



ILMATIETEEN LAITOS

ILMANLAATUMITTAUKSET TORNION RUOHOKARISSA JA HAAPARANNAN RIEKKOLASSA



Kuva: Tornion kaupunki

Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet vuonna 2014

ASiantuntijapalvelut
ILMANLAATU JA ENERGIA 2015

**ILMANLAATUMITTAUKSET
TORNION RUOHOKARISSA JA
HAAPARANNAN RIEKKOLASSA**

Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet vuonna 2014

**Helena Saari
Birgitta Komppula
Risto Pesonen**

**ILMATIETEEN LAITOS
ASiantuntijapalvelut – Ilmanlaatu ja energia
Helsinki 13.4.2015**

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	5
2	TAUSTATIETOJA ILMAN EPÄPUHTAUKSISTA	7
2.1	Hiukkaset	7
3	ILMANLAADUN OHJE-, RAJA- JA TAVOITEARVOT	10
4	OUTOKUMMUN TORNION TEHTAIDEN PÄÄSTÖT	12
5	TUTKIMUKSEN SUORITUS	14
6	TUTKIMUKSEN TULOKSET	16
6.1	Mitatut hiukkaspitoisuudet (PM ₁₀)	16
6.2	Ilmanlaatuindeksi	19
7	TUTKIMUKSEN TULOSTEN TARKASTELU	21
7.1	Ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet	21
7.2	Raja- ja tavoitearvoihin verrattavat pitoisuudet	22
7.3	Tuulen suunnan ja nopeuden vaikutus mitattuihin pitoisuuksiin	22
7.4	Pitoisuuksien ajallinen vaihtelu	25
7.5	Vertailua Tornion aikaisempien ilmanlaatumittausten tuloksiin	26
7.6	Vertailua taustapitoisuuksiin	28
8	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	30
9	SUOSITUKSIA TORNION ILMANLAADUN SEURANTAAN	31
	VIITELUETTELO	33
	LIITEKUVAT	
	LIITETAULUKOT	

1 JOHDANTO

Outokumpu Stainless Oy tilasi Ilmatieteen laitokselta Tornion Ruohokarissa ja Haaparannan Riekkolassa toteutettavat hiukkas-, arseeni- ja metallipitoisuuksien mittaukset vuosille 2013–2014. Vuonna 2013 mitattiin pienhiukkasten, hengitettävien hiukkasten sekä arseenin ja metallien pitoisuuksia. Vuonna 2014 mittaukset jatkuivat hengitettävien hiukkasten pitoisuusmittauksilla. Tässä tutkimuksessa raportoidaan vuoden 2014 aikana suoritettujen hengitettävien hiukkasten pitoisuusmittausten tulokset.

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien mittauksia tehtiin 1.1.2014 - 14.1.2015 välisenä aikana Tornion Ruohokarin ja Haaparannan Riekkolan tutkimuspisteissä. Alle 10 mikrometrin kokoisten ns. hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia mitattiin jatkuvatoimisilla hiukkasanalysointilaitteilla koko mittausjakson ajan. Molemmissa mittauspisteissä seurattiin myös säätilaa pitoisuusmittausten tulosten analysointia varten.

Tornion ja Haaparannan ilmanlaatumittausten tavoitteena oli kartoittaa hiukkasten pitoisuuksia ja väestön altistumista niille alueilla, jotka eivät ole välittömästi liikenteen ja taajama-alueiden muiden päästöjen vaikutuspiirissä. Mittauksin pyrittiin saamaan tietoa Tornion ja Haaparannan yleisestä taustailmanlaadusta sekä Outokummun Tornion tehtaiden vaikutuksesta siihen. Ilmatieteen laitos on tehnyt Torniossa aiemmin useita mittauksiin perustuneita ilmanlaadututkimuksia vuosina 1998, 2005 sekä 2011–2013 (*Saari et al, 1999; Saari et al., 2006; Alaviippola et al., 2012, Komppula et al., 2014b*).

Tässä tutkimuksessa mitattuja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia on verrattu kotimaisiin ja ruotsalaisiin ilmanlaadun ohjearvoihin ja Suomessa ja Ruotsissa voimassa oleviin ilmanlaadun raja-arvoihin sekä Lapin puhtaalla tausta-alueella mitattuihin vastaavan jakson hiukkaspitoisuuksiin.

Tilaajan yhdyshenkilönä tutkimuksessa toimivat Outokummun Tornion tehtailta ympäristöpäällikkö Juha Kekäläinen ja Mauri Jaako, joka osallistui tutkimuksen kenttätöihin. Tornion kaupungin yhteyshenkilönä toimivat ympäristönsuojelusihteeri Kai Virtanen sekä ympäristö- ja terveystarkastaja/vs. ympäristönsuojelusihteeri Minna Karhunen ja Haaparannan kaupungin yhteyshenkilönä toimi ympäristötarkastaja Pekka Hanski.

Tutkimuksen toteutukseen ovat Ilmatieteen laitoksella osallistuneet tutkijat Birgitta Komppula ja Helena Saari (tulosten käsittely ja raportointi), kehittämisspäällikkö Risto Pesonen (projektin suunnittelu ja johto sekä raportointi) sekä suunnittelija Kaj Lindgren (mittaustekniikka, kenttätö ja laadunvarmistus).

Selitteet raportissa käytetyille tärkeimmille yksiköille ja lyhenteille:

Yksiköt:

μm	mikrometri = millimetrin tuhannesosa
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	mikrogrammaa (=gramman miljoonasosaa) kuutiometrissä ilmaa (pitoisuus)
$^\circ$	aste (tuulen suunta)
m/s	metriä sekunnissa (tuulen nopeus)
$^\circ\text{C}$	Celsiusaste (lämpötila)
hPa	hehtopascal, paineen yksikkö, $1013 \text{ hPa} = 1 \text{ atm}$ = normaali-ilmakehän paine

Lyhenteet:

PM_{10}	hengitettävät hiukkaset = alle $10 \mu\text{m}$:n kokoiset hiukkaset
$\text{PM}_{2,5}$	pienhiukkaset = alle $2,5 \mu\text{m}$:n kokoiset hiukkaset
TSP	<u>T</u> otal <u>S</u> uspended <u>P</u> articles = kokonaisleijumaan kuuluvat hiukkaset
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°

2 TAUSTATIETOJA ILMAN EPÄPUHTAUKSISTA

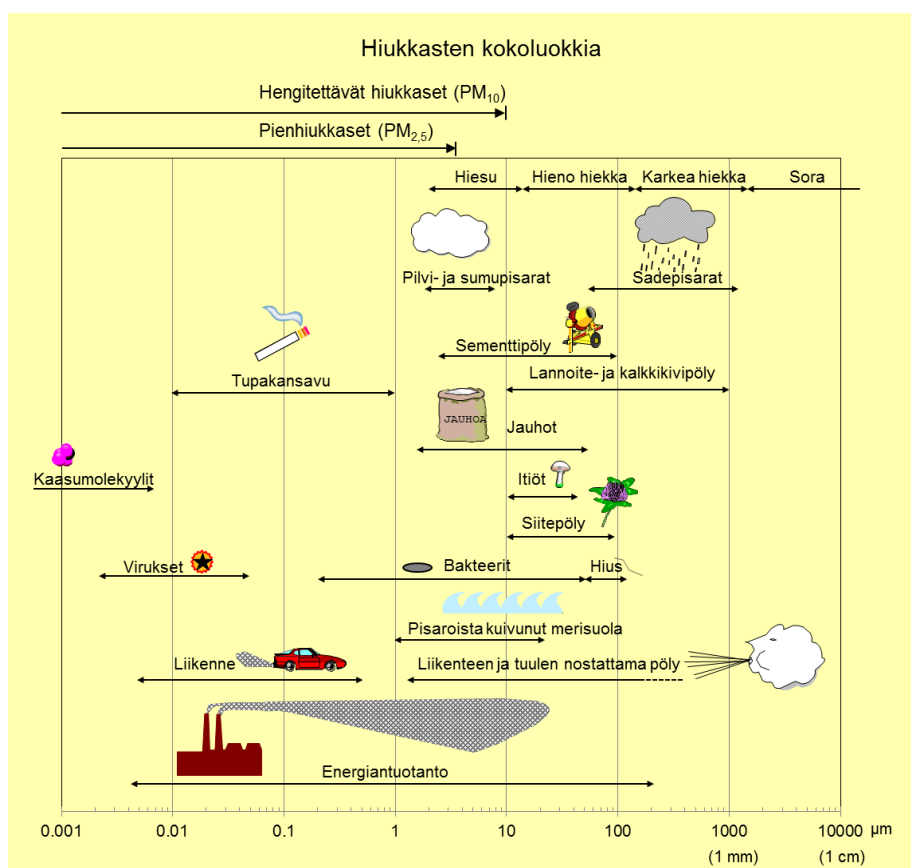
2.1 Hiukkaset

Hiukkaset ovat nykyisin typen oksidien ja selluntuotantopaikkakuntien haisevien rikkiyhdisteiden 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 hiilivetyjä ja metalleja. Liikenteen pakokaasuhiukkaset ovat suurelta osin peräisin dieselajoneuvoista. Näiden hiukkasten haitallisuutta kuvaa se, että niiden 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 hengitysteihin ja poistuvat terveillä henkilöillä melko tehokkaasti elimistöstä. Kokonaisleijumasta käytetään lyhennettä TSP, joka tulee sanoista Total Suspended Particles.

Terveysvaikutuksiltaan em. haitallisempia ovat ns. hengitettävät hiukkaset ja pienhiukkaset, jotka kykenevät tunkeutumaan syvälle ihmisten hengitysteihin: hengitettävät hiukkaset alempiin hengitysteihin eli henkitorveen ja keuhkoputkiin asti ja pienhiukkaset keuhkorakkuloihin saakka. Hengitettävälle hiukkasille, joiden aerodynaaminen halkaisija on alle 10 mikrometriä, on annettu kotimaiset ohje- ja raja-arvot. Pienhiukkasille, joiden halkaisija on alle 2,5 mikrometriä, on annettu vuosikeskiarvoa koskeva raja-arvo (*Vna 38/2011*). Hengitettävistä ja pienhiukkasista käytetään lyhenteitä PM₁₀ 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 1.



Kuva 1. Hiukkasten kokoluokkia. Hiukkasten koko ilmaistaan halkaisijana mikrometreissä (μm). Mikro (μ) etuliite tarkoittaa miljoonasosaa. $1 \mu\text{m}$ on siten metrin miljoonasosa eli millimetrin tuhannesosa.

Palamisprosesseista peräisin olevat hiukkaset saattavat olla rikastuneita jonkin tietyn alkuaineen tai muun merkkiaineen suhteen. Esimerkiksi vanadiinia ja nikkeliä tulee ilmakehään öljynpoltosta, kaliumia orgaanisen materiaalin poltosta ja arseenia, molybdeenä, 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 astma-kohtauksia 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 keuhkosityövän syntyyn. Tähän voivat olla syynä itse hiukkasaltistuksen lisäksi useat hiukkasten sisältämät haitalliset aineet.

Suomen taajamien hiukkaspitoisuudet kohoavat yleensä voimakkaasti keväällä maaliskuun huhtikuun tuulen ja liikenteen nostaman katupölyn vaikutuksesta maanpinnan kuivuessa, mutta pitoisuuksien kohoamista esiintyy taajamissa usein myös

syys-marraskuussa. Pienten hiukkasten pitoisuuksien kohoamiseen vaikuttaa ajoittain merkittävästi myös ulkomailta peräisin oleva kaukokulkeuma. Suurimmat hiukkaspitoisuudet esiintyvät vilkkaasti liikennöidyissä kaupunkikeskustoissa. Maamme suurimpien kaupunkien keskusta-alueilla on mitattu useina vuosina yli $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$:n hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) pitoisuuden vuosikeskiarvoja. Pienempienkin kaupunkien keskusta-alueilla hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvot voivat ylittää $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Komppula ym., 2014a).

Korkeimmat mitatut hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuudet ovat olleet useiden maamme kaupunkien keskustojen liikenneympäristöissä yli $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja esikaupunkialueillakin yli $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuudelle annettua raja-arvoa ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sallittu 35 ylitystä/vuosi) ei kuitenkaan ole tähän mennessä mittaustulosten mukaan ylitetty Suomessa kuin Helsingin Runeberginkadulla vuonna 2003, Helsingin Mannerheimintien ja Hämeentien mittausasemilla ja Riihimäen keskustassa Hämeenkadulla vuonna 2005 sekä Helsingin Mannerheimintiellä ja Töölöntullissa vuonna 2006. Sen sijaan vuorokausipitoisuuden raja-arvon numeroarvo eli raja-arvoa vastaava pitoisuustaso, $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ylittyy vuosittain yleisesti maamme kaupungeissa lähinnä keväisin. Suomen kuntien ilmanlaadun mittaussverkkojen tulosten mukaan raja-arvotason ylityksiä esiintyi vuonna 2014 yhteensä noin 300 (Ilmanlaatuportaali, 2015).

Ilmatieteen laitos on seurannut viime vuosina hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia puhtailla tausta-alueilla Virolahdella, Raja-Joosepissa ja Pallaksen alueella. Viime vuosina vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet Virolahdella noin $9\text{--}12 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Raja-Joosepissa noin $4\text{--}6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Pallaksella noin $3\text{--}4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pienhiukkasten pitoisuuksia on seurattu Virolahdella, Utössä ja Pallaksen alueella. Pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet Virolahdella noin $5\text{--}9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Utössä noin $3\text{--}6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Pallaksen alueella noin $2\text{--}4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Edellä esitetyssä tarkastelussa ovat mukana kaukokulkeutuneista päästöistä aiheutuneet, normaalista kohonneiden hiukkaspitoisuuksien tilanteet. Vuorokausiraja-arvotason ylittymiseen mahdollisesti vaikuttavia kaukokulkeumaepisodeja esiintyy yleisesti lähes vuosittain maalis-huhtikuussa ja satunnaisemmin tammi-helmikuussa ja elo-syyskuussa. Yhden episodin kesto voi vaihdella sen vaikutusalueella alle tunnista useisiin päiviin. Arviolta noin puolet viime vuosien episodeista on johtunut Itä-Euroopan kulutuksista sekä maasto- ja metsäpaloista, joiden päästöt kohottavat hiukkaspitoisuuksia normaalista kaukokulkeumasta poikkeavalla tavalla. Tällaisia tilanteita on esiintynyt viime vuosina useasti, esimerkiksi Etelä-Suomessa heinäkuussa 2006 ja heinä-elokuussa 2010, jolloin Venäjän metsäpalojen savuja kulkeutui Suomeen useiden viikkojen aikana. Pääasiallisin syy hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvotason ylityksiin maassamme on kuitenkin liikenteen ja tuulen nostattama katupöly, josta aiheutuva hiukkaspitoisuustilanne on huonoin keväisin.

3 ILMANLAADUN OHJE-, RAJA- JA TAVOITEARVOT

Ohjearvot ovat ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia, joiden alittaminen on tavoitteenä. 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, ks. taulukko 1).

Raja-arvot ovat ilman epäpuhtauden pitoisuuksia, jotka on alitettava määrääjassa. 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 ilmanlaatuasetuksessa (Vna 38/2011, ks. taulukko 2).

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 suuntaa-antavia mittauksia, mallintamistekniikoita, päästökartoituksia tai muita vastaavia menetelmiä. Ylemmän ja alemman arviointikynnyksen ylittyminen määritetään viiden edellisen vuoden pitoisuuksien perusteella. Arviointikynnyksen katsotaan ylittyneen, kun se on ylittynyt vähintään kolmena vuotena viidestä. Hiukkaspitoisuuksien arviointikynnykset on määritelty ilmanlaatuasetuksessa (Vna 38/2011; ks. taulukko 3).

Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoja ei sovelleta työpaikoilla eikä tehdasalueilla, sillä työpaikka-alueilla käytetään 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.

Koska ilmanlaatumittauksia tehtiin tässä tutkimuksessa myös Haaparannan Riekkolassa, huomioidaan ohje-, raja- ja tavoitearvotarkasteluissa tilanne em. ilmanlaatu-kriteerien suhteen Ruotsin lainsäädännössä. Ruotsin ilmanlaatua hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien suhteen säätelevät maan ohjearvot, jotka ovat samat kuin Suomen alueella sovellettavat EU-raja-arvot (ks. taulukko 2). Hiukkaspitoisuuden raja-arvot ovat samat sekä Suomessa että Ruotsissa. Tämä tarkoittaa, että seuraavassa esitetyt arviot Tornion ja Haaparannan ilmanlaatumittausten tuloksista suhteessa ilmanlaatu-kriteereihin soveltuvat sekä Suomen että Ruotsin puolen alueiden ilmanlaadusta tehtävien päätelmien tekoon.

Taulukko 1. Ulkoilman hiukkaspitoisuuksien ohjearvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi (Vnp 480/1996).

Ulkoilman epäpuhtaus	Ohjearvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Tilastollinen määrittely
Hengitettävät hiukkaset (PM_{10})	70	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Kokonaisleijuma (TSP)	120 50	Vuoden vuorokausiarvojen 98. prosenttipiste Vuosikeskiarvo

Taulukko 2. Ulkoilman hiukkaspitoisuuksien raja-arvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi (Vna 38/2011).

