



ILMATIETEEN LAITOS

VALTATIE 12 TAMPEREEN TUNNELI ILMANLAADUN SEURANTA



Kuva: Rantatunnelin allianssi

Mittaustulokset vuodelta 2014

ASiantuntijapalvelut
ILMANLAATU JA ENERGIA 2015

**VALTATIE 12 TAMPEREEN TUNNELI
ILMANLAADUN SEURANTA**

Mittaustulokset vuodelta 2014

**Helena Saari
Birgitta Komppula
Risto Pesonen
Katja Lovén**

**ILMATIETEEN LAITOS
ASiantuntijapalvelut – Ilmanlaatu ja energia
Helsinki 20.3.2015**

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	5
2 TAUSTATIEDOJA MITATUISTA ILMAN EPÄPUHTAUKSISTA	7
2.1 TYPEN OKSIDIT	7
2.2 HIUKKASET	8
3 ILMANLAATUMITTAUSTEN TOTEUTUS	11
3.1 VALTATIE 12 TAMPEREEN TUNNELI -HANKKEEN ILMANLAADUN TARKKAILUN TAVOITTEET	11
3.2 MITTAUSASEMAT	11
3.3 TUNNELIHANKKEEN ETENEMINEN VUONNA 2014	14
3.4 MITATUT SUUREET JA MITTAUSMENETELMÄT	15
3.5 KALIBROINTIMENETELMÄT, LAADUNVARMISTUS JA LAITEHUOLLOT	16
4 SÄÄTIEDOT	17
4.1 TUULITIEDOT VUODELTA 2014	17
4.2 KESKILÄMPÖTILAT JA SADEMÄÄRÄT TAMPEREELLA VUONNA 2014	18
4.3 SÄÄTEKIJÖIDEN VAIKUTUS ILMAN EPÄPUHTAUKSIEN LEVIÄMISEEN	20
5 ILMANLAADUN MITTAUSTULOKSET	21
5.1 MITATUT PITOISUUDET	21
5.2 ILMANLAATUINDEKSI	24
6 ILMANLAADUN MITTAUSTULOSTEN TARKASTELU	27
6.1 PITOISUUKSIEN SUHDE OHJE- JA RAJA-ARVOIHIN	27
6.2 TUULEN SUUNNAN JA NOPEUDEN VAIKUTUS MITATTUIHIN PITOISUUKSIIN	32
6.3 PITOISUUKSIEN AJALLINEN VAIHTELU	35
6.4 PITOISUUKSIEN VERTAILUA AIEMPIIN MITTAUKSIIN JA MUUALLA TAMPEREELLA MITATTUIHIN PITOISUUKSIIN	40
<i>Typpidioksidi</i>	40
<i>Hengitettävät hiukkaset</i>	44
<i>Pienhiukkaset</i>	48
<i>Pitoisuudet kellonajan mukaan</i>	52
<i>Ilmanlaatuindeksi</i>	54
7 YHTEENVETO	55
VIITELUETTELO	58
LIITEKUVAT	59

1 JOHDANTO

A-Insinöörit Suunnittelu Oy tilasi Ilmatieteen laitokselta ilmanlaatumittaukset toteutettavaksi Tampereen Rantatunnelin ympäristössä. Ilmanlaadun seurannan toteutus ja raportointi suoritettiin Rantatunnelin allianssiurakan kehitysvaiheen osalta valtatie 12 (Tampereen rantaväylä) tieosuuden Santalahti-Naistenlahti tiesuunnitelma-aineistossa esitetyn Ympäristön muutoksen seurantaohjelman mukaisesti. Kehitysvaihe päättyi ja toteutusvaiheeseen siirryttiin lokakuussa 2013. A-Insinöörit Suunnittelu Oy tilasi Rantatunnelin allianssin puolesta ilmanlaadun seurannan toteutuksen ja raportoinnin myös allianssiurakan toteutusvaiheen osalta vuosille 2014–2016. Ilmatieteen laitos aloitti jatkuvatoimiset typen oksidien (NO_x), pienhiukkasten ($\text{PM}_{2,5}$) ja hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) ilmanlaatumittaukset Tampereella 20.12.2012 kahdessa mittauspisteessä: Naistenlahdessa ja Santalahdessa. Tässä raportissa esitetään vuoden 2014 aikana suoritettujen ilmanlaatumittausten tulokset, jotka tehtiin tunnelin toteutusvaiheen aikana.

Ilmanlaatumittausten tavoitteena on arvioida tunnelin läheisten asutusalueiden väestön altistumista ilman epäpuhtauksille ja ehkäistä niitä haitallisia ilmanlaatuvaikutuksia, joita tunnelin rakentamisesta ja sen myöhemmästä liikenteestä voisi ihmisille olla. Tunnelin kehitysvaiheen aikana tehtyjen ilmanlaatumittausten avulla kartoitettiin alueen ilmanlaatuutilanne ennen tunnelin toteutus- eli rakennusvaihetta. Tunnelin toteutusvaiheen aikana ilmanlaatumittausten avulla arvioidaan tunnelin rakentamisesta aiheutuvia ilmanlaatuvaikutuksia sekä rakentamisen aikana käytettyjen päästövähennystekniikoiden (mm. pölynsidonnan) tehokkuutta.

Raportissa esitetyn mittausjakson typen oksidien, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuuksia on verrattu ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin, tunnelin rakentamista edeltävän mittausjakson mittaustuloksiin, Tampereen kaupungin tekemiin ilmanlaadun mittauksiin sekä tausta-alueilla mitattuihin vastaavan jakson hiukkas- ja typenoksidipitoisuuksiin.

Tilaajan yhdyshenkilönä tutkimuksessa toimi Merja Tyynismaa, A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n projektipäällikkö. Tilaaja on toimittanut raporttia varten tunnelin rakennustyömaan eri rakennusvaiheiden kuvauksia ja aikatauluja.

Tutkimuksen toteutukseen ovat Ilmatieteen laitoksella osallistuneet tutkijat Helena Saari ja Birgitta Komppula (tulosten käsittely ja raportointi), kehittämispäällikkö Risto Pesonen ja Katja Lovén (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)
atm	atmosfääri, paineen yksikkö, 1 atm = normaali-ilmakehän paine
K	Kelvinaste (lämpötila), 293 K = 20 $^\circ\text{C}$
kPa	kilopascal, paineen yksikkö, 101,3 kPa = 1 atm
ppb	parts per billion (miljardisosa) (pitoisuus)

Lyhenteet:

PM_{10}	hengitettävät hiukkaset = alle 10 μm :n kokoiset hiukkaset
$\text{PM}_{2,5}$	pienhiukkaset = alle 2,5 μm :n kokoiset hiukkaset
TSP	Total Suspended Particles = kokonaisleijumaan kuuluvat hiukkaset
NO	typpimonoksidi
NO_2	typpidioksidi
NO_x	typen oksidit (typpimonoksidin ja typpidioksidin yhteismäärä ilmoitettuna typpidioksidina)
N	pohjoinen (tuulen suunta), kun tuulee pohjoisesta tuulen suunta on 0 $^\circ$ tai 360 $^\circ$
E	itä (tuulen suunta), kun tuulee idästä tuulen suunta on 90 $^\circ$
S	etelä (tuulen suunta), kun tuulee etelästä tuulen suunta on 180 $^\circ$
W	länsi (tuulen suunta), kun tuulee lännestä tuulen suunta on 270 $^\circ$

2 TAUSTATIETOA MITATUISTA ILMAN EPÄPUHTAUKSISTA

2.1 Typen oksidit

Typen yhdisteitä tulee ihmistoiminnoista ilmaan hapettuneessa muodossa typen oksideina eli typpimonoksidina (NO), typpidioksidina (NO₂) ja typpioksiduulina (N₂O) sekä pelkistyneessä muodossa ammoniakkinä (NH₃). 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. Typpidioksidin pitoisuus kaupunki-ilmassa on yleensä paljon pienempi kuin typpimonoksidin pitoisuus. Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot on annettu typpidioksidille, joka on terveyshaittojen kannalta tärkein typen oksidi. Myös sen muutuntatuote typpihapoke (HNO₂) 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 kaasujenvaihtoaaluetta. Typpidioksidi voi pysyä keuhkoissa suhteellisen pitkään joko sellaisenaan tai kemiallisina aineenvaihduntatuotteina. Altistuksen jälkeen verestä ja virtsasta on mitattu nitriittejä ja nitraatteja vastaavia happeja.

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

Typenoksidipitoisuuden (kokonais-NO_x) tuntikeskiarvojen maksimit kohoavat maamme suurimpien kaupunkien vilkkaasti liikennöidyissä katukuiluissa ajoittain jopa yli 1000–1500 µg/m³: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 katukuiluosuuksilla 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. Kuitenkaan esimerkiksi Helsingissä ja Oulussa ei tällaisia tilanteita esiintynyt vuonna 2014 (Ilmanlaatuportaali, 2015). 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 pohjoisemmalla asemalla (Oulanka, Sammaltunturi) noin 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tampereen lähellä Juupajoella sijaitsevalla Helsingin yliopiston Hyytiälän SMEAR-tutkimusasemalla typpidioksidin vuosikeskiarvopitoisuus on ollut noin 1–3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

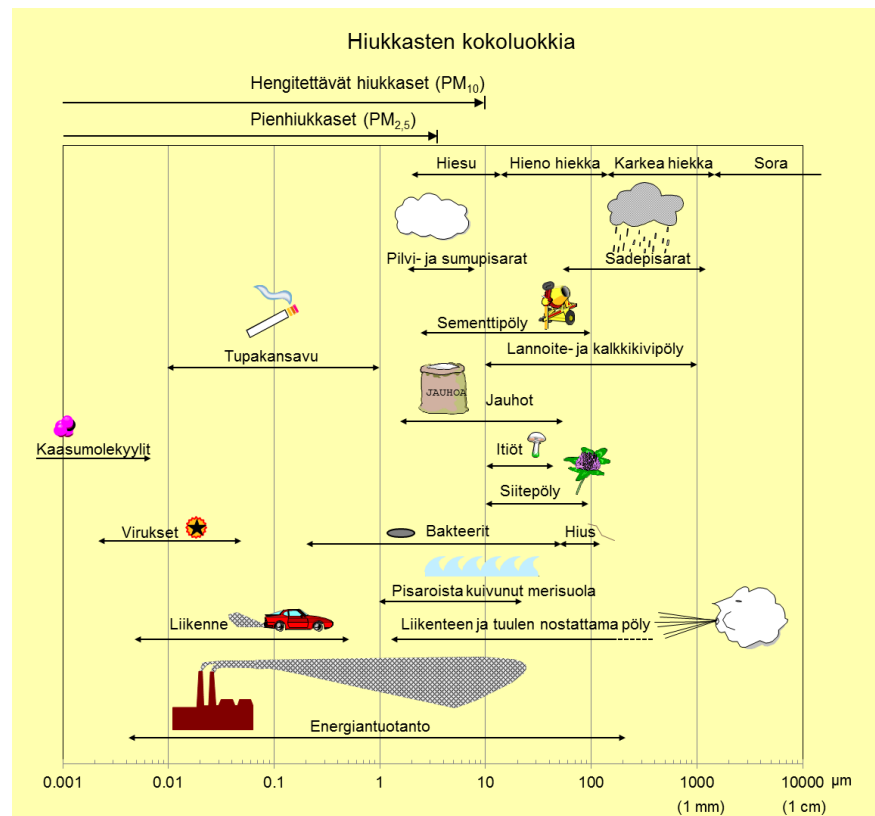
2.2 Hiukkaset

Hiukkaset ovat nykyisin typen oksidien ja selluntuotantopaikkakuntien haisevien rikkiyhdisteiden ohella merkittävän ilmanlaatuun vaikuttava tekijä maamme taajamissa. 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, kiinteistökohtaisesta lämmityksestä 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 syväälle 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 kokoisten pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudelle on annettu 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 2.1.



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

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

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

Suomen taajamien hiukkaspitoisuudet kohoavat yleensä voimakkaasti keväällä maaliskuun huhtikuussa 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 n. $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$:n hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) pitoisuuden vuosikeskiarvoja. Pienempienkin kaupunkien keskusta-alueilla hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvot voivat ylittää $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kaupunkien keskustojen ulkopuolellakin pitoisuudet ovat olleet yli $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vuosikeskiarvoina (*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 2014 yhteensä noin 300 kappaletta. Tampereen kaupungin ilmanlaadun mittausasemilla raja-arvotason ylityksiä oli 8–14 kappaletta per asema vuonna 2014. Sallittujen ylitysten määrä on 35 kappaletta kalenterivuoden aikana (*Ilmanlaatuportaali, 2015*).

Ilmatieteen laitos on seurannut 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 $2\text{--}4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tampereen lähellä Juupajoella sijaitsevalla Helsingin yliopiston Hyytiälän SMEAR-tutkimusasemalla hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuus on noin $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuus on noin $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

3 ILMANLAATUMITTAUSTEN TOTEUTUS

3.1 Valtatie 12 Tampereen tunneli -hankkeen ilmanlaadun tarkkailun tavoitteet

Tunnelin suunnitteluvaiheen ilmanlaatumittausten tavoite oli hankkia riittävän edustavat ilmanlaatatiedot tunnelin molempien päiden ympäristöstä vertailutiedoiksi tunnelin rakentamisvaiheen ja käyttöönoton jälkeisen vaiheen mahdollisten vastaavien ilmanlaatumittausten tuloksille. Tämä ilman epäpuhtauspitoisuuksien peruskartoitus toteutettiin tunnelin molemmissa päissä erikseen, koska lähialueen liikenneverkot, päästöympäristöt ja asutuksen sijoittuminen suhteessa tunnelin suuaukkoihin ja mittausasemiin poikkevat toisistaan selvästi tunnelin eri päiden ympäristöissä.

Ilmatieteen laitos aloitti ilmanlaatumittaukset Tampereella tunnelihankkeen suunnitteluvaiheessa 20.12.2012 ja ne jatkuvat tunnelihankkeen toteutusvaiheen ajan sekä ainakin vuoden tunnelin käyttöönoton jälkeen.

3.2 Mittausasemat

Ilmanlaatua seurataan tunnelin suuaukkojen läheisyydessä kahdessa mittauspisteessä Naistenlahdessa ja Santalahdessa, yhdellä mittausasemalla kumpaakin suuaukkoa kohden. Mittausasemat sijaitsevat noin 2,5 kilometrin etäisyydellä toisistaan. Mittausasemien sijainnit Tampereen keskustan alueella on esitetty kuvassa 3.1.

Naistenlahden asema sijaitsee valtatie 12 eteläpuolella noin 40 metrin etäisyydellä väylästä. Asema sijaitsee puistomaisessa ympäristössä ja lähin katu on noin 20 metrin etäisyydellä sijaitseva Tunturikatu, jossa on vain hyvin vähän asukasliikennettä. Tunnelin suuaukko tulee sijaitsemaan Naistenlahden mittausaseman länsipuolella, noin 200 metrin etäisyydellä.

Santalahden asema sijaitsee Onkiniemen asuinalueella lähellä Näsijärven rantaa. Mittausasema sijaitsee valtatie 12 pohjois- ja itäpuolella ja lähimmillään väylä kulkee noin 100 metrin etäisyydellä. Tunnelin suuaukko tulee sijaitsemaan Santalahden mittausaseman kaakkoispuolella, noin 300 metrin etäisyydellä.

Mittausasemien typen oksidien, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten näytteenottopisteet sijaitsivat noin 4 metrin korkeudella maanpinnasta. Samoin myös säämittausanturin korkeus oli noin 4 metriä maanpinnan tasosta. Mittauspaikkojen sijaintia ja ympäristöä on havainnollistettu kuvissa 3.2–3.5.



Kartta-aineisto: [OpenStreetMap.org](https://www.openstreetmap.org) (Creative Commons Attribution-ShareAlike 2.0)

Kuva 3.1. Naistenlahden ja Santalahden (●) ilmanlaadun mittausasemien sijainti Tampereella.



Kuva 3.2. Naistenlahden ilmanlaadun mittausasema toukokuussa 2014. Kuva: Kaj Lindgren, Ilmatieteen laitos. Kuvassa taka-alalla näkyy Tampereen sähkölaitoksen Naistenlahden voimalaitos.



Kuva 3.3. Tunnelityömaa Naistenlahden mittausaseman länsipuolella maaliskuussa 2014. Mittausasema sijaitsee kuvan yläreunassa näkyvässä puistossa. Kuva: Rantatunnelin allianssi.



Kuva 3.4. Santalahden ilmanlaadun mittausasema toukokuussa 2014. Kuva: Kaj Lindgren, Ilmatieteen laitos.



Kuva 3.5. Tunnelityömaa Santalahden mittausaseman läheisyydessä maaliskuussa 2014. Mittausasema sijaitsee asuinrakennusten vasemmalla puolella kuvan ylä laidassa. Kuva: Rantatunnelin allianssi.

3.3 Tunnelihankkeen eteneminen vuonna 2014

Tunnelihankkeessa siirryttiin toteutusvaiheeseen 2013 lokakuun alussa. Aluksi tehtiin työmaatukikohtien pystytystä ja maan kaivuutyöt sekä avolouhinta päästiin aloittamaan vasta marraskuun loppupuolella kummallakin suuaukolla.

Tunnelilouhinta alkoi molemmissa päissä helmikuussa 2014 ja huoltotunnelin louhinta tunnelin keskellä jo vuodenvaihteen tienoilla. Sen jälkeen louhinta on ollut käynnissä koko vuoden loppuun pyhiä ja joululomia lukuun ottamatta.

Tunnelityömaan maanpäällisiä töitä tehdään pääsääntöisesti arkipäivinä maanantaista perjantaihin klo 7–18 (perjantai on usein lyhyempi päivä), lauantaina ei yleensä tehdä maanpäällisiä töitä. Tunnelissa tehdään töitä käytännössä joka päivä ympäri vuorokauden, mutta louhintoja tehdään vain arkipäivinä.

Ilmanlaatuun mahdollisesti vaikuttavia töitä ovat räjäytysten jälkeiset tunnelituuletukset sekä louheenajo. Louheenajoa tehdään pääsääntöisesti klo 22 jälkeen ja n. 75 % louheen ajosta tapahtuu yöllä. Lauantain ja sunnuntain sekä sunnuntain ja maanantain välisenä yönä ei ajeta louhetta. Louhetta ajetaan ulos tunnelin suuaukojen kautta molemmista päistä ja tunnelin keskeltä Näsinkalliosta. Tunnelin päissä louhe ajetaan työmaa-alueen sisällä työmaateitä pitkin vesistötäytöille. Tunnelin keskeltä louhetta kuljetetaan normaalia katuverkkoa ja työmaateitä pitkin vesistötäytöille. Louheen kuljetusreitit on esitetty liitekuvassa 1.

Santalahden vesistötäyttö sijaitsee Santalahden mittausaseman luoteispuolella alle puolen kilometrin päässä ja louheen kuljetusreitti kulkee aivan mittauskopin vierestä. Naistenlahdessa louheen kuljetusreitti jää paljon kauemmas mittausasemasta.

Ranta-Tampellan vesistötäyttö sijaitsee Naistenlahden mittauspisteen länsiluoteispuolella vajaan kilometrin päässä mittausasemasta.

Räjäytykset ja niiden jälkeinen tuuletus tehdään molemmissa päissä pääsääntöisesti iltapäivällä ja illalla klo 21–22 välillä. Tunnelin keskellä räjäytetään usein myös aamulla. Lauantaina ei räjäytyksiä tehdä kuin poikkeustapauksissa.

Santalahden mittausaseman ympäristö on vuoden 2014 aikana muuttunut suuresti. Lumien sulamisesta lähtien Santalahden mittauskopin ympäristössä on ollut käynnissä maankaivutöitä, pilaantuneiden maiden seulontaa, louheen ajoa yms. työmaan töitä ja kopin ympäristöstä on laajalti maata paljaana (pintakasvillisuus poistettu), joka pölyää kuivalla ja tuulisella säällä, vaikka alueella ei työmaatöitä tehtäisikään. Lähes koko toukokuun ajan tehtiin Santalahden mittauskopin pohjoispuolella kaasujohdon alitusporausta aivan kopin välittömässä läheisyydessä ja marraskuussa kivenmurskausta mittauskopin länsipuolella.

Naistenlahden mittausasema on tunnelityömaan toimintoihin nähden suojaisemmassa paikassa ja mittauskopin lähiympäristö pysyi kesään 2014 asti lähes muuttumattomana. Heinäkuun lopulla tehtiin aivan mittausaseman luoteis-pohjoispuolella pintamaan kuorintaa ja maanleikkausta. Syyskuun puolivälissä mittausaseman lähellä alkoi noin viikon kestänyt Rauhaniemen sillan purkutyö ja loka-marraskuussa purettiin Kekkosen tien (valtatie 12) eteläinen silta. Lokakuun lopussa mittauskopin välittömän läheisyyteen on siirretty työmaakoppeja, joilla asiointilla (autojen pysäköinti ja mahdollisesti tupakointi aivan mittauskopin seinustalla) voi olla hetkellistä vaikutusta ilmanlaatuun.

3.4 Mitatut suureet ja mittausmenetelmät

Molemmilla mittausasemilla mitattiin jatkuvatoimisilla automaattisilla analysaattoreilla typen oksidien (NO , NO_2 ja NO_x) ja halkaisijaltaan alle $10\text{ }\mu\text{m}$:n suuruisten ns. hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) sekä halkaisijaltaan alle $2,5\text{ }\mu\text{m}$:n suuruisten ns. pienhiukkasten ($\text{PM}_{2,5}$) pitoisuuksia. Näytteenotto tapahtui mittauskoppien katolla olevista sondeista noin 4 metrin korkeudelta. Typen oksidien pitoisuusmäärittämisessä käytettiin kemiluminesenssiin perustuvaa määrittämenetelmää. Hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuutta mitattiin beetasäteilyn absorptioon ja valon sirontaan perustuvalla menetelmällä. Lisäksi molemmilla mittausasemilla havainnoitiin tuulen suuntaa ja nopeutta, ulkoilman lämpötilaa, suhteellista kosteutta, painetta ja sademäärää (taulukko 3.1).

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

Taulukko 3.1. Tampereen tunnelihankkeen ilmanlaadun mittauksissa käytetyt menetelmät ja laitteet.

Mitattava komponentti	Mittausmenetelmä	Mittalaite
Typen oksidit	Kemiluminesenssi	Horiba APNA 360
Hengitettävät hiukkaset ja pienhiukkaset	Beetasäteilyn absorptio + valon sironta	Thermo Model 5030 SHARP
Tuulen suunta ja nopeus Lämpötila, suht.kosteus, ilmanpaine ja sademäärä		Vaisala WXT

Typen oksidit (NO_x):

Mittaukset tehtiin seuraavan standardin mukaisesti: EN14211:2005. Ambient air quality- Standard method for the measurement of the concentration of nitrogen dioxide and nitrogen monoxide by chemiluminescence.

Hengitettävät hiukkaset (PM₁₀) ja pienhiukkaset (PM_{2.5}):

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

3.5 Kalibrointimenetelmät, laadunvarmistus ja laitehuollot

Tampereen tunnelihankkeen ilmanlaadun seurannan laadunvarmennuksessa kiinnitettiin huomiota kalibrointien suorittamiseen, kalibrointien jäljitettävyyteen ja laitteiden toimintaan. Typen oksidien mittalaitteiden 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 kentälaimenninta. Laimentimesta tuotettiin kalibrointipitoisuusarvot, jotka varmennettiin (kalibroitiin) ilmanlaatumittausten kansallisessa vertailulaboratoriossa jäljitettävästi kalibroitua typen oksidien analysaattoria vastaan. Kentälaimentimen tuottamien typpimonoksidin (NO) pitoisuuksien jäljitettävyys siirtyi laboratorion oman jäljen kautta ainemäärään (mooli). Laimennuskaasuna käytettiin suodatettua ilmaa. Kalibrointien perusteella Tampereen tunnelihankkeen ilmanlaadun seurannan 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 mittalaitteet kalibroitiin vuonna 2014 tammikuussa, huhtikuussa, heinäkuussa ja lokakuussa. Typen oksidien näytteenottolinjat tarkistettiin kalibrointien yhteydessä. Typen oksidien analysaattorien hiukkassuodattimet vaihdettiin kalibrointien yhteydessä. Hiukkasmittalaitteiden näytteenotto-sondit puhdistettiin mitta-

usasemalla käynnin yhteydessä. Hiukkasmittalaitteet kalibroitiin valmistajan ohjeiden mukaisesti. Hiukkasmittaustulokset korjattiin vertailumittausten (Walden *et al.*, 2010) mukaisilla ekvivalenttisuuskertoimilla.

Tyypen oksidien mittalaitteet toimivat hyvin koko vuoden ja laatutavoite 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.

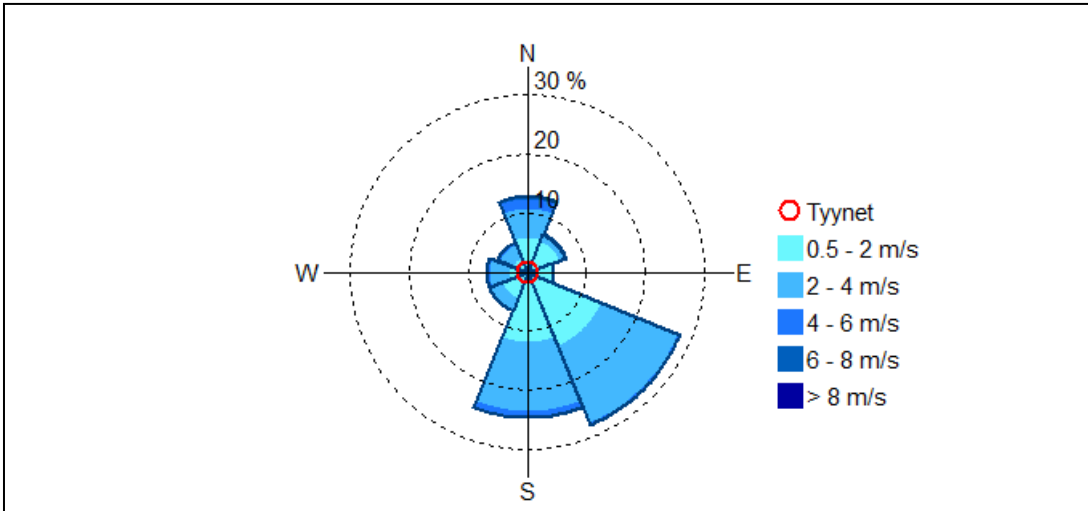
Myös hiukkasmittalaitteet toimivat hyvin koko vuoden ja laatutavoite koko vuoden aineiston vähimmäismäärälle saavutettiin. Raja-arvojen ylittymisen valvontaan käytettävissä mittauksissa laatutavoite on 90 %, mikä ei kuitenkaan sisällä laitteiden säännöllisestä kalibroinnista tai normaalista kunnossapidosta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

4 SÄÄTIEDOT

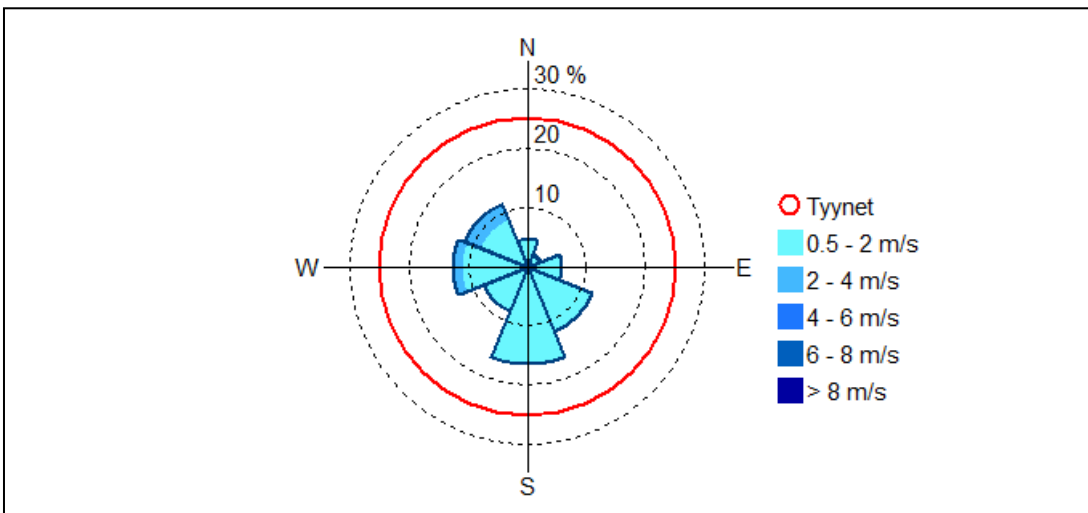
4.1 Tuulitiedot vuodelta 2014

Kuvassa 4.1a on esitetty vuoden 2014 tuuliruuus Santalahden mittausasemalta ja kuvassa 4.1b Naistenlahden mittausasemalta. Vallitsevat tuulensuunnat olivat Santalahden mittausasemalla kaakko ja etelä. Naistenlahden mittausasema sijaitsee Santalahtea suojaisammassa ympäristössä kerrostalojen ja puuston ympäröimänä. Naistenlahdessa tyyniä tilanteita esiintyi yli 20 % ajasta. Vallitsevin tuulensuunta oli etelä. Naistenlahden ja Santalahden mittausasemilla mitatut tuulen nopeuden tunti-keskiarvot on esitetty liitekuvin 21 ja 22.

Tuuliruuusujen 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. Tuuliruuususta nähdään myös tuulten nopeusjakaumat tuulensuuntasektoreittain. Eri tuulennopeuksien prosentuaaliset osuudet saadaan vertaamalla sektoreiden kunkin nopeusluokan pituutta prosenttiasteikkoon.



Kuva 4.1a. Tuuliruusu Tampereella Santalahden mittausasemalla havaituista tuulista vuonna 2014.



Kuva 4.1b. Tuuliruusu Tampereella Naistenlahden mittausasemalla havaituista tuulista vuonna 2014.

4.2 Keskilämpötilat ja sademäärät Tampereella vuonna 2014

Vuosi 2014 oli Suomessa tavanomaista lämpimämpi, vuodesta 1900 alkaneen mitaushistorian toiseksi lämpimin. Ennätysellisen lämmintä oli lähinnä Satakunnasta Pohjois-Pohjanmaalle ulottuvalla alueella sekä myös Keski-Suomen ja Savon maakunnissa. Taulukossa 4.1 on vertailtu Naistenlahden ja Santalahden mittausasemilla mitattuja lämpötilan kuukausikeskiarvoja Ilmatieteen laitoksen Tampereen Pirkkalan lentoaseman lämpötilahavaintoihin vuodelta 2014 (*Ilmatieteen laitos, 2015*). Vuosi 2014 oli Pirkkalan lentoasemalla 1,1 astetta vertailukauden 1981–2010 vuosikeskiarvolämpötilaa korkeampi. Naistenlahden ja Santalahden mittausasemilla mitatut ulkoilman lämpötilan tuntikeskiarvot on esitetty liitekuvin 23 ja 24.

Taulukko 4.1. Kuukauden keskilämpötilat vuonna 2014 Tampereen Naistenlahden ja Santalahden mittausasemilla sekä Tampereen Pirkkalan lentoasemalla (*Ilmatieteen laitos, 2015*).

Kuukausi	Keskilämpötila, °C		
	Naistenlahti 2014	Santalahti 2014	Tampere Pirkkala 2014
Tammikuu	-8,4	-8,5	-9,5
Helmikuu	-0,3	-0,2	-0,5
Maaliskuu	1,5	1,5	1,0
Huhtikuu	5,3	5,2	4,6
Toukokuu	10,7	10,8	10,1
Kesäkuu	13,1	13,3	12,6
Heinäkuu	20,4	20,5	19,6
Elokuu	17,1	17,4	16,2
Syyskuu	11,9	12,3	10,9
Lokakuu	5,5	6,0	5,2
Marraskuu	1,7	2,0	1,5
Joulukuu	-1,4	-1,2	-2,0
Koko vuosi	6,5	6,6	5,8

Vuoden 2014 sademäärät eivät poikenneet merkittävästi pitkän ajan keskiarvoista. Taulukossa 4.2 on vertailtu Naistenlahden ja Santalahden mittausasemilla mitattuja kuukausisademääriä Ilmatieteen laitoksen Tampereen Pirkkalan lentoaseman kuukausisademääriin vuodelta 2014 (*Ilmatieteen laitos, 2015*). Vuoden 2014 sademäärä oli Pirkkalan lentoasemalla 88 % vertailukauden 1981–2010 vuosisademäärästä. Naistenlahden ja Santalahden mittausasemilla mitatut vuorokausisademäärät on esitetty liitekuvin 25 ja 26. Mittausasemilla käytetty sadeanturi ei kykene mittaamaan lumisadetta, mikä näkyy talvikuukausina poikkeamana virallisesta sademäärästä.

Taulukko 4.2. Kuukausisademäärät vuonna 2014 Tampereen Naistenlahden ja Santalahden mittausasemilla sekä Tampere Pirkkalan lentoasemalla (*Ilmatieteen laitos, 2015*).

Kuukausi	Kuukausisademäärä, mm		
	Naistenlahti 2014	Santalahti 2014	Tampere Pirkkala 2014
Tammikuu	0	0	27
Helmikuu	0	0	18
Maaliskuu	0	0	24
Huhtikuu	0	1	10
Toukokuu	13	20	44
Kesäkuu	45	52	84
Heinäkuu	44	63	41
Elokuu	106	131	110
Syyskuu	18	32	37
Lokakuu	7	11	43
Marraskuu	0	5	39
Joulukuu	0	3	50
Koko vuosi	234	318	526

4.3 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 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 heikkotulaisissa 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, sateet 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

Tampereella Naistenlahden ja Santalahden mittausasemilla vuonna 2014 mitatut typen oksidien sekä hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuudet on esitetty taulukoissa 5.1–5.10 kuukausittaisina tuntipitoisuuksien ja vuorokausipitoisuuksien tilastosuureina.

Liitekuvin 2–21 on esitetty 1.1.–31.12.2014 Tampereella Naistenlahden ja Santalahden mittausasemilla mitattujen ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien tuntiarvot ja vuorokausikeskiarvot yksikössä $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (typen oksidit 20 °C, hengitettävät hiukkaset ja pienhiukkaset ulkoilman lämpötilassa). Liitekuvin 22–27 on esitetty tuulen nopeuden ja ulkoilman lämpötilan tuntikeskiarvot sekä vuorokausisademäärät samalta jaksolta.

Taulukko 5.1. Naistenlahdessa mitatut typpimonoksidin (NO) pitoisuudet vuonna 2014.

NO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	741	669	743	716	744	720	741	744	720	742	720	744
määrä (%)	99.6	99.6	99.9	99.4	100	100	99.6	100	100	99.7	100	100
keskiarvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	13	3	5	4	3	4	4	3	9	5	4	4
99. %-piste ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	148	35	54	31	26	31	50	27	79	56	38	86
korkein arvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	228	90	126	51	56	57	133	48	215	260	103	452
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2. kork. arvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	67	13	18	9	10	9	11	9	29	18	10	24
korkein arvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	74	15	30	9	11	11	15	9	35	33	20	48

Taulukko 5.2. Naistenlahdessa mitatut typpidioksidin (NO_2) pitoisuudet vuonna 2014.

NO_2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	741	669	743	716	744	720	741	744	720	742	720	744
määrä (%)	99.6	99.6	99.9	99.4	100	100	99.6	100	100	99.7	100	100
keskiarvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	21	15	18	16	13	10	14	11	17	13	13	14
99. %-piste ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	83	44	78	63	52	39	53	38	58	51	39	69
korkein arvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	92	67	87	72	79	52	150	50	93	115	58	80
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2. kork. arvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	59	25	37	29	24	20	22	17	32	23	22	28
korkein arvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	62	26	46	30	33	25	24	19	33	25	22	44

Taulukko 5.3. Naistenlahdessa mitatut typen oksidien (NO_x) pitoisuudet vuonna 2014.

