



ÄÄNEKOSKEN ILMANLAADUN SEURANTA

**Typen oksidien, hengitettävien hiukkasten,
rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden
pitoisuustulokset vuonna 2022**



ÄÄNEKOSKEN ILMANLAADUN SEURANTA

**Typen oksidien, hengitettävien hiukkasten, rikkidioksidin ja
haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuustulokset vuonna 2022**

Maija Ylinen

Matias Saunamäki

Mika Vestenius

Katja Lovén

ILMATIETEEN LAITOS – ASiantuntijapalvelut

ILMANLAATU JA ENERGIA

Helsinki 27.2.2023

SISÄLLYSLUETTELO

OSA I	4
1. JOHDANTO	4
2. ILMANLAADUN MITTAUSTULOKSET	4
2.1 Mitatut pitoisuudet	4
2.2 Ilmanlaatuindeksi.....	6
2.3 Pitoisuuksien vertailua raja- ja ohjearvoihin	7
2.4 Hajujen esiintyminen	12
2.5 Tuulen suunnan ja nopeuden vaikutus mitattuihin pitoisuuksiin	13
2.6 Pitoisuuksien ajallinen vaihtelu.....	15
2.7 Pitoisuuksien vertailua Äänekoskella aiemmin mitattuihin pitoisuuksiin	17
2.8 Pitoisuuksien vertailua muualla mitattuihin pitoisuuksiin.....	18
3. YHTEENVETO MITTAUSTULOISTA.....	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
5. SÄÄTIEDOT VUONNA 2022.....	28
5.1 Tuulitiedot Äänekoskella mittausjaksolla.....	28
5.2 Keskilämpötilat Äänekosken seudulla.....	29
5.3 Sademäärät Äänekosken seudulla	30
5.4 Ilmanlaatuun vaikuttavat säätekijät	31
6. ÄÄNEKOSKEN PÄÄSTÖTIEDOT	32
7. TAUSTATIETOA ILMAN EPÄPUHTAUKSISTA.....	35
7.1 Typen oksidit	35
7.2 Hiukkaset.....	36
7.3 Rikkidioksidi.....	38
7.4 Haisevat rikkiyhdisteet.....	38
7.5 Ilman epäpuhtauksien terveysvaikutukset	38
7.6 Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot.....	39
7.7 Ilmanlaadun arviointikynnykset	42
VIITELUETTELO	43
LIITETAULUKOT	44
LIITEKUVAT	47

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 vuoden 2024 loppuun asti. Mittausasemalla mitattiin vuonna 2022 typen oksideja, hengitettäviä hiukkasia, rikkidioksidia ja haisevia rikkiyhdisteitä. Näistä typen oksideja ja hengitettäviä hiukkasia vapautuu erityisesti autoliikenteestä, ja rikkidioksidia ja haisevia rikkiyhdisteitä puolestaan teollisuuden tuotantoprosesseista. Ilmanlaadun mittausten tavoitteena on kartoittaa näiden ilmansaasteiden pitoisuustasoja ja hetkellistä vaihtelua. Pitoisuuksia mitataan jatkuvatoimisilla automaattisilla analysointilaitteilla. Ilmanlaadunmittausten tulosten tulkintaa varten asemalla mitataan myös säätietoja.

Tässä raportissa esitetään vuoden 2022 ilmanlaadun mittaustulokset ja verrataan niitä ilmanlaadun lainsäädännössä asetettuihin raja- ja ohjearvoihin. Lisäksi raportissa verrataan pitoisuuksia Äänekosken aiempiin mittaustuloksiin sekä muilla Suomen mittausasemilla vastaavana aikana mitattuihin pitoisuusarvoihin. Äänekoskella on suoritettu aiemmin vastaavanlaista ilmanlaadun tarkkailua Hiskinmäen mittauspisteessä vuosina 2004–2018. Raportissa verrataan nyt havaittuja mittaustuloksia aikaisempiin mittaustuloksiin 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, NO₂ ja NO_x), hengitettävien hiukkasien (PM₁₀), rikkidioksidin (SO₂) ja haisevien rikkiyhdisteiden (TRS) pitoisuuskeskiarvot vuonna 2022 on esitetty taulukossa 1. Raportin lopun liitetaulukoihin 1–6 on koottu kuukausittaisia tilastotietoja kaikista mitatuista pitoisuuksista tältä jaksolta. Raportin lopussa olevissa liitekuvuissa 1–6 on esitetty Äänekosken paloaseman mittausasemalla vuonna 2022 mitattujen ilman epäpuhauksien pitoisuuksien tuntikeskiarvojen aikasarjat ja liitekuvuissa 7–12 puolestaan vuorokausikeskiarvojen aikasarjat yksikössä µg/m³ (typen oksidit, rikkidioksidi ja haisevat rikkiyhdisteet 20 °C lämpötilassa, hengitettävät hiukkaset ulkoilman lämpötilassa). Kaikki mittaukset on suoritettu jatkuvatoimisilla automaattisilla analysointilaitteilla. Liitekuvuissa 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 nimennomaan typpidioksidille (NO₂).

Taulukko 1. Äänekosken paloasemalla vuonna 2022 mitatut typen oksidien, hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden keskiarvopitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Äänekoski paloasema	Vuoden 2022 keskiarvopitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
NO	2,0
NO ₂	5,5
Kokonais-NO _x (NO ₂ :na ilmaistuna)	8,6
PM ₁₀	11,5
SO ₂	0,6
TRS (rikkinä)	0,4

Kaikissa mittauksissa pitoisuudet vaihtelivat tarkastelujaksolla voimakkaasti. Hetkellinen tuntipitoisuuksien vaihtelu oli merkittävästi suurempaa kuin vuorokausikeskiarvopitoisuuksien vaihtelu. Typpidioksidilla pitoisuudet olivat pienimmillään kesällä ja vastaavasti korkeimmillaan talvella lämpötilan ollessa pakkasella. Talviaikaan on usein sellaisia sääolosuhteita, kuten inver-siotilanteita, 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 $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$, joka mitattiin maaliskuussa.

Hengitettävien hiukkasten 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 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 $266 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

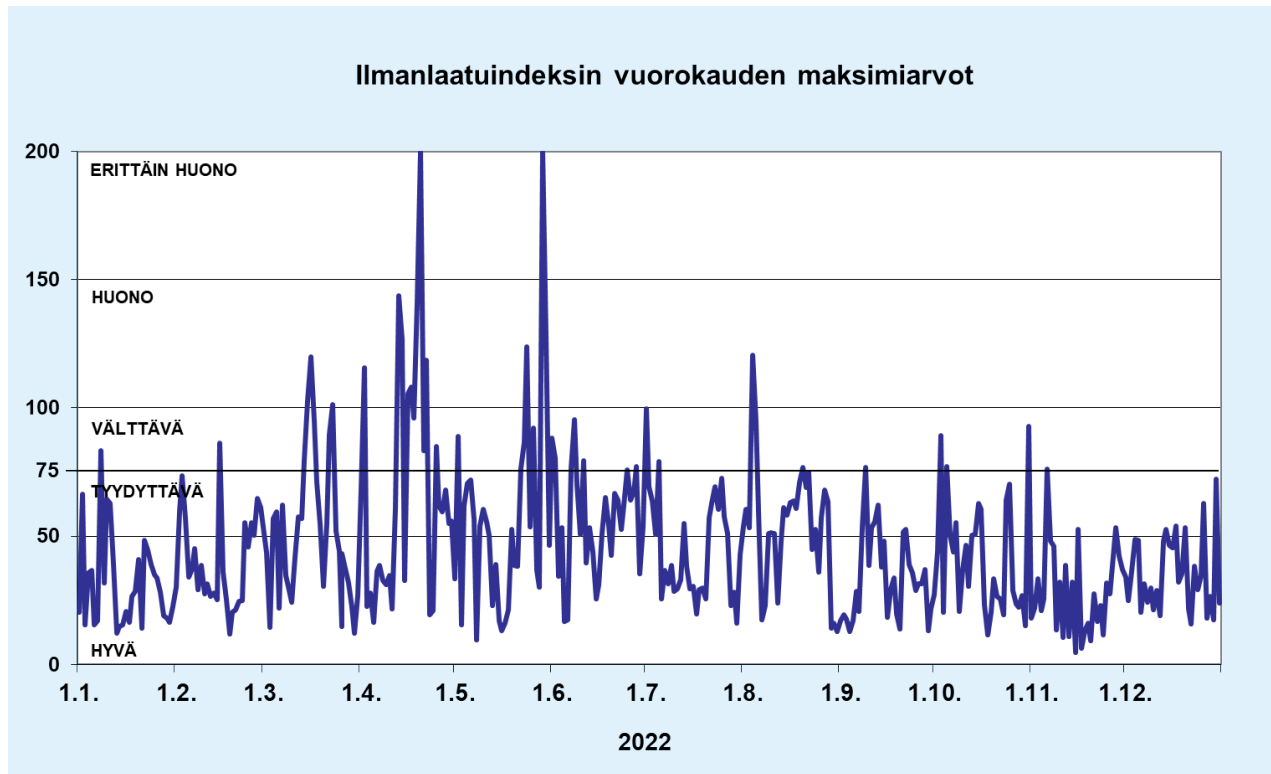
Rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuuksissa ei voitu havaita erityistä vuodenaikaisvaihtelua tai muuta trendiä vuoden 2022 aikana. Nämä yhdisteet ovat peräisin teollisuuden prosesseista, minkä vuoksi myös niiden ulkoilmapitoisuuksien aikasarjoissa havaitaan teollisuuden prosessipäästöjen vaihtelusta aiheutuvaa pitoisuusvaihtelua ja yksittäisiä korkeita pitoisuuspiikkejä häiriöpäästöjen aikana. Korkein mitattu rikkidioksidin tuntipitoisuus oli kesäkuussa mitattu $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja korkein TRS-tuntipitoisuus oli toukokuun lopussa mitattu $103 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kaikki mitatut epäpuhtausyhdisteiden pitoisuudet alittivat niille asetetut ohje- ja raja-arvot Äänekosken paloasemalla sijaitsevalla mittausasemalla.

2.2 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 vertailulukku, 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 määräytyy puolestaan ilmanlaadultaan huonoimman tunnin mukaan.

Kuvassa 1 on esitetty vuorokauden suurimmat ilmanlaatuindeksin arvot Äänekosken paloasemalla vuonna 2022. Indeksillä ilmaistuna ilmanlaatu oli hyvää tai tyydyttävää 88 % mittausjakson vuorokausista eli valtaosan mittausjaksosta. Ilmanlaatu oli välttävää 8 % päivistä, huonoa 4 % päivistä ja erittäin huonoa 1 % päivistä. Huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun päiviä oli pääasiassa keväällä katupölyaikaan. Kaikki huonot ja erittäin huonot indeksi-arvot johtuivat koko vuonna joko hengitettävien hiukkasten tai haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuuksista. Korkeat hengitettävien hiukkasten pitoisuudet johtuivat katupölystä maaliskuussa, huhtikuussa ja toukokuussa. Vastavasti korkeat haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuudet johtuivat Metsä Fibren tehtaan prosessin häiriötilanteesta 29.–30.5. Myös elokuussa ilmanlaatu oli huonoa yhtenä päivänä johtuen korkeista hengitettävien hiukkasten pitoisuuksista. Korkeat hiukkaspitoisuudet johtuivat mahdollisesti pienhiukkasten kaukokulkeumasta.

Ilmanlaadun indeksi-arvojen 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.

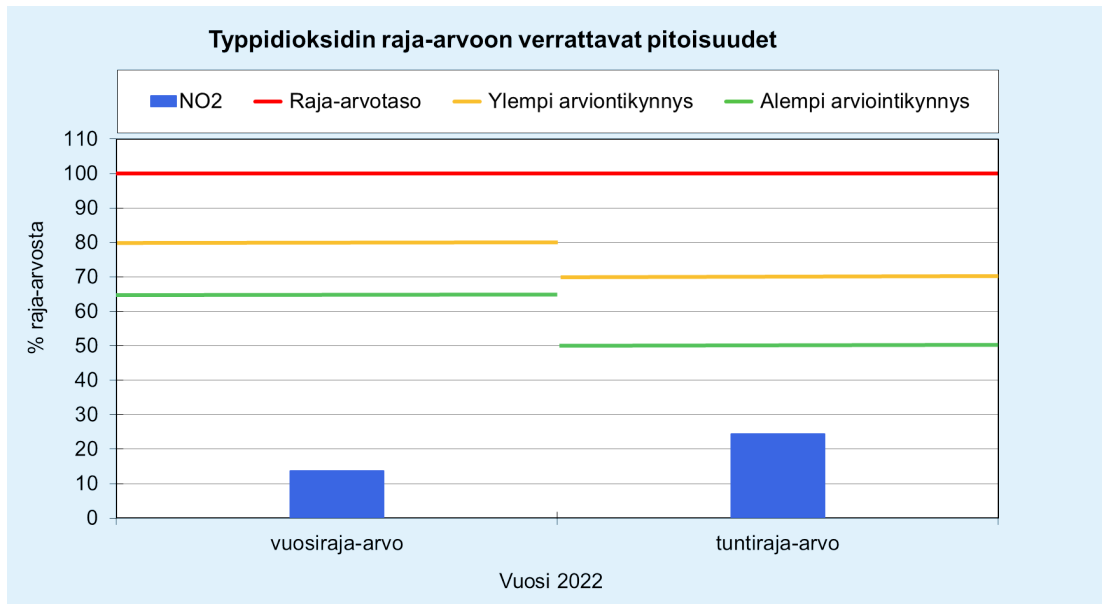


Kuva 1. Vuorokauden suurimmat ilmanlaatuindeksin arvot Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2022.

2.3 Pitoisuuksien vertailua raja- ja ohjearvoihin

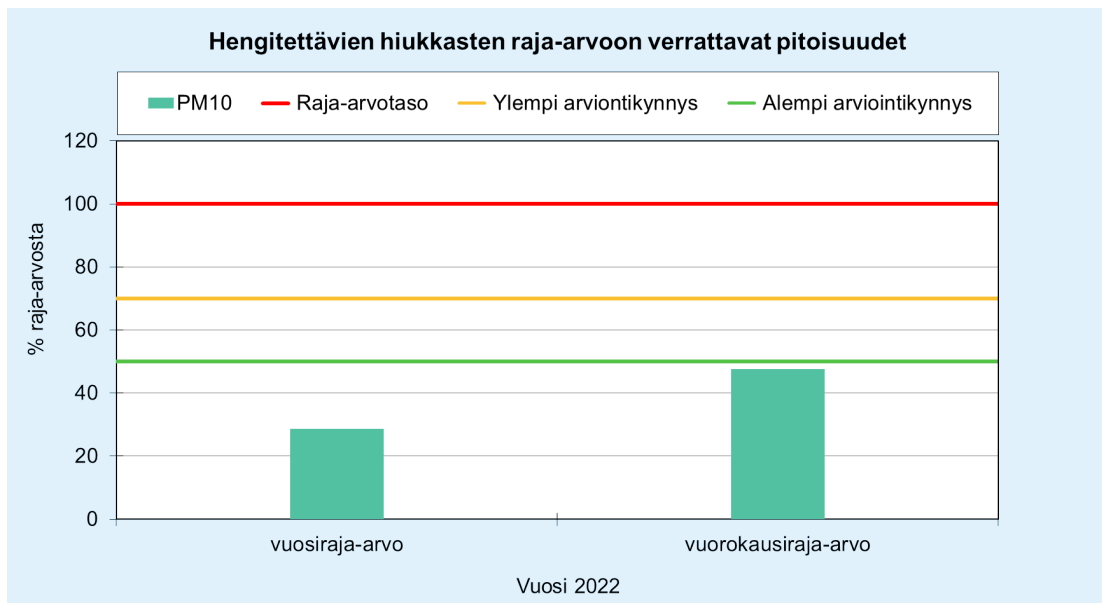
Raja-arvot määrittelevät ilman epäpuhtauspitoisuuksille enimmäiskaton, jota ei saa ylittää. Raja-arvot ovat voimassa kaikissa EU-maissa, alueilla, joilla asuu ja oleskelee ihmisiä. Ohjearvojen seuraamisella sen sijaan yritetään ohjata esimerkiksi kaavoitusta sellaisille alueille, jossa pitoisuudet ovat ihmisten terveydelle haitattomalla tasolla. Raja- ja ohjearvoilla on erilaiset tilastolliset määrittelyt ja raja-arvopitoisuuksille sallitaan vielä erikseen ylityksiä määritellystä pitoisuustasosta, joten raja- ja ohjearvoja ei voi suoraan lukuarvoina verrata keskenään. Arviointikynnyksiin vertaamisen avulla määritetään ilmanlaadun seurantarvetta ja käytettäviä seurantamenetelmiä. Ilmanlaadun lainsäädännöstä on kerrottu tarkemmin raportin jälkimmäisessä osassa kappaleessa 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 arviointikynnyksien alapuolelle. Typpidioksidin pitoisuudet ovat enimmillään 24 % 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.



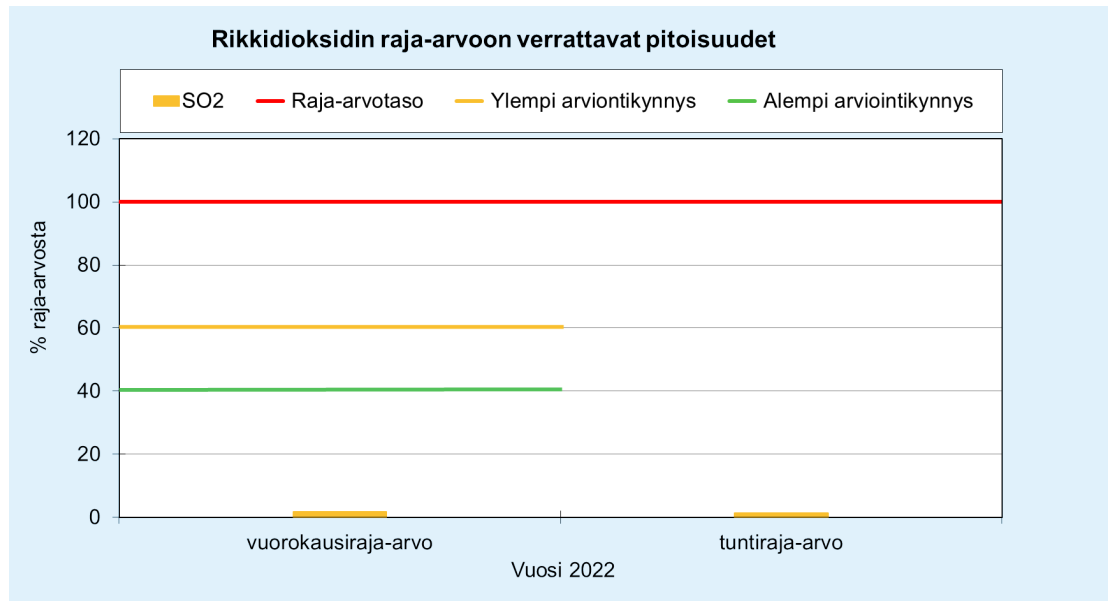
Kuva 2.

Typpidioksidin raja-arvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa (%) raja-arvoihin Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2022. Kuvaan on merkitty vaakaviivoilla raja-arvotaso sekä ylempi ja alempi arviointikynnys.



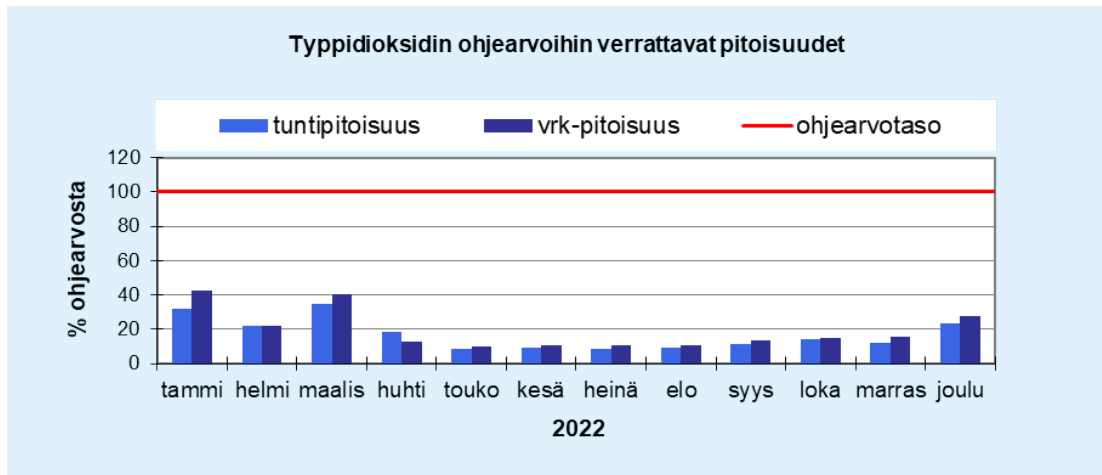
Kuva 3.

Hengitettävien hiukkasten raja-arvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa (%) raja-arvoihin Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2022. Kuvaan on merkitty vaakaviivoilla raja-arvotaso sekä ylempi ja alempi arviointikynnys.

