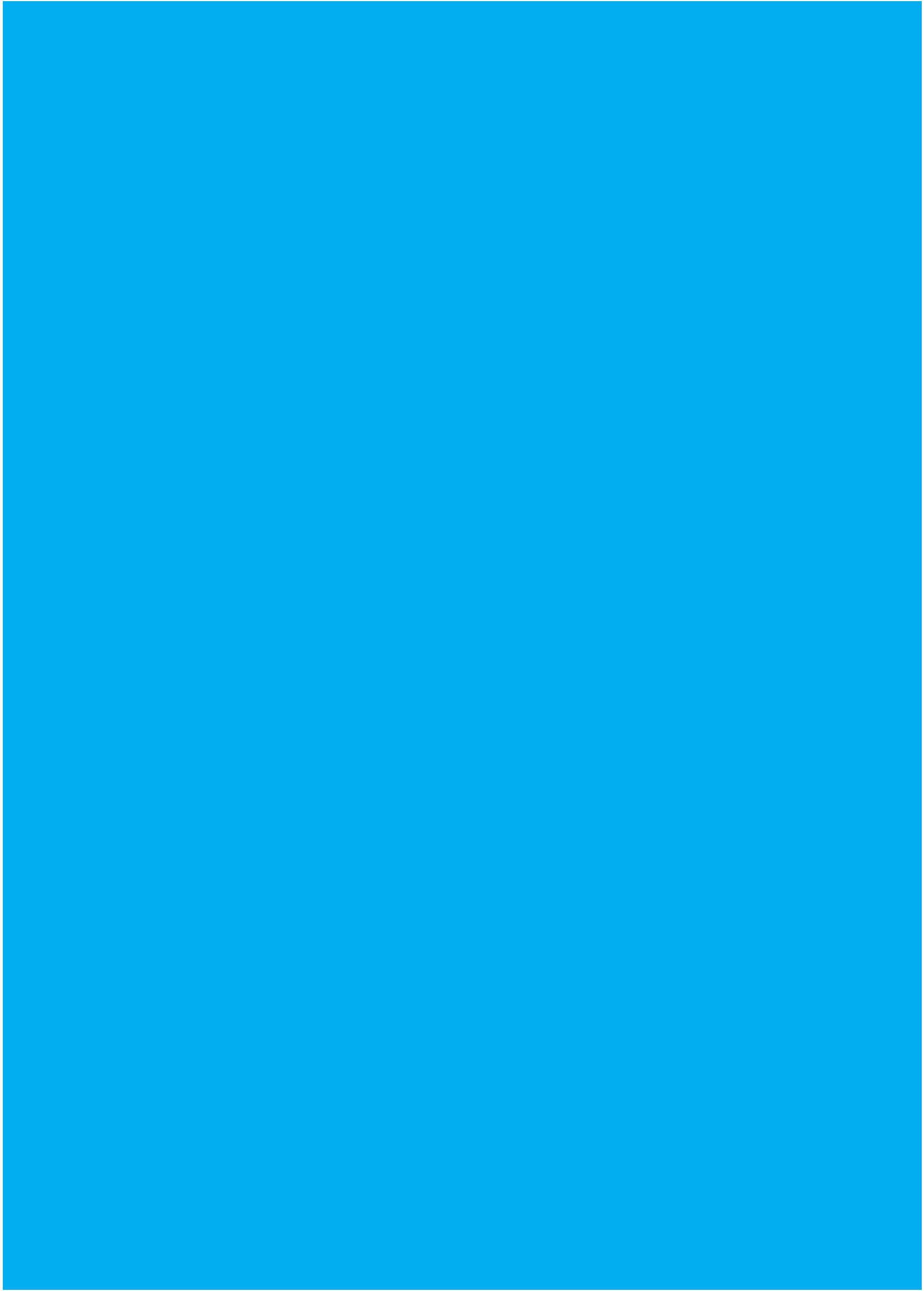


Liite 6

**Hengitettävien hiukkasten sekä
arseenin ja metallien pitoisuusmitta-
uksen Kolarin kaivosalueiden ympä-
ristössä jaksolla toukokuu-heinäkuu
2010**



NORTHLAND MINES OY

HENGITETTÄVIEN HIUKKASTEN SEKÄ ARSEENIN JA
METALLIEN PITOISUUSMITTAUKSET KOLARIN
KAIVOSALUEIDEN YMPÄRISTÖSSÄ JAKSOLLA
TOUKOKUU-HEINÄKUUN 2010

Helena Saari
Risto Pesonen



ILMATIETEEN LAITOS
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

NORTHLAND MINES OY

**HENGITETTÄVIEN HIUKKASTEN SEKÄ ARSEENIN JA
METALLIEN PITOISUUSMITTAUKSET KOLARIN
KAIVOSALUEIDEN YMPÄRISTÖSSÄ JAKSOLLA
TOUKOKUU-HEINÄKUU 2010**

**Helena Saari
Risto Pesonen**

**ILMATIETEEN LAITOS - ILMANLAADUN ASiantuntijapalvelut
Helsinki 5.10.2010**

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	3
2	TUTKIMUKSEN SUORITUS	5
2.1	Mittauspaikat ja mittausjakso.....	5
2.2	Mitatut ilman epäpuhtaudet ja mittausmenetelmät	8
3	MITTAUSTULOKSET JA NIIDEN ARVIOINTI	8
3.1	Mitatut pitoisuudet	8
3.1.1	Hengitettävät hiukkaset	8
3.1.2	Hengitettävien hiukkasten sisältämät alkuaineet.....	11
3.2	Ohje-, raja- ja tavoitearvoihin verrattavat pitoisuudet	17
3.3	Mitattuihin pitoisuuksiin vaikuttaneita tekijöitä – suurimmat pitoisuusarvot.....	20
3.4	Pitoisuuksien ajallinen vaihtelu.....	25
3.5	Pitoisuuksien vertailua	28
4	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	30
	VIITELUETTELO.....	33
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Northland Resources S.A. (Northland) on kaivosyhtiö, joka on rekisteröity Luxemburgiin ja joka suunnittelee mittavaa rautamalmiesiintymien hyödyntämistoimintaa Pohjois-Suomessa ja -Ruotsissa, Kolarin ja Pajalan kunnissa. Suomessa yhtiötä edustaa Northland Mines Oy. Yhtiön tavoitteena on aloittaa kaivostoiminta Tapulin ja Sahavaaran alueilla Ruotsissa sekä Hannukaisen alueella Suomessa. Suunnitelmana on aloittaa kaivostoiminta vuoden 2012 aikana Tapulista, jonka malmi rikastetaan Kaunisvaaran rikastamolla. Tämän jälkeen tarkoitus on avata Sahavaaran ja Pellivuoman kaivokset, joiden malmi rikastetaan myös Kaunisvaaran rikastamolla sekä Hannukaisen kaivos Suomessa.

Hannukaisen rautamalmiesiintymä sijaitsee Kolarin kunnassa, noin 25 km Kolarista koilliseen. Hannukaisen kaivos tulee tuottamaan rautarikastetta sekä vähäisempiä määriä kupari- ja kultarikastetta. Rikastamo on suunniteltu sijoitettavan joko Hannukaisen tai Rautuvaaran vanhoille kaivosalueille. Rikaste kuljetetaan rautateitse satamaan ja sieltä edelleen meriteitse asiakkaille.

Hannukaisen kaivoshankkeen ympäristövaikutusten arviointi (YVA) ja luvitus on tarkoitus aloittaa vuoden 2010 aikana. Lisäksi YVA-vaiheessa tarkastellaan eri sijoituspaikkavaihtoehtoja muun muassa rikastamolle ja rikastushiekka-alueelle ja niiden ympäristövaikutuksia. Arvioitavia vaikutuksia ovat muun muassa päästöt vesistöihin, ilmaan ja pohjavesiin sekä melu ja värinä.

Hannukaisen alueella sijaitsee kaksi vanhaa avolouhosta, Laurinoja ja Kuervaara, joista Rautaruukki Oyj louhi rautamalmia vuosina 1978–1988. Laurinojan avolouhoksesta malmia louhittiin yhteensä 3,26 miljoonaa tonnia ja Kuervaarasta 1,1 miljoonaa tonnia. Tämän lisäksi vuosina 1989–1990 Outokumpu Oyj louhi 0,45 miljoonaa tonnia Laurinojan Cu-Au -pitoista rautamalmia. Lisäksi Hannukaisen alueella sijaitsee louhinnan aikana muodostuneet sivukiven ja pintamaiden läjitysalueet.

Malmi kuljetettiin läheiselle Rautuvaaran rikastamolle, joka oli ollut toiminnassa Rautuvaaran kaivoksen avaamisesta lähtien (vuodesta 1975). Rikastushiekat on läjitetty rikastamon läheisyyteen.

Ilmatieteen laitos mittasi 20.5.–9.8.2010 välisenä aikana Kolarissa sijaitsevilla vanhoilla kaivosalueilla aerodynaamiselta halkaisijaltaan alle 10 mikrometrin suuruisen ns. hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) pitoisuuksia kahdessa mittauspisteessä. Molemmat mittauspisteet sijaitsivat vanhojen kaivosalueiden ympäristössä. Hannukaisen mittauspiste sijaitsi Hannukaisen kylän koillispuolella noin 25 km Kolarista koilliseen valtatie 940 pohjoispuolella. Rautuvaaran mittauspiste sijaitsi Hannukaisen pisteestä noin 5 km lounaaseen lähellä Rautuvaaran rikastuslaitosta valtatie 940 itäpuolella. Molemmissa em. pisteissä kerättiin myös hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) näytteitä suodattimille, joista analysoitiin arseenin ja metallien pitoisuuksia.

Mittausten tavoitteena oli kartoittaa ilmanlaadun perustila Hannukaisen ja Rautuvaaran kaivoskohteissa ennen mahdollista uuden kaivostoiminnan aloitusta. Nyt raportoitavilla perustilan mittauksilla saatiin informaatiota jo nyt tutkimusalueella olemassa olevien hiukkaspäästöjä aiheuttavien toimintojen (maaperän pölyäminen, alueella liikennöinti, tulisijojen käyttö, jne.) vaikutuksista kohdealueiden ilmanlaatuun. Näitä tietoja voidaan käyttää hyväksi vertailutietoina uuden kaivostoiminnan aikana mahdollisesti tehtävien vastaavien ilmanlaatumittausten tulosten tarkasteluissa.

Tyypillisesti kaivostoiminnassa hiukkaspäästöjä aiheuttavat raskas liikenne ja työko-
neet, malmin ja sivukiven louhinta, lastaus ja murskaus sekä rikastushiekan varastointi.
Hiukkaspäästöjä voidaan ehkäistä esimerkiksi ohjeistuksilla, käyttämällä pölynsidonta-
aineita ja tietyissä kohteissa suodattimia.

Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) pitoisuuksia mitattiin Hannukaisessa ja Rautuvaarassa
jatkuvaloimisilla analysointilaitteilla, joilla saadaan esiin myös pitoisuuksien lyhytaikais-
vaihtelut. Mittaukset tehtiin standardin ISO 10473:2000 mukaisesti. Lisäksi molemmis-
sa em. mittauspisteissä kerättiin hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausinäytteitä
kemiallisia analyysyjä varten referenssimenetelmän EN 12341:1999 mukaisesti. Näyt-
teistä analysoitiin arseeni- ja metallipitoisuudet ICP-MS -tekniikalla Ilmatieteen laitok-
sen Ilmakemian laboratoriossa standardin EN 14902:2006 mukaisesti. Laboratorio nou-
dattaa SFS-EN ISO/IEC 17025:2005 mukaista laatujärjestelmää. Mittaustulosten tarkas-
teluja ja tulkintaa varten Hannukaisen ja Rautuvaaran kohteissa mitattiin lisäksi tuulen
suuntaa ja nopeutta, ulkoilman lämpötilaa, ilmanpainetta ja suhteellista kosteutta sekä
sademäärää.

Tutkimuksen tilasi Northland Mines Oy, josta yhdyshenkilöinä tutkimuksessa toimi
ympäristöinsinööri Marko Kotala. Mittausten kenttätöitä hoiti suunnittelija Kaj Lindgren
ja tutkimuksen raportoinnista vastasivat tutkija Helena Saari ja kehittämisspäälikkö Risto
Pesonen.

Selitteet raportissa käytetyille tärkeimmille yksiköille ja lyhenteille:

Yksiköt:

µm	mikrometri = millimetrin tuhannesosa
µg/m ³	mikrogrammaa (= gramman miljoonasosa) kuutiometrissä ilmaa (pitoisuus)
ng/m ³	nanogrammaa (= gramman miljardisosaa) kuutiometrissä ilmaa (pitoisuus)
°	aste (tuulen suunta)
m/s	metriä sekunnissa (tuulen nopeus)
°C	Celsiusaste (lämpötila)
atm	atmosfääri, paineen yksikkö, 1 atm = normaali-ilmakehän paine
K	Kelvinaste (lämpötila), 293 K = 20 °C
kPa	kilopascal, paineen yksikkö, 101,3 kPa = 1 atm

Lyhenteet:

PM ₁₀	hengitettävät hiukkaset = alle 10 µm:n kokoiset hiukkaset
PM _{2,5}	pienhiukkaset = alle 2,5 µm:n kokoiset hiukkaset
TSP	Total Suspended Particles = kokonaisuudessaan kuuluvat hiukkaset
Al	alumiini
As	arseni
Cd	kadmium
Co	koboltti
Cr	kromi
Cu	kupari
Fe	rauta
Mn	mangaani
Ni	nikkeli
Pb	lyijy
V	vanadiini
Zn	sinkki
ICP-MS	induktiivisesti kytketty plasma-massaspektrometria
N	pohjoinen (tuulen suunta), kun tuulee pohjoisesta tuulen suunta on 0° tai 360°
E	itä (tuulen suunta), kun tuulee idästä tuulen suunta on 90°
S	etelä (tuulen suunta), kun tuulee etelästä tuulen suunta on 180°
W	länsi (tuulen suunta), kun tuulee lännestä tuulen suunta on 270°

Ilmanlaatukriteerien määritelmiä

Ilmanlaadulle on annettu ohje-, raja- ja tavoitearvoja, joihin ilmanlaadun arviointi perustuu:

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 annettu valtioneuvoston päätöksessä (480/1996).

Raja-arvot ovat valtioneuvoston asetuksessa (711/2001) annettuja 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 tai alueellisen ympäristökeskuksen ryhdyttävä toimiin ilmanlaadun parantamiseksi ja raja-arvon ylitysten estämiseksi. Tällaisia toimia voivat olla esimerkiksi määräykset liikenteen tai päästöjen rajoittamisesta. Raja-arvot on annettu erikseen terveyshaittojen ehkäisemistä varten ja kasvillisuuden ja ekosysteemin suojelemiseksi. Ohje- ja raja-arvoja ei sovelleta työpaikoilla eikä tehdasalueilla.

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. Tässä työssä tutkituista aineista arseenin, nikkelin ja kadmiumin tavoitearvo määritellään ilmassa olevan pitoisuuden vuosittaisena keskiarvona hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) näytteissä. Em. aineiden tavoitearvot on määritelty valtioneuvoston asetuksessa 164/2007.

