



BOLIDEN KEVITSA MINING OY

**ILMANLAATUMITTAUKSET
KEVITSAN KAIVOSALUEELLA
JA SEN YMPÄRISTÖSSÄ**

**Hengitettävien hiukkasten, arseenin ja
metallien pitoisuudet vuonna 2021**



BOLIDEN KEVITSA MINING OY

**ILMANLAATUMITTAUKSET KEVITSAN KAIVOSALUEELLA JA
SEN YMPÄRISTÖSSÄ**

**Hengitettävien hiukkasten, arseenin,
ja metallien pitoisuudet vuonna 2021**

**Maija Ylinen
Matias Saunamäki
Mika Vestenius
Katja Lovén**

**ILMATIETEEN LAITOS – ASiantuntijapalvelut
ILMANLAATU JA ENERGIA
Helsinki 28.4.2022**

SISÄLLYSLUETTELO

OSA I	4
1. JOHDANTO.....	4
2. MITATUT PITOISUUDET.....	5
2.1 Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet.....	5
2.2 Ilmanlaatuindeksi.....	8
2.3 Hengitettävien hiukkasten sisältämät alkuaineet.....	10
2.4 Pitoisuuksien vertailua ohje-, raja- ja tavoitearvoihin	14
2.5 Tuulen suunnan ja nopeuden vaikutus mitattuihin pitoisuuksiin.....	17
2.6 Pitoisuuksien vertailua Kevitsan kaivoksella aiemmin mitattuihin pitoisuuksiin.....	19
2.7 Pitoisuuksien vertailua muualla mitattuihin pitoisuuksiin	22
3. YHTEENVETO JA SUOSITUKSET.....	24
OSA II	28
4. TUTKIMUKSEN SUORITUS	28
4.1 Tutkimuskohde	28
4.2 Mittauspaikat ja mittausjakso	29
4.3 Mittausmenetelmät.....	31
5. SÄÄTIEDOT	33
5.1 Tuulitiedot vuodelta 2021	33
5.2 Keskilämpötilat Sodankylän seudulla vuonna 2021	35
5.3 Sademäärät Sodankylän seudulla vuonna 2021.....	36
5.4 Säätekijöiden vaikutus ilman epäpuhtauksien leviämiseen.....	37
6. TAUSTATIETOA ILMAN EPÄPUHTAUKSISTA.....	38
6.1 Hiukkaset.....	38
6.2 Arseeni ja metallit.....	41
7. ILMANLAADUN LAINSÄÄDÄNTÖ	43
VIITELUETTELO	46
LIITEKUVAT	48
LIITETAULUKOT	52

Selitteet raportissa käytetyille tärkeimmille yksiköille ja lyhenteille:

Yksiköt:

μm	mikrometri = millimetrin tuhannesosa
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	mikrogrammaa (= gramman miljoonasosaa) kuutiometrissä ilmaa (pitoisuus)
ng/m^3	nanogrammaa (= gramman miljardisosaa) kuutiometrissä ilmaa (pitoisuus)
m/s	metriä sekunnissa (tuulen nopeus)
$^{\circ}\text{C}$	Celsiusaste (lämpötila)
atm	Atmosfääri, paineen yksikkö, 1 atm = normaali-ilmakehän paine
K	Kelvinaste (lämpötila), 293 K = 20 $^{\circ}\text{C}$
kPa	kilopascal, paineen yksikkö, 101,3 kPa = 1 atm

Lyhenteet:

PM ₁₀	hengitettävät hiukkaset = halkaisijaltaan alle 10 μm :n kokoiset hiukkaset
PM _{2,5}	pienhiukkaset = halkaisijaltaan alle 2,5 μm :n kokoiset hiukkaset
ICP-MS	analyysilaitte: induktiivisesti kytketty plasma–massaspektrometri



Kuva: Matias Saunamäki & Mika Vestenius

OSA I

1. JOHDANTO

Ilmatieteen laitos mittasi ilmanlaatua 6.1.–28.12.2021 välisenä aikana Kevitsan kaivosalueella ja sen ympäristössä kahdessa tutkimuspisteessä (Kaivosalue ja Portti). Alle 10 mikrometrin kokoisten ns. hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia mitattiin jatkuvatoimisilla hiukkanalysointilaitteilla koko mittausjakson ajan. Samoissa mittauspisteissä kerättiin myös hengitettävien hiukkasten vuorokausinäytteitä joka neljäs päivä koko vuoden ajan. Näytteistä analysoitiin arseeni- ja metallipitoisuudet Suomen ympäristökeskuksen laboratorioissa. Molemmissa mittauspisteissä seurattiin myös säätilaa pitoisuusmittausten tulosten analysointia varten.

Ilmanlaatumittausten tavoitteena oli selvittää kaivostoiminnan pölypäästöjen vaikutusta ilmanlaatuun kaivosalueella ja sen ympäristössä lähimmässä häiriytyvässä kohteessa. Kevitsan kaivoksen tapauksessa mittauspisteet oli määritetty kaivoksen oman seurantasuunnitelman ja viranomaispäätöksen mukaan kaivosalueelle ja kaivosalueen ulkopuolelle. Kaivosalue sijaitsee suhteellisen kaukana vakituisesti asutusta Petkulan kylästä. Kaivostoiminnan vaikutuksen Petkulan ilmanlaatuun hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) ja niiden sisältämien metallien osalta on Ilmatieteen laitoksen aiemmin tekemien mittauksien perusteella todettu olevan melko vähäistä (Saari ym., 2015).

Ympäristölupapäätöksessä (Pohjois-Suomen Aluehallintovirasto, 2016) sanotaan seuraavaa: Kaivoksen päästöjä ilmaan ja niiden aiheuttamia ilmanlaadun muutoksia on seurattava kolmen vuoden välein vähintään kahdesta pisteestä, joista toinen on nykyinen kaivoksen mittauspiste ja toinen kaivospiirin ulkopuolella, sen rajan läheisyydessä oleva ja vallitsevien tuulensuuntien alapuolella oleva, ELY-keskuksen kanssa sovittava piste.

ELY-keskuksen hyväksynnällä aikaisempi Metsästysmajan mittauspiste korvattiin kaivoksen koillislaidassa, heti kaivosaluetta rajaavan aidan ulkopuolella sijaitsevalla Portin mittauspisteellä. Metsästysmajan mittauspisteen heikkoutena oli se, että ohi ajava liikenne ja metsästysmajan tulisijojen käyttö häiritsivät mittauksia, eikä kaivostoimintojen vaikutuksen suuruudesta saatu näin ollen täyttä varmuutta. Portin mittauspiste sijaitsee vallitsevien tuulensuuntien alapuolella ja eri ilmansuunnassa kaivostoimintoihin nähden, joten uusi mittauspiste edustaa kaivoksen suunnasta tulevia hiukkaspitoisuuksia paremmin kuin aiemmat mittauspaikat.

Tämän raportin osassa I esitetään pitoisuusmittausten tulokset koko mittausjaksolta eli 6.1.–28.12.2021 väliseltä ajalta sekä mittaus tulosten perusteella tehty analyysi Kevitsan kaivoksen vaikutuksesta paikalliseen ilmanlaatuun. Raportin osassa II käsitellään tutkimuksen käytännön toteutusta ja alueen paikallisia olosuhteita sekä ilmanlaadun taustatietoa ja lainsäädäntöä.

Tilaaajan yhteyshenkilöinä tutkimuksessa toimivat Boliden Kevitsa Mining Oy:ltä ympäristötekniikko Marika Kajava, ympäristöinsinööri Jesse Riikonen, ympäristöinsinööri Mirva Kuivalainen ja ympäristöasiantuntija Anna Vilén. Marika Kajava toimi yhteyshenkilönä käytännön asioissa. Yhteyshenkilöt myös hoitivat hiukkaskeräinten suodatinten vaihdon ja lähetyksen Ilmatieteen laitokselle sekä osallistuivat muihin tutkimuksen kenttätoihin.

Tutkimuksen toteutukseen ovat Ilmatieteen laitoksella osallistuneet Maija Ylinen ja Katja Lovén (mittausten valvonta, PM₁₀-tulosten käsittely ja raportointi ja projektin johto), Ulla Makkonen (arseeni- ja metallitulosten käsittely), Mika Vestenius ja Matias Saunamäki (kenttätyöt, kalibroinnit, datan käsittely ja laadunvarmistus).

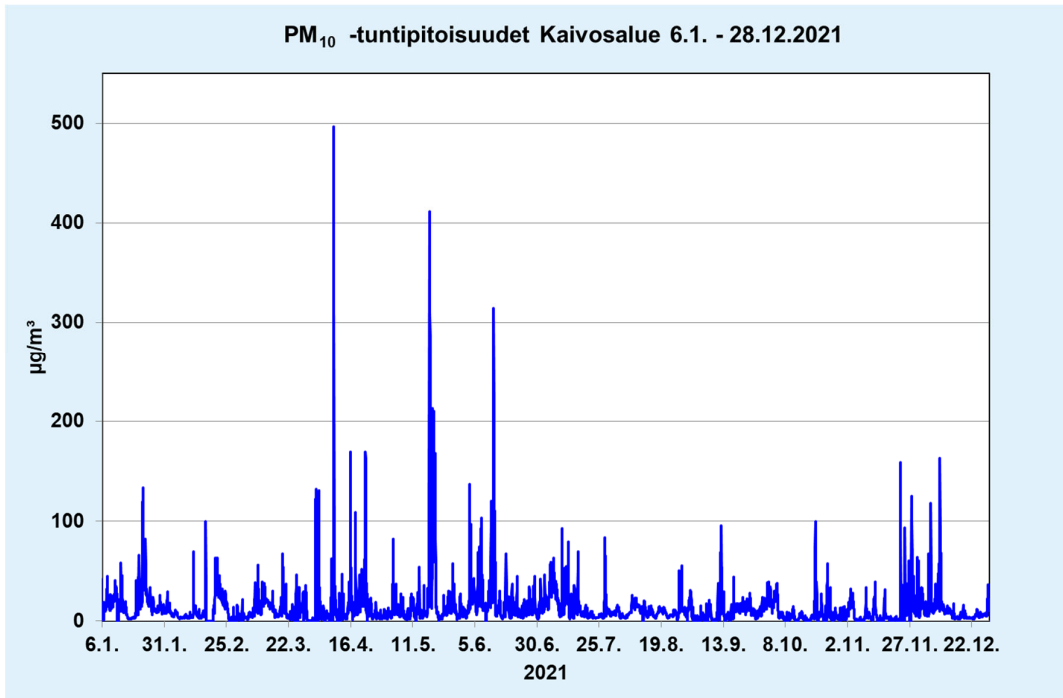
2. MITATUT PITOISUUDET

2.1 Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet

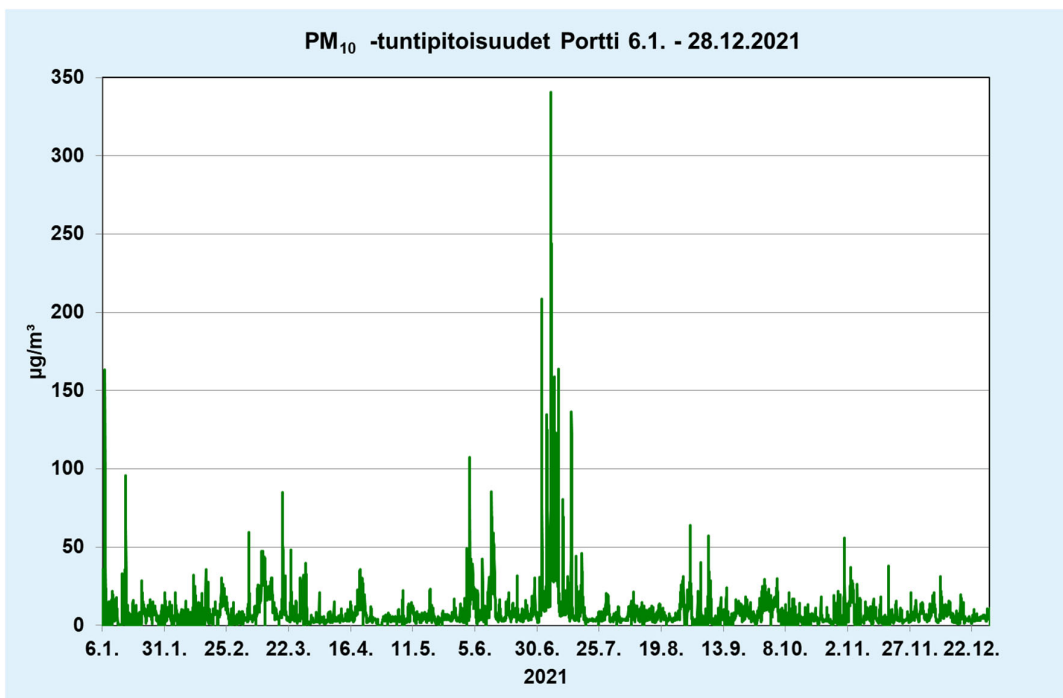
Kuvissa 1–4 on esitetty Kaivosalueen ja Portin mittauspisteissä mitattujen hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) pitoisuuksien tunti- ja vuorokausiarvojen aikasarjat mittausjaksolta 6.1.–28.12.2021. Raportin lopun liitetaulukoihin 1–2 on koottu kuukausittaisia tilastotietoja mitatuista hengitettävien hiukkasten pitoisuuksista tältä jaksolta. Nämä mittaukset on suoritettu jatkuvatoimisilla automaattisilla mittalaitteilla. Mittauspaikat on esitelty kappaleessa 4.2 ja mittausmenetelmistä ja käytetyistä laitteista on kerrottu tarkemmin raportin kappaleessa 4.3.

Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet vaihtelivat vuoden tarkastelujaksolla voimakkaasti. Hetkellinen tuntipitoisuuksien vaihtelu oli suurempaa kuin vuorokausikeskiarvopitoisuuksien vaihtelu. Kaivosalueen mittauspisteessä mitattiin keskimäärin selvästi korkeampia hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia kuin Portilla. Kummankaan aseman hiukkaspitoisuuksissa ei voitu havaita erityistä vuodenaikaisvaihtelua, mutta kuivaan kevät–kesäaikaan pitoisuudet nousivat kummallakin mittausasemalla hetimitäin huomattavan korkeiksi.

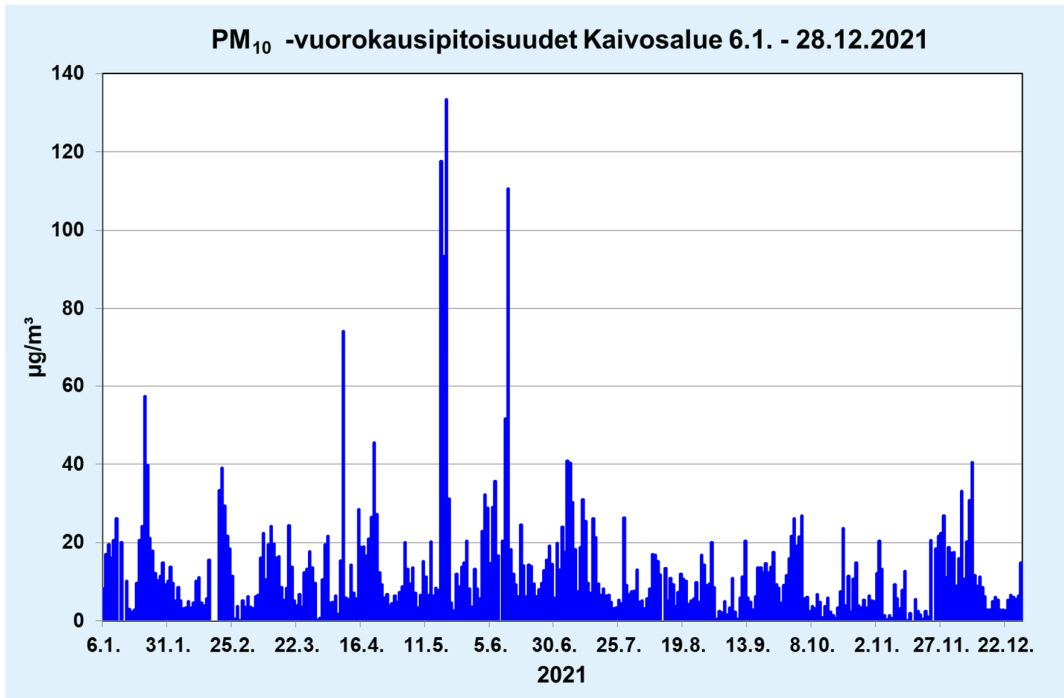
Teollisuuden ja liikenteen päästölähteistä vapautuvien hiukkasten lisäksi ulkoilman hiukkaspitoisuuksiin vaikuttavat merkittävästi maanpinnasta tuulen mukana ilmaan nousevat hiukkaset, joiden määrää säätelevät muun muassa tuulen nopeus, sateisuus, maanpinnan kosteus ja pintojen kasvillisuuspeitteisyys. Pölyämistä tapahtuu tyypillisesti kevät- ja kesäaikaan maaston ollessa kuivaa.



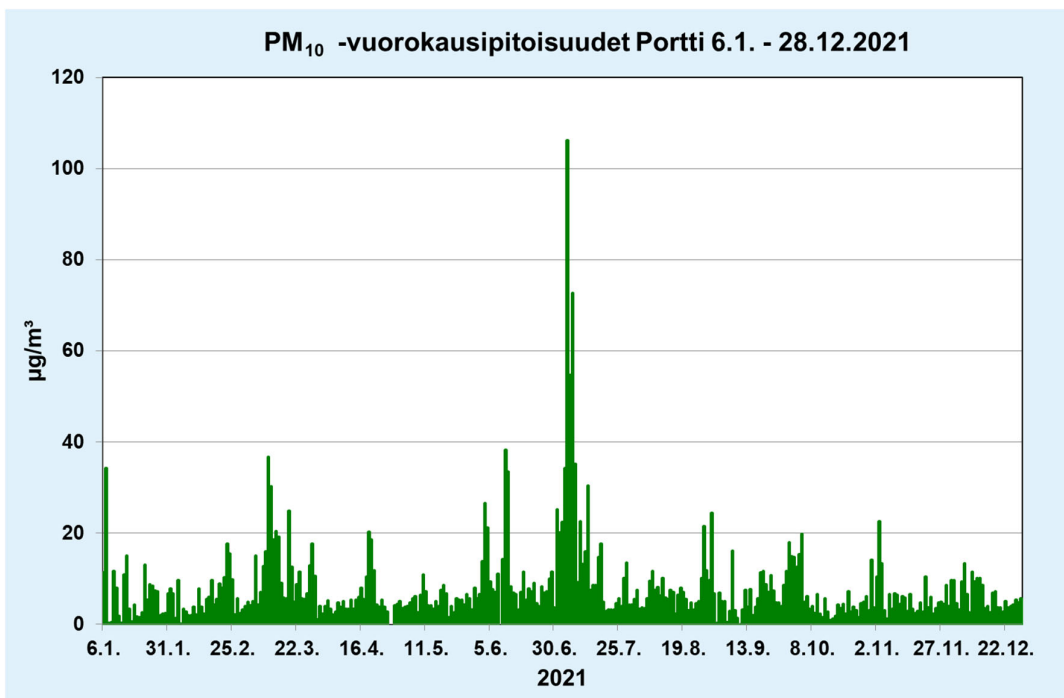
Kuva 1. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tuntipitoisuudet Kevitsan kaivoksen Kaivosalueen mittauspisteessä jaksolla 6.1.–28.12.2021.



Kuva 2. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tuntipitoisuudet Portin mittauspisteessä jaksolla 6.1.–28.12.2021.



Kuva 3. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausipitoisuudet Kevitsan kaivoksen Kaivosalueen mittauspisteessä jaksolla 6.1.–28.12.2021.



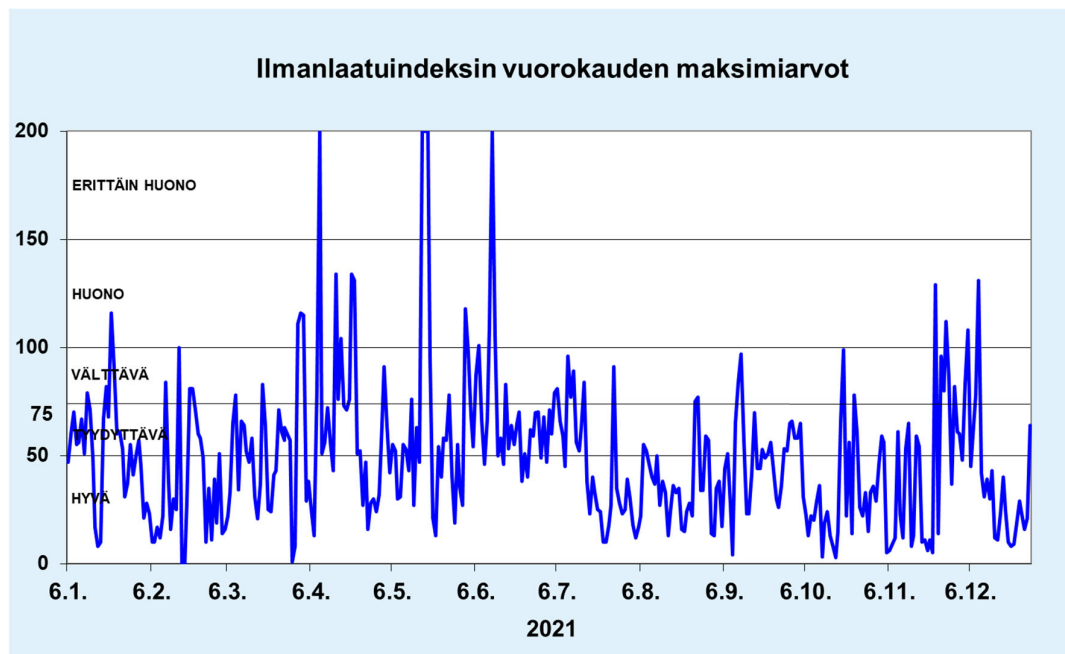
Kuva 4. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausipitoisuudet Portin mittauspisteessä jaksolla 6.1.–28.12.2021.

2.2 Ilmanlaatuindeksi

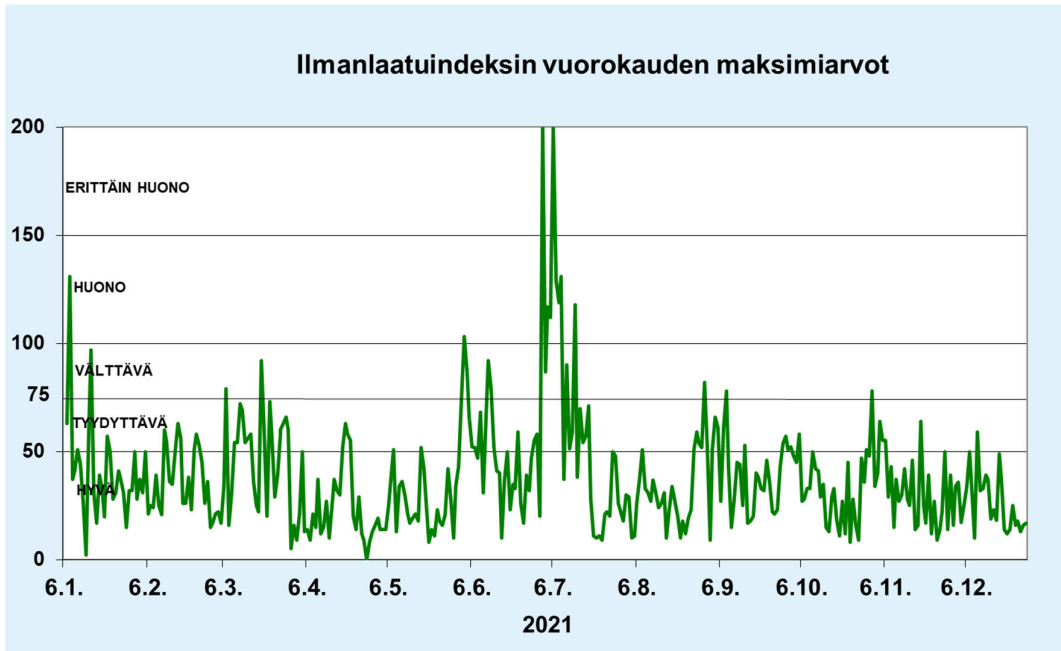
Kevitsan kaivosalueella ja portilla mitattujen hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien perusteella laskettiin ilmanlaatuindeksi, joka kuvaa vallitsevaa ilmanlaatuilannetta sanallisella asteikolla: hyvä, tyydyttävä, välttävä, huono tai erittäin huono. Ilmanlaatuindeksi on vertailuluku, joka kuvaa sen hetkistä ilmanlaatua suhteutettuna ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin. Ilmanlaatuindeksin määrittämiseksi kullekin mitattavalle yhdisteelle lasketaan ensin pitoisuuksien tuntikeskiarvoista ali-indeksi. Ali-indekseistä korkeimman arvo määrää sen tunnin ilmanlaatuindeksin arvon. Jos mitataan vain yhden ilman epäpuhtauden pitoisuuksia, ali-indeksi lasketaan tämän yhden ilman epäpuhtauskomponentin pitoisuusarvoista.

Kuvissa Kuva 4 ja Kuva 5 on esitetty yhteenveto vuoden 2021 vuorokauden maksimi-indeksiarvoista Kevitsan Kaivosalueella ja Portilla. Tässä tarkastelussa mittauspäivän indeksi määräytyy ilmanlaadultaan huonoimman tunnin mukaan. Indeksillä ilmaistuna ilmanlaatu oli kaivosalueella hyvää 55 %, tyydyttävää 29 % ja välttävää 10 % päivistä. Ilmanlaatu oli kaivosalueella huonoa 16 päivänä (4 % päivistä) ja erittäin huonoa viitenä päivänä.

