



**RAAHEN
ILMANLAATU
2019**

RAAHEN ILMANLAATU 2019

ILMANLAADUN SEURANTARAPORTTI, RAAHE 2019

Mittausten suorittaja ja tulosten editointi: Aino Alatalo **Mittalaitteiden kalibroinnit:** J.P. Pulkisen kalibrointi Ky **Metallianalyysit ja PAH-analyysit:** Eurofins Environment Testing Finland Oy **Raportin laatija:** Aino Alatalo **Valokuvat:** Raahen seutukunnan kuvapankki: Henri Ylikulju ja Leena Harju, Annekristiina Tuovinen, Anni Mämmelä, Anu Kiviniitty, Aino Alatalo, Terho Männistö, Tiina Lämsä, Ville Pisilä, Miilucast Oy, Raahen Energia Oy, Raahen Satama Oy **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 2019	25
8. TYPEN OKSIDIT (NO_x)	27
8.1. Typen oksidipitoisuudet lainsäädännössä	27
8.2. Typpimittaukset vuonna 2019	28
9. RIKKIDIOKSIDI (SO₂)	31
9.1. Rikkidioksidipitoisuudet lainsäädännössä	31
9.2. Rikkidioksidimittaukset vuonna 2019	32
10. HIUKKASET (PM₁₀)	35
10.1. Hiukkaspitoisuudet lainsäädännössä	36
10.2. Hengitettävät hiukkaset 2019	37
11. HIUKKASTEN SISÄLTÄMÄT PAH-YHDISTEET	40
11.1. PAH-pitoisuudet lainsäädännössä	40
11.2. PAH-mittaukset vuonna 2019	41
12. HIUKKASTEN SISÄLTÄMÄT RASKASMETALLIT	46
12.1. Raskasmetallipitoisuudet lainsäädännössä	47
12.2. Metallimittaukset vuonna 2019	48
13. SÄÄTIEDOT	55
14.1. Vuoden 2019 sää	55
14. LÄHDELUETTELO	59
15. LIITTEET	59

1. TIIVISTELMÄ

Vuonna 2019 ilmanlaadun mittaustoimintaa jatkettiin kaupungin tekemänä työnä edellisen vuoden tapaan. Mittaukset tehdään viisivuotisen seurantasuunnitelman mukaisesti, joka on voimassa 2018-2022. Mittauksia tehtiin Keskustan ja Lapaluodon mittausasemilla. Lisäksi laskeumanäytteitä kerättiin Välikylässä ja Lentokentäntiellä.

Kaikki mittauslaitteistot toimivat ilman suurempia laitevikoja, mutta vuoden ajalle sattui Lapaluodossa ja Keskustassa joitakin muuttaman päivän kestäneitä mittauskatkoksia, esim. tietoliikenneongelmista johtuen. Lisäksi katkoksia mittauksiin tulee laitteiden huolloista ja kalibroinnista. Mittaustuloksia saatiin kuitenkin sekä kuukausi- että vuositasolla lainsäädännön vaatimusten mukaan riittävästi.

Vuonna 2019 ilmanlaatu oli hyvää Keskustan mittausasemalla 88,6 % vuodesta ja Lapaluodon mittausasemalla 88,1 % vuodesta. Hyvää tai tyydyttävää ilmanlaatu oli molemmilla mittausasemilla yli 97 % vuodesta. Ilmanlaatuindeksi huomioi kuitenkin vain Raahessa mitatut parametrit, joita ovat rikkidioksidi (SO₂), typpidioksidi (NO₂) ja hengitettävät hiukkaset (PM₁₀). Näin ollen eri kaupunkien ja mittaasemien indeksit eivät ole täysin vertailukelpoisia, koska eri asemilla indeksiin vaikuttavat eri epäpuhtaudet. Raahessa ilmanlaadulla voi olla hetkellisesti vaikutuksia herkemmillä väestöryhmille, esim. keväisin katupölyaikaan. Raahessa tällaisia ajanjaksoja oli ilmanlaatuindeksinä tarkasteltuna koko vuonna Keskustassa yhteensä 20 ja Lapaluodossa yhteensä 32 tunnin aikana.

Vuosi oli säiden suhteen tavanomainen. Lämpötilojen kuukausikeskiarvot olivat lähellä pitkän ajan kuukausikeskiarvojen käyrää. Tammi-kuu oli hieman kylmempi kuin keskimääräisesti ja vastaavasti joulukuu oli hieman normaalia lämpimämpi.

Vuoden aikana sattui yhteensä neljä vuorokausiraja-arvon ylitystä, joista kolme oli hengitettävillä hiukkasilla (PM₁₀) ja yksi rikkidioksidilla. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) ylityksistä kaksi tapahtui Keskustassa ja yksi Lapaluodossa. Lain mukaisesti vuorokausiraja-arvon ylityksiä hengitettävillä hiukkasilla (PM₁₀) saa

tapahtua asemalla yhteensä 35 kertaa vuoden aikana, ennen kuin vuosittainen raja-arvo katsotaan ylittyneeksi. Hengitettävien hiukkasten ylitykset tapahtuivat huhtikuussa, jolloin ne kaikki oletettavasti johtuivat katupölystä. Hiukkasten vuosikeskiarvon raja-arvo ei ylittynyt kummallakaan asemalla.

Rikkidioksidin tuntikeskiarvon raja-arvon numeerinen ylitys tapahtui Lapaluodossa syyskuussa. Lain mukaisesti rikkidioksidin tuntikeskiarvon raja-arvon ylityksiä saa tapahtua vuoden aikana 24 kertaa, ennen kuin vuosittainen raja-arvo katsotaan ylittyneeksi. Täten rikkidioksidin pituisuudet eivät ylittäneet vuosittaista tuntikeskiarvon tai vuorokausikeskiarvon raja-arvoja, vaikka yksi numeerinen tuntiraja-arvon ylitys tapahtuikin.

Typen oksidien pitoisuudet eivät ylittäneet raja-arvoja tai ohjearvoja. Suurin mitattu typpidioksidin tuntikeskiarvo Keskustassa oli 120,1 µg/m³. Typpidioksidin vuosikeskiarvot ovat pysyneet jo usean vuoden ajan samalla tasolla Keskustassa.

Hiukkasiin sitoutuneiden PAH-yhdisteiden merkkiaineen bentso(a)pyreenin tavoitearvo ylittyi Lapaluodossa. Vuosikeskiarvo oli 1,63 ng/m³, kun lainsäädännössä asetettu tavoitearvo on 1 ng/m³. Keskustan vuosikeskiarvo 0,50 ng/m³ alitti tavoitearvon. Tavoitearvo tulee mahdollisuuksien mukaan alittaa. Korkeimmat PAH-yhdisteiden pitoisuudet mitataan yleensä talviaikaan ja kesällä pitoisuudet ovat pienempiä.

Hiukkasiin sitoutuneista metalleista vain jäljelle on lainsäädännössä määritelty raja- tai tavoitearvo. Näiden raskasmetallien pitoisuudet jäivät selvästi alle kyseisten arvojen.

Laskeuman tulokset on jätetty pois tästä raportista, koska tulokset olivat edellisvuosiin verrattuna poikkeuksellisen pieniä, eikä niitä voinut siten pitää luotettavina.

Vuonna 2019 ilmanlaadun mittauskoppeja peruskorjattiin mm. maalaamalla ja nostamalla Keskustan koppia ylemmäksi maasta. Lisäksi koppien katoille lisättiin kaiteet.

2. JOHDANTO

Tässä raportissa esitetään vuoden 2019 ilmanlaadun mittausten tulokset sekä kerrotaan miten ja miksi ilmanlaatua mitataan. Lisäksi pohditaan lyhyesti ilmanlaadun vaikutusta ihmisiin ja ympäristöön. Vuoden 2018 raportissa on kerrottu laajemmin historiasta, kuinka ilmanlaatua on mitattu Raahessa viime vuosikymmeninä. Tässä raportissa esitellään ne mitatut ja lasketut tulokset, jotka on raportoitu Ilmatieteenlaitokselle. Tässä raportissa olevissa tuloksissa voi olla joitain pieniä eroavaisuuksia Ilmatieteenlaitoksen julkaisemiin virallisiin tilastoihin, koska Ilmatieteenlaitos laskee tilastonsa talviajassa. Erot ovat kuitenkin niin pieniä, ettei niillä ole merkittävää vaikutusta koko vuoden tuloksiin.

Ilmanlaadun mittaukset toteutettiin vuosille 2018–2022 laaditun ja Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen hyväksymän tarkkailusuunni-

telman ja sen perusteella tehdyn seurantasopimuksen mukaisesti. Ilmanlaadun mittaus toiminnasta ja raportin laadinnasta on vastannut Raahen kaupunki. Ilmanlaadun kustannuksista ovat vastanneet Raahen kaupunki, SSAB Europe Oy (sisältäen Raahen Voima Oy:n ja Nordkalk Oy:n), Raahen Energia Oy, Raahen Satama Oy sekä Miilucast Oy. Ilmanlaadun laboratorioanalyyseistä on vastannut Eurofins Environment Testing Finland Oy. Mittauslaitteiden kalibroinnista on vastannut J.P. Pulkkinen kalibrointi Ky.

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

Yksikkö	Selite
µm	Pituuden yksikkö: mikrometri (= metrin miljoonasosa)
µg/m ³	Pitoisuuden yksikkö: mikrogrammaa (= gramman miljoonasosaa) kuutiometrissä ilmaa
ng/m ³	Pitoisuuden yksikkö: nanogrammaa (=gramman miljardisosa) 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 1: Yksiköt ja niiden selitteet.

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. Jatkovatoimisissa 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 hyväksyttyjä 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.
PM₁₀	Hengitettävät hiukkaset = halkaisijaltaan alle 10 µm:n kokoiset hiukkaset
PM_{2,5}	Pienhiukkaset = halkaisijaltaan alle 2,5 µm:n kokoiset hiukkaset
NO	Typpimonoksidi
NO₂	Typpidioksidi
NO_x	Typhen oksidit (NO ja NO ₂ yhteismäärä laskettuna NO ₂ :na)
SO₂	Rikkidioksidi
PAH	<i>Polycyclic aromatic hydrocarbons</i> , Polysykliset aromaattiset hiilivedyt
B(a)P	Bentso(a)pyreeni, yksi PAH-yhdiste, jota käytetään kaikkien PAH-yhdisteiden merkkiaineena
CEN	<i>European Committee for Standardisation</i> , Euroopan standardisoimisjärjestö
ISO	<i>International Standardisation Organisation</i> , Kansainvälinen standardisointiorganisaatio
SFS	Suomen Standardisoimisliitto SFS ry

Taulukko 2: Lyhenteitä tai termejä ja niiden määritelmät.

4. LAINSÄÄDÄNTÖ, LUPAVELVOITTEET JA STANDARDIT

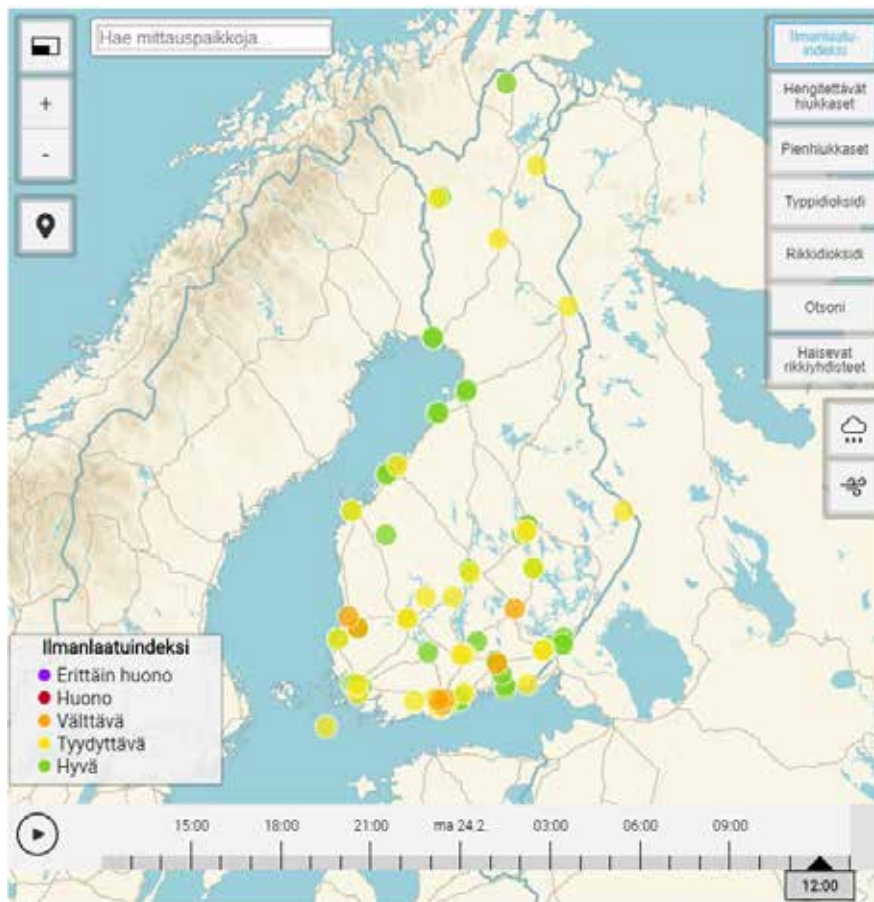
4.1. Kuntien velvoitteet

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 karttaoputuksesta (kuva 1).

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

Lain mukaisesti ilmanlaadun seurannan riittävyyttä tarkastellaan vähintään viiden vuoden välein tehtävällä seurantasuunnitelmalla, jossa arvioidaan nykyisten mittausten riittävyys, sekä määritellään uudet mittaustarpeet ja tavoitteet. Raahessa tämän hetkinen seurantasuunnitelma ja yhteistyösopimukset on tehty vuosille 2018–2022.



Kuva 1: Kaupungin nettisivuilla oleva ilmanlaadunindeksin ajantasainen karttaoputus. 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 Raahen kalkinpolttamolle, sekä tehdasalueen läheisyydessä sijaitsevalle Raahen Satama Oy:lle on myös annettu ympäristöluvuissaan määräykset osallistua Raahen seudun ilmanlaadun yhteistarkkailuun.

Miilucast Oy:llä ei ole ollut aikaisemmin velvollisuutta osallistua ilmanlaadun mittauksiin, mutta Miilucast Oy:n uudessa ympäristöluvas- sa, joka on myönnetty 9.12.2019, on määräys osallistua Raahen kaupungin ilmanlaadun yhteistarkkailuun.

Raahen Energia Oy:n osallistumisvelvoite tulee pieniä polttolaitoksia koskevasta asetuksesta, 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 koottuna kaikki nykyisin voimassa olevat lait ja asetukset, jotka vaikutta-

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

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

Taulukko 3: Ilmanlaadun mittauksiin vaikuttavat lait ja asetukset.



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.

Lyhenne tai termi	Määritelmä
Raja-arvo (SO₂, NO₂, PM₁₀)	Tieteellisin perustein terveyshaittojen ehkäisemiseksi ja vähentämiseksi vahvistettu pitoisuus, joka on alitettava määräajassa ja <u>jota ei saa ylittää</u> sen jälkeen kun raja-arvo on saavutettu
Tavoitearvo (As, Cd, Ni, B(a)P)	Pitoisuus tai kuormitus, joka on <u>mahdollisuuksien mukaan alitettava</u> määräajassa ja jolla pyritään vähentämään haitallisia terveys- ja ympäristövaikutuksia
Ohjearvo (SO₂, NO₂, PM₁₀)	Pitoisuus, jonka ylittyminen <u>pyritään estämään ennakolta</u> pitkällä aikavälillä alueilla, joilla ilmanlaatu on tai saattaa toistuvasti olla huonompi kuin ohjearvo edellyttäisi. Ohjearvot on otettava huomioon mm. maankäytön ja liikenteen suunnittelussa.
Kaikille epäpuhtauksille	
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 laatutavoitteet sallittujen epävarmuuksien, aineiston vähimmäismäärän ja ajallisen kattavuuden suhteen.
Suunta-antava mittaus	Kiinteillä tai siirrettävillä mittausasemilla tehtyjä yleensä lyhytkestoisia tai otantaan perustuvia mittauksia. Kullekin epäpuhtaudelle on määritelty erityiset laatutavoitteet.
Mallintaminen	Esim. leviämismalleilla tai päästökartoituksilla tehty arvio ilmanlaadun tasosta
Rikkidioksidille ja typen oksideille	
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

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

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

na kaikki vuoden 2019 mittauksissa käytössä olleet standardit mitattavan epäpuhtauden mukaan luokiteltuna.

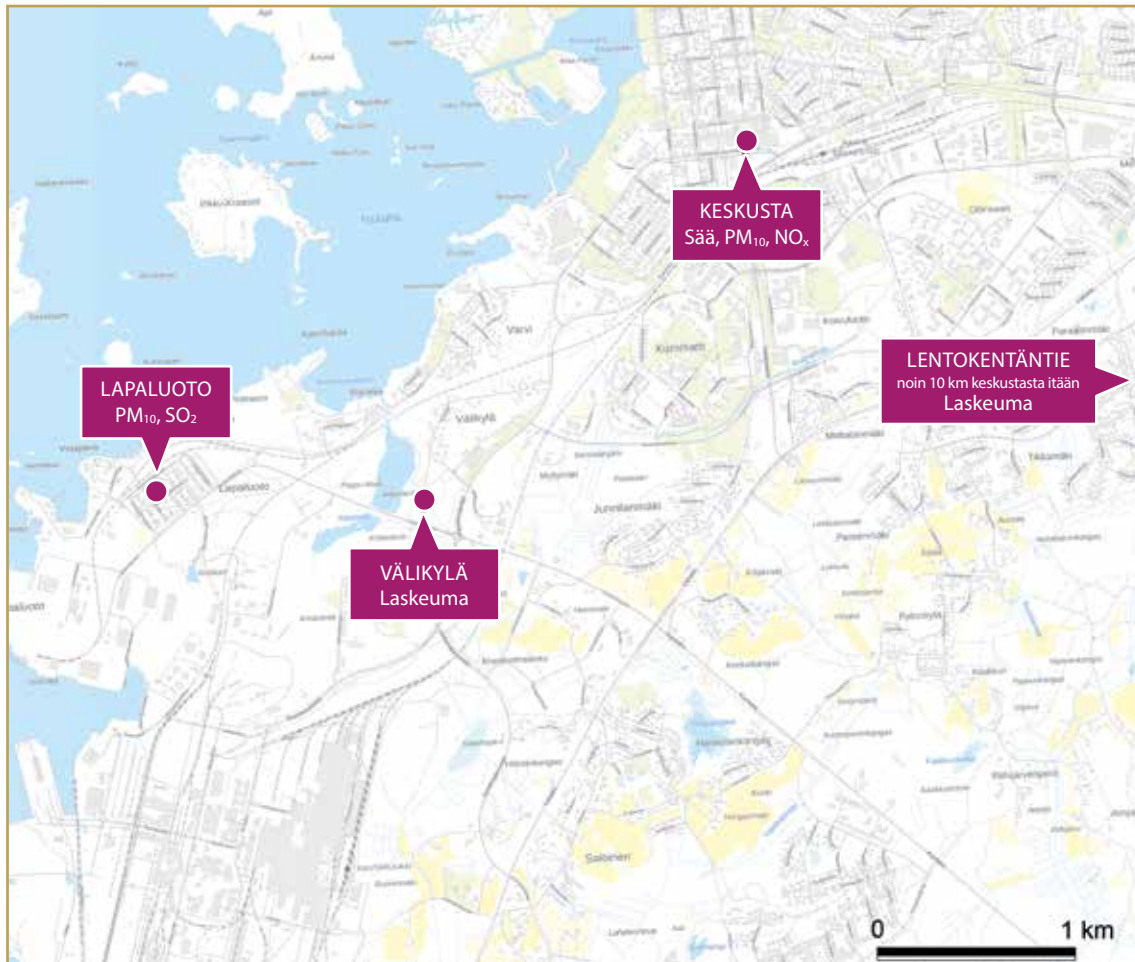
Mitattava epäpuhtaus	Standardinumero	Standardi
NO_x	SFS-EN 14211:2012	Ambient air. Standard method for the measurement of the concentration of nitrogen dioxide and nitrogen monoxide by chemiluminescence
SO₂	SFS-EN 14212:2012	Ambient air. Standard method for the measurement of the concentration of sulphur dioxide by ultraviolet fluorescence
PM₁₀	SFS-EN 12341:2014	Ambient air. Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM10 or PM2,5 mass concentration of suspended particulate matter
PM₁₀	SFS-EN 16450:2017	Ambient air. Automated measuring systems for the measurement of the concentration of particulate matter (PM10; PM2,5)
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 PM10 fraction of suspended particulate matter
Laskeuma	SFS-EN 15841:2009	Ambient air quality. Standard method for determination of arsenic, cadmium, lead and nickel in atmospheric deposition

Taulukko 5: Ilmanlaadun mittauksissa käytetyt standardit.