Ulkoilman epäpuhtaus	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo ¹⁾ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Sallittujen ylitusten määrä kalenterivuodessa (vertailujakso)	Ajankohta, josta lähtien raja-arvot ovat olleet voimassa
Hengitettävät hiukkaset (PM_{10})	24 tuntia	50	35	1.1.2005
	kalenterivuosi	40	-	1.1.2005
Pienhiukkaset ($\text{PM}_{2,5}$)	kalenterivuosi	25	-	1.1.2010

1) Tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

Taulukko 3. Ilmanlaadun arviointikynnykset hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) ja pienhiukkasten ($\text{PM}_{2,5}$) pitoisuuksille (Vna 38/2011).

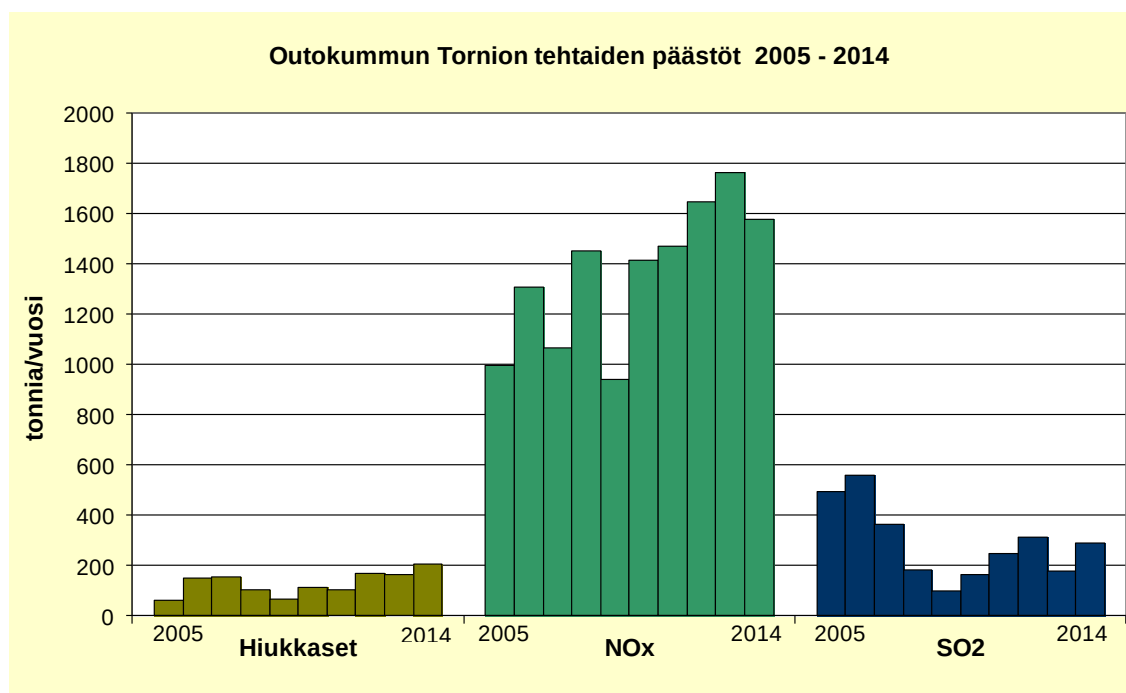
Aine	Keskiarvon laskenta-aika	Alempi arviointikynnys ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ylempi arviointikynnys ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PM_{10}	kalenterivuosi	20	28
PM_{10}	24 tuntia (saa ylittyä 35 krt/kalenterivuosi)	25	35
$\text{PM}_{2,5}$	kalenterivuosi	12	17

4 OUTOKUMMUN TORNION TEHTAIDEN PÄÄSTÖT

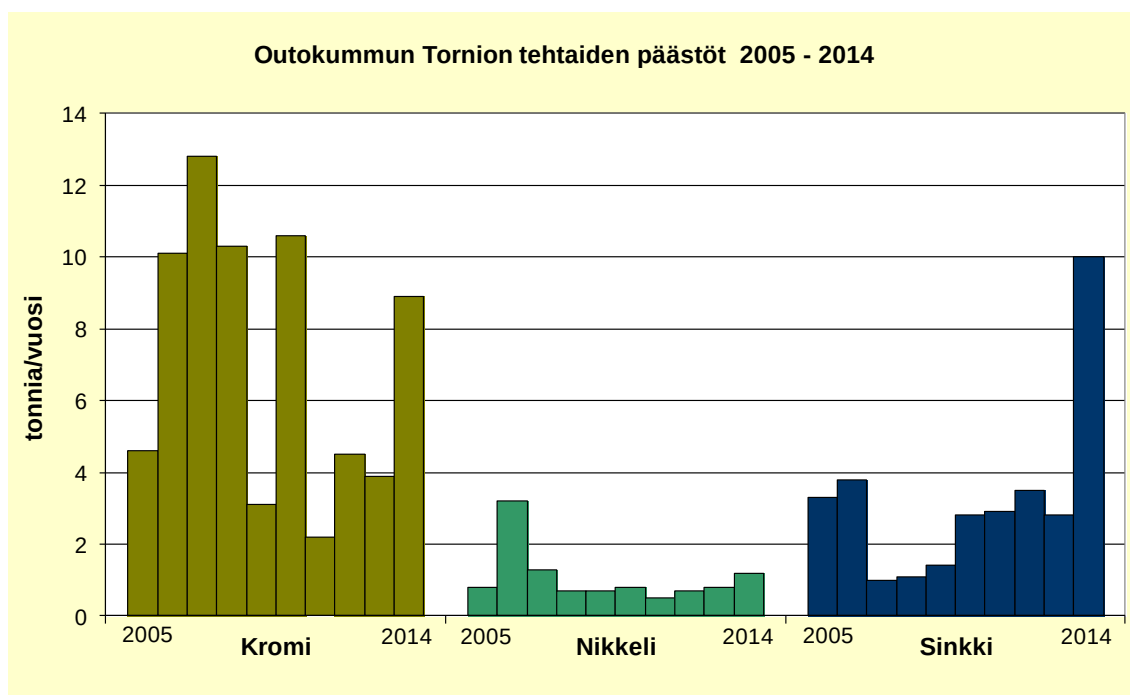
Outokummun Tornion tehtaiden päästöt olivat vuonna 2014: rikkidioksidi 290 tonnia, typen oksidit 1 577 tonnia ja hiukkaset 209 tonnia. Lisäksi Tornion tehtailla muodostui vuonna 2014 noin 8,9 tonnia kromipäästöjä, 1,2 tonnia nikkelpäästöjä ja 10,0 tonnia sinkkipäästöjä.

Vuonna 2013, jolloin Ilmatieteen laitos edellisen kerran mittasi ilmanlaatua Torniossa, Outokummun Tornion tehtaiden päästöt olivat: rikkidioksidi 177 tonnia, typen oksidit 1 767 tonnia ja hiukkaset 164 tonnia. Vuoden 2013 metallipäästöt olivat: kromi 3,9 tonnia, nikkeli 0,8 tonnia ja sinkki 2,8 tonnia.

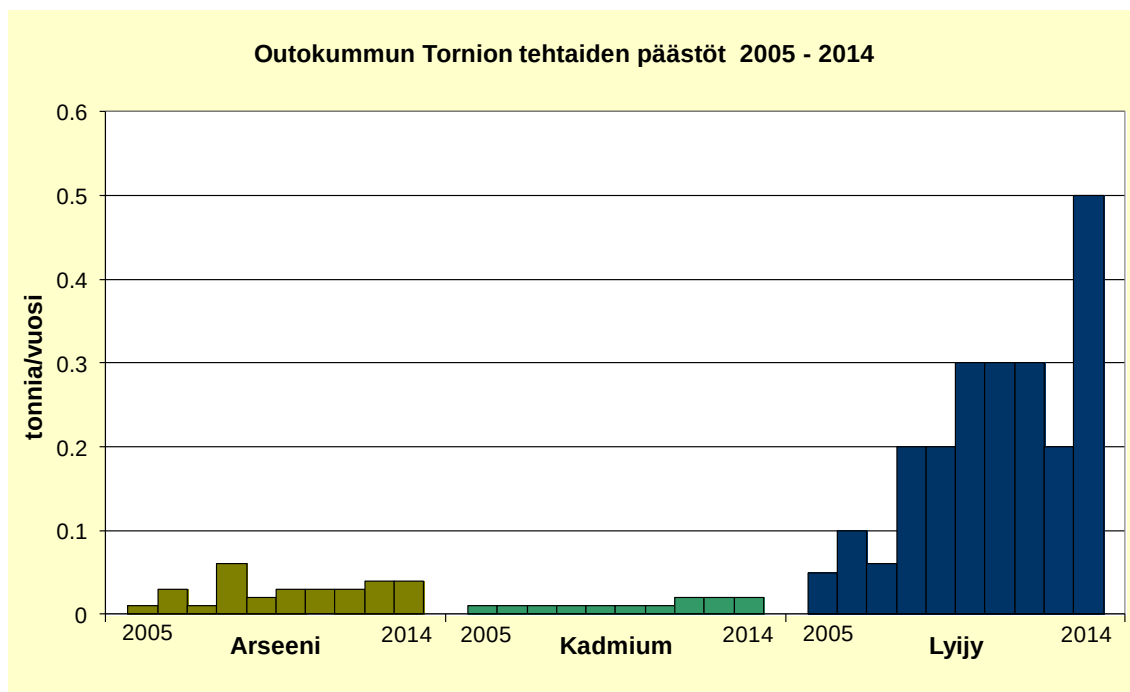
Kuvissa 2–4 on esitetty Outokummun Tornion tehtaiden rikkidioksidi-, typenoksidi-, hiukkas-, kromi-, nikkeli-, sinkki-, arseeni-, kadmium- ja lyijypäästöjen kehitys vuosina 2005–2014. Päästöjen vuotuiset vaihtelut ovat olleet melko suuria. Erityisesti kromipäästöt ovat vaihdelleet paljon vuosittain. Vuonna 2014 kromi-, nikkeli- ja sinkkipäästöt olivat edellisvuosia suuremmat.



Kuva 2. Outokummun Tornion tehtaiden hiukkas-, typenoksidi- ja rikkidioksidipäästöt vuosina 2005 - 2014. Päästötiedot on saatu toiminnanharjoittajalta.



Kuva 3. Outokummun Tornion tehtaiden kromi-, nikkeli- ja sinkkipäästöt vuosina 2005 - 2014. Päästötiedot on saatu toiminnanharjoittajalta.



Kuva 4. Outokummun Tornion tehtaiden arseeni-, kadmium- ja lyijypäästöt vuosina 2005 - 2014. Päästötiedot on saatu toiminnanharjoittajalta.

5 TUTKIMUKSEN SUORITUS

Ilmanlaatumittauksia tehtiin 1.1.2014 - 14.1.2015 välisenä aikana Tornion Ruohokarin ja Haaparannan Riekkolan tutkimuspisteissä. Tornion ja Haaparannan ilmanlaadun tarkkailupisteissä mitattiin myös tuulen suuntaa ja nopeutta, ulkoilman lämpötilaa, suhteellista kosteutta ja ilmanpainetta noin 5 metrin korkeudelta maanpinnasta. Hengitettävien hiukkasten jatkuvatoimisten pitoisuusmittausten näytteenotto tapahtui mittauskopin katolta noin 4–5 metrin korkeudelta maan pinnasta.

Tornion ja Haaparannan ilmanlaatumittauksissa käytetyt jatkuvatoimiset mittausmenetelmät ja laitteet on esitetty taulukossa 5. Tornion Ruohokarilla oli sähkökatko 23.6.2014, joka aiheutti vikatilanteen hiukkasmittalaitteeseen. Mittausdataa on hylätty ajanjaksolta 23.–24.6. illan ja aamuyön ajalta. Ruohokarin hiukkaslaite rikkoon tui syyskuun lopulla ja se korvattiin vastaavanlaisella laitteella. Mittausaineistoa jäi puuttumaan jaksolta 21.–23.9.2014.

Taulukko 5. Tornion ja Haaparannan jatkuvatoimiset ilmanlaadun ja sään mittausmenetelmät ja -laitteet.

Mitattava komponentti	Mittausmenetelmä	Mittalaite
Hengitettävät hiukkaset	β -säteilyn absorptio + valon sironta	Thermo Model 5030 SHARP
Meteorologiset tiedot		Vaisala WXT

Hengitettävät hiukkaset (PM_{10}):

Mittaukset tehtiin seuraavan standardin mukaisesti: ISO 10473:2000 Ambient air – Measurement of the mass of particulate matter on filter medium – Beta-ray absorption method.

Tornion Ruohokarin mittauspiste sijaitsee Ruohokarin saaren eteläosassa avoimella paikalla voimalinjojen alapuolella (ks. kuva 5). Ruohokarin rannoilla on vapaa-ajan mökkejä ja muutamia ympärivuotisesti asuttuja taloja. Päälystetty Ruohokarintie päättyy saaren eteläkärkeen, joten sitä pitkin kulkee vain vähäistä kiinteistöihin suuntautuvaa liikennettä. Mittauskopin viereinen pieni tie on hiekkatie. Lähin kesämökki sijaitsee 60 metriä mittausasemasta pohjoiseen. Muut mökit sijaitsevat noin 100 metrin etäisyydellä pohjoisen ja kaakon välisellä sektorilla. Tornion Outokummun tehtaat sijoittuvat mittauspisteen lounaispuolelle noin 5,5 kilometrin etäisyydelle.

Haaparannan Riekkolan mittauspiste sijaitsee Haaparannan kaupungin vapaa-ajantoimen omistaman rakennuksen vieressä (ks. kuva 6). Rakennusta käytetään harvakseltaan esim. kokousten ja koululaisten hiihtokilpailujen aikana. Piha-alue on osittain nurmipäälysteinen ja osittain hiekkakenttää. Rakennuksessa on tulisija, mutta se ei ole käytössä. Sen sijaan pihapiirissä on mittauspisteen luoteispuolella rakennuksen takana laavu, jonka tulentekopaikan savut vaikuttavat ajoittain mitattuihin hiukkaspitoisuuksiin. Tornion Outokummun tehtaat sijaitsevat noin 5 km mittauspisteestä kaakkoon.

Mittauspisteiden sijainti kartalla käy ilmi kuvasta 7. Mittauspisteet pyrittiin valitsemaan sellaisilta alueilta, että lähilähteet, kuten liikenne tai asuinrakennusten tulisijojen käyttö, eivät vaikuttaisi pitoisuuksiin, vaan mittauksilla voitaisiin seurata Tornion

yleistä taustailmanlaatua ja Outokummun tehtaiden mahdollista vaikutusta pitouksuuksiin.



Kuva 5. Tornion Ruohokarin mittauspiste.



Kuva 6. Haaparannan Riekkolan mittauspiste.

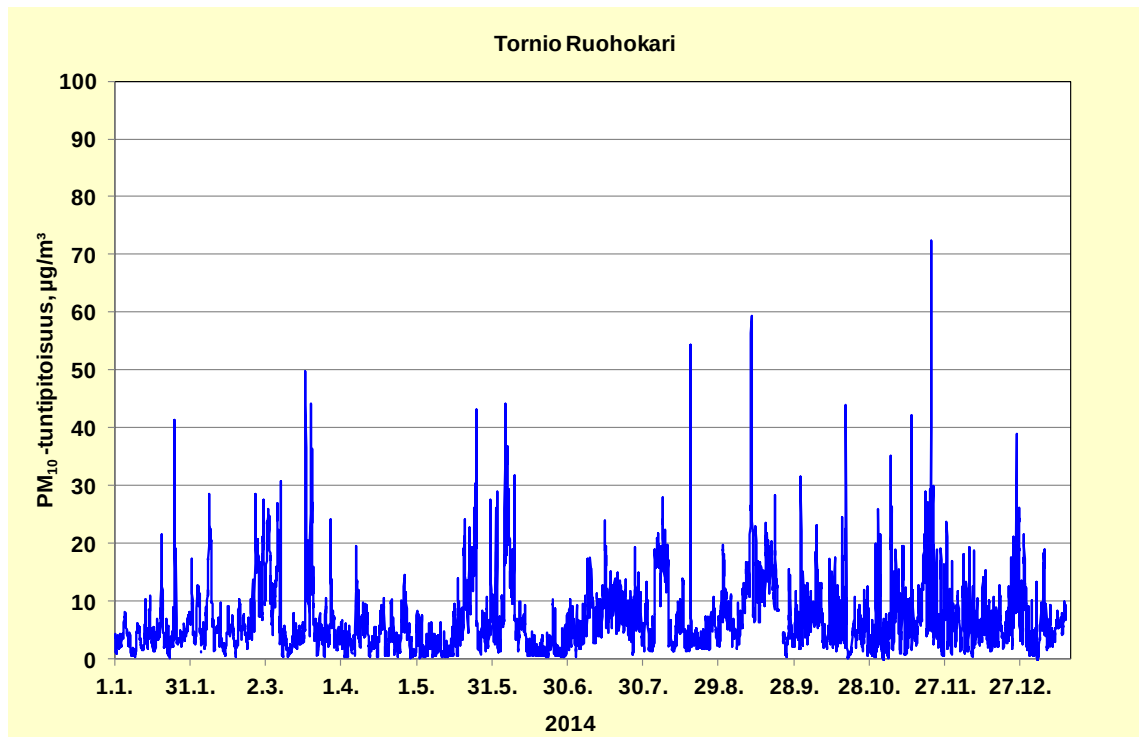


Kuva 7. Tornion Ruohokarin ja Haaparannan Riekkolan mittauspisteiden sijainnit. Ruohokarin mittauspiste sijaitsee Outokummun Tornion tehtaiden alueesta noin 5,5 km koilliseen ja Riekkolan mittauspiste noin 5 km luoteeseen.

