



ROVANIEMEN ILMANLAADUN SEURANTA

Typen oksidien, hengitettävien hiukkasten,
pienhiukkasten ja PAH-yhdisteiden
pitoisuustulokset vuonna 2023



ROVANIEMEN ILMANLAADUN SEURANTA
Typen oksidien, hengitettävien hiukkasten, pienhiukkasten ja PAH-yhdisteiden
pitoisuustulokset vuonna 2023

Antti Mannisenaho

Mika Vestenius

Toni Mattila

Katja Lovén

ILMATIETEEN LAITOS – ASiantuntijapalvelut
ILMANLAATU JA ENERGIA
Helsinki 28.3.2024

OSA I	3
1. JOHDANTO	3
2. ILMANLAADUN MITTAUSTULOKSET	4
2.1 Mitatut pitoisuudet Rovakadulla	4
2.2 Ilmanlaatuindeksi	5
2.3 Pitoisuuksien vertailua raja- ja ohjearvoihin.....	6
2.4 Tuulen suunnan ja nopeuden vaikutus mitattuihin pitoisuuksiin.....	12
2.5 Pitoisuuksien ajallinen vaihtelu	13
2.6 Hengitettävien hiukkasten sisältämät PAH-yhdisteet Mellakujalla	15
2.7 Pitoisuuksien vertailua muualla mitattuihin pitoisuuksiin	18
3. YHTEENVETO MITTAUSTULOKSISTA JA SUOSITUKSET	21
OSA II	25
4. TUTKIMUKSEN SUORITUS	25
4.1 Tutkimuskohde.....	25
4.2 Mitatut suureet ja mittausmenetelmät.....	27
4.3 Kalibrintimenetelmät, laadunvarmistus ja laitehuollot.....	30
4.4 Mittausepävarmuus.....	31
5. SÄÄTIEDOT MITTAUSJAKSOLLA	33
5.1 Tuulitiedot.....	33
5.2 Keskilämpötilat.....	34
5.3 Sademäärät	34
5.4 Ilmanlaatuun vaikuttavat säättekijät.....	35
6. TAUSTATIEDOJA ILMAN EPÄPUHTAUKSISTA	36
6.1 Typen oksidit.....	36
6.2 Hiukkaset	37
6.3 PAH-yhdisteet.....	38
6.4 Ilman epäpuhtauksien terveysvaikutukset.....	39
6.5 Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot	40
6.6 Ilmanlaadun arviointikynnykset.....	41
VIITTELUETTELO	44
LIITETAULUKOT	46
LIITEKUVAT	49

1. JOHDANTO

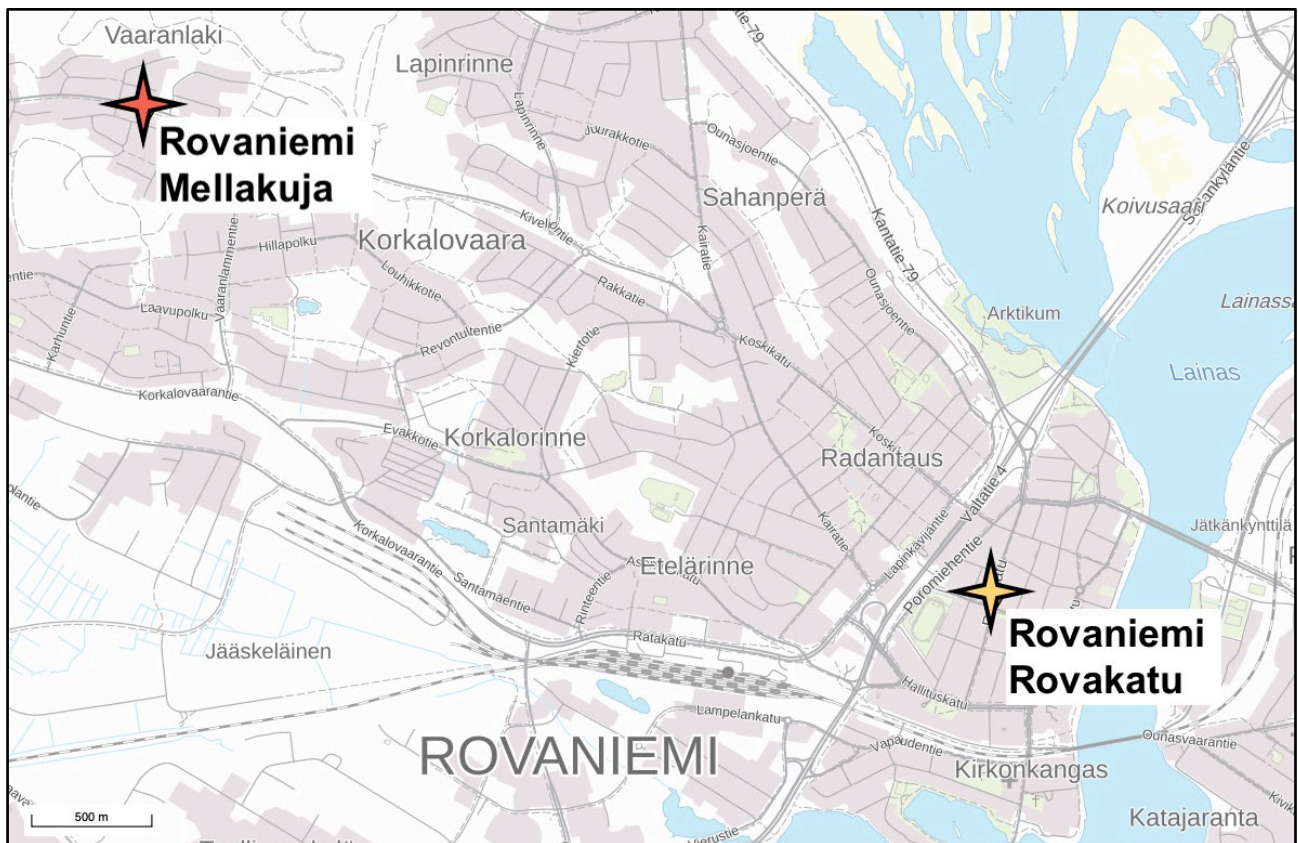
Ilmatieteen laitos seurasi Rovaniemellä ulkoilman laatua 30.11.2022–13.1.2024 Rovakadun ja 6.1.–26.12.2023 Mellakujan mittauspisteissä (kuva 1). Rovaniemi Rovakatu mittausasema sijaitsi Rovaniemen keskustassa Rovakadun ja Ruokasenkadun risteyksen vieressä ja Rovaniemi Mellakuja mittausasema sijaitsi Vaaranlaan pientaloasuinalueella Mellakujalla. Rovakadun mittauspisteessä mitattiin typen oksideja (NO_x), hengitettäviä hiukkasia (PM_{10}) ja pienhiukkasia ($\text{PM}_{2,5}$). Mellakujan mittauspisteessä kerättiin hengitettävien hiukkasten vuorokausinäytteitä joka 6. vuorokausi, joista analysoitiin laboratoriossa PAH-yhdisteiden pitoisuuksia. Jatkuvatoiniset mittauksien tulokset julkaistiin Ilmatieteen laitoksen ylläpitämällä avoimella Ilmanlaatu Suomessa verkkosivustolla (<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatu>) ja lisäksi Rovakadun mittauksille oli oma seurantasivusto (<https://ilmanlaatu.fmi.fi/rovaniemi-rovakatu/>), joka oli saatavilla suomeksi sekä englanniksi.

Typen oksideja ja erikokoisia hiukkasia vapautuu erityisesti autoliikenteestä (suorat pakoputkipäästöt ja katupöly) ja PAH-yhdisteitä erilaisista polttoprosesseista, kuten kotitalouksien puulämmityksestä. Puun pienpoltto on myös yleisesti merkittävä pienhiukkaspitoisuuksiin vaikuttava lähde taajama-alueilla. Ilmanlaadun mittauksen tavoitteena on kartoittaa näiden ilmansaasteiden pitoisuustasoa ja niiden vaihtelua väestön altistumisen ja viihtyisyyshaitan arviointia varten.

Typen oksideja, hengitettäviä hiukkasia ja pienhiukkasia mitattiin jatkuvatoimisilla automaattisilla analysaattoreilla, jotka täyttävät lainsäädännön mukaiset laatuvaatimukset ilmanlaadun mittauksille. Ilmanlaatumittauksen tulosten tulkintaa varten molemmilla asemilla mitattiin myös säätietoja. Hengitettävien hiukkasten näytekeraukset suoritettiin lainsäädännön laatuvaatimusten mukaisella automaattisella hiukkaskeräimellä, joka huolehtii näytesuodattimien vaihdosta laitteen sisällä laitteeseen ennalta ohjelmoidun syklin mukaisesti.

Tässä raportissa esitetään koko mittausjakson (30.11.2022–13.1.2024) ilmanlaadun mittauksien tulokset ja kalenterivuoden 2023 mittauksia verrataan ilmanlaadun lainsäädännössä asetettuihin raja-, ohje- ja tavoitearvoihin. Lisäksi raportissa verrataan pitoisuuksia Rovaniemen aiempiin mittauksiin sekä muilla Suomen mittausasemilla vastaavana aikana mitattuihin pitoisuusarvoihin. Lopuksi annetaan suosituksia ilmanlaadun seurannasta Rovaniemen kaupungin alueella jatkossa. Rovaniemellä on suoritettu aiemmin vastaavanlaista ilmanlaadun tarkkailua Ilmatieteen laitoksen toimesta Rovakadun mittauspaikalla vuosina 1990, 1998 ja 2004 (mm. Saari ja Pesonen, 2004) sekä vuonna 2006 (Haaparanta ym., 2006). Lisäksi Rovaniemellä on mitattu ulkoilmanlaatua aiemmin 1.1.2016–30.5.2017 välisenä aikana keskustassa Ruokasenkadun varrella, mutta eri mittauspisteessä sekä Etelärinteellä Konkelontielle (Ruuth, 2017; Ruuth ja Ruuth, 2017). Tässä raportissa verrataan mittausjakson 30.11.2022–13.1.2024 aikana havaittuja mittauksia aikaisempiin vuoden 2016 ja 2017 mittauksiin soveltuvin osin.

Ilmanlaadun mittauksista sekä niihin liittyvästä asiantuntijatyöstä vastasi Ilmatieteen laitoksen Asiantuntijapalvelut-yksikkö. Työn tilaajina toimivat Rovaniemen kaupunki sekä Napapiirin Energia ja Vesi Oy.



Kuva 1. Kartta alueesta, johon on merkitty ilmanlaadun mittausasemat mittausjaksolla 30.11.2022–13.1.2024. Rovaniemi Rovakatu on merkitty keltaisella ja Rovaniemi Mellakuja punaisella symbolilla (muokattu Maanmittauslaitoksen selkokarttasarja-aineistosta 3/2024).

2. ILMANLAADUN MITTAUSTULOKSET

2.1 Mitatut pitoisuudet Rovakadulla

Rovakadun mittausasemalla mitattujen typen oksidien (NO_x), typpidioksidin (NO_2), typpimonoksidin (NO), hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) ja pienhiukkasten ($\text{PM}_{2,5}$) pitoisuuskeskiarvot koko mittausjaksolta 30.11.2022–13.1.2024 sekä erikseen kalenterivuodelta 2023 on esitetty taulukossa 1. Raportin liitetaulukoihin on koottu kuukausittaisia tilastotietoja mitatuista pitoisuuksista mittausjaksolta. Raportin lopussa olevissa liitekuvin on esitetty Rovakadun mittausasemalla mittausjakson aikana mitattujen pitoisuuksien tunti- ja vuorokausikeskiarvojen aikasarjat yksikössä mikrogrammaa kuutiossa ilmaa ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Mittauspaikasta ja sen edustavuudesta, mittausmenetelmistä sekä käytetystä laitteistosta kerrotaan kappaleessa 4.

Taulukko 1. Rovaniemi Rovakadulla mittausjaksolla 30.11.2022–13.1.2024 ja kalenterivuonna 2023 mitattujen typen oksidien ja hiukkasten keskiarvopitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

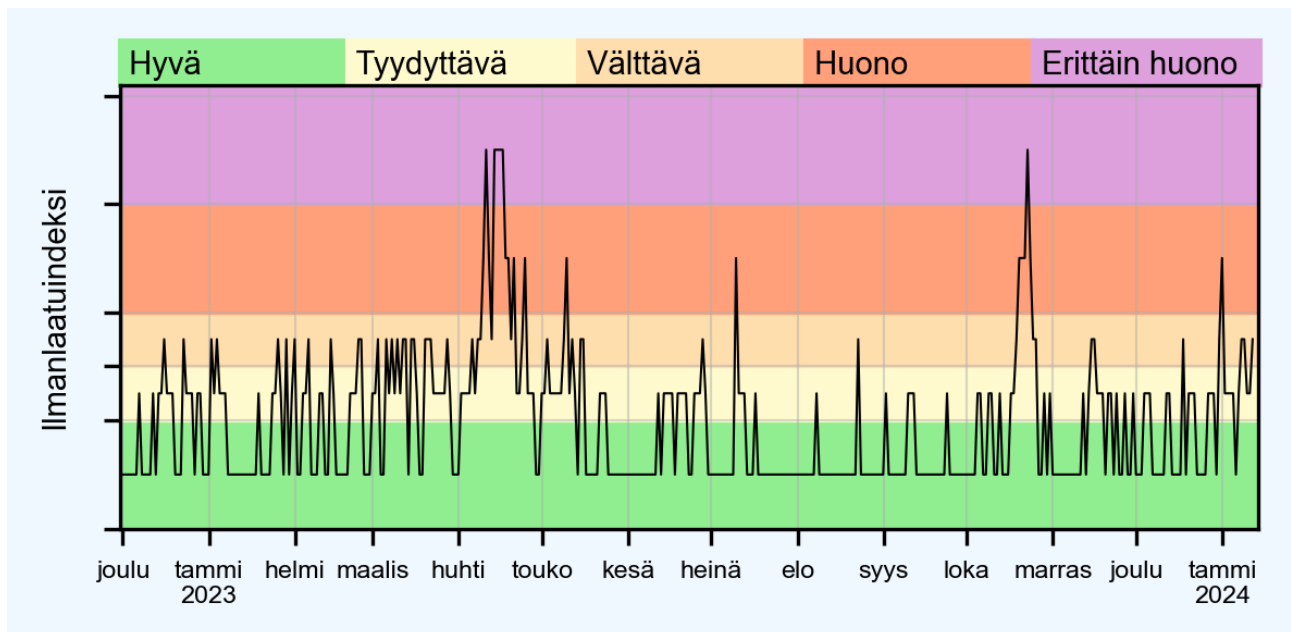
Rovaniemi Rovakatu	30.11.2022–13.1.2024 keskiarvopitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Kalenterivuoden 2023 keskiarvopitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
NO	6,0	5,2
NO ₂	17,3	16,6
Kokonais-NO _x (NO ₂ :na ilmaistuna)	26,4	24,5
PM ₁₀	9,7	10,1
PM _{2,5}	3,7	3,7

2.2 Ilmanlaatuindeksi

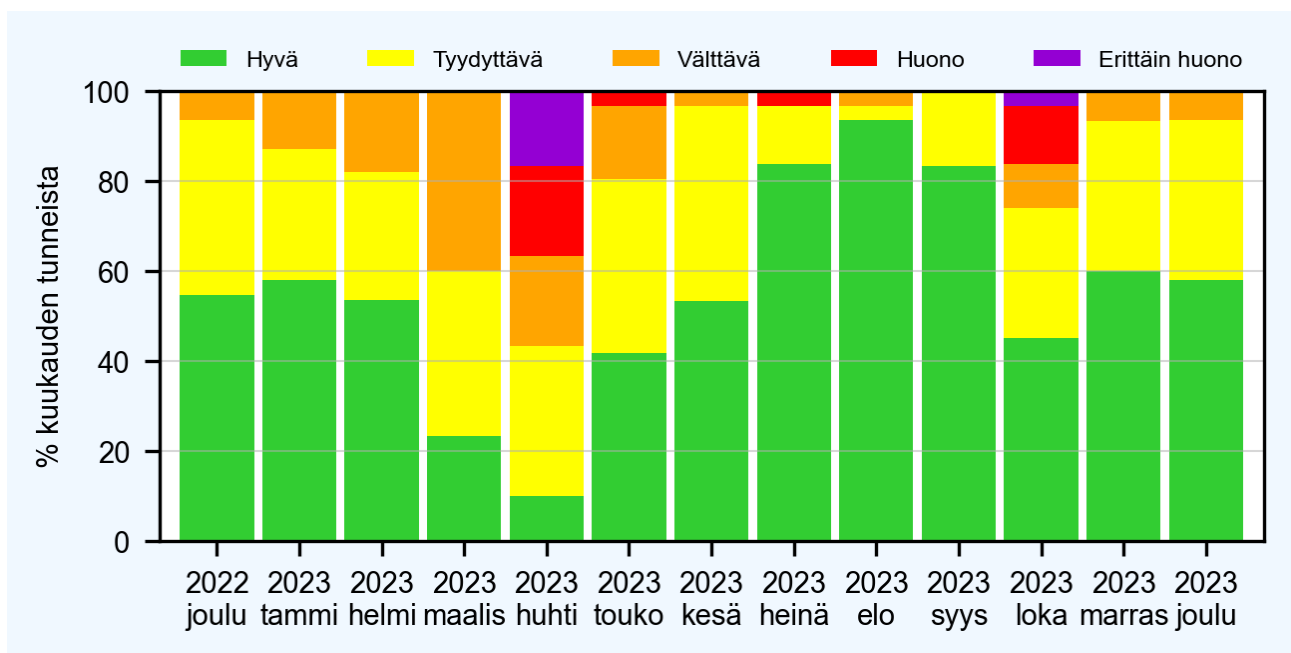
Rovakadun mittausasemalla mitattujen pitoisuuksien tuntiarvojen perusteella laskettiin ilmanlaatuindeksi, joka kuvaa vallitsevaa ilmanlaatuilannetta viisiportaisella sanallisella asteikolla: hyvä, tyydyttävä, välttävä, huono tai erittäin huono. Ilmanlaatuindeksi on vertailuluku, joka kuvaa sen hetkistä ilmanlaatua suhteutettuna ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin. Ilmanlaatuindeksin määrittämiseksi kullekin mitattavalle yhdisteelle (Rovakatu: PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂) 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 käytetty ilmanlaatuindeksin laskemiseen.

Kuvassa 2 on esitetty vuorokauden suurimmat ilmanlaatuindeksin arvot Rovakadun mittausasemalla mittausjaksolta 30.11.2022–13.1.2024 indeksillä ilmaistuna ilmanlaatu oli hyvää tai tyydyttävää noin 84 % mittausjakson vuorokausista. Ilmanlaatu oli välttävää noin 11 % päivistä, huonoa noin 3 % päivistä ja erittäin huonoa alle 1 % päivistä. Huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun päiviä oli huhti- ja lokakuussa vuoden 2023 osalta (11 kpl huhti-, 1 kpl touko-, 1 kpl heinä- ja 5 kpl lokakuussa) sekä 1 kpl 1.1.2024 uudenvuodenpäivänä. Kaikki erittäin huonon ja miltei kaikki huonon indeksiarvon vuorokausista johtuivat tarkastelujaksolla korkeista PM₁₀ pitoisuuksista. Heinäkuussa 10.7.2023 huono ilmanlaatu aiheutui korkeasta typpidioksidin pitoisuudesta. Pääaiheuttaja huonolle ilmanlaadulle 1.1.2024 oli PM_{2,5}, joka liittyi hyvin todennäköisesti uuden vuoden rakettien ampumiseen keskustassa keskiyön tunteina, koska myös PM₁₀ ja NO_x pitoisuudet olivat koholla samaan aikaan (liitekuvat 11–12). Yleisesti huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun päivinä indeksiin vaikuttaneet pitoisuudet mitattiin tyynissä tai heikon tuulen (< 2 m/s) olosuhteissa.

Kuvassa 3 on esitetty ilmanlaatuindeksin jakautuminen eri luokkiin prosentteina kuukauden tunneista. Kuten kuvista 2–3 on nähtävissä, indeksillä ilmaistuna ilmanlaatu oli pääosin hyvää tai tyydyttävää miltei kaikkina mittausjakson kuukausina. Kevään katupölykausi erottuu selkeästi kuvasta huhti- ja toukokuussa.



Kuva 2. Vuorokauden suurimmat ilmanlaatuindeksin arvot Rovakadun mittauspisteessä mittausjaksolla 30.11.2022–13.1.2024.



Kuva 3 Ilmanlaatuindeksin jakautuminen eri luokkiin kuukauden mukaan Rovakadun mittauspisteessä mittausjaksolla 30.11.2022–31.12.2023.

2.3 Pitoisuuksien vertailua raja- ja ohjearvoihin

Raja-arvot määrittelevät pitoisuuksille enimmäiskaton, jota ei saa ylittää. Raja-arvot ovat sitovia ja ne ovat voimassa kaikissa EU-maissa sellaisilla alueilla, joilla asuu ja oleskelee ihmisiä. Raja-arvot eivät ole voimassa liikenneväylillä ja teollisuusalueilla, jonne ihmisillä ei ole vapaata pääsyä. Suomen kansallisten ohjearvojen seuraamisella sen sijaan yritetään ohjata esimerkiksi kaavoitusta sellaisille alueille, joissa pitoisuudet ovat ihmisten terveydelle haitattomalla tasolla. Raja- ja ohjearvoilla on erilaiset tilastolliset määrittelyt ja raja-arvopitoisuuksille sallitaan vielä erikseen

ylityksiä määritellystä pitoisuustasosta, joten raja- ja ohjearvoja ei voi suoraan lukuarvoina verrata keskenään. Arviointikynnyksiin vertaamisen avulla määritetään ilmanlaadun seurantatarvetta ja käytettäviä seurantamenetelmiä. Ilmanlaadun lainsäädännöstä on kerrottu tarkemmin raportin jälkimmäisessä osassa kappaleessa 6.4. Ilmanlaadun raja-arvotarkasteluissa vertailujakso on yksi kalenterivuosi.

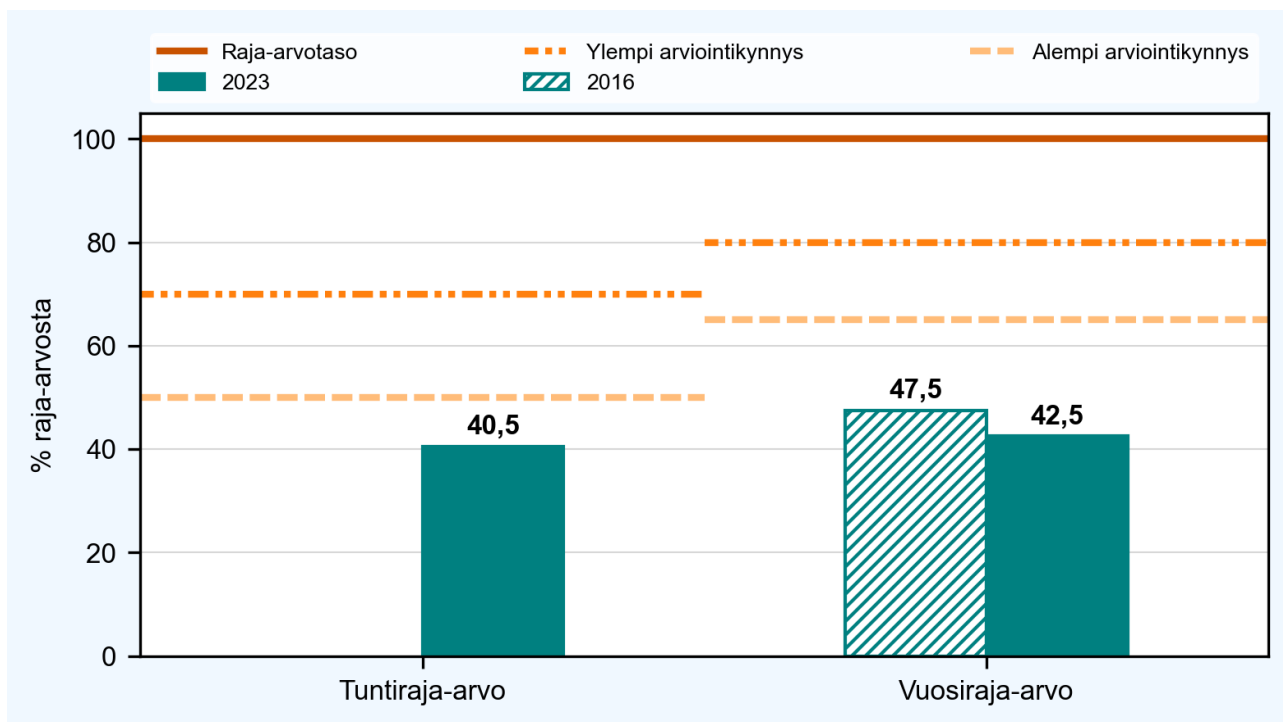
Kuvissa 4–6 on esitetty vertailut Rovaniemi Rovakatu ilmanlaadun mittausasemalla vuonna 2023 mitattujen typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten raja-arvoihin ja arviointikynnyksiin verrattavat pitoisuudet prosentteina raja-arvotasosta ja arviointikynnyksistä. Kuvissa on myös vertailtu vuoden 2016 mittauksien (Ruuth, 2017) vastaavia lukuja soveltuvien osien. Vuoden 2017 alusta otettiin käyttöön uudet hiukkasmittaus tulosten (PM_{10} ja $PM_{2,5}$) korjauskertoimet ja ne voivat vaikuttaa tuloksiin hieman joko nostavasti tai laskevasti riippuen käytetyistä mittausmenetelmistä.

