

Vastaanottaja  
**Mikkelin kaupunki**  
**Marita Savo**  
**marita.savo@mikkeli.fi**  
**p. 044 794 4702**

Asiakirjatyyppi  
**Raportti**

Päivämäärä  
**20.1.2023**

Projektinumero  
**1510072330-002**

# MIKKELIN KAUPUNKI

## PURSIALAN HIUKKASMITTAUKSET

### VUONNA 2022



Ramboll Finland Oy  
Puutarhakatu 3  
70300 KUOPIO  
T +358 20 755 611  
<https://fi.ramboll.com/>

Kotipaikka Espoo  
Y-tunnus 0101197-5  
alv-rek.

## **MIKKELIN KAUPUNKI PURSIALAN HIUKKASMITTAUKSET 2022**

Projekti **Pursialan hiukkasmittaukset vuonna 2022**  
Projekti nro **1510072330-002**  
Vastaanottaja **Marita Savo**  
Asiakirjatyyppi **Raportti**  
Versio **1.0**  
Päivämäärä **20.1.2023**  
Laatija **Toni Mattila**  
Tarkastaja **Mikko Hoppo**

## SISÄLTÖ

<b>1.</b>	<b>JOHDANTO</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>TAUSTATIETOA HIUKKASISTA</b>	<b>3</b>
2.1	Hengitettävät hiukkaset (PM <sub>10</sub> )	3
2.2	Pienhiukkaset (PM <sub>2.5</sub> )	3
<b>3.</b>	<b>ILMANLAADUN OHJE- JA RAJA-ARVOT</b>	<b>4</b>
<b>4.</b>	<b>TYÖN SISÄLTÖ JA MITTAUSPAIKAT</b>	<b>5</b>
<b>5.</b>	<b>MITTAUSMENETELMÄT JA MITTAUSEPÄVARMUUS</b>	<b>6</b>
5.1	Mittausmenetelmät	6
5.2	Mittausepävarmuus	7
5.2.1	Jatkuvatoiminen hiukkasanalysointilaite	7
5.2.2	Hiukkassensorit	7
5.2.3	Sääasema	7
<b>6.</b>	<b>SÄÄOLOSUHTEET MITTAUSTEN AIKANA</b>	<b>8</b>
<b>7.</b>	<b>HIUKKASPITOISUUSMITTAUSTEN TULOKSET</b>	<b>10</b>
7.1	Jatkuvatoimisen hiukkasanalysointilaitteen mittaukset	10
7.2	Hiukkassensoreiden mittaukset	15
<b>8.</b>	<b>ILMANLAATUINDEKSI</b>	<b>18</b>
<b>9.</b>	<b>YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	<b>19</b>

Liite 1. Kuvia mittauspaikoista.

Liite 2. Sensorien mittausdata korjaamattomana.

## 1. JOHDANTO

Työn kohteena oli Mikkelin Pursialassa sijaitsevan Pursialankatu 38:n alue, jonne on suunniteltu kaavamutoksen myötä rakennettavaksi asuinrakennuksia. Asemakaavan tavoitteena on muuttaa matkailukäyttöön osoitettu alue asumiselle. Asemakaavassa on suunnitelmassa toteuttaa neljä tai viisi kerrostaloa sekä päivittäistavarakauppa purettujen hotellirakennusten tilalle.

Hengitettävien- ja pienhiukkasten mittausten avulla selvitettiin alueen ilmanlaatua jatkuvatoimisella hiukkasanalysaattorilla 60 vuorokauden ajan. Mittausjakso alkoi illalla 27.10. ja päättyi 28.12. aamulla (Sensoreilla 1 ja 4 mittaukset alkoivat aamulla 28.10.) Lisäksi Pursialan alueelle sijoitettiin hiukkassensoreita, joilla voitiin suuntaa antavasti seurata tutkittavan alueen paikallisia ilman hiukkaspitoisuuksia. Mittaustulosten avulla arvioitiin alueen soveltumista asumiskäyttöön. Asemakaavan muutosalueen vieressä on vilkasta teollisuustoimintaa ja tämän myötä melko paljon raskasta liikennettä. Lisäksi alueen vierestä menee vilkasliikenteinen Anttolantie.

## 2. TAUSTATIETOA HIUKKASISTA

Kaupunki-ilmassa on erilaisia epäpuhtauksia, kuten erikokoisia hiukkasia ja kaasumaisia yhdisteitä. Hiukkasia leijailee ilmassa koko ajan, mutta niiden määrä, koko, muoto ja kemiallinen koostumus vaihtelevat paljon. Hiukkasten pitoisuus ja koostumus vaihtelee useiden eri tekijöiden vuoksi, kuten vuodenajasta, säästä, ilmakehässä tapahtuvan muutunnan ym. vuoksi.

Kaupunki-ilmassa tyypillisiä pitoisuushuippuja edustaa katupölyjaksot. Katupöly, kuten muutkin kaupunki-ilman hiukkaset, koostuvat useista eri päästölähteistä peräisin olevista hiukkasista. Katupölyn voi havaita erityisesti keväisin, mutta osa katupölyhiukkasista on niin pieniä, että niitä ei pysty näkemään paljain silmin. Massan perusteella suurin osa katupölystä on karkean kokoluokan hengitettäviä hiukkasia (halkaisija 2,5-10 µm), kun taas lukumäärältään ja pinta-alaltaan eniten on pienhiukkasia (halkaisija alle 2,5 µm ja ultrapieniä hiukkasia (halkaisija alle 0,1 µm). Pienimmät hiukkaset ovat tyypillisesti peräisin polttoperäisistä prosesseista, kun taas karkeammat hiukkaset ovat esimerkiksi maaperästä rapautunutta kiviaineista, hiekoitushiekkaa, rengaspölyä (tai siitepölyjä, valtameristä peräisin olevia merisuola- ja sulfaattihiukkasia jne.). Kaiken kokoisilla hiukkasilla voi olla terveyshaittoja ja niiden vaikutukset terveyteen voivat vaihdella huomattavasti niiden alkuperän, kokoluokan, ilmakehässä vietetyn ajan tai koostumuksen mukaan.

### 2.1 Hengitettävät hiukkaset (PM<sub>10</sub>)

Hengitettäväksi hiukkasiksi (PM<sub>10</sub>) kutsutaan halkaisijaltaan alle 10 mikrometrin (µm) hiukkasia. Niitä muodostuu tienpinnan, hiekoitusmateriaalien, renkaiden ja jarrujen kulumisesta sekä tuulen ja renkaiden mukana esimerkiksi rakennustyömailta kulkeutuvista hiukkasista. Hengitettäviä hiukkasia on ilmassa erityisen paljon keväällä. Tällöin talven aikana kertyneet hiukkaset nousevat kiuvilta kaduilta ilmaan liikenteen ja tuulen mukana. Hengitettävät hiukkaset kulkeutuvat alempiin hengitysteihin eli henkitorveen ja keuhkoputkiin. Hiukkaset voivat olla kemialliselta koostumukseltaan vaikkapa merisuolaa, mutta niihin voi olla sitoutuneena myös esimerkiksi haitallisia raskasmetalleja tai hiilivetyjä.

### 2.2 Pienhiukkaset (PM<sub>2.5</sub>)

Osa kaupunki-ilman hiukkasista on pienhiukkasia, joiden halkaisija on alle 2,5 mikrometriä (PM<sub>2.5</sub>). Halkaisijaltaan alle 2,5 mikrometrin (µm) hiukkasia kutsutaan pienhiukkasiksi. Pienhiukkaset ovat osa hengitettäviä hiukkasia. Pienemmät hiukkaset tunkeutuvat hengitysilman mukana syvemmälle hengitysteihin. Pienhiukkaset ovat Suomessa pääasiassa peräisin erilaisista polttoperäisistä prosesseista, kuten pakokaasuista, puunpoltosta, energiantuotannosta ja teollisuudesta, sekä ilmakehässä ikääntyneistä kaukokulkeutuneista hiukkasista maamme rajojen ulkopuolelta. Kaukokulkeuman mukana meille kulkeutuu myös mm. hiukkasia, jotka ovat peräisin peltojen kulotuksesta ja maastopaloissa. Pienen kokonsa vuoksi ne pysyvät ilmassa kauan ja kulkeutuvat ilmavirtausten mukana jopa tuhansia kilometrejä ja poistuvat ilmakehästä tehokkaasti vasta sateen mukana. Kaukokulkeutuma ilmenee usein samanaikaisina kohonneina pitoisuuksina (episodeina) laajoilla alueilla. Kaukokulkeutuma muodostaakin huomattavan osan myös kaupunki-ilman

pienhiukkaspitoisuuksista, mikä tasaa kaupunkien välisiä pitoisuseroja. Euroopan ja Venäjän metsä- ja maastopaloilla on ollut kasvava merkitys Suomen pienhiukkaspitoisuuksiin parin viime vuosikymmenen aikana.

### 3. ILMANLAADUN OHJE- JA RAJA-ARVOT

Suomessa hiukkaspitoisuuksille ulkoilmassa on voimassa ohje- ja raja-arvoja, jotka koskevat suuria hiukkasia (kokonaisleijuma, TSP), hengitettäviä hiukkasia (PM<sub>10</sub>) ja pienhiukkasia (PM<sub>2.5</sub>).

