

RAAHEN ILMANLAATU 2023



RAAHEN ILMANLAATU 2023

ILMANLAADUN SEURANTARAPORTTI, RAAHE 2023

Mittausten suorittaja ja tulosten editointi: Aino Alatalo **Mittalaitteiden kalibroinnit:** Aeri Oy **Metallianalyysit ja PAH-analyysit:** KVVY Tutkimus Oy **Raportin laatija:** Aino Alatalo **Kannen kuva:** Anu Kiviniitty **Valokuvat:** Anu Kiviniitty, Aino Alatalo, SSAB:n mediapankki, Raahen Energia, Raahen seutukunnan kuvapankki
Kartat: Raahen kaupunki: Maankäyttö ja mittaus, Maanmittauslaitos

SISÄLLYS

1. TIIVISTELMÄ	6
2. JOHDANTO	7
3. SELITTEET	7
4. LAINSÄÄDÄNTÖ, LUPAVELVOITTEET JA STANDARDIT	9
4.1. Kuntien velvoitteet	9
4.2. Seurantaryhmän velvoitteet	10
4.3. Lainsäädännön ja standardien määritelmät	11
5. ILMANLAADUN MITTAUSVERKKO	14
5.1. Mittauspisteet	15
5.2. Menetelmät	18
5.3. Toimijat	19
6. PÄÄSTÖT	20
6.1. Teollisuus	20
6.2. Liikenne	23
6.3. Asutus ja muut hajalähteet	24
7. ILMANLAATUINDEKSI	24
7.1. Ilmanlaatuindeksi vuonna 2023	25
8. TYPEN OKSIDIT (NO_x)	27
8.1. Typen oksidipitoisuudet lainsäädännössä	27
8.2. Typen oksidien mittausten historiaa	29
8.3. Typpimittaukset vuonna 2023	30
9. RIKKIDIOKSIDI (SO₂)	33
9.1. Rikkidioksidipitoisuudet lainsäädännössä	33
9.2. Rikkidioksidimittausten historiaa	35
9.3. Rikkidioksidimittaukset vuonna 2023	36
10. HIUKKASET (PM₁₀)	39
10.1. Hiukkaspitoisuudet lainsäädännössä	40
10.2. Hiukkasmittausten historiaa	41
10.3. Hengitettävät hiukkaset 2023	42
11. HIUKKASTEN SISÄLTÄMÄT PAH-YHDISTEET	45
11.1. PAH-pitoisuudet lainsäädännössä	45
11.2. PAH-mittausten historiaa	46
11.3. PAH-mittaukset vuonna 2023	47
12. HIUKKASTEN SISÄLTÄMÄT RASKASMETALLIT	50
12.1. Raskasmetallipitoisuudet lainsäädännössä	51
12.2. Raskasmetallimittausten historiaa	52
12.3. Metallimittaukset vuonna 2023	53
13. SÄÄTIEDOT	59
13.1. Säätiöjen historiaa	59
13.2. Vuoden 2023 sää	60
14. LÄHDELUETTELO	63
15. LIITTEET	63

1. TIIVISTELMÄ

Vuonna 2023 ilmanlaadun mittaustoimintaa jatkettiin kaupungin tekemänä työnä edellisten vuosien tapaan. Mittaukset tehdään viisivuotisen seurantasuunnitelman mukaisesti, jossa alkoi uusi kausi 2023. Seurantasuunnitelma on voimassa vuoteen 2027. Mittauksia tehtiin Keskustan ja Lapaluodon mittausasemilla. Uuden seurantasuunnitelman myötä laskeumanäytteitä ei enää kerätty ja PAH-näytteiden keräys- ja analysointitapaa muutettiin, jolloin näytteenoton ajallinen kattavuus kasvoi.

Lapaluodon hiukkanalysointilaitteen toiminnassa havaittiin heti alkuvuodesta ongelmia, kun laite omatoimisesti muutti näytevirtausta. Virtauksen muutoksia tapahtui useita vuoden aikana ja tämän vuoksi tuloksia ei voida pitää luotettavina. Lapaluodon PM_{10} -tulokset hylättiin koko vuodelta.

Muu mittauslaitteisto toimi ilman suurempia laitevikoja, mutta vuoden ajalle sattui joitakin lyhyitä mittauskatkoksia. Keskustaan hankittiin joulukuussa uusi hiukkanalysointilaitteisto, mikä aiheutti muutaman päivän mittaisen katkoksen mittauksiin. Lisäksi katkoksia mittauksiin on tullut laitteiden huolloista ja kalibroinneista. Mittaustuloksia saatiin kuitenkin sekä kuukausi- että vuositasolla lainsäädännön vaatimusten mukaan riittävästi lukuunottamatta Lapaluodon hengitettävien hiukkasten mittauksia.

Vuonna 2023 ilmanlaatu oli hyvä Keskustan mittausasemalla 90,6 % vuodesta ja Lapaluodon mittausasemalla 90,7 % vuodesta. Ilmanlaatu oli hyvä tai tyydyttävä molemmilla mittausasemilla yli 98 % vuodesta. Ilmanlaatuindeksi huomioi kuitenkin vain jatkuvatoimisesti mitatut parametrit, joita ovat Raahessa rikkidioksidi (SO_2), typpidioksidi (NO_2) ja hengitettävät hiukkaset (PM_{10}). Näin ollen eri kaupunkien ja mittausasemien indeksit eivät ole täysin vertailukelpoisia, koska eri asemilla indeksiin vaikuttavat eri mitattavat epäpuhtaudet. Raahessa ilmanlaadulla voi olla hetkellisesti vaikutuksia herkemmille väestöryhmille, esim. keväisin katupölyaikaan. Raahessa tällaisia ajanjaksoja oli ilmanlaatuindeksinä tarkasteltuna koko vuonna Keskustassa yhteensä 19 ja Lapaluodossa yhteensä 13 tunnin aikana.

Vuosi oli säiden suhteen normaali. Alkuvuosi ja alkusyksy olivat hieman keskiarvoa lämpimämpiä, mutta loppuvuosi oli keskiarvoa kylmempi. Päätuulensuunta oli Lapaluodossa etelälounas.

Vuoden aikana sattui yhteensä neljä vuorokausiraja-arvon ylitystä, jotka kaikki olivat Keskustassa hengitettävillä hiukkasilla (PM_{10}). Lain mukaisesti vuorokausiraja-arvon ylityksiä hengitettävillä hiukkasilla (PM_{10}) saa tapahtua asemalla yhteensä 35 kertaa vuoden aikana, ennen kuin vuosittainen raja-arvo katsotaan ylittyneeksi. Hengitettävien hiukkasten ylitykset tapahtuivat Keskustassa keväällä, jolloin ne oletettavasti johtuivat katupölystä. Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvon raja-arvo ei ylittynyt. Keskustassa kuitenkin ylitettiin WHO:n vuorokausiohjearvo hengitettävien hiukkasten osalta. WHO:n vuosiohjearvo ei ylittynyt.

Rikkidioksidin suurin tuntikeskiarvo oli $196,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Suurin vuorokausikeskiarvo oli $46,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Rikkidioksidin osalta lainsäädännön ohje- tai raja-arvot eivät ylittyneet, mutta WHO:n vuorokausiohjearvo ylittyi.

Typen oksidien pitoisuudet eivät ylittäneet raja-arvoja, mutta WHO:n vuorokausiohjearvo ylittyi. WHO:n vuosiohjearvo kuitenkin alittui. Suurin mitattu typpidioksidin tuntikeskiarvo Keskustassa oli $97,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Hiukkasiin sitoutuneiden PAH-yhdisteiden merkkiaineen bentso(a)pyreenin tavoitearvo ylittyi Lapaluodossa. Vuosikeskiarvo Lapaluodossa oli $1,33 \text{ ng}/\text{m}^3$, kun lainsäädännössä asetettu tavoitearvo on $1 \text{ ng}/\text{m}^3$. Keskustan vuosikeskiarvo oli $0,70 \text{ ng}/\text{m}^3$, joka alittaa tavoitearvon, mutta ylittää ylempien arviointikynnyksen. Tavoitearvo tulee mahdollisuuksien mukaan alittaa. Korkeimmat PAH-yhdisteiden pitoisuudet mitataan yleensä talviaikaan ja kesällä pitoisuudet ovat pienempiä.

Hiukkasiin sitoutuneista metalleista vain jälle on lainsäädännössä määritelty raja- tai tavoitearvo (arseeni, kadmium, nikkeli ja lyijy). Näiden raskasmetallien pitoisuudet jäivät selvästi alle kyseisten arvojen.

2. JOHDANTO

Tässä raportissa esitetään vuoden 2023 ilmanlaadun mittausten tulokset sekä kerrotaan miten ja miksi ilmanlaatua mitataan. Lisäksi pohditaan lyhyesti ilmanlaadun vaikutusta ihmisiin ja ympäristöön. Tähän raporttiin on lisätty myös pitkän ajan seurantatietoa mittaustuloksista Raahessa.

Raportissa esitellään ne mitatut ja lasketut tulokset, jotka on raportoitu Ilmatieteen laitokselle. Tässä raportissa olevissa tuloksissa voi olla joitain pieniä eroavaisuuksia Ilmatieteen laitoksen julkaisemiin virallisiin tilastoihin, koska Ilmatieteen laitos laskee tilastonsa talvijasssa. Erot ovat kuitenkin niin pieniä, ettei niillä ole merkittävää vaikutusta koko vuoden tuloksiin.

Maailman terveysjärjestö WHO julkaisi uudet päivitettyt ohjearvonsa 2021 syksyllä. Tässä raportissa vertaillaan mittaustuloksia myös WHO:n ohjearvoihin.

Ilmanlaadun mittaukset toteutettiin vuosille 2023-2027 laaditun ja Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen hyväksymän seurantasuunnitelman ja sen perusteella tehdyn seurantasopimuksen mukaisesti. Ilmanlaadun mittaustoiminnasta ja raportin laadinnasta on vastannut Raahen kaupunki. Ilmanlaadun kustannuksista ovat vastanneet Raahen kaupunki, SSAB Europe Oy, Raahen Voima Oy, Nordkalk Oy, Raahen Energia Oy, Raahen Satama Oy sekä Raahen Valimo Oy. Ilmanlaadun laboratorioanalyysit on tehnyt KVVY Tutkimus Oy. Mittauslaitteiden kalibroinnista on huolehtinut Aeri Oy.

Nykyisessä seurantasuunnitelmassa laskeumamittaukset esitettiin lopetettavaksi kokonaan. Perusteluina mittausten lopettamiselle

oli se, että metallilaskeumalle ei ole olemassa ilmanlaatumormeja ja laskeumamittaukset ovat poistumassa ilmanlaadun arviointimenetelmänä. Lisäksi Raahessa seurataan metallipitoisuuksia suodatinnäytteillä, joiden perusteella pystytään seuraamaan päästöjen kehitystä.

Toinen merkittävä muutos uudessa seurantasuunnitelmassa on PAH-näytteiden keräys- ja analysointitavan muutos. Tätä muutosta on kuvattu tarkemmin kappaleessa 11.3.

Ajantasaista tietoa Raahen ilmanlaadusta on Raahen kaupungin nettisivuilla <https://raahe.fi/luonto-ja-ymparisto/ilmanlaatu>, sekä valtakunnallisesti koskien koko Suomen ilmanlaatatietoja Ilmatieteen laitoksen nettisivuilla <https://ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatu>.



3. SELITTEET

Seuraaviin taulukoihin 1 ja 2 on koottu ilmanlaadun mittauksissa ja tässä raportissa käytettäviä yksiköitä, lyhenteitä ja termejä sekä

niiden määritelmiä. Lainsäädäntöön liittyviä termejä on käsitelty erikseen raportin kappaleessa 4.3.

Taulukko 1: Yksiköt ja niiden selitteet.

Yksikkö	Selite
µm	Pituuden yksikkö: mikrometri (= metrin miljoonasosa)
µg/m ³	Pitoisuuden yksikkö: mikrogrammaa (=gramman miljoonasosa) kuutiometrissä ilmaa
ng/m ³	Pitoisuuden yksikkö: nanogrammaa (=gramman miljardisosaa) kuutiometrissä ilmaa
°C	Lämpötilan yksikkö: Celsiusaste
K	Lämpötilan yksikkö: Kelvinaste, 293 K = 20 °C
atm	Paineen yksikkö: atmosfääri, 1 atm = normaali-ilmakehän paine
kPa	Paineen yksikkö: kilopascal, 101,3 kPa = 1 atm

Taulukko 2: Lyhenteitä tai termejä ja niiden määritelmät.

Lyhenne tai termi	Määritelmä
Epäpuhtaus	Ilmassa oleva aine, jolla voi olla haitallisia terveys- tai ympäristövaikutuksia.
Tuntikeskiarvo	Yhden tunnin kestäneen näytteenoton pitoisuusarvo tai lyhytaikaisemmista tuloksista laskettu keskiarvo yhden tunnin ajalta. Jatkuvatoimisissa mittauksissa tuntiarvo voidaan hyväksyä, jos sen laskemiseen käytettävät arvot kattavat ajallisesti vähintään 75 % tunnista.
Vuorokausikeskiarvo	Vuorokauden kestäneen näytteenoton pitoisuusarvo tai tuntiarvoista laskettua vuorokausikeskiarvo. Tuntiarvoista laskettu vuorokausiarvo voidaan hyväksyä, jos tuntiarvoista on hyväksytyjä yli 75 % eli vähintään 18 tuntia, ja peräkkäisiä puuttuvia tuntiarvoja on korkeintaan 25 % eli kuusi tuntia.
Vuosikeskiarvo	Lasketaan siitä aikasarjasta, jonka aikaresoluutio on pienin. Esimerkiksi jos sekä tuntiarvot että vuorokausiarvot ovat käytettävissä, vuosikeskiarvo lasketaan tuntiarvoista. Yleisesti kalibrointien ja normaalin kunnossapidon vuoksi menetetään tuntiarvoja 5 % vuoden tunneista, joka voidaan suoraan vähentää laatutavoitteen 90 %:sta eli laatutavoitteena käytetään 85 % vuoden tunneista.
PM ₁₀	Hengitettävät hiukkaset = halkaisijaltaan alle 10 µm:n kokoiset hiukkaset
PM _{2,5}	Pienhiukkaset = halkaisijaltaan alle 2,5 µm:n kokoiset hiukkaset
NO	Typpimonoksidi
NO ₂	Typpidioksidi
NO _x	Typhen oksidit (NO ja NO ₂ yhteismäärä laskettuna NO ₂ :na)
SO ₂	Rikkidioksidi
PAH	Polycyclic aromatic hydrocarbons, Polysykliset aromaattiset hiilivedyt
B(a)p	Bentso(a)pyreeni. Yksi PAH-yhdiste, jota käytetään kaikkien PAH-yhdisteiden merkkiaineena.
CEN	European Committee for Standardisation, Euroopan standardisoimisjärjestö
ISO	International Standardisation Organisation, Kansainvälinen standardisointiorganisaatio
SFS	Suomen Standardisoimisliitto SFS ry
WHO	World health organisation, Maailman terveysjärjestö

4. LAINSÄÄDÄNTÖ, LUPAVELVOITTEET JA STANDARDIT

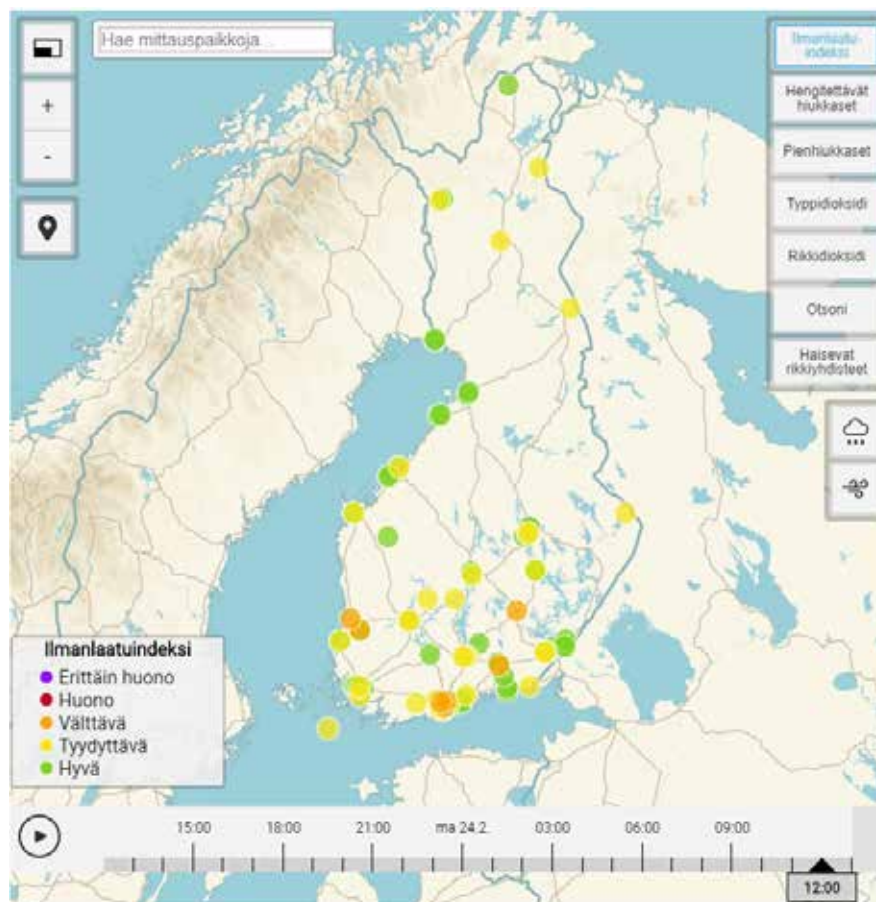
4.1. Kuntien velvoitteet

Ympäristönsuojelulain mukaisesti kunnan on alueellaan huolehdittava paikallisten olojen edellyttämästä tarpeellisesta ympäristön tilan seurannasta, mukaan lukien ilmanlaadusta. Seurantatiedot on julkistettava ja niistä on tiedotettava tarvittavassa laajuudessa. Tämän lisäksi kuntien tulee tiedottaa asukkaita poikkeuksellisista ilmanlaatuilanteista, kuten raja-arvojen ylityksistä, internetin ja tarvittaessa paikallisten tiedotusvälineiden kautta.

Raahen kaupungin nettisivuilta (<https://raahe.fi/luonto-ja-ymparisto/ilmanlaatu>) voi tarkastella ajantasaisesti hengitettävien hiukkasten, typpidioksidin ja rikkidioksidin pitoisuuksia sivulle lisätystä karttauotuksesta (kuva 1).

Mahdolliset ylitykset tulevat näkyviin muiden Suomessa mitattujen ylitysten kanssa ilmatieteenlaitoksen nettisivuille (<https://ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaadun-uusimmat-ylitykset>). Raahessa tapahtuneista ylityksistä on tiedotettu tapauskohtaisesti myös kaupungin nettisivuilla.

Lain mukaisesti ilmanlaadun seurannan riittävyyttä tarkastellaan vähintään viiden vuoden välein tehtävällä seurantasuunnitelmalla, jossa arvioidaan nykyisten mittausten riittävyys, sekä määritellään uudet mittaustarpeet ja tavoitteet. Mittausten aikainen seurantasuunnitelma ja yhteistyösopimukset on tehty vuosille 2023–2027.



Kuva 1: Kaupungin nettisivuilla oleva ilmanlaatuindeksin ajantasainen karttauotus. Karttaa zoomaamalla näkee myös koko Suomen ilmanlaadun mittausverkkojen tilanteen.

4.2. Seurantaryhmän velvoitteet

Raahen ilmanlaadun mittauksiin vaikuttavat osaltaan myös mukana olevien toimijoiden omissa ympäristöluvuissaan määrätyt velvoitteet ilmaan johdettavien päästöjen seurannasta.

SSAB Europe Oy:n Raahan terästehtaan ympäristö- ja vesitalouslupapäätöksen mukaan luvanhaltijan on osallistuttava Raahen kaupungin ilmanlaadun yhteistarkkailuun, jonka järjestämisessä on otettava huomioon lupapäätöksessä ja sen liitteessä määrätyt asiat.

Tehdasalueella toimiville Raahan Voima Oy:n voimalaitokselle ja Nordkalk Oy:n Raahan kalkinpolttamolle, tehdasalueen läheisyydessä sijaitsevalle Raahan Satama Oy:lle sekä Raahen Valimo Oy:lle on myös annettu ympäristöluvuissaan määräykset osallistua Raahen seudun ilmanlaadun yhteistarkkailuun.

Raahen Energia Oy:n osallistumisvelvoite tulee pieniä polttolaitoksia koskevasta asetuksesta (1065/2017), jonka mukaisesti laitoksen on tarvittaessa osallistuttava ilmanlaadun yhteistarkkailuun.

ELY-keskus huolehtii ympäristön tilan seurannasta alueellaan. ELY-keskuksen tulee olla selvillä ilmanlaadusta ja huolehtia siitä, että sen alueella ilmanlaadun seuranta on järjestetty hyvin.



4.3. Lainsäädännön ja standardien määritelmät

Ympäristönsuojelulain lisäksi ilmanlaadun seurantaan vaikuttavia määräyksiä ja pitoisuusarvoja on asetettu mm. ilmanlaatu- ja metalliasetuksissa, jotka osaltaan määrittelevät myös, miten ilmanlaatua tulee mitata. Seuraavaan taulukkoon 3 on koottu kaikki nykyisin voimassa olevat lait ja asetukset, jotka

vaikuttavat ilmanlaadun mittauksiin, ja joihin viitataan myöhemmin raportissa. Ilmanlaatu- ja metalliasetusten raja-arvot ja mittaustelmät pohjautuvat Euroopan unionin direktiiveihin. Siten ilmanlaadun mittaustulokset ovat lähtökohtaisesti vertailukelpoisia koko EU:n alueella.

Taulukko 3: Ilmanlaadun mittauksiin vaikuttavat lait ja asetukset.

Lain lyhenne	Säädösnumero	Laki
YSL	YSL 527/2014	Ympäristönsuojelulaki
YSA	VNa 713/2014	Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta
Ilmanlaatuasetus	VNa 79/2017	Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta
Metalliasetus	VNa 113/2017	Valtioneuvoston asetus ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä
	VNp 480/1996	Valtioneuvoston päätös ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvoista



Lainsäädännössä määritellyt raja-arvot, tavoitearvot yms. on eritelty tähän raporttiin numeroarvoina kunkin epäpuhtauden osalta oman kappaleensa yhteydessä. Seuraavan sivun taulukossa 4 määritellään sanallisesti eri

termejä, joita on ryhmitelty epäpuhtauksien mukaan. Taulukkoon ja koko raporttiin on poimittu laeista vain ne epäpuhtaudet, joita Raahessa mitataan.

Taulukko 4: Lainsäädännössä olevia termejä ja niiden määritelmiä eri epäpuhtauksien mukaan.

Lyhenne tai termi	Määritelmä
Raja-arvo (SO ₂ , NO ₂ , PM ₁₀)	Tieteellisin perustein terveyshaittojen ehkäisemiseksi ja vähentämiseksi vahvistettu pitoisuus, joka on alitettava määräajassa ja jota ei saa ylittää sen jälkeen kun raja-arvo on saavutettu.
Tavoitearvo (As, Cd, Ni, B(a)P)	Pitoisuus tai kuormitus, joka on mahdollisuuksien mukaan alitettava määräajassa ja jolla pyritään vähentämään haitallisia terveys- ja ympäristövaikutuksia.
Ohjearvo (SO ₂ , NO ₂ , PM ₁₀)	Pitoisuus, jonka ylittyminen pyritään estämään ennakolta pitkällä aikavälillä alueilla, joilla ilmanlaatu on tai saattaa toistuvasti olla huonompi kuin ohjearvo edellyttäisi. Ohjearvot on otettava huomioon mm. maankäytön ja liikenteen suunnittelussa.
WHO:n ohjearvot (SO ₂ , NO ₂ , PM ₁₀ , Pb, Cd)	Maailman terveysjärjestö WHO päivitti syksyllä 2021 maailmanlaajuiset ilmansaasteiden ohjearvot. WHO:n ohjearvot edustavat tieteellistä näkemystä ilmansaasteiden pitoisuustasoista, joita pienemmillä pitoisuuksilla terveydelliset haittavaikutukset ovat epätodennäköisiä tai hyvin vähäisiä.
Ylempi arviointikynnys	Pitoisuus, jota korkeammassa pitoisuuksissa seuranta-alueella jatkuvat mittaukset ovat ensisijainen ilmanlaadun seurantamenetelmä ja jota alemmissa pitoisuuksissa voidaan käyttää jatkuvien mittausten ja mallintamistekniikoiden tai suuntaa-antavien mittausten yhdistelmää.
Alempi arviointikynnys	Pitoisuus, jota alemmissa pitoisuuksissa ilmanlaadun arvioimiseksi riittää, että seuranta-alueella käytetään yksinomaan mallintamista tai muita menetelmiä, kuten päästökartoituksia.
Jatkuva mittaus	Kiinteillä mittausasemilla jatkuvatoimisesti tai satunnaisotannalla tehdyt mittaukset. Kullekin epäpuhtaudelle on määritelty erityiset laatuavoitteet sallittujen epävarmuuksien, aineiston vähimmäismäärän ja ajallisen kattavuuden suhteen.
Suuntaa-antava mittaus	Kiinteillä tai siirrettävillä mittausasemilla tehtyjä yleensä lyhytkestoisia tai otantaan perustuvia mittauksia. Kullekin epäpuhtaudelle on määritelty erityiset laatuavoitteet.
Mallintaminen	Esim. leviämismalleilla tai päästökartoituksilla tehty arvio ilmanlaadun tasosta.
Prosenttipiste	Aineiston arvo, jota pienempiä arvoja aineistossa on n % (n = lukumäärä). Esimerkiksi 99. prosenttipiste on se aineiston arvo, jota pienempiä arvoja aineistossa on 99 %.
Varoituskynnys	Pitoisuus, jonka ylittyessä lyhytaikainenkin altistuminen voi vaarantaa yleisesti ihmisten terveyttä.
Tiedotuskynnys	Pitoisuus, jonka ylittyessä lyhytaikainenkin altistuminen voi vaarantaa ilman epäpuhtauksille herkkien väestöryhmien terveyttä.
Kriittinen taso	Tieteellisin perustein vahvistettu (rikkidioksidin tai typen oksidien) pitoisuus, jota suuremmat pitoisuudet voivat aiheuttaa suoria haitallisia vaikutuksia kasvillisuudessa tai ekosysteemeissä.

Ilmanlaatuasetuksen mukaan mittauksissa tulee käyttää mittausten laadun ja jäljitettävyyden takia asetuksessa määriteltyjä standardeja. Seuraavaan taulukkoon 5 on koottu-

na kaikki vuoden 2023 mittauksissa käytössä olleet standardit mitattavan epäpuhtauden mukaan luokiteltuna.

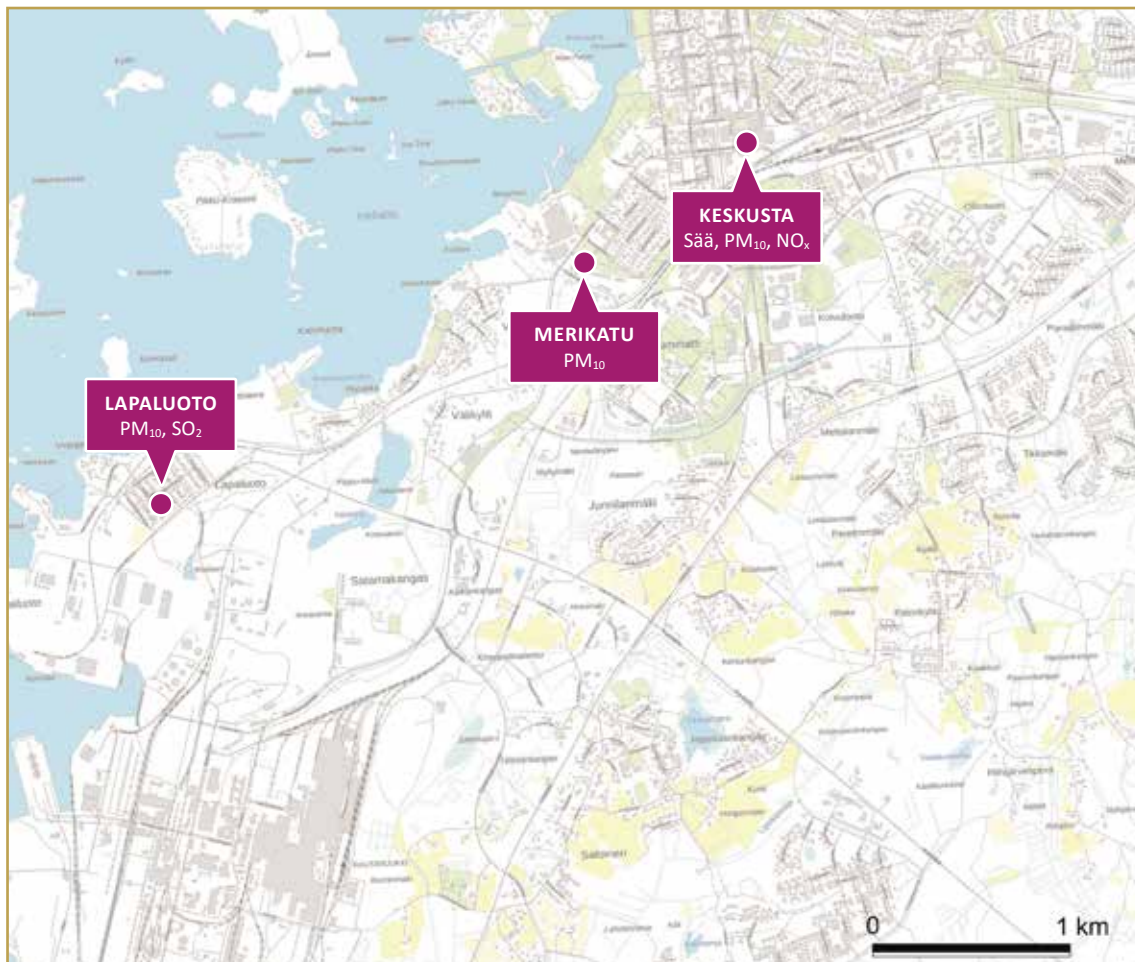
Taulukko 5: Ilmanlaadun mittauksissa käytetyt standardit.

