



ÄÄNEKOSKEN ILMANLAADUN SEURANTA

**Typenoksidien, hengitettävien hiukkasten,
rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden
pitoisuustulokset vuonna 2021**



ÄÄNEKOSKEN ILMANLAADUN SEURANTA

**Typen oksidien, hengitettävien hiukkasten, rikkidioksidin ja
haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuustulokset vuonna 2021**

Matias Saunamäki

Birgitta Komppula

Jatta Salmi

Antti Manninen

Mika Vestenius

Helena Saari

Katja Lovén

ILMATIETEEN LAITOS – ASiantuntijapalvelut

ILMANLAATU JA ENERGIA

Helsinki 28.2.2022

SISÄLLYSLUETTELO

OSA I	4
1. JOHDANTO	4
2. ILMANLAADUN MITTAUSTULOKSET	4
2.1 Mitatut pitoisuudet	4
2.2 Ilmanlaatuindeksi.....	5
2.3 Pitoisuuksien vertailua raja- ja ohjearvoihin	7
2.4 Hajujen esiintyminen	10
2.5 Tuulen suunnan ja nopeuden vaikutus mitattuihin pitoisuuksiin	11
2.6 Pitoisuuksien ajallinen vaihtelu.....	13
2.7 Pitoisuuksien vertailua Äänekoskella aiemmin mitattuihin pitoisuuksiin	15
2.8 Pitoisuuksien vertailua muualla mitattuihin pitoisuuksiin	16
3. YHTEENVETO MITTAUSTULOKSISTA	20
OSA II	22
4. TUTKIMUKSEN SUORITUS	22
4.1 Tutkimuskohde	22
4.2 Mitatut suureet ja mittausmenetelmät	23
4.3 Kalibrointimenetelmät, laadunvarmistus ja laitehuollot	25
5. SÄÄTIEDOT VUONNA 2020	26
5.1 Tuulitiedot Äänekoskella mittausjaksolla.....	26
5.2 Keskilämpötilat Äänekosken seudulla	27
5.3 Sademäärät Äänekosken seudulla	28
5.4 Ilmanlaatuun vaikuttavat säätekijät	29
6. ÄÄNEKOSKEN PÄÄSTÖTIEDOT	30
7. TAUSTATIETOA ILMAN EPÄPUHTAUKSISTA.....	33
7.1 Typen oksidit	33
7.2 Hiukkaset.....	34
7.3 Rikkidioksidi.....	36
7.4 Haisevat rikkiyhdisteet.....	36
7.5 Ilman epäpuhtauksien terveysvaikutukset	36
7.6 Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot.....	37
7.7 Ilmanlaadun arviointikynnykset	39
VIITELUETTELO	40
LIITETAULUKOT	41
LIITEKUVAT	44

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 2021 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 analyysaattoreilla. Ilmanlaatumittausten tulosten tulkintaa varten asemalla mitataan myös säätietoja.

Tässä raportissa esitetään vuoden 2021 ilmanlaadun mittaustulokset ja verrataan niitä ilmanlaadun lainsäädännössä asetettuihin raja- ja ohjearvoihin. Lisäksi raportissa verrataan pitoisuuksia Äänekosken viime vuoden mittauksiin sekä muilla Suomen mittausasemilla vastaavana aikana mitattuihin pitoisuusarvoihin. Äänekoskella on suoritettu aiemmin vastaavanlaista ilmanlaadun tarkkailua aikaisemmin Hiskinmäen mittauspisteessä vuosina 2004–2018. Raportissa verrataan nyt havaittuja mittaustuloksia myös 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 hiukkasten (PM₁₀), rikkidioksidin (SO₂) ja haisevien rikkiyhdisteiden (TRS) pitoisuuskeskiarvot vuonna 2021 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 2021 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 analyysaattoreilla. 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 nimenomaan typpidioksidille (NO₂).

Taulukko 1. Äänekosken paloasemalla vuonna 2021 mitatut typen oksidien, hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden keskiarvopitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Äänekoski paloasema	Vuoden 2021 keskiarvopitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
NO	2,3
NO ₂	6,2
Kokonais-NO _x (NO ₂ :na ilmaistuna)	9,6
PM ₁₀	12,6
SO ₂	0,7
TRS (rikkinä)	0,5

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 inverssiolanteita, joissa matalalta vapautuvat liikenteen päästöt kerääntyvät ilmakerrokseen päästölähteiden lähelle ja laimentuvat huonosti ympäröivään ilmaan. Mitatuissa typpidioksidipitoisuuksissa havaittiin selvästi läheisen autoliikenteen vaikutus. Korkein mitattu typpidioksidin tuntipitoisuus oli $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$, joka mitattiin helmikuussa.

Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat sen sijaan korkeimmillaan keväällä ja kesällä maan ollessa kuivaa. Pienimmillään hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat talvikuukausina tammi-helmikuussa sekä joulukuussa. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksiin vaikutti keväinen katupöly ja erityisesti heinäkuussa mittauspisteen läheisyydessä tehty viemäriputkien remontointi, joka nosti pölypitoisuuksia huomattavasti, kun maata kaivettiin kopin läheisyydestä. 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 heinäkuussa mitattu $696 \mu\text{g}/\text{m}^3$, joka johtui läheisen viemäriyömaan nostattamasta pölystä.

Rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuuksissa ei voitu havaita erityistä vuodenaikaisvaihtelua tai muuta trendiä vuoden 2021 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 $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja korkein TRS-tuntipitoisuus $185 \mu\text{g}(\text{S})/\text{m}^3$.

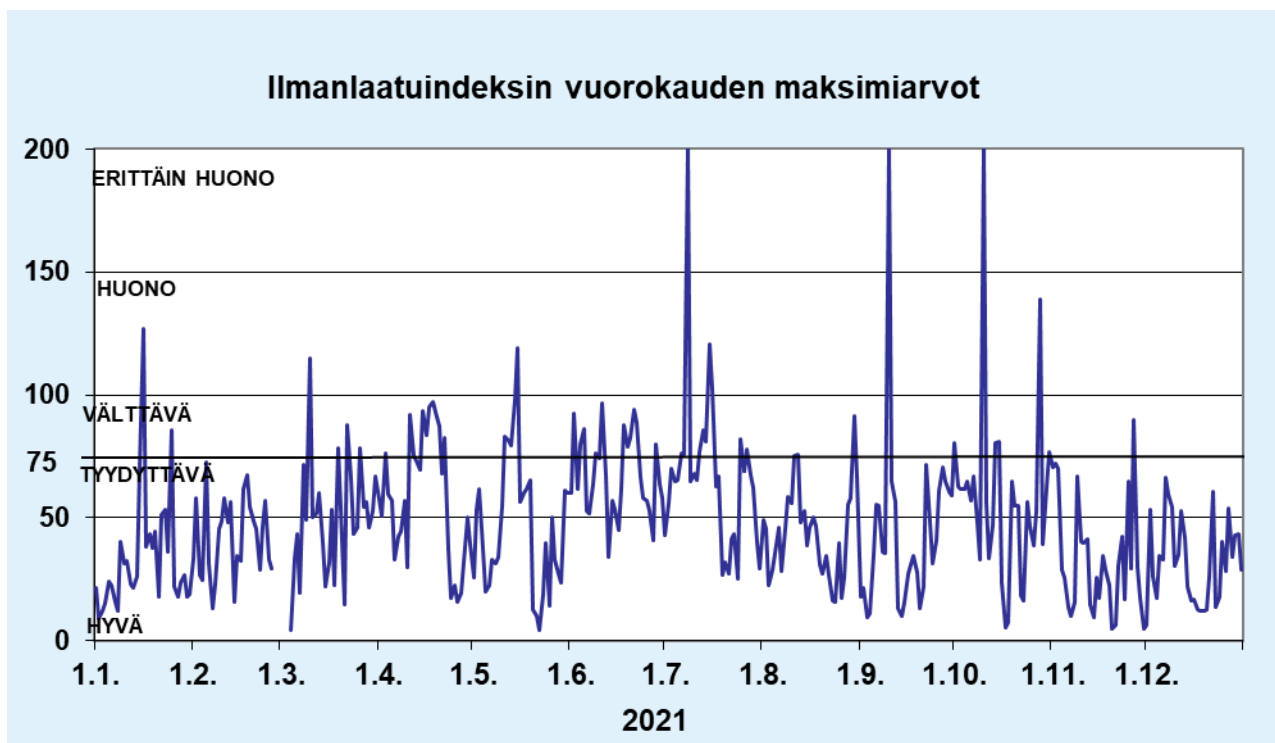
2.2 Ilmanlaatuindeksi

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. Ilmanlaatuindeksin määrittämiseksi kullekin mitattavalle yhdisteelle (NO₂, PM₁₀, SO₂, TRS) lasketaan ensin pitoisuuksien

sien tuntikeskiarvoista ali-indeksi. Ali-indekseistä korkeimman arvo määrää sen tunnin ilmanlaatuindeksin arvon. Vuorokauden ilmanlaatuindeksi määräytyy puolestaan ilmanlaadultaan huonimman tunnin mukaan.

Kuvassa 1 on esitetty vuorokauden suurimmat ilmanlaatuindeksin arvot Äänekosken paloasemalla vuonna 2021. Indeksillä ilmaistuna ilmanlaatu oli hyvää tai tyydyttävää 85 % mittausjakson vuorokausista eli valtaosan mittausjaksosta. Ilmanlaatu oli välttävää 12 % päivistä, huonoa 2 % päivistä ja erittäin huonoa 1 % päivistä. Huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun päiviä oli ympäri vuoden, mutta eniten niitä oli heinäkuussa, jolloin ilmanlaatu oli huonoa kahtena ja erittäin huonoa yhtenä päivänä. Kaikki huonot ja erittäin huonot indeksiarvot johtuivat koko vuonna joko hengitettävien hiukkasten tai haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuuksista. Korkeat hengitettävien hiukkasten pitoisuudet johtuivat katupölystä (10.3.), mittauspisteen lähellä tehdystä viemäriputkien remontista (8.,15.–16.7.) sekä viereiselle tontille tehdystä täyttömaan ajosta (10.9.). Vastaavasti korkeat haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuudet johtuvat Metsä Fibren tehtaan prosessien alasajosta (16.1.) ja vuosihuollosta (10. ja 28.10.).

Ilmanlaadun indeksiarvojen laskenta perustuu mitattujen ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien tarkasteluihin suhteessa niiden terveysvaikutusperusteisiin raja- tai ohjearvopitoisuuksiin. Tästä syystä haisevien rikkiyhdisteiden aiheuttamat ilmanlaatuvaikutukset kuvautuvat indeksissä vain mahdollisten terveysvaikutusten osalta, eikä indeksi kuvaa lainkaan 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.

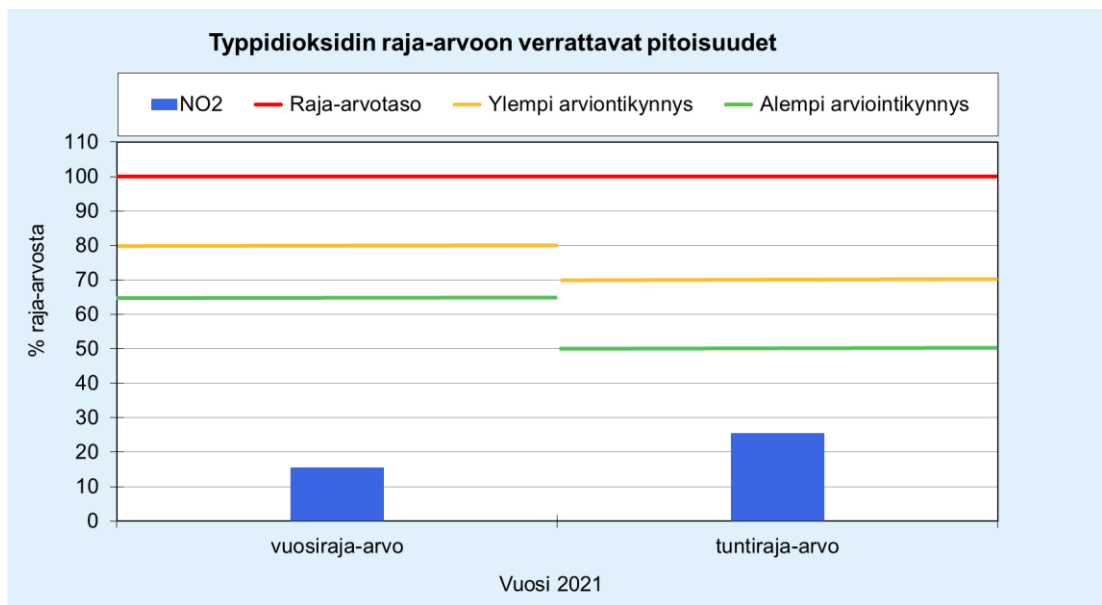


Kuva 1. Vuorokauden suurimmat ilmanlaatuindeksin arvot Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2021

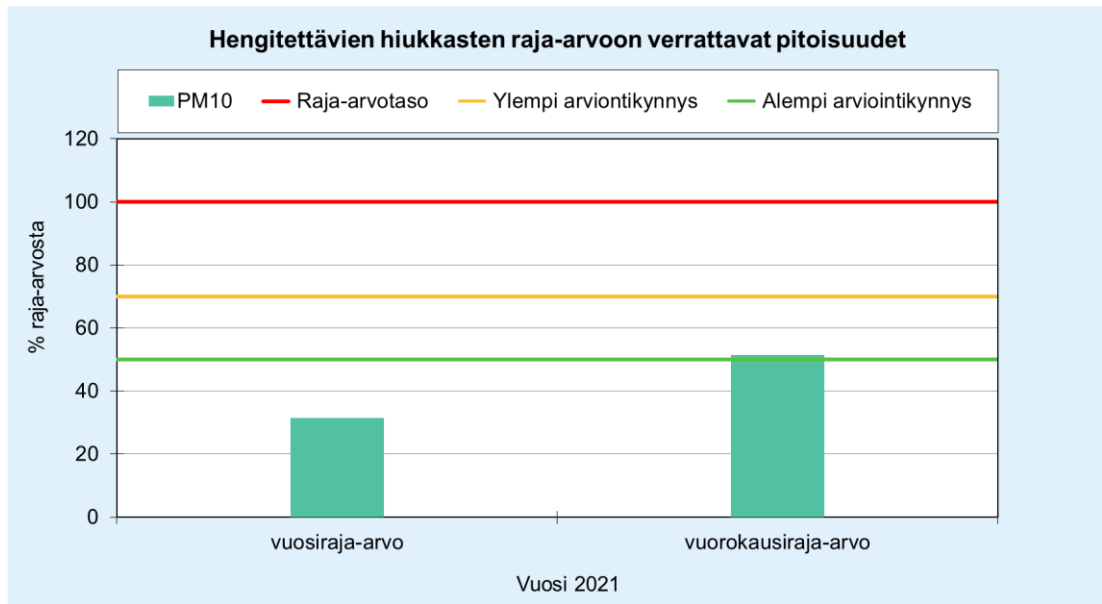
2.3 Pitoisuuksien vertailua raja- ja ohjearvoihin

Raja-arvot määrittelevät pitoisuuksille enimmäiskaton, jota ei saa ylittää. 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 määrittelystä pitoisuustasosta, joten raja- ja ohjearvoja ei voi suoraan lukuarvoina verrata keskenään. Arviointikynnyksiin vertaamisen avulla määritetään ilmanlaadun seurantarvetta ja käytettäviä seurantamenetelmiä. Ilmanlaadun lainsäädännöstä on kerrottu tarkemmin raportin jälkimmäisessä osassa kappaleessa 7.6.

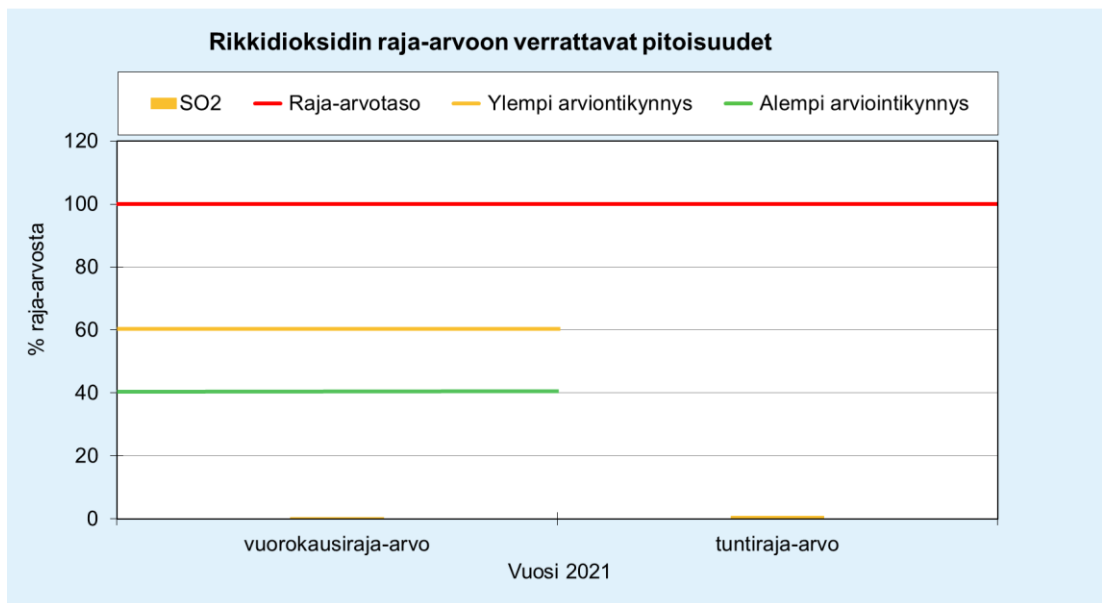
Kuvissa 2–4 on esitetty vertailut Äänekosken paloasemalla havaituista typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja rikkidioksidin raja-arvoihin ja arviointikynnyksiin verrannollisista pitoisuuksista. Typpidioksidin ja rikkidioksidin pitoisuudet jäivät selvästi raja-arvojen ja arviointikynnyksien alapuolelle. Hengitettävien hiukkasten osalta alempi arviointikynnys ylittyi vuorokausiarvojen osalta, mutta jäi silti selvästi alle raja-arvon. Typpidioksidin pitoisuudet ovat enimmillään 25 % raja-arvoista. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet ovat enimmillään 51 % raja-arvoista. Rikkidioksidin pitoisuudet ovat enimmillään 1 % raja-arvoista. Haiseville rikkiyhdisteille ei ilmanlaatulainsäädännössä ole raja-arvoja.



Kuva 2. Typpidioksidin raja-arvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa (%) raja-arvoihin Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2021. Kuvaan on merkitty vaakaviivoilla raja-arvotaso sekä ylempi ja alempi arviointikynnys.



