



NORDKALK OY AB:N LAPPEENRANNAN KAIVOKSEN ILMANLAADUNSEURANTA

Hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten
pitoisuustulokset vuonna 2023



NORDKALK OY AB:N LAPPEENRANNAN KAIVOKSEN ILMANLAADUNSEURANTA
Hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuustulokset vuoden 2023 mittausjaksolta

Antti Mannisenaho
Mika Vestenius
Toni Mattila
Katja Lovén

ILMATIETEEN LAITOS – ASiantuntijapalvelut
ILMANLAATU JA ENERGIA
Helsinki 15.12.2023

OSA I.....	3
1. JOHDANTO.....	3
2. ILMANLAADUN MITTAUSTULOKSET.....	3
2.1 Mitatut pitoisuudet.....	3
2.2 Ilmanlaatuindeksi.....	4
2.3 Pitoisuuksien vertailua raja- ja ohjearvoihin.....	6
2.4 Mitattujen pitoisuuksien keskimääräinen 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.....	24
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.....	30
VIITELUETTELO.....	32
LIITETAULUKOT.....	34
LIITEKUVAT.....	35

1. JOHDANTO

Ilmatieteen laitos seurasi Lappeenrannan Ojala-Tuomelassa ulkoilman laatua jatkuvatoimisesti 1.11.2021–13.9.2023 yhdessä mittauspisteessä. Mittausten tarkoituksena oli seurata Nordkalk Oy:n toimintojen ilmanlaatuvaikutuksia lähimpää häiriintyvää kohdetta (asuinaluetta) edustavassa paikassa Nordkalk Oy:n alueen läheisyydessä. Mittausasema sijaitsi noin 1,5 kilometrin päässä Nordkalk Oy:n teollisuusalueen Itä-koillispuolella, Koivistonkadulla, joka on hiekkatie, jolla ei normaalisti ole juurikaan liikennettä. Mittausaseman ympäristö oli avaraa eikä ilmanvirtausta rajoittavaa kasvillisuutta tai rakennelmia ollut lähellä. Mittausasemalla mitattiin pienhiukkasia (PM_{2,5}) ja hengitettäviä hiukkasia (PM₁₀).

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

Tässä raportissa esitetään mittaus tulokset vuoden 2023 mittausjakson ajalta (1.1.–13.9.2023) 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. Raportissa esitetään mittaus tulokset myös koko mittausjakson ajalta.

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 vuosien 2022 ja 2023 mittausjaksoilta on esitetty taulukossa 1. Raportin liitetäulukoihin on koottu kuukausittaisia tilastotietoja mitatuista pitoisuuksista vuoden 2023 mittausjaksolta. Raportin lopussa olevissa liitekuviissa on esitetty Lappeenranta Ojala-Tuomela mittausasemalla vuoden 2023 mittausjakson aikana mitattujen hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) ja pienhiukkasten (PM_{2,5}) 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 vuoden 2023 mittausjakson aikana mitatut hiukkasten keskiarvopitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) laskettuna tunti- ja vuorokausikeskiarvoista. Ilmanlaadun mittausohjeen mukaan (Ilmatieteen laitos, 2017) virallinen vuosikeskiarvo lasketaan tunti keskiarvoista, jos ne ovat saatavilla.

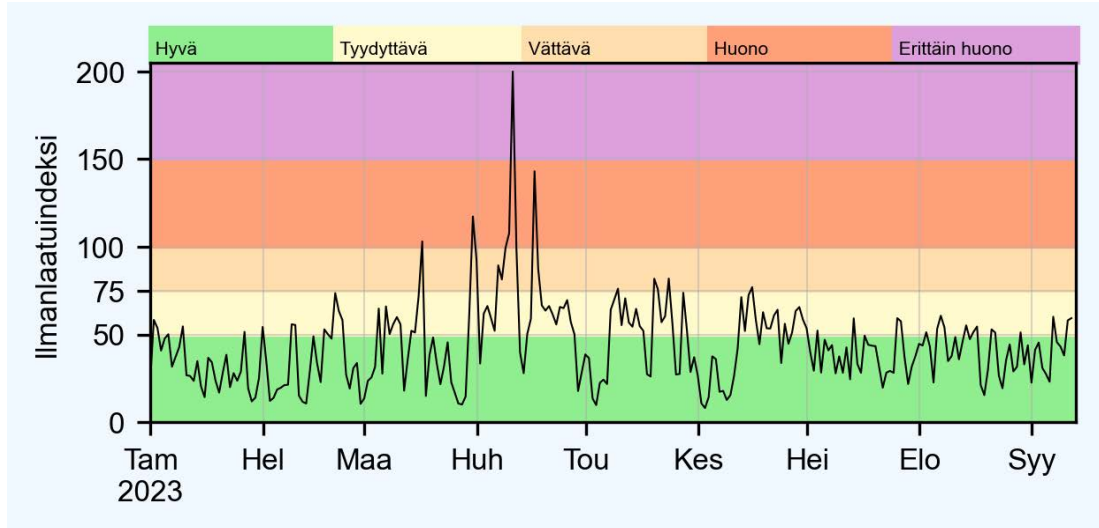
Lappeenranta Ojala-Tuomela	Vuoden 2022 keskiarvopitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Vuoden 2023 mittausjakson keskiarvopitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PM ₁₀ (tunti)	7,5	9,3
PM _{2,5} (tunti)	3,4	4,5
PM ₁₀ (vrk)	8,6	9,2
PM _{2,5} (vrk)	4,5	4,4

2.2 Ilmanlaatuindeksi

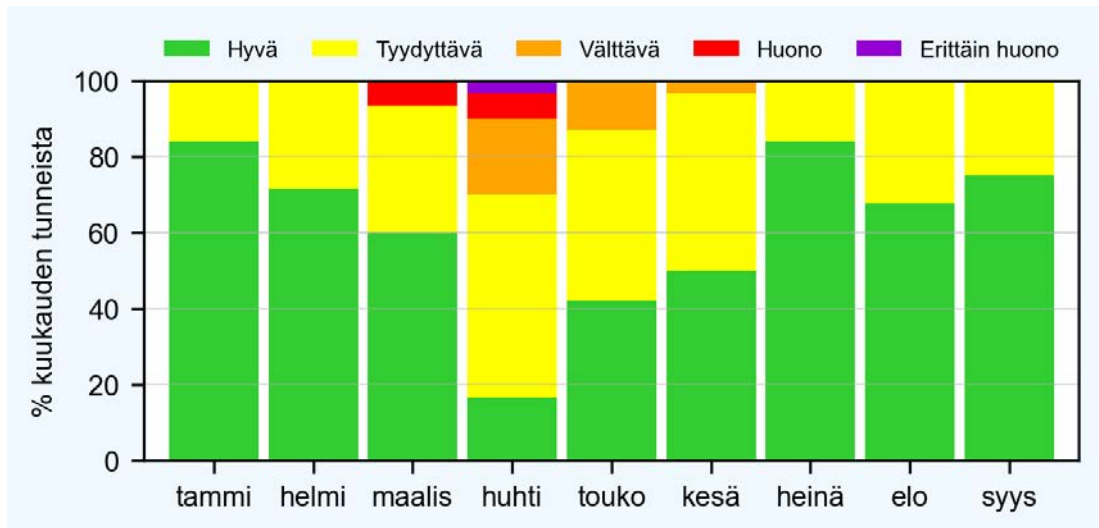
Ojala-Tuomela mittausasemalla mitattujen pitoisuuksien tuntiarvojen perusteella laskettiin ilmanlaatuindeksi, joka kuvaa vallitsevaa ilmanlaatuilannetta viisiportaisella sanallisella asteikolla: hyvä, tyydyttävä, välttävä, huono tai erittäin huono. Ilmanlaatuindeksi on vertailuluku, joka kuvaa sen hetkistä ilmanlaatua suhteutettuna ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin. Ilmanlaatuindeksin määrittämiseksi kullekin mitattavalle yhdisteelle (Ojala-Tuomela: 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 ilmanlaadun mittausasemien 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 2023. Indeksillä ilmaistuna ilmanlaatu oli hyvää tai tyydyttävää noin 94 % mittausjakson vuorokausista. Ilmanlaatu oli välttävää noin 4 % päivistä, huonoa noin 2 % päivistä ja erittäin huonoa alle 1 % päivistä. Huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun päiviä oli maaliskuussa (2 kpl maaliskuussa ja 3 kpl huhtikuussa). Kaikki huonot indeksiarvot johtuivat tarkastelujaksolla hengitettävien hiukkasten korkeista pitoisuuksista. Erittäin huono indeksiarvo 11.4.2023 johtui pienhiukkasista. Huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun päivinä indeksiin vaikuttaneet pitoisuudet mitattiin tyyneissä olosuhteissa.

Kuvassa 2 on esitetty ilmanlaatuindeksin jakautuminen eri luokkiin prosentteina kuukauden tunneista. Kuten myös kuvasta 1 on nähtävissä, indeksillä ilmaistuna ilmanlaatu oli pääosin hyvää tai tyydyttävää kaikkina mittausjakson kuukausina vuonna 2023.



Kuva 1. Vuorokauden suurimmat ilmanlaatuindeksin arvot Lappeenranta Ojala-Tuomela mittauspisteessä mittausjakson alusta vuoden 2023 mittausjakson ajalta.



Kuva 2. Ilmanlaatuindeksin jakautuminen eriluokkiin kuukauden mukaan vuoden 2023 mittausjaksolla Lappeenranta Ojala-Tuomelassa.

