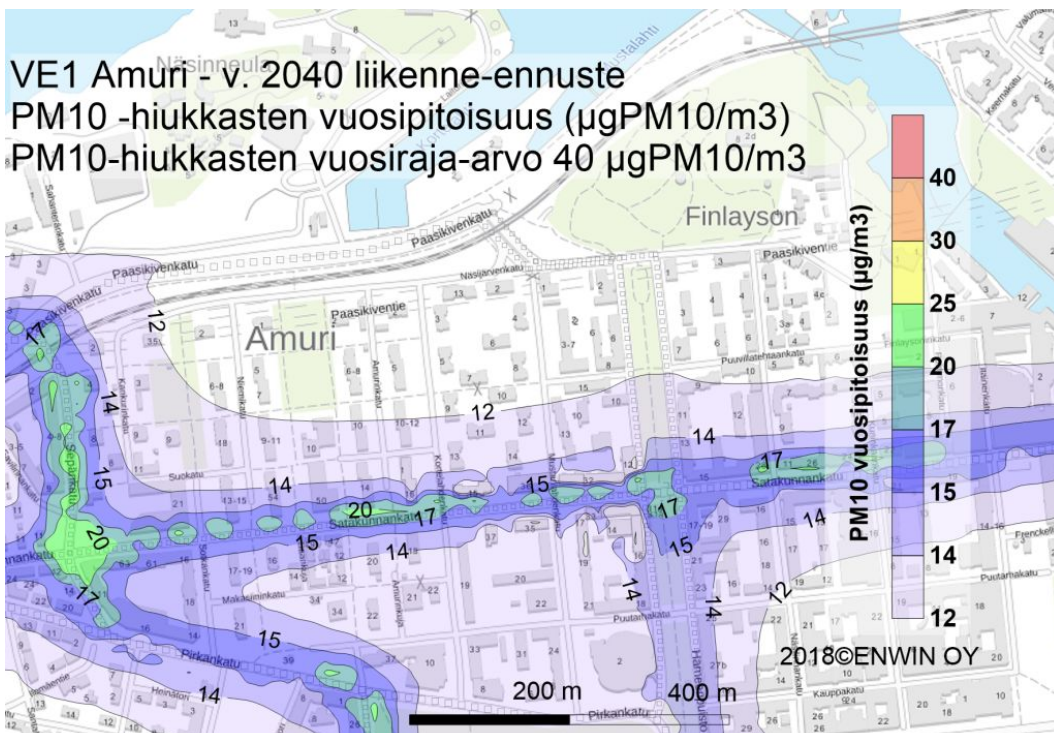
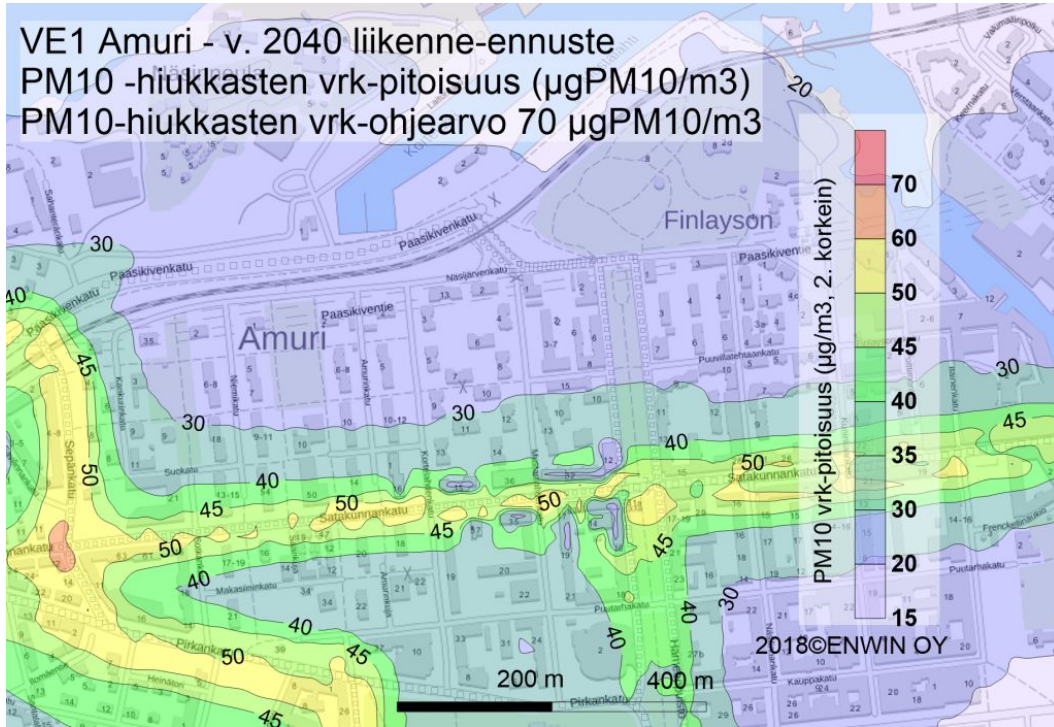


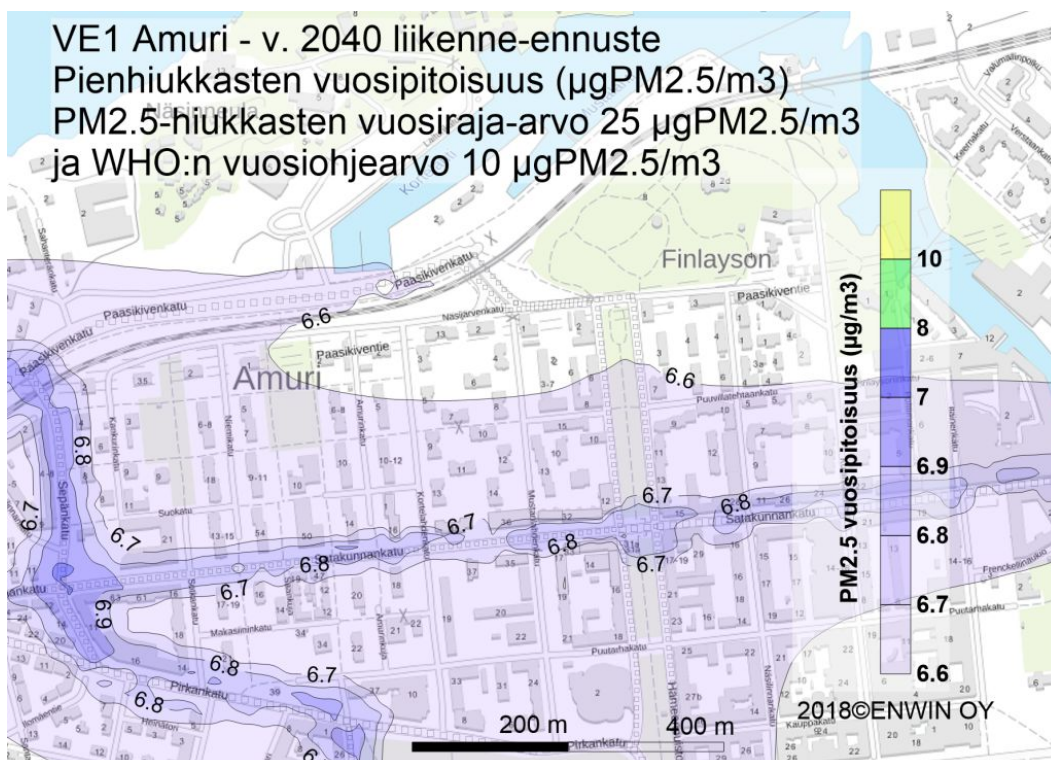
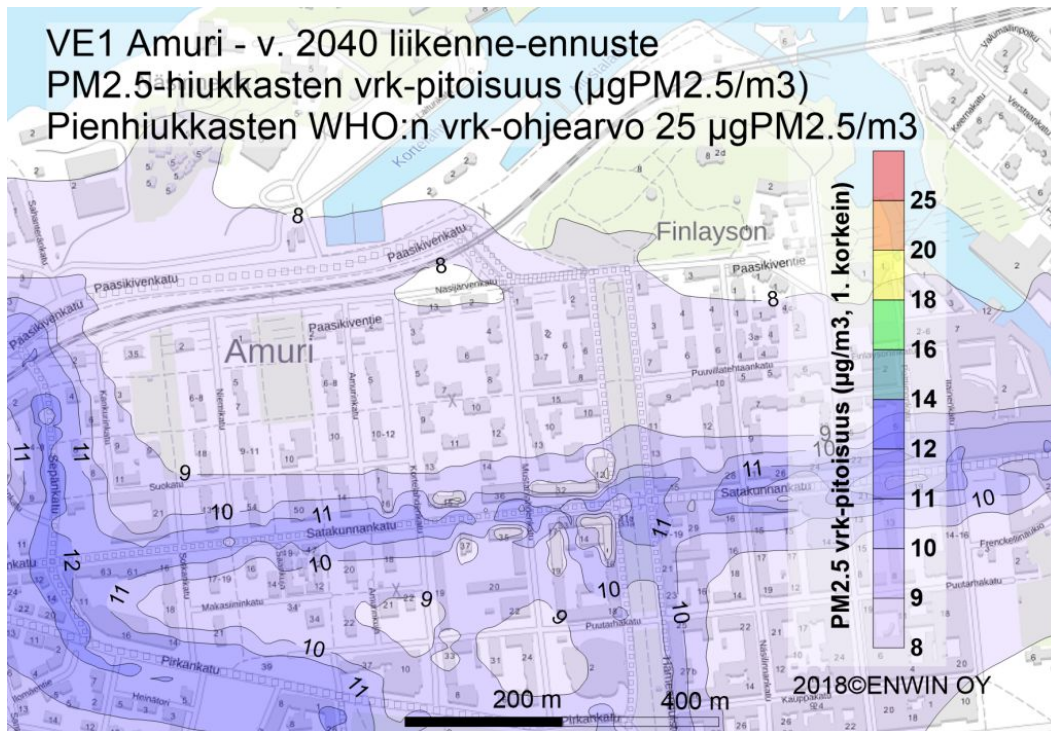
## LIITE 5. VEO vuonna 2040 (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) - vuorokausi- ja vuosipitoisuudet





