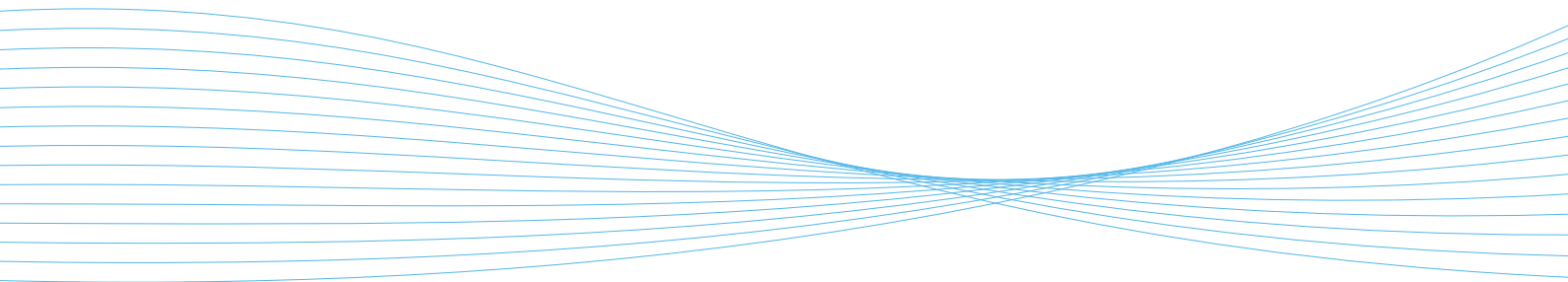




## KAJAANIN ILMANLAADUN TARKKAILU

### Mittaustulokset vuodelta 2015





# KAJAANIN ILMANLAADUN TARKKAILU

Mittaustulokset vuodelta 2015

Birgitta Komppula  
Helena Saari



ILMATIETEEN LAITOS  
ASiantuntijapalvelut – Ilmanlaatu ja Energia  
Helsinki 8.2.2016



# SISÄLLYSLUETTELO

<b>1 JOHDANTO</b> .....	<b>5</b>
<b>2 TAUSTATIETOA MITATUISTA ILMAN EPÄPUHTAUKSISTA</b> .....	<b>7</b>
2.1 TYPEN OKSIDIT.....	7
2.2 HIUKKASET .....	8
<b>3 ILMANLAATUMITTAUSTEN TOTEUTUS</b> .....	<b>11</b>
3.1 KAJAANIN ILMANLAADUN TARKKAILUN TAVOITTEET .....	11
3.2 MITTAUSASEMA.....	11
3.3 MITATUT SUUREET JA MITTAUSMENETELMÄT .....	13
3.4 KALIBROINTIMENETELMÄT, LAADUNVARMISTUS JA LAITEHUOLLOT.....	14
<b>4 SÄÄTIEDOT</b> .....	<b>15</b>
4.1 TUULEN SUUNTA JA -NOPEUS .....	15
4.2 LÄMPÖTILA .....	16
4.3 SADEMÄÄRÄ .....	17
4.4 SÄÄTEKIJÖIDEN VAIKUTUS ILMAN EPÄPUHTAUKSIEN LEVIÄMISEEN .....	18
5.1 MITATUT PITOISUUDET.....	19
5.2 ILMANLAADUN INDEKSI.....	20
<b>6 ILMANLAADUN MITTAUSTULOSTEN TARKASTELU</b> .....	<b>22</b>
6.1 PITOISUUKSIEN SUHDE OHJE- JA RAJA-ARVOIHIN.....	22
6.2 TUULEN SUUNNAN JA NOPEUDEN VAIKUTUS MITATTUIHIN PITOISUUKSIIN .....	25
6.3 PITOISUUKSIEN AJALLINEN VAIHTELU .....	26
6.4 PITOISUUKSIEN VERTAILUA .....	28
<i>    Typpidioksidi</i> .....	28
<i>    Hengitettävät hiukkaset</i> .....	32
<b>7 YHTEENVETO</b> .....	<b>36</b>
<b>VIITELUETTELO</b> .....	<b>38</b>
<b>LIITEKUVAT</b> .....	<b>39</b>



## 1 JOHDANTO

Ilmatieteen laitos on mitannut vuosina 2008–2015 Kajaanin ilmanlaatua kaupungin keskustassa Lönnrotinkadulla kaupunginteatterin vieressä. Mitattavat ilman epäpuhtaudet ovat typen oksidit (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>) ja alle 10 mikrometrin kokoiset ns. hengitettävät hiukkaset (PM<sub>10</sub>). Ilmanlaatumittausten tulosten tulkintaa varten mittausasemalla kerätään myös säätietoja (tuulen suunta ja nopeus, ulkoilman lämpötila, suhteellinen kosteus ja ilmanpaine). Mittaustuloksia voi seurata reaaliaikaisesti nettisivujen kautta (<http://ilmanlaatu.fmi.fi/kajaani/>). Sivustolla esitetään reaaliaikaisesti typenoksidi- ja hiukkaspitoisuudet, säätiedot sekä ilmanlaatua kuvaavan ilmanlaatuindeksin arvot.

Kajaanissa on seurattu ilmanlaatua mittauksin yhteistyössä teollisuuden, energiantuottajien ja kaupungin kanssa vuodesta 1991 alkaen. Vuosina 1991–1996 mittauksia tehtiin Pöllyvaaralla ja kaupungin keskustassa ja vuodesta 1997 alkaen kaupungin keskustassa. Kajaanin keskustassa mitattiin vuoden 2007 loppuun asti rikkidioksidin, typen oksidien ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia. Vuonna 2008 rikkidioksidin pitoisuusmittauksista luovuttiin, koska edeltävinä vuosina mitatut pitoisuudet olivat olleet hyvin pieniä. Kajaanin keskustan ilmanlaatumittaukset jatkuivat typen oksidien ja hengitettävien hiukkasten pitoisuusmittauksilla. Kajaanin hengitettävien hiukkasten pitoisuusmittaukset ovat osa koko Suomen alueella tehtävää, Euroopan unionille raportoitavaa ilmanlaadun raja-arvovalvontaa. Kajaanin ilmanlaatu- ja säämittausten rahoittajia olivat vuonna 2015 Kajaanin kaupungin lisäksi Kainuun Voima Oy, Loiste Lämpö Oy, Lemminkäinen Infra Oy (asfalttiasema), NCC Roads (asfalttiasema) sekä Kainuun sosiaali- ja terveydenhuollon kuntayhtymä.

Kajaanin vuoden 2015 ilmanlaadun tarkkailu toteutettiin ilmanlaatuasetuksen (*Vna 38/2011*) mukaisella laadunvarmistustasolla. Mittausten kenttätyöt ja kalibroinnit hoiti suunnittelija Kaj Lindgren. Tämän raportin ovat laatineet tutkijat Birgitta Komppula ja Helena Saari. Kajaanin kaupungin yhdyshenkilönä on mittausasioissa toiminut ympäristönsuojelutarkastaja Paula Malinen.

## Selitteet raportissa käytetyille tärkeimmille yksiköille ja lyhenteille:

### Yksiköt:

µm	mikrometri = millimetrin tuhannesosa
µg/m <sup>3</sup>	mikrogrammaa (= gramman miljoonasosaa) 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
ppb	parts per billion (miljardisosa) (pitoisuus)

### Lyhenteet:

PM <sub>10</sub>	hengitettävät hiukkaset = alle 10 µm:n kokoiset hiukkaset
PM <sub>2,5</sub>	pienhiukkaset = alle 2,5 µm:n kokoiset hiukkaset
TSP	Total Suspended Particles = kokonaisleijumaan kuuluvat hiukkaset
SO <sub>2</sub>	rikkidioksidi
NO	typpimonoksidi
NO <sub>2</sub>	typpidioksidi
NO <sub>x</sub>	typen oksidit (typpimonoksidin ja typpidioksidin yhteismäärä ilmoitettuna typpidioksidina)
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- ja raja-arvoja, joihin ilmanlaadun arviointi perustuu:

*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 ennakoita 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 (38/2011) 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 ryhdyttävä ympäristönsuojelulain mukaisiin toimiin ja laadittava ilmansuojelusuunnitelma 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.



## 2 TAUSTATIETOA MITATUISTA ILMAN EPÄPUHTAUKSISTA

### 2.1 Typen oksidit

Typen yhdisteitä tulee ihmistoiminnoista ilmaan hapettuneessa muodossa typen oksideina eli typpimonoksidina (NO), typpidioksidina (NO<sub>2</sub>) ja typpioksiduulina (N<sub>2</sub>O) sekä pelkistyneessä muodossa ammoniakkinä (NH<sub>3</sub>). Typen oksideilla ja niiden muutuntatuotteilla on suoria kaasuvaiikutuksia terveyteen ja kasvillisuuteen. Ne muodostavat osan happamoittavasta ja rehevöittävästä kokonaistyyppilaskeumasta, ilmakeiiallisten reaktioiden kautta ne osallistuvat terveys- ja kasvillisuusvaiikutuksia aiheuttavan sekä ilmakehän yleistä kemiallista aktiivisuutta lisäävän otsonin ja muiden hapettimien tuotantoon. Typen oksideista ainakin typpioksiduuli on niin sanottu kasvihuonekaasu eli se osaltaan voimistaa kasvihuoneilmiötä.

Typpidioksidi on väriltään punaruskea kaasu, joka toimii vahvana hapettimena. Se ja ammoniakki ovat vesiliukoisia. Taajamien ja kaupunkien korkeimmat typpidioksidin pitoisuudet johtuvat pääasiassa autoliikenteestä, vaikka alueella olisi suuriakin typen oksidien pistepäästölähteitä. Typpidioksidin määrään vaikuttavat myös kemialliset muutuntareaktiot. Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot on annettu typpidioksidille, joka on terveyshaittojen kannalta tärkein typen oksidi. Myös sen muutuntatuote typpihapoke (HNO<sub>2</sub>) saattaa aiheuttaa terveydellistä haittaa.

Ulkoilmassa typen oksideille altistuminen on suurinta erilaisissa liikenneympäristöissä. Muita merkittäviä altistumisympäristöjä ovat sisätilat, joissa käytetään kaasuliesiä ja -lämmittimiä (asunnot, kesämökkit ja matkailuajoneuvot) tai ajetaan bensiini- ja nestekaasukäyttöisillä huoltoajoneuvoilla (jäähallit, näyttely- ja varastotilat, työympäristöt).

Hengitystiet ovat ainoa merkityksellinen altistumisreitti typen oksideille. Sisäänhengityksen yhteydessä 80–90 prosenttia typpidioksidista imeytyy hengitysteiden limakalvoilta; lepo hengityksessä merkittävä osa tästä tapahtuu jo ylähengitysteissä. Ruumiillisen rasituksen aikana suuhengitys lisääntyy ja typpidioksidi tunkeutuu syvemmälle alempiin hengitysteihin. Suurin altistuminen tapahtuu keuhkojen ääreisosissa lähellä kaasujenvaihtoaluetta. Typpidioksidi voi pysyä keuhkoissa suhteellisen pitkään joko sellaisenaan tai kemiallisina aineenvaihduntatuotteina. Altistuksen jälkeen verestä ja virtsasta on mitattu nitriittejä ja nitraatteja vastaavia hapoja.

Typpidioksidille herkimpiä väestöryhmiä ovat lapset ja astmaatitot, joiden hengitysoireita ohjearvotason ylittävät pitoisuudet voivat lisätä suhteellisen nopeasti. Pakkaskaudella tapahtuva typpidioksidipitoisuuden kohoaminen on erityisen haitallista astmaatikotille, koska jo puhtaan kylmän ilman hengittäminen rasituksessa aiheuttaa useimmille astmaatikotille keuhkoputkien supistusta ja typpidioksidi pahentaa tästä aiheutuvia oireita kuten hengenahdistusta, yskää ja limannousua.

Typenoksidipitoisuuden (kokonais-NO<sub>x</sub>) tuntikeskiarvojen maksimit kohoavat maamme suurimpien kaupunkien vilkkaasti liikennöidyissä katukuiluissa ajoittain jopa yli 1000–1500 µg/m<sup>3</sup>:aan. Suurempien taajamien typen oksidien ilmakeiialle on ominaista, että otsoni kuluu loppuun muutuntareaktioissa. Tällöin typpidioksidin muodostuminen hidastuu, vaikka ilmassa olisi vielä runsaasti typpimonoksidia. Maamme kaupungeissa esiintyy ajoittain meteorologisia erityistilanteita eli ns. inversiotilanteita, joiden aikana on lähes tyyntä ja sekoittumiskerros on hyvin matala. Tällöin päästöjen sekoittuminen ja laimeneminen on heikkoa ja muun muassa auto liikenteen päästöjen aiheuttamat pitoisuudet kohoavat epätavallisen korkeiksi.

Typpidioksidin vuosikeskiarvopitoisuudet ovat suurissa kaupungeissa keskimäärin 20–30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Vilkkaimmilla teillä ja katukuiluosojuksilla pitoisuudet voivat olla lähellä vuosiraja-arvoa 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pienissä ja keskisuurissa kaupungeissa typpidioksidin vuosikeskiarvot ovat yleensä noin 10–20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Komppula, ym., 2014). Typpidioksidin tuntipitoisuudet kohoavat yli raja-arvotason (200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) suurimpien kaupunkien vilkkaasti liikennöidyillä keskusta-alueilla muutamia kertoja vuodessa. Esimerkiksi vuonna 2015 raja-arvotaso ylittyi 1–2 tunnin ajan Helsingissä, Porissa ja Vaasassa (Ilmanlaatuportaali, 2016). Ylitystunteja saa olla vuodessa 18 kpl, ennen kuin raja-arvo katsotaan ylittyneeksi.

Ilmatieteen laitos on mitannut Suomen puhtaiden tausta-alueiden typpidioksidipitoisuuksia 1980-luvun loppuvuosista lähtien. Viiden viime vuoden aikana vuosikeskiarvot ovat olleet eteläisemmällä asemalla (Utö, Virolahti, Ähtäri) noin 2–6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ja pohjoisemmilla asemilla (Oulanka, Sammaltunturi) noin 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## 2.2 Hiukkaset

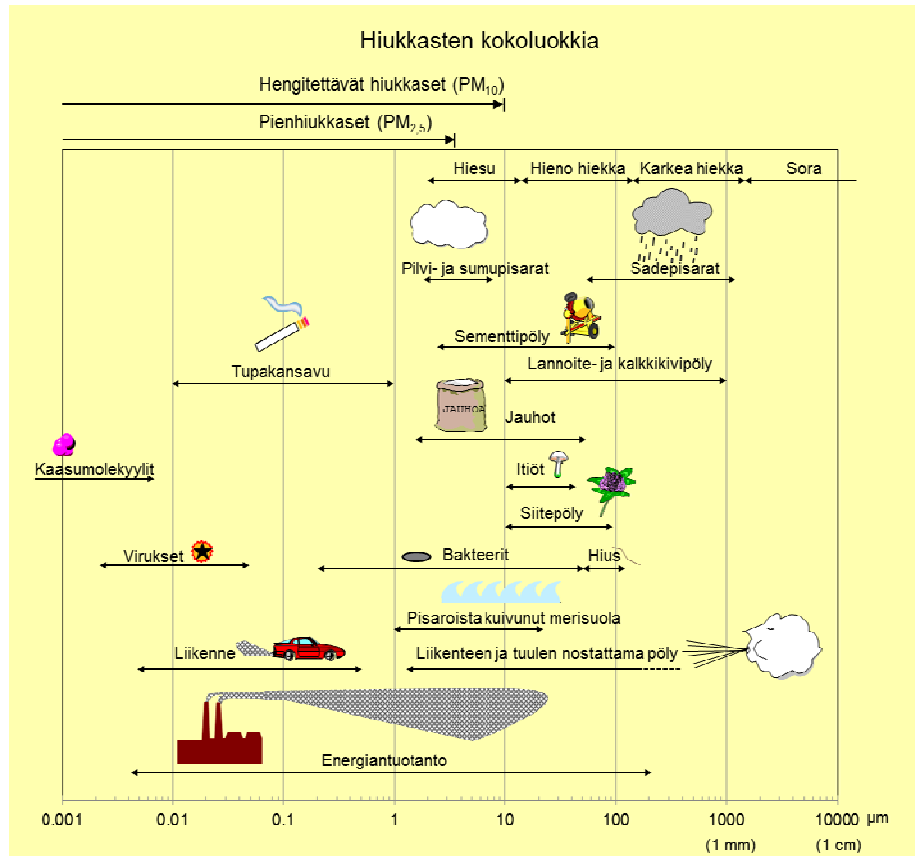
Hiukkaset ovat nykyisin typen oksidien ja selluntuotantopaikkakuntien haisevien rikkiyhdisteiden ohella merkittävin ilmanlaatuun vaikuttava tekijä maamme taajamissa. Hiukkaset ovat taajamissa peräisin suurelta osin liikenteen nostattamasta katupölystä eli epäsuorista päästöistä (ns. resuspensio). Hiukkaspitoisuuksia kottovat 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 liikaantumista varsinkin keväisin, kun hiekoitushiekasta peräisin oleva katupöly nousee ilmaan. Suurin osa kokonaisleijuman hiukkasista on niin isoja, että ne jäävät ihmisten lähengitysteihin ja poistuvat terveillä henkilöillä melko tehokkaasti elimistöä. Kokonaisleijumasta käytetään lyhennettä TSP, joka tulee sanoista Total Suspended Particles.

Terveysvaikutuksiltaan em. haitallisempia ovat ns. hengitettävät hiukkaset ja pienhiukkaset, jotka kykenevät tunkeutumaan syväle 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. Halkaisijaltaan alle 2,5 mikrometrin kokoisille pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudelle on annettu raja-arvo (Vna 38/2011). Hengitettävistä ja pienhiukkasista käytetään lyhenteitä PM<sub>10</sub> ja PM<sub>2,5</sub> (PM = Particulate Matter).

Taajama-alueilla alle 0,1 mikrometrin kokoiset hiukkaset ovat pääosin mittauspaikan lähistöllä tapahtuvista polttoprosesseista peräisin olevaa materiaalia, esimerkiksi liikenteestä, kiinteistökohtaisesta lämmityksestä ja energiantuotannosta tulleita hiiliyhdisteitä. Kokoluokassa 0,1–1 mikrometriä hiukkaset ovat pääasiassa kau-

kokulkeutunutta ainesta. Nämä hiukkaset edustavat suoria hiukkaspäästöjä tai ovat syntyneet kaasu-hiukkasmuuntuman 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. Isoiksi hiukkasiksi luokitellaan halkaisijaltaan yli 2,5 mikrometrin kokoiset hiukkaset. Ylärajana hiukkasille pidetään tavallisesti 100 mikrometriä. Hiukkasten kokoluokkia on havainnollistettu kuvassa 2.1.



Kuva 2.1. Hiukkasten kokoluokkia. Hiukkasten koko ilmaistaan halkaisijana mikrometreissä (µm). Mikro (µ) etuliite tarkoittaa miljoonasosaa. 1 µm on siten metrin miljoonasosa eli millimetrin tuhannesosa.

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

Hiukkasista aiheutuvat merkittävimmät terveyshaitat lapsille, vanhuksille sekä astmaa, pitkäaikaista keuhkoputkentulehdusta ja sydäntauteja sairastaville. Hiukkasi-

toisuuden kohoaminen lisää astmakohtauksia ja hengitystietulehduksia sekä heikentää keuhkojen toimintakykyä. Ulko- ja kotimaisissa terveysvaikutustutkimuksissa on lisäksi todettu, että hiukkaspitoisuuden kohotessa myös kuolleisuus ja sairaalahoitotarpeen määrä saattavat lisääntyä. Pitkäaikaisella liiallisella keuhkojen hiukkaskuormituksella voi olla yhteys keuhkosityövän syntyyn. Tähän voivat olla syynä itse hiukkasaltistuksen lisäksi useat hiukkasten sisältämät haitalliset aineet.

Suomen taajamien hiukkaspitoisuudet kohoavat yleensä voimakkaasti keväällä maaliskuussa tuulen ja liikenteen nostaman katupölyn vaikutuksesta maanpinnan kuivussa, 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 ( $\text{PM}_{10}$ ) pitoisuuden vuosikeskiarvoja. Pienempienkin kaupunkien keskusta-alueilla hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvot voivat ylittää  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (*Komppula ym., 2014*).

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 mittausverkkojen tulosten mukaan raja-arvotason ylityksiä esiintyi vuonna 2015 yhteensä yli 400 (*Ilmanlaatuportaali, 2016*).

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  $2\text{--}4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### **3 ILMANLAATUMITTAUSTEN TOTEUTUS**

#### **3.1 Kajaanin ilmanlaadun tarkkailun tavoitteet**

Kajaanin ilmanlaadun tarkkailun tavoitteita ovat ilman epäpuhtauksille annettujen ohje- ja raja-arvojen valvonta sekä päästövähennysten ja muiden ilmansuojelutoimenpiteiden tehokkuuden ja vaikutusten selvittäminen. Tarkkailun tuloksia on mahdollista käyttää myös erilaisten ilmanlaatua parantavien toimien, kuten esimerkiksi keväisin esiintyvien pölyhaittojen torjunnan suunnitteluun. Ilmanlaadun seurannalla saadaan tietoja myös liikenteen, rakentamisen ja maankäytön suunnitteluun. Kajaanin hengitettävien hiukkasten pitoisuusmittaukset ovat osa koko Suomen alueella tehtävää, Euroopan unionille raportoitavaa ilmanlaadun raja-arvovalvontaa.