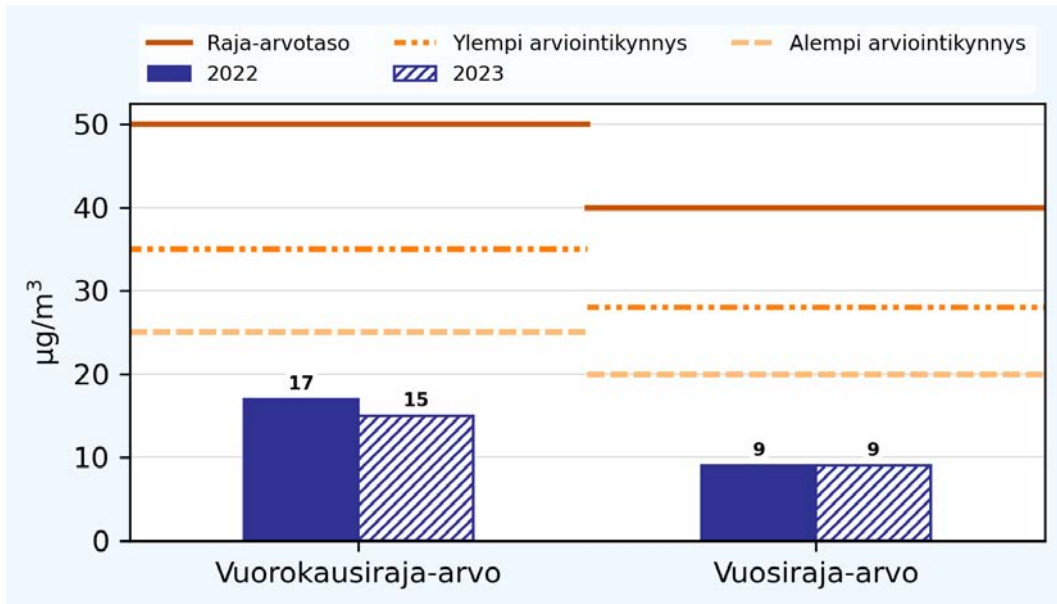
2.3 Pitoisuuksien vertailua raja- ja ohjearvoihin

Raja-arvot määrittelevät pitoisuuksille enimmäiskaton, jota ei saa ylittää. Raja-arvot ovat voimassa kaikissa EU-maissa. Ohjearvot ovat puolestaan ohjeellisia, ja ne ohjaavat suunnittelua, esimerkiksi maankäytönsuunnittelua, kaavoitusta ja YVA-prosesseja, jotta ihmisten altistumista ilmansaasteille voitaisiin vähentää hyvän suunnittelun avulla. Ohjearvojen käytöllä suunnittelun tukena pyritään myös ehkäisemään uusien ilmanlaatuhaasteiden muodostumista. Raja- ja ohjearvoilla on erilaiset tilastolliset määrittelyt ja joillekin raja-arvopitoisuuksille sallitaan vielä erikseen ylityksiä määritellystä pitoisuustasosta, joten raja- ja ohjearvoja ei voi suoraan lukuarvoina verrata keskenään. Ylempiin ja alempiin arviointikynnyksiin vertaamisen avulla määritetään ilmanlaadun seurantarvetta ja käytettäviä seurantamenetelmiä. Ilmanlaadun lainsäädännöstä on kerrottu tarkemmin raportin jälkimmäisessä osassa kappaleessa 6.3.

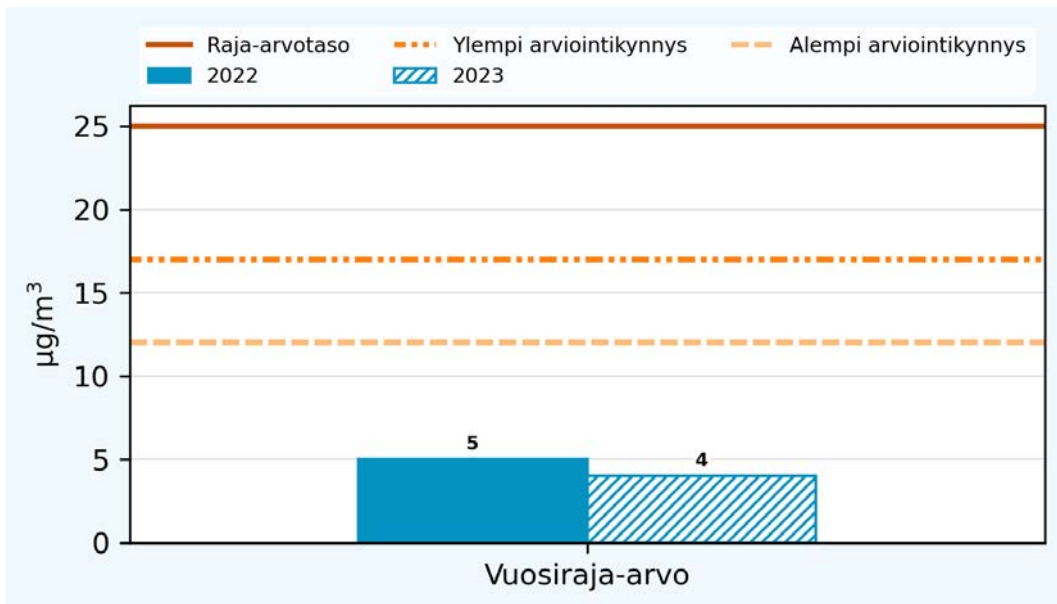
Kuvissa 3–4 on esitetty vertailut Lappeenranta Ojala-Tuomela mittausasemalla havaituista hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten raja-arvoihin ja arviointikynnyksiin verrannollisista pitoisuuksista. Vertailun vuoksi kuvissa on esitetty myös vuoden 2022 mittautuloksista lasketut vastaavat arvot.

Hiukkasten (PM_{10} 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 kahtena päivänä (10.4. ja 11.4.) suurempi kuin vuorokausiraja-arvon numeerinen arvo $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vuorokausiraja-arvon ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ylittäviä vuorokausipitoisuuksia sallitaan 35 kpl kalenterivuoden aikana. Hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten vuosikeskiarvot jäivät myös selvästi alle raja-arvojen sekä alimpien arviointikynnysten.

Verrattuna vuoden 2022 mittauksiin Lappeenranta Ojala-Tuomelassa mitattiin pienempiä raja-arvoihin verrannollisia pitoisuuksia vuoden 2023 mittausjakson aikana. Vuoden 2023 mittausjakso kattoi 1.1.–13.9.2023 välisen ajan, joten vuoden 2023 osalta mittausaineiston vähimmäismäärävaatimus (90 %) ei täytynyt Ilmatieteen laitoksen mittausjakson osalta eikä se siten ole suoraan vertailukelpoinen vuoden 2022 mittausjaksoon, joka kattoi koko kalenterivuoden 2022 ajan.

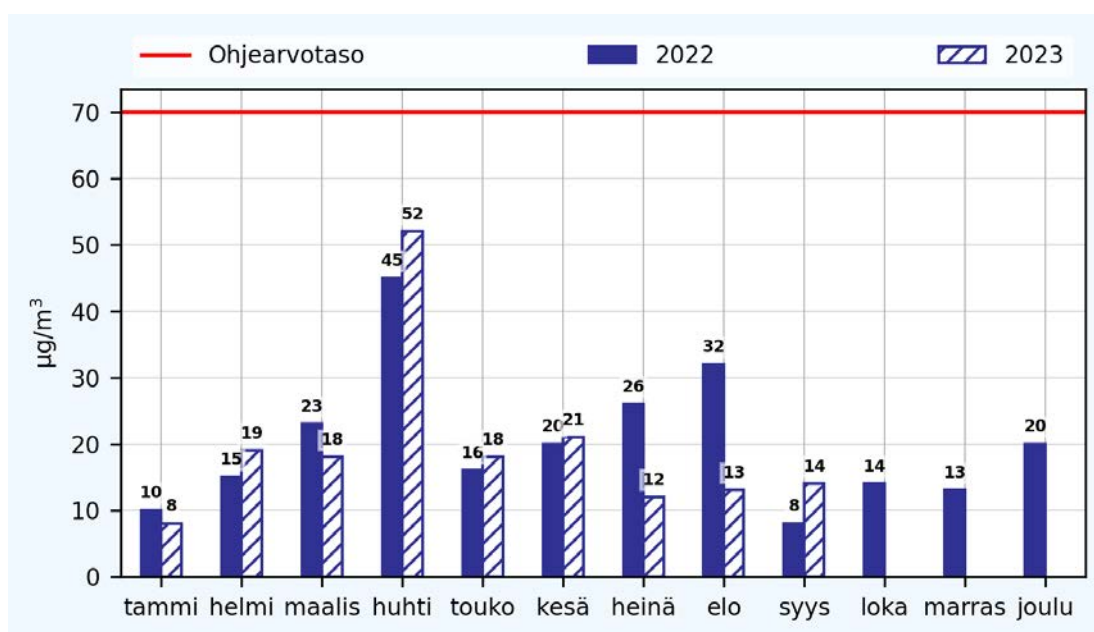


Kuva 3. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvoon (50 µg/m³) ja vuosisiraja-arvoon (40 µg/m³) verrattavat pitoisuudet Lappeenranta Ojala-Tuomela mittausasemalla vuosina 2022 ja 2023 (mittausjakson ajalta). Kuvaan on merkitty vaakaviivoilla raja-arvotasot sekä ylempät ja alemmat arviointikynnykset.



Kuva 4. Pienhiukkasten raja-arvoon (25 µg/m³) verrattavat pitoisuudet Lappeenranta Ojala-Tuomela mittausasemalla vuosina 2022 ja 2023 (mittausjakson ajalta). Kuvaan on merkitty vaakaviivoilla raja-arvotaso sekä ylempi ja alempi arviointikynnys.

Hengitettävien hiukkasten ohjearvotason verrannolliset pitoisuudet Lappeenranta Ojala-Tuomela mittausasemalla jäivät alle ohjearvotason kaikkina kuukausina (kuva 5). Korkein ohjearvoon verrannollinen vuorokausipitoisuus oli huhtikuussa $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vuoteen 2022 verrattuna vuoden 2023 mittausjakson aikana mitatut vastaavat pitoisuudet olivat pääosin hyvin samansuuruisia. Heinä- ja elokuussa vuoden 2023 aikana ohjearvoon verrannolliset pitoisuudet olivat yli 50 % pienempiä kuin vuonna 2022. Muiden kuukausien osalta hengitettävien hiukkasten pitoisuuksissa oli havaittavissa samankaltainen kuukausittaisvaihtelu vuosien välillä. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksiin vaikuttaa voimakkaasti päästöjen lisäksi myös sääolosuhteet, jotka voivat osaltaan aiheuttaa eroja kuukausien välillä eri vuosina. Pienhiukkasille ei ole Suomen lainsäädännössä ohjearvoa.