NO _x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	741	669	743	716	744	720	741	744	720	742	720	744
määrä (%)	99.6	99.6	99.9	99.4	100	100	99.6	100	100	99.7	100	100
keskiarvo (µg/m ³)	41	19	25	22	17	16	20	15	31	21	19	21
99. %-piste (µg/m ³)	313	100	157	103	85	77	136	68	162	137	99	197
korkein arvo (µg/m ³)	441	181	266	145	121	108	244	109	380	445	210	772
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2. kork. arvo (µg/m ³)	154	39	62	37	32	31	37	28	72	50	37	53
korkein arvo (µg/m ³)	175	43	92	44	48	32	37	31	87	73	53	117

Taulukko 5.4. Naistenlahdessa mitatut hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) pitoisuudet vuonna 2014.

PM ₁₀	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	742	672	743	719	744	720	744	744	720	744	720	744
määrä (%)	99.7	100	99.9	99.9	100	100	100	100	100	100	100	100
keskiarvo (µg/m ³)	12	17	37	23	15	14	19	11	24	11	14	9
99. %-piste (µg/m ³)	39	52	260	77	54	57	71	29	79	31	46	60
korkein arvo (µg/m ³)	51	66	510	136	67	76	191	33	661	61	56	78
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2. kork. arvo (µg/m ³)	26	40	100	40	35	43	36	19	39	20	29	28
korkein arvo (µg/m ³)	28	45	209	40	42	46	43	20	80	21	32	32

Taulukko 5.5. Naistenlahdessa mitatut pienhiukkasten (PM_{2.5}) pitoisuudet vuonna 2014.

PM _{2.5}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	629	672	743	718	744	720	744	744	720	744	720	744
määrä (%)	84.5	100	99.9	99.7	100	100	100	100	100	100	100	100
keskiarvo (µg/m ³)	8	11	20	10	8	5	9	6	10	4	5	3
99. %-piste (µg/m ³)	26	37	198	30	21	17	16	16	27	13	16	12
korkein arvo (µg/m ³)	35	40	366	44	24	19	26	19	83	15	18	17
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	26	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2. kork. arvo (µg/m ³)	15	23	55	17	16	13	13	13	20	8	10	8
korkein arvo (µg/m ³)	16	32	131	20	19	15	14	13	22	11	12	10

Vuosikeskiarvot v. 2014 olivat Naistenlahdessa: typpimonoksidi (NO) 5 µg/m³, typ-
pidioksidi (NO₂) 15 µg/m³, typen oksidit (kokonais-NO_x typpidioksidina ilmaistuna)
22 µg/m³, hengitettävät hiukkaset 17 µg/m³ ja pienhiukkaset 8 µg/m³.

Taulukko 5.6. Santalahdessa mitatut typpimonoksidin (NO) pitoisuudet vuonna 2014.

NO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	741	667	716	716	720	720	740	744	720	741	720	744
määrä (%)	99.6	99.3	96.2	99.4	96.8	100	99.5	100	100	99.6	100	100
keskiarvo (µg/m³)	11	6	5	5	11	7	8	6	11	7	7	7
99. %-piste (µg/m³)	145	38	51	51	188	44	42	36	78	66	54	56
korkein arvo (µg/m³)	234	122	151	102	314	77	54	64	166	136	96	111
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	28	29	30	29	30	31	31	30	31	30	31
2. kork. arvo (µg/m³)	54	13	13	18	62	16	16	13	34	17	21	20
korkein arvo (µg/m³)	81	17	21	20	66	20	17	15	51	26	30	25

Taulukko 5.7. Santalahdessa mitatut typpidioksidin (NO₂) pitoisuudet vuonna 2014.

NO ₂	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	741	667	716	716	720	720	740	744	720	741	720	744
määrä (%)	99.6	99.3	96.2	99.4	96.8	100	99.5	100	100	99.6	100	100
keskiarvo (µg/m³)	17	14	13	11	13	8	13	11	15	12	13	13
99. %-piste (µg/m³)	83	45	68	50	75	39	51	42	58	45	41	53
korkein arvo (µg/m³)	95	97	98	67	90	52	74	65	71	63	60	66
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	28	29	30	29	30	31	31	30	31	30	31
2. kork. arvo (µg/m³)	50	27	25	19	31	17	20	23	27	22	25	26
korkein arvo (µg/m³)	59	31	26	30	34	19	21	23	34	22	27	39

Taulukko 5.8. Santalahdessa mitatut typen oksidien (NO_x) pitoisuudet vuonna 2014.

NO _x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	741	667	716	716	720	720	740	744	720	741	720	744
määrä (%)	99.6	99.3	96.2	99.4	96.8	100	99.5	100	100	99.6	100	100
keskiarvo (µg/m³)	34	23	21	18	30	18	24	19	32	23	23	24
99. %-piste (µg/m³)	302	104	134	114	367	98	106	90	155	142	123	133
korkein arvo (µg/m³)	454	283	329	186	570	159	125	143	304	265	191	236
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	28	29	30	29	30	31	31	30	31	30	31
2. kork.n arvo (µg/m³)	133	48	46	40	129	37	39	35	77	45	55	57
korkein arvo (µg/m³)	183	48	57	58	132	44	39	46	113	63	66	77

Taulukko 5.9. Santalahdessa mitatut hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) pitoisuudet vuonna 2014.

PM ₁₀	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	744	672	718	719	744	720	744	744	720	744	720	744
määrä (%)	100	100	96.5	99.9	100	100	100	100	100	100	100	100
keskiarvo (µg/m ³)	10	15	26	18	26	13	19	21	23	8	7	4
99. %-piste (µg/m ³)	34	62	197	81	281	53	55	86	55	27	26	27
korkein arvo (µg/m ³)	39	102	453	511	914	131	111	136	72	31	32	36
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	28	29	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2. kork. arvo (µg/m ³)	21	41	55	43	111	26	34	44	43	16	19	18
korkein arvo (µg/m ³)	26	43	84	48	118	49	38	52	48	22	20	21

Taulukko 5.10. Santalahdessa mitatut pienhiukkasten (PM_{2.5}) pitoisuudet vuonna 2014.

PM _{2.5}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	744	672	718	719	744	720	744	744	720	744	720	744
määrä (%)	100	100	96.5	99.9	100	100	100	100	100	100	100	100
keskiarvo (µg/m ³)	6	9	7	9	14	6	11	12	12	3	3	2
99. %-piste (µg/m ³)	21	33	30	36	114	20	32	37	26	11	13	12
korkein arvo (µg/m ³)	25	35	37	393	276	24	53	61	28	13	16	15
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	31	28	29	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2. kork. arvo (µg/m ³)	12	22	17	19	50	15	21	20	18	7	8	7
korkein arvo (µg/m ³)	13	29	20	33	52	15	23	23	20	10	10	8

Vuosikeskiarvot v. 2014 olivat Santalahdessa: typpimonoksidi (NO) 7 µg/m³, typpi-dioksidi (NO₂) 13 µg/m³, typen oksidit (kokonais-NO_x typpidioksidina ilmaistuna) 24 µg/m³, hengitettävät hiukkaset 16 µg/m³ ja pienhiukkaset 8 µg/m³.

5.2 Ilmanlaatuindeksi

Naistenlahdessa ja Santalahdessa mitattujen ilman epäpuhtauspitoisuuksien perusteella lasketaan ilmanlaadun indeksi, joka kuvaa vallitsevaa ilmanlaatuilannetta (hyvä, tyydyttävä, välttävä, huono, erittäin huono). Indeksien laskentaan käytetään typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten tuntipitoisuuksia. Tunneittaiset indeksiarvot ja mitatut tuntipitoisuudet ovat olleet mittausten alusta lähtien nähtävillä mittausten www-sivuilla reaaliaikaisesti ja historiatietoina. Lisätietoa ilmanlaatuindeksin määrittämisestä ja ilmansaasteiden terveysvaikutuksista on saatavilla ilmanlaatuportaalista: www.ilmanlaatu.fi/ilmansaasteet/indeksi/indeksi.php

Kuvissa 5.1 ja 5.2 on esitetty yhteenveto vuoden 2014 vuorokauden maksimiindeksiarvoista Naistenlahdessa ja Santalahdessa. Tässä tarkastelussa mittauspäi-

vän indeksi määräytyy ilmanlaadultaan huonoimman tunnin mukaan. Indeksillä ilmaistuna ilmanlaatu oli Naistenlahdessa hyvää 32 %, tyydyttävää 49 % ja välttävää 15 % päivistä. Ilmanlaatu oli huonoa 10 päivänä (4 % päivistä) ja erittäin huonoa 4 päivänä (1 % päivistä). Huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun aiheuttajana olivat pienhiukkaset ja hengitettävät hiukkaset.

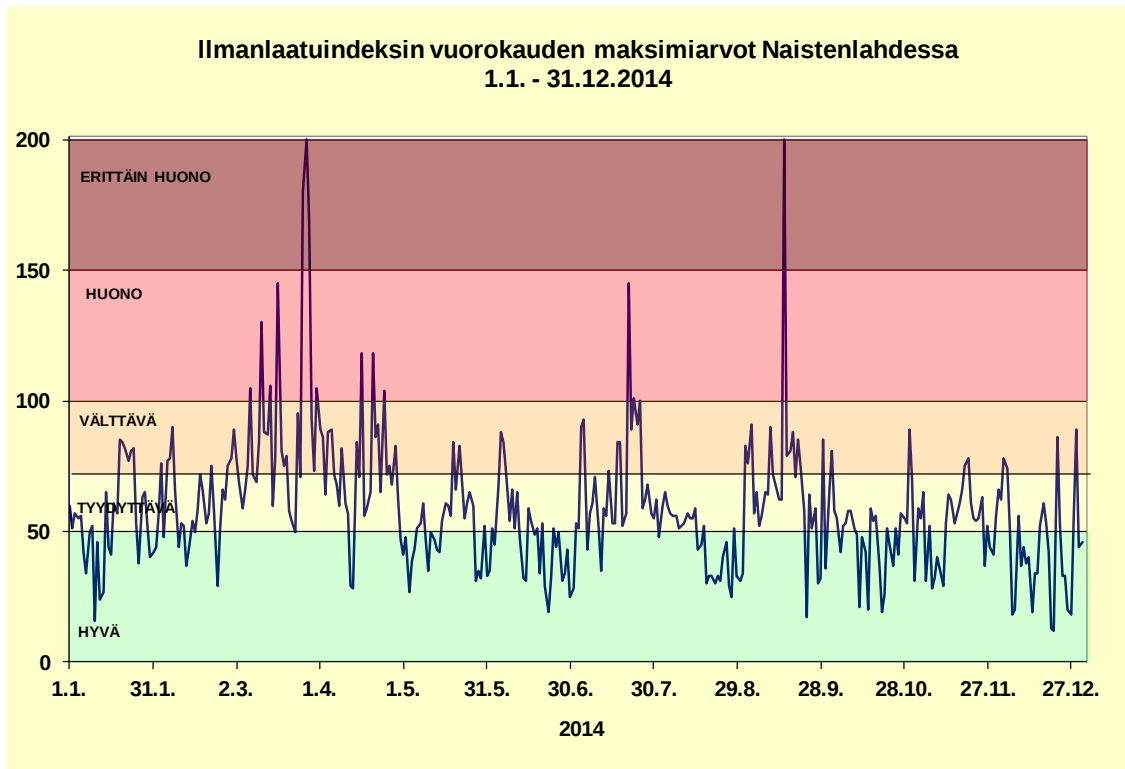
Santalahdessa ilmanlaatu oli vastaavasti hyvää 36 %, tyydyttävää 48 % ja välttävää 12 % päivistä. Ilmanlaatu oli huonoa 9 päivänä (2 % päivistä) ja erittäin huonoa 8 päivänä (2 % päivistä). Huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun aiheuttajana olivat hengitettävien hiukkasten tai pienhiukkasten pitoisuudet.

Vastaavasti ilmanlaatu Tampereen kaupungin Pirkankadun mittausasemalla oli vuonna 2014 hyvää 27 %, tyydyttävää 52 % ja välttävää 15 % päivistä. Ilmanlaatu oli Pirkankadulla huonoa 19 päivänä (5% päivistä) ja erittäin huonoa 3 päivänä (1 % päivistä) (*Tampereen kaupunki, 2015*). Pirkankadulla indeksin laskentaan käytetään typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksia. Pienhiukkasten pitoisuuksia ei Pirkankadulla mitata, joten tässä suhteessa indeksit eivät ole täysin vertailukelpoisia.

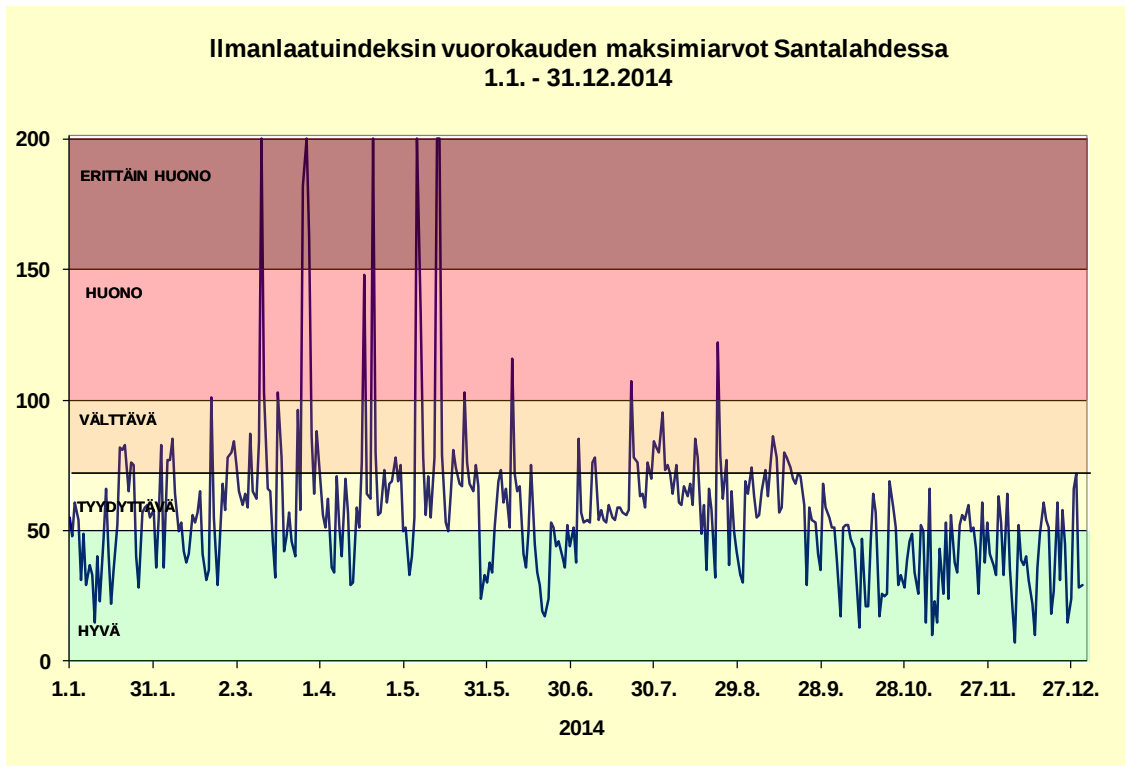
Maalis-huhtikuussa katupölykaudella ilmanlaatu oli huonoa tai erittäin huonoa Naistenlahdessa ja Santalahdessa useana päivinä. Samaan aikaan ilmanlaatu heikentyi Tampereen kaupungin ilmanlaadun mittausasemien tulosten mukaan myös laajemmalti Tampereen alueella. Voimakkaimmillaan katupölykausi oli maaliskuun loppupuolella, mutta myös huhtikuun puolivälissä ja pääsiäisen aikaan esiintyi tällaisia tilanteita, joissa ilmanlaatu oli huonoa laajemmalti Tampereen alueella. Tällaisia päiviä oli Pirkankadulla maalis-huhtikuussa 13, Naistenlahdessa 10 ja Santalahdessa 8.

Naistenlahdessa esiintyi näiden lisäksi huonoa ilmanlaatua maaliskuun alussa 7.3., jolloin tehtiin Parantolankadun johtosiirron takia maankaivua ja kallion lujitusporausta valtatie vastakkaisella puolella. Naistenlahdessa tehtiin mittauskopin lähistöllä pintamaan kuorintaa ja maaleikkausta heinäkuun lopulla, mistä aiheutui huonoa ilmanlaatua kahtena päivänä. Rauhaniemen sillan purku syyskuun puolivälissä aiheutti Naistenlahdessa erittäin huonon ilmanlaadun päivän 15.9.2014.

Santalahdessa esiintyi työmaatöistä aiheutuvia huonon tai erittäin huonon ilmanlaadun päiviä Naistenlahtea useammin. Lähes koko toukokuun ajan tehtiin Santalahden mittauskopin pohjoispuolella kaasujohdon alitusporausta aivan kopin välittömässä läheisyydessä. Tästä aiheutui huonoa tai erittäin huonoa ilmanlaatua yhteensä viitenä päivänä Santalahden mittausasemalla kohonneiden hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuuksien takia. Santalahden mittausasemalla oli huonon ilmanlaadun päiviä myös kesä-, heinä- ja elokuussa pilaantuneiden maiden seulonnan ja maankaivuun sekä alueella liikennöinnin takia. Lumien sulamisesta lähtien Santalahden mittauskopin ympäristössä on ollut laajalti maata paljaana (pintakasvillisuus poistettu), joka pölyää kuivalla ja tuulisella säällä, vaikka alueella ei työmaatoita tehtäisikään.



Kuva 5.1. Vuorokauden suurimmat ilmanlaatuindeksin arvot Naistenlahdessa vuonna 2014.



Kuva 5.2. Vuorokauden suurimmat ilmanlaatuindeksin arvot Santalahdessa vuonna 2014.

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 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 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.

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. Arviointikynnykset on määritelty ilmanlaatuasetuksessa (Vna 38/2011).

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

Epäpuhtaus	Ohjearvo (20 °C, 1 atm)	Tilastollinen määrittely
Typpidioksidi (NO ₂)	150 µg/m ³ 70 µg/m ³	Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Hengitettävät hiukkaset (PM ₁₀)	70 µg/m ³	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo

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

Aine	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo ¹⁾ µg/m ³	Sallittujen ylitysten määrä kalenterivuodessa (vertailujakso)	Ajankohta, josta lähtien raja-arvot ovat olleet voimassa
Typpidioksidi (NO ₂)	1 tunti	200	18	1.1.2010
	kalenterivuosi	40	-	1.1.2010
Hengitettävät hiukkaset (PM ₁₀)	24 tuntia	50	35	1.1.2005
	kalenterivuosi	40	-	1.1.2005
Pienhiukkaset (PM _{2,5})	kalenterivuosi	25	-	1.1.2010

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

Maailman terveysjärjestön (WHO) antama ohjearvo pienhiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvolle on 10 µg/m³ ja vuorokausikeskiarvolle 25 µg/m³ (WHO, 2006).

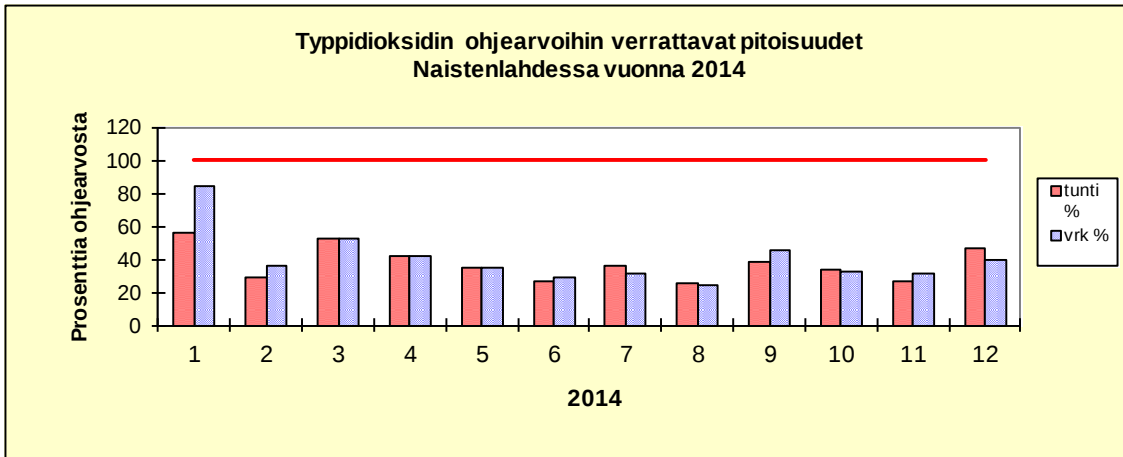
Taulukoissa 6.3 ja 6.4 sekä kuvissa 6.1–6.4 on esitetty typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain sekä ko. pitoisuuksien suhde ohjearvoihin Naistenlahden ja Santalahden mittauspisteissä vuonna 2014.

Taulukko 6.3. Typpidioksidin (NO₂) ja hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet kuukausittain sekä näiden suhde ohjearvoihin Naistenlahdessa vuonna 2014.

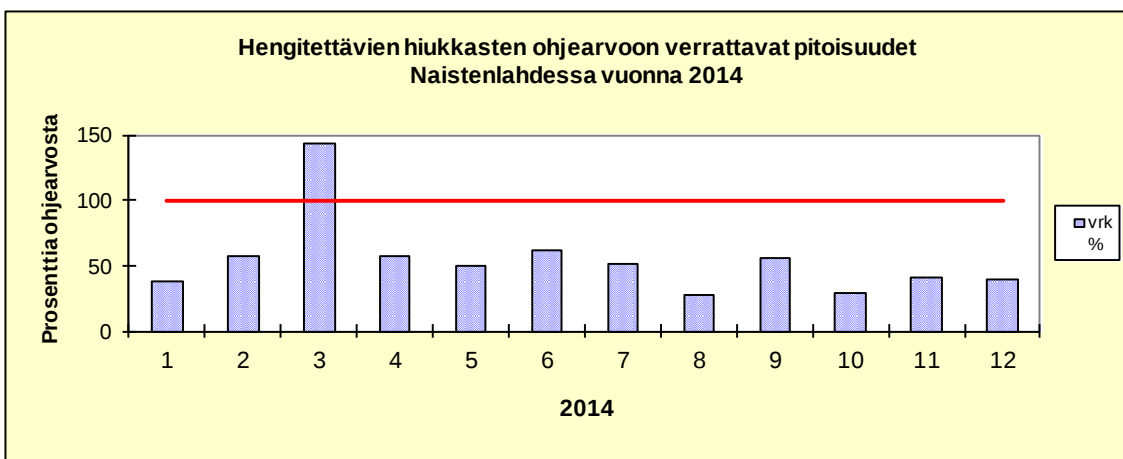
Naistenlahti 2014	NO ₂ tunti		NO ₂ vrk		PM ₁₀ vrk	
	99 %- piste (µg/m ³)	% ohje- arvosta	2. suurin vrk (µg/m ³)	% ohje- arvosta	2. suurin vrk (µg/m ³)	% ohje- arvosta
Tammikuu	83	59	55	84	26	37
Helmikuu	44	25	29	36	40	57
Maaliskuu	78	37	52	53	100	143
Huhtikuu	63	29	42	41	40	57
Toukokuu	52	24	35	34	35	50
Kesäkuu	39	20	26	29	43	61
Heinäkuu	53	22	35	31	36	51
Elokuu	38	17	25	24	19	27
Syyskuu	58	32	39	46	39	56
Lokakuu	51	23	34	33	20	29
Marraskuu	39	22	26	31	29	41
Joulukuu	69	28	46	40	28	40
Ohjearvo	150		70		70	

Taulukko 6.4. Typpidioksidin (NO₂) ja hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet kuukausittain sekä näiden suhde ohjearvoihin Santalahdessa vuonna 2014.

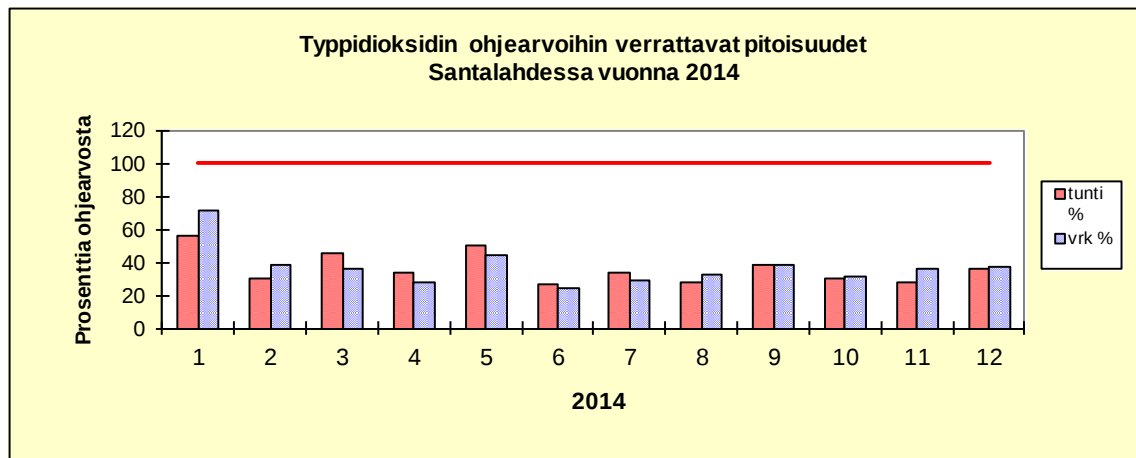
Santalahti 2014	NO ₂ tunti		NO ₂ vrk		PM ₁₀ vrk	
	99 %- piste (µg/m ³)	% ohje- arvosta	2. suurin vrk (µg/m ³)	% ohje- arvosta	2. suurin vrk (µg/m ³)	% ohje- arvosta
Tammikuu	83	50	55	71	21	30
Helmikuu	45	27	30	39	41	59
Maaliskuu	68	25	45	36	55	79
Huhtikuu	50	19	33	27	43	61
Toukokuu	75	31	50	44	111	159
Kesäkuu	39	17	26	24	26	37
Heinäkuu	51	20	34	29	34	49
Elokuu	42	23	28	33	44	63
Syyskuu	58	27	39	39	43	61
Lokakuu	45	22	30	31	16	23
Marraskuu	41	25	27	36	19	27
Joulukuu	53	26	35	37	18	26
Ohjearvo	150		70		70	



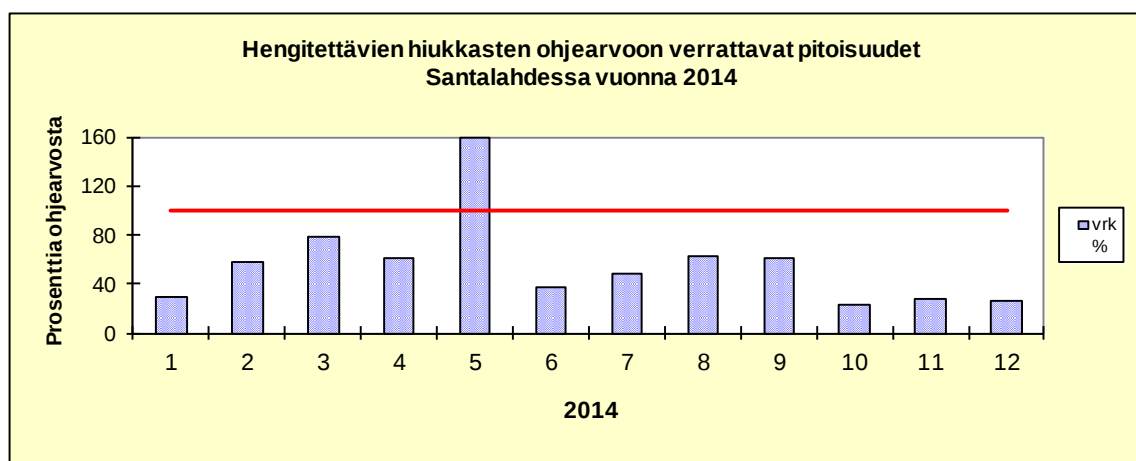
Kuva 6.1. Typpidioksidin (NO_2) ohjearvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa ohjearvoon Naistenlahdessa vuonna 2014. Typpidioksidipitoisuuden tuntiohjearvo on $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja vuorokausiohjearvo $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nämä ovat kuvan ohjearvotasoa = 100 % ohjearvosta.



Kuva 6.2. Hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa ohjearvoon Naistenlahdessa vuonna 2014. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjearvo on $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ = kuvan ohjearvotaso = 100 % ohjearvosta. Pitoisuudet on ilmaistu ulkoilman lämpötilassa.



Kuva 6.3. Typpidioksidin (NO₂) ohjearvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa ohjearvoon Santalahdessa vuonna 2014. Typpidioksidipitoisuuden tuntiohjearvo on 150 µg/m³ ja vuorokausiohjearvo 70 µg/m³. Nämä ovat kuvan ohjearvotasoja = 100 % ohjearvosta.



Kuva 6.4. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa ohjearvoon Santalahdessa vuonna 2014. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjearvo on 70 µg/m³ = kuvan ohjearvotaso = 100 % ohjearvosta. Pitoisuudet on ilmaistu ulkoilman lämpötilassa.

Typpidioksidin pitoisuudet alittivat ohjearvot sekä Naistenlahdessa että Santalahdessa vuonna 2014. Ohjearvoihin verrannolliset typpidioksidin tuntipitoisuudet vaihtelivat Naistenlahdessa välillä 25–55 % ohjearvosta ja Santalahdessa 26–55 % ohjearvosta. Vuorokausipitoisuudet vaihtelivat Naistenlahdessa 24–84 % ohjearvosta ja Santalahdessa 24–71 % ohjearvosta. Suurimmat typpidioksidin ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet mitattiin tammikuussa.

Hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrattavat pitoisuudet olivat Naistenlahdessa 29–143 % vuorokausiohjearvosta ja Santalahdessa 23–159 % vuorokausiohjearvosta. Naistenlahdessa vuorokausiohjearvo ylittyi maaliskuussa 2014 ja Santalahdessa toukokuussa 2014.

Naistenlahdessa ja Santalahdessa vuonna 2014 mitatut typpidioksidipitoisuudet eivät ylittäneet ilmanlaadun raja-arvoja. Tuntiraja-arvotaso $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ei ylittynyt kertaakaan, kun ylityksiä sallitaan 18 kpl kalenterivuodessa. 19. suurin tuntiarvo oli Naistenlahdessa $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eli 41 % raja-arvosta ja Santalahdessa $81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eli 41 % raja-arvosta. Typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo oli Naistenlahdessa $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eli 38 % ja Santalahdessa $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eli 33 % raja-arvosta $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiraja-arvon taso, $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ylittyi Naistenlahdessa 5 kertaa ja Santalahdessa 7 kertaa, kun sallittujen ylitysten määrä on 35 kpl kalenterivuodessa. 36. suurin vuorokausiarvo oli Naistenlahdessa $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eli 64 % ja Santalahdessa $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eli 60 % raja-arvosta. Vuosiraja-arvoon, $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, verrattava vuosikeskiarvo oli Naistenlahdessa $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eli 43 % ja Santalahdessa $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eli 40 % raja-arvosta.

Pienhiukkasten vuosiraja-arvoon, $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, verrattava vuosikeskiarvo oli sekä Naistenlahdessa että Santalahdessa $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eli 32 % raja-arvosta. Vuosikeskiarvot olivat vastaavasti 80 % WHO:n ohjearvosta. WHO:n ohjearvo vuorokausikeskiarvolle ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ylittyi Naistenlahdessa 5 kertaa ja Santalahdessa 6 kertaa. Pienhiukkasten suurin vuorokausipitoisuus oli Naistenlahdessa $131 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Santalahdessa $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vuonna 2014.

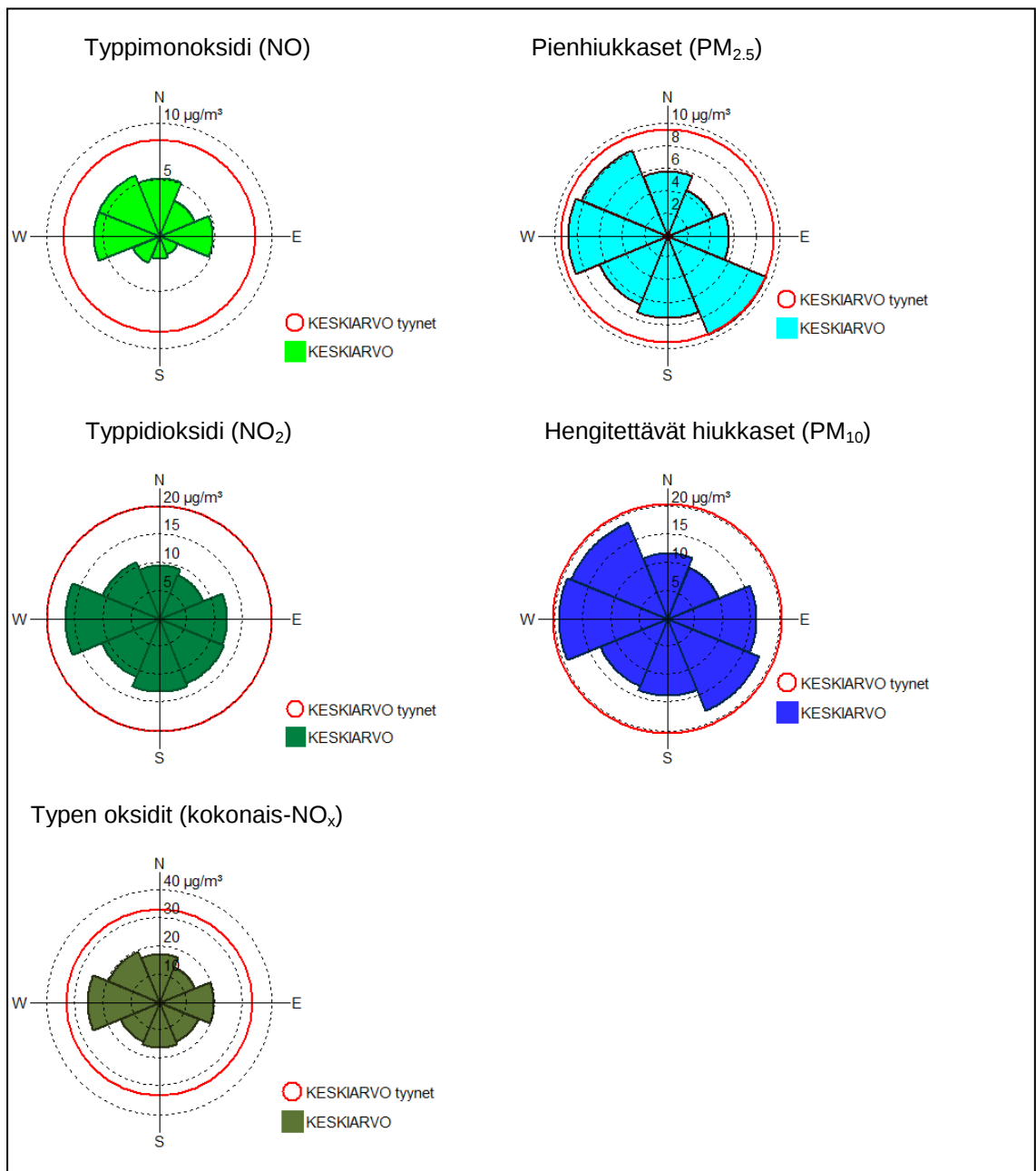
6.2 Tuulen suunnan ja nopeuden vaikutus mitattuihin pitoisuuksiin

Kuvissa 6.5 ja 6.6 on havainnollistettu tuulen suunnan ja nopeuden vaikutusta Naistenlahden ja Santalahden typen oksidien, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten 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.

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 heikotuulisen sään aikana ja erityisesti ns. inversiotilanteissa ilmakehän pystysuuntaisen lämpötilajakauman estäessä tai rajoittaessa epäpuhtauksien laimenemistä myös pystysuunnassa.