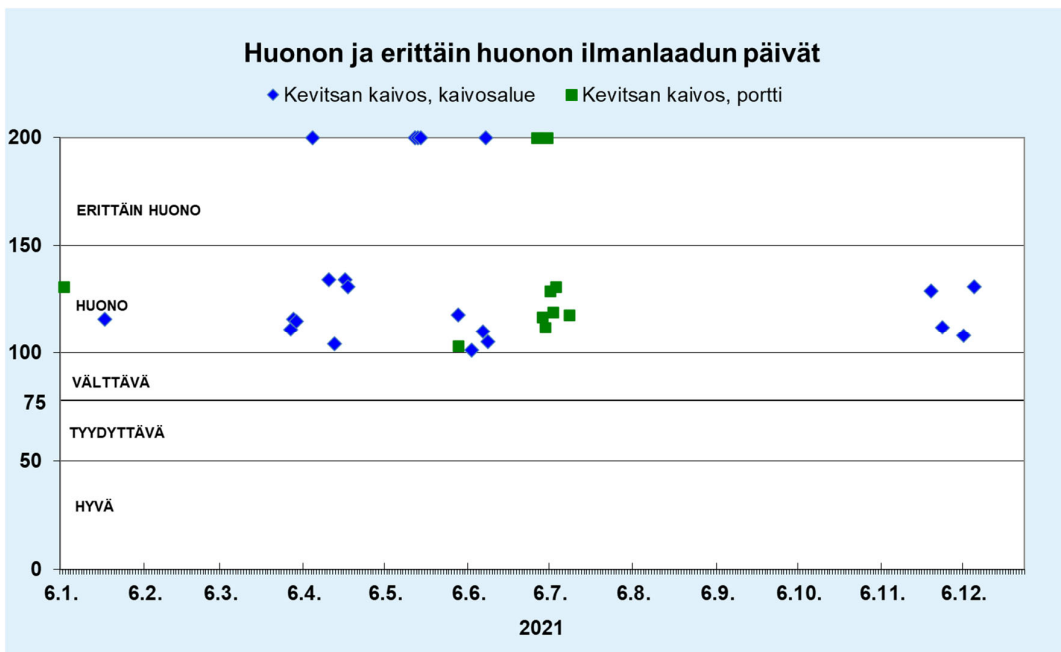
Portilla ilmanlaatu oli vastaavasti hyvää 75 %, tyydyttävää 19 % ja välttävää 3 % päivistä. Ilmanlaatu oli huonoa 8 päivänä (2 % päivistä) ja erittäin huonoa kahtena päivänä.



Kuva 5. Vuorokauden suurimmat ilmanlaatuindeksin arvot Kevitsan kaivoksen Kaivosalueella vuonna 2021.



Kuva 6. Vuorokauden suurimmat ilmanlaatuindeksin arvot Portilla vuonna 2021.



Kuva 7. Huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun päivien esiintyminen vuoden 2021 aikana kummassakin mittauspisteessä.

Kuvassa Kuva 7 on esitetty vuoden 2021 esiintyneet huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun päivät kummassakin mittauspisteessä. Kaivosalueella huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun päiviä vuonna 2021 esiintyi ympäri vuoden tammi-, huhti-, touko-, kesä-, marras- ja joulukuussa. Touko-, elo- ja lokakuu olivat Sodankylän seudulla keskimääräistä sateisempia, mikä on voinut vähentää pölyämistä, sillä sade puhdistaa ilmaa. Erityisesti lokakuu oli vuonna 2021 Sodankylässä ilmastollista

vertailukautta sateisempi. Teiden kastelulla pystytään ehkäisemään niiden pölyämistä, mutta se ei suoranaisesti puhdistaa ilmaa. Erittäin huonon ilmanlaadun tilanteet Kaivosalueen mittauspisteessä olivat 9.4.2021 klo 06–08, 17.5.2021 klo 16–00, 18.5.2021 klo 00–02, 19.5.2021 klo 00–01 ja klo 12–13 sekä 12.6.2021 klo 11–17. Valtaosassa Kaivosalueen mittauspisteen erittäin huonon ilmanlaadun tilanteista tuuli oli kaakon puoleinen. Useana huonon ilmanlaadun päivänä vallitseva tuuli oli lännen suuntainen. Kaivosalueen mittauspisteen huonon ilmanlaadun päivänä 22.1.2021 rikastushiekka-alueen eteläosassa oli havaittavissa pölyämistä. Kaivosalueen mittauspisteen erittäin huonon ilmanlaadun päivänä 9.4.2021 pöly oli havaittavasti jäänyt alueelle leijumaan johtuen tynnestä ja kuivasta pakkasilmastasta.

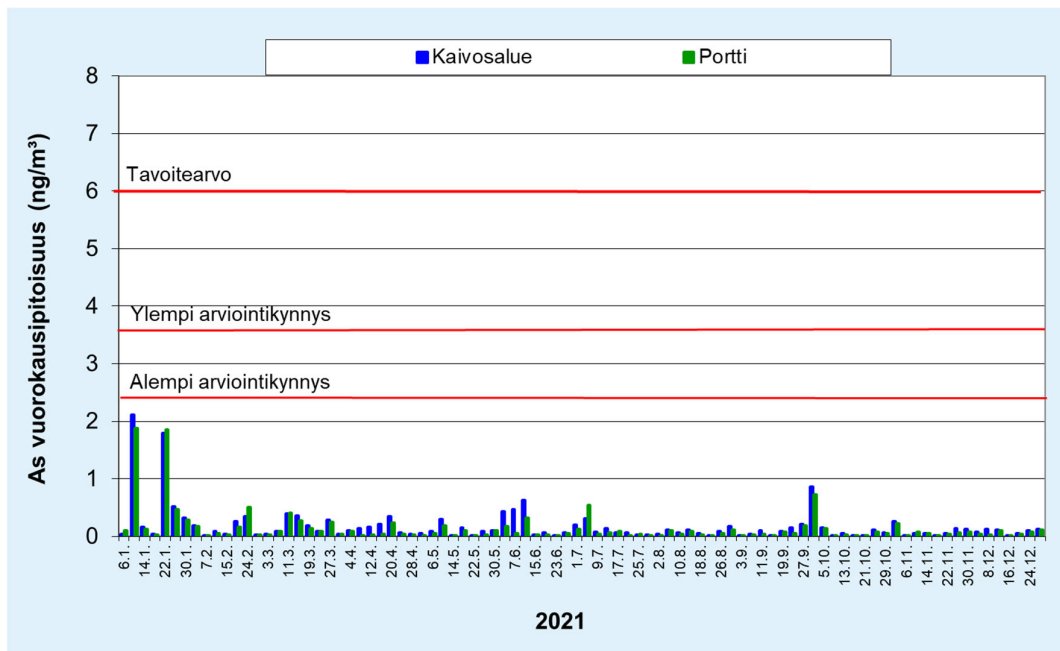
Portin mittauspisteessä erittäin huonon ilmanlaadun tilanteet olivat 1.7.2021 ja 5.7.2021 heikolla tai kohtalaisella lounaan puoleisella tuulella. Myös huonon ilmanlaadun tilanteissa 3.–8.7.2021 ja 13.7.2021 tuuli kävi lounaan puolelta ja oli heikkoa tai kohtalaista. Huonon ilmanlaadun tilanteessa 2.6.2021 oli heikko lännen puoleinen tuuli.

2.3 Hengitettävien hiukkasten sisältämät alkuaineet

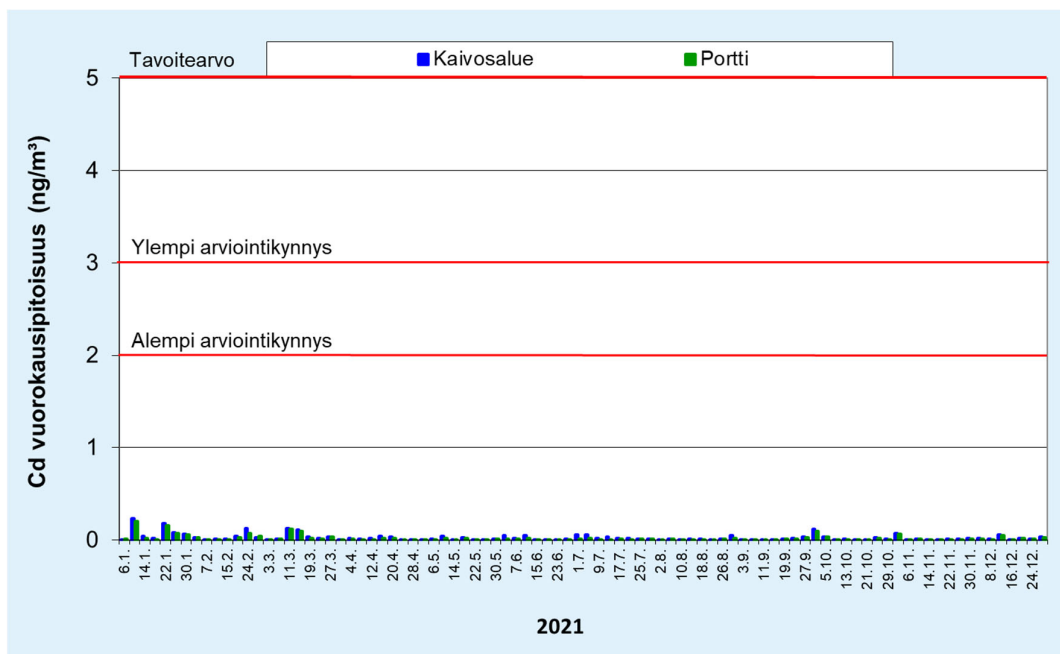
Molemmissa mittauspisteissä kerättiin suodattimille hengitettävien hiukkasten vuorokausinäytteitä, joista analysoitiin arseeni- ja metallipitoisuudet. Näytteitä kerättiin joka neljäs päivä koko vuoden ajan samanaikaisesti molemmilla mittausasemilla. Ensimmäinen keruupäivä oli 6.1.2021. Ilmanlaadun kannalta tärkeimpien metallien ja arseenin pitoisuustulokset vuodelta 2021 on esitetty taulukossa 1, johon on koottu mittausjakson pitoisuuskeskiarvo, suurin ja pienin pitoisuusarvo sekä näytteiden lukumäärä. Näiden kuuden alkuaineen pitoisuustulokset on esitetty näytteittäin kuvissa 8–13. Lisäksi loppujen analysoitujen metallien pitoisuustulokset on esitetty näytteittäin raportin lopussa liitekuvin 1–6.

Taulukko 1. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausinäytteistä analysoidut arseeni- ja metallipitoisuudet Kaivosalueen ja Portin mittauspisteissä tammi–joulukuussa 2021.

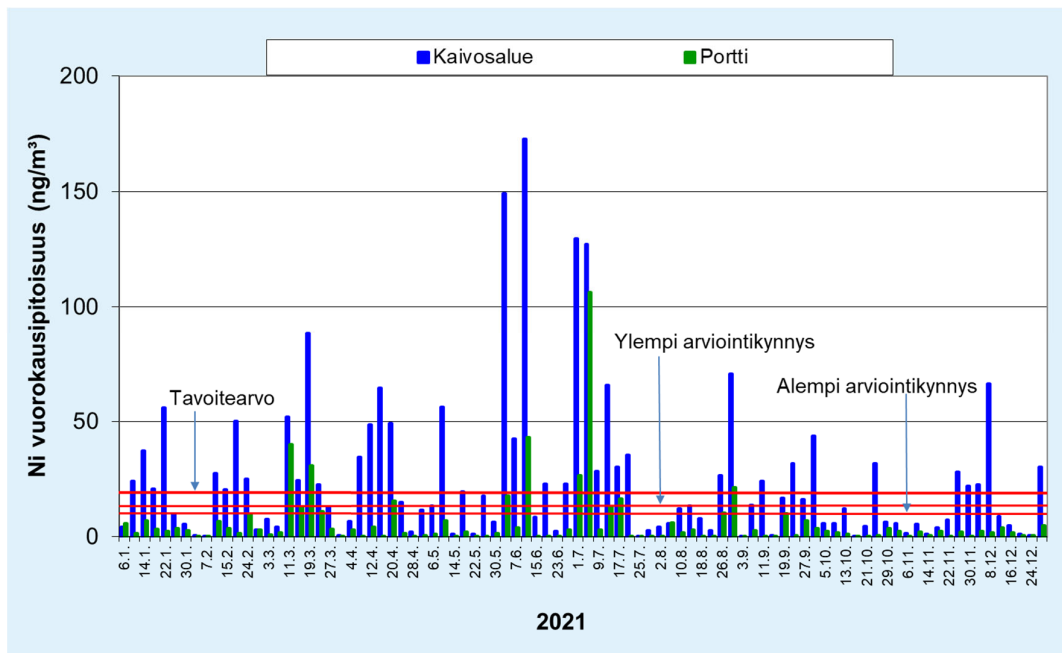
Keräinnäytteiden pitoisuudet	As ng/m ³	Cd ng/m ³	Ni ng/m ³	Pb ng/m ³	Co ng/m ³	Cu ng/m ³
Kaivosalue						
Näytemäärä	90	90	90	90	90	90
Vuosikeskiarvo	0,2	0,03	25	0,7	1,5	128
Minimi	<0,01	<0,003	<0,03	<0,01	<0,003	0,2
Maksimi	2,1	0,2	173	9,8	9,7	1018
Portti						
Näytemäärä	90	90	90	90	90	90
Vuosikeskiarvo	0,1	0,02	5,9	0,6	0,5	8,3
Minimi	<0,01	<0,003	<0,03	<0,01	<0,003	<0,03
Maksimi	1,9	0,2	106	8,7	10	105



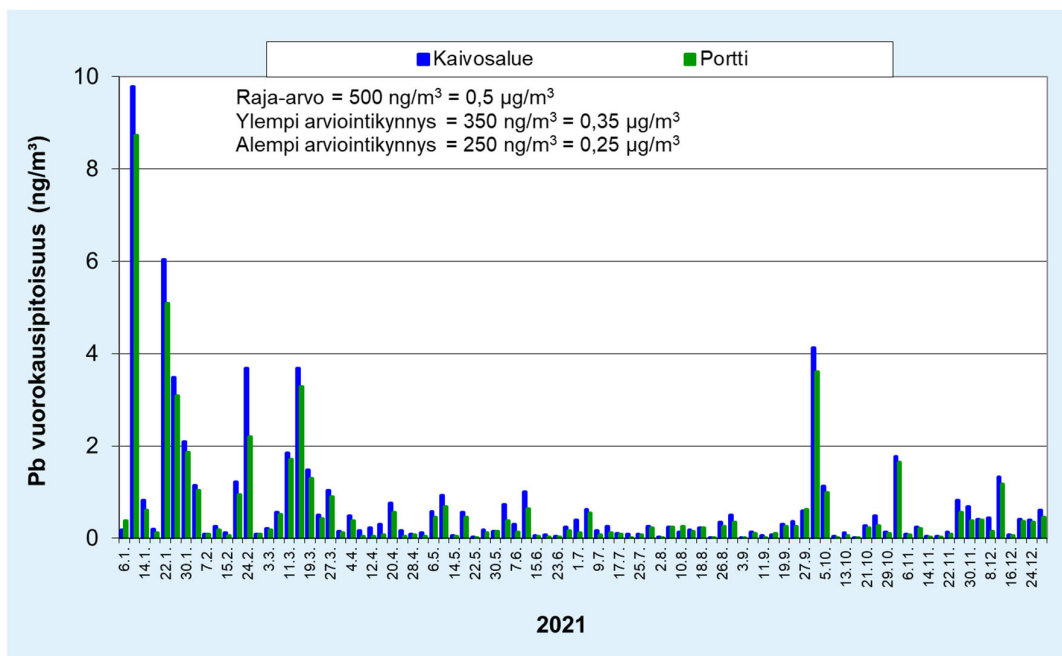
Kuva 8. Hengitettävistä hiukkasista (PM₁₀) määritetyt **arsenipitoisuudet** (ng/m³) Kaivosalueen ja Portin mittauspisteissä jaksolla 6.1.–28.12.2021. Huom. tavoitearvo ja arviointikynnykset koskevat vuosikeskiarvoa, eivät yksittäisiä pitoisuusarvoja, ja ne ovat kuvassa vain havainnollistamassa pitoisuustasoa.



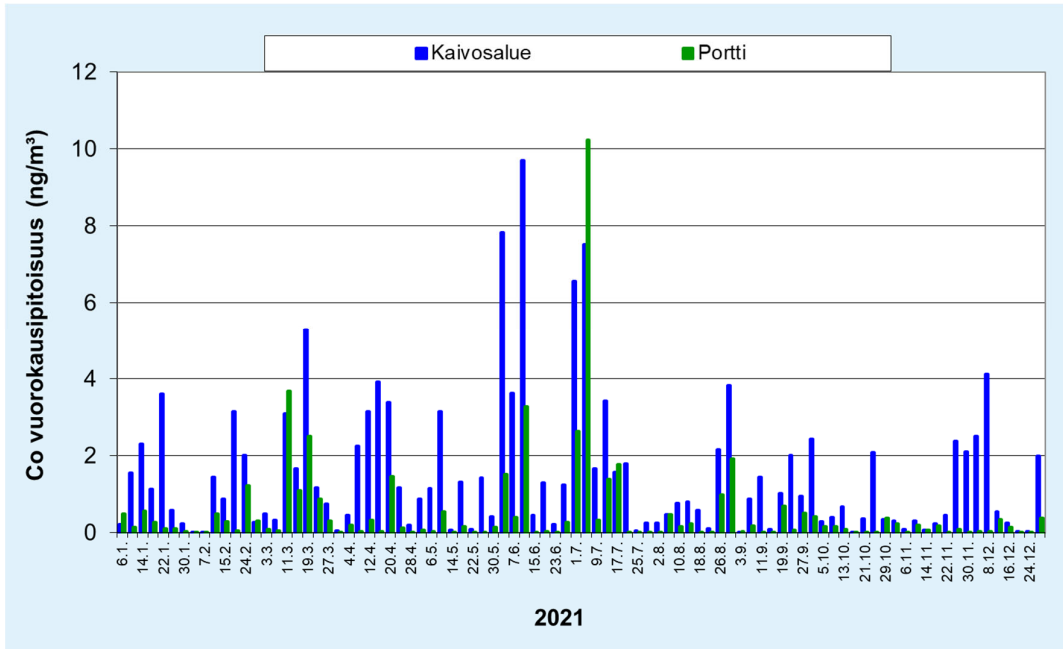
Kuva 9. Hengitettävistä hiukkasista (PM₁₀) määritetyt **kadmiumpitoisuudet** (ng/m³) Kaivosalueen ja Portin mittauspisteissä jaksolla 6.1.–28.12.2021. Huom. tavoitearvo ja arviointikynnykset koskevat vuosikeskiarvoa, eivät yksittäisiä pitoisuusarvoja, ja ne ovat kuvassa vain havainnollistamassa pitoisuustasoa.



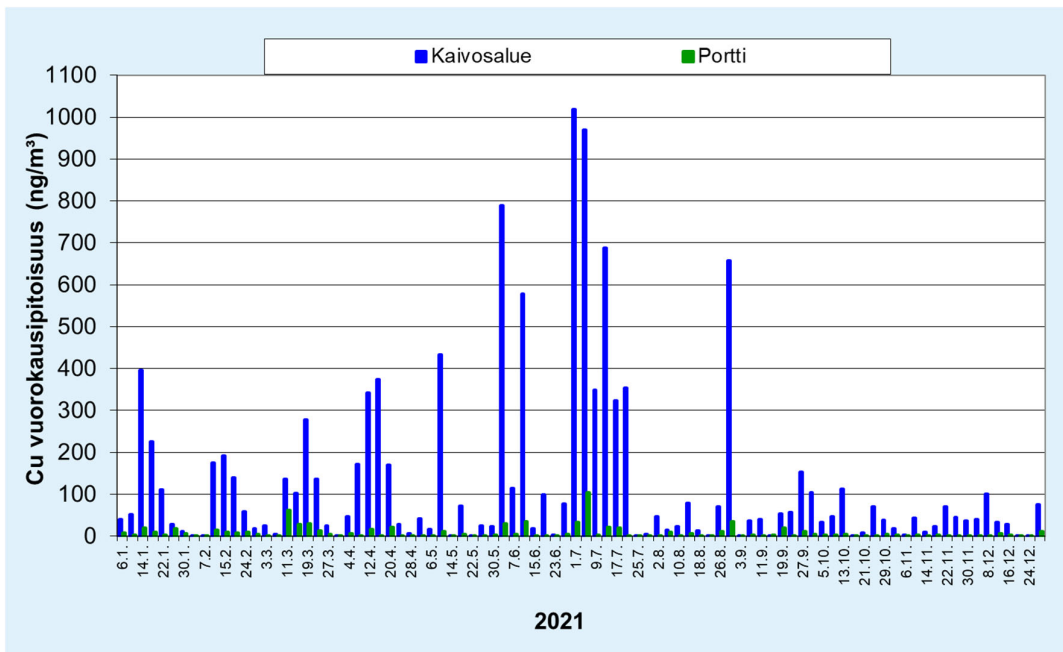
Kuva 10. Hengitettävistä hiukkasista (PM_{10}) määritetyt **nikkelipitoisuudet** (ng/m^3) Kaivosalueen ja Portin mittauspisteissä jaksolla 6.1.–28.12.2021. Huom. tavoitearvo ja arviointikynnykset koskevat vuosikeskiarvoa, eivät yksittäisiä pitoisuusarvoja, ja ne ovat kuvassa vain havainnollistamassa pitoisuustasoa.



Kuva 11. Hengitettävistä hiukkasista (PM_{10}) määritetyt **lyijypitoisuudet** (ng/m^3) Kaivosalueen ja Portin mittauspisteissä jaksolla 6.1.–28.12.2021. Lyijypitoisuuksien vuosikeskiarvolle annettu raja-arvo on 500 ng/m^3 , ylempi arviointikynnys on 350 ng/m^3 ja alempi arviointikynnys on 250 ng/m^3 .



Kuva 12. Hengitettävistä hiukkasista (PM₁₀) määritetyt **kobolttipitoisuudet** (ng/m³) Kaivosalueen ja Portin mittauspisteissä jaksolla 6.1.–28.12.2021.

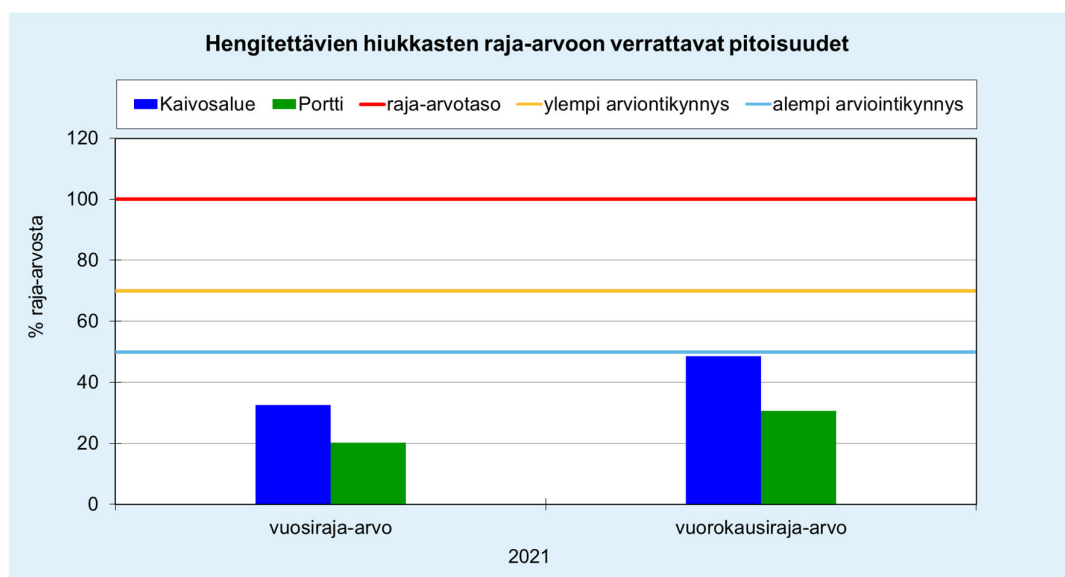


Kuva 13. Hengitettävistä hiukkasista (PM₁₀) määritetyt **kuparipitoisuudet** (ng/m³) Kaivosalueen ja Portin mittauspisteissä jaksolla 6.1.–28.12.2021.

2.4 Pitoisuuksien vertailua ohje-, raja- ja tavoitearvoihin

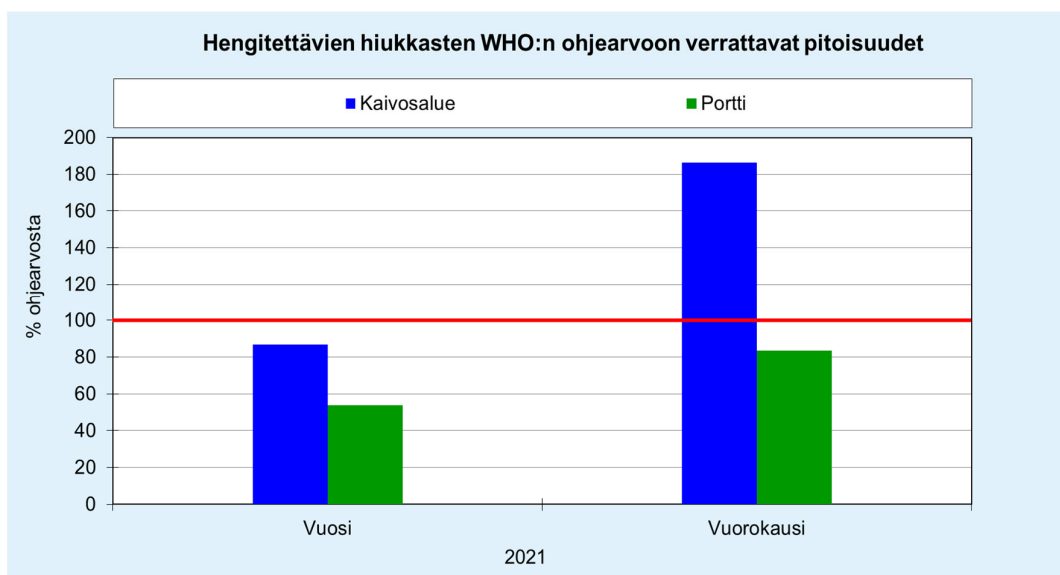
Raja-arvot määrittelevät pitoisuuksille enimmäiskaton, jota ei saa ylittää. Ohjearvojen seuraamisella sen sijaan yritetään ohjata esim. kaavoitusta sellaisille alueille, jossa pitoisuudet ovat ihmisten terveydelle haitattomalla tasolla. Raja- ja ohjearvoilla on erilaiset tilastolliset määrittelyt ja hiukkasten raja-arvopitoisuudelle sallitaan vielä erikseen ylityksiä määrittelystä vuorokausipitoisuustasosta, joten näitä kahta arvoa ei voi suoraan lukuarvoina verrata keskenään. Tavoitearvolla tarkoitetaan ilmassa olevaa pitoisuutta, joka on mahdollisuuksien mukaan alitettava määräajassa. Arviointikynnyksiin vertaamisen avulla määritetään ilmanlaadun seurantarvetta ja käytettäviä seurantamenetelmiä. Ilmanlaadun lainsäädännöstä on kerrottu tarkemmin raportin osassa II kappaleessa 7. Pitoisuuksia arvioitaessa on muistettava, että ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoja ei sovelleta työpaikoilla eikä tehdas- tai kaivosalueilla, sillä työpaikka-alueilla käytetään omia työterveyttä ja työturvallisuutta koskevia sääntöksiä.