2 TUTKIMUKSEN SUORITUS

2.1 Mittauspaikat ja mittausjakso

Ilmatieteen laitos mittasi 20.5. - 9.8.2010 välisenä aikana Kolarin vanhoilla kaivosalueilla ja niiden ympäristössä aerodynaamiselta halkaisijaltaan alle 10 mikrometrin suuruisien ns. hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) pitoisuuksia jatkuvatoimisilla analysaattoreilla kahdessa mittauspisteessä, joiden sijaintia on havainnollistettu kuvissa 1–3. Käytetyn mittalaitteen tekniset tiedot löytyvät oheisesta linkistä:

http://www.thermo.com/eThermo/CMA/PDFs/Product/productPDF_7599.pdf

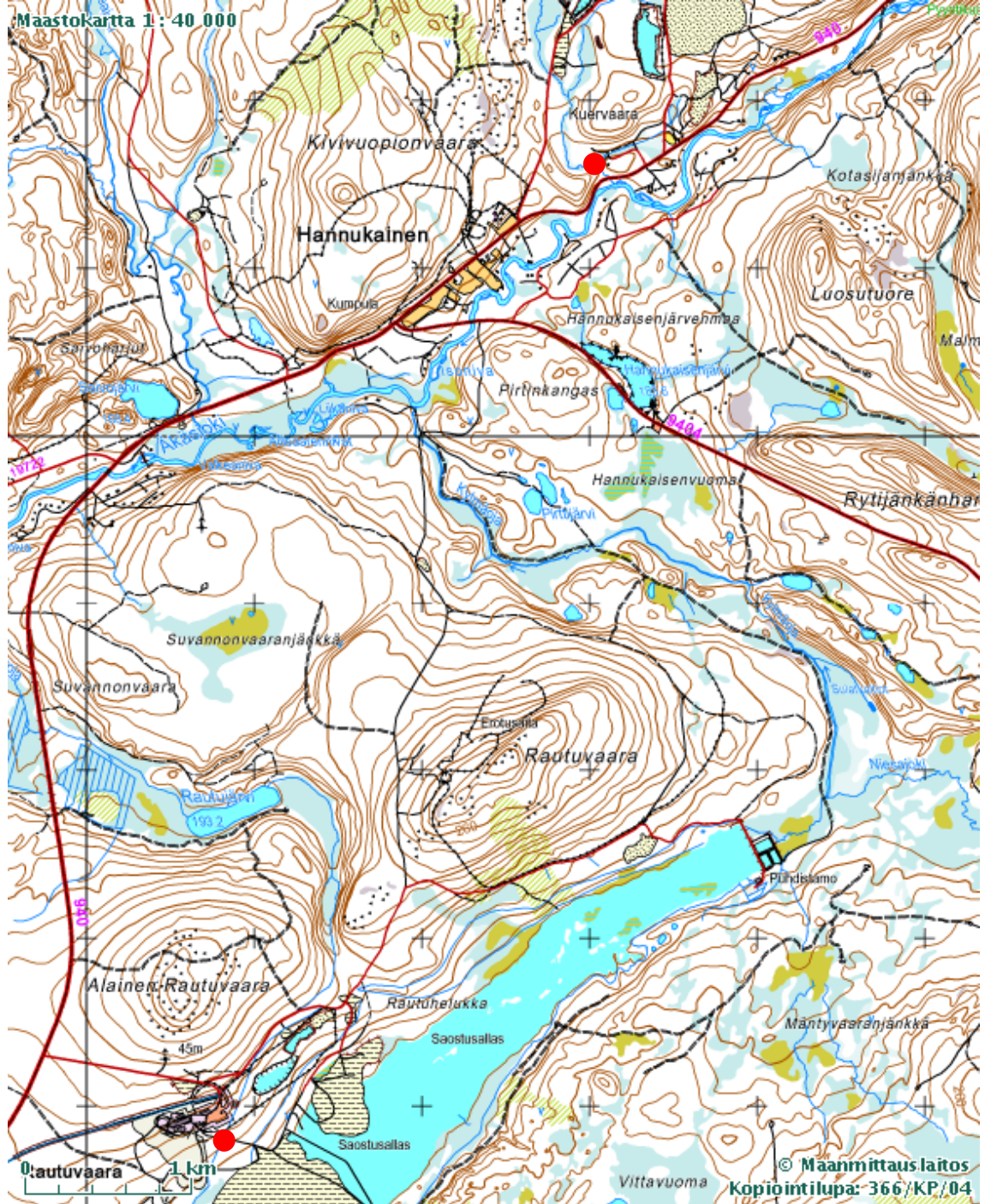
Hannukaisen mittauspiste sijaitsi hieman yli kilometrin päässä Hannukaisen kylän koillispuolella noin 25 km Kolarista koilliseen valtatie 940 pohjoispuolella. Alueella sijaitsee kaksi vanhaa avolouhosta, Laurinoja ja Kuervaara, joista Rautaruukki Oy on louhinut rautamalmia vuosina 1978–1988. Vanhaan kaivostoimintaan liittyvät laajat sivukiven ja jättemaan läjitysalueet sijaitsivat mittauspisteestä koilliseen.

Rautuvaaran mittauspiste sijaitsi Hannukaisen pisteestä noin 5 km lounaaseen lähellä Rautuvaaran rikastuslaitosta valtatie 940 itäpuolella. Mittauspisteen länsiluoteispuolella sijaitsee murskekasa sekä lakkautetun kaivoksen rakennuksia. Vanha rikastushiekka-alue sijaitsee mittauspisteen kaakkois-eteläpuolella.

Molemmissa tutkimuspisteissä mitattiin hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien lisäksi myös tuulen suuntaa ja nopeutta, ulkoilman painetta, lämpötilaa ja suhteellista kosteutta sekä sademäärää. Mittauspisteiden sijaintikoordinaatit olivat Hannukainen: N 67,54821°, E 23,97413° ja Rautuvaara: N 67,49513°, E 23,92438°.

Edellä mainituissa mittauskohteissa kerättiin lisäksi aerodynaamiselta halkaisijaltaan alle 10 mikrometrin kokoisten ns. hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausinäytteitä pientehokeräimillä hiukkasten alkuainekoostumuksen määrittämistä varten.

Pohjakartta © Maanmittauslaitos lupapro 821/MML/10



Kuva 1. Hannukaisen ja Rautuvaaran mittauspisteiden (●) sijainti Kolarissa.



Kuva 2. Mittausyksikkö Hannukaisen mittauspisteessä.



Kuva 3. Mittausyksikkö Rautuvaaran mittauspisteessä.

2.2 Mitatut ilman epäpuhtaudet ja mittausmenetelmät

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia mitattiin Hannukaisessa ja Rautuvaarassa jatkuva-toimisilla automaattisilla analysaattoreilla. Näytteenotto tapahtui mittauskoppien katolla olevista sondeista noin neljän metrin korkeudelta. Mittaustulosten tarkasteluja ja tulkintaa varten molemmissa mittauskohteissa mitattiin lisäksi tuulen suuntaa ja nopeutta sekä ulkoilman painetta, lämpötilaa ja suhteellista kosteutta sekä sademäärää.

Hengitettävien hiukkasten ja sääparametrien mittaustulokset kerättiin mittausasemilta mittaustietokoneelle minuuttiarvoina, Ne siirrettiin edelleen minuuttiarvoina langattomasti (gprs) modeemiyhteyden kautta Ilmatieteen laitokselle. Minuuttiarvoista määritettiin tuntikeskiarvot ja vuorokausikeskiarvot. Mittauksia seurattiin kaukovalvontana Ilmatieteen laitokselta Helsingistä. Mittaustulokset tarkistettiin ja laitteiden toimintahäiriöistä johtuneet virheelliset arvot poistettiin laatu järjestelmän ohjeistuksen mukaisesti.

Taulukko 1. Tutkimuksessa käytetyt mittausmenetelmät ja laitteet.

Mitattava komponentti	Mittausmenetelmä	Mittalaite
Hengitettävät hiukkaset	Beetasäteilyn absorptio + valon sironta	Thermo Model 5030 SHARP
Meteorologiset tiedot		Vaisala WXT510

Edellä mainituissa mittauskohteissa kerättiin lisäksi aerodynaamiselta halkaisijaltaan alle 10 mikrometrin kokoisten ns. hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausinäytteitä pientehokeräimillä hiukkasten alkuainekoostumuksen määrittämiseksi varten. Käytetty menetelmä on ns. vertailu- eli referenssimenetelmä (EN 12341) hengitettävien hiukkasten pitoisuusmittauksissa ja sillä tulee kerätä myös arseenin, kadmiumin, nikkelin ja PAH-yhdisteiden määrittämistä varten otettavat hengitettävien hiukkasten näytteet ns. ilmanlaadun neljännen tytärdirektiivin (2004/107/EY) mukaan. Ko. direktiivi on saatettu voimaan Suomen lainsäädäntöön asetuksella 15.2.2007 (Vna 164/2007).

Taulukko 2. Tutkimuksessa käytetyt hiukkasnäytteiden keräys- ja analyysimenetelmät.

Mitattava komponentti	Keräysmenetelmä	Keräysaika ja jaksotus	Analyysimenetelmä
Arseeni ja metallit hengitettävissä hiukkasissa	Pientehokeräin, esierotin (10 µm) Teflonsuodatin	1 vrk, joka neljäs vrk	ICP-MS*)

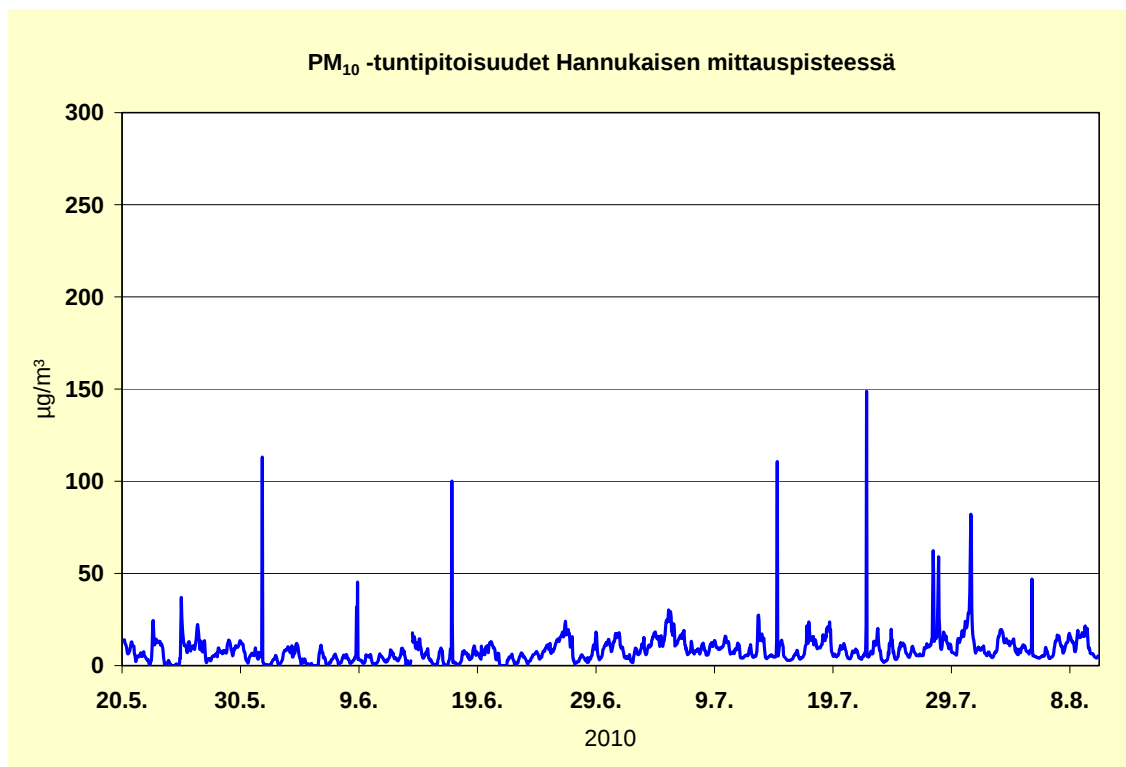
*) ICP-MS = induktiivisesti kytketty plasma-massaspektrometria

3 MITTAUSTULOKSET JA NIIDEN ARVIOINTI

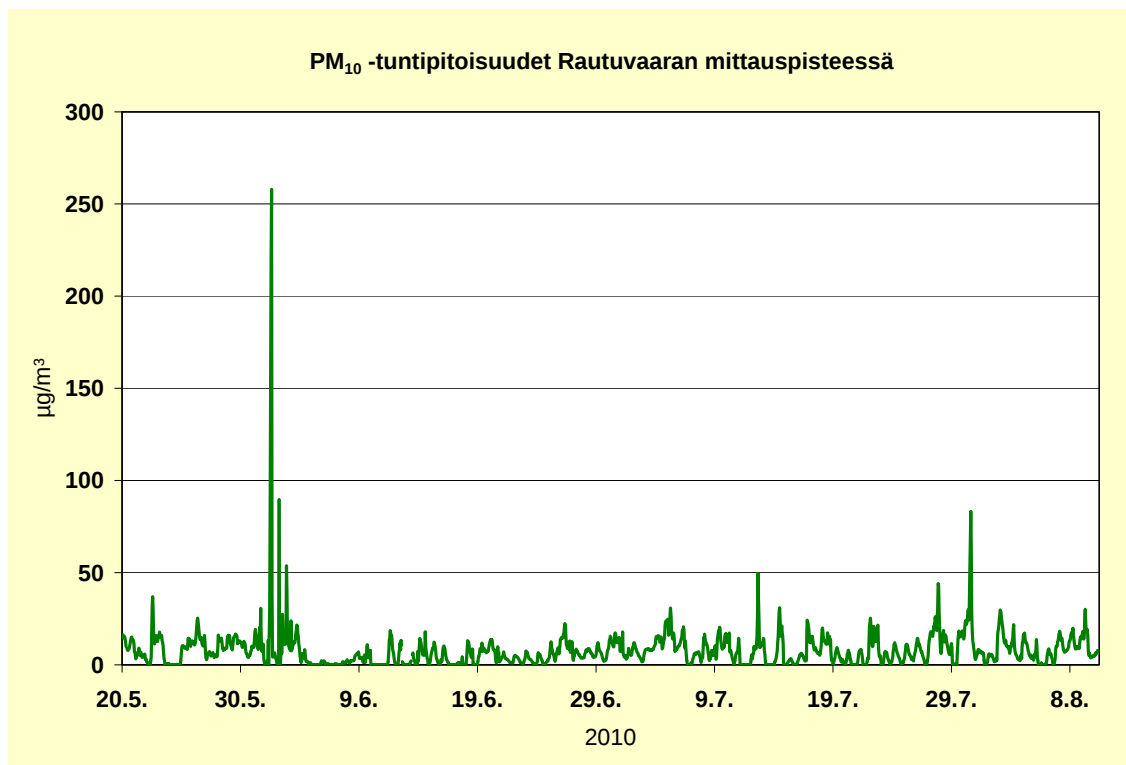
3.1 Mitatut pitoisuudet

3.1.1 Hengitettävät hiukkaset

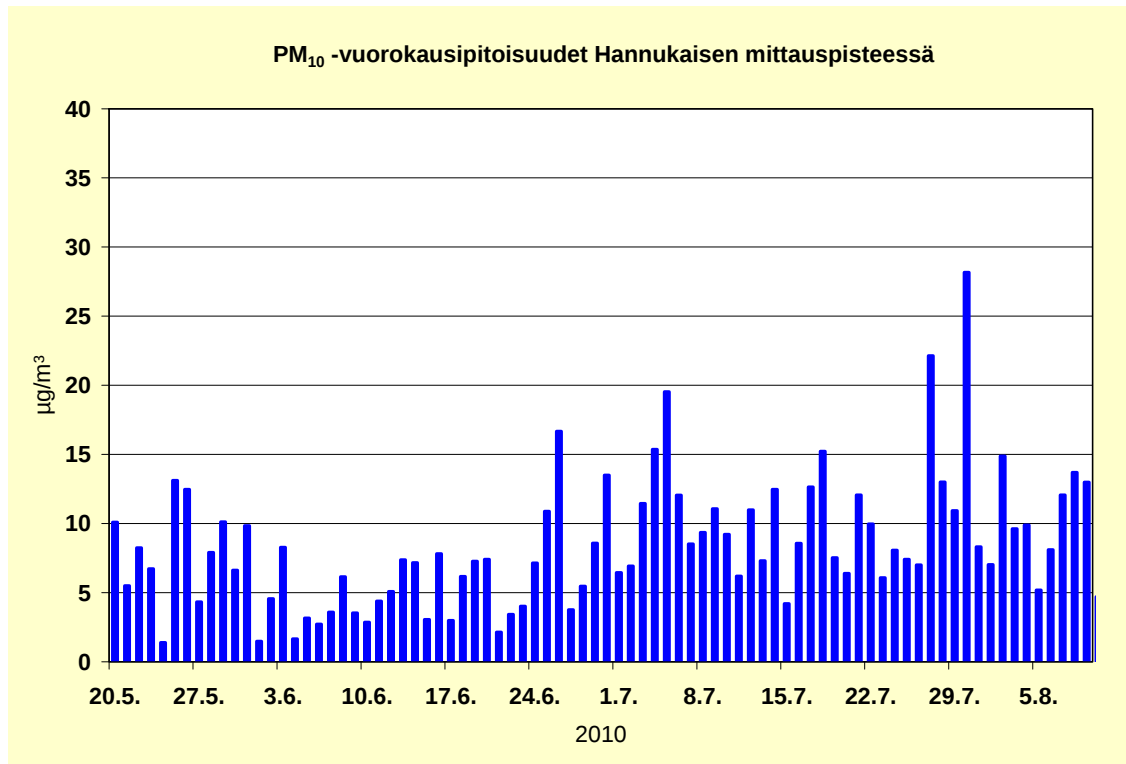
Kuvissa 4–7 on esitetty Hannukaisessa ja Rautuvaarassa mitattujen hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) pitoisuuksien tunti- ja vuorokausiarvojen aikasarjat mittausjaksolta 20.5.–9.8.2010. Taulukoihin 3 ja 4 on koottu kuukausittaisia tilastotietoja mitatuista hengitettävien hiukkasten pitoisuuksista em. jaksolta. Pitoisuudet on ilmoitettu ulkoilman lämpötilassa.



