



HEINOLAN ILMANLAADUN SEURANTA

Typen oksidien, hengitettävien hiukkasten,
pienhiukkasten ja PAH-yhdisteiden
pitoisuustulokset vuonna 2022



HEINOLAN ILMANLAADUN SEURANTA

**Typen oksidien, hengitettävien hiukkasten, pienhiukkasten ja
PAH-yhdisteiden pitoisuustulokset vuonna 2022**

Maija Ylinen

Matias Saunamäki

Mika Vestenius

Antti Mannisenaho

Katja Lovén

ILMATIETEEN LAITOS – ASiantuntijapalvelut

ILMANLAATU JA ENERGIA

Helsinki 28.4.2023

SISÄLLYSLUETTELO

OSA I.....	4
1. JOHDANTO	4
2. ILMANLAADUN MITTAUSTULOKSET	4
2.1 MITATUT PITOISUUDET	4
2.2 ILMANLAATUINDEKSI.....	7
2.3 PITOISUUKSIEN VERTAILUA RAJA- JA OHJEARVOIHIN	8
2.4 TUULEN SUUNNAN JA NOPEUDEN VAIKUTUS MITATTUIHIN PITOISUUKSIIN	12
2.5 PITOISUUKSIEN AJALLINEN VAIHTELU	15
2.6 HENGITETTÄVIEN HIUKKASTEN SISÄLTÄMÄT PAH-YHDISTEET	16
2.7 PITOISUUKSIEN VERTAILUA HEINOLASSA AIEMMIN MITATTUIHIN PITOISUUKSIIN.....	18
2.8 PITOISUUKSIEN VERTAILUA MUUALLA MITATTUIHIN PITOISUUKSIIN	19
3. YHTEENVETO JA SUOSITUKSET	23
4. TUTKIMUKSEN SUORITUS.....	26
4.1 MITTAUSASEMIEN SIJAINTI	26
4.2 MITATUT SUUREET JA MITTAUSMENETELMÄT	30
4.3 KALIBROINTIMENETELMÄT, LAADUNVARMISTUS JA LAITEHUOLLOT	31
5. SÄÄTIEDOT VUONNA 2022	32
5.1 TUULITIEDOT HEINOLASSA MITTAUSJAKSOLLA.....	32
5.2 KESKILÄMPÖTILAT HEINOLAN SEUDULLA	33
5.3 SADEMÄÄRÄT HEINOLAN SEUDULLA	34
5.4 ILMANLAATUUN VAIKUTTAVAT SÄÄTEKIJÄT	34
6. HEINOLAN PÄÄSTÖTIEDOT	35
7. TAUSTATIEtoa ILMAN EPÄPUHTAUKSISTA	37
7.1 TYPEN OKSIDIT	37
7.2 HIUKKASET	38
7.3 PAH-YHDISTEET	39
7.4 ILMAN EPÄPUHTAUKSIEN TERVEYSVAIKUTUKSET	40
7.5 ILMANLAADUN OHJE- JA RAJA-ARVOT	40
7.6 ILMANLAADUN ARVIOINTIKYNNYKSET	42
 VIITELUETTELO.....	44
LIITETAULUKOT.....	45
LIITEKUVAT.....	50

OSA I

1. JOHDANTO

Ilmatieteen laitos seurasi Heinolassa ulkoilman laatua 4.1.–27.12.2022 kahdessa mittauspisteessä. Toinen mittauspiste sijaitsi Tommolassa, noin 1 kilometrin päässä Heinolan kaupungin keskustasta itään kaupungin varikon piha-alueella Tiilitehtaankadun varrella, ja toinen Vierumäen koulun parkkipaikalla, noin 12 kilometrin päässä Heinolan keskustasta lounaaseen. Molemmilla asemilla mitattiin vuonna 2022 typen oksideja, hengitettäviä hiukkasia ja pienhiukkasia. Molemmilla mittausasemilla kerättiin lisäksi hengitettävien hiukkasten vuorokausinäytteitä joka 6. vuorokausi. Näistä näytteistä analysoitiin laboratoriossa PAH-yhdisteiden pitoisuuksia. Typen oksideja ja erikokoisia hiukkasia vapautuu erityisesti autoliikenteestä ja PAH-yhdisteitä erilaisista polttoprosesseista, kuten kotitalouksien puulämmityksestä. Puun pienpoltto on myös yleisesti merkittävä pienhiukkaspitoisuuksiin vaikuttava lähde taajama-alueilla. Ilmanlaadun mittausten tavoitteena on kartoittaa näiden ilmansaasteiden pitoisuustasoa ja hetkellistä vaihtelua väestön altistumisen ja viihtyisyyshaitan arviointia varten. Typen oksideja, hengitettäviä hiukkasia ja pienhiukkasia mitattiin jatkuvatoimisilla automaattisilla analysaattoreilla, jotka täyttävät lainsäädännön mukaiset laatuvaatimukset ilmanlaadun mittauksille. Ilmanlaadumittausten tulosten tulkintaa varten asemilla mitattiin myös säätietoja. Jatkuvatoimiset mittaustulokset julkaisiin Ilmatieteen laitoksen ylläpitämällä avoimella Ilmanlaatu Suomessa verkkosivustolla (<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatu>). Hengitettävien hiukkasten näytekerykset suoritettiin lainsäädännön laatuvaatimusten mukaisella automaattisella hiukkaskeräimellä, joka huolehtii näytesuodattimien vaihdosta laitteen sisällä laitteeseen ennalta ohjelmoidun syklin mukaisesti.

Tässä raportissa esitetään vuoden 2022 ilmanlaadun mittaustulokset ja verrataan niitä ilmanlaadun lainsäädännössä asetettuihin raja-, ohje- ja tavoitearvoihin. Lisäksi raportissa verrataan pitoisuuksia Heinolan aiempiin mittaustuloksiin sekä muilla Suomen mittausasemilla vastaavana aikana mitattuihin pitoisuusarvoihin sekä annetaan suosituksia ilmanlaadun seurannasta Heinolan kaupungin alueella. Heinolassa on suoritettu aiemmin vastaavanlaista ilmanlaadun tarkkailua torin läheisyydessä sijainneella keskustan mittausasemalla vuosina 2002–2015. Raportissa verrataan nyt havaittuja mittaustuloksia aikaisempiin mittaustuloksiin soveltuvien osien.

Ilmanlaadun mittauksista sekä niihin liittyvästä asiantuntijatyöstä vastasi Ilmatieteen laitoksen Asiantuntijapalvelut-yksikkö. Työn tilaajina toimivat Heinolan kaupunki, Stora Enso Oyj, Versowood Oy, Adven Oy, Kuuskoski Oy, Suomen kuitulevy Oy, Loimua Oy ja Vierumäen Infra Oy. Ilmanlaadun seuranta suoritetaan Heinolassa ns. yhteistarkkailuna, johon osallistuvat työn tilaajat.

2. ILMANLAADUN MITTAUSTULOKSET

2.1 Mitatut pitoisuudet

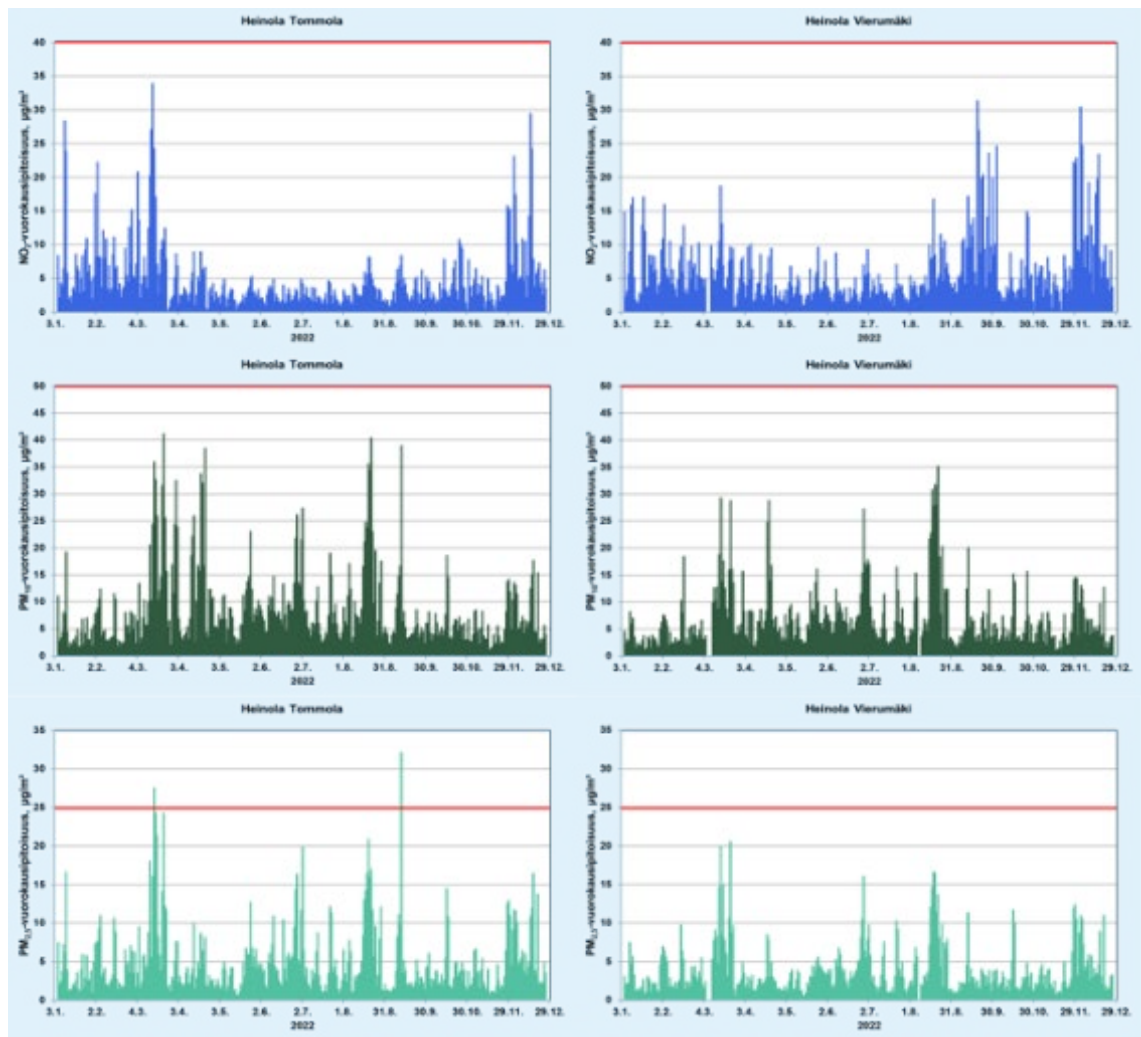
Heinolan ilmanlaadun mittausasemilla Tommolassa ja Vierumäellä mitattujen typen oksidien (NO, NO₂ ja NO_x), hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) ja pienhiukkasten (PM_{2,5}) pitoisuuksien vuosikeskiarvot vuonna 2022 on esitetty taulukossa 1 ja mittaussjakson tuntipitoisuudet ja vuorokausipitoisuudet koosteena kuvissa 1–2. Raportin lopun liitetaulukoihin 1–10 on koottu kuukausittaisia tilastotietoja kaikista mitatuista pitoisuuksista tältä jaksolta. Raportin lopussa olevissa liitekuville 1–10 on esitetty Heinolan mittausasemilla vuonna 2022 mitattujen ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien tuntikeskiarvojen aikasarjat ja liitekuville 11–20 puolestaan vuorokausikeskiarvojen aikasarjat yksikössä µg/m³ (typen oksidit 20 °C lämpötilassa, hengitettävät hiukkaset ja pienhiukkaset ulkoilman lämpötilassa). Kaikki mittaukset on suoritettu jatkuvatoimisilla automaattisilla analysaattoreilla. Liitekuville 21–28 on esitetty tuulen suunnan ja nopeuden, ulkoilman lämpötilan, suhteellisen kosteuden ja ilmanpaineen tuntikeskiarvot samalta mittaussjaksolta. Mittauspaikkoja on esitelty tarkemmin raportin jälkimmäisessä osassa, kappaleessa 4.1 ja mittausmenetelmistä ja käytetyistä laitteista on kerrottu kappaleessa 4.2. Raportin tekstissä keskitytään typen oksideista vain typpidioksidin pitoisuustulosten käsittelyyn, koska lainsäädännön vertailuarvot ihmisten terveyden suojelemiseksi on annettu nimenomaan typpidioksidille (NO₂).

Taulukko 1. Heinolan ilmanlaadun mittausasemilla vuonna 2022 mitatut typen oksidien, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Vuoden keskiarvopitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 2022	Heinola Tommola	Heinola Vierumäki
NO	1,3	0,8
NO ₂	4,8	6,1
Kokonais-NO _x (NO ₂ :na ilmaistuna)	6,8	7,4
PM ₁₀	8,6	6,9
PM _{2,5}	5,0	3,2



Kuva 1. Heinolan ilmanlaadun mittauspisteissä vuonna 2022 mitatut typpidioksidin (NO₂), hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) ja pienhiukkasten (PM_{2,5}) tuntipitoisuudet.



Kuva 2. Heinolan ilmanlaadun mittauspisteissä vuonna 2022 mitatut typpidioksidin (NO₂), hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) ja pienhiukkasten (PM_{2,5}) vuorokausipitoisuudet. Kuvaajiin on punaisilla vaakaviivoilla merkitty ilmanlaadun raja-arvotasoja.

Hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten osalta Tommolampi mittausasemalla mitatut pitoisuudet olivat keskimäärin hieman korkeampia kuin Vierumäellä. Typpidioksidin ja kokonais-NO_x-pitoisuudet olivat Vierumäellä korkeampia kuin Tommolassa, mutta typpimonoksidin keskiarvo oli kuitenkin Tommolassa hieman korkeampi kuin Vierumäellä. Kaikissa jatkuvatoimisissa mittauksissa pitoisuudet vaihtelivat tarkastelujaksolla voimakkaasti. Hetkellinen tuntipitoisuuksien vaihtelu oli merkittävästi suurempaa kuin vuorokausikeskiarvopitoisuuksien vaihtelu. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat pääsääntöisesti korkeampia kuin pienhiukkaspitoisuudet, sillä PM₁₀-hiukkasten fraktio sisältää myös PM_{2,5} hiukkasten osuuden. Siksi näiden kahden hiukkaskokoon pitoisuudet ovat aina joko yhtä suuria tai PM₁₀-pitoisuudet ovat suurempia kuin PM_{2,5} pitoisuudet.

Typpidioksidipitoisuudet olivat keskimäärin pienimmillään kesäkaudella ja korkeimmillaan talvikaudella lämpötilan ollessa pakkasella. Talviaikaan on usein sellaisia sääolosuhteita, kuten inversiotilanteita, joissa matalalta vapautuvat liikenteen päästöt kerääntyvät ilmakerrokseen päästölähteiden lähelle ja laimenevat huonosti ympäröivään ilmaan. Mitatuissa typpidioksidipitoisuuksissa havaittiin selvästi läheisen autoliikenteen vaikutus. Korkein mitattu typpidioksidin tuntipitoisuus Tommolampi mittausasemalla oli 72 µg/m³, joka mitattiin maaliskuussa, sekä Vierumäellä 170 µg/m³, joka mitattiin syyskuussa.

Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat molemmilla mittausasemilla sen sijaan keskimäärin korkeimmillaan keväällä ja kesällä maaperän ollessa kuivaa. Pienimmillään hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat talvikuukausina lumipeitteiseen aikaan. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet kohoavat tyypillisesti kaupunkialueilla keväällä katupölyaikaan sekä loppusyksyllä talvirengaskauden alettua. Katupölyn määrää säätelevät muun muassa liikenteen vilkkaus ja nopeus, nastarenkaiden käyttö sekä sääolosuhteet. Katupölyn määrään vaikuttavat merkittävästi katujen kunnossapitotoimet ja niiden oikea-aikaisuus; hiekoitushiekan puhdistaminen

ja pölyn sidonta. Teollisuuden päästölähteistä, asuinrakennusten lämmityksestä ja liikenteen päästöistä aiheutuvien hiukkasten lisäksi ulkoilman hiukkaspitoisuuksiin vaikuttavat merkittävästi maanpinnasta tuulen mukana nousevat hiukkaspitoisuudet, jonka määrään vaikuttavat muun muassa tuulen nopeus, sateisuus, maanpinnan kosteus ja pintojen kasvillisuuspeitteisyys. Korkein mitattu hengitettävien hiukkasten tuntipitoisuus Tommolassa oli kuitenkin syyskuussa mitattu $342 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tommolan teollisuusalueella Viilukadulla, noin 150 metrin päässä Tommolan ilmanlaadun mittausasemasta, tuhoutui iso varastohalli tulipalossa 11.–12.9., joka vaikutti merkittävästi paikallisesti kohonneisiin hiukkaspitoisuuksiin. Tulipalon ja siihen liittyvien sammutustöiden aiheuttamat kohonneet hiukkaspitoisuudet näkyivät jonkin verran myös Vierumäen mittausasemalla, jolloin Vierumäen korkein mitattu tuntipitoisuus 12.9. oli $72 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Koko mittausjakson ajalta Vierumäen mittausaseman korkein tuntipitoisuus $102 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mitattiin kuitenkin huhtikuussa kevään katupölyaikaan. Myös Tommolan mittausasemalla mitatut tuntipitoisuudet olivat keskimäärin keväällä korkeimmillaan, jolloin huhtikuussa mitattiin mittausjakson toiseksi korkein arvo $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

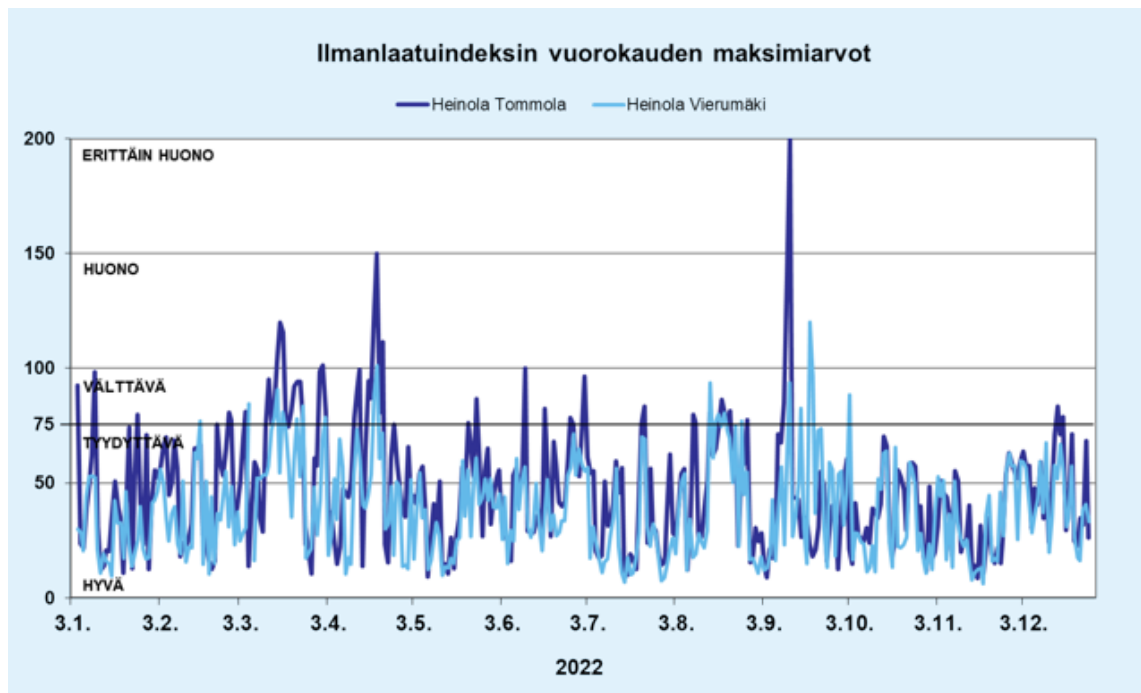
Pienhiukkasten keskimääräisissä pitoisuuksissa ei ollut havaittavissa selkeää vuodenaikaisvaihtelua kummallakaan mittausasemalla. Pienhiukkaspitoisuuksien melko pieni vaihtelu johtuu siitä, että suurin vaikutus pienhiukkaspitoisuustasoihin on alueellisella taustapitoisuudella eli alueelle muualta kaukokulkeutuneilla pienhiukkasilla. Paikallisilla päästölähteillä on pienempi vaikutus pienhiukkasten pitoisuuksiin kuin hengitettävien hiukkasten pitoisuuksiin. Keskimäärin hieman korkeampia pienhiukkasten tuntipitoisuuksia havaittiin molemmilla asemilla kuitenkin keväällä katupölyaikaan. Mittausjakson korkein yksittäinen pienhiukkasten tuntipitoisuus $314 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mitattiin 12.9. Tommolan mittausasemalla. Korkea pienhiukkasten tuntipitoisuus johtui Heinolan tulipalosta ja siihen liittyvistä sammutustöistä. Myös Vierumäellä mitattiin mittausjakson korkein pienhiukkasten tuntipitoisuus $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tulipalon aikaan. Korkeimmat pitoisuudet tulipalon vaikutusta lukuun ottamatta mitattiin molemmilla asemilla maaliskuussa, Tommolassa $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Vierumäellä $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Maaliskuussa 15.–18.3. ilmanlaatua heikensi katupölyn lisäksi Suomen yllä pyörivä pienhiukkaspilvi, jonka vuoksi myös Heinolan molemmilla asemilla havaittiin hieman kohonneita pienhiukkaspitoisuuksia.

Kaikki mitatut epäpuhtausyhdisteiden pitoisuudet alittivat niille asetetut ohje- ja raja-arvot Heinolan Tommolassa ja Vierumäellä sijaitsevilla mittausasemilla.

2.2 Ilmanlaatuindeksi

Heinolan ilmanlaadun mittausasemilla jatkuvatoimisesti mitattujen pitoisuuksien tuntiarvojen perusteella laskettiin ilmanlaatuindeksi, joka kuvaa vallitsevaa ilmanlaatuutilannetta viisiportaisella sanallisella asteikolla: hyvä, tyydyttävä, välttävä, huono tai erittäin huono. Ilmanlaatuindeksi on vertailuluku, joka kuvaa sen hetkistä ilmanlaatua suhteutettuna ilmanlaadun terveysvaikutusperusteisiin ohje- ja raja-arvopitoisuuksiin. Ilmanlaatuindeksin määrittämiseksi kullekin mitattavalle yhdisteelle (NO_2 , PM_{10} ja $\text{PM}_{2,5}$) lasketaan ensin pitoisuuksien tunti-keskiarvoista ali-indeksi. Ali-indekseistä korkeimman arvo määrää sen tunnin ilmanlaatuindeksin arvon. Vuorokauden ilmanlaatuindeksi määräytyy puolestaan ilmanlaadultaan huonoimman tunnin mukaan (<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatuindeksi>).

Kuvassa 3 on esitetty vuorokauden suurimmat ilmanlaatuindeksin arvot Heinolan ilmanlaadun mittausasemilla vuonna 2022. Indeksillä ilmaistuna ilmanlaatu oli Tommolassa hyvää tai tyydyttävää 85 % mittausjakson vuorokausista ja Vierumäellä 94 % vuorokausista eli valtaosan mittausjaksosta. Tommolassa ilmanlaatu oli välttävää 13 % päivistä, huonoa 2 % päivistä (8 päivää) ja erittäin huonoa 0,3 % päivistä (1 päivä). Vierumäellä vastaavasti ilmanlaatu oli välttävää 5 % päivistä, huonoa 1 % päivistä (2 päivää), eikä erittäin huonon ilmanlaadun päiviä esiintynyt lainkaan. Tommolassa huonon ilmanlaadun päiviä esiintyi maaliskuussa 16.–18.3. korkeiden pienhiukkaspitoisuuksien vuoksi, sekä huhtikuussa katupölyaikaan korkeiden hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien vuoksi. Maaliskuun korkeat hiukkaspitoisuudet johtuivat todennäköisesti kaukokulkeumasta ja Suomen yllä pyörineestä pienhiukkaspilvestä. Lisäksi Tommolassa esiintyi 11.9. huonon ilmanlaadun päivä ja 12.9. erittäin huonon ilmanlaadun päivä johtuen erittäin korkeista pienhiukkaspitoisuuksista. Kohonneet hiukkaspitoisuudet 11.–12.9. johtuivat Tommolan mittausaseman läheisen ison varastohallin tulipalosta ja sammutustöistä. Vierumäellä toinen huonon ilmanlaadun päivä esiintyi huhtikuussa katupölyaikaan johtuen korkeiden hengitettävien hiukkasten pitoisuuksista ja toinen päivä syyskuussa korkeiden typpidioksidipitoisuuksien vuoksi. Syyskuun korkeat typpidioksidipitoisuudet esiintyivät erittäin heikkotuuliseen aikaan, joten pitoisuuksia todennäköisesti nosti hetkellisesti jokin yksittäinen päästölähde Vierumäen koulun parkkipaikan lähialueella.

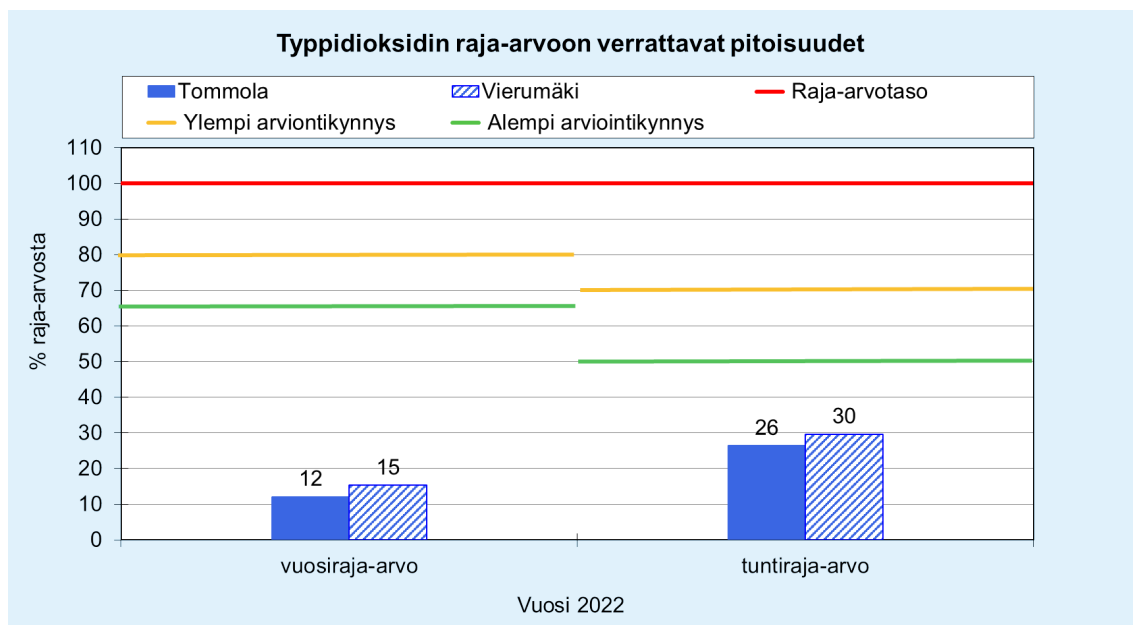


Kuva 3. Vuorokauden suurimmat ilmanlaatuindeksin arvot Heinolan ilmanlaadun mittauspisteissä vuonna 2022.

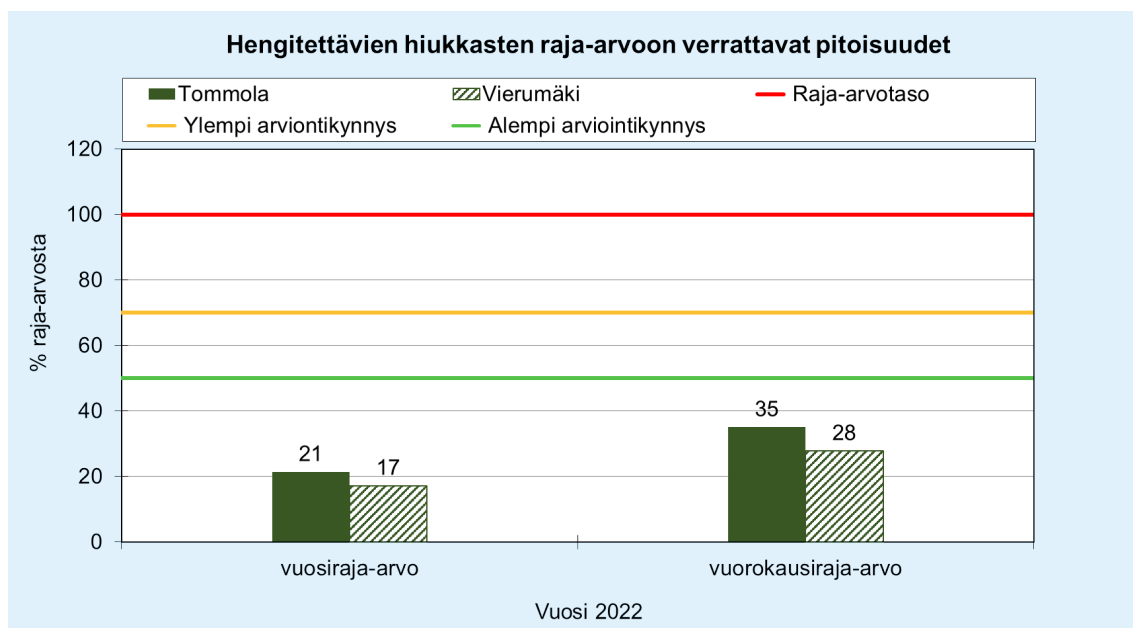
2.3 Pitoisuuksien vertailua raja- ja ohjearvoihin

Raja-arvot määrittelevät pitoisuuksille enimmäiskaton, jota ei saa ylittää. Raja-arvot ovat sitovia ja ne ovat voimassa kaikissa EU-maissa, jossa asuu ja oleskelee ihmisiä. Raja-arvot eivät ole voimassa liikenneväylillä ja teollisuusalueilla, jonne ihmisillä ei ole vapaata pääsyä. Ohjearvojen seuraamisella sen sijaan yritetään ohjata esimerkiksi kaavoitusta sellaisille alueille, jossa pitoisuudet ovat ihmisten terveydelle haitattomalla tasolla. Raja- ja ohjearvoilla on erilaiset tilastolliset määrittelyt ja raja-arvopitoisuuksille sallitaan vielä erikseen ylityksiä määrittelystä pitoisuustasosta, joten raja- ja ohjearvoja ei voi suoraan lukuarvoina verrata keskenään. Arviointikynnyksiin vertaamisen avulla määritetään ilmanlaadun seurantarvetta ja käytettäviä seurantamenetelmiä. Ilmanlaadun lainsäädännöstä on kerrottu tarkemmin raportin jälkimmäisessä osassa kappaleessa 7.6. Ilmanlaadun raja-arvotarkasteluissa vertailujakso on yksi kalenterivuosi.

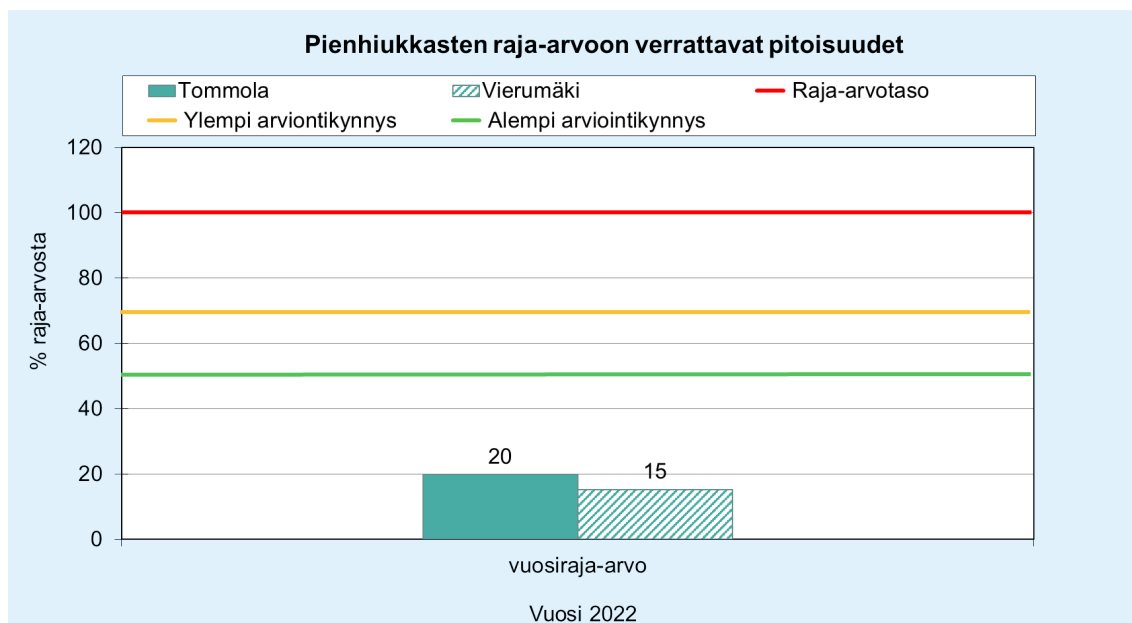
Kuvissa 4–6 on esitetty vertailut Heinolan ilmanlaadun mittausasemilla vuonna 2022 mitattujen typidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten raja-arvoihin ja arviointikynnyksiin verrattavat pitoisuudet prosentteina raja-arvotasosta ja arviointikynnyksistä. Kaikki mitatut pitoisuudet jäivät selvästi raja-arvojen ja arviointikynnyksien alapuolelle. Typidioksidin pitoisuus oli enimmillään Vierumäellä 30 % tuntiraja-arvosta ja 15 % vuorokausiraja-arvosta. Tommolassa vastaavasti typidioksidin pitoisuus oli 26 % tuntiraja-arvosta ja 12 % vuorokausiraja-arvosta. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat korkeimmillaan Tommolassa 35 % vuorokausiraja-arvosta ja 21 % vuorokausiraja-arvosta. Vierumäellä vastaavasti hengitettävien hiukkasten pitoisuus oli 28 % vuorokausiraja-arvosta ja 17 % vuorokausiraja-arvosta. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvotason $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ylityksiä ei esiintynyt lainkaan vuonna 2022 Tommolan tai Vierumäen mittausasemilla. Näitä ylityspäiviä saisi olla kullakin mittausasemalla 35 kappaletta vuodessa, ennen kuin raja-arvo katsotaan ylittyneeksi. Pienhiukkasten pitoisuus oli Tommolassa 20 % vuorokausiraja-arvosta ja Vierumäellä 15 % raja-arvosta.



Kuva 4. Typidioksidin raja-arvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa (%) raja-arvoihin Heinolan ilmanlaadun mittauspisteissä vuonna 2022. Kuvaan on merkitty vaakaviivoilla raja-arvotaso sekä ylempi ja alempi arviointikynnys.

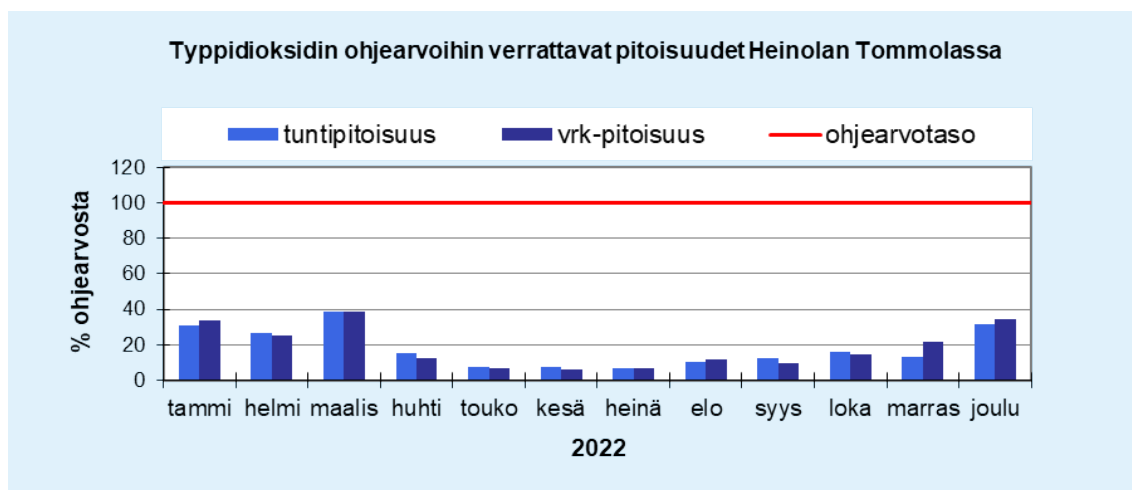


Kuva 5. Hengitettävien hiukkasten raja-arvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa (%) raja-arvoihin Heinolan ilmanlaadun mittauspisteissä vuonna 2022. Kuvaan on merkitty vaakaviivoilla raja-arvotaso sekä ylempi ja alempi arviointikynnys.

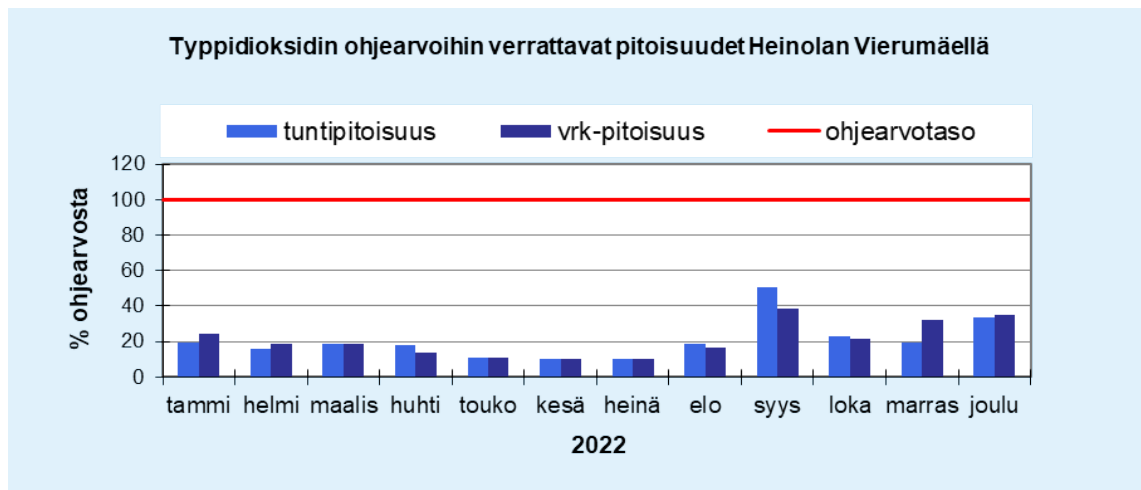


Kuva 6. Pienhiukkasten raja-arvoon verrattavat pitoisuudet suhteessa (%) vuosiraja-arvoon Heinolan ilmanlaadun mittauspisteissä vuonna 2022. Kuvaan on merkitty vaakaviivoilla raja-arvotaso sekä ylempi ja alempi arviointikynnys.

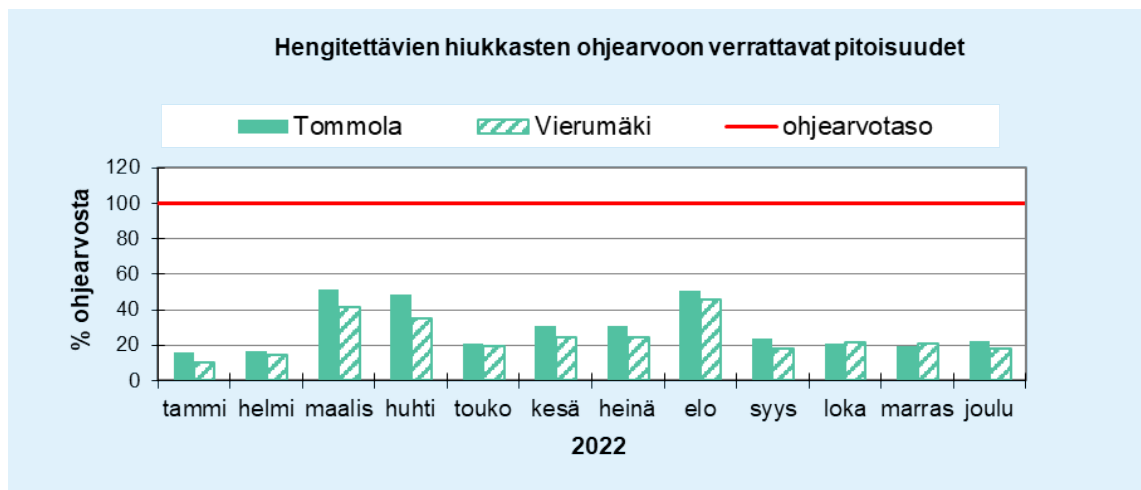
Kuvissa 7–9 on esitetty typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrannolliset pitoisuudet kuukausittain Heinolan ilmanlaadun mittausasemilla vuonna 2022. Pitoisuuksien vuorokausiohjearvot eivät ylittyneet mittausjaksolla kertaakaan. Typpidioksidin ohjearvoon verrattavat vuorokausi- ja tuntipitoisuudet olivat korkeimmillaan Vierumäellä syyskuussa, jolloin vuorokausipitoisuus oli 39 % ja tuntipitoisuus 51 % ohjearvosta. Vastaavasti Tommolassa vuorokausi- ja tuntipitoisuudet olivat korkeimmillaan maaliskuussa, jolloin vuorokausipitoisuus oli 39 % ja tuntipitoisuus 28 % ohjearvosta. Hengitettävien hiukkasten pitoisuus oli suurimmillaan Tommolassa maaliskuussa 51 % vuorokausiohjearvosta ja Vierumäellä elokuussa 45 % vuorokausiohjearvosta.