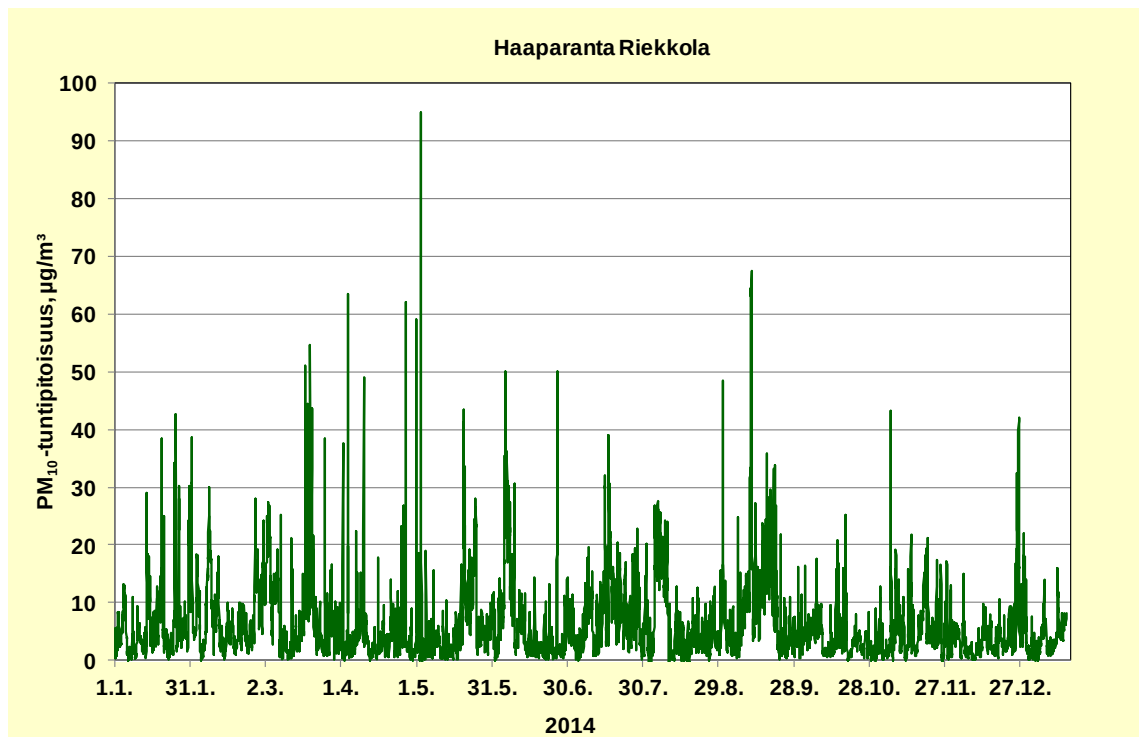
6 TUTKIMUKSEN TULOKSET

6.1 Mitatut hiukkaspitoisuudet (PM_{10})

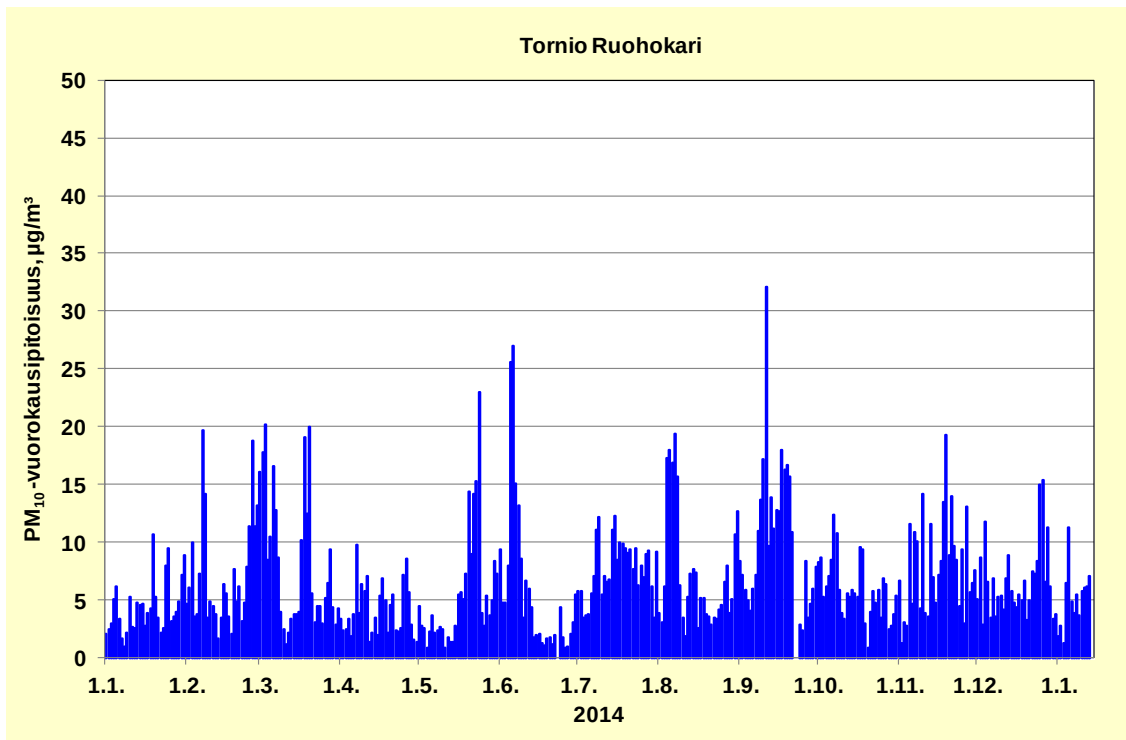
Ilmanlaatumittauksia tehtiin 1.1.2014 - 14.1.2015 välisenä aikana Tornion Ruohokarin ja Haaparannan Riekkolan tutkimuspisteissä. Kuvissa 8–11 on esitetty pitoisuudet koko mittausjaksolta 1.1.2014 - 14.1.2015. Taulukoissa 6–7 tulokset on esitetty kuukausittaisina tunti- ja vuorokausipitoisuuksien tilastosuureina vuodelta 2014. Tuulen nopeuden, ulkoilman lämpötilan, suhteellisen kosteuden ja ilmanpaineen tunti-arvot on esitetty liitekuvin 1–8.



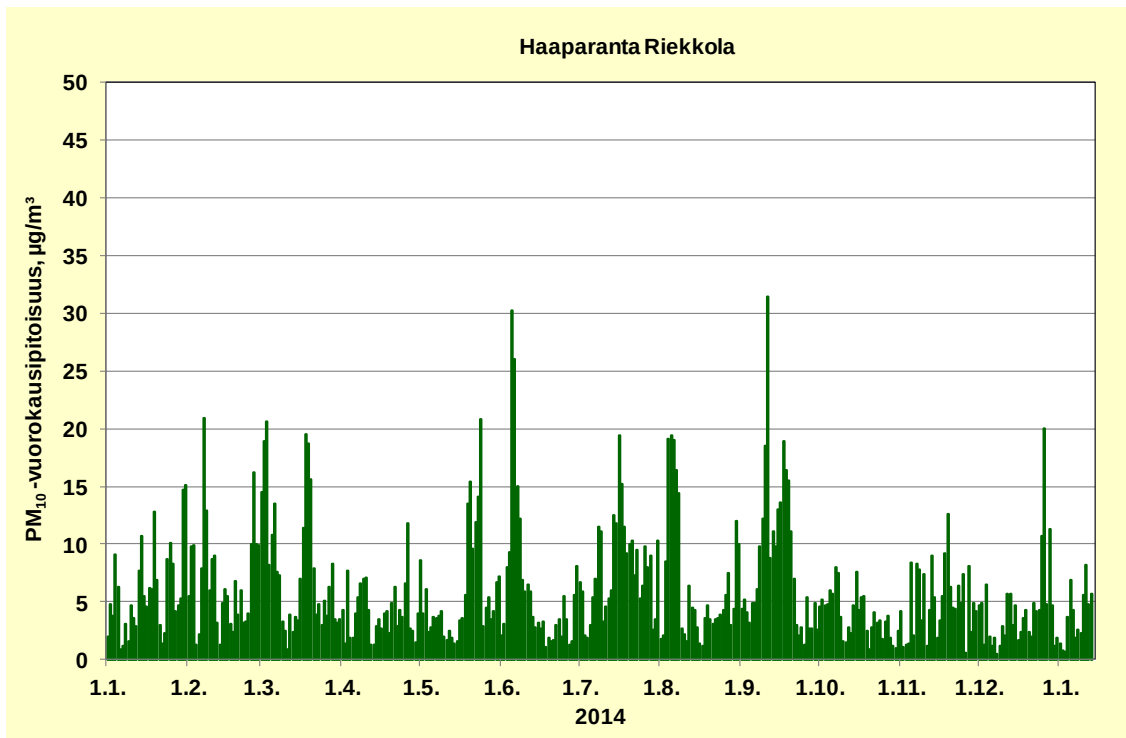
Kuva 8. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tuntipitoisuudet Tornion Ruohokarin mittauspisteessä jaksolla 1.1.2014 - 14.1.2015.



Kuva 9. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tuntipitoisuudet Haaparannan Riekkolan mittauspisteessä jaksolla 1.1.2014 - 14.1.2015.



Kuva 10. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausipitoisuudet Tornion Ruohokarin mittauspisteessä jaksolla 1.1.2014 - 14.1.2015.



Kuva 11. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausipitoisuudet Haaparannan Riekkolan mittauspisteessä jaksolla 1.1.2014 - 14.1.2015.

Taulukko 6. Tornion Ruohokarin mittauspisteessä mitatut hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) pitoisuudet jaksolla 1.1. – 31.12.2014.

2014												
PM ₁₀	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	742	670	738	716	744	707	744	744	678	743	720	744
määrä (%)	99.7	99.7	99.2	99.4	100	98.2	100	100	94.2	99.9	100	100
keskiarvo (µg/m ³)	4	7	8	4	5	6	8	7	10	6	8	7
99. % -piste (µg/m ³)	19	24	33	14	26	34	19	22	42	22	29	22
korkein arvo (µg/m ³)	41	29	50	20	43	44	24	54	59	44	72	39
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	28	31	30	31	29	31	31	28	31	30	31
2. kork. arvo (µg/m ³)	9	19	20	9	15	26	12	18	18	11	14	15
korkein arvo (µg/m ³)	11	20	20	10	23	27	12	19	32	12	19	15

Taulukko 7. Haaparannan Riekkolan mittauspisteessä mitatut hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) pitoisuudet jaksolla 1.1. – 31.12. 2014.

2014												
PM ₁₀	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	744	672	743	719	744	720	744	744	720	740	720	744
määrä (%)	100	100	99.9	99.9	100	100	100	100	100	99.5	100	100
keskiarvo (µg/m ³)	6	7	8	4	6	6	8	6	9	4	5	4
99. % -piste (µg/m ³)	31	25	35	23	30	36	28	26	50	16	19	30
korkein arvo (µg/m ³)	43	30	55	63	95	50	39	48	67	25	43	42
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2. kork. arvo (µg/m ³)	15	16	19	8	15	26	15	19	19	8	9	11
korkein arvo (µg/m ³)	15	21	21	12	21	30	19	19	31	8	13	20

6.2 Ilmanlaatuindeksi

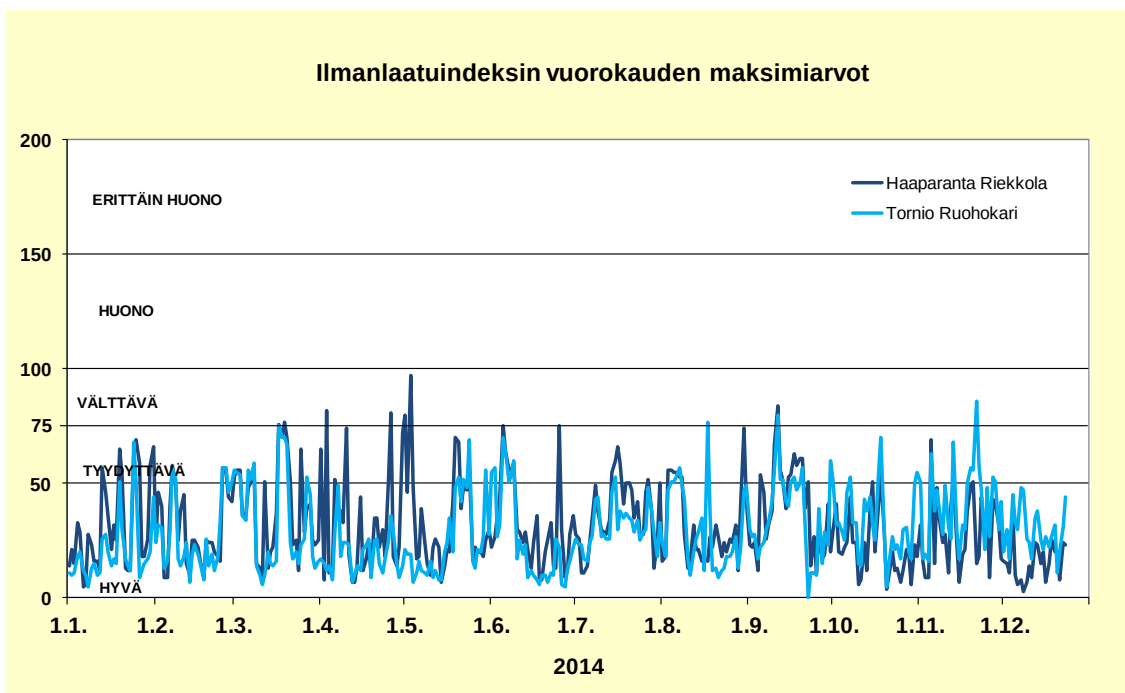
Torniossa ja Haaparannalla mitattujen ilman epäpuhtauspitoisuuksien perusteella on laskettu ilmanlaatuindeksi, joka kuvaa vallitsevaa ilmanlaatutilannetta (hyvä, tyydyttävä, välttävä, huono, erittäin huono). Indeksien laskennassa käytetään hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksia. Kuvassa 12 on esitetty yhteenveto vuoden 2014 vuorokauden maksimi-indeksi-arvoista. Tässä tarkastelussa mittauspäivän indeksi määräytyy ilmanlaadultaan huonoimman tunnin mukaan.

Tornion Ruohokarissa ilmanlaatu oli indeksillä ilmaistuna hyvää 83 %, tyydyttävää 16 % ja välttävää 1 % päivistä. Haaparannan Riekkolassa ilmanlaatu oli indeksillä ilmaistuna hyvää 80 %, tyydyttävää 18 % ja välttävää 2 % päivistä. Huonoa tai erittäin huonoa ilmanlaatua ei mittausjaksolla esiintynyt kummassakaan mittauspisteessä.

Ilmanlaatu oli Ruohokarissa ja Riekkolassa muuten hyvää tai tyydyttävää, mutta maaliskuun kolmannella viikolla 17.–20.3. ilmanlaatu heikkeni välttäväksi. Kovat yöpakkaset ja tyynyt olosuhteet vaikuttivat hiukkaspitoisuuksien kohoamiseen normaalitasolta. Kyseisellä viikolla ilmanlaatu heikkeni laajalti Suomessa katupölystä aiheutuneiden korkeiden hiukkaspitoisuuksien vuoksi. Syyskuussa ilmanlaatu heikentyi molemmissa mittauspisteissä välttäväksi 11.9.2014, jolloin hiukkaspitoisuudet kohosivat Islannin Bardarbunga-tulivuoren päästöjen vuoksi laajalti Suomen Lapissa.

Haaparannan Riekkolassa ilmanlaatu heikkeni välttäväksi myös vappuaaton ja vappupäivän välisenä yönä sekä perjantain ja lauantain välisenä yönä 2.–3.5. Kyseisinä ajankohtina oli tyynä ja vienot tuulenvireet kävivät mittauskopille luoteen suunnalta. Hiukkaspäästöjen lähteinä lienee ollut Riekkolan pihapiirin tulisijan käytöstä ilmaan leijumaan jääneet savut.

Tornion Ruohokarissa ilmanlaatu heikkeni välttäväksi 21.11.2014, jolloin hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuus kohosi iltapäivällä noin tasolle $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tuulen suunnan ollessa lounaasta ja tuulen nopeuden alhainen.



Kuva 12. Vuorokauden suurimmat ilmanlaatuindeksin arvot Tornion Ruohokarissa ja Haaparannan Riekkolassa vuonna 2014.

