



Providing leading solutions
for generations to come.
Making Future

Stora Enso Oulu Oy, Tuotantosuunnan muutos, vaihe 2

Ilmapäästöjen leviämismallinnus

Mallinnusraportti

Projektinnumero: 101018126-001

20.6.2022



AFRY Finland Oy

Jaakonkatu 3
01620 Vantaa

Raportin laatija: Carlo Di Napoli, AFRY Finland Oy

Raportin tarkastus: Hanna Vuolteenaho, AFRY Finland Oy

Copyright © AFRY Finland Oy

Kaikki oikeudet pidätetään Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida tai jäljentää missään muodossa ilman AFRY Finland Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

Sisällys

| | |
|--|----|
| Yhteenveto | 5 |
| 1 Johdanto | 7 |
| 2 Ilmanlaadun ohje-/raja-arvot..... | 7 |
| 3 Ilmapäästön leviämisen mallinnus | 9 |
| 3.1 Säättiedot | 11 |
| 3.2 Pintamalli ja rakennukset..... | 12 |
| 3.3 Mallinnuksen vaiheistus | 13 |
| 3.4 Laskentaparametrit..... | 14 |
| 3.5 Lähtötiedot..... | 15 |
| 3.6 Mallinnuksen epävarmuus..... | 16 |
| 4 Mallinnustulokset..... | 17 |
| 4.1 Nykytilan VE0 laskentatulokset | 17 |
| 4.1.1 Rikkidioksidi SO ₂ | 17 |
| 4.1.2 Typpidioksidi NO ₂ | 19 |
| 4.1.3 Hengitettävät hiukkaset PM ₁₀ | 21 |
| 4.1.4 Haisevat rikkiyhdisteet TRS | 23 |
| 4.2 Hankevaihtoehdon VE1 laskentatulokset | 25 |
| 4.2.1 Rikkidioksidi SO ₂ | 25 |
| 4.2.2 Typpidioksidi NO ₂ | 28 |
| 4.2.3 Hengitettävät hiukkaset PM ₁₀ | 30 |
| 4.2.4 Haisevat rikkiyhdisteet TRS | 32 |
| 4.3 Hankevaihtoehdon VE2 laskentatulokset | 34 |
| 4.3.1 Rikkidioksidi SO ₂ | 34 |
| 4.3.2 Typpidioksidi NO ₂ | 37 |
| 4.3.3 Hengitettävät hiukkaset PM ₁₀ | 39 |
| 4.3.4 Haisevat rikkiyhdisteet TRS | 41 |
| 4.4 Yhteenveto päästömallinnustuloksista | 43 |
| 4.5 Hankevaihtoehtoien vertailu..... | 44 |
| 4.5.1 Rikkidioksidi SO ₂ | 44 |
| 4.5.2 Typpidioksidi NO ₂ | 45 |
| 4.5.3 Hengitettävät hiukkaset PM ₁₀ | 46 |
| 4.5.4 Haisevat rikkiyhdisteet (TRS) | 47 |

| | |
|--|----|
| 5 Häiriötilanteiden ja jätevedenpuhdistamon hajapäästöjen TRS-hajukaasujen leviämismallinnus | 48 |
| 5.1 Yleistä | 48 |
| 5.1.1 Haisevat rikkiyhdisteet..... | 49 |
| 5.2 Mallinnettavat hajupäästölähteet..... | 49 |
| 5.2.1 Häiriötilanteiden hajukaasulähteet | 49 |
| 5.2.2 Vedenpuhdistamon hajukaasulähteet | 50 |
| 5.3 Mallinnustulokset..... | 53 |
| 5.3.1 Meesauunin häiriötilanteiden leviämismallinnus..... | 53 |
| 5.3.2 Laimeiden hajukaasujen ohituksen leviämismallinnus | 54 |
| 5.3.3 Vesilukon ulospuhalluksen leviämismallinnus | 55 |
| 5.3.4 Häiriötilanteiden TRS taulukkotulokset..... | 56 |
| 5.3.5 Jätevedenpuhdistamon hajapäästöjen leviämismallinnus | 57 |
| 6 Viitteet..... | 61 |

Liitteet

Liite 1. Yksityiskohtaiset reseptoripisteiden tulostaulukot hankevaihtoehdossa VE0

Liite 2. Yksityiskohtaiset reseptoripisteiden tulostaulukot hankevaihtoehdossa VE1

Liite 3. Yksityiskohtaiset reseptoripisteiden tulostaulukot hankevaihtoehdossa VE2

Kuvaliitteet

Kuvaliite 1. Nykytila (VE0), Rikkidioksidin SO₂ leviäminen, kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Kuvaliite 2. Nykytila (VE0), Rikkidioksidin SO₂ leviäminen, vuosikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Kuvaliite 3. Nykytila (VE0), Typpidioksidin NO₂ kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Kuvaliite 4. Nykytila (VE0), Typpidioksidin NO₂ vuosikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Kuvaliite 5. Nykytila (VE0), Hengitettävien hiukkasten PM₁₀ vuosikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Kuvaliite 6. Nykytila (VE0), Hengitettävien hiukkasten PM₁₀ kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Kuvaliite 7. Nykytila (VE0), Haisevien rikkiyhdisteiden kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Kuvaliite 8. Vaihtoehto VE1, Rikkidioksidin SO₂ leviäminen, kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Kuvaliite 9. Vaihtoehto VE1, Rikkidioksidin SO₂ leviäminen, vuosikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Kuvaliite 10. Vaihtoehto VE1, Typpidioksidin NO₂ kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Kuvaliite 11. Vaihtoehto VE1, Typpidioksidin NO₂ vuosikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Kuvaliite 12. Vaihtoehto VE1, Hengitettävien hiukkasten PM₁₀ vuosikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Kuvaliite 13. Vaihtoehto VE1, Hengitettävien hiukkasten PM₁₀ kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Kuvaliite 14. Vaihtoehto VE1, Haisevien rikkiyhdisteiden kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Kuvaliite 15. Vaihtoehto VE2, Rikkidioksidin SO₂ leviäminen, kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Kuvaliite 16. Vaihtoehto VE2, Rikkidioksidin SO₂ leviäminen, vuosikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Kuvaliite 17. Vaihtoehto VE2, Typpidioksidin NO₂ kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Kuvaliite 18. Vaihtoehto VE2, Typpidioksidin NO₂ vuosikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Kuvaliite 19. Vaihtoehto VE2, Hengitettävien hiukkasten PM₁₀ vuosikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Kuvaliite 20. Vaihtoehto VE2, Hengitettävien hiukkasten PM₁₀ kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Kuvaliite 21. Vaihtoehto VE2, Haisevien rikkiyhdisteiden kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Kuvaliite 22. Meesauunin häiriötilanteen maksimi TRS tuntipitoisuus [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Kuvaliite 23. Laimeiden ohituksen häiriötilanteen maksimi TRS-tuntipitoisuus [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Kuvaliite 24. Keittämön vesilukon ulospuhalluksen häiriötilanteen maksimi TRS-tuntipitoisuus [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Kuvaliite 25. Keittämön vesilukon ulospuhalluksen yhden häiriötilanteen toiseksi suurin TRS-vuorokausipitoisuus [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Kuvaliite 26. Jätevedenpuhdistamon toiseksi suurin TRS-vuorokausipitoisuus [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Kuvaliite 27. Jätevedenpuhdistamon toiseksi suurin maksimi TRS-vuorokausipitoisuus [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Yhteenveto

Oulussa sijaitsevassa Stora Enso Oulu Oy:n sellu- ja kartonkitehtaassa valmistetaan valkaisuamatonta havusellua ja yhdellä kartonkikoneella (BM7) pakkaus-kartonkia. Tämä ilmapäästöjen mallinnus liittyy ympäristövaikutusten arviointimenettelyyn (YVA), jossa arvioidaan pysäytettynä olevan paperikoneen PK6 muuttamisen pakkauskartonkikoneeksi sekä BCTMP-massan valmistuksen aloittamista uudella massalinjalla kartonginvalmistuksen raaka-aineeksi.

Tässä mallinnusraportissa käsitellään ympäristövaikutusten arvioinnin vaihtoehtoja VE0 ja VE1. Vaihtoehtoon VE2 vaikutukset on arvioitu vuonna 2018 toteutetussa YVA-menettelyssä.

Mallinnus toteutettiin Breeze Aermod -ohjelmistolla. Ohjelmiston laskentarutiinin on kehittänyt ja sitä ylläpitää Yhdysvaltain ympäristönsuojeluviranomainen (U.S. EPA). Algoritmi soveltuu yhden tai useamman piipun päästön mallinnukseen sekä piste- ja aluepäästön mallintamisiin. Malli ottaa huomioon myös maanmuodot ja säätiedot. Malli käyttää päästön leviämiseen Gaussin jakauman laskentamallia, joka olettaa päästön leviävän Gaussin käyrän mukaisesti vaaka- ja pystyjakauman mukaisesti.

Normaalitoiminnan vaikutukset

Päästömallinnustulokset osoittivat, että normaalitoiminnan aikana kaikissa hankevaihtoehtoissa jäädyään merkittävästi alle ohje-/raja-arvojen kaikissa valituissa laskentapisteissä sekä aluejakaumissa. Alla on lueteltu tulosten vertailu ohje-/raja-arvoihin. Suurimmat mallinnetut arvot saatiin Pikku-Iikan päiväkodin laskentapisteessä (päästölähteet SO₂, NO₂, PM₁₀) sekä haisevien rikkiyhdisteiden osalta Hollihaan puiston laskentapisteessä (TRS).

- Rikkidioksidipäästöjen (SO₂) suurimmat konsentraatioarvot maanpinnalla hankevaihtoehtossa VE2 ovat alle 3 % WHO:n vuorokauden 99.prosenttipisteestä.
- Typpidioksidipäästöjen (NO₂) suurimmat konsentraatioarvot maanpinnalla hankevaihtoehtossa VE1 ovat alle 5 % asetuksen 480/1996 vuorokausi-ohjearvosta ja alle 18% WHO:n vuorokauden 99.prosenttipisteestä.
- Hengitettävien pienhiukkasten (PM₁₀) suurimmat konsentraatioarvot maanpinnalla hankevaihtoehtossa VE1 ovat alle 2 % WHO:n vuorokauden 99.prosenttipisteestä.
- Haisevien rikkiyhdisteiden (TRS) suurimmat konsentraatioarvot maanpinnalla hankevaihtoehtossa VE2 ovat alle 2 % asetuksen 480/1996 ohjearvosta.

Haisevien rikkiyhdisteiden (TRS) suurimmat konsentraatioarvot maanpinnalla hankevaihtoehtossa VE1 ovat hieman yli 1,5 % asetuksen 480/1996 ohjearvosta. Hajuukynnys 0,5 µg/m³ ylittyy 35:den tunnin osalta hankevaihtoehtossa VE1 Hollihaan puiston laskentapisteessä.

Laskennan perusteella päästöt kasvavat hankevaihtoehdosta VE0 => VE1:een sekä emissiotasolla että reseptoripisteissä, muttei kaikissa laskentatilanteissa todennäköisesti johtuen hankealueen geometriamuutoksista, joilla on vaikutusta päästöjen leviämiseen. Suurin muutos eri päästökomponenteissa tapahtuu typpi-dioksidilla NO₂ (+64 %) sekä hajukynnyksen ylittävien tuntien kasvulla (19 h => 35 h) Hollihaan reseptoripisteessä. Vastaavasti rikkidioksidimäärä SO₂ vähenee Tiernan koulun Heinätorin yksikön kohdalla 58 %. Huolimatta päästömäärien kasvusta (tai vähentymisestä), laskennan tuottamat tulokset viittaavat silti selkeästi ohje-/raja-arvojen alittumiseen kaikissa laskennan reseptorituloksissa ja aluejakaumakuivissa.

Häiriötilanteet ja hajapäästöt

Sellunvalmistuksen prosessin häiriötilanteet sekä jätevedenpuhdistamon hajapäästöt mallinnettiin erillislaskelmiksi niiden aiheuttamien ilman TRS-pitoisuuksien selvittämiseksi kauempana laitoksesta. Tarkoituksena on selvittää a) hajukynnyksen ylittävän pitoisuuden esiintymistä (etäisyytenä tehtaasta), b) hajutuntien esiintymistä sekä c) TRS:n toiseksi suurimman vuorokausiohjearvon 10 µg/m³ mahdollisia ylittymiä.

Meesauunin häiriötilanteen TRS tuntipäästön ilmapäästön leviämismallin perusteella hajutunneiksi laskettavan 3 µg/m³ vyöhyke voi levitä enimmillään noin 4,3 kilometrin etäisyydelle ja leviämiskartan perusteella etenkin pohjois-eteläsuuntaisesti. Laimeiden hajukaasujen ohituksen häiriötilanteen TRS tuntipäästön ilmapäästön leviämismallin perusteella hajutunneiksi laskettavan 3 µg/m³ vyöhyke voi levitä enimmillään noin 1 kilometrin etäisyydelle lähteestä ja leviämiskartan perusteella arviolta joka suuntaan.

Vesilukkojen ulospuhalluksen tuntipäästön leviämismalli osoittaa, että TRS tasot ovat korkeita tuntitasolla ja hajukynnys voi ylittyä hyvin kaukana tehtaasta (hajukynnyksen alue on suurempi kuin koko mallinnuksen laskenta-alue).

Lisäksi tarkasteltiin sellutehtaan jätevedenpuhdistamon hajun leviämistä keskimääräisessä hajutilanteessa ja pitkäaikaismittauksissa mittauspisteessä todettujen maksimipitoisuuksien tilanteessa. Niiden osalta laskettiin toiseksi suurimman vuorokausiarvon mukainen tilanne. Keskimääräisessä hajutilanteessa vuorokausihajupäästön pitoisuustaso 1 µg/m³ ulottuu mallinnuksen mukaan noin 700 metrin etäisyydelle päästölähteestä ilmastusaltaan lounaisreunasta. Tämä alue on pääosin tehdasalueella, mutta voi ulottua lähimpien asuinalueiden alueelle. Maksimitilanteessa 10 µg/m³:n leviämisyöhyke voi ulottua noin 1,5-2 kilometrin säteelle ilmastusaltaan päästölähtekohdasta. Kyseessä on kuitenkin teoreettinen maksimitilanne. Keskimääräinen päästötaso pitkäaikaismittausten ajalta on vain noin 2 % maksimipäästön tasosta.

1 Johdanto

Oulussa sijaitsevassa Stora Enso Oulu Oy:n sellu- ja kartonkitehtaassa valmistetaan valkaisuamatonta havusellua ja yhdellä kartonkikoneella (BM7) pakkauskartonkia. Tämä ilmapäästöjen mallinnus liittyy ympäristövaikutusten arviointimenettelyyn (YVA), jossa arvioidaan pysäytettynä olevan paperikoneen PK6 muuttamisen pakkauskartonkikoneeksi sekä BCTMP-massan valmistuksen aloittamista uudella massalinjalla kartonginvalmistuksen raaka-aineeksi.

Tässä mallinnusraportissa käsitellään ympäristövaikutusten arvioinnin kaikkia vaihtoehtoja VE0, VE1 ja VE2.

AFRY Finland Oy on mallintanut Stora Enso Oulu Oy:n tehtaan normaalitoiminnan rikkidioksidin SO₂, typpidioksidin NO₂, hengitettävien hiukkasten PM₁₀ sekä haisevien rikkiyhdisteiden TRS päästöjen leviämisen Aermod ohjelmistolla. Mallinnus on tehty kolmelle eri säävuodelle 2018-2020, joita on käytetty lähtötietoina tunneittain laskettavan säätilan osalta.

Lisäksi mallinnettiin erillislaskentoina tehtaan todennäköisimpien häiriötilanteiden aiheuttamien haisevien rikkiyhdisteiden (TRS) päästöjen leviäminen sekä jätevedenpuhdistamon haisevien rikkiyhdisteiden hajapäästöt. Nämä on raportoitu kappaleessa 5.

Koska Aermod mallinnuksen lyhin aikaväli on yksi tunti, kuvaa mallinnus maksimipäästön mallinnusta tunnin, vuorokauden, kuukauden ja koko kalenterivuoden käytön osalta. Mallintamalla tilanteet koko kolmen säävuoden ajalle varmistetaan myös vuotuisten tuuliolosuhteiden ja sään vaihteluiden aiheuttamien poikkeamien sisältyminen tuloksiin. Mallin tuloksena saadaan siten päästön pahimmat ilmanlaadulle aiheuttamat mahdolliset vaikutukset.

2 Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot

Valtioneuvoston asetuksessa VNa 79/2017 on asetettu sitovat päästörajat ilmanlaadulle, joita ei saa ylittää. Rajat on asetettu terveysvaikutusten estämiseksi alueilla, jolla ihmiset voivat joutua päästön vaikutuksen alaisiksi.

Asetuksen 480/1996 mukaiset ohjearvot on otettava huomioon ilman pilaantumisen ehkäisemiseksi suunnittelussa kuten maankäytön ja liikenteen suunnittelussa, rakentamisen muussa ohjauksessa ja ilman pilaantumisen vaaraa aiheuttavien toimintojen sijoittamisessa ja lupakäsittelyssä.

Maailman terveysjärjestö WHO on päivittänyt ilmanlaatua koskevat ohjearvonsa vuonna 2021. Terveysten suojelemiseksi annetut uudet ohjearvot ovat tiukat myös hyvästä ilmanlaadusta tunnetulle Suomelle. Esimerkiksi typpidioksidin pitoisuudet suurimmissa suomalaiskaupungeissa ovat paikoin jopa kaksin-kolminkertaiset WHO:n uusiin ohjearvoihin nähden.

Ohjearvojen päivytystä varten WHO analysoi vuoden 2005 jälkeen kertyneen uuden tutkimustiedon ilmansaasteiden terveysvaikutuksista. Ohjearvot ovat globaaliin käyttöön.

Taulukko 2-1. Päästökomponenttien raja-arvot asetuksen 79/2017 mukaan (vain ne aikamääreet, jotka on tässä laskennassa huomioitu).

| Aine | Raja-arvot (79/2017) | | | |
|--|-----------------------|----------------------|----------------------|------------------------------|
| | Tunti ka. | Vuoro- kausi ka. | Vuosi ka. | Sallitut yli- tykset, krt |
| Rikkidioksidi SO ₂ | 350 µg/m ³ | | - | 24 tuntia |
| Typpidioksidi NO ₂ | 200 µg/m ³ | | 40 µg/m ³ | 18 tuntia |
| Hengitettävät hiukkaset PM ₁₀ | - | 50 µg/m ³ | 40 µg/m ³ | 35 vrk |

Taulukko 2-2. Päästökomponenttien ohjearvot asetuksen 480/1996 mukaan (vain ne aikamääreet, jotka on tässä laskennassa huomioitu).

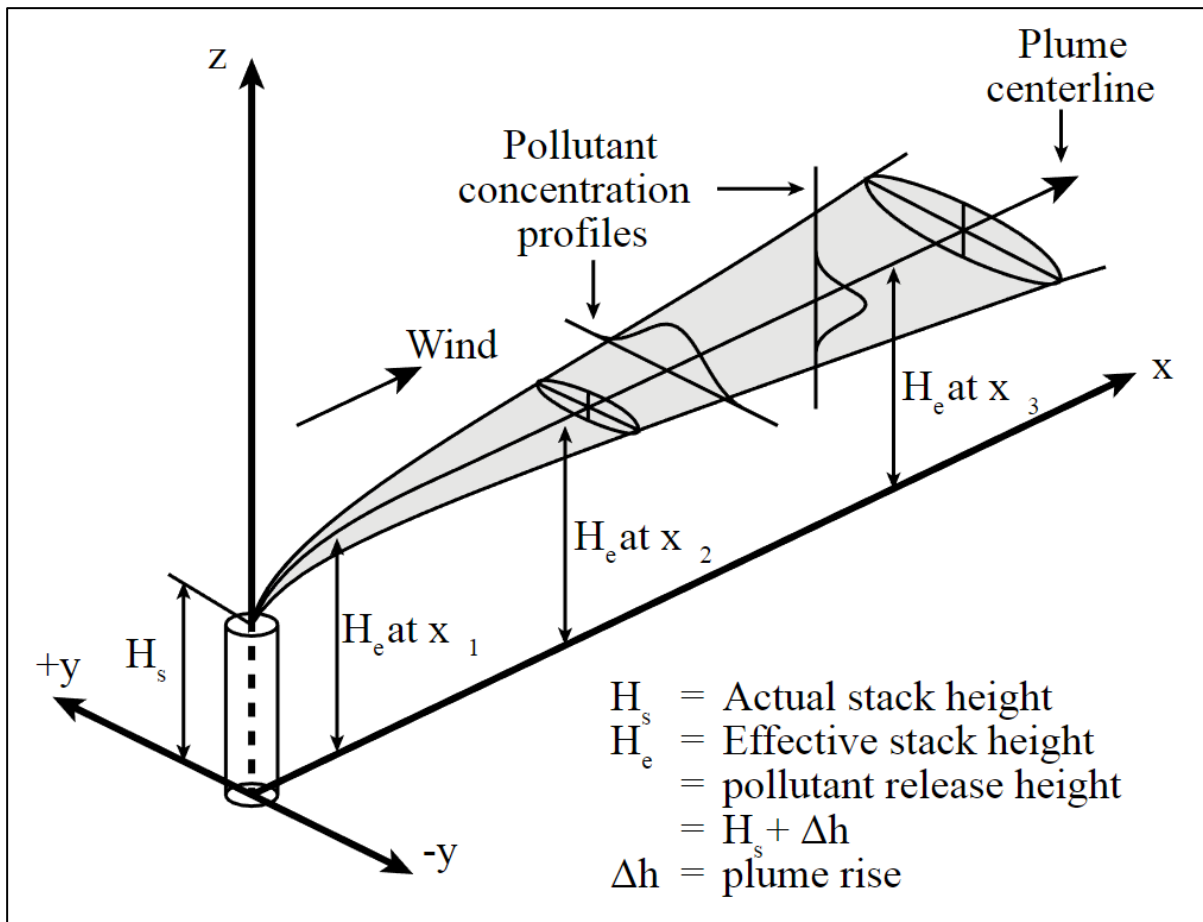
| Ohjearvot (480/1996) | | | |
|---|--|---|------------------------------|
| Aine | Kuukauden toiseksi ylin vuorokausiarvo | Kuukauden tuntiarvojen 99.prosentti- piste | Sallitut ylityk- set, krt |
| Rikkidioksidi SO ₂ | 80 µg/m ³ | 250 µg/m ³ | - |
| Rikkidioksidi SO ₂ kasvien- suojelun kannalta | 20 µg/m ³ | - | - |
| Typpidioksidi NO ₂ | 70 µg/m ³ | 150 µg/m ³ | - |
| Hengitettävät hiukkaset PM ₁₀ | 70 µg/m ³ | - | - |
| Haisevat rikkiyhdisteet (TRS) | 10 µg/m ³ | - | - |

*Taulukko 2-3. Päästökomponenttien ohjearvot WHO:n uusien ohjearvojen mukaan vuodelta 2021 (vain ne aikamääreet, jotka on tässä laskennassa huomi-
oitu).*

| WHO:n ohjearvot (2021) | | | |
|---|--|----------------------|-----------------------|
| Aine | Vuorokauden 99. prosentti- piste | Vuosi ka. | Tunti |
| Rikkidioksidi SO ₂ | 40 µg/m ³ | - | - |
| Typpidioksidi NO ₂ | 25 µg/m ³ | 10 µg/m ³ | 200 µg/m ³ |
| Hengitettävät hiukkaset PM ₁₀ | 45 µg/m ³ | 15 µg/m ³ | - |

3 Ilmapäästön leviämisen mallinnus

Mallinnus toteutettiin Breeze Aermod -ohjelmistolla (Trinity Consultants, <https://www.trinityconsultants.com/software/products/aermod>). Ohjelmiston laskentarutiinin on kehittänyt ja sitä ylläpitää Yhdysvaltain ympäristönsuojeluviranomainen (U.S. EPA). Algoritmi soveltuu yhden tai useamman piipun päästön mallinnukseen sekä piste- ja aluepäästön mallintamisiin. Malli ottaa huomioon myös maanmuodot ja säätiedot. Malli käyttää päästön leviämiseen Gaussin jakauman laskentamallia, joka olettaa päästön leviävän Gaussin käyrän mukaisesti vaaka- ja pystyjakauman mukaisesti.



Kuva 3-1. Gaussin jakaumaan perustuva päästöjen leviämislaskenta.

Malli laskee tunti-, päivä- ja vuosiarvot jokaiselle epäpuhtaudelle ottamalla huomioon ylemmän ja alemman ilmakehän sääolosuhteet. Mallissa oletetaan, että sääolosuhteet pysyvät vakioina yhden tunnin ajan. Malli etsii automaattisesti valitut enimmäispäästöt tunneittain ja päivittäin ja laskee näiden jaksojen erilliset reseptoritulokset sekä leviämisyvyöhykkeet. Malli laskee jokaisen tunnin kolmelta säävuodelta (yhteensä kolmen säävuoden osalta siis 26 280 tuntia).

Alla olevassa taulukossa (ja kuvassa) on esitetty lähimpien valittujen reseptoripisteiden sijainnit kartalla ja koordinaatteina. Näihin valittuihin reseptoripisteisiin

laskentaan päästökomponentin maanpinnan konsentraatio kolmikerroksisen verkkolaskennan lisäksi.

Taulukko 3-1. Diskreetit reseptoripisteet ja niiden koordinaatit ETRS-TM35FIN tasokoordinaatistossa.

| Reseptoripiste (suluissa selite) | X | Y | Lyhin etäisyys teollisuustontin rajasta |
|--|------------|-------------|---|
| Päästölähteet SO₂, NO₂ ja PM₁₀ | | | |
| Pikku-Iikan päiväkot | 427056,241 | 7209635,91 | n. 450m |
| Tiernan koulun Heinätorin yksikkö | 427486,985 | 7210122,83 | n. 700m |
| Hollihaan puisto | 427206,246 | 7210328,45 | n. 250m |
| Nokelan mittausasema | 428276,479 | 7208731,42 | n. 1390m |
| Oulun keskusta 2 -mittausasema | 427962,792 | 7210458,81 | n. 1135m |
| Hajupäästömallinnukset | | | |
| Hollihaan puisto | 427206,246 | 7210328,45 | n. 250m |
| Otto Karhin puisto | 428106,228 | 7210682,507 | n. 1500m |
| Kauppatori | 427630,776 | 7210885,7 | n. 1100m |
| Toppilansaari | 426044,898 | 7212638,462 | n. 2410m |
| Nokelan mittausasema | 428276,479 | 7208731,42 | n. 1390m |



Kuva 3-2. Reseptoripisteiden sijainnit kartalla.

3.1 Säätiiedot

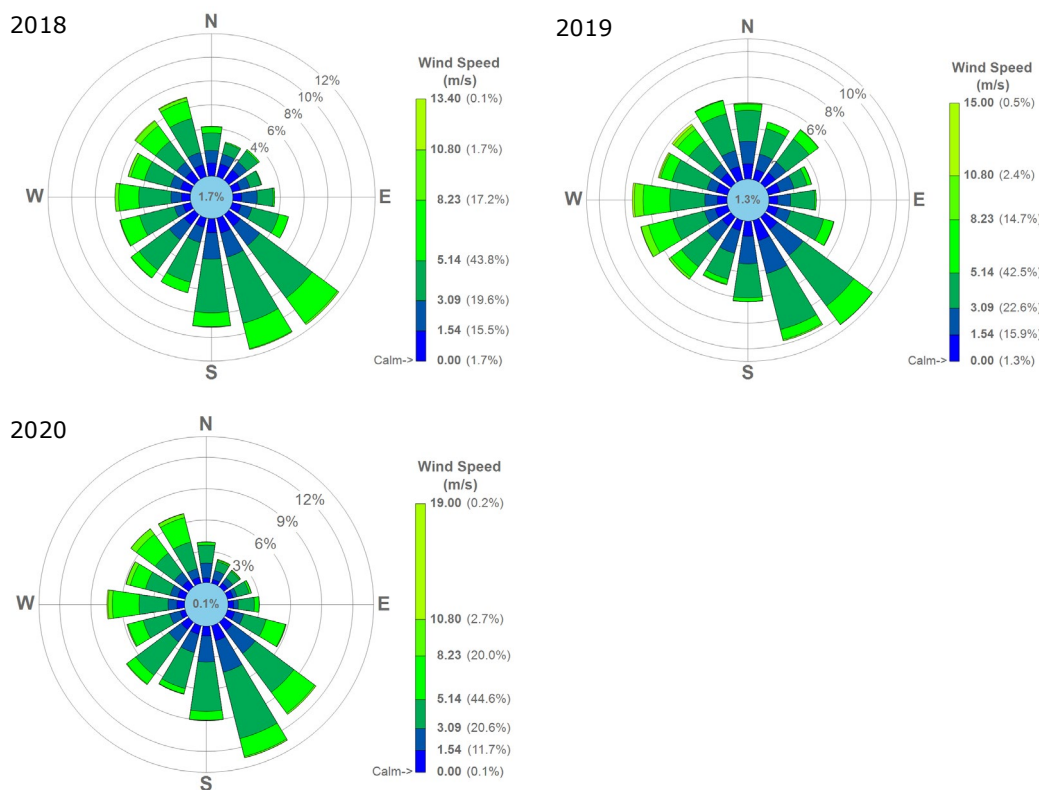
Mallissa käytetty säädata koostuu seuraavista parametreista: tuulen nopeus ja suunta, ilmakehän epävakaisuus, ilman lämpötilasta, lämpötilan vaihtelu ja alueen pintojen ominaisuudet sekä muista fysikaalisista ominaisuuksista.

Eniten ilman epäpuhtauksiin vaikuttavia ominaisuuksia ovat tuulen suunta ja nopeus, ilmakehän stabiilisuus, maaperän korkeusvaihtelut ja ilmakehän rajakerros. Päästön laimentuminen tapahtuu pääasiassa rajakerroksessa, joka on Suomessa yleensä alle 1 km korkeudessa, mutta voi nousta aina 2 km:n korkeuteen kesän aikana. Tuulen suunta ja nopeus rajakerroksessa määrittävät päästön keskimääräisen leviämismatkan.

Ilmakehän stabiilisuus vaikuttaa ilmavirtauksen turbulenssiin, joka taas osaltaan vaikuttaa merkittävästi epäpuhtauksien sekoittumiseen ja laimentumiseen leviämisen aikana. Merkittävää päästön laimentumista tapahtuu Suomessa lähinnä

kesäaikaan. Talvella laimentuminen on tyypillisesti melko alhaista tai keskitasoa ilman vakaiden olojen vuoksi. Kun laimeneminen on pientä, voivat paikalliset pitoisuudet nousta erityisesti pienten päästölähteiden lähellä, joissa on matala päästökorkeus. Ilmanlaadun suhteen pahin mahdollinen skenaario on inversio, missä ilmakerroksen lämpötila nousee ylöspäin mentäessä. Samaan aikaan tuulisuus vähenee alailmakehässä eikä turbulenssia esiinny, jotka edelleen vähentävät laimentumista. Edellä mainituissa olosuhteissa ilman epäpuhtaudet voivat konsentroitua lähellä päästölähdettä ja kulkeutua kauemmaksi laimentumatta (Huuttoniemi 2002).

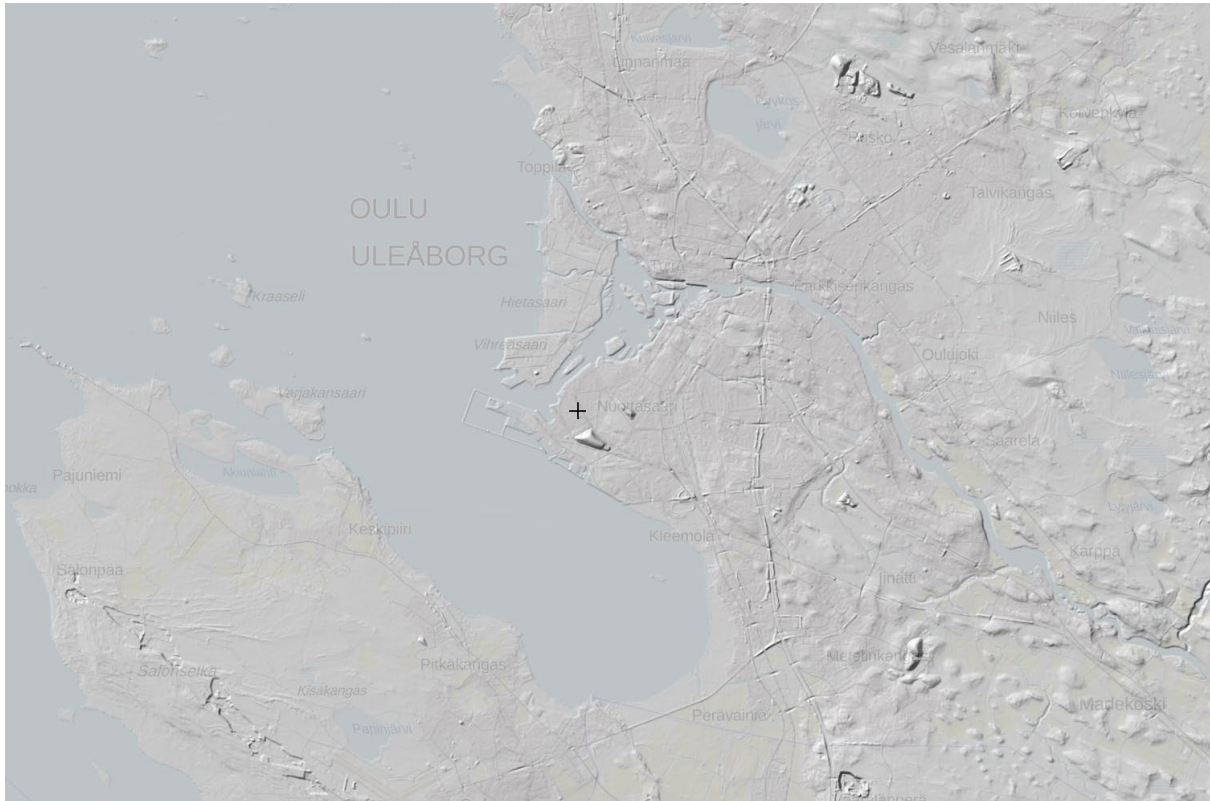
Mallinnuksessa käytetyt säätiedot vuosilta 2018-2020 saatiin Ilmatieteenlaitoksen Oulun lentoaseman sääasemalta (Oulunsalo). Tämä on hankealuetta lähin sääasema, jolta saa kaikki tarvittavat tiedot mallinnusta varten.



Kuva 3-3. Oulun lentoaseman sääaseman tuulisuus vuodelta 2018-2020.

3.2 Pintamalli ja rakennukset

Laskenta käyttää pintamallina .DEM tiedostomuotoa (Digital Elevation Model), joka saadaan muunto-ohjelmalla Maanmittauslaitoksen 10 m:n pintamallista. Alla on esitetty MML:n alueen pintamalli rinnevarjostekuvana Kansalaisen Karttapaikka -sivulta (MML, 2021). Mallinnuksen tehdasalueen rakennukset on kuvattu mallissa 3D objekteina.



Kuva 3-4. MML:n rinnevarjostekuva mallinnusalueen topografian pintamallista.

3.3 Mallinnuksen vaiheistus

Alla olevaan taulukkoon on koottu mallinnettavat hankevaiheet ja niiden selitteet. Ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä tarkasteltavat vaihtoehdot VE0 ja VE1 ovat seuraavat:

- **VE0:** Vaihtoehdossa VE0 (ns. nollavaihtoehto) toiminta jatkuu nykyisellään, voimassa olevan ympäristöluvan vaiheen 1 mukaisena, eikä siihen tehdä muutoksia.
- **VE1:** Vaihtoehdossa VE1 tällä hetkellä pysäytettynä oleva paperikone PK6 muutetaan kartonkikoneeksi BM6. Kartonkikoneen raaka-aineena käytettävää kemitermomekaanista massaa ryhdytään valmistamaan uudella massalinjalla, jossa voidaan valmistaa sekä valkaistua että valkaisematonta massaa. Uusi massalinja käsittää kuitulinjan ja haihduttamon. Raaka-aineena käytettävän puun määrä kasvaa. Tämän johdosta tehtaalle rakennetaan uusi kuorimo- ja haketuslinja. Puunkäsittelyaluetta laajennetaan tehdasalueen sisällä ja sinne rakennetaan kolme uutta hakkeen varasto-siiloa kuljettimisineen. Lisäksi tehtaan välittömään läheisyyteen rakennetaan uusi puun varastoalue. Myös ostomassan käyttö lisääntyy ja sitä varten kasvatetaan tehtaan pulpperointikapasiteettia. Kartonkikoneen BM6 jätevedet johdetaan uuteen jätevedenpuhdistamoon. Jätevedenkäsittelyprosessi käsittää biologisen ja kemiallisen puhdistusvaiheen. Uuden puunkäsittelylinjan jätevesi käsitellään nykyisessä sellutehtaan puhdistamossa. Lisääntyvän höyrynkulutuksen takia tehtaalle rakennetaan uusi biopolttoainekattila

K4. Hajukaasujen käsittelyyn rakennetaan uusi hajukaasukattila. Tehtaan olemassa olevien soodakattilan ja kaustistamon kapasiteettia kasvatetaan. Olemassa oleva arkittamo muutetaan kartonkituotantoon soveltuvaksi. Kemiallisesti puhdistetun veden valmistuskapasiteettia lisätään. Lisäksi tuotevarastoa laajennetaan.

- **VE2:** Ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä on mukana vaihtoehto VE2, joka vastaa tehtaan ympäristöluvan vaiheen 2 mukaista toimintaa ja jonka vaikutukset on arvioitu vuonna 2018 toteutetussa YVA-menettelyssä.

Taulukko 3-2. Mallinnettavat hankevaiheet.

| Mallinnusvaihe / YVA-ohjelman vaihtoehto | Selite |
|--|---|
| VE0 | Hanketta ei toteuteta ja tehtaan toiminta on voimassa olevan ympäristöluvan vaiheen 1 mukaista: <ul style="list-style-type: none"> - Valkaisematon sellu noin 530 000 t/v - Pääosin valkaisematon pakkauskartonki noin 500 000 t/v |
| VE1 | Tuotanto kasvaa seuraavasti: <ul style="list-style-type: none"> - Valkaisematon sellu noin 550 000 t/v (<i>olemassa oleva tuotanto 530 000 t/v VE0 mukaisesti</i>) - BCTMP, kemitermomekaaninen massa noin 500 000 t/v - Valkaistu ja valkaisematon pakkauskartonki yhteensä noin 1 300 000 t/v (<i>, josta olemassa olevaa tuotantoa 500 000 t VE0 mukaisesti</i>) |
| VE2 | Tuotanto kasvaa voimassa olevan ympäristöluvan vaiheen 2 mukaiseksi: <ul style="list-style-type: none"> - Valkaisematon sellu noin 530 000 t/v (<i>olemassa oleva tuotanto VE0 mukaisesti</i>) - CTMP, kemitermomekaaninen massa noin 350 000 t/v - Pääosin valkaisematon pakkauskartonki noin 950 000 t/v (<i>, josta olemassa olevaa tuotantoa 500 000 t VE0 mukaisesti</i>) |

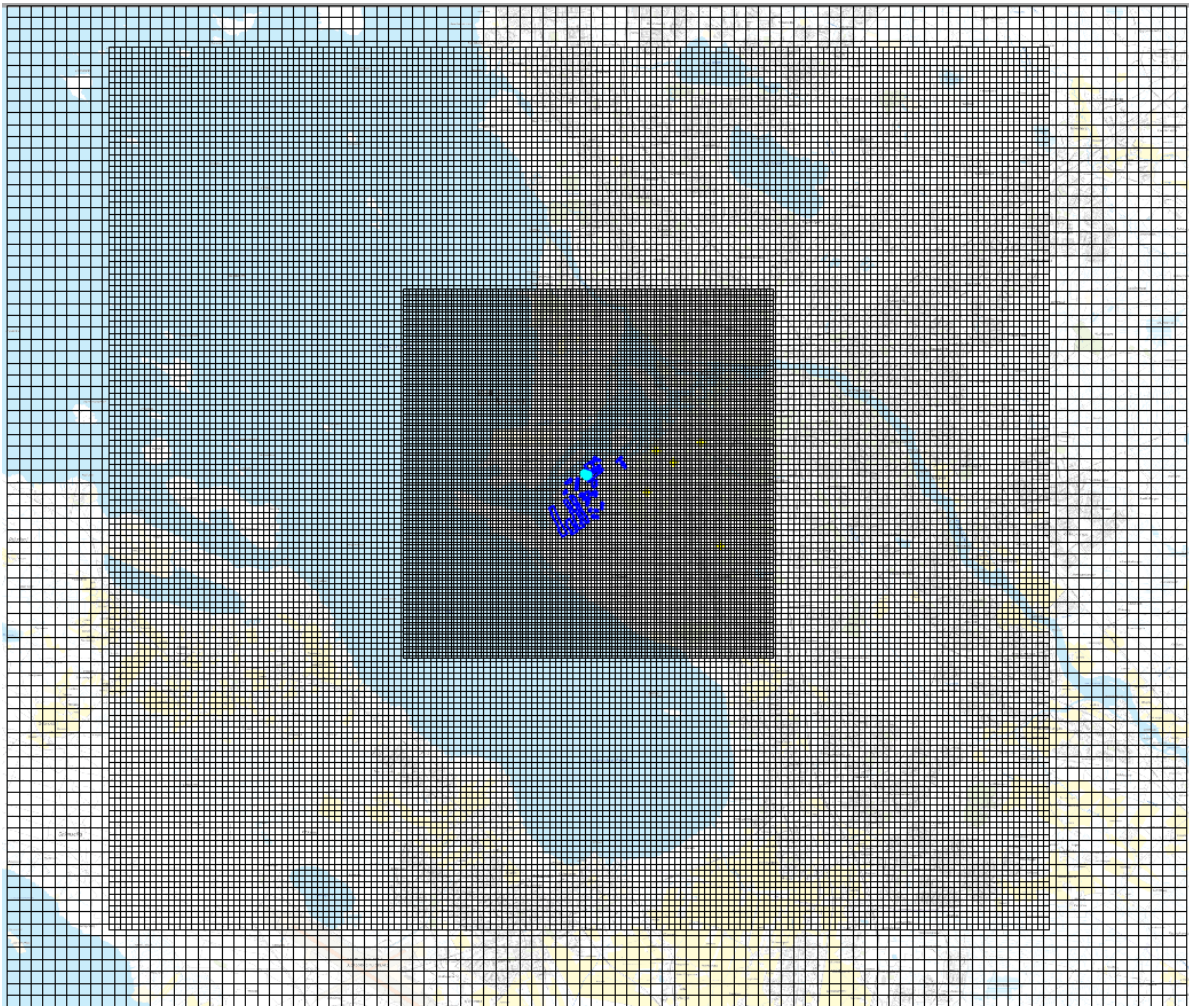
3.4 Laskentaparametrit

Päästön leviämislaskennan parametrit on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 3-3. Päästöjen leviämislaskennan laskentaparametrit.

| Parametri | Arvo |
|--------------------------------|---|
| Breeze Aermod ohjelmistoversio | 10.0 (uusin) |
| Aermod laskentaversio | 21112 (uusin) |
| Laskentamenettely | Konsentraatio maanpinnalla [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] |
| Laskentapisteverkon välimatka | 3 verkkoa: 25m, 50m ja 100m (ks. kuva 3-4) |

| Parametri | Arvo |
|--|---|
| Laskentaverkon kokonaispinta-ala | 332 km ² |
| Laskentapisteidien määrä laskentaverkolla | 18474 kpl |
| Erilliset altistuvien kohteiden reseptoripisteet | VE0: 5, VE1: 5, VE2: 5 |
| Savupainauomalaskennan versio | 0472, voimassa oleva |
| Maanpinnan korkeusdata | 10m x 10m laserkeilausdata (©Maanmittauslaitos, 2021) |



Kuva 3-5. Päästömallinnuksen laskentapisteverkko, jossa on kolme sisäkkäistä ja välimatkaltaan tihentävää verkkoa.