Kuva 7. Typpidioksidin ohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Heinolan Tommolassa vuonna 2022. Punaisella vaakaviivalla (100 %) on merkitty ohjearvotaso kuukauden tunti- ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja vuorokausipitoisuuksille ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



Kuva 8. Typpidioksidin ohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Heinolan Vierumäellä vuonna 2022. Punaisella vaakaviivalla (100 %) on merkitty ohjearvotaso kuukauden tunti- ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja vuorokausipitoisuuksille ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

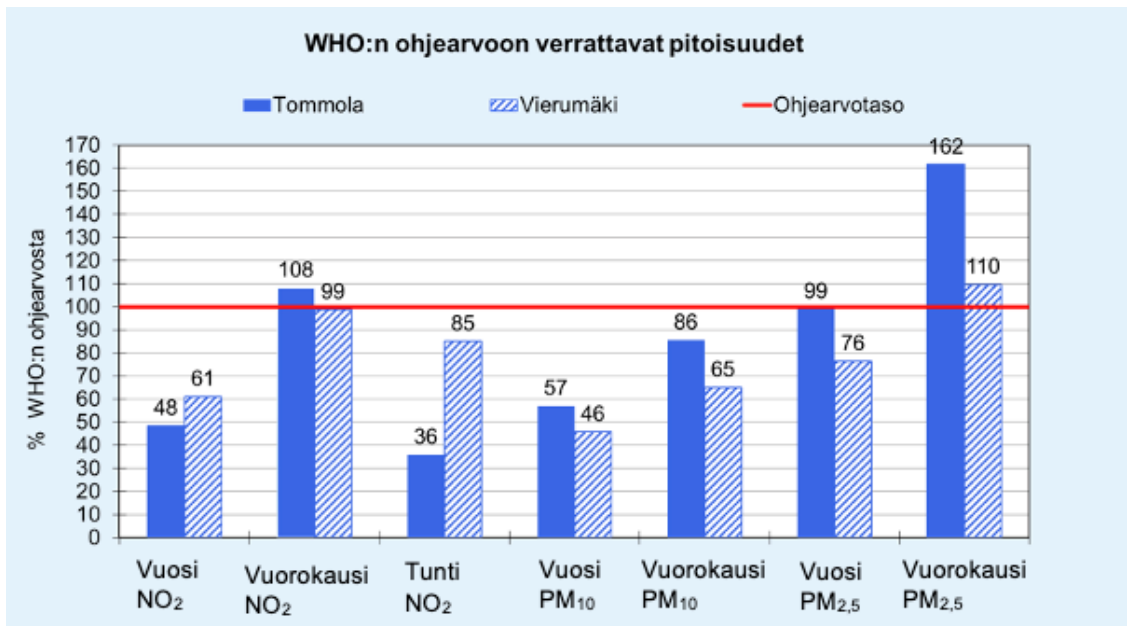


Kuva 9. Hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain Heinolan ilmanlaadun mittausasemilla vuonna 2022. Punaisella vaakaviivalla (100 %) on merkitty ohjearvotaso $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Kuvassa 10 on esitetty typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten Maailman terveysjärjestön (WHO) ohjearvoon (WHO 2021) verrannolliset pitoisuudet Heinolan ilmanlaadun mittauspisteissä vuonna 2022. WHO:n ohjearvot eivät ole sitovia, vaan niiden tarkoitus on avustaa valtioiden hallituksia ja yhteiskuntia ilmansaasteiden haitallisten vaikutusten vähentämisessä. WHO arvioi ilman pilaantumisen yhdeksi suurimmaksi globaaliksi terveyteen kohdistuvaksi ympäristöriskiksi. WHO päivitti syksyllä 2021 ilmansaasteiden ohjearvopitoisuudet, joita pienemmillä pitoisuuksilla haitallisia terveysvaikutuksia ei esiinny lainkaan tai ne ovat vain vähäisiä. WHO:n vuorokausiohjearvot on tilastollisesti määritelty siten, että ne ovat korkeimpien vuorokausikeskiarvopitoisuuksien 99. prosenttipiste, joka tarkoittaa käytännössä sitä, että kalenterivuoden jaksolla sallitaan 3 ylityskertaa ennen kuin vuorokausiohjearvon katsotaan ylittyneen.

Typpidioksidin osalta WHO:n vuosiohjearvo ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja tuntipitoisuuksien ohjearvo ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) alittuivat kummallakin asemalla, Tommolassa vuosiohjearvoon verrattava pitoisuus oli 48 % ja Vierumäellä 61 % ohjearvosta ja tuntipitoisuuksien ohjearvoon verrattava pitoisuus Tommolassa 36 % ja Vierumäellä 85 % ohjearvosta. Typpidioksidin vuorokausiohjearvoon ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrattava pitoisuus ylittyi Tommolassa, ollen 108 % ohjearvosta. Vierumäellä typpidioksidin vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus oli 99 % ohjearvosta. Hengitettävien hiukkasten WHO:n vuosiohjearvoon ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrattava pitoisuus oli Tommolassa 57 % ja Vierumäellä 46 % ohjearvosta, ja vuorokausiohjearvoon ($45 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrattava pitoisuus oli Tommolassa 86 % ja Vierumäellä 65 % ohjearvosta. Pienhiukkasten osalta WHO:n vuosiohjearvoon ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrattava pitoisuus ylittyi Tommolassa, ollen 108 % ohjearvosta. Vierumäellä pienhiukkasten vuosiohjearvoon verrannollinen pitoisuus oli 99 % ohjearvosta.

µg/m³) verrattava pitoisuus Tommolassa oli 99 % ja Vierumäellä 76 % ohjeavosta. Pienhiukkasten WHO:n vuorokausiohjearvo puolestaan ylittyi molemmilla asemilla, ollen Tommolassa 162 % ja Vierumäellä 110 % ohjeavosta.

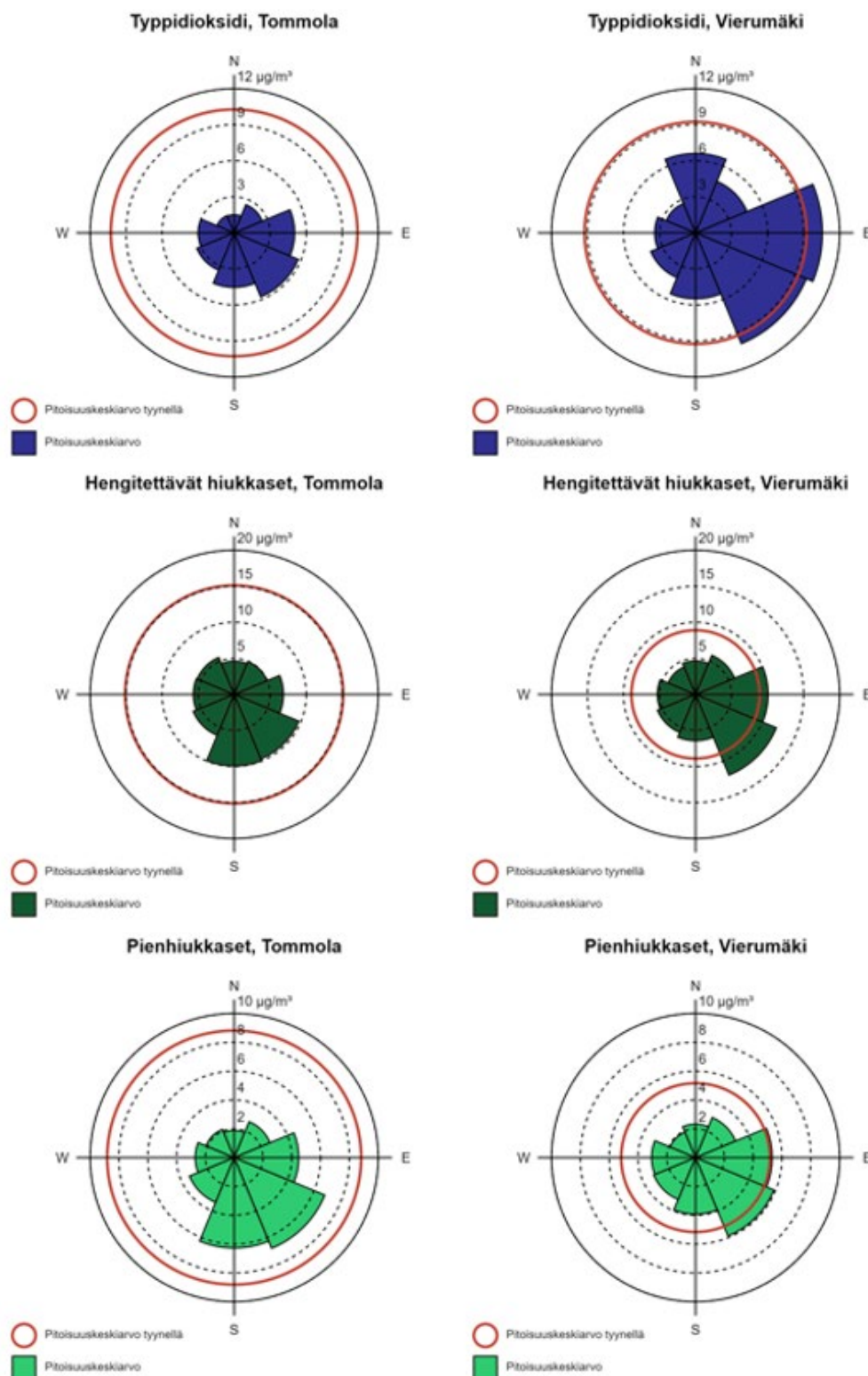


Kuva 10. WHO:n ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet Heinolan ilmanlaadun mittausasemilla mitatuista yhdisteistä vuonna 2022. Punaisella vaakaviivalla (100 %) on merkitty ohjearvotaso kullekin pitoisuudelle.

2.4 Tuulen suunnan ja nopeuden vaikutus mitattuihin pitoisuuksiin

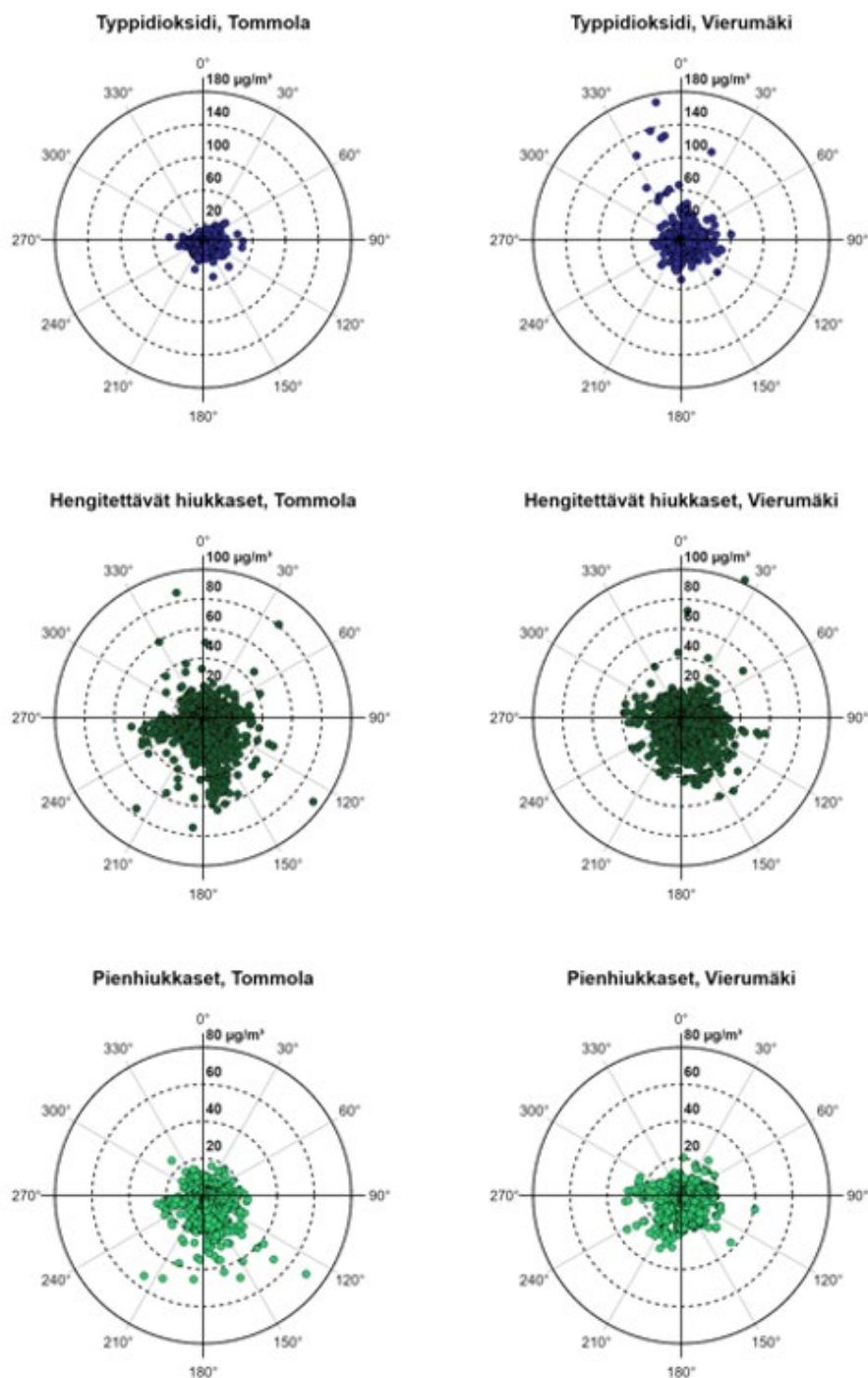
Kuvassa 11 on havainnollistettu Heinolan ilmanlaadun mittausasemilla mitattujen pitoisuuksien keskimääräistä riippuvuutta tuulensuunnasta ns. pitoisuusruusujen avulla. Pitoisuusruusu kuvaa tuntipitoisuuksien keskiarvoa eri tuulensuunnilla. Tyynellä säällä, eli kun tuulen nopeus on alle 0,5 m/s, havaittujen tuntipitoisuuksien keskiarvo on esitetty ympyrällä, jonka säteen pituus kuvaa pitoisuuden arvoa. Tyynellä säällä mitattuihin pitoisuustasoihin vaikuttaa tyypillisesti merkittävimmin lähipäästölähteet. Muilla tuulennopeuksilla havaitut pitoisuudet on esitetty tuulensuuntaisina sektoreina, joissa etäisyys keskipisteestä vastaa tuntipitoisuuksien keskiarvoa. Vuonna 2022 Heinolan Tommolän mittauspisteessä vallitsevia tuulensuuntia olivat etelän ja lounaan puoleiset tuulet. Tommolän tuulista valtaosa oli tyyniä. Vierumäen mittausasemalla tuulet olivat pääosin etelä-tuulia. Tämä tuulijakauma vaikuttaa merkittävästi mittausasemalla havaittuihin pitoisuuksiin. Tuulijakauma on esitetty kappaleessa 5.1.

Tommolan mittausasemalla kaikkien mittausten pitoisuudet olivat keskimäärin suurimmillaan tyyneissä tilanteissa. Tyyneellä säällä havaitut korkeat typpidioksidin ja hiukkasten pitoisuudet kertovat paikallisista päästölähteistä, jonka lähdeä ja sen sijaintia ei tarkemmin pystytä määrittelemään. Kovemmilla tuulennopeuksilla pystytään selkeästi päättelämään, mistä suunnasta mitatut pitoisuudet ovat peräisin. Hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuuksissa on yksittäisten päästölähteiden vaikutusta yleensä vaikeampi erottaa kuin typpidioksidilla. Vuodenaika, liikenne, kaukokulkeuma, katujen pölyäminen ja meteorologiset tekijät vaikuttavat hiukkaspitoisuuksiin voimakkaasti. Tommolassa tyyneiden tilanteiden jälkeen keskimäärin suurimmat typpidioksidin pitoisuudet mitattiin kaakon, idän ja etelän puoleisilla tuulilla, eli Tiilitehtaankadun ja Tommolan asuinalueen suunnalta. Hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten osalta keskimäärin korkeimmat pitoisuudet mitattiin kaakon ja etelän suunnalta. Tommolassa idän ja kaakon puoleisia tuulia mitattiin kuitenkin hyvin vähän. Vierumäellä kaikkien mittausten pitoisuudet olivat suurimmillaan idän ja kaakon puoleisilla tuulilla. Versowoodin tavaraliikenne ja rekkaportti sijaitsevat mittausasemasta noin 200 metrin päässä olevan Vierumäenraitin varrella kaakon suunnalla.



Kuva 11.

Heinolan ilmanlaadun mittausasemilla mitattujen tuntipitoisuuksien keskiarvot tuulensuunnittain vuonna 2022. Punaisella ympyrällä on merkitty pitoisuuksia, jotka on mitattu tyynissä tilanteissa. Tyyniksi on tässä tarkastelussa luokiteltu tuulet, joiden nopeus on alle 0,5 m/s.



Kuva 12. Heinolan ilmanlaadun mittausasemilla mitatut tuntipitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) tuulensuunnittain (0–360°) vuonna 2022. Kuvassa eivät näy tyynellä mitatut tuntipitoisuudet. Tyyniksi on tässä tarkastelussa luokiteltu alle 0,5 m/s tuulen nopeudet. Kukin ilman epäpuhtaus on esitetty omassa pitoisuusskaalassaan.

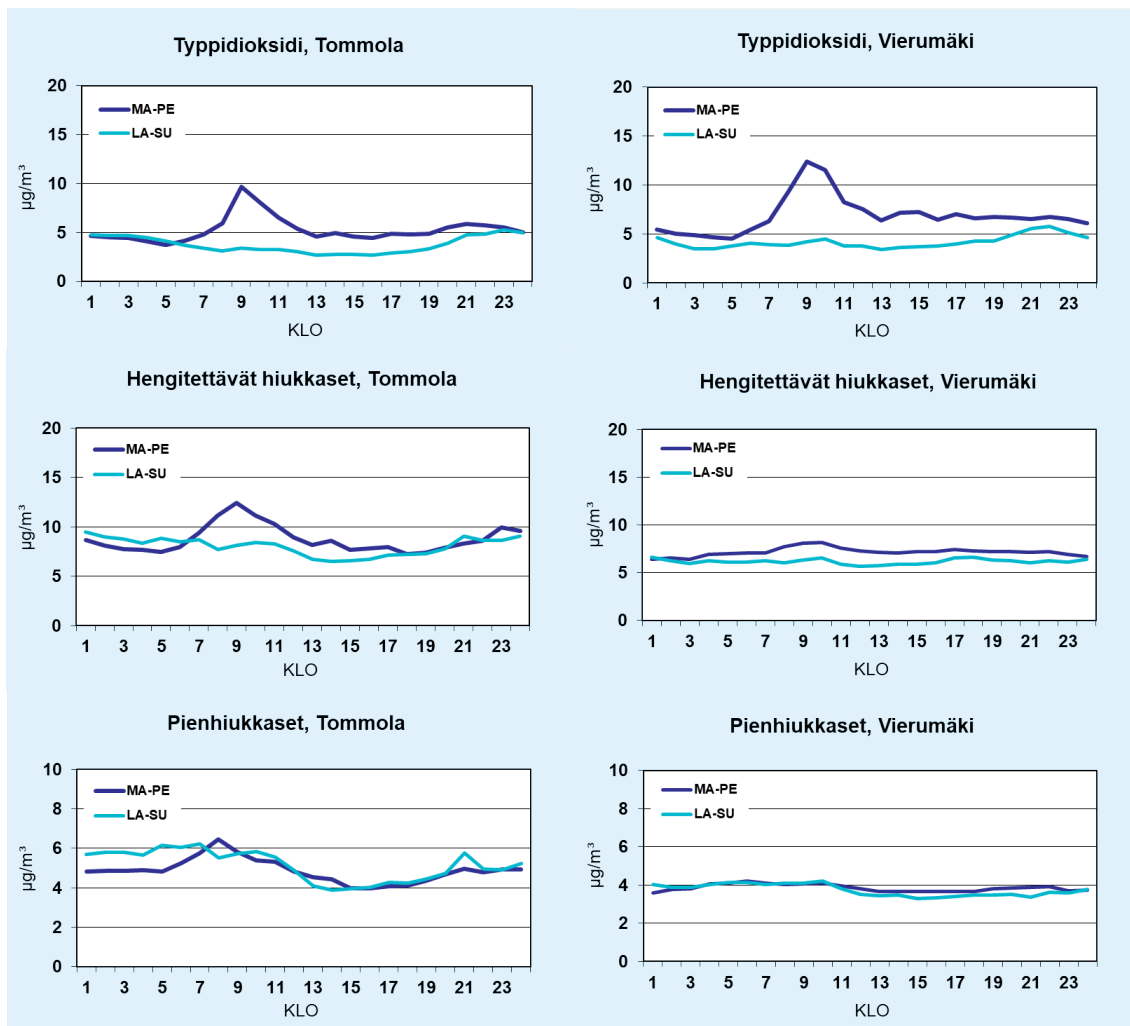
Kuvassa 12 on esitetty Heinolan ilmanlaadun mittausasemilla mitattujen yksittäisten tuntipitoisuuksien suhde tuulen suuntaan. Kuvissa ei näy tyynellä mitattuja tuntipitoisuuksia. Yksittäisiä havaintoja on tehty kaikilla mitatuilla komponenteilla kaikilla tuulen suunnilla. Hengitettävillä hiukkasilla ja pienhiukkasilla havaittiin pitoisuuksissa hajontaa kaikkiin eri tuulensuuntiin molemmilla mittausasemilla. Tämä on tyypillistä hiukkasille, koska liikenteen, asuinrakennusten lämmityksen ja teollisuuden päästölähteistä vapautuvien hiukkasten lisäksi ulkoilman hiukkaspitoisuuksiin vaikuttaa merkittävästi maaston pölyäminen ja tuulen ilmaan nostamat hiukkaset. Vierumäellä typpidioksidin osalta korkeimmat yksittäiset tuntipitoisuudet mitattiin pohjoisen puoleisilla tuulilla,

vaikka pohjoisen tuulihavaintoja oli Vierumäellä hyvin vähän. Vierumäen koulun parkkipaikalla mittausaseman välittömässä läheisyydessä on todennäköisesti ollut jokin yksittäinen päästölähde, kuten työkuone tai muu ajoneuvo, joka on hetkellisesti nostanut pitoisuustasoa.

2.5 Pitoisuuksien ajallinen vaihtelu

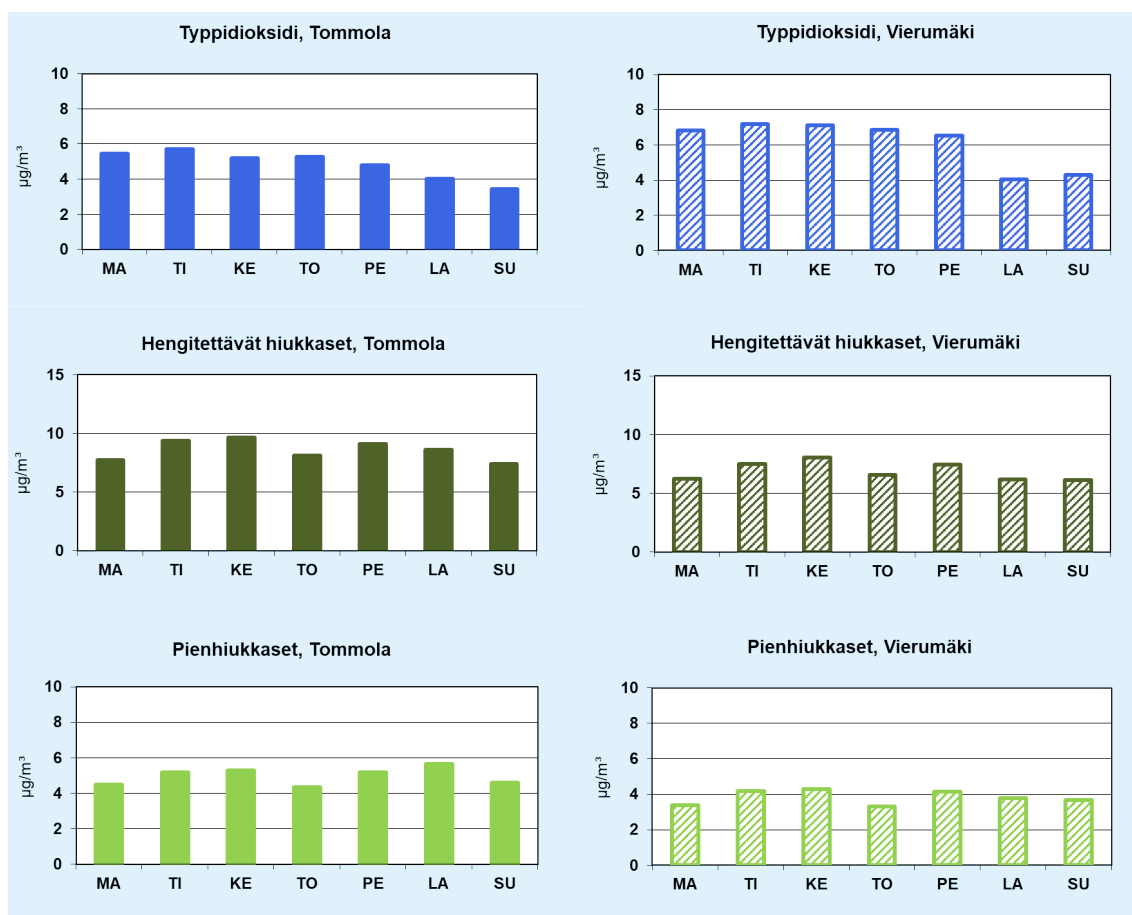
Kuvassa 13 on tarkasteltu Heinolan ilmanlaadun mittausasemilla mitattujen tyypidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten tuntipitoisuuksien vaihtelua kellonajan mukaan erikseen arkipäivisin (maanantai–perjantai) ja viikonloppuisin (lauantai–sunnuntai). Kuvassa 14 pitoisuuksia on puolestaan tarkasteltu viikonpäivittäisinä keskiarvoina mittausjaksolta.

Tyypidioksidin tuntipitoisuuksissa havaitaan liikenteen vaikutus selvästi. Tyypidioksidipitoisuudet ovat korkeimmillaan arkipäivisin työmatkaliikenteen ollessa vilkkaimmillaan, iltpäivisin vaikutukset eivät ole yhtä selkeitä. Pienimmillään pitoisuudet ovat puolestaan arkipäivisin aamuyön tunteina. Keskimääräiset tuntipitoisuudet ovat viikonloppuisin pienempiä kuin arkipäivisin. Vaikka viikonloppuisin pitoisuuksien vaihtelu vuorokauden sisällä on vähäisempää kuin arkipäivisin, ovat ne kuitenkin hieman korkeampia iltaisin. Viikonpäivittäin tarkasteltuna tyypidioksidin keskimääräinen pitoisuus oli selvästi matalampi viikonloppuna kuin arkipäivisin, sillä liikennemäärät ja siitä aiheutuvat päästöt ovat vähäisempiä viikonloppuisin. Erityisesti Vierumäellä tyypidioksidin pitoisuudet ovat selvästi pienemmät viikonloppuisin. Vierumäen mittausasema sijaitsee Vierumäen koulun parkkipaikalla, joten koulun toiminnan liikennemäärien vaihtelu vaikuttaa havaittuihin pitoisuustasoihin.



Kuva 13. Heinolan ilmanlaadun mittausasemilla vuonna 2022 mitattujen tuntipitoisuuksien keskiarvot kellonajan mukaan arkipäivisin (ma–pe) ja viikonloppuisin (la–su).

Hiukkaspitoisuuksissa ei ole havaittavissa suurta vaihtelua vuorokaudenaikojen välillä, vaan kuvaajat ovat hyvin samankaltaisia sekä arkisin että viikonloppuisin. Arkisin pitoisuudet ovat suurimmillaan aamuisin ja kohoavat taas iltaa kohden, viikonloppuisin taas yöaikaan. Matalimmillaan pitoisuudet ovat sekä arki- että viikonloppuiltapäivisin. Tammolassa hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuuksien vaihtelua on enemmän, kun taas Vierumäellä pitoisuudet pysyttelevät hyvin tasaisina viikonpäivästä ja kellonajasta riippumatta. Tammolassa hengitettävien hiukkasten pitoisuudet ovat korkeimmillaan arki-aamuisin. Hiukkaspitoisuudet eivät ole yhtä riippuvaisia liikennemäärästä kuin typpidioksidipitoisuudet, vaan pölyämistä tapahtuu liikenteen ja teollisuuden lisäksi luonnollisesti, johon vaikuttaa muun muassa vallitsevat sääolosuhteet. Lisäksi kuvaajien muotoon vaikuttavat myös kaukokulkeumaepisodien ajankohdat sekä teollisuuden päästöistä peräisin olevat hiukkaset.



Kuva 14. Heinolan ilmanlaadun mittausasemilla vuonna 2022 mitattujen pitoisuuksien keskiarvot viikonpäivän mukaan.

2.6 Hengitettävien hiukkasten sisältämät PAH-yhdisteet

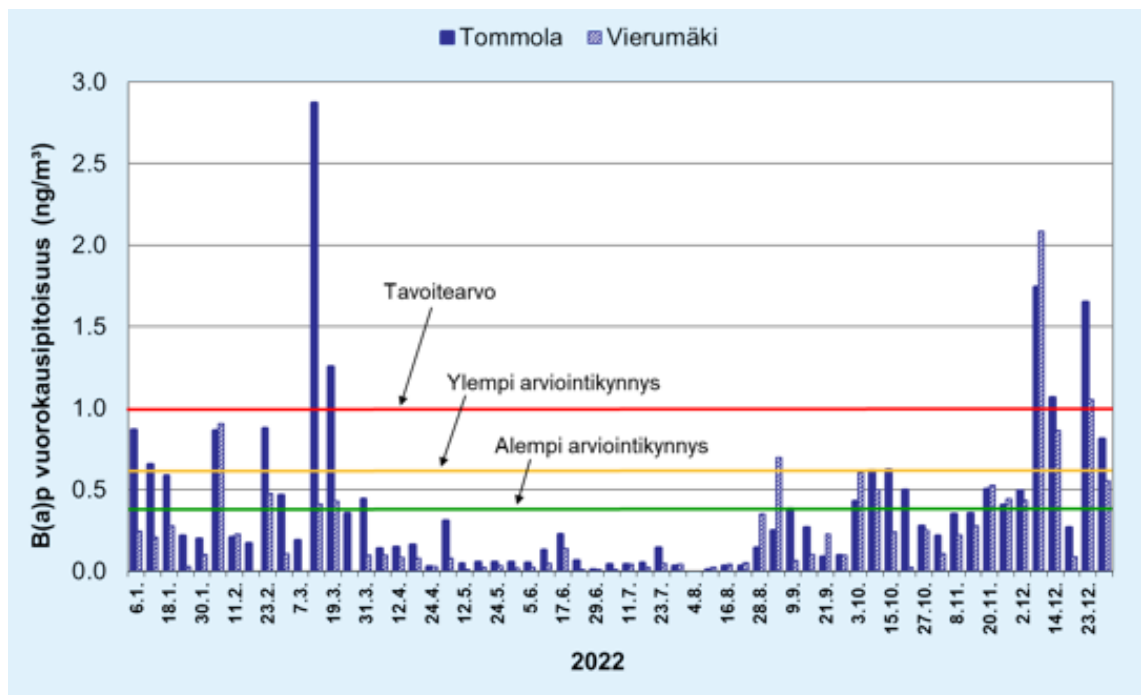
Taulukkoon 2 on koottu tilastollinen yhteenveto Heinolassa vuonna 2022 mitatuista tavoitearvoon (vuosikeskiarvo) verrattavista bentso(a)pyreenin pitoisuuksista sekä kaikki analysoidut PAH-yhdisteet sisältävästä PAH-summasta, jolle ei ole määritetty tavoitearvoa. Bentso(a)pyreenin ja PAH-summan pitoisuustulokset on esitetty näytteittäin kuvissa 15 ja 16 sekä yhdisteittäin eroteltuna raportin lopussa liitekuvin 29–30. Koko mittausjakson bentso(a)pyreenin pitoisuuksien vertailu tavoitearvoon on esitetty kuvassa 17.

Molemmissa mittauspisteissä on havaittavissa tyypillinen vuodenajan vaikutus PAH-yhdisteiden pitoisuuksiin. Talvella pitoisuudet ovat suurempia kuin kesällä, koska mm. energiantuotannon ja kotitalouksien puunpolton takia PAH-yhdisteiden päästöt ovat talvikaudella suuremmat. Toisaalta myös PAH-yhdisteiden muuntuminen ilmakehässä on talvella hitaampaa kesään verrattuna, alemmista lämpötiloista ja vähemmästä valon määrästä johtuen. Pitoisuudet olivat keskimäärin korkeammat Tammolan mittausasemalla kuin Vierumäellä, koska Tom-

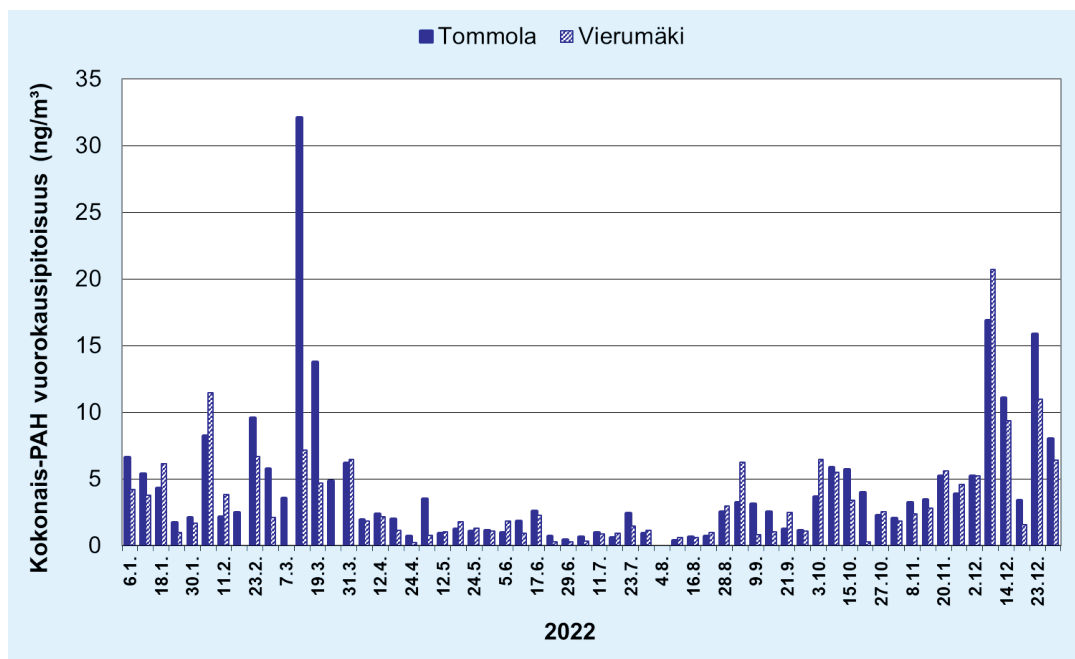
molan aseman lähiympäristössä on pientaloasutusta, jossa poltetaan puuta. Tommolassa havaittiin poikkeavan korkeita bentso(a)pyreenin pitoisuuksia viitenä vuorokautena: 13.3., 19.3., 8.12., 14.12. ja 23.12., sekä Vierumäellä kahtena vuorokautena: 8.12. ja 23.12. Tommolassa näinä kaikkina päivinä oli joko tyyni pakkaspäivä, tai tuulennopeus oli hyvin pieni ja tuuli kävi pientaloasutuksen suunnasta mittausasemalle päin. Tällaisina päivinä kotitalouksien puunpoltton päästöt jäävät helposti lähelle päästölähteitä matalaan ilmakerrokseen ja sekoittuvat huonosti ympärivään ilmaan. Näiden vuorokausien aikana havaittiin myös hieman kohonneita hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia Tommolan jatkuvatoimisissa mittauksissa. Vierumäellä korkeiden bentso(a)pyreenin pitoisuuksien päivinä oli joko tyyni pakkaspäivä, tai tuulennopeus oli hyvin pieni ja tuuli kävi Vierumäenraitin suunnasta mittausasemalle päin. Tommolassa bentso(a)pyreenin vuosikeskiarvopitoisuus ylitti alemman arviointikynnyksen. Vierumäen pitoisuus jäi alle alemman arviointikynnyksen.

Taulukko 2. Heinolan ilmanlaadun mittausasemilla vuonna 2022 kerätyistä hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausinäytteistä analysoidut PAH-yhdisteiden pitoisuudet. Kokonais-PAH tarkoittaa kaikkien analysoitujen PAH-yhdisteiden pitoisuuksien summaa.

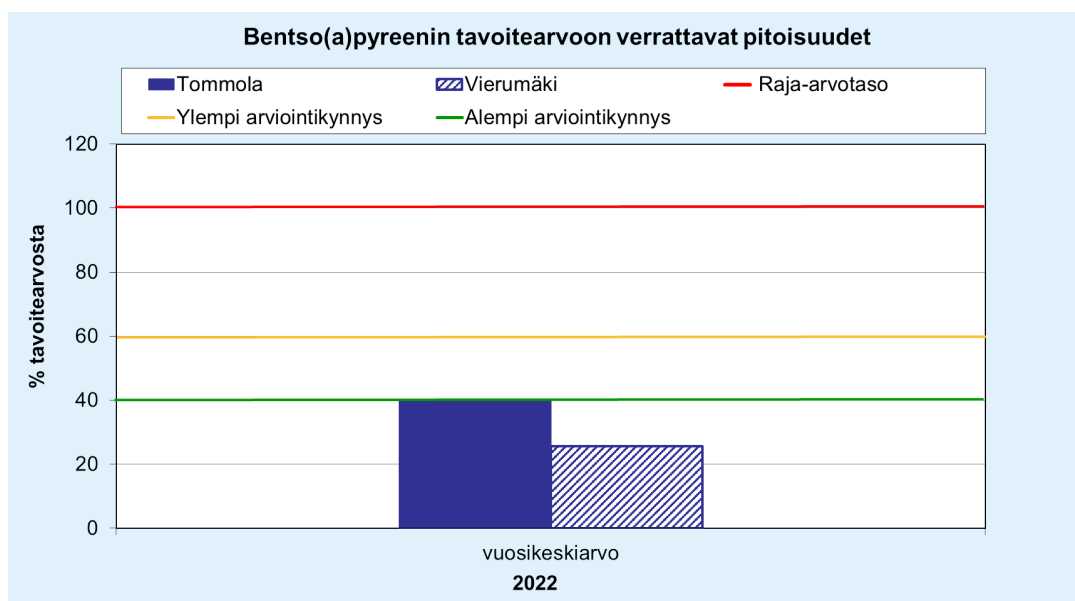
Keräinnäytteiden pitoisuudet	Bentso(a)pyreeni ng/m ³	Kokonais-PAH ng/m ³
Tommola		
Keskiarvo	0,4	4,3
Minimi	0,01	0,4
Maksimi	2,9	32
Hajonta	0,5	5,2
Vierumäki		
Keskiarvo	0,3	3,3
Minimi	0,01	0,2
Maksimi	2,1	21
Hajonta	0,4	3,6



Kuva 15. Hengitettävistä hiukkasista (PM₁₀) määritetyt bentso(a)pyreenin pitoisuudet (ng/m³) Tommolan ja Vierumäen mittauspisteissä vuonna 2022. Kuvaan merkityt tavoitearvo ja arviointikynnykset koskevat vuosikeskiarvoa, eivät yksittäisiä pitoisuusarvoja, ja ne ovat kuvassa vain havainnollistamassa pitoisuustasoa.



Kuva 16. Hengitettävistä hiukkasista (PM₁₀) määritetyt kokonais-PAH pitoisuudet (ng/m³) Tommolan ja Vierumäen mittauspisteissä vuonna 2022.



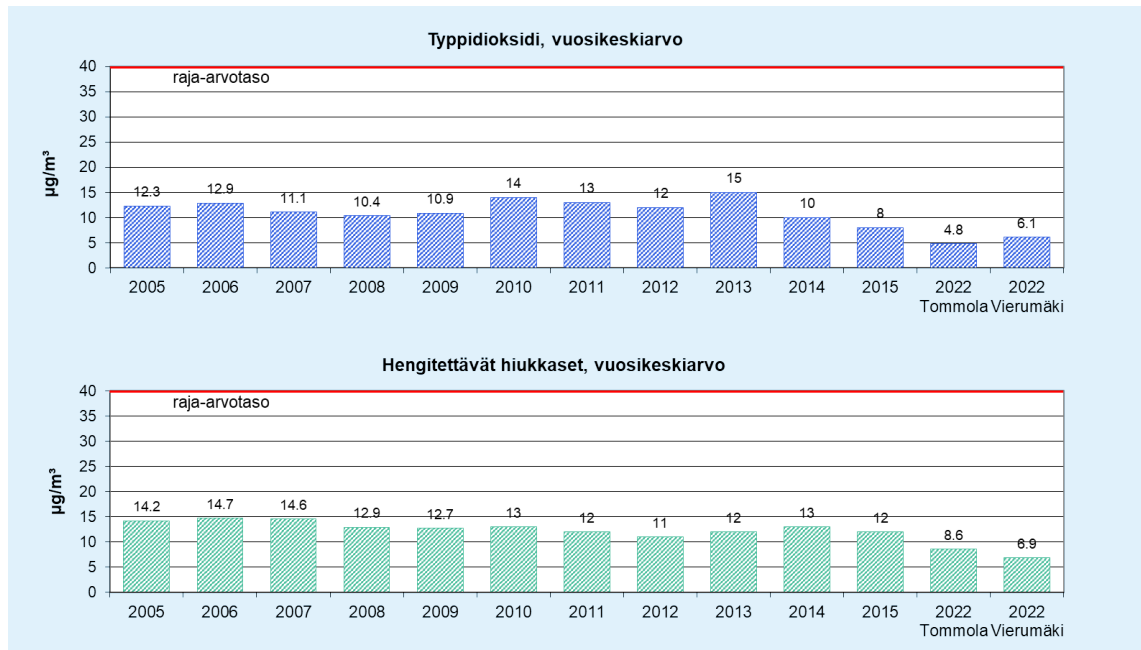
Kuva 17. Bentso(a)pyreenin vuosikeskiarvopitoisuudet suhteessa (%) tavoitearvoon Heinolan Tommolan ja Vierumäen mittauspisteissä vuonna 2022. Kuvaan on merkitty vaakaviivoilla tavoitearvotaso sekä ylempi arviointikynnys ja alempi arviointikynnys.