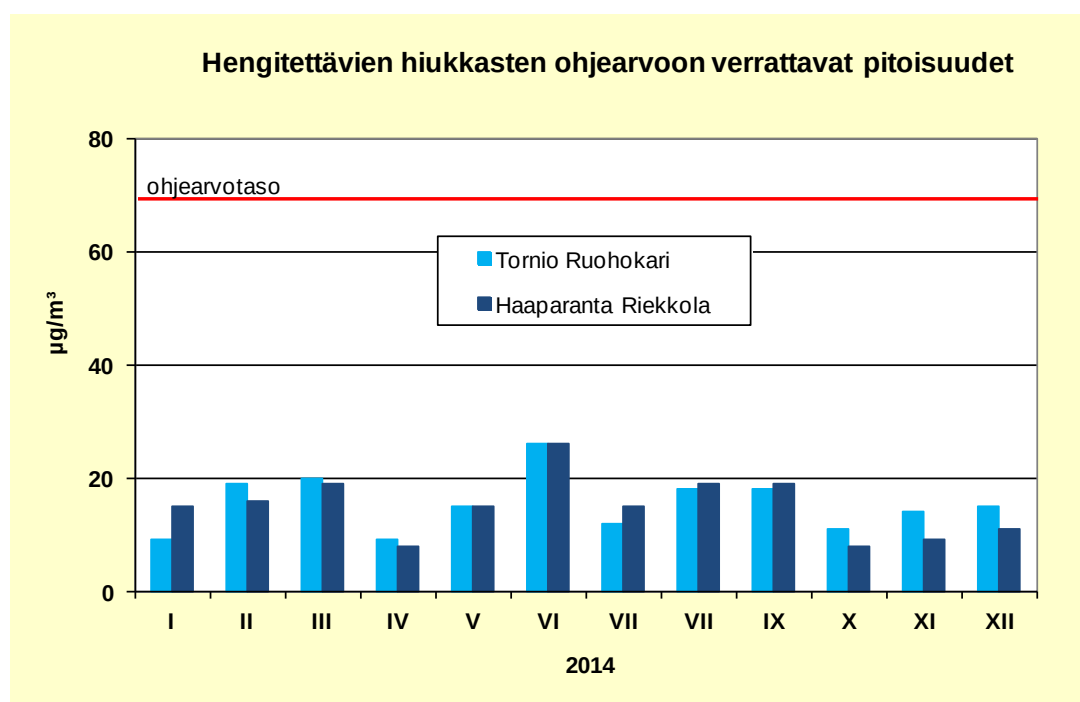
7 TUTKIMUKSEN TULOSTEN TARKASTELU

7.1 Ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet

Tornion Ruohokarissa ja Haaparannan Riekkolassa mitattuja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia on verrattu kotimaiseen ohjearvoon kalenterikuukausittain vuonna 2014 taulukossa 8 ja kuvassa 13. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudelle annettu vuorokausiohjearvo ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) alittui selvästi Tornion ja Haaparannan mitauspisteissä vuonna 2014.

Taulukko 8. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet Torniossa ja Haaparannalla vuonna 2014.

2014	PM ₁₀	
	Tornio Ruohokari $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Haaparanta Riekkola $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Tammikuu	9	15
Helmikuu	19	16
Maaliskuu	20	19
Huhtikuu	9	8
Toukokuu	15	15
Kesäkuu	26	26
Heinäkuu	12	15
Elokuu	18	19
Syyskuu	18	19
Lokakuu	11	8
Marraskuu	14	9
Joulukuu	15	11
Ohjearvo	70	70



Kuva 13. Hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrattavat pitoisuudet Tornion Ruohokarissa ja Haaparannan Riekkolassa vuonna 2014.

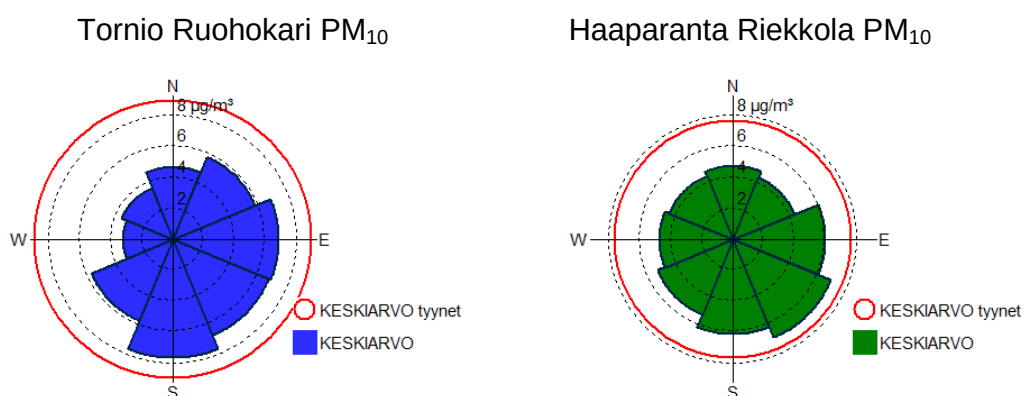
7.2 Raja- ja tavoitearvoihin verrattavat pitoisuudet

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden raja-arvot eivät ylittyneet Tornio-Haaparanta-alueella. Tornion Ruohokarin mittauspisteen vuosikeskiarvo oli $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (18 % raja-arvosta) ja Haaparannan Riekkolan $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (15 % raja-arvosta), kun vastaava vuosisiraja-arvo on $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuudelle on asetettu vuorokausiraja-arvo $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Raja-arvo katsotaan ylittyneeksi, jos tätä korkeampia vuorokausikeskiarvoja esiintyy yli 35 kpl kalenterivuoden aikana. Tornion ja Haaparannan tausta-alueilla ei mitattu yli $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$:n pitoisuuksia vuonna 2014, 36. suurin vuorokausikeskiarvo oli $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sekä Torniossa että Haaparannalla. Tämän tarkastelun tulokset ovat pitäviä myös suhteutettuina ruotsalaisiin raja-arvoihin, jotka ovat samat kuin Suomessakin.

Hengitettävillä hiukkasilla ja pienhiukkasilla on annettu ilmanlaatuasetuksessa 38/2011 terveyshaittojen ehkäisemiseksi arviointikynnykset (taulukko 3), jotka määrittelevät ilmanlaadun seurannan tasoa ja tarvetta (jatkuvat mittaukset / suuntaantavat mittaukset / muut menetelmät) tarkasteltavassa kohteessa tai paikkakunnalla. Tornion ja Haaparannan mittauspisteissä tässä tutkimuksessa havaitut hengitettävien hiukkasten vuorokausi- ja vuosikeskiarvopitoisuudet jäivät alle alemman arviointikynnyksen.

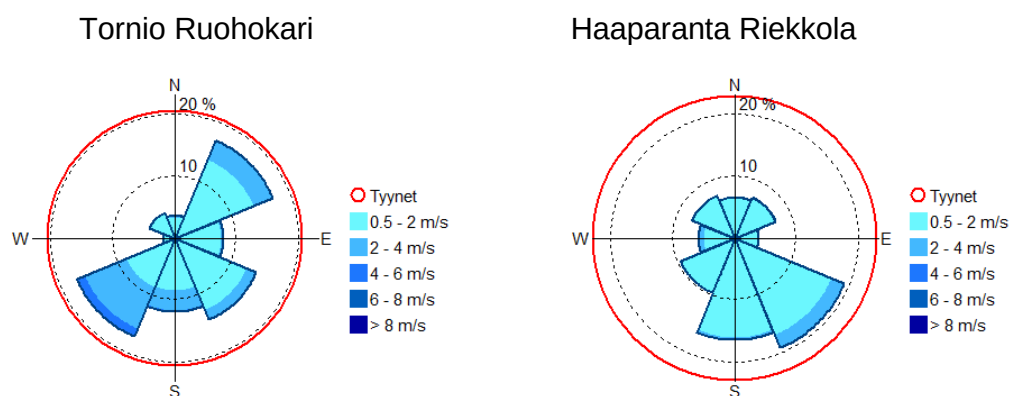
7.3 Tuulen suunnan ja nopeuden vaikutus mitattuihin pitoisuuksiin

Kuvassa 14 on havainnollistettu hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien riippuvuutta tuulensuunnasta Tornion ja Haaparannan 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 16 on kuvattu yksittäisten hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten tuntipitoisuuksien riippuvuutta tuulen suunnasta.



Kuva 14. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tuntipitoisuuksien keskiarvot tuulensuunnittain Tornion ja Haaparannan tutkimuspisteissä vuonna 2014. Outokummun Tornion tehtaat sijaitsevat Tornion tutkimuspisteeseen nähden noin 5,5 km lounaaseen ja Haaparannan tutkimuspisteeseen nähden noin 5 km kaakkoon.

Tuuliruusut Tornion ja Haaparannan mittauspisteiden tuulista jaksolta 1.1. - 31.12.2014 on esitetty kuvassa 15. Tuulet on luokiteltu kahdeksaan tuulisektoriin sen mukaan, mistä päin on tuullut. 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 tuulten nopeusjakaumat tuulensuuntasektoreittain. Eri tuulennopeuksien prosentuaaliset osuudet saadaan vertaamalla sektoreiden kunkin nopeusluokan pituutta prosenttiasteikkoon. Haaparannan Riekkolassa vallitsevat tuulensuunnat olivat kaakko ja etelä ja tuulennopeudet olivat suojaisen sijainnin vuoksi alhaisia. Tornion Ruohokarissa mittausaseman tuulet kanavoituvat koillis-lounas -suuntaisen voimalinja-aukion mukaisesti.

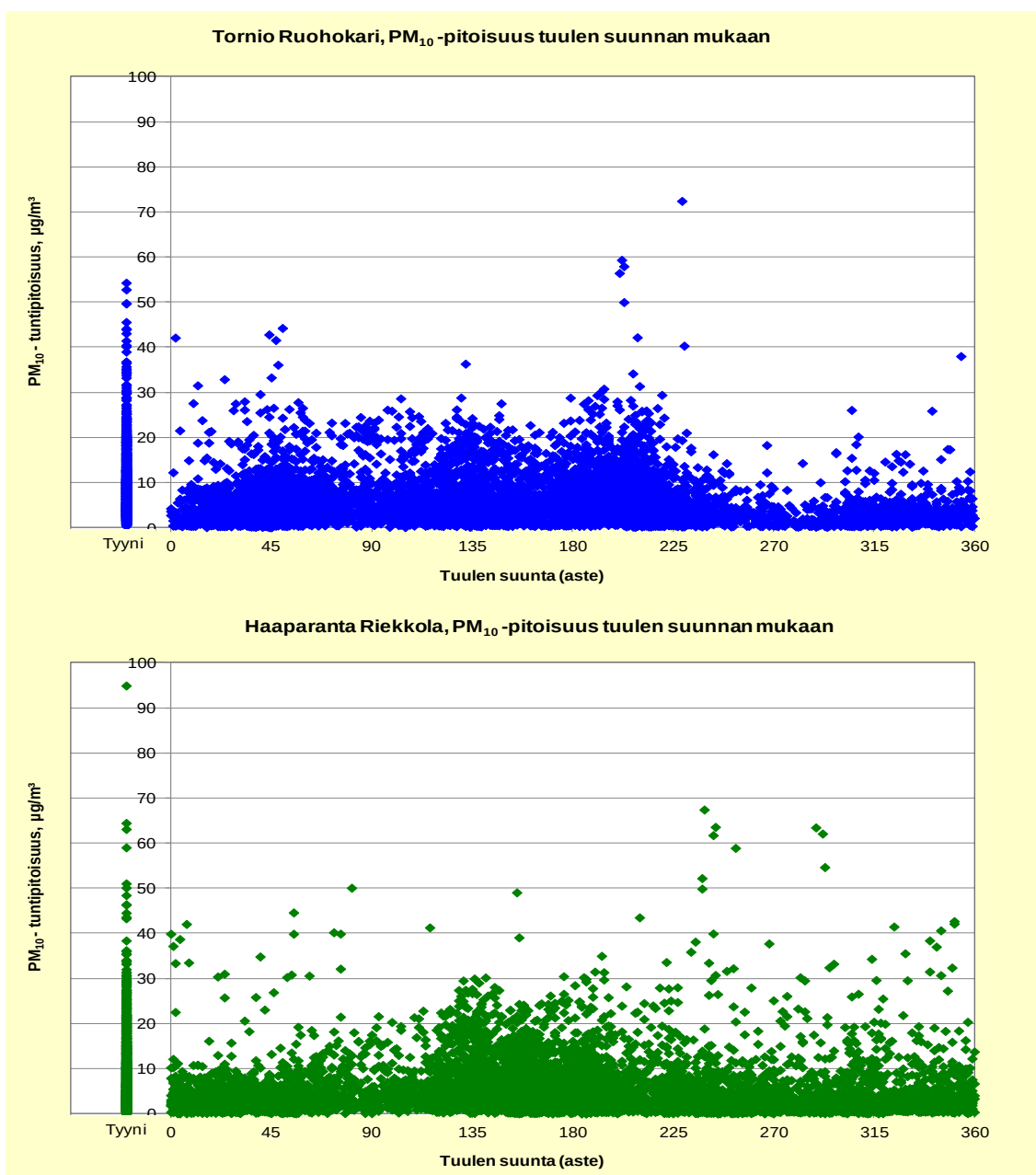


Kuva 15. Tuuliruusut Tornion ja Haaparannan mittauspisteissä 1.1. - 31.12.2014 mitatuista tuulista.

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.

Tornion Ruohokarissa hiukkaspitoisuudet olivat verrattain alhaisia. Hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskiarvot olivat suurimmillaan tyynellä säällä. Pitoisuustaso tuulen käydessä koillisen ja etelän välisellä sektorilta oli korkeampi kuin lounaan ja pohjoisen välisellä sektorilta. Kesämökkiasutusta on Ruohokarin aseman itäpuolella pohjoisen ja etelän välisellä sektorilla (tuulen suunnat 0–180 astetta) (ks. kuva 16). Yksittäisiä korkeampia hiukkaspitoisuuksia aiheutui todennäköisesti kesämökeille suuntautuvasta liikennöinnistä ja tulisijojen käytöstä mökeillä. Islannin Bardarbunga-tulivuoren päästöjen aiheuttamat hiukkaspitoisuudet tulivat lounaistuulen mukana ja näkyivät Ruohokarissa kohonneina pitoisuuksina (tasoa 50 – 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Lounaanpuoleisilla tuulilla hiukkaspitoisuudet eivät muutoin juurikaan olleet koholla, paitsi 21.11.2014, jolloin hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuus kohosi iltapäivällä noin tasolle 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tuulen suunnan ollessa lounaasta ja tuulen nopeuden alhainen. Outokummun tehtaat sijaitsevat mittausaseman lounaispuolella.

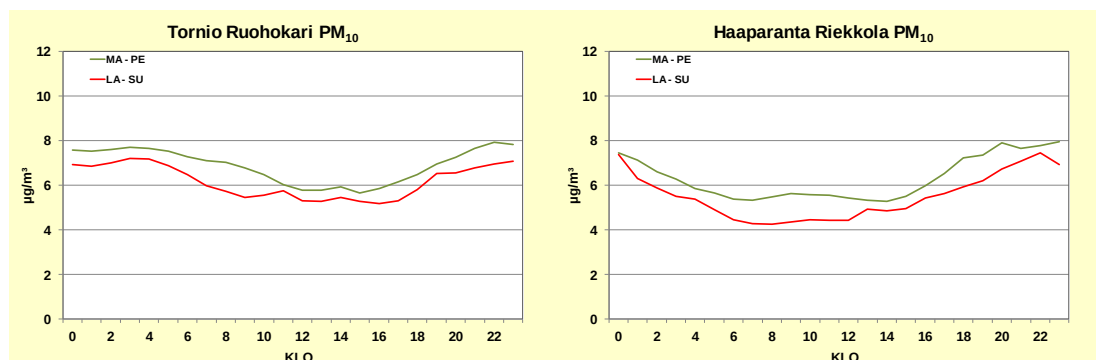
Haaparannan Riekkolan mittauspisteessä hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskiarvot olivat suurimmillaan tyynellä säällä. Tuulen suunnittain tarkasteltuna tuntipitoisuuksien keskiarvot olivat suurimmat idän-etelän välisillä tuulilla. Kaakonpuoleisten tuulten kohonnut pitoisuuskeskiarvo voi olla aiheutunut päästöistä Outo-kummun tehdasalueelta tai lähilähteistä, kuten päällystämättömän hiekkapihan pölyämisestä. Suurimmat yksittäiset tuntiarvot esiintyivät tyynellä säällä sekä lounaan-luoteen puoleisilla tuulilla (ks. kuva 16). Islannin Bardarbunga-tulivuoren päästöjen aiheuttamat hiukkaspitoisuudet näkyivät myös Riekkolassa lounaan puoleisilla tuulilla kohonneina pitoisuuksina (tasoa 50 – 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Syy luoteenpuoleisilla tuulilla esiintyneisiin kohonneisiin hiukkaspitoisuuksiin ovat Riekkolan tulentekopaikan savut.



Kuva 16. Hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuudet tuulensuunnan mukaan Tornion ja Haaparannan tutkimuspisteissä.