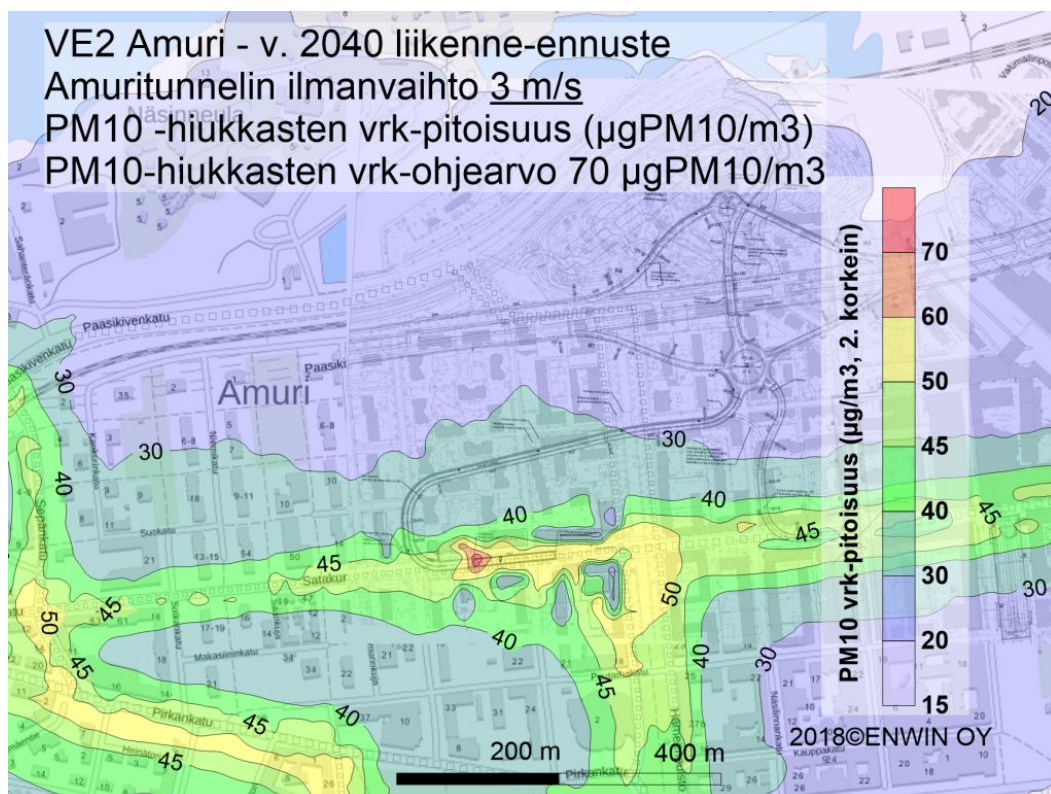
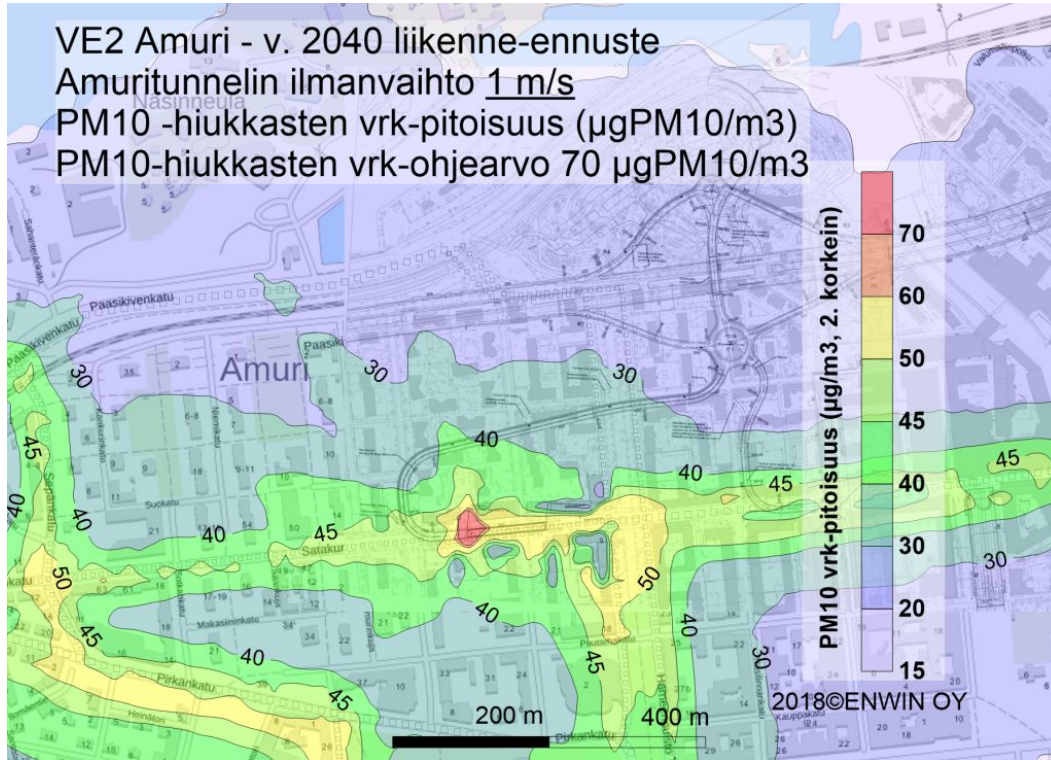
## LIITE 6. VE1 vuonna 2040 (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) - vuorokausi- ja vuosipitoisuudet