Mitattava epäpuhtaus	Standardinumero	Standardi
NO _x	SFS-EN 14211:2012	Ambient air. Standard method for the measurement of the concentration of nitrogen dioxide and nitrogen monoxide by chemiluminescence
SO ₂	SFS-EN 14212:2012	Ambient air. Standard method for the measurement of the concentration of sulphur dioxide by ultraviolet fluorescence
PM ₁₀	SFS-EN 12341:2014	Ambient air. Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM ₁₀ or PM _{2,5} mass concentration of suspended particulate matter
PM ₁₀	SFS-EN 16450:2017	Ambient air. Automated measuring systems for the measurement of the concentration of particulate matter (PM ₁₀ ; PM _{2,5})
PAH-yhdisteet	SFS-EN 15549:2008	Air quality. Standard method for the measurement of the concentration of bentzo[a]pyrene in ambient air
Raskasmetallit	SFS-EN 14902:2006	Ambient air quality. Standard method for the measurement of the of Pb, Cd, As and Ni in the PM ₁₀ fraction of suspended particulate matter



Kuvassa 2 on esitetty kartalla nykyisten mittauspisteiden sijainnit sekä mittauspisteissä mitattavat epäpuhtaudet. Lisäksi Keskustassa

on sääasema, jossa mitataan mm. tuulen voimakkuutta ja suuntaa sekä ilman lämpötilaa.



Kuva 2: Mittausasemien sijainnit sekä mittausasemilla mitattavat epäpuhtaudet.



5.1. Mittauspisteet

5.1.1. Keskustan mittausasema

Aseman nimi:	Keskustan mittausasema
Osoite:	Fellmanin puistokatu 20, Raahe
Koordinaatit (ETRS-TM35FIN):	N 7175554, E 379861
Mittausvuodet:	1984 –
Mittausparametrit v. 2023:	PM ₁₀ , NO ₂ , NO, PAH, metallit, säätietoja
Näytteenottokorkeus:	4 m maanpinnasta



Keskustan mittausasema on ollut nykyisellä paikallaan Fellmanin puistokadun keskiosan viherkaistalla vuodesta 2005. Tätä ennen asema on sijainnut viereisen liikekeskuksen (ent. Hittimaatti, nykyinen Kuntokeskus Raahe) katoilla 1996–2003 ja sitä ennen linja-autoaseman pihalla jo vuodesta 1984 lähtien. Mittausaseman pitoisuudet edustavat keskustan suurimpia liikenteen aiheuttamia pitoisuuksia, joten liikenteen ja katupölyn aiheuttamat vaikutukset havaitaan selvästi. Aseman molemmin puolin kulkee kaksikaistainen katu ja aseman lähellä sijaitsee niin linja-autoasema, taksiasema kuin vilkas liikennevaloristeyskin.

Joulukuussa 2018 tehtyjen liikennelaskelmien mukaan aseman viereisen Fellmanin puistokadun keskimääräinen liikennemäärä on noin 6 000 ajoneuvoa vuorokaudessa, josta raskaan liikenteen osuus on vajaa 7 %. Nopeusrajoitus aseman kohdalla on 40 km/h, mutta läheisten liikennevalojen aiheuttaman jarruttamisen/kiihdyttämisen takia keskimääräinen nopeus on vain noin 30 km/h.

Aseman välittömässä läheisyydessä on vain vähän pientaloasutusta ja teollisuutta. Etäisyyttä SSAB:n teollisuusalueeseen on lähimmilläänkin yli 4 km.



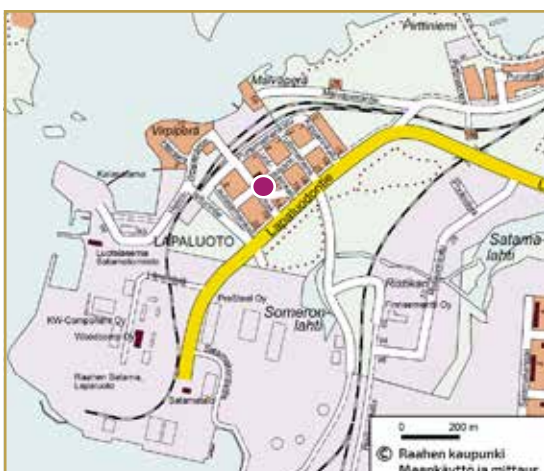
5.1.2. Lapaluodon mittausasema

Aseman nimi:	Lapaluodon mittausasema
Osoite:	Satamakatu 10, Raahе
Koordinaatit (ETRS-TM35FIN):	N 7173924, E 376818
Mittausvuodet:	1984 –
Mittausparametrit v. 2023:	PM ₁₀ , SO ₂ , PAH, metallit
Näytteenottokorkeus:	4 m maanpinnasta

Lapaluodon koppi siirrettiin syyskuussa 2021 Ahtaajankadun viereiselle puistoalueelle. Etäisyys aiempaan sijaintipaikkaan on noin 20 metriä. Aiemmin Lapaluodon mittausasema on sijainnut vanhan Lapaluodon koulun pihalla vuodesta 1984 alkaen.

Asema edustaa SSAB:n teollisuusalueen ja sataman läheisyyden takia nimenomaan teollisuuden päästöjä, mutta pientalovaltaisena alueena Lapaluodon pitoisuuksiin vaikuttaa myös omakotitalojen puulämmitys. Tehdasalueelle on matkaa noin 1 km.

Tammikuussa 2019 tehtyjen liikennelaskelmien mukaan mittausaseman viereisen Satamakadun keskimääräinen liikennemäärä on vajaa 600 ajoneuvoa vuorokaudessa, josta raskaan liikenteen osuus on vajaa 10 %. Ajoneuvojen keskimääräinen nopeus on 17 km/h. Suurimmat teollisuuslaitokset sijoittuvat asemalta katsottuna etelän ja kaakon väliselle sektorille. Lähimmät kuonakäsittelyalueet sijoittuvat noin 700 metrin etäisyydelle mittausasemasta. Teollisuustoimintojen ja Lapaluodon mittausaseman välillä on metsää.



5.1.3. Merikadun mittausasema

Aseman nimi:	Merikadun mittausasema
Osoite:	Merikatu 20, Raahе
Koordinaatit (ETRS-TM35FIN):	N 7175061, E 379014
Mittausvuodet:	2009-2017, 2021
Mittausparametrit v. 2021:	metallit
Näytteenottokorkeus:	4 m maanpinnasta

Merikadun mittausasema on ollut nykyisellä paikallaan käytössä vuosina 2009-2017 sekä 2021. Tätä ennen mittauspiste sijaitsi Ratakadun varrella kaupungin varikolla. Varikolla on mitattu ilmanlaatua 1982-2008.

Aiemmin asemalla on mitattu SO_2 , $PM_{2,5}$ sekä PAH ja raskasmetalleja PM_{10} :sta. Nykyisen seurantasuunnitelman mukaisesti mittausasema on käytössä vain mittauskampanjan aikana, jolloin mitataan metalleja PM_{10} :sta. Kampanja toteutetaan vuoden mittaisena kerran viidessä vuodessa.

Aiemmissa mittauksissa Merikadulla on ollut nikkelin alemman ja ylemmän arviointikynnyksen ylityksiä. Viimeisen tavoitearvon ylitys on ollut 2011. Näiden tulosten vuoksi Merikadulla on edelleen pidetty mittausasema ja toteutettu kampanjaluonteisesti mittauksia, vaikka jatkuvatoimisia mittauksia ei asemalla enää tehdä.

Mittausaseman pitoisuudet edustavat liikenteen ja teollisuuden päästöjä. Aseman läheisyydessä toimii Raahen Valimo Oy.



5.2. Menetelmät

Mittauspisteillä mitattavat ilmanlaadun epäpuhtaudet, mittaustiheydet, käytössä olevat laitteet, analyysimenetelmät ja standardit ovat kuvattuna seuraavaan taulukkoon 6. Raportin kappaleessa 4.3. on eriteltyä käytettävät standardit myös otsikoiden perusteella.



Taulukko 6: Ilmanlaatumittauksissa käytettävät mittausmenetelmät.

Mittauspiste	Ilman epäpuhtaus	Mittaus-tiheys	Käytössä oleva laite/keräin	Analyysi-menetelmä	standardi (SFS-EN)
Keskusta	NO ₂	Jatkuva-toiminen	Environnement AC 32M	Kemilumine-senssi	14211:2012
Keskusta	PM ₁₀	Jatkuva-toiminen	Teom 1400 A	Värähtelevä mikrovaaka	12341:2014 16450:2017
Keskusta	PAH-yhdisteet ¹⁾	5-6 krt/vko	Leckel SEQ47/50-RV	GC-MS ⁴⁾	15549:2008 12341:2014
Keskusta	Raskas-metallit ²⁾	1 krt/vko	Leckel SEQ47/50-RV	ICP-MS ⁵⁾	14902:2006 12341:2014
Keskusta	Sääasema ³⁾	Jatkuva-toiminen	Vaisala WXT520		14212:2012
Lapaluoto	SO ₂	Jatkuva-toiminen	Thermo Electron model 43i	UV-fluore-senssi	12341:2014 16450:2017
Lapaluoto	PM ₁₀	Jatkuva-toiminen	Teom 1400 AB	Värähtelevä mikrovaaka	15549:2008 12341:2014
Lapaluoto	PAH-yhdisteet ¹⁾	5-6 krt/vko	Leckel SEQ47/50-RV	GC-MS ⁴⁾	14902:2006 12341:2014
Lapaluoto	Raskas-metallit ²⁾	1 krt/vko	Leckel SEQ47/50-RV	ICP-MS ⁵⁾	14902:2006 12341:2014
Merikatu	Raskas-metallit ²⁾	1 krt/vko	Leckel SEQ47/50-RV	ICP-MS ⁵⁾	14902:2006 12341:2014

1) Antraseeni, asenaftteeni, asenaftyleeni, bentso(a)antraseeni, bentso(a)pyreeni, bentso(e)pyreeni, bentso(g,h,i) peryleeni,

bentso(b)fluoranteeni, bentso(k+j)fluoranteeni, dibentso(ah)antraseeni, fenantreeni, fluorantreeni, fluoreeni, indeno(1,2,3-c,d)pyreeni, kryseeni, naftaleeni, peryleeni, pyreeni, reteeni.

2) Arseeni (As), kadmium (Cd), kromi (Cr), kupari (Cu), lyijy (Pb), nikkeli (Ni), rauta (Fe), sinkki (Zn) ja vanadiini (V)

3) Lämpötila, tuulen suunta ja -nopeus, ilmanpaine, suhteellinen kosteus

4) Kaasukromatografia-massaspektrometria

5) Induktiivisesti kytketty plasma massaspektrometria

5.3. Toimijat

Vuonna 2023 ilmanlaadun mittauksiin osallistui Raahen kaupungin lisäksi yhteensä kuusi toimijaa: SSAB Europe Oy, Raahen Voima Oy, Nordkalk Oy Ab, Raahen Energia Oy, Raahen Satama Oy ja Raahen Valimo Oy.

SSAB Europe Oy:n Raahen tehdas valmistaa erilaisia terästuotteita, päätuotteinaan kuumavalssatut levyt ja kelatuotteet. Tehtaalla on koksamo, kaksi masuunia, terässulatto sekä kuumavalssaamo. Alueella on myös raaka-ainneiden ja materiaalien käsittelytoiminnot sekä rahtisatama.

Tehdasalueella sijaitsevalla Nordkalk Oy Ab:n Raahen kalkinpolttamolla valmistetaan terästehtaan kuonanmuodostukseen tarvitsema poltettu kalkki ja raakaraudan rikinpoistolaitoksen tarvitsema rikinpoistoreagenssi. Loput tuotannosta toimitetaan Nordkalkin muille asiakkaille.

Tehdasalueella sijaitseva Raahen Voima Oy on EPV Energia Oy:n ja SSAB Europe Oy:n omistama yhteisyritys, joka omistaa terästehtaan voimalaitosliiketoiminnan. Voimalaitoksen päätehtäviä ovat masuunien puhallusilman tuottaminen, höyryn tuotanto sekä sähkön tuotanto ja jakelu tehtaalle. Osa höyrystä käytetään prosessihöyrynä tehtaan tuotantolaitoksilla. Voimalaitos toimittaa myös kaukolämpöä tehtaan ja Raahen kaupungin verkkoon.

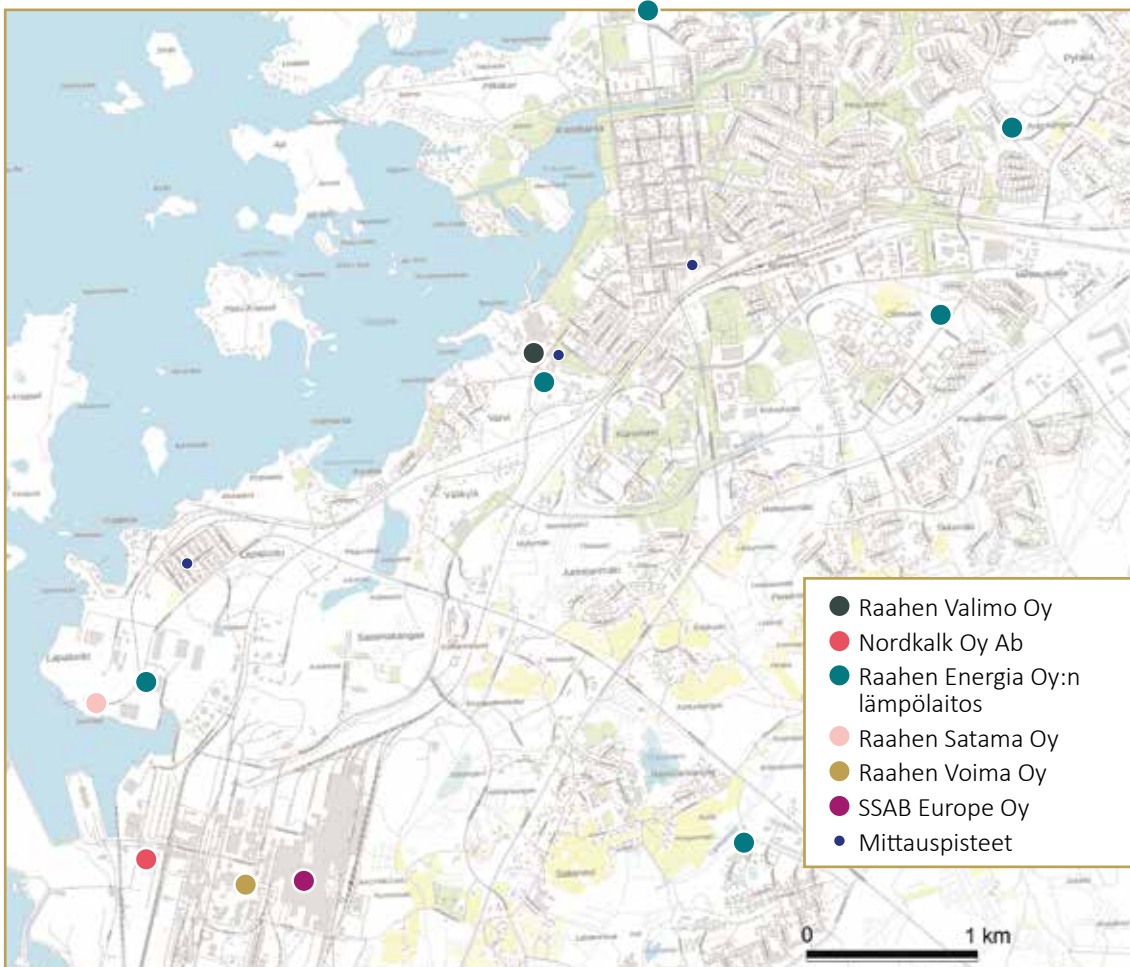


Raahen Energia Oy on Raahen kaupungin omistama energiayhtiö, joka hankkii valtaosan kaupunkialueen kaukolämmöstä ostolämpönä Raahen Voima Oy:ltä. Tämän lisäksi yhtiö tuottaa itse kaukolämpöä vara- ja huippuvoimana yhdellä pellettilämpökeskuksella ja kuudella öljyllä toimivalla lämpökeskuksella.

Raahen Satama Oy vastaa Raahen sataman toiminnasta. Satama sijaitsee kahdessa osassa Lapaluodossa sekä SSAB Europe Oy:n terästehtaan läheisyydessä. Satamassa käy noin 600 alusta vuodessa.

Raahen Valimo Oy valmistaa koneistettuja teräsvalutuotteita, kuten pumppujen, venttiilien ja paperikoneiden osia. Tuotantoa varten Raahen Valimo Oy:llä on käytössä kuusi induktio-uunia.





Kuva 3: Ilmanlaadun mittauksissa mukana olevat toimijat. Kuvasta on rajattu ulos Pattijoen Alakkalassa sijaitseva Raahen Energian lämpölaitos s.

6. PÄÄSTÖT

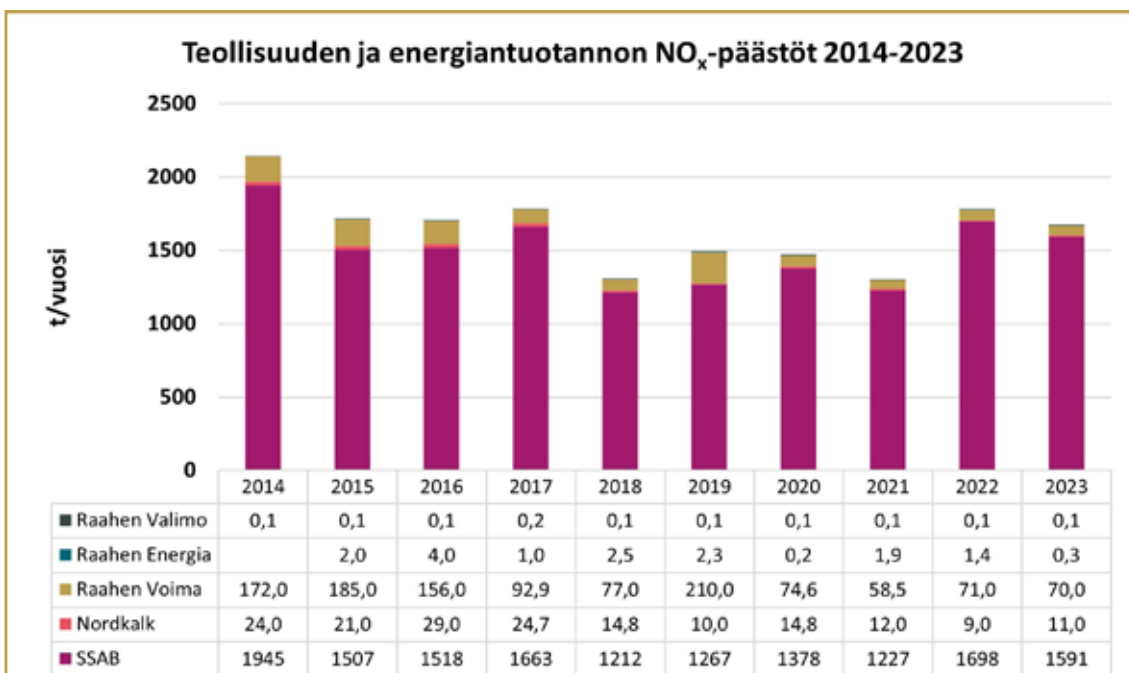
6.1. Teollisuus

Teollisuuden päästöistä merkittävimmät muodostuvat Raahessa SSAB:n, Nordkalkin, Raahen Voiman, Raahen Energian ja Raahen Valimon toiminnoista. Seuraaviin kaavioihin 1-4 on esitetty vuoden 2023 teollisuuden piippupäästöt, joihin ei ole laskettu mukaan hajapäästöjä.

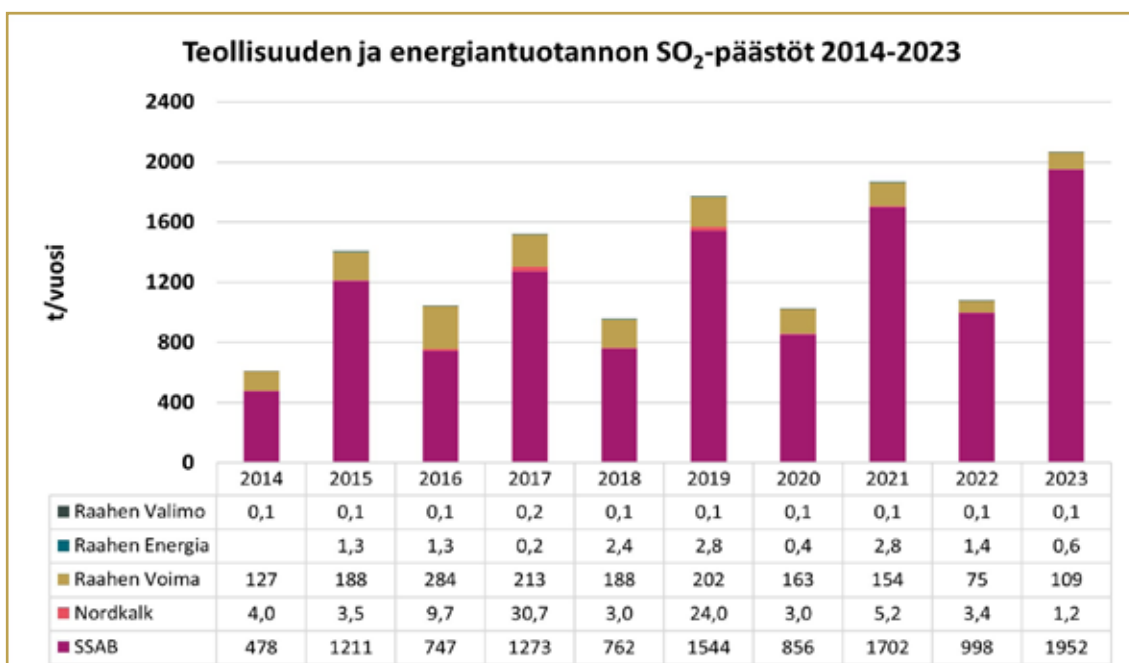
Kaavioissa on mukana historiatieto myös edellisen 10 vuoden ajalta. Raahen Valimon ja Raahen Energian päästöt ovat vuodesta 2015 asti, jolloin ne ovat tulleet mittauksiin mukaan. Raahen Valimon tuloksia on ilmoitettu myös pari vuotta takautuvasti.

SSAB:n rikkidioksidipäästöjen vuosittainen vaihtelu johtuu säännöllisesti kahden vuoden välein tehtävistä rikinpoistolaitoksen huolto- töistä, jolloin rikkidioksidipäästöt ovat edellistä vuotta suuremmat.

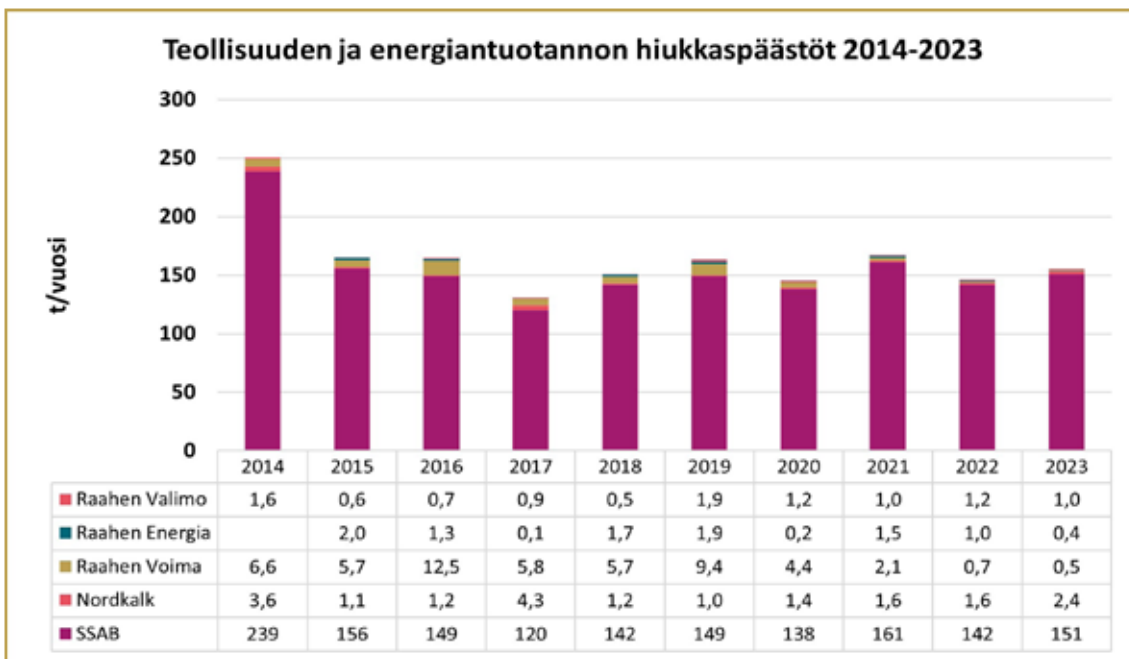




Kaavio 1: Teollisuuden ja energiantuotannon tyyppien oksidipäästöt 2014–2023.
Tiedot on saatu toimijoilta ajanjaksolta, jolloin he ovat olleet mukana ilmanlaadun mittauksissa.

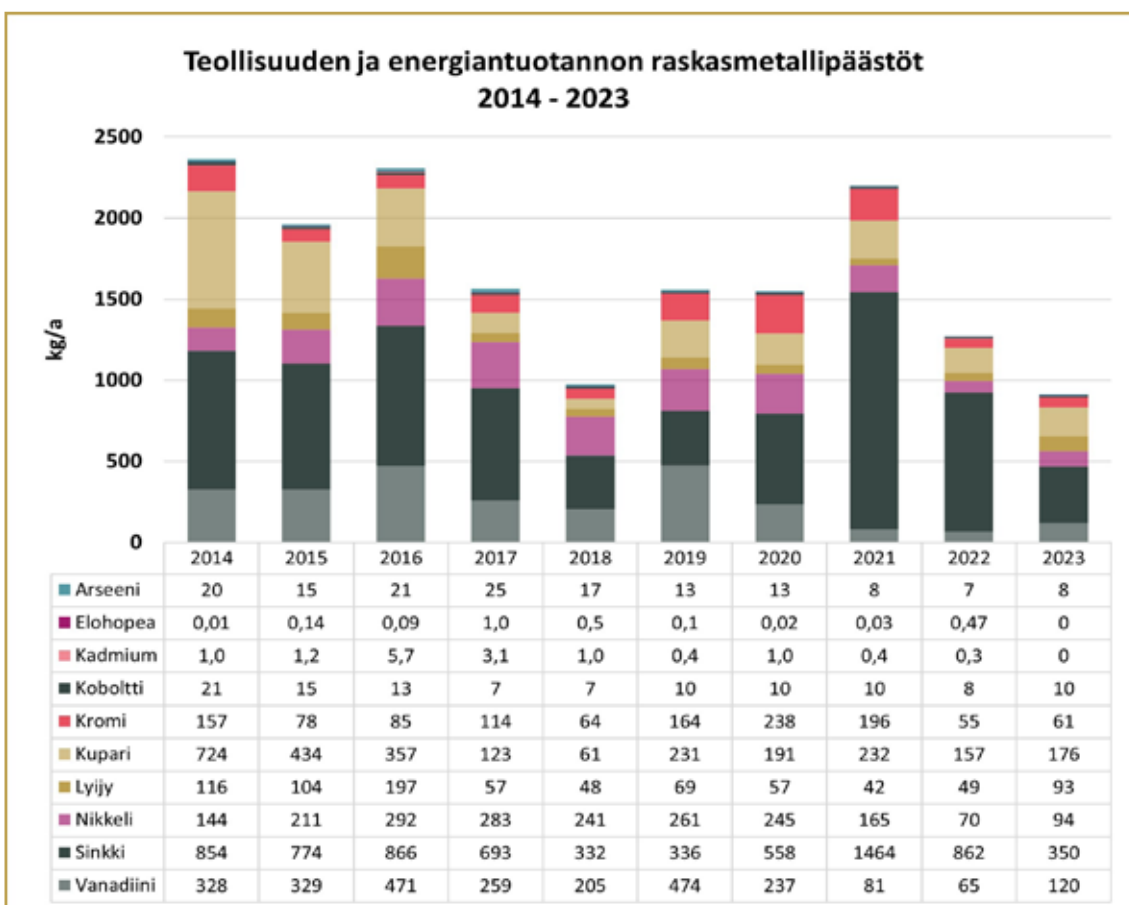


Kaavio 2: Teollisuuden ja energiantuotannon rikkidioksidipäästöt 2014–2023.
Tiedot on saatu toimijoilta ajanjaksolta, jolloin he ovat olleet mukana ilmanlaadun mittauksissa.



Kaavio 3: Teollisuuden ja energiantuotannon hiukkaspäästöt 2014–2023.

Tiedot on saatu toimijoilta ajanjaksolta, jolloin he ovat olleet mukana ilmanlaadun mittauksissa.



Kaavio 4: Teollisuuden ja energiantuotannon yhteenlasketut raskasmetallipäästöt 2014–2023 ilman rautaa.

Tiedot on saatu toimijoilta ajanjaksolta, jolloin he ovat olleet mukana ilmanlaadun mittauksissa.

6.2. Liikenne

6.2.1. Tieliikenne

Ihmisten kannalta tieliikenteen päästöt ovat usein teollisuuden päästöjä merkittävämpiä, sillä ne vapautuvat lähellä maan pintaa ja kulkeutuvat helpommin ihmisten hengityselimiin. Vuosien aikana liikenteen päästöjä on pystytty alentamaan mm. erilaisilla teknisillä ratkaisuilla, kuten katalysaattoreiden ja lyijytömien polttoaineiden käyttöönotolla.

Vuosittaiset liikennepäästöt saadaan Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n toteuttamasta ja ylläpitämästä Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmästä LIPASTO:sta, joka kattaa tie-, raide-, vesi- ja ilmaliikenteen sekä työkonet. LIPASTO:ssa on tieliikennettä koskeva alamalli LIISA, josta saadaan kuntakohtaiset päästöt vuoden viiveellä. Laskelmat perustuvat automaattisiin liikennelaskureihin, joten eri vuosien tuloksia voi verrata vain karkeasti toisiinsa. Vuoden 2022 tuloksissa on ollut

VTT:n tietojen mukaan laskuvirheitä ja korjattuja tuloksia ei ollut käytössä raportin julkaisuhetkellä, joten tulokset jäävät puuttumaan tästä raportista. Taulukossa 7 on esitetty vanhemmat tieliikenteen päästötiedot.



Taulukko 7: Tieliikenteen päästöt Raahessa 2017–2021 (Lähde: VTT, LIISA-järjestelmä).

