



NORDKALK OY AB:N LAPPEENRANNAN KAIVOKSEN ILMANLAADUNSEURANTA

Hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuustuloksen vuonna 2022



NORDKALK OY AB:N LAPPEENRANNAN KAIVOKSEN ILMANLAADUNSEURANTA
Hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuustulokset vuonna 2022

Antti Mannisenaho

Matias Saunamäki

Mika Vestenius

Toni Mattila

Katja Lovén

ILMATIETEEN LAITOS – ASiantuntijapalvelut
ILMANLAATU JA ENERGIA
Helsinki 8.6.2023

OSA I.....	3
1. JOHDANTO.....	3
2. ILMANLAADUN MITTAUSTULOKSET.....	4
2.1 Mitatut pitoisuudet	4
2.2 Ilmanlaatuindeksi.....	4
2.3 Pitoisuuksien vertailua raja- ja ohjearvoihin	5
2.4 Mitattujen pitoisuuksien tuntikohtainen vaihtelu	9
2.5 Tuulen suunnan ja nopeuden vaikutus mitattuihin pitoisuuksiin	10
2.6 Pitoisuuksien vertailua muualla mitattuihin pitoisuuksiin	12
3. YHTEENVETO MITTAUSTULOKSISTA	14
OSA II.....	17
4. TUTKIMUKSEN SUORITUS.....	17
4.1 Tutkimuskohde	17
4.2 Mitatut suureet ja mittausmenetelmät	18
4.3 Hiukkasmittausten vertailukelpoisuus ja mittausepävarmuus.....	21
4.4 Kalibrointimenetelmät, laadunvarmistus ja laitehuollot	21
5. SÄÄTIEDOT MITTAUSJAKSOLLA.....	22
5.1 Tuulitiedot	22
5.2 Keskilämpötilat	23
5.3 Sademäärät	24
5.4 Ilmanlaatuun vaikuttavat säätekijät	25
6. TAUSTATIETOA ILMAN EPÄPUHTAUKSISTA.....	26
6.1 Hiukkaset	26
6.2 Ilman epäpuhtauksien terveysvaikutukset	28
6.3 Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot.....	28
6.4 Ilmanlaadun arviointikynnykset	29
VIITELUETTELO	32
LIITETAULUKOT.....	33
LIITEKUVAT	34

Kannen kuva: Antti Mannisenaho

1. JOHDANTO

Ilmatieteen laitos seuraa Lappeenrannan Ojala-Tuomelassa ulkoilman laatua 1.11.2021 alkaen yhdessä mittauspisteessä. Mittausten tarkoituksena on seurata Nordkalk Oy:n toimintojen ilmanlaatuvaikutuksia lähimpää häiriintyvää kohdetta (asuinalue) edustavassa paikassa Nordkalk Oy:n alueen läheisyydessä. Mittausasema sijaitsee noin 1,5 kilometrin päässä Nordkalk Oy:n teollisuusalueen Itä-koillispuolella, Koivistonkadulla, joka on hiekkatie, jolla ei normaalisti ole liikennettä. Mittausaseman Ympäristö on avaraa eikä ilmanvirtausta rajoittavaa kasvillisuutta tai rakennelmia ole lähellä. Mittausasemalla mitataan pienhiukkasia ($PM_{2,5}$) ja hengitettäviä hiukkasia (PM_{10}).

Ilman epäpuhtauspitoisuuksia mitataan jatkuvatoimisilla automaattisilla analysointilaitteilla, jotka täyttävät lainsäädännön mukaiset laatuvaatimukset ilmanlaadun mittauksille. Ilmanlaatumittausten tulosten tulkintaa varten asemalla mitataan myös säätietoja. Jatkuvatoimiset mittaukset julkaistaan Ilmatieteen laitoksen ylläpitämällä avoimella Ilmanlaatu Suomessa verkkosivustolla <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatu/>.

Tässä raportissa esitetään mittaukset mittausjakson alusta vuoden 2022 loppuun saakka ja verrataan niitä ilmanlaadun lainsäädännössä asetettuihin raja- ja ohjearvoihin. Lisäksi raportissa verrataan pitoisuuksia muilla Suomen mittausasemilla vastaavana aikana mitattuihin pitoisuusarvoihin sekä annetaan suosituksia ilmanlaadun seurannasta alueella.

Ilmanlaadun mittauksista sekä niihin liittyvästä asiantuntijatyöstä vastasi Ilmatieteen laitoksen Asiantuntijapalvelut-yksikkö. Työn tilasi Nordkalk Oy.

2. ILMANLAADUN MITTAUSTULOKSET

2.1 Mitatut pitoisuudet

Lappeenranta Ojala-Tuomela asemalla mitattujen hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) ja pienhiukkasten (PM_{2,5}) pitoisuuskeskiarvot vuonna 2022 on esitetty taulukossa 1. Raportin liitetaulukoihin on koottu kuukausittaisia tilastotietoja mitatuista pitoisuuksista mittausjaksolta. Raportin lopussa olevissa liitekuivissa on esitetty Lappeenranta Ojala-Tuomela mittausasemalla vuonna 2022 mitattujen ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien tunti- ja vuorokausikeskiarvojen aikasarjat yksikössä mikrogrammaa kuutiossa ilmaa (µg/m³).

Mittauspaikkaa ja sen edustavuutta on esitelty tarkemmin raportin jälkimmäisessä osassa, kappaleessa 4.1 ja mittausmenetelmistä ja käytetyistä laitteista on kerrottu kappaleessa 4.2.

Taulukko 1. Lappeenranta Ojala-Tuomela vuonna 2022 mitatut hiukkasten keskiarvopitoisuudet (µg/m³).

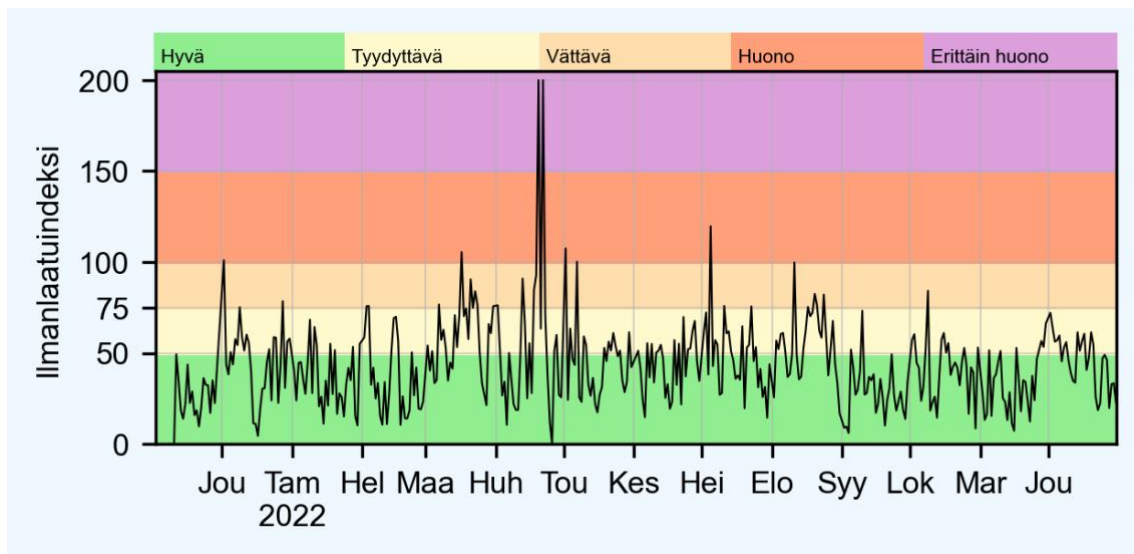
Lappeenranta Ojala-Tuomela	Vuoden 2022 keskiarvopitoisuus (µg/m ³)
PM ₁₀	8,6
PM _{2,5}	4,5

2.2 Ilmanlaatuindeksi

Lappeenranta Ojala-Tuomela mittausasemalla mitattujen pitoisuuksien tuntiarvojen perusteella laskettiin ilmanlaatuindeksi, joka kuvaa vallitsevaa ilmanlaatuilannetta viisiportaisella sanallisella asteikolla: hyvä, tyydyttävä, välttävä, huono tai erittäin huono. Ilmanlaatuindeksi on vertailuluku, joka kuvaa sen hetkistä ilmanlaatua suhteutettuna ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin. Ilmanlaatuindeksin määrittämiseksi kullekin mitattavalle yhdisteelle (PM₁₀, PM_{2,5}) lasketaan ensin pitoisuuksien tuntikeskiarvoista ali-indeksi. Ali-indekseistä korkeimman arvo määrää sen tunnin ilmanlaatuindeksin arvon. Vuorokauden ilmanlaatuindeksi määräytyy puolestaan ilmanlaadultaan huonoimman tunnin mukaan (<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatuindeksi>). Ilmanlaatuindeksi ei välttämättä ole vertailtavissa eri asemien välillä, koska eri asemilla mitataan eri yhdisteitä ja mittausaseman kaikkia yhdistettä ei välttämättä käytettä ilmanlaatuindeksin laskemiseen.

Kuvassa 1 on esitetty vuorokauden suurimmat ilmanlaatuindeksin arvot Ojala-Tuomelan mittausasemalla vuonna 2022. Indeksillä ilmaistuna ilmanlaatu oli hyvää tai tyydyttävää

93 % mittausjakson vuorokausista. Ilmanlaatu oli välttävää 5 % päivistä, huonoa 1 % päivistä ja erittäin huonoa 1 % päivistä. Huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun päiviä oli maaliskuussa, huhtikuussa, toukokuussa ja heinäkuussa (maaliskuussa: 1 kpl, huhtikuussa: 3 kpl, toukokuussa: 2 kpl, heinäkuussa: 1 kpl). Kaikki huonot ja erittäin huonot indeksiarvot johtuivat tarkastelujaksolla hengitettävien hiukkasten korkeista pitoisuuksista. Huonoista ja erittäin huonoista ilmanlaadun päivistä 17.3., 2.5., 7.5. ja 5.7.2022 ilmanlaatuindeksiin vaikuttaneet PM₁₀ tuntikeskiarvot mitattiin tuullessa kaivokselta päin (Liitekuva 7). Puolestaan 1.4. sekä varsinkin päivien 20.4. ja 22.4. aikana, jolloin mitattiin kaikkein korkeimmat PM₁₀ tuntipitoisuudet mittausjakson aikana, tuuli kävi muualta kuin kaivokselta päin mittausasemalle (Liitekuvat 7–8).



Kuva 1. Vuorokauden suurimmat ilmanlaatuindeksin arvot Lappeenranta Ojala-Tuomela mittauspisteessä mittausjakson alusta vuoden 2021 marraskuusta vuoden 2022 loppuun saakka.

2.3 Pitoisuuksien vertailua raja- ja ohjearvoihin

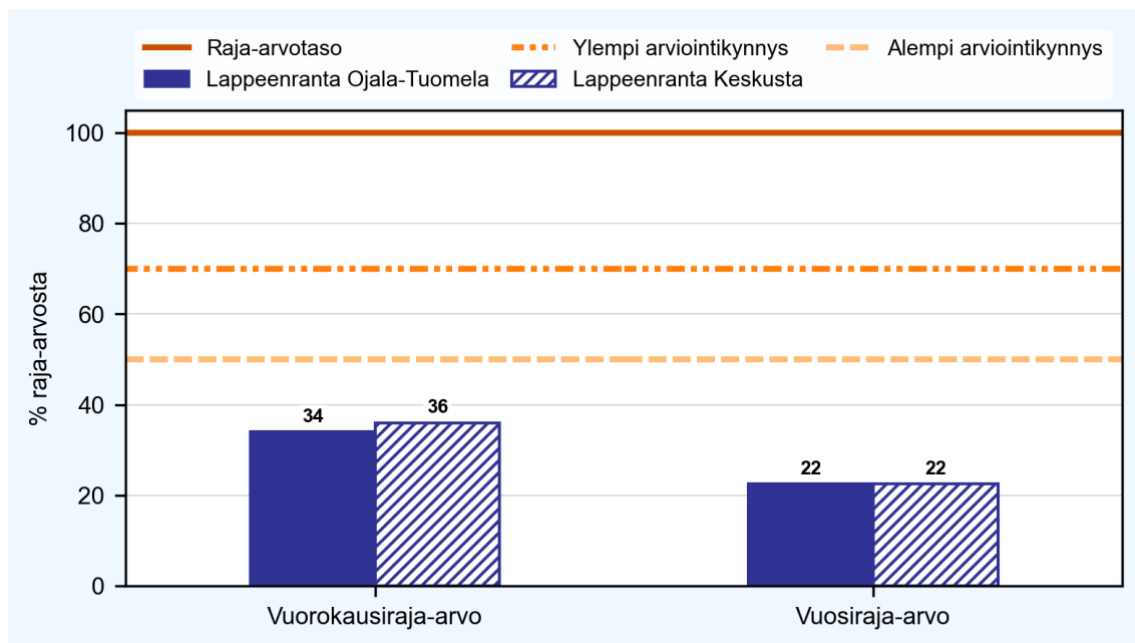
Raja-arvot määrittelevät pitoisuuksille enimmäiskaton, jota ei saa ylittää. Raja-arvot ovat voimassa kaikissa EU-maissa. Ohjearvojen seuraamisella sen sijaan yritetään ohjata esimerkiksi kaavoitusta sellaisille alueille, jossa pitoisuudet ovat ihmisten terveydelle haitattomalla tasolla. Raja- ja ohjearvoilla on erilaiset tilastolliset määrittelyt ja joillekin raja-arvopitoisuuksille sallitaan vielä erikseen ylityksiä määrittelystä pitoisuustasosta, joten raja- ja ohjearvoja ei voi suoraan lukuarvoina verrata keskenään. Arviointikynnyksiin vertaamisen avulla määritetään ilmanlaadun seurantarvetta ja käytettäviä seurantamenetelmiä. Ilmanlaadun lainsäädännöstä on kerrottu tarkemmin raportin jälkimmäisessä osassa kappaleessa 6.3.

Kuvissa 2–3 on esitetty vertailut Lappeenranta Ojala-Tuomela mittausasemalla havaituista hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten raja-arvoihin ja arviointikynnyksiin verrannollisista pitoisuuksista. Vertailun vuoksi kuvissa on esitetty myös Imatran seudun ympäristötoimen Etelä-Karjalan mittausverkkoon kuuluvien

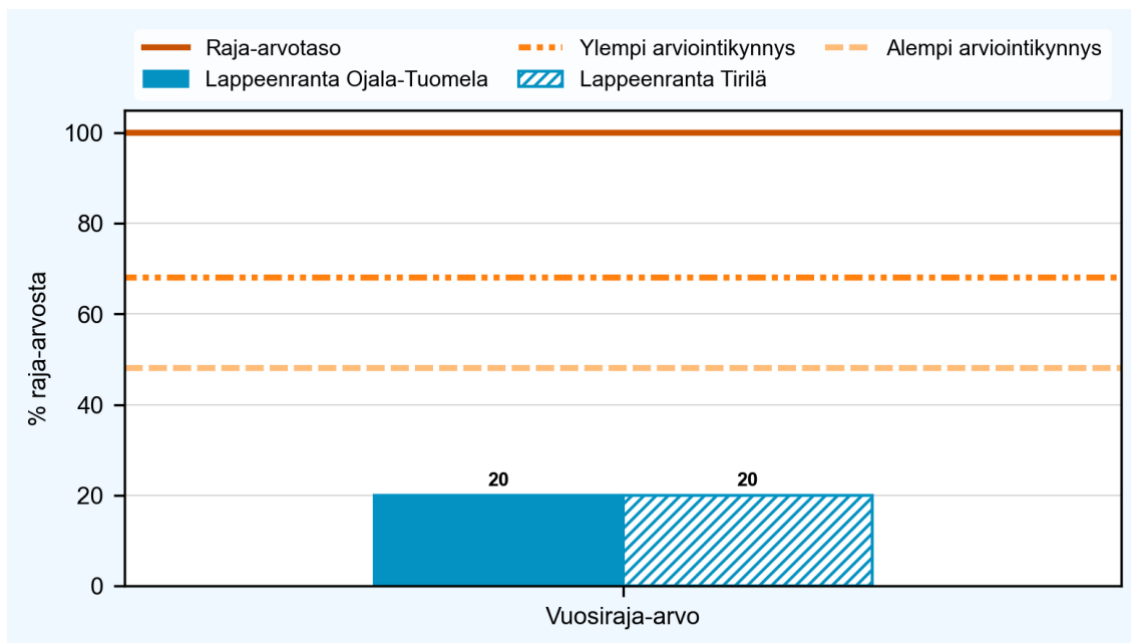
Lappeenranta Keskusta tai Lappeenranta Tirilä mittausasemilla mitatut vastaavat raja-arvoihin verrannolliset pitoisuudet.