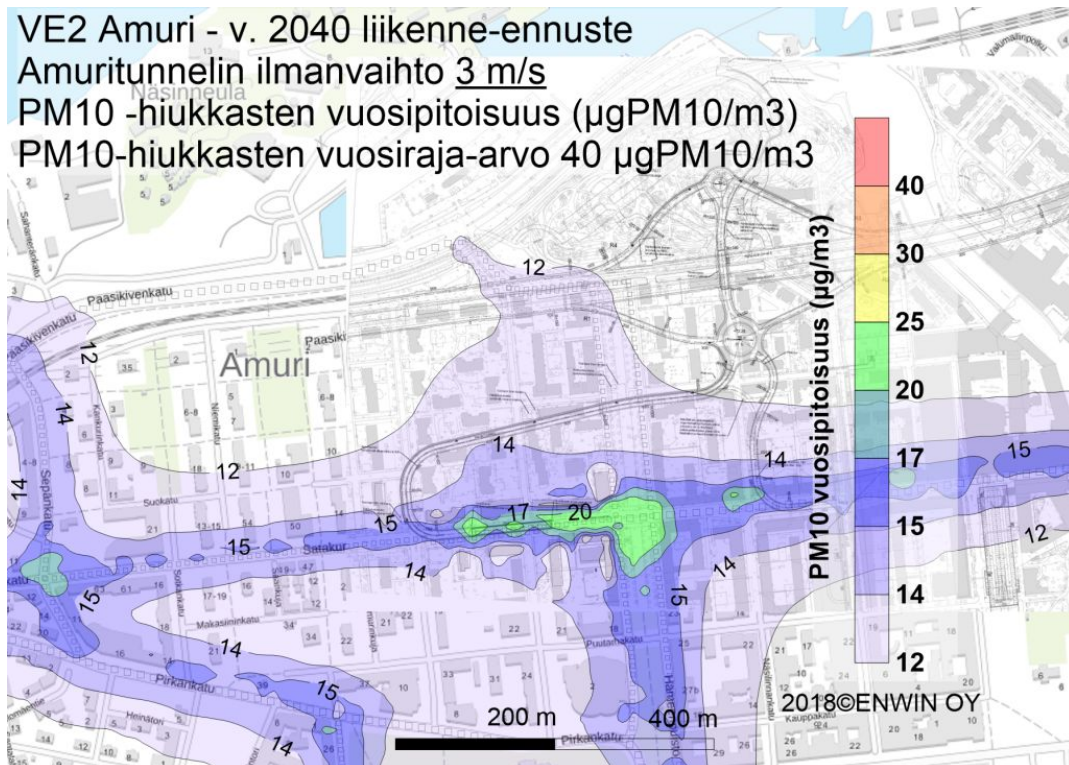
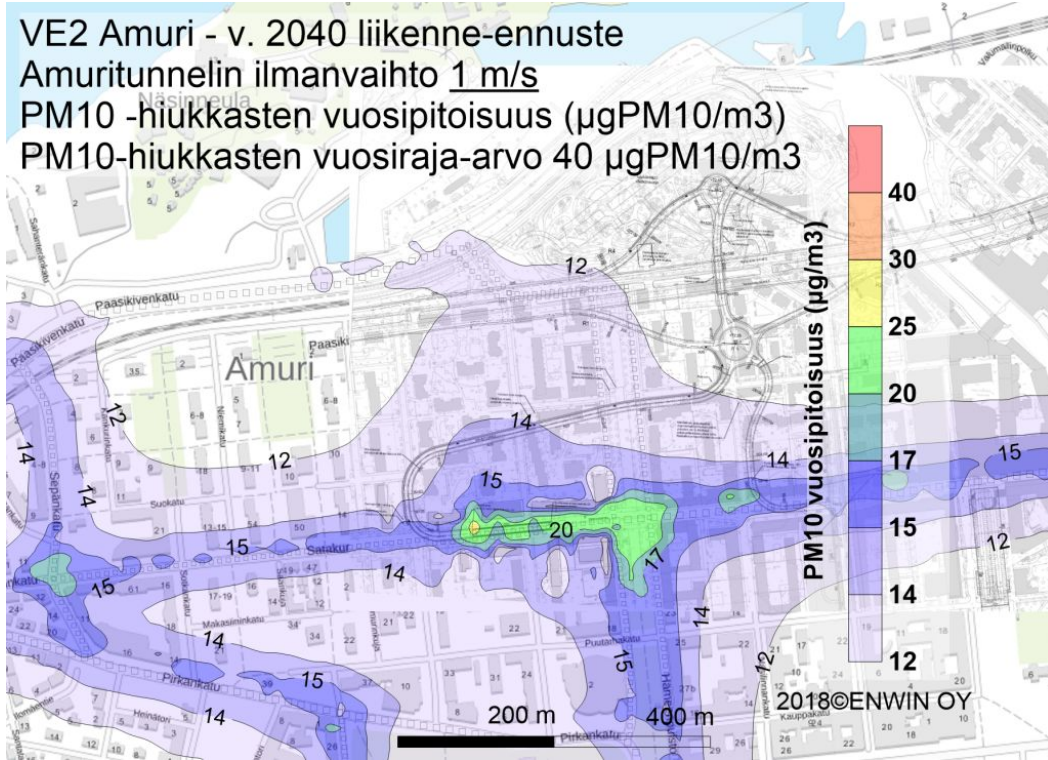


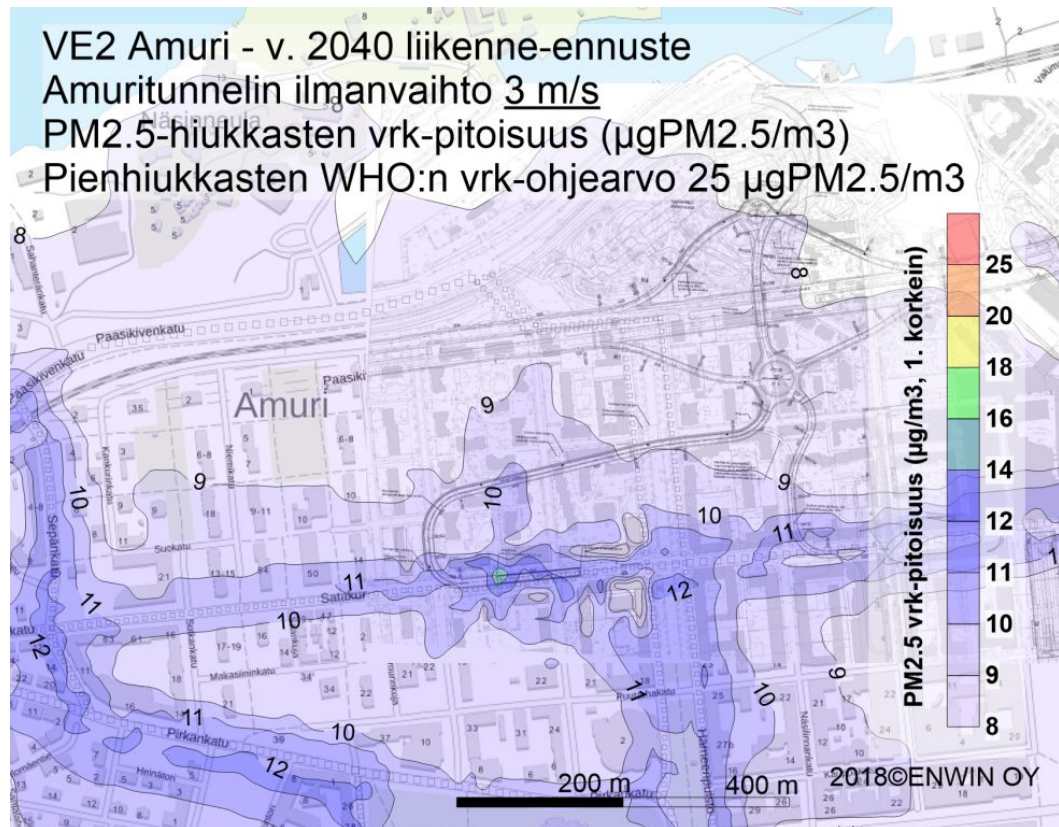
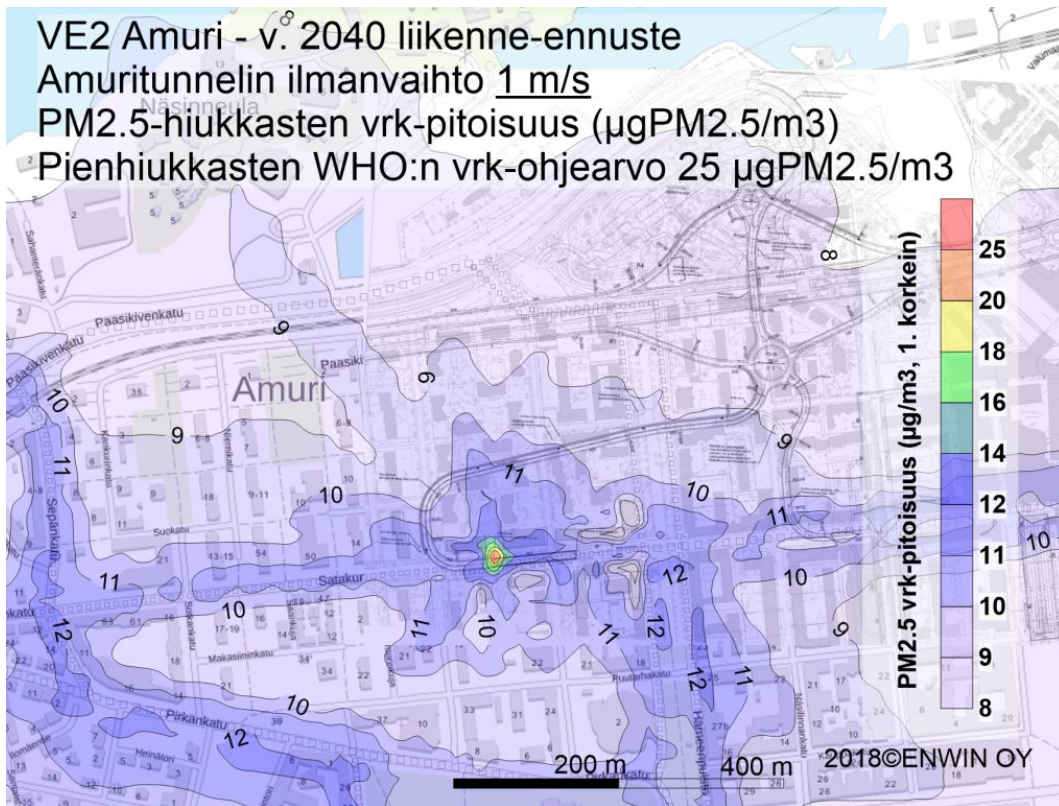