Rovaniemi Rovakadulla kaikki mitatut pitoisuudet jäivät selvästi raja-arvojen ja myös arviointikynnysten alapuolelle vuonna 2023.

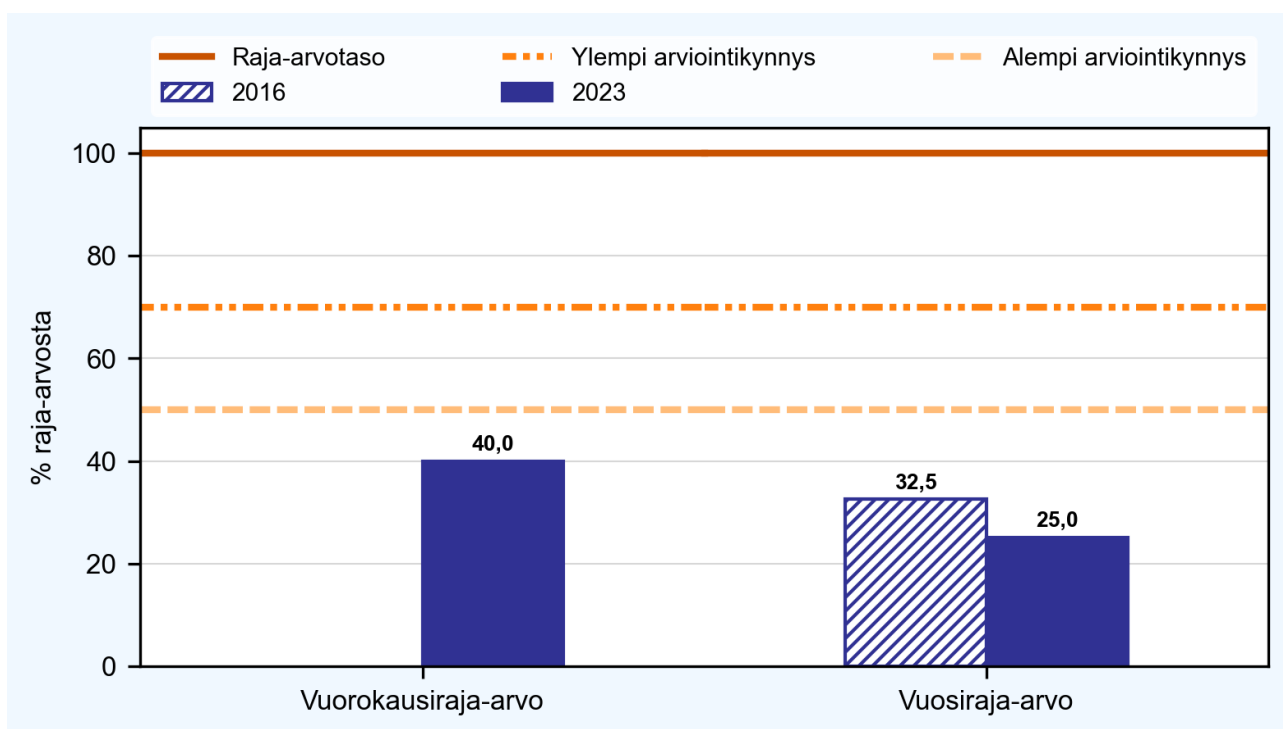
Vuonna 2023 typpidioksidin pitoisuus oli enimmillään Rovakadulla noin 41 % tuntiraja-arvosta ja noin 43 % vuosiraja-arvosta. Vuosiraja-arvoon verrattuna vuonna 2023 mitattiin alhaisempia pitoisuuksia kuin vuonna 2016. Tuntiraja-arvoon verrannollisia pitoisuuksia ei näiden vuosien välillä voinut verrata koska vuoden 2016 ilmanlaadun mittauksia käsittelevässä raportissa (Ruuth, 2017) ei oltu mainittu raja-arvoon verrannollista pitoisuutta eikä mittausdataa ole toimitettu Ilmatieteen laitoksen tietokantaan (Ilmatieteen laitos, 2024 a), joten sitä ei löydy avoimesta datasta (Ilmatieteen laitos, 2024 b).

Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat 40 % vuorokausiraja-arvosta ja 25 % vuosiraja-arvosta. Vuosiraja-arvoon verrattuna vuonna 2023 mitattiin hengitettävien hiukkasten osalta alhaisempia pitoisuuksia kuin vuonna 2016. Tuntiraja-arvoon verrannollisia pitoisuuksia ei voitu vertailla samasta aiemmin mainitusta syystä. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvotason numeerisen arvon $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ylityksiä esiintyi 8 kpl vuonna 2023, kun vuonna 2016 niitä oli 5 kpl. Vuorokausikeskiarvon $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ylityksiä sallitaan hengitettävälle hiukkasille mittausasemalla 35 kpl vuodessa, ennen kuin raja-arvo katsotaan ylittyneeksi.

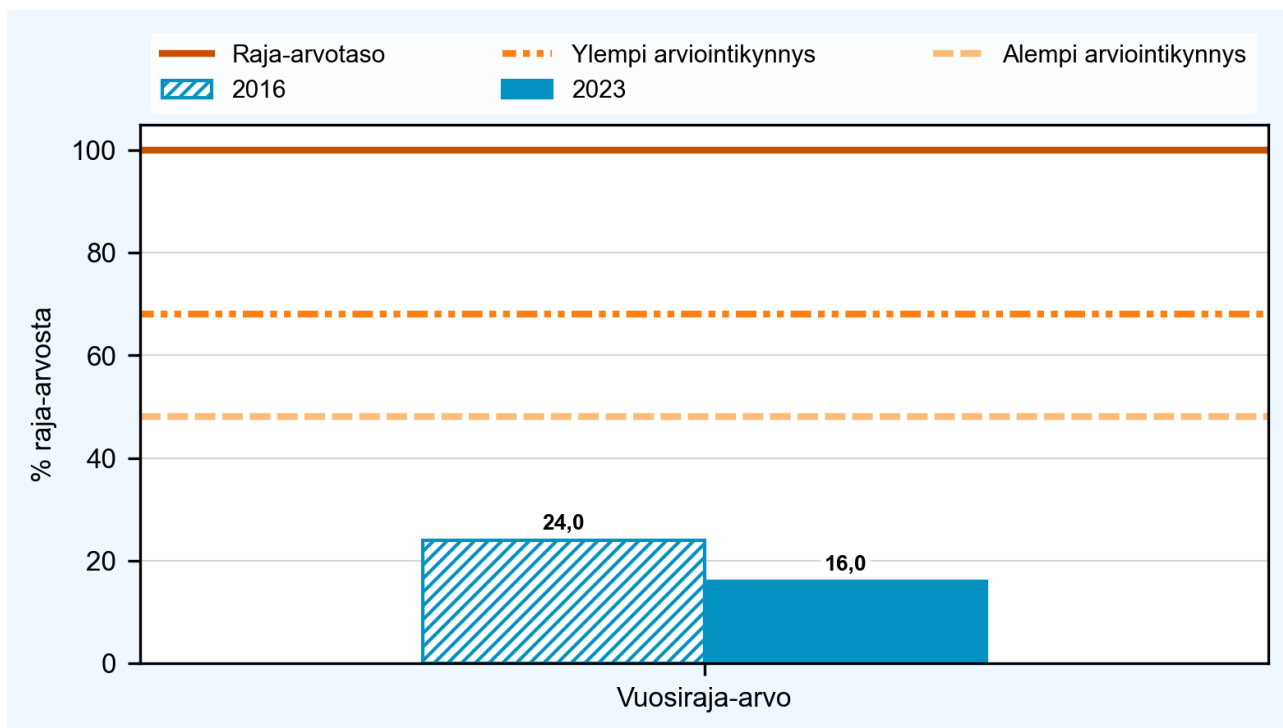
Pienhiukkasten vuosiraja-arvoon verrattava pitoisuus oli 16 % raja-arvosta, kun vuonna 2016 se oli 24 %.



Kuva 4. Rovaniemi Rovakatu mittausasemalla mitattujen typpidioksidin raja-arvoon verrannolliset pitoisuudet suhteessa (%) raja-arvoihin vuonna 2023 sekä vuodelta 2016 saatavilla olevat vastaavat arvot (Ruuth, 2017). Kuvaan on merkitty vaakaviivoilla raja-arvotaso sekä ylempi ja alempi arviointikynnys.



Kuva 5. Rovaniemi Rovakatu mittausasemalla mitattujen hengitettävien hiukkasten raja-arvoon verrannolliset pitoisuudet suhteessa (%) raja-arvoihin vuonna 2023 sekä vuodelta 2016 saatavilla olevat vastaavat arvot (Ruuth, 2017). Kuvaan on merkitty vaakaviivoilla raja-arvotaso sekä ylempi ja alempi arviointikynnys.



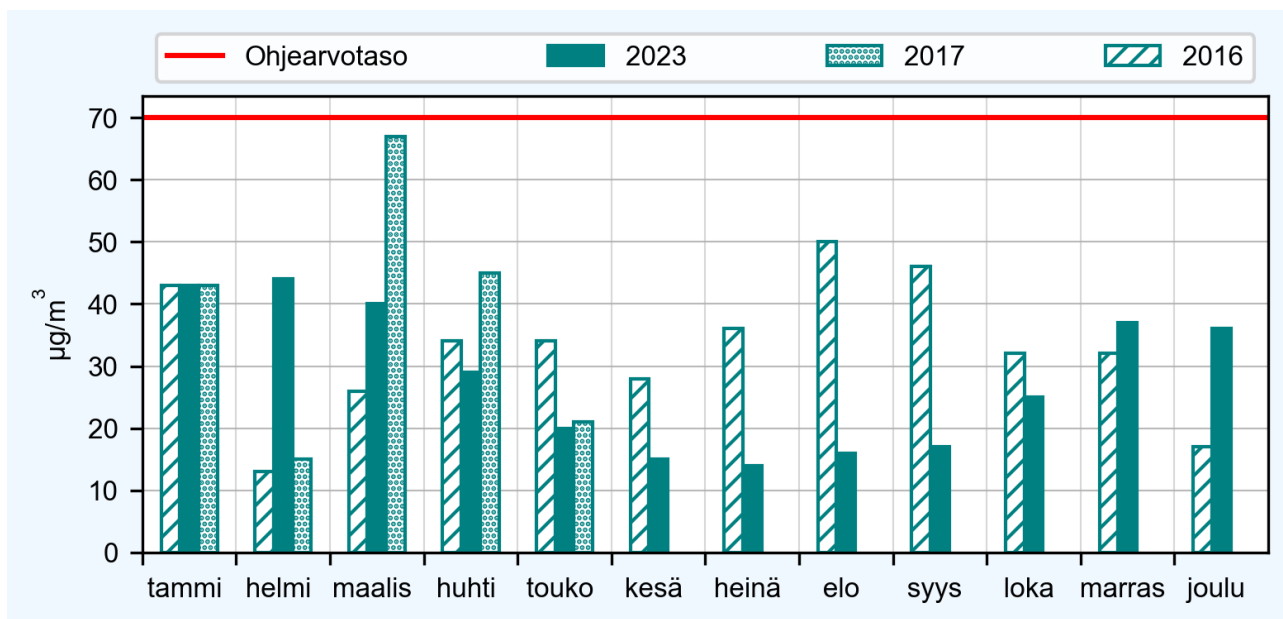
Kuva 6. Rovaniemi Rovakatu mittausasemalla mitattujen pienhiukkasten raja-arvoon verrannolliset pitoisuudet suhteessa (%) raja-arvoihin vuosina 2023 ja 2016 (Ruuth, 2017). Kuvaan on merkitty vaakaviivoilla raja-arvotaso sekä ylempi ja alempi arviointikynnys.

Kuvissa 7–9 on esitetty typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten Suomen kansallisiin ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet kuukausittain Rovaniemi Rovakatu ilmanlaadun mittausasemalla vuonna 2023. Lisäksi vertailun vuoksi on esitetty ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet vuosien 2016 ja 2017 mittauksista (Ruuth, 2017; Ruuth ja Ruuth, 2017) soveltuvien osien.

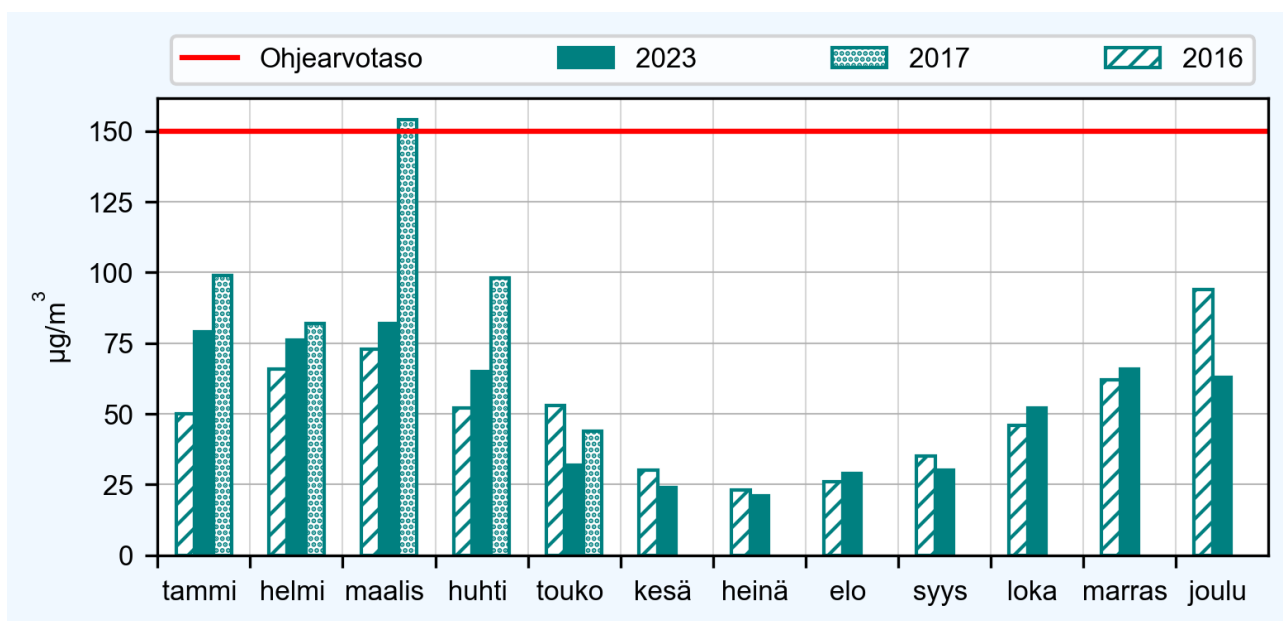
Vuonna 2023 Rovaniemen Rovakadulla typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien ohjearvoon verrattavat pitoisuudet jäivät alle ohjearvotason kaikkina muina kuukausina, paitsi huhtikuussa katupölykauden aikaan, jolloin vuorokausiohjearvot ylittyivät hengitettävien hiukkasten osalta.

Vuonna 2023 typpidioksidin vuorokausiohjearvoon ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrattavat pitoisuudet olivat korkeimmillaan tammi-, helmi- ja maaliskuussa: 43, 44 ja $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tuntiohjearvoon ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrattavat pitoisuudet vuonna 2023 olivat korkeimmillaan niin ikään tammi-, helmi- ja maaliskuussa: 79, 76, $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet olivat matalampia vuoden 2023 huhti-lokakuussa ja talvikuukausina pääosin suurempia tai yhtä suuria kuin vuosien 2016–2017 vastaavina kuukausina. Tuntiohjearvoon verrattavat pitoisuudet olivat samansuuruisia tai pienempiä kuin vuosien 2016–2017 vastaavat pitoisuudet.

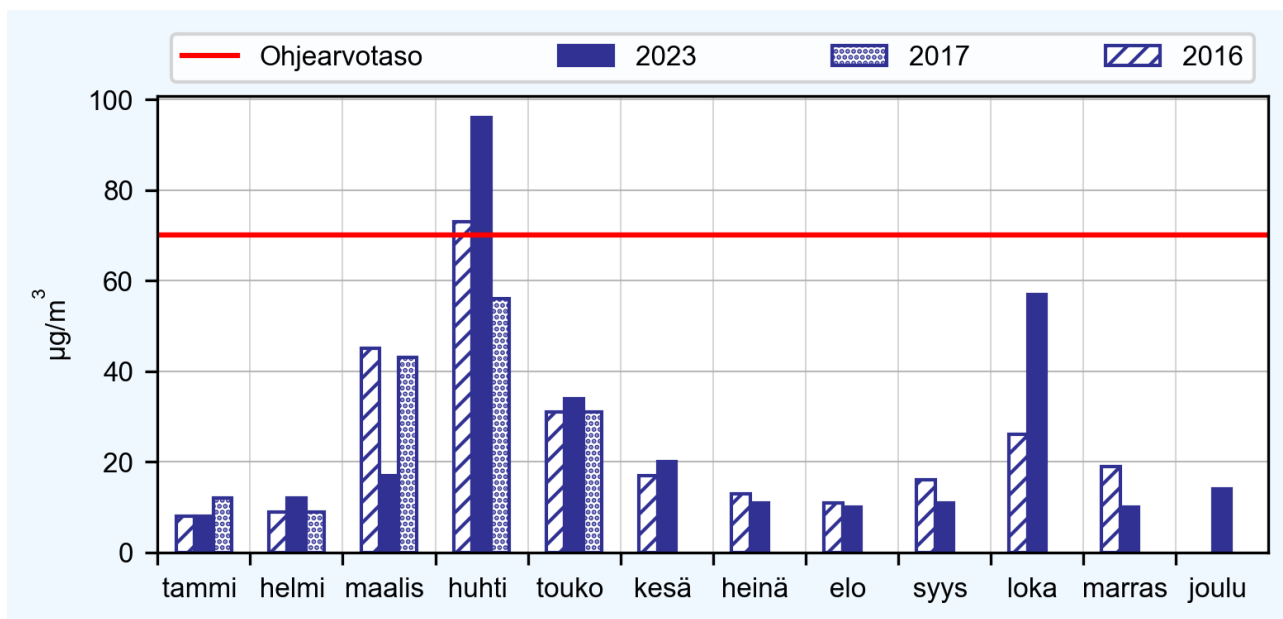
Vuonna 2023 hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrattavat pitoisuudet olivat korkeimmillaan huhti- ja lokakuussa: 96 ja $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet olivat selvästi korkeampia vuoden 2023 huhti- ja lokakuussa sekä selvästi pienempiä maaliskuussa kuin vuosien 2016–2017 vastaavina kuukausina. Erot kevätkauden pitoisuuksissa voi johtua katupölyn kauden eri ajankohdista eri vuosina. Lisäksi vuonna 2023 ja 2016–2017 mitattiin eri paikoissa, mikä myös voi vaikuttaa merkittävästi pitoisuustasoihin.



Kuva 7. Typpidioksidin vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Rovaniemen Rovakadulla vuonna 2023 ja vertailuna vuosina 2016–2017 mittaukset Rovaniemen keskustassa (Ruuth, 2017; Ruuth ja Ruuth, 2017). Punaisella vaakaviivalla on merkitty ohjearvotaso (70 µg/m³) kuukauden vuorokausipitoisuuksille.



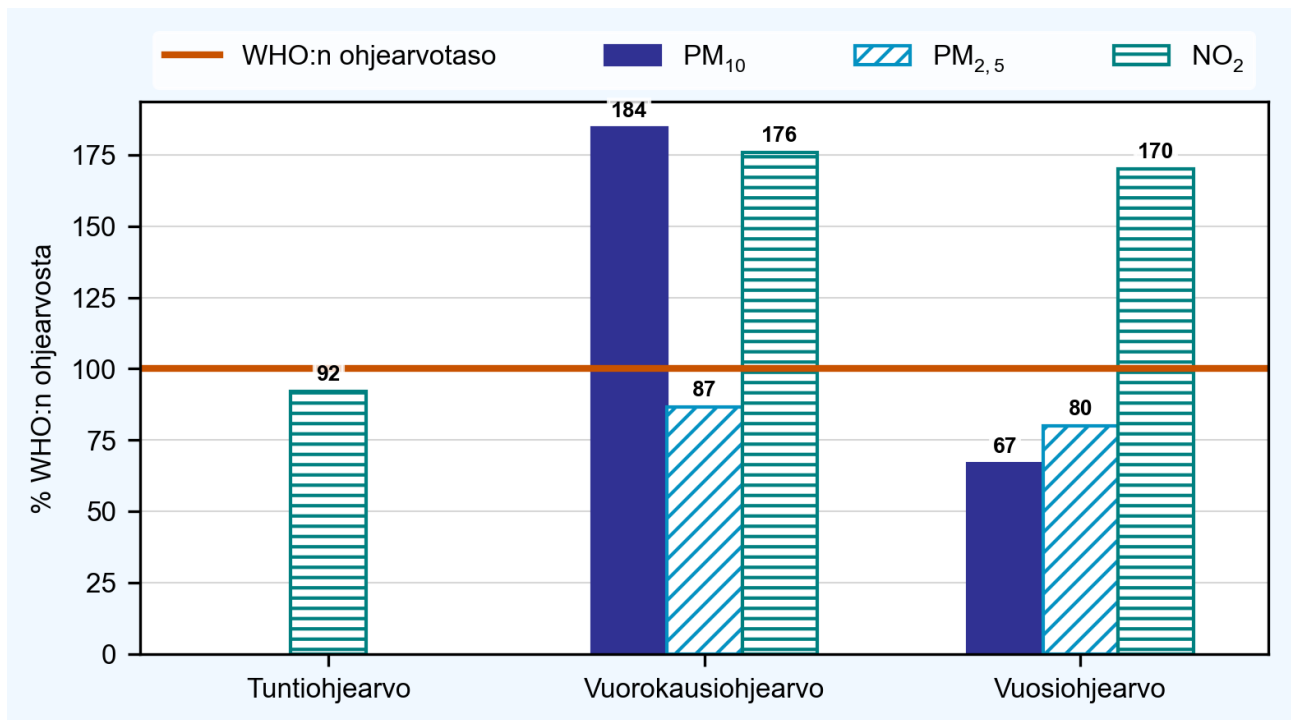
Kuva 8 Typpidioksidin tuntiohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Rovaniemen Rovakadulla vuonna 2023 ja vertailuna vuosina 2016–2017 mittaukset Rovaniemen keskustassa (Ruuth, 2017; Ruuth ja Ruuth, 2017). Punaisella vaakaviivalla on merkitty ohjearvotaso (150 µg/m³) kuukauden tuntipitoisuuksille.



Kuva 9. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain kuukausittain Rovaniemen Rovakadulla vuonna 2023 ja vertailuna vuosina 2016–2017 mittaukset Rovaniemen keskustassa (Ruuth, 2017; Ruuth ja Ruuth, 2017). Punaisella vaakaviivalla on merkitty ohjearvotaso (70 µg/m³) kuukauden vuorokausipitoisuuksille.

Kuvassa 10 on esitetty typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten Maailman terveysjärjestön (WHO) ohjearvoon (WHO, 2021) verrannolliset pitoisuudet Rovaniemi Rovakatu ilmanlaadun mittausasemalla vuonna 2023. WHO:n ohjearvot (taulukko 10) eivät ole sitovia, vaan niiden tarkoitus on avustaa valtioiden hallituksia ja yhteiskuntia ilmansaasteiden haitallisten vaikutusten vähentämisessä. WHO arvioi ilman pilaantumisen yhdeksi suurimmaksi globaalisti 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 on tilastollisesti määritelty siten, että ne ovat korkeimpien vuorokausikeskiarvopitoisuuksien 99. prosenttipiste, joka tarkoittaa käytännössä sitä, että kalenterivuoden jaksolla sallitaan 3 ylityskertaa ennen kuin vuorokausiohjearvon katsotaan ylittyneen.