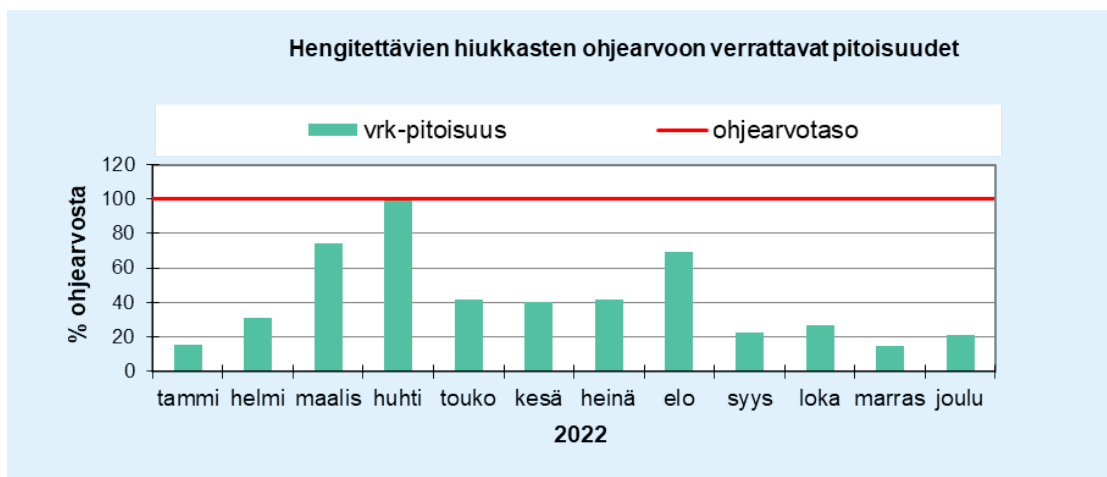


Kuva 4. Rikkidioksidin raja-arvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa (%) raja-arvoihin Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2022. Kuvaan on merkitty vaakaviivoilla raja-arvotaso sekä ylempi ja alempi arviointikynnys.

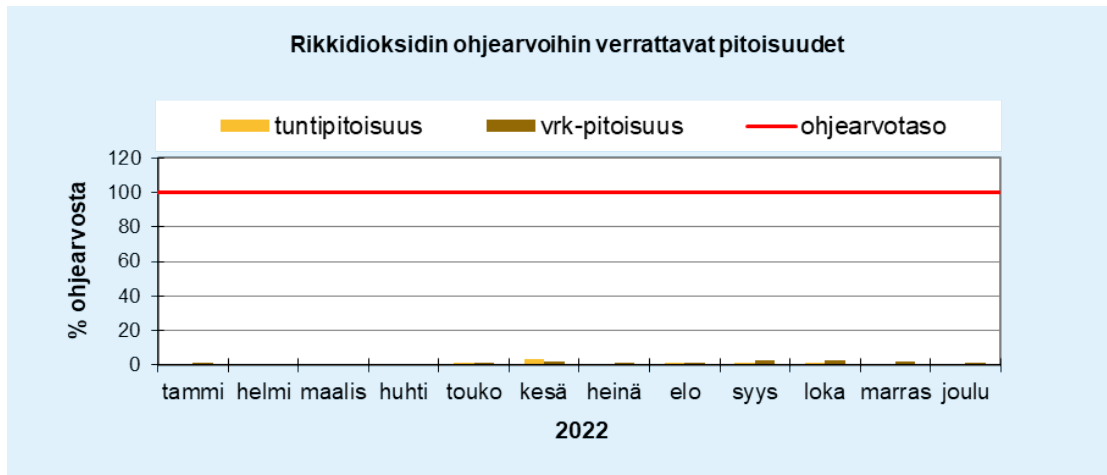
Kuvissa 5–8 on esitetty typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkidihydrokseenien ohjearvoon verrannolliset pitoisuudet kuukausittain Äänekosken paloasemalla. Pitoisuuksien vuorokausiohjearvot eivät ylittyneet mittausjaksolla kertaakaan. Typpidioksidin pitoisuus oli korkeimmillaan tammikuussa 43 % vuorokausiohjearvosta. Hengitettävien hiukkasten pitoisuus oli suurimmillaan katupölyaikaan huhtikuussa lähes ohjearvotasolla, noin 100 % ohjearvosta. Rikkidioksidin pitoisuudet olivat kaikkina kuukausina alle 4 % ohjearvoista. Haisevien rikkidihydrokseenien ohjearvoon verrannollinen pitoisuus oli korkeimmillaan toukokuussa, 20 % ohjearvosta. Toukokuun lopussa Metsä Fibrellä oli tehdas alhaalla, joten mitatut tavallista korkeammat pitoisuudet johtuivat prosessin toimintahäiriöstä.



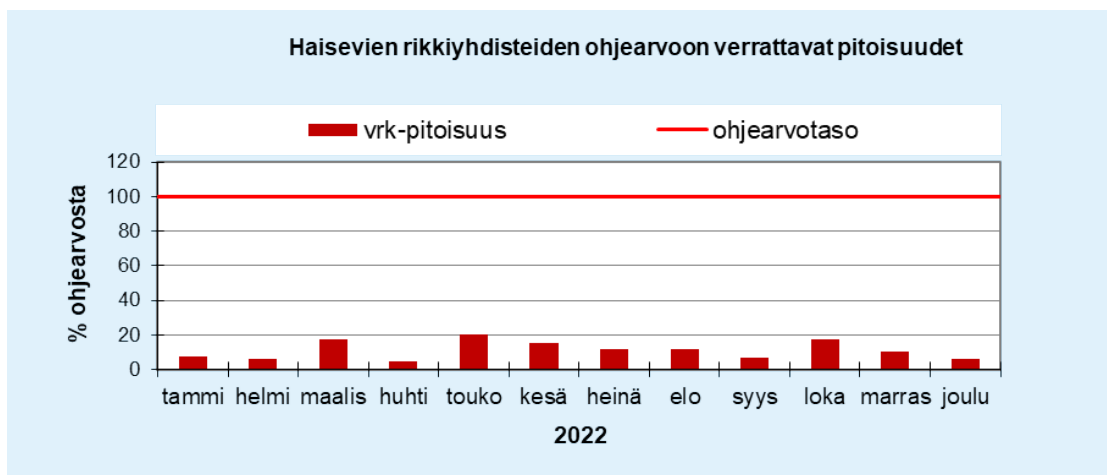
Kuva 5. Typidioksidin ohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Äänekosken paloasemalla vuonna 2022. Punaisella vaakaviivalla (100 %) on merkitty ohjearvotaso kuukauden tunti- ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja vuorokausipitoisuuksille ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



Kuva 6. Hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Äänekosken paloasemalla vuonna 2022. Punaisella vaakaviivalla (100 %) on merkitty ohjearvotaso $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



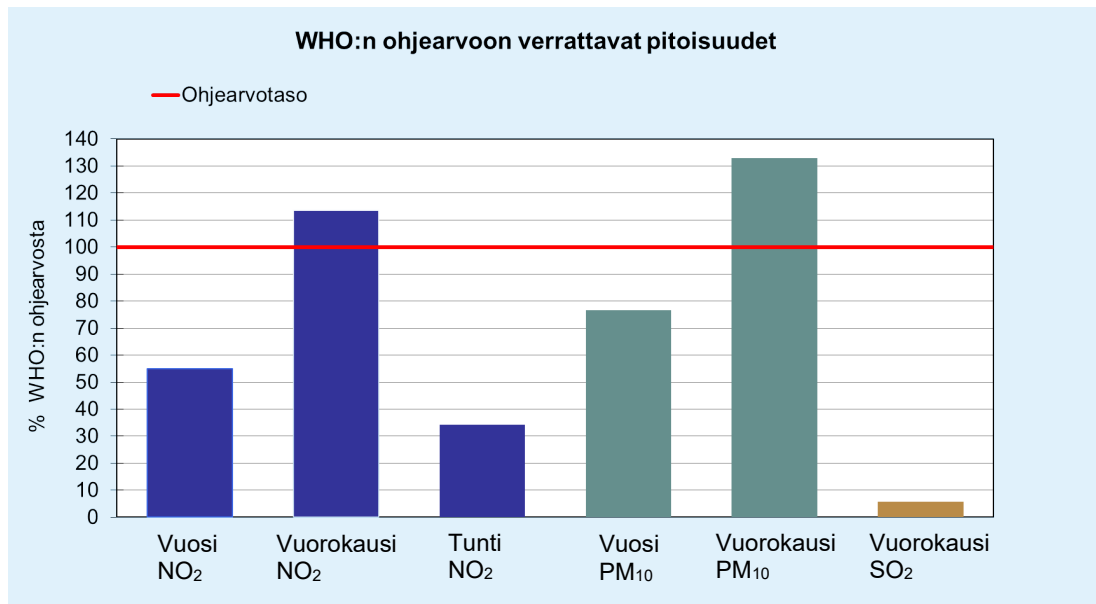
Kuva 7. Rikkidioksidin ohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Äänekosken paloasemalla vuonna 2022. Punaisella vaakaviivalla (100 %) on merkitty ohjearvotaso $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Kuva 8. Haisevien rikkiyhdisteiden ohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Äänekosken paloasemalla vuonna 2022. Punaisella vaakaviivalla (100 %) on merkitty ohjearvotaso $10 \mu\text{g}(\text{S})/\text{m}^3$.

Kuvassa 9 on esitetty typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja rikkidioksidin Maailman terveysjärjestön (WHO) ohjearvoon (WHO 2021) verrannolliset pitoisuudet Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2022. WHO:n ohjearvot eivät ole sitovia, vaan niiden tarkoitus on avustaa valtioiden hallituksia ja yhteiskuntia ilmansaasteiden haitallisten vaikutusten vähentämisessä. WHO arvioi ilman pilaantumisen yhdeksi suurimmaksi globaaliksi terveyteen kohdistuvaksi ympäristöriskiksi. WHO päivitti syksyllä 2021 ilmansaasteiden ohjearvopitoisuudet, joita pienemmillä pitoisuuksilla haitallisia terveysvaikutuksia ei esiinny lainkaan tai ne ovat vain vähäisiä. WHO:n vuorokausiohjearvot 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: vuosiohjearvo ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja tuntipitoisuuksien ohjearvo ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) alittuivat, vuosiohjearvoon verrattava pitoisuus oli 55 % ohjearvosta ja tuntipitoisuuksien ohjearvoon verrattava pitoisuus 34 % ohjearvosta. Typpidioksidin vuorokausiohjearvoon ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrattava pitoisuus ylittyi, ollen 114 % ohjearvosta. Hengitettävien hiukkasten WHO:n vuosiohjearvoon ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrattava pitoisuus oli 77 % ohjearvosta. WHO:n hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvo ($45 \mu\text{g}/\text{m}^3$) puolestaan ylittyi, vuoden 2022 mitatut korkeimmat ohjearvoon verrannolliset vuorokausikeskiarvopitoisuudet olivat 133 % ohjearvosta. Rikkidioksidin osalta WHO:n vuorokausiohjearvo ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) alittui selvästi, ollen 6 % ohjearvosta. WHO ei ole määrittänyt haiseville rikkiyhdisteille ohjearvopitoisuuksia.



Kuva 9. WHO:n ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet Äänekosken paloasemalla mitatuista yhdisteistä vuonna 2022. Punaisella vaakaviivalla (100 %) on merkitty ohjearvotaso kullekin pitoisuudelle.

2.4 Hajujen esiintyminen

Äänekosken paloasemalla mitattuja haisevien rikkiyhdisteiden tuntipitoisuuksia tarkastelemalla voidaan tilastollisesti arvioida, että mittausjaksolla olisi esiintynyt hajutunteja 70 kpl eli 0,8 % 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 35 tuntia ja melko voimakasta tunnistettavissa olevaa hajua 35 tuntia. Valtaosan mittausjaksosta haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuudet kuitenkin olivat matalia, eikä hajuja esiintynyt. TRS-pitoisuus oli koko mittausjaksolla noin 94 % tunneista alle $1 \mu\text{g}(\text{S})/\text{m}^3$.

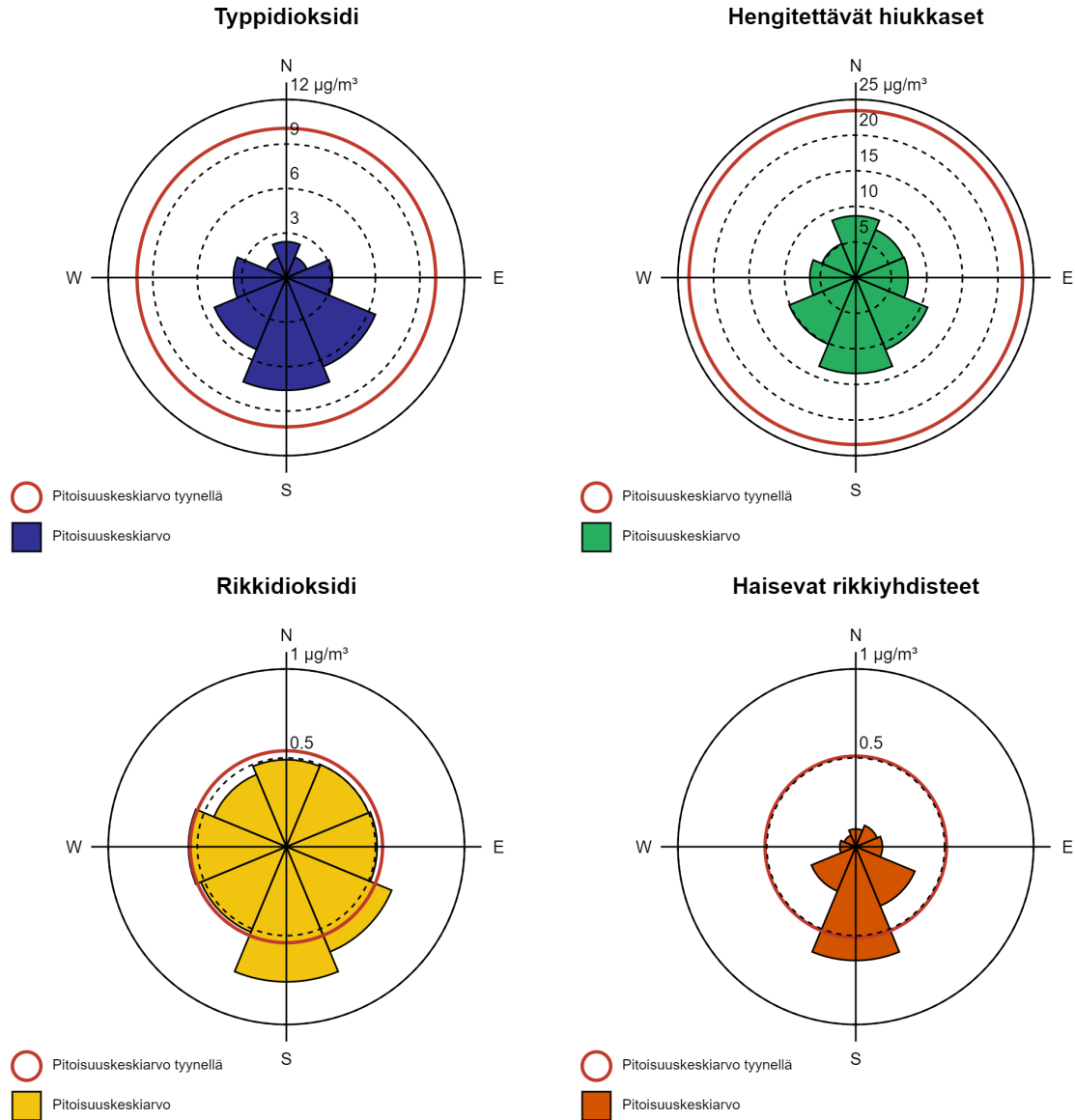
TRS-pitoisuuksiin perustuvaa hajujen esiintyvyyden arviointia voidaan pitää vain hyvin suuntaa antavana. Tässä tarkastelussa on oletettu, että kaikki mitattu TRS-pitoisuus olisi ollut rikkivetyä, joka on kaikista TRS-yhdisteistä herkimmin haiseva, eli sillä on matalin hajukynnys. Rikkivety aiheuttaa tunnistettavaa hajua pitoisuustasolla noin $3\text{--}6 \mu\text{g}(\text{S})/\text{m}^3$ ja melko voimakasta tunnis-

tettavissa olevaa hajua, kun pitoisuus on yli $6 \mu\text{g(S)}/\text{m}^3$. 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 rikkijhdisteitä. Näin ollen kokonais-TRS-pitoisuus ei suoraan kerro hajun esiintyvyydestä.

2.5 Tuulen suunnan ja nopeuden vaikutus mitattuihin pitoisuuksiin

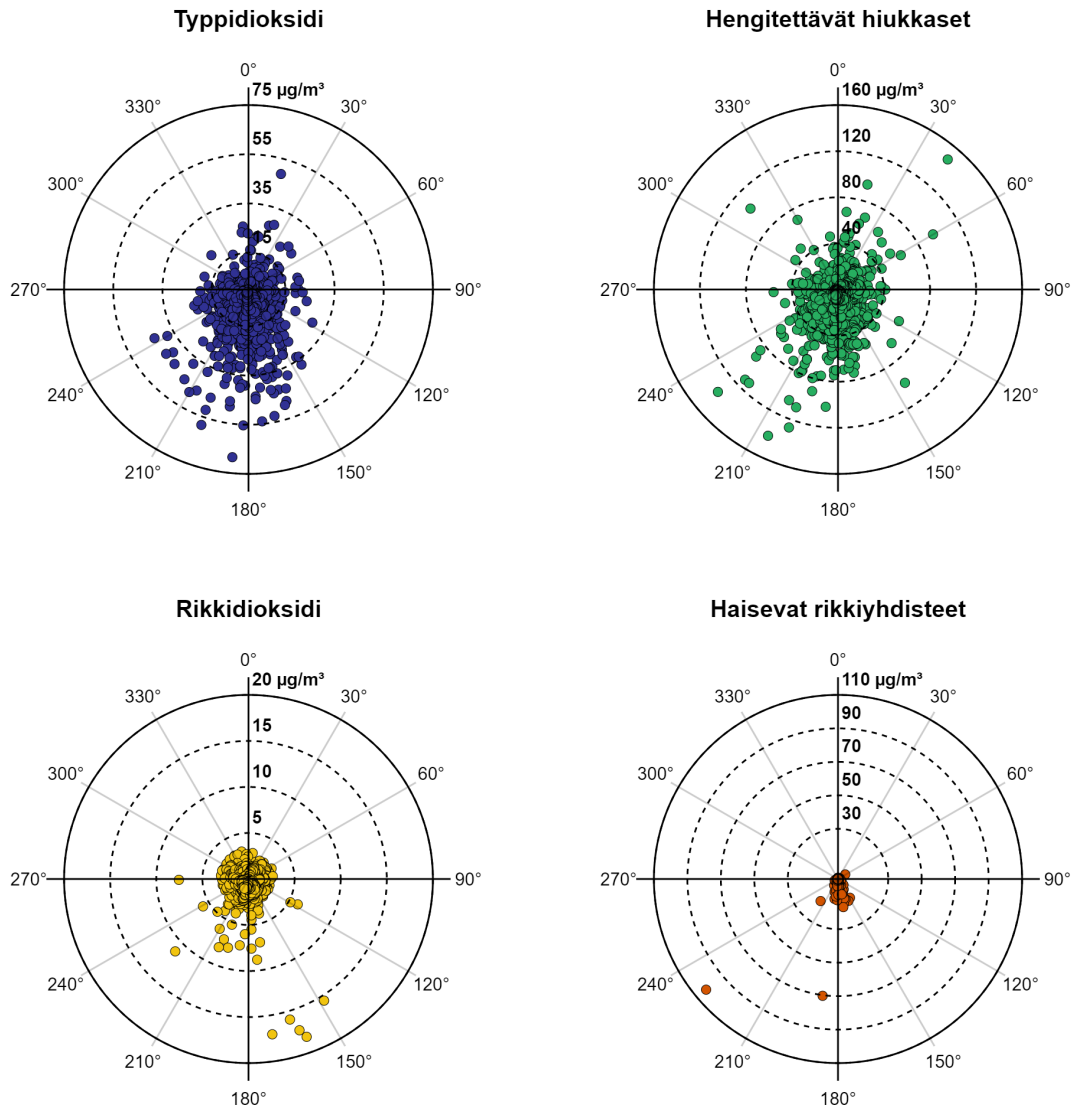
Kuvassa 10 on havainnollistettu Äänekosken paloasemalla mitattujen pitoisuuksien keskimääräistä riippuvuutta tuulensuunnasta ns. pitoisuusruusujen avulla. Pitoisuusruusu kuvaa tuntipitoisuuksien keskiarvoa eri tuulensuunnilla. Tyynellä säällä, eli kun tuulen nopeus on alle $0,5 \text{ m/s}$, havaittujen 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 2022 Äänekosken seudun tuulet olivat pääosin etelätuulia sekä lounaan sektorista puhaltavia tuulia, eikä mittausaseman pohjoispuolelta tuullut käytännössä juuri lainkaan. 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, kaakon ja lounaan puoleisilla tuulilla. Hengitettävien hiukkasten osalta pohjoistuulella mitattiin keskimäärin korkeampia pitoisuuksia. Mittausaseman pohjoispuolella sijaitsee muun muassa paloaseman parkki-alue. Pohjoistuulia oli kuitenkin hyvin vähän mittausjakson aikana, joten korkeista pitoisuuksista pohjoistuulella ei voi tehdä tarkkoja johtopäätöksiä. Tyynellä säällä havaitut korkeat pitoisuudet kertovat lähipäästöistä, joita ei pystytä tarkemmin määrittelemään. Rikkidioksidipitoisuudet olivat suunnilleen samansuuruiset kaikissa tuulen suunnissa sekä tyynellä säällä. Tämä viittaa siihen, että mitatuista rikkidioksidipitoisuuksista suurin osa on nk. Alueellista taustapitoisuutta. Hieman keskimääräistä korkeampia pitoisuuksia mitattiin rikkidioksidin osalta etelän ja kaakon puoleisilla tuulilla. Tämä kertoo lähinnä siitä, ettei alueella ole rikkidioksidin päästölähdettä, vaan pitoisuudet olivat koko vuoden hyvin matalat. Myös haisevien rikkijhdisteiden pitoisuudet olivat pääosin matalia, mutta niissä on havaittavissa selkeästi, että päästöt tulevat pääosin etelästä Metsä Fibren tuotantolaitosten suunnasta.