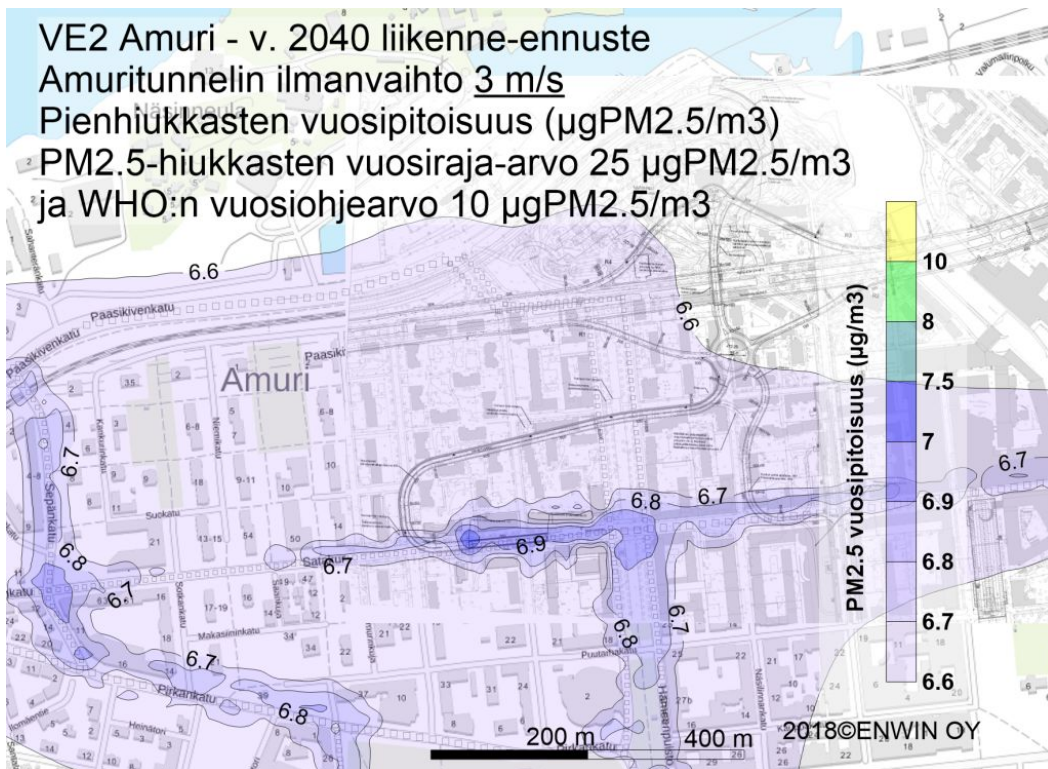
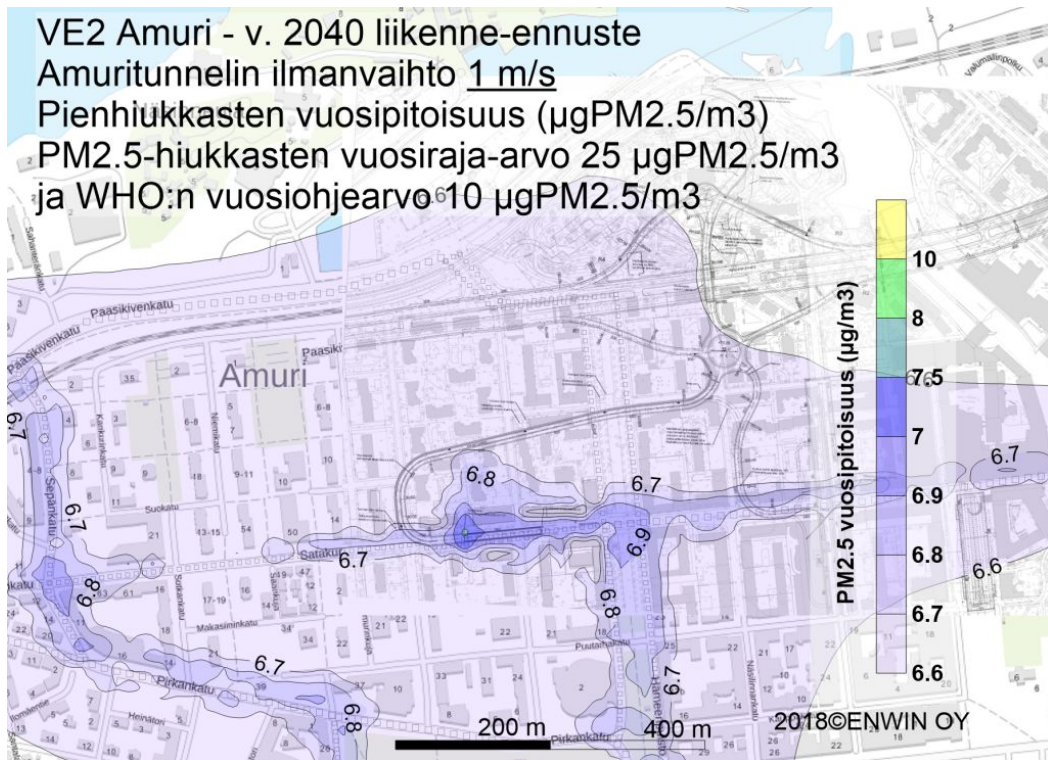


## LIITE 7. VE2 vuonna 2040 (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) - Amuritunnelin ilmanvaihto 1 m/s tai 3 m/s