2.7 Pitoisuuksien vertailua Heinolassa aiemmin mitattuihin pitoisuuksiin

Heinolan ilmanlaadun seurannalla on pitkät perinteet. Ilmatieteen laitos on tehnyt vuosien aikana Heinolan seudulle kymmenisen päästöjen leviämismallitutkimusta, joissa on arvioitu teollisuus- ja energiantuotantolaitosten vaikutuksia alueen ilmanlaatuun. Mallinnuksen kohteena olivat laitosten rikkidioksidi-, hiilivety- ja hiukaspäästöjen leviäminen ympäristöön. Heinolan kaupunki ja alueella päästöjä ilmaan aiheuttavat laitokset ovat tarkkailleet ilmanlaatua jatkuvatoimisin mittauksin vuodesta 2002 alkaen. Vuosina 2002–2009 ilmanlaatumittauksista vastasi Lahden kaupungin tekninen ja ympäristötoimiala. Vuosina 2010–2015 mittauksista on vas-

tannut Ilmatieteen laitos. Vuosina 2010–2015 ilmanlaatua mitattiin Heinolan Torikadulla torin tuntumassa sijaitsevalla keskustan mittausasemalla. Keskustan mittausasema sijaitsi noin 1 km etäisyydellä Tommolann mittauspisteestä. Keskustan asemalla on mitattu typen oksidien, haisevien rikkiyhdisteiden ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia. Tämän lisäksi siellä mitattiin rikkidioksidipitoisuuksia vuoden 2006 loppuun asti. (Saari ja Komppula, 2016)

Kuvassa 18 on esitetty Heinolan keskustassa vuosina 2005–2015 mitatut typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvot sekä Tommolassa ja Vierumäellä vuonna 2022 mitatut mittausjakson keskiarvot. Heinolan keskustassa typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet ovat vuosien 2005–2015 aikana vaihdelleet melko vähän. Typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten osalta pitoisuuksien vuosikeskiarvot vuoden 2022 mittausjaksolla olivat selvästi matalampia kuin keskustassa aikaisemmin mitatut pitoisuudet.



Kuva 18. Heinolan keskustan mittausasemalla vuosina 2005–2015 mitatut typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvot sekä Tommolassa ja Vierumäellä vuonna 2022 mitatut keskiarvot. Vuosiraja-arvotaso on esitetty punaisella vaakaviivalla.

2.8 Pitoisuuksien vertailua muualla mitattuihin pitoisuuksiin

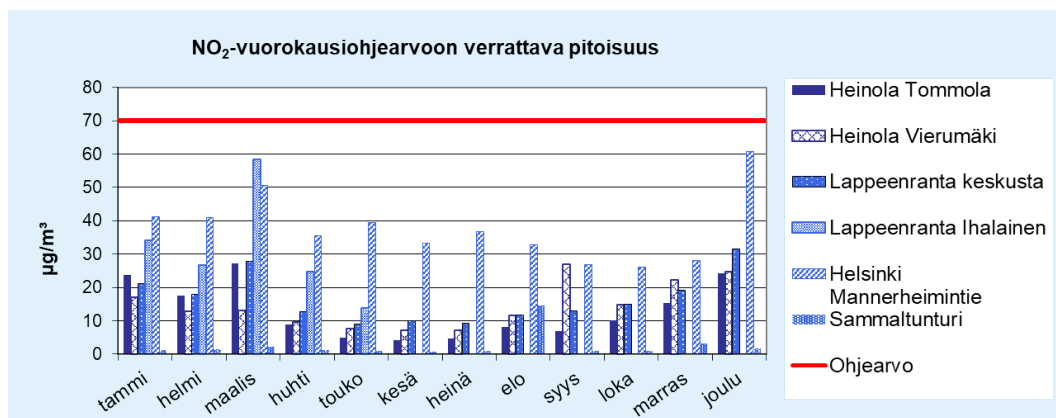
Taulukossa 3 ja kuvissa 19–23 on esitetty typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuuksia vuodelta 2022 Heinolan Tommolann ja Vierumäen mittauspisteiden lisäksi Lappeenrannan keskustasta, Ihalaiselta, Lauritsalasta ja Tirilä Pekkaskadulta, sekä Helsingin Mannerheimintieltä ja Ilmatieteen laitoksen taustailmanlaadun mittausasemilta Muonion Sammaltunturilta ja Kittilän Matorovalta. Lappeenrannan Ihalaisen vuoden 2022 mittausjaksolta on tuloksia vain 5 kuukauden ajalta, tammikuusta toukokuuhun, joten vuoden keskiarvopitoisuus ei ole vertailukelpoinen muihin asemiin nähden. Muiden asemien kuin Heinolan pitoisuustulokset ovat tarkasteluhetkellä vielä tarkistamattomia aineistoa, ja esittävät näin ollen vain suuntaa antavaa pitoisuustasoa muissa mittauspisteissä (Ilmatieteen laitos, 2023 a). Kaikki mitatut pitoisuustulokset on saatu jatkuvatoimisilla laitteilla. Lappeenranta on Etelä-Karjalassa sijaitseva asukasluvultaan Suomen 13. suurin kaupunki ja asukkaita siellä on noin 73 000, joten se edustaa Heinolaa jonkin verran suurempaa kaupunkialuetta. Lappeenrannan keskustan mittausasema sijaitsee vilkkaassa liikennenympäristössä, kun taas Lauritsalan, Tirilän ja Ihalaisen mittausasemien lähiympäristö on tiheää tai melko tiheää pientaloaluetta. Ihalaisen mittausasema sijaitsee Ihalaisen teollisuusalueen lähiympäristössä. Helsingin Mannerheimintie edustaa Suomen mittakaavassa kuormitetuinta liikennenympäristöä kaupungin keskusta-alueella. Sammaltunturin ja Matorovan mittausasemat edustavat pitoisuuksia Lapissa puhtaalla tausta-alueella, jossa aseman välittömässä läheisyydessä ei ole ihmistoimintoja.

Typidioksidin kuukausikeskiarvoihin verrattuna Heinolan pitoisuudet olivat kaikkina kuukausina hieman matalampia kuin Lappeenrannassa, lukuun ottamatta syyskuuta, jolloin Vierumäen typidioksidipitoisuuden kuukausikeskiarvo oli selvästi Lappeenrannan keskustassa mitattua pitoisuutta korkeampi. Heinolan typidioksidipitoisuuden kuukausikeskiarvot olivat kaikkina kuukausina selvästi pienempiä kuin Helsingin Mannerheimintielle, mutta selkeästi korkeampia kuin sammaltunturin tausta-aseamalla. Typidioksidin ohjearvoon verrattuna Heinolan pitoisuudet olivat melko samalla tasolla Lappeenrannan keskustan pitoisuuksiin nähden, Tommolassa pitoisuus oli tammikuussa hieman Lappeenrannan keskustaa korkeampi ja Vierumäellä syyskuussa. Lappeenrannan Ihalaisessa pitoisuudet olivat Heinolan pitoisuuksiin verrattuna korkeampia koko mittausjakson (tammi-toukokuu) ajan. Typidioksidin ohjearvoon verrattuna Heinolan pitoisuudet olivat selvästi pienempiä kuin Helsingin Mannerheimintielle, lukuun ottamatta syyskuuta, jolloin Vierumäen pitoisuus oli samalla tasolla Helsingin Mannerheimintielle mitattua pitoisuuden kanssa. Heinolassa myös ohjearvoon verrattavat pitoisuudet olivat selkeästi korkeampia kuin Sammaltunturin tausta-aseamalla. Koska typidioksidipitoisuudet ovat vahvasti riippuvaisia liikennemäärästä kyseisillä asemilla, kertovat pitoisuudet lähinnä asemien läheisyyden liikennemäärästä. Heinolan mittausasemien lisäksi kaikilla vertailtavilla asemilla typidioksidipitoisuudet olivat korkeimmillaan talvikuukausina ja pienimmillään kesällä ja syksyllä. Typidioksidipitoisuuksiin vaikuttavat myös paikalliset sääolosuhteet kuten tuuli, tyynet pakkaspäivät ja inversiotilanteet.

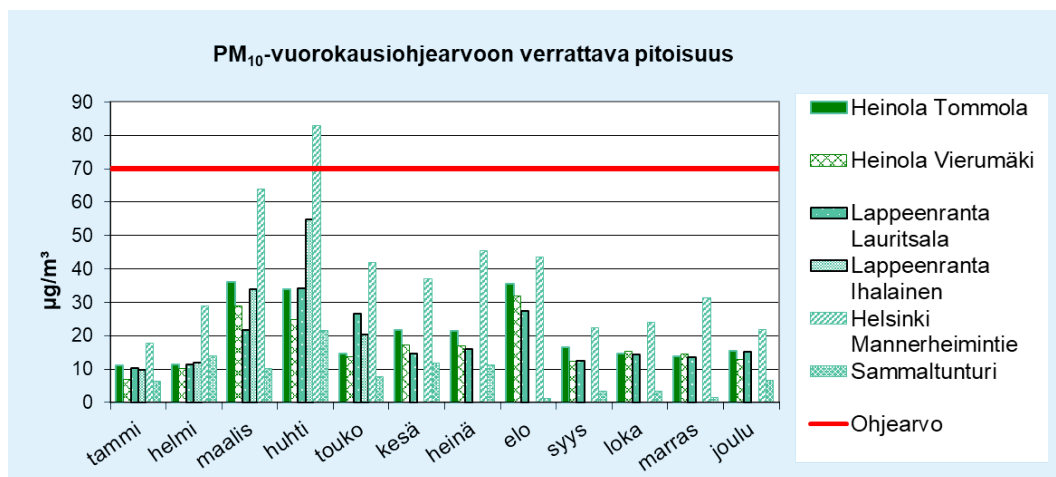
Hengitettävien hiukkasten kuukausikeskiarvoihin verrattuna Heinolan pitoisuudet olivat suurin piirtein samalla tasolla kuin Lappeenrannan Lauritsalassa, mutta Lappeenrannan Ihalaisen tammikuusta toukokuuhun mitattut pitoisuudet olivat hieman korkeampia kuin Heinolassa. Helsingin Mannerheimintien mittausasemaan verrattuna Heinolassa oli kaikkina kuukausina selvästi pienemmät pitoisuudet, kun taas Sammaltunturin tausta-asemaan verrattuna Heinolan pitoisuudet olivat selvästi korkeammat, lukuun ottamatta helmikuuta, jolloin Vierumäen pitoisuudet olivat Sammaltunturilla mitattujen pitoisuuksien tasolla. Hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrannolliset pitoisuudet olivat Heinolassa suurin piirtein Lappeenrannan tasolla, Tommolassa mitattiin hieman korkeampia pitoisuuksia tammikuussa, maaliskuussa, sekä kesäkuusta syyskuuhun. Kaikkina kuukausina Heinolan ohjearvoon verrannolliset pitoisuudet olivat selvästi matalampia kuin Helsingin Mannerheimintielle ja korkeampia kuin Sammaltunturin tausta-aseamalla, lukuun ottamatta helmikuuta, jolloin Sammaltunturin pitoisuus oli hieman korkeampi kuin Heinolassa ja Lappeenrannassa. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksiin vaikuttavat liikenteen päästöjen lisäksi hiukkasten kaukokulkeutuminen, teollisuuden päästöt ja paikallinen ympäristön pölyäminen. Kaupunkialueella pölynsidonta ja mittausaseman ympäristön katujen puhdistus kaduille talven aikana kertyneestä hiekoitushiekasta vaikuttavat nopeasti keväisiin katupölypitoisuuksiin. Pienhiukkasten pitoisuustaso Heinolassa oli vuoden 2022 mittausjaksolla suurin piirtein samalla tasolla Lappeenrannan Tirilän pitoisuuksien kanssa. Keskimäärin Vierumäen pitoisuudet olivat hieman matalampia kuin Lappeenrannassa ja Tommolassa hieman korkeampia. Tommolassa pitoisuudet olivat korkeammat kuin Lappeenrannassa maaliskuussa sekä toukokuusta syyskuuhun. Heinolan pitoisuudet olivat kaikkina kuukausina matalammat kuin Helsingin Mannerheimintielle ja huomattavasti korkeammat kuin Matorovan tausta-aseamalla.

Taulukko 3. Heinolan Tommolassa, Heinolan Vierumäellä, Lappeenrannan keskustassa, Lappeenrannan Ihalaisessa, Lappeenrannan Lauritsalassa, Lappeenrannan Tirilän Pekkaskadulla, Helsingin Mannerheimintielle, Sammaltunturilla ja Kittilän Matorovalla vuonna 2022 mitattut typen oksidien, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten keskiarvopitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Muiden kuin Heinolan pitoisuustulokset ovat tarkasteluhetkellä vielä tarkistamatonta aineistoa.

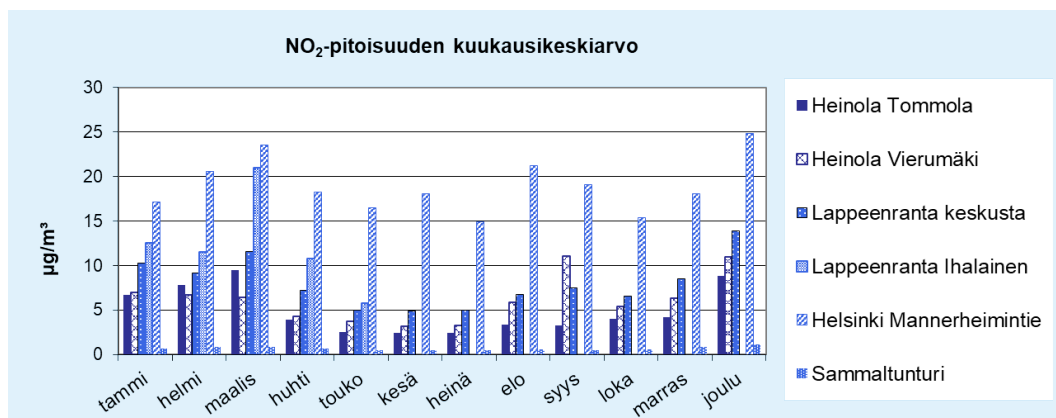
Mittausjakson keskiarvopitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}
Heinola Tommola	4,8	8,6	5,0
Heinola Vierumäki	6,1	6,9	3,2
Lappeenranta keskusta	8,0	-	-
Lappeenranta Ihalainen (mittausjakso 5kk, tammi-toukokuu)	12,4	11,8	-
Lappeenranta Lauritsala	-	8,9	-
Lappeenranta Tirilä Pekkaskatu	-	-	4,6
Helsinki Mannerheimintie	18,9	18,1	6,6
Sammaltunturi	0,7	2,8	-
Kittilä Matorova	-	-	1,7



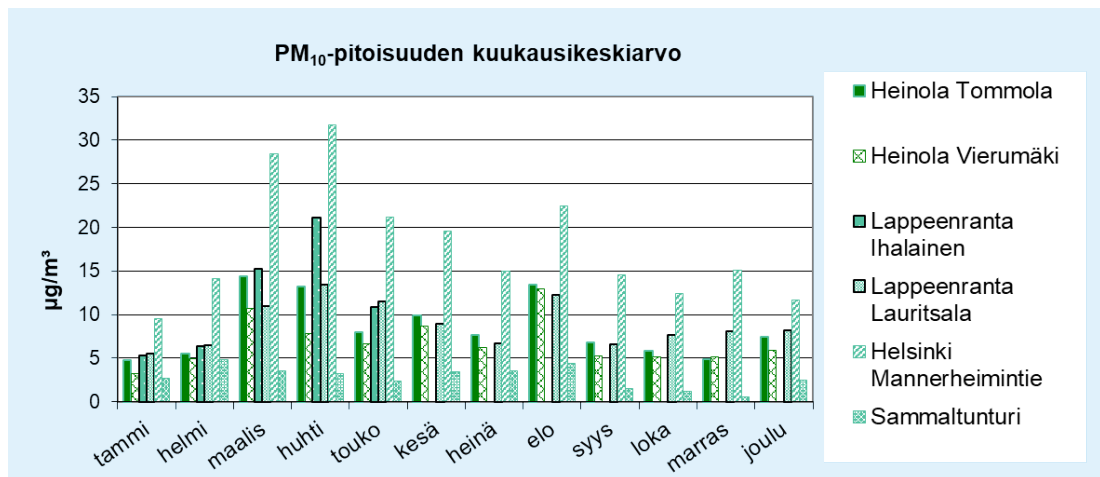
Kuva 19. Typpidioksidipitoisuuden vuorokausiohjeeseen verrattavat pitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kuukausittain vuonna 2022 eri mittausasemilla. Vuorokausiohjearvo 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ on esitetty punaisella vaakaviivalla. Muiden mittausasemien kuin Heinolan pitoisuustulokset ovat vielä tarkistamattomia aineistoa.



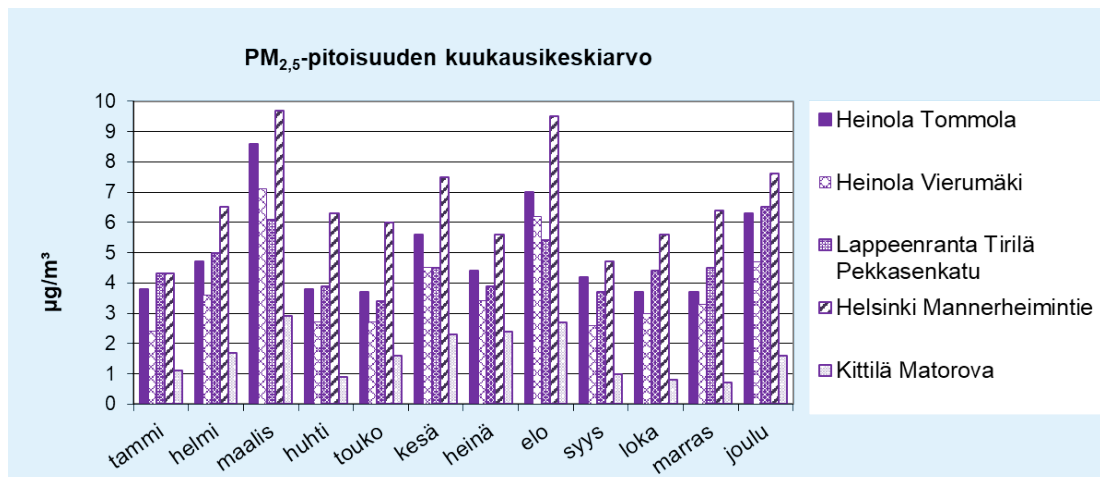
Kuva 20. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjeeseen verrattavat pitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kuukausittain vuonna 2022 eri mittausasemilla. Vuorokausiohjearvo 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ on esitetty punaisella vaakaviivalla. Muiden mittausasemien kuin Heinolan pitoisuustulokset ovat vielä tarkistamattomia aineistoa. Lappeenranta Ihalaisen aineisto puuttui ajalta kesä-joulukuu.



Kuva 21. Heinolan ilmanlaadun mittausasemilla, Lappeenrannan kaupungin mittausasemilla, Helsingin Mannerheimintien mittausasemalla ja Sammaltunturin taustamittausasemalla vuonna 2022 mitatut typpidioksidin kuukausikeskiarvopitoisuudet $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Kuva 22. Heinolan ilmanlaadun mittausasemilla, Lappeenrannan kaupungin mittausasemilla, Helsingin Mannerheimintien mittausasemalla ja Sammalntunturin taustamittausasemalla vuonna 2022 mitatut hengitettävien hiukkasten kuukausikeskiarvopitoisuudet $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Kuva 23. Heinolan ilmanlaadun mittausasemilla, Lappeenrannan kaupungin mittausasemalla, Helsingin Mannerheimintien mittausasemalla ja Kittilän Matorovan taustamittausasemalla vuonna 2022 mitatut hengitettävien hiukkasten kuukausikeskiarvopitoisuudet $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

3. YHTEENVETO JA SUOSITUKSET

Ilmatieteen laitos tarkkaili Heinolan ulkoilman laatua 4.1.–27.12.2022 välisenä aikana kahdessa mittauspisteessä. Ilmanlaadun mittausten tavoitteena oli kartoittaa typen oksidien, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuustasoa ja hetkellistä vaihtelua alueella sekä arvioida mittaustulosten perusteella ilmanlaadun seurannan tarvetta tulevaisuudessa. Toinen mittauspiste sijaitsi Tommolassa Heinolan kaupungin varikon piha-alueella Tiilitehtaankadun varrella, noin 1 km päässä keskustasta itään, ja toinen Vierumäellä Vierumäen koulun parkkipaikalla noin 12 km päässä Heinolan keskustasta lounaaseen. Molemmat mittausasemat edustivat esikaupunkialuetta, jossa ilmanlaatuun vaikuttaa liikenteen lisäksi merkittävästi myös ympäröivän pientaloalueen puunpoltto sekä lähellä sijaitsevan teollisuuden päästöt. Molemmilla mittausasemilla kerättiin myös hengitettävien hiukkasten vuorokausinäytteitä joka 6. vuorokausi. Näistä näytteistä analysoitiin laboratorioissa bentso(a)pyreenin ja muiden PAH-yhdisteiden pitoisuuksia. Typen oksideja ja erikokoisia hiukkasia vapautuu erityisesti autoliikenteestä ja kotitalouksien puulämmityksestä ja PAH-yhdisteitä erilaisista polttoprosesseista, kuten kotitalouksien puulämmityksestä. Ilmanlaatumittausten tulosten tulkintaa varten asemilla mitattiin myös säätietoja.

Ilman epäpuhtauksien pitoisuuksiin vaikuttavat liikenteen, teollisuuden ja energiantuotannon päästöt, hajapäästölähteiden kuten asuinrakennusten tulisijojen päästöt sekä kauempaa kulkeutuneet päästöt, ns. kaukokulkeuma. Autoliikenne on haitallisin päästölähdeyhmä korkeiden pitoisuuksien muodostumisen kannalta useimmissa maamme kaupungeissa. Liikenteen päästöjen osuus monien ilman epäpuhtauksien päästöistä on huomattava ja pakokaasut pääsevät suoraan ihmisten hengityskorkeudelle. Energiantuotannon ja teollisuuden päästöt vapautuvat ulkoilmaan yleensä korkeista piipuista ja ehtivät sekoittua ympäröivään ilmaan ja laimentua ennen maanpintatasoa, jolloin ne eivät juuri vaikuta pitoisuuksiin hengityskorkeudella. Autoliikenteen pakokaasupäästöjen pienentyessä tekniikan kehittymisen ja uusien päästörajoitusten myötä, liikenteen ilmaan nostattaman katupölyn sekä kotitalouksien puunpolton vaikutukset hiukkaspitoisuuksiin tulevat korostumaan. Yksittäisen päästölähteen vaikutusta pitoisuuksiin on yleensä vaikea erottaa. Vuodenaika, kaukokulkeuma ja sääolosuhteet vaikuttavat pitoisuuksiin voimakkaasti. Korkeimmat epäpuhtauspitoisuudet esiintyvät kaupunkialueilla useimmiten stabiileissa heikkotuulisissa tilanteissa ja erityisesti inversiotilanteissa, jolloin ilmakehän pystysuuntainen lämpötilajakauma estää tai rajoittaa epäpuhtauksien laimenemista. Hiukkaspitoisuudet ovat tyypillisesti korkeimmillaan keväisin ns. kevätpölyaikaan sekä kesällä sateettomaan aikaan. Katupölyä syntyy, kun lumet sulavat keväällä ja talven aikana tien varsille kerääntynyt hiukkasmassa vapautuu ilmaan tuulen ja liikennevirtojen vaikutuksesta katujen kuivuttua. Lumien sulamisvedet, sateet, katujen oikea-aikaiset puhdistustoimet ja pölynsidonta suolaliuksella hillitsevät keväistä pölyämistä. Sateet alentavat myös muina vuoden aikoina väliaikaisesti ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia ja puhdistavat hengitysilmaa.

Heinolan ilmanlaadun mittausasemilla mitattujen pitoisuuksien tuntiarvojen perusteella laskettiin ilmanlaatuindeksi, joka kuvaa vallitsevaa ilmanlaatuutilannetta viisiportaisella sanallisella asteikolla: hyvä, tyydyttävä, välttävä, huono tai erittäin huono. Ilmanlaatuindeksi on vertailuluku, joka kuvaa sen hetkistä ilmanlaatua suhteutettuna ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin. Indeksillä ilmaistuna ilmanlaatu Tommolassa oli hyvää tai tyydyttävää 85 % mittausjakson vuorokausista ja Vierumäellä 94 % vuorokausista eli valtaosan mittausjaksosta. Ilmanlaatu Tommolassa oli välttävää 13 % päivistä, huonoa 2 % päivistä (8 päivää) ja erittäin huonoa yhtenä päivänä. Ilmanlaatu Vierumäellä oli välttävää 5 % päivistä ja huonoa kahtena päivänä. Tommolassa huonon ilmanlaadun päiviä esiintyi maaliskuussa korkeiden pienhiukkasten pitoisuuksien vuoksi, jolloin kaukokulkeuma todennäköisesti vaikutti pitoisuuksiin, sekä huhtikuussa katupölyaikaan korkeiden hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien vuoksi. Lisäksi syyskuussa Tommolassa oli yksi huonon ja yksi erittäin huonon ilmanlaadun päivä korkeiden pienhiukkaspitoisuuksien vuoksi, jotka johtuivat Tommolan mittausaseman läheisen varastohallin tulipalosta ja sammutustoista (11.–12.9.). Vierumäellä toinen huonon ilmanlaadun päivä johtui korkeista hengitettävien hiukkasten pitoisuuksista huhtikuussa katupölyaikaan ja toinen syyskuussa korkeiden tyypidioksidipitoisuuksien vuoksi. Korkeat tyypidioksidipitoisuudet johtuivat todennäköisesti Vierumäen koulun parkkipaikalla satunnaisesti olleesta yksittäisestä päästölähteestä, kuten tavallista pidempään käynnissä olleesta ajoneuvosta tai työkoneesta.

Tyypidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten mitatut pitoisuudet jäivät selvästi ilmanlaatulainsäädännössä annettujen raja-arvojen ja arviointikynnyksien alapuolelle. Tyypidioksidin pitoisuus oli enimmillään Vierumäellä 30 % tuntiraja-arvosta ja 15 % vuosiraja-arvosta. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat korkeimmillaan Tommolassa 35 % vuorokausiraja-arvosta ja 21 % vuosiraja-arvosta. Pienhiukkasten pitoisuus oli enimmillään Tommolassa 20 % vuosiraja-arvosta. Tommolan asemalla mitatut hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuudet olivat Vierumäen asemaa korkeampia, mutta tyypidioksidin pitoisuudet hieman matalampia. Pitoisuuksien jäädessä alle alemman arviointikynnyksen, ilmanlaatua ei tarvitse seurata kokoaikaisesti jatkuvilla ilmanlaadun mittauksilla.

Typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien ohjearvoon verrattavat pitoisuudet jäivät alle ohjearvotason kaikkina kuukausina. Typpidioksidin ohjearvoon verrattavat pitoisuudet olivat enimmillään syyskuussa Vierumäellä, jolloin tuntipitoisuus oli 51 % ja vuorokausipitoisuus 39 % ohjearvotasosta. Typpidioksidilla pitoisuudet ovat tyypillisesti pienimmillään kesäkaudella ja suurimmillaan talvikaudella, jolloin sääolosuhteet ovat usein otolliset korkeiden pitoisuuksien muodostumiselle. Keskimäärin Heinolan molemmilla mittausasemalla mitattiinkin suurimmat typpidioksidin pitoisuudet talvikaudella ja pienimmät kesäkaudella. Hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrattavat pitoisuudet olivat enimmillään maaliskuussa Tommolassa, jolloin vuorokausipitoisuus oli 51 % ohjearvotasosta. Molemmilla mittausasemilla havaittiin maalisi- ja huhtikuussa keväisen katu-
pölyn aiheuttamia kohonneita pitoisuuksia. Kummallakin asemalla ohjearvoon verrattavat pitoisuudet olivat lisäksi keskimääräistä korkeampia elokuussa.

Maailman terveysjärjestö WHO päivitti syksyllä 2021 ilmansaasteiden ohjearvopitoisuudet, joita pienemmillä pitoisuuksilla haitallisia terveysvaikutuksia ei esiinny lainkaan tai ne ovat vain vähäisiä. WHO:n ohjearvot eivät ole sitovia, joten niiden ylittyminen ei edellytä toimenpiteitä. Typpidioksidin ja pienhiukkasten pitoisuudet ylittivät WHO:n vuorokausiohjearvon Tommolassa, jolloin typpidioksidin pitoisuus oli 108 % vuorokausiohjearvosta ja pienhiukkasten 162 % vuorokausiohjearvosta. Myös Vierumäellä pienhiukkasten vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus ylittyi, ollen 110 % ohjearvosta.

Tommolan mittausasemalla kaikki mitatut pitoisuudet olivat keskimäärin korkeimmillaan tynnyssä tilanteissa. Tynnyssä säällä havaitut korkeat typpidioksidin ja hiukkasten pitoisuudet kertovat paikallisista lähipäästölähteistä, jonka lähde tai sen sijaintia ei tarkemmin pystytä määrittelemään. Kovemilla tuulennopeuksilla pystytään selkeästi päättämään, mistä suunnasta mitatut pitoisuudet ovat peräisin. Hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuuksissa on yksittäisten päästölähteiden vaikutusta yleensä vaikeampi erottaa kuin typpidioksidilla. Vuodenaika, liikenne, kaukokulkeuma, katujen pölyäminen ja meteorologiset tekijät vaikuttavat hiukkaspitoisuuksiin voimakkaasti. Tommolassa typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuudet olivat keskimäärin suurimmillaan tuulen käydessä mittausasemalle Tiilitehtaankadun ja Tommolan pientaloalueen suunnasta. Vierumäen mittausasemalla kaikki mitatut pitoisuudet olivat keskimäärin korkeimmillaan idän ja kaakon suunnalta, eli läheisten autoteiden, liikenneympyrän ja Versowoodin toiminta-alueen suunnalta. Yksittäisiä korkeita pitoisuushavaintoja tehtiin kaikilla tuulensuunnilla.

Hengitettävien hiukkasten keruunäytteistä analysoitujen PAH-yhdisteiden pitoisuudet olivat talven lämmityskaudella suurempia kuin kesäaikaan. Molemmilla mittauspisteissä oli havaittavissa tämä PAH-yhdisteille tyypillinen vuodenaikaisvaihtelu. Pitoisuudet olivat keskimäärin korkeammat Tommolassa mittausasemalla kuin Vierumäellä, koska Tommolassa lähiympäristössä on pientaloasutusta, jossa poltetaan puuta. Tommolassa havaittiin poikkeavan korkeita bentso(a)pyreenin pitoisuuksia yksittäisinä vuorokausina, jolloin oli joko tyyni pakkaspäivä, tai tuulennopeus oli hyvin pieni ja tuuli kävi pientaloasutuksen suunnasta mittausasemalle päin. Pientaloalueilla puunpoltto voi heikentää ilmanlaatua merkittävästi. Ongelmallista pientulisiijojen päästöille on niiden vapautuminen suhteellisen matalalta, jolloin epäedullisissa sääolosuhteissa ne voivat heikentää ilmanlaatua ihmisten hengityskorkeudella. Huonosti toteutetussa puun pienpoltossa hiukkas- ja PAH-päästöt voivat olla huomattavasti korkeampia hyvään, korkean hyötysuhteen polttoon verrattuna. PAH-yhdisteistä vain bentso(a)pyreenille on annettu tavoitearvo ilmanlaatuolainsäädännössä. Bentso(a)pyreenin vuosikeskiarvopitoisuus jäi molemmilla asemilla alle tämän tavoitearvon, mutta Tommolassa alempi arviointikynnyksen taso ylittyi, ollen 40 % tavoitearvosta. Näin ollen Bentso(a)pyreenin pitoisuuksien mittaus on suositeltavaa sisällyttää myös seuraavaan ilmanlaadun tarkkailujaksoon.

Mitatun pitoisuuksien tunti- ja vuorokausijakaumien sekä tuulensuuntatarkasteluiden perusteella Heinolan ilmanlaadun mittauspisteissä pitoisuuksiin vaikuttivat eniten autoliikenteen päästöt sekä katupöly. Hiukkasten pitoisuuksiin vaikuttavat autojen pakokaasuista peräisin olevien hiukkasten lisäksi myös tuulen ja liikennevirran maanpinnasta ilmaan nostattamat hiukkaset. Tommolassa ilmanlaadun mittauspisteessä pitoisuuksiin vaikuttavat liikenteen päästöjen lisäksi myös läheisten asuinalueiden lämmityksen päästöt sekä vähäisessä määrin myös läheisten kaakon suunnalla olevien teollisuuslaitosten päästöt. Vierumäen ilmanlaadun mittauspisteessä pitoisuuksiin vaikuttavat liikenteen päästöjen lisäksi myös Versowoodin Vierumäen yksikön toiminta (mm. tavaraliikenne, saha ja lämpölaitokset).

Ilmanlaatuasetuksessa (Vna 79/2017) todetaan, että ilmanlaadun seurannan riittävyys ja esimerkiksi ilman epäpuhtauspitoisuuksien suhde raja-arvoihin ja ilmanlaadun arviointikynnyksiin, tulee tarkistaa ainakin viiden vuoden välein. Jos ilman epäpuhtauksien pitoisuudet ovat alemman arviointikynnyksen alapuolella, riittää, että ilmanlaatua seurataan yksinomaan suuntaa antavien mittausten, mallintamistekniikoiden, päästökartoitusten tai muiden vastaavien menetelmien perusteella. Vuonna 2022 tehdyn ilmanlaadun tarkkailujakson perusteella

voidaan todeta, että Heinolassa ei ole tarvetta hengitettävien hiukkasten, pienhiukkasten ja typenoksidipitoisuuksien kokoaikaisesti jatkuvaan mittaamiseen, vaan pitoisuustasoja voidaan seurata suuntaa antavien mittausten perusteella.

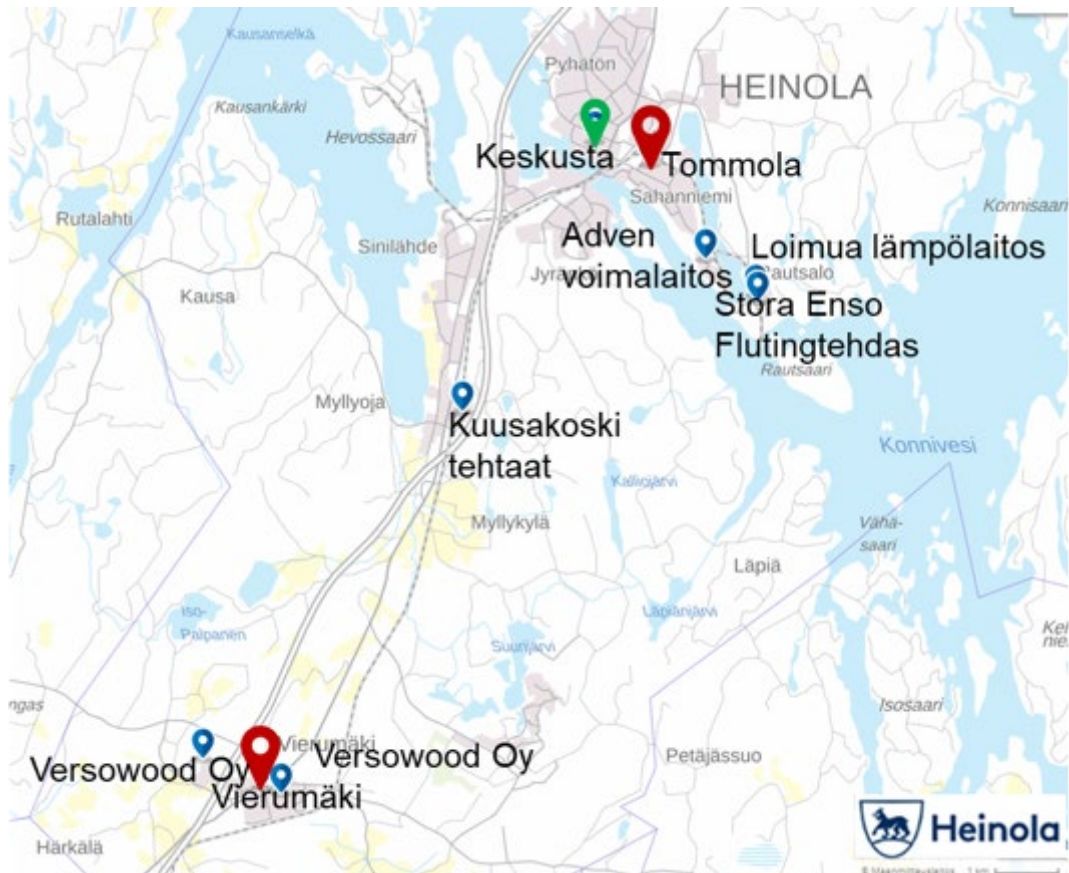
Jatkossa ilmanlaadun mittauksissa tulisi keskittyä typpidioksidin (NO_2), hengitettävien hiukkasten (PM_{10}), pienhiukkasten ($\text{PM}_{2,5}$) ja bentso(a)pyreenin sekä muiden PAH-yhdisteiden pitoisuusseurantaan 5 vuoden välein. Ilmanlaatudirektiivin päivitystyö on tällä hetkellä käynnissä ja oletettavaa on, että ilmanlaatulainsäädäntö (raja-arvot ja arviointikynnykset) tulevat tiukkenemaan nykyisestä vuoteen 2030. Viiden vuoden kuluttua tehtävillä mittauksilla voidaan arvioida Heinolan ilmanlaatua huomioiden tulevat raja-arvot ja arviointikynnykset. Suositeltavaa olisi sijoittaa toinen mittausasema Heinolan kaupungin keskustan alueelle sellaiseen paikkaan, joka edustaa väestön altistumista siellä missä ihmisiä liikkuu eniten. Seuraavassa pitoisuusseurannassa keskustan asemalla suositellaan typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuusmittauksia. Toinen mittausasema olisi suositeltavaa sijoittaa esikaupunkialueelle, jonka välittömässä läheisyydessä on pientalo-alue, jossa on puunpienpolttoa, kuten esimerkiksi Tommolaa vuoden 2022 mittauspaikalle. Esikaupunkialueella edustavalla mittausasemalla suositellaan hengitettävien hiukkasten, pienhiukkasten ja bentso(a)pyreenin sekä muiden PAH-yhdisteiden pitoisuusmittauksia. Typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten kalenterivuoden kestävät mittaukset tulisi suorittaa jatkuvatoimisilla menetelmillä, jolloin saadaan asianmukaiset mittaustulokset ohje- ja raja-arvovertailuja varten sekä tietoa lyhytaikaispitoisuuksista ja niiden vaihtelusta. Bentso(a)pyreenin pitoisuuksien seurantaan riittävät myös jatkossa 5 vuoden määrävälein toistettavat kalenterivuoden ajan kestävät mittaukset. Jatkossa Heinolassa tulisi katupölyhaittojen ehkäisemiseksi kiinnittää huomiota katupölyn torjuntaan, katujen ja teiden talvikunnossapitoon, oikea-aikaiseen hiekoitushiekan poistoon sekä pölynsidontaan kevään katupölykaudella.