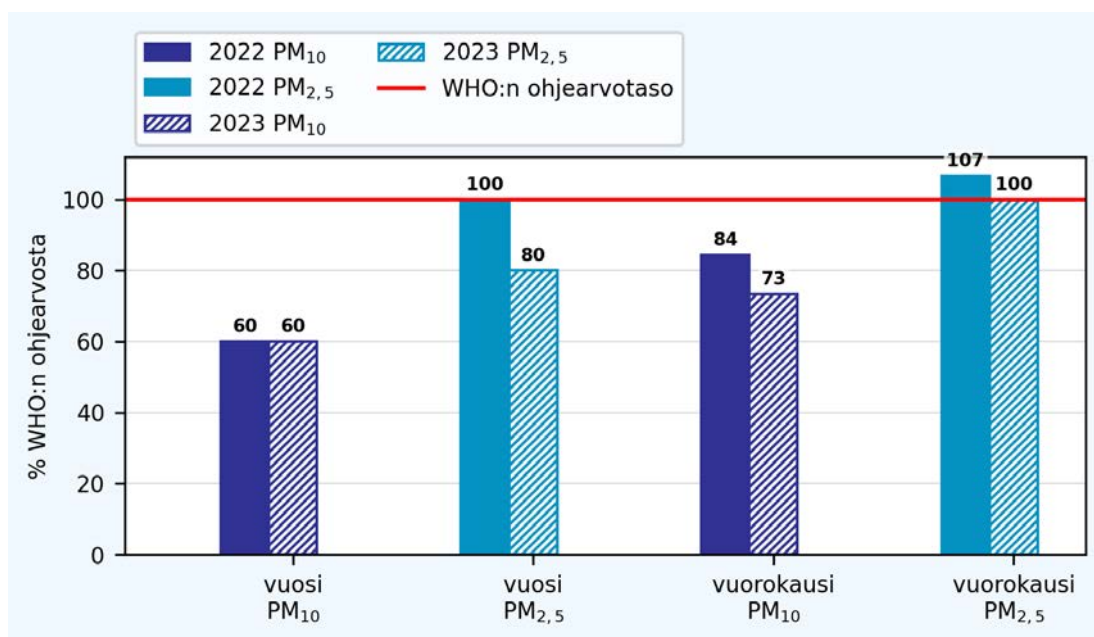
Kuva 5. Hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Lappeenranta Ojala-Tuomela mittausasemalla vuonna 2022 ja 2023 (mittausjakson ajalta). Punaisella vaakaviivalla on merkitty ohjearvotaso kuukauden 2. suurimmalle vuorokausipitoisuudelle ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Kuvassa 6 on esitetty hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten Maailman terveysjärjestön (World Health Organization, WHO) ohjearvoihin (WHO, 2021) verrannolliset pitoisuudet Lappeenranta Ojala-Tuomela mittausasemalta vuonna 2022 ja vuoden 2023 mittausjakson ajalta. Vuoden 2023 mittausjakson aikana mitatuista tuloksista lasketut vertailtavat pitoisuudet olivat joko samansuuruisia tai pienempiä kuin vuonna 2022.

WHO:n ohjearvot eivät ole sitovia, vaan niiden tarkoitus on avustaa valtioiden hallituksia ja yhteiskuntia ilmansaasteiden haitallisten vaikutusten vähentämisessä. WHO arvioi ilman pilaantumisen yhdeksi suurimmaksi globaaliksi terveyteen kohdistuvaksi ympäristöriskiksi. WHO päivitti syksyllä 2021 ilmansaasteiden ohjearvopitoisuudet, joita

pienemmillä pitoisuuksilla haitallisia terveysvaikutuksia ei esiinny lainkaan tai ne ovat vain vähäisiä.

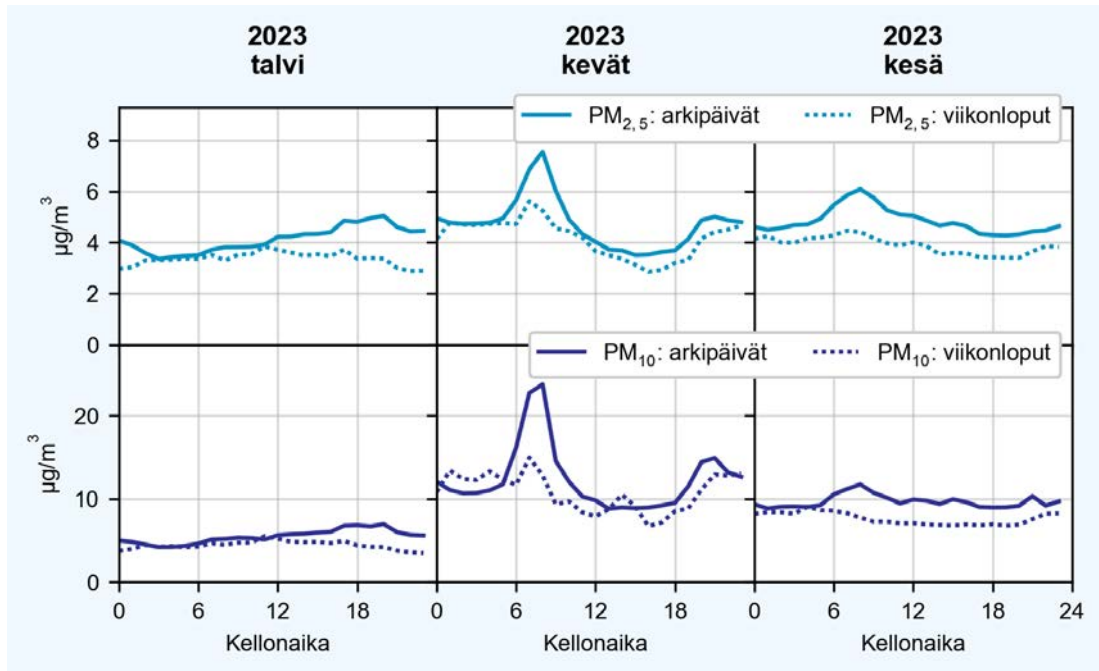
WHO:n vuorokausiohjearvot, pienhiukkasille $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja hengitettävälle hiukkasille $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ on tilastollisesti määritelty siten, että ne ovat korkeimpien vuorokausikeskiarvopitoisuuksien 99. prosenttipiste. Se tarkoittaa sitä, että kalenterivuoden jaksolla sallitaan 3 ylityskertaa ennen kuin vuorokausiohjearvon katsotaan ylittyneen. WHO:n ohjearvot on esitetty taulukossa 6.



Kuva 6. Hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten WHO:n ohjearvoon verrattavat pitoisuudet Lappeenranta Ojala-Tuomela mittausasemalla vuonna 2022 ja 2023 (mittausjakson ajalta) prosentteina ohjearvosta. Punaisella vaakaviivalla (100 %) on merkitty WHO:n ohjearvotaso.

2.4 Mitattujen pitoisuuksien keskimääräinen tuntikohtainen vaihtelu

Kuvassa 7 on esitetty Lappeenranta Ojala-Tuomela mittausasemalla mitattujen hiukaspitoisuuksien keskimääräinen tuntikohtainen vaihtelu arkipäivisin (maanantai–perjantai) ja viikonloppuisin (lauantai–sunnuntai) jaoteltuna eri vuoden aikoihin: talvi: tammi- ja helmikuu; kevät: maaliskuu, huhti- ja toukokuu; kesä: kesä-, heinä- ja elokuu. Syksy on jätetty tästä tarkastelusta pois aineiston vähäisen määrän johdosta. Kevätkuukausina selvästi erottuu hengitettävien hiukkasten pitoisuustason nousu arkipäivisin n. klo 6–9 välisenä aikana. Kevätkuukausien viikonloppujen tuntikohtaiset pitoisuustasot ovat taas tasaisen matalia. Muina vuoden aikoina hiukaspitoisuuksien tuntikohtainen vaihtelu oli keskimäärin melko vähäistä.



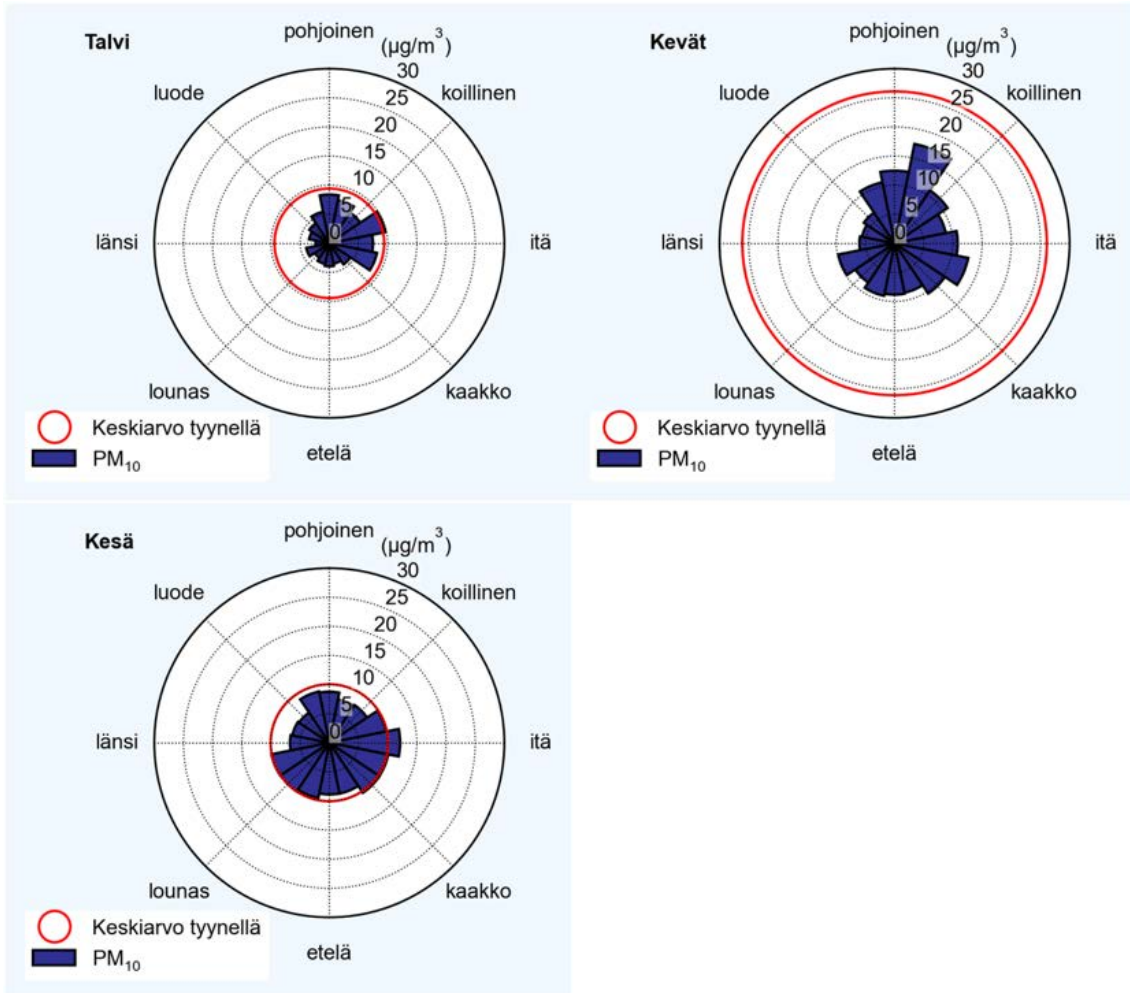
Kuva 7. Lappeenranta Ojala-Tuomelassa mitattujen hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) ja pienhiukkaseten (PM_{2,5}) tuntikohtainen vaihtelu arkipäivien ja viikonloput sekä vuoden aikojen mukaan. Mittaukset loppuivat 13.9., joten syyskuukausien aikana ei ollut tarpeeksi mittauksia.

