



ÄÄNEKOSKEN ILMANLAADUN SEURANTA

Typen oksidien, hengittävien hiukkasten,
rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden
pitoisuustulokset vuonna 2023



ÄÄNEKOSKEN ILMANLAADUN SEURANTA

**Typen oksidien, hengitettävien hiukkasten, rikkidioksidin ja
haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuustulokset vuonna 2023**

**Terhi Laurila
Antti Mannisenaho
Toni Mattila
Maija Ylinen
Katja Lovén**

**ILMATIETEEN LAITOS – ASiantuntijapalvelut
ILMANLAATU JA ENERGIA
Helsinki 28.2.2024**

SISÄLLYSLUETTELO

OSA I	4
1. JOHDANTO	4
2. ILMANLAADUN MITTAUSTULOKSET	4
2.1 Mitatut pitoisuudet	4
2.2 Mittausepävarmuus	6
2.3 Ilmanlaatuindeksi	6
2.4 Pitoisuuksien vertailua raja- ja ohjearvoihin	7
2.5 Hajujen esiintyminen	12
2.6 Tuulen suunnan ja nopeuden vaikutus mitattuihin pitoisuuksiin	13
2.7 Pitoisuuksien ajallinen vaihtelu	15
2.8 Pitoisuuksien vertailua Äänekoskella aiemmin mitattuihin pitoisuuksiin	17
2.9 Pitoisuuksien vertailua muualla mitattuihin pitoisuuksiin	18
3. YHTEENVETO MITTAUSTULOKSISTA	22
OSA II	24
4. TUTKIMUKSEN SUORITUS	24
4.1 Tutkimuskohde	24
4.2 Mitatut suureet ja mittausmenetelmät	25
4.3 Kalibrointimenetelmät, laadunvarmistus ja laitehuollot	27
4.4 Mittausepävarmuuden määrittäminen ja mittausten laatuvaatimukset	28
5. SÄÄTIEDOT VUONNA 2023	30
5.1 Tuulitiedot Äänekoskella mittausjaksolla	30
5.2 Keskilämpötilat Äänekosken seudulla	31
5.3 Sademäärät Äänekosken seudulla	32
5.4 Ilmanlaatuun vaikuttavat säätekijät	33
6. ÄÄNEKOSKEN PÄÄSTÖTIEDOT	34
7. TAUSTATIETOA ILMAN EPÄPUHTAUKSISTA	37
7.1 Typen oksidit	37
7.2 Hiukkaset	38
7.3 Rikkidioksidi	40
7.4 Haisevat rikkiyhdisteet	40
7.5 Ilman epäpuhtauksien terveysvaikutukset	40
7.6 Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot	41
7.7 Ilmanlaadun arviointikynnykset	43
VIITELUETTELO	45
LIITETAULUKOT	47
LIITEKUVAT	50

OSA I

1. JOHDANTO

Ilmatieteen laitos alkoi seurata Äänekosken ulkoilman laatua 1.6.2020 yhdessä mittauspisteessä. Tämä mittausasema sijaitsee Äänekosken paloaseman piha-alueen laidalla, Äänekoskentien varrella. Mittauksia tullaan jatkamaan keskeytyksettä samassa paikassa nykyisen mittaus sopimuksen puitteissa vuoden 2024 loppuun asti. Mittausasemalla mitattiin vuonna 2023 typen oksideja, hengitettäviä hiukkasia, rikkidioksidiä ja haisevia rikkiyhdisteitä. Näistä typen oksideja ja hengitettäviä hiukkasia vapautuu erityisesti autoliikenteestä, ja rikkidioksidiä ja haisevia rikkiyhdisteitä puolestaan teollisuuden tuotantoprosesseista. Ilmanlaadun mittauksen tavoitteena on kartoittaa näiden ilmansaasteiden pitoisuustasoja ja hetkellistä vaihtelua. Pitoisuuksia mitataan jatkuvatoimisilla automaattisilla analysointilaitteilla. Ilmanlaadunmittauksen tulosten tulkintaa varten asemalla mitataan myös säätietoja.

Tässä raportissa esitetään vuoden 2023 ilmanlaadun mittauks tulokset ja verrataan niitä ilmanlaadun lainsäädännössä asetettuihin raja- ja ohjearvoihin. Lisäksi raportissa verrataan pitoisuuksia Äänekosken aiempiin mittauks tuloksiin sekä muilla Suomen mittausasemilla vastaavana aikana mitattuihin pitoisuusarvoihin. Äänekoskella on suoritettu aiemmin vastaavanlaista ilmanlaadun tarkkailua Hiskinmäen mittauspisteessä vuosina 2004–2018. Raportissa verrataan nyt havaittuja mittauks tuloksia aikaisempiin mittauks tuloksiin soveltuvin osin.

Ilmanlaadun mittauksista sekä niihin liittyvästä asiantuntijatyöstä vastasi Ilmatieteen laitoksen Asiantuntijapalvelut-yksikkö. Työn tilasi Metsä Fibre Oy. Ilmanlaadun seuranta hoidetaan Äänekoskella ns. yhteistarkkailuna, johon osallistuvat Metsä Fibre Oy:n lisäksi Äänekosken kaupunki, Metsä Wood, Nouryon Chemicals Finland Oy, Kumpuniemen Voima Oy, Valio Oy, Valtra Oy ja Äänekosken Energia. Yritykset osallistuvat tarkkailuun aiheuttamisperiaatteen mukaisin kustannuksin.

2. ILMANLAADUN MITTAUSTULOKSET

2.1 Mitatut pitoisuudet

Äänekosken paloasemalla mitattujen typen oksidien (NO , NO_2 ja NO_x), hengitettävien hiukkasten (PM_{10}), rikkidioksidin (SO_2) ja haisevien rikkiyhdisteiden (TRS) pitoisuuskeskiarvot vuonna 2023 on esitetty taulukossa 1. Äänekoskella Hiskinmäellä (2004–2018) ja Paloasemalla (2020–2023) mitatut vuosikeskiarvot on esitetty kuvassa 14. Raportin lopun liitetäulukoihin 1–6 on koottu kuukausittaisia tilastotietoja kaikista mitatuista pitoisuuksista tältä jaksolta. Raportin lopussa olevissa liitekuville 1–6 on esitetty Äänekosken paloaseman mittausasemalla vuonna 2023 mitattujen ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien tuntikeskiarvojen aikasarjat ja liitekuville 7–12 puolestaan vuorokausikeskiarvojen aikasarjat yksikössä $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (typen oksidit, rikkidioksidi ja haisevat rikkiyhdisteet $20\text{ }^\circ\text{C}$ lämpötilassa, hengitettävät hiukkaset ulkoilman lämpötilassa). Kaikki mittaukset on suoritettu jatkuvatoimisilla automaattisilla analysointilaitteilla. Liitekuville 13–16 on esitetty tuulen suunnan ja nopeuden, ulkoilman lämpötilan, suhteellisen kosteuden ja ilmanpaineen tuntikeskiarvot samalta mittausjaksolta. Mittauspaikkaa on esitelty tarkemmin raportin jälkimmäisessä osassa, kappaleessa 4.1, ja mittausmenetelmistä ja käytetyistä laitteista on kerrottu kappaleessa 4.2. Raportin tekstissä keskitytään typen oksideista vain typpidioksidin

pitoisuustulosten käsittelyyn, koska lainsäädännön vertailuarvot ihmisten terveyden suojelemiseksi on annettu nimenomaan typpidioksidille (NO_2).

Taulukko 1. Äänekosken paloasemalla vuonna 2023 mitatut typen oksidien, hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden keskiarvopitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Äänekoski paloasema	Vuoden 2023 keskiarvopitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
NO	1,7
NO ₂	5,8
Kokonais-NO _x (NO ₂ :na ilmaistuna)	8,2
PM ₁₀	11,6
SO ₂	1,0
TRS (rikkinä)	0,3

Kaikissa mittauksissa pitoisuudet vaihtelivat tarkastelujaksolla voimakkaasti. Hetkellinen tuntipitoisuuksien vaihtelu oli merkittävästi suurempaa kuin vuorokausikeskiarvopitoisuuksien vaihtelu. Typpidioksidilla (NO_2) pitoisuudet olivat pienimmillään kesällä ja vastaavasti korkeimmillaan talvella lämpötilan ollessa pakkasella. Talviaikaan on usein sellaisia sääolosuhteita, kuten inversiotilanteita, joissa matalalta vapautuvat liikenteen päästöt kerääntyvät ilmakerrokseen päästölähteiden lähelle ja laimenevat huonosti ympäröivään ilmaan. Mitatuissa typpidioksidipitoisuuksissa havaittiin selvästi läheisen autoliikenteen vaikutus. Korkein mitattu typpidioksidin tuntipitoisuus oli $61 \mu\text{g}/\text{m}^3$, joka mitattiin helmikuussa.

Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) pitoisuudet olivat sen sijaan korkeimmillaan keväällä ja kesällä maaperän ollessa kuivaa. Pienimmillään hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat talvikuukausina tammi-helmikuussa sekä loka-, marras- ja joulukuussa. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet kohoavat tyypillisesti etenkin liikenteen vaikutuksesta kaupunkialueilla keväällä katupölyaikaan. Katupölyn määrää säätelevät muun muassa liikenteen vilkkaus ja nopeus, nastarenkaiden käyttö sekä sääolosuhteet. Katupölyn määrään vaikuttavat merkittävästi katujen kunnossapitotoimet ja niiden oikea-aikaisuus; hiekoitushiekan puhdistaminen ja pölyn sidonta. Teollisuuden ja liikenteen päästöjen lisäksi hiukkaspitoisuuksiin vaikuttaa muun muassa maanpinnasta tuulen mukana nousevat hiukkaspitoisuudet, jonka määrään vaikuttavat muun muassa tuulen nopeus ja maanpinnan kosteus. Korkein mitattu hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuus oli huhtikuussa mitattu $215 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuuksissa ei havaittu erityistä vuodenaikaisvaihtelua tai muuta trendiä vuoden 2023 aikana. Nämä yhdisteet ovat peräisin teollisuuden prosesseista, minkä vuoksi myös niiden ulkoilmapitoisuuksien aikasarjoissa havaitaan teollisuuden prosessipäästöjen vaihtelusta aiheutuvaa pitoisuusvaihtelua ja yksittäisiä korkeita pitoisuuspiikkejä häiriöpäästöjen aikana. Korkein mitattu rikkidioksidin tuntipitoisuus oli elokuussa mitattu $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja korkein TRS-tuntipitoisuus oli elokuun alussa mitattu $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kaikki mitatut epäpuhtausyhdisteiden pitoisuudet alittivat niille asetetut ohje- ja raja-arvot Äänekosken paloasemalla sijaitsevalla mittausasemalla.

2.2 Mittausepävarmuus

Äänekosken paloasemalla vuonna 2023 toteutettujen mittausten epävarmuudet täyttävät mittauksille lainsäädännössä asetetut laatutavoitteet (taulukot 4 ja 5). Mittausepävarmuudet rikkidioksidi-, ja typenoksidimittauksille on määritelty raportin kappaleessa 4.4. kuvatun mukaisesti. Pelkistyneiden rikkiyhdisteiden mittausepävarmuus on määritetty rikkidioksidimittauksille määritetyn epävarmuuden ja kalibrointien perusteella ja sen lisäksi on tehty arvio TRS-uunin aiheuttamasta lisäepävarmuudesta.

Rikkidioksidimittausten mittausepävarmuudeksi on määritetty 10,2 % ja typpidioksidimittausten mittausepävarmuudeksi 11,3 % pitoisuustasolla, joka vastaa tuntiraja-arvoa. TRS-mittausten mittausepävarmuus pitoisuustasolla, joka vastaa vuorokausiohjearvoa, arvioidaan olevan noin 20 %. Havaintoraja käytetyillä analysaattoreilla on noin 0,4–1 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 hiukkasmittaukset 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 mittauksesta 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.

Thermo Model 5030 SHARP hiukkasmonitorin kertoimet ja mittausepävarmuudet on määritetty Ilmatieteen laitoksen raportissa Walden ja Vestenius (2018). Raportin mukaan SHARP:n korjauskerroin PM₁₀-hiukkasmassalle on 1,242 ja PM_{2,5}-hiukkasmassalle 0,998. Vastaavat mittausepävarmuudet ovat 15,2 % ja 24,9 %.

Tutkimuksessa käytettävien hiukkasanalysointilaitteiden vastaavuus eli ekvivalenttisuus vertailumenetelmään ja laitteen soveltuvuus Suomen oloihin on osoitettu Ilmatieteen laitoksen toimesta standardin EN 16450:2014 ja EN 16450:2017 mukaisesti SHARP:lle (Walden ja Vestenius, 2018). Fidas on uudempi laite Suomessa mutta laajalti käytössä.

Ilmatieteen laitoksen vertailulaboratorio on hyväksynyt tutkimuksessa käytettävät hiukkasmittalaitteet käytettäväksi Suomessa.

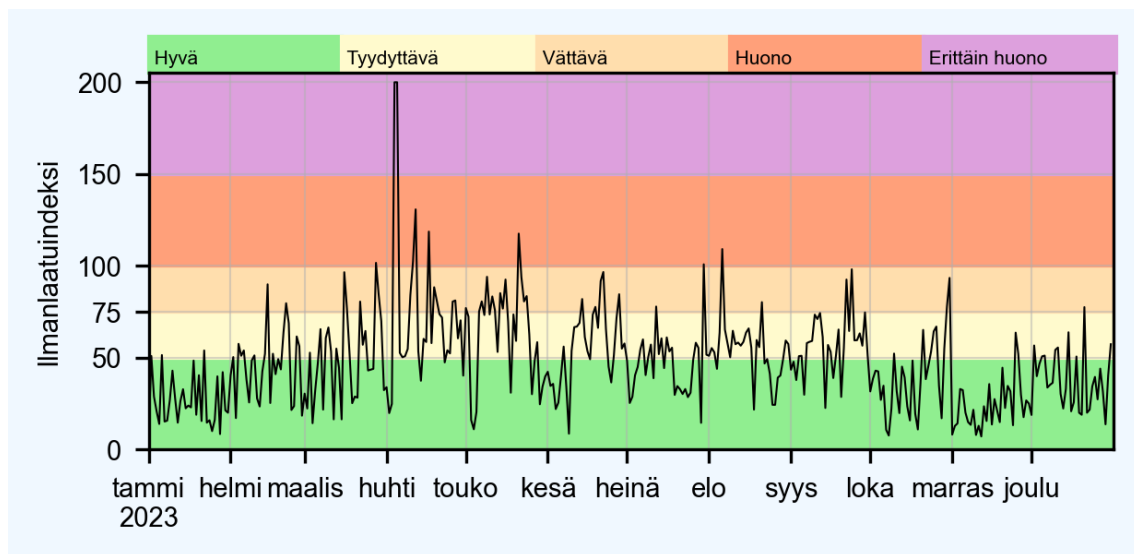
2.3 Ilmanlaatuindeksi

Äänekosken paloasemalla 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 (NO₂, PM₁₀, SO₂, TRS) lasketaan ensin pitoisuuksien tuntikeskiarvoista ali-indeksi. Ali-indekseistä korkeimman arvo

määrää sen tunnin ilmanlaatuindeksin arvon. Vuorokauden ilmanlaatuindeksi on määritelty ilmanlaadultaan huonoimman vuorokauden tunnin mukaan.

Kuvassa 1 on esitetty vuorokauden suurimmat ilmanlaatuindeksin arvot Äänekosken paloasemalla vuonna 2023. Indeksillä ilmaistuna ilmanlaatu oli hyvää tai tyydyttävää 88 % mittausjakson vuorokausista eli valtaosan mittausjaksosta. Ilmanlaatu oli välttävää 10 % päivistä, huonoa 2 % päivistä ja erittäin huonoa 0,5 % päivistä. Huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun päiviä oli pääasiassa keväällä katupölyaikaan. Kaikki huonot ja erittäin huonot indeksiarvot johtuivat koko vuonna joko hengitettävien hiukkasten tai haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuuksista. Korkeat hengitettävien hiukkasten pitoisuudet johtuivat katupölystä maaliskuusta huhtikuuhun. Vastaavasti korkeat haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuudet, jotka aiheuttivat huonoa ilmanlaatua kahtena vuorokautena (30.7. ja 6.8.), johtuivat Metsä Fibren tehtaan häiriötilanteesta.

Ilmanlaadun indeksiarvojen laskenta perustuu mitattujen ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien tarkasteluihin suhteessa niiden terveysvaikutusperusteisiin raja- tai ohjearvopitoisuuksiin. Tästä syystä haisevien rikkiyhdisteiden aiheuttamat ilmanlaatuvaikutukset kuvautuvat indeksissä vain mahdollisten terveysvaikutusten osalta, eikä indeksi kuvaa niinkään TRS-yhdisteiden aiheuttamaa hajuhaittaa. Metsä Fibren päästöt aiheuttivat mittausjaksolla ajoittain ihmisten viihtyvyyteen vaikuttaneita hajuhaittoja ja huononsivat ilmanlaatua muiden ilmanlaatuun vaikuttaneiden tekijöiden lisäksi. Näitä hajutilanteita tarkastellaan kappaleessa 2.4.



Kuva 1. Vuorokauden suurimmat ilmanlaatuindeksin arvot Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2023.

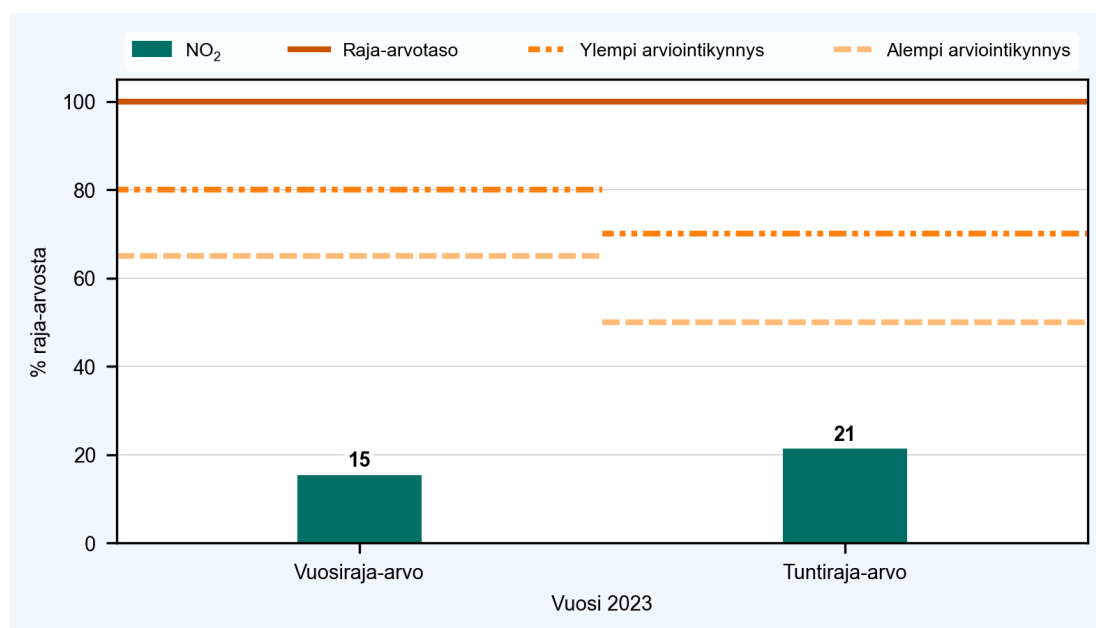
2.4 Pitoisuuksien vertailua raja- ja ohjearvoihin

Raja-arvot määrittelevät ilman epäpuhtauspitoisuuksille enimmäiskaton, jota ei saa ylittää. Raja-arvot ovat voimassa kaikissa EU-maissa, alueilla, joilla asuu ja oleskelee ihmisiä. Ohjearvot eivät ole yhtä sitovia kuin raja-arvot. Niitä käytetään suunnittelun tukena, esimerkiksi YVA-prosesseissa sekä kaavoituksen ja maankäytön suunnittelussa. Raja- ja ohjearvoilla on erilaiset tilastolliset määrittelyt ja joillekin raja-arvopitoisuuksille sallitaan vielä erikseen tietty määrä ylityksiä määritellystä pitoisuustasosta, joten raja- ja ohjearvoja ei voi suoraan lukuarvoina

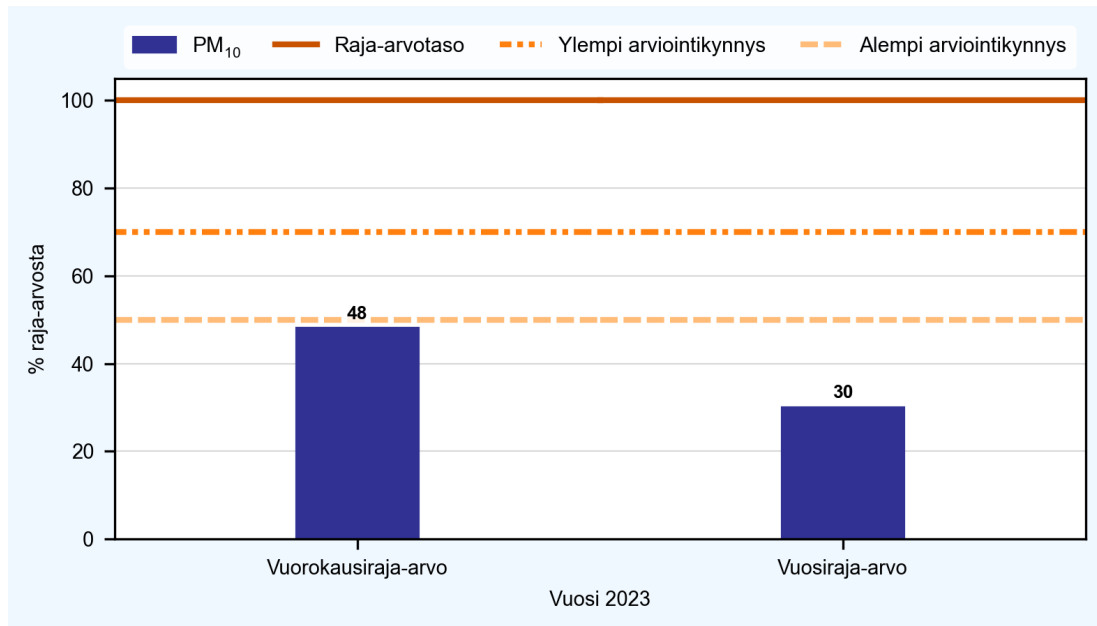
verrata keskenään. Arviointikynnyksiin vertaamisen avulla määritetään ilmanlaadun seurantatarvetta ja käytettäviä seurantamenetelmiä. Ilmanlaadun lainsäädännöstä on kerrottu tarkemmin raportin jälkimmäisessä osassa kappaleessa 7.6.

Kuvissa 2–4 on esitetty vertailut Äänekosken paloasemalla havaituista typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja rikkidioksidin raja-arvoihin ja arviointikynnyksiin verrannollisista pitoisuuksista. Typpidioksidin ja rikkidioksidin pitoisuudet jäivät selvästi raja-arvojen ja arviointikynnyksien alapuolelle. Myös hengitettävien hiukkasten osalta pitoisuudet jäivät raja-arvon ja arviointikynnysten alapuolelle. Typpidioksidin pitoisuudet ovat enimmillään 21 % raja-arvoista, hengitettävien hiukkasten pitoisuudet ovat enimmillään 48 % raja-arvoista ja rikkidioksidin pitoisuudet ovat enimmillään 2 % raja-arvoista. Haiseville rikkiyhdisteille ei ilmanlaatulainsäädännössä ole raja-arvoja.

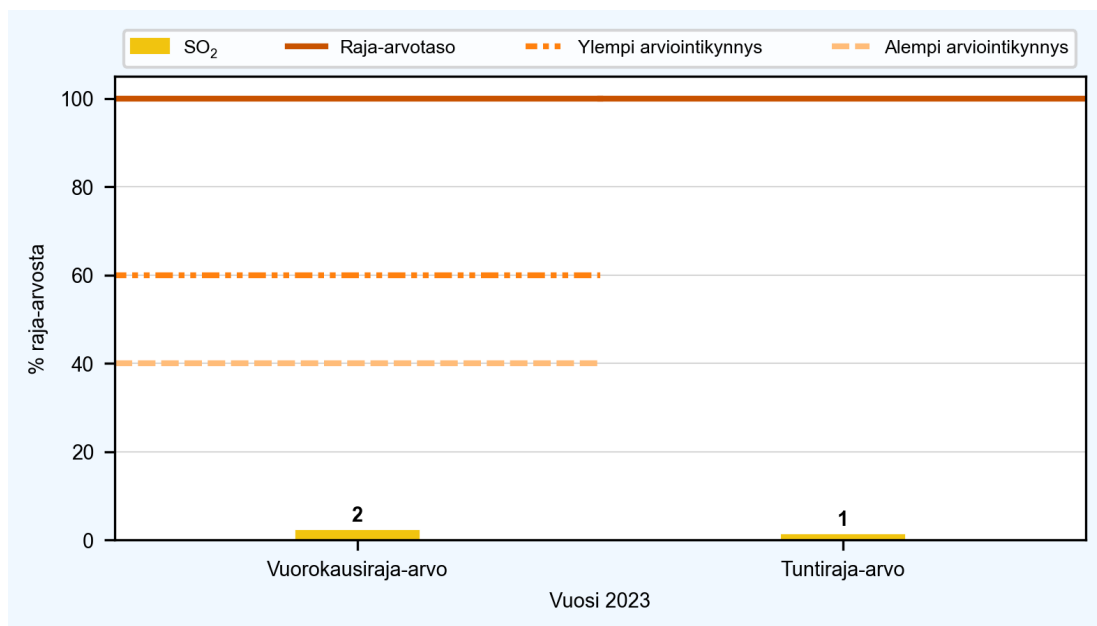
Kuvissa 5–8 on esitetty typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden ohjearvoon verrannolliset pitoisuudet kuukausittain Äänekosken paloasemalla. Pitoisuuksien vuorokausi- ja tuntiohjearvot eivät ylittyneet mittaussjaksolla kertaakaan. Typpidioksidin pitoisuus oli korkeimmillaan helmikuussa 34 % tuntiohjearvosta. Hengitettävien hiukkasten pitoisuus oli suurimmillaan katupölyaikaan huhtikuussa 75 % ohjearvosta. Rikkidioksidin pitoisuudet olivat kaikkina kuukausina 1–2 % ohjearvoista. Haisevien rikkiyhdisteiden ohjearvoon verrannollinen pitoisuus oli korkeimmillaan elokuussa, 14 % ohjearvosta.