3.5 Lähtötiedot

Alla olevassa taulukossa on esitetty tehtaan eri toimijoiden päästömallinnuksessa käytetyt päästölähteiden perustiedot. Vaihtoehto VE1 sisältää tehtaan nykyisen

toiminnan ja sen vaikutukset, joiden osalta on huomioitu tuotantosunnan muutoshankkeen vaiheen 1 käynnistämisen jälkeen toteutuneet kulutus- ja kuormitus- tasot. Vaihtoehto VE2 vastaa vuoden 2018 YVA-menettelyn mukaista toimintaa.

Taulukko 3-4. Päästömallinnuksen lähtöarvot ja päästökertoimet vaihtoehdossa VE0.

| VE0 Päästömäärät | | | | |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|----------------|
| Päästölähde | SO₂ | NO₂ | PM₁₀ | TRS |
| Soodakattila SK7 | 28 t/a | 499 t/a | 83 t/a | 5,0 t/a |
| Kattila K3 | 85 t/a | 208 t/a | 6 t/a | - |
| Meesauuni | 2 t/a | 66 t/a | 4 t/a | 1,7 t/a |
| Yhteensä | 115 t/a | 773 t/a | 93 t/a | 6,7 t/a |

Taulukko 3-5. Päästömallinnuksen lähtöarvot ja päästökertoimet hankevaihtoehdossa VE1.

| VE1 Päästömäärät | | | | |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|----------------|
| Päästölähde | SO₂ | NO₂ | PM₁₀ | TRS |
| Soodakattila SK7 | 8 t/a | 704 t/a | 137 t/a | 5,9 t/a |
| Kattila K3 | 19 t/a | 237 t/a | 5 t/a | - |
| Meesauuni | 1,3 t/a | 93 t/a | 8 t/a | 1,9 t/a |
| Kattila K4 | 69 t/a | 263 t/a | 4 t/a | - |
| Hajukaasukattila | 6 t/a | 21 t/a | - | 0,3 t/a |
| Yhteensä | 103 t/a | 1 321 t/a | 153 t/a | 8,1 t/a |

Taulukko 3-6. Päästömallinnuksen lähtöarvot ja päästökertoimet hankevaihtoehdossa VE2.

| VE2 Päästömäärät | | | | |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|---------------|
| Päästölähde | SO₂ | NO₂ | PM₁₀ | TRS |
| Soodakattila SK7 | 70 t/a | 617 t/a | 104 t/a | 6 t/a |
| Kattila K3 | 101 t/a | 252 t/a | 7 t/a | 0 t/a |
| Meesauuni | 0 t/a | 50 t/a | 5 t/a | 3 t/a |
| Kattila K4 | 79 t/a | 221 t/a | 3 t/a | 13 t/a |
| Hajukaasukattila | 0 t/a | 5 t/a | 0 t/a | 0 t/a |
| Yhteensä | 250 t/a | 1 146 t/a | 120 t/a | 22 t/a |

3.6 Mallinnuksen epävarmuus

Aermod-päästömallinnuksen tulosepävarmuus on ohjelmistokehittäjän ja U.S. EPA:n mukaan noin 10-40 %:n vuotuiselle tilanteelle, missä on voitu hyödyntää mittausdataa päästön validoinnissa tai päästölähde on mittauksin todennettu.

Mallinnuksen epävarmuutta lisää tuntuvasti päästölähteiden tarkan emissiomäärän ajallinen epävarmuus, joka heijastuu hetkellisiin päästömääriin tuntitasolla. Lisäksi säädatan kattavuus reaaliympäristön kuvaamiseksi on yksi keskeinen epävarmuuden lähde päästön leviämisen estimoinnissa. Tässä hankkeessa mallinnetut päästömäärät on arvioitu prosessitaselaskennan kautta tehtaan staattiseen käytötilanteeseen, joka osaltaan saattaa hieman lisätä laskennan epävarmuuksia. Tarkkaa epävarmuustasoa on kuitenkin mahdoton antaa ja laskenta on joka tapauksessa tehty parhaan käytettävissä olevan tiedon pohjalta.

4 Mallinnustulokset

Mallinnustulokset koostuvat leviämiskartoista sekä valittujen reseptoripisteiden suurimmista tuloksista. Liitteessä 1-3 on esitetty numeeriset laskentatulokset valituissa reseptoripisteissä jokaisen sääkuukauden osalta ohjearvon 480/1996 mukaisen kuukauden toiseksi suurimman vuorokausiarvon laskennassa. Kuvaajiksi on valittu kolmen säävuoden osalta suurimman arvon antanut kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo tai vuosikeskiarvo.

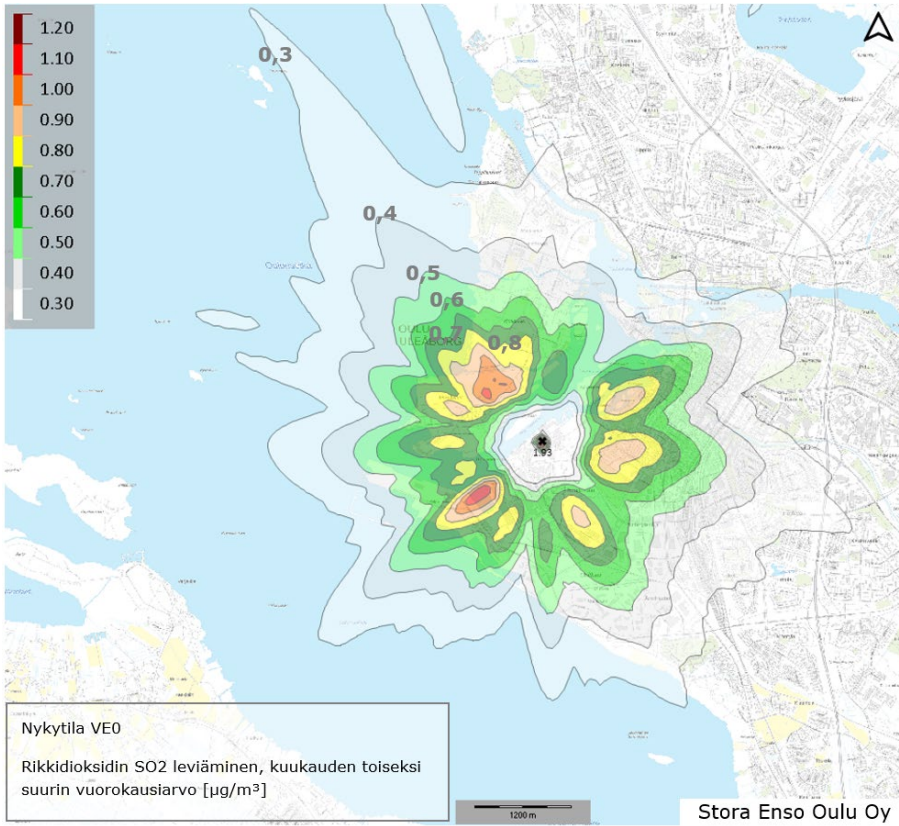
4.1 Nykytilan VE0 laskentatulokset

4.1.1 Rikkidioksidi SO₂

Mallinnusvaiheen VE0 rikkidioksidin SO₂ leviämislaskennan tulokset on esitetty taulukkomuodossa sekä alla olevissa leviämiskartoissa. Rikkidioksidin tuntikeskiarvoja verrataan tässä työssä 25:een korkeimpaan tuntikeskiarvoon asetuksen 79/2017 aikamääreiden mukaisesti ja kuukauden toiseksi suurimpaan vuorokausiarvoon asetuksen 480/1996 mukaisesti. Lisäksi WHO:n ohjearvovertailu tehdään vuorokausiarvon 99.prosenttipisteen mukaan. Rikkidioksidille ei ole ilmanlaadun asetuksissa määritelty vuotuista ohje-/raja-arvoa ja siksi sitä ei tässä myöskään esitetä vertailuarvon puuttuessa.

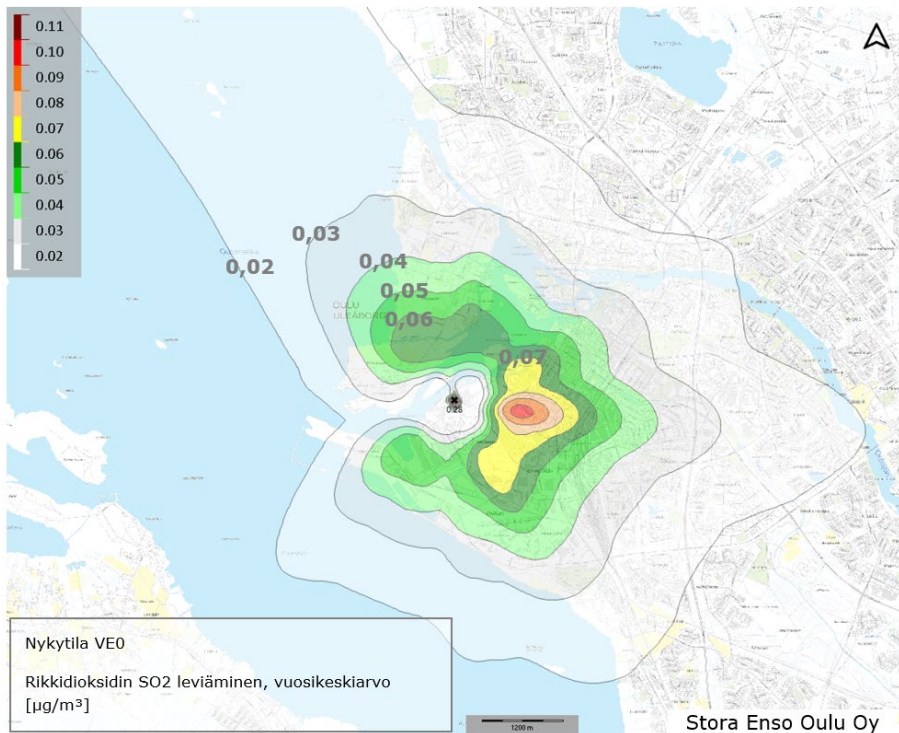
Taulukko 4-1. Rikkidioksidin SO₂ korkeimmat tulokset reseptoripisteissä säävuosilta 2018-2020 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

| Reseptori | 25:nneksi suurin tuntikeskiarvo (79/2017) | Kuukauden toiseksi suurin 24 h, ohjearvo (480/1996) | Vuorokausiarvon 99.prosenttipiste (WHO 2021) |
|-----------------------------------|---|---|--|
| Raja-/ohjearvo | 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| Pikku-Iikan päiväkot | 2,65 | 0,89 | 0,83 |
| Tiernan koulun Heinätorin yksikkö | 2,11 | 0,79 | 0,66 |
| Hollihaan puisto | 2,68 | 0,61 | 0,69 |
| Nokelan mittausasema | 1,34 | 0,44 | 0,37 |
| Oulun keskusta 2 -mittausasema | 1,67 | 0,35 | 0,42 |

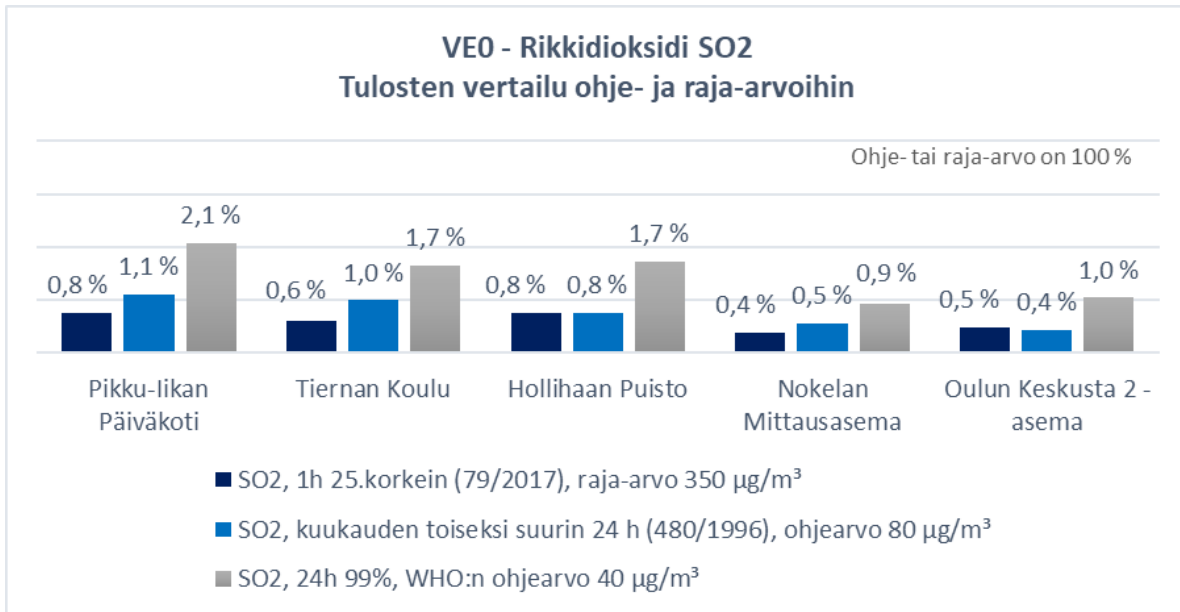


Kuva 4-1. Rikkidioksidin SO₂ leviäminen, kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [µg/m³].

Näiden lisäksi on arvioitu leviämiskartalla tilanne kasvillisuusvaikutusten ehkäisemiseksi vuosikeskiarvon aikamäärällä, jonka ohjearvo on 20 µg/m³.



Kuva 4-2. Rikkidioksidin SO₂ leviäminen, vuosikeskiarvo [µg/m³].



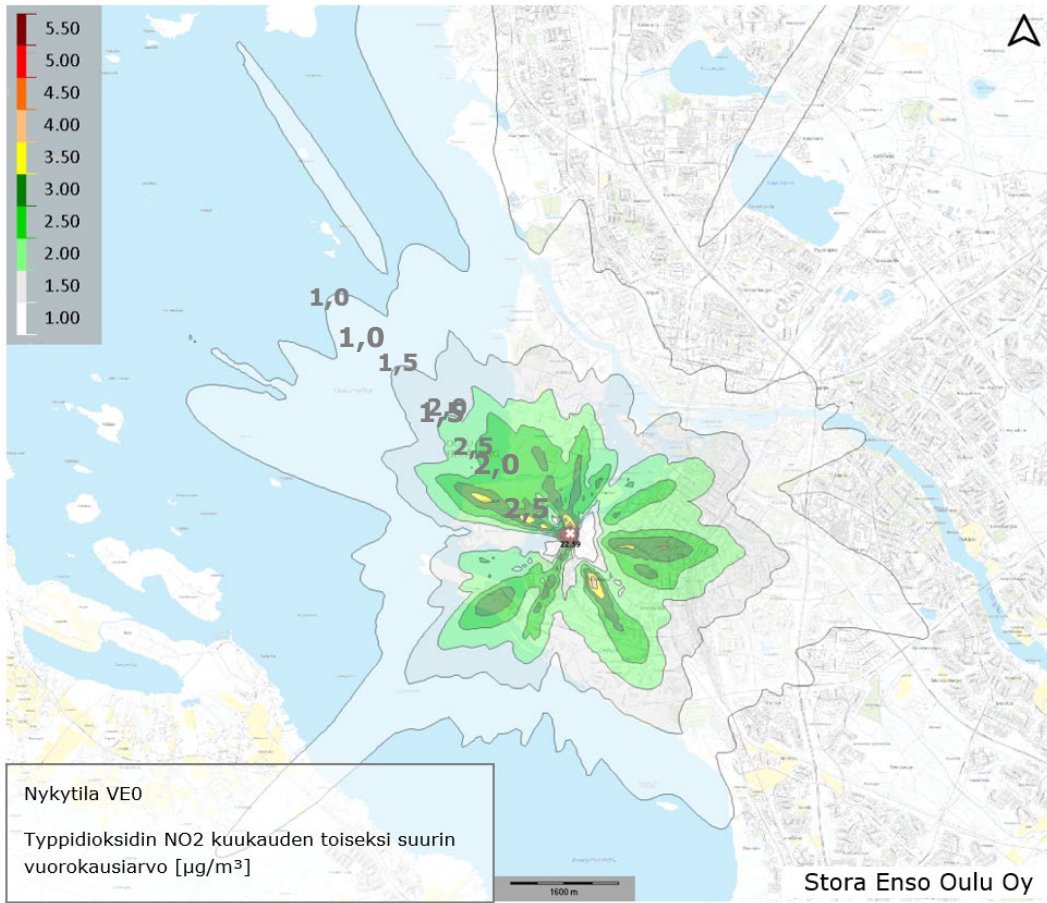
Kuva 4-3. Rikkidioksidin SO₂ mallinnettujen pitoisuuksien vertailu ohje- ja raja-arvoihin.

4.1.2 Typpidioksidi NO₂

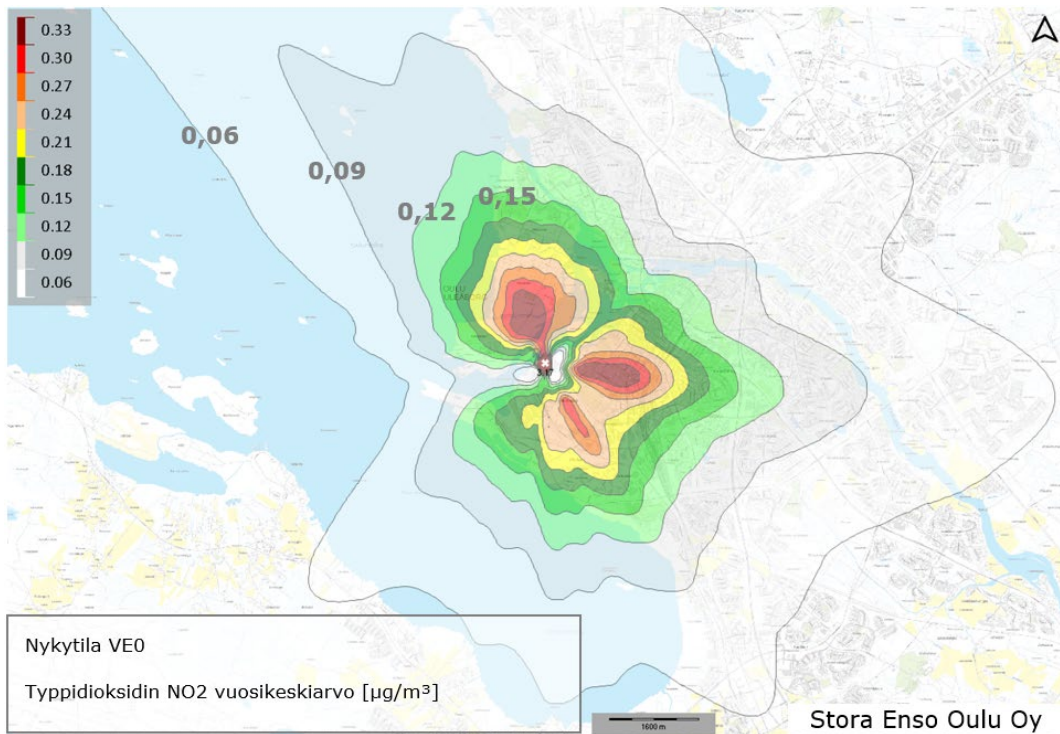
Mallinnusvaiheen VE0 typpidioksidin NO₂ leviämislaskennan tulokset on esitetty taulukkomuodossa sekä alla olevissa leviämiskartoissa. Typpidioksidin tuntikeskiarvoja verrataan tässä työssä 19:sta korkeimpaan tuntikeskiarvoon asetuksen 79/2017 aikamääreiden mukaisesti ja kuukauden toiseksi suurimpaan vuorokausiarvoon asetuksen 480/1996 mukaisesti. Lisäksi WHO:n ohjearvovertilu tehdään vuorokausiarvon 99.prosenttipisteen ja vuosikeskiarvon mukaisesti.

Taulukko 4-2. Typpidioksidin NO₂ korkeimmat tulokset reseptoripisteissä säävuosilta 2018-2020 [µg/m³].

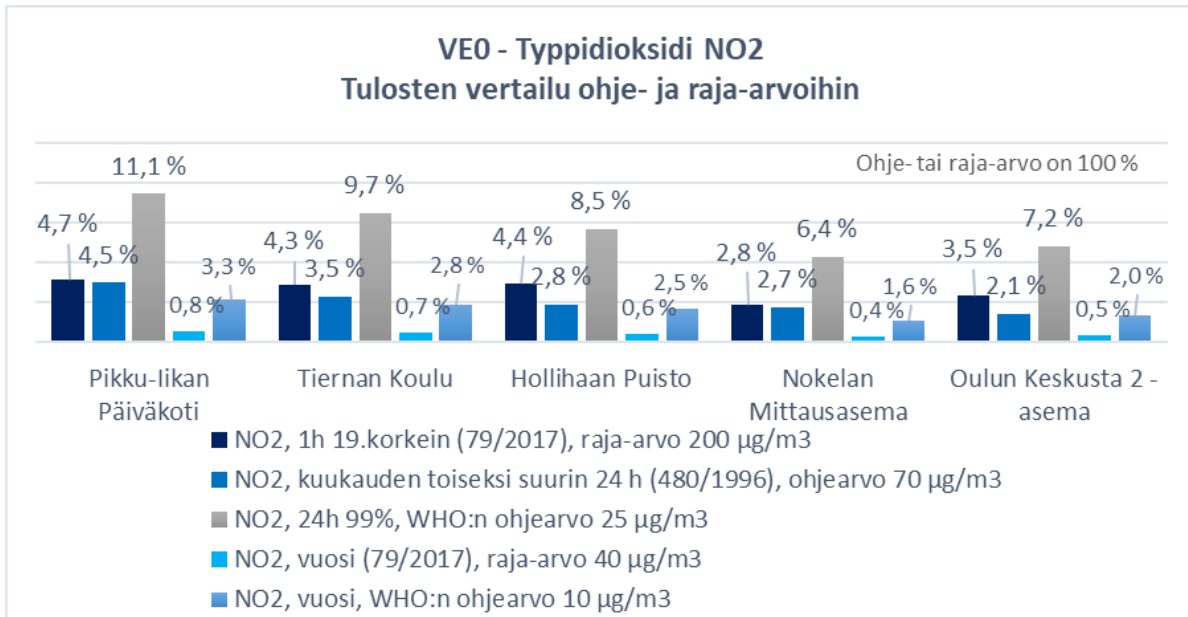
| Reseptori | 19:sta suurin tuntikeski-arvo (79/2017) | Kuukauden toiseksi suurin 24 h, ohjearvo (480/1996) | Vuorokausiarvon 99.prosenttipiste (WHO 2021) | Vuosikeskiarvo (79/2017 sekä WHO 2021) |
|--|---|---|--|--|
| Raja-/ohjearvo | 200 µg/m ³ | 70 µg/m ³ | 25 µg/m ³ | 40/10 µg/m ³ |
| Pikku-Iikan päiväkoti | 9,46 | 3,13 | 2,79 | 0,33 |
| Tiernan koulun Heinätö- rin yksikkö | 8,54 | 2,42 | 2,42 | 0,28 |
| Hollihaan puisto | 8,81 | 1,96 | 2,13 | 0,25 |
| Nokelan mittausasema | 5,56 | 1,87 | 1,60 | 0,16 |
| Oulun keskusta 2 -mit- tausasema | 6,95 | 1,50 | 1,80 | 0,20 |



Kuva 4-4. Typpidioksidin NO₂ kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



Kuva 4-5. Typpidioksidin NO₂ vuosikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



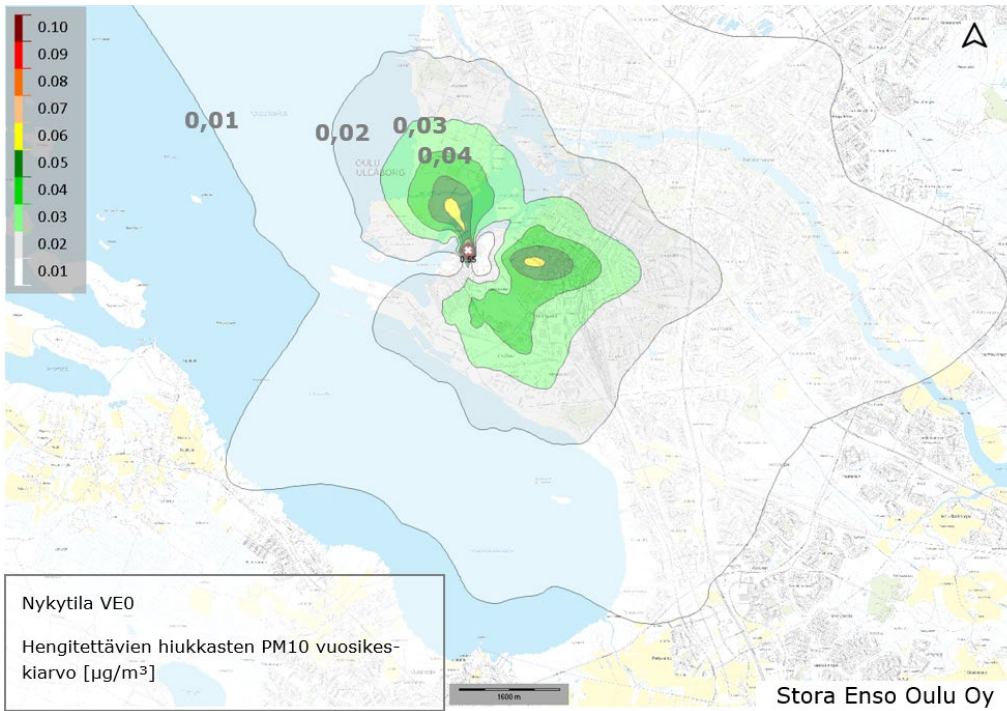
Kuva 4-6. Typen oksidien NO₂ mallinnettujen pitoisuuksien vertailu ohje- ja raja-arvoihin.

4.1.3 Hengitettävät hiukkaset PM₁₀

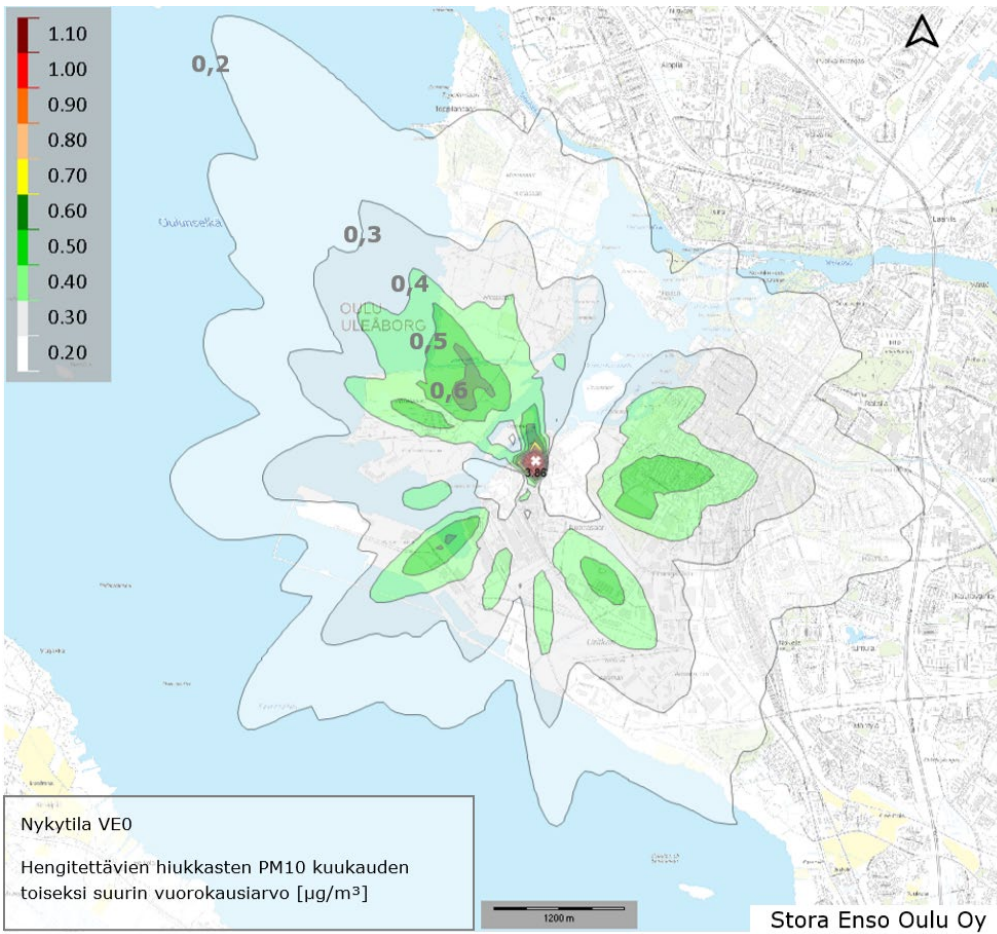
Mallinnusvaiheen VEO hengitettävien hiukkasten PM₁₀ leviämislaskennan tulokset on esitetty taulukkomuodossa sekä alla olevissa leviämiskartoissa. PM₁₀ tuntikeskiarvoja verrataan tässä työssä vuosikeskiarvoon asetuksen 79/2017 aikamääreiden mukaisesti ja kuukauden toiseksi suurimpaan vuorokausiarvoon asetuksen 480/1996 mukaisesti. Lisäksi WHO:n ohjearvovertailu tehdään vuorokausiarvon 99.prosenttipisteen mukaan.

Taulukko 4-3. Hengitettävien hiukkasten PM₁₀ korkeimmat tulokset reseptoripisteissä säävuosilta 2018-2020 [µg/m³].

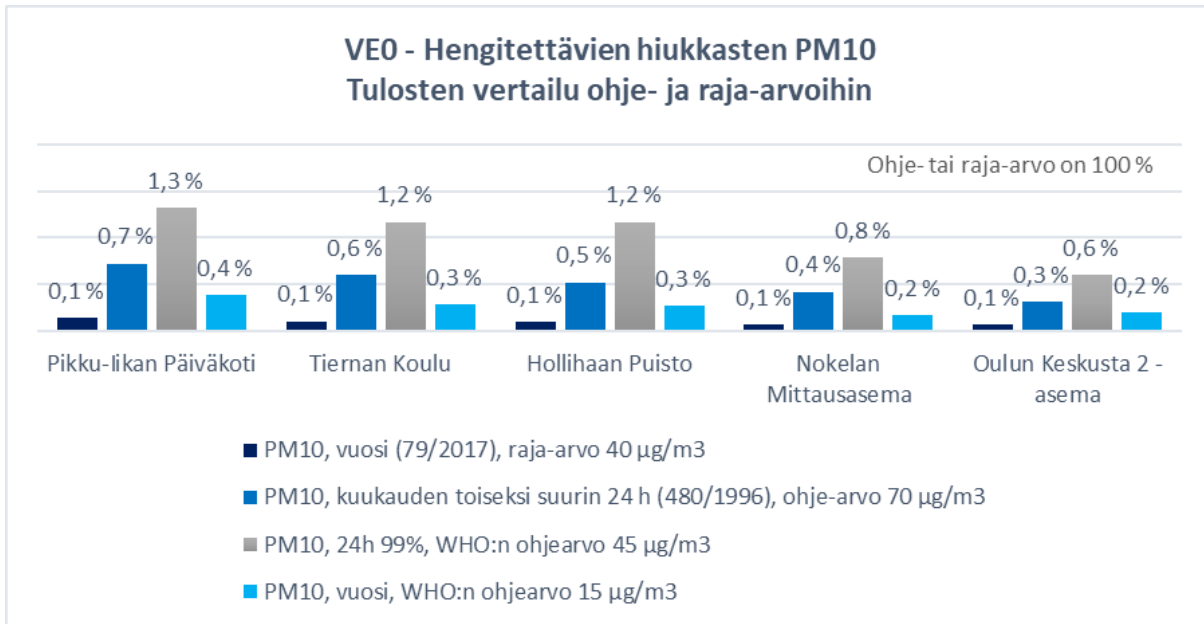
| Reseptori | Vuosi-keskiarvo (79/2017) | Kuukauden toiseksi suurin 24 h, ohjearvo (480/1996) | Vuorokausiarvon 99.prosenttipiste (WHO 2021) |
|-----------------------------------|---------------------------|---|--|
| Raja-/ohjearvo | 40 µg/m ³ | 70 µg/m ³ | 45 µg/m ³ |
| Pikku-Iikan päiväkoti | 0,06 | 0,51 | 0,60 |
| Tiernan koulun Heinätorin yksikkö | 0,04 | 0,42 | 0,53 |
| Hollihaan puisto | 0,04 | 0,37 | 0,53 |
| Nokelan mittausasema | 0,03 | 0,29 | 0,36 |
| Oulun keskusta 2 -mittausasema | 0,03 | 0,22 | 0,27 |



Kuva 4-7. Hengitettävien hiukkasten PM_{10} vuosikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



Kuva 4-8. Hengitettävien hiukkasten PM_{10} kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



Kuva 4-9. Hengitettävien hiukkasten PM₁₀ mallinnettujen pitoisuuksien vertailu ohje- ja raja-arvoihin.

4.1.4 Haisevat rikkiyhdisteet TRS

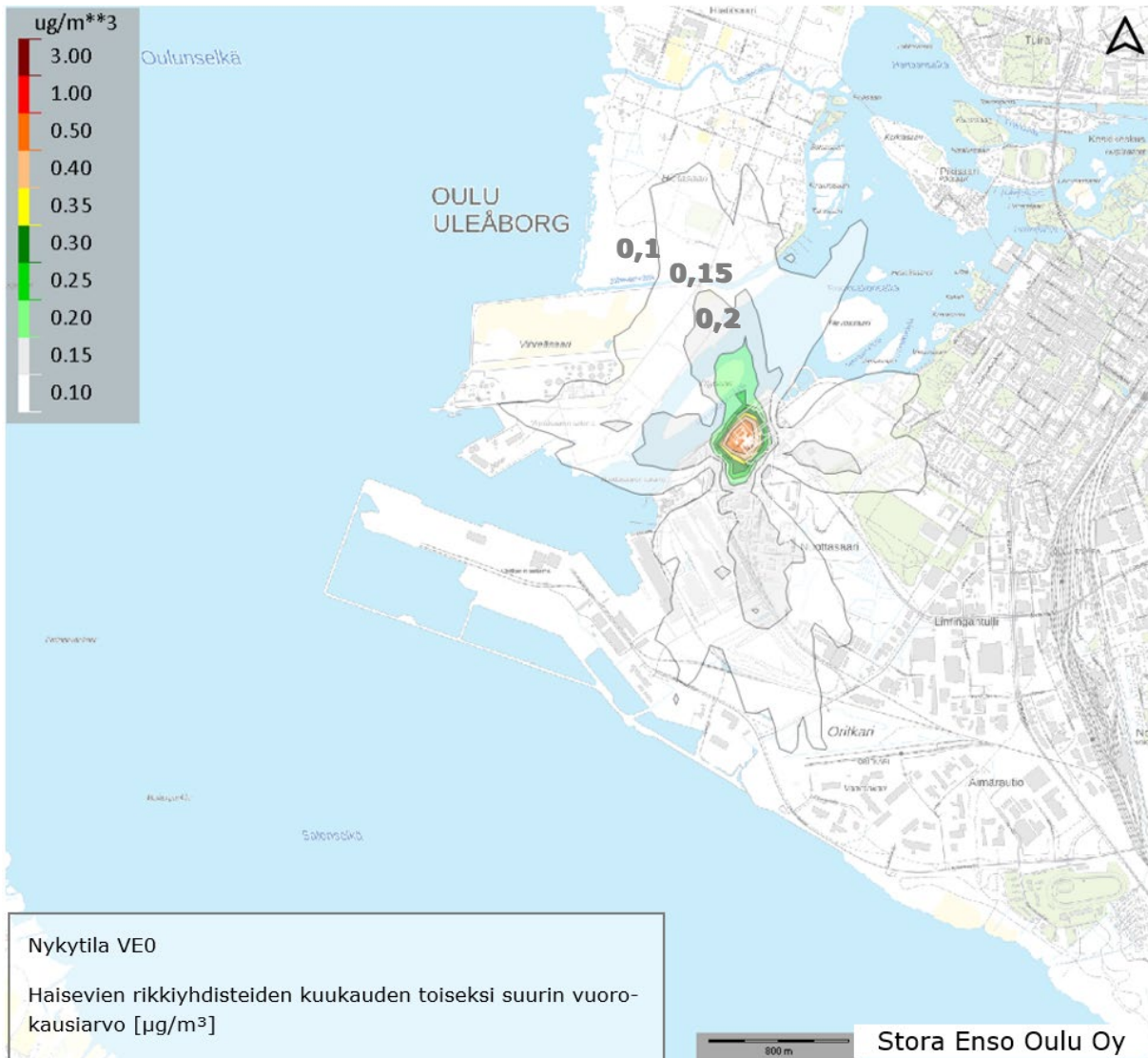
Haiseville rikkiyhdisteille ei ole ilmoitettu raja-arvoa. Ohje-arvo kuukauden toiseksi suurimmalle vuorokausiarvolle rikkiä ilmoitettuna on 10 µg/m³. TRS-yhdisteiden hajukynnykselle on määritetty vaihtelevia arvoja selvityksestä ja yhdisteestä riippuen. Matalimmillaan hajukynnykseksi on esitetty esimerkiksi metyyliimerkaptaanille CH₃SH tasoa 0,24 µg/m³ ja rikkivedylle H₂S tasoa 0,2 µg/m³. Yleisimmin hajukynnyksen TRS-yhdisteille esitellään vaihtelevan välillä 0,7–1µg/m³. Hajukynnys tarkoittaa pitoisuutta, jossa haju on havaittavissa. Tässä yhteydessä hajukynnys on asetettu tasolle 0,5 µg/m³.

Tunnistettavan hajun pitoisuutena TRS-yhdisteille käytetään yleisimmin tasoa 3 µg/m³ joko tuntipitoisuutena tai 30 minuutin keskiarvona. TRS-yhdisteiden vuorokausiohje-arvo on 10 µg/m³ kuukauden toiseksi suurimmalle vuorokausiarvolle (asetus 480/1996).

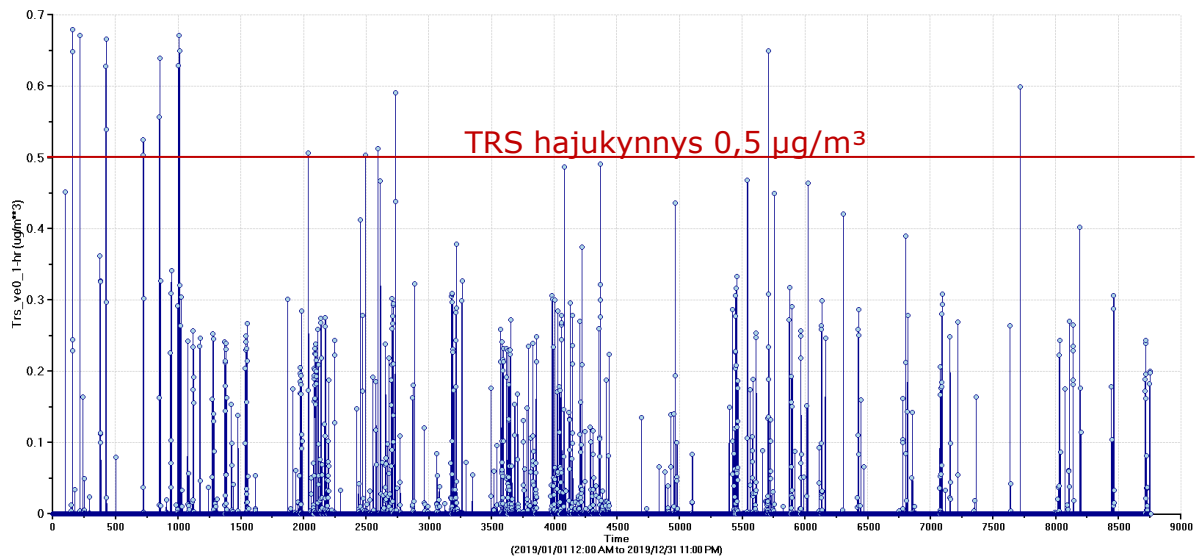
Taulukko 4-4. Haisevien rikkiyhdisteiden korkeimmat tulokset reseptoripisteissä säävuosilta 2018-2020 [µg/m³].

| Reseptori | Kuukauden toiseksi suurin 24 h, ohje-arvo (480/1996) | Hajukynnyksen ylittävät tunnit (>0,5 µg/m ³) | | | Hajutunnit (2018-2020) |
|--------------------|--|--|------|------|-------------------------|
| | | 2018 | 2019 | 2020 | |
| Raja-/ohje-arvo | 10 µg/m ³ | 2018 | 2019 | 2020 | > 3,0 µg/m ³ |
| Hollihaan puisto | 0,089 | 11 | 19 | 3 | 0 |
| Otto Karhin puisto | 0,048 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Kauppatori | 0,033 | 0 | 0 | 0 | 0 |

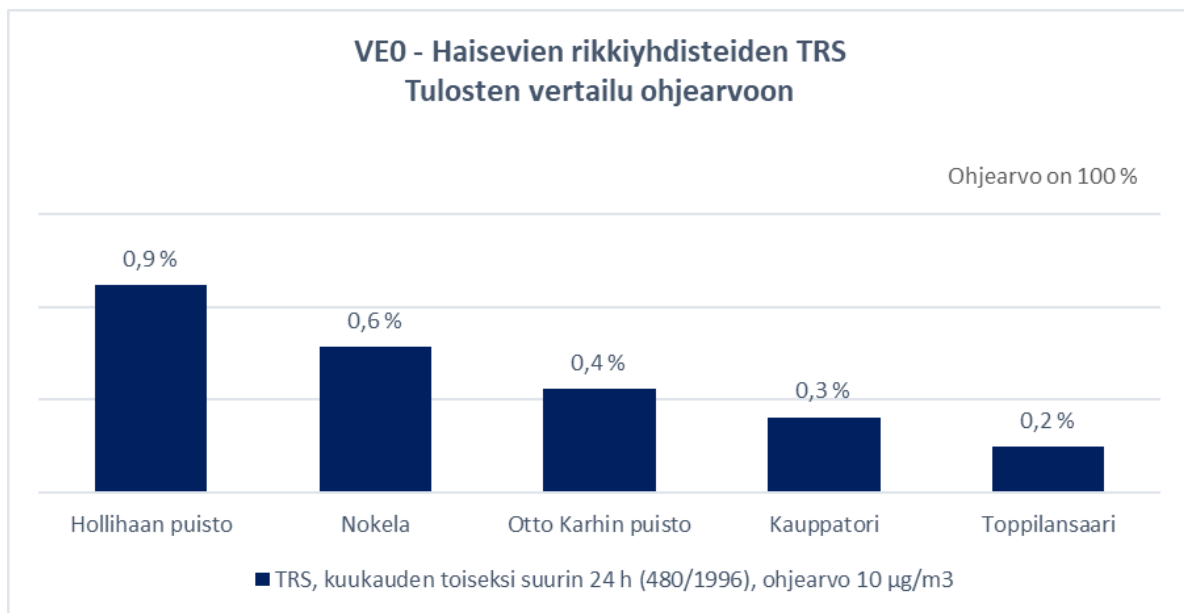
| Reseptori | Kuukauden toiseksi suurin 24 h, ohjearvo (480/1996) | Hajukynnyksen ylittävät tunnit (>0,5 µg/m ³) | | | Hajutunnit (2018-2020) |
|----------------------|---|--|------|------|-------------------------|
| | | 2018 | 2019 | 2020 | |
| Raja-/ohjearvo | 10 µg/m ³ | | | | > 3,0 µg/m ³ |
| Toppilansaari | 0,021 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Nokelan mittausasema | 0,018 | 0 | 0 | 0 | 0 |



Kuva 4-10. Haisevien rikkiyhdisteiden kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [µg/m³].