Hiukkasten (PM₁₀ ja PM_{2,5}) raja-arvoihin verrannolliset pitoisuudet jäivät selvästi alle raja-arvojen ja alimpien arviointikynnysten. Lappeenranta Ojala-Tuomelan verrannolliset pitoisuudet olivat myös pienemmät kuin vertailuilla asemilla. Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuus oli vain yhtenä päivänä suurempi kuin vuorokausiraja-arvon numeerinen arvo 50 µg/m³. Vuorokausiraja-arvon (50 µg/m³) ylittäviä vuorokausipitoisuuksia sallitaan 35 kpl kalenterivuoden aikana. Hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten vuosikeskiarvot jäivät myös selvästi alle raja-arvojen sekä alimpien arviointikynnysten.

Verrattuna Lappeenrannan Keskustan (PM₁₀) ja Tirilän (PM_{2,5}) asemien mittauksiin Lappeenranta Ojala-Tuomelassa mitattiin pienempiä raja-arvoihin verrannollisia pitoisuuksia vuoden 2022 aikana. Lappeenrannan keskustan asema on luokiteltu liikenne asemaksi ja Tirilän asema on luokiteltu liikenne/kaupunki tausta-asemaksi.

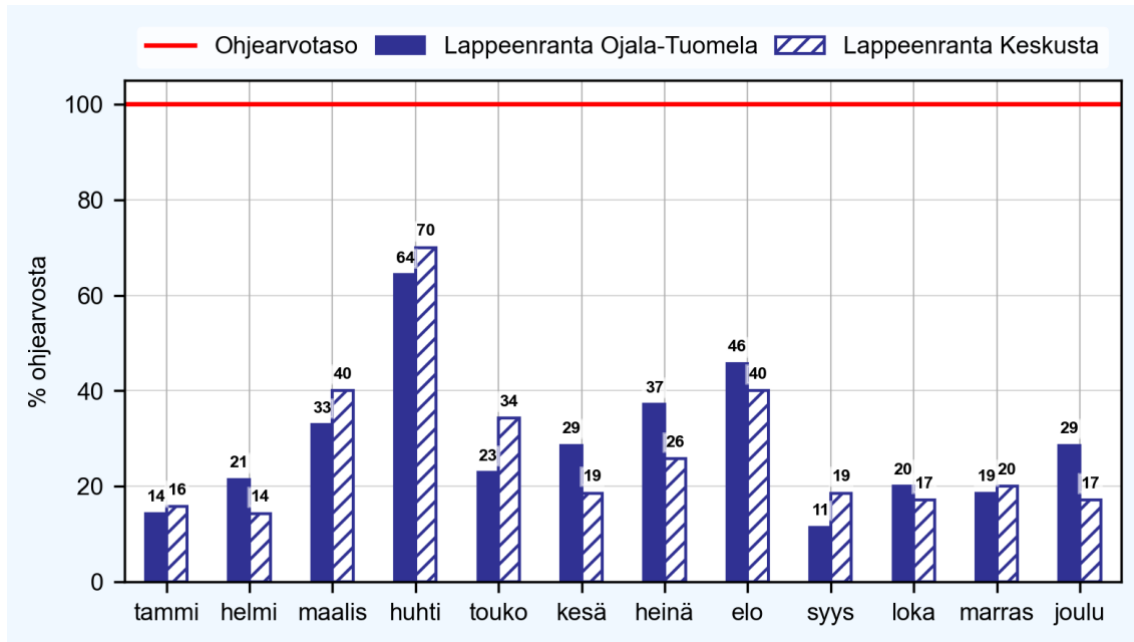


Kuva 2. Hengitettävien hiukkasten raja-arvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa (%) raja-arvoihin Lappeenranta Ojala-Tuomela sekä Lappeenranta Keskusta mittausasemilla vuonna 2022. Kuvaan on merkitty vaakaviivoilla raja-arvotaso sekä ylempi ja alempi arviointikynnys.



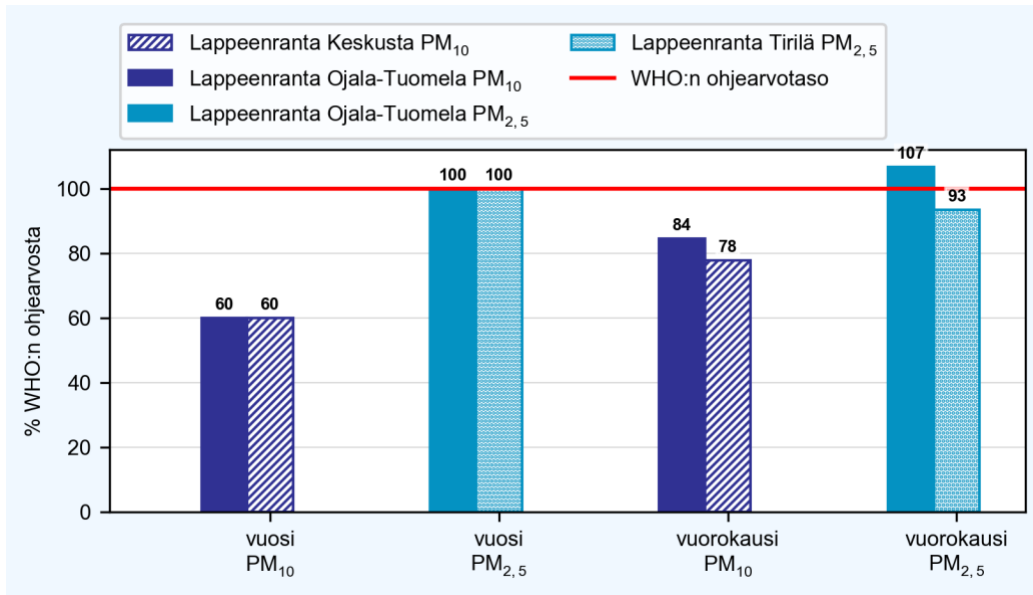
Kuva 3. Pienhiukkasten raja-arvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa (%) raja-arvoihin Lappeenranta Ojala-Tuomela ja Lappeenranta Tirilä mittausasemilla vuonna 2022. Kuvaan on merkitty vaakaviivoilla raja-arvotaso sekä ylempi ja alempi arviointikynnys.

Hengitettävien hiukkasten ohjearvontasoon verrannolliset pitoisuudet Lappeenranta Ojala-Tuomela mittausasemalla jäivät alle ohjearvotason kaikkina kuukausina (kuva 4). Korkein verrannollinen pitoisuus oli huhtikuussa n. 64 % ohjearvosta. Lappeenranta Ojala-Tuomelan ja Lappeenranta Keskusta mittausasemilla mitatut vastaavat pitoisuudet olivat hyvin samansuuruisia ja molemmilla asemilla hengitettävien hiukkasten pitoisuuksissa oli havaittavissa samankaltainen kuukausittaisvaihtelu. Pienhiukkasille ei ole Suomen lainsäädännössä ohjearvoa.



Kuva 4. Hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Lappeenranta Ojala-Tuomela ja Lappeenranta Keskusta mittausasemilla vuonna 2022. Punaisella vaakaviivalla (100 %) on merkitty ohjearvotaso kuukauden 2. suurimmalle vuorokausipitoisuuksille (70 µg/m³).

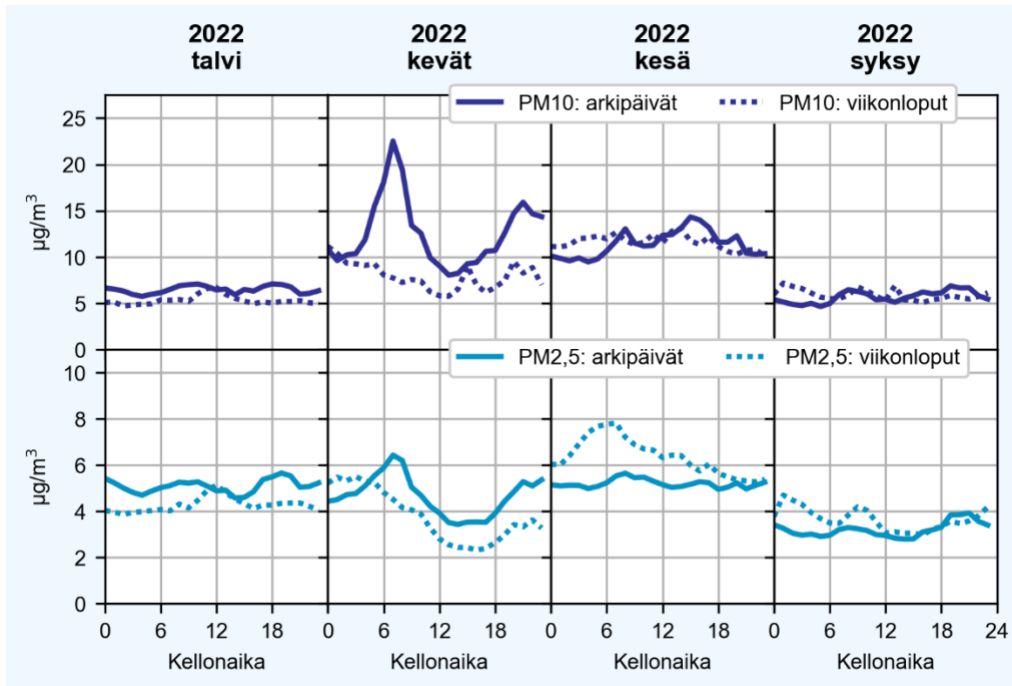
Kuvassa 5 on esitetty hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten Maailman terveysjärjestön (World Health Organization, WHO) ohjearvoihin (WHO, 2021) verrannolliset pitoisuudet Lappeenranta Ojala-Tuomela, Lappeenranta Keskusta sekä Lappeenranta Tirilä mittausasemilta. Lappeenranta Ojala-Tuomela mittausasemalla WHO:n vuorokausiohjearvo ylittyi vuonna 2022 pienhiukkasten osalta ollen 107 % ohjearvotasosta. WHO:n vuosiohjearvoon verrannollinen pitoisuus oli 100 % pienhiukkasten osalta. Hengitettävien hiukkasten verrannolliset pitoisuudet jäivät alle WHO:n ohjearvojen Lappeenranta Ojala-Tuomela sekä verrokiasemilla.



Kuva 5. Hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten WHO:n ohjearvoon verrattavat pitoisuudet Lappeenranta Ojala-Tuomela, Lappeenranta Keskusta ja Lappeenranta Tirilä mittausasemilla vuonna 2022. Punaisella vaakaviivalla (100 %) on merkitty WHO:n ohjearvotaso.

2.4 Mitattujen pitoisuuksien tuntikohtainen vaihtelu

Kuvassa 6 on esitetty Lappeenranta Ojala-Tuomela mittausasemalla mitattujen hiukkaspitoisuuksien tuntikohtainen vaihtelu arkipäivisin (maanantai–perjantai) ja viikonloppuisin (lauantai–sunnuntai) jaoteltuna eri vuoden aikoihin: talvi: tammi-, helmi- ja joulukuu; kevät: maaliskuu-, huhti- ja toukokuu; kesä: kesä-, heinä- ja elokuu; syksy: syys-, loka- ja marraskuu. Kevätkuukausina selvästi erottuu hengitettävien hiukkasten pitoisuustason nousu arkipäivisin varhaisen aamun ja aamupäivän välisenä aikana sekä illalla klo 18 jälkeen. Kevätkuukausien viikonloppujen tuntikohtaiset pitoisuustasot ovat taasen tasaisen matalia. Muina vuoden aikoina hiukkaspitoisuuksien tuntikohtainen vaihtelu oli keskimäärin melko vähäistä.



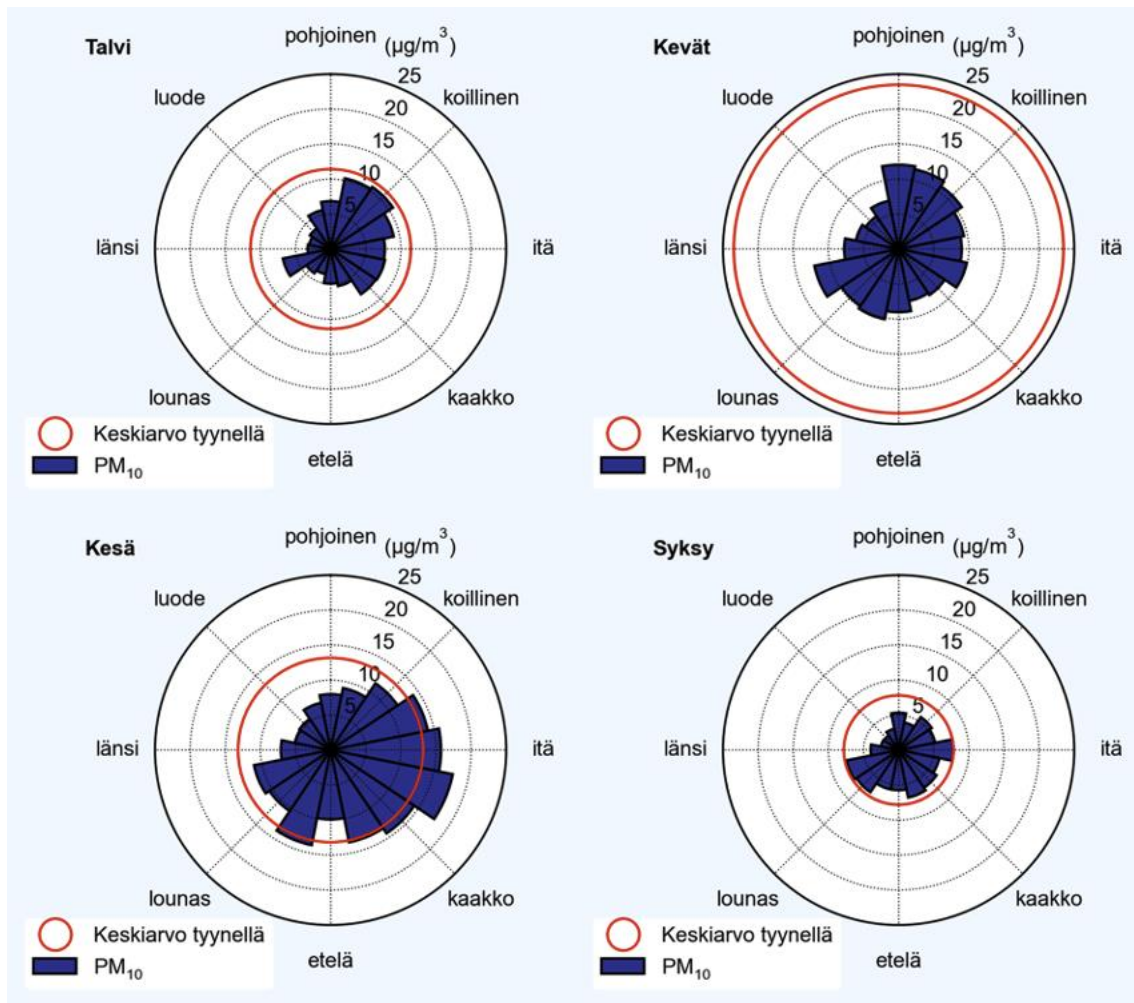
Kuva 6. Lappeenranta Ojala-Tuomelassa mitattujen hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) ja pienhiukkaseten (PM_{2,5}) tuntikohtainen vaihtelu arkipäivien ja viikonlopun sekä vuoden aikojen mukaan.