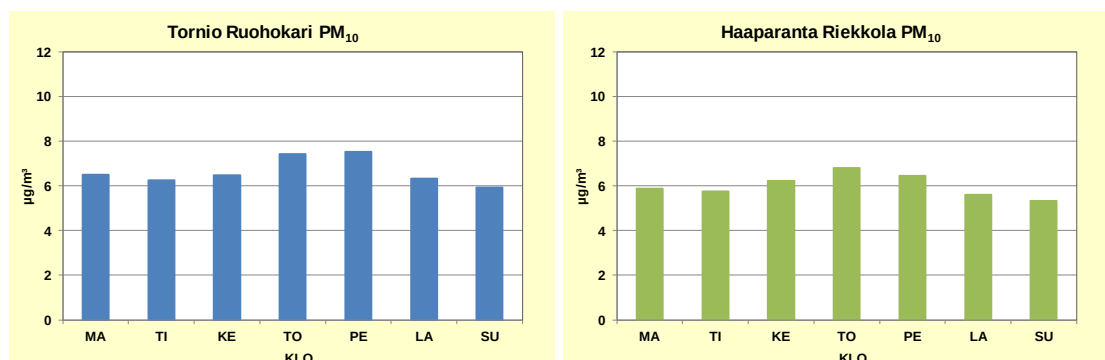
7.4 Pitoisuuksien ajallinen vaihtelu

Kuvassa 17 on esitetty hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien vuorokauden sisäinen vaihtelu arkipäivisin ja viikonloppuisin. Hiukkaspitoisuudet ovat sekä Ruohokarissa että Riekkolassa viikonloppuisin hieman matalampia kuin arkipäivisin. Mittausasemat sijaitsevat sen verran etäällä taajamista ja liikenneväylistä, että hiukkaspitoisuuksien vaihtelussa ei ole havaittavissa autoliikenteen syklistä aiheutuvaa pitoisuuksien kohoamista ruuhka-aikoina vaan pitoisuudet ovat keskimäärin melko alhaisella tasolla jatkuvasti.



Kuva 17. Tornion ja Haaparannan mittauspisteiden hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien vaihtelu kelloajan mukaan.

Kuvassa 18 on esitetty hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien vaihtelu viikonpäivien mukaan. Hiukkaspitoisuudet ovat keskimäärin pienimmillään viikonloppuisin.



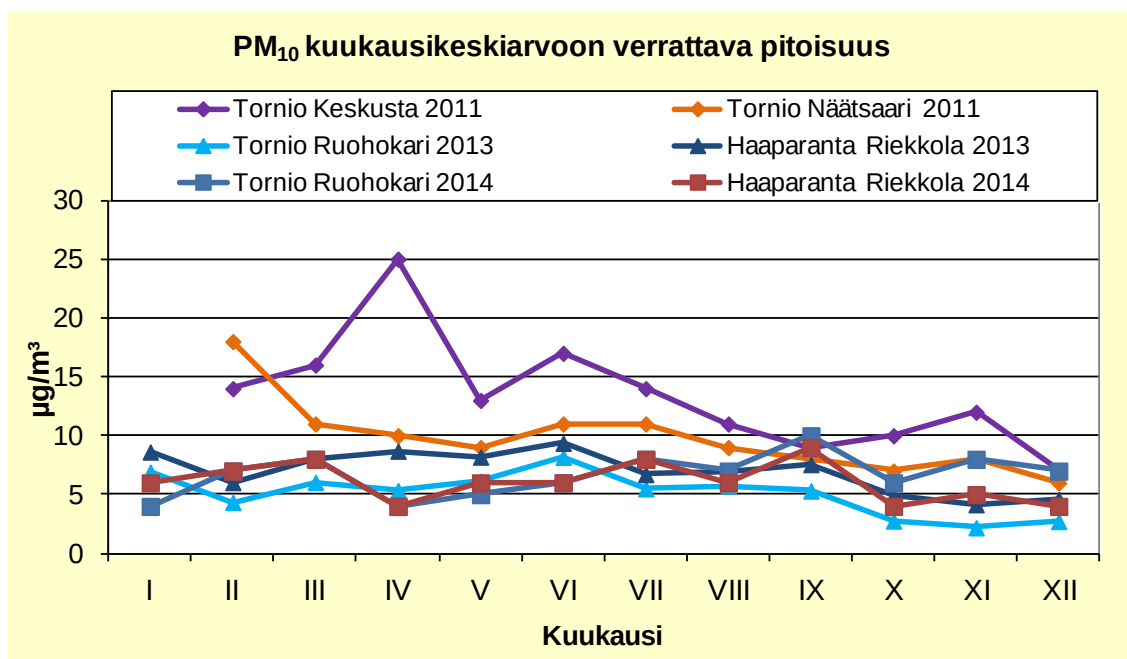
Kuva 18. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien vaihtelu viikonpäivien mukaan.

7.5 Vertailua Tornion aikaisempien ilmanlaatumittausten tuloksiin

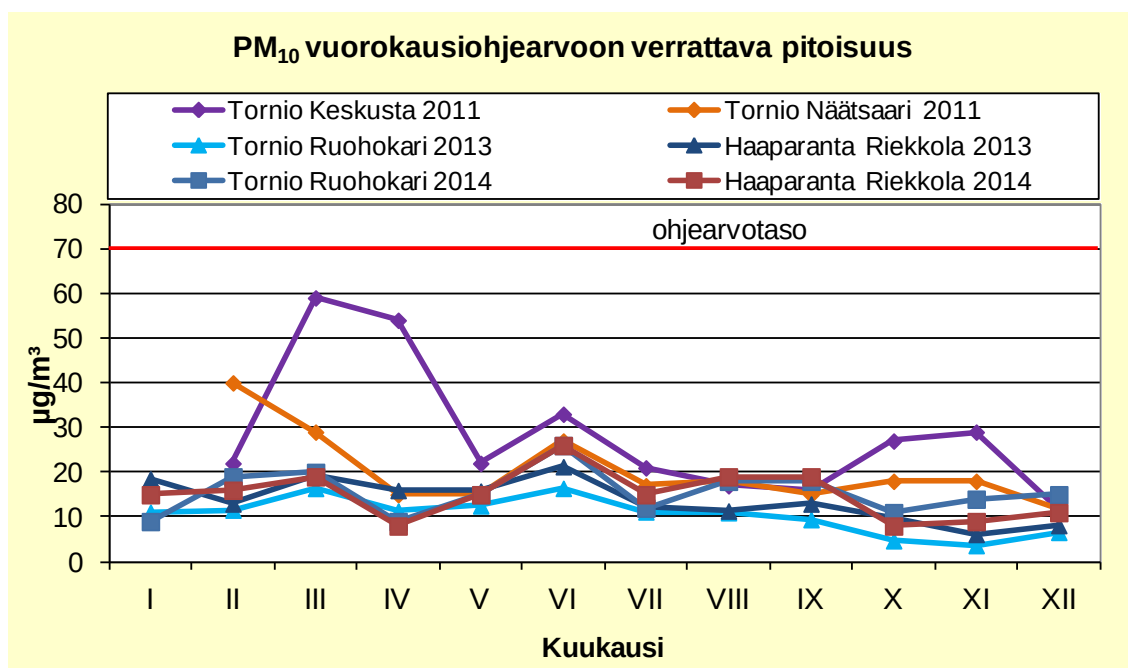
Ilmatieteen laitos on mitannut hiukkaspitoisuuksia Torniossa aikaisemmin vuosina 2005 ja 2011 (Saari et al., 2006; Alaviippola et al., 2012). Vuosina 2005 ja 2011 ilmanlaatumittauksia tehtiin Tornion Keskustassa ja Näätisaassa ja vuonna 2005 edellä mainittujen lisäksi myös Puuluodossa noin 2,5 km koilliseen Tornion Outokummun tehtaista. Vuoden 2013 - 2014 ilmanlaatumittaukset Tornion Ruuhokaris- sa ja Haaparannan Riekkolassa kuvaavat aikaisemmista mittauksista poiketen enemmänkin kaupunkialueen taustailmaa etäällä liikenteestä ja muista taajamien lähipäästölähteistä. Vuoden 2013 - 2014 mittauksilla oli tarkoitus kartoittaa lähinnä Outokummun Tornion tehtaiden päästöjen vaikutuksia ympäristöön.

Kuvissa 19 ja 20 on verrattu vuonna 2013 ja 2014 Torniossa ja Haaparannalla mitattuja hengitettävien hiukkasten kuukausikeskiarvopitoisuuksia ja ohjearvoon verrannollisia pitoisuuksia Tornion vuoden 2011 pitoisuuksiin. Vertailusta saadaan suuntaa-antavaa tietoa hiukkasten pitoisuustasoista erilaisissa päästöympäristöissä. Tausta-alueilla Tornion Ruuhokarissa ja Haaparannan Riekkolassa mitatut hiukkaspitoisuudet ovat pääosin alhaisempia kuin asuinalueella Tornion Näätisaassa vuonna 2011 mitatut pitoisuudet. Ruuhokarin ja Riekkolan hiukkaspitoisuuksissa ei ole havaittavissa esimerkiksi kevään ja syksyn katupölykauden aiheuttamaa selkeää vuodenaikaisvaihtelua kuten Tornion Keskustassa. Ruuhokarissa ja Riekkolassa mitatut hengitettävien hiukkasten pitoisuudet vaihtelevat kuukausittain samansuuntaisesti.

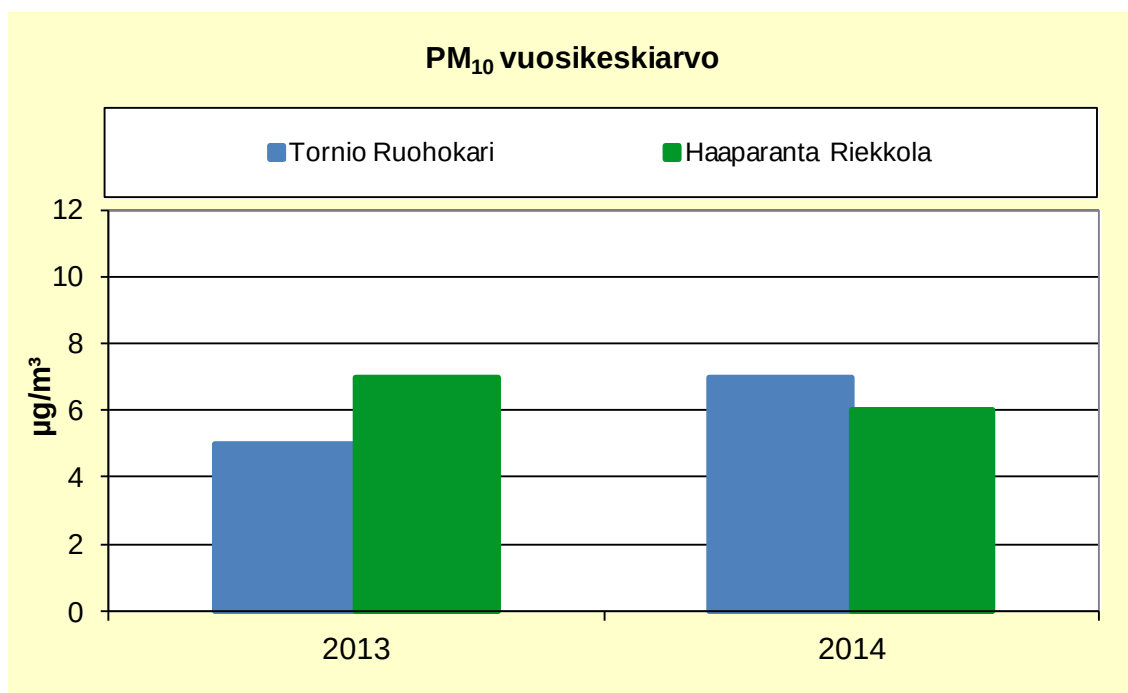
Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuus vuonna 2014 oli Ruuhokarissa edellisvuotta korkeampi ja Riekkolassa matalampi (kuva 21).



Kuva 19. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden kuukausikeskiarvot Tornion Ruuhokarin ja Haaparannan Riekkolan mittauspisteissä vuosina 2013 ja 2014 sekä Tornion Keskustan ja Näätisaaren mittauspisteissä vuonna 2011.



Kuva 20. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet Tornion Ruuhokarin ja Haaparannan Riekkolan mittauspisteissä vuosina 2013 ja 2014 sekä Tornion Keskustan ja Näätsaaren mittauspisteissä vuonna 2011.

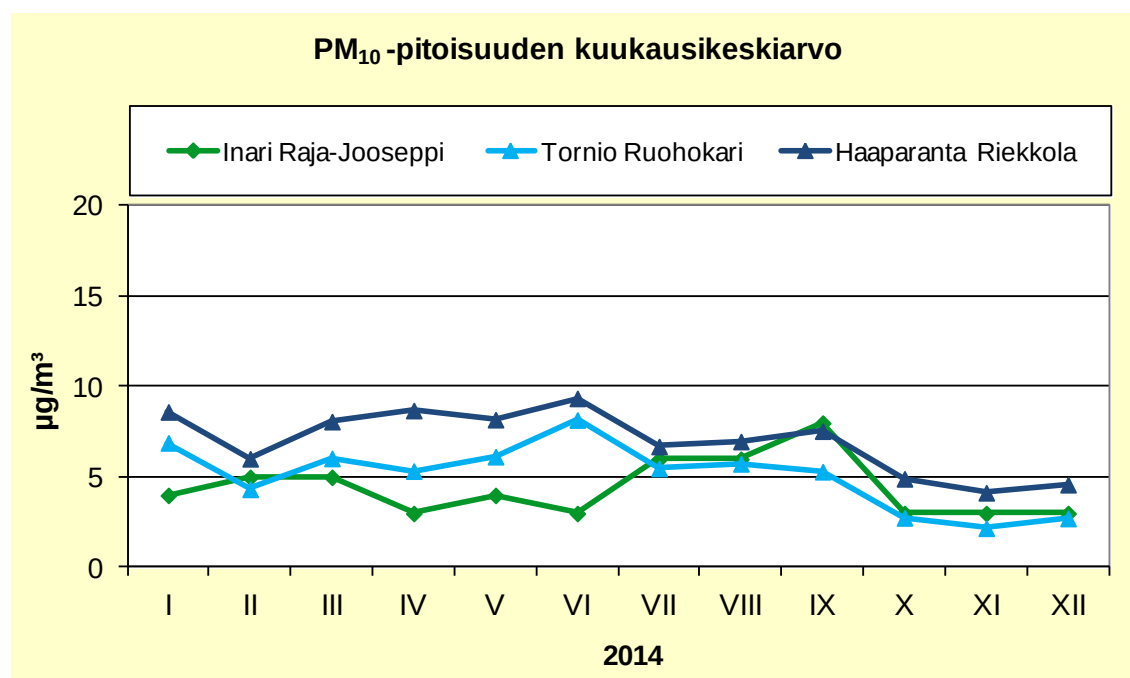


Kuva 21. Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet Tornion Ruuhokarin ja Haaparannan Riekkolan mittauspisteissä vuosina 2013 ja 2014.

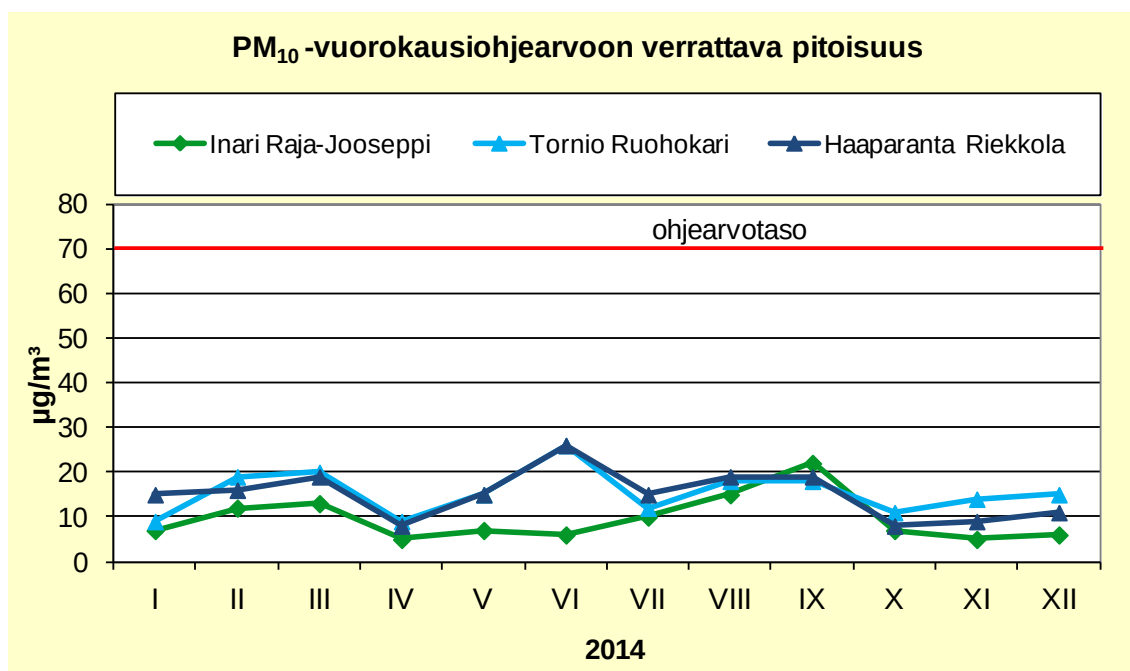
7.6 Vertailua taustapitoisuuksiin

Kuvissa 22–23 on verrattu Torniossa ja Haaparannalla mitattuja hengitettävien hiukkasten pitoisuuden kuukausikeskiarvoja ja vuorokausiohjeeseen verrattavia pitoisuuksia Lapin puhtaan tausta-alueen pitoisuuksiin vuonna 2014. Ilmatieteen laitoksen ylläpitämän Inarin Raja-Joosepin aseman pitoisuudet edustavat Lapin puhtaan taustailman laatua.