Kuva 4-11. Esimerkkikuva haisevien rikkiyhdisteiden TRS pitoisuuksista aikasarjana vuoden 2019 säätilanteessa Hollihaan puiston laskentapisteessä [µg/m³]. Punainen viiva on hajukynnys 0,5 µg/m³, jonka ylittävät arvot lasketaan hajukynnystunneiksi.



Kuva 4-12. Haisevien rikkiyhdisteiden mallinnettujen pitoisuuksien vertailu ohjearvoon.

4.2 Hankevaihtoehdon VE1 laskentatulokset

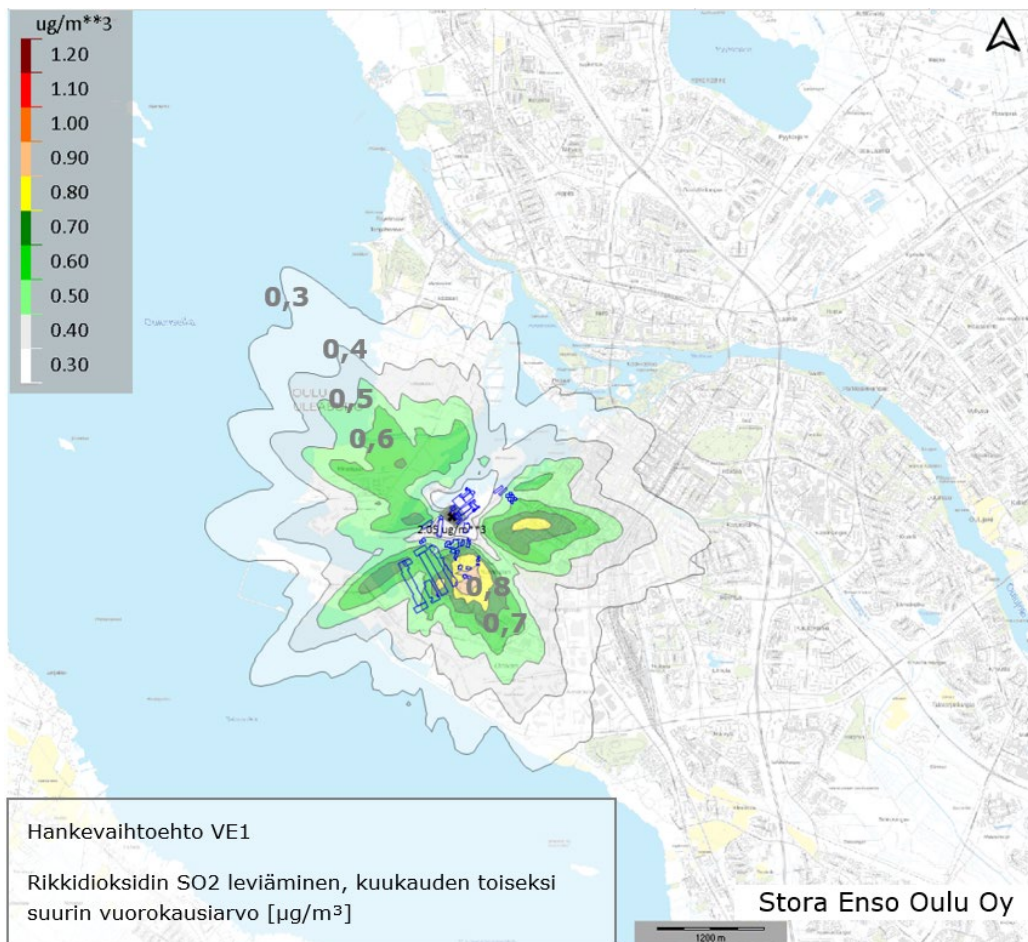
4.2.1 Rikkidioksidi SO₂

Mallinnusvaiheen VE1 rikkidioksidin SO₂ leviämislaskennan tulokset on esitetty taulukkomuodossa sekä alla olevissa leviämiskartoissa. Rikkidioksidin tuntikeskiarvoja verrataan tässä työssä 25:een suurimpaan tuntikeskiarvoon asetuksen 79/2017 aikamääreiden mukaisesti ja kuukauden toiseksi suurimpaan vuorokausiarvoon asetuksen 480/1996 mukaisesti. Lisäksi WHO:n ohjearvovertilu tehdään

vuorokausiarvon 99.prosenttipisteen mukaan. Rikkidioksidille ei ole ilmanlaadun asetuksissa määritelty vuotuista ohje-/raja-arvoa ja siksi sitä ei tässä myöskään esitetä vertailuarvon puuttuessa.

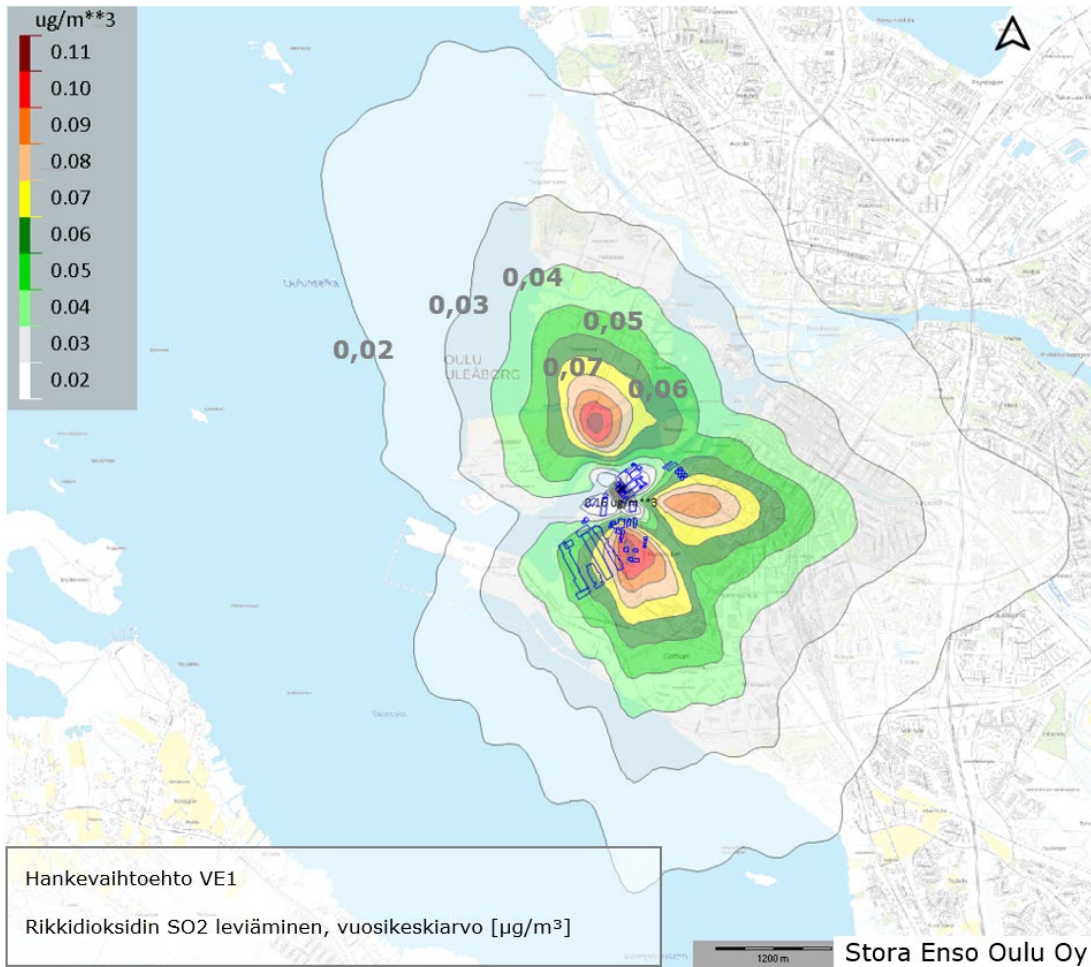
Taulukko 4-5. Rikkidioksidin SO₂ korkeimmat tulokset reseptoripisteissä säävuosilta 2018-2020 [µg/m³].

| Reseptori | 25:ksi suurin tunti-keskiarvo. raja-arvo (79/2017) | Kuukauden toiseksi suurin 24 h, ohjearvo (480/1996) | Vuorokausiarvon 99.prosenttipiste (WHO 2021) |
|-----------------------------------|--|---|--|
| Raja-/ohjearvo | 350 µg/m ³ | 80 µg/m ³ | 40 µg/m ³ |
| Pikku-Iikan päiväkoti | 1,96 | 0,70 | 0,69 |
| Tiernan koulun Heinätorin yksikkö | 1,48 | 0,33 | 0,45 |
| Hollihaan puisto | 1,59 | 0,27 | 0,45 |
| Nokelan mittausasema | 0,88 | 0,22 | 0,27 |
| Oulun keskusta 2 -mittausasema | 1,12 | 0,22 | 0,30 |

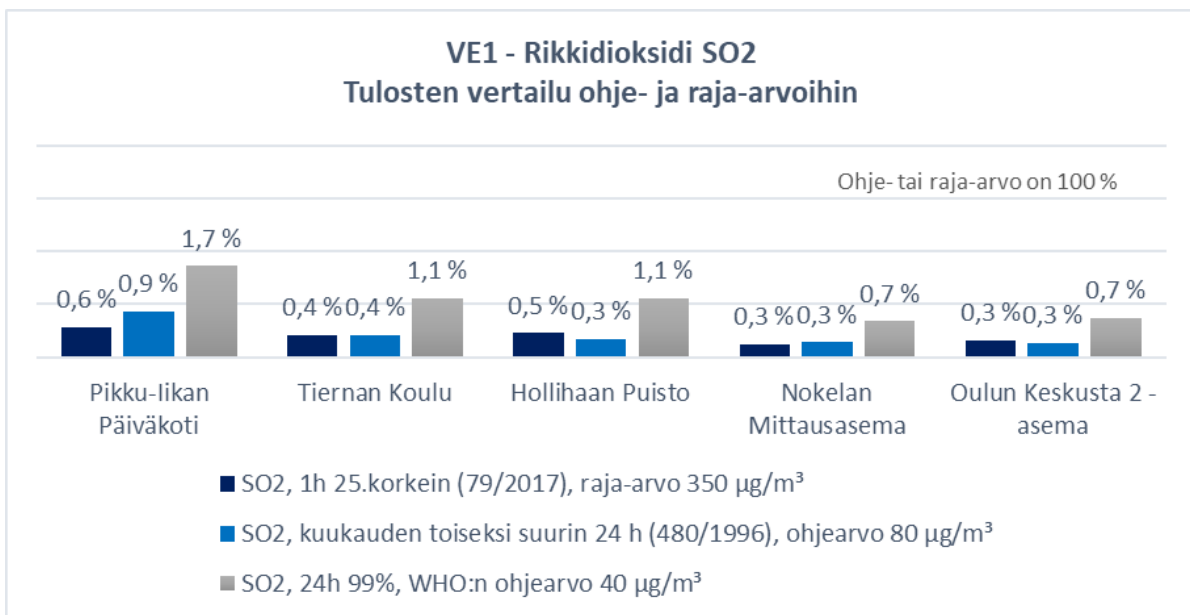


Kuva 4-13. Rikkidioksidin SO₂ leviäminen, kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [µg/m³].

Näiden lisäksi on arvioitu leviämiskartalla tilanne kasvillisuusvaikutusten ehkäisemiseksi vuosikeskiarvon aikamääreellä, jonka ohjearvo on $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Kuva 4-14. Rikkidioksidin SO₂ leviäminen, vuosikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



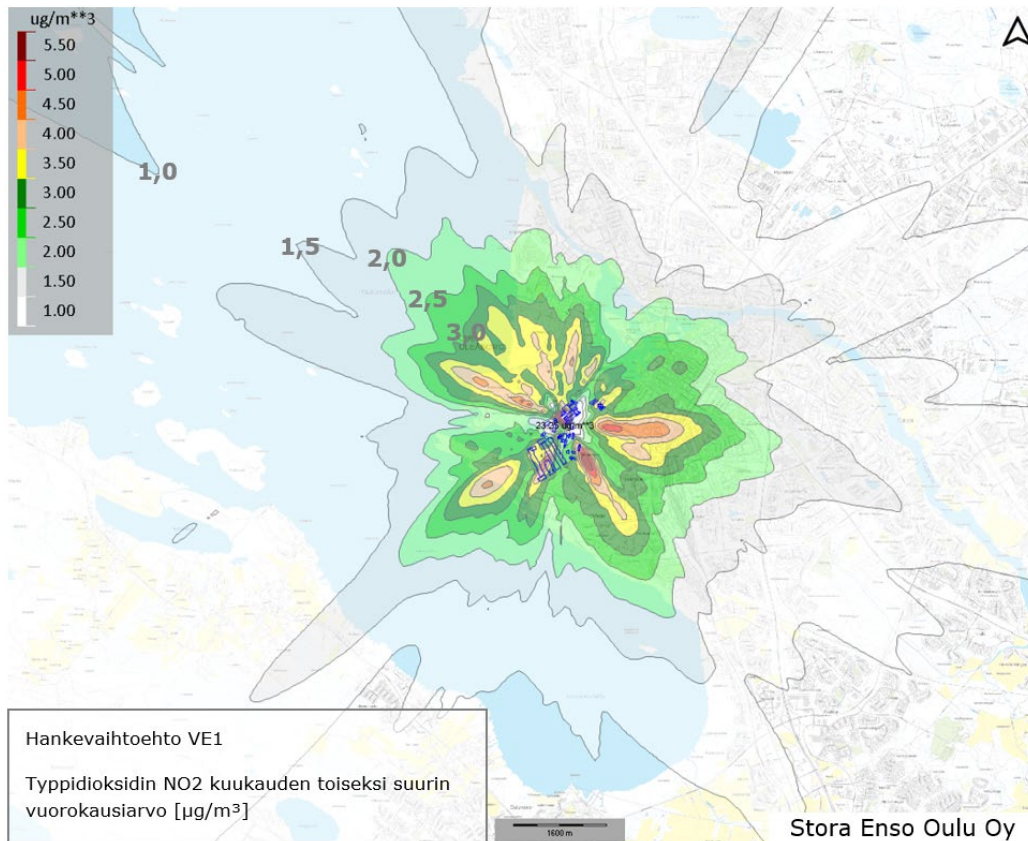
Kuva 4-15. Rikkidioksidin SO₂ mallinnettujen pitoisuuksien vertailu ohje- ja raja-arvoihin.

4.2.2 Typpidioksidi NO₂

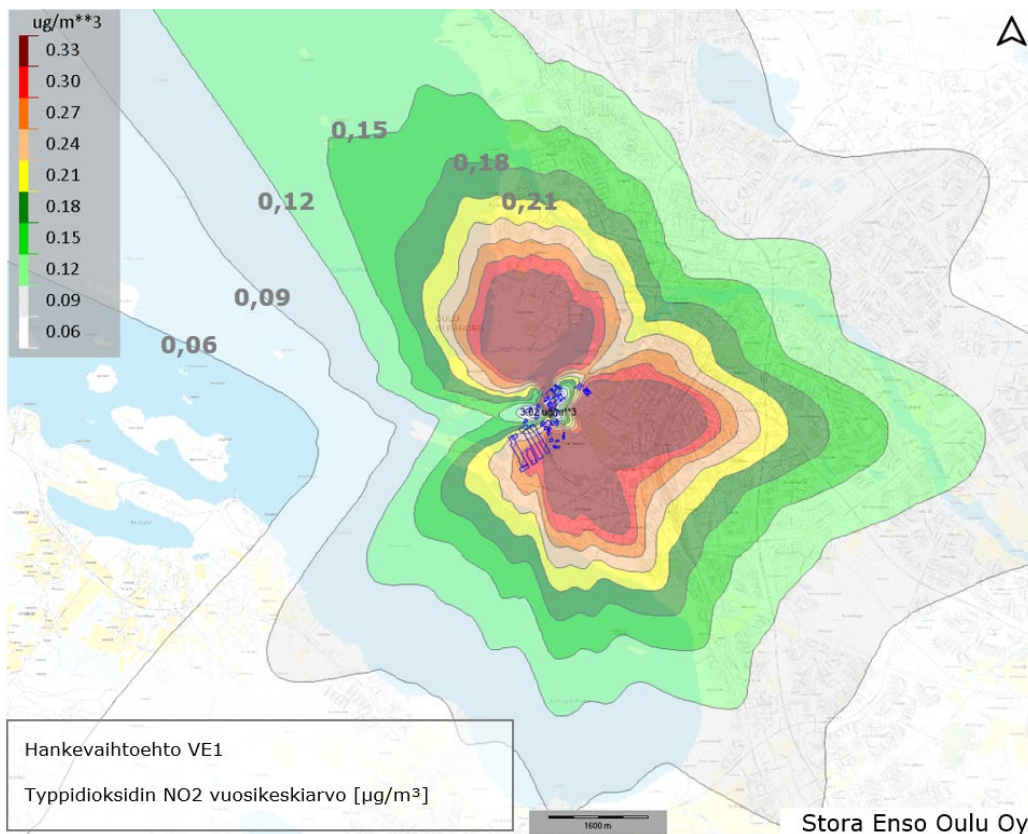
Mallinnusvaiheen VE1 typpidioksidin NO₂ leviämislaskennan tulokset on esitetty taulukkomuodossa sekä alla olevissa leviämiskartoissa. Typpidioksidin tuntikeskiarvoja verrataan tässä työssä 19. korkeimpaan tuntikeskiarvoon asetuksen 79/2017 aikamääreiden mukaisesti ja kuukauden toiseksi suurimpaan vuorokausiarvoon asetuksen 480/1996 mukaisesti. Lisäksi WHO:n ohjearvovertailu tehdään vuorokausiarvon 99.prosenttipisteen ja vuosikeskiarvon mukaisesti.

Taulukko 4-6. Typpidioksidin NO₂ korkeimmat tulokset reseptoripisteissä säävuosilta 2018-2020 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

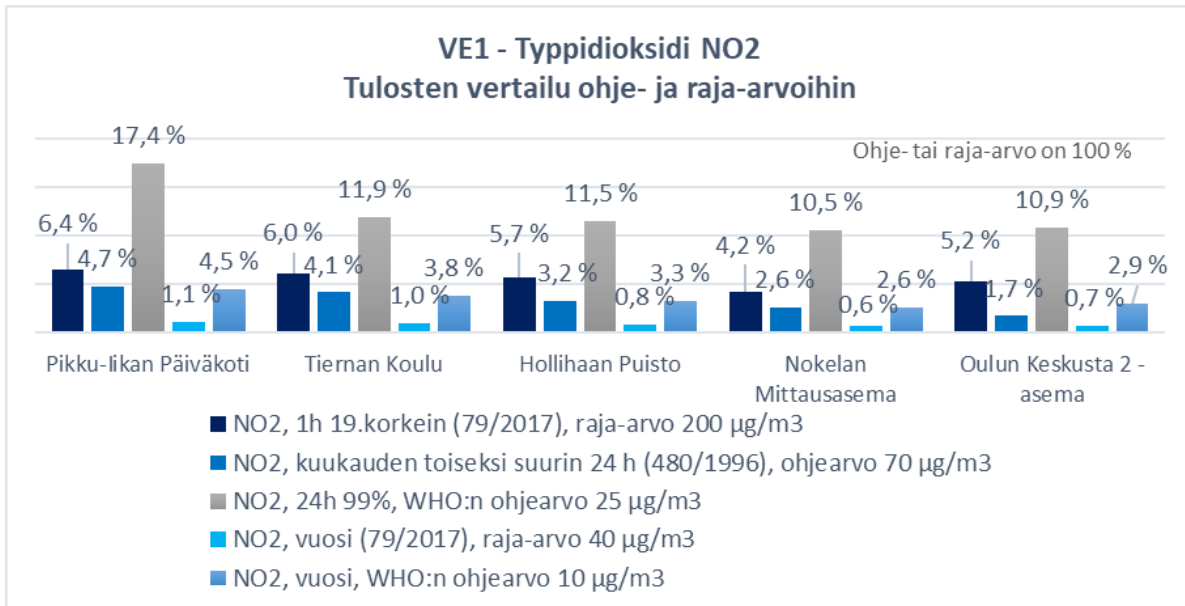
| Reseptori | 19:sta suurin tuntikeskiarvo, raja-arvo (79/2017) | Kuukauden toiseksi suurin 24 h, ohjearvo (480/1996) | Vuorokausiarvon 99.prosenttipiste (WHO 2021) | Vuosikeskiarvo (79/2017 sekä WHO 2021) |
|-----------------------------------|---|---|--|--|
| Raja-/ohjearvo | 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 40/10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| Pikku-Iikan päiväkoti | 12,90 | 4,92 | 4,36 | 0,45 |
| Tiernan koulun Heinätorin yksikkö | 12,08 | 2,92 | 2,97 | 0,38 |
| Hollihaan puisto | 11,33 | 2,48 | 2,87 | 0,33 |
| Nokelan mittausasema | 8,36 | 2,32 | 2,63 | 0,26 |
| Oulun keskusta 2 -mittausasema | 10,45 | 2,26 | 2,72 | 0,29 |



Kuva 4-16. Typpidioksidin NO₂ kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [µg/m³].



Kuva 4-17. Typpidioksidin NO₂ vuosikeskiarvo [µg/m³].



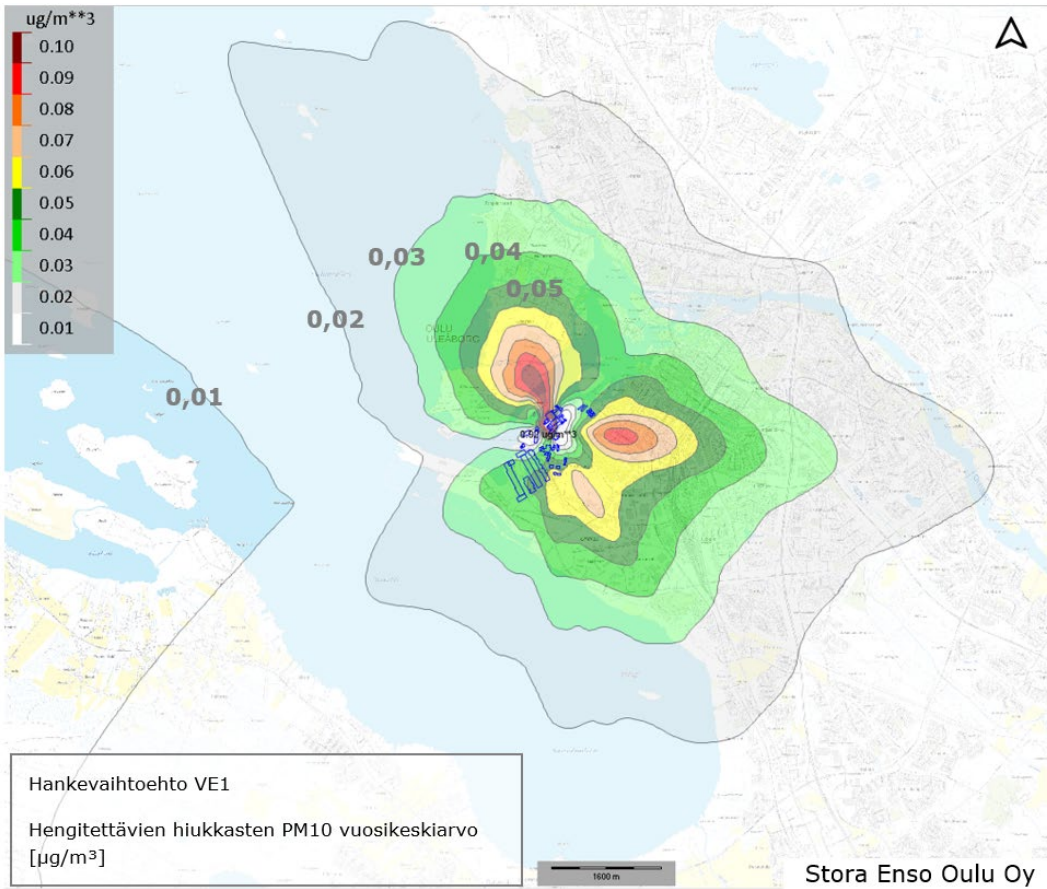
Kuva 4-18. Typpidioksidin NO₂ mallinnettujen pitoisuuksien vertailu ohje- ja raja-arvoihin.

4.2.3 Hengitettävät hiukkaset PM₁₀

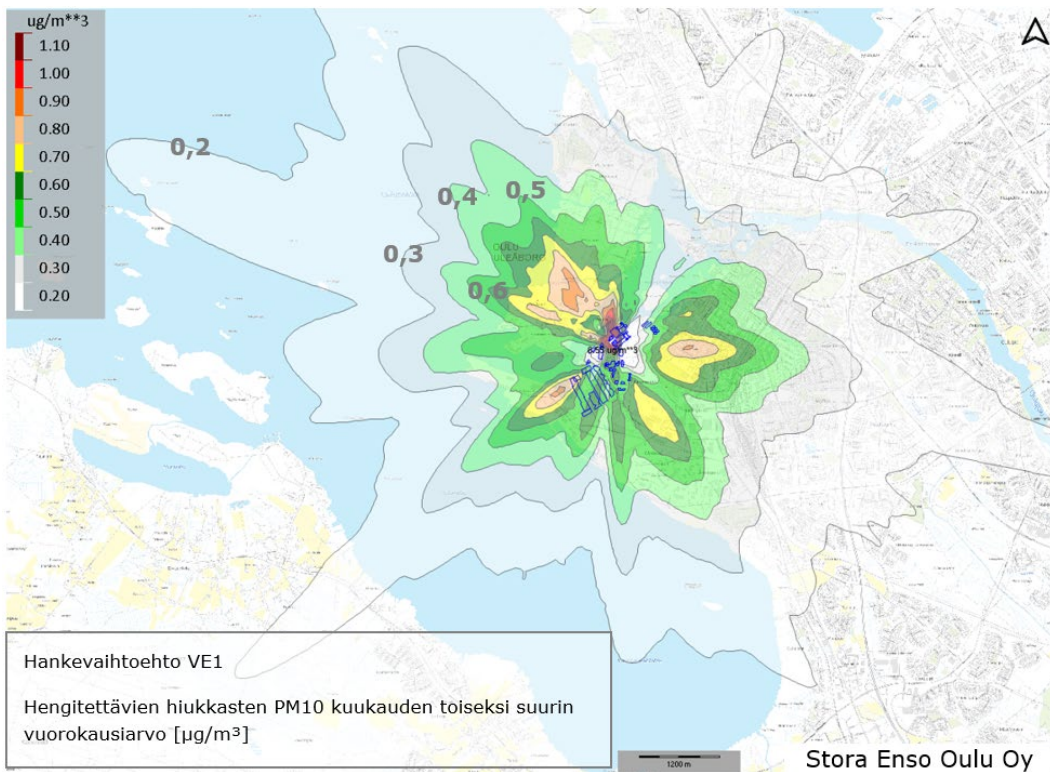
Mallinnusvaiheen VE1 hengitettävien hiukkasten PM₁₀ leviämislaskennan tulokset on esitetty taulukkomuodossa sekä alla olevissa leviämiskartoissa. PM₁₀ tuntikeskiarvoja verrataan tässä työssä vuosikeskiarvoon asetuksen 79/2017 aikamääreiden mukaisesti ja kuukauden toiseksi suurimpaan vuorokausiarvoon asetuksen 480/1996 mukaisesti. Lisäksi WHO:n ohjearvovertailu tehdään vuorokausiarvon 99.prosenttipisteen mukaan.

Taulukko 4-7. Hengitettävien hiukkasten PM₁₀ korkeimmat tulokset reseptoripisteissä säävuosilta 2018-2020 [µg/m³].

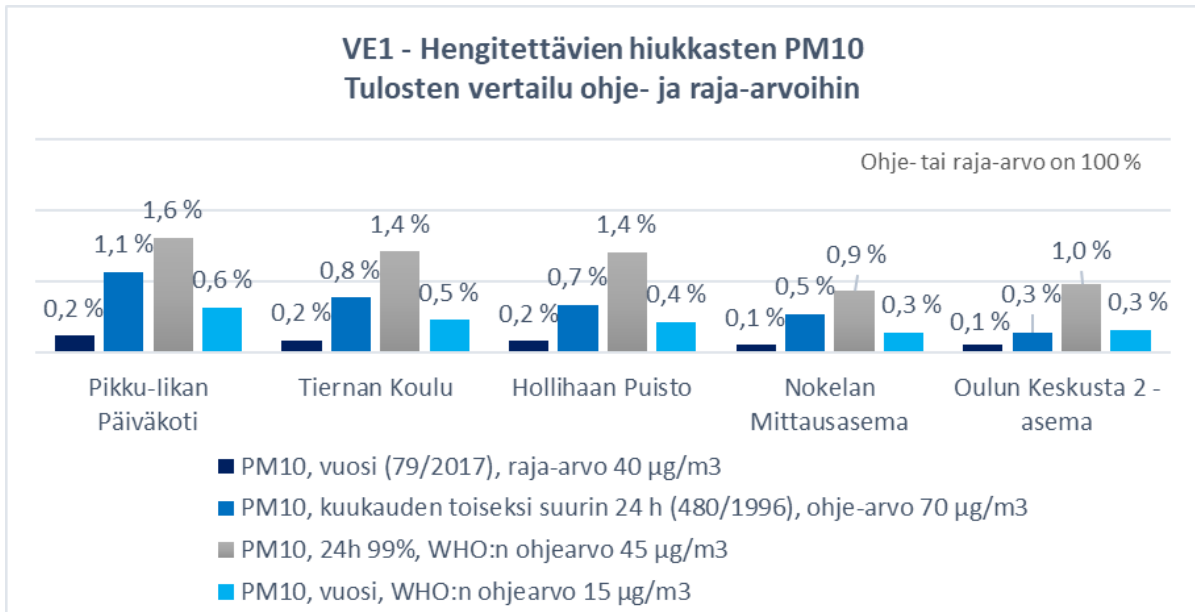
| Reseptori | Vuosi-keskiarvo, raja-arvo (79/2017) | Kuukauden toiseksi suurin 24 h, ohjearvo (480/1996) | Vuorokausiarvon 99.prosenttipiste (WHO 2021) |
|-----------------------------------|--------------------------------------|---|--|
| Raja-/ohjearvo | 40 µg/m ³ | 70 µg/m ³ | 45 µg/m ³ |
| Pikku-Iikan päiväkot | 0,09 | 0,79 | 0,73 |
| Tiernan koulun Heinätorin yksikkö | 0,07 | 0,54 | 0,64 |
| Hollihaan puisto | 0,06 | 0,47 | 0,64 |
| Nokelan mittausasema | 0,04 | 0,38 | 0,39 |
| Oulun keskusta 2 -mittausasema | 0,05 | 0,20 | 0,43 |



Kuva 4-19. Hengitettävien hiukkasten PM₁₀ vuosikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



Kuva 4-20. Hengitettävien hiukkasten PM₁₀ kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



Kuva 4-21. Hengitettävien hiukkasten PM₁₀ mallinnettujen pitoisuuksien vertailu ohje- ja raja-arvoihin.

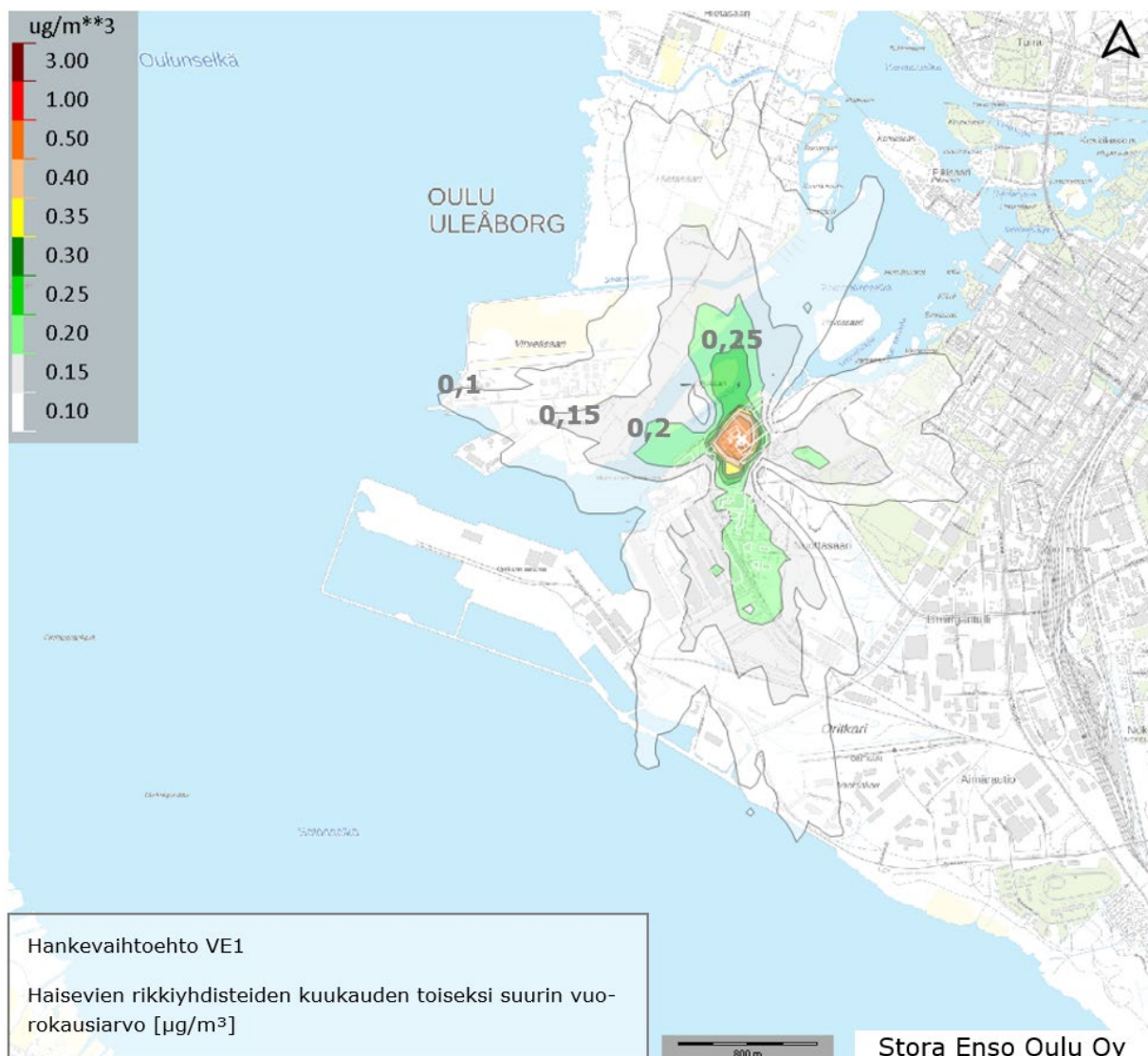
4.2.4 Haisevat rikkiyhdisteet TRS

Haiseville rikkiyhdisteille ei ole ilmoitettu raja-arvoa. Ohjearvo kuukauden toiseksi suurimmalle vuorokausiarvolle rikkinä ilmoitettuna on 10 µg/m³. TRS-yhdisteiden hajukynnykselle on määritetty vaihtelevia arvoja selvityksestä ja yhdisteestä riippuen. Matalimmillaan hajukynnykseksi on esitetty esimerkiksi metyylimerkaptaanille CH₃SH tasoa 0,24 µg/m³ ja rikkivedylle H₂S tasoa 0,2 µg/m³. Yleisimmin hajukynnyksen TRS-yhdisteille esitellään vaihtelevan välillä 0,7–1µg/m³. Hajukynnys tarkoittaa pitoisuutta, jossa haju on havaittavissa. Tässä yhteydessä hajukynnys on asetettu tasolle 0,5 µg/m³. Tunnistettavan hajun pitoisuutena TRS-yhdisteille käytetään yleisimmin tasoa 3 µg/m³ joko tuntipitoisuutena tai 30 minuutin keskiarvona. TRS-yhdisteiden vuorokausiohjearvo on 10 µg/m³ kuukauden toiseksi suurimmalle vuorokausiarvolle (asetus 480/1996).

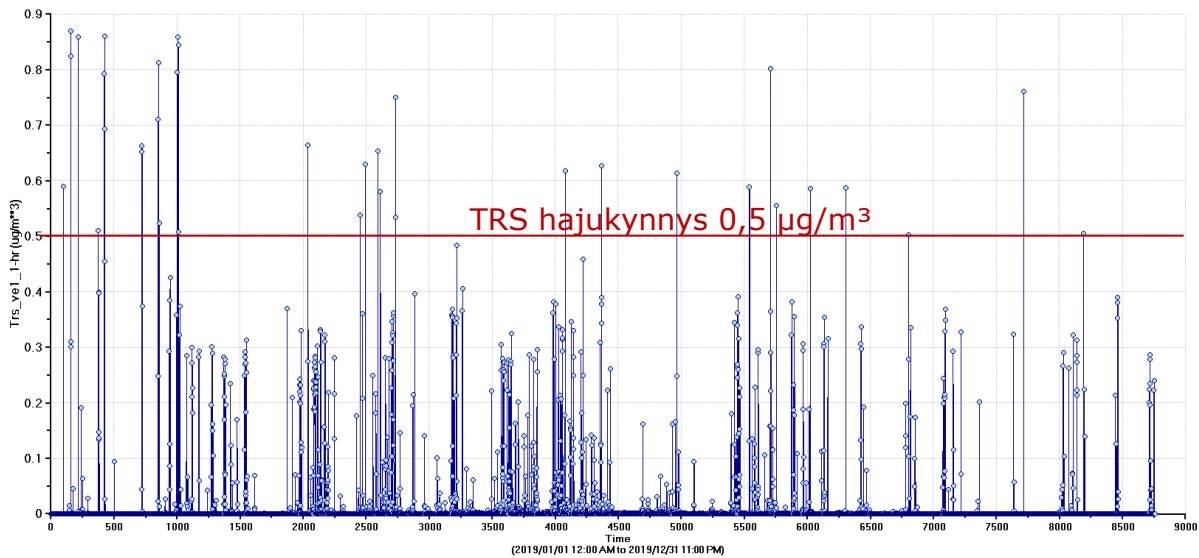
Taulukko 4-8. Haisevien rikkiyhdisteiden korkeimmat tulokset reseptoripisteissä säävuosilta 2018-2020 [µg/m³].

| Reseptori | Kuukauden toiseksi suurin 24 h, ohjearvo (480/1996) | Hajukynnyksen ylittävät tunnit (>0,5 µg/m ³) | | | Hajutunnit (2018-2020) |
|--------------------|---|--|------|------|-------------------------|
| | | 2018 | 2019 | 2020 | |
| Raja-/ohjearvo | 10 µg/m ³ | 2018 | 2019 | 2020 | > 3,0 µg/m ³ |
| Hollihaan puisto | 0,11 | 21 | 35 | 13 | 0 |
| Otto Karhin puisto | 0,06 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Kauppatori | 0,04 | 7 | 13 | 0 | 0 |

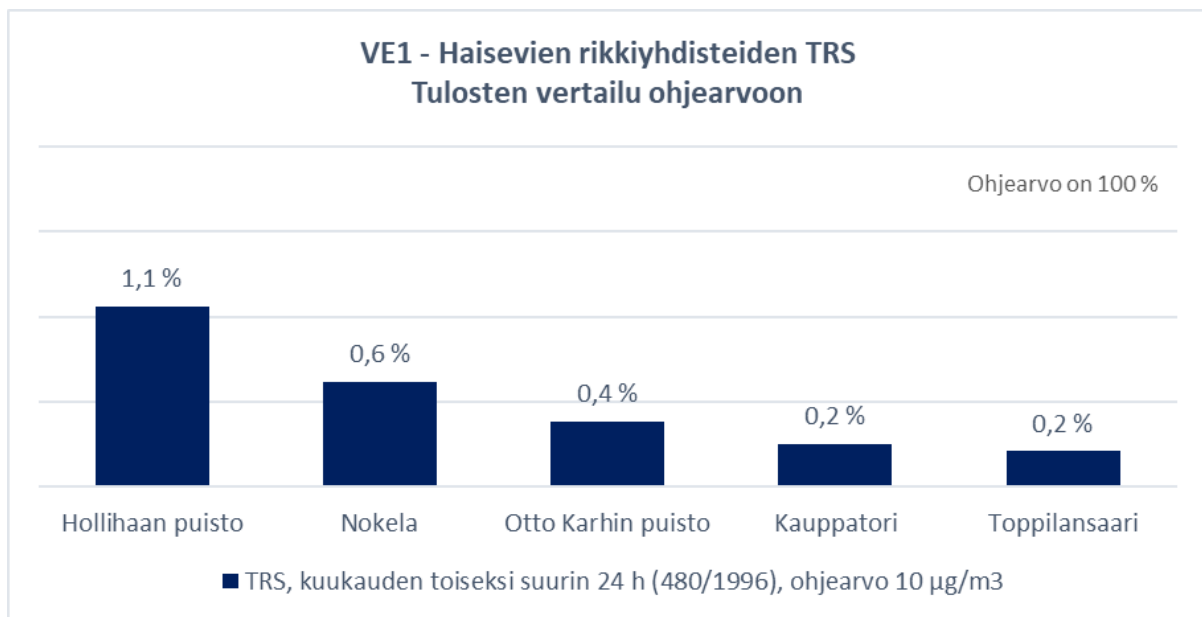
| Reseptori | Kuukauden toiseksi suurin 24 h, ohjearvo (480/1996) | Hajukynnyksen ylittävät tunnit (>0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) | | | Hajutunnit (2018-2020) |
|----------------------|---|---|------|------|--------------------------------|
| | | 2018 | 2019 | 2020 | |
| Raja-/ohjearvo | 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | | | | > 3,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| Toppilansaari | 0,02 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Nokelan mittausasema | 0,02 | 0 | 2 | 0 | 0 |



Kuva 4-22. Haisevien rikkiyhdisteiden kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



Kuva 4-23. Esimerkkikuva haisevien rikkiyhdisteiden TRS pitoisuuksista aikasarjana vuoden 2019 säätilanteessa Hollihaan puiston laskentapisteessä [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. Punainen viiva on hajukynnys $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, jonka ylittävät arvot lasketaan hajukynnystunneiksi. Vaaka-akselilla on vuoden tunnit.



Kuva 4-24. Haisevien rikkiyhdisteiden mallinnettujen pitoisuuksien vertailu ohjearvoon.