2.5 Tuulen suunnan ja nopeuden vaikutus mitattuihin pitoisuuksiin

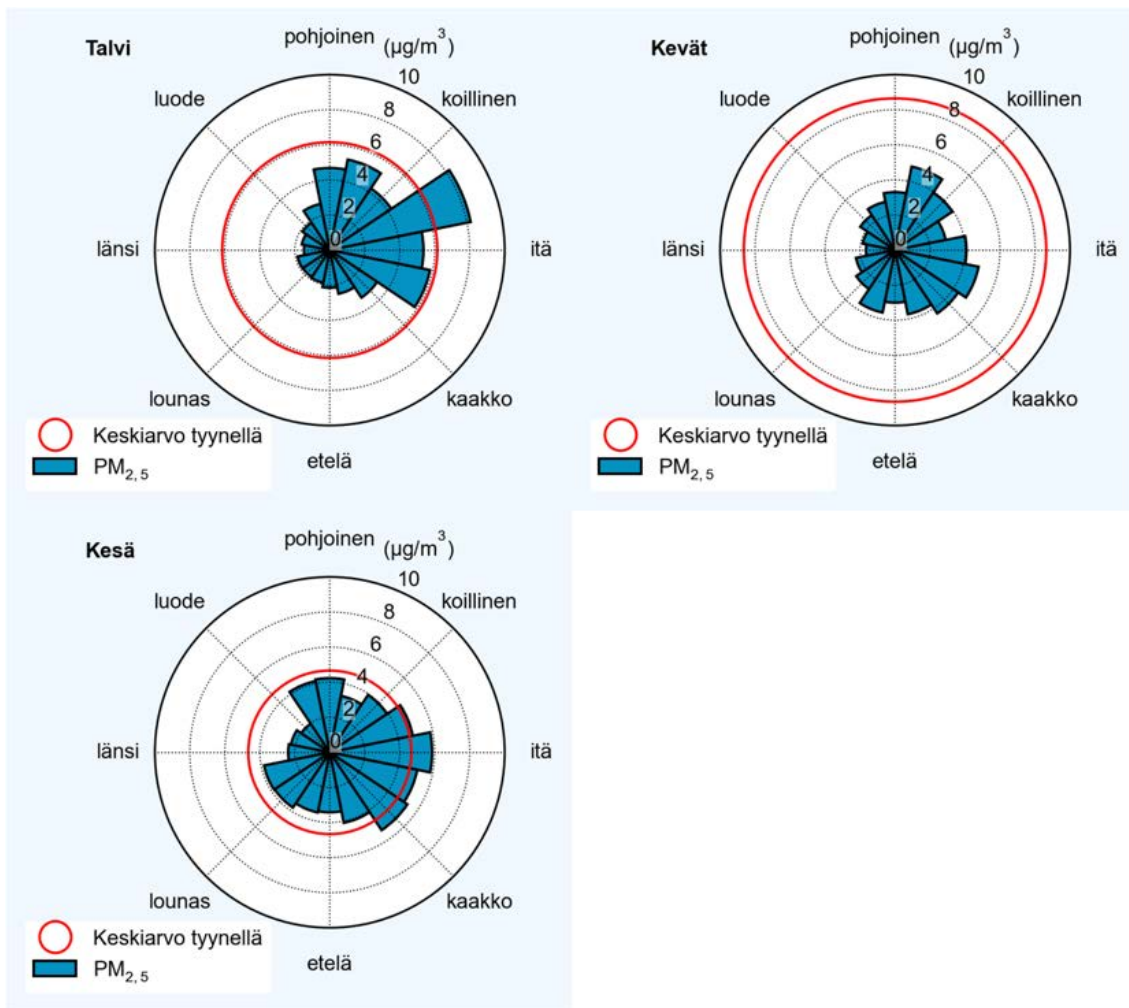
Kuvassa 8 on esitetty mitattujen hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskiarvot tuulensuunnittain ja vuoden ajoittain. Talvi-, kevät- ja kesäkuukausina tyynien tilanteiden (tuulen nopeus alle 0,5 m/s) pitoisuudet olivat keskimäärin korkeampia kuin tuulisten tilanteiden pitoisuudet. Keväällä on mitattu tyynellä yli kaksi kertaa korkeampia pitoisuuksia kuin muina vuoden aikoina. Talvella tuullessa koillisen suunnalta pitoisuudet ovat olleet hieman korkeampia keskimäärin kuin tuullessa muista ilmansuunnista ja myös hieman korkeampia kuin tyynellä. Keväällä tuullessa pohjoisen ja koillisen välistä ja lisäksi idän ja kaakon suunnalta pitoisuudet ovat olleet korkeampia kuin tuullessa muista ilmansuunnista. Kesällä tuullessa idän suunnalta mitatut pitoisuudet ovat olleet korkeimpia ja myös korkeampia kuin tyynellä.

Kuvassa 9 on esitetty pienhiukkaseten pitoisuudet tuntipitoisuuksien keskiarvot tuulensuunnittain ja vuoden ajoittain kuvan 8 tapaan. Talvella pitoisuudet tuullessa koillisen ja kaakon väliltä ovat korkeampia kuin tuullessa muista ilmansuunnista. Mittausaseman idän puolella on pientaloasutusta. Puunpoltto on tällaisilla alueilla merkittävä pienhiukkaseten lähde yleisesti. Kesäkuukausien aikana mitatut pitoisuudet olivat korkeampia tuullessa idän ja kaakon väliltä, kuin muilta tuullessa muista ilmansuunnista. Tyynien 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.

Pitoisuuskeskiarvojen ja tuulitietojen perusteella voidaan päätellä, että merkittävimmät mitattuihin pitoisuuksiin vaikuttavat päästölähteet ovat olleet hyvin paikallisia, esim. maaperäpöly ympäröiviltä pelloilta.



Kuva 8. Lappeenranta Ojala-Tuomela vuonna 2023 mitattujen hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskiarvot tuolensuunnittain ja vuoden ajoittain (talvi: tammi, helmi,; kevät: maaliskuu, huhti, touko; kesä: kesä, heinä, elo). 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 9. Lappeenranta Ojala-Tuomela vuonna 2023 mitattujen pienhiukkasten tuntipitoisuuksien keskiarvot tuulensuunnittain ja vuoden ajoittain (talvi: tammi, helmi; kevät: maaliskuu, huhti, touko; kesä: kesä, heinä, elokuu). 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

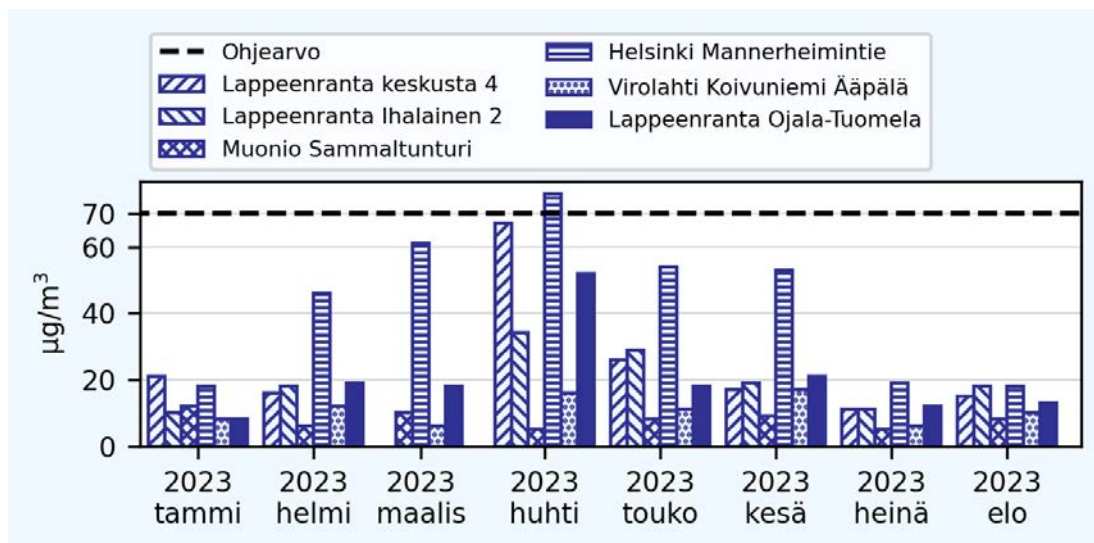
Taulukossa 2 on esitetty vuosikeskiarvopitoisuuksia mitatuille hiukkasille Lappeenrannan eri ilmanlaadun mittausasemilta, Mannerheimintien mittausasemalta Helsingistä, sekä vertailuksi Ilmatieteen laitoksen taustamittausasemilta (Sammaltunturi ja Virolahti). Kaikki mitatut pitoisuustulokset on saatu jatkuvatoimisilla laitteilla. Helsingin Mannerheimintie edustaa Suomen mittakaavassa vilkkainta liikenneympäristöä kaupungin keskusta-alueella. Sammaltunturin taustamittausasema edustaa pitoisuuksia Lapissa puhtaalla tausta-alueella, jossa aseman välittömässä läheisyydessä ei ole ihmistoimintoja. Vironlahden taustamittausasema sijaitsee pellon laidalla päälylystämättömän 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.