Kuvassa Kuva 14 on esitetty mittausjaksolla 6.1.–28.12.2021 havaitut hengitettävien hiukkasten vuosiraja-arvoon, vuorokausiraja-arvoon ja arviointikynnyksiin verrannolliset pitoisuudet Kaivosalueen ja Portin mittauspisteissä. Vastaavat pitoisuudet on esitetty raportin lopussa liitetaulukossa 3. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien vuosikeskiarvo oli Kaivosalueen mittauspisteessä $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Portin $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiraja-arvotasolle, $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sallitaan kalenterivuoden jaksolla ylityksiä 35 kpl ennen kuin varsinaisen vuorokausiraja-arvon ylityksen katsotaan tapahtuneen. Kaivosalueen mittauspisteessä havaittiin vuoden jaksolla 7 kpl raja-arvotason ylityspäiviä, Portilla 3 kpl. Mittausjakson suurin vuorokausipitoisuus oli Kaivosalueella $133 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Portilla $106 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet jäivät Portilla selvästi alle alemman arviointikynnyksen. Myös Kaivosalueella hengitettävien hiukkasten pitoisuudet alittivat alemman arviointikynnyksen.



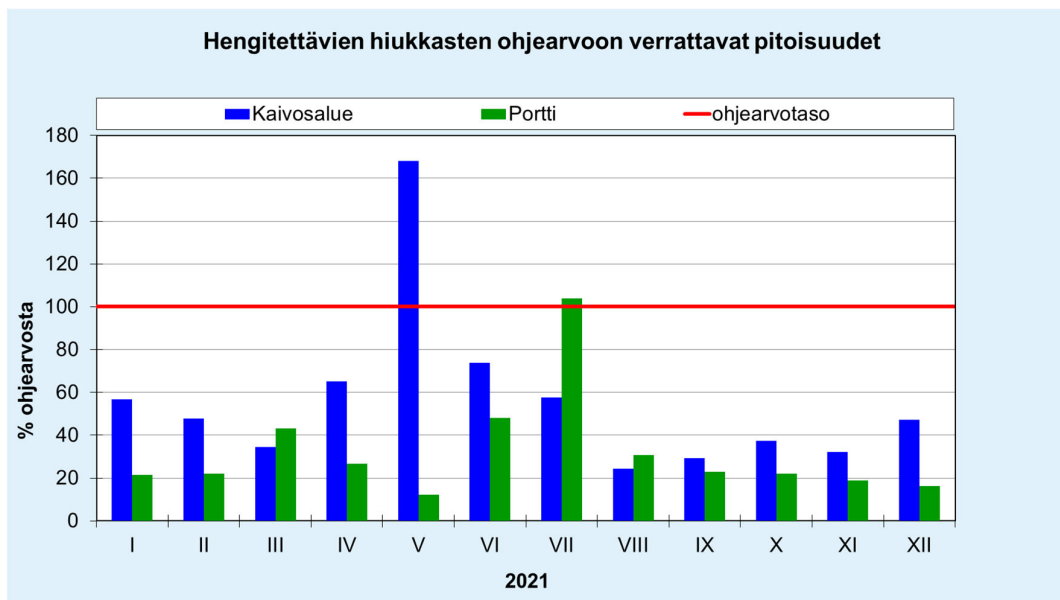
Kuva 14. Hengitettävien hiukkasten raja-arvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa (%) raja-arvoon Kaivosalueen ja Portin mittauspisteissä ajalta 6.1.–28.12.2021. Kuvaan on merkitty vaakaviivoilla raja-arvotaso sekä ylempi ja alempi arviointikynnys.

Kuvassa Kuva 15 on esitetty mittausjaksolla 6.1.–28.12.2021 havaitut hengitettävien hiukkasten WHO:n ohjearvoon (WHO 2021) verrattavat pitoisuudet. WHO päivitti syksyllä 2021 ilmansaasteiden ohjearvopitoisuudet, joita pienemmillä pitoisuuksilla haitallisia terveysvaikutuksia ei esiinny lainkaan tai ne ovat vain vähäisiä. Vuorokausiarvojen osalta WHO suosittaa, että ohjearvoa noudatetaan 99-prosenttisesti, jolloin kalenterivuoden jaksolla sallitaan 3 ylityskertaa ennen kuin vuorokausiohjearvon katsotaan ylittyneen. WHO:n hengitettävien hiukkasten vuosiohjearvoon ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrattava pitoisuus alittuu molemmissa mittauspisteissä. Portin mittauspisteessä WHO:n hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvotasoon ($45 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrattava pitoisuus alittuu, mutta Kaivosalueella WHO:n ohjearvotasoa ylittyy.



Kuva 15. Hengitettävien hiukkasten WHO:n ohjearvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa (%) ohjearvoon Kaivosalueen ja Portin mittauspisteissä ajalta 6.1.–28.12.2021.

Kuvassa 16 on esitetty hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrannolliset pitoisuudet kuukausittain Kaivosalueen ja Portin mittauspisteissä. Pitoisuudet on ilmoitettu ulkoilman lämpötilassa. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjearvo, $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ylittyi mittausjaksolla Kaivosalueen mittausasemalla toukokuussa ja Portin mittausasemalla heinäkuussa. Hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrattava pitoisuus oli suurimmillaan Kaivosalueella 168 % ohjearvosta toukokuussa ja Portilla 104 % ohjearvosta heinäkuussa (kuva 16). Ohjearvoon vertaaminen edellyttää, että vuorokausipitoisuuksia on vähintään 75 % kuukauden vuorokausien lukumäärästä. Tämä vaatimus täyttyi molemmilla mittausasemilla kaikkina kuukausina.



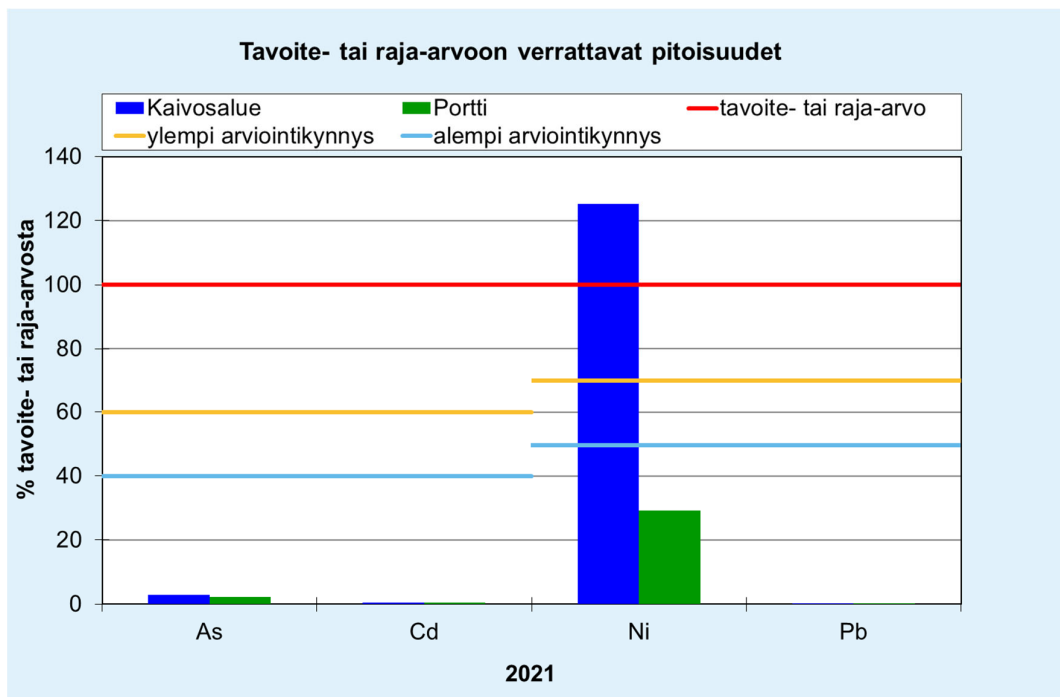
Kuva 16. Hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain suhteessa ohjearvoon Kaivosalueen ja Portin mittauspisteissä ajalta 6.1.–28.12.2021. Punaisella vaakaviivalla (100 %) on merkitty ohjearvotasoa $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Kuvassa 17 on esitetty arseenin, kadmiumin ja nikkelin tavoitearvoon sekä lyijyn raja-arvoon verrannolliset vuosikeskiarvopitoisuudet Kaivosalueen ja Portin mittauspisteissä. Hengitettävistä hiukkasista määritetyt arseenin ja raskasmetallien pitoisuustasot olivat yleensä selkeästi korkeampia kaivosalueella kuin Portin mittausasemalla.

Molemmissa mittauspisteissä lyijypitoisuudet olivat selkeästi raja-arvotason ($500 \text{ ng}/\text{m}^3$) alapuolella (kuva 17). Lyijypitoisuuksien keskiarvo vuonna 2021 oli sekä Kaivosalueella että Portilla 0,1 % raja-arvosta ja korkeinkin mitattu vuorokausipitoisuus oli vain $9,8 \text{ ng}/\text{m}^3$. Lyijypitoisuuksien keskiarvot alittivat näin ollen myös selvästi alemman arviointikynnyksen.

Vuoden 2021 mitattujen pitoisuuksien keskiarvo ei ylittänyt kummassakaan mittauspisteessä arseenin ja kadmiumin vuosikeskiarvopitoisuuksille annettuja tavoitearvoja tai arviointikynnyksiä. Mittausjakson keskiarvopitoisuudet olivat Kaivosalueen mittauspisteessä arseenille 3 % ja kadmiumille 1 % tavoitearvoista sekä Portilla vastavasti 2 % ja alle 1 % tavoitearvoista.

Nikkelin vuosikeskiarvopitoisuudelle annettu tavoitearvo ($20 \text{ ng}/\text{m}^3$) sen sijaan ylittyi selkeästi Kaivosalueella. Mittausjaksolla nikkelin keskiarvopitoisuus oli Kaivosalueen mittauspisteessä 125 % ja Portilla 29 % tavoitearvosta. Lähes puolet kaikista nikkelin vuorokausipitoisuuksista kaivosalueella ylittivät tavoitearvon. Nikkelin pitoisuudet Portilla alittivat alemman arviointikynnyksen. Myös muut raskasmetallipitoisuudet, joille ei ole voimassa olevia tavoite- tai raja-arvoja (mm. kupari ja koboltti), olivat kaivosalueella selkeästi suurempia kuin Portilla. Heinäkuun 5. päivänä mittauksissa havaittiin Portilla todennäköisesti maaperän pölyämisestä lähtöisin olevia kohonneita pitoisuuksia alumiinia, kromia, rautaa ja mangaania. Tällöin näille aineille mitattiin mittausjakson korkeimmat pitoisuudet ja pitoisuudet Portilla olivat suurempia kuin kaivosalueella mittausjaksolla minään päivänä mitatut pitoisuudet.

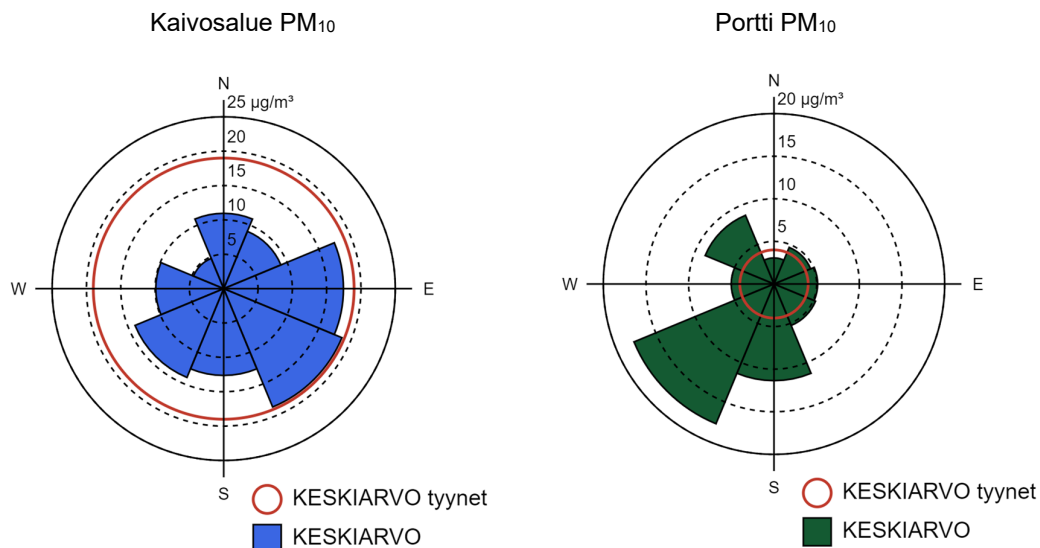


Kuva 17. Arseenin, kadmiumin ja nikkelin tavoitearvoon ja lyijyn raja-arvoon verrattavat pitoisuudet Kaivosalueen ja Portin mittauspisteissä ajalta 6.1.–28.12.2021. Kuvaan on merkitty vaakaviivoilla tavoitearvo sekä ylempi ja alempi arviointikynnys.

2.5 Tuulen suunnan ja nopeuden vaikutus mitattuihin pitoisuuksiin

Kuvassa 18 on havainnollistettu hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskiarvojen riippuvuutta tuulensuunnasta Kaivosalueen ja Portin mittauspisteissä ns. pitoisuusruusujen avulla. Pitoisuusruusu kuvaa tuntipitoisuuksien arvoa eri tuulensuunnilla. Pitoisuusruusun keskipisteestä lähtevän janan pituus sektorin kehäviivalle vastaa epäpuhtauden tuntipitoisuuksien keskiarvoa ko. tuulisektorissa. Tyynellä säällä havaittujen tuntipitoisuuksien arvo on esitetty ympyrällä, jonka säteen pituus kuvaa pitoisuuden arvoa. Kuvassa 19 on kuvattu hengitettävien hiukkasten yksittäisten tuntipitoisuuksien riippuvuutta tuulen suunnasta. Tuloksia analysoitaessa tuulihavaintojen pohjoinen sektori todettiin epäluotettavaksi, joka vaikuttaa myös pitoisuusruusukuvaajiin, mutta vain pohjoisen sektorin osalta. Muista ilmasuunnista tuulihavainnot todettiin luotettavaksi.

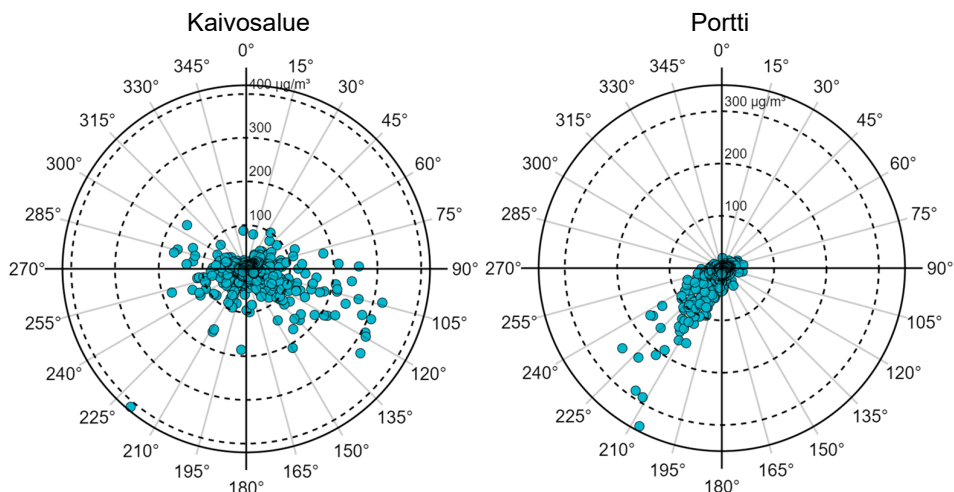
Ilman epäpuhtauksien pitoisuuksiin vaikuttavat kiinteiden lähteiden kuten teollisuuden ja energiantuotannon päästöt, liikenteen sekä hajapäästölähteiden kuten asuinrakennusten tulisijojen päästöt. Yksittäisen lähteen vaikutusta hiukkaspitoisuuksiin on yleensä vaikea erottaa. Vuodenaika, liikenne, kaukokulkeumat, maan pinnasta tuulen ja liikennevirtojen vaikutuksesta nouseva katupöly ja meteorologiset tekijät vaikuttavat pitoisuuksiin voimakkaasti. Ilman epäpuhtauksien pitoisuudet nousevat yleensä korkeiksi tyynen tai heikkotuulisen sään aikana ja erityisesti ns. inversiotilanteissa, kun ilmakehän pystysuuntainen lämpötilajakauma estää tai rajoittaa epäpuhtauksien laimenemista myös pystysuunnassa.



Kuva 18. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuoden 2021 tuntipitoisuuksien keskiarvot tuulensuunnittain Kaivosalueen ja Portin tutkimuspisteissä.

Kaivosalueella hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskiarvot olivat suurimmillaan kaakon ja idän puoleisilla tuulilla sekä tyynellä säällä. Avolouhos sijaitsee mittauspisteen itä-koillispuolella ja sivukiven läjitysalue koillispuolella (kuva 24, osa II). Mobiilimurska sijaitsee mittauspisteestä itä-kaakkoon. Aivan mittauspisteen itäpuolitse kulkee tie sivukivialueelle päin ja mittauspisteen vieritse sen eteläpuolelta tie pintavalutuskentälle. Näillä molemmilla teillä oli mittausjakson aikana liikennettä päivittäin ja tienpintojen kuivuessa ne pölyivät paitsi liikenteen myös kovemman tuulen voimasta. Korkeimmat tuntipitoisuudet (luokkaa 180–320 µg/m³) (kuva 19) esiintyivät kaakon ja idän (n. 90–120 astetta) puoleisilla tuulilla 17.5. illalla (18–24), 12.6. klo 12–18 sekä 18.5. aamuyöllä (00–05) ja 19.5. klo 01–02. Tehdasalueen- ja rikastushiekka-altaan sekä louhos- ja sivukivialueen teiden pölyämistä ehkäistiin kastelemalla niitä tarvittaessa päivittäin huhti- ja lokakuun välisenä aikana.

Portin mittauspisteessä hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskiarvot olivat suurimmillaan lounaan puoleisilla tuulilla. Suurin osa portilla mitatuista pitoisuuksista esiintyi lounaan puoleisilla tuulilla, eli kaivosalueen suunnasta. Suurimmat yksittäiset tuntipitoisuudet esiintyivät 5.7. klo 13–23 välisenä aikana (230–340 µg/m³) tyynellä, heikolla tai kohtalaisella lounaan puoleisella tuulella (Kuva 19). Portin mittauspisteessä selvästi korkeimmat tuntipitoisuudet mitattiin heinäkuussa. Heinäkuussa mitatut pitoisuudet Portilla olivat toistuvasti suurempia kuin Kaivosalueella. Hengitettävien hiukkasten korkeat pitoisuudet johtuivat mahdollisesti Portin mittauspisteen lounaispuolella olevan sivukiven läjitysalueen pölyämisestä.



Kuva 19. Hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuudet tuulensuunnan (0–360 °) mukaan Kevitsan kaivosalueen (vasen kuva) ja Portin (oikea kuva) ilmanlaadun mittauspisteissä. Huom. Kuvassa eivät näy tyynellä mitatut tuntipitoisuudet.

Muista analysoiduista metalleista poiketen nikkellillä, koboltilla ja kuparilla mitattiin Kaivosalueen mittauspisteessä selkeästi korkeampia arvoja kesäkaudella. Kaivosalueella nikkeli-, koboltti- ja kuparipitoisuudet olivat korkeimmillaan yhtäaikaan: 3.6., 11.6., 1.7. ja 5.7., jolloin tuuli oli pääsääntöisesti lännen puoleinen ja hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuudet olivat keskimäärin luokkaa $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

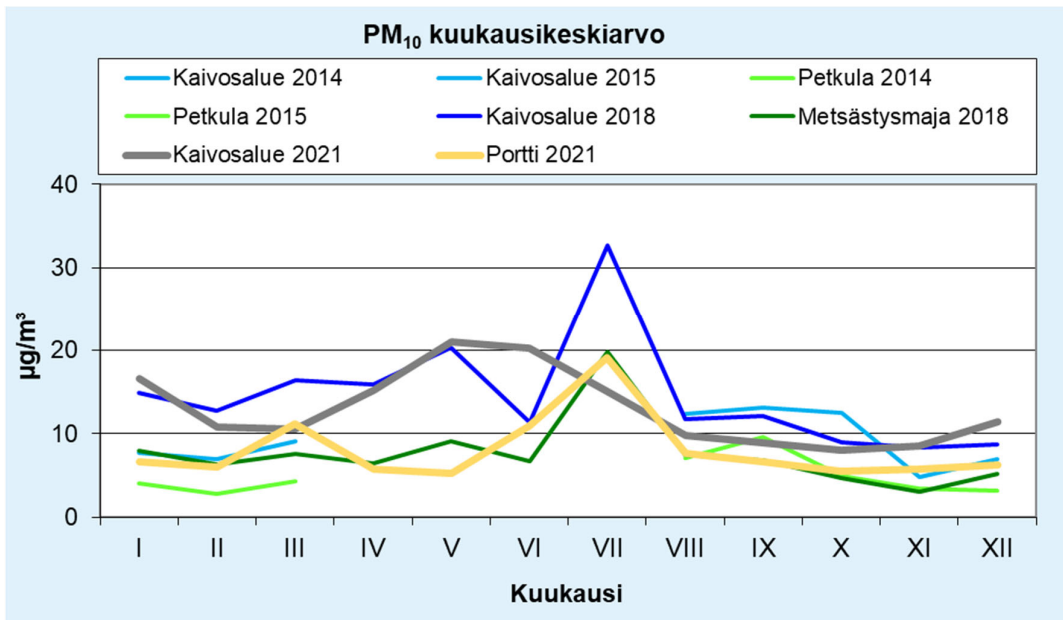
Portilla korkeimmat kaivannaismetallipitoisuudet (kupari, nikkeli ja koboltti) mitattiin 11.3., 11.6., ja 5.7. Samoina päivinä Portilla mitattiin myös korkeimmat maaperästä peräisin olevien metallien (alumiinin, raudan ja mangaanin) pitoisuudet. Päivistä 11.3. tuulensuunta oli etelän ja lounaan puoleinen voimakkuudeltaan heikko tai kohdalainen tuuli. 11.6. ja 5.7. tuulensuuntana oli lounas. 5.7.2021 mitattiin myös mittausjakson hengitettävien hiukkasten korkein vuorokausipitoisuus Portin mittauspisteessä.

2.6 Pitoisuuksien vertailua Kevitsan kaivoksella aiemmin mitattuihin pitoisuuksiin

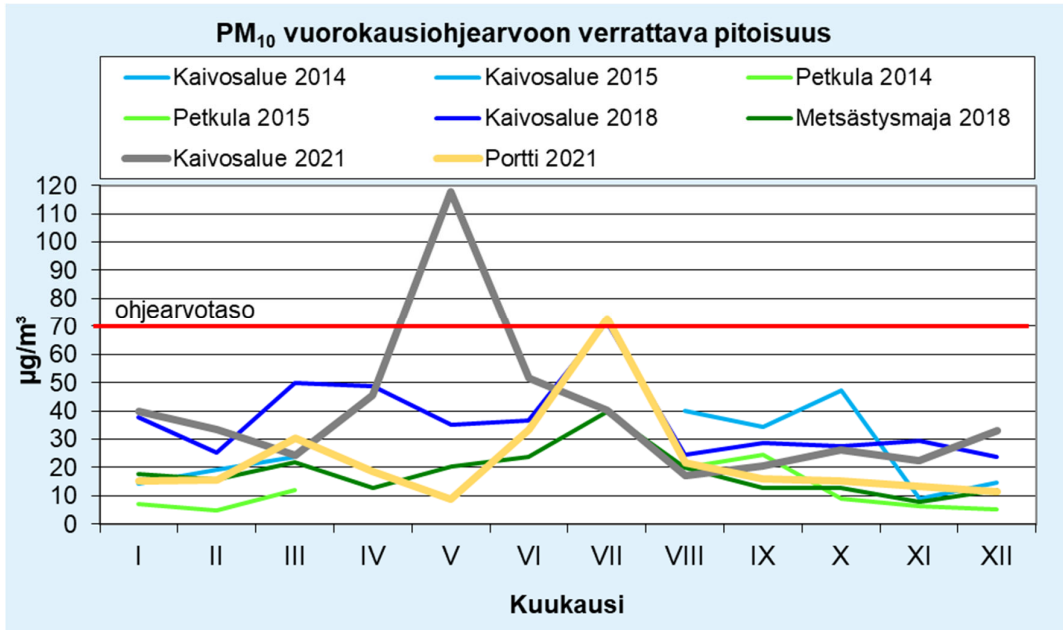
Ilmatieteen laitos on mitannut hiukkaspitoisuuksia Kevitsan kaivoksella aikaisemmin 8 kk jakson elokuusta 2014 maaliskuuhun 2015 (Saari *ym.*, 2015). Tuolloin ilmanlaatumittauksia tehtiin Kaivosalueella ja Petkulan kylässä. Kaivosalueen mittauspiste ei sijainnut aivan samassa paikassa kuin nyt, vaan noin parikymmentä metriä nykyisestä mittauspisteestä etelään. Petkulassa mitatut pitoisuudet kuvaavat pitoisuustasoa lähimmässä häiriintyvässä asuinalueessa, joka kuitenkin sijaitsee usean kilometrin päässä kaivosalueesta. Ilmatieteen laitos on mitannut hiukkaspitoisuuksia Kevitsan kaivosalueella myös vuonna 2018, 12 kk jakson tammikuusta joulukuuhun (Saari *ym.*, 2018). Vuonna 2018 ilmanlaatumittaukset tehtiin kaivosalueella ja Metsästysmajalla. Kaivosalueen mittauspiste oli vuonna 2018 sama kuin vuonna 2021.