4.3 Hankevaihtoehdon VE2 laskentatulokset

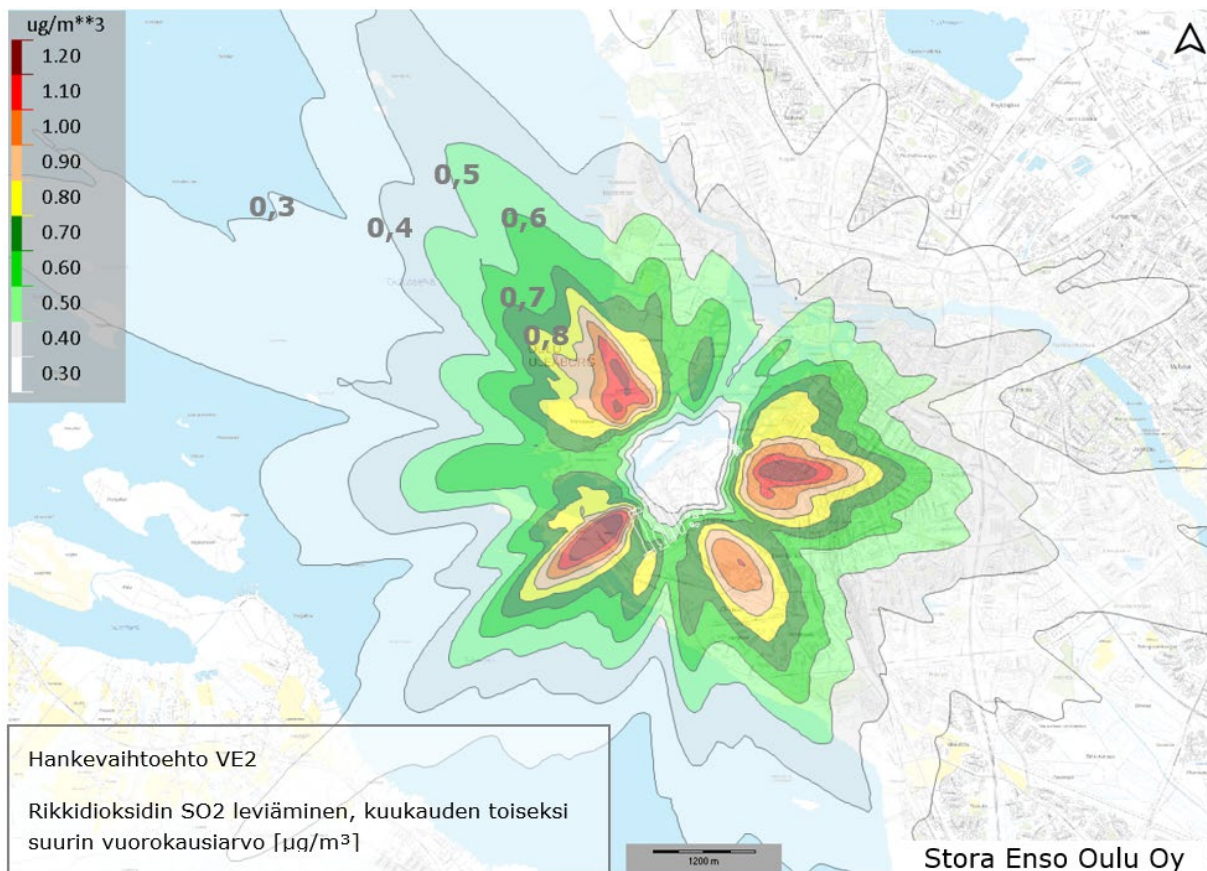
4.3.1 Rikkidioksidi SO₂

Mallinnusvaiheen VE2 rikkidioksidin SO₂ leviämislaskennan tulokset on esitetty taulukkomuodossa sekä alla olevissa leviämiskartoissa. Rikkidioksidin tuntikeskiarvoja verrataan tässä työssä 25. korkeimpaan tuntikeskiarvoon asetuksen 79/2017 aikamääreiden mukaisesti ja kuukauden toiseksi suurimpaan vuorokausiarvoon asetuksen 480/1996 mukaisesti. Lisäksi WHO:n ohjearvovertilu tehdään

vuorokausiarvon 99.prosenttipisteen mukaan. Rikkidioksidille ei ole ilmanlaadun asetuksissa määritelty vuotuista ohje-/raja-arvoa ja siksi sitä ei tässä myöskään esitetä vertailuarvon puuttuessa.

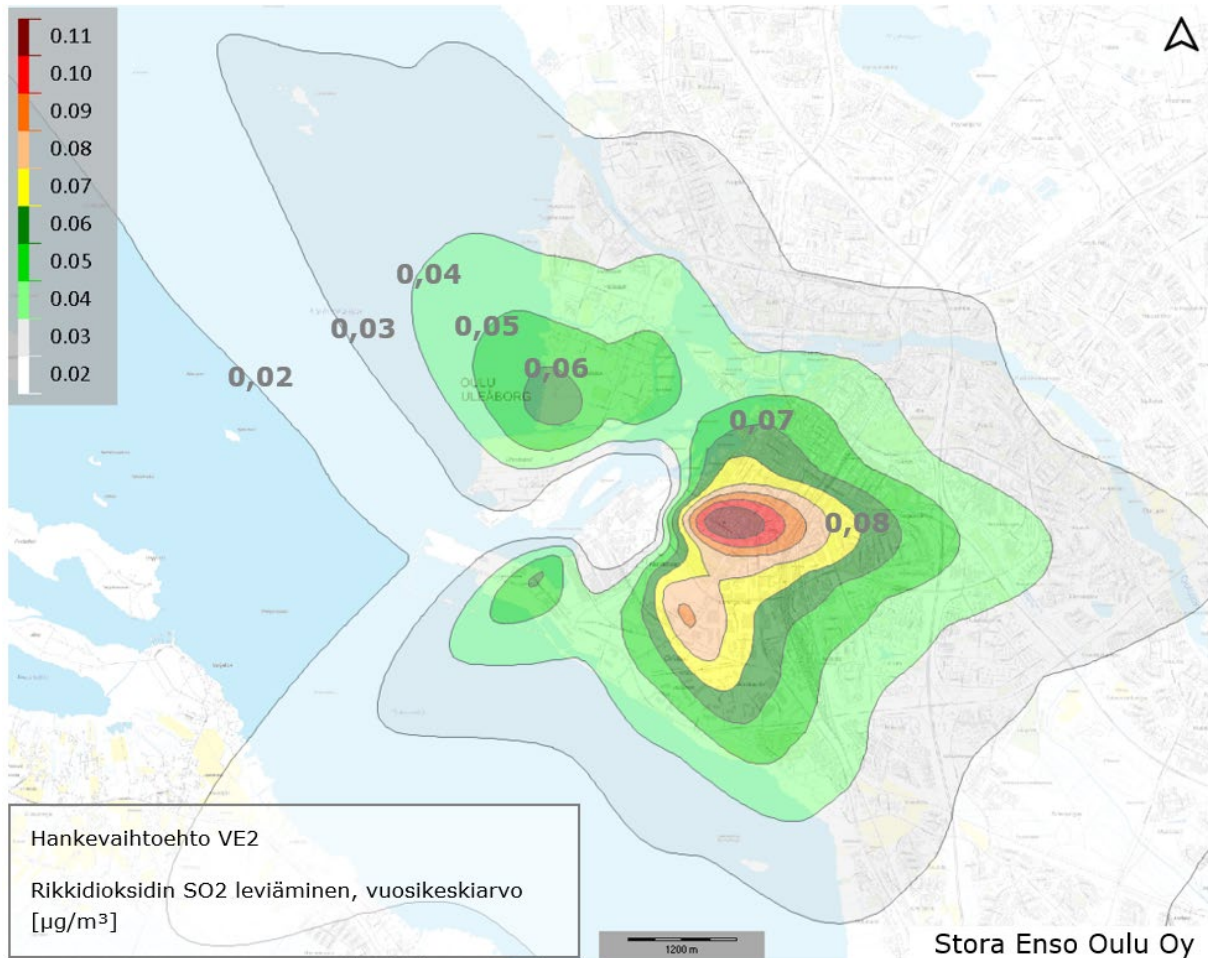
Taulukko 4-9. Rikkidioksidin SO₂ korkeimmat tulokset reseptoripisteissä säävuosilta 2018-2020 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

| Reseptori | 25:ksi suurin tuntikeskiarvo. raja-arvo (79/2017) | Kuukauden toiseksi suurin 24 h, ohje-arvo (480/1996) | Vuorokausiarvon 99.prosenttipiste (WHO 2021) |
|-----------------------------------|---|--|--|
| Raja-/ohje-arvo | 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| Pikku-Iikan päiväkoti | 3,51 | 1,17 | 0,94 |
| Tiernan koulun Heinätorin yksikkö | 2,93 | 0,99 | 0,91 |
| Hollihaan puisto | 3,18 | 1,07 | 0,85 |
| Nokelan mittausasema | 1,92 | 0,58 | 0,53 |
| Oulun keskusta 2 -mittausasema | 2,35 | 0,67 | 0,59 |

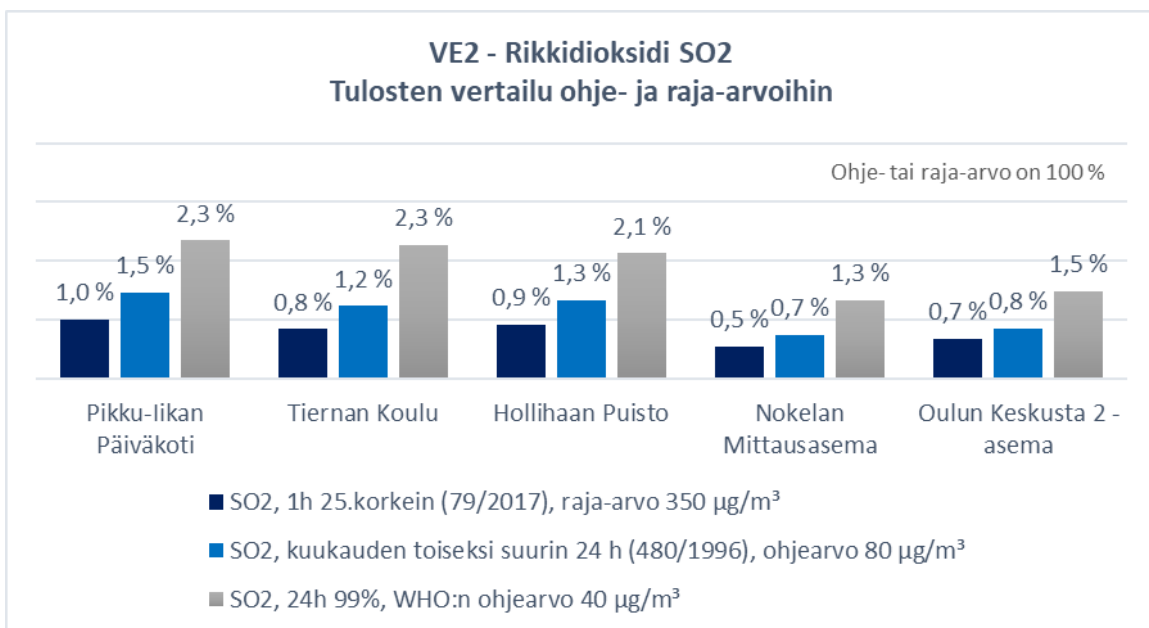


Kuva 4-25. Rikkidioksidin SO₂ leviäminen, kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Näiden lisäksi on arvioitu leviämiskartalla tilanne kasvillisuusvaikutusten ehkäisemiseksi vuosikeskiarvon aikamääreellä, jonka ohjearvo on $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Kuva 4-26. Rikkidioksidin SO₂ leviäminen, vuosikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



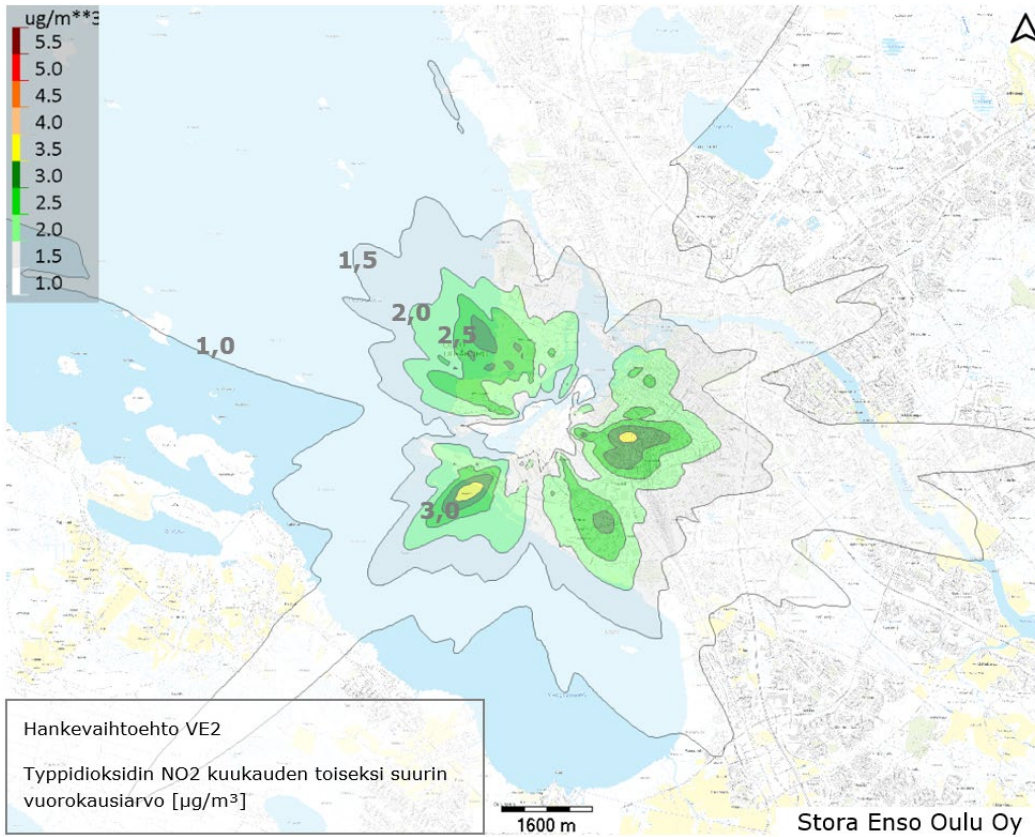
Kuva 4-27. Rikkidioksidin SO₂ mallinnettujen pitoisuuksien vertailu ohje- ja raja-arvoihin.

4.3.2 Typpidioksidi NO₂

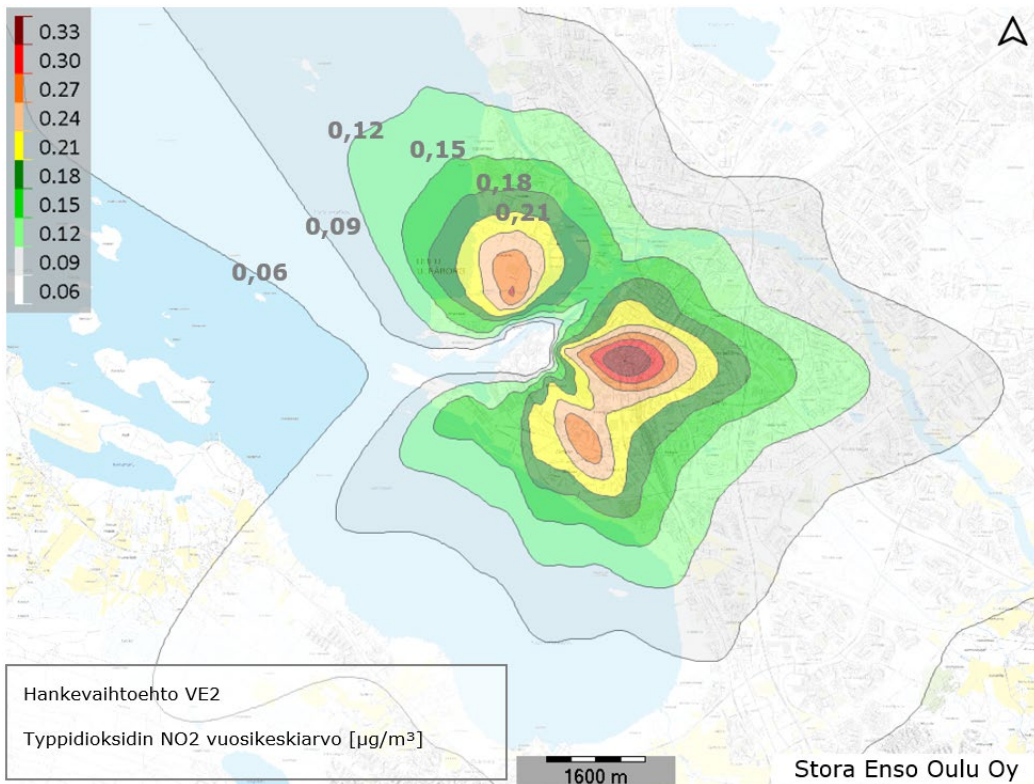
Mallinnusvaiheen VE2 typpidioksidin NO₂ leviämislaskennan tulokset on esitetty taulukkomuodossa sekä alla olevissa leviämiskartoissa. Typpidioksidin tuntikeskiarvoja verrataan tässä työssä 19:sta korkeimpaan tuntikeskiarvoon asetuksen 79/2017 aikamääreiden mukaisesti ja kuukauden toiseksi suurimpaan vuorokausiarvoon asetuksen 480/1996 mukaisesti. Lisäksi WHO:n ohjearvovertailu tehdään vuorokausiarvon 99.prosenttipisteen ja vuosikeskiarvon mukaisesti.

Taulukko 4-10. Typpidioksidin NO₂ korkeimmat tulokset reseptoripisteissä säävuosilta 2018-2020 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

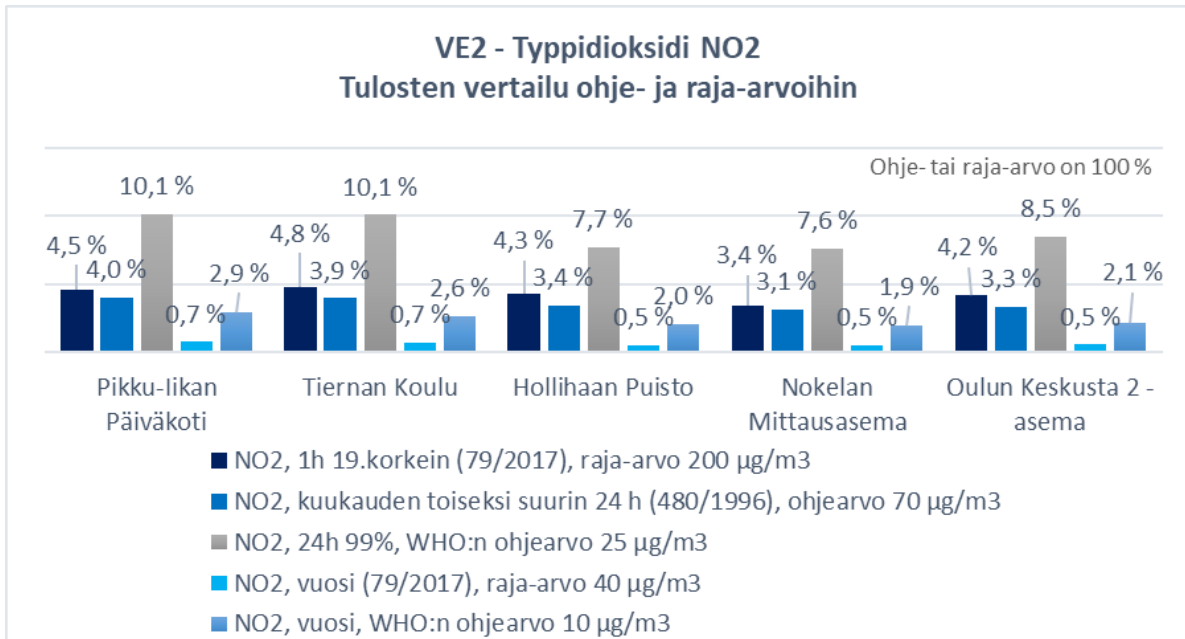
| Reseptori | 19:sta suurin tuntikeskiarvo, raja-arvo (79/2017) | Kuukauden toiseksi suurin 24 h, ohjearvo (480/1996) | Vuorokausiarvon 99.prosenttipiste (WHO 2021) | Vuosikeskiarvo (79/2017 sekä WHO 2021) |
|-----------------------------------|---|---|--|--|
| Raja-/ohjearvo | 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 40/10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| Pikku-Iikan päiväkoti | 9,05 | 2,79 | 2,52 | 0,29 |
| Tiernan koulun Heinätorin yksikkö | 9,56 | 2,76 | 2,52 | 0,26 |
| Hollihaan puisto | 8,52 | 2,39 | 1,92 | 0,20 |
| Nokelan mittausasema | 6,77 | 2,16 | 1,89 | 0,19 |
| Oulun keskusta 2 -mittausasema | 8,39 | 2,30 | 2,13 | 0,21 |



Kuva 4-28. Typpidioksidin NO₂ kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



Kuva 4-29. Typpidioksidin NO₂ vuosikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



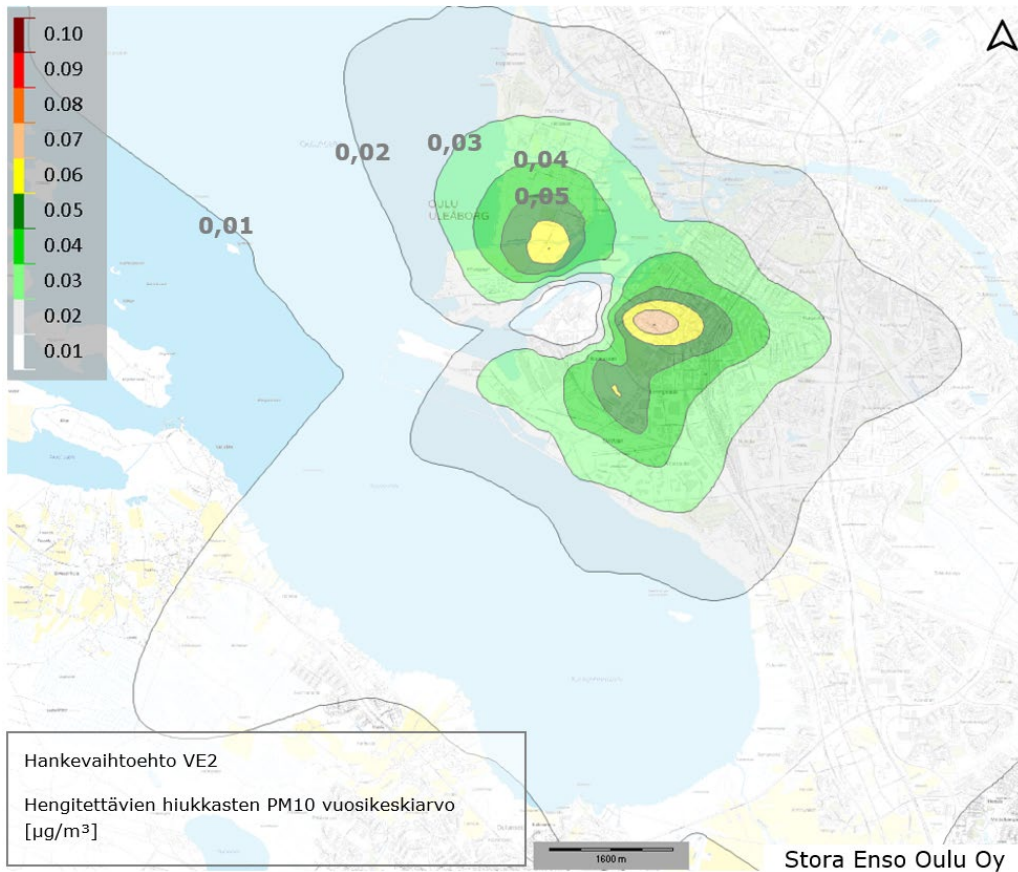
Kuva 4-30. Typpidioksidin NO₂ mallinnettujen pitoisuuksien vertailu ohje- ja raja-arvoihin.

4.3.3 Hengitettävät hiukkaset PM₁₀

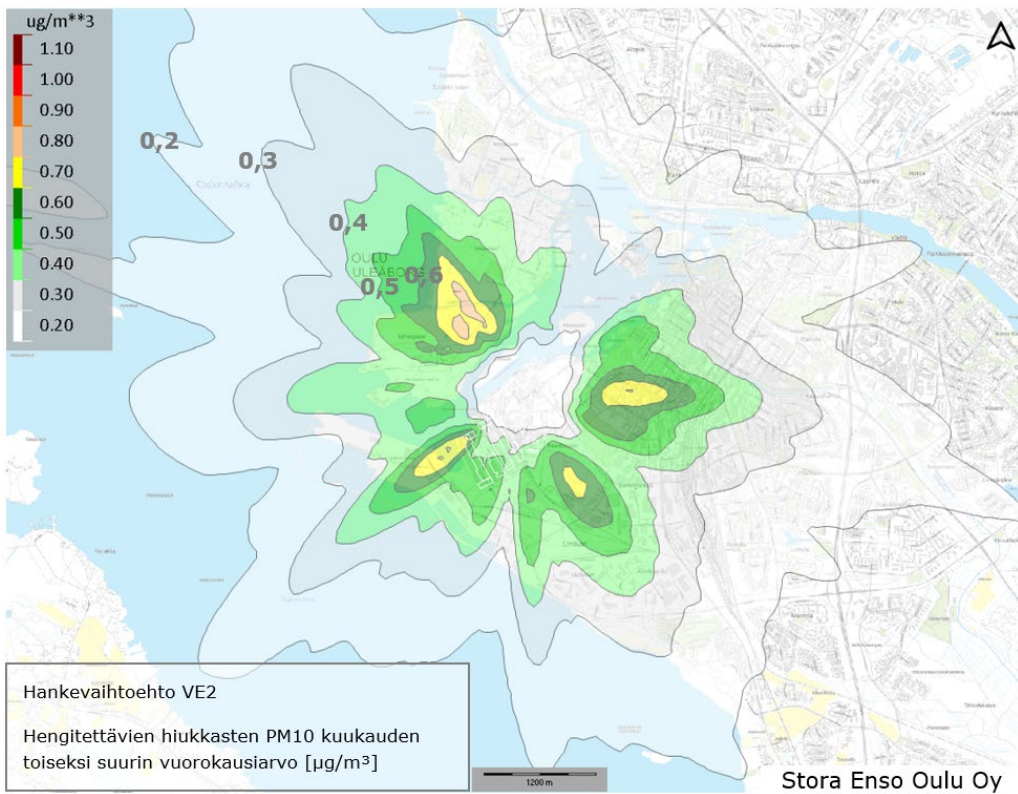
Mallinnusvaiheen VE2 hengitettävien hiukkasten PM₁₀ leviämislaskennan tulokset on esitetty taulukkomuodossa sekä alla olevissa leviämiskartoissa. PM₁₀ tuntikeskiarvoja verrataan tässä työssä vuosikeskiarvoon asetuksen 79/2017 aikamääreiden mukaisesti ja kuukauden toiseksi suurimpaan vuorokausiarvoon asetuksen 480/1996 mukaisesti. Lisäksi WHO:n ohjearvovertailu tehdään vuorokausiarvon 99.prosenttipisteen mukaan.

Taulukko 4-11. Hengitettävien hiukkasten PM₁₀ korkeimmat tulokset reseptoripisteissä säävuosilta 2018-2020 [µg/m³].

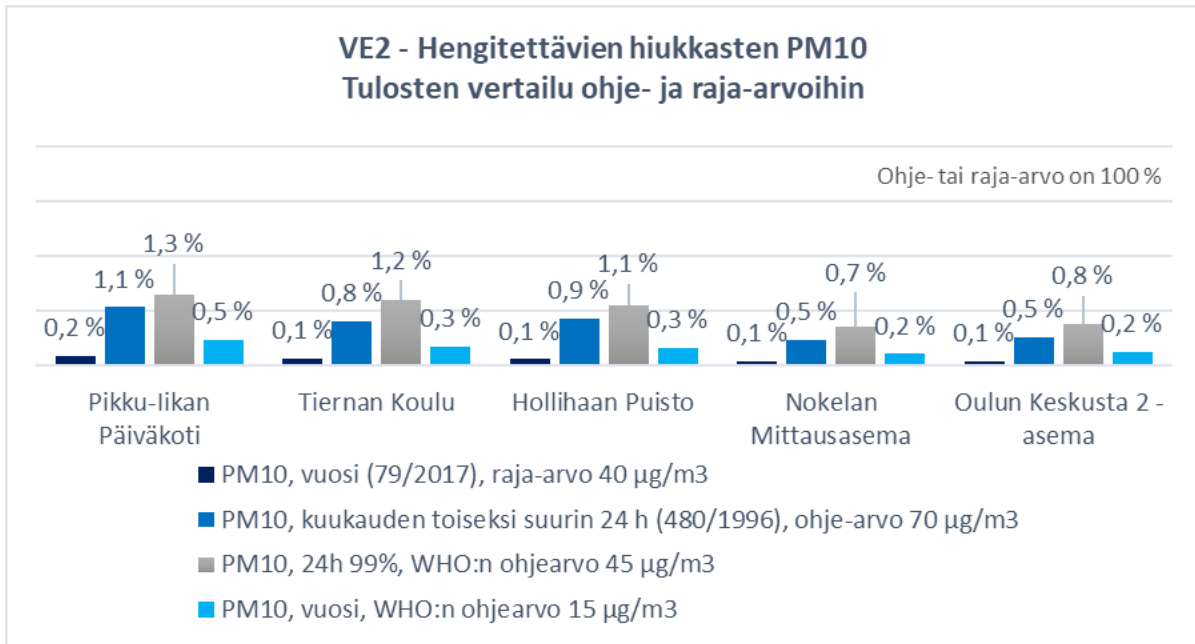
| Reseptori | Vuosi-keskiarvo, raja-arvo (79/2017) | Kuukauden toiseksi suurin 24 h, ohjearvo (480/1996) | Vuorokausiarvon 99.prosenttipiste (WHO 2021) |
|-----------------------------------|--------------------------------------|---|--|
| Raja-/ohjearvo | 40 µg/m ³ | 70 µg/m ³ | 45 µg/m ³ |
| Pikku-Iikan päiväkoti | 0,07 | 0,75 | 0,59 |
| Tiernan koulun Heinätorin yksikkö | 0,05 | 0,57 | 0,54 |
| Hollihaan puisto | 0,05 | 0,61 | 0,49 |
| Nokelan mittausasema | 0,03 | 0,34 | 0,32 |
| Oulun keskusta 2 -mittausasema | 0,04 | 0,37 | 0,34 |



Kuva 4-31. Hengitettävien hiukkasten PM₁₀ vuosikeskiarvo [µg/m³].



Kuva 4-32. Hengitettävien hiukkasten PM₁₀ kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [µg/m³].



Kuva 4-33. Hengitettävien hiukkasten PM₁₀ mallinnettujen pitoisuuksien vertailu ohje- ja raja-arvoihin.

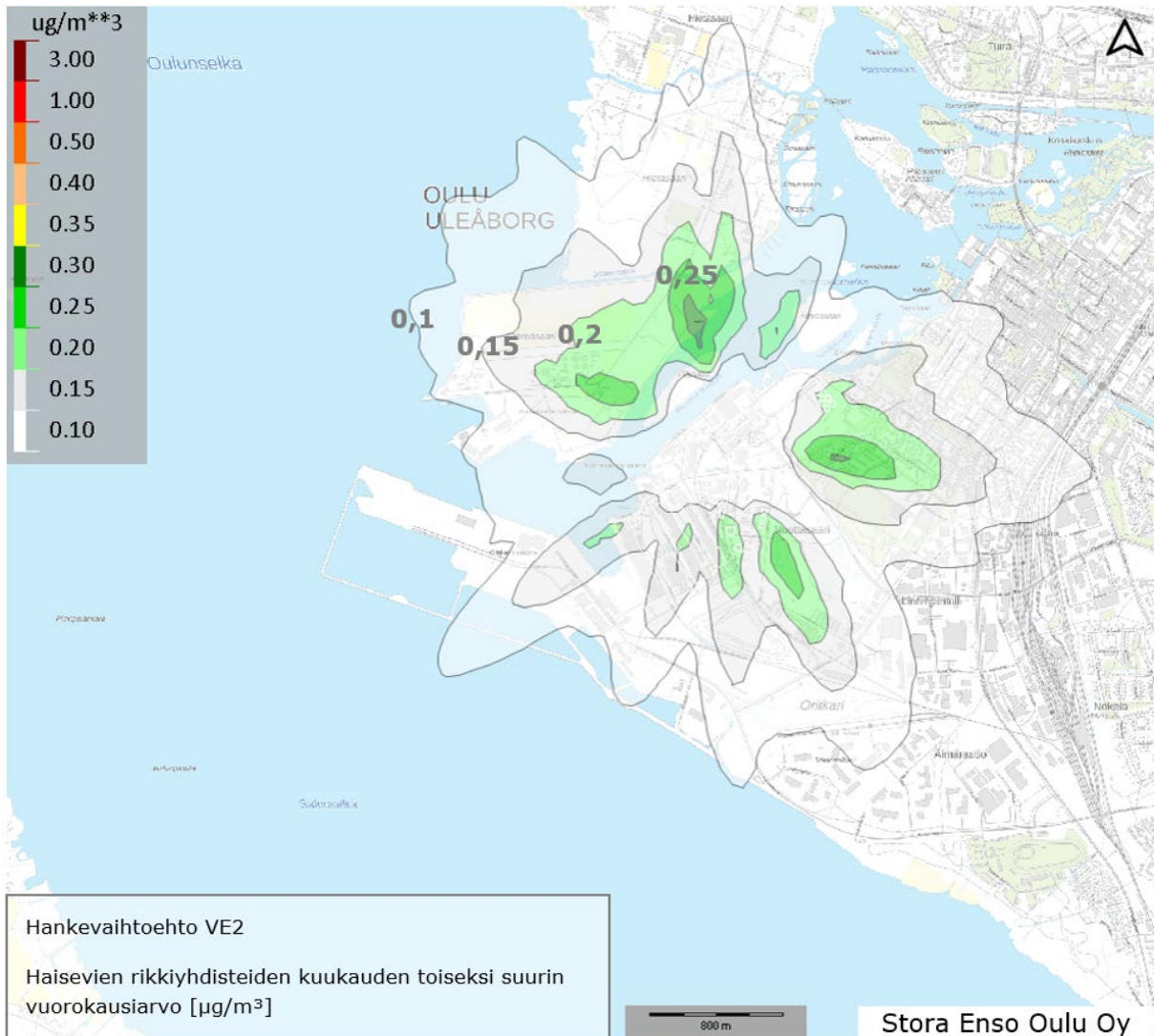
4.3.4 Haisevat rikkiyhdisteet TRS

Haiseville rikkiyhdisteille ei ole ilmoitettu raja-arvoa. Ohje-arvo kuukauden toiseksi suurimmalle vuorokausiarvolle rikkinä ilmoitettuna on 10 µg/m³. TRS-yhdisteiden hajukynnykselle on määritetty vaihtelevia arvoja selvityksestä ja yhdisteestä riippuen. Matalimmillaan hajukynnykseksi on esitetty esimerkiksi metyyliimerkaptaanille CH₃SH tasoa 0,24 µg/m³ ja rikkivedylle H₂S tasoa 0,2 µg/m³. Yleisimmin hajukynnyksen TRS-yhdisteille esitellään vaihtelevan välillä 0,7–1µg/m³. Hajukynnys tarkoittaa pitoisuutta, jossa haju on havaittavissa. Tässä yhteydessä hajukynnys on asetettu tasolle 0,5 µg/m³. Tunnistettavan hajun pitoisuutena TRS-yhdisteille käytetään yleisimmin tasoa 3 µg/m³ joko tuntipitoisuutena tai 30 minuutin keskiarvona. TRS-yhdisteiden vuorokausiohje-arvo on 10 µg/m³ kuukauden toiseksi suurimmalle vuorokausiarvolle (asetus 480/1996).

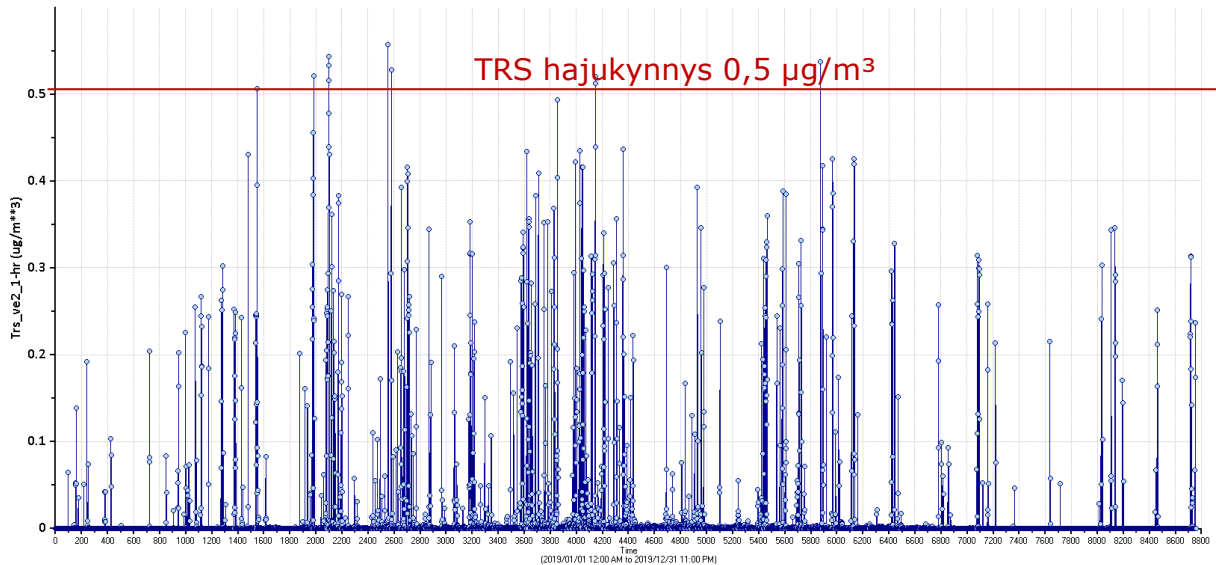
Taulukko 4-12. Haisevien rikkiyhdisteiden korkeimmat tulokset reseptoripisteissä säävuosilta 2018-2020 [µg/m³].

| Reseptori | Kuukauden toiseksi suurin 24 h, ohje-arvo (480/1996) | Hajukynnyksen ylittävät tunnit (>0,5 µg/m ³) | | | Hajutunnit (2018-2020) |
|--------------------|--|--|------|------|-------------------------|
| | | 2018 | 2019 | 2020 | |
| Raja-/ohje-arvo | 10 µg/m ³ | 2018 | 2019 | 2020 | > 3,0 µg/m ³ |
| Hollihaan puisto | 0,16 | 1 | 10 | 1 | 0 |
| Otto Karhin puisto | 0,07 | 1 | 1 | 1 | 0 |

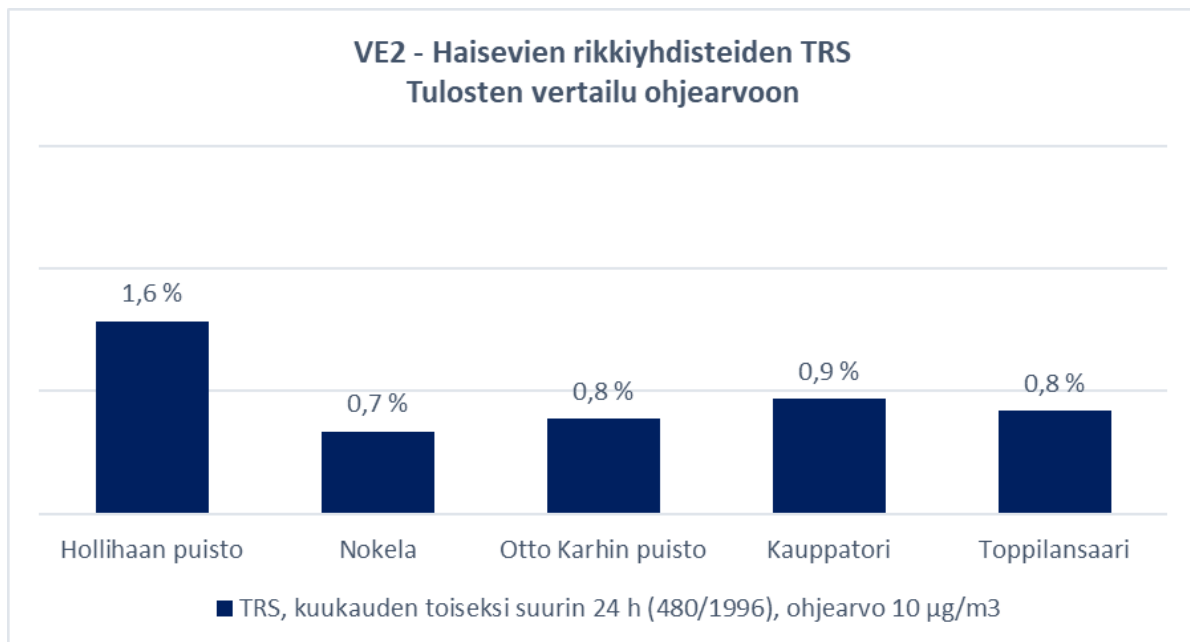
| Reseptori | Kuukauden toiseksi suurin 24 h, ohjearvo (480/1996) | Hajukynnyksen ylittävät tunnit (>0,5 µg/m ³) | | | Hajutunnit (2018-2020) |
|----------------------|---|--|------|------|-------------------------|
| | | 2018 | 2019 | 2020 | |
| Raja-/ohjearvo | 10 µg/m ³ | | | | > 3,0 µg/m ³ |
| Kauppatori | 0,08 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Toppilansaari | 0,09 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Nokelan mittausasema | 0,08 | 0 | 0 | 0 | 0 |



Kuva 4-34. Haisevien rikkiyhdisteiden kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [µg/m³].



Kuva 4-35. Esimerkkikuva haisevien rikkiyhdisteiden TRS pitoisuuksista aikasarjana vuoden 2019 säätilanteessa Hollihaan puiston laskentapisteessä [µg/m³] hankevaihtoehdossa VE2. Punainen viiva on hajukynnys 0,5 µg/m³, jonka ylittävät arvot lasketaan hajukynnystunneiksi. Vaaka-akselilla on vuoden tunnit.



Kuva 4-36. Haisevien rikkiyhdisteiden mallinnettujen pitoisuuksien vertailu ohjearvoon.

4.4 Yhteenveto päästömallinnustuloksista

Päästömallinnustulokset osoittavat, että kaikissa hankevaihtoehdoissa VE0-VE2 jäädyään merkittävästi alle ohje-/raja-arvojen kaikissa valituissa laskentapisteissä sekä aluejakaumissa. Alla on lueteltu tulosten vertailu ohje-/raja-arvoihin. Suurimmat mallinnetut arvot saatiin Pikku-Iikan päiväkodin laskentapisteessä

(päästölähteet SO₂, NO₂, PM₁₀) sekä haisevien rikkiyhdisteiden (TRS) osalta Hollihaan puiston laskentapisteessä.