5. ILMANLAADUN MITTAUSVERKKO

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



Kuva 2: Mittausasemien ja laskeumamittauspisteiden 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. 2019:	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) katonalla 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:	Ahtaajankatu 8, Raahе
Koordinaatit (ETRS-TM35FIN):	N 7173942, E 376820
Mittausvuodet:	1984 –
Mittausparametrit v. 2019:	PM ₁₀ , SO ₂ , PAH, metallit
Näytteenottokorkeus:	4 m maanpinnasta

Lapaluodon mittausasema on sijainnut vanhan Lapaluodon koulun pihalla vuodesta 1984 alkaen. Asema edustaa SSAB:n teollisuusalueen ja sataman läheisyyden takia nimenomaan teollisuuden päästöjä, mutta lisäksi Lapaluodon pitoisuuksiin vaikuttaa myös pientalovaltaisena alueena 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. Välikylän laskeumamittauspiste

Välikylän laskeumapiste edustaa ilmasta laskeutuvien metallien määrää 70 metrin etäisyydellä tiestä ja 400 – 3700 metrin etäisyydellä teollisuudesta.

Piste sijaitsee puistoalueella. Mittauspisteen ja päästölähteiden välissä kasvaa metsää.

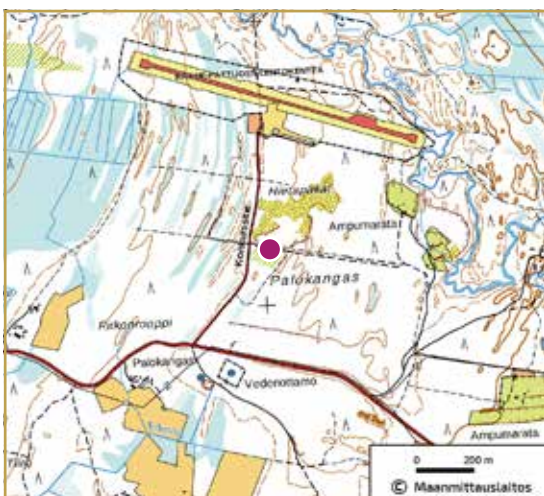


Aseman nimi:
Välikylän laskeumapiste
Koordinaatit (ETRS-TM35FIN):
N 7173833, E 378158
Mittausparametrit v. 2019:
Metallit laskeumasta
Näytteenottokorkeus:
2 m maanpinnasta



5.1.4. Lentokentätien laskeumamittauspiste

Lentokentätien laskeumapiste edustaa Raahen alueen ilmasta laskeutuvien metallien taustapitoisuutta. Pisteen lähellä ei ole merkittäviä päästölähteitä ja lähimmälle harvoin liikennöidylle tielle on matkaa noin 200 metriä.



Aseman nimi:
Lentokentätien laskeumapiste
Koordinaatit (ETRS-TM35FIN):
N 7175180, E 390007
Mittausparametrit v. 2019:
Metallit laskeumasta
Näytteenottokorkeus:
2 m maanpinnasta



5.2. Menetelmät

Mittauspisteillä mitattavat ilmanlaadun epäpuhtaudet, mittausstiheydet, käytössä olevat laitteet, analyysimenetelmät ja standardit ovat kuvattuna seuraavaan taulukkoon 6.

Raportin kappaleessa 4.3. on eriteltyä käytettävät standardit myös otsikoiden perusteella.

Mittauspiste	Ilman epäpuhtaus	Mittausstiheys	Käytössä oleva laite/keräin	Analyyssi-menetelmä	Standardi (SFS-EN)
Keskusta	NO _x	Jatkuva-toiminen	Environnement AC 32M	Kemiluminesensi	14211:2012
	PM ₁₀	Jatkuva-toiminen	Teom 1400 A	Värähtelevä mikrovaaka	12341:2014 16450:2017
	PAH-yhdisteet ¹⁾	1 krt/vko	Leckel SEQ47/50-RV	GC-MS ⁴⁾	15549:2008 12341:2014
	Raskasmetallit ²⁾	1 krt/vko		ICP-MS ⁵⁾	14902:2006 12341:2014
	Sääasema ³⁾	Jatkuva-toiminen	Vaisala WXT520		
Lapaluoto	SO ₂	Jatkuva-toiminen	Thermo Electron model 43i	UV-fluoresenssi	14212:2012
	PM ₁₀	Jatkuva-toiminen	Teom 1400 AB	Värähtelevä mikrovaaka	12341:2014 16450:2017
	PAH-yhdisteet ¹⁾	2,5 krt/vko	Leckel SEQ47/50-RV	GC-MS ⁴⁾	15549:2008 12341:2014
	Raskasmetallit ²⁾	1 krt/vko		ICP-MS ⁵⁾	14902:2006 12341:2014
Välikylä	Laskeuman raskasmetallit ²⁾	1 kk	Laskeumakeräin	ICP-MS ⁵⁾	15841:2009
Lentokentäntie		keräysnäyte, 12 krt/v			

- 1) Antraseeni, asenaftteeni, asenaftyleeni, bentso(a)antraseeni, bentso(a)pyreeni, bentso(g,h,i)peryleeni, bentso(bj)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, dibentso(2,h+a,c)antraseeni, fenantreeni, fluorantreeni, fluoreeni, indeno(1,2,3-c,d)pyreeni, kryseeni, naftaleeni, pyreeni, trifenyleeni,
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

Taulukko 6: Ilmanlaatumittauksissa käytettävät mittausmenetelmät.

5.3. Toimijat

Vuonna 2019 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 Miilucast 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.

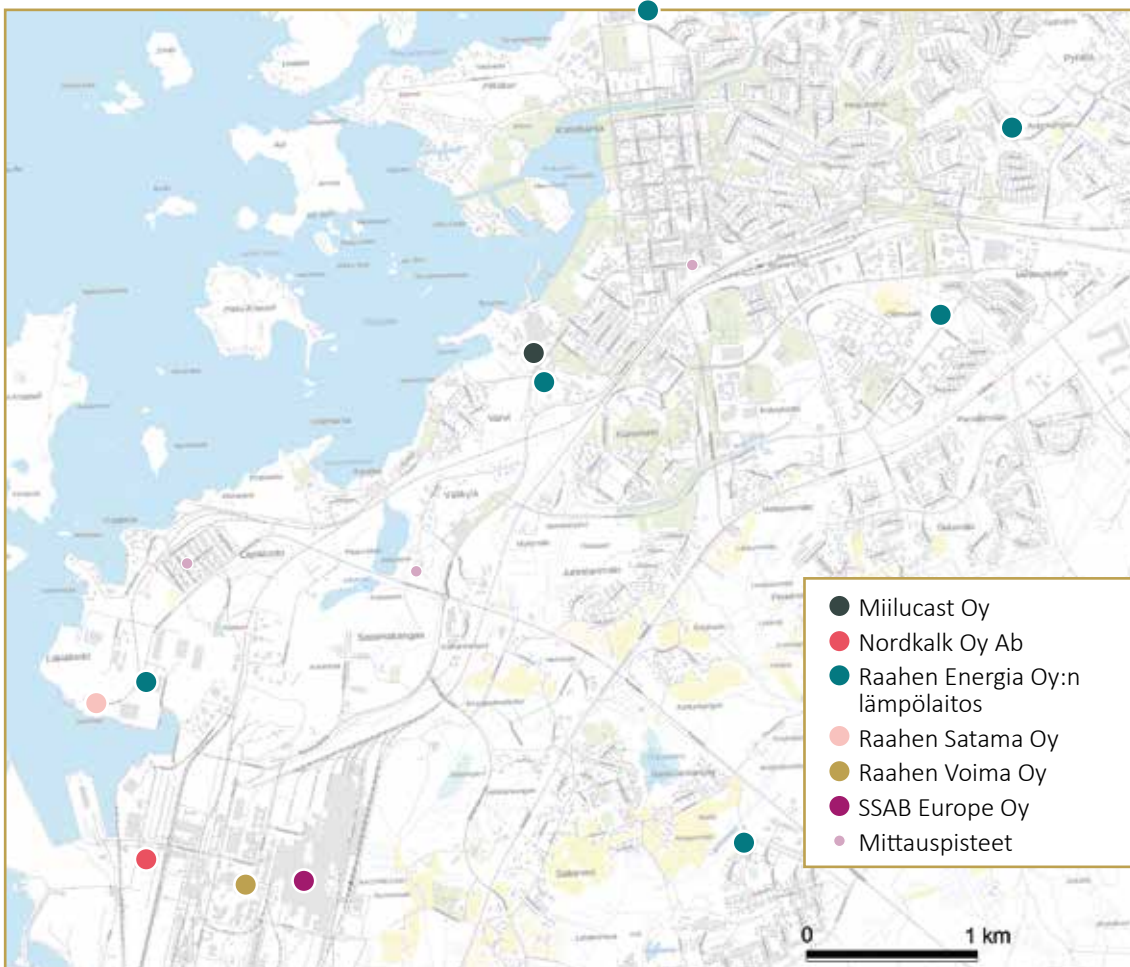


Miilucast Oy valmistaa koneistettuja teräsvälutuotteita, kuten pumppujen, venttiilien ja paperikoneiden osia. Tuotantoa varten Miilucast Oy:llä on käytössä kuusi induktiouunia.

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.





Kuva 3: Ilmanlaadun mittauksissa mukanaolevat toimijat. Kuvasta on rajattu ulos Pattijoen Alakkalassa sijaitseva Raahen Energian lämpölaitos sekä Lentokentätien laskeumamittauspiste.

6. PÄÄSTÖT

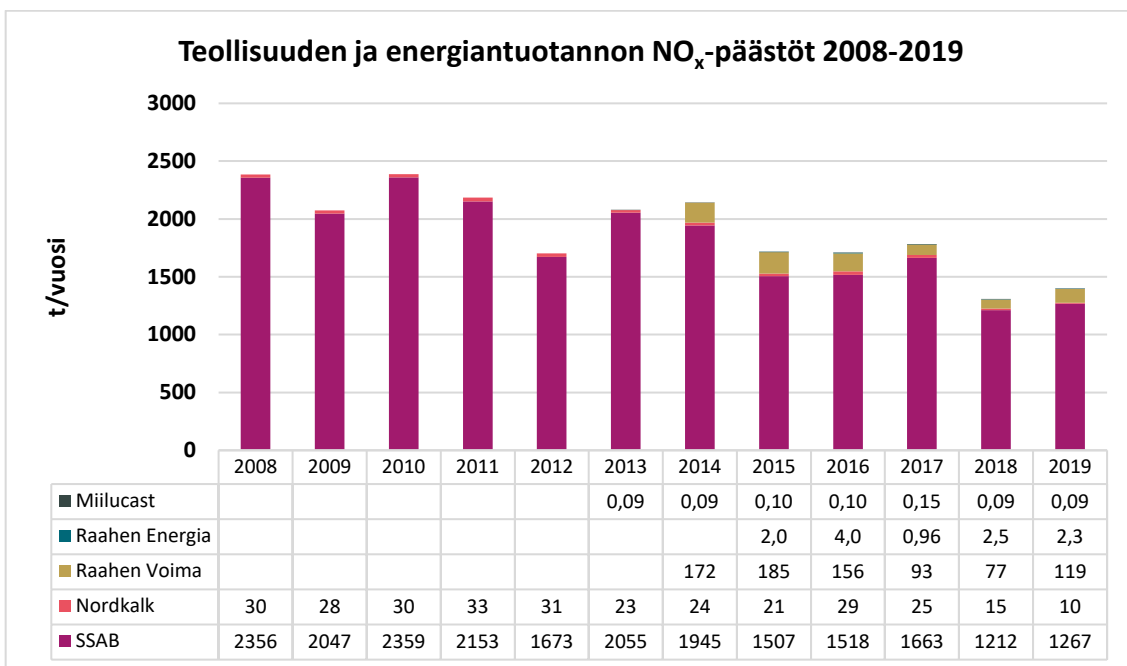
6.1. Teollisuus

Teollisuuden päästöistä merkittävimmät muodostuvat Raahessa SSAB:n, Nordkalkin, Raahen Voiman, Raahen Energian ja Miilucastin toiminnoista. Seuraaviin kuvaajiin 1-4 on esitetty vuoden 2019 teollisuuden piippupäästöt, joihin ei ole laskettu mukaan hajapäästöjä.

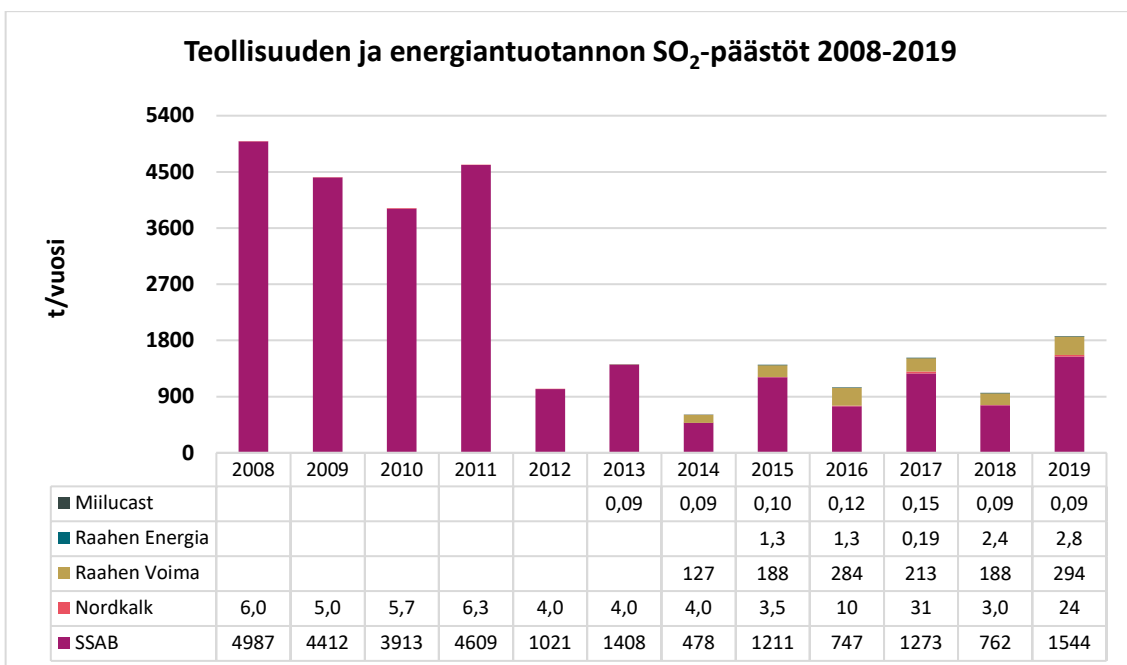
Kuvaajissa on mukana historiatieto myös edellisen 10 vuoden ajalta. Erityisesti rikkidioksidin, hiukkasten ja raskasmetallien kuvaajissa nähdään vuonna 2011 SSAB:lla suljetun sint-raamon, sekä masuunien uusittujen pölynpoistojärjestelmien merkittävä vaikutus em.

pitoisuuksiin. Vuoteen 2014 Raahen Voiman päästöt sisältyivät SSAB:n päästöihin. Miilucastin ja Raahen Energian päästöt ovat vuodesta 2015 asti, jolloin ne ovat tulleet mittauksiin mukaan. Miilucastin tuloksia on ilmoitettu myös pari vuotta takautuvasti.

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

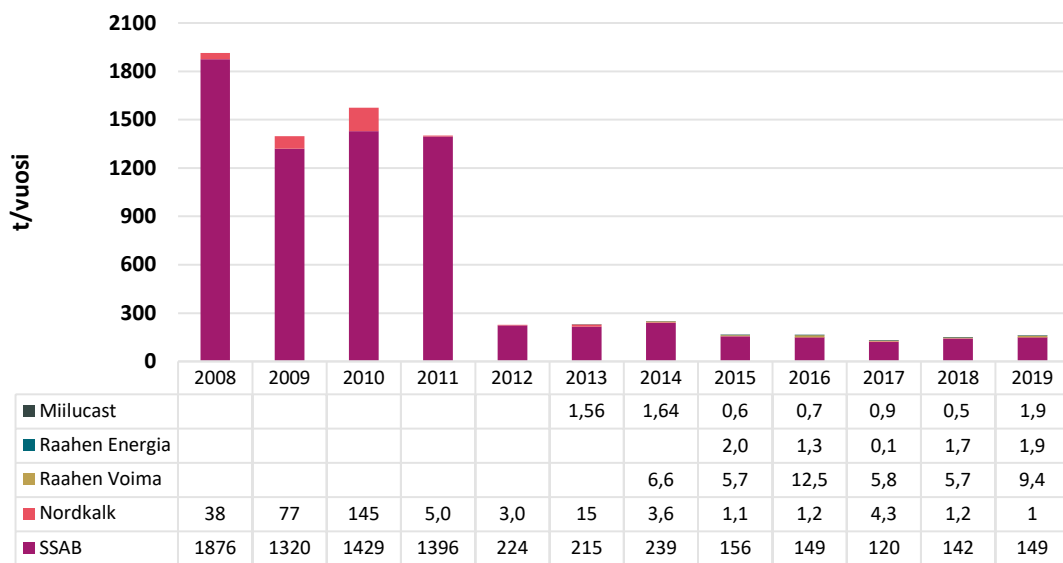


Kuvaaja 1: Teollisuuden ja energiantuotannon typen oksidipäästöt 2008–2019.
Tiedot on saatu toimijoilta ajanjaksolta, jolloin he ovat olleet mukana ilmanlaadun mittauksissa.



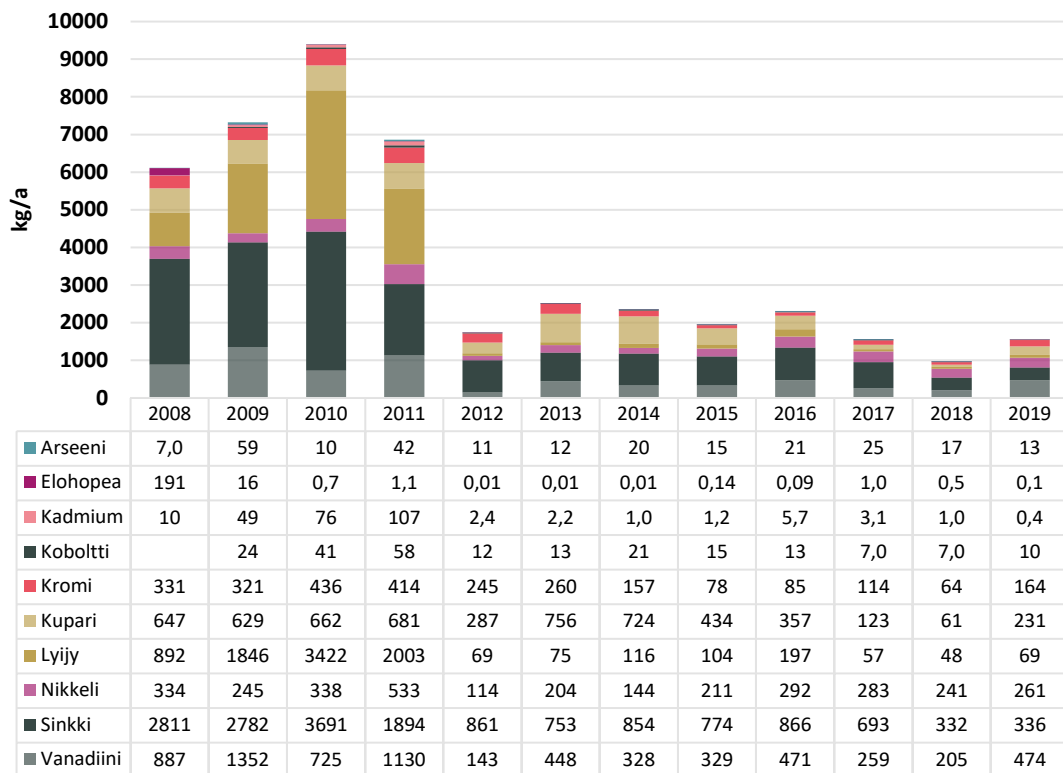
Kuvaaja 2: Teollisuuden ja energiantuotannon rikkidioksidipäästöt 2008–2019.
Tiedot on saatu toimijoilta ajanjaksolta, jolloin he ovat olleet mukana ilmanlaadun mittauksissa.

Teollisuuden ja energiantuotannon hiukkaspäästöt 2008-2019



Kuvaaja 3: Teollisuuden ja energiantuotannon hiukkaspäästöt 2008–2019. Tiedot on saatu toimijoilta ajanjaksolta, jolloin he ovat olleet mukana ilmanlaadun mittauksissa.

Teollisuuden ja energiantuotannon raskasmetallipäästöt 2008 -2019



Kuvaaja 4: Teollisuuden ja energiantuotannon yhteenlasketut raskasmetallipäästöt 2008–2019. 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 käyttöönnotolla.

Vuosittaiset liikennepäästöt saadaan Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n toteuttamasta ja ylläpitämästä Suomen liikenteen

pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmästä LIPASTOsta, joka kattaa tie-, raide-, vesi- ja ilmaliiikenteen sekä työ-koneet. LIPASTOssa on tieliikennettä koskeva alamalli LIISA, josta saadaan kuntakohtaiset päästöt vuoden viiveellä. Laskelmat perustuvat automaattisiin liikennelaskureihin, joten eri vuosien tuloksia voi verrata vain karkeasti toisiinsa. Nykyisellä laskentatavalla tietoja on esitetty vuodesta 2015 lähtien, jotka on koottu taulukkoon 7.