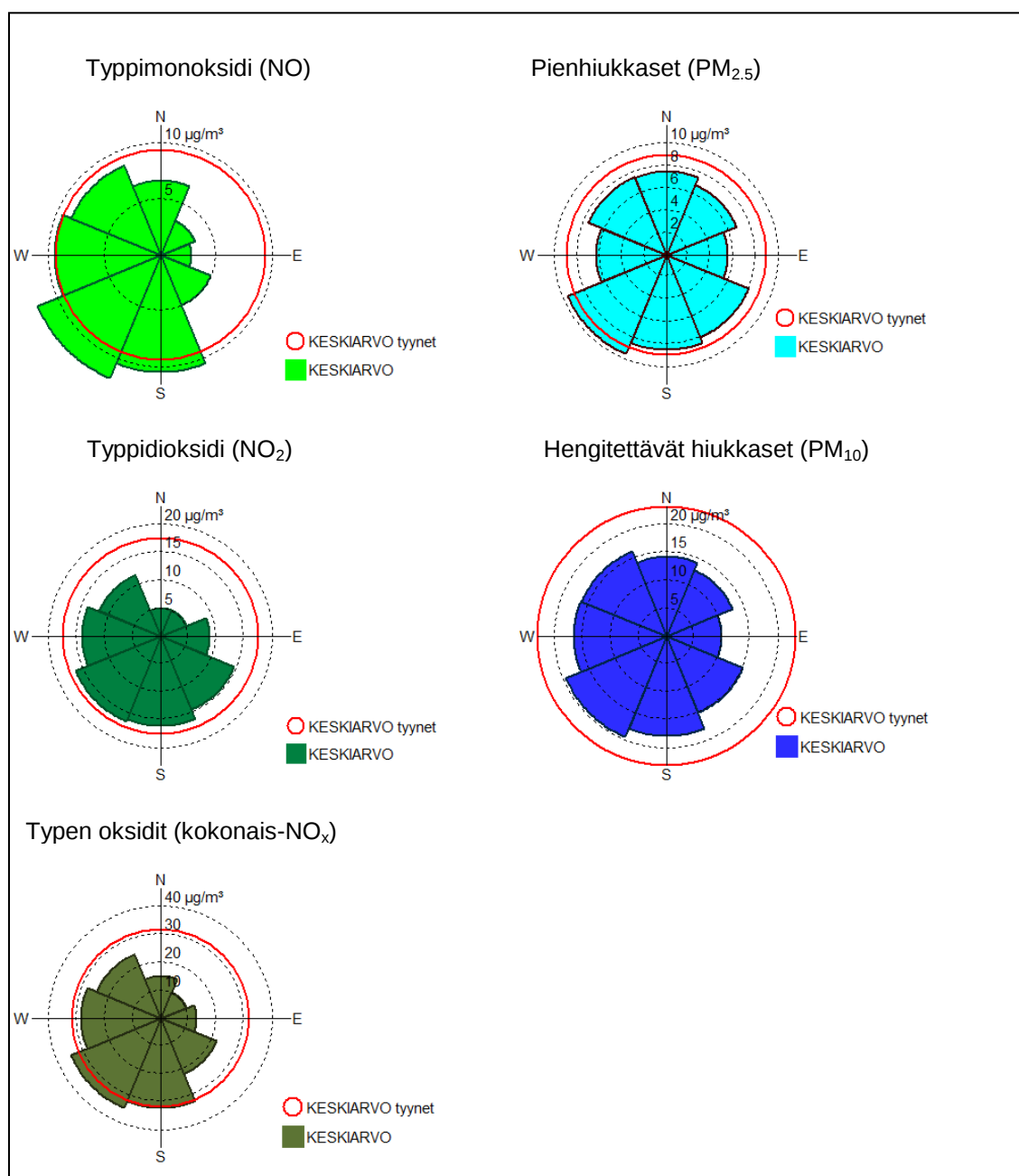
Typen oksidien tuntipitoisuuksien keskiarvot olivat Naistenlahdessa vuonna 2014 suurimmillaan tyynellä säällä sekä tuulen käydessä länsi-luoteesta merkittävimpien liikenneväylien (valtatie 12, Rauhaniementie sekä tunnelityömaa) suunnalta. Pakokaasujen typenoksidipäästöt ovat pääasiassa typpimonoksidia (NO), joka hapettuu muun muassa otsonin vaikutuksesta typpidioksidiksi (NO_2). Typpimonoksidipitoisuudet kuvastavat siten paremmin mittauspisteen lähialueen liikenteestä aiheutuvaa kuormitusta. Typpidioksidipitoisuuksiin vaikuttavat myös kauempana sijaitsevat lähteet.

Hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuuksissa on yksittäisten päästölähteiden vaikutusta yleensä vaikeampi erottaa kuin typen oksideilla. Vuodenaika, liikenne, kaukokulkeuma, pölyäminen ja meteorologiset tekijät vaikuttavat pitoisuuksiin voimakkaasti. Hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuuskeskiarvot olivat Naistenlahdessa vuonna 2014 suurimmillaan tyyneellä säällä sekä tuulen käydessä länsi-luoteesta merkittävimpien liikenneväylien (valtatie 12, Rauhaniementie sekä tunnelityömaa) suunnalta. Pienhiukkasilla pitoisuustaso oli kohonnut myös kaakon puoleisilla tuulilla (mahdollisesti kaukokulkeuman aiheuttamana).



Kuva 6.5. Typpimonoksidin, typpidioksidin, typen oksidien, pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskiarvot eri tuulensuunnilla ja tyyneellä säällä Naistenlahdessa vuonna 2014.

Santalahdessa typen oksidien tuntipitoisuuksien keskiarvot olivat vuonna 2014 suurimmillaan tynellä säällä tai tuulen käydessä etelä-länsisektoreista. Vuoden 2014 aikana tunnelityömaan toimintoja oli aivan mittausaseman tuntumassa kaakko-pohjoissektoreissa. Kaasujohdon alitusporausta tehtiin toukokuussa mittauskopin pohjoispuolella aivan kopin takana. Mittauspaikan välittömässä läheisyydessä kulki kuorma-autoja ja mursketta tehtiin marraskuun loppupuolella mittausaseman länsipuolella. Tuulen puhaltaessa koillisesta Näsijärven suunnasta ilma oli puhdasta ja Santalahdessa mitatut typen oksidien pitoisuudet selvästi alhaisempia. Hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuuskeskiarvot olivat Santalahdessa vuonna 2014 suurimmillaan tynellä säällä tai tuulen käydessä etelä-lounaasta.



Kuva 6.6. Typimonoksidin, typidioksidin, typen oksidien, pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskiarvot eri tuulensuunnilla ja tynellä säällä Santalahdessa vuonna 2014.

6.3 Pitoisuuksien ajallinen vaihtelu

Kuvissa 6.7 ja 6.8 on tarkasteltu typpimonoksidin, typpidioksidin ja typen oksidien kokonaismäärän sekä pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskimääräistä vaihtelua Naistenlahdessa ja Santalahdessa kellonajan mukaan erikseen arkipäivisin (maanantai-perjantai) ja viikonloppuisin (lauantai-sunnuntai).

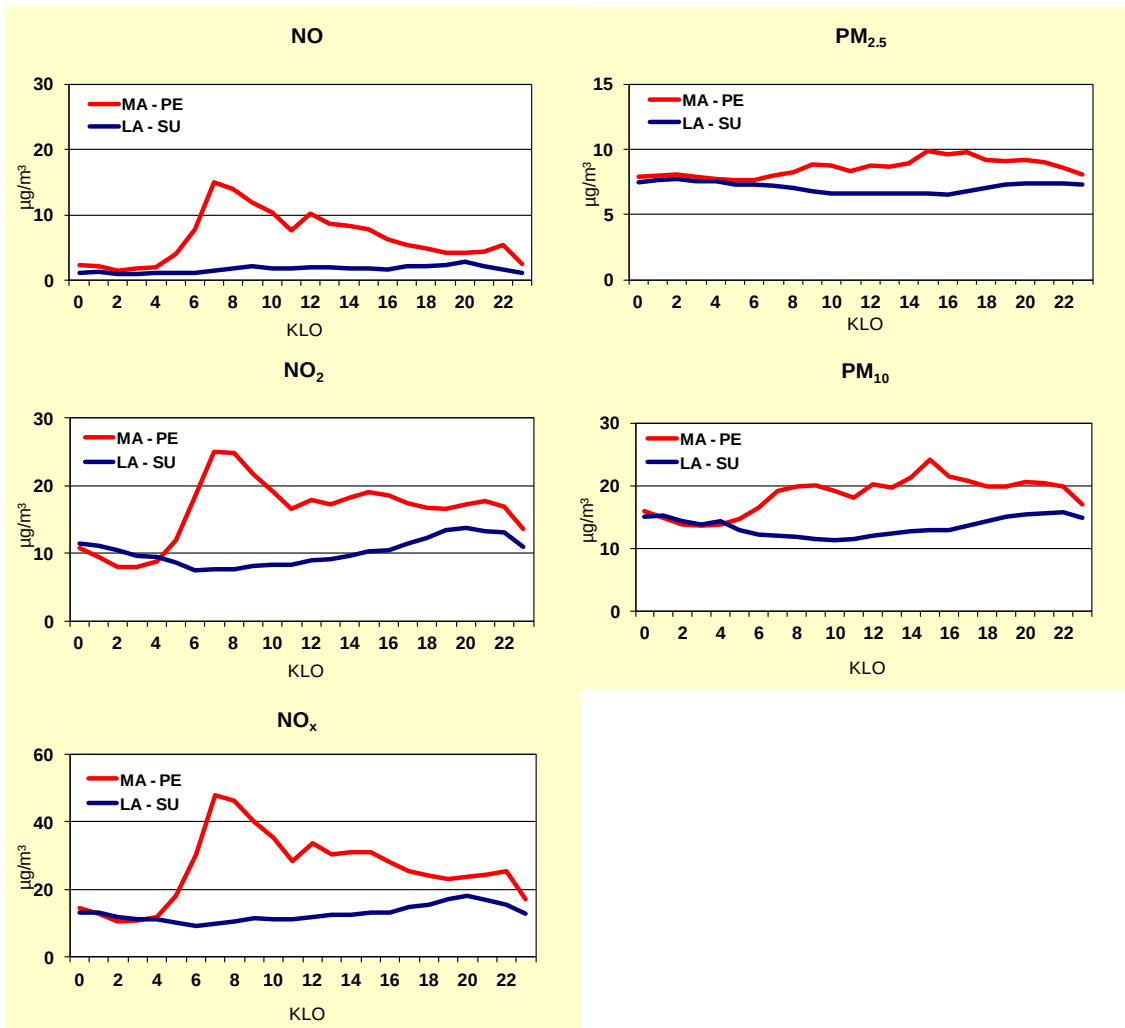
Typen oksidien tuntipitoisuuksien vuoden 2014 vuorokausivaihtelussa havaitaan molemmissa tutkimuspisteissä selvästi liikenteen päästöjen vaikutus (normaali autoliikenne + työmaaliikennöinti). Arkipäivisin pitoisuudet olivat pienimmillään aamuyön tunteina, esimerkiksi typpidioksidipitoisuus oli Naistenlahdessa luokkaa $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pitoisuudet kasvoivat nopeasti siten, että pitoisuushuippu saavutettiin liikenteen aamuruuhkan aikaan. Arkipäivien aamuruuhkan aikaan typpidioksidipitoisuudet kohoavat Naistenlahdessa keskimäärin tasolle $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Santalahdessa tasolle $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Viikonloppuisin typen oksidien pitoisuudet ovat yön tunteja lukuun ottamatta arkipäivisin havaittuja matalampia ja aamun pitoisuushuippu puuttuu.

Hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuudet vaihtelivat jonkin verran typen oksidien pitoisuuksista poikkeavasti. Arkisin hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat Naistenlahdessa korkeimmillaan iltapäivällä noin klo 15.00, jolloin pitoisuudet kohosivat keskimäärin tasolle $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Santalahdessa hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat korkeimmillaan arkisin illalla klo 18 aikaan ($22 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Viikonloppuisin hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat molemmissa mittauspisteissä päivällä arkipäivien tasoa alempia.

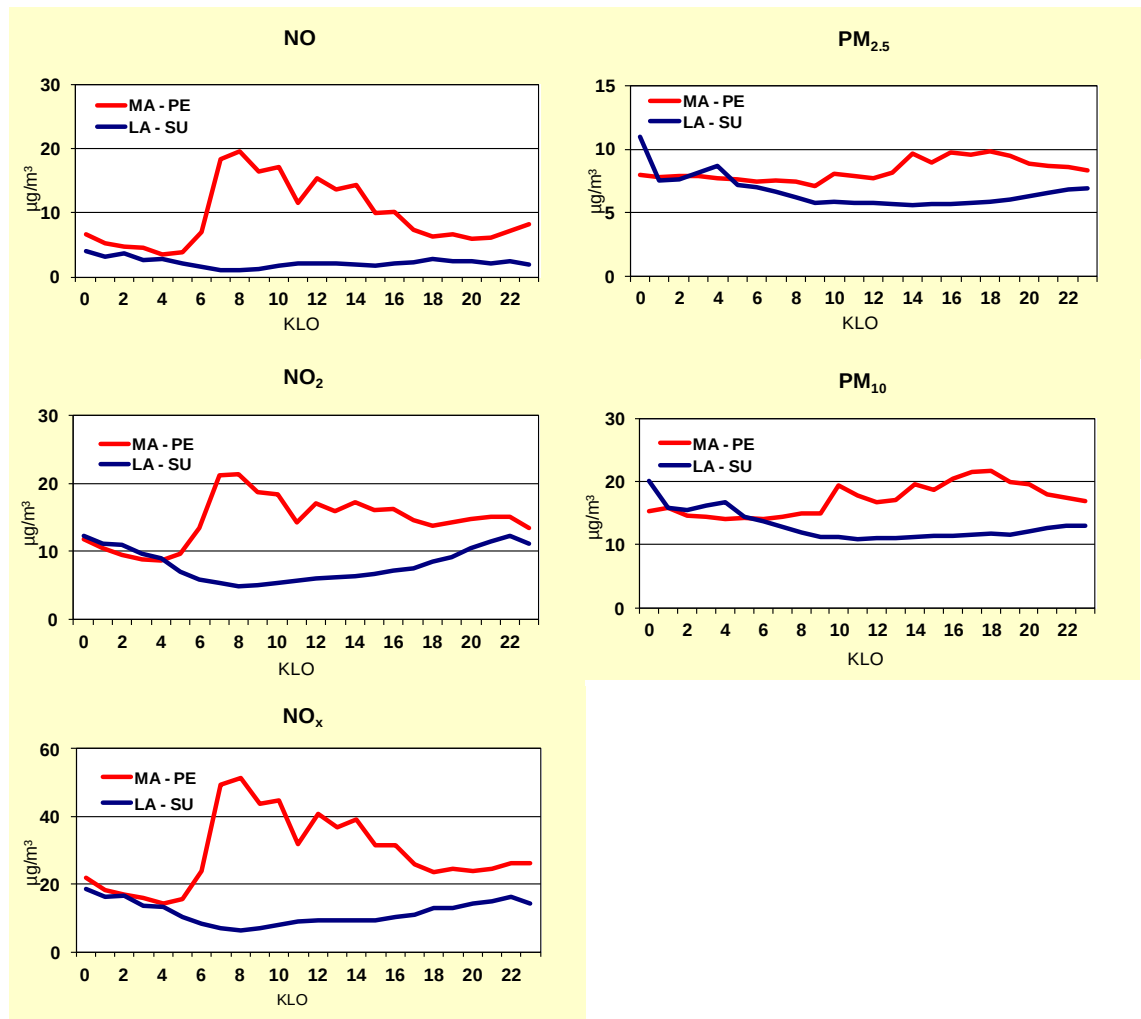
Pienhiukkasten keskimääräisissä pitoisuuksissa ei ollut kovin paljon vaihtelua päivän mittaan kummassakaan mittauspisteessä. Pienhiukkasten pitoisuus oli viikonloppuisin päiväsaikaan alempi kuin arkipäivisin.

Hiukkaspitoisuuden vuorokaudenaikaisvaihtelu poikkeaa taajamien liikennelyympäristöissä 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.

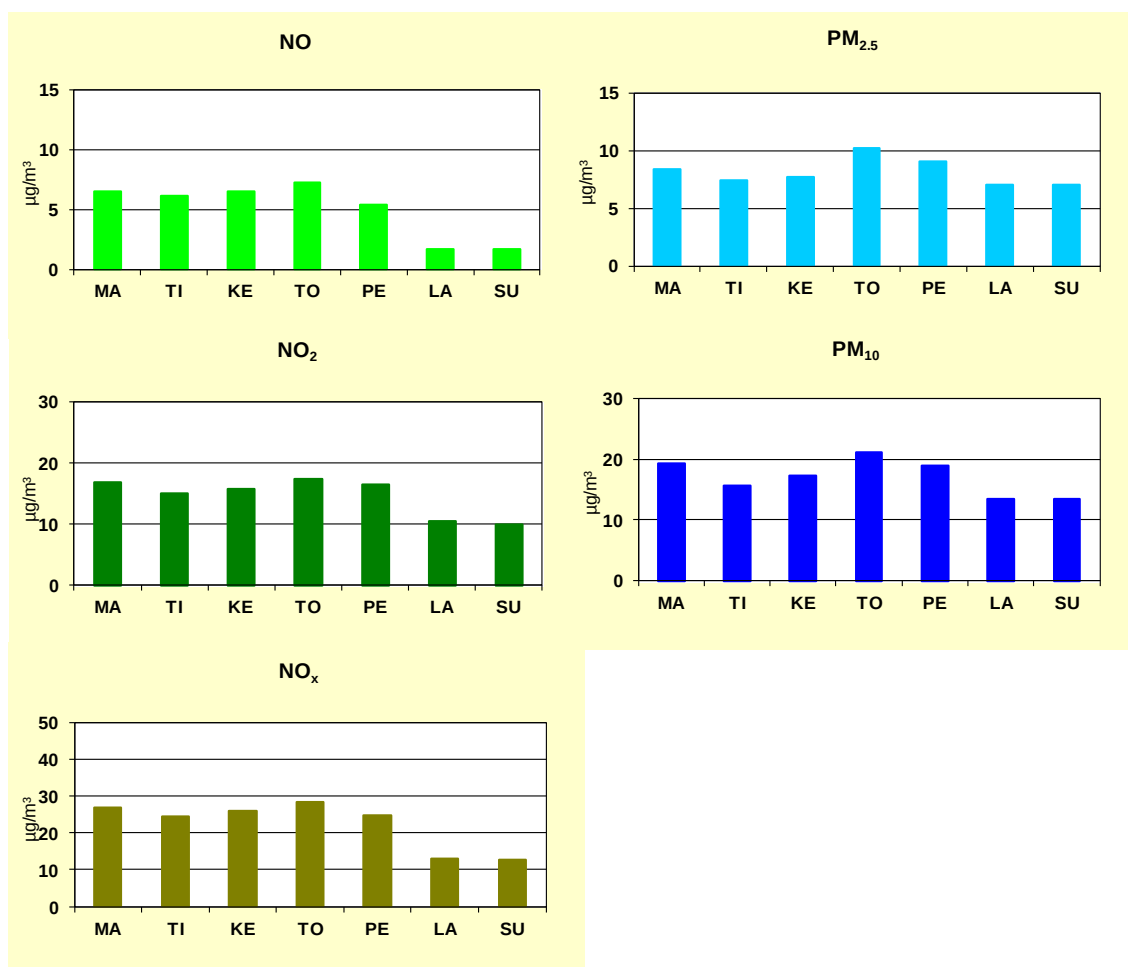
Viikonpäivittäin tarkasteltuna typen oksidien keskimääräinen pitoisuustaso vaihteli molemmissa tutkimuspisteissä niin, että lauantaisin ja sunnuntaisin pitoisuudet olivat selvästi matalampia kuin arkipäivisin ja hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuudet jonkin verran matalampia kuin arkipäivisin (ks. kuva 6.9 ja 6.10).



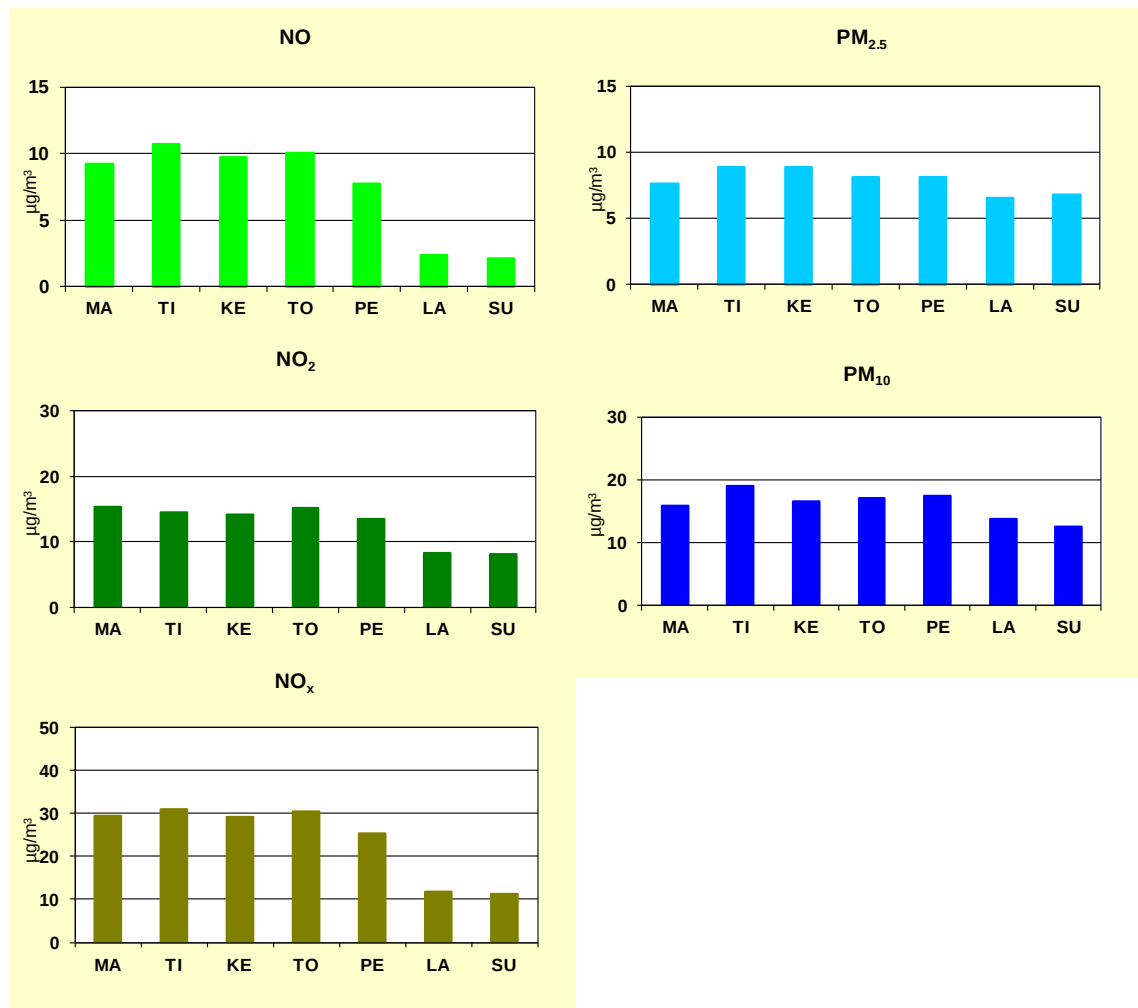
Kuva 6.7. Typpimonoksidin (NO), typpidioksidin (NO₂), typen oksidien kokonaismäärän (NO_x), pienhiukkasten (PM_{2.5}) ja hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tuntipitoisuuksien keskiarvot kellonajan mukaan arkipäivisin (ma - pe) ja viikonloppuisin (la - su) Naistenlahdessa vuonna 2014.



Kuva 6.8. Typpimonoksidin (NO), typpidioksidin (NO₂), typen oksidien kokonaismäärän (NO_x), pienhiukkasten (PM_{2.5}) ja hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tuntipitoisuuksien keskiarvot kellonajan mukaan arkipäivisin (ma - pe) ja viikonloppuisin (la - su) Santalahdessa vuonna 2014.



Kuva 6.9. Typpimonoksidin (NO), typpidioksidin (NO₂), typen oksidien kokonaismäärän (NO_x), pienhiukkasten (PM_{2.5}) ja hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausipitoisuuksien keskiarvot viikonpäivän mukaan Naistenlahdessa vuonna 2014.



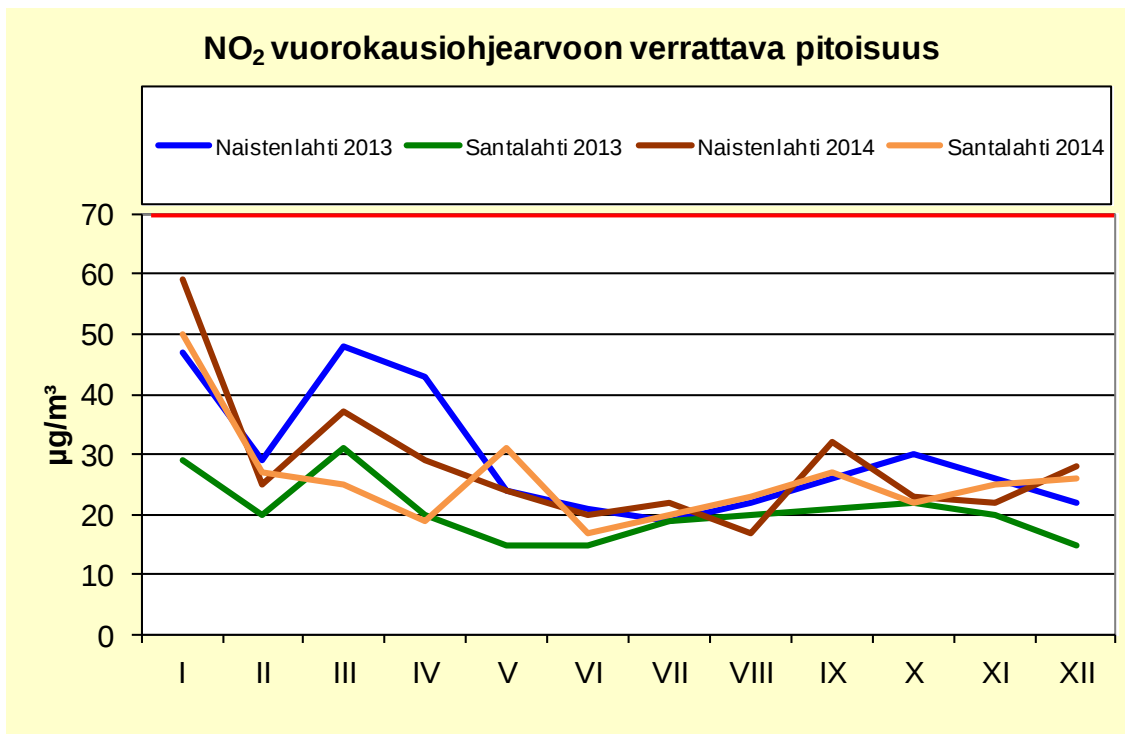
Kuva 6.10. Typpimonoksidin (NO), typpidioksidin (NO₂), typen oksidien kokonaismäärän (NO_x), pienhiukkasten (PM_{2.5}) ja hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausipitoisuuksien keskiarvot viikonpäivän mukaan Santalahdessa vuonna 2014.

6.4 Pitoisuuksien vertailua aiempiin mittauksiin ja muualla Tampereella mitattuihin pitoisuuksiin

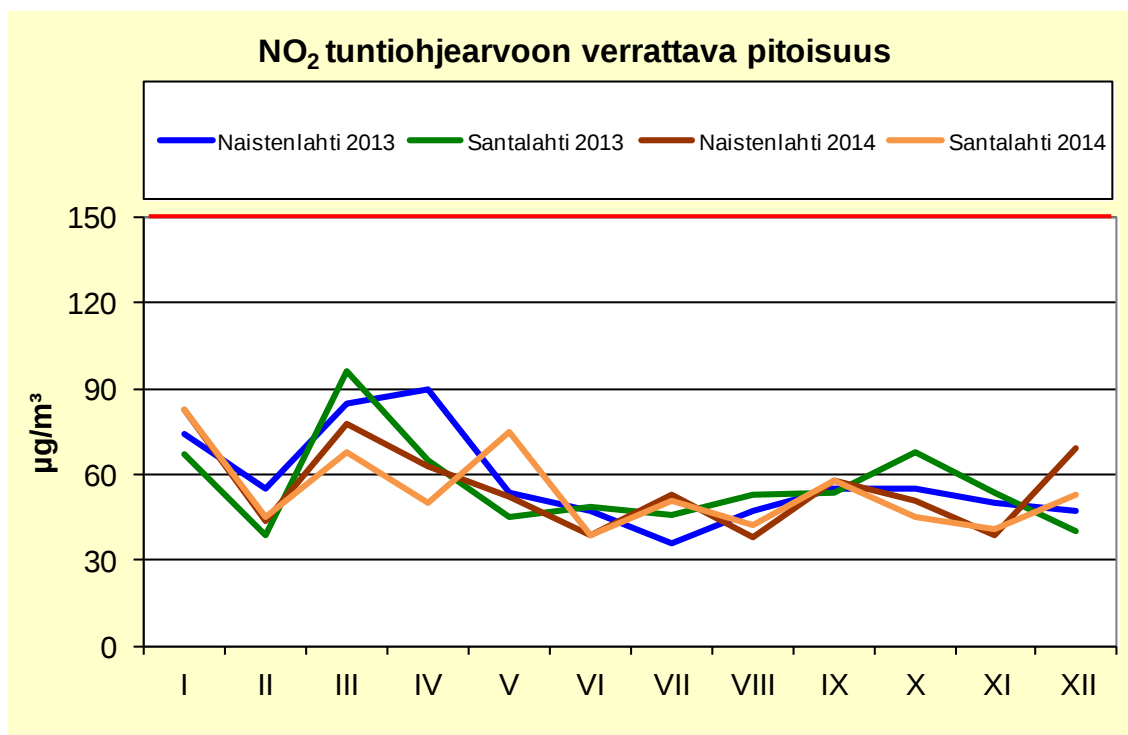
Ilmanlaatumittaukset Naistenlahdessa ja Santalahdessa aloitettiin loppuvuodesta 2012 tunnelin suunnitteluvaiheessa. Toteutusvaiheeseen päästiin lokakuussa 2013 ja avolouhinta päästiin aloittamaan vasta marraskuun 2013 lopulla. Laajamittaisemmat louhinnat on aloitettu vasta vuoden 2014 alkupuolella, joten vuosi 2013 toimii vertailupohjana myöhempien vuosien mittaustuloksille.

Typpidioksidi

Typpidioksidin ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet olivat Naistenlahdessa ja Santalahdessa vuonna 2014 pääosin samaa tasoa kuin vuonna 2013. Vuoden 2013 maalis- ja huhtikuu olivat tavanomaista kylmempiä ja typen oksidien pitoisuudet suurempia kuin vuonna 2014 (kuvat 6.11 ja 6.12). Santalahdessa tehtiin touku-kuussa 2014 kaasujohdon alitusporausta aivan mittauskopin tuntumassa, mikä näkyy mittaustuloksissa.



Kuva 6.11. Typpidioksidin (NO₂) vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Naistenlahdessa ja Santalahdessa vuosina 2013 ja 2014. Ohjearvotaso, 70 µg/m³, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.

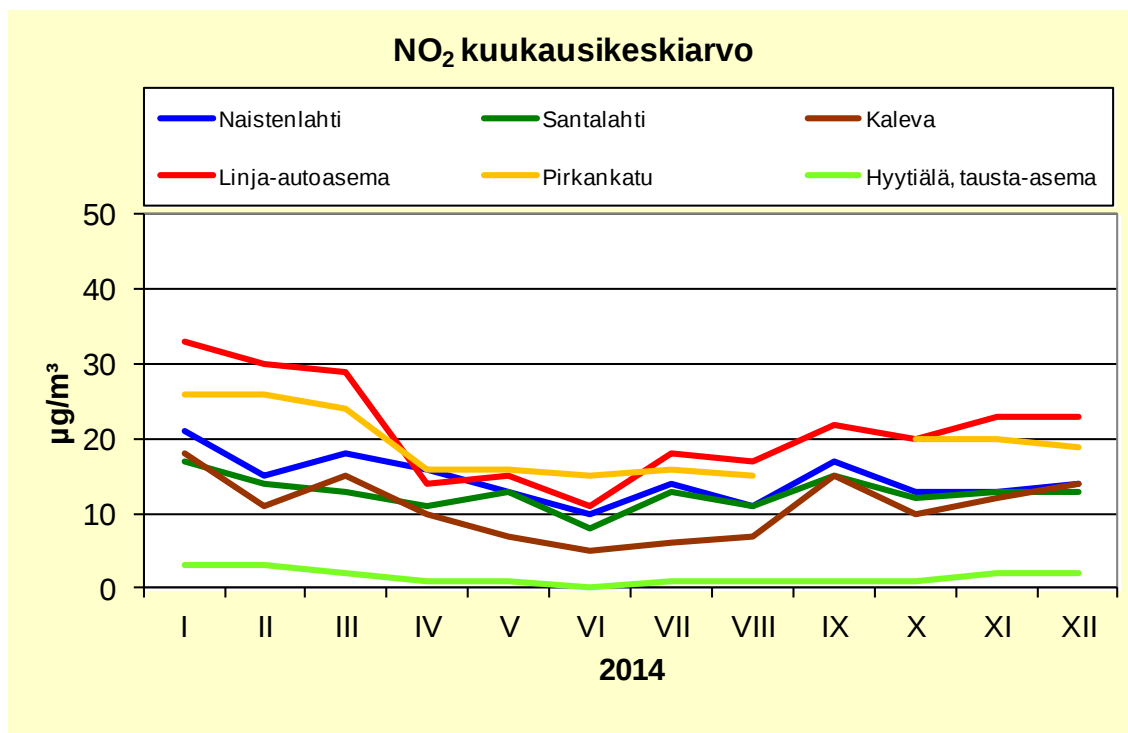


Kuva 6.12. Typpidioksidin (NO₂) tuntiohjeeseen verrattavat pitoisuudet kuukausittain Naistenlahdessa ja Santalahdessa vuosina 2013 ja 2014. Ohjearvotaso, 150 µg/m³, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.

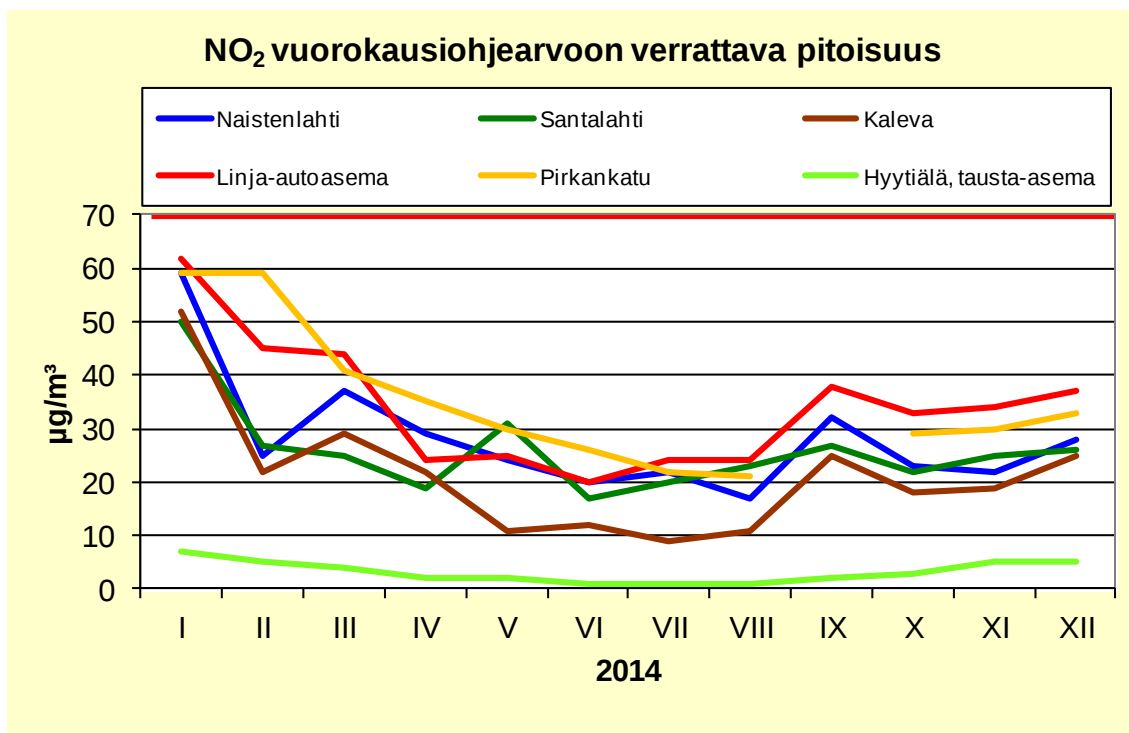
Typpidioksidin pitoisuuksia mitataan Suomessa yli 50 mittausasemalla. Typpidioksidin mittausasemista noin puolet sijaitsee liikenneympäristöissä. Myös Tampereella typpidioksidia mitataan Tampereen kaupungin toimesta kolmessa mittauspisteessä: Kalevassa, Pirkankadulla ja Linja-autoasemalla. Tampereen lähin taustailmanlaadun mittausasema on Helsingin yliopiston Juupajoen kunnassa sijaitseva Hyytiälän tutkimusasema. Kuvissa 6.13–6.16 on esitetty typpidioksidipitoisuuden kuukausikeskiarvot ja tunti- ja vuorokausiohjeeseen verrannolliset pitoisuudet vuodelta 2014 sekä typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvot vuosilta 2013 ja 2014 Tampereen Kalevassa, Pirkankadulla ja Linja-autoasemalla (*Tampereen kaupunki, 2015*), Hyytiälän tausta-asemalla (*Helsingin yliopisto, 2015*) sekä Tampereen tunnelihankkeen mittauspisteissä Naistenlahdessa ja Santalahdessa. Tampereen kaupungin mittausasemista Pirkankatu on tyypiltään liikenneasema. Kalevan ja Linja-autoaseman mittausasemat edustavat ns. kaupunkitaustaa.