2.5 Tuulen suunnan ja nopeuden vaikutus mitattuihin pitoisuuksiin

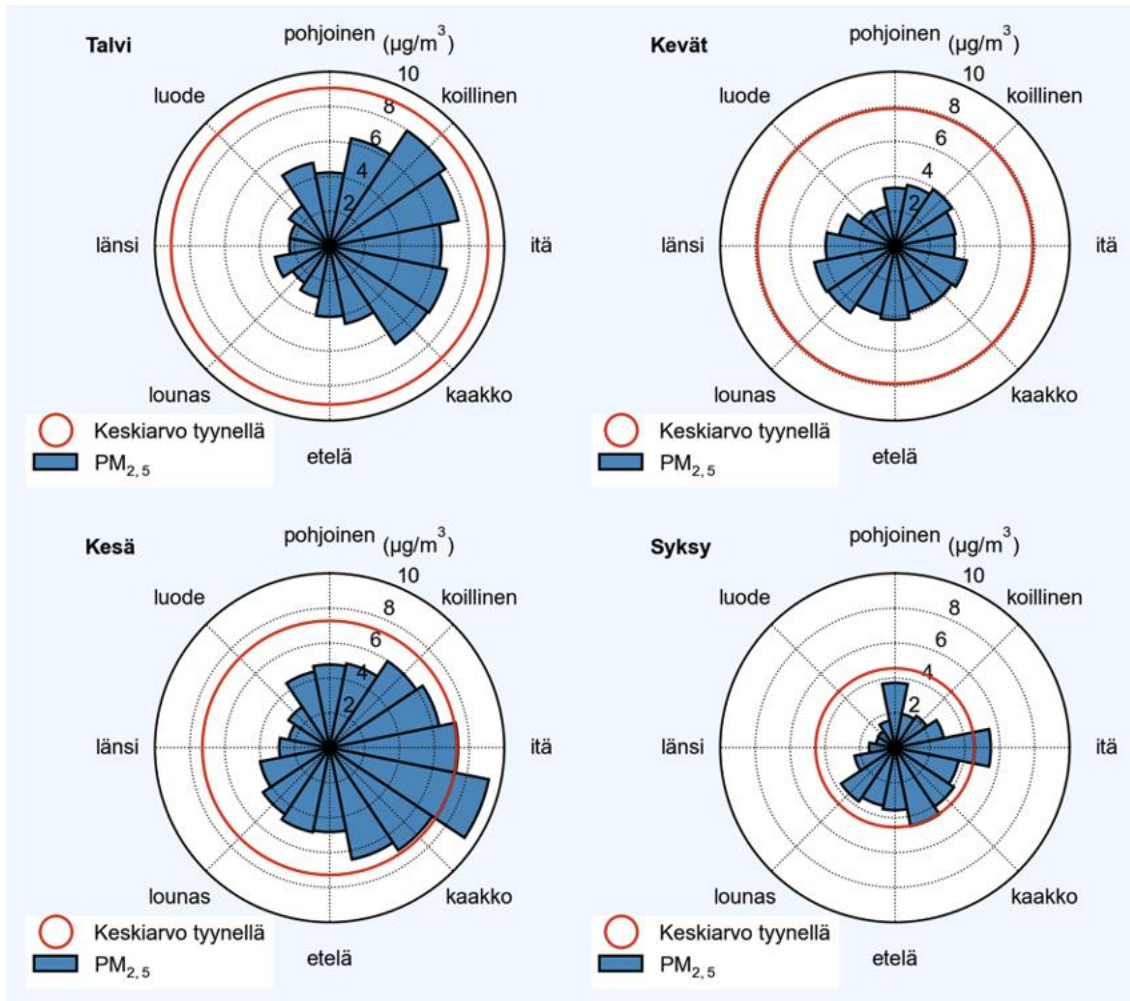
Kuvassa 7 on esitetty mitattujen hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskiarvot tuulensuunnittain ja vuoden ajoittain. Talvi-, kevät- ja syyskuukausina tynien tilanteiden (tuulen nopeus alle 0,5 m/s) pitoisuudet olivat keskimäärin korkeampia kuin tuulisten tilanteiden pitoisuudet. Talvella tuullessa koillisen suunnalta pitoisuudet ovat olleet hieman korkeampia keskimäärin kuin tuullessa muista ilmansuunnista. Keväällä tuullessa koillisesta ja lisäksi lounaasta pitoisuudet ovat olleet korkeampia kuin tuullessa muista ilmansuunnista. Kesällä tuullessa idän suunnalta mitatut pitoisuudet ovat olleet korkeampia kuin tynellä.

Kuvassa 8 on esitetty pienhiukkasien pitoisuudet tuntipitoisuuksien keskiarvot tuulensuunnittain ja vuoden ajoittain kuvan 7 tapaan. Talvella pitoisuudet tuullessa koillisen ja kaakon väliltä ovat korkeampia kuin tuullessa muista ilmansuunnista. Mittausaseman idän puolella on pientaloasutusta. Puunpoltto on tällaisilla alueilla merkittävä pienhiukkasten lähde yleisesti. Kesäkuukausien aikana mitatut pitoisuudet olivat korkeampia tuullessa idän ja kaakon väliltä, kuin muilta tuullessa muista ilmansuunnista. Tyynten tilanteiden aikana mitatut pitoisuudet olivat keskimäärin suurempia kuin tuulisten tilanteiden aikana mitatut, lukuun ottamatta kesän osalta tuullessa idän ja kaakon välisestä sektorista sekä syksyn osalta tuullessa idän suunnalta. Pääosin suurimmat mitattuihin pitoisuuksiin vaikuttavat päästölähteet ovat olleet hyvin paikallisia, esim. maaperäpöly ympäröiviltä pelloilta.

Liitekuviissa 3–4 on esitetty hiukkasten tuntipitoisuuksien mediaanit tuulensuunnittain ja vuoden ajoittain. Mitatut pitoisuusaikasarjat ovat yleensä luonteeltaan piikikkäitä, eli niissä ilmenee ajoittaisia jyrkkiä nousuja ja laskuja. Keskiarvo voi näyttää suuremman arvon kuin mitä yleinen pitoisuustaso on, jos piikikkäässä aikasarjassa on useita suuria pitoisuuspiikkejä. Mediaani sen sijaan edustaa tällaisessa tapauksessa mahdollisesti paremmin aikasarjan tyypillistä pitoisuutta ja ei ole niin herkkä ääriarvoille.



Kuva 7. Lappeenranta Ojala-Tuomela vuonna 2022 mitattujen hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskiarvot tuulensuunnittain ja vuoden ajoittain (talvi: tammi, helmi, joului; kevät: maaliskuu, huhti, touko; kesä: kesä, heinä, elokuu; syksy: syys, loka, marrasku). Punaisella ympyrällä on merkitty pitoisuuksia, jotka on mitattu tyynissä tilanteissa. Tyyniksi on tässä tarkastelussa luokiteltu tuulet, joiden nopeus on alle 0,5 m/s.



Kuva 8. Lappeenranta Ojala-Tuomela vuonna 2022 mitattujen pienhiukkasten tuntipitoisuuksien keskiarvot tuulensuunnittain ja vuoden ajoittain (talvi: tammi, helmi, joului; kevät: maaliskuu, huhtikuu, toukokuu; kesä: kesäkuu, heinäkuu, elokuu; syksy: syyskuu, lokakuu, marraskuu). Punaisella ympyrällä on merkitty pitoisuuksia, jotka on mitattu tyynissä tilanteissa. Tyyniksi on tässä tarkastelussa luokiteltu tuulet, joiden nopeus on alle 0,5 m/s.

2.6 Pitoisuuksien vertailua muualla mitattuihin pitoisuuksiin

Taulukossa 2 on esitetty vuosikeskiarvopitoisuuksia mitatuille hiukkasille Lappeenrannan eri asemilta sekä vertailuksi Ilmatieteen laitoksen taustamittausasemilta. Kaikki mitatut pitoisuustulokset on saatu jatkuvatoimisilla laitteilla. Helsingin Mannerheimintie edustaa Suomen mittakaavassa vilkkainta liikenneympäristöä kaupungin keskusta-alueella. Sarmaltunturin mittausasema edustaa pitoisuuksia Lapissa puhtaalla tausta-alueella, jossa aseman välittömässä läheisyydessä ei ole ihmistoimintoja. Vironlahden asema sijaitsee pellon laidalla päällystämättömän hiekkatien läheisyydessä kaukana muusta ihmisen toiminnasta.

Lappeenranta Ojala-Tuomelan asemalla mitatut hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) ja pienhiukkasten (PM_{2,5}) pitoisuudet olivat pienempiä kuin Lappeenrannan muilla asemilla

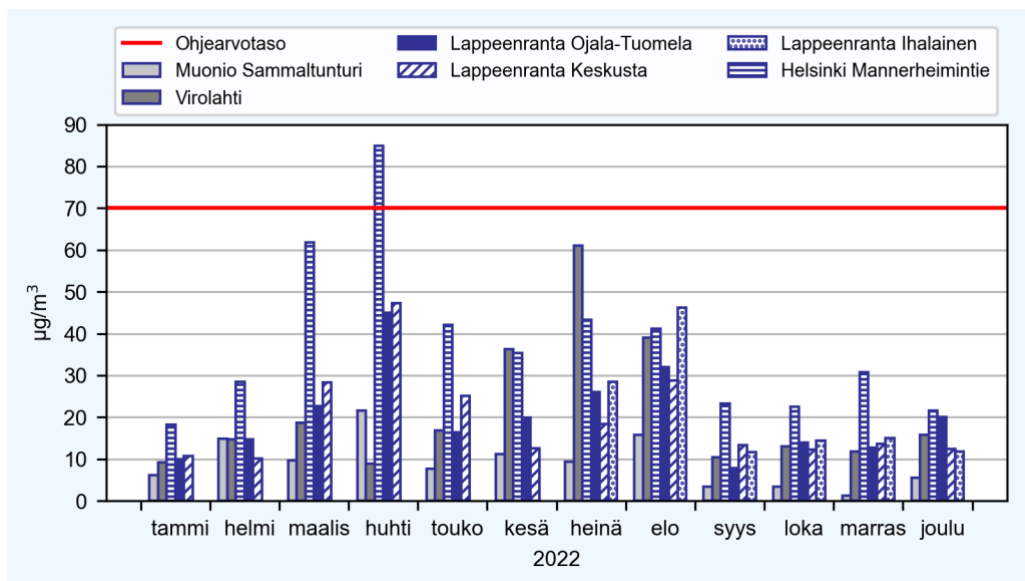
mitatut. Verrattuna Vironlahden asemaan vuosikeskiarvopitoisuudet olivat hyvin samansuuruisia.

Kuvassa 9 on esitetty hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrannolliset kuukausittaiset pitoisuudet taulukossa 2 esiintyviltä asemilta. Lappeenranta Tirilä asemalla ei mitattu hengitettäviä hiukkasia ja Lappeenranta Ihalainen asemalla hengitettävien hiukkasten mittaukset aloitettiin heinäkuussa. Näistä asemista vain Helsinki Mannerheimintie asemalla huhtikuussa mitattiin ohjearvon ylittävä pitoisuus. Lappeenranta Ojala-Tuomela asemalla mitatut ohjearvoon verrannolliset pitoisuudet olivat hieman korkeampia helmi-, kesä- ja joulukuussa kuin muilla Lappeenrannan mittausasemalla. Heinä- ja elokuussa Lappeenranta Ihalainen asemalla mitatut pitoisuudet olivat korkeampia kuin muilla Lappeenrannan asemilla. Helsinki Mannerheimintien asemalla mitatut ohjearvoon verrannolliset pitoisuudet olivat kesän kuukausia lukuun ottamatta suurempia kuin muilla vertailuilla asemilla.

Taulukko 2. Lappeenranta Ojala-Tuomela, Helsingin Mannerheimintiellä, Muonion Salmatunturilla, Virolahdella, Lappeenta Keskusta, Tirilä ja Ihalainen mittausasemilla vuonna 2022 mitatut hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Keskiarvo- pitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Lappeen- ranta Ojala- Tuomela	Helsinki Manner- heimintie	Muonio Sammal- tunturi	Virolahti	Lappeen- ranta Ihalainen	Lappeen- ranta Keskusta	Lappeen- ranta Tirilä
PM ₁₀	8,6	18,1	2,8	8,5	10,0*	9,2	-
PM _{2.5}	4,5	6,6	1,5*	4,6	-	-	4,6

*) Ajallinen kattavuus vähemmän kuin 75 %



Kuva 9. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kuukausittain vuonna 2022 eri mittausasemilla. Vuorokausiohjearvo $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ on esitetty punaisella vaakaviivalla. Vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus on kuukauden 2.korkein vuorokausikeskiarvopitoisuus.

3. YHTEENVETO MITTAUSTULOKSISTA

Ilmatieteen laitos tarkkailee Lappeenranta Ojala-Tuomelassa ulkoilman laatua 1.11.2021 alkaen. Ilmanlaatua mitattiin yhdessä mittauspisteessä. Tavoitteena oli kartoittaa hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuustasoja ja hetkellistä vaihtelua alueella. Niiden perusteella kartoitettiin Nordkalk Oy:n kaivostoiminnan vaikutuksia ilmanlaatuun teollisuusalueen läheisyydessä sijaitsevaa asuinalueita edustavassa Ojala-Tuomelassa sekä arvioida mittaustulosten perusteella ilmanlaadun seurannan tarvetta tulevaisuudessa.

Mittausasema sijaitsee noin 1,5 kilometrin päässä Nordkalk Oy:n kalkkivikaivoksen itäkoillispuolella Ojala-Tuomelan asuinalueella Koivistonkadulla. Mittauksia tullaan jatkamaan kyseisellä paikalla keskeytyksettä ainakin vuoden 2023 loppuun saakka nykyisen sopimuksen puitteissa. Ilmanlaadun mittausten tavoitteena oli kartoittaa kaivostoiminnan vaikutuksia ilmanlaatuun kaivosalueen ympäristössä mittaamalla hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuustasoja ja hetkellistä vaihtelua kaivoksen lähialueella, sekä arvioida mittaustulosten perusteella ilmanlaadun seurannan tarvetta tulevaisuudessa.

Lappeenranta Ojala-Tuomela mittausasemalla mitattujen hengitettävien ja pienhiukkasten pitoisuuksien perusteella voidaan arvioida, että ilmanlaatu mittausasemalla ja sen ympäristössä oli vuonna 2022 pääosin hyvää. Ilmanlaatu heikkeni muutamina päivinä huonoksi tai erittäin huonoksi johtuen korkeista hengitettävien hiukkasten pitoisuuksista. Mitatut pitoisuudet alittivat korkeimmillaankin

ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot. Nordkalk Oy:n teollisuusalueen vaikutus ei näkynyt mittaustuloksissa merkittävästi mitattujen pitoisuuksien ollessa matalampia kuin muilla Lappeenrannan mittausasemilla.

Tehtyjen mittausten ja mittaustulosten perusteella voidaan arvioida, ettei kiinteiden, jatkuvatoimisten mittausten tekeminen Ojala-Tuomela mittausasemaa edustavalla paikalla Nordkalk kaivoksen lähiympäristössä ole välttämätöntä, mikäli kaivoksen toiminta jatkuu tulevaisuudessa samanlaisena kuin vuonna 2022. Mitatut hiukkaspitoisuudet alittivat selvästi ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot sekä niille asetetut arviointikynnykset. Ilmanlaatu mittausasemalla oli vuonna 2022 pääsääntöisesti hyvää eikä kaivoksen vaikutus mitattuihin hiukkaspitoisuuksiin ollut merkittävää. Mikäli kaivoksen toiminta merkittävästi laajenee tai muuttuu, on jatkuvatoimisia mittauksia samassa mittauspisteessä syytä jatkaa, jolloin on mahdollista nähdä kaivostoiminnan muutosten vaikutukset ilmanlaadussa ja mitatuissa hiukkaspitoisuuksissa samassa mittauspisteessä. Muussa tapauksessa riittävää on toteuttaa ilmanlaadun mittauskampanjoita (mittausjakso kalenterivuosi) määräajoin, esimerkiksi viiden vuoden välein, jotta voidaan varmistua, että toiminnan ilmanlaatuvaikutukset eivät aiheuta haittaa kaivoksen läheisyydessä sijaitseville asuinalueille. Ilman epäpuhtauksien pitoisuuksiin vaikuttavat kiinteiden lähteiden kuten teollisuuden ja energiantuotannon päästöt, ja liikenteen sekä hajapäästölähteiden kuten asuinrakennusten tulisijojen päästöt. Yksittäisen päästölähteen vaikutusta pitoisuuksiin voi olla vaikea erottaa. Vuodenaika, liikenne, kaukokulkeuma ja sääolosuhteet vaikuttavat pitoisuuksiin voimakkaasti. Selkeitä pienhiukkasepisodeja havaittiin 8.–15.7., 19.–23.7., 19.–22.8. ja 27.–28.8.2022. Korkeimmat epäpuhtauspitoisuudet esiintyvät kaupunkialueilla useimmiten stabiileissa heikkotuulisissa tilanteissa ja erityisesti ns. inversiotilanteissa, jolloin ilmakehän pystysuuntainen lämpötilajakauma estää tai rajoittaa epäpuhtauksien laimenemista myös pystysuunnassa.