- Rikkidioksidipäästöjen SO₂ suurimmat konsentraationarvot maanpinnalla hankevaihtoehdossa VE2 ovat alle 3 % WHO:n vuorokauden 99.prosenttipisteestä.
- Typpidioksidipäästöjen NO₂ suurimmat konsentraatioarvot maanpinnalla hankevaihtoehdossa VE1 ovat alle 5% asetuksen 480/1996 vuorokausiohjearvosta ja alle 18% WHO:n vuorokauden 99.prosenttipisteestä.
- Hengitettävien pienhiukkasten PM₁₀ suurimmat konsentraatioarvot maanpinnalla hankevaihtoehdossa VE1 ovat alle 2% WHO:n vuorokauden 99.prosenttipisteestä.
- Haisevien rikkiyhdisteiden TRS suurimmat konsentraatioarvot maanpinnalla hankevaihtoehdossa VE2 ovat alle 2% asetuksen 480/1996 ohjearvosta.

4.5 Hankevaihtoehtojen vertailu

Hankevaihtoehtojen tuottamia laskentatuloksia on vertailu kolmen säävuoden suurimpien tulosten osalta eri reseptoripisteissä. Tulos on ilmoitettu tuloksen kasvuprosenttina hankevaihtoehdosta VE0 => VE1, VE0 => VE2 sekä VE1 => VE2.

4.5.1 Rikkidioksidi SO₂

Mallinnuksen perusteella hankevaihtoehdossa VE1 rikkidioksidin maanpinnan konsentraatio vähenee suhteessa hankevaihtoehtoon VE0 ja VE2. Rikkidioksidin osuus pienimpään ohjearvoon (WHO 2021, 40 µg/m³) on vain noin 1,7% hankevaihtoehdossa VE1.

Taulukko 4-13. Rikkidioksidimäärän SO_{2:n} kasvu tai väheneminen nykytilasta VE0 => VE1.

| Reseptori | 25:ksi suurin tuntikeskiarvo (79/2017) | Kuukauden toiseksi suurin 24 h, ohjearvo (480/1996) | Vuorokausiarvon 99.prosenttipiste (WHO 2021) |
|-----------------------------------|--|---|--|
| Pikku-Iikan päiväkoti | -26 % | -21 % | -17 % |
| Tiernan koulun Heinätorin yksikkö | -30 % | -58 % | -33 % |
| Hollihaan puisto | -41 % | -55 % | -35 % |
| Nokelan mittausasema | -35 % | -49 % | -27 % |
| Oulun keskusta 2 -mittausasema | -32 % | -38 % | -28 % |

Mallinnuksen perusteella hankevaihtoehdosta VE0 => VE2 rikkidioksidin maanpinnan konsentraatio kasvaa.

Taulukko 4-14. Rikkidioksidimäärän SO₂ kasvu tai väheneminen nykytilasta VE0 => VE2.

| Reseptori | 25:ksi suurin tuntikeskiarvo (79/2017) | Kuukauden toiseksi suurin 24 h, ohjearvo (480/1996) | Vuorokausiarvon 99.prosenttipiste (WHO 2021) |
|-----------------------------------|--|---|--|
| Pikku-Iikan päiväkoti | 33% | 32% | 13% |
| Tiernan koulun Heinätorin yksikkö | 39% | 24% | 37% |
| Hollihaan puisto | 19% | 74% | 23% |
| Nokelan mittausasema | 43% | 33% | 41% |
| Oulun keskusta 2 -mittausasema | 41% | 91% | 42% |

4.5.2 Typpidioksidi NO₂

Mallinnuksen perusteella hankevaihtoehdossa VE1 typpidioksidin maanpinnan konsentraatio pääsääntöisesti kasvaa suhteessa hankevaihtoehtoon VE0 ja VE2. Nokelan ja Oulun keskusta 2 -mittausasemilla konsentraation vähenee, kun tarkastellaan vuorokausitason arvoja. Suurin typpidioksidin osuus suhteessa ohjearvoihin (asetus 480/1996, 70 µg/m³) on noin alle 5% hankevaihtoehdossa VE1.

Taulukko 4-15. Typpidioksidimäärän NO₂ kasvu tai väheneminen nykytilasta VE0 => VE1.

| Reseptori | 19:sta suurin tuntikeskiarvo (79/2017) | Kuukauden toiseksi suurin 24h, ohjearvo (480/1996) | Vuorokausiarvon 99.prosenttipiste (WHO 2021) | Vuosi-keskiarvo (79/2017 sekä WHO 2021) |
|-----------------------------------|--|--|--|---|
| Pikku-Iikan päiväkoti | 36 % | 6 % | 56 % | 37 % |
| Tiernan koulun Heinätorin yksikkö | 41 % | 19 % | 23 % | 37 % |
| Hollihaan puisto | 29 % | 15 % | 35 % | 29 % |
| Nokelan mittausasema | 50 % | -4 % | 64 % | 58 % |
| Oulun keskusta 2 -mittausasema | 50 % | -20 % | 51 % | 47 % |

Mallinnuksen perusteella hankevaihtoehdosta VE0 => VE2 typpidioksidin maanpinnan konsentraatio sekä vähenee että kasvaa riippuen reseptoripisteestä.

Taulukko 4-16. Typpidioksidimäärän NO₂ kasvu tai väheneminen nykytilasta VE0 => VE2.

| Reseptori | 19:sta suurin tuntikeskiarvo (79/2017) | Kuukauden toiseksi suurin 24 h, ohjearvo (480/1996) | Vuorokausiarvon 99.prosenttipiste (WHO 2021) | Vuosi-keskiarvo (79/2017 sekä WHO 2021) |
|-----------------------------------|--|---|--|---|
| Pikku-Iikan päiväkoti | -4% | -11% | -9% | -10% |
| Tiernan koulun Heinätorin yksikkö | 12% | 14% | 4% | -5% |
| Hollihaan puisto | -3% | 22% | -10% | -20% |
| Nokelan mittausasema | 22% | 15% | 18% | 20% |
| Oulun keskusta 2 -mittausasema | 21% | 53% | 18% | 8% |

4.5.3 Hengitettävät hiukkaset PM₁₀

Mallinnuksen perusteella hankevaihtoehdossa VE1 hengitettävien hiukkasten PM₁₀ maanpinnan konsentraatio kasvaa suhteessa hankevaihtoehtoihin VE0 ja VE2. Suurin PM₁₀ osuus suhteessa ohjearvoihin (WHO 2021, 45 µg/m³) on vain noin 1,6% hankevaihtoehdossa VE1.

Taulukko 4-17. Hengitettävien hiukkasten PM₁₀ kasvu tai väheneminen nykytilasta VE0 => VE1.

| Reseptori | Vuosi-keskiarvo (79/2017) | Kuukauden toiseksi suurin 24 h, ohjearvo (480/1996) | Vuorokausiarvon 99.prosenttipiste (WHO 2021) |
|-----------------------------------|---------------------------|---|--|
| Pikku-Iikan päiväkoti | 64 % | 56 % | 22 % |
| Tiernan koulun Heinätorin yksikkö | 63 % | 28 % | 22 % |
| Hollihaan puisto | 61 % | 29 % | 21 % |
| Nokelan mittausasema | 61 % | 29 % | 10 % |
| Oulun keskusta 2 -mittausasema | 60 % | -12 % | 59 % |

Taulukko 4-18. Hengitettävien hiukkasten PM₁₀ kasvu tai väheneminen nykytilasta VE0 => VE2.

| Reseptori | Vuosi-keskiarvo (79/2017) | Kuukauden toiseksi suurin 24 h, ohjearvo (480/1996) | Vuorokausiarvon 99.prosenttipiste (WHO 2021) |
|-----------------------------------|---------------------------|---|--|
| Pikku-Iikan päiväkoti | 24% | 48% | -2% |
| Tiernan koulun Heinätorin yksikkö | 24% | 35% | 2% |
| Hollihaan puisto | 20% | 67% | -7% |
| Nokelan mittausasema | 26% | 14% | -9% |
| Oulun keskusta 2 -mittausasema | 23% | 67% | 25% |

4.5.4 Haisevat rikkiyhdisteet (TRS)

Mallinnuksen perusteella hankevaihtoehdossa VE1 haisevien rikkiyhdisteiden TRS maanpinnan konsentraatio vähenee suhteessa hankevaihtoehtoon VE0. Hajukynnyksien tunnit kuitenkin kasvavat, kun verrataan muutosta VE0 => VE1. Suurin TRS osuus suhteessa ohjearvoihin (asetus 480/1996, 10 µg/m³) on vain noin 1,6% hankevaihtoehdossa VE2.

Taulukko 4-19. Haisevien rikkiyhdisteiden muutos hankevaihtoehdosta VE0 => VE1. Kuukauden 2.korkeimmat arvot pääsääntöisesti vähenevät, mutta hajukynnyksen tunnit kasvavat.

| Reseptori | Kuukauden toiseksi suurin 24 h, ohjearvo (480/1996) | Hajukynnyksen 0,5 µg/m ³ ylittävät tunnit [kpl] |
|----------------------|---|--|
| Hollihaan puisto | 18 % | 19 => 35 |
| Otto Karhin puisto | -2 % | 0 => 1 |
| Kauppatori | -14 % | 0 => 13 |
| Toppilansaari | -23 % | - |
| Nokelan mittausasema | 7 % | 0 => 2 |

Kuva 4-37. Haisevien rikkiyhdisteiden muutos hankevaihtoehdosta VE0 => VE1

Mallinnuksen perusteella hankevaihtoehdosta VE0 => VE2 haisevien rikkiyhdisteiden maanpinnan konsentraatio kasvaa, mutta hajukynnyksen tunnit sekä vähenevät että kasvavat riippuen reseptoripisteestä.

Taulukko 4-20. Haisevien rikkiyhdisteiden muutos hankevaihtoehdosta VE0 => VE2.

| Reseptori | Kuukauden toiseksi suurin 24 h, ohjearvo (480/1996) | Hajukynnyksen 0,5 µg/m ³ ylittävät tunnit [kpl] |
|----------------------|---|--|
| Hollihaan puisto | 76 % | 19 => 10 |
| Otto Karhin puisto | 7 % | 0 => 1 |
| Kauppatori | 73 % | 0 => 1 |
| Toppilansaari | 187 % | 0 => 1 |
| Nokelan mittausasema | 327 % | 0 => 0 |

Laskennan perusteella päästöt kasvavat hankevaihtoehdosta VE0 => VE1:een sekä emissiotasolla että reseptoripisteissä (pois lukien rikkidioksidi SO₂), muttei kaikissa laskentatilanteissa todennäköisesti johtuen hankealueen geometriamuutoksista, joilla on vaikutusta päästöjen leviämiseen. Suurin muutos eri päästökomponenteissa tapahtuu typpidioksidilla NO₂ (+64%) sekä hajukynnyksen ylittävien tuntien kasvulla (19h => 35h) Hollihaan reseptoripisteessä. Vastaavasti rikkidioksidimäärä SO₂ vähenee Tiernan koulun Heinätorin yksikön kohdalla 58%. Huolimatta päästömäärien kasvusta (tai vähentymisestä), laskennan tuottamat tulokset viittaavat silti selkeästi ohje-/raja-arvojen alittumiseen kaikissa laskennan reseptorituloksissa ja aluejakaumakuvissa.

5 Häiriötilanteiden ja jätevedenpuhdistamon hajapäästöjen TRS-hajukaasujen leviämismallinnus

5.1 Yleistä

Sellunvalmistuksen prosessin mahdolliset häiriötilanteet sekä jätevedenpuhdistamon hajapäästöt mallinnettiin erillislaskelmiksi niiden aiheuttamien ilman TRS-pitoisuuksien selvittämiseksi kauempana laitoksesta. Tarkoituksena on selvittää a) hajukynnyksen ylittävien pitoisuuksien etäisyyksiä, b) hajutunneiksi laskettavan TRS-pitoisuuksien etäisyyksiä sekä c) TRS:n toiseksi suurimman vuorokausiohjearvon 10 µg/m³ mahdollisia ylittymisiä.

Mallinnus lasketaan TRS-maksimipäästönä eikä Aermod mallinnus ota huomioon hajukomponenttien erityisiä puoliintumisaikoja tai kemiallisia reaktioita leviämislaskennassa. Mallinnuksen lyhin aika-askel on yksi tunti, mutta osa häiriölähteiden esiintyvyyksistä tapahtuu kuitenkin tätä lyhyemmän aikavälin aikana ja esim. vesilukon ulospuhallus on kestoaltaan maksimissaan vain noin 5 min. Aika-askel erot on otettu mallinnuksessa huomioon lähtödatan aikakorjauksilla siten että päästö määrä vastaa tuntitason kokonaispäästöä (g/h).

5.1.1 Haisevat rikkiyhdisteet

Sellunvalmistukseen tyypillisesti liitettävä haju on peräisin prosessissa syntyvistä pelkistyneistä rikkiyhdisteistä. Pääasiassa rikki tulee tehtaalle puun ja käytettävien keittokemikaalien mukana. Haisevista yhdisteistä keskeisin on rikkivety (H_2S), jota syntyy erityisesti sellunvalmistuksessa. Rikkivety on haisevien rikkiyhdisteiden kanta-aine. Rikkivedyn lisäksi hajukaasut sisältävät vaihtelevissa määrin myös muita yhdisteitä, jotka ovat kuitenkin kaikki rikkivedyn johdannaisia. Näitä ovat (Munukka, A & Munukka, J. 2007, 18):

- Metyylimerkaptaani (CH_3SH), jossa rikkivedyn toinen vetyatomi on substituutunut metyyliryhmällä (CH_3).
- Dimetyylisulfidi ($CH_3)_2S$, jossa molemmat vetyatomit ovat substituutuneet me-tyyliryhmällä.
- Dimetyylidisulfidi ($CH_3)_2S_2$, jossa rikkiatomi on additioitunut dimetyylisulfidiin.

Näistä kaikista rikkipitoisista hajukaasuista käytetään yhteisnimitystä pelkistyneet rikkiyhdisteet, eli TRS (Total Reduced Sulfur). TRS-yhdisteiden pitoisuudet ilmoitetaan aina rikkinä. Nämä kaasut antavat sellutehtaille sen tunnusomaisen hajun. (Immonen, 2014).

5.2 Mallinnettavat hajupäästölähteet

Mallinnuksessa tarkasteltiin kolmea valittua sellutehtaan prosessin häiriötilannetta, joista voi aiheutua hajupäästöjä sekä jätevedenpuhdistamolla esiintyvän hajun leviämistä. Jätevedenpuhdistamolle hajupäästöjä on esiintynyt ulkona ilmastusaltaan kohdalla.

Sellutehtaan prosessin mallinnetut häiriöiden hajupäästölähteet ovat meesauunin poistopiippu, laimeiden hajukaasujen ohituspiippu sekä vesilukon ulospuhalluskanava. Vedenpuhdistamon ilmastusaltaan hajukaasulähteet jaettiin kolmeen hajukomponenttiin mittaustietojen perusteella (ks. kappale 5.2.2).

5.2.1 Häiriötilanteiden hajukaasulähteet

Meesauunilla savukaasujen TRS-pitoisuuden nousu johtuu tyypillisesti meesan pesun häiriöstä. Laimeiden hajukaasujen ohitus voi tulla kyseeseen, jos hajukaasujen käsittelyssä on häiriöitä. Tarkasteltu tilanne on sellainen, jossa kaikki laimeat hajukaasut johdetaan ohitukseen. Vuonna 2021 tilanteita, joissa laimeita hajukaasuja on johdettu ohitukseen, oli yhteensä 20 kpl. Väkevien hajukaasujen käsittelyn häiriöiden osalta mallinnettiin keittämön vesilukon läpilyönti. Vesilukko on varolaite, joka estää liian ylipaineen ja räjähdysvaaran syntymisen järjestelmään. Häiriötilanteet ovat lyhytkestoisia. Vesilukon läpilyöntejä oli tehtaalla vuonna 2021 yhteensä 62 kpl, joista noin 70 % ajoittuu alkuvuoteen ennen järjestelmästä huhtikuussa löydetyn viallisen pinnanmittauksen korjaamista.

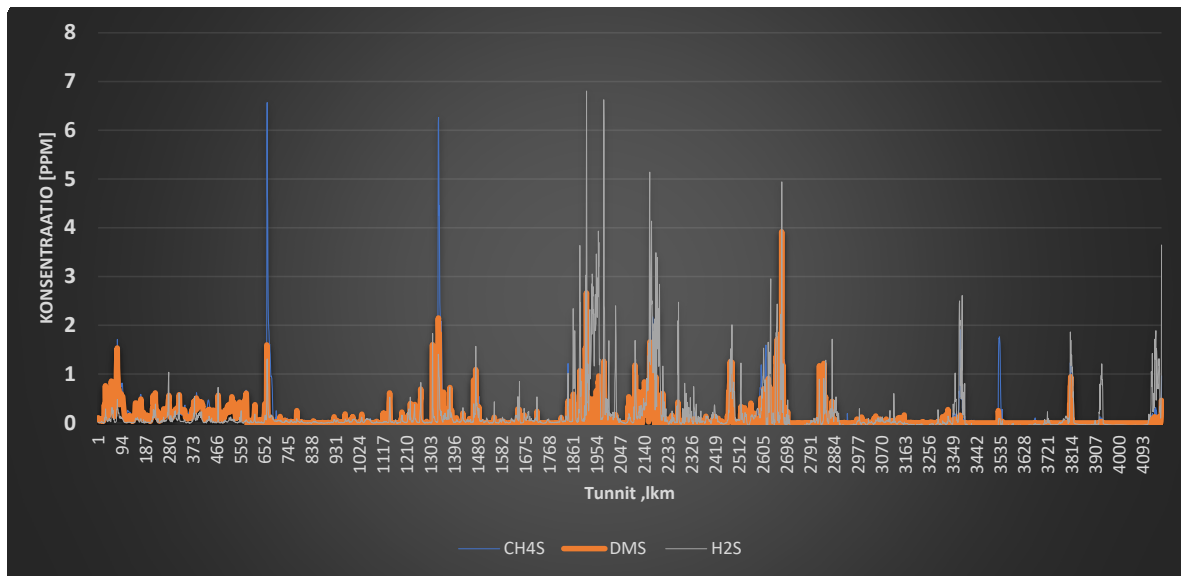
Alla on listattu tarkemmin häiriötilanteiden päästölähteiden lähtöarvojen massavirrat.

Taulukko 5-1. Häiriötilanteiden TRS päästömäärien massavirrat [g/s]

| Hajupäästö-lähde TRS | Tuntipäästö [g/s] | Päästötiedon lähde |
|-------------------------------|-------------------|--|
| Meesauuni | 0,9 | Päästötieto perustuu jatkuvatoimiseen mittaukseen. 0,9 g/s on sekä suurin 10 min datasta laskettu g/s määrä ja vastaa myös suurinta 10 min datan pitoisuusmittaustilanteen päästöä. Jatkuvatoimisen mittauksen tietoja on tarkasteltu ajanjaksolta 1.4.2021-31.3.2022. Huhtikuun 2021 alusta prosessin voidaan katsoa olleen vakaassa tilassa laitoksen käynnistyksen jälkeen. Korkeimman pitoisuuden osalta on tarkastettu, että se on tuotannollisen toiminnan ajalta. Päästölähde on meesauunin piippu. |
| Laimeiden hajukaasujen ohitus | 0,6 | Kaasun virtaus ja lämpötilatiedot perustuvat jatkuvatoimiseen mittaukseen. Määrä on 10 min datan keskiarvo, jossa ei ole huomioitu seisokkiaikoja. Päästötieto on saatu laitokselta, 1.1.-1.4.2022 välisenä aikana, jonka keskiarvo on 61,4 ppm. Muunnoksessa on oletettu, että TRS päästökemppi on rikkipityä H ₂ S. Päästölähde sijaitsee soodakattilan piipun korkeudella. |
| Vesilukkojen ulospuhallus | 0,5 (1800 g/h) | Päästö perustuu laitoksella häiriöpäästölaskennassa käytettävään vakioon 0,108 t/h (100% väkevien ohitus/määrä), josta huomioitu vesilukon ulospuhalluksena 20 % osuus. Häiriötilanne on lyhytaikainen (kesto on maksimissaan 5 min) ja puhallusta voi olla jaksoittain. Päästölähde sijaitsee keittämörakennuksen katolla (n.+30 m). |

5.2.2 Vedenpuhdistamon hajukaasulähteet

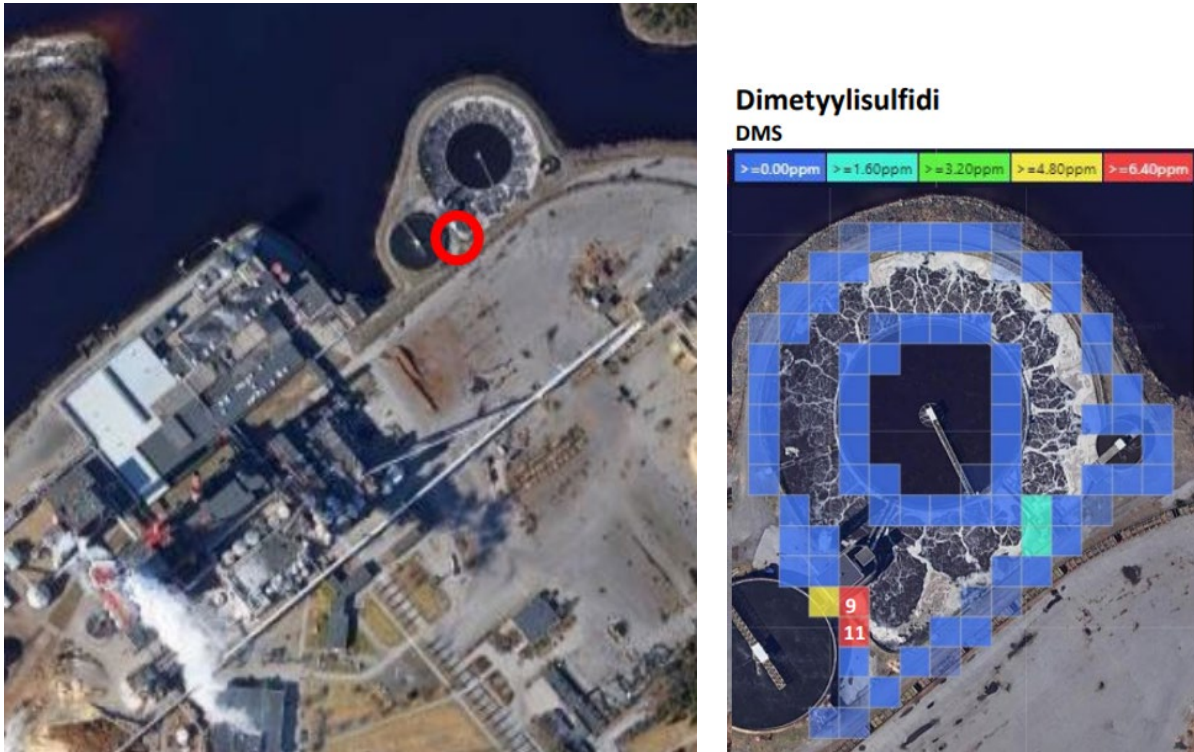
Vedenpuhdistamon TRS-päästöt on mitattu kolmena osakomponenttina: rikkipityä H₂S, dimetyylisulfidi C₂H₆S sekä metyylimerkaptaani CH₄S. Mallinnuksessa laskeaan kukin TRS osakomponentti aluksi erikseen ja datan jälkikäsitteilyvaiheessa osakomponenttien tulokset kussakin laskentaverkon laskentapistessä (> 18 000 kpl) ensin summataan TRS kokonaisarvoksi ja lopuksi valitaan tuloksiksi vain korkeimmat TRS arvot kolmen säävuoden aineistosta.



Kuva 5-1. Aeromon Oy:n pitkänajan mittaustulokset tuntiarvoina kuvan 5-2 mittauspisteessä.

Päästötiedot perustuvat Aeromon Oy:n jätevedenpuhdistamolla tehtyihin pitkäaikaismittauksiin, joka suoritettiin ajanjaksolla 10.5. - 3.11.2021 (Aeromon, 2021). Pitkäaikaismittaus sijaitsi arviolta noin 20 metrin etäisyydellä lyhytaikaismittausten mittauspisteestä. Lyhytaikaisten mittausten perusteella pääasiallinen päästölähde on ilmastusaltaan vasemmassa laidassa puhdistamorakennusten etelänurkassa (ks. kuva alla, kuva oikealla). Mallinnuksen päästölähdetieto on laskettu iteratiivisesti pitkäaikaismittauksen pisteen tuloksia vastaavaksi, kun aluelähde on asetettu pistemittauksessa havaittuun kohtaan.

Mallinnuksen lähtötiedoiksi on valittu sekä pitkänajan mittauksen että keskimääräiset tulokset (Taulukko 5-2) että maksimipitoisuudet (Taulukko 5-3). Koska mittaus on sisältänyt datan tyypillistä huojuntaa, on tulosten negatiiviset arvot korvattu arvolla 0 ppm.



Kuva 5-2. Vasemmalla Aeromon Oy:n pitkäaikaismittauksen mittauspisteen sijainti ilmakuvassa, missä ilmastusallas kuvassa yläoikealla ja esiselkeytin kuvassa vasemmalla puolella. Oikealla lyhytaikaisen mittauksen ilmakehän DMS päästölähteestä [ppm].

Taulukko 5-2. Sellutehtaan jätevedenpuhdistamon mallinnuksessa käytetyt hai-sevien rikkiyhdisteiden pitoisuudet (rikinä) Aeromon Oy:n pitkänajan mittaustulosten keskiarvoista.

| Hajupäästölähde (TRS) | TRS-päästö (rikinä) [mg/m ³] | Päästön massavirta mallissa [g/s] |
|--|--|-----------------------------------|
| Rikkivety H ₂ S | 0,219 | 9.94E-04 (3.58 g/h) |
| Dimetyylisulfidi C ₂ H ₆ S | 0,116 | 5.26E-04 (1.89 g/h) |
| Metyylimerkaptaani CH ₄ S | 0,163 | 7.40E-04 (2.66 g/h) |

Taulukko 5-3. Sellutehtaan jätevedenpuhdistamon mallinnuksessa käytetyt hai-sevien rikkiyhdisteiden pitoisuudet (rikinä) Aeromon Oy:n pitkänajan mittaustulosten maksimeista.

| Hajupäästölähde (TRS) | TRS-päästö (rikinä) [mg/m ³] | Päästön massavirta mallissa [g/s] |
|--|--|-----------------------------------|
| Rikkivety H ₂ S | 8,92 | 0,040504 (146 g/h) |
| Dimetyylisulfidi C ₂ H ₆ S | 8,62 | 0,039142 (141 g/h) |
| Metyylimerkaptaani CH ₄ S | 5,14 | 0,023340 (84 g/h) |

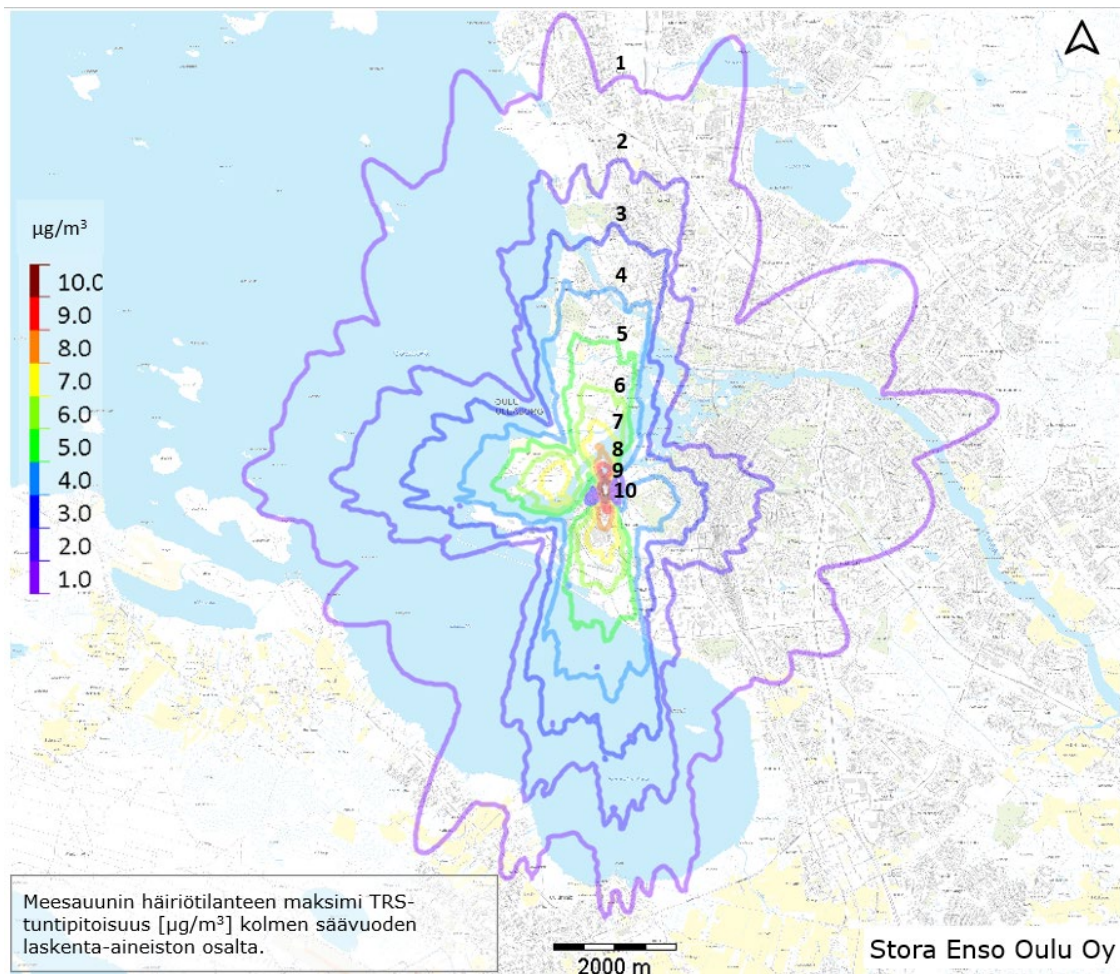
5.3 Mallinnustulokset

Alla on kuvattu mallinnustulokset häiriötilanteiden maksimitilanteen leviämiskarttoina sekä vedenpuhdistamon pitkäaikaismittauksen maksimien osalta taulukko-muodossa sekä hajukaasupäästöjen leviämiskarttoina. On syytä huomioida, että kussakin päästön leviämiskartassa on oma spesifinen asteikko konsentraatiolle, jolla pyrittiin parantamaan kartan luettavuutta.

Mallinnus kuvaa potentiaalista hajukaasun leviämistä tuntitasolla mittauksiin perustuvan aineiston maksimitilanteiden osalta, kun laskennassa huomioidaan kolmen eri säävuoden kaikki tunnit. Kartoilla esitetty mallinnustilanne ei siis voi tuntitasolla toteutua sellaisenaan, vaan kartta kokoaa yhteen laskentaverkon suurimmat tulokset kolmen säävuoden laskentatuloksista. Hajukaasupäästön hetkellinen leviäminen on sen hetkisen säätilaan (etenkin tuulisuuteen) voimakkaasti sidoksissa.

5.3.1 Meesauunin häiriötilanteiden leviämismallinnus

Meesauunin häiriötilanteiden TRS tuntipäästön maksimitilanne [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] kolmen säävuoden ajalta on laskettu alla olevaan leviämiskarttaan.

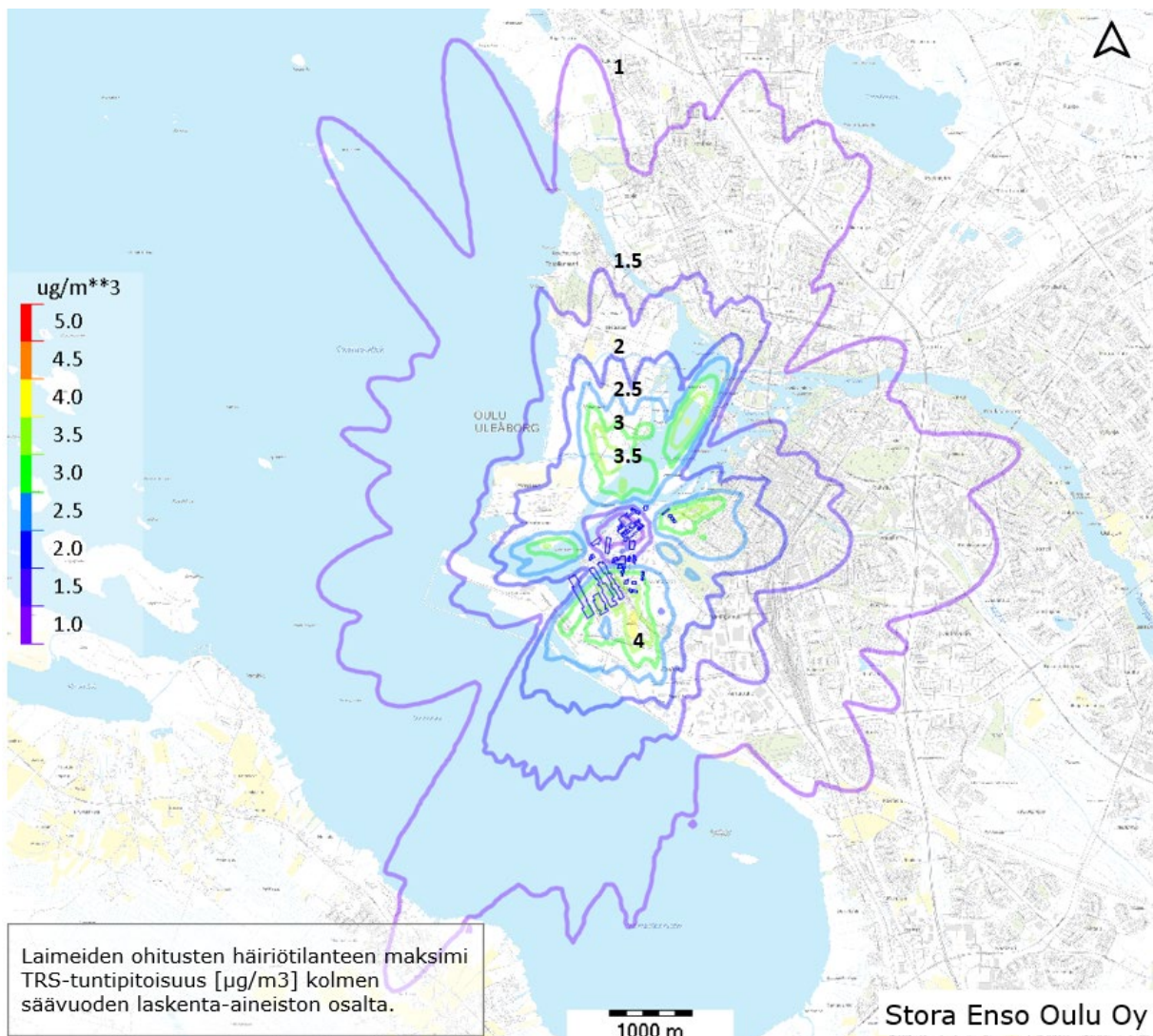


Kuva 5-3. Meesauunin häiriötilanteen maksimi TRS tuntipitoisuus [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] kolmen säävuoden laskenta-aineiston osalta.

Meesauunin häiriötilanteen TRS tuntipäästön ilmapäästön leviämismallin perusteella hajutunneiksi laskettavan $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vyöhyke voi levitä enimmillään noin 4,3 km:n etäisyydelle ja leviämiskartan perusteella etenkin pohjois-eteläsuuntaisesti. Tässä tarkastelussa hajukynnyksenä käytetyn $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kartta ulottuu usean kilometrin päähän ja osittain ylittää koko laskentaverkkoalueen.

5.3.2 Laimeiden hajukaasujen ohituksen leviämismallinnus

Laimeiden ohituksen häiriötilanteiden TRS tuntipäästön maksimitilanne [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] kolmen säävuoden ajalta on laskettu alla olevaan leviämiskarttaan.

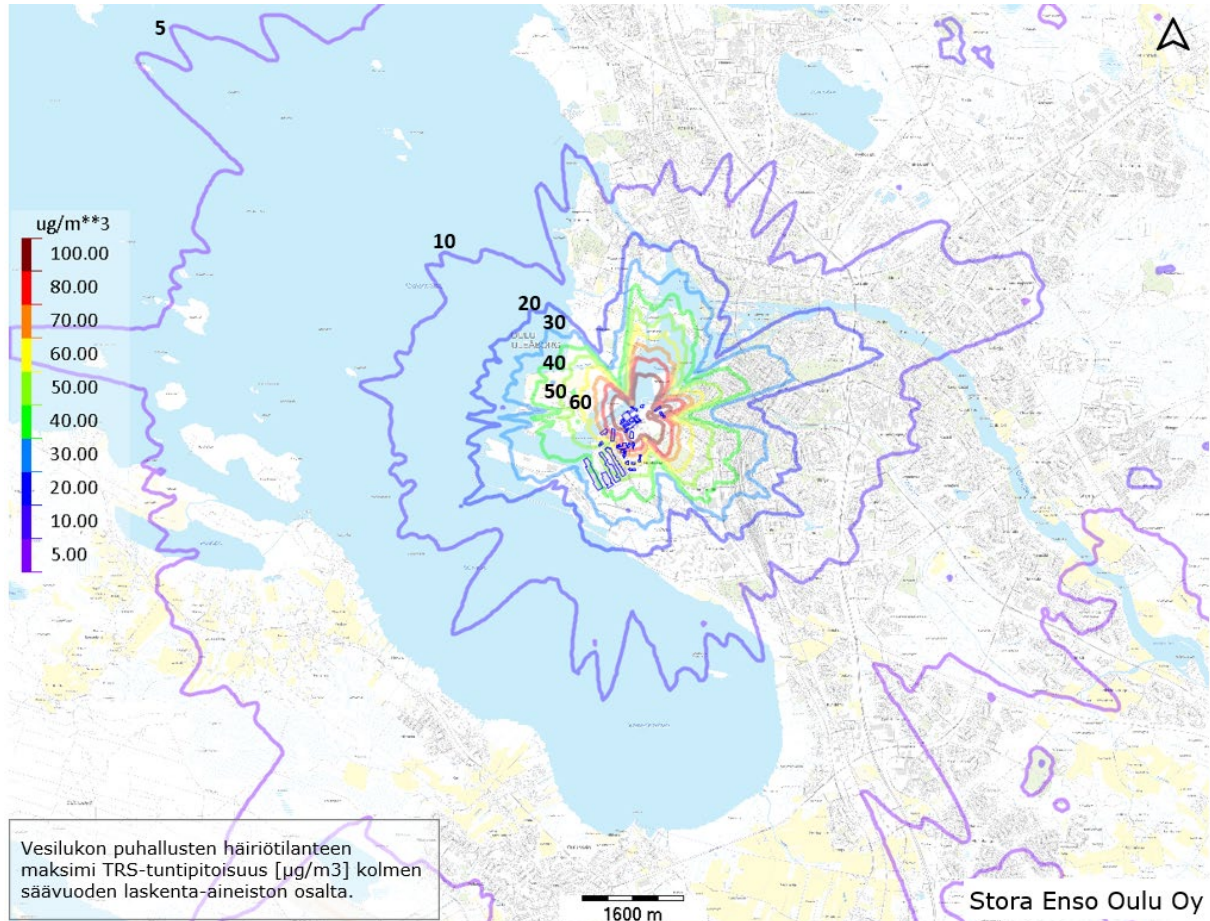


Kuva 5-4. Laimeiden ohituksen häiriötilanteen maksimi TRS-tuntipitoisuus [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] kolmen säävuoden laskenta-aineiston osalta.

Laimeiden ohituksen häiriötilanteen TRS tuntipäästön ilmapäästön leviämismallin perusteella hajutunneiksi laskettavan $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vyöhyke voi levitä enimmillään noin 1 km:n etäisyydelle lähteestä ja leviämiskartan perusteella arviolta joka suuntaan. Tässä tarkastelussa hajukynnyksenä käytetyn $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kartta ulottuu usean kilometrin päähän ja osittain ylittää myös koko laskentaverkkoalueen.

5.3.3 Vesilukon ulospuhalluksen leviämismallinnus

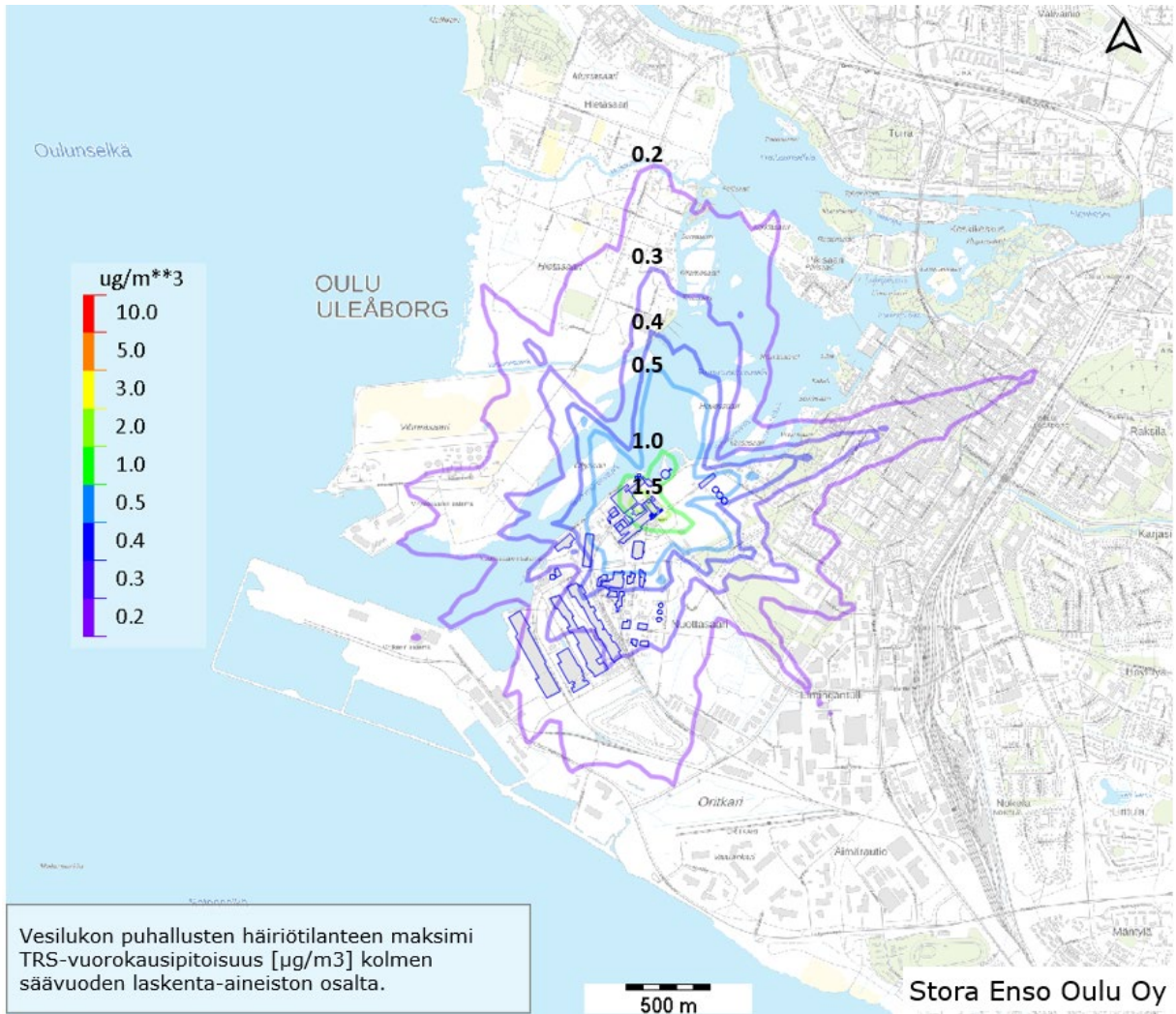
Vesilukkojen ulospuhalluksen häiriötilanteiden TRS tuntipäästön maksimitilanne [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] kolmen säävuoden ajalta on laskettu alla olevaan leviämiskarttaan.