Tieliikenteen päästö t/v	2015	2016	2017	2018
Hiilimonoksidi, CO	235,7	207,8	179,5	160,1
Hiilivedyt, HC	29,5	25,4	21,5	18,6
Typen oksidit, NO _x	180,3	164,5	144,3	136,4
Hiukkaset, PM	5,2	4,6	3,9	3,5
Metaani, CH ₄	2,5	2,4	2,2	2,1
Typpioksiduuli, N ₂ O	1,2	1,2	1,2	1,2
Rikkidioksidi, SO ₂	0,2	0,2	0,2	0,2
Hiilidioksidi, CO ₂	46 041	50 902	46 809	49 029
Suorite (Miljoonaa km)	221	227	229	224,4

Taulukko 7: Tieliikenteen päästöt Raahessa 2015–2018 (Lähde: VTT, LIISA-järjestelmä).

6.2.2. Laivaliikenne

Vuosittaiset laivaliikenteen päästöt saadaan satamakohtaisesti LIPASTOn 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.

Vuonna 2015 laivaliikenteen päästörajoitukset kiristyivät EU:n rikkidirektiivin myötä, mikä näkyy myös taulukon 8 päästöissä. Vuonna 2018

Raahen satamassa kävi 601 alusta, mikä on hieman enemmän kuin aikaisempina vuosina. Päästöt kuitenkin ovat pienemmät kuin edellisvuonna.



Laivaliikenteen päästö t/v	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Hiilimonoksidi, CO	11,0	8,9	17,4	11,6	10,0	11,5	10,6
Hiilivedyt, HC	3,1	2,5	4,9	3,2	2,8	3,2	2,9
Typen oksidit, NO _x	82,5	66,3	128,3	87,3	74,3	85,7	79,2
Hiukkaset, PM	2,7	2,2	3,9	2,2	1,9	1,8	1,7
Metaani, CH ₄	0,4	0,3	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4
Typpioksiduuli, N ₂ O	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Rikkidioksidi, SO ₂	7,2	5,9	6,9	2,7	2,3	1,4	1,3
Hiilidioksidi, CO ₂	4 528	3 648	6 998	4 770	4 053	4 673	4 329
Satamakäynnit (kpl)	483	547	608	593	532	557	601

Taulukko 8: Laivaliikenteen päästöt Raahen satamassa 2012–2018 (Lähde: VTT, MEERI-järjestelmä).

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 heikommät ja vaikutukset jäävät pääosin päästölähteen lähiympäristöön.

Kovilla tuulilla ilmansaasteet voivat kulkeutua satojenkin kilometrien päähän, jolloin esimerkiksi maastopaloista syntyvä savu voi kulkeutua laajallekin alueelle. Suomessa esimerkiksi vuonna 2010 nähtiin vaikutuksia ilmanlaatuun, kun Venäjällä oli laajoja maastopaloja sekä Islannissa tulivuoren purkaus.

7. ILMANLAATUINDEKSI

Ilmanlaatuindeksi yhdistää sen hetkiset mittaustulokset yhdeksi indeksiarvoksi, joita kuvaamaan on luotu viisiportainen sanallinen ja värillinen asteikko. Vuonna 2019 Keskustan mittausasemalla ilmanlaatu oli hyvää 88,6 %, ja Lapaluodossa 88,1 % vuodesta. Molemmilla asemilla ilmanlaatu oli hyvää tai tyydyttävää yli 97 % vuodesta. Hetkellisesti esim. keuhkain katupölyaikaan, ilmanlaadulla voi olla terveysvaikutuksia herkemmille väestöryhmille. Viime vuoden ilmanlaatuindeksit kuukausitasolla löytyvät kappaleesta 7.1.

Ilmanlaatuindeksi on yksinkertaistettu malli kuvaamaan 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 Ilmatieteenlaitoksen nettisivuilta.

Ilmanlaatuindeksiä määritettäessä otetaan huomioon pitoisuudet, joita kullakin ilmanlaatuasemalla mitataan. Näitä voi olla rikkidioksidi (SO₂), typpidioksidi (NO₂), hengitettävät hiukkaset (PM₁₀), pienhiukkaset (PM_{2,5}), otsoni (O₃), hiilimonoksidi (CO) ja haisevat rikkidihydrokseenit (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.

Indeksiluokitus	Vaikutukset		Indeksiarvot ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	Terveysteen	Luontoon	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀
Hyvä	Ei todettu	Lieviä luonto-vaikutuksia pitkällä aikavälillä	< 20	< 40	< 20
Tyydyttävä	Hyvin epätodennäköisiä		20–80	40–70	20–50
Välttävä	Epätodennäköisiä	Selviä kasvillisuus- ja materiaali-vaikutuksia pitkällä aikavälillä	80–250	70–150	50–100
Huono	Mahdollisia herkillä ihmisillä		250–350	150–200	100–200
Erittäin huono	Mahdollisia herkillä väestöryhmillä		> 350	> 200	> 200

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

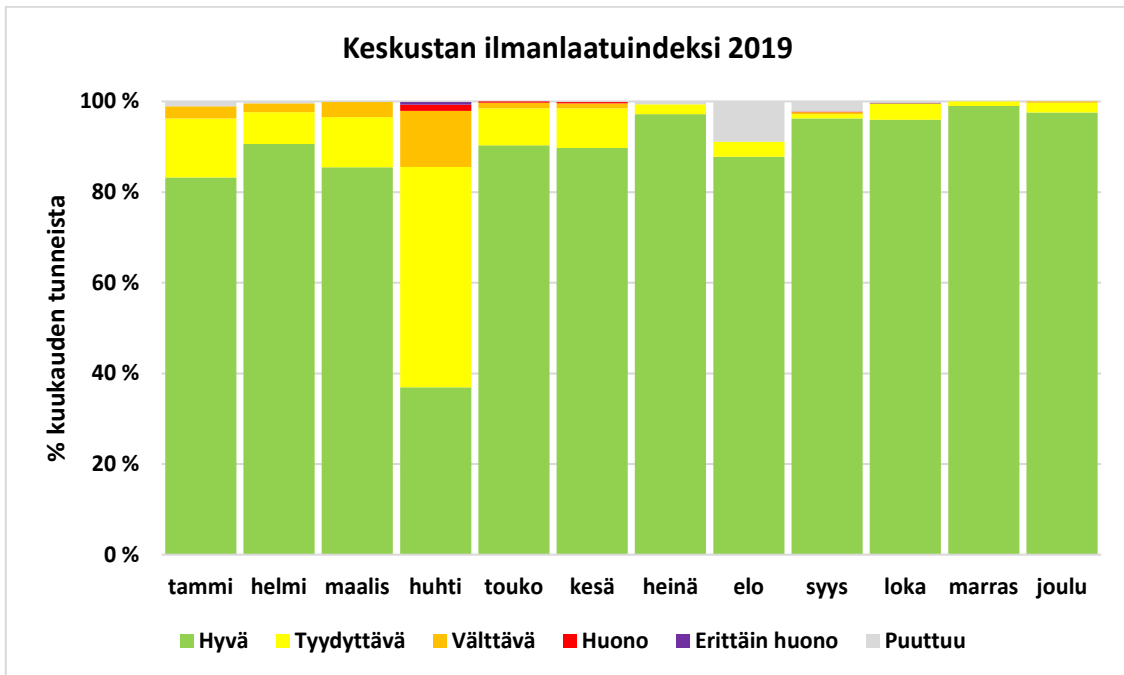
14.1. Ilmanlaatuindeksi vuonna 2019

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 kuvaajiin ”puuttuu”.

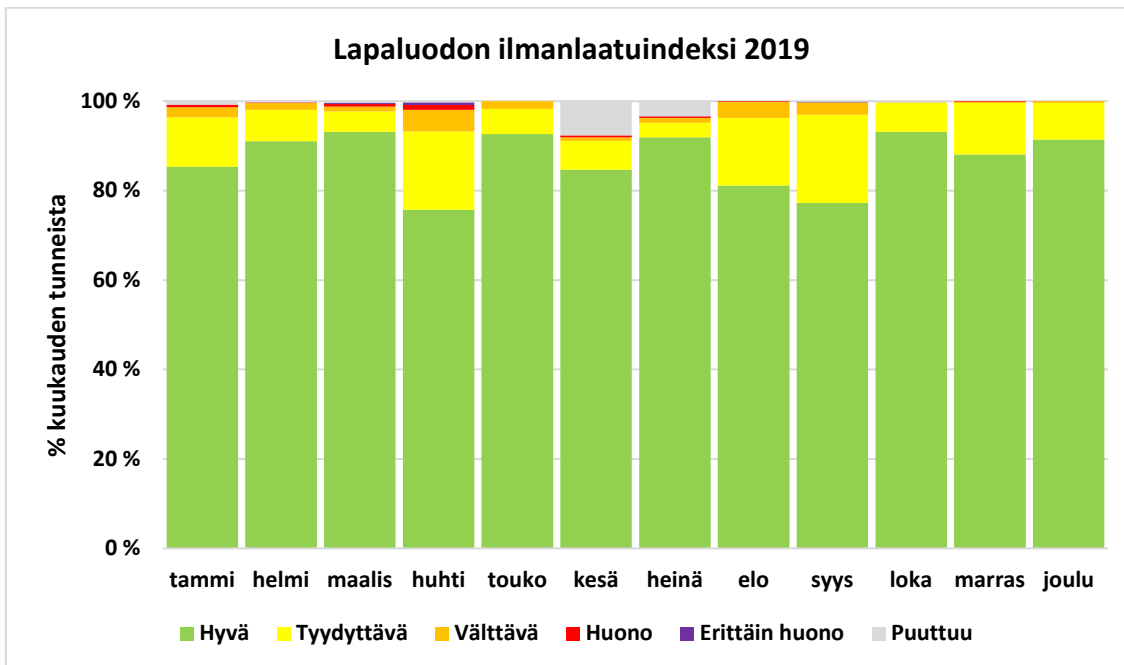
Keskustan asemalla (kuvaaja 5) ilmanlaatu oli hyvää 88,6 %, tyydyttävää 9,2 % ja välttävää 2,0 % siitä ajasta, jolloin mittaustietoa oli käytettävissä. Vuoden tunneista 15 oli huonoa (0,17 %) ja 5 erittäin huonoa (0,06 %). Erittäin huonot tunnit olivat 6.-7.4. klo 22-02, sekä 2.10. klo 13-14. Huhtikuussa kyseisellä ajanjaksolla sattui vuorokausiarvon PM₁₀ ylitys Keskustassa. Lokakuussa kyseessä oli yksittäinen korkea alle puolen tunnin kestoinen PM₁₀-mittaustulos. Vuoden mittaustietoa puuttui yhteensä 103 tunnilta (koko vuoden tunneista 1,16 %). Verrattuna edellisvuoteen ilmanlaatuindeksi oli hieman huonompaa, sillä vuonna 2018 kaikista tunneista hyvää oli 90,4 %.

Lapaluodon asemalla (kuvaaja 6) ilmanlaatu oli hyvää 88,1 %, tyydyttävää 9,8 % ja välttävää 1,7 % siitä ajasta, jolloin mittaustietoa oli käytettävissä. Vuoden tunneista 25 oli huonoa (0,29 %) ja erittäin huonoa 7 tuntia (0,08 %). Erittäin huonot tunnit olivat 4.3. klo 21-22, 27.3. klo 10-11, 17.4. klo 04-05, 26.4. klo 9-11, 29.4. klo 00-01 sekä 25.9. klo 08-09. Maaliskuun ja huhtikuun tapauksissa hiukkasten (PM₁₀) pitoisuus oli koholla, joista 26.4. tapahtui hiukkasten vuorokausiarvon ylitys. 25.9. tapahtui rikkidioksidin (SO₂) vuorokausiarvon ylitys. Vuoden mittaustietoa puuttui yhteensä 96 tunnilta (koko vuoden tunneista 1,1 %). Verrattuna vuoteen 2018 ilmanlaatuindeksi oli lähes samalla tasolla Lapaluodossa.





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



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

8. TYPEN OKSIDIT (NO_x)

Typen oksideita mitataan jatkuvatoimisesti Keskustan asemalla, sillä typen oksideita muodostuu merkittävimmin liikenteen ja energiantuotannon vaikutuksesta. Vuoden 2019 pitoisuudet eivät ylittäneet raja-arvoja. Suurin tuntikeskiarvo oli 120,1 µg/m³. Mittaukset sujuivat ilman suurempia katkoksia, mittaustuloksia on käytettävissä 98,5 % vuoden tunneista. Vuoden 2019 tarkemmat tulokset löytyvät kappaleesta 8.2.

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 lujaa ajettaessa. Pakokaasujen typenoksidipäästöt ovat pääosin typpimonoksidia (NO), joka ilmassa hapettuu typpidioksidiksi (NO₂), joka on typen oksideista haitallisin. Typpidioksidipitoisuudet ovat vuosien aikana laskeneet erityisesti katalysaattoreilla varustettujen autojen korvatessa vanhempia autoja, mutta toisaalta liikennemäärän kasvu hidastaa tekniikan parantumisen aiheuttamaa kehitystä.

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 seuraavat raja-arvot pitoisuuksille ulkoilmassa (taulukot 10 ja 11), jotka ovat olleet voimassa 1.1.2010 alkaen. Raja-arvon lisäksi on annettu varoituskynnysarvo, joka on 400 µg/m³ (kolmen peräkkäisen tunnin arvo).

Varoituskynnysarvon ylittyessä lyhytaikainenkin altistuminen voi vaarantaa ihmisen terveyttä. Vuodesta 1996 alkaen on ollut voimassa ohjearvot typpidioksidin kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipisteelle sekä kuukauden toiseksi suurimmalle vuorokausiarvolle. Typen oksideille (NO_x) on metsä- ja maaseutualueilla määritelty 15.8.2001 alkaen kriittinen taso (taulukko 12) kasvillisuuden ja ekosysteemin suojelemiseksi.

NO ₂ (1 v)	Raja-arvo ^{1,2)}	Alempi arviointikynnys	Ylempi arviointikynnys
Numeerinen arvo	40 µg/m ³	65 % (26 µg/m ³)	80 % (32 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 10: Typpidioksidin vuosikeskiarvon raja-arvo sekä alempi ja ylempi arviointikynnys (VNa 79/2017).

NO ₂ (1 h)	Raja-arvo ^{1,2)}	Alempi arviointikynnys	Ylempi arviointikynnys	Ohjearvo ³⁾
Numeerinen arvo	200 µg/m ³	50 % (100 µg/m ³)	70 % (140 µg/m ³)	⁴⁾ 150 µg/m ³ ⁵⁾ 70 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
5) Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo

Taulukko 11: Typpidioksidin tuntikeskiarvon raja-arvo, ohjearvot sekä alempi ja ylempi arviointikynnys (VNa 79/2017, VNp 480/1996).

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

Taulukko 12: Typen oksidien vuosikeskiarvon kriittinen taso sekä alempi ja ylempi arviointikynnys metsä- ja maaseutualueilla (VNa 79/2017).

8.2. Typpimittaukset vuonna 2019

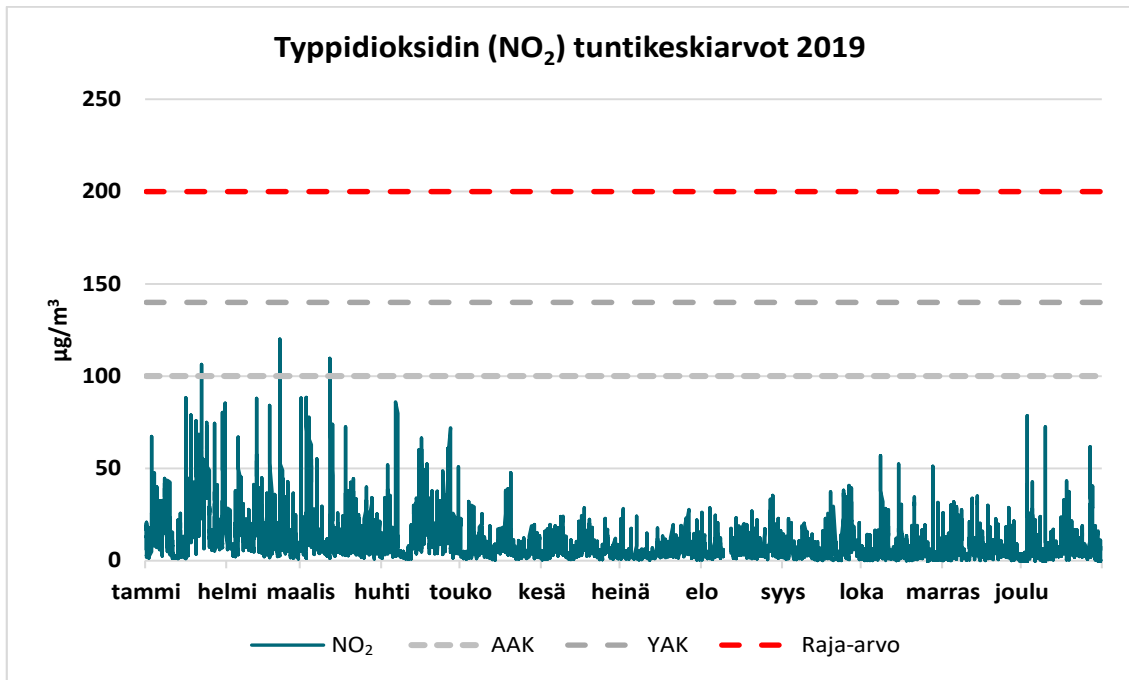
Raahessa typen oksideita mitataan jatkuva-toimisesti Keskustan mittausasemalla kemiluminesenssiin perustuvalla Environnement AC32M -mittauslaitteella. Mittaukset sujuivat ilman suurempia katkoksia, sillä vuoden aikana sattui vain muutamia korkeintaan parin tunnin kestäviä keskeytyksiä ja ainoastaan yksi pidempi katkos 9.–12.8. Koko vuoden tunneista on hyväksytyä tuntidataa 98,5 %.

Kuvaajassa 7 on Keskustan asemalla mitatut typpidioksidin tuntikeskiarvot. Typpidioksidipitoisuudet ovat suurempia talvella pakkasajanaan, kun ilman laimentumisolosuhteet ovat heikommat. Tuntikeskiarvon raja-arvo on 200 µg/m³, joka saa ylittyä 18 kertaa vuodessa. Kuvaajasta nähdään, että vuonna 2019 typpidioksidipitoisuus ei ylittänyt kertaakaan raja-arvoa.

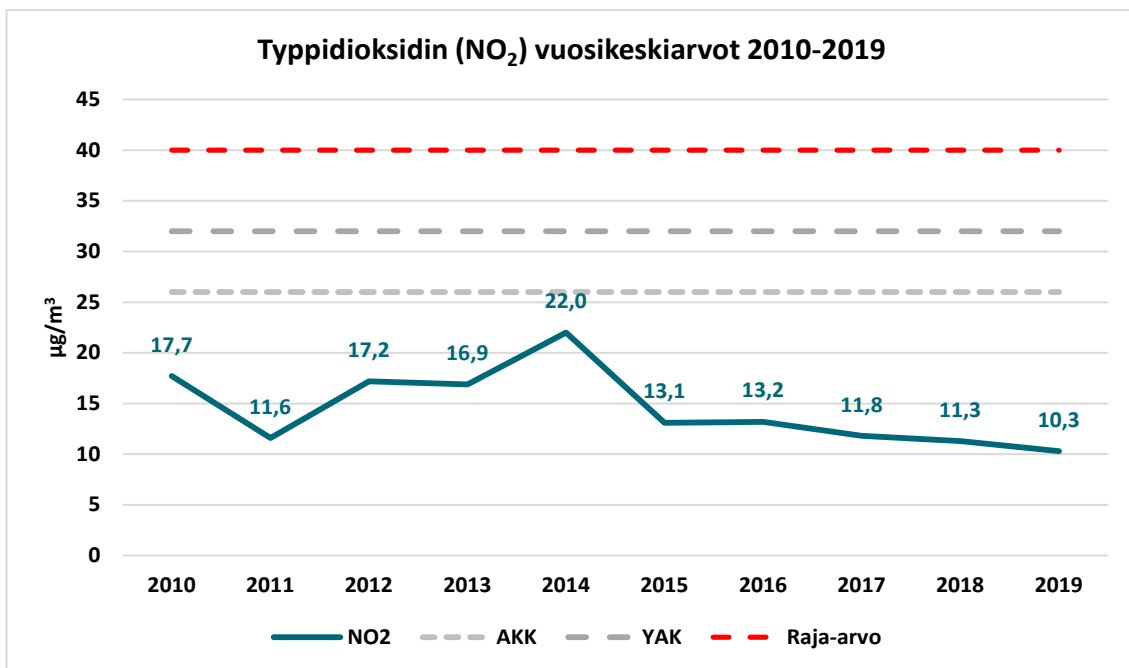
Kuvaajaan 8 on koottu typpidioksidin vuosikeskiarvoja 2010 alkaen, jonka perusteella

viime vuosina NO₂-pitoisuudet ovat tasaisesti laskeneet ja vuoden 2019 pitoisuus oli pienin tällä vuosikymmenellä. Kaikki arvot ovat selvästi pienempiä kuin raja-arvo 40 µg/m³.