Kuvissa 20 ja 21 on verrattu nyt mitattuja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia aiemmin vuosina 2014–2015 Kaivosalueella ja Petkulassa sekä 2018 Kaivosalueella

ja Metsästysmajalla mitattuihin hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrannollisiin pitoisuuksiin ja kuukausikeskiarvopitoisuuksiin. Vertailusta saadaan suuntaa-antavaa tietoa hiukkasten pitoisuustasoista erilaisissa päästöympäristöissä. Kaivosalueella pitoisuudet olivat sekä kuukausikeskiarvoina että ohjearvoon verrattavina pitoisuuksina tammi-maaliskuussa 2018 suurempia kuin vastaavana aikana alkuvuodesta 2015. Vastaavasti syksyllä 2018 pitoisuudet olivat Kaivosalueella elo-lokakuussa pienempiä ja marras-joulukuussa 2018 suurempia kuin vastaavana aikana vuonna 2014. Vastaava pitoisuustasojen ero oli havaittavissa, kun verrattiin keskenään Metsästysmajan ja Petkulan pitoisuuksia. Kaivosalueen mittauspisteessä mitatuissa pitoisuuksissa vuosien 2018 ja 2021 mittauksissa ei ole havaittavissa suuria eroja. Vuonna 2021 Kaivosalueen pitoisuuksien kuukausikeskiarvo oli jonkin verran korkeampi kesäkuussa ja matalampi heinäkuussa vuoteen 2018 verrattuna. Portin ja Metsästysmajan mittauspisteissä ei ole havaittavissa juurikaan eroja hengitettävien hiukkasten kuukausikeskiarvoissa. Vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet Kaivosalueella vuonna 2021 toukokuussa olivat korkeampia verrattuna vuoteen 2018. Portin mittauspisteessä pitoisuudet taas olivat heinäkuussa 2021 korkeampia vuoden 2018 Metsästysmajalla mitattuihin pitoisuuksiin nähden.



Kuva 20. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden kuukausikeskiarvot Kevitsan kaivosalueella ja portilla vuonna 2021, kaivosalueella ja metsästysmajalla vuonna 2018 sekä kaivosalueella ja Petkulassa jaksolla elokuu 2014–maaliskuu 2015.



Kuva 21. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet Kevitsan kaivosalueella ja portilla vuonna 2021, kaivosalueella ja metsästysmajalla vuonna 2018 sekä kaivosalueella ja Petkulassa jaksolla elokuu 2014–maaliskuu 2015.

Kevitsan kaivosalueella ja sen ympäristössä on aiemmin mitattu arseeni- ja metallipitoisuuksia 6 kk jaksolla elokuusta 2014 tammikuuhun 2015 (60 näytettä) sekä vuonna 2018 (89 näytettä). Taulukkoon 2 on koottu keskiarvot kaivosalueen ja Petkulan 2014–2015, Kaivosalueen ja Metsästysmajan 2018 sekä Kaivosalueen ja Portin 2021 mittauksista. Tarkastelluista aineista arseenin pitoisuus on pysynyt samana vuoteen 2018 nähden, kun taas kadmiumin, nikkelin lyijyn, koboltin ja kuparin pitoisuudet ovat kaivosalueella laskeneet vuoden 2021 mittausjaksolla. Portin mittauspisteessä arseenin ja kadmiumin pitoisuudet ovat saman suuruisia kuin Metsästysmajalla vuonna 2018 mitatut pitoisuudet, lyijyn pitoisuudet matalampia ja nikkelin, koboltin ja kuparin pitoisuudet hieman suurempia kuin Metsästysmajalla.

Taulukko 2. Kevitsan kaivosalueella ja Petkulassa jaksolla elokuu 2014–tammikuu 2015 (yht. 60 näytettä), Kaivosalueella ja Metsästysmajalla vuonna 2018 (yht. 89 näytettä) sekä Kaivosalueella ja Portilla vuonna 2021 (yht. 90 näytettä) mitatut arseenin ja metallien pitoisuudet.

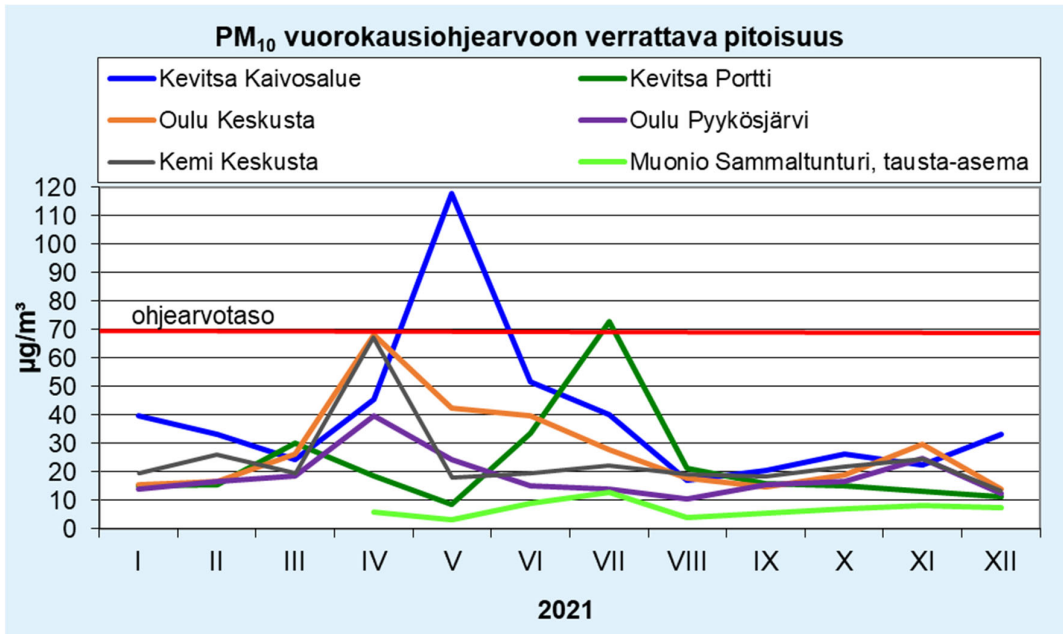
Keräinnäytteiden pitoisuudet	As ng/m ³	Cd ng/m ³	Ni ng/m ³	Pb ng/m ³	Co ng/m ³	Cu ng/m ³
Kaivosalue 2014–2015 (6 kk)	0,3	0,05	20	1,9	1,1	63
Kaivosalue 2018 (12 kk)	0,2	0,04	36	0,9	2,0	150
Kaivosalue 2021 (12 kk)	0,2	0,03	25	0,7	1,5	128
Petkula 2014–2015 (6 kk)	0,2	0,04	0,6	0,6	0,03	0,9
Metsästysmaja 2018 (12 kk)	0,1	0,02	3,6	0,8	0,3	6,9
Portti 2021 (12 kk)	0,1	0,02	5,9	0,6	0,5	8,3

2.7 Pitoisuuksien vertailua muualla mitattuihin pitoisuuksiin

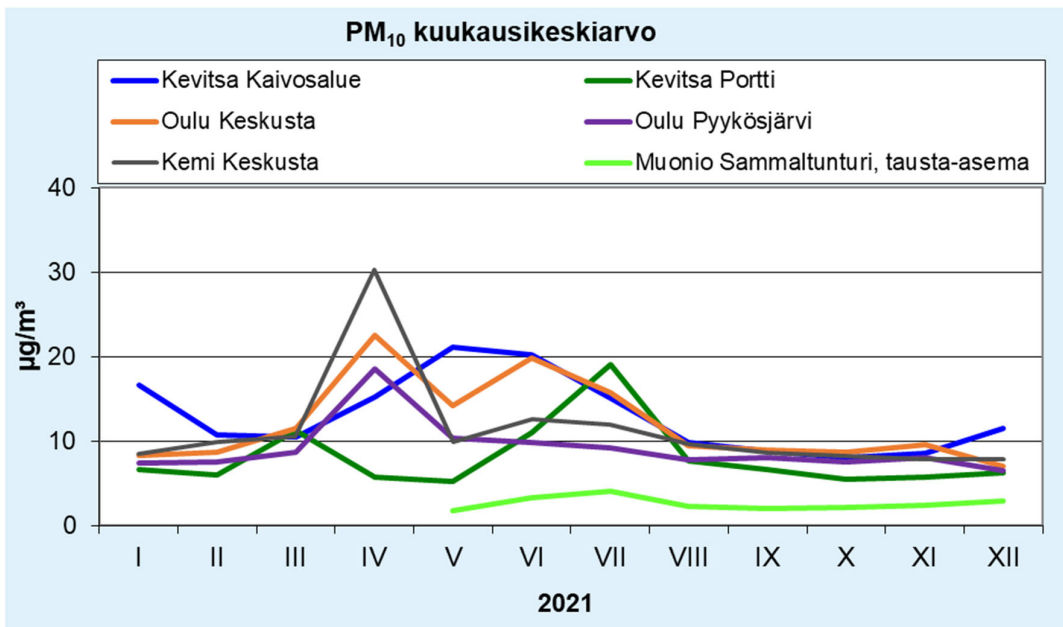
Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia mitataan samaan tapaan kuin tässä tutkimuksessa jatkuvatoimisilla laitteilla useilla paikkakunnilla Suomessa. Mittausasemat sijaitsevat yleensä vilkkaiden liikenneväylien lähellä tai teollisuuden ja energiantuotannon päästöjen vaikutusalueilla. Tyypillisesti hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvon sekä vuorokausiraja-arvotason ylitykset ovat yleisimpiä maaliskuussa ns. kevätpölyjaksolla, jolloin hiukkaspitoisuudet ovat maassamme suurimmillaan.

Kuvissa 22 ja 23 on verrattu Kaivosalueella ja Portilla mitattuja hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon verrattavia pitoisuuksia ja hiukkaspitoisuuden kuukausikeskiarvoja vuonna 2021 vastaaviin arvoihin Oulun keskustassa, Oulun Pyykösjärvellä, Kemien keskustassa ja Ilmatieteen laitoksen Sammaltunturin tausta-aseamalla (*Ilmatieteen laitos, 2022 a*). Oulun keskustan mittausasema on tyypiltään liikenneasema. Kemien keskustan mittausaseman päästötyyppi on liikenne ja teollisuus. Oulun Pyykösjärven mittausasema edustaa ns. esikaupunkitaustaa ja Lapissa Pallaksen alueella sijaitseva Sammaltunturi puhdasta maaseututausta-alueita.

Kuvasta 23 havaitaan, että Kevitsan kaivosalueella hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien kuukausikeskiarvot olivat tammi-, touko-, ja joulukuussa Oulun keskustan ja Kemien keskustan mittausasemilla mitattuja pitoisuuksia korkeampia, mutta kevät-pölykaudella huhtikuussa hiukkaspitoisuudet olivat Oulun keskustaa ja Kemien keskustaa alhaisemmat. Oulun ja Kemien keskustan asemilla pitoisuudet nousevat selvästi kevät-pölykaudella, mutta laskevat, kun kadut saadaan puhdistettua ja kasvillisuus alkaa peittää maaperää. Myös loppusyksyllä liukkaudentorjunnan alettua kohonneita hiukkaspitoisuuksia esiintyy usein kaupunkien mittausasemilla. Portin mittauspisteessä hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat heinäkuuta lukuun ottamatta Oulun keskustassa ja Kemien keskustassa sekä Oulun Pyykösjärven asuntoalueella mitattujen pitoisuuksien kanssa samaa tasoa tai alhaisempia.



Kuva 22. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kuukausittain vuonna 2021 Kevitsan kaivosalueella ja Portilla, Oulun keskustassa ja Pyykösjärvellä, Kemin keskustassa sekä Ilmatieteen laitoksen Sammaltunturin taustailmanlaadun mittausasemilla. Pitoisuudet on ilmoitettu ulkoilman lämpötilassa.



Kuva 23. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden kuukausikeskiarvot ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vuonna 2021 Kevitsan kaivosalueella ja Portilla, Oulun keskustassa ja Pyykösjärvellä, Kemin keskustassa sekä Ilmatieteen laitoksen Sammaltunturin taustailmanlaadun mittausasemilla. Pitoisuudet on ilmoitettu ulkoilman lämpötilassa.

Kaivosalueen ja Portin mittauspisteissä mitattuja arseeni- ja metallipitoisuuksia on taulukossa 3 verrattu puhdasta tausta-aluetta edustavan, Ilmatieteen laitoksen Pallaksen tausta-aseman pitoisuuksiin. Suurimmat erot taustapitoisuuksiin havaittiin Kaivosalueen nikkeli-, kupari- ja kobolttipitoisuuksissa: nikkelpitoisuus oli yli 100-kertainen, kuparipitoisuus lähes 650-kertainen ja kobolttipitoisuus 150-kertainen Pallaksen taustapitoisuuteen nähden. Portilla nikkelpitoisuus oli noin 30-kertainen, kuparipitoisuus noin 40-kertainen ja kobolttipitoisuus 50-kertainen Pallaksen taustapitoisuuteen nähden. Portin pisteessä arseenipitoisuus oli taustapitoisuuden tasoa ja lyijypitoisuus kolminkertainen Pallaksen taustapitoisuuteen nähden. Kaivosalueella arseenipitoisuus oli kaksinkertainen ja lyijypitoisuus noin kolminkertainen Pallaksen taustapitoisuuksiin nähden. Molemmissa mittauspisteissä kadmiumpitoisuudet olivat matalampia taustapitoisuuteen nähden.

Taulukko 3. Kevitsan kaivosalueella ja Portilla sekä Ilmatieteen laitoksen Pallaksen tausta-asemalla vuonna 2021 havaitut arseenin ja metallien vuosikeskiarvot.

Keräinnäytteiden pitoisuudet	As ng/m ³	Cd ng/m ³	Ni ng/m ³	Pb ng/m ³	Co ng/m ³	Cu ng/m ³
Kaivosalue 2021	0,2	0,03	25	0,7	1,5	128
Portti 2021	0,1	0,02	5,9	0,6	0,5	8,3
Pallas 2021	0,1	0,1	0,2	0,2	0,01	0,2

3. YHTEENVETO JA SUOSITUKSET

Ilmatieteen laitos mittasi ilmanlaatua 6.1.–28.12.2021 välisenä aikana Kevitsan kaivosalueella ja sen ympäristössä kahdessa mittauspisteessä, Kaivosalueella ja Portilla. Kaivosalueen mittauspiste oli sama kuin vuosien 2018 ja 2014–2015 mittauskampanjoissa. Portin mittauspiste oli uusi, ja sijaitsi kaivosalueen ulkopuolella kuitenkin sen välittömässä läheisyydessä, pohjois-koillispuolella kaivoksesta. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia mitattiin jatkuvatoimisilla hiukkasanalysaattoreilla koko mittausjakson ajan kummallakin mittausasemalla. Samoissa mittauspisteissä kerättiin myös hengitettävien hiukkasten vuorokausinäytteitä joka neljäs päivä, samanaikaisesti molemmilla mittausasemilla. Näistä kerätyistä hiukkasnäytteistä analysoitiin arseeni- ja metallipitoisuudet Suomen ympäristökeskuksen laboratoriossa. Molemmissa mittauspisteissä seurattiin myös säätilaa pitoisuusmittausten tulosten analysointia varten. Ilmanlaatumittausten tavoitteena oli selvittää kaivostoiminnan pölypäästöjen vaikutusta ilmanlaatuun kaivosalueella ja sen lähiympäristössä.

Ulkoilman hiukkaspitoisuuksiin vaikuttavat merkittävästi maanpinnasta tuulen sekä erityyppisten ajoneuvojen ja työkoneiden mukana ilmaan nousevat hiukkaset, joiden määrää säätelevät muun muassa tuulen nopeus, sateisuus, maanpinnan kosteus ja pintojen kasvillisuuspeitteisyys. Pölyämistä tapahtuu tyypillisesti kevät- ja kesäaikaan maaston ollessa kuivaa.

Mitattuja pitoisuuksia verrattiin lainsäädännössä annettuihin ilmanlaadun raja-, ohje- ja tavoitearvoihin sekä pitoisuuksien seurantarvetta määrittäviin arviointikynnyksiin. Terveyshaittojen ehkäisemiseksi annetut ilmanlaadun ohje-, raja- ja tavoitearvot ovat voimassa sellaisilla alueilla, joissa asuu tai oleskelee ihmisiä tai joihin ihmisillä on vapaa pääsy. Kaivosalueella sovelletaan omia työterveyttä ja työturvallisuutta koskevia säännöksiä, joten ilmanlaadun ohje-, raja- ja tavoitearvot eivät ole siellä voimassa.

Kaivosalueen mittauspisteessä mitattiin keskimäärin selvästi korkeampia hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia sekä arseenin ja metallien pitoisuuksia kuin Portin mittauspisteessä. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet vaihtelivat vuoden tarkastelujaksolla voimakkaasti molemmissa mittauspisteissä. Hengitettävien hiukkasten hetkellinen tuntipitoisuuksien vaihtelu oli suurempaa kuin vuorokausikeskiarvopitoisuuksien vaihtelu. Kaivosalueen hiukkaspitoisuuksissa ei voitu havaita erityistä vuodenaikaisvaihtelua, vaan korkeita hiukkaspitoisuuksia esiintyi eri vuodenaikoina. Myös Portin mittauspisteessä kaivosalueen pohjois-koillispuolella, sen välittömässä läheisyydessä, esiintyi myös ajoittain korkeita hiukkaspitoisuuksia.

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien vuosikeskiarvo oli Kaivosalueen mittauspisteessä $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Portin mittauspisteessä $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrattava pitoisuus oli suurimmillaan kaivosalueella toukokuussa 168 % ohjearvosta ja Portilla heinäkuussa 104 % ohjearvosta. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiraja-arvotasolle, $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sallitaan kalenterivuoden jaksolla ylityksiä 35 kpl ennen kuin varsinaisen vuorokausiraja-arvon ylityksen katsotaan tapahtuneen. Kaivosalueen mittauspisteessä havaittiin vuoden jaksolla 7 kpl raja-arvotason ylityspäiviä, jolloin vuorokausipitoisuus oli korkeimmillaan $133 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Portin mittauspisteessä vastaavasti havaittiin 3 kpl raja-arvon ylityspäiviä, jolloin vuorokausipitoisuus oli korkeimmillaan $106 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet jäivät Portilla selvästi alle alemman arviointikynnyksen. Myös kaivosalueella mitatut hengitettävien hiukkasten pitoisuudet jäivät alle alemman arviointikynnyksen.

Kaivosalueen ja Portin mittausasemilla mitatuista hengitettävien hiukkasten pitoisuuksista laskettiin suomessa käytössä oleva nk. ilmanlaadun indeksi, joka kuvaa viisiportaisella asteikolla (hyvä, tyydyttävä, välttävä, huono, erittäin huono) vallitsevaa ilmanlaadutilannetta. Mittauspäivän indeksi määräytyy ilmanlaadultaan huonoimman tunnin mukaan. Indeksillä ilmaistuna ilmanlaatu oli Kaivosalueella hyvää 55 %, tyydyttävää 29 % ja välttävää 10 % päivistä. Ilmanlaatu oli Kaivosalueella huonoa 16 päivänä (4 % päivistä) ja erittäin huonoa viitenä päivänä. Kaivosalueella erittäin huonon ilmanlaadun päiviä esiintyi huhti-, touko- ja kesäkuussa kaakon puoleisilla tuuilla. Portilla ilmanlaatu oli vastaavasti hyvää 75 %, tyydyttävää 19 % ja välttävää 3 % päivistä. Ilmanlaatu oli huonoa 8 päivänä (2 % päivistä) ja erittäin huonoa kahdena päivänä. Portin mittauspisteessä huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun päivinä tuuli kävi lounaan suunnalta, eli kaivosalueelta päin.

Arseeni ja raskasmetallit esiintyivät Kaivosalueella selkeästi suurempina pitoisuuksina kuin Portin mittauspisteessä. Esimerkiksi kaivosalueella mitatut nikkeli- ja kobolttipitoisuudet olivat noin kolme-neljä kertaa suuremmat verrattuna Portilla mitattuihin pitoisuustasoihin. Arseenipitoisuudet olivat Kaivosalueella ja Portin mittauspisteessä alhaisia, hyvin lähellä Pallaksen tausta-aseman pitoisuustasoja. Kaivosalueella mitatut kuparipitoisuudet olivat mittaustulosten mukaan vuonna 2021 noin 16 kertaa suuremmat kuin Portin mittausasemalla mitatut. Kaivosalueella mitatut metalli-

pitoisuudet olivat jonkin verran pienempiä edellisen mittausjakson (2018) pitoisuuksiin verrattuna.

Lapin Pallaksen puhtaan alueen taustapitoisuuksiin verrattuna Kevitsan kaivosalueen näytteiden keskimääräinen nikkelpitoisuus oli yli 100-kertainen, kuparipitoisuus yli 600-kertainen ja kobolttipitoisuus 150-kertainen. Portin mittauspisteessä puolestaan nikkeli- ja kuparipitoisuudet olivat noin 30-40-kertaisia ja kobolttipitoisuus 50-kertainen Pallaksen taustapitoisuuteen nähden. Kummassakin mittauspisteessä arseenipitoisuudet olivat hyvin lähellä taustapitoisuutta, kadmiumpitoisuudet jopa merkittävästi pienempiä kuin tausta-asemalla mitatut- ja lyijypitoisuudet olivat hieman korkeampia taustapitoisuustasoon verrattuna. Tämä vertailu metallipitoisuuksien tasosta kertoo siitä, kuinka paljon suurempaa ilman epäpuhtauksien kuormitus voi olla kaivosalueella verrattuna ilmanlaadultaan Suomen puhtaimpiin kuuluvan alueen ilmanlaatuilanteeseen ja toisaalta siitä, kuinka paljon pitoisuudet alenevat kaivosalueelta pois päin siirryttäessä. Kaivoksen vaikutukset rajoittuvat pölyämisen osalta lähinnä kaivosalueelle ja kaivosalueen rajalle siirryttäessä pitoisuustasot ovat alle alempien arviointikynnysten, vaikka taustapitoisuuteen nähden erityisesti kaivannaismetallien pitoisuudet ovatkin suuria ja kaivostoiminnan vaikutukset täten nähtävissä.

Perustuen kolmen Kevitsan kaivoksella toteutetun mittausjakson (vuosina 2014–2015, 2018 ja 2021) tuloksiin, Ilmatieteen laitos suosittelee, että Kevitsan kaivoksen ilmanlaatumittauksissa tulisi jatkossa keskittyä samaan tapaan kuin tässä tutkimuksessa hiukkasten ja niiden sisältämien alkuaineiden pitoisuusseurantaan. Vuonna 2014–2015, toinen mittausasemista sijaitsi Petkulan kylässä, noin 6,5 km päässä kaivoksesta. Petkulan kylää edustavalla mittausasemalla mitattiin käytännössä taustapitoisuuden tasoa olevia pitoisuuksia. Mittauksissa vuonna 2018 aivan kaivospiirin rajalla Metsästysmajan pihassa, mitattiin samaan tapaan hyvin pieniä pitoisuuksia. Suurimmat pitoisuuksien aiheuttajat olivat lähinnä ohi ajava (tukkirekka)liikenne ja/tai metsästysmajan pienpoltto eikä niinkään kaivostoiminnot.

Vuoden 2021 mittauksissa oli tarkoitus saada aikaiseksi vertailukelpoisia mittauksia vuoteen 2018 verrattuna, jotta voidaan antaa suosituksia jatkoseurannalle. Kaivosalueen pitoisuustasot ovat laskeneet tai säilyneet samalla tasolla edelliseen mittausjaksoon verrattuna, joten mittauksen seurantaväliä voidaan suositella muutettavaksi viiden vuoden välein toteutettavaksi, mikäli kaivoksen toiminta jatkuu saman tyyppisenä, eikä merkittäviä muutoksia ilmapäästöjen osalta tapahdu. Kaivoksen läheisyydessä ei myöskään sijaitse häiriintyviä kohteita, kuten kiinteää asutusta.

Ilmanlaadun seuranta suositellaan toteutettavaksi hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) pitoisuusmittauksina, jotka tulee tehdä jatkuvatoimisella menetelmällä. Näin saadaan asianmukaiset tulokset ohje- ja raja-arvovertailuihin sekä tietoa myös lyhytaikaispitoisuuksista ja niiden vaihtelusta sekä pitoisuustasojen kehittymisestä, jotka ovat tärkeitä tietoja päästövaikutusten valvonnan sekä ilmanlaadun arvioinnin ja mittauksien tulokannalta.

Ilmatieteen laitos suosittelee myös, että Kevitsassa toteutettaisiin jatkossa samaan tapaan kuin nyt hiukkasten sisältämien arseenin ja metallien pitoisuusmittaukset keräämällä hengitettävien hiukkasten vuorokausinäytteitä pientehokeräimillä ilmanlaatuasetuksen mukaista vertailumenetelmää käyttäen. Näin varmistettaisiin tulevien tutkimustulosten vertailukelpoisuus raja- ja tavoitearvoihin, arviointikynnyksiin sekä aikaisempien mittauksien vastaaviin arvoihin. Etenkin nikkelpitoisuudet ovat sekä kaivosalueella että kaivoalueen välittömässä läheisyydessä varsin korkeita.

Hengitettävien hiukkasten raja-arvovalvonnassa sekä arseenin, kadmiumin ja nikkelin tavoitearvovertailuissa vertailujakso on yksi kalenterivuosi. Näin ollen kalenterivuoden ajan (12 kk, tammikuu–joulukuu) kestäville mittauksille pystytään suoraan tuottamaan pitoisuustuloksia, jotka ovat verrattavissa vastaaviin ilmanlaadun raja-, ohje- ja tavoitearvoihin. Kaivostoiminnan ilmanlaadun tarkkailumittauksissa kyse on suuntaa-antavista mittauksista eikä varsinaisesta raja-arvovalvonnasta, joten mitausten tulee täyttää ilmanlaatuasetuksen suuntaa-antavien mitausten laatutavoitteet sallitun mittausepävarmuuden, ajallisen kattavuuden ja aineiston vähimmäismäärän osalta. Arseenin, kadmiumin ja nikkelin osalta nämä laatutavoitteet täyttyvät, jos hiukkasnäytteiden keruita tehdään kalenterivuoden ajan, joka kuudes päivä.