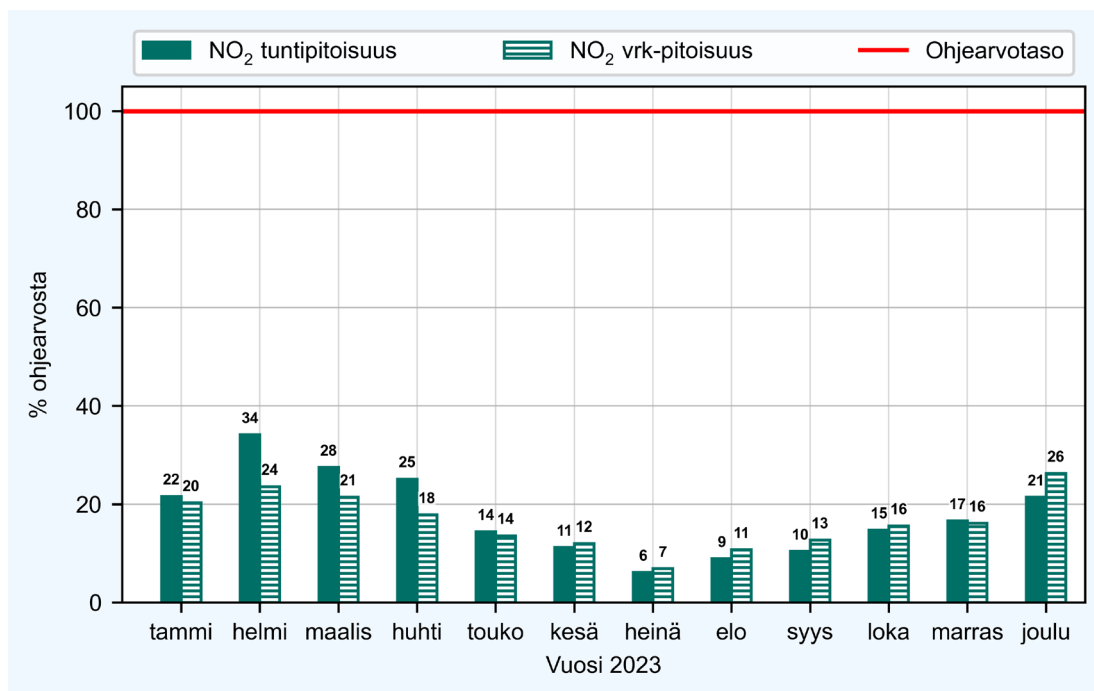
Kuva 2. Typpidioksidin raja-arvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa (%) raja-arvoihin Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2023. Kuvaan on merkitty vaakaviivoilla raja-arvotaso sekä ylempi ja alempi arviointikynnys.



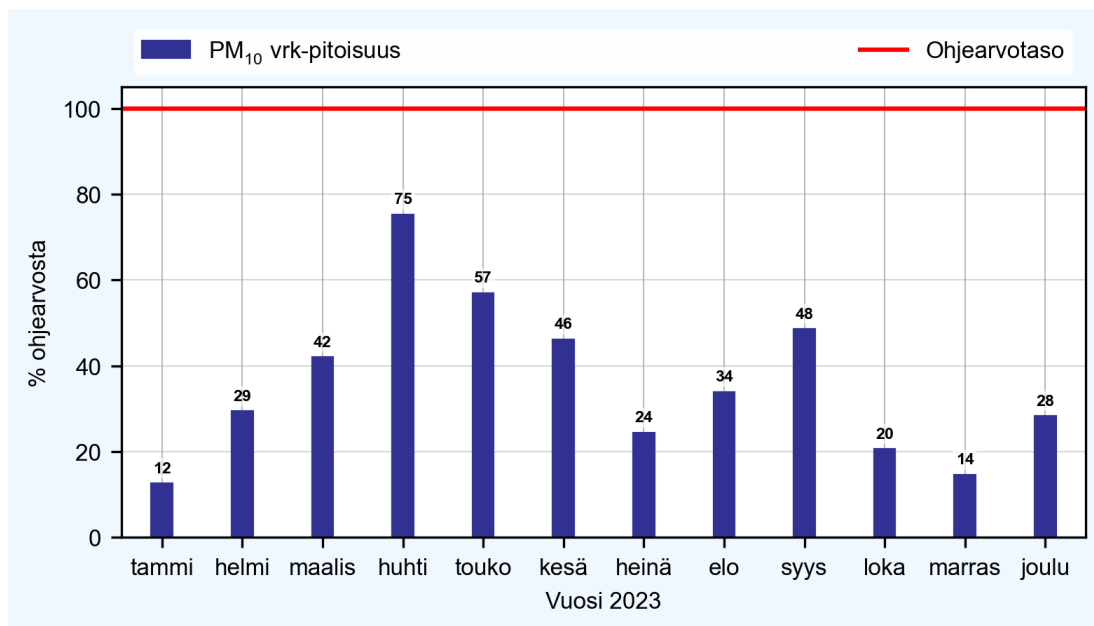
Kuva 3. Hengitettävien hiukkasten raja-arvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa (%) raja-arvoihin Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2023. Kuvaan on merkitty vaakaviivoilla raja-arvotaso sekä ylempi ja alempi arviointikynnys.



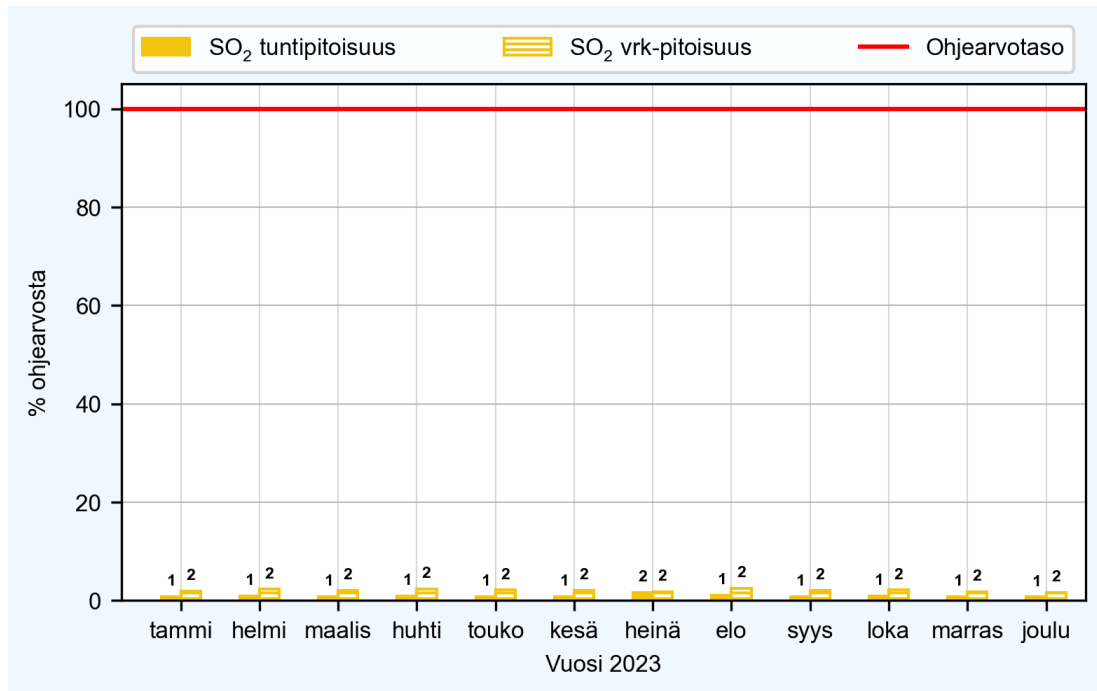
Kuva 4. Rikkidioksidin raja-arvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa (%) raja-arvoihin Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2023. Kuvaan on merkitty vaakaviivoilla raja-arvotaso sekä ylempi ja alempi arviointikynnys.



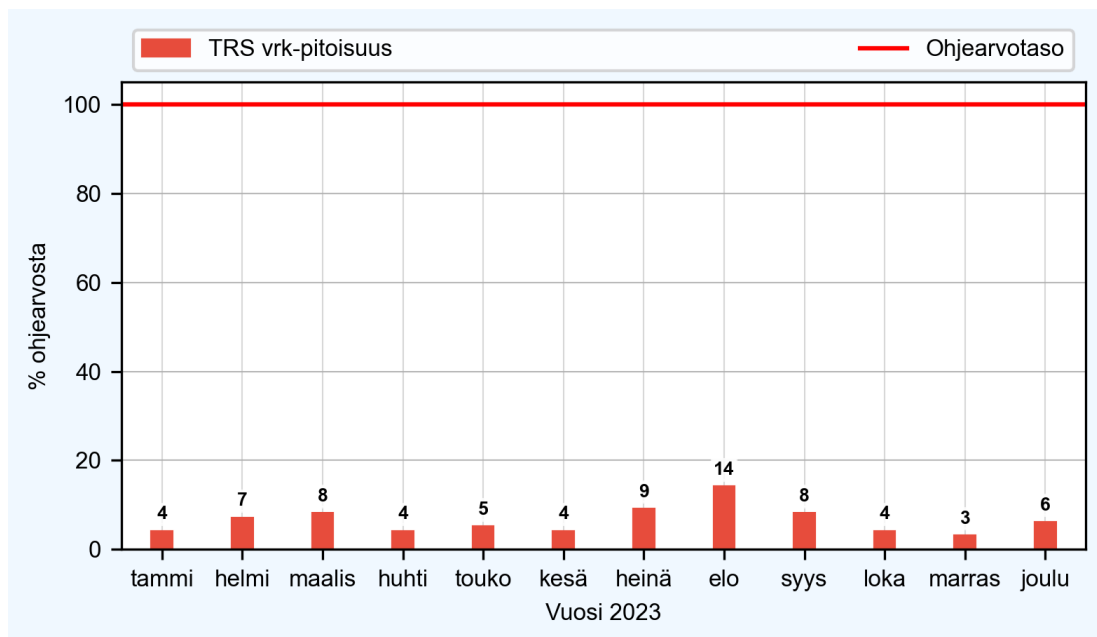
Kuva 5. Typpidioksidin ohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Äänekosken paloasemalla vuonna 2023. Punaisella vaakaviivalla (100 %) on merkitty ohjearvotaso kuukauden tunti- (150 µg/m³) ja vuorokausipitoisuuksille (70 µg/m³).



Kuva 6. Hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Äänekosken paloasemalla vuonna 2023. Punaisella vaakaviivalla (100 %) on merkitty ohjearvotaso 70 µg/m³.



Kuva 7. Rikkidioksidin ohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Äänekosken paloasemalla vuonna 2023. Punaisella vaakaviivalla (100 %) on merkitty ohjearvotaso 70 µg/m³.

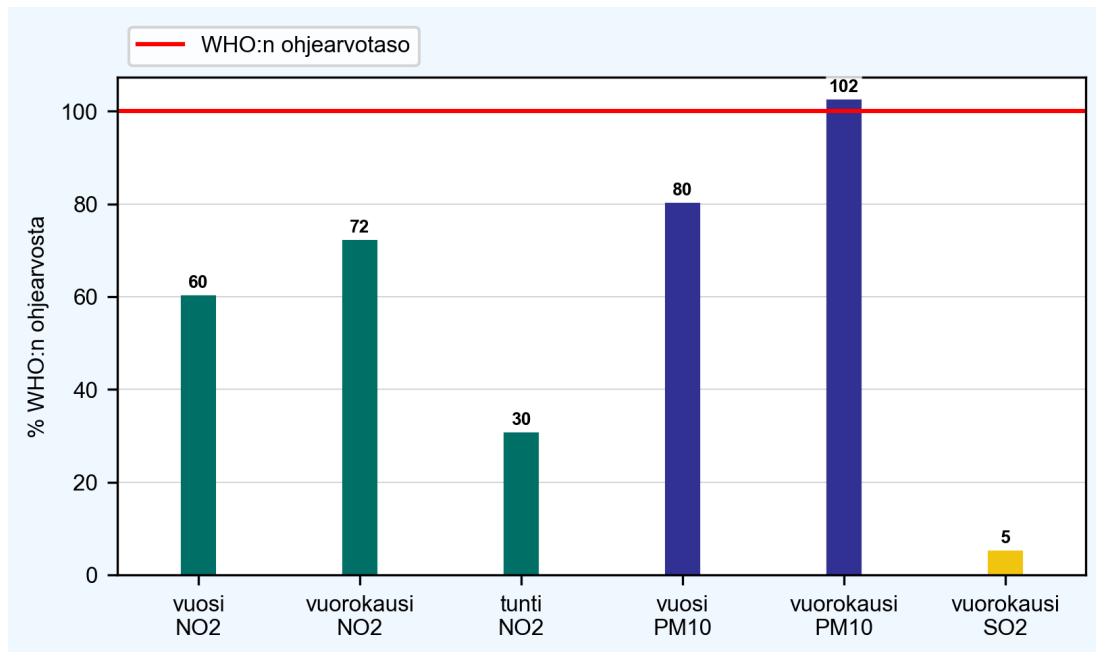


Kuva 8. Haisevien rikkijyhdisteiden ohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Äänekosken paloasemalla vuonna 2023. Punaisella vaakaviivalla (100 %) on merkitty ohjearvotaso 10 µg(S)/m³.

Kuvassa 9 on esitetty typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja rikkidioksidin Maailman terveysjärjestön (WHO) ohjearvoon (WHO 2021) verrannolliset pitoisuudet Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2023. WHO:n ohjearvot eivät ole sitovia, vaan niiden tarkoitus on avustaa valtioiden hallituksia ja yhteiskuntia ilmansaasteiden haitallisten vaikutusten vähentämisessä. WHO arvioi ilman pilaantumisen yhdeksi suurimmaksi globaaliksi

terveyteen kohdistuvaksi ympäristöriskiksi. WHO päivitti syksyllä 2021 ilmansaasteiden ohjearvopitoisuudet, joita pienemmillä pitoisuuksilla haitallisia terveysvaikutuksia ei esiinny lainkaan tai ne ovat vain vähäisiä. WHO:n vuorokausiohjearvot 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.

Typpidioksidin osalta WHO:n vuosiohjearvo ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$), vuorokausiohjearvo ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja tuntipitoisuuksien ohjearvo ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) alittuivat. Vuosiohjearvoon verrattava pitoisuus oli 60 % ohjearvosta, vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus 72 % ohjearvosta ja tuntipitoisuuksien ohjearvoon verrattava pitoisuus 30 % ohjearvosta. Hengitettävien hiukkasten WHO:n vuosiohjearvoon ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrattava pitoisuus oli 80 % ohjearvosta. WHO:n hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvo ($45 \mu\text{g}/\text{m}^3$) hieman ylittyi, vuoden 2023 mitatut korkeimmat ohjearvoon verrannolliset vuorokausikeskiarvopitoisuudet olivat 102 % ohjearvosta. Rikkidioksidin osalta WHO:n vuorokausiohjearvo ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) alittui selvästi, ollen 5 % ohjearvosta. WHO ei ole määrittänyt haiseville rikkijhdisteille ohjearvopitoisuuksia.



Kuva 9. WHO:n ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet Äänekosken paloasemalla mitatuista yhdisteistä vuonna 2023. Punaisella vaakaviivalla (100 %) on merkitty ohjearvotaso kullekin pitoisuudelle.

2.5 Hajujen esiintyminen

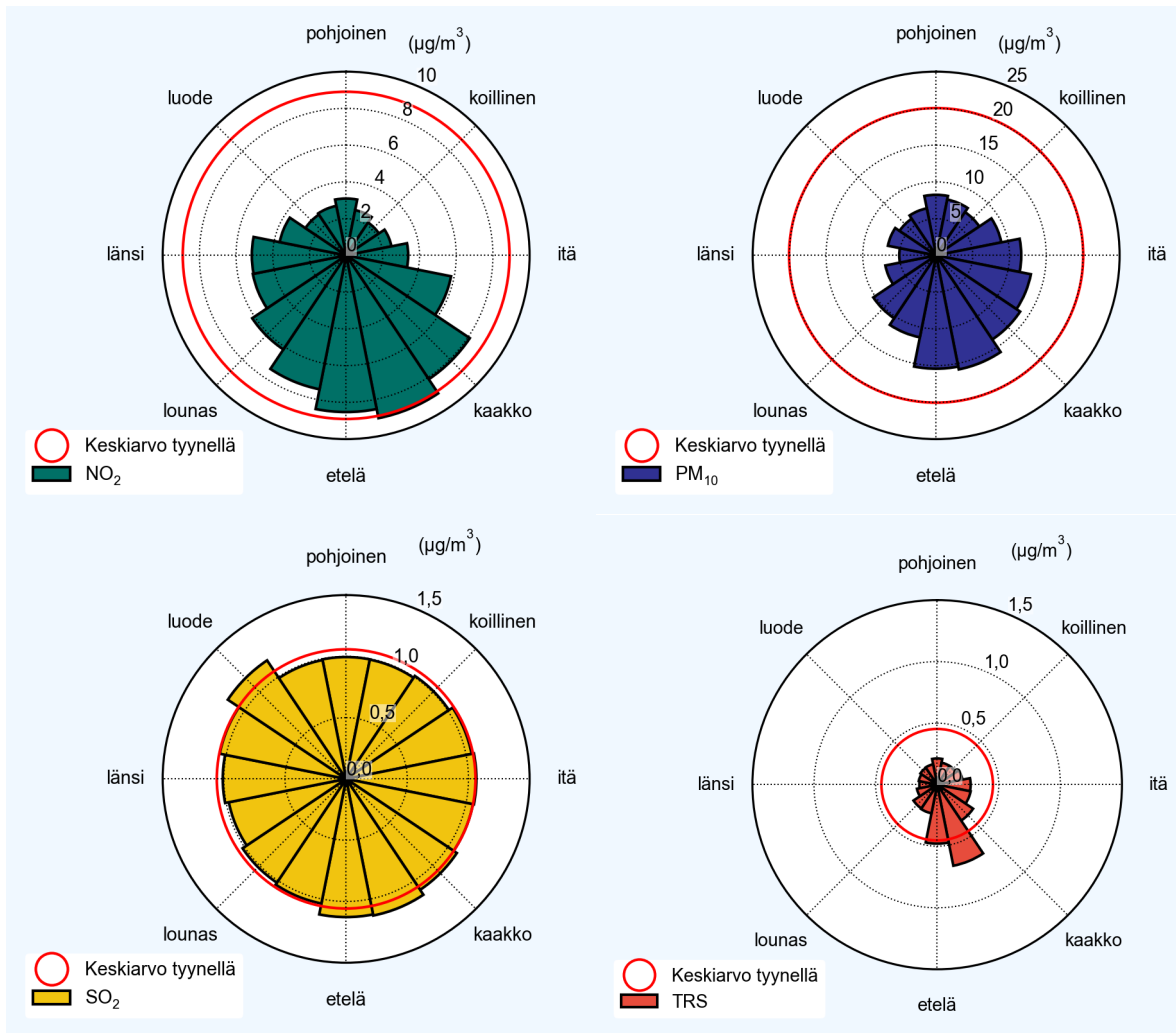
Äänekosken paloasemalla mitattuja haisevien rikkijhdisteiden tuntipitoisuuksia tarkastelemalla voidaan tilastollisesti arvioida, että mittausjaksolla olisi esiintynyt hajutunteja 35 kpl eli 0,4 % koko mittausjakson tunneista. Hajutunneiksi on tässä tarkastelussa määritetty kaikki tunnit, jolloin TRS-pitoisuus on ollut $\geq 3 \mu\text{g}(\text{S})/\text{m}^3$. Näistä tunneista olisi ollut tunnistettavaa hajua 18 tuntia ja melko voimakasta tunnistettavissa olevaa hajua 17 tuntia. Valtaosan mittausjaksosta haisevien rikkijhdisteiden pitoisuudet kuitenkin olivat matalia, eikä hajuja mitattujen TRS-pitoisuuksien perusteella esiintynyt. TRS-pitoisuus oli koko mittausjaksolla noin 97 % tunneista alle $1 \mu\text{g}(\text{S})/\text{m}^3$.

TRS-pitoisuuksiin perustuvaa hajujen esiintyvyyden arviointia voidaan pitää vain hyvin suuntaa antavana. Tässä tarkastelussa on oletettu, että kaikki mitattu TRS-pitoisuus olisi ollut rikkivetyä, joka on kaikista TRS-yhdisteistä herkimmin haiseva, eli sillä on matalin hajukynnys. Rikkivety aiheuttaa tunnistettavaa hajua pitoisuustasolla noin 3–6 µg(S)/m³ ja melko voimakasta tunnistettavissa olevaa hajua, kun pitoisuus on yli 6 µg(S)/m³. Todellisuudessa mitattu pitoisuus sisältää eri TRS-yhdisteitä, ja kaikkien niiden haju havaitaan eri pitoisuustasoilla, koska yhdisteillä on kullakin eri hajukynnys. Hajun kokemukseen vaikuttaa siis merkittävästi se, missä suhteessa päästö kyseisellä hetkellä sisältää erilaisia haisevia rikkiyhdisteitä. Näin ollen kokonais-TRS-pitoisuus ei suoraan kerro hajun esiintyvyydestä.

2.6 Tuulen suunnan ja nopeuden vaikutus mitattuihin pitoisuuksiin

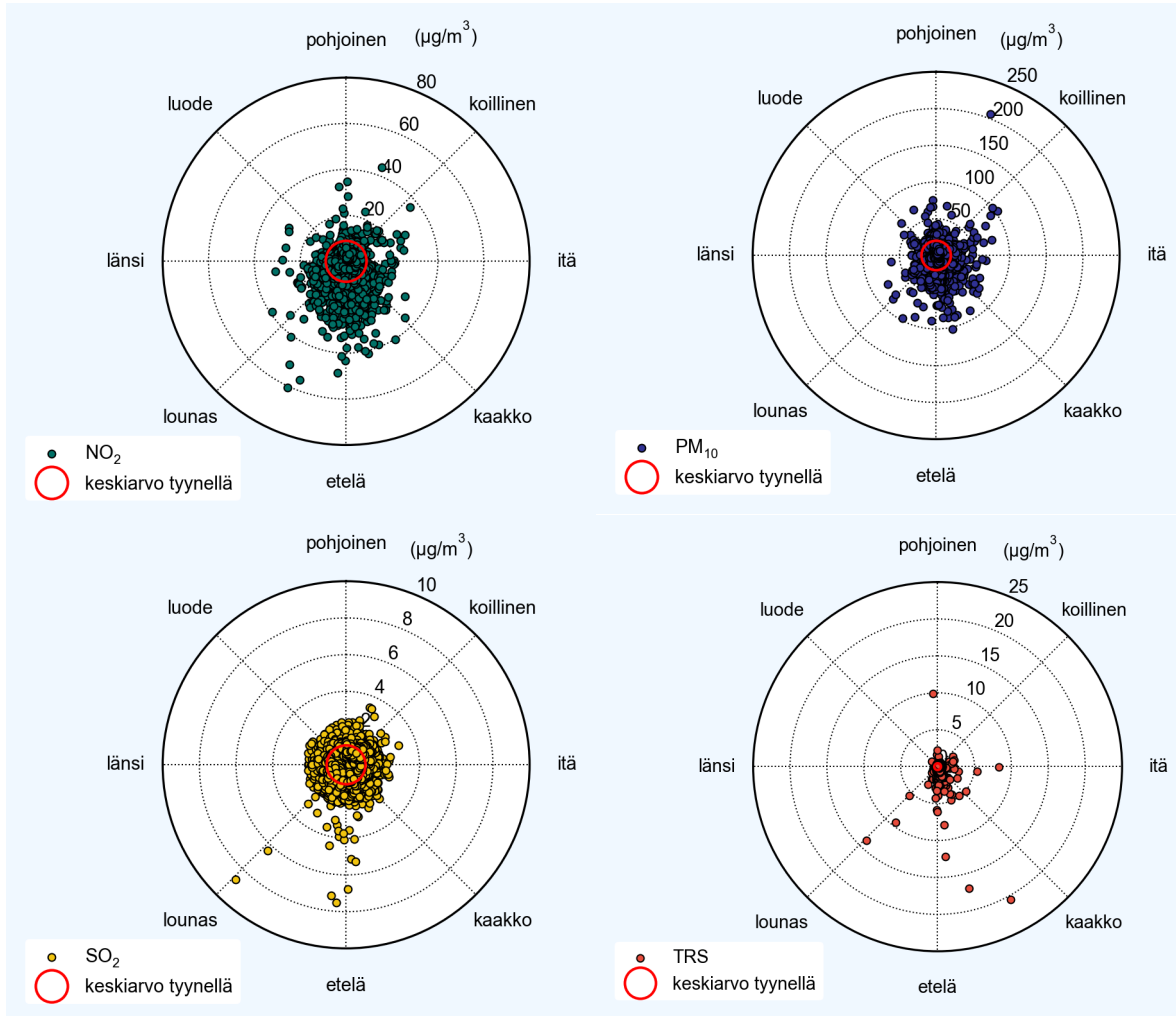
Kuvassa 10 on havainnollistettu Äänekosken paloasemalla mitattujen pitoisuuksien keskimääräistä riippuvuutta tuulensuunnasta ns. pitoisuusruusujen avulla. Pitoisuusruusu kuvaa tuntipitoisuuksien keskiarvoa eri tuulensuunnilla. Tyynellä säällä, eli kun tuulen nopeus on alle 0,5 m/s, havaittujen tuntipitoisuuksien keskiarvo on esitetty ympyrällä, jonka säteen pituus kuvaa pitoisuuden arvoa. Muilla tuulennopeuksilla havaitut pitoisuudet on esitetty tuulensuuntaisina sektoreina, joissa keskipisteestä lähtevän janan pituus sektorin kehäviivalle vastaa tuntipitoisuuksien keskiarvoa. Vuonna 2023 Äänekosken seudun tuulet olivat pääosin etelän ja lounaan suunnilta, ja vähiten mittausasemalle tuuli luoteen suunnalta. Tämä tuulijakauma vaikuttaa merkittävästi mittausasemalla havaittuihin pitoisuuksiin. Tuulijakauma on esitetty kappaleessa 5.1.