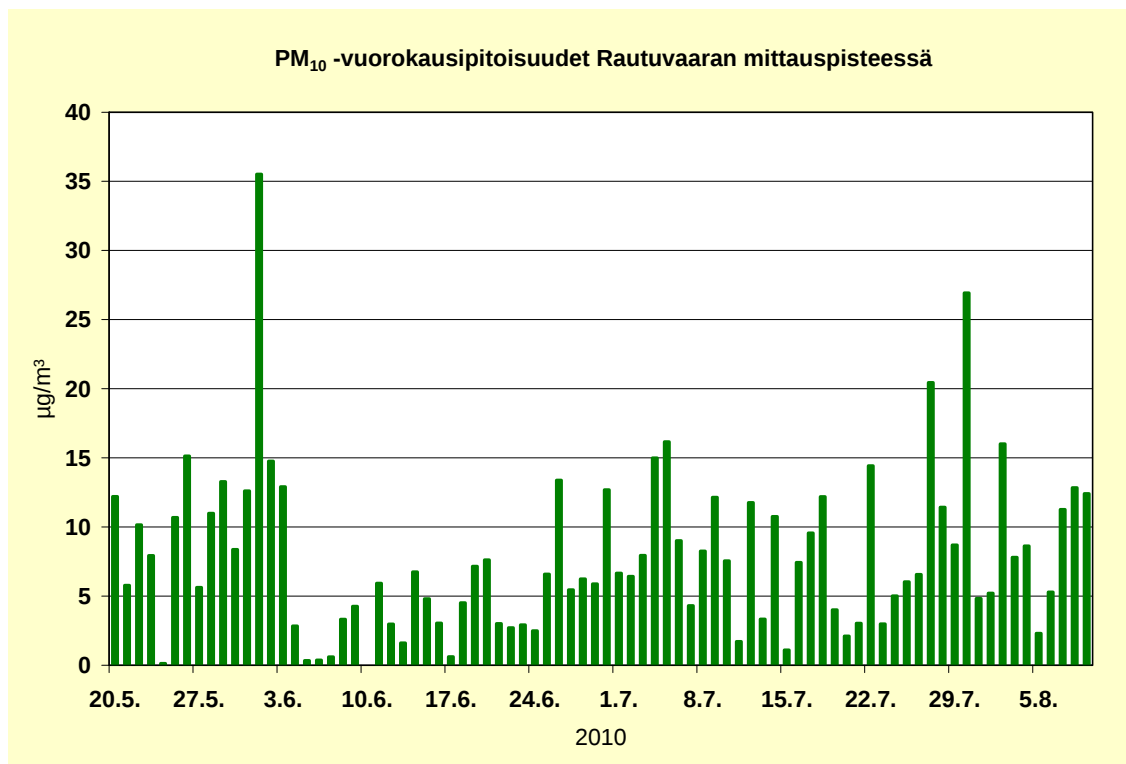
Kuva 4. Hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuudet Hannukaisen mittauspisteessä jaksolla 20.5. - 9.8.2010.



Kuva 5. Hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuudet Rautuvaaran mittauspisteessä jaksolla 20.5. - 9.8.2010.



Kuva 6. Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuudet Hannukaisen mittauspisteessä jaksolla 20.5. - 9.8.2010.



Kuva 7. Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuudet Rautuvaaran mittauspisteessä jaksolla 20.5. - 9.8.2010.

Taulukko 3. Hannukaisen mittauspisteessä mitatut hengitettävien hiukkasten tunti- ja vuorokausipitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kuukausittain mittausjaksolla 20.5. - 9.8.2010. Pitoisuudet on ilmoitettu ulkoilman lämpötilassa.

Hannukainen	2010			
PM ₁₀	toukokuu	kesäkuu	heinäkuu	elokuu
TUNTIARVOJEN				
lukumäärä	283	718	744	226
määrä (%)	38.0	99.7	100	30.4
keskiarvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		6	11	
99. %-piste ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		20	49	
korkein arvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	113	100	149	47
VRK-ARVOJEN				
lukumäärä	12	30	31	9
2. korkein arvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	12	14	22	14
korkein arvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	13	17	28	15

Taulukko 4. Rautuvaaran mittauspisteessä mitatut hengitettävien hiukkasten tunti- ja vuorokausipitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kuukausittain mittausjaksolla 20.5. - 9.8.2010. Pitoisuudet on ilmoitettu ulkoilman lämpötilassa.

Rautuvaara	2010			
PM ₁₀	toukokuu	kesäkuu	heinäkuu	elokuu
TUNTIARVOJEN				
lukumäärä	285	717	744	226
määrä (%)	38.3	99.6	100	30.4
keskiarvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		6	9	
99. %-piste ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		38	35	
korkein arvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	37	258	83	30
VRK-ARVOJEN				
lukumäärä	12	30	31	9
2. korkein arvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	13	15	20	13
korkein arvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	15	36	27	16

3.1.2 Hengitettävien hiukkasten sisältämät alkuaineet

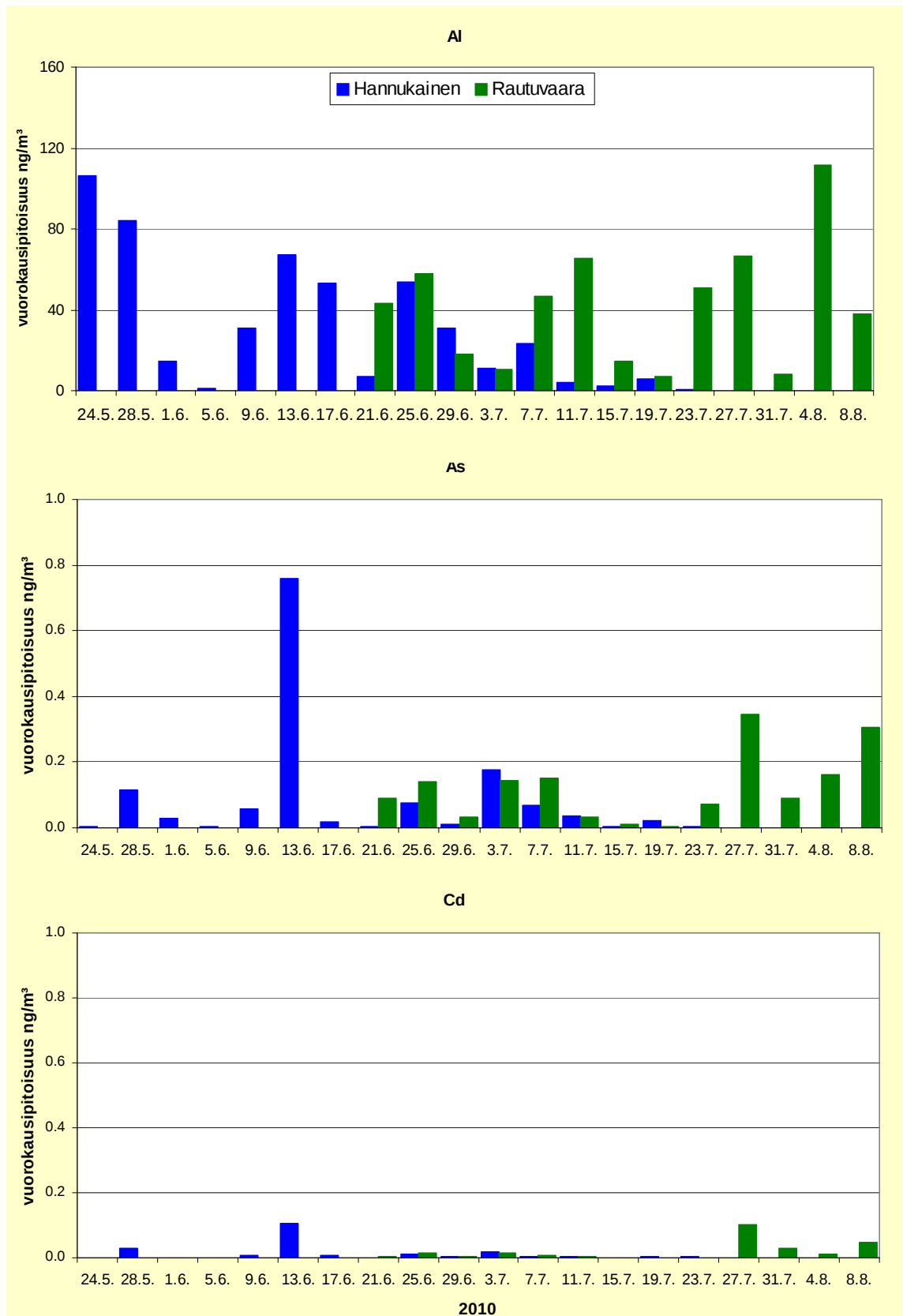
Hannukaisen ja Rautuvaaran mittauspisteissä olivat käytössä hiukkaskeräimet, joilla kerättiin hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausinäytteitä joka neljäs päivä: Hannukaisen mittauspisteessä jaksolla 24.5.–23.7.2010 ja Rautuvaaran mittauspisteessä (teknisten ongelmien vuoksi) jaksolla 21.6.–8.8.2010. Näytteistä analysoitiin metalli- ja arseenipitoisuudet ICP-MS -tekniikalla (induktiivisesti kytketty plasma-massaspektrometria) Ilmatieteen laitoksen Ilmakemian laboratoriossa. Yhteenveto tuloksista on esitetty taulukoissa 5 ja 6, joihin on koottu mittausjakson keskiarvo, suurin ja pienin vuorokausiarvo sekä hajonta. Tulokset on esitetty näytteittäin liitteessä 1 ja kuvissa 8–11.

Taulukko 5. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausinäytteistä määritetyt arseeni- ja metallipitoisuudet Hannukaisen tutkimuspisteessä 24.5.–23.7.2010.

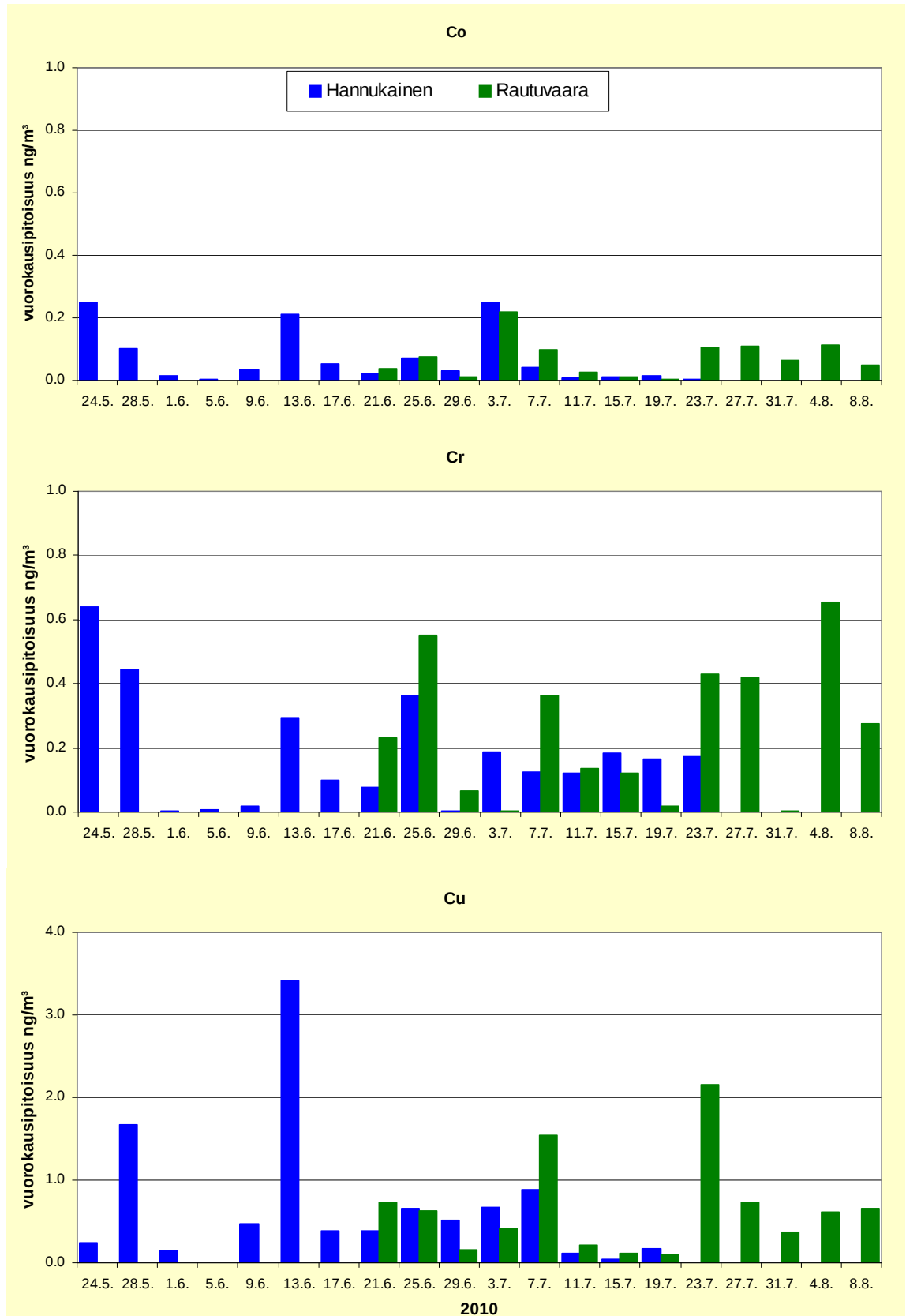
PM ₁₀ Hannukainen	Keskiarvo (ng/m ³)	Minimi (ng/m ³)	Maksimi (ng/m ³)	Hajonta (ng/m ³)
Al	31	<1	106	33
As	0.09	<0.01	0.76	0.19
Cd	0.01	<0.001	0.10	0.026
Co	0.07	<0.01	0.25	0.09
Cr	0.18	<0.01	0.64	0.18
Cu	0.6	0.01	3.4	0.86
Fe	39	<1	104	35
Mn	1.0	0.05	2.3	0.65
Ni	0.5	<0.01	3.3	0.98
Pb	0.3	<0.01	1.3	0.39
V	0.2	<0.01	1.5	0.41
Zn	1.7	<0.1	6.3	2.0

Taulukko 6. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausinäytteistä määritetyt arseeni- ja metallipitoisuudet Rautuvaaran tutkimuspisteessä 21.6.–8.8.2010.