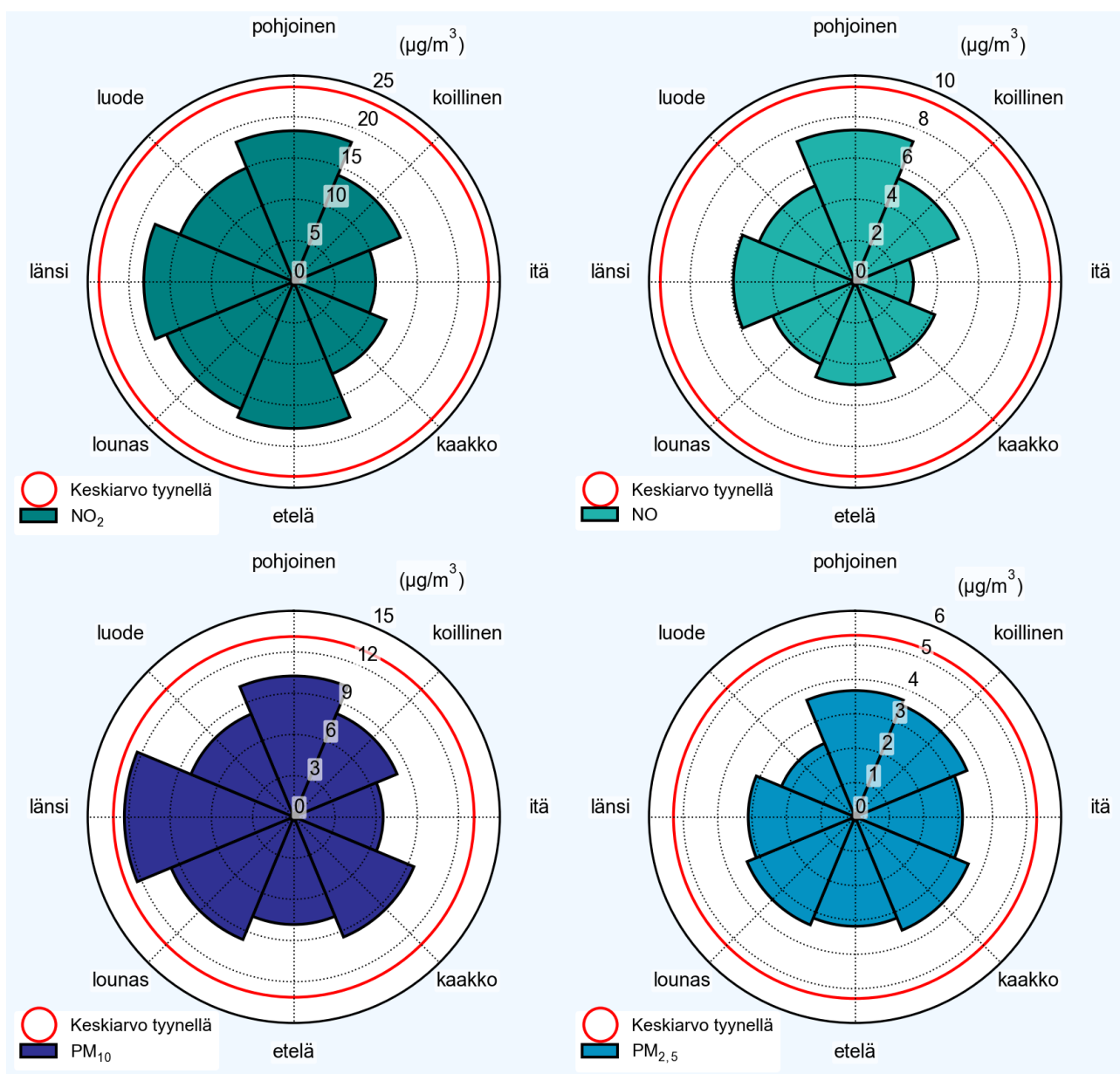
Hengitettävien hiukkasten WHO:n vuorokausiohjearvoon (45 µg/m³) verrattava pitoisuus Rovakadulla (83 µg/m³) ylitti ohjearvotason ollen 184 % ohjearvosta ja ylityksiä oli vuoden aikana 8 kpl, kun 3 kpl sallitaan. Ylitykset ajoituivat katupölykauden aikaan huhtikuulle mutta myös lokakuulle. Hengitettävien hiukkasten vuosiohjearvoon (15 µg/m³) verrattava pitoisuus (10 µg/m³) oli 67 % ohjearvosta. Pienhiukkasten vuorokausi- ja vuosiohjearvoon verrattavat pitoisuudet alittivat WHO:n ohjearvotasot. Typpidioksidin vuorokausiohjearvoon (25 µg/m³) verrattava pitoisuus Rovakadulla (44 µg/m³) ylitti ohjearvotason ollen 184 % ohjearvosta ja ylityksiä oli vuoden aikana peräti 58 kpl, kun 3 kpl sallitaan. Ylitykset ajoituivat pääasiassa vuoden kylmimmille kuukausille. Typpidioksidin vuosiohjearvoon (10 µg/m³) verrattava pitoisuus Rovakadulla (17 µg/m³) ylitti myös ohjearvotason ollen 170 % ohjearvosta, kun taas tuntiohjearvoon verrattava pitoisuus (184 µg/m³) oli alle (92 %) ohjearvotason (200 µg/m³).



Kuva 10. Rovaniemi Rovakatu ilmanlaadun mittausasemalla mitattujen yhdisteiden WHO:n ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet vuonna 2023 esitettyinä prosentteina WHO:n ohjearvosta. Punaisella vaakaviivalla (100 %) on merkitty WHO:n ohjearvotaso kullekin pitoisuudelle.

2.4 Tuulen suunnan ja nopeuden vaikutus mitattuihin pitoisuuksiin

Kuvassa 11 on havainnollistettu Rovaniemi Rovakatu ilmanlaadun mittausasemalla mitattujen pitoisuuksien keskimääräistä riippuvuutta tuulensuunnasta ns. pitoisuusruusujen avulla vuonna 2023. Pitoisuusruusu kuvaa tuntipitoisuuksien keskiarvoa eri tuulensuunnilla. Tyynellä säällä, eli kun tuulen nopeus on alle 0,5 m/s, havaittujen tuntipitoisuuksien keskiarvo on esitetty ympyrällä, jonka säteen pituus kuvaa pitoisuuden arvoa. Tyynellä säällä mitattuihin pitoisuustasoihin vaikuttaa tyypillisesti merkittävimmin lähipäästölähteet. Muilla tuulennopeuksilla havaitut pitoisuudet on esitetty tuulensuuntaisina sektoreina, joissa etäisyys keskipisteestä vastaa tuntipitoisuuksien keskiarvoa. Yleisesti Suomessa vallitsee lounaan puoleiset tuulet. Kaupunkien keskustoissa tuulet kanavoituvat herkästi katujen suuntaisesti. Kappaleessa 5.1 on esitetty Rovakadulla mitattu tuulijakauma tuuliruusuna (kuva 22), josta voi nähdä, että suurin osa tuulista on mitattu etelän ja lounaan väliltä. Tuulet kanavoituivat Rovakadun kulkusuunnan mukaisesti. Pitoisuusruusuissa tämä ei kuitenkaan näy, vaan Rovakadulla kaikkien mitattujen pitoisuuksien tyynien tilanteiden keskiarvot olivat suurempia kuin tuulisten tilanteiden keskiarvot. Tämä viittaa siihen, että lähipäästöillä on ollut suurin vaikutus Rovakadulla kaikkiin tässä kampanjassa mitattuihin ilmansaasteiden pitoisuuksiin.



Kuva 11. Rovakadulla mittausjasolla mitattujen tuntipitoisuuksien keskiarvot tuulensuunnittain. Punaisella ympyrällä on merkitty tyynien tilanteiden pitoisuuskeskiarvo. Tyyniksi on tässä tarkastelussa luokiteltu tuulet, joiden nopeus on alle 0,5 m/s.

2.5 Pitoisuuksien ajallinen vaihtelu

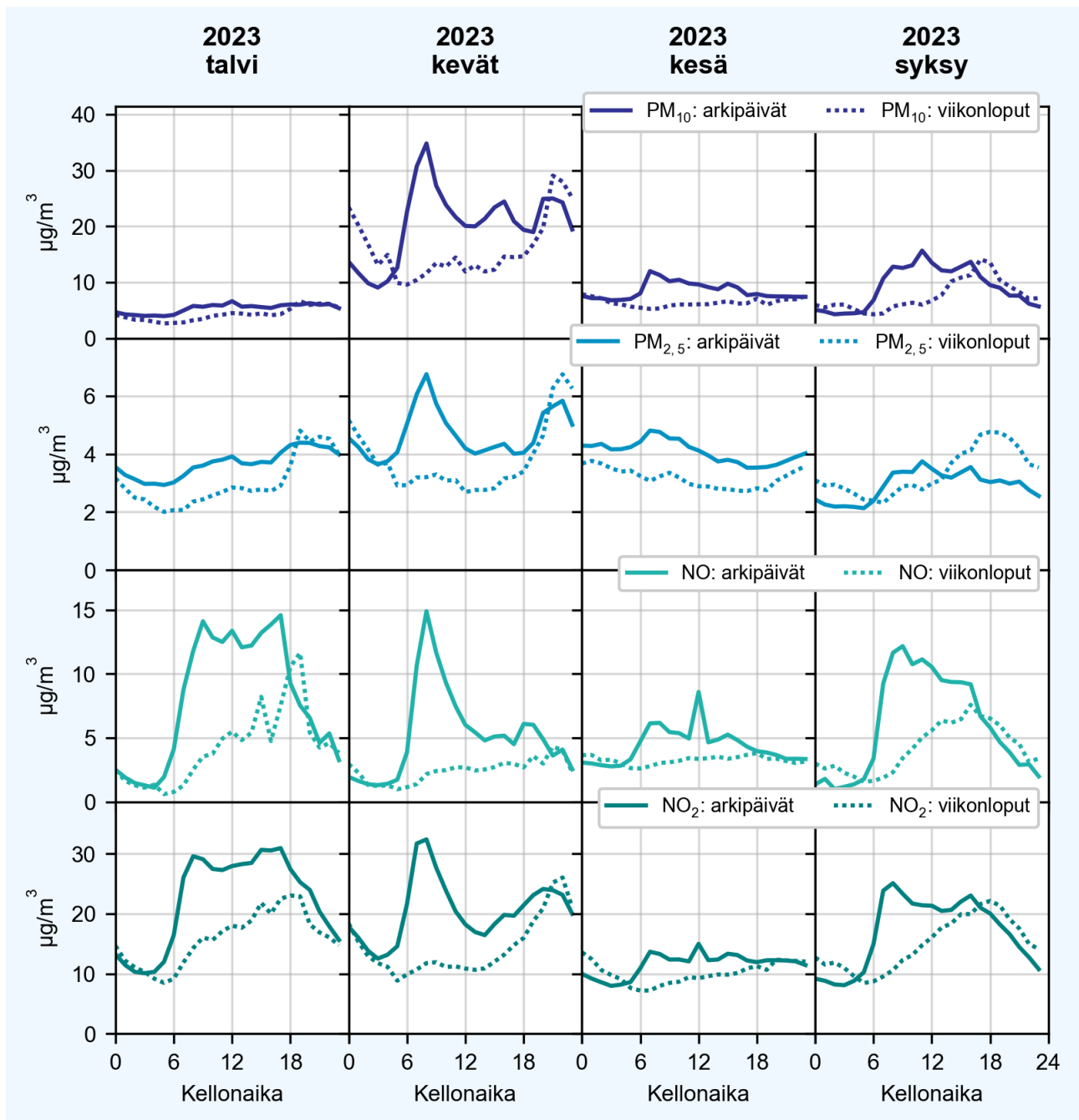
Kuvassa 12 on tarkasteltu Rovaniemi Rovakatu ilmanlaadun mittausasemalla mitattujen hengitettävien hiukkasten, pienhiukkasten, typpidioksidin ja typpimonoksidin vuorokausivaihtelua kellonajan mukaan erikseen arkipäivisin (maanantai–perjantai) ja viikonloppuisin (lauantai–sunnuntai) sekä eri vuoden aikoina (talvi: tammi-, helmi- ja joulukuu; kevät: maaliskuu-, huhti- ja toukokuu; kesä: kesä-, heinä- ja elokuu; syksy: syys-, loka- ja marraskuu).

Kevät on katupölyaikaa, jolloin liikenne ja tuuli nostattavat maasta hiukkasia ilmaan. Tämän ilmaan nousee katupölyn määrää säätelevät muun muassa liikenteen vilkkaus ja nopeus, nastarenkaiden käyttö, tuulen nopeus, maan- ja tienpinnan kosteus sekä sateisuus. Katupölyn määrään vaikuttavat voimakkaasti myös katujen kunnossapitotoimet ja niiden oikea-aikaisuus; mm. hiekoitushiekan puhdistaminen ja pölyn sidonta. Hiukkaspitoisuudet olivat korkeimmillaan aamu- ja

iltapäiväliikenteen ollessa vilkkaimmillaan varsinkin talvi- ja syyskuukausina. Tällöin myös ilmakehän sekoittuminen on yleensä heikkoa ja inversiotilanteet mahdollisia (<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/talviset-inversiotilanteet>).

Kevään katupölykausi erottuu selvästi hengitettävien ja pienhiukkasten kohonneina pitoisuuksina kevään kuukausina. Kevätkuukausien arkipäivien aamun aikana klo 7–8 hengitettävien ja pienhiukkasten keskimääräiset pitoisuudet olivat korkeimmillaan johtuen todennäköisesti vilkkaammasta autoliikenteestä Rovakadun ja Ruokasenkadun risteysalueella. Vastaavaa piikkiä ei ole havaittavissa samoihin kellon aikoihin kevätkuukausien viikonloppuina. Toinen piikki kevätkuukausien arkipäivinä on havaittavissa hengitettävien hiukkasten pitoisuuksissa noin kello 16, jolloin autoliikenne on yleisesti vilkasta aamun lisäksi. Muina vuoden aikoina hiukkaspitoisuuksissa ei voi havaita merkittäviä eroja arkipäivien ja viikonloppujen välillä.

Typpidioksidin tuntipitoisuuksissa havaitaan liikenteen vaikutus selkeästi arkipäivien ja viikonloppujen erona. Arkena on yleensä enemmän autoliikennettä viikonloppuun verrattuna ja varsinkin arkipäivien vilkkaampi autoliikenne näkyy typpidioksidin pitoisuuksissa hyvin selkeästi aamulla klo 6 jälkeen. Talvikkuukausina typpidioksidin pitoisuudet olivat muita vuodenaikoja korkeampia yleisesti johtuen ilmakehän heikommasta sekoittumisesta. Yöaikaan kaikkina vuodenaikoina typpidioksidi-pitoisuudet olivat alimmillaan. Ilmakehän sekoittuminen ja tuulet laimentavat pitoisuuksia maanpinnan lähellä (5.4).



Kuva 12 Rovaniemi Rovakatu ilmanlaadun mittausasemalla mitattujen hengitettävien hiukkasten (PM_{10}), pienhiukkasten ($PM_{2,5}$), typpimonoksidin (NO) ja typpidioksidin (NO_2) tuntikohtainen vaihtelu arkipäivien ja viikonloput sekä vuoden aikojen mukaan kalenterivuoden 2023 aikana.

2.6 Hengitettävien hiukkasten sisältämät PAH-yhdisteet Mellakujalla

Taulukkoon 2 on koottu tilastollinen yhteenveto Rovaniemi Mellakuja ilmanlaadun mittausasemalla vuonna 2023 mitatuista tavoitearvoon (vuosikeskiarvo) verrattavista bentso(a)pyreenin pitoisuuksista sekä kaikki analysoidut PAH-yhdisteet sisältävästä PAH-summasta, jolle ei ole määritetty tavoitearvoa. Bentso(a)pyreenin ja PAH-summan pitoisuustulokset on esitetty näytteittäin kuvissa 13–14 sekä yhdisteittäin eroteltuna raportin lopussa liitekuvassa 13. Koko mittausjakson bentso(a)pyreenin pitoisuuksien vertailu tavoitearvoon on esitetty kuvassa 15.

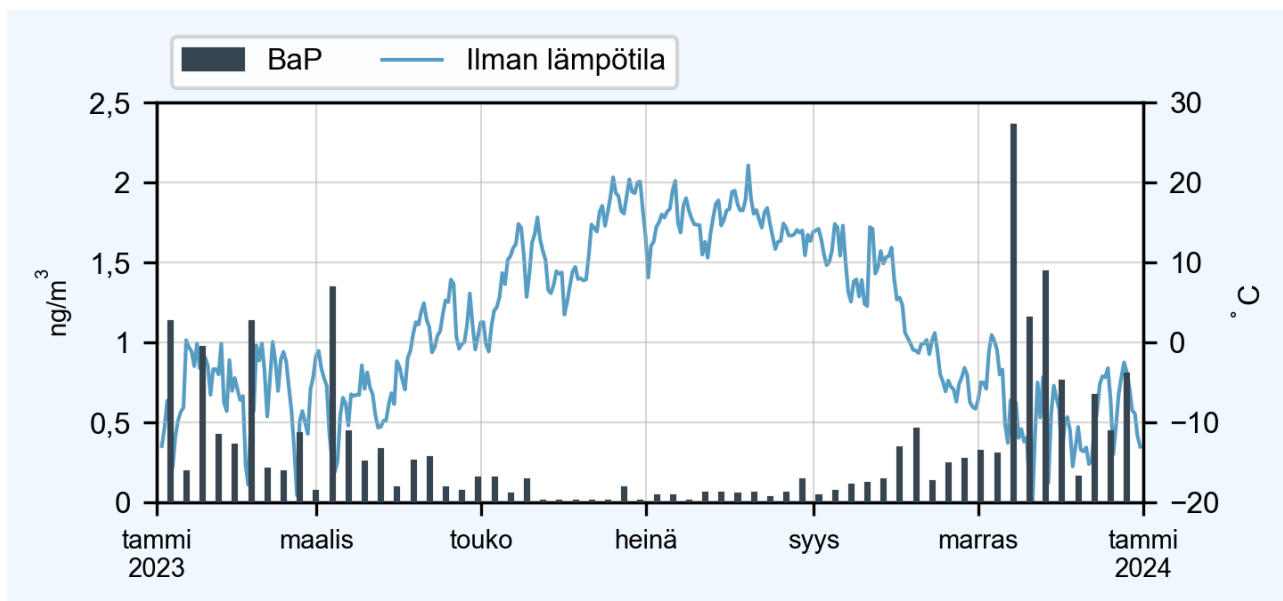
Kuvassa 13 on havaittavissa tyypillinen vuodenajan vaikutus PAH-yhdisteiden pitoisuuksiin. Talvella pitoisuudet ovat suurempia kuin kesällä, koska kotitalouksien puunpoltton ja mm. energiantuotannon takia PAH-yhdisteiden päästöt ovat talvikaudella suuremmat. Toisaalta myös PAH-yhdisteiden muuntuminen ilmakehässä on talvella hitaampaa kesään verrattuna johtuen alemmista lämpötiloista ja vähemmästä valon määrästä.

Mittausasema sijaitsi pientaloalueella, jossa poltetaan puuta. Mellakujalla havaittiin poikkeavan korkeita bentso(a)pyreenin pitoisuuksia 6.1., 18.1., 5.2., 7.3., 14.11., 20.11., 26.11.2023.

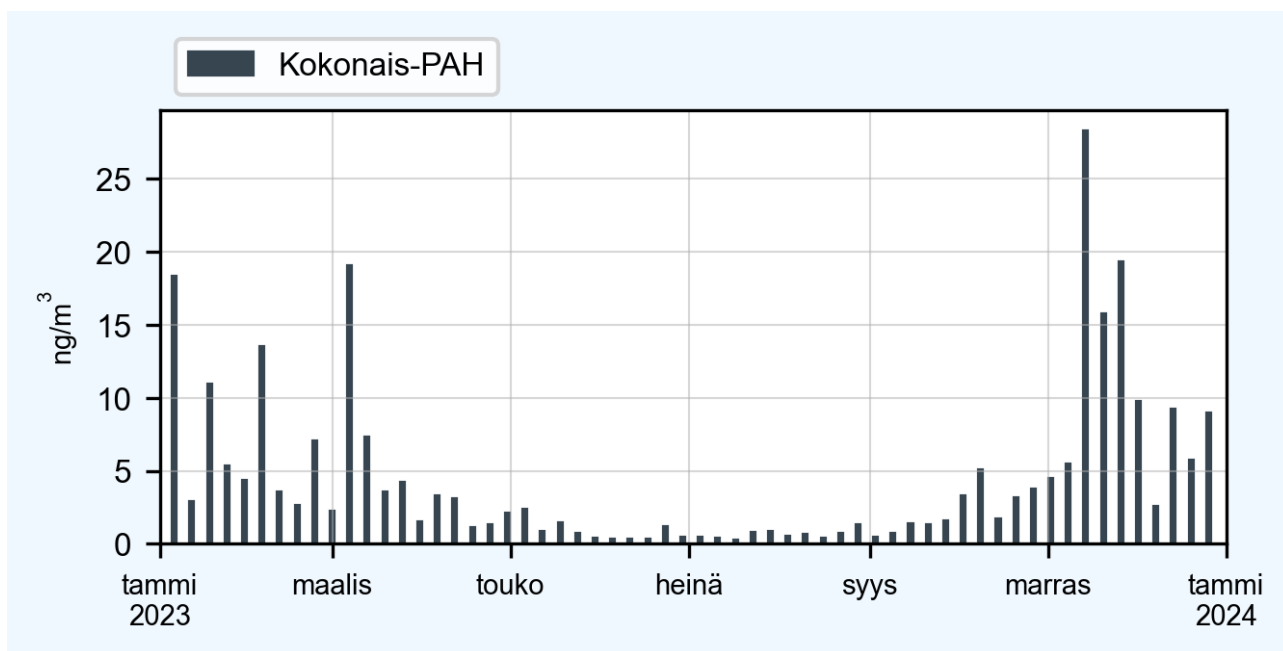
Näinä kaikkina päivinä oli tyyni pakkaspäivä (keskilämpötila -18,2 °C – -9 °C) ja tuulennopeus oli hyvin pieni (keskituulen nopeus 0,2–0,4 m/s), lukuun ottamatta 18.1., jolloin oli hieman tuulisempaa ja keskilämpötila oli korkeampi -3,4 °C. Tyyninä päivinä kotitalouksien puunpoltton päästöt jäävät helposti lähelle päästölähteitä matalaan ilmakerrokseen ja sekoittuvat huonosti ympäröivään ilmaan.

Taulukko 2. Rovaniemi Mellakujalla mittausjaksolla 6.1.–26.12.2023 kerätyistä hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausinäytteistä analysoidut PAH-yhdisteiden pitoisuudet. Kokonais-PAH tarkoittaa kaikkien analysoitujen PAH-yhdisteiden pitoisuuksien summaa.

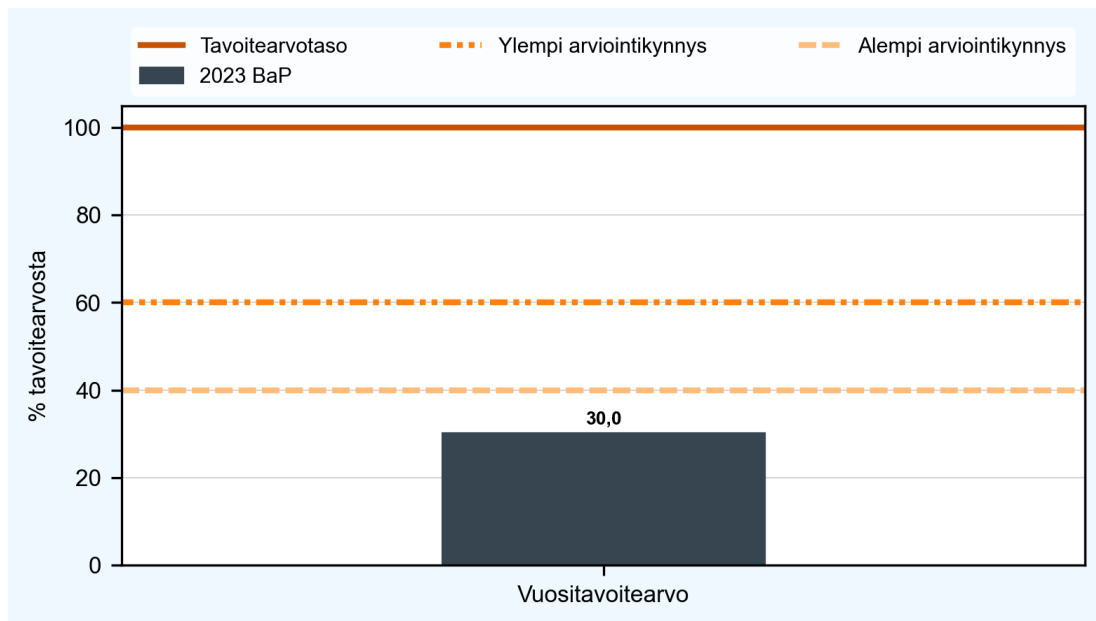
Rovaniemi Mellakuja	6.1.–26.12.2023
	keskiarvopitoisuus (ng/m ³)
Bentso(a)pyreeni	0,3
Kokonais-PAH	4,4



Kuva 13. Hengitettävistä hiukkasista (PM_{10}) määritetyt bentso(a)pyreenin (BaP) pitoisuudet (ng/m^3 , vasen pystyakseli) Rovaniemi Mellakuja mittausasemalla vuonna 2023. Kuvaan on piirretty myös ulkoilmanlämpötila Mellakujalla ($^{\circ}\text{C}$, oikea pystyakseli) kuvaamaan ulkolämpötilan suhdetta BaP pitoisuuksiin.