Kuvassa 10 on esitetty hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrannolliset kuukausittaiset pitoisuudet taulukossa 2 esiintyviltä asemilta. Lappeenranta Tirilä asemalla ei mitattu hengitettäviä hiukkasia. Näistä asemista vain Helsinki Mannerheimintie asemalla huhtikuussa mitattiin ohjearvon ylittävä pitoisuus. Lappeenranta Ojala-Tuomela asemalla mitatut ohjearvoon verrannolliset pitoisuudet olivat yleisesti samankaltaisia kuin muillakin Lappeenrannan asemilla. Huhtikuussa näkyy hyvin tyypillisesti katupölyn takia korkeimpia kuukausiarvoja niin Lappeenrannan keskustan kuin Ojala-Tuomelan asemallakin. Tässä vertailussa Helsinki Mannerheimintien asemalla mitatut ohjearvoon verrannolliset pitoisuudet olivat yleisesti suurempia kuin muilla vertailuilla asemilla.

Taulukko 2. Lappeenranta Ojala-Tuomela, Helsingin Mannerheimintiellä, Muonion Salmatunturilla, Virolahdella, Lappeenta Keskusta, Tirilä ja Ihalainen mittausasemilla vuoden 2023 mittausjakson aikana mitatut hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet (µg/m³). Kaikkien tulosten ajallinen kattavuus on vähemmän kuin 75 % koska mittausjakso loppui 13.9.2023.

Keskiarvo- pitoisuus (µg/m ³)	Lappeen- ranta Ojala- Tuomela	Helsinki Manner- heimintie	Muonio Sammal- tunturi	Virolahti	Lappeen- ranta Ihalainen	Lappeen- ranta Keskusta	Lappeen- ranta Tirilä
PM ₁₀	9	20	3	5	10	11	-
PM _{2,5}	4	7	2	4	-	-	5



Kuva 10. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kuukausittain vuonna 2023 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 tarkkaili ulkoilman laatua Lappeenranta Ojala-Tuomelassa 1.11.2021–13.9.2023. Ilmanlaatua mitattiin jatkuvatoimisesti yhdessä mittauspisteessä. Tavoitteena oli kartoittaa hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuustasoa ja hetkellistä vaihtelua alueella. Niiden perusteella kartoitettiin Nordkalk Oy:n kaivostoiminnan vaikutuksia ilmanlaatuun teollisuusalueen läheisyydessä sijaitsevaa asuinaluea edustavassa Ojala-Tuomelassa sekä arvioida mittaustulosten perusteella ilmanlaadun seurannan tarvetta tulevaisuudessa. Mittausasema sijaitsi noin 1,5 kilometrin päässä Nordkalk Oy:n kalkkikivikaivoksen itä-koillispuolella Ojala-Tuomelan asuinalueella Koivistonkadulla.

Lappeenranta Ojala-Tuomela mittausasemalla mitattujen hengitettävien ja pienhiukkasten pitoisuuksien perusteella voidaan arvioida, että ilmanlaatu mittausasemalla ja sen ympäristössä oli vuoden 2023 mittausjaksolla pääosin hyvää. Ilmanlaatu heikkeni muutamina päivinä huonoksi tai erittäin huonoksi korkeiden hengitettävien hiukas- sekä yhtenä päivänä korkeiden pienhiukkaspitoisuuksien takia. Mitatut pitoisuudet alittivat korkeimmillaankin ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot. Nordkalk Oy:n teollisuusalueen vaikutus ei näkynyt vuoden 2023 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 2023. Etelä-Karjalan mittausverkko on jatkanut vuonna 2023 mittauksia samalla sijainnilla samankaltaisella mittauskokoontampanolla. Mikäli kaivoksen toiminta merkittävästi muuttuu, tai sen läjitysalueita laajennetaan, pitäisi mittaustarvetta arvioida uudelleen jatkamalla jatkuvatoimisia hiukkasmittauksia (PM₁₀ ja PM_{2,5}) samassa mittauspisteessä tilanteen pidempiaikaisen seurannan vuoksi. Edellyttäen, että mittauspisteen voidaan katsoa olevan edustava kaivoksen muuttunut toiminta tai laajentuneet läjitysalueet huomioon ottaen.

Mitatut hiukkaspitoisuudet alittivat selvästi ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot sekä niille asetetut arviointikynnykset vuoden 2023 mittausjakson osalta. Ilmanlaatu mittausasemalla oli pääsääntöisesti hyvää eikä kaivoksen vaikutus mitattuihin hiukkaspitoisuuksiin ollut merkittävää. Mikäli kaivoksen toiminta merkittävästi laajenee tai muuttuu, on jatkuvatoimisia mittauksia samassa mittauspisteessä syytä jatkaa pidempään, jolloin on mahdollista nähdä kaivostoiminnan muutosten vaikutukset ilmanlaadussa ja mitatuissa hiukkaspitoisuuksissa samassa mittauspisteessä. Muussa tapauksessa riittävää on toteuttaa ilmanlaadun mittauskampanjoita (mittausjakso kalenterivuosi) määrääjain, 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 pienhiukkasten kaukokulkeumaan liittyviä episodeja havaittiin 17.–24.2., 8.–18.5., 20.–26.5., 9.–18.6., 20.–24.6., 25.6.–1.7., 5.–8.8. ja 8.–13.9., jolloin pienhiukkaspitoisuudet olivat koholla useita päiviä samanaikaisesti useilla eri asemilla Etelä-Suomen alueella. Kaukokulkeumaepisodeja voi myös seurata alueellisilla ilmakedämälleillä, kuten esimerkiksi ilmatieteen laitoksen operatiivisella SILAM mallilla (silam.fmi.fi). Korkeimmat epäpuhtauspitoisuudet esiintyvät kaupunkialueilla useimmiten stabiileissa heikkotuulisissa tilanteissa ja erityisesti inversiotilanteissa, jolloin ilman sekoittuminen on heikkoa, ilmakedän pystysuuntainen lämpötilajakauma estää tai rajoittaa epäpuhtauksien laimenemista myös pystysuunnassa.

Autoliikenne ja puun pienpoltto ovat tyypillisesti merkittävimmät päästölähderyhmitt 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, katujen puhdistaminen 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 hyvää tai tyydyttävää noin 94 % mittausjakson vuorokausista. Ilmanlaatu oli välttävää noin 4 % päivistä, huonoa noin 2 % päivistä ja erittäin huonoa alle 1 % päivistä. Huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun päiviä oli maaliskuu- ja huhtikuussa (2 kpl maaliskuu- ja 3 kpl huhtikuussa). Kaikki huonot indeksiarvot johtuivat tarkastelujaksolla hengitettävien hiukkasten korkeista pitoisuuksista. Erittäin huono indeksiarvo 11.4.2023 johtui pienhiukkasista. Huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun päivinä indeksiin vaikuttaneet pitoisuudet mitattiin tyynissä olosuhteissa.

Hiukkasten (PM₁₀ ja PM_{2,5}) raja-arvoihin verrannolliset pitoisuudet jäivät selvästi alle raja-arvojen ja alimpien arviointikynnysten. Lappeenranta Ojala-Tuomelan raja-arvoihin verrannolliset pitoisuudet olivat myös pienemmät kuin vertailuilla asemilla. Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuus oli vain kahtena päivänä (10.4. ja 11.4.) 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 5). Korkein ohjearvoon verrannollinen pitoisuus oli huhtikuussa 52 µg/m³. Vuoteen 2022 verrattuna vuoden 2023 mittausjakson aikana mitatut vastaavat pitoisuudet olivat pääosin hyvin samansuuruisia.

Keskimääräisessä tuntikohtaisessa vaihtelussa kevätkuukausina erottuu selkeästi hengitettävien hiukkasten pitoisuustason nousu arkipäivisin n. klo 6–9 välisenä aikana, joka viittaa liikenteen aamuruuhka-aikaan. Kevätkuukausien viikonloppujen tuntikohtaiset pitoisuustasot ovat puolestaan tasaisen matalia. Muina vuoden aikoina hiukkaspitoisuuksien tuntikohtainen vaihtelu oli keskimäärin melko vähäistä.

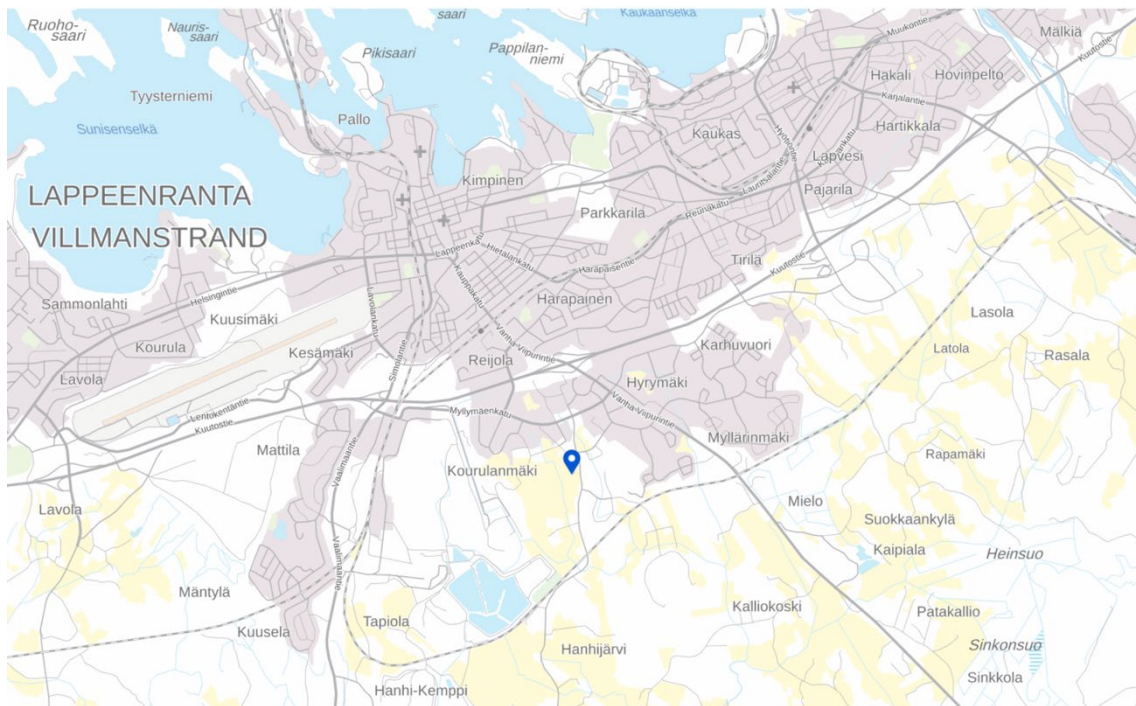
Ajoittain kaivokselta päin tuullessa mittauksissa on havaittavissa tavallista korkeampia PM₁₀ ja PM_{2,5} pitoisuuksia, mutta tällaiset tilanteet kestävät yleensä muutaman tunnin, eivätkä näy aina selvästi vuorokausikeskiarvoissa. Kaivokselta peräisin oleva pöly voi sisältää mahdollisesti kooltaan suurempia (kuin halkaisijaltaan 10 µm) hiukkasia, jolloin se ei näy kokonaan PM₁₀-mittauksessa. Karkeammille, suurikokoisimmille hiukkasfraktioille kuin PM₁₀, ei lainsäädännössä ole annettu raja-arvoja. Karkeampi hiukkaspöly voi aiheuttaa likaantumista. Terveysvaikutuksiltaan haitallisimpia ovat pienhiukkaset.