Ilmanlaadulle annetut raja-arvot ovat sitovimpia kuin ohjearvot. Raja-arvot määrittelevät suurimmat hyväksyttävät terveysperusteiset ilman epäpuhtauksien pitoisuudet. Mikäli raja-arvo ylittyy, tulee kunnan laatia ja panna toimeen ilmansuojelusuunnitelmia raja-arvon alittamiseksi.

Kansalliset ohjearvot määrittelevät ilmanlaadulle asetetut tavoitteet. Ohjearvot on tarkoitettu ensisijaisesti ohjeiksi suunnittelijoille ja viranomaisille. Lisäksi maailman terveysjärjestö WHO on antanut terveysperusteisia ohjearvoja ilmansaasteiden pitoisuuksille. WHO:n antamat ohjearvot ovat suositusluonteisia ja ne perustuvat terveyshaittoihin, joita ilmansaasteiden on todettu aiheuttavan. Ohjearvoilla pyritään vaikuttamaan ilmanlaadun kehitykseen asettamalla tavoitteita sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä.

Valtioneuvoston asetuksessa (26.1.2017/79) on annettu raja-arvot hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) ja pienhiukkasten (PM<sub>2.5</sub>) pitoisuuksille ulkoilmassa. Valtioneuvoston päätöksessä (480/1996) on annettu ohjearvot hiukkasten kokonaisleijumalle (TSP) ja hengitettävien hiukkasten kokonaismäärälle ulkoilmassa. Lisäksi Maailman terveysjärjestö WHO on määrittänyt ohjearvoja (*WHO global air quality guidelines. Executive summary. WHO, 2021*). (Taulukko 1)

**Taulukko 1. Ilmanlaadun raja- ja ohjearvot hiukkasille.**

RAJA-ARVO			
	Tarkastelu-aika	Tilastollinen määritelmä	Raja-arvopitoisuus [µg/m <sup>3</sup> ]
<b>Hengitettävät hiukkaset (PM<sub>10</sub>) (EU)</b>	vuorokausi	raja-arvon lukuarvo saa ylittyä 35 kertaa vuodessa	50
<b>Hengitettävät hiukkaset (PM<sub>10</sub>) (EU)</b>	vuosi	vuosikeskiarvo	40
<b>Pienhiukkaset (PM<sub>2.5</sub>) (EU)</b>	vuosi	vuosikeskiarvo	25
OHJEARVO			
	Tarkastelu-aika	Tilastollinen määritelmä	Ohjearvopitoisuus [µg/m <sup>3</sup> ]
<b>Hengitettävät hiukkaset (PM<sub>10</sub>) (Kansallinen)</b>	vuorokausi	kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo	70
<b>Hiukkasten kokonaisleijuma (TSP) (Kansallinen)</b>	vuorokausi	vuoden vuorokausiarvojen 98. prosentti-piste	120
<b>Hiukkasten kokonaisleijuma (TSP) (Kansallinen)</b>	vuosi	vuosikeskiarvo	50
<b>Pienhiukkaset (PM<sub>2.5</sub>) (WHO)</b>	vuorokausi	vuoden vuorokausiarvojen 99. prosentti-piste	15
<b>Pienhiukkaset (PM<sub>2.5</sub>) (WHO)</b>	vuosi	vuosikeskiarvo	5
<b>Hengitettävät hiukkaset (PM<sub>10</sub>) (WHO)</b>	vuorokausi	vuoden vuorokausiarvojen 99. prosentti-piste	45
<b>Hengitettävät hiukkaset (PM<sub>10</sub>) (WHO)</b>	vuosi	vuosikeskiarvo	15

## 4. TYÖN SISÄLTÖ JA MITTAUSPAIKAT

Pursialan alueella mitattiin 60 vuorokauden jakso sekä pienhiukkasia- ( $PM_{2.5}$ ) että hengitettäviä ( $PM_{10}$ ) hiukkasia. Suunnitellulle asemakaavanmuutosalueelle oli sijoitettu mittausvaunu, joka mitasi jatkuvatoimisesti hiukkaspitoisuuksia ( $PM_{2.5}$  ja  $PM_{10}$ ). Mittausvaunu oli varustettu itsenäisellä sääasemalla paikallisten säätietojen keräämiseksi. Mittausvaunulla kerättiin mittausparametreista minuuttikeskiarvoja. Raportointia varten minuuttikeskiarvoista muodostettiin tunti- ja vuorokausikeskiarvoja.

Mittausvaunun lisäksi Pursialan teollisuusalueelle sijoitettiin neljä suuntaa antavaa hiukkassensoria, joiden mittausdatasta esitetään tässä raportissa sekä pien- että hengitettävät hiukkaset. Lisäksi yksi sensori sijoitettiin mittausvaunun viereen sensorien datan laadunvarmennusta varten. Tämän sensorin dataa voitiin verrata suoraan mittausvaunuun sijoitetun standardin mukaisen mitalaitteen tuloksiin ja sen avulla määrittää korjauskerroin sensoridatalle.

Kuvassa 1 on esitetty sensoreiden (1–5) ja mittausvaunun (MV) sijoittelu alueelle. Kuvat mittauspisteistä ovat liitteenä 1. Sensori 1 oli sijoitettu Etelä-Savon Energia Oy:n Pursialan voimalaitoksen tontin koilliskulmaan. Mittauspiste valittiin niin, että sen avulla voitaisiin havaita voimalaitoksen alueelta tuleva hiukkaspäästöjä (ei piippupäästöt), mutta mittauspiste sijoitettiin kuitenkin mahdollisimman kauas mahdollisista hake- tai turvekasoista. Sensori 2 oli aivan Pursialankadun varressa Mölnlycken pohjoispuolelle ja Misawan länsipuolella. Sensorilla 2 saatiin tietoa erityisesti liikenteen aiheuttamista hiukkaspäästöistä sekä tuulen suunnasta riippuen usean eri teollisuuslaitoksen hiukkaspäästöistä. Sensori 3 oli Mölnlycken laitoksen vieressä sen itäpuolella ja sen tarkoituksena oli mitata erityisesti Mölnlycken päästöjä. Betsetin tontin itäreunalle oli sijoitettu sensori 4 Betsetin mahdollisten päästöjen seurantaan ja pohjoistuulilla koko Pursialan teollisuusalueen hiukkaspäästöjen seurantaan.

Työssä oli tarkoitus selvittää erityisesti Pursialan alueella sijaitsevien teollisuuslaitosten mahdollisesti aiheuttamaa pölyämistä suunnitellulle asemakaava-alueelle. Hiukkaspitoisuuksiin alueella vaikuttavat myös muut alueen päästölähteet kuten liikenne. Lahdentie / Kuopiontie kulki lähimmillään noin kahden kilometrin päästä mittausvaunun sijoituspaikasta, Uusi Ristiinantie noin kilometrin, Anttolantie 50 metrin ja Pursialankatu 25 metrin päästä. Lahdentien vuoden keskimääräinen vuorokausiliikenne (KVL) vuonna 2021 oli 15942/1334 (ha/raskas), Kuopiontien 18765/1592, Uusi Ristiinantien Anttolantien pohjoispuolella 11475/689 ja eteläpuolella 8420/738 sekä Anttolantiellä Pursialankadun länsipuolella 3868/231 ja itäpuolella 4421/321 (lähde Väylävirasto, tieliikenteen liikennemäärät 2021). Pursialankadun keskimääräinen vuorokausiliikenne kadun eteläpäässä on 1756/168 (ha/raskas) (lähde AFRY Pursialan asemakaavan liikenne- ja meluselvitys luonnos 17.10.2022). Lisäksi erityisesti pienhiukkasten pitoisuuksiin vaikuttaa merkittävästi mahdollinen kaukokulkeuma. Tämän vuoksi raportissa on verrattu hiukkaspitoisuuksia myös Ilmatieteenlaitoksen Virolahdessa sijaitsevan tausta-aseman tuloksiin.





Kuva 1. Mittausvaunun, MV (Fidas hiukkasanalysointori sekä Vaisala sääasema) ja sensoriverkon mittauspisteiden sijainnit Pursialassa (karttalähde: Paikkatietoikkuna).

## 5. MITTAUSMENETELMÄT JA MITTAUSEPÄVARMUUS

### 5.1 Mittausmenetelmät

Hiukkaspitoisuudet määritettiin reaaliaikaisesti ja jatkuvatoimisesti Fidas 200 E hiukkasanalysointorilla. Fidas on EN16450-standardin vaatimukset täyttävä hiukkasmittalaite. Laitteelle on TÜV:n tyyppihyväksynyt sekä pien- että hengitettävien hiukkasten mittaamiseen. Laite mittaa eri hiukkaskokoluokkien (mm. tässä raportissa esitetyt  $PM_{2.5}$  ja  $PM_{10}$ ) hiukkaspitoisuuden vaihtelua. Näytteiden keskiarvotusväliksi määritettiin 1 minuutti. Laitteen herkkyys on  $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , joten se soveltuu myös matalien taustapitoisuuksien mittaukseen. Näytteenottokorkeus oli noin 4,5 metriä maanpinnasta.