Naistenlahdessa ja Santalahdessa typpidioksidipitoisuudet olivat kuukausikeskiarvoina ja vuorokausiohjeeseen verrannollisina pitoisuuksina pääosin matalampia kuin Tampereen Linja-autoasemalla ja Pirkankadun asemalla paitsi Santalahdessa toukokuussa 2014, jolloin aseman lähellä tehtiin kaasujohdon alitusporausta. Vuodensäinen vaihtelu oli kaikilla Tampereen asemilla hyvin samansuuntaista. Korkeimmillaan typpidioksidipitoisuudet olivat talvikuukausina. Typpidioksidipitoisuuden vuorokausiohjearvo alittui Tampereella vuonna 2014 kaikkina kuukausina kuten tuntiohjearvokin. Hyytiälän tausta-asemalla pitoisuudet olivat pieniä.

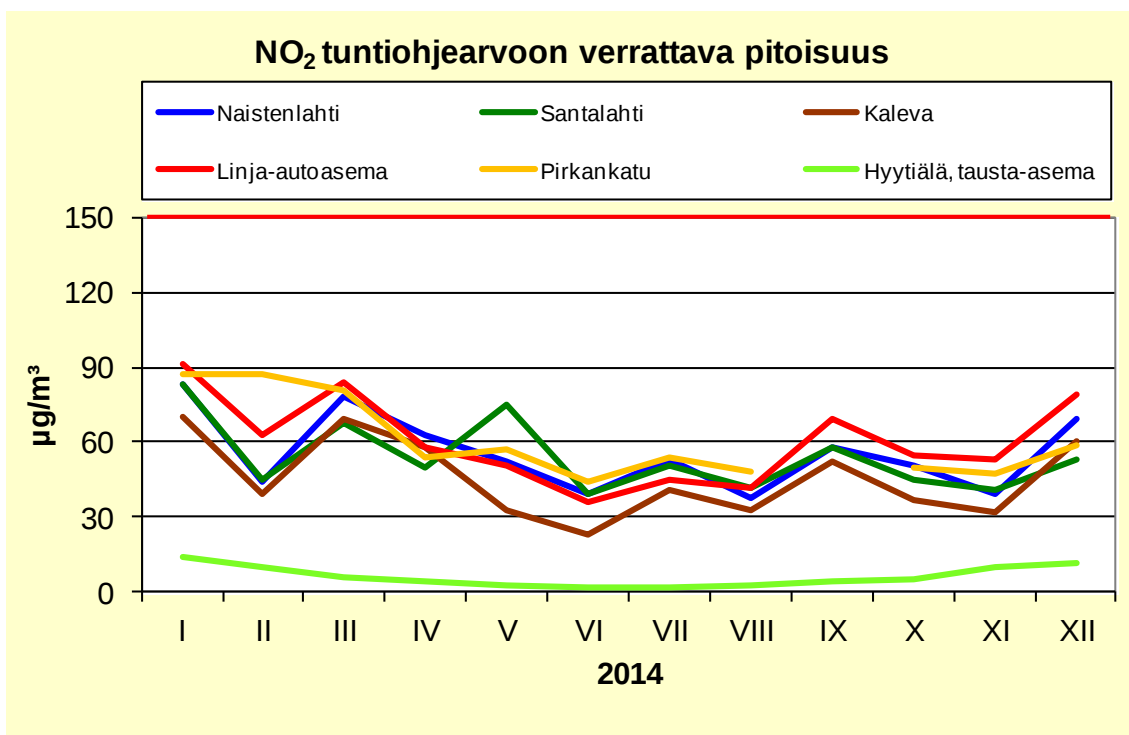
Leudommasta talvikaudesta johtuen typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvot olivat Tampereella vuonna 2014 hieman vuoden 2013 keskiarvoja alhaisemmat lukuunottamatta Santalahden asemaa, jolla NO₂ vuosikeskiarvo oli suurempi vuonna 2014 kuin 2013 (kuva 6.16).



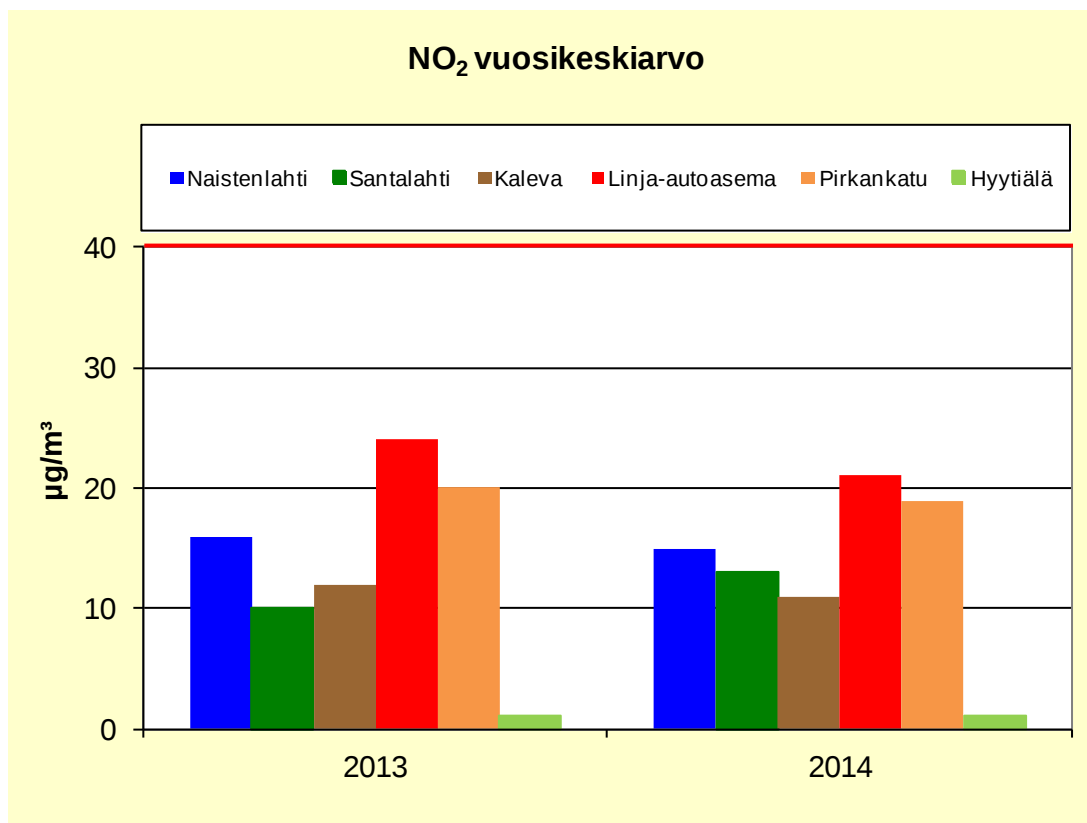
Kuva 6.13. Typpidioksidipitoisuuden kuukausikeskiarvot Tampereella ja Hyytiälän tausta-asemalla vuonna 2014.



Kuva 6.14. Typpidioksidipitoisuuden (NO₂) vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Tampereella ja Hyytiälän tausta-asemalla vuonna 2014. Ohjevotaso, 70 µg/m³, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.



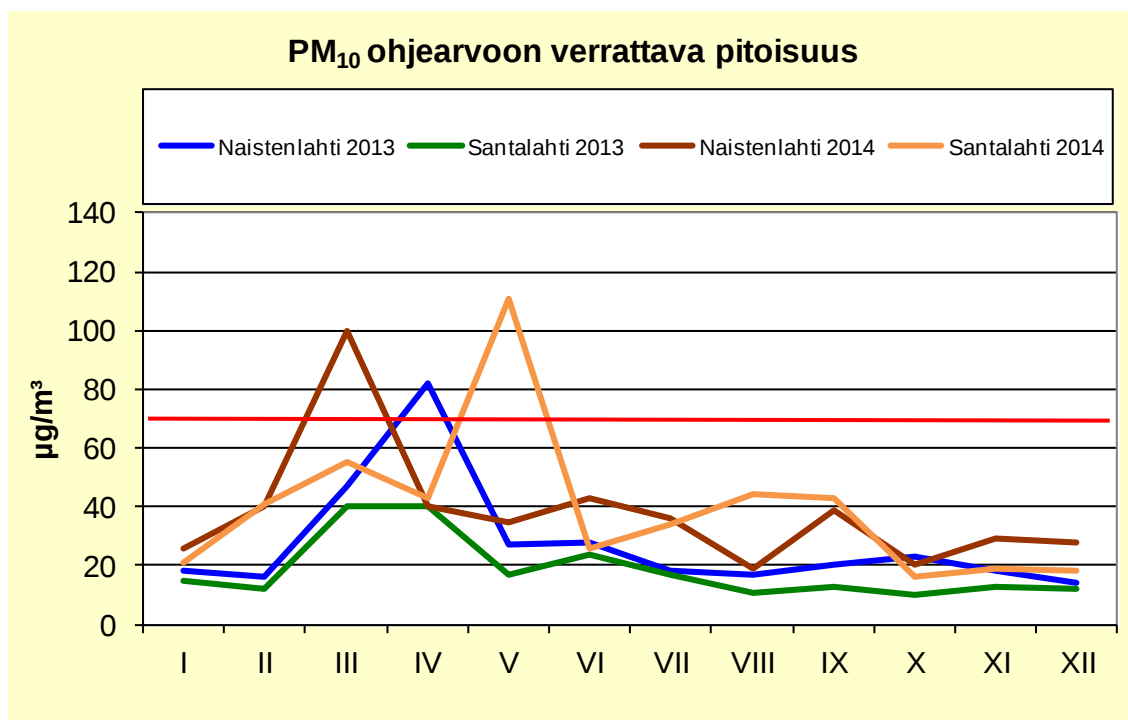
Kuva 6.15. Typpidioksidipitoisuuden (NO₂) tuntiohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Tampereella ja Hyytiälän tausta-asemalla vuonna 2014. Ohjevotaso, 150 µg/m³, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.



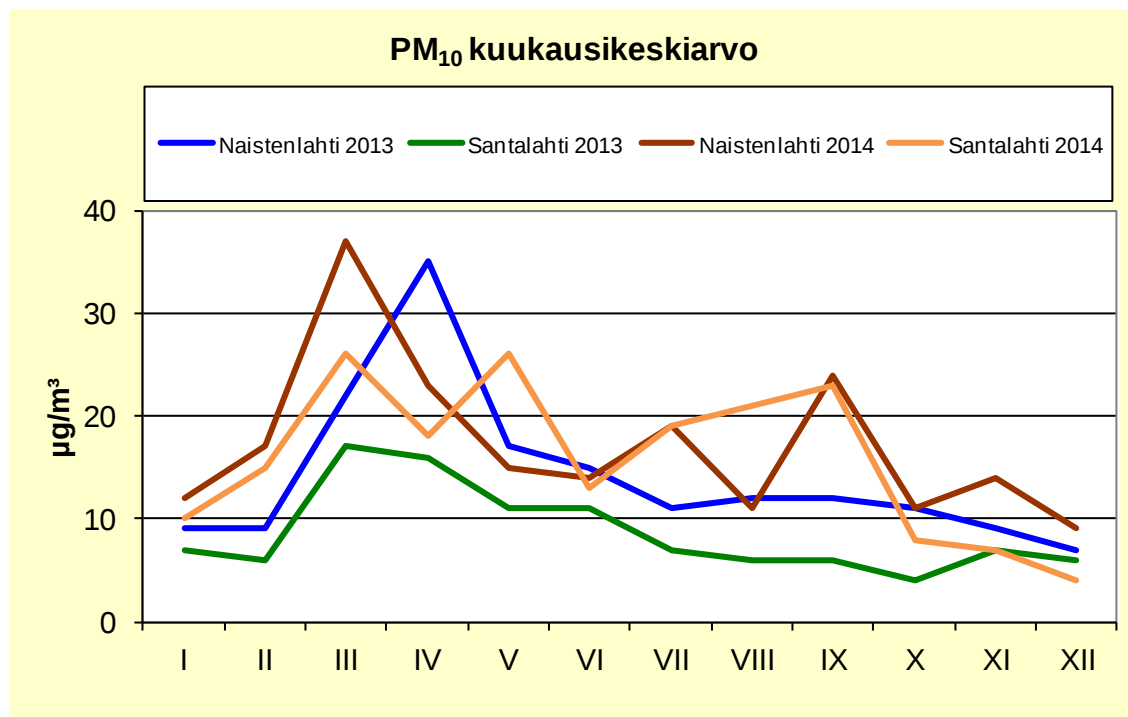
Kuva 6.16. Typpidioksidipitoisuuden (NO₂) vuosikeskiarvot Tampereella ja Hyytiälän tausta-aseamalla vuonna 2014. Raja-arvotaso, 40 µg/m³, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.

Hengitettävät hiukkaset

Hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrattavat pitoisuudet olivat Naistenlahdessa ja Santalahdessa vuonna 2014 pääosin suurempia kuin vuonna 2013. Vuoden 2013 kevätpölykausi ajoittui pääosin huhtikuuhun, kun se vuonna 2014 ajoittui enemmän maaliskuuhun (kuva 6.17). Santalahden pitoisuustasoa nosti toukokuussa 2014 tehty kaasujohdon alitusporaus aivan mittauskopin tuntumassa. Myös kuu-kausikeskiarvot vuonna 2014 olivat pääosin suurempia kuin vuonna 2013 (kuva 6.18).



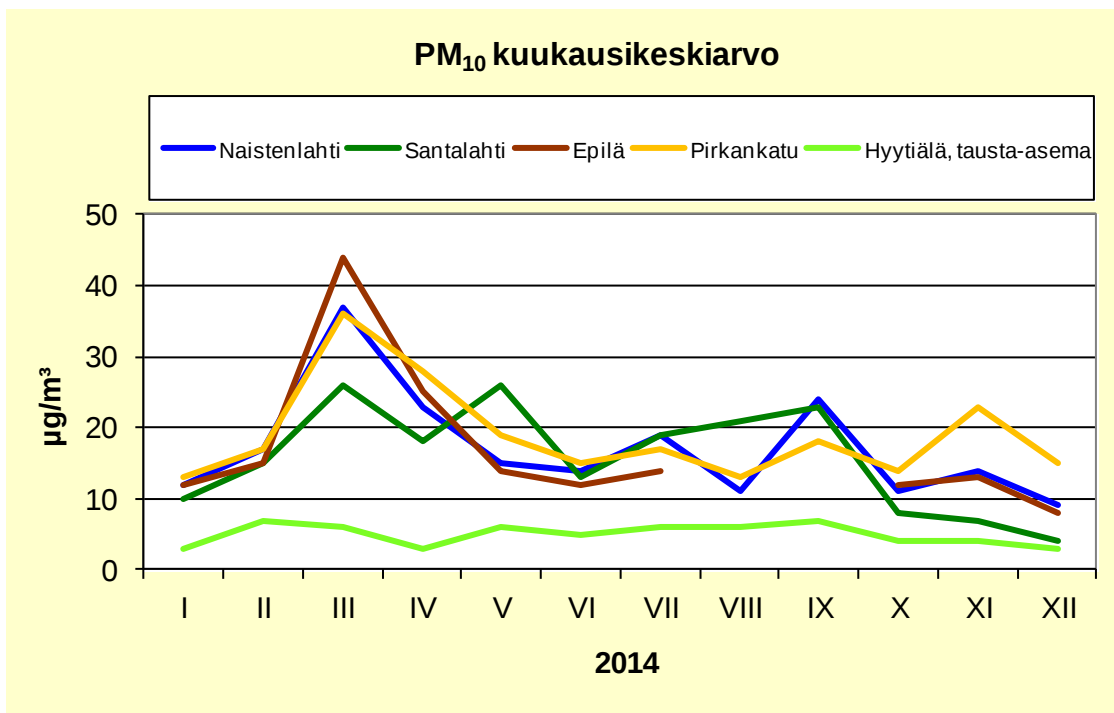
Kuva 6.17. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Naistenlahdessa ja Santalahdessa vuosina 2013 ja 2014. Ohjearvotaso, 70 µg/m³, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.



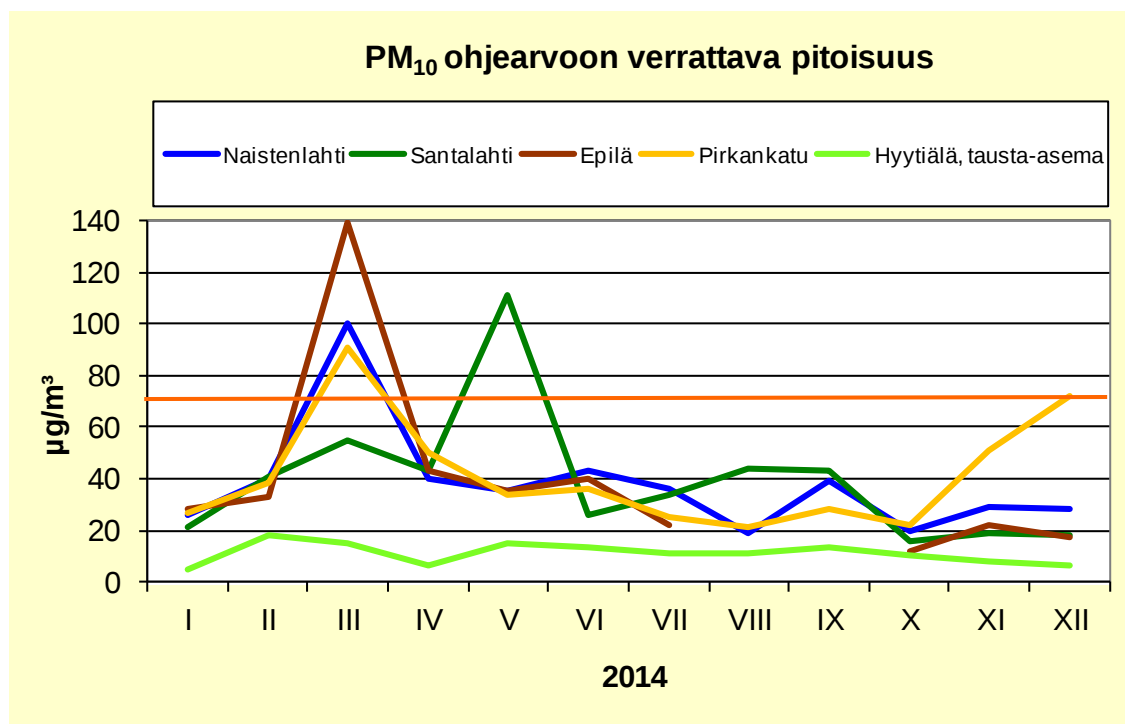
Kuva 6.18. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) kuukausikeskiarvot Naistenlahdessa ja Santalahdessa vuosina 2013 ja 2014.

Kuvissa 6.19 ja 6.20 on esitetty hengitettävien hiukkasten pitoisuuden kuukausikeskiarvot ja ohjearvoon verrattavat pitoisuudet vuodelta 2014 Naistenlahdessa ja Santalahdessa, Tampereen Epilässä ja Pirkankadulla, jotka ovat Tampereen kaupungin ilmanlaadun mittausasemia sekä Hyytiälän tausta-aseamalla, joka on Tampereelta lähin taustailmanlaadun mittausasema. Epilän ja Pirkankadun mittausasemat ovat tyypiltään liikenneasemia. Epilässä mittalaitteena on laserdiffraktioon perustuva Grimm 180 ja Pirkankadulla TEOM 1400a, jonka mittausperiaate on värähtelevä mikrovaaka. Hyytiälän tausta-aseamalla on käytössä samanlainen SHARP -mittalaite kuin Naistenlahdessa ja Santalahdessa, mutta laitteesta käytettiin vain betasäteilyn vaimenemiseen perustuvaa pitoisuutta. Erilaisista mittausmenetelmistä johtuen hiukkasmittausten tulokset eivät ole sellaisenaan täysin vertailukelpoisia.

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjearvo ylittyi kevätpölyn takia maaliskuussa 2014 sekä Naistenlahden että Epilän ja Pirkankadun mittausasemilla. Santalahden mittausasemalla hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjearvo ylittyi toukokuussa 2014 lähinnä kaasujohdon alitusporaukseen liittyvien työmaatoimintojen seurauksena. Naistenlahdessa ja Santalahdessa hiukkaspitoisuudet olivat sekä ohjearvoon verrannollisina pitoisuuksina että kuukausikeskiarvoina kesä- ja syksyaikaan suurempia kuin Epilän ja Pirkankadun mittausasemalla.



Kuva 6.19. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden kuukausikeskiarvot Tampereella ja Hyytiälän tausta-aseamalla vuonna 2014.

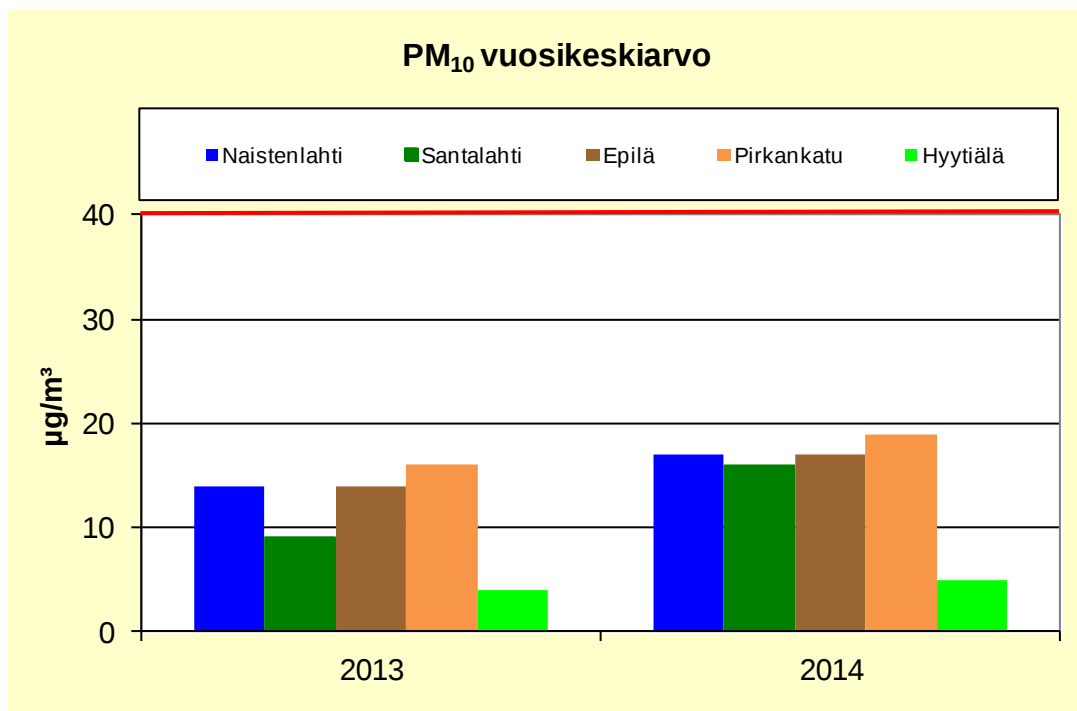


Kuva 6.20. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Tampereella ja Hyytiälän tausta-asemalla vuonna 2014. Ohjearvotaso, 70 µg/m³, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjearvon ylitykset ovat yleisiä maamme taajamissa kevätkuukausina, jolloin hiukkaspitoisuudet ovat tyypillisesti suurimmillaan. 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 ilmapvirtausten vaikutuksesta. Santalahdessa laajemmat rakennustyöt ja erityisesti kaasuputken alitustyö ajoittuivat toukokuulle 2014, mikä näkyy kohonneina hiukkas- ja typpidioksidipitoisuuksina.

Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet olivat Tampereella ja Hyytiälän tausta-asemalla vuonna 2014 jonkin verran vuoden 2013 keskiarvoja korkeammat. Selvimmin pitoisuus on noussut Santalahden asemalla (kuva 6.21).

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiraja-arvon taso, 50 µg/m³, ylittyi Naistenlahdessa 5 kertaa ja Santalahdessa 7 kertaa, kun sallittujen ylitysten määrä on 35 kpl kalenterivuodessa. Vastaavasti Pirkankadulla vuorokausiraja-arvon taso ylittyi 14 kertaa ja Epilässä 8 kertaa.

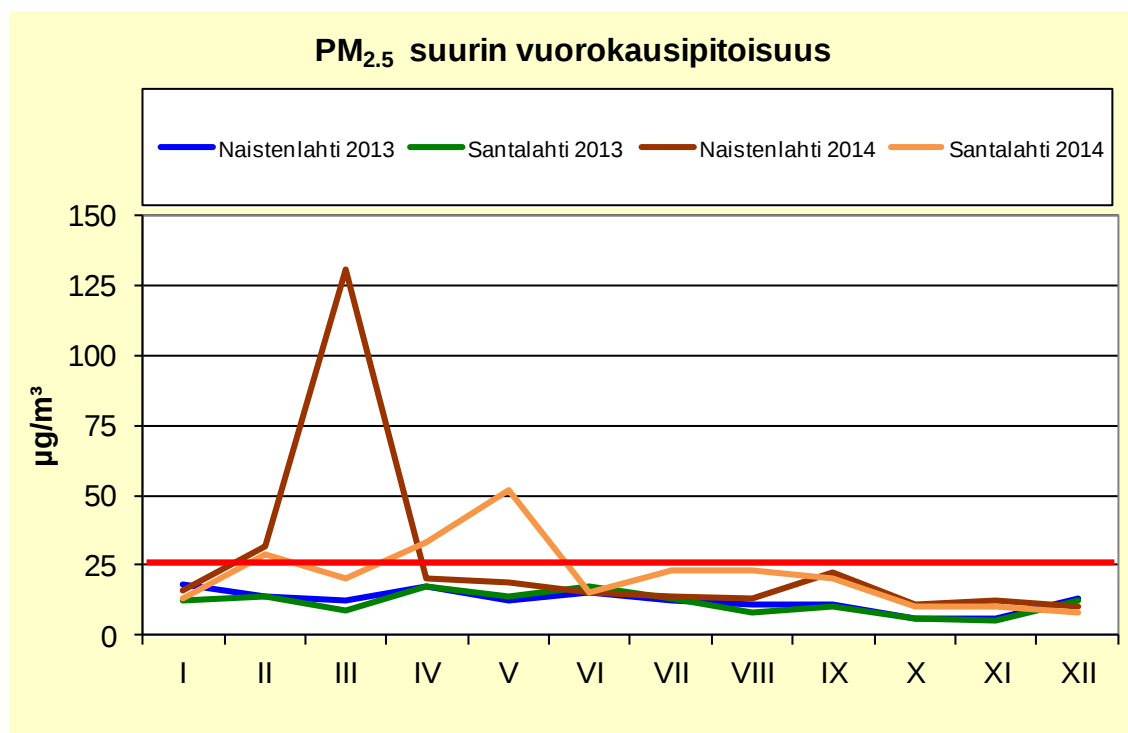


Kuva 6.21. Hengitettävien hiukkasen (PM₁₀) vuosikeskiarvopitoisuudet Tampereella ja Hyytiälän tausta-asemalla vuonna 2014. Raja-arvotaso, 40 µg/m³, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.

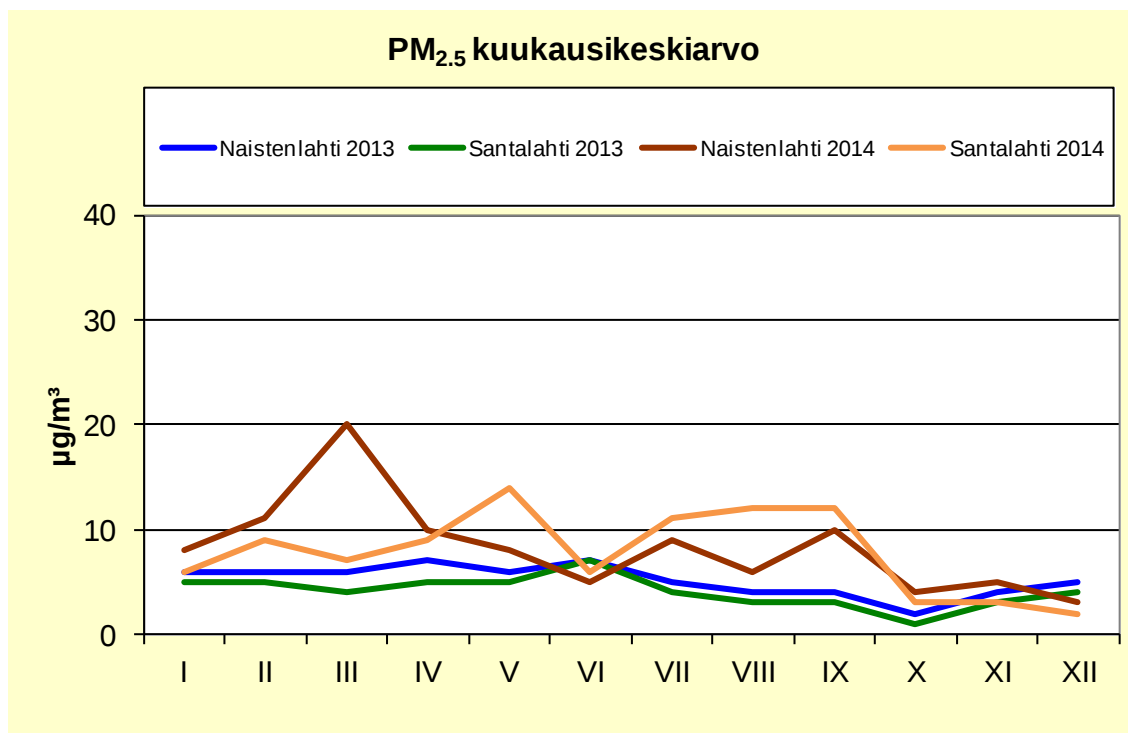
Pienhiukkaset

Pienhiukkasten suurimmat vuorokausipitoisuudet sekä kuukausikeskiarvot olivat Naistenlahdessa ja Santalahdessa vuonna 2014 pääosin suurempia kuin vuonna 2013 (kuvat 6.22 ja 6.23).

Kuvissa 6.24 ja 6.25 on esitetty pienhiukkasten pitoisuuden kuukausikeskiarvot ja suurimmat vuorokausipitoisuudet kuukausittain vuodelta 2014 Naistenlahdessa ja Santalahdessa sekä Tampereen Epilässä, Linja-autoasemalla ja Kalevassa, jotka ovat Tampereen kaupungin ilmanlaadun mittausasemia. Tampereen kaupungin mittausasemista Epilä on tyypiltään liikenneasema. Kalevan ja Linja-autoaseman mittausasemat edustavat ns. kaupunkitaustaa. Epilässä mittalaitteena on laserdiffraktioon perustuva Grimm 180, Linja-autoasemalla ja Kalevassa TEOM 1400a, jonka mittausperiaate on värähtelevä mikrovaaka. Erilaisista mittausmenetelmistä johtuen hiukkasmittausten tulokset eivät ole sellaisenaan täysin vertailukelpoisia, varsinkin kun Tampereen kaupungilla ei ole ollut hiukkasmittaustulosten käsittelyssä käytössä vertailumittausten mukaisia ekvivalenttisuuskorjauksia.



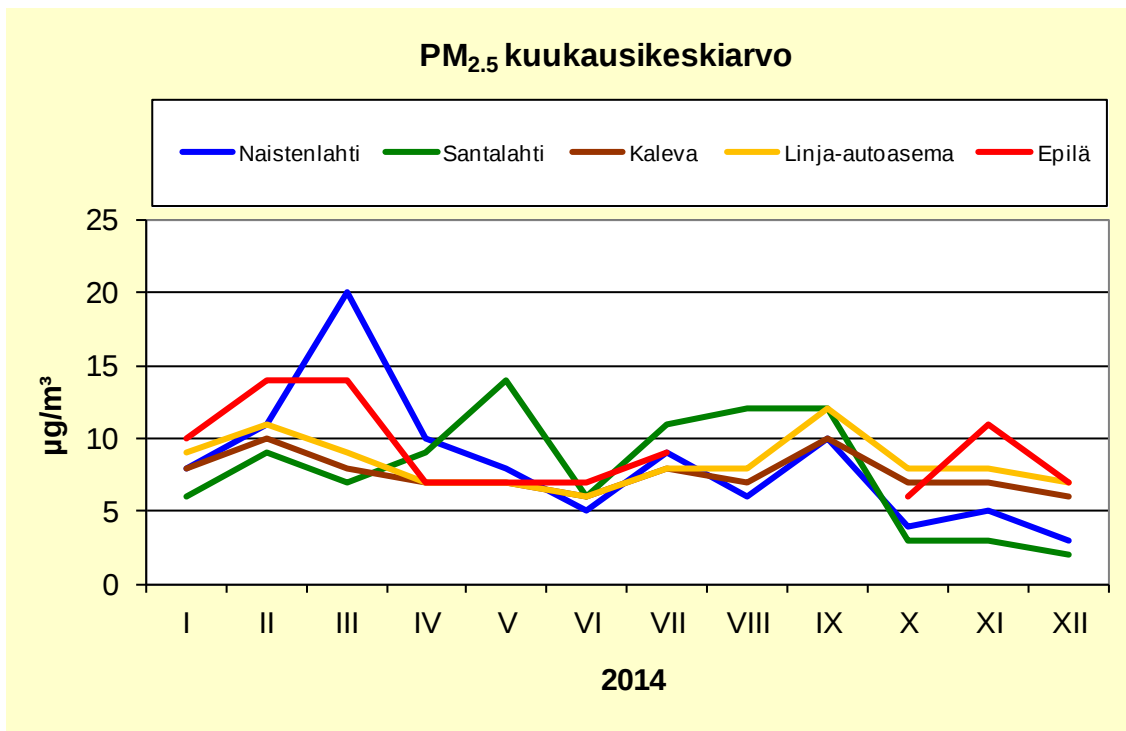
Kuva 6.22. Pienhiukkasten (PM_{2.5}) suurimmat vuorokausipitoisuudet kuukausittain Naistenlahdessa ja Santalahdessa vuosina 2013 ja 2014. WHO:n ohjearvo, 25 µg/m³, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.