Kuva 10. Äänekosken paloasemalla mitattujen tuntipitoisuuksien keskiarvot tuulensuunnittain vuonna 2022. 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. Typpidioksidin tuntipitoisuuksissa on kuitenkin selkeä trendi, jossa pääosa korkeammista pitoisuuksista on tehty tuulen puhaltaessa etelästä ja lounaasta. Hengitettävien hiukkasten kuvaajasta voi huomata yksittäisiä korkeita tunti-arvoja, jotka ovat pääosin lounaasta. Rikkidioksidin osalta pitoisuudet ovat pääosin pieniä ja yhtä suuria kaikista suunnista puhaltavilla tuulilla. Hieman keskimääräistä korkeampia yksittäisiä tuntipitoisuuksia on mitattu etelän ja kaakon puoleisilla tuulilla. Haisevien rikkiyhdisteiden korkeimmat tuntipitoisuudet on mitattu tuulien puhaltaessa etelästä ja lounaasta.



Kuva 11. Äänekosken paloasemalla mitatut tuntipitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) tuulensuunnittain ($0\text{--}360^\circ$) vuonna 2022. Kuvassa eivät näy tyynellä mitatut tuntipitoisuudet. Tyyniksi on tässä tarkastelussa luokiteltu alle $0,5\text{ m/s}$ tuulen nopeudet. Kuvaajat ovat kukin omassa pitoisuusskaalassaan.

2.6 Pitoisuuksien ajallinen vaihtelu

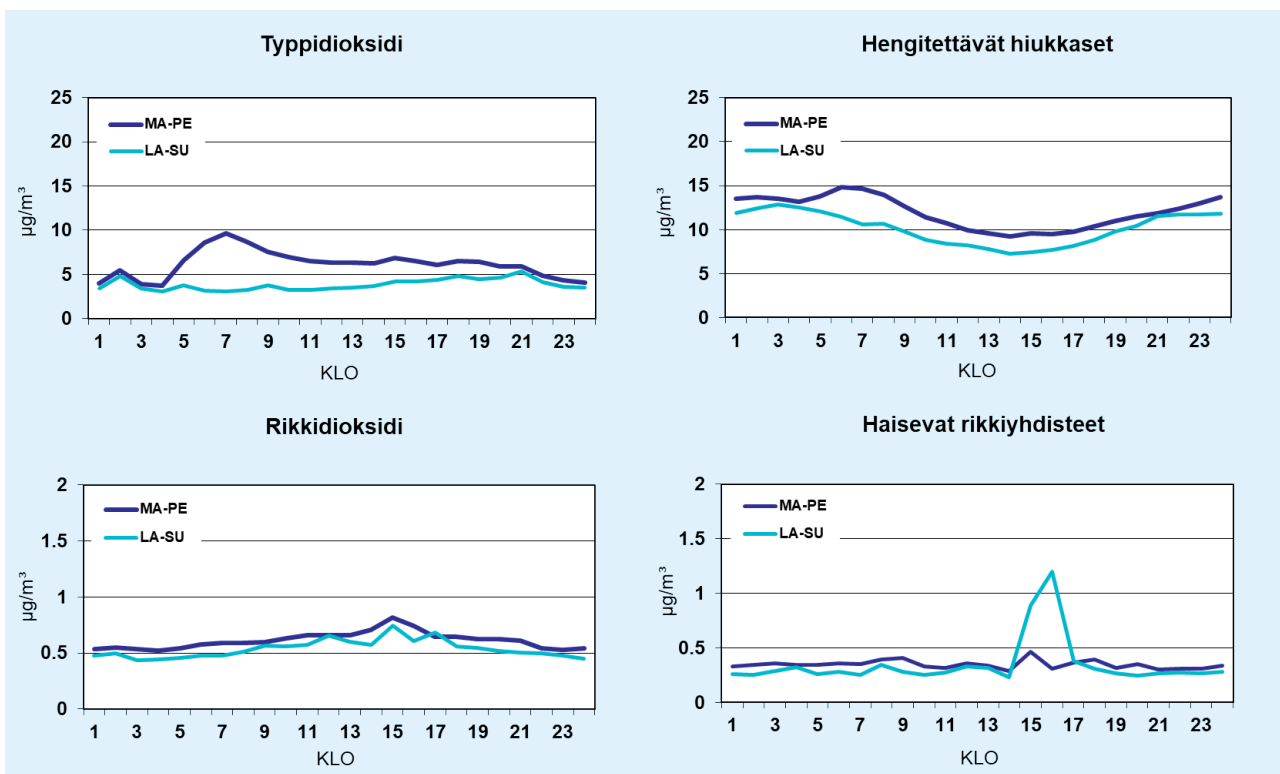
Kuvassa 12 on tarkasteltu Äänekosken paloasemalla mitattujen typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden tuntipitoisuuksien vaihtelua kellonajan mukaan erikseen arkipäivisin (maanantai–perjantai) ja viikonloppuisin (lauantai–sunnuntai). Kuvassa 13 pitoisuuksia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

Typpidioksidin tuntipitoisuuksissa havaitaan liikenteen vaikutus selvästi. Typpidioksidipitoisuudet ovat korkeimmillaan arkipäivisin työmatkaliikenteen ollessa vilkkaimmillaan sekä arkisin uudelleen ilmapäivällä liikennemäärien taas noustessa. Pienimmillään pitoisuudet ovat puolestaan arkisin aamuyön tunteina. Keskimääräiset tuntipitoisuudet ovat viikonloppuisin pienempiä

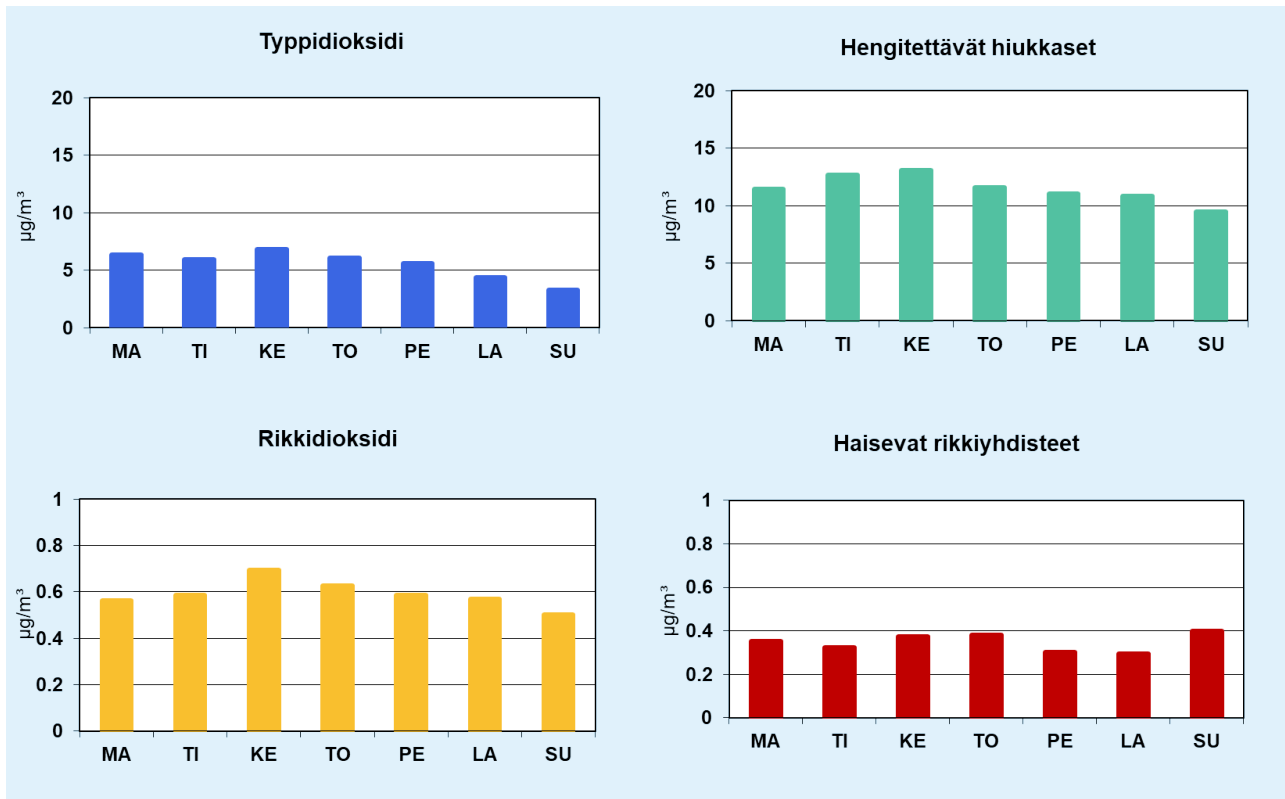
kuin arkisin. Vaikka viikonloppuisin pitoisuuksien vaihtelu vuorokauden sisällä on vähäisempää kuin arkisin, ovat ne kuitenkin hieman korkeampia iltaisin. Viikonpäivittäin tarkasteltuna typpidioksidin keskimääräinen pitoisuus oli selvästi matalampi viikonloppuna kuin arkisin, sillä liikennemäärät ja siitä aiheutuvat päästöt ovat vähäisempiä viikonloppuisin.

Hiukkaspitoisuuksissa ei ole havaittavissa suurta vaihtelua vuorokaudenaikojen välillä, vaan kuvaajat ovat hyvin samankaltaisia sekä arkisin ja viikonloppuisin. Arkisin pitoisuudet ovat suurimmillaan aamuisin ja kohoavat taas iltaa kohden, viikonloppuisin taas yöaikaan. Matalimmillaan pitoisuudet ovat sekä arki- että viikonloppuilltapäivisin. Hiukkaspitoisuudet eivät ole yhtä riippuvaisia liikennemäärästä kuin typpidioksidipitoisuudet, vaan 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 haisevien rikkiyhdisteiden viikonloppun iltapäivän piikkiä. Piikki selittyy osaltaan koko vuoden korkeimmilla tuntiarvoilla ($103 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$), jotka mitattiin sunnuntaina 29.5. klo 15–16 Metsä Fibren tuotannon prosessihäiriön aikana. Viikonpäivien osalta sunnuntaisin on keskimäärin mitattu korkeimmat pitoisuudet haisevien rikkiyhdisteiden osalta, joka ainakin osin selittyy sunnuntaina 29.5. mitattuina korkeina pitoisuuksina. Muuten rikkidioksidin tai haisevien rikkiyhdisteiden osalta ei ole viikonpäivien välillä merkitseviä eroavaisuuksia.



Kuva 12. Äänekosken paloasemalla vuonna 2022 mitattujen tuntipitoisuuksien keskiarvot kellonajan mukaan arkipäivisin (ma-pe) ja viikonloppuisin (la-su).

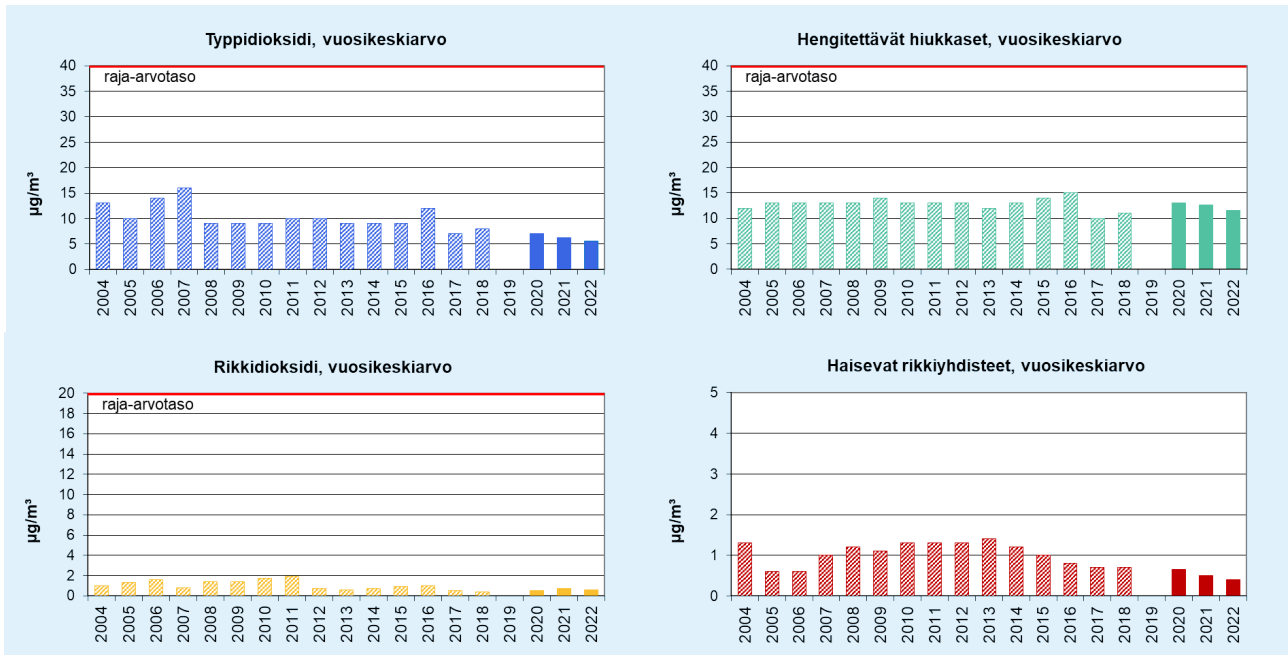


Kuva 13. Äänekosken paloasemalla vuonna 2022 mitattujen pitoisuuksien keskiarvot viikonpäivän mukaan.

2.7 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 2022 oli toinen 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. Vuoden 2021 mittausjakso oli koko vuoden mittainen, joten tulokset ovat täysin vertailukelpoisia vuoden 2022 mittausjaksoon nähden.

Kuvassa 14 on esitetty Hiskinmäellä vuosina 2004–2018 mitatut typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden vuosikeskiarvot sekä paloasemalla jaksolla 1.6.2020–31.12.2022 mitatut mittausjakson keskiarvot. Kaikissa mitatuissa pitoisuuksissa on ollut vuosien varrella havaittavissa lievä laskeva trendi. Typpidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden osalta vuoden 2022 vuosikeskiarvo oli matalin Hiskinmäellä tai nykyisellä paikalla mitattu keskiarvo. Rikkidioksidin ja hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvot olivat aiempien vuosien vaihteluvälin sisällä ja samankaltaisia kuin edellisinäkin vuosina. Kaikkien mitattujen yhdisteiden osalta pitoisuuksien vuosikeskiarvot vuoden 2022 mittausjaksolla olivat hieman matalampia kuin vuonna 2021.



Kuva 14. Äänekosken Hiskinmäellä vuosina 2004–2018 mitatut vuosikeskiarvot sekä paloasemalla jaksolla 1.6.2020 – 31.12.2022 mitatut keskiarvot. Vuosiraja-arvo on esitetty punaisella vaakaviivalla.

2.8 Pitoisuuksien vertailua muualla mitattuihin pitoisuuksiin

Taulukossa 2 ja kuvissa 15–18 on esitetty typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuuksia vuodelta 2022 Äänekosken paloaseman mittauspisteen lisäksi Jyväskylän keskustan Hannikaisenkadulta, Helsingin keskustan Mannerheimintieltä, Kuopion Sorsasalossa sijaitsevalta mittausasemalta sekä Ilmatieteen laitoksen taustailmanlaadun mittausasemalta Muonion Sammaltunturilta. Muiden asemien kuin Äänekosken pitoisuustulokset ovat tarkasteluhetkellä vielä tarkistamatonta aineistoa, ja esittävät näin ollen vain suuntaa antavaa pitoisuustasoa muissa mittauspisteissä (*Ilmatieteen laitos, 2023 a*). Kaikki mitatut pitoisuustulokset on saatu jatkuvatoimisilla laitteilla. Jyväskylän kaupungin Hannikaisenkadun mittausasema sijaitsee vilkkaassa liikenneympäristössä ja mitatut pitoisuudet edustavat tasoa, jolle ihmiset altistuvat liikkueensa keskisuuren kaupungin keskusta-alueella Keski-Suomessa. Helsingin Mannerheimintie edustaa Suomen mittakaavassa kuormitetuinta liikenneympäristöä kaupungin keskusta-alueella. Kuopion Sorsasalon mittausasema on läheisen aallotuskartonkitehtaan päästöjen vaikutuksia tarkkaileva mittausasema. Sammaltunturin mittausasema edustaa pitoisuuksia Lapissa puhtaalla tausta-alueella, jossa aseman välittömässä läheisyydessä ei ole ihmistoimintoja.

Typpidioksidin ohjearvoon verrattuna Äänekosken pitoisuudet olivat kaikkina kuukausina selvästi pienempiä kuin Jyväskylässä Hannikaisenkadulla tai Helsingin Mannerheimintiellä, mutta selkeästi korkeampia kuin Sammaltunturin tausta-aseamalla. Koska typpidioksidipitoisuudet ovat vahvasti riippuvaisia liikennemääristä kyseisillä asemilla, kertovat pitoisuudet lähinnä asemien läheisyyden liikennemääristä. Äänekosken mittausaseman lisäksi kaikilla vertailtavilla asemilla

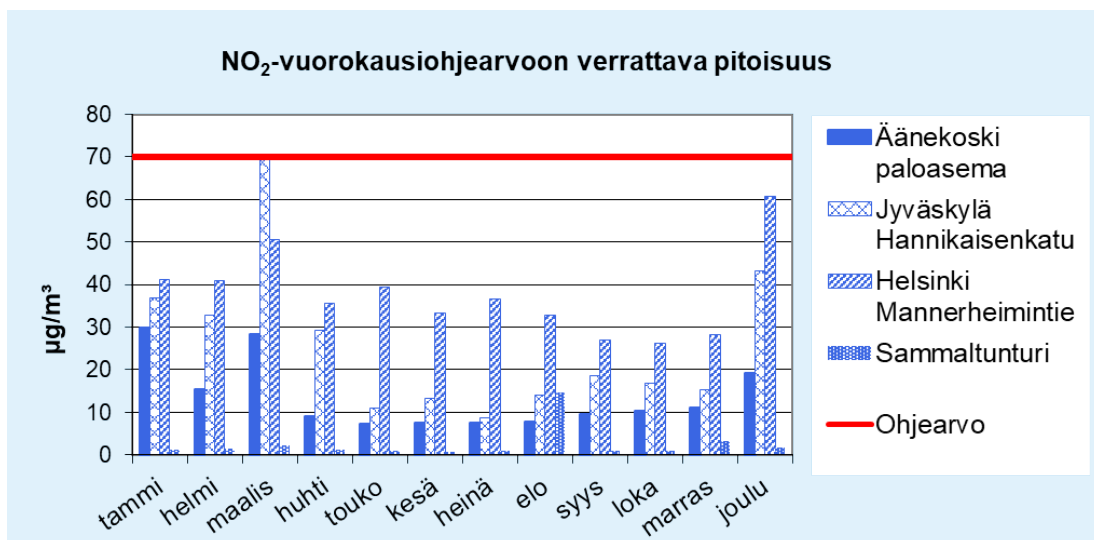
typpidioksidipitoisuudet olivat korkeimmillaan talvikuukausina ja pienimmillään kesällä ja syksyllä. Typpidioksidipitoisuuksiin vaikuttavat myös paikalliset sääolosuhteet kuten tuuli, tyynyt pakkaspäivät ja inversiotilanteet.

Hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrannolliset pitoisuudet olivat Äänekoskella suuremmat tammi-helmikuussa sekä touko-lokakuussa verrattuna Jyväskylän Hannikaisenkatuun. Jyväskylän Hannikaisenkadulla hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrannolliset pitoisuudet olivat puolestaan suuremmat katupölyaikana sekä hieman suuremmat marras-joulukuussa. Mannerheimintien mittausasemaan verrattuna Äänekoskella oli kaikkina kuukausina pienemmät pitoisuudet, lukuun ottamatta elokuuta, jolloin Äänekosken ohjearvoon verrannollinen pitoisuus oli hieman korkeampi kuin Helsingin Mannerheimintiellä. Sammaltunturin tausta- asemalla oli kaikkina kuukausina selvästi pienimmät pitoisuudet. 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 pitoisuustasoa yleisemmällä tasolla. Esimerkiksi Sammaltunturilla oli korkeammat ohjearvoon verrattavat pitoisuudet tammi-, helmi- ja joulukuussa, mikä johtuu todennäköisesti rikkidioksidin kaukokulkeumasta. Vuonna 2022 Kuopion Sorsasalon teollisuusympäristössä mitatut ohjearvoon verrattavat rikkidioksidipitoisuudet olivat jokaisena kuukautena suuremmat kuin Äänekoskella. Haisevien rikkiyhdisteiden osalta Kuopion Sorsasalossa mitattiin korkeampia ohjearvoon verrannollisia pitoisuuksia tammikuusta huhtikuuhun, elo-syyskuussa sekä marras-joulukuussa. Äänekoskella pitoisuudet olivat vastaavasti korkeampia toukokuusta heinäkuuhun sekä lokakuussa.

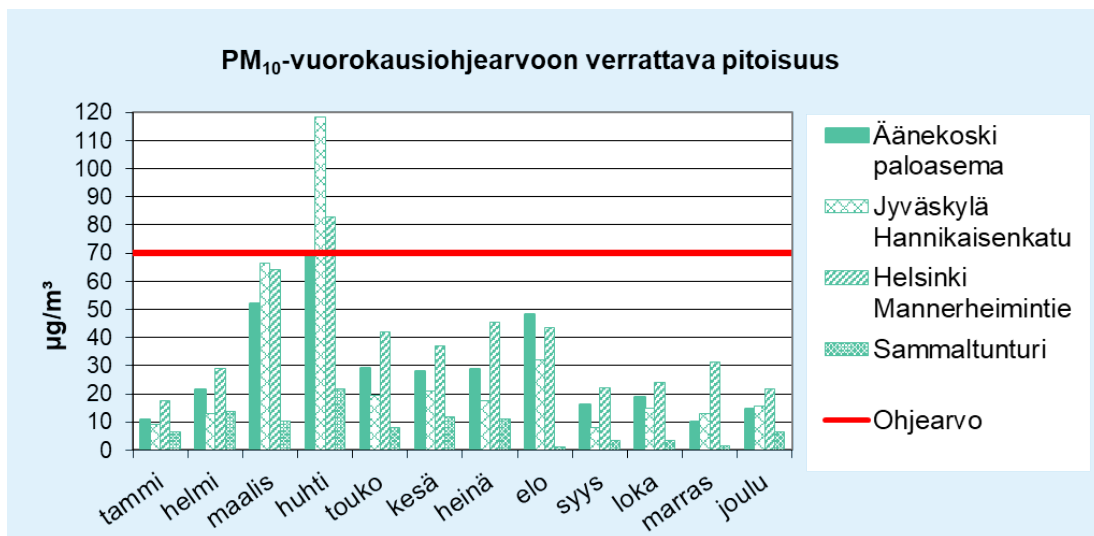
Taulukko 2. Äänekosken paloasemalla, Jyväskylän Hannikaisenkadulla, Helsingin Mannerheimintiellä ja Muonion Sammaltunturilla sekä Kuopion Sorsasalossa vuonna 2022 mitatut typen oksidien, hengitettävien hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden keskiarvopitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Muiden kuin Äänekosken pitoisuustulokset ovat tarkasteluhetkellä vielä tarkistamatonta aineistoa.

Mittausjakson keskiarvopitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Äänekoski paloasema	Jyväskylä Hannikaisenkatu	Helsinki Mannerheimintie	Muonio Sammaltunturi	Kuopio Sorsasalo
NO ₂	5,5	10,9	18,9	0,7	–
PM ₁₀	11,5	10,7	18,1	2,8	–
SO ₂	0,6	–	–	0,5	3,8
TRS	0,4	–	–	–	0,8



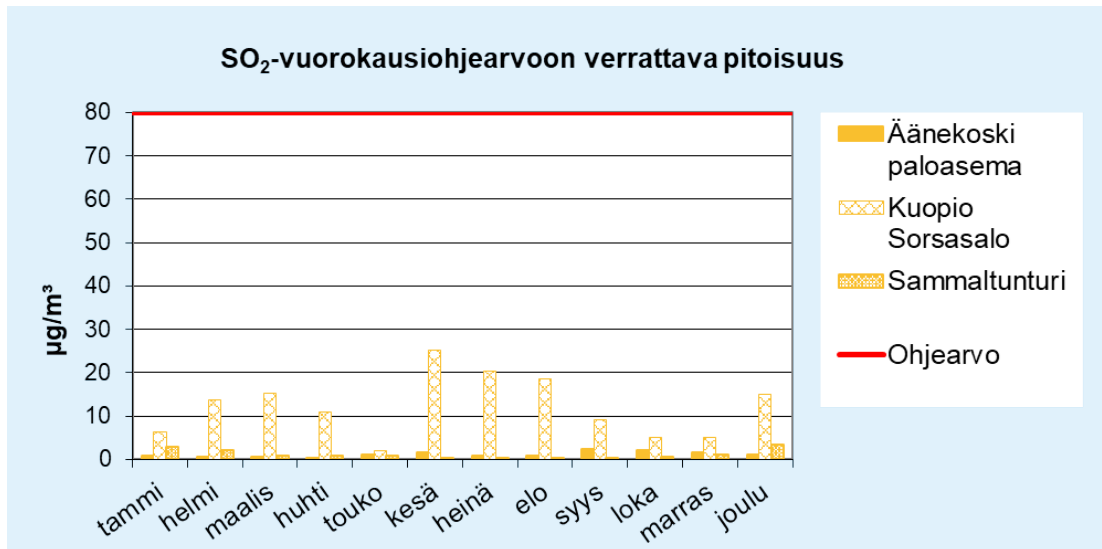
Kuva 15.

Typpidioksidipitoisuuden vuorokausiohjeeseen verrattavat pitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kuukausittain vuonna 2022 eri mittausasemilla. Vuorokausiohjeeseen 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ on esitetty punaisella vaakaviivalla. Muiden mittausasemien kuin Äänekosken pitoisuustulokset ovat vielä tarkistamatonta aineistoa.



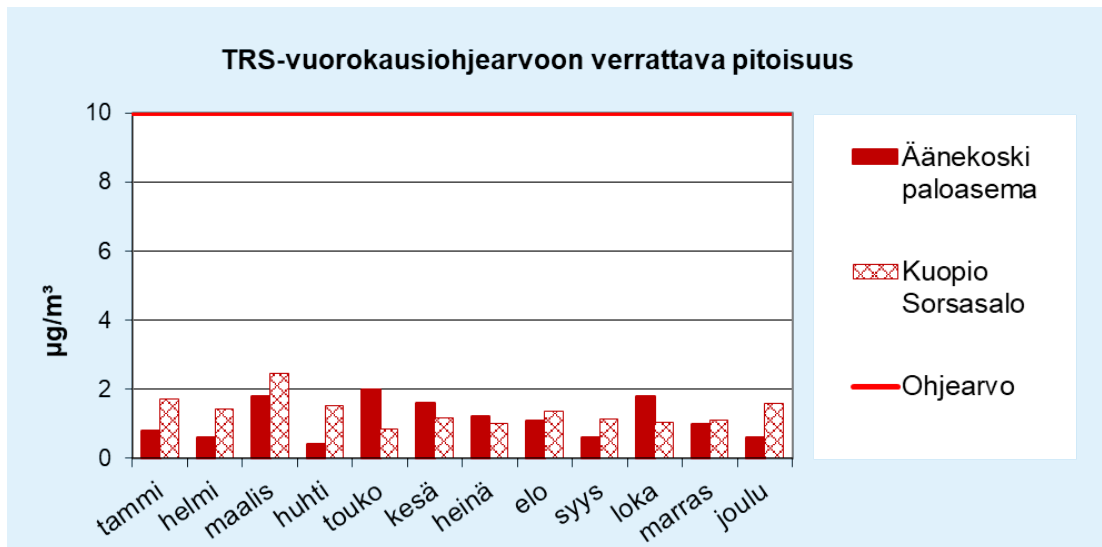
Kuva 16.

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjeeseen verrattavat pitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kuukausittain vuonna 2022 eri mittausasemilla. Vuorokausiohjeeseen 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ on esitetty punaisella vaakaviivalla. Muiden mittausasemien kuin Äänekosken pitoisuustulokset ovat vielä tarkistamatonta aineistoa.



Kuva 17.

Rikkidioksidipitoisuuden vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kuukausittain vuonna 2022 eri mittausasemilla. Vuorokausiohjearvo $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ on esitetty punaisella vaakaviivalla. Kuopion Sorsasalon ja Sammaltunturin pitoisuustulokset ovat vielä tarkistamatonta aineistoa.



Kuva 18.

Haisevien rikkijyhdisteiden pitoisuuden vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kuukausittain vuonna 2022 eri mittausasemilla. Vuorokausiohjearvo $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ on esitetty punaisella vaakaviivalla. Kuopion Sorsasalon pitoisuustulokset ovat vielä tarkistamatonta aineistoa.

3. YHTEENVETO MITTAUSTULOKSISTA

Ilmatieteen laitos tarkkaili Äänekosken ulkoilman laatua vuonna 2022 yhdessä mittauspisteessä. Ilmanlaadun mittauksen tavoitteena oli kartoittaa typen oksidien, hengitettävien hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuustasoja 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 keskeytyksettä vuoden 2024 loppuun asti.

Ilman epäpuhtauksien pitoisuuksiin vaikuttavat kiinteiden lähteiden kuten teollisuuden ja energiantuotannon päästöt, ja liikenteen sekä hajapäästölähteiden kuten asuinrakennusten tulisijojen päästöt. Yksittäisen päästölähteen vaikutusta pitoisuuksiin on yleensä vaikea erottaa. Vuodenaika, liikenne, kaukokulkeuma ja sääolosuhteet vaikuttavat pitoisuuksiin voimakkaasti. Korkeimmat epäpuhtauspitoisuudet esiintyvät kaupunkialueilla useimmiten stabiileissa heikkotuulissa 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 pääsevät suoraan ihmisten hengityskorkeudelle. Energiantuotannon ja teollisuuden päästöt vapautuvat ulkoilmaan yleensä korkeista piipuista ja ehtivät sekoittua ympäröivään ilmaan ja laimentua ennen maanpintatasoa, jolloin ne eivät juuri vaikuta pitoisuuksiin hengityskorkeudella. 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 2022 vuorokausista eli valtaosan mittausjaksosta. Ilmanlaatu oli välttävää 8 % päivistä, huonoa 4 % päivistä ja erittäin huonoa kahtena päivänä eli alle 1 % päivistä.

Ilmanlaatu oli huonoa tai erittäin huonoa 15 päivänä vuonna 2022. Huonoja ja erittäin huonoja päiviä oli eniten huhtikuussa, jolloin erittäin huonon ilmanlaadun päiviä oli yksi ja huonoja seitsemän. Huono ilmanlaatu kyseisinä päivinä johtui hengitettävistä hiukkasista, jotka olivat peräisin kevään katupölystä. Huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun päivät osuivat kokonaisuudessaan lähinnä kevään katupölykauteen huhti- ja toukokuulle. TRS-pitoisuudet aiheuttivat kahtena päivänä huonon tai erittäin huonon ilmanlaadun vuonna 2022. Korkeat TRS-pitoisuudet aiheutuivat toukokuun prosessihäiriöistä, kuten prosessien alas- ja ylösajoista. Ilmanlaatu oli huonoa myös yhtenä päivänä elokuussa ja kolmena päivänä maaliskuussa hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuoksi. Maaliskuun huonon ilmanlaadun päivät johtuivat mahdollisesti inversiotilanteista, sillä kyseisinä öinä ja aamuna lämpötila oli pakkasen puolella ja tuuli lähes tyyni.

Äänekosken paloasemalla mitatut pitoisuudet jäivät selvästi myös ilmanlaadun raja-arvojen ja arviointikynnyksien alapuolelle. Vuoden 2021 mittauksissa hengitettävät hiukkaset ylittivät alemman arviointikynnyksen pitoisuustason, mutta vuoden 2022 mittauksissa pitoisuustasot laskivat

sen verran, että myös hengitettävien hiukkasten osalta arviointikynnykset alittuivat. Typpidioksidin pitoisuudet olivat enimmillään 24 % 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 mittaajaksolla kertaakaan. Typpidioksidin pitoisuus oli korkeimmillaan tammikuussa 43 % vuorokausiohjearvosta ja hengitettävien hiukkasten pitoisuus huhtikuussa noin 100 % ohjearvosta. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus ($69,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oli kuitenkin hyvin lähellä hengitettävien hiukkasten ohjearvoa ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Rikkidioksidin pitoisuudet olivat korkeimmillaan kesäkuussa 3 % ohjearvosta. Haisevien rikkiyhdisteiden korkein ohjearvoon verrannollinen pitoisuus oli toukokuussa 20 % ohjearvosta. Toukokuun lopussa Metsä Fibren tehtaalla oli prosessihäiriö, jolloin mitattiin tavallista korkeampia TRS-pitoisuuksia.

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. Typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten pitoisuudet ylittyivät WHO:n vuorokausiohjearvoon verrannollisiin pitoisuuksiin nähden vuoden 2022 mittaajaksolla. Typpidioksidin pitoisuus oli enimmillään 114 % WHO:n ohjearvosta ja hengitettävien hiukkasten pitoisuus oli enimmillään 133 % WHO:n ohjearvosta. Rikkidioksidin pitoisuus oli 6 % 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. Vuonna 2022 esiintyi kuitenkin vain hyvin vähän pohjoistuulia. Tyynellä säällä havaitut korkeat typpidioksidin ja hiukkasten pitoisuudet kertovat paikallisista lähipäästölähteistä, jonka lähdeettä ja sen sijaintia ei tarkemmin pystytä määrittelemään. Kovemmilla tuulennopeuksilla pystytään päättelemään, mistä suunnasta mitatut pitoisuudet ovat peräisin. Rikkidioksidipitoisuudet olivat suunnilleen samansuuruiset kaikilla ilmansuunnilla sekä tyynellä säällä. Haisevia rikkiyhdisteiden pitoisuus oli selvästi korkeimmillaan eteläisillä tuulilla.

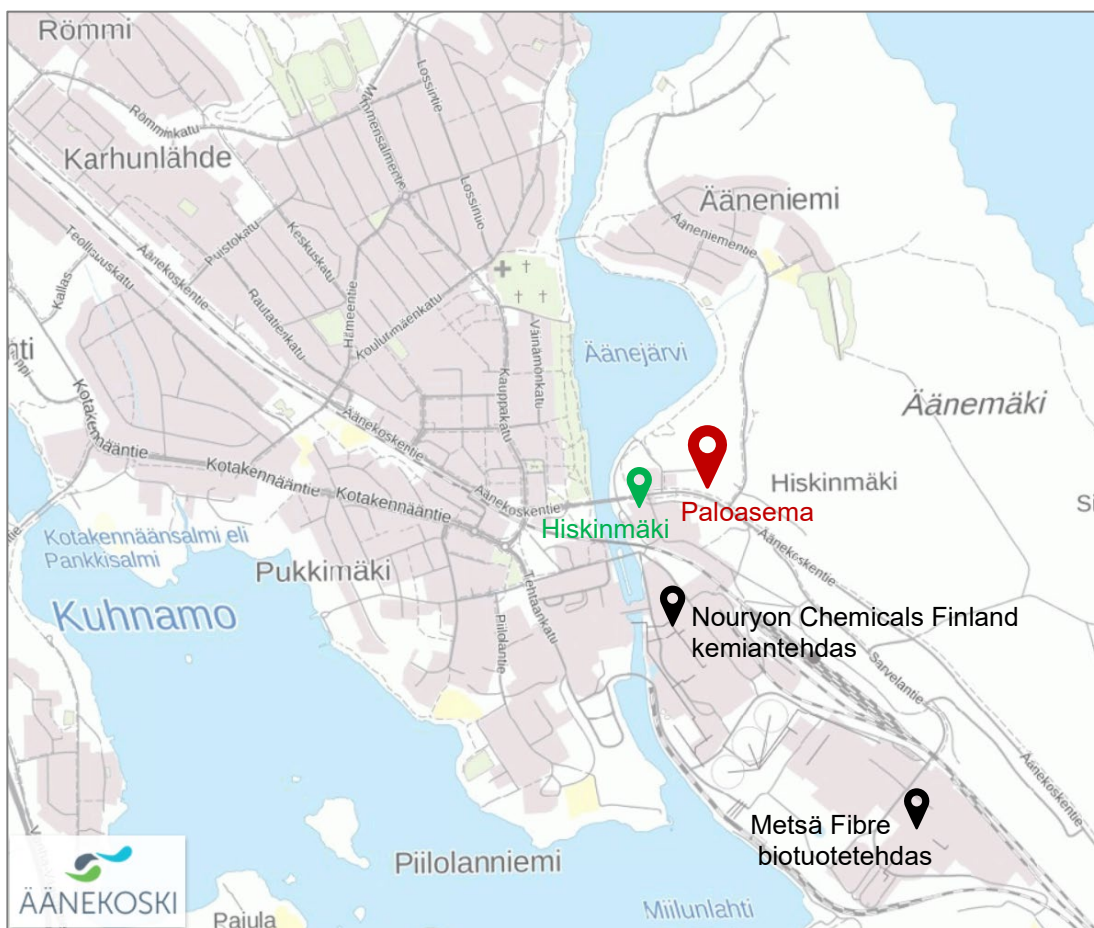
Tuulensuuntatarkastelun ja pitoisuuksien tunti- ja vuorokausijakaumien perusteella Äänekosken paloaseman mittauspisteessä typen oksidien pitoisuuksiin vaikuttavat eniten autoliikenteen päästöt. Typen oksidien päästötarkastelussa (kuva 25) havaitaan, että typen oksidien päästöt ovat kasvaneet, kuitenkin samalla ajanjaksolla Äänekosken paloaseman mittausasemalla mitatut typen oksidien pitoisuudet ovat laskeneet. Tästä voidaan myös päätellä Äänekosken paloaseman mittauspisteen typen oksidien pitoisuuksien aiheutuvan pääasiassa liikenteen vaikutuksesta. Liikenteen päästöt pienenevät jatkuvasti ajoneuvokannan uusiutumisen myötä. 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 2022 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 sijainti.



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, jossa kaikki mittauksiin liittyvät toiminnot tapahtuvat häiriöttä ja mittausolosuhteet stabiileina. Mittausasemalla mitattiin jatkuvatoimisilla automaattisilla analysaattoreilla typen oksidien (NO, NO₂ ja NO_x), halkaisijaltaan alle 10 µm:n suuruisten hengitettävien hiukkasten (PM₁₀), rikkidioksidin (SO₂) ja haisevien rikkidihydrokseenien (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 + konverterri	TEI 43i + PPM891 konverterri
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 (PM₁₀/PM_{2.5})*. PM₁₀/PM_{2.5}-hiukkasten gravimetrinen referenssimenetelmä on kuvattu standardissa *EN 12341:2014*. Ilmatieteen laitoksen käyttämien automaattisten hiukkasanalysaattoreiden antamien tulosten vastaavuus PM₁₀/PM_{2.5}-hiukkasten gravimetrisen referenssimenetelmään on osoitettu tutkimuksessa *Walden ym., 2017*. Äänekoskella PM₁₀ –mittalaitteena käytössä olleelle Sharp 5030 -analysaattorille on käytetty kansallisen vertailulaboratorion suosituksen mukaista ekvivalenttisuuskertoimena 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. konverterissa 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 mittaussuunnitelman (*Ilmatieteen laitos, 2017*) sekä Ilmatieteen laitoksen ilmanlaatumittausten laatujärjestelmän mukaisesti (https://expo.fmi.fi/ages/public/Ilmatieteen_laitoksen_ilmanlaatumittausten_laatuja_rjestelmien_kuvaus.pdf). Ilmanlaadun seurannan laadunvarmennuksessa kiinnitettiin huomiota kalibrointien suorittamiseen, kalibrointien 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 kalibrointitulosten perusteella. Kalibrointien yhteydessä tehtiin laitehuollot ja näytteenottolinjojen puhdistukset. Analysaattorien hiukkassuodattimet vaihdettiin kalibrointien yhteydessä.

Typen oksidien mittalaitteet kalibroitiin käyttäen typpimonoksidikaasua (NO), rikkidioksidilaitteet käyttäen rikkidioksidikaasua (SO₂) ja haisevien rikkiyhdisteiden mittalaitteet käyttäen rikkivetykaasua (H₂S), joita laimennettiin erillisen kenttälaimentimen avulla halutuille pitoisuustasoille. Laimentimesta tuotettiin kalibrointipitoisuusarvot, jotka oli varmennettu (kalibroitu) ilmanlaatumittausten kansallisessa vertailulaboratoriossa jäljitettävästi kalibroituja analysaattoreita vastaan. Kenttä-

laimentimen tuottamien pitoisuuksien jäljitettävyyttä siirtyi laboratorion oman jäljen kautta aine määrään (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 mittanormaaliiin ja sitä kautta ainemäärään. Ilmatieteen laitoksella sijaitseva kansallinen vertailulaboratorio on Turvallisuus- ja kemikaaliviraston akkreditointiyksikön (FINAS) akkreditoima kalibrointilaboratorio K043. Hiukkasmittalaite kalibroidiin valmistajan ja standardin SFS-EN 16450:2017 ohjeiden mukaisesti. Hiukkasmittaustulokset korjattiin vertailumittausten (Walden ym., 2017 ja Walden ym., 2018) mukaisella ekvivalenttisuuskertoimella.