Ilmatieteen laitoksen suorittamat ilmanlaadun mittaukset Ojala-Tuomelassa ovat päättyneet 13.9.2023, mutta mittaukset samalla mittauspaikalla jatkuvat osana Etelä-Karjalan ilmanlaadun mittausverkkoa.

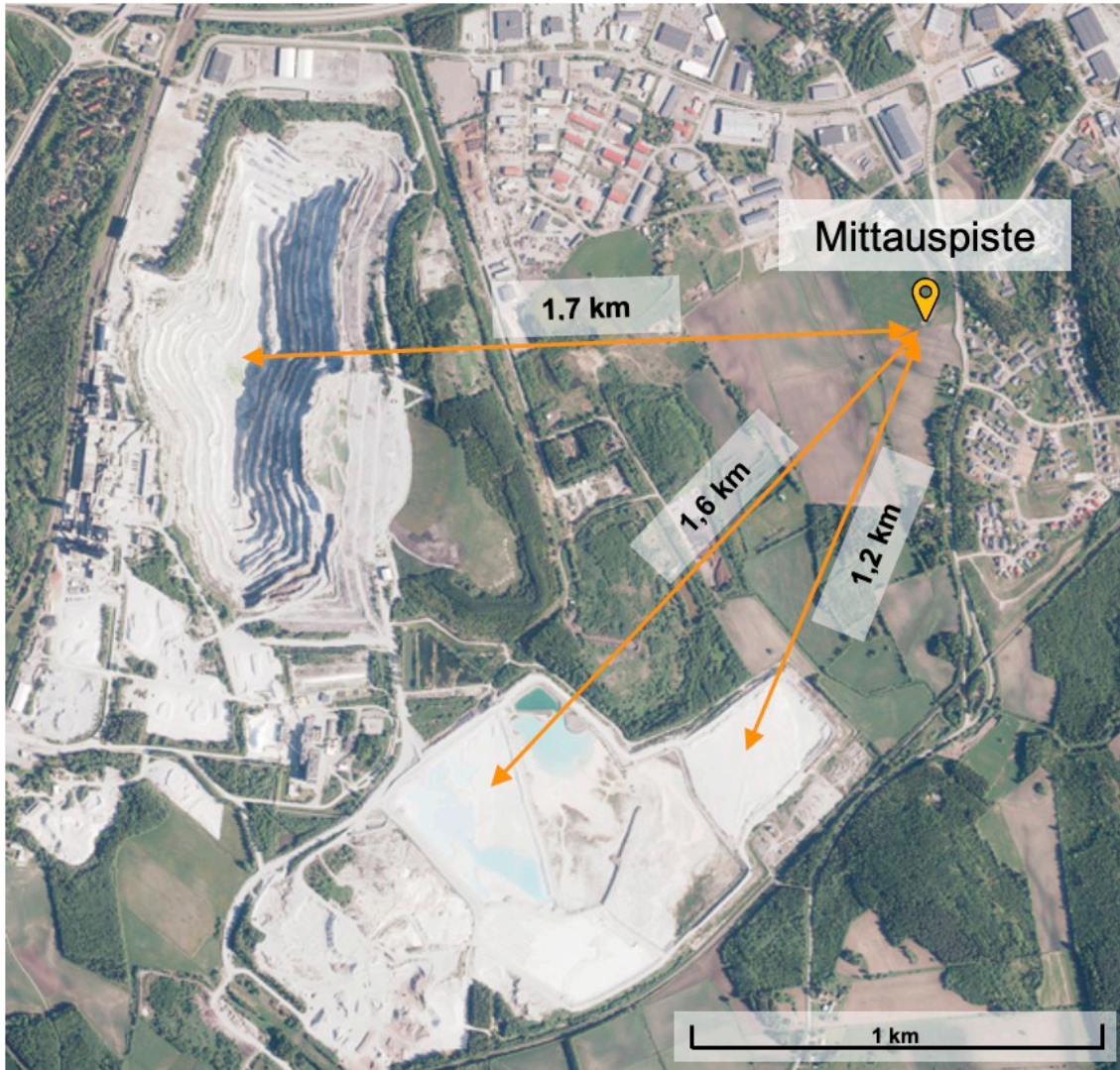
4. TUTKIMUKSEN SUORITUS

4.1 Tutkimuskohde

Ilmatieteen laitos mittasi ulkoilmanlaatua Lappeenranta Ojala-Tuomelassa Koivistonkadulla 1.11.2021–13.9.2023. Mittausasema sijaitsi avoimella paikalla peltojen ympäröimänä Ojala-Tuomelan alueella (Kuvat 11 ja 12). Nordkalk Oy:n kalkkikivikaivos sijaitsi lännen ja luoteen välisellä sektorilla mittauspaikalta. Mittauspiste edustaa ulkoilman pitoisuuksia erityisesti Ojala-Tuomelan alueella.



Kuva 11. Kartta alueesta, johon on merkitty Lappeenranta Ojala-Tuomela ilmanlaadun mittausasema sinisellä symbolilla (muokattu Maanmittauslaitoksen selkokarttasarja-aineistosta 5/2023).



Kuva 12. 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 analysaattoreilla aerodynaamiselta halkaisijaltaan alle 10 μm suuruisten hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) ja alle 2,5 μm 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 havainnointiin tuulen suuntaa ja nopeutta, ulkoilman lämpötilaa, suhteellista kosteutta ja ilmanpainetta. Säämittausanturin korkeus oli noin 5 metriä maanpinnan tasosta. Kontin

ilmastointi on järjestetty niin, ettei poistoilmavirta häiritse näytteenottoa, eivätkä poistoilman epäpuhtaudet pääse näytteenottiin.

Taulukko 3. Ilmanlaadun mittauksissa käytetyt menetelmät ja laitteet koko mittausjakson aikana.

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 13. Ilmanlaadun mittausasema Lappeenranta Ojala-Tuomela. Ulkoilma imetään mittalaitteisiin kontin katolla sijaitsevien näytteenottimien läpi. Lisäksi katolla on säämittausanturi. 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 modeemiyhteyden 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, mittauksen yhteydessä on tärkeää tietää mittauksen epävarmuus, koska muuten mittauksista 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 hiukkasanalysointilaitteiden 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 Kalibroidintimenetelmät, 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 kalibroidintien suorittamiseen, kalibroidintien 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 ja Vestenius, 2018) mukaisella ekvivalenttisuuskertoimella.

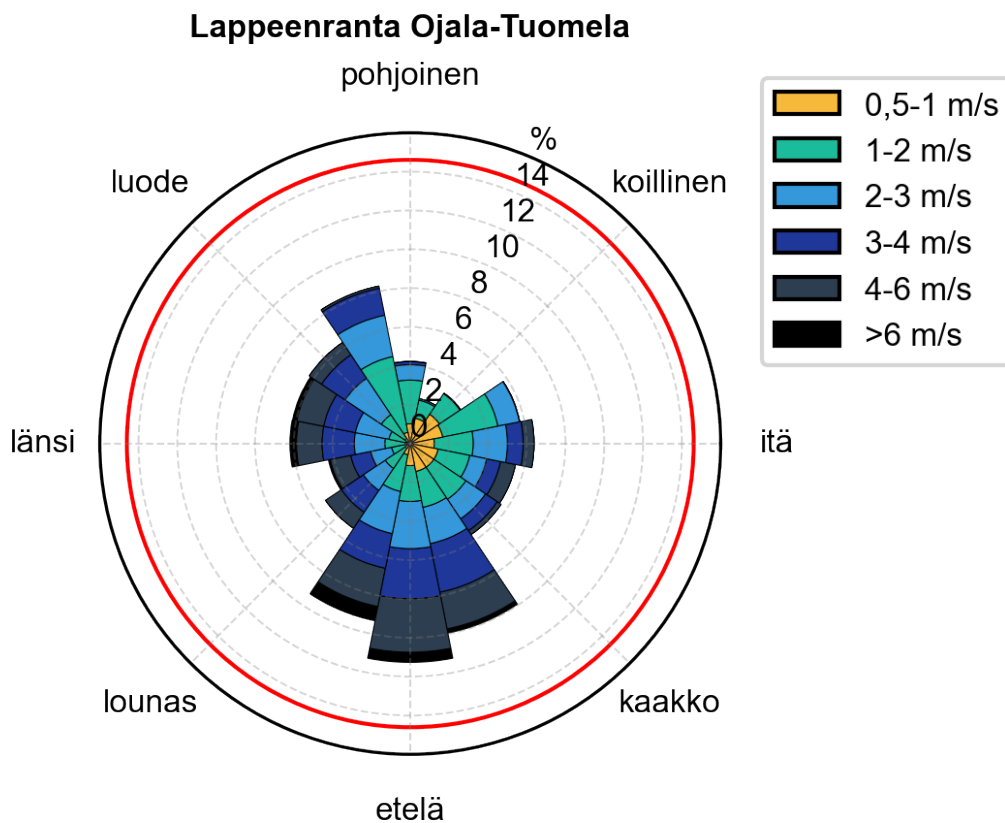
Ohjearvoon vertaaminen edellyttää, että vuorokausipitoisuuksia on vähintään 75 % kuukauden vuorokausien lukumäärästä. Tämä vaatimus täyttyi mittausasemalla kaikkina kuukausina virallisen seurantajakson alettua.

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 laatutavoite täyttyi mittausjaksolla kaikilla raja-arvoihin verrattavilla ilman epäpuhtauksilla.