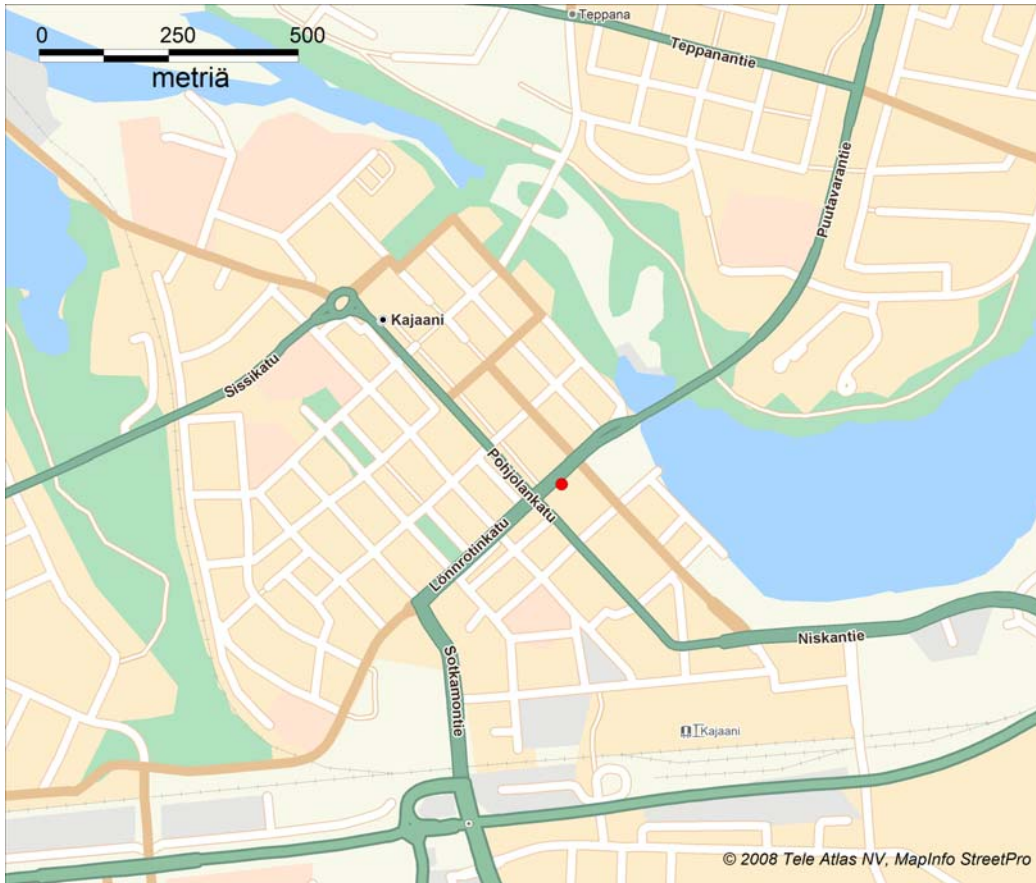
Tarkkailumittauksin saadaan reaaliaikaista tietoa kunnan ilmanlaadusta ja voidaan selvittää useimpien vuosien tulosaineistoista ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien ajallista kehitystä. Mittaukset palvelevat myös laitosten lupamääräysten toteutumisen valvontaa. Keskeisiä ilmanlaadun tarkkailun tavoitteita ovat ilmanlaatutiedon tuottaminen viranomaisille ja yrityksille ilmansuojeluun liittyvien päätösten perusteeksi sekä kuntalaisille ja laajemmallekin yleisölle tapahtuvaa ilmanlaatutiedottamista varten. Kajaanin ilmanlaatu- ja säämittausten tulokset sekä mittaus tuloksista lasketut ilmanlaatuindeksin arvot ovat ajantasaisina ja historiatietoina julkisesti nähtävillä Kajaanin kaupungin nettisivuilla.

#### **3.2 Mittausasema**

Ilmanlaatua on mitattu vuoden 2008 maaliskuun lopusta alkaen Kajaanin keskustassa Lönnrotinkadulla kaupunginteatterin vieressä sijaitsevalla mittausasemalla Ilmatieteen laitoksen toimesta. Säätilaa seurataan samassa mittauspisteessä. Mittausaseman sijainti on esitetty kuvassa 3.1. Lönnrotinkatu on Kajaanin keskustan vilkkaimmin liikennöity katu. Lönnrotinkadun liikennemäärä on vuoden 2012 liikennelaskennan mukaan 18 440 ajoneuvoa vuorokaudessa.

Mittausaseman tyyppien oksidien ja hengitettävien hiukkasten näytteenottopisteet sijaitsivat noin 4 metrin korkeudella maanpinnasta. Samoin myös säämittausanturin korkeus oli noin 4 metriä maanpinnan tasosta. Mittauspaikan sijaintia ja ympäristöä on havainnollistettu kuvassa 3.2.

Lönnrotinkadun mittausasema esiintyy nimellä Kajaanin Keskusta 3 ilmanlaatumittausten kansallisessa tietojärjestelmässä ja ilmanlaatuportaalissa. Aiempi kaupungintalon sisäpihalla sijainnut mittausasema esiintyy ilmanlaatumittausten kansallisessa tietojärjestelmässä nimellä Kajaanin Keskusta ja kaupungintalon seinustalla sijainnut hiukkasmittausasema nimellä Kajaanin keskusta 2.



Kuva 3.1. Keskustan Lönnrotinkadun (●) ilmanlaadun mittausaseman sijainti Kajaanissa.



Kuva 3.2. Kajaanin Keskustan (Lönnrotinkatu) ilmanlaadun mittausasema.

### 3.3 Mitatut suureet ja mittausmenetelmät

Kajaanin keskustan mittausaseman jatkuvatoimisilla automaattisilla analysaattoreilla mitattiin typen oksidien (NO, NO<sub>2</sub> ja NO<sub>x</sub>) ja halkaisijaltaan alle 10 µm:n suuruisien ns. hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) pitoisuuksia. Näytteenotto tapahtui mittauskopin katolla olevista sondeista noin 4 metrin korkeudelta. Typen oksidien pitoisuusmäärityksissä käytettiin kemiluminesenssiin perustuvaa määrittämenetelmää. Hengitettävien hiukkasten pitoisuutta mitattiin beetasäteilyn absorptioon ja valon sirontaan perustuvalla menetelmällä. Lisäksi havainnoitiin tuulen suuntaa ja nopeutta, ulkoilman lämpötilaa, suhteellista kosteutta ja ilmanpainetta.

Taulukko 3.1. Kajaanin ilmanlaadun mittauksissa käytetyt menetelmät ja laitteet.

Mitattava komponentti	Mittausmenetelmä	Mittalaite
Typen oksidit	Kemiluminesenssi	TEI 42i
Hengitettävät hiukkaset	Beetasäteilyn absorptio + valon sironta	Thermo Model 5030 SHARP
Tuulen suunta ja nopeus, lämpötila, suht.kosteus ja ilmanpaine		Vaisala WXT

Typen oksidit (NO<sub>x</sub>):

Mittaukset perustuvat EU:n referenssimenetelmään, joka on kuvattu standardissa EN 14211:2012. Ambient air quality - Standard method for the measurement of the concentration of nitrogen dioxide and nitrogen monoxide by chemiluminescence.

Hengitettävät hiukkaset (PM<sub>10</sub>):

Mittaukset perustuvat CENin teknisen komitean CEN/TC 264 valmistelemaan tekniseen ohjeeseen FprCEN/TS 16450:2012 Ambient air – Automated measuring systems for the measurement of the concentration of particulate matter (PM<sub>10</sub>/PM<sub>2.5</sub>). PM<sub>10</sub>/PM<sub>2.5</sub>-hiukkasten gravimetrinen referenssimenetelmä on kuvattu standardissa EN 12341:2014. Ilmatieteen laitoksen käyttämien automaattisten hiukkasanalysaattoreiden antamien tulosten vastaavuus PM<sub>10</sub>/PM<sub>2.5</sub> gravimetriin referenssimenetelmiin on osoitettu tutkimuksessa *Walden et al., 2010*.

Ilmanlaadun ja sääparametrien mittaustulokset kerättiin mittausasemalla minuuttiarvoina mittauksia ohjaavalle tietokoneelle, jolta ne siirrettiin edelleen minuuttiarvoina langattomasti (3-G) modeemyhteyden kautta Ilmatieteen laitoksen palvelimelle raakadatatiekantaan ja siitä edelleen muihin tietokantoihin. Raakadatatiekannassa mittaustulokset pysyvät aina muuttumattomina, jolloin alkuperäiset arvot ovat myöhemminkin tarvittaessa saatavilla. Minuuttiarvoista määritettiin tuntikeskiarvot ja vuorokausikeskiarvot ja muut pidemmän jakson keskiarvot. Mittaustulokset korjattiin kalibrintitulosten perusteella ja laitteiden toimintahäiriöistä johtuneet virheelliset arvot poistettiin. Mittauksia seurattiin kaukovalvontana Ilmatieteen laitokselta Helsingistä.

Liitekuviissa 1–8 on esitetty vuonna 2015 Kajaanissa mitattujen ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien tuntiarvot ja vuorokausikeskiarvot yksikössä µg/m<sup>3</sup> (typen oksidit 20 °C, hengitettävät hiukkaset ulkoilman lämpötilassa). Liitekuviissa 9–12 on esitetty ulkoilman lämpötilan, suhteellisen kosteuden, tuulen nopeuden sekä ilmanpaineen tuntikeskiarvot vuodelta 2015.

### 3.4 Kalibrointimenetelmät, laadunvarmistus ja laitehuollot

Kajaanin ilmanlaadun tarkkailun laadunvarmennuksessa kiinnitettiin huomiota kalibrointien suorittamiseen, kalibrointien jäljitettävyyteen ja laitteiden toimintaan. Typen oksidien mittalaitteen kalibroinnit tehtiin monipistekalibroinnin (4–5 pitoisuutta) avulla. Kalibrointipisteet kattoivat pitoisuusalueen 0–1 000 ppb. Mittausaineisto korjattiin matemaattisesti kalibrointitulosten perusteella. Kalibrointien yhteydessä tehtiin laitehuollot ja näytteenottolinjojen puhdistukset.

Typen oksidien mittalaite kalibroitiin käyttäen typpimonoksidikaasua (NO), joka laimennettiin erillisen laimentimen avulla halutuille pitoisuustasoille. Laimentimena käytettiin kenttälaimenninta. Laimentimesta tuotettiin kalibrointipitoisuusarvot, jotka varmennettiin (kalibroitiin) ilmanlaatumittausten kansallisessa vertailulaboratoriossa jäljitettävästi kalibroitua typen oksidien analysaattoria vastaan. Kenttälaimentimen tuottamien typpimonoksidin (NO) pitoisuuksien jäljitettävyyden siirtyi laboratorion oman jäljen kautta ainemäärään (mooli). Laimennuskaasuna käytettiin suodatettua ilmaa. Kalibrointien perusteella Kajaanin ilmanlaadun tarkkailun typen oksidien pitoisuusmittaukset on jäljitetty kansalliseen mittanormaaliin ja sitä kautta ainemäärään. Ilmatieteen laitoksella sijaitseva kansallinen vertailulaboratorio on Mittatekniikan keskuksen (FINAS) akkreditoima kalibrointilaboratorio K043.

Typen oksidien mittalaite kalibroitiin vuonna 2015 tammikuussa, toukokuussa, syyskuussa ja joulukuussa. Typen oksidien näytteenottolinja tarkistettiin kalibrointien yhteydessä. Typen oksidien analysaattorin hiukkassuodattimet vaihdettiin kalibrointien yhteydessä. Hiukkasmittalaitteen näytteenottosondi puhdistettiin mittausasemalla käynnin yhteydessä. Hiukkasmittalaite kalibroitiin valmistajan ohjeiden mukaisesti.

Typen oksidien ja hiukkasten mittalaitteet toimivat hyvin koko vuoden ja laatutavoitteet koko vuoden aineiston vähimmäismäärälle saavutettiin. Raja-arvojen ylittymisen valvontaan käytettävissä mittauksissa laatutavoite on 90 %, mikä ei kuitenkaan sisällä laitteiden säännöllisestä kalibroinnista tai normaalista kunnossapidosta aiheutuvaa tietohukkaa.

Säämittauksissa käytettävä WXT-laite sekä ilmastointilaite vaihdettiin uusiin laitteisiin kesäkuussa.



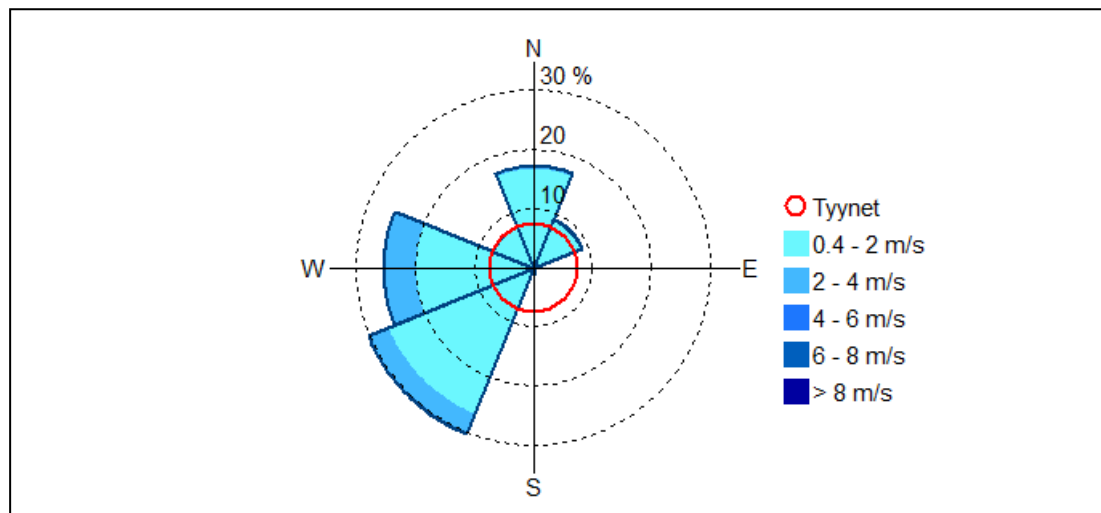
## 4 SÄÄTIEDOT

### 4.1 Tuulen suunta ja -nopeus

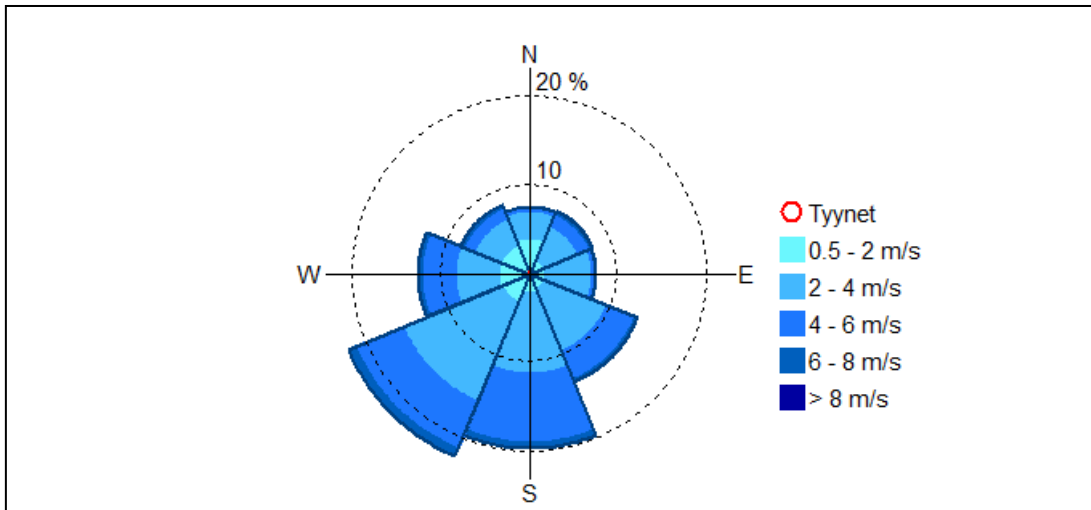
Kajaanin Keskustan tuulimittaus sijaitsee Lönnrotinkadun varressa samassa mittauspisteessä kuin ilmanlaadun mittauksetkin. Koska mittausasema sijaitsee varsin lähellä teatterin ja kaupungintalon seinustaa, on mittausasema itä-, kaakkois- ja etelätuulien osalta ko. rakennusten katveessa ja käytännössä näitä tuulia ei mittauspisteessä esiinny juuri lainkaan. Voimakkaammilla itä-, kaakkois- ja etelätuulilla rakennukset aiheuttavat lähikadun kautta kulkevia pyörrevirtauksia. Siten tuulimitaukset edustavat hyvin kyseisen kadun mikrometeorologiaa. Kajaanin Lönnrotinkadun mittausaseman tuulianturi sijaitsee noin 4 metrin korkeudella maanpinnasta.

Kuvassa 4.1a on esitetty vuoden 2015 tuuliruusu (Lönnrotinkadun mittauskopilta). Kuvassa 4.1b on esitetty koko vuoden 2015 tuuliruusu Ilmatieteen laitoksen sääasemalta Vieremän Kaarakkalasta. Vallitsevat tuulensuunnat olivat Kainuun alueella vuonna 2015 etelä ja lounas. Kajaanin Lönnrotinkadulla vallitsevat tuulensuunnat olivat Lönnrotinkadun suuntaisia.

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



Kuva 4.1a. Tuuliruusu Kajaanissa Lönnrotinkadulla havaituista tuulista vuonna 2015.



Kuva 4.1b. Tuuliruusu Vieremän Kaarakkalassa havaituista tuulista vuonna 2015.

## 4.2 Lämpötila

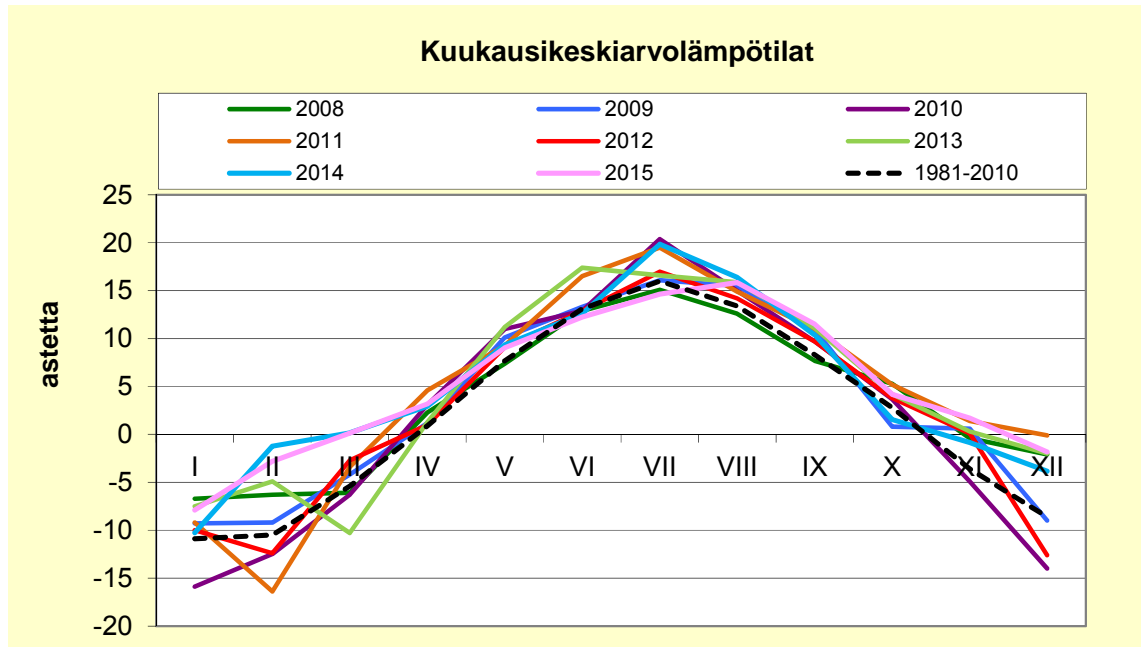
Taulukossa 4.1 on verrattu Kajaanin keskustan lämpötilan kuukausikeskiarvoja Ilmatieteen laitoksen Kajaanin lentoaseman lämpötilahavaintoihin vuodelta 2015 ja vertailuna pitkäaikaiskeskiarvoihin vuosilta 1981–2010. Kuvassa 4.2 on esitetty Kajaanin keskustassa mitatut lämpötilan kuukausikeskiarvot vuosina 2008–2015, josta käy ilmi vuosien välinen vaihtelu. Kajaanin keskustassa mitatut ulkoilman lämpötilan tuntikeskiarvot on esitetty liitekuvasa 9.

Taulukko 4.1. Kuukauden keskilämpötilat vuonna 2015 Kajaanin keskustassa ja Kajaanin lentoasemalla sekä vertailukauden 1981–2010 pitkäaikaiskeskiarvot Kajaanin lentoasemalla (*Ilmatieteen laitos, 2015*).

Kuukausi	Keskilämpötila, °C		
	Kajaani Keskusta 2015	Kajaani lentoasema 2015	Kajaani lentoasema 1981-2010
Tammikuu	-7,9	-8,9	-10,9
Helmikuu	-2,8	-3,6	-10,5
Maaliskuu	0,1	-0,7	-5,4
Huhtikuu	3,2	2,4	0,9
Toukokuu	9,1	8,4	7,7
Kesäkuu	12,2	11,6	13,1
Heinäkuu	14,7	13,9	16,0
Elokuu	15,9	14,7	13,4
Syyskuu	11,5	10,7	8,3
Lokakuu	4,2	3,7	2,8
Marraskuu	1,7	1,2	-3,6
Joulukuu	-1,8	-2,5	-8,3
Koko vuosi	5,0	4,2	2,0

Vuosi 2015 oli Suomen mittaushistorian lämpimin suurimmassa osassa maata. Vuoden keskilämpötila 4,2 astetta on noin 1,9 astetta pitkän ajan keskiarvoa lämpimämpi. Edellinen vuosi 2014 oli mittaushistorian kolmanneksi lämpimin vuosi.

Suhteessa lämpimintä oli helmi-maaliskuussa ja marras-joulukuussa, jolloin koko maan keskilämpötila oli 4–6 astetta tavanomaista korkeampi. Marras- ja joulukuussa rikottiin kyseisten kuukausien lämpöennätyksiä. Koko maan tasolla tarkasteltuna ainoastaan kesä- ja heinäkuu olivat keskimääräistä kylmempiä. Hellepäiviä oli vain noin puolet tavanomaisesta.



Kuva 4.2. Lämpötilan kuukausikeskiarvot Kajaanin keskustassa vuosina 2008–2015 sekä vertailukauden 1981–2010 pitkäaikaiskeskiarvot Kajaanin lentoasemalla.

### 4.3 Sademäärä

Taulukossa 4.2 on esitetty Kajaanin lentoasemalla mitatut sademäärät vuonna 2015.

Taulukko 4.2. Kuukausisademäärät vuonna 2015 Kajaanin lentoasemalla (*Ilmatieteen laitos, 2015*).