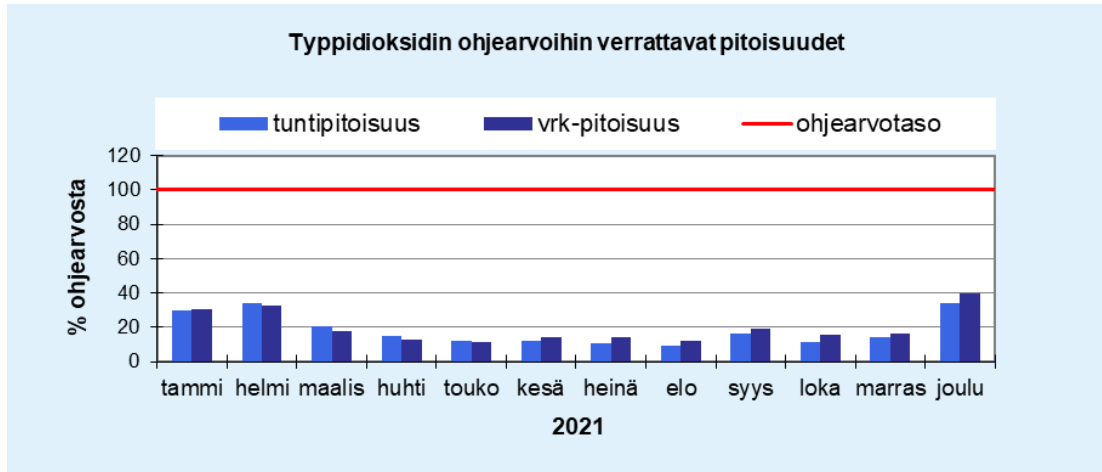
Kuva 3. Hengitettävien hiukkasten raja-arvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa (%) raja-arvoihin Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2021. Kuvaan on merkitty vaakaviivoilla raja-arvotaso sekä ylempi ja alempi arviointikynnys.



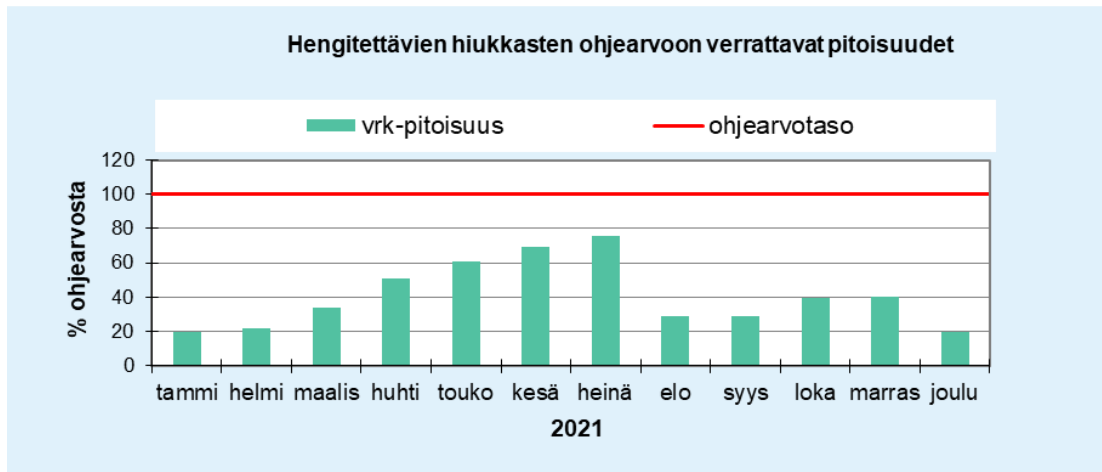
Kuva 4. Rikkidioksidin raja-arvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa (%) raja-arvoihin Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2021. Kuvaan on merkitty vaakaviivoilla raja-arvotaso sekä ylempi ja alempi arviointikynnys.

Kuvissa 5–8 on esitetty typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkidihydrokseen ohjearvoon verrannolliset pitoisuudet kuukausittain Äänekosken paloasemalla. Pitoisuuksien vuorokausiohjearvot eivät ylittyneet mittausjaksolla kertaakaan. Typpidioksidin pitoisuus oli korkeimmillaan joulukuussa noin 40 % vuorokausiohjearvosta. Hengitettävien hiukkasten pitoisuus oli suurimmillaan heinäkuussa noin 76 % ohjearvosta. Heinäkuussa hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia nosti mittausaseman lähellä tehty viemäriputken remontointi. Rikkidiok-

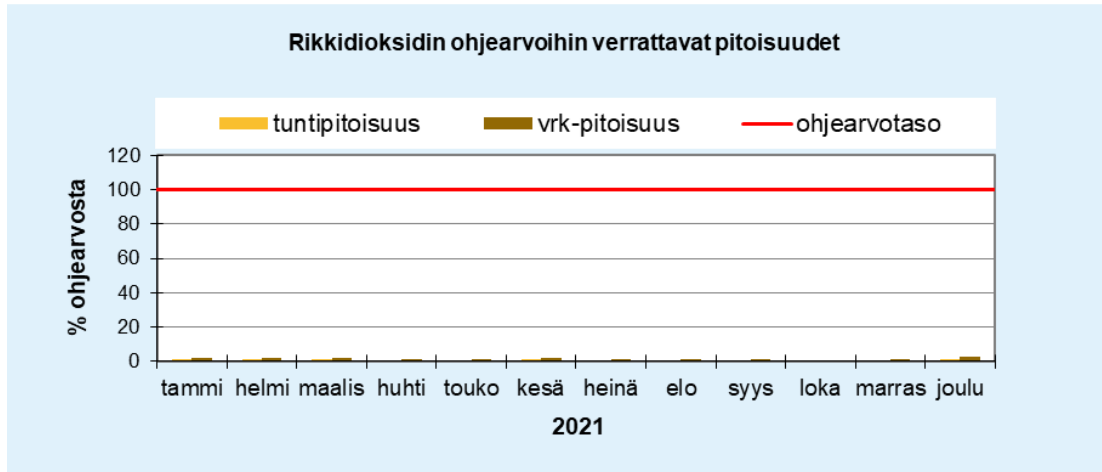
sidin pitoisuudet olivat kaikkina kuukausina alle 3 % ohjearvoista. Haisevien rikkiyhdisteiden ohjearvoon verrannollinen pitoisuus oli korkeimmillaan lokakuussa, 46 % ohjearvosta. Lokakuussa mitattiin useina päivinä tavallista korkeampia TRS-pitoisuuksia, kun Metsä Fibrellä oli vuosi-huolto. Kaikkina muina kuukausina TRS-pitoisuudet olivat alle 15 % ohjearvosta.



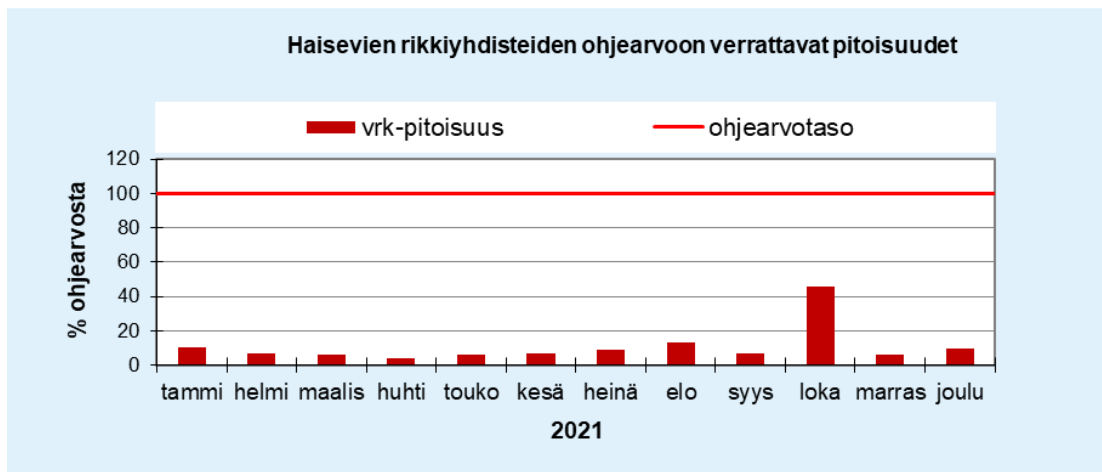
Kuva 5. Typidioksidin ohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Äänekosken paloasemalla vuonna 2021. Punaisella vaakaviivalla (100 %) on merkitty ohjearvotaso $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Kuva 6. Hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Äänekosken paloasemalla vuonna 2021. Punaisella vaakaviivalla (100 %) on merkitty ohjearvotaso $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Kuva 7. Rikkidioksidin ohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Äänekosken paloasemalla vuonna 2021. Punaisella vaakaviivalla (100 %) on merkitty ohjearvotaso $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Kuva 8. Haisevien rikkiyhdisteiden ohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Äänekosken paloasemalla vuonna 2021. Punaisella vaakaviivalla (100 %) on merkitty ohjearvotaso $10 \mu\text{g(S)}/\text{m}^3$.

2.4 Hajujen esiintyminen

Äänekosken paloasemalla mitattuja haisevien rikkiyhdisteiden tuntipitoisuuksia tarkastelemalla voidaan tilastollisesti arvioida, että mittausjaksolla olisi esiintynyt hajutunteja 65 kpl eli 0,8 % koko mittausjakson tunneista. Hajutunneiksi on tässä tarkastelussa määritetty kaikki tunnit, jolloin TRS-pitoisuus on ollut $\geq 3 \mu\text{g(S)}/\text{m}^3$. Näistä tunneista olisi ollut tunnistettavaa hajua 42 tuntia ja melko voimakasta tunnistettavissa olevaa hajua 23 tuntia. Erityisen runsaasti tällä tavalla määriteltyjä hajutunteja esiintyi lokakuussa, kun tehdasta käynnistettiin vuosihuoltoseisokin jälkeen 10.–15.10, jolloin pitoisuudet olivat ajoittain koholla ja seudulla esiintyi hajuhaittoja. Valtaosan mittausjaksosta haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuudet kuitenkin olivat matalia, eikä hajuja esiintynyt. TRS-pitoisuus oli koko mittausjaksolla noin 95,4 % tunneista alle $1 \mu\text{g(S)}/\text{m}^3$.

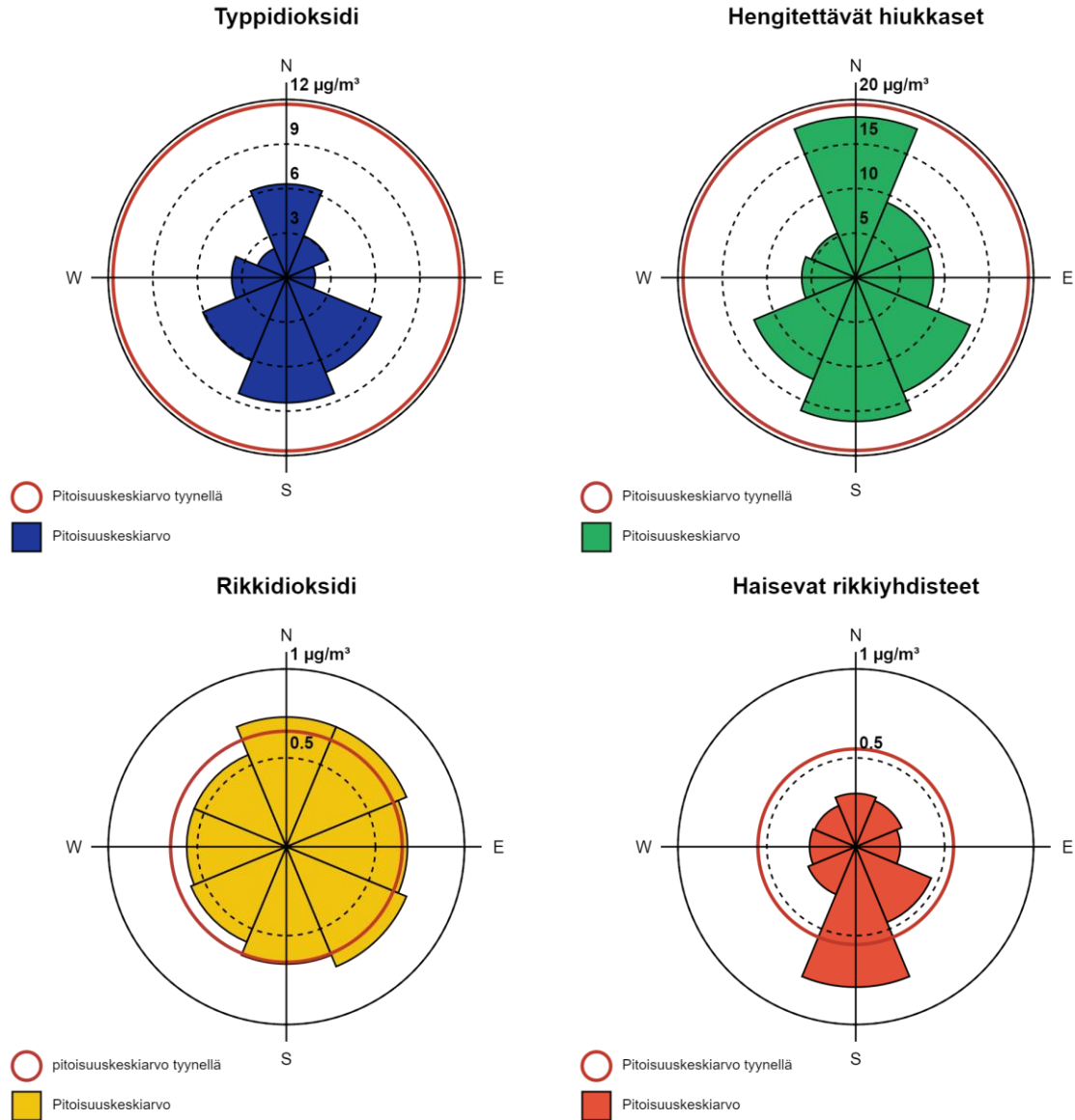
TRS-pitoisuuksiin perustuvaa hajujen esiintyvyyden arviointia voidaan pitää vain hyvin suuntaa antavana. Tässä tarkastelussa on oletettu, että kaikki mitattu TRS-pitoisuus olisi ollut rikkivetyä,

joka on kaikista TRS-yhdisteistä herkimmin haiseva, eli sillä on matalin hajukynnys. Rikkivety aiheuttaa tunnistettavaa hajua pitoisuustasolla noin 3–6 µg(S)/m³ ja melko voimakasta tunnistettavissa olevaa hajua, kun pitoisuus on yli 6 µg(S)/m³. Todellisuudessa mitattu pitoisuus sisältää eri TRS-yhdisteitä, ja kaikkien niiden haju havaitaan eri pitoisuustasoilla, koska yhdisteillä on kullakin eri hajukynnys. Hajun kokemukseen vaikuttaa siis merkittävästi se, missä suhteessa päästö kyseisellä hetkellä sisältää erilaisia haisevia rikkiyhdisteitä. Näin ollen kokonais-TRS-pitoisuus ei suoraan kerro hajun esiintyvyydestä.

2.5 Tuulen suunnan ja nopeuden vaikutus mitattuihin pitoisuuksiin

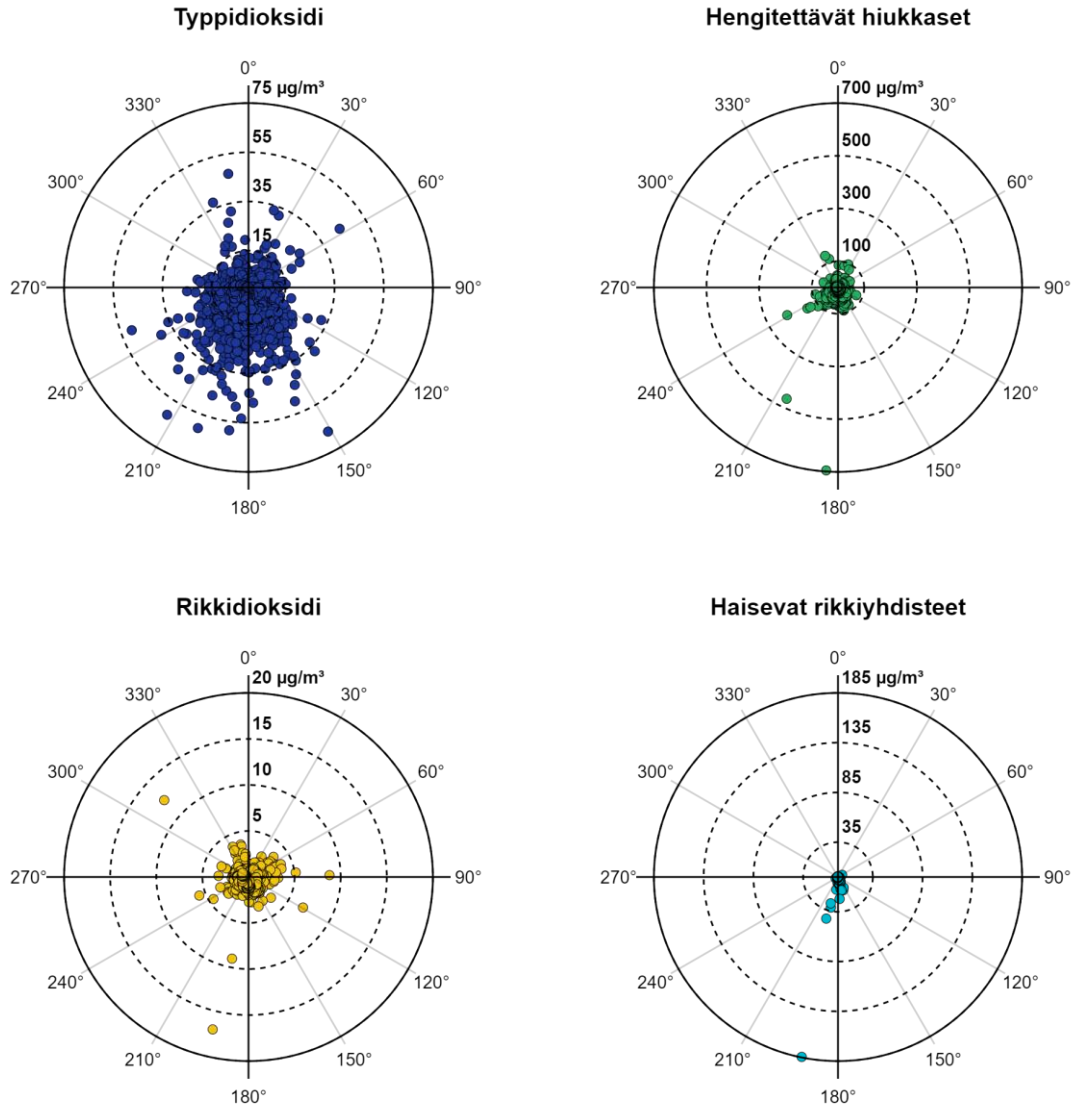
Kuvassa 9 on havainnollistettu Äänekosken paloasemalla mitattujen pitoisuuksien keskimääristä riippuvuutta tuulensuunnasta ns. pitoisuusruusujen avulla. Pitoisuusruusu kuvaa tuntipitoisuuksien keskiarvoa eri tuulensuunnilla. Tyynellä säällä, eli kun tuulen nopeus on alle 0,5 m/s, havaittujen tuntipitoisuuksien keskiarvo on esitetty ympyrällä, jonka säteen pituus kuvaa pitoisuuden arvoa. Muilla tuulennopeuksilla havaitut pitoisuudet on esitetty tuulensuuntaisina sektoreina, joissa keskipisteestä lähtevän janan pituus sektorin kehäviivalle vastaa tuntipitoisuuksien keskiarvoa. Vuonna 2021 Äänekosken seudun tuulet olivat pääosin etelätuulia sekä idän ja lounaan välisestä 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 eteläisillä tuulilla, eli Äänekoskentien suunnasta. Myös pohjoistuulella pitoisuudet olivat keskimäärin korkeita. Mittausaseman pohjoispuolella sijaitsee muun muassa paloaseman parkkialue. Korkeimmat typpidioksidin pitoisuudet havaittiin silti keskimäärin tyynellä säällä. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat suurimmillaan tyynellä säällä sekä eteläisillä tuulilla. Myös hengitettävien hiukkasten osalta pohjoistuulella mitattiin keskimäärin korkeampia pitoisuuksia. 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 kertoo lähinnä siitä, ettei alueella ole rikkidioksidin päästölähdettä, vaan pitoisuudet olivat koko vuoden hyvin matalat. Myös haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuudet olivat pääosin matalia, mutta niissä on havaittavissa selkeästi, että päästöt tulevat pääosin etelästä Metsä Fibren tuotantolaitosten suunnasta.