5. SÄÄTIEDOT MITTAUSJAKSOLLA

5.1 Tuulitiedot

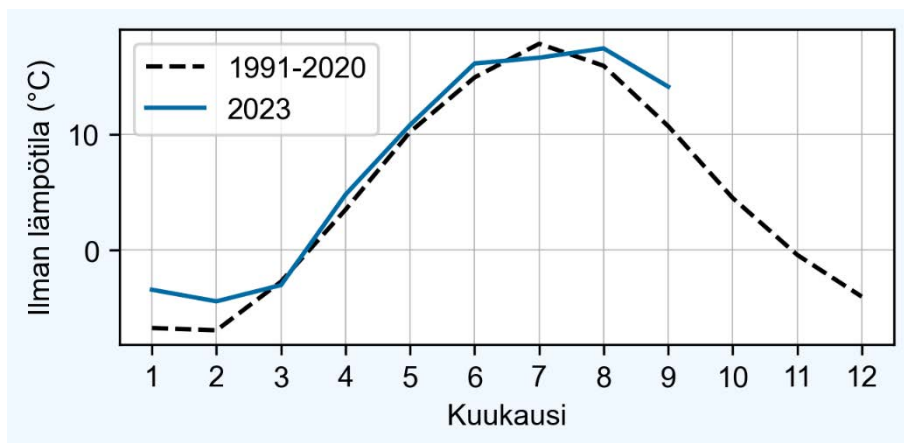
Lappeenranta Ojala-Tuomelassa mitatut tuulen nopeudet ja suunnat on esitetty kuvassa 14 tuuliruusuna. Vallitsevat tuulen suunnat olivat mittausjaksolla etelänpuoleiset. Myös luoteen puoleiset tuulet korostuivat mittausjakson aikana. Pääosin tuulet olivat heikkoa tai kohtalaista. Tyynien osuus (tuulen nopeus < 0,5 m/s) oli hieman yli 14 % kaikista tuulista.



Kuva 14. 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

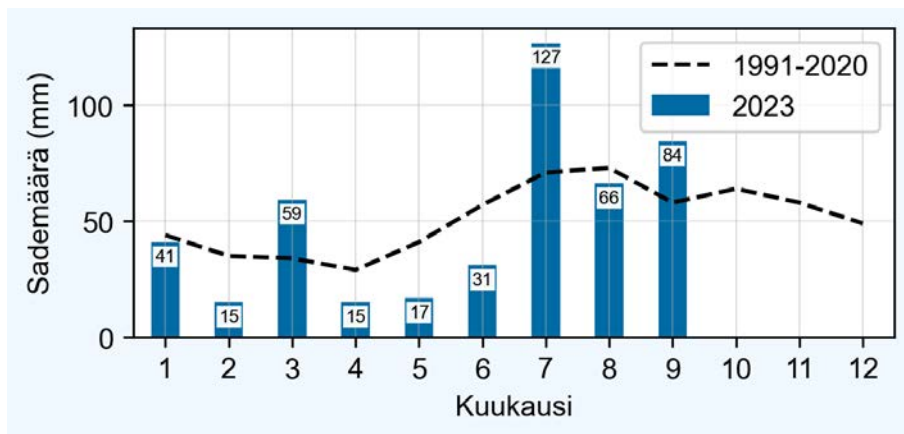
Vuosi 2023 on ollut maalis- ja heinäkuuta lukuun ottamatta lämpimämpi kuin ilmastollinen vertailukausi 1991–2020. Varsinkin vuoden alku on ollut vertailukautta huomattavasti lämpimämpi. Lämpötilavertailu (Kuva 15) on tehty Ilmatieteen laitoksen Lappeenrannan lentoaseman sääaseman mittauksista.



Kuva 15. Lämpötilan kuukausikeskiarvot Ilmatieteen laitoksen Lappeenranta lentoaseman sääasemalla vuonna 2023 ja ilmastollisella vertailukaudella 1991–2020.

5.3 Sademäärät

Sademäärät vuonna 2023 olivat hieman alhaisempia kuin ilmastollisella vertailukaudella 1991–2020, lukuun ottamatta maalis- ja heinäkuuta. Sademäärävertailu on tehty Ilmatieteen laitoksen Lappeenrannan Lepolan sääaseman mittauksista (kuva 16).



Kuva 16. Kuukausisademäärät Ilmatieteen laitoksen Lappeenranta Lepola sääasemalla vuonna 2023 ja ilmastollisella vertailukaudella 1991–2020.

5.4 Ilmanlaatuun vaikuttavat säätökijät

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 ilmassaasteiden 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 muuntumisen 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 ilmapvirtausten 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 ilmakehän 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 päästölähderyhmä 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.

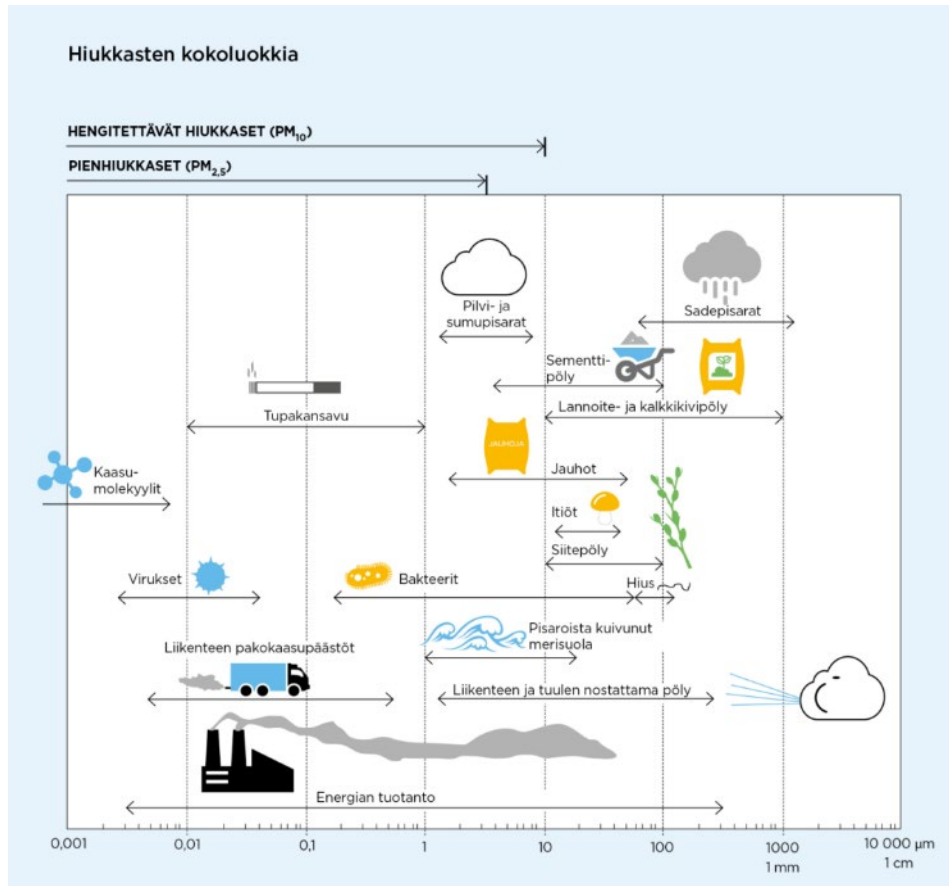
Keväisin merkittävin ilmanlaatuhaittojen aiheuttaja on katupöly. Katupölyä syntyy, kun lumet sulavat keväällä ja talven aikana tien varsille kerääntynyt hiukkasmassa vapautuu ilmaan tuulen ja liikennevirtojen vaikutuksesta katujen kuivuttua. Lumien sulamisvedet, sateet ja pölynsidonta suolaliuoksella 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 syvälle 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 17.



Kuva 17. Hiukkasten kokoluokkia. Hiukkasten koko ilmaistaan halkaisijana mikrometreissä (μm). Mikro (μ) etuliite tarkoittaa miljoonasosaa, joten $1 \mu\text{m}$ 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 talviengaskauden 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 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 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 $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alittuu Suomessa. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvot ovat olleet viime

vuosina Suomen kaupungeissa noin 5–20 µg/m³. Vilkkaimmilla 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 astmaatit, ikääntyneet sepelvaltimotautia ja keuhkohtaumatautia sairastavat sekä lapset. Talvisin pakkanen voi pahentaa ilmansaasteista aiheutuvia oireita.

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

6.3 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). Ohjearvot on esitetty taulukossa 4.

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). Raja-arvot on esitetty taulukossa 5.

Maailman terveysjärjestö WHO arvioi ilman pilaantumisen yhdeksi suurimmaksi globaaliksi terveyteen kohdistuvaksi ympäristöriskiksi. WHO päivitti syksyllä 2021 ilmansaasteiden ohjearvopitoisuudet, joita pienemmillä pitoisuuksilla haitallisia terveysvaikutuksia ei esiinny lainkaan tai ne ovat vain vähäisiä. WHO:n ohjearvot eivät ole sitovia. WHO:n ohjearvot on esitetty taulukossa 6.

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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Sallitut ylitykset kalenterivuodessa
Pienhiukkaset ($\text{PM}_{2,5}$)	kalenterivuosi	25 ¹⁾	–
Hengitettävät hiukkaset (PM_{10})	1 vuorokausi	50 ¹⁾	35
	kalenterivuosi	40 ¹⁾	–

¹⁾ Tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

Taulukko 6. Maailman terveysjärjestön WHO ohjearvot (WHO, 2021))

Ilman epäpuhtaus	Keskiarvon laskenta-aika	Ohjearvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Sallitut ylitykset kalenterivuodessa
Pienhiukkaset	1 vuorokausi	15 ¹⁾	3
(PM _{2,5})	kalenterivuosi	5 ¹⁾	
Hengitettävät hiukkaset	1 vuorokausi	45 ¹⁾	3
(PM ₁₀)	kalenterivuosi	15 ¹⁾	–

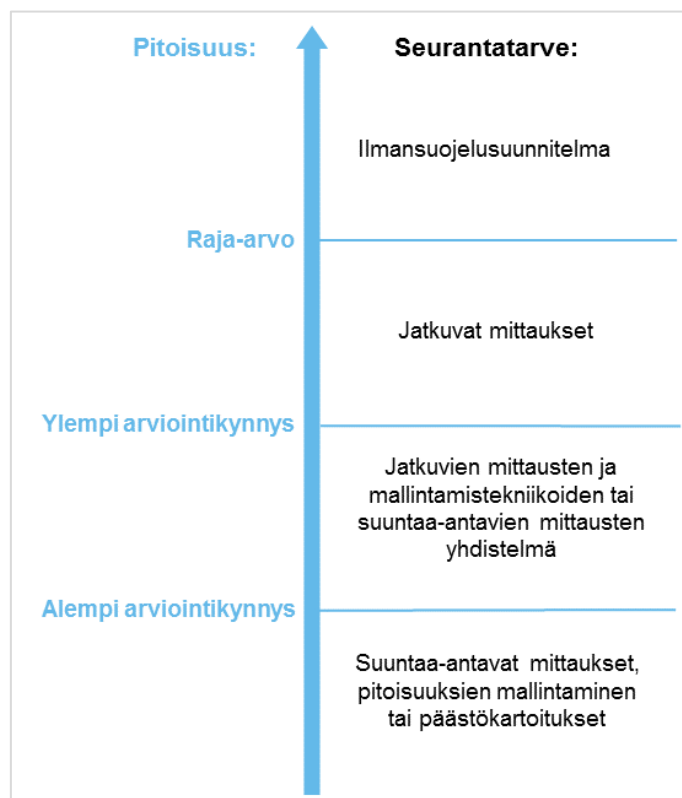
¹⁾ Tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

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 (kuva 18). 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 7 on esitetty hengitettävien hiukkasten pitoisuuksille määritetyt ylemmät ja alemmat arviointikynnykset sekä niiden osuus raja-arvopitoisuuksista.



