



ÄÄNEKOSKEN ILMANLAADUN SEURANTA

Typenoksidien, hengitettävien hiukkasten,
rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden
pitoisuustulokset vuonna 2020



ÄÄNEKOSKEN ILMANLAADUN SEURANTA

**Typenoksidien, hengitettävien hiukkasten, rikkidioksidin ja
haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuustulokset vuonna 2020**

**Jatta Salmi
Helena Saari
Matias Saunamäki
Mika Vestenius
Katja Lovén**

**ILMATIETEEN LAITOS – ASiantuntijapalvelut
ILMANLAATU JA ENERGIA
Helsinki 1.3.2021**

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 MITTAUSTULOISTA	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 2020 typenoksideja, hengitettäviä hiukkasia, rikkidioksidia ja haisevia rikkiyhdisteitä. Näistä typenoksideja ja hengitettäviä hiukkasia vapautuu erityisesti autoliikenteestä ja rikkidioksidia ja haisevia rikkiyhdisteitä puolestaan teollisuuden tuotantoprosesseista. Ilmanlaadun mittausten tavoitteena on kartoittaa näiden ilmansaasteiden pitoisuustasoa ja hetkellistä vaihtelua. Pitoisuuksia mitataan jatkuvatoimisilla automaattisilla analysointilaitteilla. Ilmanlaadunmittausten tulosten tulkintaa varten asemalla mitataan myös säätietoja.

Tässä raportissa esitetään vuoden 2020 ilmanlaadun mittaustulokset ja verrataan niitä ilmanlaadun lainsäädännössä asetettuihin raja- ja ohjearvoihin. Lisäksi raportissa verrataan pitoisuuksia muilla Suomen mittausasemilla vastaavana aikana mitattuihin pitoisuusarvoihin. Äänekoskella on suoritettu 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 Oy, 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 mittausjaksolla 1.6.–31.12.2020 on esitetty taulukossa 1. Raportin lopun liitetaulukoihin 1–6 on koottu kuukausittaisia tilastotietoja kaikista mitatuista pitoisuuksista tältä jaksolta. Raportin lopussa olevissa liitekuvin 1–6 on esitetty Äänekosken paloaseman mittausasemalla 1.6.–31.12.2020 mitattujen ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien tuntikeskiarvojen aikasarjat ja liitekuvin 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. Liitekuvin 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 2020 mitatut typenoksidien, hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden keskiarvopitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Äänekoski paloasema	Mittausjakson (1.6.–31.12.2020) keskiarvopitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
NO	2,5
NO ₂	7,0
Kokonais-NO _x (NO ₂ :na ilmaistuna)	11
PM ₁₀	13
SO ₂	0,5
TRS (rikkinä)	0,6

Kaikissa mittauksissa pitoisuudet vaihtelivat tarkastelujaksolla voimakkaasti. Hetkellinen tuntipitoisuuksien vaihtelu oli merkittävästi suurempaa kuin vuorokausikeskiarvopitoisuuksien vaihtelu. Typpidioksidilla pitoisuudet olivat pienimmillään kesäkaudella ja kasvoivat talvikaudella, olleen keskimäärin korkeimmillaan marras-joulukuussa, jolloin ulkoilman lämpötila oli lähellä nollaa tai pakkasen puolella. Talviaikaan on usein sellaisia sääolosuhteita, kuten inversioilanteita, joissa matalalta vapautuvat liikenteen päästöt kerääntyvät ilmakerrokseen päästölähteiden lähelle ja laimentuvat huonosti ympäröivään ilmaan. Mitatuissa typpidioksidipitoisuuksissa havaittiinkin selvästi läheisen autoliikenteen vaikutus. Korkein mitattu typpidioksidin tuntipitoisuus oli $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Hengitettävillä hiukkasilla oli puolestaan havaittavissa päinvastainen trendi kuin typpidioksidilla, eli pitoisuudet olivat keskimäärin korkeampia kesällä ja syksyllä pölyävään aikaan ja pienimmillään puolestaan marras-joulukuussa. Teollisuuden ja liikenteen päästölähteistä vapautuvien hiukkasten lisäksi ulkoilman hiukkaspitoisuuksiin vaikuttavat merkittävästi maanpinnasta tuulen mukana ilmaan nousevat hiukkaset, joiden määrää säätelevät muun muassa tuulen nopeus, sateisuus, maanpinnan kosteus ja pintojen kasvillisuuspeitteisyys. Pölyämistä tapahtuu tyypillisesti eniten kevät- ja kesäaikaan maaston ollessa kuivaa. Korkein mitattu hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuus oli $210 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuuksissa ei voitu havaita erityistä vuodenaikaisvaihtelua tai muuta trendiä tämän mittausjakson 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 $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja korkein TRS-tuntipitoisuus $71 \mu\text{g}(\text{S})/\text{m}^3$.

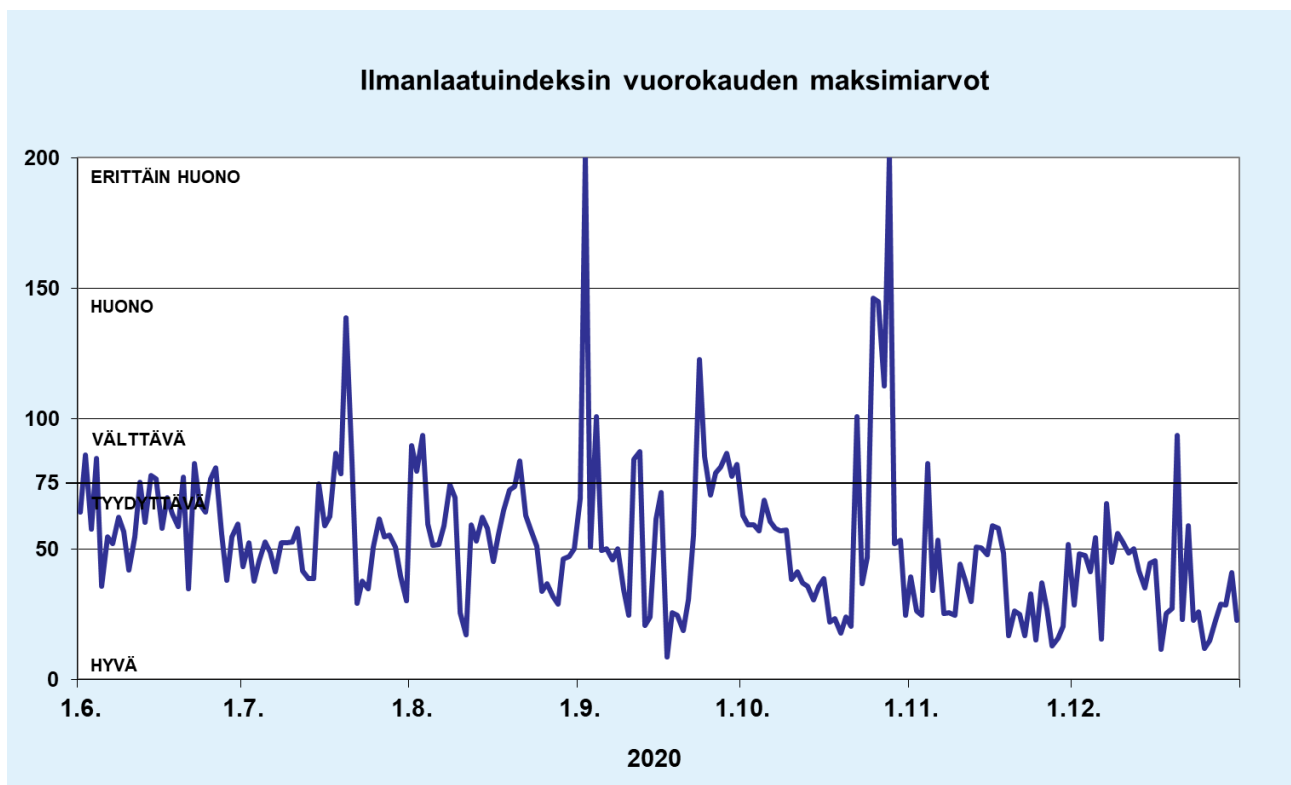
2.2 Ilmanlaatuindeksi

Äänekosken paloasemalla mitattujen pitoisuuksien tuntiarvojen perusteella laskettiin ilmanlaatuindeksi, joka kuvaa vallitsevaa ilmanlaatuilannetta viisiportaisella sanallisella asteikolla: hyvä, tyydyttävä, välttävä, huono tai erittäin huono. Ilmanlaatuindeksi on 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 huonoimman tunnin mukaan.

Kuvassa 1 on esitetty vuorokauden suurimmat ilmanlaatuindeksin arvot Äänekosken paloasemalla ajalla 1.6.–31.12.2020. Indeksillä ilmaistuna ilmanlaatu oli hyvää tai tyydyttävää 84 % mittausjakson vuorokausista eli valtaosan mittausjaksosta. Ilmanlaatu oli välttävää 12 % päivistä, huonoa 3 % päivistä ja erittäin huonoa 1 % päivistä. Huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun päivät ajoittuivat heinäkuulle, syyskuulle ja lokakuulle. Kaikki huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun tilanteet aiheutuivat Metsä Fibren toimintojen päästöistä. Ne aiheutuivat yhtä lukuun ottamatta korkeista TRS-pitoisuuksista. Korkeat TRS-pitoisuudet aiheutuivat prosessihäiriöistä, kuten prosessien alas- ja ylösajoista, jätevedenpuhdistamon häiriöstä (23.8.2020) ja tehtaan vuosihuoltoseisokin (18.10.–25.10.) jälkeisestä tehtaan ylösajosta. Yksi erittäin huonon ilmanlaadun päivä (2.9.2020) aiheutui korkeista hengitettävien hiukkasten pitoisuuksista. Tällöin Metsä Fibren tehtaalla puhdistettiin sähkösuotimia ja tästä prosessista vapautuu hetkellisesti paljon hiukkaspäästöjä.

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 Fibre päästöt aiheuttivat mittausjaksolla ajoittain ihmisten viihtyvyyteen vaikuttaneita hajuhaittoja ja huononsivat ilmanlaatua muiden ilmanlaatuun vaikuttaneiden tekijöiden lisäksi. Näitä hajutilanteita tarkastellaan kappaleessa 2.4.

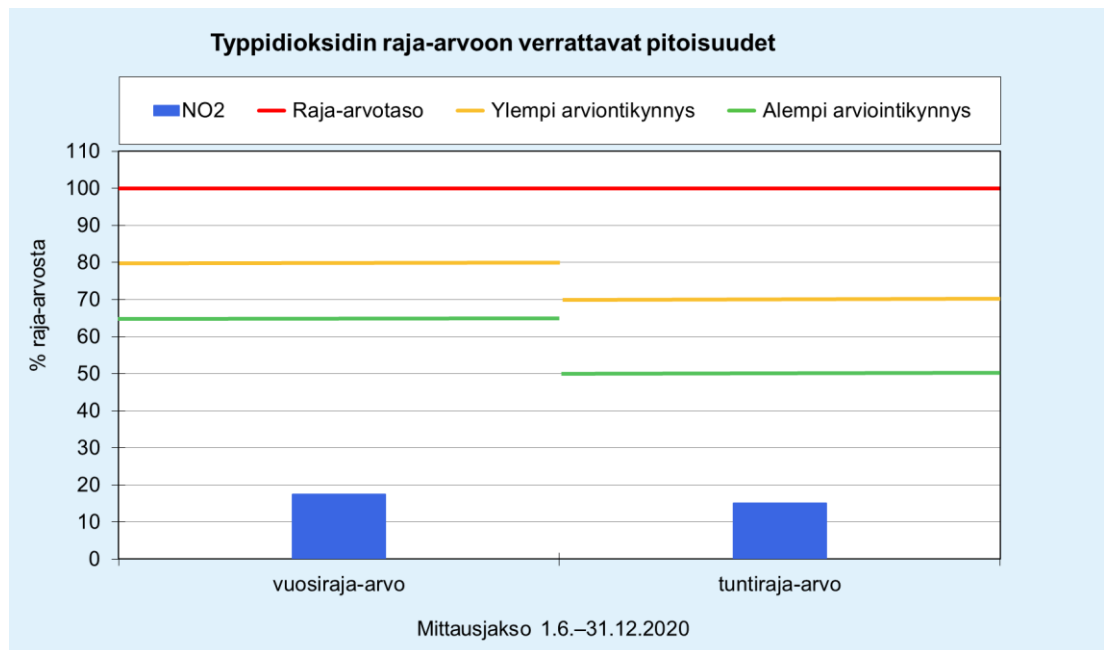


Kuva 1. Vuorokauden suurimmat ilmanlaatuindeksin arvot Äänekosken paloaseman mittauspisteessä jaksolla 1.6.–31.12.2020.

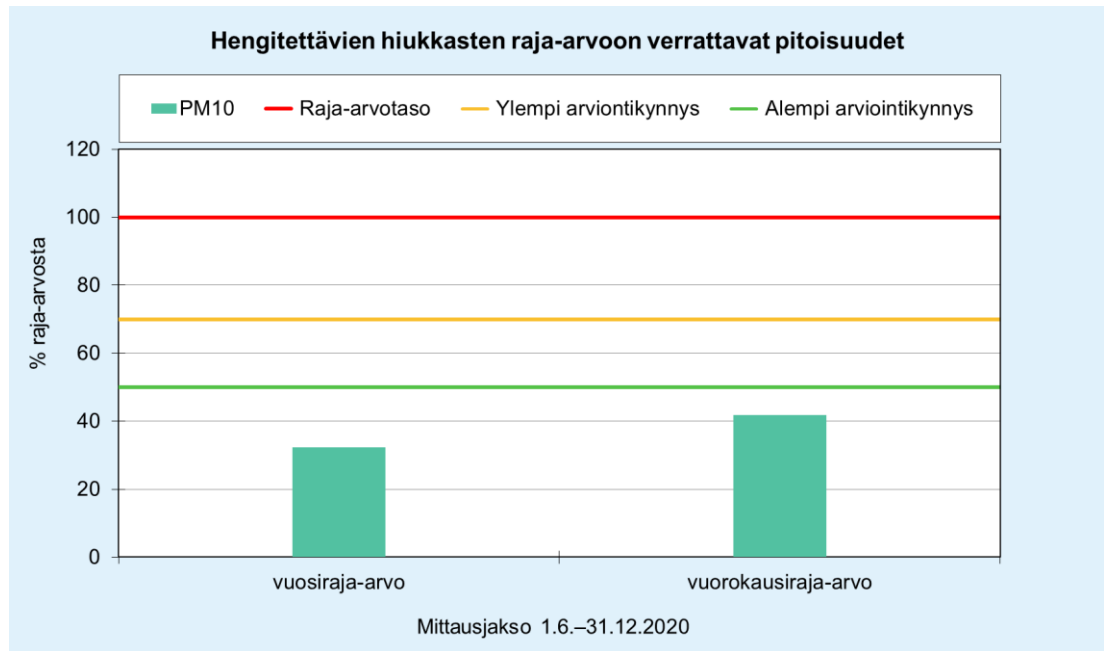
2.3 Pitoisuuksien vertailua raja- ja ohjearvoihin

Raja-arvot määrittelevät pitoisuuksille enimmäiskaton, jota ei saa ylittää. Ohjearvojen seuraamisella sen sijaan yritetään ohjata esim. 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.

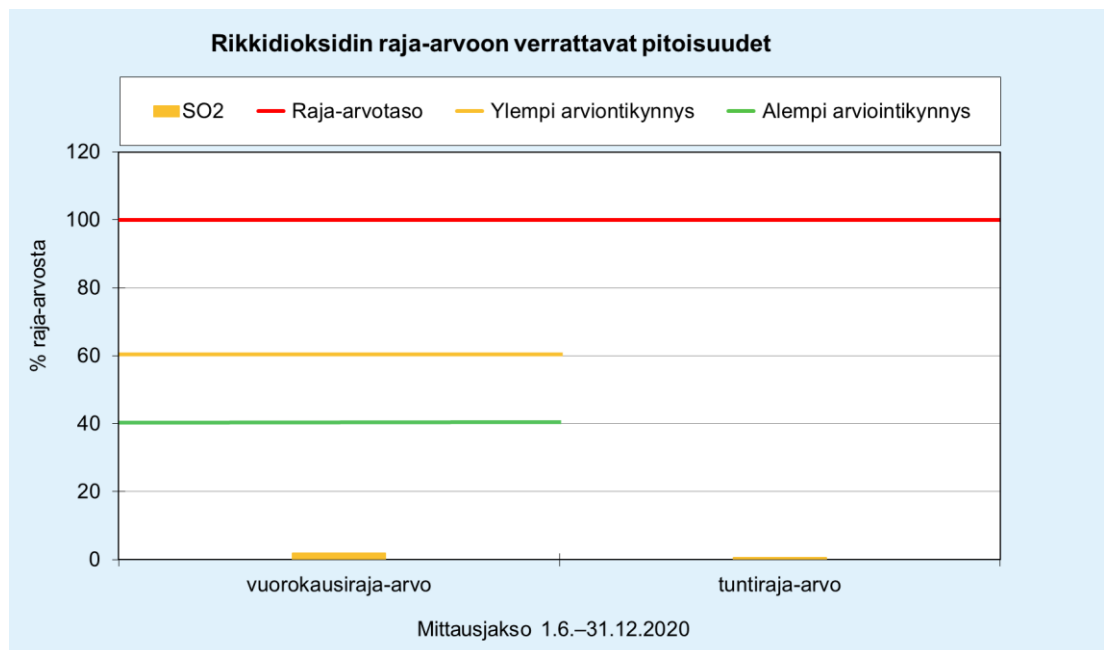
Ilmanlaadun raja-arvotarkasteluissa vertailujakso on yksi kalenterivuosi, joten tätä lyhyemmän mittausjakson pitoisuuksia voidaan tarkastella vain suuntaa antavasti suhteessa raja-arvoihin. Kuvissa 2–4 on esitetty tällaiset suuntaa antavat vertailut Äänekosken paloasemalla havaituista typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja rikkidioksidin raja-arvoihin ja arviointikynnyksiin verrannollisista pitoisuuksista. Kaikki mitatut pitoisuudet jäivät selvästi raja-arvojen ja arviointikynnyksien alapuolelle. Typpidioksidin pitoisuudet ovat enimmillään 18 % raja-arvoista. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet ovat enimmillään 42 % raja-arvoista. 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 ajalla 1.6.–31.12.2020. Kuvaan on merkitty vaakaviivoilla raja-arvotaso sekä ylempi ja alempi arviointikynnys.



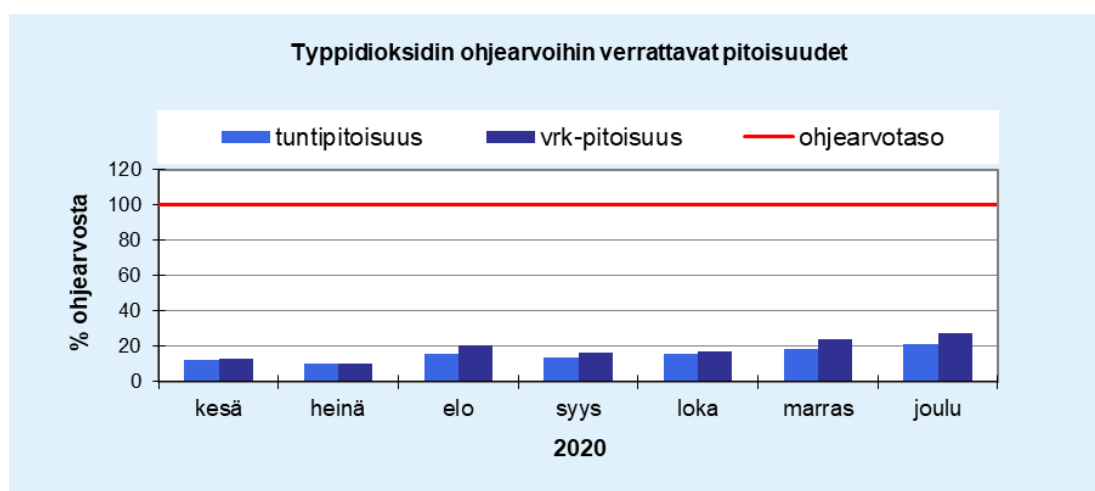
Kuva 3. Hengitettävien hiukkasten raja-arvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa (%) raja-arvoihin Äänekosken paloaseman mittauspisteessä ajalla 1.6.–31.12.2020. Kuvaan on merkitty vaakaviivoilla raja-arvotaso sekä ylempi ja alempi arviointikynnys.