Kuvaajissa 9-10 on esitetty typpidioksidin tuntiohjearvoon (kuukauden tuntiarvojen 99 % -piste) ja vuorokausikeskiarvoon (kuukauden toiseksi korkein vuorokausiarvo) verrannolliset pitoisuudet kuukausittain vuonna 2019 sekä vertailun vuoksi vuosien 2017 ja 2018 arvot. Vuoden 2017 tuloksissa ei ole käytettävissä joulukuun tulosta, koska mittausten ajallista kattavuutta ei ole ollut riittävästi. Kaikkina näinä vuosina tuntiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet vaihtelivat välillä 11 – 90 µg/m³, joten ohjearvon (150 µg/m³) ylityksiä ei tullut. Vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet vaihtelivat välillä 8 – 49 µg/m³, joten nekin eivät ylittäneet ohjearvoa (70 µg/m³).

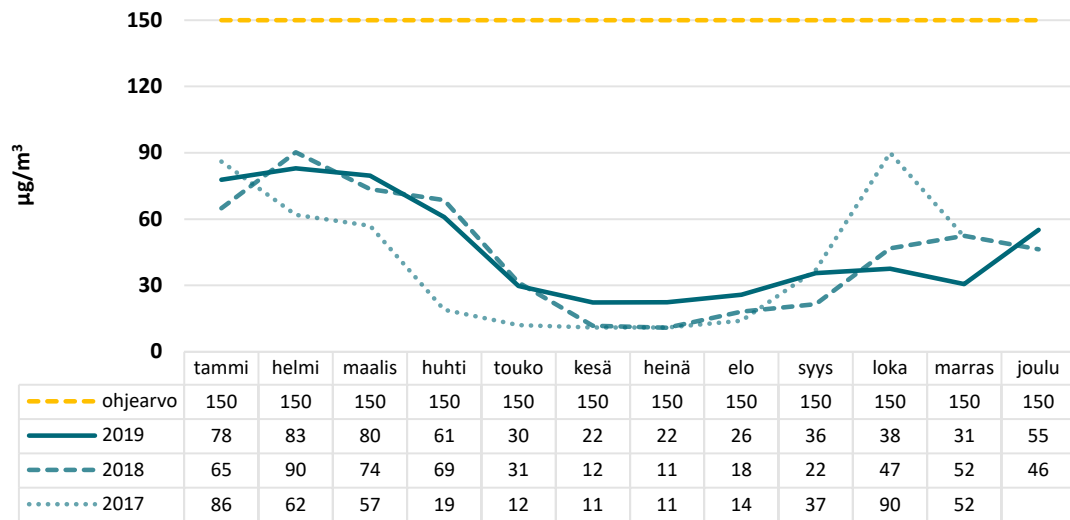


Kuvaaja 7: Typpidioksidin (NO₂) tuntikeskiarvot 2019 Keskustassa.
 Kuvaajaan on merkitty myös tuntikeskiarvon raja-arvon (200 µg/m³) alempi arviointikynnys (100 µg/m³)
 ja ylempi arviointikynnys (140 µg/m³).



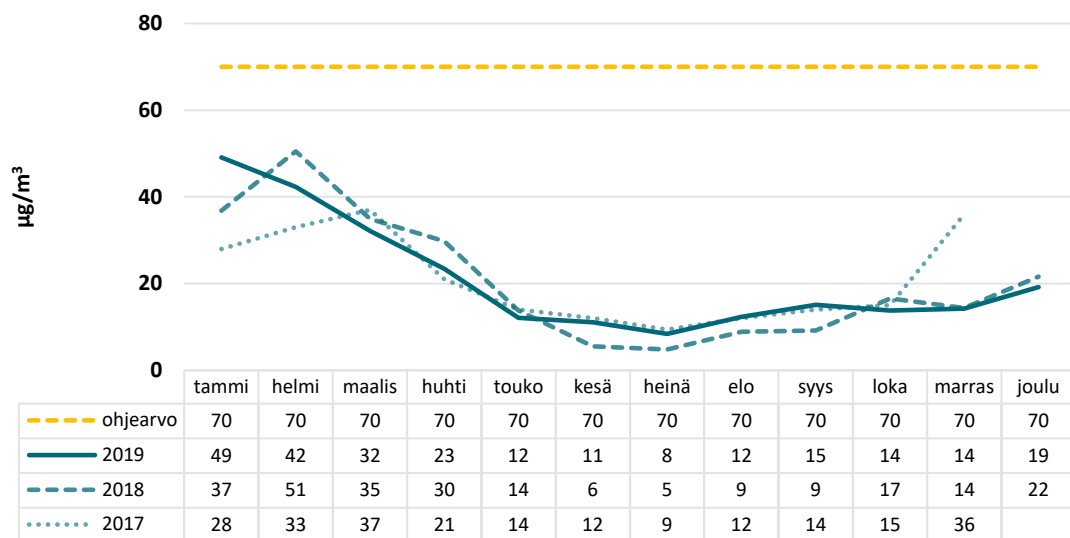
Kuvaaja 8: Typpidioksidin (NO₂) vuosikeskiarvot 2010–2019 Keskustassa.
 Kuvaajaan on merkitty myös vuosikeskiarvon raja-arvon (40 µg /m³) alempi arviointikynnys (26 µg/m³)
 ja ylempi arviointikynnys (32 µg/m³).

Typidioksidin (NO₂) kuukauden tuntiarvojen 99 %-pisteet 2017-2019



Kuvaaja 9: Typidioksidin tuntiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet kuukausittain vuosina 2017-2019 Keskustassa. Kuvaajaan on merkitty myös ohjearvo (150 µg/m³).

Typidioksidin (NO₂) kuukauden 2. korkein vuorokausiarvo 2017-2019



Kuvaaja 10: Typidioksidin vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet kuukausittain vuosina 2017-2019 Keskustassa. Kuvaajaan on merkitty myös ohjearvo (70 µg/m³).

Raportin liitteessä 1 on koottuna yhteenvetomaisesti typidioksidin edellä olevien kuvaajien lukuarvot kuukausitasolla tarkasteltuna.

Typen oksideille on määritelty metsä- ja maaseutualueilla kasvillisuuden suojelemisek-

si vuosikeskiarvon kriittinen taso 30 µg/m³. Vuonna 2019 keskiarvo oli 22,7 µg/m³. Raahe ei kaupunkina ole lain määrittelemä metsä- tai maaseutualue, mutta pitoisuuksia seurataan kasvillisuuden takia. Typen oksidipitoisuudet ovat laskeneet viime vuosina lähes samassa suhteessa typidioksidipitoisuuksien kanssa.

9. RIKKIDIOKSIDI (SO₂)

Rikkidioksidia mitataan jatkuvatoimisesti Lapaluodon asemalla, koska rikkidioksidia muodostuu merkittävimmin teollisuuden vaikutuksesta. Vuonna 2019 rikkidioksidilla tapahtui yksi numeerinen tuntikeskiarvon raja-arvon (350 µg/m³) ylitys syyskuussa, jolloin tuntikeskiarvo oli 398 µg/m³. Lain mukaisesti numeerisia tuntikeskiarvon raja-arvon ylityksiä saa tapahtua vuoden aikana 24 kertaa. Koko vuoden mittaustuloksia on käytettävissä 98,8 %, mikä täyttää lainsäädännön vaatimukset vuosikeskiarvon osalta. Viime vuoden tarkemmat tulokset löytyvät kappaleesta 9.2.

Rikkidioksidi on vesiliukoinen, väritön ja suu- rissa pitoisuuksissa kitkerän hajuisen, ärsyttävä kaasu. Rikkidioksidi (SO₂) on peräisin teollisuudesta ja energiantuotannosta, ja tieliikenteen osuus päästöistä on pieni.

Rikkidioksidipitoisuudet laskivat voimakkaasti erityisesti 1980-luvulla, jolloin

rikkidioksidipäästöjä alettiin rajoittaa happosateiden aiheuttamien metsävaurioiden ja vesistöjen happamoitumisten takia. Rikittömät polttoaineet yleistyivät 2000-luvun alussa, mikä osaltaan on myös vaikuttanut rikkidioksidipitoisuuksien alenemiseen.



9.1. Rikkidioksidipitoisuudet lainsäädännössä

Ilmanlaatuasetuksen mukaisesti rikkidioksidille on määritetty seuraavat raja-arvot tunti- ja vuorokausipitoisuuksille sekä vuorokausiarvon ylempi ja alempi arviointikynnys (taulukot 13 ja 14), 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 µg/m³, joka on korvattu tunti- ja vuorokausikeskiarvojen raja-arvoilla. Metsä- ja maaseutualueille on kuitenkin määritelty vuosikeskiarvolle ns. kriittisen tason raja-arvo kasvillisuuden ja ekosysteemin suojelemiseksi (taulukko 15), joka on ollut voimassa 15.8.2001 alkaen. Raahe ei kaupunkina ole lain määrittelemä metsä- tai maaseutualue, mutta pitoisuuksia seurataan kasvillisuuden takia.

SO ₂ (1 h)	Raja-arvo ^{1,2)}	Ohjearvo ³⁾
Numeerinen arvo	350 µg/m ³	250 µg/m ³
Sallittujen ylitysten määrä vuodessa	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 13: Rikkidioksidin tuntikeskiarvon raja-arvo ja ohjearvo (VNa 79/2017, VNp 480/1996).

SO ₂ (1 vrk)	Raja-arvo ^{1,2)}	Alempi arviointikynnys	Ylempi arviointikynnys	Ohjearvo ^{3,4)}
Numeerinen arvo	125 µg/m ³	40 % (50 µg/m ³)	60 % (75 µg/m ³)	80 µg/m ³
Sallittujen ylitysten määrä vuodessa	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

Taulukko 14: Rikkidioksidin vuorokausikeskiarvon raja-arvo, alempi ja ylempi arviointikynnys sekä ohjearvo (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 µg/m ³	40 % (8 µg/m ³)	60 % (12 µg/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

Taulukko 15: Rikkidioksidin vuosikeskiarvon ja talvikauden (1.10.–31.3.) kriittinen taso sekä alempi ja ylempi arviointikynnys metsä- ja maaseutualueille (VNa 79/2017, VNp 480/1996).

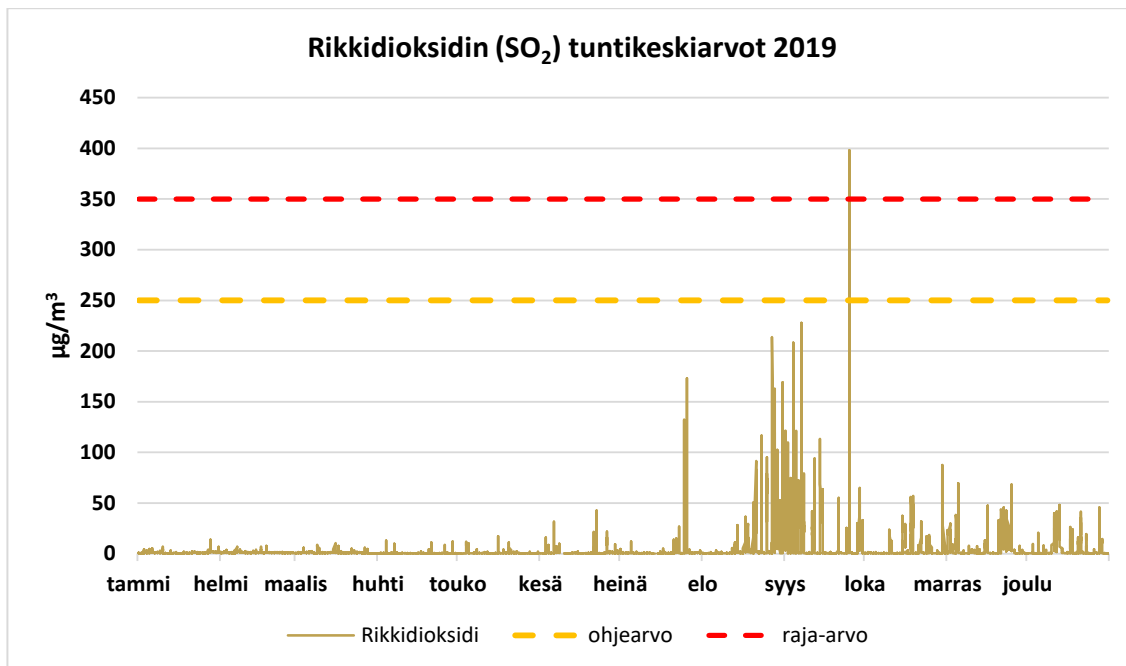
9.3. Rikkidioksidimittaukset vuonna 2019

Raahessa rikkidioksidia mitataan jatkuvatoimisesti Lapaluodon mittausasemalla UV-fluoresenssiin perustuvalla Thermo Electron model 43i -mittauslaitteella. Vuonna 2019 mittauksissa oli useita korkeintaan parin tunnin kestäneitä mittauskatkoja, sekä pari pidempää katkosta 8.-10.6. ja 14.-15.7. Osa katkoksista johtui atk- ja tiedonsiirto-ongelmista. Koko vuoden tuntidataa on käytettävissä 98,8 %, mikä täyttää lainsäädännön vaatimuksen yli 85 %. Rikkidioksidin näytelinja ja näytteenotin uusittiin elokuussa helpommin puhtaana pidettäväksi malliksi.

Kuvaajissa 11–13 on rikkidioksidin tunti- ja vuorokausikeskiarvot viime vuodelta, sekä vuosikeskiarvot vuosilta 2010–2019. Vuonna 2019 oli SSAB:n tehtaalla kokaamon rikinpoistolaitteiston huolto heinäkuusta syyskuun loppuun, jonka havaittiin hetkittäin vaikuttavan mitattuihin rikkidioksidin pitoisuuksiin nostavasti. Tuntikeskiarvon kuvaajassa on näkyvissä yksi 25.9. tapahtunut numeerinen raja-arvon ylitys, jolloin tuntikeskiarvon pitoisuus oli 398 µg/m³. Lain mukaisesti numeerisia tuntikeskiarvon raja-arvon ylityksiä saa tapahtua vuoden aikana 24 kertaa ennen kuin raja-arvo

katsotaan ylittyneeksi. Vuorokausiraja-arvon ylityksiä ei ollut yhtään vuoden aikana.

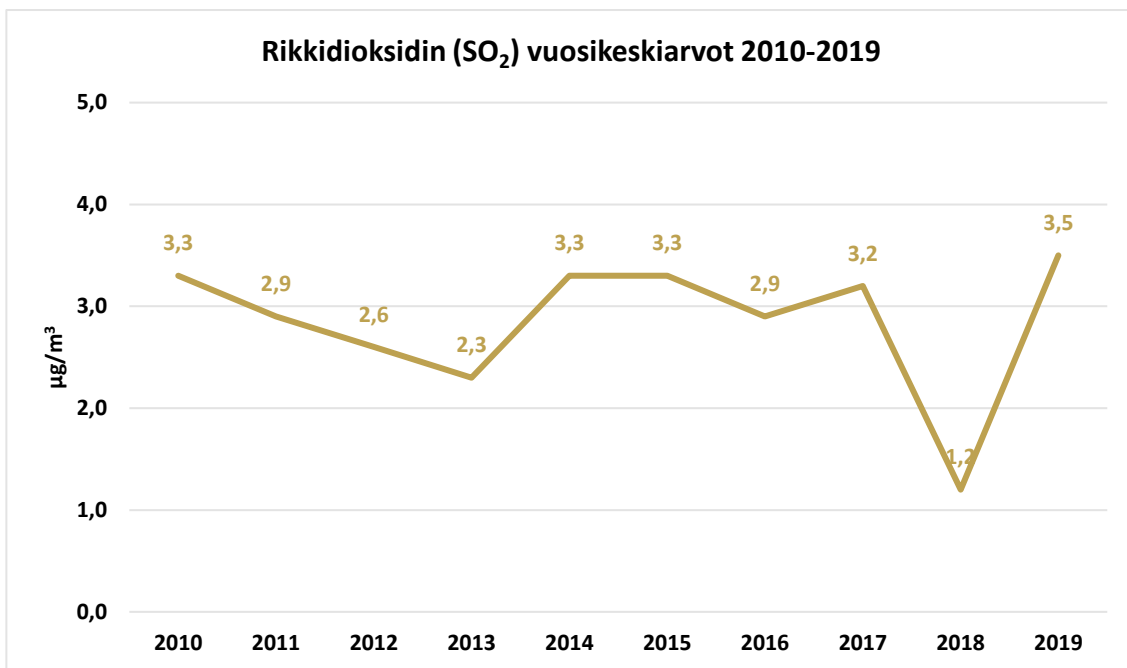
Vuonna 2019 rikkidioksidin vuosikeskiarvo on samaa tasoa kuin aiempina vuosina. Vuosikeskiarvon kriittinen taso ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) on huomattavasti suurempi, kuin mitattu $3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Kuvaaja 11: Rikkidioksidin tuntikeskiarvot Lapaluodossa 2019 sekä tuntikeskiarvon ohjearvo ($250 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja raja-arvo ($350 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



Kuvaaja 12: Rikkidioksidin vuorokausikeskiarvot Lapaluodossa 2019 sekä vuorokausikeskiarvon raja-arvo ($125 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

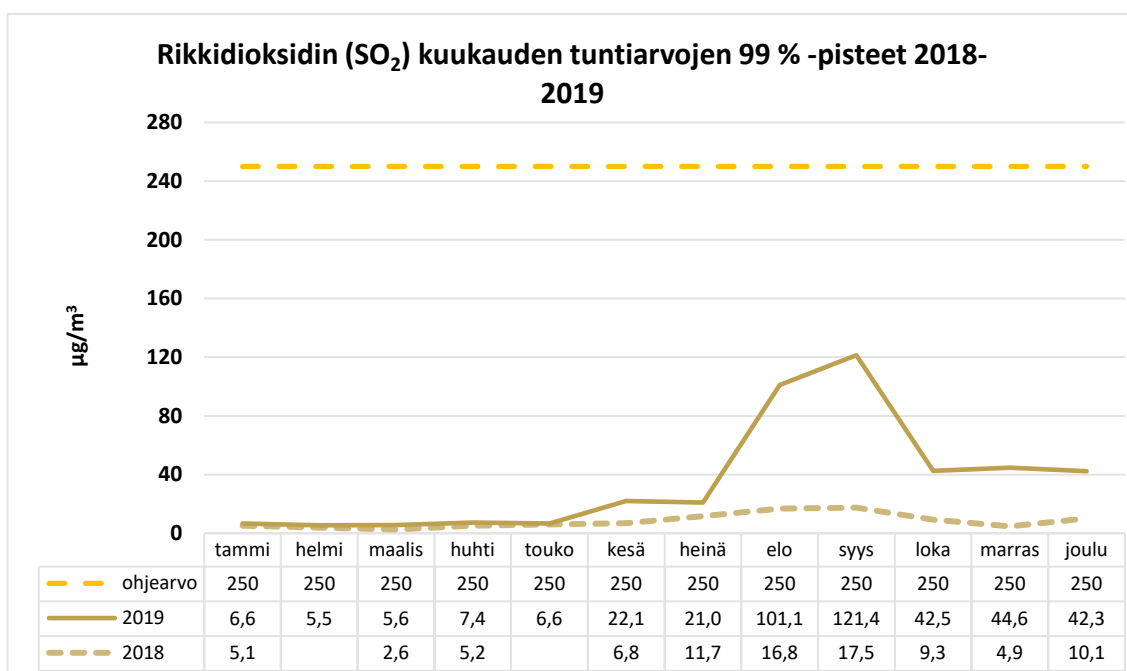


Kuvaaja 13: Rikkidioksidin vuosikeskiarvot Lapaluodossa 2010–2019. Vuosikeskiarvon kriittinen taso (20 µg/m³) on huomattavasti suurempi, kuin aikajakson suurin arvo.

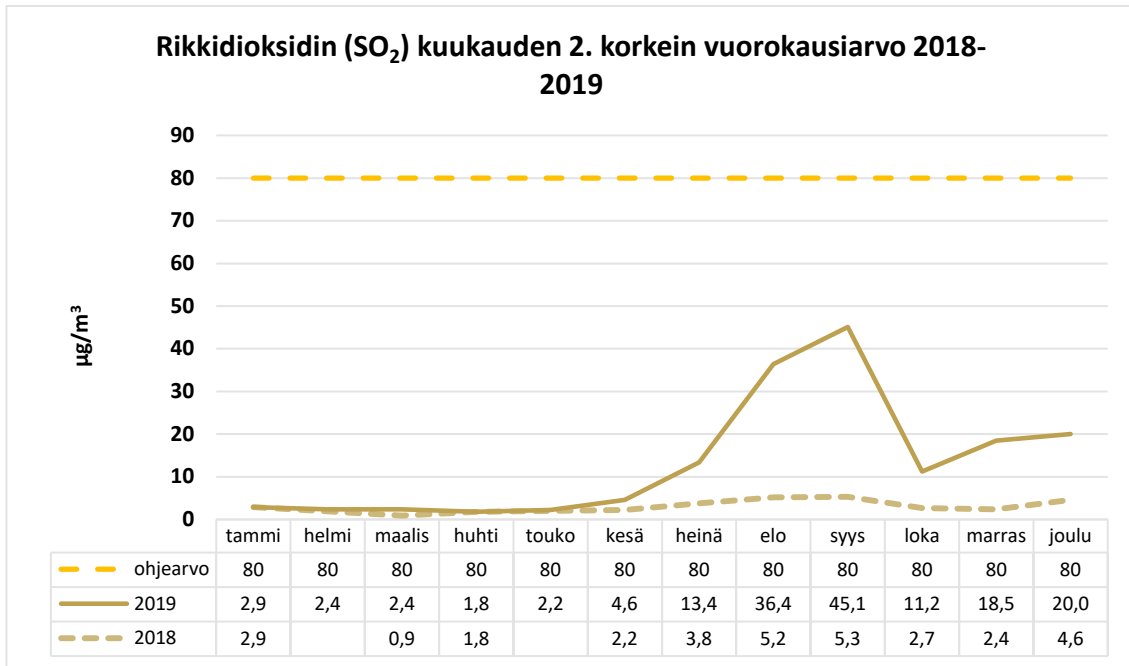
Kuvaajissa 14 ja 15 on esitetty rikkidioksidin tuntiohjeeseen (kuukauden tuntiarvojen 99 % -piste) ja vuorokausikeskiarvoon (kuukauden toiseksi korkein vuorokausiarvo) verrannolliset pitoisuudet kuukausittain vuonna 2019. Tuntiohjeeseen verrannolliset pitoisuudet vaihtelivat välillä 6 – 121 µg/m³, joten ohjearvo (250 µg/m³) ei ylittynyt. Vuorokau-

siohjeeseen verrannolliset pitoisuudet vaihtelivat välillä 2 – 45 µg/m³, joten ohjearvo (80 µg/m³) ei ylittynyt.