Kuva 9. Äänekosken paloasemalla mitattujen tuntipitoisuuksien keskiarvot tuulensuunnittain vuonna 2021. 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 10 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 tuntiarvoja, jotka ovat pääosin lounaasta. Kaksi korkeinta hengitettävien hiukkasten tuntiarvoa on mitattu samana päivänä heinäkuussa mittauspisteen lähellä tehdyn viemäriremontin aikana. Rikkidioksidin osalta pitoisuudet ovat pääosin pieniä ja yhtä suuria kaikista suunnista puhaltavilla tuulilla. Haisevien rikkiyhdisteiden korkeimmat tuntipitoisuudet on mitattu tuulten puhaltaessa etelästä ja lounaasta.



Kuva 10. Äänekosken paloasemalla mitatut tuntipitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) tuulensuunnittain ($0\text{--}360^\circ$) vuonna 2021. 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

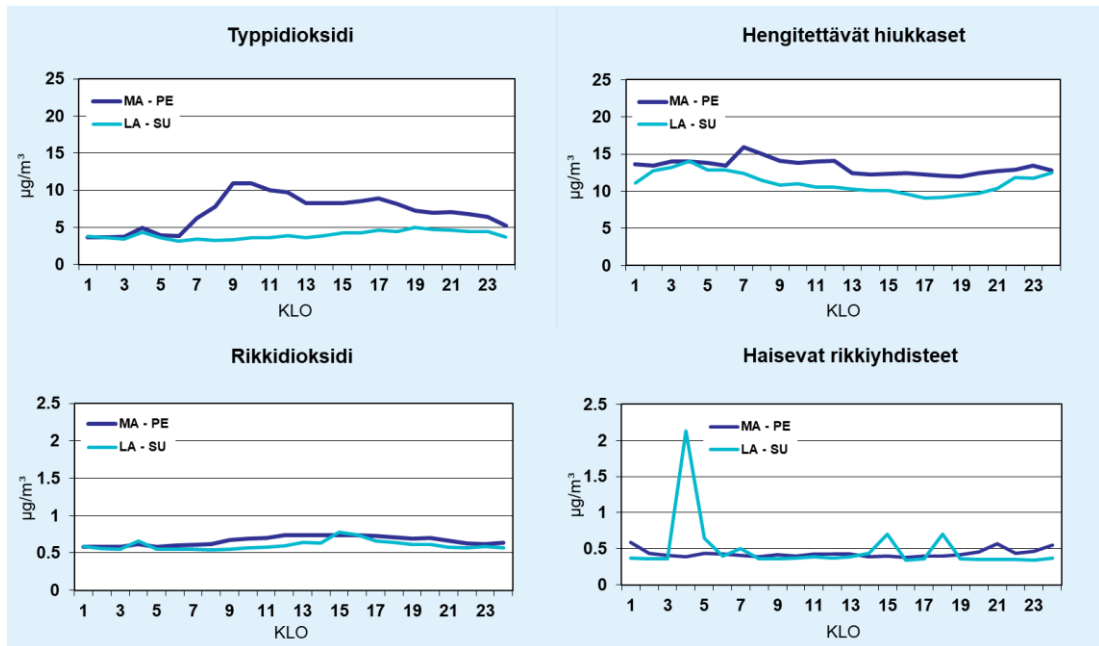
Kuvassa 11 on tarkasteltu Äänekosken paloasemalla mitattujen typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden tuntipitoisuuksien vaihtelua kellonajan mukaan erikseen arkipäivisin (maanantai–perjantai) ja viikonloppuisin (lauantai–sunnuntai). Kuvassa 12 pitoisuuksia 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

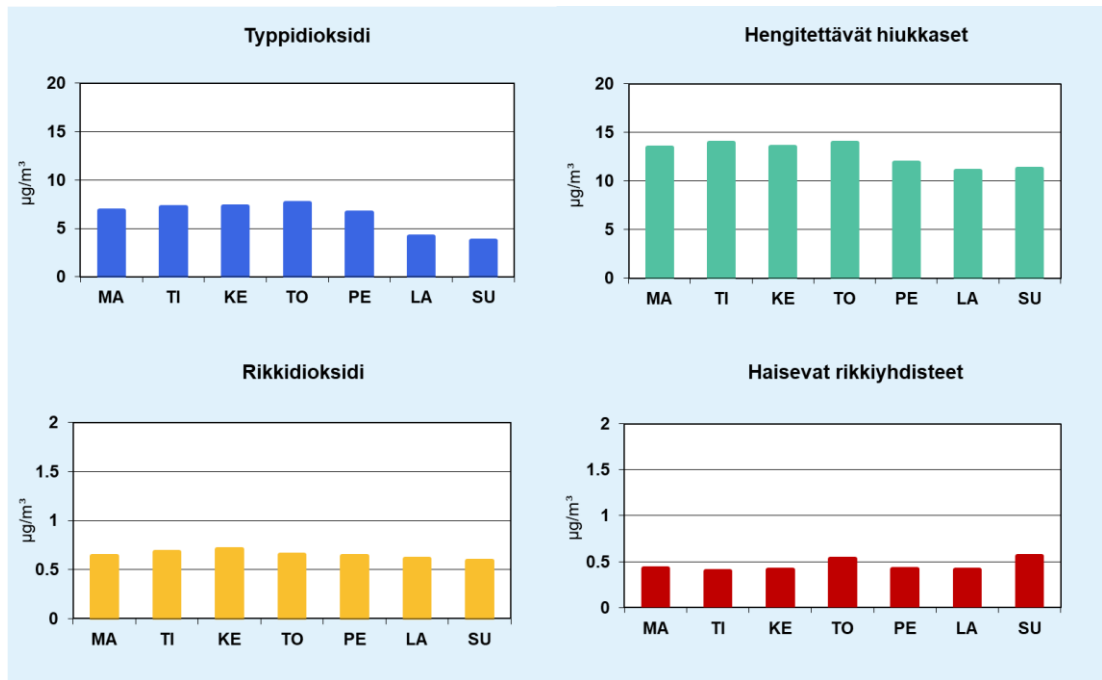
kuin arkisin. Vaikka viikonloppuisin pitoisuuksien vaihtelu vuorokauden sisällä on vähäisempää kuin arkisin, ovat ne kuitenkin hieman korkeampia iltaisin. Viikonpäivittäin tarkasteltuna typpidioksidin keskimääräinen pitoisuus oli selvästi matalampi viikonloppuna kuin arkisin, sillä liikennemäärät ja 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 aamupäivisin, viikonloppuisin taas yöaikaan. Matalimmillaan pitoisuudet ovat sekä arki- että viikonloppuilltaisin. 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 viikonlopun aamuyön piikkiä. Piikki selittyy osaltaan koko vuoden korkeimmalla tuntiarvolla ($184 \mu\text{g}/\text{m}^3$), joka mitattiin sunnuntaina 10.10. Metsä Fibren vuosihuollon aikana. Myös viikonlopun kahden muun tunnin aikana on mitattu tavallista korkeampia pitoisuuksia. Viikonpäivien osalta sunnuntaisin on keskimäärin mitattu korkeimmat pitoisuudet haisevien rikkiyhdisteiden osalta, joka ainakin osin selittyy sunnuntaina 10.10. mitattuina korkeina pitoisuuksina. Muuten rikkidioksidin tai haisevien rikkiyhdisteiden osalta ei ole viikonpäivien välillä merkitseviä eroavaisuuksia.



Kuva 11. Äänekosken paloasemalla vuonna 2021 mitattujen tuntipitoisuuksien keskiarvot kellonajan mukaan arkipäivisin (ma-pe) ja viikonloppuisin (la-su).

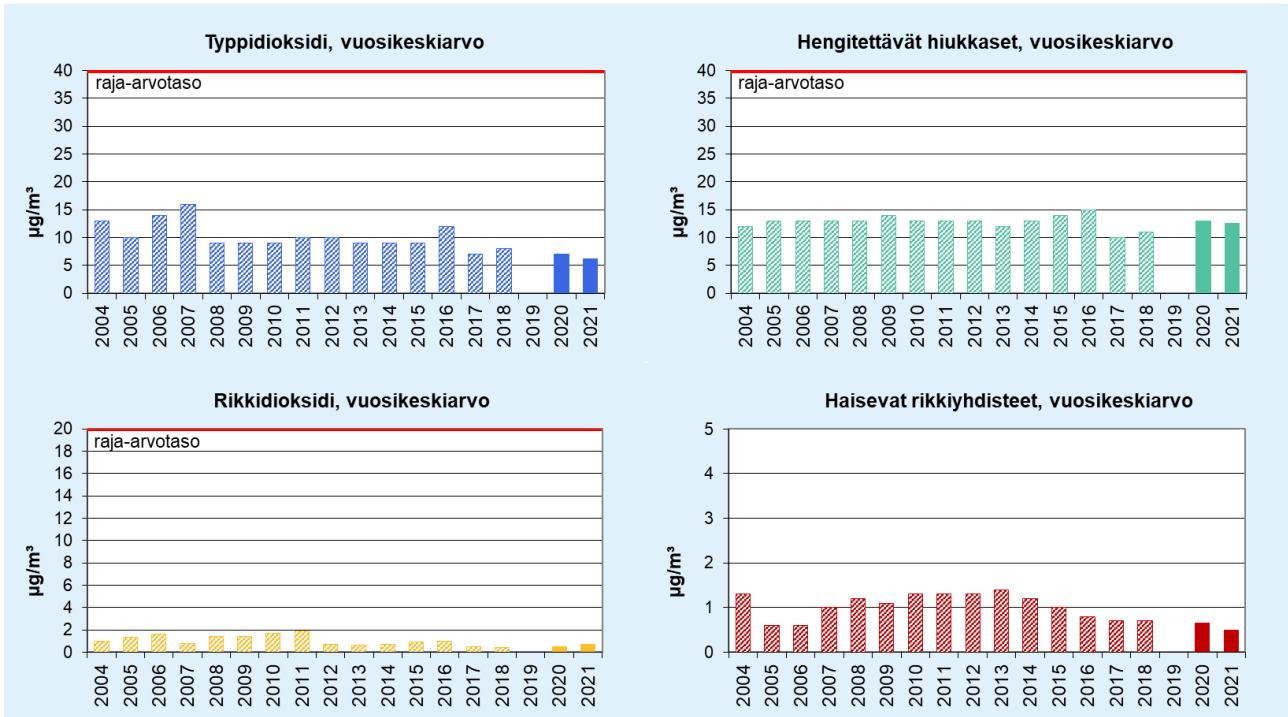


Kuva 12. Äänekosken paloasemalla vuonna 2021 mitattujen pitoisuuksien keskiarvot viikonpäivän mukaan.

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 2021 oli ensimmäinen kokonainen mittausvuosi nykyisellä paikalla. Vuoden 2020 tuloksissa täytyy ottaa huomioon, että mittausjakso kesti vain seitsemän kuukautta. Puutteellinen vuosikeskiarvo vaikuttaa todennäköisesti eniten hengitettävien hiukkasten keskiarvoon, sillä vuoden jälkimmäisen puolikkaan perusteella lasketussa keskiarvossa ei ole mukana kevään katupölykautta, jolloin hengitettävien hiukkasten pitoisuudet ovat tyypillisesti muihin vuodenaikoihin verrattuna korkeampia.

Kuvassa 13 on esitetty Hiskinmäellä vuosina 2004–2018 mitatut typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden vuosikeskiarvot sekä paloasemalla jaksolla 1.6.2020–31.12.2021 mitatut mittausjakson keskiarvot. Kaikissa mitatuissa pitoisuuksissa on ollut vuosien varrella havaittavissa lievä laskeva trendi. Typpidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden osalta vuoden 2021 vuosikeskiarvo oli matalin Hiskinmäellä tai nykyisellä paikalla mitattu keskiarvo. Rikkidioksidin ja hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvot olivat aiempien vuosien vaihteluvälän sisällä ja samankaltaisia kuin edellisinäkin vuosina. Rikkidioksidin keskiarvo oli hieman korkeampi vuoteen 2020 verrattuna ja hiukkaspitoisuus puolestaan hieman matalampi.



Kuva 13. Äänekosken Hiskinmäellä vuosina 2004–2018 mitatut vuosikeskiarvot sekä paloasemalla jaksolla 1.6.2020 – 31.12.2021 mitatut keskiarvot. Vuosiraja-arvo on esitetty punaisella vaakaviivalla.

2.8 Pitoisuuksien vertailua muualla mitattuihin pitoisuuksiin

Taulukossa 2023 ja kuvissa 14–17 on esitetty typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuuksia vuodelta 2021 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 tarkistamattomia aineistoa, ja esittävät näin ollen vain suuntaa antavaa pitoisuustasoa muissa mittauspisteissä (*Ilmatieteen laitos, 2022 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 kuormitettuinta 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 Hannikaisentiellä tai Helsingin Mannerheimintiellä, mutta selkeästi korkeampia kuin Sammaltunturin tausta-aseamalla. Koska typpidioksidipitoisuudet ovat vahvasti riippuvaisia liikennemäärästä kyseisillä asemilla, kertovat pitoisuudet lähinnä asemien läheisyyden liikennemäärästä. Äänekosken mittausaseman lisäksi kaikilla vertailtavilla asemilla

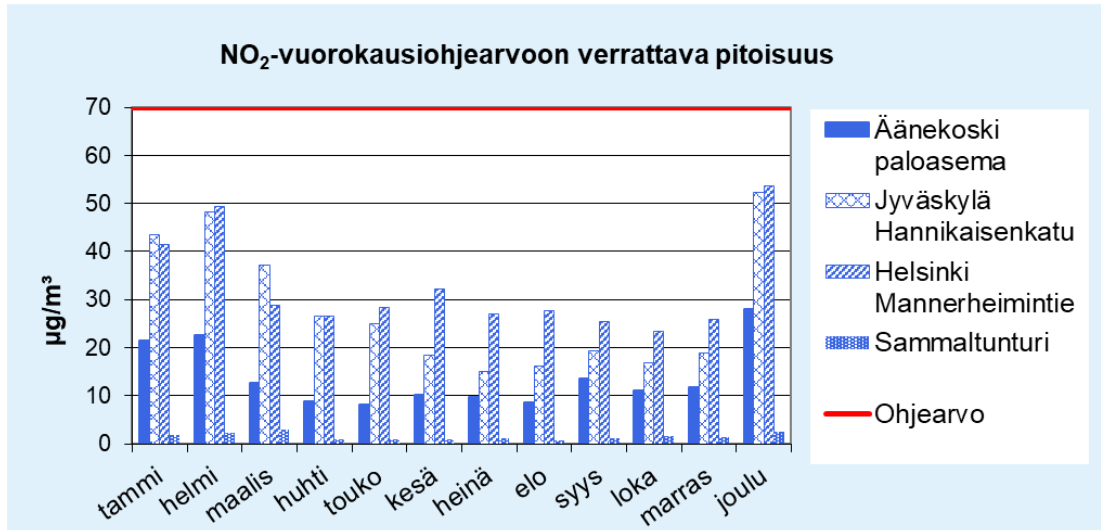
typpidioksidipitoisuudet olivat korkeimmillaan talvikuukausina ja pienimmillään kesällä ja syksyllä. Typpidioksidipitoisuuksiin vaikuttavat myös paikalliset sääolosuhteet kuten tuuli, tyynyt pakkaspäivät ja inversiotilanteet.

Hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrannolliset pitoisuudet olivat Äänekoskella katupölykautta lukuun ottamatta suuremmat kuin Jyväskylän Hannikaisenkadulla. Mannerheimintien mitausasemaan verrattuna Äänekoskella oli kaikkina kuukausina pienemmät pitoisuudet. Erityisesti vuoden jälkimmäisellä puolikkaalla Äänekoskella oli selvästi pienemmät pitoisuudet kuin Mannerheimintiellä. Sammaltunturin tausta-asemalla oli kaikkina kuukausina selvästi pienimmät pitoisuudet. Helmi- ja maaliskuussa Sammaltunturilta ei ollut saatavissa hengitettävien hiukkasten mittausdataa. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksiin vaikuttavat liikenteen päästöjen lisäksi hiukkasten kaukokulkeutuminen, teollisuuden päästöt ja paikallinen ympäristön pölyäminen. Esimerkiksi Äänekosken mitausaseman läheisyydessä heinäkuussa tehty viemäriremontti on nostanut hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia Äänekoskella.

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 olekaan tarkoituksenmukaista vertailla keskenään, vaan lähinnä vertailla pitoisuustasoja yleisemmällä tasolla keskenään. Esimerkiksi Sammaltunturilla oli korkeammat ohjearvoon verrattavat pitoisuudet tammi- ja helmikuussa, mikä johtuu todennäköisesti rikkidioksidin kaukokulkeumasta Luoteis-Venäjältä. Vuonna 2021 Kuopion Sorsasalonsa teollisuusympäristössä mitatut ohjearvoon verrattavat rikkidioksidipitoisuudet olivat jokaisena kuukautena suuremmat kuin Äänekoskella. Haisevien rikkiyhdisteiden osalta Kuopiossa ja Äänekoskella pitoisuudet olivat suunnilleen samansuuruiset heinäkuuta ja lokakuuta lukuun ottamatta. Lokakuussa Metsä Fibren tehtaalla suoritettiin vuosihuolto, jolloin pitoisuudet Äänekoskella olivat tavanomaista korkeammat. Heinäkuussa puolestaan Kuopiossa oli korkeampi kuukausiarvo.