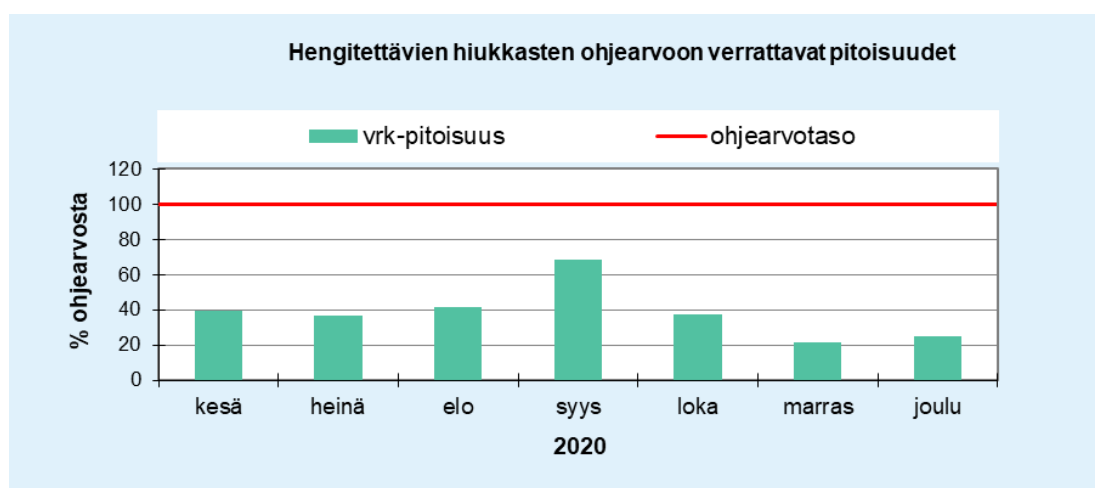
Kuva 4. Rikkidioksidin raja-arvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa (%) raja-arvoihin Äänekosken paloaseman mittauspisteessä ajalla 1.6.–31.12.2020. Kuvaan on merkitty vaakaviivoilla raja-arvotaso sekä ylempi ja alempi arviointikynnys.

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 30 % vuorokausiohjearvosta (kuva 5). Hengitettävien

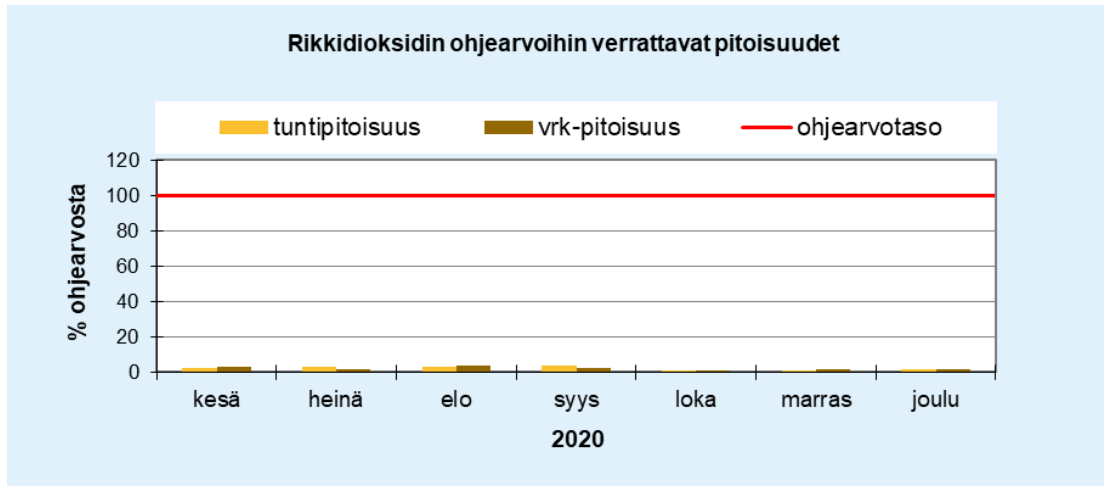
hiukkasten pitoisuus oli suurimmillaan syyskuussa noin 70 % ohjearvosta (kuva 6). Syyskuun lopussa 23.–30.9.2020 Suomeen kulkeutui hiukkasia kaukokulkeumana eteläisen Euroopan metsä- ja maastopaloista. Tällöin koko Suomessa mitattiin keskimääräistä korkeampia hiukkaspitoisuuksia useiden päivien ajan. Tämä on havaittavissa myös Äänekosken paloaseman syyskuun mittauksissa. Typpidioksidin ja etenkin hiukkasten pitoisuuksiin on voinut vaikuttaa myös mittausaseman lähellä, heti paloaseman pohjoispuolella, sijainnut talonrakennustyömaa. Sen toiminnoista on todennäköisesti aiheutunut ulkoilmaan hiukkaspäästöjä ja rakennustyömaan lisääntyneestä liikenteestä puolestaan typenoksidi- ja hiukkaspäästöjä. Rikkidioksidin pitoisuudet olivat kaikkina kuukausina alle 3 % ohjearvoista (kuva 7). Haisevien rikkiyhdisteiden ohjearvoon verrannollinen pitoisuus oli lokakuussa enimmillään ohjearvon 10 $\mu\text{g}(\text{S})/\text{m}^3$ suuruisen. Lokakuussa mitattiin useina päivinä korkeita TRS-pitoisuuksia, kun Metsä Fibren tehdasta käynnistettiin vuosihuoltoseisokin jälkeen. Kaikkina muina kuukausina TRS-pitoisuudet olivat alle 25 % ohjearvosta (kuva 8).



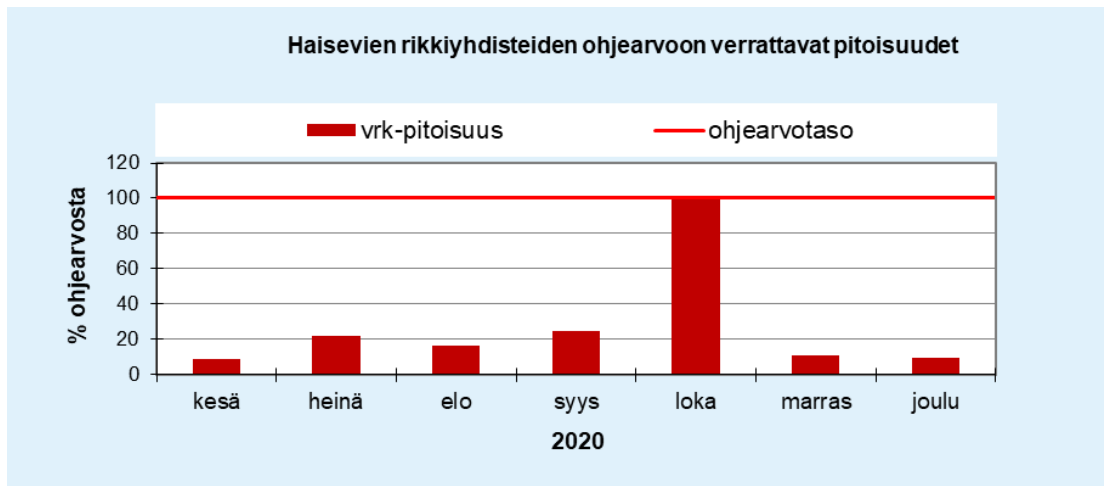
Kuva 5. Typpidioksidin ohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Äänekosken paloasemalla ajalla 1.6.–31.12.2020. Punaisella vaakaviivalla (100 %) on merkitty ohjearvotaso 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Kuva 6. Hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Äänekosken paloasemalla ajalla 1.6.–31.12.2020. Punaisella vaakaviivalla (100 %) on merkitty ohjearvotaso 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Kuva 7. Rikkidioksidin ohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Äänekosken paloasemalla ajalla 1.6.–31.12.2020. Punaisella vaakaviivalla (100 %) on merkitty ohjearvotaso $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Kuva 8. Haisevien rikkiyhdisteiden ohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Äänekosken paloasemalla ajalla 1.6.–31.12.2020. Punaisella vaakaviivalla (100 %) on merkitty ohjearvotaso $10 \mu\text{g}(\text{S})/\text{m}^3$.

2.4 Hajujen esiintyminen

Äänekosken paloasemalla mitattuja haisevien rikkiyhdisteiden tuntipitoisuuksia tarkastelemalla voidaan tilastollisesti arvioida, että mittausjaksolla olisi esiintynyt hajutunteja 124 kpl eli 2,4 % koko mittausjakson tunneista. Hajutunneiksi on tässä tarkastelussa määritetty kaikki tunnit, jolloin TRS-pitoisuus on ollut $\geq 3 \mu\text{g}(\text{S})/\text{m}^3$. Näistä tunneista olisi ollut tunnistettavaa hajua 64 tuntia ja melko voimakasta tunnistettavissa olevaa hajua 60 tuntia. Erityisen runsaasti tällä tavalla määriteltyjä hajutunteja esiintyi lokakuussa, kun tehdasta käynnistettiin vuosihuoltoisokin jälkeen. Sekä 26.10. että 27.10. TRS-pitoisuus oli yhtäjaksoisesti useita tunteja koholla, ja seudulla esiintyi hajuhaittoja. Valtaosan mittausjaksosta haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuudet kuitenkin olivat matalia, eikä hajuja esiintynyt. TRS-pitoisuus oli koko mittausjaksolla noin 96 % tunneista alle $1 \mu\text{g}(\text{S})/\text{m}^3$.

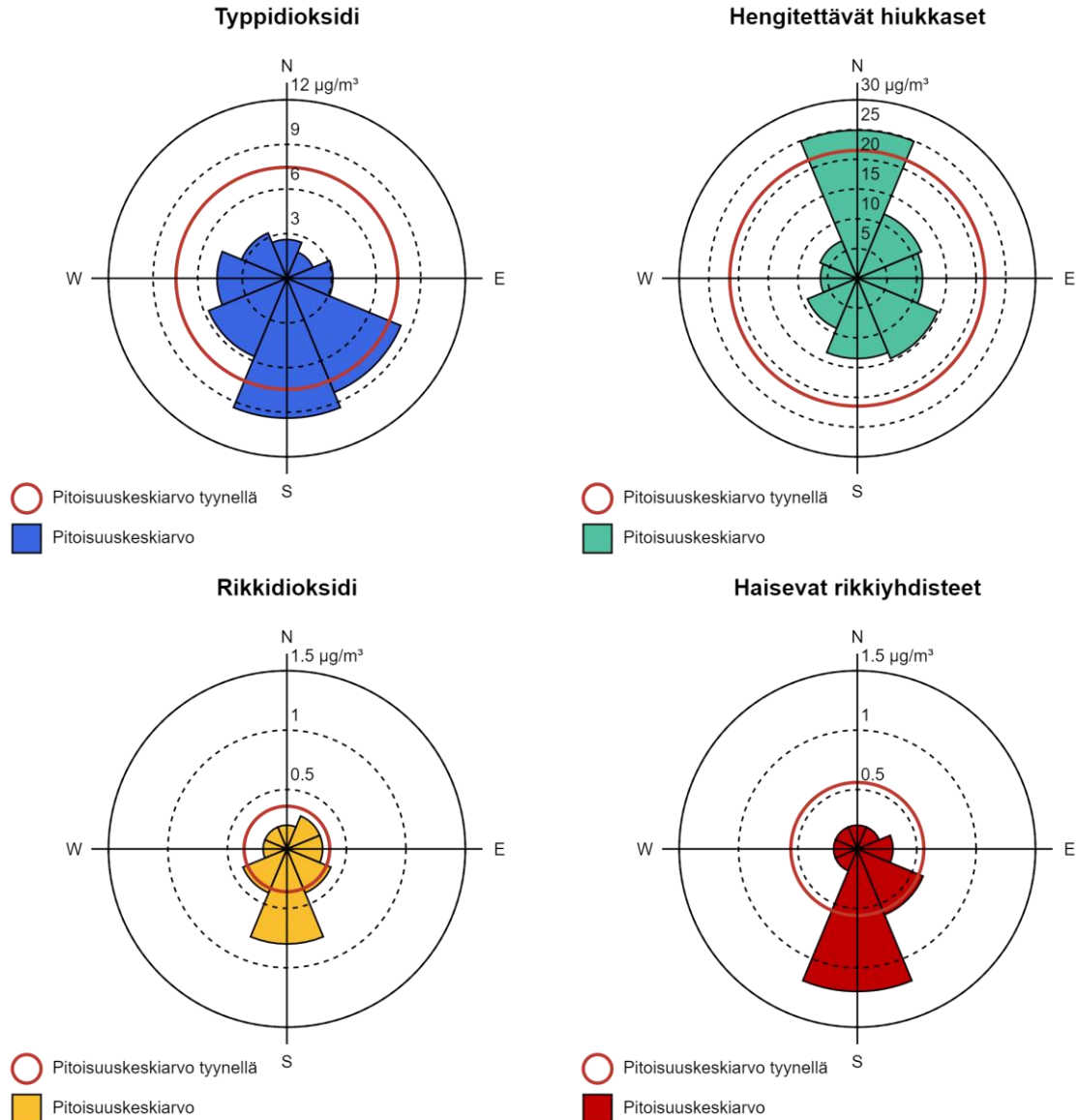
TRS-pitoisuuksiin perustuvaa hajujen esiintyvyyden arviointia voidaan pitää vain hyvin suuntaa-antavana. Tässä tarkastelussa on oletettu, että kaikki mitattu TRS-pitoisuus olisi ollut rikkivetyä, joka on kaikista TRS-yhdisteistä herkimmin haiseva, eli sillä on matalin hajukynnys. Rikkivety aiheuttaa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

Syyskuun 11.–12. päivä Metsä Fibren tehtaalla syntyi tavanomaista enemmän rikkivedyn päästöjä ja lähialueella tämä havaittiin hajuhaittoina. Kuivaamon teknisten vaikeuksien vuoksi heikkovalkolipeää jouduttiin ohjaamaan jätevedenpuhdistamolle, jossa se neutraloitiin rikkihapolla ja siitä syntyi rikkivetyä. Äänekosken paloasemalla tällöin mitatut kokonais-TRS-pitoisuudet olivat todennäköisesti pääosin rikkivetyä. TRS-tuntipitoisuus oli 11.–12.9. enimmillään 15 µg(S)/m³.

2.5 Tuulen suunnan ja nopeuden vaikutus mitattuihin pitoisuuksiin

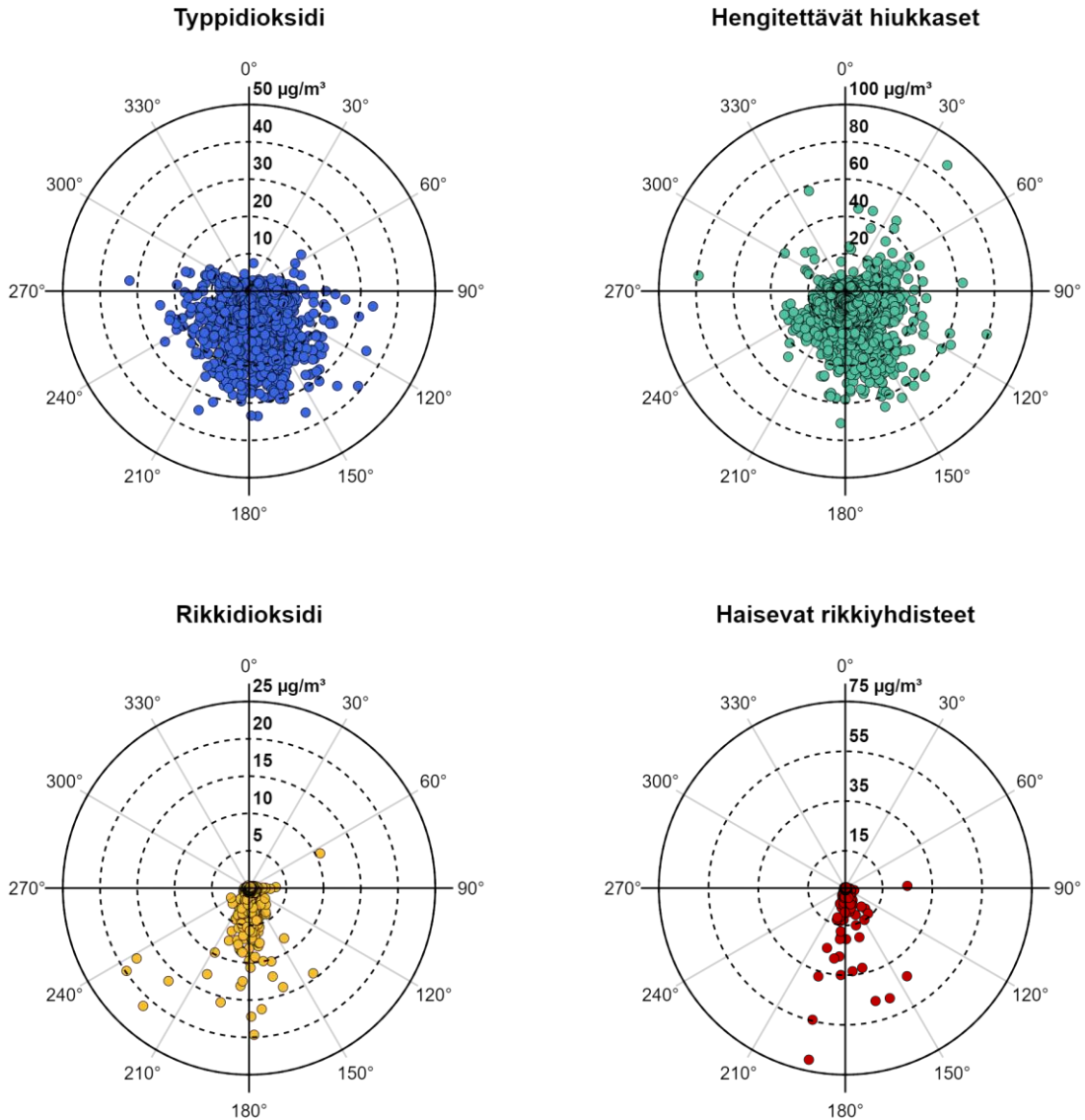
Kuvassa 9 on havainnollistettu Äänekosken paloasemalla mitattujen pitoisuuksien keskimääräistä riippuvuutta tuulensuunnasta ns. pitoisuusruusujen avulla. Pitoisuusruusu kuvaa **tuntipitoisuuksien keskiarvoa** eri tuulensuunnilla. Tyynellä säällä, eli kun tuulen nopeus on alle 0,5 m/s, havaittujen tuntipitoisuuksien keskiarvo on esitetty ympyrällä, jonka säteen pituus kuvaa pitoisuuden arvoa. Muilla tuulennopeuksilla havaitut pitoisuudet on esitetty tuulensuunnittaisina sektoreina, joissa keskipisteestä lähtevän janan pituus sektorin kehäviivalle vastaa tuntipitoisuuksien keskiarvoa. Mittausjaksolla 1.6.–31.12.2020 Äänekosken seudun tuulet olivat pääosin etelätuulia sekä idän ja lounaan välisestä sektorista puhaltavia tuulia, eikä mittausaseman pohjoispuolelta tuullut juuri lainkaan. Tämä tuulijakauma vaikuttaa merkittävästi mittausasemalla havaittuihin pitoisuuksiin. Tuulijakauma on esitetty kappaleessa 5.1.

Typpidioksidin pitoisuudet olivat keskimäärin suurimmillaan etelä- ja kaakkoistuulilla eli tuulen käydessä Äänekoskentien suunnasta sekä tyynissä tilanteissa. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat puolestaan suurimmillaan pohjoisen puoleisilla tuulilla eli tuulen käydessä paloaseman pihan ja työntekijöiden parkkialueen sekä paloaseman pohjoispuolella sijaitsevan talonrakennustyömaan suunnasta. Tästä ilmansuunnasta oli kuitenkin vain vähän havaintoja mittausjaksolla. Lisäksi hengitettävät hiukkaset olivat koholla tyynissä tilanteissa. Tyynellä säällä havaitut korkeat typpidioksidin ja hiukkasten pitoisuudet kertovat paikallisista lähipäästölähteistä, jonka lähdeä ja sen sijaintia ei tarkemmin pystytä määrittelemään. Kovemmillä tuulennopeuksilla pystytään selkeästi päättelemään, mistä suunnasta mitatut pitoisuudet ovat peräisin. Rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuudet olivat keskimäärin korkeimmillaan etelätuulilla eli tuulen käydessä Metsä Fibren tuotantolaitosten suunnasta.