Kuva 5-5. Keittämön vesilukon ulospuhalluksen häiriötilanteen maksimi TRS-tuntipitoisuus [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] kolmen säävuoden laskenta-aineiston osalta.

Vesilukkojen ulospuhalluksen tuntipäästön leviämismalli osoittaa, että TRS tasot ovat korkeita tuntitasolla ja hajukynnys voi ylittyä hyvin kaukana tehtaasta (hajukynnyksen alue on suurempi kuin koko mallinnuksen laskenta-alue). Tarkkaa hajukynnyksen etäisyyttä ei kuitenkaan voi määrittellä tulosten epävarmuuden lisääntyessä voimakkaasti kauemmaksi mentäessä.

Tuntipäästön lisäksi laskettiin vesilukon teoreettinen TRS vuorokausiarvo (toiseksi suurin) ohjearvovertailua varten yhden noin 5 minuutin hajupäästötilanteen osalta.



Kuva 5-6. Keittämön vesilukon ulospuhalluksen yhden häiriötilanteen toiseksi suurin TRS-vuorokausipitoisuus [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] kolmen säävuoden laskenta-aineiston osalta.

Vesilukkojen ulospuhalluksen toiseksi suurin vuorokausipäästömallinnus osoittaa, että vuorokauden ajanjaksolle redusoitu yhden häiriötapahtuman TRS-konsentraatio maanpinnalla jää alle ohjearvon $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

5.3.4 Häiriötilanteiden TRS taulukkotulokset

Alla on esitetty häiriötilanteiden taulukkotulokset [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] seitsemässä esivalitussa reseptoripisteessä. Kolmen säävuoden suurin tulos on merkitty vaaleanvihreäksi.

Taulukko 5-4. Häiriötilanteiden TRS tuntipäästön laskennan taulukkotulokset seitsemässä eri reseptoripisteessä [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

| Reseptori | LAIMEAT, TRS [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | | | MEESA, TRS [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | | | VESILUKKO, TRS [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | | |
|-----------------------|---|------|------|---|------|------|---|--------|--------|
| | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 |
| Hollihaan Puisto | 2.32 | 2.90 | 3.19 | 3.46 | 3.57 | 3.61 | 693.52 | 762.64 | 777.29 |
| Nokelan Mittausasema | 1.13 | 1.23 | 1.05 | 1.80 | 1.79 | 1.99 | 265.01 | 318.75 | 321.66 |
| Otto Karhin puisto | 1.44 | 1.73 | 1.39 | 2.21 | 2.16 | 2.09 | 445.17 | 420.32 | 433.85 |
| Kauppatori | 1.73 | 1.26 | 1.13 | 1.85 | 1.66 | 1.71 | 451.92 | 407.99 | 391.66 |
| Toppilansaari | 1.61 | 1.53 | 1.38 | 4.71 | 4.35 | 4.71 | 201.53 | 261.22 | 208.18 |
| Pikku-Iikan Päiväkoti | 2.01 | 2.05 | 2.57 | 5.16 | 5.20 | 5.04 | 697.72 | 695.90 | 372.67 |
| Tiernan Koulu | 1.78 | 2.40 | 2.32 | 3.57 | 3.68 | 3.65 | 333.30 | 319.33 | 357.20 |

Laimeiden ohituksen osalta TRS maksimi hajutuntien kynnys $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ylittyy vain yhden säävuoden osalta Hollihaan puiston reseptoripisteessä. Meesauunin osalta maksimi hajutuntikynnys ylittyy jo neljässä eri reseptoripisteessä kolmen säävuoden osalta.

Vesilukon maksimi hajutuntikynnys ylittyy selvästi kaikissa reseptoripisteissä, mutta vuorokauden toiseksi korkeimmassa tilanteessa ei ylitetä ohjearvoa yhden yksittäisen, n. 5 minuuttia kestävästä häiriötapahtuman osalta. Laskennan perusteella häiriötapahtumia saa olla arviolta noin 25 kpl vuorokaudessa (yhteensä noin 125min), jotta Hollihaan puiston reseptoripisteen kohdalla ylitetään ohjearvoraja $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

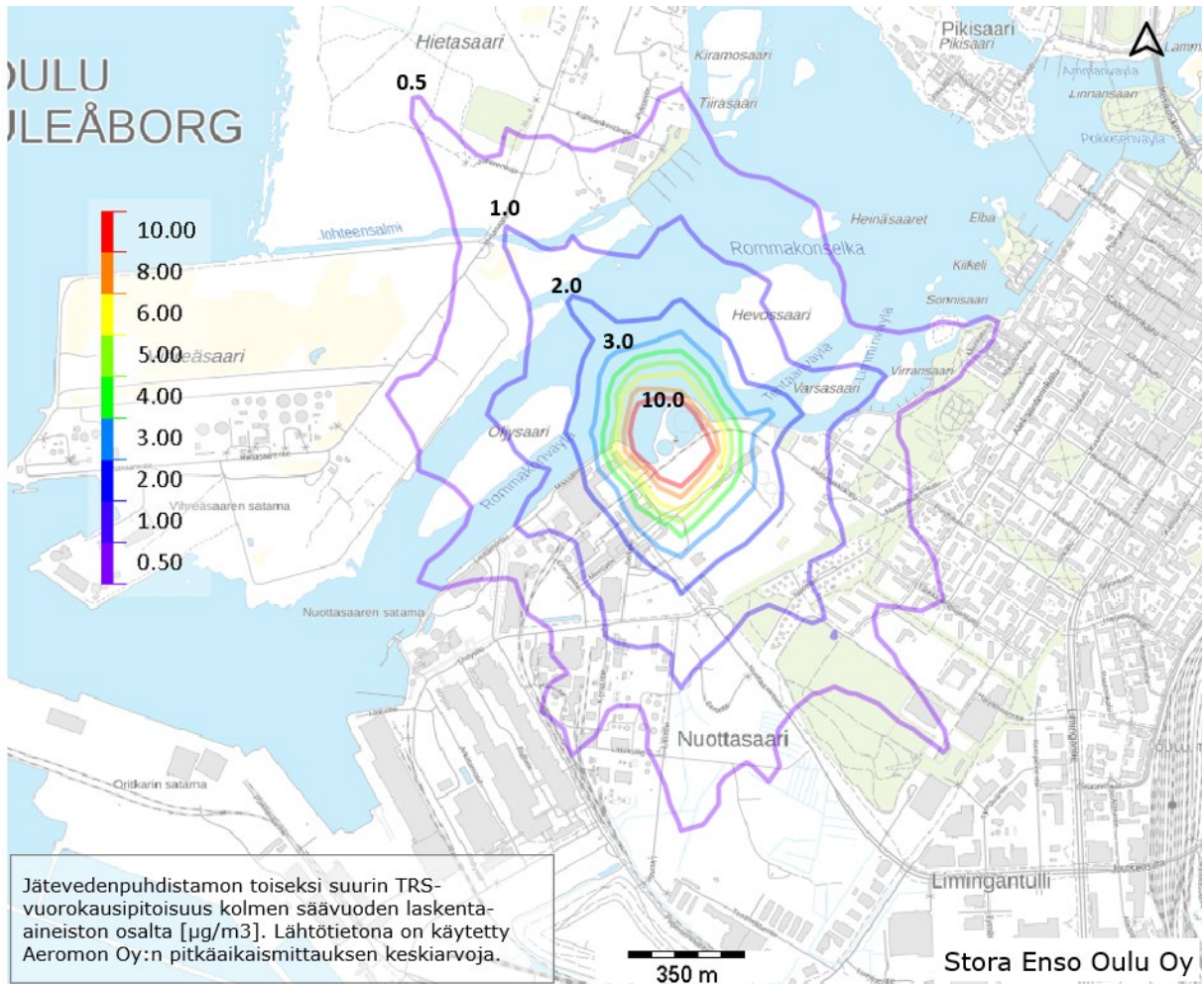
Taulukko 5-5. Vesilukon puhallusten toiseksi suurin vuorokausikonsentraatio yhden häiriötapahtuman osalta.

| Reseptori | VESILUKKO, TRS 24h 2.korkein [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | | |
|-----------------------|---|------|------|
| | 2018 | 2019 | 2020 |
| Hollihaan Puisto | 0.25 | 0.40 | 0.20 |
| Nokelan Mittausasema | 0.07 | 0.11 | 0.06 |
| Otto Karhin puisto | 0.16 | 0.25 | 0.09 |
| Kauppatori | 0.11 | 0.11 | 0.11 |
| Toppilansaari | 0.14 | 0.10 | 0.10 |
| Pikku-Iikan Päiväkoti | 0.16 | 0.34 | 0.14 |
| Tiernan Koulu | 0.14 | 0.16 | 0.14 |

5.3.5 Jätevedenpuhdistamon hajapäästöjen leviämismallinnus

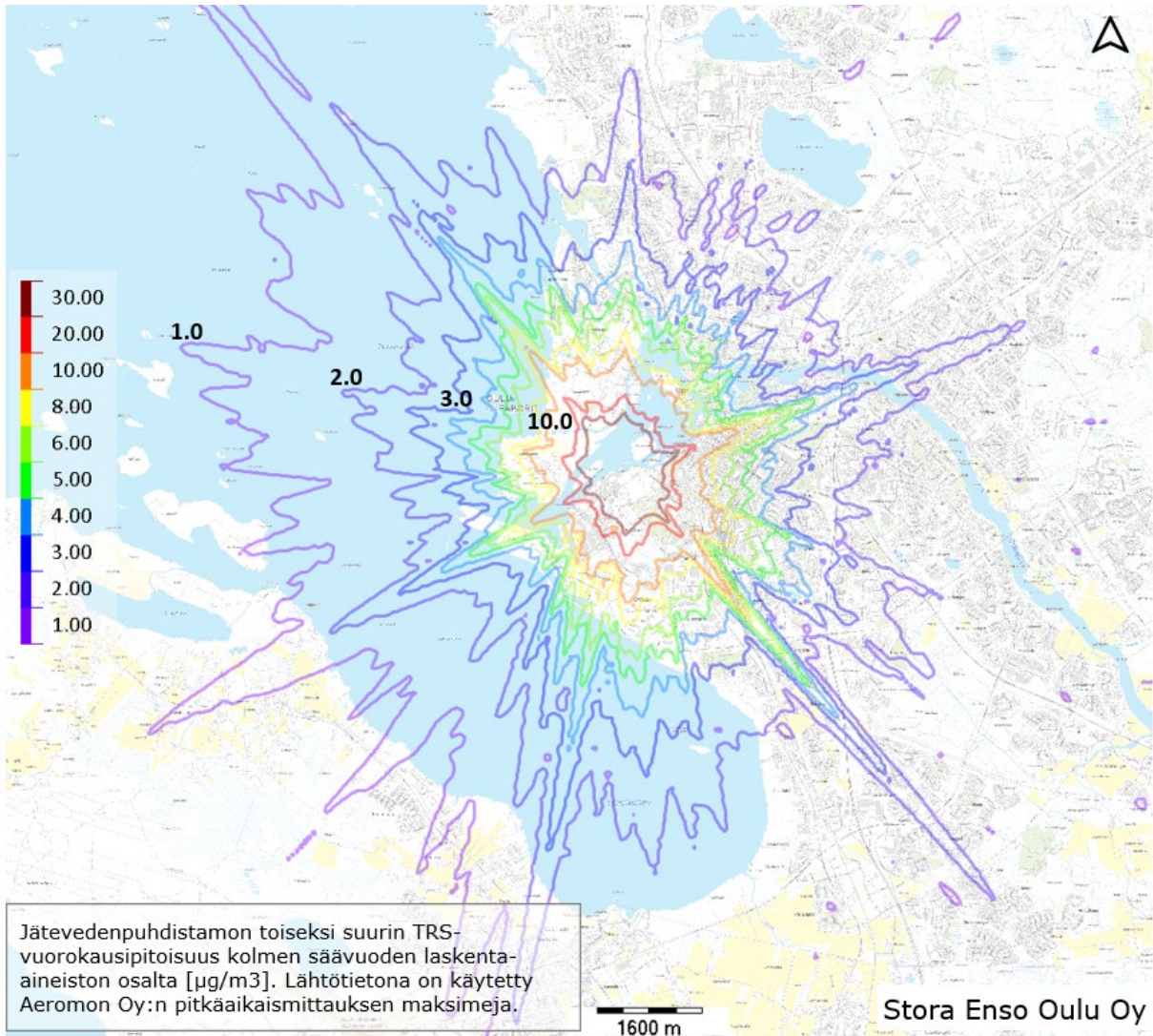
Jätevedenpuhdistamon aiheuttamien hajujen osalta mallinnettiin keskimääräinen hajutilanne ja pitkäaikaismittauksissa mittauspisteessä todettujen maksimipitoisuuksien tilanne. Leviämiskartoissa on esitetty toiseksi suurimman vuorokausiarvon maksimi [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] kolmen säävuoden ajalta ja ne on laskettu seuraavaan leviämiskarttaan.

Jätevedenpuhdistamon keskimääräinen TRS vuorokausihajupäästön pitoisuustaso $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ulottuu mallinnuksen mukaan noin 700 m:n etäisyydelle päästölähteestä ilmastusaltaan lounaisreunasta. Tämä alue on pääosin tehdasalueella, mutta voi ulottua lähimpien asuinkiinteistöjen alueelle.



Kuva 5-7. Jätevedenpuhdistamon toiseksi suurin TRS-vuorokausipitoisuus kolmen säävuoden laskenta-aineiston osalta [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. Lähtötietona on käytetty Aeromon Oy:n pitkäaikaismittauksen keskiarvoja.

Jätevedenpuhdistamon mitattujen maksimikonsentraatioiden avulla laskettu TRS-hajukaasupäästö, toiseksi suurimman vuorokausiarvon maksimi [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] kolmen säävuoden ajalta, on laskettu seuraavaan leviämiskarttaan.



Kuva 5-8. Jätevedenpuhdistamon toiseksi suurin TRS-vuorokausipitoisuus kolmen säävuoden laskenta-aineiston osalta [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. Lähtötietona on käytetty Aeromon Oy:n pitkäaikaismittauksen maksimeja.

Mallinnuskartan perusteella maksimi $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$:n leviämisyöhyke voi ulottua noin 1,5-2 km:n säteelle ilmastusaltaan päästölähdekohdasta. Kyseessä on kuitenkin puhtaasti teoreettinen maksimipäästön leviämiskartta, sillä Aeromon Oy:n pitkäaikaismittausten mukaan keskimääräinen päästötaso mittausajalta oli noin 2 % maksimipäästön tasosta.

5.3.5.1 Reseptoripistetulokset

Alla on esitetty reseptoripisteiden taulukkotulokset keskimääräisessä hajutilanteessa (Taulukko 5-6) ja maksimitilanteessa (Taulukko 5-7) toiseksi suurimman vuorokauden tulosten osalta kussakin säävuodessa sekä lopussa TRS osatekijöiden summana.

Taulukko 5-6. Jätevedenpuhdistamon keskimääräisen päästötilanteen toiseksi suurimman TRS vuorokausipäästön tulokset reseptoripisteissä [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

| 2.korkein 24h TRS [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | H ₂ S | | | DMS | | | CH ₄ S | | | Summa, TRS [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | | |
|--|------------------|------|------|------|------|------|-------------------|------|------|---|------|------|
| | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 |
| Reseptori | | | | | | | | | | | | |
| Hollihaan Puisto | 0.14 | 0.13 | 0.11 | 0.07 | 0.07 | 0.06 | 0.10 | 0.10 | 0.08 | 0.31 | 0.30 | 0.25 |
| Nokelan Mittausasema | 0.05 | 0.05 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.02 | 0.10 | 0.12 | 0.07 |
| Otto Karhin puisto | 0.06 | 0.08 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.02 | 0.05 | 0.06 | 0.02 | 0.14 | 0.18 | 0.07 |
| Kauppatori | 0.05 | 0.08 | 0.05 | 0.03 | 0.04 | 0.02 | 0.04 | 0.06 | 0.04 | 0.12 | 0.18 | 0.11 |
| Toppilansaari | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.12 | 0.09 | 0.08 |
| Pikku-likan Päiväkoti | 0.15 | 0.13 | 0.11 | 0.08 | 0.07 | 0.06 | 0.11 | 0.10 | 0.08 | 0.34 | 0.30 | 0.25 |
| Tiernan Koulu | 0.09 | 0.09 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.03 | 0.07 | 0.07 | 0.04 | 0.21 | 0.21 | 0.12 |

Taulukko 5-7. Jätevedenpuhdistamon maksimipäästötilanteen toiseksi suurin vuorokausipäästön tulokset reseptoripisteissä [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

| 2.korkein 24h TRS [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | H ₂ S | | | DMS | | | CH ₄ S | | | Summa, TRS [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | | |
|--|------------------|------|------|-------|------|------|-------------------|------|------|---|-------|-------|
| | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 |
| Reseptori | | | | | | | | | | | | |
| Hollihaan Puisto | 6.10 | 5.25 | 4.63 | 10.72 | 5.08 | 8.14 | 4.94 | 3.03 | 3.75 | 21.76 | 13.36 | 16.52 |
| Nokelan Mittausasema | 2.04 | 1.98 | 1.28 | 3.58 | 1.92 | 2.24 | 1.65 | 1.14 | 1.03 | 7.27 | 5.04 | 4.55 |
| Otto Karhin puisto | 2.79 | 3.36 | 1.41 | 4.90 | 3.25 | 2.48 | 2.26 | 1.94 | 1.14 | 9.95 | 8.55 | 5.03 |
| Kauppatori | 2.35 | 3.17 | 2.05 | 4.13 | 3.07 | 3.60 | 1.90 | 1.83 | 1.66 | 8.38 | 8.07 | 7.31 |
| Toppilansaari | 2.11 | 1.56 | 1.46 | 3.71 | 1.51 | 2.57 | 1.71 | 0.90 | 1.18 | 7.53 | 3.97 | 5.21 |
| Pikku-likan Päiväkoti | 6.62 | 5.26 | 4.76 | 11.64 | 5.08 | 8.37 | 5.37 | 3.03 | 3.86 | 23.63 | 13.37 | 16.99 |
| Tiernan Koulu | 4.06 | 3.58 | 2.28 | 7.14 | 3.46 | 4.01 | 3.29 | 2.07 | 1.85 | 14.49 | 9.11 | 8.14 |

6 Viitteet

Huutoniemi, K. (toim.), 2002. Ilmansuojelu; Ilmakehän rakenne ja toiminta – saasteet ilmakehässä – havainnot, mittaukset, mallit. Ilmansuojeluyhdistys ry.

Kaasalainen, K. 2011. Ilmanlaatu Lahdessa vuonna 2010. Lahden kaupunki, Tekninen- ja ympäristötoimiala, Lahden seudun ympäristöpalvelut.

Keiski, R., Koskenkari, T., Heino, J. 2004. Ympäristötekniikan peruskurssi 480002A; Ilman saastuminen, ilmansuojelutekniikat, teollinen ekologia, vihreä kemia, ympäristön- suojelun ohjauskeinot ja lainsäädäntö. Oulu.

Envineer Oy, 2020. Keski-Pohjanmaan litiumprovinssin laajennus – Pölyn leviämismallinnus. Projektinumero 10568_009.

Ramboll Finland Oy, 2017. Keski-Pohjanmaan litiumprovinssin ympäristönvaikutusten arviointiselostus.

Metallikaivosalueiden ympäristöriskinarviointiosaamisen kehittäminen: MINERA-hankkeen loppuraportti. GTK Tutkimusraportti 199, 2013.

Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta 38/2011. Annettu Helsingissä 20.1.2011.

Valtioneuvoston päätös ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvoista 480/96

Liite 1. Yksityiskohtaiset reseptoripisteiden tulostaulukot hankevaihtoehdossa VE0 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

| Reseptoripiste | VE0 | | | | | | | | |
|-------------------------|---|------|------|---|------|------|---------------------------------|------|------|
| | SO ₂ , 1h 25.korkein (79/2017) | | | SO ₂ , kuukauden 24h 2.ylin (480/1996) | | | SO ₂ , 24h 99% (WHO) | | |
| | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 |
| Pikku-likan Päiväkoti | 2,63 | 2,61 | 2,65 | 0,83 | 0,89 | 0,75 | 0,70 | 0,80 | 0,83 |
| Tiernan Koulu | 2,08 | 2,09 | 2,11 | 0,79 | 0,69 | 0,66 | 0,50 | 0,60 | 0,66 |
| Hollihaan Puisto | 2,68 | 2,50 | 2,35 | 0,57 | 0,60 | 0,61 | 0,64 | 0,69 | 0,61 |
| Nokelan Mittausasema | 1,26 | 1,34 | 1,26 | 0,44 | 0,40 | 0,41 | 0,30 | 0,37 | 0,28 |
| Oulun Keskusta 2 -asema | 1,65 | 1,64 | 1,67 | 0,30 | 0,35 | 0,32 | 0,41 | 0,40 | 0,42 |

| Reseptoripiste | VE0 | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|---|------|------|----------------------------|-------|-------|---------------------------------|------|------|---|------|------|---|------|------|
| | NO ₂ , 1h 19.korkein (79/2017) | | | NO ₂ , 1h (WHO) | | | NO ₂ , 24h 99% (WHO) | | | NO ₂ , vuosi (79/2017 +WHO 2021) | | | NO ₂ , kuukauden 24h 2.ylin (480/1996) | | |
| | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 |
| Pikku-likan Päiväkoti | 9,46 | 9,05 | 8,84 | 10,95 | 11,36 | 10,85 | 2,05 | 2,79 | 2,69 | 0,31 | 0,30 | 0,33 | 2,42 | 3,13 | 2,69 |
| Tiernan Koulu | 8,53 | 8,54 | 8,48 | 14,85 | 13,26 | 9,29 | 1,98 | 1,91 | 2,42 | 0,25 | 0,26 | 0,28 | 1,98 | 2,02 | 2,42 |
| Hollihaan Puisto | 8,76 | 8,81 | 8,58 | 10,32 | 13,81 | 10,29 | 1,96 | 2,02 | 2,13 | 0,25 | 0,25 | 0,24 | 1,96 | 1,91 | 1,84 |
| Nokelan Mittausasema | 5,22 | 5,56 | 5,21 | 8,99 | 10,55 | 7,20 | 1,21 | 1,60 | 1,23 | 0,16 | 0,14 | 0,15 | 1,87 | 1,82 | 1,78 |
| Oulun Keskusta 2 -asema | 6,95 | 6,69 | 6,80 | 13,44 | 12,09 | 11,52 | 1,77 | 1,80 | 1,78 | 0,20 | 0,19 | 0,19 | 1,30 | 1,50 | 1,43 |

| Reseptoripiste | VE0 | | | | | | | | |
|-------------------------|---|------|------|--|------|------|----------------------------------|------|------|
| | PM ₁₀ , vuosikeskiarvo (WHO) | | | PM ₁₀ , kuukauden 24h 2.ylin (480/1996) | | | PM ₁₀ , 24h 99% (WHO) | | |
| | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 |
| Pikku-likan Päiväkoti | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,46 | 0,51 | 0,45 | 0,40 | 0,60 | 0,47 |
| Tiernan Koulu | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,42 | 0,41 | 0,40 | 0,28 | 0,53 | 0,40 |
| Hollihaan Puisto | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,37 | 0,31 | 0,31 | 0,40 | 0,53 | 0,32 |
| Nokelan Mittausasema | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,29 | 0,26 | 0,26 | 0,20 | 0,36 | 0,20 |
| Oulun Keskusta 2 -asema | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,20 | 0,22 | 0,21 | 0,23 | 0,27 | 0,27 |

| Reseptoripiste | VE0 | | | | | | | | |
|--------------------|---|------|------|---|------|------|--------------------------------------|------|------|
| | TRS, hajukynnys >0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [h] | | | Hajutunnit > 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [h] | | | TRS, kuukauden 24h 2.ylin (480/1996) | | |
| | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 |
| Hollihaan puisto | 11 | 19 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0,09 | 0,08 | 0,06 |
| Nokela | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,06 | 0,05 | 0,04 |
| Otto Karhin puisto | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,04 | 0,04 | 0,03 |
| Kauppatori | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,03 | 0,03 | 0,02 |
| Toppilansaari | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |

Liite 2. Yksityiskohtaiset reseptoripisteiden tulostaulukot hankevaihtoehdossa VE1 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

| Reseptoripiste | VE1 | | | | | | | | |
|-------------------------|---|------|------|---|------|------|---------------------------------|------|------|
| | SO ₂ , 1h 25.korkein (79/2017) | | | SO ₂ , kuukauden 24h 2.ylin (480/1996) | | | SO ₂ , 24h 99% (WHO) | | |
| | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 |
| Pikku-Iikan Päiväkoti | 1,91 | 1,93 | 1,96 | 0,59 | 0,69 | 0,70 | 0,54 | 0,69 | 0,67 |
| Tiernan Koulu | 1,45 | 1,48 | 1,46 | 0,30 | 0,27 | 0,33 | 0,35 | 0,40 | 0,45 |
| Hollihaan Puisto | 1,59 | 1,58 | 1,54 | 0,27 | 0,22 | 0,23 | 0,44 | 0,45 | 0,38 |
| Nokelan Mittausasema | 0,87 | 0,88 | 0,86 | 0,18 | 0,22 | 0,18 | 0,22 | 0,27 | 0,22 |
| Oulun Keskusta 2 -asema | 1,12 | 1,07 | 1,12 | 0,17 | 0,22 | 0,17 | 0,29 | 0,28 | 0,30 |

| Reseptoripiste | VE1 | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|---|-------|-------|----------------------------|-------|-------|---------------------------------|------|------|--|------|------|---|------|------|
| | NO ₂ , 1h 19.korkein (79/2017) | | | NO ₂ , 1h (WHO) | | | NO ₂ , 24h 99% (WHO) | | | NO ₂ , vuosi (79/207 +WHO 2021) | | | NO ₂ , kuukauden 24h 2.ylin (480/1996) | | |
| | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 |
| Pikku-Iikan Päiväkoti | 12,90 | 12,66 | 11,60 | 16,33 | 17,79 | 16,12 | 2,81 | 4,36 | 3,55 | 0,42 | 0,42 | 0,45 | 2,65 | 3,32 | 3,19 |
| Tiernan Koulu | 11,99 | 12,08 | 11,68 | 15,90 | 15,48 | 13,79 | 2,67 | 2,64 | 2,97 | 0,34 | 0,36 | 0,38 | 2,26 | 2,89 | 2,47 |
| Hollihaan Puisto | 11,15 | 11,33 | 10,84 | 15,01 | 15,43 | 14,56 | 2,87 | 2,60 | 2,50 | 0,33 | 0,31 | 0,31 | 1,82 | 2,19 | 2,25 |
| Nokelan Mittausasema | 8,08 | 8,36 | 8,20 | 14,49 | 17,13 | 11,35 | 1,99 | 2,63 | 2,01 | 0,26 | 0,22 | 0,24 | 1,52 | 1,50 | 1,80 |
| Oulun Keskusta 2 -asema | 10,40 | 10,05 | 10,45 | 19,39 | 19,64 | 15,48 | 2,37 | 2,66 | 2,72 | 0,29 | 0,28 | 0,29 | 1,09 | 1,20 | 1,20 |

| Reseptoripiste | VE1 | | | | | | | | |
|-------------------------|---|------|------|--|------|------|----------------------------------|------|------|
| | PM ₁₀ , vuosikeskiarvo (79/2017 + WHO) | | | PM ₁₀ , kuukauden 24h 2.ylin (480/1996) | | | PM ₁₀ , 24h 99% (WHO) | | |
| | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 |
| Pikku-Iikan Päiväkoti | 0,09 | 0,08 | 0,09 | 0,75 | 0,79 | 0,72 | 0,64 | 0,73 | 0,72 |
| Tiernan Koulu | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,54 | 0,51 | 0,29 | 0,44 | 0,54 | 0,64 |
| Hollihaan Puisto | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,47 | 0,28 | 0,27 | 0,64 | 0,58 | 0,51 |
| Nokelan Mittausasema | 0,04 | 0,03 | 0,04 | 0,38 | 0,17 | 0,24 | 0,32 | 0,39 | 0,32 |
| Oulun Keskusta 2 -asema | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,20 | 0,13 | 0,19 | 0,38 | 0,41 | 0,43 |

| Reseptoripiste | VE1 | | | | | | | | |
|--------------------|--------------------------|------|------|--------------------|------|------|--------------------------------------|------|------|
| | TRS, hajukynnys >0.5 [h] | | | Hajutunnit > 3 [h] | | | TRS, kuukauden 24h 2.ylin (480/1996) | | |
| | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 |
| Hollihaan puisto | 21 | 35 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0,11 | 0,10 | 0,07 |
| Nokela | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0,05 | 0,06 | 0,05 |
| Otto Karhin puisto | 7 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,04 | 0,04 | 0,03 |
| Kauppatori | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Toppilansaari | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,02 | 0,02 | 0,01 |

Liite 3. Yksityiskohtaiset reseptoripisteiden tulostaulukot hankevaihtoehdossa VE2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

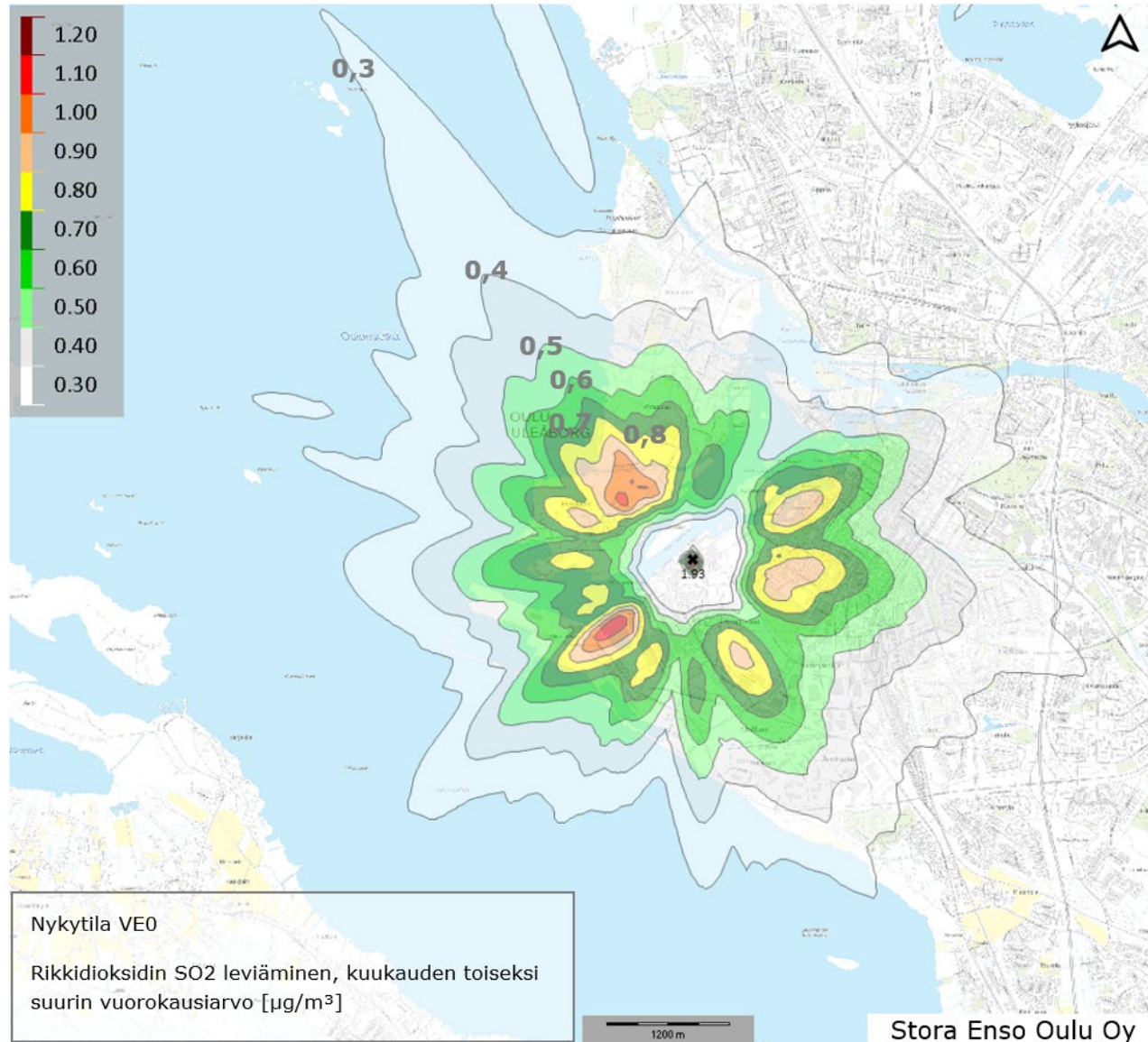
| Reseptoripiste | VE2 | | | | | | | | |
|-------------------------|------------------------------|------|------|--------------------------------------|------|------|--------------------|------|------|
| | SO2, 1h 25.korkein (79/2017) | | | SO2, kuukauden 24h 2.ylin (480/1996) | | | SO2, 24h 99% (WHO) | | |
| | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 |
| Pikku-Iikan Päiväkoti | 3,33 | 3,40 | 3,51 | 0,98 | 1,17 | 1,08 | 0,87 | 0,94 | 0,94 |
| Tiernan Koulu | 2,91 | 2,93 | 2,92 | 0,91 | 0,99 | 0,97 | 0,59 | 0,80 | 0,91 |
| Hollihaan Puisto | 3,02 | 3,18 | 2,84 | 1,07 | 0,84 | 0,70 | 0,85 | 0,74 | 0,66 |
| Nokelan Mittausasema | 1,92 | 1,89 | 1,80 | 0,50 | 0,58 | 0,48 | 0,47 | 0,53 | 0,45 |
| Oulun Keskusta 2 -asema | 2,35 | 2,26 | 2,29 | 0,67 | 0,59 | 0,63 | 0,51 | 0,58 | 0,59 |

| Reseptoripiste | VE2 | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------------------------------|------|------|---------------|-------|-------|--------------------|------|------|-------------------------------|------|------|--------------------------------------|------|------|
| | NO2, 1h 19.korkein (79/2017) | | | NO2, 1h (WHO) | | | NO2, 24h 99% (WHO) | | | NO2, vuosi (79/207 +WHO 2021) | | | NO2, kuukauden 24h 2.ylin (480/1996) | | |
| | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 |
| Pikku-Iikan Päiväkoti | 9,03 | 9,05 | 8,72 | 11,95 | 12,44 | 12,63 | 1,85 | 2,52 | 2,46 | 0,26 | 0,26 | 0,29 | 2,30 | 2,79 | 2,75 |
| Tiernan Koulu | 9,44 | 9,56 | 9,42 | 11,75 | 14,99 | 10,74 | 1,89 | 1,96 | 2,52 | 0,24 | 0,25 | 0,26 | 2,03 | 2,53 | 2,76 |
| Hollihaan Puisto | 8,40 | 8,52 | 8,08 | 12,45 | 14,63 | 12,20 | 1,92 | 1,71 | 1,78 | 0,20 | 0,19 | 0,19 | 2,08 | 2,39 | 2,02 |
| Nokelan Mittausasema | 6,54 | 6,77 | 6,47 | 11,67 | 13,92 | 8,73 | 1,50 | 1,89 | 1,57 | 0,19 | 0,16 | 0,18 | 1,74 | 2,16 | 1,80 |
| Oulun Keskusta 2 -asema | 8,39 | 8,01 | 8,18 | 15,47 | 15,90 | 12,24 | 1,84 | 2,13 | 2,12 | 0,21 | 0,20 | 0,20 | 2,30 | 2,18 | 2,27 |

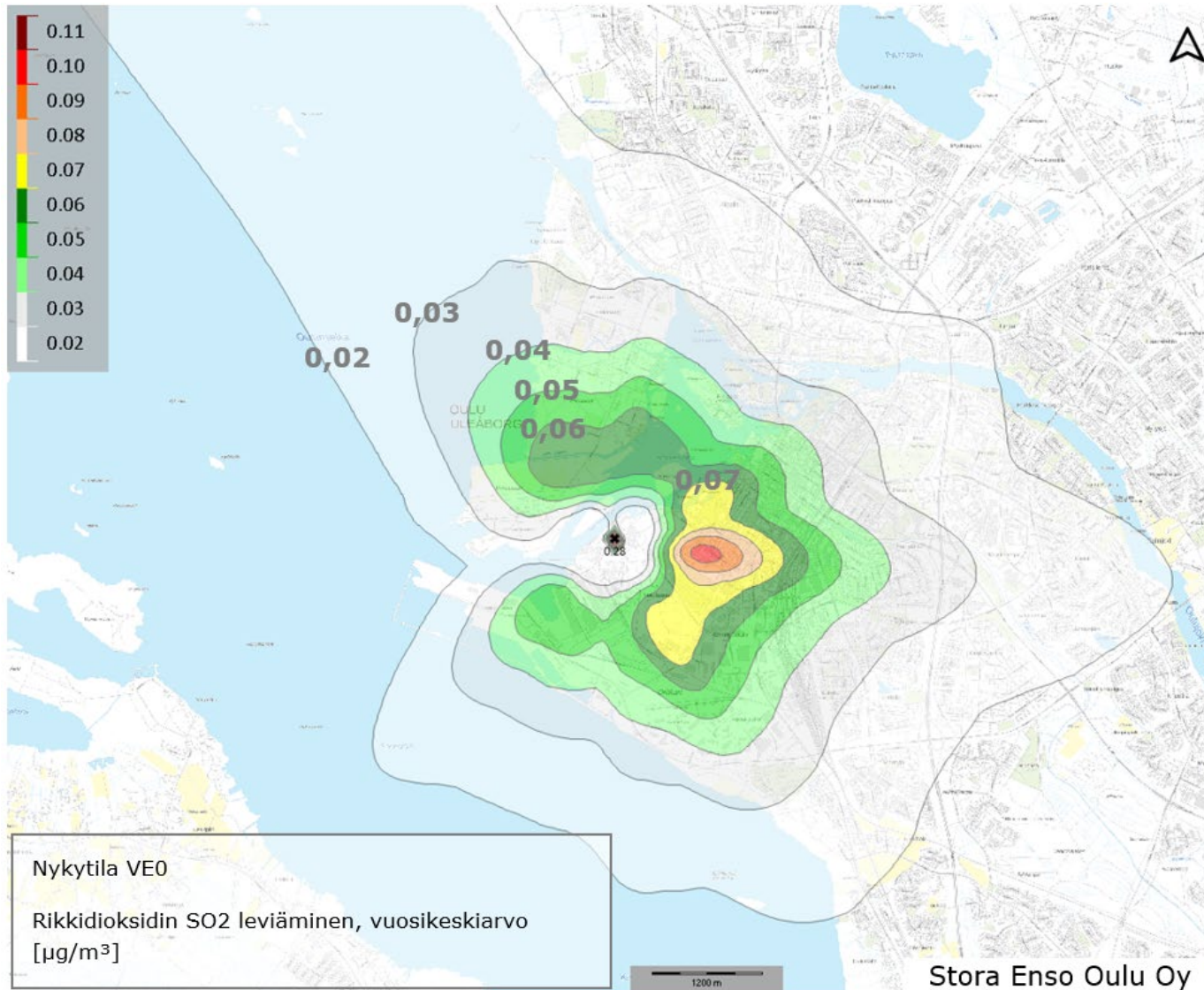
| Reseptoripiste | VE2 | | | | | | | | |
|-------------------------|--------------------------------------|------|------|---------------------------------------|------|------|---------------------|------|------|
| | PM10, vuosikeskiarvo (79/2017 + WHO) | | | PM10, kuukauden 24h 2.ylin (480/1996) | | | PM10, 24h 99% (WHO) | | |
| | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 |
| Pikku-Iikan Päiväkoti | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,54 | 0,75 | 0,62 | 0,49 | 0,59 | 0,56 |
| Tiernan Koulu | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,49 | 0,56 | 0,57 | 0,37 | 0,46 | 0,54 |
| Hollihaan Puisto | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,61 | 0,51 | 0,42 | 0,49 | 0,44 | 0,40 |
| Nokelan Mittausasema | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,28 | 0,34 | 0,28 | 0,26 | 0,32 | 0,24 |
| Oulun Keskusta 2 -asema | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,37 | 0,34 | 0,36 | 0,30 | 0,33 | 0,34 |

| Reseptoripiste | VE2 | | | | | | | | |
|--------------------|--------------------------|------|------|--------------------|------|------|--------------------------------------|------|------|
| | TRS, hajukynnys >0.5 [h] | | | Hajutunnit > 3 [h] | | | TRS, kuukauden 24h 2.ylin (480/1996) | | |
| | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 |
| Hollihaan puisto | 1 | 10 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0,16 | 0,15 | 0,12 |
| Nokela | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0,05 | 0,07 | 0,06 |
| Otto Karhin puisto | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,08 | 0,08 | 0,06 |
| Kauppatori | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,08 | 0,09 | 0,05 |
| Toppilansaari | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,08 | 0,06 | 0,05 |

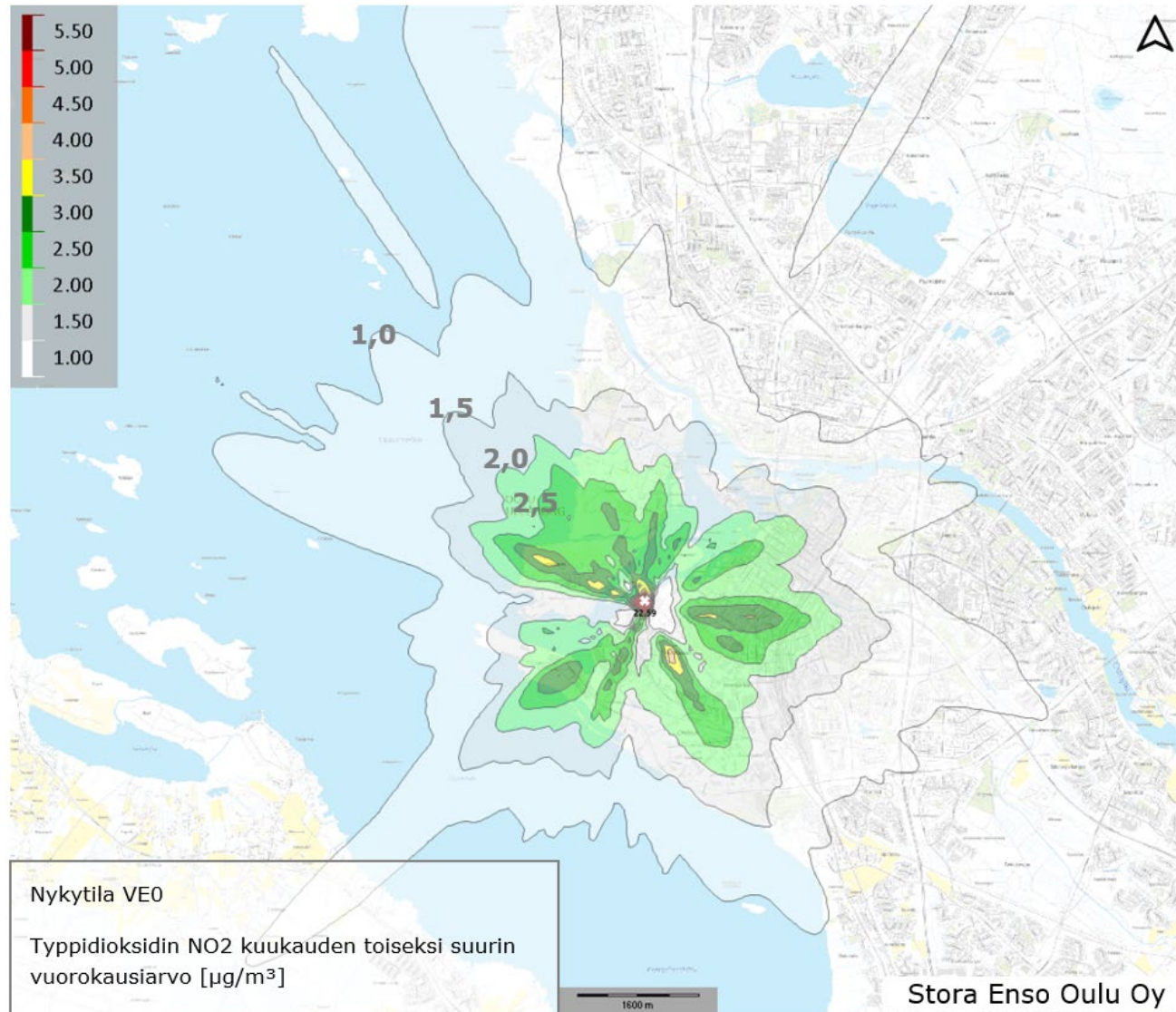
Kuvaliite 1: Nykytila (VE0), Rikkidioksidin SO₂ leviäminen, kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