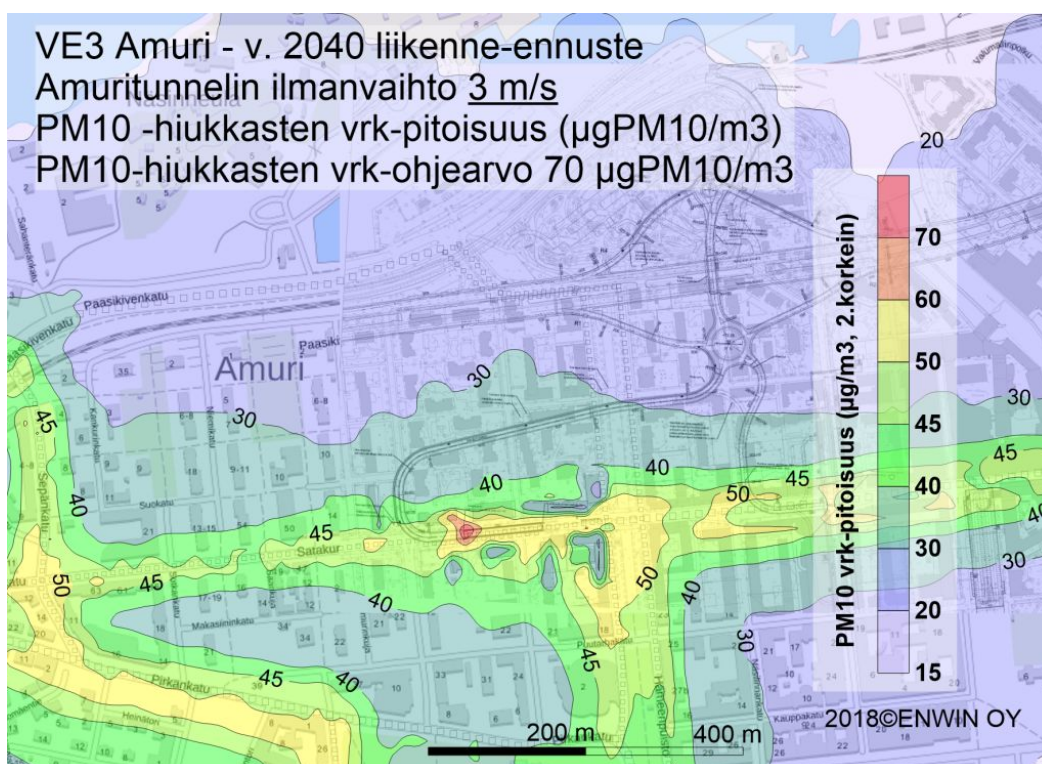
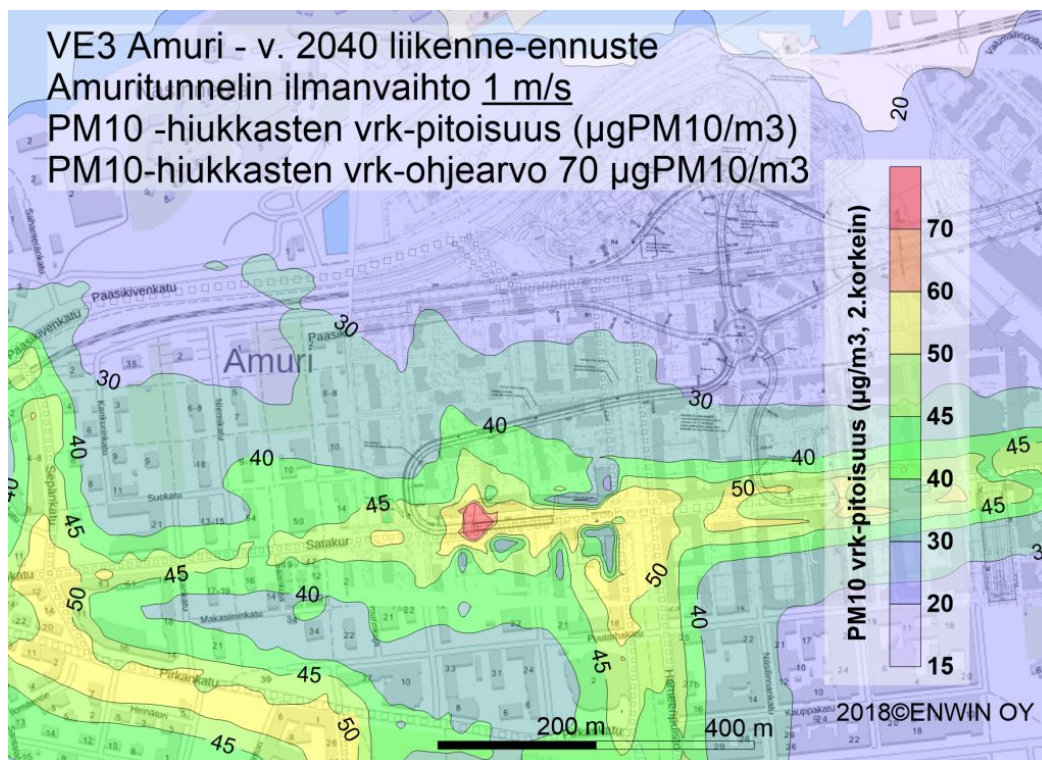


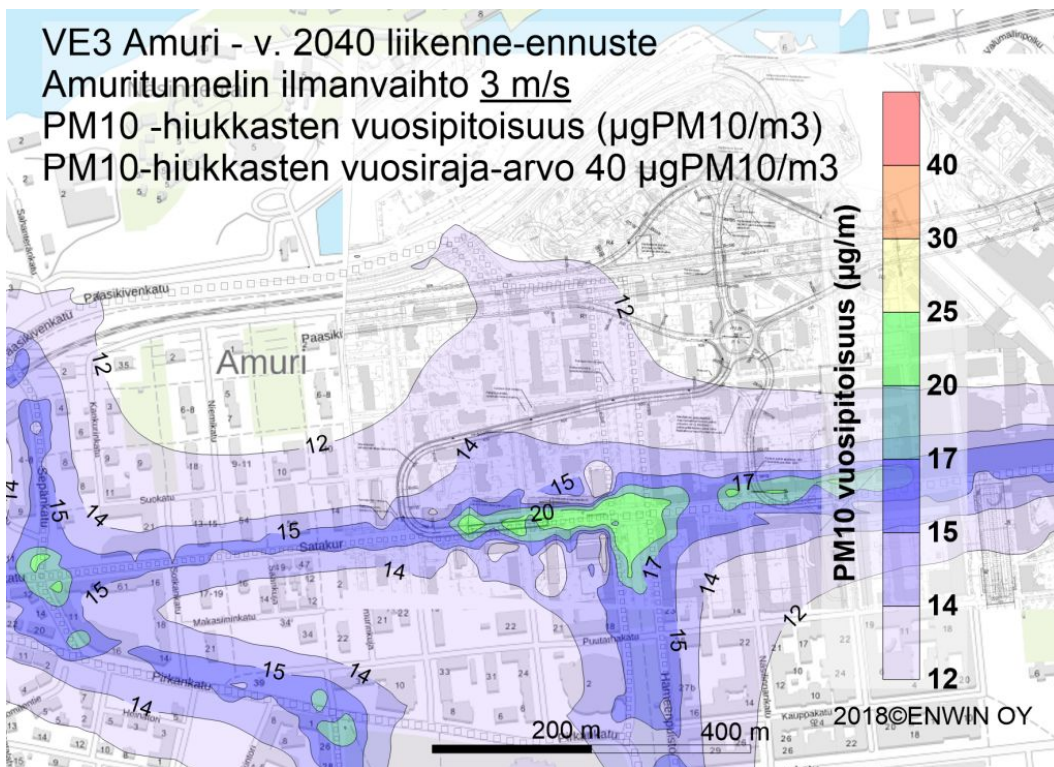
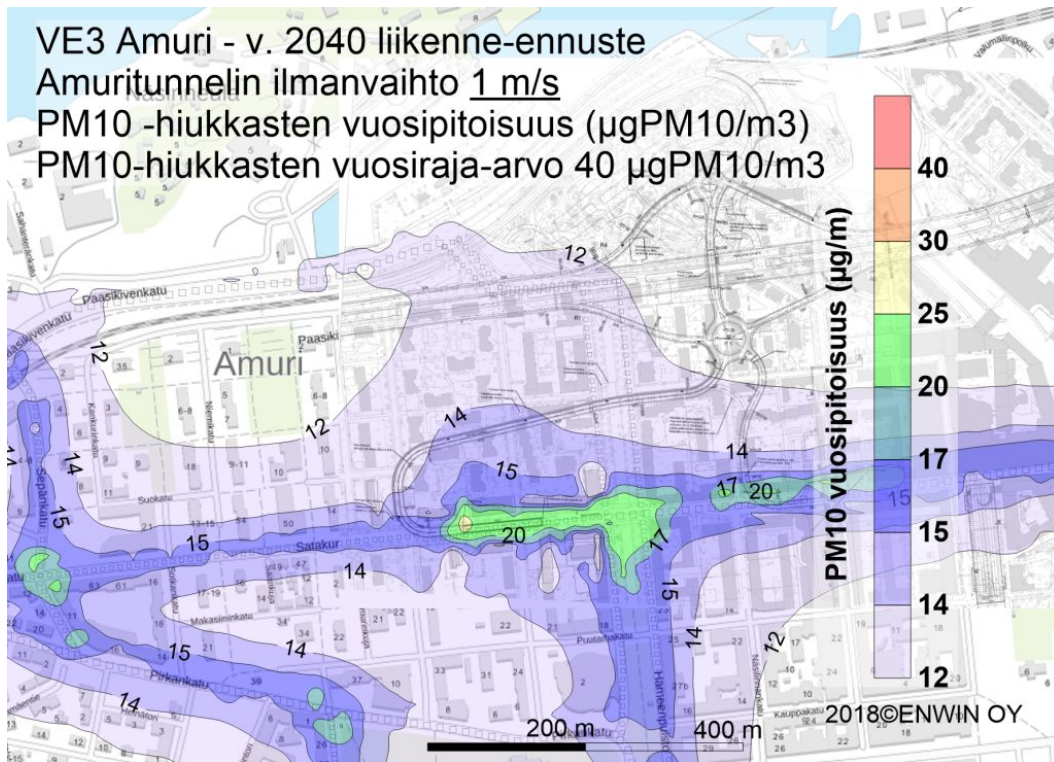