Autoliikenne ja puun pienpoltto ovat tyypillisesti merkittävimmät päästölähderyhvät korkeiden pitoisuuksien muodostumisen kannalta useimmissa maamme kaupungeissa ja kaupunkien asuinalueilla. Liikenteen päästöjen osuus monien ilman epäpuhtauksien päästöistä on huomattava ja pakokaasujen päästökorkeus on lähellä ihmisten hengityskorkeutta. Energiantuotannon ja teollisuuden päästöt vapautuvat ulkoilmaan yleensä korkeista piipuista ja ehtivät sekoittua ympäröivään ilmaan ja laimentua ennen maanpintatasoa, jolloin ne eivät juuri vaikuta pitoisuuksiin hengityskorkeudella.

Hiukkaspitoisuudet ovat tyypillisesti korkeimmillaan keväisin ns. katupölyaikaan sekä kesällä sateettomaan aikaan. Katupölyä syntyy, kun lumet sulavat keväällä ja talven aikana tien varsille kerääntynyt hiukkasmassa vapautuu ilmaan tuulen ja liikennevirtojen vaikutuksesta katujen kuivuttua. Lumien sulamisvedet, sateet ja pölynsidonta suolaliuoksella hillitsevät keväistä pölyämistä. Sateet alentavat myös muina vuodenaikoina väliaikaisesti ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia ja puhdistavat hengitysilmaa.

Lappeenranta Ojala-Tuomela mittausasemalla mitattujen pitoisuuksien tuntiarvojen perusteella laskettiin ilmanlaatuindeksi, joka kuvaa vallitsevaa ilmanlaatuutilannetta viisiportaisella sanallisella asteikolla (kappale 2.2). Indeksillä ilmaistuna ilmanlaatu oli mittausasemalla ja sen ympäristössä hyvää tai tyydyttävää 93 % mittausjakson vuorokausista. Ilmanlaatu oli välttävää 5 % päivistä, huonoa 1 % päivistä ja erittäin huonoa 1 % päivistä. Huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun päiviä oli maaliskuu-, huhti-, touko- ja heinäkuussa (maaliskuu: 1 kpl, huhti: 3 kpl, touko: 2 kpl, heinä: 1 kpl). Kaikki huonot ja erittäin huonot indeksiarvot johtuivat tarkastelujaksolla hengitettävien hiukkasten

korkeista pitoisuuksista. Huonoista ja erittäin huonoista ilmanlaadun päivistä 17.3., 2.5., 7.5. ja 5.7.2022 ilmanlaatuindeksiin vaikuttaneet PM₁₀ tuntikeskiarvot mitattiin tuullessa kaivokselta päin (Liitekuva 7). Puolestaan 1.4. sekä varsinkin päivien 20.4. ja 22.4. aikana, jolloin mitattiin kaikkein korkeimmat PM₁₀ tuntipitoisuudet mittausjakson aikana, tuuli kävi muualta kuin kaivokselta päin mittausasemalle (Liitekuvat 7–8).

Hiukkasten raja-arvoon verrannolliset pitoisuudet jäivät selvästi alle raja-arvon ja alimman arviointikynnyksen. Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuus oli vain yhtenä päivänä suurempi kuin vuorokausiraja-arvon numeerinen arvo 50 µg/m³. Vuorokausiraja-arvon (50 µg/m³) ylittäviä vuorokausipitoisuuksia sallitaan 35 kpl kalenterivuoden aikana. Hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten vuosikeskiarvot jäivät myös selvästi alle raja-arvojen sekä alimpien arviointikynnysten.

Hengitettävien hiukkasten ohjearvontasoon verrannolliset pitoisuudet Lappeenranta Ojala-Tuomela mittausasemalla jäivät alle ohjearvotason kaikkina kuukausina (kuva 4). Korkein verrannollinen pitoisuus oli huhtikuussa n. 64 % ohjearvosta. Pienhiukkasille ei ole Suomen lainsäädännössä ohjearvoa.

Tuntikohtaisien pitoisuuksissa kevätkuukausina selvästi erottuva hengitettävien hiukkasten pitoisuustason nousu arkipäivisin varhaisen aamun ja aamupäivän välisenä aikana sekä illalla klo 18 jälkeen. Kevätkuukausien viikonloppujen tuntikohtaiset pitoisuustasot ovat tasaisen matalia. Muina vuoden aikoina hiukkaspitoisuuksien tuntikohtainen vaihtelu oli keskimäärin melko vähäistä.

Ajoittain kaivokselta päin tuullessa mittauksissa on havaittavissa tavallista korkeampia PM₁₀ ja PM_{2,5} pitoisuuksia, mutta tällaiset tilanteet kestävät yleensä muutaman tunnin, eivätkä näy aina selvästi vuorokausikeskiarvoissa. Kaivokselta peräisin oleva pöly on mahdollisesti isompaa kokoluokkaa kuin mitä PM₁₀ mittaus ottaa huomioon. Isommille fraktioille kuin PM₁₀, ei lainsäädännössä ole annettu raja-arvoja.

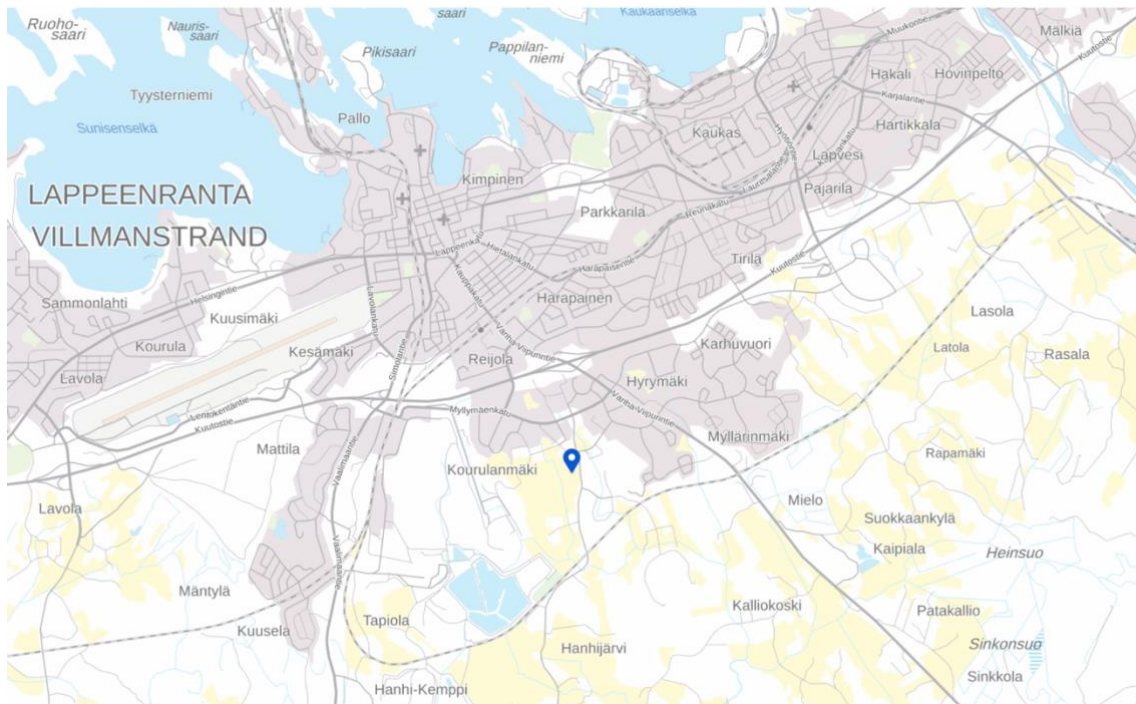
Verratessa lainsäädännön raja-arvoihin ja ottaen huomioon, että raja-arvoja PM₁₀ tai PM_{2,5} osalta eikä alinta arviointikynnystä ylitetty PM₁₀ osalta, jatkuvatoimiset mittaukset eivät ole tämän perusteella tarpeen tällä mittauspaikalla. Mikäli kaivoksen läjitysalueita laajennetaan, niin siinä tapauksessa olisi suositeltavaa jatkaa jatkuvatoimisia hiukkasmittauksia (PM₁₀ ja PM_{2,5}) samassa mittauspisteessä tilanteen pidempiaikaisen seurannan vuoksi.

Ilmatieteen laitoksen suorittamat ilmanlaadun mittaukset jatkuvat Ojala-Tuomelassa samassa mittauspisteessä vuoden 2023 elokuun loppuun nykyisen sopimuksen puitteissa. Sen jälkeenkin mittaukset jatkunevat samassa pisteessä, mutta toisen toimijan suorittamana.

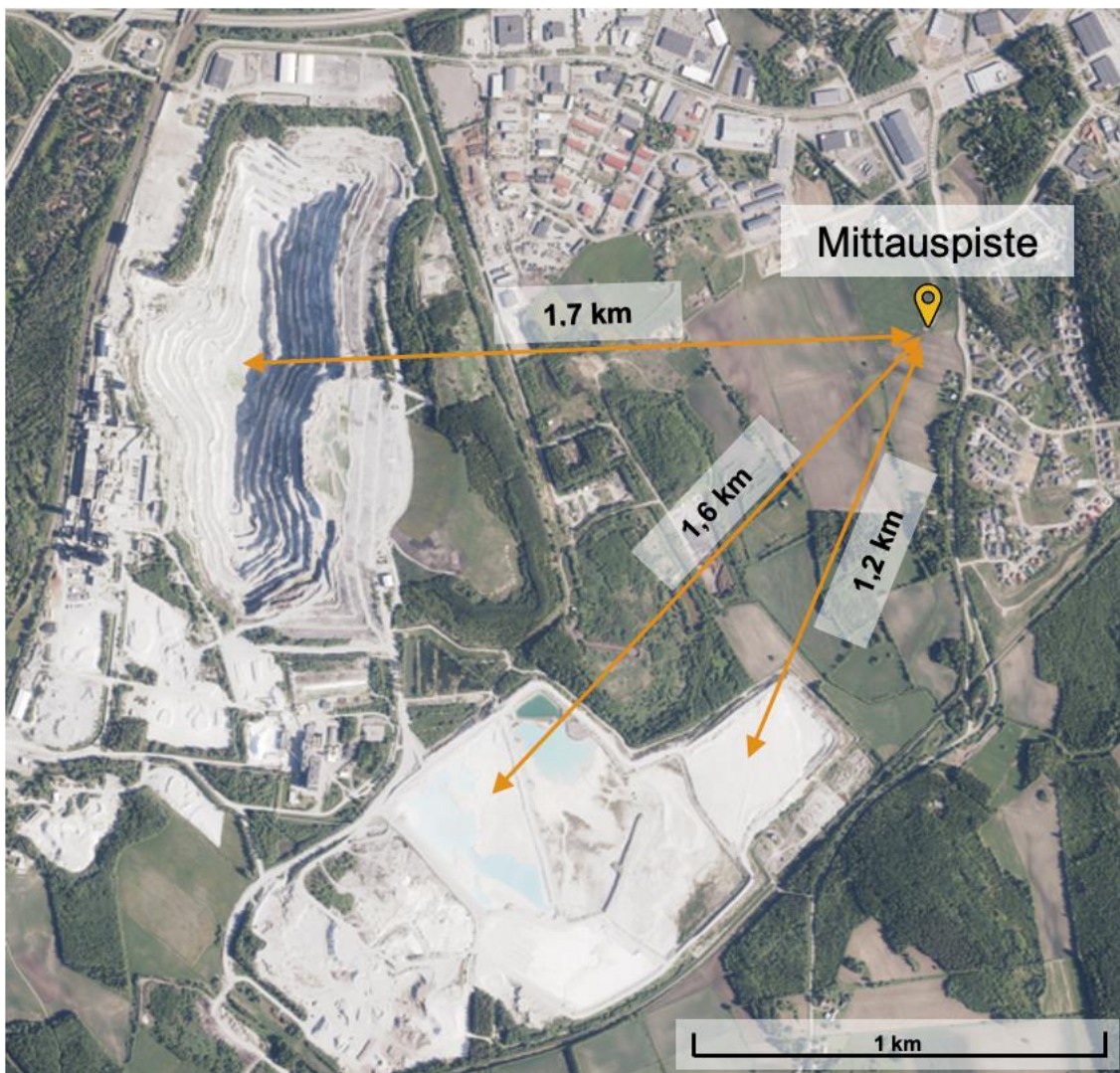
4. TUTKIMUKSEN SUORITUS

4.1 Tutkimuskohde

Ilmatieteen laitos mittasi ulkoilmanlaatua Lappeenranta Ojala-Tuomelassa Koivistonkadulla 1.11.2021–31.12.2022. Mittausasema sijaitsi avoimella paikalla peltojen ympäröimänä Ojala-Tuomelan alueella. Nordkalk Oy:n kalkkikivikaivos sijaitsi lännen ja luoteen välisellä sektorilla mittauspaikalta. Mittauspiste edustaa ulkoilman pitoisuuksia erityisesti Ojala-Tuomelan alueella.



Kuva 10. Kartta alueesta, johon on merkitty Lappeenranta Ojala-Tuomela ilmanlaadun mittausasema sinisellä symbolilla (muokattu Maanmittauslaitoksen selkokarttasarja-aineistosta 5/2023).



Kuva 11. Lappeenranta Ojala-Tuomela ilmanlaadun mittausasema merkittynä keltaisella symbolilla (muokattu Maanmittauslaitos, ortokuvasarja-ainestosta, 5/2023).

4.2 Mitatut suureet ja mittausmenetelmät

Lappeenranta Ojala-Tuomelan mittauspisteeseen tuotiin mittauskontti, jossa kaikki mittauksiin liittyvät toiminnot tapahtuivat häiriöttä ja mittausolosuhteet stabiileina. Mittausasemalla mitattiin jatkuvatoimisilla automaattisilla analysointilaitteilla halkaisijaltaan alle $10\ \mu\text{m}$ suuruisten hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) ja alle $2,5\ \mu\text{m}$ suuruisten pienhiukkasten ($\text{PM}_{2,5}$). Mittalaitteet ja mittausmenetelmät on esitelty taulukossa 3. Mittauslaitteiston näytteenotto tapahtui mittausaseman katolla olevista näytteenottimista noin 3,5–4 metrin korkeudelta. Lisäksi mittausasemalla havainnoitiin tuulen suuntaa ja nopeutta, ulkoilman lämpötilaa, suhteellista kosteutta ja ilmanpainetta. Säämittausanturin korkeus oli noin 5 metriä maanpinnan tasosta. Kontin ilmasto on järjestetty niin, ettei poistoilmavirta häiritse näytteenottoa, eivätkä poistoilman epäpuhtaudet pääse näytteenottimiin.

Taulukko 3. Ilmanlaadun mittauksissa käytetyt menetelmät ja laitteet.

Mitattava komponentti	Mittausmenetelmä	Mittalaite
Hengitettävät hiukkaset	Valon sironta	Palas Fidas 200E
Hengitettävät hiukkaset ¹⁾	Beetasäteilyn absorptio + valon sironta	Thermo Model 5030 SHARP
Pienhiukkaset	Valon sironta	Palas Fidas 200E
Pienhiukkaset ¹⁾	Beetasäteilyn absorptio + valon sironta	Thermo Model 5030 SHARP
Meteorologiset tiedot		Vaisala WXT530

¹⁾ Thermo Model 5030 Sharp käytössä 11.11.–15.12.2021 ja 27.4.–24.5.2022



Kuva 12. Ilmanlaadun mittausasema Lappeenranta Ojala-Tuomela. Ulkoilma imetään mittalaitteisiin kontin katolla sijaitsevien näytteenottimien läpi. Lisäksi katolla on säänmittausanturi. Valokuva: Antti Mannisenaho.