Ohjearvoon vertaaminen edellyttää, että vuorokausipitoisuuksia on vähintään 75 % kuukauden vuorokausien lukumäärästä. Tämä vaatimus täyttyi mittausasemalla 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 laatuavoite täyttyi vuonna 2022 kaikilla raja-arvoihin verrattavilla ilman epäpuhtauksilla.

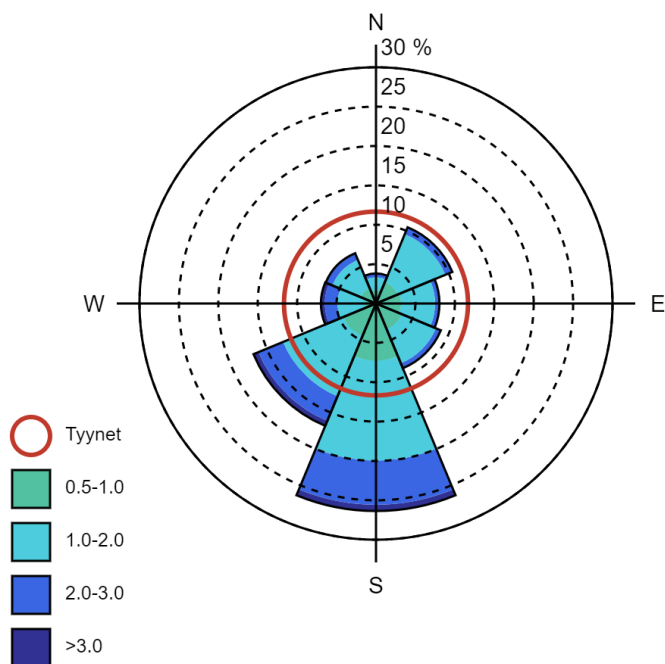
5. SÄÄTIEDOT VUONNA 2022

5.1 Tuulitiedot Äänekoskella mittausjaksolla

Äänekosken paloasemalla mitattujen tuulennopeuksien keskiarvo mittausjaksolla oli 1,3 m/s. Tyynien tilanteiden osuus oli noin 12 % 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 2022 tuuliruusu eli tuulensuuntien ja -nopeuksien kuvaaja. Tuuliruusun 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. Tuuliruususta nähdään myös tuulten nopeusjakaumat tuulensuuntasektoreittain. Eri tuulennopeuksien prosentuaaliset osuudet saadaan vertaamalla sektoreiden kunkin nopeusluokan pituutta prosenttiasteikkoon.

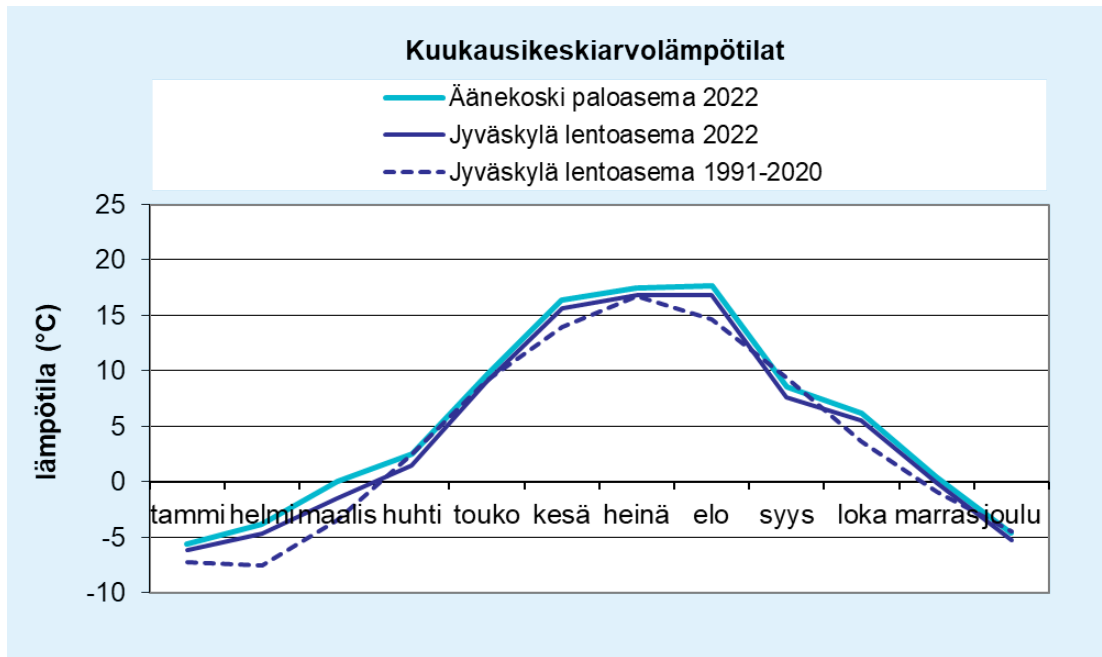
Tuulen suunnalla tarkoitetaan meteorologiassa suuntaa, josta tuuli puhaltaa. Kun tuulta mitataan ja ilmoitetaan tuulen suunta, tarkoitetaan aina, että tuuli puhaltaa kyseisestä ilmansuunnasta havaittajaa kohti. Niinpä etelätuuli puhaltaa etelästä ja länsituuli lännestä, jne. Äänekosken paloasemalla vallitsevat tuulensuunnat olivat tällä mittausjaksolla etelä ja lounas. Kaikkein vähiten tuuli pohjoisesta. Koillisessa sijaitseva Äänemäki todennäköisesti vähentää koillistuulten havaitsemista tällä paikalla, mutta luoteen ja pohjoisen suunnissa ei ole varsinaisia tuulta häiritseviä esteitä mittausaseman lähellä. Myös Ilmatieteen laitoksen Keski-Suomen sääasemilla esiintyi vähemmän pohjoisen puoliskon tuulia ja enemmän eteläisiä ja läntisiä tuulia, joten Äänekosken paloasemalla mitattua tuuliaineistoa voidaan pitää hyvin tätä mittausjaksoa edustavana. Tuulennopeudet olivat mittausjaksolla pieniä, jääden pääosin alle 2,0 m/s kaikissa suuntasektoreissa.



Kuva 22. Äänekosken paloaseman ilmanlaadun mittausaseman katolta mitatut tuulensuunnat (ilmansuuntasuuntasektorit) ja tuulennopeudet (m/s) vuonna 2022. Tyynien tilanteiden osuus oli 11,7 % kaikista tuulista. Tyyniksi on tässä tarkastelussa luokiteltu alle 0,5 m/s tuulen nopeudet.

5.2 Keskilämpötilat Äänekosken seudulla

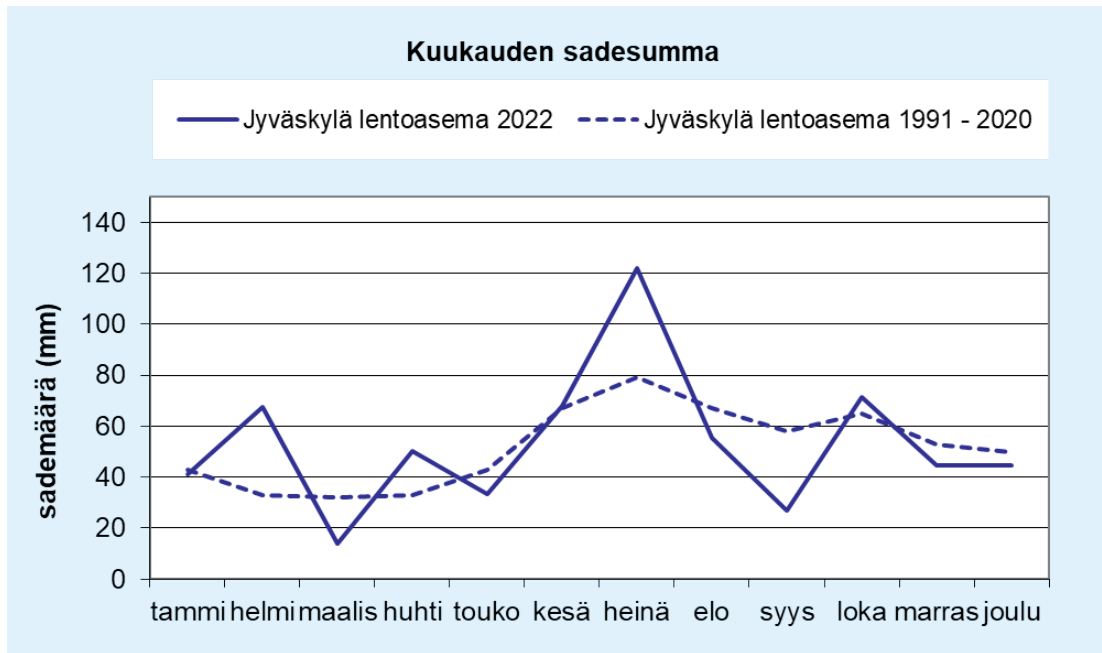
Ilmatieteen laitoksen ylläpitämä Jyväskylän lentoaseman sääasema on Äänekoskea lähimpänä sijaitseva virallinen sääasema. Kuvassa 23 on vertailtu tällä sääasemalla mitattuja vuoden 2022 keskilämpötiloja (*Ilmatieteen laitos, 2023 b*) ilmastollisen vertailukauden 1991–2020 lämpötiloihin (*Ilmatieteen laitos, 2023 c*) ja Äänekosken paloasemalla mitattuihin lämpötiloihin. Äänekosken paloasemalla lämpötila oli mittausjaksolla keskimäärin 1,6 astetta korkeampi kuin vertailukaudella. Erityisesti keväällä Äänekoskella oli vertailukautta lämpimämpää, helmikuu oli Äänekosken mittausasemalla keskimäärin 3,8 astetta vertailukautta lämpimämpi ja maaliskuu 3,5 astetta lämpimämpi. Myös elokuussa Äänekosken paloasemalla mitattu keskilämpötila oli 3,1 astetta lämpimämpi kuin vertailukaudella. Jyväskylän lentoaseman virallisiin säämittauksiin verrattuna Äänekosken mittausasemalla mitattiin hyvin samankaltaisia lämpötiloja. Keskimäärin vuonna 2022 Äänekoskella oli hieman lämpimämpää.



Kuva 23. Lämpötilan kuukausikeskiarvot Äänekosken paloasemalla vuonna 2022, 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 2022 kuukausisademääriä (*Ilmatieteen laitos, 2023 b*) ilmastollisen vertailukauden 1991–2020 sademääriin (*Ilmatieteen laitos, 2023 c*). Vuoden sademäärä Jyväskylän lentoasemalla oli 639,4 mm, joka on 16,4 mm enemmän kuin vertailukauden 1991–2020 vastaavan jakson sademäärä. Erityisesti heinäkuu oli vuonna 2022 vertailukautta huomattavasti runsassateisempi Jyväskylän lentoasemalla. Myös helmikuu oli vuonna 2022 vertailukautta selvästi runsassateisempi Jyväskylän lentoasemalla, sekä lähes koko Suomessa. Syyskuu oli kuitenkin selvästi vertailukautta kuivempi Jyväskylän lentoasemalla, sekä lähes koko Suomessa. 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 2022 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 ilmassojen mukana laajoille alueille. Tämän kulkeutumisen aikana ilmansaasteet voivat reagoida keskenään sekä muiden ilmassa olevien yhdisteiden kanssa muodostaen uusia yhdisteitä. Ilman epäpuhtaudet poistuvat ilmassa 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 kulkeutumissuunnan, mutta rajakerroksen ilmavirtausten pyörteisyys ja kerroksen korkeus vaikuttavat merkittävästi ilmansaasteiden sekoittumiseen ja pitoisuuksien laimenemisen kulkeutumisen aikana. Rajakerroksen korkeus määrittää sen ilmatilavuuden, johon päästöt voivat välittömästi sekoittua ja laimentua. Rajakerroksen korkeus on Suomessa tyypillisesti alle kilometrin, mutta varsinkin kesällä se voi nousta yli kahden kilometriin. Matalimmat rajakerroksen korkeudet havaitaan yleensä talvella kovilla pakkasilla. Ilmakehän stabiilisuudella tarkoitetaan ilmakehän herkkyyttä pystysuuntaiseen sekoittumiseen. Stabiilisuuden määrää ilmakehän pystysuuntainen lämpötilarakenne, mutta siihen vaikuttavat myös auringon säteily, tuuli ja maanpinnan laatu. Stabiiliustilan ollessa vakaa ilmakehän sekoittuminen on vähäistä. Jos tila on epävakaata, 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. Maanpintain-

versiossa maanpinta ja sen lähellä oleva ilmakerros jäähtyy niin, että kylmempi ilma jää ylemmänä olevan lämpimämmän ilman alle. Kylmä pintailma ei raskaampana pääse kohoamaan yläpuolellaan olevan lämpimän kerroksen läpi, ja ilmakehän pystysuuntainen liike estyy. Inversio-kerroksessa 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 päästölähteryhmä korkeiden pitoisuuksien muodostumisen kannalta useimmissa maamme kaupungeissa. Liikenteen päästöjen osuus monien ilman epäpuhtauksien päästöistä on huomattava ja pako-kaasut 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.

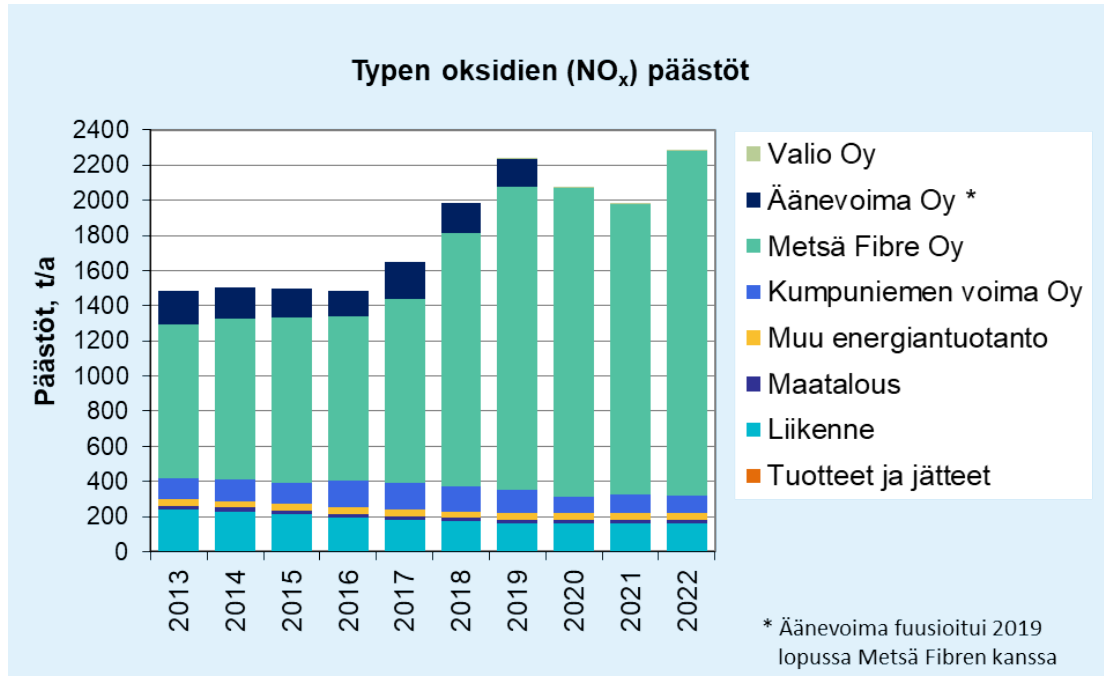
6. ÄÄNEKOSKEN PÄÄSTÖTIEDOT

Äänekosken typen oksidien, hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden päästötiedot viimeiseltä 10 vuodelta on esitetty kuvissa 25–28. Äänekosken alueella toimivien yritysten vuosien 2019–2022 päästötiedot on saatu suoraan toiminnanharjoittajilta ja vuosien 2013–2018 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 päästöinventaariorista (*Syke, 2023*). Ilman epäpuhtauspäästöjen inventaario tehdään EMEP:n ja Euroopan ympäristökeskuksen ohjeistuksen (EEA Inventory Guidebook 2019) mukaan. Päästöinventaariorissa on viisi päästöluokkaa: energiantuotanto ja teollisuus, liikenne, maatalous, muu energiantuotanto sekä tuotteet ja jätteet. Näistä luokka energiantuotanto ja teollisuus on nyt kuvaajissa korvattu toiminnanharjoittajien omilla tiedoilla. Syken päästöinventaario ulottuu vasta vuoteen 2020 saakka, joten kolmena viimeisenä vuotena kuvaajissa on käytetty vuoden 2020 arvoja.

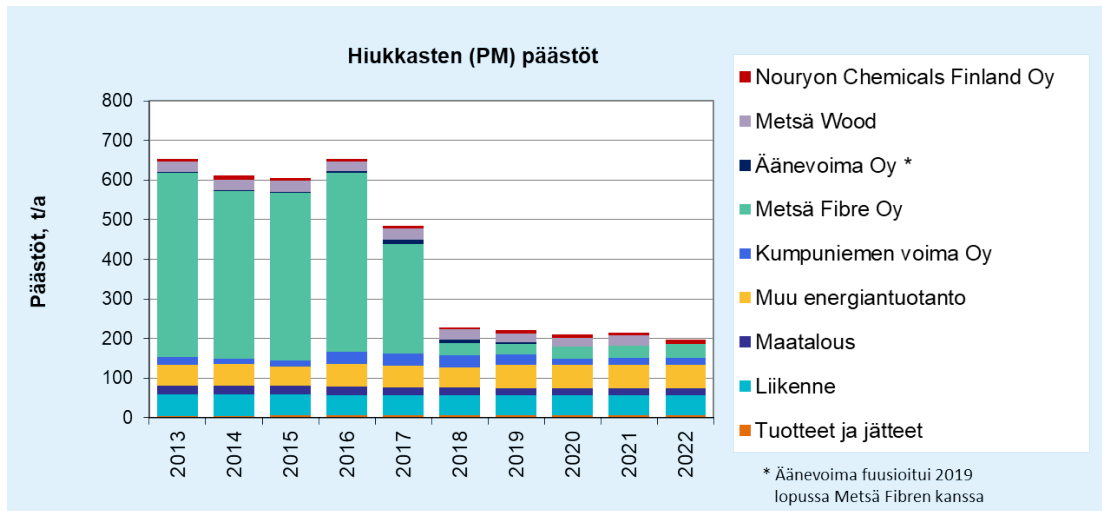
Typen oksidien kokonaispäästöt ovat viimeisen kymmenen vuoden aikana pääosin kasvaneet, mutta kääntyneet laskuun vuosien 2020 ja 2021 aikana, sekä uudelleen nousuun vuonna 2022 (kuva 25). Vuonna 2022 kokonaispäästö määrä oli 2282 t/a. Äänekosken typen oksidien päästöistä 86 % oli peräisin Metsä Fibre Oy:n toiminnoista ja 4 % Kumpuniemen voima Oy:n toiminnoista. Liikenteen osuus oli 7 % 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 laskeneet vuosien 2020 ja 2021 aikana. Kuitenkin vuonna 2022 päästöt lähtivät jälleen nousuun.



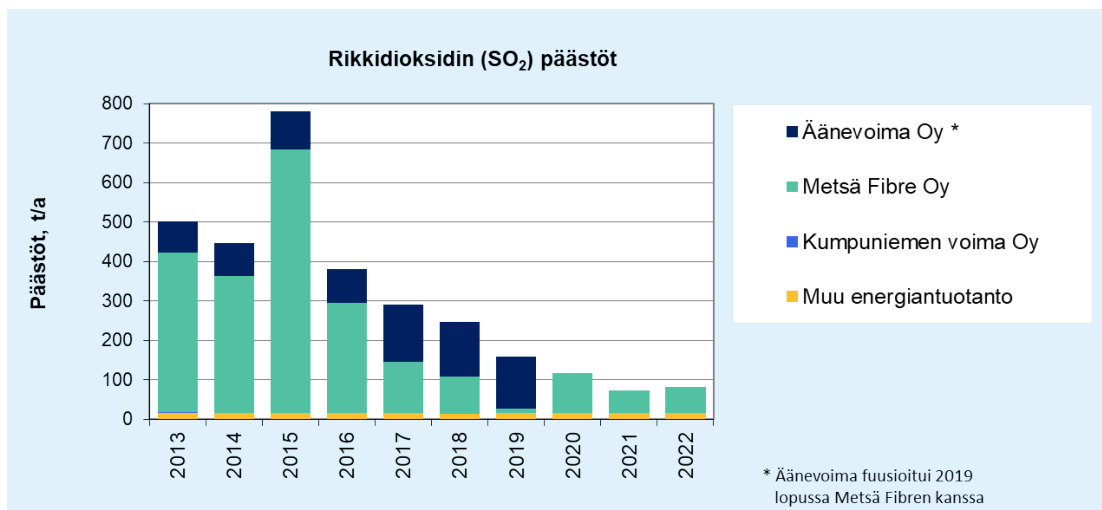
Kuva 25. Typenoksidien päästöt Äänekoskella vuosina 2013–2022. Valio Oy:n päästöt sekä tuotteet ja jätteet -päästöluokan päästöosuudet ovat niin pieniä (<0,1 t/a), etteivät ne näy kuvaajassa.