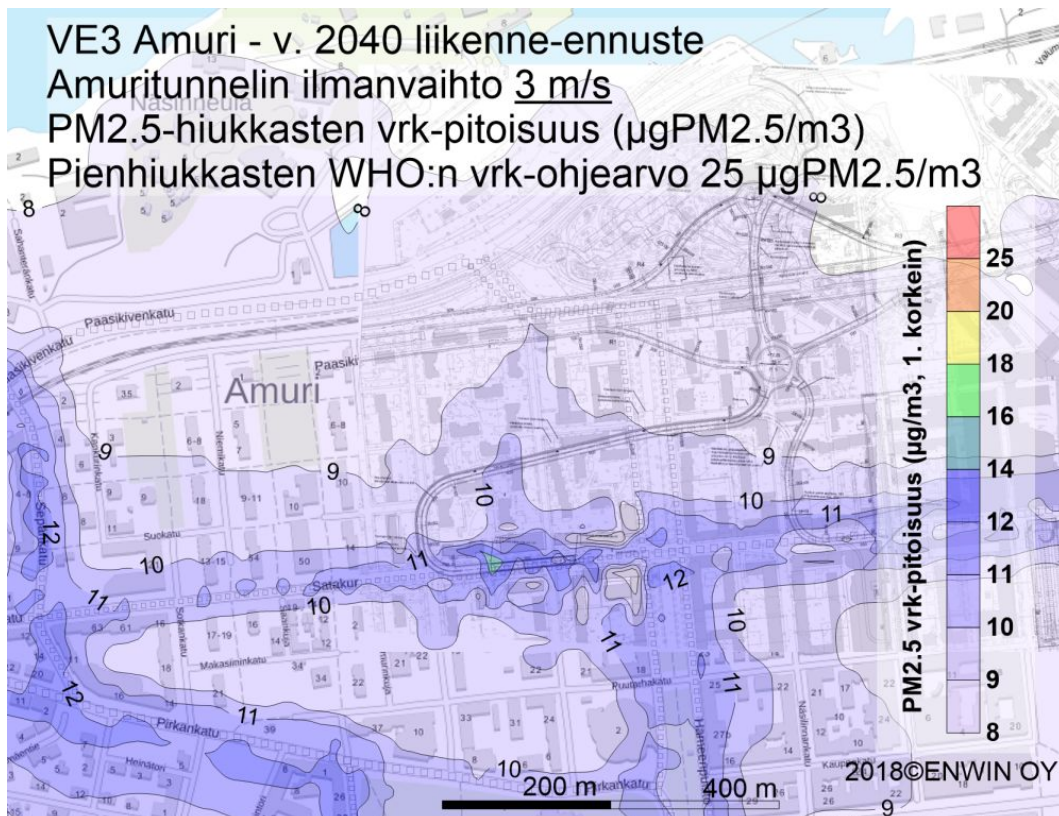
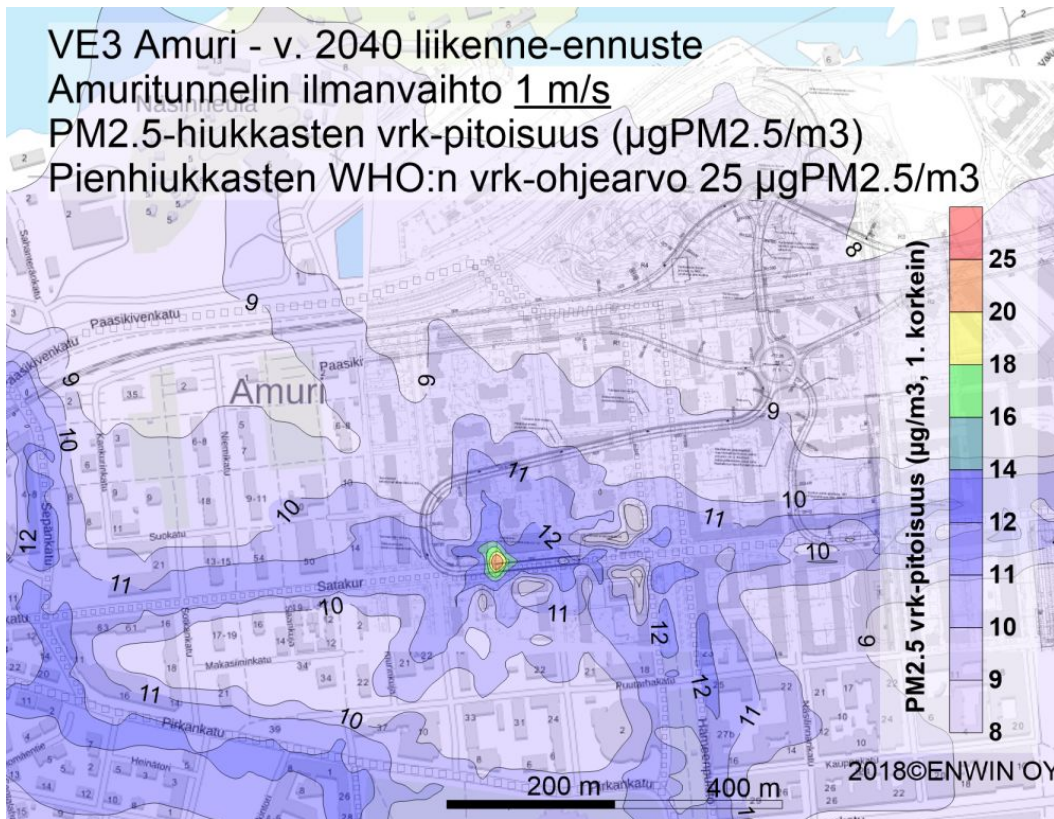