Kuva 9. Äänekosken paloasemalla mitattujen **tuntipitoisuuksien keskiarvot** tuulensuunnittain jaksolla 1.6.–31.12.2020. Punaisella ympyrällä on merkitty pitoisuuksia, jotka on mitattu tyyneissä tilanteissa. Tyyneiksi on tässä tarkastelussa luokiteltu tuulet, joiden nopeus on alle 0,5 m/s.

Kuvassa 10 on esitetty Äänekosken paloasemalla mitattujen **yksittäisten tuntipitoisuuksien** riippuvuus tuulen suunnasta. Näistä kuvaajista nähdään, että yksittäisiä pitoisuushavaintoja on tehty lähes kaikilla tuulensuunnilla mutta suurimmat pitoisuudet kuitenkin painottuvat kaikissa mittauksissa mittausaseman eteläpuolisille tuulensuunnille. Hengitettävien hiukkasten suurimmissa tuntipitoisuuksissa on eniten hajontaa kaikkiin eri tuulensuuntiin. Tämä on tyypillistä hiukkasille, koska liikenteen ja teollisuuden päästölähteistä vapautuvien hiukkasten lisäksi ulkoilman hiukkaspitoisuuksiin vaikuttaa merkittävästi maaston pölyäminen ja tuulen ilmaan nostamat hiukkaset. Pohjoisen suunnassa havaitut korkeat hiukkaspitoisuudet saattavat olla peräisin paloaseman pohjoispuoliselta talonrakennustyömaalta. Rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden kohonneita pitoisuuksia ei havaittu juuri lainkaan mittausaseman pohjoispuoleisilla tuulilla, koska näiden yhdisteiden päästölähteet sijaitsevat etelän suunnassa.



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

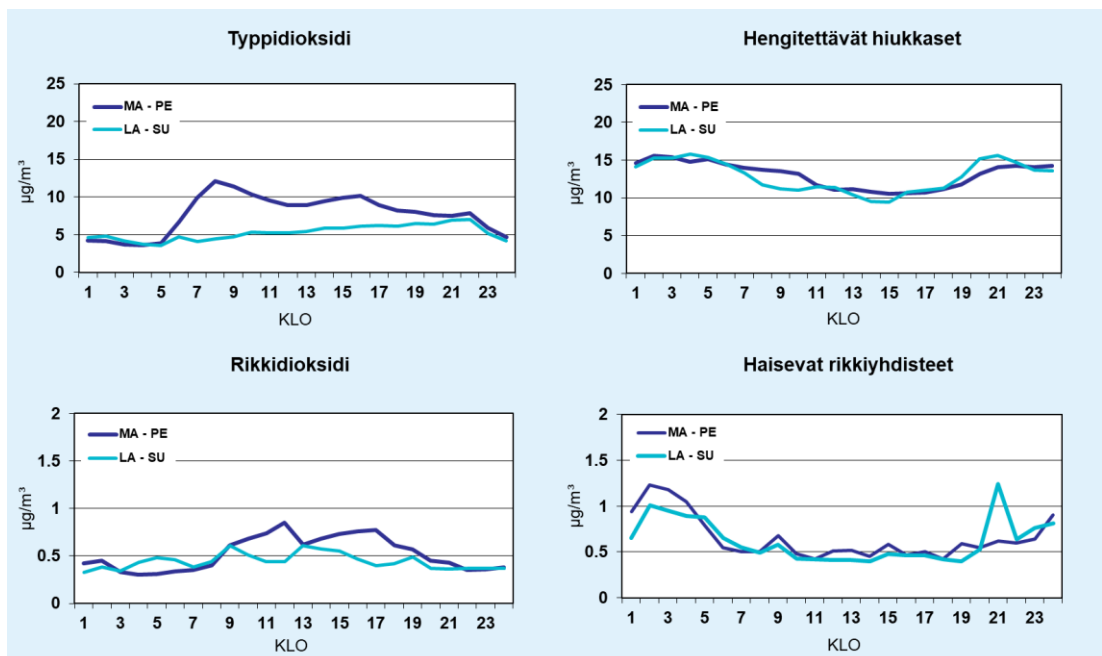
Kuvassa 11 on tarkasteltu Äänekosken paloasemalla mitattujen typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden tuntipitoisuuksien vaihtelua kellonajan mukaan erikseen arkipäivisin (maanantai–perjantai) ja viikonloppuisin (lauantai–sunnuntai). Kuvassa 12 pitoisuuksia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

Typpidioksidin tuntipitoisuuksissa havaitaan selvästi liikenteen päästöjen vaikutus: arkipäivisin pitoisuudet ovat pienimmillään aamuyön tunteina ja pitoisuudet kasvavat nopeasti siten, että pitoisuushuippu saavutetaan aamun ruuhkaliikenteen aikaan. Toinen pienempi pitoisuushuippu

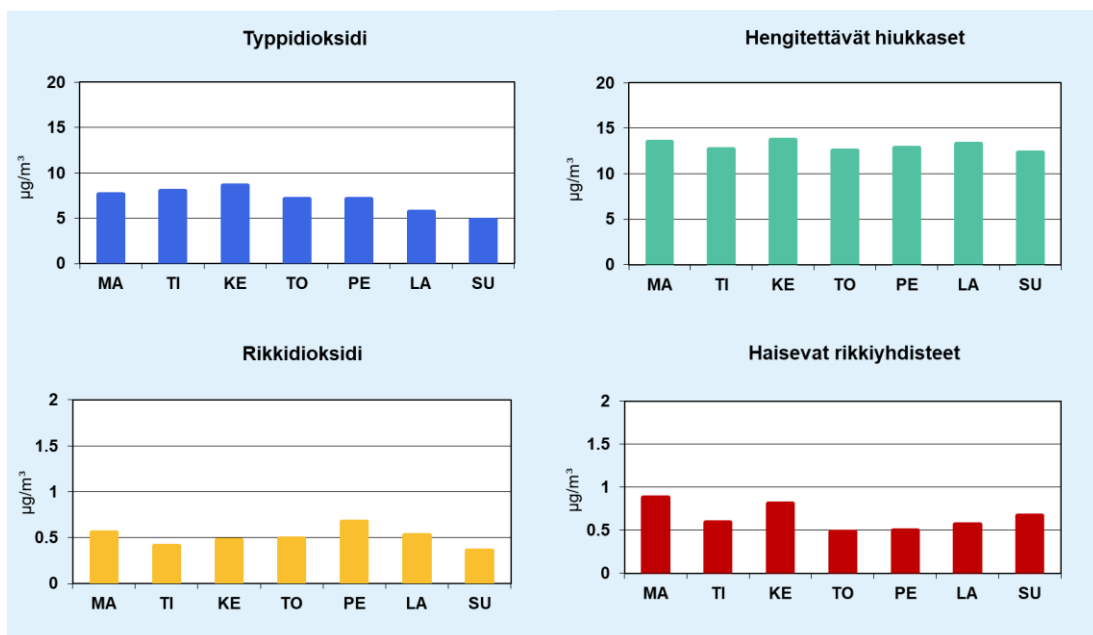
havaitaan iltapäivän ruuhkaliikenteen aikana. Viikonloppuisin typpidioksidin pitoisuudet ovat yötä lukuun ottamatta matalampia kuin pitoisuudet arkipäivisin. Viikonpäivittäin tarkasteltuna (kuva 12) typpidioksidin keskimääräinen pitoisuustaso vaihteli siten, että lauantaisin ja sunnuntaisin pitoisuudet olivat matalampia kuin arkipäivisin, koska silloin myös liikennemäärät ja liikenteen päästöt ovat vähäisempiä.

Hiukkaspitoisuuksien vaihtelu ei ole niin selvästi kytköksissä liikennemäärän vaihteluun kuin typpidioksidin pitoisuusvaihtelu. Hengitettävillä hiukkasilla arkipäivien ja viikonlopun kuvaajat eivät juurikaan eroa toisistaan. Pitoisuudet ovat korkeimmillaan yöaikaan ja matalammalla tasolla päiväaikaan, eikä ruuhka-aikojen pitoisuushuippuja havaita kuvaajissa lainkaan (kuva 11). Pitoisuuksiin vaikuttavat pakokaasuissa olevien hiukkasten lisäksi tuulen ja liikenteen maanpinnalta ilmaan nostattamat hiukkaset, joiden määrää säätelevät muun muassa liikenteen vilkkaus ja nopeus, tuulen nopeus, maan- ja tienpinnan kosteus sekä sateisuus. Ympäristön pölyämistä voi tapahtua mihin tahansa vuorokaudenaikaan viikon kaikkina päivinä. Lisäksi kuvaajien muotoon vaikuttavat myös teollisuuden päästöistä peräisin olevat hiukkaset. Mittausjakson kaikkein suurimmat mitatut hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuudet osuivat useina vuorokausina aamun tunneille (klo 6–10) sekä iltaan (klo 20).

Rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuuksilla arkipäivien ja viikonlopun kuvaajat eivät juurikaan eroa toisistaan, koska päästöjä syntyy teollisuuslaitoksissa sekä arkena että viikonloppuisin (kuvat 11 ja 12). Kuvaajien muotoon vaikuttavat eniten yksittäisten häiriöpäästötilanteiden aiheuttamat korkeat tuntipitoisuudet ja niiden kellonajat. Erityisesti TRS-pitoisuuksien kuvaajasta havaitaan, että mittausjakson suurimmat tuntipitoisuudet osuivat useina vuorokausina aamuyön tunneille (klo 2–4) ja koko mittausjakson korkein pitoisuus $71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ osui sunnuntaille 25.10. klo 21. Muita TRS-häiriöpäästötilanteita osui maanantaille ja keskiviikolle, joten myös ne päivät erottuvat hiukan haisevien rikkiyhdisteiden kuvaajasta.



Kuva 11. Äänekosken paloasemalla 1.6.–31.12.2020 mitattujen tuntipitoisuuksien keskiarvot kellonajan mukaan arkipäivisin (ma–pe) ja viikonloppuisin (la–su).

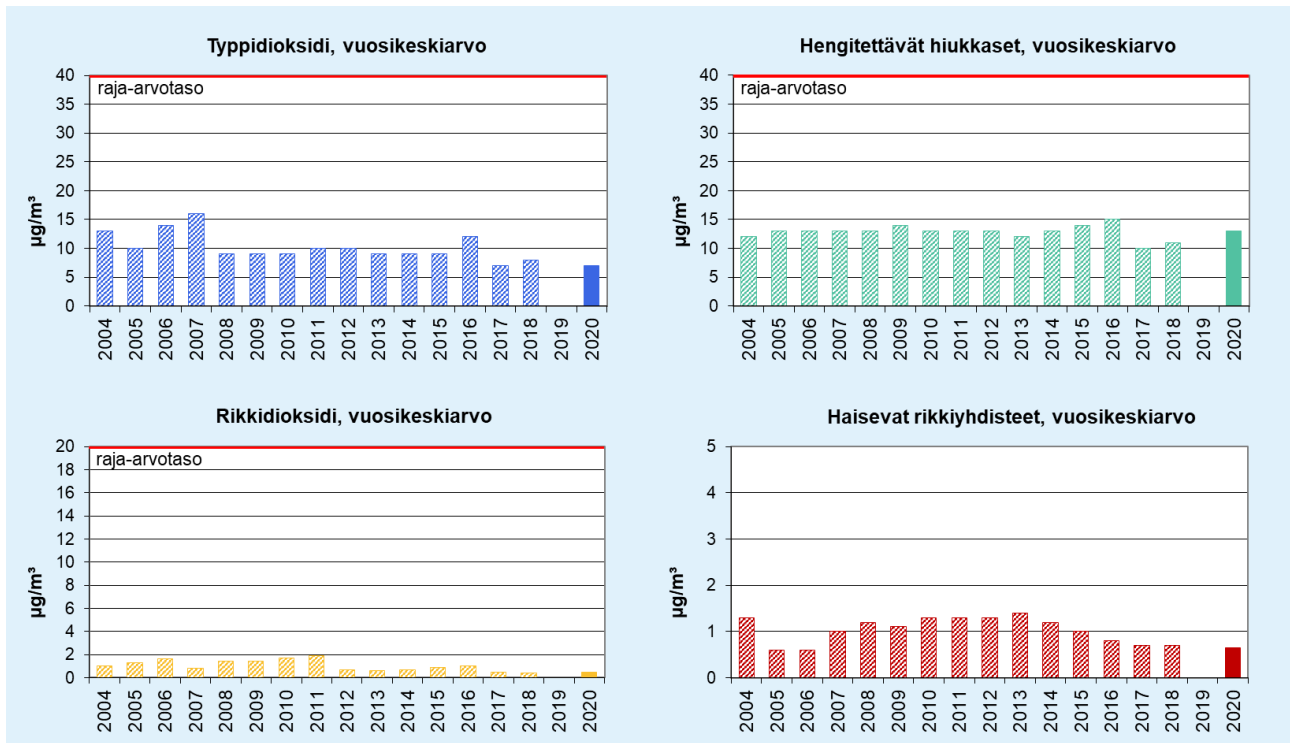


Kuva 12. Äänekosken paloasemalla 1.6.–31.12.2020 mitattujen pitoisuuksien keskiarvot viikonpäivän mukaan.

2.7 Pitoisuuksien vertailua Äänekoskella aiemmin mitattuihin pitoisuuksiin

Äänekoskella on mitattu ilmanlaatua vuosina 2004–2018 Hiskinmäen mittauspisteessä. Tämä mittauspiste sijaitsi Äänekoskentien eteläpuolella, noin 200 metriä länteen nykyisestä paloaseman mittauspisteestä. Vuoden 2020 mittausjaksoa voidaan verrata aikaisempiin mitaustuloksiin vain suuntaa antavasti, koska mittausjakso ei ole täysi kalenterivuosi. Tällä on erityisesti vaikutusta hiukkaspitoisuuksiin, joiden määrällä ulkoilmassa on voimakas vuodenaikaisriippuvuus. Paloaseman mittausjaksosta puuttuu vuonna 2020 kokonaan kevät-pölykausi, eli ajanjakso, jolloin hiukkaspitoisuudet ovat tyypillisesti korkeimmillaan. Lisäksi nykyinen mittauspaikka on avoimemmassa ympäristössä kuin Hiskinmäen edellinen mittauspaikka, joten on todennäköistä, että nykyisellä paikalla mitataan jatkossa keskimäärin hiukan suurempia hiukkaspitoisuuksia kuin aiemmin.

Kuvassa 13 on esitetty Hiskinmäellä vuosina 2004–2018 mitatut typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden vuosikeskiarvot sekä paloasemalla jaksolla 1.6.–31.12.2020 mitatut mittausjakson keskiarvot. Kaikissa mitatuissa pitoisuuksissa on ollut vuosien varrella havaittavissa lievä laskeva trendi. Kaikki paloasemalla vuonna 2020 mitatut pitoisuudet osuivat aikaisempien vuosien pitoisuusvaihtelun sisään, ja pitoisuudet olivat suunnilleen samaa tasoa kuin muutaman viimeisimmän mittausvuoden aikana.



Kuva 13. Äänekosken Hiskimäellä vuosina 2004–2018 mitatut vuosikeskiarvot sekä paloasemalla jaksolla 1.6.–31.12.2020 mitatut keskiarvot. Vuosiraja-arvo on esitetty punaisella vaakaviivalla.

2.8 Pitoisuuksien vertailua muualla mitattuihin pitoisuuksiin

Taulukossa 2 ja kuvissa 14–17 on esitetty typpidioksidin, hengittävien hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuuksia mittausjaksolta Äänekosken paloaseman mittauspisteen lisäksi Jyväskylän keskustasta Hannikaisenkadulta, Helsingin keskustasta Mannerheimintieltä, Kuopion Sorsasalossa sijaitsevalta mittausasemalta sekä Ilmatieteen laitoksen taustailmanlaadun mittausasemalta Muonion Sammaltunturilta. Muiden asemien kuin Äänekosken pitoisuustulokset ovat tarkasteluhetkellä vielä tarkistamattomia aineistoja, ja esittävät näin ollen vain suuntaa-antavaa pitoisuustasoa muissa mittauspisteissä (*Ilmatieteen laitos, 2021 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 koko Suomen mittakaavassa kuormitetuinta liikenneympäristöä kaupungin keskusta-alueella. Kuopion Sorsasalon mittausasema on läheisen aalotuskartonkitehtaan päästöjen vaikutuksia tarkkaileva mittausasema. Sammaltunturin mittausasema edustaa pitoisuuksia Lapissa puhtaalla tausta-alueella, jossa aseman välittömässä läheisyydessä ei ole ihmistoimintoja.

Typpidioksidin ohjearvoon verrannolliset pitoisuudet Äänekoskella olivat lähes kaikkina kuukausina pienemmät kuin Jyväskylässä tai Mannerheimintiellä. Ainoastaan joulukuussa Äänekosken pitoisuus oli näistä mittausasemista korkein. Typpidioksidin pitoisuuksiin vaikuttavat näissä kaikissa kolmessa mittauspisteessä eniten autoliikenteen päästöt, joten pitoisuuksien keskinäinen

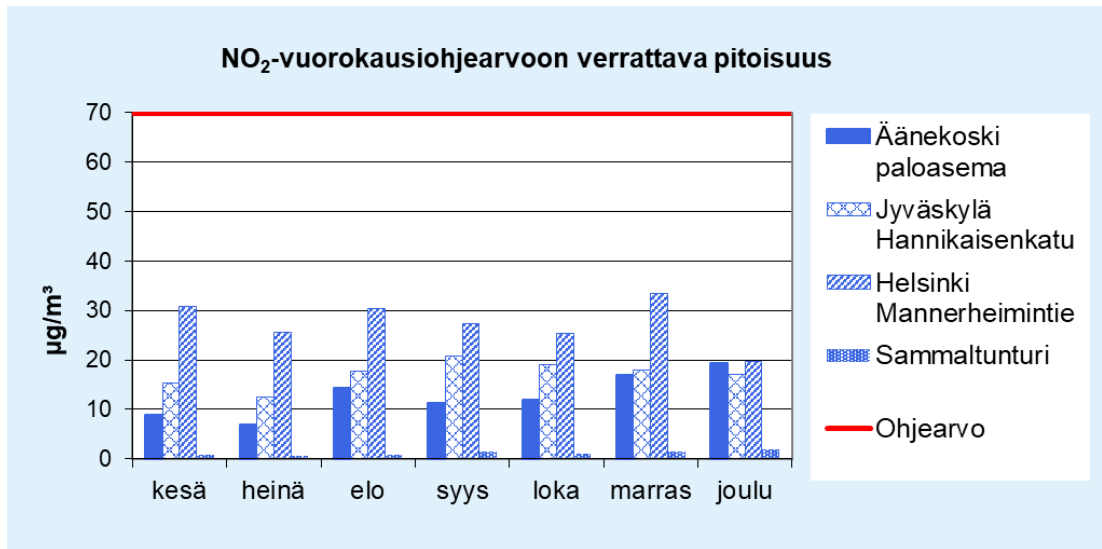
suhde eri asemilla kertoo erityisesti aseman läheisestä liikennemäärästä. Paikallisesti pitoisuuksia kohottavat lisäksi otolliset sääolosuhteet, kuten tyynnet pakkaspäivät tai inversiotilanteet. Sammaltunturilla pitoisuudet olivat kaikkina kuukausina erittäin pienet.

Hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrannolliset pitoisuudet Äänekoskella olivat kaikkina kuukausina suuremmat kuin Jyväskylässä ja useina kuukausina suunnilleen samansuuruiset kuin Mannerheimintiellä. Heinäkuussa Äänekosken pitoisuus oli näistä mittausasemista korkein. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksiin vaikuttavat näissä kaikissa kolmessa mittauspisteessä autoliikenteen pakokaasupäästöjen lisäksi hiukkasten kaukokulkeuma ja paikallinen mittausaseman ympäristön pölyäminen, joten Äänekosken korkeat pitoisuudet kertovat erityisesti aseman läheisestä lähipäästöstä. Äänekoskella hengitettävien hiukkasten pitoisuuksiin vaikuttavat myös läheisen teollisuuden päästöistä peräisin olevat hiukkaset. Sammaltunturilla myös hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat typpidioksidin tapaan kaikkina kuukausina hyvin pienet.

Rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuuksiin vaikuttavat selvimmin paikallisen teollisuuden päästöt ja etenkin teollisuuden häiriöpäästöt. Tästä syystä pitoisuudet voivat vaihdella hyvinkin paljon eri mittausasemilla eri kuukausina eikä yksittäisiä pitoisuusarvoja olekaan syytä verrata tarkasti toisiinsa. Vertailua voi tehdä vain vertaamalla karkeasti eri asemien pitoisuustasoja. Äänekosken ja Kuopion rikkidioksidin pitoisuudet ovat keskimäärin samalla tasolla. Sammaltunturin taustailmanlaadun mittausasemalla rikkidioksidin pitoisuudet ovat tavallisesti hyvin pieniä, mutta sijaintinsa vuoksi myös siellä havaitaan satunnaisesti hetkellisiä korkeita pitoisuuspiikkejä, jotka ovat peräisin Kuolan niemimaan teollisuuden päästöistä Suomen rajojen ulkopuolelta. Haisevia rikkiyhdisteitä ei lainkaan tarkkailla tausta-ilmanlaadun seurannassa.

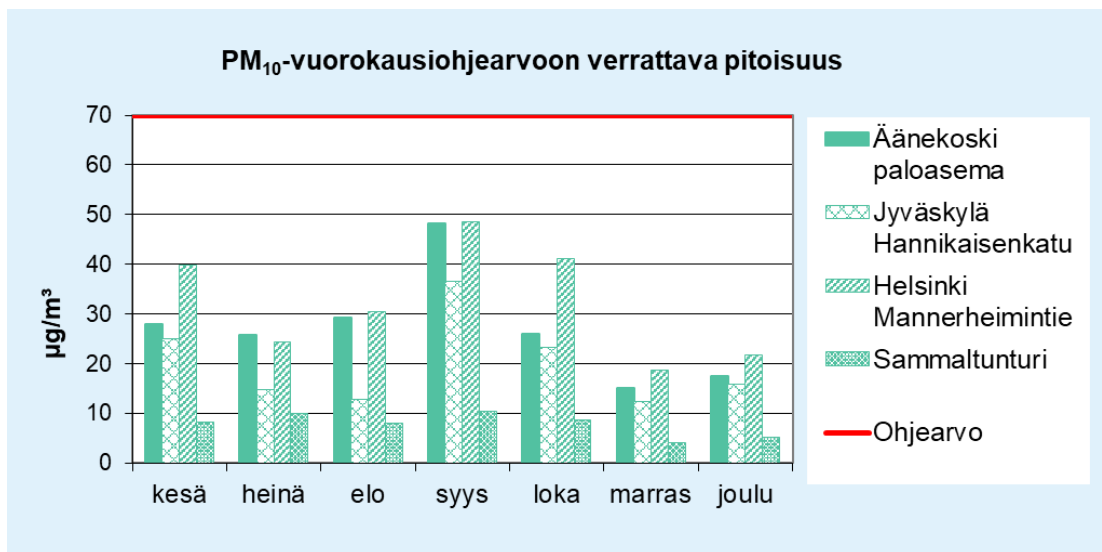
Taulukko 2. Äänekosken paloasemalla, Jyväskylän Hannikaisenkadulla, Jyväskylän Palokassa sekä Kuopion Sorsasalossa jaksolla 1.6.–31.12.2020 mitatut typenoksidien, hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden keskiarvopitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). mittausasemien Muiden kuin Äänekosken 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	7	9	16	1	–
PM ₁₀	13	9	16	3	–
SO ₂	1	–	–	1	2
TRS	1	–	–	–	1



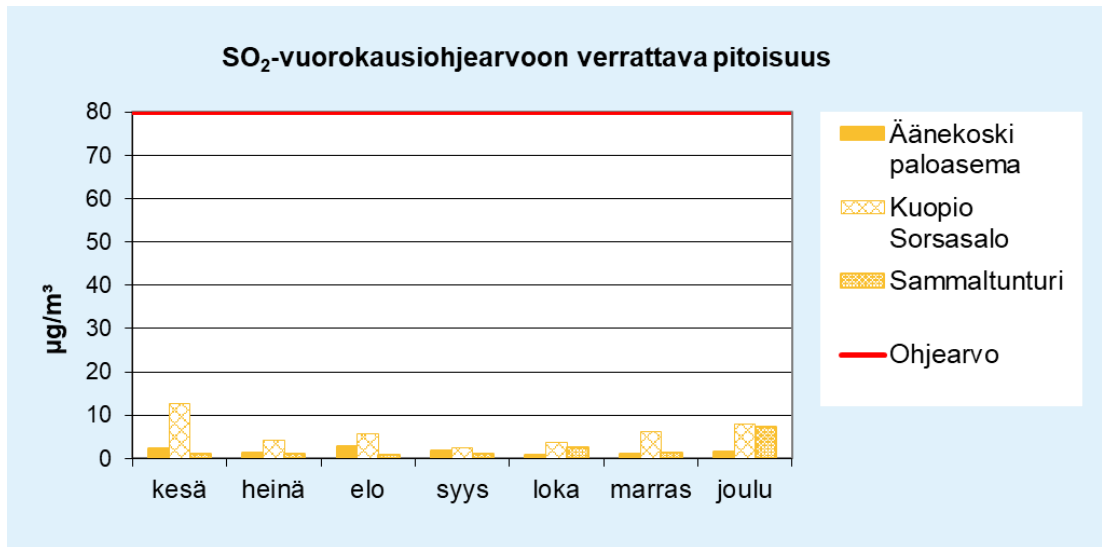
Kuva 14.

Typidioksidipitoisuuden vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kuukausittain vuonna 2020 eri mittausasemilla. Vuorokausiohjearvo $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ on esitetty punaisella vaakaviivalla. Muiden mittausasemien kuin Äänekosken pitoisuustulokset ovat vielä tarkistamatonta aineistoa.



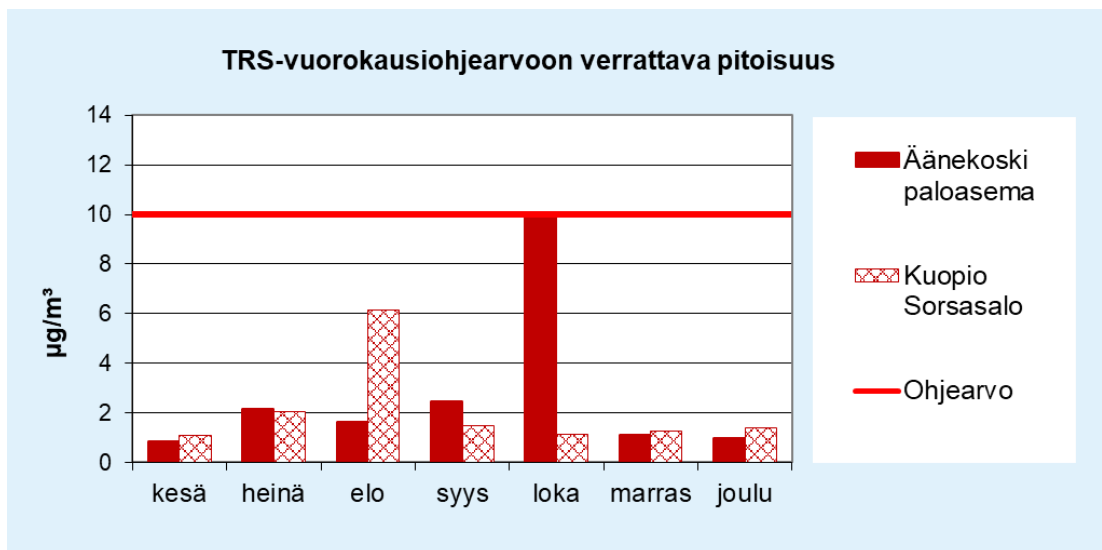
Kuva 15.

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kuukausittain vuonna 2020 eri mittausasemilla. Vuorokausiohjearvo $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 2020 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 2020 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 1.6.–31.12.2020 välisenä aikana yhdessä mittauspisteessä. Ilmanlaadun mittausten tavoitteena oli kartoittaa typenoksidien, hengitettäviä hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuustasoja ja hetkellistä vaihtelua alueella. Näistä typenoksideja ja hengitettäviä hiukkasia vapautuu erityisesti autoliikenteestä ja rikkidioksidia ja haisevia rikkiyhdisteitä puolestaan teollisuuden tuotantoprosesseista. Mittauspiste sijaitsee paloaseman piha-alueen laidalla, Äänekoskentien varrella. Mittauksia tullaan jatkamaan keskeytyksettä samassa paikassa 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 päästölähde 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. kevät-pölyaikaan 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 84 % mittausjakson 1.6.–31.12.2020 vuorokausista eli valtaosan mittausjaksosta. Ilmanlaatu oli välttävää 12 % päivistä, huonoa 3 % päivistä ja erittäin huonoa 1 % päivistä. Huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun päivät ajoittuivat heinäkuulle, syyskuulle ja lokakuulle. Kaikki huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun tilanteet aiheutuivat Metsä Fibren toimintojen päästöistä. Ne aiheutuivat yhtä lukuun ottamatta korkeista TRS-pitoisuuksista. Korkeat TRS-pitoisuudet aiheutuivat prosessihäiriöistä, kuten prosessien alas- ja ylösajoista, jätevedenpuhdistamon häiriöstä ja tehtaan vuosihuoltoseisokin jälkeisestä tehtaan ylösajosta. Yksi erittäin huonon ilmanlaadun päivä aiheutui korkeista hengitettävien hiukkasten pitoisuuksista. Tällöin Metsä Fibren tehtaalla puhdistettiin sähkösuotimia ja tästä prosessista vapautuu hetkellisesti paljon hiukkaspäästöjä.

Typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuuksille ilmanlaatulainsäädännössä annetut vuorokausiohjearvot eivät ylittyneet mittausjaksolla kertaakaan. Typpidioksidin pitoisuus oli korkeimmillaan joulukuussa noin 30 % vuorokausiohjearvosta ja hengitettävien hiukkasten pitoisuus syyskuussa noin 70 % ohjearvosta. Syyskuun loppussa Suomeen kulkeutui hiukkasia kaukokulkeumana eteläisen Euroopan metsä- ja maastopaloista. Tällöin koko Suomessa mitattiin keskimääräistä korkeampia hiukkaspitoisuuksia useiden päivien ajan. Tämä oli havaittavissa myös Äänekosken paloaseman syyskuun mittauksissa.

sisä. Rikkidioksidin pitoisuudet olivat kaikkina kuukausina alle 3 % ohjearvoista. Haisevien rikkiyhdisteiden ohjearvoon verrannollinen pitoisuus oli lokakuussa enimmillään ohjearvon $10 \mu\text{g}(\text{S})/\text{m}^3$ suuruinen. Lokakuussa mitattiin useina päivinä korkeita TRS-pitoisuuksia, kun Metsä Fibren tehdasta käynnistettiin vuosihuoltoseisokin jälkeen. Kaikkina muina kuukausina TRS-pitoisuudet olivat alle 25 % ohjearvosta.

Ilmanlaadun raja-arvotarkasteluissa vertailujakso on yksi kalenterivuosi, joten tätä lyhyemmän mittausjakson pitoisuuksia voidaan tarkastella vain suuntaa antavasti suhteessa raja-arvoihin. Kaikki Äänekosken paloasemalla mitatut pitoisuudet jäivät selvästi ilmanlaadun raja-arvojen ja arviointikynnyksien alapuolelle. Typpidioksidin pitoisuudet olivat enimmillään 18 % raja-arvoista, hengitettävien hiukkasten pitoisuudet 42 % raja-arvoista ja rikkidioksidin pitoisuudet enimmillään 2 % raja-arvoista. Haiseville rikkiyhdisteille ei ole asetettu raja-arvoja ilmanlaatulainsäädännössä.

Tuulen suunnittain tarkasteltuna typpidioksidin pitoisuudet olivat keskimäärin suurimmillaan tyyneissä tilanteissa tai etelä- ja kaakkoistuulilla eli tuulen käydessä Äänekoskentien suunnasta. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat puolestaan suurimmillaan pohjoisen puoleisilla tuulilla eli tuulen käydessä paloaseman pihan ja työntekijöiden parkkialueen sekä paloaseman pohjoispuolella sijaitsevan talonrakennustyömaan suunnasta. Tästä ilmansuunnasta oli kuitenkin vain vähän mittaushavaintoja. Lisäksi hengitettävät hiukkaset olivat koholla tyyneissä tilanteissa. Tyyneellä säällä havaitut korkeat typpidioksidin ja hiukkasten pitoisuudet kertovat paikallisista lähipäästölähteistä, jonka lähde ja sen sijaintia ei tarkemmin pystytä määrittelemään. Kovemmillä tuulenopeuksilla pystytään selkeästi päättelemään, mistä suunnasta mitatut pitoisuudet ovat peräisin. Rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuudet olivat keskimäärin korkeimmillaan etelätuulilla eli tuulen käydessä Metsä Fibren tuotantolaitosten suunnasta.

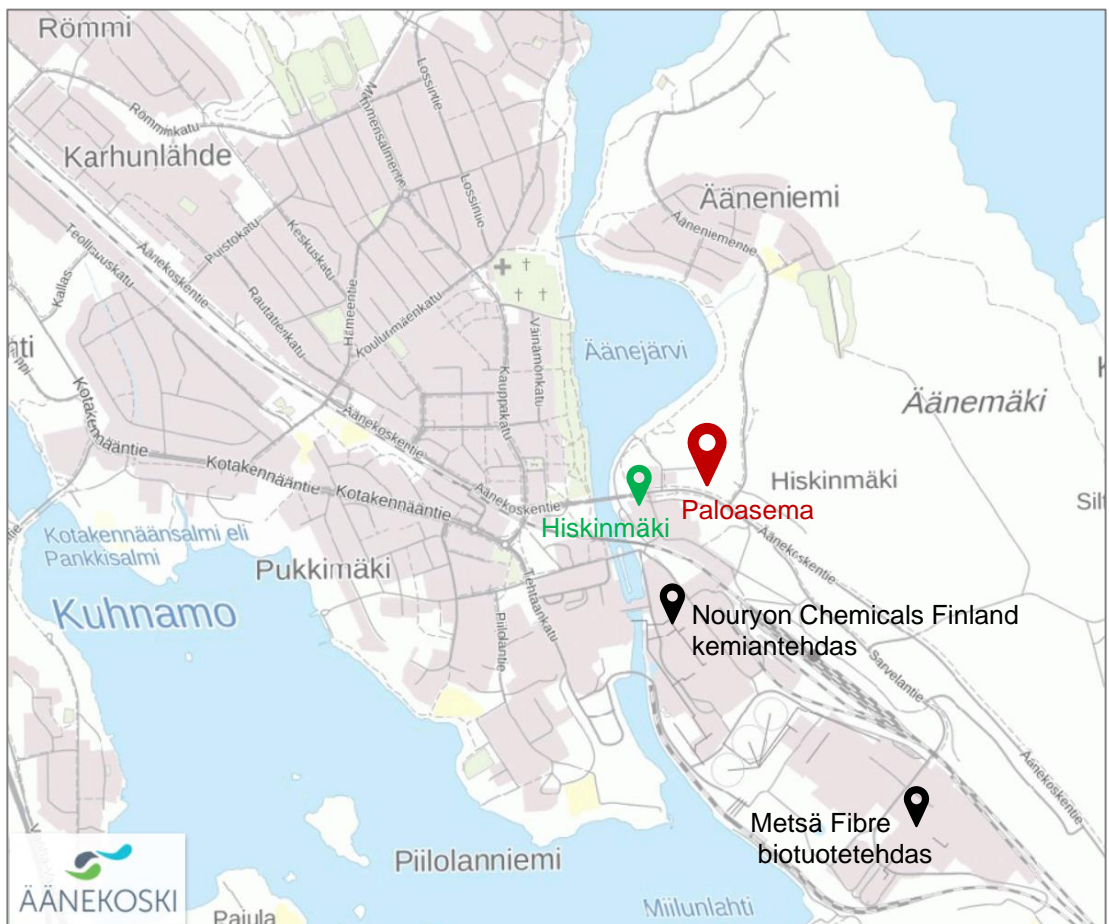
Tuulensuuntatarkastelun ja pitoisuuksien tunti- ja vuorokausijakaumien perusteella Äänekosken paloaseman mittauspisteessä typpidioksidin pitoisuuksiin vaikuttavat eniten autoliikenteen päästöt. Hiukkasten pitoisuuksiin vaikuttavat pakokaasuissa olevien hiukkasten lisäksi tuulen ja liikenteen maanpinnasta ilmaan nostattamat hiukkaset sekä teollisuuden päästöistä peräisin olevat hiukkaset. Rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuudet sen sijaan ovat selvimminkin kytköksissä teollisuuden päästöihin.

OSA II

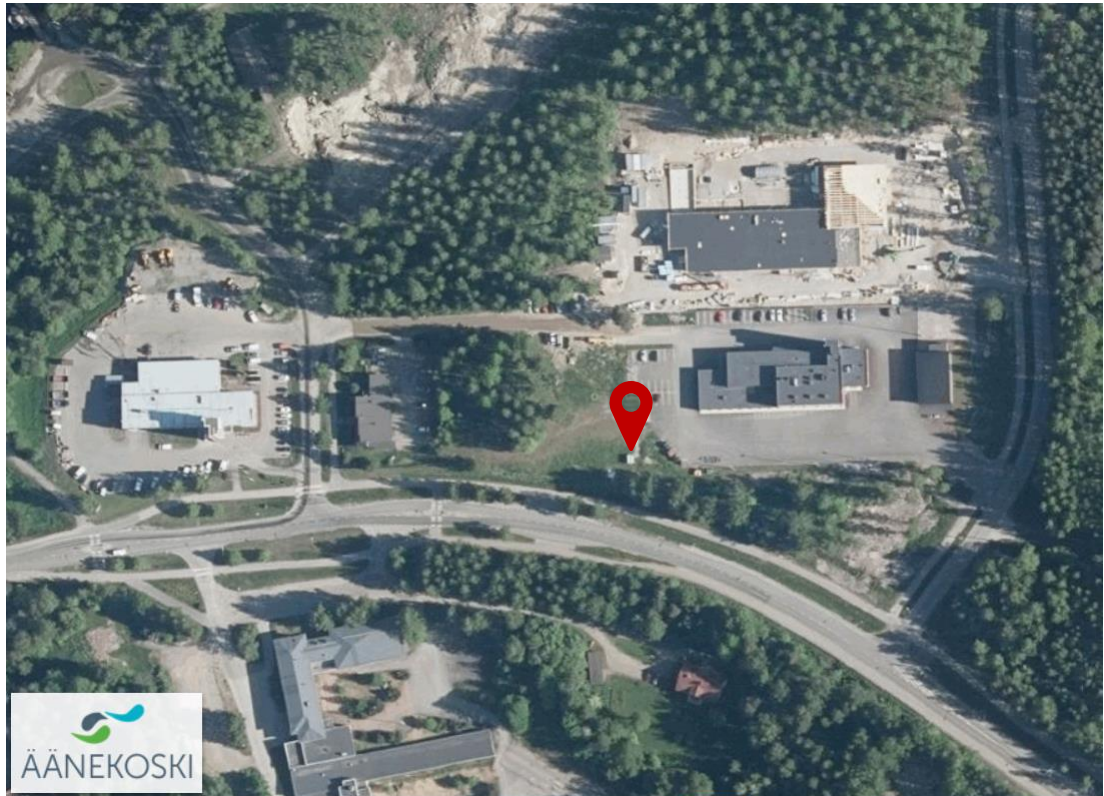
4. TUTKIMUKSEN SUORITUS

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 Wood Oy:n Suolahden vaneritehtaat ja Kumpuniemen voima Oy ovat noin 6 km ja Valio Oy:n tuotantolaitokset noin 3 km kaakkoon mittausasemasta. Mittausaseman sijaintia 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#>).

Ilmakuvasta (kuva 19) havaitaan, että mittausaseman lähellä, heti paloaseman rakennuksen pohjoispuolella on talonrakennustyömaa. Tontille on vuoden 2020 aikana rakennettu poliisilaitosta, joka valmistuu keväällä 2021. Rakennustyömaan toiminnoista aiheutuu tyypillisesti hiukkaspäästöjä ja rakennustyömaan lisääntyneestä liikenteestä puolestaan autoliikenteelle tyypillisiä päästöjä eli typenoksidi- ja hiukkaspäästöjä.