Typpidioksidin pitoisuudet olivat suurimmillaan etelän, kaakon ja lounaan puoleisilla tuulilla, eli Äänekoskentien suunnasta. Korkeimmat typpidioksidin pitoisuudet havaittiin silti keskimäärin tyynellä säällä, joka viittaa lähipäästölähteiden voimakkaaseen vaikutukseen. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat suurimmillaan tyynellä säällä sekä eteläisillä ja kaakon puoleisilla tuulilla. Tyynellä säällä havaitut korkeat pitoisuudet kertovat lähipäästöistä, joita ei pystytä tarkemmin määrittelemään. Rikkidioksidipitoisuudet olivat suunnilleen samansuuruiset kaikissa tuulen suunnissa. Tämä viittaa siihen, että mitatut rikkidioksidipitoisuudet ovat hyvin matalia, ja suurin osa on nk. alueellista taustapitoisuutta. Mikään yksittäinen päästölähde ei nouse mittauksissa esiin tunnistettavasti. Myös haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuudet olivat pääosin matalia, mutta niissä on havaittavissa selkeästi, että päästöt tulevat pääosin etelän ja kaakon väliseltä sektorilta Metsä Fibren tuotantolaitosten suunnasta.



Kuva 10. Äänekosken paloasemalla mitattujen tuntipitoisuuksien keskiarvot tuulensuunnittain vuonna 2023. Punaisella ympyrällä on merkitty pitoisuuksia, jotka on mitattu tyynissä tilanteissa. Tyyniksi on tässä tarkastelussa luokiteltu tuulet, joiden nopeus on alle 0,5 m/s.

Kuvassa 11 on esitetty Äänekosken paloasemalla mitattujen yksittäisten tuntipitoisuuksien suhde tuulen suuntaan. Yksittäisiä havaintoja on tehty kaikilla mitatuilla komponenteilla kaikilla tuulen suunnilla. Tyypidioksidin tuntipitoisuuksissa on nähtävillä trendi, jossa pääosa korkeammista pitoisuuksista on mitattu tuulen puhaltaessa etelästä ja lounaasta, millä suunnalla sijaitsee Äänekoskentie. Hengitettävien hiukkasten kuvaajasta voi huomata yksittäisen korkean tuntiaron, joka on mitattu tuulen puhaltaessa pohjoisen ja koillisen väliltä. Rikkidioksidin osalta pitoisuudet ovat pääosin pieniä ja yhtä suuria kaikista suunnista puhaltavilla tuulilla. Hieman keskimääräistä korkeampia yksittäisiä tuntipitoisuuksia on mitattu etelän ja lounaan puoleisilla tuulilla. Haisevien rikkiyhdisteiden korkeimmat tuntipitoisuudet on mitattu tuulten puhaltaessa lounaan ja kaakon väliltä.



Kuva 11. Äänekosken paloasemalla mitatut tuntipitoisuudet (µg/m³) tuulensuunnittain (0–360 °) vuonna 2023. Kuvassa eivät näy tyynellä mitatut tuntipitoisuudet. Tyyniksi on tässä tarkastelussa luokiteltu alle 0,5 m/s tuulen nopeudet. Kuvaajat ovat kukin omassa pitoisuusskaalassaan.

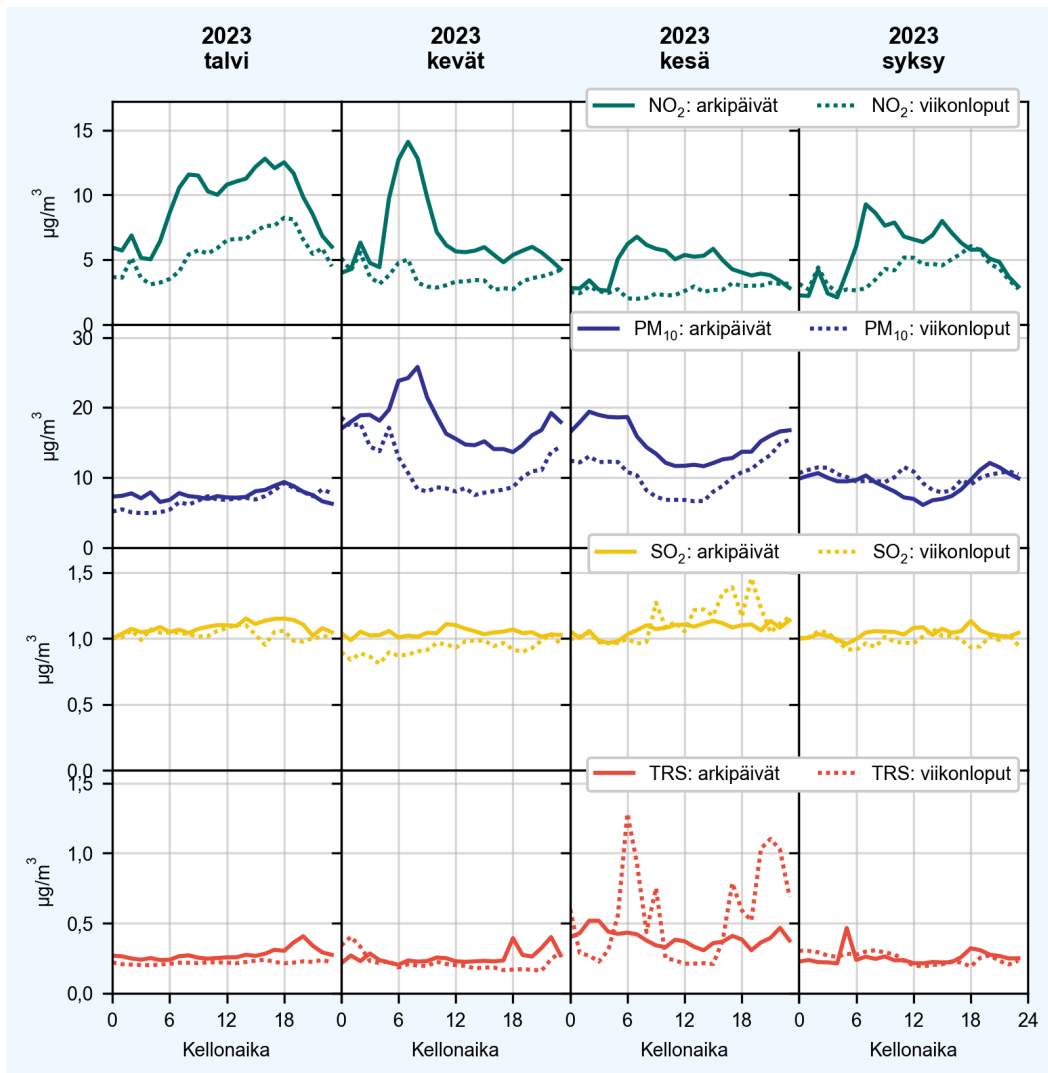
2.7 Pitoisuuksien ajallinen vaihtelu

Kuvassa 12 on tarkasteltu Äänekosken paloasemalla mitattujen typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden tuntipitoisuuksien vaihtelua kellonajan mukaan erikseen arkipäivisin (maanantai–perjantai) ja viikonloppuisin (lauantai–sunnuntai) eri vuodenaikoina. Kuvassa 13 pitoisuuksia on puolestaan tarkasteltu viikonpäivittäisinä keskiarvoina mittausjaksolta.

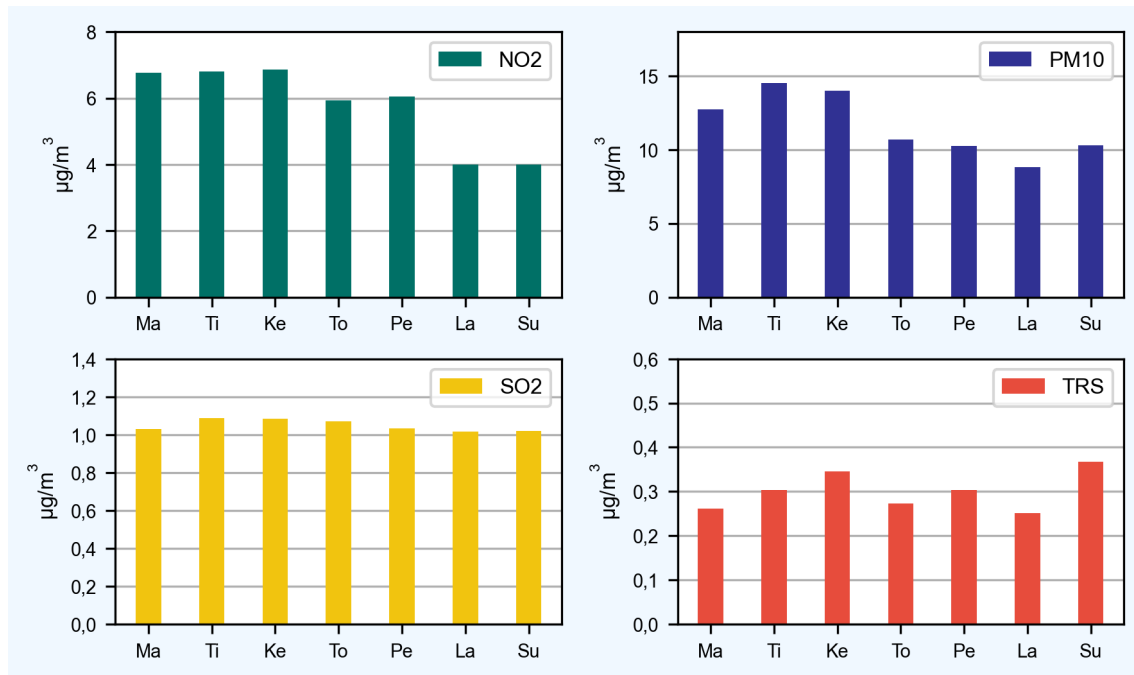
Typpidioksidin tuntipitoisuuksissa havaitaan selkeä liikenteen vaikutus. Typpidioksidipitoisuudet ovat korkeimmillaan arkipäivisin työmatkaliikenteen ollessa vilkkaimmillaan sekä arkisin uudelleen iltapäivällä liikennemäärien taas noustessa. Pitoisuudet ovat korkeampia talvella kuin kesällä johtuen ilmakehän heikommasta sekoittumisesta. Keskimääräiset tuntipitoisuudet ovat viikonloppuisin pienempiä kuin arkisin. Vaikka viikonloppuisin pitoisuuksien vaihtelu vuorokauden sisällä on vähäisempää kuin arkisin, ovat ne kuitenkin keskimäärin hieman korkeampia iltaisin. Viikonpäivittäin tarkasteltuna typpidioksidin keskimääräinen pitoisuus oli selvästi matalampi viikonloppuna kuin arkisin, sillä liikennemäärät ja siitä aiheutuvat päästöt ovat vähäisempiä viikonloppuisin.

Hiukkaspitoisuuksissa ei ole havaittavissa suurta vaihtelua talvella ja syksyllä, vaan pitoisuudet pysyvät samankaltaisina sekä arkisin että viikonloppuisin. Keväällä ja kesällä havaitaan kuitenkin selvä ero johtuen katupölystä. Erityisesti keväällä liikenne ja tuuli nostattavat maasta hiukkasia ilmaan. Arkisin pitoisuudet ovat suurimmillaan aamuisin ja kohoavat taas iltaa kohden, viikonloppuisin taas yöaikaan. Hiukkaspitoisuudet eivät ole yhtä riippuvaisia liikennemäärästä kuin typpidioksidipitoisuudet, ja pölyämistä tapahtuu liikenteen ja teollisuuden lisäksi luonnollisesti, johon vaikuttaa muun muassa vallitsevat sääolosuhteet, jotka puolestaan eivät ole riippuvaisia vuorokaudenajasta. Viikonpäiviä vertailtaessa hengitettävät hiukkaset ovat hieman korkeampia arkisin kuin viikonloppuisin.

Rikkidioksidi ja haisevat rikkiyhdisteet ovat hyvin samankaltaisia, eikä kummassakaan ole juuri vaihtelua vuorokauden sisällä lukuun ottamatta kesän arkipäivien piikkejä. Piikit selittyvät osaltaan koko vuoden korkeimmilla tuntiarvoilla, jotka mitattiin rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden osalta juuri kesä–elokuussa. Viikonpäivien osalta rikkidioksidin pitoisuuksissa ei ole merkitseviä eroavaisuuksia. Myöskään haisevien rikkiyhdisteiden osalta erot eivät ole suuria, mutta sunnuntain keskimäärin korkeampi pitoisuus selittyy vuoden korkeimpien tuntipitoisuuksien osuminen sunnuntaipäiville (30.7. ja 6.8.).



Kuva 12. Äänekosken paloasemalla vuonna 2023 mitattujen tuntipitoisuuksien keskiarvot kellonajan mukaan arkipäivisin (ma–pe) ja viikonloppuisin (la–su) eri vuodenaikoina.

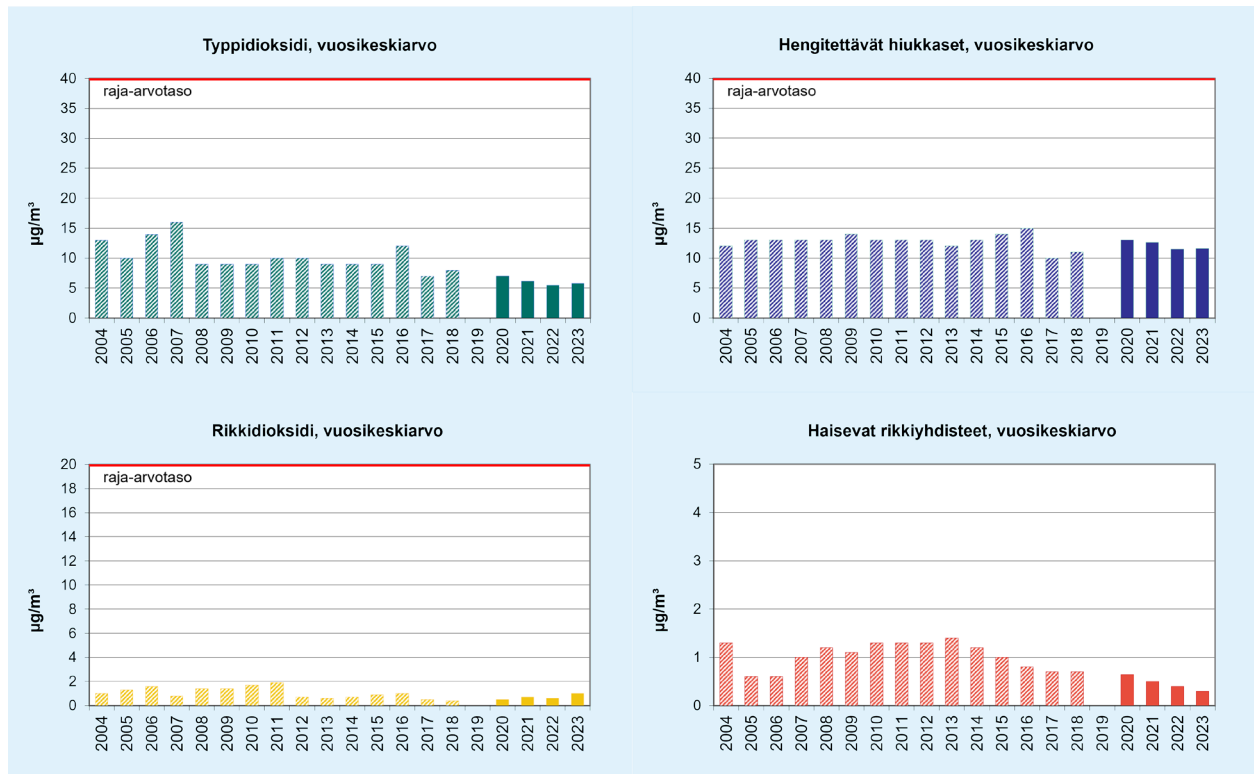


Kuva 13. Äänekosken paloasemalla vuonna 2023 mitattujen pitoisuuksien keskiarvot viikonpäivän mukaan.

2.8 Pitoisuuksien vertailua Äänekoskella aiemmin mitattuihin pitoisuuksiin

Äänekoskella on mitattu ilmanlaatua vuosina 2004–2018 Hiskinmäen mittauspisteessä. Hiskinmäen mittauspiste sijaitsi Äänekoskentien eteläpuolella, noin 200 metriä länteen nykyisestä mittauspisteestä. Nykyisellä paikalla mittauksia on tehty 1.6.2020 alkaen, joten vuosi 2023 oli kolmas kokonainen mittausvuosi nykyisellä paikalla. Vuoden 2020 tuloksissa täytyy ottaa huomioon, että mittausjakso kesti vain seitsemän kuukautta. Puutteellinen vuosikeskiarvo vaikuttaa todennäköisesti eniten hengitettävien hiukkasten keskiarvoon, sillä vuoden jälkimmäisen puolikkaan perusteella lasketussa keskiarvossa ei ole mukana kevään katupölykautta, jolloin hengitettävien hiukkasten pitoisuudet ovat tyypillisesti muihin vuodenaikoihin verrattuna korkeampia.

Kuvassa 14 on esitetty Hiskinmäellä vuosina 2004–2018 mitatut typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden vuosikeskiarvot sekä paloasemalla jaksolla 1.6.2020–31.12.2023 mitatut mittausjakson keskiarvot. Kaikissa mitatuissa pitoisuuksissa on ollut vuosien varrella havaittavissa lievä laskeva trendi. Haisevien rikkiyhdisteiden osalta vuoden 2023 vuosikeskiarvo oli matalin Hiskinmäellä tai nykyisellä paikalla mitattu vuosikeskiarvopitoisuus. Typpidioksidin osalta vuoden 2023 keskiarvo on mittausjakson toiseksi matalin lukema (matalin mitattiin vuonna 2022). Rikkidioksidin vuosikeskiarvo nousi aiemmista vuosista säilyttäen kuitenkin erittäin matalan tason, ja hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvot olivat aiempien vuosien tasolla. Kaikkien mitattujen yhdisteiden paitsi haisevien rikkiyhdisteiden osalta pitoisuuksien vuosikeskiarvot vuoden 2023 mittausjaksolla olivat hieman korkeampia kuin edeltävänä vuonna 2022. Mitattuihin pitoisuuksiin vaikuttaa päästöjen lisäksi myös sääolosuhteet, jotka vaikuttavat merkittävästi päästöjen laimenemiseen ja leviämiseen.



Kuva 14. Äänekosken Hiskinmäellä vuosina 2004–2018 mitatut vuosikeskiarvot sekä paloasemalla jaksolla 1.6.2020 – 31.12.2023 mitatut keskiarvot. Vuosiraja-arvo on esitetty punaisella vaakaviivalla.

2.9 Pitoisuuksien vertailua muualla mitattuihin pitoisuuksiin

Taulukossa 2 ja kuvissa 15–18 on esitetty typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuuksia vuodelta 2023 Äänekosken paloaseman mittauspisteen lisäksi Jyväskylän keskustan Hannikaisenkadulta, Helsingin keskustan Mannerheimintieltä, Kuopion Sorsasalossa sijaitsevalta mittausasemalta sekä Ilmatieteen laitoksen taustailmanlaadun mittausasemilta Muonion Sammaltunturilta ja Kittilän Matorovalta. Sammaltunturin tausta-asemalta tarkastellaan typpidioksidin ja rikkidioksidin pitoisuuksia ja Kittilän tausta-asemalta hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia, sillä Sammaltunturin hengitettävien hiukkasten joulukuun mittauksen ajallinen kattavuus jäi alle 85 %. Kaikkien muiden asemien pitoisuustulokset ovat tarkistettua aineistoa paitsi Helsingin Mannerheimintien pitoisuudet, ja näin ollen Mannerheimintien tulokset esittävät vain suuntaa antavaa pitoisuustasoa (*Ilmatieteen laitos, 2024a*). Kaikki mitatut pitoisuustulokset on saatu jatkuvatoimisilla laitteilla. Jyväskylän kaupungin Hannikaisenkadun mittausasema sijaitsee vilkkaassa liikenneympäristössä ja mitatut pitoisuudet edustavat tasoa, jolle ihmiset altistuvat liikkueessaan keskisuuren kaupungin keskusta-alueella Keski-Suomessa. Helsingin Mannerheimintie edustaa Suomen mittakaavassa kuormitetuinta liikenneympäristöä kaupungin keskusta-alueella. Kuopion Sorsasalossa mittausasema on läheisen aallotuskartonkitehtaan päästöjen vaikutuksia tarkkaileva mittausasema. Sammaltunturin ja Kittilän mittausasemat edustavat pitoisuuksia Lapissa puhtaalla tausta-alueella, jossa aseman välittömässä läheisyydessä ei ole ihmistoimintoja.

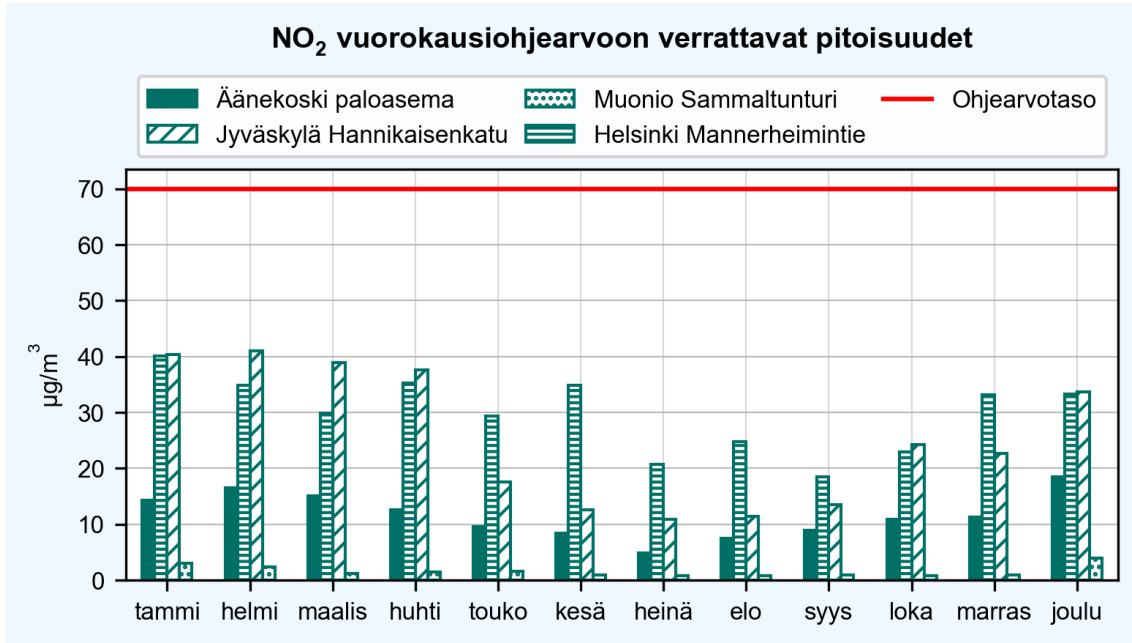
Taulukko 2. Äänekosken paloasemalla, Jyväskylän Hannikaisenkadulla, Helsingin Mannerheimintielle, Muonion Sammaltunturilla, Kittilän Matorovalla sekä Kuopion Sorsasalossa vuonna 2023 mitatut typen oksidien, hengitettävien hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden keskiarvopitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Helsingin Mannerheimintien pitoisuustulokset ovat vielä tarkistamatonta aineistoa.