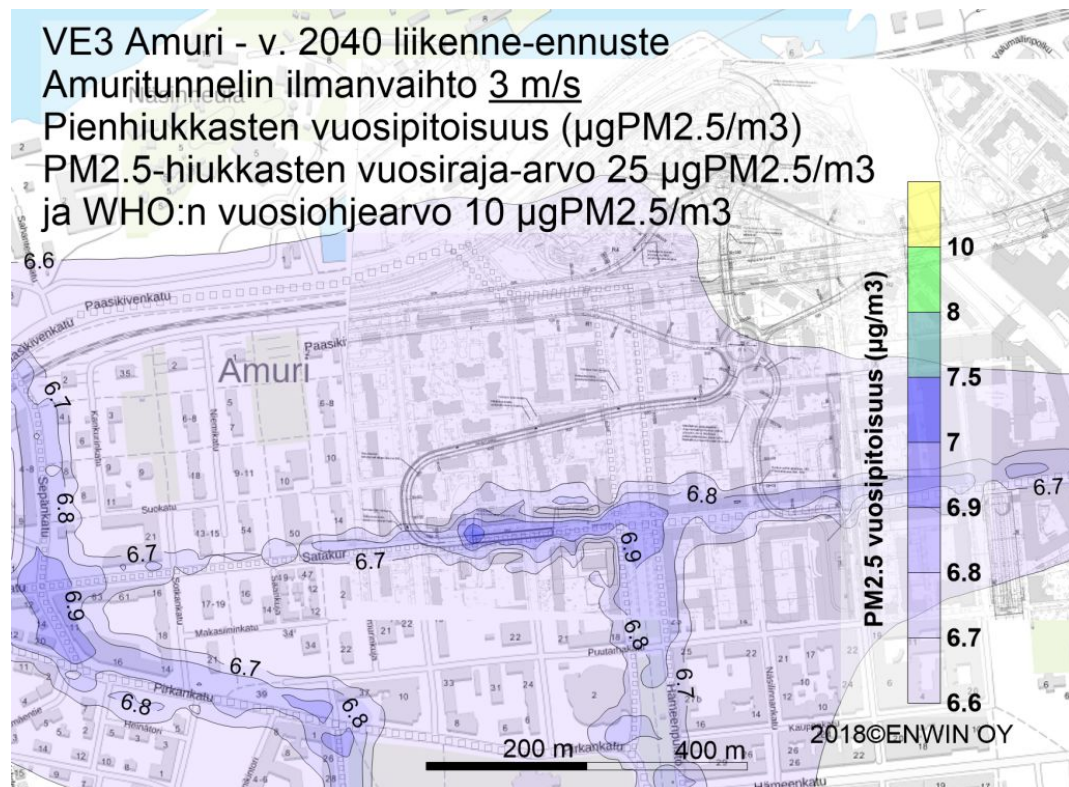
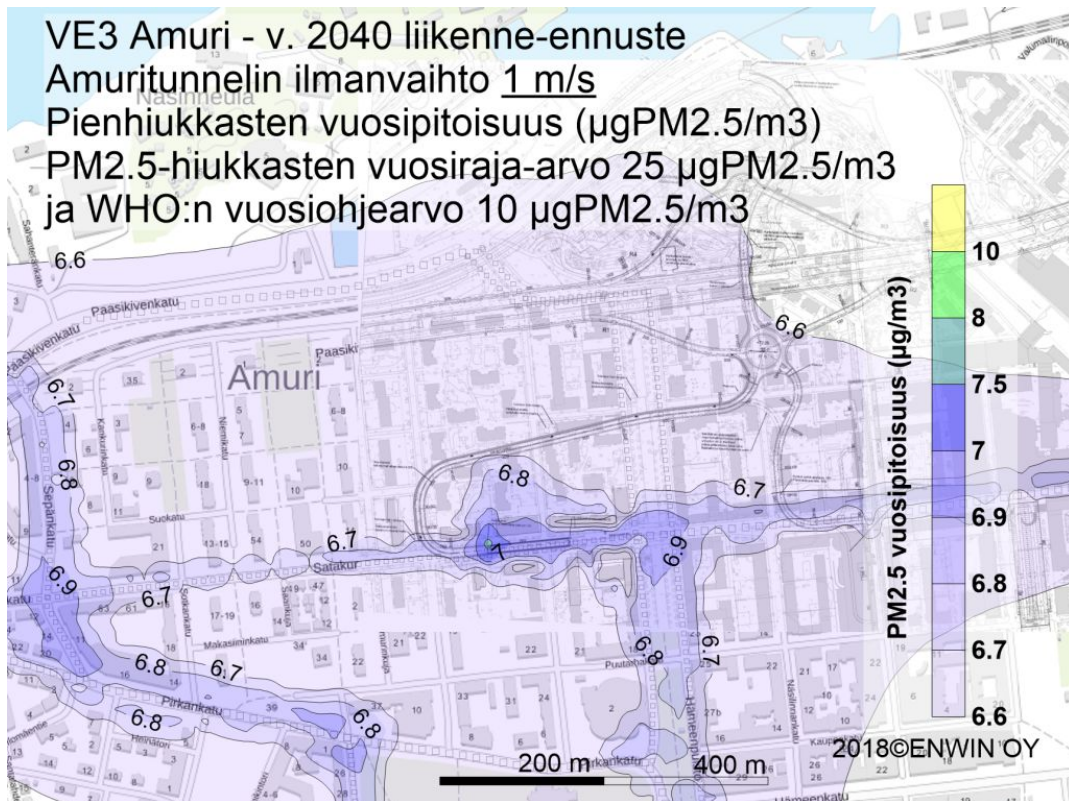


## LIITE 8. VE3 vuonna 2040 (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) - Amuritunnelin ilmanvaihto 1 m/s tai 3 m/s



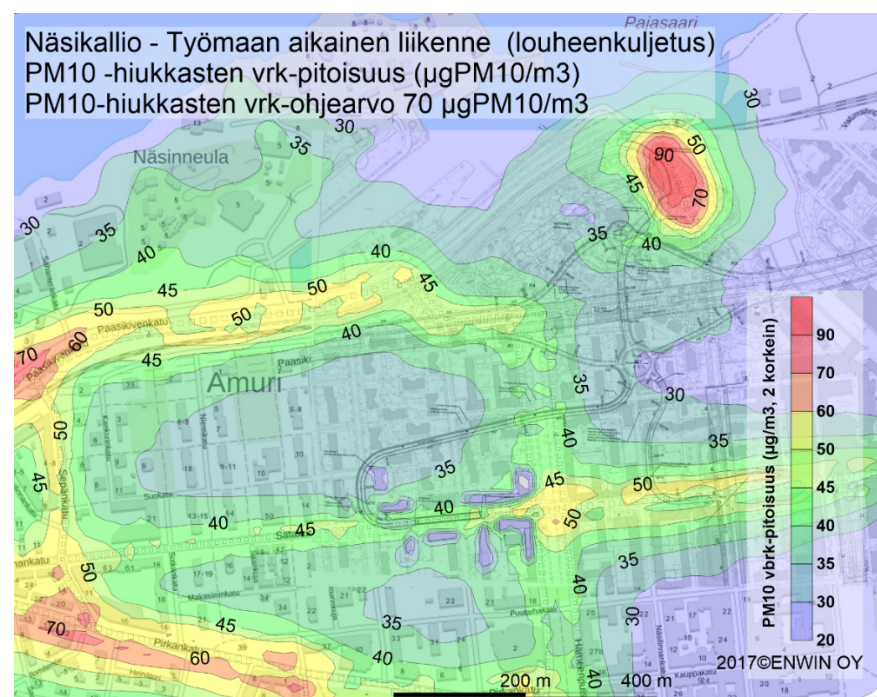
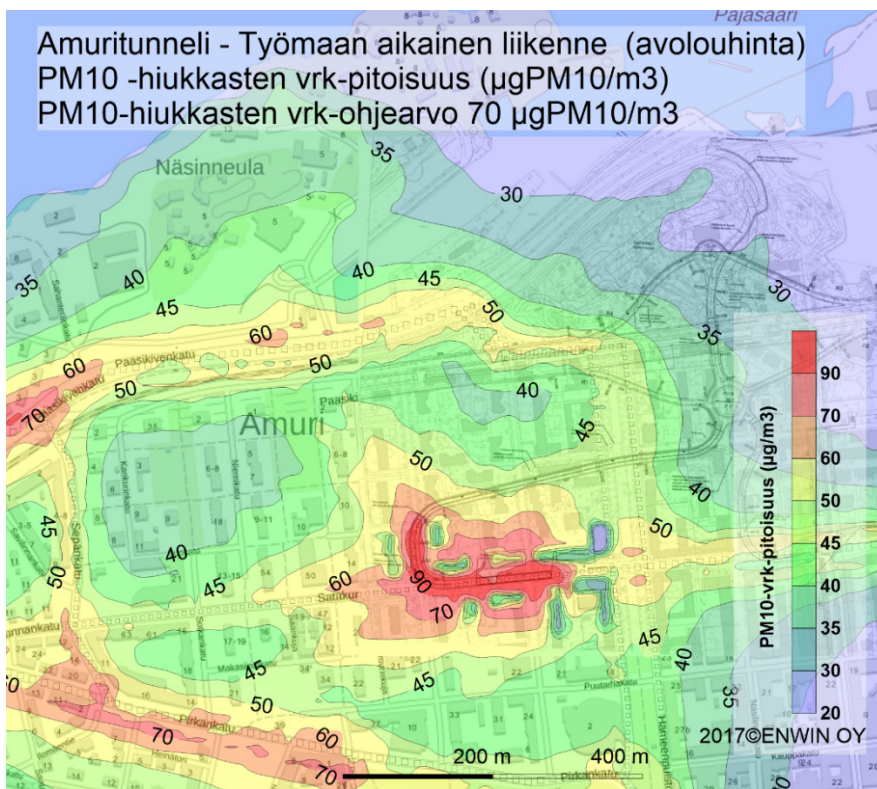