Kalenterivuotta lyhyemmällä mittausjaksoilla saadaan pitoisuustuloksia, joita voidaan verrata vain suuntaa-antavasti vastaaviin raja-, ohje- ja tavoitearvoihin. Vaikka kalenterivuotta lyhyempien keruiden keräyssykli olisi tiheämpi, ei sen avulla kuitenkaan saada suuntaa-antavien mitaustulosten statusta muutettua ilmanlaatuasetuksessa tarkoitetuksi jatkuvaksi mittaukseksi.

Vuoden tarkkailujaksoa puoltaa myös se, että pölyn määrällä ulkoilmassa on voimakas vuodenaikaisriippuvuus. Hiukkaspitoisuuksiin vaikuttavat voimakkaasti mm. ilmankosteus, sateisuus ja muut meteorologiset tekijät ja hiukkaspitoisuudet ovat tyyppillisesti korkeimmillaan kevätpölyaikaan. Talvikaudella ulkoilman pöly laskeutuu ja sitoutuu lumihankeen yleensä lähelle päästölähteitään, esim. teollisen toiminnan päästöt lähelle teollisuutta ja liikenteen päästöt tie- ja katu ympäristöön. Kevätpölykauden aikana, kun lumet sulavat ja pinnat kuivuvat, tämä ympäristöön kerääntynyt pöly vapautuu jälleen ilmaan lyhyen ajanjakson kuluessa. Vaikka teollisen toiminnan päästöt olisivatkin tasaisia ympäri vuoden, niin toiminnan vaikutukset lähiympäristönsään voivat siitä huolimatta korostua juuri kevätpölyaikaan ja näkyä kevätkaikaisessa hiukkaskoostumuksessa. Lyhyemmän mittausjakson kohdalla tulosten epävarmuus myös kasvaa merkittävästi ja sattuman vaikutus tuloksiin korostuu (esim. kuinka usein tuulensuunta osuu mittausasemalle päin mittausjakson aikana).

Edellä mainittu huomioiden Ilmatieteen laitos suosittelee kaivosympäristön ilmanlaadun tarkkailussa käytettäväksi koko kalenterivuoden mittaista tarkkailujaksoa viiden vuoden seurantavälillä, mikäli kaivoksen toiminnassa ei tapahdu merkittäviä muutoksia. Seuraavassa Kevitsan kaivosalueella toistettavassa vastaavissa ilmanlaadun tarkkailuissa mittausasemien määrä voisi edelleen pysyä kahtena niin, että mittauksia tehtäisiin Kaivosalueen mittauspisteessä ja toinen, kaivoalueen ulkopuolista aluetta edustava mittauspiste olisi Portin mittauspiste. Näin voitaisiin havainnoida hiukkas- ja alkuainepitoisuuksien käyttäytymistä ja pitoisuuksien alenemista kaivoksen pölyisimmiltä alueilta kohti kaivosalueen rajaa.

OSA II

4. TUTKIMUKSEN SUORITUS

4.1 Tutkimuskohde

Kevitsan kaivos sijaitsee Sodankylän kunnassa 35 kilometriä Sodankylän keskustajamasta pohjoiseen. Kevitsan kaivoksen tuotanto on käynnistynyt kesällä 2012. Malmia louhitaan avolouhoksesta. Toiminta on ympärivuorokautista viidessä vuorossa ja kaikkina viikonpäivinä. Louhittu malmi kuormataan autoihin ja kuljetetaan avolouhoksesta rikastamolle. Lopputuotteena syntyy kahta mineraalista sulfidirikastetta, joiden pääarvoaineita ovat nikkeli ja kupari. Muita arvoaineita ovat koboltti, platina, palladium ja kulta.

Ilmapäästöjä aiheuttavia toimintoja ja kohteita ovat avolouhoksella tapahtuvat räjäytykset, malmin lastaus, sivukiven läjitys sivukivialueelle, malmin läjitys malmin varastoalueelle, malmin murskaus sekä tarvekiven ja sivukiven murskaus mobiilimurskalla louhosalueen lounaispuolella. Kevitsan kaivoksella hiukkaspäästöjä aiheuttavia pisteittäisiä päästölähteitä ovat lämpökeskus ja eräät prosessit, kuten malmin murskaus. Hajapäästöjä ilmaan aiheutuu mm. liikenteestä (malmin ja sivukiven kuljetus) sekä sivukiven ja rikastushiekan läjitysalueiden ja avolouhoksen pölyämisestä.

Kevitsan kaivoksella pölyä syntyy räjäytyksistä, murskauksesta, kuormauksesta, läjitysalueilta sekä työmaateiltä. Kaivoksen pölypäästöistä noin 50–60 % syntyy sivukiven käsittelystä (mm. louhinta, lastaus, kuljetus ja läjitys). Sivukiven louhintamäärä kasvaa lähivuosina kaivoksen tuotannon laajentamisesta johtuen. Pölyämistä aiheutuu myös malmin ja maa-aineksen (maanpoistot) käsittelystä ml. louhinta, lastaus, kuljetus ja purkaminen tai läjitys. Pölyämistä aiheutuu myös rikastushiekka-alueelta, lähinnä tuulisella säällä kuivissa olosuhteissa. Rikastamalla pölypäästöjä aiheutuu lähinnä murskaamolta. Ilmaan päässyt mineraalipöly laskeutuu pääosin pölylähteen lähiympäristöön ja pölyn laatu vastaa louhittavan malmin, sivukiven sekä maa-aineksen ja rikastushiekan laatua.

Kaivoksen käyttötarkkailun mukaan vuoden 2021 aikana avolouhoksella oli 47 räjäytyspäivää, joissa räjäytettiin yhteensä 73 kenttää. Keskimääräinen kenttäkoko oli 462 000 t. Tehdasalueen- ja rikastushiekka-altaan teiden pölyämistä ehkäistiin kastelemalla niitä tarvittaessa päivittäin huhti- ja lokakuun välisenä aikana. Rikastushiekka-altaan A, sen ympäröivän tiestön ja louhosvalimolle menevän kevyenliikenteenväylän kasteluun käytettiin vuonna 2021 yhteensä noin 12 300 m³ raakavettä. Tehdas- ja rikastushiekka-alueen kasteluun käytettiin vuonna 2021 raakavettä Kitisestä.

Louhos- ja sivukivialueen pölyntorjuntaan käytettiin vuonna 2021 vettä ja suolaa. Louhosalueen tiestöä kasteltiin toukokuusta syyskuun loppuun kahdella urakoitsijan dumperilla, joihin oli rakennettu vesisäiliöt. Louhosalueen kasteluun käytettiin avolouhoksen pohjalle kertyvää vettä eli avolouhoksen kuivatusvesiä 102 300 m³. Veden lisäksi louhosalueen pölyntorjuntaan käytettiin suolaa tehostamaan pölynsidontaa kuivilla keleillä. Avolouhoksella pölyämistä aiheuttaa myös poraus. Poravaunujen pölynpoisto perustuu porareian ympärille tulevaan suojuukseen ja siihen liittyvään sykloniin, johon pöly imetään, sekä kasteluun.

Kaivosalueella sijaitsevan lämpölaitoksen toiminnasta vastasi edellisten vuosien tapaan Adven Oy. Lämpölaitoksella tuotettiin lämpöenergiaa yhteensä 36 GWh

vuonna 2021, joka on melkein 7,7 GWh enemmän kuin edellisenä vuonna. Energiasta tuotettiin noin 96 % puuhakkeella kiinteän polttoaineen kattilassa K1 ja 4 % kevyellä polttoöljyllä öljykattiloilla K2 ja K3.

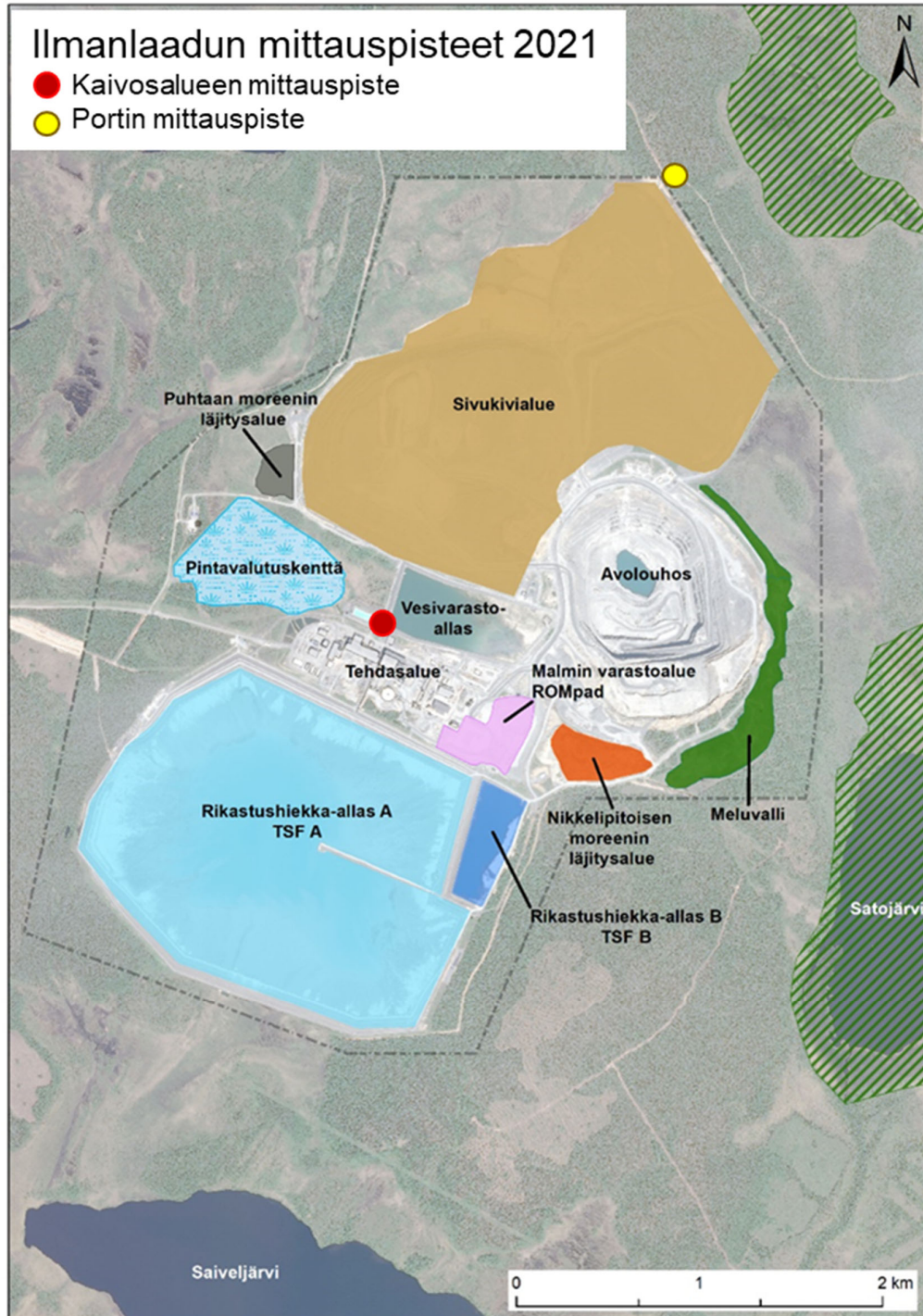
4.2 Mittauspaikat ja mittausjakso

Ilmatieteen laitos mittasi ilmanlaatua 6.1.–28.12.2021 välisenä aikana Kevitsan kaivoksen kaivosalueella sekä heti kaivosalueen ulkopuolella koillisessa sijaitsevalla portilla. Mittauspisteitä ja niiden keskinäistä sijaintia on havainnollistettu kuvissa 24–26. Mittauspisteiden sijaintikoordinaatit olivat:

- Kaivosalue: N 67°41'44.4", E 26°56'08.7"
- Portti: N 67°43'02.7", E 26°58'21.6"

Kaivosalueen mittauspiste sijaitsi kaivosalueella rikastamon pohjoispuolella. Avoulouhos sijaitsee mittauspisteestä n. 1,5 km itä-koilliseen ja sivukiven läjitysalue 0,5–2 km koilliseen. Malmin murskaus ja läjitys tapahtuvat rikastamoalueen itäpäädyssä mittauspisteestä n. 600 m kaakkoon. Mobiilimurska sijaitsee mittauspisteestä n. 2 km itä-kaakkoon. Rikastushiekka-altaat sijaitsevat mittauspisteen eteläpuolella. Aivan mittauspisteen itäpuolitse kulkee tie sivukivialueelle päin ja mittauspisteen vieritse sen eteläpuolelta tie pintavalutuskentälle, näillä molemmilla teillä oli mittausten aikana liikennettä päivittäin, pääasiassa keveitä ajoneuvoja. Raskas liikenne kulki mittauspisteen eteläpuolelta lähimmillään n. 50 m päästä.

Portin mittauspiste sijaitsi kaivosalueen mittauspisteestä n. 3 km koilliseen kaivosalueen ulkopuolella kaivoksen pohjoisen portin vieressä kaivosalueelle tulevan Haapaseläntien (päällystämätön soratie) varrella, noin 45 metrin päässä itse tiestä. Tiellä on satunnaista liikennettä kevät–syyskaudella, mutta talvella tiellä ei ole talvikunnossapitoa, joten talvikaudella ei ole liikennettä. Näin ollen mittauspisteessä ei pitäisi olla mitään mittausta erityisesti häiritseviä päästöjä, kuten ohiajavan autoliikenteen ilmaan nostamaa pölyä. Mittauspiste sijaitsee vallitsevien tuulensuuntien alapuolella, joten on todennäköistä, että mittauspaikassa mitataan usein kaivoksen suunnasta tulevia hiukkaspitoisuuksia.



Kuva 24. Kevitsan kaivosalueen ilmanlaadun mittauspisteen sijainti on merkitty karttaan punaisella ja Portin sijainti keltaisella symbolilla. (Karttakuva: Boliden Kevitsa Mining Oy)



Kuva 25. Kevitsan kaivosalueen ilmanlaadun mittauspiste elokuussa 2021. Kuva: Matias Saunamäki & Mika Vestenius.



Kuva 26. Portin ilmanlaadun mittauspiste toukokuussa 2021. Kuva: Matias Saunamäki & Mika Vestenius.

4.3 Mittausmenetelmät

Hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) pitoisuuksia ulkoilmassa mitataan jatkuvatoimisilla automaattisilla analysaattoreilla. Tässä tutkimuksessa käytetyt jatkuvatoimiset mittausmenetelmät ja laitteet on esitetty taulukossa 4. Hiukkasten koostumusta määritetään kemiallisilla analyyseillä suodattimille kerätyistä näytteistä. PM_{10} -vuorokausinäytteiden keräys- ja analyysimenetelmät on esitetty taulukossa 5.

Ilmanlaadun mittaukset suoritettiin kansallisen ilmanlaadun mittausohjeen (*Ilmatieteen laitos, 2017*) sekä Ilmatieteen laitoksen ilmanlaatumittausten laatujärjestelmän mukaisesti. Mittauksia seurattiin kaukovalvontana Ilmatieteen laitokselta Helsingistä. Ilmanlaatumittausten laatujärjestelmä on kuvattu verkossa:

http://expo.fmi.fi/ages/public/Ilmatieteen_laitoksen_ilmanlaatumittausten_laatujaestelmien_kuvaus.pdf.

Jatkuvatoimisten mittalaitteiden mittaustulokset kerättiin mittausasemalla minuuttiarvoina mittauksia ohjaavalle tietokoneelle, jolta ne siirrettiin edelleen minuuttiarvoina langattomasti modeemiyhteyden kautta Ilmatieteen laitoksen palvelimelle raakadatietokantaan ja siitä edelleen muihin tietokantoihin. Raakadatietokannassa mittaustulokset pysyvät aina muuttumattomina, jolloin alkuperäiset arvot ovat myöhemminkin tarvittaessa saatavilla. Minuuttiarvoista määritettiin edelleen tunti- ja vuorokausikeskiarvot sekä muut pidemmän jakson keskiarvot. Jatkuvatoimiset laitteet kalibroitiin 3 kk välein. Laitehuollot tehtiin laitetoimittajien ohjeiden mukaisesti ja tarvittaessa vaihdettiin mittalaitteiden kuluvia osia. Näytteenottolinjat tarkistettiin mittausasemalla käynnin yhteydessä. Tulosten validoinnin yhteydessä laitteen toimintahäiriöistä johtuneet virheelliset arvot poistettiin ja mittaustulokset korjattiin kalibrointitulosten perusteella.

Mittalaitteet toimivat hyvin koko vuoden ja laatutavoite koko vuoden aineiston vähimmäismäärälle saavutettiin. Raja-arvojen ylittymisen valvontaan käytettävissä jatkuvissa mittauksissa aineiston vähimmäismäärä on 90 %, mikä ei kuitenkaan sisällä laitteiden säännöllisestä kalibroinnista tai normaalista kunnossapidosta aiheutuvaa tietohukkaa. Tämä laatutavoite täyttyi jatkuvatoimisten hiukkasmittausten osalta molemmissa mittauspisteissä.

Molemmissa mittauspisteessä kerättiin aerodynaamiselta halkaisijaltaan alle 10 mikrometrin kokoisten hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausinäytteitä pientehokeräimellä suodattimille hiukkasten koostumuksen määrittämistä varten referenssimenetelmän EN 12341:2014 mukaisesti. Käytetty keräinmenetelmä on referenssimenetelmä hengitettävien hiukkasten pitoisuusmittauksissa ja sillä tulee kerätä myös arseenin, kadmiumin, nikkelin ja PAH-yhdisteiden määrittämistä varten otettavat hengitettävien hiukkasten näytteet metallidirektiivin (2004/107/EY) ja metalliasetuksen (Vna 113/2017) mukaan.

Hengitettävien hiukkasten suodatinnäytteiden keräys kesti vuorokauden (aloitusaika klo 00:00) ja näytteitä otettiin joka neljäs vuorokausi. Suodattimien käsittely (mm. pakkaus ja purkaminen) tapahtui ainoastaan akkreditoidussa laboratorioissa ja mittausasemalla käsiteltiin suodattimia vain suodatinkoteloissa, keräimen suodatinkasetin vaihdon yhteydessä. Näytteistä määritettiin arseeni (As), kadmium (Cd), nikkeli (Ni), kromi (Cr), lyijy (Pb), sinkki (Zn), alumiini (Al), koboltti (Co), kupari (Cu), rauta (Fe), mangaani (Mn) ja vanadiini (V) Suomen ympäristökeskuksen ympäristökemian tutkimuslaboratorioissa.

Taulukko 4. Tutkimuksessa käytetyt jatkuvatoimiset mittausmenetelmät ja laitteet.

Mitattava komponentti	Mittausmenetelmä	Mittalaite
Hengitettävät hiukkaset	beetasäteilyn absorptio + valon sirona	Thermo Model 5030 SHARP
Meteorologiset tiedot		Vaisala WXT520

Taulukko 5. Ilmanlaatumittausten keräys- ja analyysimenetelmät.

Mitattava komponentti	Keräysmenetelmä	Keräysaika	Analyysimenetelmä
Arseeni ja metallit	Pientehokeräin, esierotin (10 µm), suodatin*)	1 vrk	ICP-MS

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

Hengitettävien hiukkasten jatkuvatoimiset mittaukset perustuvat standardiin SFS-EN 16450:2017 Ambient air – Automated measuring systems for the measurement of the concentration of particulate matter (PM₁₀/PM_{2.5}). PM₁₀/PM_{2.5}-hiukkasten gravimetrinen referenssimenetelmä on kuvattu standardissa EN 12341:2014. Ilmatieteen laitoksen käyttämien automaattisten hiukkasanalysointilaitteiden antamien tulosten vastaavuus PM₁₀/PM_{2.5}-gravimetrisiin referenssimenetelmiin on osoitettu tutkimuksessa *Walden ym., 2017*.

Suomen ympäristökeskuksen ympäristökemian tutkimuslaboratorion laatujärjestelmä on standardin SFS-EN ISO/IEC 17025:2005 mukainen ja sen arseeni- ja metallianalyysit suodatinnäytteille on akkreditoitu. Suomen ympäristökeskuksen kemian laboratorio on Turvallisuus- ja kemikaaliviraston akkreditointiyksikön (FINAS) akkreditoima testauslaboratorio T003. Metallien analyysit tehtiin standardin SFS-EN 14902:2006 mukaan, mikä on metallidirektiivin mukainen menetelmä arseenille, kadmiumille ja nikkelle. Menetelmä sisältää näytteiden typpihappohajotuksen mikroalouunissa. Menetelmällä päästään erittäin pieniin pitoisuuksiin.

5. SÄÄTIEDOT

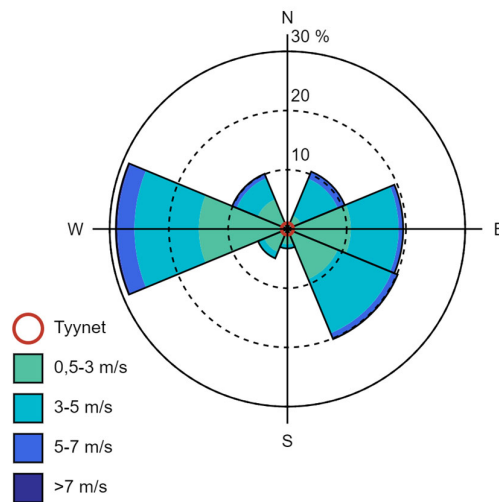
5.1 Tuulitiedot vuodelta 2021

Molemmilla mittausasemilla oli tuulimittaus samassa mittauspisteessä kuin ilmanlaadun mittauksetkin. Portin mittauspiste sijaitsi kaivosalueen mittausasemaa suojaisammassa ympäristössä osittain puuston ympäröimänä. Portilla tyyniä tilanteita, jolloin tuulen nopeus oli alle 0,5 m/s, esiintyi noin 21 % ajasta. Kaivosalueen mittauspiste sijaitsi avoimemmalla paikalla ja siellä tyynien tilanteiden osuus oli vain 1,7 % ajasta. Molempien mittausasemien tuulianturi sijaitsi noin 4 metrin korkeudella maanpinnasta.

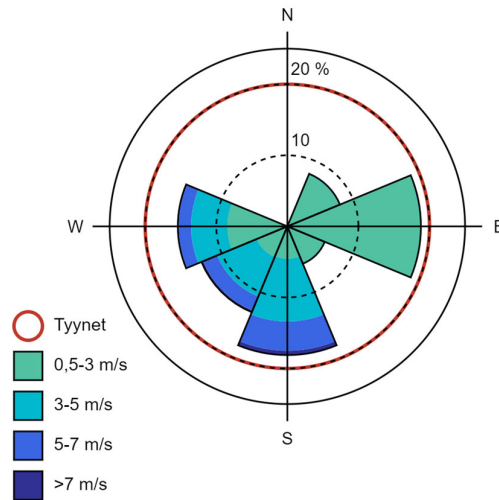
Kuvassa 27 on esitetty vuoden 2021 tuuliruusu Kaivosalueen mittausaseman tuulista ja kuvassa 28 tuuliruusu Portin mittausaseman tuulista. Portilla vallitsevat tuulensuunnat olivat itä ja etelä ja tuulennopeudet olivat suojaisen sijainnin vuoksi alhaisia. Kaivosalueella mittausaseman tuulissa vallitsevat tuulensuunnat olivat länsi sekä kaakko ja itä. Etelän ja lounaan puoleiset tuulet puuttuivat Kaivosalueen aineistosta lähes kokonaan, koska mittausasema sijaitsi niiden suhteen korkean rikastamoraennuksen katveessa. Tuloksia analysoitaessa tuulihavaintojen pohjoinen sektori todettiin epäluotettavaksi. Muista ilmansuunnista tuulihavainnot todettiin luotettavaksi.

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. Tuulen suunnat ilmaistaan ns. kompassisuuntina. Tämä tarkoittaa, että kun tuulee idästä, tuulen suunta on 90° , kun tuulee etelästä, tuulen suunta on 180° , kun tuulee lännestä, tuulen suunta on 270° , jne. Samalla tavoin määräytyvät väli-ilmansuunnat asteina.

Tuuliruusujen keskipisteestä lähtevän janan pituus sektorin kehäviivalle vastaa ko. tuulisektorin tuulien prosentuaalista osuutta jakson tuulista. Tyynet tapaukset on kuvattu ympyrällä, jonka säteen pituus kertoo tyynien tilanteiden prosentuaalisen osuuden kaikista tuulihavainnoista. Tuuliruususta nähdään myös tuulten nopeusjakaumat tuulensuuntasektoreittain. Eri tuulennopeuksien prosentuaaliset osuudet saadaan vertaamalla sektoreiden kunkin nopeusluokan pituutta prosenttiasteikkoon.



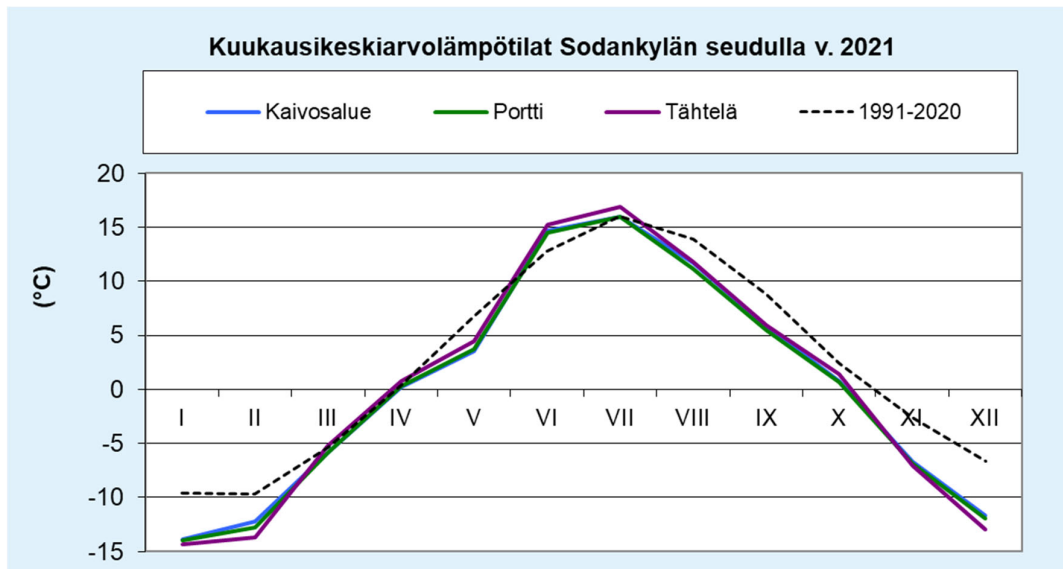
Kuva 27. Kaivosalueen ilmanlaadun mittausaseman tuuliolosuhteet vuonna 2021. Tyynien tilanteiden osuus oli 1,7 % kaikista tuulista.