Tieliikenteen päästö t/v	2017	2018	2019	2020	2021
Hiilimonoksidi, CO	179,5	160,1	138,5	123,3	108,5
Hiilivedyt, HC	21,5	18,6	15,9	13,8	11,9
Typen oksidit, NO _x	144,3	136,4	118,4	106,1	95,9
Hiukkaset, PM	3,9	3,5	2,9	2,6	2,3
Metaani, CH ₄	2,2	2,1	1,5	1,4	1,3
Typpioksiduuli, N ₂ O	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Rikkidioksidi, SO ₂	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Hiilidioksidi, CO ₂	46 809	49 029	45 966	45 081	45 090
Suorite (Miljoonaa km)	221	224	217	214	213

6.2.2. Laivaliikenne

Vuodesta 2022 alkaen laivaliikenteen päästöt on saatu Raahen Sataman GISGRO Green -järjestelmästä. Seurannassa ovat mukana kaikki Raahen Sataman alueen toiminnot: Lapaluodon satama, SSAB:n satama ja syväsatama.

Aikaisemmin laivaliikenteen päästöt on otettu satamakohtaisesti LIPASTO:n vesiliikennettä koskevasta MEERI-järjestelmästä, joka kuvaa vesiliikenteen pakokaasupäästöjä ja kulutusta. MEERI on jaettu kahteen erilliseen malliin,

laivaliikennemalliin ja venemalliin. Mallit on kehitetty 1997, mutta nykyinen laskentatapa on ollut käytössä vuodesta 2012. Laskenta perustuu satamakohtaiseen laivakäyntimäärään, satamasta riippumattomaan sisään- ja ulosajoaikaan (yhteensä 60 min) ja eri laivatyypeille ominaiseen laiturissa oloaikaan (6-52 h). Päästökertoimet on määritetty kullekin laivatyyppille keskimääräistä laivakäyntiä kohden. MEERIn tulokset poikkeavat jonkin verran GISGRO Green -järjestelmän tiedoista.

Taulukko 8: Laivaliikenteen päästöt Raahen satamassa 2019–2023. Vuodesta 2022 alkaen tiedot ovat Raahen Sataman GISGRO Green -järjestelmästä. Vanhemmat tiedot ovat MEERI-järjestelmästä. (Lähteet: VTT, MEERI-järjestelmä; GISGRO Green)

Laivaliikenteen päästöt t/v	2019	2020	2021	2022	2023
Hiilivedyt, HC	2,7	2,8	2,0	2,4	2,1
Typen oksidit, NO _x	74,0	75,7	55,0	72,7	76,1
Hiukkaset, PM	1,5	1,6	1,1	0,4	0,5
Metaani, CH ₄	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
Typpioksiduuli, N ₂ O	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Rikkidioksidi, SO ₂	1,2	1,2	0,9	1,9	2,1
Hiilidioksidi, CO ₂	4 045	4 141	2 948	3 359	3 645
Satamakäynnit (kpl)	530	530	333	638	584

6.3. Asutus ja muut hajalähteet

Asutuksen aiheuttamat vaikutukset ilmanlaatuun näkyvät parhaiten pientaloalueilla, joissa talojen ja saunojen lämmittämiseen käytetään tulisijoja. Palamisen seurauksena syntyvien savukaasujen mukana ilmaan kerääntyy erityisesti hengitettäviä hiukkasia ja niihin sitoutuneita epätäydellisessä palamisessa muodostuvia PAH-yhdisteitä. Koska taloissa savupiiput

ovat matalalla, ilman laimentumisolosuhteet ovat heikkomat ja vaikutukset jäävät pääosin päästölähteen lähiympäristöön.

Kovilla tuulilla ilmansaasteet voivat kulkeutua satojenkin kilometrien päähän, jolloin esimerkiksi maastopaloista syntyvä savu voi kulkeutua laajallekin alueelle.

7. ILMANLAATUINDEKSI

Ilmanlaatuindeksi yhdistää tietyn hetken mittaustulokset yhdeksi indeksiarvoksi, joita kuvaamaan on luotu viisiportainen sanallinen ja värillinen asteikko. Vuonna 2023 Keskustan mittausasemalla ilmanlaatu oli hyvä 90,6 %, ja Lapaluodossa 90,7 % vuodesta. Molemmilla asemilla ilmanlaatu oli hyvä tai tyydyttävä yli 98 % vuodesta. Hetkellisesti esim. keväisin katupölyaikaan, ilmanlaadulla voi olla haitallisia terveysvaikutuksia herkemmille väestöryhmille. Vuoden 2023 ilmanlaatuindeksit kuukausitasolla löytyvät kappaleesta 7.1.

Ilmanlaatuindeksi kuvaa laadullisesti sen hetkistä ilmanlaatua viisiportaisella väriasteikolla ja laatusanoilla ”hyvä, tyydyttävä, välttävä, huono tai erittäin huono”. Indeksillä on siis yksinkertaistettu vertailuluku, jolla mitattuja ilmanlaadun tuntipitoisuuksia suhteutetaan ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin. Ilmanlaatuindeksiä päivitetään tunnin välein, ja sitä voi seurata reaaliajassa kaupungin ja Ilmatieteen laitoksen nettisivuilla.

Ilmanlaatuindeksiä määritettäessä otetaan huomioon ilmansaasteet, joita kullakin ilmanlaatuasemalla mitataan. Näitä ovat rikkidioksidi (SO₂), typpidioksidi (NO₂), hengitettävät hiukkaset (PM₁₀), pienhiukkaset (PM_{2,5}), otsoni (O₃), hiilimonoksidi (CO) ja haisevat rikkijohdisteet (TRS). Raahessa näistä mitataan vain kolme ensimmäistä. Näin ollen eri kaupunkien ja mittausasemien indeksit eivät ole täysin vertailukelpoisia, koska eri asemilla indeksiin vaikuttavat eri epäpuhtaudet.

Ilmanlaatuindeksin määrittämiseksi kullekin mitattavalle yhdisteelle lasketaan ensin pitoisuuksien tuntikeskiarvoista ali-indeksi, joista korkeimman arvo määrää ilmanlaatuindeksin arvon.

Alla olevaan taulukkoon 9 on kuvattu kutakin ilmanlaatuindeksiä kuvaavat mahdolliset vaikutukset, sekä Raahessa mitattavien yhdisteiden indeksiarvot, eli ali-indeksit.

Taulukko 9: Ilmanlaatuindeksi, vaikutukset terveyteen ja luontoon sekä Raahessa mitattavien ilmansaasteiden indeksiarvot.

Indeksi-luokitus	Vaikutukset terveyteen	Vaikutukset luontoon	Indeksiarvo SO ₂ (µg/m ³)	Indeksiarvo NO ₂ (µg/m ³)	Indeksiarvo PM ₁₀ (µg/m ³)
	Ei todettuja	Lieviä vaikutuksia	< 20	< 40	< 20
	Hyvin epätodennäköisiä	Lieviä vaikutuksia	20 - 80	40 - 70	20 - 50
	Epätodennäköisiä	Selviä vaikutuksia	80 - 250	70 - 150	50 - 100
	Mahdollisia herkillä ihmisillä	Selviä vaikutuksia	250 - 350	150 - 200	100 - 200
	Mahdollisia herkillä väestöryhmillä	Selviä vaikutuksia	> 350	>200	>200

7.1. Ilmanlaatuindeksi vuonna 2023

Ilmanlaatuindeksi määritellään Raahessa Keskustassa epäpuhtauksien NO₂ ja PM₁₀, sekä Lapaluodossa epäpuhtauksien SO₂ ja PM₁₀ yhteisvaikutuksena. Laskentatavan mukaisesti indeksi määritellään sen perusteella, kumpi pitoisuus on korkeampi, eli kumman pitoisuuden perusteella saadaan huonompi indeksi. Jos kyseiseltä tunnilta ei ole saatavilla kummankaan epäpuhtauden mittaustietoa, se on merkitty kaavioihin ”puuttuu”.

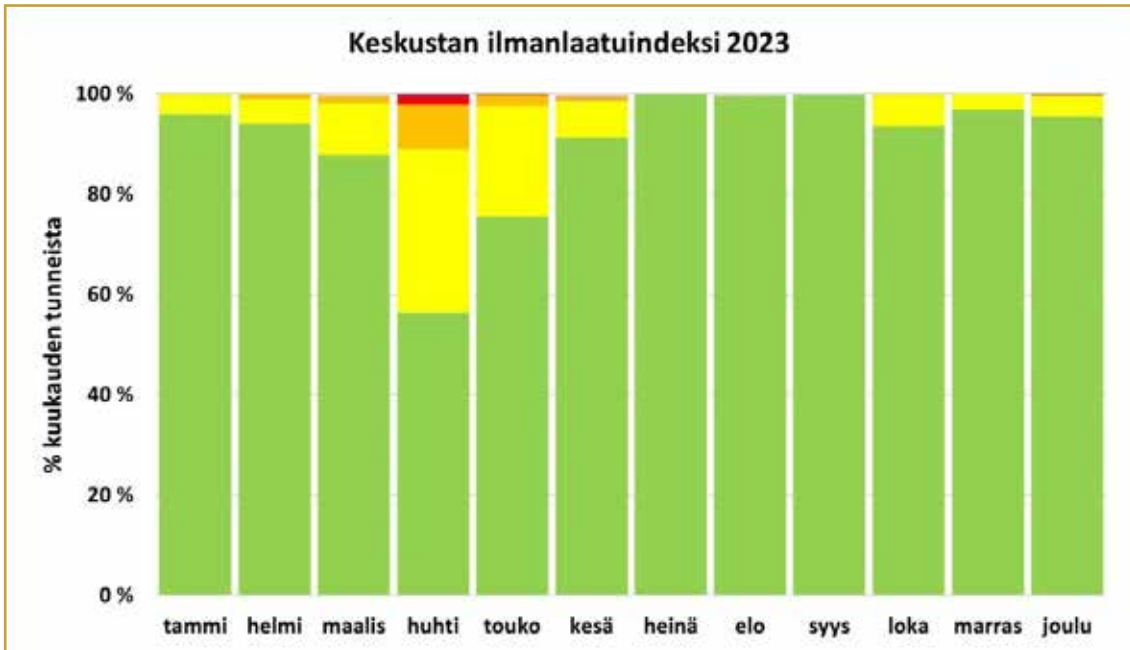
Lapaluodossa hengittävien hiukkasten (PM₁₀) mittaustulokset hylättiin laitevirian vuoksi 2023, mutta indeksissä tuloksia on kuitenkin käytetty. Pelkästään rikkidioksidin mukaan laskettu indeksi näyttäisi selvästi parempaa ilmanlaatua kuin todellisuudessa on.

Keskustan asemalla (kaavio 5) ilmanlaatu oli hyvä 90,6 %, tyydyttävä 7,9 % ja välttävä 1,2 % siitä ajasta, jolloin mittaustietoa oli käytettävissä. Vuoden tunneista 16 tuntia ilmanlaatu oli huono (0,2 %) ja kolme tuntia erittäin huono (0,03 %). Erittäin huonot tunnit olivat

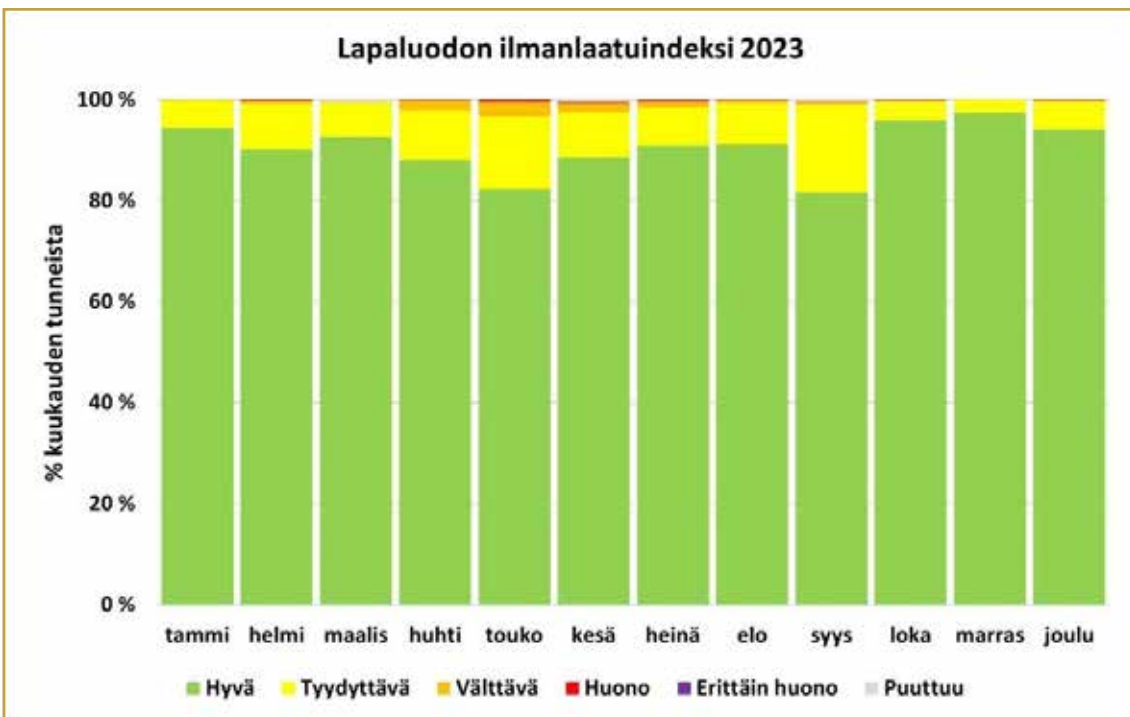
10.4. klo 22-00 ja 17.4. klo 10-11. Kyseisinä päivinä tapahtui myös hengitettävien hiukkasten raja-arvon ylitykset. Vuoden mittaustietoa puuttui yhteensä 12 tunnilta (koko vuoden tunneista 0,1 %). Verrattuna edellisvuoteen ilmanlaatuindeksi oli Keskustassa lähes samaa tasoa.

Katupölyaika näkyy keskustassa erityisesti huhtikuun aikana, jolloin ilmanlaatuindeksissä näkyy enemmän välttävää ja huonoksi luokiteltua ilmanlaatua.

Lapaluodon asemalla (kaavio 6) ilmanlaatu oli hyvä 90,7 %, tyydyttävä 8,3 % ja välttävä 0,8 % siitä ajasta, jolloin mittaustietoa oli käytettävissä. Vuoden tunneista 12 tuntia ilmanlaatu oli huono (0,1 %) ja erittäin huono yhden tunnin (0,01 %). Erittäin huono tunti oli 9.7. klo 9-10. Vuoden mittaustietoa puuttui yhteensä 8 tuntia (koko vuoden tunneista 0,1 %). Verrattuna vuoteen 2022 ilmanlaatuindeksi oli hieman parempi Lapaluodossa.



Kaavio 5: Ilmanlaatuindeksin jakautuminen kuukausittain Keskustassa.
 "Puuttuu" tarkoittaa osuutta, jolta ajalta mittaustietoa ei ollut saatavilla.



Kaavio 6: Ilmanlaatuindeksin jakautuminen kuukausittain Lapaluodossa.
 "Puuttuu" tarkoittaa osuutta, jolta ajalta mittaustietoa ei ollut saatavilla.

8. TYPEN OKSIDIT (NO_x)

Typen oksideja mitataan jatkuvatoimisesti Keskustan asemalla, sillä typen oksideja muodostuu merkittävimmin liikenteen ja energiantuotannon vaikutuksesta. Vuoden 2023 pitoisuudet eivät ylittäneet raja-arvoja. Suurin tuntikeskiarvo oli 97,7 µg/m³. Mittaukset sujuivat ilman suurempia katkoksia, mittaustuloksia on käytettävissä 99,8 % vuoden tunneista. Vuoden 2023 tarkemmat tulokset löytyvät kappaleesta 8.3.

Typen oksideilla (NO_x) tarkoitetaan typpimonoksidia (NO) ja typpidioksidia (NO₂), joita pääsee ilmaan kaikessa palamisessa. Typen oksidipitoisuudet ilmoitetaan typpidioksidina, jotka lasketaan mitattavista NO ja NO_x-pitoisuuksista. Typpidioksidi on kaasu, joka suurina pitoisuuksina voi aiheuttaa ihmisille hengitysteiden ärsytystä, sekä luonnossa rehevöitymistä ja happamoitumista. Typpidioksidi vaikuttaa myös otsonin muodostumiseen.

Suomessa typpidioksidin kokonaispäästöistä puolet tulee energiatuotannosta ja puolet liikenteestä. Kaupunki-ilmaan liikenteellä on suurempi vaikutus, koska liikenteen päästöt tapahtuvat maanpinnan tasolla suoraan hengitysilmään.

Typen oksideja syntyy polttomoottoreissa ilman typen sitoutuessa happeen. Erityisen voimakasta tämä reaktio on kaupunkiolosuhteissa kiihdytystilanteissa ja maanteillä ajettaessa suurilla nopeuksilla. Pakokaasujen typenoksidipäästöt ovat pääosin typpimonoksidia (NO), joka ilmassa hapettuu typpidioksidiksi (NO₂), joka on typen oksideista haitallisimman. Typpidioksidipitoisuudet ovat vuosien aikana laskeneet mm. katalysaattoreilla varustettujen autojen korvautuessa vanhempien autoja, mutta toisaalta liikennemäärän kasvu nostaa pitoisuuksia.

Suuremmissa kaupungeissa typen oksidipitoisuudet kohoavat erityisesti aamuruuhkan aikaan tai tyyninä pakkaspäivinä, jolloin ilman laimentumisolosuhteet ovat heikot.

8.1. Typen oksidipitoisuudet lainsäädännössä

Typen oksidipitoisuudet ilmoitetaan typpidioksidina (NO₂), jotka lasketaan mitattavista typpimonoksidin (NO) ja typen oksidipitoisuuksista (NO_x). Ilmanlaatuasetuksen mukaisesti typpidioksidille on määritetty raja-arvot pitoisuuksille ulkoilmassa (taulukot 10 ja 12), jotka ovat olleet voimassa 1.1.2010 alkaen. Raja-arvon lisäksi on annettu varoituskyynnysarvo, joka on

400 µg/m³ (kolmen peräkkäisen tunnin arvo). Varoituskyynnysarvon ylittyessä lyhytaikainenkin altistuminen voi vaarantaa ihmisen terveyttä. Vuodesta 1996 alkaen on ollut voimassa ohjearvot typpidioksidin kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipisteelle sekä kuukauden toiseksi suurimmalle vuorokausiarvolle (taulukko 11).



Maailman terveysjärjestö WHO julkaisi 2021 uudistetut ilmanlaadun ohjearvonsa. Suhteellisesti suurin alenema (-75 %) koski typpidioksidin vuosikeskiarvon ohjearvoa, joka putosi 40 µg/m³:stä tasolle 10 µg/m³.

Typen oksideille (NO_x) on metsä- ja maaseutualueilla määritelty 15.8.2001 alkaen kriittinen taso (taulukko 13) kasvillisuuden ja ekosysteemin suojelemiseksi. Raahe ei kaupunkina ole lain määrittelemä metsä- tai maaseutualue, mutta pitoisuuksia seurataan kasvillisuuden takia.

Taulukko 10: Typpidioksidin vuosikeskiarvon raja-arvo, alempi ja ylempi arviointikynnys (VNa 79/2017) sekä WHO:n ohjearvo.

NO ₂ (1 v)	Raja-arvo ^{1,2)}	Alempi arviointikynnys	Ylempi arviointikynnys	WHO:n ohjearvo
Numeerinen arvo	40 µg/m ³	65 % (26 µg/m ³)	80 % (32 µg/m ³)	10 µg/m ³
1) Mittaustuloksia yhdistettäessä ja tilastollisia tunnuslukuja laskettaessa on noudatettava asetuksen VNa 79/2017 liitteen 9 perusteita 2) Lämpötilassa 293 K, paineessa 101,3 kPa				

Taulukko 11: Typpidioksidin vuorokausikeskiarvon ohjearvo (VNa 79/2017) ja WHO:n ohjearvo.

NO ₂ (1 vrk)	Ohjearvo ^{1,2)}	WHO:n ohjearvo ⁴⁾
Numeerinen arvo	³⁾ 70 µg/m ³	25 µg/m ³
Sallittujen ylitysten määrä		3kpl
1) Mittaustuloksia yhdistettäessä ja tilastollisia tunnuslukuja laskettaessa on noudatettava asetuksen VNa 79/2017 liitteen 9 perusteita 2) Lämpötilassa 293 K, paineessa 101,3 kPa 3) Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo 4) Vuorokausiarvojen osalta WHO suosittaa, että ohjearvoa noudatetaan 99-prosenttisesti (3 ylityskertaa).		

Taulukko 12: Typpidioksidin tuntikeskiarvon raja-arvo, ohjearvot sekä alempi ja ylempi arviointikynnys (VNa 79/2017, VNp 480/1996) sekä WHO:n ohjearvo.

NO ₂ (1 h)	Raja-arvo ^{1,2)}	Alempi arviointikynnys	Ylempi arviointikynnys	Ohjearvo ³⁾	WHO:n ohjearvo
Numeerinen arvo	200 µg/m ³	50 % (100 µg/m ³)	70 % (140 µg/m ³)	⁴⁾ 150 µg/m ³	200 µg/m ³
Sallittujen ylitysten määrä	18 kpl	18 kpl	18 kpl		
1) Mittaustuloksia yhdistettäessä ja tilastollisia tunnuslukuja laskettaessa on noudatettava asetuksen VNa 79/2017 liitteen 9 perusteita 2) Lämpötilassa 293 K, paineessa 101,3 kPa 3) 20 °C, 1 atm 4) Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste					

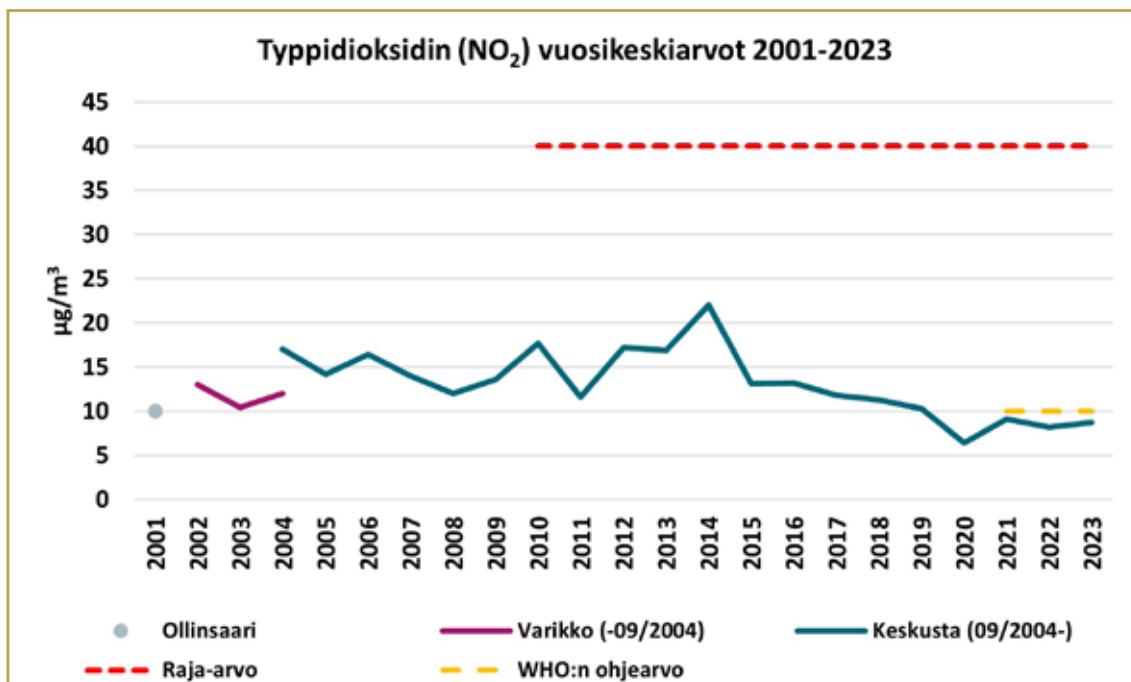
Taulukko 13: Typen oksidien vuosikeskiarvon kriittinen taso sekä alempi ja ylempi arviointikynnys metsä- ja maaseutualueilla (VNa 79/2017).

NO _x (1 v)	Kriittinen taso ^{1,2)}	Alempi arviointikynnys	Ylempi arviointikynnys
Numeerinen arvo	30 µg/m ³	65 % (19,5 µg/m ³)	80 % (24 µg/m ³)
1) Mittaustuloksia yhdistettäessä ja tilastollisia tunnuslukuja laskettaessa on noudatettava asetuksen VNa 79/2017 liitteen 9 perusteita 2) Lämpötilassa 293 K, paineessa 101,3 kPa			

8.2. Typen oksidien mittausten historiaa

Typen oksideita on mitattu Raahessa vuodesta 2001 lähtien, jolloin mittauslaite sijaitsi osan vuotta Ollinsaarella. Vuonna 2002 mittauslaite siirrettiin kaupungin varikolla sijainneelle mittausasemalle, ja syyskuussa 2004 Keskustan mittausasemalle.

Mittaushistorian aikana typpidioksidipitoisuudet ovat vaihdelleet tasaisesti 10-20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ välillä (kaavio 7), eivätkä vuosikeskiarvopitoisuudet ole ylittäneet asetettua raja-arvoa koko mittausjakson aikana. Viime vuosina pitoisuudet ovat olleet alle 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Kaavio 7: Typpidioksidin vuosikeskiarvot 2001-2023. Kuvaajaan on merkitty myös vuodesta 2010 lähtien voimassa ollut raja-arvo (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ja vuodesta 2021 lähtien voimassa ollut WHO:n ohjearvo (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).



8.3. Typpimittaukset vuonna 2023

Raahessa typen oksideja mitataan jatkuva-toimisesti Keskustan mittausasemalla kemiluminesenssiin perustuvalla Environnement AC32M -mittauslaitteella.

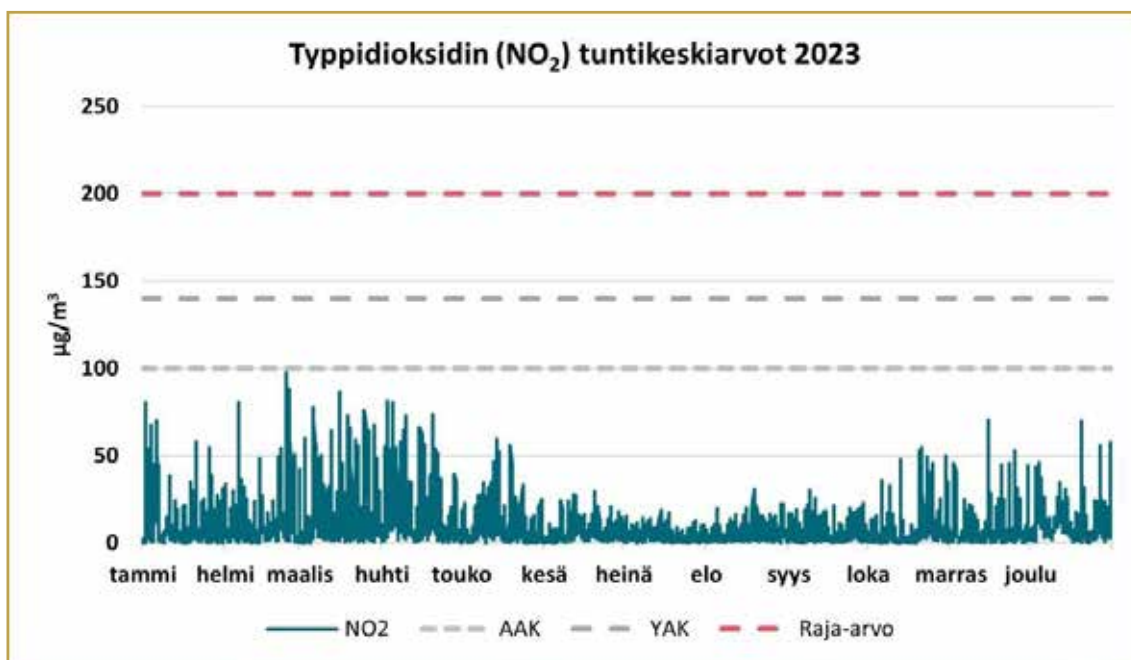
Vuonna 2023 mittaukset sujuivat ilman suurempia katkoksia, sillä vuoden aikana sattui vain muutamia korkeintaan parin tunnin pituisia keskeytyksiä laitteiston kalibrointien ja huoltojen vuoksi. Koko vuoden tunneista on hyväksyttyä tuntidataa 99,8 %.

Kaaviossa 8 on Keskustan asemalla mitatut typpidioksidin tuntikeskiarvot. Typpidioksidipitoisuudet ovat suurempia talvella pakkausaikaan, kun ilman laimentumisolosuhteet ovat heikommat. Tuntikeskiarvon raja-arvo on $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, joka saa ylittyä 18 kertaa vuodessa. Kaaviosta nähdään, että vuonna 2023 typpidioksidipitoisuus ei ylittänyt kertaakaan raja-arvoa.

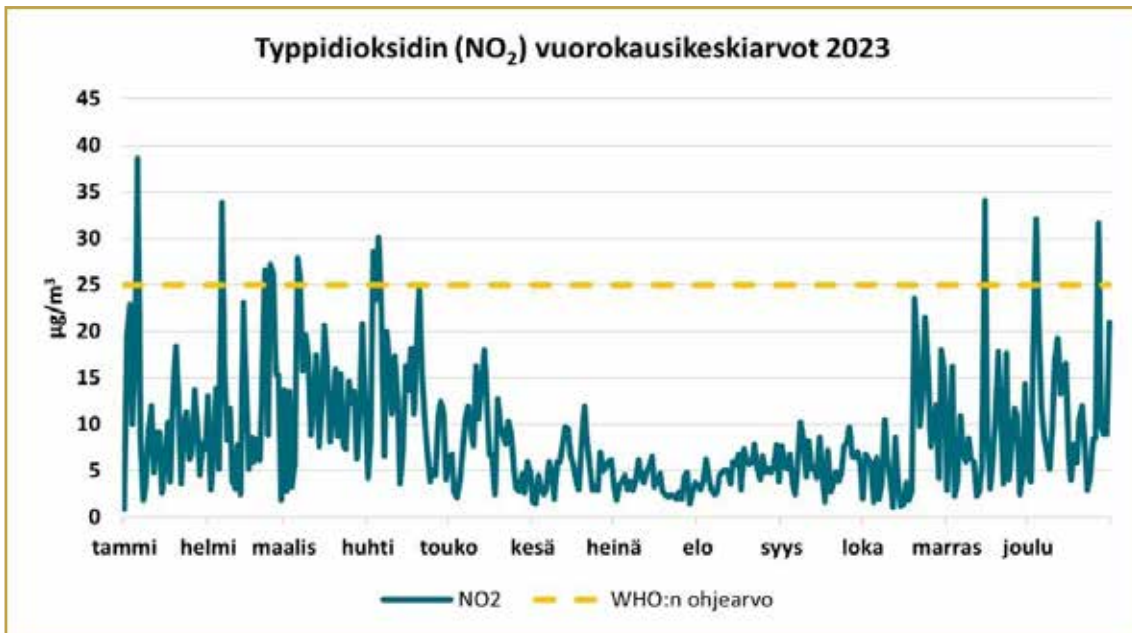
Kaaviossa 9 on esitetty typpidioksidin vuorokausikeskiarvot sekä WHO:n ohjearvo. Vuorokausiarvojen osalta WHO suosittaa, että ohjearvoa noudatetaan 99-prosenttisesti, mikä tarkoittaa, että arvo saa ylittyä kolme kertaa. Vuonna 2023 yksittäisiä ylityksiä tuli 12 kpl, joten WHO:n vuorokausiohjearvo on ylittynyt.