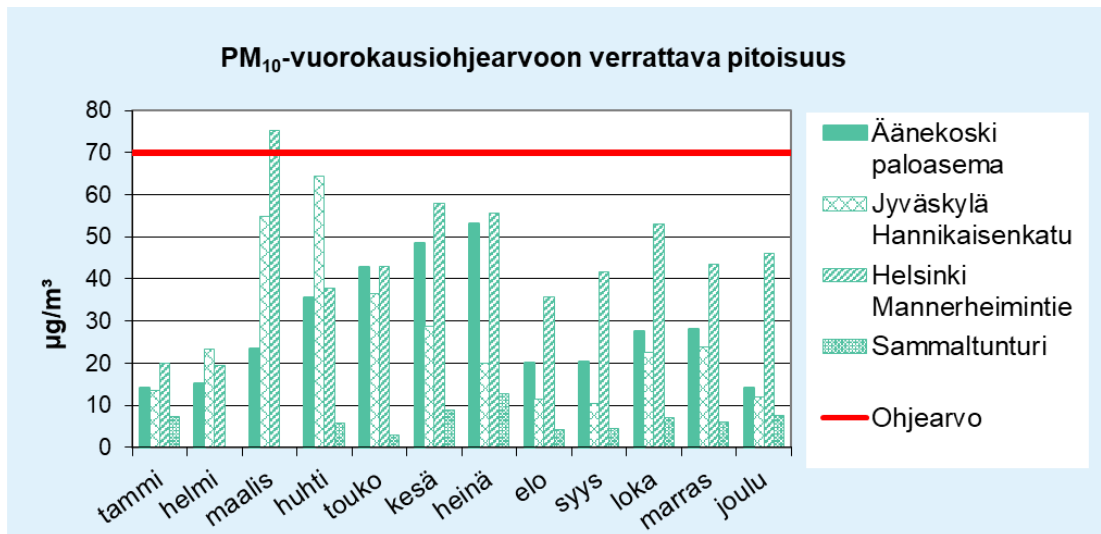
Taulukko 2. Äänekosken paloasemalla, Jyväskylän Hannikaisenkadulla, Helsingin Mannerheimintiellä ja Muonion Sammaltunturilla sekä Kuopion Sorsasalossa vuonna 2021 mitatut typen oksidien, hengitettävien hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden keskiarvopitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). 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	2,3	11,6	17,9	0,8	–
PM ₁₀	12,6	10,1	19,9	2,6	–
SO ₂	0,7	–	–	1	2,8
TRS	0,5	–	–	–	0,7



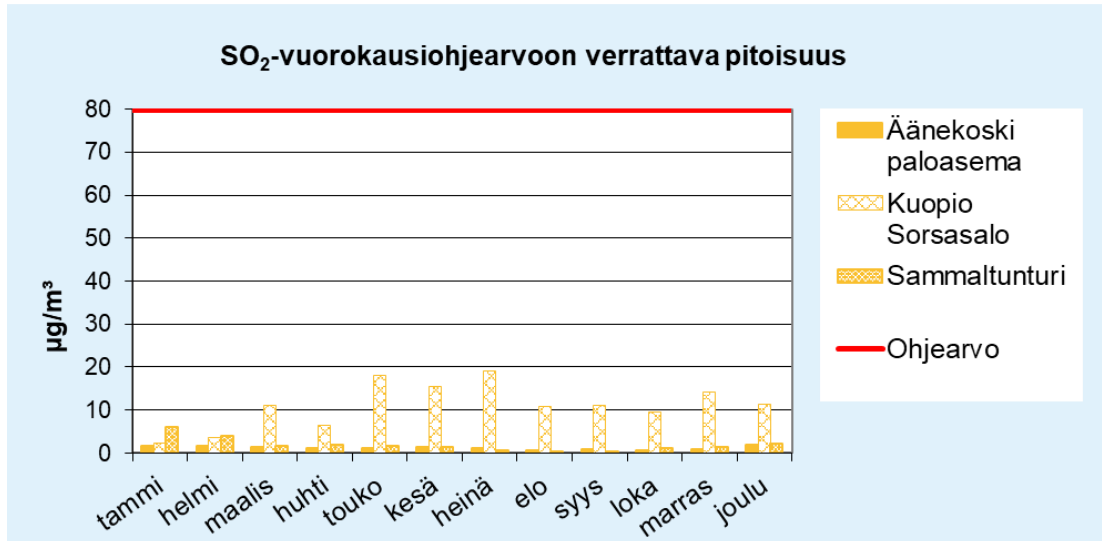
Kuva 14.

Typpidioksidipitoisuuden vuorokausiohjeeseen verrattavat pitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kuukausittain vuonna 2021 eri mittausasemilla. Vuorokausiohjeeseen 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ on esitetty punaisella vaakaviivalla. Muiden mittausasemien kuin Äänekosken pitoisuustulokset ovat vielä tarkistamatonta aineistoa.



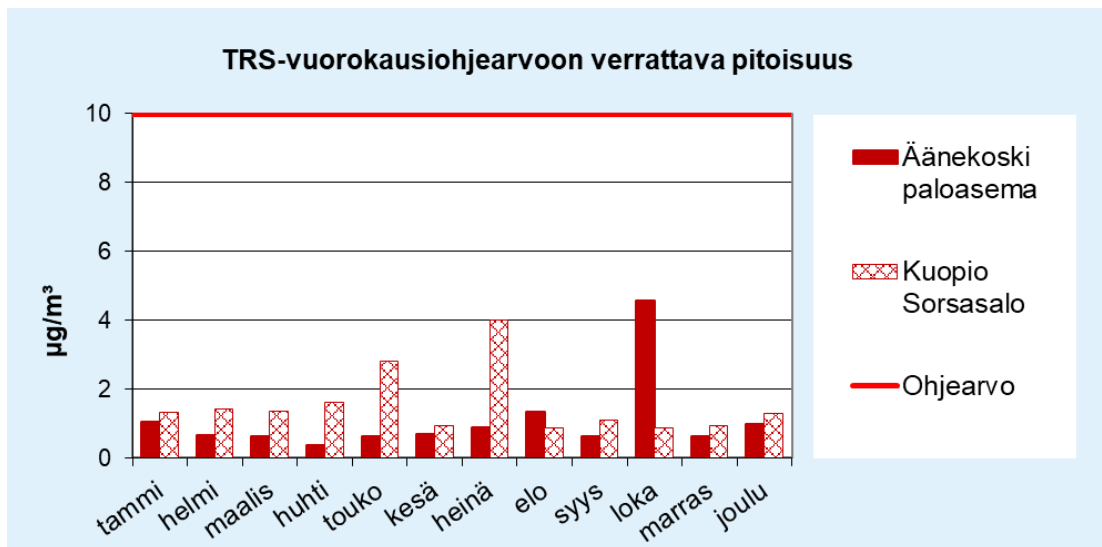
Kuva 15.

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjeeseen verrattavat pitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kuukausittain vuonna 2021 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.

Rikkidioksidipitoisuuden vuorokausiohjarvoon verrattavat pitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kuukausittain vuonna 2021 eri mittausasemilla. Vuorokausiohjarvo $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ on esitetty punaisella vaakaviivalla. Kuopion Sorsasalon ja Sammaltunturin pitoisuustulokset ovat vielä tarkistamatonta aineistoa.



Kuva 17.

Haisevien rikkijyhdisteiden pitoisuuden vuorokausiohjarvoon verrattavat pitoisuudet vasemmalla ja kuukausikeskiarvot ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) oikealla kuukausittain vuonna 2021 eri mittausasemilla. Vuorokausiohjarvo $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ on esitetty punaisella vaakaviivalla. Kuopion Sorsasalon pitoisuustulokset ovat vielä tarkistamatonta aineistoa.

3. YHTEENVETO MITTAUSTULOKSISTA

Ilmatieteen laitos tarkkaili Äänekosken ulkoilman laatua vuonna 2021 yhdessä mittauspisteessä. Ilmanlaadun mittauksen tavoitteena oli kartoittaa typen oksidien, hengitettävien hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuustasoa ja hetkellistä vaihtelua alueella. Näistä typen oksideja ja hengitettäviä hiukkasia vapautuu erityisesti autoliikenteestä ja rikkidioksidia ja haisevia rikkiyhdisteitä puolestaan teollisuuden tuotantoprosesseista. Mittauspiste sijaitsee paloaseman piha-alueen laidalla, Äänekoskentien varrella. Mittaukset alkoivat 1.6.2020 ja niitä tullaan jatkamaan kyseisellä paikalla 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 85 % vuoden 2021 vuorokausista eli valtaosan mittausjaksosta. Ilmanlaatu oli välttävää 12 % päivistä, huonoa 2 % päivistä ja erittäin huonoa 1 % päivistä.

Ilmanlaatu oli huonoa tai erittäin huonoa 10 päivänä vuonna 2021. Huonoja ja erittäin huonoja päiviä oli eniten heinäkuussa, jolloin erittäin huonon ilmanlaadun päiviä oli yksi ja huonoja kaksi. Huono ilmanlaatu kyseisinä päivinä johtui hengitettävistä hiukkasista, jotka olivat peräisin läheisestä pölyvästä viemäryömaasta. TRS-pitoisuudet aiheuttivat neljänä päivänä huonon tai erittäin huonon ilmanlaadun vuonna 2021. Korkeat TRS-pitoisuudet aiheutuivat prosessihäiriöistä, kuten prosessien alas- ja ylösajoista, jätevedenpuhdistamon häiriöstä ja tehtaan vuosihuoltoseisokin jälkeisestä tehtaan ylösajosta. Ilmanlaatu oli huonoa tai erittäin huonoa myös kolmena päivänä syyskuussa ja maaliskuussa hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuoksi. Maaliskuisen huonon ilmanlaadun päivä johtui mahdollisesti inversiotilanteesta, sillä pakkasen oli kyseisenä aamuna erittäin kireä ja tuuli lähes tyyni.

Typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuuksille ilmanlaatulainsäädännössä annetut vuorokausiohjearvot eivät ylittyneet mittausjaksolla ker-

taakaan. Typpidioksidin pitoisuus oli korkeimmillaan joulukuussa noin 40 % vuorokausiohjearvosta ja hengitettävien hiukkasten pitoisuus heinäkuussa noin 76 % ohjearvosta. Heinäkuussa mittausaseman läheisyydessä oli viemäryömaa. Rikkidioksidin pitoisuudet olivat korkeimmillaan joulukuussa 2,4 % vuorokausiohjearvosta. Haisevien rikkiyhdisteiden korkein ohjearvoon verrannollinen pitoisuus oli lokakuussa 46 % ohjearvosta. Lokakuussa Metsä Fibren tehtaalla oli vuosihuolto, jolloin tavallista korkeampia TRS-pitoisuuksia mitattiin useampana päivänä. Kaikkina muina kuukausina TRS-pitoisuudet olivat alle 15 % ohjearvosta.

Äänekosken paloasemalla mitatut pitoisuudet jäivät selvästi myös ilmanlaadun raja-arvojen ja arviointikynnyksien alapuolelle. Ainoastaan hengitettävät hiukkaset ylittivät alemman arviointikynnyksen pitoisuustason. Typpidioksidin pitoisuudet olivat enimmillään 25 % raja-arvoista, hengitettävien hiukkasten pitoisuudet 51 % raja-arvoista ja rikkidioksidin pitoisuudet enimmillään 1 % raja-arvoista. Haiseville rikkiyhdisteille ei ole asetettu raja-arvoja ilmanlaatulainsäädännössä.

Tuulensuunnittain tarkasteltuna typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat keskimäärin suurimmillaan tyynellä säällä ja tuulen puhaltaessa kaakon ja lounaan väliseltä alueelta, eli Äänekoskentien suunnasta sekä pohjoisesta paloaseman parkkialueelta päin. Vuonna 2021 esiintyi kuitenkin vain hyvin vähän pohjoistuulia. Tyynellä säällä havaitut korkeat typpidioksidin ja hiukkasten pitoisuudet kertovat paikallisista lähipäästölähteistä, jonka lähde ja sen sijaintia ei tarkemmin pystytä määrittelemään. Kovemmilla tuulennopeuksilla pystytään selkeästi päättämään, mistä suunnasta mitatut pitoisuudet ovat peräisin. Rikkidioksidipitoisuudet olivat suunnilleen samansuuruiset kaikilla ilmansuunnilla sekä tyynellä säällä. Haisevia rikkiyhdisteiden pitoisuus oli selvästi korkeimmillaan eteläisillä tuulilla.

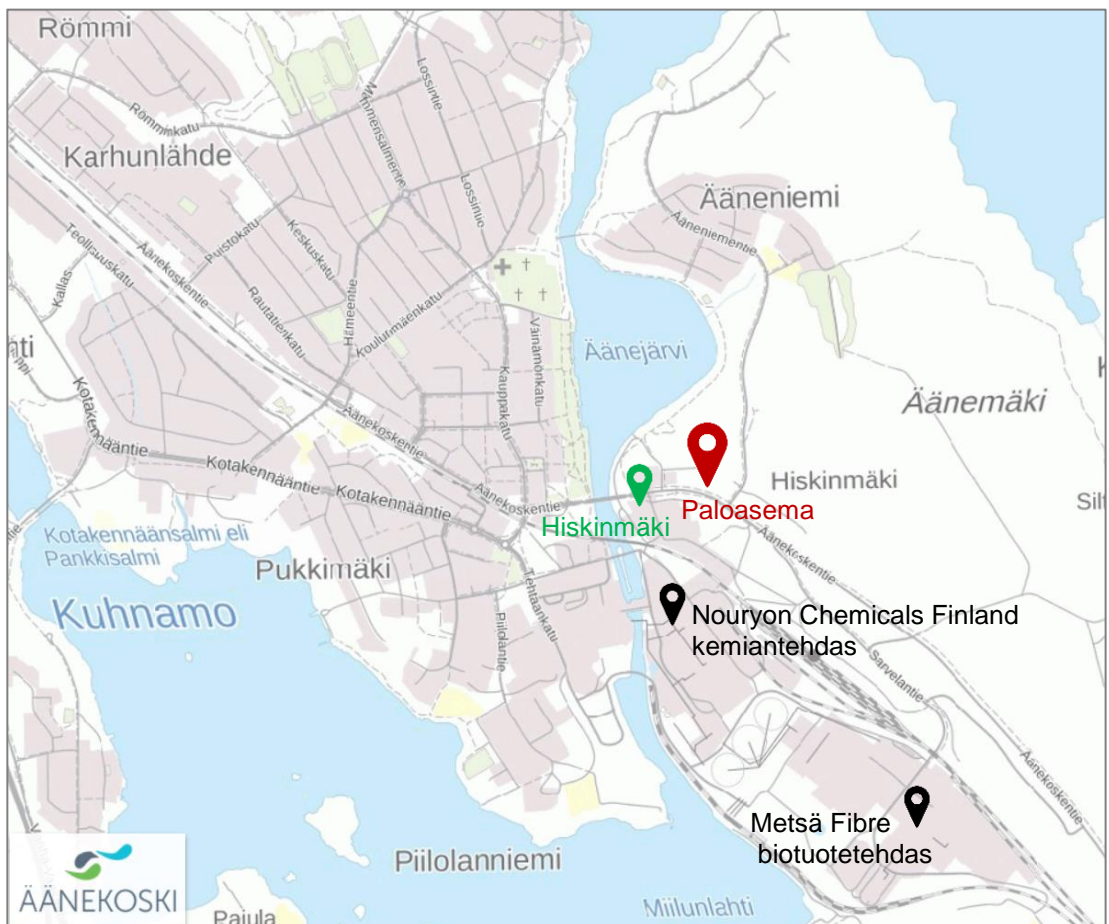
Tuulensuuntatarkastelun ja pitoisuuksien tunti- ja vuorokausijakaumien perusteella Äänekosken paloaseman mittauspisteessä typpidioksidin pitoisuuksiin vaikuttavat eniten autoliikenteen päästöt. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksiin vaikuttavat pakokaasuissa olevien hiukkasten lisäksi tuulen ja liikenteen maanpinnasta ilmaan nostattamat hiukkaset sekä teollisuuden päästöistä peräisin olevat hiukkaset. Haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuudet sen sijaan ovat selvimmän kytköksissä teollisuuden päästöihin. Rikkidioksidipitoisuudet olivat pieniä kaikilla tuulensuunnilla, joten sen päästölähteiden sijainneista ei vuoden 2021 mittausten perusteella voi tehdä johtopäätöksiä.

OSA II

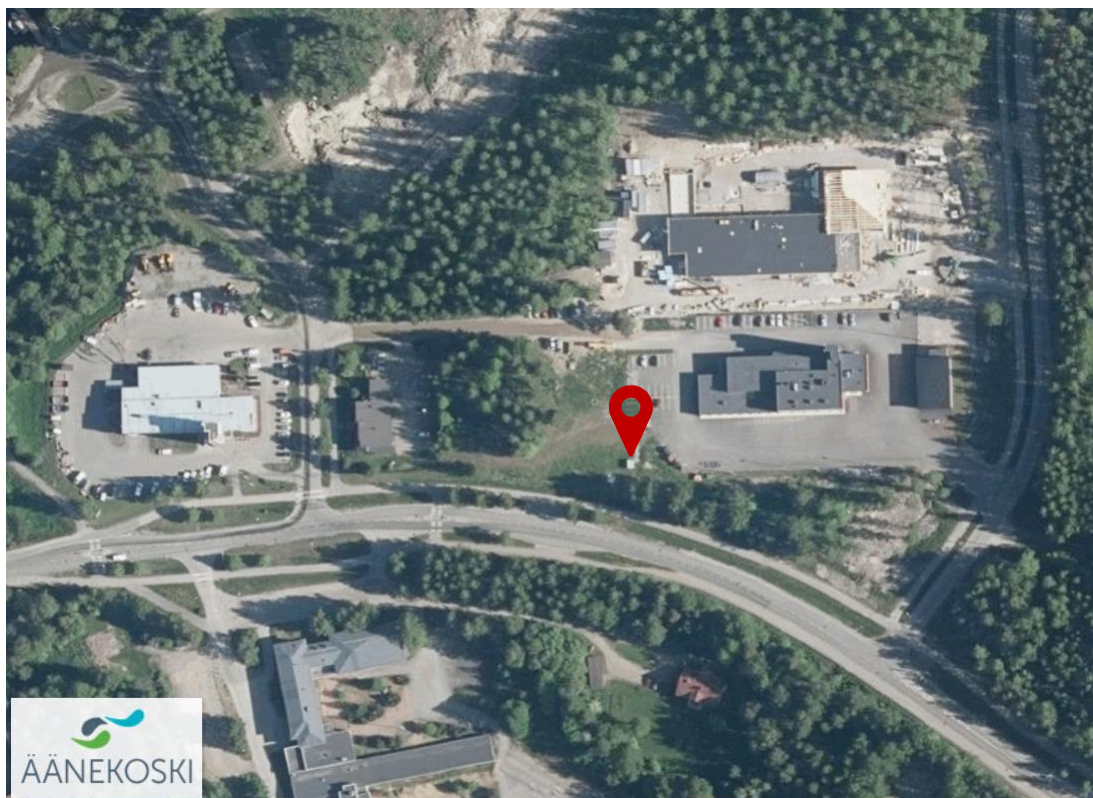
4. TUTKIMUKSEN SUORITUS

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 18 ja 19 kartalla ja ilmakuvassa. Kartalle on merkitty myös vuosina 2004–2018 toimineen ilmanlaadun mittausaseman sijainti Hiskinmäellä sekä lähimpien teollisuuslaitosten sijainti.



Kuva 18. 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 19. 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 20.

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 43S + PPM891 konverterri
Meteorologiset tiedot		Vaisala WXT530



Kuva 20. 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 hiukkasanalysointilaitteiden antamien tulosten vastaavuus PM₁₀/PM_{2.5}-hiukkasten gravimetrisen referenssimenetelmään on osoitettu tutkimuksessa *Walden ym., 2017*. Äänekoskella PM₁₀ –mittalaitteena käytössä olleelle Sharp 5030 -analysointilaitteelle 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 kalibrointitulosten perusteella ja laitteiden toimintahäiriöistä johtuneet virheelliset arvot poistettiin. Mittauksia seurattiin etävalvontana Ilmatieteen laitokselta Helsingistä.

4.3 Kalibrointimenetelmät, 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_laaturjestelmien_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. Analysointilaitteiden 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 kalibrointilaitteita 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 mittaussasemalla kaikkien komponenttien osalta kaikkina kuukausina. Helmi- ja maaliskuussa mittauksissa oli yhteensä viiden vuorokauden mittainen katkos sähkökatkon ja sulakkeen palamisen seurauksena. Mittauksista puuttui helmikuussa yhden ja maaliskuussa neljän vuorokauden datat. Vuorokausipitoisuuksia kertyi kuitenkin helmikuulta 96 % ja maalikuulta 87 % vuorokausiarvoista, joten katkoksisista huolimatta laatutavoite aineiston vähimmäismäärälle täyttyi myös helmi- ja maaliskuussa. Muilta kuukausilta ei vuonna 2021 puuttunut vuorokausiarvoja.