Raportin liitteessä 2 on koottuna yhteenvetomaisesti rikkidioksidin edellä olevien kuvaajien lukuarvot kuukausitasolla tarkasteltuna.



Kuvaaja 14: Rikkidioksidin tuntiarvoon verrannolliset pitoisuudet 2018-2019 kuukausittain Lapaluodossa. 2018 helmi- ja toukokuun ajallisen kattavuuden vaatimus ei täyty, minkä takia arvoja ei ole voitu ilmoittaa.



Kuvaaja 15: Rikkidioksidin vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet kuukausittain 2018-2019 Lapaluodossa. 2018 helmi- ja toukokuun ajallisen kattavuuden vaatimus ei täyty, minkä takia arvoja ei ole voitu ilmoittaa.

10. HIUKKASET (PM₁₀)

Hiukkasia mitataan jatkuvatoimisesti sekä Keskustan että Lapaluodon asemilla. Hiukkasia muodostuu teollisuuden ja liikenteen prosesseissa sekä luonnonilmiöiden seurauksena. Vuoden aikana sattui yhteensä 3 vuorokausiraja-arvon ylitystä, joista 1 tapahtui Lapaluodossa ja 2 Keskustassa. Lain mukaisesti vuorokausiraja-arvon ylityksiä saa tapahtua vuoden aikana 35 kertaa. Kaikki ylitykset tapahtuivat huhtikuussa, jolloin katupölyn määrä on suurimmillaan. Hiukkasten vuosikeskiarvo ei ylittynyt kummallakaan asemalla. Koko vuoden mittaustietoja on käytettävissä Keskustassa 98,0 % ja Lapaluodossa 97,4 % vuoden tunneista, mitkä täyttävät lainsäädännön vaatimuksen. Viime vuoden tarkemmat tulokset löytyvät kappaleesta 10.2.

Raahessa mitataan ilmanlaadun mittauksissa hengitettäviä hiukkasia (PM₁₀), jotka ovat halkaisijaltaan alle 10 mikrometrin (µm) kokoisia hiukkasia. 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 hengitysilmän mukana hengitystiehyihin.

Hiukkaset voivat olla kemialliselta koostumukseltaan siitepölyä tai merisuolaa. Ilmanlaadussa mitataan hengitettävien hiukkasten

kokonaismäärän lisäksi hiukkasia, joista analysoidaan niihin sitoutuneita haitallisia raskasmetalleja tai 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 16–17) ovat olleet voimassa 1.1.2005 alkaen. Tätä ennen on ollut käytössä vuosi-

keskiarvon tavoiteraja-arvo $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vuoteen 1995 saakka ja vuosina 1996–1999 ohjearvo $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

PM ₁₀ (1 vrk)	Raja-arvo ^{1,2)}	Ohje-arvo ^{3,4)}	Alempi arviointikynnys	Ylempi arviointikynnys
Numeerinen arvo	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$70 \mu\text{g}/\text{m}^3$	50 % ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	75 % ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
Sallittujen ylitysten määrä	35 kpl		35 kpl	35 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°C , 1 atm

Taulukko 16: Hengitettävien hiukkasten vuorokausikeskiarvon raja-arvo, ohjearvo, sekä alempi ja ylempi arviointikynnys (VNa 79/2017, VNp 480/1996)

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

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

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

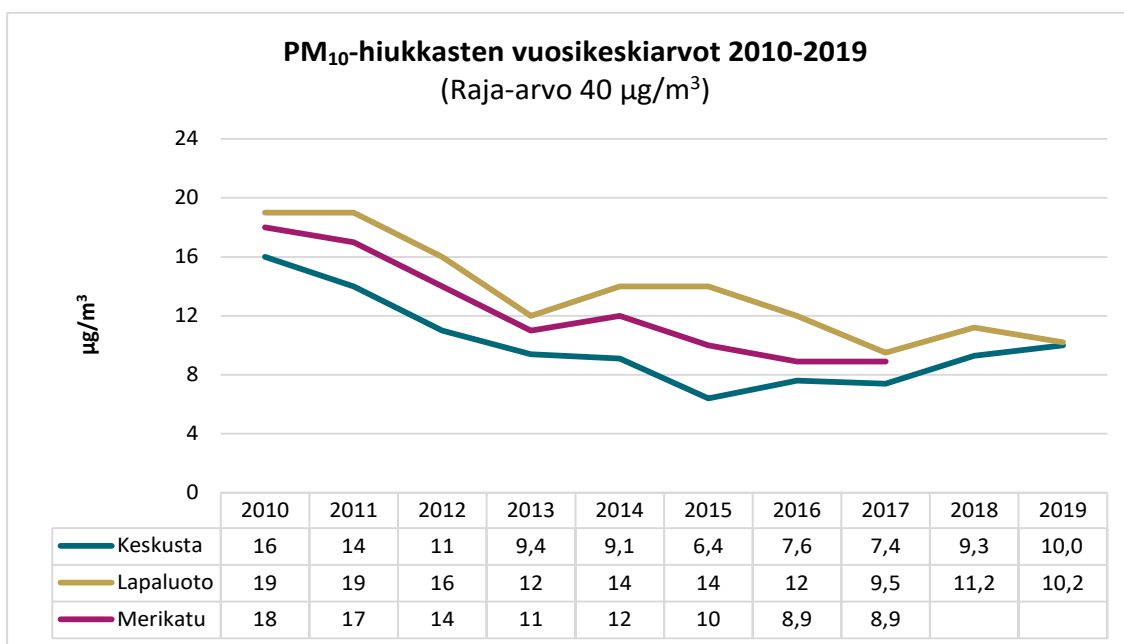
10.2. Hengitettävät hiukkaset 2019

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 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.

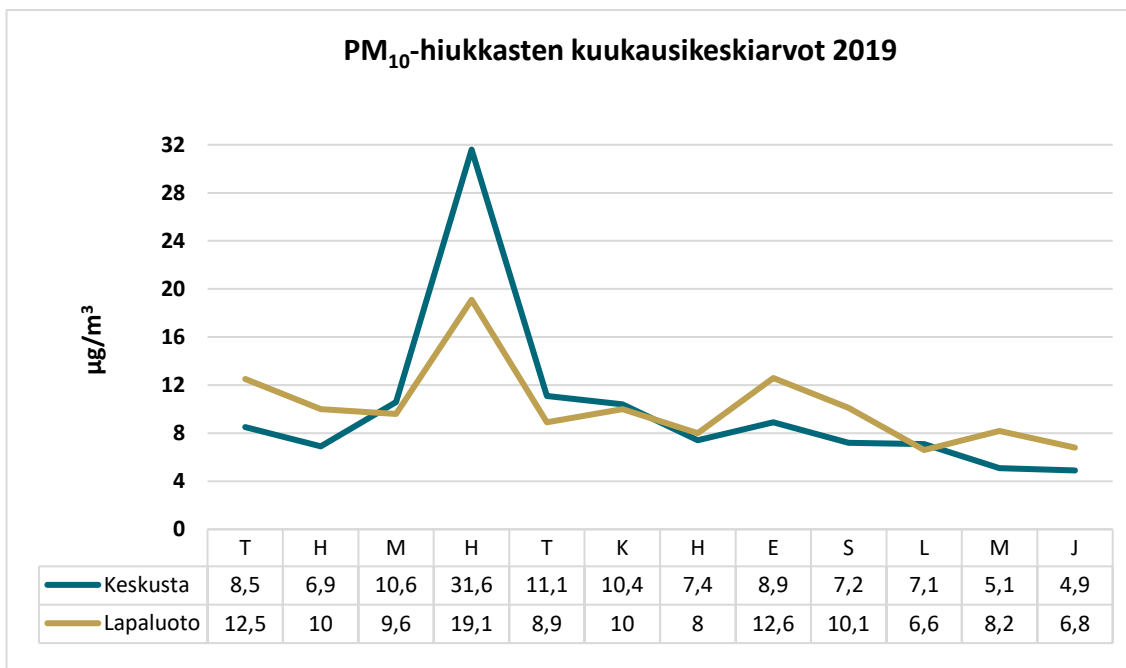
Keskustassa hiukkasmittauksissa sattui vain muutamia korkeintaan parin tunnin kestäneitä katkoksia sekä yksi pidempi katkos 9.8.-12.8. Koko vuoden tuntidataa on käytettävissä 98,0 %. Lapaluodossa sattui muutamia korkeintaan parin tunnin mittauskatkoksia sekä pari pidempää mittauskatkosta 1.2.-4.2., 8.6.-10.6. ja 14.7. Lapaluodossa koko vuoden tuntidataa on käytettävissä 97,4 %, mikä täyttää lainsäädännön vaatimuksen yli 85 %. Kuukausitasolla dataa on riittävästi jokaisena kuukautena kummallakin asemalla. Osa katkoksista johtui atk- ja tiedonsiirto-ongelmista. Lisäksi katkoksia aiheuttivat mittauskoppien huoltotyöt, jossa mittauskopit maalattiin ja Keskustan koppia nostettiin yleemmäksi.

Kuvaajaan 16 on koottu vuosikeskiarvopitoisuudet viimeisen 10 vuoden ajalta numeroarvoineen. Kuvaajan perusteella nähdään, että kymmenessä vuodessa hiukkaspitoisuuksien taso Raahessa on lähes puolittunut. Vuonna 2019 pienhiukkasten pitoisuudet pysyivät samalla tasolla kuin edellisenä vuotena. Koko vuoden keskiarvot Keskustassa 10,0 µg/m³ ja Lapaluodossa 10,2 µg/m³ ovat selvästi alle vuosikeskiarvon raja-arvon 40 µg/m³.

Kuvaajassa 17 on vuoden 2019 hiukkaspitoisuuksien kuukausikeskiarvot. Keskustassa erityisesti huhtikuun katupölyaika näkyy selvänä piikkinä.



Kuvaaja 16: Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvot 2010–2019. Vuosikeskiarvon raja-arvo on 40 µg/m³. Merikadun mittaukset lopetettiin vuoden 2017 lopussa.

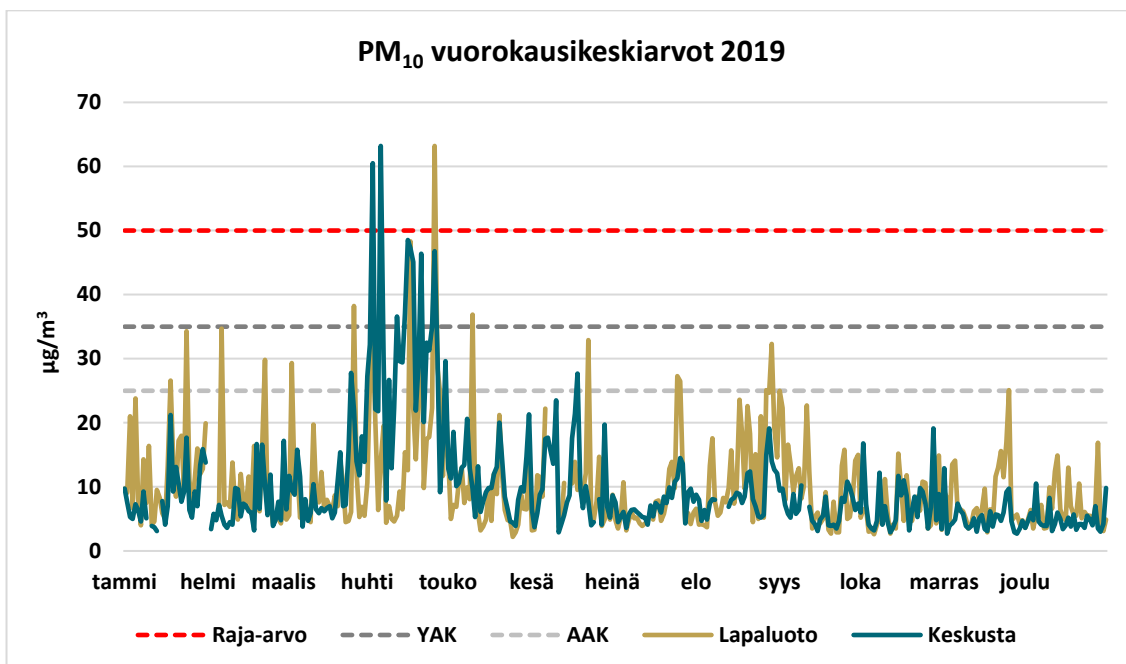


Kuvaaja 17: Hengitettävien hiukkasten kuukausikeskiarvot 2019.

Kuvaajassa 18 on hiukkaspitoisuuksien vuorokausikeskiarvot. Hengitettävillä hiukkasilla on määritelty vuorokausikohtainen raja-arvon numeroarvo 50 µg/m³, joka ylittyi vuonna 2019 Raahessa kolme kertaa: Lapaluodossa kerran ja Keskustassa kahdesti. Numeroarvon sallittujen ylitysten määrä vuodessa on 35 ennen kuin raja-arvo ylittyy. Lähes joka vuosi

tulee Raahessa muutamia ylityksiä, yleensä katupölyaikaan, mikä näkyy erityisen selvästi vuoden 2019 tuloksissa huhtikuussa.

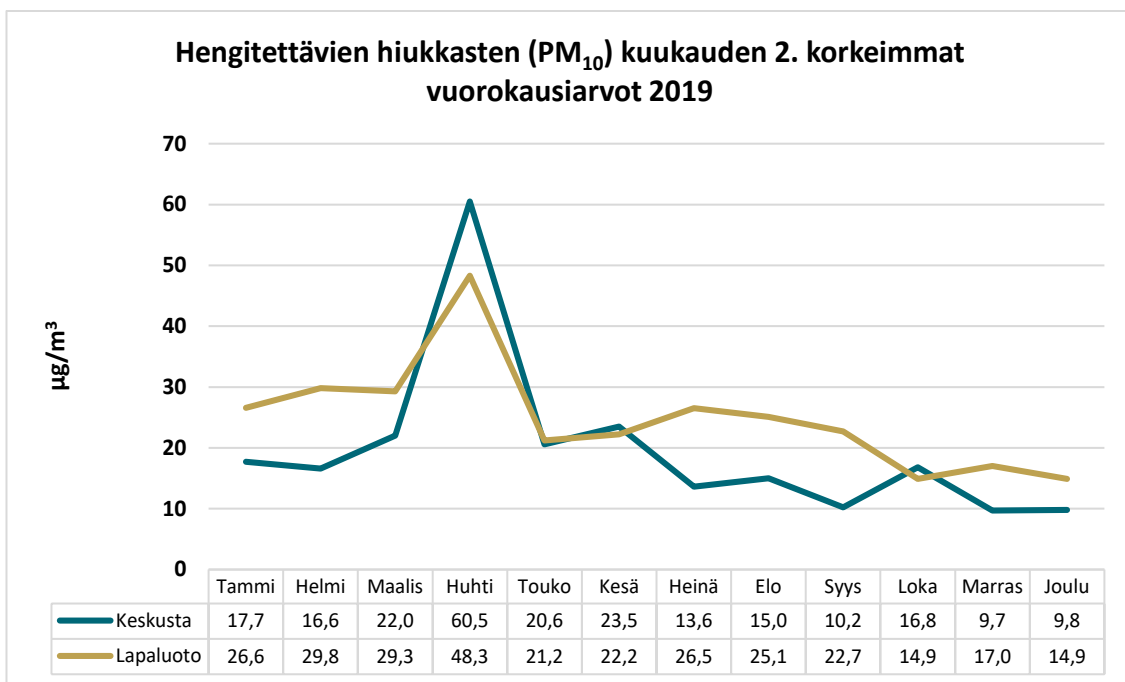
Vuoden 2019 ylitykset tapahtuivat Lapaluodossa 26.4. (63,2 µg/m³) sekä Keskustassa 3.4. (60,5 µg/m³) ja 6.4. (63,2 µg/m³).



Kuvaaja 18: PM₁₀ vuorokausikeskiarvot 2019. Vuoden aikana asemilla sattui yhteensä kolme raja-arvon (50 µg/m³) ylitystä, kaksi Keskustassa ja yksi Lapaluodossa. Kuvaajaan on merkattu raja-arvon lisäksi ylempi (YAK, 35 µg/m³) ja alempi (AAK, 25 µg/m³) arviointikynnys.

Kuvaajassa 19 on esitetty hengitettävien hiukkasten vuorokausikeskiarvoon (kuukauden toiseksi korkein vuorokausiarvo) verrannolliset pitoisuudet kuukausittain vuonna 2019 molemmilla mittausasemilla. Vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet vaihtelivat Keskustassa välillä 10-61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Lapaluodossa 15-48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, joten ohjearvo (70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ei ylittynyt.

Raportin liitteeseen 3 on koottuna yhteenvedomaisesti erikseen molemmilta asemilta hengitettävien hiukkasten edellä olevien kuvaajien lukuarvot kuukausitasolla tarkasteltuna. Toisin kuin typpi- ja rikkidioksidilla, hengitettäville hiukkasille ei ole määritelty tuntiohjearvoon (kuukauden tuntiarvojen 99 % -piste) verrattavia lukuarvoja, joten näitä ei ole myöskään taulukoituna.



Kuvaaja 19: Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) kuukauden 2. suurimmat vuorokausiarvot kuukausittain Keskustan ja Lapaluodon mittausasemilla vuonna 2019.



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 on $1,63 \text{ ng/m}^3$, mikä ylitti tavoitearvon. Keskustan vuosikeskiarvo on $0,50 \text{ ng/m}^3$, joka alitti tavoitearvon. Viime vuoden tarkemmat tulokset löytyvät kaikkien PAH-yhdisteiden osalta kappaleesta 11.2.2. ja bentso(a)pyreenin osalta kappaleesta 11.2.1.

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

PAH-yhdisteet ovat kiinnittyneinä hiukkasiin, josta ne voidaan mitata keräämällä näytteitä suodattimelle ja analysoimalla suodattimet 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 18) 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, jotka on annettu sekä terveyshaittojen ehkäisemisen että ekosysteemien tai kasvillisuuden suojelemisen näkökulmasta.

Bentso(a)pyreenin ajallisen kattavuuden vaatimukset on määritelty metalliasetuksessa, ja ne on koottu taulukkoon 19, 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.

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

Taulukko 18: Hengitettävien hiukkasten sisältämän bentso(a)pyreenin vuosikeskiarvon tavoitearvo, sekä ylempi ja alempi arviointikynnys (VNa 113/2017, VNa 79/2017)

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	-

Taulukko 19: Bentso(a)pyreenimittausten ajallisen kattavuuden vaatimukset (VnA 113/2017).

11.2. PAH-mittaukset vuonna 2019

PAH-yhdisteet ovat kiinnittyneinä hiukkasiin, josta niiden määrä voidaan mitata keräämällä näytteitä suodattimelle ja analysoimalla suodattimet laboratoriossa. Raahessa näytteet kerätään Leckel SEQ 47/50 suodatinkeräimillä, jotka ovat vertailumenetelmien mukaiset. Suodatinnäytteet lähetetään kerran kuukaudessa laboratorioon, jossa ne esikäsitellään ja analysoidaan. Aiempaa, nykyisestä hieman poikkeavaa, keräystapaa on kuvattu tarkemmin vuoden 2018 raportissa.