Kuva 18. Ilmanlaadun seurantarve seuranta-alueella määräytyy mitattujen pitoisuuksien suhteesta ylempään ja alempaan arviointikynnökseen. Seurantatarve kasvaa pitoisuuksien kasvaessa.

Taulukko 7 Ilmanlaadun seurannan suunnittelussa käytettävät ilmanlaadun ylempät 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.vtresearch.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://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus>

Ilmatieteen laitos 2022 c. Ympäristönsuojelun tietojärjestelmän ilmanlaatuosa, tarkistetut mittaustulokset. <https://www.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 WHO, 2021. WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>.

LIITETAULUKOT

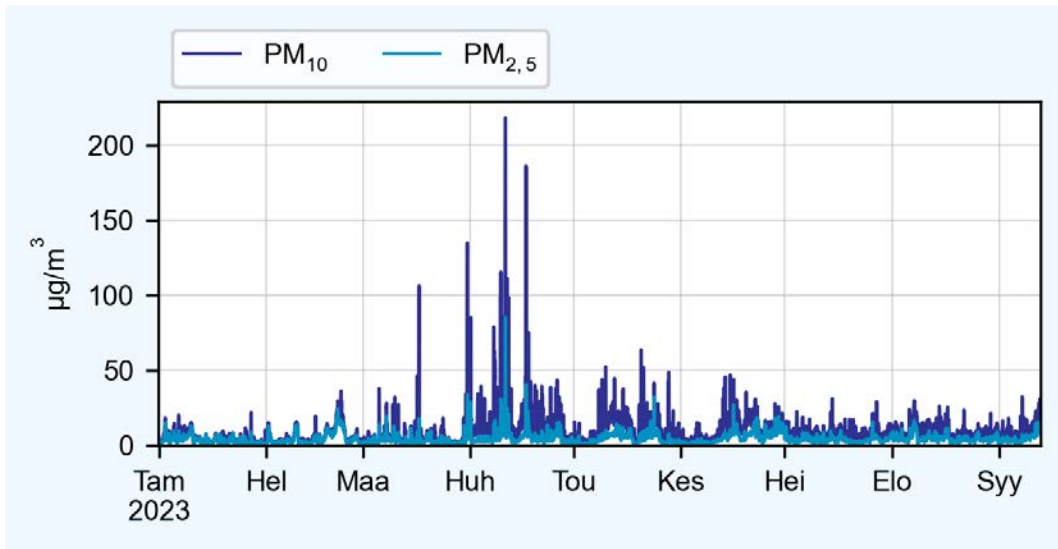
Liitetaulukko 1. Lappeenranta Ojala-Tuomela mittausasemalla mitatut hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain vuonna 2023. Pitoisuudet on ilmoitettu ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

PM ₁₀	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä (kpl)	742	672	743	719	744	720	743	744	289	-	-	-
aineiston määrä (%)	100	100	100	92	100	100	100	100	100	-	-	-
keskiarvo (µg/m ³)	4,3	6,1	6,1	19,2	10,6	10,5	7,8	9,0	9,9	-	-	-
99. % -piste (µg/m ³)	17	26	53	116	44	34	21	26	29	-	-	-
korkein arvo (µg/m ³)	22	36	135	218	64	47	31	30	32	-	-	-
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä (kpl)	31	28	31	30	31	30	31	31	12	-	-	-
2. korkein arvo(µg/m ³)	8	19	18	52	18	21	12	13	14	-	-	-
korkein arvo (µg/m ³)	11	22	31	67	22	21	13	20	22	-	-	-

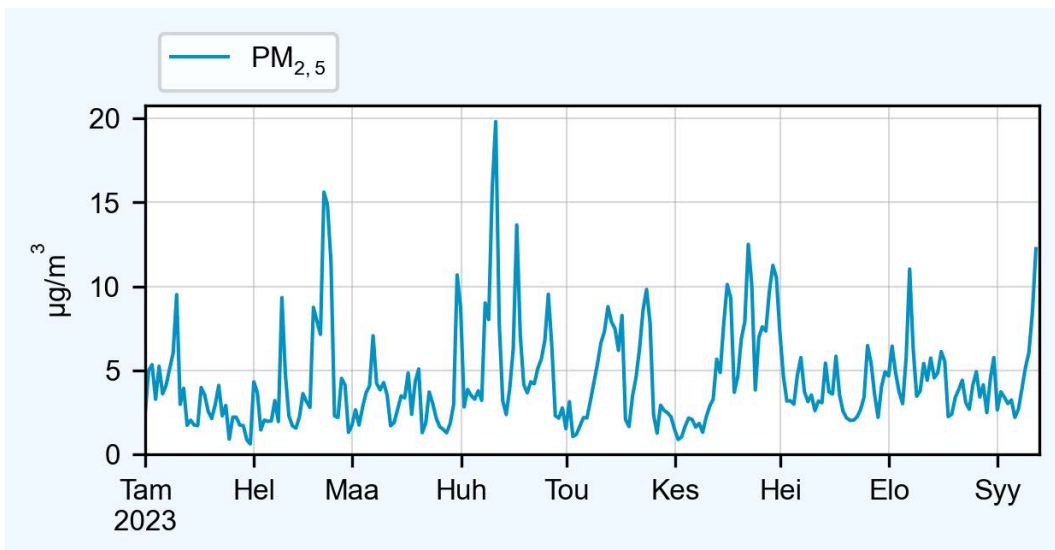
Liitetaulukko 2. Lappeenranta Ojala-Tuomela mittausasemalla mitatut pienhiukkasten (PM_{2,5}) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain vuonna 2023. Pitoisuudet on ilmoitettu ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

PM _{2,5}	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä (kpl)	742	672	743	719	744	720	743	744	289	-	-	-
kattavuus (%)	100	100	100	92	100	100	100	100	100	-	-	-
keskiarvo (µg/m ³)	3,2	4,7	3,3	6,1	4,4	5,4	3,8	4,5	4,8	-	-	-
99. % -piste (µg/m ³)	12	19	17	31	14	18	11	15	15	-	-	-
korkein arvo (µg/m ³)	15	24	34	85	32	27	16	16	16	-	-	-
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä (kpl)	31	28	31	30	31	30	31	31	12	-	-	-
2. korkein arvo (µg/m ³)	6	15	7	16	9	11	6	6	8	-	-	-
korkein arvo (µg/m ³)	10	16	11	20	10	13	7	11	12	-	-	-

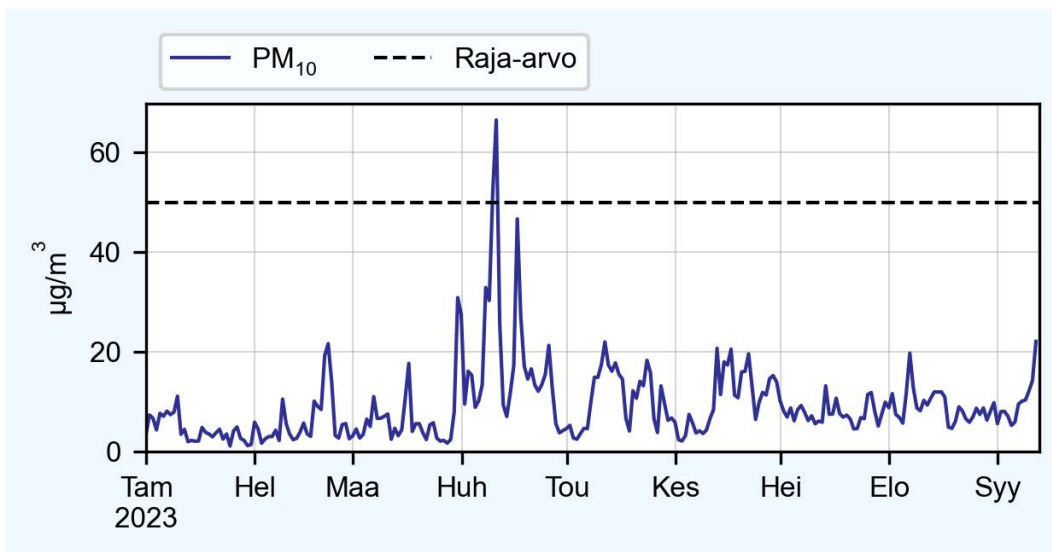
LIITEKUVAT



Liitekuva 1. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) ja pienhiukkasten (PM_{2,5}) **tuntipitoisuudet** Lappeenranta Ojala-Tuomelassa vuonna 2023.



Liitekuva 2. Pienhiukkasten (PM_{2,5}) **vuorokausipitoisuudet** Lappeenranta Ojala-Tuomelassa vuonna 2023.



Liitekuva 3. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) **vuorokausipitoisuudet** Lappeenranta Ojala-Tuomelassa vuonna 2023.



ILMATIETEEN LAITOS

ILMATIETEEN LAITOS

puh. 029 539 1000

Ilmanlaatu ja energia

ilmanlaatupalvelut@fmi.fi

www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatupalvelut

WWW.ILMATIETEENLAITOS.FI