Kuva 14. Hengitettävistä hiukkasista (PM_{10}) määritetyt kokonais-PAH pitoisuudet (ng/m^3) Rovaniemi Mellakuja mittausasemalla vuonna 2023.



Kuva 15. Rovaniemi Mellakuja mittausasemalla kerätyistä hengitettävien hiukkasnäytteistä määritetyt bentso(a)pyreenin (BaP) tavoitearvoon verrattava pitoisuus vuonna 2023. Kuvaan on merkitty vaakaviivoilla tavoitearvotaso sekä ylempi ja alempi arviointikynnys.

2.7 Pitoisuuksien vertailua muualla mitattuihin pitoisuuksiin

Rovaniemen Rovakadun mittausasemalla mitattuja ilmansaasteiden pitoisuuksia verrattiin muualla Suomessa vastaavana aikana mitattuihin pitoisuuksiin. Helsingin Mannerheimintie edustaa Suomen mittakaavassa vilkkainta liikenneympäristöä kaupungin keskusta-alueella. Sammaltunturin mittausasema edustaa ilmansaasteiden pitoisuuksia Lapissa puhtaalla tausta-alueella, jossa aseman välittömässä läheisyydessä ei ole ihmistoimintoja. Oulu keskustan mittausasema sijaitsee vilkkaassa liikenneympäristössä ja edustaa Pohjois-Suomen suurimman kaupungin keskusta-alueen ilmanlaatua. Lappeenrannan keskustan mittausasema edustaa asukasmäärältään Rovaniemen kanssa verrannollisen kaupungin ilmanlaatua keskusta-alueella.

Taulukossa 3 on esitetty typpidioksidin, hengitettävien ja pienhiukkasten pitoisuuksien vuosikeskiarvoja vuodelta 2023. Rovaniemi Rovakadun typpidioksidin vuosikeskiarvopitoisuudet olivat samansuuruisia kuin Helsingin Mannerheimintiellä ja Oulun keskustassa ja yli kaksi kertaa suurempia kuin Lappeenrannan keskustassa. Hengitettävien hiukkasten osalta taas vuosikeskiarvopitoisuus Rovaniemen Rovakadulla oli samansuuruinen kuin Lappeenrannan keskustan ja pienempi kuin Helsingin Mannerheimintien ja Oulun keskustan vastaavat. Oulun ja Lappeenrannan keskustojen ilmanlaadun mittausasemilla ei mitattu pienhiukkasia. Verrattuna Helsingin Mannerheimintiehen, pienhiukkasten vuosikeskiarvo oli huomattavasti pienempi Rovaniemen Rovakadulla.

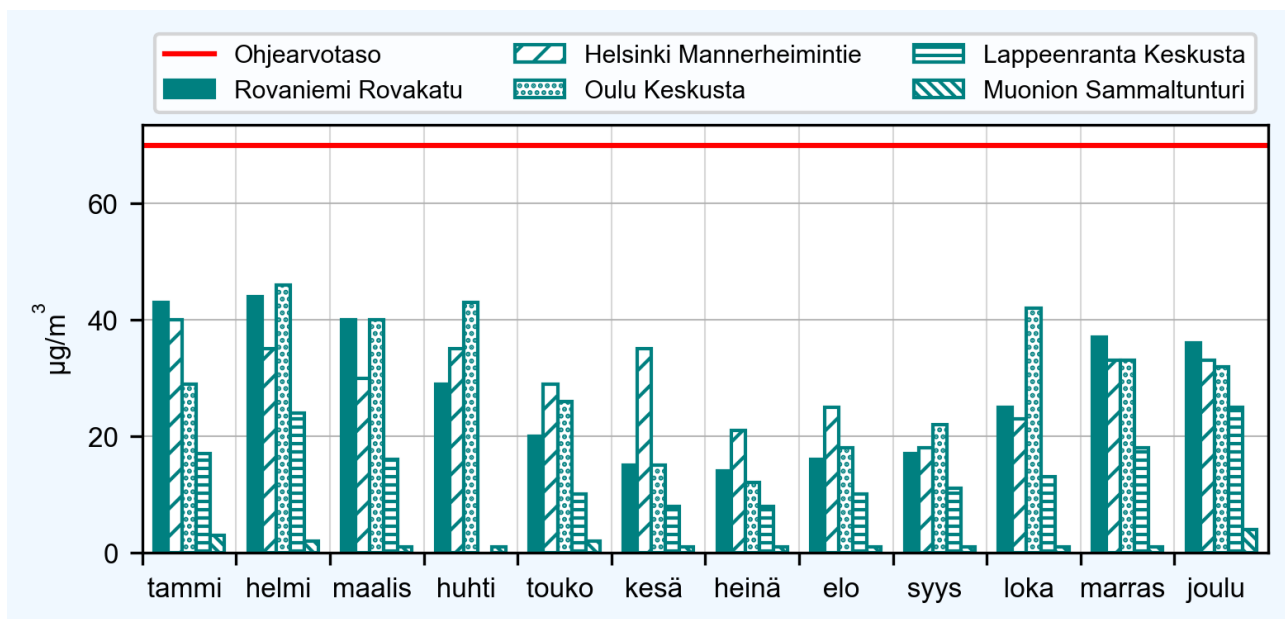
Kuvissa 16–17 on esitetty typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet Rovaniemen Rovakadun, Helsingin Mannerheimintien, Lappeenrannan keskustan, Oulun keskustan ja Muonion Sammaltunturin mittausasemilta.

Typpidioksidin vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet olivat Rovaniemen Rovakadulla talvi- ja syyskuukausina suurempia tai yhtä suuria kuin Helsingin Mannerheimintiellä. Verrattuna Oulun keskustaan Rovakadun typpidioksidin ohjearvoon verrattavat pitoisuudet olivat samansuuruisia muina kuukausina paitsi huhti- ja lokakuussa, jolloin Oulun keskustan pitoisuudet olivat selvästi suurempia. Lappeenrannan keskustaan verrattuna, Rovaniemen Rovakadulla mitatut typpidioksidin ohjearvoon verrattavat pitoisuudet olivat suuremmat vuoden jokaisen kuukautena.

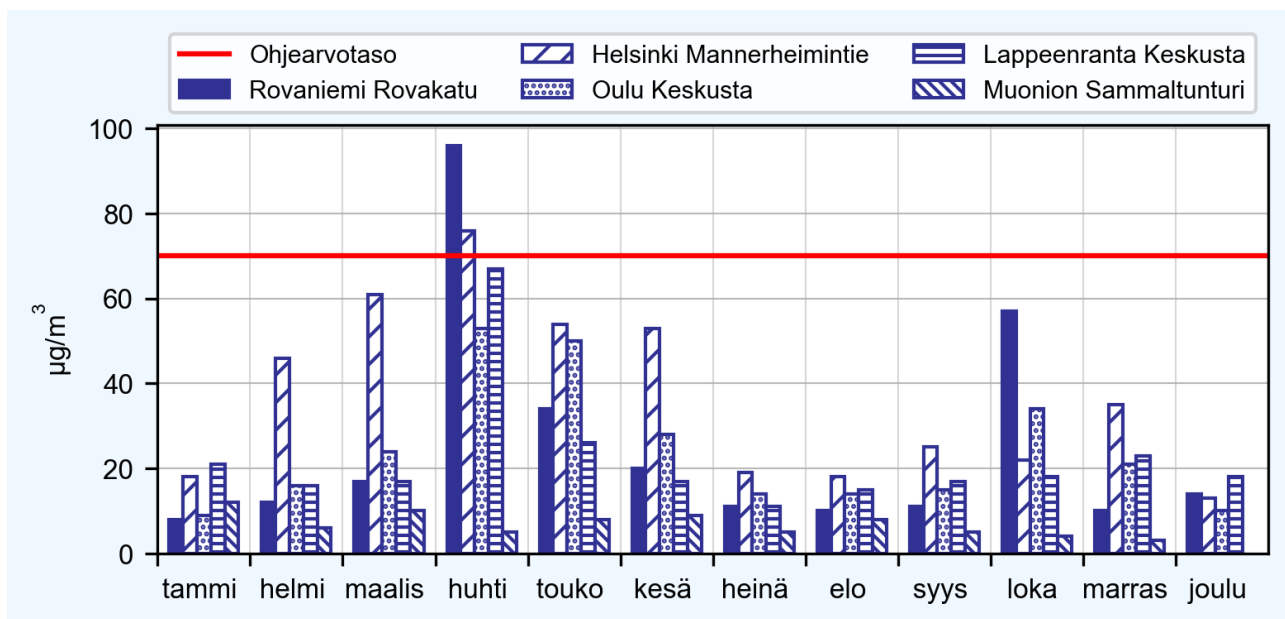
Hengitettävien hiukkasten vuorokausi-ohjearvoon verrattavat pitoisuudet olivat Rovaniemen Rovakadulla talvi- ja syyskuukausina pienempiä kuin Helsingin Mannerheimintie-lukuun ottamatta huhti- ja lokakuuta, jolloin Rovakadun ohjearvoon verrattavat pitoisuudet olivat selvästi suuremmat. Verrattuna Oulun ja Lappeenrannan keskustojen ilmanlaadun mittausasemiin Rovakadun hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrattavat pitoisuudet olivat samansuuruisia muina kuukausina paitsi huhti- ja lokakuussa, jolloin Rovakadun pitoisuudet olivat selvästi suuremmat.

Taulukko 3. Rovaniemi Rovakatu, Helsingin Mannerheimintie, Muonion Salmantunturi, Oulu Keskusta ja Lappeenranta Keskusta mittausasemilla vuonna 2023 mitatut typen oksidien, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Keskiarvo-pitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Rovaniemi Rovakatu	Helsinki Mannerheimintie	Muonio Salmantunturi	Oulu Keskusta	Lappeenranta Keskusta
NO ₂	16,6	16,8	0,8	15,5	7,1
PM ₁₀	10,1	17,4	2,6	12,1	9,9
PM _{2.5}	3,7	6,3	1,5	-	-



Kuva 16. Typpidioksidipitoisuuden 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.



Kuva 17. 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.

3. YHTEENVETO MITTAUSTULOKSISTA JA SUOSITUKSET

Ilmatieteen laitos seurasi Rovaniemellä ulkoilman laatua 30.11.2022–13.1.2024 välisenä aikana. Rovaniemi Rovakatu mittausasema sijaitsi Rovaniemen keskustassa Rovakadun ja Ruokaskadun risteyksen vieressä ja Rovaniemi Mellakuja mittausasema sijaitsi Vaaranlaen pientaloasuinalueella. Rovakadun mittausaseman edusti tyypillistä keskustan ympäristöä, jossa näkyy selvästi tieliikenteen päästöjen vaikutus. Mellakujan mittausasema edusti esikaupunkialuetta, jossa ilmanlaatuun vaikuttaa merkittävästi myös ympäröivän pientaloalueen puunpoltto sekä paikallinen autoliikenne. Rovakadun mittauspisteessä mitattiin typen oksideja (NO_x), hengitettäviä hiukkasia (PM_{10}) ja pienhiukkasia ($\text{PM}_{2,5}$). Mellakujalla kerättiin 6.1.–26.12.2023 hengitettävien hiukkasten vuorokausinäytteitä joka 6. vuorokausi. Näistä näytteistä analysoitiin laboratoriossa bentso(a)pyreenin ja muiden PAH-yhdisteiden pitoisuuksia. Typen oksideja ja erikokoisia hiukkasia vapautuu erityisesti autoliikenteestä ja kotitalouksien puulämmityksestä ja PAH-yhdisteitä erilaisista polttoprosesseista, kuten kotitalouksien puulämmityksestä. Ilmanlaatumittausten tulosten tulkintaa varten asemilla mitattiin myös säätietoja. Rovaniemen ilmanlaadun mittausten tavoitteena oli kartoittaa näiden ilmanlaadun komponenttien pitoisuustasoa ja hetkellistä vaihtelua Rovaniemen alueella sekä arvioida mittaustulosten perusteella ilmanlaadun seurannan tarvetta tulevaisuudessa.

Yleisesti ilman epäpuhtauksien pitoisuuksiin vaikuttavat liikenteen, teollisuuden ja energiantuotannon päästöt, haja- päästölähteiden kuten asuinrakennusten tulisijojen päästöt sekä kauempaa kulkeutuneet päästöt, ns. kaukokulkeuma. 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. 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. Autoliikenteen pakokaasupäästöjen pienentyessä tekniikan kehittymisen ja uusien päästörajoitusten myötä, liikenteen ilmaan nostattaman katupölyn sekä kotitalouksien puunpolton vaikutukset hiukkaspitoisuuksiin tulevat korostumaan. Yksittäisen päästölähteen vaikutusta pitoisuuksiin on yleensä vaikea erottaa. Vuodenaika, kaukokulkeuma ja sääolosuhteet vaikuttavat pitoisuuksiin voimakkaasti. Korkeimmat epäpuhtauspitoisuudet esiintyvät kaupunkialueilla useimmiten stabiileissa heikkotuulisissa tilanteissa ja erityisesti inversiotilanteissa, jolloin ilmakehän pystysuuntainen lämpötilajakauma estää tai rajoittaa epäpuhtauksien laimenemista. Hiukkaspitoisuudet ovat tyypillisesti korkeimmillaan keväisin ns. kevätpölyaikaan 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 oikea-aikaiset puhdistustoimet ja pölynsidonta suolaliuksella hillitsevät keväistä pölyämistä. Sateet alentavat myös muina vuodenaikoina väliaikaisesti ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia ja puhdistavat hengitysilmaa.

Rovakadun 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. Rovakadun mittausasemalla mittausjakson ajalta 30.11.2022–13.1.2024 indeksillä ilmaistuna ilmanlaatu oli hyvää tai tyydyttävää noin 84 % mittausjakson vuorokausista. Ilmanlaatu oli välttävää noin 11 % päivistä, huonoa noin 3 % päivistä ja erittäin huonoa alle 1 % päivistä. Huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun päiviä oli huhti- ja lokakuussa vuoden 2023 osalta (11 kpl huhti-, 1 kpl touko-, 1 kpl heinä- ja 5 kpl lokakuussa) sekä 1 kpl 1.1.2024 uudenvuodenpäivänä. Kaikki erittäin huonon ja miltei kaikki huonon indeksiarvon vuorokausista johtuivat tarkastelujaksolla korkeista PM_{10} pitoisuuksista. Heinäkuussa 10.7.2023 huonon indeksiarvon aiheuttaja oli NO_2 . Pääaiheuttaja huonolle ilmanlaadulle 1.1.2024 oli $\text{PM}_{2,5}$, joka liittyi hyvin todennäköisesti uuden vuoden rakettien ampumiseen keskustassa keskiyön tunteina, koska myös PM_{10} ja NO_x pitoisuudet olivat koholla

samaan aikaan (liitekuvat 11–12). Yleisesti huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun päivinä indeksiin vaikuttaneet pitoisuudet mitattiin tyynissä tai heikon tuulen (< 2 m/s) olosuhteissa.

Typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten mitatut pitoisuudet jäivät selvästi ilmanlaatulainsäädännössä annettujen raja-arvojen ja arviointikynnyksien alapuolelle. Vuonna 2023 typpidioksidin pitoisuus oli enimmillään Rovakadulla noin 41 % tuntiraja-arvosta ja noin 43 % vuosiraja-arvosta. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuskeskiarvot olivat korkeimmillaan 40 % vuorokausiraja-arvosta ja 25 % vuosiraja-arvosta. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvotason numeerisen arvon $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ylityksiä esiintyi 8 kpl vuonna 2023. Ylityspäiviä sallitaan hengitettäville hiukkasille mittausasemalla 35 kpl vuodessa, ennen kuin raja-arvo katsotaan ylittyneeksi. Pienhiukkasten vuosiraja-arvoon verrattava pitoisuus oli 16 % raja-arvosta.

Vuonna 2023 Rovaniemen Rovakadulla typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrattavat pitoisuudet jäivät alle ohjearvotason kaikkina muina kuukausina, paitsi huhtikuussa katupölykauden aikana, jolloin vuorokausiohjearvo ylittyi hengitettävien hiukkasten osalta. Typpidioksidin vuorokausiohjearvoon ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrattavat pitoisuudet olivat korkeimmillaan tammi-, helmi- ja maaliskuussa: 43, 44 ja $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja tuntiohjearvoon ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrattavat pitoisuudet olivat korkeimmillaan niin ikään tammi-, helmi- ja maaliskuussa: 79, 76, $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrattavat pitoisuudet olivat korkeimmillaan huhti- ja lokakuussa: 96 ja $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$, eli huhtikuussa vuorokausiohjearvo ylittyi.

Maailman terveysjärjestö 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, joten niiden ylittyminen ei edellytä toimenpiteitä. Hengitettävien hiukkasten WHO:n vuorokausiohjearvoon ($45 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrattava pitoisuus ylittyi ohjearvotason ollen Rovakadulla 184 % ohjearvosta ja ylityksiä oli vuoden aikana 8 kpl, kun 3 kpl sallitaan. Ylitykset ajoittuivat katupölyaikaan huhtikuulle sekä lokakuulle. Vuosiohjearvoon verrattava pitoisuus oli 67 % ohjearvosta. Pienhiukkasten vuorokausi- ja vuosiohjearvoon verrattavat pitoisuudet alittivat ohjearvotasot. Typpidioksidin WHO:n vuorokausiohjearvoon verrattava pitoisuus ylitti ohjearvotason ollen 184 % ohjearvosta ja ylityksiä oli vuoden aikana peräti 58 kpl, kun 3 kpl sallitaan. Ylitykset ajoittuivat pääasiassa vuoden kylmimmille kuukausille. Vuosiohjearvoon verrattava pitoisuus oli 170 % ja tuntiohjearvoon verrattava pitoisuus oli 92 % ohjearvosta.

Tuulet kanavoituvat herkästi Rovakadun kulkusuunnan mukaisesti. Tuulen suuntiin pitoisuuksia vertaavissa pitoisuusruusuissa tämä ei kuitenkaan näy, vaan Rovakadulla kaikkien mitattujen pitoisuuksien tyynien tilanteiden keskiarvot olivat suurempia kuin tuulisten tilanteiden keskiarvot. Tämä viittaa siihen, että Rovakadulla mitattuihin ilmansaasteiden pitoisuuksiin on vaikuttanut suurimmalta osin lähipäästöt.

Pitoisuuksista tarkasteltiin myös vuorokausivaihtelua jakaen mitatut pitoisuudet kellonajan mukaan erikseen arkipäiviin ja viikonloppuihin sekä eri vuodenaikoihin. Kevään katupölykausi erottuu selvästi hengitettävien ja pienhiukkasten nousseina pitoisuuksina. Kevätkuukausien arkipäivien aamun aikana klo 7–8 hengitettävien ja pienhiukkasten keskimääräiset pitoisuudet olivat korkeimmillaan johtuen todennäköisesti vilkkaammasta autoliikenteestä Rovakadun ja Ruokasenkadun risteysalueella. Vastaavaa piikkiä ei ole havaittavissa samaan kellon aikaan kevätkuukausien viikonloppuina. Toinen piikki kevätkuukausien arkipäivien aikaan on havaittavissa hengitettävien hiukkasten pitoisuuksissa noin kello 16, jolloin autoliikenne on yleensä vilkasta myös. Muina vuodenaikoina hiukkaspitoisuuksissa ei havaita merkittäviä eroja arkipäivien ja viikonloppujen välillä. Typpidioksidin tuntipitoisuuksissa havaitaan liikenteen vaikutus selkeästi arkipäivien ja viikonloppujen erona. Arkipäivisin on yleensä enemmän autoliikennettä viikonloppuihin verrattuna ja varsinkin arkiaamujen vilkkaampi autoliikenne näkyy typpidioksidin pitoisuuksissa hyvin selkeästi aamulla klo 6 jälkeen. Talvikuukausina typpidioksidin pitoisuudet olivat muita vuodenaikoja korkeampia yleisesti johtuen todennäköisesti ilmakehän heikommasta sekoittumisesta. Yöaikaan kaikkina vuodenaikoina typpidioksidipitoisuudet olivat alimmillaan.

Mellakujan hengitettävien hiukkasten keruunäytteistä analysoitujen PAH-yhdisteiden pitoisuudet olivat talven lämmityskaudella suurempia kuin kesäaikaan. Lämmityskaudella PAH-päästöjä on myös enemmän, kun kotitalouksien puunpolton on yleisempää kuin kesäkaudella. PAH-yhdisteiden elinaika ilmakehässä on talviaikaan pidempi kuin kesällä, jolloin ne hajoavat nopeammin auringonvalon vaikutuksesta. PAH-yhdisteiden mitatuissa pitoisuuksissa on havaittavissa näille yhdisteille tyypillinen vuodenaikaisvaihtelu. Mellakujalla havaittiin poikkeavan korkeita bentso(a)pyreenin pitoisuuksia yksittäisinä vuorokausina, jolloin oli joko tyyni pakkaspäivä, tai tuulennopeus oli hyvin pieni. Tyyninä päivinä kotitalouksien puunpolton päästöt jäävät helposti lähelle päästölähteitä matalaan ilmakerrokseen ja sekoittuvat huonosti ympäröivään ilmaan. Ongelmallista pientulisijojen päästöille on niiden vapautuminen suhteellisen matalalta, jolloin epäedullisissa sääolosuhteissa ne voivat heikentää ilmanlaatua ihmisten hengityskorkeudella. Huonosti toteutetussa puun pienpoltossa hiukkas- ja PAH-päästöt voivat olla huomattavasti korkeampia hyvään ja korkean hyötysuhteen polttoon verrattuna. PAH-yhdisteistä vain bentso(a)pyreenille on annettu tavoitearvo ilmanlaatulainsäädännössä. Bentso(a)pyreenin vuosikeskiarvopitoisuus jäi Mellakujalla selvästi alle tämän tavoitearvon (1 ng/m^3) ollen 30 % tavoitearvosta ($0,3 \text{ ng/m}^3$), ja näin myös alempi arviointikynnyksen taso ($0,4 \text{ ng/m}^3$) alittui.

Rovakadulla mitattuihin pitoisuuksiin vaikutti suurimmaksi osaksi autoliikenteen suorat päästöt (NO , NO_2 , NO_x , $\text{PM}_{2,5}$) sekä epäsuorat päästöt, kuten katupöly (PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$). Vaikka energiantuotantolaitokset tuottavat yleensä prosentuaalisesti merkittävän osan kaupungin typen oksidien päästöistä, yleensä vain hyvin pieni osuus hengityskorkeudella mitatuista typen oksidien pitoisuuksista on peräisin voimalaitoksista (Salmi ym. 2021). Voimalaitosten päästöt vapautuvat korkeista piipuista, jolloin ne laimenevat ja leviävät tehokkaasti. Päästöjen vaikutus hengityskorkeudelle ja maanpintatasolle jää sen takia pieneksi. Hiukkaspäästöt voimalaitoksista ovat hyvän hyötysuhteen ja päästöjen puhdistusmenetelmien ansiosta hyvin vähäiset verrattuna autoliikenteen suoriin ja epäsuoriin päästöihin. Näin ollen yleensä hyvin pieni osuus hengityskorkeudella mitatuista hiukkaspitoisuuksista on peräisin voimalaitoksista (Salmi ym. 2021). Rovaniemen keskustasta noin 2,3 km länsilounaan suuntaan sijaitsevan Suosiolan voimalaitoksen typen oksidien ja hiukkaspäästöjen osuus Rovakadulla mitatuista pitoisuuksista on todennäköisesti hyvin pieni.

Mellakujalla mitattuihin PAH pitoisuuksiin vaikutti suurimmaksi osaksi pientalojen puunpolto. Kaikista eniten PAH-yhdisteitä syntyy huonon hyötysuhteen huonolaatuisessa palamisessa. Voimalaitoksissa hyötysuhde on yleensä korkea ja kattiloiden palamisolosuhteet on optimoitu mahdollisimman hyväksi. Siksi voimalaitosten hiukkaspäästöt, jotka sisältäisivät PAH-yhdisteitä, ovat matalat. Näin ollen Mellakujalla hengityskorkeudella mitatuissa PAH-pitoisuuksissa Suosiolan voimalaitoksen päästöjen osuus on todennäköisesti hyvin pieni.

Ilmanlaatuasetuksessa (Vna 79/2017) todetaan, että ilmanlaadun seurannan riittävyys ja esimerkiksi ilman epäpuhtauspitoisuuksien suhde raja-arvoihin ja ilmanlaadun arviointikynnyksiin, tulee tarkistaa ainakin viiden vuoden välein. Jos ilman epäpuhtauksien pitoisuudet ovat alemman arviointikynnyksen alapuolella, riittää, että ilmanlaatua seurataan yksinomaan suuntaa antavien mittausten, mallintamistekniikoiden, päästökartoitusten tai muiden vastaavien menetelmien perusteella. Vuonna 2023 tehdyn ilmanlaadun tarkkailujakson perusteella voidaan todeta, että Rovaniemellä ei ole tarvetta hengitettävien hiukkasten, pienhiukkasten, typenoksidipitoisuuksien kokoaikaisesti jatkuvaan mittaamiseen, vaan pitoisuustasoja voidaan seurata suuntaa antavien mittausten perusteella.