Vertailusta on havaittavissa, että Tornion ja Haaparannan mittauspisteissä mitatut pitoisuudet ovat alkuvuodesta ja kevätölykaudella hieman korkeampia kuin Lapin puhtailla tausta-alueilla. Syyskuussa 2014 hiukkaspitoisuudet kohosivat Islannin Bardarbunga-tulivuoren päästöjen vuoksi laajalti Suomen Lapissa. Tulivuoresta vapautui rikkidioksidipäästöjä, jotka kohottivat Lapissa aluksi rikkidioksidipitoisuuksia. Rikkidioksidikaasu muuntuu edullisissa olosuhteissa nopeasti kaasuhiukkas-muuntuman kautta pienhiukkasiksi. Kohonneet hiukkaspitoisuudet olivat nähtävissä Inarin sekä myös Tornion ja Haaparannan mittaustuloksissa.



Kuva 22. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden kuukausikeskiarvoja Tornion Ruohokarissa ja Haaparannan Riekkolassa sekä Inarin Raja-Joosepin tausta-aseamalla vuonna 2014.



Kuva 23. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon verrattavia pitoisuuksia Tornion Ruohokarissa ja Haaparannan Riekkolassa sekä Inarin Raja-Joosepin taustasemalla vuonna 2014.

8 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Outokumpu Stainless Oy tilasi Ilmatieteen laitokselta Tornion Ruohokarin ja Haaparannan Riekkolan hiukkas-, arseeni- ja metallipitoisuuksien mittaukset toteutettavaksi vuosina 2013–2014. Tässä tutkimuksessa raportoidaan vuoden 2014 aikana tehtyjen ilmanlaatumittausten tulokset.

Mittauksia tehtiin 1.1.2014 - 14.1.2015 välisenä aikana Tornion Ruohokarin ja Haaparannan Riekkolan tutkimuspisteissä. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia mitattiin jatkuvatoimisilla hiukkasanalysointilaitteilla koko mittausjakson ajan.

Tornion ja Haaparannan ilmanlaatumittausten tavoitteena oli kartoittaa erikokoisten hiukkasten pitoisuuksia ja väestön altistumista niille sekä saamaan tietoa Tornion ja Haaparannan ilmanlaadusta kauempana taajama- ja liikenneympäristöistä sekä Outokummun Tornion tehtaiden päästöjen vaikutuksesta siihen.

Tornion Ruohokarin ja Haaparannan Riekkolan alueilla hiukkaspitoisuudet olivat varsin matalia. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudelle annettu kotimainen vuorokausiohjearvo alittui selvästi Ruohokarin ja Riekkolan mittauspisteissä mittausjakson kaikkina kuukausina. Hiukkaspitoisuudet olivat Ruohokarissa sekä Riekkolassa korkeimmillaan kesäkuussa 2014, jolloin hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat 37 % ohjearvosta.

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksille annetut raja-arvot eivät ylittyneet Torniossa tai Haaparannalla. Ruohokarin mittauspisteen mittausjakson keskiarvo oli $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Riekkolan $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vuosiraja-arvon ollessa $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuudelle on annettu raja-arvo on $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ja se katsotaan ylittyneeksi, jos taso ylittyy yli 35 vuorokautena kalenterivuoden aikana. Vuorokausikeskiarvopitoisuus $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ei ylittynyt vuonna 2014 kertaakaan Tornion Ruohokarissa eikä Haaparannan Riekkolassa. Kaikki edellä mainitut hengitettävien hiukkasten ohje- ja raja-arvot ovat samat myös Ruotsissa.

Torniossa ja Haaparannalla mitatuista hengitettävien hiukkasten pitoisuuksista laskettiin ns. ilmanlaadun indeksi, joka kuvaa viisiportaisella asteikolla (hyvä, tyydyttävä, välttävä, huono, erittäin huono) vallitsevaa ilmanlaatuutilannetta. Tässä tarkastelussa mittauspäivän indeksi määräytyy ilmanlaadultaan huonoimman tunnin mukaan. Tornion Ruohokarissa ilmanlaatu oli indeksillä ilmaistuna hyvää 83 %, tyydyttävää 16 % ja välttävää 1 % päivistä. Haaparannan Riekkolassa ilmanlaatu oli indeksillä ilmaistuna hyvää 80 %, tyydyttävää 18 % ja välttävää 2 % päivistä. Huonoa tai erittäin huonoa ilmanlaatua ei mittausjaksolla esiintynyt kummassakaan mittauspisteessä.

Tornion Ruohokarissa hiukkaspitoisuudet olivat verrattain alhaisia. Hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskiarvot olivat suurimmillaan tyynellä säällä. Pitoisuustaso tuulen käydessä koillisen ja etelän välisellä sektorilta (kesämökkiasutusta) oli korkeampi kuin lounaan ja pohjoisen välisellä sektorilta. Lounaan puoleisilla tuulilla hiukkaspitoisuudet eivät muutoin juurikaan olleet koholla paitsi 21.11.2014, jolloin hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuus kohosi iltapäivällä noin tasolle $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

tuulen suunnan ollessa lounaasta ja tuulen nopeuden alhainen. Outokummun tehtaat sijaitsevat mittausaseman lounaispuolella.

Myös Haaparannan Riekkolassa hiukkaspitoisuudet olivat alhaisia. Haaparannan Riekkolan mittauspisteessä hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskiarvot olivat suurimmillaan tynellä säällä. Tuulen suunnittain tarkasteltuna tuntipitoisuuksien keskiarvot olivat suurimmat idän-etelän välisillä tuulilla. Kaakonpuoleisten tuulien kohonnut pitoisuuskeskiarvo voi olla aiheutunut päästöistä Outokummun tehdasalueelta tai lähilähteistä, kuten päälystämättömän hiekkapihan pölyämisestä. Syy luoteenpuoleisilla tuulilla esiintyneisiin kohonneisiin hiukkaspitoisuuksiin ovat Riekkolan tulentekopaikan savut.

Lapin puhtaan alueen hiukkaspitoisuuksiin verrattuna Tornion Ruohokarin ja Haaparannan Riekkolan hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat vuoden 2014 alkupuoliskolla hieman suurempia kuin taustapitoisuudet. Syyskuussa 2014 hiukkaspitoisuudet kohosivat Islannin Bardarbunga-tulivuoren päästöjen vuoksi laajalti Suomen Lapissa. Tulivuoresta vapautui rikkidioksidipäästöjä, jotka kohottivat Lapissa aluksi rikkidioksidipitoisuuksia. Rikkidioksidikaasu muuntuu edullisissa olosuhteissa nopeasti kaasuhiukkasmuuntuman kautta pienhiukkasiksi. Kohonneet hiukkaspitoisuudet olivat nähtävissä myös Tornion ja Haaparannan hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien mittaustuloksissa.

Kokonaisuudessaan kahden vuoden mittaustulosten perusteella Outokummun tehtaiden vaikutus ulkoilman hiukkaspitoisuuksiin näyttäisi olleen melko vähäinen. Outokummun tehtaat saattavat vähän kohottaa Tornion ja Haaparannan yleistä hiukkaspitoisuuksien taustatasoa, mutta seurannassa ei havaittu tehdasalueen päästöjen aiheuttavan korkeampia yksittäisiä taustatasosta poikkeavia hiukkaspitoisuuksia.

9 SUOSITUKSIA TORNION ILMANLAADUN SEURANTAAN

Tornion alueella on seurattu ulkoilman laatua vuosina 1998, 2005, 2011 ja nyt tämän tutkimuksen yhteydessä vuosina 2013–2014. Aikaisempina vuosina selvitettiin kaikkien päästölähteiden aiheuttamaa ilmanlaatua mm. Tornion Keskustassa, Näätsaarella ja Puuluodossa. Viimeisimmässä tutkimuksessa tarkasteltiin puhtaasti Tornion Outokummun tehtaiden vaikutusta ilmanlaatuun Tornion Ruohokarisaa ja Haaparannan Riekkolassa. Mittauspisteet valittiin molemmissa kaupungeissa yhtä pitkältä etäisyydeltä terästehtaalta ja kaupunkien tausta-alueilta, jotta liikenteen päästöt eivät vaikuttaisi mittaustuloksiin.

Ilmanlaadun mittaustarvetta arvioidaan suhteessa ilmanlaatuasetuksessa (Vna 38/2011) annettuihin ilmanlaadun arviointikynnyksiin. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet ovat alittaneet alemman arviointikynnyksen Tornion Ruohokarilla ja Haaparannan Riekkolassa vuosina 2013–2014 sekä Tornion Keskustassa ja Näätsaarella vuonna 2011. Myös pienhiukkaspitoisuudet alittivat alemman arviointikynnyksen tason vuoden 2013 mittausten mukaan. Kun pitoisuudet jäävät alle alemman arviointikynnyksen, ei ilmanlaadun seurannassa tarvita jatkuvia ilmanlaadun mittauksia, vaan kevyemmät hiukkaspitoisuuksien arviointimenetelmät, kuten päästöinventariot tai leviämismallilaskelmat, ovat riittäviä. Ilmanlaatuasetuksen hengen

mukaisesti seurantarave ja pitoisuuksien suhde arviointikynnyksiin tulee kuitenkin arvioida viiden vuoden välein tai tiheämmin päästötasejen merkittävästi muuttuessa.

Outokummun Tornion tehtaille on valmistunut toiminnan laajenuksena uusi ferrokromin valmistuslinja sintraamoiheen ja sulattamoiheen. Maailman suurimman ferrokromisulaton myötä Outokummun ferrokromituotanto on kaksinkertaistunut ja on nykyisin 530 000 t/a.. Mm. hiukkasten korkeimpien kromipitoisuuksien kohoaminen aikaisempien tarkasteluvuosien tasolta viittaa siihen, että alueen metallipitoisuuksia tulee seurata jatkossakin.

Paikallinen ympäristöviranomaisella päättää Tornion tulevasta ilmanlaadun seurannoista. Ilmatieteen laitos suosittelee, että Tornion ilmanlaatumittauksissa tulisi jatkossa keskittyä samaan tapaan kuin tässä tutkimuksessa hiukkasten ja niiden sisältämien alkuaineiden pitoisuusseurantaan. Seuranta sisältäisi noin 5 vuoden välein hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) pitoisuusmittauksia, jotka suositellaan tehtäväksi jatkuvatoimisella menetelmällä vuoden kestävinä samaan tapaan kuin vuosina 2005, 2011 ja 2013–2014. Näin saadaan asianmukaiset tulokset ohje- ja raja-arvovertailuihin sekä tietoa myös lyhytaikaispitoisuuksista ja niiden vaihtelusta sekä pitoisuustasejen kehitymisestä, jotka ovat tärkeitä tietoja paikallisen teollisuuden päästövaikutusten valvonnan sekä ilmanlaadun arvioinnin ja mittaustulosten tulkinnan kannalta.

Ilmatieteen laitos suosittelee myös, että Torniossa toteutettaisiin jatkossa samaan tapaan kuin vuosina 2005, 2011 ja 2013 hiukkasten sisältämien metallien pitoisuusmittaukset keräämällä hengitettävien hiukkasten vuorokausinäytteitä pientehokeräimillä ilmanlaatuasetuksen mukaista vertailumenetelmää käyttäen. Näin varmistettaisiin tulevien tutkimustulosten vertailukelpoisuus aikaisempien mittausten vastaaviin arvoihin. Tärkeimmät hiukkasnäytteistä analysoidavat metallit olisivat kromi, sinkki ja nikkeli. Käyttämällä samaa analyysitekniikkaa kuin nyt raportoitavassa tutkimuksessa, hiukkasnäytteistä saadaan samassa analyysissä pitoisuustiedot myös muun muassa arseenille ja kadmiumille ja useille muille alkuaineille, joita Tornion terästehtaan päästöissä esiintyy.

Tornion ilmanlaadun seurannassa suuntaa-antavat arseenin ja metallien mittaukset ovat jatkossakin riittäviä ja niihin voidaan soveltaa löysempiä ajallisen edustavuuden kriteerejä kuin jatkuviin mittauksiin. Näin ollen Tornion tulevien vuosien metallimittaukset voitaisiin toteuttaa yhtä kalenterivuotta lyhemmillä mittaussaksoilla ja vuoden 2013 tasoisilla arseenin ja metallien näytemäärillä. Nämä olisivat ko. mittausten tavoitteenasettelun kannalta riittäviä, kun tulevissakin tutkimuksessa keskeisessä asemassa on Outokummun Tornion tehtaiden päästövaikutusten seuranta ja ilman epäpuhtauspitoisuuksien kehityksen arviointi.

Edellä kuvattujen Tornion tulevien ilmanlaatumittausten tarkkailupisteet olisi suositeltavaa valita Outokummun Tornion tehtaiden ympäristöstä niin, että jatkotutkimuksissa saatavat tulokset olisivat mahdollisimman vertailukelpoisia aikaisempiin tuloksiin nähden muun muassa hiukkasten ja niiden sisältämien metallien pitoisuuskehityksen arviointia varten. Aiemmissa vastaavissa mittaushankkeissa käytetty kahden tai kolmen tarkkailupisteen määrä on jatkossakin riittävä. Kolmas mittaushankkeesta voisi sijaita Tornion keskustassa, jolloin mittauksilla seurattaisiin samalla myös kaupunkialueen yleistä ilmanlaatua.

VIITELUETTELO

ALAVIIPPOLA, B., PESONEN, R. ja SAARI, H., 2012. Ilmanlaatumittaukset Tornion keskustassa ja Näätasaassa. Mittaustulokset jaksolta helmikuu 2011–helmikuu 2012. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun asiantuntijapalvelut, Helsinki. 49 s. + 10 liites.

EU, 2000. Ambient air pollution by As, Cd and Ni compounds. Position paper. Prepared by the ad-hoc working group on arsenic, cadmium and nickel compounds. June 2000. Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen.

ILMANLAATUPORTAALI, 2015. Ilmanlaatatiedon valtakunnallinen, reaaliaikainen verkkopalvelu (Ylläpito: Ilmatieteen laitos). www.ilmanlaatu.fi

ILMATIETEEN LAITOS, 2015. Ilmatieteen laitoksen ilmakemian laboratoriot. Matrovan tausta-asemalla mitatut arseeni- ja metallipitoisuudet.

KOMPPULA, B., ANTTILA, P., VESTENIUS, M., SALMI, T., ja LOVÉN, K., 2014a. Ilmanlaadun seurantaraportin arviointi. Ilmatieteen laitos, Asiantuntijapalvelut, Ilmanlaatu ja energia. Helsinki. 123 s. + 48 liites.

KOMPPULA, B., SAARI, H. ja PESONEN, R., 2014b. Ilmanlaatumittaukset Tornion Ruohokarissa ja Haaparannan Riekkolassa. Pienhiukkasten, hengitettävien hiukkasten, arseenin ja metallien pitoisuudet vuonna 2013. Ilmatieteen laitos, Asiantuntijapalvelut, Ilmanlaatu ja energia. Helsinki. 53 s. + 8 liites.

SAARI, H., KARTASTENPÄÄ, R. ja LINDGREN, K., 1999. Hiukkasmittaukset Torniossa. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun tutkimus, Helsinki. 43 s. + 5 liites.

SAARI, H., HAAPARANTA, S. ja PESONEN, R., 2006. Ilmanlaatumittaukset Torniossa vuonna 2005. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun asiantuntijapalvelut, Helsinki. 60 s. + 10 liites.