Mittausjakson keskiarvopitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Äänekoski palo-asema	Jyväskylä Hannikaisenkatu	Helsinki Mannerheimintie	Muonio Sammaltunturi	Kittilä Matorova	Kuopio Sorsasalo
NO ₂	5,8	11,8	16,8	0,8	–	–
PM ₁₀	11,6	11,9	17,5	–	2,5	–
SO ₂	1,0	–	–	0,5	–	1,3
TRS	0,3	–	–	–	–	0,3

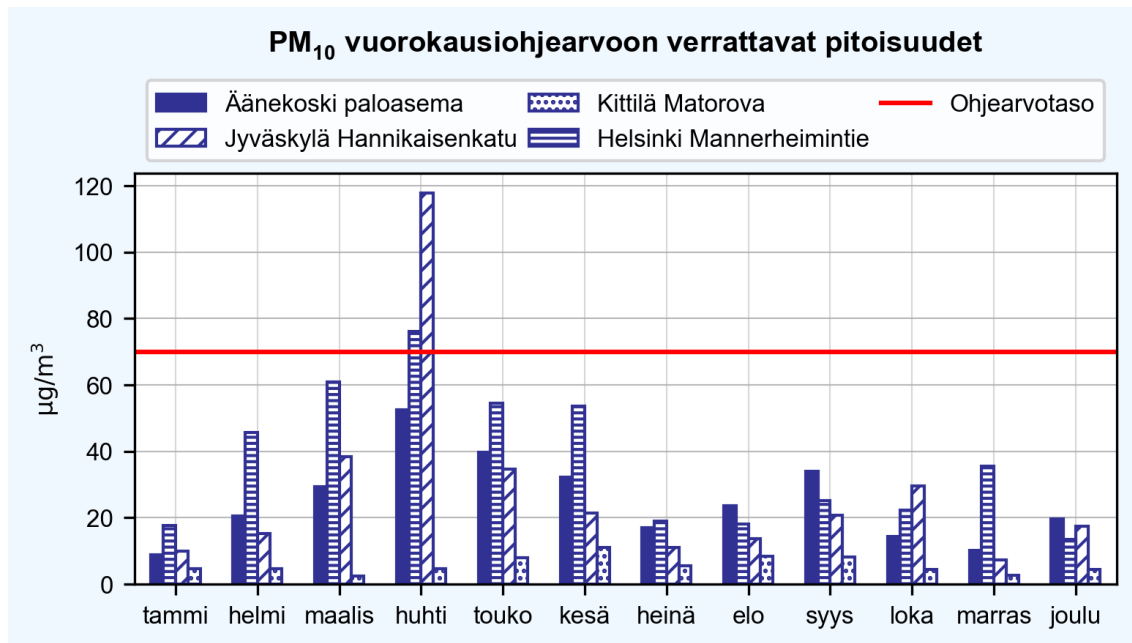
Typpidioksidin ohjearvoon verrattuna Äänekosken pitoisuudet olivat kaikkina kuukausina selvästi pienempiä kuin Jyväskylän Hannikaisenkadulla tai Helsingin Mannerheimintielle, mutta selkeästi korkeampia kuin Sammaltunturin tausta-asemalla. Koska typpidioksidipitoisuudet ovat vahvasti riippuvaisia liikennemääristä kyseisillä asemilla, kertovat pitoisuudet lähinnä asemien läheisyyden liikennemääristä. Äänekosken mittausaseman lisäksi kaikilla vertailtavilla asemilla typpidioksidipitoisuudet olivat korkeimmillaan talvikuukausina ja pienimmillään kesällä ja syksyllä. Typpidioksidipitoisuuksiin vaikuttavat myös paikalliset sääolosuhteet kuten tuuli, tyynet pakkaspäivät ja inversiotilanteet.

Hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrannolliset pitoisuudet olivat Äänekoskella suuremmat kuin Jyväskylän Hannikaisenkadulla helmikuussa, touko–syyskuussa ja marras–joulukuussa. Jyväskylän Hannikaisenkadulla hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrannolliset pitoisuudet olivat puolestaan suuremmat katupölyaikana sekä lokakuussa. Mannerheimintien mittausasemaan verrattuna Äänekoskella oli kaikkina kuukausina pienemmät pitoisuudet, lukuun ottamatta elo-, syys- ja joulukuuta, jolloin Äänekosken ohjearvoon verrannollinen pitoisuus oli jonkin verran korkeampi kuin Helsingin Mannerheimintielle. Kittilän tausta-asemalla oli kaikkina kuukausina selvästi pienimmät pitoisuudet kuin muilla asemilla. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksiin vaikuttavat liikenteen päästöjen lisäksi hiukkasten kaukokulkeutuminen, teollisuuden päästöt ja paikallinen ympäristön pölyäminen.

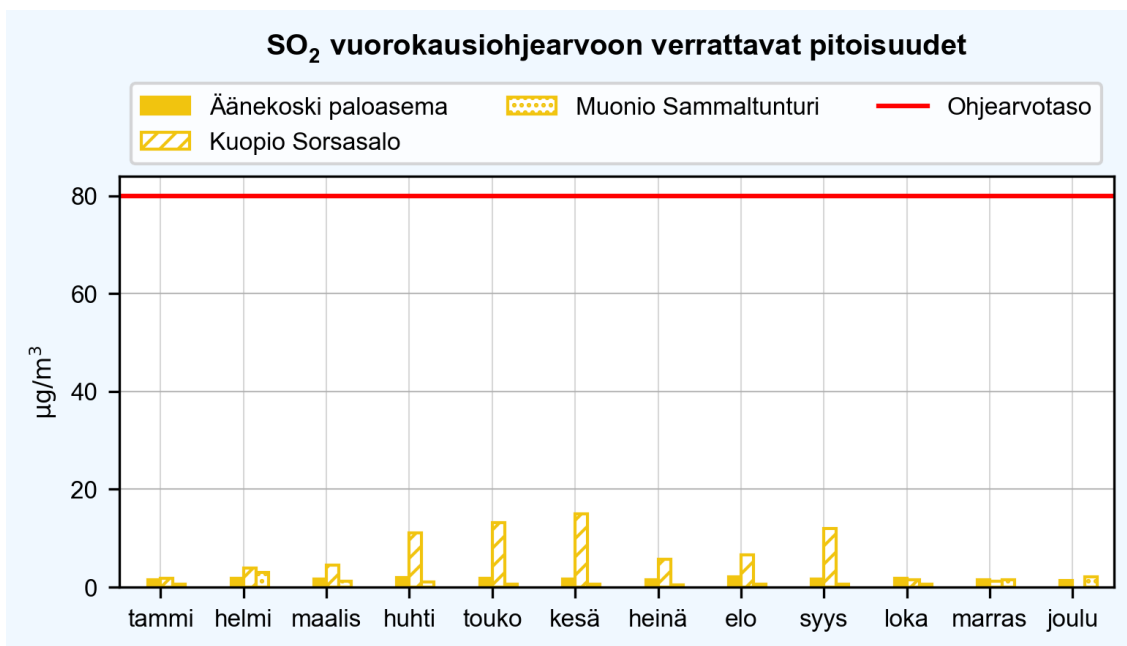
Rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuuksiin vaikuttavat eniten paikallisen teollisuuden päästöt ja erityisesti sen häiriöpäästöt. Pitoisuudet voivatkin vaihdella ajallisesti ja paikallisesti hyvinkin paljon, joten yksittäisiä pitoisuuspiikkejä ei ole tarkoituksenmukaista vertailla keskenään, vaan lähinnä vertailla pitoisuustasoja yleisemmällä tasolla. Vuonna 2023 Kuopion Sorsasalon teollisuusympäristössä mitatut ohjearvoon verrattavat rikkidioksidipitoisuudet olivat kaikkina muina kuukausina suuremmat kuin Äänekoskella paitsi loka- ja marraskuussa. Joulukuulta Kuopion Sorsasalon rikkidioksidimittausten kattavuus oli niin alhainen, että kuukausikeskiarvoa ei ole esitetty. Sammaltunturilla taas oli Äänekoskeen verrattuna korkeammat ohjearvoon verrattavat pitoisuudet helmikuussa ja joulukuussa, mikä johtuu todennäköisesti rikkidioksidin kaukokulkeumasta. Haisevien rikkiyhdisteiden osalta Kuopion Sorsasalossa mitattiin Äänekosken mittausasemaan verrattuna korkeampia ohjearvoon verrannollisia pitoisuuksia muina kuukausina paitsi maaliskuussa, heinä-elokuussa ja loka-marraskuussa.



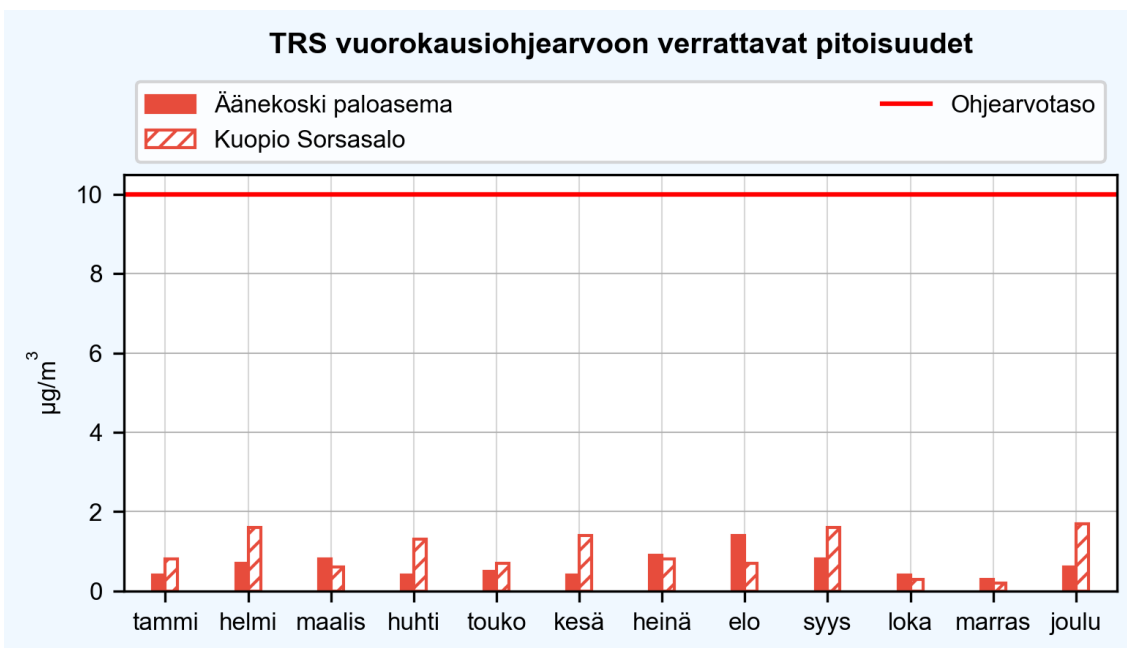
Kuva 15. Typpidioksidipitoisuuden vuorokausiohjeeseen verrattavat pitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kuukausittain vuonna 2023 eri mittausasemilla. Vuorokausiohjearvo $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ on esitetty punaisella vaakaviivalla. Helsingin Mannerheimintien pitoisuustulokset ovat vielä tarkistamatonta aineistoa.



Kuva 16. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjeeseen 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. Helsingin Mannerheimintien pitoisuustulokset ovat vielä tarkistamatonta aineistoa.



Kuva 17. Rikkidioksidipitoisuuden vuorokausiohjeeseen verrattavat pitoisuudet (µg/m³) kuukausittain vuonna 2023 eri mittausasemilla. Vuorokausiohje 80 µg/m³ on esitetty punaisella vaakaviivalla.



Kuva 18. Haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuuden vuorokausiohjeeseen verrattavat pitoisuudet (µg/m³) kuukausittain vuonna 2023 eri mittausasemilla. Vuorokausiohje 10 µg/m³ on esitetty punaisella vaakaviivalla.

3. YHTEENVETO MITTAUSTULOKSISTA

Ilmatieteen laitos tarkkaili Äänekosken ulkoilman laatua vuonna 2023 yhdessä mittauspisteessä. Ilmanlaadun mittausten tavoitteena oli kartoittaa typen oksidien, hengitettävien hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuustasoa ja hetkellistä vaihtelua alueella. Näistä typen oksideja ja hengitettäviä hiukkasia vapautuu erityisesti autoliikenteestä ja rikkidioksidia ja haisevia rikkiyhdisteitä puolestaan teollisuuden tuotantoprosesseista. Mittauspiste sijaitsee paloaseman piha-alueen laidalla, Äänekoskentien varrella. Mittaukset alkoivat 1.6.2020 ja niitä tullaan jatkamaan kyseisellä paikalla nykyisen mittaussovimuksen puitteissa keskeytyksettä vuoden 2024 loppuun asti.

Ilman epäpuhtauksien pitoisuuksiin vaikuttavat kiinteiden lähteiden kuten teollisuuden ja energiantuotannon päästöt, ja liikenteen sekä hajapäästölähteiden kuten asuinrakennusten tulisijojen päästöt. Vuodenaika, liikenne, kaukokulkeuma ja sääolosuhteet vaikuttavat pitoisuuksiin voimakkaasti. Korkeimmat epäpuhtauspitoisuudet esiintyvät useimmiten stabiileissa heikkotuulisissa tilanteissa ja erityisesti ns. inversiotilanteissa, jolloin ilmakehän pystysuuntainen lämpötilajakauma estää tai rajoittaa epäpuhtauksien laimenemista myös pystysuunnassa.

Autoliikenne on haitallisin päästölähderyhmä korkeiden pitoisuuksien muodostumisen kannalta useimmissa maamme kaupungeissa. Liikenteen päästöjen osuus monien ilman epäpuhtauksien päästöistä on huomattava ja pakokaasut vapautuvat ilmaan lähellä ihmisten hengityskorkeutta. Energiantuotannon ja teollisuuden päästöt vapautuvat ulkoilmaan yleensä korkeista piipuista ja ehtivät sekoittua ympäröivään ilmaan ja laimentua ennen maanpintatasoa, jolloin niiden vaikutus pitoisuuksiin hengityskorkeudella jää vähäiseksi. Hiukkaspitoisuudet ovat tyypillisesti korkeimmillaan keväisin ns. katupölyaikaan sekä kesällä sateettomaan aikaan. Katupölyä syntyy, kun lumet sulavat keväällä ja talven aikana tien varsille kerääntynyt hiukkasmassa vapautuu ilmaan tuulen ja liikennevirtojen vaikutuksesta katujen kuivuttua. Lumien sulamisvedet, sateet ja pölynsidonta suolaliuoksella hillitsevät keväistä pölyämistä. Sateet alentavat myös muina vuodenaikoina väliaikaisesti ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia ja puhdistavat hengitysilmaa.

Äänekosken paloasemalla mitattujen pitoisuuksien tuntiarvojen perusteella laskettiin ilmanlaatuindeksi, joka kuvaa vallitsevaa ilmanlaatuutilannetta viisiportaisella sanallisella asteikolla: hyvä, tyydyttävä, välttävä, huono tai erittäin huono. Ilmanlaatuindeksi on vertailuluku, joka kuvaa sen hetkistä ilmanlaatua suhteutettuna ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin. Indeksillä ilmaistuna ilmanlaatu Äänekosken paloasemalla oli hyvää tai tyydyttävää 88 % vuoden 2023 vuorokausista eli valtaosan mittausjaksosta. Ilmanlaatu oli välttävää 10 % päivistä, huonoa 2 % päivistä ja erittäin huonoa kahtena päivänä eli 0,5 % päivistä.

Ilmanlaatu oli huonoa tai erittäin huonoa 9 päivänä vuonna 2023. Huonoja ja erittäin huonoja päiviä oli eniten huhtikuussa, jolloin erittäin huonon ilmanlaadun päiviä oli kaksi ja huonoja kolme. Huono ilmanlaatu kyseisinä päivinä johtui hengitettävistä hiukkasista, jotka olivat peräisin kevään katupölystä. Huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun päivät osuivat kokonaisuudessaan lähinnä kevään katupölykauteen maaliskuun lopulta toukokuulle. Haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuudet aiheuttivat kahtena päivänä huonon ilmanlaadun vuonna 2023. Korkeat haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuudet aiheutuivat Metsä Fibren tehtaan häiriötilanteesta.

Äänekosken paloasemalla kaikki mitatut pitoisuudet jäivät ilmanlaadun raja-arvojen ja arviointikynnyksien alapuolelle. Typpidioksidin pitoisuudet olivat enimmillään 21 % raja-arvoista, hengitettävien hiukkasten pitoisuudet 48 % raja-arvoista ja rikkidioksidin pitoisuudet

enimmillään 2 % raja-arvoista. Haiseville rikkiyhdisteille ei ole asetettu raja-arvoja ilmanlaatulainsäädännössä.

Typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuuksille ilmanlaatulainsäädännössä annetut ohjearvot eivät ylittyneet mittausjaksolla kertaakaan. Typpidioksidin pitoisuus oli korkeimmillaan helmikuussa 34 % tuntiohjearvosta ja hengitettävien hiukkasten pitoisuus huhtikuussa 75 % tuntiohjearvosta. Rikkidioksidin pitoisuudet olivat kaikkina kuukausina 1–2 % ohjearvosta. Haisevien rikkiyhdisteiden korkein ohjearvoon verrannollinen pitoisuus oli elokuussa 14 % ohjearvosta.

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 pitoisuudet ylittivät niukasti WHO:n vuorokausiohjearvon vuoden 2023 mittausjaksolla ollen enimmillään 102 % WHO:n ohjearvosta. Muut ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet alittivat WHO:n ohjearvot vuonna 2023. Typpidioksidin pitoisuudet (tunti-, vuorokausi- ja vuosiohjearvot) olivat 30–72 % WHO:n ohjearvoista, ja rikkidioksidin pitoisuus oli 5 % WHO:n vuorokausiohjearvosta.

Tuulensuunnittain tarkasteltuna typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat keskimäärin suurimmillaan tyynellä säällä ja tuulen puhaltaessa etelän, kaakon ja lounaan väliseltä alueelta, eli Äänekoskentien suunnasta sekä pohjoisesta paloaseman parkkialueelta päin. Tyynellä säällä havaitut korkeat typpidioksidin ja hiukkasten pitoisuudet kertovat paikallisista lähipäästölähteistä, jonka lähdeettä ja sen sijaintia ei tarkemmin pystytä määrittelemään. Kovemmilla tuulennopeuksilla pystytään pääättelemään, mistä suunnasta mitatut pitoisuudet ovat peräisin. Rikkidioksidipitoisuudet olivat suunnilleen samansuuruiset kaikilla ilmansuunnilla sekä tyynellä säällä. Haisevia rikkiyhdisteiden pitoisuus oli selvästi korkeimmillaan etelän ja kaakon suunnalta puhaltavilla tuulilla.

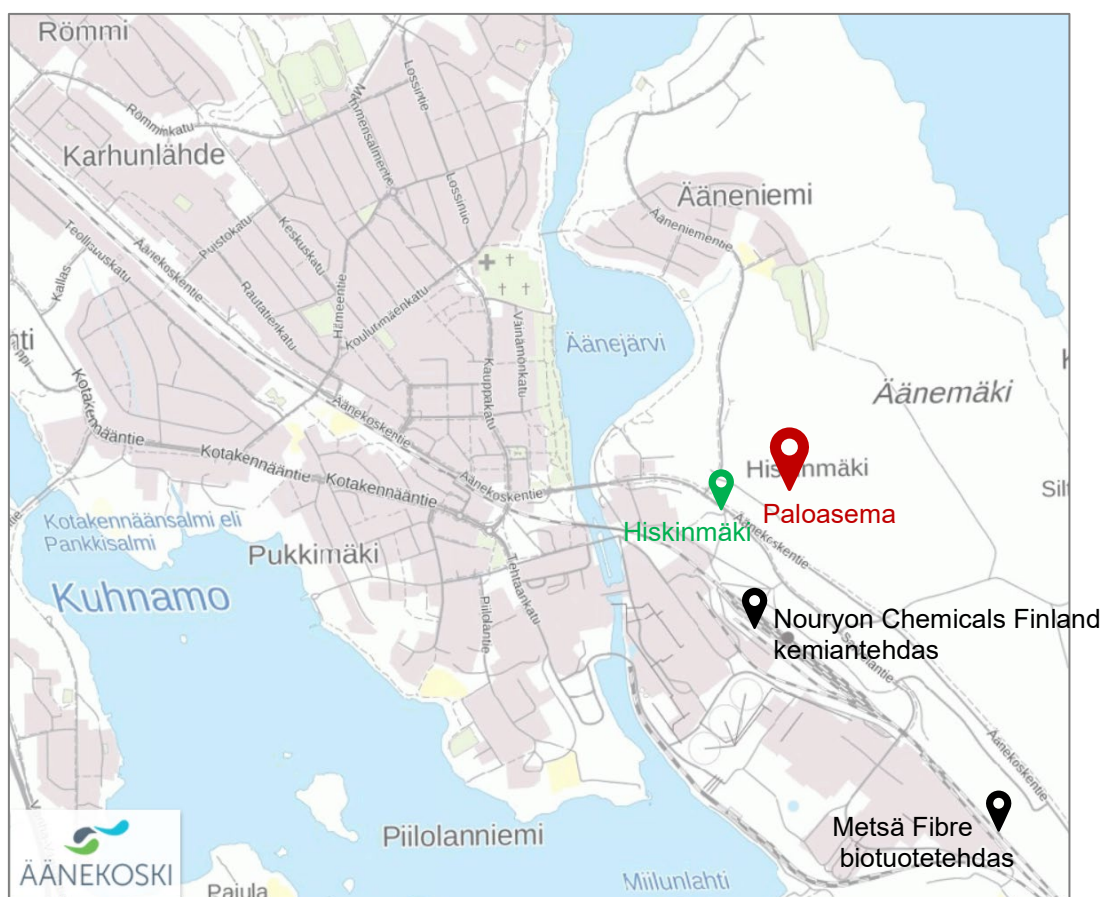
Tuulensuuntatarkastelun ja pitoisuuksien tunti- ja vuorokausijakaumien perusteella Äänekosken paloaseman mittauspisteessä typen oksidien pitoisuuksiin vaikuttavat eniten autoliikenteen päästöt. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksiin vaikuttavat pakokaasuissa olevien hiukkasten lisäksi tuulen ja liikenteen maanpinnasta ilmaan nostattamat hiukkaset sekä teollisuuden päästöistä peräisin olevat hiukkaset. Etenkin katupölystä johtuviin hengitettävien hiukkasten pitoisuuksiin voidaan vaikuttaa merkittävästi paikallisesti katujen kunnossapidolla, oikea-aikaisella katujen siivoamisella sekä pölynsidonnalla. Haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuudet sen sijaan ovat selvimmin kytköksissä teollisuuden päästöihin. Rikkidioksidipitoisuudet olivat pieniä kaikilla tuulensuunnilla, joten sen päästölähteiden sijainneista ei vuoden 2023 mittausten perusteella voi tehdä johtopäätöksiä.