Kaavioon 10 on koottu typpidioksidin vuosikeskiarvoja 2014 alkaen, jonka perusteella viime vuosina NO_2 -pitoisuudet ovat vakiintuneet samalle tasolle alittaen WHO:n ohjearvon. Vuonna 2020 NO_2 :n normaalia pienempiin pitoisuuksiin vaikutti keskimääräistä lämpimämpi talvi ja covid19:n aiheuttamat rajoitukset, mitkä vähensivät liikennettä. Kaikki taulukossa esitetyt arvot ovat selvästi pienempiä kuin raja-arvo $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

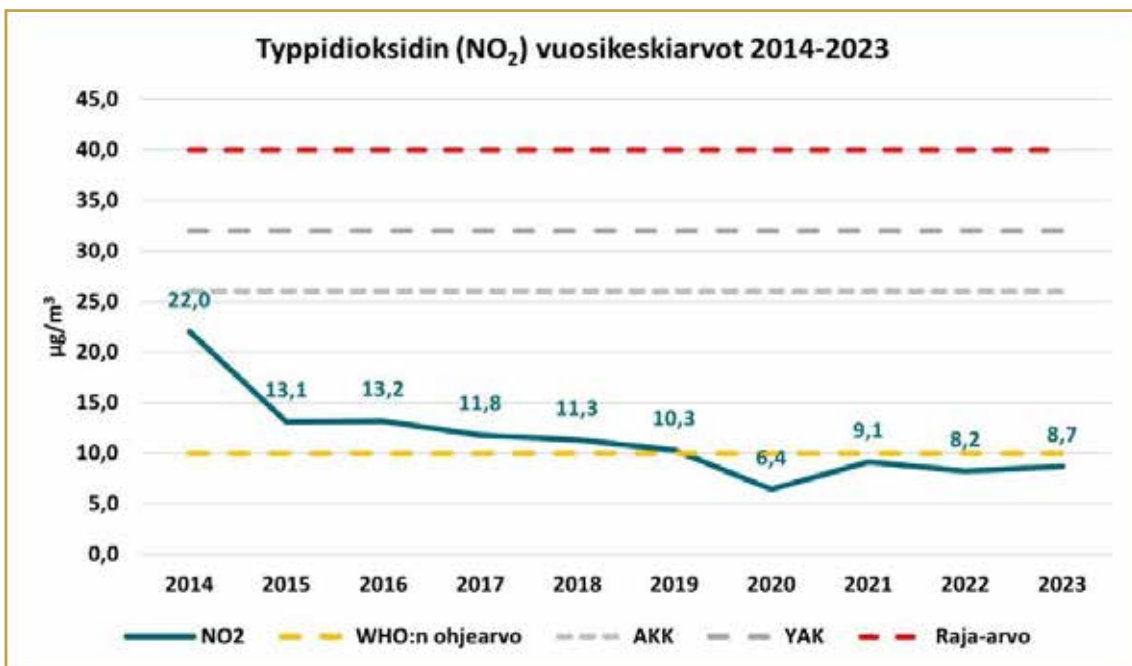
Kaavioissa 11-12 on esitetty typpidioksidin tuntiohjearvoon (kuukauden tuntiarvojen 99 % -piste) ja vuorokausikeskiarvoon (kuukauden toiseksi korkein vuorokausiarvo) verrannolliset pitoisuudet kuukausittain vuonna 2023 sekä vertailun vuoksi vuosien 2020, 2021 ja 2022 arvot. Kaikkina näinä vuosina tuntiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet vaihtelivat välillä $12 - 98 \mu\text{g}/\text{m}^3$, joten ohjearvon ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ylityksiä ei tullut. Vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet vaihtelivat välillä $5 - 54 \mu\text{g}/\text{m}^3$, joten nekään eivät ylittäneet ohjearvoa ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) kaaviossa esitettyinä vuosina.



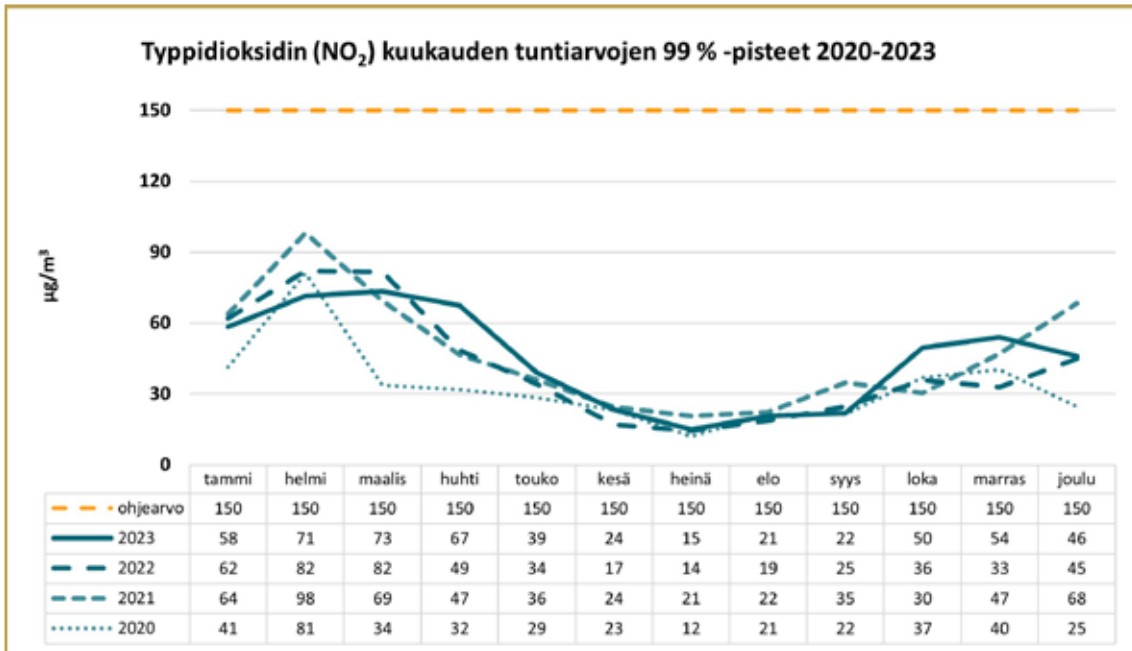
Kaavio 8: Typpidioksidin (NO_2) tuntikeskiarvot Keskustassa. Kaavioon on merkitty myös tuntikeskiarvon raja-arvon ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) alempi arviointikynnys ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja ylempi arviointikynnys ($140 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



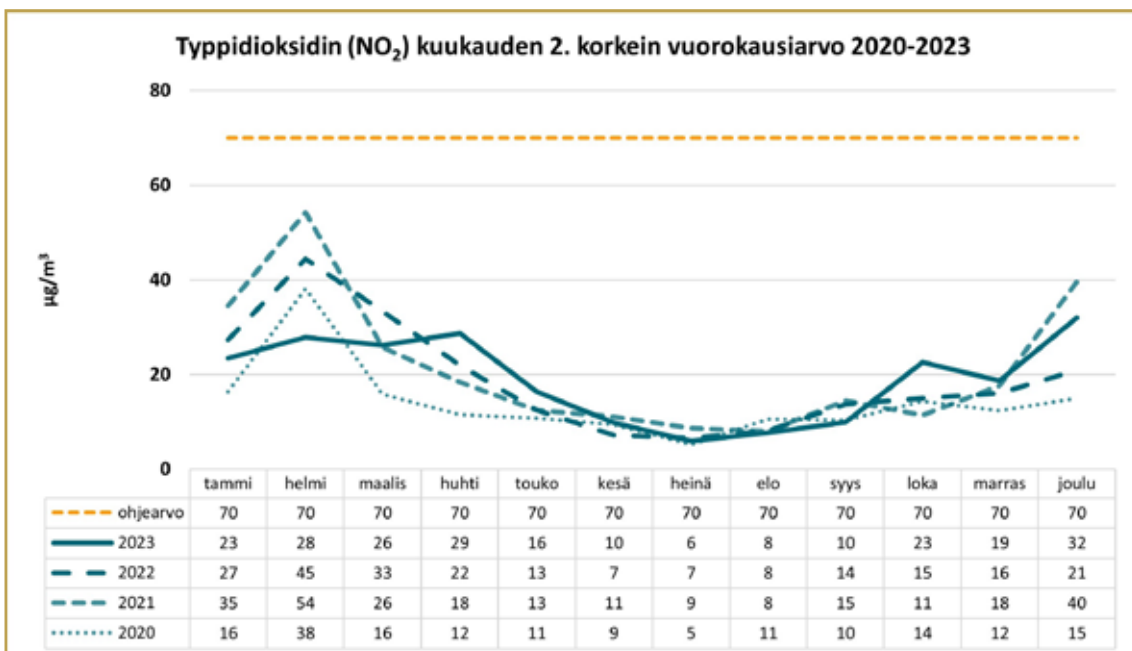
Kaavio 9: Typpidioksidin (NO₂) vuorokausikeskiarvot Keskustassa. Kaavioon on merkitty myös WHO:n ohjearvo (25 µg/m³), joka saa ylittyä kolme kertaa



Kaavio 10: Typpidioksidin (NO₂) vuosikeskiarvot Keskustassa. Kaavioon on merkitty myös vuosikeskiarvon raja-arvo (40 µg/m³), alempi arviointikynnys (26 µg/m³), ylempi arviointikynnys (32 µg/m³) ja WHO:n ohjearvo (10 µg/m³).



Kaavio 11: Typpidioksidin tuntiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet kuukausittain vuosina 2020-2023 Keskustassa. Kaavioon on merkitty myös ilmanlaatuasetuksen ohjearvo (150 µg/m³).

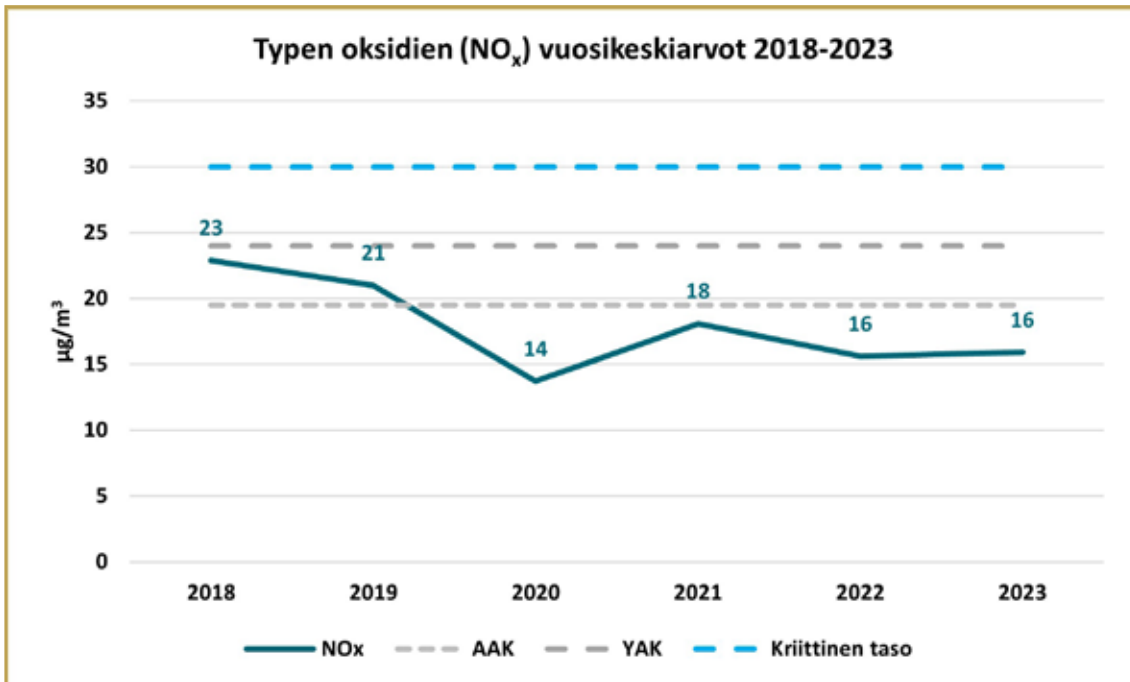


Kaavio 12: Typpidioksidin vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet kuukausittain vuosina 2020-2023 Keskustassa. Kaavioon on merkitty myös ilmanlaatuasetuksen ohjearvo (70 µg/m³).

Raportin liitteessä 1 on koottuna yhteenvertomaisesti typpidioksidin edellä olevien kaavioiden lukuarvot kuukausitasolla tarkasteltuna.

Typen oksideille on määritelty metsä- ja maaseutualueilla kasvillisuuden suojelemiseksi vuosikeskiarvon kriittinen taso 30 µg/m³. Kaa-

viossa 13 on esitetty typen oksidien vuosikeskiarvot viideltä vuodelta. Vuonna 2023 keskiarvo oli 15,9 µg/m³. Raaha ei kaupunkina ole lain määrittelemä metsä- tai maaseutualue, mutta pitoisuuksia seurataan kasvillisuuden takia. Typen oksidipitoisuudet ovat laskeneet viime vuosina lähes samassa suhteessa typpidioksidipitoisuuksien kanssa.



Kaavio 13: Typen oksidien (NO_x) vuosikeskiarvot Keskustassa. Kaavioon on merkitty myös kriittinen taso (30 µg/m³), alempi arviointikynnys (19,5 µg/m³) ja ylempi arviointikynnys (24 µg/m³).

9. RIKKIDIOKSIDI (SO₂)

Rikkidioksidiä mitataan jatkuvatoimisesti Lapaluodon asemalla, koska rikkidioksidiä muodostuu merkittävimmin teollisuuden vaikutuksesta. Vuonna 2023 rikkidioksidilla ei tapahtunut yhtään raja-arvon ylitystä. Koko vuoden mittaustuloksia on käytettävissä 99,8 %, mikä täyttää lainsäädännön vaatimukset ajallisesta kattavuudesta vuosikeskiarvon osalta. Viime vuoden tarkemmat tulokset löytyvät kappaleesta 9.3.

Rikkidioksidi (SO₂) on vesiliukoinen, väritön ja suurissa pitoisuuksissa kitkerän hajuinen, ärsyttävä kaasu. Rikkidioksidi on peräisin teollisuudesta ja energiantuotannosta, ja tieliikenteen osuus päästöistä on pieni.

Rikkidioksidi pitoisuudet laskivat voimakkaasti erityisesti 1980-luvulla, jolloin rikkidioksidi päästöjä alettiin rajoittaa happosateiden aiheuttamien metsävaurioiden ja vesistöjen happamoitumisten takia.

9.1. Rikkidioksidi pitoisuudet lainsäädännössä

Ilmanlaatuasetuksen mukaisesti rikkidioksidiille on määritetty seuraavat raja-arvot tunti- ja vuorokausipitoisuuksille sekä vuorokausiarvon ylempi ja alempi arviointikynnys (taulukot 14 ja 15), jotka ovat olleet voimassa 1.1.2005 alkaen. Raja-arvon lisäksi on annettu varoituskynnysarvo, joka on 500 µg/m³ mitattuna kolmen peräkkäisen

tunnin aikana. Varoituskynnysarvon ylittyessä lyhytaikainenkin altistuminen voi vaarantaa ihmisen terveyttä. Vuodesta 1996 alkaen on ollut voimassa ohjearvot rikkidioksidin kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipisteelle sekä kuukauden toiseksi suurimmalle vuorokausiarvolle.

Ennen vuotta 2005 on ollut voimassa vuosikeskiarvolle ohjearvo $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, joka on korvattu tunti- ja vuorokausikeskiarvojen raja-arvoilla. Metsä- ja maaseutualueille on kuitenkin kasvillisuuden ja ekosysteemin suojelemiseksi määritelty vuosikeskiarvolle ns. kriittisen tason raja-arvo $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (taulukko 16), joka on ollut voimassa 15.8.2001 alkaen. Raahe ei kaupunkina ole lain määrittelemä metsä- tai maaseutualue, mutta pitoisuuksia seurataan kasvillisuuden takia.

WHO:n uudistuneissa ohjearvoissa rikkidioksidin vuorokausiarvoa nostettiin $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$:stä tasolle $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, koska tutkimuksissa on saatu poissulkevaa näyttöä terveysvaikutuksista alhaisilla tasoilla. Lisäksi WHO on määritellyt ohjearvon $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rikkidioksidin 10 minuutin keskiarvolle.

Taulukko 14: Rikkidioksidin tuntikeskiarvon raja-arvo ja ohjearvo (VNa 79/2017, VNp 480/1996).

SO ₂ (1 h)	Raja-arvo ^{1,2)}	Ohjearvo ³⁾
Numeerinen arvo	$350 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$250 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Sallittujen ylitysten määrä	24 kpl	

1) Mittaustuloksia yhdistettäessä ja tilastollisia tunnuslukuja laskettaessa on noudatettava asetuksen VNa 79/2017 liitteen 9 perusteita
 2) Lämpötilassa 293 K, paineessa 101,3 kPa
 3) Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste, (20 °C, 1 atm)

Taulukko 15: Rikkidioksidin vuorokausikeskiarvon raja-arvo, alempi ja ylempi arviointikynnys, ohjearvo (VNa 79/2017, VNp 480/1996) sekä WHO:n ohjearvot.

SO ₂ (1 vrk)	Raja-arvo ^{1,2)}	Alempi arviointikynnys	Ylempi arviointikynnys	Ohjearvo ^{3,4)}	WHO:n ohjearvo ⁵⁾
Numeerinen arvo	$125 \mu\text{g}/\text{m}^3$	40 % ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	60 % ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	$80 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Sallittujen ylitysten määrä	3 kpl	3 kpl	3 kpl		3 kpl

1) Mittaustuloksia yhdistettäessä ja tilastollisia tunnuslukuja laskettaessa on noudatettava asetuksen VNa 79/2017 liitteen 9 perusteita
 2) Lämpötilassa 293 K, paineessa 101,3 kPa
 3) 20 °C, 1 atm
 4) Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
 5) 10 minuutin WHO:n ohjearvo on $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Taulukko 16: Rikkidioksidin vuosikeskiarvon ja talvikauden (1.10.–31.3.) kriittinen taso sekä alempi ja ylempi arviointikynnys metsä- ja maaseutualueille (VNa 79/2017, VNp 480/1996).

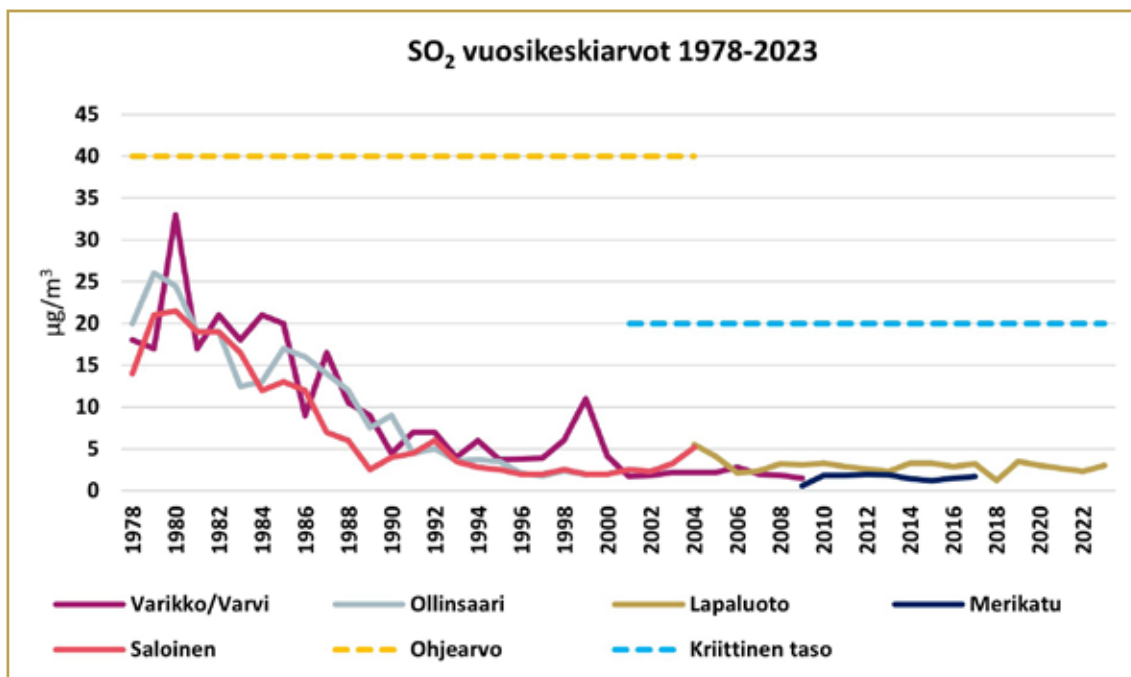
SO ₂ (1 v ja talvikausi ¹⁾) ²⁾ metsä ja maaseutualue	Kriittinen taso ³⁾	Alempi arviointikynnys	Ylempi arviointikynnys
Numeerinen arvo	$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	40 % ($8 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	60 % ($12 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

1) 1.10.-31.3.
 2) Mittaustuloksia yhdistettäessä ja tilastollisia tunnuslukuja laskettaessa on noudatettava asetuksen VNa 79/2017 liitteen 9 perusteita
 3) Lämpötilassa 293 K, paineessa 101,3 kPa

9.2. Rikkidioksidimittausten historiaa

Rikkidioksidimittaukset ovat olleet Raahen ilmanlaadun seurannassa ensimmäiset jatkuvatoimiset mittaukset, jotka on aloitettu jo vuonna 1977 (kaavio 14). Alussa seuranta-asemia oli kolme, mutta vuosien aikana niitä on pystytty karsimaan laitteiden vanhentuessa ja mittausasemia lakkautettaessa, koska pitoisuustasot ovat olleet niin pienet.

Viimeisin siirto on tehty vuonna 2004, jolloin vuosikymmeniä Saloisissa sijainnut mittalaitte siirrettiin Lapaluotoon. Merikadulla tehdyt mittaukset lopetettiin 2017, kun mittausasema lakkautettiin. Tällä hetkellä rikkidioksidia mitataan siis vain Lapaluodossa.



Kaavio 14: Rikkidioksidin vuosikeskiarvot 1978-2023. Kuvaajaan on merkitty myös 2004 saakka voimassa ollut ohjearvo (40 µg/m³) sekä vuodesta 2001 lähtien metsä- ja maaseutualueilla voimassa ollut kriittinen taso (20 µg/m³).



9.3. Rikkidioksidimittaukset vuonna 2023

Raahessa rikkidioksidia mitataan jatkuvatoimisesti Lapaluodon mittausasemalla UV-fluoresenssiin perustuvalla Thermo Electron model 43i –mittauslaitteella. Vuonna 2023 mittauksissa oli muutamia korkeintaan parin tunnin kestäneitä mittauskatkoja, jotka johtuivat huolloista ja kalibroinneista. Koko vuoden tuntidataa on käytettävissä 99,8 %.

Kaavioissa 15–17 on rikkidioksidin tunti- ja vuorokausikeskiarvot viime vuodelta, sekä vuosikeskiarvot vuosilta 2014–2023. Vuonna 2023 rikkidioksidin korkein mitattu tuntiarvo oli 196,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Vuoden aikana ei mitattu yhtään ilmanlaatuasetuksen mukaista tuntiohjearvon tai tuntiraja-arvon ylitystä. Vuorokausikeskiarvon raja-arvon ylityksiä ei myöskään ollut yhtään vuoden aikana. WHO:n vuorokausikeskiarvon ohjearvo ylittyy yhtenä päivänä, mutta tätä ei lasketa vielä ylitykseksi, koska ohjearvo katsotaan ylittyneeksi vasta kolmen ylityspäivän jälkeen.

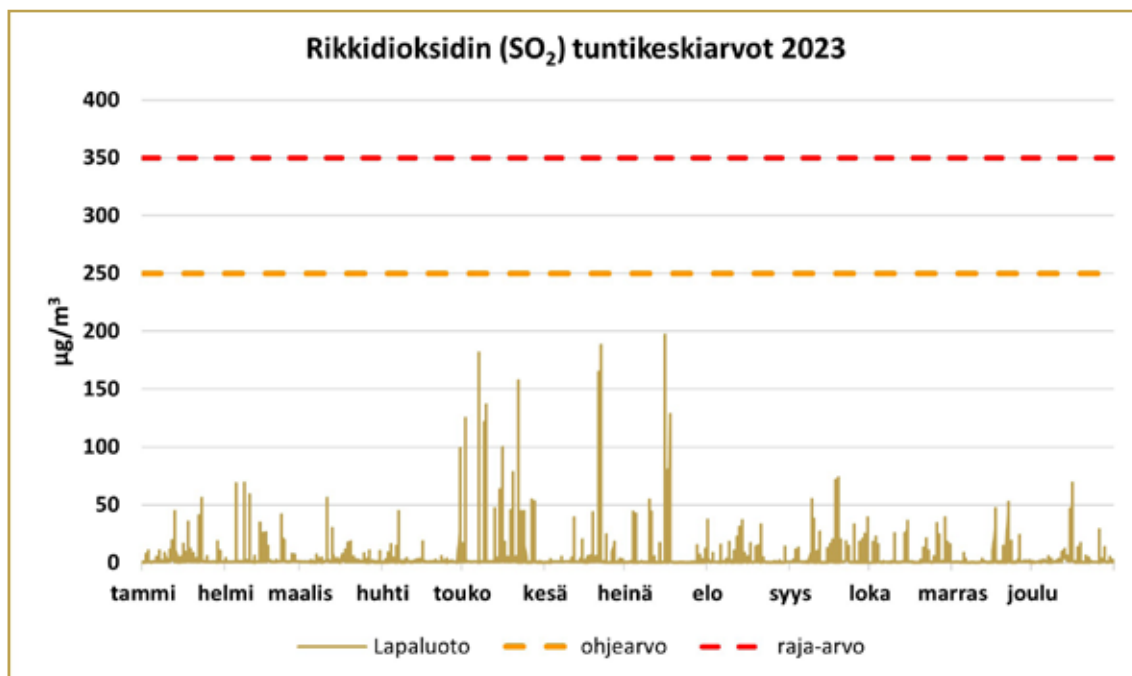
Vuonna 2023 rikkidioksidin vuosikeskiarvo on samaa tasoa kuin aiempina vuosina. Vuosikes-

kiarvon kriittinen taso (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) on huomattavasti suurempi, kuin mitattu 3,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

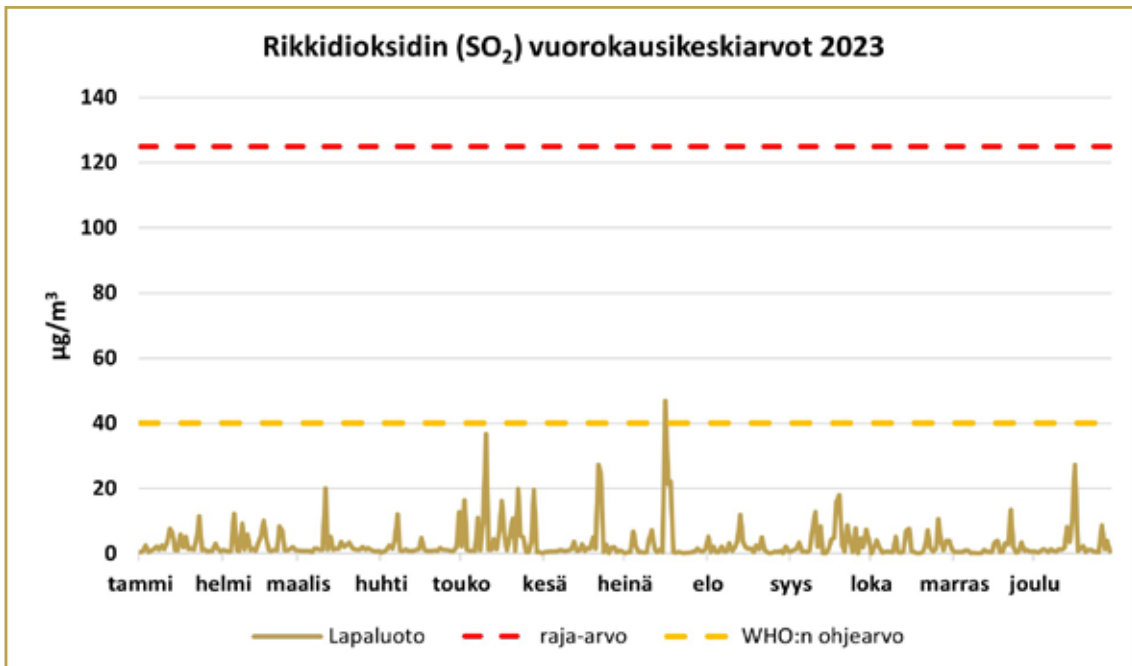
Kaaviossa 18 on esitetty rikkidioksidin 10 minuutin keskiarvot vuonna 2023. Kaaviossa nähdään, että suurin 10 minuutin keskiarvo on 286,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mikä on reilusti alle WHO:n asettaman ohjearvon (500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Kaavioissa 19 ja 20 on esitetty rikkidioksidin tuntiohjearvoon (kuukauden tuntiarvojen 99 % -piste) ja vuorokausikeskiarvoon (kuukauden toiseksi korkein vuorokausiarvo) verrannolliset pitoisuudet kuukausittain neljältä vuodelta. Tuntiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet vaihtelivat vuonna 2023 välillä 24 – 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, joten ohjearvo (250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ei ylittynyt. Vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet vaihtelivat vuonna 2023 välillä 4– 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, joten myöskään tuntiohjearvo (80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ei ylittynyt.