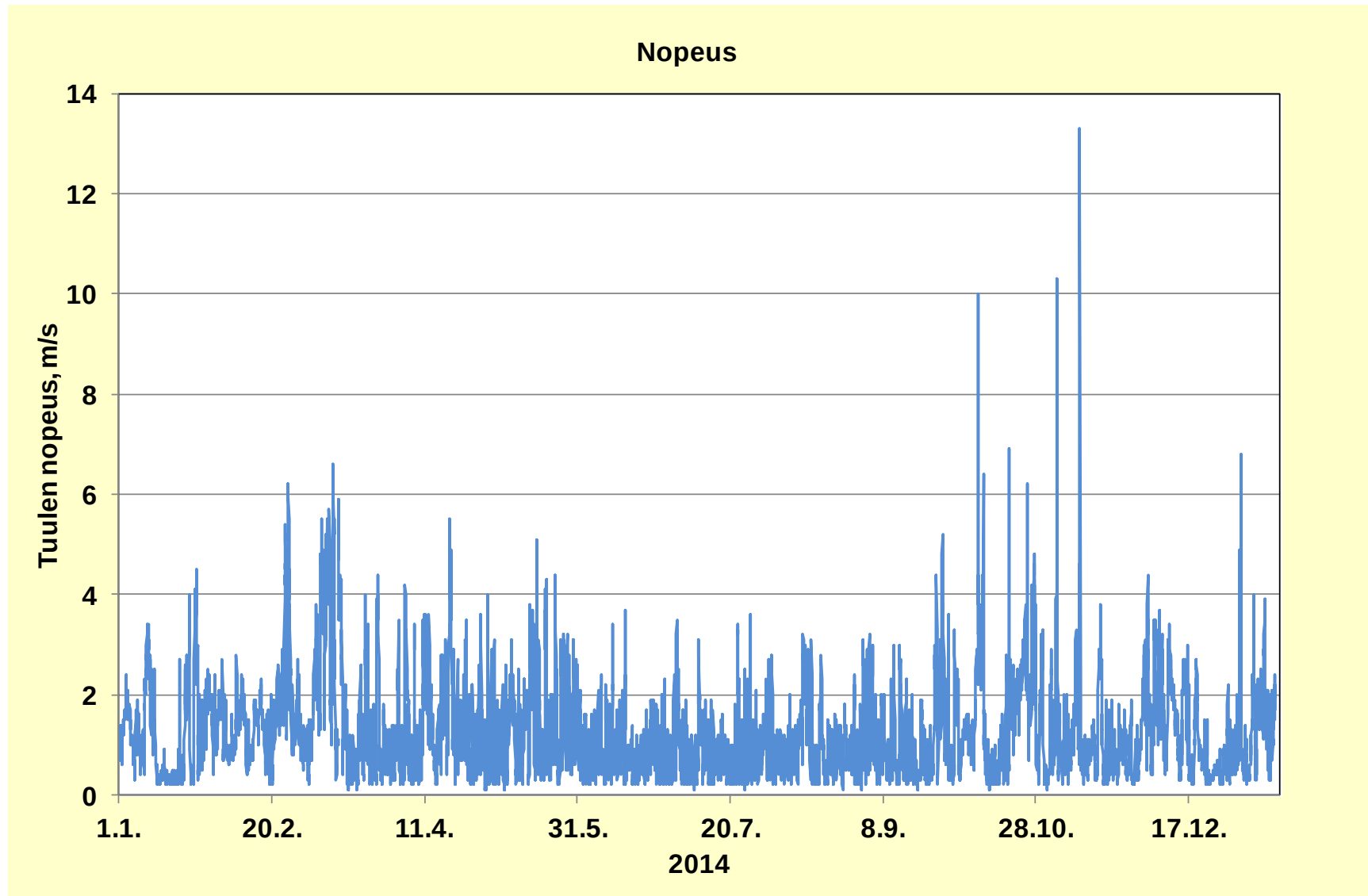
Vna 164/2007. Valtioneuvoston asetus ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä. Annettu Helsingissä 8.2.2007.

Vna 38/2011. Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta. Annettu Helsingissä 20.1.2011.

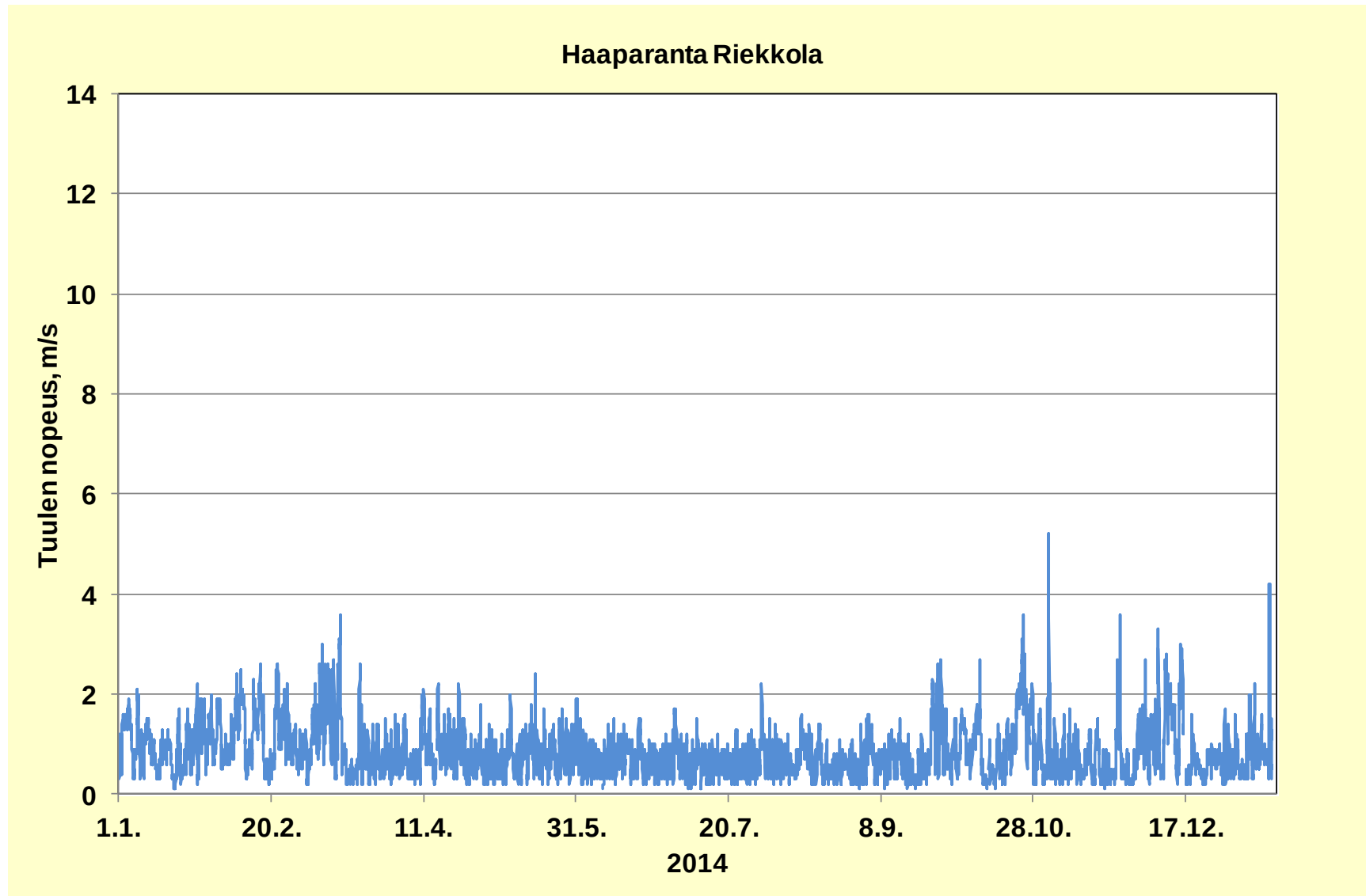
Vnp 480/96. Valtioneuvoston päätös ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta. Annettu Helsingissä 19.6.1996.

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

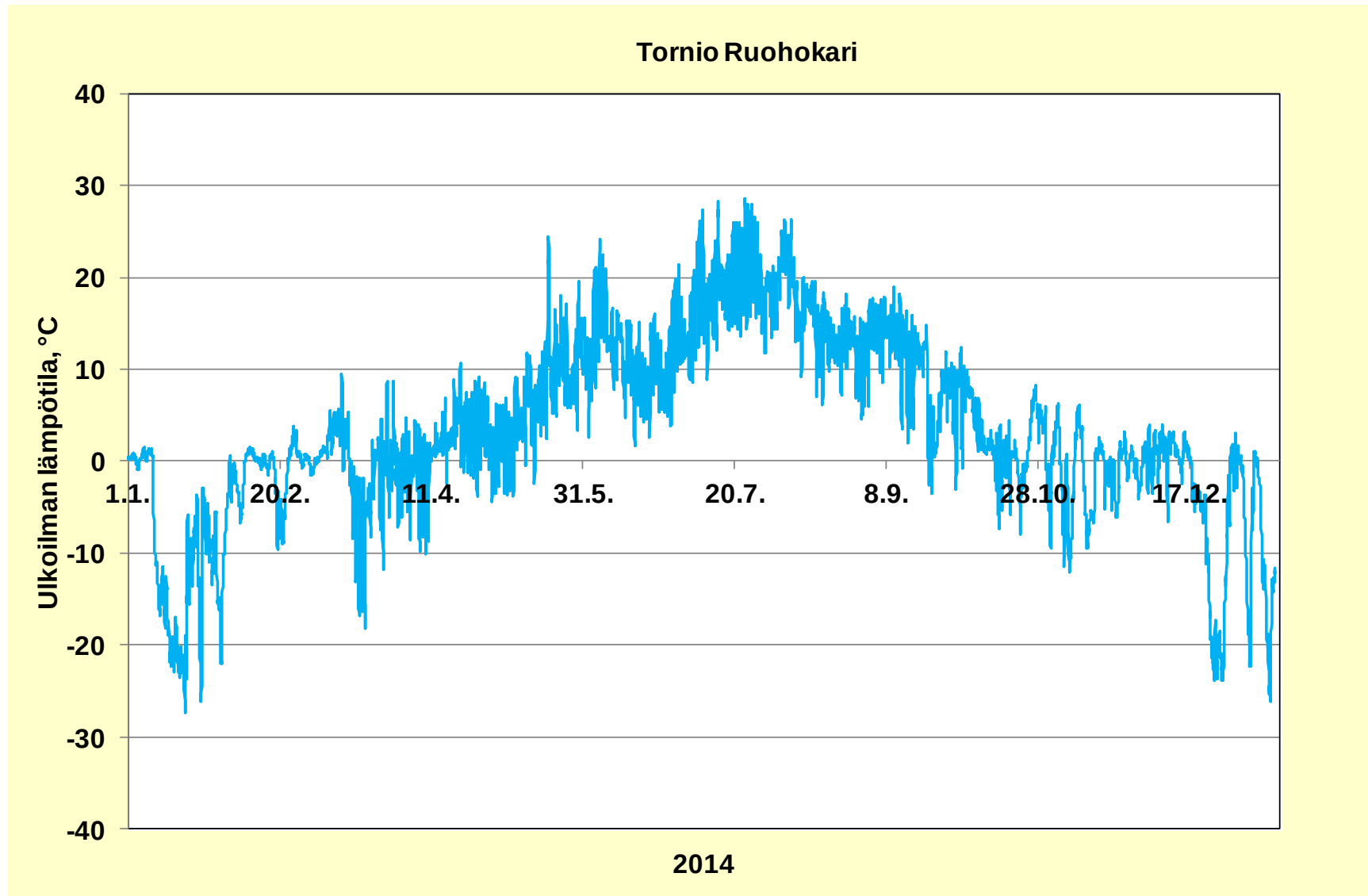
LIITEKUVAT



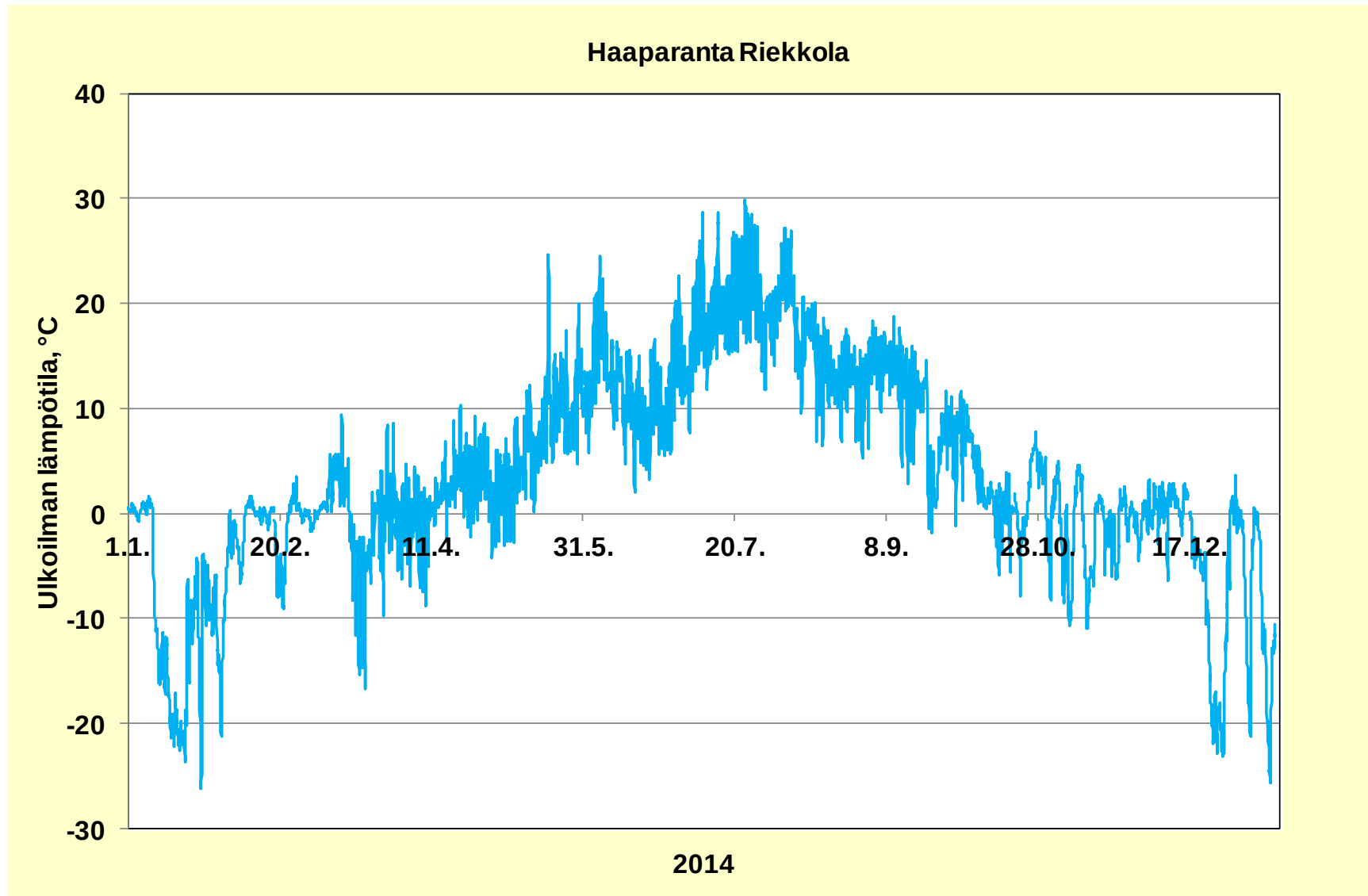
Liitekuva 1. Tuulen nopeus Tornion Ruohokarissa mittausjaksolla 1.1.2014 - 14.1.2015.



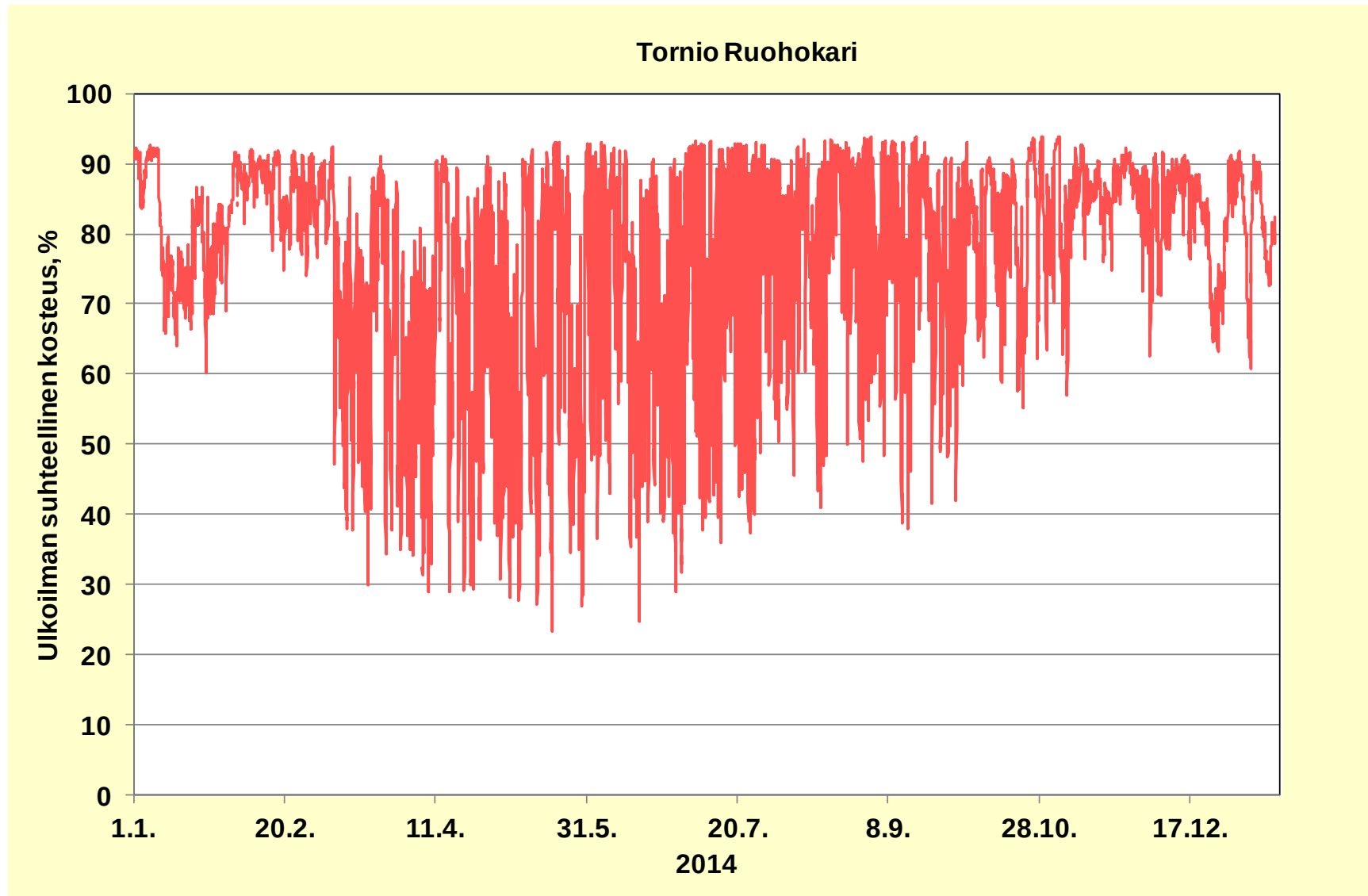
Liitekuva 2. Tuulen nopeus Haaparannan Riekkolassa mittausjaksolla 1.1.2014 - 14.1.2015.