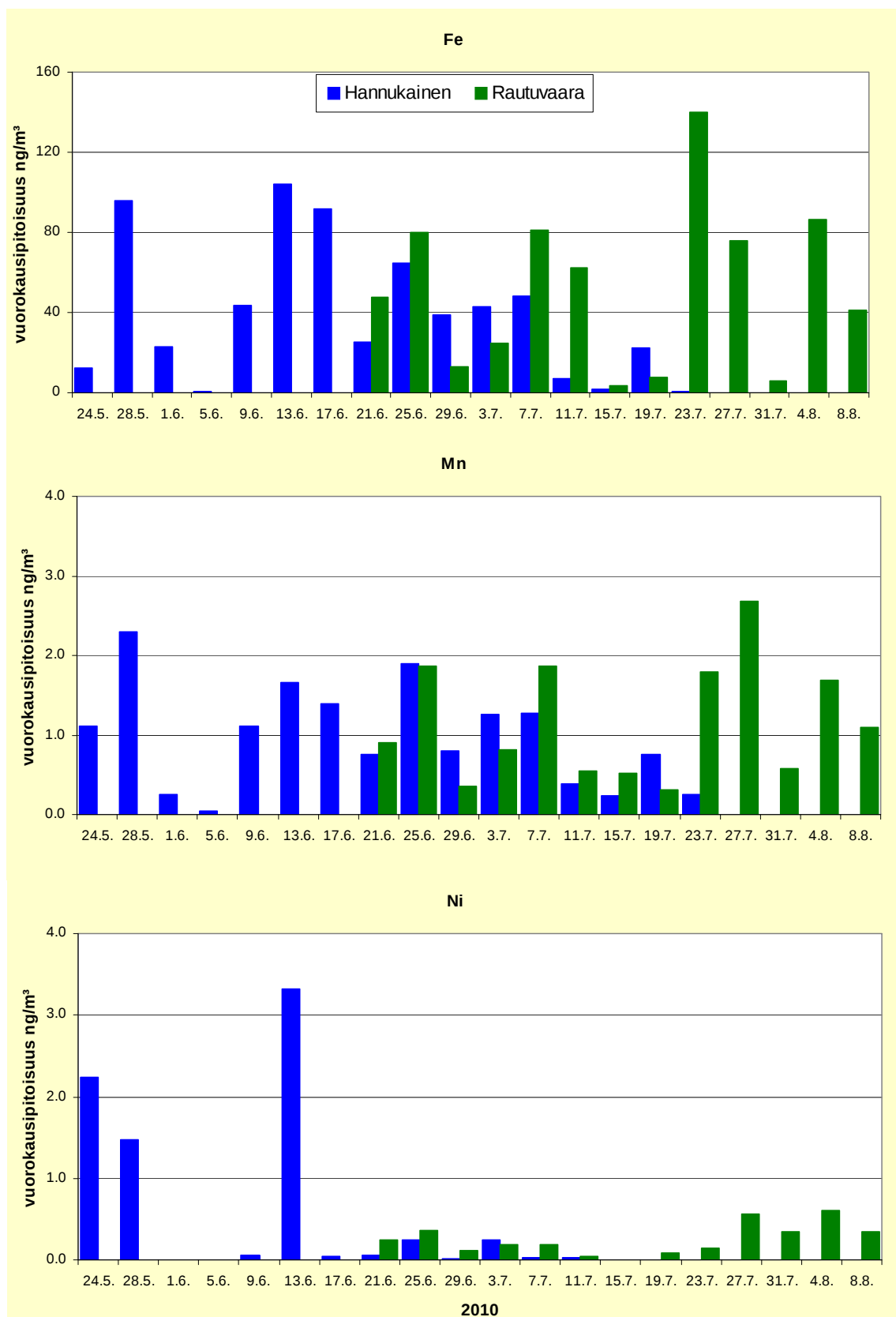
PM ₁₀ Rautuvaara	Keskiarvo (ng/m ³)	Minimi (ng/m ³)	Maksimi (ng/m ³)	Hajonta (ng/m ³)
Al	41	7	112	30.3
As	0.12	<0.01	0.35	0.11
Cd	0.02	0.001	0.10	0.029
Co	0.07	<0.01	0.22	0.06
Cr	0.25	0.01	0.65	0.22
Cu	0.7	0.10	2.2	0.59
Fe	51	3	140	41
Mn	1.2	0.32	2.7	0.75
Ni	0.3	<0.01	0.6	0.19
Pb	0.5	<0.01	1.9	0.48
V	0.3	<0.01	1.1	0.29
Zn	1.5	<0.1	5.9	1.6



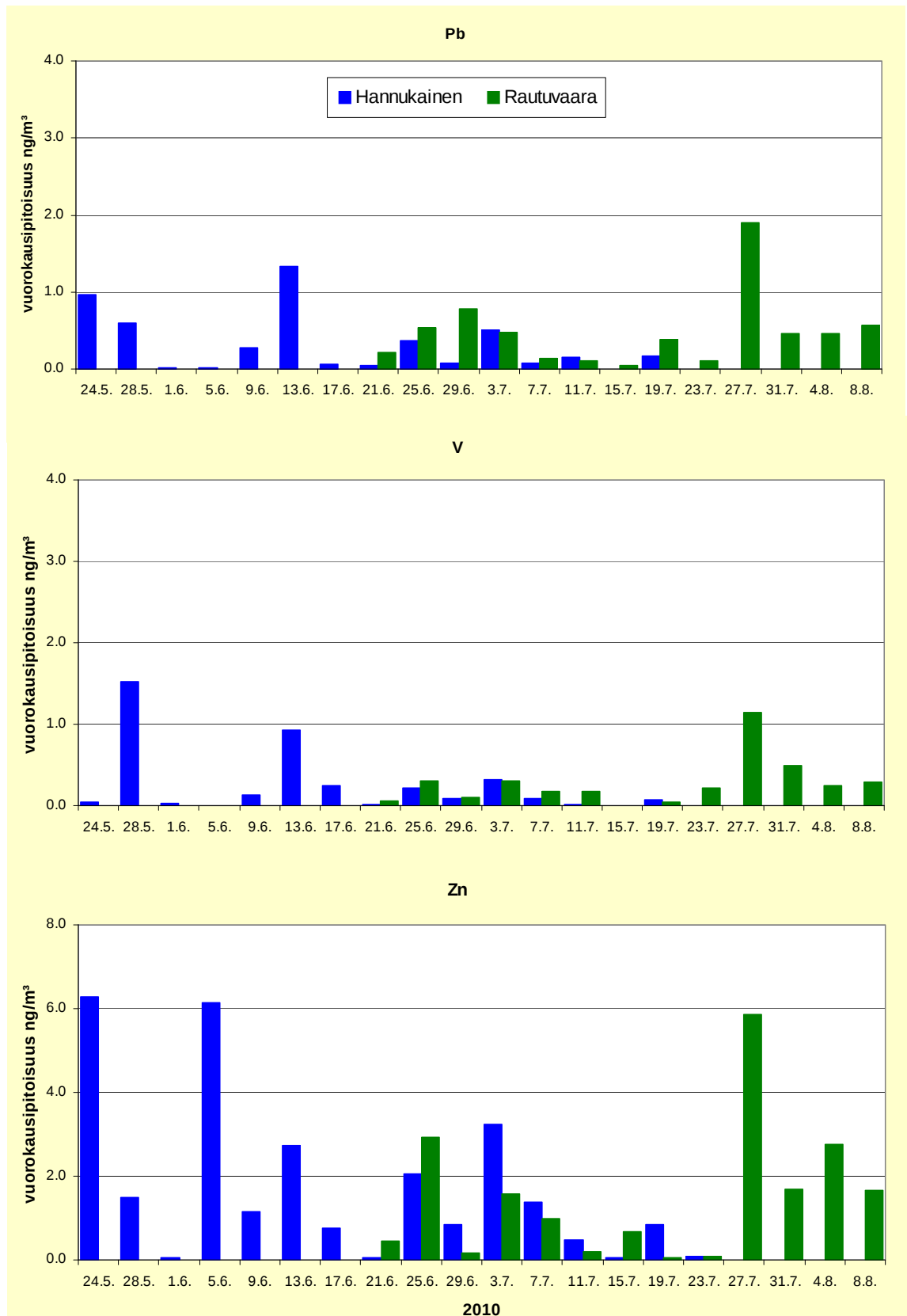
Kuva 8. Hengitettävien hiukkasten vuorokausinäytteistä määritetyt alumiinin, arseenin ja kadmiumin pitoisuudet Hannukaisen ja Rautuvaaran mittauspisteissä jaksolla 24.5.–8.8.2010.



Kuva 9. Hengitettävien hiukkasten vuorokausinäytteistä määritetyt koboltin, kromin ja kuparin pitoisuudet Hannukaisen ja Rautuvaaran mittauspisteissä jaksolla 24.5.–8.8.2010.



Kuva 10. Hengitettävien hiukkasten vuorokausinäytteistä määritetyt raudan, mangaanin ja nikkelin pitoisuudet Hannukaisen ja Rautuvaaran mittauspisteissä jaksolla 24.5.–8.8.2010.



Kuva 11. Hengitettävien hiukkasten vuorokausinäytteistä määritetyt lyijyn, vanadiinin ja sinkin pitoisuudet Hannukaisen ja Rautuvaaran mittauspisteissä jaksolla 24.5.–8.8.2010.

3.2 Ohje-, raja- ja tavoitearvoihin verrattavat pitoisuudet

Hengitettävien hiukkasten pitoisuutta koskeva ohjearvo tilastollisine määrittelyineen on esitetty taulukossa 7 (Vnp 480/1996). 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 pitkällä aikavälillä alueilla, joilla ilmanlaatu on tai saattaa toistuvasti olla huonompi kuin ohjearvo edellyttäisi.

Taulukko 7. Ulkoilman hengitettävien hiukkasten pitoisuutta koskeva ohjearvo.

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

Valtioneuvoston antaman ilmanlaatuasetuksen (Vna 711/2001) mukaiset hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia koskevat raja-arvot on esitetty taulukossa 8. Hengitettävien hiukkasten raja-arvojen lähtökohtana on ollut lyhyt- ja pitkäaikaisaltistuksen aiheuttamien terveyshaittojen ehkäiseminen. Ilman epäpuhtauksien aiheuttamien terveyshaittojen ehkäisemiseksi alueilla, joilla asuu tai oleskelee ihmisiä ja joilla ihmiset saattavat altistua ilman epäpuhtauksille hengitettävien hiukkasten ja lyijyn pitoisuudet ulkoilmas- sa eivät saa ylittää seuraavia raja-arvoja:

Taulukko 8. Hengitettävien hiukkasten ja lyijyn pitoisuuksia koskevat raja-arvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi.

Epäpuhtaus	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo (µg/m ³) (293 K, 101,3 kPa)	Sallittujen ylitysten määrä kalenterivuodessa (vertailujakso)
Hengitettävät hiukkaset (PM ₁₀)	24 tuntia	50 ¹⁾	35
Lyijy (Pb)	kalenterivuosi	40 ¹⁾	-
	kalenterivuosi	0,5 ¹⁾	-

¹⁾ Tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

Raja-arvot ovat sitovia, eivätkä niiden ylitykset ole sallittuja. Raja-arvon ylittyessä on kunnan tai alueellisen ympäristöviranomaisen ryhdyttävä ilmansuojelulain mukaisiin toimiin ilmanlaadun parantamiseksi ja raja-arvon ylitysten estämiseksi. Tällaisia toimia voivat olla esimerkiksi määräykset liikenteen tai päästöjen rajoittamisesta. Ohje- ja raja-arvoja ei sovelleta työpaikoilla eikä tehdasalueilla.

Joulukuussa 2004 hyväksyttiin Euroopan unionissa arseenia, kadmiumia, nikkeliä, elohopeaa ja polyyaromaattisia hiilivety-yhdisteitä (PAH-yhdisteet) koskeva ns. ilmanlaadun neljäs tytärdirektiivi (2004/107/EY), jonka mukainen valtioneuvoston asetus

(Vna 164/2007) tuli Suomen kansallisessa lainsäädännössä voimaan 15.2.2007. Direktiivissä ja asetuksessa annettuihin tavoitearvoihin tulee päästä vuoden 2012 loppuun mennessä. Taulukossa 9 on esitetty hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) sisältämien arseenin, kadmiumin ja nikkelin vuosikeskiarvopitoisuuksia koskevat tavoitearvot ja ns. alemmat ja ylemmät arviointikynnykset.

Taulukko 9. Arseenin (As), kadmiumin (Cd) ja nikkelin (Ni) tavoitearvot ja arviointikynnykset pitoisuuksien vuosikeskiarvoille.

Aine	Keskiarvon laskenta-aika	Tavoitearvo (ng/m ³)	Alempi arviointikynnys (ng/m ³)	Ylempi arviointikynnys (ng/m ³)
As	kalenterivuosi	6	2,4	3,6
Cd	kalenterivuosi	5	2	3
Ni	kalenterivuosi	20	10	14

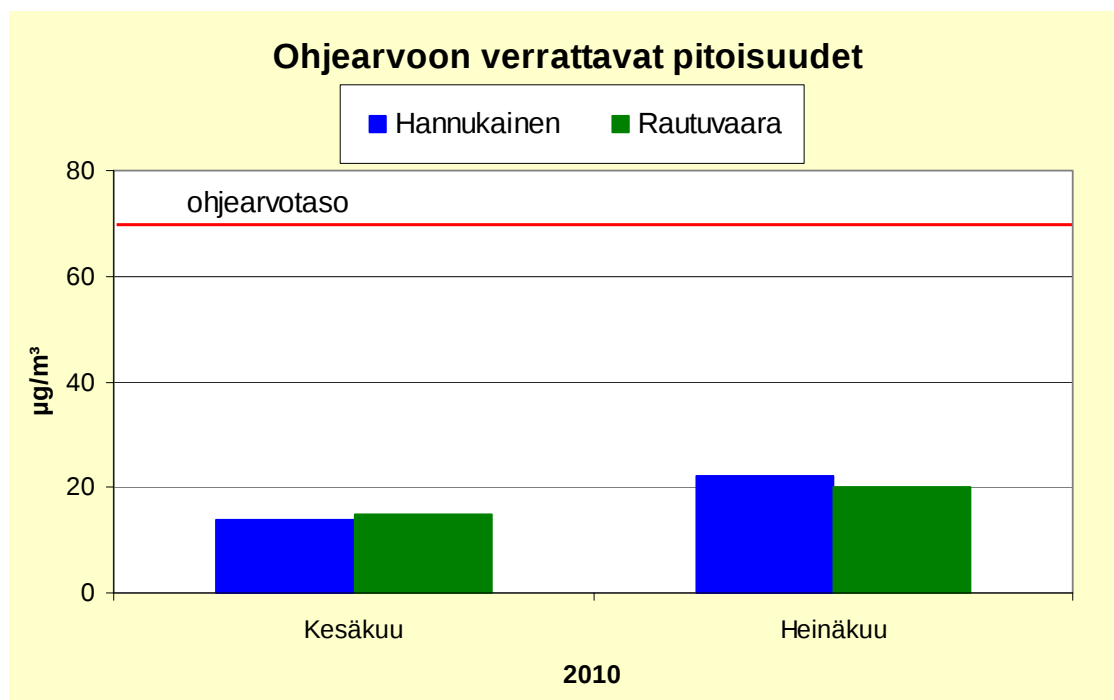
Ylemmän arviointikynnyksen ylittyessä seuranta-alueella tulee tehdä riittävä määrä jatkuvia mittauksia, alemmissa pitoisuuksissa suuntaa-antavat mittaukset ovat riittäviä, tarvittaessa täydennettynä leviämismallilaskelmilla. Alemman arviointikynnyksen alittuessa ei mittauksia tarvitse tehdä välttämättä ollenkaan, mutta ilmanlaatu tulee arvioida muilla keinoilla, kuten leviämislaskelmilla.

Taulukossa 10 ja kuvassa 12 on esitetty Hannukaisen ja Rautuvaaran mittauspisteissä mitattujen hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien ohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain sekä ko. pitoisuuksien suhde ohjearvoon. Ohjearvoon vertaaminen edellyttää, että vuorokausipitoisuuksia on vähintään 75 % kuukauden vuorokausien lukumäärästä.

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjearvo, 70 µg/m³, ei ylittynyt mittausjaksolla Hannukaisen eikä Rautuvaaran mittauspisteissä. Ohjearvoon verrattava pitoisuus vaihteli Hannukaisen mittauspisteessä 20–31 % ohjearvosta ja Rautuvaaran mittauspisteessä 21–29 % ohjearvosta.

Taulukko 10. Hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrattavat pitoisuudet (µg/m³) kuukausittain sekä ko. pitoisuuksien suhde vastaavaan ohjearvoon Hannukaisen ja Rautuvaaran mittauspisteissä jaksolla kesäkuu–heinäkuu 2010. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet on ilmoitettu ulkoilman lämpötilassa.