Hengitettävien hiukkasten pitoisuutta mitattiin valon sirontaan perustuvalla menetelmällä. Hengitettävien hiukkasten jatkuvatoimiset mittaukset perustuvat standardiin *SFS-EN 16450:2017 Ambient air – Automated measuring systems for the measurement of the concentration of particulate matter (PM₁₀/PM_{2.5})*. PM₁₀/PM_{2.5}-hiukkasten gravimetrinen referenssimenetelmä on kuvattu standardissa *EN 12341:2014*. Ilmatieteen laitoksen käyttämien automaattisten hiukkanalysointilaitteiden antamien tulosten vastaavuus PM₁₀/PM_{2.5}-hiukkasten gravimetrisen referenssimenetelmään on osoitettu tutkimuksessa Saarnio ym. 2021.

Jatkuvatoimisten mittalaitteiden mittaustulokset kerättiin minuuttiarvoina mittauksia ohjaavalle tietokoneelle, jolta ne siirrettiin edelleen minuuttiarvoina langattomasti modeemyhteyden kautta Ilmatieteen laitoksen palvelimelle raakadatatiekantaan ja siitä edelleen tallennettavaksi muihin tietokantoihin. Raakadatatiekannassa mittaustulokset pysyvät aina muuttumattomina, jolloin alkuperäiset arvot ovat myöhemminkin tarvittaessa saatavilla. Minuuttiarvoista määritettiin tuntikeskiarvot ja vuorokausikeskiarvot ja muut pidemmän jakson keskiarvot. Mittaustulokset korjattiin kalibrointitulosten perusteella ja laitteiden toimintahäiriöistä johtuneet virheelliset arvot poistettiin. Mittauksia seurattiin etävalvontana Ilmatieteen laitokselta Helsingistä.

4.3 Hiukkasmittausten vertailukelpoisuus ja mittausepävarmuus

Hiukkasmassan määrittämisen standardissa (EN 12341:2014) määritetty ns. referenssimenetelmä on gravimetrinen määrittäminen vuorokausikeskiarvolle. Kullekin Suomessa käytettävälle jatkuvatoimiselle hiukkasmittalaitteelle on osoitettu laitteen ekvivalenttisuus eli vertautuvuus referenssimenetelmään, ja kertoimia käyttämällä eri mittalaitteilla mitatut hiukkasmittaustulokset ovat keskenään vertailukelpoisia. Määritettyjä korjauskertoimia käyttämällä tässä tutkimuksessa käytettyjen hiukkaslaitteiden tuottamat tulokset ovat vastaavia referenssimenetelmää vastaan.

Mittausarvojen oletettu vaihtelu eli mittausepävarmuus on positiivinen luku, joka on saatu käytettävissä olevien tietojen perusteella. Yleisesti, mittausten yhteydessä on tärkeää tietää mittauksen epävarmuus, koska muuten mittaustuloksesta ei voida luotettavasti tehdä johtopäätelmiä (Hiltunen yms., 2011). Jatkuvatoimisilla hiukkasmittalaitteilla mittausepävarmuus saa olla korkeintaan 25 %. Tämä kriteeri täyttyy tämän raportin kuvaamissa mittauksissa ja käytettyjen monitorien osalta.

Palas Fidas 200E hiukkasmonitorin kertoimet ja mittausepävarmuudet on määritetty Ilmatieteen laitoksen raportissa Saarnio ym. (2021). Raportin mukaan Fidaksen korjauskerron PM_{10} -hiukkasmassalle on 0,95 ja $PM_{2,5}$ -hiukkasmassalle 0,915. Vastaavat mittausepävarmuudet ovat 15,8 % ja 7,2 %.

Thermo Model 5030 SHARP hiukkasmonitorin kertoimet ja mittausepävarmuudet on määritetty Ilmatieteen laitoksen raportissa Walden ja Vestenius (2018). Raportin mukaan SHARP:n korjauskerron PM_{10} -hiukkasmassalle on 1,242 ja $PM_{2,5}$ -hiukkasmassalle 0,998. Vastaavat mittausepävarmuudet ovat 15,2 % ja 24,9 %.

Tutkimuksessa käytettävien hiukkanalysointilaitteiden vastaavuus eli ekvivalenttisuus vertailumenetelmään ja laitteen soveltuvuus Suomen oloihin on osoitettu Ilmatieteen laitoksen toimesta standardin EN 16450:2014 ja EN 16450:2917 mukaisesti SHARP:lle (Walden ja Vestenius, 2018). Fidas on uudempi laite Suomessa mutta laajalti käytössä. Fidaksen soveltuvuus Suomen oloihin on osoitettu (Saarnio ym., 2021) ja vastaavuustesti on tällä hetkellä menossa Ilmatieteen laitoksella.

Ilmatieteen laitoksen vertailulaboratorio on hyväksynyt molemmat tutkimuksessa käytettävät hiukkasmittalaitteet käytettäväksi Suomessa.

4.4 Kalibroitimenetelmät, laadunvarmistus ja laitehuollot

Ilmanlaadun mittaukset suoritettiin kansallisen ilmanlaadun mittausohjeen (*Ilmatieteen laitos, 2017*) sekä Ilmatieteen laitoksen ilmanlaatumittausten laatujärjestelmän mukaisesti

(https://expo.fmi.fi/ages/public/Ilmatieteen_laitoksen_ilmanlaatumittausten_laatuja_rjestelmien_kuvaus.pdf). Ilmanlaadun seurannan laadunvarmennuksessa kiinnitettiin huomiota kalibroitien suorittamiseen, kalibroitien jäljitettävyyteen ja laitteiden toimintaan.

Ilmatieteen laitoksella sijaitseva kansallinen vertailulaboratorio on Turvallisuus- ja kemikaaliviraston akkreditointiyksikön (FINAS) akkreditoima kalibrointilaboratorio K043. Hiukkasmittalaite kalibroidiin valmistajan ja standardin SFS-EN 16450:2017 ohjeiden mukaisesti. Hiukkasmittaustulokset korjattiin vertailumittausten (Walden ym., 2017 ja Walden ym., 2018) mukaisella ekvivalenttisuuskertoimella.

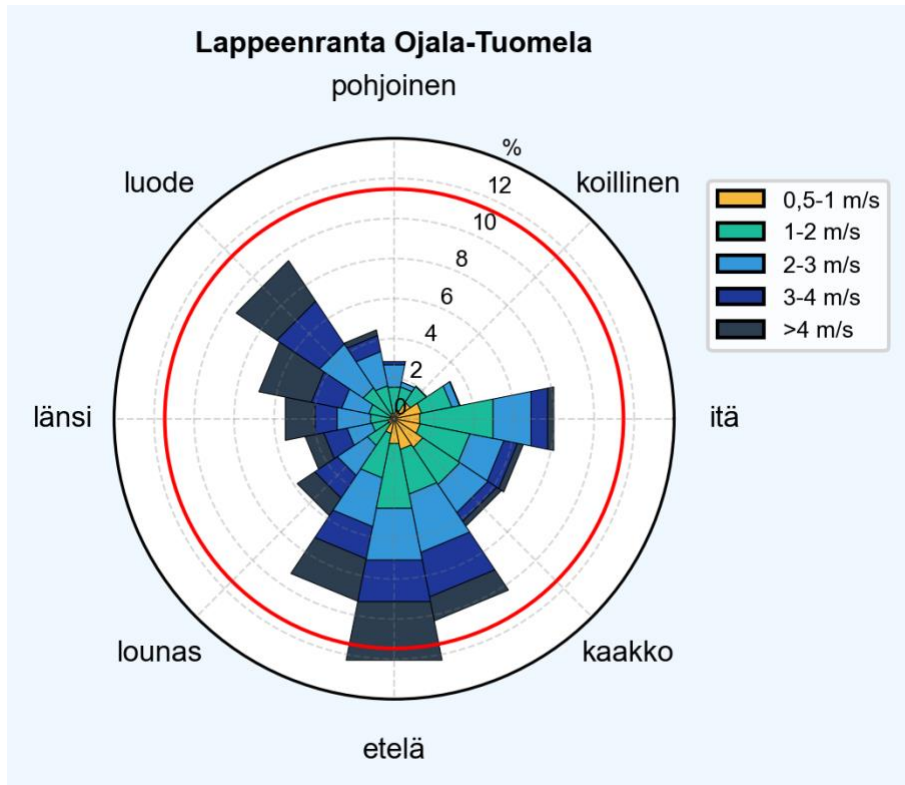
Ohjearvoon vertaaminen edellyttää, että vuorokausipitoisuuksia on vähintään 75 % kuukauden vuorokausien lukumäärästä. Tämä vaatimus täyttyi mittausasemalla kaikkina kuukausina virallisen seurantajakson alettua.

Raja-arvojen ylittymisen valvontaan käytettävissä jatkuvissa mittauksissa aineiston vähimmäismäärä on 90 % kalenterivuoden tunneista, mikä ei kuitenkaan sisällä laitteiden säännöllisestä kalibroinnista tai normaalista kunnossapidosta aiheutuvaa tietohukkaa. Aineiston vähimmäismäärän laatuavoite täyttyi mittausjaksolla kaikilla raja-arvoihin verrattavilla ilman epäpuhtauksilla.

5. SÄÄTIEDOT MITTAUSJAKSOLLA

5.1 Tuulitiedot

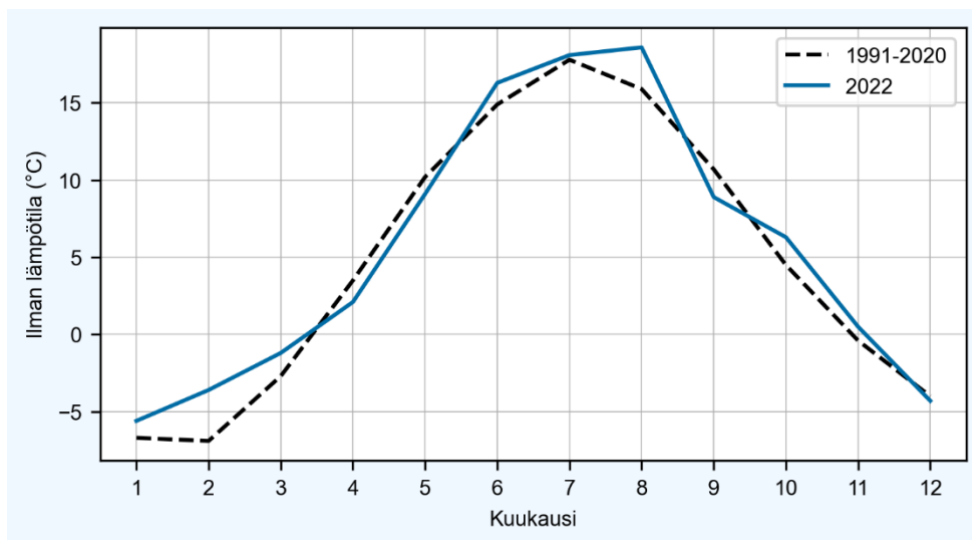
Lappeenranta Ojala-Tuomelassa mitatut tuulen nopeudet ja suunnat on esitetty kuvassa tuuliruusuna. Vallitsevat tuulen suunnat olivat mittausjaksolla etelänpuoleiset. Myös luoteen ja idän puoleisia tuulet korostuivat mittausjakson aikana. Pääosin tuulet olivat heikkoa tai kohtalaista. Tyymien osuus (tuulen nopeus < 0,5 m/s) oli n. 12 % kaikista tuulista.



Kuva 13. Lappeenranta Ojala-Tuomela mitatut tuulensuunnat (ilmansuuntasuuntasektorit) ja tuulennopeudet (m/s) mitatusjakson ajalta. Tyyniksi on tässä tarkastelussa luokiteltu alle 0,5 m/s tuulen nopeudet.

5.2 Keskilämpötilat

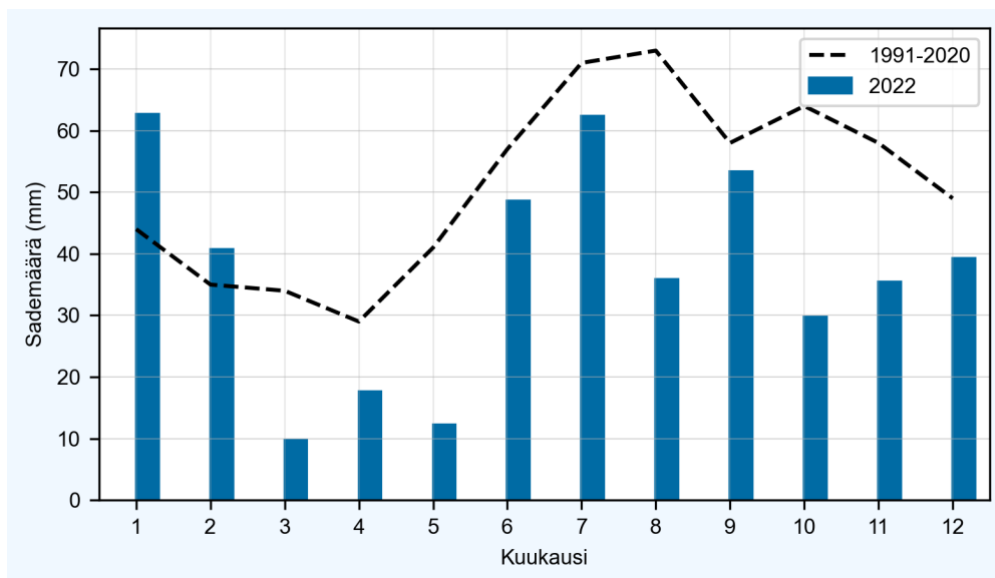
Vuosi 2022 oli tammi–helmikuun, loka–marraskuun sekä kesäkuukausien osalta lämpimämpi kuin ilmastollinen vertailukausi 1991–2020. Kevät ja alkusyksy taas kylmempiä. Lämpötilavertailu on tehty Ilmatieteen laitoksen Lappeenrannan lentoaseman sääaseman mittauksista.



Kuva 14. Lämpötilan kuukausikeskiarvot Ilmatieteen laitoksen Lappeenranta lentoaseman sääasemalla vuonna 2022 ja ilmastollisella vertailukaudella 1991–2020.

5.3 Sademäärät

Sademäärät vuonna 2022 olivat hieman alhaisempia kuin ilmastollisella vertailukaudella 1991–2020, lukuun ottamatta tammi- ja helmikuuta. Sademäärävertailu on tehty Ilmatieteen laitoksen Lappeenrannan lentoaseman sääaseman mittauksista.



Kuva 15. Kuukausisademäärät Ilmatieteen laitoksen Lappeenranta Lepola sääasemalla vuonna 2022 ja ilmastollisella vertailukaudella 1991–2020.

5.4 Ilmanlaatuun vaikuttavat säätekijät

Ilman epäpuhtauksien päästöistä suurin osa vapautuu ilmakehän alimpaan kerrokseen, jota kutsutaan rajakerrokseksi. Rajakerroksessa päästöt sekoittuvat ympäröivään ilmaan ja ilman epäpuhtauksien pitoisuudet laimenevat. Päästöt voivat levitä liikkuvien ilmamassojen mukana laajoille alueille. Tämän kulkeutumisen aikana ilmansaasteet voivat reagoida keskenään sekä muiden ilmassa olevien yhdisteiden kanssa muodostaen uusia yhdisteitä. Ilman epäpuhtaudet poistuvat ilmasta sateen huuhtomina, kuivalaskeumana erilaisille pinnoille tai kemiallisen muutunnan kautta.

Ilman epäpuhtauksien leviämisen ja laimenemisen kannalta keskeisiä meteorologisia tekijöitä ovat tuulen suunta ja nopeus, ilmakehän stabiilisuus ja sekoituskorkeus. Rajakerroksen tuuliolosuhteet määräävät karkeasti ilmansaasteiden kulkeutumissuunnan, mutta rajakerroksen ilmavirtausten pyörteisyys ja kerroksen korkeus vaikuttavat merkittävästi ilmansaasteiden sekoittumiseen ja pitoisuuksien laimenemisen kulkeutumisen aikana. Rajakerroksen korkeus määrittää sen ilmatilavuuden, johon päästöt voivat välittömästi sekoittua ja laimentua. Rajakerroksen korkeus on Suomessa tyypillisesti alle kilometrin, mutta varsinkin kesällä se voi nousta yli kahteen kilometriin. Matalimmat rajakerroksen korkeudet havaitaan yleensä talvella kovilla pakkasilla. Ilmakehän stabiilisuudella tarkoitetaan ilmakehän herkkyyttä pystysuuntaiseen sekoittumiseen. Stabiilisuuden määrää ilmakehän pystysuuntainen lämpötilarakenne, mutta siihen vaikuttavat myös auringon säteily, tuuli ja maanpinnan laatu. Stabiiliustilan ollessa vakaa ilmakehän sekoittuminen on vähäistä. Jos tila on epävakaa, sekoittuminen on voimakasta ja ilmaan päässeet epäpuhtaudet laimenevat nopeasti.