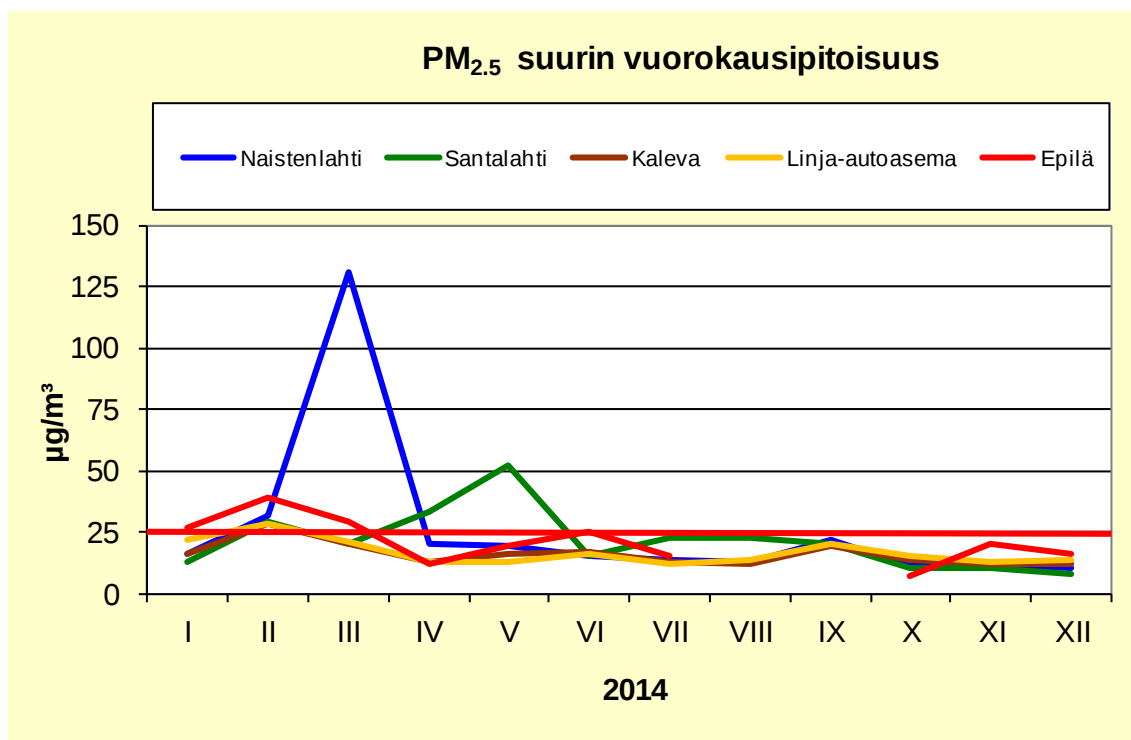
Kuva 6.23. Pienhiukkasten (PM_{2.5}) kuukausikeskiarvot Naistenlahdessa ja Santalahdessa vuosina 2013 ja 2014.

Pienhiukkaspitoisuudet olivat Naistenlahdessa ja Santalahdessa kuukausikeskiarvoina tarkasteltuna ajoittain suurempia kuin Tampereen kaupungin mittausasemilla ja suurimpina vuorokausipitoisuuksina tarkasteltuina Naistenlahdessa maaliskuussa ja Santalahdessa toukokuussa selvästi suurempia kuin Tampereen kaupungin mittausasemilla. WHO:n ohjearvo vuorokausikeskiarvolle ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ylittyi Naistenlahdessa 5 kertaa, Santalahdessa 6 kertaa, Epilässä 4 kertaa ja Linja-autoasemalla sekä Kalevassa kerran vuonna 2014.

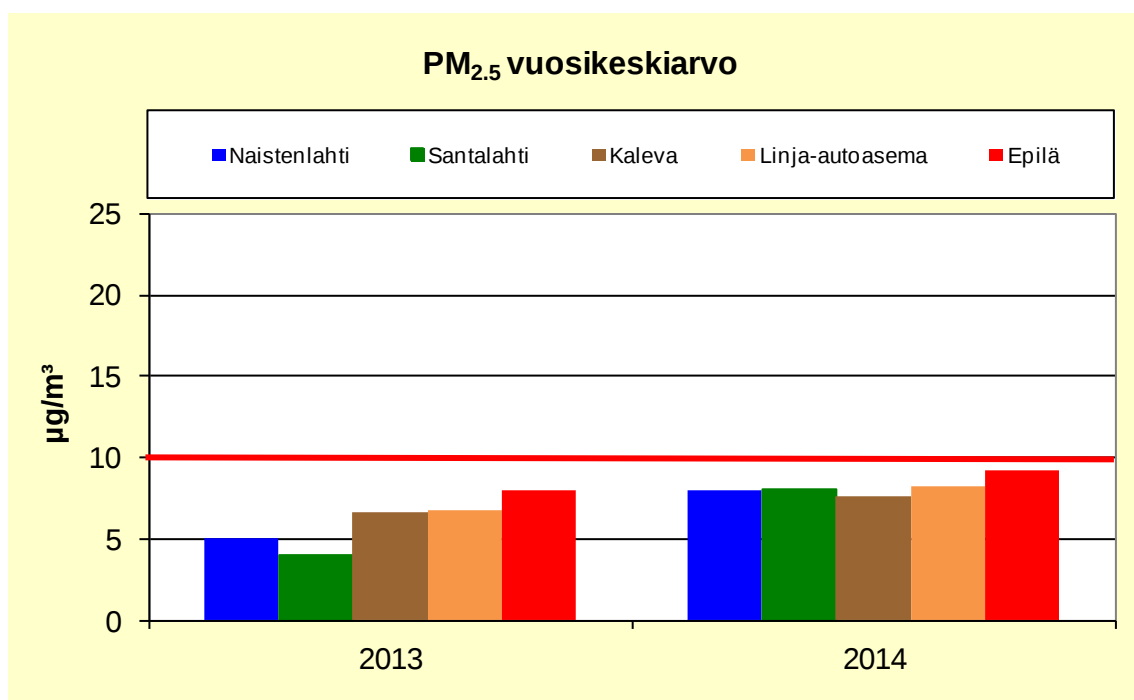
Pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet olivat Tampereella vuonna 2014 jonkin verran vuoden 2013 keskiarvoja korkeammat. Selvimmin pitoisuus on noussut Santalahdessa (kuva 6.26).



Kuva 6.24. Pienhiukkasten pitoisuuden kuukausikeskiarvot Tampereella vuonna 2014.



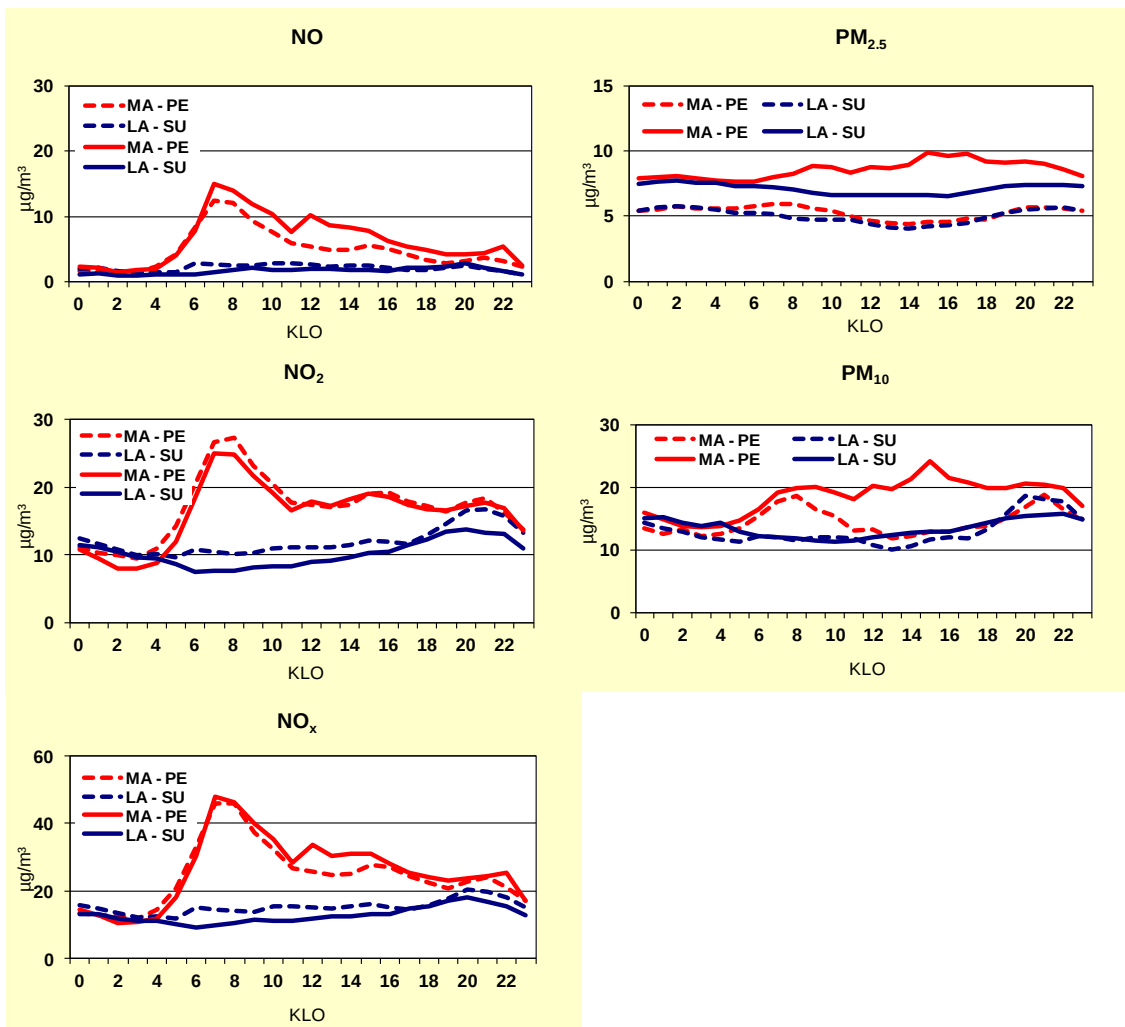
Kuva 6.25. Pienhiukkasten suurimmat vuorokausipitoisuudet kuukausittain vuonna 2014. WHO:n ohjearvotaso, 25 µg/m³, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.



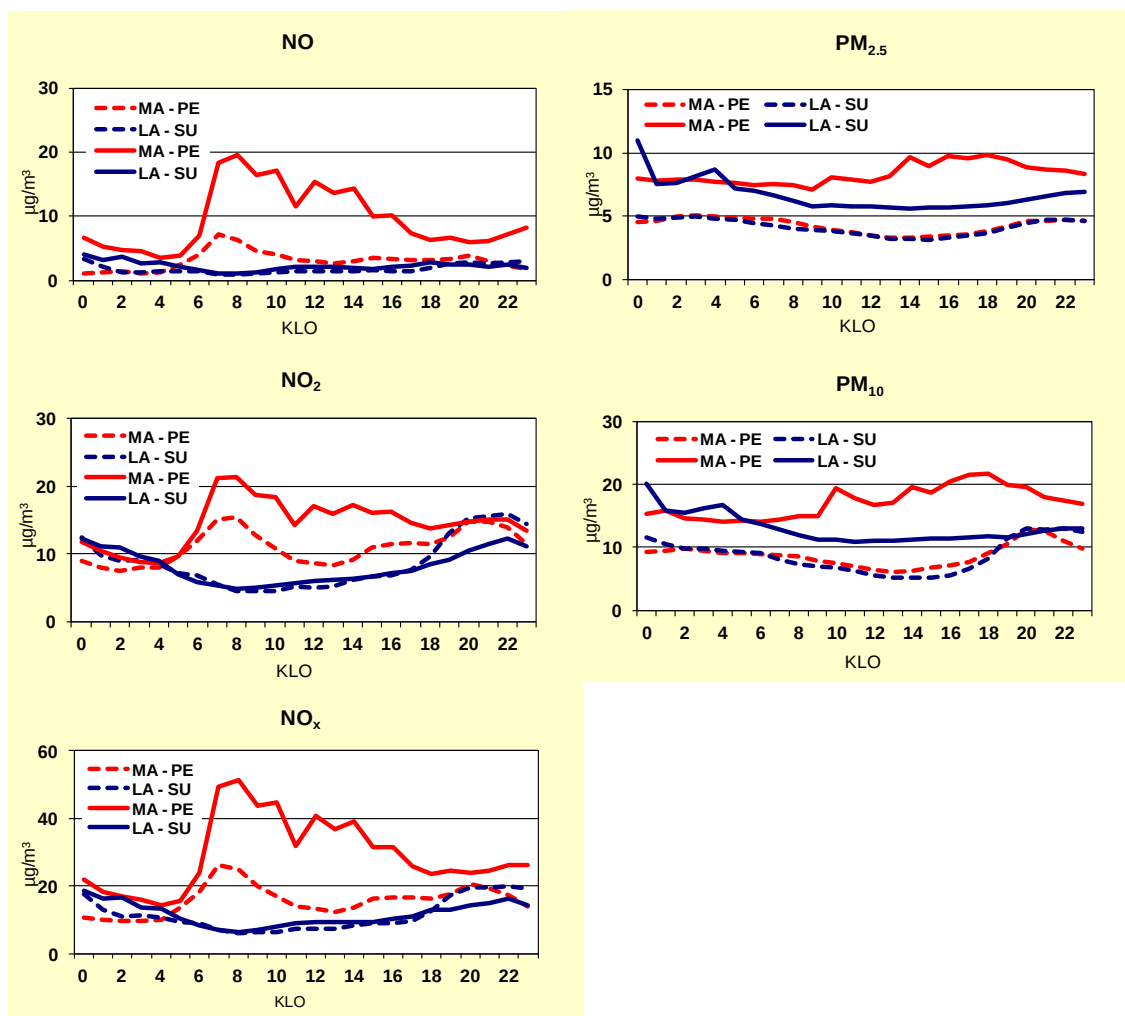
Kuva 6.26. Pienhiukkasten (PM_{2.5}) vuosikeskiarvopitoisuudet Tampereella vuonna 2014. WHO:n ohjearvotaso, 10 µg/m³, on merkitty kuvaan punaisella vaakaviivalla.

Pitoisuudet kellonajan mukaan

Kuvissa 6.27 ja 6.28 on vielä verrattu typpimonoksidin, typpidioksidin ja typen oksidien kokonaismäärän sekä pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuuksien keskimääräistä vaihtelua Naistenlahdessa ja Santalahdessa kellonajan mukaan erikseen arkipäivisin (maanantai-perjantai) ja viikonloppuisin (lauantai-sunnuntai) vuosina 2013 ja 2014.



Kuva 6.27. Typpimonoksidin (NO), typpidioksidin (NO₂), typen oksidien kokonaismäärän (NO_x), pienhiukkasten (PM_{2.5}) ja hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tuntipitoisuuksien keskiarvot kellonajan mukaan arkipäivisin (ma - pe) ja viikonloppuisin (la - su) Naistenlahdessa vuonna 2013 (katkoviiva) ja vuonna 2014 (yhtenäinen viiva).



Kuva 6.28. Typpimonoksidin (NO), typpidioksidin (NO₂), typen oksidien kokonaismäärän (NO_x), pienhiukkasten (PM_{2.5}) ja hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tuntipitoisuuksien keskiarvot kellonajan mukaan arkipäivisin (ma - pe) ja viikonloppuisin (la - su) Santalahdessa vuonna 2013 (katkoviiva) ja vuonna 2014 (yhtenäinen viiva).

Verrattuna vuoteen 2013 typen oksidien pitoisuudet olivat edellisvuotta korkeammalla tasolla erityisesti Santalahdessa arkipäivisin. Myös Naistenlahdessa on havaittavissa vastaavaa pitoisuustason nousua arkipäivisin päiväsaikaan typpimonoksidin keskimääräisissä pitoisuuksissa, mikä viittaa lähilähteen vaikutukseen (työmaa). Viikonloppujen ja arkipäivien aamuyön tuntien pitoisuustaso on Naistenlahdessa pysynyt suunnilleen samalla tasolla edellisvuoteen nähden. Santalahdessa typpimonoksidin keskimääräinen pitoisuustaso on arkipäivisin edellisvuotta korkeampi kellonajasta riippumatta.

Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat edellisvuotta korkeammalla tasolla erityisesti Santalahdessa arkipäivisin. Myös Naistenlahdessa on havaittavissa vastaavaa pitoisuustason nousua arkipäivisin päiväsaikaan.

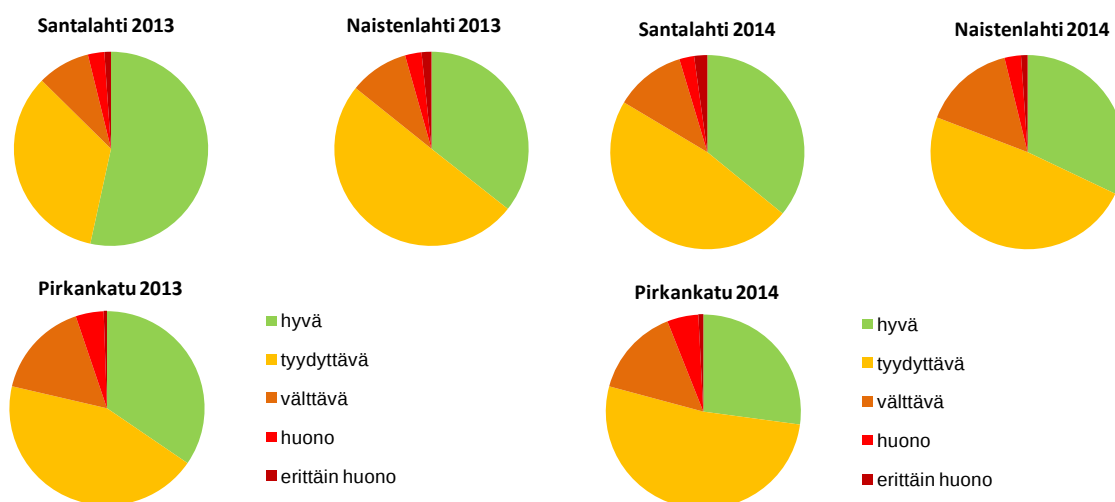
Pienhiukkasten keskimääräisissä pitoisuuksissa ei ollut kovin paljon vaihtelua päivän mittaan kummassakaan mittauspisteessä. Pienhiukkasten pitoisuus oli viikonloppuisin päiväsaikaan alempi kuin arkipäivisin. Pitoisuustaso oli edellisvuotta korkeampi molemmissa mittauspisteissä.

Ilmanlaatuindeksi

Vuonna 2013 ilmanlaatu oli indeksillä arvioiden Santalahdessa selvästi parempaa ja Naistenlahdessa parempaa kuin Tampereen Pirkankadulla (kuva 6.29).

Vuonna 2014 ilmanlaatu oli pääasiassa hyvää tai tyydyttävää: Naistenlahdessa 81 % ja Santalahdessa 84 % vuoden päivistä. Ilmanlaatu oli Naistenlahdessa huonoa 10 päivänä ja erittäin huonoa 4 päivänä ja Santalahdessa huonoa 9 päivänä ja erittäin huonoa 8 päivänä. Huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun tilanteet aiheutuivat pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten korkeista pitoisuuksista. Vastaavasti ilmanlaatu Tampereen kaupungin Pirkankadun mittausasemalla oli vuonna 2014 hyvää tai tyydyttävää 79 % päivistä sekä huonoa 19 päivänä ja erittäin huonoa 3 päivänä.

Indeksillä arvioiden ilmanlaatu Naistenlahdessa ja Santalahdessa oli vuonna 2014 saman tasoista tai parempaa kuin ilmanlaatu Tampereen Pirkankadulla. Vaikka ilmanlaadussa on rakennustyömaan vuoksi nähtävissä huononemisen merkkejä erityisesti Santalahdessa, oli ilmanlaatu vuonna 2014 kuitenkin Santalahden ja Naistenlahden mittauspisteissä yli 80 % päivistä ja Pirkankadullakin lähes 80 % päivistä hyvää tai tyydyttävää.



Kuva 6.29. Ilmanlaatu Tampereen Santalahdessa, Naistenlahdessa ja Pirkankadulla vuosina 2013 ja 2014.

7 YHTEENVETO

Ilmatieteen laitos aloitti ilmanlaatumittaukset Tampereella tunnelihankkeen suunnitteluvaiheessa 20.12.2012 ja ne jatkuvat tunnelihankkeen toteutusvaiheen ajan sekä ainakin vuoden tunnelin käyttöönoton jälkeen. Tunnelin suunnitteluvaiheen ilmanlaatumittausten tavoite oli hankkia tietoa ilmanlaadusta tulevan tunnelin suuaukkojen läheisyydestä ennen tunnelin rakentamista. Vuoden 2013 lopulla hankkeessa siirryttiin toteutusvaiheeseen. Tässä raportissa on tarkasteltu tunnelin suualueiden ilmanlaatua vuoden 2014 aikana tunnelin louhimisvaiheessa. Tunnelihankkeen ilmanlaatu- ja säämittausten tilaaja vuonna 2014 oli A-Insinöörit Suunnittelu Oy.

Rakennettavan tunnelin suualueilla Naistenlahdessa ja Santalahdessa sijaitsevilla mittausasemilla mitattiin ulkoilmasta typen oksidien, pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia. Nämä ovat oleellimmat kaupunki-ilmanlaatuun vaikuttavat ilman epäpuhtaudet ja myös tärkeimmät Rantaväylän tunnelihankkeen ilmanlaatuvaikutuksia kuvaavat pitoisuusindikaattorit, joiden perusteella tunnelin liikenteen päästöjen ilmanlaatuvaikutuksia voidaan riittävän perusteellisesti arvioida. Näille yhdisteille on koko EU:n alueella voimassa olevat raja-arvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi. Lisäksi mitattiin ko. pitoisuustulosten tulkintaa varten säätietoja (tuulen suunta ja nopeus, ulkoilman lämpötila ja suhteellinen kosteus). Ilmatieteen laitos on valmistellut mittaustulosten seurantaan ja Tampereen tunnelihankkeen ilmanlaadusta tiedottamista varten Internet-sivustot, joilla esitetään reaaliaikaisesti typenoksidi- ja hiukkaspitoisuudet, säätiedot sekä ilmanlaatua kuvaavan ilmanlaatuindeksin arvot.

Tunnelihankkeen mittausasemilla Naistenlahdessa ja Santalahdessa mitatut typpidioksidin pitoisuudet eivät ylittäneet kotimaisia ilmanlaadun ohjearvoja. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvo ylittyi Naistenlahdessa maaliskuussa 2014 katupölyn vuoksi ja Santalahdessa toukokuussa 2014 rakennustöiden vuoksi.

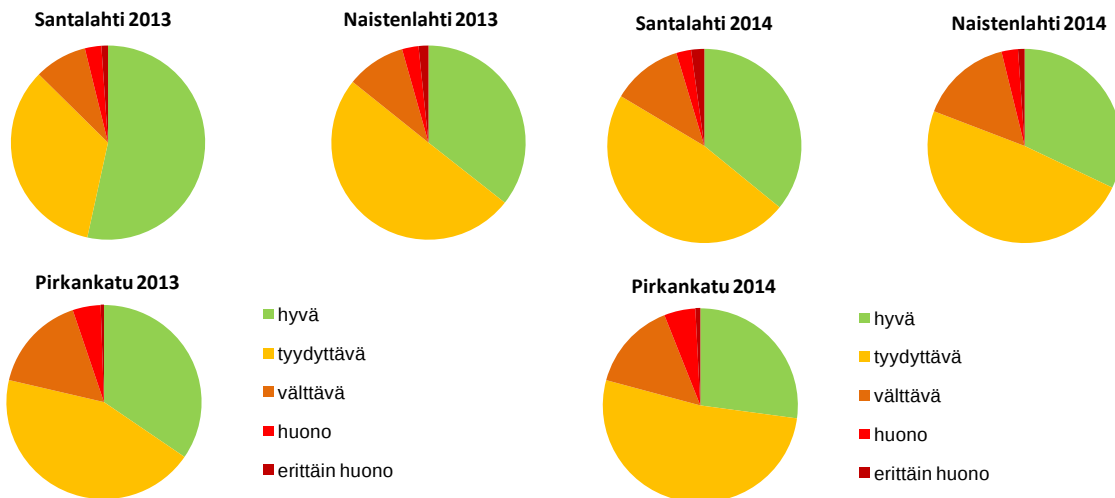
Naistenlahdessa ja Santalahdessa vuonna 2014 mitatut typpidioksidipitoisuudet eivät ylittäneet ilmanlaadun raja-arvoja. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiraja-arvon taso, $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ylittyi Naistenlahdessa 5 kertaa ja Santalahdessa 7 kertaa, kun sallittujen ylitysten määrä on 35 kpl kalenterivuodessa. Selvästi rakennustöistä aiheutuvia näistä oli Naistenlahdessa yksi ylitys ja Santalahdessa neljä.

Pienhiukkaspitoisuuksien vuosiraja-arvo ei ylittynyt kummassakaan mittauspisteessä kuten ei myöskään WHO:n ohjearvo vuosikeskiarvolle. WHO:n ohjearvo vuorokausikeskiarvolle ylittyi Naistenlahdessa 5 kertaa ja Santalahdessa 6 kertaa.

Naistenlahdessa ja Santalahdessa mitattujen ilman epäpuhtauspitoisuuksien perusteella lasketaan ilmanlaatuindeksi, joka kuvaa vallitsevaa ilmanlaatuilannetta (hyvä, tyydyttävä, välttävä, huono, erittäin huono). Indeksien laskentaan käytetään typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten tuntipitoisuuksia. Maaliskuussa katupölykaudella ilmanlaatu oli huonoa tai erittäin huonoa Naistenlahdessa ja Santalahdessa useina päivinä. Samaan aikaan ilmanlaatu heikentyi myös laajemmalti Tampereen alueella Tampereen kaupungin ilmanlaadun mittausasemien tulosten mukaan. Voimakkaimmillaan katupölykausi oli maaliskuun loppupuolella, mutta myös huhtikuun puolivälissä ja pääsiäisen aikaan ilmanlaatu heikkeni Tampereen keskusta-alueella.

Tunnelin työmaatoiden johdosta ilmanlaatu oli huonoa Naistenlahdessa yksittäisinä päivinä maaliskuussa, heinäkuussa ja syyskuussa. Santalahdessa esiintyi huonon tai erittäin huonon ilmanlaadun päiviä Naistenlahtea useammin kesäkaudella. Lähes koko toukokuun ajan tehtiin Santalahden mittauskopin pohjoispuolella kaasujohdon alitusporausta aivan kopin välittömässä läheisyydessä. Tästä aiheutui huonoa tai erittäin huonoa ilmanlaatua yhteensä viitenä päivänä. Santalahden mittausasemalla ilmanlaatu oli huonoa myös kesä-, heinä- ja elokuussa pilaantuneiden maiden seulonnan ja maankaivuun takia. Lumien sulamisesta lähtien Santalahden mittauskopin ympäristössä on ollut laajalti maata paljaana (pintakasvillisuus poistettu), joka pölyää kuivalla ja tuulisella säällä, vaikka alueella ei työmaatoita tehtäisikään.

Indeksillä arvioiden ilmanlaatu Naistenlahdessa ja Santalahdessa oli vuonna 2014 saman tasoista tai parempaa kuin ilmanlaatu Tampereen Pirkankadulla. Vaikka ilmanlaadussa on rakennustyömaan vuoksi nähtävissä huononemisen merkkejä erityisesti Santalahdessa, oli ilmanlaatu vuonna 2014 kuitenkin Santalahden ja Naistenlahden mittauspisteissä yli 80 % päivistä ja Pirkankadullakin lähes 80 % päivistä hyvää tai tyydyttävää. Huonon ja erittäin huonon ilmanlaadun tilanteet aiheutuivat pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten korkeista pitoisuuksista.



Typpidioksidin ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet olivat Naistenlahdessa ja Santalahdessa vuonna 2014 pääosin samaa tasoa kuin vuonna 2013. Naistenlahdessa ja Santalahdessa typpidioksidipitoisuudet olivat pääosin matalampia kuin Tampereen Linja-autoasemalla ja Pirkankadun asemalla. Poikkeuksena Santalahden korkeammat typpidioksidipitoisuudet toukokuussa 2014 kaasujohdon alitusporauksen yhteydessä. Leudommasta talvikaudesta johtuen typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvot olivat Tampereella vuonna 2014 hieman vuoden 2013 keskiarvoja alhaisemmat lukuunottamatta Santalahden asemaa, jolla NO₂ vuosikeskiarvo oli suurempi vuonna 2014 kuin 2013 rakennustöiden vuoksi.

Verrattuna vuoteen 2013 typen oksidien pitoisuudet olivat edellisvuotta korkeammalla tasolla erityisesti Santalahdessa arkipäivisin. Myös Naistenlahdessa

oli havaittavissa vastaavaa pitoisuustason nousua arkipäivisin päiväsaikaan typpimonoksidin keskimääräisissä pitoisuuksissa, mikä viittaa työmaatoiden vaikutukseen.

Hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrattavat pitoisuudet ja kuukausikeskiarvot olivat Naistenlahdessa ja Santalahdessa vuonna 2014 pääosin suurempia kuin vuonna 2013. Vuoden 2013 kevätpölykausi ajoittui pääosin huhtikuuhun, kun vuonna 2014 katujen pölyäminen oli voimakkainta maaliskuussa. Santalahden pitoisuustasoa nosti toukokuussa 2014 tehty kaasujohdon alitusporaus aivan mittauskopin tuntumassa. Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet olivat myös Tampereella ja Hyytiälän tausta-asemalla vuonna 2014 jonkin verran vuoden 2013 keskiarvoja korkeammat. Selvimmin pitoisuus on kuitenkin noussut Santalahden asemalla.

Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat edellisvuotta korkeammalla tasolla erityisesti Santalahdessa arkipäivisin. Myös Naistenlahdessa on havaittavissa vastaavaa pitoisuustason nousua arkipäivisin päiväsaikaan. Naistenlahdessa ja Santalahdessa hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat kesä- ja syksyaikaan suurempia kuin Epilän ja Pirkankadun mittausasemilla.

Pienhiukkaspitoisuudet olivat Naistenlahdessa ja Santalahdessa vuonna 2014 suurempia kuin vuonna 2013. Pienhiukkaspitoisuudet olivat tulevan tunnelin suualueilla pitkäaikaikeskiarvoina suurempia kuin muualla Tampereella ja erityisesti suurimpina lyhytaikaispitoisuuksina selvästi suurempia kuin Tampereen kaupungin mittausasemilla. Pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet olivat yleisesti Tampereella vuonna 2014 jonkin verran vuoden 2013 keskiarvoja korkeammat. Selvimmin pitoisuus on noussut Santalahdessa.

Pienhiukkaspitoisuudet vaihtelevat vuorokauden sisällä keskimäärin varsin vähän. Pienhiukkasten pitoisuus oli kuitenkin viikonloppuisin päiväsaikaan alempi kuin arkipäivisin, jolloin liikennettä on enemmän.

Tunnelihankkeessa siirryttiin loppuvuodesta 2013 kehitysvaiheesta toteutusvaiheeseen. Ilmanlaadun mittaustulosten mukaan louhinta- ja rakennusvaiheeseen siirtymisellä oli ajoittain vaikutusta lähialueen ilmanlaatuun tulevan tunnelin suuaukoilla. Vaikutus näkyi selvimmin hiukkaspitoisuuksien ja typen oksidien pitoisuuksien kohtamisena erityisesti Santalahdessa arkipäivisin.

VIITELUETTELO

Helsingin yliopisto, 2015. Alustavat PM₁₀ ja NO₂ tuntipitoisuudet Hyytiälän tausta-asemalta vuodelta 2014. Helsingin yliopisto, fysikaalisten tieteiden laitos.

Ilmanlaatuportaali, 2015. Ilmatieteen laitoksen ylläpitämä palvelu, josta on saatavilla mittaustiedot ja historiatietoja pitoisuuksista lähes kaikilta Suomen ilmanlaadun seuranta-asemilta: www.ilmanlaatu.fi

Ilmatieteen laitos, 2015. Ilmastokatsaus, joulukuu 2014. Ilmatieteen laitos, Ilmastokeskus, Helsinki.

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

Saari, H., Komppula, B., Pesonen, R. ja Lovén, K., 2014. Valtatie 12 Tampereen tunneli, Ilmanlaadun seuranta, Mittaustulokset vuodelta 2013. Ilmatieteen laitos, Asiantuntijapalvelut, Ilmanlaatu ja energia.

Tampereen kaupunki, 2015. Tampereen ilmanlaadun mittaustulokset, loka-joulukuu. Neljännesvuosiraportti 4/2014.

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

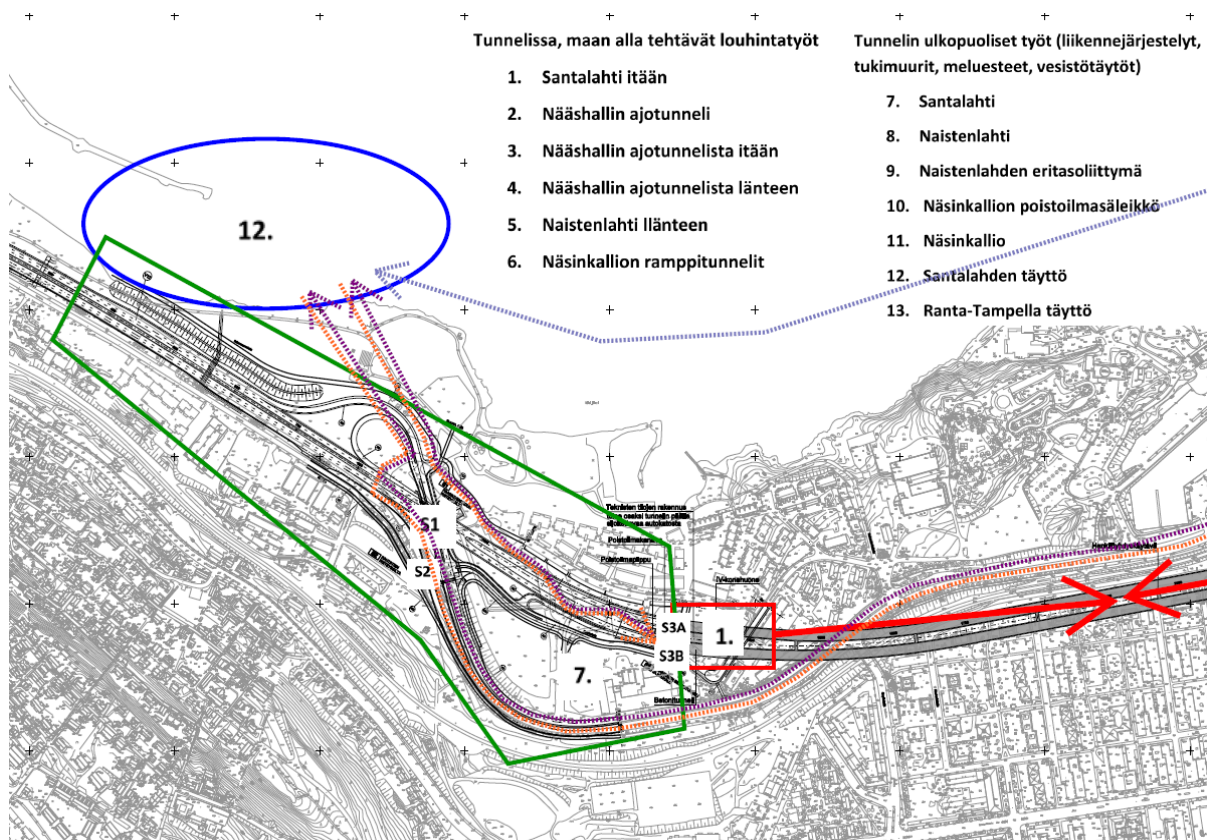
Vnp 480/96. Valtioneuvoston päätös ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta. Annettu Helsingissä 19.6.1996.

Walden, J., Hillamo, R., Aurela, M., Mäkelä, T. ja Laurila, S., 2010. Demonstration of the Equivalence of PM_{2.5} and PM₁₀. Measurement Methods in Helsinki 2007-2008. Tutkimuksia 2010:3. Ilmatieteen laitos, Helsinki.