4.2 Mitatut suureet ja mittausmenetelmät

Äänekosken paloaseman mittauspisteeseen tuotiin mittauskontti, joissa kaikki mittauksiin liittyvät toiminnot tapahtuvat häiriöttä ja mittausolosuhteet stabiileina. Mittausasemalla mitattiin jatkuvatoimisilla automaattisilla analysaattoreilla typen oksidien (NO, 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 + konvertteri	TEI 43S + PPM891 konvertteri
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 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 mittaussuhteeseen (*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 mittalaitte kalibroitiin käyttäen typpimonoksidikaasua (NO), rikkidioksidilaitte käyttäen rikkidioksidikaasua (SO₂) ja haisevien rikkiyhdisteiden mittalaitte käyttäen rikkivetykaasua (H₂S), joita laimennettiin erillisen kenttälaimentimen avulla halutuille pitoisuustasoille. Laimentimesta tuotettiin kalibrointipitoisuusarvot, jotka oli varmennettu (kalibroitu) ilmanlaatumittausten kansallisessa vertailulaboratoriossa jäljitettävästi kalibroituja analysaattoria 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. Tyypidioksidin mittaussasemasta puuttui yksittäisinä vuorokausina kesä- ja marraskuussa ja rikkidioksidin aineistoa yhtenä päivänä marraskuussa. Nämä katkokset aiheutuivat laitteiden normaaleista kalibrointi- ja huoltotoimista. Haisevien rikkiyhdisteiden aineistosta ei puuttunut yhtään mittaussasemasta. Hiukkasmittalaite rikkoutui ja vaihdettiin uuteen vastaavaan laitteeseen 11.8.2020, missä yhteydessä mittauksiin tuli 2 vrk katkos. Hengittävien hiukkasten mittaussasemasta puuttui myös joulukuussa kahtena peräkkäisenä vuorokautena tilapäisen laitehäiriön vuoksi. Katkoksista huolimatta myös hiukkasmittausten osalta laatutavoite aineiston vähimmäismäärälle saavutettiin

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. Koska mittaussasema alkoi kesken vuotta ja kattoi vain 7 kuukautta, aineiston vähimmäismäärän laatutavoite ei täyty ja vertailu raja-arvoihin voidaan tehdä vain suunta-antavasti.

5. SÄÄTIEDOT VUONNA 2020

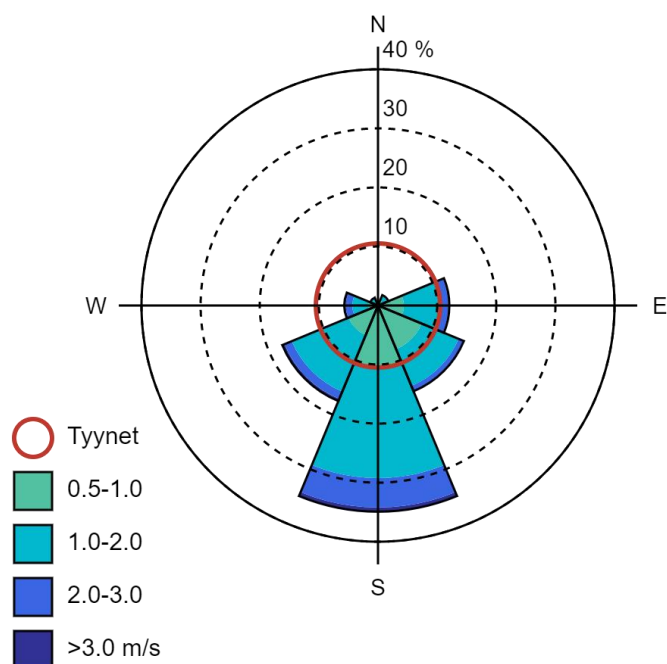
5.1 Tuulitiedot Äänekoskella mittaussasemalla

Äänekosken paloasemalla mitattujen tuulennopeuksien keskiarvo mittaussasemalla oli 1,2 m/s. Tyynien tilanteiden osuus oli noin 11 % mittaussaseman tunneista. Tyyniksi katsotaan tässä tarkastelussa tunnit, jolloin tuulen nopeus oli alle 0,5 m/s. Tuulianturi sijaitsi noin 4 metrin korkeudella maanpinnasta mittaussaseman katolla.

Kuvassa 21 on esitetty mittaussaseman 1.6.–31.12.2020 tuulisuus eli tuulensuuntien ja -nopeuksien kuvaaja. Tuulisuuden 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. Tuulisuudesta nähdään myös tuulien 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 havaitsijaa kohti. Niinpä etelätuuli puhaltaa etelästä ja länsituuli lännestä, jne. Äänekosken paloasemalla vallitseva tuulensuunta oli tällä mittaussasemalla etelä, ja tuulensuunnat olivat muutenkin painottuneet idän ja lounaan väliseen sektoriin. Luoteen ja koillisen välisestä sektorista

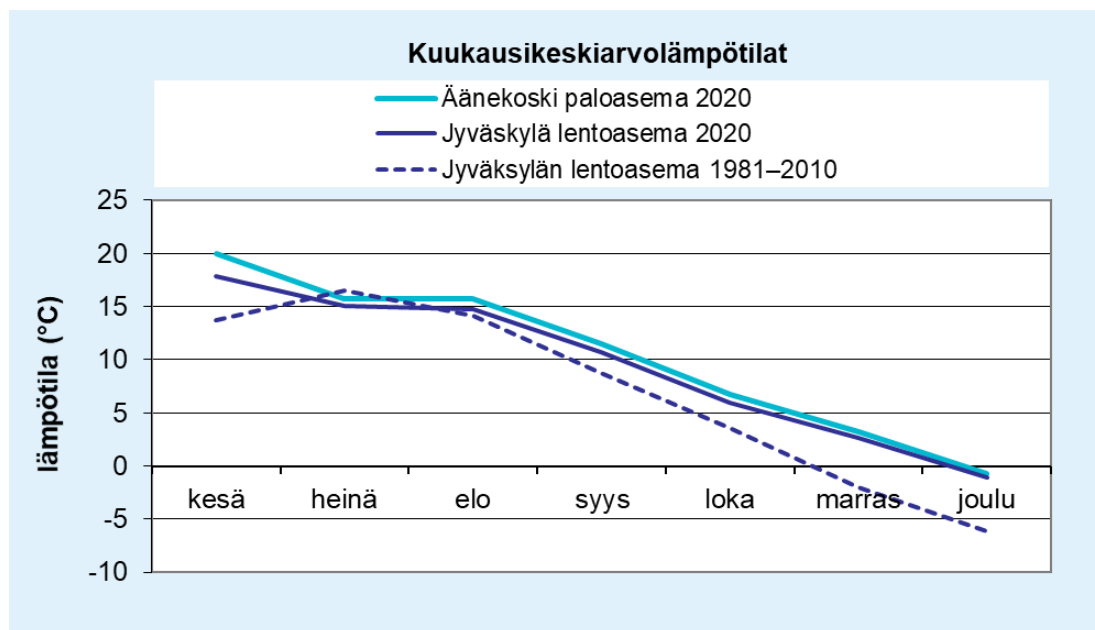
ei puolestaan havaittu juuri lainkaan tuulia. Koillisessa sijaitseva Äänemäki todennäköisesti vähentää koillistuulten havaitsemista tällä paikalla, mutta luoteen ja pohjoisen suunnissa ei ole varsinaisia tuulta häiritseviä esteitä mittausaseman lähellä. Myös Ilmatieteen laitoksen Keski-Suomessa sijaitsevien sääasemien virallisissa tuulimittauksissa esiintyi jaksolla 1.6.–31.12.2020 hyvin vähän pohjoispuoleisia tuulia ja hyvin runsaasti eteläpuoleisia 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. Syyskuun puolivälissä Suomea ja varsinkin Länsirannikkoa riepotteli voimakas Aila-myrsky, joka oli vaikutuksiltaan hyvin merkittävä, tehden puustotuhvoja ja katkoen sähköjä laajoilta alueilta. Äänekosken paloasemalla hetkellinen tuulennopeus oli 17.9. myrskyn aikana enimmillään 6,5 m/s.



Kuva 21. Äänekosken paloaseman ilmanlaadun mittausaseman katolta mitatut tuulensuunnat (ilmansuuntasuuntasektorit) ja tuulennopeudet (m/s) mittausjaksolla 1.6.–31.12.2020. Tyynien tilanteiden osuus oli 11 % kaikista tuulista. Tyyniksi on tässä tarkastelussa luokiteltu alle 0,5 m/s tuulen nopeudet.

5.2 Keskilämpötilat Äänekosken seudulla

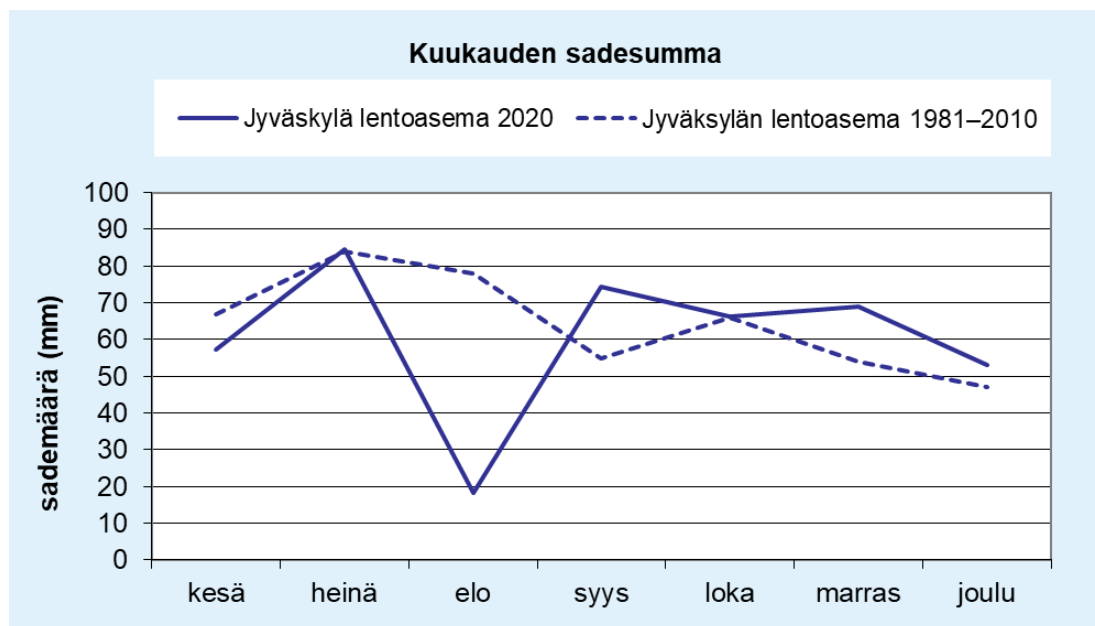
Ilmatieteen laitoksen ylläpitämä Jyväskylän lentoaseman sääasema on Äänekoskea lähimpänä sijaitseva virallinen sääasema. Kuvassa 22 on vertailtu tällä sääasemalla mitattuja jakson 1.6.–31.12.2020 keskilämpötiloja (*Ilmatieteen laitos, 2021 b*) ilmastollisen vertailukauden 1981–2010 lämpötiloihin (*Pirinen, ym., 2012*) ja Äänekosken paloasemalla mitattuihin lämpötiloihin. Äänekosken paloasemalla lämpötila oli mittausjaksolla 5,2 astetta korkeampi kuin vertailukaudella 1981–2010. Kesäkuun 2020 keskilämpötila oli peräti 6,3 astetta korkeampi kuin lämpötilan pitkän ajan keskiarvo. Heinäkuu oli tänä vuonna osassa maata kesän kolein kuukausi, vaikka yleensä heinäkuu on kesän lämpimin kuukausi.



Kuva 22. Lämpötilan kuukausikeskiarvot Äänekosken paloasemalla mittausjaksolla 1.6.–31.12.2020, Jyväskylän lentoaseman lämpötiloihin ja ilmastollisen vertailukauden 1981–2010 pitkäaikaiskeskiarvoihin 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 jakson 1.6.–31.12.2020 kuukausisademääriä (*Ilmatieteen laitos, 2021 b*) ilmastollisen vertailukauden 1981–2010 sademääriin (*Pirinen, ym., 2012*). Mittausjakson sademäärä Jyväskylän lentoasemalla oli 350 mm, mikä on 14 % suurempi kuin vertailukauden 1981–2010 vastaavan jakson sademäärä. Elokuun aikana satoi tavanomaista vähemmän lähes koko maassa, myös Jyväskylässä. Etenkin kesäisin kuurosateet saattavat kuitenkin olla hyvinkin paikallisia, mikä helposti vaikuttaa myös paikallisiin sademääriin.



Kuva 23. Kuukausisademäärät Ilmatieteen laitoksen Jyväskylän lentoaseman sääasemalla mittausjaksolla toukokuu–lokakuu 2020 ja vertailukaudella 1981–2010.

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 ilmassaasteiden mukana laajoille alueille. Tämän kulkeutumisen aikana ilmansaasteet voivat reagoida keskenään sekä muiden ilmassa olevien yhdisteiden kanssa muodostaen uusia yhdisteitä. Ilman epäpuhtaudet poistuvat ilmasta sateen huuhtomina, kuivalaskeumana erilaisille pinnoille tai kemiallisen 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 kahdeksan kilometriin. Matalimmat rajakerroksen korkeudet havaitaan yleensä talvella kovilla pakkasilla. Ilmakehän stabiilisuudella tarkoitetaan ilmakehän herkkyyttä pystysuuntaiseen sekoittumiseen. Stabiilisuuden määrää ilmakehän pystysuuntainen lämpötilarakenne, mutta siihen vaikuttavat myös auringon säteily, tuuli ja maanpinnan laatu. Stabiiliustilan ollessa vakaa ilmakehän sekoittuminen on vähäistä. Jos tila on epävakaa, sekoittuminen on voimakasta ja ilmaan päässeet epäpuhtaudet laimenevat nopeasti.

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

pänä 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.

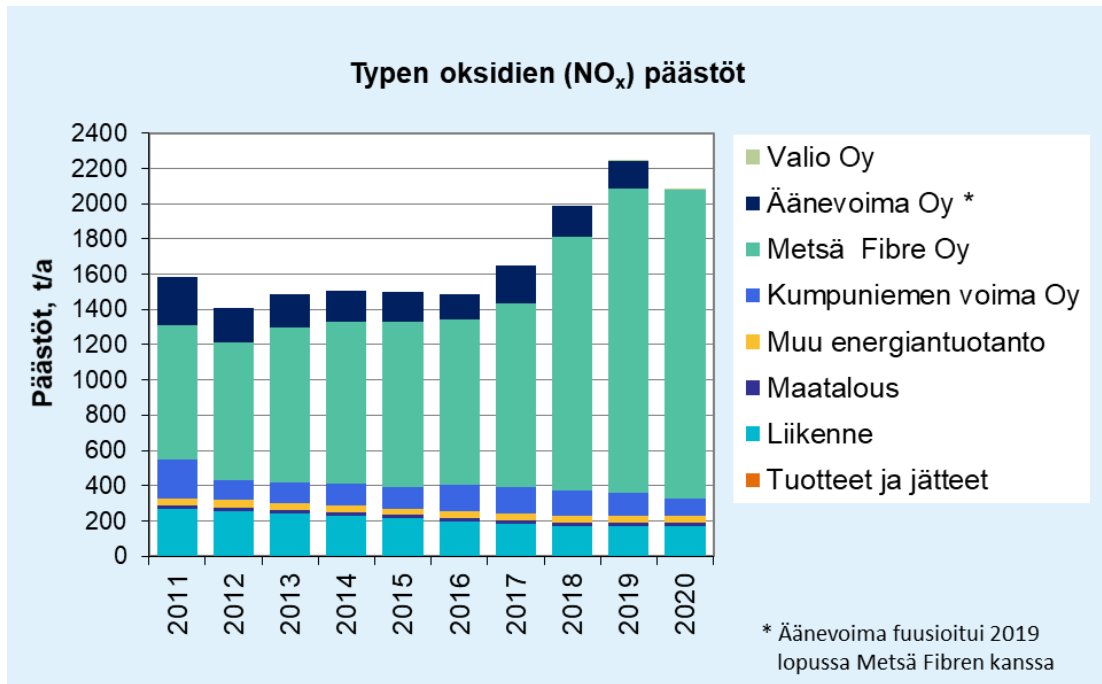
Keväisin merkittävin ilmanlaatuhaittojen aiheuttaja on katupöly. Katupölyä syntyy, kun lumet sulavat keväällä ja talven aikana tien varsille kerääntynyt hiukkasmassa vapautuu ilmaan tuulen ja liikennevirtojen vaikutuksesta katujen kuivuttua. Lumien sulamisvedet, sateet ja pölynsidonta suolaliuoksella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

6. ÄÄNEKOSKEN PÄÄSTÖTIEDOT

Äänekosken typenoksidien, hiukkasten, rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden päästötiedot viimeiseltä 10 vuodelta on esitetty kuvissa 24–27. Äänekosken alueella toimivien yritysten vuosien 2019–2020 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 Oy, 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 vuoden 2020 päästöissä 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, 2021*). 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 päästöinventaariorio ulottuu vasta vuoteen 2018 saakka, joten kahtena viimeisenä vuotena kuvaajissa on käytetty vuoden 2018 arvoja.

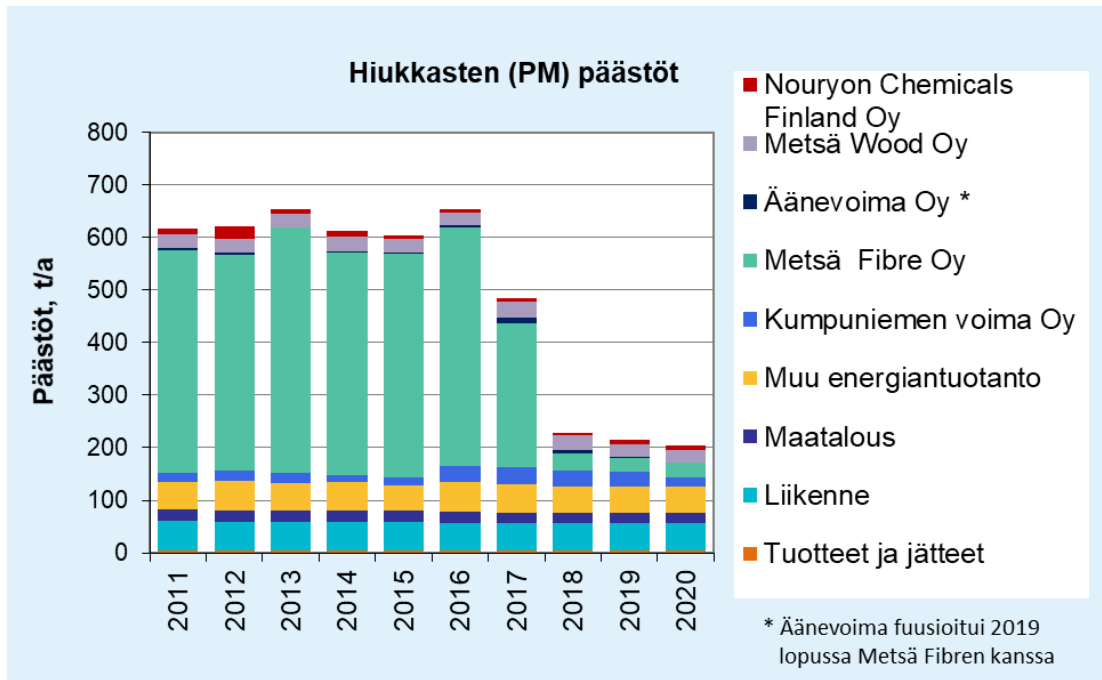
Typenoksidien kokonaispäästöt ovat kasvaneet viimeisen 10 vuoden aikana (kuva 24). Vuonna 2020 kokonaispäästö määrä oli 2 080 t/a. Äänekosken typenoksidien päästöistä 84 % oli peräisin Metsä Fibre Oy:n toiminnoista ja 5 % Kumpuniemen voima Oy:n toiminnoista. Liikenteen osuus oli 8 % päästöistä. Liikenteen typenoksidipäästöt ovat viimeisen 10 vuoden aikana jatkuvasti pienentyneet, samoin kuin muun energiantuotannon päästöt, mutta maatalouden päästöt ovat pysyneet ennallaan. Metsä Fibren typenoksidien 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 samaa suuruusluokkaa kuin pelkän Metsä Fibren päästöt edellisenä vuonna.