Raja-arvojen ylittymisen valvontaan käytettävissä jatkuvissa mittauksissa aineiston vähimmäismäärä on 90 % kalenterivuoden tunneista, mikä ei kuitenkaan sisällä laitteiden säännöllisestä kalibroinnista tai normaalista kunnossapidosta aiheutuvaa tietohukkaa. Aineiston vähimmäismäärän laatutavoite täyttyi vuonna 2021 kaikilla raja-arvoihin verrattavilla ilman epäpuhtauksilla.

5. SÄÄTIEDOT VUONNA 2021

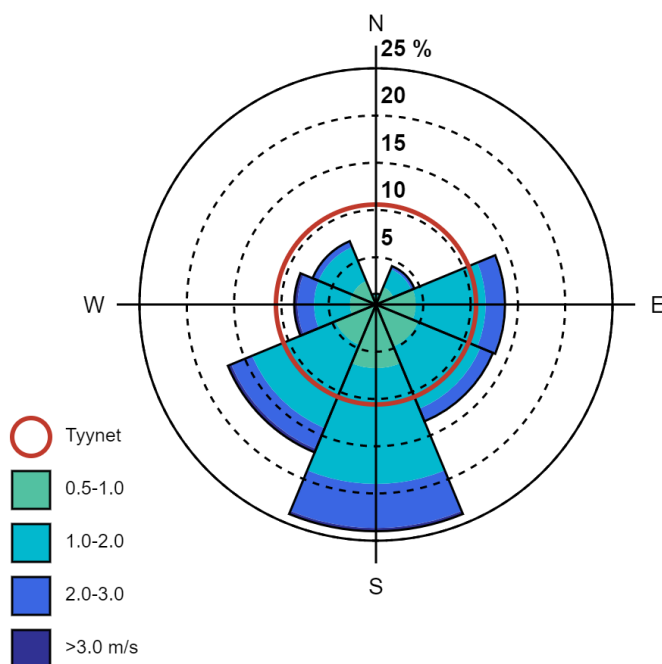
5.1 Tuulitiedot Äänekoskella mittausjaksolla

Äänekosken paloasemalla mitattujen tuulennopeuksien keskiarvo mittausjaksolla oli 1,3 m/s. Tyynien tilanteiden osuus oli noin 11 % 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 21 on esitetty vuoden 2021 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. Tuulensuunnat olivat muutenkin painottuneet idän ja lounaan väliseen sektoriin. Lännen ja koillisen välisestä sektorista ei puolestaan havaittu juuri lainkaan tuulia. 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

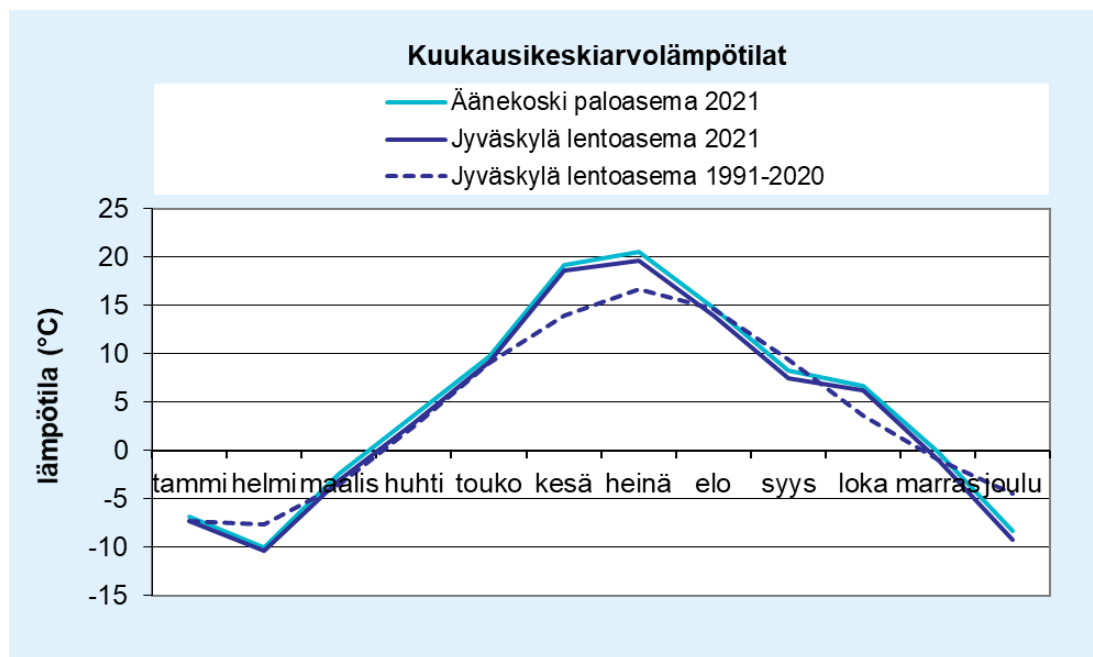
lähellä. Myös Ilmatieteen laitoksen Keski-Suomen sääasemilla esiintyi vähemmän pohjoisen puoliskon tuulia ja enemmän eteläisiä ja läntisiä tuulia, joten Äänekosken paloasemalla mitattua tuuliaineistoa voidaan pitää hyvin tätä mittausjaksoa edustavana. Tuulenopeudet olivat mittausjaksolla pieniä, jääden pääosin alle 2,0 m/s kaikissa suuntasektoreissa. Kesäkuussa Suomessa oli kaksi myrskyä: Aatu ja Paula. Kumpikaan myrskyistä ei kuitenkaan osunut Keski-Suomeen, eikä kyseisinä päivinä näy ilmanlaadun mittausaseman tuulitiedoissa poikkeavia arvoja.



Kuva 21. Äänekosken paloaseman ilmanlaadun mittausaseman katolta mitatut tuulensuunnat (ilmansuuntasuuntasektorit) ja tuulenopeudet (m/s) vuonna 2021. Tyyneiden tilanteiden osuus oli 11 % kaikista tuulista. Tyyneiksi on tässä tarkastelussa luokiteltu alle 0,5 m/s tuulen nopeudet.

5.2 Keskilämpötilat Äänekosken seudulla

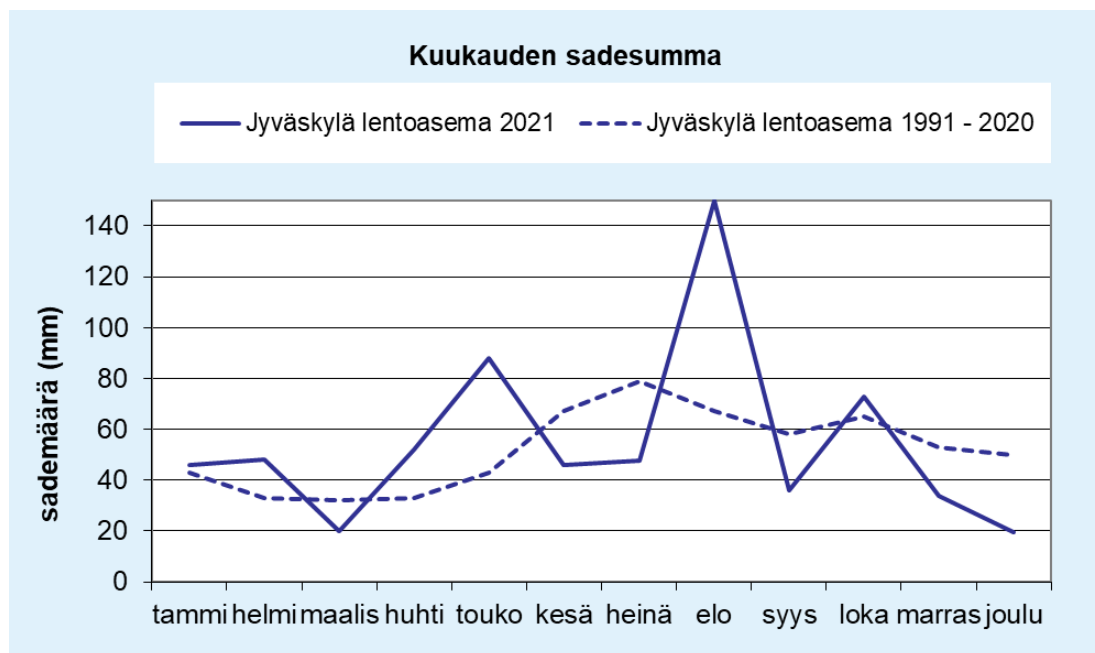
Ilmatieteen laitoksen ylläpitämä Jyväskylän lentoaseman sääasema on Äänekoskea lähimpänä sijaitseva virallinen sääasema. Kuvassa 22 on vertailtu tällä sääasemalla mitattuja vuoden 2021 keskilämpötiloja (*Ilmatieteen laitos, 2022 b*) ilmastollisen vertailukauden 1991–2020 lämpötiloihin (*Jokinen, ym., 2021*) ja Äänekosken paloasemalla mitattuihin lämpötiloihin. Äänekosken paloasemalla lämpötila oli mittausjaksolla 3,7 astetta korkeampi kuin vertailukaudella. Erityisesti kesä oli poikkeuksellisen kuuma; Äänekosken keskilämpötila oli kesäkuussa 5,2 ja heinäkuussa 3,8 astetta vertailukautta lämpimämpää. Toisaalta helmikuu oli Äänekosken mittausasemalla 2,4 astetta tavanomaista kylmempi. Jyväskylän lentoaseman virallisiin säämittauksiin verrattuna Äänekosken mittausasemalla mitattiin hyvin samankaltaisia lämpötiloja. Keskimäärin vuonna 2021 Jyväskylässä oli hieman lämpimämpää.



Kuva 22. Lämpötilan kuukausikeskiarvot Äänekosken paloasemalla vuonna 2021, Jyväskylän lentoaseman lämpötiloihin ja ilmastollisen vertailukauden 1991–2020 pitkäaikaikeskiarvoihin nähden.

5.3 Sademäärät Äänekosken seudulla

Ilmatieteen laitoksen ylläpitämä Jyväskylän lentoaseman sääasema on Äänekoskea lähimpänä sijaitseva sademäärää mittaava virallinen sääasema. Kuvassa 23 on vertailtu tällä sääasemalla mitattuja vuoden 2021 kuukausisademääriä (*Ilmatieteen laitos, 2022 b*) ilmastollisen vertailukauden 1991–2020 sademääriin (*Jokinen, ym., 2021*). Vuoden sademäärä Jyväskylän lentoasemalla oli 440 mm, mikä on 16 % suurempi kuin vertailukauden 1991–2020 vastaavan jakson sademäärä. Erityisesti elokuu oli vuonna 2021 vertailukautta selvästi runsassateisempi Jyväskylän lentoasemalla ja lähes koko Suomessa. Etenkin kesäisin kuurosateet saattavat kuitenkin olla paikallisia ja vettä voi sataa hyvinkin rankasti, mikä helposti vaikuttaa myös paikallisiin sademääriin.



Kuva 23. Kuukausisademäärät Ilmatieteen laitoksen Jyväskylän lentoaseman sääasemalla vuonna 2021 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 ilmassa 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 epävakaa, sekoittuminen on voimakasta ja ilmaan päässeet epäpuhtaudet laimenevat nopeasti.

Inversiolla tarkoitetaan tilannetta, jossa ilmakehän lämpötila nousee ylöspäin mentäessä. Erityisesti maanpintainversion aikana ilmanlaatu voi paikallisesti huonontua nopeasti. 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 pakokaasut pääsevät suoraan ihmisten hengityskorkeudelle. Korkeista piipuista vapautuvat energiantuotannon ja teollisuuden päästöt saattavat joskus purkautua matalien maanpintainversioiden yläpuolelle, jolloin ne eivät juuri vaikuta pitoisuuksiin lähellä maanpintaa lähialueellaan.

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

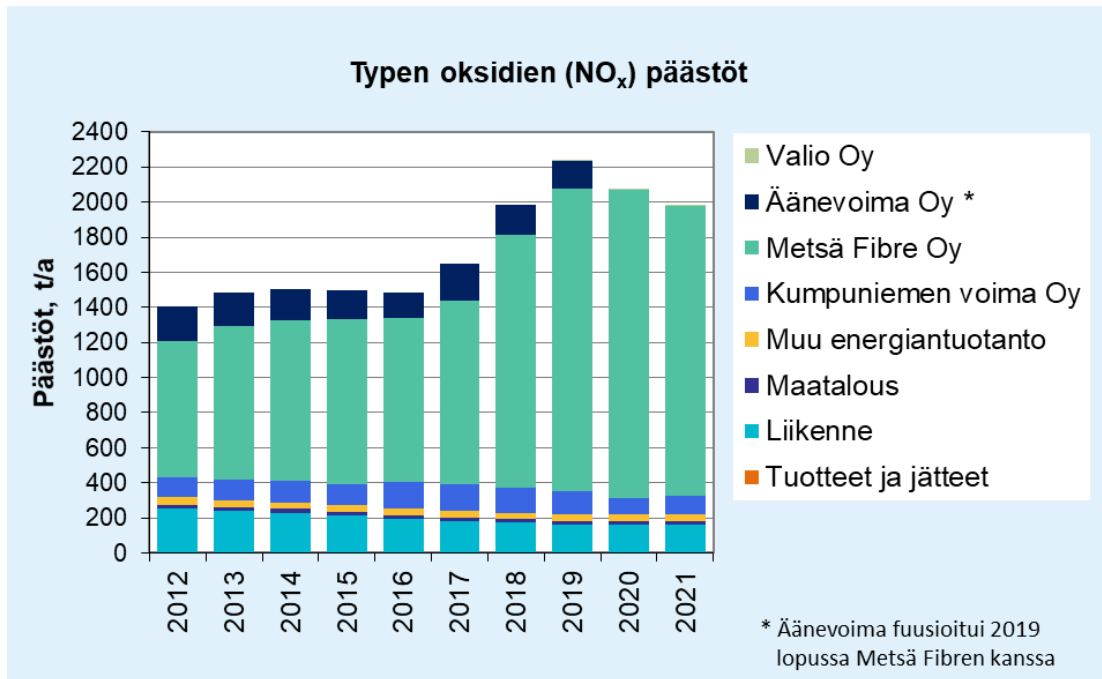
6. ÄÄNEKOSKEN PÄÄSTÖTIEDOT

Äänekosken typen oksidien, hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden päästötiedot viimeiseltä 10 vuodelta on esitetty kuvissa 24–27. Äänekosken alueella toimivien yritysten vuosien 2019–2021 päästötiedot on saatu suoraan toiminnanharjoittajilta ja vuosien 2011–2018 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 päästöinventariosta (*Syke, 2022*). Ilman epäpuhtauspäästöjen inventaario tehdään EMEP:n ja Euroopan ympäristökeskuksen ohjeistuksen (EEA Inventory Guidebook 2019) mukaan. Päästöinventariossa 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 2019 saakka, joten kahtena viimeisenä vuotena kuvaajissa on käytetty vuoden 2019 arvoja.

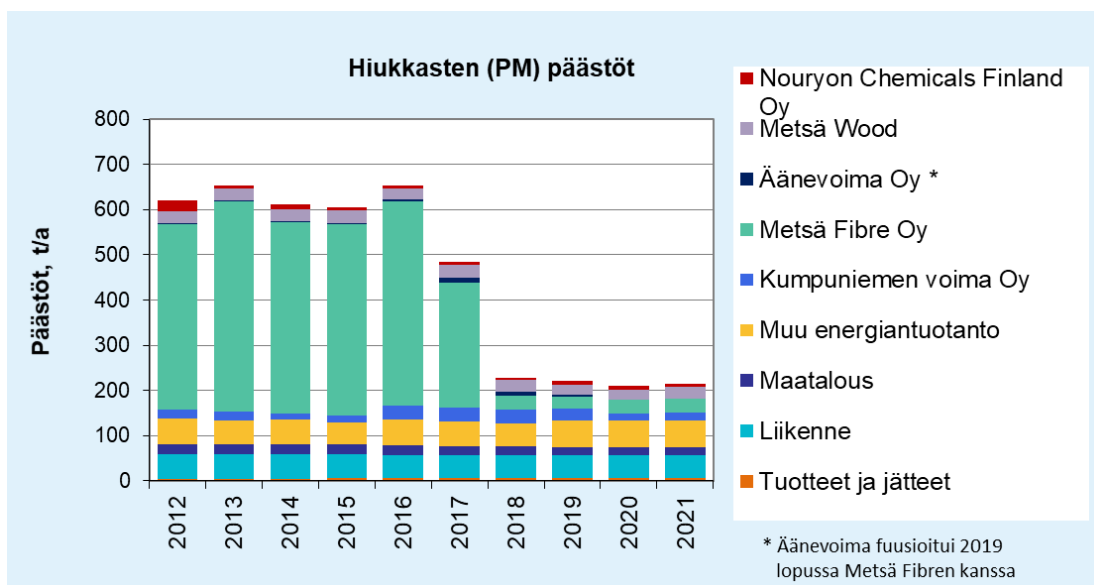
Typen oksidien kokonaispäästöt ovat viimeisen kymmenen vuoden aikana pääosin kasvaneet, mutta kääntyneet laskuun kahden edellisvuoden aikana (kuva 24). Vuonna 2021 kokonaispäästö määrä oli 1979 t/a. Äänekosken typen oksidien päästöistä 84 % oli peräisin Metsä Fibre Oy:n toiminnoista ja 5 % Kumpuniemen voima Oy:n toiminnoista. Liikenteen osuus oli 8 % päästöistä. Liikenteen typenoksidipäästöt ovat viimeisen 10 vuoden aikana jatkuvasti pienentyneet, samoin kuin muun energiantuotannon päästöt, mutta maatalouden päästöt ovat pysyneet ennallaan. Metsä Fibre Oy:n typen oksidien päästöt ovat olleet kasvussa vuoteen 2019 saakka, mutta

vuonna 2020 päästöissä tapahtui selvä pudotus, ja Metsä Fibren ja Äänevoima Oy:n fuusion jälkeen yhteenlasketut päästöt ovat laskeneet kahtena edellisenä vuotena.



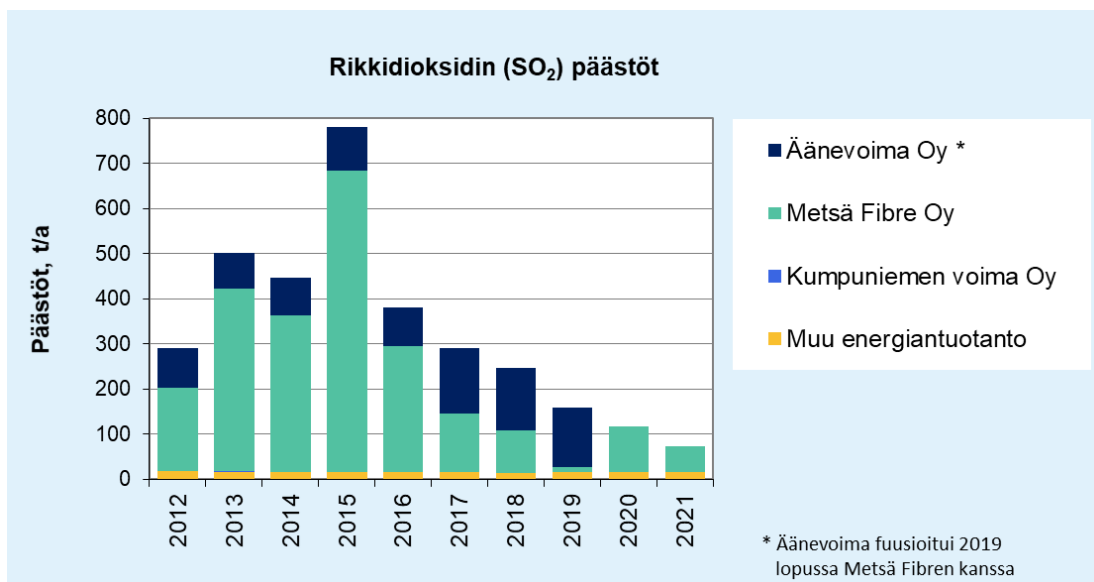
Kuva 24. Typenoksidien päästöt Äänekoskella vuosina 2012–2021. Valio Oy:n päästöt sekä tuotteet ja jätteet -päästöluokan päästöosuudet ovat niin pieniä (<0,1 t/a), etteivät ne näy kuvaajassa.