Kuukausi	Kuukausisademäärä, mm	
	Kajaani lentoasema 2015	Kajaani lentoasema 1981-2010
Tammikuu	62	33
Helmikuu	26	26
Maaliskuu	39	28
Huhtikuu	34	24
Toukokuu	56	49
Kesäkuu	117	60
Heinäkuu	76	75
Elokuu	51	76
Syyskuu	93	57
Lokakuu	55	49
Marraskuu	55	42
Joulukuu	98	37
Koko vuosi	762	556

Maan keskivaiheilla, erityisesti Kainuussa, satoi runsaasti vuonna 2015. Runsasasteisimmilla alueilla sademäärä oli noin 1,6-kertainen tavanomaiseen nähden. Puolangalla mitattiin uusi vuosisade-ennätys. Paljakan asemalle kertyi sadetta 1242 mm. Edellinen ennätys oli Espoon Nupurissa vuonna 1981 mitattu 1109 mm.

#### 4.4 Säätekijöiden vaikutus ilman epäpuhtauksien leviämiseen

Ilmakehän tasapainotila määritellään lämpötilan pystyjakauman avulla vertaamalla vallitsevaa tilannetta neutraaliin tilaan, jossa lämpötila laskee ylöspäin mentäessä celsiusasteen sataa metriä kohden. Kun lämpötila laskee tätä enemmän, nimitetään tasapainoa epävakaaksi eli labiiliksi. Kun taas lämpötila laskee vähemmän kuin neutraalissa tilanteessa, tila on vakaa, stabiili. Tasapainotilaan vaikuttavat lämpötilan lisäksi muun muassa auringon säteily, tuuli ja maanpinnan laatu.

Stabiiliustilan ollessa vakaa ilmakehän sekoittuminen on vähäistä. Jos tila on epävaka, sekoittuminen on voimakasta ja ilmaan päässeet epäpuhtaudet laimenevat nopeasti. Liikenteen päästöistä aiheutuvat maksimipitoisuudet esiintyvät yleensä stabiileissa tilanteissa. Stabiilit tilanteet ovat yleisimpiä yöllä ja talvella, ja maaseudulla niitä esiintyy useammin kuin kaupungeissa.

Ns. inversiotilanteessa lämpötila nousee korkeuden kasvaessa ja ilmakehän tila on erittäin stabiili. Maanpintainversiossa lämpötilan nousu alkaa maanpinnasta ulottuen muutamia satoja metrejä ylöspäin. Maanpintaa lähellä oleva kylmempi ilma jää sitä ylempänä olevan lämpimämmän ilman alle. Sekoittuminen maanpinnalta ylöspäin on heikkoa koko inversioeroksessa. Tällöin erityisesti liikenteen päästöt hajaantuvat hyvin huonosti. Epäpuhtaudet kerääntyvät matalaan ilmakerrokseen päästölähteiden lähelle. Inversioeroksessa tuuli on heikkoa ja vahvan inversion yhteydessä maanpintatasolla on tyynä. Tyynessä tilanteessa ilma ei kykene kuljettamaan päästöjä kauemmaksi lähteistä ja myös pystysuuntaiset ilman liikkeet ovat rajoitetut inversion vaikutuksesta. Sen sijaan korkeista piipuista tulevat energiantuotannon ja teollisuuden päästöt saattavat purkautua matalien maanpintainversioiden yläpuolelle, jolloin ne eivät juuri vaikuta pitoisuuksiin lähellä maanpintaa lähialueellaan.

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

Korkeimmat pitoisuudet esiintyvät kaupunkialueilla useimmiten stabiileissa heikkotuu- lississa tilanteissa voimakkaan maanpintainversion vallitessa. Autoliikenne on haitallisin päästölähderyhmä korkeiden pitoisuuksien muodostumisen kannalta useimmissa maamme kaupungeissa. Liikenteen päästöjen osuus monien ilman epäpuhtauksien päästöistä on huomattava ja pakokaasut pääsevät suoraan ihmisten hengityskorkeudelle.

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

## 5 ILMANLAADUN MITTAUSTULOKSET

### 5.1 Mitatut pitoisuudet

Kajaanin keskustan Lönnrotinkadun ilmanlaadun tarkkailupisteessä vuonna 2015 mitatut typen oksidien sekä hengitettävien hiukkasten pitoisuudet on esitetty taulukoissa 5.1–5.4 kuukausittaisina tuntipitoisuuksien ja vuorokausipitoisuuksien tilastosuureina. Typen oksidien ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien tuntikeskiarvot koko vuoden jaksolta on esitetty liitekuvin 1–4 ja vuorokausikeskiarvot liitekuvin 5–8.

Taulukko 5.1. Kajaanin keskustassa mitatut typpimonoksidin (NO) pitoisuudet vuonna 2015.

NO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	741	672	743	720	736	699	744	744	717	744	720	740
määrä (%)	99,6	100	99,9	100	98,9	97,1	100	100	99,6	100	100	99,5
keskiarvo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	13	10	10	6	6	5	6	7	10	14	11	12
99. %-piste ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	97	47	60	27	26	17	25	30	58	127	67	65
korkein arvo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	179	125	116	54	49	24	29	48	188	353	120	121
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	28	31	30	30	29	31	31	30	31	30	31
2. kork. arvo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	34	18	21	11	11	8	9	13	22	45	24	18
korkein arvo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	43	24	30	13	12	9	11	14	27	48	34	39

Taulukko 5.2. Kajaanin keskustassa mitatut typpidioksidin ( $\text{NO}_2$ ) pitoisuudet vuonna 2015.

$\text{NO}_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	741	672	743	720	736	699	744	744	717	744	720	740
määrä (%)	99,6	100	99,9	100	98,9	97,1	100	100	99,6	100	100	99,5
keskiarvo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	19	18	19	12	13	10	11	16	15	16	12	18
99. %-piste ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	66	66	85	43	38	29	32	54	46	60	54	59
korkein arvo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	75	99	101	67	44	36	53	65	60	90	73	66
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	28	31	30	30	29	31	31	30	31	30	31
2. kork. arvo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	40	29	42	21	21	17	18	25	24	34	25	29
korkein arvo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	50	34	48	22	21	17	19	25	26	34	29	37

Taulukko 5.3. Kajaanin keskustassa mitatut typen oksidien (NO<sub>x</sub>) pitoisuudet vuonna 2015.

NO <sub>x</sub>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	741	672	743	720	736	699	744	744	717	744	720	740
määrä (%)	99,6	100	99,9	100	98,9	97,1	100	100	99,6	100	100	99,5
keskiarvo (µg/m <sup>3</sup> )	40	32	35	21	21	17	20	26	31	37	30	37
99. %-piste (µg/m <sup>3</sup> )	188	133	173	82	76	54	63	93	130	259	136	156
korkein arvo (µg/m <sup>3</sup> )	344	289	278	150	100	72	91	131	348	630	253	251
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	28	31	30	30	29	31	31	30	31	30	31
2. kork. arvo (µg/m <sup>3</sup> )	92	53	67	38	38	28	31	42	60	96	60	54
korkein arvo (µg/m <sup>3</sup> )	115	71	95	41	39	30	35	44	65	108	81	97

Taulukko 5.4. Kajaanin keskustassa mitatut hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) pitoisuudet vuonna 2015.

PM <sub>10</sub>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	744	672	743	720	744	699	744	744	717	744	720	743
määrä (%)	100	100	99,9	100	100	97,1	100	100	99,6	100	100	99,9
keskiarvo (µg/m <sup>3</sup> )	10	9	18	21	11	8	8	11	10	8	4	5
99. %-piste (µg/m <sup>3</sup> )	64	43	87	98	28	18	20	35	31	39	15	25
korkein arvo (µg/m <sup>3</sup> )	91	73	238	167	32	24	24	48	39	83	21	33
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	28	31	30	31	29	31	31	30	31	30	31
2. kork. arvo (µg/m <sup>3</sup> )	26	23	34	43	21	11	14	22	18	20	8	13
korkein arvo (µg/m <sup>3</sup> )	28	28	54	59	23	14	14	24	18	22	10	13

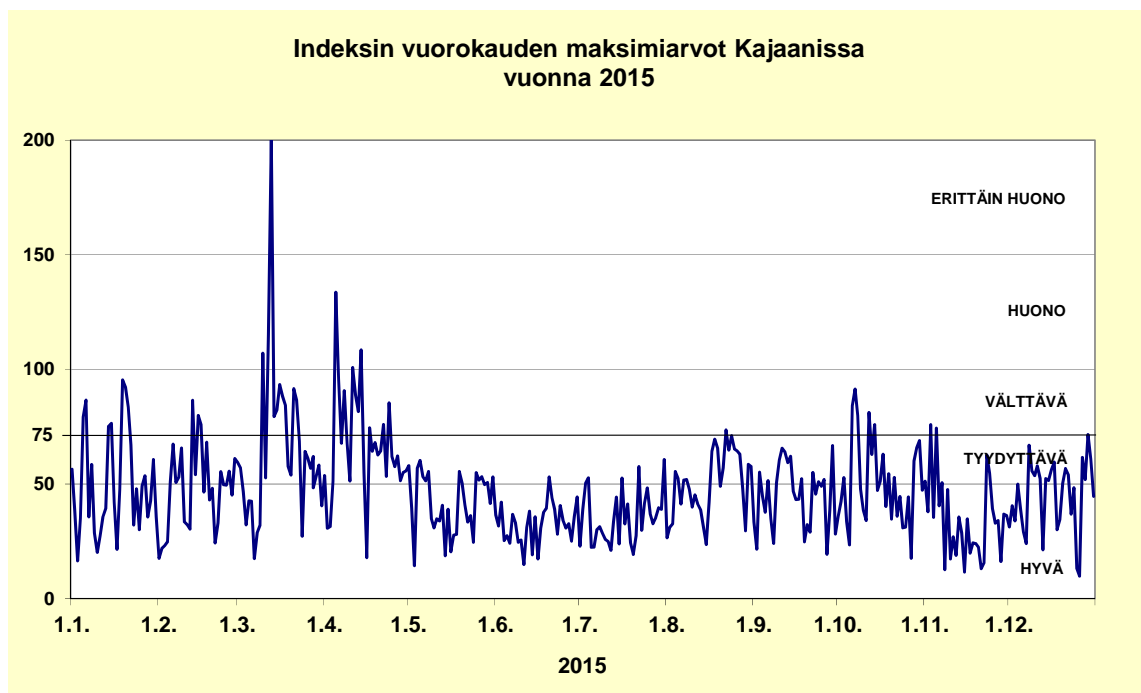
Vuosikeskiarvot olivat seuraavat: typpimonoksidi (NO) 9 µg/m<sup>3</sup>, typpidioksidi (NO<sub>2</sub>) 15 µg/m<sup>3</sup>, typen oksidit (kokonais-NO<sub>x</sub> typpidioksidina ilmaistuna) 29 µg/m<sup>3</sup> ja hengitettävät hiukkaset 10 µg/m<sup>3</sup>.

## 5.2 Ilmanlaadun indeksi

Kajaanissa mitattujen ilman epäpuhtauspitoisuuksien perusteella lasketaan ilmanlaadun indeksi, joka kuvaa vallitsevaa ilmanlaatutilannetta (hyvä, tyydyttävä, välttävä, huono, erittäin huono). Indeksien laskentaan käytetään typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksia. Tunneittaiset indeksiarvot ja mitatut tuntipitoisuudet ovat nähtävillä Kajaanin kaupungin www-sivuilla reaaliaikaisesti ja historia-tietoina.

Kuvassa 5.1 on esitetty yhteenveto vuoden 2015 vuorokauden maksimi-indeksiarvoista. Tässä tarkastelussa mittauspäivän indeksi määräytyy ilmanlaadultaan huonoimman tunnin mukaan. Indeksillä ilmaistuna ilmanlaatu oli hyvää 57 %, tyydyttävää 33 % ja välttävää 8 % päivistä. Ilmanlaatu oli huonoa viitenä päivänä (1 % päivistä) ja erittäin huonoa yhtenä päivänä. Ilmanlaatu oli vuonna 2015 vuoden 2014 tapaan aikaisempia vuosia parempi. Yleensä valtaosa päivistä on laadultaan tyydyttäviä, mutta vuonna 2015 vähintään joka toinen päivä ilmanlaatu oli Kajaanissa hyvä.

Huonon ilmanlaadun aiheuttajana olivat hengitettävien hiukkasten korkeat pitoisuudet. Ilmanlaatu heikkeni katupölyn johdosta kolmena päivänä maaliskuussa (10.3., 12.3. ja 13.3.) sekä kolmena päivänä huhtikuussa (5.4., 11.4. ja 14.4.). 13. maaliskuuta ilmanlaatu heikkeni aamuruuhkan aikaan erittäin huonoksi, kun hiukkaspitoisuudet ylittivät pitoisuustason  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Kevätpölytilanteissa talven aikana hienoksi jauhautunut hiekoitushiekka lumien sulettua pölyä ilmaan liikenteen ja tuulen aiheuttamien ilmavirtausten vaikutuksesta. Vuonna 2015 ilmanlaatu ei Kajaanissa heikentynyt talvisten inversiotilanteiden tai syksyisen katupölyn vuoksi, sillä alkuvuosi oli tavanomaista leudompi ja loppuvuosi harvinaisen leuto. Lisäksi koko vuonna sademäärät olivat tavanomaista suurempia ja erityisesti joulukuu oli sateinen.



Kuva 5.1. Vuorokauden suurimmat ilmanlaatuindeksin arvot Kajaanin keskustassa vuonna 2015.

## 6 ILMANLAADUN MITTAUSTULOSTEN TARKASTELU

### 6.1 Pitoisuuksien suhde ohje- ja raja-arvoihin

*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 ennakoita 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 6.1).

*Raja-arvot* ovat ilman epäpuhtauden pitoisuuksia, jotka on alitettava määräajassa. Kun raja-arvo on alitettu, sitä ei enää saa ylittää. Raja-arvot ovat sitovia. Raja-arvon ylittyessä on kunnan ryhdyttävä ympäristönsuojelulain mukaisiin toimiin ja laadittava ilmansuojelusuunnitelma ilmanlaadun parantamiseksi ja raja-arvon ylitysten estämiseksi. Tällaisia toimia voivat olla esimerkiksi määräykset liikenteen tai päästöjen rajoittamisesta. Ilmanlaadun raja-arvot on määritelty ilmanlaatuasetuksessa (Vna 38/2011, ks. taulukko 6.2).

Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoja ei sovelleta työpaikoilla eikä tehdasalueilla, sillä työpaikka-alueilla sovelletaan omia työterveyttä ja työturvallisuutta koskevia säännöksiä. Raja-arvojen noudattamista ei myöskään arvioida liikenneväylillä eikä alueilla, jonne yleisöllä ei ole vapaata pääsyä ja joilla ei ole pysyvää asutusta.

Taulukko 6.1. Ilmanlaadun ohjearvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi (Vnp 480/1996).

Epäpuhtaus	Ohjearvo (20 °C, 1 atm)	Tilastollinen määrittely
Hiilimonoksidi (CO)	20 mg/m <sup>3</sup> 8 mg/m <sup>3</sup>	Tuntiarvo Tuntiarvojen liukuva 8 tunnin keskiarvo
Typpidioksidi (NO <sub>2</sub> )	150 µg/m <sup>3</sup> 70 µg/m <sup>3</sup>	Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Rikkidioksidi (SO <sub>2</sub> )	250 µg/m <sup>3</sup> 80 µg/m <sup>3</sup>	Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Kokonaisleijuma (TSP)	120 µg/m <sup>3</sup> 50 µg/m <sup>3</sup>	Vuoden vuorokausiarvojen 98. prosenttipiste Vuosikeskiarvo
Hengitettävät hiukkaset (PM <sub>10</sub> )	70 µg/m <sup>3</sup>	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Haisevien rikkijyhdisteiden kokonaismäärä (TRS)	10 µg/m <sup>3</sup>	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo, TRS ilmoitetaan rikkinä



Taulukko 6.2. Ilmanlaadun raja-arvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi (Vna 38/2011).

Aine	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo <sup>1)</sup> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Sallittujen ylitysten määrä kalenterivuodessa (vertailujakso)
Rikkidioksidi ( $\text{SO}_2$ )	1 tunti	350	24
	24 tuntia	125	3
Typpidioksidi ( $\text{NO}_2$ )	1 tunti	200	18
	kalenterivuosi	40	-
Hengitettävät hiukkaset ( $\text{PM}_{10}$ )	24 tuntia	50	35
	kalenterivuosi	40	-
Pienhiukkaset ( $\text{PM}_{2,5}$ )	kalenterivuosi	25	-
Lyijy (Pb)	kalenterivuosi	0,5	-
Hiilimonoksidi (CO)	8 tuntia <sup>2)</sup>	10 000	-
Bentseeni ( $\text{C}_6\text{H}_6$ )	kalenterivuosi	5	-

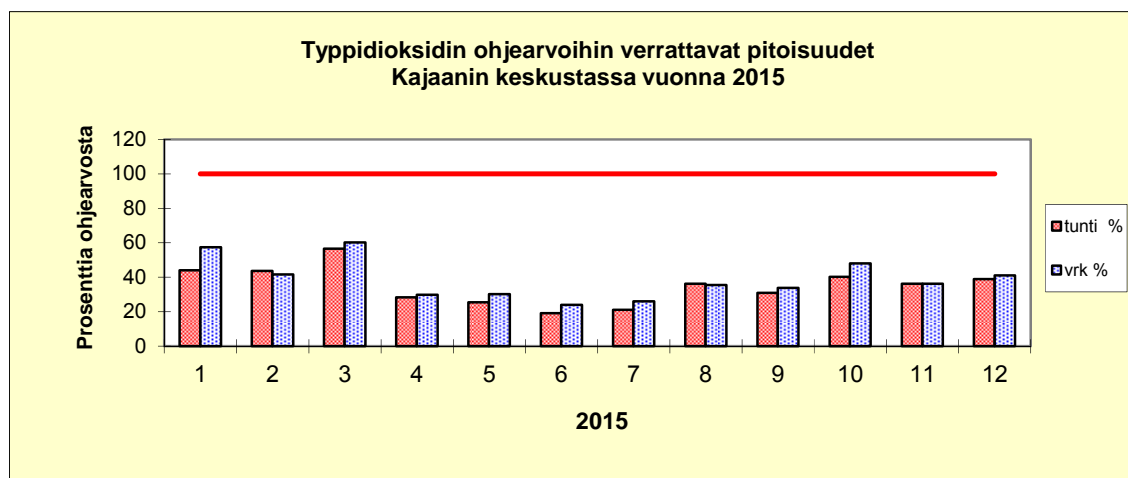
1) Kaasumaisilla yhdisteillä tulokset ilmaistaan 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa. Lyijyn ja hiukkasten tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

2) Vuorokauden korkein 8 tunnin keskiarvo, joka valitaan tarkastelemalla 8 tunnin liukuvia keskiarvoja. Kukin kahdeksan tunnin jakso osoitetaan sille päivälle, jona jakso päättyy.

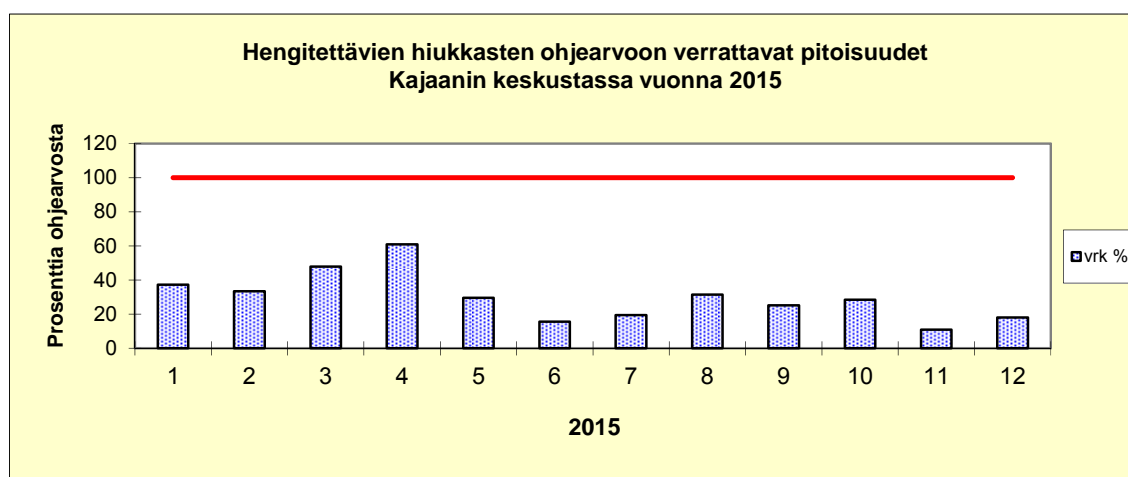
Taulukossa 6.3 ja kuvissa 6.1–6.2 on esitetty typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain sekä ko. pitoisuuksien suhde ohjearvoihin Kajaanin keskustassa vuonna 2015.

Taulukko 6.3. Typpidioksidin ( $\text{NO}_2$ ) ja hengitettävien hiukkasten ( $\text{PM}_{10}$ ) ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet kuukausittain sekä näiden suhde ohjearvoihin Kajaanin keskustassa vuonna 2015.

Kajaani 2015	$\text{NO}_2$ tunti		$\text{NO}_2$ vrk		$\text{PM}_{10}$ vrk	
	99 %-piste ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	% ohjearvosta	2. suurin vrk ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	% ohjearvosta	2. suurin vrk ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	% ohjearvosta
Tammikuu	66	44	40	57	26	37
Helmikuu	66	44	29	42	23	33
Maaliskuu	85	57	42	60	34	48
Huhtikuu	43	28	21	30	43	61
Toukokuu	38	25	21	30	21	30
Kesäkuu	29	19	17	24	11	16
Heinäkuu	32	21	18	26	14	19
Elokuu	54	36	25	35	22	31
Syyskuu	46	31	24	34	18	25
Lokakuu	60	40	34	48	20	28
Marraskuu	54	36	25	36	8	11
Joulukuu	59	39	29	41	13	18
Ohjearvo	150		70		70	



Kuva 6.1. Typpidioksidin (NO<sub>2</sub>) ohjearvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa ohjearvoon Kajaanin keskustassa vuonna 2015. Typpidioksidipitoisuuden tuntiohjearvo on 150 µg/m<sup>3</sup> ja vuorokausiohjearvo 70 µg/m<sup>3</sup>. Nämä ovat kuvan ohjearvotasojen = 100 % ohjearvosta.