OSA II

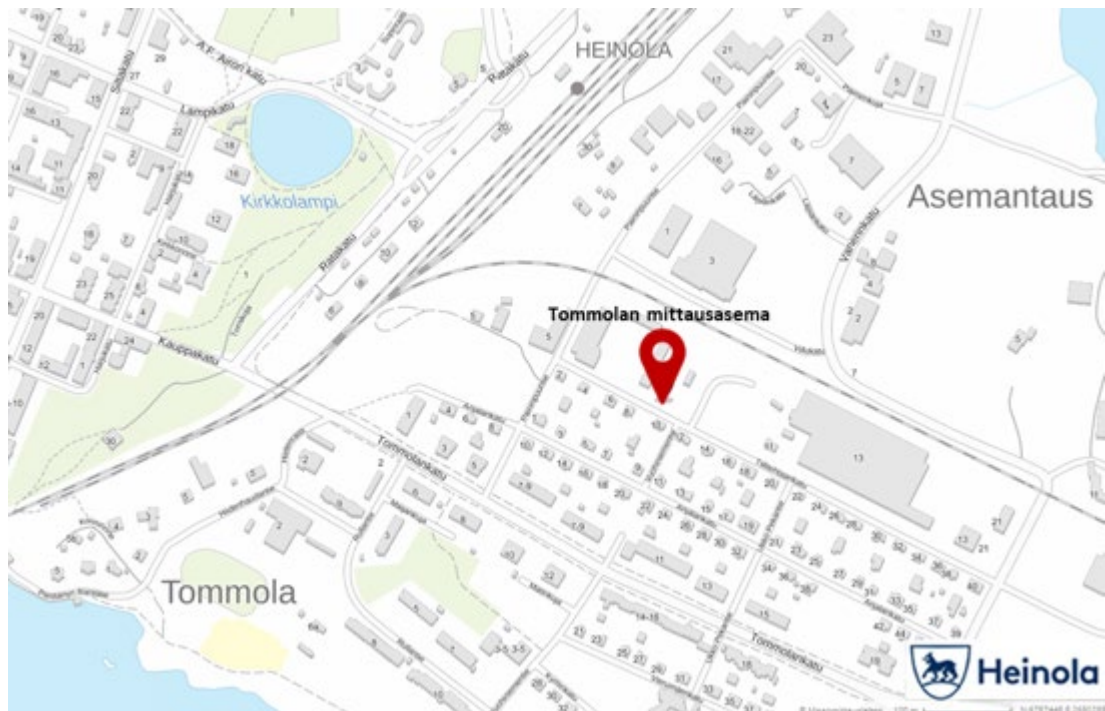
4. TUTKIMUKSEN SUORITUS

4.1 Mittausasemien sijainti

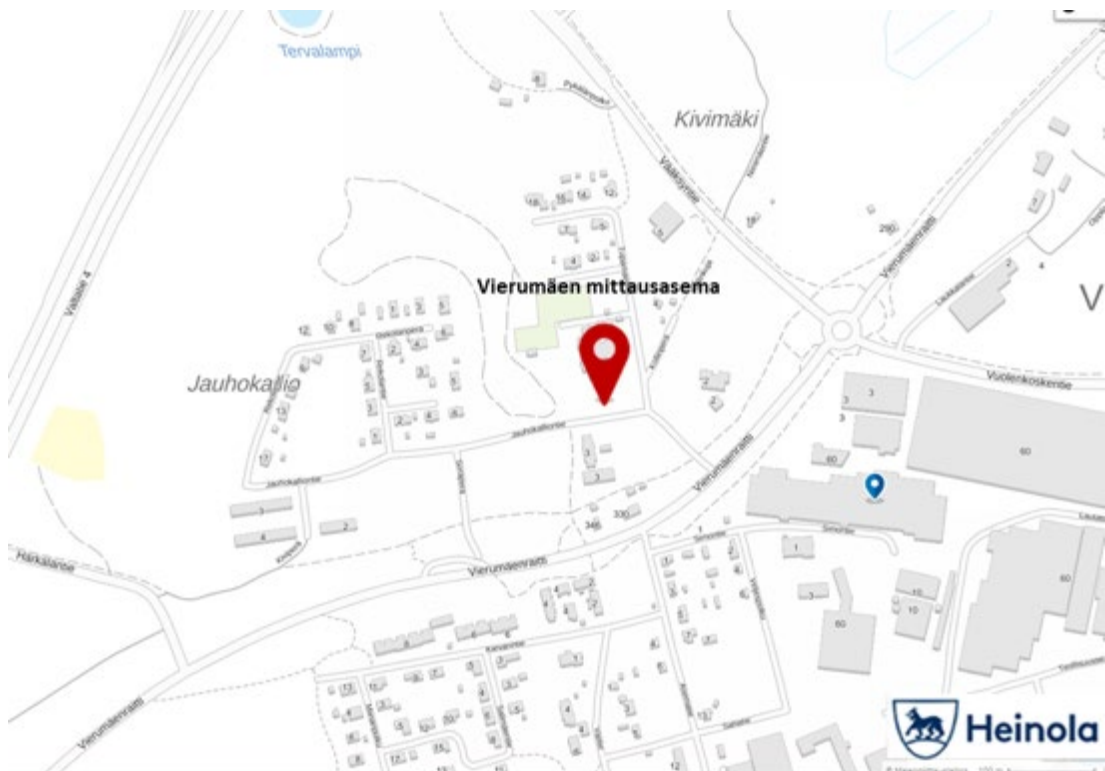
Ilmatieteen laitos mittasi ilmanlaatua Heinolassa kahdella mittausasemalla vuonna 2022. Mittausasemien sijainti on esitetty kartalla kuvissa 24–28 ja valokuvat mittausasemien ympäristöstä on esitetty kuvissa 29 ja 30. Tommolän mittausasema sijaitsi kaupungin varikolla Tiilitehtaankadun varrella. Tie sijaitsee mittausaseman eteläpuolella. Tiilitehtaankadun toiselta puolelta, tien eteläpuolelta alkaa Tommolän pientaloalue. Tommolän mittausaseman ympäristössä on melko runsaasti pientaloasutusta. Kaupungin varikon rakennus sijaitsee noin 20 metrin päässä mittausasemasta, joten se estää luoteen puoleisia tuulia. Tommolän mittausasema sijaitsi noin 1 km:n etäisyydellä Heinolan kaupungin keskustasta. Stora Enson Heinolan flutingtehdas sijaitsee noin 2,5 km:n etäisyydellä Tommolän mittausasemasta kaakon suunnalla. Adven Oy:n voimalaitos sijaitsee Tommolän mittausasemasta kaakkoon noin 2 km päässä ja Heinolan kaupungin jätevedenpuhdistamo noin 1,5 km etäisyydellä kaakon suunnalla. Kuusakosken Heinolan tehtaas sijaitsevat noin 5 km päässä Tommolän mittausasemasta lounaaseen ja noin 7 km päässä Vierumäen mittauspisteestä koilliseen. Tommolän ja Vierumäen mittausasemat sijaitsivat noin 12 km etäisyydellä toisistaan. Vierumäen mittausasema sijaitsi Tommolän asemaan nähden lounaan suunnalla. Vierumäen mittauspiste sijaitsi Vierumäen koulun parkkipaikalla. Etäisyys koulurakennukseen oli noin 20 metriä, joten rakennus estää pohjoisen suunnasta puhaltavia tuulia. Vierumäen mittausaseman läheisyydessä on Versowood Oy:n toimintaa, noin 0,5 km päässä mittauspisteestä kaakkoon ja noin 1 km päässä mittauspisteestä luoteeseen. Kartalle (kuva 24) on merkitty myös vuosina 2002–2015 toimineen ilmanlaadun mittausaseman sijainti Heinolan keskustassa sekä lähimpien teollisuuslaitosten sijainti.



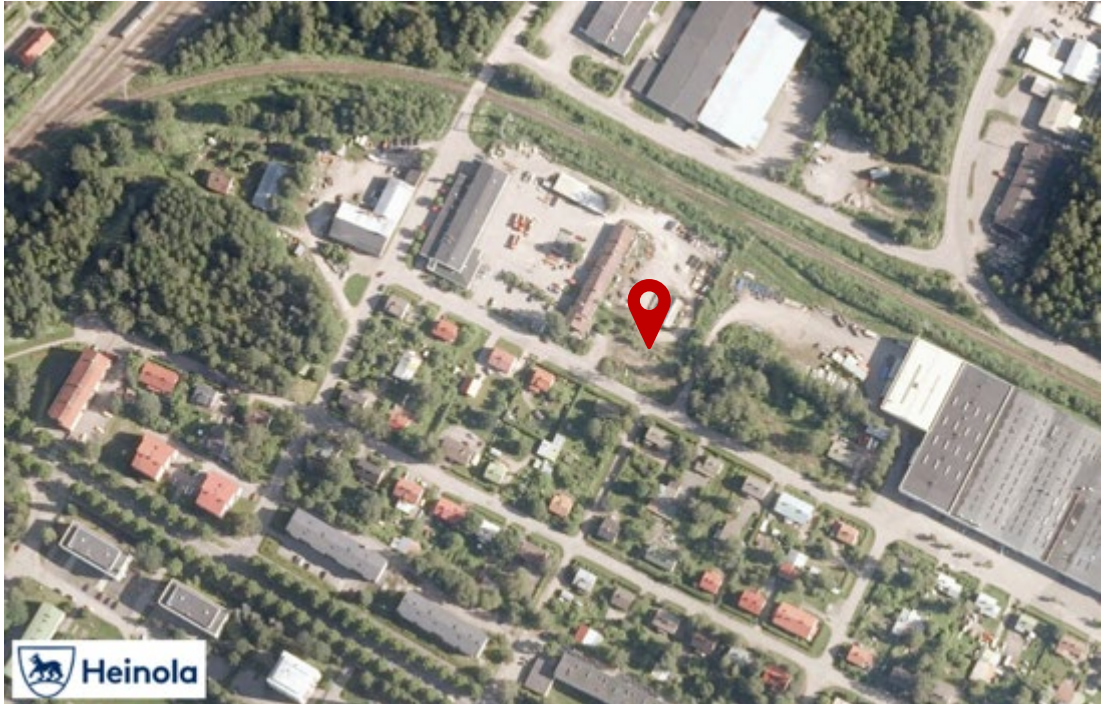
Kuva 24. Heinolan Tommolän ja Vierumäen ilmanlaadun mittauspisteet merkittynä punaisella symbolilla ja Keskustan edellinen ilmanlaadun mittauspiste vihreällä symbolilla. Sinisillä symboleilla on merkitty läheisten päästölähteiden sijaintia. Kartta: <https://kartta.heinola.fi/ims>



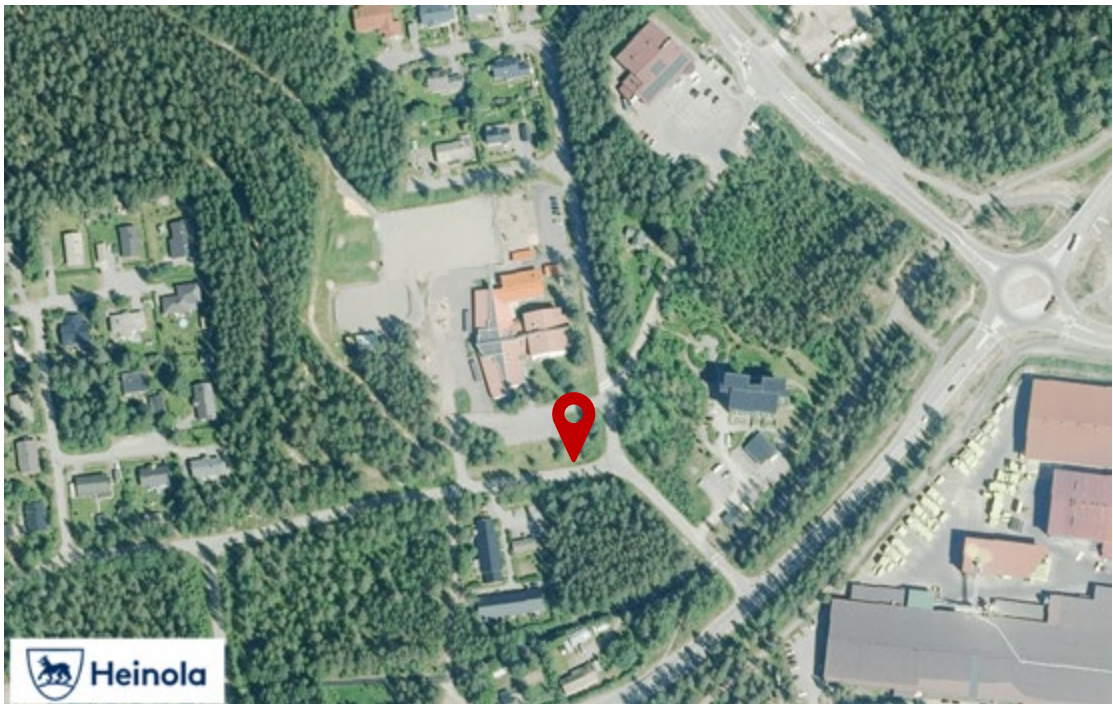
Kuva 25. Heinolan Tommolan ilmanlaadun mittauspiste merkittynä punaisella symbolilla. Kartta: <https://kartta.heinola.fi/ims>



Kuva 26. Heinolan Vierumäen ilmanlaadun mittauspiste merkittynä punaisella symbolilla. Kartta: <https://kartta.heinola.fi/ims>



Kuva 27. Heinolan Tommolampi ilmanlaadun mittauspiste merkittynä punaisella symbolilla. Ilmakuva: Heinolan kaupungin karttapalvelu (<https://kartta.heinola.fi/ims>).



Kuva 28. Heinolan Vierumäki ilmanlaadun mittauspiste merkittynä punaisella symbolilla. Ilmakuva: Heinolan kaupungin karttapalvelu (<https://kartta.heinola.fi/ims>).



Kuva 29. Ilmanlaadun mittausasema Heinolan Tommolassa kaupungin varikon laidalla. Ulkoilma imetään mittalaitteisiin kontin katolla sijaitsevien näytteenottimien läpi. Lisäksi katolla on säämittausanturi. Valokuva: Mika Vestenius.



Kuva 30. Ilmanlaadun mittausasema Heinolan Vierumäellä Vierumäen koulun parkkipaikalla. Ulkoilma imetään mittalaitteisiin kontin katolla sijaitsevien näytteenottimien läpi. Lisäksi katolla on säämittausanturi. Valokuva: Matias Saunamäki.

4.2 Mitatut suureet ja mittausmenetelmät

Heinolan Tommolan ja Vierumäen mittauspisteisiin tuotiin mittauskontit, joissa kaikki mittauksiin liittyvät toiminnot tapahtuvat häiriöttä ja mittausolosuhteet pysyvät stabiileina. Mittausasemalla mitattiin jatkuvatoimisilla automaattisilla analysaattoreilla typen oksidien (NO, NO₂ ja NO_x), halkaisijaltaan alle 10 µm:n suuruisten hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) ja alle 2,5 µm:n suuruisten pienhiukkasten (PM_{2,5}) pitoisuuksia. Molemmilla mittausasemilla kerättiin myös hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausinäytteitä joka 6. vuorokausi. Näistä näytteistä analysoitiin laboratorioissa PAH-yhdisteiden pitoisuuksia. Mittalaitteet ja mittausmenetelmät on esitelty taulukossa 4. Kaikkien laitteiden näytteenotto tapahtui mittausaseman katolla olevista näytteenottimista noin 3,5 metrin korkeudelta. Lisäksi mittausasemalla havainnoitiin tuulen suuntaa ja nopeutta, ulkoilman lämpötilaa, suhteellista kosteutta ja ilmanpainetta (taulukko 4). Säämittausanturin korkeus oli noin 4 metriä maanpinnan tasosta. Kontin ilmastointi on järjestetty niin, ettei poistoilmavirta häiritse näytteenottoa, eivätkä poistoilman epäpuhtaudet pääse näytteenottiin.

Jatkuvatoimisten mittalaitteiden mittauksien tulokset kerättiin minuuttiarvoina mittauksia ohjaavalle tietokoneelle, jolta ne siirrettiin edelleen minuuttiarvoina langattomasti modeemiyhteyden kautta Ilmatieteen laitoksen palvelimelle raakadatietokantaan ja siitä edelleen tallennettavaksi muihin tietokantoihin. Raakadatietokannassa 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 etävalvontana Ilmatieteen laitokselta Helsingistä.

Taulukko 4 Heinolan ilmanlaadun mittauksissa käytetyt menetelmät ja laitteet.

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

Mitattava komponentti	Mittausmenetelmä	Mittalaite
Typen oksidit	Kemiluminesenssi	TEI 42i
Hengitettävät hiukkaset ja pienhiukkaset	Valon sironta	Fidas 200E
Hengitettävät hiukkaset, vuorokausinäytteet (24 h)	Pientehokeräin *	Leckel SEQ 47/50
Meteorologiset tiedot		Vaisala WXT530

Typen oksidien (NO_x) mittauksissa käytettiin kemiluminesenssiin perustuvaa määrittämenetelmää. Typen oksidien mittaukset perustuvat EU:n referenssimenetelmään, joka on kuvattu standardissa *EN 14211:2012 Ambient air quality – Standard method for the measurement of the concentration of nitrogen dioxide and nitrogen monoxide by chemiluminescence*.

Hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuutta mitattiin valon sirontaan perustuvalla menetelmällä. Hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten jatkuvatoimiset mittaukset perustuvat standardiin *SFS-EN 16450:2017 Ambient air – Automated measuring systems for the measurement of the concentration of particulate matter (PM₁₀/PM_{2,5})*. PM₁₀/PM_{2,5}-hiukkasten gravimetrisen referenssimenetelmän on kuvattu standardissa *EN 12341:2014*. Ilmatieteen laitoksen käyttämien automaattisten hiukkasanalysaattoreiden antamien tulosten vastaavuus PM₁₀/PM_{2,5}-hiukkasten gravimetrisen referenssimenetelmään on osoitettu tutkimuksessa *Walden ym., 2017*. Mittauksissa käytössä olleille Fidas 200E -analysaattoreille on käytetty kansallisen vertailulaboratorion suosituksen mukaista ekvivalenttisuuserroa 0,95 hengitettävälle hiukkasille ja 0,915 pienhiukkasille (*Saarnio ym., 2021*).

Näytekeraukset (PM₁₀) suoritettiin automaattisella hiukkaskeräimellä, joka huolehtii näytesuodattimien vaihdosta laitteen sisällä laitteeseen ennalta ohjelmoidun syklin mukaisesti. Käytetty keräinmenetelmä on referenssimenetelmä (EN 12341:2014) hengitettävien hiukkasten pitoisuusmittauksissa ja sillä tulee kerätä PAH-yhdisteiden määrittystä varten otettavat hengitettävien hiukkasten näytteet metalliasetuksen (Vna 113/2017) mukaan. Suodatinnäytteiden keräys kesti kerrallaan vuorokauden (aloitusaika aina klo 00:00) ja näytteitä otettiin joka kuudes vuorokausi. Suodattimien käsittely (mm. pakkaus ja purkaminen) tapahtui ainoastaan akkreditoitussa laboratoriossa ja mittausasemalla käsiteltiin suodattimia vain suodatinkoteloiissaan, keräimen suodatinkasetin vaihdon yhteydessä.

Heinolan mittauksen aikana vuonna 2022 PAH-analyysimenetelmä lopetettiin Ilmatieteen laitoksella, jonka takia analyysit siirrettiin toukokuun alussa Suomen Ympäristökeskuksen laboratorioon. 6.1–1.5. 2023 kerätyistä näytteistä määritettiin PAH-yhdisteet Ilmatieteen laitoksen akkreditoitussa ilmanlaatulaboratoriossa. 12.5–27.12.2023 kerätyistä näytteistä määritettiin PAH-yhdisteet Suomen Ympäristökeskuksen (SYKE) laboratoriossa. PAH-yhdisteiden määrittäminen perustuu standardiin SFS-EN 15549:2008 (*Air quality – Standard method for the measurement of the concentration of benzo(a)pyrene in ambient air*). Muiden polysyklisen aromaattisten hiilivetyjen määrittämisessä käytetään soveltuvin osin myös standardia ISO 12884:2000 (*Ambient air – Determination of total (gas and particle-phase) polycyclic aromatic hydrocarbons – Collection on sorbent-backed filters with gas chromatographic/mass spectrometric analysis*) ja teknistä spesifikaatiota CEN/TS 16645:2014 (*Ambient air – Method for the measurement of benz[a]anthracene, benzo[b]fluoranthene, benzo[k]fluoranthene, benzo[a,h]anthracene, indeno[1,2,3-cd]pyrene and benzo[g,h,i]perylene*). Menetelmässä suodattimet uutetaan dikloorimetaaniin ja näytteet analysoidaan GC-MS-menetelmällä (kaasukromatografi–massaspektrometri). Laadunvarmistukseen käytetään varmennettua vertailumateriaalia (NIST1649b). Ilmatieteen laitoksen PAH-analyysimenetelmä on akkreditoitu seuraaville yhdisteille: bentso(a)pyreeni, indeno(1,2,3-cd)pyreeni, bentso(b+j+k)fluoranteeni ja dibentso(a,h + a,c)antraseeni. SYKE:n PAH-analyysimenetelmälle valmistellaan akkreditointia.

4.3 Kalibrointimenetelmät, laadunvarmistus ja laitehuollot

Heinolan ilmanlaadun mittaukset suoritettiin kansallisen ilmanlaadun mittausohjeen (*Ilmatieteen laitos, 2017*) sekä Ilmatieteen laitoksen ilmanlaatumittauksen laatujärjestelmän mukaisesti (https://expo.fmi.fi/ages/public/Ilmatieteen_laitoksen_ilmanlaatumittauksen_laatuja_rjestelmien_kuvaus.pdf). Mittauksen aikana suoritettiin mittalaitteiden säännölliset laadunvarmistus- ja ylläpitotoimenpiteet. Ilmanlaadun seurannan laadunvarmennuksessa kiinnitettiin huomiota kalibrointien suorittamiseen, kalibrointien jäljitettävyyteen ja laitteiden toimintaan. Lisäksi mittauksen toimintaa ja laatua valvotaan päivittäin, jolloin mahdollisiin toimintahäiriöihin voidaan puuttua mahdollisimman nopeasti. Ilmanlaadun mittausasemalla tehtävät toimenpiteet dokumentoitiin mittauspäiväkirjaan ja kalibrointi- ja kalibrointiraportteihin. Mittauspäiväkirjaan kirjattiin myös häiriötilanteet ja niihin liittyvät toimenpiteet. Mittausasemien varustus dokumentoitiin Ilmatieteen laitoksen mittausasema- ja laiterakisteriin.

Typen oksidien mittalaitteen kalibroinnit tehtiin monipistekalibroinnin (4–5 pitoisuutta) avulla noin 3 kk välein. Kalibrointien yhteydessä tehtiin laitehuollot ja näytteenottolinjojen puhdistukset ja analysaattorin hiukkas-suodattimet vaihdettiin. Typen oksidien mittalaite kalibroitiin käyttäen typpimonoksidikaasua (NO), jota laimennettiin erillisen kenttälaimentimen avulla halutuille pitoisuustasojen. Laimennuksesta tuotettiin kalibrointipitoisuusarvot, jotka oli varmennettu (kalibroitu) ilmanlaatumittauksen kansallisessa vertailulaboratoriossa jäljitettävästi kalibroitu analysaattoria vastaan. Kenttälaimentimen tuottamien pitoisuuksien jäljitettävyyttä siirtyi laboratorion oman jäljen kautta ainemäärään (mooli). Laimennuskaasuna käytettiin suodatettua ilmaa. Typen oksidien kaasunormaalina käytettiin kaasupulloa. Kalibrointien perusteella Heinolan ilmanlaadun seurannan typen oksidien pitoisuusmittaukset on jäljitetty kansalliseen mittanormaaliiin ja sitä kautta ainemäärään. Ilmatieteen laitoksella sijaitseva kansallinen vertailulaboratorio on Turvallisuus- ja kemikaaliviraston akkreditointiyksikön (FINAS) akkreditoima kalibrointilaboratorio K043. Tulosten validoinnin yhteydessä laitteen toimintahäiriöistä johtuneet virheelliset arvot poistettiin ja mittausaineisto korjattiin matemaattisesti kalibrointitulosten perusteella.

Hiukkasmittalaitteet kalibroitiin valmistajan ja standardin SFS-EN 16450:2017 ohjeiden mukaisesti. Hiukkas-laitteilla laadunvarmennus- ja ylläpitotoimiin sisältyvät jatkuvatoimisille analysaattoreille tehtävät nolla-span tarkistukset (testifolioiden ja HEPA-suodattimen avulla), virtauksen tarkistukset ja näytteenottimien puhdistukset noin kolmen kuukauden välein. Hiukkasmittaustulokset korjattiin vertailumittauksen (*Walden ym., 2017 ja Walden ym., 2018*) mukaisella ekvivalenttisuuskertoimella. Tulosten validoinnin yhteydessä laitteen toimintahäiriöistä johtuneet virheelliset arvot poistettiin.

Ohjearvoon vertaaminen edellyttää, että vuorokausipitoisuuksia on vähintään 75 % kuukauden vuorokausien lukumäärästä. Tämä vaatimus täyttyi mittausasemalla kaikkien komponenttien osalta kaikkina kuukausina.

Raja-arvojen ylittymisen valvontaan käytettävissä jatkuvissa mittauksissa aineiston vähimmäismäärä on 90 % kalenterivuoden tunneista, mikä ei kuitenkaan sisällä laitteiden säännöllisestä kalibroinnista tai normaalista kunnossapidosta aiheutuvaa tietohukkaa. Aineiston vähimmäismäärän laatutavoite täyttyi vuonna 2022 kaikilla raja-arvoihin verrattavilla ilman epäpuhtauksilla.

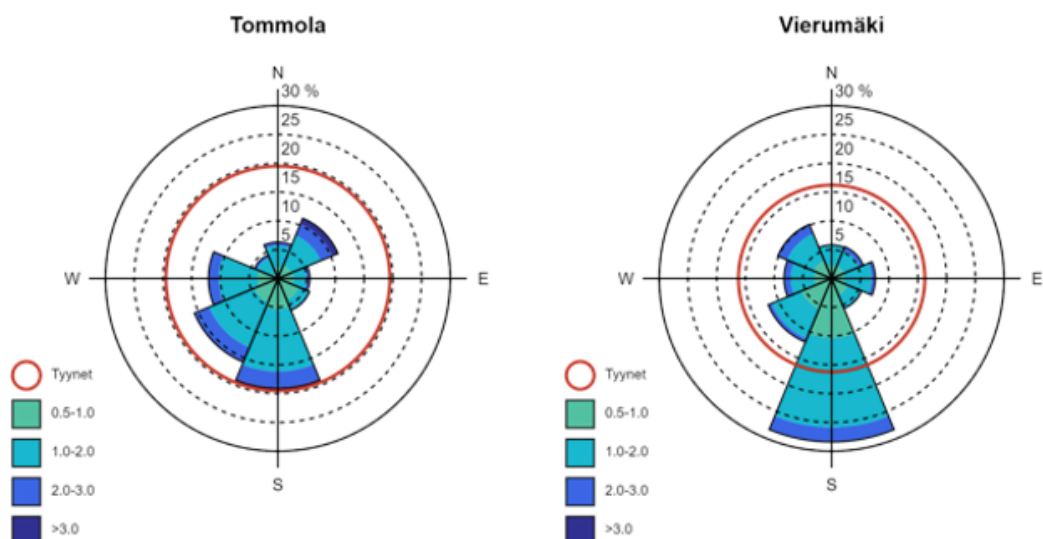
5. SÄÄTIEDOT VUONNA 2022

5.1 Tuulitiedot Heinolassa mittausjaksolla

Heinolan Tommolassa mitattujen tuulennopeuksien keskiarvo mittausjaksolla oli 1,2 m/s ja tyynien tilanteiden osuus oli noin 19 % mittausjakson tunneista. Vierumäellä tuulennopeuksien keskiarvo oli puolestaan 1,1 m/s ja tyynien tilanteiden osuus noin 16 % kaikista tunneista. Tyyniksi katsotaan tässä tarkastelussa tunnit, jolloin tuulen nopeus oli alle 0,5 m/s. Tuulianturit sijaitsivat noin 4 metrin korkeudella maanpinnasta mittausasemien katolla.

Kuvassa 31 on esitetty vuoden 2022 mittausjakson tuuliruusut eli tuulensuuntien ja -nopeuksien kuvaajat molemmilta mittausasemilta. Tuuliruusun keskipisteestä lähtevän janan pituus sektorin kehäviivalle vastaa kunkin tuulisektorin tuulien prosentuaalista osuutta jakson tuulista. Tyynet tapaukset on kuvattu ympyrällä, jonka säteen pituus kertoo tyynien tilanteiden prosentuaalisen osuuden kaikista tuulihavainnoista. Tuuliruususta nähdään myös tuulten nopeusjakaumat tuulensuuntasektoreittain. Eri tuulennopeuksien prosentuaaliset osuudet saadaan vertaamalla sektoreiden kunkin nopeusluokan pituutta prosenttiasteikkoon.

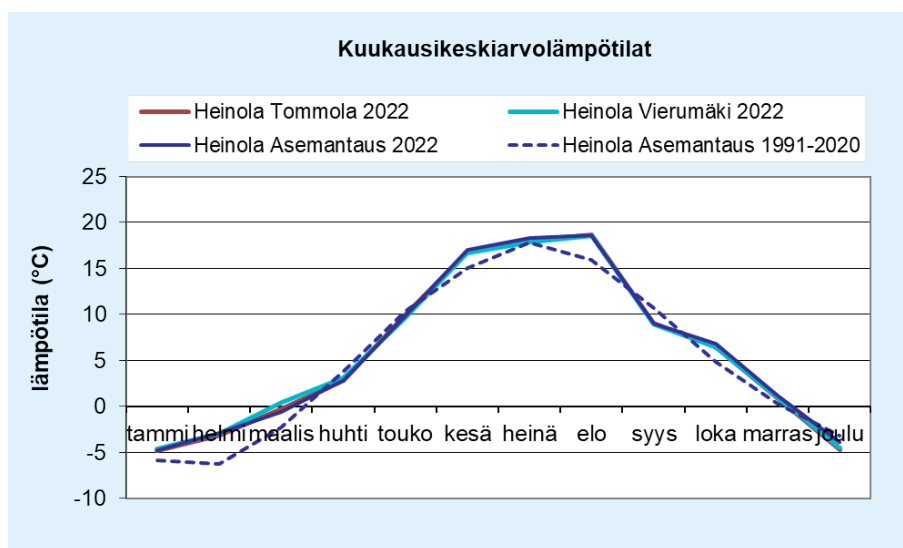
Tuulen suunnalla tarkoitetaan meteorologiassa suuntaa, josta tuuli puhaltaa. Kun tuulta mitataan ja ilmoitetaan tuulen suunta, tarkoitetaan aina, että tuuli puhaltaa kyseisestä ilmansuunnasta havaitсияа kohti. Niinpä etelä-tuuli puhaltaa etelästä ja länsituuli lännestä, jne. Heinolan ilmanlaadun mittausasemien tuulijakaumat olivat keskenään melko erinäköiset. Tommolassa vallitsevat tuulensuunnat olivat etelä ja lounas ja Vierumäellä etelä. Tommolassa tyynien tuulien osuus kaikista tuulista oli suurin piirtein sama kuin etelän puoleisten tuulien osuus. Tommolassa mittausasemaan nähden luoteen puolella sijaitsi noin 20 metrin etäisyydellä kaupungin varikon rakennus, joka esti luoteen puoleisia tuulia. Vierumäen aseman pohjoispuolella noin 20 metrin etäisyydellä puolestaan sijaitsi Vierumäen koulun rakennus, joka vähensi pohjoisen suunnan tuulia. Tuulennopeudet olivat mittausjaksolla pääosin pieniä, jääden pääosin alle 2 m/s kaikissa suuntasektoreissa.



Kuva 31. Heinolan Tommolan ja Vierumäen ilmanlaadun mittausasemien katoilta mitatut tuulensuunnat (ilmansuuntasuuntasektorit) ja tuulennopeudet (m/s) vuonna 2022. Tyynien tilanteiden osuus oli Tommolassa 19 % ja Vierumäellä 16 % kaikista tuulista. Tyyniksi on tässä tarkastelussa luokiteltu alle 0,5 m/s tuulen nopeudet.

5.2 Keskilämpötilat Heinolan seudulla

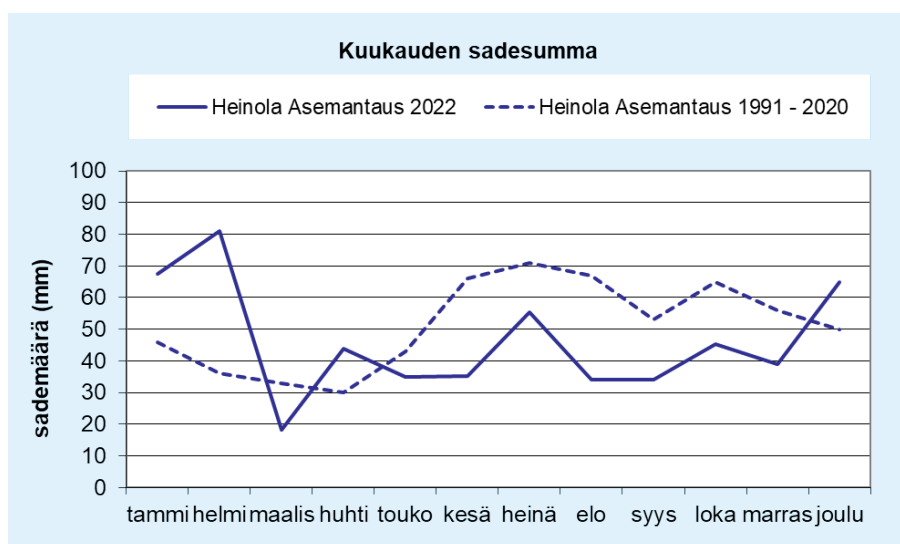
Ilmatieteen laitoksen ylläpitämä Asemantaus sääasema on Heinolaa lähimpänä sijaitseva virallinen sääasema. Kuvassa 32 on vertailtu tällä sääasemalla mitattuja vuoden 2022 keskilämpötiloja (*Ilmatieteen laitos, 2023 b*) ilmastollisen vertailukauden 1991–2020 lämpötiloihin (*Ilmatieteen laitos, 2023 c*) ja Heinolan ilmanlaadun mittausasemilla mitattuihin lämpötiloihin. Heinolan lämpötila oli vuonna 2022 keskimäärin 0,8 astetta korkeampi kuin vertailukaudella. Erityisesti keväällä Heinolassa oli vertailukautta lämpimämpää, helmikuu oli Heinolassa keskimäärin 3,4 astetta vertailukautta lämpimämpi. Myös elokuussa Heinolassa mitattu keskilämpötila oli 2,7 astetta lämpimämpi kuin vertailukaudella. Heinolan Asemantaus virallisiin säämittauksiin verrattuna Heinolan molemmilla mittausasemilla mitattiin hyvin samankaltaisia lämpötiloja.



Kuva 32. Lämpötilan kuukausikeskiarvot Heinolan Tommolassa ja Vierumäellä sekä Heinolan Asemantaus sääasemalla vuonna 2022, Heinolan Asemantaus sääasemalla mitattuihin ilmastollisen vertailukauden 1991–2020 pitkäaikaiskeskiarvoihin nähden.

5.3 Sademäärät Heinolan seudulla

Ilmatieteen laitoksen ylläpitämä Heinolan Asemantaus sääasema on Heinolaa lähimpänä sijaitseva sademäärää mittaava virallinen sääasema. Kuvassa 33 on vertailtu tällä sääasemalla mitattuja vuoden 2022 kuukausisademääriä (*Ilmatieteen laitos, 2023 b*) ilmastollisen vertailukauden 1991–2020 sademääriin (*Ilmatieteen laitos, 2023 c*). Vuoden sademäärä Heinolan Asemantaus sääasemalla oli 553 mm, joka on 63 mm vähemmän kuin vertailukauden 1991–2020 vastaavan jakson sademäärä. Erityisesti helmikuu oli Heinolassa vuonna 2022 vertailukautta runsassateisempi, kuten lähes koko Suomessa. Kesä- ja elokuu puolestaan olivat Heinolan seudulla vertailukautta selvästi vähäsateisempia. Etenkin kesäisin kuurosateet saattavat olla paikallisia ja vettä voi sataa hyvinkin rankasti, mikä helposti vaikuttaa myös paikallisiin sademääriin.



Kuva 33. Kuukausisademäärät Ilmatieteen laitoksen Heinolan Asemantaus sääasemalla vuonna 2022 ja vertailukaudella 1991–2020.

5.4 Ilmanlaatuun vaikuttavat säätekijät

Ilman epäpuhtauksien päästöistä suurin osa vapautuu ilmakehän alimpaan kerrokseen, jota kutsutaan rajakerrokseksi. Rajakerroksessa päästöt sekoittuvat ympäröivään ilmaan ja ilman epäpuhtauksien pitoisuudet laimenevat. Päästöt voivat levitä liikkuvien ilmassaallojen mukana laajoille alueille. Tämän kulkeutumisen aikana ilmansaasteet voivat reagoida keskenään sekä muiden ilmassa olevien yhdisteiden kanssa muodostaen uusia yhdisteitä. Ilman epäpuhtaudet poistuvat ilmasta sateen huuhtomina, kuivalaskeumana erilaisille pinnoille tai kemiallisen muutoksen kautta.

Ilman epäpuhtauksien leviämisen ja laimenemisen kannalta keskeisiä meteorologisia tekijöitä ovat tuulen suunta ja nopeus, ilmakehän stabiilisuus ja sekoituskorkeus. Rajakerroksen tuuliolosuhteet määräävät karkeasti ilmansaasteiden kulkeutumis suunnan, mutta rajakerroksen ilmavirtausten pyörteisyys ja kerroksen korkeus vaikuttavat merkittävästi ilmansaasteiden sekoittumiseen ja pitoisuuksien laimenemisen kulkeutumisen aikana. Rajakerroksen korkeus määrittää sen ilmatilavuuden, johon päästöt voivat välittömästi sekoittua ja laimentua. Rajakerroksen korkeus on Suomessa tyypillisesti alle kilometrin, mutta varsinkin kesällä se voi nousta yli kahteen kilometriin. Matalimmat rajakerroksen korkeudet havaitaan yleensä talvella kovilla pakkasilla. Ilmakehän stabiilisuudella tarkoitetaan ilmakehän herkkyyttä pystysuuntaiseen sekoittumiseen. Stabiilisuuden määrää ilmakehän pystysuuntainen lämpötilarakente, mutta siihen vaikuttavat myös auringon säteily, tuuli ja maanpinnan laatu. Stabiiliustilan ollessa vakaa ilmakehän sekoittuminen on vähäistä. Jos tila on epävakaa, sekoittuminen on voimakasta ja ilmaan päässeet epäpuhtaudet laimenevat nopeasti.

Inversiolla tarkoitetaan tilannetta, jossa ilmakehän lämpötila nousee ylöspäin mentäessä. Erityisesti maanpintainversion aikana ilmanlaatu voi paikallisesti huonontua nopeasti. Maanpintainversiossa maanpinta ja sen lähellä oleva ilmakerros jäähtyy niin, että kylmempi ilma jää ylempänä olevan lämpimämmän ilman alle. Kylmä pintailma ei raskaampana pääse kohoamaan yläpuolellaan olevan lämpimän kerroksen läpi, ja ilmakehän pystysuuntainen liike estyy. Inversiokerroksessa tuuli on hyvin heikkoa ja näin ollen ilmaa sekoittava pyörteisyys

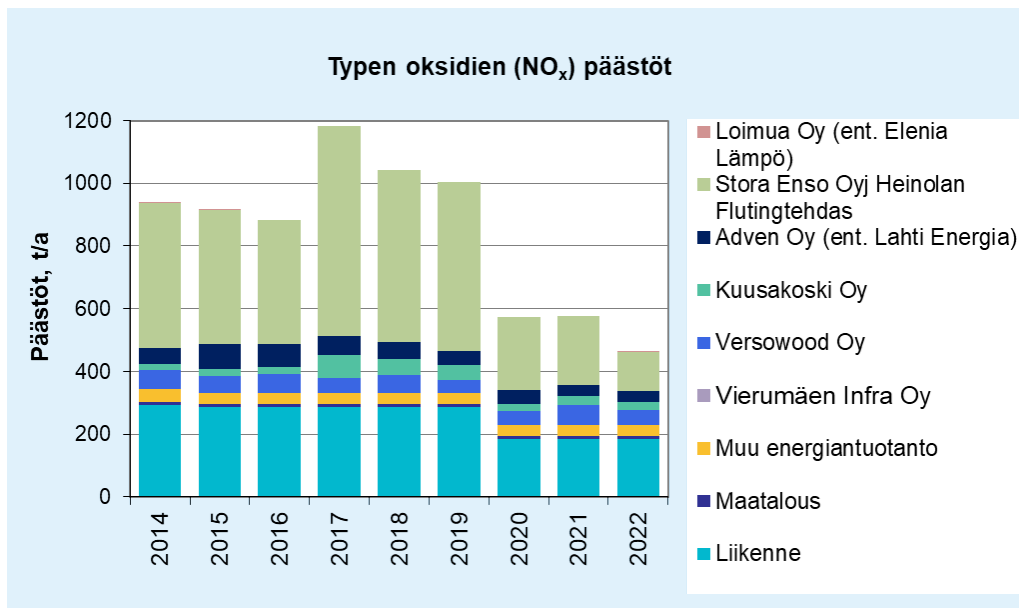
on vähäistä, minkä vuoksi ilmansaasteiden pitoisuudet laimenevat huonosti. Inversiotilanteissa pitoisuudet kohoavat, koska ilmansaasteet kerääntyvät matalaan ilmakerrokseen päästölähteiden lähelle.

Korkeimmat pitoisuudet esiintyvät kaupunkialueilla useimmiten stabiileissa heikkotuulisissa 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. Korkeista piipuista vapautuvat energiantuotannon ja teollisuuden päästöt saattavat joskus purkautua matalien maanpintainversioiden yläpuolelle, jolloin ne eivät juuri vaikuta pitoisuuksiin lähellä maanpintaa lähialueellaan. Keväisin merkittävin ilmanlaatuhaittojen aiheuttaja on katupöly. Katupölyä syntyy, kun lumet sulavat keväällä ja talven aikana tien varsille kerääntynyt hiukkasmassa vapautuu ilmaan tuulen ja liikennevirtojen vaikutuksesta katujen kuivuttua. Lumien sulamisvedet, sateet ja pölynsidonta suolaliuoksella hillitsevät keväistä pölyämistä. Sateet alentavat myös muina vuodenaikoina väliaikaisesti ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia ja puhdistavat hengitysilmaa.