Inversiolla tarkoitetaan tilannetta, jossa ilmakehän lämpötila nousee ylöspäin mentäessä. Erityisesti maanpintainversion aikana ilmanlaatu voi paikallisesti huonontua nopeasti. Maanpintainversiossa maanpinta ja sen lähellä oleva ilmakerros jäähtyy niin, että kylmempi ilma jää ylempänä olevan lämpimämmän ilman alle. Kylmä pintailma ei raskaampana pääse kohoamaan yläpuolellaan olevan lämpimän kerroksen läpi, ja ilmakehän pystysuuntainen liike estyy. Inversiokerroksessa tuuli on hyvin heikkoa ja näin ollen ilmaa sekoittava pyörteisyys on vähäistä, minkä vuoksi ilmansaasteiden pitoisuudet laimenevat huonosti. Inversiotilanteissa pitoisuudet kohoavat, koska ilmansaasteet kerääntyvät matalaan ilmakerrokseen päästölähteiden lähelle.

Korkeimmat pitoisuudet esiintyvät kaupunkialueilla useimmiten stabiileissa heikkotuulisissa tilanteissa voimakkaan maanpintainversion vallitessa. Autoliikenne on haitallisin päästölähde ryhmä korkeiden pitoisuuksien muodostumisen kannalta useimmissa maamme kaupungeissa. Liikenteen päästöjen osuus monien ilman epäpuhtauksien päästöistä on huomattava ja pakokaasut pääsevät suoraan ihmisten hengityskorkeudelle. Korkeista piipuista vapautuvat energiantuotannon ja teollisuuden päästöt saattavat joskus purkautua matalien maanpintainversioiden yläpuolelle, jolloin ne eivät juuri vaikuta pitoisuuksiin lähellä maanpintaa lähialueellaan.

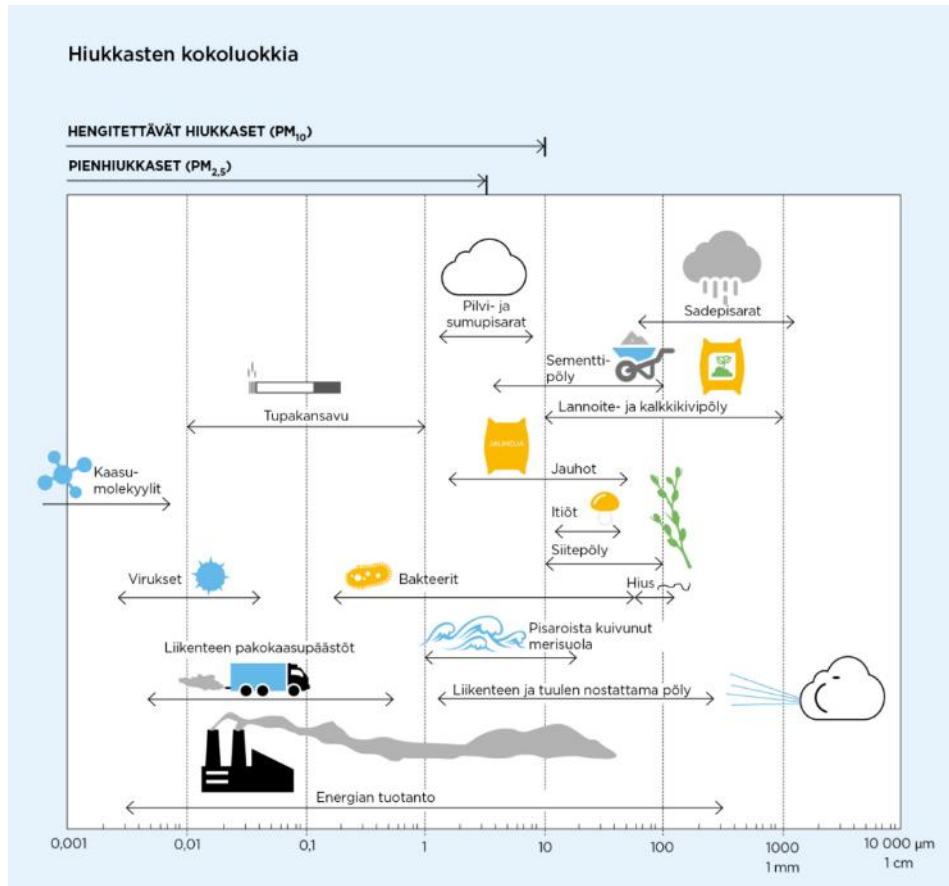
Keväisin merkittävin ilmanlaatuhaittojen aiheuttaja on katupöly. Katupölyä syntyy, kun lumet sulavat keväällä ja talven aikana tien varsille kerääntynyt hiukkasmassa vapautuu ilmaan tuulen ja liikennevirtojen vaikutuksesta katujen kuivuttua. Lumien sulamisvedet, sateet ja pölynsidonta suolaliuoksella hillitsevät keväistä pölyämistä. Sateet alentavat myös muina vuodenaikoina väliaikaisesti ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia ja puhdistavat hengitysilmaa.

6. TAUSTATIETOA ILMAN EPÄPUHTAUKSISTA

6.1 Hiukkaset

Ulkoilman hiukkaset ovat nykyisin merkittävimpiä ilmanlaatuun vaikuttavia tekijöitä Suomen kaupungeissa. Pienhiukkasia pidetään haitallisimpana ilmaperäisenä ympäristötekijänä ihmisten terveydelle. Ulkoilman hiukkaset ovat taajamissa suurelta osin peräisin liikenteen ja tuulen nostattamasta katupölystä (ns. resuspensio) eli epäsuorista päästöistä. Hiukkaspitoisuuksia kohottavat myös ihmisperäiset suorat hiukkaspäästöt, jotka ovat peräisin energiantuotannon ja teollisuuden palamisprosesseista, autojen pakokaasuista ja puun pienpoltosta. Nämä hiukkaspäästöt ovat pääasiassa pieniä hiukkasia. Hiukkasiin on sitoutunut myös erilaisia haitallisia yhdisteitä kuten hiilivetyjä ja raskasmetalleja.

Ulkoilman hiukkasten koko on yhteydessä niiden aiheuttamiin erilaisiin vaikutuksiin. Suurempien hiukkasten korkeat pitoisuudet vaikuttavat merkittävimmin viihtyvyyteen ja aiheuttavat likaantumista. Terveysvaikutuksiltaan haitallisempia ovat ns. hengitettävät hiukkaset ja pienhiukkaset, jotka kykenevät tunkeutumaan syväälle ihmisten hengitysteihin. Hengitettävillä hiukkasilla, joiden halkaisija on alle 10 mikrometriä (PM_{10}), on annettu ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet kohoavat erityisesti keväällä, jolloin jauhautunut hiekoitushiekka ja asfalttipöly nousevat ilmaan kuivilta kaduilta liikenteen nostattamana. Pienhiukkaset, joiden halkaisija on alle 2,5 mikrometriä ($PM_{2,5}$), ovat pääasiassa peräisin suorista autoliikenteen ja teollisuuden päästöistä ja kaukokulkeumasta, jonka lähde voi olla esimerkiksi metsä- ja maastopalot. Hiukkasten kokoluokkia on havainnollistettu kuvassa 16.



Kuva 16. Hiukkasten kokoluokkia. Hiukkasten koko ilmaistaan halkaisijana mikrometreissä (μm). Mikro (μ) etuliite tarkoittaa miljoonasosaa, joten 1 μm on metrin miljoonasosa eli millimetrin tuhannesosa.

Suomessa hiukkaspitoisuudet kohoavat yleensä voimakkaasti keväällä maaliskuuhuhtikuussa, kun maanpinnan kuivuessa tuuli ja liikenne nostattavat talven aikana kertynyttä katupölyä ilmaan. Pitoisuuksien kohoamista esiintyy taajamissa katupölyn vuoksi usein myös syksyllä talvirengaskauden alettua. Pienten hiukkasten pitoisuuksien kohoamiseen vaikuttaa ajoittain merkittävästi myös ulkomailta peräisin oleva kaukokulkeuma. Suurimmat hiukkaspitoisuudet esiintyvät vilkkaasti liikennöidyissä kaupunkikeskustoissa. Liikenteen vaikutukset korostuvat matalan päästökorkeuden vuoksi.

Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuuksille asetettu raja-arvotaso (50 μg/m³) ylittyy Suomen mittausasemilla tyypillisesti 0–25 kertaa vuoden aikana. Vuorokausiraja-arvotason ylityksiä saa olla mittausasemalla 35 kappaletta vuodessa, ennen kuin raja-arvo katsotaan ylittyneeksi. Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuudelle annettu raja-arvo on ylittynyt vain Helsingin keskustassa, viimeksi vuonna 2006. Katupölyn muodostumiseen voidaan merkittävästi vaikuttaa oikea-aikaisella katujen siivouksella ja kunnossapidolla sekä pölynsidonnalla.

Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudelle annettu raja-arvo 40 μg/m³ alittuu Suomessa. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvot ovat olleet viime

vuosina Suomen kaupungeissa noin 5–20 µg/m³. Viikkaimmilla teillä ja katukuiluosuuksilla vuosipitoisuudet voivat olla yli 20 µg/m³. Puhtailla tausta-alueilla vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet Etelä-Suomessa noin 9–14 µg/m³ ja Pohjois-Suomessa noin 3–5 µg/m³ (*Ilmatieteen laitos, 2022 c*).

Pienhiukkaspitoisuuden vuosikeskiarvolle määritetty raja-arvo 25 µg/m³ alittuu selvästi kaikkialla Suomessa. Viime vuosina pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuus on ollut pääkaupunkiseudun kaupunkialueilla noin 5–9 µg/m³ ja muilla kaupunkialueilla noin 2–8 µg/m³. Pitoisuuserot erityyppisten mittausympäristöjen välillä ovat muutamia mikrogrammoja. Puhtailla tausta-alueilla vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet Etelä-Suomessa noin 4–6 µg/m³ ja Pohjois-Suomessa noin 2–3 µg/m³ (*Ilmatieteen laitos, 2022 c*). Pienhiukkasten taustapitoisuudesta valtaosa on kaukokulkeutunutta hiukkasainesta. Kaukokulkeuma muodostaa huomattavan osan myös kaupunki-ilman pienhiukkaspitoisuuksista.

6.2 Ilman epäpuhtauksien terveysvaikutukset

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

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

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

6.3 Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot

Ohjearvot ovat ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia, joiden alittaminen on tavoitteena. Ohjearvoilla esitetään riittävän hyvän ilmanlaadun tavoitteet. Ohjearvot eivät ole sitovia, mutta niitä sovelletaan maankäytön ja liikenteen suunnittelussa, rakentamisen muussa ohjauksessa sekä ilman pilaantumisen vaaraa aiheuttavien toimintojen sijoittamisessa ja

lupakäsittelyssä. Ohjearvojen ylittyminen on pyrittävä estämään ennakoita ja pitkällä aikavälillä alueilla, joilla ilmanlaatu on tai saattaa toistuvasti olla huonompi kuin ohjearvo edellyttäisi. Ilmanlaadun ohjearvot on määritelty valtioneuvoston päätöksessä ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta (Vnp 480/1996).

Raja-arvot ovat ilman epäpuhtauden pitoisuuksia, jotka on alitettava määräajassa. Kun raja-arvo on alitettu, sitä ei enää saa ylittää. Raja-arvot ovat sitovia ja ne eivät saa ylittyä alueilla, joissa asuu tai oleskelee ihmisiä. Raja-arvon ylittyessä on kunnan ryhdyttävä ympäristönsuojelulain mukaisiin toimiin ja laadittava ilmansuojelusuunnitelma ilmanlaadun parantamiseksi ja raja-arvon ylitysten estämiseksi. Tällaisia toimia voivat olla esimerkiksi määräykset liikenteen tai päästöjen rajoittamisesta. Ilmanlaadun raja-arvot on määritelty ilmanlaatuasetuksessa (Vna 79/2017).

Taulukko 4. Ilmanlaadun ohjearvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi (Vnp 480/1996).

Ilman epäpuhtaus	Ohjearvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tilastollinen määrittely
Hengitettävät hiukkaset (PM_{10})	70 ¹⁾	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo

¹⁾ Tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

Taulukko 5. Ilmanlaadun raja-arvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi (Vna 79/2017).

Ilman epäpuhtaus	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Sallittujen ylitysten määrä kalenterivuodessa
Hengitettävät hiukkaset (PM_{10})	1 vuorokausi	50 ¹⁾	35
	kalenterivuosi	40 ¹⁾	–

¹⁾ Tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoja ei sovelleta työpaikoilla eikä tehdasalueilla, sillä työpaikka-alueilla sovelletaan omia työterveyttä ja työturvallisuutta koskevia säännöksiä. Raja-arvojen noudattamista ei myöskään arvioida liikenneväylillä eikä alueilla, jonne yleisöllä ei ole vapaata pääsyä ja joilla ei ole pysyvää asutusta.

6.4 Ilmanlaadun arviointikynnykset

Seuranta-alueen ilmanlaadun seurannan suunnittelussa on otettava huomioon ilmanlaatuasetuksessa määritellyt arviointikynnykset (Vna 79/2017). Jatkuvia mittauksia on tehtävä seuranta-alueilla, joilla ylempi arviointikynnys ylittyy sekä seuranta-alueilla,

joilla ilman epäpuhtauksien pitoisuudet ovat ylemmän ja alemman arviointikynnyksen välissä. Alemman arviointikynnyksen ylittyessä jatkuvien mittausten tarve on vähäisempi ja voidaan käyttää jatkuvien mittausten ja mallintamistekniikoiden tai suuntaa antavien mittausten yhdistelmää. Jos ilman epäpuhtauksien pitoisuudet ovat alemman arviointikynnyksen alapuolella, riittää, että ilmanlaatua seurataan yksinomaan suuntaa antavien mittausten, mallintamistekniikoiden, päästökartoitusten tai muiden vastaavien menetelmien perusteella.

Ylemmän ja alemman arviointikynnyksen ylittyminen määritetään viiden edellisen vuoden pitoisuuksien perusteella. Arviointikynnyksen katsotaan ylittyneen, kun se on ylittynyt vähintään kolmena vuotena viidestä. Taulukossa 6 on esitetty hengitettävien hiukkasten pitoisuuksille määritetyt ylemmät ja alemmat arviointikynnykset sekä niiden osuus raja-arvopitoisuuksista.



Kuva 17. Ilmanlaadun seurantarve seuranta-alueella määräytyy mitattujen pitoisuuksien suhteesta ylempään ja alempaan arviointikynnykseen. Seurantatarve kasvaa pitoisuuksien kasvaessa.

Taulukko 6 Ilmanlaadun seurannan suunnittelussa käytettävät ilmanlaadun ylemmät ja alemmat hengitettäville hiukkasille (Vna 79/2017). Suluissa on esitetty arviointikynnyksen osuus raja-arvopitoisuudesta.