Kuva 6.2. Hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa ohjearvoon Kajaanin keskustassa vuonna 2015. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjearvo on 70 µg/m<sup>3</sup> = kuvan ohjearvotaso = 100 % ohjearvosta. Pitoisuudet on ilmaistu ulkoilman lämpötilassa.

Typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten pitoisuudet alittivat ilmanlaadun ohjearvot vuonna 2015. Ohjearvoihin verrannolliset typpidioksidin tuntipitoisuudet vaihtelivat välillä 19–57 % ohjearvosta. Vuorokausipitoisuudet vaihtelivat välillä 24–60 % ohjearvosta. Suurimmat typpidioksidin ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet mitattiin maaliskuussa. Hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrattavat pitoisuudet olivat 11–61 % vuorokausiohjearvosta. Ohjearvoon verrannolliset pitoisuudet olivat suurimmillaan kevätpölykaudella maaliskuu- ja huhtikuussa.

Kajaanissa vuonna 2015 mitatut typpidioksidipitoisuudet eivät ylittäneet ilmanlaatuasetuksessa annettuja raja-arvoja. Tuntiraja-arvotaso 200 µg/m<sup>3</sup> ei ylittynyt kertakaan, kun ylityksiä sallitaan 18 kpl kalenterivuodessa. Yhdeksänneksitoista suurin tuntiarvo oli 73 µg/m<sup>3</sup> eli 37 % raja-arvosta. Typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo oli 15 µg/m<sup>3</sup> eli 38 % raja-arvosta 40 µg/m<sup>3</sup>.

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiraja-arvon taso,  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ylittyi vuonna 2015 kaksi kertaa, kun sallittujen ylitysten määrä on 35 kpl kalenterivuodessa. Raja-arvotason ylitykset tapahtuivat kevätpölyaikaan 13.3.2015 ja 5.4.2015. 36. suurin vuorokausiarvo oli  $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eli 40 % raja-arvosta. Vuosiraja-arvoon,  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , verrattava vuosikeskiarvo oli  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eli 26 % raja-arvosta.

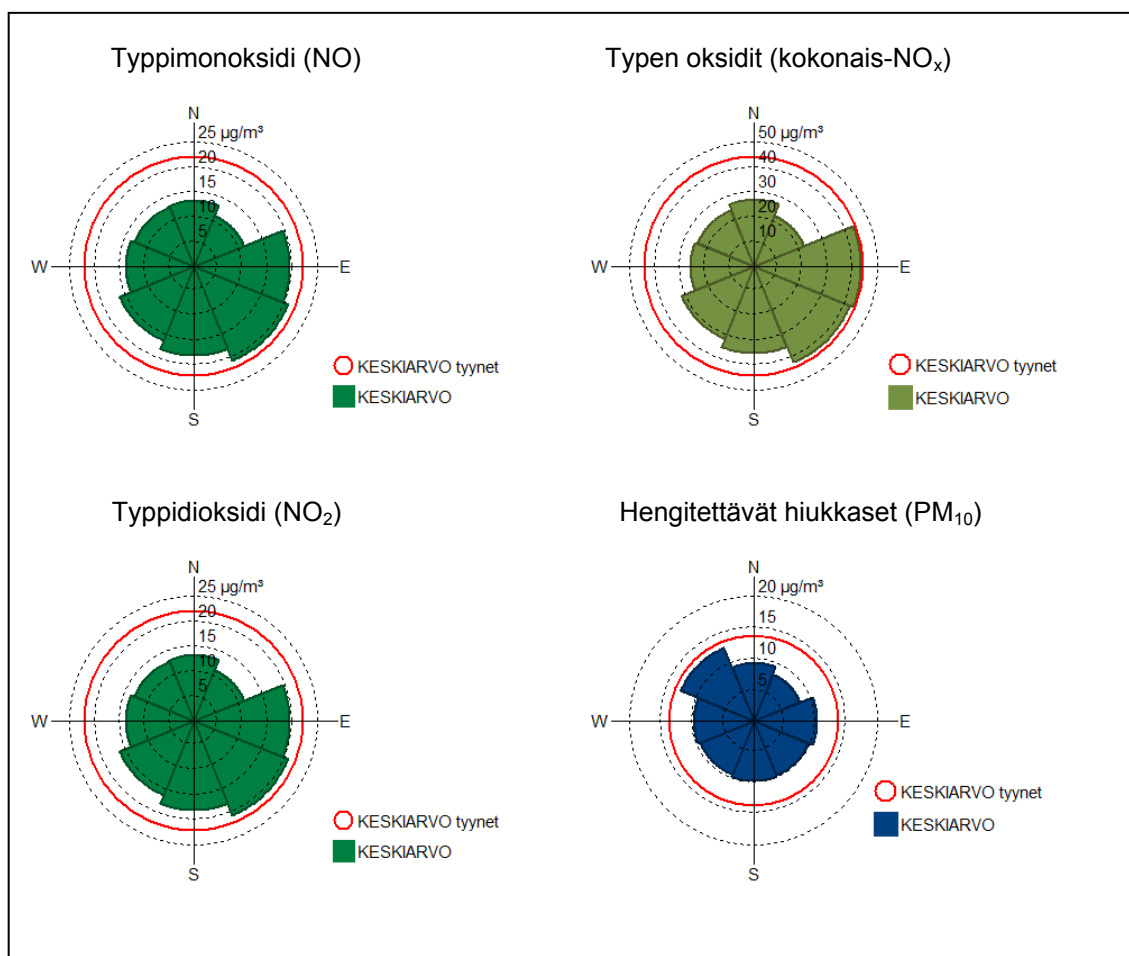
## 6.2 Tuulen suunnan ja nopeuden vaikutus mitattuihin pitoisuuksiin

Kuvassa 6.3 on havainnollistettu tuulen suunnan ja nopeuden vaikutusta Kajaanin typen oksidien ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksiin ns. saasteruusujen avulla. Saasteruusuu kuvaa tuntipitoisuuksien arvoja eri tuulensuunnilla. Saasteruusun keskipisteestä lähtevän janan pituus sektorin kehäviivalle vastaa epäpuhtauden tuntipitoisuuksien arvoa ko. tuulisektorissa. Tyynellä säällä havaittujen tuntipitoisuuksien arvo on esitetty ympyrällä, jonka säteen pituus kuvaa pitoisuuden arvoa. Typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten yksittäisten tuntipitoisuuksien jakautuminen tuulen suunnan mukaan on esitetty liitekuvassa 13.

Typen oksidien pitoisuuksiin vaikuttavat sekä kiinteiden pistelähteiden päästöt että liikenteen päästöt. Liikenneväylien läheisyydessä liikenteen päästöt hallitsevat, sillä pistelähteiden päästöt tulevat ulkoilmaan yleensä korkeista piipuista ja ehtivät sekoittua ja laimentua ennen maanpintatasoa. Liikenteen päästöt tapahtuvat maanpinnan läheisyydestä ja usein myös niiden sekoittumis- ja laimenemisympäristö on katuja reunustavien rakennusten vuoksi rajoitettu. Tällaisissa olosuhteissa liikenteestä aiheutuvien epäpuhtauksien pitoisuudet nousevat korkeiksi tyynen tai heikkotuulisen sään aikana ja erityisesti ns. inversioilanteissa ilmakehän pystysuuntaisen lämpötilajakauman estäessä tai rajoittaessa epäpuhtauksien laimenemistä myös pystysuunnassa.

Typen oksidien tuntipitoisuuksien keskiarvot olivat Kajaanissa vuonna 2015 suurimmillaan tyynellä säällä. Pakokaasujen typenoksidipäästöt ovat pääasiassa typpimonoksidia (NO), joka hapettuu muun muassa otsonin vaikutuksesta typpidioksidiksi (NO<sub>2</sub>). Typpimonoksidipitoisuudet kuvastavat siten paremmin mittauspisteen lähialueen liikenteestä aiheutuvaa kuormitusta. Typpidioksidipitoisuuksiin vaikuttavat myös kauempana sijaitsevat lähteet. Johtuen Lönnrotinkadun mittauspisteen sijainnista kaupungintalon ja teatterin katveessa, jäi itä-, kaakkois- ja etelätuulien osuus hyvin pieneksi suhteessa muihin ilmansuuntiin, vain muutama kymmenen havaintoon, joten pitoisuuskeskiarvoja ko. tuulensuunnissa ei voida pitää vertailukelpoisena muilla tuulensuunnilla esiintyneisiin pitoisuuskeskiarvoihin nähden (vrt. liitekuva 13).

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksissa on yksittäisten päästölähteiden vaikutusta yleensä vaikeampi erottaa kuin typen oksideilla. Vuodenaika, liikenne, kaukokulkeuma, pölyäminen ja meteorologiset tekijät vaikuttavat pitoisuuksiin voimakkaasti. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuskeskiarvot olivat Kajaanissa vuonna 2015 suurimmillaan tyynellä säällä (ks. kuva 6.3).



Kuva 6.3. Typpimonoksidin, typpidioksidin, typen oksidien ja hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskiarvot eri tuulensuunnilla ja tyynellä säällä Kajaanin Lönnrotinkadulla vuonna 2015.

### 6.3 Pitoisuuksien ajallinen vaihtelu

Kuvassa 6.4 on tarkasteltu typpimonoksidin, typpidioksidin ja typen oksidien kokonaismäärän sekä hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskimääräistä vaihtelua Kajaanin keskustassa kellonajan mukaan erikseen arkipäivisin (maanantai-perjantai) ja viikonloppuisin (lauantai-sunnuntai).

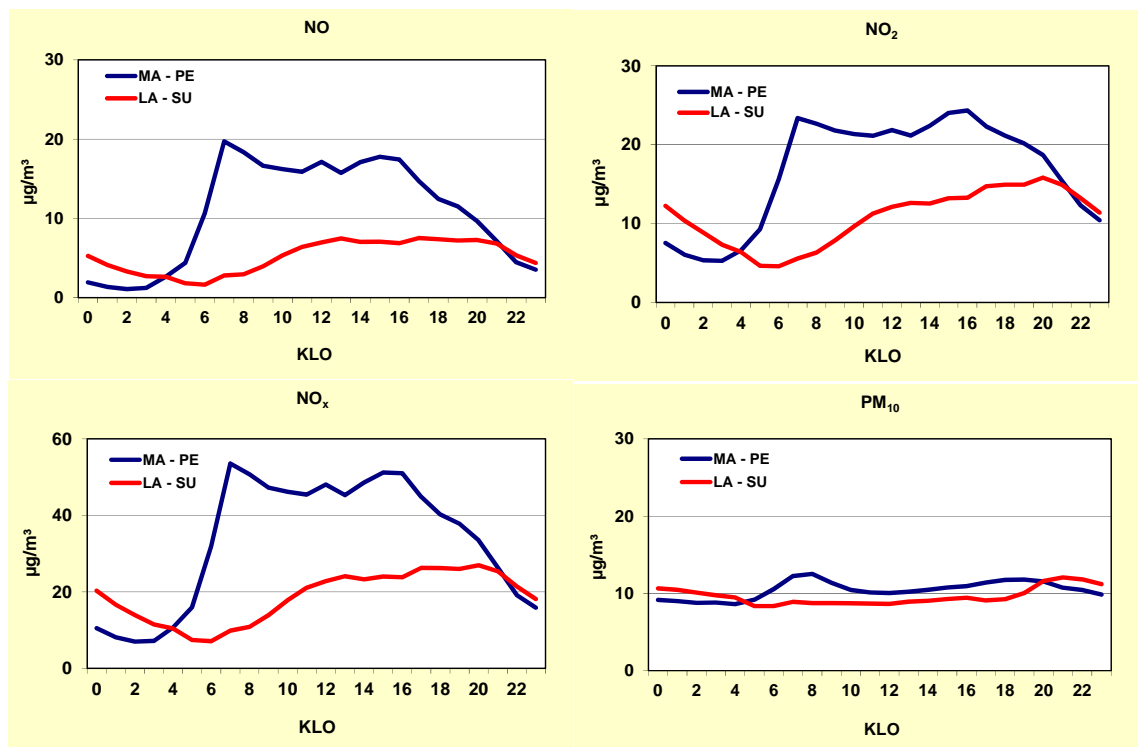
Typen oksidien tuntipitoisuuksien vuorokausivaihtelussa havaitaan selvästi liikenteen päästöjen vaikutus. Arkipäivisin pitoisuudet olivat pienimmillään aamuyön tunteina. Pitoisuudet kasvoivat nopeasti liikenteen aamuruuhkan aikaan ja pysyivät korkeammalla tasolla iltapäiväruuhkaan asti. Arkipäivien aamu- ja iltapäiväruuhkien aikaan typpidioksidipitoisuudet kohoavat keskimäärin tasolle  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Viikonloppuisin typen oksidien pitoisuudet ovat myöhäisillan ja aamuyön tunteja lukuun ottamatta arkipäivisin havaittuja matalampia ja aamun pitoisuushuippu puuttuu.

Hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuudet vaihtelivat jonkin verran typen oksidien pitoisuuksista poikkeavasti. Hiukkaspitoisuudet eivät noudata niin selvästi liikenteen

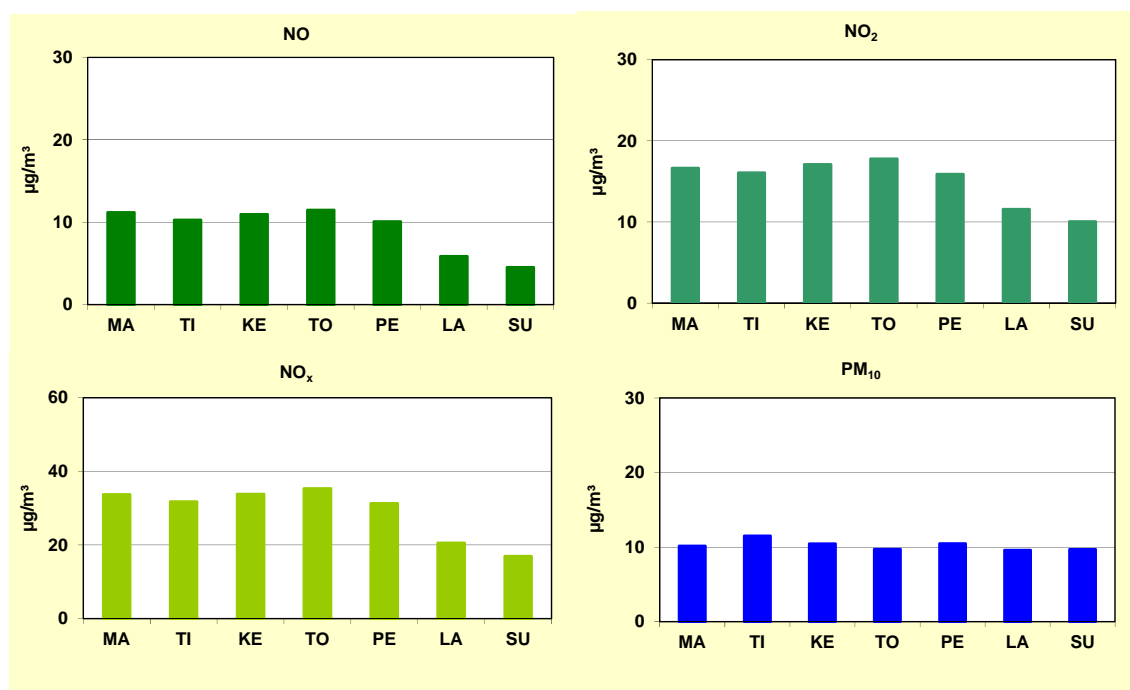
nemäärien vaihtelua kuin typen oksidien pitoisuudet. Vuonna 2015 hiukkaspitoisuudet olivat aikaisempia vuosia pienempiä ja vuorokauden sisäinen pitoisuusvaihtelu oli vähäistä. Hiukkaspitoisuudet olivat keskimäärin noin  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja vain pieni pitoisuusnousu on havaittavissa aamuruuhkan aikaan. Viikonloppuisin hiukkaspitoisuudet olivat aamuyön tunteja lukuunottamatta hiukan arkipäivien tasoa alempia.

Hiukkaspitoisuuden vuorokaudenaikaisvaihtelu poikkeaa taajamien liikenneympäristöissä yleensä jonkin verran kaasumaisten yhdisteiden, kuten typen oksidien, pitoisuusvaihtelusta. Hiukkaspitoisuuksiin vaikuttavat pakokaasuissa olevien hiukkasten lisäksi tuulen ja liikenteen maanpinnasta ilmaan nostattamat suuret ja pienet hiukkaset, joiden määrää säätelevät muun muassa liikenteen vilkkaus ja nopeus, tuulen nopeus, maan- ja kadunpinnan kosteus ja sateisuus.

Viikonpäivittäin tarkasteltuna typen oksidien keskimääräinen pitoisuustaso vaihteli niin, että lauantaisin ja sunnuntaisin typen oksidien pitoisuudet olivat selvästi matalampia kuin arkipäivisin ja pitoisuudet olivat sunnuntaisin matalimmillaan (ks. kuva 6.5). Hengitettävien hiukkasten pitoisuustasoissa ei ole juurikaan eroa viikonpäivien välillä.



Kuva 6.4. Typpimonoksidin (NO), typpidioksidin (NO<sub>2</sub>), typen oksidien kokonaismäärän (NO<sub>x</sub>) ja hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) tuntipitoisuuksien keskiarvot kellonajan mukaan arkipäivisin (ma - pe) ja viikonloppuisin (la - su) Kajaanin keskustassa vuonna 2015.



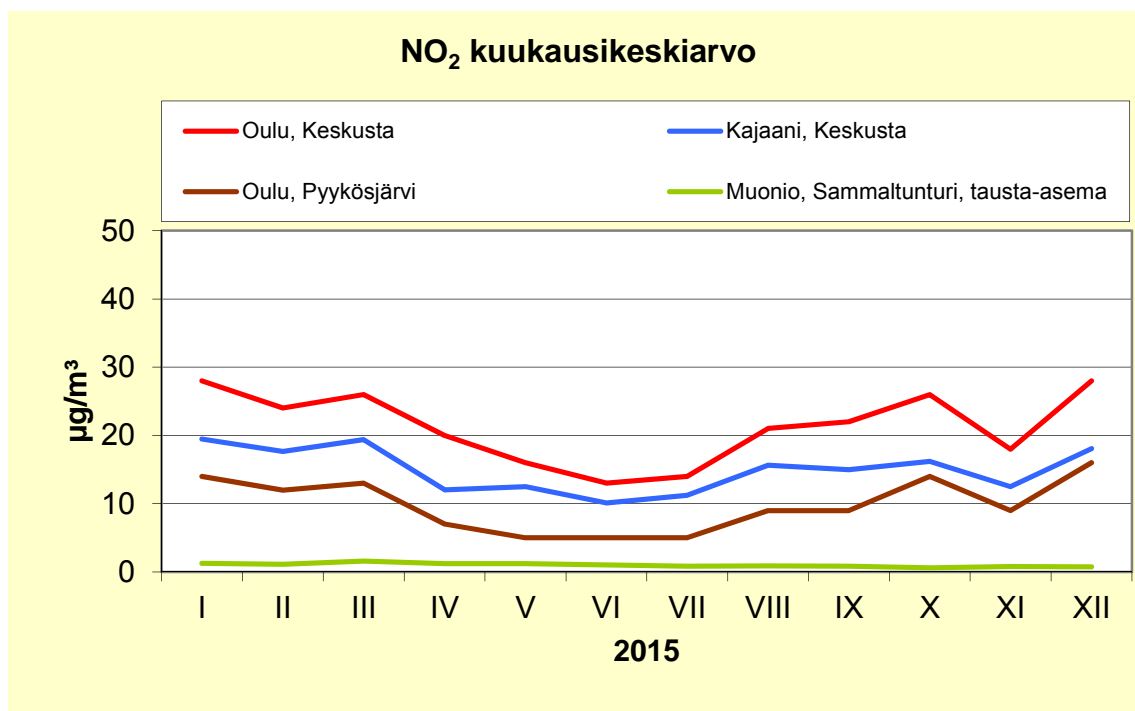
Kuva 6.5. Typpimonoksidin (NO), typpidioksidin (NO<sub>2</sub>), typen oksidien kokonaismäärän (NO<sub>x</sub>) ja hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) vuorokausipitoisuuksien keskiarvot viikonpäivän mukaan Kajaanissa vuonna 2015.