Raportin liitteessä 2 on koottuna yhteenvetomaisesti rikkidioksidin seuraavien kaavioiden lukuarvot kuukausitasolla tarkasteltuna.



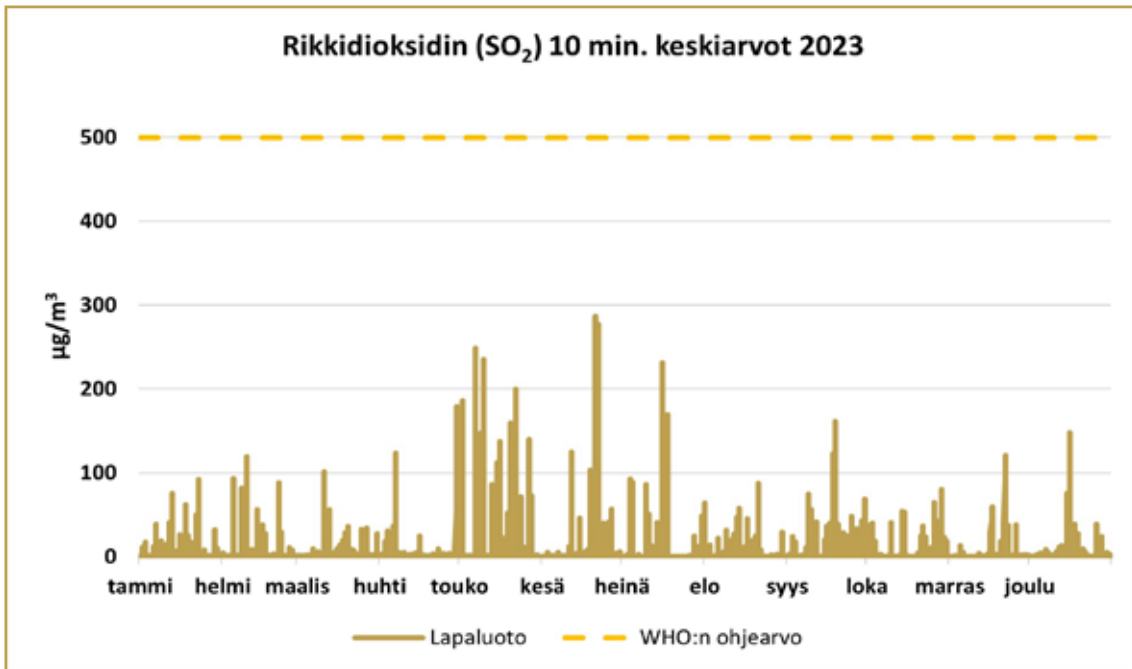
Kaavio 15: Rikkidioksidin tuntikeskiarvot Lapaluodossa sekä ilmanlaatuasetuksen mukaiset tuntikeskiarvon ohjearvo (250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ja raja-arvo (350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).



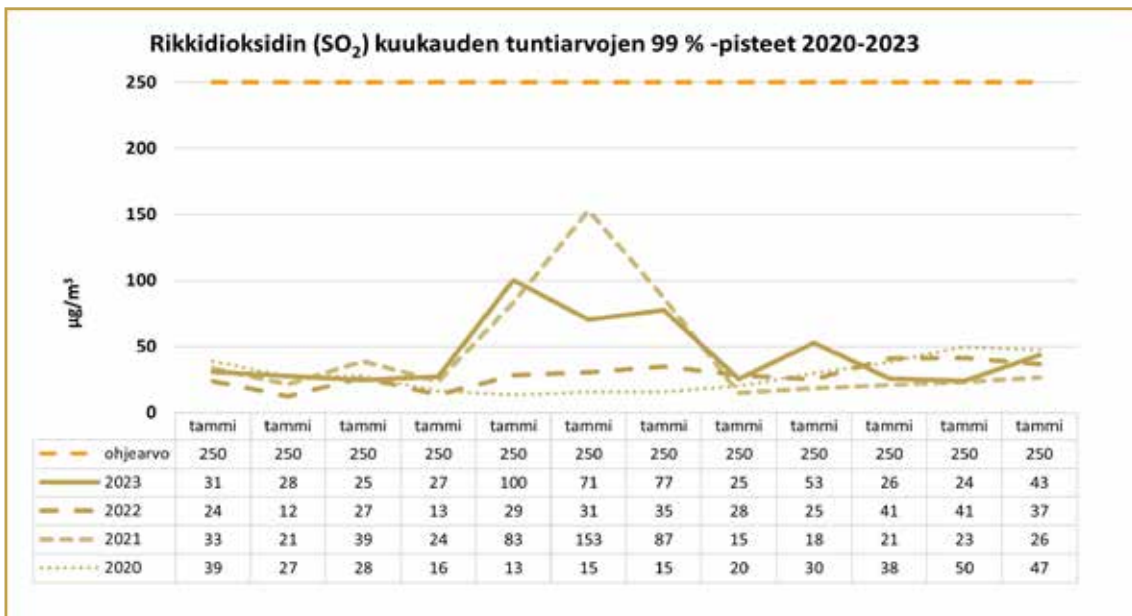
Kaavio 16: Rikkidioksidin vuorokausikeskiarvot Lapaluodossa sekä vuorokausikeskiarvon raja-arvo (125 µg/m³) ja WHO:n ohjearvo (40 µg/m³).



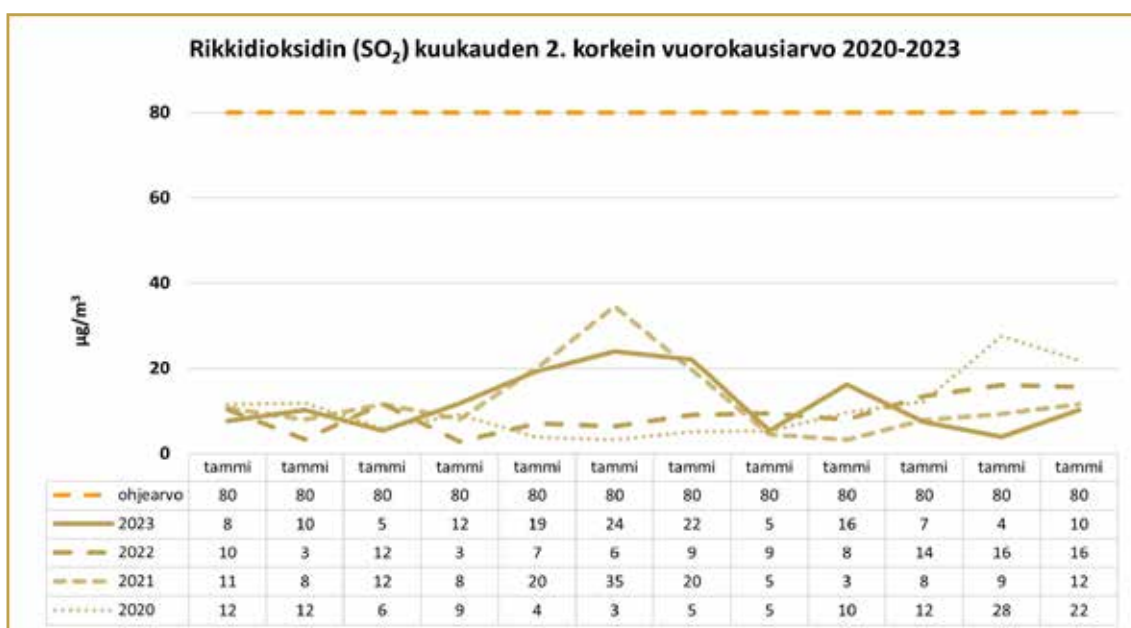
Kaavio 17: Rikkidioksidin vuosikeskiarvot Lapaluodossa 2014–2023. Vuosikeskiarvon kriittinen taso (20 µg/m³) on huomattavasti suurempi, kuin aikajakson suurin arvo.



Kaavio 18: Rikkidioksidin 10 minuutin keskiarvot ja WHO:n ohjearvo (500 µg/m³).



Kaavio 19: Rikkidioksidin tuntiarvoon verrannolliset pitoisuudet 2020-2023 kuukausittain Lapaluodossa. Kaavioon on merkitty myös ilmanlaatuasetuksen ohjearvo (250 µg/m³).



Kaavio 20: Rikkidioksidin vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet kuukausittain 2020-2023 Lapaluodossa. Kaavioon on merkitty myös ilmanlaatuasetuksen ohjearvo (80 µg/m³).

10. HIUKKASET (PM₁₀)

Hiukkasia mitataan jatkuvatoimisesti sekä Keskustan että Lapaluodon asemilla, mutta vuonna 2023 Lapaluodossa oli ongelmia mittalaitteen virtauksen kanssa ja tulokset on hylätty koko vuoden osalta. Hiukkasia muodostuu teollisuuden ja liikenteen prosesseissa sekä luonnonilmiöiden seurauksena. Vuoden aikana sattui yhteensä neljä vuorokausiraja-arvon ylitystä Keskustassa. Lain mukaisesti vuorokausiraja-arvon ylityksiä saa tapahtua vuoden aikana 35 kertaa. Ylitykset tapahtuivat Keskustassa huhti-toukokuussa, jolloin katupölyn määrä on suurimmillaan. Hiukkasten vuosikeskiarvo ei ylittynyt. Koko vuoden mittaustietoja on käytettävissä Keskustassa 97,2 % vuoden tunneista, mitkä täyttävät lainsäädännön vaatimuksen ajallisesta kattavuudesta. Viime vuoden tarkemmat tulokset löytyvät kappaleesta 10.3.

Raahessa mitataan ilmanlaadun mittauksissa hengitettäviä hiukkasia (PM₁₀), jotka ovat halkaisijaltaan alle 10 mikrometrin (µm) kokoisia. Nimensä mukaisesti ne voivat kulkeutua hengitettäessä suoraan hengityselimiin. Polttoaineiden palamisessa syntyy myös pienhiukkasia (PM_{2,5}), joiden halkaisija on alle 2,5 µm. Pienhiukkaset voivat kulkeutua hengitysilman mukana hengitystiehyihin.

Luonnosta peräisin olevat hiukkaset voivat olla esimerkiksi siitepölyä tai merisuolaa. Ilmanlaadussa mitataan hengitettävien hiuk-

kasten kokonaismäärän lisäksi niiden kemiallista koostumusta, joista analysoidaan niihin sitoutuneita raskasmetalleja ja hiilivetyjä.

Kaupunki-ilmassa kohonneita hiukkaspitoisuuksia esiintyy erityisesti keväällä, jolloin kuivilla ilmoilla liikenne nostaa ilmaan jauhautunutta hiekoitushiekkaa ja asfalttipölyä. Katupölyn leviämisen ehkäisemiseksi on kuitenkin olemassa erilaisia keinoja, kuten teiden puhdistamisessa käytettävät menetelmät ja puhdistamisen ajoitus esim. sateisten päivien jälkeen.



10.1. Hiukkaspitoisuudet lainsäädännössä

Hengitettävien hiukkasten raja-arvot (taulukot 17–18) ovat olleet voimassa 1.1.2005 alkaen. Tätä ennen on ollut käytössä vuosikeskiarvon tavoiteraja-arvo $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vuoteen 1995 saakka ja vuosina 1996–1999 ohjearvo $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

WHO:n uudistuneissa ohjearvoissa hengitettävien hiukkasten vuosiohjearvo putosi aiemmasta $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$:sta tasolle $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Uusi vuorokausiohjearvo on $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$, jossa sallittujen ylitysten määrä on ainoastaan kolme kappaletta vuodessa.

Taulukko 17: Hengitettävien hiukkasten vuorokausikeskiarvon raja-arvo, ohjearvo, alempi ja ylempi arviointikynnys (VNa 79/2017, VNp 480/1996) sekä WHO:n ohjearvo.

PM ₁₀ (1 vrk)	Raja-arvo ^{1,2)}	Alempi arviointikynnys	Ylempi arviointikynnys	Ohjearvo ^{3,4)}	WHO:n ohjearvo
Numeerinen arvo	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	50 % ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	75 % ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	$70 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$45 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Sallittujen ylitysten määrä	35 kpl	35 kpl	35 kpl		3 kpl

- 1) Mittaustuloksia yhdistettäessä ja tilastollisia tunnuslukuja laskettaessa on noudatettava asetuksen VNa 79/2017 liitteen 9 perusteita
- 2) Ulkoilman lämpötilassa ja paineessa
- 3) Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
- 4) $20 \text{ }^\circ\text{C}$, 1 atm

Taulukko 18: Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvon raja-arvo, ohjearvo, alempi ja ylempi arviointikynnys (VNa 79/2017, VNp 480/1996) sekä WHO:n ohjearvo.

PM ₁₀ (1 v)	Raja-arvo ^{1,2)}	Alempi arviointikynnys	Ylempi arviointikynnys	WHO:n ohjearvo
Numeerinen arvo	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	50 % ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	70 % ($28 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	$15 \mu\text{g}/\text{m}^3$

- 1) Mittaustuloksia yhdistettäessä ja tilastollisia tunnuslukuja laskettaessa on noudatettava asetuksen VNa 79/2017 liitteen 9 perusteita
- 2) Ulkoilman lämpötilassa ja paineessa

10.2. Hiukkasmittausten historiaa

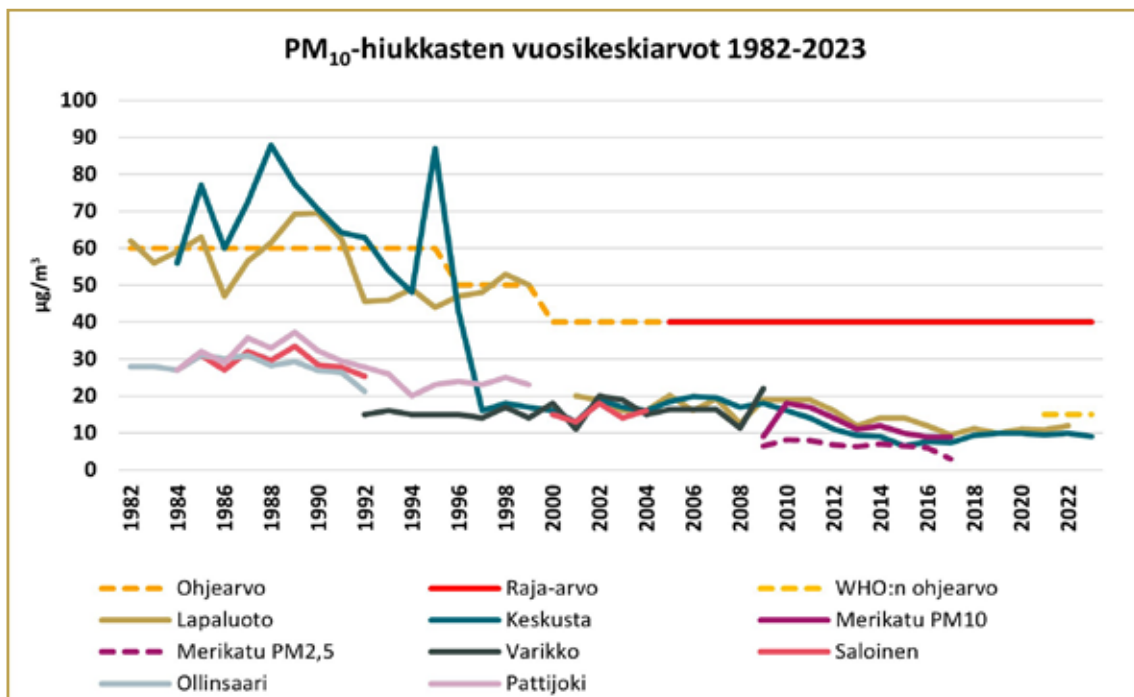
Hiukkasten mittaaminen on aloitettu 1980-luvun alussa jolloin hiukkasista alettiin seurata kokonaisleijumaa, metalleja ja polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä eli PAH-yhdisteitä eripuolilla kaupunkia. 1997 siirryttiin Keskustassa ja Varikolla hengitettävien hiukkasten mittauksiin, kun hankittiin laitteet PM_{10} -hiukkasten (eli alle 10 μm) määrittämiseksi. 2004 luovuttiin kokonaisleijuman mittaamisesta, kun myös Lapaluotoon ja Saloisiin hankittiin PM_{10} -laitteet.

Hiukkaspitoisuuksissa sekä hiukkaista mitattavissa raskasmetallipitoisuuksissa näkyy selkeä lasku vuoden 2011 jälkeen, jolloin terästehtaalla ollut sintraamo suljettiin. Sintraamon sulkeminen voitiin Raahessa havaita selkeästi myös visuaalisesti, sillä talvisin lumi pysyi paljon valkoisempana kuin aikaisemmin.

Pienhiukkasia $PM_{2,5}$ on mitattu Raahessa vuoden mittaisella kampanjalla Pyymäellä 1997–1998 sekä jatkuvatoimisesti Merikadun mittausasemalla 2009–2017. Pienhiukkasten mittaus lopetettiin Merikadun aseman lakauttamisen yhteydessä vuoden 2017 päätteeksi. Jatkossa, vuodesta 2024 alkaen, pienhiukkasia mitataan Keskustassa.

Kaavioon 21 on koottu hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvot vuodesta 1982 lähtien. On kuitenkin huomioitava, että vanhat tulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia keskenään, vaan tulosten vaihtuvuutta tulee tarkastella suuntaa-antavana.

1990-luvulla mittausjaksoissa on ollut lyhempiä mittausjaksoja mm. laitevioletta johtuen tai mittausaseman paikkaa on siirretty kesken vuoden. Esimerkiksi Keskustan mittauspiste on sijainnut ennen nykyistä sijaintiaan vuosina 1984–1996 linja-autoaseman katolla ja 1996–2003 entisen Hittimaan (nyk. Kuntokeskus Raahel) katolla. Lisäksi osa tuloksista on mitattu kokonaisleijumana (TSP), ja viime vuosien tulokset PM_{10} -hiukkaskeräimellä. Keskustassa ja Varikolla PM_{10} -mittauksiin siirryttiin vuonna 1997 sekä Saloissa ja Lapaluodossa vuonna 2004. Varikon mittaukset siirrettiin Merikadulle 2009, joten molemmissa paikoissa mittaukset kestivät vain osan vuodesta. Alla olevaan kuvaajaan on sisällytetty myös Merikadulla mitatut pienhiukkaspitoisuudet $PM_{2,5}$, jotka on jätetty pois seuraavan kappaleen taulukoista ja kuvaajista. Vanhoja pienhiukkastuloksia voi tarkastella aikaisempien vuosien raporteista.



Kaavio 21: Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvot 1982-2023.

10.3. Hengitettävät hiukkaset 2023

Raahessa hiukkasia mitataan molemmilla mittausasemilla. Jatkuvatoimisesti määritetään hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) kokonaispitoisuutta värähtelevään mikrovaakaan perustuvalla Teomin mittalaitteella. Keskustassa laitteen malli on 1400A ja Lapaluodossa 1400 AB. Näiden lisäksi molemmilla mittausasemilla on Leckel SEQ 47/50 -keräimet, jotka keräävät tasaisin väliajoin vuorokauden ajan ympäröivää ilmaa suodattimille, jotka lähetetään laboratorioon ja joista mitataan PAH-yhdisteitä tai raskasmetalleja. Näitä tuloksia on käsitelty omissa kappaleissaan.

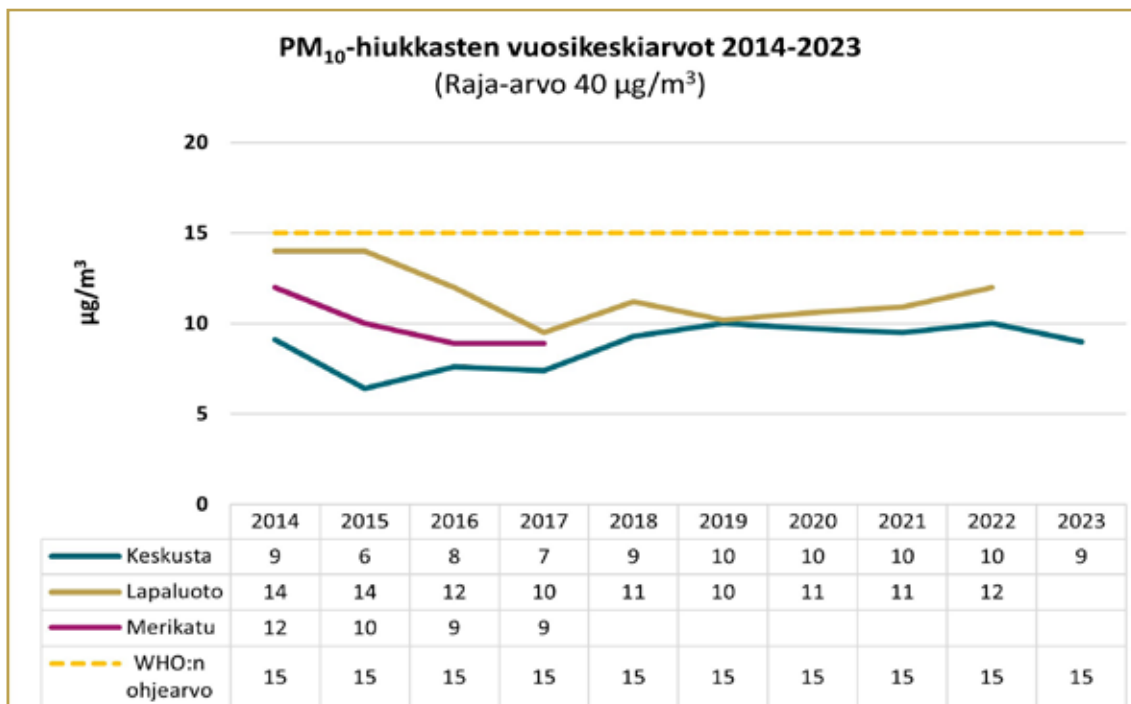
Lapaluodon hiukkasanalysointitoiminnassa havaittiin heti alkuvuodesta ongelmia, kun laite omatoimisesti muutti näytevirtausta. Virtauksen muutoksia tapahtui useita vuoden aikana ja tämän vuoksi tuloksia ei voida pitää luotettavina. Lapaluodon PM₁₀-tulokset hylättiin koko vuodelta.

Lapaluodon hiukkasmittausongelmien vuoksi päätettiin Keskustaan hankkia uusi hiukkasmittauslaite Fidas 200E ja Keskustasta siirrettiin joulukuussa Teom 1400A Lapaluotoon. 2024 alkaen Keskustassa mitataan uuden laitteen myötä myös PM_{2,5}-hiukkasia.

Keskustassa vuonna 2023 hiukkasmittauksissa sattui vain muutamia lyhyitä katkoksia ja joulukuussa yksi pidempi katkos mittalaitteen vaihdon vuoksi. Koko vuoden tuntidataa on käytettävissä 97,2 %. Ajallinen kattavuus täyttää lainsäädännön vaatimuksen yli 85 %.

Kaaviossa 22 on koottu vuosikeskiarvopitoisuudet viimeisen 10 vuoden ajalta numeroarvoineen. Kaavioon perusteella nähdään, että kymmenessä vuodessa hiukkaspitoisuudet ovat pysyneet saman tasoisina ilman isoja vaihteluja. Koko vuoden keskiarvo Keskustassa 9,3 µg/m³ on selvästi alle vuosikeskiarvon raja-arvon 40 µg/m³. Myös WHO:n uudistunut ohjearvo on alitettu jokaisena vuotena viimeisen kymmenen vuoden aikana.

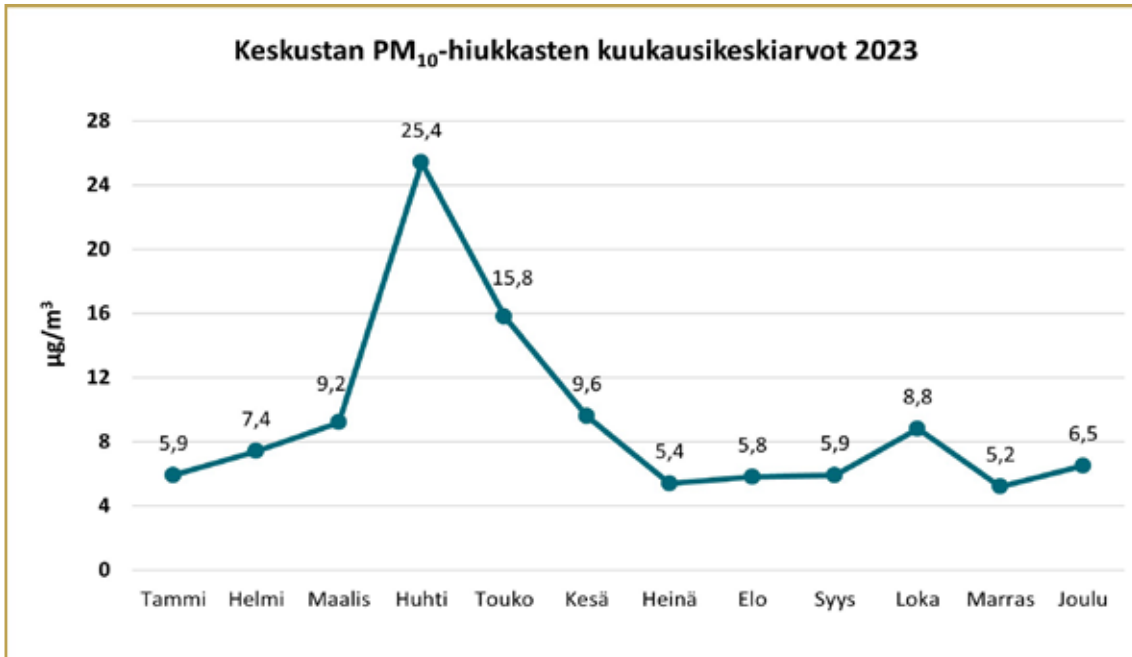
Kaaviossa 23 on hiukkaspitoisuuksien kuukausikeskiarvot, ja kaaviossa 24 on hiukkaspitoisuuksien vuorokausikeskiarvot. Hengitettävälle hiukkasille on määritelty vuorokausikohtainen raja-arvon numeroarvo 50 µg/m³, joka ylittyi vuonna 2023 Raahessa neljä kertaa. Kaikki ylitykset tapahtuivat Keskustassa huhti- ja toukokuussa. Numeroarvon sallittujen ylitysten määrä vuodessa on 35 ennen kuin raja-arvo ylittyy.



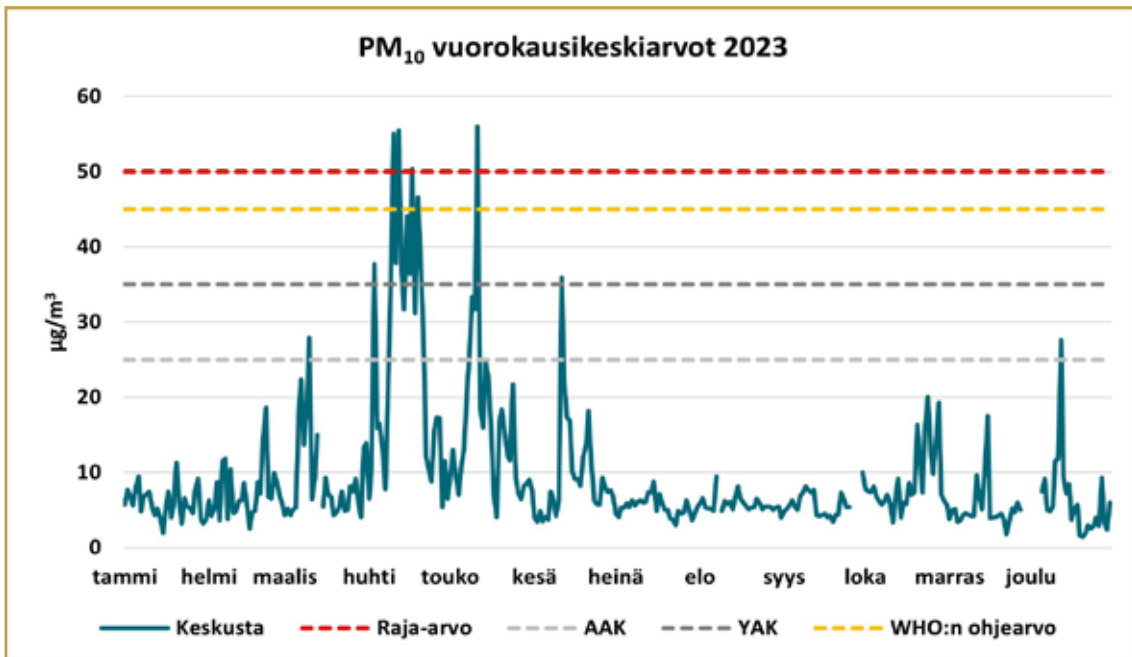
Kaavio 22: Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvot 2014–2023. Kaavioon on merkitty lisäksi WHO:n ohjearvo. Vuosikeskiarvon raja-arvo on 40 µg/m³.

Raportissa tulokset on esitetty talvi- ja kesäajassa. Ilmatieteenlaitos seuraa ja raportoi kaikki tulokset talviajassa. Talviajassa tarkasteltuna 17.4. vuorokauden keskiarvo on tasan $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, jolloin virallisesti ylityksiä on vain kolme vuoden aikana.

WHO:n ohjearvo ($45 \mu\text{g}/\text{m}^3$) kuitenkin ylittyi Keskustassa, koska siinä sallittujen numeroarvojen ylitysten määrä on kolme ja ylityksiä tapahtui vuonna 2023 viisi kertaa.