Hiukkasten kokonaispäästöt ovat pienentyneet noin kolmasosaan viimeisen 10 vuoden aikana (kuva 25). Vuonna 2021 kokonaispäästö määrä oli 214 t/a. Suurin päästövähennys tapahtui vuonna 2018, jolloin Metsä Fibren hiukkaspäästöt putosivat noin kymmenesosaan edellisvuoden päästö määrästä. Liikenne ja muu energiantuotanto olivat vuonna 2021 suurimmat hiukkaspäästölähteet, kummatkin noin 25 % päästöosuuksilla. Muu energiantuotanto sisältää mm. kiinteistöjen erillislämmityksen päästöt. Metsä Fibren hiukkaspäästöt olivat noin 15 %, Metsä Woodin Suolahden vaneritehtaiden päästöt noin 12 %, Kumpuniemen voima Oy:n 8 % ja Nouryon Chemicals Finland Oy:n 3 % kokonaispäästöistä.



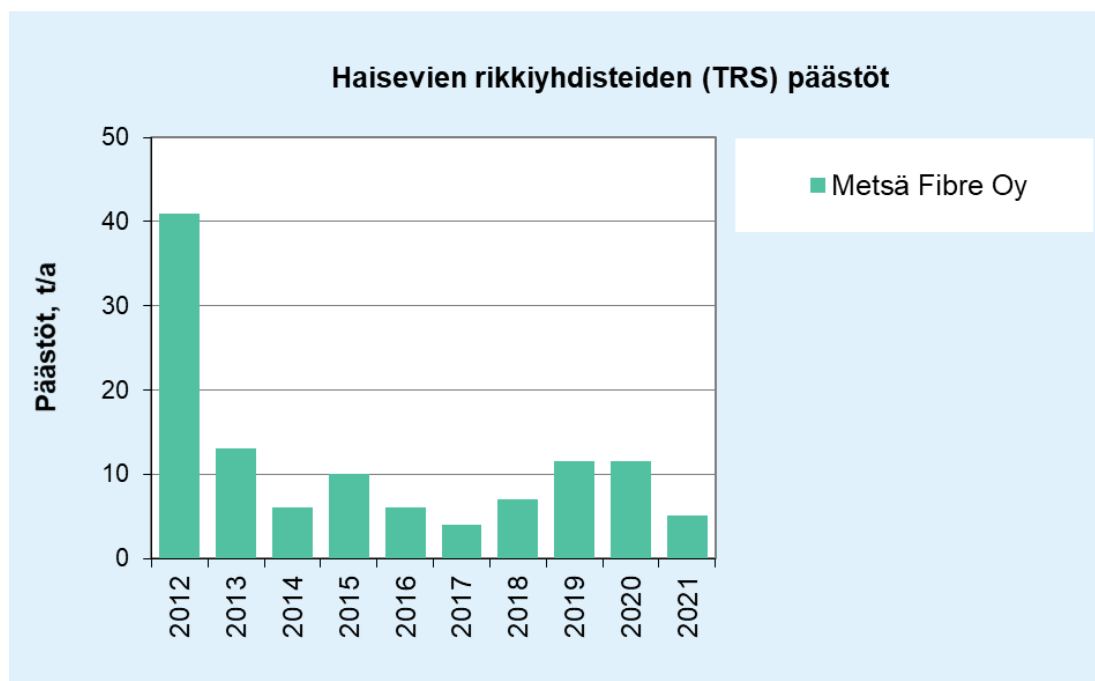
Kuva 25. Hiukkasten päästöt Äänekoskella vuosina 2012–2021.

Rikkidioksidin kokonaispäästöt ovat pienentyneet merkittävästi viimeisen kuuden vuoden aikana (kuva 26). Vuonna 2021 kokonaispäästömäärä oli 74 t/a. Suurin päästövähennys tapahtui vuonna 2016, jolloin Metsä Fibren rikkidioksidipäästöt putosivat alle puoleen edellisvuoden päästömäärästä. Metsä Fibren rikkidioksidipäästöt olivat vuonna 2021 noin 79 % kokonaispäästöistä ja muu energiantuotannon osuus oli noin 20 %.



Kuva 26. Rikkidioksidin päästöt Äänekoskella vuosina 2012–2021. 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 27). Vuonna 2021 kokonaispäästömäärä oli 5 t/a, joka on alle puolet vuosien 2019 ja 2020 kokonaispäästöistä. Kaikki haisevien rikkiyhdisteiden päästöt ovat peräisin Metsä Fibren toiminnoista. Suurin päästövähennys tapahtui vuonna 2013, jolloin päästöt putosivat noin kolmasosaan edellisvuoden päästömäärästä. Metsä Fibren vanhan sellutehtaan toiminta lopetettiin vuonna 2017 ja tilalle valmistui elokuussa uusi biotuotetehdas. Biotuotetehdas saavutti täyden tuotantokapasiteetin elokuussa 2018.



Kuva 27. Haisevien rikkiyhdisteiden päästöt Äänekoskella vuosina 2012–2021.

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-

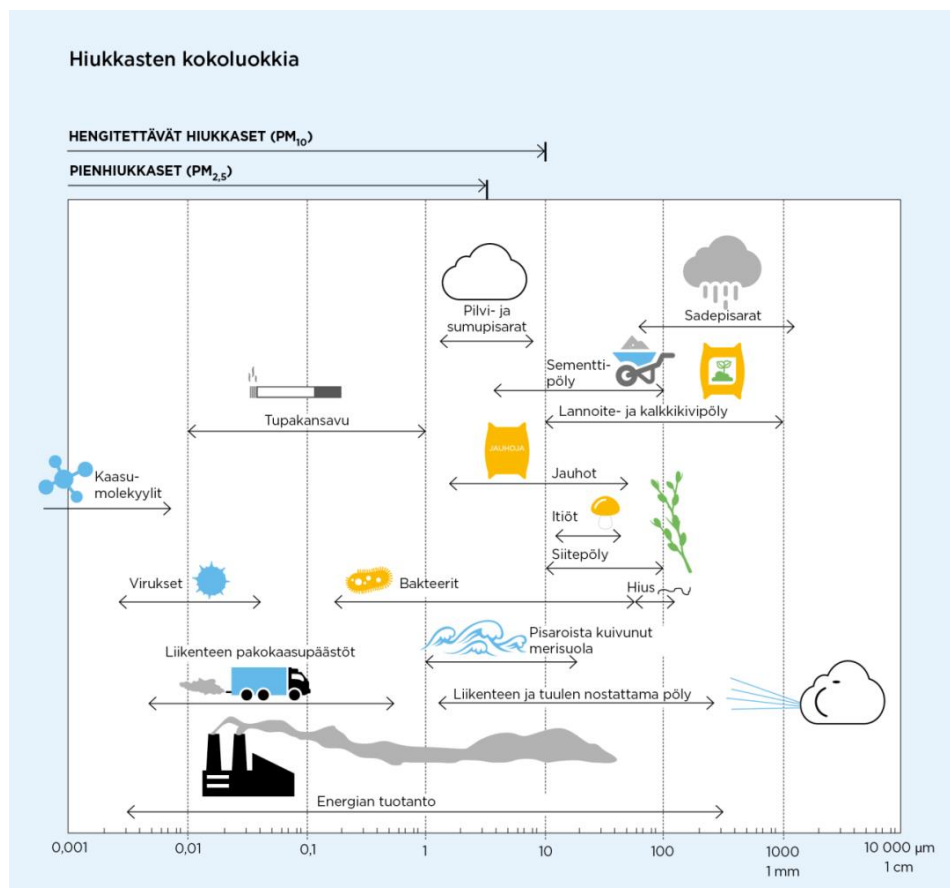
den aiheuttamat päästöt (pistemäiset päästölähteet) olisivat määrällisesti jopa suurempia auto-liikenteeseen verrattuna. Ihmiset altistuvat helposti liikenteen päästöille, sillä autojen pakokaasupäästöt vapautuvat hengityskorkeudelle.

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 c*).

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 28.



Kuva 28. Hiukkasten kokoluokkia. Hiukkasten koko ilmaistaan halkaisijana mikrometreissä (μm). Mikro (μ) etuliite tarkoittaa miljoonasosaa. $1 \mu\text{m}$ 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 c).

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

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

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 c*).

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 c*).

7.5 Ilman epäpuhtauksien terveysvaikutukset

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

Ilmansaasteiden arvioidaan aiheuttavan Suomessa noin 1 600 ennen aikaista kuolemantapausta vuodessa (*Hänninen ym. 2016*). Lisäksi ilmansaasteet aiheuttavat haittoja lisääntyneen sairastamisen takia. Haitalliset vaikutukset ilmenevät siitä huolimatta, että ilmanlaadun raja- tai ohjearvot eivät Suomessa 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 määriteltä valtionneuvoston 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 ylityessä 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 määriteltä 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.

7.7 Ilmanlaadun arviointikynnykset

Seuranta-alueen ilmanlaadun seurannan suunnittelussa on otettava huomioon ilmanlaatuasetuksissa 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 7 on esitetty typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja rikkidioksidin pitoisuuksille määritetyt ylempät ja alemmat arviointikynnykset sekä niiden osuus raja-arvopitoisuuksista.

Taulukko 7. 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, 2022 a. Alustavat tulokset Jyväskylän Hannikaisenkadulla ja Palokassa sekä Kuopion Sorsasalossa mitatuista ulkoilman pitoisuuksista. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun tutkimus. <https://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>

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

Ilmatieteen laitos, 2022 c. Ympäristönsuojelun tietojärjestelmän ilmanlaatuosa, tarkistetut mitaustulokset. <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, 2022. 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

LIITETAULUKOT

Liitetaulukko 1. Äänekosken paloasemalla mitatut typpimonoksidin (NO) tunti- ja vuorokausipitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kuukausittain vuonna 2021. Pitoisuudet on ilmoitettu 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2021											
	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	744	636	661	720	741	718	744	742	720	744	710	744
kattavuus (%)	100	94,6	88,8	100	99,6	99,7	100	99,7	100	100	98,6	100
keskiarvo	1,8	3,2	1,9	1,5	1,1	2,1	1,8	1,7	3	2,4	2	4,9
99. %-piste	15,1	30,6	10,8	10,8	9,8	14	14,7	14,6	31,2	17,7	12,7	73
korkein arvo	20,2	80,6	40,5	17,9	16,8	20,4	42,2	24,9	75,1	37,6	28,6	162,8
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	27	27	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2. korkein arvo	5,3	9,6	5,2	3	2,7	4,6	4,3	3,5	9,5	5,8	5,1	21,4
korkein arvo	7,8	17,2	6,2	3,7	2,9	4,8	5	4,9	15,3	6,4	5,3	41,2

Liitetaulukko 2. Äänekosken paloasemalla mitatut typpidioksidin (NO_2) tunti- ja vuorokausipitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kuukausittain vuonna 2021. Pitoisuudet on ilmoitettu 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2021											
	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	744	636	661	720	741	718	744	742	720	744	710	744
kattavuus (%)	100	94,6	88,8	100	99,6	99,7	100	99,7	100	100	98,6	100
keskiarvo	9	11	6,1	4,6	3,1	5,1	4,8	4,1	5,4	6,9	5,9	8,7
99. %-piste	44,2	50,7	31,4	22,4	18,5	17,9	16,5	14,1	24,1	17,3	21,6	51,1
korkein arvo	64	66,9	50	37,2	31,3	27,5	61,5	20,8	40,4	33	32,8	59,5
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	27	27	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2. korkein arvo	21,5	22,7	12,6	8,8	8,2	10,1	9,8	8,6	13,7	11,2	11,7	28,1
korkein arvo	32,1	32,4	19,1	1,1	8,9	11,3	11	9	13,7	11,7	12,7	18,8

Liitetaulukko 3. Äänekosken paloasemalla mitatut kokonaistypenoksidien (NO_x) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain vuonna 2021. Pitoisuudet on ilmoitettu 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

NO _x (µg/m ³)	2021											
	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	744	636	661	720	741	718	744	742	720	744	710	744
kattavuus (%)	100	94,6	88,8	100	99,6	99,7	100	99,7	100	100	98,6	100
keskiarvo	11,7	15,8	9	6,8	4,8	8,3	7,6	6,8	9,9	10,6	8,9	16,2
99. %-piste	69,9	98	42,9	36,2	26,5	36,3	37	32,3	63,1	39,9	42	158,9
korkein arvo	86,9	181,9	111,1	63,6	46,8	45,7	111,8	44,5	134,4	81,9	68,7	308,6
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	27	27	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2. korkein arvo	29,6	35,2	20,6	13	11,5	15,6	15,2	13,9	24,5	18,9	17,5	60,8
korkein arvo	44	58,7	28,6	13,2	12,2	17,5	17,4	14	37,1	19,4	19,3	91,1

Liitetaulukko 4. Äänekosken paloasemalla mitatut hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain vuonna 2021. Pitoisuudet on ilmoitettu ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

PM ₁₀ (µg/m ³)	2021											
	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	744	619	660	720	743	718	744	742	720	744	712	744
kattavuus (%)	100	92,1	88,7	100	99,9	99,7	100	99,7	100	100	98,9	100
keskiarvo	7,4	8,7	11,9	17,7	13,4	22,7	22,2	11	9,2	12,8	7,3	6,9
99. %-piste	19,7	27,2	56,9	74	58,6	75,3	71,2	38,8	38,1	45,3	44,3	24,2
korkein arvo	24,2	33,7	130	94,6	96	93,3	695,7	82,3	219,8	53,4	79,6	32,3
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	25	27	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2. korkein arvo	14,1	15,3	23,5	35,6	42,7	48,6	53,2	20,2	20,3	27,6	28,2	14,1
korkein arvo	14,2	19,5	26	36,7	44,5	49,4	87,4	21,7	21,1	41,9	37,4	14,8

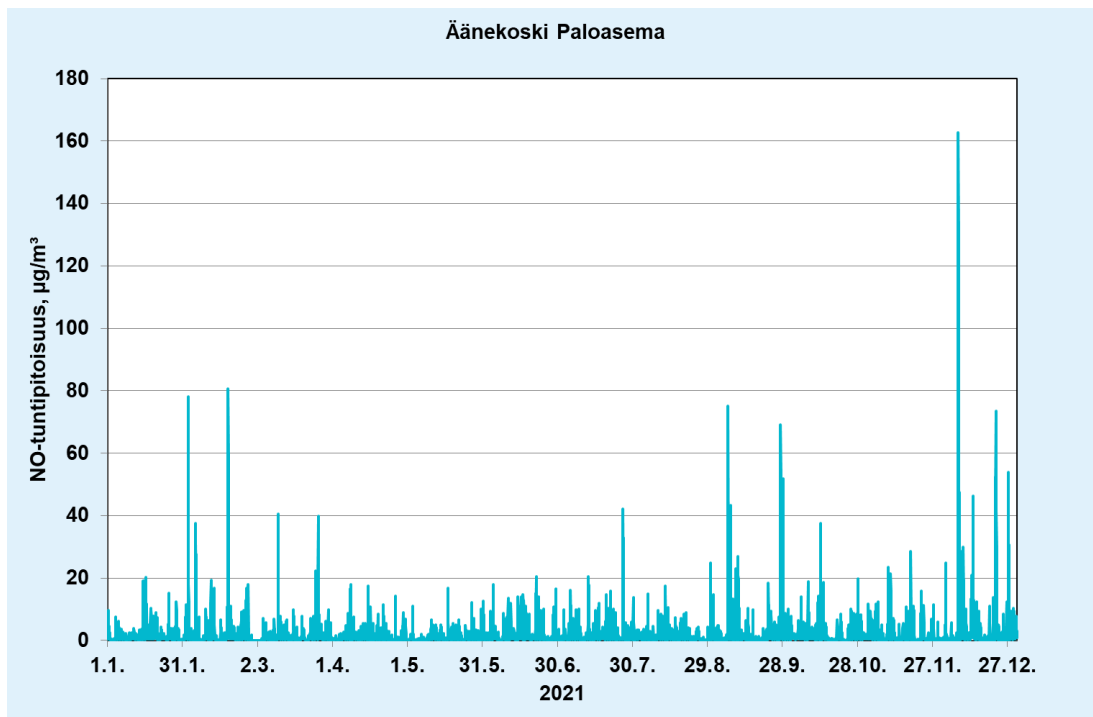
Liitetaulukko 5. Äänekosken paloasemalla mitatut rikkidioksidin (SO₂) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain vuonna 2021. Pitoisuudet on ilmoitettu 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

SO ₂ (µg/m ³)	2021											
	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	744	638	644	720	741	714	744	740	720	744	711	744
kattavuus (%)	100	94,9	86,6	100	99,6	99,2	100	99,5	100	100	98,8	100
keskiarvo	0,6	0,6	0,6	0,5	0,7	0,8	0,7	0,5	0,7	0,4	0,5	1,1
99. %-piste	2,5	3,3	2,7	1,8	1,7	2,3	1,9	0,9	1,5	0,9	1	2,5
korkein arvo	5,7	8,8	3,5	1,9	17	3,4	3,8	1,3	1,9	9,1	1,2	4
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	27	27	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2. korkein arvo	1,6	1,7	1,4	1	1,1	1,3	1,2	0,7	0,9	0,7	0,8	1,9
korkein arvo	1,7	2,3	1,6	1,4	1,9	1,5	1,5	0,7	0,9	0,7	0,9	2,2

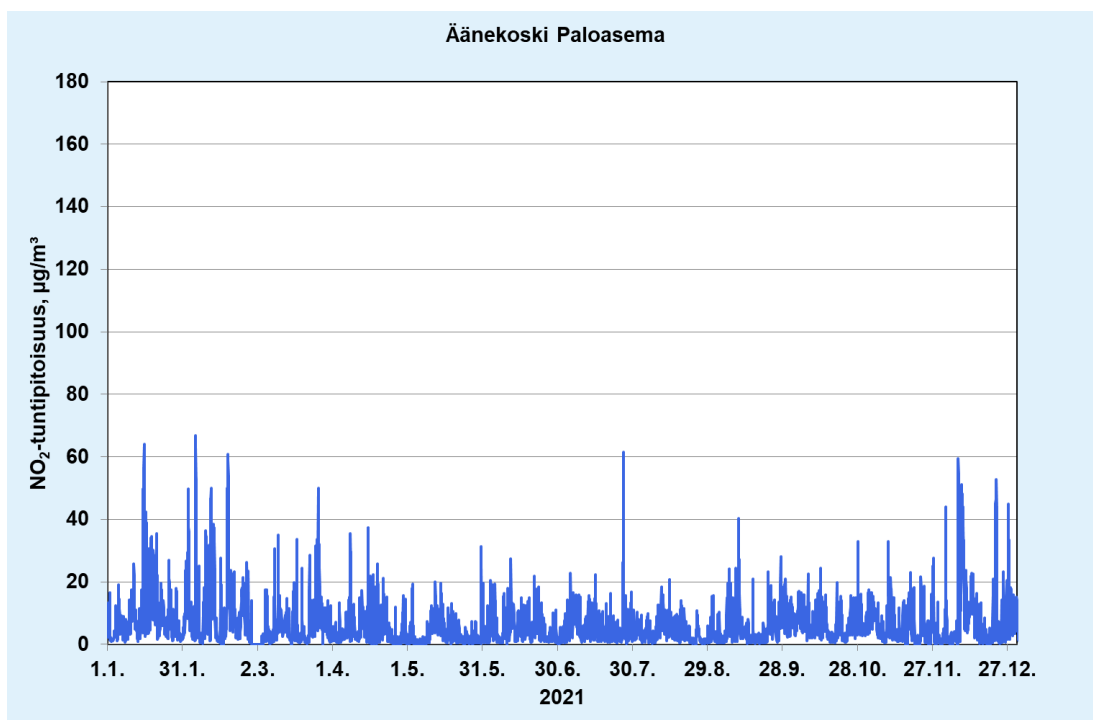
Liitetaulukko 6. Äänekosken paloasemalla mitatut haisevien rikkiyhdisteiden (TRS) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain vuonna 2021. Pitoisuudet on ilmoitettu 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