6. HEINOLAN PÄÄSTÖTIEDOT

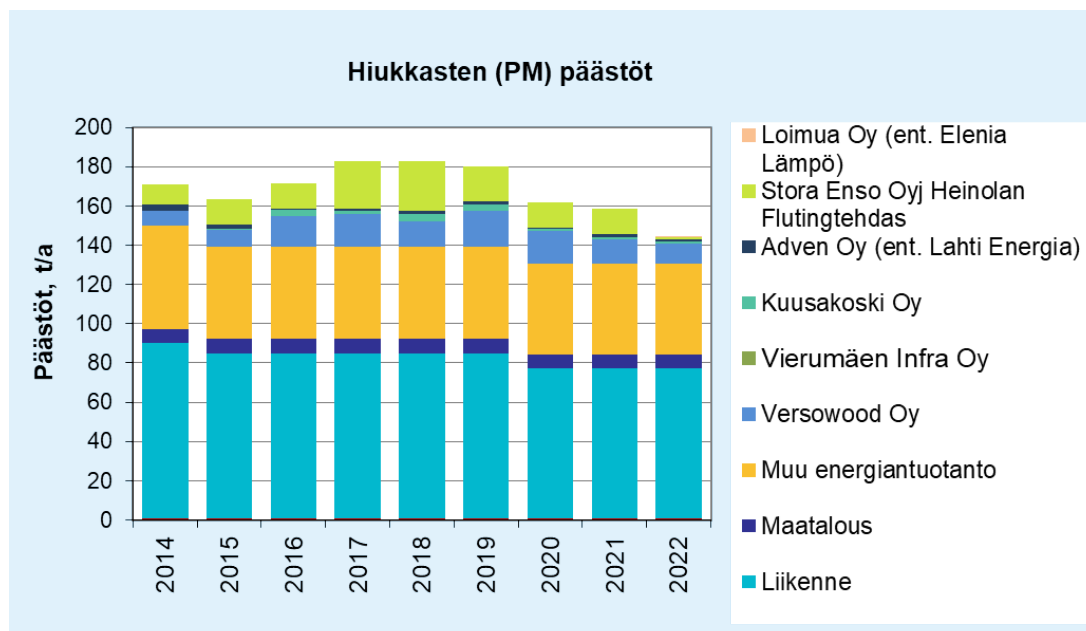
Heinolan typen oksidien, hiukkasten ja PAH-yhdisteiden päästötiedot viimeiseltä 9 vuodelta on esitetty kuvissa 34–36. Heinolan alueella toimivien yritysten vuosien 2014–2022 päästötiedot on saatu suoraan toiminnanharjoittajilta, Heinolan kaupungin ympäristötoimelta sekä Hämeen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukselta. Ilmanlaadun yhteistarkkailuun osallistuvat yritykset ovat Stora Enso Oyj, Versowood Oy, Adven Oy, Kuusakoski Oy, Suomen kuitulevy Oy, Loimua Oy ja Vierumäen Infra Oy. Päästötiedot sisältävät sekä laitosten normaali toiminnan että vuoden aikana mahdollisesti tapahtuneiden häiriöpäästöjen aikaiset päästöt.

Muut kuvaajissa esitetyt päästötiedot kaikilta vuosilta ovat peräisin Suomen ympäristökeskuksen päästöinventaarista (Syke, 2023). Ilman epäpuhtauspäästöjen inventaario tehdään EMEP:n ja Euroopan ympäristökeskuksen ohjeistuksen (EEA Inventory Guidebook 2019) mukaan. Päästöinventaariossa on viisi päästöluokkaa: energiantuotanto ja teollisuus, liikenne, maatalous, muu energiantuotanto sekä tuotteet ja jätteet. Näistä luokka energiantuotanto ja teollisuus on nyt kuvaajissa korvattu toiminnanharjoittajien omilla tiedoilla. Luokkaan muu energiantuotanto sisältyy pieniä lämmityskattiloita, kuten kaupallisten ja julkisten rakennusten sekä asutuksen lämmönlähteitä. Tähän luokkaan kuuluvat myös kiinteistökohtaiset puun polton tulisijat, sekä muuta tilastoitua polttoaineen käyttöä, jota ei voida kohdistaa yksittäisiin polttolaitoksiin. Syken päästöinventaario ulottuu vuoteen 2020 saakka, joten kolmena viimeisenä vuotena kuvaajissa on käytetty vuoden 2020 arvoja. Typen oksidien kokonaispäästöt ovat laskeneet viimeisen 6 vuoden aikana johtuen pääasiassa Stora Enso Oyj:n Heinolan Flutingtehtaan päästöjen vähenemisestä. Vuonna 2020 Flutingtehtaan päästöt laskivat merkittävästi. Vuosien 2014–2016 aikana typen oksidien päästöt hieman laskivat, mutta vuonna 2017 päästöt nousivat huomattavasti. Vuoden 2017 jälkeen päästöt ovat olleet laskusuunnassa. Vuonna 2022 kokonaispäästö määrä oli 463 t/a. Heinolan typen oksidien päästöistä 27 % oli peräisin Stora Enso Oyj:n Heinolan Flutingtehtaan toiminnoista, 10 % Versowood Oy:n toiminnoista, 7 % Adven Oy:n toiminnoista ja 5 % Kuusakoski Oy:n toiminnoista. Vuonna 2022 alle 1 % typen oksidien kokonaispäästöistä oli peräisin Loimua Oy:n toiminnoista. Loimua Oy:n päästötiedot on esitetty kuvassa 4 vain vuosina 2014, 2015 ja 2022. Liikenteen osuus oli 40 % päästöistä. Liikenteen typenoksidipäästöt ovat viimeisen 9 vuoden aikana pienentyneet, mutta maatalouden ja muun energiantuotannon päästöt ovat pysyneet ennallaan. Luokka tuotteet ja jätteet on päästö määrältään niin pieni, ettei se näy kuvaajassa lainkaan.



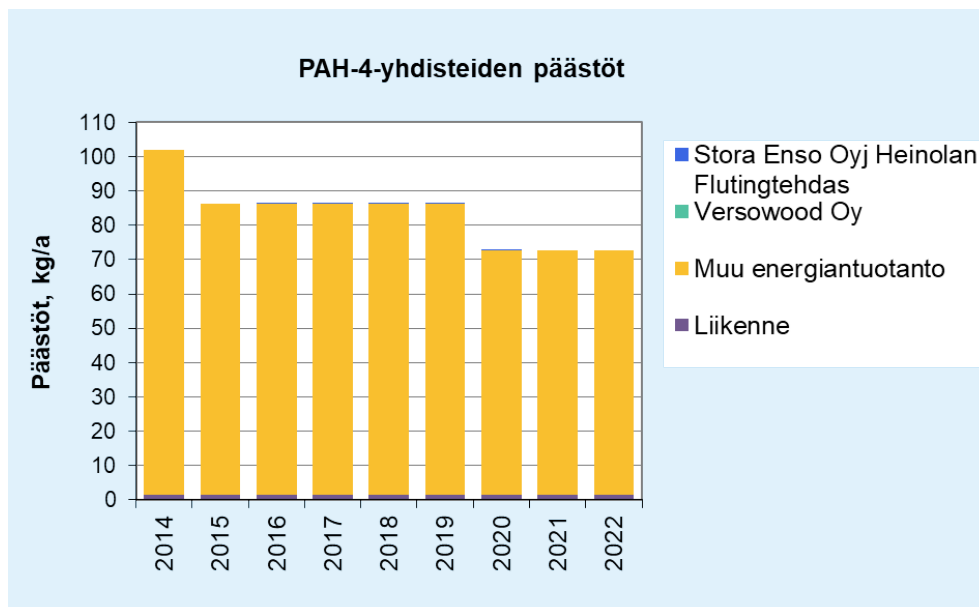
Kuva 34. Typenoksidien päästöt Heinolassa vuosina 2014–2022. Loimua Oy:n päästötiedot on esitetty kuvaajassa vuosina 2014, 2015 ja 2022 ja Vierumäen Infra Oy:n vuodelta 2022 (vuosipäästö 0,05 t/a, joten ei näy kuvaajassa). Tuotteet ja jätteet -päästöluokan päästöosuudet ovat niin pieniä (<0,1 t/a), etteivät ne näy kuvaajassa.

Hiukkasten kokonaispäästöt ovat pienentyneet jonkin verran viimeisen kolmen vuoden aikana (kuva 35). Vuonna 2022 kokonaispäästö määrä oli 144 t/a. Liikenne ja muu energiantuotanto olivat vuonna 2022 suurimmat päästölähteet, liikenne 53 % päästöistä ja muu energiantuotanto 32 % päästöistä. Liikenteen päästöt laskevat hieman vuonna 2020. Muu energiantuotanto sisältää mm. kiinteistökohtaisen lämmityksen hiukkaspäästöt. Versowood Oy:n hiukkaspäästöt olivat 7 % kokonaispäästöistä, ja muiden toimijoiden 1 % tai alle 1 % päästöistä. Loimua Oy:n päästötiedot on esitetty kuvaajassa ainoastaan vuonna 2022. Maataloudesta arvioidaan tulevan 5 % Heinolan hiukkaspäästöistä ja tuotteista ja jätteistä alle 1 %.



Kuva 35. Hiukkasten päästöt Heinolassa vuosina 2014–2022. Loimua Oy:n (vuosipäästö 0,01 t/a) ja Vierumäen Infra Oy:n (vuosipäästö 0,004 t/a) päästötiedot on esitetty kuvaajassa vain vuonna 2022. Pienet vuosipäästöt eivät näy kuvaajassa.

PAH-yhdisteiden ilmapäästöt ilmoitetaan päästöinventaariossa muodossa PAH-4, joka on summa neljän eri yhdisteen päästöistä (bentso(a)pyreeni, bentso(b)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni ja indeno(1,2,3-cd) pyreeni). PAH-4-yhdisteiden kokonaispäästöt ovat hieman laskeneet tai pysyneet samalla tasolla viimeisen 9 vuoden aikana, joka johtuu muun energiantuotannon päästöjen vähenemisestä. Stora Enso Oyj:n Heinolan Flutingtehtaan PAH-4-päästöt on esitetty kuvaajassa vuosina 2016–2020 ja Versowood Oy:n vuonna 2016. Molempien yritysten PAH-4-päästöt ovat alle 1 % kokonaispäästöistä. Suurin osa, noin 98 %, Heinolan alueen PAH-4-kokonaispäästöstä on peräisin muusta energiantuotannosta, erityisesti kiinteistökohtaisen puun pienpolton päästöistä. Liikenteen osuus on noin 2 %.



Kuva 36. PAH-4-päästöt Heinolassa vuosina 2014–2022. Stora Enso Oyj:n Heinolan Flutingtehtaan päästöt on esitetty kuvaajassa vuosina 2016–2020 ja Versowood Oy:n vuonna 2016.

7. TAUSTATIEDOA ILMAN EPÄPUHTAUKSISTA

7.1 Typen oksidit

Typen yhdisteitä vapautuu päästölähteistä ilmaan typen oksideina eli typpimonoksidina (NO) ja typpidioksidina (NO₂). Näistä yhdisteistä terveysvaikutuksiltaan haitallisempaa on typpidioksidi, jonka pitoisuuksia ulkoilmassa säädellään ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoilla. Typpidioksidin määrään ilmassa vaikuttavat myös kemialliset muutuntareaktiot, joissa typpimonoksidi hapettuu typpidioksidiksi.

Ulkoilman typpidioksidipitoisuuksille altistuminen on suurinta kaupunkien keskustojen ja taajamien liikenneympäristöissä. Typpidioksidipitoisuudet kohoavat tyypillisesti ruuhka-aikoina. Korkeimmillaan typpidioksidipitoisuudet ovat erityisesti tyyninä ja kylminä talvipäivinä, jolloin myös energiantuotannon päästöt ovat suurimmillaan. Taajamien ja kaupunkien korkeimmat typpidioksidipitoisuudet aiheutuvat pääasiassa ajoneuvoliikenteestä, vaikka energiantuotannon ja teollisuuden aiheuttamat päästöt (pistemäiset päästölähteet) olisivat määrällisesti jopa suurempia autoliikenteeseen verrattuna. Ihmiset altistuvat helposti liikenteen päästöille, sillä autojen pakokaasupäästöt vapautuvat hengityskorkeudelle.

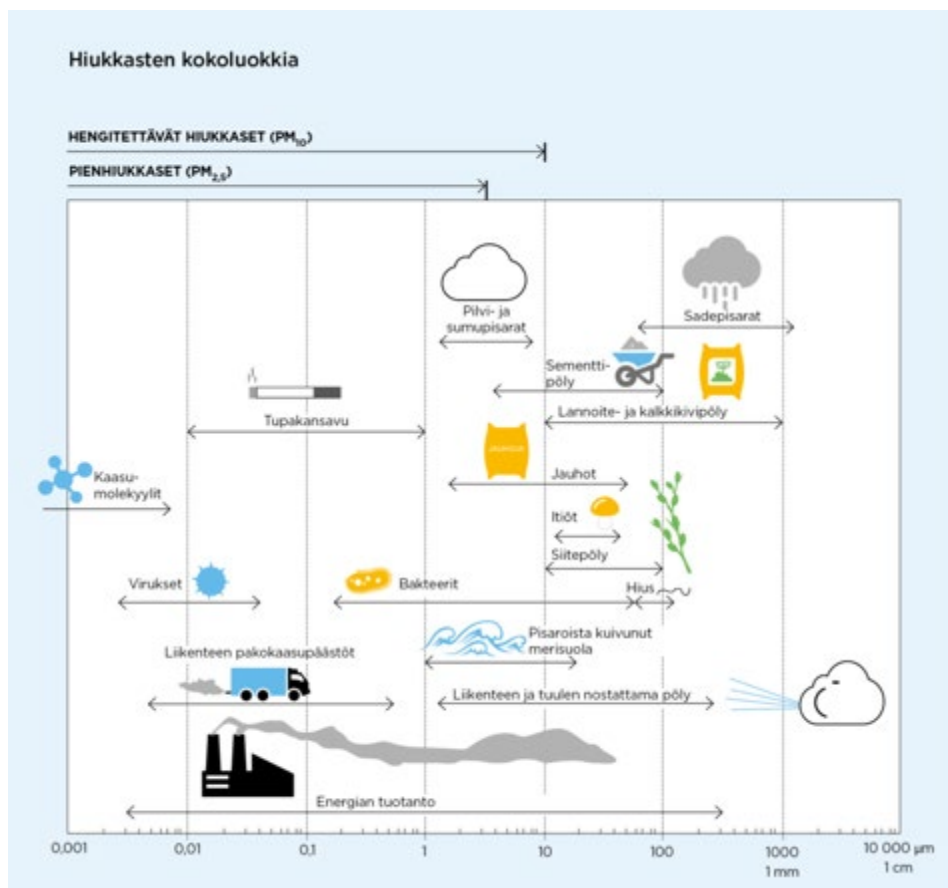
Typpidioksidin vuosiraja-arvo 40 µg/m³ alittuu nykyisin Suomessa. Typpidioksidin vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet viime vuosina suurimmissa kaupungeissa keskimäärin 15–25 µg/m³. Vilkkaimmilla teillä ja katukui- luosuuksilla vuosipitoisuudet voivat olla yli 25 µg/m³. Pienissä ja keskisuurissa kaupungeissa typpidioksidin vuosikeskiarvot ovat yleensä noin 5–15 µg/m³ mittausympäristöstä riippuen. Typpidioksidin tuntipitoisuudet voivat kohota yli raja-arvotason (200 µg/m³) yksittäisillä mittausasemilla muutamina tunteina vuodessa. Ylitys-

tunteja saa olla vuodessa 18 kpl, ennen kuin raja-arvo katsotaan ylittyneeksi. Puhtailla tausta-alueilla typpidioksidin vuosikeskiarvot ovat olleet Etelä-Suomessa noin 1,5–4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Pohjois-Suomessa noin 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (*Ilmatieteen laitos, 2022*).

7.2 Hiukkaset

Ulkoilman hiukkaset ovat nykyisin merkittävimpiä ilmanlaatuun vaikuttavia tekijöitä Suomen kaupungeissa. Pienhiukkasia pidetään haitallisimpana ilmaperäisenä ympäristötekijänä ihmisten terveydelle. Ulkoilman hiukkaset ovat taajamissa suurelta osin peräisin liikenteen ja tuulen nostattamasta katupölystä (ns. resuspensio) eli epäsuorista päästöistä. Hiukkaspitoisuuksia kohottavat myös ihmisperäiset suorat hiukkaspäästöt, jotka ovat peräisin energiantuotannon ja teollisuuden palamisprosesseista, autojen pakokaasuista ja puun pienpoltosta. Nämä hiukkaspäästöt ovat pääasiassa pieniä hiukkasia. Hiukkasiin on sitoutunut myös erilaisia haitallisia yhdisteitä kuten hiilivetyjä ja raskasmetalleja.

Ulkoilman hiukkasten koko on yhteydessä niiden aiheuttamiin erilaisiin vaikutuksiin. Suurempien hiukkasten korkeat pitoisuudet vaikuttavat merkittävimmin viihtyvyyteen ja aiheuttavat likaantumista. Terveysvaikutuksiltaan haitallisempia ovat ns. hengitettävät hiukkaset ja pienhiukkaset, jotka kykenevät tunkeutumaan syväälle ihmisten hengitysteihin. Hengitettävillä hiukkasilla, joiden halkaisija on alle 10 mikrometriä (PM_{10}), on annettu ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet kohoavat erityisesti keväällä, jolloin jauhautunut hiekoitushiekka ja asfalttipöly nousevat ilmaan kuivilta kaduilta liikenteen nostattamana. Pienhiukkaset, joiden halkaisija on alle 2,5 mikrometriä ($\text{PM}_{2,5}$), ovat pääasiassa peräisin suorista autoliikenteen ja teollisuuden päästöistä ja kaukokulkeumasta, jonka lähde voi olla esimerkiksi metsä- ja maastopalot. Hiukkasten kokoluokkia on havainnollistettu kuvassa 7.



Kuva 37. Hiukkasten kokoluokkia. Hiukkasten koko ilmaistaan halkaisijana mikrometreissä (μm). Mikro (μ) etuliite tarkoittaa miljoonasosaa. 1 μm on siten metrin miljoonasosa eli millimetrin tuhannesosa.

Suomessa hiukkaspitoisuudet kohoavat yleensä voimakkaasti keväällä maaliskuussa, kun maanpinnan kuivuessa tuuli ja liikenne nostattavat talven aikana kertynyttä katupölyä ilmaan. Pitoisuuksien kohoamista esiintyy taajamissa katupölyn vuoksi usein myös syksyllä talvirengaskauden alettua. Pienten hiukkasten pitoisuuksien kohoamiseen vaikuttaa ajoittain merkittävästi myös ulkomailta peräisin oleva kaukokulkeuma. Suurimmat hiukkaspitoisuudet esiintyvät vilkkaasti liikennöidyissä kaupunkikeskustoissa. Liikenteen vaikutukset korostuvat matalan päästökorkeuden vuoksi.

Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuuksille asetettu raja-arvotaso ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ylittyy Suomen mittausasemilla tyypillisesti 0–25 kertaa vuoden aikana. Vuorokausiraja-arvotason ylityksiä saa olla mittausasemalla 35 kappaletta vuodessa, ennen kuin raja-arvo katsotaan ylittyneeksi. Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuudelle annettu raja-arvo on ylittynyt vain Helsingin keskustassa, viimeksi vuonna 2006. Katupölyn muodostumiseen voidaan merkittävästi vaikuttaa oikea-aikaisella katujen siivouksella ja kunnossapidolla sekä pölynsidonnalla.

Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudelle annettu raja-arvo $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alittuu Suomessa. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvot ovat olleet viime vuosina Suomen kaupungeissa noin $5\text{--}20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vilkkaimmilla teillä ja katukuiluosuusilla vuosipitoisuudet voivat olla yli $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Puhtailla tausta-alueilla vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet Etelä-Suomessa noin $9\text{--}14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Pohjois-Suomessa noin $3\text{--}5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (*Ilmatieteen laitos, 2022*).

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

7.3 PAH-yhdisteet

Polysykliset aromaattiset hiilivedyt eli PAH-yhdisteet ovat orgaanisia yhdisteitä, jotka muodostuvat vähintään kahdesta toisiinsa yhdistyneestä kokonaan hiilestä ja vedystä koostuvasta aromaattisesta renkaasta. PAH-yhdisteitä muodostuu palamisprosesseissa orgaanisen aineksen epätäydellisen palamisen seurauksena. PAH-yhdisteitä syntyy siten energiantuotannossa, liikenteessä (erityisesti dieselmoottorit), kotitalouksien puun pienpoltossa, kulutuksessa, jätteenpoltossa, öljynjalostuksessa, alumiinin tuotannossa sekä koksen valmistuksessa. Liikenne on merkittävin ilmanlaatuun vaikuttava PAH-yhdisteiden lähde kaupunkien keskustoissa ja vilkkaasti liikennöityjen teiden varsilla matalasta päästökorkeudesta johtuen. Pientaloalueilla kotitalouksien puunpoltto on merkittävin PAH-päästöjen lähde. Arkielämässä merkittävimpiä PAH-yhdisteiden lähteitä ovat muun muassa pakokaasut, tupakansavu, noki sekä ruoanvalmistus paahtamalla ja grillaamalla. Luonnollisia lähteitä ovat metsäpalot ja tulivuoren purkaukset.

PAH-yhdisteiden fysikaalis-kemialliset ominaisuudet vaihtelevat huomattavasti, mutta osa PAH-yhdisteistä on helposti haihtuvia. Ne vapautuvat ilmaan ja kulkeutuvat ilmakehässä pitkiä matkoja. PAH-yhdisteet esiintyvät joko kaasumaisessa olomuodossa tai sitoutuneina ilmassa oleviin pienhiukkasiin. PAH-yhdisteet, jotka sisältävät viisi rengasta tai enemmän, havaitaan lähinnä hiukkasiin sitoutuneina, kun taas 2–3 rengasta sisältävät ovat lähes ainoastaan kaasumaisessa olomuodossa. Vaihtelevuudet olomuodossa liittyvät pääasiassa 4 rengasta sisältäviin PAH-yhdisteisiin, kuten fluoranteeniin, pyreeniin, bentso(a)antraseeniin ja kryseeniin (European Commission, 2001). Bentso(a)pyreeni on viisirenkainen hiilivety, joka kiinnittyy palamisessa syntyviin pienhiukkasiin. PAH-yhdisteet ovat karsinogeenisiä ja ulkoilman PAH-yhdisteet lisäävät erityisesti keuhkosyöpään sairastumisen riskiä. PAH-altistuksen ja yhdisteiden aiheuttaman syöpäriskin merkkiaineena käytetään bentso(a)pyreeniä.

Bentso(a)pyreenin pitoisuudet ja vuodenaikaisvaihtelu kuvaavat hyvin muidenkin PAH-yhdisteiden ominaisuuksia. Talvella PAH-yhdisteiden pitoisuudet ovat suurempia kuin kesällä, koska mm. energiantuotannon ja puunpolton takia PAH-yhdisteiden päästöt ovat talvikaudella suuremmat. Toisin kuin monet muun ilmansaasteen päästöt, bentso(a)pyreenin päästöt ilmaan ovat kasvaneet Euroopassa viime vuosina. Tämä johtuu suu- rimmaksi osaksi lisääntyneestä biomassan poltosta. Noin neljäsosa Euroopan kaupunkien väestöstä altistui EU:n tavoitearvon $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ ylittävälle bentso(a)pyreenipitoisuuksille (EEA, 2020).

Suomessa bentso(a)pyreeni on tyypillisesti pientaloalueiden ongelma. Näillä alueilla poltetaan paljon puuta ja mitatut pitoisuuksien vuosikeskiarvot ovat usein tavoitearvon tuntumassa. Korkeita pitoisuuksia esiintyy erityisesti talvisin. Bentso(a)pyreenin tavoitearvon $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ ylityksiä on Suomessa mitattu viime vuosina ainoastaan

Raahen Lapaluodon mittausasemalla. Siellä tavoitearvo on ylittynyt vuosina 2018 ja 2019. Bentso(a)pyreenin mittauksia on Suomessa melko harvassa, mutta mallilaskelmien mukaan tavoitearvoa lähellä olevia tai jopa sen ylittäviä pitoisuuksia esiintyisi melko tasaisesti ympäri Suomea asutuskeskuksissa alueilla, joissa on paljon puunpolttua (Ilmatieteen laitos, 2022).

7.4 Ilman epäpuhtauksien terveysvaikutukset

Ilman epäpuhtauksien terveyshaitat ovat seurausta altistumisesta ulkoilmassa oleville haitallisille aineille. Altistuminen on sitä suurempaa mitä korkeampia hengitysilman pitoisuudet ovat ja mitä kauemmin ihminen hengittää saastunutta ilmaa. Pitkäaikainen altistuminen ilmansaasteille on terveysvaikutusten kannalta haitallisempaa kuin lyhytaikainen altistuminen. Ilmansaasteiden arvioidaan aiheuttavan Suomessa noin 1 600 ennen aikaista kuolemantapausta vuodessa (*Hänninen ym. 2016*). Lisäksi ilmansaasteet aiheuttavat haittoja lisääntyneen sairastamisen takia. Haitalliset vaikutukset ilmenevät siitä huolimatta, että ilmanlaadun raja- tai ohjearvot eivät Suomessa ylitä laajassa mitassa. Terveyshaitat aiheutuvat suurelta osin pienhiukkasista ja pienemmältä osin hengitettävistä hiukkasista sekä typpidioksidista. Yksilöiden herkkyys ilmansaasteille vaihtelee. Herkkiä väestöryhmiä ovat kaikenikäiset astmaatit, ikääntyneet sepelvaltimotautia ja keuhkohtaumatautia sairastavat sekä lapset. Talvisin pakkasen voi pahentaa ilmansaasteista aiheutuvia oireita. Tieteellinen näyttö pienhiukkasten haitallisista terveysvaikutuksista on erittäin laaja. Hiukkaset kulkeutuvat ilman mukana kaikkiin osiin hengitysteitä, jolloin ne aiheuttavat sekä suoria vaikutuksia keuhkoissa että siirtyvät osin verenkiertoon ja edelleen kehon muihin osiin kuten sydänlihakseen ja aivoihin. Hiukkaset lisäävät sydän- ja verenkiertoelimistön sairauksia ja lisäävät kuolleisuutta. Muiden ilmansaasteiden vaikutukset ovat myös vakavia, mutta niiden kansanterveydelliset haitat ovat pienhiukkasiin verrattuna vähäisempiä.

7.5 Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot

Ohjearvot ovat ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia, joiden alittaminen on tavoitteena. Ohjearvoilla esitetään riittävän hyvän ilmanlaadun tavoitteet. Ohjearvot eivät ole sitovia, mutta niitä sovelletaan maankäytön ja liikenteen suunnittelussa, rakentamisen muussa ohjauksessa sekä ilman pilaantumisen vaaraa aiheuttavien toimintojen sijoittamisessa ja lupakäsittelyssä. Ohjearvojen ylittyminen on pyrittävä estämään ennakolta ja pitkällä aikavälillä alueilla, joilla ilmanlaatu on tai saattaa toistuvasti olla huonompi kuin ohjearvo edellyttäisi. Ilmanlaadun ohjearvot on määritellyt valtioneuvoston päätöksessä ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta (*Vnp 480/1996*, taulukko 5).

Raja-arvot ovat ilman epäpuhtauden pitoisuuksia, jotka on alitettava määräajassa. Kun raja-arvo on alitettu, sitä ei enää saa ylittää. Raja-arvot ovat sitovia ja ne eivät saa ylittyä alueilla, joissa asuu tai oleskelee ihmisiä. 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 määritellyt ilmanlaatuasetuksessa (*Vna 79/2017*, taulukko 6).

Tavoitearvolla tarkoitetaan ilmassa olevaa pitoisuutta, joka on mahdollisuuksien mukaan alitettava määräajassa ja jolla pyritään välttämään, ehkäisemään tai vähentämään ihmisten terveyteen ja ympäristöön kohdistuvia haitallisia vaikutuksia. Tavoitearvoja on annettu muun muassa hiukkasten sisältämien bentso(a)pyreenin pitoisuuksille. Bentso(a)pyreenin tavoitearvo on määritellyt valtioneuvoston asetuksessa Vna 113/2017 ja se on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 5. Ilmanlaadun ohjearvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi (Vnp 480/1996).

Ilman epäpuhtaus	Ohjearvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Tilastollinen määrittely
Typidioksidi (NO_2)	150 ¹⁾	Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste
	70 ¹⁾	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Hengitettävät hiukkaset (PM_{10})	70 ²⁾	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Rikkidioksidi (SO_2)	250 ¹⁾	Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste
	80 ¹⁾	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Haisevat rikkiyhdisteet (TRS)	10 ¹⁾	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo

¹⁾ Tulokset ilmaistaan lämpötilassa 293 K ja paineessa 101,3 kPa.

²⁾ Tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

Taulukko 6. Ilmanlaadun raja-arvot ja bentso(a)pyreenin tavoitearvo terveyshaittojen ehkäisemiseksi (Vna 79/2017, Vna 113/2917).

Ilman epäpuhtaus	Keskiarvon las- kenta-aika	Raja-arvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (293 K, 101,3 kPa)	Sallittujen ylitysten määrä kalenterivuo- dessa
Typidioksidi (NO_2)	1 tunti	200 ¹⁾	18
	kalenterivuosi	40 ¹⁾	–
Hengitettävät hiukkaset (PM_{10})	1 vuorokausi	50 ²⁾	35
	kalenterivuosi	40 ²⁾	–
Pienhiukkaset ($\text{PM}_{2,5}$)	kalenterivuosi	25 ²⁾	–
Rikkidioksidi (SO_2)	1 tunti	350 ¹⁾	24
	1 vuorokausi	125 ¹⁾	3
Bentso(a)pyreeni (BaP)	kalenterivuosi	Tavoitearvo 1 (ng/m^3)	–

¹⁾ Tulokset ilmaistaan lämpötilassa 293 K ja paineessa 101,3 kPa.

²⁾ Tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

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.

Typenoksidi- ja rikkidioksidipitoisuuksien kriittisen tason ylittyessä pitoisuudet saattavat aiheuttaa haitallisia vaikutuksia kasvillisuudelle tai ekosysteemeille. Kriittisiä tasoja (taulukko 7) sovelletaan rakennetun ympäristön ulkopuolella olevilla laajoilla maa- ja metsätalousalueilla sekä luonnonsuojelun kannalta merkityksellisillä alueilla.

Taulukko 7. Ulkoilman typenoksidien ja rikkidioksidin pitoisuuksia koskevat ilmanlaadun kriittiset tasot (Vna 79/2017)

Ilman epäpuhtaus	Kriittinen taso $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Tilastollinen määrittely
Typen oksidit (NO_x)	30 ¹⁾	Vuosikeskiarvo
Rikkidioksidi (SO_2)	20 ¹⁾	Vuosikeskiarvo

¹⁾ Tulokset ilmaistaan lämpötilassa 293 K ja paineessa 101,3 kPa.

Maailman terveysjärjestö (WHO) arvioi ilman pilaantumisen yhdeksi suurimmaksi globaaliksi terveyteen kohdistuvaksi ympäristöriskiksi. WHO päivitti syksyllä 2021 ilmansaasteiden ohjearvopitoisuudet, joita pienemmillä pitoisuuksilla haitallisia terveysvaikutuksia ei esiinny lainkaan tai ne ovat vain vähäisiä. WHO:n ohjearvot eivät ole sitovia. WHO:n ohjearvot on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Maailman terveysjärjestön (WHO) ohjearvot (Ilmatieteen laitos, 2023 d).

Ilman epäpuhtaus	Keskiarvon laskenta-aika	Ohjearvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Pienhiukkaset ($\text{PM}_{2,5}$)	Vuosi	5
	Vuorokausi*	15
Hengitettävät hiukkaset (PM_{10})	Vuosi	15
	Vuorokausi*	45
Typpidioksidi (NO_2)	Vuosi	10
	Vuorokausi*	25
	Tunti	200
Rikkidioksidi (SO_2)	Vuorokausi*	40
	10 minuuttia	500

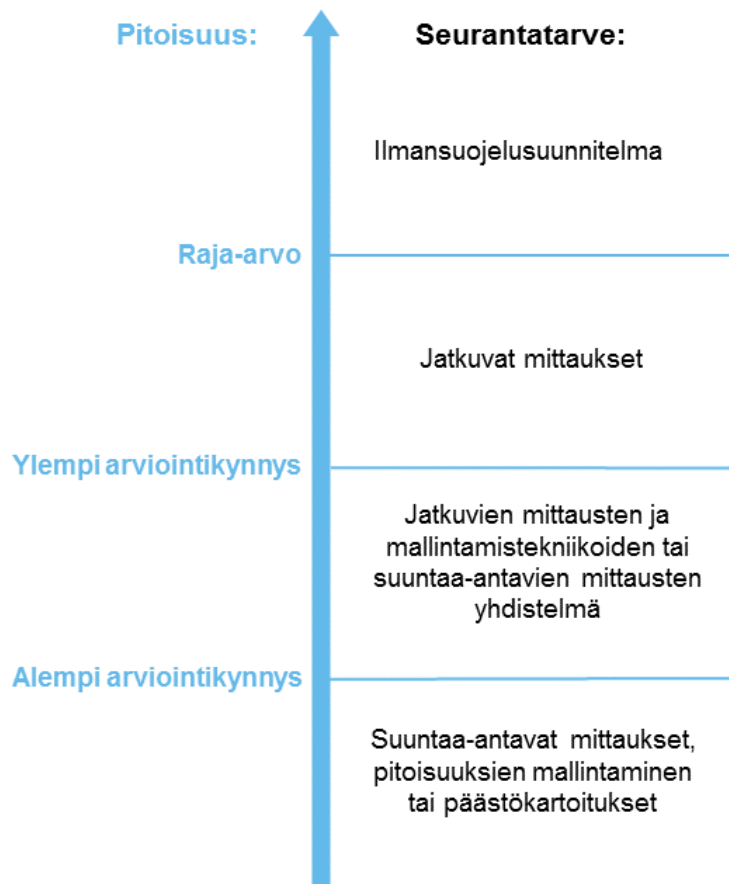
* Vuorokausiarvojen osalta WHO suositaa, että ohjearvoa noudatetaan 99-prosenttisesti (3 ylityskertaa).

7.6 Ilmanlaadun arviointikynnykset

Seuranta-alueen ilmanlaadun seurannan suunnittelussa on otettava huomioon ilmanlaatuasetuksessa määritellyt arviointikynnykset (Vna 79/2017). Jatkuvia mittauksia on tehtävä seuranta-alueilla, joilla ylempi arviointikynnys ylittyy sekä seuranta-alueilla, joilla ilman epäpuhtauksien pitoisuudet ovat ylemmän ja alemman arviointikynnyksen välissä. Alemman arviointikynnyksen ylittyessä jatkuvien mittausten tarve on vähäisempi ja voidaan käyttää jatkuvien mittausten ja mallintamistekniikoiden tai suuntaa antavien mittausten yhdistelmää. Jos ilman epäpuhtauksien pitoisuudet ovat alemman arviointikynnyksen alapuolella, riittää, että ilmanlaatua seurataan yksinomaan suuntaa antavien mittausten, mallintamistekniikoiden, päästökartoitusten tai muiden vastaavien menetelmien perusteella (kuva 38).

Ylemmän ja alemman arviointikynnyksen ylittyminen määritetään viiden edellisen vuoden pitoisuuksien perusteella. Arviointikynnyksen katsotaan ylittyneen, kun se on ylittynyt vähintään kolmena vuotena viidestä. Taulukossa 9 on esitetty typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten, pienhiukkasten ja rikkidioksidin pitoisuuksille

määritetyt ylemmät ja alemmat arviointikynnykset sekä niiden osuus raja-arvopitoisuuksista. Taulukossa 9 on esitetty myös bentso(a)pyreenin ylempi ja alempi arviointikynnys sekä niiden osuus tavoitearvopitoisuudesta.



Kuva 38. Ilmanlaadun seurantatarve seuranta-alueella määräytyy mitattujen pitoisuuksien suhteesta ylempään ja alempaan arviointikynnykseen. Seurantatarve kasvaa pitoisuuksien kasvaessa.

Taulukko 9. Ilmanlaadun seurannan suunnittelussa käytettävät ilmanlaadun ylemmät ja alemmat arviointikynnykset typpidioksidille, hengitettäville hiukkasille, pienhiukkasille ja rikkidioksidille sekä bentso(a)pyreenille (Vna 79/2017, Vna 113/2017). Suluissa on esitetty arviointikynnyksen osuus raja-arvopitoisuudesta.

Ilman epäpuhtaus	Keskiarvon laskenta-aika	Ylempi arviointikynnys ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Alempi arviointikynnys ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Typpidioksidi (NO_2)	1 tunti	140 (70 %)	100 (50 %)
	kalenterivuosi	32 (80 %)	26 (65 %)
Hengitettävät hiukkaset (PM_{10})	24 tuntia	35 (70 %)	25 (50 %)
	kalenterivuosi	28 (70 %)	20 (50 %)
Rikkidioksidi (SO_2)	1 tunti	75 (60 %)	50 (40 %)
Bentso(a)pyreeni (BaP) (ng/m^3)	kalenterivuosi	0,6 (60 %)	0,4 (40 %)

VIITELUETTELO

Hänninen, O., Korhonen, A., Lehtomäki, H., Asikainen, A., Rumrich, I., 2016. Ilmansaasteiden terveysvaikutukset. Ympäristöministeriön raportteja 16/2016. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/74861/YMra_16_2016.pdf

Saarnio, K., Vestenius, M. ja Kyllönen, K., 2021. Hiukkasmittausten vaatimuksenmukaisuuden todentaminen (HIVATO) 2019–2020. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/338137/Hiukkasmittausten%20%28HIVATO%29_Saarnio_Karri%20et%20al._2021_2.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Saari, H. ja Komppula, B., 2016. Heinolan ilmanlaadun tarkkailu, mittaustulokset vuodelta 2015. Ilmatieteen laitos, Asiantuntijapalvelut, Ilmanlaatu ja energia.

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

Ilmatieteen laitos, 2023 a. Alustavat mittaustulokset, Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun tutkimus. <https://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>

Ilmatieteen laitos, 2023 b. Säähavainnot. <https://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>

Ilmatieteen laitos, 2023 c. Ilmastollinen vertailukausi 1991-2020. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmastollinen-vertailukausi>

Ilmatieteen laitos, 2023 d. Ilmanlaadun säädökset ja ohjeet. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/saadokset-ja-ohjeet#1PKjkqbAimhKTZYSHYzVHy>

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

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

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

Syke, 2023. Ilman epäpuhtauksien päästöt Suomessa. Päästöinventaario. Suomen ympäristökeskus SYKE. https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kartat_ja_tilastot/ilman_epapuhtauksien_paastot

Walden, J., Waldén, T., Laurila, S. ja Hakola, H., 2017. Demonstration of the equivalence of PM_{2.5} and PM₁₀ measurement methods in Kuopio 2014–2015. Reports 2017:1. Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 137 p. http://expo.fmi.fi/aqes/public/PM_Equivalence%20report%20Kuopio_2017.pdf

Walden, J. ja Vestenius, M., 2018. Verification of PM-analyzers for PM₁₀ and PM_{2.5} with the PM reference method. Finnish Meteorological Institute, Reports 2018:2. http://expo.fmi.fi/aqes/public/Raportteja_2018_2_Verification_of_PM-analyzers.pdf

World Health Organization, 2021. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228?ua=1>

LIITETAULUKOT

Liitetaulukko 1. Heinolan Tommolän ilmanlaadun mittausasemalla mitatut typinoksidin (NO) tunti- ja vuorokausipitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kuukausittain vuonna 2022. Pitoisuudet on ilmoitettu 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Heinola Tommola 2022											
	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	649	672	740	720	744	718	744	744	720	740	720	639
kattavuus (%)	87,2	100	99,5	100	100	99,7	100	100	100	99,5	100	85,9
keskiarvo	1,5	1,5	2,4	1	0,6	0,6	0,6	0,7	1,4	1,1	1	2,9
99. %-piste	21,5	13,6	42,1	13,9	3,4	3,3	6,1	4,6	22,5	11,8	8,8	55
korkein arvo	42,2	40,3	175,2	35,2	8,2	12,8	49,9	34,2	86,7	98,4	49,6	113,7
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	27	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	26
2. korkein arvo	5,3	4,1	10,6	2,6	1	1	2,6	1,4	7,5	4,5	3,5	18,2
korkein arvo	7,4	6,7	12,3	4,4	1,1	1,1	3,0	2,4	8,8	6,6	3,9	25,3

Liitetaulukko 2. Heinolan Vierumäen ilmanlaadun mittausasemalla mitatut typpimonoksidin (NO) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain vuonna 2022. Pitoisuudet on ilmoitettu 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

NO (µg/m³)	Heinola Vierumäki 2022											
	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	642	672	693	720	744	715	744	744	720	741	720	634
kattavuus (%)	86,3	100	93,1	100	100	99,3	100	100	100	99,6	100	85,2
keskiarvo	1,2	0,9	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,5	1,3	1	1,1	1,6
99. %-piste	21,1	9	3,6	7,4	3	2,6	2,2	3,7	23,1	10,1	10,4	18,8
korkein arvo	39,9	15,3	12,9	43,5	17,7	6,3	5,3	6,6	62	26	17,4	47,6
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	27	28	28	30	31	30	31	31	30	31	30	26
2. korkein arvo	2,8	1,5	1,1	2	1,1	0,8	0,7	0,9	8,2	3,5	5	3,5
korkein arvo	6,7	2,2	1,7	2,1	1,2	1,1	0,8	1,4	8,3	5,2	5,5	6,3

Liitetaulukko 3. Heinolan Tommolan ilmanlaadun mittausasemalla mitatut typpidioksidin (NO₂) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain vuonna 2022. Pitoisuudet on ilmoitettu 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

NO ₂ (µg/m ³)	Heinola Tommola 2022											
	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	649	672	740	720	744	718	744	744	720	740	719	639
kattavuus (%)	87,2	100	99,5	100	100	99,7	100	100	100	99,5	99,9	85,9
keskiarvo	6,7	7,8	9,5	3,9	2,5	2,4	2,4	3,4	3,3	4	4,2	8,8
99. %-piste	46	40,5	57,6	23,1	11,2	11	10,1	15,4	18,3	24,2	20,2	47,7
korkein arvo	54,5	58,3	71,9	33,1	18,6	20,8	25,8	24,3	32,4	37,4	21,2	52
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	27	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	26
2. korkein arvo	23,8	17,6	27,1	9	4,9	4,1	4,7	8,1	6,9	10,1	15,4	24,2
korkein arvo	28,4	22,2	33,9	9	5,3	4,8	4,8	8,2	8,4	10,8	15,8	29,5

Liitetaulukko 4. Heinolan Vierumäen ilmanlaadun mittausasemalla mitatut typpidioksidin (NO₂) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain vuonna 2022. Pitoisuudet on ilmoitettu 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

NO ₂ (µg/m ³)	Heinola Vierumäki 2022											
	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	641	672	693	720	744	715	744	744	720	741	720	634
kattavuus (%)	86.2	100	93.1	100	100	99.3	100	100	100	99.6	100	85.2
keskiarvo	7	6,7	6,4	4,3	3,7	3,2	3,3	5,9	11,1	5,4	6,3	11
99. %-piste	28,8	23,6	27,6	27,5	16	15	15,1	28,1	75,8	34	28,7	50,2
korkein arvo	35,1	47,5	53,4	43,4	23,4	20,5	35,8	58,8	170	112,9	29,8	61
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	27	28	28	30	31	30	31	31	30	31	30	26
2. korkein arvo	17	12,9	13,2	9,7	7,6	7,1	7,1	11,6	27	14,9	22,3	24,7
korkein arvo	17,1	16	18,7	10, 2	9,6	8,8	9,3	16,8	31,4	25	22,9	30,4

Liitetaulukko 5. Heinolan Tommolän ilmanlaadun mittausasemalla mitatut kokonaistypenoksidien (NO_x) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain vuonna 2022. Pitoisuudet on ilmoitettu 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

NO _x (µg/m ³)	Heinola Tommola 2022											
	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	649	672	740	720	744	718	744	744	720	740	720	639
kattavuus (%)	87,2	100	99,5	100	100	99,7	100	100	100	99,5	100	85,9
keskiarvo	9,1	10,1	13,2	5,4	3,5	3,2	3,4	4,5	5,5	5,7	5,7	13,2
99. %-piste	63,8	59	116,9	42	16	14,4	16,8	17,3	46,4	35,9	27,9	123,1
korkein arvo	116,8	115	335,4	86,2	23,8	31,5	102,2	76,6	165	188	69,6	216,2
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	27	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	26
2. korkein arvo	32	22,4	45,9	12,6	6	5	7,2	9	19,7	16,3	19,1	57,3
korkein arvo	39,7	32,4	49,5	15,7	6,2	6,3	8,1	9,3	19,9	17,9	20,7	62,8

Liitetaulukko 6. Heinolan Vierumäen ilmanlaadun mittausasemalla mitatut kokonaistypenoksidien (NO_x) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain vuonna 2022. Pitoisuudet on ilmoitettu 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa.