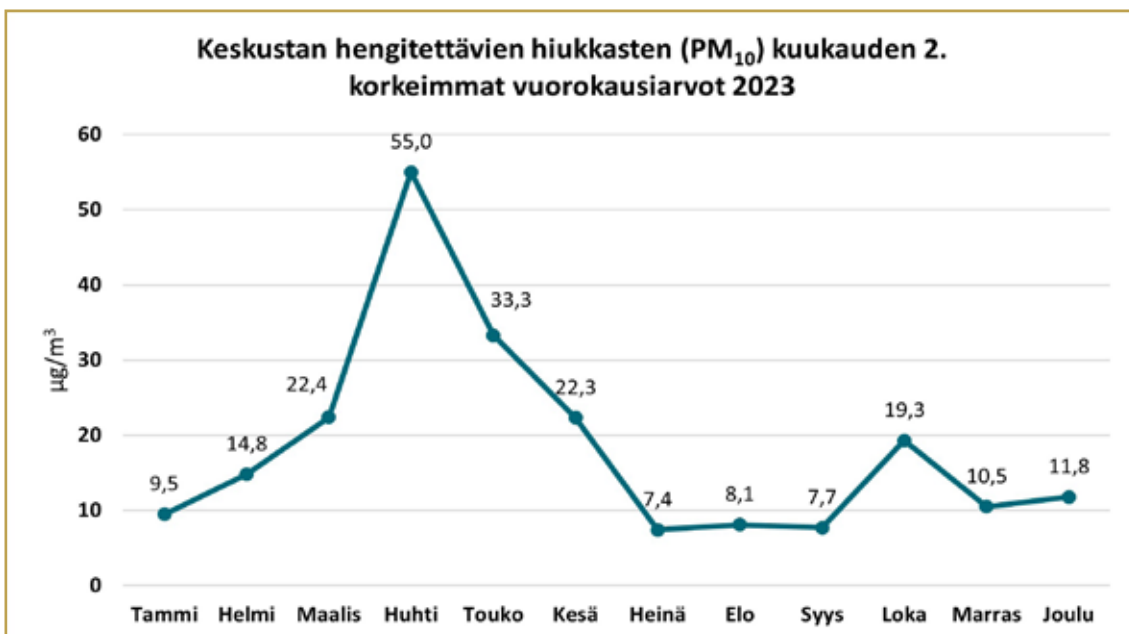
Kaavio 23: Hengitettävien hiukkasten kuukausikeskiarvot.



Kaavio 24: PM₁₀ vuorokausikeskiarvot. Vuoden aikana sattui yhteensä neljä raja-arvon ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ylitystä Keskustassa. Kaavioon on merkattu raja-arvon lisäksi ylempi (YAK, $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja alempi (AAK, $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) arviointikynnys sekä WHO:n ohjearvo ($45 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Kaaviossa 25 on esitetty hengitettävien hiukkasten vuorokausikeskiarvoon (kuukauden toiseksi korkein vuorokausiarvo) verrannolliset pitoisuudet kuukausittain vuonna 2023. Vuorokausiohjeeseen verrannolliset pitoisuudet vaihtelivat Keskustassa välillä 7-55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, joten ohjearvo (70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ei ylittynyt.

Raportin liitteeseen 3 on koottuna yhteenvedomaisesti hengitettävien hiukkasten edellä olevien kaavioiden lukuarvot kuukausitasolla tarkasteltuna. Toisin kuin typpi- ja rikkidioksidilla, hengitettävälle hiukkasille ei ole määritetty tuntiohjeeseen (kuukauden tuntiarvojen 99 %-piste) verrattavia lukuarvoja, joten näitä ei ole myöskään taulukoituna.



Kaavio 25: Hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) kuukauden 2. suurimmat vuorokausiarvot kuukausittain Keskustan mitausasemalla.



11. HIUKKASTEN SISÄLTÄMÄT PAH-YHDISTEET

PAH-yhdisteitä mitataan säännöllisinä kertaluonteisina vuorokausinäytteinä sekä Keskustassa että Lapaluodossa kerätyistä hengitettävien hiukkasten suodatinnäytteistä. PAH-yhdisteet ovat yleisnimitys polysyklisille aromaattisille hiilivedyille, joita syntyy mm. epätäydellisen palamisen seurauksena. PAH-yhdisteiden tiedetään olevan syöpävaarallisia. PAH-yhdisteiden merkkiaineena pidetään bentso(a)pyreeniä, jolle on asetettu lainsäädännössä tavoitearvo 1 ng/m^3 , joka mahdollisuuksien mukaan tulee alittaa. Lapaluodon vuosikeskiarvo oli $1,34 \text{ ng/m}^3$ ja Keskustan vuosikeskiarvo oli $0,70 \text{ ng/m}^3$. Viime vuoden tarkemmat tulokset löytyvät kaikkien PAH-yhdisteiden osalta kappaleesta 11.3.2. ja bentso(a)pyreenin osalta kappaleesta 11.3.1.

Lyhenne PAH tulee sanoista polysyklinen aromaattinen hiilivety, joten "PAH-yhdiste" on yleisnimitys tällaiselle yhdistelmäryhmälle. PAH-yhdisteitä syntyy orgaanisen aineen epätäydellisessä palamisessa, joista kaupunki-ilmassa merkittävintä on puun pienpoltto sekä tieliikenteen pakokaasut. Teollisuudessa erityisesti koksaamoilla ja valimoilla syntyy PAH-yhdisteitä. PAH-yhdisteiden tiedetään olevan karsinogeenisiä, eli syöpävaarallisia.

PAH-yhdisteet ovat kiinnittyneinä hiukkasiin, joista ne voidaan mitata keräämällä näytteitä suodattimelle ja analysoimalla suodatimmat laboratoriossa.



11.1. PAH-pitoisuudet lainsäädännössä

PAH-yhdisteiden merkkiaineena käytetään bentso(a)pyreeniä, jolle myös lainsäädännössä on määritelty ainoa PAH-yhdisteitä koskeva numeerinen rajoite. Tavoitearvo on raja-arvoa lievempi arvo, joka tulee mahdollisuuksien mukaan alittaa. Bentso(a)pyreenin tavoitearvo (taulukko 19) on annettu ns. metalliasetuksessa, joka on astunut voimaan 1.1.2013. Muista raja-arvoista poiketen metalliasetuksessa määritettyjen epäpuhtauksien tavoitearvo on kertaluokkaa pienemmässä yksikössä. Yleensä raja-arvot ovat mikrogrammaa kuutiometrissä ($\mu\text{g/m}^3$, $\mu=10^{-6}$), kun metalliasetuksen tavoitearvoille yksikkö on nanogrammaa kuutiometrissä (ng/m^3 , $n=10^{-9}$).

Taulukossa 19 on kuvattu tavoitearvon lisäksi myös ylempi- ja alempi arviointikynnys.

Bentso(a)pyreenin ajallisen kattavuuden vaatimukset on määritelty metalliasetuksessa, ja ne on koottu taulukkoon 20, johon on laskettu myös viikoittain otettavien vuorokausinäytteiden vähimmäismäärä, jotta kyseinen ajallisen kattavuuden vaatimus saavutetaan. Ajallinen kattavuus määritellään koko vuoden ajalle, jotta erilaiset ilmasto-olosuhteet ja päästöjä aiheuttavien toimintojen vaikutukset olisivat aineistossa edustavasti mukana.

Taulukko 19: Hengitettävien hiukkasten sisältämän bentso(a)pyreenin vuosikeskiarvon tavoitearvo, sekä ylempi ja alempi arviointikynnys (VNa 113/2017, VNa 79/2017)

B(a)P (1 v)	Tavoitearvo	Alempi arviointikynnys	Ylempi arviointikynnys
Numeerinen arvo	1 ng/m ³	40 % (0,4 ng/m ³)	60 % (0,6 ng/m ³)

Taulukko 20: Bentso(a)pyreenimittausten ajallisen kattavuuden vaatimukset (VnA 113/2017).

B(a)P (1 v-arvo kolmena vuotena viidestä)	Jatkuva mittaus	Suuntaa antava mittaus	Mallintaminen / päästökartoitus
Pitoisuusalue	> 0,6 ng/m ³	0,4-0,6 ng/m ³	< 0,4 ng/m ³
Ajallinen kattavuus	33 %	14 %	-
Vähimmäismäärä vuorokausinäytteitä	~2,5 krt/vko	~1 krt/vko	-

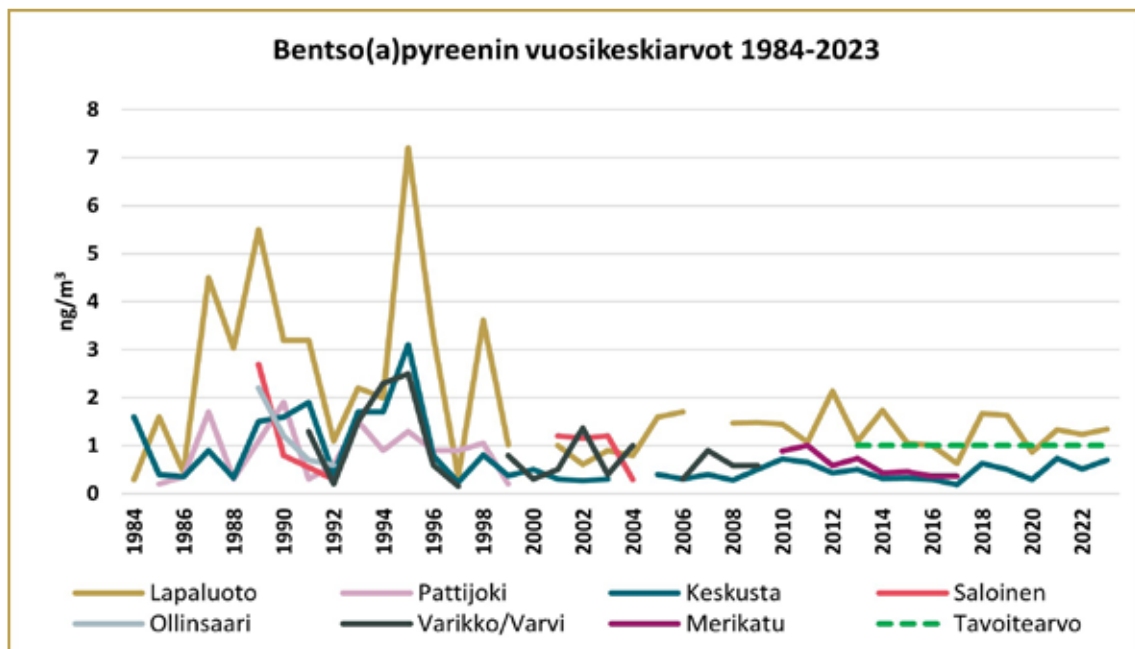
11.2. PAH-mittausten historiaa

Raahessa PAH-yhdisteiden pitoisuuksien seurantahistoria on ainutlaatuinen koko Suomessa, sillä mittaushistoria alkaa vuodesta 1984 (kaavio 26). PAH-yhdisteitä on mitattu usealla puolella kaupunkia, mutta viime vuosina on keskitytty Lapaluotoon ja Keskustaan.

Tavoitearvon voimaantumisen jälkeen ylityksiä on tapahtunut Lapaluodossa useina vuosina, minkä takia Lapaluodossa joudutaan mittaamaan PAH-yhdisteitä jatkuvasti (vähintään 2,5 näytettä viikossa). Keskustassa sen sijaan vii-

me vuosien tulokset ovat olleet pääosin alle ylempään arviointikynnykseen, minkä takia Keskustassa riittäisi suuntaa-antavat mittaukset (vähintään 1 näyte viikossa).

Keskustassa PAH-yhdisteitä on mitattu vertailumenetelmän mukaisesti vasta vuodesta 2018 alkaen. Tätä aiemmat tulokset eivät siten ole täysin vertailukelpoisia nykyisiin. Aiempia keräystapoja on kuvattu tarkemmin vuoden 2018 raportissa.



Kaavio 26: Bentso(a)pyreenin vuosikeskiarvot 1984-2023. Vuosikeskiarvon tavoitearvo (1 ng/m³) on ollut voimassa 2013 alkaen.

11.3. PAH-mittaukset vuonna 2023



PAH-yhdisteet ovat kiinnittyneinä hiukkasiin, joista eri yhdisteiden määrät voidaan mitata keräämällä näytteitä suodattimelle ja analysoimalla suodattimet laboratoriossa. Raahessa näytteet kerätään Leckel SEQ 47/50 suodatinkeräimillä, jotka ovat vertailumenetelmien mukaiset.

Näytteiden keräys- ja analysointitavassa tehtiin muutos 2023 alkaen. Aikaisemmin Lapaluodossa kerättiin suodatinnäytteitä joka toinen päivä ja Keskustassa kaksi kertaa viikossa. Näytteet analysoitiin yksittäisinä. Ajalliset kattavuudet olivat 14-33 %.

Muutoksen jälkeen näytettä kerätään edelleen yhdelle suodattimelle 24 tunnin ajan, mutta nyt näytteitä on kerätty lähes jokaisena vuorokautena ja suodattimet lähetetään 2,5 viikon välein laboratorioon. Katkoksia keräyksiin aiheuttavat suodatinten vaihtopäivät, kalibrointi ja huollot. Osasta yhden jakson näytteistä analysoidaan metallit ja lopuista suodattimista kokooma-analyysina PAH-yhdisteet. Mittausten ajallinen kattavuus on tämän vuoksi lisääntynyt aiempaan verrattuna ja Keskustassakin mittaukset täyttävät nykyään

11.3.1. Bentso(a)pyreeni

Analysointitavan muutos, yksittäisten näytteiden analysoinnista kokoomanäytteen analysointiin, vaikuttaa tulosten esittämistapaan. Kokoomanäytteiden tuloksia ei ole järkevää esittää tuulen suunnan mukaan pitoisuusruusuna, kuten aiemmin on tehty, koska tuulen suunta vaihtelee niin paljon 2,5 viikon keräysjakson aikana.

jatkuvien mittausten vaatimuksen.

Vuonna 2023 PAH-yhdisteitä mitattiin Lapaluodossa 275 vuorokaudelta ja Keskustassa 274 vuorokaudelta. Ajallinen kattavuus oli kummassakin 75 %.

Kaikki mittaustulokset raportoidaan vuosittain Ilmatieteen laitokselle. Vuonna 2013 määrityksissä, joissa tulos on ollut alle määritysrajan, on tuloksena käytetty määritysrajaa. Vuodesta 2014 alkaen on Ilmatieteen laitoksen ohjeistuksen mukaisesti alle havaintorajan/määritysrajan oleville tuloksille on käytetty havaintorajan/määritysrajan puolikasta. Vuonna 2019 ohjeistusta on tarkennettu siten, että alle havaintorajan oleville tuloksille käytetään havaintorajan puolikasta ja alle määritysrajan oleville tuloksille käytetään määritysrajaa. Laskentatavan muutokset vaikuttavat hieman vuosikeskiarvoihin, mutta vaikutukset tuloksiin ovat melko vähäisiä.

Vuonna 2023 laboratorion mittaustuloksissa on esitetty ainoastaan määritysraja, jolloin alle määritysrajan oleville tuloksille on käytetty arvona määritysrajaa.

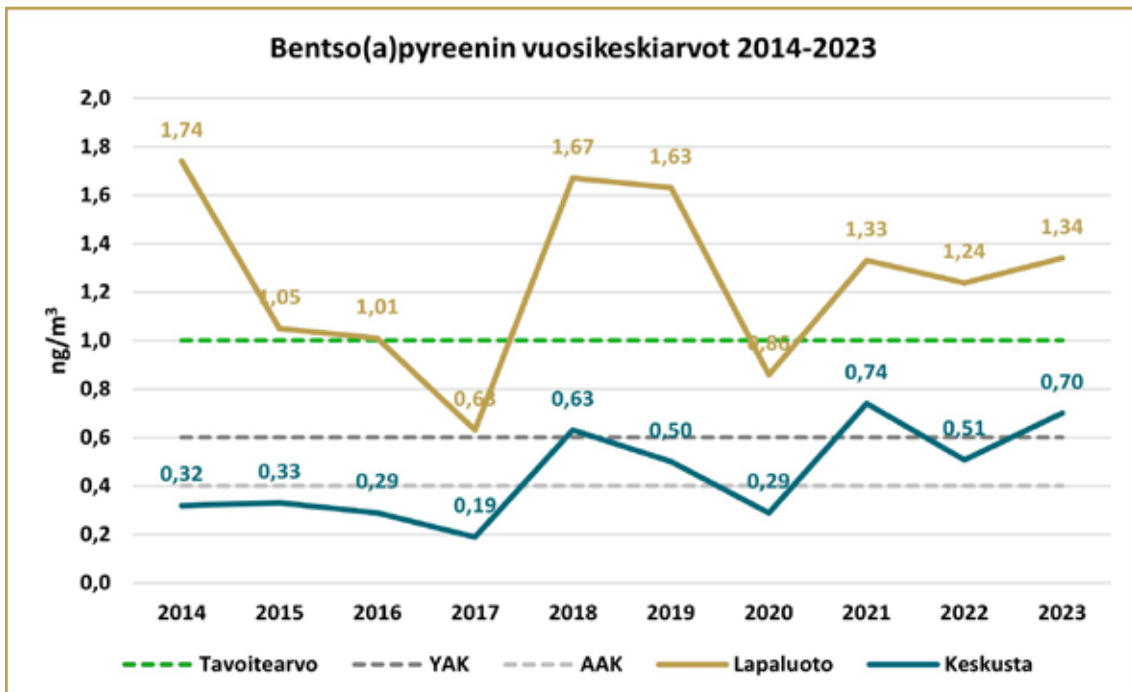
Kaaviossa 27 näkyy bentso(a)pyreenin vuosikeskiarvo vuodesta 2014 alkaen. Vuoden 2023 vuosikeskiarvot Lapaluodossa (1,34 ng/m³) ja Keskustassa (0,70 ng/m³) ovat suurempia kuin edellisenä vuotena. Lapaluodossa vuosikeskiarvo ylittää tavoitearvon kolmantena vuotena peräkkäin. Keskustassa ylittyy ylempi arviointikynnys, mutta tavoitearvo kuitenkin alittuu.



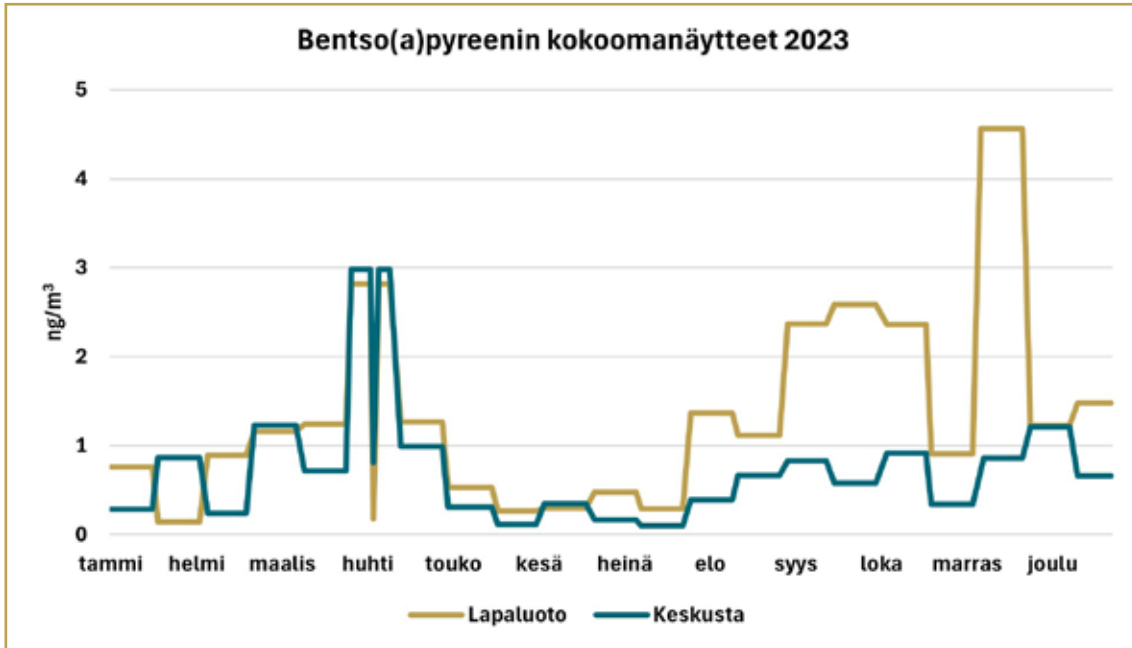
Kaaviossa 28 on kuvattu kokoomanäytteiden bentso(a)pyreenipitoisuudet. Huhtikuussa tapahtui Raahessa yksittäinen suurempi päästö, jolloin analysoitiin PAH-pitoisuudet yhdestä yksittäisestä suodattimesta kummaltakin asemalta kyseiseltä päivältä. PAH-pitoisuudet eivät kuitenkaan sinä päivänä olleet erityisen korkeat, mutta muutoin huhtikuun PAH-pitoisuus on korkeampi kuin normaalisti tähän vuodenaikaan.

Vuoden toisessa kokoomanäytteessä Keskustassa oli huomattavasti korkeampi Bentso(a)pyreenipitoisuus kuin Lapaluodossa. Syytä normaalista poikkeavalle tulokselle ei löytynyt. Tuloksia ei kuitenkaan hylätty.

Bentso(a)pyreenin pitoisuuksiin vaikuttaa mm. sääolosuhteet ja puun pienpoltto. Talvella kylminä aikoina puun pienpolttoa on selkeästi kesää enemmän sekä ilman laimentumisolosuhteet ovat kesää heikommat. Talvella myös PAH-yhdisteiden muuntuminen ilmakehässä on hitaampaa kuin kesällä, alemmista lämpötiloista ja vähäisemmästä valon määräästä johtuen.



Kaavio 27: Bentso(a)pyreenin vuosikeskiarvo 2014–2023. Käyrien päällä oleva lukuarvo kuvaa kunkin vuoden mitattua vuosikeskiarvoa. YAK = Ylempi arviointikynnys (0,6 ng/m³) ja AAK = alempi arviointikynnys (0,4 ng/m³).

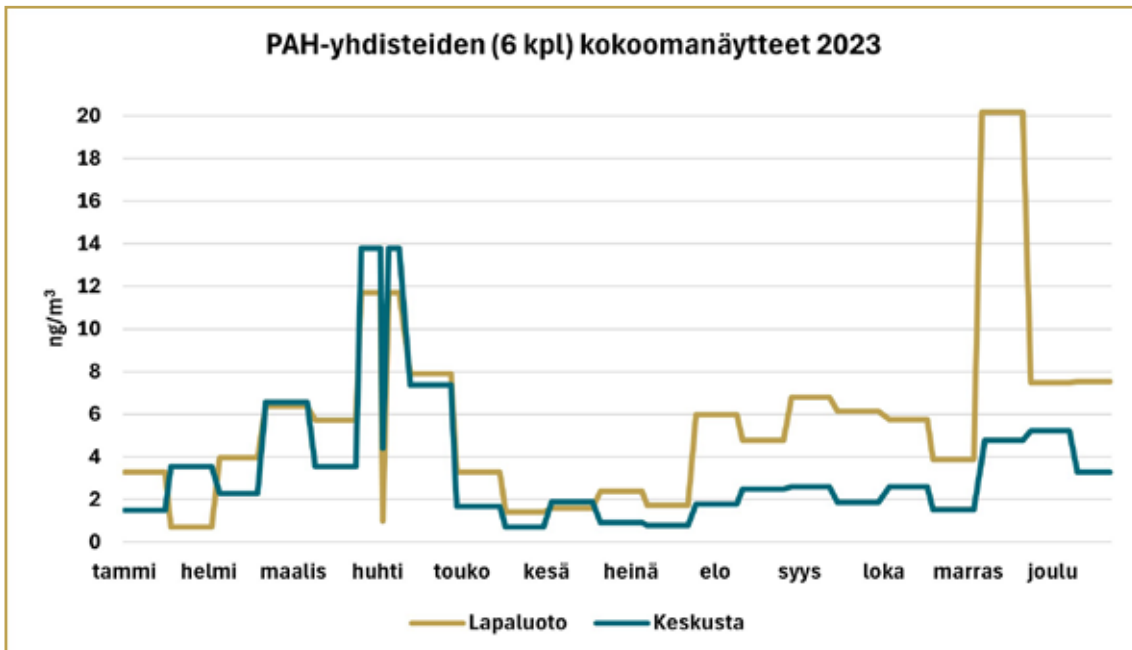


Kaavio 28: Bentso(a)pyreenin kokoomanäytteiden tulokset analysoituna hengitettävistä hiukkasista (PM₁₀)

11.3.2. PAH-yhdisteet yhteensä

Kaavioon 29 on laskettu bentso(a)pyreenin lisäksi viiden muun PAH-yhdisteen pitoisuudet: bentso(a)antraseenin, bentso(b)fluoranteenin, bentso(k+j)fluoranteenin, indeno(123-cd)pyreenin ja dibentso(ah)antraseenin.

Kaavion perusteella nähdään, että PAH-yhdisteiden yhteenlasketut pitoisuuskäyrät ovat lähes identtiset kaavion 28 bentso(a)pyreenin käyrien kanssa.



Kaavio 29: Kuuden PAH-yhdisteen yhteenlasketut kokoomanäytteiden tulokset analysoituna hengitettävistä hiukkasista (PM₁₀). Mukaan lasketut PAH-yhdisteet ovat bentso(a)pyreeni, bentso(a)antraseeni, bentso(b)fluoranteeni, bentso(k+j)fluoranteeni, indeno(123-cd)pyreeni ja dibentso(ah)antraseeni.

Kaavioon 29 lasketut PAH-yhdisteet on mainittu metalliasetuksessa bentso(a)pyreenin lisäksi muina merkityksellisinä PAH-yhdisteinä. Kyseisten yhdisteiden lisäksi Raahessa mitataan muitakin PAH-yhdisteitä, jotka on vuoteen 2017 saakka raporteissa laskettu vastaavissa kaavioissa yhteen. PAH-yhdisteet ja niiden määrät ovat vaihdelleet laboratorion riippuen eri vuosina. Vuonna 2023 analysoitiin 19 eri PAH-yhdistettä.

Raportin liitteeseen 4 on koottu pitoisuuksia Raahessa mitattavista PAH-yhdisteistä, sekä historiatieto vuodesta 2019 alkaen.



12. HIUKKASTEN SISÄLTÄMÄT RASKASMETALLIT

Raskasmetalleja mitataan säännöllisinä kertaluonteisina vuorokausinäytteinä Keskustassa ja Lapaluodossa kerätyistä hengitettävien hiukkasten suodatinnäytteistä. Raskasmetalleja on luonnostaan maaperässä, mutta ilmaan niitä pääsee teollisuuden ja energiantuotannon prosesseista, sekä liikenteestä. Suodattimista mitataan yhteensä yhdeksää eri raskasmetallia, joista vain lyijylle on asetettu raja-arvo ja kolmelle raskasmetallille (arseeni, kadmium ja nikkeli) tavoitearvot. Vuonna 2023 kaikki pitoisuudet jäivät alle raja- tai tavoitearvojen. Näytteitä kerättiin vuoden aikana Lapaluodossa 54 vuorokaudelta (14,8 %) ja Keskustassa 55 vuorokaudelta (15 %). Viime vuoden tarkemmat tulokset löytyvät kappaleesta 12.2. Merikadulla ei ollut mittauksia 2023.

Raskasmetalleja on luonnostaan maaperässä, kasveissa ja eläimissä, ja pieninä määrinä ne ovatkin elintärkeitä. Raskasmetallit ovat suurina pitoisuuksina myrkyllisiä. Ne voivat mm. kulkeutua hengitettävien hiukkasten mukana ja kertyä elimistöön. Ympäristössä raskasmetallit voivat rikastua ravintoketjussa. Ympäristön kannalta haitallisimpia raskasmetalleja ovat elohopea, lyijy ja kadmium.

Raskasmetalleja pääsee ilmaan erityisesti metalliteollisuuden prosesseista sekä ener-

giantuotannosta poltettaessa hiiltä, turvetta, raskasta polttoöljyä tai jätteitä. Tämän lisäksi myös liikenne aiheuttaa raskasmetallipäästöjä mm. jarrupalojen ja renkaiden kulumisen seurauksena, mutta aikaisemmin ongelmana oli myös bensiinin sisältämä lyijy. Lyijyttömään bensiiniin siirtyminen 1990-luvun alussa näkyi aikanaan selkeästi juuri lyijypitoisuuksissa. Hengitysilmassa raskasmetallit ovat sitoutuneena ilman hiukkasiin, joista niiden pitoisuudet voidaan määrittää.

12.1. Raskasmetallipitoisuudet lainsäädännössä

Ilmanlaatuasetuksessa metalleista vain lyijylle on määritelty kalenterivuosi-kohtainen raja-arvo (taulukko 21), ja se on ollut voimassa 15.8.2001 alkaen. Raja-arvoa lievempiä ovat tavoitearvot, joiden tarkoitus on ehkäistä terveyteen ja ympäristöön kohdistuvia haittoja, joita on ns. metalliasetuksessa määritetty arseenille (As), kadmiumille (Cd) ja nikkeliille (Ni). Nämä tavoitearvot (taulukko 21) ovat astuneet voimaan 1.1.2013. Muista raja-arvoista yms. poiketen kyseisten epäpuhtauksien tavoitearvo on kertaluokkaa pienemmässä yksikössä. Yleensä raja-arvot ovat mikrogrammaa kuutiometrissä ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, $\mu=10^{-6}$), kun näille epäpuhtauksien yksikkö on nanogrammaa kuutiometrissä (ng/m^3 , $n=10^{-9}$). Taulukossa on

esitetty myös WHO:n 2021 uudistetut ohjearvot kadmiumille ja lyijylle, jotka ovat vastaavat kuin lainsäädännön tavoite- ja raja-arvot.

Kuten aikaisemmin kerrottiin bentso(a)pyreenistä, myös raskasmetallien osalta seurataan ajallisen kattavuuden vaatimuksia. Raahessa ainoastaan nikkeli on ylittänyt arviointikynnyksiä Merikadun mittauksissa. Nikkelin osalta ajallisten kattavuuksien vaatimukset on määritelty alla olevaan taulukkoon 22, johon on laskettu myös viikoittain otettavien vuorokausinäytteiden vähimmäismäärä, jotta kyseinen ajallisen kattavuuden vaatimus saavutetaan. Muiden raskasmetallien osalta vaatimukset löytyvät metalliasetuksesta.