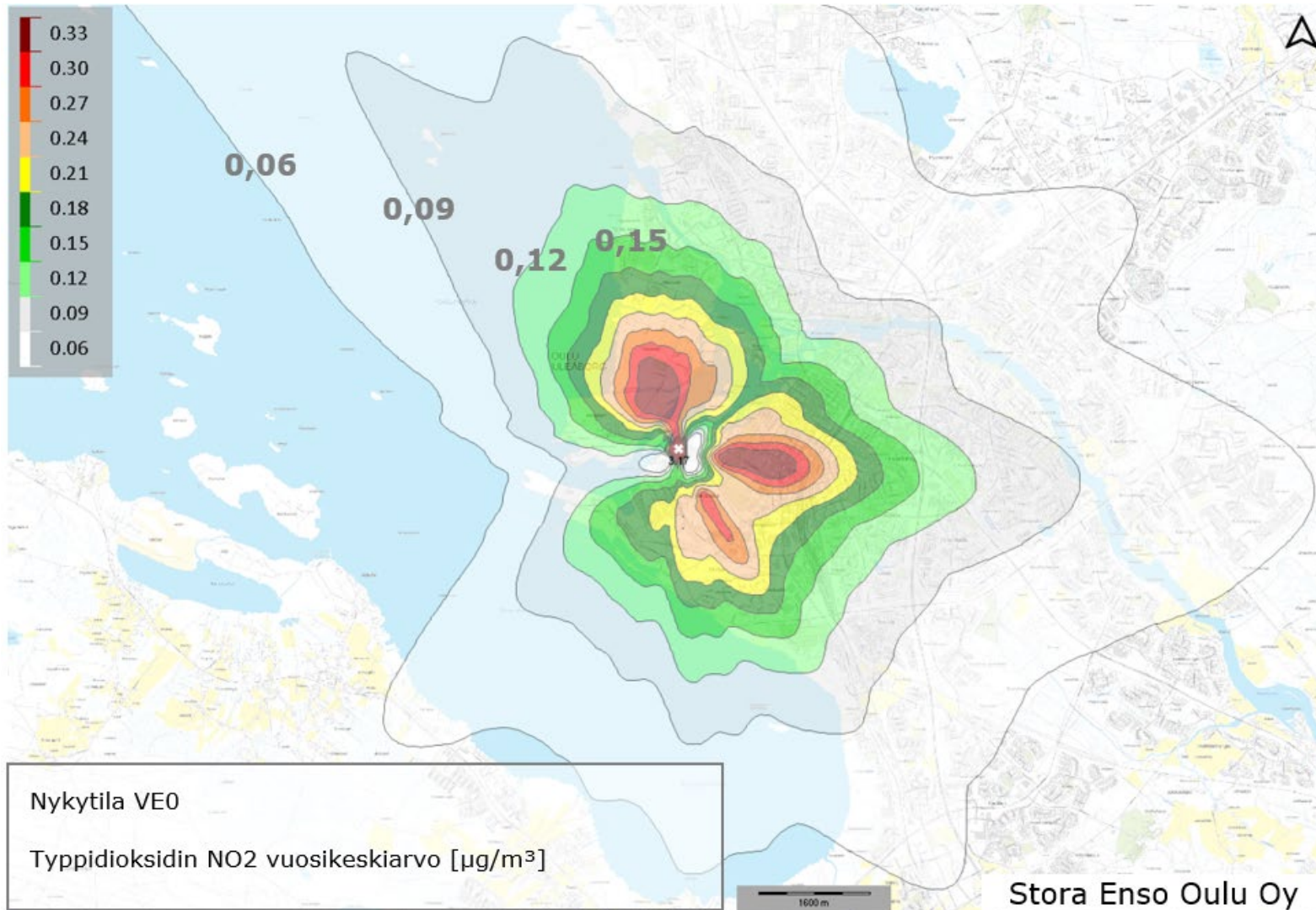
Kuvaliite 2: Nykytila (VE0), Rikkidioksidin SO₂ leviäminen, vuosikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



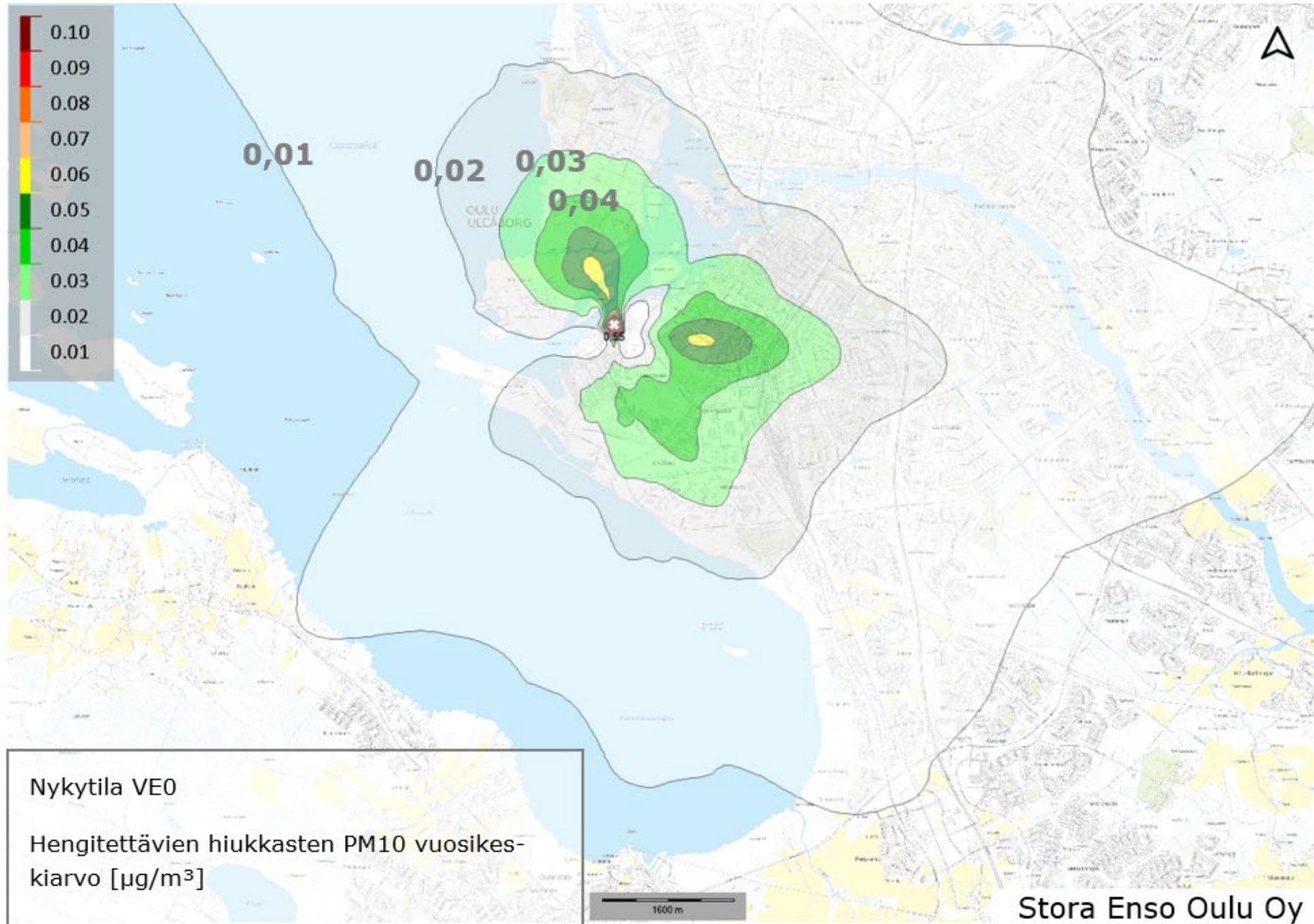
Kuvaliite 3: Nykytila (VE0), Typpidioksidin NO2 kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



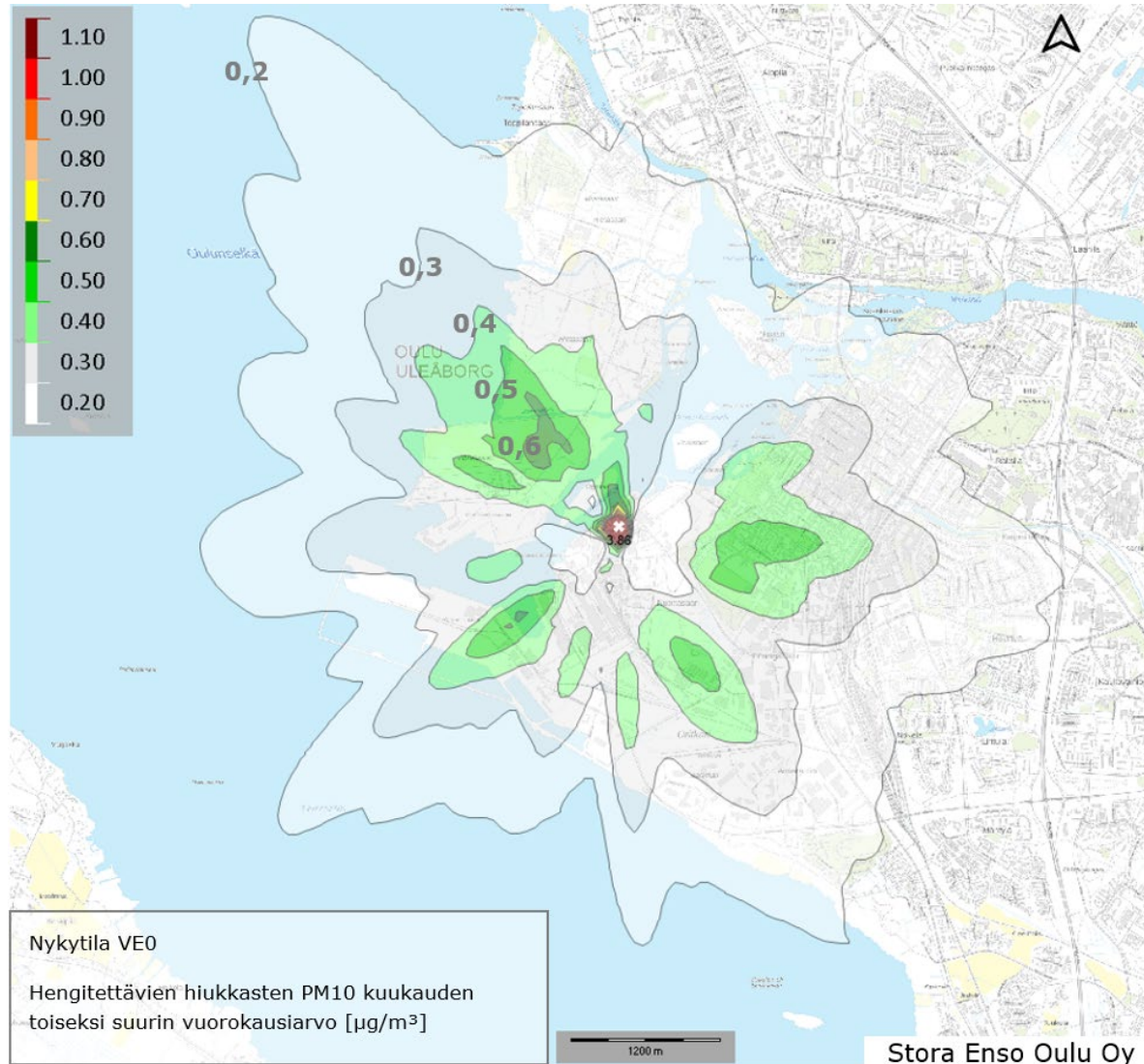
Kuvaliite 4: Nykytila (VE0), Typpidioksidin NO₂ vuosikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



Kuvaliite 5: Nykytila (VE0), Hengitettävien hiukkasten PM10 vuosikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



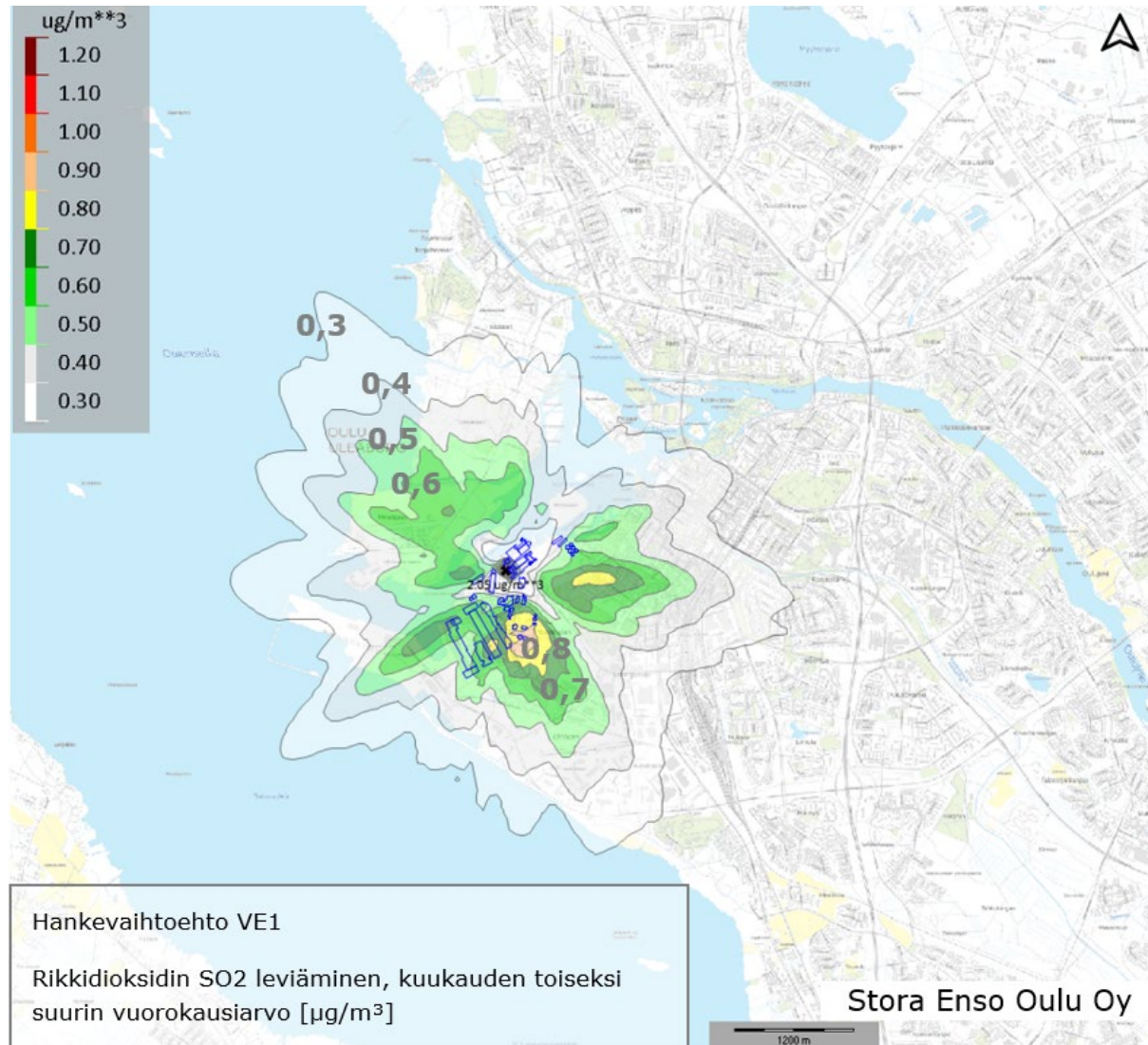
Kuvaliite 6: Nykytila (VE0), Hengitettävien hiukkasten PM10 kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



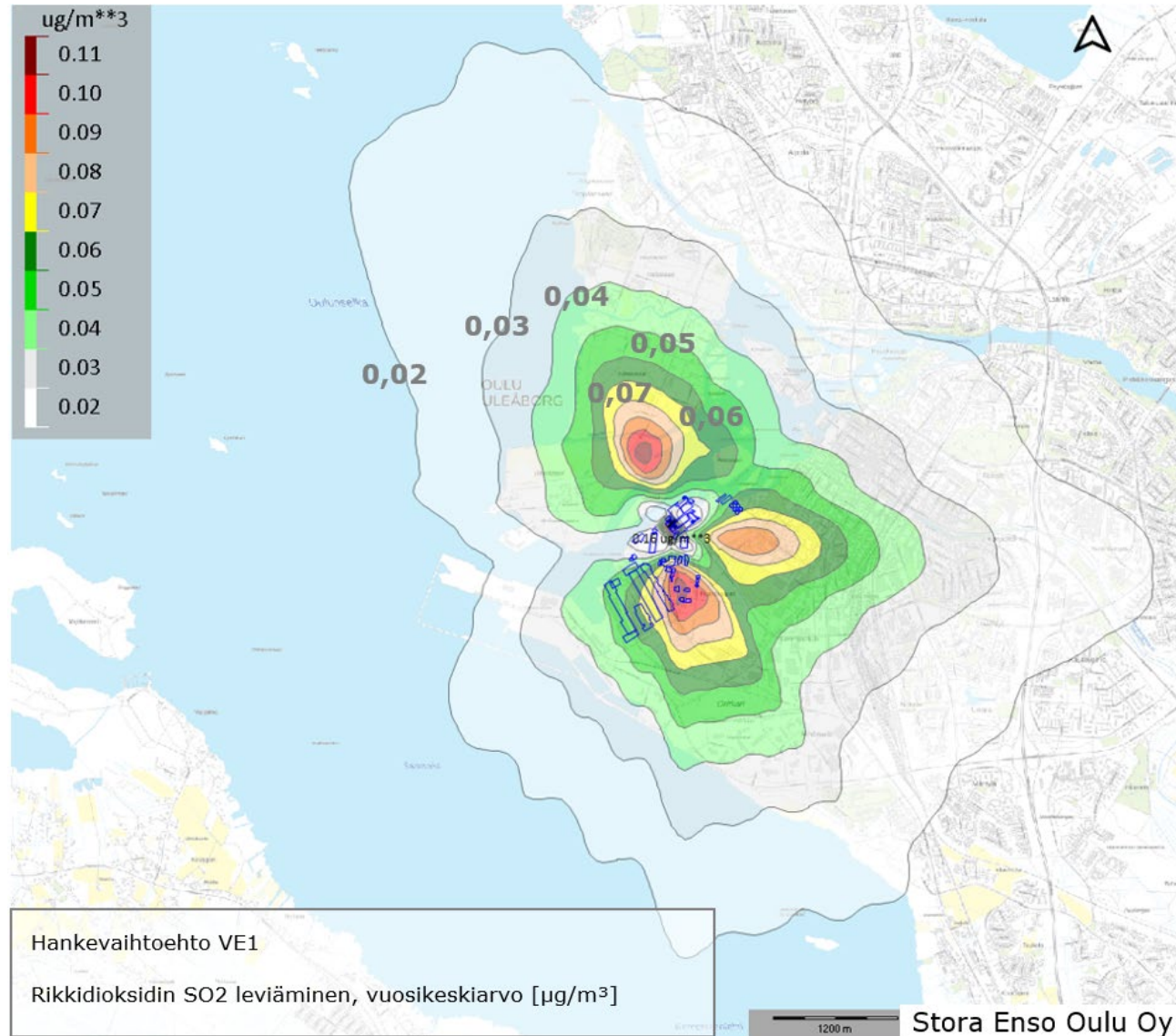
Kuvaliite 7: Nykytila (VE0), Haisevien rikkiyhdisteiden kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



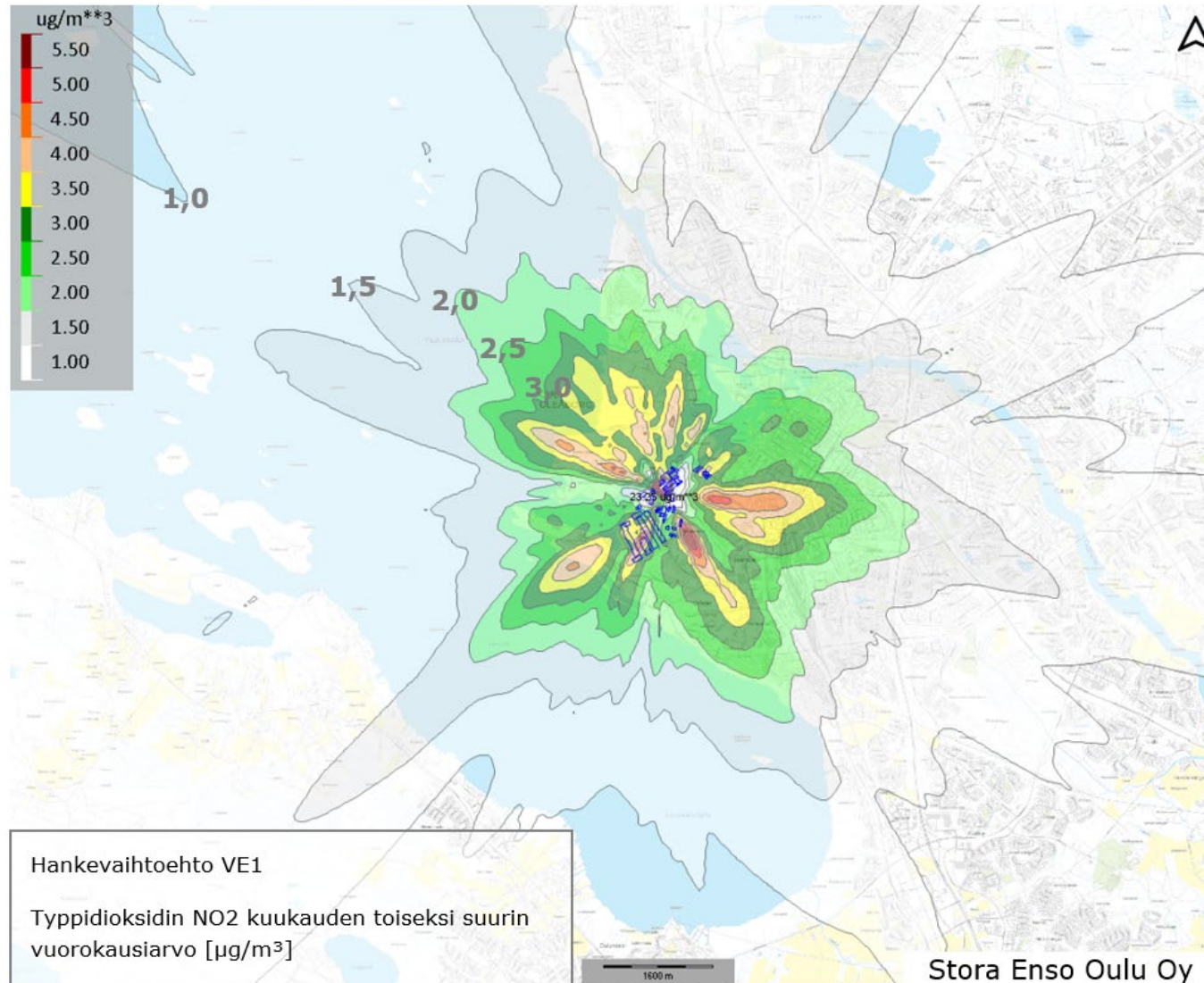
Kuvaliite 8: Vaihtoehto VE1, Rikkidioksidin SO₂ leviäminen, kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



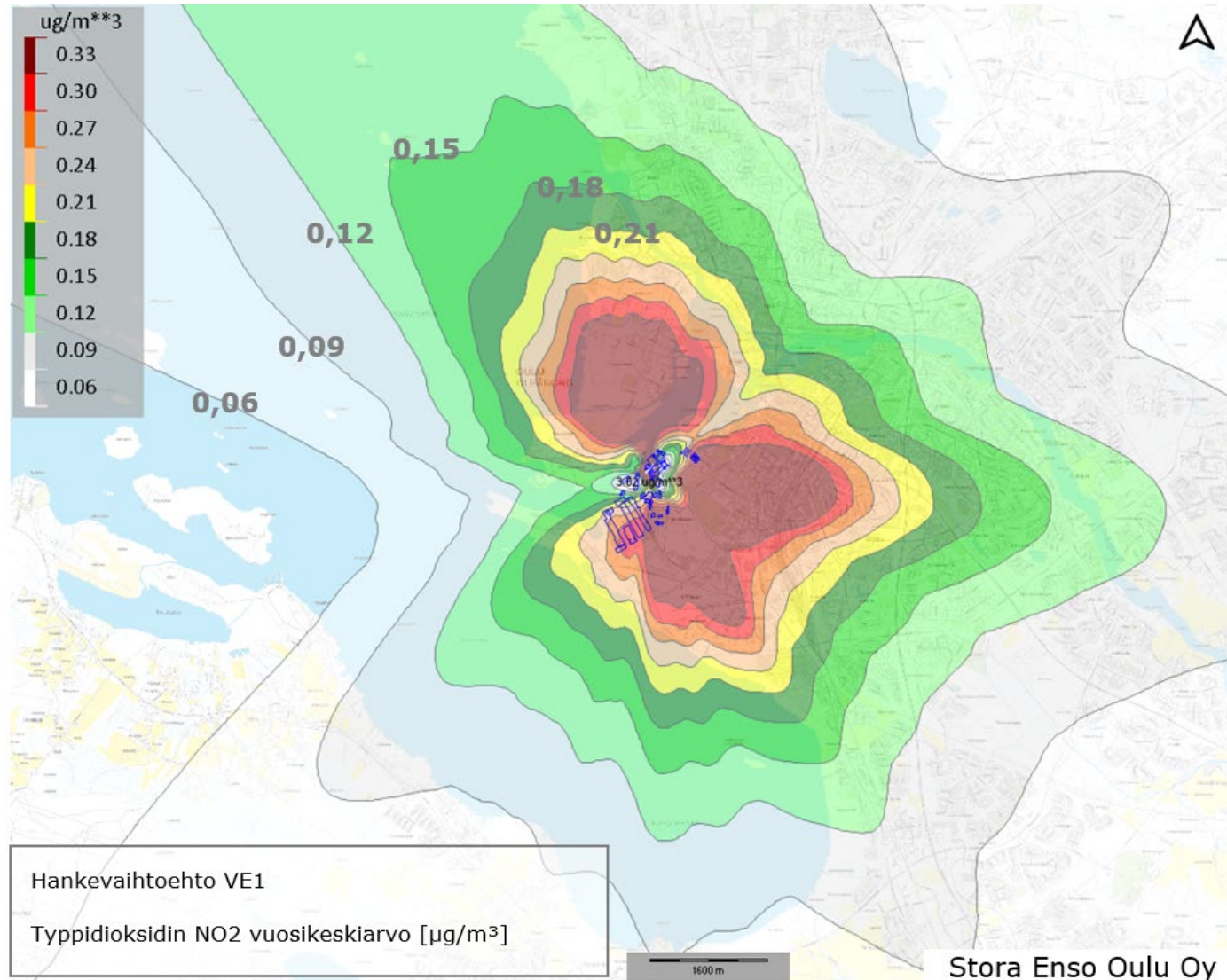
Kuvaliite 9: Vaihtoehto VE1, Rikkidioksidin SO₂ leviäminen, vuosikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



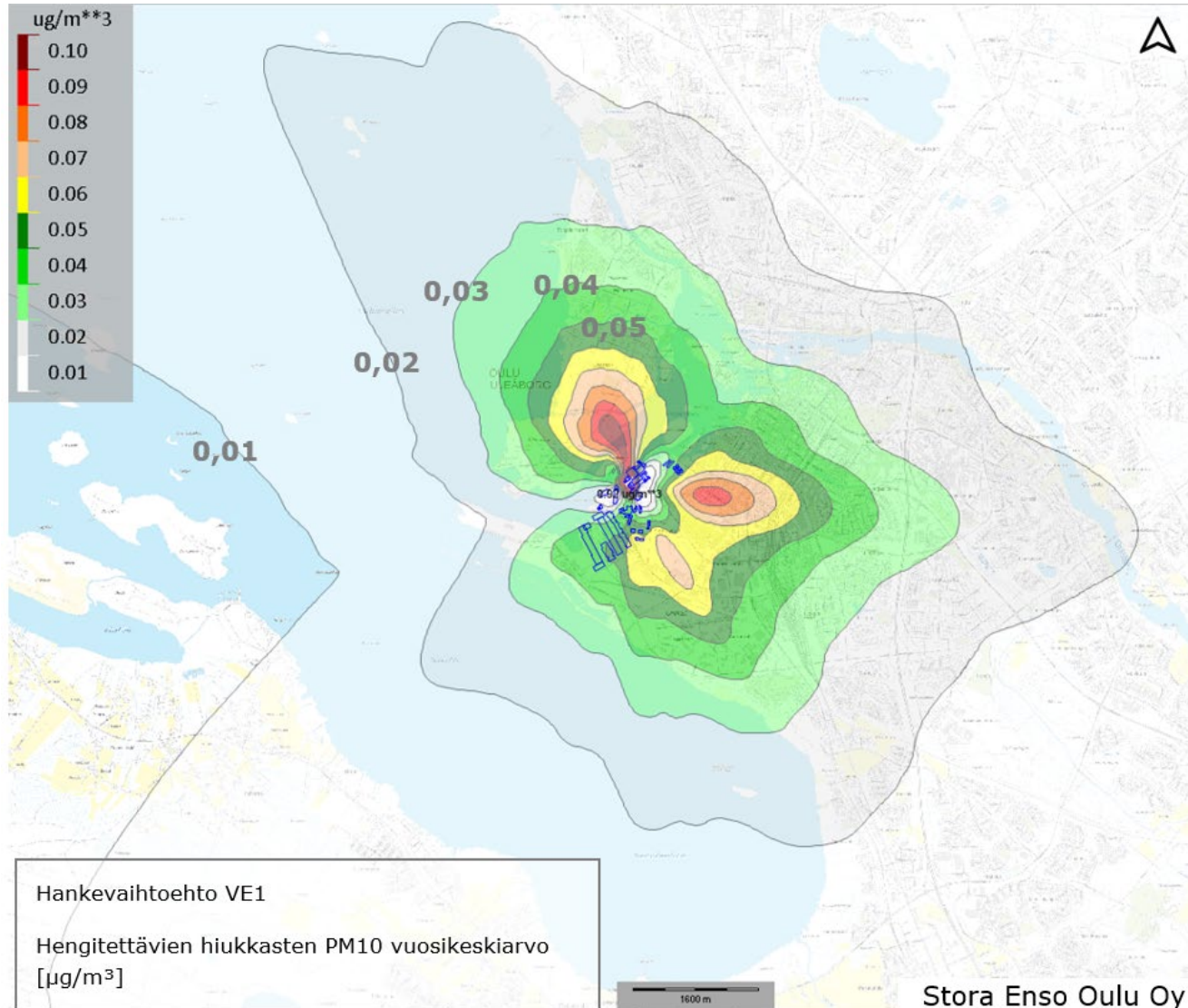
Kuvaliite 10: Vaihtoehto VE1, Typpidioksidin NO2 kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



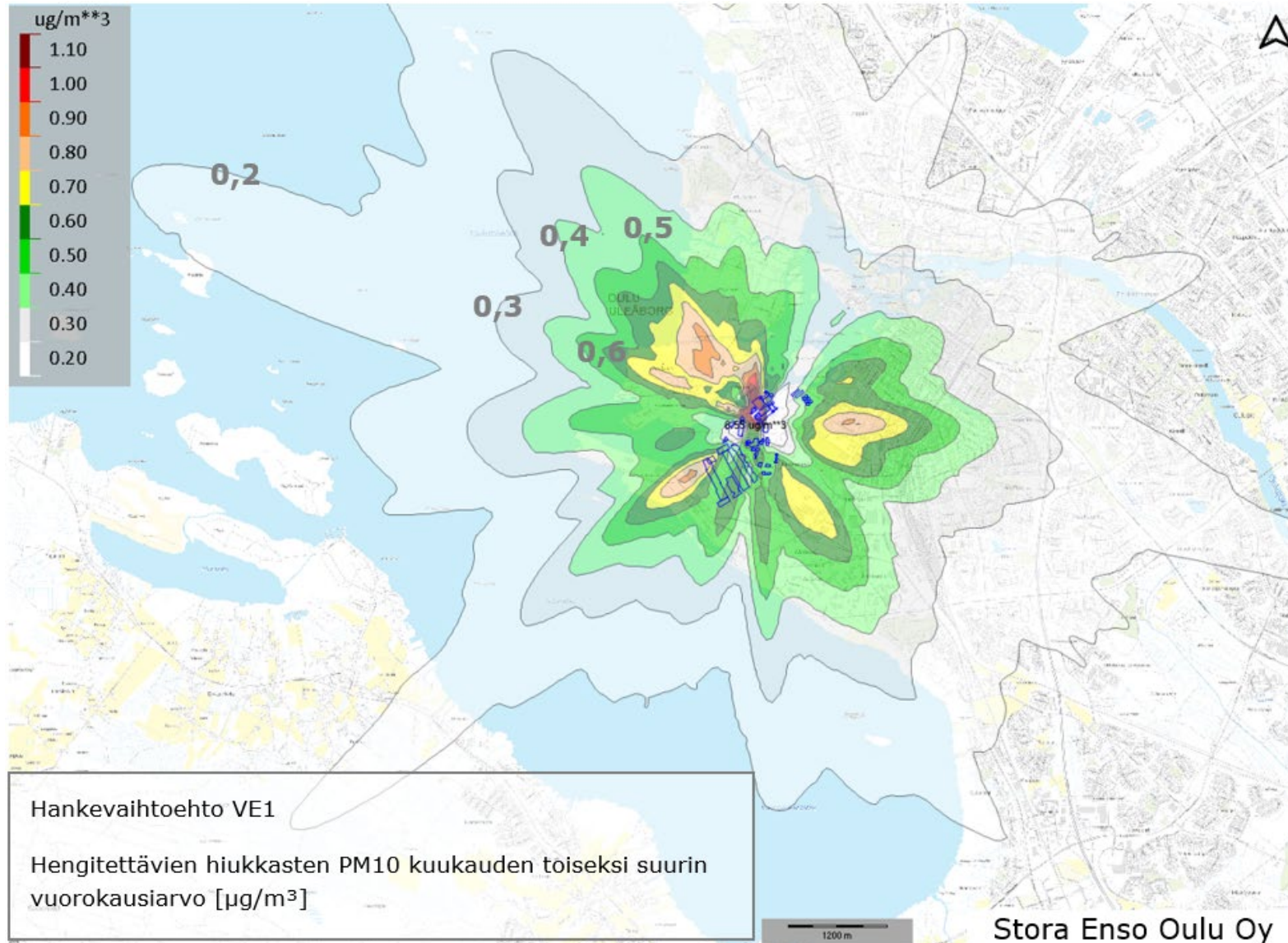
Kuvaliite 11: Vaihtoehto VE1, Typpidioksidin NO2 vuosikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



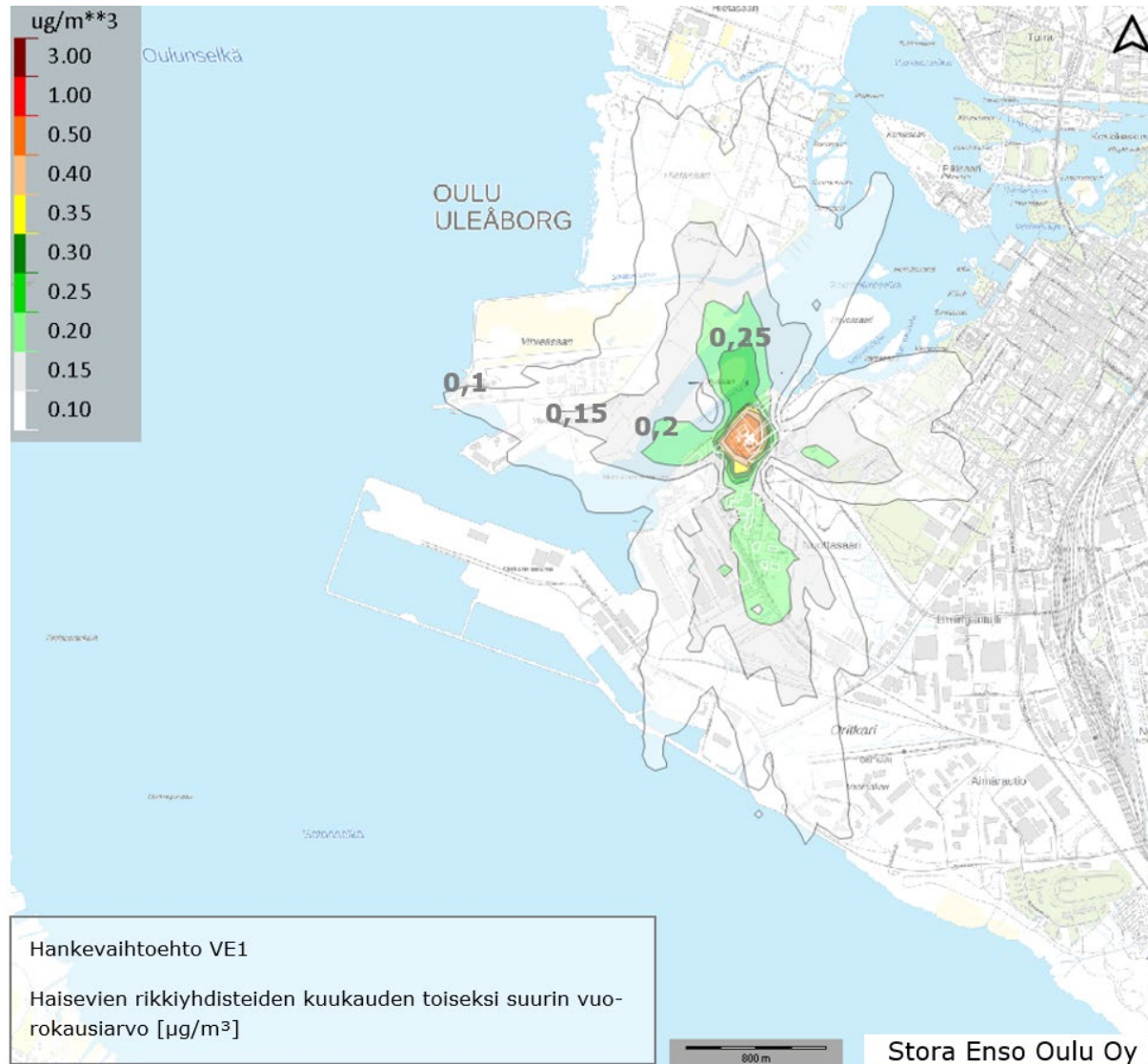
Kuvaliite 12: Vaihtoehto VE1, Hengitettävien hiukkasten PM10 vuosikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



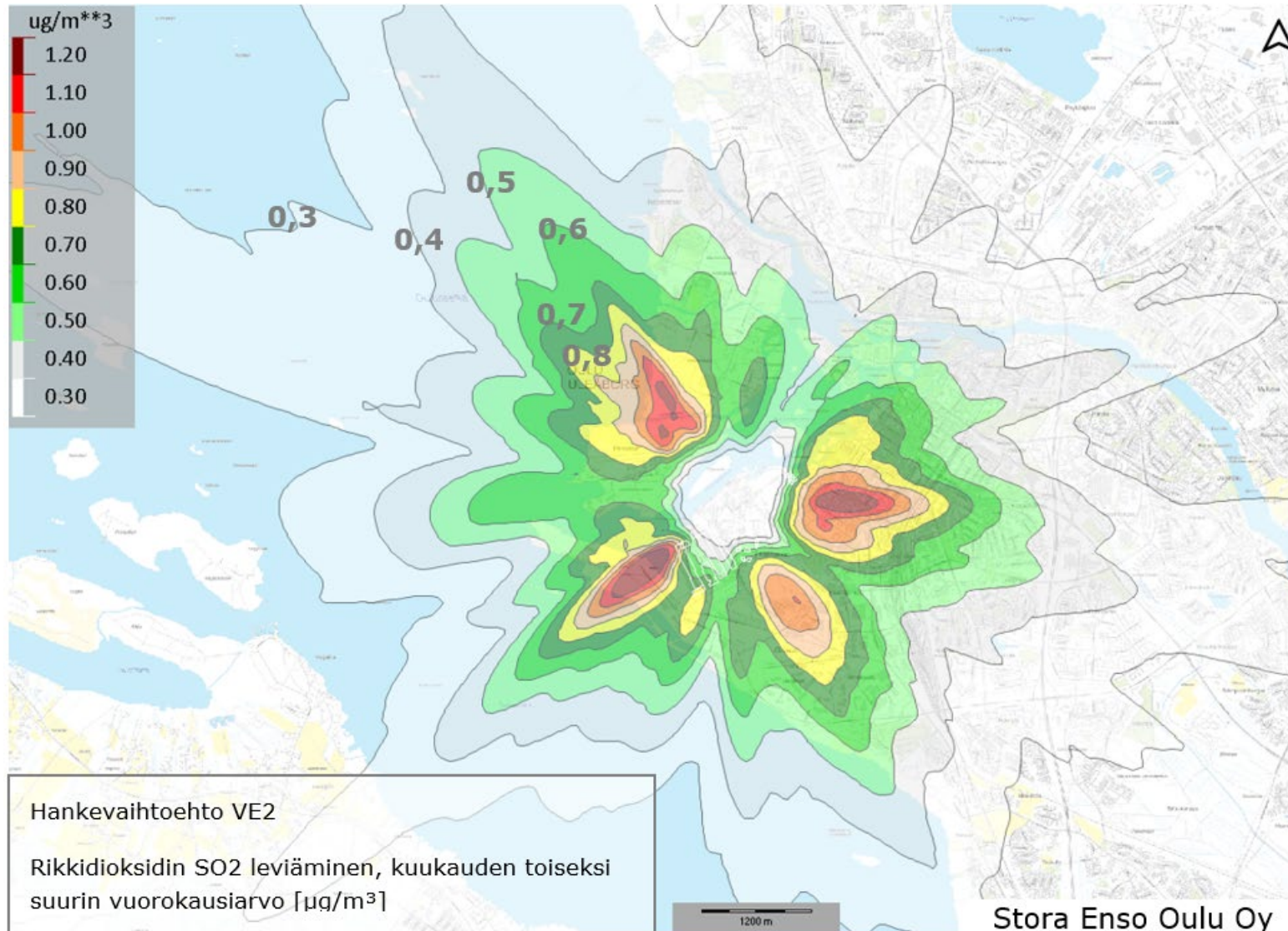
Kuvaliite 13: Vaihtoehto VE1, Hengitettävien hiukkasten PM10 kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