TRS (µg/m ³)	2021											
	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	744	639	661	720	741	718	744	742	720	744	710	744
kattavuus (%)	100	95,1	88,8	100	99,6	99,7	100	99,7	100	100	98,6	100
keskiarvo	0,5	0,4	0,3	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,3	1,2	0,4	0,4
99. %-piste	1,9	1,1	1,1	0,7	1,1	1,7	1,8	3,3	1,6	12,1	1	2,2
korkein arvo	36,3	1,3	5,9	1	31,6	3,8	12,8	6	2,8	184,5	2,6	4,7
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	27	27	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2. korkein arvo	1,1	0,7	0,6	0,4	0,6	0,7	0,9	1,3	0,6	4,6	0,6	1
korkein arvo	2,7	0,8	0,7	0,4	1,6	0,7	0,9	1,4	0,7	9,2	0,7	1,4

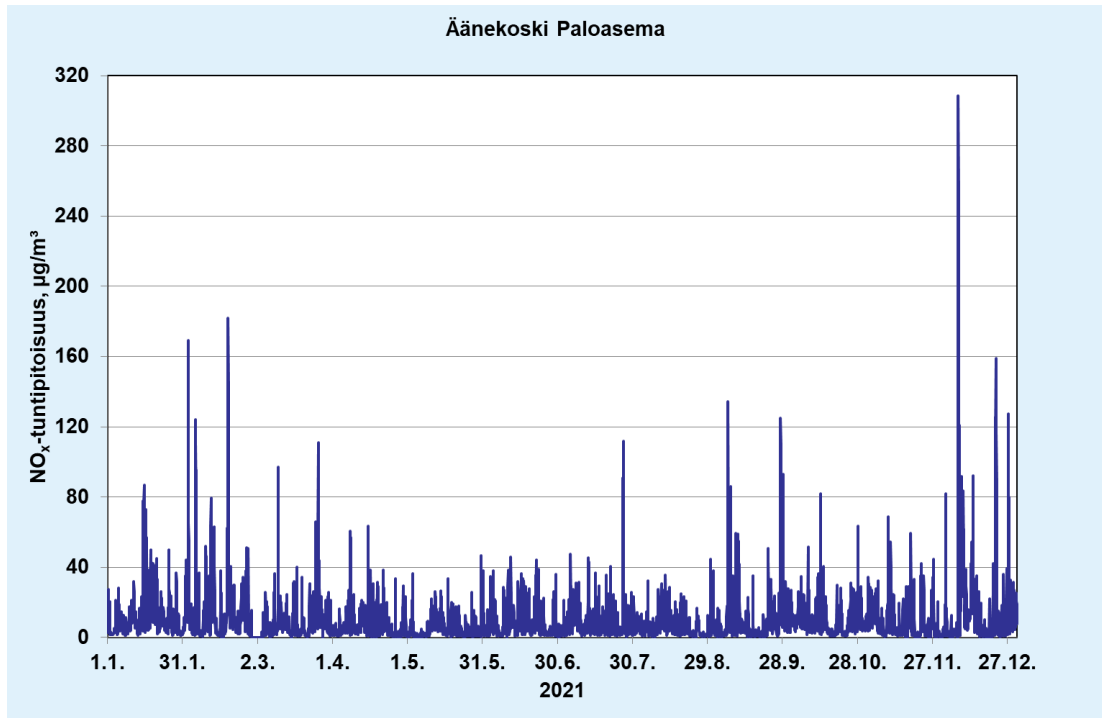
LIITEKUVAT



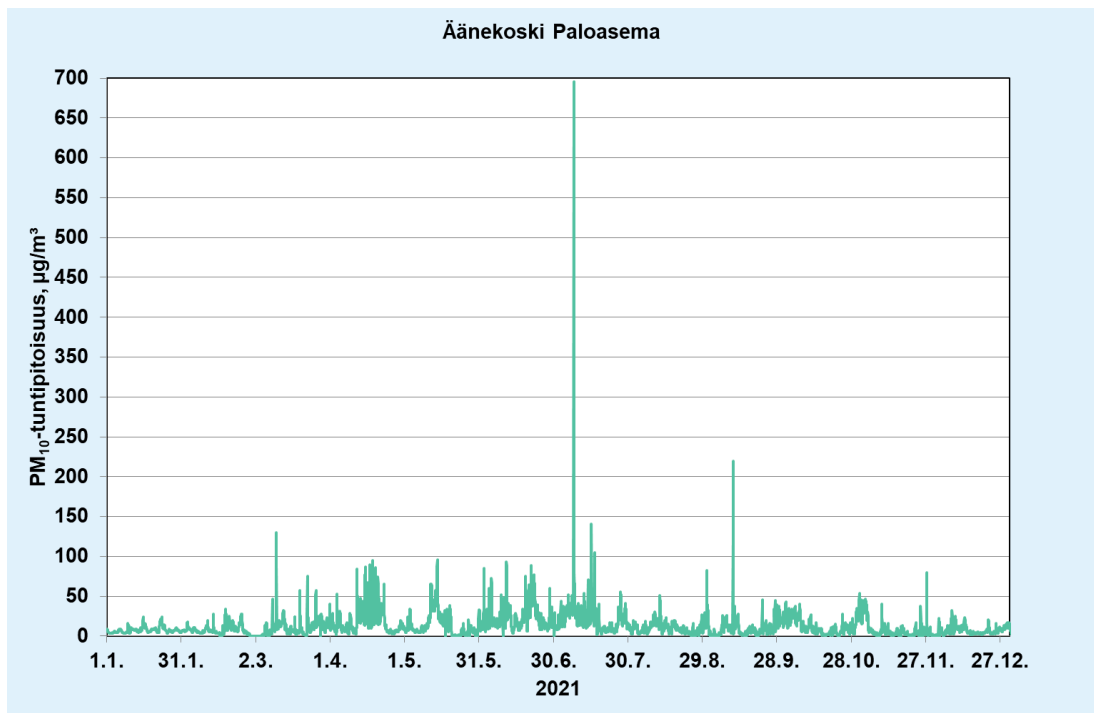
Liitekuva 1. Typpimonoksidin (NO) **tuntipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2021.



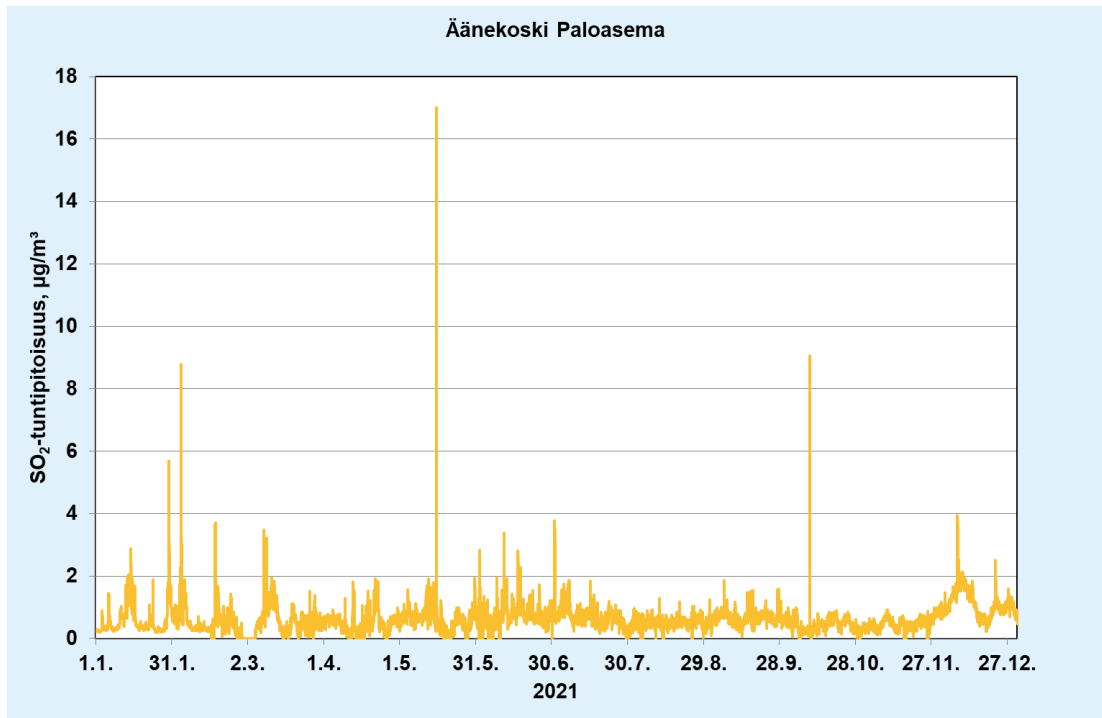
Liitekuva 2. Typpidioksidin (NO₂) **tuntipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2021.



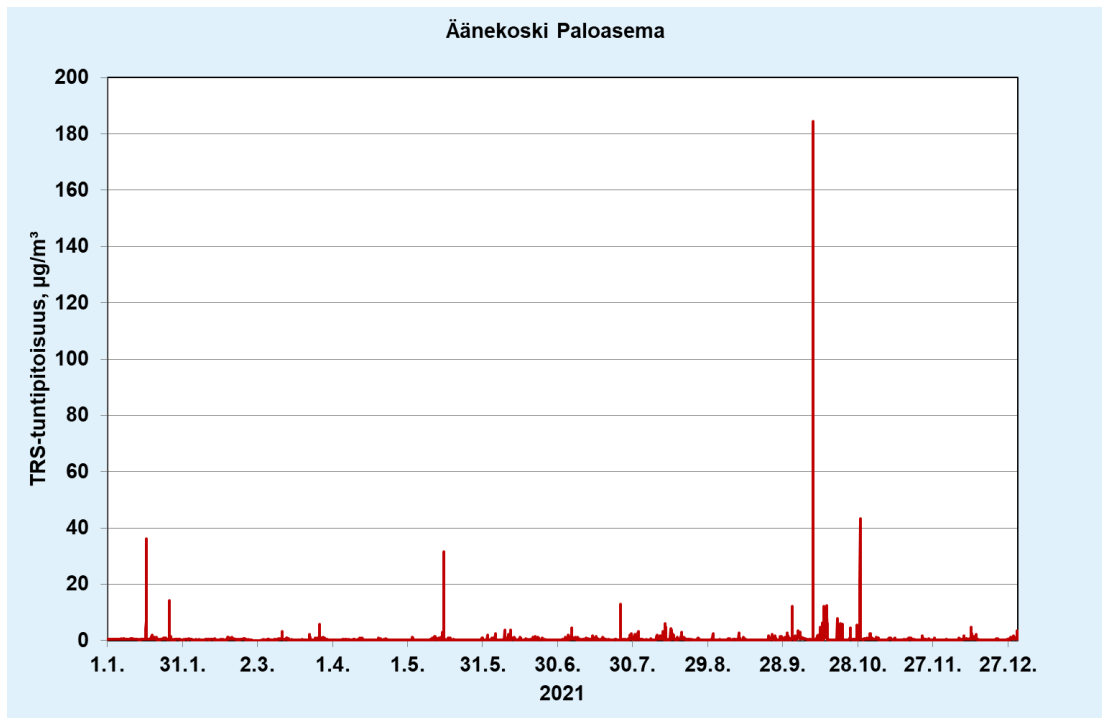
Liitekuva 3. Kokonaistypenoksidien (NO_x) **tuntipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2021.



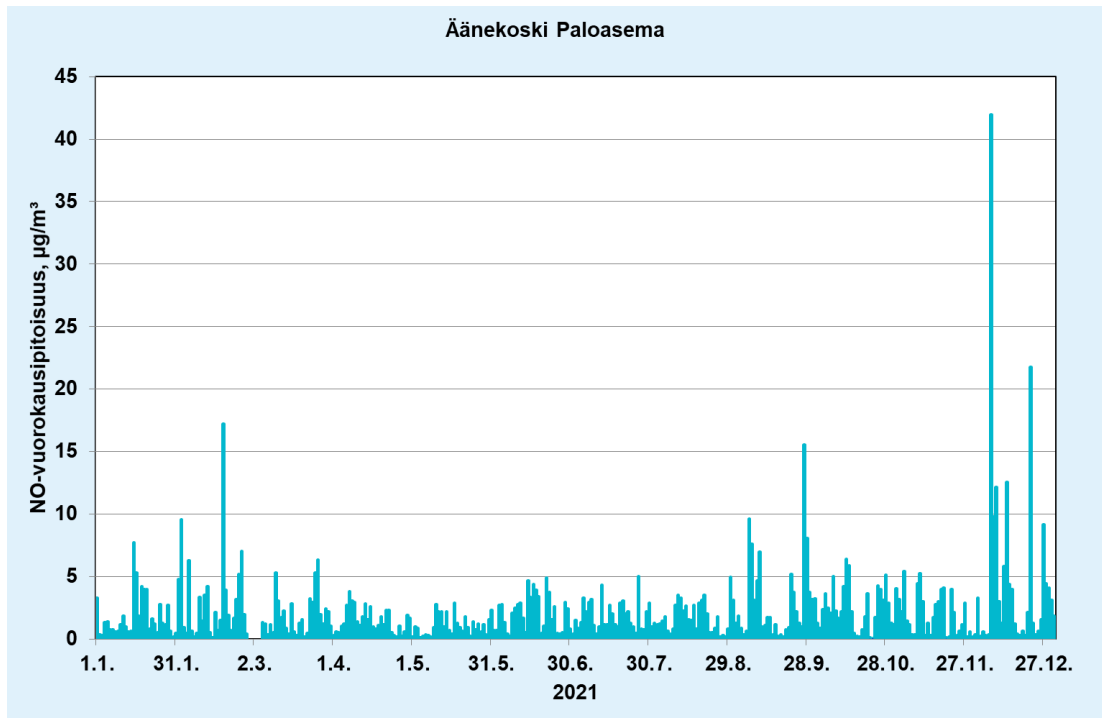
Liitekuva 4. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) **tuntipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2021.



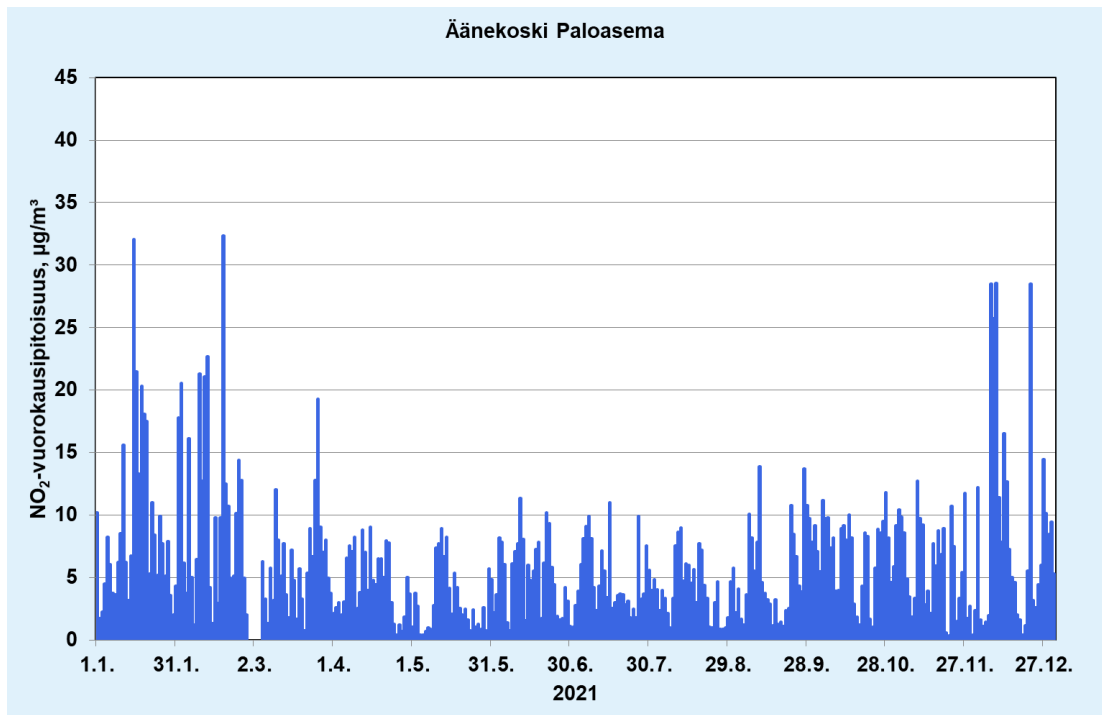
Liitekuva 5. Rikkidioksidin (SO₂) **tuntipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2021.



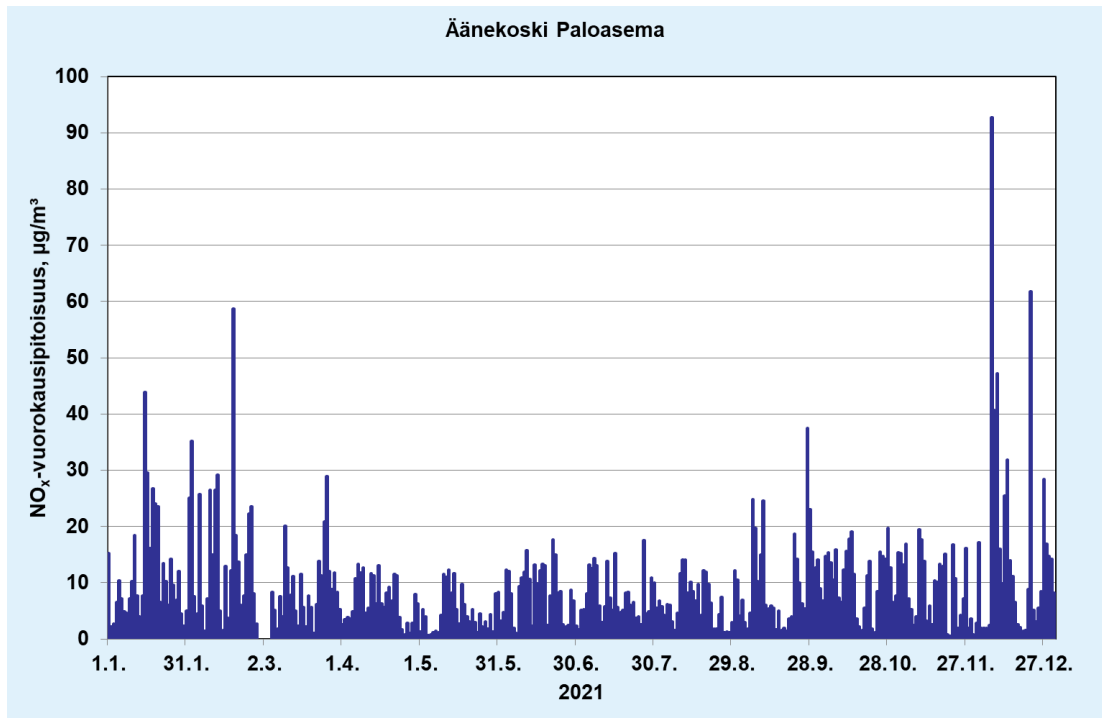
Liitekuva 6. Haisenvien rikkiyhdisteiden (TRS) **tuntipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2021.