Kuva 28. Portin ilmanlaadun mittausaseman tuuliolosuhteet vuonna 2021. Tyynien tilanteiden osuus oli 21 % kaikista tuulista.

5.2 Keskilämpötilat Sodankylän seudulla vuonna 2021

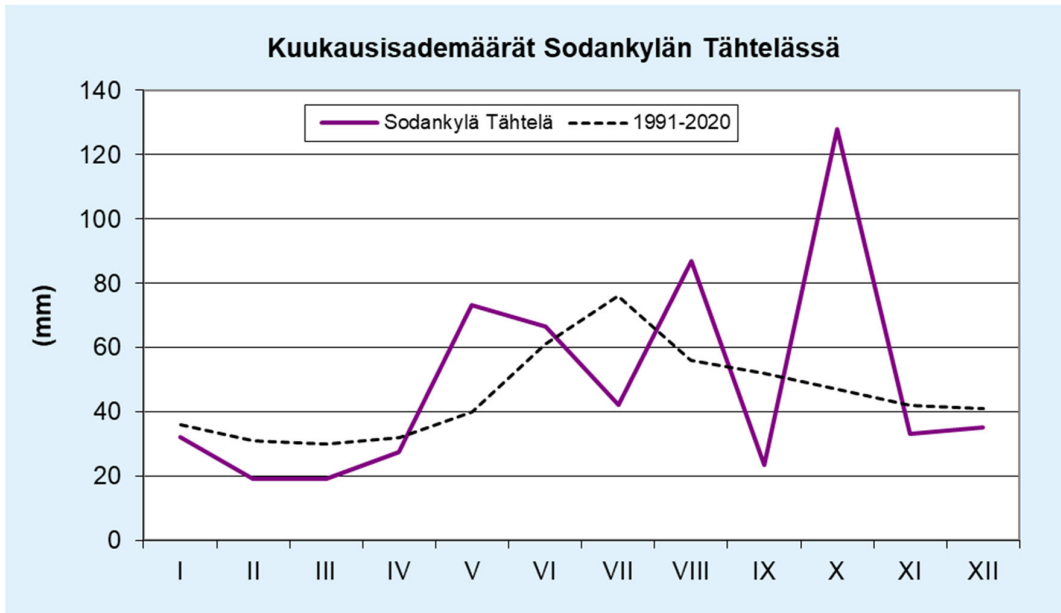
Ilmatieteen laitoksen ylläpitämä Sodankylän Tähtelän sääasema on Kevitsan kaivosaluetta lähimpänä sijaitseva virallinen sääasema. Kuvassa 29 on verrattu Kevitsan Kaivosalueen ja Portin mittauspisteiden lämpötilan kuukausikeskiarvoja Sodankylän Tähtelän sääaseman lämpötilahavaintoihin vuodelta 2021 (*Ilmatieteen laitos, 2022 b*) ja pitkäaikakeskiarvoihin vuosilta 1991–2020 (*Ilmatieteen laitos, 2022 c*). Sodankylän seudulla lämpötila oli vuonna 2021 keskimäärin noin 2 astetta matalampi kuin vertailukaudella 1991–2020. Suhteessa vertailukauteen lämpimämpää oli kesä-heinäkuussa.



Kuva 29. Lämpötilan kuukausikeskiarvot Sodankylän seudulla vuonna 2021 vertailukauden 1991–2020 pitkäaikaiskeskiarvoihin nähden.

5.3 Sademäärät Sodankylän seudulla vuonna 2021

Ilmatieteen laitoksen ylläpitämä Sodankylän Tähtelän sääasema on Kevitsan kaivosaluetta lähimpänä sijaitseva sademäärää mittaava virallinen sääasema. Kuvassa 30 on vertailtu Sodankylän Tähtelän sääaseman (*Ilmatieteen laitos, 2022 b*) vuoden 2021 kuukausisademääriä ilmastollisen vertailukauden 1991–2020 sademääriin (*Ilmatieteen laitos, 2022 c*). Vuoden 2021 vuosisademäärä oli Sodankylän Tähtelässä noin 44 mm vertailukauden 1991–2020 vuosisademäärää suurempi. Touko-, elo- ja lokakuu olivat vuonna 2021 vertailukautta selvästi runsassateisempi Sodankylän Tähtelässä.



Kuva 30. Kuukausisademäärät Sodankylä Tähtelän sääasemalla vuonna 2021 ja vertailukaudella 1991–2020.

5.4 Säätekijöiden vaikutus ilman epäpuhtauksien leviämiseen

Päästöistä suurin osa vapautuu ilmakehän alimpaan kerrokseen, jossa päästöt sekoittuvat ympäröivään ilmaan ja niiden pitoisuudet ilmassa laimenevat. Päästöt voivat levitä liikkuvien ilmassojen mukana laajoille alueille. Tämän kulkeutumisen aikana ilman epäpuhtaudet voivat reagoida keskenään ja muiden ilmassa olevien yhdisteiden kanssa muodostaen uusia yhdisteitä. Ilman epäpuhtaudet poistuvat ilmasta sateen huuhtomina (märkälaskeuma), kuivalaskeumana erilaisille pinoille tai kemiallisen muutunnan kautta.

Päästöjen leviäminen tapahtuu pääosin ilmakehän alimassa osassa, rajakerroksessa. Rajakerroksen tuuliolosuhteet määräävät karkeasti ilmansaasteiden kulkeutumissuunnan, mutta ilmavirtausten pyörteisyys ja kerroksen korkeus vaikuttavat merkittävästi ilmansaasteiden sekoittumiseen ja pitoisuuksien laimenumiseen kulkeutumisen aikana. Kerroksen korkeus määrää ilmatilavuuden, johon päästöt voivat välittömästi sekoittua. Rajakerroksen korkeus on Suomessa tyypillisesti alle kilometri, mutta varsinkin kesällä se voi nousta yli kahteen kilometriin. Matalimmat rajakerroksen korkeudet havaitaan yleensä talvella kovilla pakkasilla.

Ilmakehän tasapainotila määritellään lämpötilan pystyjakauman avulla vertaamalla vallitsevaa tilannetta neutraaliin tilaan, jossa lämpötila laskee ylöspäin mentäessä celsiusasteen sataa metriä kohden. Kun lämpötila laskee tätä enemmän, nimitetään tasapainoa epävakaaksi eli labiiliksi. Kun taas lämpötila laskee vähemmän kuin neutraalissa tilanteessa, tila on vakaa eli stabiili. Tasapainotilaan vaikuttavat lämpötilan lisäksi muun muassa auringon säteily, tuuli ja maanpinnan laatu. Stabiiliustilan ollessa vakaa ilmakehän sekoittuminen on vähäistä. Jos tila on epävaka, sekoittuminen on voimakasta ja ilmaan päässeet epäpuhtaudet laimenevat nopeasti. Stabiilit

tilanteet ovat yleisimpiä yöllä ja talvella, ja maaseudulla niitä esiintyy useammin kuin kaupungeissa.

Inversiotilanteessa lämpötila nousee korkeuden kasvaessa ja ilmakehän tila on erittäin stabiili. Maanpintainversiossa lämpötilan nousu alkaa maanpinnasta ulottuen muutamia satoja metrejä ylöspäin. Maanpintaa lähellä oleva kylmempi ilma jää sitä ylempänä olevan lämpimämmän ilman alle. Sekoittuminen maanpinnalta ylöspäin on heikkoa koko inversiokerroksessa. Epäpuhtaudet kerääntyvät matalaan ilmakerrokseen päästölähteiden lähelle. Inversiokerroksessa tuuli on heikkoa ja vahvan inversion yhteydessä maanpintatasolla on tyyntä. Tyynessä tilanteessa ilma ei kykene kuljettamaan päästöjä kauemmaksi lähteistä ja myös pystysuuntaiset ilman liikkeet ovat rajoitetut inversion vaikutuksesta.

Yläinversiossa lämpötilan nousu alkaa maanpinnan yläpuolelta. Yläinversion vallitessa sekoittuminen korkeussuunnassa tiettyä rajaa ylemmäksi estyy. Matalan yläinversion tapauksessa pitoisuudet maanpinnalla saattavat olla korkeita. Jos kuitenkin yläinversion korkeus on useita satoja metrejä, sen vaikutus pitoisuuksiin lähellä maanpintaa on yleensä vähäinen kaupunkialueilla.

Korkeimmat pitoisuudet esiintyvät kaupunkialueilla useimmiten stabiileissa heikkotuulisissa tilanteissa voimakkaan maanpintainversion vallitessa. Inversiotilanteessa erityisesti matalalta vapautuvat liikenteen päästöt hajaantuvat hyvin huonosti. Liikenteen päästöjen osuus monien ilman epäpuhtauksien päästöistä on huomattava ja pakokaasut pääsevät suoraan ihmisten hengityskorkeudelle. Sen sijaan korkeista piipuista tulevat energiantuotannon ja teollisuuden päästöt saattavat 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 teille ja tien varsille kerääntynyt hiukkasmassa nousee ilmaan tuulen ja liikennevirtojen vaikutuksesta. Lumien sulamisvedet, sateet ja pölynsidonta suolaliuoksella hillitsevät keväistä pölyämistä. Sateet alentavat myös muina vuodenaikoina väliaikaisesti ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia ja puhdistavat hengitysilmaa.

6. TAUSTATIETOA ILMAN EPÄPUHTAUKSISTA

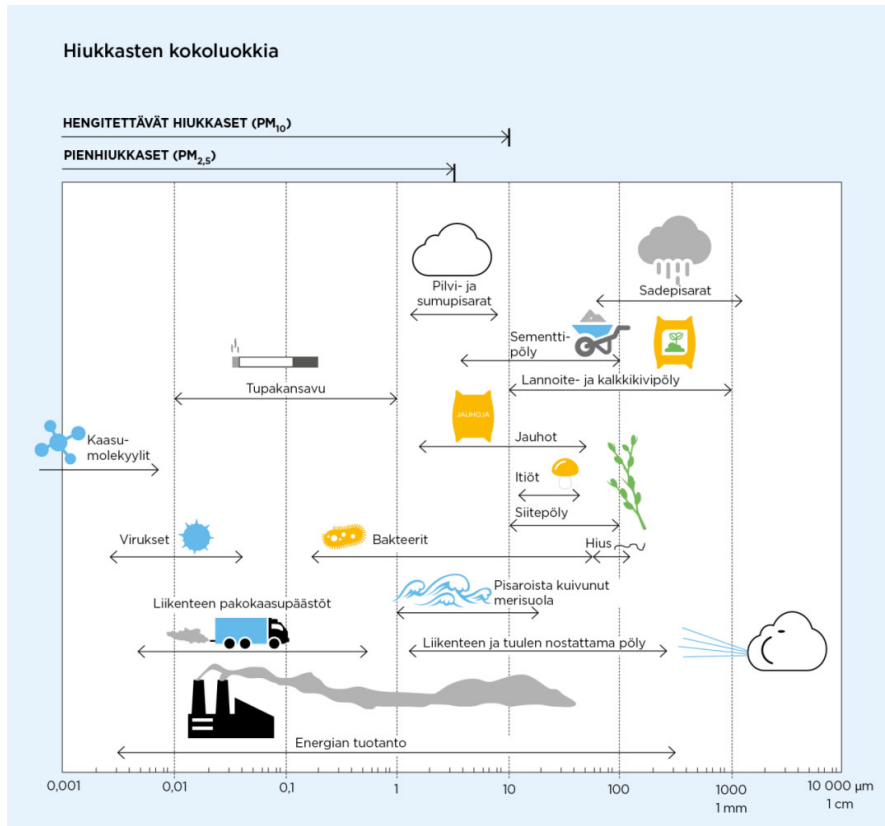
6.1 Hiukkaset

Hiukkaset ovat nykyisin typen oksidien ja selluntuotantopaikkakuntien haisevien rikkidisteiden ohella merkittävin ilmanlaatuun vaikuttava tekijä maassamme. Hiukkaset ovat taajamissa peräisin suurelta osin liikenteen nostattamasta katupölystä eli epäsuorista päästöistä (ns. resuspensio). Hiukkaspitoisuuksia kohottavat myös suorat päästöt, jotka ovat peräisin energiantuotannon ja teollisuuden prosesseista sekä autojen pakokaasuista. Suorat hiukkaspäästöt ovat pääasiassa pieniä hiukkasia, joiden massa on varsin pieni ja lukumäärä suuri. Myös kaasumaisista yhdisteistä muodostuu ilmakehässä hiukkasia. Hiukkasiin on sitoutunut erilaisia haitallisia yhdisteitä kuten metalleja ja hiilivetyjä. Liikenteen pakokaasuhiukkaset ovat suurelta osin peräisin dieselajoneuvoista. Näiden hiukkasten on arvioitu sekä ulko- että kotimaisissa terveysvaikutustutkimuksissa lisäävän syöpäriskiä ihmisissä.

Ulkoilman hiukkasten koko on eri tavoin yhteydessä niiden terveysvaikutuksiin. Kokonaisleijumalla tarkoitetaan pölyä, johon saattaa sisältyä kooltaan varsin suuriakin, halkaisijaltaan jopa kymmenien mikrometrien hiukkasia. Tällaisten hiukkasten korkeat pitoisuudet vaikuttavat merkittävimmin viihtyvyyteen ja aiheuttavat likaantumista varsinkin keväisin, kun hiekoitushiekasta peräisin oleva katupöly nousee ilmaan. Suurin osa kokonaisleijuman hiukkasista on niin isoja, että ne jäävät ihmisten ylähengitysteihin ja poistuvat terveillä henkilöillä melko tehokkaasti elimistöstä. Kokonaisleijumasta käytetään lyhennettä TSP, joka tulee sanoista Total Suspended Particles.

Terveysvaikutuksiltaan haitallisempia ovat hengitettävät hiukkaset ja pienhiukkaset, jotka kykenevät tunkeutumaan syväälle ihmisten hengitysteihin: hengitettävät hiukkaset alempiin hengitysteihin eli henkitorveen ja keuhkoputkiin asti ja pienhiukkaset aina keuhkorakkuloihin saakka. Hengitettävälle hiukkasille, joiden aerodynaaminen halkaisija on alle 10 mikrometriä, on annettu kotimaiset ohje- ja raja-arvot ja pienhiukkasille vuosikeskiarvoa koskeva raja-arvo. Hengitettävistä ja pienhiukkasista käytetään lyhenteitä PM_{10} ja $PM_{2,5}$ (PM = Particulate Matter).

Taajama-alueilla alle 0,1 mikrometrin kokoiset hiukkaset ovat pääosin mittauspaikan lähistöllä tapahtuvista polttoprosesseista peräisin olevaa materiaalia, esimerkiksi liikenteestä ja energiantuotannosta tulleita hiiliyhdisteitä. Kokoluokassa 0,1–1 mikrometriä hiukkaset ovat pääasiassa kaukokulkeutunutta ainesta. Nämä hiukkaset edustavat suoria hiukkaspäästöjä tai ovat syntyneet kaasuhiukkasmuuntuman seurauksena. Halkaisijaltaan yli 1 mikrometrin kokoiset hiukkaset ovat yleensä mekaanisesti syntyneitä. Ne ovat esimerkiksi nousseet maasta ilmaan tuulen tai liikenteen nostattamana. Nämä hiukkaset koostuvat lähinnä maa-aineksesta, meriaerosoleista ja orgaanisesta materiaalista, kuten kasvien osista ja siitepölyistä sekä niiden pinnalle kiinnittyneistä hiukkasista. Hiukkasten kokoluokkia on havainnollistettu kuvassa 31.



Kuva 31. Hiukkasten kokoluokkia. Hiukkasten koko ilmaistaan halkaisijana mikrometreissä (μm). Mikro (μ) etuliite tarkoittaa miljoonasosaa. 1 μm on siten metrin miljoonasosa eli millimetrin tuhannesosa.

Palamisprosesseista peräisin olevat hiukkaset saattavat olla rikastuneita jonkun tietyn alkuaineen tai muun merkkiaineen suhteen. Esimerkiksi vanadiinia ja nikkeliä tulee ilmakehään öljynpoltosta, kaliumia orgaanisen materiaalin poltosta ja arseenia, molybdeeniä, seleeniä sekä rikkiä hiilen poltosta. Poltto- ja teollisuusprosesseista peräisin olevat hiukkaset sisältävät useita terveydelle haitallisia alkuaineita, kuten arseeni, kadmium, nikkeli ja lyijy. Näitä aineita voi myös rikastua maaperään, jolloin niitä löytyy maasta takaisin ilmaan nousseista hiukkasista. Tyypillisiä maaperästä tulevia alkuaineita ovat alumiini, barium, kalsium, rauta, rubidium, pii, strontium sekä titaani, jotka esiintyvät enimmäkseen isoissa hiukkasissa.

Hiukkasista aiheutuvat merkittävimmät terveyshaitat lapsille, vanhuksille sekä astmaa, pitkäaikaista keuhkoputkentulehdusta ja sydäntauteja sairastaville. Hiukkaspitoisuuden kohoaminen lisää astmakohtauksia ja hengitystietulehduksia sekä heikentää keuhkojen toimintakykyä. Ulko- ja kotimaisissa terveysvaikutustutkimuksissa on lisäksi todettu, että hiukkaspitoisuuden kohotessa myös kuolleisuus ja sairaalahoitotarpeen määrä saattavat lisääntyä. Pitkäaikaisella liiallisella keuhkojen hiukkaskuormituksella voi olla yhteys keuhkosyövän syntyyn. Tähän voivat olla syynä itse hiukkasaltistuksen lisäksi useat hiukkasten sisältämät haitalliset aineet.

Suurimmat hiukkaspitoisuudet esiintyvät vilkkaasti liikennöidyissä kaupunkikeskustoissa. Suomessa hiukkaspitoisuudet kohoavat yleensä voimakkaasti keväällä maalis-huhtikuussa, kun maanpinnan kuivuessa tuuli ja liikenne nostattavat katupölyä

ilmaan. Pitoisuuksien kohoamista esiintyy taajamissa usein myös syys-marras-kuussa talvirengaskauden alettua. Liikenteen vaikutukset korostuvat matalan päästökorkeuden vuoksi. Katupölyn muodostumiseen voidaan merkittävästi vaikuttaa oikea-aikaisella katujen siivouksella ja kunnossapidolla sekä pölynsidonnalla. Hiukkasten pitoisuuksien kohoamiseen vaikuttaa ajoittain merkittävästi myös ulkomailta peräisin oleva kaukokulkeuma.

Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuuksille asetettu raja-arvotaso ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ylittyy mittausasemilla tyypillisesti noin 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. 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 $9\text{--}14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Pohjois-Suomessa noin $3\text{--}5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (*Ilmatieteen laitos, 2022 a*).

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

6.2 Arseeni ja metallit

Arseenia ja metalleja pääsee ulkoilmaan sekä kaasuna että hiukkasiin sitoutuneina pääasiassa erilaisista metalliteollisuusprosesseista, energiantuotannosta, jätteenpoltosta ja liikenteestä sekä myös luonnollisista lähteistä, kuten metsäpalojen, tuulieroosion ja tulivuorten purkausten vaikutuksesta. Poltto- ja teollisuusprosesseista peräisin olevat hiukkaset sisältävät useita terveydelle haitallisia alkuaineita, kuten arseenia, kadmiumia, nikkeliä ja lyijyä. Näitä aineita voi myös rikastua maaperään, jolloin niitä löytyy myös maasta takaisin ilmaan nousseista hiukkasista.

Kadmium (Cd), nikkeli (Ni) ja arseeni (As) ovat tässä tutkimuksessa hiukkasnäytteistä määritetyistä alkuaineista terveys- ja ympäristövaikutuksiltaan merkittävimpiä. Niiden vuosikeskiarvopitoisuuksille on Suomessa säädetty tavoitearvot (*Vna 113/2017*). Myös ulkoilman lyijyn (Pb) vuosipitoisuuksille on annettu raja-arvo (*Vna 79/2017*), mutta raja-arvo alittuu selkeästi kaikkialla Suomessa eikä lyijy ole enää keskeinen ilmanlaatutekijä maassamme. Arseenin, kadmiumin, lyijyn ja nikkelin pitoisuudet ilmassa ovat yleensä alhaiset Euroopassa, ja raja- tai tavoitearvojen ylityksiä esiintyy vain muutamissa paikoissa. Nämä epäpuhtaudet aiheuttavat kuitenkin laskeumaa ja myrkyllisten metallitasojen kertymistä maaperään, sedimentteihin ja organismeihin (*EEA, 2020*).

Arseeni

Arseeni esiintyy ympäristössä kolmi- tai viisiarvoisina epäorgaanisina, vesiliukoisina ja heikosti vesiliukoisina suoloina sekä kaasumaisina epäorgaanisina ja orgaanisina arseeniyhdisteinä. Luonnossa arseeni on sulfidina monien kaivannaismetallien sulfidien yhteydessä. Arseeni esiintyy pääasiassa ulkoilman pienissä hiukkasissa, jotka ovat kooltaan luokkaa 1 µm tai sitä pienempiä. Arseenin keskeisiä päästölähteitä Suomessa ovat energiantuotanto, teollisuusprosessit ja jätehuolto. Arseenin kokonaispäästöiksi Suomessa on arvioitu 2,0 tonnia (Syke, 2022). Helsingin Kallion kaupunkitaustaa edustavalla ilmanlaadun mittausasemalla arseenin vuosikeskiarvot ovat vuosina 2009–2015 vaihdelleet välillä 0,3–0,9 ng/m³ (HSY, 2016). Raahen Lapaluodon teollisuutta edustavalla ilmanlaadun mittausasemalla pitoisuudet puolestaan ovat olleet 0,3–0,8 ng/m³ vuosina 2012–2019. Viime vuosina arseenin tavoitearvo 6 ng/m³ on ylittynyt Suomessa vain yhdellä mittauspaikkakunnalla, Harjavallassa (*Ilmatieteen laitos, 2020*).

Arseenille altistutaan pääasiallisesti ruoansulatuskanavan kautta ruoan ja juomaveden välityksellä. Eurooppalaisissa arvioissa on esitetty, että vain alle 1 % kokonaisannoksesta saataisiin normaalioloissa hengitysilma. Työperäisissä altistuksissa, joissa arseenipitoisuudet ovat merkittävästi korkeampia kuin ulkoilmassa, on arseenin todettu lisäävän sydänkuoleman riskiä, aiheuttavan maksasairauksia, ruoansulatuskanavan, keskus- ja ääreishermoston oireita, allergisia ja muita iho-oireita sekä vaikuttavan verisolujen muodostumiseen luuytimessä. Epäorgaaniset arseeniyhdisteet ovat ihmisille iho- ja keuhkosityöpää aiheuttavia aineita. Hengitysteitse saatavien arseeniannosten kannalta keuhkosityöpä on merkittävin pitkäaikaisen altistumisen lopputila.

Kadmium

Kadmium on pehmeä, hopeanvalkea metalli, joka höyrystyessään hapettuu nopeasti kadmiumoksidiksi. Monet epäorgaaniset kadmiumyhdisteet liukenevat hyvin veteen. Kadmium rikastuu pääasiassa ulkoilman pieniin hiukkasiin, jotka ovat kooltaan luokkaa 1 µm tai sitä pienempiä. Kadmiumin keskeisiä päästölähteitä Suomessa ovat energiantuotanto, teollisuusprosessit, jätehuolto ja liikenne. Kadmiumin kokonaispäästöiksi Suomessa on arvioitu 0,7 tonnia (Syke, 2022). Helsingin Kallion kaupunkitausta-asemalla kadmiumin vuosikeskiarvot ovat vuosina 2009–2015 olleet 0,1–0,2 ng/m³ (HSY, 2016). Raahen Lapaluodon teollisuusasemalla pitoisuudet ovat vastaavasti olleet 0,1–0,3 ng/m³ vuosina 2012–2019. Harjavallassa kadmiumipitoisuudet ovat viime vuosina olleet tasolla 1–3 ng/m³ (*Ilmatieteen laitos, 2020*).

Ihmiset altistuvat kadmiumille hengitysilman, juomaveden ja ravinnon kautta. Koska kadmiumyhdisteet imeytyvät ruoansulatuskanavaan melko huonosti, on hengityselinten kautta saatu altistus terveysvaikutusten kannalta tärkeä. Tupakointi lisää merkittävästi kadmiumin altistusannosta. Korkeilla, pitkäaikaisilla työperäisillä kadmiumipitoisuuksilla on havaittu olevan yhteyttä eturauhasen sekä ylähengitysteiden ja keuhkojen syöpien lisääntymiseen ja krooniselle keuhkotulehdukselle ominaisiin oireisiin ja löydöksiin. Kadmium kertyy maksaan ja munuaisiin, joista se poistuu vasta vuosikymmenien kuluessa. Munuaisiin kertymiseen voi myös liittyä elinten vajaatoimintaa. Kansainvälinen syöpätutkimuskeskus, IARC, on luokitellut kadmiumin ihmisille syöpävaaralliseksi. Myös Euroopan unionin luokittelun mukaan kadmium ja sen monet yhdisteet katsotaan syöpää aiheuttaviksi, mutta kadmiumin merkitystä eurooppalaisissa ulkoilmapitoisuuksissa syöpää aiheuttavana tekijänä ei ole yleisesti

hyväksytyt. Maailman Terveysjärjestö, WHO, määrittelee kadmiumin pitkäaikaisvaikutuksien rajoittamista varten viimeksi esittämänsä ohjearvon lähtien kadmiumin väestölle aiheuttamista munuaisiin kohdistuvista haitoista.

Nikkeli

Nikkeli on hopeanvalkoinen, kova metalli, joka esiintyy pääasiassa kaksiarvoisena sekä orgaanisissa että epäorgaanisissa yhdisteissä. Nikkeliä esiintyy yleisesti maaperässä ja sitä on rikastuneena raakaöljyyn. Nikkeliä käytetään runsaasti teräksen ja metallisekoitteiden tuotannossa. Muita käyttöalueita ovat muun muassa keramiikka, paristot, elektroniikka sekä lasin ja muovien värjäys. Toisin kuin arseenia ja kadmiumia, nikkeliä esiintyy ulkoilmassa melko runsaasti myös karkeammassa hiukkasissa, jotka ovat kooltaan muutamasta mikrometristä ylöspäin.