## 6.4 Pitoisuuksien vertailua

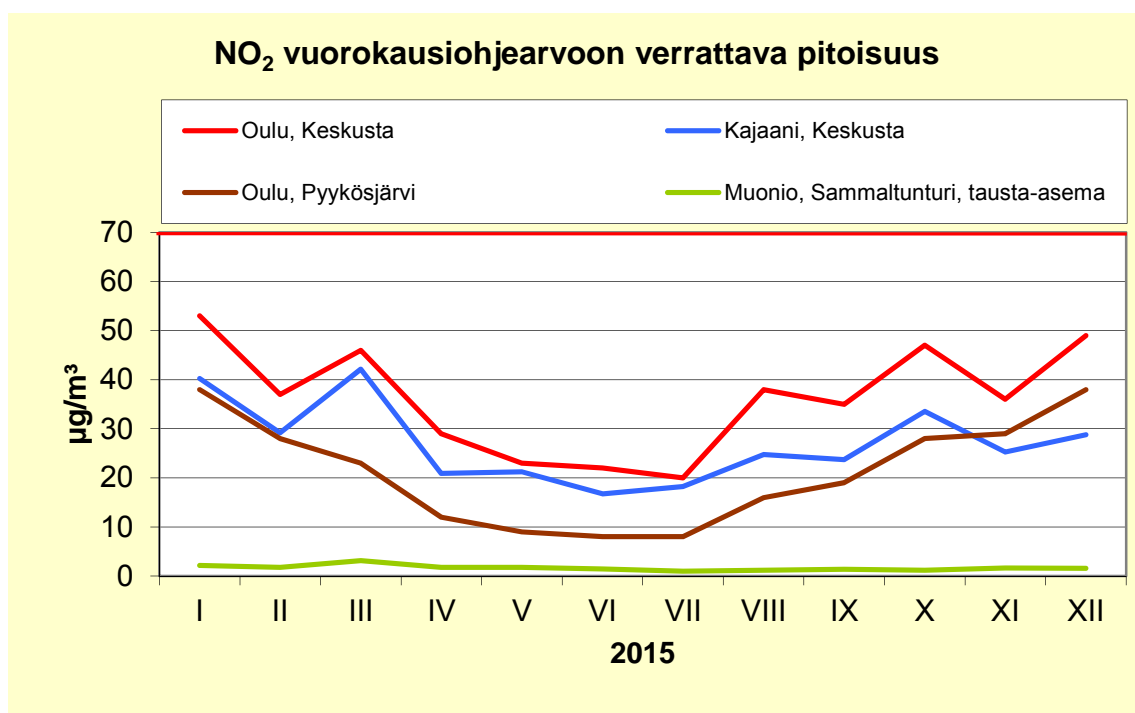
### *Typpidioksidi*

Typpidioksidin pitoisuuksia mitataan Suomessa yli 60 mittausasemalla. Typpidioksidin mittausasemista noin puolet sijaitsee liikenneympäristöissä. Kuvissa 6.6 ja 6.7 on esitetty typpidioksidipitoisuuden kuukausikeskiarvot ja vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet vuodelta 2015 Kajaanin keskustassa, Oulun keskustassa ja Oulun Pyykösjärvellä (*Oulun kaupunki, 2016*) sekä Ilmatieteen laitoksen Sammaltunturin tausta- asemalla (*Ilmatieteen laitos, 2016*). Asemista Kajaanin ja Oulun Keskustan mittausasemat ovat tyypiltään liikenneasemia. Oulun Pyykösjärven mittausasema edustaa ns. esikaupunkitaustaa ja Lapissa Pallaksen alueella sijaitseva Sammaltunturi puhdasta maaseututausta- aluetta. Sammaltunturin mittausasemalta saadut pitoisuudet olivat tämän raportin laadinta-ajankohtana vielä tarkistamattomia.

Kajaanin keskustan typpidioksidipitoisuudet olivat kuukausikeskiarvoina ja vuorokausiohjearvoon verrannollisina pitoisuuksina matalampia kuin Oulun keskustassa ja pääosin korkeampia kuin Oulun Pyykösjärven asemalla. Vuodensisäinen vaihtelu oli kaikilla kolmella asemalla hyvin samansuuntaista. Korkeimmillaan typpidioksidipitoisuudet olivat talvikuukausina. Typpidioksidipitoisuuden vuorokausiohjearvo allittui vuonna 2015 Kajaanissa ja Oulussa.



Kuva 6.6. Typpidioksidipitoisuuden kuukausikeskiarvot vuodelta 2015 Kajaanin keskustassa, Oulun keskustassa, Oulun Pyykösjärvellä (*Oulun kaupunki, 2016*) ja Sammaltunturilla (*Ilmatieteen laitos, 2016*).



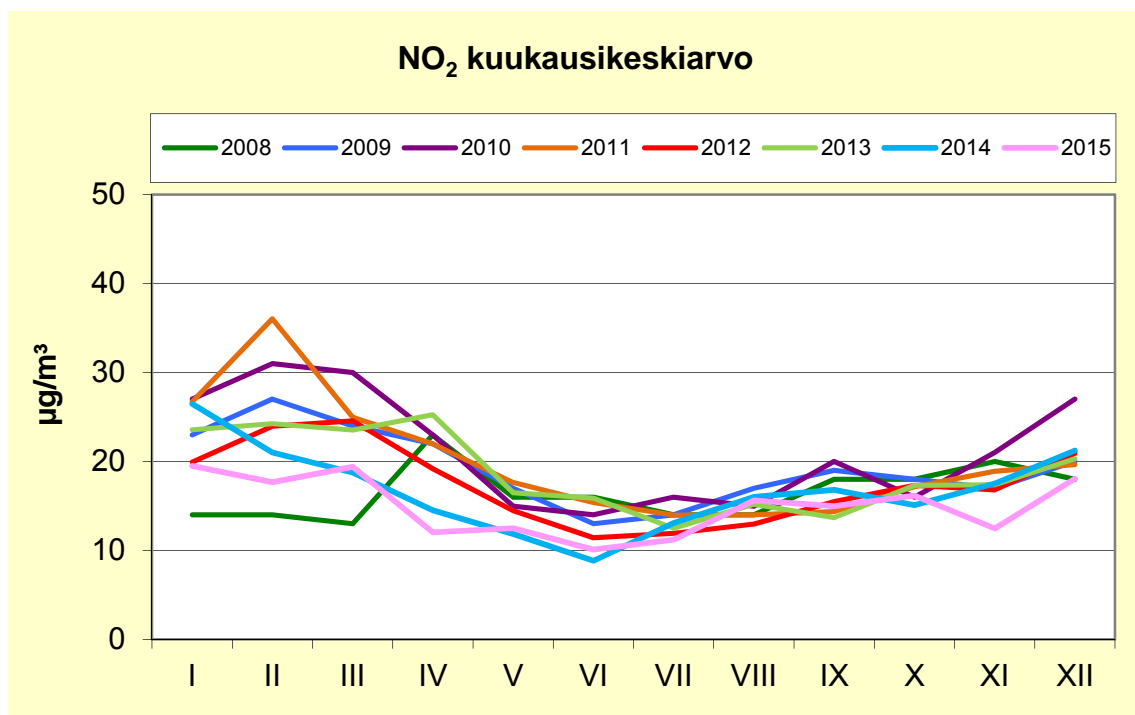
Kuva 6.7. Typpidioksidipitoisuuden vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet vuodelta 2015 Kajaanin keskustassa, Oulun keskustassa, Oulun Pyykösjärvellä (*Oulun kaupunki, 2016*) ja Sammaltunturilla (*Ilmatieteen laitos, 2016*). Ohjearvotaso, 70 µg/m<sup>3</sup>, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.

Kuvissa 6.8–6.10 on esitetty typpidioksidipitoisuuden vuosi- ja kuukausikeskiarvot sekä vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet Kajaanin keskustassa vuosina 2008–2015. Pitoisuudet vaihtelevat sekä päästöjen että meteorologisten tekijöiden vaihtelusta johtuen eri vuosien välillä. Typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo on vaihdellut vuosina 2008–2015 välillä 15,0–21,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Vuonna 2015 mitattiin em. ajanjakson alhaisin vuosikeskiarvopitoisuus. Eri vuosina mitatut kuukausikeskiarvot ja ohjearvoon verrannolliset pitoisuudet ovat alkuvuotta lukuun ottamatta suunnilleen samantasoisia keskenään. Alkuvuoden pitoisuusvaihteluihin vaikuttavat talvisten sääolosuhteiden vaihtelu eri vuosina (mm. ilman lämpötila ja stabiilisuus). Vuoden 2015 keväällä ja loppuvuodesta typpidioksidipitoisuudet olivat vuoden 2014 tapaan edellisiin vuosiin verrattuna selvästi alhaisempia leutojen säiden vuoksi. Vuonna 2008 mittausasema sijaitsi huhtikuun alkuun saakka suojaismassa paikassa kaupungintalon sisäpihalla.

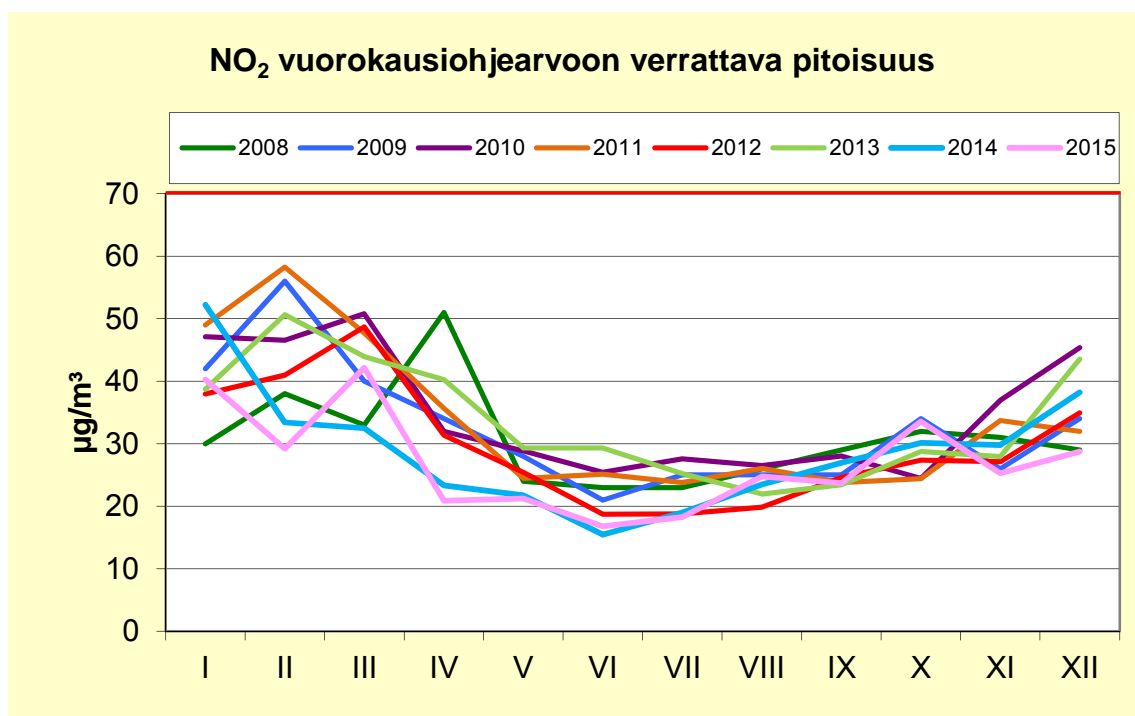


Kuva 6.8. Typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvot Kajaanin keskustassa vuosina 2008–2015). Raja-arvotaso, 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.





Kuva 6.9. Typpidioksidipitoisuuden kuukausikeskiarvot Kajaanin keskustassa vuosina 2008–2015.

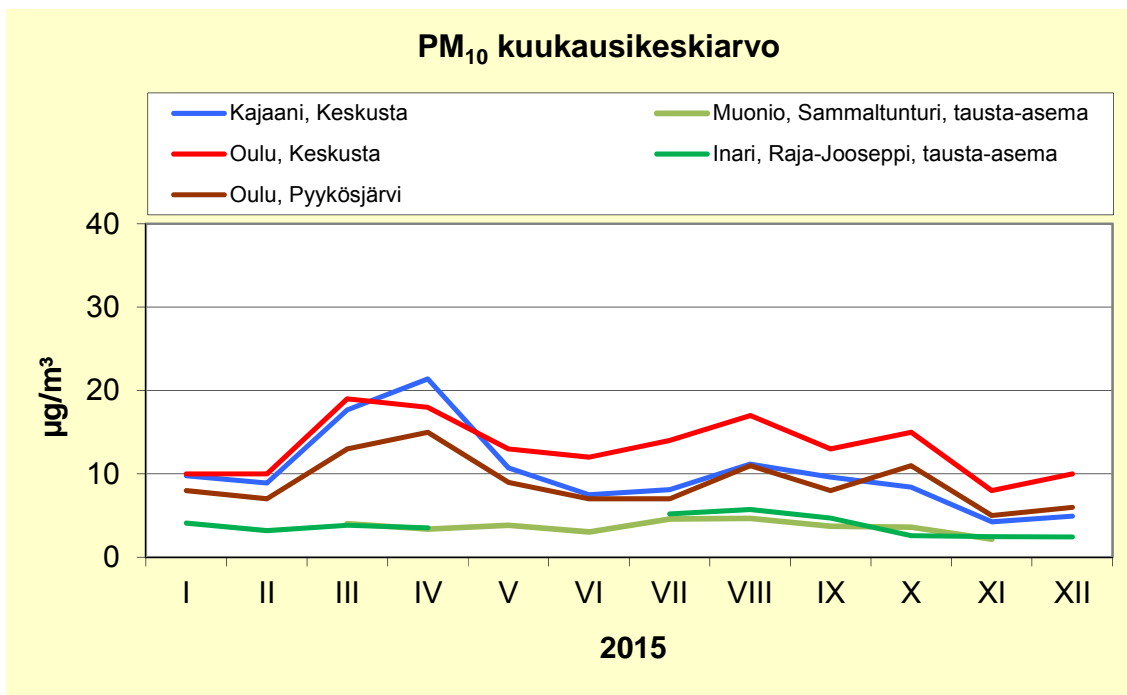


Kuva 6.10. Typpidioksidipitoisuuden vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet Kajaanin keskustassa vuosina 2008–2015. Ohjearvotaso, 70 µg/m<sup>3</sup>, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.

## Hengitettävät hiukkaset

Kuvissa 6.11 ja 6.12 on esitetty hengitettävien hiukkasten pitoisuuden kuukausikeskiarvot ja ohjearvoon verrattavat pitoisuudet vuodelta 2015 Kajaanin keskustassa, Oulun keskustassa ja Oulun Pyykösjärvellä sekä Ilmatieteen laitoksen Muonion Sammaltunturin ja Inarin Raja-Joosepin tausta-asevilla. Sammaltunturin ja Raja-Joosepin mittausasemilta saadut pitoisuudet olivat tämän raportin laadinta-ajankohtana vielä tarkistamattomia.

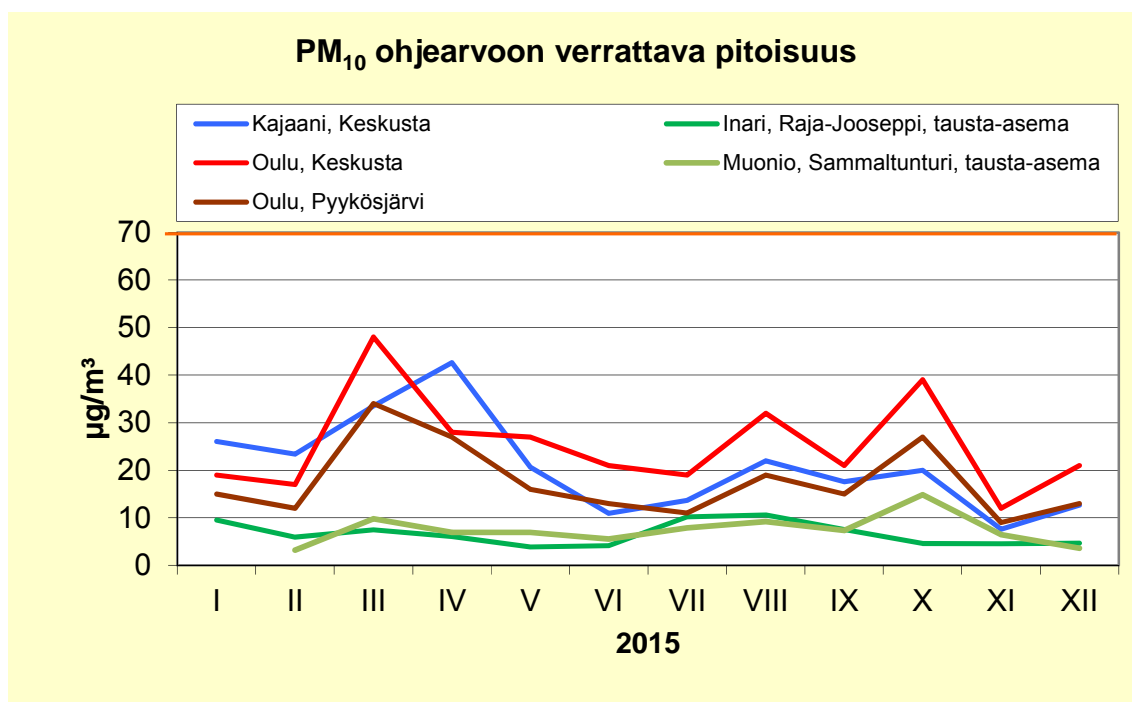
Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjearvo alittui kaikilla edellä mainituilla asemilla vuonna 2015. Kajaanin keskustan hiukkaspitoisuudet olivat sekä ohjearvoon verrannollisina pitoisuuksina että kuukausikeskiarvoina samaa tasoa kuin Oulun mittausasemilla.



Kuva 6.11. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden kuukausikeskiarvot vuodelta 2015 Kajaanin keskustassa, Oulun keskustassa ja Oulun Pyykösjärvellä (*Oulun kaupunki, 2016*) sekä Ilmatieteen laitoksen Sammaltunturin ja Raja-Joosepin tausta-asevilla (*Ilmatieteen laitos, 2016*).

Hiukkaspitoisuudet ovat tyypillisesti suurimmillaan kevätkuukausina. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjearvon ylitykset ovat olleet melko yleisiä maamme taajamissa, mutta viime vuosina ohjearvon ylitykset ovat vähentyneet. Teille ja kaduille kerääntynyt hiekoitushiekka jauhautuu talven aikana hienoksi pölyksi ja toisaalta nastarenkaat kuluttavat katujen ja teiden pintoja. Keväällä, kun lumi sulaa ja tiet kuivuvat, pöly nousee ilmaan lähinnä liikenteen ja tuulen aiheuttamien ilmavirtausten vaikutuksesta. Vuonna 2015 katupölykausi alkoi Kajaanissa varhain leutojen helmi- ja maaliskuun johdosta. Lumet alkoivat sulaa ja katupölykausi käynnistyi maaliskuun alkupuolella. Korkeimmillaan hiukkaspitoisuudet olivat

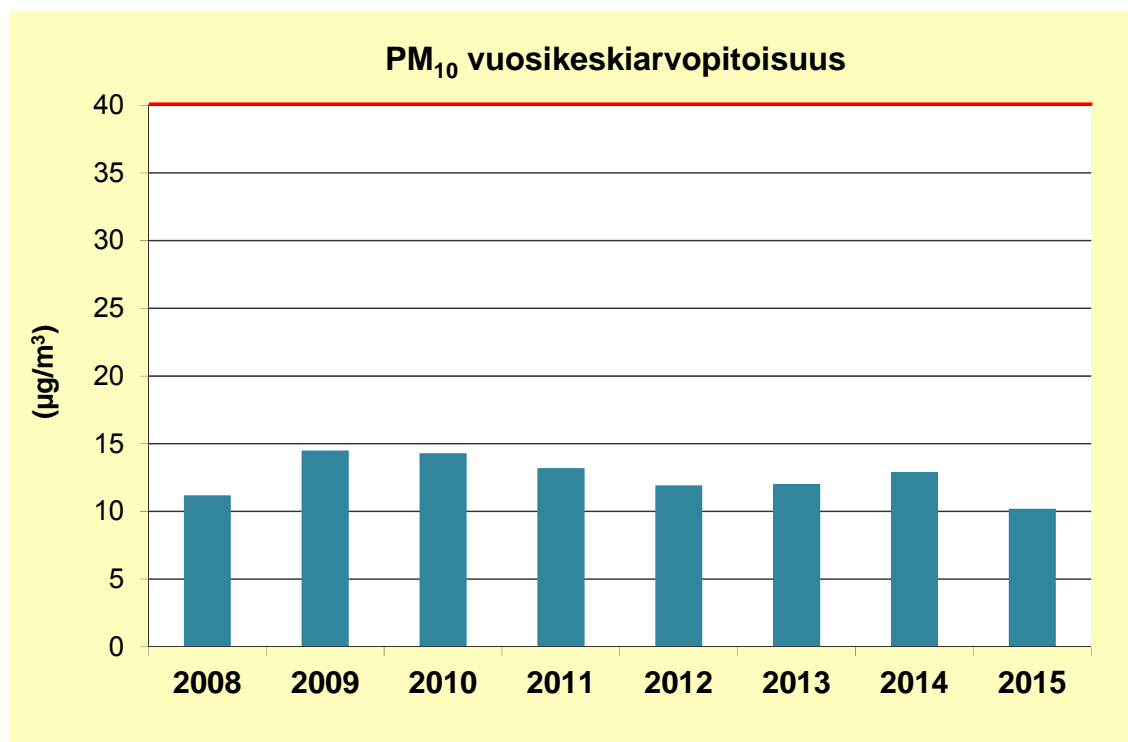
maaliskuun puolivälissä. Maaliskuun loppupuolella satoi lunta, jolloin pitoisuudet pysyivät matalina. Katupölyn määrä lisääntyi jälleen huhtikuun alussa pääsiäisenä ja pääsiäisen jälkeisellä viikolla. Hiekoitushiekan pölyämistä pyrittiin Kajaanissa ehkäisemään levittämällä kaduille pölynsidonta-ainetta. Hiekoitushiekan poisto aloitettiin 8.4.2015 ja sen arvioitiin kestävän 6–8 viikkoa (*Kajaanin kaupunki, 2015*).



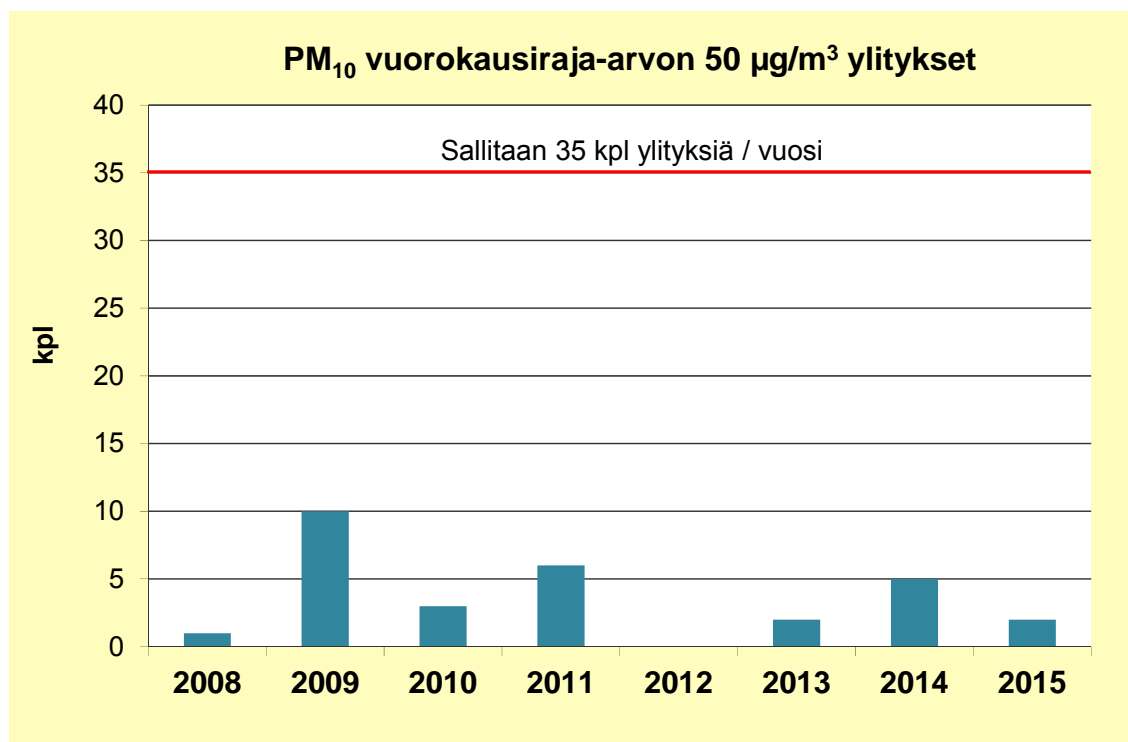
Kuva 6.12. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet vuodelta 2015 Kajaanin keskustassa, Oulun keskustassa ja Oulun Pyykösjärvellä (*Oulun kaupunki, 2016*) sekä Ilmatieteen laitoksen Sammaltunturin ja Raja-Joosepin tausta-asemailla (*Ilmatieteen laitos, 2016*). Ohjearvotaso, 70 µg/m<sup>3</sup>, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.