OSA II

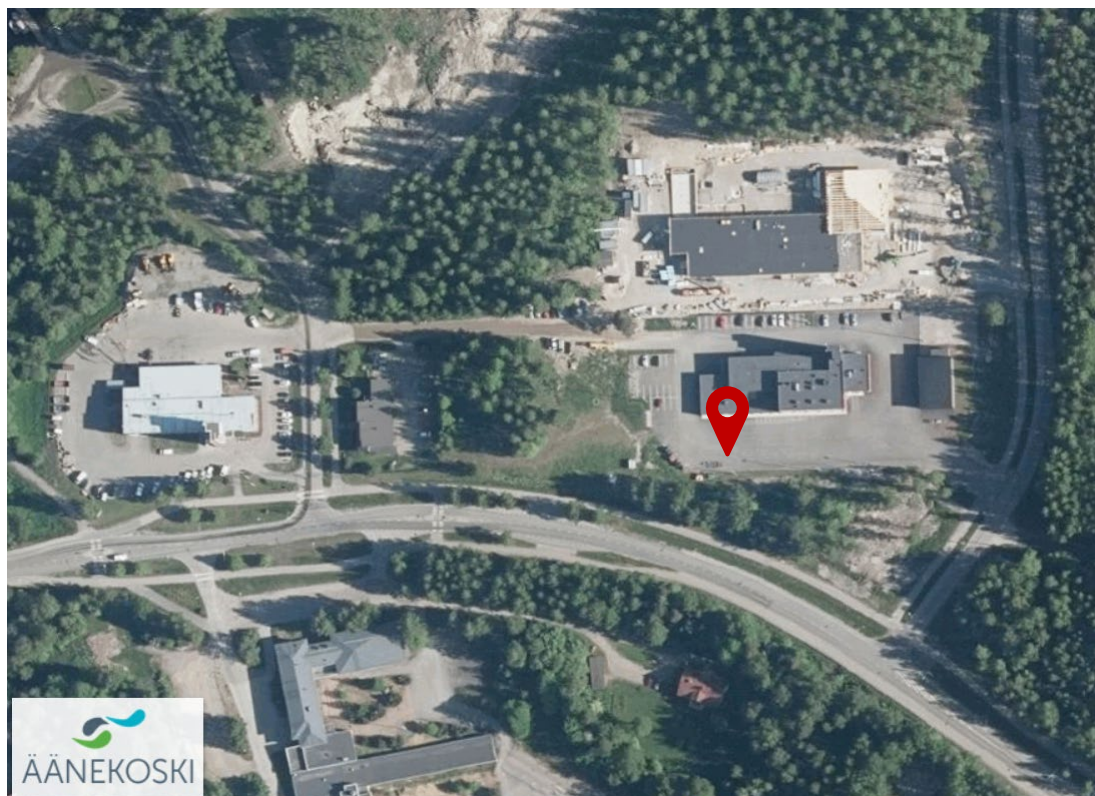
4. TUTKIMUKSEN SUORITUS

4.1 Tutkimuskohde

Ilmatieteen laitos aloitti ilmanlaadun mittaukset Äänekosken paloasemalla 1.6.2020. Mittauksia tullaan jatkamaan keskeytyksettä samassa paikassa vuoden 2024 loppuun asti. Mittausasema sijaitsee Äänekosken paloaseman piha-alueen laidalla, Äänekoskentien varrella, melko avoimessa ympäristössä. Mittauspiste sijaitsee laajan teollisuusalueen pohjoispuolella. Etäisyys Äänekosken keskustaan on noin 1 km. Lähimmät päästölähteet ovat autoliikenne, Nouryon Chemicals Finlandin kemiantehdas alle 500 metrin päässä ja Metsä Fibren biotuotetehdas noin 1 km:n päässä. Metsä Fibren jätevedenpuhdistamo sijaitsee näiden laitosten välissä. Metsä Woodin Suolahden vaneritehtaat ja Kumpuniemen voima Oy ovat noin 6 km ja Valio Oy:n tuotantolaitokset noin 3 km kaakkoon mittausasemasta. Mittausaseman sijainti on esitetty kuvissa 19 ja 20 kartalla ja ilmakuvassa. Kartalle on merkitty myös vuosina 2004–2018 toimineen ilmanlaadun mittausaseman sijainti Hiskinmäellä sekä lähimpien teollisuuslaitosten sijainnit.



Kuva 19. Äänekosken paloaseman ilmanlaadun mittauspiste merkittynä punaisella symbolilla ja Hiskinmäen edellinen ilmanlaadun mittauspiste vihreällä symbolilla. Mustilla symboleilla on merkitty läheisten päästölähteiden sijaintia. Kartta: Äänekosken kaupungin karttapalvelu (<https://kartta.aanekoski.fi/ims#>).



Kuva 20. Äänekosken paloaseman ilmanlaadun mittauspiste merkittynä punaisella symbolilla. Ilmakuva: Äänekosken kaupungin karttapalvelu (<https://kartta.aanekoski.fi/ims#>).

4.2 Mitatut suureet ja mittausmenetelmät

Äänekosken paloaseman mittauspisteeseen tuotiin mittauskontti, joissa kaikki mittauksiin liittyvät toiminnot tapahtuvat häiriöttä ja mittausolosuhteet stabiileina. Mittausasemalla mitattiin jatkuvatoimisilla automaattisilla analysaattoreilla typen oksidien (NO , NO_2 ja NO_x), halkaisijaltaan alle $10\text{ }\mu\text{m}$:n suuruisten hengitettävien hiukkasten (PM_{10}), rikkidioksidin (SO_2) ja haisevien rikkiyhdisteiden (TRS) pitoisuuksia. Mittalaitteet ja mittausmenetelmät on esitelty taulukossa 3. 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 (taulukko 3). Säämittausanturin korkeus oli noin 4 metriä maanpinnan tasosta. Kontin ilmastointi on järjestetty niin, ettei poistoilmavirta häiritse näytteenottoa, eivätkä poistoilman epäpuhtaudet pääse näytteenottimiin. Valokuva mittausasemasta on esitetty kuvassa 21.

Taulukko 3. Äänekosken ilmanlaadun mittauksissa käytetyt menetelmät ja laitteet.

Mitattava komponentti	Mittausmenetelmä	Mittalaite
Typen oksidit	Kemiluminesenssi	TEI 42i
Hengitettävät hiukkaset	Beetasäteilyn absorptio + valon sironta	Thermo Model 5030 SHARP
Rikkidioksidi	UV-fluoresenssi	TEI 43i TLE
Haisevat rikkiyhdisteet	UV-fluoresenssi + konvertteri	TEI 43i + PPM891 konvertteri
Meteorologiset tiedot		Vaisala WXT530



Kuva 21. Ilmanlaadun mittausasema Äänekosken paloaseman pihan laidalla. Ulkoilma imetään mittalaitteisiin kontin katolla sijaitsevien näytteenottimien läpi. Lisäksi katolla on säämittausanturi. Valokuva: Matias Saunamäki.

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 beetasäteilyn absorptioon ja 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 ($\text{PM}_{10}/\text{PM}_{2.5}$)*. $\text{PM}_{10}/\text{PM}_{2.5}$ -hiukkasten gravimetrinen referenssimenetelmä on kuvattu standardissa *EN 12341:2014*. Ilmatieteen laitoksen käyttämien automaattisten hiukkasanalysaattoreiden antamien tulosten vastaavuus $\text{PM}_{10}/\text{PM}_{2.5}$ -hiukkasten gravimetrisen referenssimenetelmään on osoitettu tutkimuksessa *Walden ym., 2017*. Äänekoskella PM_{10} –mittalaitteena käytössä olleelle Sharp 5030 -analysaattorille on käytetty kansallisen vertailulaboratorion suosituksen mukaista ekvivalenttisuuserroa 1,242 (*Walden ym., 2018*).

Rikkidioksidin mittauksissa käytettiin UV-fluoresenssiin perustuvaa määrittämenetelmää. Mittaukset perustuvat EU:n referenssimenetelmään, joka on kuvattu standardissa *SFS-EN 14212:2012. Ambient air - Standard method for the measurement of the concentrations of sulphur dioxide by ultraviolet fluorescence*. Haisevien rikkiyhdisteiden kokonaispitoisuutta määritetään hapettamalla rikkiyhdisteet korkeassa lämpötilassa ns. konvertterissa rikkidioksidiksi. Tämän jälkeen myös TRS-laitteessa mitataan rikkidioksidin kokonaispitoisuutta UV-fluoresenssimenetelmällä.

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 kalibroitulosten perusteella ja laitteiden toimintahäiriöistä johtuneet virheelliset arvot poistettiin. Mittauksia seurattiin etävalvontana Ilmatieteen laitokselta Helsingistä.

4.3 Kalibroitimenetelmät, laadunvarmistus ja laitehuollot

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

(https://expo.fmi.fi/ages/public/Ilmatieteen_laitoksen_ilmanlaatumittausten_laatujaarjestelmien_kuvaus.pdf). Ilmanlaadun seurannan laadunvarmennuksessa kiinnitettiin huomiota kalibroitien suorittamiseen, kalibroitien jäljitettävyyteen ja laitteiden toimintaan. Typen oksidien, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden mittalaitteiden kalibroinnit tehtiin monipistekalibroinnin (4–5 pitoisuutta) avulla noin 3 kk välein. Mittausaineisto korjattiin matemaattisesti kalibroitulosten perusteella. Kalibroitien yhteydessä tehtiin laitehuollot ja näytteenottolinjojen puhdistukset. Analysaattorien hiukkassuodattimet vaihdettiin kalibroitien yhteydessä.

Typen oksidien mittalaite kalibroitiin käyttäen typpimonoksidikaasua (NO), rikkidioksidilaite käyttäen rikkidioksidikaasua (SO_2) ja haisevien rikkiyhdisteiden mittalaite käyttäen rikkivetykaasua (H_2S), joita laimennettiin erillisen kentälaimentimen avulla halutuille

pitoisuustasoille. Laimentimesta tuotettiin kalibrointipitoisuusarvot, jotka oli varmennettu (kalibroitu) ilmanlaatumittausten kansallisessa vertailulaboratoriossa jäljitettävästi kalibroitua analysaattoria vastaan. Kenttälaimentimen tuottamien pitoisuuksien jäljitettävyyttä siirtyi laboratorion oman jäljen kautta ainemäärään (mooli). Laimennuskaasuna käytettiin suodatettua ilmaa. Typen oksidien kaasunormaalina käytettiin kaasupulloa ja rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden kaasunormaalina käytettiin permeaatioputkia. Kalibrointien perusteella Äänekosken ilmanlaadun seurannan typen oksidien, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden 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. Hiukkasmittauksien tulokset korjattiin vertailumittausten (*Walden ym., 2017 ja Walden ym., 2018*) mukaisella ekvivalenttisuuskertoimella.

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

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 laatuvaatimus täyttyi vuonna 2023 kaikilla raja-arvoihin verrattavilla ilman epäpuhtauksilla.

4.4 Mittausepävarmuuden määrittäminen ja mittausten laatuvaatimukset

Mittausepävarmuus on mittaustulokseen liittyvä parametri, joka kuvaa mittaussuureen arvojen arvioitua vaihtelua. Ilmanlaadun mittausten kokonaisepävarmuus koostuu useista eri tekijöistä. Mittausepävarmuuteen vaikuttavat mittaustaikojen olosuhteet. Toisaalta osa laitteista koskevista epävarmuuksista on määritetty jo mittalaitteiden tyyppihyväksyntätesteissä. Kenttäolosuhteissa kokonaisepävarmuuteen vaikuttavat näytteenottoon ja näytteen käsittelyyn liittyvät tekijät. Kenttäolosuhteissa testattavia mittaussuureita ovat toistettavuus, pitkän ajan liukuma, laitteen käytettävyyttä ja toiminta sekä konvertterin hyötysuhde. Kalibroinnin vaikutus kokonaisepävarmuuteen riippuu kalibrointikaasun ja kalibrointijärjestelmän epävarmuudesta sekä kalibrointitilasta. Mittalaitteiden tyyppitestauksissa testataan mittaussuureita, jotka vaikuttavat laitteen kokonaisepävarmuuteen. Näitä mittaussuureita ovat mm. lineaarisuus, toistettavuus, stabiilisuus sekä riippuvuus ympäristötekijöistä (lämpötila, paine, linjajännite) ja mittaustulokseen vaikuttavista häiritsevästä tekijöistä (kemialliset yhdisteet ja kosteus).

Ilmanlaatumittauksille määritetyt laatuvaatimukset sisältävät mittausepävarmuuden, mikä on määritelty ISO:n ohjeen (JCGM 100:2008) mukaisesti ns. laajennetun mittausepävarmuuden avulla. Laajennettu mittausepävarmuus, U , määritetään kattavuustekijän ja yhdistetyn standardiepävarmuuden avulla:

$$U = k \cdot u_c$$

missä kattavuustekijä $k = 2$ vastaa luotettavuustasoa 95 % normaalijakautuneelle tulosjoukolle. Yhdistetty standardiepävarmuus u_c pitää sisällään kaikki mittaustulokseen vaikuttavat

epävarmuustekijät. Yksinkertaisimmillaan epävarmuustekijät ovat toisistaan riippumattomia ja voidaan esittää seuraavassa muodossa:

$$u_c^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial w_i} \right)^2 u_i^2 = \sum_{i=1}^n c_i^2 \cdot u_i^2 = \sum_{i=1}^n u_i^2$$

missä mittaustulosta kuvaavan funktion f osittaisderivaatta lasketaan erikseen kaikkien muuttujiensa suhteen kerrottuna muuttujaa kuvaavalla standardiepävarmuudella u_i . Jos mittaustulosta ei voida esittää funktionaalisessa muodossa, mutta voidaan erottaa kaikki mittaustulokseen vaikuttavat tekijät toisistaan, voidaan yhdistetty standardiepävarmuus laskea jo. kaavan keskimmäisen tai oikeanpuoleisen yhtälön avulla. Keskimmäisessä yhtälössä painotekijöiden c_i arviointi suoritetaan laskemalla suoraan osittaisderivaatasta tai arvioimalla tapauskohtaisesti. Toisistaan riippumattomien standardiepävarmuuksien arviointi on aina työlästä. Standardiepävarmuudet voidaan jakaa kahteen luokkaan: tyyppiin A ja B. Tyyppiin A omaava standardiepävarmuus voidaan määrittää tilastollisin menetelmin, esimerkiksi toistokokein laskemalla tulosten keskiarvo sekä keskiarvon hajonta. Tyyppiin B osalta määrittäminen tapahtuu muiden saatavilla olevien tietojen avulla. Tällaisia ovat esimerkiksi kalibroitodistuksessa annettu mittausepävarmuus tai vertailuaineen osalta referenssiarvon poikkeama tai mittausepävarmuus.

Laajennettu mittausepävarmuus, U , voidaan esittää laadullisena arviona tai suhteellisenä arviona esimerkiksi raja-arvopitoisuudessa.

$$U(\%) = \frac{U}{LV}$$

missä U on laajennettu mittausepävarmuus ilmaistuna samassa laadussa kuin mittaustuloskin ja LV on vastaava raja-arvopitoisuus. Saatua tulosta voidaan sitten verrata epäpuhtauden laatutavoitteeseen ja todeta ylittyykö vai alittuuko kyseinen laatutavoite kyseisen epäpuhtausmittaustuloksen osalta. Suurimmat sallitut mittausepävarmuudet eri yhdisteille on esitetty taulukoissa 4 ja 5.

Taulukko 4. Laatutavoitteet jatkuvien mittausten sallitulle epävarmuudelle, mittausten ajalliselle kattavuudelle ja mittaussaineiston vähimmäismäärälle (Vna 38/2011; Vna 164/2007).

Jatkuvat mittaukset	SO ₂ , NO ₂ , NO _x , CO	PM ₁₀ , PM _{2,5} , Pb	Bentseeni	O ₃	As, Cd, Ni	BaP
Sallittu epävarmuus	15 %	25 %	25 %	15 %	40 %	50 %
Aineiston vähimmäismäärä	90 %	90 %	90 %	75–90 % ¹⁾	90 %	90 %
Ajallinen kattavuus	100 %	100 %	35–90 % ²⁾	100 %	50 %	33 %

¹⁾ 75 % kesällä ja 75 % talvella

²⁾ 35 % kaupunkitausta- ja liikenneasemilla sekä 90 % teollisuusasemilla

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

Suuntaa antavat mittaukset	SO ₂ , NO ₂ , NO _x , CO	PM ₁₀ , PM _{2,5} , Pb	Bentseeni	O ₃	As, Cd, Ni	BaP
Sallittu epävarmuus	25 %	50 %	30 %	30 %	40 %	50 %
Aineiston vähimmäismäärä	90 %	90 %	90 %	90 %	90 %	90 %
Ajallinen kattavuus	14 %	14 %	14 %	yli 10 % kesällä	14 %	14 %

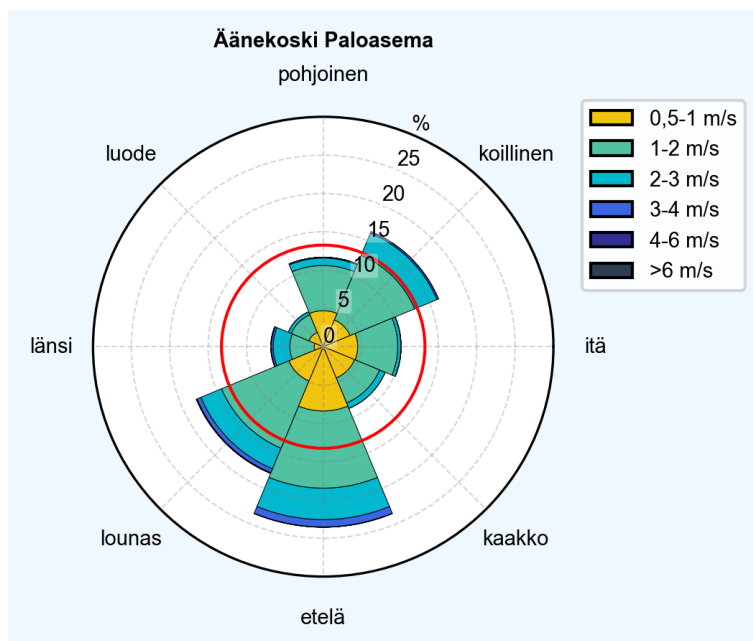
5. SÄÄTIEDOT VUONNA 2023

5.1 Tuulitiedot Äänekoskella mittausjaksolla

Äänekosken paloasemalla mitattujen tuulennopeuksien keskiarvo mittausjaksolla oli 1,2 m/s. Tyynien tilanteiden osuus oli noin 13 % mittausjakson tunneista. Tyyniksi katsotaan tässä tarkastelussa tunnit, jolloin tuulen nopeus oli alle 0,5 m/s. Tuulianturi sijaitsi noin 4 metrin korkeudella maanpinnasta mittausaseman katolla.

Kuvassa 22 on esitetty vuoden 2023 tuuliruuus eli tuulensuuntien ja -nopeuksien kuvaaja. Tuuliruuusun keskipisteestä lähtevän janan pituus sektorin kehäviivalle vastaa kunkin tuulisektorin tuulien prosentuaalista osuutta jakson tuulista. Tyynet tapaukset on kuvattu ympyrällä, jonka säteen pituus kertoo tyynien tilanteiden prosentuaalisen osuuden kaikista tuulihavainnoista. Tuuliruuususta nähdään myös tuulten nopeusjakaumat tuulensuuntasektoreittain. Eri tuulennopeuksien prosentuaaliset osuudet saadaan vertaamalla sektoreiden kunkin nopeusluokan pituutta prosenttiasteikkoon.

Tuulen suunnalla tarkoitetaan meteorologiassa suuntaa, josta tuuli puhaltaa. Kun tuulta mitataan ja ilmoitetaan tuulen suunta, se siis tarkoittaa, että tuuli puhaltaa kyseisestä ilmansuunnasta havaitсияа kohti. Niinpä etelätuuli puhaltaa etelästä ja länsituuli lännestä, jne. Äänekosken paloasemalla vallitsevat tuulensuunnat olivat tällä mittausjaksolla etelä ja lounas. Kaikkein vähiten tuuli luoteesta. Tuulennopeudet olivat mittausjaksolla pieniä, jääden pääosin alle 2 m/s kaikissa suuntasektoreissa.

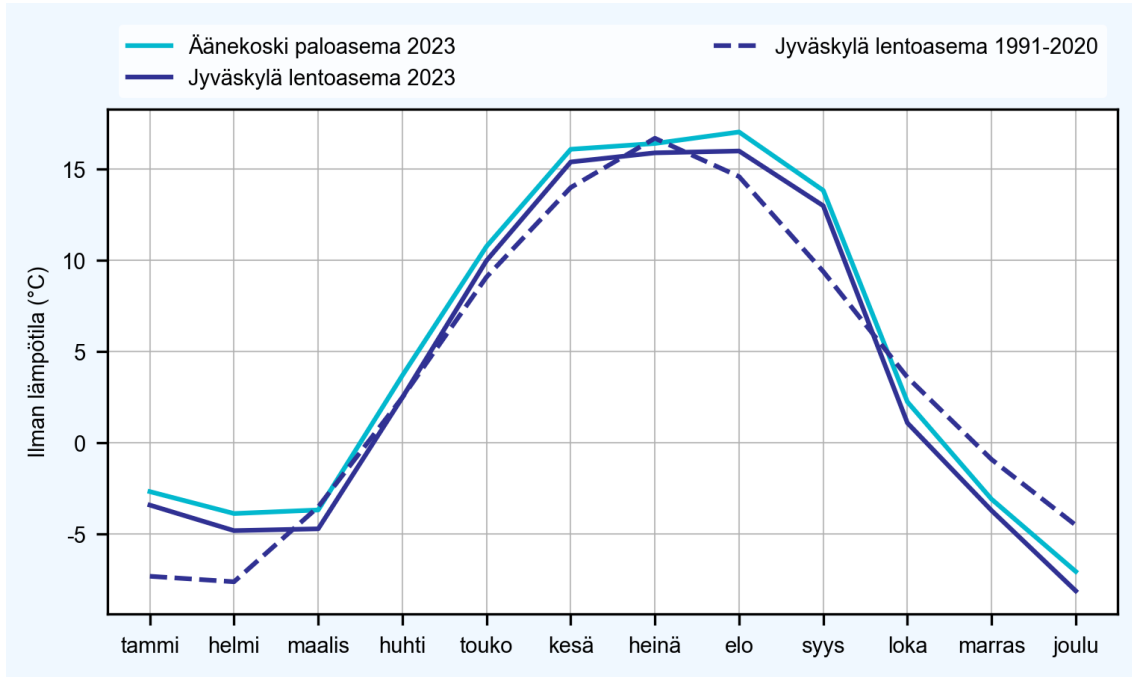


Kuva 22. Äänekosken paloaseman ilmanlaadun mittausaseman katolta mitatut tuulensuunnat (ilmansuuntasektorit) ja tuulennopeudet (m/s) vuonna 2023. Tyynien tilanteiden osuus oli 13,3 % kaikista tuulista. Tyyniksi on tässä tarkastelussa luokiteltu alle 0,5 m/s tuulen nopeudet.

5.2 Keskilämpötilat Äänekosken seudulla

Ilmatieteen laitoksen ylläpitämä Jyväskylän lentoaseman sääasema on Äänekoskea lähimpänä sijaitseva virallinen sääasema. Kuvassa 23 on vertailtu tällä sääasemalla mitattuja vuoden 2023 keskilämpötiloja (*Ilmatieteen laitos, 2024b*) ilmastollisen vertailukauden 1991–2020 lämpötiloihin (*Ilmatieteen laitos, 2024c*) ja Äänekosken paloasemalla mitattuihin lämpötiloihin.

Äänekosken paloasemalla lämpötila oli mittausjaksolla keskimäärin 1,1 astetta korkeampi kuin vertailukaudella. Erityisesti tammi–helmikuussa ja syyskuussa Äänekoskella oli vertailukautta lämpimämpää. Tammikuu oli Äänekosken mittausasemalla keskimäärin 4,6 astetta vertailukautta lämpimämpi, helmikuu 3,7 astetta lämpimämpi ja syyskuu 4,4 astetta lämpimämpi kuin vertailukaudella. Vertailukautta kylmempää oli marras-joulukuussa, jolloin Äänekosken paloasemalla lämpötila oli 2,2–2,5 astetta kylmempää kuin vertailukaudella. Jyväskylän lentoaseman virallisiin säämittauksiin verrattuna Äänekosken mittausasemalla mitattiin hyvin samankaltaisia lämpötiloja. Keskimäärin vuonna 2023 Äänekoskella oli hieman lämpimämpää.

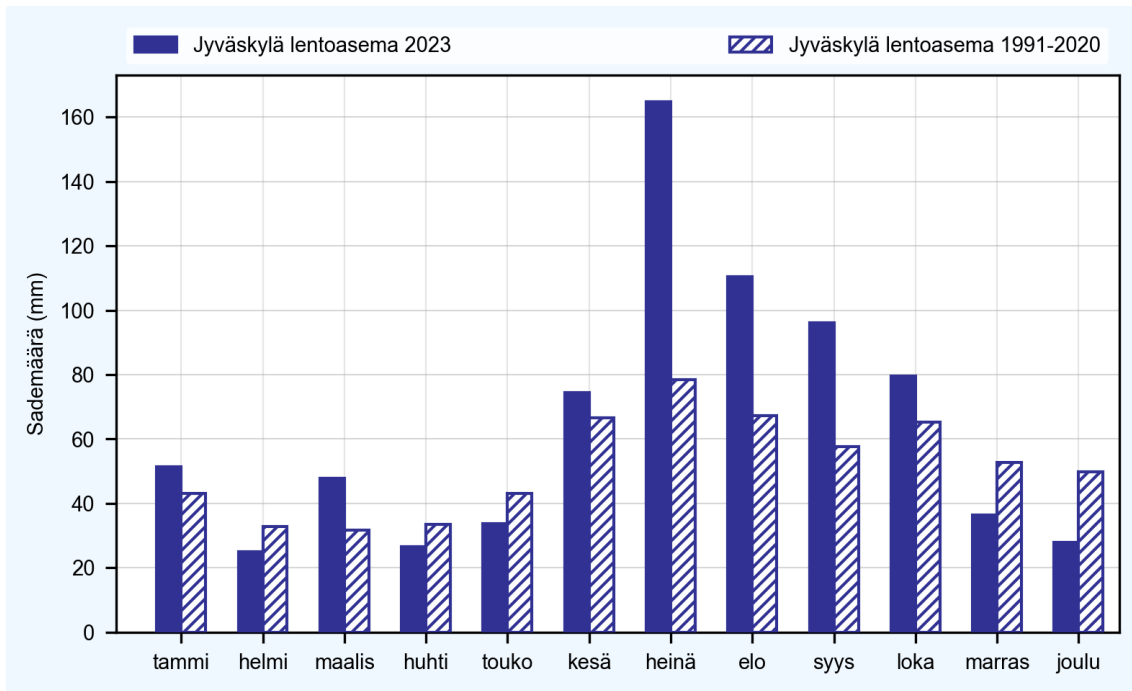


Kuva 23. Lämpötilan kuukausikeskiarvot Äänekosken paloasemalla vuonna 2023, Jyväskylän lentoaseman lämpötiloihin ja ilmastollisen vertailukauden 1991–2020 pitkäaikaiskeskiarvoihin nähden.