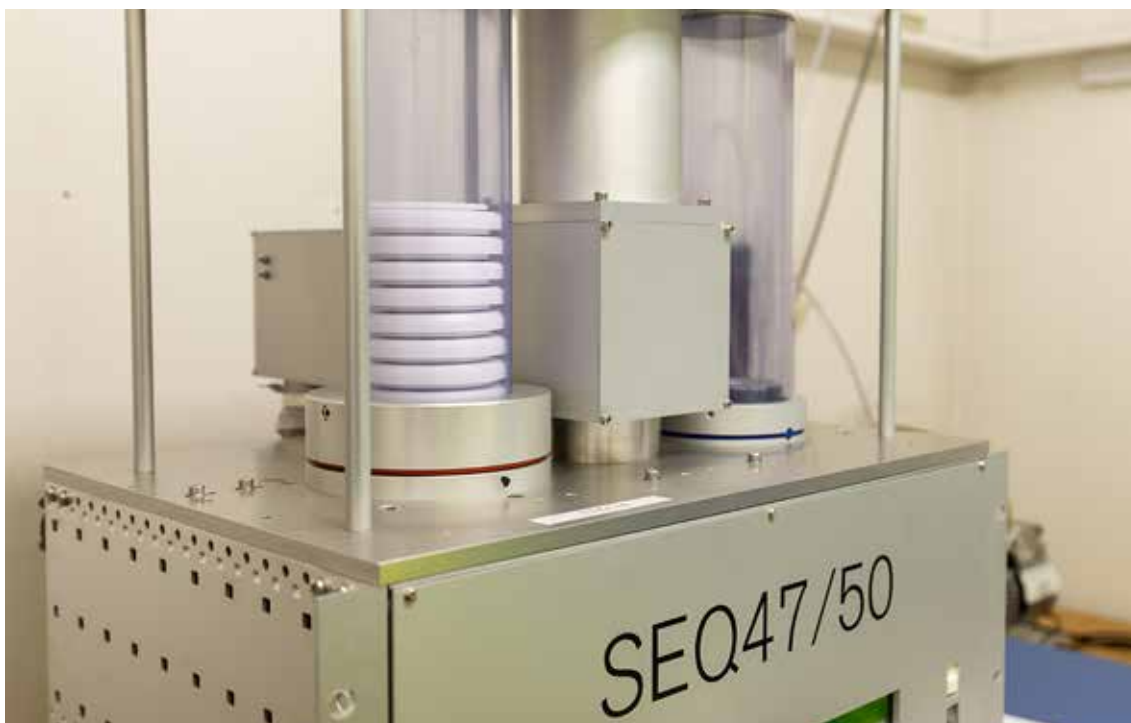
Keskustan mittausasemalla kerätään joka neljäs vuorokausi yksi näyte, joista mitataan vuorotellen PAH-yhdisteitä ja raskasmetalleja. Lapaluodossa näyte kerätään joka toinen vuorokausi. Näytteistä tehdään pääsääntöisesti kolme PAH-määrittystä yhtä metallimäärittystä kohden. Molemmissa tapauksissa yhden näytteen keräysaika on 24 h, mutta eri määrittystiheys johtuu lainsäädännössä olevista ajallisen kattavuuden vaatimuksista.



Vuonna 2019 PAH-yhdisteitä mitattiin Lapaluodossa 123 vuorokaudelta ja Keskustassa 52 vuorokaudelta. Lapaluodon ajallinen kattavuus (34,2 %) täyttää jatkuvien mittausten vaatimuksen, ja Keskustan (14,4 %) suunta-antavien mittausten vaatimuksen. Syyskuussa näytteiden keräämisessä oli ongelmia molemmilla asemilla suodattimien kanssa, joten tuloksia ei saatu koko kuukaudelta. Ajallisen kattavuuden täyttymiseksi näytteitä kerättiin lokakuussa tiheämmin.

Kaikki mittaustulokset raportoidaan vuosittain Ilmatieteenlaitokselle. Vuonna 2013 määrittelyssä, joissa tulos on ollut alle määrittelyrajan,

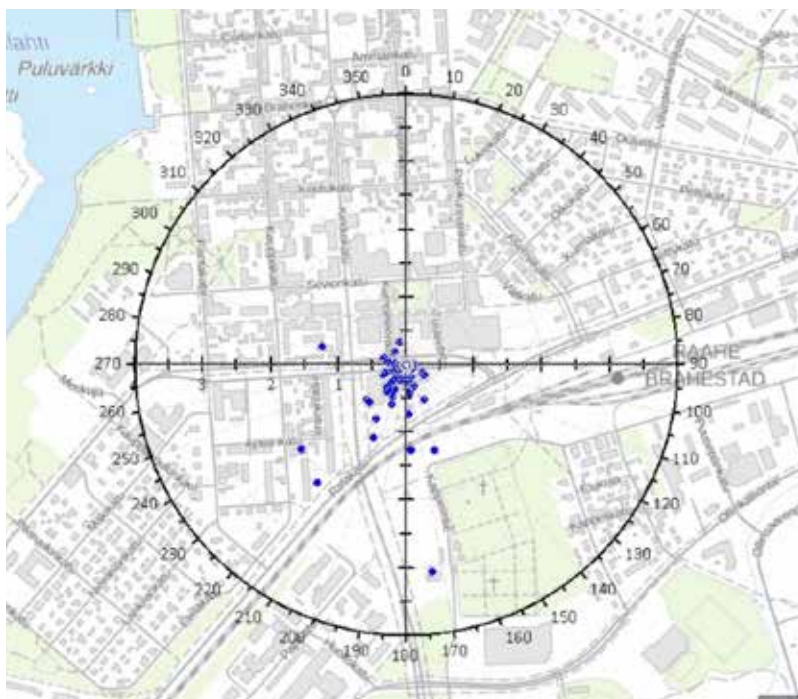
on tuloksena käytetty määrittelyrajaa. Vuodesta 2014 alkaen on Ilmatieteenlaitoksen ohjeistuksen mukaisesti alle havaintorajan/määrittelyrajan oleville tuloksille on käytetty havaintorajan/määrittelyrajan puolikasta. Vuonna 2019 ohjeistusta on tarkennettu siten, että alle havaintorajan oleville tuloksille käytetään havaintorajan puolikasta ja alle määrittelyrajan oleville tuloksille käytetään määrittelyrajaa. Vuonna 2019 laboratorion mittaustuloksissa on esitetty ainoastaan määrittelyrajaa, jolloin alle määrittelyrajan oleville tuloksille on käytetty arvona määrittelyrajaa. Laskentatavan muutokset vaikuttavat hieman vuosikeskiarvoihin, jolloin ne eivät ole suoraan verrattavissa toisiinsa.



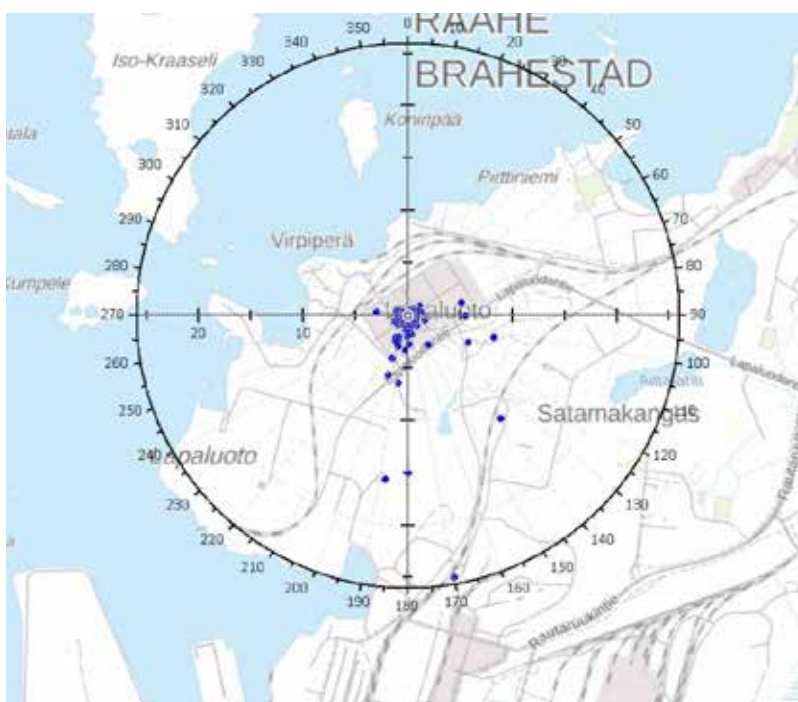
11.2.1. Bentso(a)pyreeni

Bentso(a)pyreenin yksittäiset mitatut vuorokausipitoisuudet on esitetty kuvaajissa 20 ja 21 tuulen suunnan mukaisesti Keskustassa ja Lapaluodossa. Kuvan keskiakselilla esitetään bentso(a)pyreenin pitoisuus yksikössä ng/m^3 . Tuuleen suunta on esitetty ympyrän asteina. Säätiiedot ovat Keskustan omalta mittausasemalta sekä tuntikeskiarvoina Ilmatieteenlaitoksen Lapaluodon mittausasemalta. Suurim-

mat pitoisuudet on mitattu kaakon ja lounaan välisillä tuulilla. Yksittäisiä korkeampia pitoisuuksia on tosin nähtävissä muillakin tuulen suunnilla. Pitoisuusruusu on sijoitettu kartan päälle havainnollistamaan pitoisuuksien lähteen suuntaa. Kuvaajalla ei kuitenkaan pystytä osoittamaan yksittäisiä lähteitä, tai kuinka kaukaa pitoisuus on todellisuudessa mittausasemalle tullut.



Kuvaaja 20: Bentso(a)pyreenin mitatut pitoisuudet tuulen suunnan mukaisesti esitettyinä Keskustassa. Kartalla havainnollistetaan pitoisuuksien lähteen suuntaa, ei varsinaista pitoisuuslähdettä. Asteikon yksikkö on ng/m^3 , eli mitä kauempana piste on ympyrän keskustasta, sitä suurempi pitoisuus on ollut.

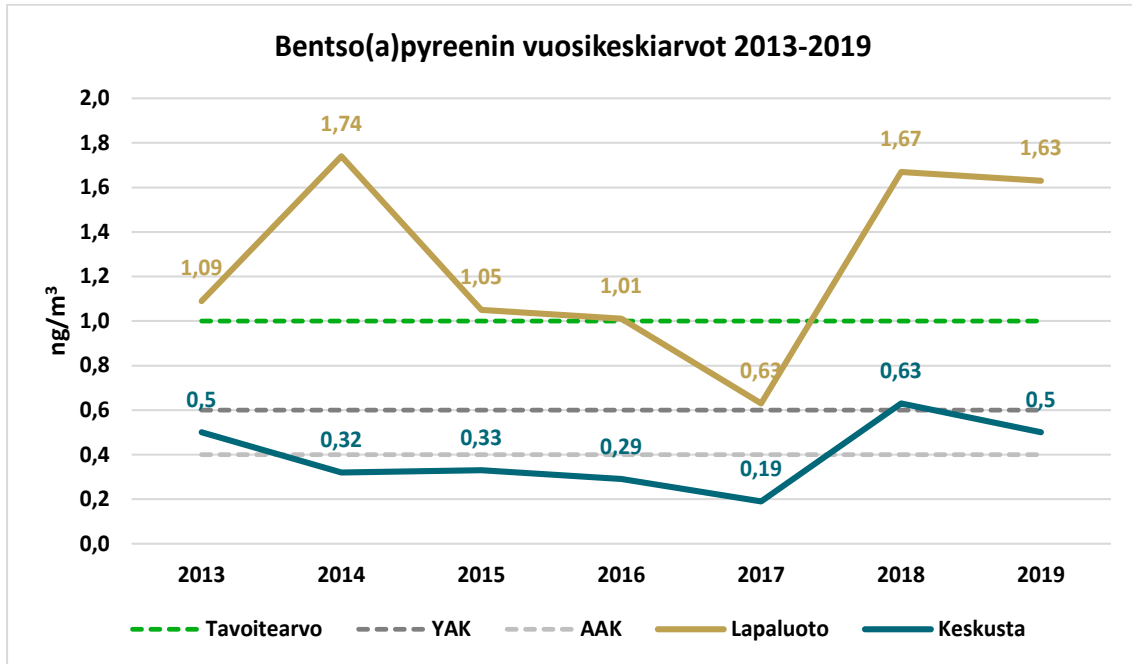


Kuvaaja 21: Bentso(a)pyreenin mitatut pitoisuudet tuulen suunnan mukaisesti esitettyinä Lapaluodossa. Kartalla havainnollistetaan pitoisuuksien lähteen suuntaa, ei varsinaista pitoisuuslähdettä. Asteikon yksikkö on ng/m^3 , eli mitä kauempana piste on ympyrän keskustasta, sitä suurempi pitoisuus on ollut.

Kuvaajassa 22 näkyy bentso(a)pyreenin vuosikeskiarvo siltä ajanjaksolta, kun vuosikeskiarvon tavoitearvo 1 ng/m^3 on ollut voimassa, eli vuodesta 2013 alkaen.

Vuoden 2019 vuosikeskiarvot Lapaluodossa ($1,63 \text{ ng/m}^3$) ja Keskustassa ($0,50 \text{ ng/m}^3$) ovat hieman pienempiä kuin edellisenä vuotena, mutta kokonaisuutta tarkastellessa taso on pysynyt samana. Lapaluodon pitoisuus ylittää

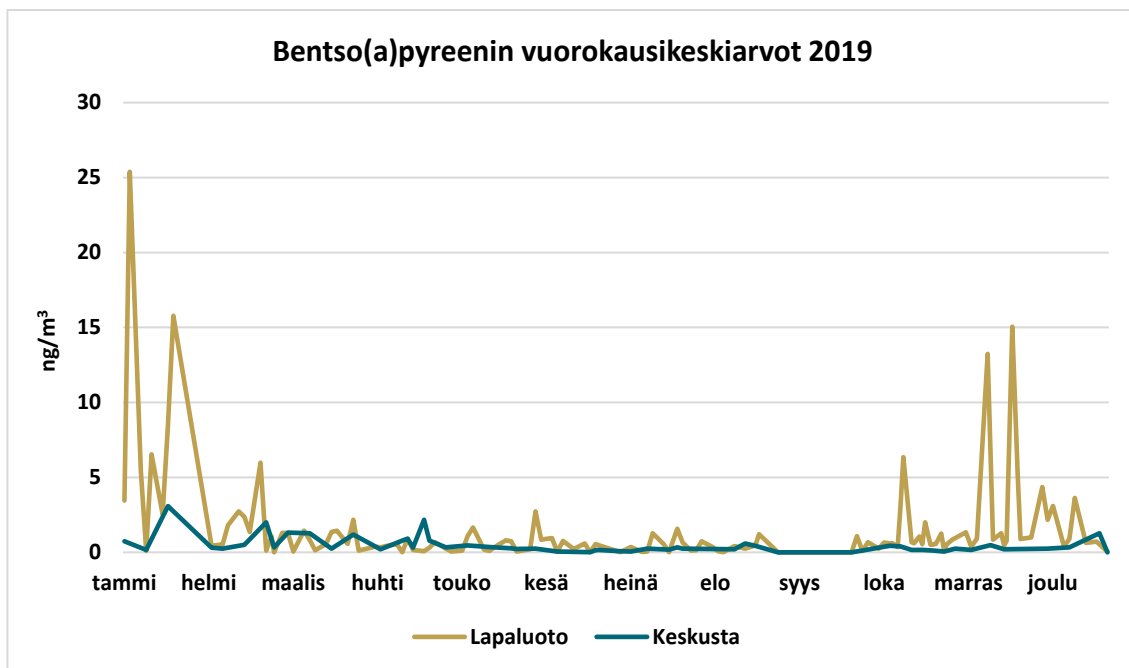
vuosikeskiarvon tavoitearvon (1 ng/m^3), mikä on vuoden 2013 jälkeen tapahtunut kaikkina muina vuosina, paitsi vuonna 2017. Keskustan pitoisuus taas on ollut ylempään ja alemman arviointikynnyksen välissä vuonna 2013, jonka jälkeen pitoisuudet ovat olleet alle alemman arviointikynnyksen vuosina 2014–2017, mutta 2018 pitoisuus nousi yli ylempään arviointikynnyksen ($0,6 \text{ ng/m}^3$). 2019 pitoisuus jäi alemman ja ylempään arviointikynnyksen väliin.



Kuvaaja 22: Bentso(a)pyreenin vuosikeskiarvo 2013–2019, jolloin vuosikeskiarvon tavoitearvo (1 ng/m^3) on ollut voimassa. Käyrien päällä oleva lukuarvo kuvaa kunkin vuoden mitattua vuosikeskiarvoa.

Kuvaajassa 23 on kuvattu bentso(a)pyreenipitoisuutta vuorokausikeskiarvona, mistä nähdään, että pitoisuudet ovat korkeita talviaikaan, kun taas kesällä ne ovat hyvin pieniä. Tämä johtuu suureksi osaksi siitä, että talvisaikaan kun pienpolttoa on selkeästi kesää enemmän, myös ilman laimentumisolosuhteet ovat kesää heikkomat. Näytteet on pyritty ottamaan tasaisesti ympäri vuoden, mutta teknisistä ongelmista johtuen syyskuussa ei saatu kerättyä näytteitä ja sen vuoksi lokaussa näytteitä kerättiin tiheämmin.

Vuonna 2019 mitattiin korkeampia yksittäisiä pitoisuuksia kuin vuonna 2018, jolloin korkein pitoisuus oli 11 ng/m^3 . Korkeimmat pitoisuudet vuonna 2019 mitattiin 5.1. ($25,4 \text{ ng/m}^3$), 21.1. ($15,8 \text{ ng/m}^3$) ja 25.11. ($15,0 \text{ ng/m}^3$). Yleensä pitoisuudet ovat olleet korkeimpia alku- ja loppuvuoden aikana ilmojen kylmetessä ja tämä sama ilmiö näkyy myös vuoden 2019 tuloksissa.

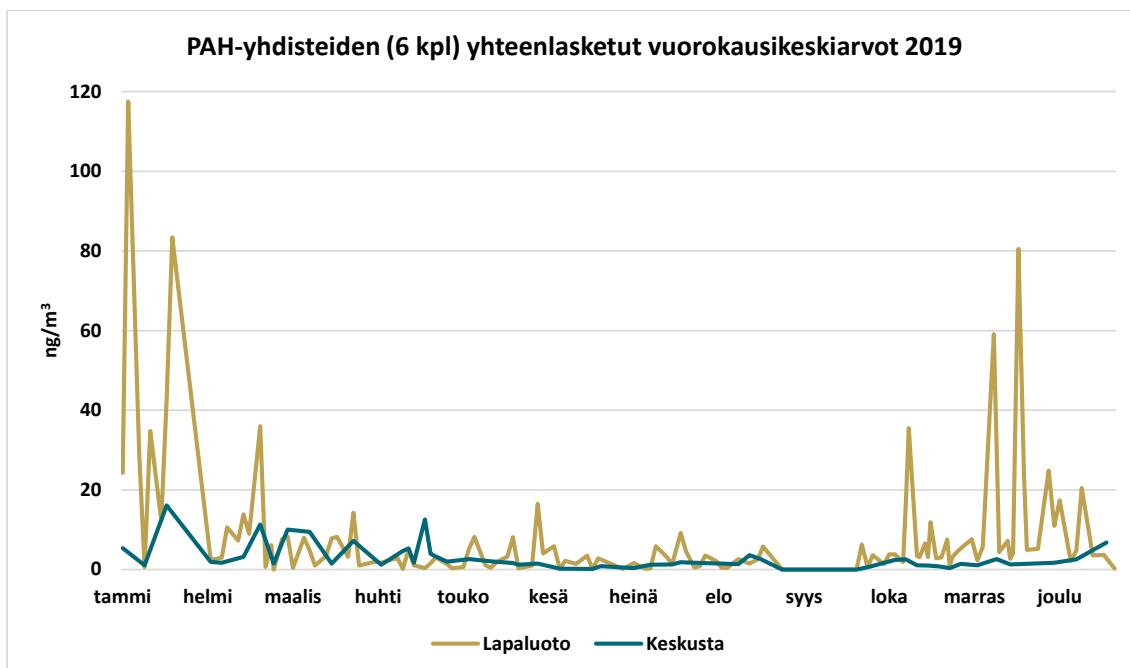


Kuvaaja 23: Bentso(a)pyreenin vuorokausikeskiarvot 2019 analysoituna hengitettävistä hiukkasista (PM_{10})

11.2.2. PAH-yhdisteet yhteensä

Kuvaajaan 24 on laskettu bentso(a)pyreenin lisäksi viiden muun PAH-yhdisteen pitoisuudet: bentso(a)antraseenin, bentso(bj)fluoranteenin, bentso(k)fluoranteenin, indeno(123-cd)pyreenin ja dibentso(ah+ac)antraseenin.

Kuvaajan perusteella nähdään, että PAH-yhdisteiden yhteenlasketut pitoisuuskäyrät ovat lähes identtiset kuvaajan 23 bentso(a)pyreenin käyrien kanssa.



Kuvaaja 24: Kuuden PAH-yhdisteen yhteenlasketut vuorokausikeskiarvot 2019 analysoituna hengitettävistä hiukkasista (PM_{10}). Mukaan lasketut PAH-yhdisteet ovat bentso(a)pyreeni, bentso(a)antraseeni, bentso(bj)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, indeno(123-cd)pyreeni ja dibentso(ah+ac)antraseeni.

Kuvaajaan 24 lasketut PAH-yhdisteet on mainittu metalliasetuksessa bentso(a)pyreenin lisäksi muina merkityksellisinä PAH-yhdisteinä. Kyseisten yhdisteiden lisäksi Raahessa mitataan 11 muutakin PAH-yhdistettä, jotka on aikaisempien vuosien raportissa laskettu vastaavissa kuvaajissa yhteen.