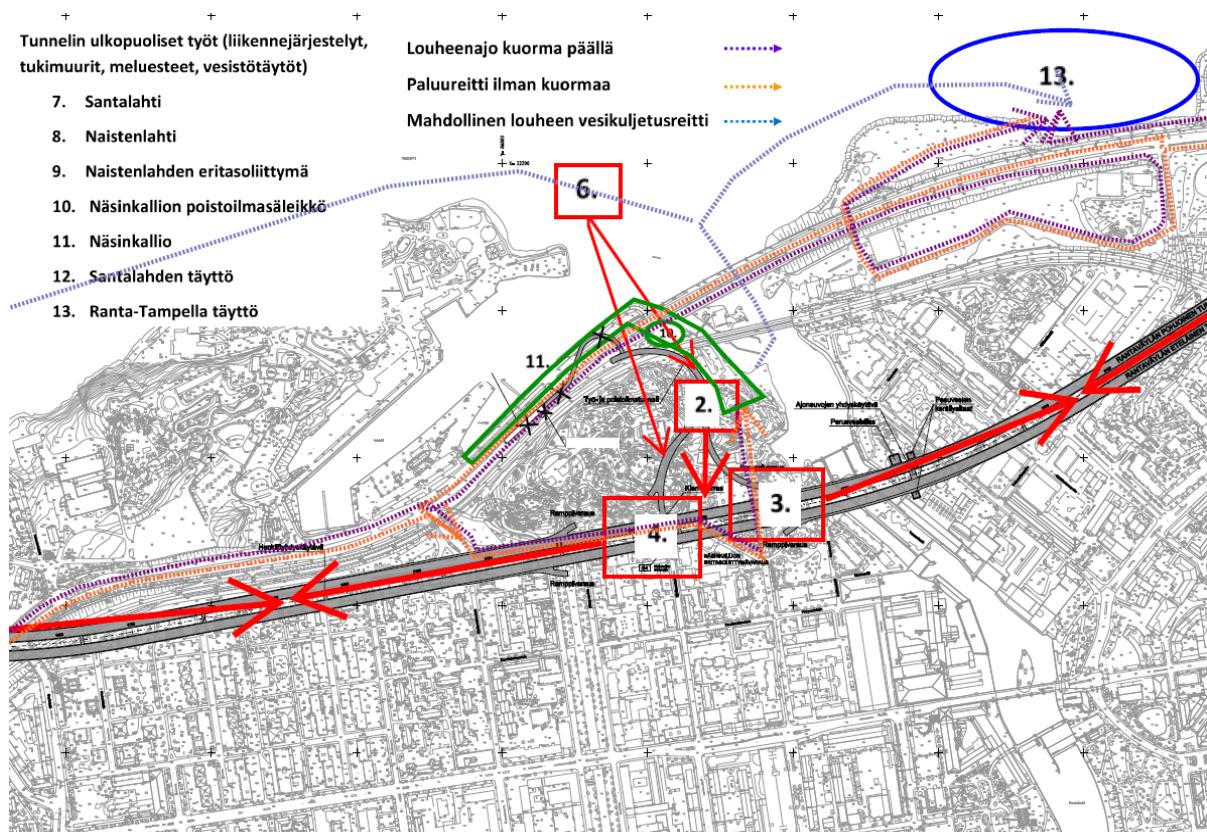
WHO, 2006. Air Quality Guidelines: Global Update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide. World Health Organization.

LIITEKUVAT

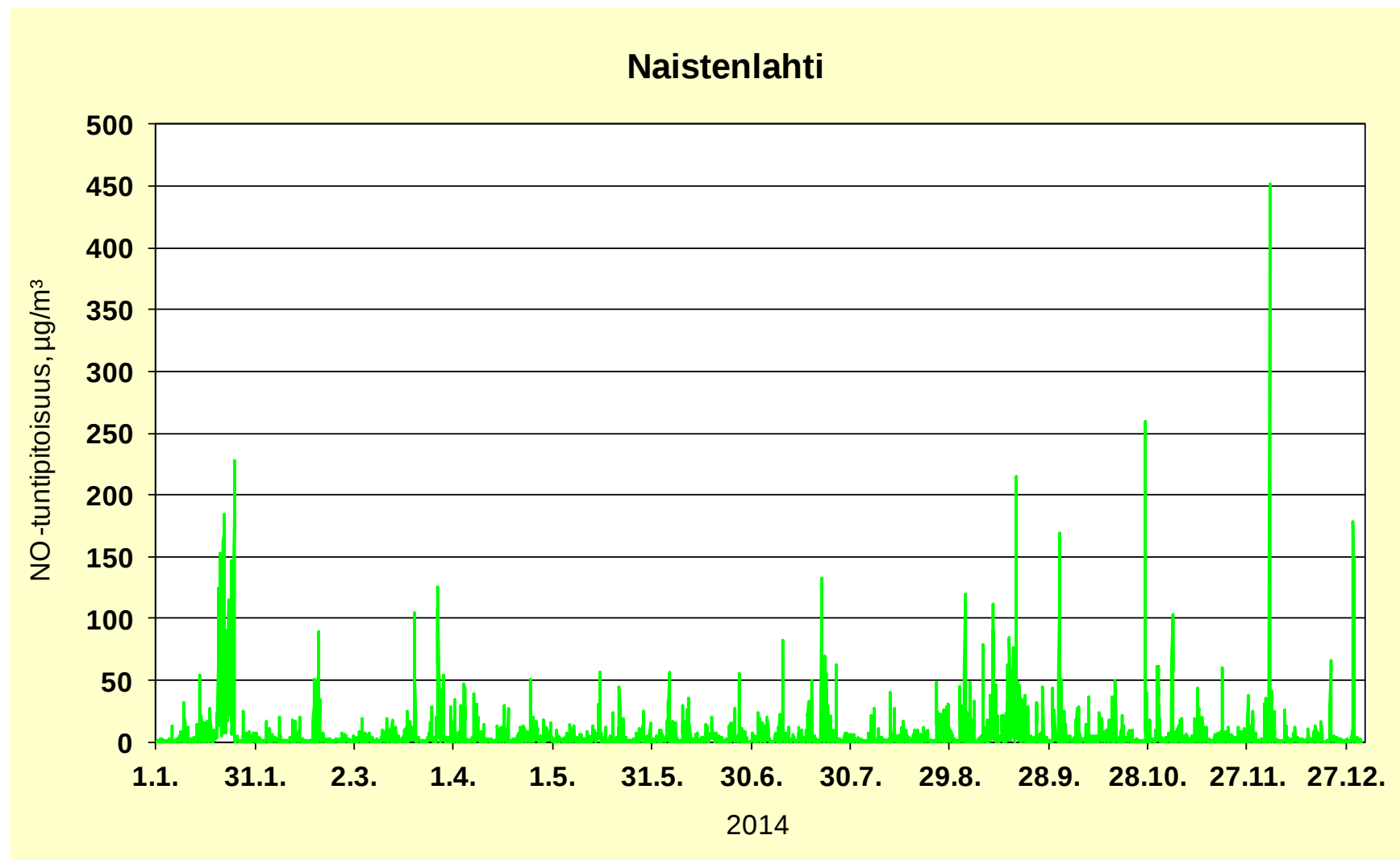
Santalahti



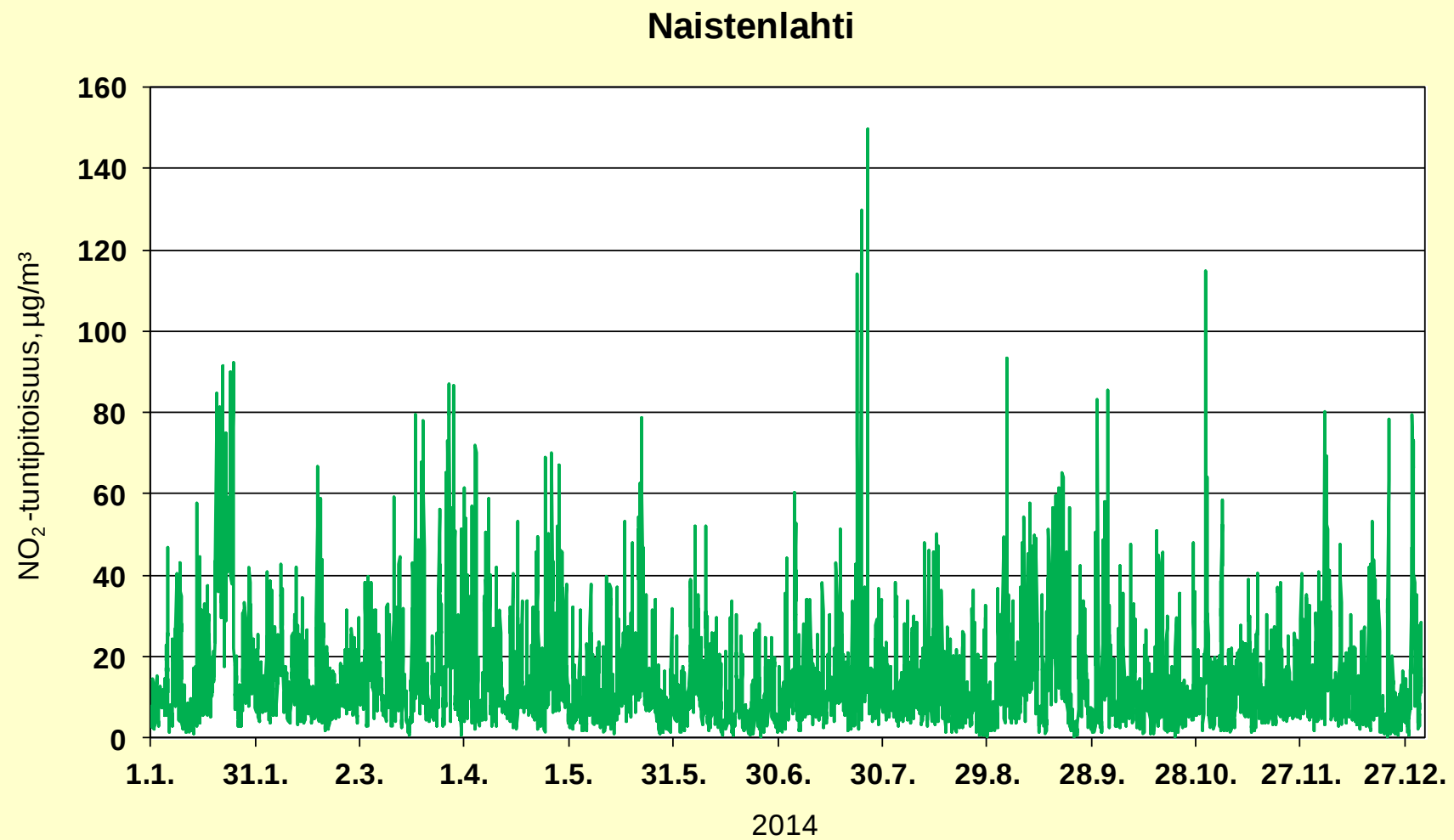
Näsinkallio



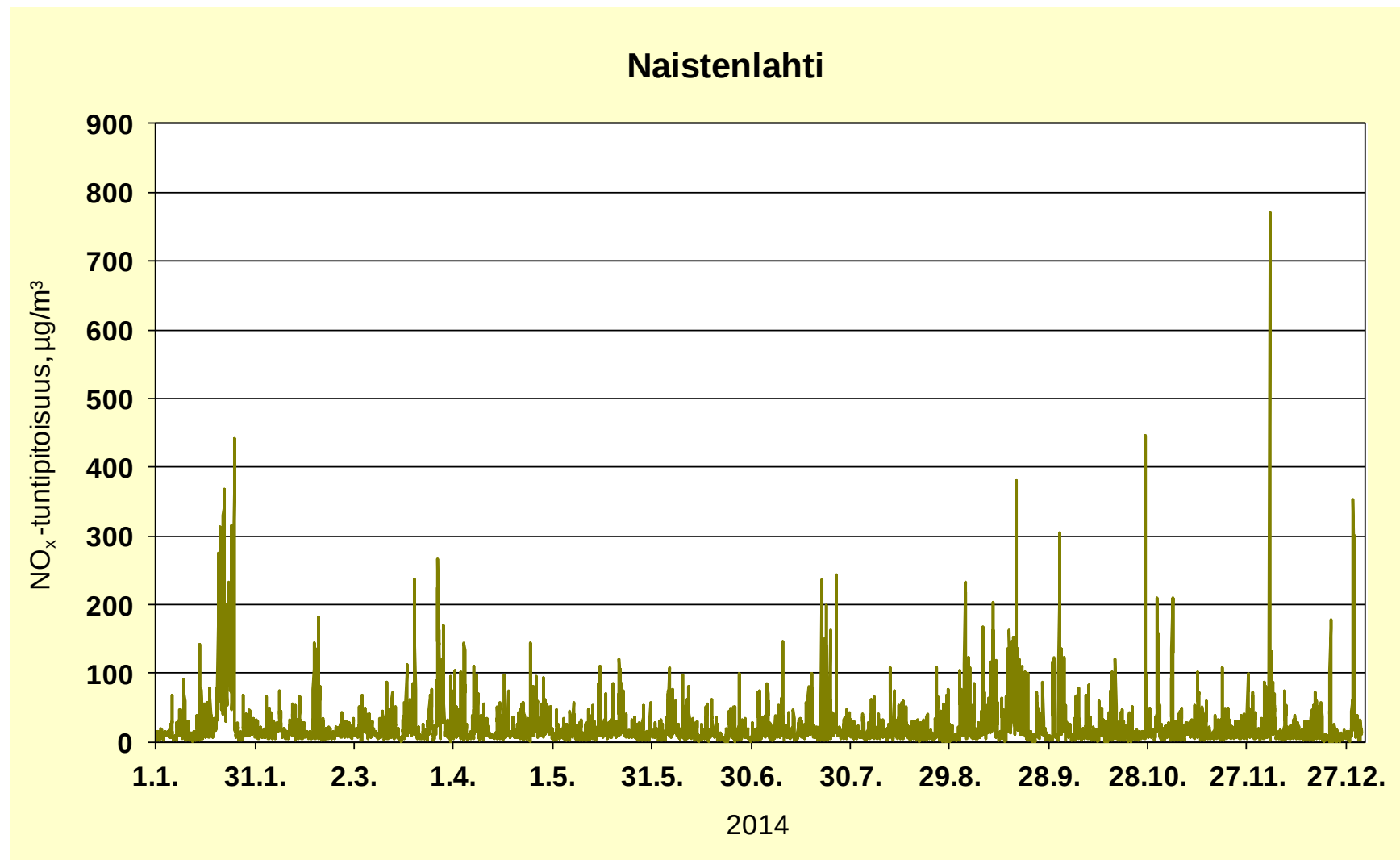
Liitekuva 1. Louheen kuljetusreitit Santalahdessa, Näsinkalliolla ja Naistenlahdessa.



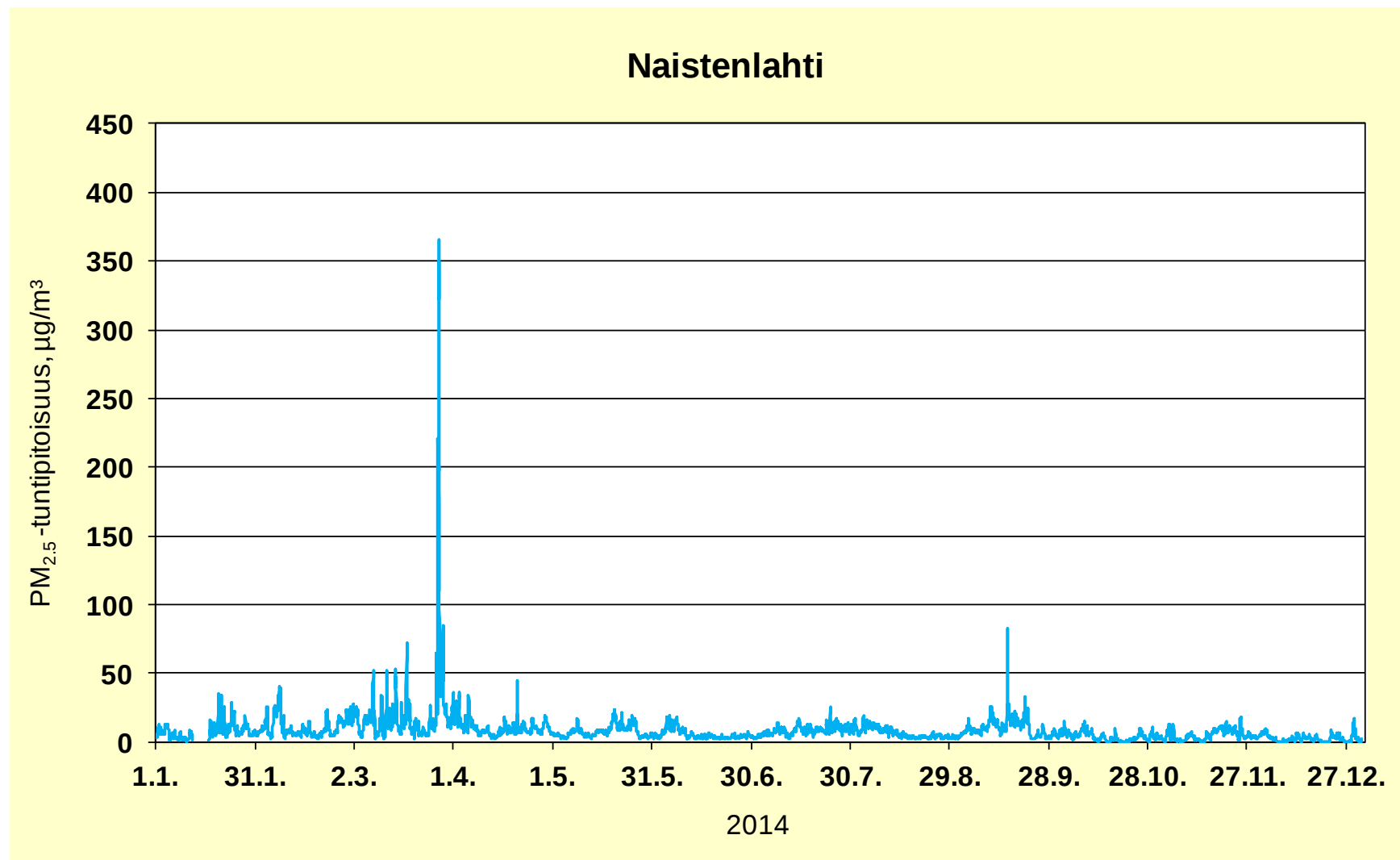
Liitekuva 2. Typpimonoksidin (NO) tuntipitoisuudet Naistenlahdessa 1.1. -31.12.2014.



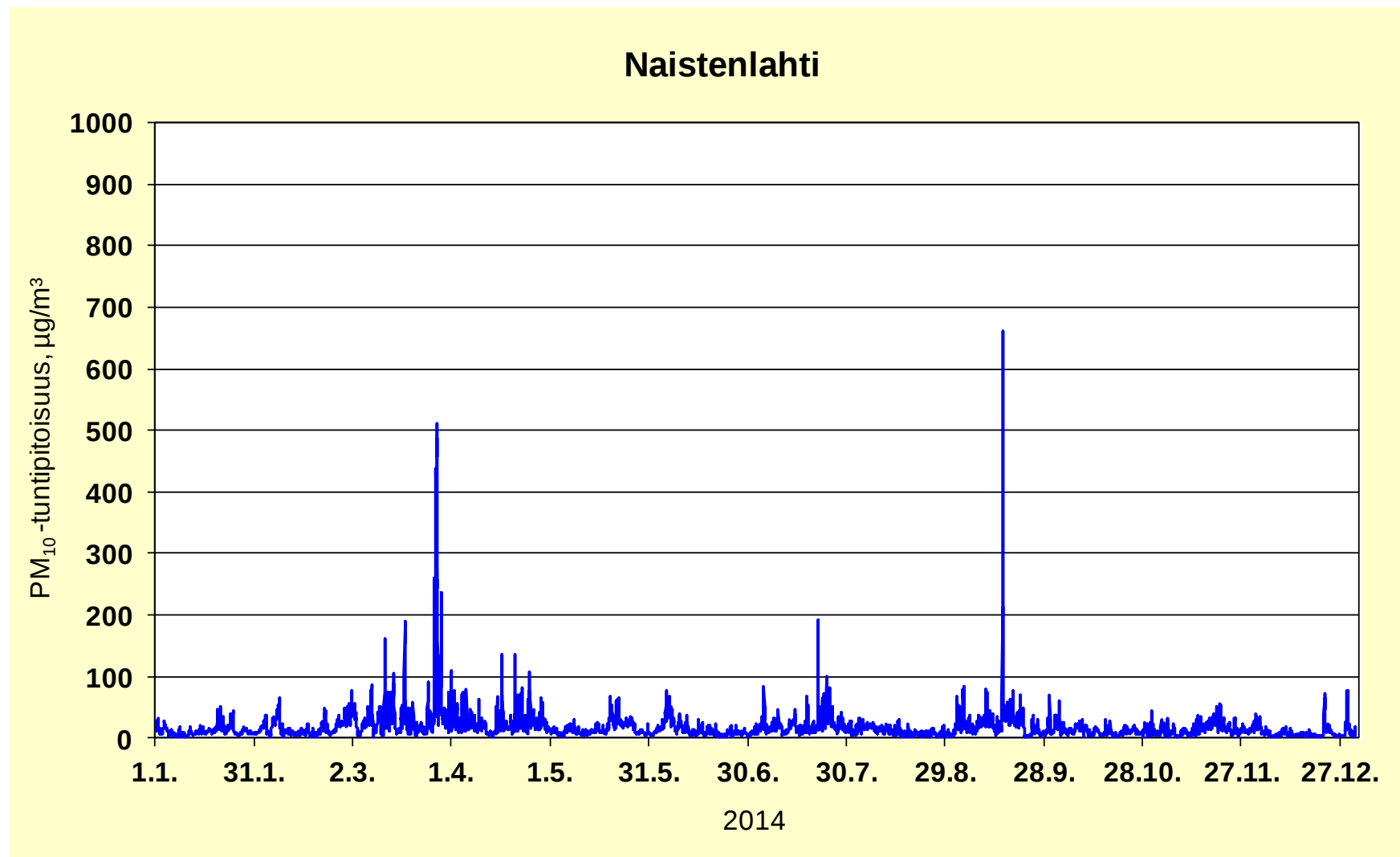
Liitekuva 3. Typpidioksidin (NO₂) tuntipitoisuudet Naistenlahdessa 1.1. – 31.12.2014.



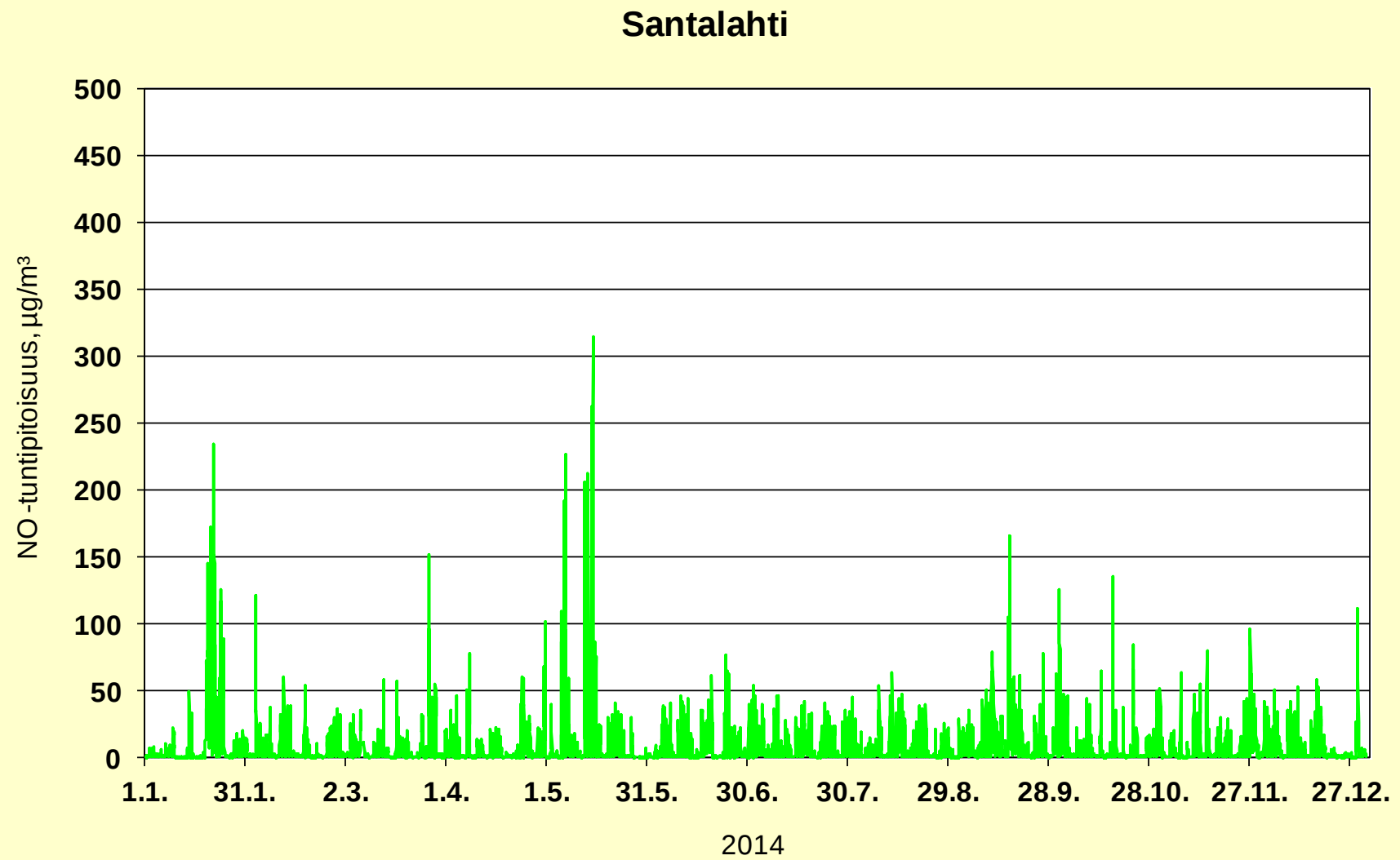
Liitekuva 4. Typen oksidien (NO_x) tuntipitoisuudet Naistenlahdessa 1.1. – 31.12.2014.



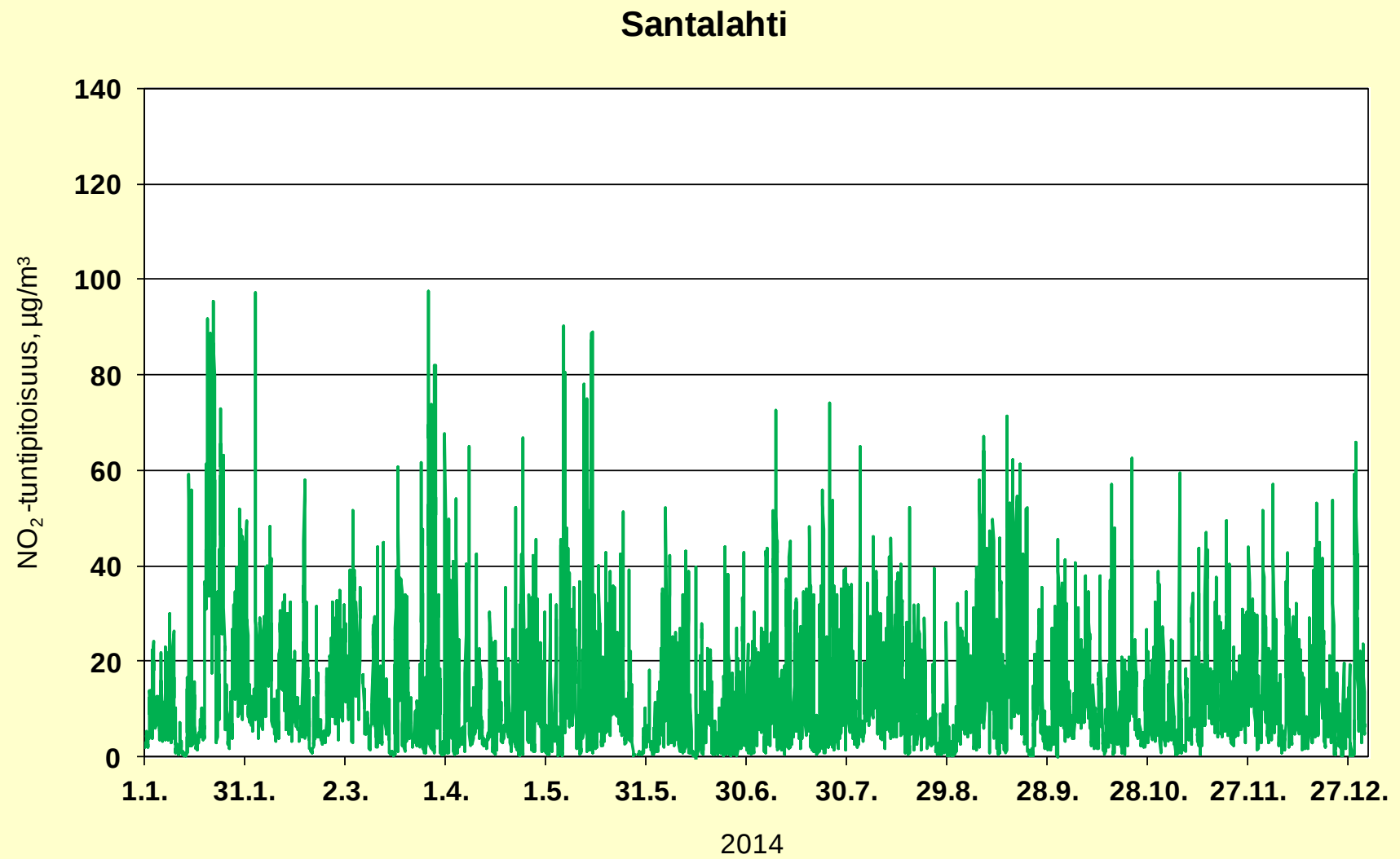
Liitekuva 5. Pienhiukkasten (PM_{2.5}) tuntipitoisuudet Naistenlahdessa 1.1. – 31.12.2014.



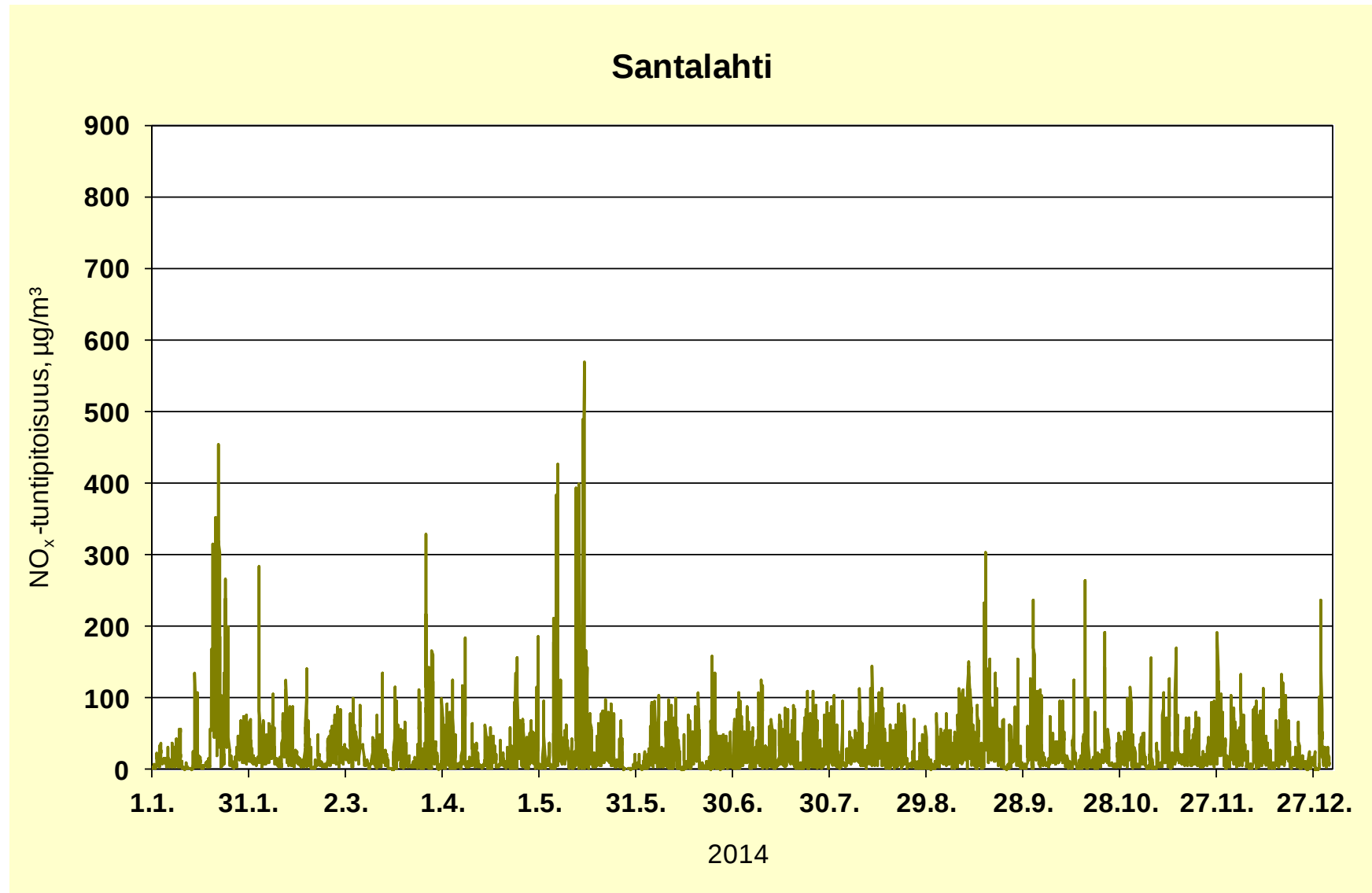
Liitekuva 6. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tuntipitoisuudet Naistenlahdessa 1.1. – 31.12.2014.



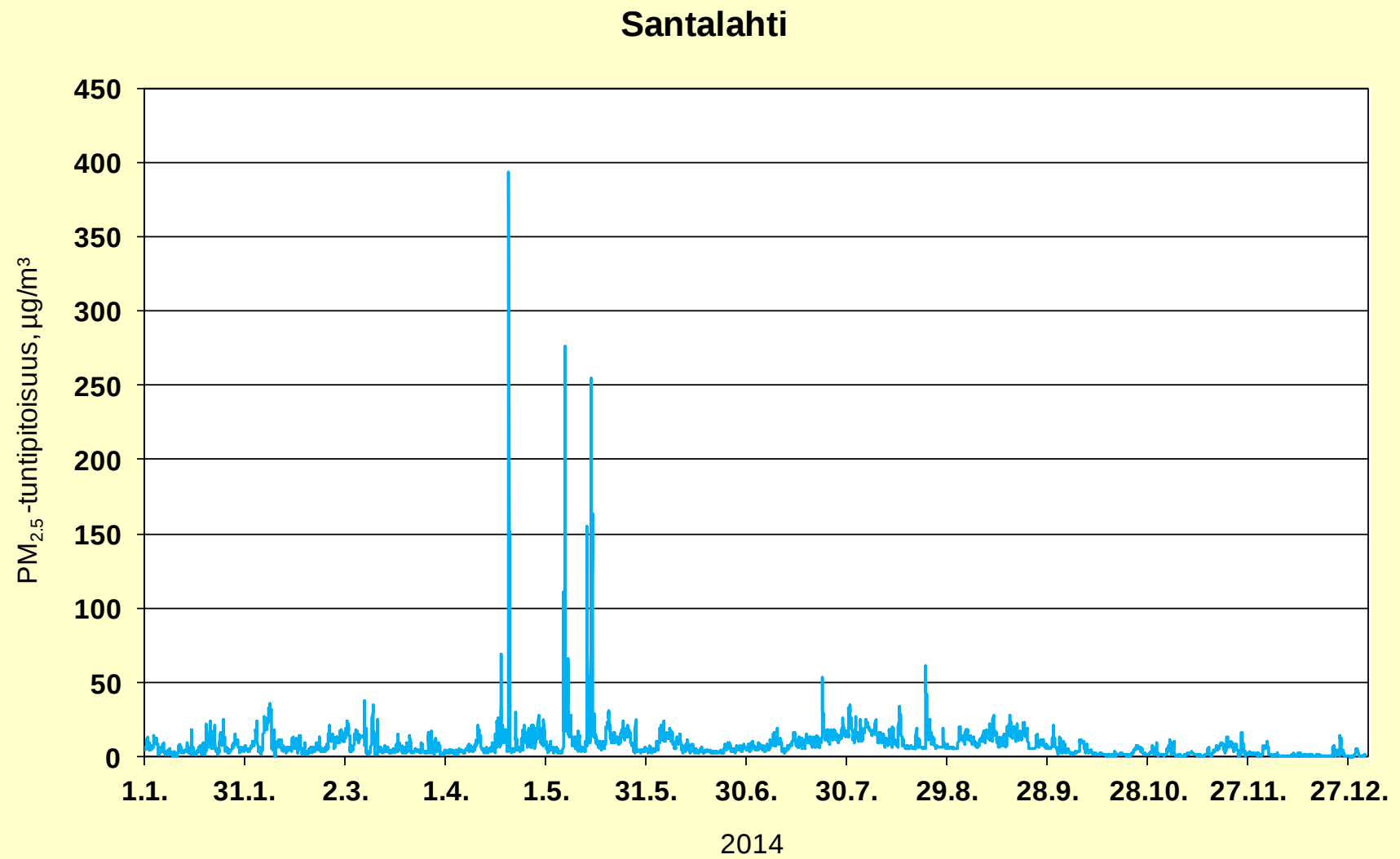
Liitekuva 7. Typpimonoksidin (NO) tuntipitoisuudet Santalahdessa 1.1. – 31.12.2014.