PM ₁₀	Hannukainen		Rautuvaara	
	2. suurin vrk-arvo (µg/m ³)	% ohjearvosta	2. suurin vrk-arvo (µg/m ³)	% ohjearvosta
2010				
Kesäkuu	14	20	15	21
Heinäkuu	22	31	20	29
Ohjearvo	70		70	



Kuva 12. Hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa ohjearvoon Hannukaisen ja Rautuvaaran mittauspisteissä kesä-heinäkuussa 2010. Punaisella vaakaviivalla on merkitty ohjearvotaso $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Koska raja-arvotarkasteluissa vertailujakso on yksi kalenterivuosi, voidaan lyhyemmän mittausjakson pitoisuuksia tarkastella vain suuntaa-antavasti suhteessa raja-arvoihin. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiraja-arvotasolle, $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sallitaan vuoden jaksolla ylityksiä 35 kpl ennen kuin varsinaisen vuorokausiraja-arvon ylityksen katsotaan tapahtuneen. Kummassakaan mittauspisteessä ei havaittu mittausjaksolla yhtään yli $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$:n vuorokausipitoisuutta, Hannukaisen mittauspisteessä mittausjakson suurin vuorokausipitoisuus oli $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Rautuvaarassa $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Mittausjaksolta 20.5.–9.8.2020 laskettu hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskiarvo oli Hannukaisen mittauspisteessä $8,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Rautuvaarassa $7,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvoa koskeva raja-arvo on $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

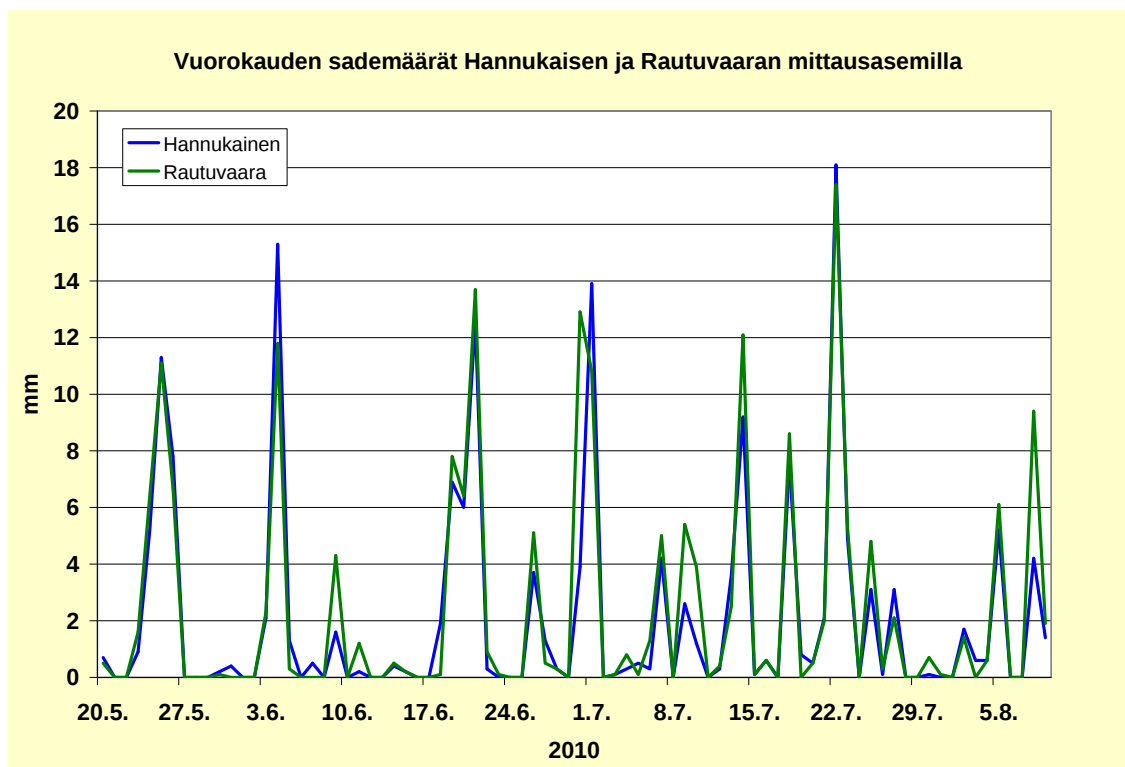
Hengitettävistä hiukkasista määritetyt lyijypitoisuudet olivat hyvin pieniä ja jäivät kauas raja-arvotasosta: mittausjakson keskiarvot Hannukainen 0,06 % ja Rautuvaara 0,1 % vuosikeskiarvoa koskevasta raja-arvosta $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Hengitettävien hiukkasten arseenin, nikkelin ja kadmiumin vuosikeskiarvopitoisuuksille annetut tavoitearvot eivät ylittyneet Hannukaisessa eivätkä Rautuvaarassa, mutta vertailu on tavoitearvojen kohdallakin suuntaa-antava, sillä myös tavoitearvot on annettu vuosikeskiarvolle, ja tämän tutkimuksen mittausjakso kattoi vain pari kuukautta. Tässä suuntaa-antavassa vertailussa hiukkasissa esiintyneiden aineiden suhde vuosikeskiarvoja koskeviin tavoitearvoihin oli seuraava:

Hannukainen: arseeni 1,5 %, kadmium 0,2 %, nikkeli 1,5 %, Rautuvaara: arseeni 2 %, kadmium 0,4 %, nikkeli 1,5 % vastaavista vuosikeskiarvoista koskevista tavoitearvoista.

3.3 Mitattuihin pitoisuuksiin vaikuttaneita tekijöitä - suurimmat pitoisuusarvot

Kuvassa 13 on esitetty mittausjakson vuorokausisademäärät Hannukaisen ja Rautuvaaran mittausasemilla. Sade puhdistaa ilmaa, mutta puhdistava vaikutus riippuu muun muassa sateen kestosta ja intensiteetistä. Sade vaikuttaa myös ns. resuspensioon, eli teiden yms. pintojen (uudelleen) pölyämiseen. Kesän 2010 sää oli Pohjois-Suomessa keskimääräistä sateisempi. Peräkkäisiä poutapäiviä oli maksimissaan kolme, joten pölyäminen on mittausjaksolla todennäköisesti ollut keskimääräistä vähäisempää

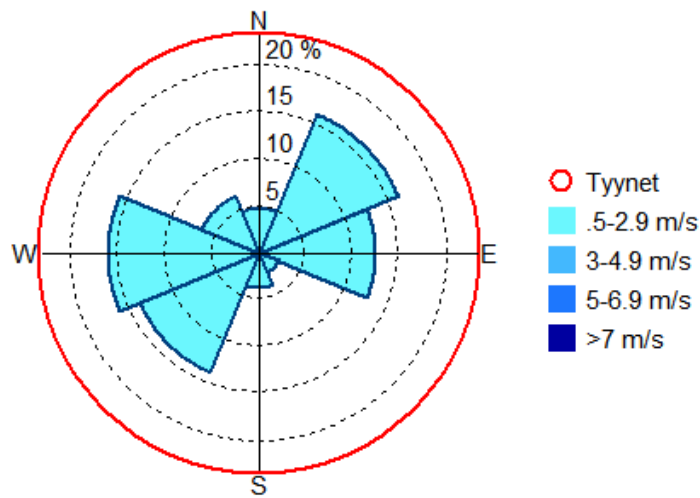


Kuva 13. Vuorokauden sademäärät Hannukaisen ja Rautuvaaran mittausasemilla 20.5. - 9.8.2010.

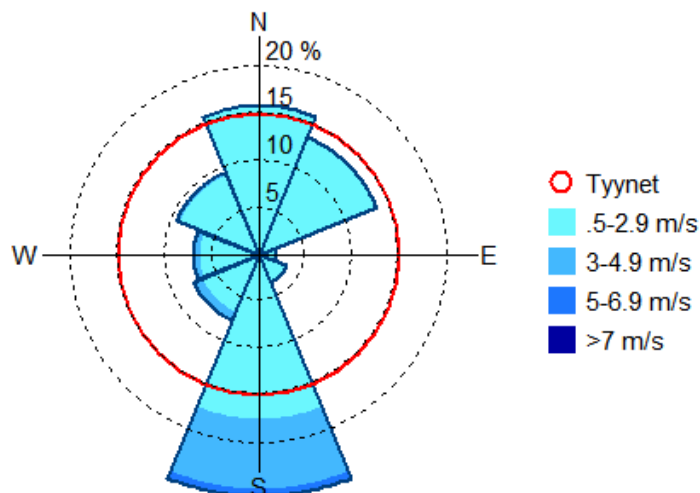
Hannukaisen ja Rautuvaaran hiukkasmittauspisteiden tuuliolosuhteita kuvaavat tuuliruusut mittausjaksolta 20.5. - 9.8.2010 on esitetty kuvissa 14 ja 15. Tuuliruusun keskipisteestä lähtevän janan pituus sektorin kehäviivalle vastaa ko. tuulisektorin tuulien prosentuaalista osuutta jakson tuulista. Tyynet tapaukset on kuvattu ympyrällä, jonka säteen pituus kertoo tyynien tilanteiden prosentuaalisen osuuden kaikista tuulihavainnoista. Tuuliruususta nähdään myös tuulien nopeusjakaumat tuulensuuntasektoreittain. Eri tuulennopeuksien prosentuaaliset osuudet saadaan vertaamalla sektoreiden kunkin nopeusluokan pituutta prosenttiasteikkoon.

Tuulen suunnalla tarkoitetaan meteorologiassa suuntaa, josta tuuli puhalttaa. Kun tuulta mitataan ja ilmoitetaan tuulen suunta, tarkoitetaan aina, että tuuli käy kyseisestä ilmansuunnasta havaitsijaa kohti. Niinpä etelätuuli puhalttaa 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.

Hannukaisen mittauspiste sijaitsi melko tuulensuojaisessa paikassa, mittauspisteen tuulihavainnoista liki neljännes olikin tyynä. Hannukaisessa heikot tuulet kävivät mittausjaksolla pääasiassa koillisen-idän tai lännen-lounaan puolelta. Rautuvaaran mittauspiste sijaitsi tuulen suhteen avarammassa paikassa. Tosin lännen-luoteen puolella sijaitsi murskekasa sekä lakkautetun kaivoksen rakennuksia. Rautuvaarassa vallitsevat tuulensuunnat olivat mittausjaksolla etelästä ja pohjoisesta-koillisesta.

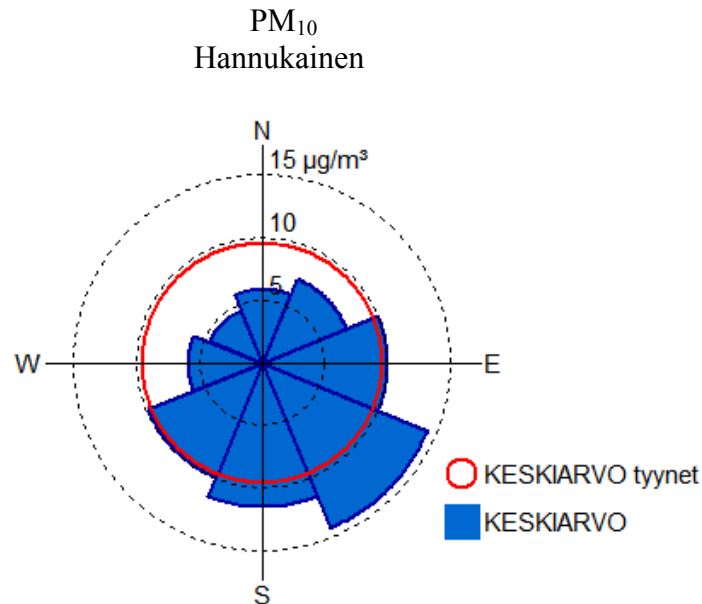


Kuva 14. Hannukaisen mittauspisteen tuuliolosuhteet mittausjaksolla 20.5.–9.8.2010.

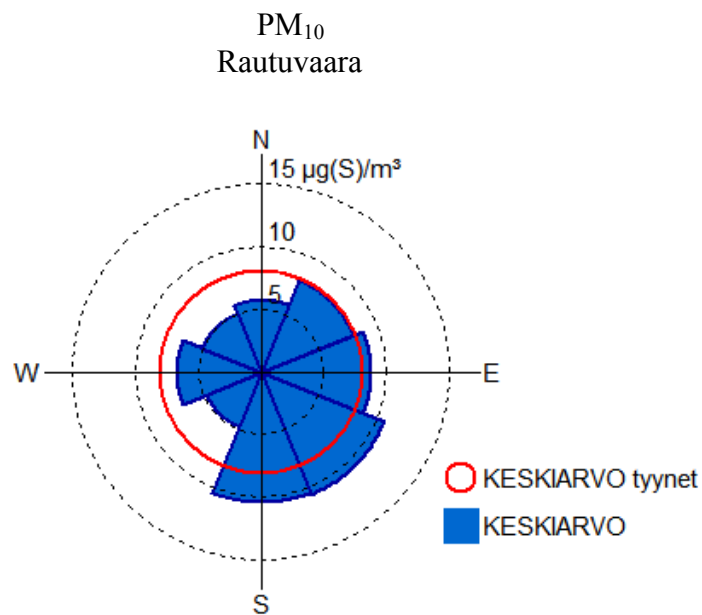


Kuva 15. Rautuvaaran mittauspisteen tuuliolosuhteet mittausjaksolla 20.5.–9.8.2010.

Kuvissa 16 ja 17 on havainnollistettu tuulen suunnan ja nopeuden vaikutusta Hannukaisessa ja Rautuvaarassa mitattuihin hiukkaspitoisuuksiin ns. saasteruusujen avulla. Saasteruus kuvaakin tuntipitoisuuksien keskiarvoa eri tuulensuunnilla. Saasteruusun keskipisteestä lähtevän janan pituus sektorin kehäviivalle vastaa hiukkasten tuntipitoisuuksien keskiarvoa ko. tuulisektorissa. Tyynellä säällä havaittujen tuntipitoisuuksien keskiarvo on esitetty ympyrällä, jonka säteen pituus kuvaa keskipitoisuuden arvoa.



Kuva 16. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tuntipitoisuuksien keskiarvo (µg/m³) tuulensuunnittain Hannukaisen mittauspisteessä mittausjaksolla 20.5.–9.8.2010.



Kuva 17. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tuntipitoisuuksien keskiarvo (µg/m³) tuulensuunnittain Rautuvaaran mittauspisteessä mittausjaksolla 20.5.–9.8.2010.

Hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuudet olivat Hannukaisen mittauspisteessä keskimäärin suurimmillaan tuulen käydessä kaakkoissektorista. Myös tyynellä ja idän, etelän ja lounaan puoleisilla tuulilla pitoisuustaso oli keskimäärin korkeampi kuin lännen, luoteen, pohjoisen ja koillisen puoleisilla tuulilla. Aiheuttajana on mahdollisesti liikennöinti Hannukaisen mittauspisteen yhteydessä olleelle talolle ja toiminta talolla ja sen piha-alueilla, jotka sijoittuvat idän-lounaan välille. Tie Hannukaisen talolle, sekä piha- ja pysäköintialue ovat sorapäälysteisiä ja pölyävät niillä liikuttaessa. Lisäksi mittauspisteestä kaakkoon Äkäsjoen varrella on useita kesämökkejä, joissa on puusaunoja ja puulämmitystä. Myös Ylläkselle menevä maantie 940 sijaitsee lounas-etelä-kaakkois-sektoreilla muutaman sadan metrin päässä mittauspisteestä.

Myös Rautuvaaran mittauspisteessä tilanne oli hyvin samankaltainen, hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuudet olivat keskimäärin suurimmillaan tuulen käydessä etelä- tai kaakkoissektorista. Myös tyynellä sekä koillisen ja idän puoleisilla tuulilla pitoisuustaso oli keskimäärin korkeampi kuin lounaan, lännen, luoteen ja pohjoisen puoleisilla tuulilla. Pitoisuuksiin on Rautuvaarassakin osin vaikuttanut liikennöinti mittauspisteen yhteydessä olleelle talolle ja toiminta talon piha-alueilla. Myös vanha rikastushiekka-alue sijaitsee kaakkoissektorissa ja osittain eteläpuolella, ja sieltä on voinut kulkeutua pölyä varsinkin kovemmilla tuulilla. Suurimmat Hannukaisen ja Rautuvaaran mittauspisteissä mitatut hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuudet mittausaikoineen ja tuulitietoineen on esitetty taulukoissa 11 ja 12.