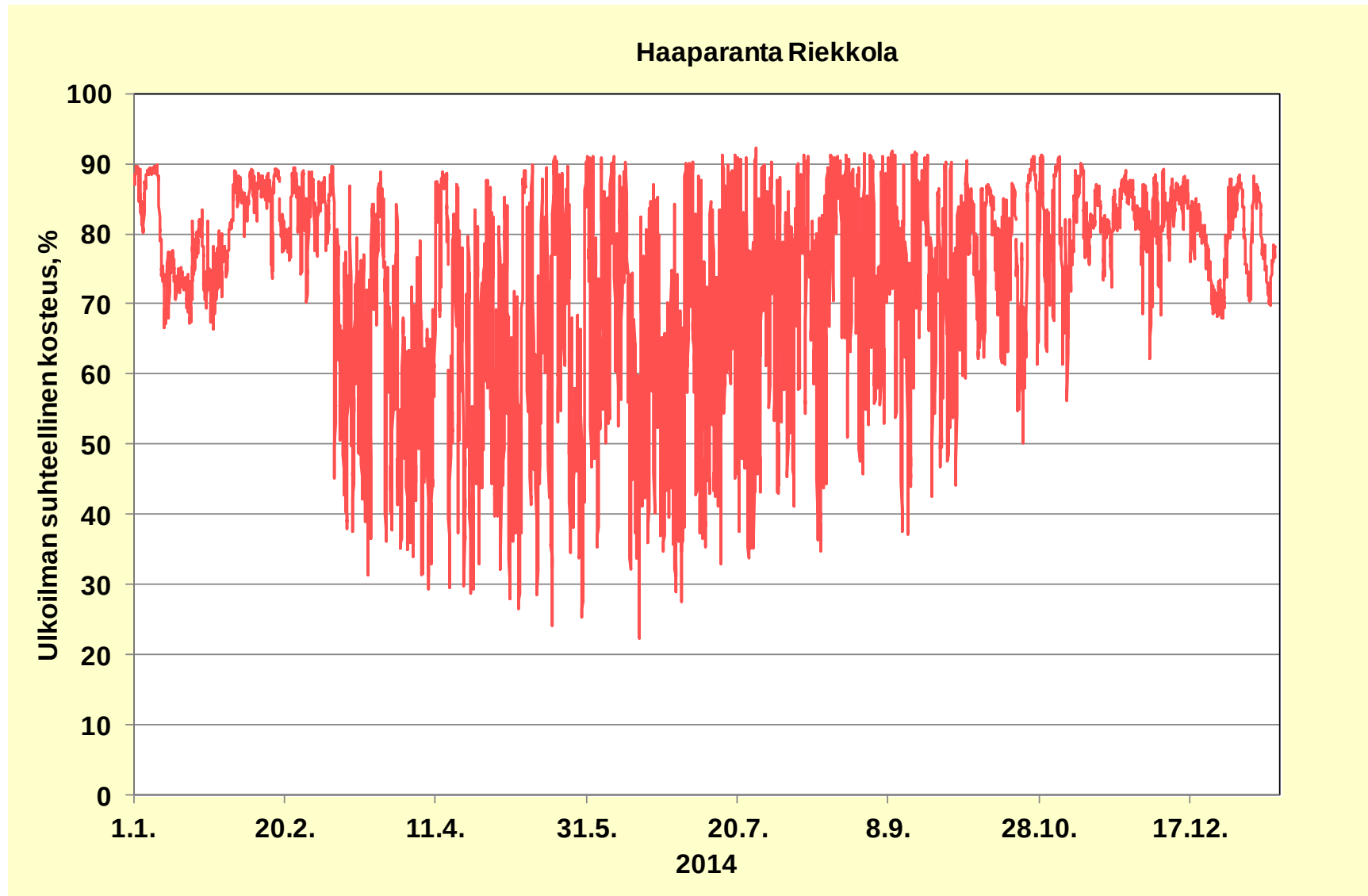
Liitekuva 3. Ulkoilman lämpötila Tornion Ruohokarissa mittausjaksolla 1.1.2014 - 14.1.2015.



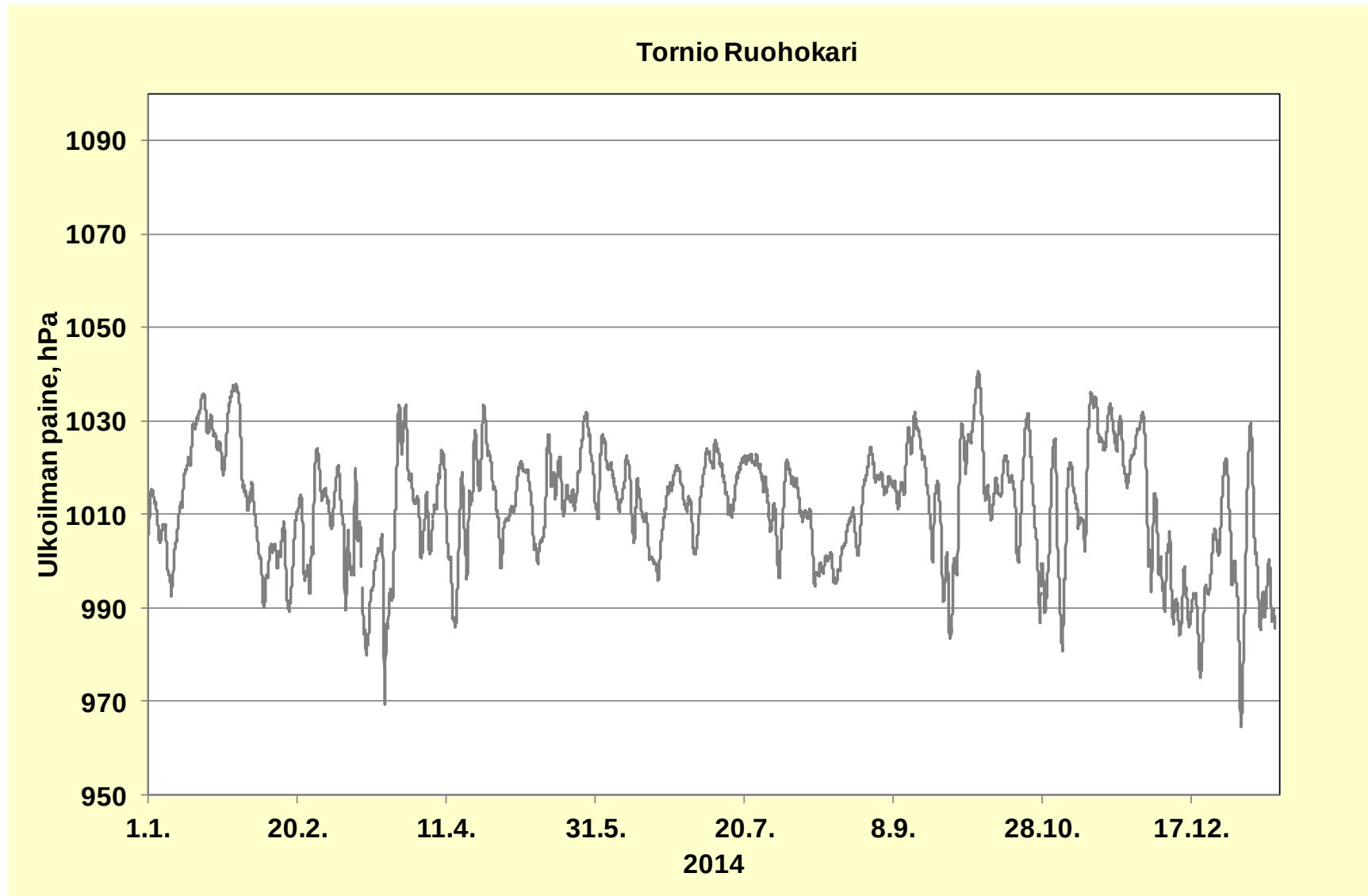
Liitekuva 4. Ulkoilman lämpötila Haaparannan Riekkolassa mittausjaksolla 1.1.2014 - 14.1.2015.



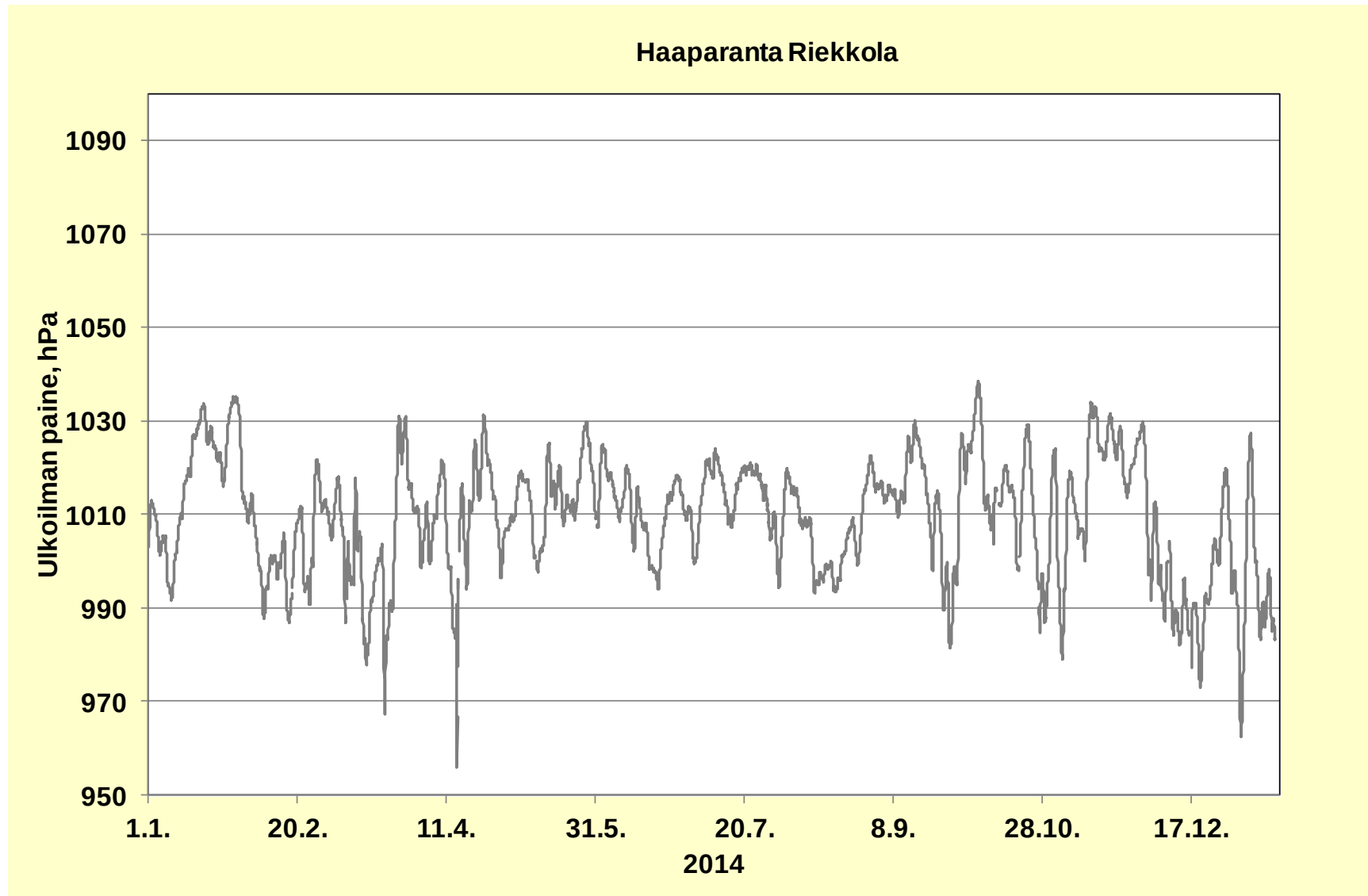
Liitekuva 5. Ulkoilman suhteellinen kosteus Tornion Ruohokarissa mittausjaksolla 1.1.2014 - 14.1.2015.



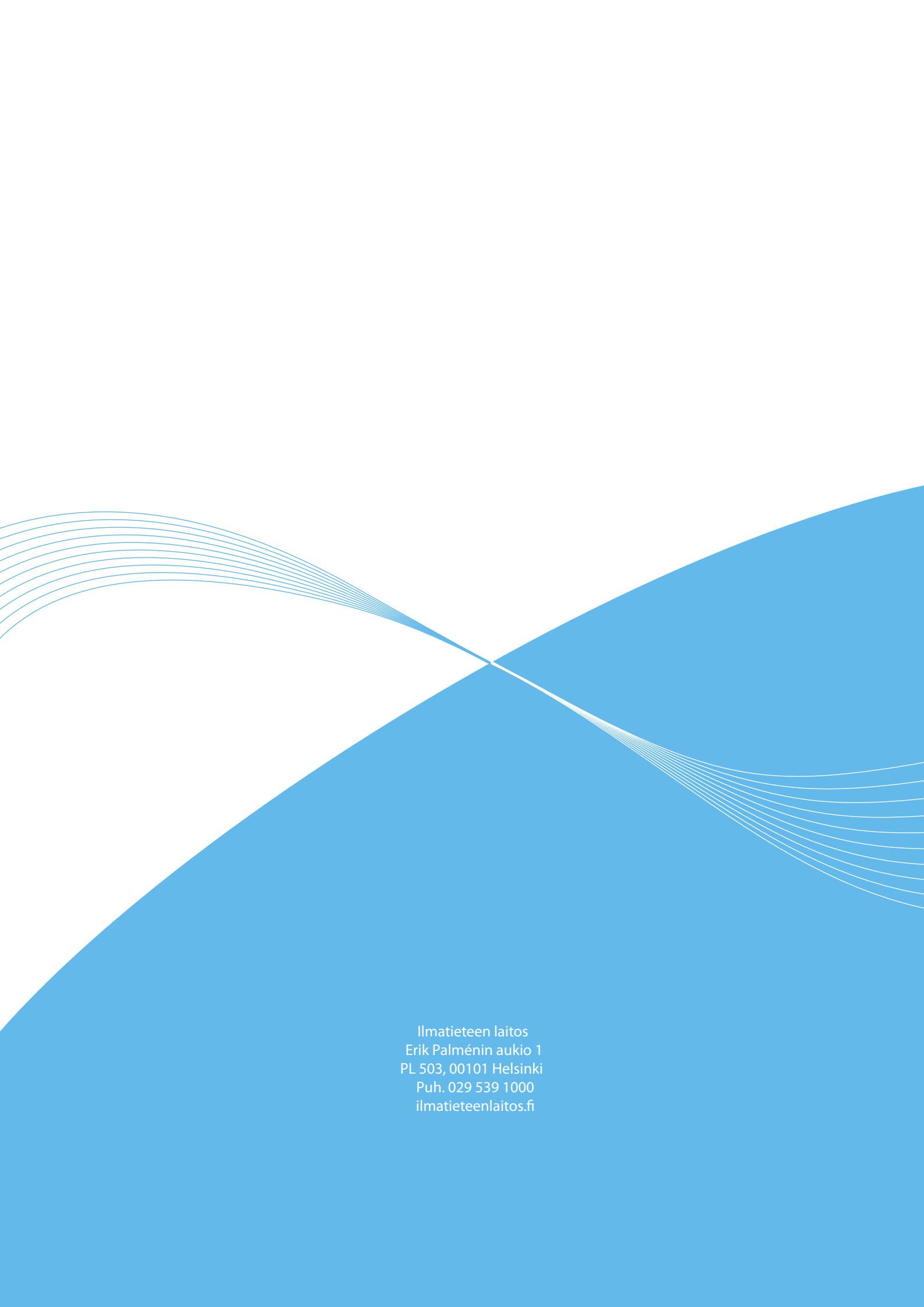
Liitekuva 6. Ulkoilman suhteellinen kosteus Haaparannan Riekkolassa mittausjaksolla 1.1.2014 - 14.1.2015.



Liitekuva 7. Ilmanpaine Tornio Ruohokarissa mittausjaksolla 1.1.2014 - 14.1.2015.



Liitekuva 8. Ilmanpaine Haaparannan Riekkolassa mittausjaksolla 1.1.2014 - 14.1.2015.

The background features a large, solid blue area at the bottom, which transitions into a white area at the top. A series of thin, blue, wavy lines curve across the middle of the page, creating a sense of movement and flow. These lines originate from the left and right edges and converge towards the center, where they meet a vertical line that divides the page.

Ilmatieteen laitos
Erik Palménin aukio 1
PL 503, 00101 Helsinki
Puh. 029 539 1000
ilmatieteenlaitos.fi