Nikkeliä vapautuu ulkoilmaan pääasiassa polttoaineiden ja jäteöljyn poltossa sekä nikkelimalmin louhinnassa ja jalostuksessa. Ulkoilman tärkeitä nikkeliyhdisteitä ovat nikkelisulfaatti ja nikkelioksidi, joita syntyy esimerkiksi energiantuotannossa. Öljyn ja hiilen poltossa muodostuvat hiukkaset sisältävät lisäksi myös monimutkaisia metallioksiedeja ja metalliteollisuuden päästöissä esiintyy myös metallista nikkeliä. Nikkelin kokonaispäästöiksi Suomessa on arvioitu 9,7 tonnia (Syke, 2022). Helsingin Kallion kaupunkitausta-aseamalla nikkelin vuosikeskiarvot ovat vuosina 2009–2015 vaihdelleet välillä 2–4 ng/m³ (HSY, 2016). Raahen Lapaluodon teollisuusasemalla pitoisuudet ovat vastaavasti olleet 2–5 ng/m³ vuosina 2012–2019. Viime vuosina nikkelin tavoitearvo 20 ng/m³ on ylittynyt Suomessa vain yhdellä mittauspaikkakunnalla, Harjavallassa (Ilmatieteen laitos, 2020).

Kun otetaan huomioon ulkoilman nikkelpitoisuuksien taso, merkittävin nikkeli-altistus saadaan Suomessa ja koko Euroopassa yleensä ruoan välityksellä. Keuhkoihin kohdistuvassa altistuksessa tupakoinnilla on erittäin suuri merkitys: tupakoitsijan saama annos voi olla jopa monikymmenkertainen tupakoimattoman henkilön saamaan nähden. Nikkelin aiheuttamia yleisiä terveyshaittoja ovat myös allergiset kontakti-ihottumat, hengitysteihin kohdistuvat vaikutukset, limakalvojen ärsytys sekä elimistön immuuni- ja puolustusjärjestelmään kohdistuvat vaikutukset. Euroopan unionin luokittelun mukaan useat nikkeliyhdisteet on todettu syöpää aiheuttaviksi ja monet nikkeliyhdisteet arvioitu mahdollisiksi karsinogeneiksi. Lukuun ottamatta metallista nikkeliä, myös Kansainvälinen syöpätutkimuskeskus, IARC, on luokitellut nikkeliyhdisteet ihmisille syöpävaarallisiksi. Maailman Terveysjärjestö, WHO, määrittelee nikkelin ohjearvon lähtien nikkelin ihmisille aiheuttamasta keuhkosyöpäriskistä.

7. ILMANLAADUN LAINSÄÄDÄNTÖ

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). Hengitettävien hiukkasten pitoisuutta koskevat ohjearvot tilastollisine määrittelyineen on esitetty taulukossa 6. Maailman terveysjärjestö WHO päivitti

syksyllä 2021 ilmansaasteiden ohjearvopitoisuudet, joita pienemmillä pitoisuuksilla haitallisia terveysvaikutuksia ei esiinny lainkaan tai ne ovat vain vähäisiä. WHO:n ohjearvot on esitetty taulukossa Taulukko 7.

Raja-arvot ovat ilman epäpuhtauden pitoisuuksia, jotka on alitettava määräajassa. Kun raja-arvo on alitettu, sitä ei enää saa ylittää. Raja-arvot ovat sitovia. Raja-arvon ylittyessä on kunnan ryhdyttävä ympäristönsuojelulain mukaisiin toimiin ja laadittava ilmansuojelusuunnitelma ilmanlaadun parantamiseksi ja raja-arvon ylitysten estämiseksi. Tällaisia toimia voivat olla esimerkiksi määräykset liikenteen tai päästöjen rajoittamisesta. Ilmanlaadun raja-arvot on määritelty valtioneuvoston antamassa ilmanlaatuasetuksessa (Vna 79/2017). Ilmanlaatuasetuksen mukaiset hengitettävien hiukkasten, rikkidioksidin ja lyijyn pitoisuuksia koskevat raja-arvot on esitetty taulukossa 8.

Tavoitearvolla tarkoitetaan ilmassa olevaa pitoisuutta, joka on mahdollisuuksien mukaan alitettava määräajassa ja jolla pyritään välttämään, ehkäisemään tai vähentämään ihmisten terveyteen ja ympäristöön kohdistuvia haitallisia vaikutuksia. Tavoitearvoja on annettu muun muassa hiukkasten sisältämien arseenin, nikkelin ja kadmiumin pitoisuuksille. Näiden aineiden tavoitearvot on määritelty valtioneuvoston asetuksessa Vna 113/2017 ja ne on esitetty taulukossa 8.

Ylemmällä arviointikynnyksellä tarkoitetaan ilman epäpuhtauden pitoisuutta, jota korkeammissa pitoisuuksissa jatkuvat mittaukset ovat ensisijainen ilmanlaadun seurantamenetelmä ja jota alemmissa pitoisuuksissa jatkuvien mittausten tarve on vähäisempi ja ilmanlaadun arvioinnissa voidaan käyttää jatkuvien mittausten ja mallintamistekniikoiden tai suuntaa-antavien mittausten yhdistelmää.

Alemmalla arviointikynnyksellä tarkoitetaan ilman epäpuhtauden pitoisuutta, jota alemmissa pitoisuuksissa ilmanlaadun arvioimiseksi riittää, että seuranta-alueella käytetään yksinomaan mallintamista tai muita menetelmiä kuten päästökartoituksia.

Ylemmän ja alemman arviointikynnyksen ylittyminen määritetään viiden edellisen vuoden pitoisuuksien perusteella. Arviointikynnyksen katsotaan ylittyneen, kun se on ylittynyt vähintään kolmena vuotena viidestä. Arviointikynnykset on määritelty ilmanlaatuasetuksessa (Vna 79/2017).

Ilmanlaadun ohje-, raja- ja tavoitearvoja 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.

Taulukko 6. Ulkoilman hengitettävien hiukkasten pitoisuutta koskevat ohjearvot (Vnp 480/1996). Hiukkasten tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

Epäpuhtaus	Ohjearvo µg/m ³ (20 °C, 1 atm)	Tilastollinen määrittely
Hengitettävät hiukkaset (PM ₁₀)	70	kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo

Taulukko 7. Ulkoilman hengitettävien hiukkasten pitoisuutta koskevat ilmanlaadun ohjearvot (WHO, 2021).

Ilman epäpuhtaus	Ohjearvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Tilastollinen määrittely
Hengitettävät hiukkaset (PM₁₀)		
Vuorokausi	45	Vuoden vuorokausiarvojen 99. prosenttipiste (sallii 3–4 ylityskertaa vuodessa)
Vuosi	15	Vuoden keskiarvo

Taulukko 8. Ilmanlaadun raja-arvot, tavoitearvot ja arviointikynnykset ulkoilman hengitettävien hiukkasten, arseenin, kadmiumin, nikkelin ja lyijyn pitoisuuksille. (Vna 79/2017; Vna 113/2017). Lyijyn ja hiukkasten tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

Ilman epäpuhtaus	Tilastollinen tunnusluku	Ylempi arviointikynnys	Alempi arviointikynnys
Hengitettävät hiukkaset (PM₁₀) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Raja-arvo		
24 tuntia (saa ylittyä 35 krt/vuosi)	50	35 (70 %)	25 (50 %)
vuosi	40	28 (70 %)	20 (50 %)
Lyijy (Pb) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Raja-arvo		
kalenterivuosi	0,5	0,35 (70 %)	0,25 (50 %)
Arseeni (As) (ng/m^3)	Tavoitearvo		
kalenterivuosi	6	3,6 (60 %)	2,4 (40 %)
Kadmium (Cd) (ng/m^3)	Tavoitearvo		
kalenterivuosi	5	3 (60 %)	2 (40 %)
Nikkeli (Ni) (ng/m^3)	Tavoitearvo		
kalenterivuosi	20	14 (70 %)	10 (50 %)

VIITELUETTELO

EEA, 2020. Air quality in Europe – 2020 report. EEA Report, No 09/2020. ISSN 1977-8449. <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report>

HSY, 2016. Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2015. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä, HSY:n julkaisuja 6/2016. <https://www.hsy.fi/global-asets/ilmanlaatu-ja-ilmasto/tiedostot/6-2016-ilmanlaatu-pks-2015.pdf>

Ilmatieteen laitos, 2017. Ilmanlaadun mittaushje. Raportteja 2017:6. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/228440>

Ilmatieteen laitos, 2020. Ympäristönsuojelun tietojärjestelmän ilmanlaatuosa, tarkistetut mittaustulokset.

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

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

Ilmatieteen laitos, 2022 c. Ilmastollinen vertailukausi 1991–2020. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmastollinen-vertailukausi>

Pohjois-Suomen Aluehallintovirasto, 2016. Lupapäätös Nro 164/2016/1. Dnro PSAVI/2324/2015. Annettu julkipanon jälkeen 9.12.2016.

Saari, H., Komppula, B. ja Pesonen, R., 2015. Ilmanlaatumittaukset Kevitsan kaivosalueella ja sen ympäristössä. Hengitettävien hiukkasten, arseenin ja metallien pitoisuudet jaksolla elokuu 2014–maaliskuu 2015. Ilmatieteen laitos, Helsinki.

Saari, H., Salmi, J., Makkonen, U., Vestenius, M., Laakia, J., Wemberg, A., Latikka, J. ja Laukkanen, E. 2019. Ilmanlaatumittaukset Kevitsan kaivosalueella ja sen ympäristössä. Hengitettävien hiukkasten, arseenin ja metallien pitoisuudet vuonna 2018. Ilmatieteen laitos, Helsinki.

Syke, 2022. Ilman epäpuhtauksien päästöt Suomessa (vuonna 2020). Suomen ympäristökeskus. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Ilman_epapuhtauksien_paastot

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

Vna 113/2017. Valtioneuvoston asetus ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä. Annettu Helsingissä 16.2.2017.

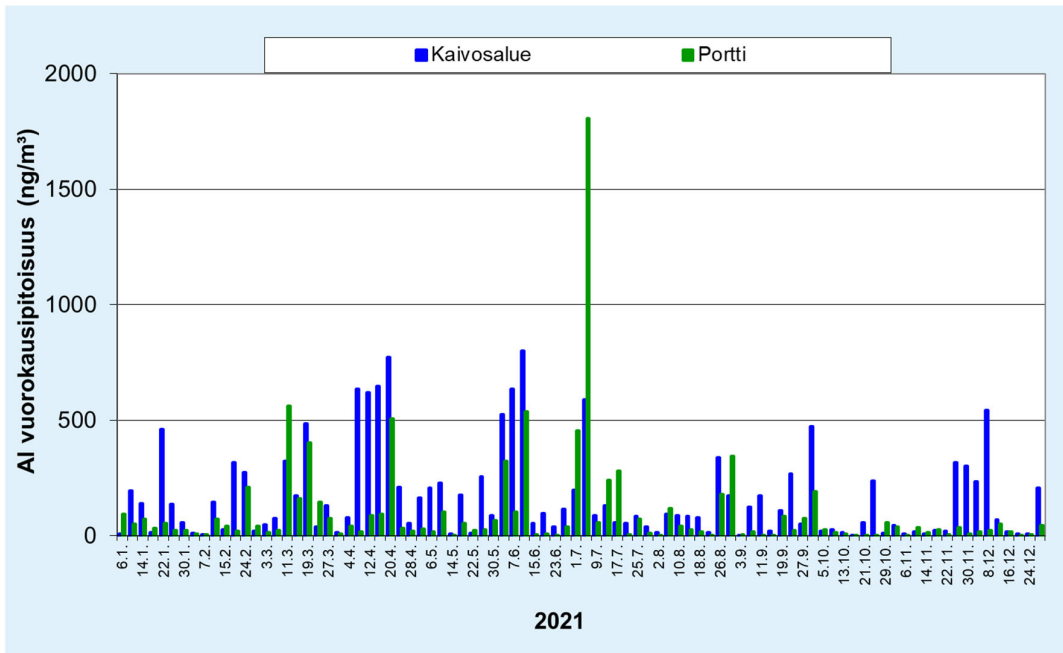
Vnp 480/1996. Valtioneuvoston päätös ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta. Annettu Helsingissä 19.6.1996.

Waldén, J., Waldén, T., Laurila, S., Hakola, H., 2017. Demonstration of the equivalence of PM2.5 and PM10 measurement methods in Kuopio 2014–2015. Reports 2017:1. Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 137 p.

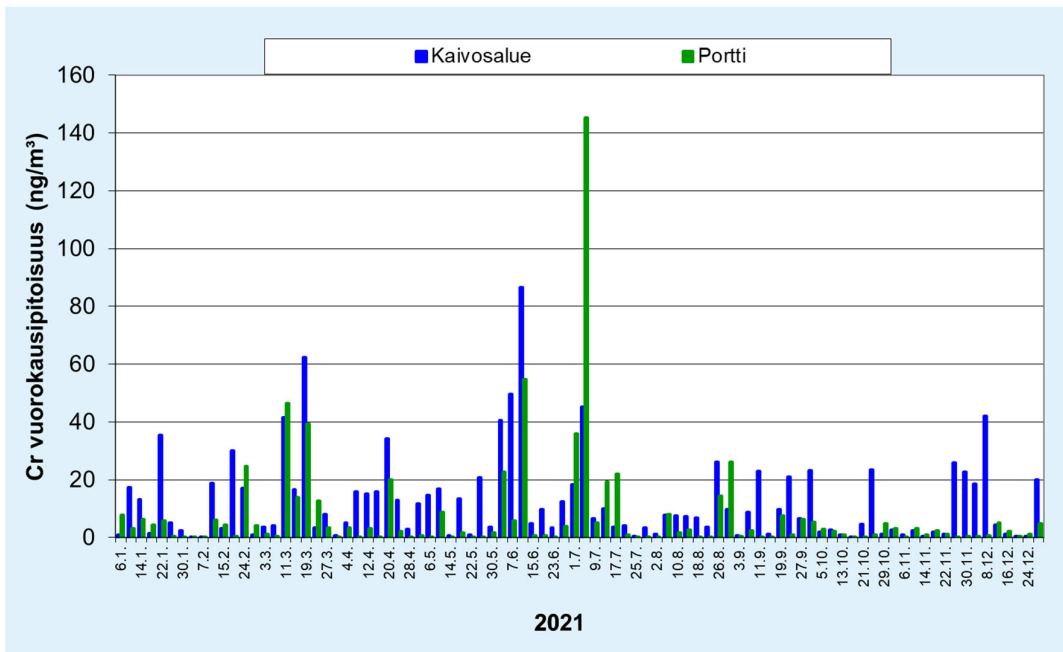
WHO 2021. WHO Air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulphur dioxide and carbon monoxide. Geneva, World Health Organization.

2004/107/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä. Annettu 15.12.2004.

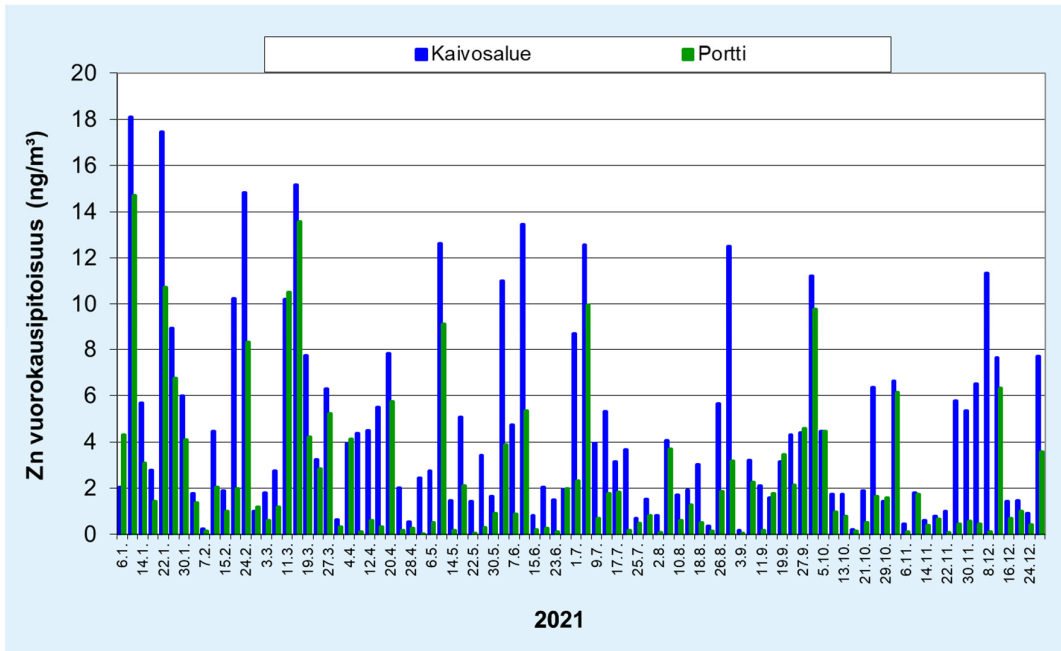
LIITEKUVAT



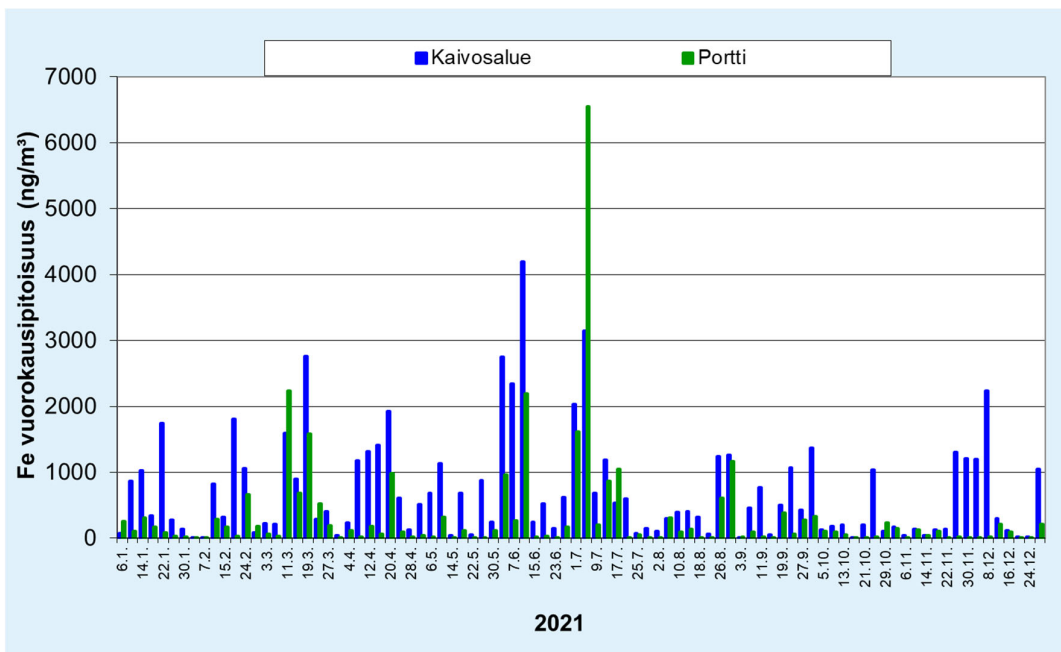
Liitekuva 1 Hengitettävistä hiukkasista (PM_{10}) määritetyt **alumiinipitoisuudet** (ng/m^3) Kaivosalueen ja Portin mittauspisteissä jaksolla 6.1.–28.12.2021.



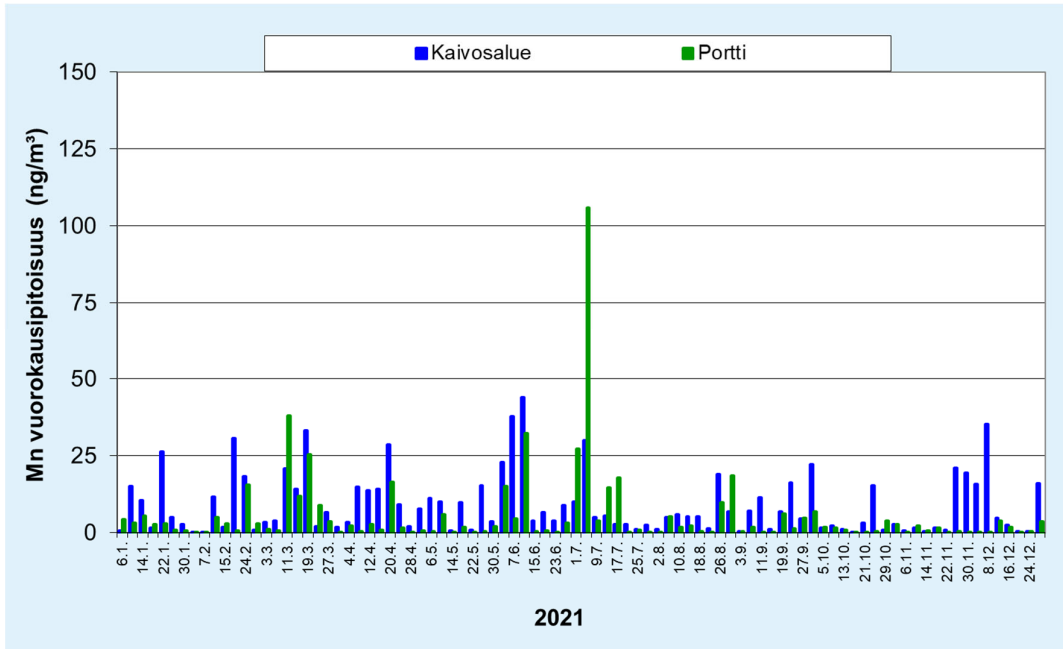
Liitekuva 2 Hengitettävistä hiukkasista (PM_{10}) määritetyt **kromipitoisuudet** (ng/m^3) Kaivosalueen ja Portin mittauspisteissä jaksolla 6.1.–28.12.2021.



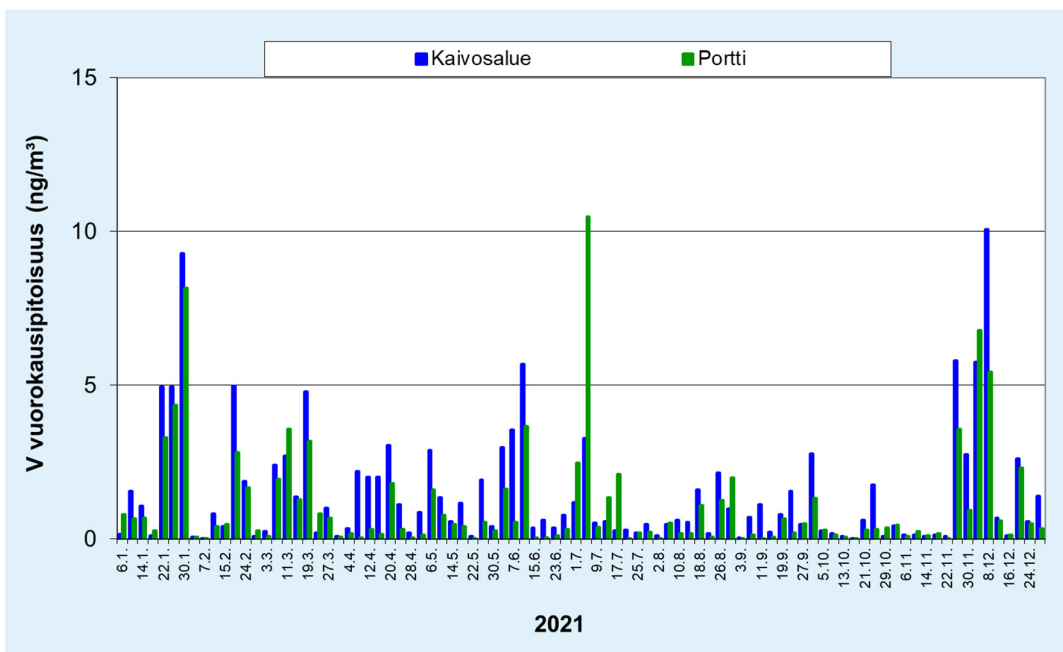
Liitekuva 3 Hengitettävistä hiukkasista (PM₁₀) määritetyt **sinkkipitoisuudet** (ng/m³) Kaivosalueen ja Portin mittauspisteissä jaksolla 6.1.–28.12.2021.



Liitekuva 4 Hengitettävistä hiukkasista (PM₁₀) määritetyt **rautapitoisuudet** (ng/m³) Kaivosalueen ja Portin mittauspisteissä jaksolla 6.1.–28.12.2021.



Liitekuva 5 Hengitettävistä hiukkasista (PM₁₀) määritetyt **mangaanipitoisuudet** (ng/m³) Kaivosalueen ja Portin mittauspisteissä jaksolla 6.1.–28.12.2021.



Liitekuva 6 Hengitettävistä hiukkasista (PM₁₀) määritetyt **vanadiinipitoisuudet** (ng/m³) Kaivosalueen ja mittauspisteissä jaksolla 6.1.–28.12.2021.

LIITETAULUKOT

Liitetaulukko 1. Kaivosalueen mittauspisteessä mitatut hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain mittausjaksolla 6.1.–28.12.2021. Pitoisuudet on ilmoitettu ulkoilman lämpötilassa.

Kaivosalue	2021											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PM₁₀ (µg/m³)												
TUNTIARVOJEN												
Lukumäärä	621	602	743	720	743	710	744	733	720	744	716	686
kattavuus (%)	83.5	89.6	99.9	100	99.9	98.6	100	98.5	100	100	99.4	92.2
keskiarvo	17	11	11	15	21	20	15	10	9	8	9	11
99. %-piste	82	60	44	132	243	137	61	29	35	39	64	67
korkein arvo	134	100	68	497	412	314	93	56	96	100	159	163
VRK-ARVOJEN												
Lukumäärä	25	25	31	30	31	29	31	30	30	31	30	28
2. korkein arvo	40	33	24	46	118	52	40	17	20	26	22	33
korkein arvo	57	39	24	74	133	111	41	20	22	27	27	41

Liitetaulukko 2. Portin mittauspisteessä mitatut hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain mittausjaksolla 6.1.–28.12.2021. Pitoisuudet on ilmoitettu ulkoilman lämpötilassa.