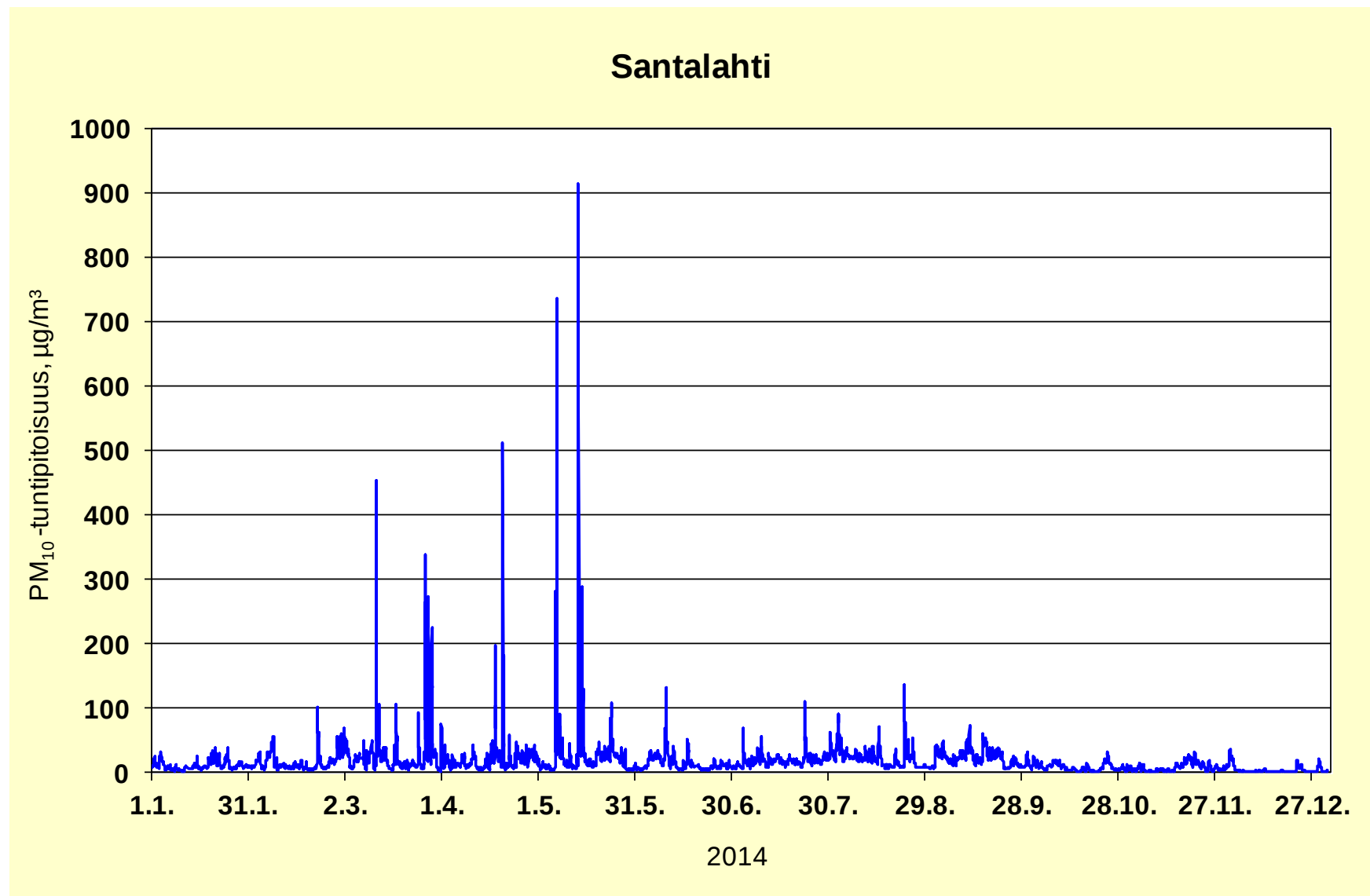
Liitekuva 8. Typpidioksidin (NO₂) tuntipitoisuudet Santalahdessa 1.1. – 31.12.2014.



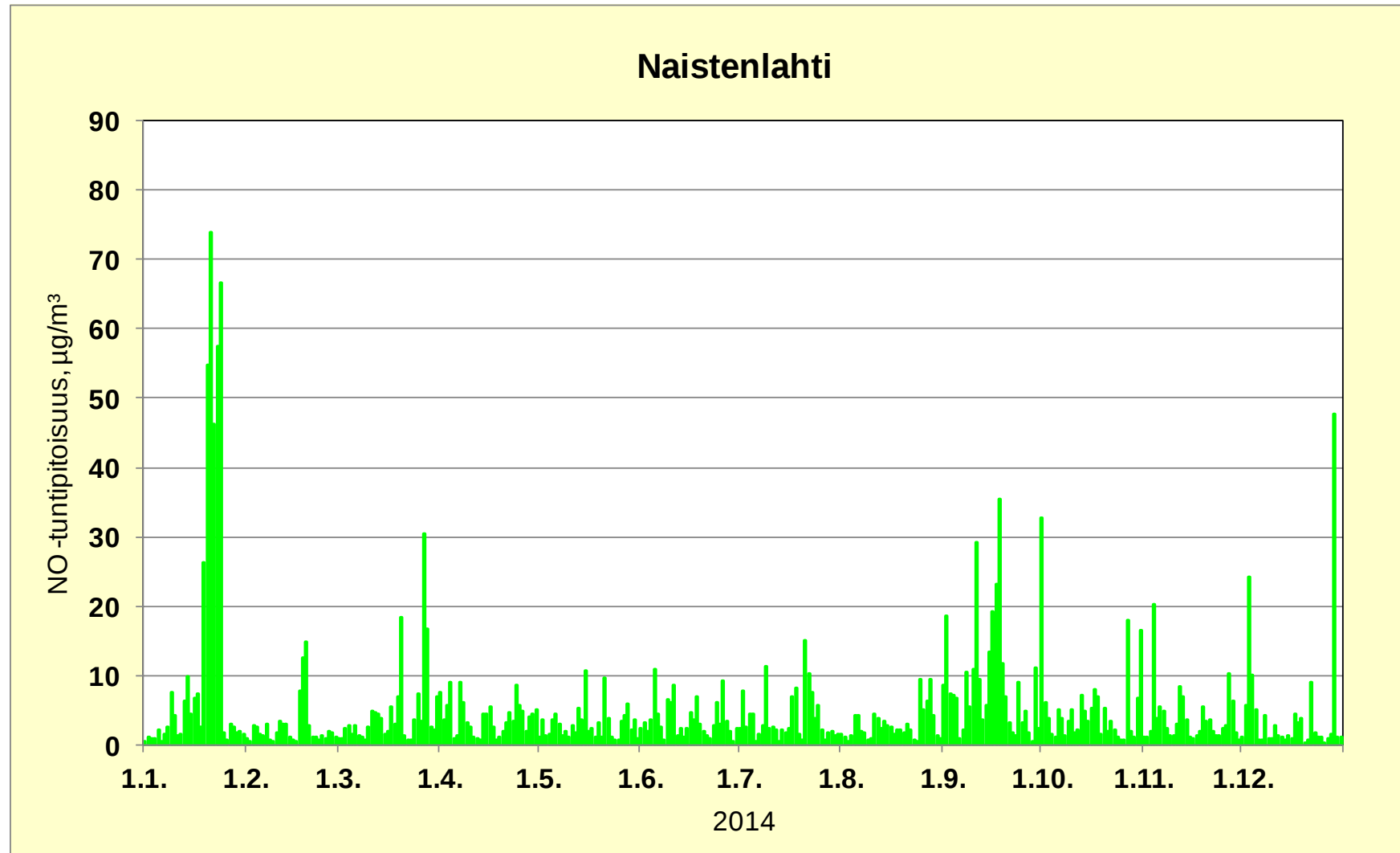
Liitekuva 9. Typen oksidien (NO_x) tuntipitoisuudet Santalahdessa 1.1. – 31.12.2014.



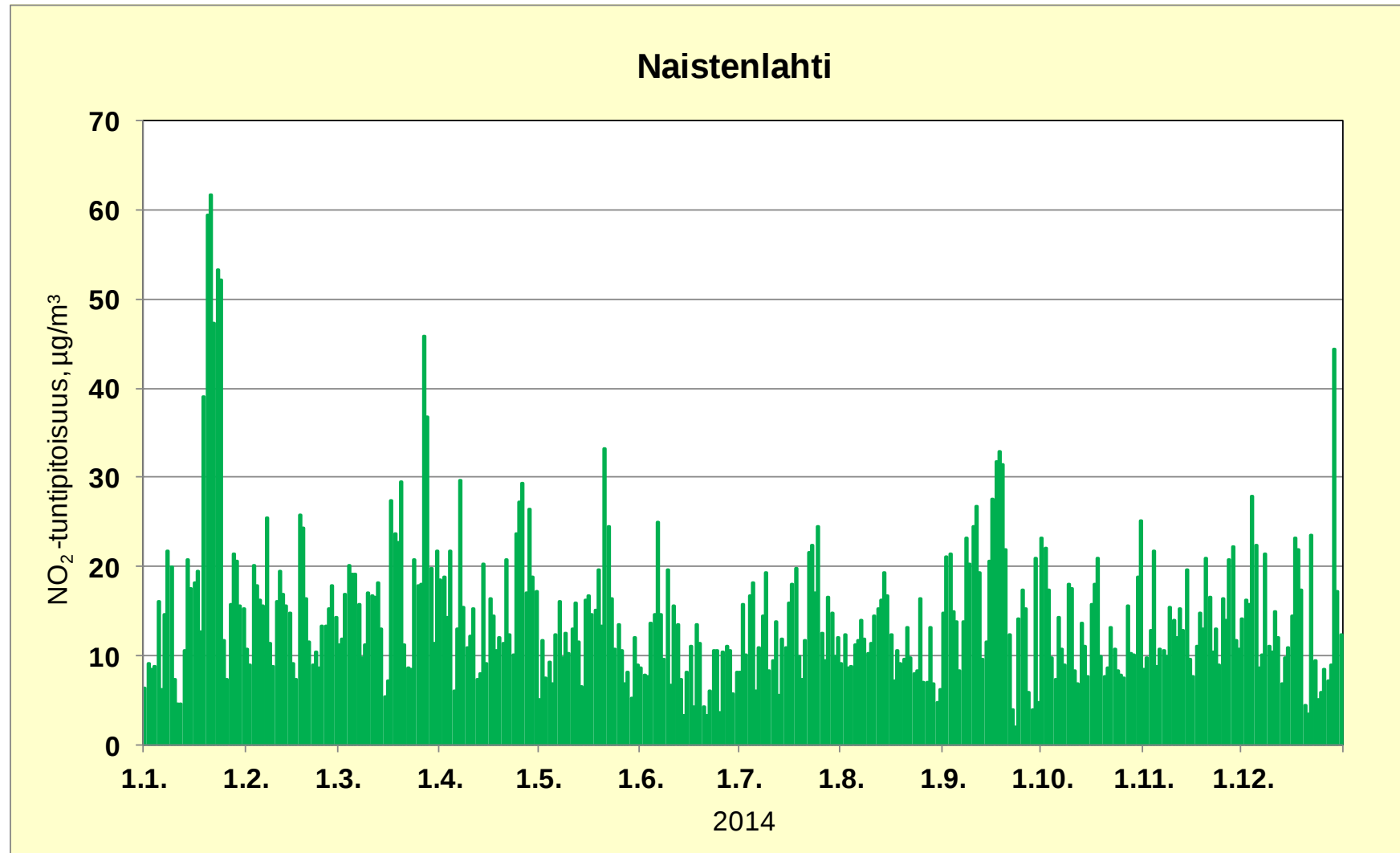
Liitekuva 10. Pienhiukkasten (PM_{2.5}) tuntipitoisuudet Santalahdessa 1.1. – 31.12.2014.



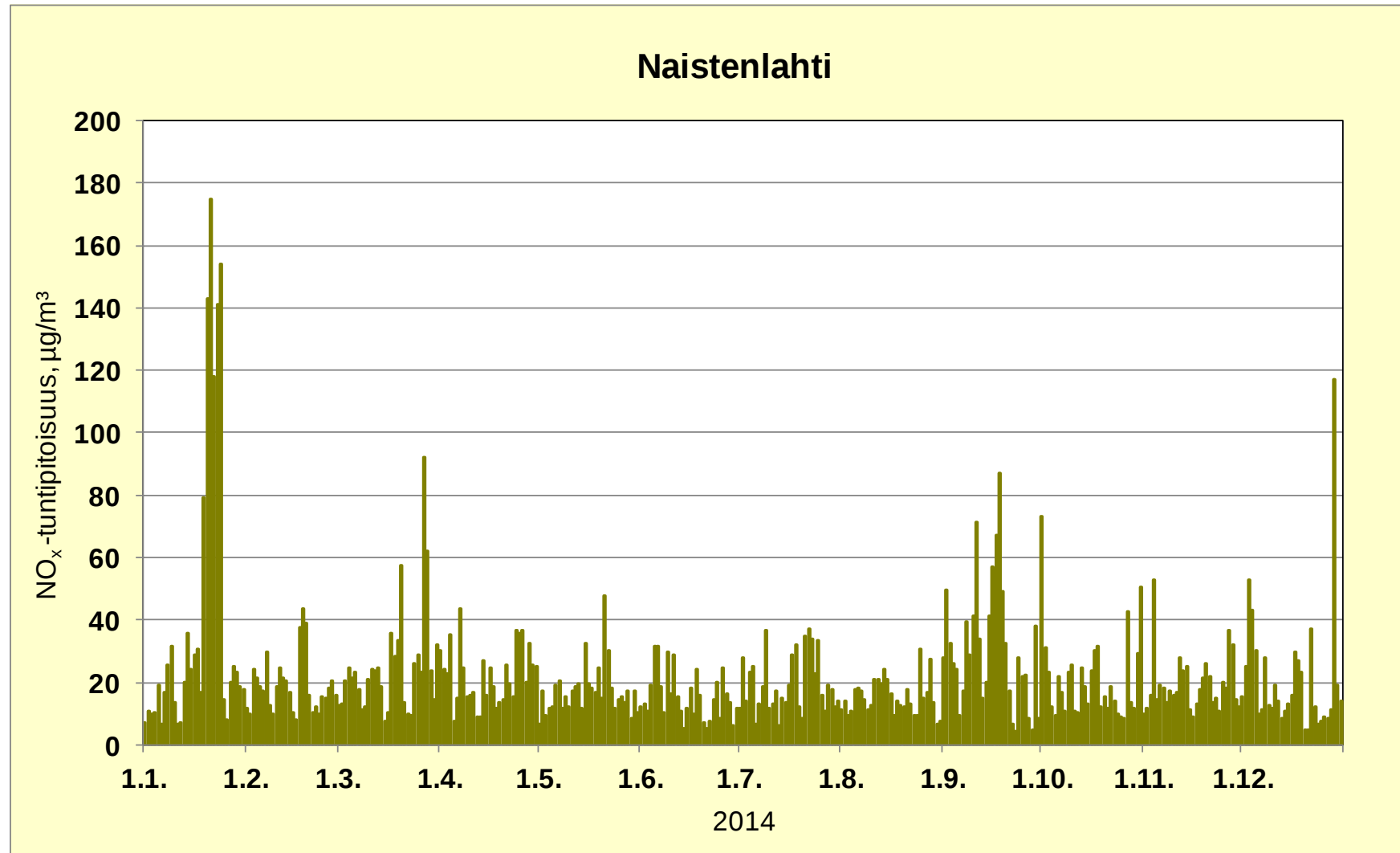
Liitekuva 11. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tuntipitoisuudet Santalahdessa 1.1. – 31.12.2014.



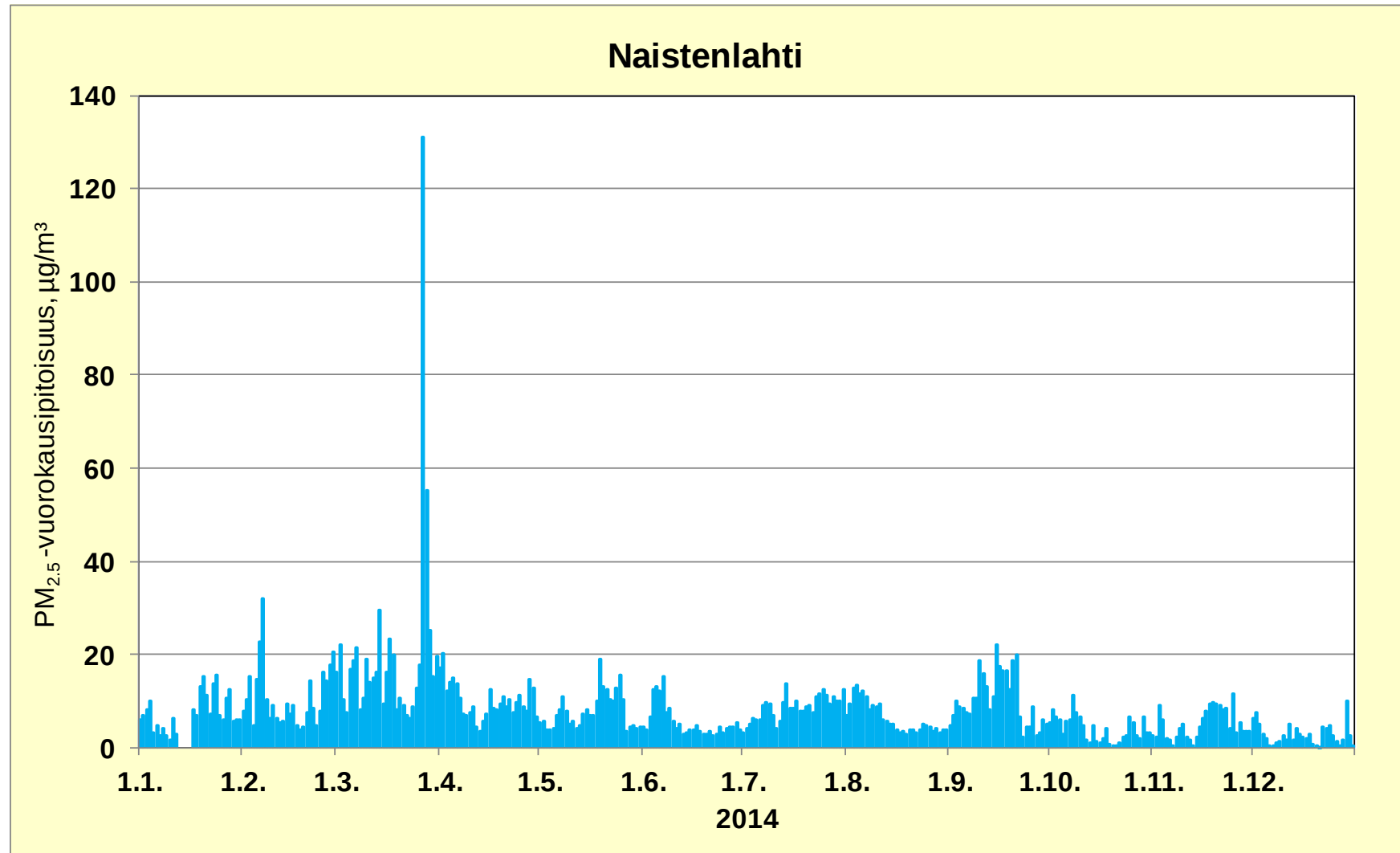
Liitekuva 12. Typpimonoksidin (NO) vuorokausipitoisuudet Naistenlahdessa 1.1. – 31.12.2014.



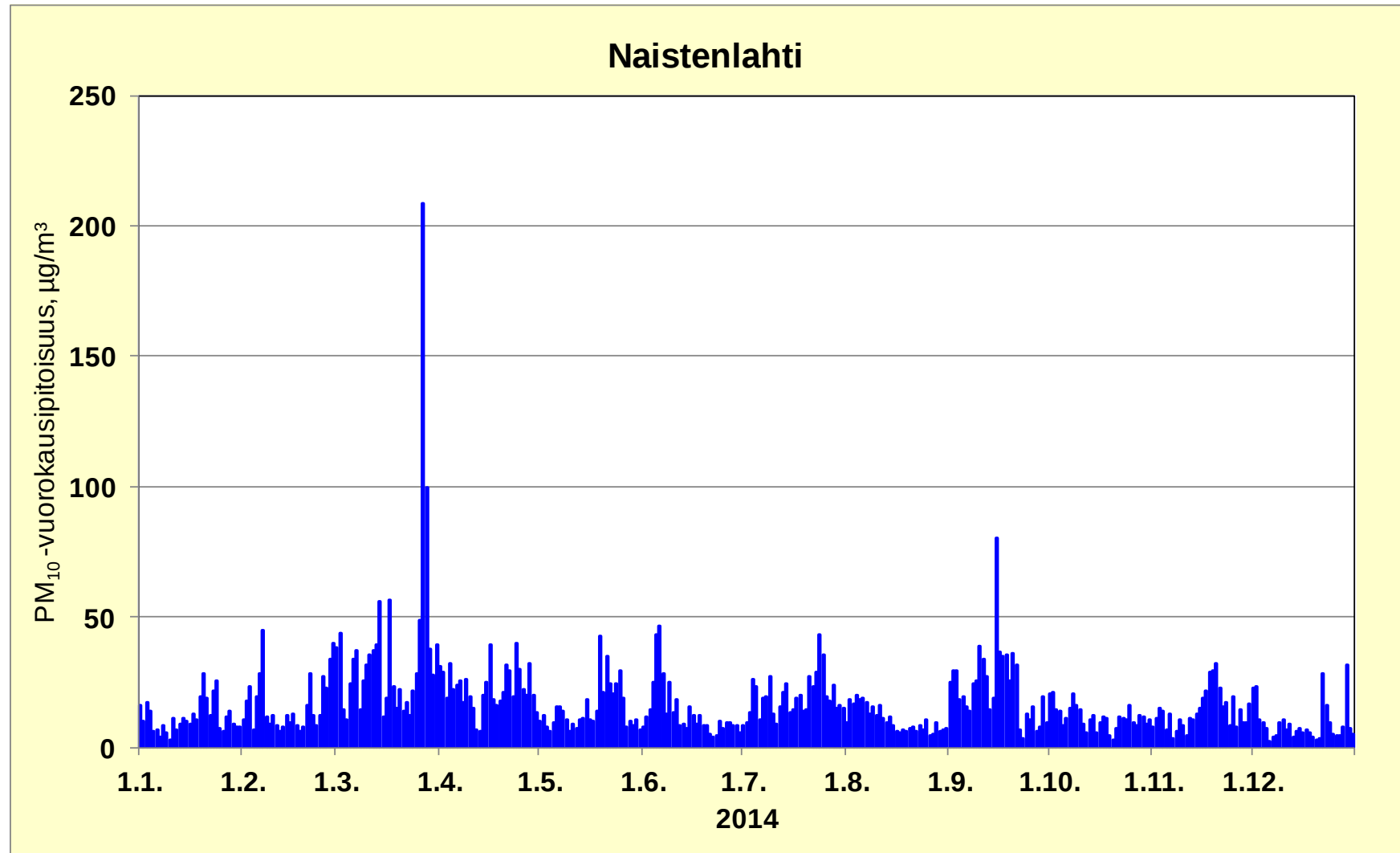
Liitekuva 13. Typpidioksidin (NO₂) vuorokausipitoisuudet Naistenlahdessa 1.1. – 31.12.2014.



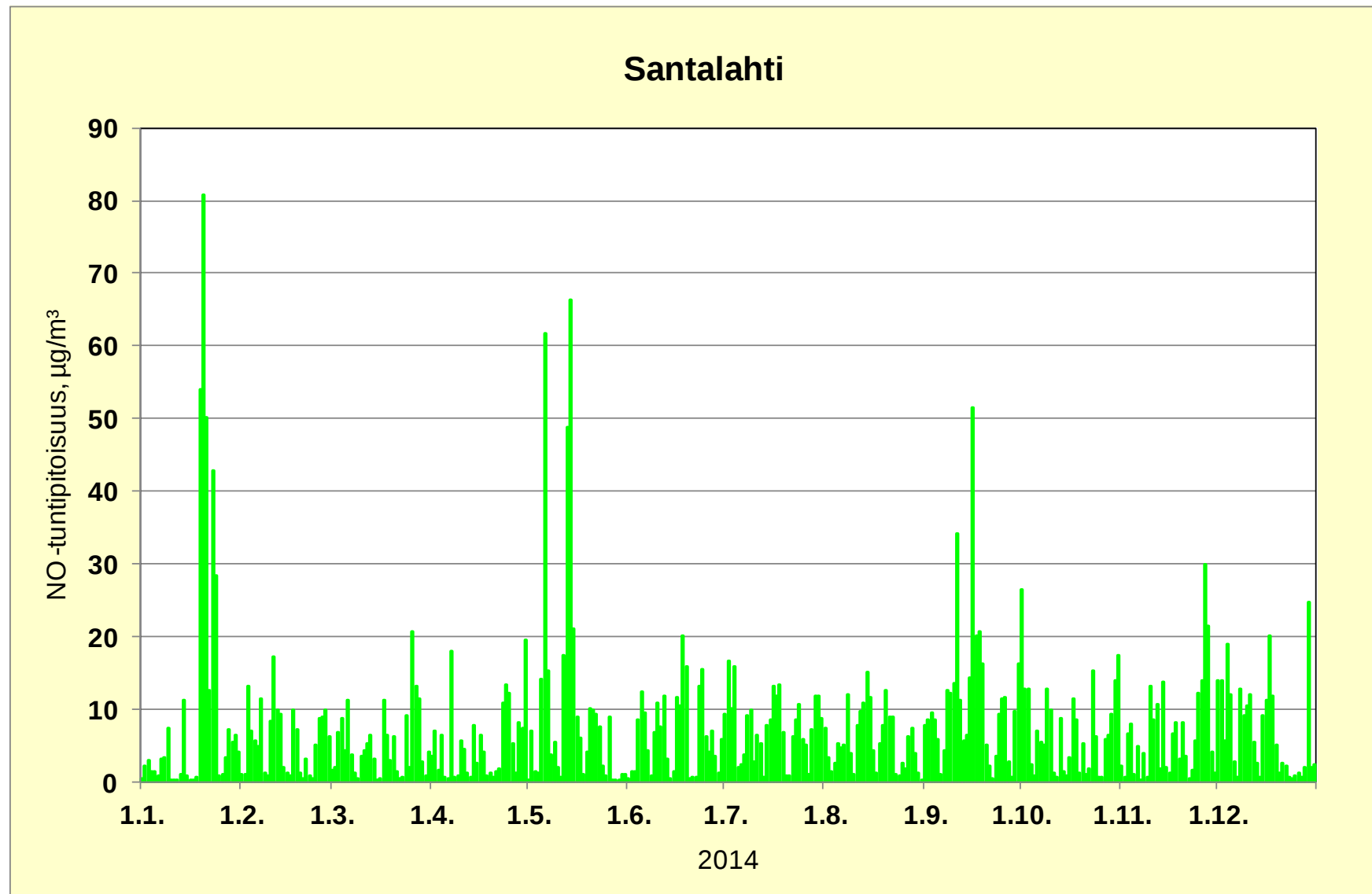
Liitekuva 14. Typen oksidien (NO_x) vuorokausipitoisuudet Naistenlahdessa 1.1. – 31.12.2014.



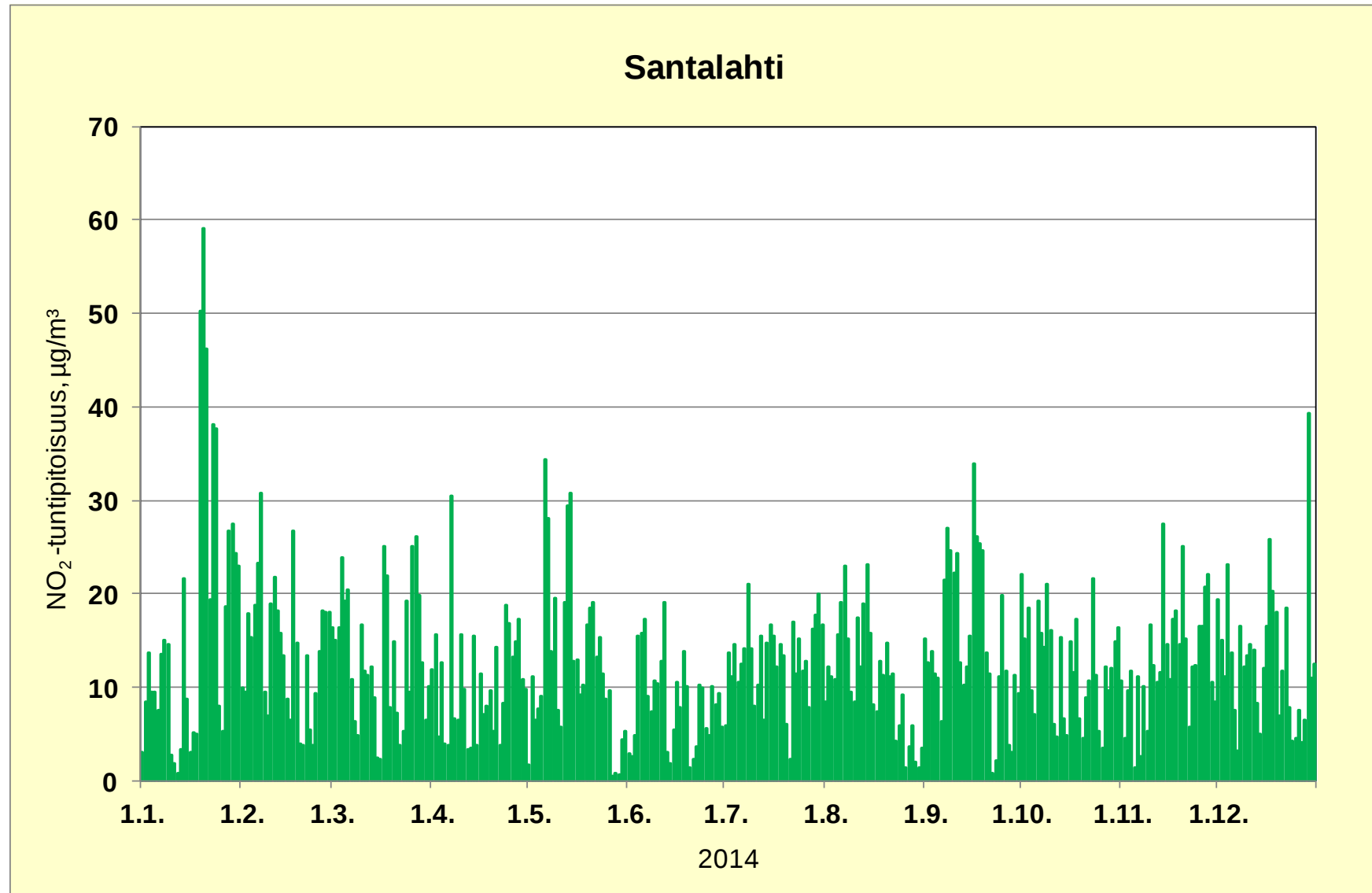
Liitekuva 15. Pienhiukkasten (PM_{2.5}) vuorokausipitoisuudet Naistenlahdessa 1.1. – 31.12.2014.



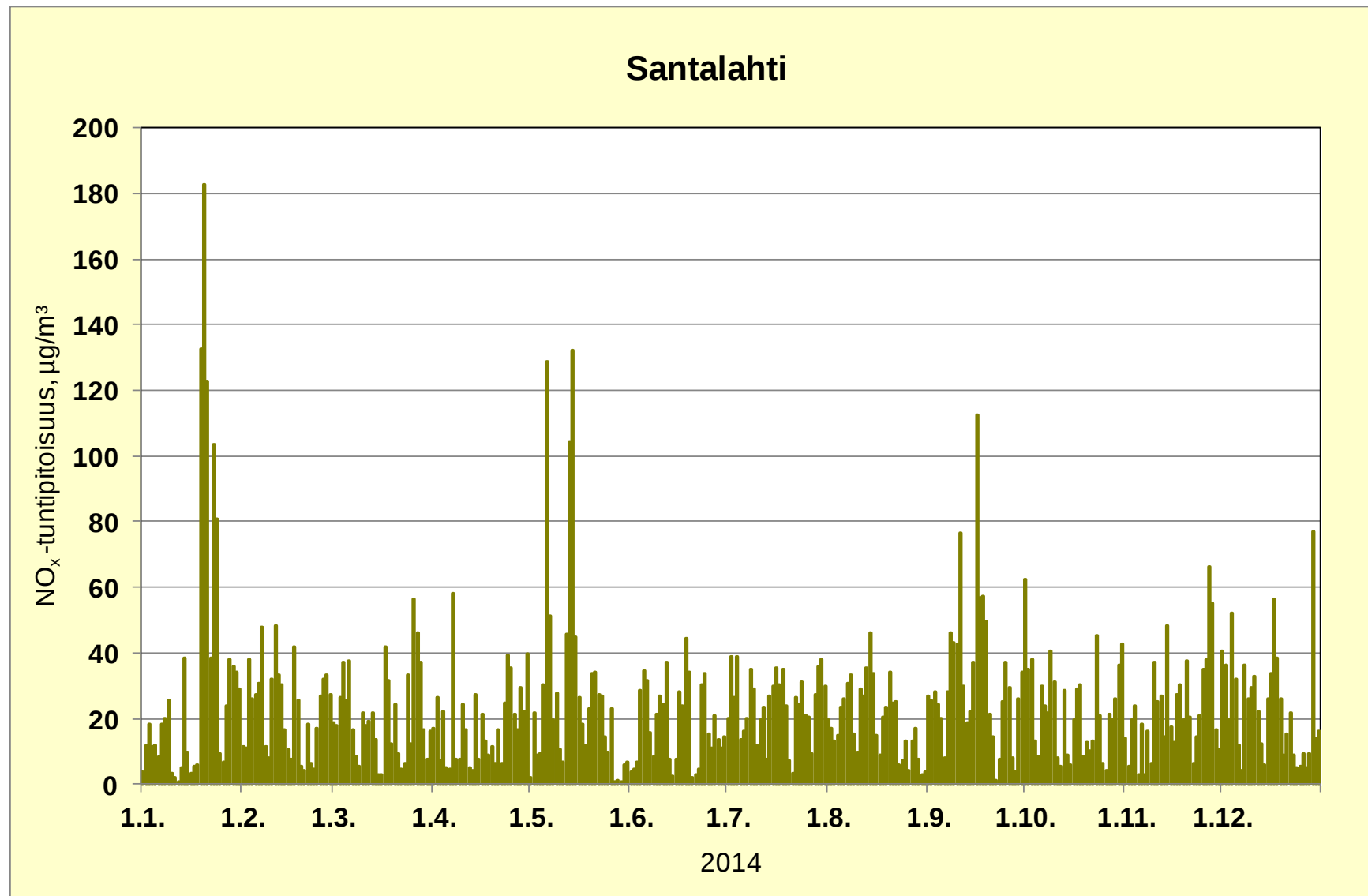
Liitekuva 16. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausipitoisuudet Naistenlahdessa 1.1. – 31.12.2014.