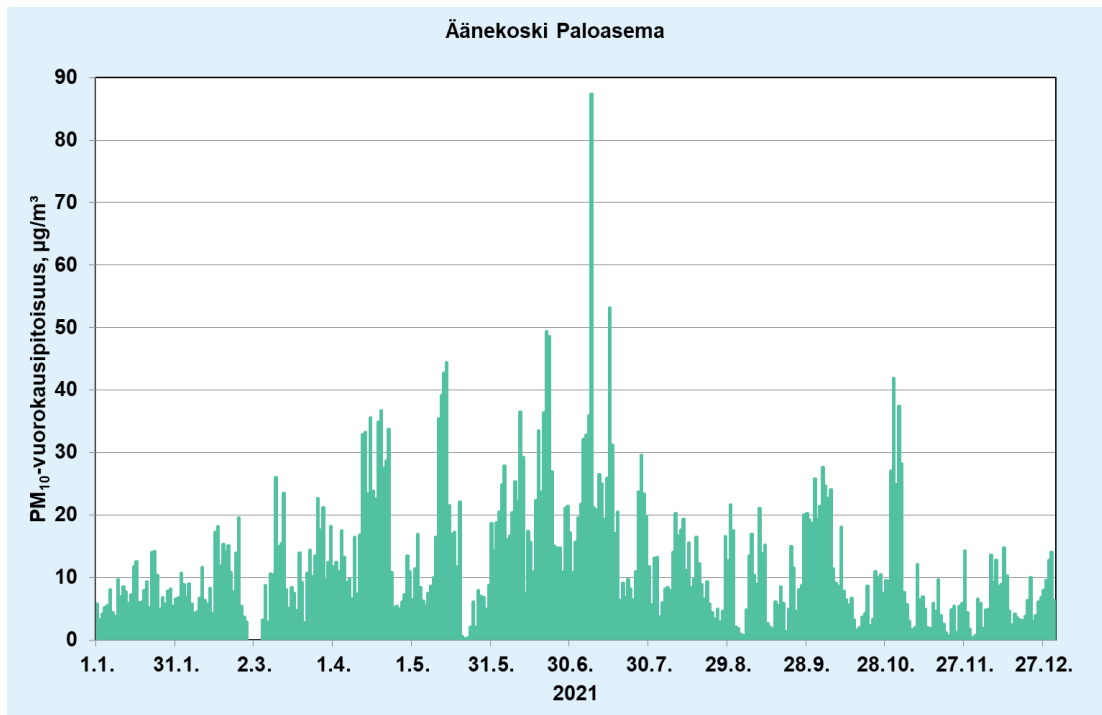
Liitekuva 7. Typpimonoksidin (NO) **vuorokausipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2021.



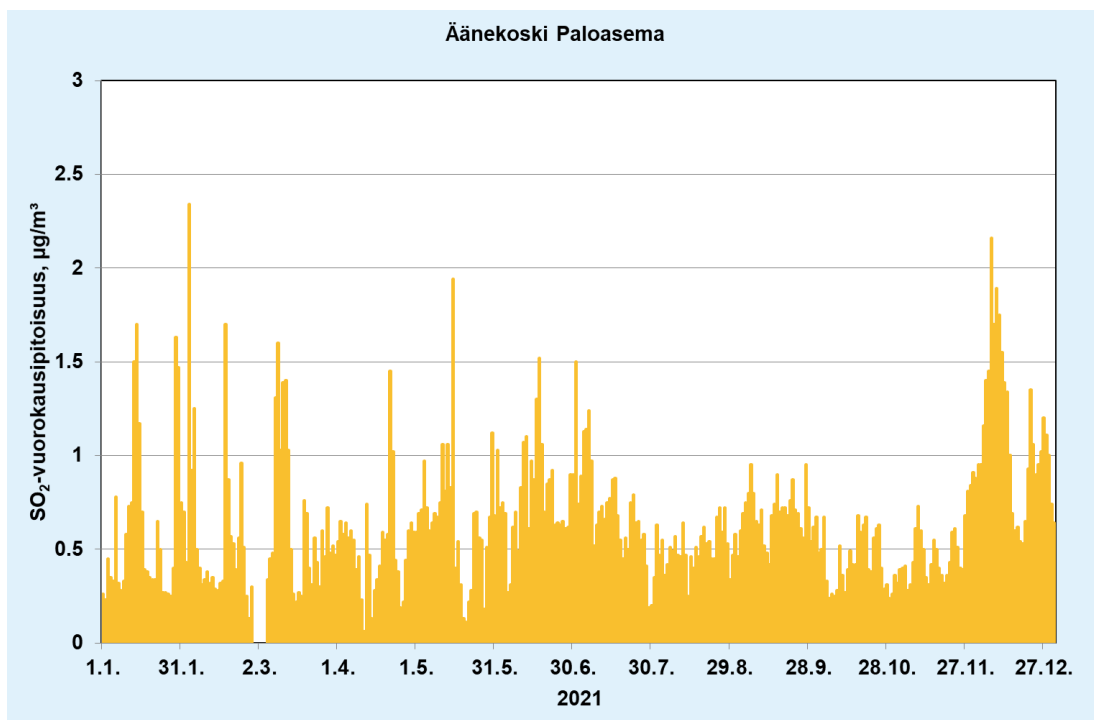
Liitekuva 8. Typpidioksidin (NO₂) **vuorokausipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2021.



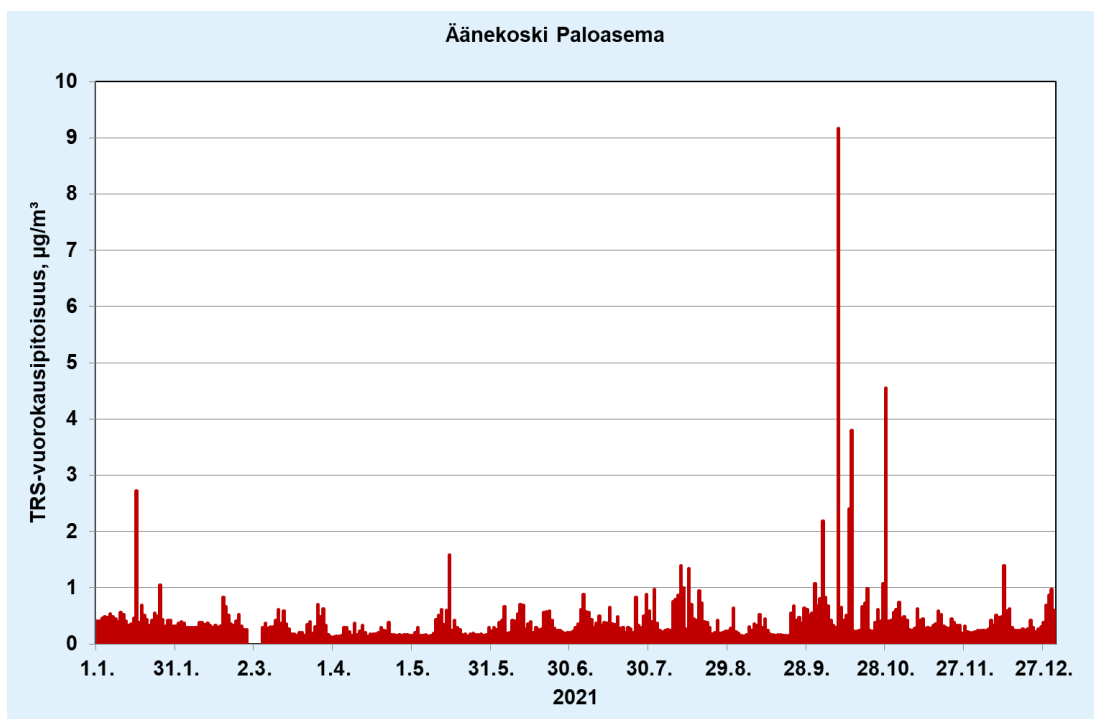
Liitekuva 9. Kokonaistypenoksidien (NO_x) **vuorokausipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2021.



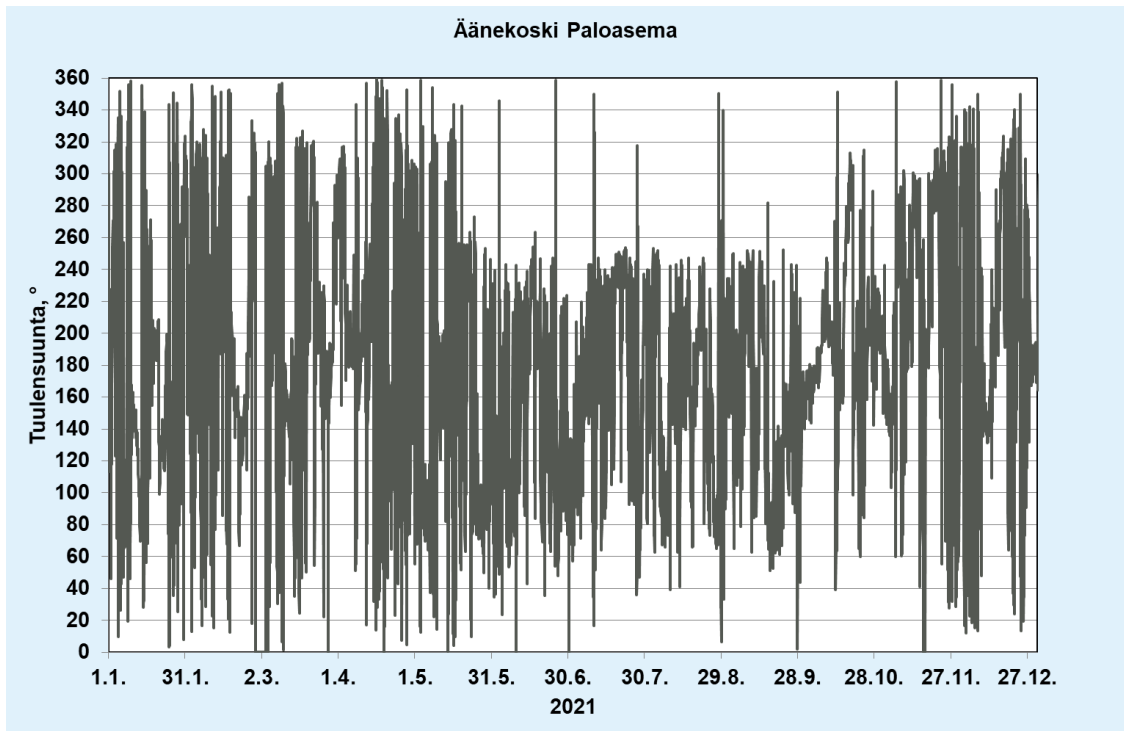
Liitekuva 10. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) **vuorokausipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2021.



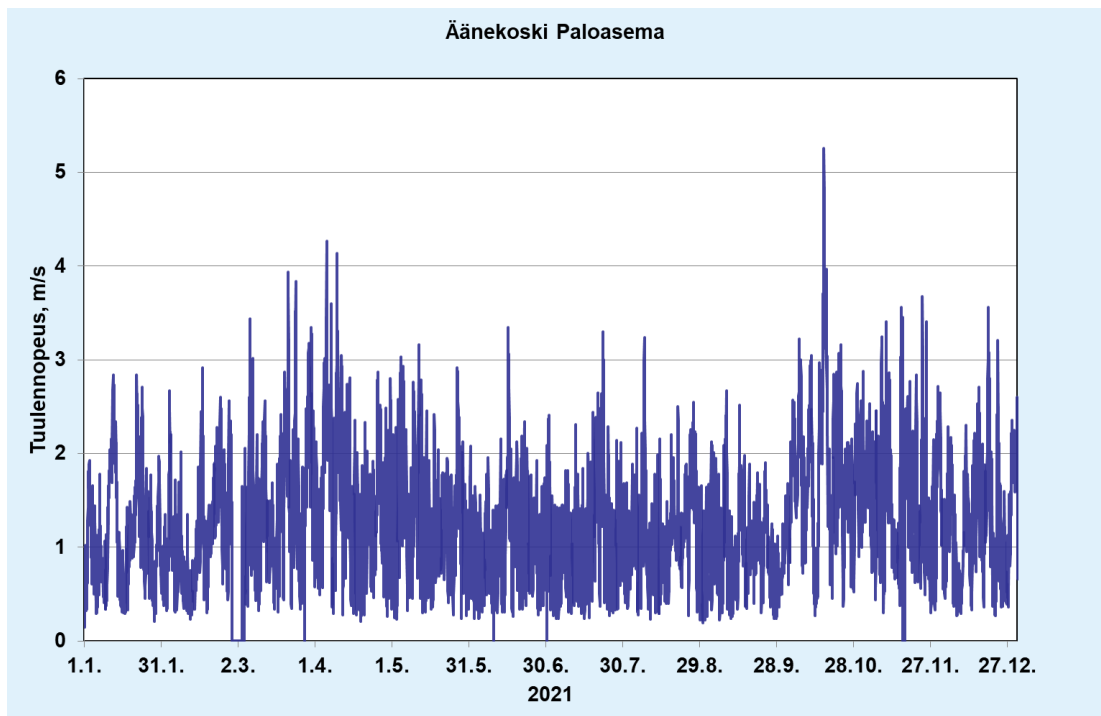
Liitekuva 11. Rikkidioksidin (SO₂) **vuorokausipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2021.



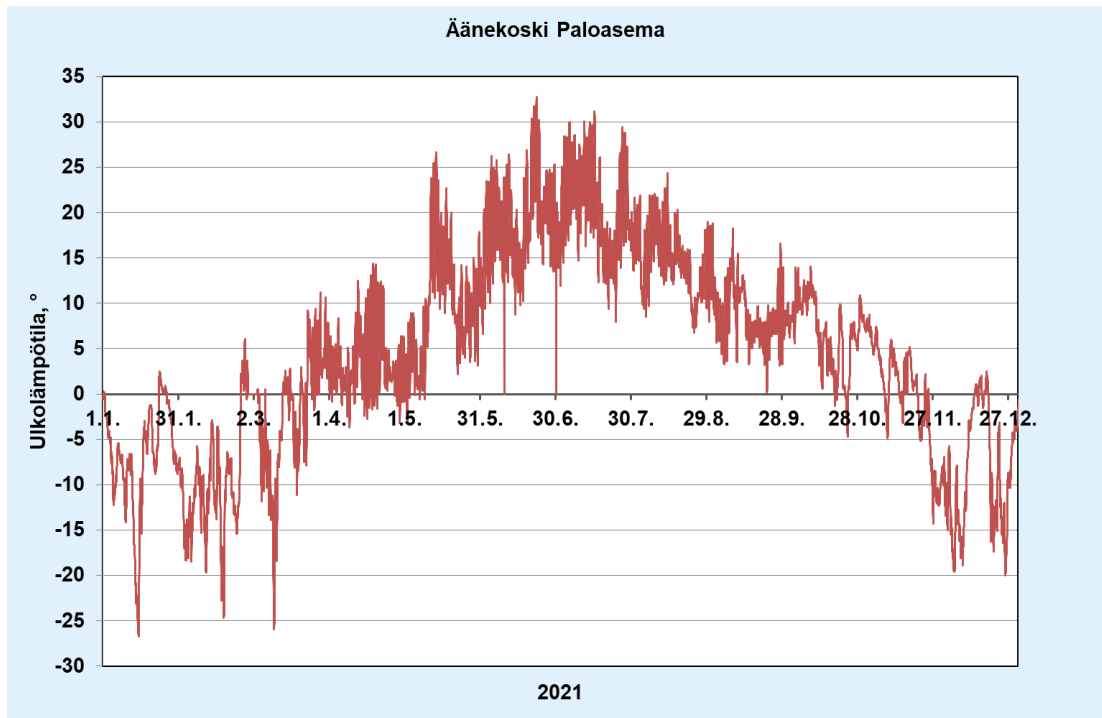
Liitekuva 12. Haisevien rikkiyhdisteiden (TRS) **vuorokausipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2021.



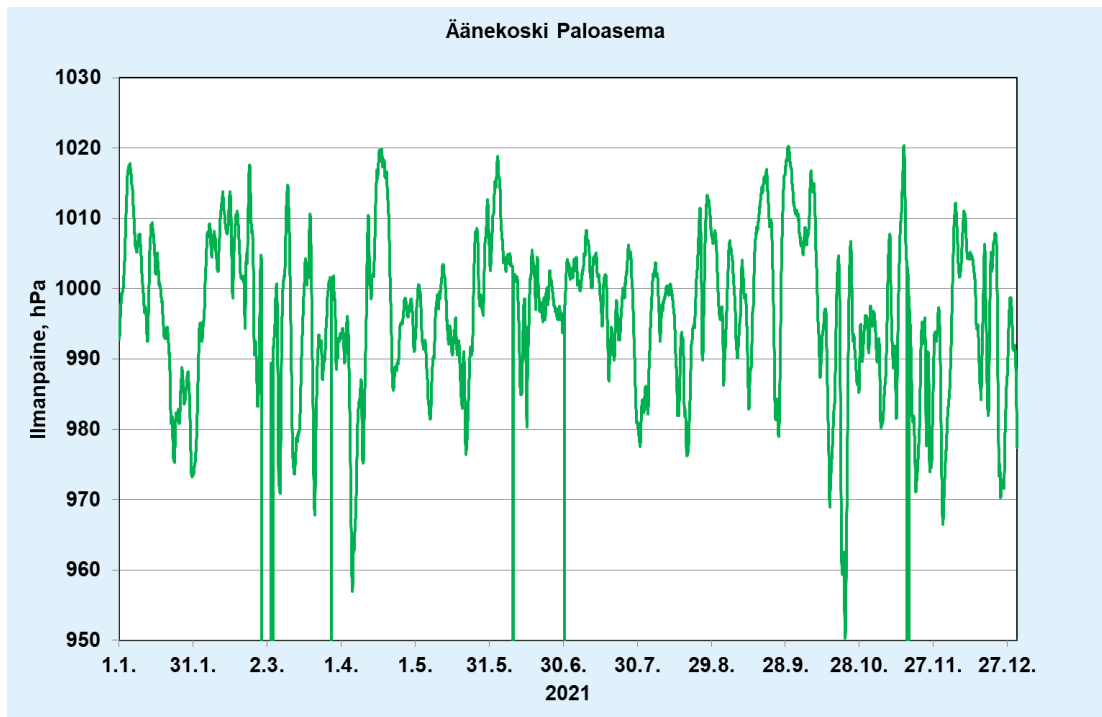
Liitekuva 13. Tuulen suunta (asteina 0–360 °) Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2021.



Liitekuva 14. Tuulen nopeus (m/s) Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2021.



Liitekuva 15. Ulkolämpötila (C °) Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2021.



Liitekuva 16. Ilmanpaine (hPa) Äänekosken paloaseman mittauspisteessä vuonna 2021



ILMATIETEEN LAITOS

ILMATIETEEN LAITOS

puh. 029 539 1000

Ilmanlaatu ja energia

ilmanlaatupalvelut@fmi.fi

www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatupalvelut

WWW.ILMATIETEENLAITOS.FI