Mittausvaunussa oli lisäksi Vaisala WXT530 sääasema, jolla tallennettiin paikalliset sääolosuhteet mittausten aikana. Tallennettavat sääparametrit olivat tuulen suunta ja nopeus, lämpötila, ilmanpaine, suhteellinen kosteus ja sadanta. Sääasema oli sijoitettu noin 5 metrin korkeuteen maanpinnasta.

Suuntaa antavissa hiukkasmittauksissa käytettiin hiukkassensoria, jolla on MCerts -hyväksyntä pienhiukkasten ( $PM_{2.5}$ ) osalta. Hiukkassensoreista otettiin talteen hetkellinen pienhiukkaspitoisuus viidentoista minuutin välein. Sensorit oli sijoitettu hieman paikasta riippuen noin 2–2,5 metrin

korkeuteen lukuun ottamatta mittausvaunun viereen sijoitettua sensoria 5, joka oli noin neljän metrin korkeudessa.

## 5.2 Mittausepävarmuus

### 5.2.1 Jatkuvatoiminen hiukkasanalysointilaitteisto

Palas FIDAS 200 -laitteen antamille tuloksille on Suomessa Kansallinen ilmanlaadun vertailulaboratorio määrittänyt korjauskertoimet (Hiukkasmittausten vaatimuksenmukaisuuden todentaminen (HIVATO) 2019–2020), joita käyttämällä mittaustulokset vastaavat menetelmästandardin SFS-EN 12341:2014 mukaista referenssikeräintä ja punnitusmenettelyä vastaan.

Fidakselle määritetyt korjauskertoimet ovat:

- PM<sub>10</sub>-hiukkaskokoluokalle 0,95
- PM<sub>2,5</sub>-hiukkaskokoluokalle 0,915

Näillä kertoimilla korjattu mittausdata on vertailukelpoista ja se voidaan raportoida sekä kansallisesti että kansainvälisesti. Käytettäessä näitä kertoimia on laajennettu mittausepävarmuus PM<sub>10</sub> osalta 7,2 % ja PM<sub>2,5</sub> osalta 15,8 %. Mittalaitteisto toimii mittausjakson ajan hyvin ja mittausjakson ajalta saatiin mittaustulos 99,9 prosentille mahdollisista tunneista. Mittalaitteelle tehtiin tiiveystarkastus, virtausmittaus ja pitoisuuden kalibrointi ennen mittauksia. Lisäksi mittausten jälkeen tehtiin tiiveystarkastus sekä virtausmittaus.

### 5.2.2 Hiukkassensorit

Sensorit on tarkoitettu suuntaa antaviin mittauksiin täydentämään vertailukelpoista jatkuvatoimista mittausta. Niiden avulla voidaan tehdä havaintoja mistä suunnasta hiukkasia alueelle erityisesti tulee ja miten hiukkaspitoisuudet mahdollisesti vaihtelevat Pursialan alueella. Pursialassa käytetyn sensorimallin on testeissä todettu toimivan hyvin erityisesti pienhiukkasille (PM<sub>2,5</sub>). Pursialan mittauksissa yksi sensori sijoitettiin mittausvaunun viereen, jolloin sensorien mittaustuloksen luotettavuutta voitiin arvioida vertaamalla tuloksia Fidas 200 -mittalaitteen tuloksiin.

Sensorit ovat käyttökelpoisia alustavassa ilmanlaadun arvioinnissa, alueellisessa kartoituksessa (esim. teollisuuslaitoksen päästöjen vaikutus, maankäyttötutkimukset, etsittäessä kevyen liikenteen väylille puhtaampia kulkuväyliä) sekä altistuskartoituksissa.

Ympäristöolosuhteet (lämpötila, ilmanpaine, ilmankosteus) vaikuttavat merkittävästikin sensorien signaaliin ja lisäksi hystereesi eli muutosta vastustava ilmiö, sensorien jännitelähde, sähkömagneettiset kentät sekä tuuli vaikuttavat sensorien mittaustuloksiin. Lisäksi sensorien mittaustuloksiin vaikuttavat samat tekijät kuin vertailumenetelmää käyttävillä analysointilaitteilla kuten liukuma, toistettavuus ja lineaarisuus.

Hiukkassensorien mittaustulosten selvittäminen on mahdollista tehdä vertaamalla sensoria säännöllisin väliajoin vertailumenetelmää vastaan jatkuvatoimisella hiukkasanalysointilaitteella, jonka ekvivalenssi referenssimenetelmää vastaan on osoitettu. Pursialassa yksi sensori sijoitettiin jatkuvatoimisen hiukkasanalysointilaitteen rinnalle sensorin mittaustulosten selvittämiseksi.

### 5.2.3 Sääasema

Mittausvaunuun liitetyn Vaisalan WXT530 sääaseman mittaustarkkuudet on esitetty taulukossa 2.

**Taulukko 2. Vaisala WXT -sääaseman mittaustarkkuudet**

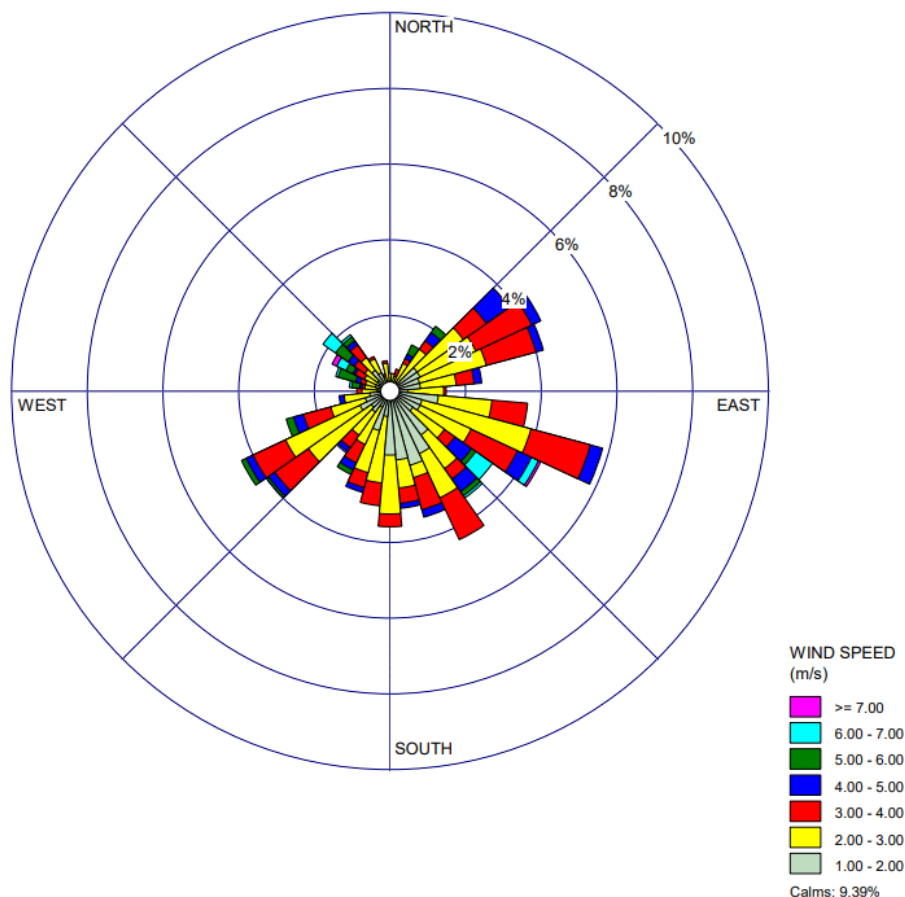
	Tarkkuus
<b>Ilmanpaine</b>	±0,5 hPa at 0 ... +30 °C ±1 hPa at -52 ... +60 °C
<b>Lämpötila</b>	±0,3 °C
<b>Tuulen suunta</b>	±3,0° at 10 m/s
<b>Tuulen nopeus</b>	±3 % at 10 m/s



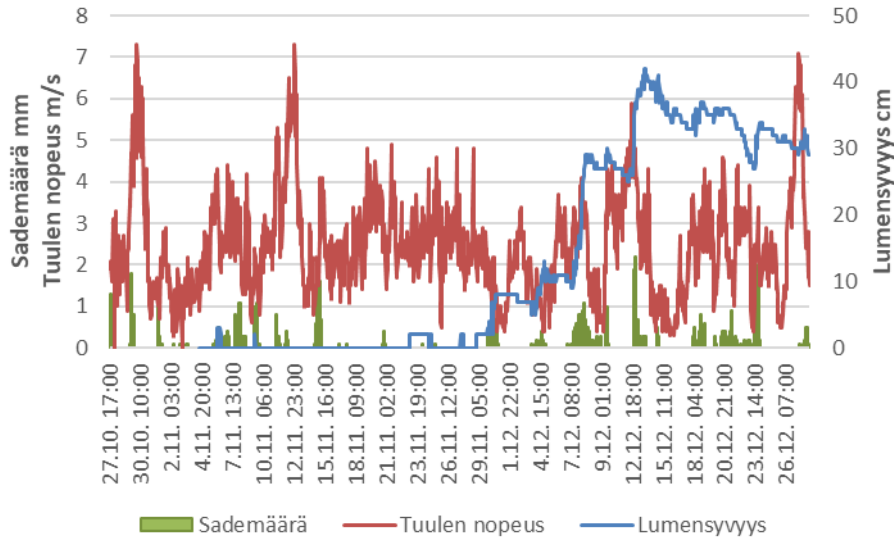
## 6. SÄÄOLOSUHTEET MITTAUSTEN AIKANA

Mittauksen aikana vallinneet sääolosuhteet saatiin Ilmatieteen laitoksen avoimesta säädätystä Mikkelin lentoasemalta. Lentoasema sijaitsee Pursialasta noin 5 km länsi-luoteeseen. Lisäksi mittausvaunun yhteydessä oli sääasema, jonka avulla saatiin huomioitua paikalliset sääolosuhteet.