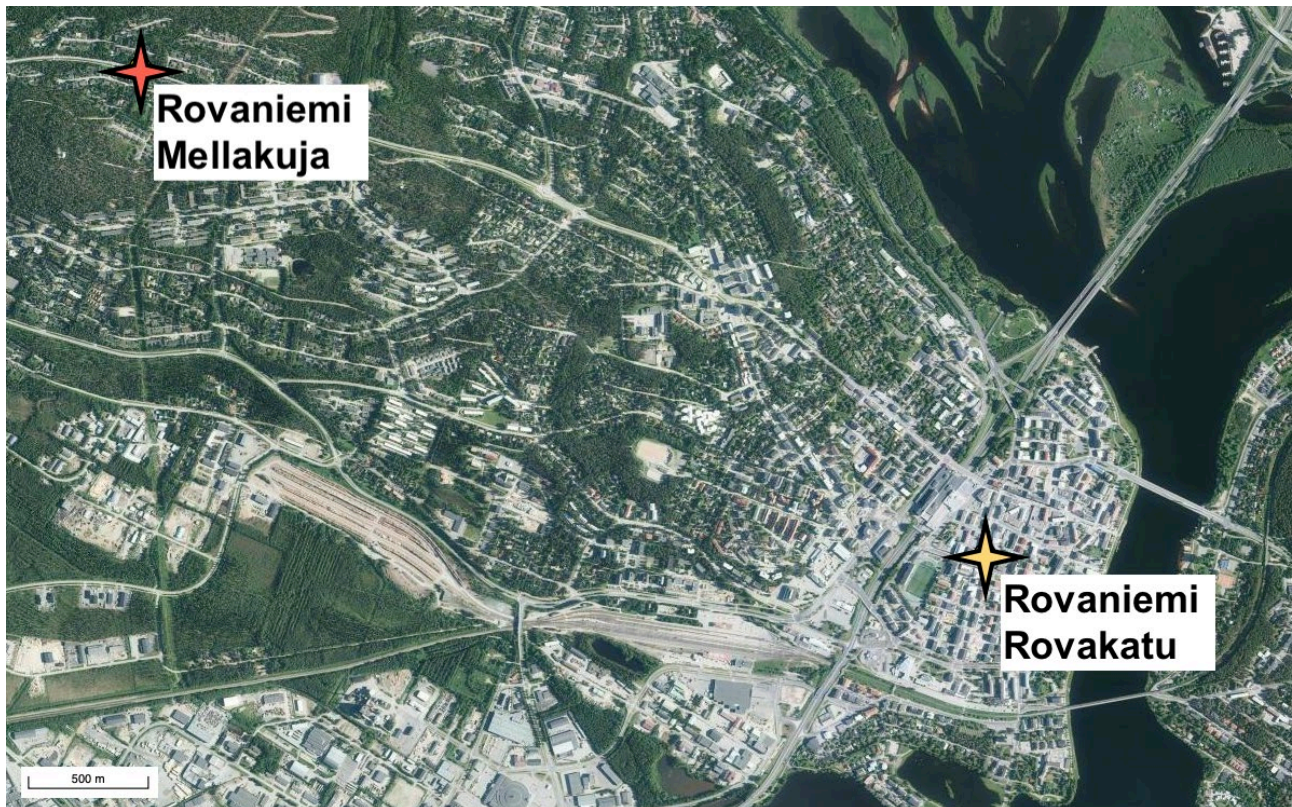
Jatkossa ilmanlaadun mittauksissa tulisi keskittyä typpidioksidin (NO_2) ja hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) pitoisuusseurantaan 5 vuoden välein Rovaniemen keskustassa mittauspaikan pysyessä samana.

Ilmanlaatudirektiivin päivitystyö on tällä hetkellä käynnissä ja oletettavaa on, että ilmanlaatulainsäädäntö (raja- arvot ja arviointikynnykset) tulevat tiukkenemaan nykyisestä vuoteen 2030 mennessä. Viiden vuoden kuluttua tehtävillä mittauksilla voidaan arvioida Rovaniemen

ilmanlaatua huomioiden tulevat raja-arvot ja arviointikynnykset. Typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten mittaukset tulisi suorittaa jatkuvatoimisilla menetelmillä kestäen kalenterivuoden ajan. Tällöin saadaan asianmukaiset mittaustulokset ohje- ja raja-arvovertailuja varten sekä tietoa lyhytaikaispitoisuuksista ja niiden vaihtelusta. Jatkossa Rovaniemellä tulisi katupölyhaittojen ehkäisemiseksi kiinnittää huomiota katupölyn torjuntaan, katujen ja teiden talvikunnossapitoon, oikea-aikaiseen hiekoitushiekan poistoon, asianmukaisiin puhdistusmenetelmiin sekä pölynsidontaan kevään katupölykaudella (Ritola ym., 2021). Esimerkiksi Oulussa on tehokkaasti vähennetty korkeimpia hiukkaspitoisuuksia pölynsidonnalla jo yli 10 vuoden ajan.



Kuva 19. Kartta Rovaniemen Vaaranlaan pientalo alueesta, johon on merkitty Mellakujan ilmanlaadun mittausasema keltaisella symbolilla (muokattu Maanmittauslaitoksen selkokarttasarja-aineistosta 3/2024).



Kuva 20. Ilmakuva alueesta, johon on merkitty ilmanlaadun mittausasemat Rovaniemi Rovakatu on merkitty keltaisella ja Rovaniemi Mellakuja punaisella symbolilla (muokattu Maanmittauslaitoksen selkokarttasarja-aineistosta 3/2024).

4.2 Mitatut suureet ja mittausmenetelmät

Rovaniemen Rovakadun ja Mellakujan mittauspisteisiin tuotiin mittauskontit/-kopit (kuva 21), joissa kaikki mittauksiin liittyvät toiminnot tapahtuivat häiriöttä ja mittausolosuhteet stabiileina. Rovakadun mittauspisteessä mitattiin typen oksideja (NO_x), hengitettäviä hiukkasia (PM_{10}) ja pienhiukkasia ($\text{PM}_{2,5}$). Mellakujan mittauspisteessä kerättiin hengitettävien hiukkasten vuorokausinäytteitä joka 6. vuorokausi, joista analysoitiin laboratoriossa PAH-yhdisteiden pitoisuuksia.

Mittalaitteet ja mittausmenetelmät on esitelty taulukossa 4. Kaikkien laitteiden näytteenotto tapahtui mittausaseman katolla olevista näytteenottimista noin 3,5 metrin korkeudelta. Lisäksi mittausasemalla havainnoitiin tuulen suuntaa ja nopeutta, ulkoilman lämpötilaa, suhteellista kosteutta ja ilmanpainetta. Säämittausanturin korkeus oli noin 4 metriä maanpinnan tasosta. Kontin ilmastointi on järjestetty niin, ettei poistoilmavirta häiritse näytteenottoa, eivätkä poistoilman epäpuhtaudet pääse näytteenottimiin.

Taulukko 4. Ilmanlaadun mittauksissa käytetyt menetelmät ja laitteet.

Mitattava komponentti	Mittausmenetelmä	Mittalaite
Typen oksidit	Kemiluminesenssi	TEI 42i
Hengitettävät hiukkaset	Valon sironta	Palas Fidas 200E
Pienhiukkaset	Valon sironta	Palas Fidas 200E
Hengitettävät hiukkaset vuorokausinäytteet (24 h)	Pientehokeräin*	Leckel SEQ 47/50
Meteorologiset tiedot		Vaisala WXT530

*) näytteet kerättiin EN 12341:2014-standarsin mukaisella vertailumenetelmällä



Kuva 21. Ilmanlaadun mittausasema Rovaniemi Rovakatu. Ulkoilma imetään mittalaitteisiin kontin katolla sijaitsevien näytteenottimien läpi. Lisäksi katolla on säämittausanturi. Valokuva: Antti Mannisenaho.

Typen oksidien (NO_x) mittauksissa käytettiin kemiluminesenssiin perustuvaa määrittämenetelmää. Typen oksidien mittaukset perustuvat EU:n referenssimenetelmään, joka on kuvattu standardissa *EN 14211:2012 Ambient air quality – Standard method for the measurement of the concentration of nitrogen dioxide and nitrogen monoxide by chemiluminescence*.

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 ($\text{PM}_{10}/\text{PM}_{2.5}$)*. Ilmatieteen laitoksen käyttämien automaattisten hiukkasanalysaattoreiden antamien tulosten vastaavuus $\text{PM}_{10}/\text{PM}_{2.5}$ -hiukkasten gravimetrisen referenssimenetelmään on osoitettu tutkimuksessa Walden ym. (2017). Mittauksissa käytössä olleille Fidas 200E -analysaattoreille on käytetty kansallisen vertailulaboratorion suosituksen mukaista ekvivalenttisuuskorjainta 0,95 hengitettäville hiukkasille ja 0,915 pienhiukkasille (Saarnio ym., 2021).

Jatkuvatoimisten mittalaitteiden mittaustulokset kerättiin minuuttiarvoina mittauksia ohjaavalle tietokoneelle, jolta ne siirrettiin edelleen minuuttiarvoina langattomasti modeemiyhteyden kautta Ilmatieteen laitoksen palvelimelle raakadatietokantaan ja siitä edelleen tallennettavaksi muihin tietokantoihin. Raakadatietokannassa 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.

Näytekeräykset (PM_{10}) suoritettiin automaattisella hiukkaskeräimellä, joka huolehtii näytesuodattimien vaihdosta laitteen sisällä laitteeseen ennalta ohjelmoidun syklin mukaisesti. Käytetty keräinmenetelmä on referenssimenetelmä (EN 12341:2014) hengitettävien hiukkasten pitoisuusmittauksissa ja sillä tulee kerätä PAH- yhdisteiden määrittämistä varten otettavat hengitettävien hiukkasten näytteet metalliasetuksen (Vna 113/2017) mukaan. Suodatinnäytteiden keräys kesti kerrallaan vuorokauden (aloitusaika aina klo 00:00) ja näytteitä otettiin joka kuudes vuorokausi. Suodattimien käsittely (mm. pakkaus ja purkaminen) tapahtui ainoastaan akkreditoidussa laboratoriossa ja mittausasemalla käsiteltiin suodattimia vain suodatinkoteloissaan, keräimen suodatinkasetin vaihdon yhteydessä.

Kerätyistä näytteistä määritettiin PAH-yhdisteet Suomen Ympäristökeskuksen (SYKE) laboratoriossa. PAH-yhdisteiden määrittäminen perustuu standardiin SFS-EN 15549:2008 (Air quality – Standard method for the measurement of the concentration of benzo(a)pyrene in ambient air.) Muiden polysyklisen aromaattisten hiilivetyjen määrittämisessä käytetään soveltuvin osin myös standardia ISO 12884:2000 (Ambient air – Determination of total (gas and particle-phase) polycyclic aromatic hydrocarbons – Collection on sorbent-backed filters with gas chromatographic/mass spectrometric analysis) ja teknistä spesifikaatiota CEN/TS 16645:2014 (Ambient air – Method for the measurement of benz[a]anthracene, benzo[b]fluoranthene, benzo[k]fluoranthene, dibenz[a,h]anthracene, indeno[1,2,3-cd]pyrene and benzo[g,h,i]perylene). Menetelmässä suodattimet uutetaan dikloorimetaaniin ja näytteet analysoidaan GC-MS-menetelmällä (kaasukromatografi–massaspektrometri). Laadunvarmistukseen käytetään varmennettua vertailumateriaalia (NIST1649b). SYKE:n PAH-analyysimenetelmä on akkreditoitu.

4.3 Kalibrointimenetelmät, 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_jarjestelmien_kuv_au.pdf). Ilmanlaadun seurannan laadunvarmennuksessa kiinnitettiin huomiota kalibrointien suorittamiseen, kalibrointien jäljitettävyyteen ja laitteiden toimintaan. Typen oksidien, rikkidioksidin, haisevien rikkijyhdisteiden ja hiilimonoksidin mittalaitteiden kalibroinnit tehtiin monipistekalibroinnin (4–5 pitoisuutta) avulla noin 3 kk välein. Mittausaineisto korjattiin matemaattisesti kalibrointitulosten perusteella. Kalibrointien yhteydessä tehtiin laitehuollot ja näytteenottolinjojen puhdistukset. Analysaattorien hiukkassuodattimet vaihdettiin kalibrointien yhteydessä.

Typen oksidien mittalaite kalibroitiin käyttäen typpimonoksidikaasua (NO), jota laimennettiin erillisen kenttälaimentimen avulla halutuille pitoisuustasoille. Laimentimesta tuotettiin kalibrointipitoisuusarvot, jotka oli varmennettu (kalibroitu) ilmanlaatumittausten kansallisessa vertailulaboratoriossa jäljitettävästi kalibroituja analysaattoria vastaan. Kenttälaimentimen tuottamien pitoisuuksien jäljitettävyys siirtyi laboratorion oman jäljen kautta ainemäärään (mooli). Laimennuskaasuna käytettiin suodatettua ilmaa. Typen oksidien kaasunormaalina käytettiin kaasupulloa. Kalibrointien perusteella ilmanlaadun seurannan typen oksidien pitoisuusmittaukset on jäljitetty kansalliseen mittanormaaliin ja sitä kautta ainemäärään. Ilmatieteen laitoksella

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

Ohjearvoon vertaaminen edellyttää, että vuorokausipitoisuuksia on vähintään 75 % kuukauden vuorokausien lukumäärästä. Tämä vaatimus täyttyi mittausasemalla kaikkien komponenttien osalta 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.

4.4 Mittausepävarmuus

Rovaniemen Rovakadun ja Mellakujan ilmanlaadun mittausasemilla vuonna 2023 toteutettujen mittausten epävarmuudet täyttivät mittauksille lainsäädännössä asetetut laatuavoitteet (taulukot 5 ja 6). Mittausepävarmuudet typenoksidimittauksille on määritelty Ilmanlaadun mittausohjeen mukaan (Ilmatieteen laitos, 2017).

Typpidioksidimittausten mittausepävarmuudeksi on määritetty alle 15 % pitoisuustasolla, joka vastaa tuntiraja-arvoa. Havaintoraja käytetyllä analysaattoreilla on noin 0,4 ppb.

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 mittalaitteiden osalta.

Palas Fidas 200E hiukkasmonitorin kertoimet ja mittausepävarmuudet on määritetty Ilmatieteen laitoksen raportissa Saarnio ym. (2021). Raportin mukaan Fidaksen korjauskerroin PM_{10} -hiukkasmassalle on 0,95 ja $PM_{2,5}$ -hiukkasmassalle 0,915. Vastaavat mittausepävarmuudet ovat 15,8 % ja 7,2 %. Fidaksen soveltuvuus Suomen oloihin on osoitettu (Saarnio ym., 2021) ja vastaavuudesta on tällä hetkellä menossa Ilmatieteen laitoksella. Ilmatieteen laitoksen vertailulaboratorio on hyväksynyt tutkimuksessa käytetyn hiukkasmittalaitteen käytettäväksi Suomessa.

Hengitettävien hiukkasten vuorokausinäytteistä analysoitujen PAH-yhdisteiden epävarmuudet on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 5. Laatutavoitteet jatkuvien mittausten sallitulle epävarmuudelle, mittausten ajalliselle kattavuudelle ja mittausaineiston vähimmäismäärälle (Vna 38/2011; Vna 164/2007).

Jatkuvat mittaukset	NO ₂ , NO _x	PM ₁₀ , PM _{2,5}	BaP
Sallittu epävarmuus	15 %	25 %	50 %
Aineiston vähimmäismäärä	90 %	90 %	90 %
Ajallinen kattavuus	100 %	100 %	33 %

Taulukko 6. Laatutavoitteet suuntaa antavien mittausten sallitulle epävarmuudelle, mittausten ajalliselle kattavuudelle ja mittausaineiston vähimmäismäärälle (Vna 38/2011; Vna 164/2007).

Suuntaa-antavat mittaukset	NO ₂ , NO _x	PM ₁₀ , PM _{2,5}	BaP
Sallittu epävarmuus	25 %	50 %	50 %
Aineiston vähimmäismäärä	90 %	90 %	90 %
Ajallinen kattavuus	14 %	14 %	14 %

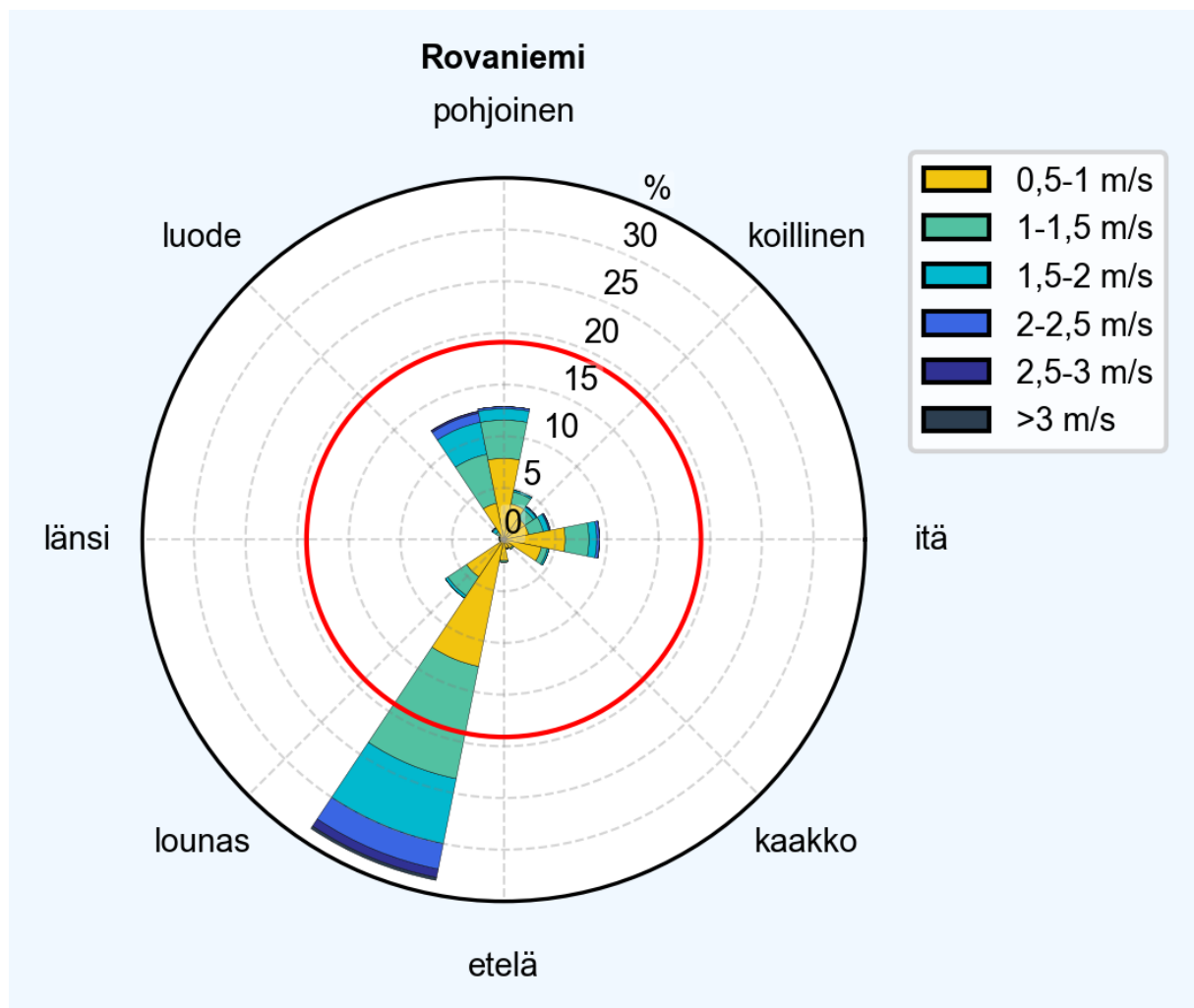
Taulukko 7. Laajennettu (k=2) epävarmuus tavoitearvopitoisuudelle 1 ng/m³ (1 vuorokauden keräystilavuudelle 55 m³) ja kvantitointirajat ng/suoratin ja ng/vuorokausinäyte (55m³)

Yhdiste	MU(k=2) (%)	LOQ (ng/suodatin)	LOQ (ng/m ³) vrk-näyte 55 m ³
Fenantreeni	9	0,9	0,02
Antraseeni	5	0,9	0,02
Fluoranteeni	10	0,9	0,02
Pyreeni	9	0,8	0,01
Trifenyleeni	20	0,9	0,02
Kryseeni	9	1	0,02
Bentso[a,]antraseeni	17	1	0,02
Bentso[b]fluoranteeni	17	0,9	0,02
Bentso[k]fluoranteeni	14	1	0,02
Bentso[j]fluoranteeni	18	1	0,02
Bentso[a]pyreeni	14	1,1	0,02
Dibentso[a,c]antraseeni	5	2,7	0,05
Dibentso[a,h]antraseeni	15	1,3	0,02
Indeno[1,2,3-cd]pyreeni	17	1,3	0,02
Bentso[ghi]peryleeni	10	2,7	0,05

5. SÄÄTIEDOT MITTAUSJAKSOLLA

5.1 Tuulitiedot

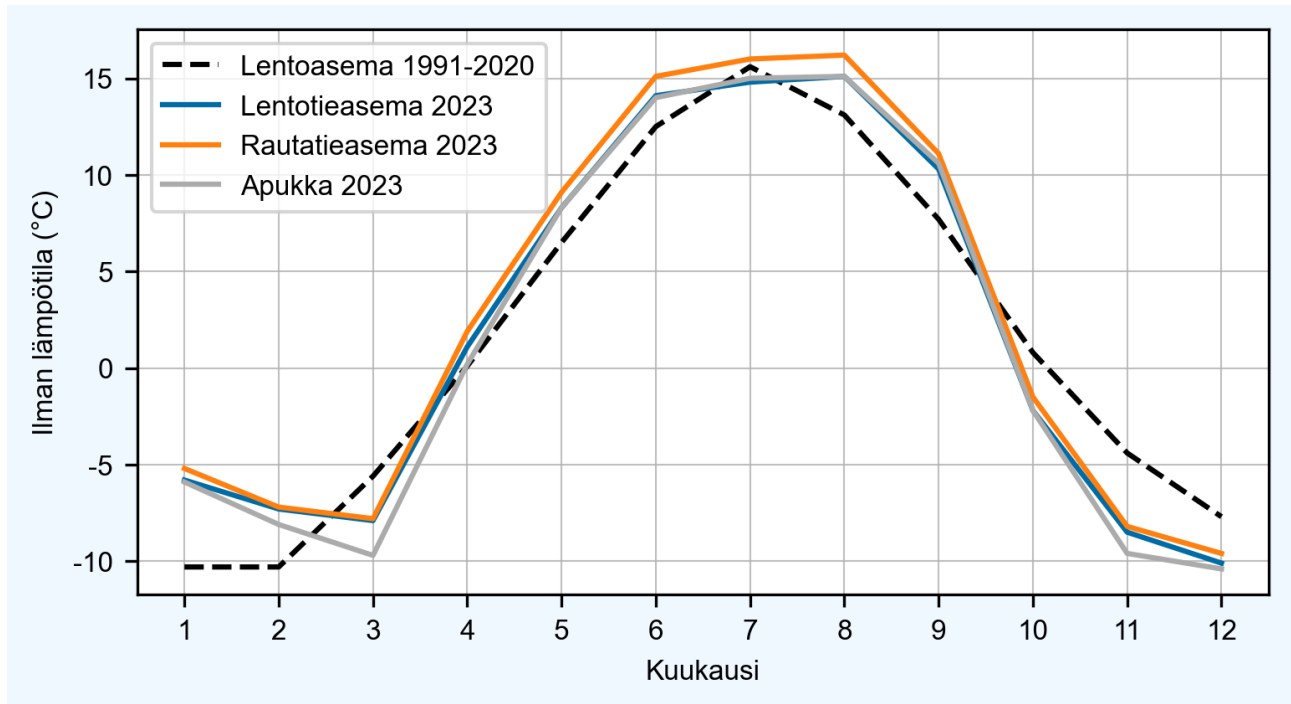
Rovaniemi Rovakadun ilmanlaadun mittausasemalla mitatuista tuulista tyynien tilanteiden osuus oli hieman alle 20 % mittausjakson tunneista. Tyyniksi katsotaan tässä tarkastelussa tunnit, jolloin tuulen nopeus oli alle 0,5 m/s. Tuulisensori sijaitsi noin 4 metrin korkeudella maanpinnasta mittausaseman katolla. Tuulet mittausasemalla kanavoituivat voimakkaasti Rovakadun suuntaisesti. Tuulet olivat mittauspisteessä pääsääntöisesti heikkoja mittausjakson ajan. Yli kolmannes ajasta tuuli etelän ja lounaan väliseltä suunnalta.



Kuva 22. Rovaniemi Rovakadulla mitatut tuulensuunnat (ilmansuuntasuuntasektorit) ja tuulennopeudet (m/s) mittausjakson aikana. Tyyniksi on tässä tarkastelussa luokiteltu alle 0,5 m/s tuulen nopeudet.