5.3 Sademäärät Äänekosken seudulla

Ilmatieteen laitoksen ylläpitämä Jyväskylän lentoaseman sääasema on Äänekoskea lähimpänä sijaitseva sademäärää mittaava virallinen sääasema. Kuvassa 24 on vertailtu tällä sääasemalla mitattuja vuoden 2023 kuukausisademääriä (*Ilmatieteen laitos, 2024b*) ilmastollisen vertailukauden 1991–2020 sademääriin (*Ilmatieteen laitos, 2024c*).

Vuoden sademäärä Jyväskylän lentoasemalla oli 774,1 mm, joka on 152,1 mm enemmän kuin vertailukauden 1991–2020 vastaavan jakson sademäärä. Erityisesti heinä–syyskuussa 2023 satoi vertailukautta huomattavasti runsaammin Jyväskylän lentoasemalla. Myös tammi- maaliskuu ja lokakuu olivat vuonna 2023 vertailukautta runsassateisempia Jyväskylän lentoasemalla. Marras- ja joulukuu olivat taas vertailukautta kuivempia Jyväskylän lentoasemalla. Etenkin kesäisin kuurosateet saattavat olla paikallisia ja vettä voi sataa hyvinkin rankasti, mikä helposti vaikuttaa myös paikallisiin sademääriin.



Kuva 24. Kuukausisademäärät Ilmatieteen laitoksen Jyväskylän lentoaseman sääasemalla vuonna 2023 ja vertailukaudella 1991–2020.

5.4 Ilmanlaatuun vaikuttavat säätekijät

Ilman epäpuhtauksien päästöistä suurin osa vapautuu ilmakehän alimpaan kerrokseen, jota kutsutaan rajakerrokseksi. Rajakerroksessa päästöt sekoittuvat ympäröivään ilmaan ja ilman epäpuhtauksien pitoisuudet laimenevat. Päästöt voivat levitä liikkuvien ilmassaallojen mukana laajoille alueille. Tämän kulkeutumisen aikana ilmansaasteet voivat reagoida keskenään sekä muiden ilmassa olevien yhdisteiden kanssa muodostaen uusia yhdisteitä. Ilman epäpuhtaudet poistuvat ilmasta sateen huuhtomina, kuivalaskeumana erilaisille pinnoille tai kemiallisen 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 kulkeutumisun, 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 lämpötilarakente, mutta siihen vaikuttavat myös auringon säteily, tuuli ja maanpinnan laatu. Stabiiliustilan ollessa vakaa ilmakehän sekoittuminen on vähäistä. Jos tila on epävaka, sekoittuminen on voimakasta ja ilmaan päässeet epäpuhtaudet laimenevat nopeasti.

Inversiolla tarkoitetaan tilannetta, jossa ilmakehän lämpötila nousee ylöspäin mentäessä. Erityisesti maanpintainversion aikana ilmanlaatu voi paikallisesti huonontua nopeasti. Maanpintainversiossa maanpinta ja sen lähellä oleva ilmakerros jäähtyy niin, että kylmempi ilma

jää ylempänä olevan lämpimämmän ilman alle. Kylmä pintailma ei raskaampana pääse kohoamaan yläpuolellaan olevan lämpimän kerroksen läpi, ja ilmakehän pystysuuntainen liike estyy. Inversiokerroksessa tuuli on hyvin heikkoa ja näin ollen ilmaa sekoittava pyörteisyys on vähäistä, minkä vuoksi ilmansaasteiden pitoisuudet laimenevat huonosti. Inversiotilanteissa pitoisuudet kohoavat, koska ilmansaasteet kerääntyvät matalaan ilmakerrokseen päästölähteiden lähelle.

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

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

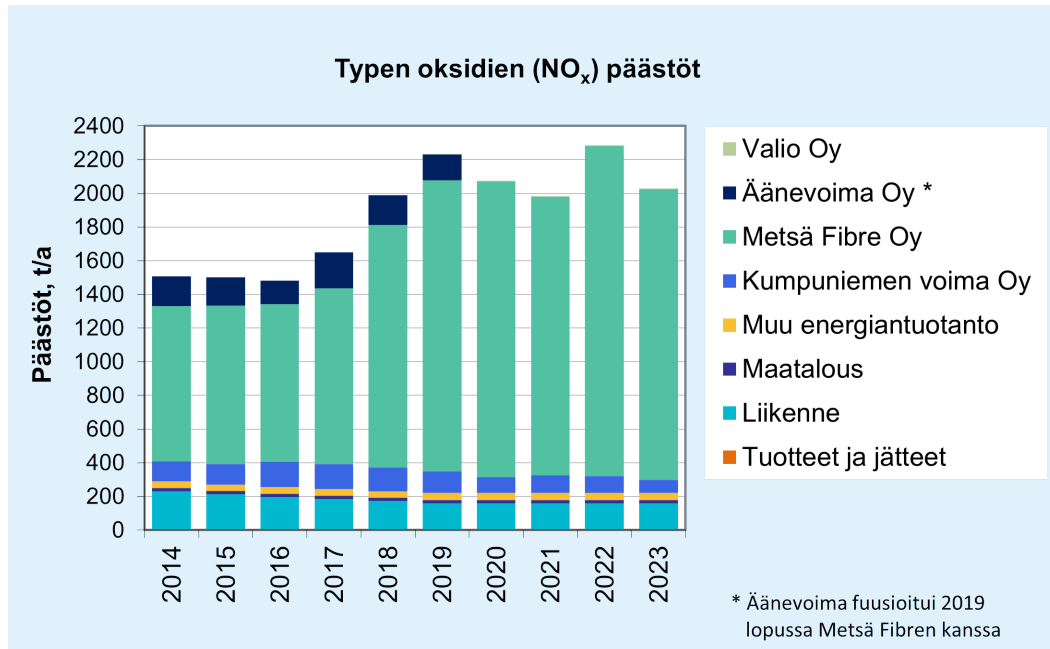
6. ÄÄNEKOSKEN PÄÄSTÖTIEDOT

Äänekosken typen oksidien, hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden päästötiedot viimeiseltä 10 vuodelta on esitetty kuvissa 25–28. Äänekosken alueella toimivien yritysten vuosien 2019–2023 päästötiedot on saatu suoraan toiminnanharjoittajilta ja vuosien 2014–2018 tiedot on poimittu vuoden 2018 ilmanlaatumittausten raportista (*JPP Kalibrointi Ky, 2019*). Ilmanlaadun yhteistarkkailuun osallistuvat yritykset ovat Metsä Fibre Oy, Metsä Wood, Nouryon Chemicals Finland Oy (ent. CP Kelco Oy), Kumpuniemen Voima Oy, Valio Oy, Valtra Oy ja Äänekosken Energia. Äänevoima Oy fuusioitui 2019 joulukuussa Metsä Fibreen, joten vuodesta 2020 alkaen näiden päästöosuudet on laskettu yhteen ja esitetty Metsä Fibren palkissa. Päästötiedot sisältävät sekä laitosten normaalitoiminnan että vuoden aikana tapahtuneiden häiriöpäästöjen aikaiset päästöt.

Muut kuvaajissa esitetyt päästötiedot kaikilta vuosilta ovat peräisin Suomen ympäristökeskuksen päästöinventaariosta (*Syke, 2024*). Ilman epäpuhtauspäästöjen inventaario tehdään EMEP:n ja Euroopan ympäristökeskuksen ohjeistuksen (EEA Inventory Guidebook 2019) mukaan. Päästöinventaariossa on viisi päästöluokkaa: energiantuotanto ja teollisuus, liikenne, maatalous, muu energiantuotanto sekä tuotteet ja jätteet. Näistä energiantuotanto ja teollisuus -luokka on tämän raportin kuvaajissa korvattu toiminnanharjoittajien omilla tiedoilla. Syken päästöinventaario ulottuu vasta vuoteen 2020 saakka, joten neljänä viimeisenä vuotena kuvaajissa on käytetty vuoden 2020 arvoja.

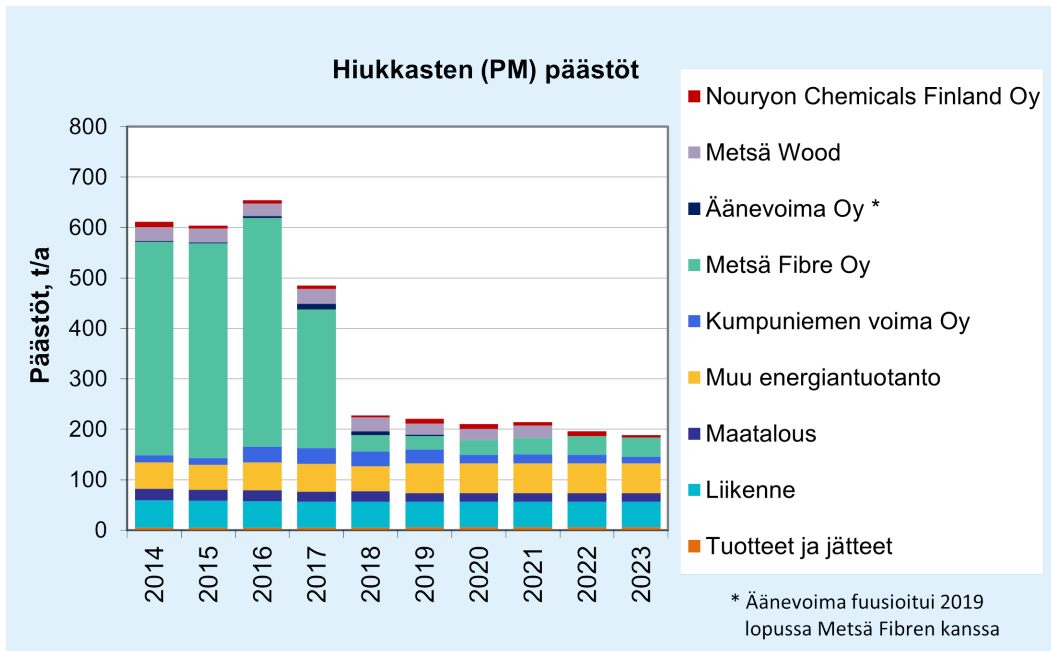
Typen oksidien kokonaispäästöt ovat viimeisen kymmenen vuoden aikana pääosin kasvaneet, mutta kääntyneet laskuun vuoden 2020 jälkeen lukuun ottamatta vuotta 2022, jolloin päästöt olivat korkeammalla (kuva 25). Vuonna 2023 kokonaispäästö määrä oli 2026 t/a. Äänekosken typen oksidien päästöistä 85 % oli peräisin Metsä Fibre Oy:n toiminnoista ja 4 % Kumpuniemen voima Oy:n toiminnoista. Liikenteen osuus oli 8 % päästöistä. Liikenteen typenoksidipäästöt ovat viimeisen 10 vuoden aikana jatkuvasti pienentyneet, samoin kuin muun energiantuotannon

päästöt, mutta maatalouden päästöt ovat pysyneet ennallaan. Metsä Fibre Oy:n typen oksidien päästöt ovat olleet kasvussa vuoteen 2019 saakka, mutta vuonna 2020 päästöissä tapahtui selvä pudotus, ja Metsä Fibren ja Äänevoima Oy:n fuusion jälkeen yhteenlasketut päästöt ovat pääosin laskeneet vuodesta 2020 lähtien, lukuun ottamatta vuotta 2022, jolloin päästöt olivat korkeammalla tasolla.



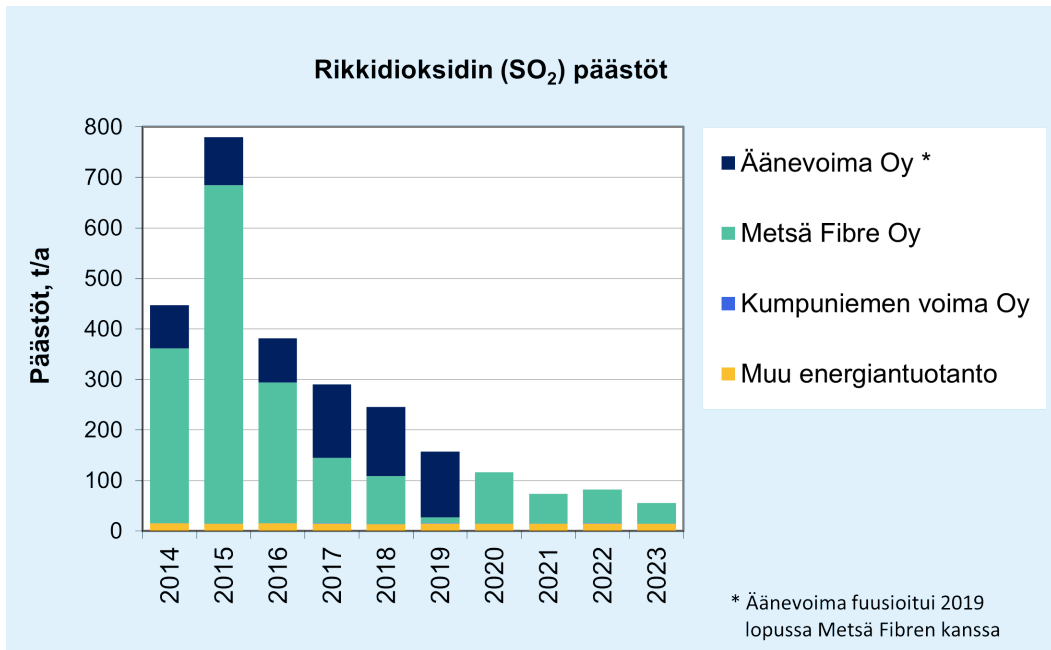
Kuva 25. Typenoksidien päästöt Äänekoskella vuosina 2014–2023. Valio Oy:n päästöt sekä tuotteet ja jätteet -päästöluokan päästöosuudet ovat niin pieniä (<0,5 t/a), etteivät ne näy kuvaajassa.

Hiukkasten kokonaispäästöt ovat pienentyneet noin kolmasosaan viimeisen 10 vuoden aikana (kuva 26). Vuonna 2023 kokonaispäästö määrä oli 188 t/a. Kokonaispäästö määrää tarkasteltaessa tulee huomioida, että Metsä Wood uudisti hiukkaspäästöjen laskentaperusteet vuonna 2022, ja täten Metsä Woodin vaneritehtaan päästötiedot puuttuvat vuodelta 2022 ja olivat vuonna 2023 selvästi pienemmät kuin aiempina vuosina. Lisäksi Metsä Woodin tehtaan kokonaistuotantomäärä oli vuonna 2023 noin puolet pienempi kuin vuonna 2021 tuotannonrajoituksien takia. Äänekosken hiukkasten kokonaispäästöissä suurin päästövähennys tapahtui vuonna 2018, jolloin Metsä Fibren hiukkaspäästöt putosivat noin kymmenesosaan edellisvuoden päästö määrästä. Liikenne ja muu energiantuotanto olivat vuonna 2023 suurimmat hiukkaspäästölähteet, kummatkin noin 30 % päästö osuuksilla. Muu energiantuotanto sisältää mm. kiinteistöjen erillislämmityksen päästöt. Metsä Fibren hiukkaspäästöt olivat noin 20 %, Kumpuniemen voima Oy:n 7 % ja Nouryon Chemicals Finland Oy:n 2 % kokonaispäästöistä.



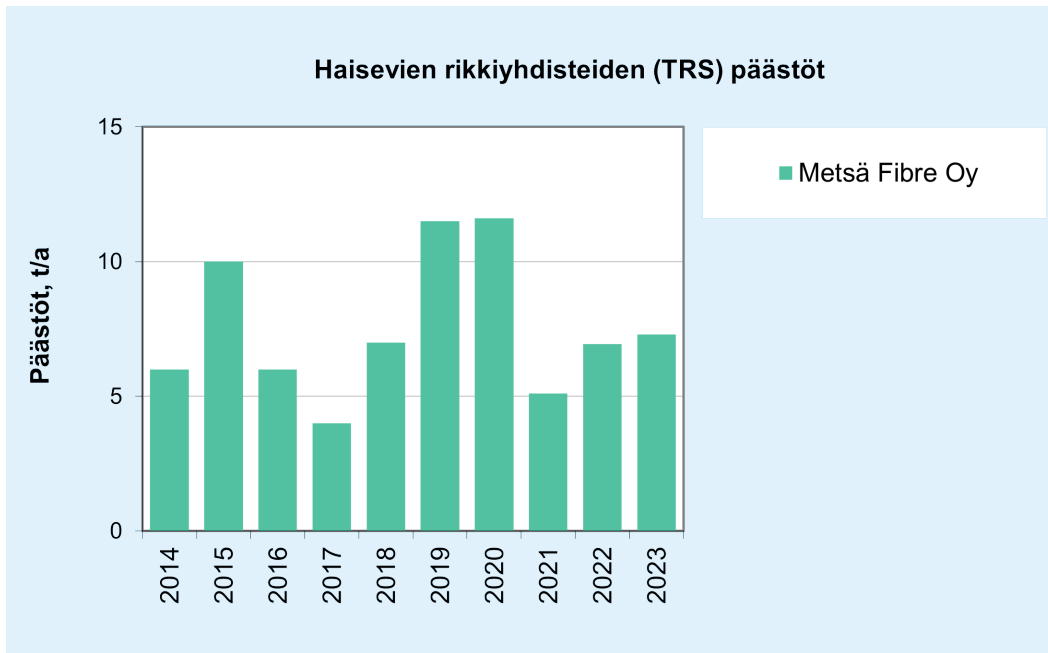
Kuva 26. Hiukkasten päästöt Äänekoskella vuosina 2014–2023.

Rikkidioksidin kokonaispäästöt ovat pienentyneet merkittävästi viimeisen kahdeksan vuoden aikana (kuva 27). Vuonna 2022 päästöt hieman kasvoivat edelliseen vuoteen verrattuna, mutta vähenivät taas vuonna 2023. Vuonna 2023 kokonaispäästö määrä oli 56 t/a. Suurin päästövähennys tapahtui vuonna 2016, jolloin Metsä Fibren rikkidioksidipäästöt putosivat alle puoleen edellisvuoden päästö määrästä. Metsä Fibren rikkidioksidipäästöt olivat vuonna 2023 noin 72 % kokonaispäästöistä ja muu energiantuotannon osuus oli noin 27 %.



Kuva 27. Rikkidioksidin päästöt Äänekoskella vuosina 2014–2023. Kumpuniemen voima Oy:n päästöt ovat niin pieniä (<0,5 t/a), etteivät ne näy kuvaajassa.

Haisevien rikkiyhdisteiden kokonaispäästöt Äänekoskella ovat vaihdelleen suuresti vuosien välillä viimeisen 10 vuoden aikana (kuva 28). Vuonna 2023 kokonaispäästö määrä oli 7 t/a, joka on reilu puolet vuosien 2019 ja 2020 kokonaispäästöistä. Päästöt ovat kuitenkin olleet nousussa viimeiset kaksi vuotta. Kaikki haisevien rikkiyhdisteiden päästöt ovat peräisin Metsä Fibren toiminnoista. Metsä Fibren vanhan sellutehtaan toiminta lopetettiin vuonna 2017 ja tilalle valmistui elokuussa uusi biotuotetehdas. Biotuotetehdas saavutti täyden tuotantokapasiteetin elokuussa 2018.



Kuva 28. Haisevien rikkiyhdisteiden päästöt Äänekoskella vuosina 2014–2023.

7. TAUSTATIEDOT ILMAN EPÄPUHTAUKSISTA

7.1 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.

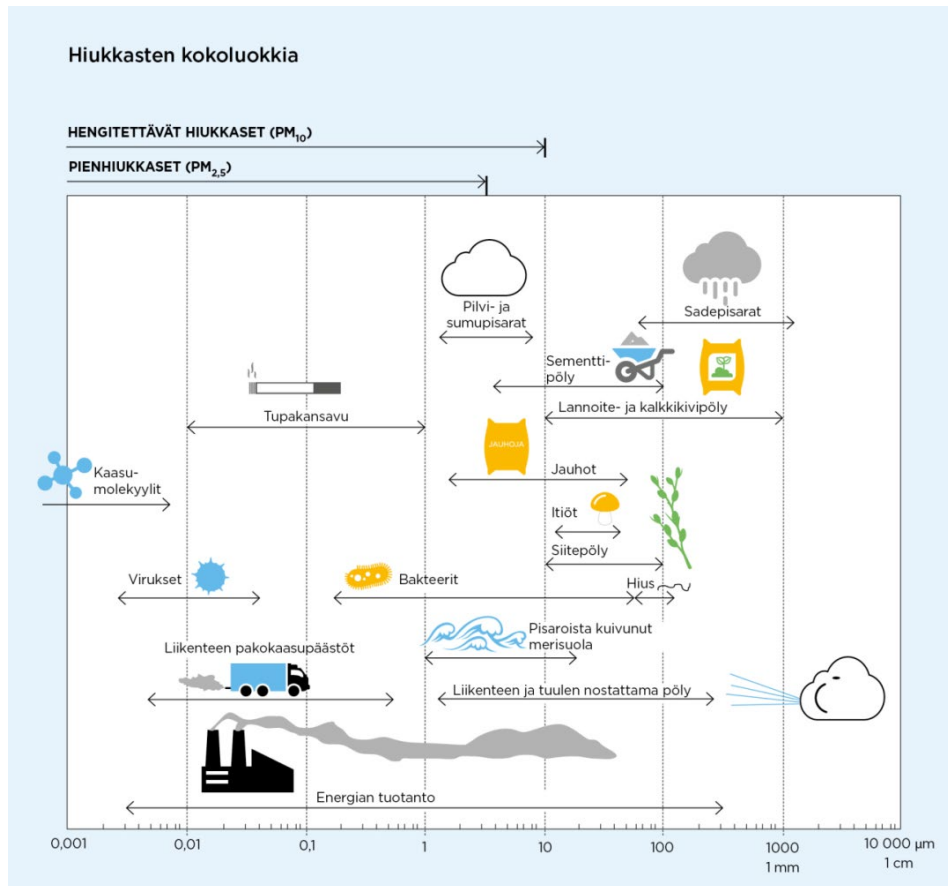
Ulkoilman typpidioksidipitoisuuksille altistuminen on suurinta kaupunkien keskustojen ja taajamien liikenneympäristöissä. Typpidioksidipitoisuudet kohoavat tyypillisesti ruuhka-aikoina. Korkeimmillaan typpidioksidipitoisuudet ovat erityisesti tynninä ja kylminä talvipäivinä, jolloin myös energiantuotannon päästöt ovat suurimmillaan. Taajamien ja kaupunkien korkeimmat typpidioksidipitoisuudet aiheuttaa 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 $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alittuu nykyisin Suomessa. Typpidioksidin vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet viime vuosina suurimmissa kaupungeissa keskimäärin $15\text{--}25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vilkkaimmilla teillä ja katukuiluosuuksilla vuosipitoisuudet voivat olla yli $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pienissä ja keskisuurissa kaupungeissa typpidioksidin vuosikeskiarvot ovat yleensä noin $5\text{--}15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mittausympäristöstä riippuen. Typpidioksidin tuntipitoisuudet voivat kohota yli raja-arvotason ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 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 $1,5\text{--}4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Pohjois-Suomessa noin $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (*Ilmatieteen laitos, 2022*).

7.2 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 syväälle 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 ($\text{PM}_{2,5}$), ovat pääasiassa peräisin suorista autoliikenteen ja teollisuuden päästöistä ja kaukokulkeumasta, jonka lähde voi olla esimerkiksi metsä- ja maastopalot. Hiukkasten kokoluokkia on havainnollistettu kuvassa 29.



Kuva 29. Hiukkasten kokoluokkia. Hiukkasten koko ilmaistaan halkaisijana mikrometreissä (µm). Mikro (µ) etuliite tarkoittaa miljoonasosaa. 1 µm on siten metrin miljoonasosa eli millimetrin tuhannesosa.

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

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

Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudelle annettu raja-arvo 40 µg/m³ alittuu Suomessa. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvot ovat olleet viime vuosina Suomen kaupungeissa noin 5–20 µg/m³. Vilkkaimmilla teillä ja katukuiluosuuksilla vuosipitoisuudet voivat olla yli 20 µg/m³. Puhtailla tausta-alueilla vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet Etelä-Suomessa noin 9–14 µg/m³ ja Pohjois-Suomessa noin 3–5 µg/m³ (Ilmatieteen laitos, 2022).