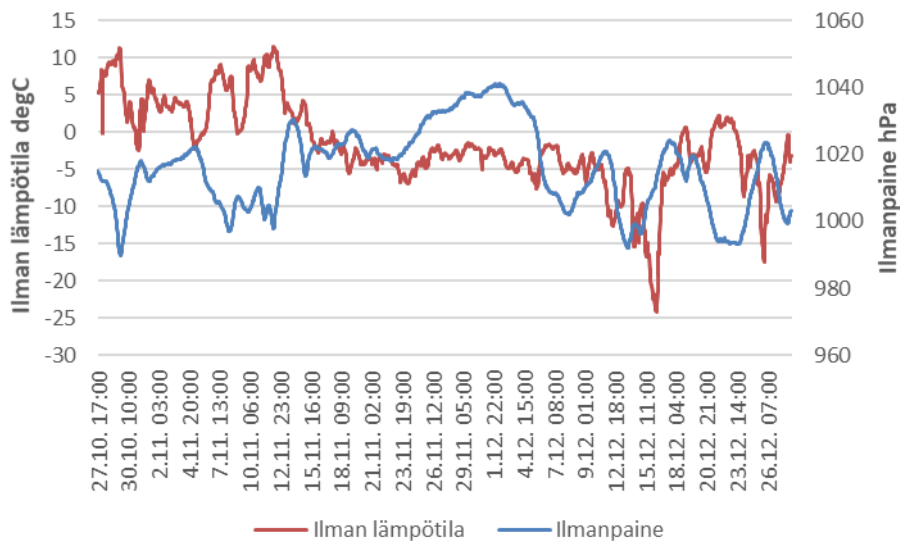
Kuvassa 2 on esitetty tuuliruusu mittauksen aikana vallinneista tuuliolosuhteista Mikkelin lentoaseman havaintoaseman tietojen perusteella. Vallitseva tuulen suunta oli itäkaakko. Tyyntä (<1 m/s) oli noin 9 % ajasta. Kuvassa 3 on sademäärä, lumen syvyys ja tuulen nopeus Mikkelin lentoasemalta. Kuvassa 4 on esitetty ilman lämpötila ja ilmanpaine Mikkelin lentoasemalta.



Kuva 2. Tuuliruusu ajanjaksolta 28.10.–28.12.2022. Mittausdata on Ilmatieteenlaitoksen Mikkelin lentoaseman havaintoasemalta. Kuvaaja kertoo, mistä suunnasta on tuullut sekä tuulen nopeuden jakauman.



Kuva 3. Tuulen nopeus, sademäärä ja lumensyvyys mittausjakson ajalta Mikkelin lentoasemalta (lähde: IL avoin data, 2022).



Kuva 4. Ilman lämpötila ja ilmanpaine mittausjakson ajalta Mikkelin lentoasemalta (lähde: IL avoin data, 2022).

Mittausjakson aikaisia säätietojen tunti-arvojen minimi- ja maksiarvoja sekä keskiarvot Pursialasta ja lentoasemalta on esitetty taulukossa 3. Mittausjakson alkupuolella oli melko vähäisiä vesisateita. Lunta satoi erityisesti marraskuun loppupuolelta alkaen.

Taulukko 3. Sääolosuhteet mittausjakson aikana Pursialassa (MV) ja Mikkelin lentoasemalla (IL).

	Pursiala tuulen nop. m/s	Pursiala lämpötila °C	Pursiala ilmanpaine hPa	Lentoas. tuulen nop. m/s	Lentoas. lämpötila °C	Lentoas. ilmanpaine hPa
<b>Minimi</b>	0	-23,6	979,3	0	-24,2	989,6
<b>Keski- arvo</b>	0,5	-1,3	1005,0	2,5	-1,7	1016,2
<b>Maksimi</b>	3,0	11,9	1029,6	7,3	11,6	1041,2

## 7. HIUKKASPITOISUUSMITTAUSTEN TULOKSET

Mittauksissa käytettiin sekä Fidas 200 E hiukkasanalysointia että useita hiukkassensoreita. Mittausjakson pituus oli 60 vuorokautta.

### 7.1 Jatkuvatoimisen hiukkasanalysointilaitteen mittauksien tulokset

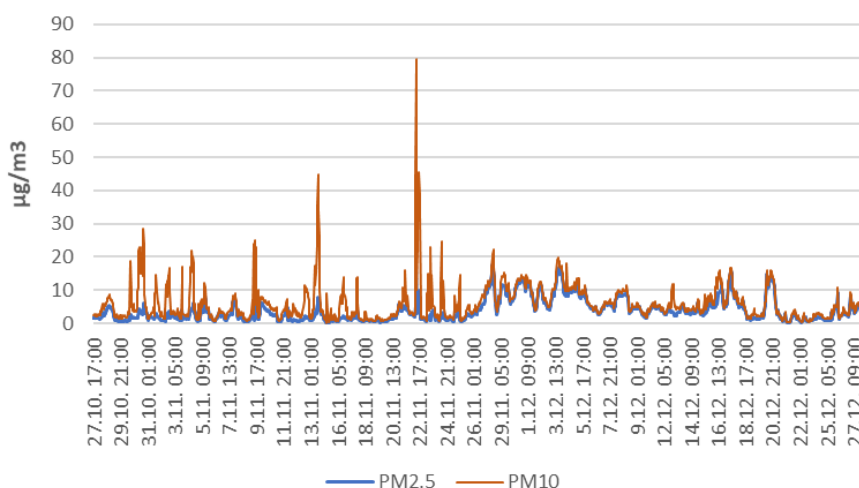
Fidaksen antamat mittauksien tulokset on korjattu kansallisilla korjauskertoimilla (PM<sub>10</sub> 0,95 ja PM<sub>2,5</sub> 0,915).

Taulukossa 4 on esitetty eri hiukkaskokoluokkien (PM<sub>2,5</sub> ja PM<sub>10</sub>) keskimääräiset pitoisuudet, sekä tuntikeskiarvojen minimi- ja maksimipitoisuudet Mikkelin Pursialasta ja vertailun vuoksi myös Ilmatieteenlaitoksen Vironlahden tausta-asemalta.

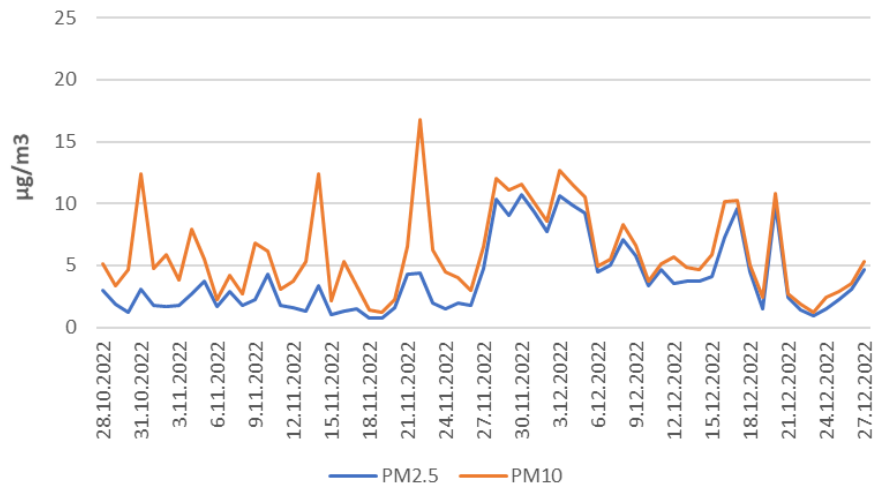
**Taulukko 4. Pursialassa ja Vironlahdella 27.10.-28.12.2022 mitattujen PM<sub>2,5</sub> ja PM<sub>10</sub> -mittausten keskimääräiset pitoisuudet sekä tuntikeskiarvojen minimi- ja maksimipitoisuudet**

	Minimi µg/m <sup>3</sup>	Keskiarvo µg/m <sup>3</sup>	Maksimi µg/m <sup>3</sup>
Pursiala PM <sub>2,5</sub>	0,2	3,9	17,5
Pursiala PM <sub>10</sub>	0,2	5,9	79,4
IL Virolahti PM <sub>2,5</sub>	0,2	4,4	18,8
IL Virolahti PM <sub>10</sub>	0,3	5,5	21,7

Kuvissa 5 ja 6 on esitetty mittausvaunussa olleen hiukkasanalysointilaitteen PM<sub>2,5</sub> ja PM<sub>10</sub> -mittausten tulokset (1 h pitoisuusvaihtelu ja vuorokausipitoisuudet). Mittausjakson ensimmäisen kuukauden aikana Pursialassa mitattiin erityisesti hengitettävien hiukkasten osalta piikkejä, jotka olivat ainakin osittain peräisin kesken olleesta hotellin purkamiseen liittyneestä kuorma-autoliikenteestä. Kuorma-autot kulkivat muutaman metrin päästä mittausvaunusta. Osa piikeistä voi johtua viereisen Pursialantien liikenteen tiestä nostamasta pölystä. Marraskuun aikana tuli ensilumi ja lämpötila laski pakkasen puolelle. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksissa ei toisen mittauskuukauden aikana enää mitattu korkeampia piikkejä, mutta pienhiukkasten pitoisuudet nousivat marraskuun loppupuolelta alkaen. Sama ilmiö oli havaittavissa Ilmatieteenlaitoksen Vironlahden tausta-aseman mittauksissa (Kuva 9).