Taulukko 21: Ulkoilman epäpuhtauksien raja-arvo, ylemmät ja alemmat arviointikynnykset hengitettävien hiukkasten sisältämien metallien vuosikeskiarvolle (VNa 79/2017, VNa 113/2017)

Epäpuhtaus (Kalenterivuosi ¹⁾)	Raja-arvo ²⁾	Tavoitearvo ²⁾	Alempi arviointikynnys	Ylempi arviointikynnys	WHO:n ohjearvo
Arseeni, As		6 ng/m ³	40 % (2,4 ng/m ³)	60 % (3,6 ng/m ³)	
Kadmium, Cd		5 ng/m ³	40 % (2 ng/m ³)	60 % (3 ng/m ³)	5 ng/m ³
Nikkeli, Ni		20 ng/m ³	50 % (10 ng/m ³)	70 % (14 ng/m ³)	
Lyijy, Pb	0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		50 % (0,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	70 % (0,35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

1) Mittaustuloksia yhdistettäessä ja tilastollisia tunnuslukuja laskettaessa on noudatettava asetuksen VNa 79/2017 liitteen 9 perusteita
2) Ulkoilman lämpötilassa ja paineessa

Taulukko 22: Nikkelimitausten ajallisen kattavuuden vaatimukset (VnA 113/2017)

Ni (1 v-arvo kolmena vuotena viidestä)	Jatkuva mittaus	Suuntaa antava mittaus	Mallintaminen / päästökartoitus
Pitoisuusalue	> 14 ng/m ³	10-14 ng/m ³	< 10 ng/m ³
Ajallinen kattavuus	50 %	14-50 %	
Vähimmäismäärä vuorokausinäytteitä	Joka 2. vrk	1 krt/vko	

12.2. Raskasmetallimittausten historiaa

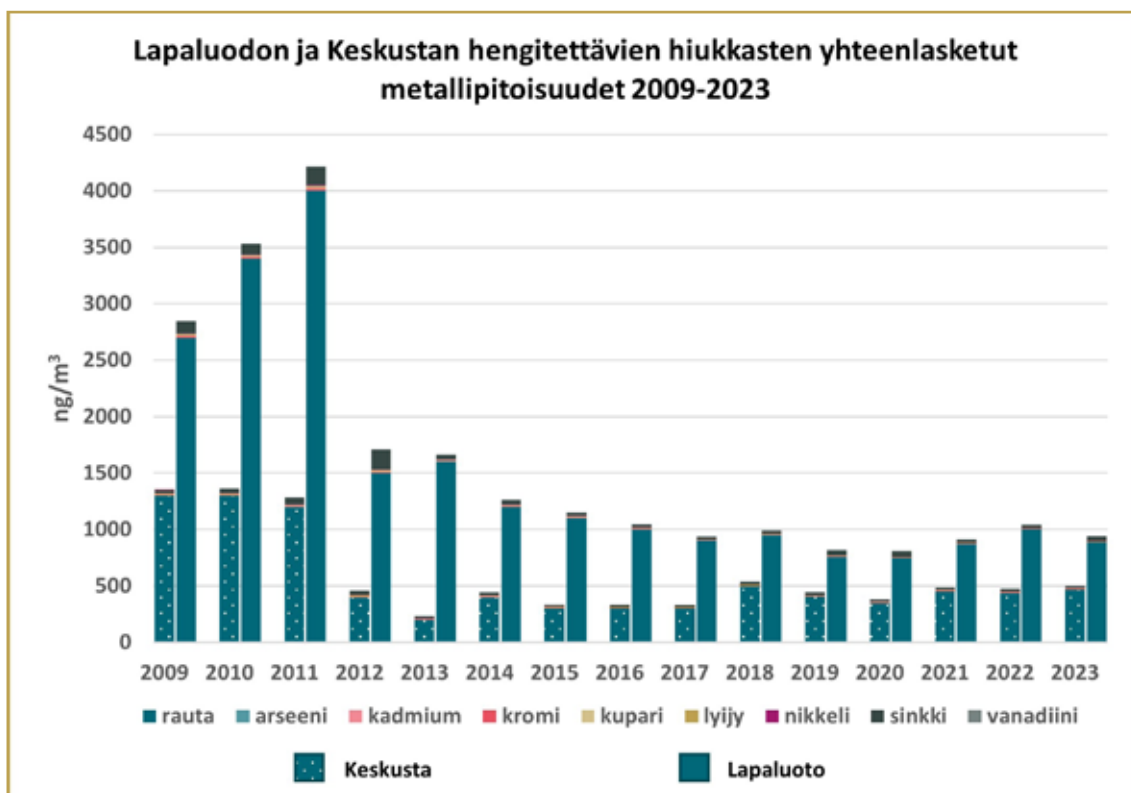
Hiukkasten sisältämiä metallipitoisuuksia on määritetty 1980-luvulta alkaen. Keskustassa ja Lapaluodossa metallipitoisuuksia on mitattu vuodesta 2005 alkaen. Vuonna 2012 laboratorioissa muutettiin analyysimenetelmä uuden standardin mukaiseksi, millä saatiin suodatinnäytteissä olevat hiukkaset liuotettua tehokkaammin. Tästä johtuen useissa metalleissa saatiin aikaisempaa korkeampia pitoisuuksia, verrattuna vanhalla menetelmällä tehtyihin pitoisuuksiin. Laboratorio teki korjauslaskelmia vuosien 2009–2012 tuloksille, mutta tätä vanhempia tuloksia ei voida vertailla nykyisin saataviin pitoisuuksiin. Määritysmenetelmän muutosta on kuvattu tarkemmin vuoden 2012 vuosiraportissa.

Analyysimuutosta merkittävämpää on ollut vuonna 2011 suljetun sintraamon vaikutus, mikä näkyy erityisesti rautapitoisuuksien huomattavana laskuna. Kaavioon 30 on koottu Keskustan ja Lapaluodon asemilla mitattujen

metallipitoisuuksien yhteenlasketut tulokset 2009–2023. Lapaluodon yhteenlasketut pitoisuudet ovat vuosittain jopa yli puolet enemmän kuin Keskustassa.

Lainsäädännössä raskasmetalleille määritelystä ylempistä ja alemmista arviointikynnyksistä Raahessa on ollut ylityksiä vain nikkelille. Vuosien 2013–2017 ajanjaksolla alempi arviointikynnys on alittunut kaksi kertaa, ylempi arviointikynnys on ylittynyt kaksi kertaa ja kerran vuosikeskiarvo on ollut näiden lukuarvojen välissä. Näiden tulosten perusteella pystyttiin seurantaohjelmaan määrittelemään, että Merikadulla riittävät suuntaa-antavat mittaukset, jotka päätettiin toteuttaa kampanjaluonteisesti kerran viisivuotisen seurantakauden aikana.

Viimeisin kampanjaluonteinen mittaus Merikadulla on ollut 2021, jolloin nikkelin pitoisuus alitti alemman arviointikynnyksen.



Kaavio 30: Lapaluodon ja Keskustassa mitattujen metallipitoisuuksien yhteenlasketut tulokset 2009–2023

12.3. Metallimittaukset vuonna 2023

Raahessa hiukkasista määritetään seuraavat raskasmetallit: arseeni (As), kadmium (Cd), kromi (Cr), kupari (Cu), lyijy (Pb), nikkeli (Ni), rauta (Fe), sinkki (Zn) ja vanadiini (V). Näistä kaikki muut paitsi nikkeli ovat jääneet viime vuosina selvästi alle asetettujen raja- tai tavoitteen sekä arviointikynnysten.

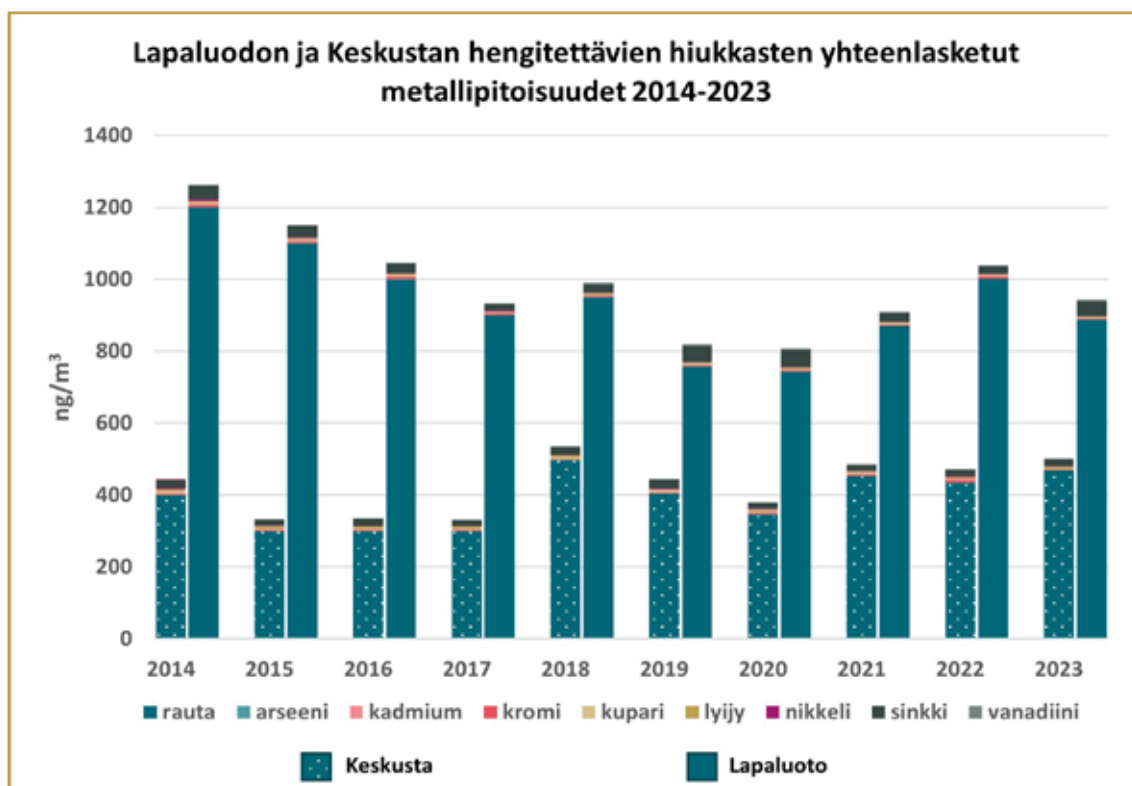
Metallimäärityksiä varten näytteitä kerätään samalla tavalla kuin PAH-määrityksiinkin Leckel SEQ 47/50-keräimellä, mutta eri vuoro-kausilta kuin PAH-näytteet. Metallinäytteet lähetetään laboratorioon, jossa ne esikäsitellään ja analysoidaan.

Tulosten laskentatavassa on vaihtelua eri vuosien välillä, johtuen Ilmatieteen laitoksen monitulkintaisesta ohjeistuksesta. Näitä muutoksia on käsitelty tarkemmin kohdassa 11.3.

Seuraavassa kaaviossa 31 on koottu Keskustan ja Lapaluodon asemilla mitattujen metallipi-

toisuuksien yhteenlasketut tulokset 2014–2023. Kaavioista nähdään, että Lapaluodossa metallipitoisuudet ovat laskeneet vuodesta 2013, mutta viimeisen parin vuoden aikana tuloksissa on pienenä nousua.

Keskustassa ei ole metallipitoisuuksilla selkeää trendiä. Lapaluodon yhteenlasketut pitoisuudet ovat vuosittain lähes kaksinkertaiset Keskustaan nähden.

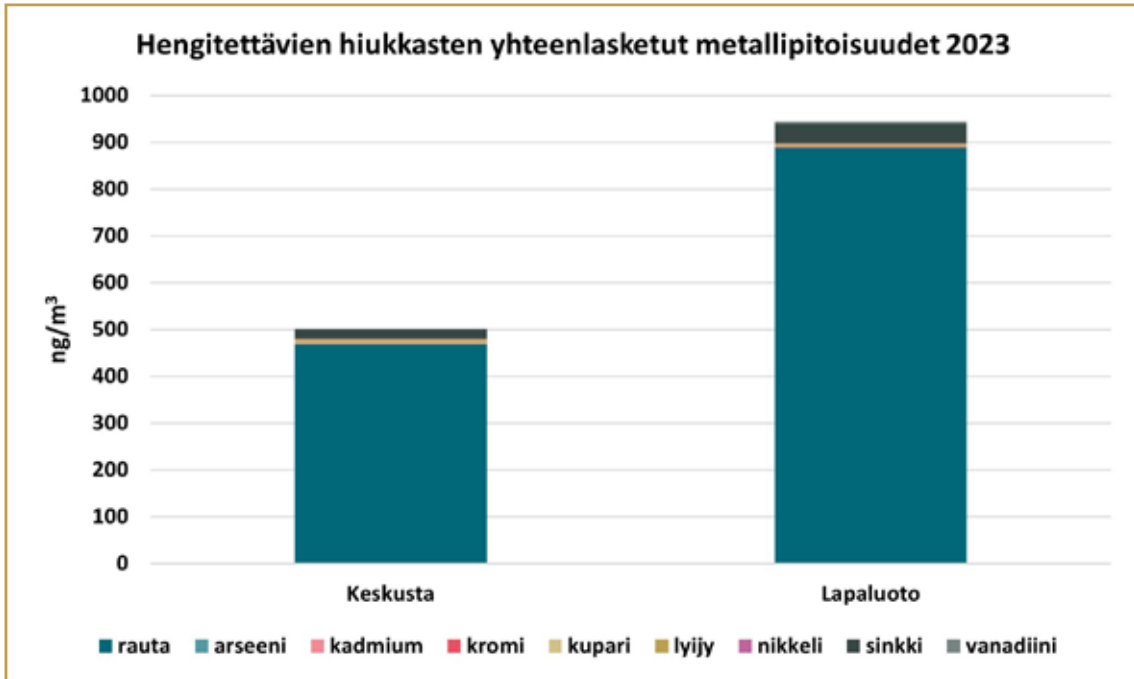


Kaavio 31: Lapaluodon ja Keskustassa mitattujen metallipitoisuuksien yhteenlasketut tulokset 2014–2023

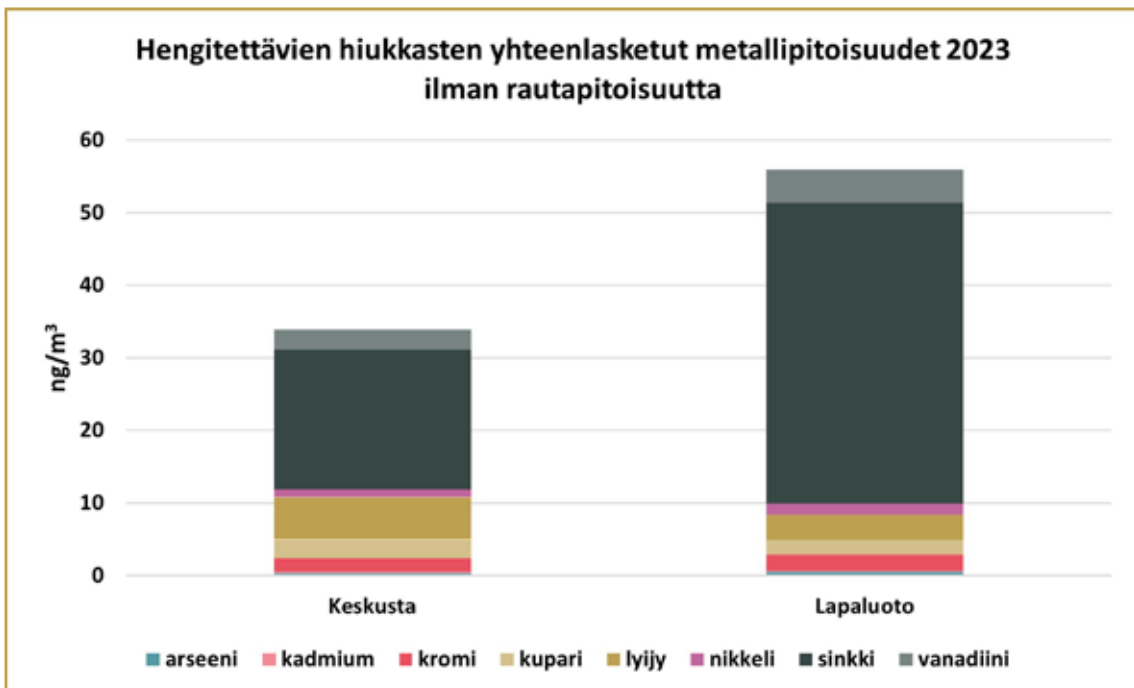
Seuraavissa kaaviossa on esitetty pelkästään vuoden 2023 mitatut metallipitoisuudet. Kaaviossa 32 on kuvattu yhteenlaskettuina metallipitoisuuksina kaikki Raahessa mitattavat metallit, josta nähdään, että raskasmetalleista yli 90 % koostuu raudasta. Kaaviossa 33 on kuvattu hengitettävien hiukkasten metallipitoisuu-

det ilman rautaa. Raudan jälkeen suurimmat pitoisuudet ovat sinkillä ja kromilla.

Suuntaa-antavat mittaukset vaativat yli 14 % ajallisen kattavuuden, joka täyttyi molemmilla asemilla. Millään mittausasemalla ei ole sellaisia pitoisuuksia raskasmetalleja, jotka edellyttäisivät laajempaa ajallista kattavuutta.



Kaavio 32: Hengitettävien hiukkasten yhteenlasketut metallipitoisuudet. Hiukkasten metalleista rautaa on yli 90 %.



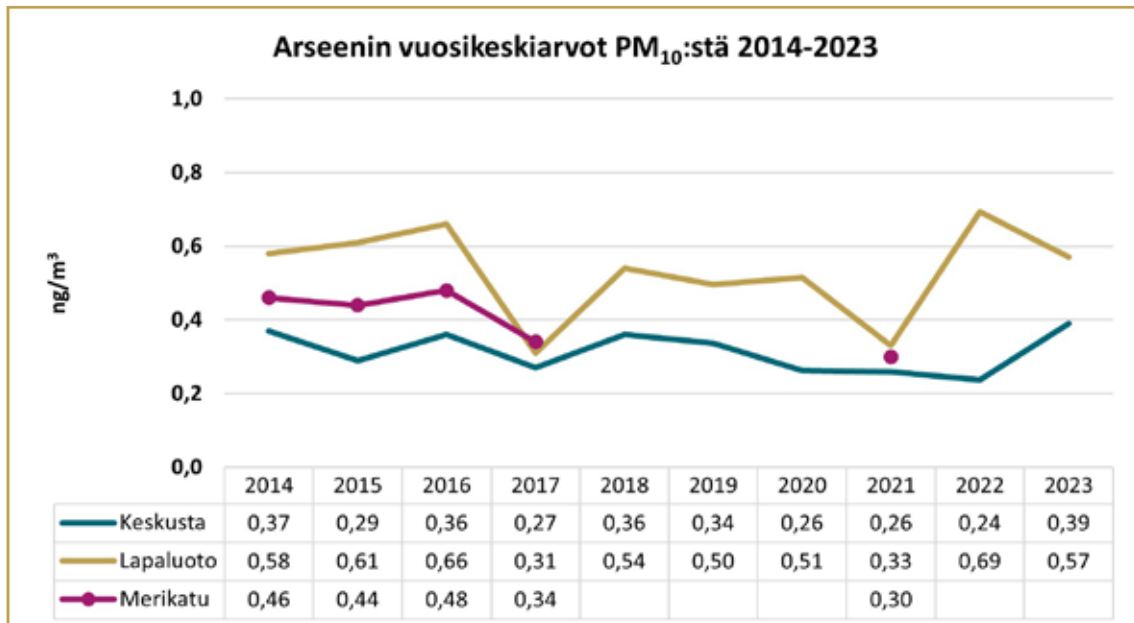
Kaavio 33: Hengitettävien hiukkasten yhteenlasketut metallipitoisuudet ilman rautapitoisuutta.

Kaavioihin 34–42 on määritelty hengitettävistä hiukkasista (PM₁₀) määritettävät metallit aakkosjärjestyksessä. Metalleista arseenille, kadmiumille, lyijylle ja nikkelille on lainsäädännössä määritelty raja- tai tavoitearvot. Osassa kaavioista ne on kirjoitettu kunkin metallin kuvatekstiin, koska kaikissa tapauksissa mitatut pitoisuudet ovat selkeästi alle kyseisten arvojen.

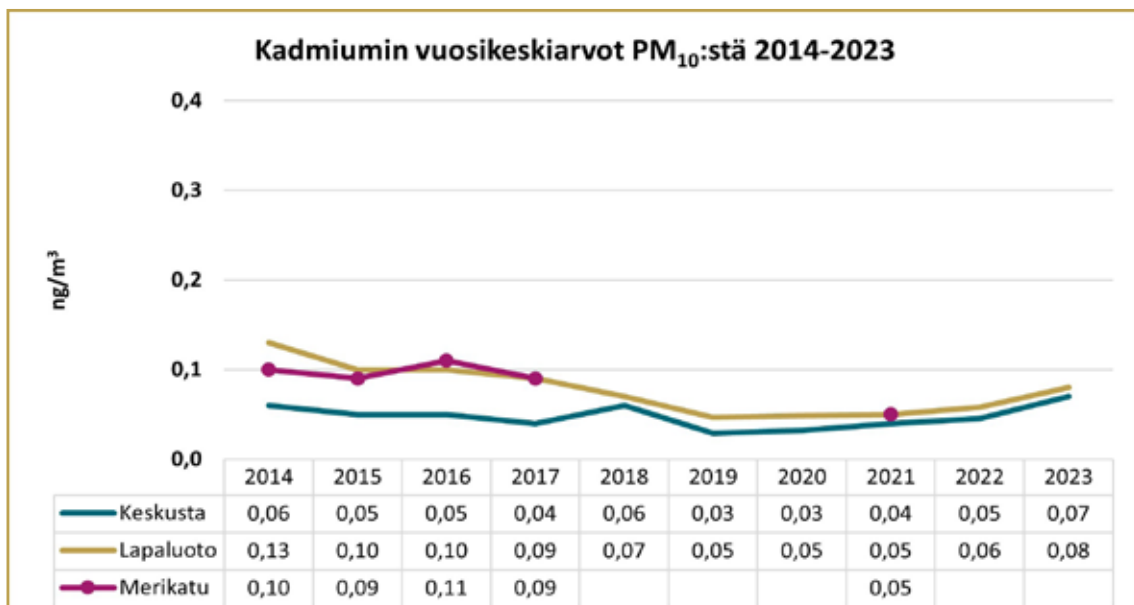
Seurantasuunnitelman mukaan Merikadulla tulee toteuttaa yksi vuoden mittainen mit-

tauskampanja viiden vuoden aikana. Mittaukset Merikadulla on toteutettu viimeksi vuoden 2021 aikana.

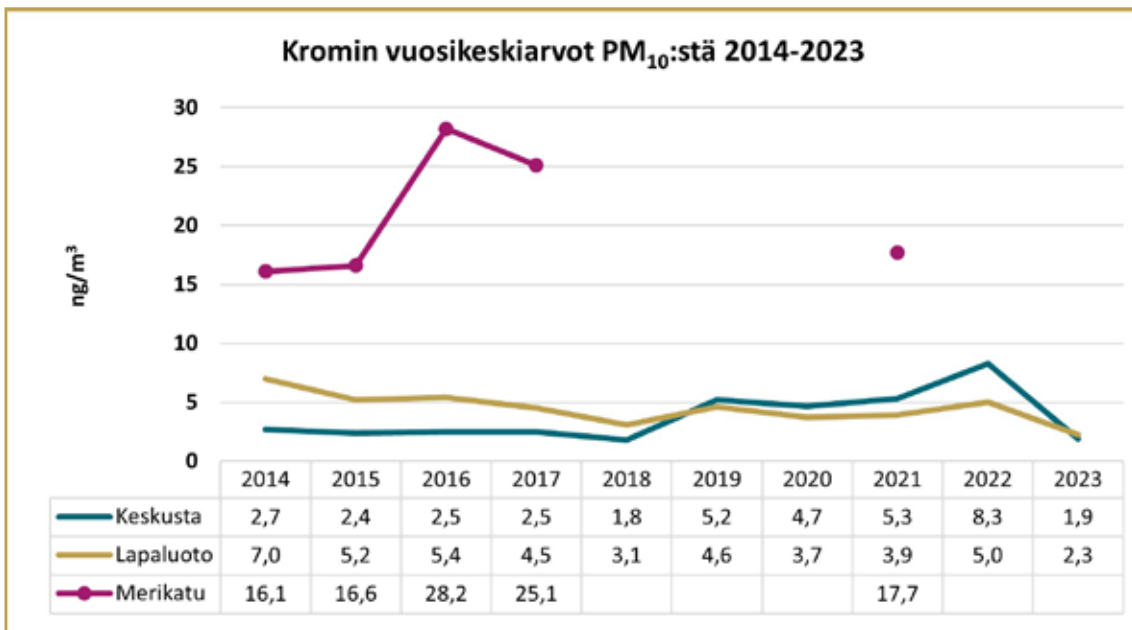
Kaavioista selviää myös historiatieto vuodesta 2014 alkaen. Verrattuna aikaisempiin vuosiin, vuonna 2023 metallipitoisuuksissa oli pieniä muutoksia suuntaan ja toiseen, riippuen mitatusta metallista. Kaikki pitoisuudet on ilmoitettu vertailtavuuden vuoksi samassa yksikössä ng/m³, mutta pitoisuudet ovat keskenään eri kokoluokissa.



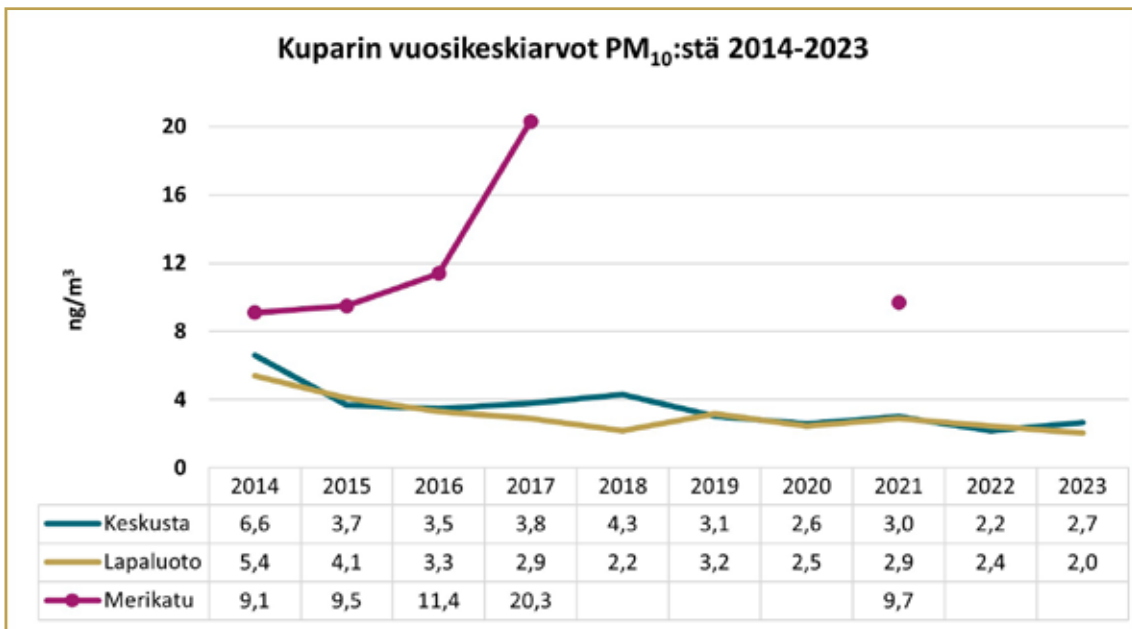
Kaavio 34: Arseenin vuosikeskiarvot. Arseenin vuosikeskiarvon tavoitearvo (6 ng/m³) on ollut voimassa 2013 alkaen.



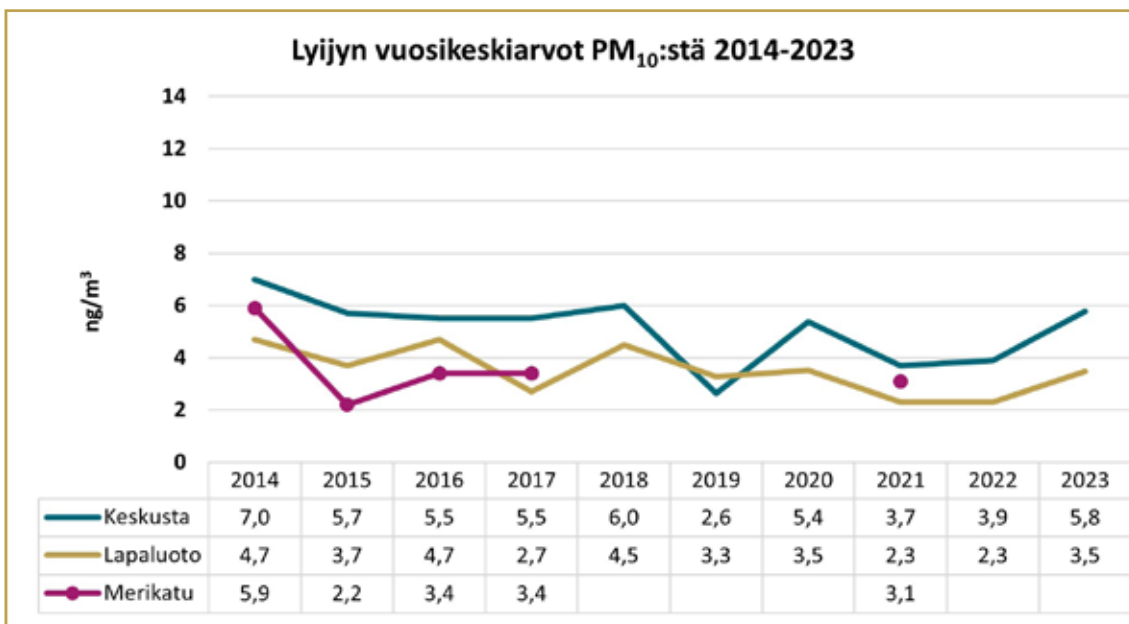
Kaavio 35: Kadmiumin vuosikeskiarvot. Kadmiumin vuosikeskiarvon tavoitearvo (5 ng/m³) on ollut voimassa 2013 alkaen. WHO:n ohjearvo on myös 5 ng/m³.