Pienhiukkaspitoisuuden vuosikeskiarvolle määritetty raja-arvo 25 µg/m³ alittuu selvästi kaikkialla Suomessa. Viime vuosina pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuus on ollut pääkaupunkiseudun

kaupunkialueilla noin $5\text{--}9\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja muilla kaupunkialueilla noin $2\text{--}8\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pitoisuuserot erityyppisten mittaussympäristöjen välillä ovat muutamia mikrogrammoja. Puhtailla tausta-alueilla vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet Etelä-Suomessa noin $4\text{--}6\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Pohjois-Suomessa noin $2\text{--}3\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ (*Ilmatieteen laitos, 2022*). Pienhiukkasten taustapitoisuudesta valtaosa on kaukokulkeutunutta hiukkasainesta. Kaukokulkeuma muodostaa huomattavan osan myös kaupunkilman pienhiukkaspitoisuuksista.

7.3 Rikkidioksidi

Ulkoilman rikkidioksidipitoisuudet ovat nykyisin alhaisella tasolla Suomessa. Rikkidioksidipäästöjen tehokkaan ja pitkäjänteisen rajoittamisen seurauksena kaupunkialueiden rikkidioksidipitoisuudet ovat laskeneet lähelle tausta-alueiden pitoisuuksia. Ulkoilmassa oleva rikkidioksidi on pääosin peräisin energiantuotannosta, teollisuudesta ja laivojen päästöistä. Teollisuuspaikkakunnilla rikkidioksidipitoisuudet voivat kohota lyhytaikaisesti ja paikallisesti epäedullisissa meteorologisissa tilanteissa ja häiriöpäästötilanteissa. Myös satamien ja huippulämpökusten lähellä voi ajoittain esiintyä korkeita lyhytaikaispitoisuuksia. Korkeat rikkidioksidipitoisuudet voivat lisätä hengitystieinfektioita ja astmaatikkojen kohtauksia. Äkillisiä oireita ovat yskä, hengenahdistus ja keuhkoputkien supistuminen. Pakkanen voi pahentaa rikkidioksidin aiheuttamia oireita. Puhtailla tausta-alueilla rikkidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvot ovat olleet jo useiden vuosien ajan noin $1\text{--}2\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ (*Ilmatieteen laitos, 2022*).

7.4 Haisevat rikkiyhdisteet

Haisevat rikkiyhdisteet eli TRS-yhdisteet (Total Reduced Sulphur) aiheuttavat suomalaisille tutun selluteollisuuden pahan hajun. Samanlaisia rikkiyhdisteitä syntyy myös orgaanisen aineen hapettomassa hajoamisessa eli mätänemisessä. Näitä hajuja esiintyy myös esimerkiksi kaatopaikoilla ja jätevedenkäsittelyssä, mutta myös soiden ja järvien pohjamudista voi purkautua haisevia rikkiyhdisteitä.

TRS-yhdisteillä tarkoitetaan pelkistyneitä rikkiyhdisteitä, kuten rikkivety H_2S , metyylimerkaptani CH_3SH , dimetyylisulfidi $(\text{CH}_3)_2\text{S}$ ja dimetyylidisulfidi $(\text{CH}_3)_2\text{S}_2$. Näitä yhdisteitä esiintyy selluteollisuuden päästöissä vaihtelevina osuuksina. Useimmiten rikkiyhdisteitä käsitellään kokonais-TRS-päästöinä ja -pitoisuuksina. Kullakin yhdistellä on sille ominainen hajukynnys, eli pitoisuus, jossa puolet ihmisistä aistii hajua. Haisevat rikkiyhdisteet aiheuttavat jo pieninä pitoisuuksina yhdyskuntailmassa viihtyvyshaittaa epämiellyttävän hajunsa takia. Ulkoilman TRS-pitoisuuksia ei Suomessa seurata puhtailla tausta-alueilla, vaan TRS-pitoisuuksien mittauksia tehdään ainoastaan teollisuuspäästöjen vaikutusalueilla (*Ilmatieteen laitos, 2022*).

7.5 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 ylitä laajassa mitassa. Terveyshaitat aiheutuvat suurelta osin pienhiukkasista ja pienemmältä osin hengitettävistä hiukkasista sekä typpidioksidista. Yksilöiden herkkyys ilmansaasteille vaihtelee. Herkkiä väestöryhmiä ovat kaikenikäiset astmaatikot,

ikäntyneet sepelvaltimotautia ja keuhkoahtaumatautia sairastavat sekä lapset. Talvisin pakkanen voi pahentaa ilmansaasteista aiheutuvia oireita.

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

7.6 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 ja rikkilaskeuman tavoitearvosta (*Vnp 480/1996*, taulukko 6).

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 7).

Taulukko 6. 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
Rikkidioksidi (SO_2)	250 ¹⁾	Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste
	80 ¹⁾	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Haisevat rikkiyhdisteet (TRS)	10 ¹⁾	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo

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

²⁾ Tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

Taulukko 7. Ilmanlaadun raja-arvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi (Vna 79/2017).

Ilman epäpuhtaus	Keskiarvon las- kenta-aika	Raja-arvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (293 K, 101,3 kPa)	Sallittujen ylitysten määrä kalenterivuo- dessa
Typidioksidi (NO_2)	1 tunti	200 ¹⁾	18
	kalenterivuosi	40 ¹⁾	–
Hengitettävät hiukkaset (PM_{10})	1 vuorokausi	50 ²⁾	35
	kalenterivuosi	40 ²⁾	–
Rikkidioksidi (SO_2)	1 tunti	350 ¹⁾	24
	1 vuorokausi	125 ¹⁾	3

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 8) sovelletaan rakennetun ympäristön ulkopuolella olevilla laajoilla maa- ja metsätalousalueilla sekä luonnonsuojelun kannalta merkityksellisillä alueilla.

Taulukko 8. Ulkoilman typenoksidien ja rikkidioksidin pitoisuuksia koskevat ilmanlaadun kriittiset tasot (Vna 79/2017)

Ilman epäpuhtaus	Kriittinen taso $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Tilastollinen määrittely
Typen oksidit (NO_x)	30 ¹⁾	Vuosikeskiarvo
Rikkidioksidi (SO_2)	20 ¹⁾	Vuosikeskiarvo

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

Maailman terveysjärjestö (WHO) arvioi ilman pilaantumisen yhdeksi suurimmaksi globaaliksi terveyteen kohdistuvaksi ympäristöriskiksi. WHO päivitti syksyllä 2021 ilmansaasteiden ohjearvopitoisuudet, joita pienemmillä pitoisuuksilla haitallisia terveysvaikutuksia ei esiinny lainkaan tai ne ovat vain vähäisiä. WHO:n ohjearvot eivät ole sitovia. WHO:n ohjearvot on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. Maailman terveysjärjestön (WHO) ohjearvot (*Ilmatieteen laitos, 2024d*).

Ilman epäpuhtaus	Keskiarvon las- kenta-aika	Ohjearvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Hengitettävät hiukkaset (PM_{10})	Vuosi	15
	Vuorokausi*	45
Typpidioksidi (NO_2)	Vuosi	10
	Vuorokausi*	25
	Tunti	200
Rikkidioksidi (SO_2)	Vuorokausi*	40
	10 minuuttia	500

*¹⁾ Vuorokausiarvojen osalta WHO suositaa, että ohjearvoa noudatetaan 99-prosenttisesti (3 ylityskertaa).

7.7 Ilmanlaadun arviointikynnykset

Seuranta-alueen ilmanlaadun seurannan suunnittelussa on otettava huomioon ilmanlaatuasetuksessa määritellyt arviointikynnykset (*Vna 79/2017*). Jatkuvia mittauksia on tehtävä seuranta-alueilla, joilla ylempi arviointikynnys ylittyy sekä seuranta-alueilla, joilla ilman epäpuhtauksien pitoisuudet ovat ylemmän ja alemman arviointikynnyksen välissä. Alemman arviointikynnyksen ylittyessä jatkuvien mittausten tarve on vähäisempi ja voidaan käyttää jatkuvien mittausten ja mallintamistekniikoiden tai suuntaa antavien mittausten yhdistelmää. Jos ilman epäpuhtauksien pitoisuudet ovat alemman arviointikynnyksen alapuolella, riittää, että ilmanlaatua seurataan yksinomaan suuntaa antavien mittausten, mallintamistekniikoiden, päästökartoitusten tai muiden vastaavien menetelmien perusteella.

Ylemmän ja alemman arviointikynnyksen ylittyminen määritetään viiden edellisen vuoden pitoisuuksien perusteella. Arviointikynnyksen katsotaan ylittyneen, kun se on ylittynyt vähintään kolmena vuotena viidestä. Taulukossa 10 on esitetty typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja rikkidioksidin pitoisuuksille määritetyt ylemmät ja alemmat arviointikynnykset sekä niiden osuus raja-arvopitoisuuksista.

Taulukko 10. Ilmanlaadun seurannan suunnittelussa käytettävät ilmanlaadun ylemmät ja alemmat arviointikynnykset typpidioksidille ja hengitettäville hiukkasille (Vna 79/2017). Suluissa on esitetty arviointikynnyksen osuus raja-arvopitoisuudesta.

Ilman epäpuhtaus	Keskiarvon laskenta-aika	Ylempi arviointi-kynnys ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Alempi arviointi-kynnys ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Typpidioksidi (NO_2)	1 tunti	140 (70 %)	100 (50 %)
	kalenterivuosi	32 (80 %)	26 (65 %)
Hengitettävät hiukkaset (PM_{10})	24 tuntia	35 (70 %)	25 (50 %)
	kalenterivuosi	28 (70 %)	20 (50 %)
Rikkidioksidi (SO_2)	1 tunti	75 (60 %)	50 (40 %)

VIITELUETTELO

Hiltunen, E., Linko L., Hemminki, S., Hägg, M., Järvenpää, P., Saarinen, S., Simonen, P., Kärhä, P., 2011. Laadukkaan mittaamisen perusteet. Metrologian neuvottelukunta ja Mittatekniikan keskus, MIKES. MIKES Julkaisu J4/2011

<https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/MIKES/2011-J4.pdf>

Hänninen, O., Korhonen, A., Lehtomäki, H., Asikainen, A., Rumrich, I., 2016. Ilmansaasteiden terveysvaikutukset. Ympäristöministeriön raportteja 16/2016.

https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/74861/YMra_16_2016.pdf

Ilmatieteen laitos, 2017. Ilmanlaadun mittausohje. Raportteja 2017:6.

<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/228440>

Ilmatieteen laitos, 2024a. Alustavat tulokset Jyväskylän Hannikaisenkadulla, Helsingin Mannerheimintieellä, Kuopion Sorsasalossa ja Muonion Sarmaltunturilla mitatuista ulkoilman pitoisuuksista. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun tutkimus. <https://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>

Ilmatieteen laitos, 2024b. Säähavainnot. <https://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>

Ilmatieteen laitos, 2024c. Ilmastollinen vertailukausi 1991–2020.

<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmastollinen-vertailukausi>

Ilmatieteen laitos, 2024d. Ilmanlaadun säädökset ja ohjeet.

<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/saadokset-ja-ohjeet#1PKjkqbAimhKTZYSHYzVHy>

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

JPP Kalibrointi Ky, 2019. Äänekosken ilmanlaatu vuonna 2018.

[https://www.aanekoski.fi/asuminen-ja-ymparisto/ymparisto-ja-luonto/ilmanlaatu/Aanekosken ilmanlaatu 2018_260519.pdf](https://www.aanekoski.fi/asuminen-ja-ymparisto/ymparisto-ja-luonto/ilmanlaatu/Aanekosken_ilmanlaatu_2018_260519.pdf)

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

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

Syke, 2024. Ilman epäpuhtauksien päästöt Suomessa. Päästöinventaario. Suomen ympäristökeskus SYKE.

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

Walden, J., Waldén, T., Laurila, S. ja Hakola, H., 2017. Demonstration of the equivalence of PM_{2.5} and PM₁₀ measurement methods in Kuopio 2014–2015. Reports 2017:1. Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 137 p.

http://expo.fmi.fi/ages/public/PM_Equivalence%20report%20Kuopio_2017.pdf

Walden, J. ja Vestenius, M., 2018. Verification of PM-analyzers for PM₁₀ and PM_{2.5} with the PM reference method. Finnish Meteorological Institute, Reports 2018:2.

http://expo.fmi.fi/ages/public/Raportteja_2018_2_Verification_of_PM-analyzers.pdf

World Health Organization, 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. Äänekosken paloasemalla mitatut typpimonoksidin (NO) tunti- ja vuorokausipitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kuukausittain vuonna 2023. Pitoisuudet on ilmoitettu 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2023											
	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	741	672	743	715	744	712	744	744	702	743	720	744
kattavuus (%)	99,6	100	100	99,3	100	98,9	100	100	97,5	100	100	100
keskiarvo	1,9	2,6	2,1	1,3	1,1	1,1	1,3	1,8	2	1	0,9	2,9
99. %-piste	14,6	17,6	22,1	21,6	8,1	7,7	6,5	10,6	14,8	15,2	14,4	41,0
korkein arvo	17,1	49,3	42	53,6	14,6	17,3	10,3	22,1	26,2	29,7	30,7	54,2
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	28	31	30	31	30	31	31	29	31	30	31
2. korkein arvo	5,1	6,5	5,8	3,7	2,3	2,5	3,1	4,3	4,5	3,5	5	18,5
korkein arvo	5,3	12,3	10,3	7,3	2,5	2,8	3,3	4,3	6,5	5,6	5,6	18,5

Liitetaulukko 2. Äänekosken paloasemalla mitatut typpidioksidin (NO_2) tunti- ja vuorokausipitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kuukausittain vuonna 2023. Pitoisuudet on ilmoitettu 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2023											
	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	741	672	743	715	744	712	744	744	702	743	720	744
kattavuus (%)	99,6	100	100	99,3	100	98,9	100	100	97,5	100	100	100
keskiarvo	7,0	8,4	6,4	5,4	5,7	4,3	3,0	4,6	5,9	5,1	4,3	9,1
99. %-piste	32,4	51,2	41,3	37,7	21,6	16,8	9,2	13,4	15,6	22,1	24,9	32,1
korkein arvo	41,2	60,7	58,8	56,1	27,8	21,0	12,0	18,8	17,3	28,1	35,7	40,8
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	28	31	30	31	30	31	31	29	31	30	31
2. korkein arvo	14,2	16,5	15	12,5	9,5	8,4	4,8	7,5	8,9	10,9	11,3	18,4
korkein arvo	15,4	32,5	22,4	14,5	10,0	9,1	5,2	7,7	9,1	12,2	13,0	23,6

Liitetaulukko 3. Äänekosken paloasemalla mitatut kokonaistypenoksidien (NO_x) tunti- ja vuorokausipitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kuukausittain vuonna 2023. Pitoisuudet on ilmoitettu 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

[illegible]

Liitetaulukko 4. Äänekosken paloasemalla mitatut hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain vuonna 2023. Pitoisuudet on ilmoitettu ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

[illegible]

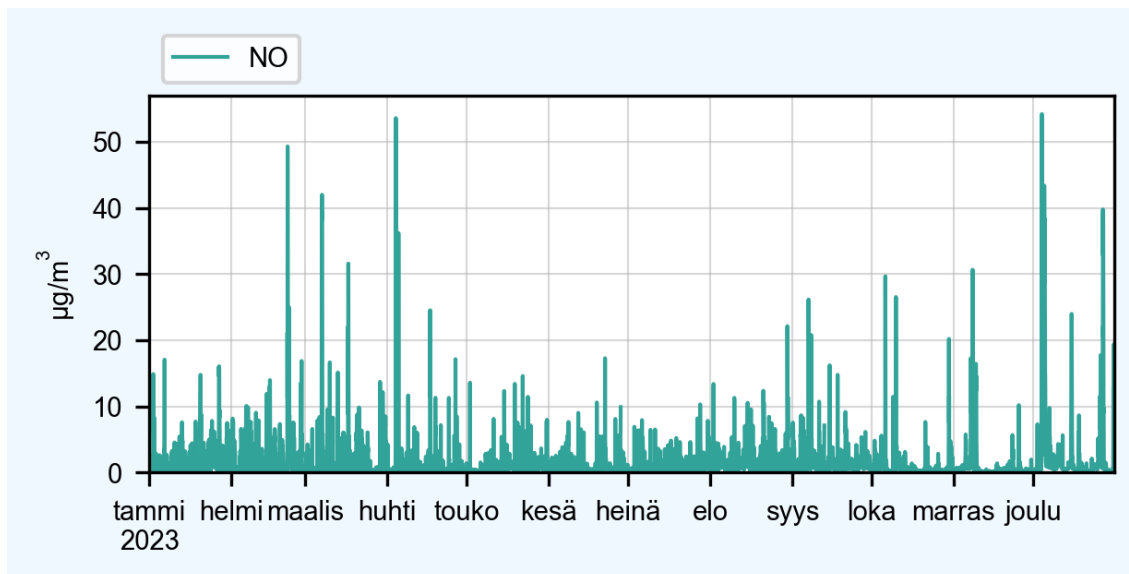
Liitetaulukko 5. Äänekosken paloasemalla mitatut rikkidioksidin (SO₂) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain vuonna 2023. Pitoisuudet on ilmoitettu 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

[illegible]

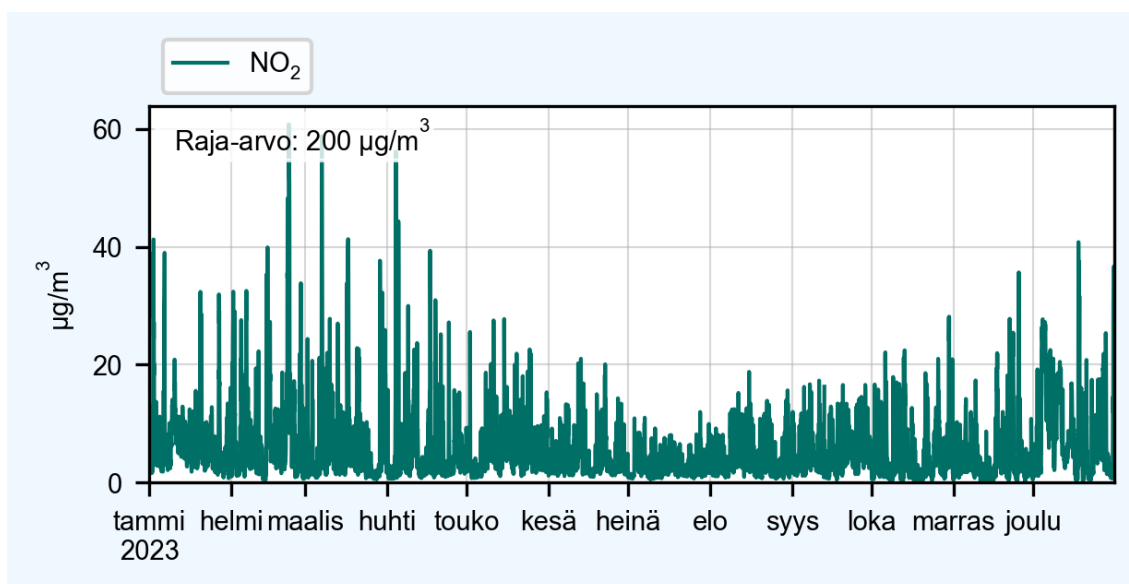
Liitetaulukko 6. Äänekosken paloasemalla mitatut haisevien rikkiyhdisteiden (TRS) tunti- ja vuorokausipitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kuukausittain vuonna 2023. Pitoisuudet on ilmoitettu 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

[illegible]

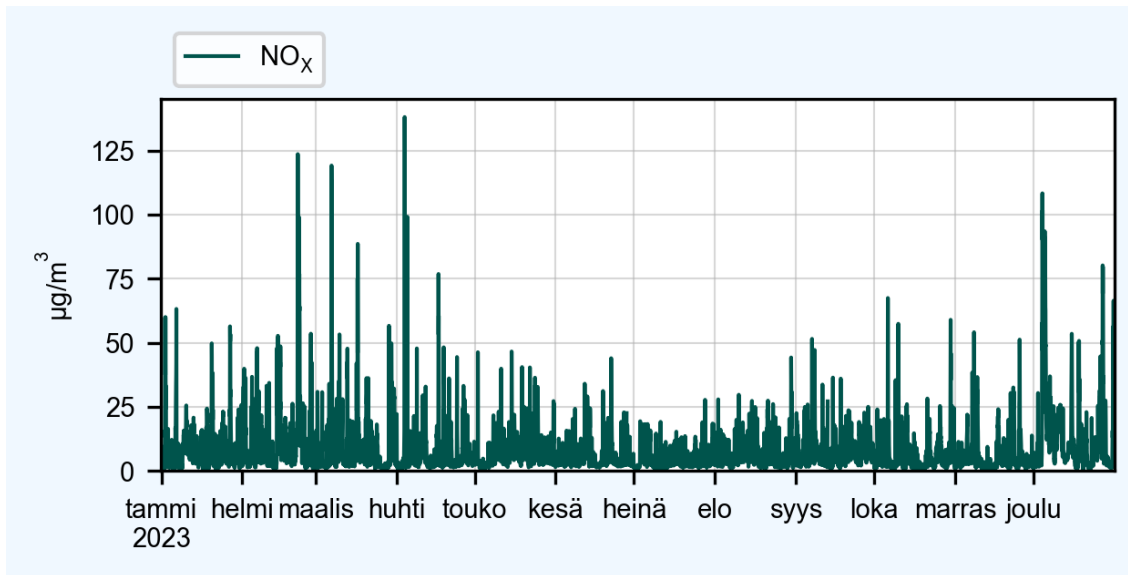
LIITEKUVAT



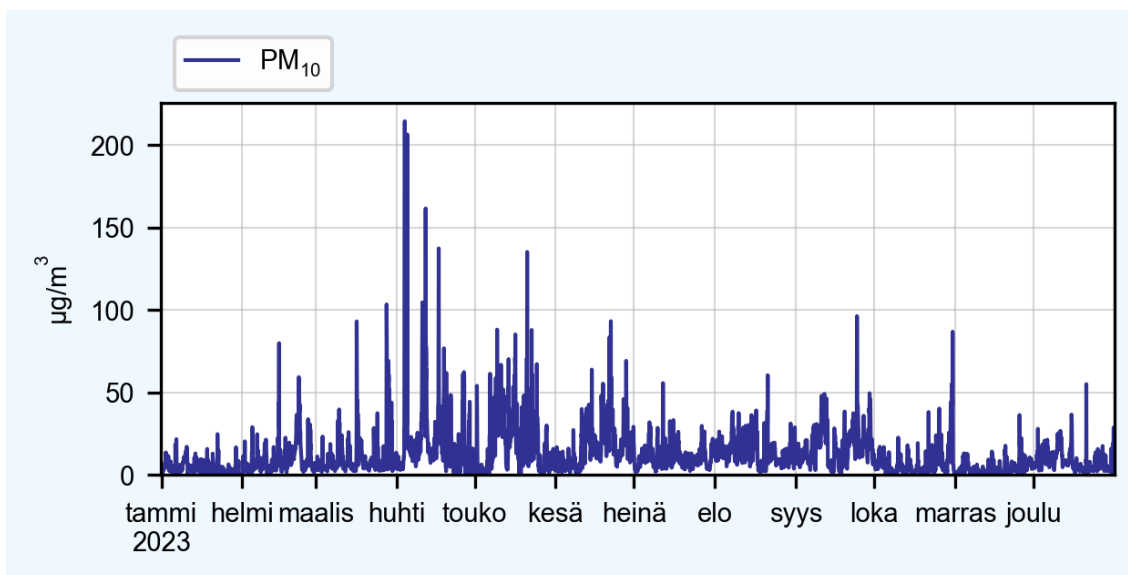
Liitekuva 1. Typpimonoksidin (NO) **tuntipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2023.



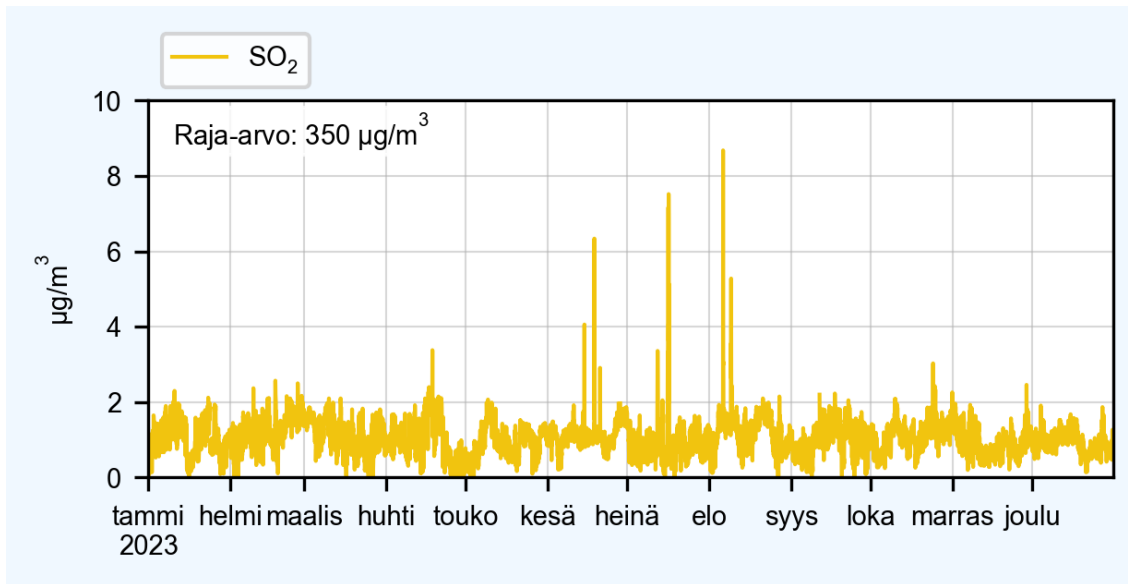
Liitekuva 2. Typpidioksidin (NO₂) **tuntipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2023.