Taulukko 11. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) suurimmat tuntipitoisuudet, niiden mittausaikana vallinnut säätila Hannukaisen mittauspisteessä mittausjaksolla 20.5.–9.8.2010.

Päivä	klo	Viikonpäivä	Hannukainen PM ₁₀ (µg/m ³)	Sademäärä (mm)	Lämpötila (°C)	Kosteus (%)	Tuulen nopeus (m/s)	Tuulen suunta (aste)
21.7.2010	20	Ke	149	0	17.5	62	0.5	114
31.5.2010	20	Ma	113	0	13.6	39	1.6	255
14.7.2010	7	Ke	111	0	16.3	70	tyyni	-
16.6.2010	20	Ke	100	0	15.5	33	0.9	242
30.7.2010	15	Pe	82	0.1	23.6	77	0.6	89
30.7.2010	16	Pe	80	0	23.5	77	0.7	115
27.7.2010	11	Ti	62	0	19.4	77	tyyni	-
30.7.2010	14	Pe	60	0	24.1	70	0.7	76
27.7.2010	22	Ti	59	0.1	19.6	87	1.1	202
27.7.2010	12	Ti	49	0	19.7	79	0.5	101

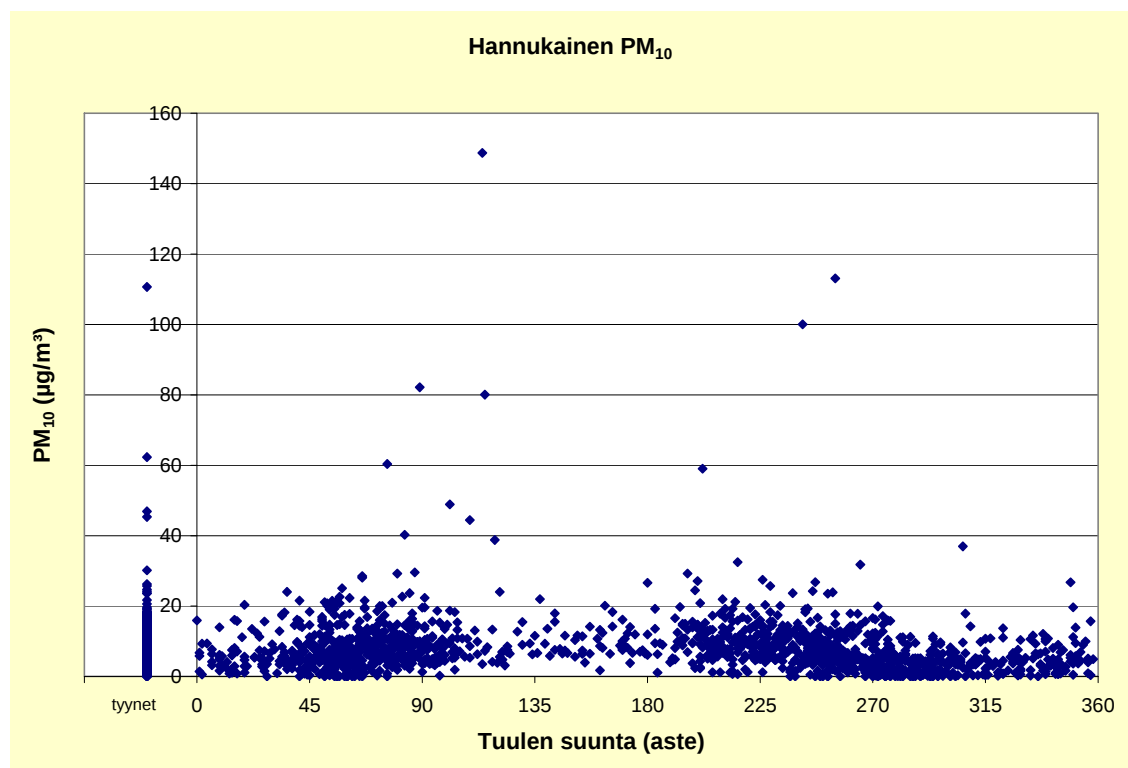
Taulukko 12. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) suurimmat tuntipitoisuudet, niiden mittausaikana vallinnut säätila Rautuvaaran mittauspisteessä mittausjaksolla 20.5.–9.8.2010.

Päivä	klo	Viikonpäivä	Rautuvaara PM ₁₀ (µg/m ³)	Sademäärä (mm)	Lämpötila (°C)	Kosteus (%)	Tuulen nopeus (m/s)	Tuulen suunta (aste)
1.6.2010	15	Ti	258	0	10.8	30	1.7	315
1.6.2010	14	Ti	221	0	10.4	31	2.1	287
1.6.2010	13	Ti	156	0	10.3	31	1.5	275
2.6.2010	6	Ke	90	0	8.3	43	2.6	178
30.7.2010	15	Pe	83	0.7	22.9	80	0.9	153
1.6.2010	12	Ti	83	0	9.1	35	1.7	323
30.7.2010	14	Pe	67	0	23.7	71	1.2	162
30.7.2010	16	Pe	64	0	23.1	74	2.5	163
2.6.2010	21	Ke	54	0	15.4	31	2	168

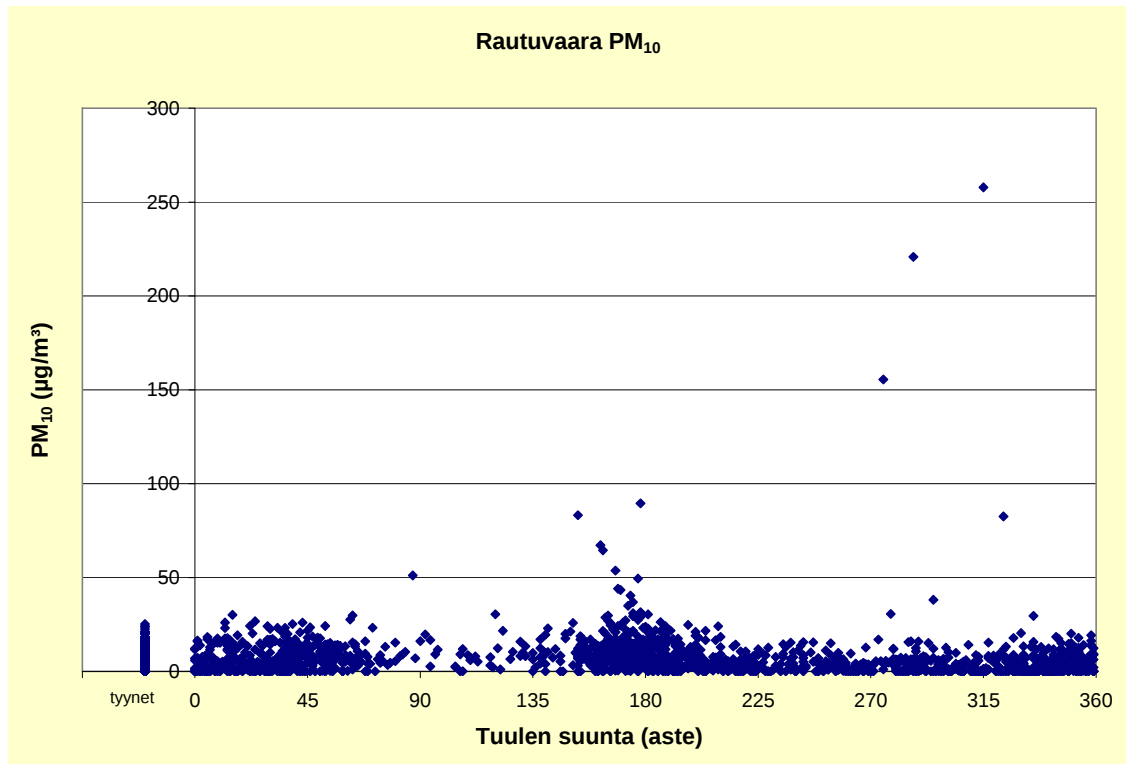
Kuvissa 18 ja 19 on esitetty Hannukaisen ja Rautuvaaran mittauspisteissä mitatut hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuudet tuulensuunnan mukaan. Suurimmat yksittäiset hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuudet esiintyivät Hannukaisessa itä-kaakon ja lännen puoleisilla tuulilla tai tyynillä (ks. kuva 18). Korkeimmatkin tuntipitoisuudet jäivät alle $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$:n tasolle ja voivat olla yhteydessä läheisen talon tai saunan lämmitykseen tai liikennöintiin Hannukaisen mittauspisteen yhteydessä olevan talon pihalla. Yli $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tuntipitoisuuksia esiintyi Hannukaisen mittauspisteessä vain neljä kappaletta.

Rautuvaarassa suurimmat yksittäiset hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuudet esiintyivät 1.6.2010 lännen-luoteen puoleisilla tuulilla (ks. kuva 19) ja olivat tasoltaan noin $150\text{--}250 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Yli $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$:n tuntipitoisuuksia esiintyi Rautuvaaran mittauspisteessäkin vain kolme kappaletta. Mittauspisteen länsi-luoteispuolella sijaitsee murskekasa sekä lakkautetun kaivoksen rakennuksia. Mittausjakson alkupuolella on Rautuvaarassa toimiva kiviainesta kuljettava yritys kuljettanut mursketta mittauspisteen läheisyydessä noin 30 m päässä länsi-luoteispuolella kulkevaa soratietä pitkin, joten kohonneet pitoisuudet ovat todennäköisesti aiheutuneet ko. toiminnasta.

Korkeimmat hiukkasten vuorokausipitoisuudet jäivät molemmissa mittauspisteissä noin 40–50 %:iin ohjearvotasosta. Hannukaisen mittauspisteessä korkein vuorokausipitoisuus oli $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (30.7.2010). Rautuvaaran mittauspisteessä korkeimmat vuorokausipitoisuudet olivat $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1.6.2010) ja $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (30.7.2010).



Kuva 18. Hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuudet tuulensuunnittain Hannukaisen mittauspisteessä mittausjaksolla 20.5.–9.8.2010..

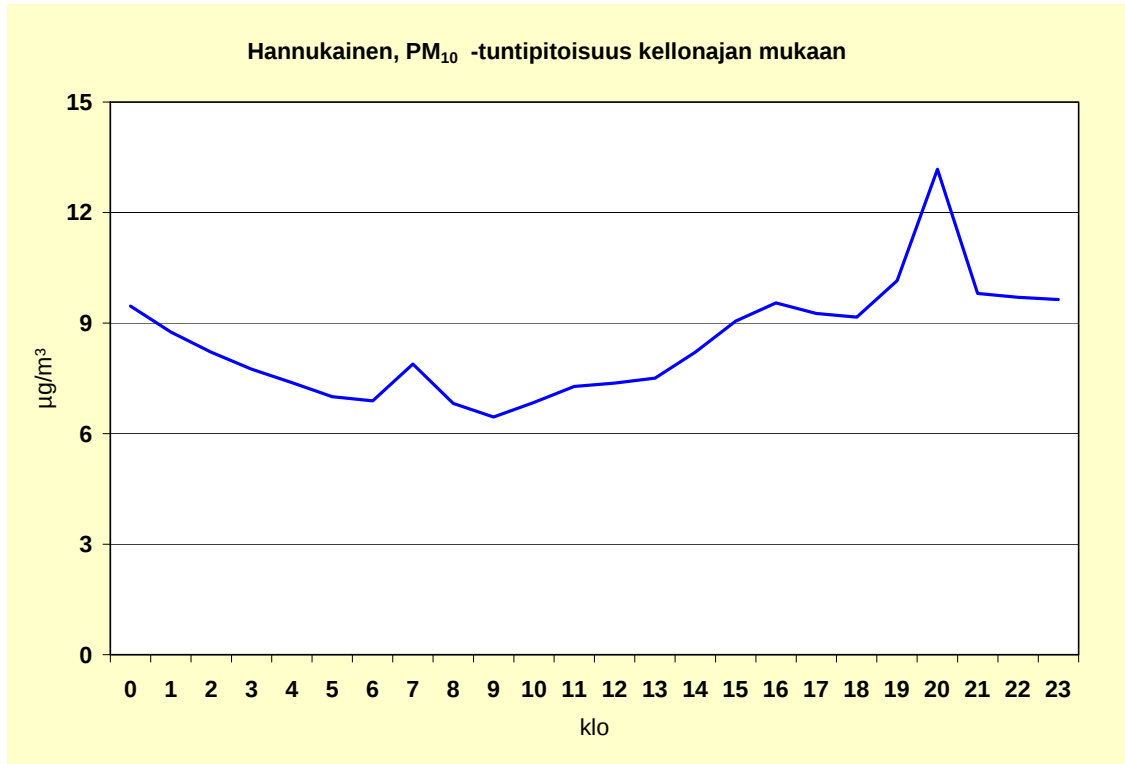


Kuva 19. Hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuudet tuulensuunnittain Rautuvaaran mittauspisteessä mitausjaksolla 20.5.–9.8.2010.

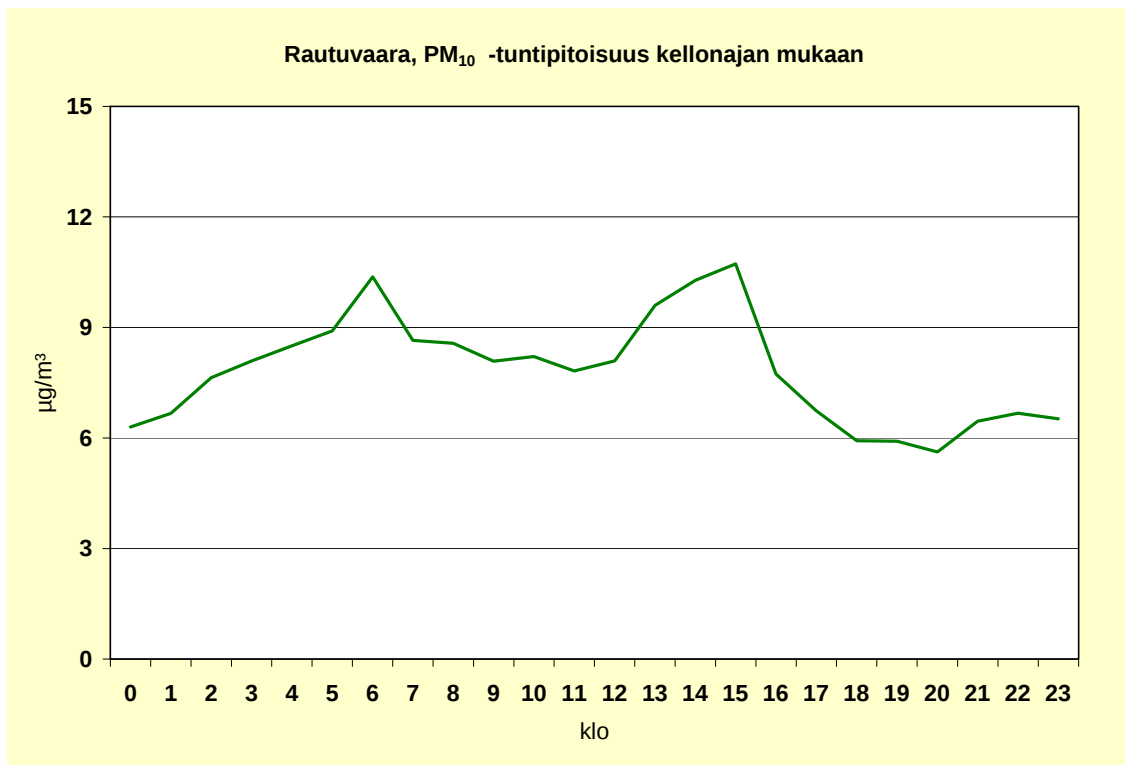
3.4 Pitoisuuksien ajallinen vaihtelu

Kuvissa 20 ja 21 on tarkasteltu hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskimääräistä vaihtelua kellonajan mukaan ja kuvissa 22 ja 23 viikonpäivän mukaan Hannukaisen ja Rautuvaaran mittauspisteissä.