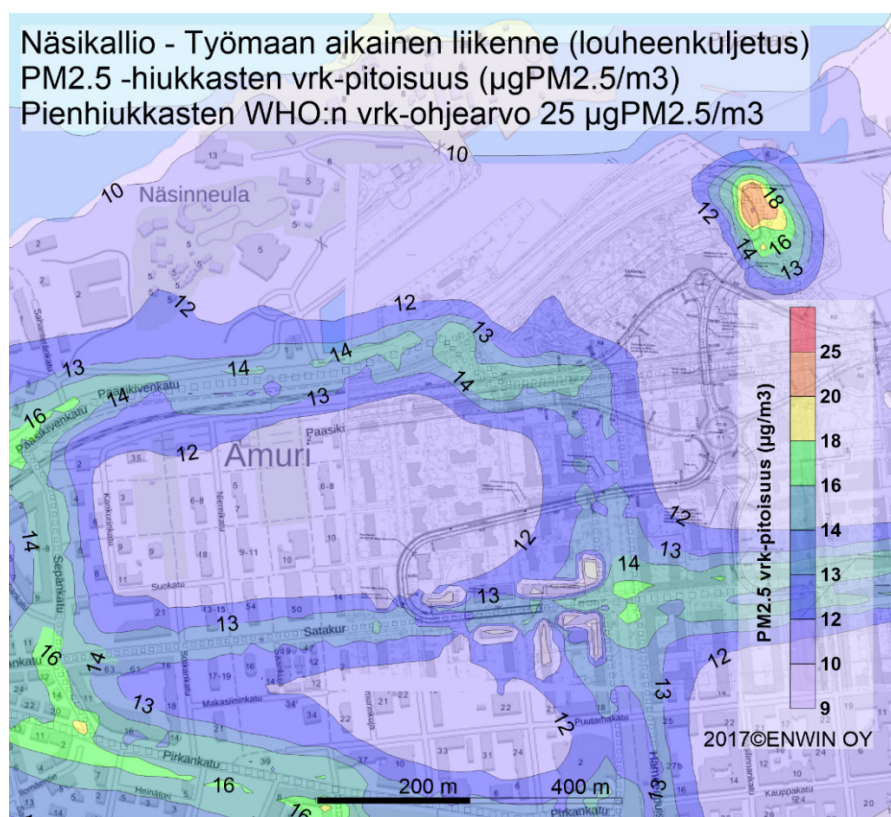
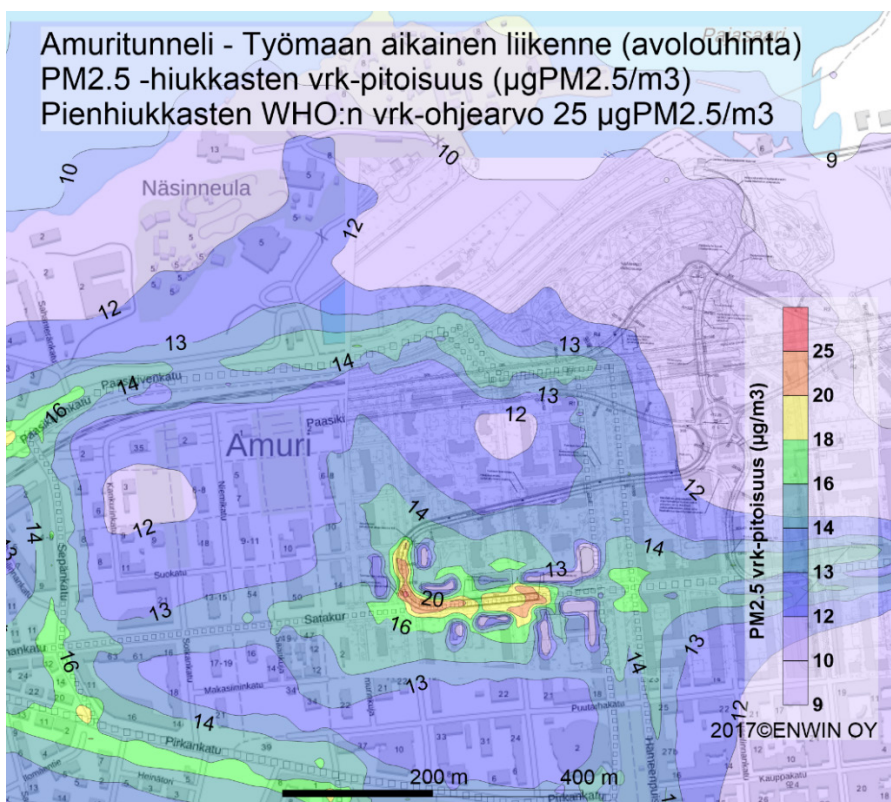


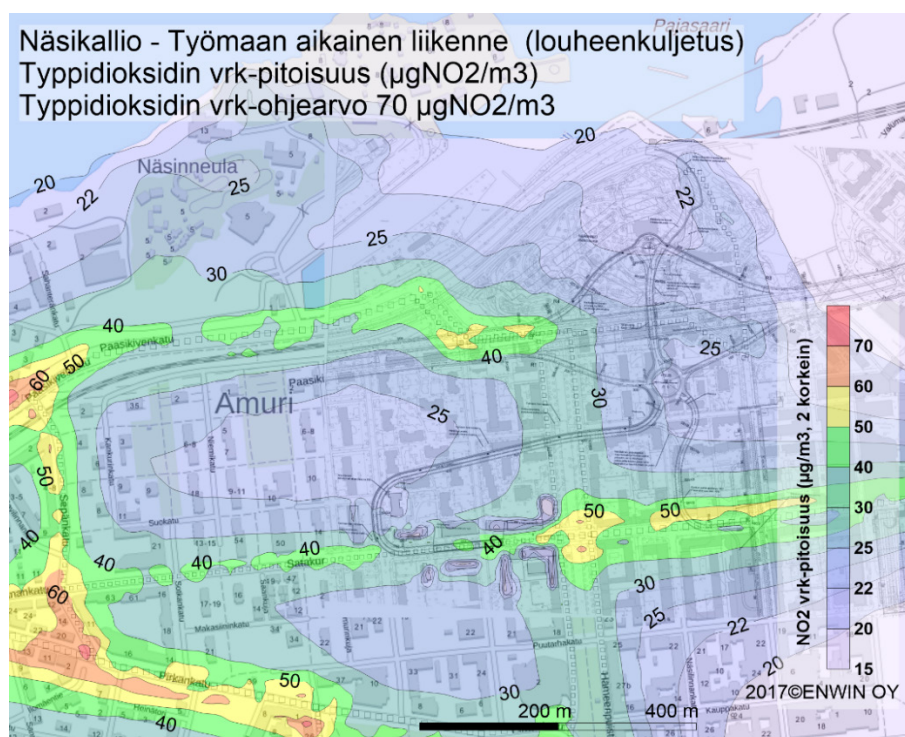
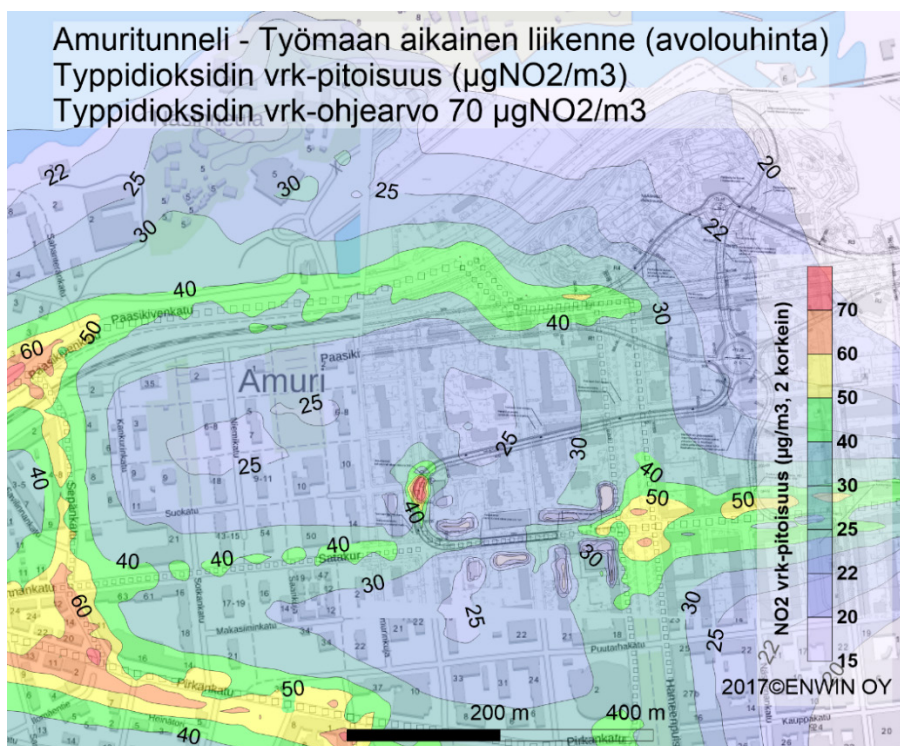




## LIITE 9. Amuritunnelin avolouhinta ja Näsikallion louheenkuljetus-Rakennusaikaiset ilmanlaatu-vaikutukset (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub>- vuorokausipitoisuudet)







---

Copyrights2020©ENWIN OY