NO _x (µg/m ³)	Heinola Vierumäki 2022											
	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	647	672	693	720	744	715	744	744	720	741	720	634
kattavuus (%)	87	100	93,1	100	100	99,3	100	100	100	99,6	100	85,2
keskiarvo	9,2	8	7,2	5,3	4,4	3,8	4	6,6	13,1	6,9	8	13,4
99. %-piste	55	32,1	30,3	35,3	20,4	18,8	17,2	33,5	104	45	40,3	67
korkein arvo	123,6	62,3	73,2	109,9	35,6	22,9	41,3	61,2	264,9	152,7	56,1	124,1
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	27	28	28	30	31	30	31	31	30	31	30	26
2. korkein arvo	21,2	15,2	14,9	12,7	9,4	8,2	7,8	13,6	39,5	22,1	30	28,8
korkein arvo	31,5	19,4	21,3	12,8	10,9	10,5	10,6	17,9	44,1	30,3	31,3	33,2

Liitetaulukko 7. Heinolan Tommolan ilmanlaadun mittausasemalla mitatut hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain vuonna 2022. Pitoisuudet on ilmoitettu ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

PM ₁₀ (µg/m³)	Heinola Tommola 2022											
	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	654	672	742	720	744	718	744	744	720	743	720	639
kattavuus (%)	87,9	100	99,7	100	100	99,7	100	100	100	99,9	100	85,9
keskiarvo	4,8	5,5	14,4	13,2	8	9,9	7,7	13,4	6,8	5,8	4,9	7,4
99. %-piste	30,3	21,8	74,5	98,7	29	34	37,1	53	39,2	24,8	17,7	27,3
korkein arvo	85,2	32,8	97,2	199,7	47,3	56,7	58,6	63,2	341,6	28,5	19,7	35,5
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	27	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	26
2. korkein arvo	11,1	11,5	36	33,8	14,7	21,8	21,5	35,6	16,6	14,6	13,8	15,4
korkein arvo	19,3	12,4	41,1	38,5	23,1	26,1	27,4	40,4	39	18,6	14,2	17,7

Liitetaulukko 8. Heinolan Vierumäen ilmanlaadun mittausasemalla mitatut hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain vuonna 2022. Pitoisuudet on ilmoitettu ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

PM ₁₀ (µg/m ³)	Heinola Vierumäki 2022											
	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	656	672	664	720	744	717	744	703	720	742	720	635
kattavuus (%)	88,2	100	89,2	100	100	99,6	100	94,5	100	99,7	100	85,3
keskiarvo	3,2	4,9	10,7	7,8	6,6	8,7	6,2	12,9	5,3	5,2	5,1	5,9
99. %-piste	11,4	25,7	39,7	49,2	20,8	33	25,3	46,5	30	24	21	16,4
korkein arvo	15,9	53,9	57,6	102,4	33,2	38,8	33,2	87,3	74,7	38,7	28,9	18,6
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	27	28	27	30	31	30	31	29	30	31	30	26
2. korkein arvo	7	10,3	28,8	24,8	13,6	17,2	17	31,8	12,4	15,2	14,4	12,8
korkein arvo	8,2	18,4	29,3	28,9	16,1	27,3	17,8	35,2	20,1	15,7	14,5	13,1

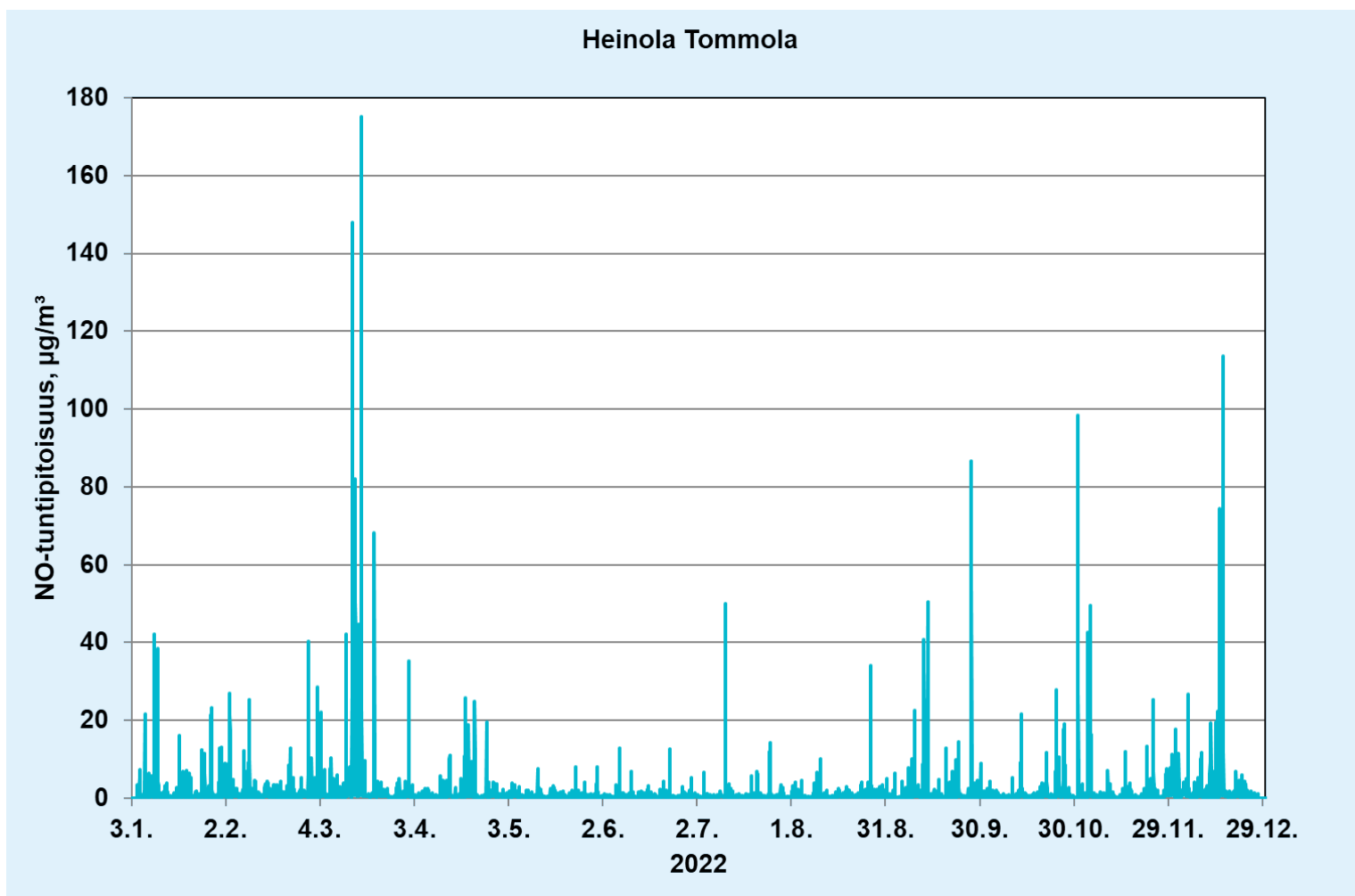
Liitetaulukko 9. Heinolan Tommolän ilmanlaadun mittausasemalla mitatut pienhiukkasten (PM_{2,5}) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain vuonna 2022. Pitoisuudet on ilmoitettu ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

PM _{2,5} (µg/m ³)	Heinola Tommola 2022											
	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	654	672	742	720	744	718	744	744	720	743	720	639
kattavuus (%)	87,9	100	99,7	100	100	99,7	100	100	100	99,9	100	85,9
keskiarvo	3,8	4,7	8,6	3,8	3,7	5,6	4,4	7	4,2	3,7	3,7	6,3
99. %-piste	25,1	20	45,3	23,7	19,7	24,5	27,9	27,1	29,9	18,6	16,2	23,6
korkein arvo	48,3	30,7	60	33	36,6	49,9	46,5	36,2	314,4	22,2	17,9	33,2
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	27	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	26
2. korkein arvo	7,5	10,6	24,3	8,6	6,8	14,4	12,1	17	11,1	10,8	12,5	13,8
korkein arvo	16,7	10,9	27,6	9,9	12,7	16,3	19,8	20,9	32,1	14,5	13	16,4

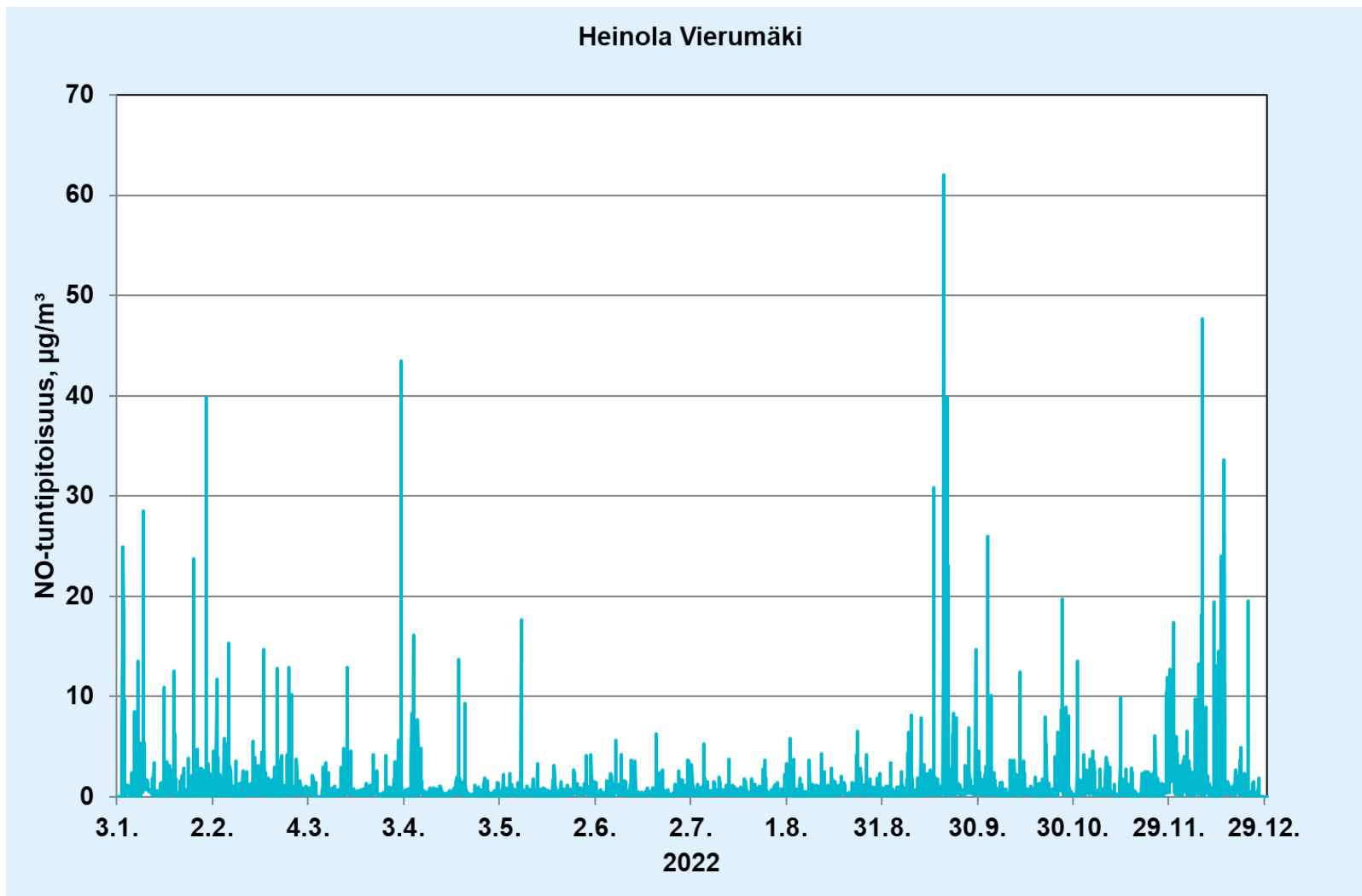
Liitetaulukko 10. Heinolan Vierumäen ilmanlaadun mittausasemalla mitatut pienhiukkasten (PM_{2,5}) tunti- ja vuorokausipitoisuudet (µg/m³) kuukausittain vuonna 2022. Pitoisuudet on ilmoitettu ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

PM _{2,5} (µg/m ³)	Heinola Vierumäki 2022											
	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
TUNTIARVOJEN												
lukumäärä	656	672	663	720	744	717	744	703	720	742	720	635
kattavuus (%)	88,2	100	89,1	100	100	99,6	100	94,5	100	99,7	100	85,3
keskiarvo	2,4	3,6	7,1	2,7	2,7	4,5	3,4	6,2	2,6	3	3,3	4,7
99. %-piste	9,4	13,7	29,1	18,1	8,6	18,8	15,9	23,7	21,8	16,6	15,5	14
korkein arvo	12	18	40,6	38,8	13,5	22,9	22	30	43,7	18,4	17,8	15,8
VRK-ARVOJEN												
lukumäärä	27	28	27	30	31	30	31	29	30	31	30	26
2. korkein arvo	5,7	7	19,9	7,8	5,1	10,5	9,7	16,5	4,5	10,1	11,9	11
korkein arvo	7,5	9,7	20,6	8,5	5,6	16,1	10,3	16,7	11,3	11,7	12,4	11

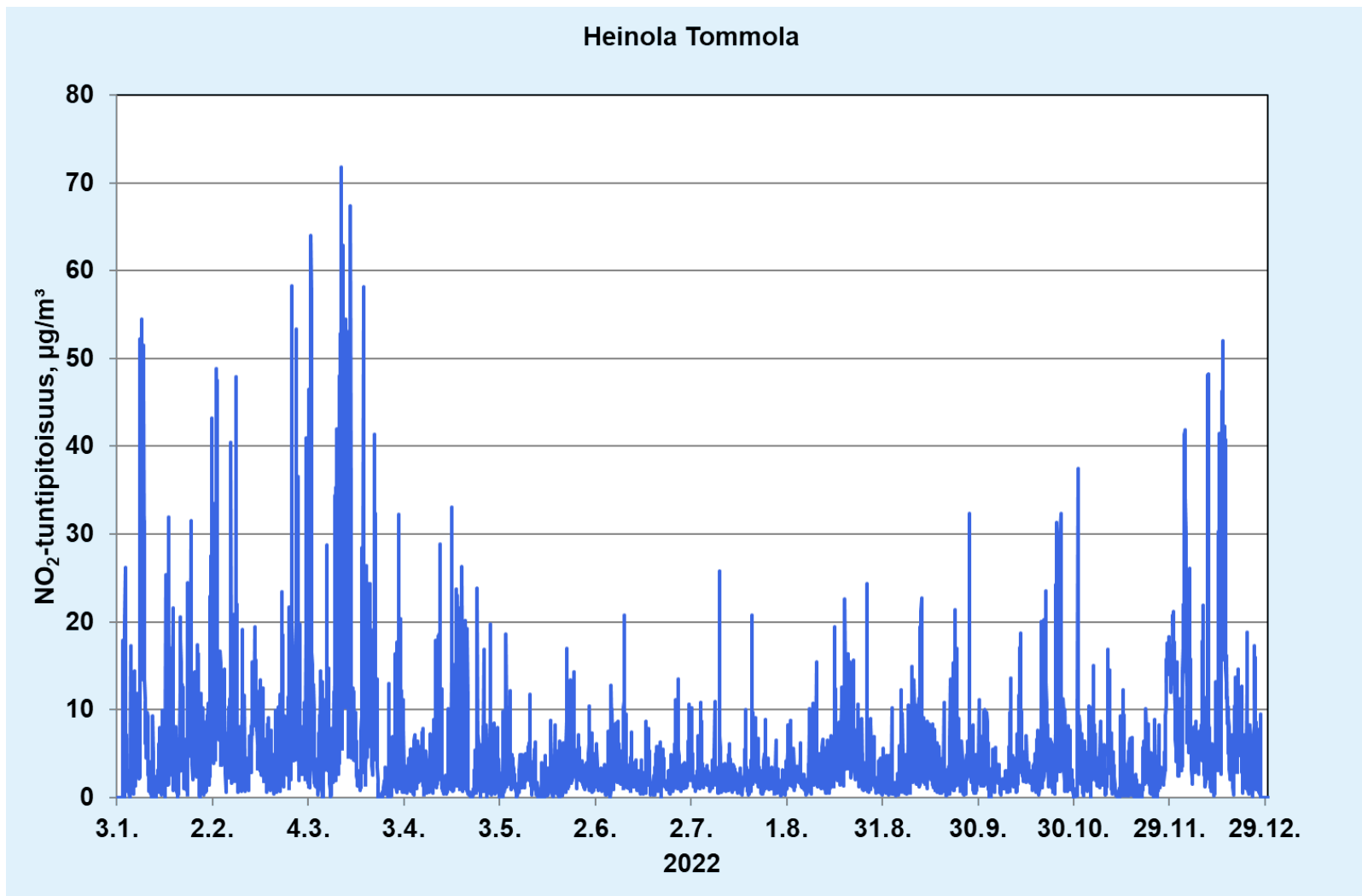
LIITEKUVAT



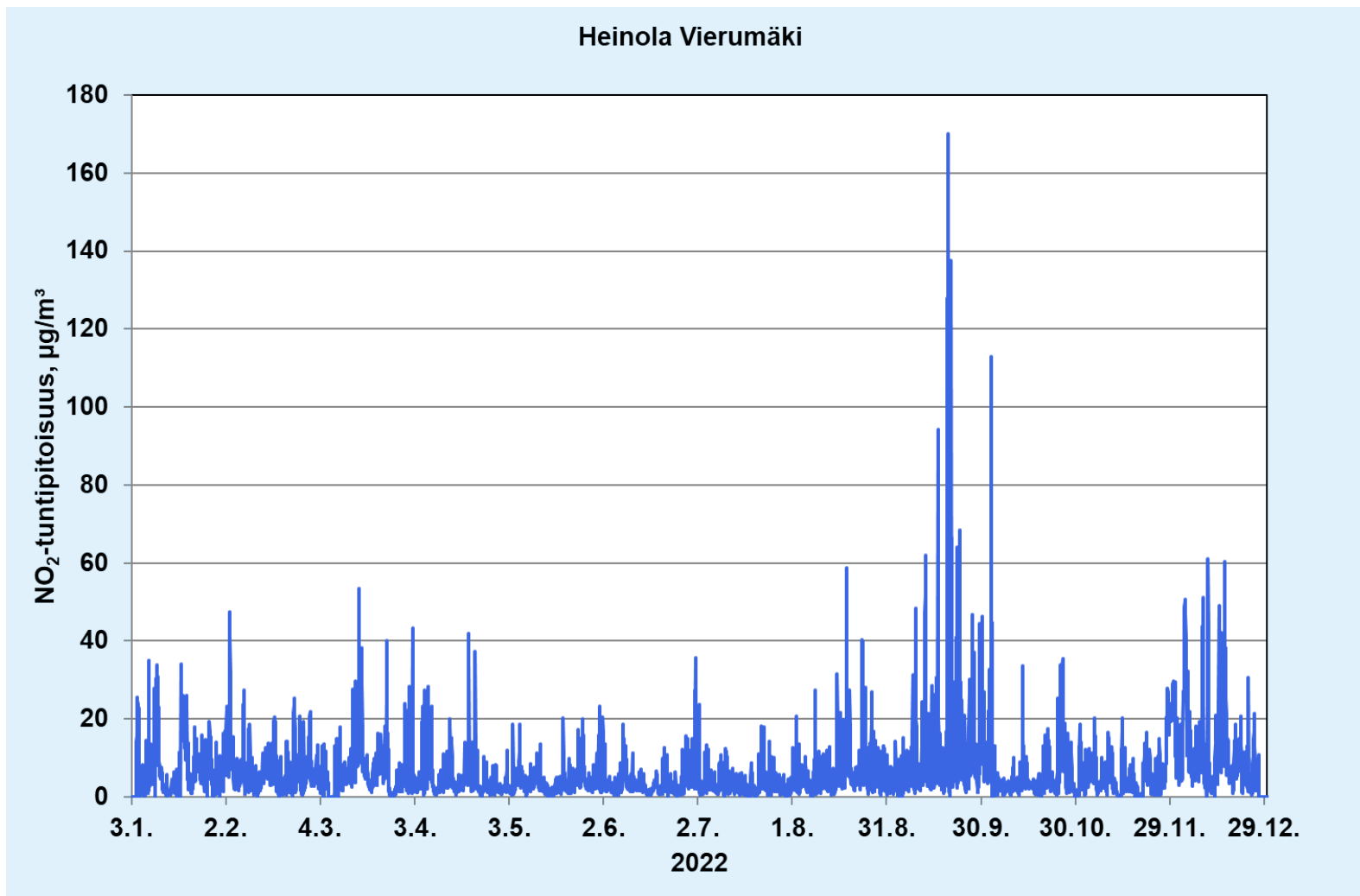
Liitekuva 1. Typpimonoksidin (NO) **tuntipitoisuudet** Heinolan Tommolan mittauspisteessä vuonna 2022



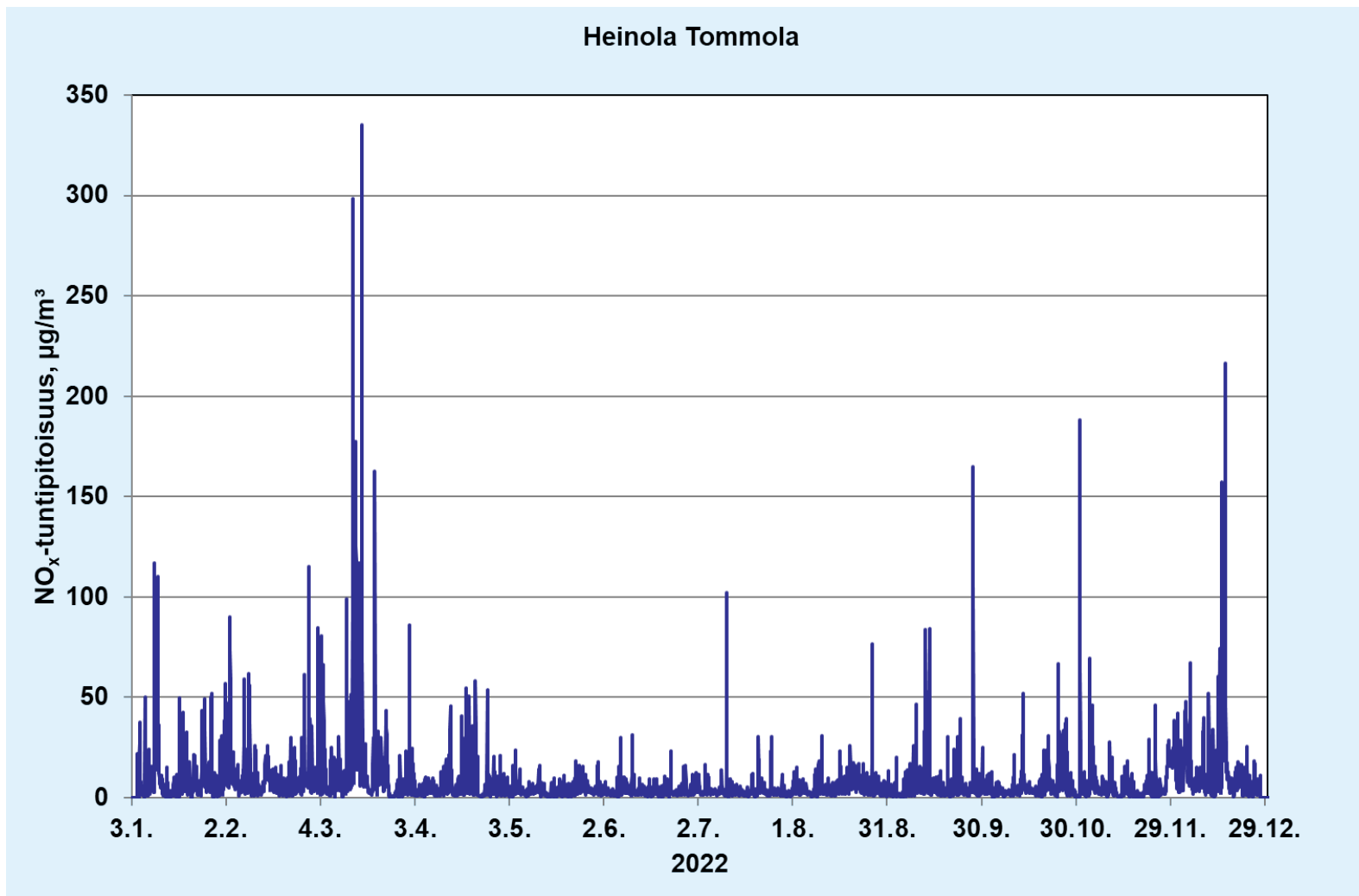
Liitekuva 2. Typpimonoksidin (NO) **tuntipitoisuudet** Heinolan Vierumäen mittauspisteessä vuonna 2022.



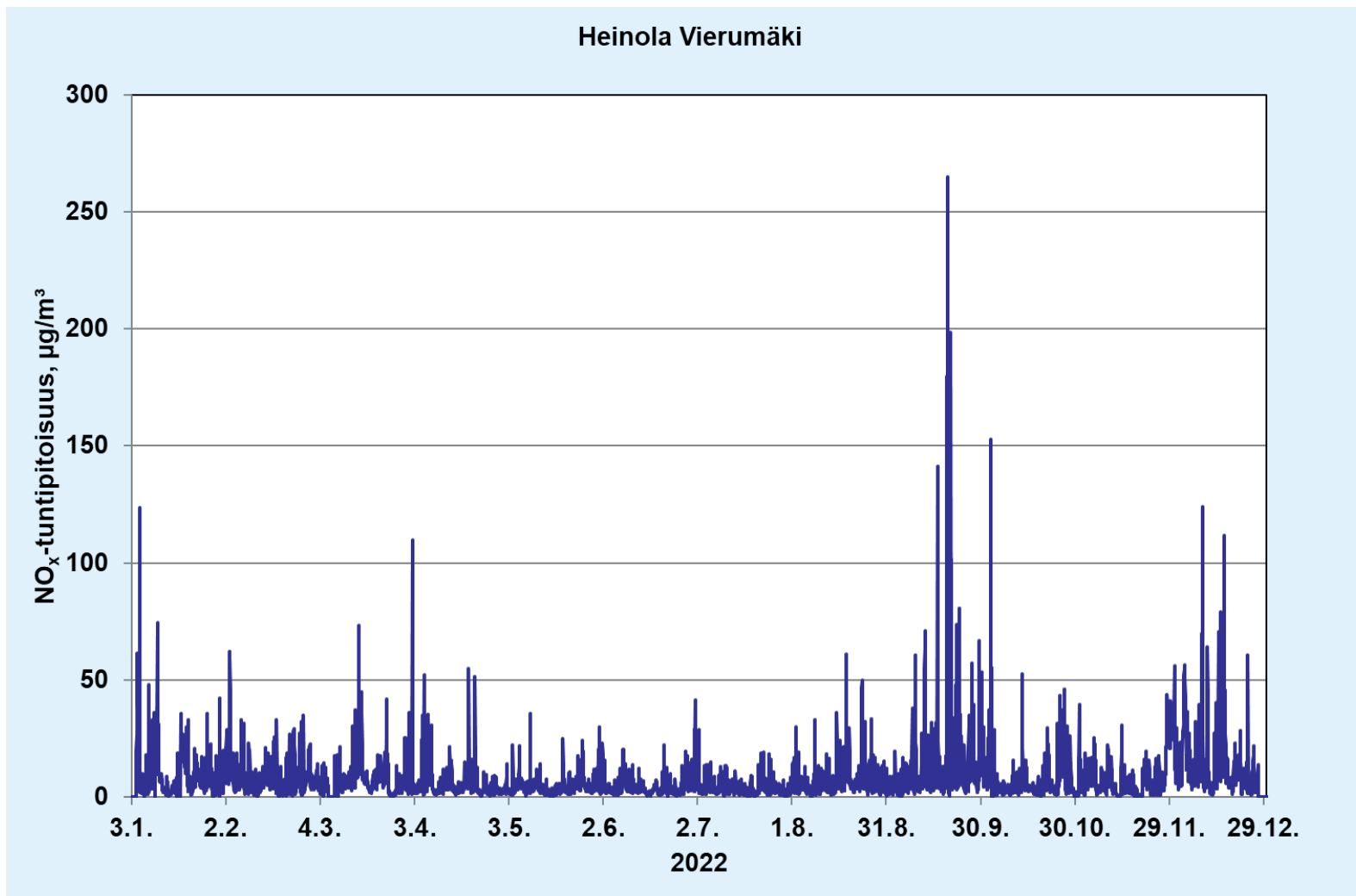
Liitekuva 3. Typpidioksidin (NO₂) **tuntipitoisuudet** Heinolan Tommolan mittauspisteessä vuonna 2022.



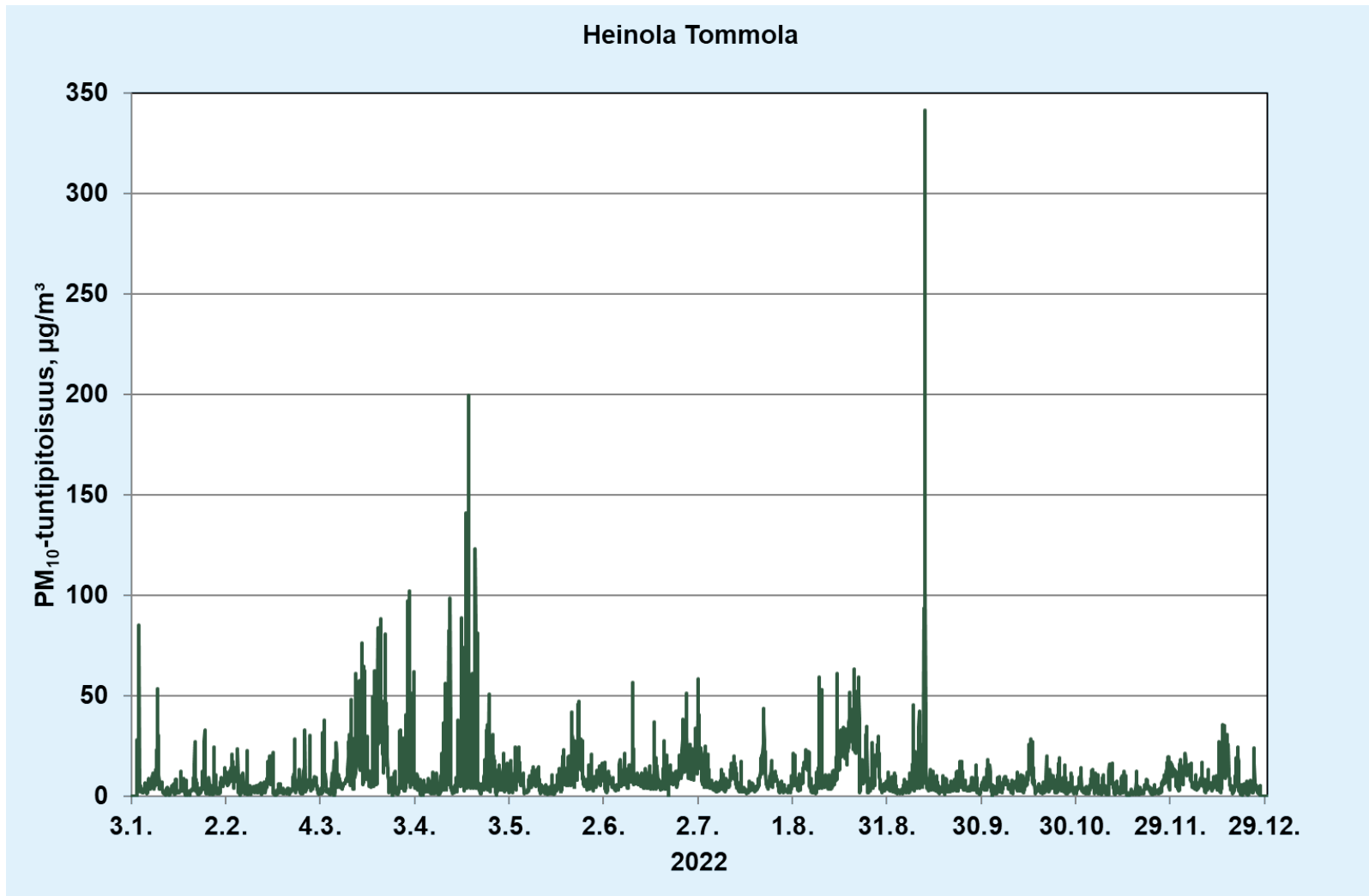
Liitekuva 4. Typpidioksidin (NO₂) **tuntipitoisuudet** Heinolan Vierumäen mittauspisteessä vuonna 2022.



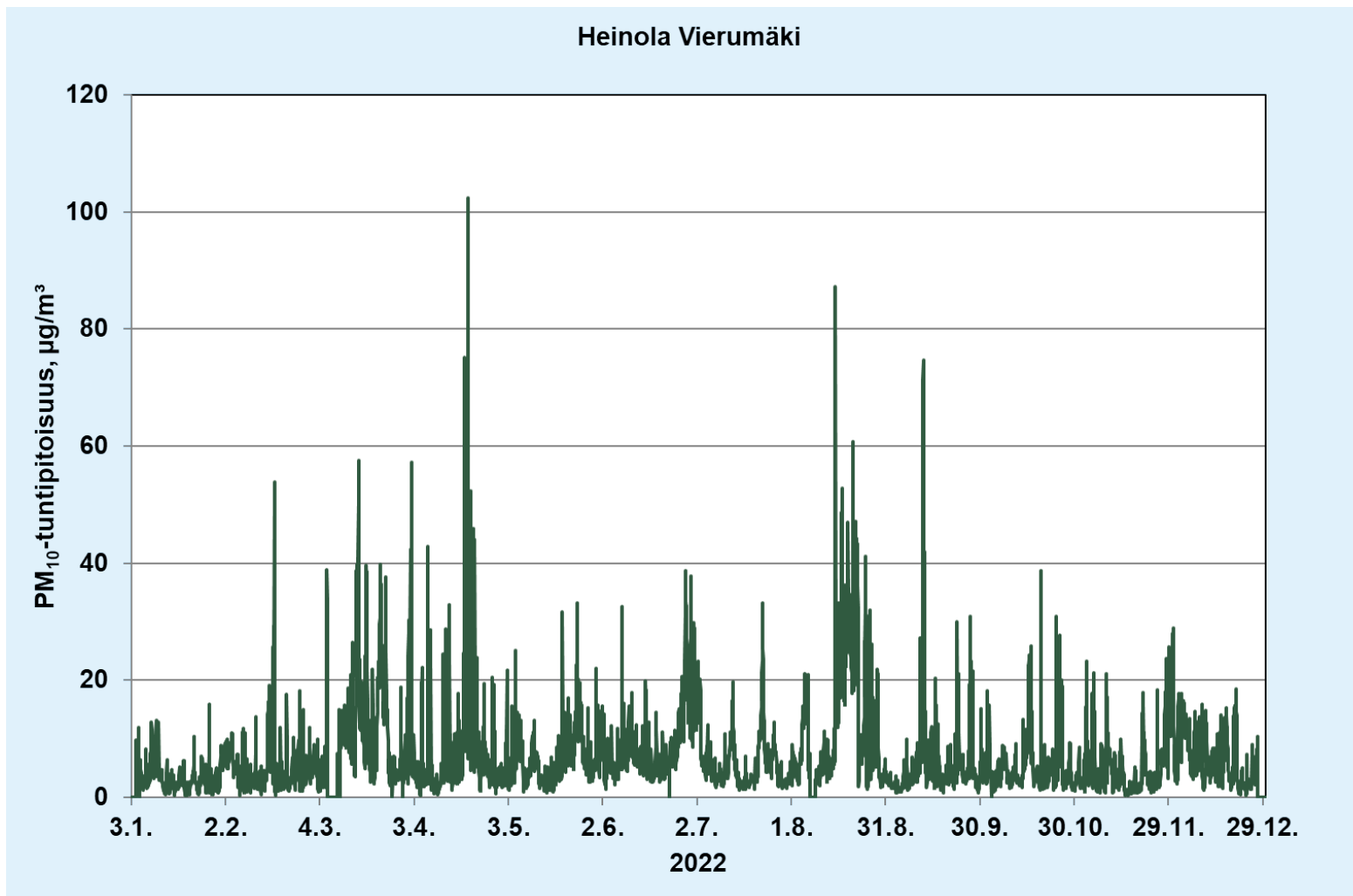
Liitekuva 5. Kokonaistypenoksidien (NO_x) **tuntipitoisuudet** Heinolan Tommolan mittauspisteessä vuonna 2022.



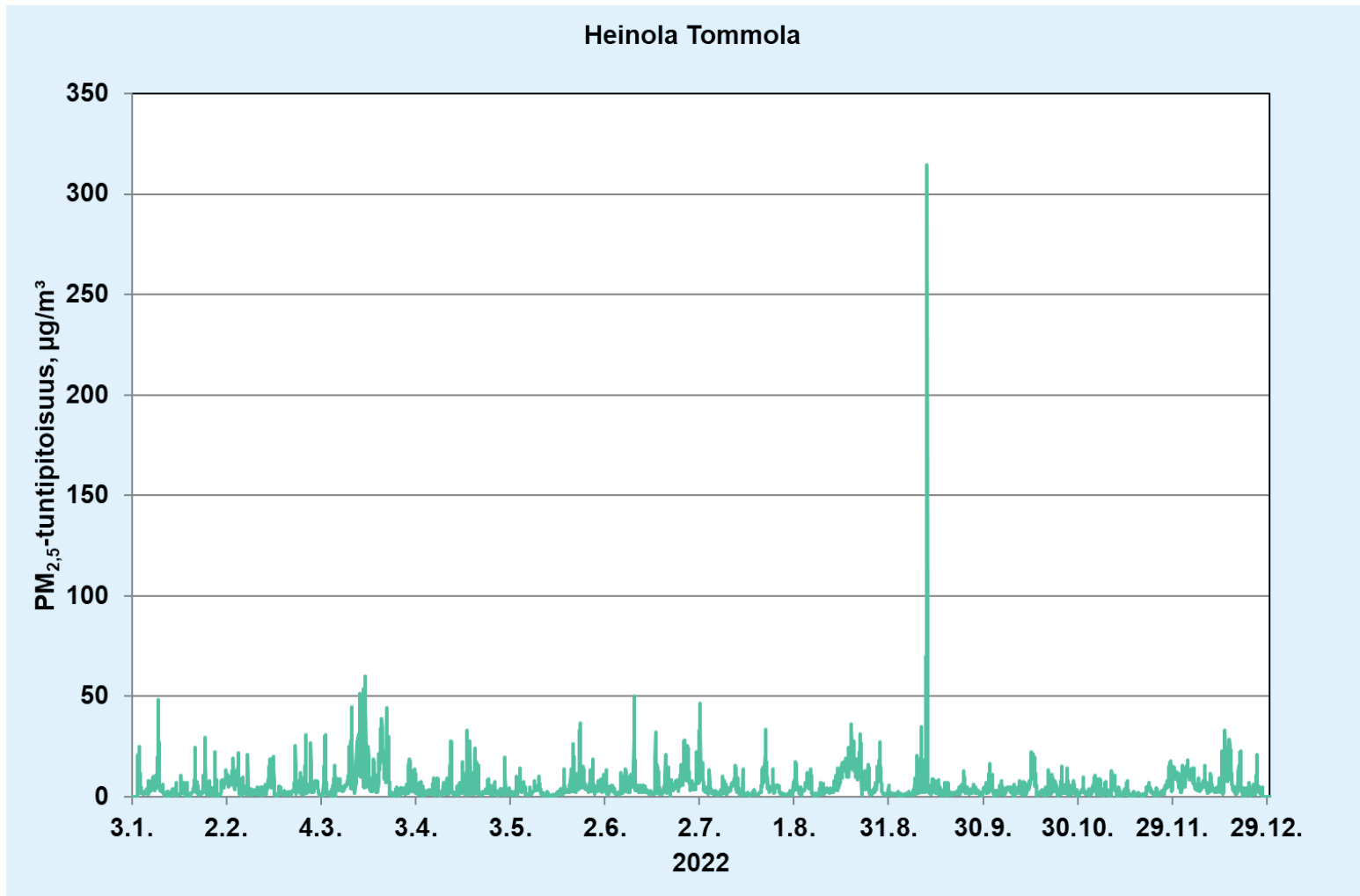
Liitekuva 6. Kokonaistypenoksidien (NO_x) **tuntipitoisuudet** Heinolan Vierumäen mittauspisteessä vuonna 2022.