Raportin liitteeseen 4 on koottu pitoisuudet kaikista Raahessa mitattavista PAH-yhdisteistä, sekä historiatieto vuodesta 2014 alkaen. Aikaisempiin vuosiin verrattuna 2018 ja 2019 määritettiin myös trifenyleeni. Vuoden 2019 pitoisuudet ovat samalla tasolla vuoden 2018 kanssa. Pitoisuuksien nousu edellisiin vuosiin verrattuna voi johtua näytteiden keräämisen muutoksista. Aiempaa, nykyisestä hieman poikkeavaa, keräystapaa on kuvattu tarkemmin vuoden 2018 raportissa.



12. HIUKKASTEN SISÄLTÄMÄT RASKASMETALLIT

Raskasmetalleja mitataan säännöllisinä kertaluonteisina vuorokausinäytteinä sekä Keskustassa että Lapaluodossa kerätyistä hengitettävien hiukkasten suodatinnäytteistä. Raskasmetalleja on luonnostaan maaperässä, mutta ilmaan niitä pääsee teollisuuden ja energiantuotannon prosesseista, sekä liikenteestä. Suodattimista mitataan yhteensä 9 eri raskasmetallia, joista vain lyijylle on asetettu raja-arvo ja kolmelle raskasmetallille (arseeni, kadmium ja nikkeli) tavoitearvot. Kaikki pitoisuudet jäivät selvästi alle raja- tai tavoitearvojen. Sekä Lapaluodon että Keskustan asemilta metalleja määritettiin vuoden aikana 52 vuorokaudelta (14,4 %). Viime vuoden tarkemmat tulokset löytyvät kappaleesta 12.2.

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 metallituotan-

nosta, sekä energiantuotannosta poltettaessa hiiltä, turvetta, raskasta polttoöljyä tai jätteitä. Tämän lisäksi myös liikenne aiheuttaa raskasmetallipäästöjä renkaiden kulumisen seurauksena, mutta aikaisemmin ongelmana oli myös bensiinin sisältämä lyijy. Lyijyttömään bensiiniin siirtyminen 1990-luvun alussa näkyikin 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 20), 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 nikkelille (Ni). Nämä tavoitearvot (taulukko 20) 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 , $n=10^{-9}$).

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 21, johon on laskettu myös viikoittain otettavien vuorokausinäytteen vähimmäismäärä, jotta kyseinen ajallisen kattavuuden vaatimus saavutetaan. Muiden raskasmetallien osalta vaatimukset löytyvät metalliasetuksesta.

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

1) Mittaustuloksia yhdistettäessä ja tilastollisia tunnuslukuja laskettaessa on noudatettava asetuksen VNa 79/2017 liitteen 9 ja VNa 113/2017 liitteen 3 perusteita

2) Ulkoilman lämpötilassa ja paineessa

Taulukko 20: Ulkoilman epäpuhtauksien raja-arvo, ylemmät ja alemmat arviointikynnykset hengitettävien hiukkasten sisältämien metallien vuosikeskiarvolle (VNa 79/2017, 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	-

Taulukko21: Nikkelimittausten ajallisen kattavuuden vaatimukset (VnA 113/2017)

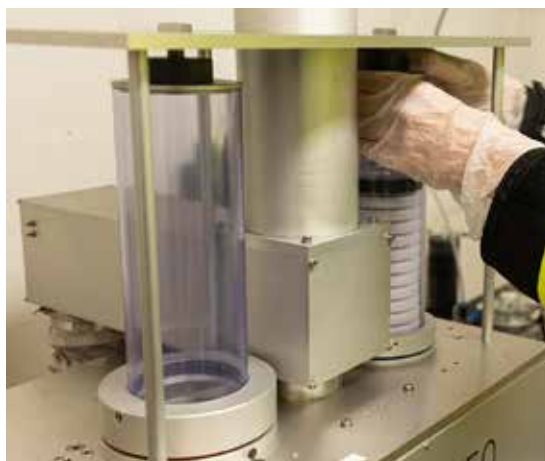
12.2. Metallimittaukset vuonna 2019

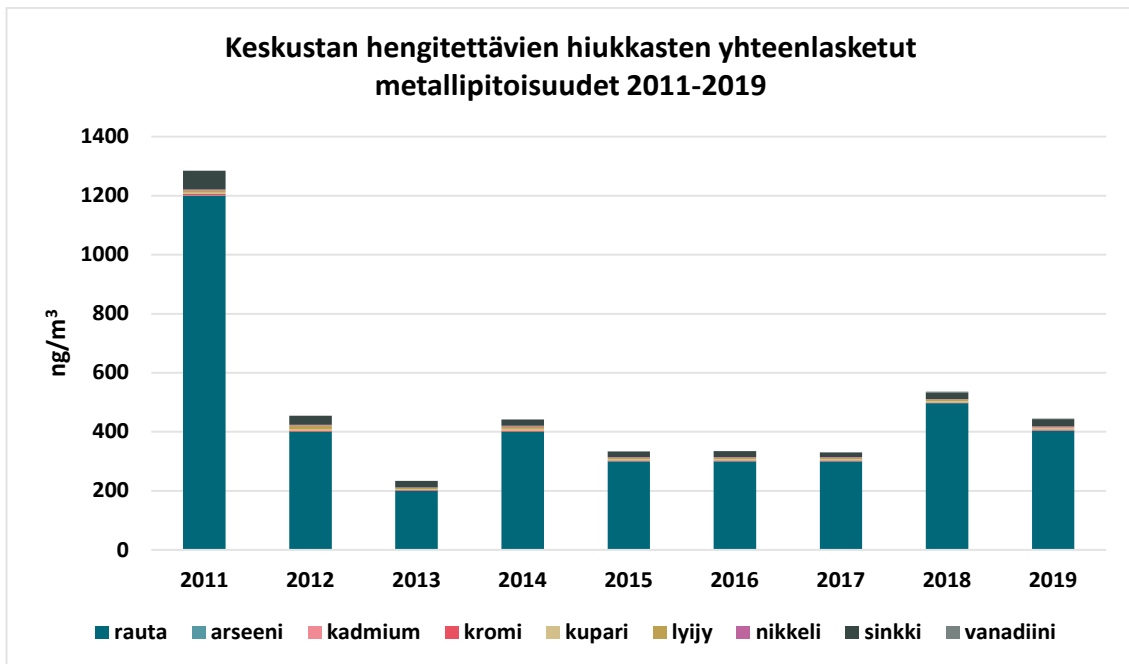
Raahessa hiukkasista määritetään seuraavat raskasmetallit: arseeni (As), kadmium (Cd), kromi (Cr), kupari (Cu), lyijy (Pb), nikkeli (Ni), rauta (Fe), sinkki (Zn) ja vanadiini (V). Näistä kaikki muut paitsi nikkeli ovat jääneet viime vuosina selvästi alle asetettujen raja- tai tavoite-arvojen sekä arviointikynnysten.

Metallimääryksiä varten näytteitä kerätään samalla tavalla kuin PAH-määryksiinkin Lec- kel SEQ 47-50-RV –keräimellä, mutta eri vuorokausilta kuin PAH-näytteet. Metallinäytteet lähetetään laboratorioon, jossa ne esikäsitel- lään ja analysoidaan.

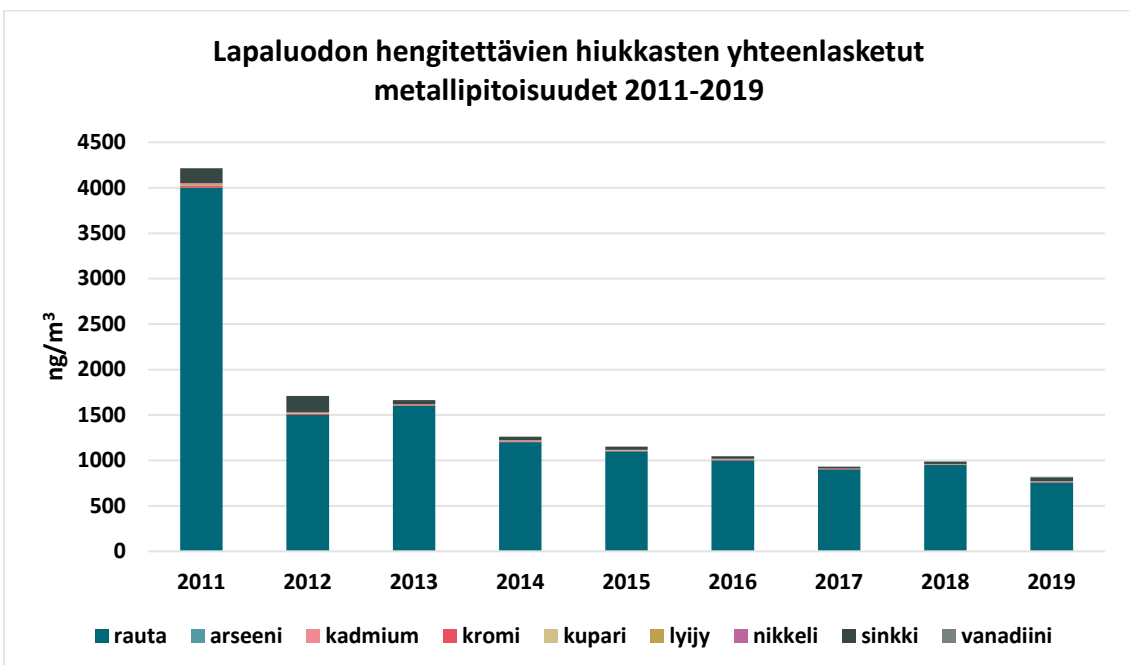
Tulosten laskentatavassa on vaihtelua eri vuosien välillä, johtuen Ilmatieteenlaitoksen monitulkintaisesta ohjeistuksesta. Näitä muutoksia on käsitelty tarkemmin kohdassa 11.2.

Seuraaviin kuvaajiin 25–26 on koottu Keskustan ja Lapaluodon asemilla mitattujen metallipitoisuuksien yhteenlasketut tulokset 2011–2019. Kuvaajista nähdään, että Lapaluodossa metallipitoisuudet ovat laskeneet tasaisesti, mutta Keskustassa ei ole yhtä selkeää trendiä. Lapaluodon yhteenlasketut pitoisuudet ovat vuosittain lähes kaksinkertaiset Keskustaan nähden.





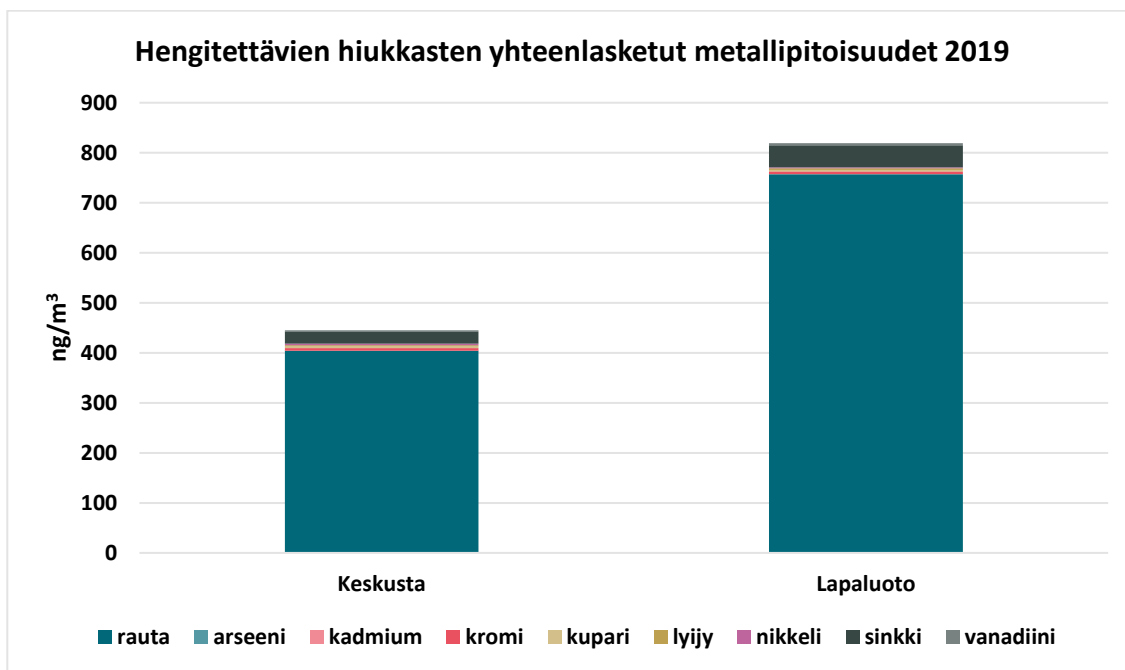
Kuvaaja 25: Keskustassa mitattujen metallipitoisuuksien yhteenlasketut tulokset 2011–2019



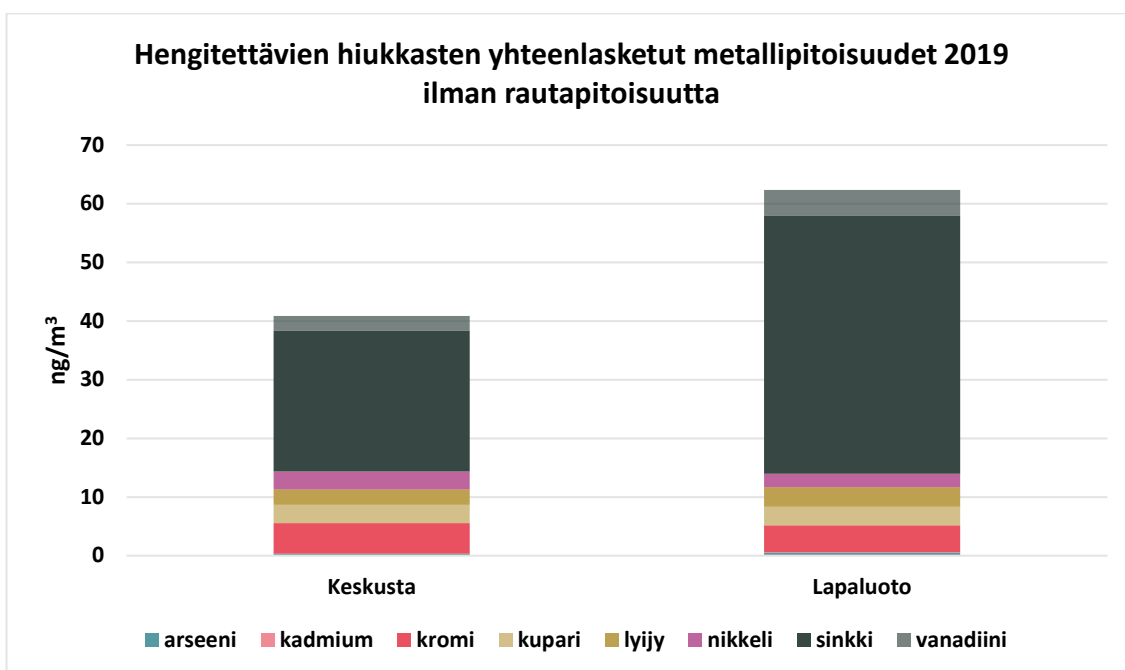
Kuvaaja 26: Lapaluodossa mitattujen metallipitoisuuksien yhteenlasketut tulokset 2011–2019.

Kuvaajassa 27 on kuvattu yhteenlasketuina metallipitoisuuksina kaikki Raahessa mitattavat metallit, josta nähdään, että raskasmetalleista yli 90 % koostuu raudasta. Kuvaajassa 28 on kuvattu hengitettävien hiukkasten metallipitoisuudet ilman rautaa. Raudan jälkeen suurimmat pitoisuudet ovat sinkillä ja kromilla.

Kummallakin asemalla metalleja määritettiin vuoden aikana 52 vuorokaudelta (14,4 %), vuoden ajallinen kattavuus on merkitty sulkuihin. Suuntaa-antavat mittaukset vaativat yli 14 % ajallisen kattavuuden, mutta kummallakaan mittausasemalla ei ole sellaisia pitoisuuksia raskasmetalleja, jotka edellyttäisivät tarkkaa ajallista kattavuutta.



Kuvaaja 27: Hengitettävien hiukkasten yhteenlasketut metallipitoisuudet 2019. Hiukkasten metalleista rautaa on yli 90 %.

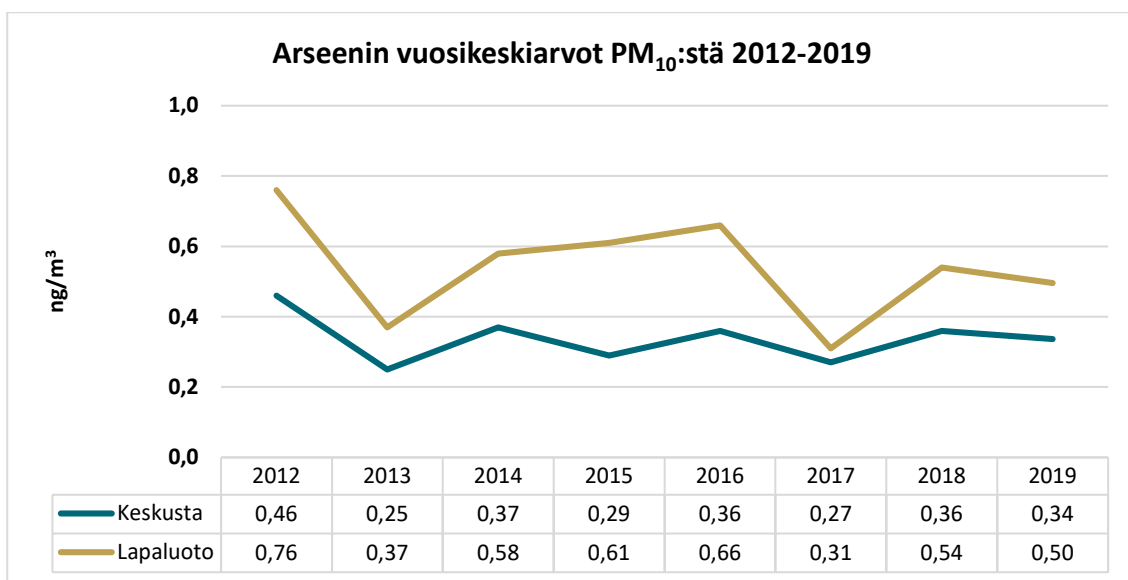


Kuvaaja 28: Hengitettävien hiukkasten yhteenlasketut metallipitoisuudet 2019, ilman rautapitoisuutta.

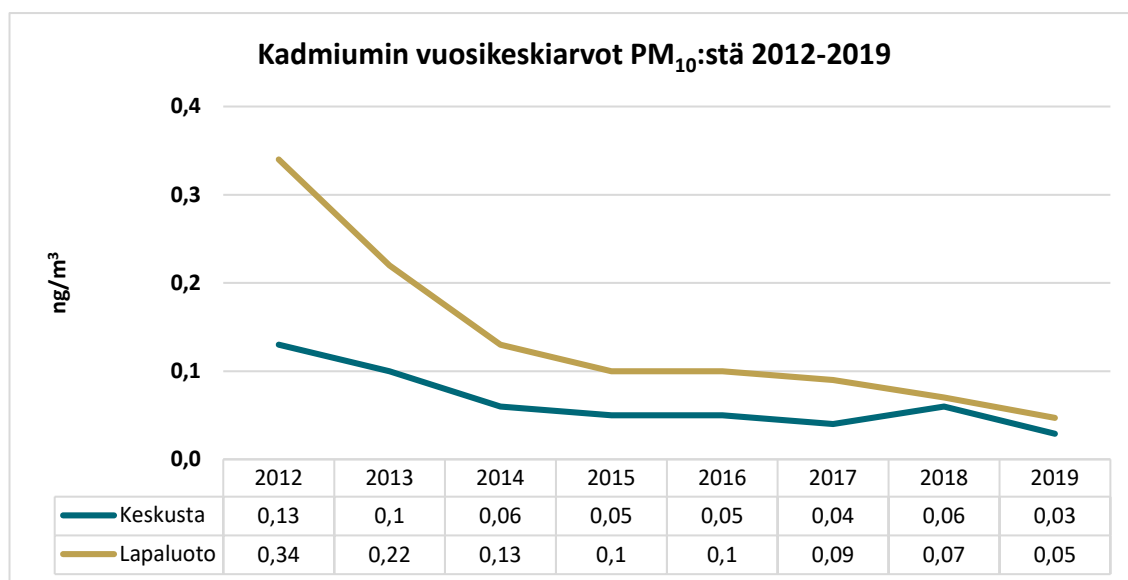
Kuvaajiin 29–37 on määritelty hengitettävistä hiukkasista (PM₁₀) määritettävät metallit aakosjärjestyksessä. Metalleista arseenille, kadmiumille, lyijylle ja nikkelille on lainsäädännössä määritelty raja- tai tavoitearvot. Ne on kirjoitettu kunkin metallin kuvatekstiin, koska kaikissa tapauksissa mitatut pitoisuudet ovat selkeästi alle kyseisten arvojen.

määritysmenetelmä on ollut käytössä. Verrattuna aikaisempiin vuosiin, vuonna 2019 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.