Hiukkasten kokonaispäästöt ovat pienentyneet noin kolmasosaan viimeisen 10 vuoden aikana (kuva 26). Vuonna 2022 kokonaispäästö määrä oli 196 t/a. Vuoden 2022 kokonaispäästö määrää tarkasteltaessa tulee huomioida, että Metsä Woodin Suolahden vaneritehtaiden päästötiedot puuttuvat. Suurin päästövähennys tapahtui vuonna 2018, jolloin Metsä Fibren hiukkaspäästöt putosivat noin kymmenesosaan edellisvuoden päästö määrästä. Liikenne ja muu energiantuotanto olivat vuonna 2022 suurimmat hiukkaspäästö lähteet, kummatkin noin 30 % päästö osuuk-silla. Muu energiantuotanto sisältää mm. kiinteistöjen erillislämmityksen päästöt. Metsä Fibren hiukkaspäästöt olivat noin 15 %, Kumpuniemen voima Oy:n 9 % ja Nouryon Chemicals Finland Oy:n 5 % kokonaispäästöistä.



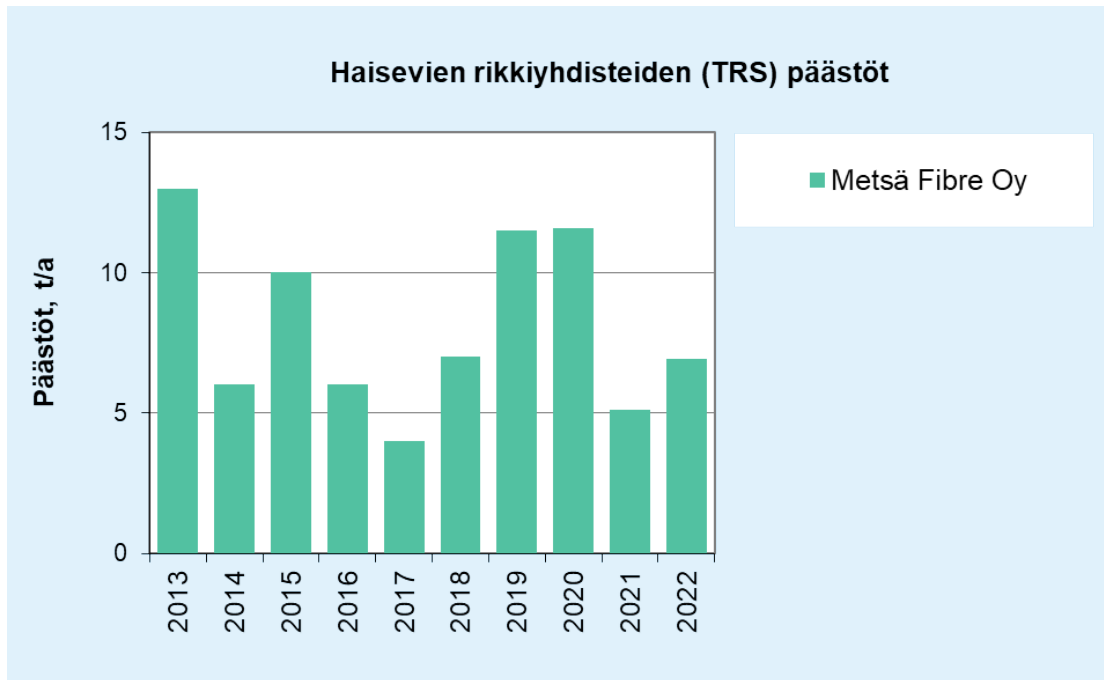
Kuva 26. Hiukkasten päästöt Äänekoskella vuosina 2013–2022.

Rikkidioksidin kokonaispäästöt ovat pienentyneet merkittävästi viimeisen kuuden vuoden aikana (kuva 27). Vuonna 2022 päästöt ovat kuitenkin hieman kasvaneet. Vuonna 2022 kokonaispäästömäärä oli 83 t/a. Suurin päästövähennys tapahtui vuonna 2016, jolloin Metsä Fibren rikkidioksidipäästöt putosivat alle puoleen edellisvuoden päästömäärästä. Metsä Fibren rikkidioksidipäästöt olivat vuonna 2022 noin 81 % kokonaispäästöistä ja muu energiantuotannon osuus oli noin 18 %.



Kuva 27. Rikkidioksidin päästöt Äänekoskella vuosina 2013–2022. Kumpuniemen voima Oy:n päästöt ovat niin pieniä (<0,5 t/a), etteivät ne näy kuvaajassa.

Haisevien rikkiyhdisteiden kokonaispäästöt ovat pienentyneet Äänekoskella merkittävästi verrattuna 10 vuoden takaisin päästömääriin (kuva 28). Vuonna 2022 kokonaispäästömäärä oli 7 t/a, joka on noin puolet vuosien 2019 ja 2020 kokonaispäästöistä. Päästöt ovat kuitenkin jonkin verran nousseet vuoden 2021 tasosta. 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 2013–2022.

7. TAUSTATIETOA 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 tyyninä ja kylminä talvipäivinä, jolloin myös energiantuotannon päästöt ovat suurimmillaan. Taajamien ja kaupunkien korkeimmat typpidioksidipitoisuudet aiheuttaa pääasiassa ajoneuvoliikenne, vaikka energiantuotannon ja teollisuus-

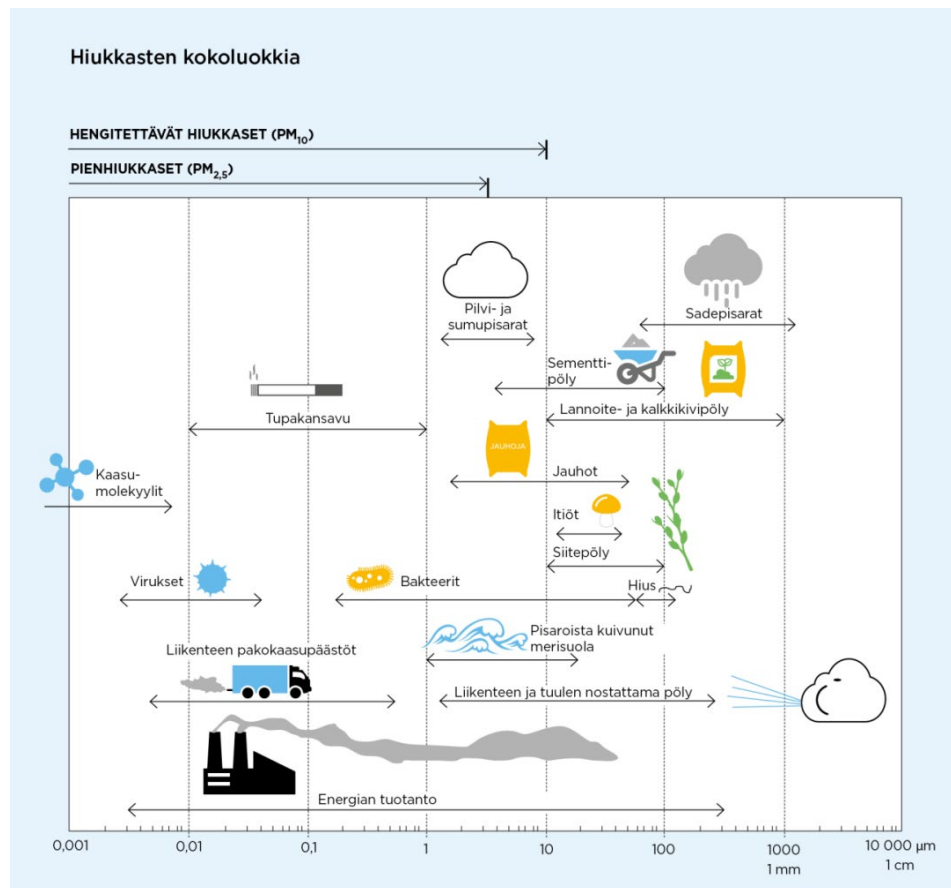
den aiheuttamat päästöt (pistemäiset päästölähteet) olisivat määrällisesti jopa suurempia auto-liikenteeseen verrattuna. Ihmiset altistuvat helposti liikenteen päästöille, sillä autojen pakokaasupäästöt vapautuvat hengityskorkeudelle.

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

Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuuksille asetettu raja-arvotaso ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ylittyy Suomen mittausasemilla tyypillisesti 0–25 kertaa vuoden aikana. Vuorokausiraja-arvotason ylityksiä saa olla mittausasemalla 35 kappaletta vuodessa, ennen kuin raja-arvo katsotaan ylittyneeksi. Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuudelle annettu raja-arvo on ylittynyt vain Helsingin keskustassa, viimeksi vuonna 2006. Katupölyn muodostumiseen voidaan merkittävästi vaikuttaa oikea-aikaisella katujen siivouksella ja kunnossapidolla sekä pölynsidonnalla.

Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudelle annettu raja-arvo $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alittuu Suomessa. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvot ovat olleet viime vuosina Suomen kaupungeissa noin $5\text{--}20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vilkkaimmilla teillä ja katukuiluosuuksilla vuosipitoisuudet voivat olla yli $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Puhtailla tausta-alueilla vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet Etelä-Suomessa noin $9\text{--}14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Pohjois-Suomessa noin $3\text{--}5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ilmatieteen laitos, 2022).

Pienhiukkaspitoisuuden vuosikeskiarvolle määritetty raja-arvo $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alittuu selvästi kaikkialla Suomessa. Viime vuosina pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuus on ollut pääkaupunkiseudun

kaupunkialueilla noin 5–9 µg/m³ ja muilla kaupunkialueilla noin 2–8 µg/m³. Pitoisuuserot erityyppisten mittausympäristöjen välillä ovat muutamia mikrogrammoja. Puhtailla tausta-alueilla vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet Etelä-Suomessa noin 4–6 µg/m³ ja Pohjois-Suomessa noin 2–3 µg/m³ (*Ilmatieteen laitos, 2022*). Pienhiukkasten taustapitoisuudesta valtaosa on kaukokulkeutunutta hiukkasainesta. Kaukokulkeuma muodostaa huomattavan osan myös kaupunki-ilman pienhiukkaspitoisuuksista.

7.3 Rikkidioksidi

Ulkoilman rikkidioksidipitoisuudet ovat nykyisin alhaisella tasolla Suomessa. Rikkidioksidipäästöjen tehokkaan ja pitkäjänteyksen 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 1–2 µg/m³ (*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 H₂S, metyylimerkaptani CH₃SH, dimetyylisulfidi (CH₃)₂S ja dimetyylidisulfidi (CH₃)₂S₂. 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 viihtyvyyshaittaa 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 hengitysilmän pitoisuudet ovat ja mitä kauemmin ihminen hengittää saastunutta ilmaa. Pitkäaikainen altistuminen ilmansaasteille on terveysvaikutusten kannalta haitallisempaa kuin lyhytaikainen altistuminen.

Ilmansaasteiden arvioidaan aiheuttavan Suomessa noin 1 600 ennen aikaista kuolemantapausta vuodessa (*Hänninen ym. 2016*). Lisäksi ilmansaasteet aiheuttavat haittoja lisääntyneen sairastamisen takia. Haitalliset vaikutukset ilmenevät siitä huolimatta, että ilmanlaadun raja- tai ohjearvot eivät Suomessa ylity laajassa mitassa. Terveyshaitat aiheutuvat suurelta osin

pienhiukkasista ja pienemmältä osin hengitettävistä hiukkasista sekä typpidioksidista. Yksilöiden herkkyys ilmansaasteille vaihtelee. Herkkiä väestöryhmiä ovat kaikenikäiset astmaatit, ikääntyneet sepelvaltimotautia ja keuhkohtaumatautia sairastavat sekä lapset. Talvisin pakkanen voi pahentaa ilmansaasteista aiheutuvia oireita.

Tieteellinen näyttö pienhiukkasten haitallisista terveysvaikutuksista on erittäin laaja. Hiukkaset kulkeutuvat ilman mukana kaikkiin osiin hengitysteitä, jolloin ne aiheuttavat sekä suoria vaikutuksia keuhkoissa että siirtyvät osin verenkiertoon ja edelleen kehon muihin osiin kuten sydänlihakseen ja aivoihin. Hiukkaset lisäävät sydän- ja 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 4).

Raja-arvot ovat ilman epäpuhtauden pitoisuuksia, jotka on alitettava määräajassa. Kun raja-arvo on alitettu, sitä ei enää saa ylittää. Raja-arvot ovat sitovia ja ne eivät saa ylittyä alueilla, joissa asuu tai oleskelee ihmisiä. Raja-arvon ylittyessä on kunnan ryhdyttävä ympäristönsuojelulain mukaisiin toimiin ja laadittava ilmansuojelusuunnitelma ilmanlaadun parantamiseksi ja raja-arvon ylitysten estämiseksi. Tällaisia toimia voivat olla esimerkiksi määräykset liikenteen tai päästöjen rajoittamisesta. Ilmanlaadun raja-arvot on määritellyt ilmanlaatuasetuksessa (Vna 79/2017, taulukko 5).

Taulukko 4. 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 5. 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
Typpidioksidi (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 6) sovelletaan rakennetun ympäristön ulkopuolella olevilla laajoilla maa- ja metsätalousalueilla sekä luonnonsuojelun kannalta merkityksellisillä alueilla.

Taulukko 6. 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 7.

Taulukko 7. Maailman terveysjärjestön (WHO) ohjearvot (*Ilmatieteen laitos, 2023 d*).

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

*) Vuorokausiarvojen osalta WHO suosittaa, 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 ylempään 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.

Ylempään ja alemman arviointikynnyksen ylittyminen määritetään viiden edellisen vuoden pitoisuuksien perusteella. Arviointikynnyksen katsotaan ylittyneen, kun se on ylittynyt vähintään kolmena vuotena viidestä. Taulukossa 8 on esitetty typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja rikkidioksidin pitoisuuksille määritetyt ylempät ja alemmat arviointikynnykset sekä niiden osuus raja-arvopitoisuuksista.

Taulukko 8. Ilmanlaadun seurannan suunnittelussa käytettävät ilmanlaadun ylempät ja alemmat arviointikynnykset typpidioksidille ja hengitettäville hiukkasille (Vna 79/2017). Suluissa on esitetty arviointikynnyksen osuus raja-arvopitoisuudesta.

Ilman epäpuhtaus	Keskiarvon laskenta-aika	Ylempi arviointikynnys ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Alempi arviointikynnys ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
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

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, 2023 a. Alustavat tulokset Jyväskylän Hannikaisenkadulla ja Palokassa sekä Kuopion Sorsasalossa mitatuista ulkoilman pitoisuuksista. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun tutkimus. <https://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>

Ilmatieteen laitos, 2023 b. Säähavainnot. <https://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>

Ilmatieteen laitos, 2023 c. Ilmastollinen vertailukausi 1991-2020. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmastollinen-vertailukausi>

Ilmatieteen laitos, 2023 d. 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

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, 2023. Ilman epäpuhtauksien päästöt Suomessa. Päästöinventaarior. 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 2022. Pitoisuudet on ilmoitettu 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2022											
	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	743	672	737	720	744	716	744	744	720	741	720	728
kattavuus (%)	99,9	100	99,1	100	100	99,4	100	100	100	99,6	100	97,8
keskiarvo	2,7	2,7	2,5	1,7	1,1	1,4	1,5	1,7	2,0	2,5	1,8	2,6
99. %-piste	33,9	16,6	24,6	18	7,6	8	7,9	14,5	21,7	18,2	10,2	19,2
korkein arvo	75,4	29	61,9	49,7	13,3	17,4	14,3	23,5	37,7	34	22	36,4
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	30
2. korkein arvo	11,8	6	7,5	4,7	2,9	3,3	2,9	3,9	7	6	4,8	8
korkein arvo	20,9	6,3	9,5	6,6	3,1	3,4	3,3	4,6	7,2	8,8	6,4	11,5

Liitetaulukko 2. Äänekosken paloasemalla mitatut typpidioksidin (NO_2) tunti- ja vuorokausipitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kuukausittain vuonna 2022. Pitoisuudet on ilmoitettu 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2022											
	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	743	672	737	720	744	716	744	744	720	741	720	728
kattavuus (%)	99,9	100	99,1	100	100	99,4	100	100	100	99,6	100	97,8
keskiarvo	6,5	7,7	9,6	4,7	3,5	4,2	3,7	4,7	3,9	5,1	4,4	8
99. %-piste	48,2	32,5	52	28,1	13,2	13,7	13,3	13,9	17	21,4	18	35,7
korkein arvo	57,3	43,6	68,5	48,7	25,7	21,7	19,6	20,6	20,5	35,4	31,1	43
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	30
2. korkein arvo	29,9	15,4	28,4	9,1	7,2	7,6	7,5	7,7	9,6	10,3	11,1	19,3
korkein arvo	31,9	22,5	30,8	13,6	7,8	8,5	7,5	8,5	10,2	11,7	13,8	23,2

Liitetaulukko 3. Äänekosken paloasemalla mitatut kokonaistypenoksidien (NO_x) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain vuonna 2022. Pitoisuudet on ilmoitettu 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

NO _x (µg/m ³)	2022											
	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	743	672	737	720	744	716	744	744	720	741	720	728
kattavuus (%)	99,9	100	99,1	100	100	99,4	100	100	100	99,6	100	97,8
keskiarvo	10,6	11,8	13,5	7,3	5,2	6,4	6	7,3	6,9	9	7,1	11,9
99. %-piste	100,1	51	88,9	60,2	23,1	23,9	23,2	32,5	47,8	52	33,3	66
korkein arvo	170,7	71,7	153,5	124,7	46,1	48,3	36,7	49,8	78,2	73,5	55,3	98,7
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	30
2. korkein arvo	50	23,5	42,2	16,2	11,1	12,3	11,7	12,2	18,8	18,5	17	31,5
korkein arvo	61,9	30,9	42,3	23,6	12,3	12,8	12	12,9	20,6	23,6	23,5	40,7

Liitetaulukko 4. Äänekosken paloasemalla mitatut hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain vuonna 2022. Pitoisuudet on ilmoitettu ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

PM ₁₀ (µg/m ³)	2022											
	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	743	672	739	720	744	719	744	744	720	743	720	728
kattavuus (%)	99,9	100	99,3	100	100	99,9	100	100	100	99,9	100	97,8
keskiarvo	6,5	9,8	16	19,5	13	14,2	13,2	18,8	8	7,5	4,7	5,9
99. %-piste	18,2	36,6	94,6	162,5	59,9	51,4	55,5	85,6	25,2	31,9	20	19,5
korkein arvo	28,4	48,4	139,6	265,6	147,7	90,7	99,1	140,8	53,7	54,3	24	35,3
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	30
2. korkein arvo	10,7	21,6	52,1	69,9	29,1	28,2	29	48,3	16,1	18,9	10,2	14,7
korkein arvo	13,2	27	59,8	79,5	34,2	29,9	40	60,8	18,3	19,7	17,5	15,6

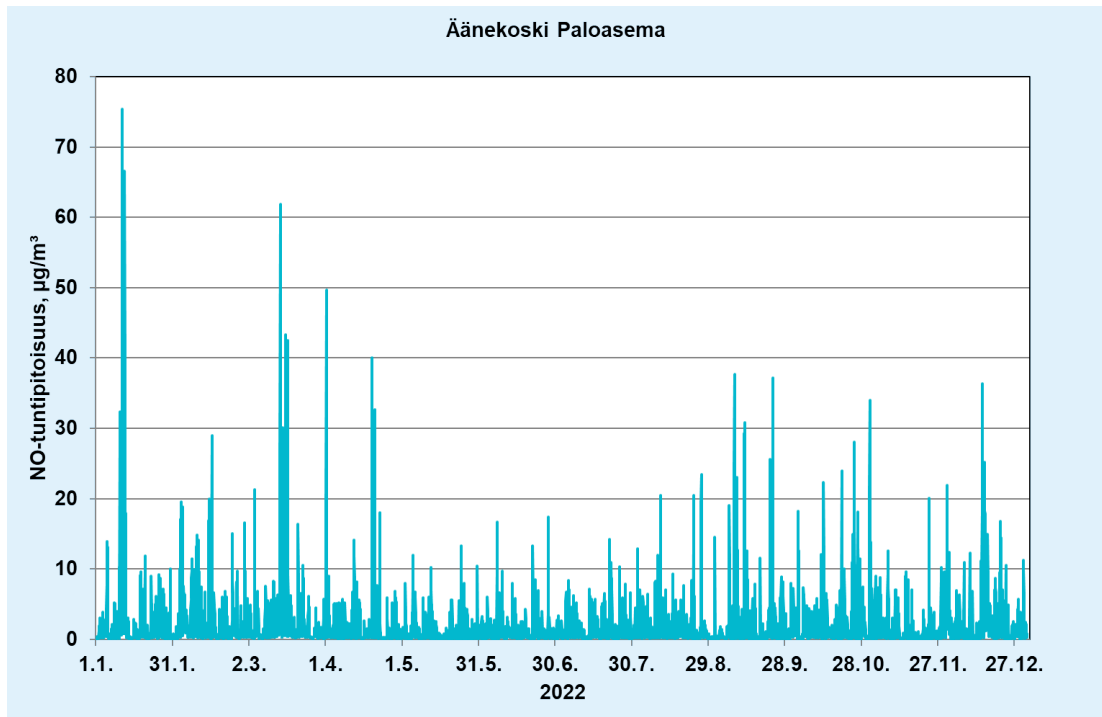
Liitetaulukko 5. Äänekosken paloasemalla mitatut rikkidioksidin (SO₂) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain vuonna 2022. Pitoisuudet on ilmoitettu 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