5.2 Keskilämpötilat

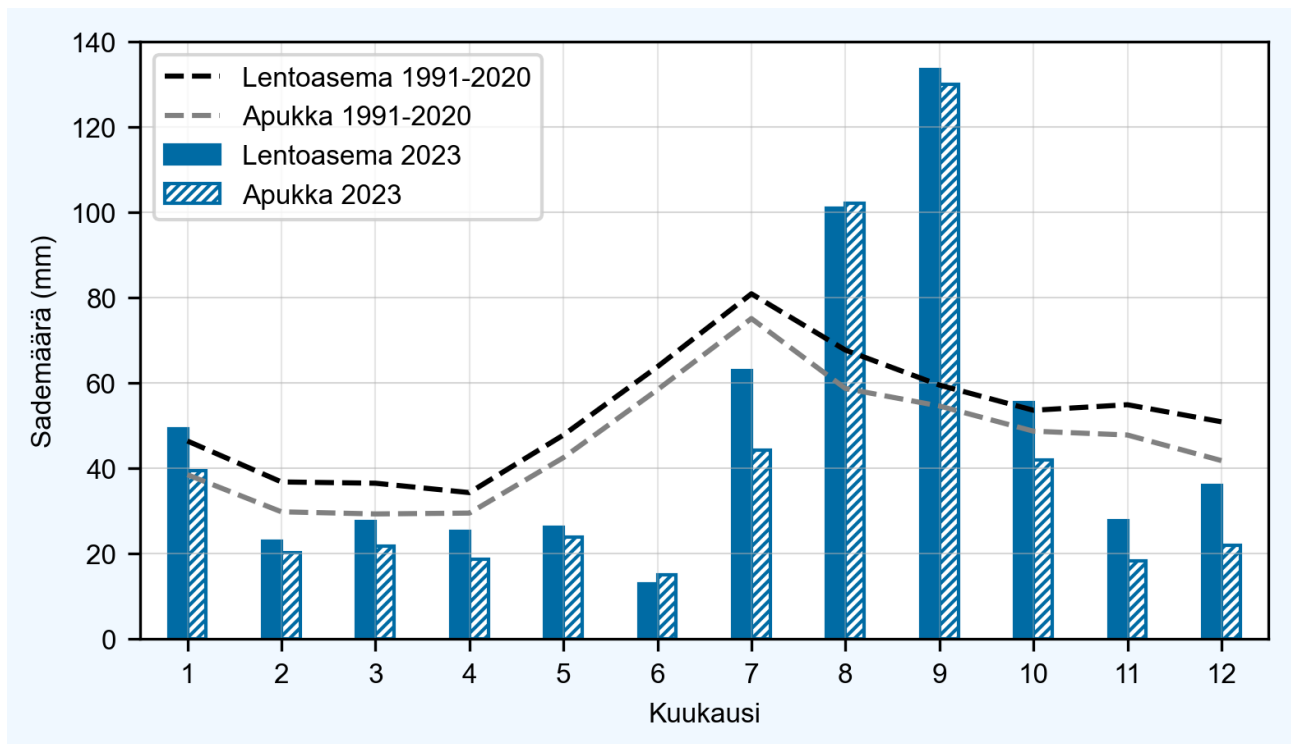
Ilmatieteen laitoksen ylläpitää Rovaniemen alueella useaa sääasemaa: Rovaniemi lentoasema, Rovaniemi Rautatieasema ja Rovaniemi Apukka. Kuvassa 23 on vertailtu näillä sääasemilla mitattuja vuoden 2023 keskilämpötiloja (Ilmatieteen laitos, 2024 b) ilmastollisen vertailukauden 1991–2020 lämpötiloihin (Ilmatieteen laitos, 2023 c). Rovaniemen lämpötila oli vuonna 2023 korkeampi kuin vertailukaudella tammi-helmikuussa ja huhti-syyskuussa. Erityisesti alkuvuosi, ja loppukesä Rovaniemellä vertailukautta lämpimämpää. Maaliskuussa Rovaniemellä oli vertailukautta kylmempää.



Kuva 23. Lämpötilan kuukausikeskiarvot Ilmatieteen laitoksen Rovaniemi lentoasema, Rovaniemi rautatieasema ja Rovaniemi Apukka sääasemilla vuonna 2023 (Ilmatieteen laitos, 2024 b) ja ilmastollisella vertailukaudella 1991–2020 (Ilmatieteen laitos, 2024 c).

5.3 Sademäärät

Ilmatieteen laitoksen ylläpitämät Rovaniemi lentoasema ja Rovaniemi Apukka sääasemat ovat Rovaniemeä lähimpänä sijaitseva sademäärää mittaavat viralliset sääasemat. Kuvassa 24 on vertailtu näillä sääasemilla mitattuja vuoden 2023 kuukausisademääriä (Ilmatieteen laitos, 2023 b) ilmastollisen vertailukauden 1991–2020 sademääriin (Ilmatieteen laitos, 2023 c). Vuoden 2023 elokuusta syyskuussa satoi huomattavasti enemmän kuin vertailukautena, ja muina kuukausina vähemmän kuin vertailukautena. Etenkin kesäisin kuurosateet saattavat olla paikallisia ja vettä voi sataa hyvinkin rankasti, mikä helposti vaikuttaa myös paikallisiin sademääriin.



Kuva 24. Kuukausisademäärät Ilmatieteen laitoksen Rovaniemi lentoasema ja Rovaniemi Apukka sääasemilla vuonna 2023 (Ilmatieteen laitos, 2024 b) ja ilmastollisella vertailukaudella 1991–2020 (Ilmatieteen laitos, 2024 c).

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 ilmassaallojen mukana laajoille alueille. Tämän kulkeutumisen aikana ilmansaasteet voivat reagoida keskenään sekä muiden ilmassa olevien yhdisteiden kanssa muodostaen uusia yhdisteitä. Ilman epäpuhtaudet poistuvat ilmastasta sateen huuhtomina, kuivalaskeumana erilaisille pinnoille tai kemiallisen muutoksen kautta.

Ilman epäpuhtauksien leviämisen ja laimenemisen kannalta keskeisiä meteorologisia tekijöitä ovat tuulen suunta ja nopeus, ilmakehän stabiilisuus ja sekoituskorkeus. Rajakerroksen tuuliolosuhteet määräävät karkeasti ilmansaasteiden kulkeutumisunnon, 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 suolaliuksella hillitsevät keväistä pölyämistä. Sateet alentavat myös muina vuodenaikoina väliaikaisesti ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia ja puhdistavat hengitysilmaa.

6. TAUSTATIE TOA ILMAN EPÄPUHTAUKSISTA

6.1 Typen oksidit

Typen yhdisteitä vapautuu päästölähteistä ilmaan typen oksideina eli typpimonoksidina (NO) ja typpidioksidina (NO₂). Näistä yhdisteistä terveysvaikutuksiltaan haitallisempaa on typpidioksidi, jonka pitoisuuksia ulkoilmassa säädellään ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoilla. Typpidioksidin määrään ilmassa vaikuttavat myös kemialliset muutuntareaktiot, joissa typpimonoksidi hapettuu typpidioksidiksi.

Ulkoilman typpidioksidipitoisuuksille altistuminen on suurinta kaupunkien keskustojen ja taajamien liikenneympäristöissä. Typpidioksidipitoisuudet kohoavat tyypillisesti ruuhka-aikoina. Korkeimmillaan typpidioksidipitoisuudet ovat erityisesti tiyninä ja kylminä talvipäivinä, jolloin myös energiantuotannon päästöt ovat suurimmillaan. Taajamien ja kaupunkien korkeimmat typpidioksidipitoisuudet aiheuttavat pääasiassa ajoneuvoliikenne, vaikka energiantuotannon ja teollisuuden aiheuttamat päästöt (pistemäiset päästölähteet) olisivat määrällisesti jopa suurempia autoliikenteeseen verrattuna. Ihmiset altistuvat helposti liikenteen päästöille, sillä autojen pakokaasupäästöt vapautuvat hengityskorkeudelle.

Typpidioksidin vuosiraja-arvo 40 µg/m³ alittuu nykyisin Suomessa. Typpidioksidin vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet viime vuosina suurimmissa kaupungeissa keskimäärin 15–25 µg/m³. Vilkkaimmilla teillä ja katukuiluosuuksilla vuosipitoisuudet voivat olla yli 25 µg/m³. Pienissä ja keskisuurissa kaupungeissa typpidioksidin vuosikeskiarvot ovat yleensä noin 5–15 µg/m³ mittausympäristöstä riippuen. Typpidioksidin tuntipitoisuudet voivat kohota yli raja-arvotason (200 µg/m³) yksittäisillä mittausasemilla muutamina tunteina vuodessa. Ylitystunteja saa olla vuodessa 18 kpl, ennen kuin raja-arvo katsotaan ylittyneeksi. Puhtailla tausta-alueilla typpidioksidin vuosikeskiarvot ovat olleet Etelä-Suomessa noin 1,5–4 µg/m³ ja Pohjois-Suomessa noin 1 µg/m³ (*Ilmatieteen laitos, 2022 c*).

6.2 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. Hengitettäville hiukkasille, 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 25.

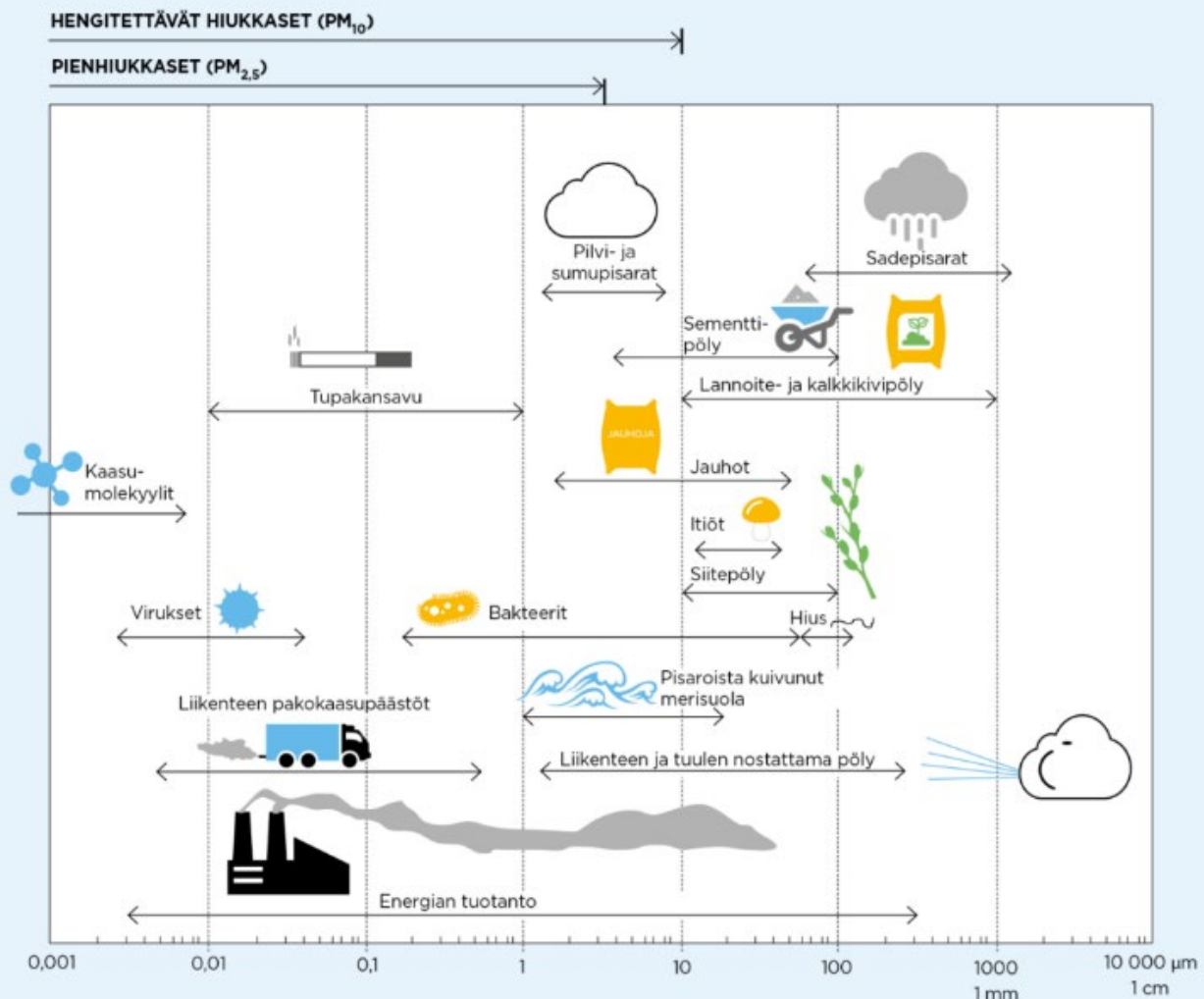
Suomessa hiukkaspitoisuudet kohoavat yleensä voimakkaasti keväällä maaliskuussa, kun maanpinnan kuivuessa tuuli ja liikenne nostattavat talven aikana kertynyttä katupölyä ilmaan. Pitoisuuksien kohoamista esiintyy taajamissa katupölyn vuoksi usein myös syksyllä talvirengaskauden alettua. Pienten hiukkasten 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 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 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 $5\text{--}20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vilkkaimmilla teillä ja katukuiluosuuksilla vuosipitoisuudet voivat olla yli $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Puhtailla tausta-alueilla vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet Etelä-Suomessa noin $9\text{--}14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Pohjois-Suomessa noin $3\text{--}5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (*Ilmatieteen laitos, 2022 c*).

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

Hiukkasten kokoluokkia



Kuva 25. Hiukkasten kokoluokkia. Hiukkasten koko ilmaistaan halkaisijana mikrometreissä (μm). Mikro (μ) etuliite tarkoittaa miljoonasosaa. 1 μm on siten metrin miljoonasosa eli millimetrin tuhannesosa.

6.3 PAH-yhdisteet

Polysykliset aromaattiset hiilivedyt eli PAH-yhdisteet ovat orgaanisia yhdisteitä, jotka muodostuvat vähintään kahdesta toisiinsa yhdistyneestä kokonaan hiilestä ja vedystä koostuvasta aromaattisesta renkaasta. PAH- yhdisteitä muodostuu palamisprosesseissa orgaanisen aineksen epätäydellisen palamisen seurauksena. PAH-yhdisteitä syntyy siten energiantuotannossa, liikenteessä (erityisesti dieselmoottorit), kotitalouksien puun pienpoltossa, kulutuksessa, jätteenpoltossa, öljynjalostuksessa, alumiinin tuotannossa sekä koksen valmistuksessa. Liikenne on merkittävin ilmanlaatuun vaikuttava PAH-yhdisteiden lähde kaupunkien keskustoissa ja vilkkaasti liikennöityjen teiden varsilla matalasta päästökorkeudesta johtuen. Pientaloalueilla kotitalouksien puunpoltto on merkittävin PAH-päästöjen lähde. Arkielämässä merkittävimpiä PAH-yhdisteiden lähteitä ovat muun muassa pakokaasut, tupakansavu, noki sekä ruoanvalmistus paahdamalla ja grillaamalla. Luonnollisia lähteitä ovat metsäpalot ja tulivuoren purkaukset.

PAH-yhdisteiden fysikaalis-kemialliset ominaisuudet vaihtelevat huomattavasti, mutta osa PAH-yhdisteistä on helposti haihtuvia. Ne vapautuvat ilmaan ja kulkeutuvat ilmakehässä pitkiä matkoja. PAH-yhdisteet esiintyvät joko kaasumaisessa olomuodossa tai sitoutuneina ilmassa oleviin pienhiukkasiin. PAH-yhdisteet, jotka sisältävät viisi rengasta tai enemmän, havaitaan lähinnä hiukkasiin sitoutuneina, kun taas 2–3 rengasta sisältävät ovat lähes ainoastaan kaasumaisessa olomuodossa. Vaihtelevuudet olomuodossa liittyvät pääasiassa 4 rengasta sisältäviin PAH-yhdisteisiin, kuten fluoranteeniin, pyreeniin, bentso(a)antraseeniin ja kryseeniin (European Commission, 2001). Bentso(a)pyreeni on viisirenkainen hiilivety, joka kiinnittyy palamisessa syntyviin pienhiukkasiin. PAH-yhdisteet ovat karsinogeenisiä ja ulkoilman PAH-yhdisteet lisäävät erityisesti keuhko- syöpään sairastumisen riskiä. PAH-altistuksen ja yhdisteiden aiheuttaman syöpäriskin merkkiaineena käyte- tään bentso(a)pyreeniä.

Bentso(a)pyreenin pitoisuudet ja vuodenaikaisvaihtelu kuvaavat hyvin muidenkin PAH-yhdisteiden ominaisuuksia. Talvella PAH-yhdisteiden pitoisuudet ovat suurempia kuin kesällä, koska mm. energiantuotannon ja puunpolton takia PAH-yhdisteiden päästöt ovat talvikaudella suuremmat. Toisin kuin monet muun ilmansaasteen päästöt, bentso(a)pyreenin päästöt ilmaan ovat kasvaneet Euroopassa viime vuosina. Tämä johtuu suurimmaksi osaksi lisääntyneestä biomassan poltosta. Noin neljäsosa Euroopan kaupunkien väestöstä altistui EU:n tavoitearvon 1 ng/m³ ylittävälle bentso(a)pyreenipitoisuuksille (EEA, 2020).

Suomessa bentso(a)pyreeni on tyypillisesti pientaloalueiden ongelma. Näillä alueilla poltetaan paljon puuta ja mitatut pitoisuuksien vuosikeskiarvot ovat usein tavoitearvon tuntumassa. Korkeita pitoisuuksia esiintyy erityisesti talvisin. Bentso(a)pyreenin tavoitearvon 1 ng/m³ ylityksiä on Suomessa mitattu viime vuosina ainoastaan Raahen Lapaluodon mittausasemalla. Siellä tavoitearvo on ylittynyt vuosina 2018 ja 2019. Bentso(a)pyreenin mittauksia on Suomessa melko harvassa, mutta mallilaskelmien mukaan tavoitearvoa lähellä olevia tai jopa sen ylittäviä pitoisuuksia esiintyisi melko tasaisesti ympäri Suomea asutuskeskuksissa alueilla, joissa on paljon puunpolttoa (Ilmatieteen laitos, 2024 d).

6.4 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 astmaatikoit, ikääntyneet sepelvaltimotautia ja keuhkoahtaumatautia sairastavat sekä lapset. Talvisin pakkasen 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.

6.5 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 ennakolta ja pitkällä aikavälillä alueilla, joilla ilmanlaatu on tai saattaa toistuvasti olla huonompi kuin ohjearvo edellyttäisi. Ilmanlaadun ohjearvot on määritellyt valtioneuvoston päätöksessä ilmanlaadun ohjearvoista (*Vnp 480/1996*, taulukko 8).

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 määritellyt ilmanlaatuasetuksessa (*Vna 79/2017*, taulukko 9).

Taulukko 8. Ilmanlaadun ohjearvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi (*Vnp 480/1996*).

Ilman epäpuhtaus	Ohjearvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Tilastollinen määrittely
Typpidioksidi (NO_2)	150 ¹⁾	Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste
	70 ¹⁾	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Hengitettävät hiukkaset (PM_{10})	70 ²⁾	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo

¹⁾ Tulokset ilmaistaan lämpötilassa 293 K ja paineessa 101,3 kPa.

²⁾ Tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

Taulukko 9. Ilmanlaadun raja-arvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi (*Vna 79/2017*).

Ilman epäpuhtaus	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (293 K, 101,3 kPa)	Sallittujen ylitysten määrä kalenterivuodessa
Typpidioksidi (NO_2)	1 tunti	200 ¹⁾	18
	kalenterivuosi	40 ¹⁾	—
Hengitettävät hiukkaset (PM_{10})	1 vuorokausi	50 ²⁾	35
	kalenterivuosi	40 ²⁾	—
Pienhiukkaset ($\text{PM}_{2,5}$)	kalenterivuosi	25 ²⁾	—

¹⁾ Tulokset ilmaistaan lämpötilassa 293 K ja paineessa 101,3 kPa.

²⁾ 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.

Typenoksidi- ja rikkidioksidipitoisuuksien kriittisen tason ylittyessä pitoisuudet saattavat aiheuttaa haitallisia vaikutuksia kasvillisuudelle tai ekosysteemeille. Kriittisiä tasoja (taulukko 11) sovelletaan rakennetun ympäristön ulkopuolella olevilla laajoilla maa- ja metsätalousalueilla sekä luonnonsuojelun kannalta merkityksellisillä alueilla.

Taulukko 10. Maailman terveysjärjestön (WHO) ohjearvot (WHO, 2021)

Ilman epäpuhtaus	Keskiarvon laskenta-aika	WHO:n ohjearvo
Pienhiukkaset (PM _{2,5})	kalenterivuosi	5
	24 tuntia	15
Hengitettävät hiukkaset (PM ₁₀)	kalenterivuosi	15
	24 tuntia	45
Typidioksidi (NO ₂)	kalenterivuosi	10
	24 tuntia	25
	1 tunti	200

Taulukko 11. Ulkoilman typenoksidien pitoisuuksia koskevat ilmanlaadun kriittiset tasot (Vna 79/2017)

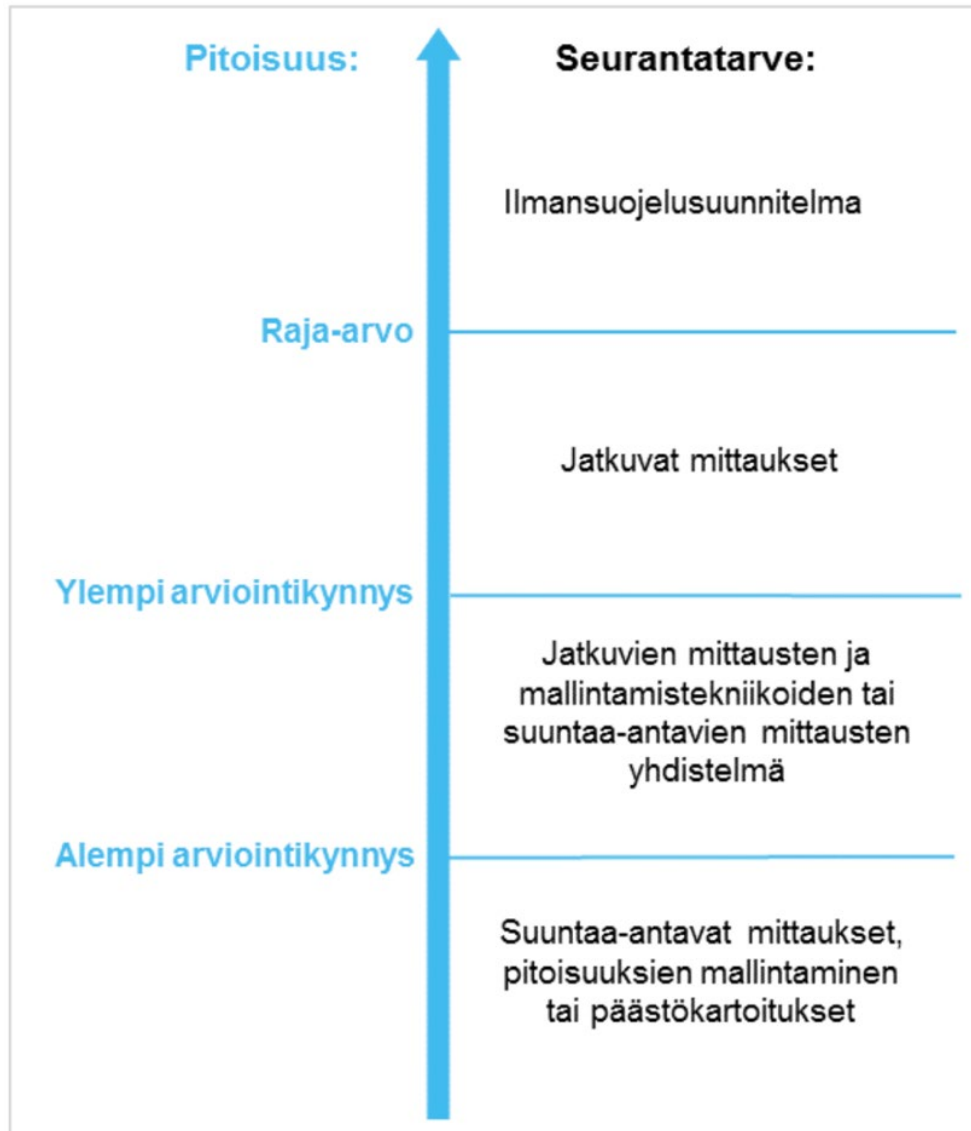
Ilman epäpuhtaus	Kriittinen taso µg/m ³	Tilastollinen määrittely
Typen oksidit (NO _x)	30 ¹⁾	Vuosikeskiarvo

¹⁾ Tulokset ilmaistaan lämpötilassa 293 K ja paineessa 101,3 kPa.