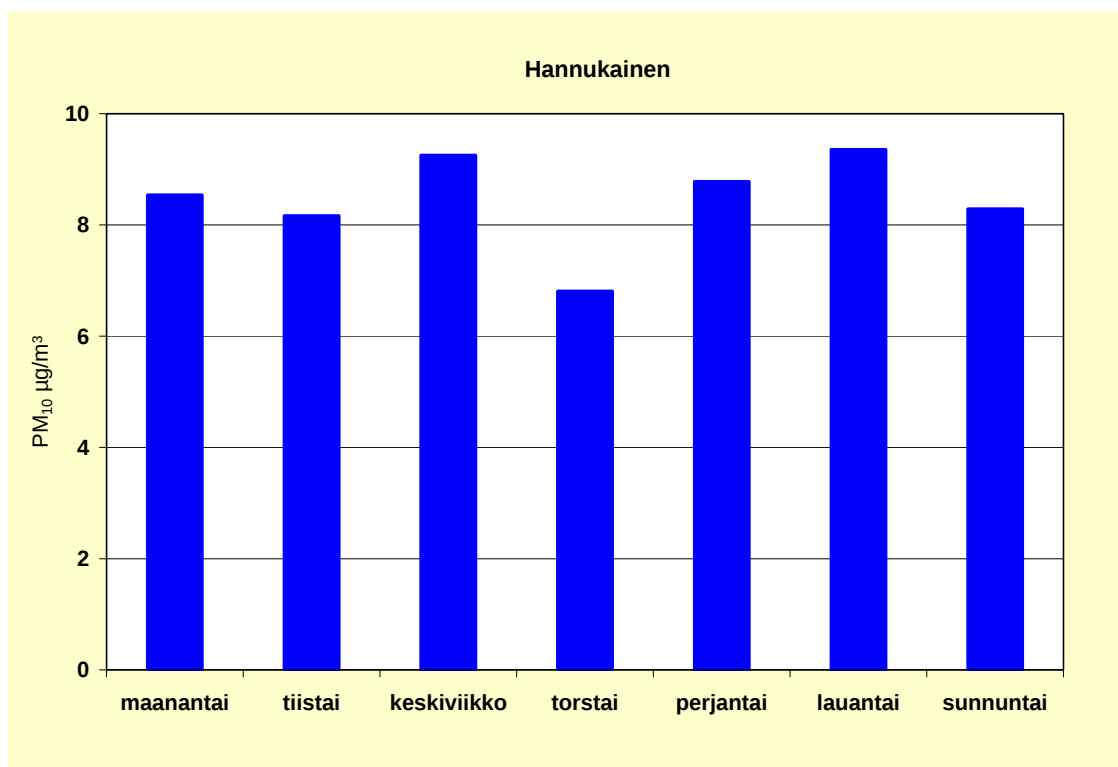
Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat Hannukaisessa keskimäärin suurimmillaan iltaisin klo 20.00 aikaan (ks. kuva 20). Rautuvaarassa hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat keskimäärin suurimmillaan aamuisin klo 6:00 ja iltapäivisin klo 15.00 aikaan (ks. kuva 21).



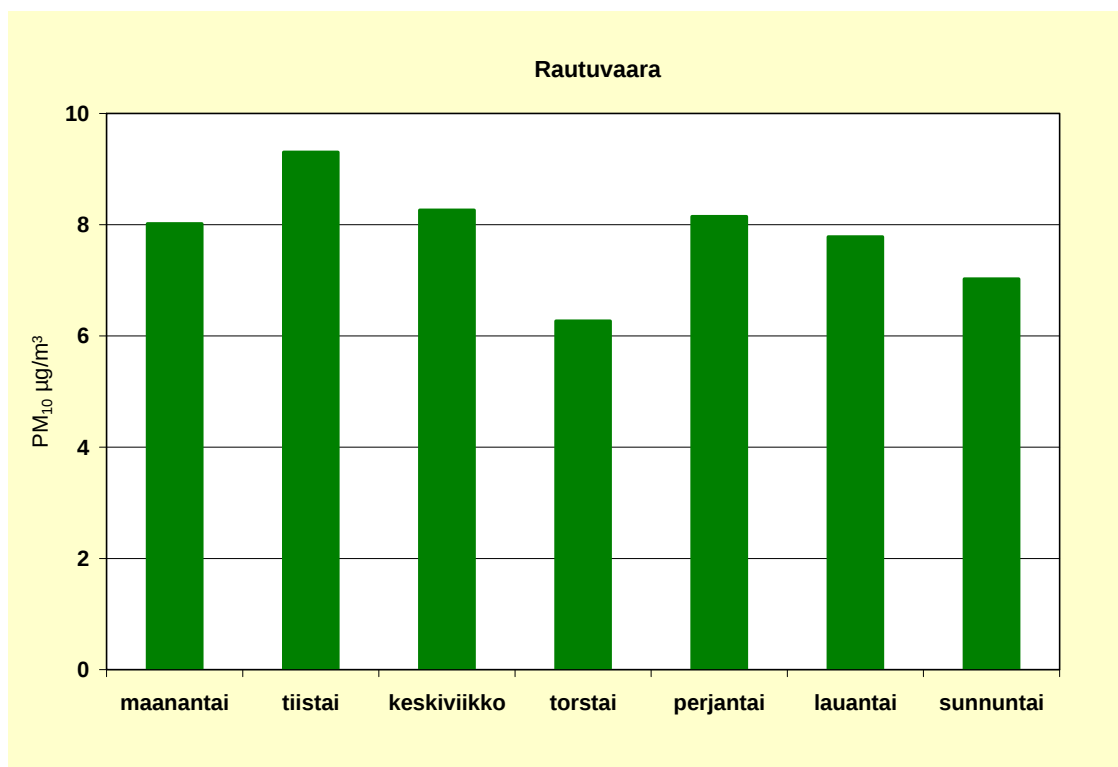
Kuva 20. Hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskiarvo (µg/m³) kellonajan mukaan Hannukaisen mittauspisteessä mittausjaksolla 20.5.–9.8.2010.



Kuva 21. Hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskiarvo (µg/m³) kellonajan mukaan Rautuvaaran mittauspisteessä mittausjaksolla 20.5.–9.8.2010.



Kuva 22. Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuuksien keskiarvo (µg/m³) viikonpäivän mukaan Hannukaisen mittauspisteessä mittausjaksolla 20.5.–9.8.2010.

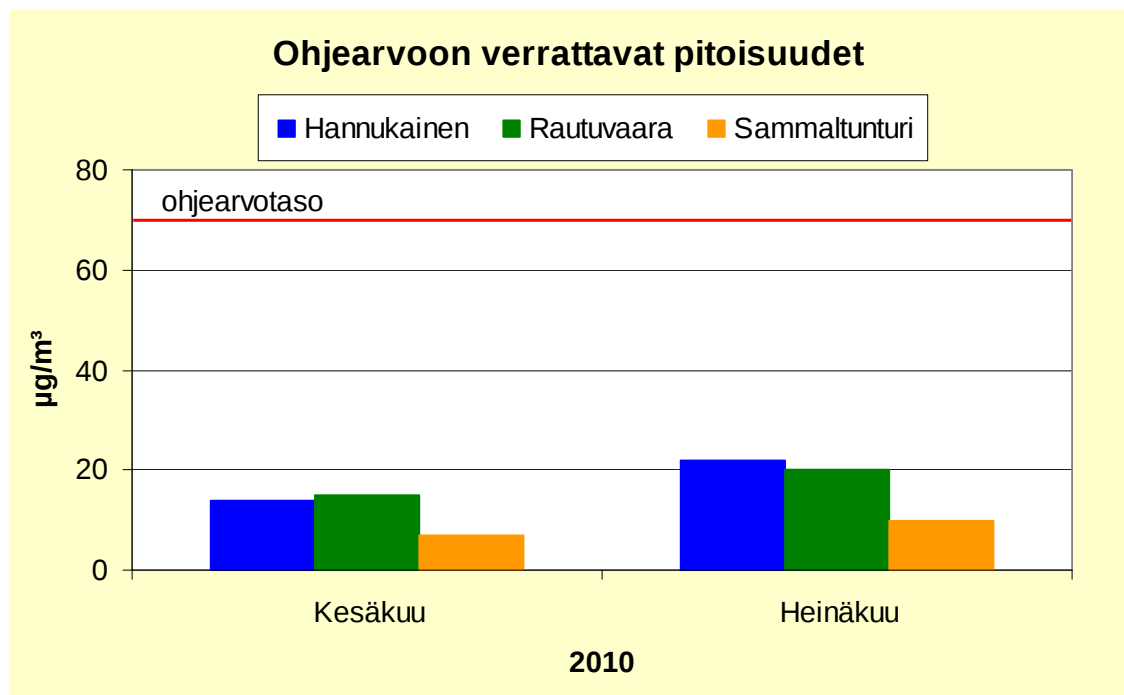


Kuva 23. Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuuksien keskiarvo (µg/m³) viikonpäivän mukaan Rautuvaaran mittauspisteessä mittausjaksolla 20.5.–9.8.2010.

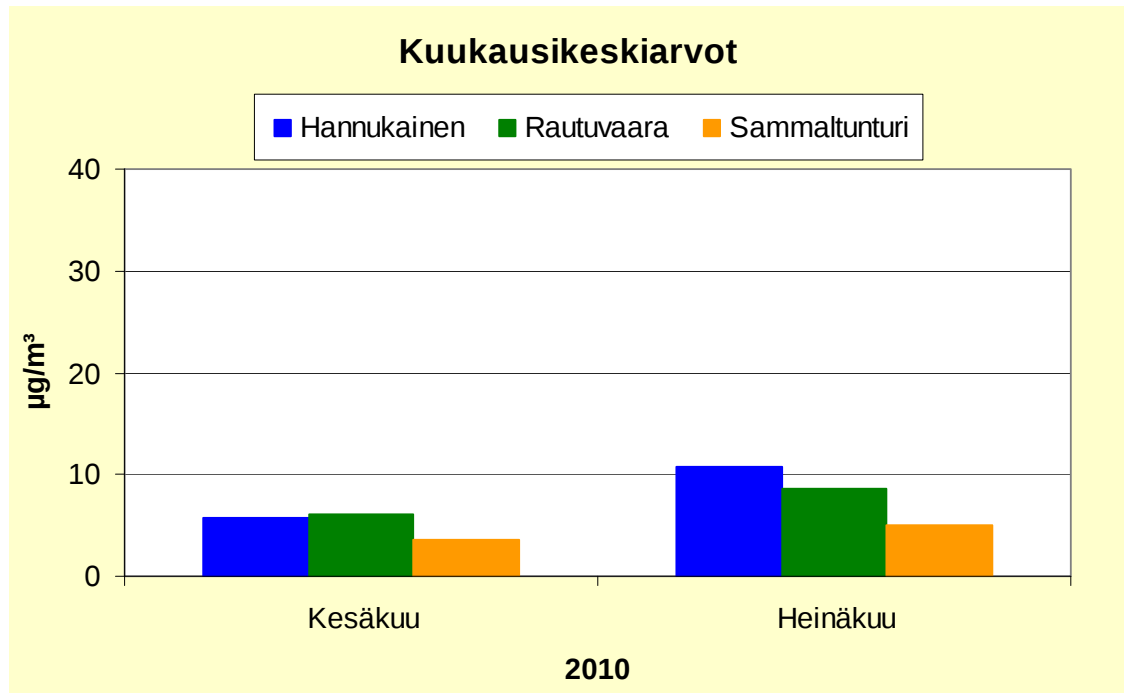
3.5 Pitoisuuksien vertailua

Kuvissa 24 ja 25 on verrattu Hannukaisen ja Rautuvaaran kaivosalueilla mitattuja hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon verrattavia pitoisuuksia ja hiukkaspitoisuuden kuukausikeskiarvoja jaksolta kesä-heinäkuu 2010 vastaaviin arvoihin Ilmatieteen laitoksen Sammaltunturin tausta-aseamalla (*Ilmatieteen laitos, 2010*), jonka pitoisuudet edustavat hyvin puhdasta tausta-aluetta.

Kuvista 24 ja 25 havaitaan, että Hannukaisen ja Rautuvaaran mittauspisteissä sekä hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet että kuukausikeskiarvot olivat kesä-heinäkuussa 2010 jonkin verran korkeampia kuin Ilmatieteen laitoksen Sammaltunturin tausta-aseamalla, joka edustaa hyvin puhdasta ilmanlaatua Suomessa.



Kuva 24. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kuukausittain jaksolta kesä–heinäkuu 2010 Hannukaisen ja Rautuvaaran mittauspisteissä sekä Ilmatieteen laitoksen Sammaltunturin tausta-aseamalla. Pitoisuudet on ilmoitettu ulkoilman lämpötilassa.



Kuva 25. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden kuukausikeskiarvot ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) jaksolta kesä–heinäkuu 2010 Hannukaisen ja Rautuvaaran mittauspisteissä sekä Ilmatieteen laitoksen Sammaltunturin tausta-aseamalla. Pitoisuudet on ilmoitettu ulkoilman lämpötilassa.

Hiukkasten arseeni- ja metallipitoisuuksista on olemassa Suomesta melko vähän mittaustietoja kaivos- tai teollisuusalueiden ympäristöstä. Hannukaisen ja Rautuvaaran mittauspisteissä mitattujen arseeni- ja metallipitoisuuksien suhteuttamiseksi verrataan ko. mittaustuloksia seuraavassa maamme puhtaiden alueiden vastaaviin pitoisuustasoihin.

Taulukossa 13 on esitetty puhdasta tausta-aluetta edustaviksi vertailutiedoiksi Ilmatieteen laitoksen Matorovan tausta-aseamalla Pallaksella vuonna 2007 kerätyistä hengitettävien hiukkasten näytteistä analysoidut arseeni- ja metallipitoisuudet sekä vastaavat pitoisuudet Ilmatieteen laitoksen Virolahden mittausasemalta, joka edustaa tausta-aluetta Etelä-Suomessa ja jonka hiukkaspitoisuuksiin vaikuttaa ajoittain voimakkaasti kaukokulkeuma varsinkin Venäjältä (*Ilmatieteen laitos, 2008*). Vuoden 2007 jälkeen ei tausta-asemilta ole vuorokausinäytteitä, vaan näytteet kerätään 2–3 vuorokauden näytteinä.

Taulukko 13. Hannukaisen ja Rautuvaaran mittauspisteissä 24.5.–8.8.2010 ja Ilmatieteen laitoksen Pallaksen ja Virolahden tausta-aseilla vuonna 2007 havaitut arseenin ja metallien pitoisuudet (Hannukainen ja Rautuvaara: jakson 24.5.–8.8.2010 keskiarvo ja suurin vrk-pitoisuus, Pallas ja Virolahti vuoden 2007 keskiarvo ja suurin vrk-pitoisuus).

PM ₁₀	Hannukainen		Rautuvaara		Pallas		Virolahti	
	Keskiarvo (ng/m ³)	Maksimi (ng/m ³)	Keskiarvo (ng/m ³)	Maksimi (ng/m ³)	Keskiarvo (ng/m ³)	Maksimi (ng/m ³)	Keskiarvo (ng/m ³)	Maksimi (ng/m ³)
Al	31	106	41	112	12	100	177	1380
As	0,1	0,8	0,1	0,4	0,1	0,4	0,3	1,6
Cd	0,01	0,1	0,02	0,1	0,03	0,1	0,1	0,5
Co	0,07	0,3	0,07	0,2	0,02	0,1	0,1	0,4
Cr	0,18	0,6	0,25	0,7	0,07	0,3	0,3	3,6
Cu	0,6	3,4	0,7	2,1	0,3	1,4	1,0	4,0
Fe	39	104	51	140	19	88	154	1214
Mn	1,0	2,3	1,2	2,7	0,5	2,1	2,9	13,3
Ni	0,5	3,3	0,2	0,6	0,3	1,6	1,2	6,4
Pb	0,3	1,3	0,5	1,9	0,7	3,7	3,5	15,1
V	0,2	1,5	0,3	1,1	0,4	2,2	2,3	13,2
Zn	1,7	6,3	1,5	5,9	1,9	9,3	11,0	73,4

Hannukaisen ja Rautuvaaran mittauspisteissä 24.5.–8.8.2010 mitatut hiukkasten arseeni- ja metallipitoisuudet olivat keskiarvoina lähes Pallaksen tausta-aseilla vuonna 2007 mitattujen keskiarvopitoisuuksien tasolla ja pienempiä kuin Virolahdella. Sekä Hannukaisen ja Rautuvaaran että Pallaksen ja Virolahden näytteissä on määrällisesti eniten alumiinia ja rautaa, jotka ovat maaperässä kuten myös kiviaineksissa ja sorassa yleisimmin esiintyviä alkuaineita. Samoin ilmassa esiintyvä mangaani ja kromi ovat yleensä pääosin maaperästä lähtöisin, ellei ole kyse tietynlaisten metalliteollisuuslaitosten päästövaikutuksista.