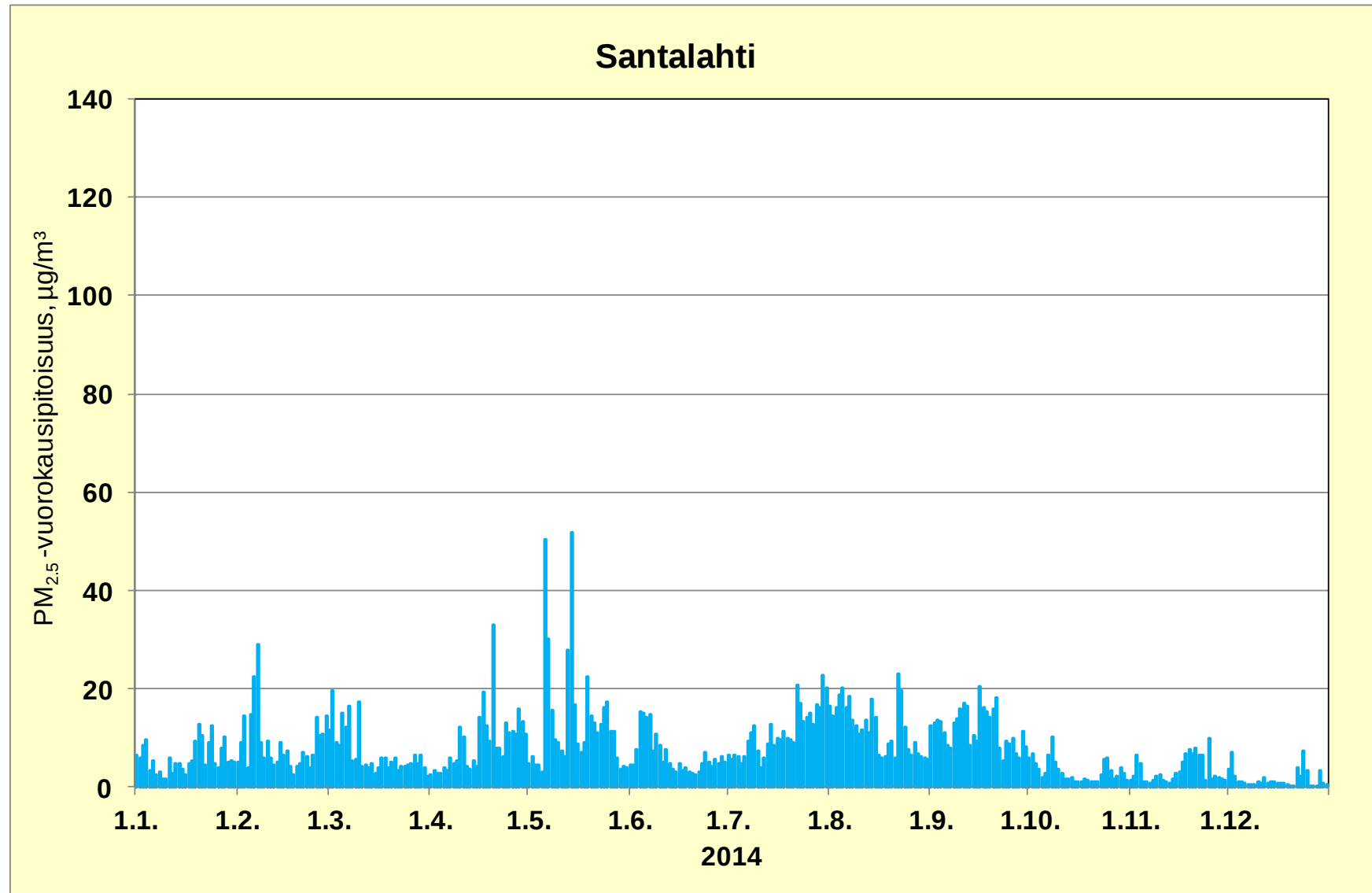
Liitekuva 17. Typpimonoksidin (NO) vuorokausipitoisuudet Santalahdessa 1.1. – 31.12.2014.



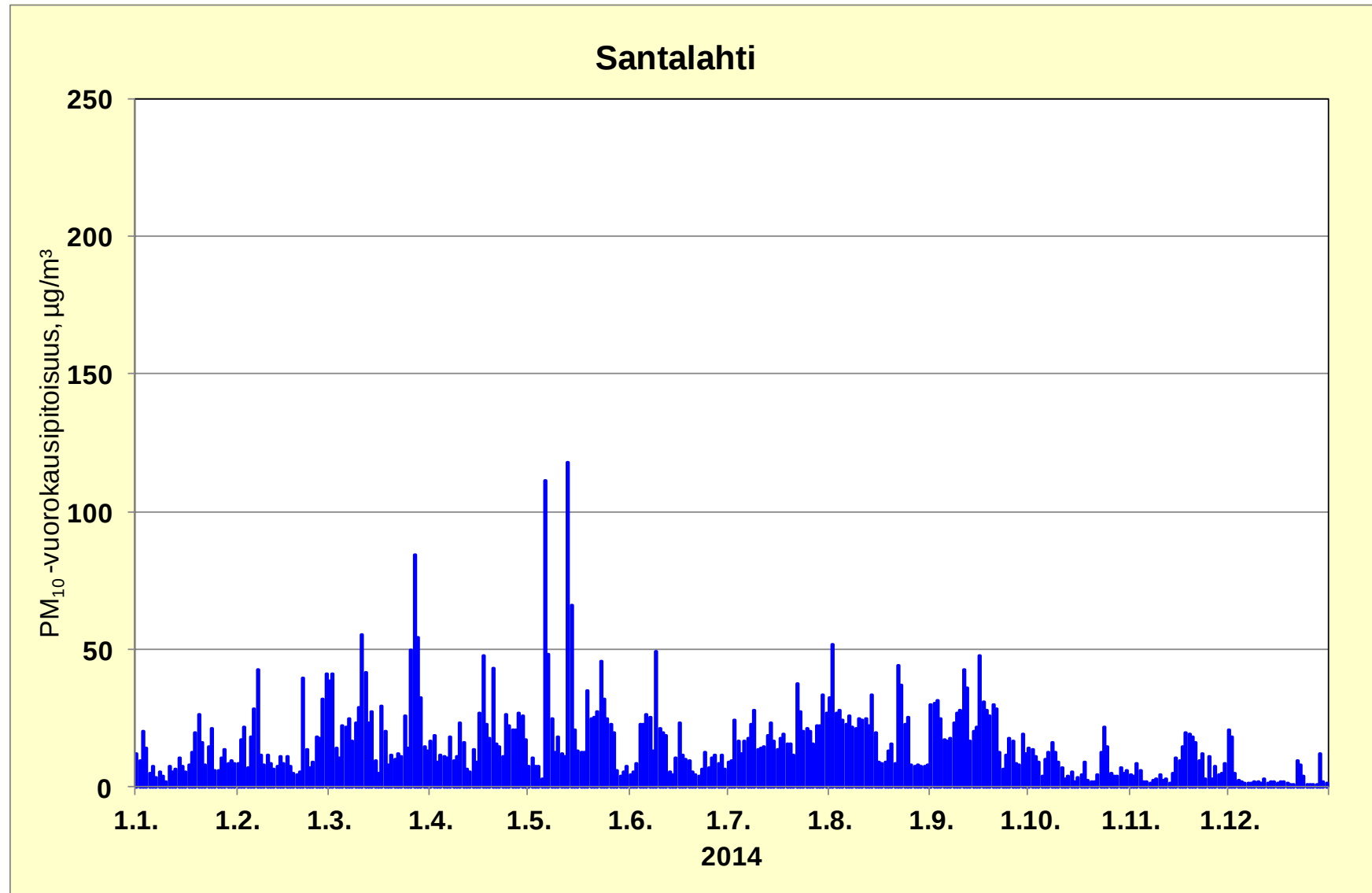
Liitekuva 18. Typpidioksidin (NO₂) vuorokausipitoisuudet Santalahdessa 1.1. – 31.12.2014.



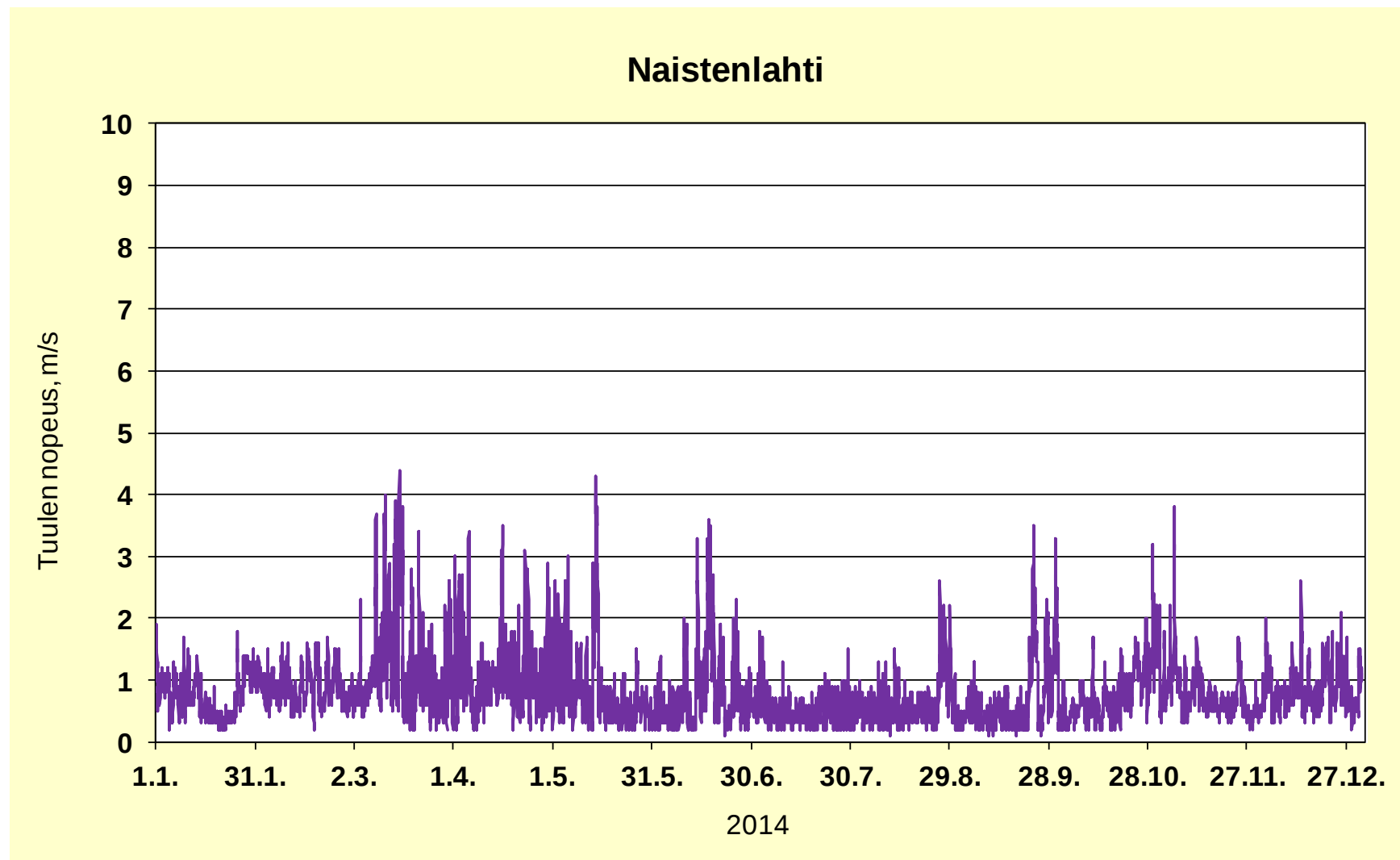
Liitekuva 19. Typen oksidien (NO_x) vuorokausipitoisuudet Santalahdessa 1.1. – 31.12.2014.



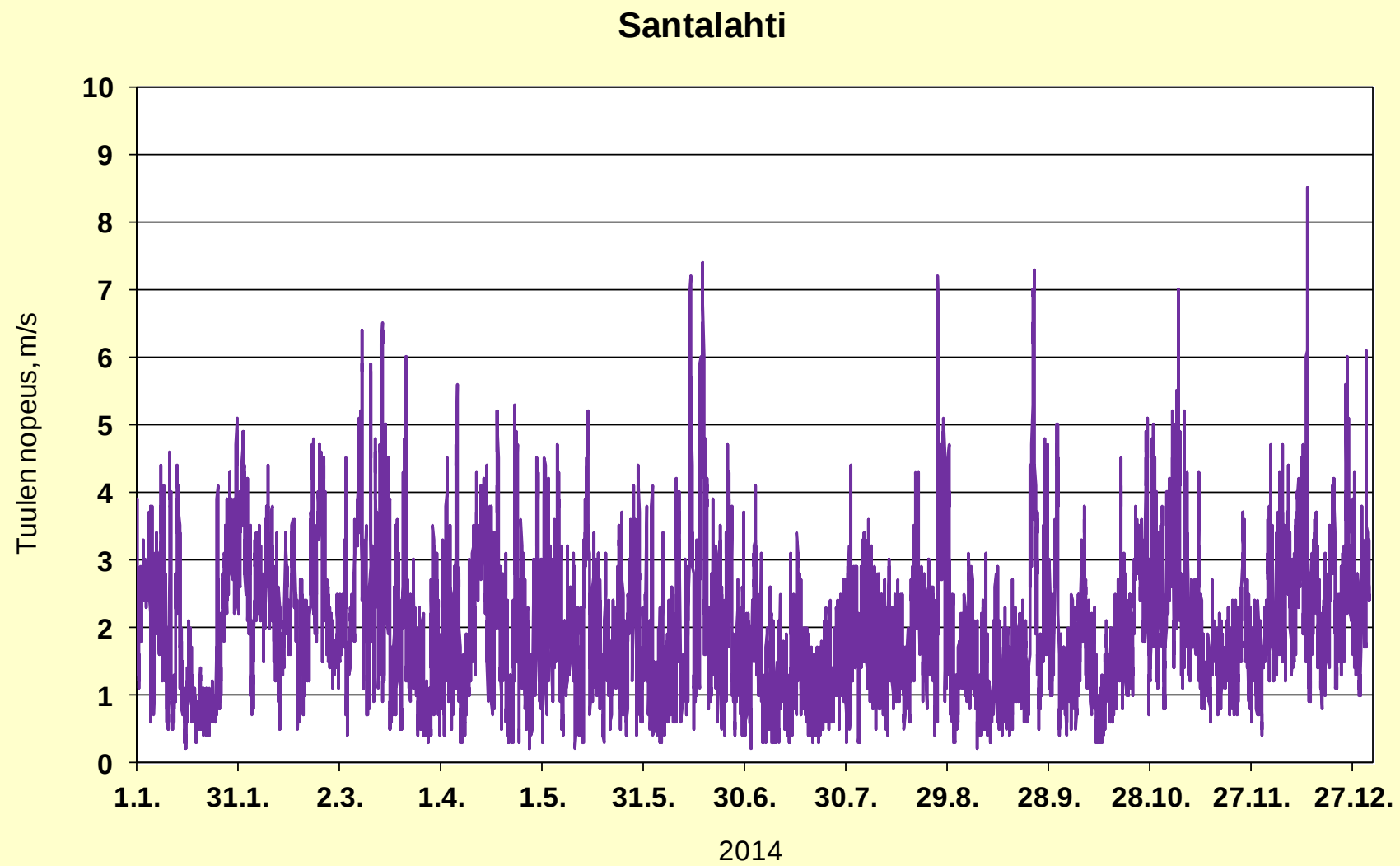
Liitekuva 20. Pienhiukkasten (PM_{2.5}) vuorokausipitoisuudet Santalahdessa 1.1. – 31.12.2014.



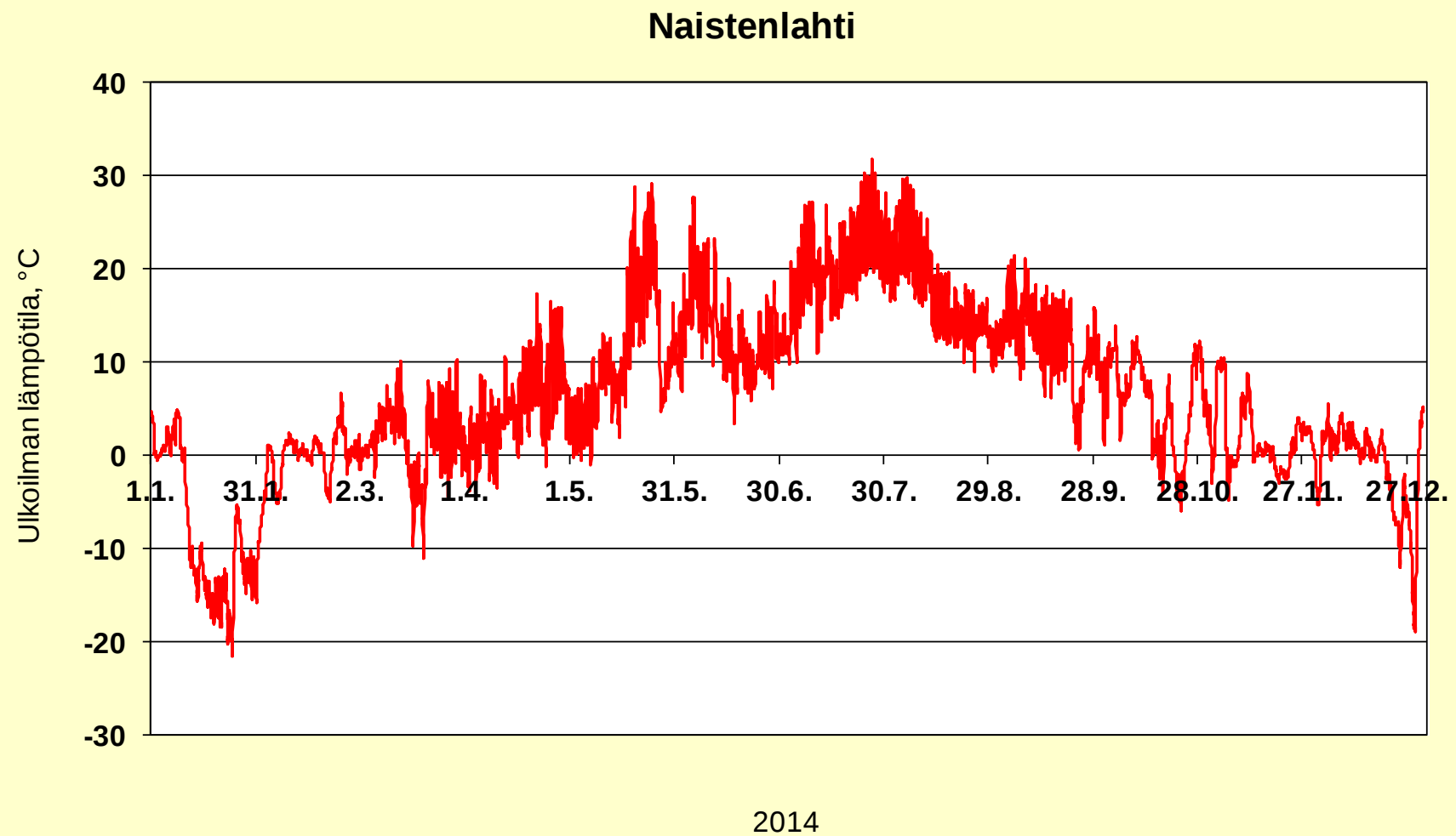
Liitekuva 21. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausipitoisuudet Santalahdessa 1.1. – 31.12.2014.



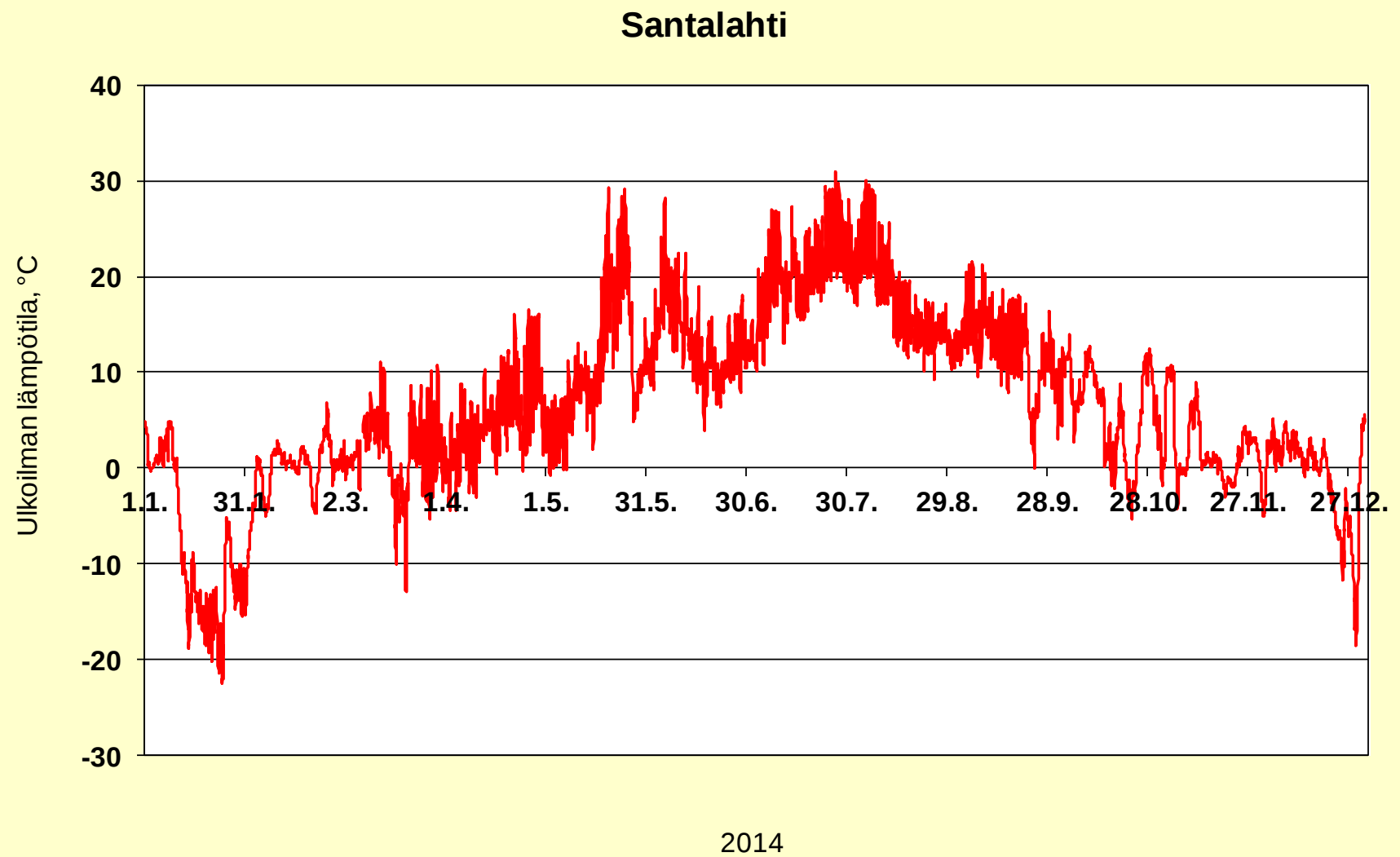
Liitekuva 22. Tuulen nopeuden tuntiarvot Naistenlahdessa 1.1. – 31.12.2014.



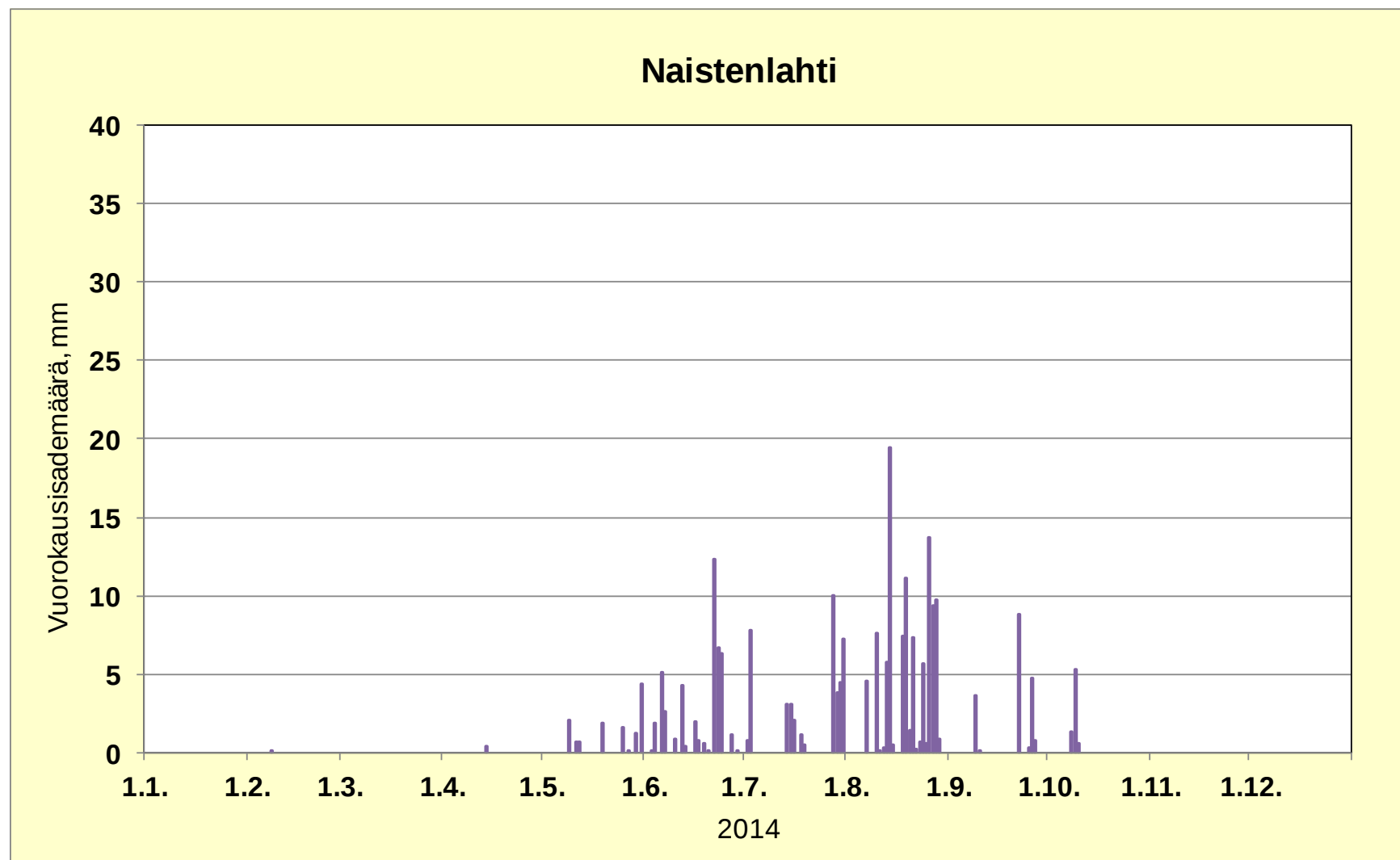
Liitekuva 23. Tuulen nopeuden tunti-arvot Santalahdessa 1.1. – 31.12.2014.



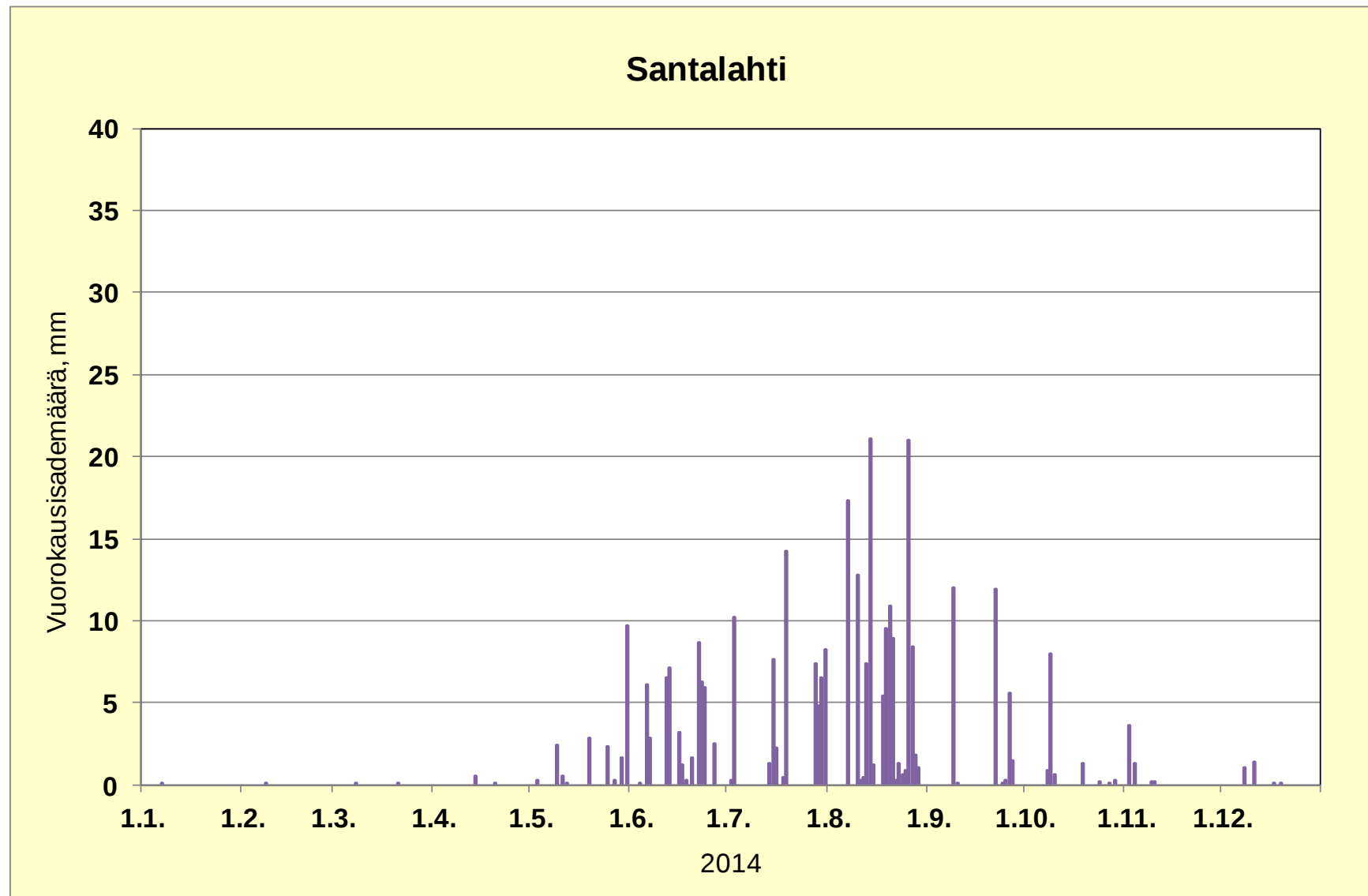
Liitekuva 24. Ulkoilman lämpötilan tuntiarvot Naistenlahdessa 1.1. – 31.12.2014.



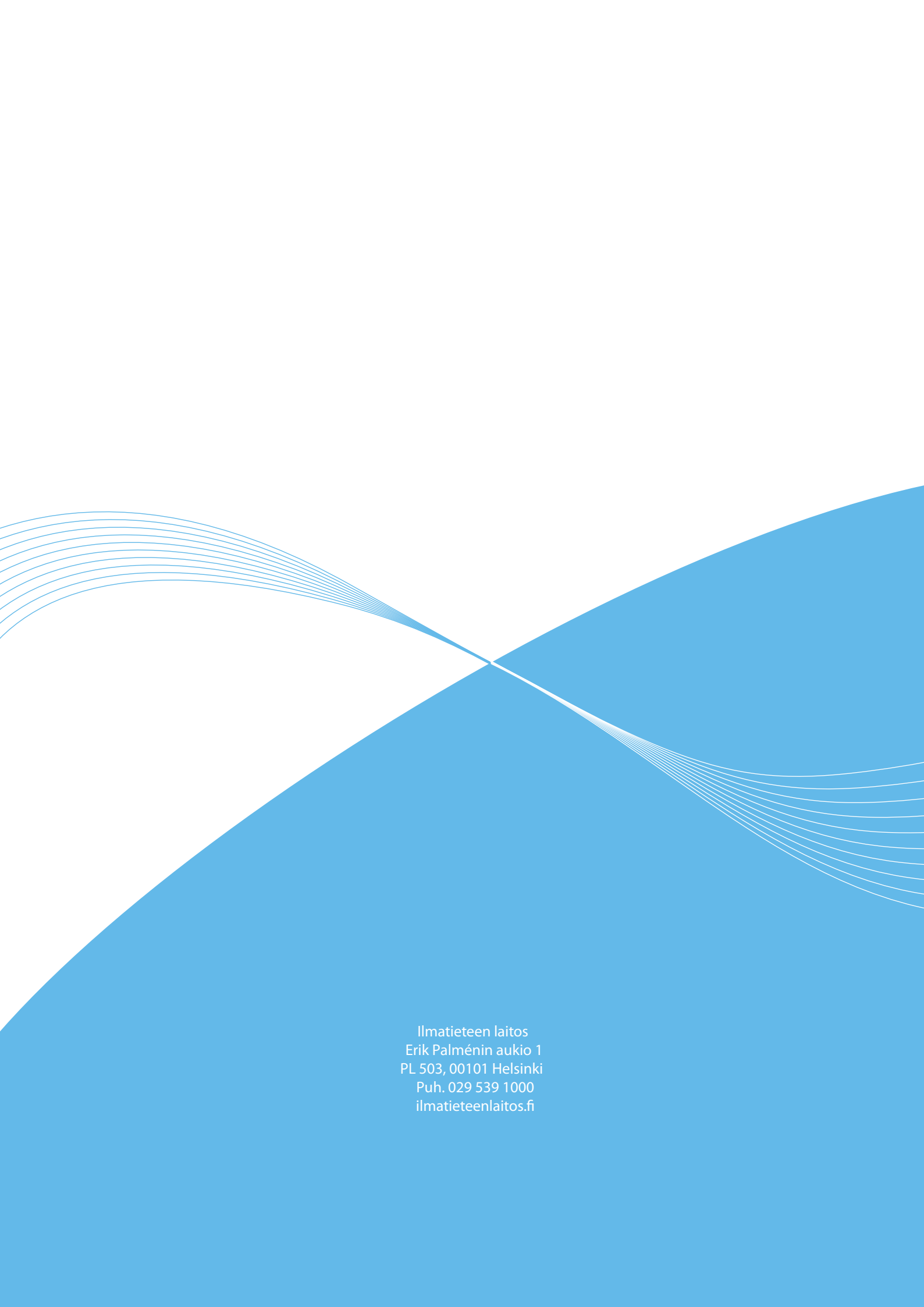
Liitekuva 25. Ulkoilman lämpötilan tuntiarvot Santalahdessa 1.1. – 31.12.2014.



Liitekuva 26. Vuorokausisademäärät Naistenlahdessa 1.1. – 31.12.2014.



Liitekuva 27. Vuorokausisademäärät Santalahdessa 1.1. – 31.12.2014.



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