6.6 Ilmanlaadun arviointikynnykset

Seuranta-alueen ilmanlaadun seurannan suunnittelussa on otettava huomioon ilmanlaatuasetuksessa määritellyt arviointikynnykset (Vna 79/2017, kuva 26). 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 12 on esitetty typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja bentso(a)pyreenin pitoisuuksille määritetyt raja- ja tavoitearvot, ylemmät ja alemmat arviointikynnykset sekä niiden osuus raja-arvopitoisuuksista.



Kuva 26. Ilmanlaadun seurantatarve seuranta-alueella määräytyy mitattujen pitoisuuksien suhteesta ylempään ja alempaan arviointikynnykseen. Seurantatarve kasvaa pitoisuuksien kasvaessa.

Taulukko 12. Ilmanlaadun raja- ja tavoitearvot sekä seurannan suunnittelussa käytettävät ilmanlaadun ylemmät ja alemmat arviointikynnykset typpidioksidille, hengitettävälle hiukkasille ja bentso(a)pyreenille (Vna 79/2017). Suluissa on esitetty arviointikynnyksen osuus raja-arvopitoisuudesta. Kaasumaisilla yhdisteillä tulokset ilmaistaan 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa ja hiukkasten tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

Ilman epäpuhtaus keskiarvoistus ja yksikkö	Tilastollinen tunnusluku	Sallitut ylitykset (krt/vuosi)	Ylempi arviointikynnys (µg/m ³)	Alempi arviointikynnys (µg/m ³)
<u>Typpidioksidi (NO₂)</u>	<u>Raja-arvo</u>			
1 tunti (µg/m ³)	200	18	140 (70 %)	100 (50 %)
kalenterivuosi (µg/m ³)	40	-	32 (80 %)	26 (65 %)
<u>Hengitettävät hiukkaset (PM₁₀)</u>	<u>Raja-arvo</u>			
24 tuntia (µg/m ³)	50	35	35 (70 %)	25 (50 %)
kalenterivuosi (µg/m ³)	40	-	28 (70 %)	20 (50 %)
<u>Pienhiukkaset (PM_{2,5})</u>	<u>Raja-arvo</u>			
kalenterivuosi (µg/m ³)	25	-	17 (70 %)	12 (50 %)
<u>Bentso(a)pyreeni (BaP)</u>	<u>Tavoitearvo</u>			
kalenterivuosi (ng/m ³)	1	-	0,6 (60 %)	0,4 (40 %)

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>
- EEA, 2021.* Air quality in Europe – 2021 report. EEA Report, No 15/2021. ISSN 1977-8449 – doi: 10.2800/549289, <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2021>
- European Commission, 2001.* Ambient air pollution by Polycyclic Aromatic Hydro- carbons (PAH). Position Paper. Working group on Polycyclic Aromatic Hydrocar- bons. July 2001. Office for official publications of the European Communities.
- Haaparanta, S., Saari, H., Pesonen, R. 2006.* Typen oksidien ja hengitettävien hiukkasten pitoisuusmittaukset Rovaniemellä helmi-toukokuussa 2006. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun asiantuntijapalvelut. 30s.
- 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, 2024 a.* Ympäristönsuojelun tietojärjestelmän ilmanlaatuosa, tarkistetut mittaustulokset. <https://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>
- Ilmatieteen laitos, 2024 b.* Säähavainnot. <https://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>
- Ilmatieteen laitos, 2024 c.* Ilmastollinen vertailukausi 1991–2020. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmastollinen-vertailukausi>
- Ilmatieteen laitos, 2024 d.* Verkkosivu <http://ilmatieteenlaitos.fi/pah-yhdisteet>
- Ritola, R., Kulovuori, S., Stojiljkovic, A., Karvosenoja, N., 2021.* Katupölyn lähteet, päästövähennyskeinot ja ilmanlaatuvaikutukset. KALPA3-tutkimushankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 28/2021. <http://hdl.handle.net/10138/329698>
- Ruuth, J., 2017.* Rovaniemen ilmanlaadun seuranta 1.1.2016-28.2.2017. Nab Labs Oy. <https://www.rovaniemi.fi/loader.aspx?id=df7469fe-3c0d-44a5-afbc-ea224fb94121>
- Ruuth, J., Ruuth, H., 2017.* Rovaniemen ilmanlaadun seuranta 1.3.2017-30.5.2017. Nab Labs Oy. <https://www.rovaniemi.fi/loader.aspx?id=5558dc44-7041-4f95-b296-781738244674>
- Saari, H., Pesonen R., 2004.* Hiukkasmittaukset Rovaniemellä helmi-toukokuussa 2004. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun asiantuntijapalvelut. 25 s. + 3 liites.
- 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>

Salmi, J., Komppula, B., Latikka, J., Sillanpää, S., Laukkanen, E. ja Lovén, K., 2021. Oulun ilmanlaatuselvitys. Päästöjen leviämismallilaskelmat, mittausasemien edustavuuden arviointi ja ilmanlaadun seurantasuunnitelma. Ilmatieteen laitos, Asiantuntija-palvelut, Ilmanlaatu ja energia, Helsinki. 114 s. + 79 liites.

https://expo.fmi.fi/ages/public/Oulun_ilmanlaatuselvitys_ja_seurantasuunnitelma_2021_web.pdf

Syke, 2022. Ilman epäpuhtauksien päästöt Suomessa. Päästöinventaarior. Suomen ympäristökeskus SYKE.

https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kartat_ja_tilastot/ilman_epapuhtauksien_paastot

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.

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

World Health Organization WHO, 2021. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide.

<https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228?ua=1>

LIITETAULUKOT

Liitetaulukko 1. Rovaniemen Rovakadulla mitatut typpimonoksidin (NO) tunti- ja vuorokausipitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kuukausittain mittausjaksolla 30.11.2022–13.1.2024. Pitoisuudet on ilmoitettu 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

NO	2022 marras	2022 joulu	2023 tammi	2023 helmi	2023 maalis	2023 huhti	2023 touko	2023 kesä	2023 heinä	2023 elo	2023 syys	2023 loka	2023 marras	2023 joulu	2024 tammi
TUNTIARVOJEN															
lukumäärä (kpl)	20	744	744	672	743	718	744	716	719	744	686	743	718	744	296
aineiston määrä (%)	3	100	100	100	100	100	100	99	97	100	95	100	100	100	95
keskiarvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	10,2	5,4	7,1	6,7	3,4	3,1	3,5	3,9	4,8	4,5	4,7	7,1	8,0	18,1
99. % -piste ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	103	66	84	55	31	11	9	9	15	21	34	56	50	177
korkein arvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	183	122	161	98	58	16	31	209	26	35	111	112	75	228
VRK-ARVOJEN															
lukumäärä (kpl)	1	31	31	28	31	30	31	30	30	31	28	31	30	31	12
2. korkein arvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	25	15	17	16	9	6	6	6	6	7	14	20	18	30
korkein arvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	67	32	50	21	10	6	6	11	7	9	14	27	24	76

Liitetaulukko 2. Rovaniemen Rovakadulla mitatut typpidioksidin (NO_2) tunti- ja vuorokausipitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kuukausittain mittausjaksolla 30.11.2022–13.1.2024. Pitoisuudet on ilmoitettu 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

NO_2	2022 marras	2022 joulu	2023 tammi	2023 helmi	2023 maalis	2023 huhti	2023 touko	2023 kesä	2023 heinä	2023 elo	2023 syys	2023 loka	2023 marras	2023 joulu	2024 tammi
TUNTIARVOJEN															
lukumäärä (kpl)	20	744	744	672	743	718	744	716	719	744	686	743	718	744	296
aineiston määrä (%)	3	100	100	100	100	100	100	99	97	100	95	100	100	100	95
keskiarvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	20,4	19,8	22,3	24,8	17,4	14,0	11,4	9,8	12,3	13,1	16,2	19,4	18,9	32,2
99. % -piste ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	75	79	76	82	65	32	24	21	29	30	52	66	63	86
korkein arvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	92	93	91	94	79	44	30	184	39	41	58	76	78	97
VRK-ARVOJEN															
lukumäärä (kpl)	1	31	31	28	31	30	31	30	30	31	28	31	30	31	12
2. korkein arvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	43	43	44	40	29	20	15	14	16	17	25	37	36	43
korkein arvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	57	58	44	47	29	20	17	15	17	17	30	38	39	57

Liitetaulukko 3. Rovaniemen Rovakadulla mitatut typen oksidien (NO_x) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain mittausjaksolla 30.11.2022–13.1.2024. Pitoisuudet on ilmoitettu 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

NO _x	2022 marras	2022 joulu	2023 tammi	2023 helmi	2023 maalis	2023 huhti	2023 touko	2023 kesä	2023 heinä	2023 elo	2023 syys	2023 loka	2023 marras	2023 joulu	2024 tammi
TUNTIARVOJEN															
lukumäärä (kpl)	20	744	744	672	743	718	744	716	719	744	686	743	718	744	296
aineiston määrä (%)	3	100	100	100	100	100	100	99	97	100	95	100	100	100	95
keskiarvo (µg/m ³)	-	35,9	28,1	33,1	35,1	22,7	18,8	16,7	15,7	19,7	20,0	23,4	30,2	31,1	59,9
99. % -piste (µg/m ³)	-	226	186	205	163	105	46	36	32	44	57	99	141	121	355
korkein arvo (µg/m ³)	-	373	276	329	244	159	57	67	504	69	77	225	241	164	447
VRK-ARVOJEN															
lukumäärä (kpl)	1	31	31	28	31	30	31	30	30	31	28	31	30	31	12
2. korkein arvo (µg/m ³)	-	81	54	70	66	40	27	21	21	24	26	45	68	57	88
korkein arvo (µg/m ³)	-	159	107	121	79	44	29	24	33	26	27	52	77	63	173

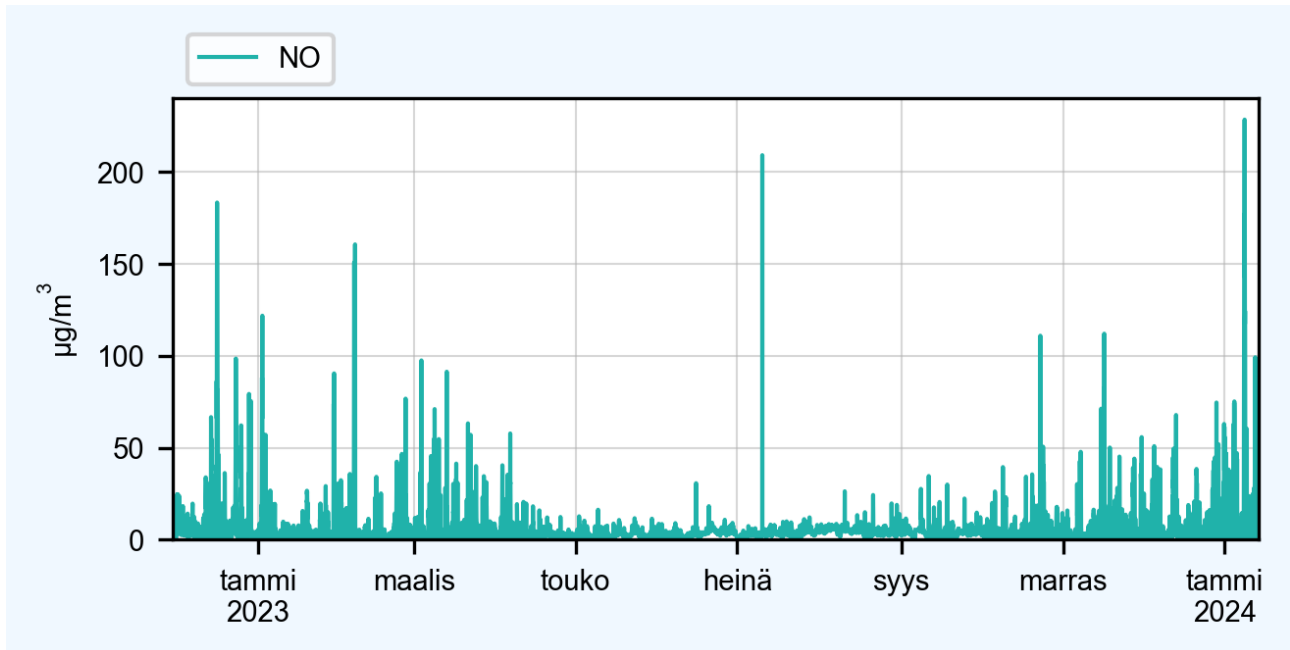
Liitetaulukko 4. Rovaniemen Rovakadulla mitatut hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain mittausjaksolla 30.11.2022–13.1.2024. Pitoisuudet on ilmoitettu 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

PM ₁₀	2022 marras	2022 joulu	2023 tammi	2023 helmi	2023 maalis	2023 huhti	2023 touko	2023 kesä	2023 heinä	2023 elo	2023 syys	2023 loka	2023 marras	2023 joulu	2024 tammi
TUNTIARVOJEN															
lukumäärä (kpl)	8	744	706	656	722	607	744	720	743	744	689	743	720	744	297
aineiston määrä (%)	1	100	95	98	97	84	100	100	100	100	96	100	100	100	95
keskiarvo (µg/m ³)	-	5,4	3,2	6,1	6,4	38,5	15,8	9,8	6,7	7,3	6,6	14,7	4,5	5,7	9,5
99. % -piste (µg/m ³)	-	33	15	24	35	237	64	30	20	17	18	130	20	31	59
korkein arvo (µg/m ³)	-	35	18	27	56	364	160	57	35	52	20	246	33	45	68
VRK-ARVOJEN															
lukumäärä (kpl)	-	31	29	27	29	25	31	30	31	31	28	31	30	31	12
2. korkein arvo (µg/m ³)	-	15	8	12	17	96	34	20	11	10	11	57	10	14	14
korkein arvo (µg/m ³)	-	19	8	18	17	118	41	22	12	13	11	59	11	14	27

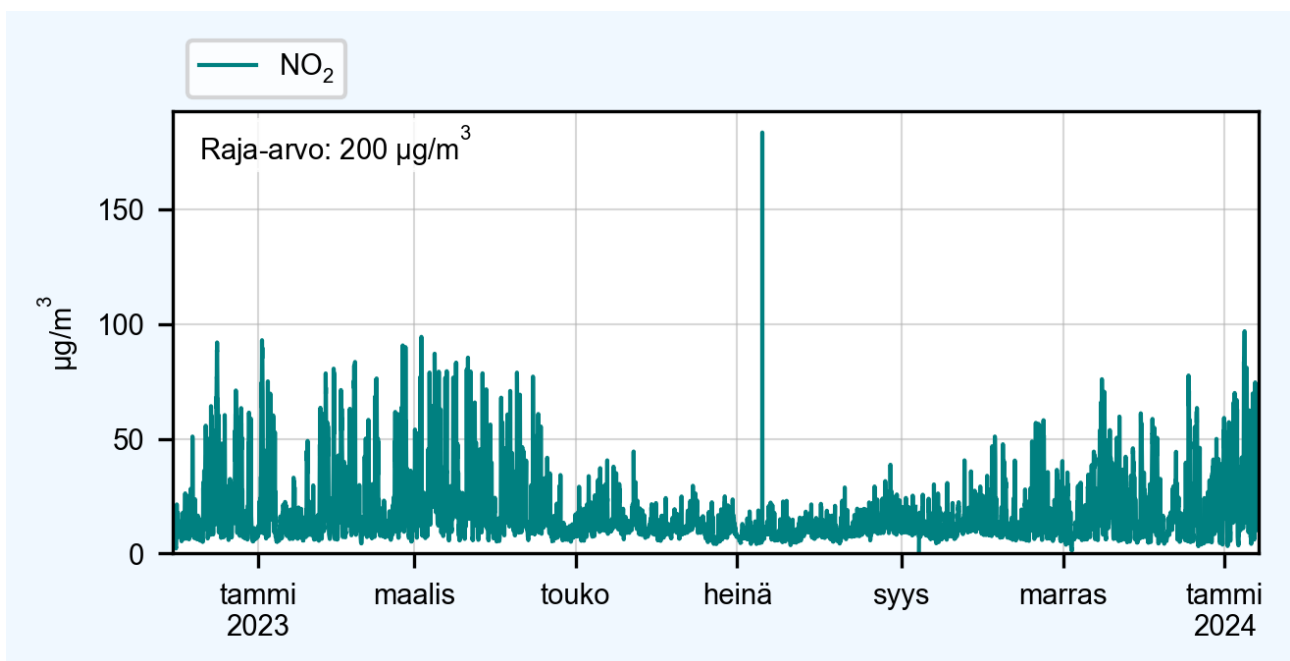
Liitetaulukko 5. Rovaniemen Rovakadulla mitatut pienhiukkasten (PM_{2,5}) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain mittausjaksolla 30.11.2022–13.1.2024. Pitoisuudet on ilmoitettu 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

PM _{2,5}	2022 marras	2022 joulu	2023 tammi	2023 helmi	2023 maalis	2023 huhti	2023 touko	2023 kesä	2023 heinä	2023 elo	2023 syys	2023 loka	2023 marras	2023 joulu	2024 tammi
TUNTIARVOJEN															
lukumäärä (kpl)	8	744	706	656	722	607	744	720	743	744	689	743	720	744	297
aineiston määrä (%)	1	100	95	98	97	84	100	100	100	100	96	100	100	100	95
keskiarvo (µg/m ³)	-	3,4	2,3	4,0	2,9	6,6	4,2	4,8	3,2	3,6	3,0	3,5	2,6	4,1	6,0
99. % -piste (µg/m ³)	-	19	12	15	14	35	13	17	10	10	11	19	12	14	45
korkein arvo (µg/m ³)	-	21	16	18	17	52	23	22	12	11	13	39	14	35	53
VRK-ARVOJEN															
lukumäärä (kpl)	-	31	29	27	29	25	31	30	31	31	28	31	30	31	12
2. korkein arvo (µg/m ³)	-	8	6	9	5	14	9	11	5	6	6	10	6	9	8
korkein arvo (µg/m ³)	-	9	7	11	8	18	9	12	7	8	7	11	7	9	18

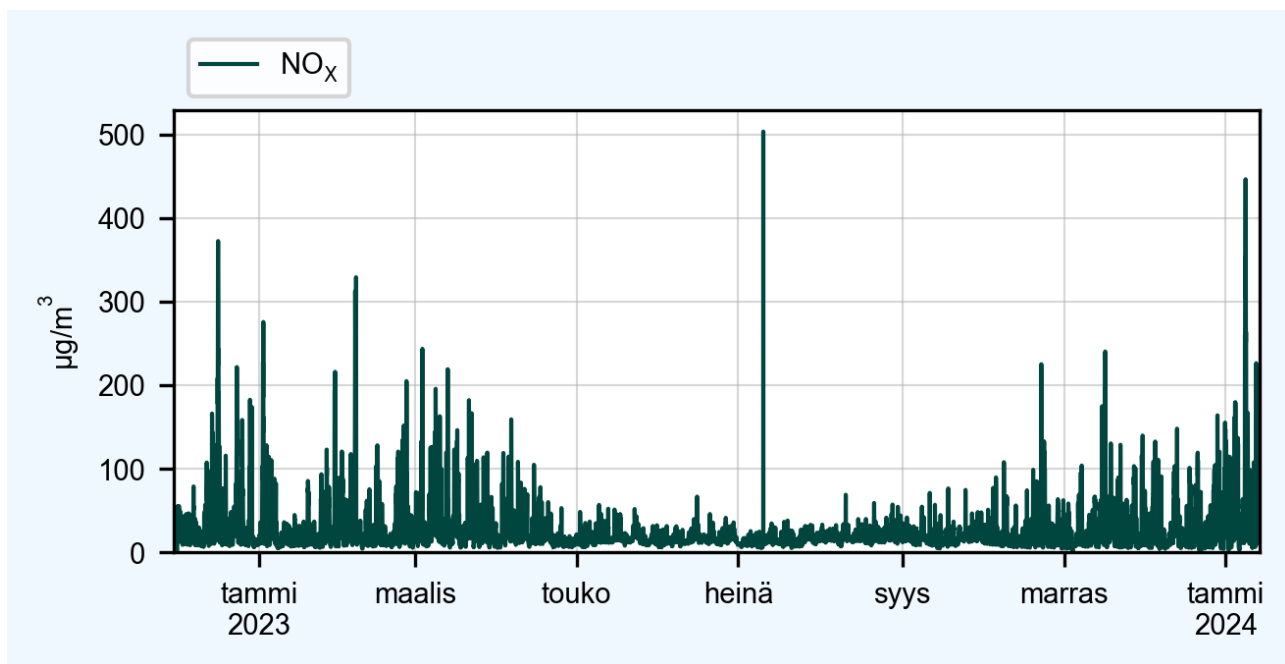
LIITEKUVAT



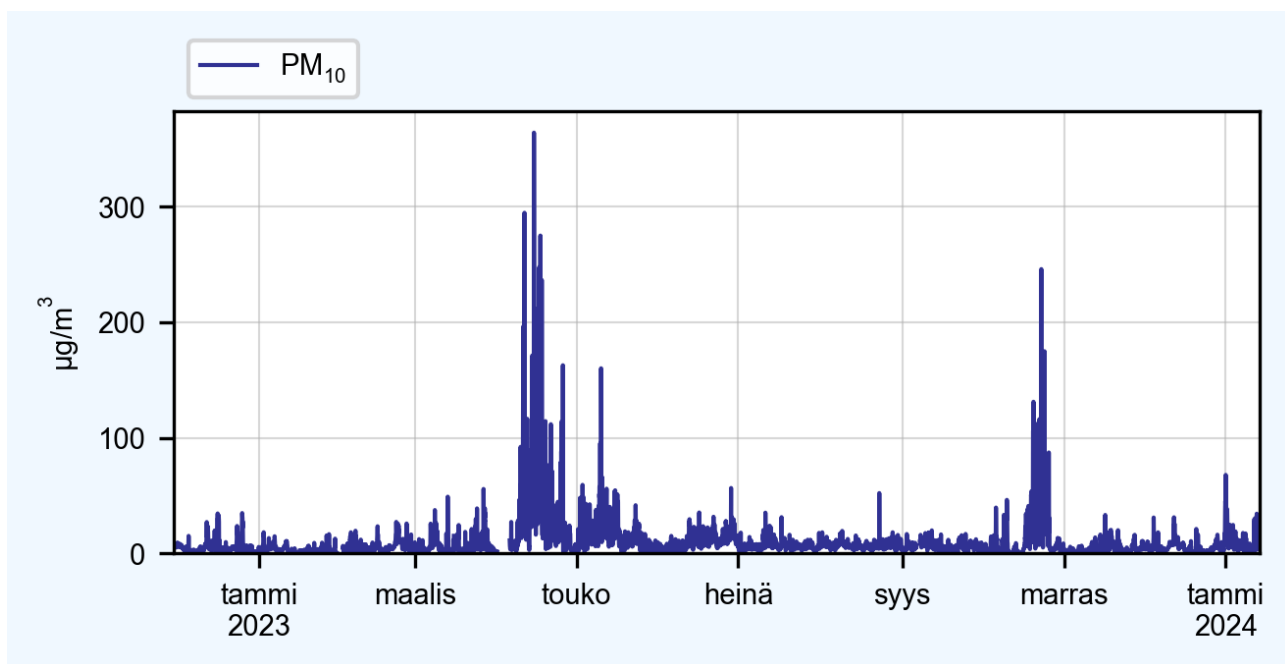
Liitekuva 1. Typpimonoksidin (NO) **tuntipitoisuudet** Rovaniemi Rovakadulla mittausjaksolla 30.11.2022–13.1.2024.



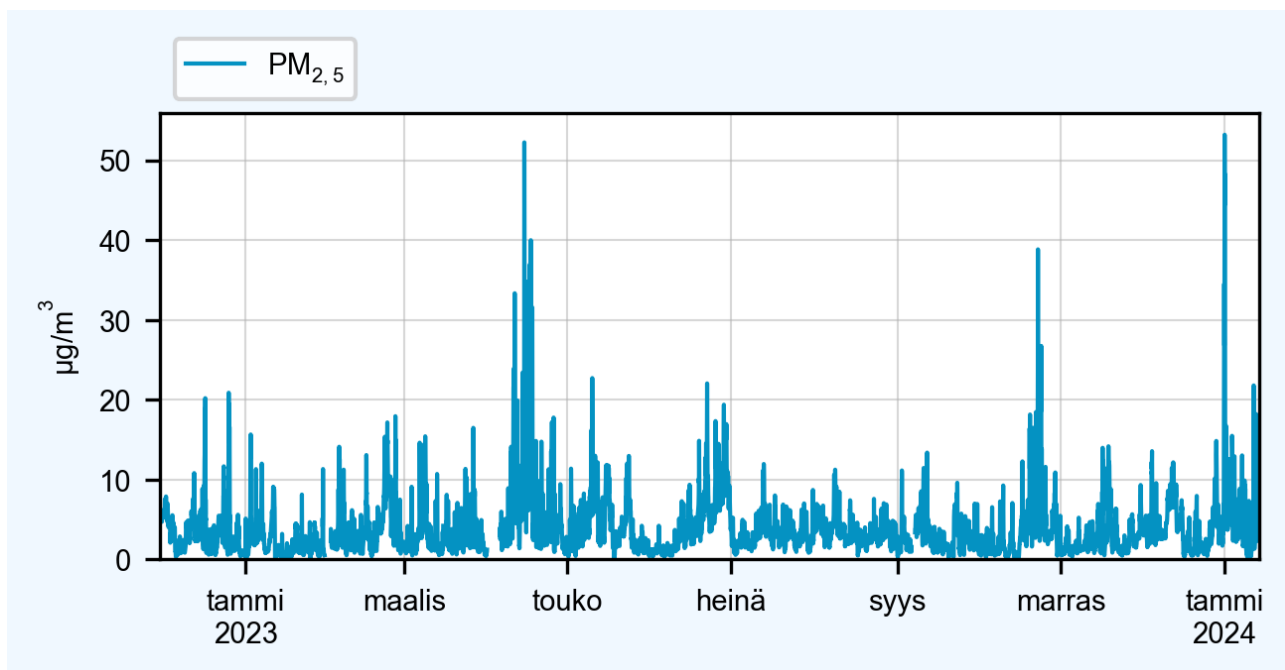
Liitekuva 2. Typpidioksidin (NO₂) **tuntipitoisuudet** Rovaniemi Rovakadulla mittausjaksolla 30.11.2022–13.1.2024.