Portti	2021											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PM₁₀ (µg/m³)												
TUNTIARVOJEN												
Lukumäärä	623	668	739	681	739	709	741	738	718	741	714	683
kattavuus (%)	83.7	99.4	99.3	94.6	99.3	98.5	99.6	99.2	99.7	99.6	99.2	91.8
keskiarvo	7	6	11	6	5	11	19	8	7	6	6	6
99. %-piste	61	24	48	28	17	59	164	29	30	27	27	17
korkein arvo	164	36	85	36	23	107	341	64	57	56	38	31
VRK-ARVOJEN												
Lukumäärä	26	28	31	28	31	29	31	31	30	31	30	28
2. korkein arvo	15	15	30	19	9	34	73	22	16	15	13	11
korkein arvo	34	18	37	20	11	38	106	24	18	20	23	13

Liitetaulukko 3. Kaivosalueen ja Portin mittauspisteissä mitatut hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) raja-arvoon verrannolliset pitoisuudet (µg/m³) mittausjaksolla 6.1.–28.12.2021.

PM ₁₀ -pitoisuus	Kaivosalue		Portti	
	Raja-arvoon verrannollinen pitoisuus	Osuus raja-arvosta	Raja-arvoon verrannollinen pitoisuus	Osuus raja-arvosta
Vuosiraja-arvo 40 µg/m ³	13 µg/m	33 %	8 µg/m	20 %
Vuorokausiraja-arvo 50 µg/m ³	24 µg/m	49 %	15 µg/m	31 %

Liitetaulukko 4. Kaivosalueen ja Portin mittauspisteissä mitatut arseeni- ja metallipitoisuudet sekä niiden määrittärajat ja laajennetut mittausepävarmuudet.

Kaivosalue	ng/m ³	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	V	Zn
6.1.2021	8,57	0,04	0,007	0,221	0,97	39,62	70,53	0,58	4,27	0,17	0,16	2,04	
10.1.2021	196,45	2,11	0,234	1,555	17,31	51,52	864,48	15,08	24,17	9,78	1,57	18,11	
14.1.2021	140,77	0,17	0,041	2,303	13,31	396,21	1027,63	10,44	37,36	0,83	1,07	5,70	
18.1.2021	15,59	0,04	0,018	1,138	1,40	225,60	338,85	1,50	20,68	0,20	0,10	2,77	
22.1.2021	462,44	1,79	0,180	3,618	35,37	110,67	1744,80	26,28	55,98	6,04	4,95	17,47	
26.1.2021	136,05	0,52	0,078	0,578	5,22	28,41	273,58	4,91	9,89	3,49	4,95	8,95	
30.1.2021	56,74	0,32	0,063	0,232	2,45	12,15	132,99	2,62	5,36	2,10	9,29	5,98	
3.2.2021	12,21	0,19	0,028	0,009	0,16	0,34	8,76	0,32	0,51	1,15	0,07	1,77	
7.2.2021	6,78	<0,01	<0,003	<0,003	<0,03	0,19	4,98	0,13	<0,03	0,09	0,02	<0,27	
11.2.2021	146,75	0,09	0,013	1,453	18,91	175,32	819,65	11,70	27,41	0,25	0,83	4,45	
15.2.2021	25,85	0,04	0,009	0,882	3,24	191,35	324,72	1,72	20,52	0,11	0,40	1,90	
19.2.2021	317,84	0,26	0,042	3,161	30,15	140,07	1810,92	30,72	50,17	1,22	4,97	10,25	
24.2.2021	273,52	0,35	0,123	2,015	17,05	58,26	1053,93	18,40	25,00	3,68	1,87	14,82	
27.2.2021	22,52	0,03	0,030	0,272	1,06	18,83	80,64	0,99	2,99	0,09	0,10	0,99	
3.3.2021	48,42	0,04	0,008	0,489	3,53	24,94	228,87	3,49	7,49	0,21	0,26	1,81	
7.3.2021	77,33	0,09	0,012	0,336	4,04	5,10	212,10	3,76	4,20	0,56	2,40	2,74	
11.3.2021	323,35	0,40	0,129	3,104	41,54	137,14	1589,37	20,85	51,99	1,85	2,70	10,21	
15.3.2021	174,20	0,35	0,107	1,660	16,61	103,32	897,12	14,14	24,58	3,68	1,37	15,18	
19.3.2021	487,34	0,19	0,036	5,296	62,47	278,40	2759,05	33,15	88,54	1,48	4,79	7,74	
23.3.2021	39,03	0,09	0,020	1,169	3,51	135,95	293,18	2,06	22,62	0,50	0,20	3,24	
27.3.2021	130,26	0,29	0,038	0,744	8,01	24,66	403,67	6,62	12,70	1,04	1,02	6,29	
31.3.2021	14,60	0,04	0,006	0,046	0,77	1,62	39,03	1,74	0,65	0,15	0,09	0,65	
4.4.2021	78,76	0,10	0,016	0,450	5,14	46,30	233,58	3,30	6,73	0,49	0,34	3,94	
8.4.2021	635,18	0,13	0,010	2,259	15,76	171,91	1172,75	14,79	34,62	0,17	2,20	4,38	
12.4.2021	621,96	0,16	0,021	3,150	15,08	342,62	1317,47	13,70	48,64	0,23	2,03	4,48	
16.4.2021	647,41	0,21	0,044	3,931	15,97	373,47	1412,48	14,16	64,37	0,31	2,03	5,49	
20.4.2021	773,31	0,34	0,035	3,401	34,32	170,40	1926,63	28,57	49,31	0,76	3,05	7,82	
24.4.2021	211,59	0,06	0,004	1,175	12,89	28,33	607,07	9,26	14,91	0,16	1,13	2,02	
28.4.2021	54,61	0,03	0,003	0,193	2,93	6,84	122,05	2,03	2,08	0,09	0,20	0,54	
2.5.2021	163,85	0,05	0,005	0,886	11,67	41,29	514,16	7,87	11,59	0,11	0,87	2,45	
6.5.2021	208,95	0,09	0,009	1,150	14,77	17,25	686,57	11,22	13,44	0,57	2,89	2,75	
10.5.2021	228,11	0,29	0,046	3,162	16,76	432,61	1136,11	10,09	56,36	0,93	1,35	12,61	
14.5.2021	8,57	<0,01	<0,003	0,069	0,69	1,69	40,23	0,63	1,15	0,06	0,58	1,47	
18.5.2021	175,64	0,15	0,027	1,321	13,32	71,84	686,21	9,88	19,51	0,56	1,17	5,07	
22.5.2021	13,21	<0,01	<0,003	0,097	0,88	2,26	54,79	0,81	1,08	0,03	0,09	1,45	
26.5.2021	256,72	0,08	0,007	1,427	20,70	25,18	880,00	15,25	17,69	0,19	1,91	3,42	
30.5.2021	88,09	0,09	0,009	0,425	3,67	23,76	245,48	3,68	6,47	0,15	0,41	1,64	
3.6.2021	524,68	0,43	0,050	7,834	40,52	789,63	2744,72	22,90	149,21	0,73	2,99	11,01	
7.6.2021	634,39	0,47	0,022	3,633	49,68	113,99	2341,10	37,88	42,40	0,31	3,56	4,73	
11.6.2021	801,88	0,63	0,050	9,708	86,64	577,60	4192,24	44,09	172,87	1,01	5,68	13,45	
15.6.2021	53,64	0,03	0,005	0,453	4,98	18,82	242,67	3,88	8,65	0,06	0,37	0,83	
19.6.2021	97,92	0,06	0,007	1,299	9,72	99,54	521,83	6,60	22,92	0,08	0,62	2,05	
23.6.2021	40,63	0,02	<0,003	0,224	3,32	3,23	145,10	3,84	2,32	0,04	0,37	1,49	
27.6.2021	116,93	0,06	0,015	1,241	12,41	76,53	619,38	8,86	22,93	0,24	0,77	1,95	

1.7.2021	197,79	0,20	0,058	6,569	18,29	1017,8	2034,08	10,11	129,50	0,39	1,19	8,69
5.7.2021	589,54	0,31	0,061	7,519	45,19	969,37	3144,64	30,02	127,29	0,63	3,29	12,57
9.7.2021	87,68	0,08	0,017	1,659	6,69	348,98	684,93	4,91	28,55	0,16	0,53	3,95
13.7.2021	130,93	0,13	0,031	3,432	9,92	687,86	1187,05	5,52	65,67	0,25	0,56	5,31
17.7.2021	58,77	0,06	0,023	1,568	3,55	323,56	538,26	2,74	30,33	0,10	0,27	3,15
21.7.2021	54,90	0,06	0,015	1,790	4,25	353,51	602,74	2,77	35,53	0,10	0,29	3,66
25.7.2021	85,42	0,03	0,008	0,048	0,58	1,93	70,02	1,20	0,39	0,09	0,20	0,70
29.7.2021	40,89	0,02	0,011	0,262	3,31	4,86	146,03	2,43	2,80	0,25	0,48	1,53
2.8.2021	14,59	0,03	<0,003	0,249	1,29	46,43	106,64	1,08	4,25	0,03	0,12	0,84
6.8.2021	94,50	0,11	0,011	0,467	7,74	14,96	295,53	4,96	5,91	0,24	0,48	4,07
10.8.2021	87,27	0,06	0,006	0,774	7,49	23,47	396,70	5,99	12,17	0,14	0,61	1,72
14.8.2021	85,74	0,11	0,011	0,812	7,30	78,85	408,81	5,19	13,48	0,18	0,54	1,91
18.8.2021	80,09	0,05	0,009	0,586	6,89	13,71	323,86	5,30	7,78	0,23	1,60	3,01
22.8.2021	15,26	0,02	<0,003	0,103	3,54	1,84	67,21	1,26	2,66	0,02	0,18	0,36
26.8.2021	338,21	0,08	0,013	2,154	26,12	69,86	1240,67	19,07	26,59	0,35	2,16	5,67
30.8.2021	174,13	0,17	0,046	3,840	9,73	657,47	1260,92	6,91	70,58	0,50	0,99	12,50
3.9.2021	1,49	<0,01	<0,003	0,018	0,69	1,34	9,50	0,34	0,29	<0,01	0,05	<0,27
7.9.2021	124,73	0,04	0,007	0,876	8,79	36,34	456,63	7,02	13,59	0,14	0,71	3,22
11.9.2021	172,87	0,11	0,005	1,442	23,07	39,48	770,77	11,55	24,05	0,07	1,11	2,10
15.9.2021	21,29	0,01	<0,003	0,084	1,08	1,17	54,73	1,08	0,73	0,07	0,23	1,59
19.9.2021	108,86	0,09	0,013	1,031	9,66	54,02	497,21	6,84	16,74	0,30	0,80	3,14
23.9.2021	267,62	0,15	0,018	2,013	20,92	57,87	1073,43	16,23	31,71	0,36	1,57	4,32
27.9.2021	52,95	0,21	0,035	0,949	6,49	154,04	429,38	4,67	16,24	0,59	0,49	4,39
1.10.2021	472,41	0,87	0,116	2,447	23,32	103,78	1367,95	22,13	43,69	4,13	2,76	11,23
5.10.2021	22,24	0,14	0,034	0,296	1,94	34,31	126,39	1,63	5,74	1,12	0,28	4,46
9.10.2021	27,00	0,01	0,005	0,395	2,72	46,48	183,13	2,19	5,75	0,04	0,19	1,75
13.10.2021	15,13	0,05	0,010	0,683	1,00	113,49	205,60	1,06	12,16	0,12	0,09	1,75
17.10.2021	<1,09	<0,01	<0,003	0,010	0,16	0,16	4,47	0,10	0,14	<0,01	<0,01	<0,27
21.10.2021	59,04	0,02	0,005	0,372	4,53	7,51	206,60	3,27	4,45	0,27	0,62	1,89
25.10.2021	239,47	0,12	0,025	2,096	23,55	69,93	1038,15	15,36	31,75	0,48	1,75	6,37
29.10.2021	12,49	0,06	0,009	0,342	1,16	38,32	102,54	0,86	6,32	0,13	0,10	1,42
2.11.2021	44,38	0,25	0,074	0,313	2,64	17,70	165,14	2,72	5,68	1,77	0,43	6,64
6.11.2021	8,26	0,01	<0,003	0,093	0,84	3,46	44,51	0,62	1,59	0,08	0,14	0,44
10.11.2021	17,91	0,05	0,012	0,314	2,40	44,41	141,42	1,52	5,48	0,24	0,14	1,79
14.11.2021	8,47	0,05	<0,003	0,080	0,58	10,51	39,92	0,44	1,06	0,04	0,09	0,61
18.11.2021	23,18	<0,01	0,003	0,245	1,98	22,70	123,44	1,67	3,83	0,04	0,14	0,79
22.11.2021	19,74	0,05	0,008	0,449	1,18	71,13	141,91	0,90	7,21	0,13	0,10	1,02
26.11.2021	316,56	0,14	0,013	2,387	25,86	44,80	1306,68	21,04	28,16	0,82	5,80	5,79
30.11.2021	303,41	0,13	0,019	2,108	22,84	36,81	1210,53	19,40	22,05	0,68	2,74	5,33
4.12.2021	236,62	0,08	0,020	2,521	18,46	40,82	1193,98	15,89	22,55	0,41	5,76	6,50
8.12.2021	543,28	0,13	0,015	4,131	42,11	100,20	2233,56	35,29	66,31	0,45	10,1	11,35
12.12.2021	71,23	0,11	0,055	0,542	4,43	33,17	295,21	4,69	8,95	1,33	0,68	7,65
16.12.2021	16,84	0,02	0,004	0,247	1,14	28,92	111,42	2,48	4,75	0,07	0,11	1,43
20.12.2021	7,57	0,05	0,021	0,036	0,35	1,48	22,59	0,42	1,32	0,41	2,62	1,46
24.12.2021	9,80	0,10	0,014	0,027	0,38	1,20	18,63	0,43	0,65	0,39	0,57	0,93
28.12.2021	206,56	0,13	0,035	2,006	20,14	75,60	1046,81	16,07	30,30	0,61	1,40	7,69

Portti	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	V	Zn
ng/m ³												
6.1.2021	94,59	0,10	0,011	0,488	7,77	8,38	256,25	4,22	5,63	0,38	0,81	4,29
10.1.2021	50,28	1,88	0,206	0,149	3,11	2,53	104,42	3,13	1,37	8,73	0,67	14,71
14.1.2021	72,83	0,12	0,022	0,564	6,45	20,02	311,75	5,43	7,12	0,62	0,67	3,09
18.1.2021	32,35	0,02	0,007	0,282	4,28	10,23	173,91	2,62	3,34	0,11	0,27	1,44
22.1.2021	53,85	1,85	0,155	0,114	5,78	3,14	81,52	2,95	2,34	5,09	3,29	10,72
26.1.2021	23,38	0,46	0,070	0,104	0,44	18,47	25,92	0,97	3,66	3,08	4,35	6,77
30.1.2021	24,87	0,29	0,054	0,038	0,30	7,26	21,93	0,77	2,72	1,86	8,17	4,09
3.2.2021	8,96	0,18	0,026	0,009	0,18	0,16	8,27	0,30	0,08	1,04	0,07	1,38
7.2.2021	6,75	0,01	<0,003	0,007	<0,03	0,08	6,65	0,14	0,06	0,08	0,02	<0,27
11.2.2021	73,81	0,05	0,006	0,500	6,09	14,61	290,32	5,04	6,82	0,17	0,42	2,04
15.2.2021	41,88	0,03	<0,003	0,286	4,31	9,11	172,47	3,04	3,58	0,06	0,47	0,99
19.2.2021	21,54	0,16	0,028	0,058	0,52	7,52	29,56	0,73	1,58	0,94	2,81	1,98
23.2.2021	209,94	0,50	0,073	1,232	24,81	10,56	665,89	15,64	9,82	2,20	1,66	8,31
27.2.2021	42,33	0,03	0,041	0,318	4,21	4,21	179,67	3,07	3,08	0,08	0,28	1,20
3.3.2021	14,48	0,03	0,005	0,087	1,17	1,79	58,28	1,05	0,95	0,18	0,10	0,60
7.3.2021	23,50	0,08	0,011	0,057	0,37	0,82	29,43	0,56	1,76	0,52	1,96	1,19
11.3.2021	563,78	0,41	0,117	3,685	46,46	61,83	2231,77	37,99	40,08	1,70	3,58	10,51
15.3.2021	161,56	0,27	0,092	1,108	13,87	28,68	679,35	11,89	12,99	3,28	1,29	13,57
19.3.2021	401,90	0,14	0,016	2,510	39,36	30,26	1580,57	25,44	30,98	1,30	3,19	4,23
23.3.2021	146,24	0,09	0,013	0,876	12,71	13,50	521,61	8,97	10,89	0,42	0,82	2,84
27.3.2021	77,14	0,25	0,034	0,305	3,46	5,28	192,55	3,65	3,47	0,90	0,68	5,24
31.3.2021	8,86	0,04	0,005	0,016	0,23	0,02	13,66	0,23	0,20	0,12	0,06	0,33
4.4.2021	41,44	0,08	0,011	0,204	3,33	6,07	118,95	2,20	2,92	0,38	0,19	4,14
8.4.2021	17,78	0,01	<0,003	0,036	0,26	0,49	25,39	0,41	0,41	0,05	0,05	<0,27
12.4.2021	87,86	0,03	<0,003	0,333	3,19	17,23	185,25	2,75	4,32	0,04	0,32	0,60
16.4.2021	94,12	0,04	0,021	0,035	<0,03	0,31	60,28	0,99	0,18	0,08	0,15	0,32
20.4.2021	506,06	0,23	0,021	1,468	19,92	21,18	981,02	16,43	15,42	0,56	1,81	5,75
24.4.2021	33,31	0,04	<0,003	0,135	2,17	2,05	94,24	1,48	1,57	0,04	0,32	<0,27
28.4.2021	22,29	0,03	<0,003	0,010	<0,03	<0,03	15,04	0,29	0,09	0,08	0,05	0,28
2.5.2021	28,81	0,02	<0,003	0,065	0,74	0,39	44,46	0,77	0,64	0,05	0,13	<0,27
6.5.2021	18,93	0,05	0,006	0,039	<0,03	0,04	15,82	0,32	1,17	0,46	1,61	0,53
10.5.2021	104,36	0,18	0,021	0,540	8,77	11,19	315,95	5,88	7,12	0,69	0,77	9,14
14.5.2021	1,45	<0,01	<0,003	<0,003	<0,03	<0,03	<1,09	<0,03	0,11	0,04	0,48	<0,27
18.5.2021	53,38	0,09	0,018	0,157	1,67	5,08	114,74	1,82	2,23	0,45	0,42	2,12
22.5.2021	24,68	<0,01	<0,003	<0,003	<0,03	0,09	3,21	0,09	0,04	0,02	0,01	<0,27
26.5.2021	25,73	0,03	0,004	0,009	0,06	0,04	14,66	0,34	0,21	0,12	0,54	0,30
30.5.2021	67,76	0,09	0,008	0,138	1,71	2,33	113,51	2,14	1,40	0,14	0,28	0,91
3.6.2021	322,84	0,18	0,014	1,514	22,64	30,24	965,60	15,16	17,59	0,38	1,64	3,89
7.6.2021	103,38	0,05	0,014	0,409	5,76	4,64	266,42	4,61	3,95	0,13	0,56	0,88
11.6.2021	537,69	0,32	0,020	3,277	54,82	34,41	2195,89	32,32	42,97	0,63	3,67	5,35
15.6.2021	4,56	0,02	0,003	0,025	0,60	0,19	16,57	0,47	0,18	0,04	0,05	<0,27
19.6.2021	7,51	0,03	<0,003	0,042	0,69	0,55	26,15	0,69	0,42	0,03	0,05	<0,27
23.6.2021	<1,09	<0,01	<0,003	<0,003	0,33	<0,03	<1,09	0,13	0,04	0,02	0,12	<0,27
27.6.2021	40,69	0,05	0,006	0,279	3,81	4,50	168,30	3,08	2,98	0,16	0,31	1,98
1.7.2021	455,41	0,12	0,009	2,645	35,98	32,96	1618,28	27,26	26,65	0,12	2,47	2,31
5.7.2021	1807,57	0,54	0,020	10,232	145,3	104,51	6546,42	106,1	106,39	0,54	10,5	9,97

9.7.2021	58,24	0,04	<0,003	0,323	5,12	2,57	205,11	3,87	2,93	0,07	0,39	0,69
13.7.2021	241,92	0,07	0,004	1,402	19,35	21,20	862,47	14,68	13,06	0,11	1,36	1,76
17.7.2021	280,46	0,09	0,012	1,769	22,10	20,47	1047,99	17,94	16,39	0,09	2,10	1,84
21.7.2021	6,72	0,01	<0,003	0,006	1,01	0,05	10,27	0,26	0,04	<0,01	<0,01	<0,27
25.7.2021	73,42	0,03	0,008	0,018	<0,03	0,44	54,49	1,00	<0,03	0,07	0,19	0,48
29.7.2021	10,76	0,01	0,011	<0,003	<0,03	0,24	10,77	0,32	0,06	0,23	0,24	0,81
2.8.2021	3,89	0,02	<0,003	<0,003	<0,03	<0,03	7,76	0,29	<0,03	0,02	<0,01	<0,27
6.8.2021	119,29	0,10	0,010	0,476	8,02	9,15	309,11	5,25	6,13	0,23	0,53	3,71
10.8.2021	43,94	0,03	0,004	0,169	1,63	2,27	90,15	1,77	1,73	0,26	0,17	0,61
14.8.2021	26,63	0,09	0,007	0,243	2,77	6,87	134,13	2,22	2,93	0,15	0,18	1,28
18.8.2021	18,29	0,03	0,006	0,004	0,19	<0,03	11,79	0,45	0,34	0,23	1,11	0,53
22.8.2021	<1,09	<0,01	<0,003	<0,003	<0,03	<0,03	1,51	0,09	<0,03	0,02	0,06	<0,27
26.8.2021	180,88	0,05	0,008	0,987	14,41	11,63	606,20	9,94	10,51	0,26	1,27	1,86
30.8.2021	345,03	0,11	0,021	1,928	26,07	35,38	1162,95	18,56	21,28	0,35	1,99	3,17
3.9.2021	4,49	<0,01	<0,003	0,026	0,41	0,26	20,95	0,52	0,27	<0,01	0,02	<0,27
7.9.2021	19,03	0,03	0,003	0,180	2,49	3,00	95,67	1,78	2,64	0,10	0,14	2,25
11.9.2021	3,70	0,04	<0,003	0,021	0,26	0,21	20,93	0,32	0,19	0,01	0,01	<0,27
15.9.2021	<1,09	<0,01	<0,003	<0,003	<0,03	2,53	<1,09	0,03	<0,03	0,10	0,06	1,76
19.9.2021	85,58	0,08	0,009	0,698	7,50	20,70	389,12	6,15	10,04	0,26	0,65	3,44
23.9.2021	22,89	0,06	0,012	0,073	0,91	0,70	63,56	1,26	0,67	0,26	0,21	2,13
27.9.2021	77,29	0,19	0,028	0,514	6,42	11,57	277,20	4,73	7,02	0,63	0,50	4,59
1.10.2021	192,86	0,73	0,098	0,414	5,24	4,61	331,53	6,81	3,52	3,61	1,34	9,78
5.10.2021	26,89	0,14	0,031	0,172	2,79	3,94	101,91	1,90	2,31	0,99	0,29	4,48
9.10.2021	15,07	<0,01	<0,003	0,161	2,14	3,21	95,27	1,55	1,79	0,02	0,14	0,97
13.10.2021	9,50	0,03	<0,003	0,086	0,87	5,12	48,73	0,81	1,20	0,06	0,07	0,80
17.10.2021	<1,09	<0,01	<0,003	<0,003	0,05	<0,03	<1,09	<0,03	<0,03	<0,01	<0,01	<0,27
21.10.2021	2,99	0,01	0,005	0,008	0,11	<0,03	5,46	0,12	0,18	0,23	0,29	0,51
25.10.2021	1,43	0,07	0,020	0,023	1,02	0,37	18,81	0,46	0,44	0,27	0,32	1,65
29.10.2021	57,85	0,06	0,006	0,392	4,91	5,31	233,20	3,95	3,58	0,11	0,36	1,57
2.11.2021	38,27	0,23	0,068	0,238	3,26	3,49	152,92	2,78	2,56	1,64	0,45	6,16
6.11.2021	<1,09	<0,01	<0,003	0,008	0,23	<0,03	4,62	0,10	0,12	0,07	0,08	<0,27
10.11.2021	35,93	0,08	0,010	0,196	3,23	3,35	131,43	2,36	2,09	0,21	0,24	1,74
14.11.2021	16,35	0,05	<0,003	0,070	0,94	1,16	44,02	0,71	0,62	0,03	0,11	0,39
18.11.2021	27,02	<0,01	<0,003	0,173	2,39	3,20	104,03	1,61	2,54	0,02	0,19	0,67
22.11.2021	4,53	0,04	0,003	0,005	1,30	0,13	6,91	0,13	0,09	0,09	0,03	<0,27
26.11.2021	36,50	0,06	0,008	0,088	0,25	0,42	21,24	0,46	2,22	0,57	3,56	0,44
30.11.2021	8,03	0,07	0,013	0,011	0,38	0,21	10,18	0,26	0,40	0,38	0,95	0,57
4.12.2021	19,41	0,04	0,015	0,036	0,39	0,16	11,55	0,24	2,44	0,40	6,79	0,46
8.12.2021	23,08	0,03	<0,003	0,038	0,73	0,33	17,30	0,30	1,81	0,16	5,44	<0,27
12.12.2021	51,83	0,09	0,048	0,342	5,21	5,99	210,24	3,96	3,84	1,17	0,59	6,33
16.12.2021	17,13	<0,01	<0,003	0,143	2,07	3,35	92,79	1,77	1,76	0,05	0,14	0,69
20.12.2021	2,48	0,04	0,020	0,004	0,36	0,18	4,99	0,19	0,64	0,36	2,30	1,01
24.12.2021	6,51	0,08	0,012	0,015	1,19	0,18	12,92	0,34	0,58	0,34	0,51	0,42
28.12.2021	44,43	0,11	0,029	0,382	4,78	11,88	213,95	3,67	4,81	0,46	0,33	3,58

Määrittämiss raja	1.09	0.01	0.003	0.003	0.03	0.03	1.09	0.03	0.03	0.01	0.01	0.27
Laajennettu mittaus-epä- varmuus (%)	20	15	15	15	25	15	20	15	15	15	15	15



ILMATIETEEN LAITOS

ILMATIETEEN LAITOS

puh. 029 539 1000

Ilmanlaatu ja energia

ilmanlaatupalvelut@fmi.fi

www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatupalvelut

WWW.ILMATIETEENLAITOS.FI