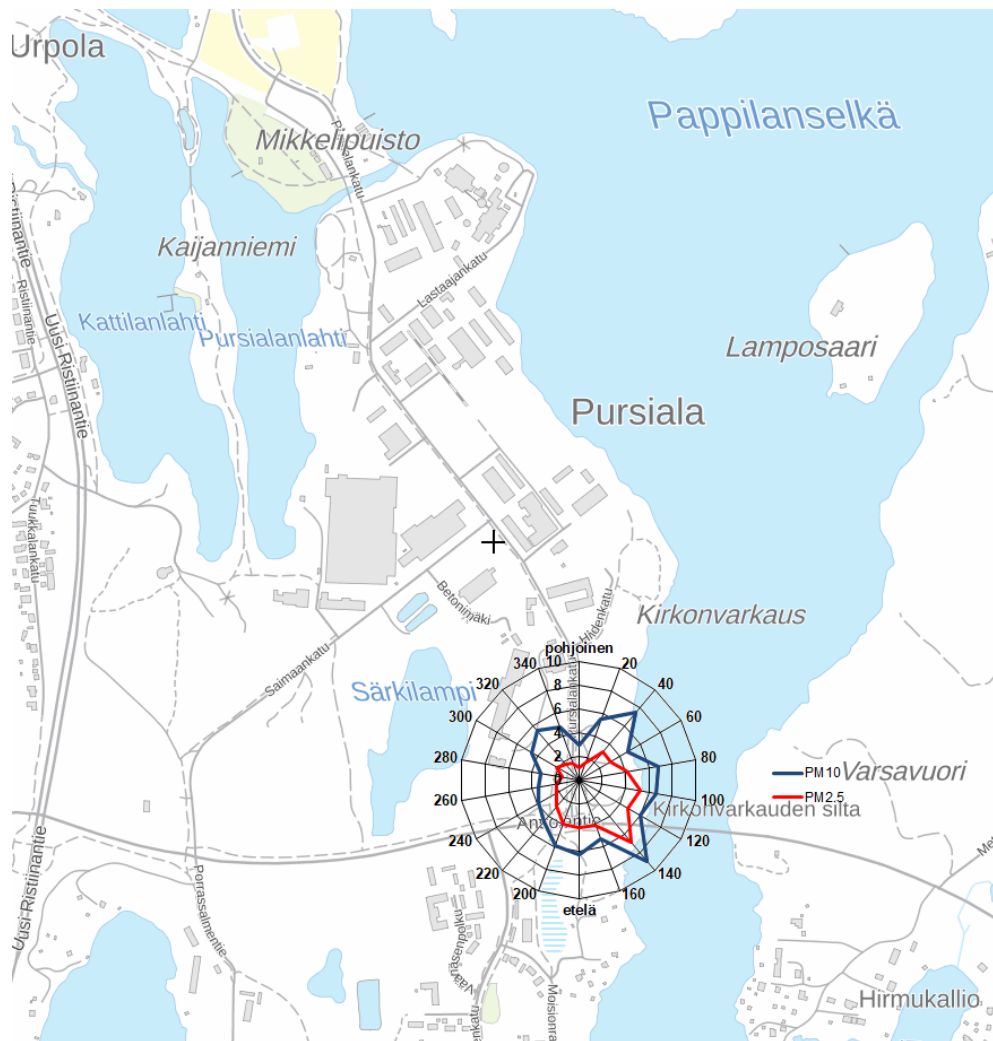


**Kuva 5. Sekä pien- että hengitettävien hiukkasten (PM<sub>2,5</sub> ja PM<sub>10</sub>) pitoisuudet Pursialassa mittauspisteellä MV (1 h pitoisuusarvot).**

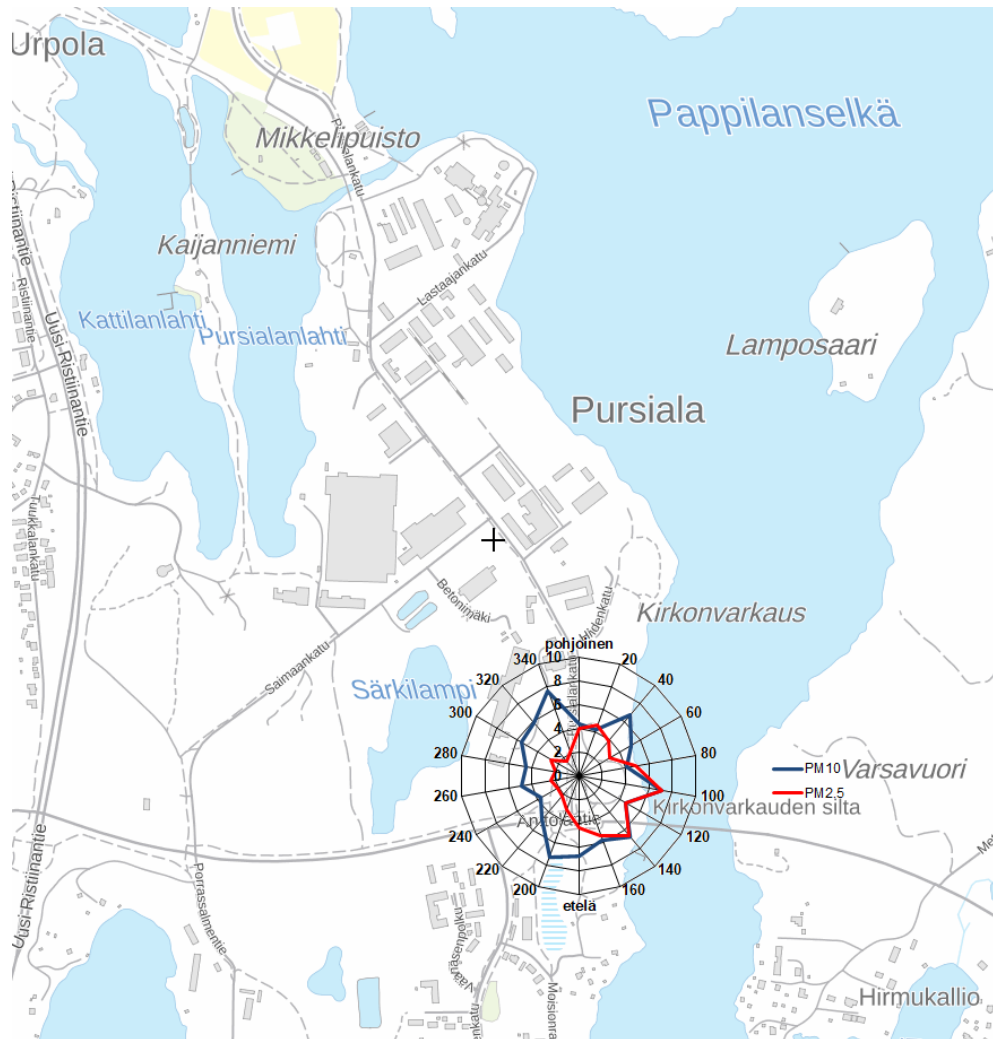


**Kuva 6. Sekä pien- että hengitettävien hiukkasten (PM<sub>2.5</sub> ja PM<sub>10</sub>) pitoisuudet Pursialassa mittauspisteellä MV (24 h pitoisuusarvot).**

Kuvissa 7 ja 8 on PM<sub>2.5</sub> ja PM<sub>10</sub> tuntikeskiarvopitoisuudet tuulen suunnan mukaan. Kuvassa 7 tuulidata on Ilmatieteenlaitoksen Mikkelin lentoaseman sääasemalta. Tuulidatasta on poistettu tyynet (<1 m/s) jaksot. Suurimmat pitoisuudet on mitattu koillis- ja kaakkoistuulilla. Kuvassa 8 on vastaavat pitoisuudet, kun säädätänä on käytetty Pursialassa olleen mittausvaunun säädätää. Mittausvaunu oli melko tuulen suojaisessa paikassa ja tuulet olivat pääosin hiljaisia. Tästä datasta on ennen pitoisuusruusujen tekemistä poistettu alle 0,5 m/s tuulet. Tässä erottuu hengitettävien hiukkasten osalta luodepohjoinen ja lounas. Pienhiukkasten suurimmat pitoisuudet ovat tulleet itäkaakosta ja kaakosta.