Kuvissa 6.13–6.16 on esitetty hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosi- ja kuukausikeskiarvot, vuorokausiraja-arvon ylitysten lukumäärät sekä ohjearvoon verrattavat pitoisuudet Kajaanin keskustassa vuosina 2008–2015. Pitoisuudet vaihtelevat sekä päästövaihteluista että meteorologisten tekijöiden vaihtelusta johtuen eri vuosien välillä. Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvo on vuosina 2008–2015 vaihdellut välillä 10,2–14,5 µg/m<sup>3</sup>. Vuonna 2015 mitattiin em. ajanjakson alhaisin vuosikeskiarvopitoisuus.

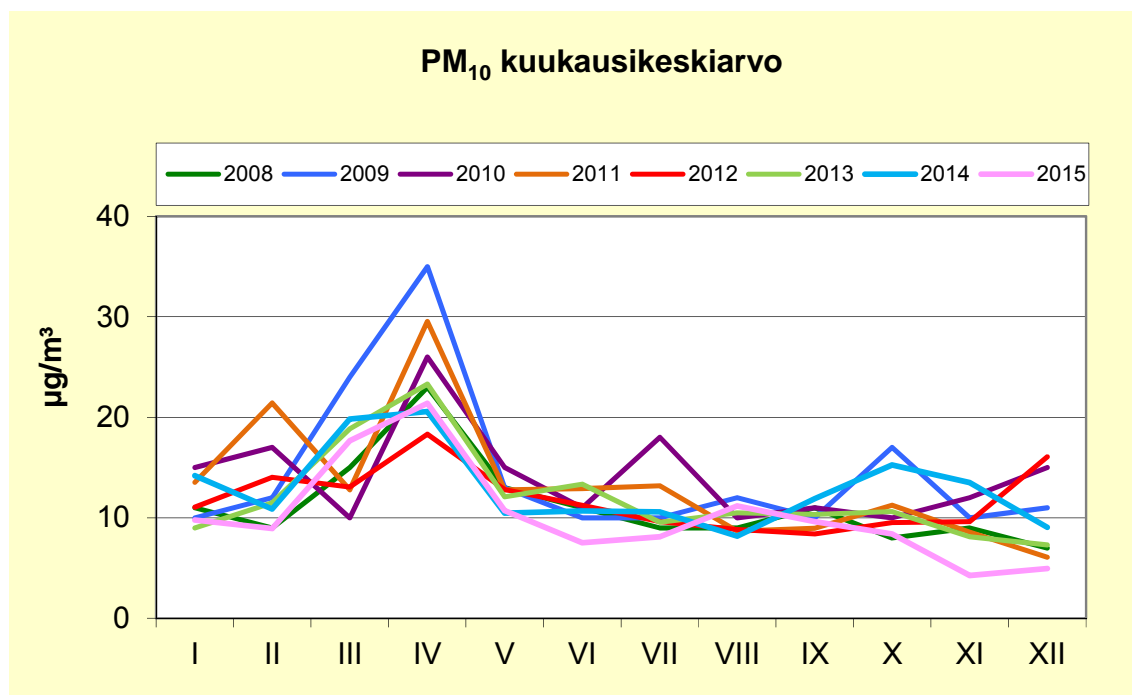
Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjearvo on vuosien 2008–2015 välillä ylittynyt ainoastaan vuonna 2009, jolloin hiukkaspitoisuudet olivat sekä kevään että syksyn katupölykaudella selvästi koholla. Vuonna 2015 hiukkaspitoisuudet olivat kevät-pölykautta lukuunottamatta alhaisia johtuen sateisesta vuodesta ja leudoista talvikuukausista. Kevään 2008 alhaisiin pitoisuuksiin on vaikuttanut hiukkasmittauksen sijainti suojaisemmassa paikassa kaupungintalon seinän lähellä tammi-maaliskuussa.



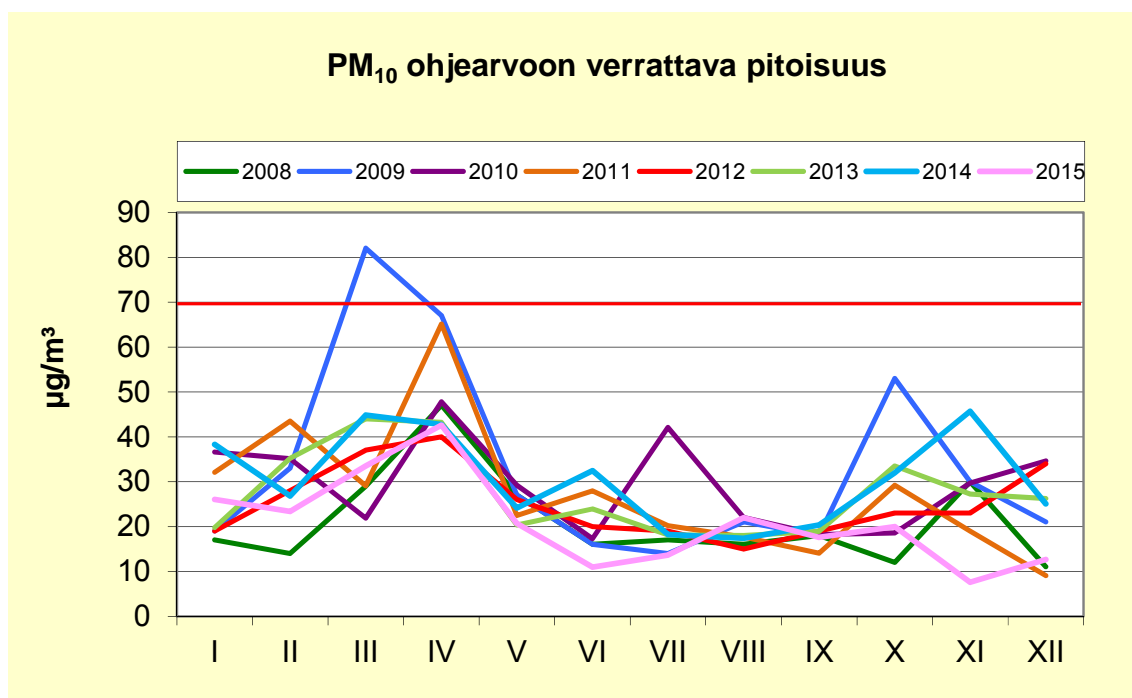
Kuva 6.13. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvot Kajaanin keskustassa vuosina 2008–2015. Raja-arvotaso, 40 µg/m<sup>3</sup>, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.



Kuva 6.14. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiraja-arvotason ylitykset Kajaanin keskustassa vuosina 2008–2015.



Kuva 6.15. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden kuukausikeskiarvot Kajaanin keskustassa vuosina 2008–2015.



Kuva 6.16. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet Kajaanin keskustassa vuosina 2008–2015. Ohjearvotaso, 70 µg/m<sup>3</sup>, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.

## 7 YHTEENVETO

Vuonna 2015 Kajaanin ilmanlaadun tarkkailusta vastasi Ilmatieteen laitos. Kajaanin keskustassa Lönnrotinkadulla sijaitsevalla mittausasemalla mitattiin ulkoilmasta typen oksidien ja alle 10 mikrometrin kokoisten ns. hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia sekä ko. pitoisuustulosten tulkintaa varten säätietoja (tuulen suunta ja nopeus, ulkoilman lämpötila, suhteellinen kosteus ja ilmanpaine). Mittaustulokset esitetään reaaliaikaisesti Internet-sivuilla (<http://ilmanlaatu.fmi.fi/kajaani/>). Sivulla esitetään tunneittain päivittyvästi typenoksidin- ja hiukkaspitoisuudet, säätiedot sekä ilmanlaadua kuvaavan ilmanlaatuindeksin arvot.

Kajaanin hengitettävien hiukkasten pitoisuusmittaukset ovat osa koko Suomen alueella tehtävää, Euroopan unionille raportoitavaa ilmanlaadun raja-arvovalvontaa. Kajaanin ilmanlaatu- ja säämittausten rahoittajia olivat vuonna 2015 Kajaanin kaupungin lisäksi Kainuun Voima Oy, Loiste Lämpö Oy, Lemminkäinen Infra Oy (asfalttiasema), NCC Roads (asfalttiasema) sekä Kainuun sosiaali- ja terveydenhuollon kuntayhtymä.

Kajaanissa vuonna 2015 mitatut typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten pitoisuudet eivät ylittäneet kotimaisia ilmanlaadun ohjearvoja. Ohjearvoihin verrannolliset typpidioksidipitoisuudet vaihtelivat välillä 19–60 % ohjearvoista. Suurimmat typpidioksidin ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet mitattiin maaliskuussa. Hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrattavat pitoisuudet olivat 11–61 % vuorokausiohjearvosta. Ohjearvoon verrannolliset pitoisuudet olivat suurimmillaan huhtikuussa.

Kajaanissa vuonna 2015 mitatut typpidioksidipitoisuudet eivät ylittäneet ilmanlaatuasetuksessa annettuja raja-arvoja. Tuntiraja-arvotaso  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ei ylittynyt kertakaan, kun ylityksiä sallitaan 18 kpl kalenterivuodessa. Typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo oli  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eli 38 % raja-arvosta  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiraja-arvon taso,  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ylittyi vuonna 2015 kaksi kertaa, kun sallittujen ylitysten määrä on 35 kpl kalenterivuodessa. Raja-arvotason ylitykset tapahtuivat kevätpölykaudella maalishuhtikuussa. Vuosiraja-arvoon,  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , verrattava vuosikeskiarvo oli  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eli 26 % raja-arvosta.

Kajaanissa mitatuista typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksista lasketaan ns. ilmanlaadun indeksi, joka kuvaa viisiportaisella asteikolla (hyvä, tyydyttävä, välttävä, huono, erittäin huono) vallitsevaa ilmanlaatuutilannetta. Tässä tarkastelussa mittauspäivän indeksi määräytyy ilmanlaadultaan huonoimman tunnin mukaan. Indeksillä ilmaistuna ilmanlaatu oli hyvää 57 %, tyydyttävää 33 % ja välttävää 8 % päivistä. Ilmanlaatu oli huono viitenä päivänä (1 % päivistä) ja erittäin huonoa yhtenä päivänä. Yleensä valtaosa päivistä on laadultaan tyydyttäviä, mutta vuonna 2015 vähintään joka toista päivää kuvaa hyvä ilmanlaatu. Huonon ilmanlaadun aiheuttajana olivat hengitettävien hiukkasten korkeat pitoisuudet kuutena päivänä kevätpölykaudella maalishuhtikuussa. Katupölykausi alkoi leudon kevään vuoksi varhain maaliskuussa. Maaliskuun loppupuolen lumisateet piti pölyämisen kurissa, mutta hiukkaspitoisuudet kohosivat uudelleen huhtikuun alussa.

Kajaanin keskustassa mitattuja typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia verrattiin vuoden 2015 ajalta Oulun keskustassa ja Pyykösjärvellä mitattui-

hin vastaaviin pitoisuuksiin. Kajaanin keskustan typpidioksidipitoisuudet olivat kuukausikeskiarvoina ja ohjearvoihin verrannollisina pitoisuuksina matalampia kuin Oulun keskustassa ja korkeampia kuin Oulun Pyykösjärven esikaupunkiasemalla. Hiukkaspitoisuudet olivat Kajaanissa samantasoisia kuin Oulun ilmanlaadun mittausasemilla.

Kajaanin ilmanlaatu oli vuonna 2015 paras vuodesta 2008 alkaneen Ilmatieteen laitoksen suorittaman mittausjakson aikana. Sekä typpidioksidin että hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet olivat pienimmät mittausjakson aikana. Osaltaan alhaisiin epäpuhtauspitoisuuksiin ovat vaikuttaneet sääolosuhteet. Vuosi oli varsinkin Kainuussa sateinen ja talvikuukaudet olivat leutoja, jolloin ilmanlaadun kannalta epäedullisia meteorologisia tilanteita esiintyi normaalia vuotta vähemmän.

Korkeiden hiukkaspitoisuuksien ja kevätpölyhaittojen ehkäiseminen on edelleen suuri ilmansuojeluhaaste monissa maamme kunnissa. Kajaanissa hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuuden raja-arvotaso ylittyi kaksi kertaa vuonna 2015, kun raja-arvotason ylityksiä on aikaisempina vuosina ollut 0–10 kpl vuodessa. Vaikka vuosi 2015 oli ilmanlaadultaan parempi kuin aikaisemmat vuodet, tulee Kajaanissa jatkossakin kiinnittää huomiota katujen ja teiden puhtaanapitoon, talvikunnossapitoon ja pölynsidontaan, jotta varsinkin kaupungin keskustassa välttyttäisiin pölyhaitoilta. Pölynsidonnalla estettiin Kajaanissa hiekoitushiekan pölyämistä keväällä 2015 ilmeisen tehokkaasti, sillä korkeita hiukkaspitoisuuksia esiintyi vain muutamana päivänä ja ne olivat maltillisella tasolla. Etelä-Suomen kaupungeissa mitattiin useissa kaupungeissa korkeimpia hiukkaspitoisuuksia vuosikymmenen.

Kajaanin keskusta-alueella mitattuihin typen oksidien ja hiukkasten pitoisuuksiin vaikuttivat voimakkaimmin katupöly ja autoliikenteen päästöt, yksittäisten pistelähteiden päästöjen osuutta pitoisuuksien muodostumisessa ei voitu erottaa.

## VIITELUETTELO

Kajaanin kaupunki, 2015. Hiekoitushiekan poisto käynnistyy Kajaanissa. Tiedote 8.4.2015.

Komppula, B., Anttila, P., Vestenius, M., Salmi, T. ja Lovén, K., 2014. Ilmanlaadun seurantarpeen arviointi. Ilmatieteen laitos, Asiantuntijapalvelut, Ilmanlaatu ja energia.

Ilmanlaatuportaali, 2016. Ilmatieteen laitoksen ylläpitämä palvelu, josta on saatavilla mittaustiedot ja historiatietoja pitoisuuksista lähes kaikilta Suomen ilmanlaadun seuranta-aseteilta: [www.ilmanlaatu.fi](http://www.ilmanlaatu.fi)

Ilmatieteen laitos, 2015. Ilmastokatsaus, joulukuu 2015. Ilmatieteen laitos, Ilmastokeskus, Helsinki.

Ilmatieteen laitos, 2016. Tiedot Saimmaltunturin tausta-asetella vuonna 2015 mitatuista typen oksidien ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksista ja Raja-Joosepin hengitettävien hiukkasten pitoisuuksista.

Oulun kaupunki, 2016. Tiedot vuoden 2015 ilmanlaadusta Oulun Keskustan ja Pyykösjärven mittausaseteilta. Heikki Orava, Oulun seudun ympäristötoimi. Sähköposti 26.1.2016.

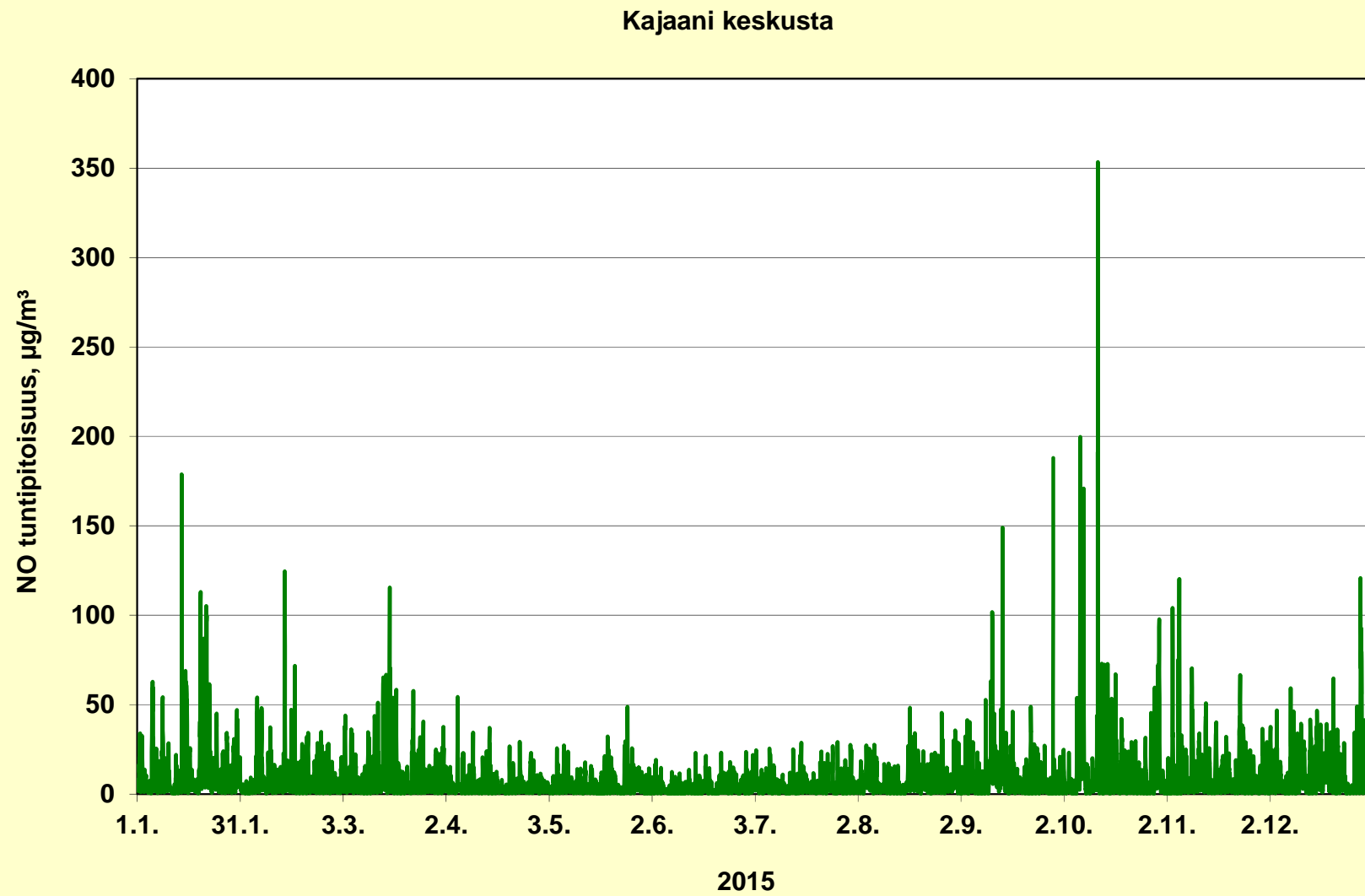
Vna 38/2011. Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta. Annettu Helsingissä 20.1.2011.