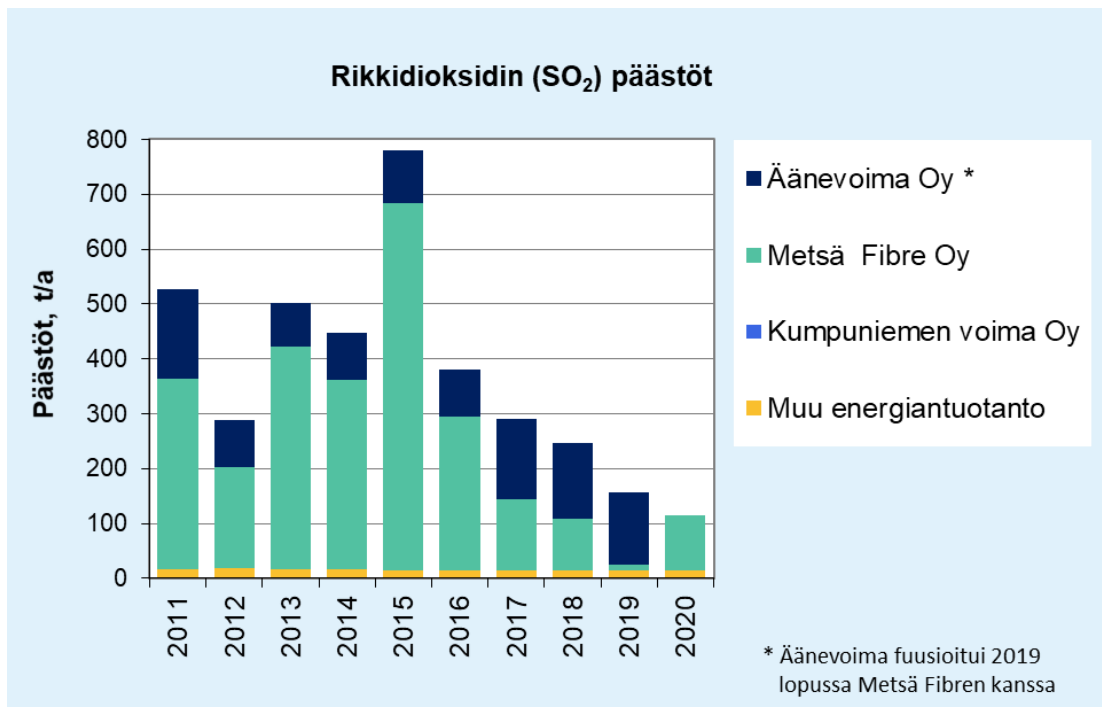
Kuva 24. Typenoksidien päästöt Äänekoskella vuosina 2011–2020. Valio Oy:n päästöt sekä tuotteet ja jätteet -päästöluokan päästöosuudet ovat niin pieniä (<0,1 t/a), etteivät ne näy kuvaajassa.

Hiukkasten kokonaispäästöt ovat pienentyneet noin kolmasosaan viimeisen 10 vuoden aikana (kuva 25). Vuonna 2020 kokonaispäästö määrä oli 204 t/a. Suurin päästövähennys tapahtui vuonna 2018, jolloin Metsä Fibren hiukkaspäästöt putosivat noin kymmenesosaan edellisvuoden päästö määrästä. Liikenne ja muu energiantuotanto olivat vuonna 2020 suurimmat hiukkaspäästölähteet, kummatkin noin 25 % päästöosuuksilla. Muu energiantuotanto sisältää mm. kiinteistöjen erillislämmityksen päästöt. Metsä Fibren hiukkaspäästöt olivat noin 15 %, Metsä Wood Oy:n Suolahden vaneritehtaiden päästöt noin 12 %, Kumpuniemen voima Oy:n 8 % ja Nouryon Chemicals Finland Oy:n 5 % kokonaispäästöistä.

Rikkidioksidin kokonaispäästöt ovat pienentyneet merkittävästi viimeisen 10 vuoden aikana (kuva 26). Vuonna 2020 kokonaispäästö määrä oli 115 t/a. Suurin päästövähennys tapahtui vuonna 2016, jolloin Metsä Fibren rikkidioksidipäästöt putosivat alle puoleen edellisvuoden päästö määrästä. Metsä Fibren rikkidioksidipäästöt olivat vuonna 2020 noin 88 % kokonaispäästöistä ja muu energiantuotannon päästöluokan osuus noin 12 %.

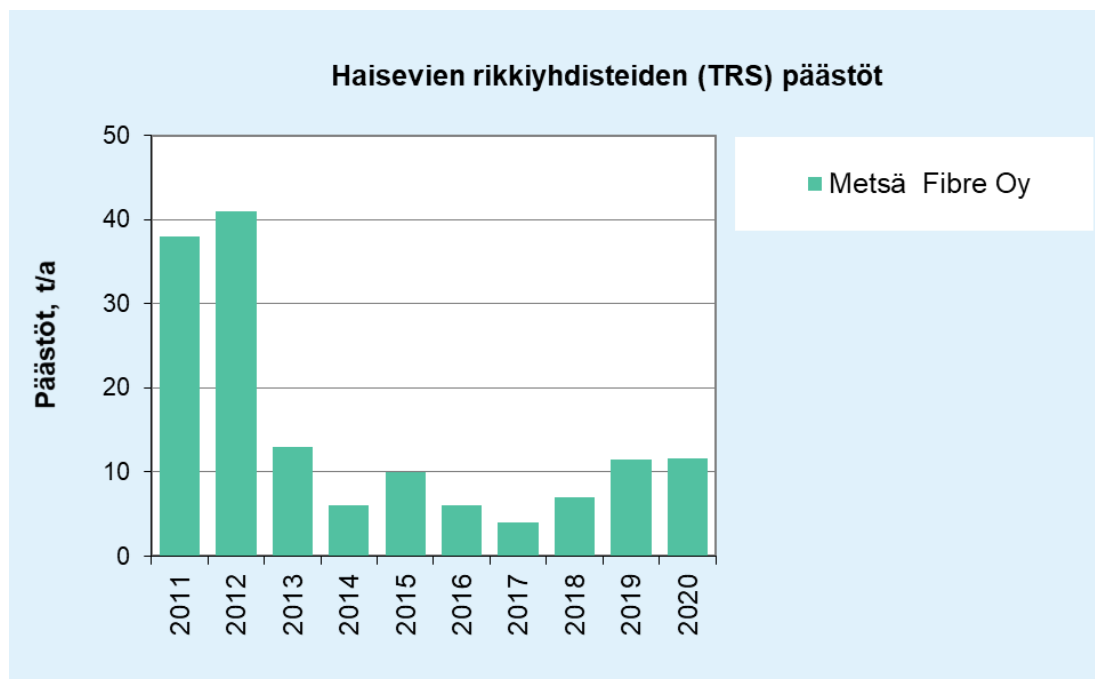


Kuva 25. Hiukkasten päästöt Äänekoskella vuosina 2011–2020.



Kuva 26. Rikkidioksidin päästöt Äänekoskella vuosina 2011–2020. 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 2020 kokonaispäästömäärä oli 12 t/a. 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 2011–2020.

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-

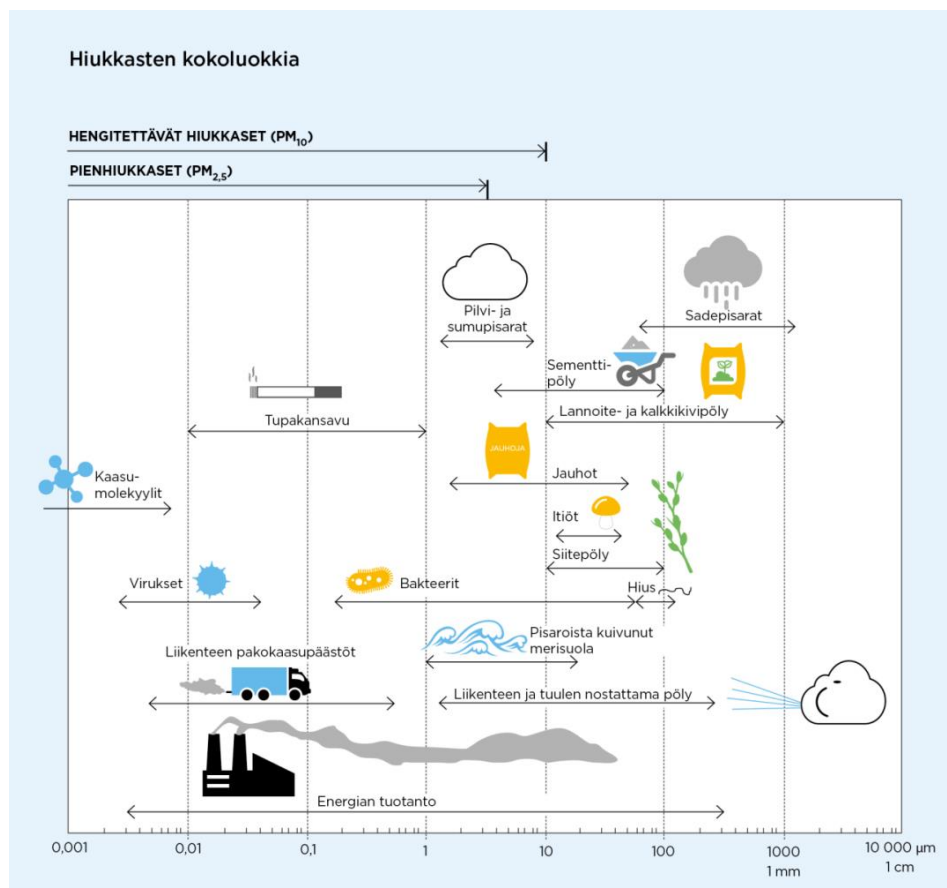
den aiheuttamat päästöt (pistemäiset päästölähteet) olisivat määrällisesti jopa suurempia auto-liikenteeseen verrattuna. Ihmiset altistuvat helposti liikenteen päästöille, sillä autojen pakokaasupäästöt vapautuvat hengityskorkeudelle.

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 $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pienissä ja keskisuurissa kaupungeissa typpidioksidin vuosikeskiarvot ovat yleensä noin $5\text{--}20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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, 2021 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 hiekoitusshiekka 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 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 suurimmissa kaupungeissa noin $10\text{--}20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vilkkaimmilla teillä ja katukuiluosuuksilla vuosipitoisuudet voivat olla yli $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pienissä ja keskisuurissa kaupungeissa vuosikeskiarvot ovat noin $6\text{--}15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mittausympäristöstä riippuen. Puhtailla tausta-alueilla vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet Etelä-Suomessa noin $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Pohjois-Suomessa noin $3\text{--}5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ilmatieteen laitos, 2021 c).

Pienhiukkaspitoisuuden vuosikeskiarvolle määritetty raja-arvo $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alittuu selvästi kaikkialla Suomessa. Viime vuosina pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuus on ollut pääkaupunkiseudun kaupunkialueilla noin $5\text{--}8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja muilla kaupunkialueilla noin $3\text{--}7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pitoisuuserot erityyppisten mittausympäristöjen välillä ovat muutamia mikrogrammoja. Puhtailla tausta-alueilla vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet Etelä-Suomessa noin $4\text{--}6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Pohjois-Suomessa noin $2\text{--}3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (*Ilmatieteen laitos, 2021 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 pitkäjänteen rajoittamisen seurauksena kaupunkialueiden rikkidioksidipitoisuudet ovat laskeneet lähelle tausta-alueiden pitoisuuksia. Ulkoilmassa oleva rikkidioksidi on pääosin peräisin energiantuotannosta, teollisuudesta ja laivojen päästöistä. Teollisuuspaikkakunnilla rikkidioksidipitoisuudet voivat kohota lyhytaikaisesti ja paikallisesti epäedullisissa meteorologisissa tilanteissa ja häiriöpäästötilanteissa. Myös satamien ja huippulämpökusten lähellä voi ajoittain esiintyä korkeita lyhytaikaispitoisuuksia. Korkeat rikkidioksidipitoisuudet voivat lisätä hengitystieinfektioita ja astmaatikkojen kohtauksia. Äkillisiä oireita ovat yskä, hengenahdistus ja keuhkoputkien supistuminen. Pakkanen voi pahentaa rikkidioksidin aiheuttamia oireita. Puhtailla tausta-alueilla rikkidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvot ovat olleet jo useiden vuosien ajan noin $1\text{--}2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (*Ilmatieteen laitos, 2021 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 H_2S , metyylimerkaptani CH_3SH , dimetyylisulfidi $(\text{CH}_3)_2\text{S}$ ja dimetyylidisulfidi $(\text{CH}_3)_2\text{S}_2$. Näitä yhdisteitä esiintyy selluteollisuuden päästöissä vaihtelevina osuuksina. Useimmiten rikkiyhdisteitä käsitellään kokonais-TRS-päästöinä ja -pitoisuuksina. Kullakin yhdistellä on sille ominainen hajukynnys, eli pitoisuus, jossa puolet ihmisistä aistii hajua. Haisevat rikkiyhdisteet aiheuttavat jo pieninä pitoisuuksina yhdyskuntailmassa viihtyvyyshaittaa epämiellyttävän hajunsa takia. Ulkoilman TRS-pitoisuuksia ei Suomessa seurata puhtailla tausta-alueilla, vaan TRS-pitoisuuksien mittauksia tehdään ainoastaan teollisuuspäästöjen vaikutusalueilla (*Ilmatieteen laitos, 2021 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 määritelty 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 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 määritelty 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 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 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, 2021 a. Alustavat tulokset Jyväskylän Hannikaisenkadulla ja Palokassa sekä Kuopion Sorsasalossa mitatuista ulkoilman pitoisuuksista. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun tutkimus. <https://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>

Ilmatieteen laitos, 2021 b. Säähavainnot. <https://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>

Ilmatieteen laitos, 2021 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, 2021. 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 mittausjaksolla 1.6.–31.12.2020. Pitoisuudet on ilmoitettu 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2020						
	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN							
lukumäärä	693	744	740	720	744	712	744
kattavuus (%)	96,3	100	99,5	100	100	98,9	100
keskiarvo	1,4	2,2	2,6	3,2	3,0	2,6	2,8
99. %-piste	7,7	11	17	18	15	17	12
korkein arvo	13	19	28	33	34	29	31
VRK-ARVOJEN							
lukumäärä	28	31	31	30	31	29	31
2. korkein arvo	2,5	3,5	5,2	6,6	6,4	6,2	5,1
korkein arvo	3,2	4,3	5,8	7,9	6,7	10	8,5

Liitetaulukko 2. Äänekosken paloasemalla mitatut typpidioksidin (NO_2) tunti- ja vuorokausipitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kuukausittain mittausjaksolla 1.6.–31.12.2020. Pitoisuudet on ilmoitettu 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2020						
	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN							
lukumäärä	693	744	740	720	744	712	744
kattavuus (%)	96,3	100	99,5	100	100	98,9	100
keskiarvo	4,6	4,7	5,9	6,7	6,7	8,4	12
99. %-piste	19	15	24	20	23	28	32
korkein arvo	24	24	36	33	31	35	39
VRK-ARVOJEN							
lukumäärä	28	31	31	30	31	29	31
2. korkein arvo	8,9	7,0	14	11	12	17	19
korkein arvo	10	10	16	11	12	21	20

Liitetaulukko 3. Äänekosken paloasemalla mitatut kokonaistypenoksidien (NO_x) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain mittausjaksolla 1.6.–31.12.2020. Pitoisuudet on ilmoitettu 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

NO _x (µg/m ³)	2020						
	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN							
lukumäärä	693	744	740	720	744	712	744
kattavuus (%)	96,3	100	99,5	100	100	98,9	100
keskiarvo	6,7	8,0	9,9	12	11	12	16
99. %-piste	30	29	45	46	44	54	52
korkein arvo	40	45	63	74	82	79	81
VRK-ARVOJEN							
lukumäärä	28	31	31	30	31	29	31
2. korkein arvo	13	13	20	20	22	26	27
korkein arvo	14	13	23	21	23	36	31

Liitetaulukko 4. Äänekosken paloasemalla mitatut hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain mittausjaksolla 1.6.–31.12.2020. Pitoisuudet on ilmoitettu ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

PM ₁₀ (µg/m ³)	2020						
	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN							
lukumäärä	718	744	701	720	744	718	683
kattavuus (%)	99,7	100	94,2	100	100	99,7	91,8
keskiarvo	17	12	15	18	12	7,5	8,5
99. %-piste	56	49	60	63	33	21	25
korkein arvo	72	73	87	210	42	31	27
VRK-ARVOJEN							
lukumäärä	30	31	29	30	31	30	28
2. korkein arvo	28	26	29	48	26	15	17
korkein arvo	28	27	35	49	26	16	22

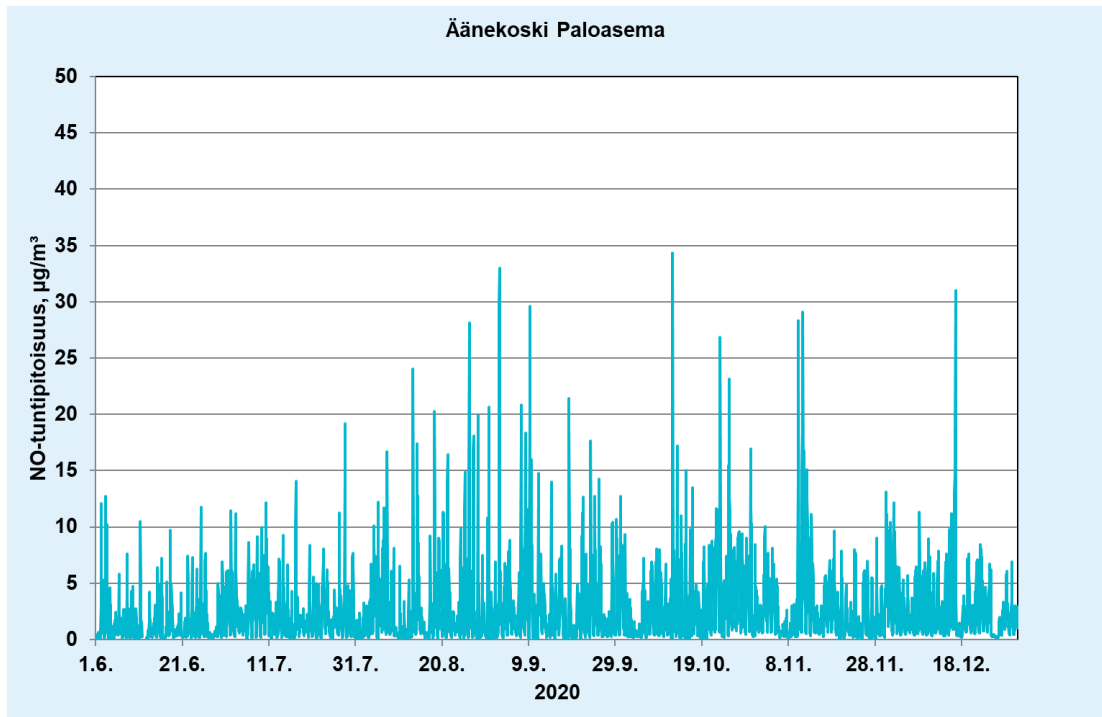
Liitetaulukko 5. Äänekosken paloasemalla mitatut rikkidioksidin (SO₂) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain mittausjaksolla 1.6.–31.12.2020. Pitoisuudet on ilmoitettu 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

SO ₂ (µg/m ³)	2020						
	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN							
lukumäärä	718	744	740	720	744	714	744
kattavuus (%)	99,7	100	99,5	100	100	99,2	100
keskiarvo	0,5	0,5	0,7	0,6	0,3	0,4	0,5
99. %-piste	5,9	7,5	8,1	8,7	2,1	2,8	3,3
korkein arvo	21	20	14	20	6,4	5,1	5,9
VRK-ARVOJEN							
lukumäärä	30	31	31	30	31	30	31
2. korkein arvo	2,3	1,4	2,9	1,7	0,8	1,1	1,5
korkein arvo	2,5	4,4	3,1	6,6	1,5	1,2	1,5