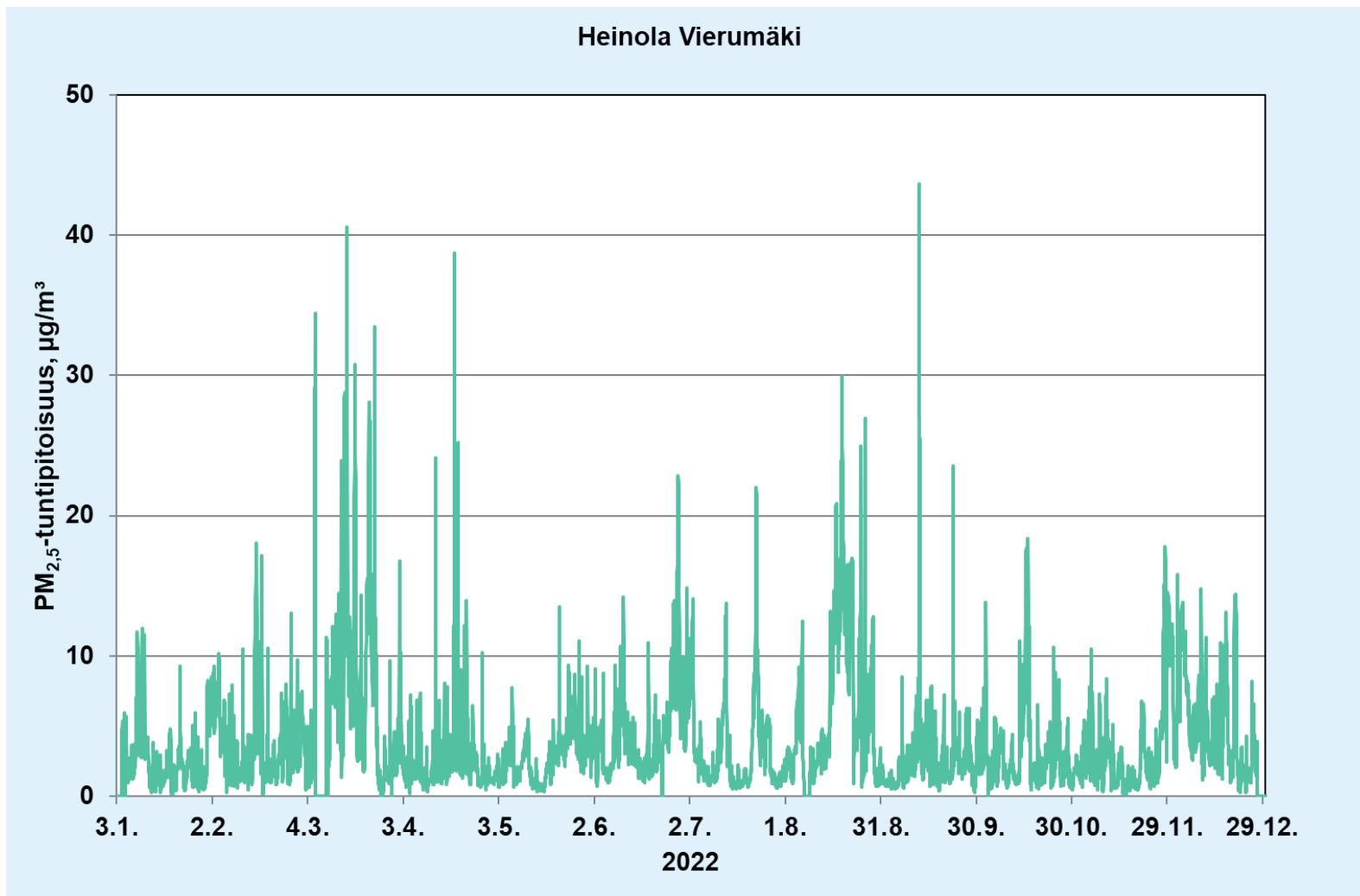
Liitekuva 7. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) **tuntipitoisuudet** Heinolan Tammolan mittauspisteessä vuonna 2022.



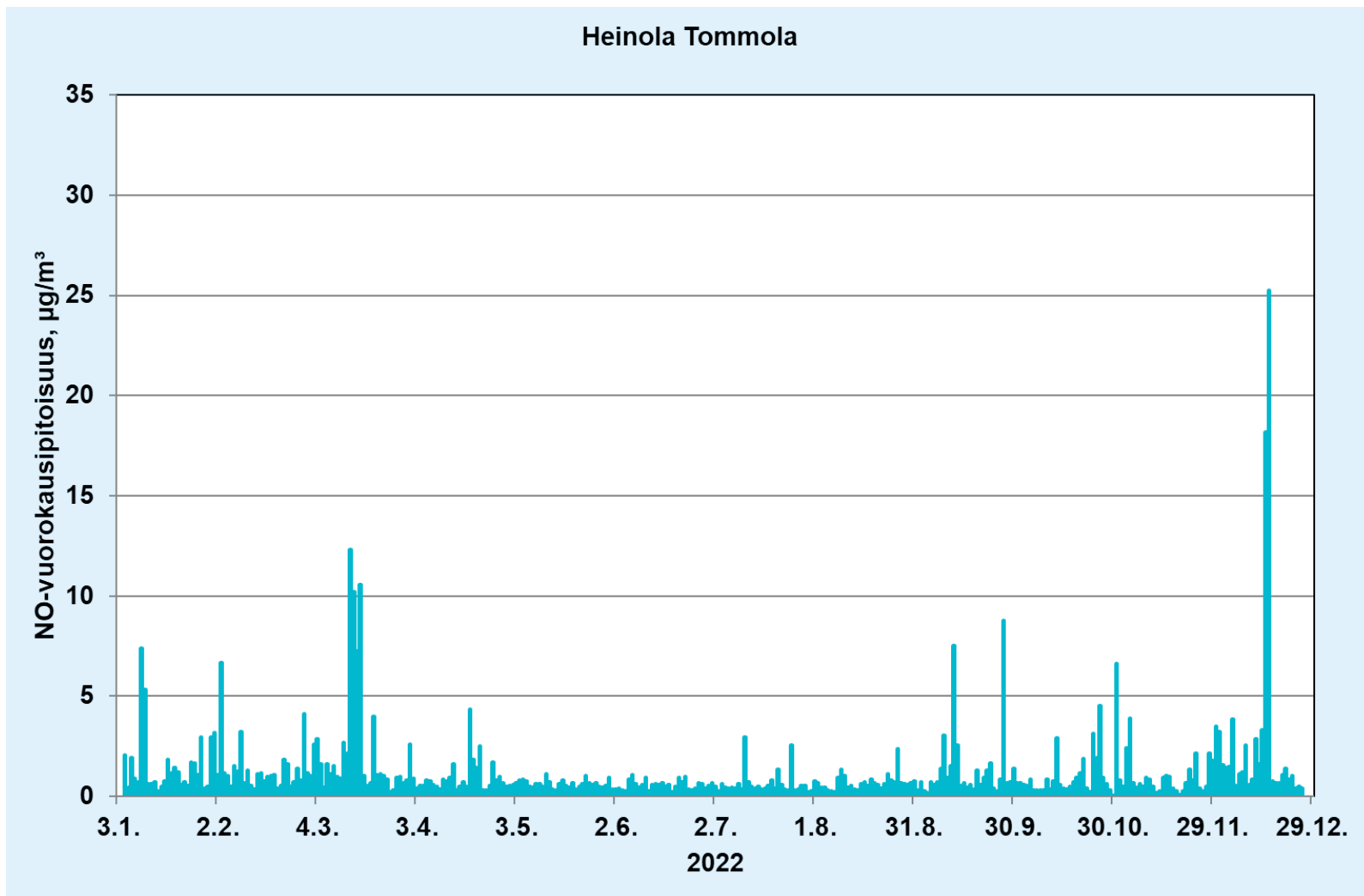
Liitekuva 8. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) **tuntipitoisuudet** Heinolan Vierumäen mittauspisteessä vuonna 2022.



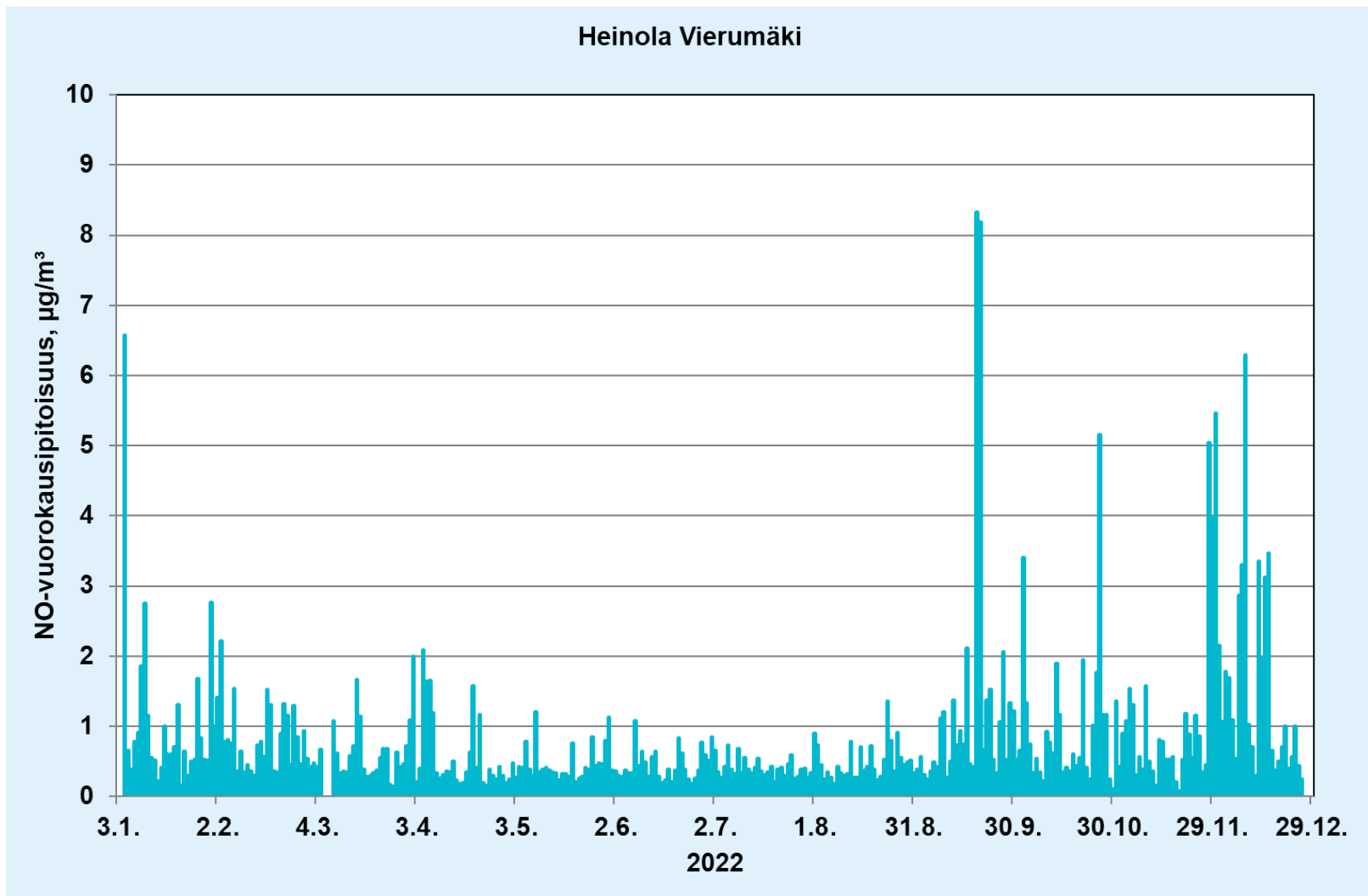
Liitekuva 9. Pienhiukkasten (PM_{2.5}) **tuntipitoisuudet** Heinolan Tommolan mittauspisteessä vuonna 2022.



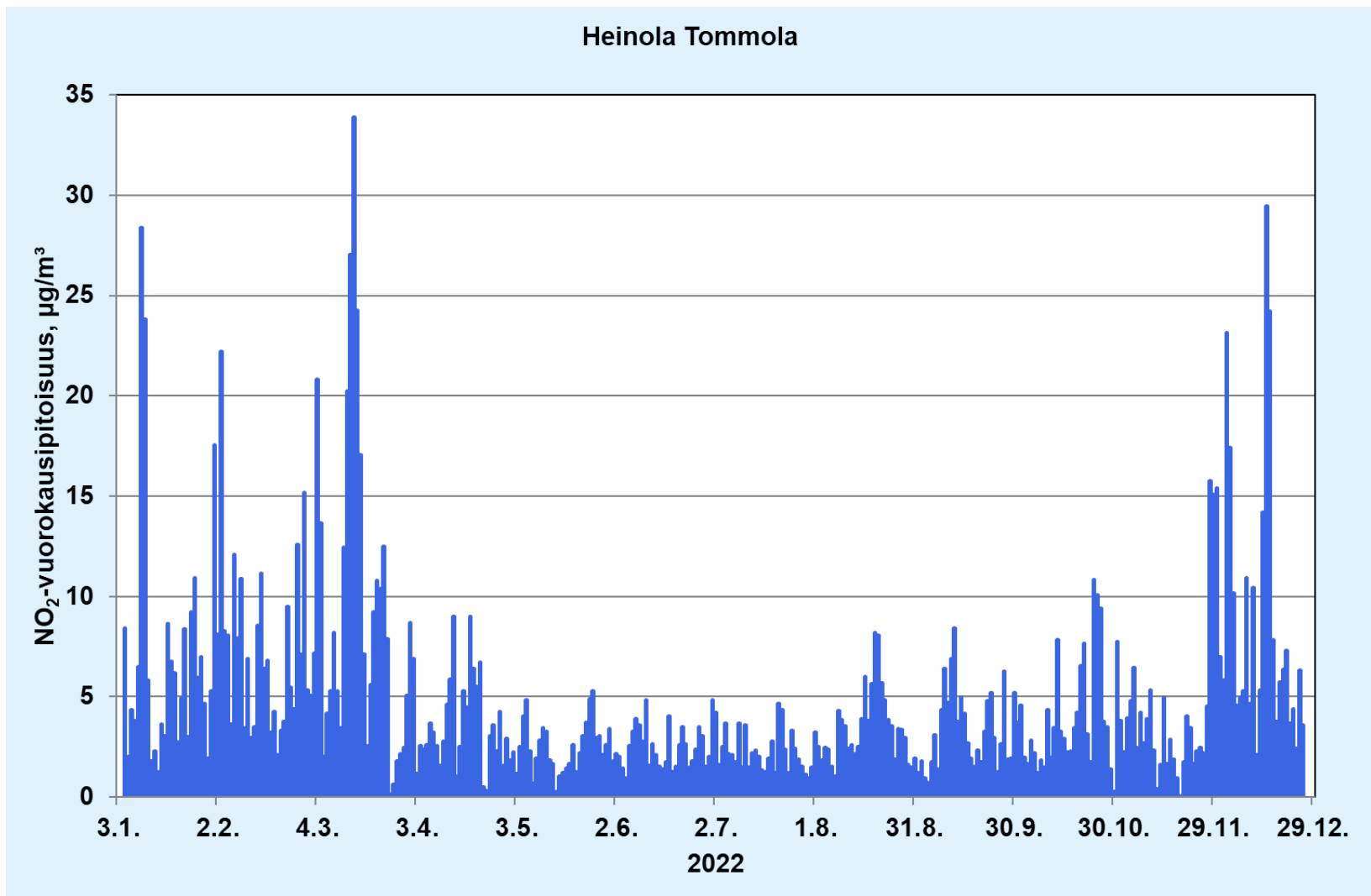
Liitekuva 10. Pienhiukkasten (PM_{2,5}) **tuntipitoisuudet** Heinolan Vierumäen mittauspisteessä vuonna 2022.



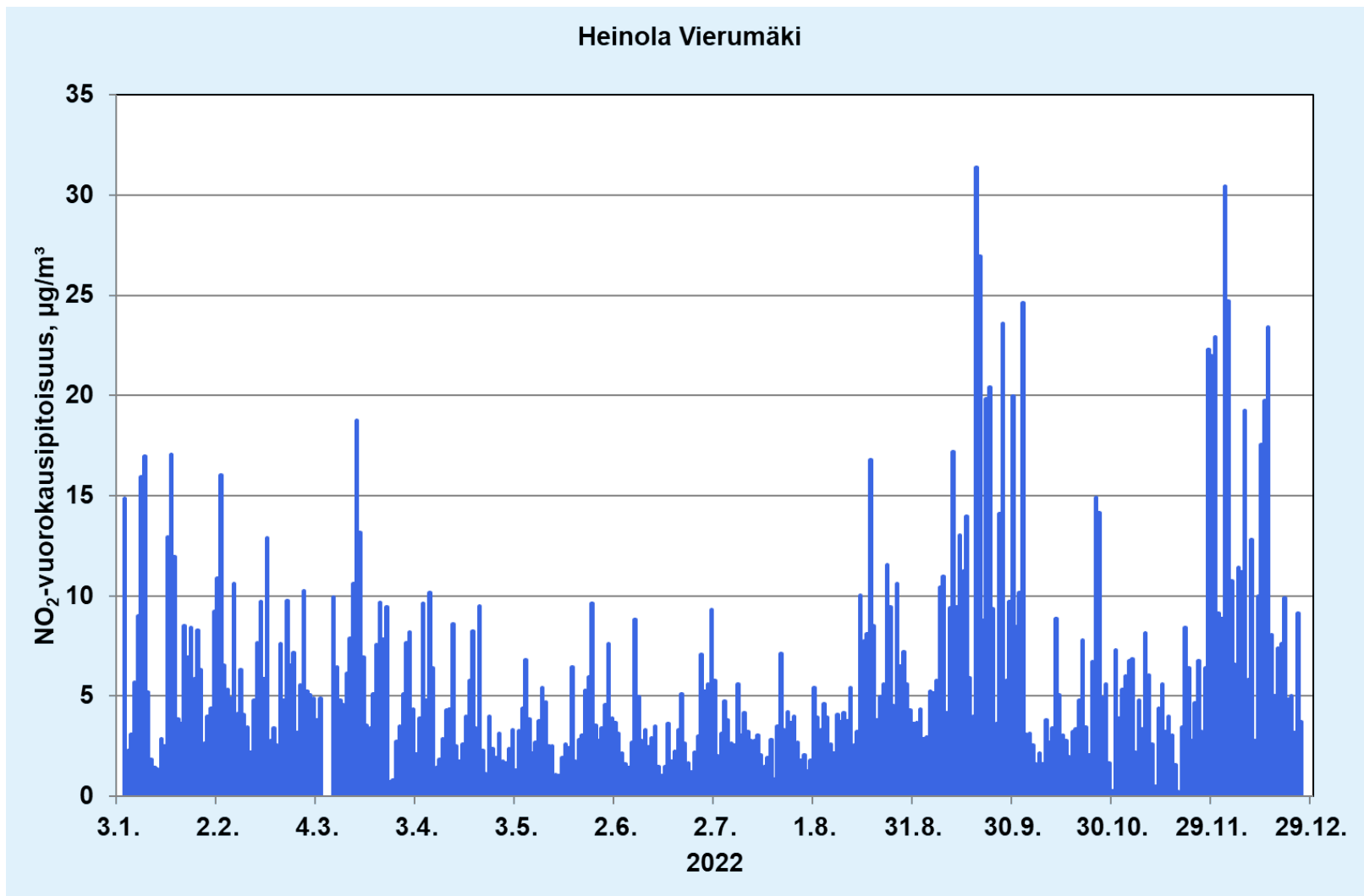
Liitekuva 11. Typpimonoksidin (NO) **vuorokausipitoisuudet** Heinolan Tommolan mittauspisteessä vuonna 2022.



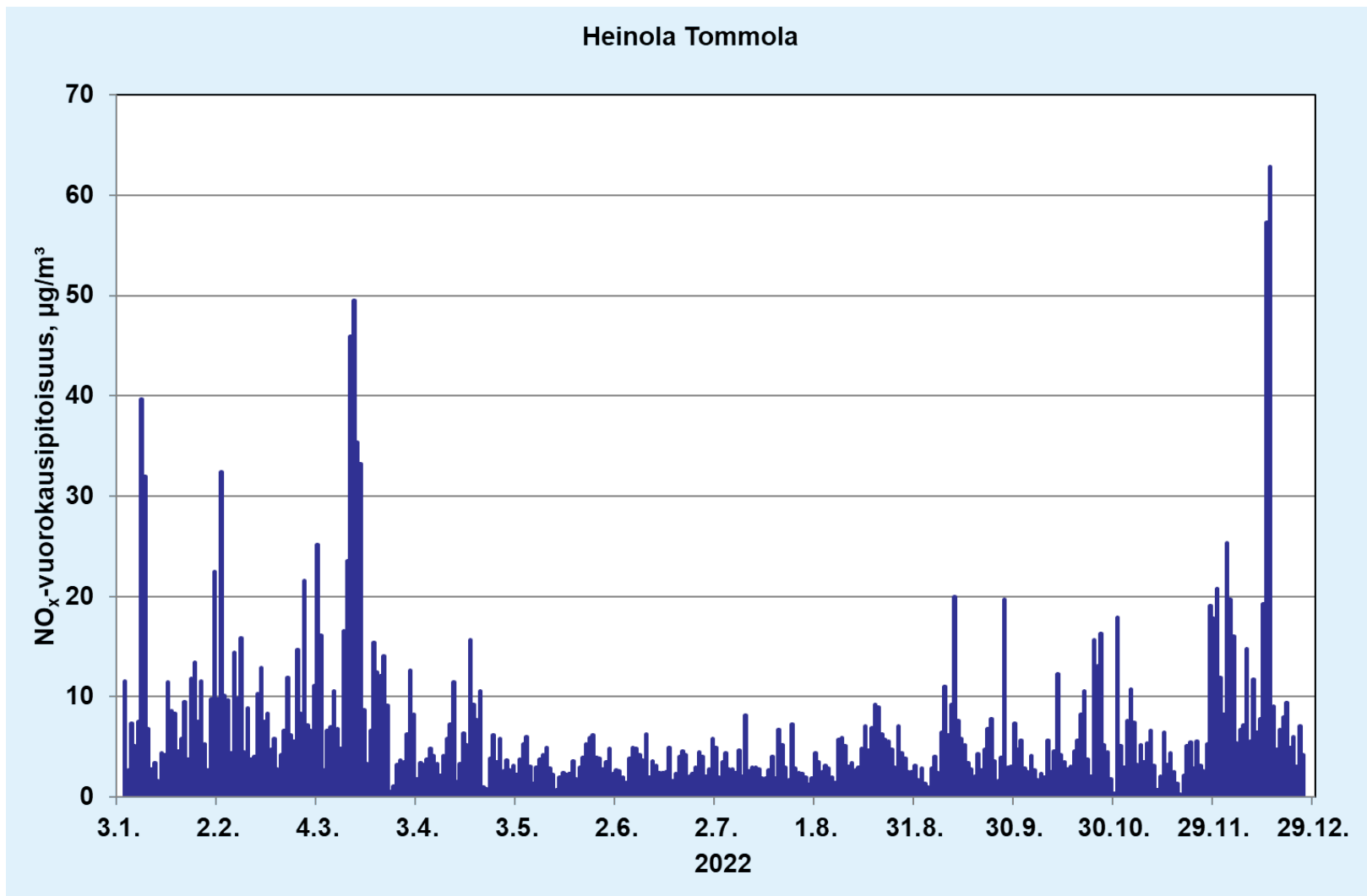
Liitekuva 12. Typpimonoksidin (NO) **vuorokausipitoisuudet** Heinolan Vierumäen mittauspisteessä vuonna 2022.



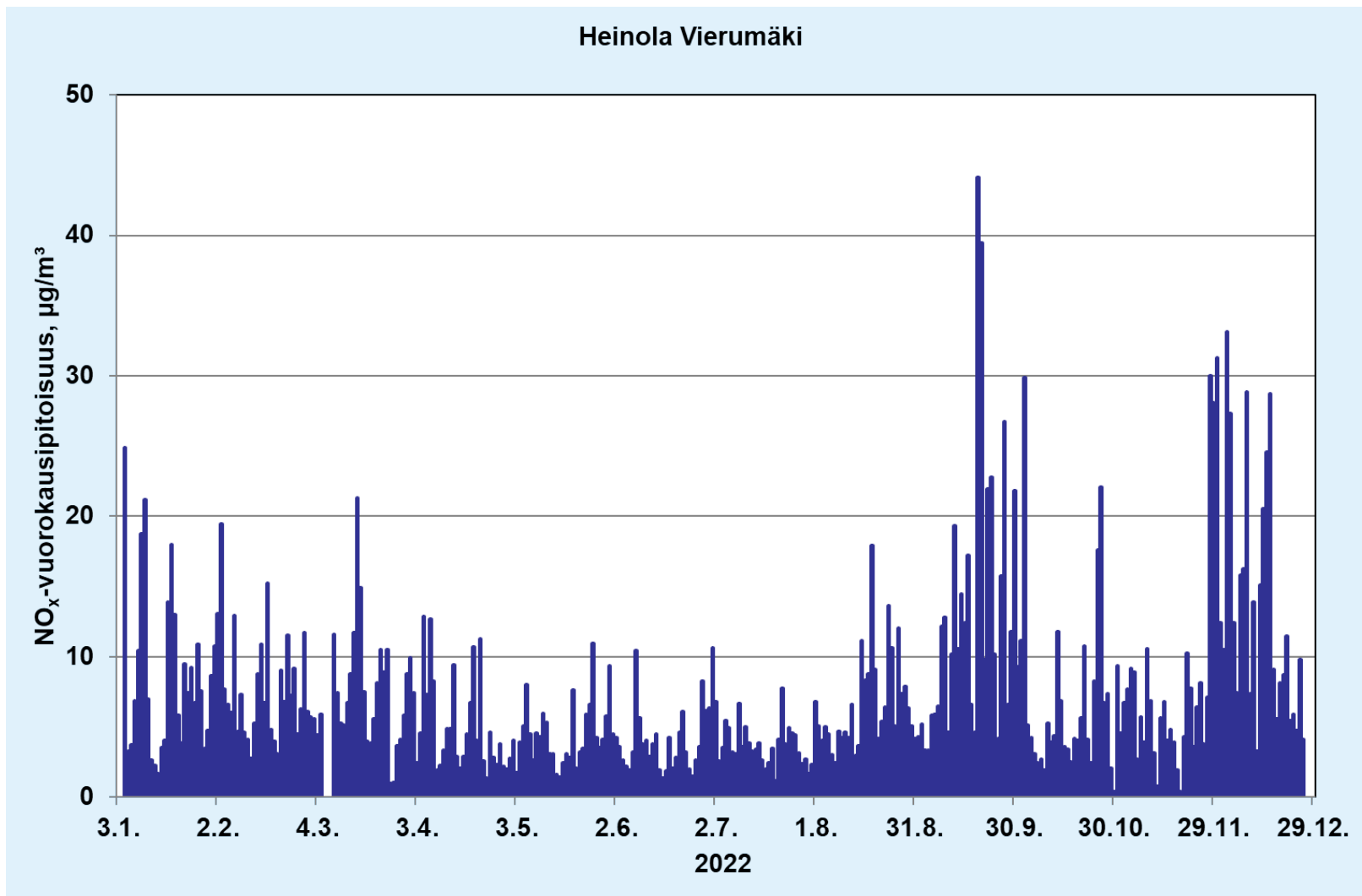
Liitekuva 13. Typpidioksidin (NO₂) **vuorokausipitoisuudet** Heinolan Tommolan mittauspisteessä vuonna 2022.



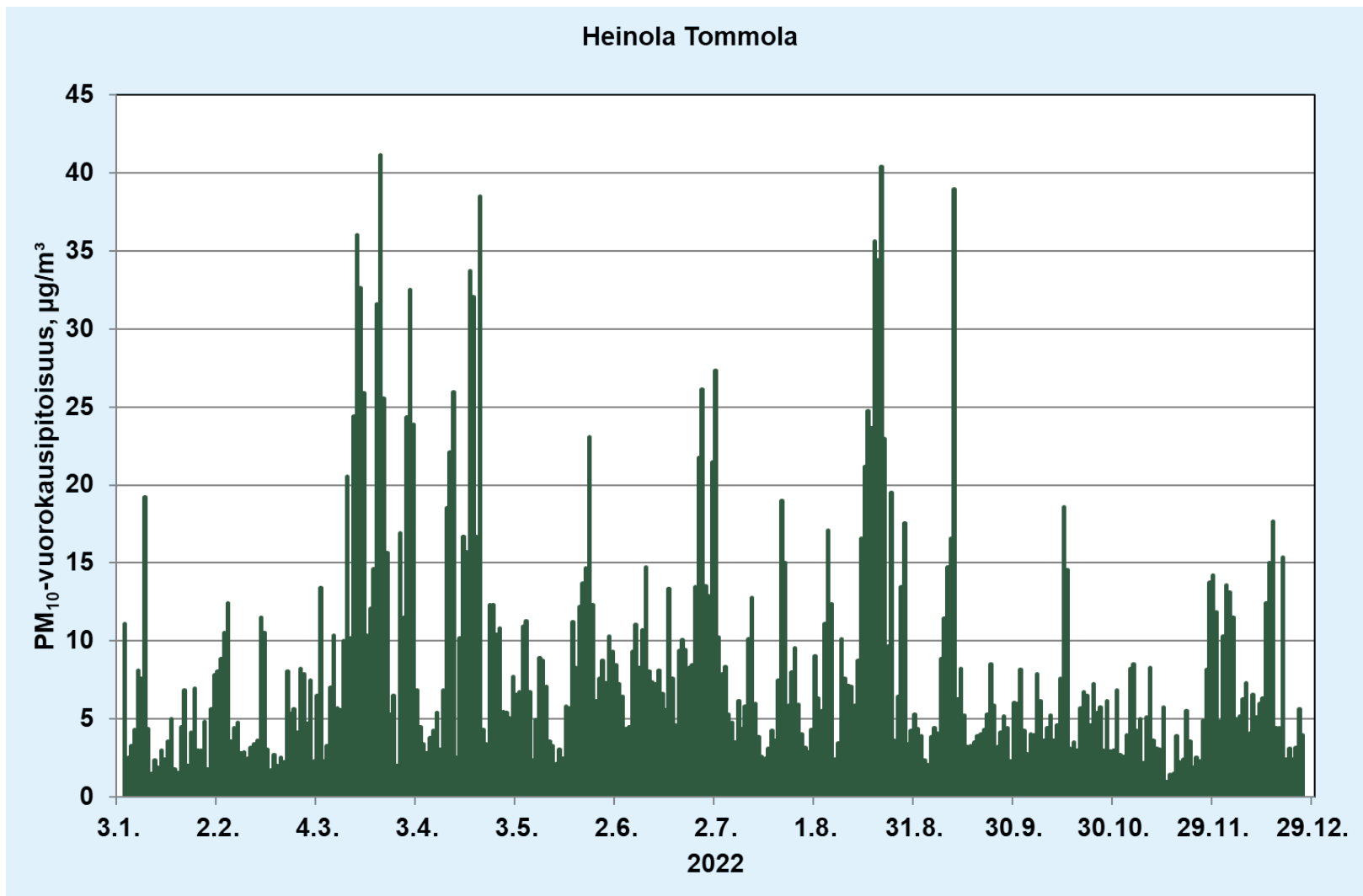
Liitekuva 14. Typpidioksidin (NO₂) **vuorokausipitoisuudet** Heinolan Vierumäen mittauspisteessä vuonna 2022.



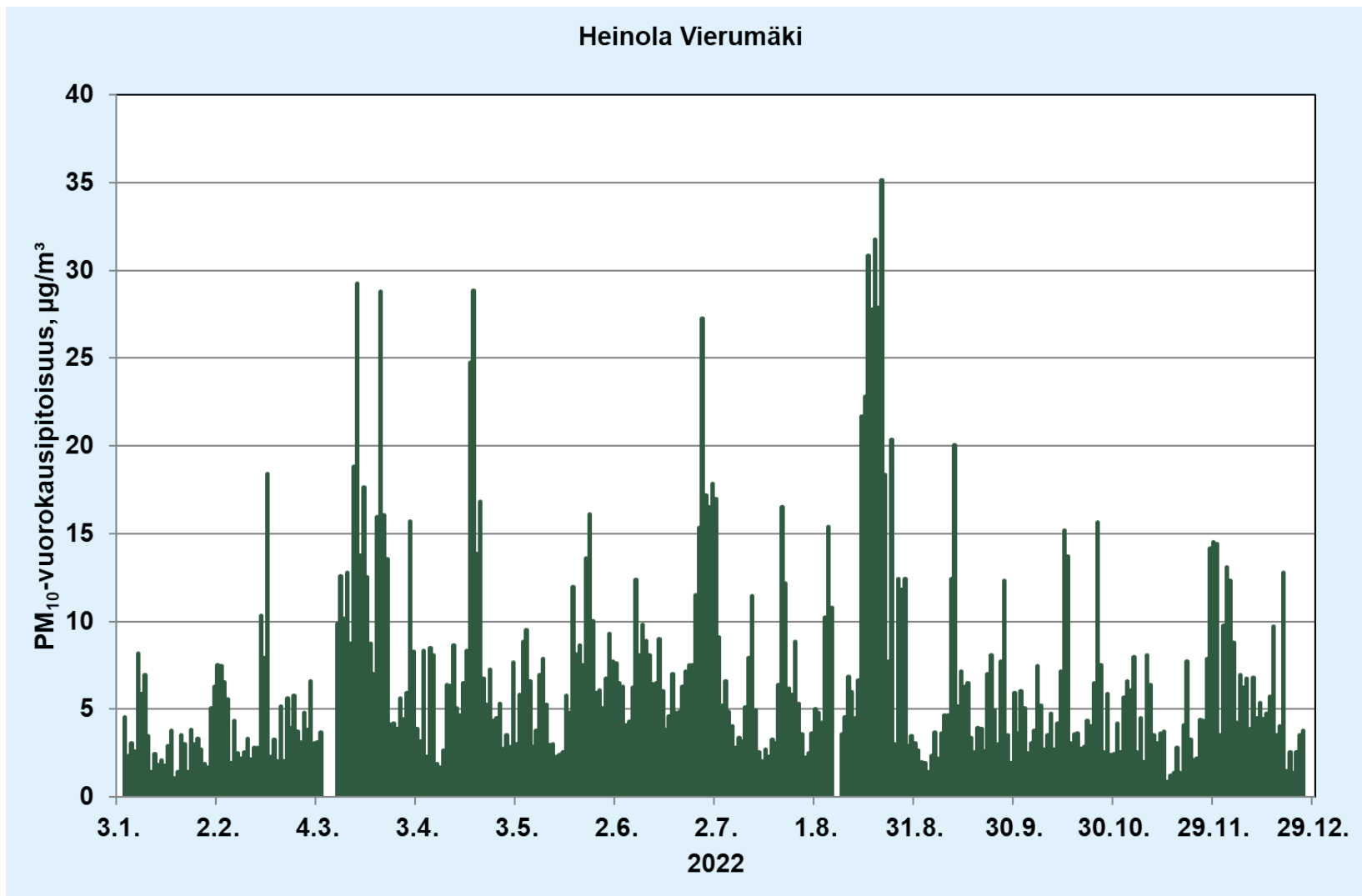
Liitekuva 15. Kokonaistypenoksidien (NO_x) **vuorokausipitoisuudet** Heinolan Tommolan mittauspisteessä vuonna 2022.



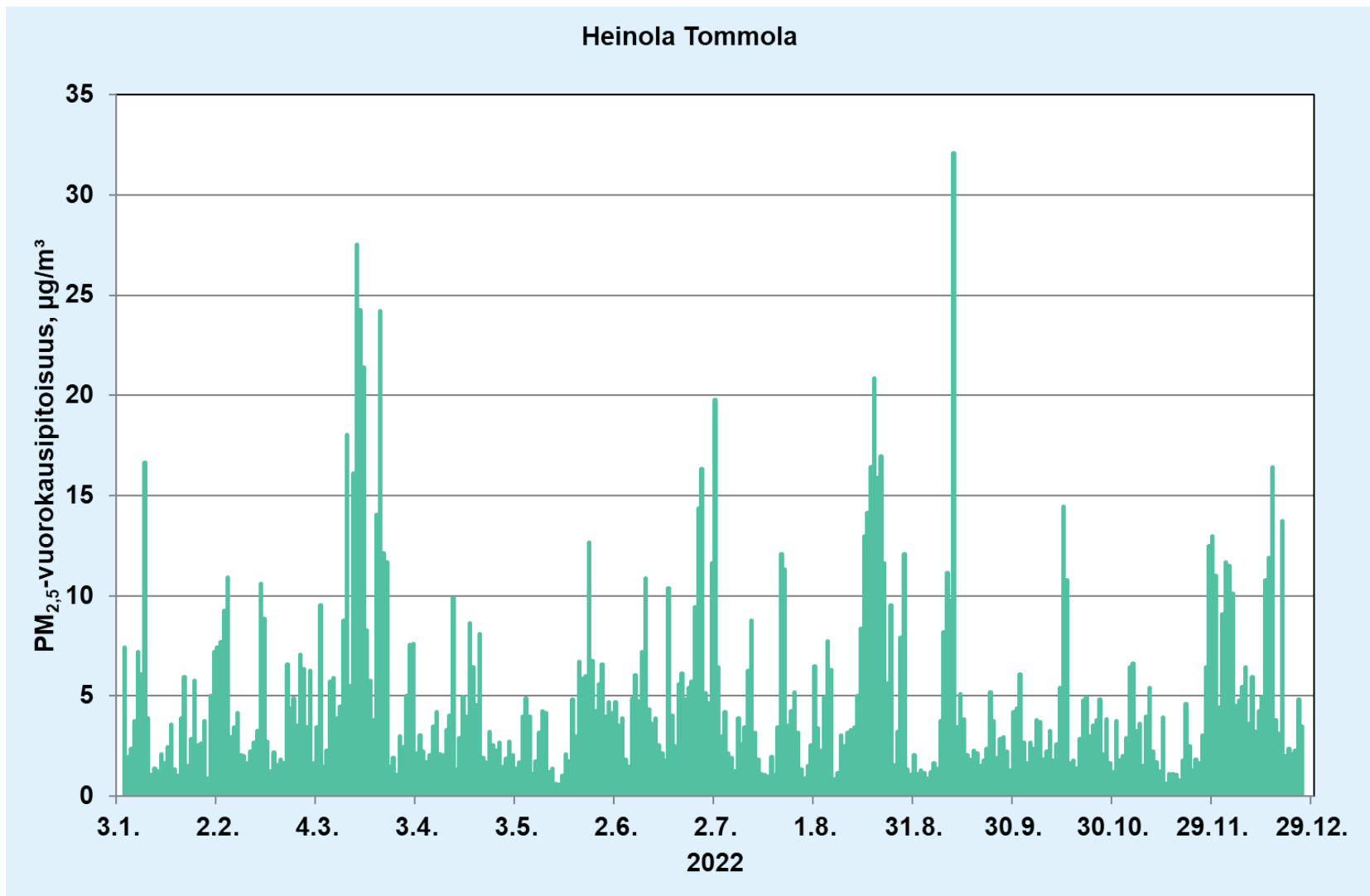
Liitekuva 16. Kokonaistypenoksidien (NO_x) **vuorokausipitoisuudet** Heinolan Vierumäen mittauspisteessä vuonna 2022.



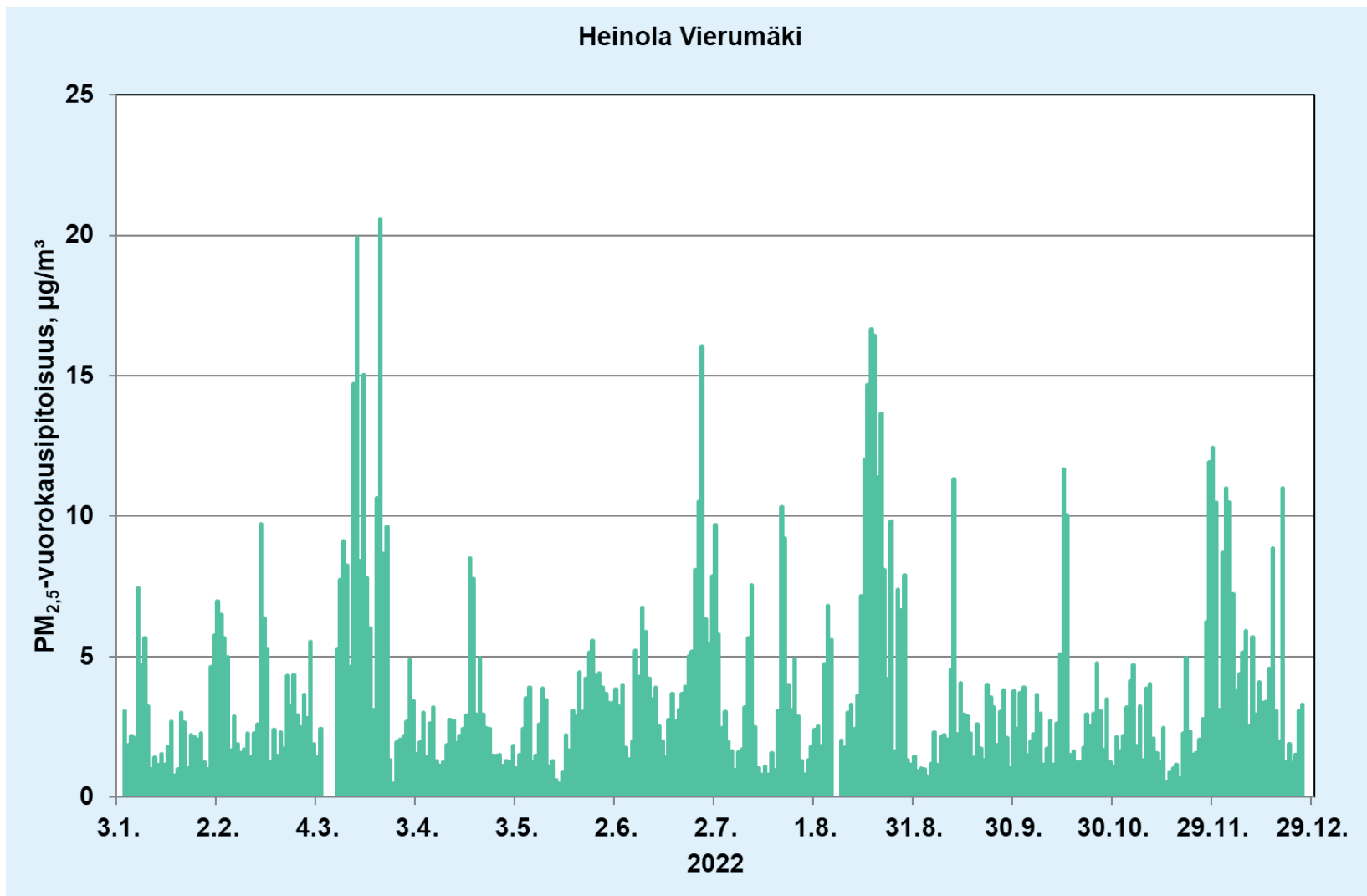
Liitekuva 17. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) **vuorokausipitoisuudet** Heinolan Tommolan mittauspisteessä vuonna 2022.