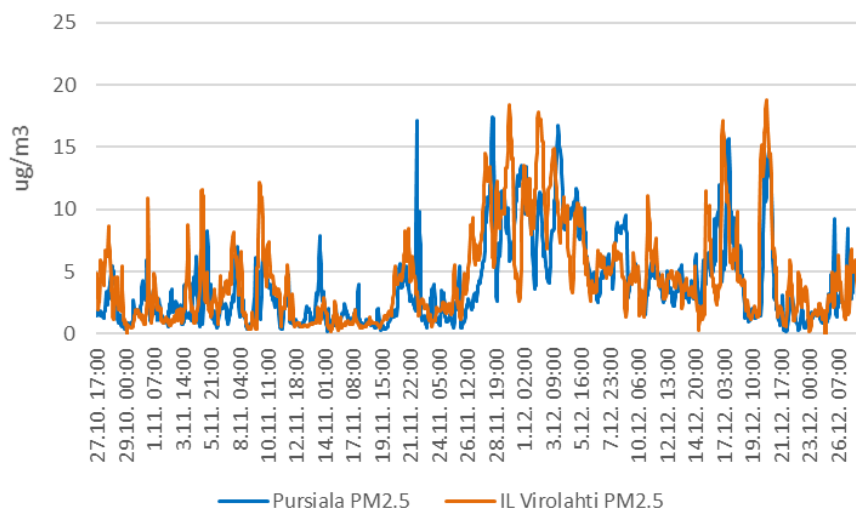
**Kuva 7. Pienhiukkasten (PM<sub>2.5</sub>) sekä hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) keskimääräiset pitoisuudet (µg/m<sup>3</sup>) mittauspisteellä MV (1 h pitoisuusarvot) tuulen suunnan mukaan. (Tuulitiedot Ilmatieteentutuksen Mikkelin lentoaseman säädästä, karttopohja Karttapaikka).**



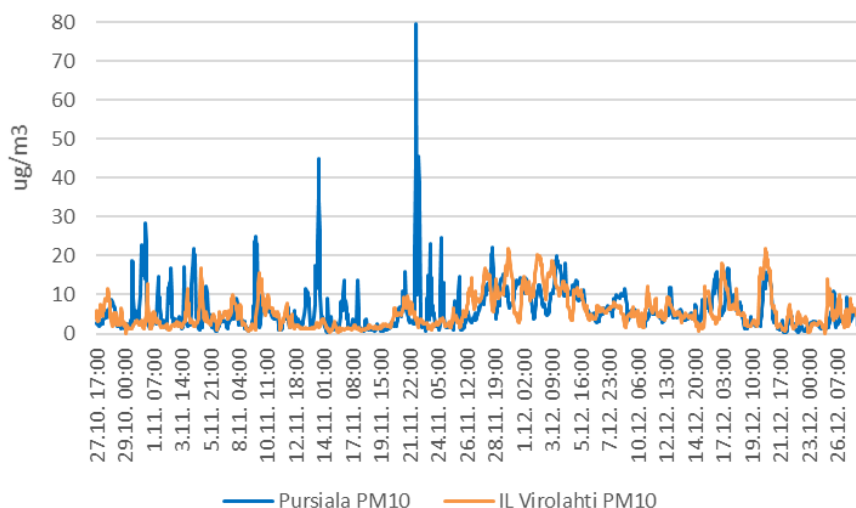
**Kuva 8. Pienhiukkasten ( $\text{PM}_{2.5}$ ) sekä hengitettävien hiukkasten ( $\text{PM}_{10}$ ) keskimääräiset pitoisuudet ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) mittauspisteellä MV (1 h pitoisuusarvot) tuulen suunnan mukaan. (Tuulitiedot mittausvaunun sääasemasta, karttapohja Karttapaikka).**

Kuvissa 9 ja 10 on esitetty sekä pien- että hengitettävien hiukkasten pitoisuudet Pursialasta ja samalta ajalta Ilmatieteenlaitoksen tausta-asemalta Vironlahdelta. Mittausjakson toisen kuukauden aikana Pursialassa mitatut hiukkaspitoisuudet eivät juurikaan poikenneet Vironlahden tausta-aseman pitoisuuksista. Lisäksi pien- ja hengitettävien hiukkasten pitoisuudet ovat lähes samat eli Pursialassa toisen kuukauden aikana mitatut hiukkaset ovat oletettavasti koostuneet pääasiassa kaukokulkeumana tulleista pienhiukkasista.





**Kuva 9. Pienhiukkasten (PM<sub>2.5</sub>) pitoisuus Porsialassa mittauspisteellä MV ja Ilmatieteenlaitoksen Virolahden tausta-aseamalla (1 h pitoisuusarvot).**



**Kuva 10. Hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) pitoisuus Porsialassa mittauspisteellä MV ja Ilmatieteenlaitoksen Virolahden tausta-aseamalla (1 h pitoisuusarvot).**

Porsialassa sekä pien- että hengitettävien hiukkasten pitoisuudet pysyivät alhaisina.

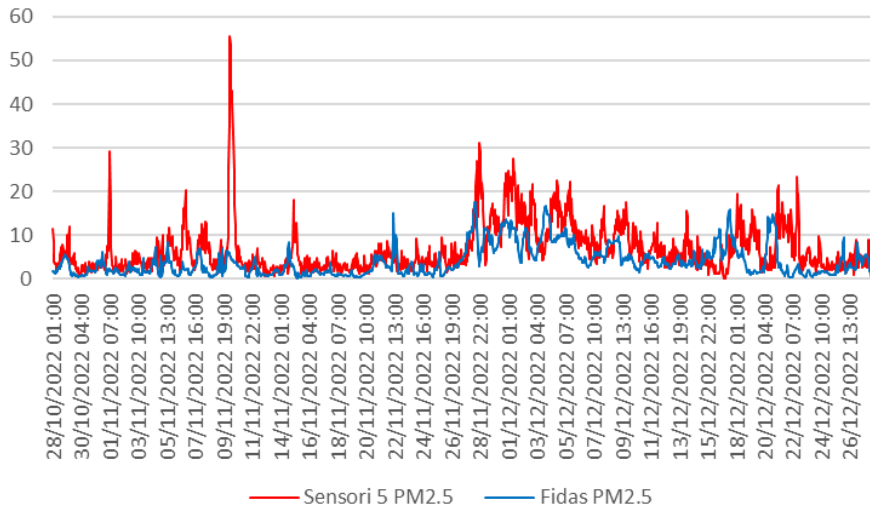
Taulukossa 5 on esitetty Porsialassa jatkuvatoimisella hiukkasanalysointilaitteella mitatut ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset tulokset. Pääosaan ohje- ja raja-arvovertailuista täytyisi olla koko vuoden mittaus tulokset.

Taulukko 5. Ilmanlaadun raja- ja ohjearvoihin verrannolliset tulokset.

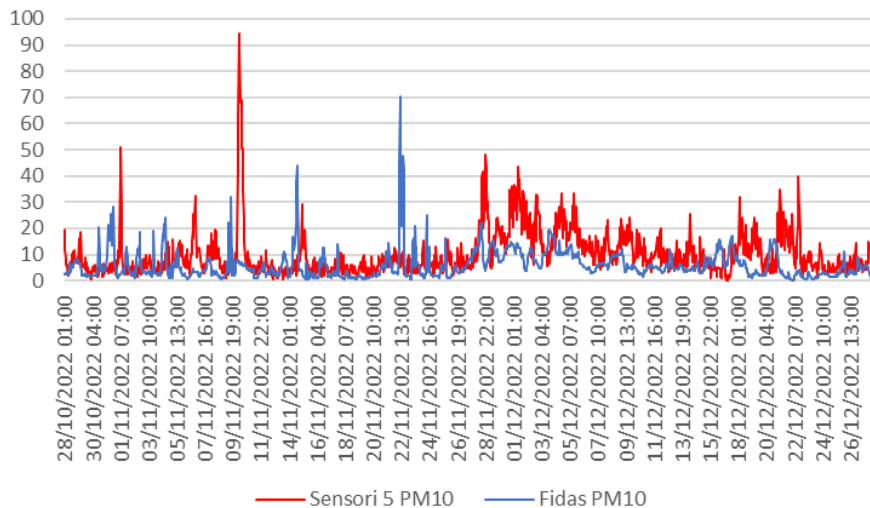
RAJA-ARVO				
	Tarkaste- luaika	Tilastollinen määritelmä	Raja-arvopi- toisuus [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Pursiala, mittausjakso 27.10.-28.12.2022
<b>Hengitettävät hiukkaset (PM<sub>10</sub>) (EU)</b>	vuorokausi	raja-arvon luku- arvo saa ylittyyä 35 kertaa vuodessa	50	Ei numeroarvon ylityksiä. Korkein vrk-arvo 16,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . <b>Mittausjakso oli liian lyhyt!</b>
<b>Hengitettävät hiukkaset (PM<sub>10</sub>) (EU)</b>	vuosi	vuosikeskiarvo	40	Keskiarvo 5,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . (15 % ohjearvosta) <b>Mittausjakso oli liian lyhyt!</b>
<b>Pienhiukkaset (PM<sub>2.5</sub>) (EU)</b>	vuosi	vuosikeskiarvo	25	Keskiarvo 3,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (16 % ohjearvosta). <b>Mittausjakso oli liian lyhyt!</b>
OHJEARVO				
	Tarkaste- luaika	Tilastollinen määritelmä	Ohjearvopi- toisuus [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Pursiala, mittausjakso 27.10.-28.12.2022
<b>Hengitettävät hiukkaset (PM<sub>10</sub>) (Kansallinen)</b>	vuorokausi	kuukauden toiseksi suurin vuorokau- siarvo	70	Marraskuu: 12,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (18 % ohjearvosta). Joulukuu: 11,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (17 % ohjearvosta).
<b>Pienhiukkaset (PM<sub>2.5</sub>) (WHO)</b>	vuorokausi	vuoden vuorokau- siarvojen 99. pro- senttipiste	15	99. prosenttipiste mittausjak- son ajalta 10,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (71 % ohjearvosta). <b>Mittausjakso oli liian lyhyt!</b>
<b>Hengitettävät hiukkaset (PM<sub>10</sub>) (WHO)</b>	vuorokausi	vuoden vuorokau- siarvojen 99. pro- senttipiste	45	99. prosenttipiste mittausjak- son 12,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (28 % ohjearvosta). <b>Mittausjakso oli liian lyhyt!</b>
<b>Pienhiukkaset (PM<sub>2.5</sub>) (WHO)</b>	vuosi	vuosikeskiarvo	5	Keskiarvo 3,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (78 % ohjearvosta). <b>Mittausjakso oli liian lyhyt!</b>
<b>Hengitettävät hiukkaset (WHO) (PM<sub>10</sub>)</b>	vuosi	vuosikeskiarvo	15	Keskiarvo 5,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (39 % ohjearvosta). <b>Mittausjakso oli liian lyhyt!</b>