Terveysvaikutusten kannalta merkityksellisimmät Hannukaisen ja Rautuvaaran näytteistä analysoidut aineet ovat arseeni, nikkeli, kadmium ja lyijy, joiden pitoisuuksien perusteella voidaan tehdä arviot hiukkasten koostumuksen kuormittavasta vaikutuksesta mittauspisteiden ympäristössä. Analysoiduista aineista nämä em. aineet ovat ulkoilmassa ihmisille haitallisimpia.

4 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Ilmatieteen laitos mittasi 20.5.–9.8.2010 välisenä aikana Kolarissa sijaitsevilla kaivosalueilla ja niiden ympäristössä aerodynaamiselta halkaisijaltaan alle 10 mikrometrin suuruisten ns. hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) pitoisuuksia kahdessa mittauspisteessä. Molemmat mittauspisteet sijaitsivat vanhoilla kaivosalueilla. Molemmissa em. pisteissä kerättiin myös hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) näytteitä suodattimille, joista analysoitiin arseenin ja metallien pitoisuuksia.

Mittausten tavoitteena oli kartoittaa ilmanlaadun perustila Hannukaisen ja Rautuvaaran kaivosprojektikohteissa ennen mahdollista uuden kaivostoiminnan aloitusta. Nyt raportoitavilla perustilan mittauksilla saatiin informaatiota jo nyt tutkimusalueella olemassa olevien hiukkaspäästöjä aiheuttavien toimintojen (maaperän pölyäminen, alueella liikennöinti, tulisirjojen käyttö, jne.) vaikutuksista kohdealueiden ilmanlaatuun. Näitä tieto-

ja voidaan käyttää hyväksi vertailutietoina uuden kaivostoiminnan aikana mahdollisesti tehtävien vastaavien ilmanlaatumittausten tulosten tarkasteluissa.

Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) pitoisuuksia mitattiin Hannukaisessa ja Rautuvaarassa jatkuvatoimisilla analysaattoreilla, joilla saadaan esiin myös pitoisuuksien lyhytaikaisvaihtelut. Lisäksi molemmissa em. mittauspisteissä kerättiin hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausinäytteitä kemiallisia analyysejä varten. Näytteistä analysoitiin arseeni- ja metallipitoisuudet ICP-MS -tekniikalla Ilmatieteen laitoksen Ilmakemian laboratoriossa. Mittaustulosten tarkasteluja ja tulkintaa varten Hannukaisen ja Rautuvaaran kohteissa mitattiin lisäksi tuulen suuntaa ja nopeutta, ulkoilman lämpötilaa, ilmanpainetta ja suhteellista kosteutta sekä sademäärää.

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjearvo, 70 µg/m³, ei ylittynyt mittaussyksöllä kummassakaan mittauspisteessä. Ohjearvoon verrattava pitoisuus vaihteli Hannukaisen mittauspisteessä 20–31 % ohjearvosta ja Rautuvaaran mittauspisteessä 21–29 % ohjearvosta.

Koska raja-arvotarkasteluissa vertailujakso on yksi kalenterivuosi, voidaan lyhyemmän mittaussyksön pitoisuuksia tarkastella vain suuntaa-antavasti suhteessa raja-arvoihin. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiraja-arvotasolle, 50 µg/m³, sallitaan vuoden jaksolla ylityksiä 35 kpl ennen kuin varsinaisen vuorokausiraja-arvon ylityksen katsotaan tapahtuneen. Kummassakaan mittauspisteessä ei havaittu mittaussyksöllä yhtään yli 50 µg/m³:n vuorokausipitoisuutta, Hannukaisen mittauspisteessä mittaussyksön suurin vuorokausipitoisuus oli 28 µg/m³ ja Rautuvaarassa 36 µg/m³. Mittaussyksöltä 20.5.–9.8.2020 laskettu hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskiarvo oli Hannukaisen mittauspisteessä 8,5 µg/m³ ja Rautuvaarassa 7,8 µg/m³. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvoa koskeva raja-arvo on 40 µg/m³.

Hengitettävistä hiukkasista määritetyt lyijypitoisuudet olivat hyvin pieniä ja jäivät kauas raja-arvotasosta. Mittaussyksön keskiarvopitoisuus oli Rautuvaarassa noin tuhannesosa vuosikeskiarvoja koskevasta raja-arvopitoisuudesta ja Hannukaisessa tätäkin pienempi. Hengitettävien hiukkasten arseenin, nikkelin ja kadmiumin vuosikeskiarvopitoisuuksille annetut tavoitearvot eivät ylittyneet. Pitoisuuksia ei voi kuitenkaan suoraan verrata tavoitearvoihin, jotka on annettu vuosikeskiarvolle, koska tämän tutkimuksen mittaussyksö kattoi vain pari kuukautta. Mittaussyksön keskiarvopitoisuudet olivat vain noin 0,2–2 % vuosikeskiarvoja koskevasta vastaavista tavoitearvoista, ja kaikkien yksittäisten näytteiden pitoisuudet alittivat vastaavan alemman arviointikynnyksen tason.

Hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuudet olivat Hannukaisen mittauspisteessä keskimäärin suurimmillaan tuulen käydessä kaakkoissektorista. Myös tyynellä ja idän, etelän ja lounaan puoleisilla tuulilla pitoisuustaso oli keskimäärin korkeampi kuin lännen, luoteen, pohjoisen ja koillisen puoleisilla tuulilla. Hiukkaspitoisuuksiin näyttäisivät vaikuttaneen lähinnä lähiympäristön toiminnot, kuten asuinrakennusten ja saunan lämmitys sekä liikennöinti kiinteistön piha-alueella ja sen lähistöllä. Lisäksi mittauspisteestä kaakkoon Äkäsjoen varrella on useita kesämökkejä, joissa on puusaunoja ja puulämmitystä. Myös Ylläkselle menevä maantie 940 kulkee lounas-etelä-kaakkoissektoreilla muutaman sadan metrin päässä mittauspisteestä.

Myös Rautuvaaran mittauspisteessä tilanne oli hyvin samankaltainen, hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuudet olivat keskimäärin suurimmillaan tuulen käydessä etelä- tai kaakkoissektorista. Myös tyynellä sekä koillisen ja idän puoleisilla tuulilla pitoisuustaso

oli keskimäärin korkeampi kuin lounaan, lännen, luoteen ja pohjoisen puoleisilla tuulilla. Pitoisuuksiin on Rautuvaarassakin osin vaikuttanut liikennöinti mittauspisteen yhteydessä olleelle talolle ja toiminta talon piha-alueilla. Myös vanha rikastushiekka-alue sijaitsee kaakkoissektorissa ja osittain eteläpuolella, ja sieltä on voinut kulkeutua pölyä varsinkin kovemmilla tuulilla. Korkeimmat yksittäiset tuntipitoisuudet aiheutuivat todennäköisesti kuitenkin Rautuvaarassa toimivan kiviainesta kuljettavan yrityksen murskeen kuljetuksesta.

Mittaustuloksia arvioitaessa on kuitenkin muistettava, että kesän 2010 sää oli Pohjois-Suomessa keskimääräistä sateisempi, peräkkäisiä poutapäiviä oli maksimissaan kolme, joten pölyäminen on mittausjaksolla todennäköisesti ollut keskimääräistä vähäisempää. Sade puhdistaa ilmaa, mutta puhdistava vaikutus riippuu muun muassa sateen kestosta ja intensiteetistä.. Sade vaikuttaa myös teiden yms. pintojen pölyämiseen.

Hannukaisen ja Rautuvaaran mittauspisteissä sekä hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet että kuukausikeskiarvot olivat kesä-heinäkuussa 2010 hieman korkeampia kuin Ilmatieteen laitoksen Sammaltunturin tausta-aseamalla.

Hannukaisessa ja Rautuvaarassa mitattujen arseeni- ja metallipitoisuuksien suhteuttamiseksi verrattiin ko. mittaustuloksia maamme puhtaiden alueiden vastaaviin pitoisuustasoihin. Hannukaisen ja Rautuvaaran mittauspisteissä mitatut hiukkasten arseeni- ja metallipitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa Pallaksen tausta-aseamalla mitattujen kanssa.

Tässä tutkimuksessa käytetyllä mittaustekniikalla, yhdistämällä jatkuvatoimisilla analysaattoreilla saadut hiukkaspitoisuudet vastaavien ajanhetkien säätietoihin, saatiin mittausjaksolta työn tavoitteenasettelun kannalta riittävät ja olennaiset tiedot Hannukaisen ja Rautuvaaran vanhoilla kaivosalueilla vallitsevista hiukkaspitoisuuksista ja niihin vaikuttavista tekijöistä. Ilmatieteen laitos suosittelee samaa hiukkasmittaustekniikkaa sekä säätietojen ja hiukkasten sisältämien aineiden mittauksia myös mahdollisiin ko. kaivosalueiden hiukkaspitoisuuksia koskeviin jatkoseurantoihin.

Viime vuosina Suomen kaivosalueille annetuissa ympäristöluvuissa on esitetty lähes poikkeuksetta kuuden kuukauden pituista mittausjaksoa hengitettävien hiukkasten pitoisuusvaikutusten arviointiin. Näissä luvissa on esitetty mittaukset tehtäväksi jatkuvatoimisilla hiukkasmonitoreilla yhdistettyinä jatkuvatoimisiin meteorologisiin mittauksiin.

VIITELUETTELO

ILMANLAATUPORTAALI, 2009. Ilmatieteen laitoksen ylläpitämä palvelu, josta on saatavilla mittaustiedot ja historiatietoja pitoisuuksista lähes kaikilta Suomen ilmanlaadun seuranta-aseilta: www.ilmanlaatu.fi/

ILMATIETEEN LAITOS, 2008. Tulokset Ilmatieteen laitoksen Pallaksella ja Virolahdella vuonna 2007 kerätyistä hengitettävien hiukkasten näytteistä analysoiduista raskasmetallipitoisuuksista. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun tutkimus.

ILMATIETEEN LAITOS, 2010. Tiedot Ilmatieteen laitoksen jaksolla touko-elokuu 2010 Ilmatieteen laitoksen Sammaltunturin tausta-aseamalla mittaamista ulkoilman hiukkaspitoisuuksista. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun tutkimus.

ILSE, 2009. Ilmatieteen laitoksen ilmanlaadun seurannan tietojärjestelmä. Tiedot Suomessa mitatuista hengitettävien hiukkasten pitoisuuksista. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun tutkimus.

Vna 164/2007. Valtioneuvoston asetus ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä. Annettu Helsingissä 8.2.2007.

Vna 711/2001. Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta. Annettu Helsingissä 9.8.2001.

Vnp 480/96. Päätös ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta. Annettu Helsingissä 19.6.1996.

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

LIITTEET

LIITE 1. Arseeni- ja metallipitoisuudet Hannukaisen ja Rautuvaaran mittauspisteissä

Hannukainen	Al ng/m³	As ng/m³	Cd ng/m³	Co ng/m³	Cr ng/m³	Cu ng/m³	Fe ng/m³	Mn ng/m³	Ni ng/m³	Pb ng/m³	V ng/m³	Zn ng/m³
24.5.2010	106	<0.01	0.002	0.25	0.64	0.25	12	1.12	2.23	0.97	0.04	6.27
28.5.2010	84	0.11	0.031	0.10	0.45	1.68	96	2.29	1.47	0.61	1.53	1.49
1.6.2010	14	0.03	0.001	0.01	<0.01	0.14	23	0.25	<0.01	0.02	0.02	0.03
5.6.2010	1	<0.01	0.001	<0.01	0.01	0.01	<1	0.05	<0.01	0.01	<0.01	6.13
9.6.2010	31	0.06	0.008	0.03	0.02	0.48	44	1.11	0.05	0.28	0.13	1.16
13.6.2010	67	0.76	0.104	0.21	0.29	3.42	104	1.66	3.32	1.34	0.93	2.74
17.6.2010	53	0.02	0.007	0.05	0.10	0.39	92	1.39	0.04	0.06	0.24	0.75
21.6.2010	7	<0.01	0.001	0.02	0.08	0.39	25	0.75	0.05	0.05	0.02	<0.1
25.6.2010	54	0.07	0.009	0.07	0.37	0.65	64	1.90	0.25	0.36	0.22	2.07
29.6.2010	31	0.01	0.002	0.03	<0.01	0.51	39	0.80	0.01	0.08	0.09	0.84
3.7.2010	11	0.18	0.018	0.25	0.19	0.67	43	1.26	0.24	0.51	0.32	3.24
7.7.2010	23	0.07	0.004	0.04	0.13	0.89	48	1.27	0.02	0.08	0.08	1.38
11.7.2010	4	0.04	0.003	0.01	0.12	0.12	7	0.39	0.03	0.15	0.02	0.49
15.7.2010	2	<0.01	<0.001	0.01	0.19	0.04	2	0.24	<0.01	<0.01	<0.01	<0.1
19.7.2010	6	0.02	0.002	0.02	0.17	0.18	22	0.76	<0.01	0.16	0.07	0.84
23.7.2010	<1	<0.01	0.002	<0.01	0.17	0.01	<1	0.25	<0.01	<0.01	<0.01	0.09

Rautuvaara	Al ng/m³	As ng/m³	Cd ng/m³	Co ng/m³	Cr ng/m³	Cu ng/m³	Fe ng/m³	Mn ng/m³	Ni ng/m³	Pb ng/m³	V ng/m³	Zn ng/m³
21.6.2010	43	0.09	0.005	0.04	0.23	0.73	47	0.91	0.25	0.21	0.06	0.45
25.6.2010	58	0.14	0.013	0.08	0.55	0.63	80	1.87	0.35	0.54	0.30	2.94
29.6.2010	18	0.03	0.004	0.01	0.07	0.16	13	0.35	0.11	0.78	0.10	0.18
3.7.2010	11	0.14	0.015	0.22	<0.01	0.42	25	0.82	0.19	0.47	0.30	1.57
7.7.2010	46	0.15	0.006	0.10	0.36	1.54	81	1.86	0.19	0.14	0.17	0.97
11.7.2010	66	0.03	0.004	0.03	0.13	0.21	62	0.54	0.05	0.11	0.17	0.20
15.7.2010	15	0.01	0.001	0.01	0.12	0.11	3	0.52	<0.01	0.04	<0.01	0.69
19.7.2010	7	<0.01	0.001	<0.01	0.02	0.10	7	0.32	0.09	0.39	0.04	<0.1
23.7.2010	51	0.07	0.001	0.11	0.43	2.16	140	1.79	0.15	0.11	0.21	0.08
27.7.2010	67	0.35	0.102	0.11	0.42	0.73	76	2.69	0.56	1.90	1.14	5.85
31.7.2010	8	0.09	0.030	0.06	<0.01	0.37	6	0.57	0.35	0.47	0.50	1.70
4.8.2010	112	0.16	0.011	0.11	0.65	0.62	87	1.68	0.60	0.46	0.25	2.75
8.8.2010	38	0.30	0.049	0.05	0.28	0.66	41	1.10	0.35	0.57	0.29	1.66

Ilmanlaadun asiantuntijapalvelut

PL 503

00101 HELSINKI

puh. (09) 19291

ilmanlaatupalvelut@fmi.fi

Air quality expert services

P.O.Box 503

FIN-000101 HELSINKI

tel. +358 9 19291

airquality.services@fmi.fi

www.fmi.fi



ILMATIETEEN LAITOS
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