Ilman epäpuhtaus	Keskiarvon laskenta-aika	Ylempi arviointikynnys ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Alempi arviointikynnys ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Hengitettävät hiukkaset (PM ₁₀)	24 tuntia	35 (70 %)	25 (50 %)
	kalenterivuosi	28 (70 %)	20 (50 %)

VIITELUETTELO

Anttila, P., 2020. Air Quality Trends in Finland, 1994–2018. Academic dissertation in physics. Institute of Atmospheric and Earth System Research / Physics, Faculty of Science, University of Helsinki, Helsinki, Finland. *Finnish Meteorological Institute Contributions No. 163*. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/320460/thesis-Pia-Anttila-web.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hiltunen, E., Linko L., Hemminki, S., Hägg, M., Järvenpää, P., Saarinen, S., Simonen, P., Kärhä, P., 2011. Laadukkaan mittaamisen perusteet. Metrologian neuvottelukunta ja Mittatekniikan keskus, MIKES. MIKES Julkaisu J4/2011
<https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/MIKES/2011-J4.pdf>

Hänninen, O., Korhonen, A., Lehtomäki, H., Asikainen, A., Rumrich, I., 2016. Ilmansaasteiden terveysvaikutukset. Ympäristöministeriön raportteja 16/2016.
https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/74861/YMra_16_2016.pdf

Ilmatieteen laitos, 2017. Ilmanlaadun mittausohje. Raportteja 017:6.
<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/228440>

Ilmatieteen laitos, 2022 b. Säähavainnot. <https://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>

Ilmatieteen laitos, 2022 c. Ympäristönsuojelun tietojärjestelmän ilmanlaatuosa, tarkistetut mittaustulokset. <https://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>

Vna 79/2017. Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta. Annettu Helsingissä 26.1.2017.

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

Syke, 2022. Ilman epäpuhtauksien päästöt Suomessa. Päästöinventaario. Suomen ympäristökeskus SYKE.
https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kartat_ja_tilastot/ilman_epapuhtauksien_paastot

Walden, J., Waldén, T., Laurila, S. ja Hakola, H., 2017. Demonstration of the equivalence of PM_{2.5} and PM₁₀ measurement methods in Kuopio 2014–2015. Reports 2017:1. Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 137 p.
http://expo.fmi.fi/ages/public/PM_Equivalence%20report%20Kuopio_2017.pdf

Walden, J. ja Vestenius, M., 2018. Verification of PM-analyzers for PM₁₀ and PM_{2.5} with the PM reference method. Finnish Meteorological Institute, Reports 2018:2.
http://expo.fmi.fi/ages/public/Raportteja_2018_2_Verification_of_PM-analyzers.pdf

Saarnio, K. Vestenius, M. ja Kyllönen, K., 2021. Hiukkasmittausten vaatimuksenmukaisuuden todentaminen (HIVATO) 2019–2020. Ilmatieteen laitos, Raportteja 2021:2 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/338137>

World Health Organization. (2021). WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>.

LIITETAULUKOT

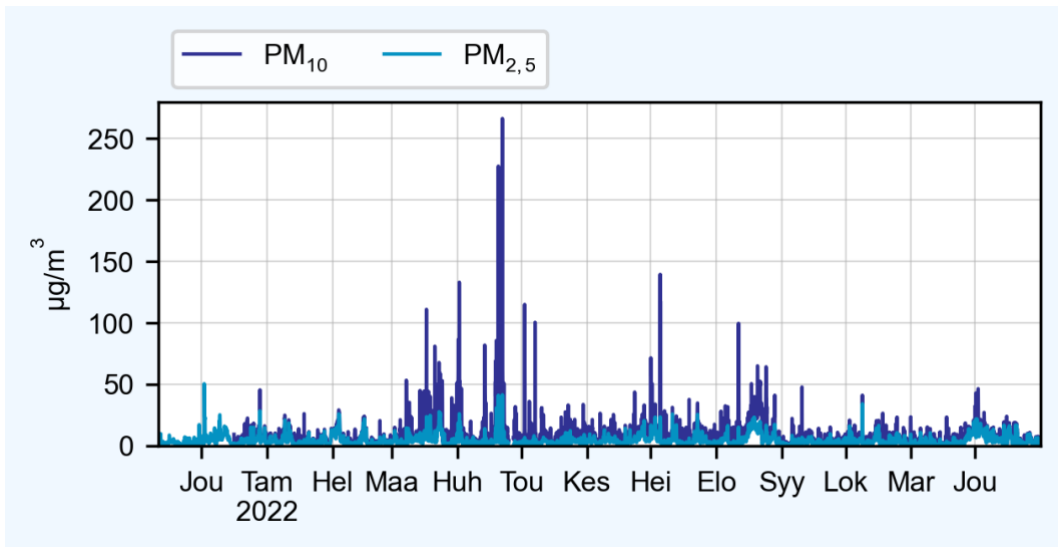
Liitetaulukko 1. Lappeenranta Ojala-Tuomela mittausasemalla mitatut hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain vuonna 2022. Pitoisuudet on ilmoitettu ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

PM ₁₀	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä (kpl)	744	672	741	664	742	719	744	744	719	734	720	743
kattavuus (%)	100	100	100	92	100	100	100	100	100	99	100	100
keskiarvo (µg/m ³)	4.7	5.7	11.3	13.6	8.9	9.1	10.1	15.1	4.9	6.7	5.6	7.9
99. % -piste (µg/m ³)	19.8	26.1	53.2	120.1	33.8	25.9	55.1	60.5	13.4	21.3	20.0	27.1
korkein arvo (µg/m ³)	26.2	29.2	110.9	266.1	114.9	43.7	139.4	99.6	47.8	41.2	23.4	46.5
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä (kpl)	31	28	31	27	31	30	31	31	30	30	30	31
2. korkein arvo (µg/m ³)	9.9	14.8	22.6	45.0	16.4	19.9	26.1	31.9	7.9	14.0	12.6	20.1
korkein arvo (µg/m ³)	13.8	18.7	36.5	62.0	21.2	20.6	28.4	39.2	9.4	14.7	17.0	23.0

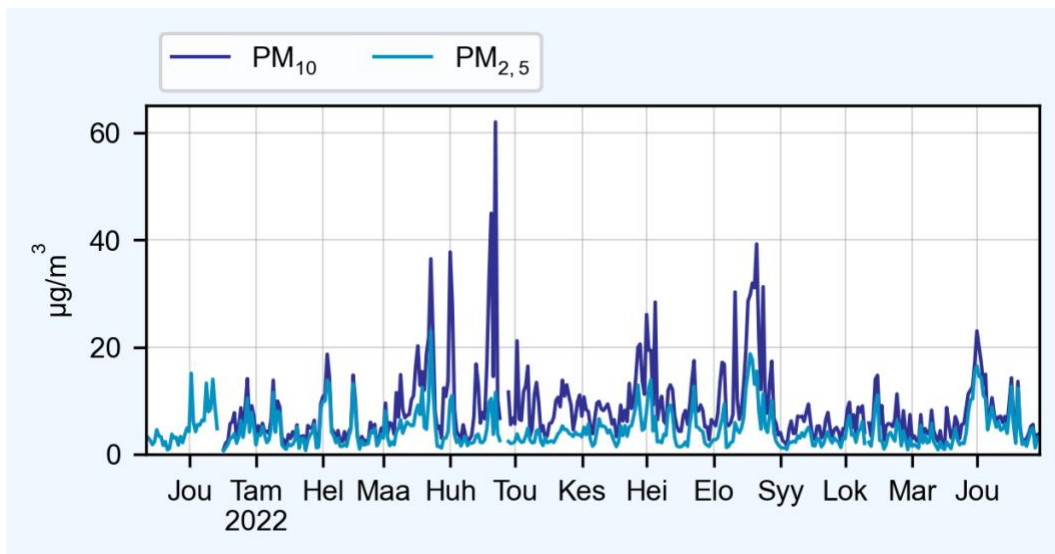
Liitetaulukko 2. Lappeenranta Ojala-Tuomela mittausasemalla mitatut pienhiukkasten (PM_{2,5}) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain vuonna 2022. Pitoisuudet on ilmoitettu ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

PM _{2,5}	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä (kpl)	744	672	741	661	742	719	744	744	719	734	720	743
kattavuus (%)	100	100	100	92	100	100	100	100	100	99	100	100
keskiarvo (µg/m ³)	3.6	4.6	5.8	4.1	3.3	4.8	4.9	6.9	2.6	3.9	3.5	6.3
99. % -piste (µg/m ³)	15.6	21.6	25.8	23.9	9.4	16.0	20.9	21.5	7.3	14.4	18.0	19.5
korkein arvo (µg/m ³)	21.0	25.8	27.8	41.5	12.3	20.6	25.9	23.3	9.9	34.2	19.8	21.8
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä (kpl)	31	28	31	27	31	30	31	31	30	30	30	31
2. korkein arvo (µg/m ³)	8.6	13.2	12.4	11.0	4.9	9.1	12.7	17.6	4.4	9.3	10.4	14.5
korkein arvo (µg/m ³)	11.5	13.8	23.0	11.5	5.3	12.9	13.9	18.7	5.0	11.0	15.5	16.5

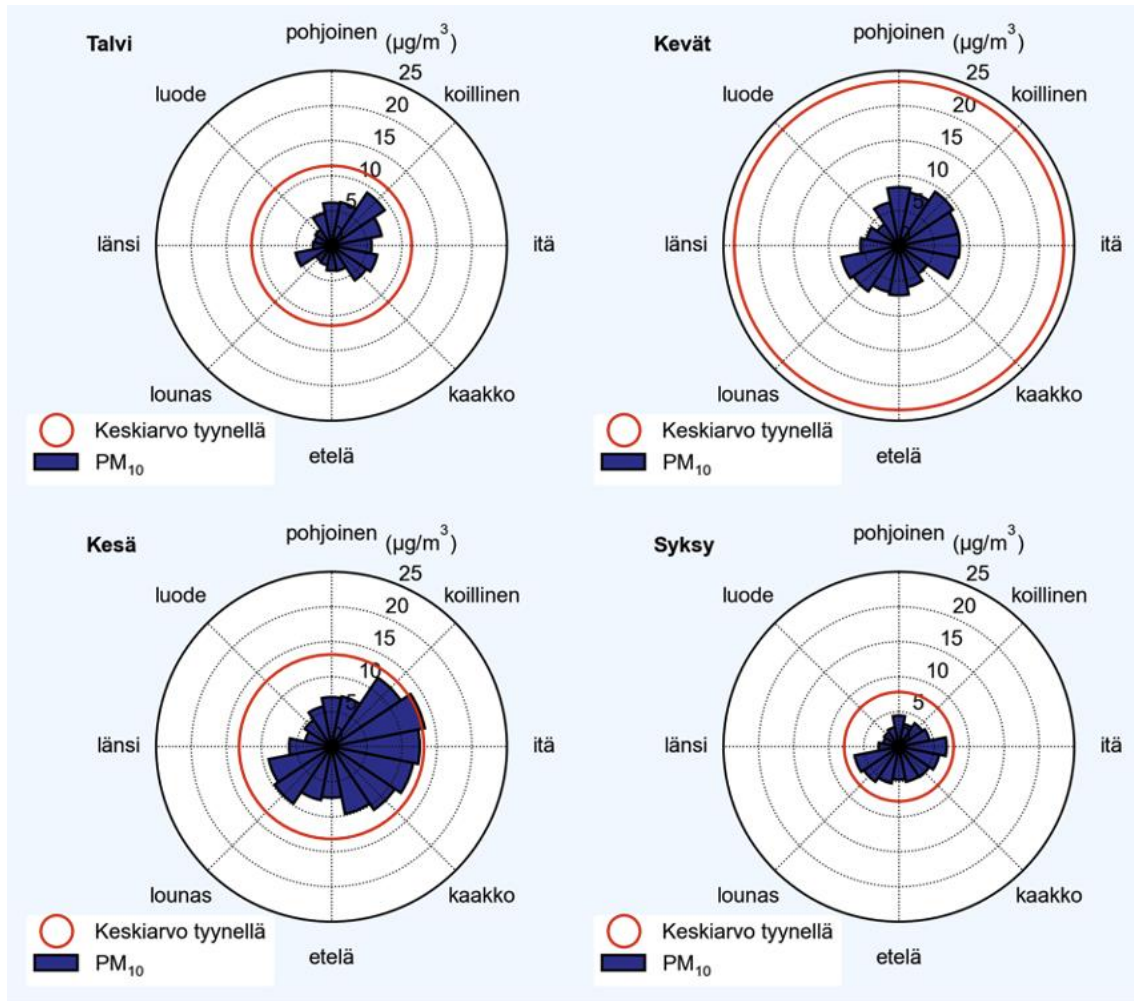
LIITEKUVAT



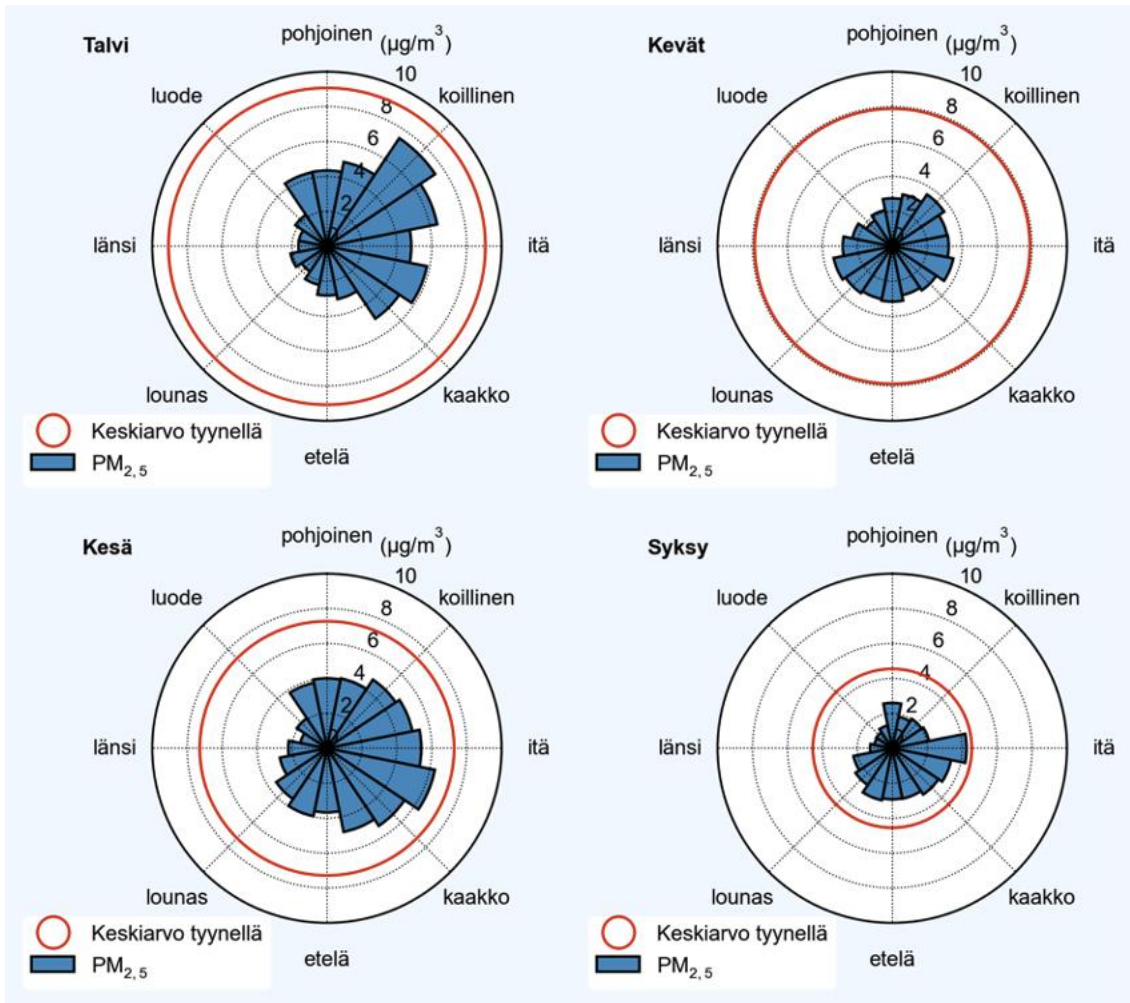
Liitekuva 1. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) ja pienhiukkasten (PM_{2,5}) **tuntipitoisuudet** Lappeenranta Ojala-Tuomela vuonna 2022.