## 7.2 Hiukkassensorien mittaustulokset

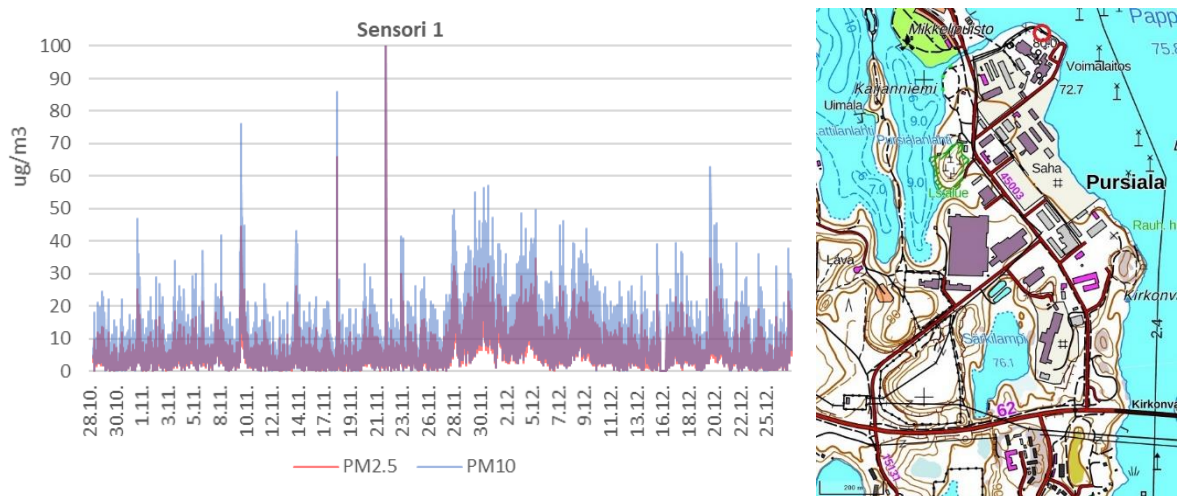
Kuvassa 11 ja 12 on vertailu Fidas hiukkasanalysoitsajan ja sen vieressä olleen sensori 5:en datasta. Fidaksen tulokset on korjattu kansallisilla korjauskertoimilla (PM<sub>10</sub> 0,95 ja PM<sub>2,5</sub> 0,915) ja sensorin data kertoimella 0,6. Sensorien korjauskertoimen on saatu sensorin 5 ja Fidaksen mittaustulosten vertailusta. Kaikkien sensorien data on korjattu samalla korjauskertoimella. Todennäköisesti eri sensoriyksilöiden välillä on kuitenkin pieniä eroja. Kuvissa 13–16 on sensorien pien- ja hengitettävien hiukkasten mittaustulokset (hetkellinen mittaustulos 15 min välein). Sensorien mittaustulokset on esitetty korjattuna. Liitteessä 2 on sensoridatan kuvaajat ilman korjausta.



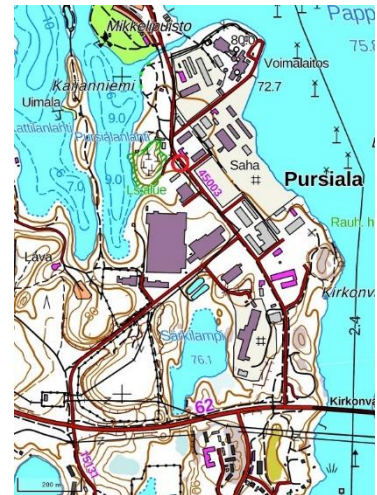
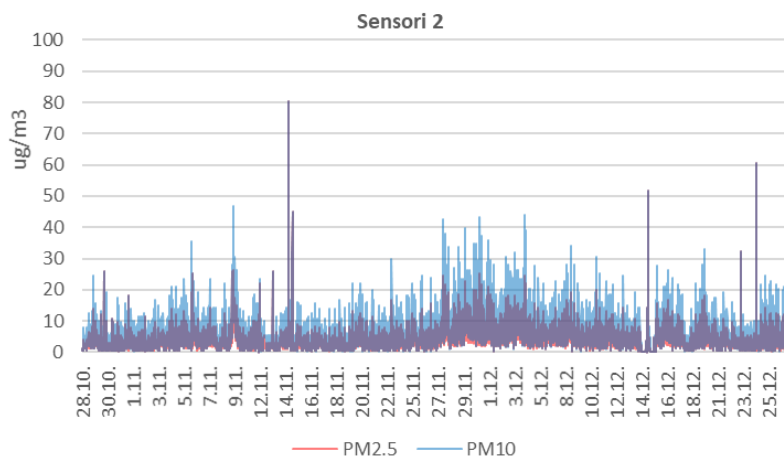
Kuva 11. Fidaksen ja sensorin 5 PM<sub>2.5</sub> -pitoisuudet (tuntikeskiarvot on otettu Fidaksessa minuuttikeskiarvoista ja sensorissa neljän hetkellisen arvon keskiarvosta).



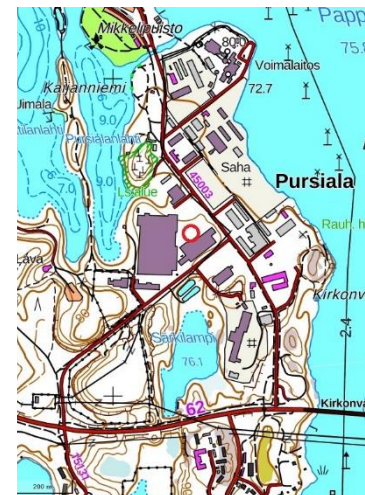
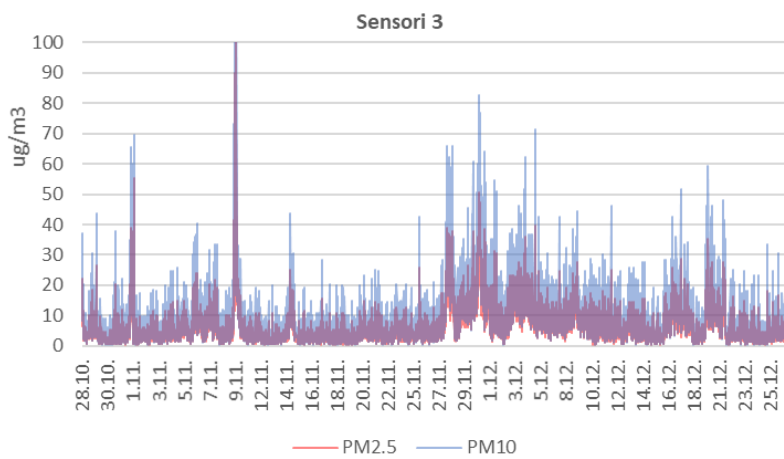
Kuva 12. Fidaksen ja sensorin 5 PM<sub>10</sub> -pitoisuudet (tuntikeskiarvot on otettu Fidaksessa minuuttikeskiarvoista ja sensorissa neljän hetkellisen arvon keskiarvosta).