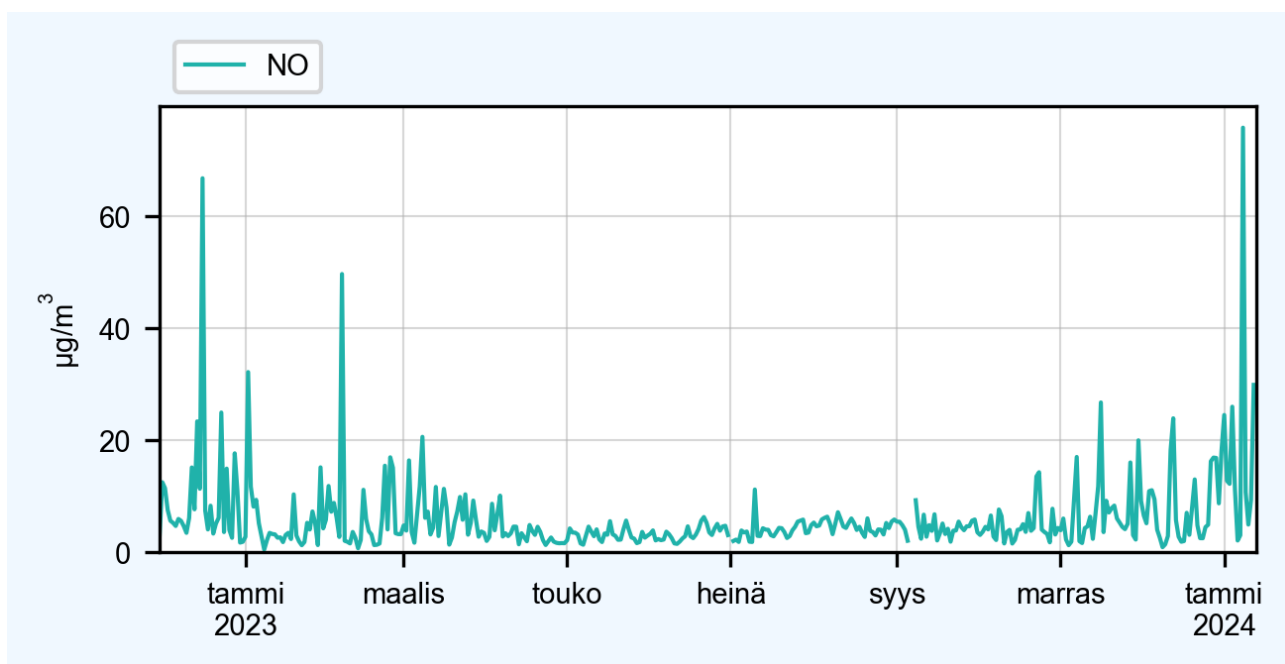
Liitekuva 3. Kokonaistypenoksidien (NO_x) **tuntipitoisuudet** Rovaniemi Rovakadulla mittausjaksolla 30.11.2022–13.1.2024.



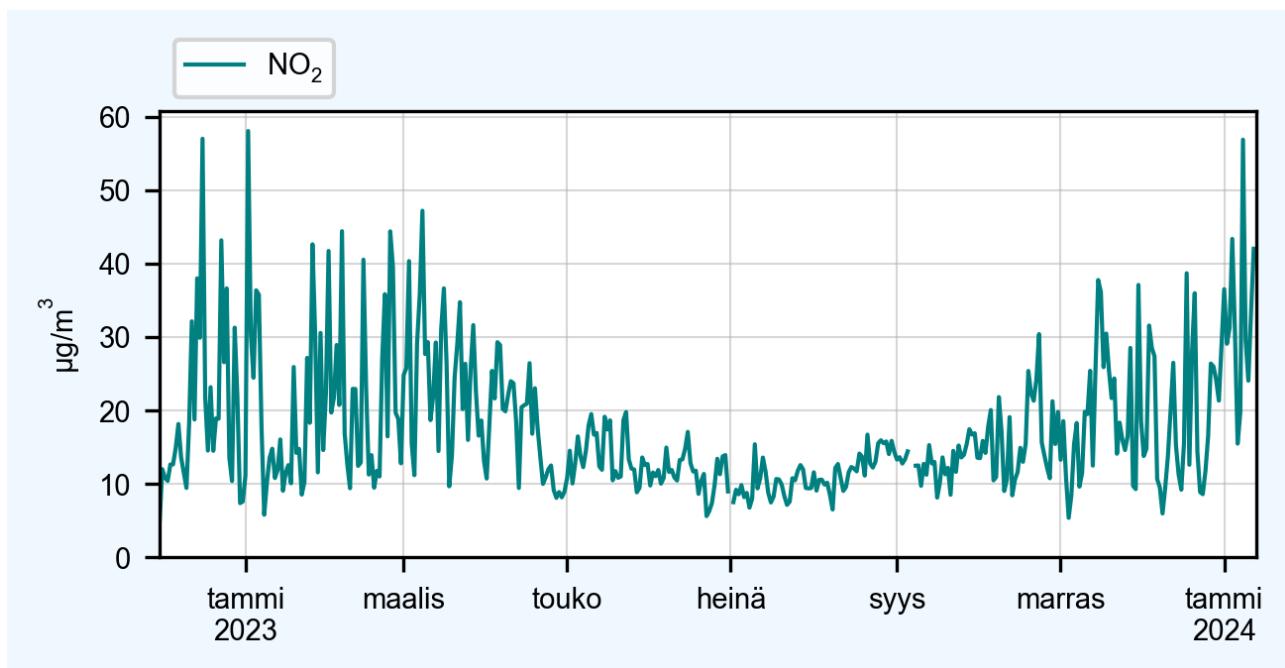
Liitekuva 4. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) **tuntipitoisuudet** Rovaniemi Rovakadulla mittausjaksolla 30.11.2022–13.1.2024.



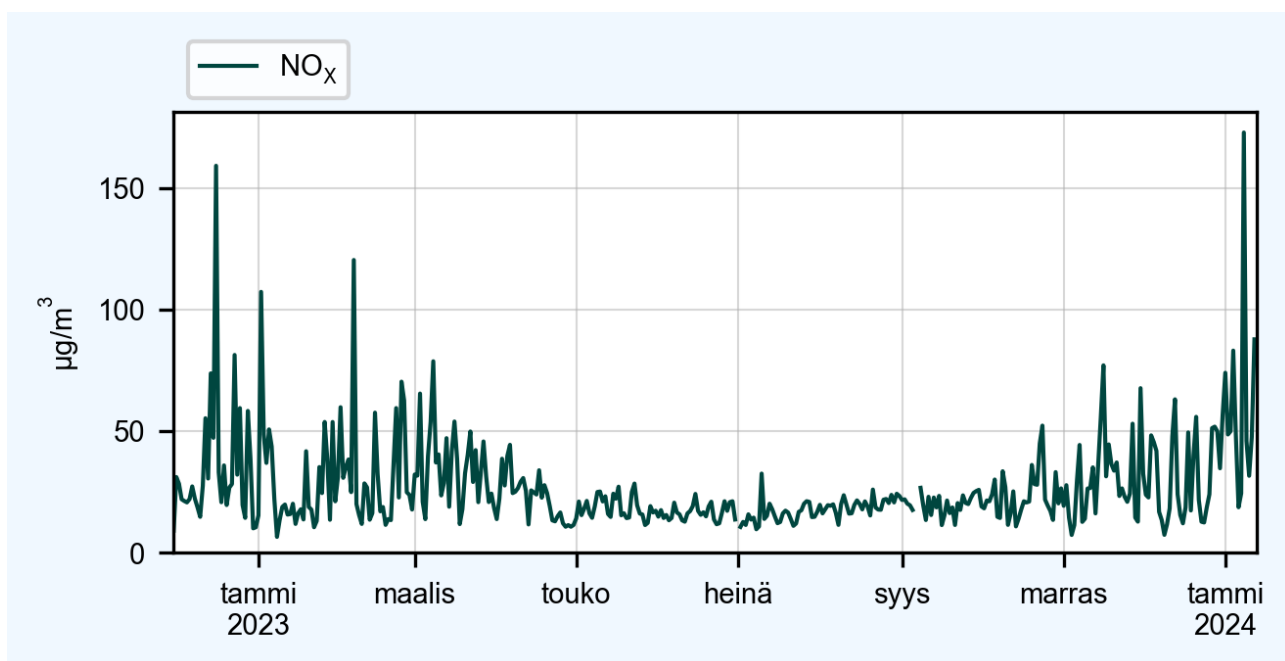
Liitekuva 5. Pienhiukkasten (PM_{2,5}) **tuntipitoisuudet** Rovaniemi Rovakadulla mittausjaksolla 30.11.2022–13.1.2024.



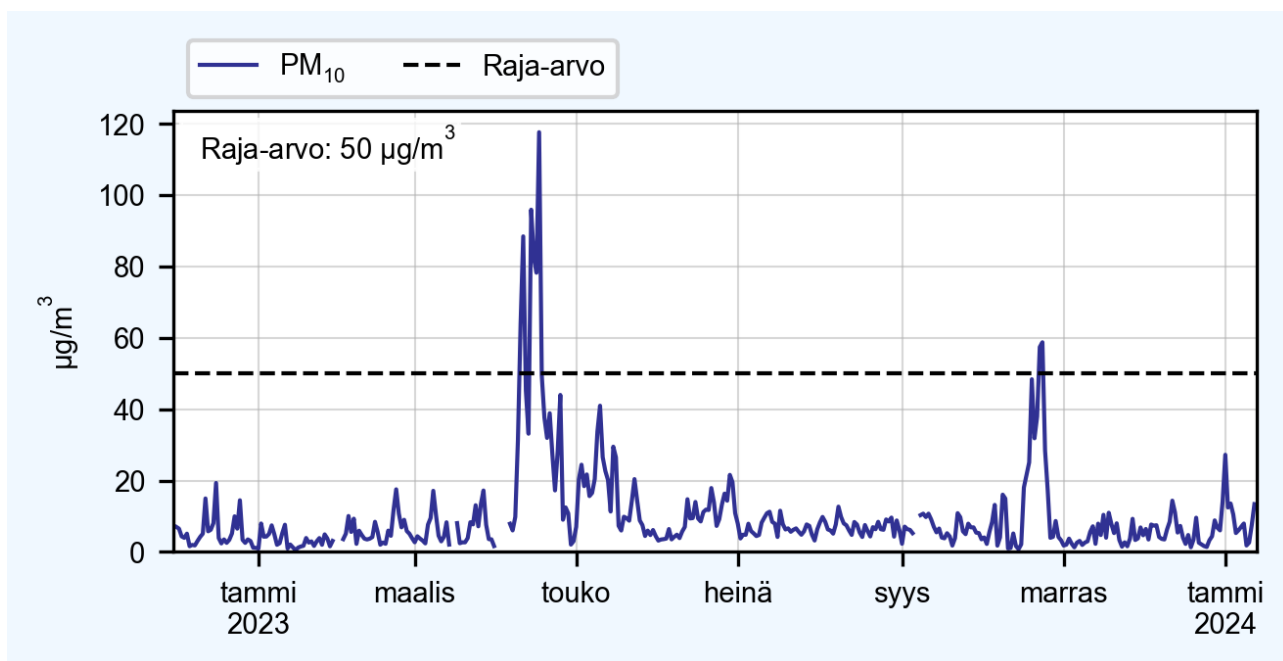
Liitekuva 6. Typpimonoksidin (NO) **vuorokausipitoisuudet** Rovaniemi Rovakadulla mittausjaksolla 30.11.2022–13.1.2024.



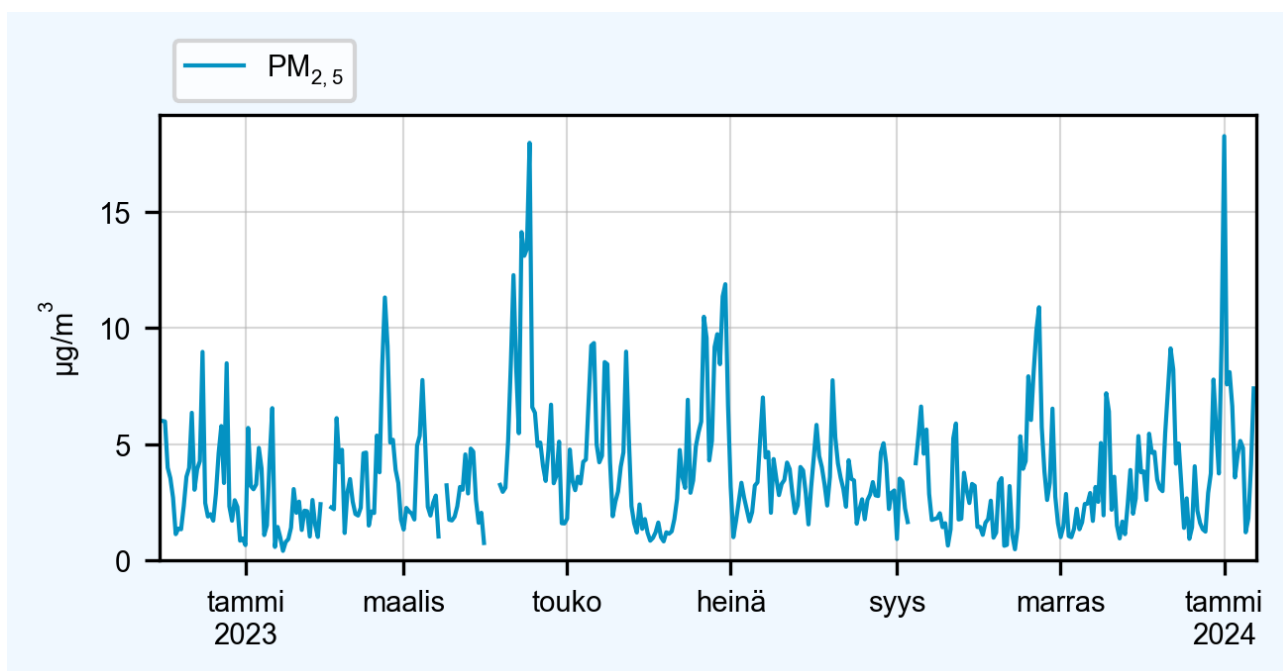
Liitekuva 7. Typpidioksidin (NO_2) **vuorokausipitoisuudet** Rovaniemi Rovakadulla mittausjaksolla 30.11.2022–13.1.2024.



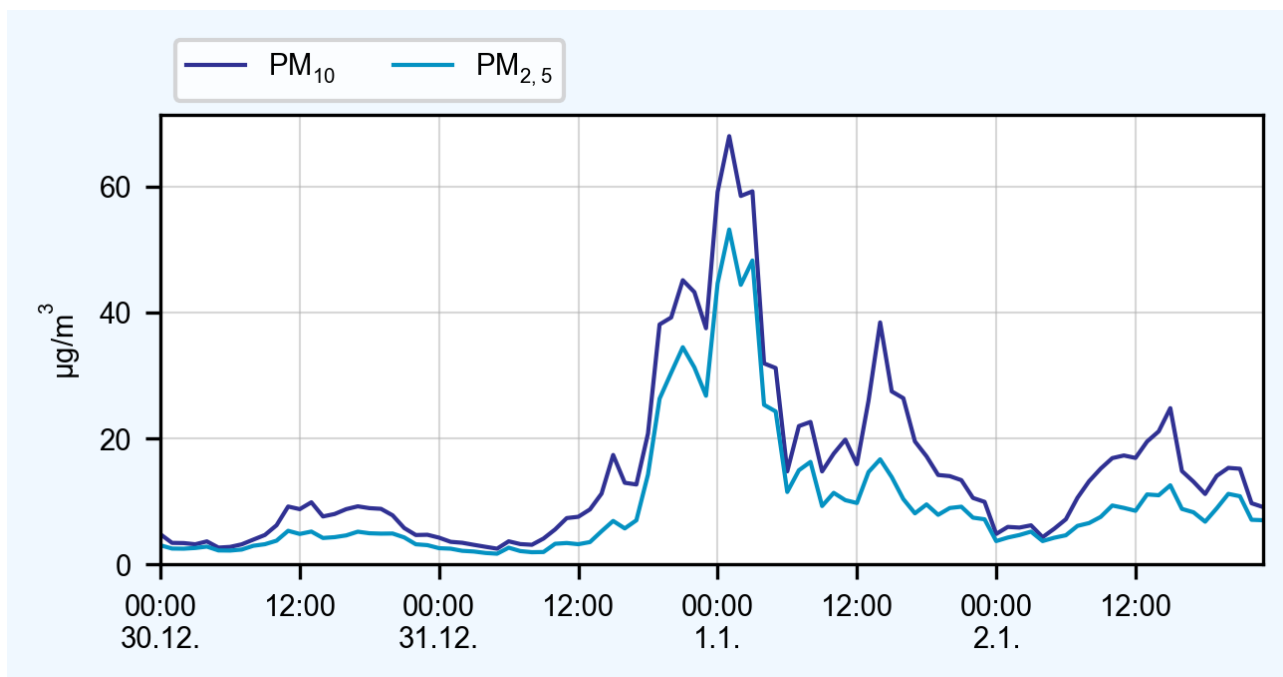
Liitekuva 8. Kokonaistypenoksidien (NO_x) **vuorokausipitoisuudet** Rovaniemi Rovakadulla mittausjaksolla 30.11.2022–13.1.2024.



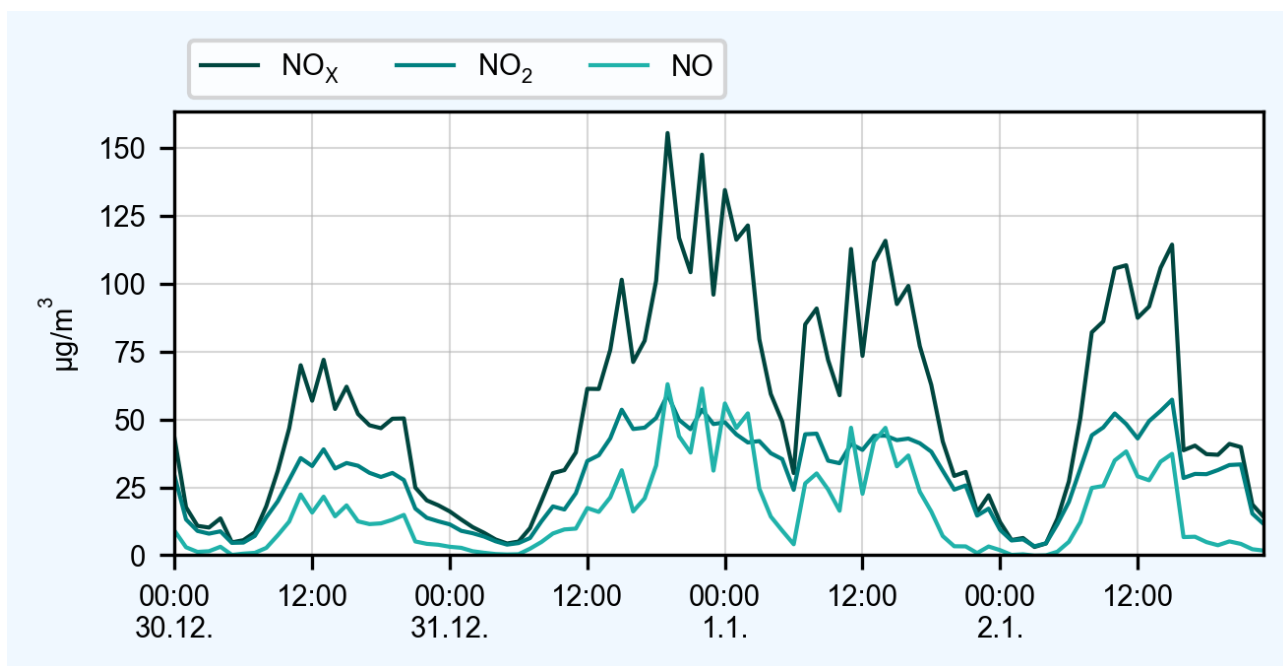
Liitekuva 9. Hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) **vuorokausipitoisuudet** Rovaniemi Rovakadulla mittausjaksolla 30.11.2022–13.1.2024.



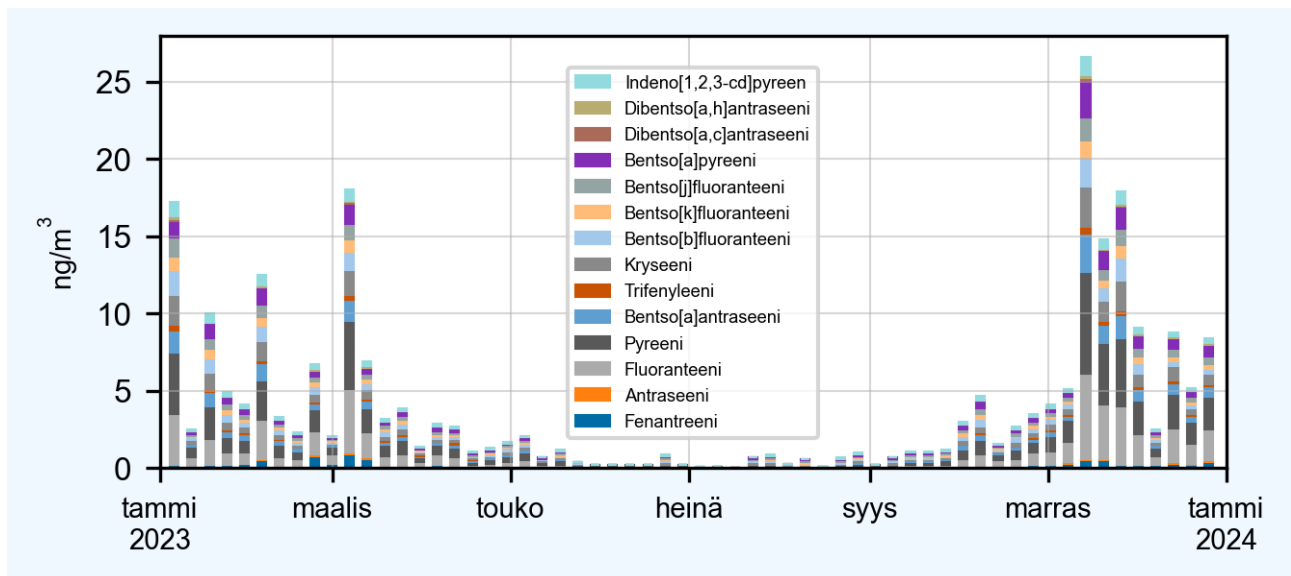
Liitekuva 10. Pienhiukkasten ($PM_{2,5}$) **vuorokausipitoisuudet** Rovaniemi Rovakadulla mittausjaksolla 30.11.2022–13.1.2024.



Liitekuva 11. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) ja pienhiukkasten (PM_{2,5}) **tuntipitoisuudet** Rovaniemi Rovakadulla 30.12.2023 0.00–3.1.2024 0.00 välisenä aikana.



Liitekuva 12. Typen monoksidin (NO), typpidioksidin (NO₂) ja kokonaistypenoksidien (NO_x) **tuntipitoisuudet** Rovaniemi Rovakadulla 30.12.2023 0.00–3.1.2024 0.00 välisenä aikana.



Liitekuva 13. Hengitettävistä hiukkasista (PM₁₀) vuorokausipitoisuudet määritetyt eri PAH-yhdisteiden osuudet kokonaispitoisuuksista (ng/m³) Rovaniemi Mellakuja mittauspisteessä vuonna 2023.



ILMATIETEEN LAITOS

ILMATIETEEN LAITOS

puh. 029 539 1000

Ilmanlaatu ja energia

ilmanlaatupalvelut@fmi.fi

www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatupalvelut

WWW.ILMATIETEENLAITOS.FI