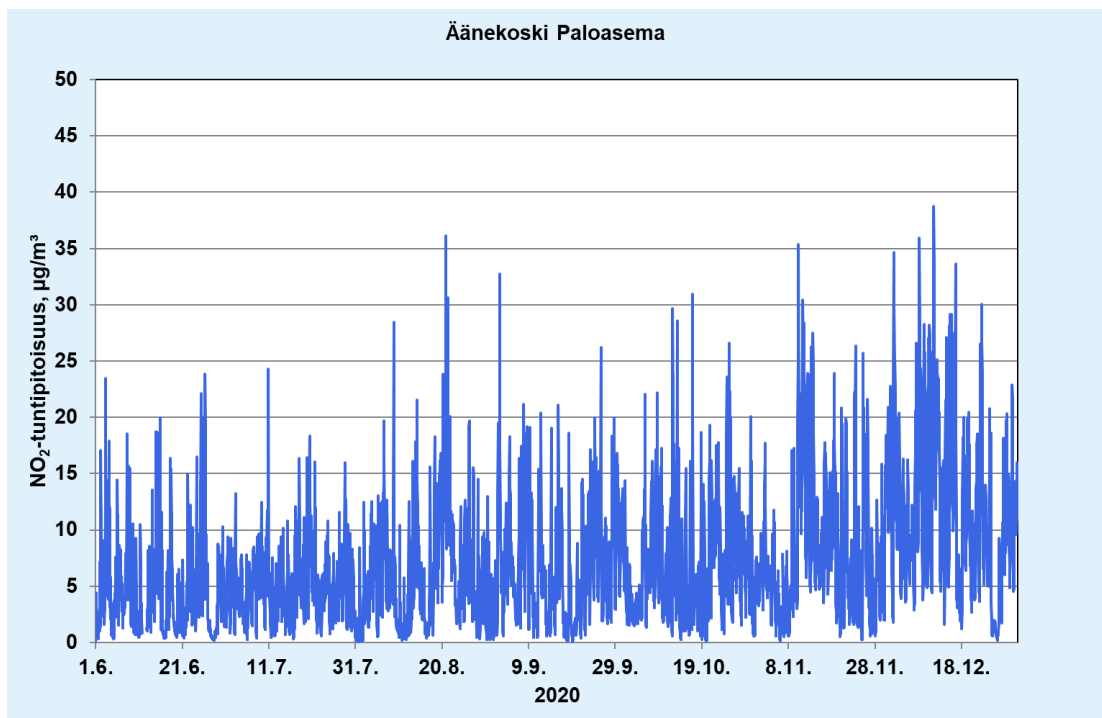
Liitetaulukko 6. Äänekosken paloasemalla mitatut haisevien rikkiyhdisteiden (TRS) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain mittausjaksolla 1.6.–31.12.2020. Pitoisuudet on ilmoitettu 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

TRS (µg/m ³)	2020						
	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN							
lukumäärä	718	744	741	720	744	712	744
kattavuus (%)	99,7	100	99,6	100	100	98,9	100
keskiarvo	0,4	0,6	0,5	0,6	1,4	0,5	0,6
99. %-piste	2,6	6,6	4,1	6,7	29	3,3	3,4
korkein arvo	4,3	43	6,0	34	71	13,2	17,5
VRK-ARVOJEN							
lukumäärä	30	31	31	30	31	29	31
2. korkein arvo	0,9	2,2	1,6	2,5	10,1	1,1	1,0
korkein arvo	1,1	4,4	2,7	2,9	10,8	1,8	2,2

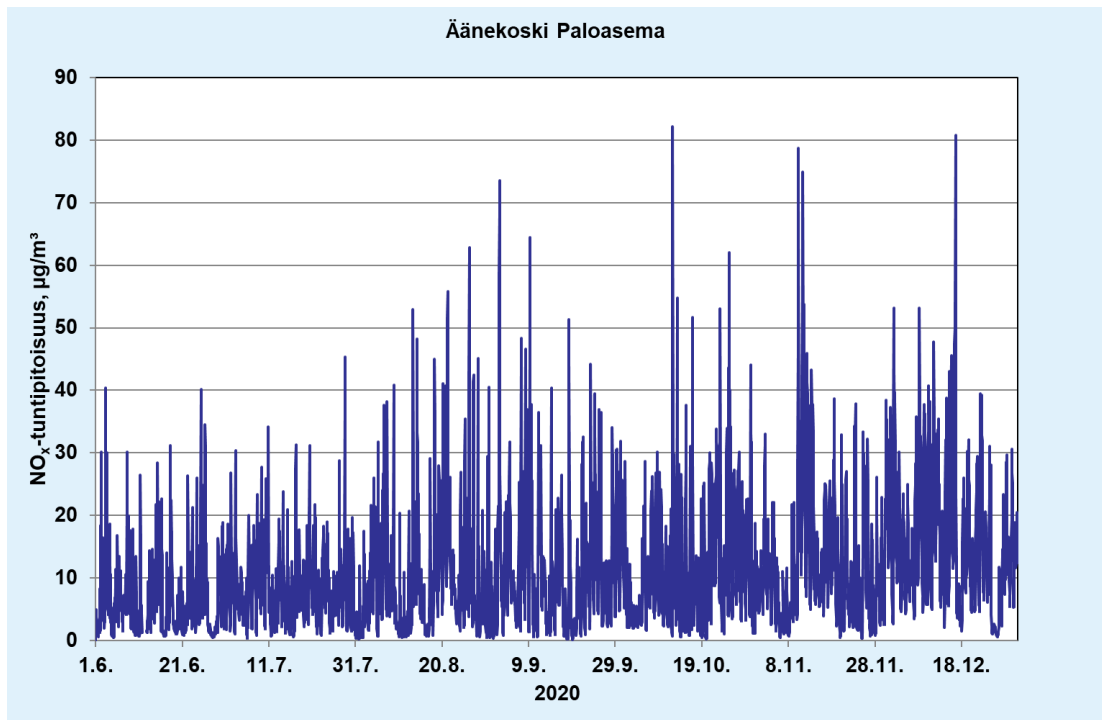
LIITEKUVAT



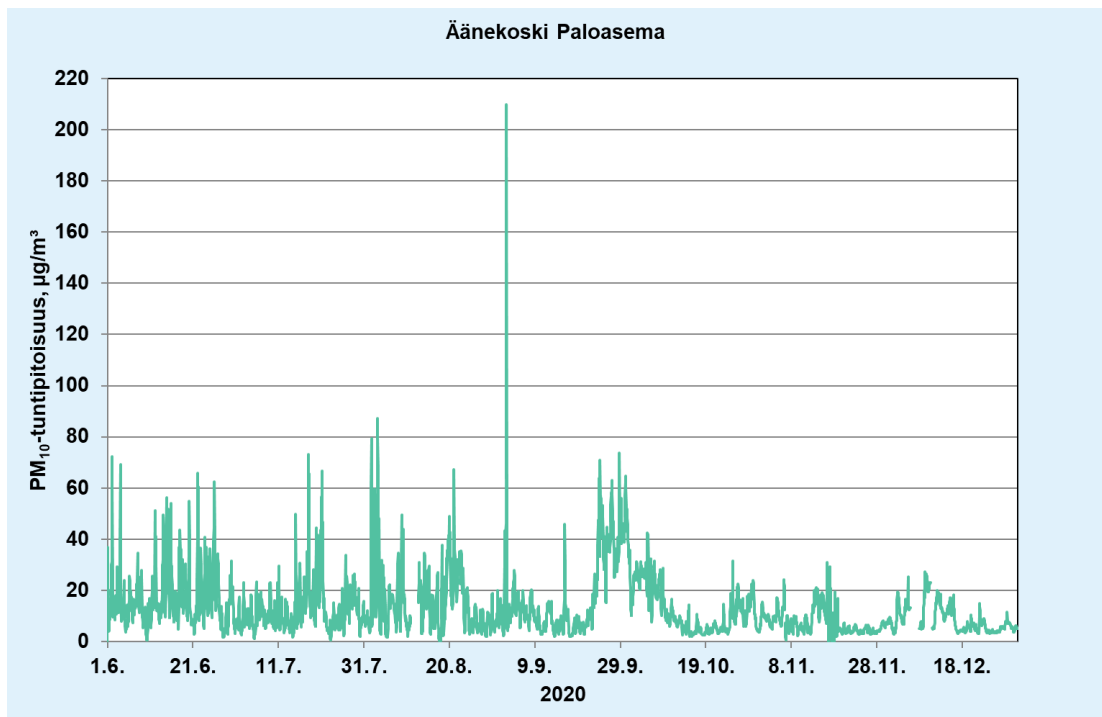
Liitekuva 1. Typpimonoksidin (NO) **tuntipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä tarkastelujaksolla 1.6.–31.12.2020.



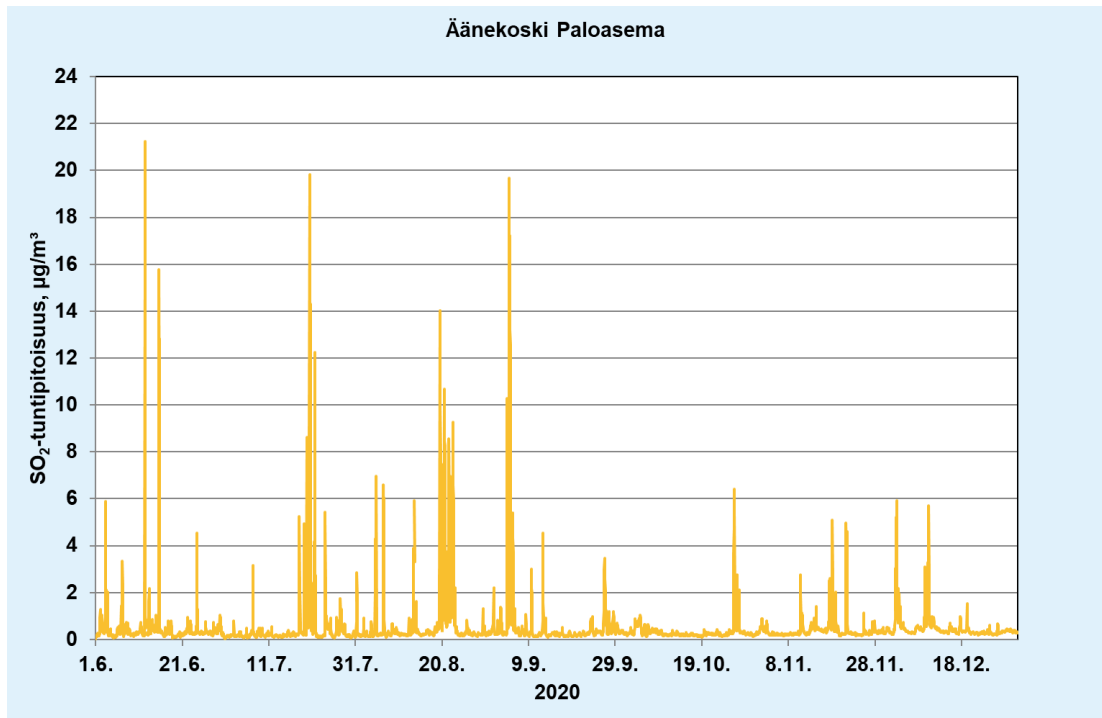
Liitekuva 2. Typpidioksidin (NO₂) **tuntipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä tarkastelujaksolla 1.6.–31.12.2020.



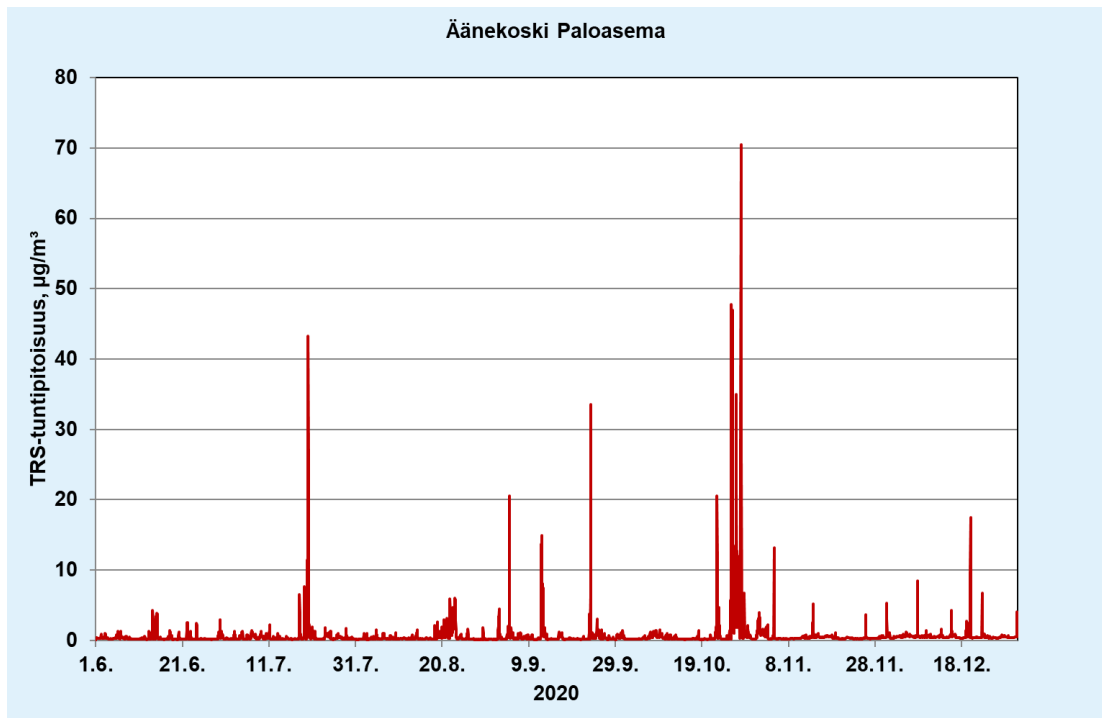
Liitekuva 3. Kokonaistypenoksidien (NO_x) **tuntipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä tarkastelujaksolla 1.6.–31.12.2020.



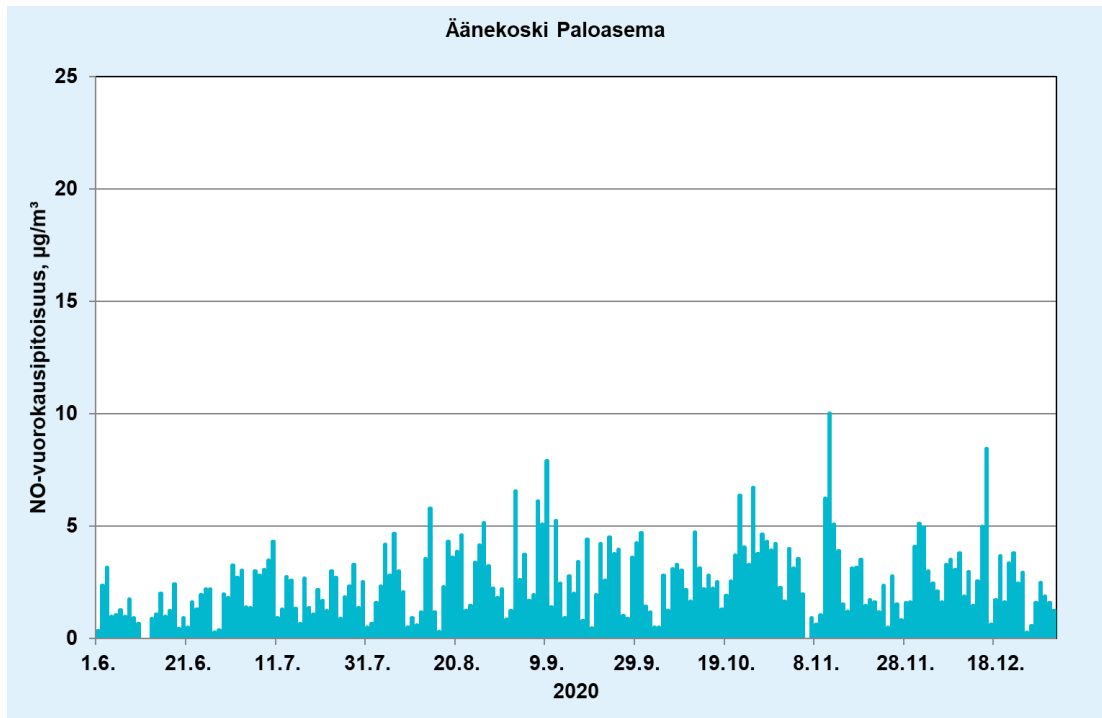
Liitekuva 4. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) **tuntipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä tarkastelujaksolla 1.6.–31.12.2020.



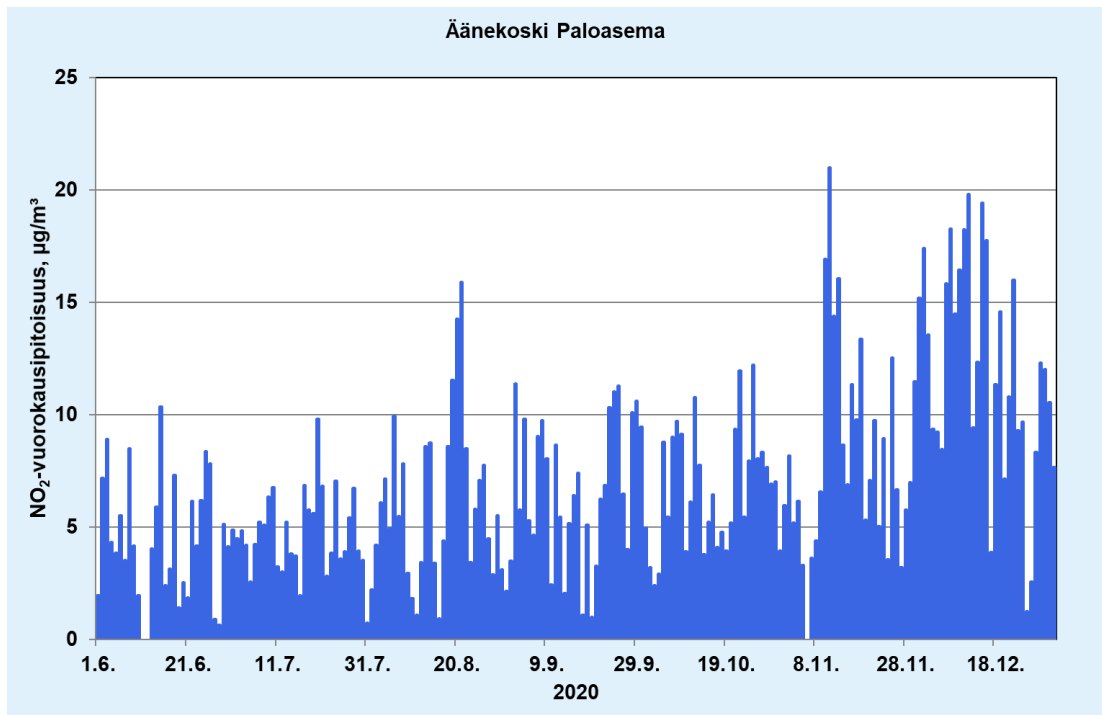
Liitekuva 5. Rikkidioksidin (SO₂) **tuntipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä tarkastelujaksolla 1.6.–31.12.2020.



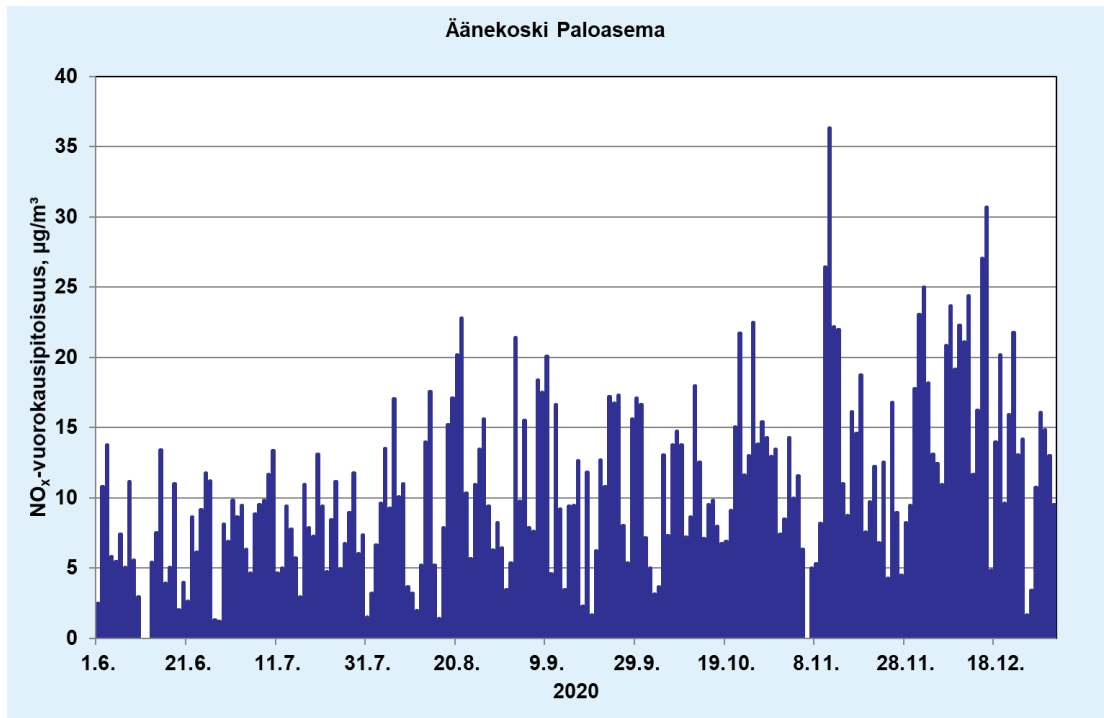
Liitekuva 6. Heisenvien rikkiyhdisteiden (TRS) **tuntipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteessä tarkastelujaksolla 1.6.–31.12.2020.