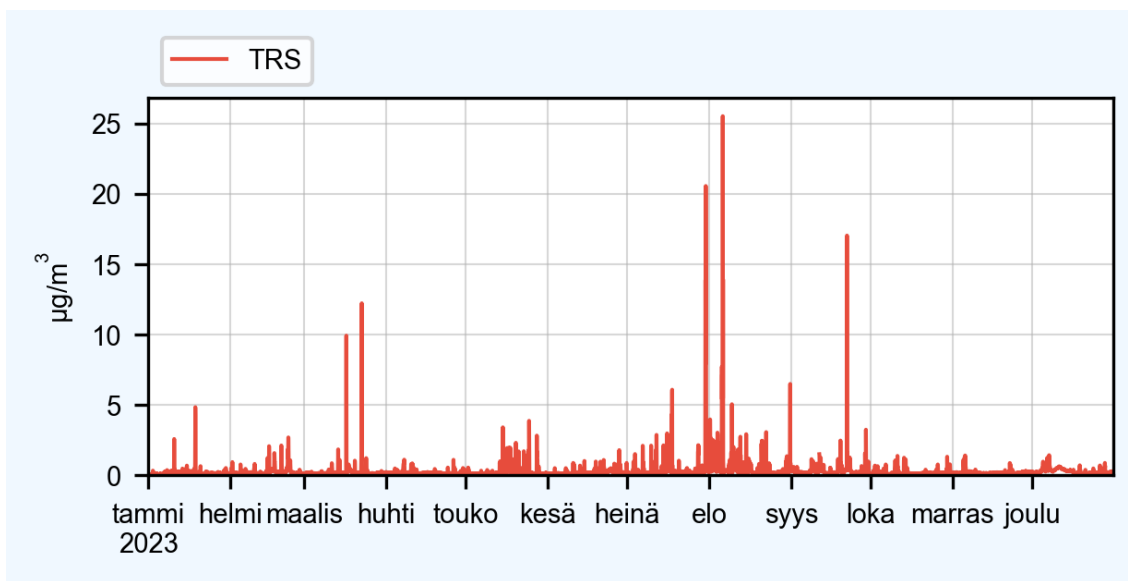
Liitekuva 3. Kokonaistypenoksidien (NO_x) **tuntipitoisuudet** Åänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2023.



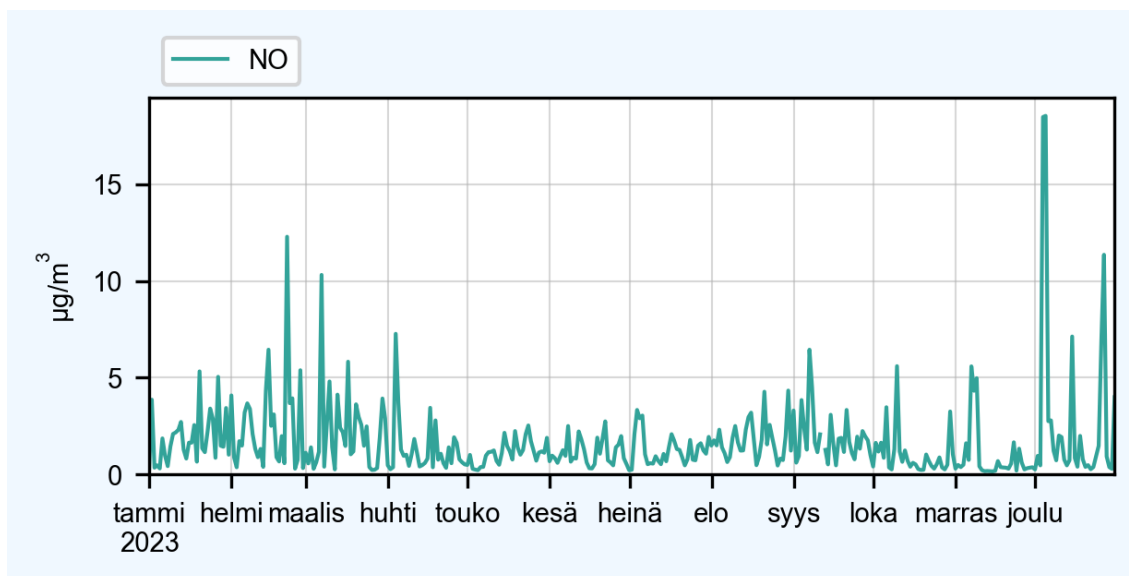
Liitekuva 4. Hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) **tuntipitoisuudet** Åänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2023.



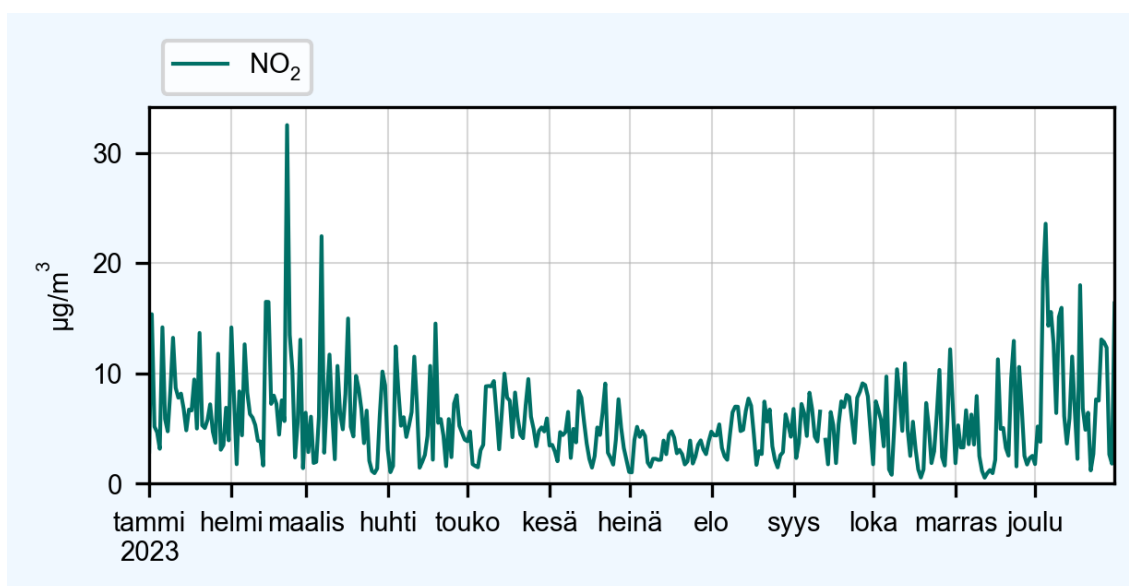
Liitekuva 5. Rikkidioksidin (SO₂) **tuntipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2023.



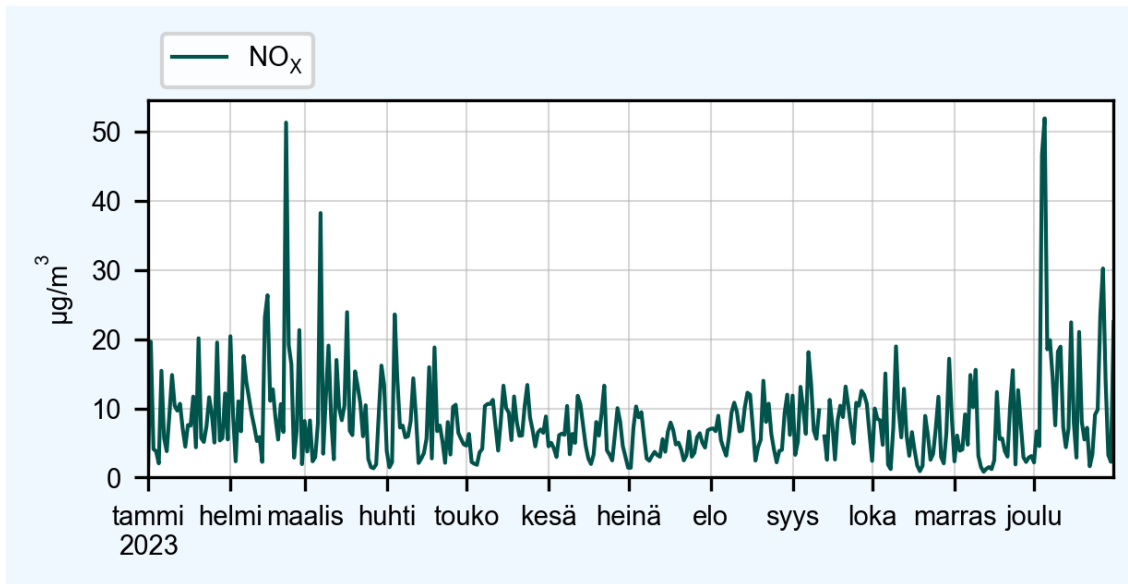
Liitekuva 6. Haisenvien rikkiyhdisteiden (TRS) **tuntipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2023.



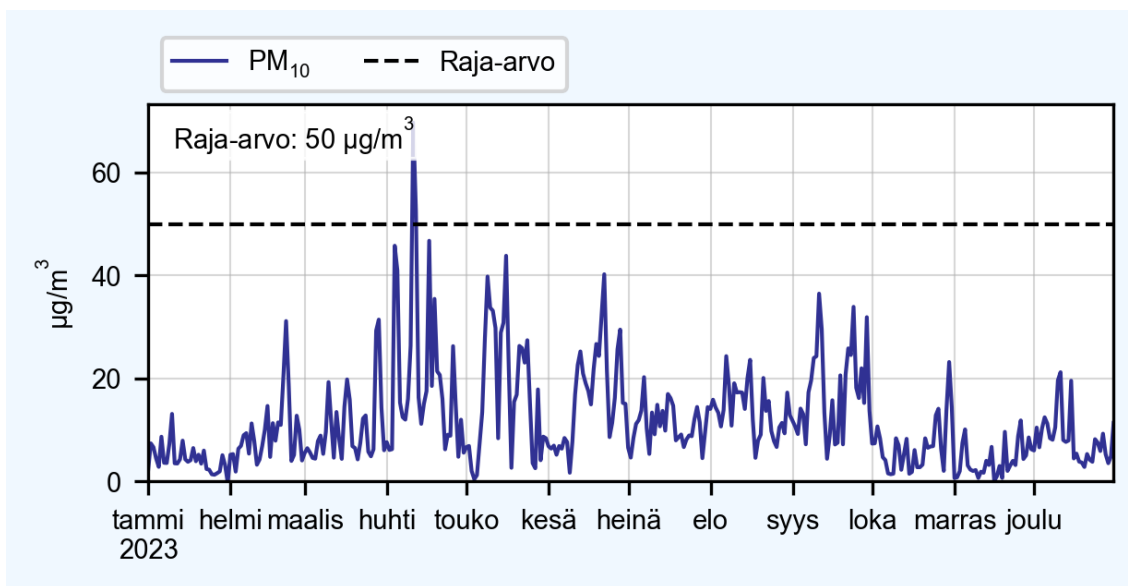
Liitekuva 7. Typpimonoksidin (NO) **vuorokausipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2023.



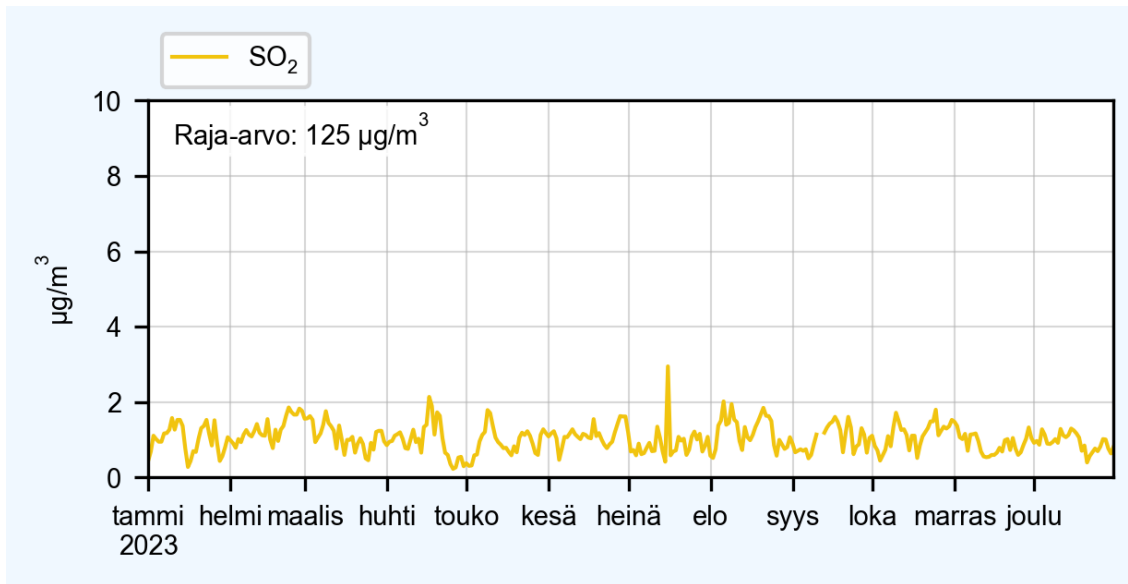
Liitekuva 8. Typpidioksidin (NO_2) **vuorokausipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2023.



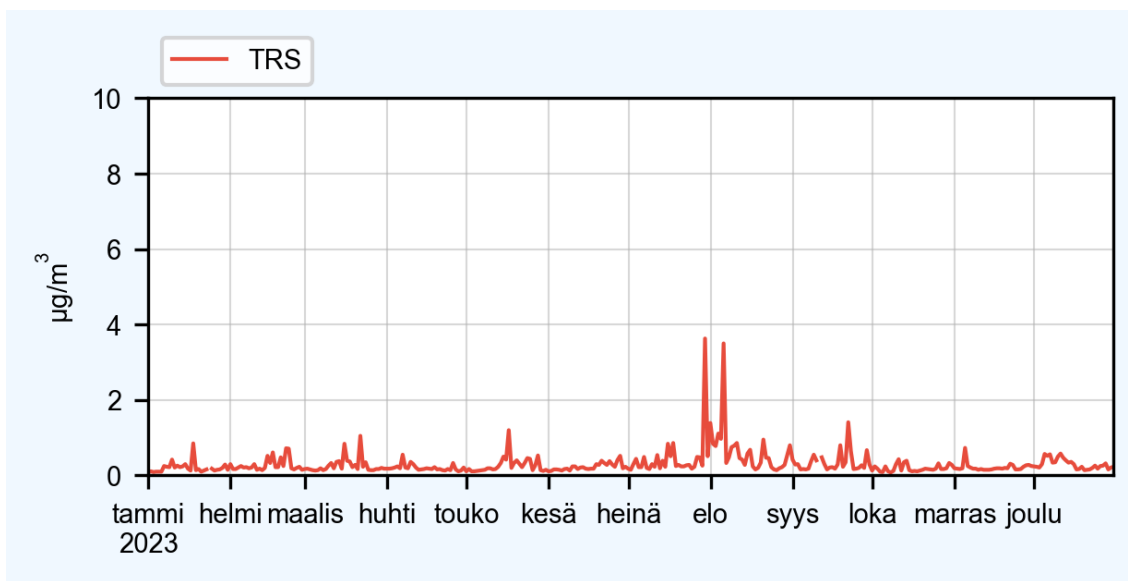
Liitekuva 9. Kokonaistypenoksidien (NO_x) **vuorokausipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2023.



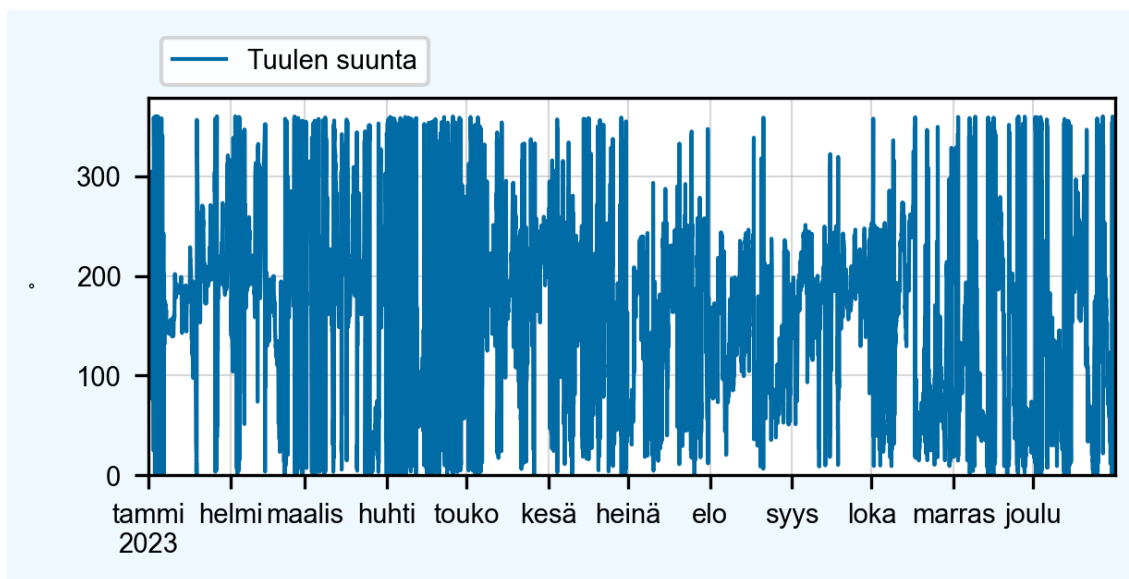
Liitekuva 10. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) **vuorokausipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2023.



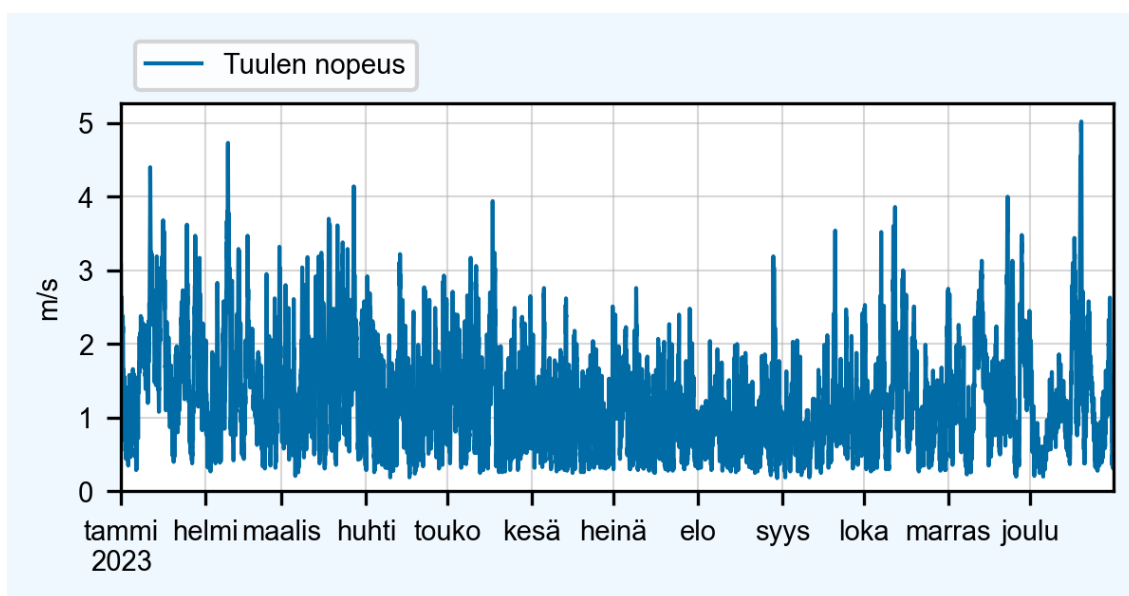
Liitekuva 11. Rikkidioksidin (SO₂) **vuorokausipitoisuudet** Åänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2023.



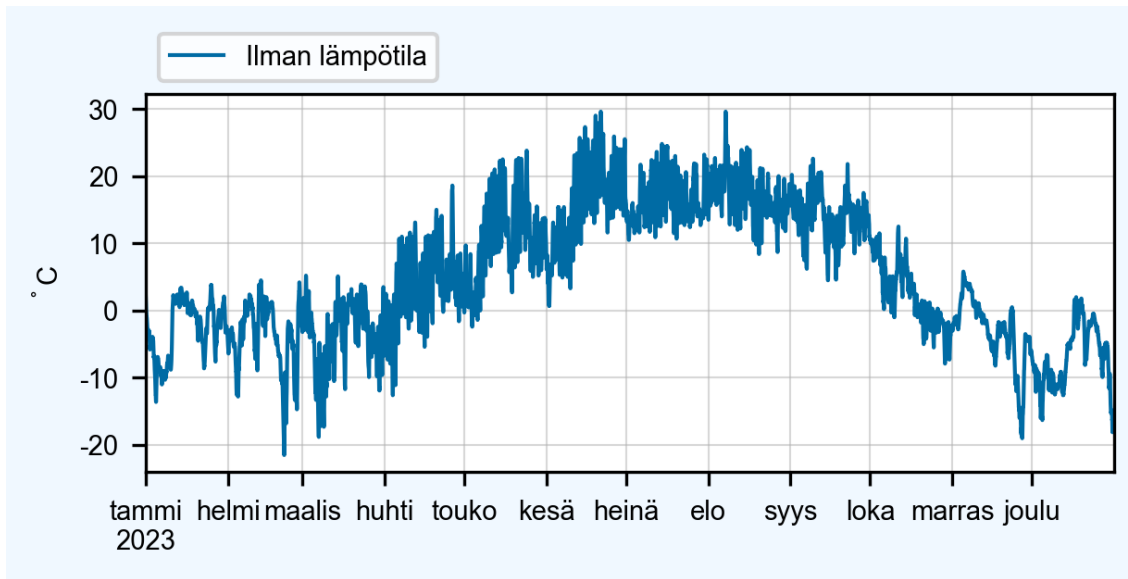
Liitekuva 12. Haisevien rikkiyhdisteiden (TRS) **vuorokausipitoisuudet** Åänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2023.



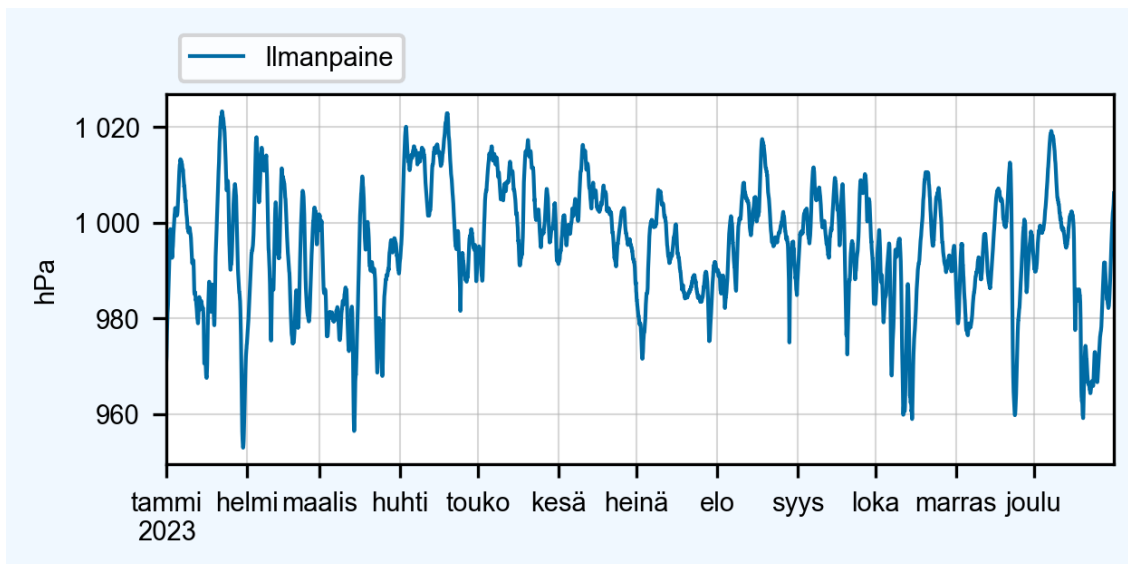
Liitekuva 13. Tuulen suunta (asteina 0–360 °) Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2023.



Liitekuva 14. Tuulen nopeus (m/s) Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2023.



Liitekuva 15. Ilman lämpötila (°C) Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2023.



Liitekuva 16. Ilmanpaine (hPa) Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2023.



ILMATIETEEN LAITOS

ILMATIETEEN LAITOS

puh. 029 539 1000

Ilmanlaatu ja energia

ilmanlaatupalvelut@fmi.fi

www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatupalvelut

WWW.ILMATIETEENLAITOS.FI