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

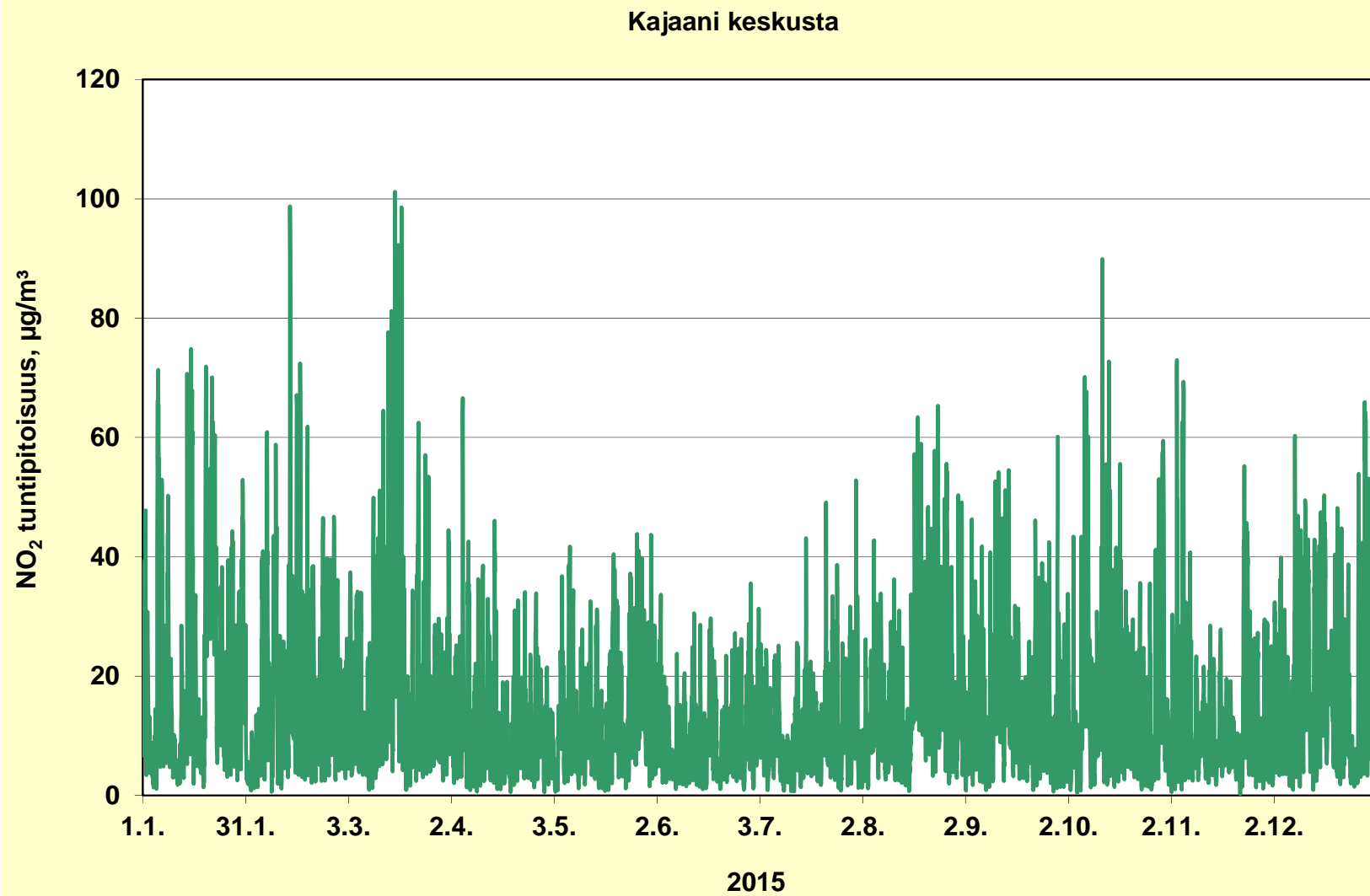
Waldén, J., Hillamo, R., Aurela, M., Mäkelä, T. ja Laurila, S., 2010. Demonstration of the equivalence of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> measurement methods in Helsinki 2007-2008. Finnish Meteorological Institute, Studies 2010:3



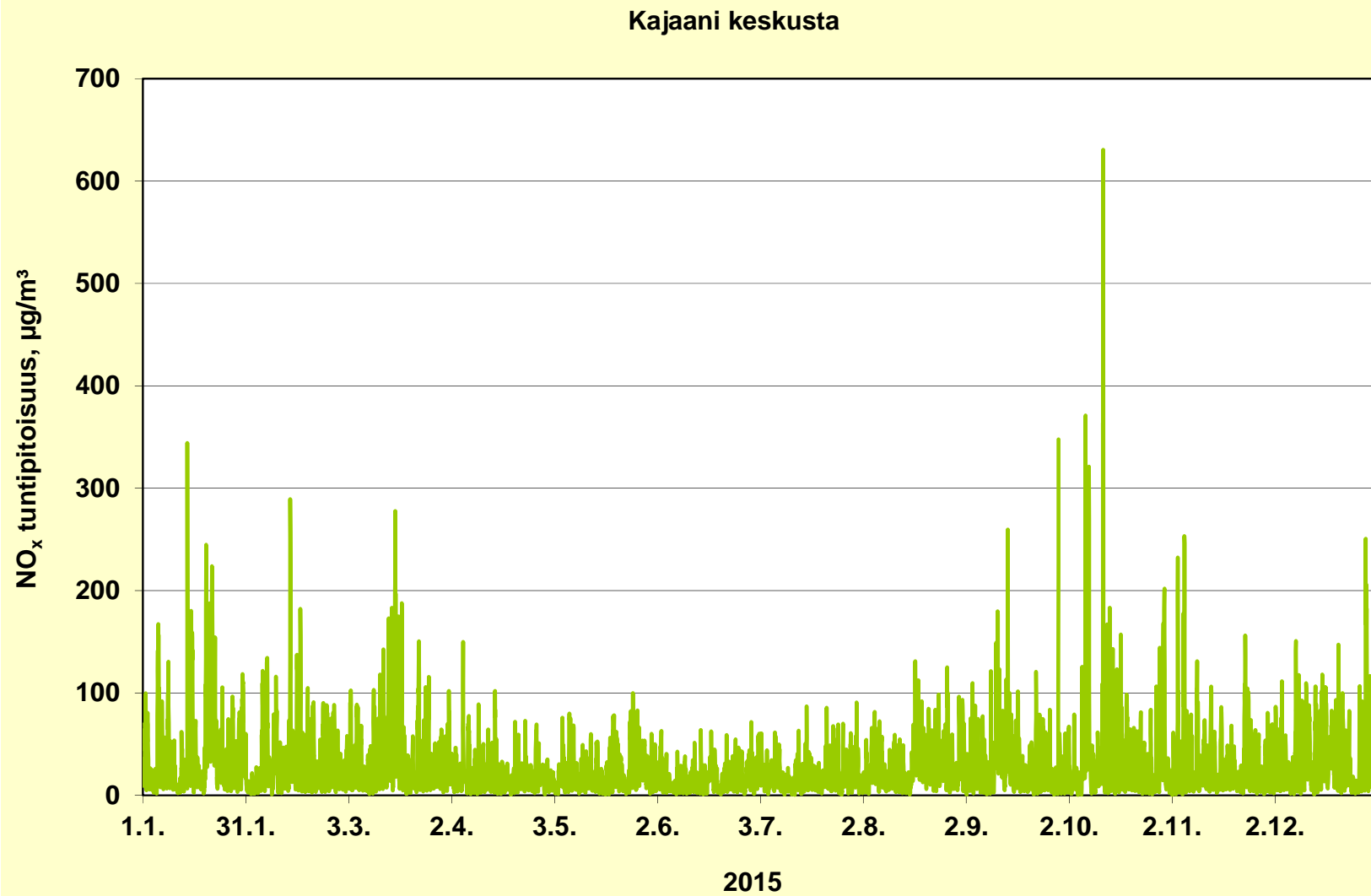
## LIITEKUVAT



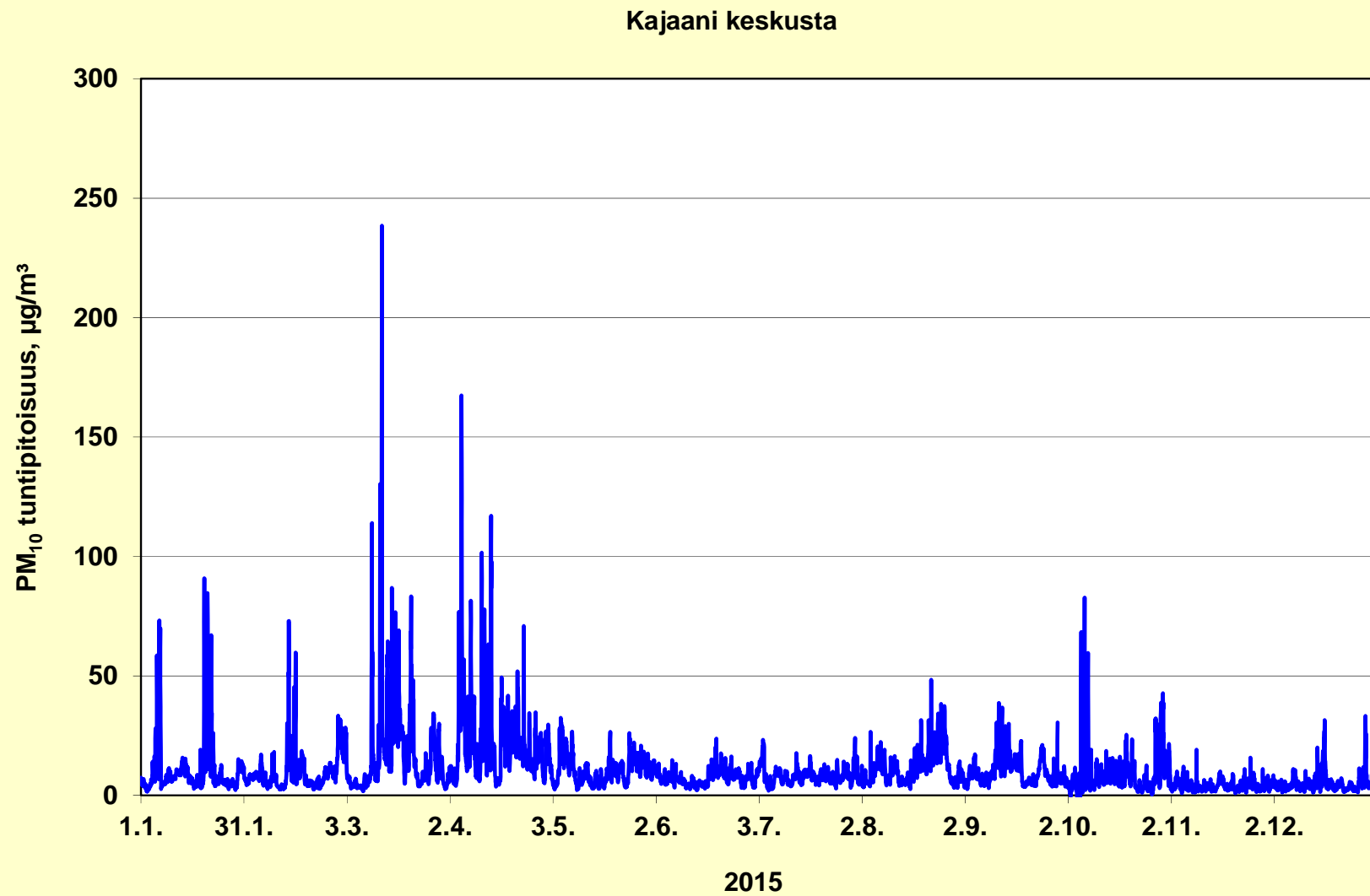
Liitekuva 1. Typpimonoksidin (NO) tuntipitoisuudet Kajaanissa vuonna 2015.



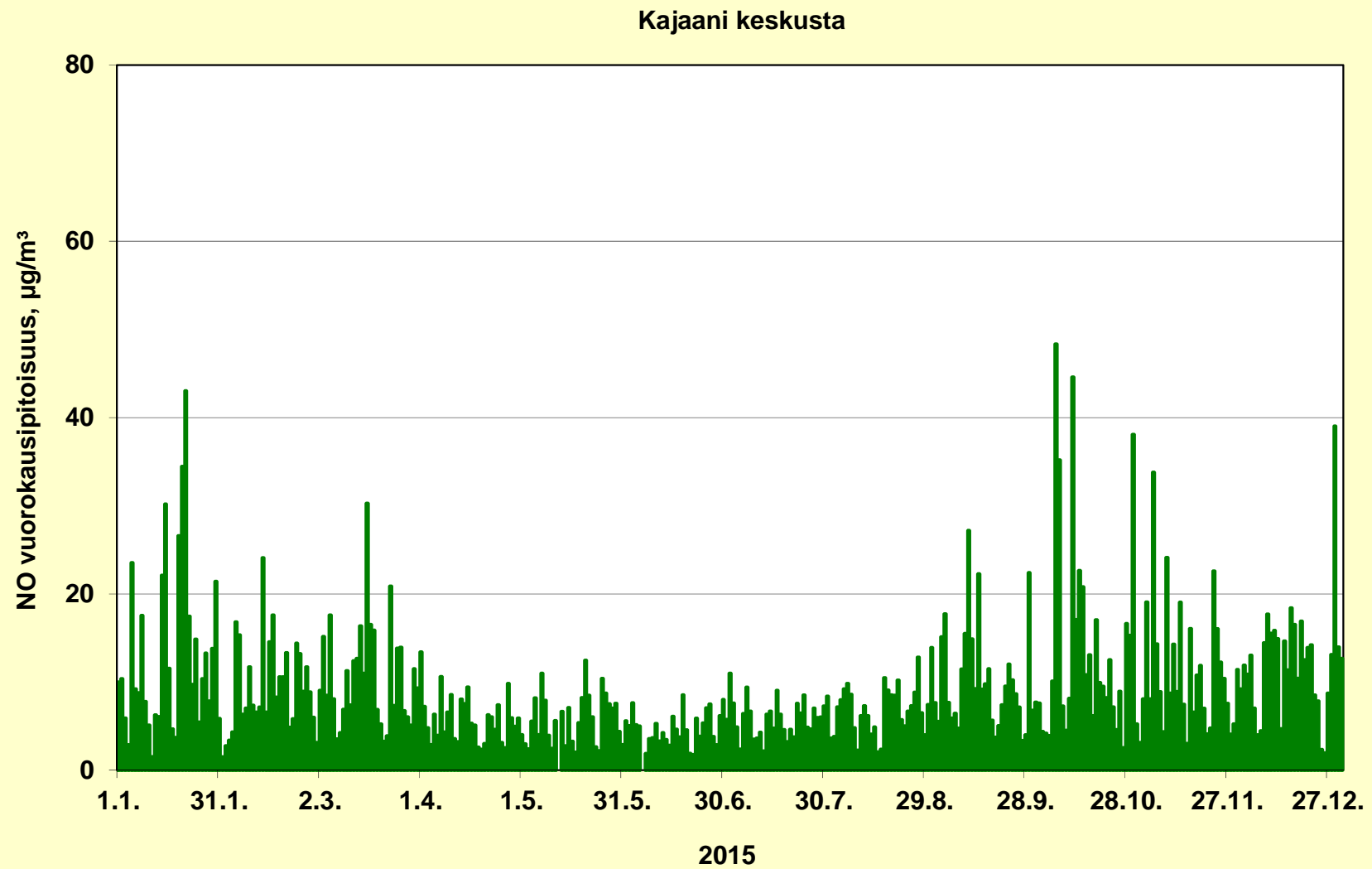
Liitekuva 2. Typpidioksidin (NO<sub>2</sub>) tuntipitoisuudet Kajaanissa vuonna 2015.



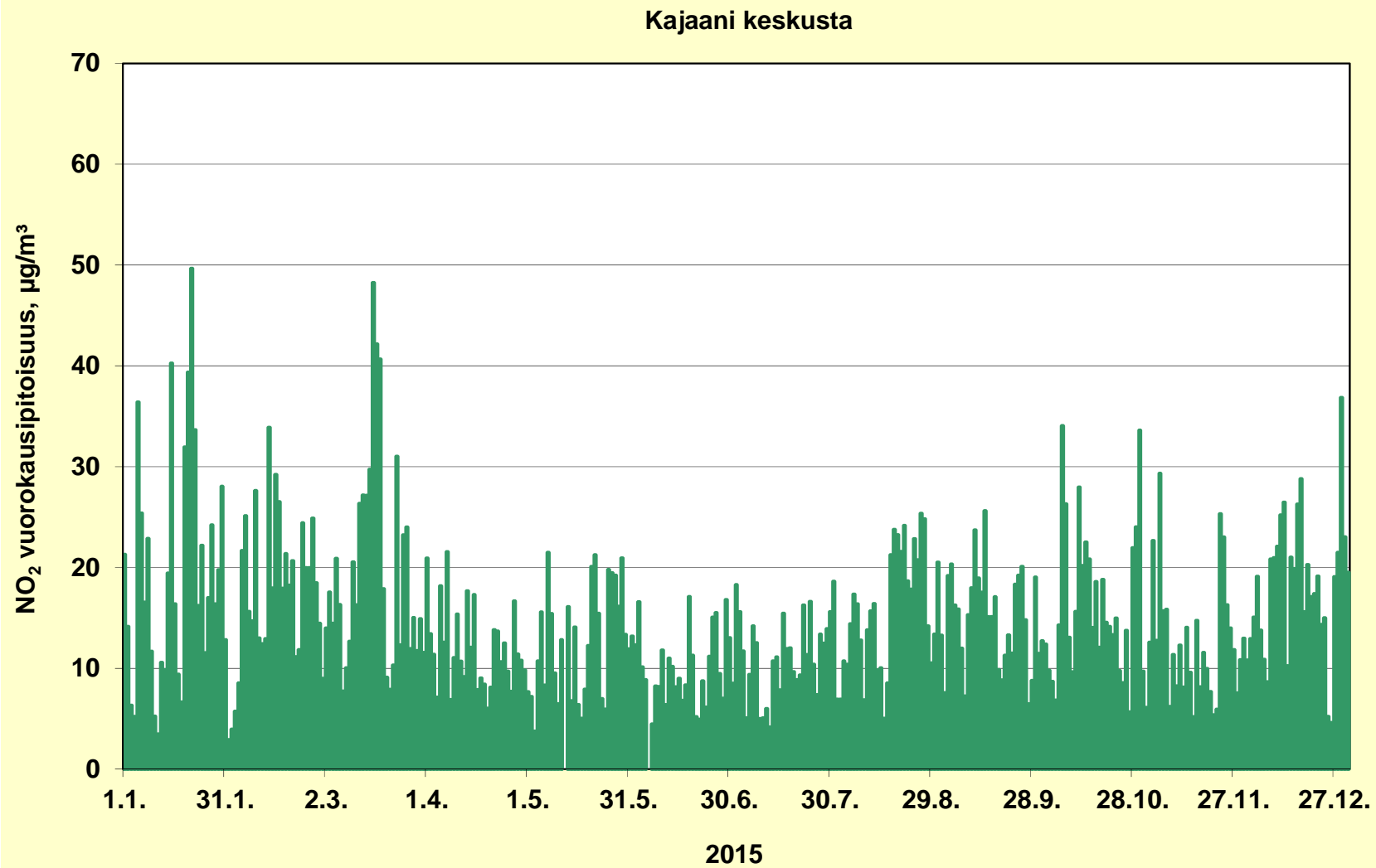
Liitekuva 3. Typen oksidien (NO<sub>x</sub>) tuntipitoisuudet Kajaanissa vuonna 2015.



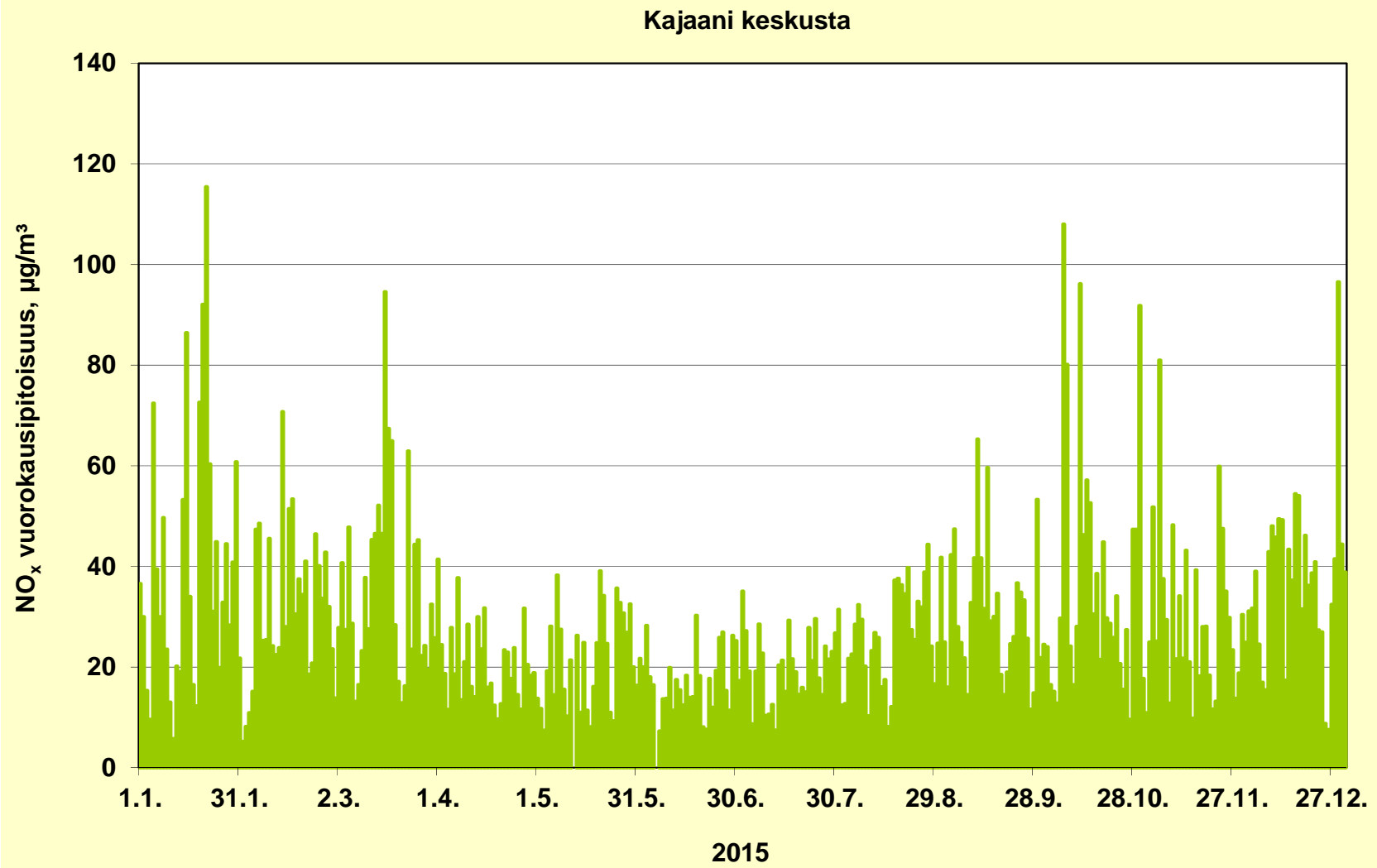
Liitekuva 4. Hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) tuntipitoisuudet Kajaanissa vuonna 2015.



Liitekuva 5. Typpimonoksidin (NO) vuorokausipitoisuudet Kajaanissa vuonna 2015.