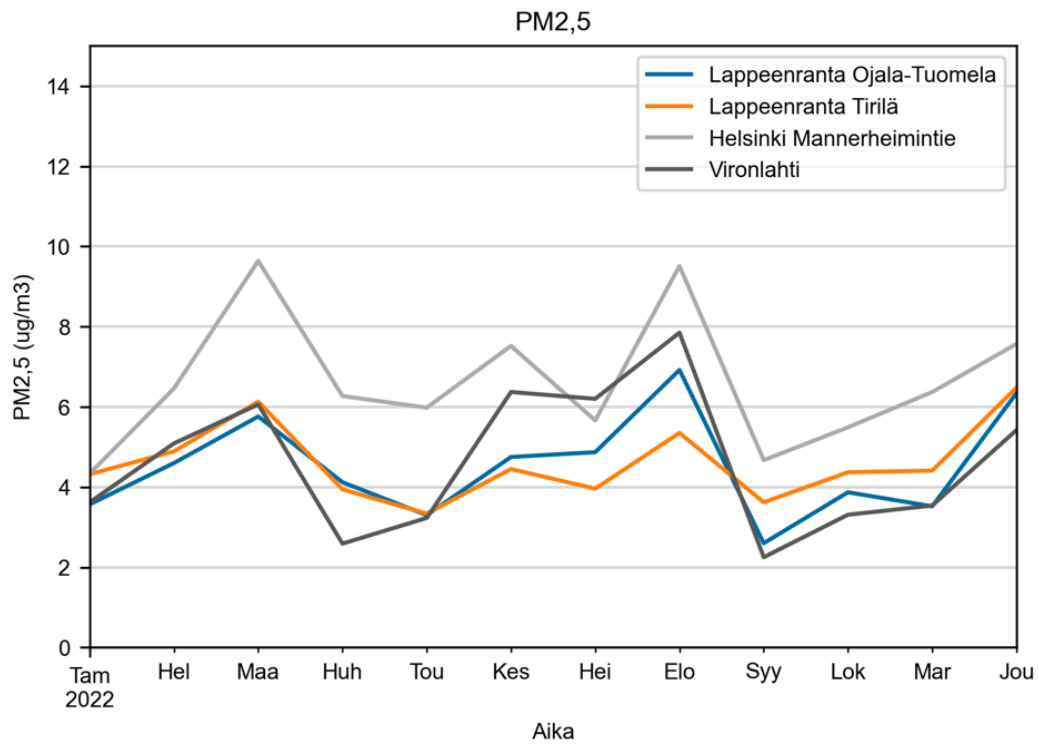
Liitekuva 2. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) ja pienhiukkasten (PM_{2,5}) **vuorokausipitoisuudet** Lappeenranta Ojala-Tuomela vuonna 2022.



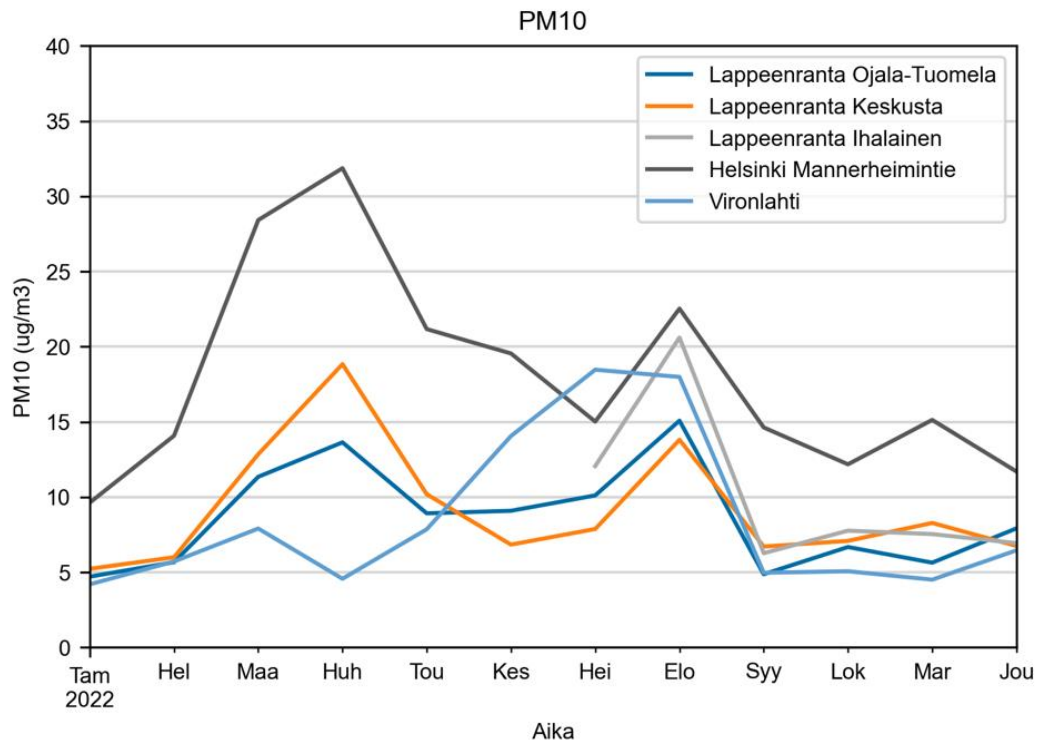
Liitekuva 3 Lappeenranta Ojala-Tuomela vuonna 2022 mitattujen hengittävien hiukkasten tuntipitoisuuksien mediaaniarvot tuulensuunnittain ja vuoden ajoittain (talvi: tammi, helmi, joului; kevät: maaliskuu, huhtikuu, toukokuu; kesä: kesäkuu, heinäkuu, elokuu; syksy: syyskuu, lokakuu, marraskuu). Punaisella ympyrällä on merkitty pitoisuuksia, jotka on mitattu tyynissä tilanteissa. Tyyniksi on tässä tarkastelussa luokiteltu tuulet, joiden nopeus on alle 0,5 m/s.



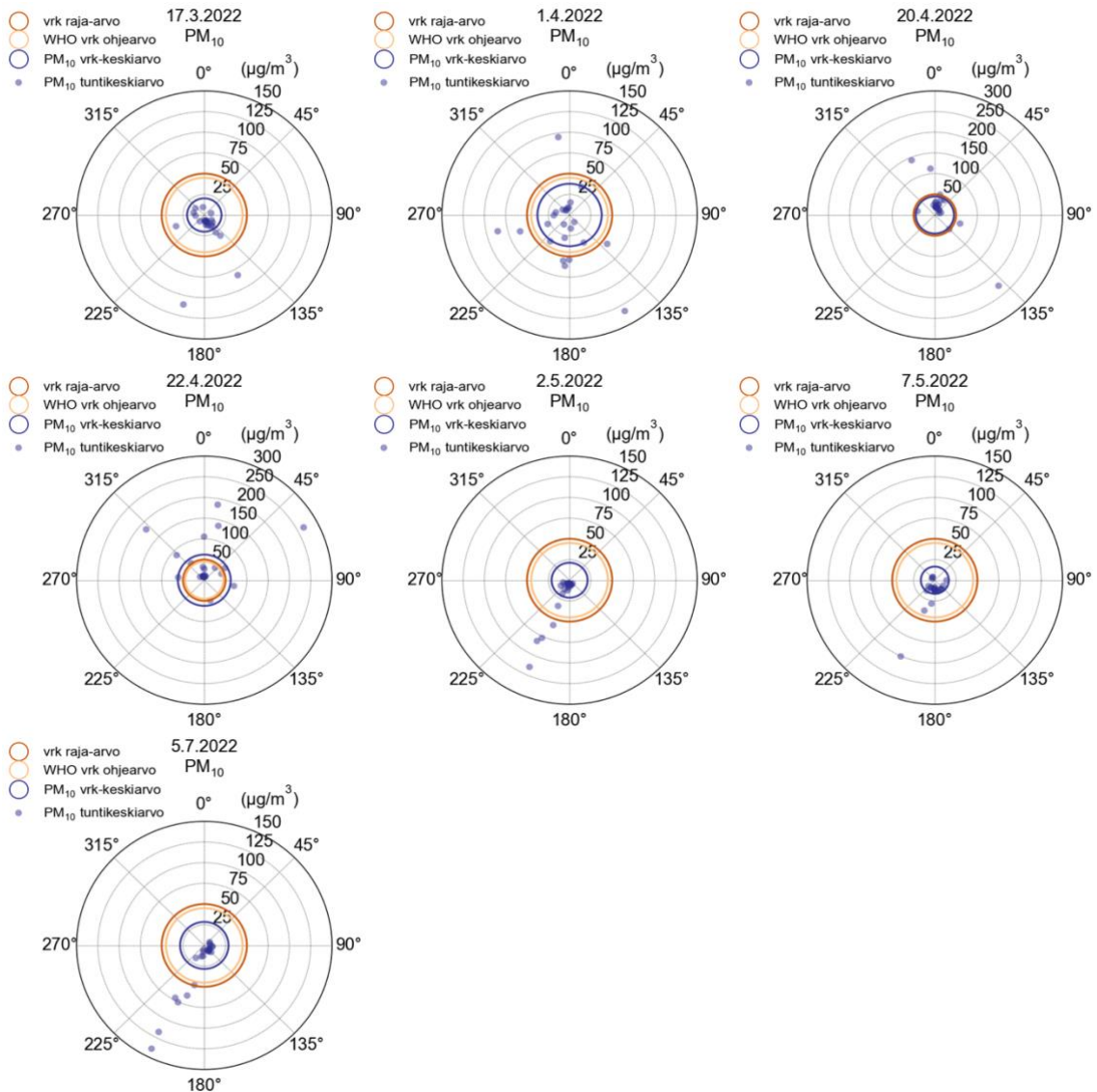
Liitekuva 4 Lappeenranta Ojala-Tuomela vuonna 2022 mitattujen pienhiukkasten tuntipitoisuuksien mediaaniarvot tuulensuunnittain ja vuoden ajoittain (talvi: tammi, helmi, joului; kevät: maaliskuu, huhtikuu, toukokuu; kesä: kesäkuu, heinäkuu, elokuu; syksy: syyskuu, lokakuu, marraskuu). Punaisella ympyrällä on merkitty pitoisuuksia, jotka on mitattu tyynissä tilanteissa. Tyyniksi on tässä tarkastelussa luokiteltu tuulet, joiden nopeus on alle 0,5 m/s.



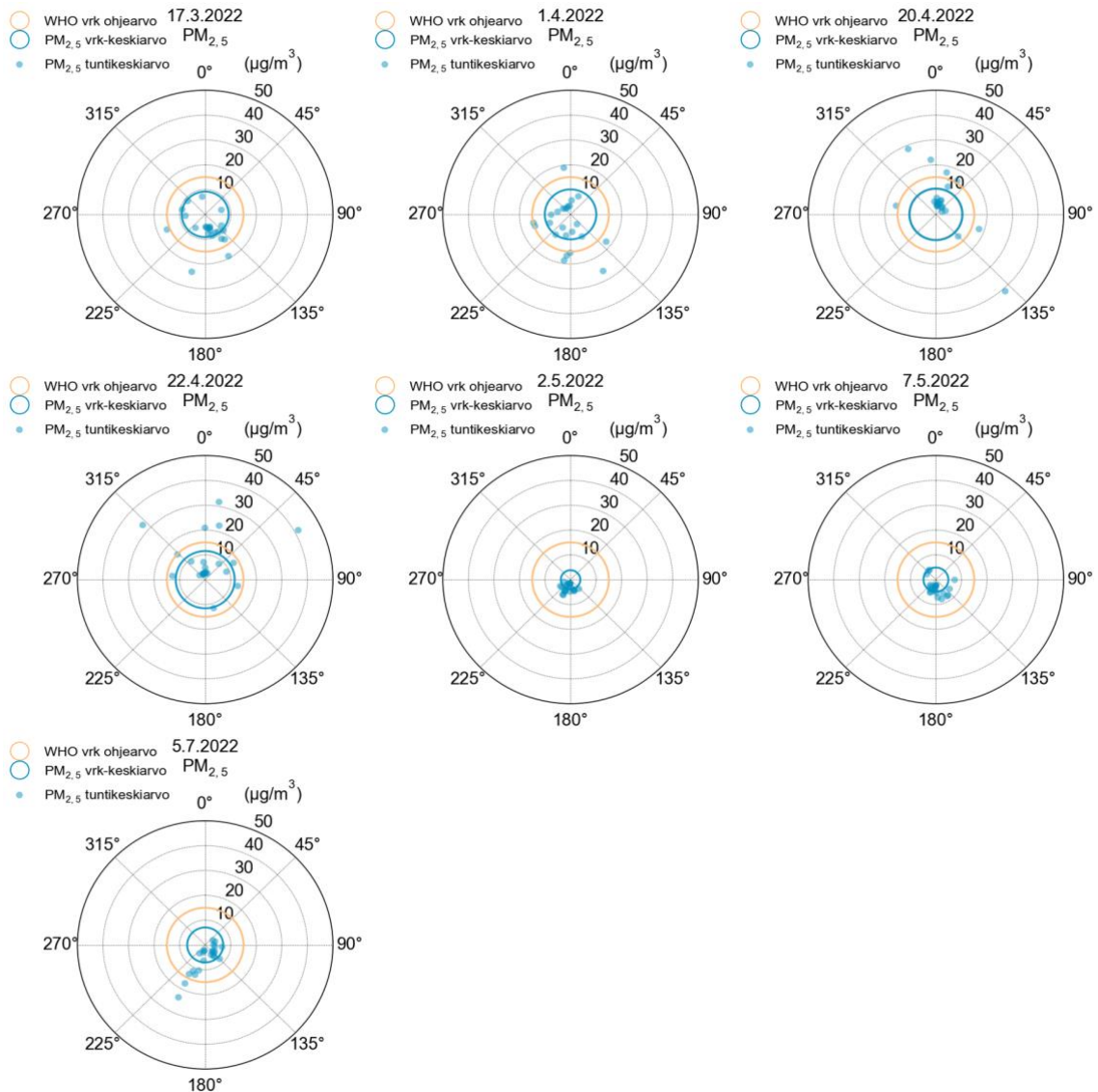
Liitekuva 5 PM_{2,5} kuukausittaiset keskiarvopitoisuudet Lappeenranta Ojala-Tuomelan ja Tirilän asemilla, Helsinki Mannerheimintien asemalla sekä Virolahden tausta-aseamalla. Helsingissä Mannerheimintiellä pienhiukkaspitoisuudet olivat muita mittauspaikkoja korkeampia paikallisen liikenteen päästöjen takia, mutta esimerkiksi Ojala-Tuomelan pitoisuudet olivat hyvin samansuuruisia kuin Virolahden ja Tirilän asemilla mitattut. Suurimman osan pitoisuuksista aiheuttaa pienhiukkasten kaukokulkeuma, joka näkyy samaan aikaan laajalla alueella ja esimerkiksi Helsingin liikenteen päästö tulee alueellisen kaukokulkeuman päälle.



Liitekuva 6 PM₁₀ kuukausittaiset keskiarvopitoisuudet Lappeenranta Ojala-Tuomelan, keskustan ja Ihalaisen asemilla, Helsinki Mannerheimintien asemalla sekä Virolahden tausta-asemalla. Lappeenrannan keskustan asemalla mitatut PM₁₀ kuukausittaiset keskiarvopitoisuudet olivat keväällä selvästi korkeampia kuin Ojala-Tuomelan asemalla mitatut johtuen todennäköisesti katupölykaudesta ja keskustan suuremmasta liikennemäärästä. Kesä-, heinä- ja elokuussa Ojala-Tuomelan mitatut PM₁₀ kuukausittaiset keskiarvopitoisuudet olivat korkeampia kuin keskustassa.



Liitekuva 7 Pistekaavio napakoordinaatistossa hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tunti- (tumman siniset pisteet) ja vuorokausikeskiarvopitoisuuksista (tumman sininen ympyrä) päivinä jolloin ilmanlaatuindeksi on ollut huono tai erittäin huono mittausasemalla. Kuvaa on myös merkitty vuorokausi raja-arvo (punainen ympyrä) sekä WHO:n vuorokausi ohjearvo (oranssi ympyrä).



Liitekuva 8 Pistekaavio napakoordinaatistossa pienhiukkasten (PM_{2,5}) tunti- (vaalean siniset pisteet) ja vuorokausikeskiarvopitoisuuksista (vaalean sininen ympyrä) päivinä jolloin ilmanlaatuindeksi on ollut huono tai erittäin huono mittausasemalla. Kuvaa on myös merkitty WHO:n vuorokausi ohjearvo (oranssi ympyrä).



ILMATIETEEN LAITOS

ILMATIETEEN LAITOS

puh. 029 539 1000

Ilmanlaatu ja energia

ilmanlaatupalvelut@fmi.fi

www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatupalvelut

WWW.ILMATIETEENLAITOS.FI