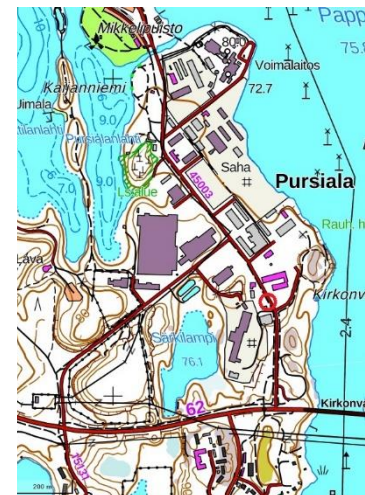
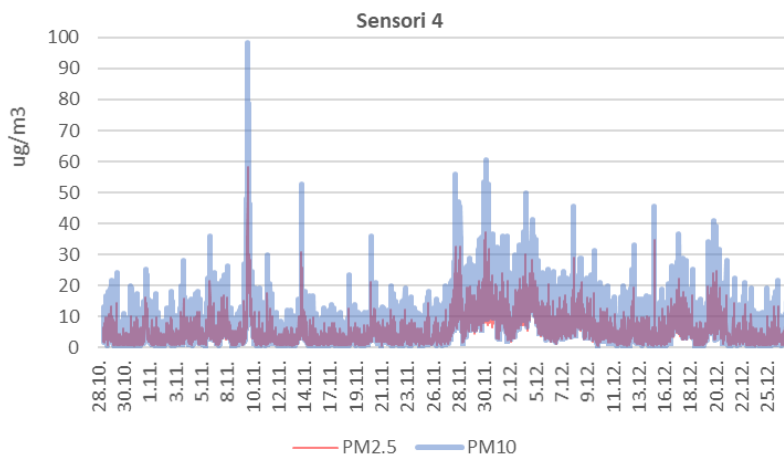
Kuva 13. Sensorin 1 PM<sub>2.5</sub> ja PM<sub>10</sub> -pitoisuudet mittauspisteellä 1 (hetkellinen arvo 15 min välein).



Kuva 14. Sensorin 2 PM<sub>2.5</sub> ja PM<sub>10</sub>-pitoisuudet mittauspisteellä 2 (hetkellinen arvo 15 min välein).



Kuva 15. Sensorin 3 PM<sub>2.5</sub> ja PM<sub>10</sub>-pitoisuudet mittauspisteellä 3 (hetkellinen arvo 15 min välein).



Kuva 16. Sensorin 4 PM<sub>2.5</sub> ja PM<sub>10</sub>-pitoisuudet mittauspisteellä 4 (hetkellinen arvo 15 min välein).

Kaikkien sensorien mittaustuloksista tehdyt kuvaajat vastasivat hyvin toisiaan ja kuvaajat olivat samanmalliset mittausvaunussa olleen jatkuvatoimisen analysaattorin tulosten kanssa. Pitoisuuksiin on selvästi vaikuttanut sääolosuhteet ja pienhiukkasten kaukokulkeuma. Taulukossa 6 on esitetty sensorien hetkellisten mittaustulosten keskiarvot.

Sensori 5 oli sijoitettuna mittausvaunun viereen ja sen erityisesti sen sensorin tuloksia vertaamalla mittausvaunun tuloksiin, havaitaan sensorin reagoineen oikein pitoisuusmuutoksiin. Sensorien mittaustulosten perusteella ei ole havaittavissa mitään yksittäistä merkittävää hiukkasten päästölähdettä mittausjakson aikana.





**Taulukko 6. Sensorien hetkellisten mittaustulosten keskiarvot mittausjakson ajalta (korjauskerroin 0,6).**

	<b>PM<sub>2,5</sub> keskiarvo</b> <b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>PM<sub>10</sub> keskiarvo</b> <b>µg/m<sup>3</sup></b>
Sensori 1	6	9
Sensori 2	4	6
Sensori 3	7	10
Sensori 4	6	8
Sensori 5	7	10

## 8. ILMANLAATUINDEKSI

Ilmanlaatuindeksin eriväristen luokkien tarkoituksena on helpottaa ilmanlaadusta viestimistä. Indeksissä luokitellaan ilmanlaatu viiteen eri luokkaan, joissa kuvataan ilmanlaatua värien ja sanojen avulla (ks. Taulukko 7). Indeksien taustalla ovat ilmanlaadun ohje-, raja- ja kynnyksarvot sekä Terveystieteiden ja hyvinvoinnin laitoksen (THL) asiantuntijoiden arvio pitoisuuksien yhteydestä terveysriskeihin. Kun ilmanlaatu on huono, terveysvaikutukset ovat mahdollisia herkillä ihmisillä. Kun ilmanlaatu on hyvä tai tyydyttävä, terveysvaikutukset ovat hyvin epätodennäköisiä.

**Taulukko 7. Ilmanlaatuindeksin luokitukset.**

Väri	Ilmanlaatu	Terveysvaikutukset	Muut vaikutukset
	Hyvä	Ei todettuja	Lieviä luontovaikutuksia pitkällä aikavälillä.
	Tyydyttävä	Hyvin epätodennäköisiä	Lieviä kasvillisuus- ja materiaalivaikutuksia pitkällä aikavälillä
	Välttävä	Epätodennäköisiä	Selviä kasvillisuus- ja materiaalivaikutuksia pitkällä aikavälillä
	Huono	Mahdollisia herkillä yksilöillä	Selviä kasvillisuus- ja materiaalivaikutuksia pitkällä aikavälillä
	Erittäin huono	Mahdollisia herkillä väestöryhmillä	Selviä kasvillisuus- ja materiaalivaikutuksia pitkällä aikavälillä

Mittausjakson aikana ilmanlaatuindeksi oli sekä pien- että hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien perusteella hyvä. Pienhiukkaspitoisuuksista laskettu ilmanlaatuindeksi oli 93 % ajasta hyvä ja 7 % ajasta tyydyttävä. Hengitettävistä hiukkasista laskettu ilmanlaatuindeksi oli huonoimmillaan yhden tunnin ajan välttävä. Pääosan ajasta indeksiluokitus hengitettävien hiukkastenkin perusteella oli hyvä (98 % tunneista). Tyydyttävän luokituksen sai noin 2 % tunneista. Taulukossa 8 on esitetty sekä pien- että hengitettävien hiukkasten tuntikeskiarvojen jakautuminen eri indeksiluokkiin.

**Taulukko 8. Mittauspisteessä MV mitattujen pien- ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien jakautuminen eri indeksiluokkiin.**

Väri / luokitus	Pienhiukkaset (PM <sub>2,5</sub> )		Hengitettävät hiukkaset (PM <sub>10</sub> )	
	tunnit	% -osuus	tunnit	% -osuus
Hyvä	1378	93	1453	98
Tyydyttävä	103	7	27	2
Välttävä	0	0	1	0
Huono	0	0	0	0
Erittäin huono	0	0	0	0

## 9. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Mitatut hiukkaspitoisuudet olivat alhaisia molemmilla mitatuilla hiukkaskokoluokilla. Ensimmäisen kuukauden aikana oli jonkin verran korkeampia pitoisuuspiikkejä, jotka ainakin osittain johtuivat mittauspisteen vieressä olleesta hotellin purkutyöhön liittyneestä kuorma-auto liikenteestä. Korkeimmat hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat hyvin lyhytaikaisia piikkejä. Toisen mittauskuukauden aikana pienhiukkasten pitoisuudet nousivat, mutta pitoisuudet vastasivat pääosin taustapitoisuuksia. Koko kahden kuukauden mittausjakson tuntipitoisuuksien keskiarvot vastasivat pitkälti Virolahdella mitattuja taustapitoisuuksia. Sensorien mittaustulosten avulla ei havaittu mitään erityisen pölyävää kohdetta Pursialan alueelta.

Hiukkaspitoisuuksiin verrannollinen ilmanlaatuindeksiluokitus oli pääosan ajasta hyvä.

Ohje- ja raja-arvoihin vertaamiseksi pitäisi yleensä mitata koko vuosi. Tehtyjen mittausten perusteella erityisesti WHO:n ohjearvot pienhiukkasille voisivat ylittyä. WHO:n ohjearvot pienhiukkasille ovat toki hyvin alhaiset, lähinnä taustapitoisuuksien luokkaa.

Nyt tehtyjen mittausten perusteella hiukkaspitoisuudet Pursialan alueella eivät ole esteenä asuinrakentamiselle. Mittausjakson aikana kuitenkin tuuli erittäin harvoin Pursialan teollisuuden suunnasta mittauspisteelle, lisäksi ensimmäisen mittauskuukauden aikana oli jonkin verran vesisateita ja toisen kuukauden aikana lumisateita. Vesisateet ja lumi laskevat ilman hiukkaspitoisuuksia tehokkaasti. Mittausjaksoon ei kuulunut kevätpölykautta tai muuta kuivaa aikaa, jolloin pölyä muodostuisi tai vapautuisi ilmaan erityisen tehokkaasti.

Turussa 20. tammikuuta 2023

### RAMBOLL FINLAND OY

Ilmanlaatu ja melu



Mikko Happonen, FT, dosentti  
Ryhmäpäällikkö



Toni Mattila  
Ilmanlaadun asiantuntija



**Liite 1. Kuvia mittauspaikoista.**



**Sensori 1**



**Sensori 2**



**Sensori 3**







Sensori 4



Sensori 5



Mittausvaunu (MV)

**Liite 2. Sensorien korjaamaton mittausdata.**