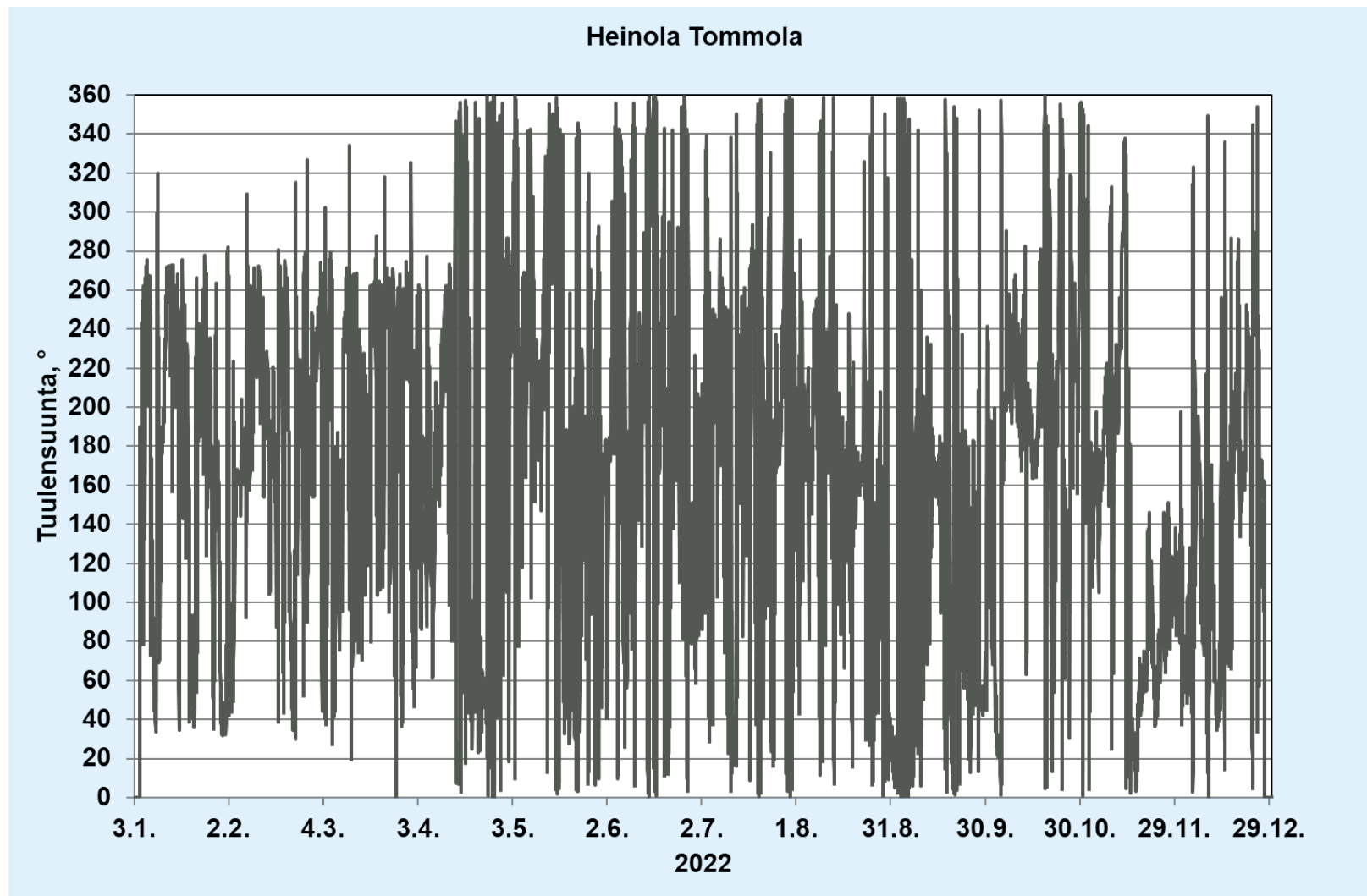
Liitekuva 18. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) **vuorokausipitoisuudet** Heinolan Vierumäen mittauspisteessä vuonna 2022.



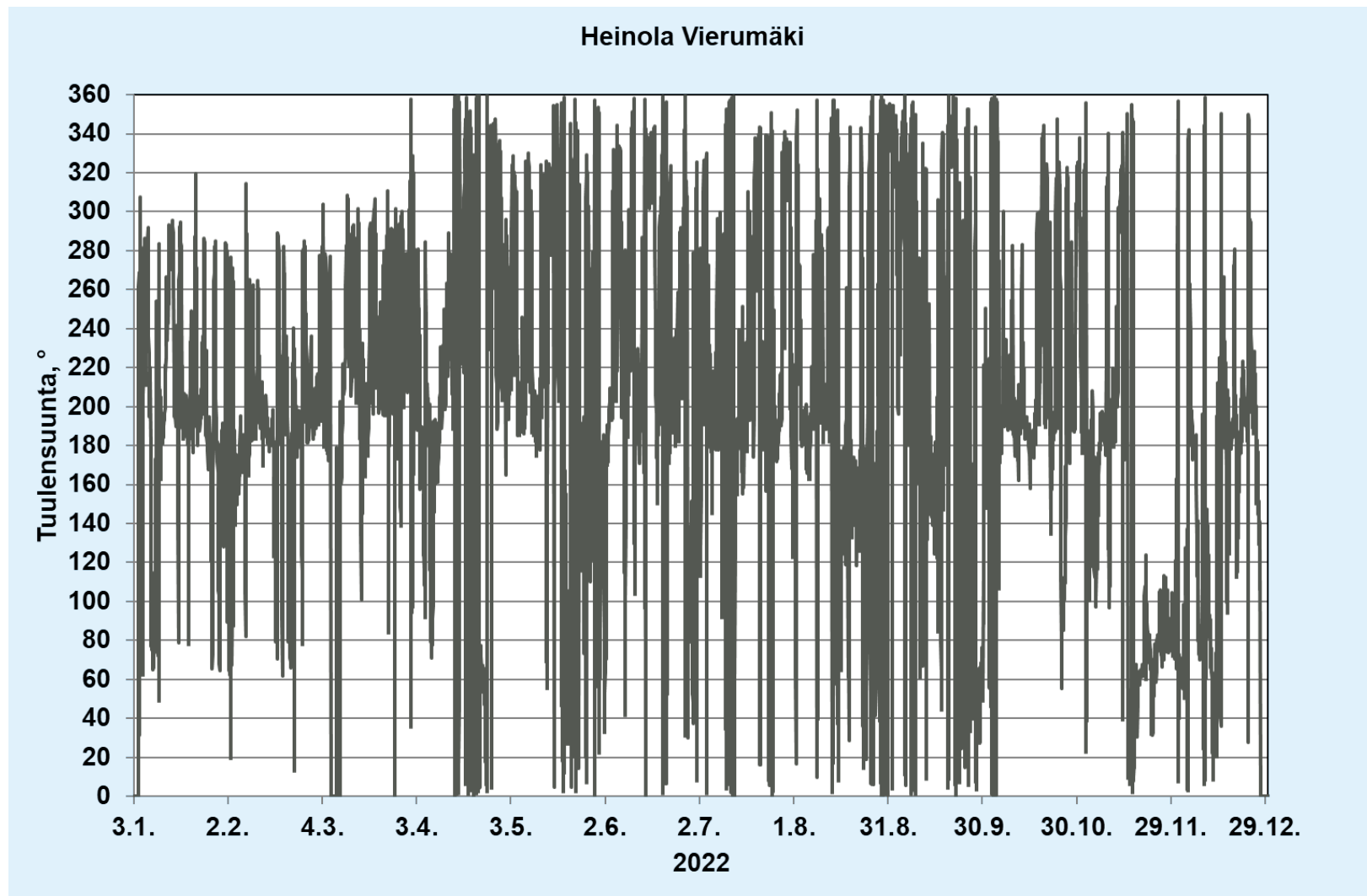
Liitekuva 19. Pienhiukkasten (PM_{2,5}) **vuorokausipitoisuudet** Heinolan Tommolan mittauspisteessä vuonna 2022.



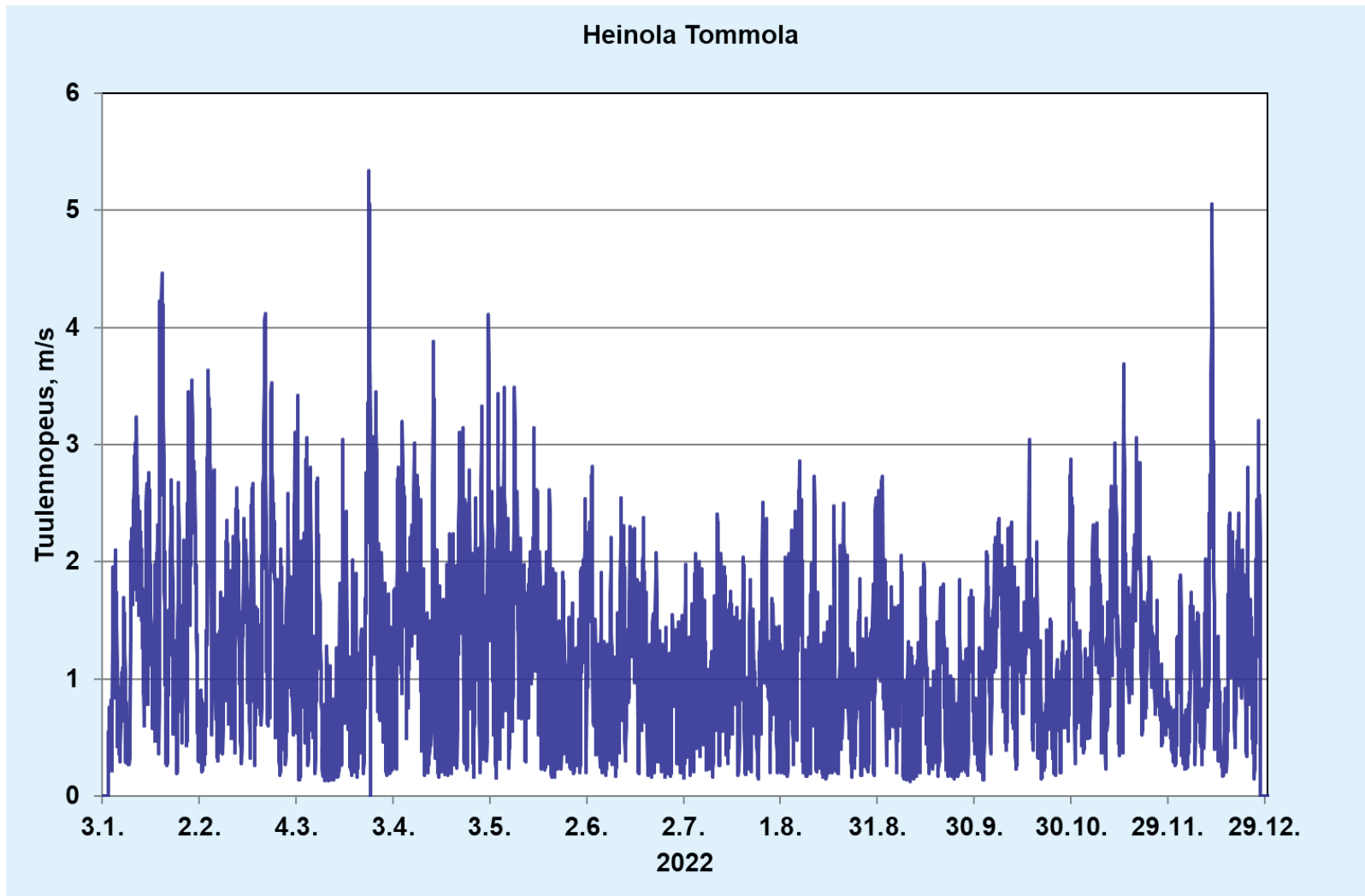
Liitekuva 20. Pienhiukkasten (PM_{2,5}) vuorokausipitoisuudet Heinolan Vierumäen mittauspisteessä vuonna 2022.



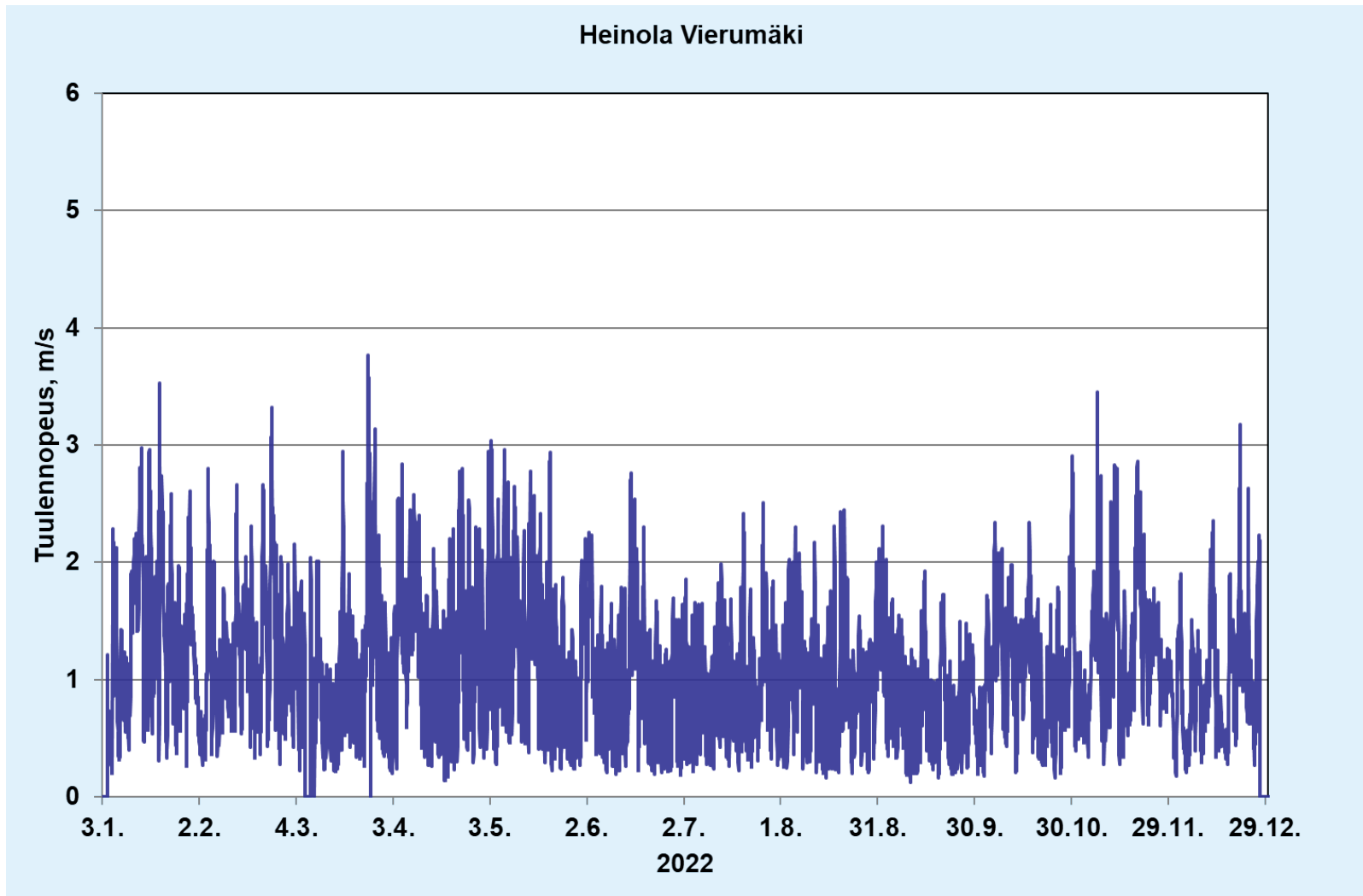
Liitekuva 21. Tuulen suunta (asteina 0–360 °) Heinolan Tommolan mittauspisteessä vuonna 2022.



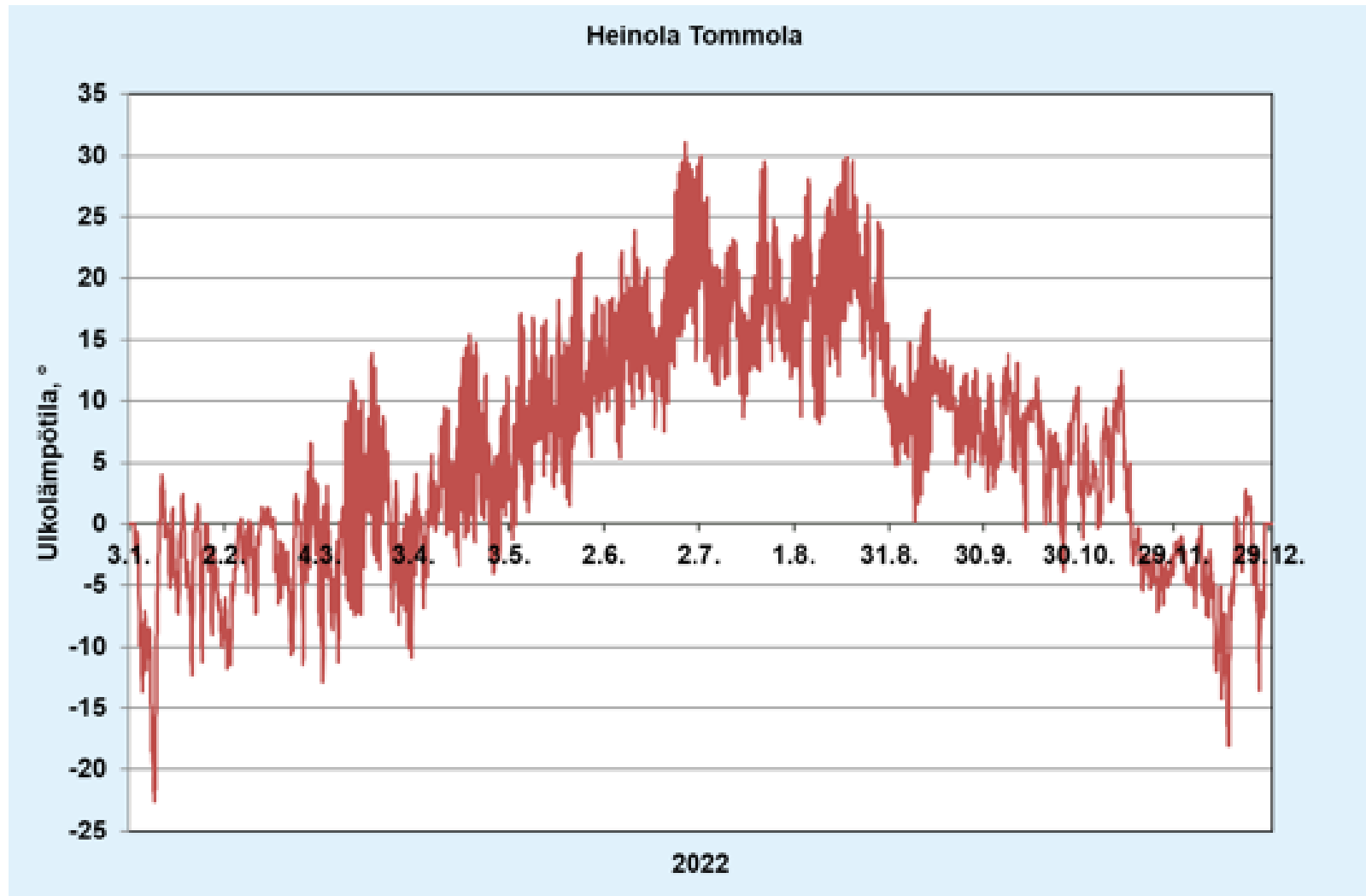
Liitekuva 22. Tuulen suunta (asteina 0–360 °) Heinolan Vierumäen mittauspisteessä vuonna 2022.



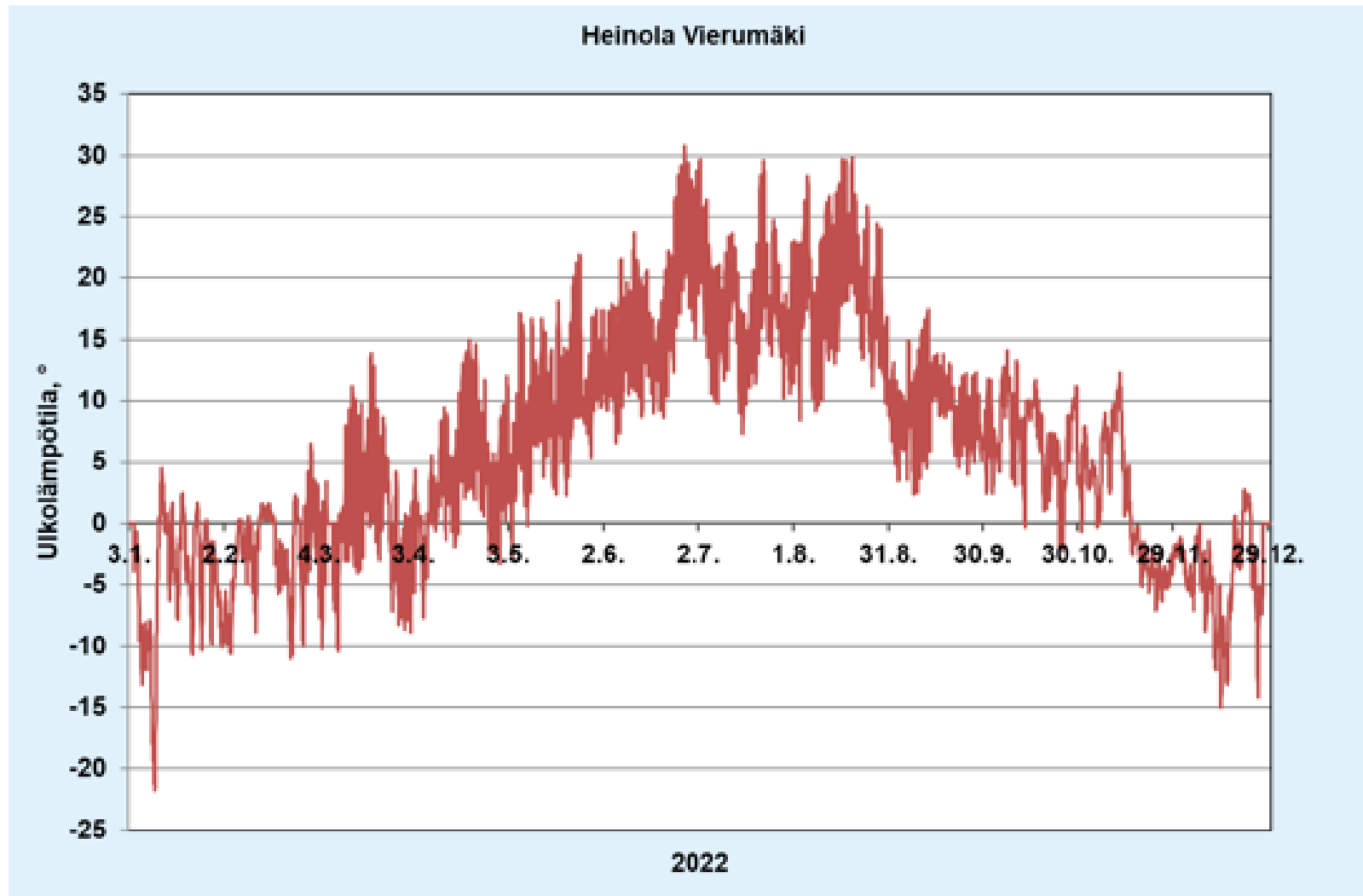
Liitekuva 23. Tuulen nopeus (m/s) Heinolan Tommolan mittauspisteessä vuonna 2022.



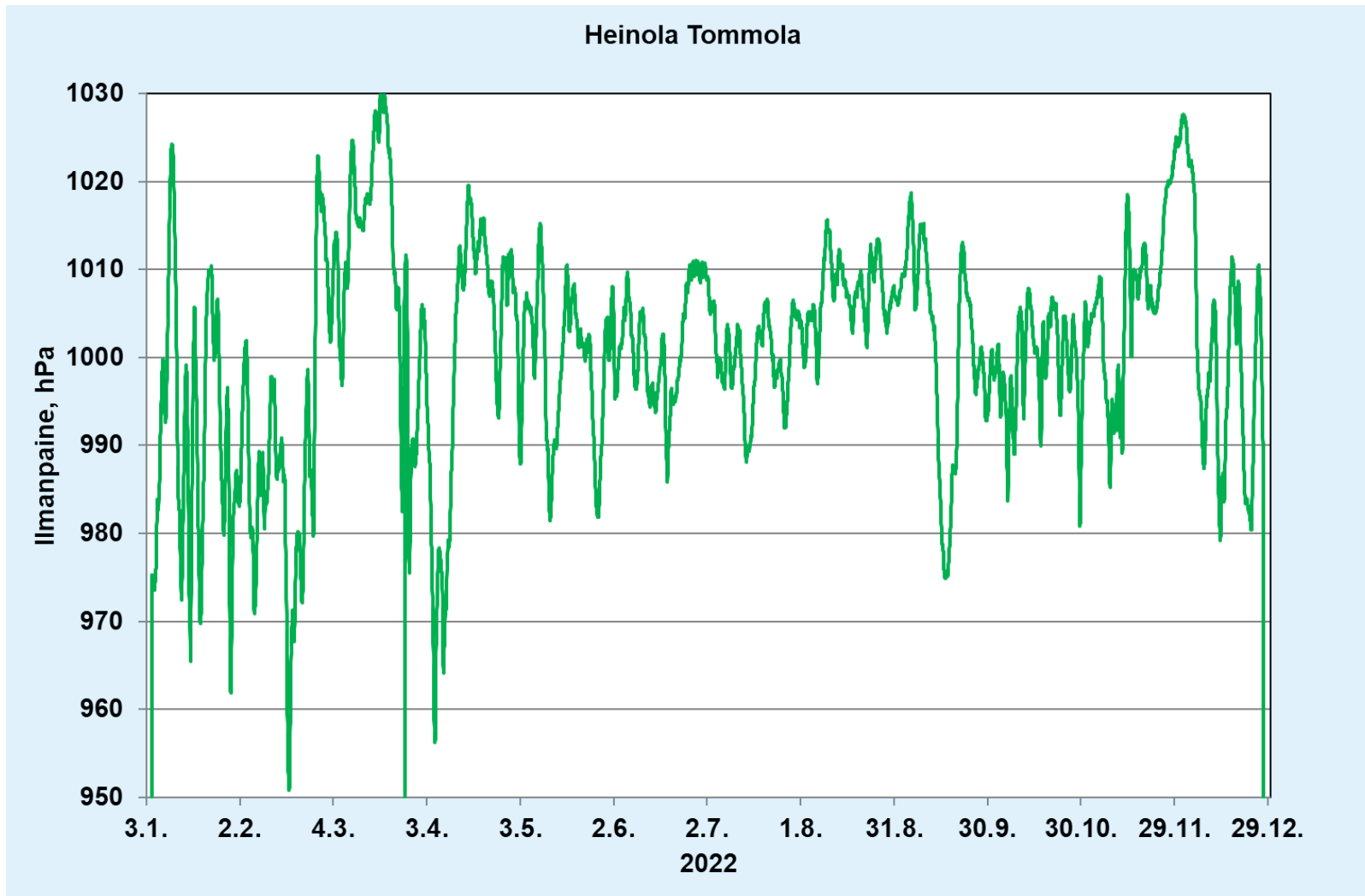
Liitekuva 24. Tuulen nopeus (m/s) Heinolan Vierumäen mittauspisteessä vuonna 2022.



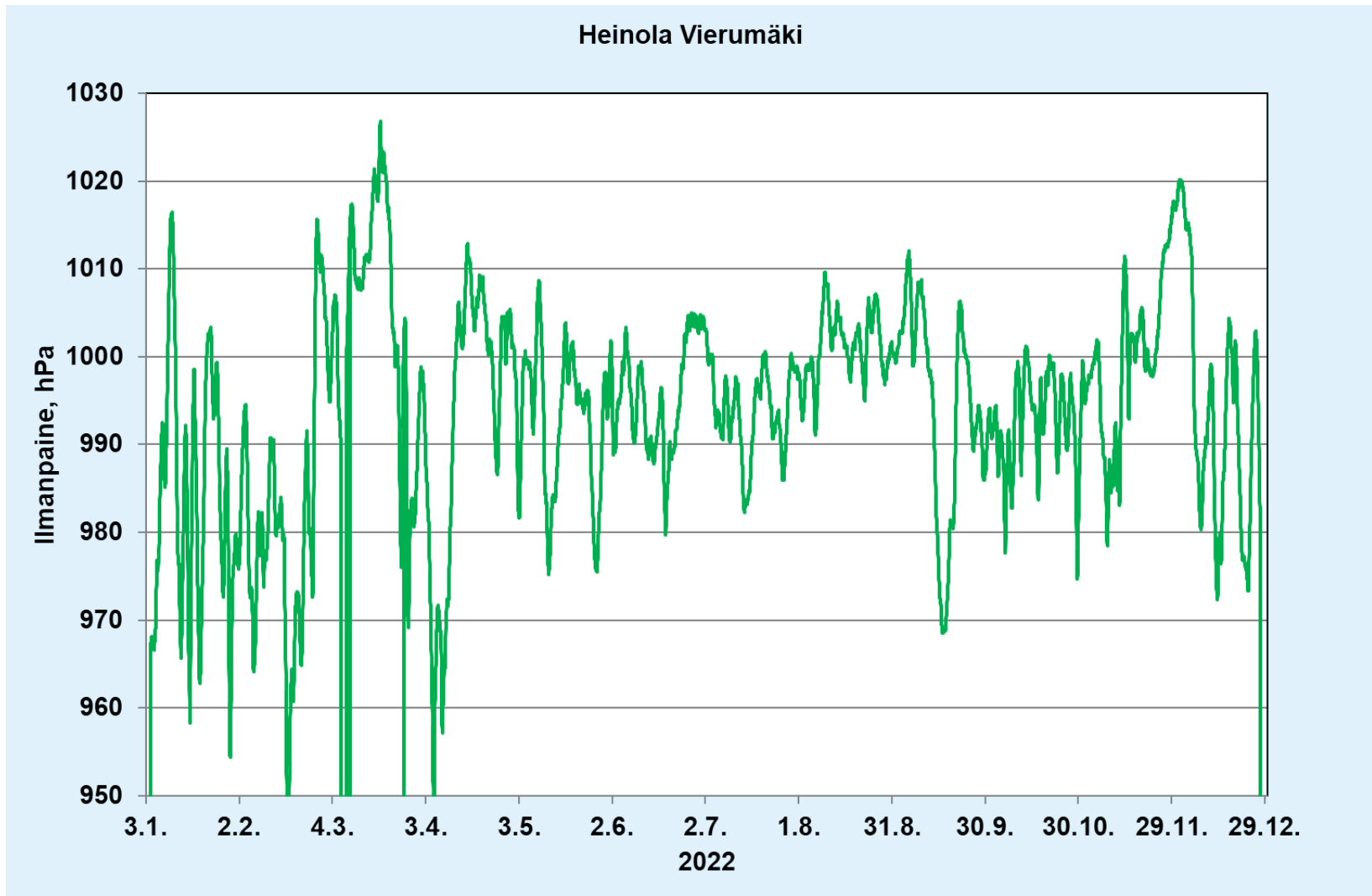
Liitekuva 25. Ulkolämpötila (C °) Heinolan Tommolan mittauspisteessä vuonna 2022.



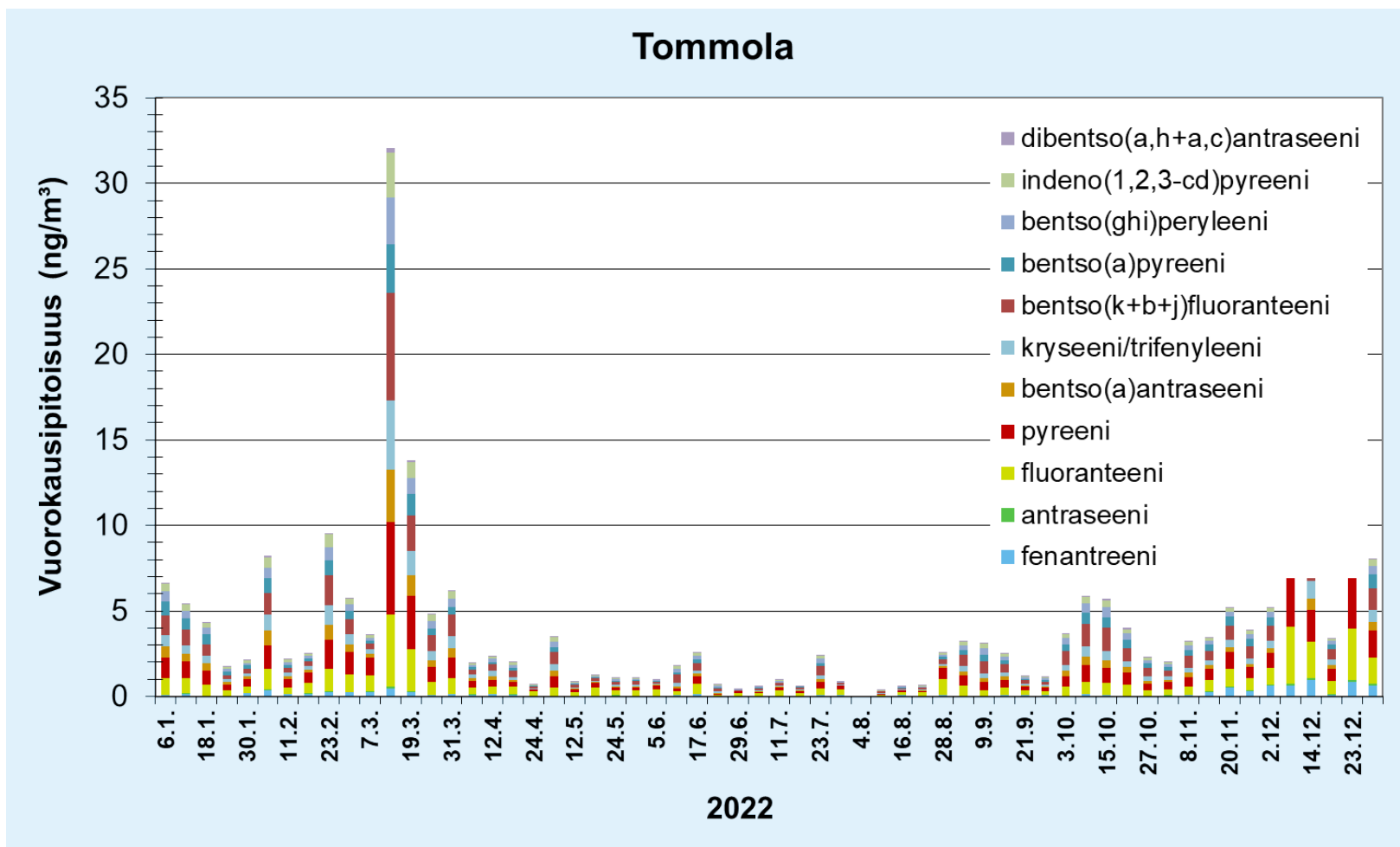
Liitekuva 26. Ulkolämpötila (C °) Heinolan Vierumäen mittauspisteessä vuonna 2022.



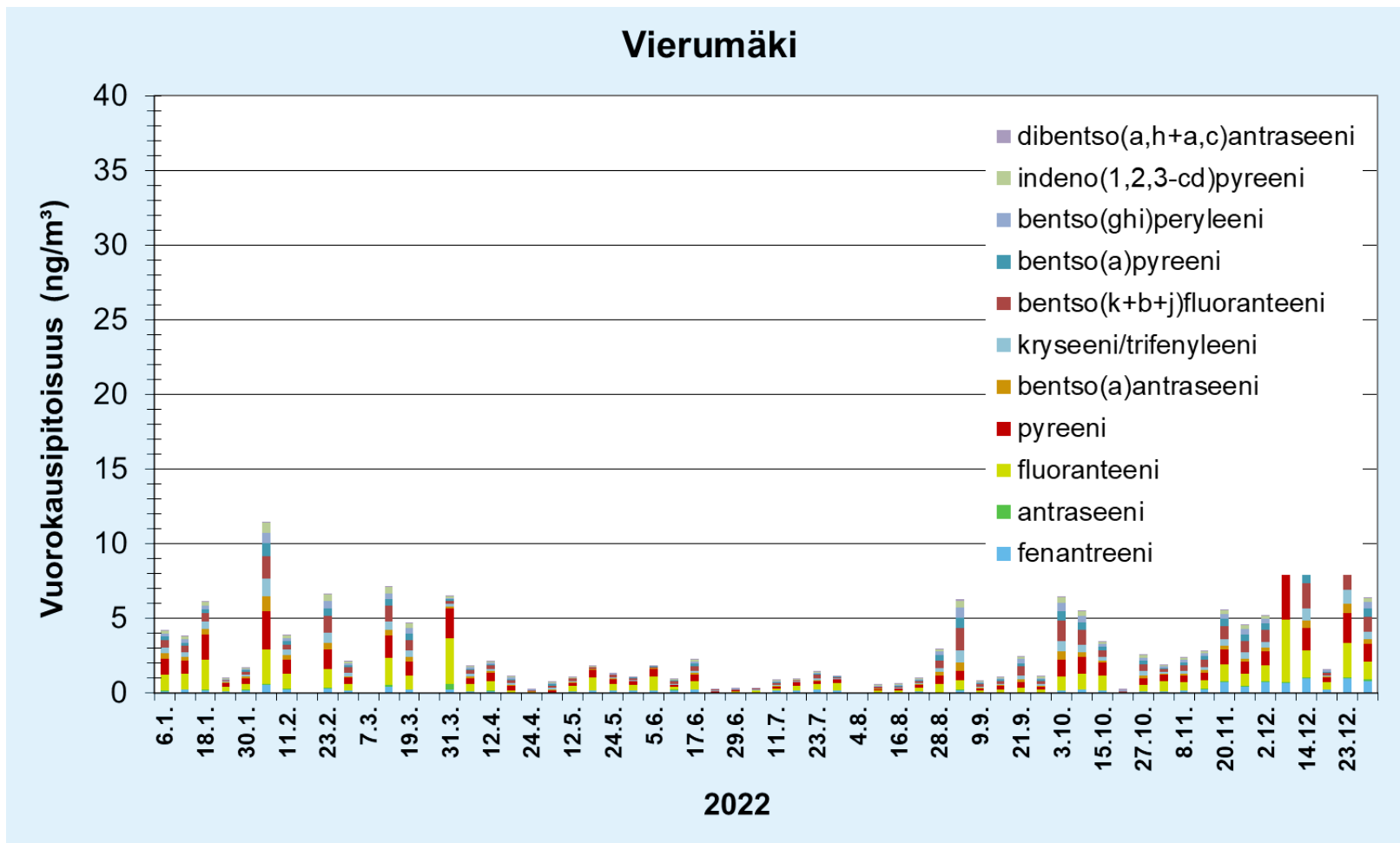
Liitekuva 27. Ilmanpaine (hPa) Heinolan Tommolan mittauspisteessä vuonna 2022.



Liitekuva 28. Ilmanpaine (hPa) Heinolan Vierumäen mittauspisteessä vuonna 2022



Liitekuva 29. Hengitettävistä hiukkasista (PM₁₀) **vuorokausipitoisuudet** määritetyt eri PAH-yhdisteiden osuudet kokonaispitoisuuksista (ng/m³) Tommolan mitauspisteessä vuonna 2022.



Liitekuva 30. Hengitettävistä hiukkasista (PM₁₀) vuorokausipitoisuudet määritetyt eri PAH-yhdisteiden osuudet kokonaispitoisuuksista (ng/m³) Vierumäen mittauspisteessä vuonna 2022



ILMATIETEEN LAITOS

ILMATIETEEN LAITOS

puh. 029 539 1000

Ilmanlaatu ja energia

ilmanlaatupalvelut@fmi.fi

www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatupalvelut

WWW.ILMATIETEENLAITOS.FI