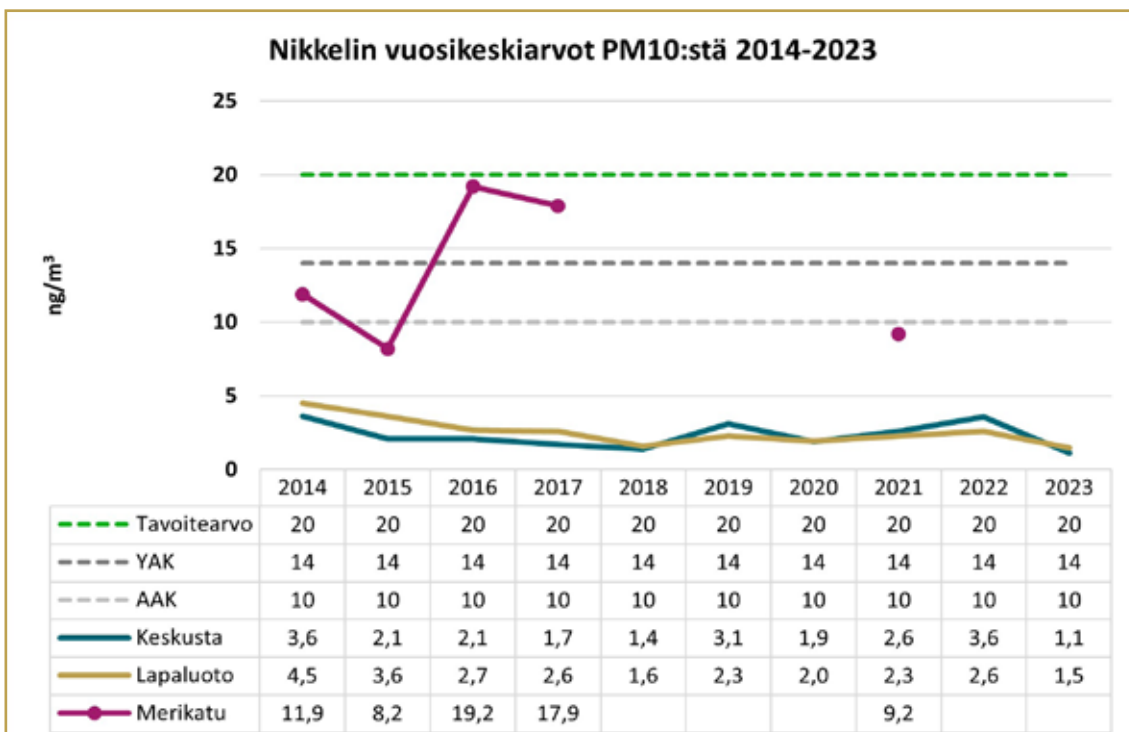
Kaavio 36: Kromin vuosikeskiarvot.



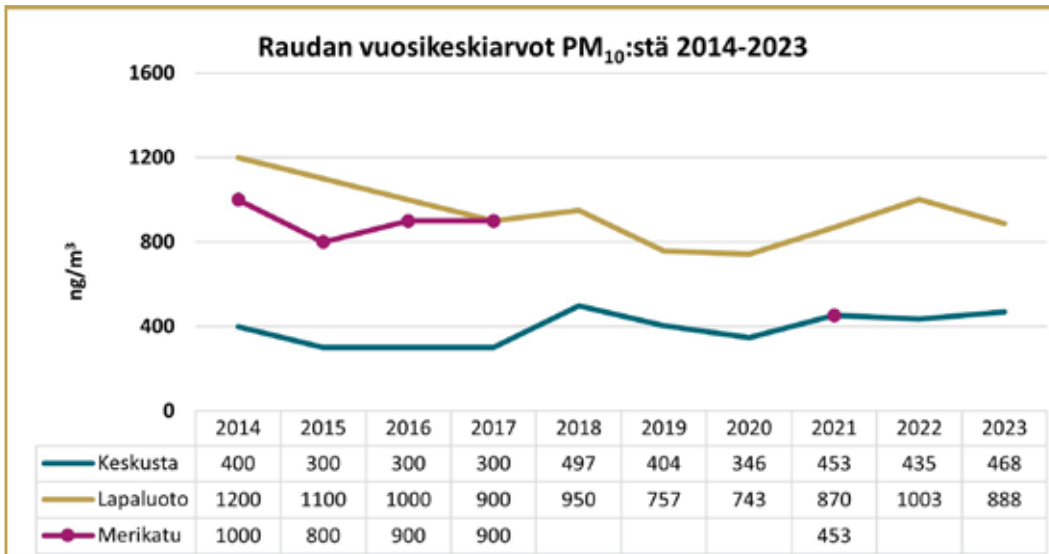
Kaavio 37: Kuparin vuosikeskiarvot.



Kaavio 38: Lyijyn vuosikeskiarvot. Lyijyn vuosikeskiarvon raja-arvo ($0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 500 \text{ ng}/\text{m}^3$) on ollut voimassa 2011 alkaen. WHO:n ohjearvo on myös $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



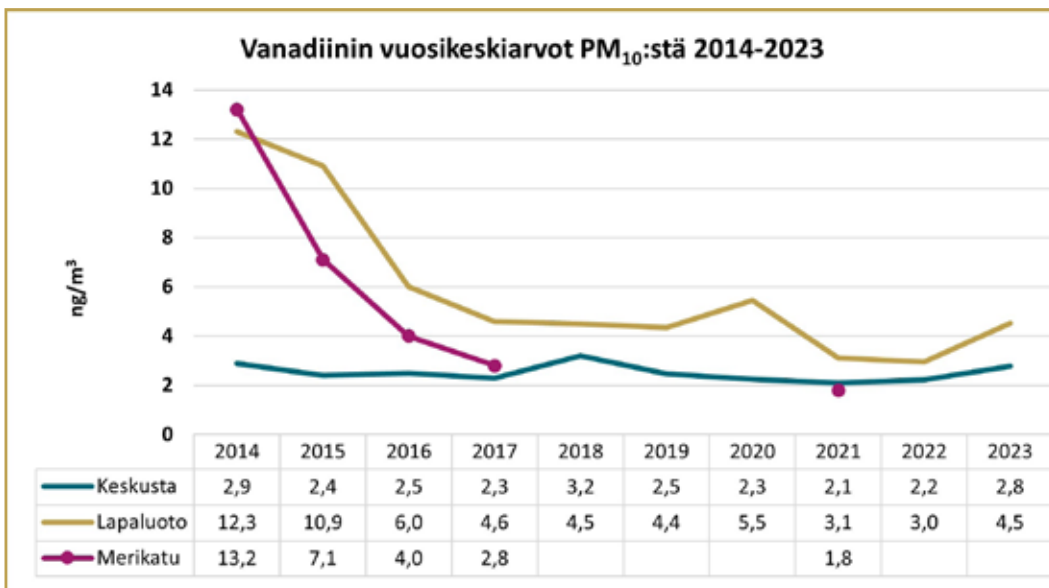
Kaavio 39: Nikkelin vuosikeskiarvot. Nikkelin vuosikeskiarvon tavoitearvo ($20 \text{ ng}/\text{m}^3$) on ollut voimassa 2013 alkaen.



Kaavio 40: Raudan vuosikeskiarvot.



Kaavio 41: Sinkin vuosikeskiarvot.



Kaavio 42: Vanadiinin vuosikeskiarvot.

13. SÄÄTIEDOT

Keskustan mittausasemalla on oma sääasema, mutta lisäksi tuloksissa hyödynnetään Lapaluodon satamassa sijaitsevaa Ilmatieteen laitoksen sääasemaa. Vuonna 2023 lämpötilat vaihtelivat huomattavasti verrattuna pitkän aikavälin kuukausikeskiarvoihin. Vallitseva tuulensuunta oli Lapaluodossa etelän ja lounaan välillä. Keskustassa mitattu tuulensuunta vaihtelee enemmän. Vuoden 2023 sää tiedot löytyvät kappaleesta 13.2.

Sää vaikuttaa ilmanlaatuun joko heikentävästi tai puhdistavasti. Erityisesti talvisin heikkotuluisissa tilanteissa liikenteen päästöt eivät pääse sekoittumaan, vaan kerääntyvät päästölähteiden lähelle. Voimakkailla tuulilla päästöt taas voivat kulkeutua satojenkin kilometrien päähän. Sumupilvet ja sateet puhdistavat ilmaa, mutta toisaalta ilmassa olevat epäpuhtaudet joutuvat sateen mukana maaperään ja vesistöihin.

Talvisin ilmanlaatuun voi vaikuttaa myös ns. inversiotilanne, jollainen muodostuu erityisesti heikkotuluisen ja selkeän yön jälkeen. Tällöin maanpinta ja sen lähellä oleva ilma 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 lakkaa. Tällöin maan pinnan läheisyydessä muodostuvat saasteet eivät pääse sekoittumaan kunnolla, vaan jäävät ”leijallemaan” päästölähteen lähelle.

13.1. Sää tietojen historiaa

Keskustan mittausasemalla on ollut koko sen toiminta-aikana, eli syyskuusta 2004 lähtien oma sääasema, jota ennen sää tietoja saatiin 2003–2004 Saloisten mittausasemalta. Nykyinen Vaisalan sääasema on ollut käytössä vuodesta 2013, jolla mitataan lämpötilaa, tuulen suuntaa ja –nopeutta, ilmanpainetta ja suhteellista kosteutta. Näiden lisäksi Ilmatieteenlaitoksella on oma sääasemansa Lapaluodon satamassa, josta sää tietoja on saatavilla netistä kaikkien vapaasti ladattavissa vuodesta 1992 alkaen.



13.2. Vuoden 2023 sää

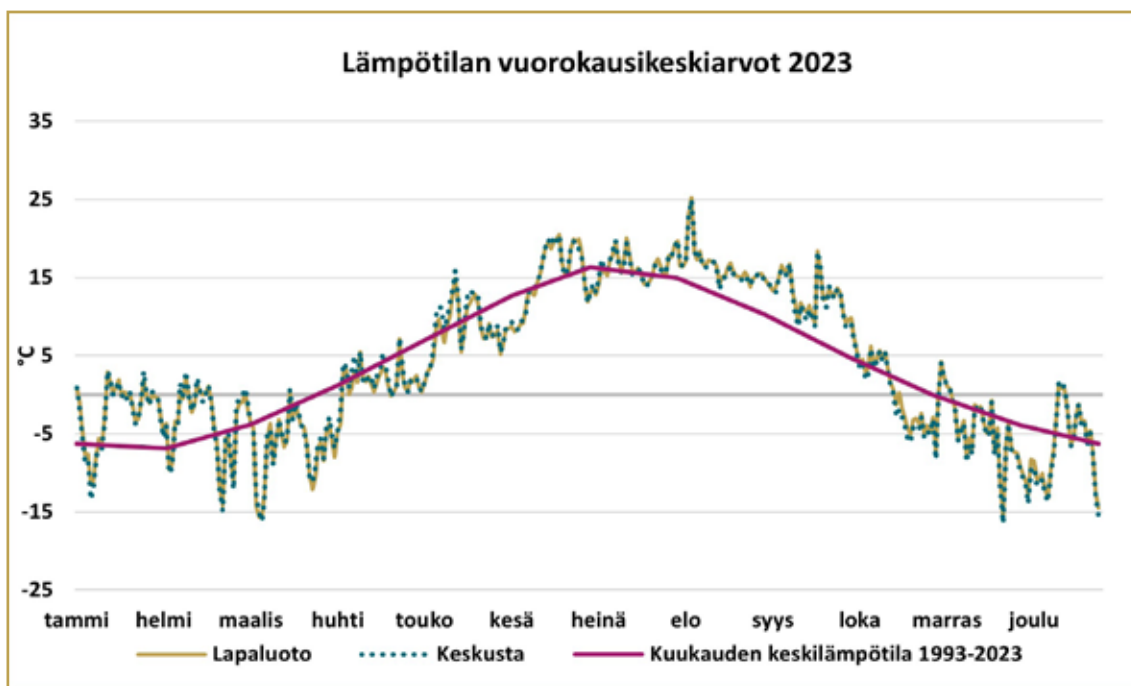
Keskustan sääasemalta on havaintojen ajallinen kattavuus sekä lämpötilan että tuulitietojen osalta 99,9 %. Omien mittausten lisäksi tuloksissa ilmoitetaan Ilmatieteen laitoksen Lapaluodon sääasemalta olevat säätiedot, josta ajallinen kattavuus oli 100 %.

Kaavioihin 43–44 on kuvattuna lämpötilan ja tuulen nopeuksien vuorokausikeskiarvot Keskustassa ja Lapaluodossa. Lämpötilan kaavioon on merkitty myös vuosien 1993–2023 kuukausikeskiarvo. Kaaviosta nähdään, että lämpötilat ovat mittausasemilla lähes identtiset. Kaaviosta 44 näkyy ero tuulen voimakkuuksissa Lapaluodossa ja Keskustassa. Keskustassa rakennukset vaikuttavat tuulen suuntaan ja voimakkuuteen mittausasemalla.

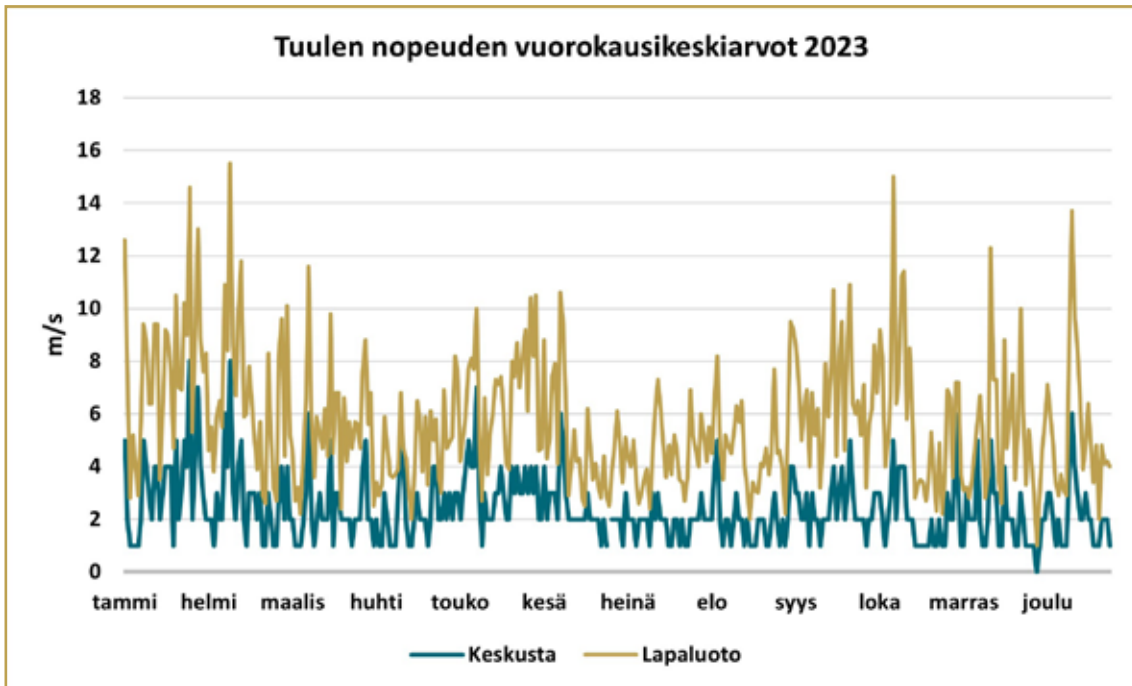
Kaaviosta 45 nähdään viimeisen neljän vuoden sekä pitkän ajanjakson (vuodet 1993–2023) lämpötilojen kuukausikeskiarvot. Vuonna 2023 alkutalvi oli keskiarvoa lämpimämpi, kun taas maaliskuu oli normaalia kylmempi. Kevään ja kesän lämpötilat olivat hyvin lähellä pitkän ajan keskiarvoa. Alkusyky taas oli

poikkeuksellin lämmin, mutta loppuvuosi oli selvästi normaali kylmempi.

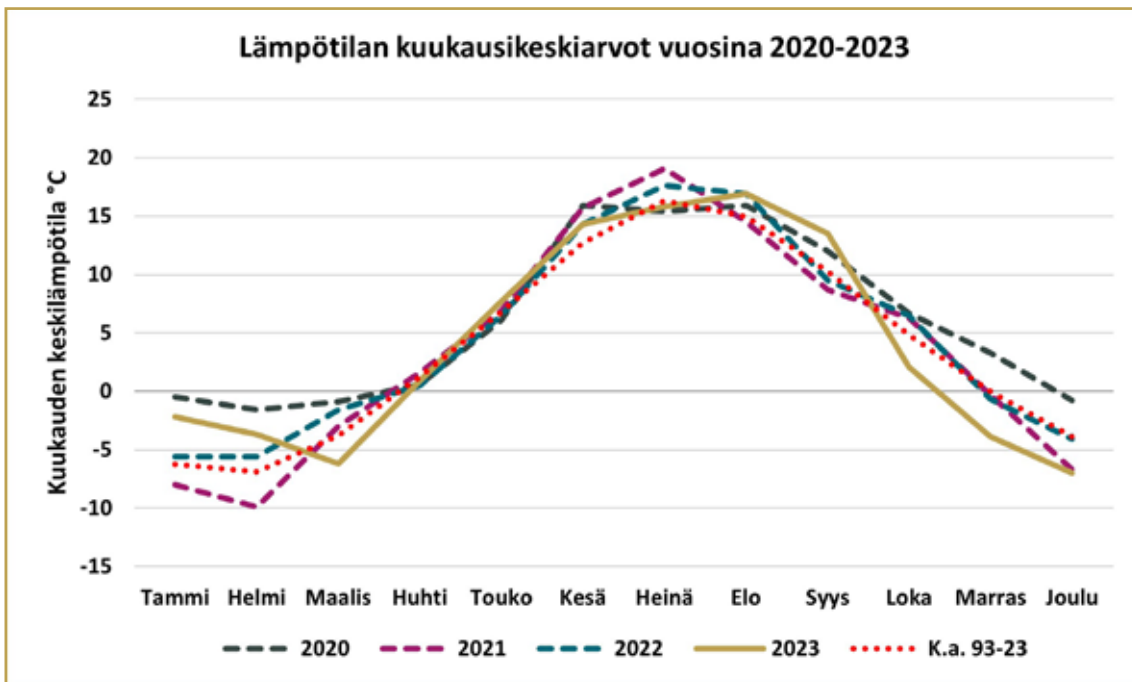
Kaaviossa 46 on kuvattuna Keskustan ja Lapaluodon mittausasemien tuuliruusut, eli tuulen suuntien suhteellinen osuus kaikista tuulitiedoista. Keskustan tuulitiedot saadaan mittausaseman omalta sääasemalta, ja Lapaluodon tuulitiedot ovat Ilmatieteen laitoksen Lapaluodon sääasemalta. Kaaviosta nähdään, että eniten tuulee etelän ja lounaan väliltä, mutta voimakkainta tuulta on yleensä lounaasta päin tuullessa. Keskustassa yleisiä tuulensuuntia on myös itä ja pohjoisluode, kun taas pohjoisen ja koillisen väliltä ei tuule yhtään. Tämä johtuu aseman läheisistä kerrostaloista, jotka suojaavat asemaa kyseiseltä ilmansuunnalta tulevilta tuuilta. Keskustassa tuulen nopeus on pääosin heikkoa tai kohtalaista (1-8 m/s). Lapaluodon satamassa havaitaan tuulta joka ilmansuunnasta ja tuulen nopeus on pääosin kohtalaista tai navakkaa (4-14 m/s). Jonkin verran havaitaan myös kovaa tuulta (14–20 m/s) ja myrskyä (>20 m/s). Erot tuulen nopeuksissa johtuvat asemien sijainnista.



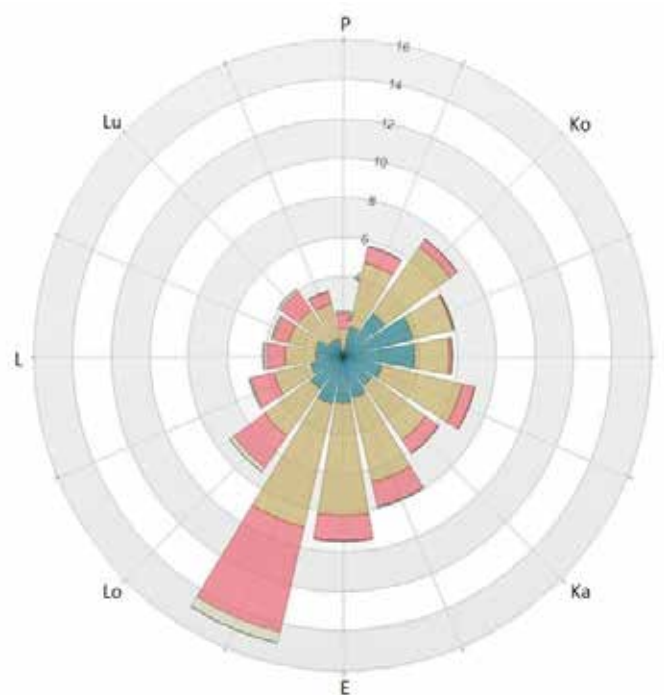
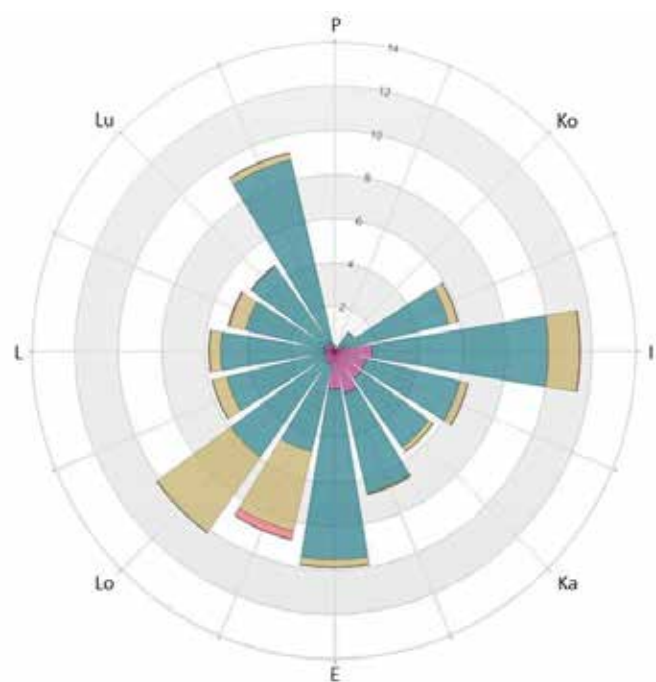
Kaavio 43: Lapaluodon ja Keskustan lämpötilan vuorokausikeskiarvot sekä pitkän ajan kuukausikeskiarvo. Lapaluodon säätiedot ovat Ilmatieteen laitoksen sääasemalta.



Kaavio 44: Keskustan ja Lapaluodon tuulen nopeuden vuorokausikeskiarvot. Lapaluodon säätiedot ovat Ilmatieteen laitoksen sääasemalta.



Kaavio 45: Lämpötilan kuukausikeskiarvot vuosina 2020–2023, sekä pitkän ajan kuukausikeskiarvo 1993–2023. Säätiedot ovat Ilmatieteenlaitoksen Lapaluodon sääasemalta.



Tuulen osuus (%)

Tyyne < 1 m/s,

Navakka 8-14 m/s

Heikko 1-4 m/s

Kova 14-20 m/s

Kohtalainen 4-8 m/s

Myrsky >20 m/s

Kaavio 46: Keskustan (ylhäällä) ja Lapaluodon (alhaalla) tuuliruusut 2023. Keskustan tuulitietoja on käytettävissä 99,9 % ja Lapaluodossa 100 % vuoden tunneista.

14. LÄHDELUETTELO

- Ilmatieteen laitos: Asiantuntijapalvelut – Ilmanlaatu ja Energia (2016), Raahen ilmanlaadun seurantasuunnitelma
- Ilmatieteen laitos: Raportteja 2017:6, Ilmanlaadun Mittausohje 2017
- Vanhat vuosiraportit, erityisesti vuoden 1978–1992 kokoelmaraportti, sekä konsultin/mittaajan vaihtumisen jälkeisten vuosien 2000, 2004, 2007 ja 2018 raportit
- Ilmatieteen laitos: Ilmanlaatusivusto, sähköisesti:
<https://ilmatieteenlaitos.fi/teematietoa-ilmanlaadusta>
- Ilmatieteen laitos – Avoin data: Lapaluodon säätiedot ja –historia, sähköisesti:
<https://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>
- VTT: LIPASTO - Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskenta-järjestelmä:
 - LIISA – tieliikenteen laskentajärjestelmä, sähköisesti:
<http://lipasto.vtt.fi/liisa/kunnat.htm>
 - MEERI – vesiliikenteen laskentajärjestelmä, sähköisesti:
<http://lipasto.vtt.fi/meeri/index.htm>
- Toimijoiden vuosiraportit
- Lait, asetukset ja standardit

15. LIITTEET

LIITE 1: Typpidioksidin (NO₂) raja- ja ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet

LIITE 2: Rikkidioksidin (SO₂) raja- ja ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet

LIITE 3: Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) raja-arvoon verrannolliset pitoisuudet

LIITE 4: PAH-yhdisteiden pitoisuudet 2019–2023

LIITE 1: Typpidioksidin (NO₂) raja- ja ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet (µg/m³)

	Keskiarvo	Suurin vuorokausiarvo	2. suurin vuorokausiarvo	Suurin tuntiarvo	99 %:n tuntiarvo	Ajallinen kattavuus (%)
Raja-arvo	40 (vuosi)			200		85 % (vuosi)
Ohjearvo			70		150	75 % (kk)
Kriittinen taso	30 (vuosi)					
Tammi	10,2	39	23	81	58	100
Helmi	12,0	34	28	98	71	100
Maalis	13,2	28	26	87	73	99,5
Huhti	13,3	30	29	81	67	100
Touko	7,9	18	16	59	39	100
Kesä	5,3	12	10	30	24	99,4
Heinä	3,5	7	6	19	15	99,9
Elo	5,0	8	8	31	21	99,6
Syys	5,9	10	10	30	22	99,6
Loka	8,1	24	23	55	50	100
Marras	8,6	34	19	70	54	100
Joulu	11,6	32	32	70	46	99,6
Vuosikeskiarvo¹⁾	8,7 µg/m³					99,79 %

1) Vuosikeskiarvo on mitattu koko vuoden mittaustulosten, ei kuukausikeskiarvojen perusteella.

LIITE 2: Rikkidioksidin (SO₂) raja- ja ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet (µg/m³)

	Keskiarvo	Suurin vuorokausiarvo	2. suurin vuorokausiarvo	Suurin tuntiarvo	99 %:n tuntiarvo	Ajallinen kattavuus (%)
Raja-arvo		125		350		85 % (vuosi)
Ohjearvo			80		250	75 % (kk)
Kriittinen taso	20 (vuosi)					
Tammi	2,5	11,1	7,6	56	30,8	100
Helmi	3,1	11,6	10,2	68,8	27,7	100
Maalis	2,1	20,1	5,4	56,2	24,8	99,6
Huhti	2,1	12,4	11,8	99	27,4	100
Touko	6,2	36	19,3	181,6	100,1	100
Kesä	3,0	25,4	24,0	188,1	70,5	99,6
Heinä	4,1	47,0	22,1	196,9	77,4	99,6
Elo	1,9	11,7	5,4	37,2	25,4	99,5
Syys	4,3	17,4	16,2	73,6	52,8	99,7
Loka	2,3	10,9	7,4	39	25,7	100
Marras	1,5	13	4,0	52,3	23,9	100
Joulu	2,9	27,2	10,2	69,1	43,4	99,7
Vuosikeskiarvo¹⁾	3,0 µg/m³					99,80 %

1) Vuosikeskiarvo on mitattu koko vuoden mittaustulosten, ei kuukausikeskiarvojen perusteella.

LIITE 3: Hengitettäviin hiukkasiin (PM₁₀) raja-arvoon verrannolliset pitoisuudet (µg/m³)

Keskusta	Keskiarvo	Suurin vuorokausiarvo	2. suurin vuorokausiarvo	Ajallinen kattavuus (%)
Raja-arvo	50			85 % (vuosi) 75 % (kk)
Ohjearvo	70			
Tammi	5,9	11,3	9,5	100
Helmi	7,4	18,6	14,8	99,7
Maalis	9,2	27,9	22,4	97,3
Huhti	25,4	55,5	55,0	100
Touko	15,8	56,0	33,3	99,7
Kesä	9,6	35,9	22,3	99,3
Heinä	5,4	8,8	7,4	100
Elo	5,8	9,5	8,1	98,4
Syys	5,9	10,0	7,7	90,6
Loka	8,8	20,0	19,3	99,9
Marras	5,2	17,5	10,5	94
Joulu	6,5	27,6	11,8	87,2
Vuosikeskiarvo¹⁾	9,3 µg/m³			97,2 %

1) Vuosikeskiarvo on mitattu koko vuoden mittaustulosten, ei kuukausikeskiarvojen perusteella.

LIITE 4: PAH-yhdisteiden pitoisuudet (ng/m³) 2019-2023

PAH-yhdiste (ng/m ³)	Lapaluoto 2019	Keskusta 2019	Lapaluoto 2020	Keskusta 2020	Lapaluoto 2021	Keskusta 2021	Lapaluoto 2022	Keskusta 2022	Lapaluoto 2023	Keskusta 2023
Tavoitetaso Bentso(a)pyreenille	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Antraseeni	0,35	0,06	0,14	0,04	0,25	0,10	0,26	0,08	0,22	0,12
Asenaftteeni	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,04	0,04
Asenaftyleeni	0,14	0,09	0,09	0,09	0,11	0,09	0,10	0,09	0,05	0,05
Bentso(a)antraseeni	2,16	0,66	1,24	0,38	1,77	0,88	1,54	0,64	1,60	0,83
Bentso(a)pyreeni	1,63	0,50	0,86	0,29	1,32	0,74	1,24	0,51	1,34	0,70
Bentso(e)pyreeni									0,78	0,57
Bentso(b+j)fluoran- teeni	2,73	1,04	1,6	0,58	2,36	1,33	1,93	0,87		
Bentso(b)fluoran- teeni									1,29	0,88
Bentso(ghi)perylee- ni	1,22	0,50	0,66	0,30	1,13	0,76	0,95	0,47	0,81	0,58
Bentso(k)fluoran- teeni	0,85	0,30	0,48	0,18	0,67	0,36	0,62	0,29		
Bentso(k+j)fluoran- teeni									0,58	0,37
Dibentso(a,h)antra- seeni	0,19	0,09	0,18	0,06	0,29	0,16	0,35	0,15	0,12	0,07
Fenantreeni	1,40	0,37	0,69	0,29	1,17	0,54	1,18	0,44	1,11	0,77
Fluoranteeni	4,76	1,37	2,45	0,93	4,13	2,07	3,68	1,52	3,56	2,14
Fluoreeni	0,10	0,04	0,06	0,03	0,06	0,03	0,08	0,02	0,05	0,04
Indeno(1,2,3-cd) pyreeni	1,12	0,42	0,64	0,26	1,09	0,69	1,00	0,48	0,71	0,49
Kryseeni	1,65	0,72	0,97	0,35	1,53	0,79	1,37	0,56	1,66	0,97
Naftaleeni	0,16	0,10	0,13	0,10	0,11	0,09	0,13	0,09	0,1	0,1
Peryleeni									0,26	0,16
Pyreeni	4,10	1,31	2,02	0,88	3,71	2,11	3,22	1,35	3,80	2,14
Reteeni									0,20	0,17
Trifenyleeni	0,32	0,19	0,20	0,08	0,25	0,13	0,25	0,10		
PAH-yhteensä	22,97	7,85	12,50	4,94	20,06	10,96	17,99	7,75	18,08	10,98