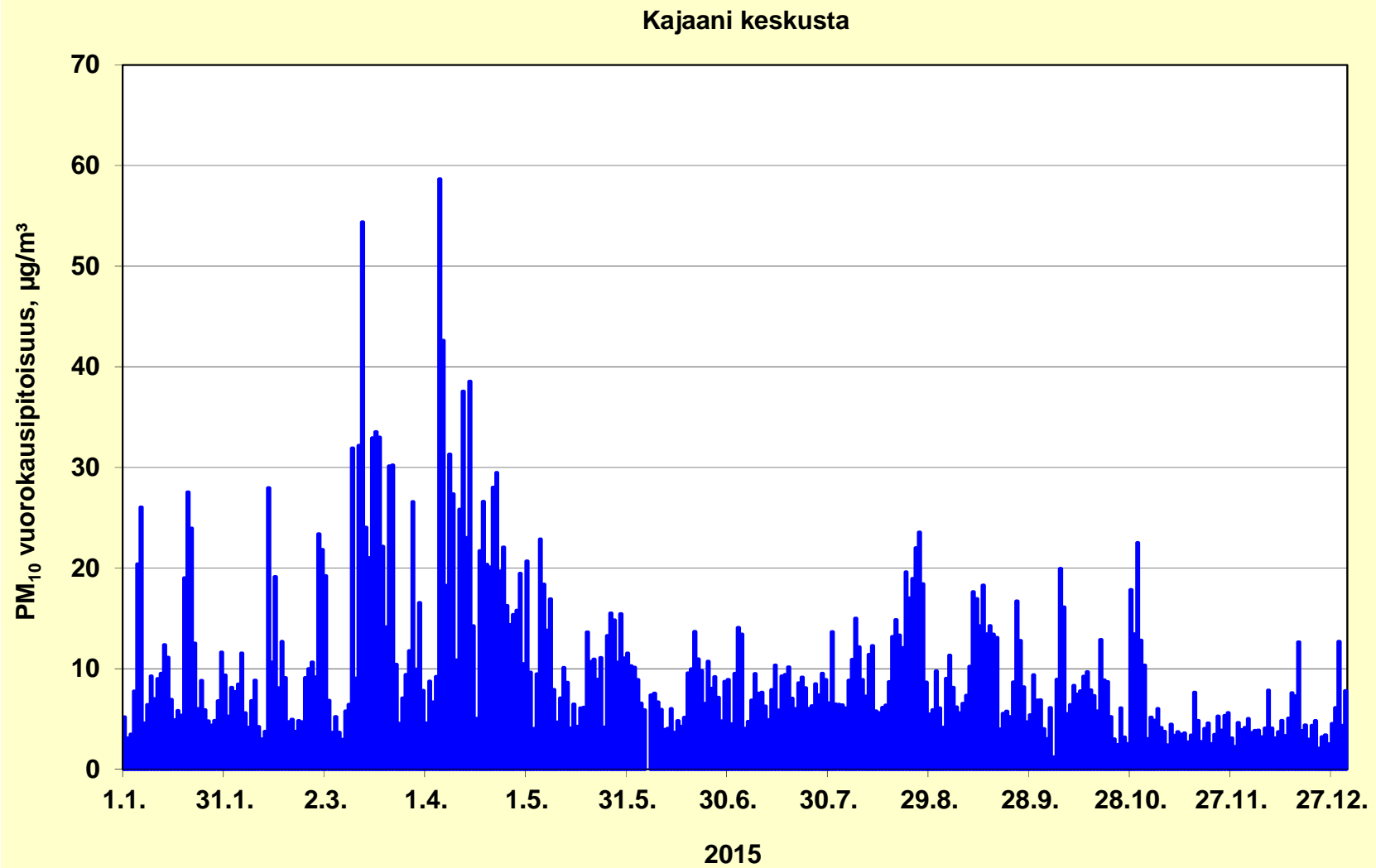


Liitekuva 6. Typpidioksidin (NO<sub>2</sub>) vuorokausipitoisuudet Kajaanissa vuonna 2015.

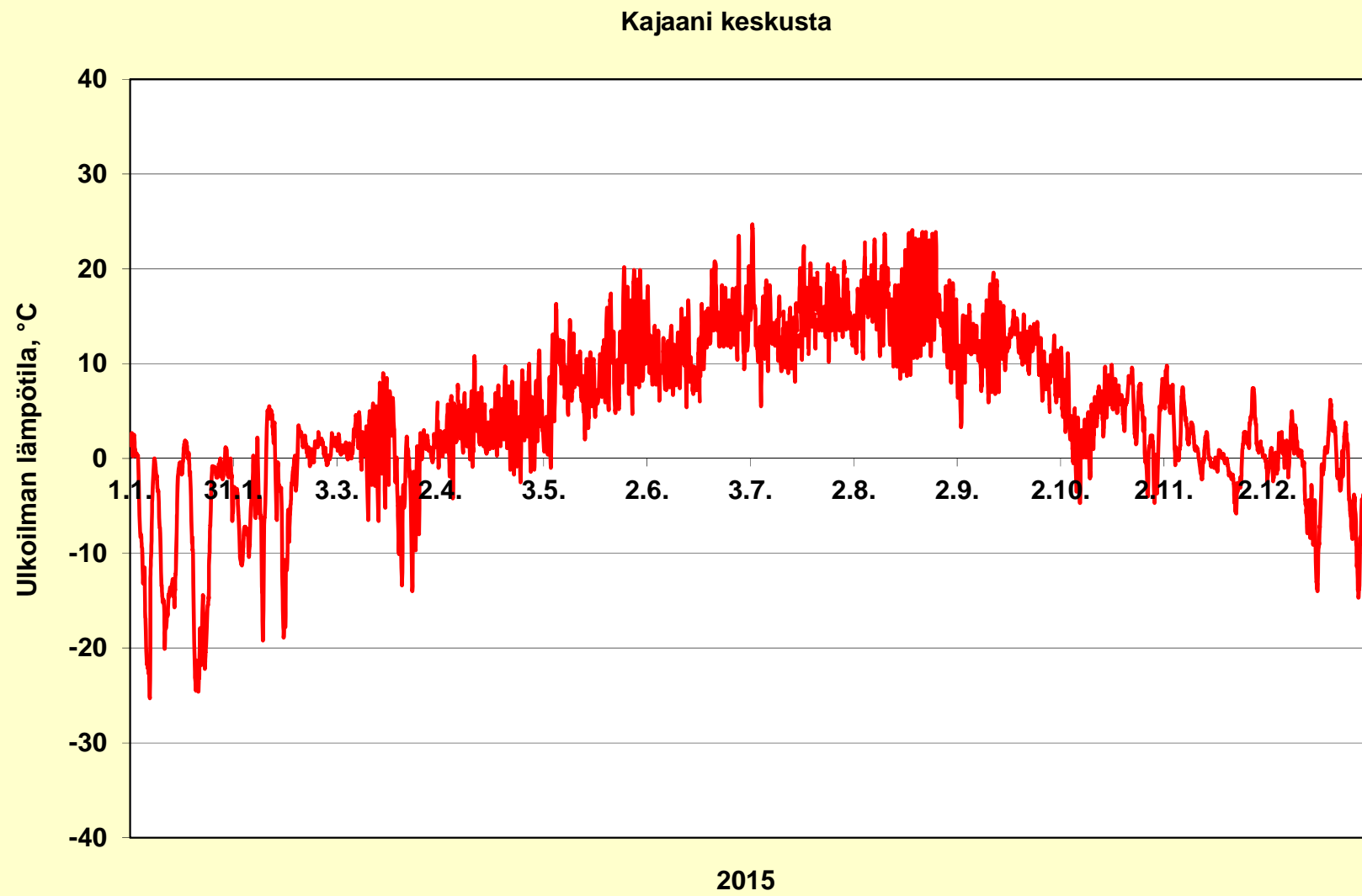


Liitekuva 7. Typen oksidien (NO<sub>x</sub>) vuorokausipitoisuudet Kajaanissa vuonna 2015.

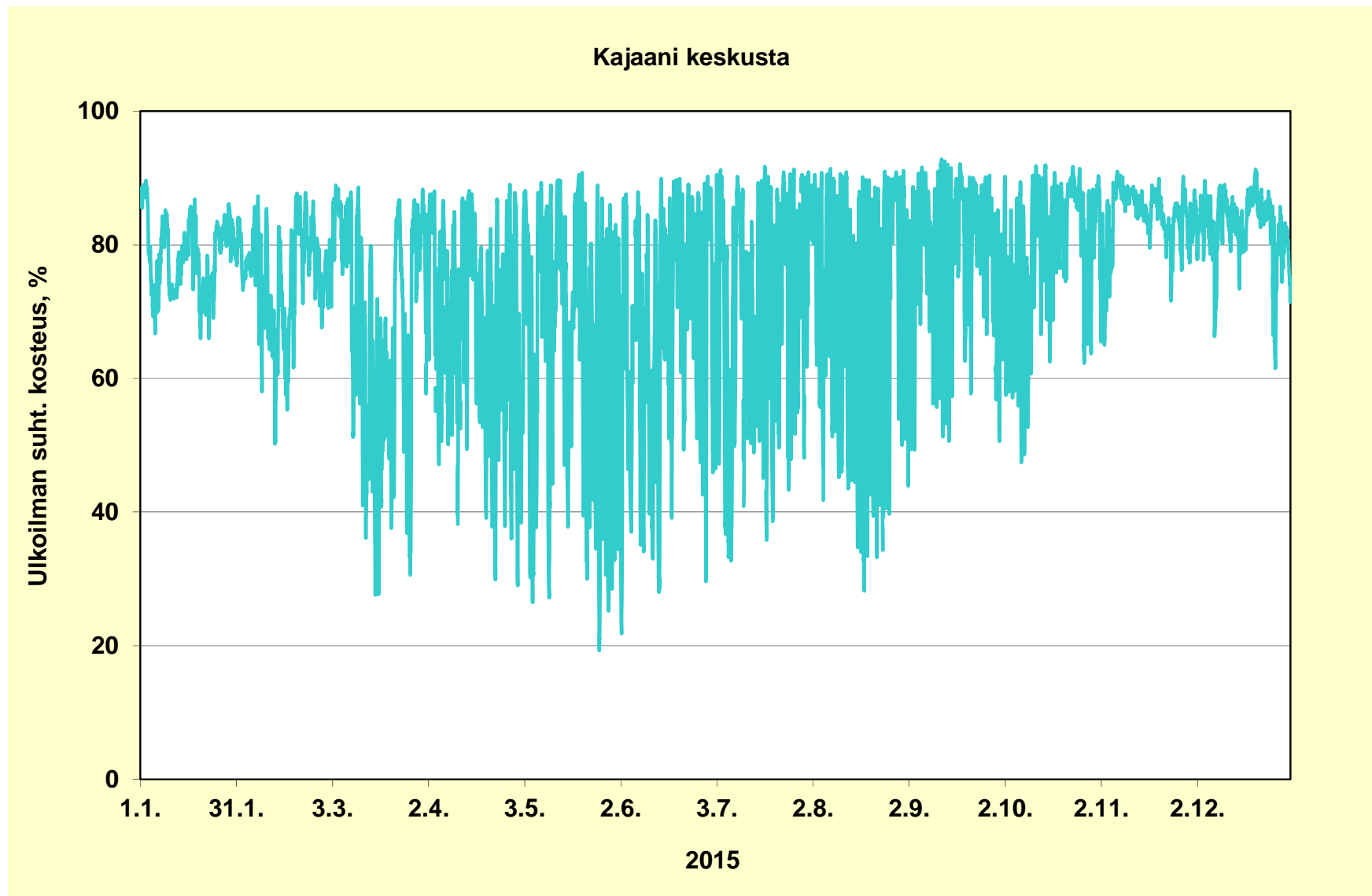




Liitekuva 8. Hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) vuorokausipitoisuudet Kajaanissa vuonna 2015.

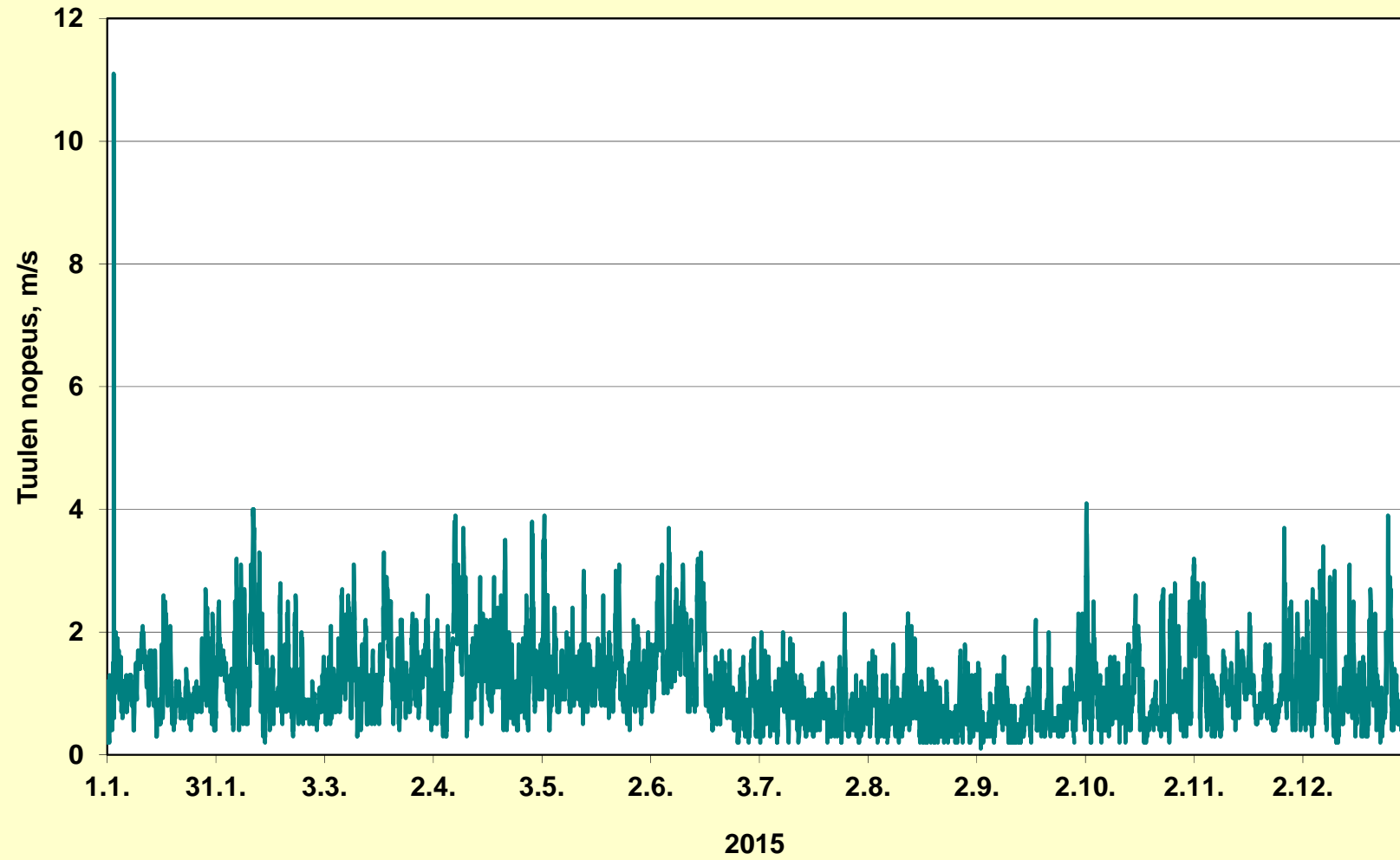


Liitekuva 9. Ulkoilman lämpötilan tuntiarvot Kajaanissa vuonna 2015.



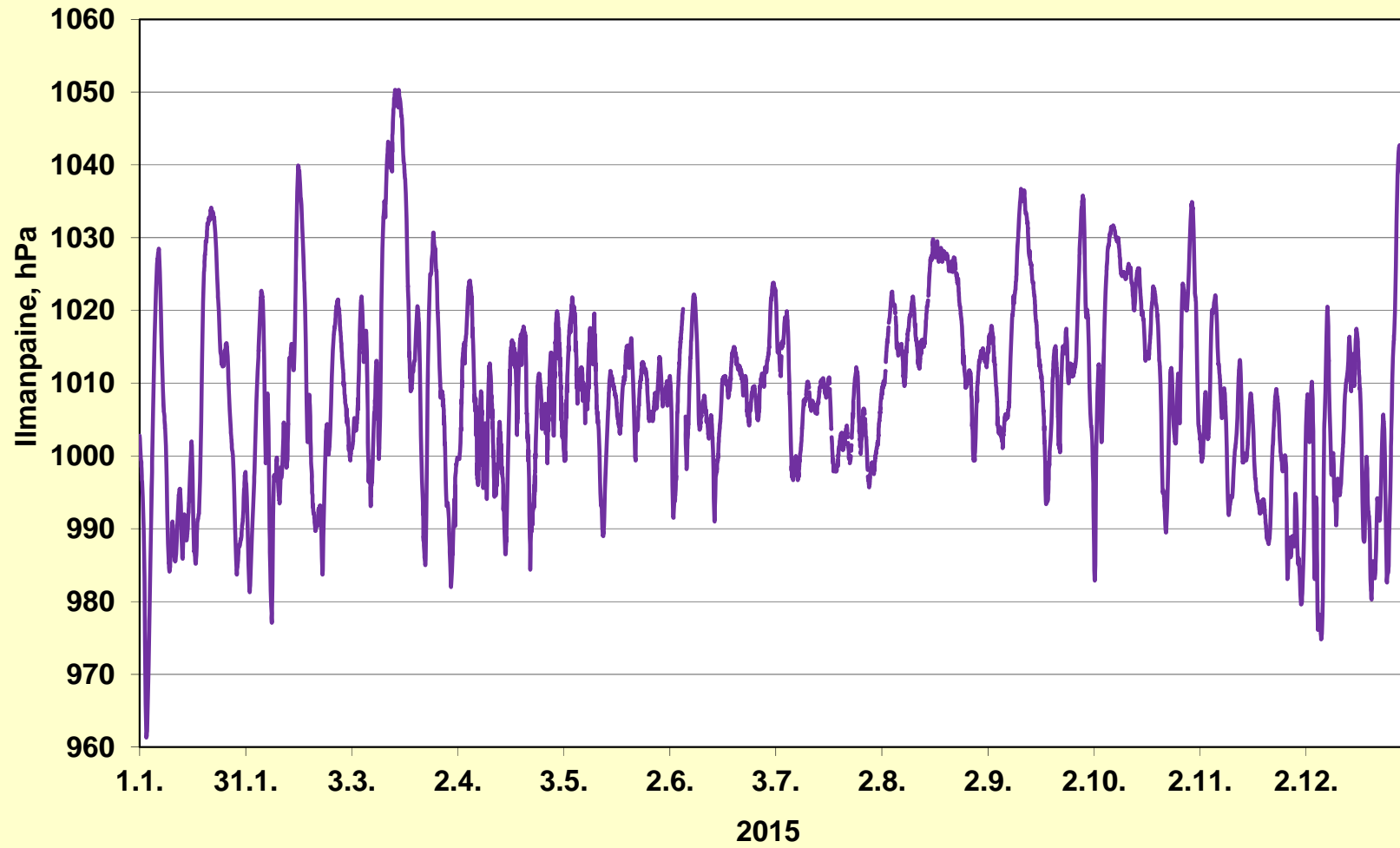
Liitekuva 10. Ulkoilman suhteellisen kosteuden tuntiarvot Kajaanissa vuonna 2015.

### Kajaani keskusta



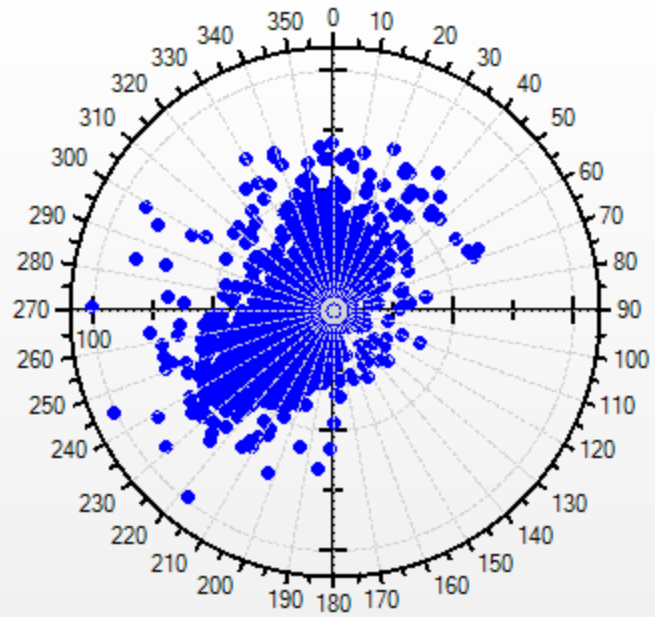
Liitekuva 11. Tuulen nopeuden tuntiarvot Kajaanissa vuonna 2015.

### Kajaani keskusta

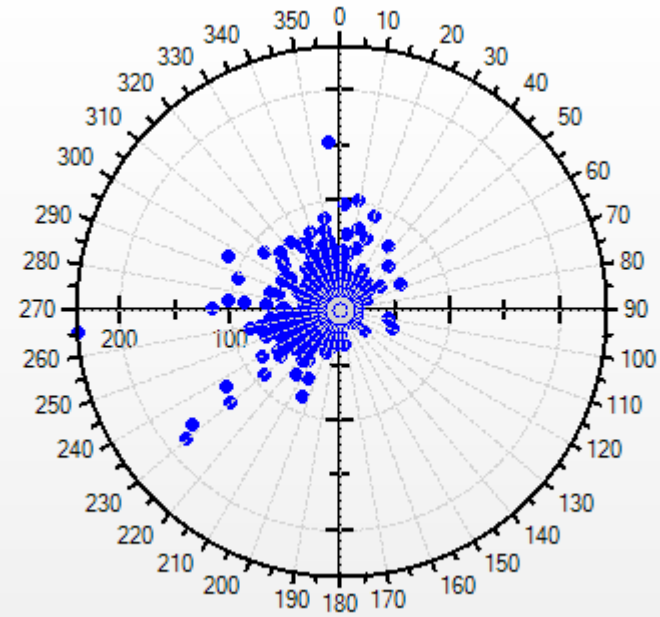


Liitekuva 12. Ilmanpaineen tunti-arvot Kajaanissa vuonna 2015.

Typpidioksidi



Hengitettävät hiukkaset



Liitekuva 13. Typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten yksittäisten tuntipitoisuuksien jakautuminen tuulen suunnan mukaan Kajaanin keskustassa vuonna 2015.



ILMATIETEEN LAITOS  
METEOROLOGISKA INSTITUTET  
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

ILMATIETEEN LAITOS  
Erik Palménin aukio 1  
00560 Helsinki  
puh. 029 539 1000

[WWW.ILMATIETEENLAITOS.FI](http://WWW.ILMATIETEENLAITOS.FI)