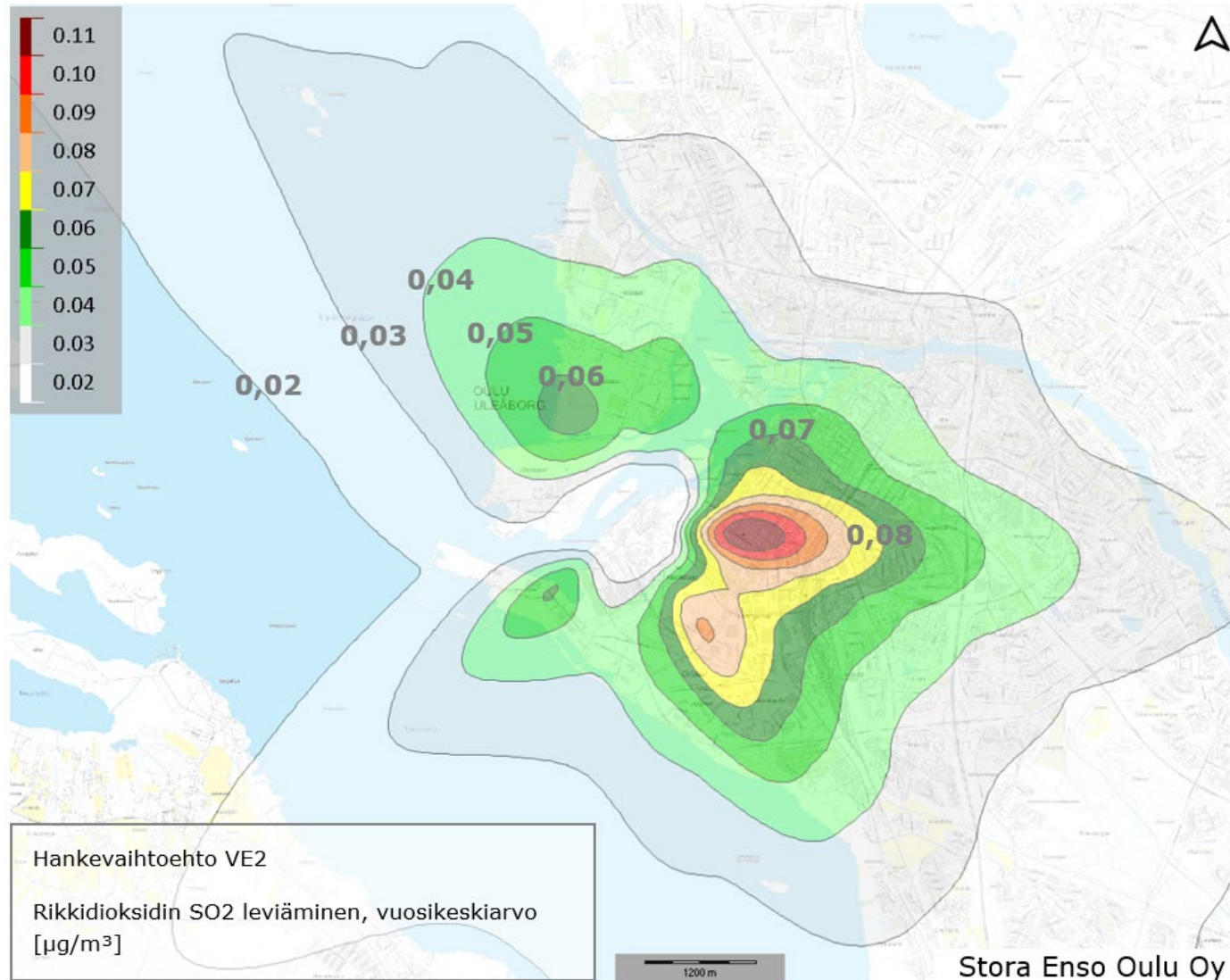
Kuvaliite 14: Vaihtoehto VE1, Haisevien rikkiyhdisteiden kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



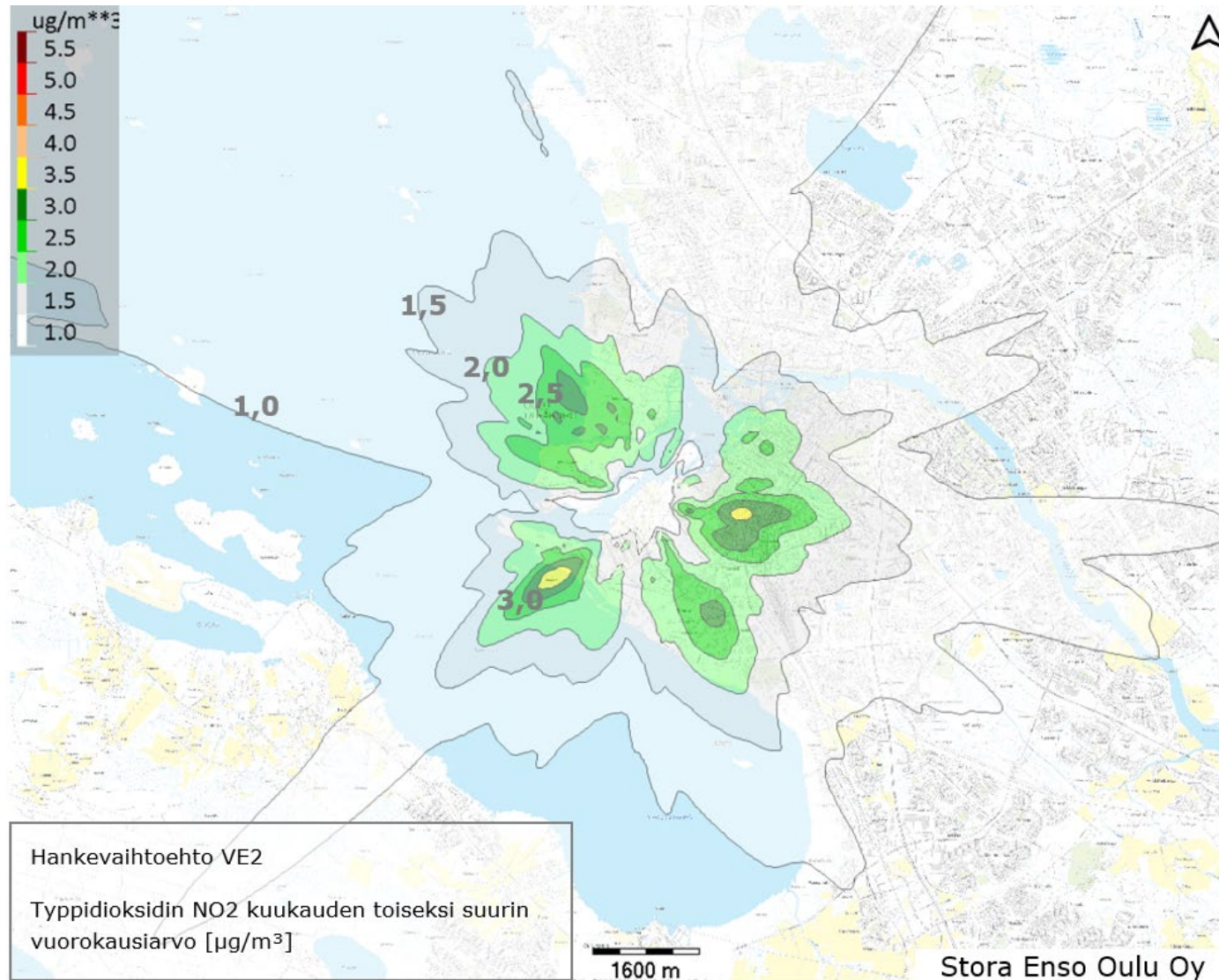
Kuvaliite 15: Vaihtoehto VE2, Rikkidioksidin SO₂ leviäminen, kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



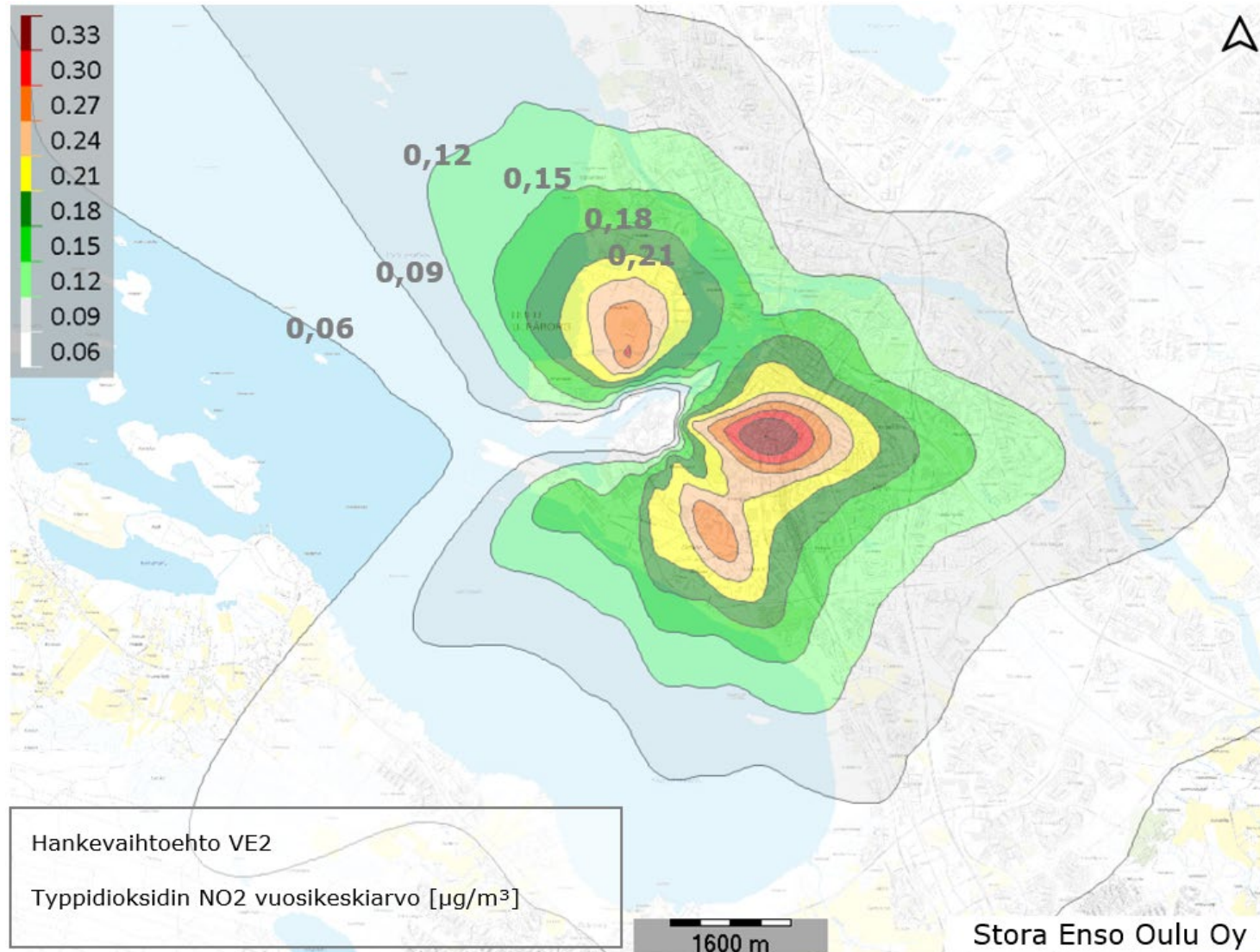
Kuvaliite 16: Vaihtoehto VE2, Rikkidioksidin SO₂ leviäminen, vuosikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



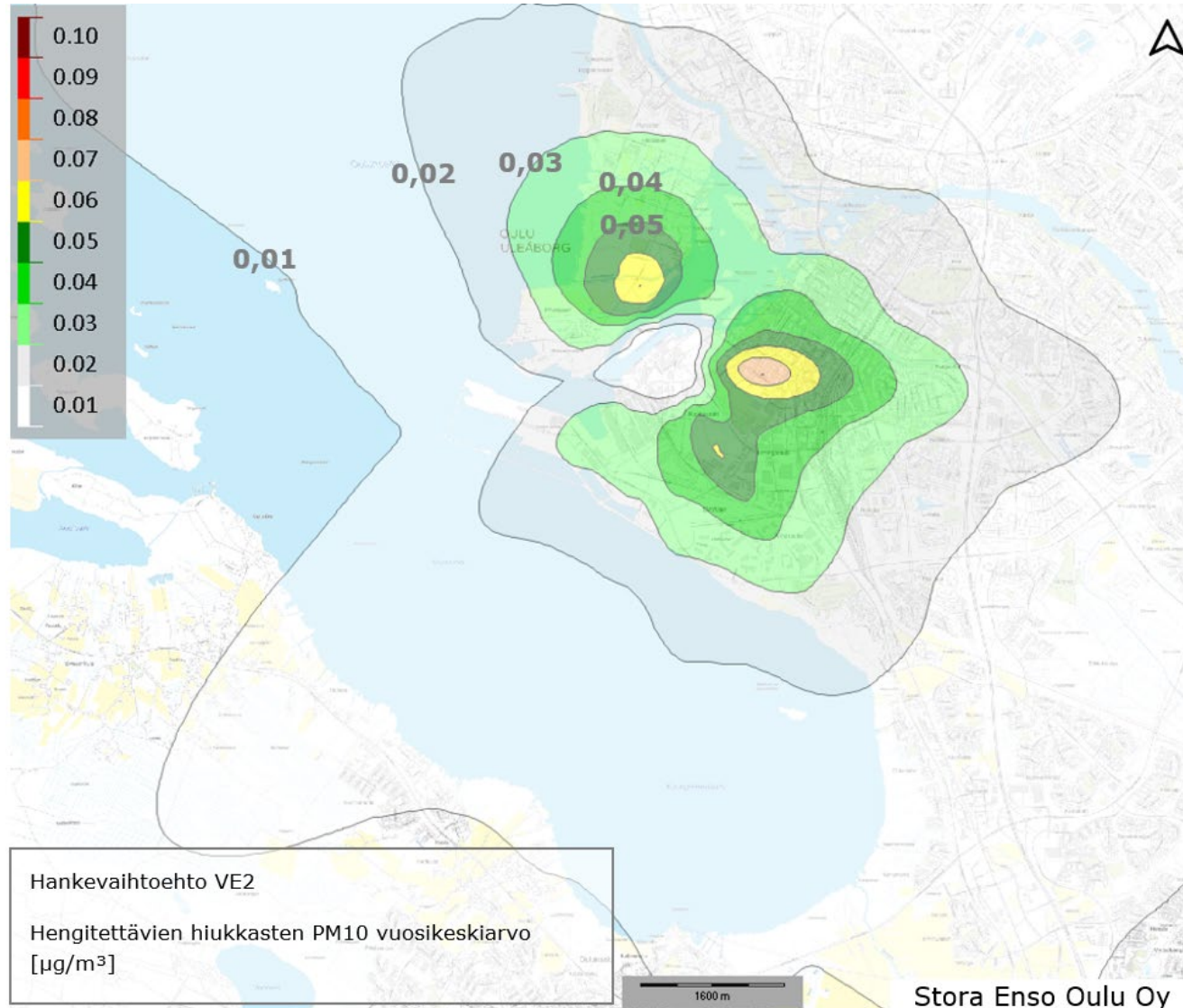
Kuvaliite 17: Vaihtoehto VE2, Typpidioksidin NO2 kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



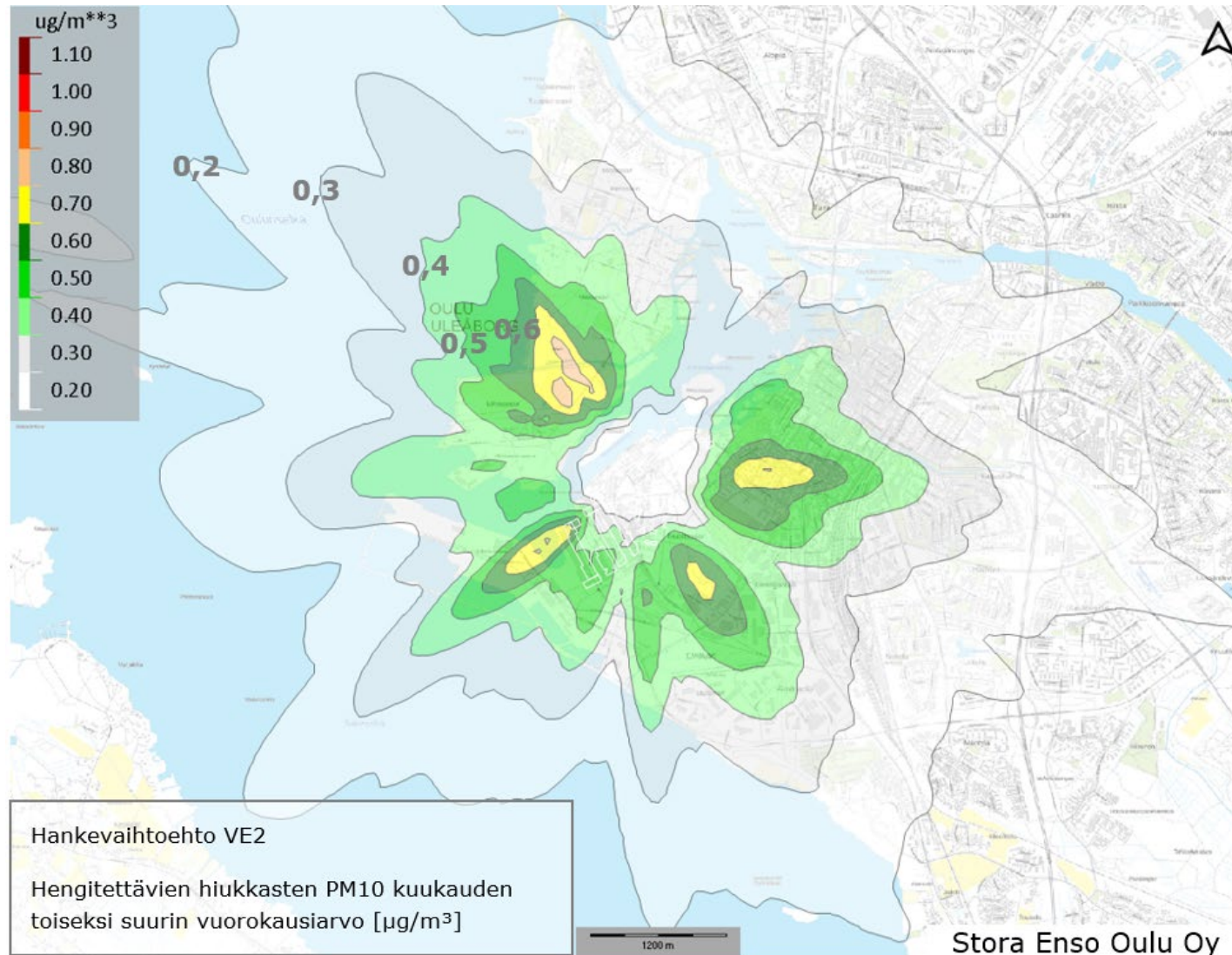
Kuvaliite 18: Vaihtoehto VE2, Typpidioksidin NO2 vuosikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



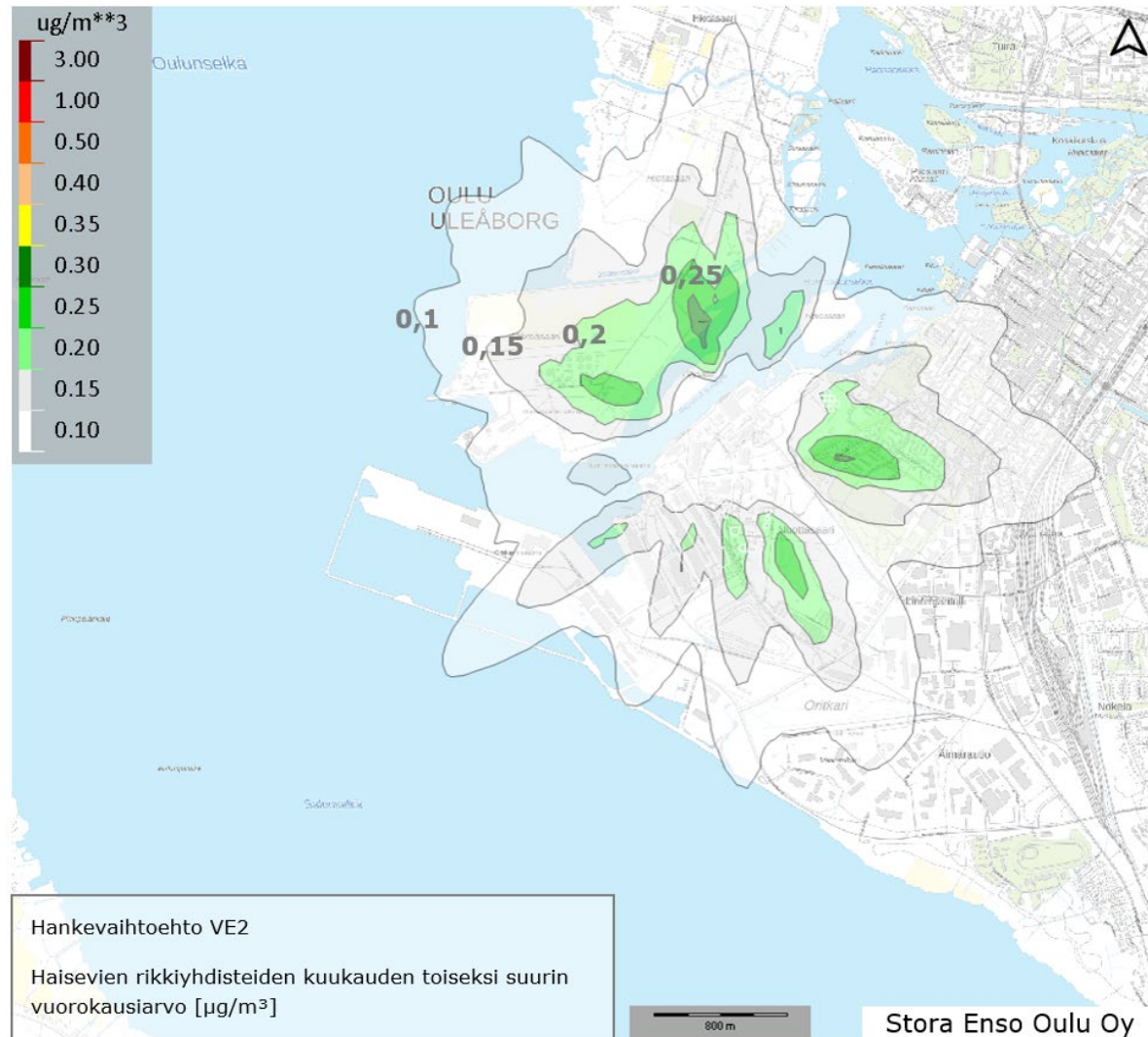
Kuvaliite 19: Vaihtoehto VE2, Hengitettävien hiukkasten PM10 vuosikeskiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



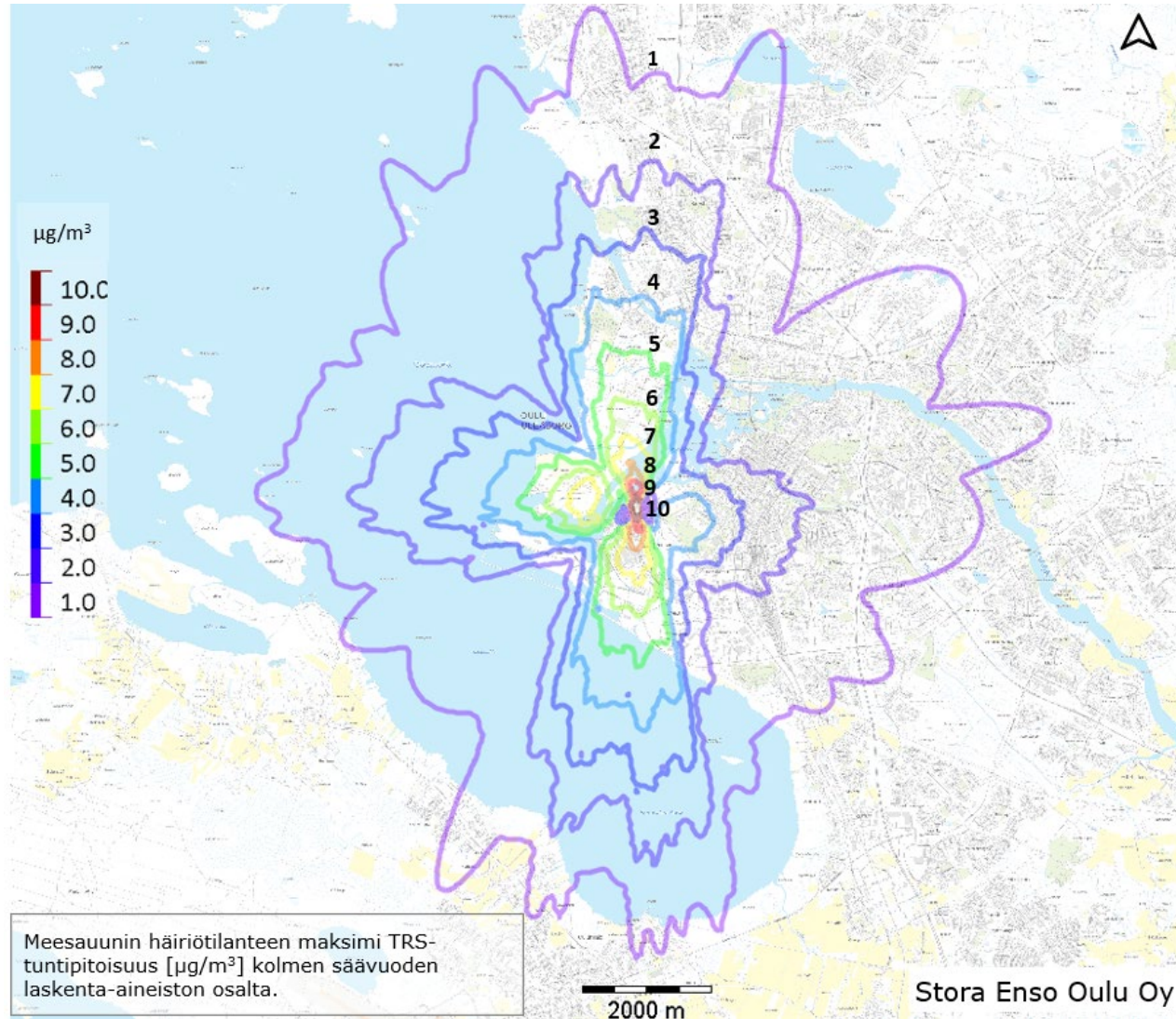
Kuvaliite 20: Vaihtoehto VE2, Hengitettävien hiukkasten PM10 kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



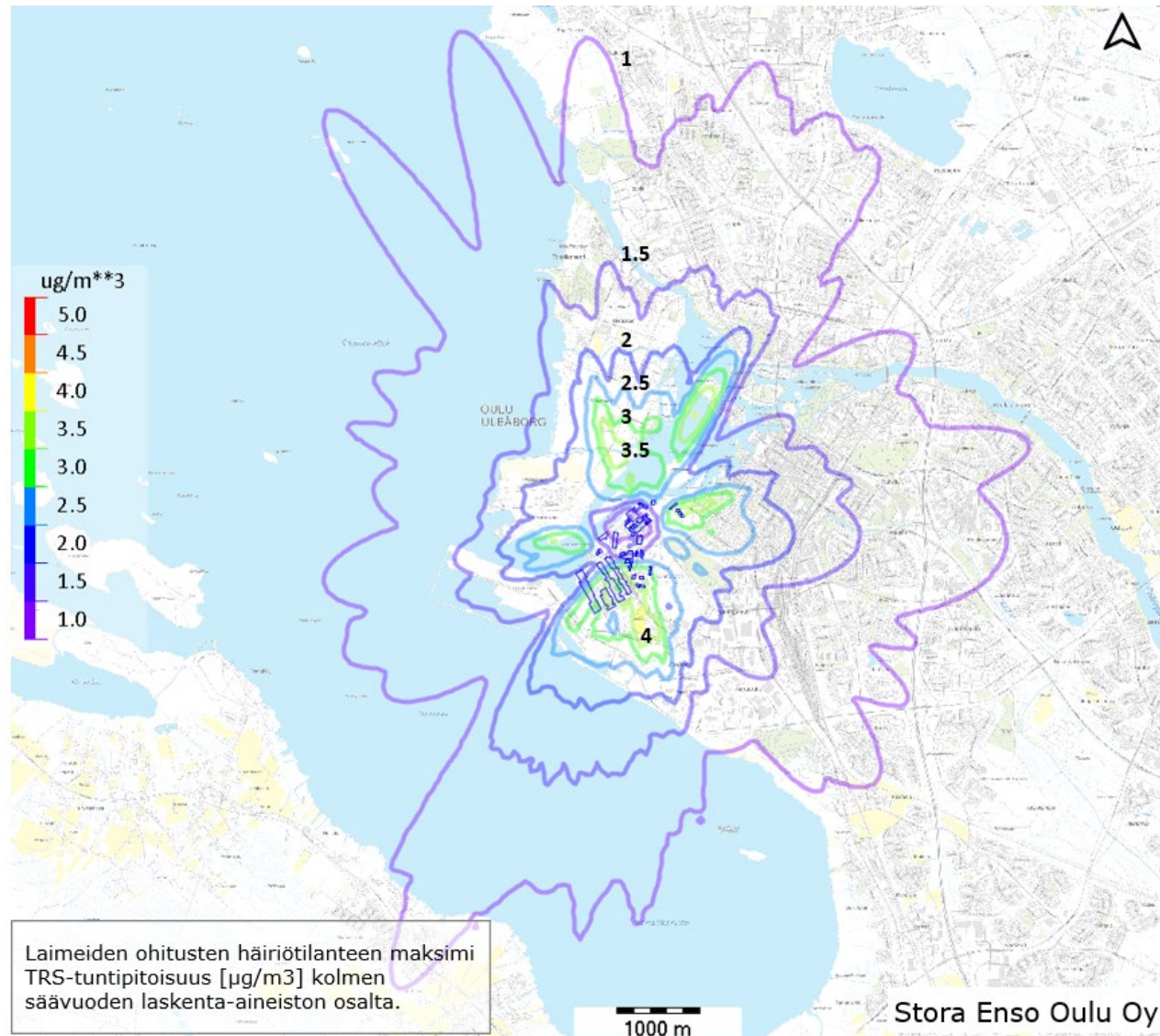
Kuvaliite 21: Vaihtoehto VE2, Haisevien rikkiyhdisteiden kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



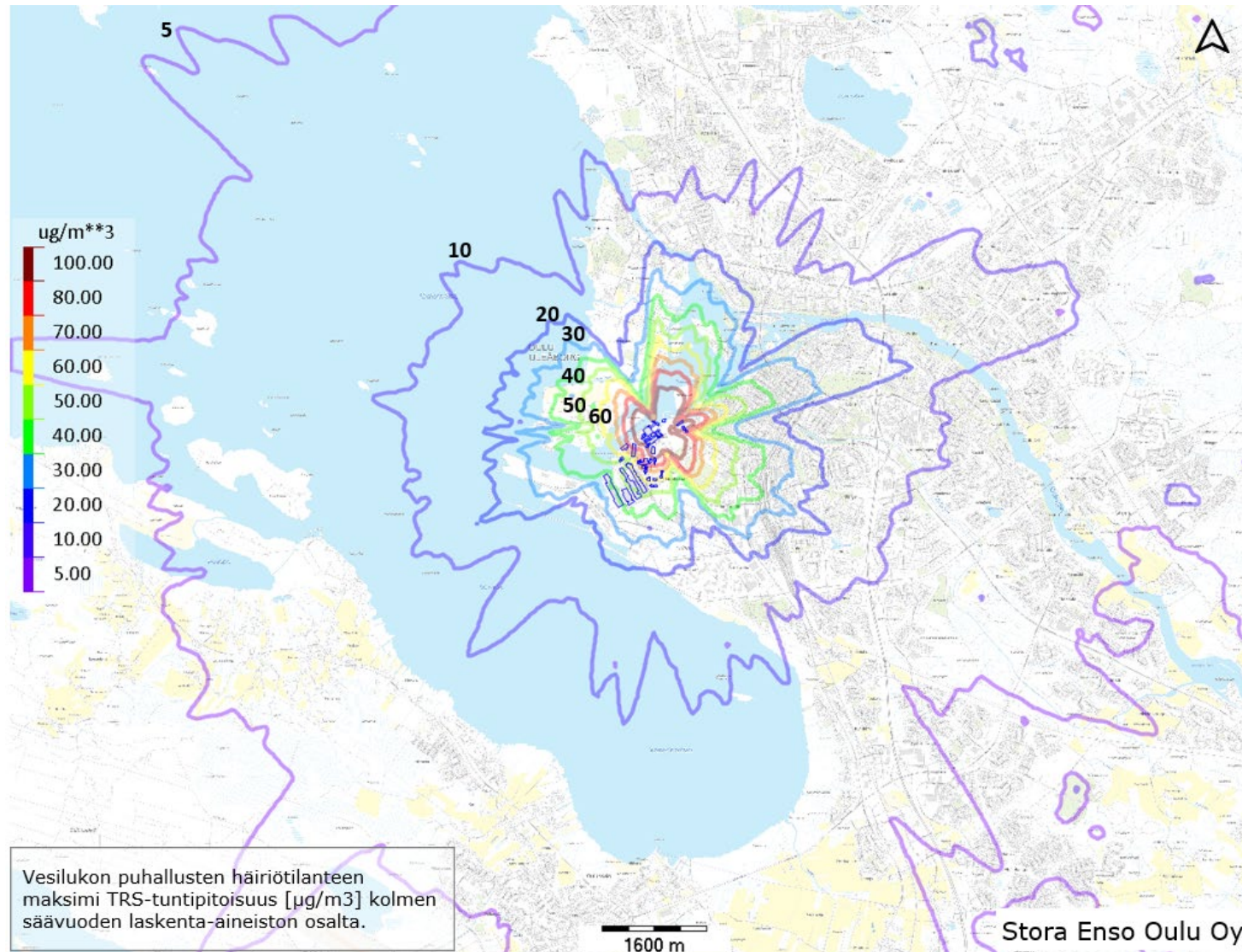
Kuvaliite 22: Meesauunin häiriötilanteen maksimi TRS-tuntipitoisuus [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



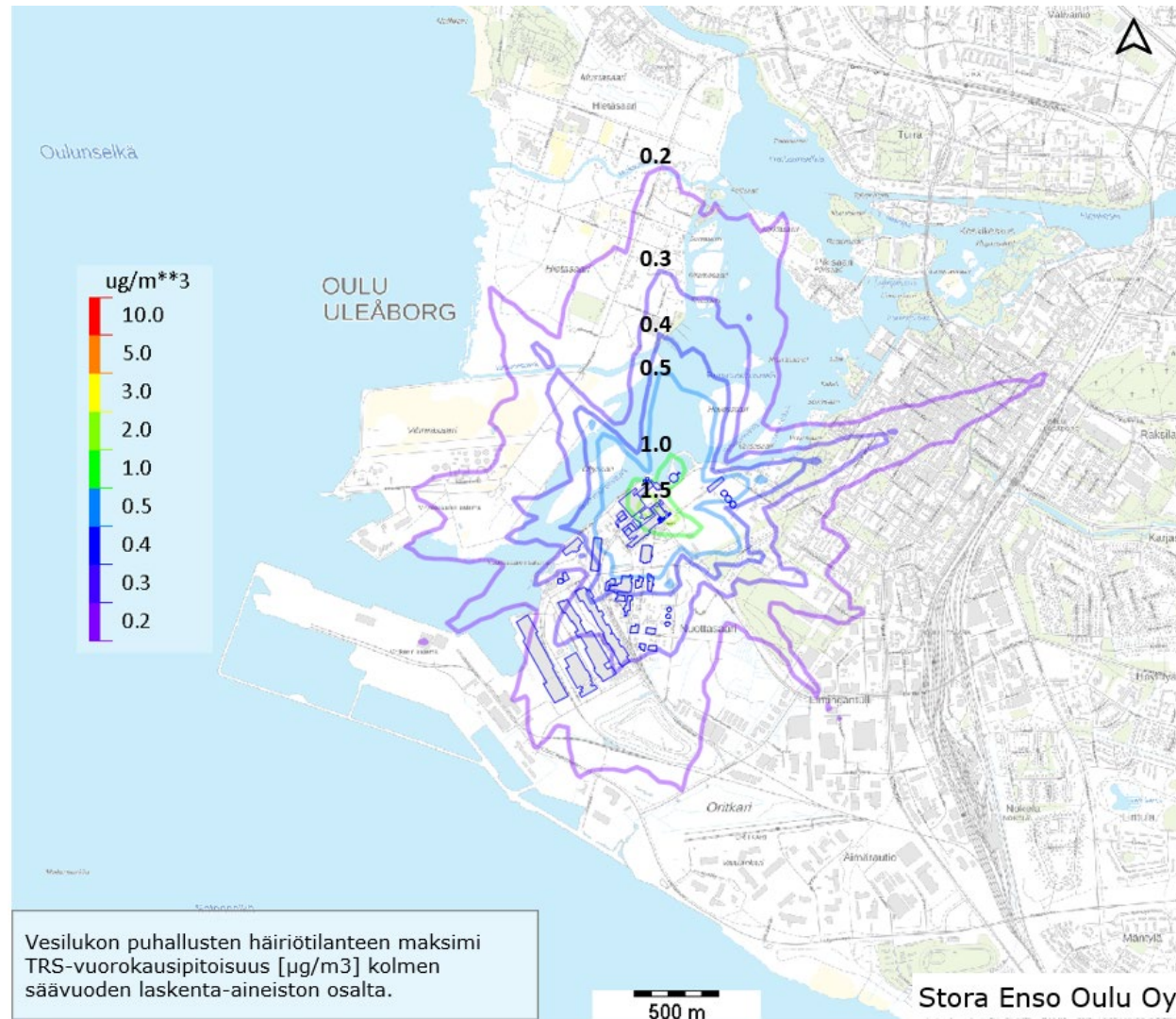
Kuvaliite 23: Laimeiden ohituksen häiriötilanteen maksimi TRS-tuntipitoisuus [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



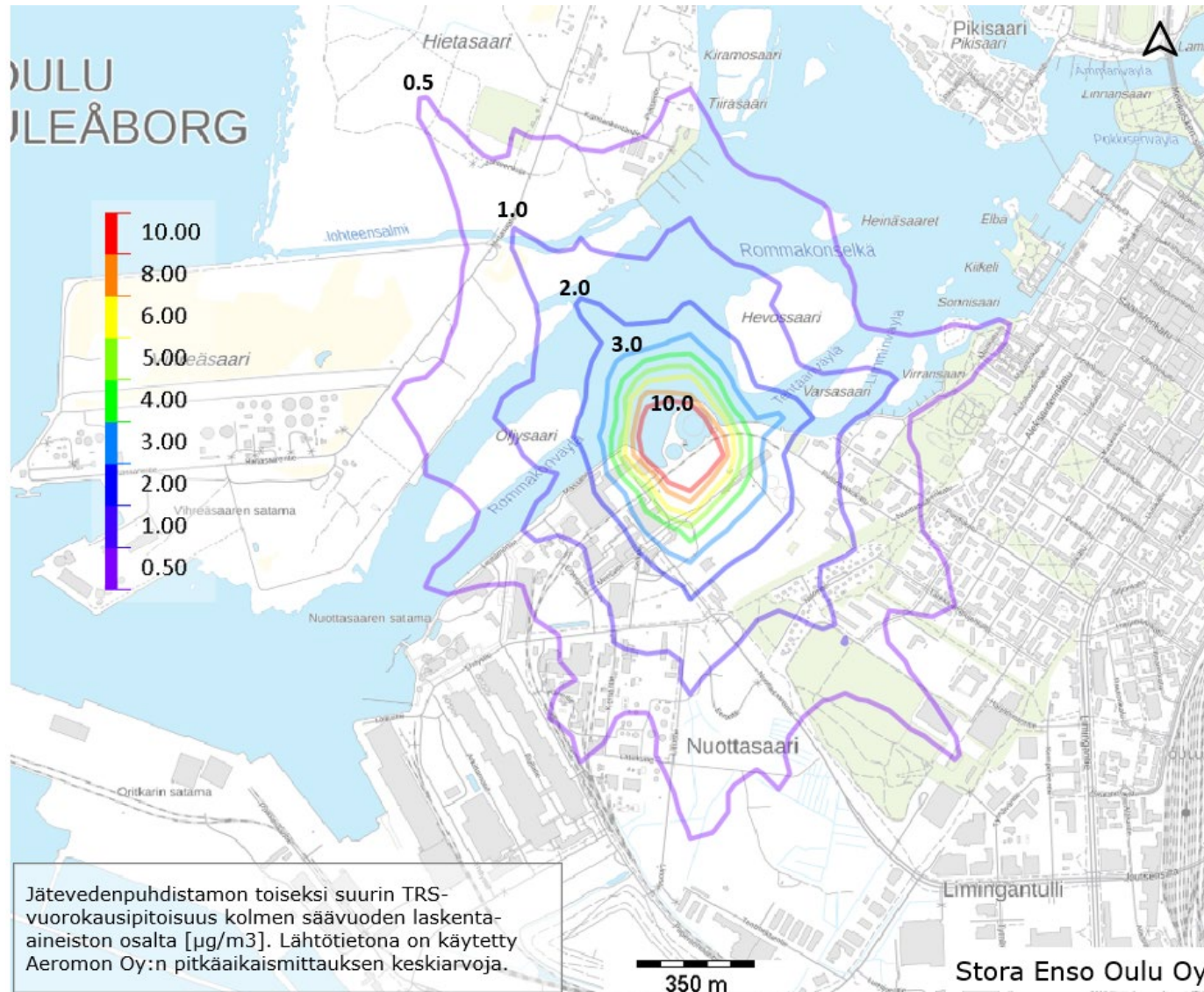
Kuvaliite 24: Keittämön vesilukon ulospuhalluksen häiriötilanteen maksimi TRS-tuntipitoisuus [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



Kuvaliite 25: Keittämön vesilukon ulospuhalluksen yhden häiriötilanteen toiseksi suurin TRS-vuorokausipitoisuus [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



Kuvaliite 26: Jätevedenpuhdistamon toiseksi suurin TRS-vuorokausipitoisuus [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].



Kuvaliite 27: Jätevedenpuhdistamon toiseksi suurin maksimi TRS-vuorokausipitoisuus [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