SO ₂ (µg/m ³)	2022											
	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	743	672	735	720	744	718	744	744	700	741	720	728
kattavuus (%)	99,9	100	98,8	100	100	99,7	100	100	97,2	99,6	100	97,8
keskiarvo	0,4	0,3	0,5	0,2	0,3	0,5	0,3	0,4	1,2	1,4	1	0,7
99. %-piste	1,2	0,9	1,1	0,5	2,5	7,6	2	2,5	2,5	2,9	1,9	1,7
korkein arvo	1,6	0,9	2,5	0,8	14,3	18,3	6,3	17,1	3,5	3,1	2,2	2,2
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	28	31	30	31	30	31	31	28	31	30	30
2. korkein arvo	0,9	0,7	0,7	0,3	1,1	1,7	0,8	0,9	2,3	2	1,6	1,2
korkein arvo	1	0,8	0,9	0,4	1,4	4,9	1,5	1,9	2,3	2,7	1,7	1,5

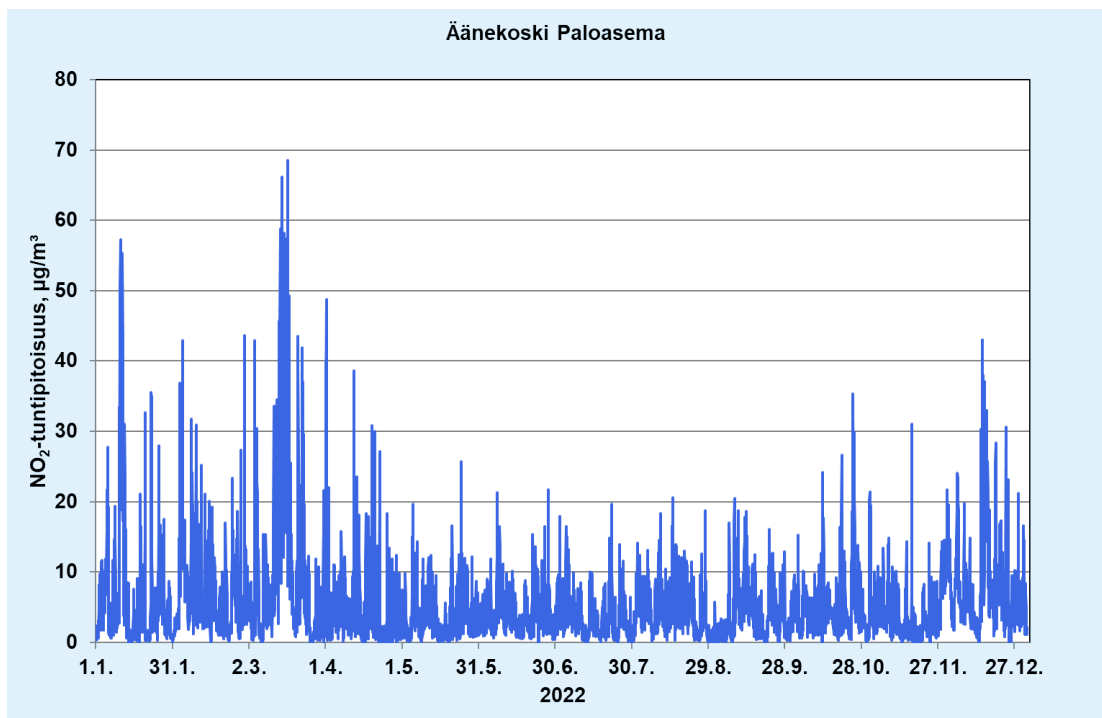
Liitetaulukko 6. Äänekosken paloasemalla mitatut haisevien rikkiyhdisteiden (TRS) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain vuonna 2022. Pitoisuudet on ilmoitettu 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

TRS (µg/m ³)	2022											
	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	743	672	736	720	744	717	744	744	720	742	720	728
kattavuus (%)	99,9	100	98,9	100	100	99,6	100	100	100	99,7	100	97,8
keskiarvo	0,2	0,3	0,3	0,1	0,5	0,4	0,4	0,6	0,2	0,6	0,3	0,2
99. %-piste	1,1	1,6	3,3	1,2	5,1	9,1	2,1	2	1,1	5	2,5	0,9
korkein arvo	13,3	14,5	17,4	3,6	102,9	15,3	6,8	4,8	7,4	17,1	10,5	9,4
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	30
2. korkein arvo	0,8	0,6	1,8	0,4	2	1,6	1,2	1,1	0,6	1,8	1	0,6
korkein arvo	1	1	1,9	0,5	7,5	3,7	1,6	1,3	0,9	2	1,8	1

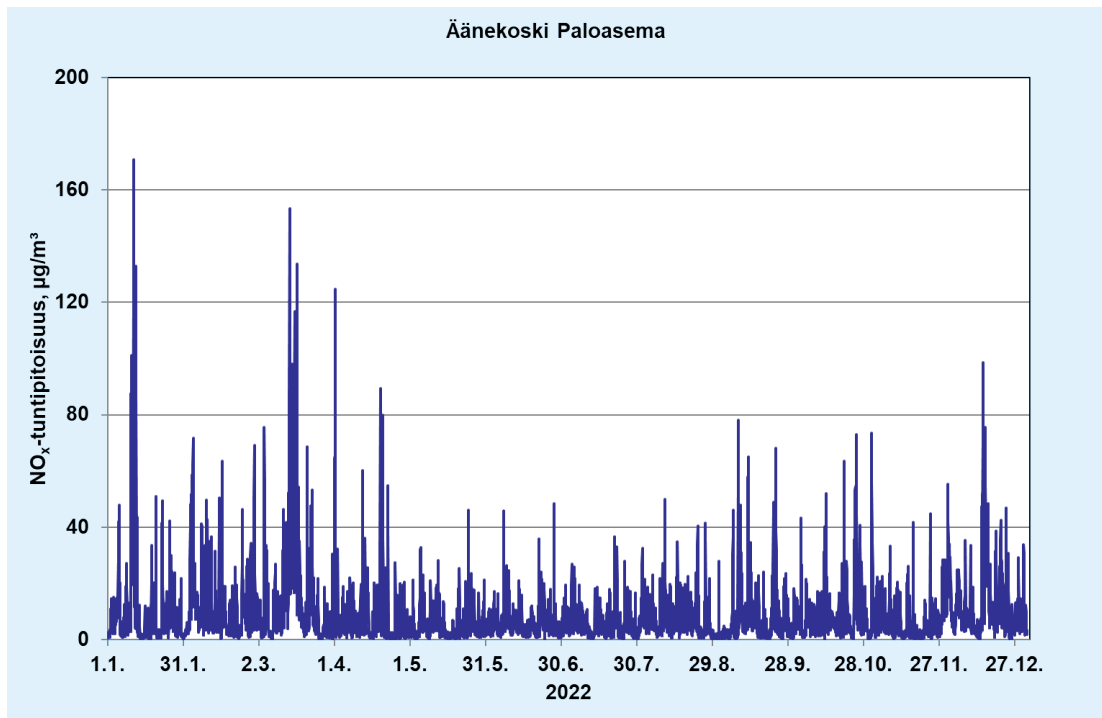
LIITEKUVAT



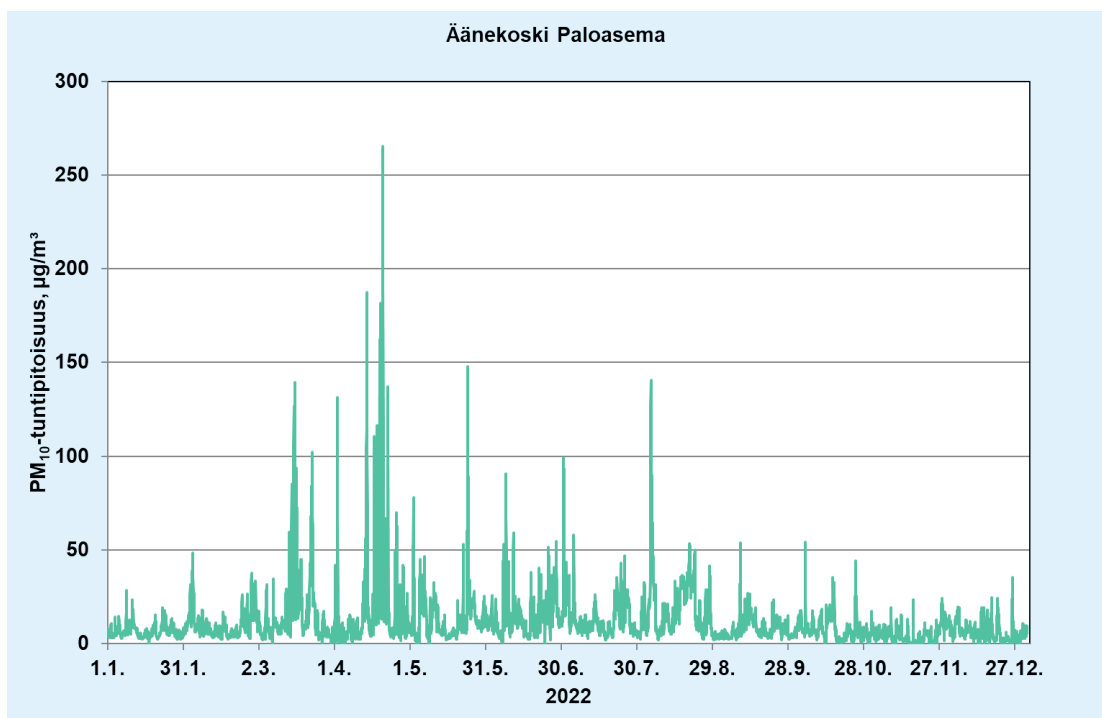
Liitekuva 1. Typpimonoksidin (NO) **tuntipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2022.



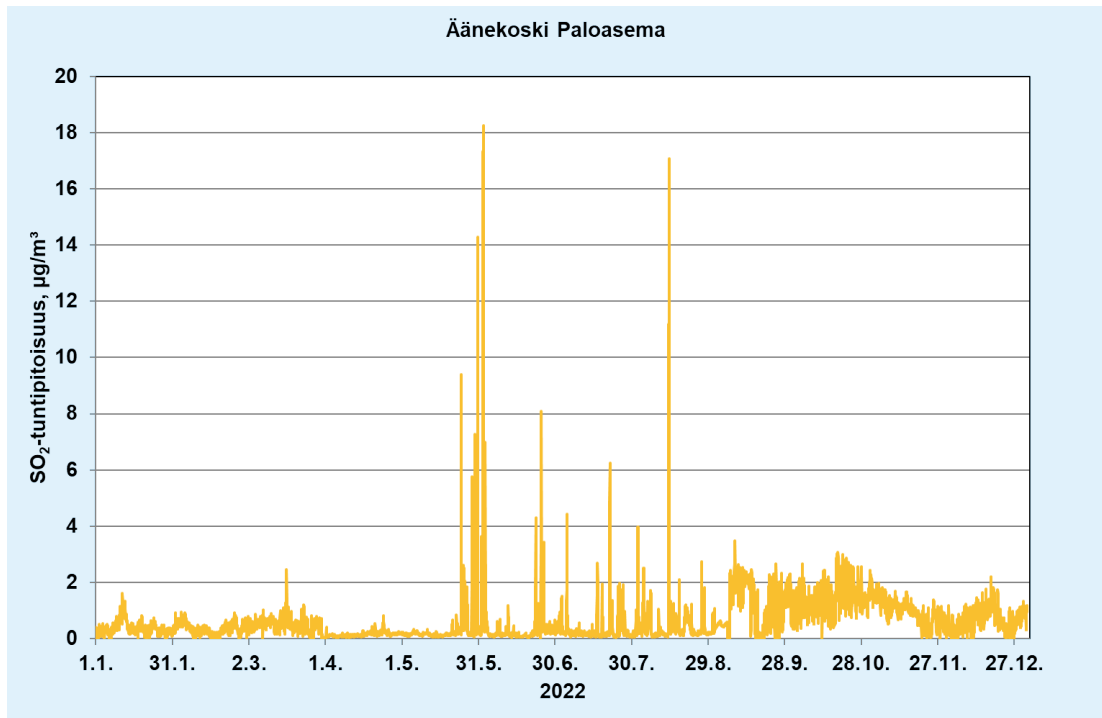
Liitekuva 2. Typpidioksidin (NO₂) **tuntipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2022.



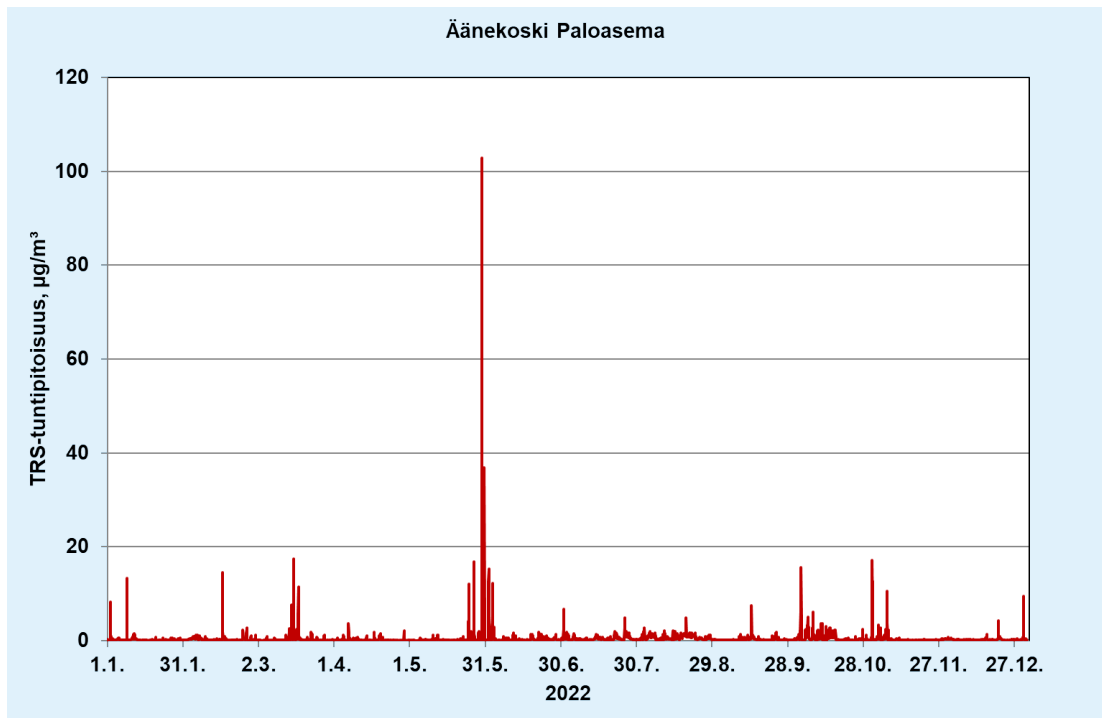
Liitekuva 3. Kokonaistypenoksidien (NO_x) **tuntipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2022.



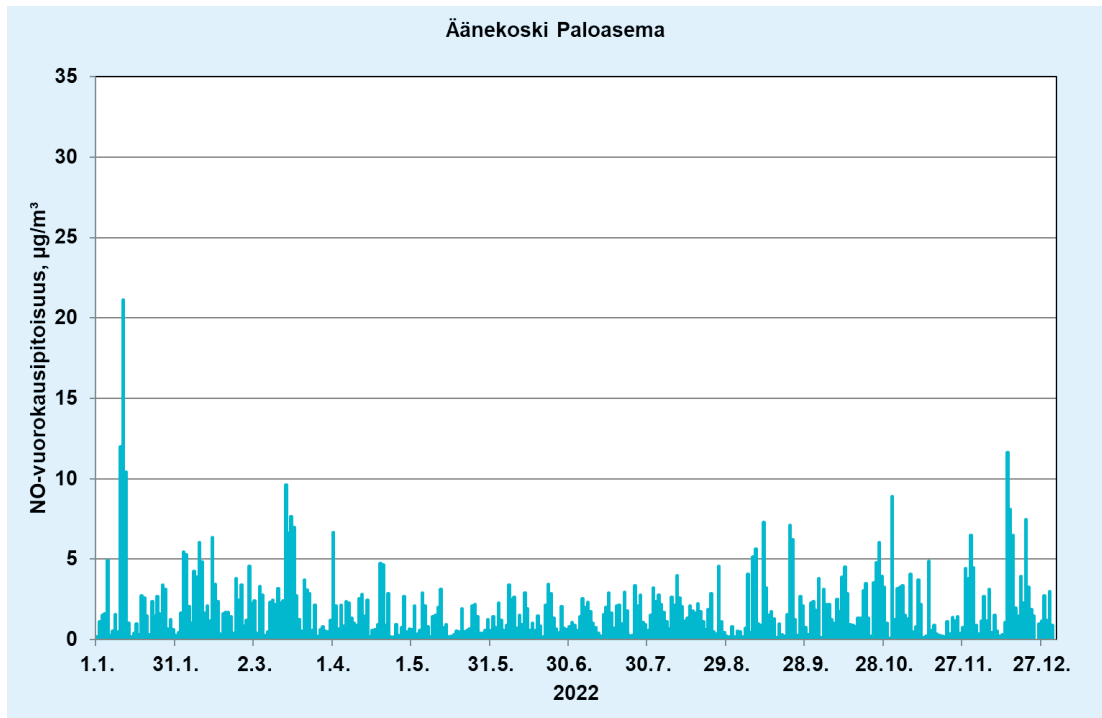
Liitekuva 4. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) **tuntipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2022.



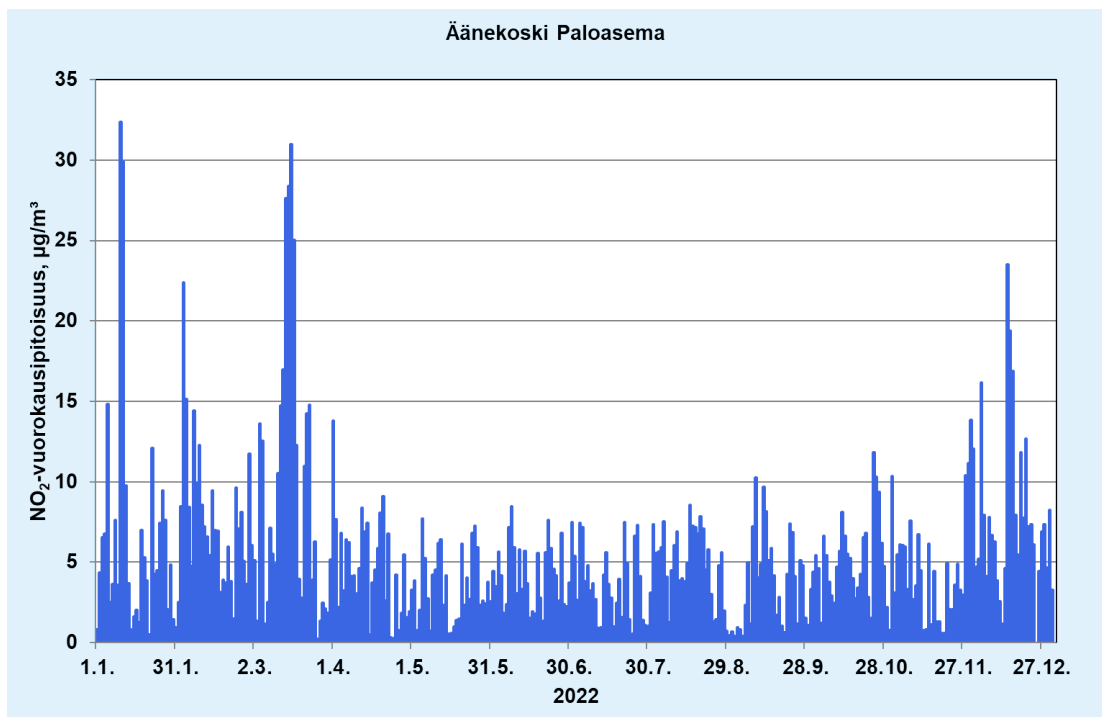
Liitekuva 5. Rikkidioksidin (SO₂) tuntipitoisuudet Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2022.