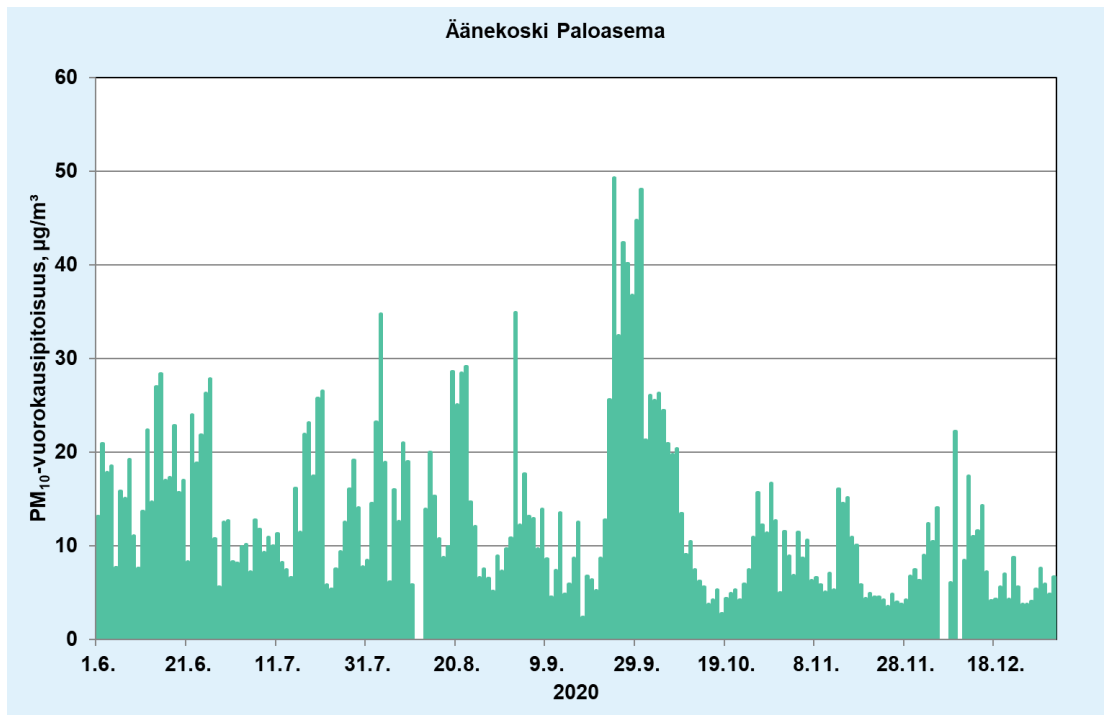
Liitekuva 7. Typpimonoksidin (NO) **vuorokausipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteissä tarkastelujaksolla 1.6.–31.12.2020.



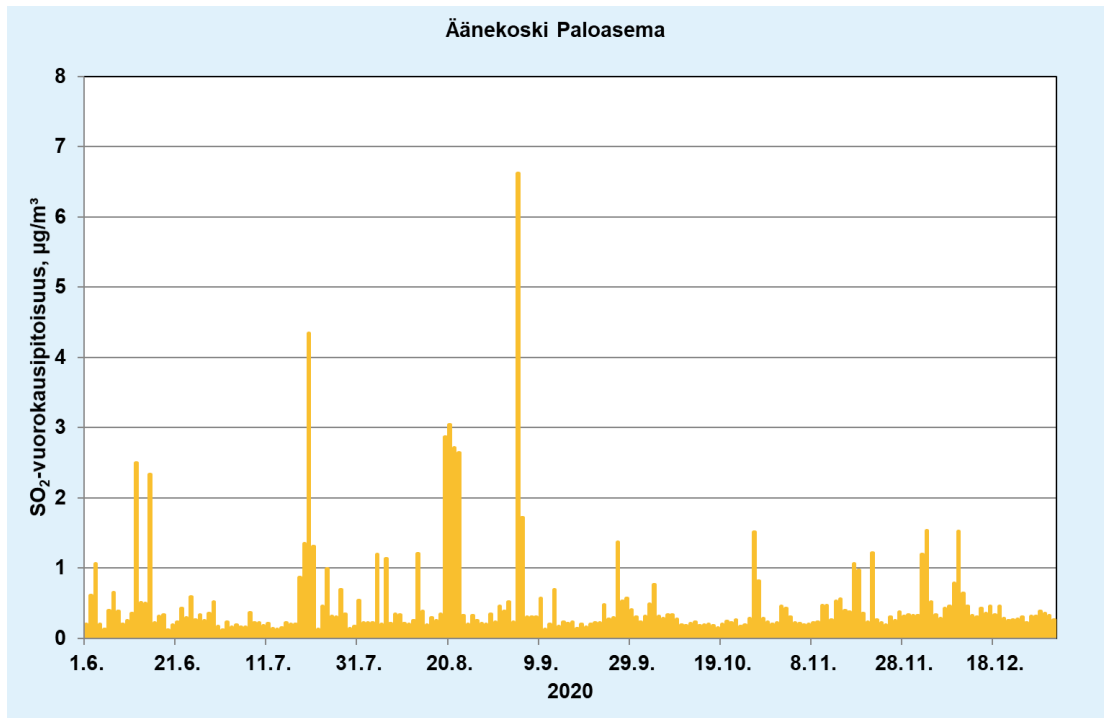
Liitekuva 8. Typpidioksidin (NO₂) **vuorokausipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteissä tarkastelujaksolla 1.6.–31.12.2020.



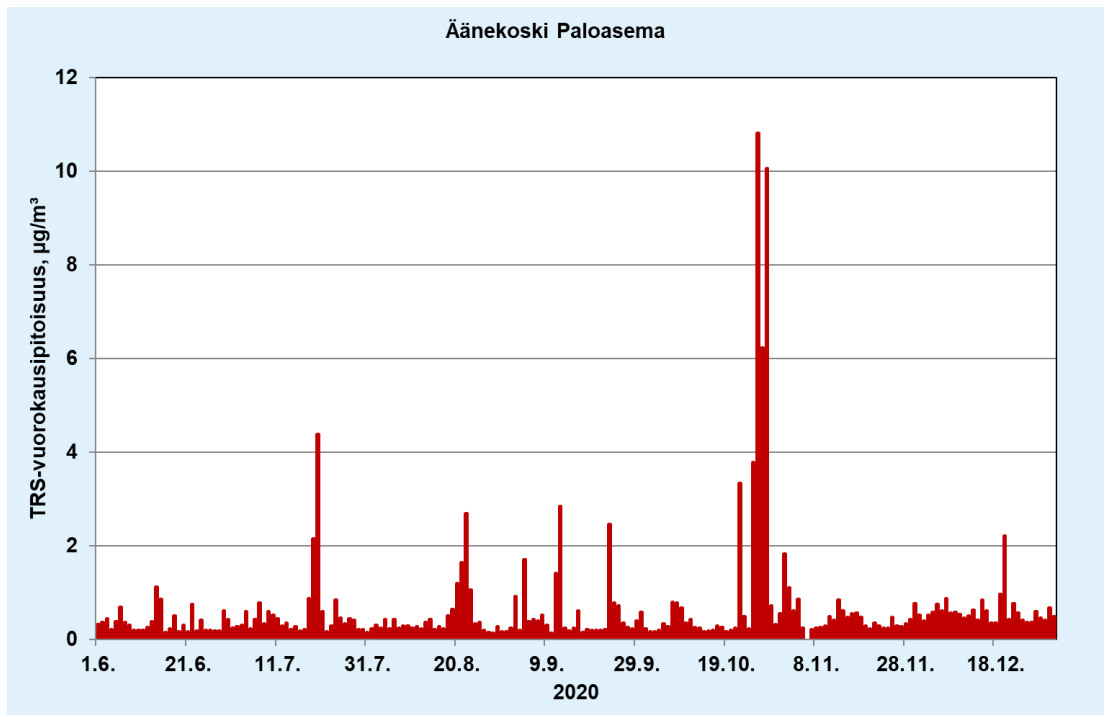
Liitekuva 9. Kokonaistypenoksidien (NO_x) **vuorokausipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteissä tarkastelujaksolla 1.6.–31.12.2020.



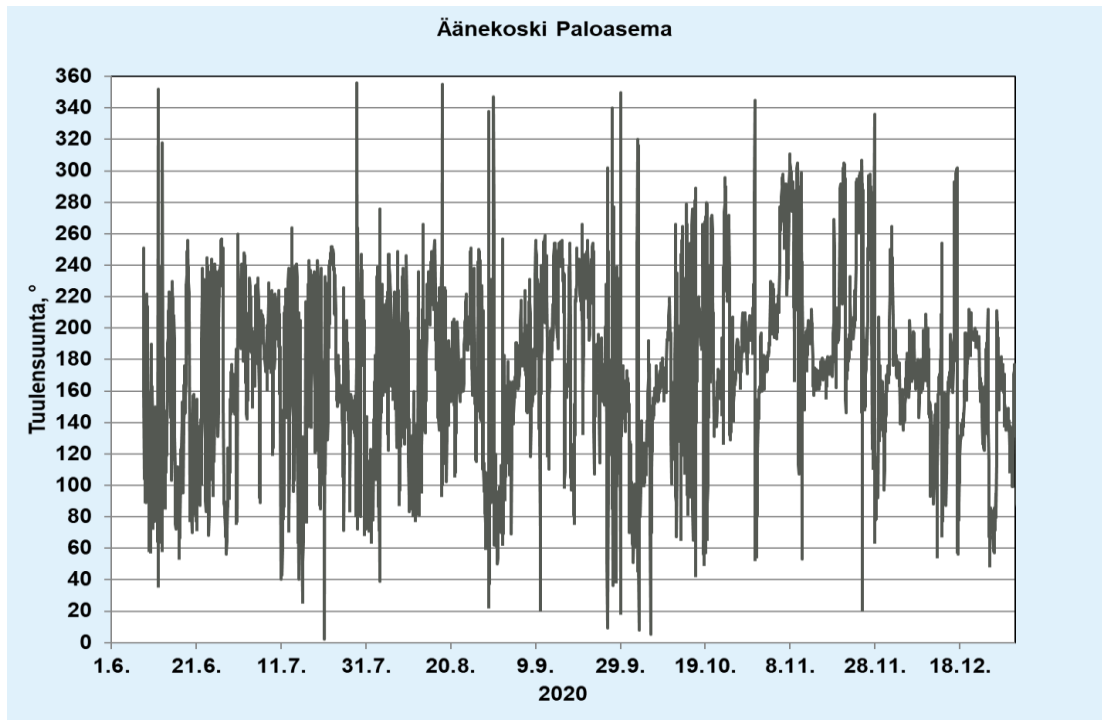
Liitekuva 10. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) **vuorokausipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteissä tarkastelujaksolla 1.6.–31.12.2020.



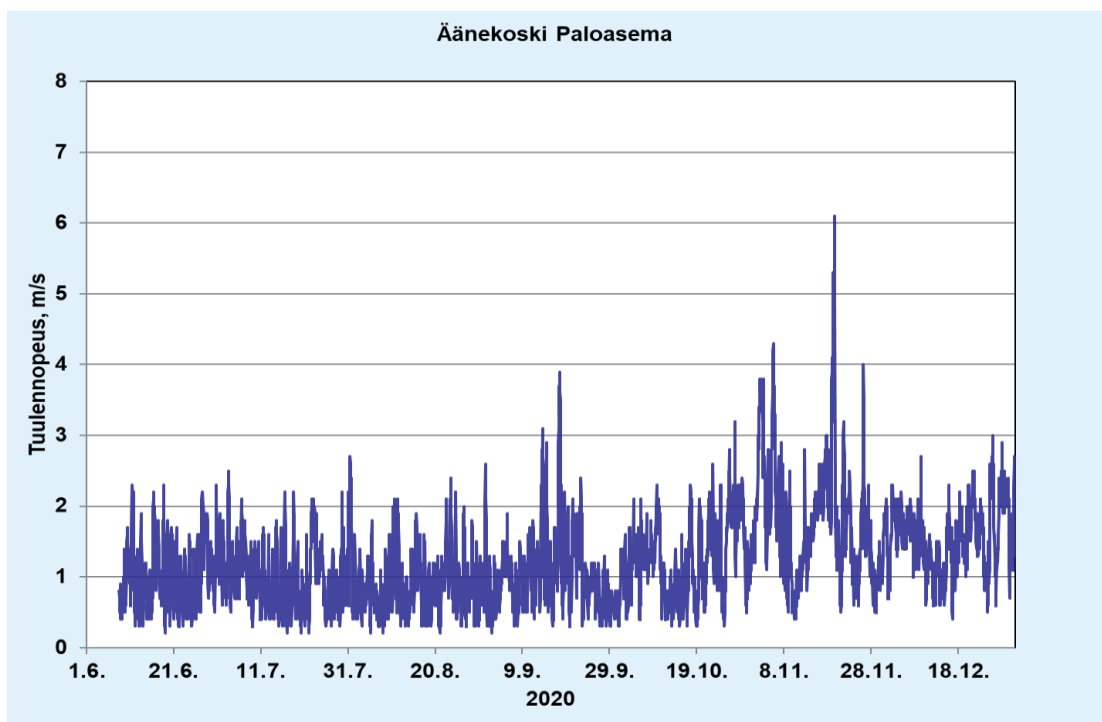
Liitekuva 11. Rikkidioksidin (SO₂) **vuorokausipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteissä tarkastelujaksolla 1.6.–31.12.2020.



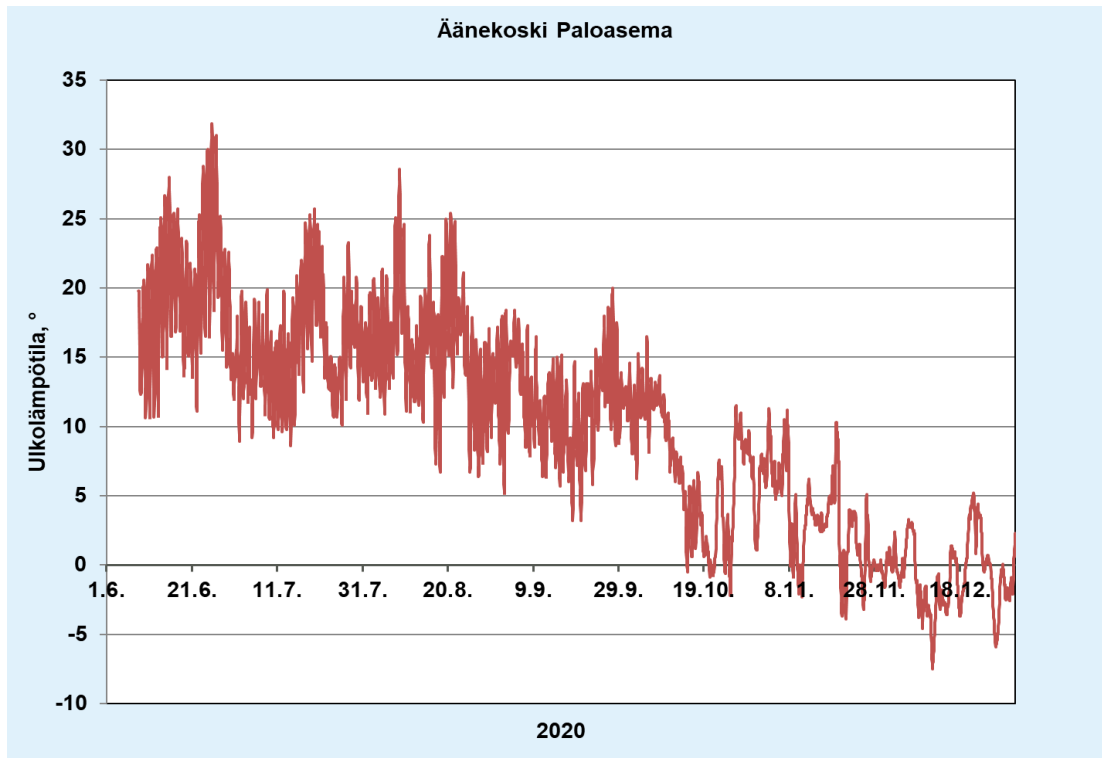
Liitekuva 12. Haisevien rikkiyhdisteiden (TRS) **vuorokausipitoisuudet** Äänekosken paloaseman mittauspisteissä tarkastelujaksolla 1.6.–31.12.2020.



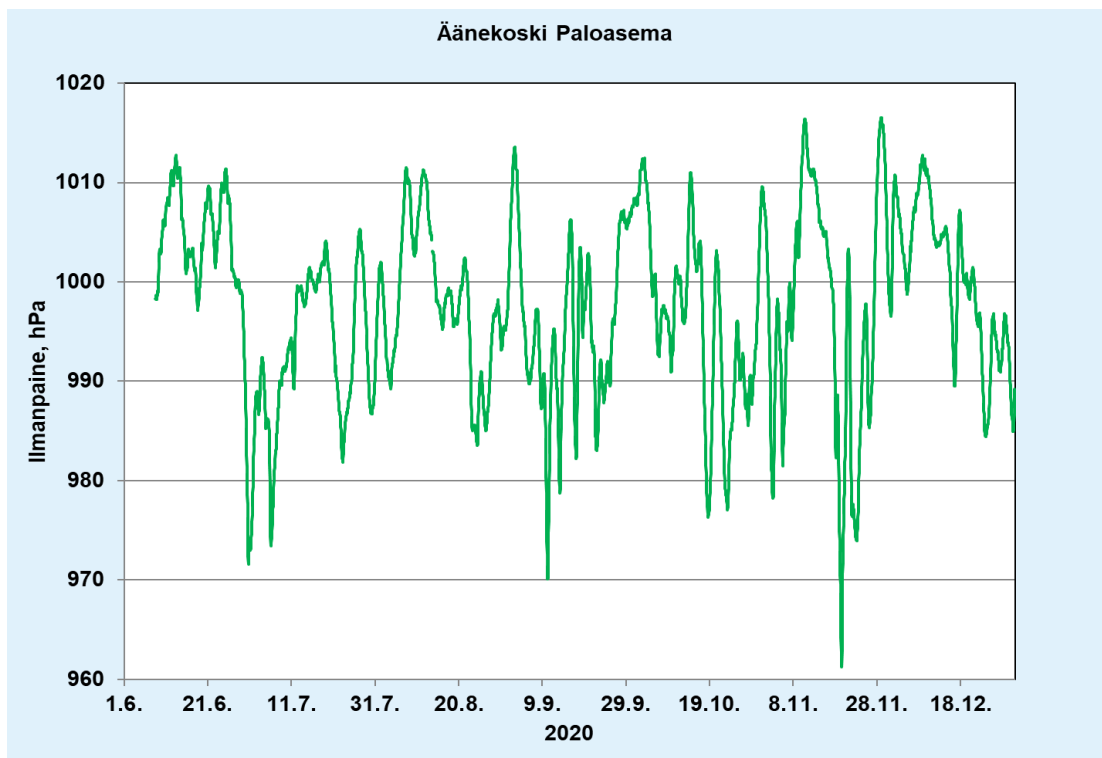
Liitekuva 13. Tuulen suunta (asteina 0–360 °) Äänekosken paloaseman mittauspisteissä tarkastelujaksolla 1.6.–31.12.2020.



Liitekuva 14. Tuulen nopeus (m/s) Äänekosken paloaseman mittauspisteissä tarkastelujaksolla 1.6.–31.12.2020.



Liitekuva 15. Ulkolämpötila (C °) Äänekosken paloaseman mittauspisteissä tarkastelujaksolla 1.6.–31.12.2020.



Liitekuva 16. Ilmanpaine (hPa) Äänekosken paloaseman mittauspisteissä tarkastelujaksolla 1.6.–31.12.2020.



ILMATIETEEN LAITOS

ILMATIETEEN LAITOS

puh. 029 539 1000

Ilmanlaatu ja energia

ilmanlaatupalvelut@fmi.fi

www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatupalvelut

WWW.ILMATIETEENLAITOS.FI