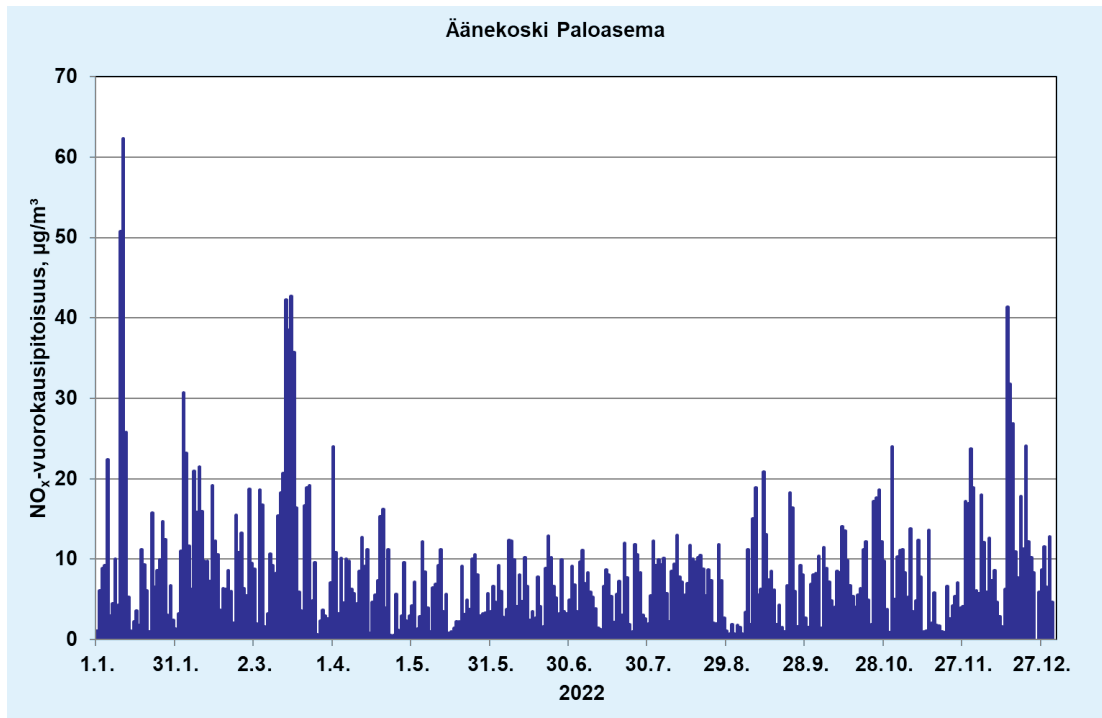
Liitekuva 6. Haisenvien rikkiyhdisteiden (TRS) tuntipitoisuudet Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2022.



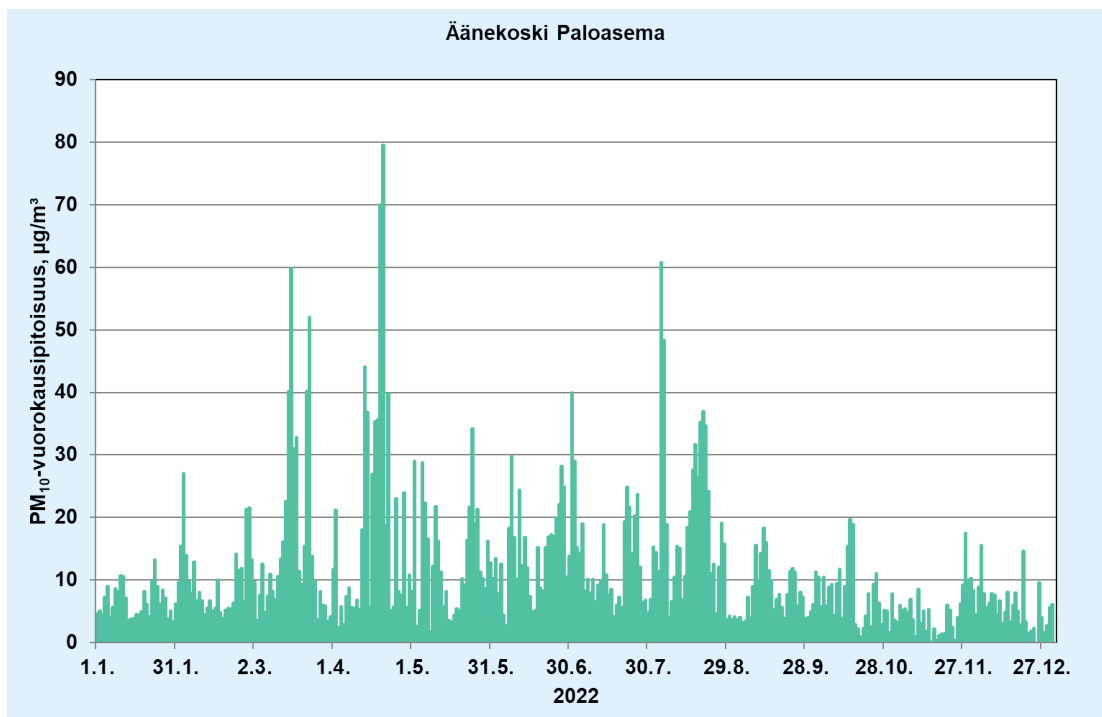
Liitekuva 7. Typpimonoksidin (NO) **vuorokausipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2022.



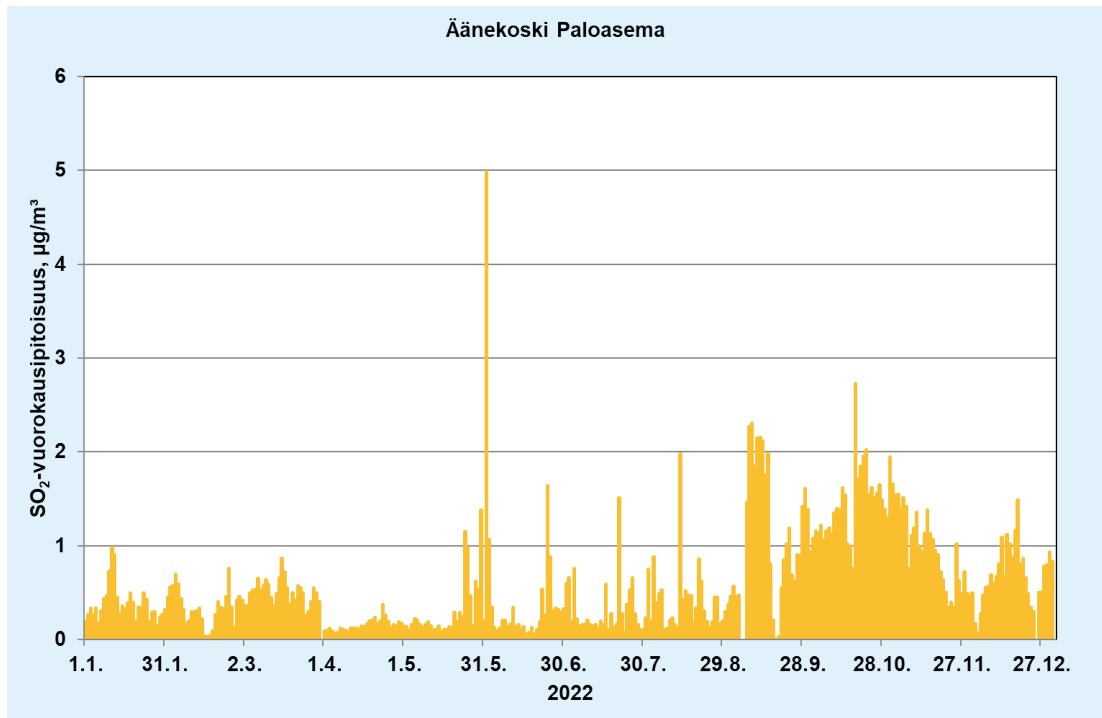
Liitekuva 8. Typpidioksidin (NO₂) **vuorokausipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2022.



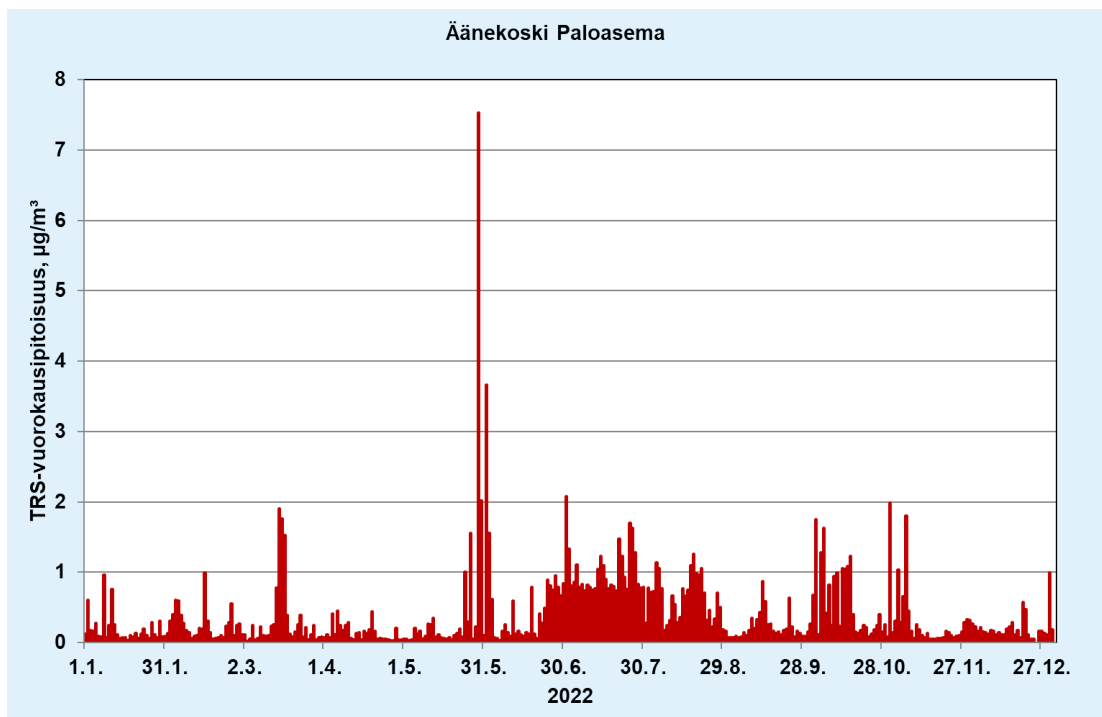
Liitekuva 9. Kokonaistypenoksidien (NO_x) **vuorokausipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2022.



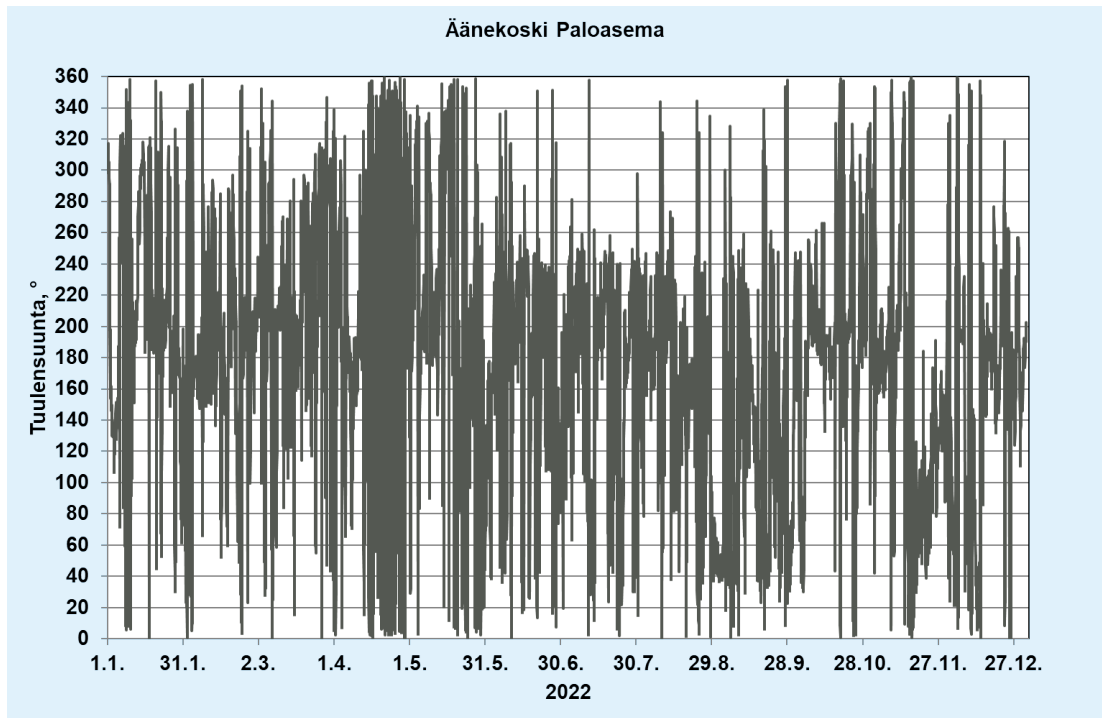
Liitekuva 10. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) **vuorokausipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2022.



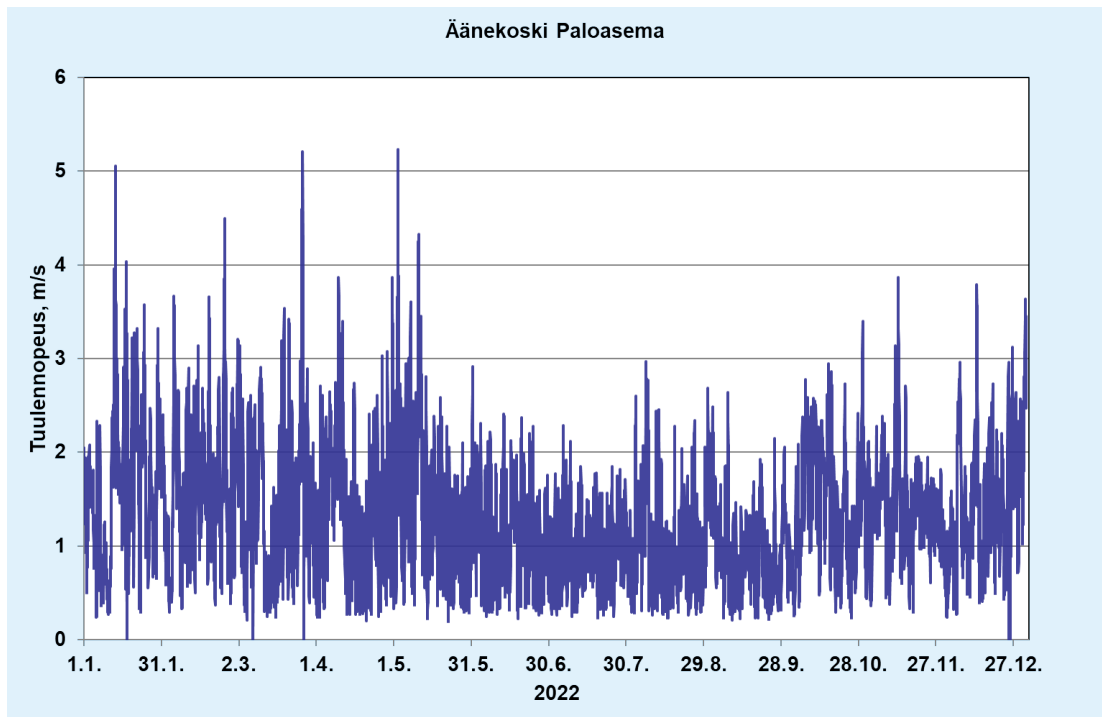
Liitekuva 11. Rikkidioksidin (SO₂) **vuorokausipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2022.



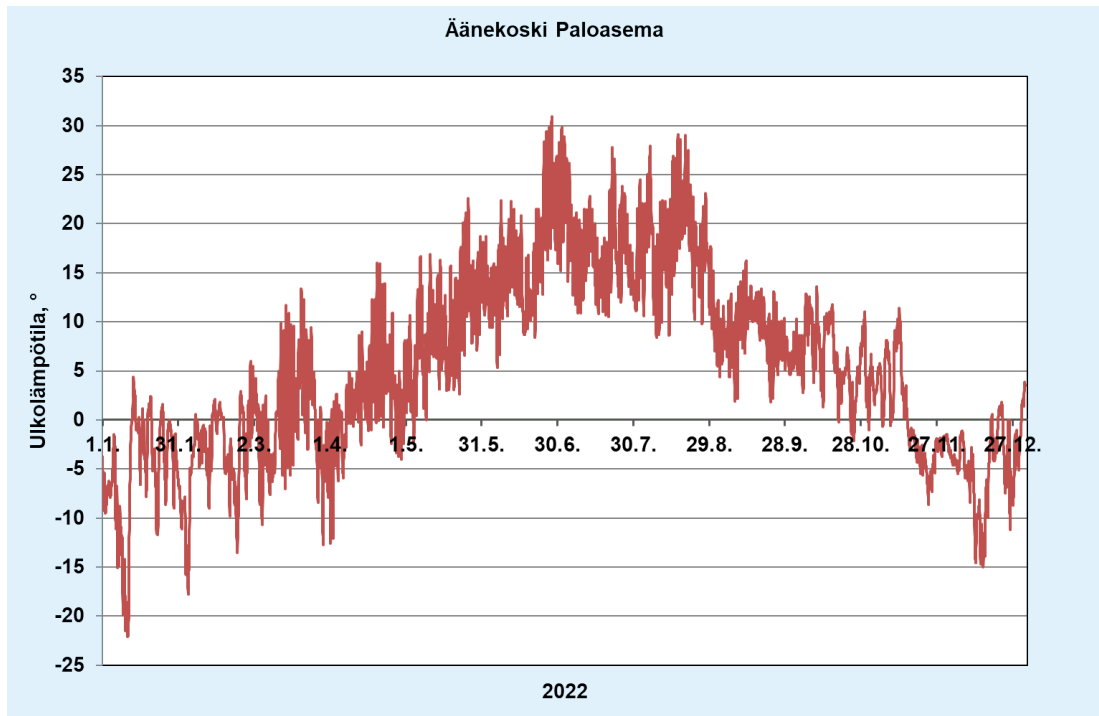
Liitekuva 12. Haisevien rikkiyhdisteiden (TRS) **vuorokausipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2022.



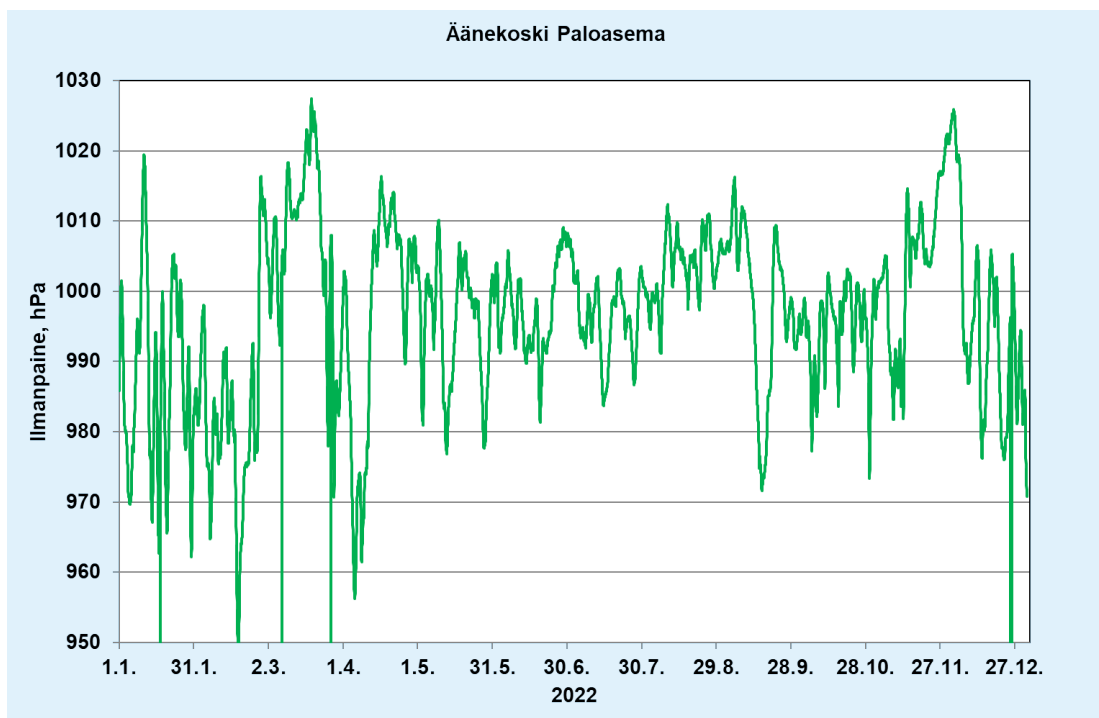
Liitekuva 13. Tuulen suunta (asteina 0–360 °) Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2022.



Liitekuva 14. Tuulen nopeus (m/s) Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2022.



Liitekuva 15. Ulkolämpötila (C °) Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2022.



Liitekuva 16. Ilmanpaine (hPa) Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2022.



ILMATIETEEN LAITOS

ILMATIETEEN LAITOS

puh. 029 539 1000

Ilmanlaatu ja energia

ilmanlaatupalvelut@fmi.fi

www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatupalvelut

WWW.ILMATIETEENLAITOS.FI