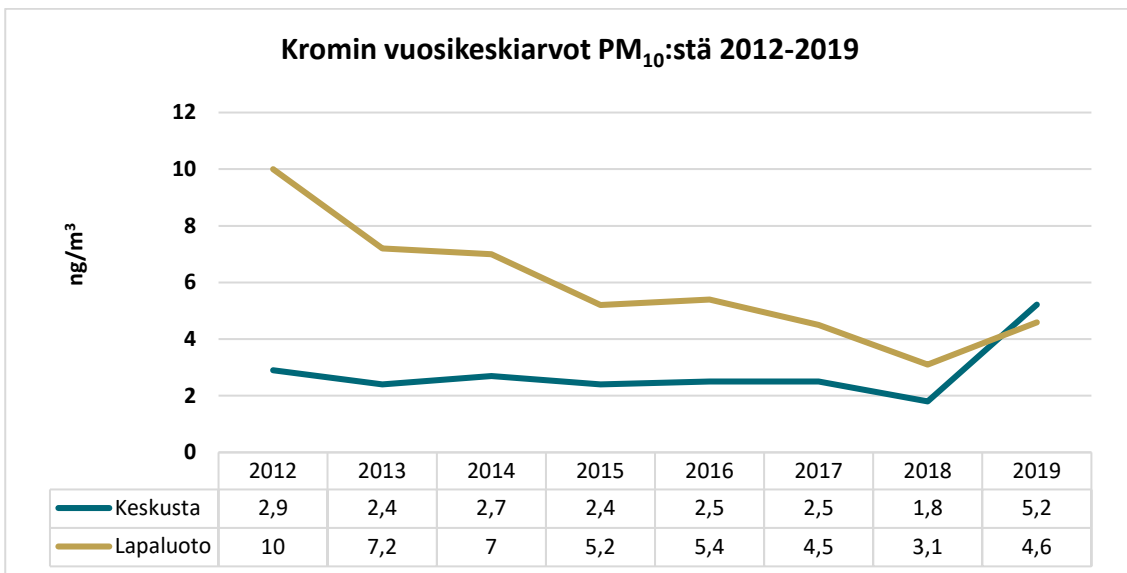
Kuvaajista selviää myös historiatieto vuodesta 2012 alkaen, josta asti standardin mukainen



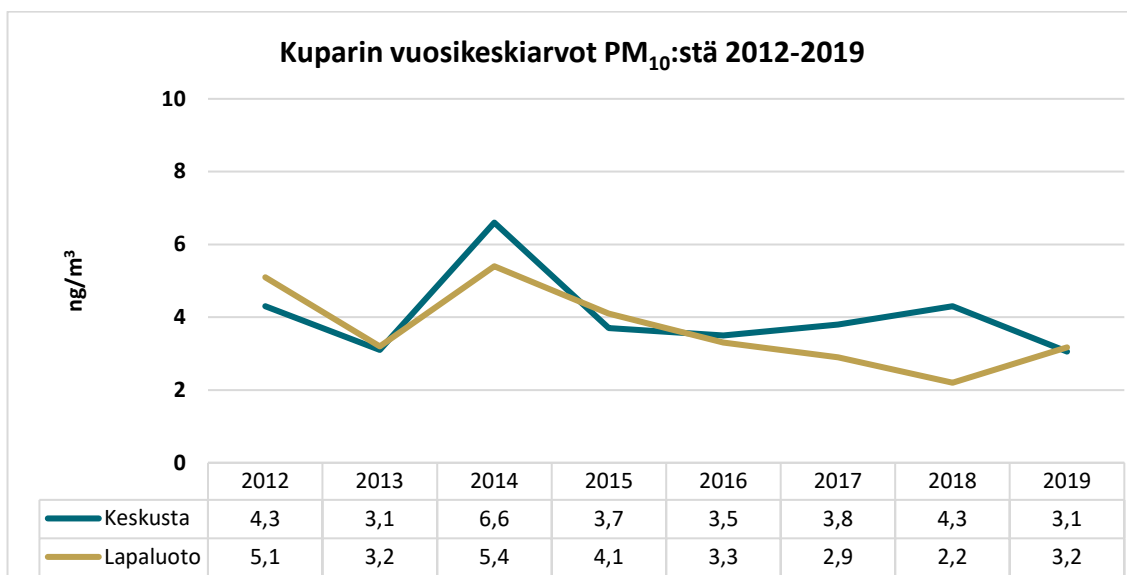
Kuvaaja 29: Arseenin vuosikeskiarvo 2012–2019.
Arseenin vuosikeskiarvon tavoitearvo (6 ng/m³) on ollut voimassa 2013 alkaen.



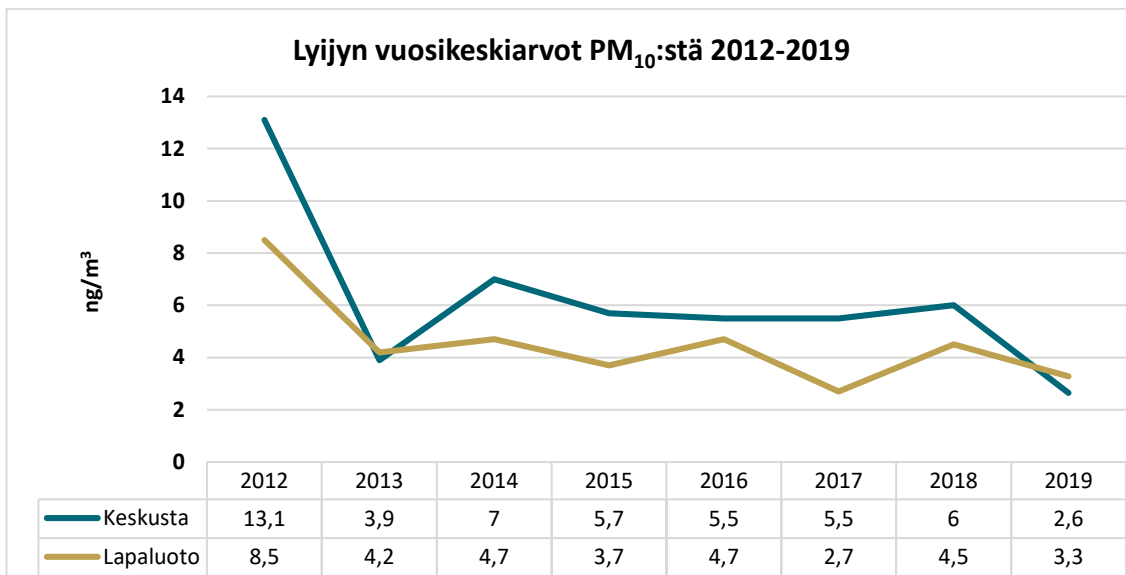
Kuvaaja 30: Kadmiumin vuosikeskiarvo 2012–2019.
Kadmiumin vuosikeskiarvon tavoitearvo (5 ng/m³) on ollut voimassa 2013 alkaen.



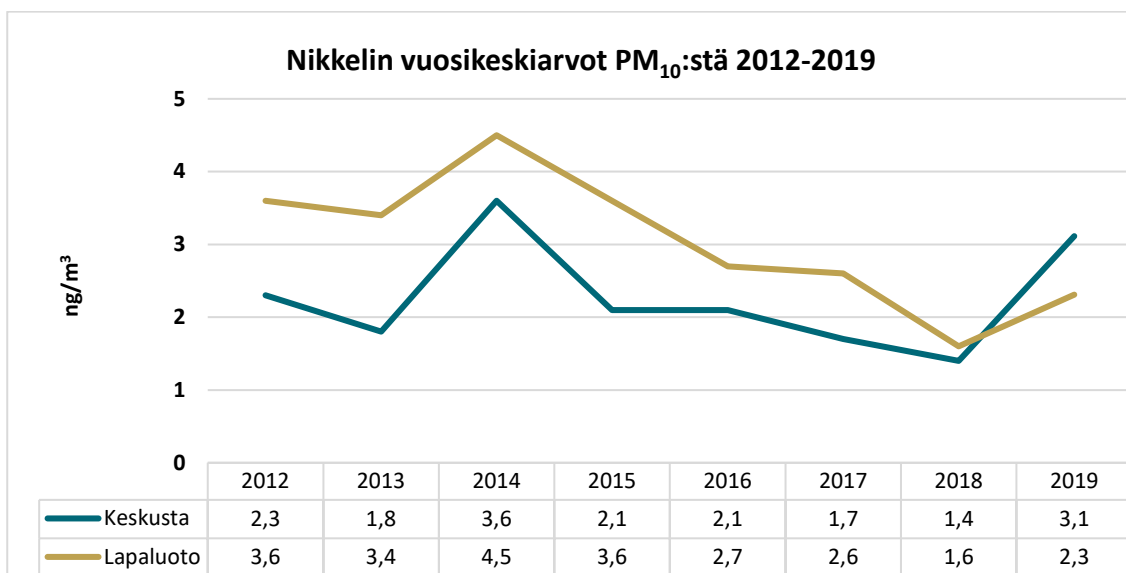
Kuvaaja 31: Kromin vuosikeskiarvo 2012–2019.



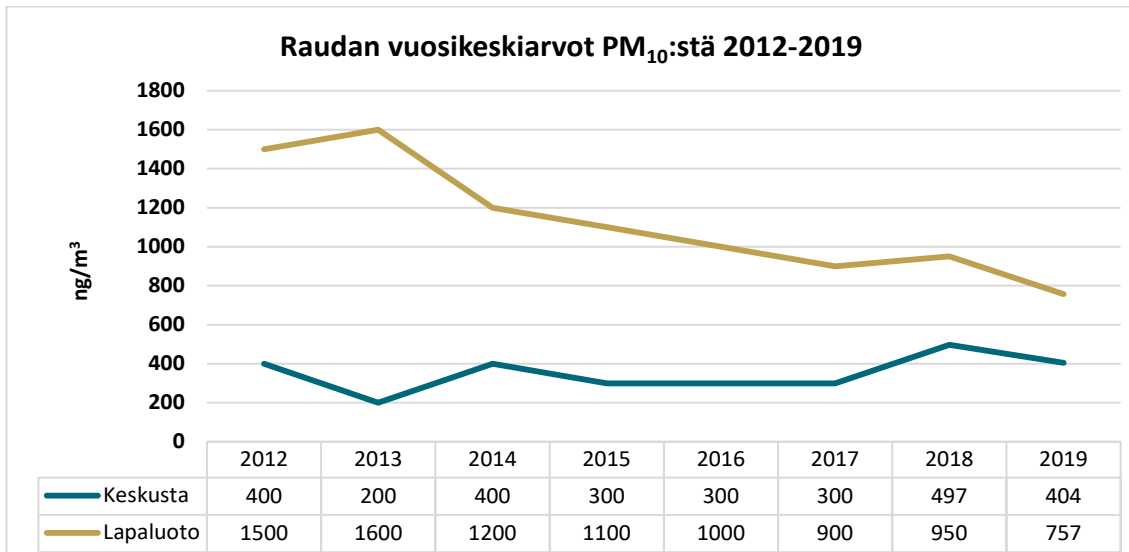
Kuvaaja 32: Kuparin vuosikeskiarvo 2012–2019.



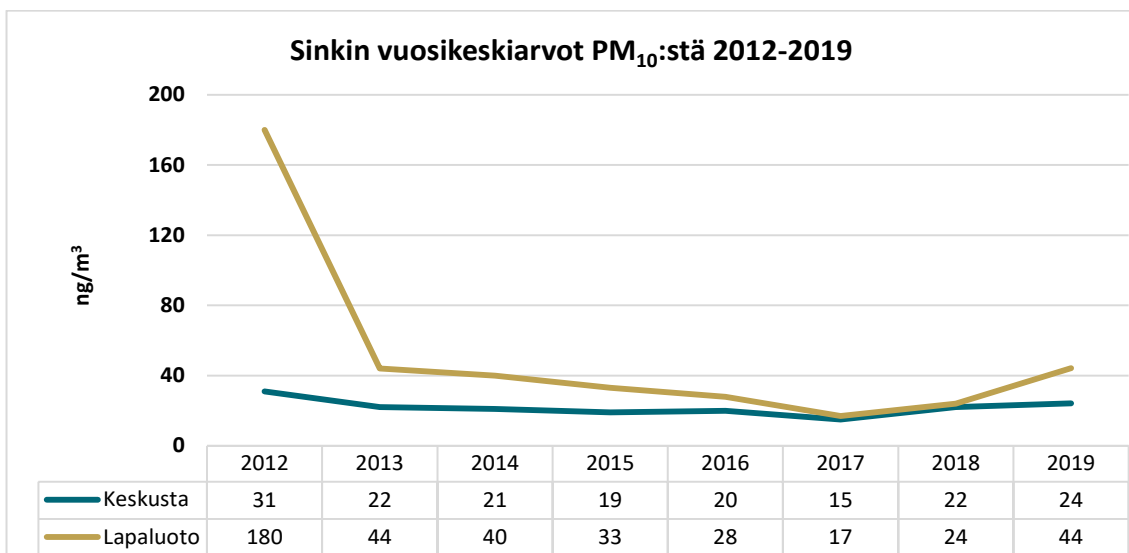
Kuvaaja 33: Lyijyn vuosikeskiarvo 2012–2019.
Lyijyn vuosikeskiarvon raja-arvo ($0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 500 \text{ ng}/\text{m}^3$) on ollut voimassa 2011 alkaen.



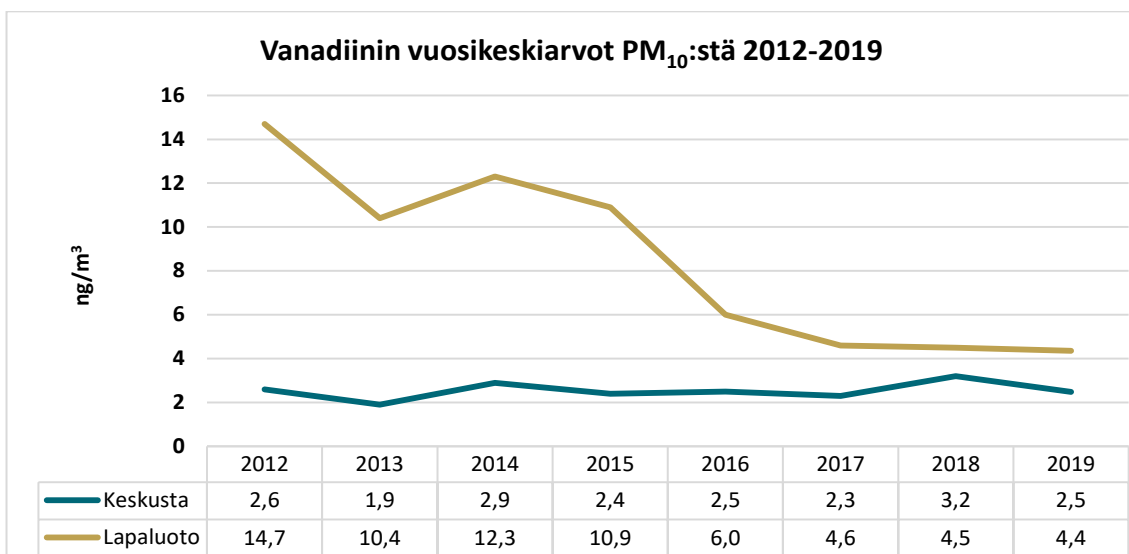
Kuvaaja 34: Nikkelin vuosikeskiarvo 2012–2019
Nikkelin vuosikeskiarvon tavoitearvo ($20 \text{ ng}/\text{m}^3$) on ollut voimassa 2013 alkaen.



Kuvaaja 35: Raudan vuosikeskiarvo 2012–2019



Kuvaaja 36: Sinkin vuosikeskiarvo 2012–2019.



Kuvaaja 37: Vanadiinin vuosikeskiarvo 2012–2019.

13. SÄÄTIEDOT

Keskustan mittausasemalla on oma sääasema, mutta lisäksi tuloksissa hyödynnetään Lapaluodon satamassa sijaitsevaa Ilmatieteenlaitoksen sääasemaa. Vuonna 2019 lämpötilat olivat melko lähellä pitkän ajan kuukausikeskiarvoja. Vallitseva tuulensuunta oli Lapaluodossa etelän ja lounaan välillä. Keskustassa mitattu tuulensuunta vaihtelee enemmän. Viime vuoden säätiedot löytyvät kappaleesta 13.1.

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.

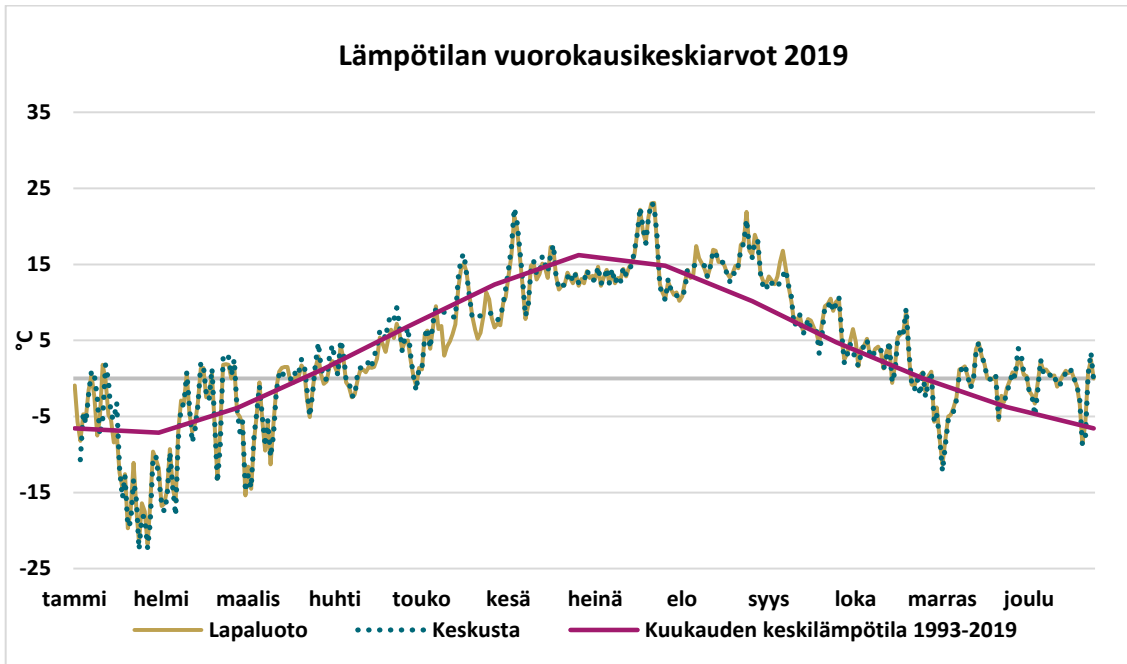
13.1. Vuoden 2019 sää

Keskustan sääasemalta on havaintojen ajallinen kattavuus lämpötilan osalta 92,9 % ja tuulitietojen osalta 97,8 %. Omien mittausten lisäksi tuloksissa ilmoitetaan Ilmatieteenlaitoksen Lapaluodon sääasemalta oleva säätiedot, jossa ajallinen kattavuus on 100 %.

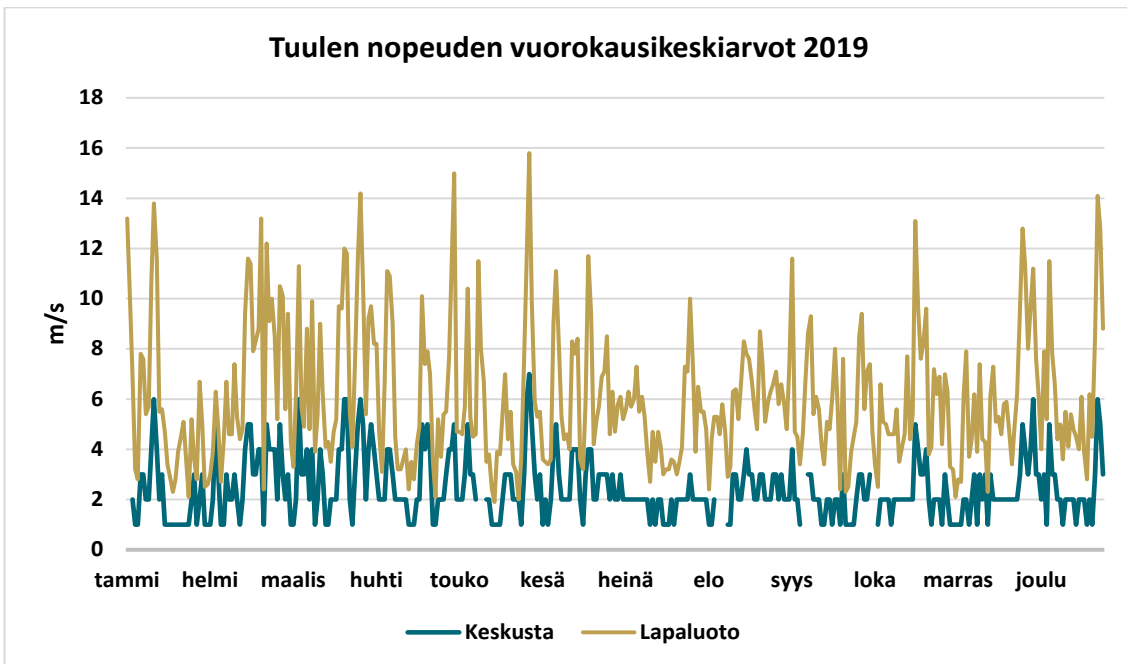
Kuvaajiin 47–48 on kuvattuna lämpötilan ja tuulen nopeuksien vuorokausikeskiarvot Kes-



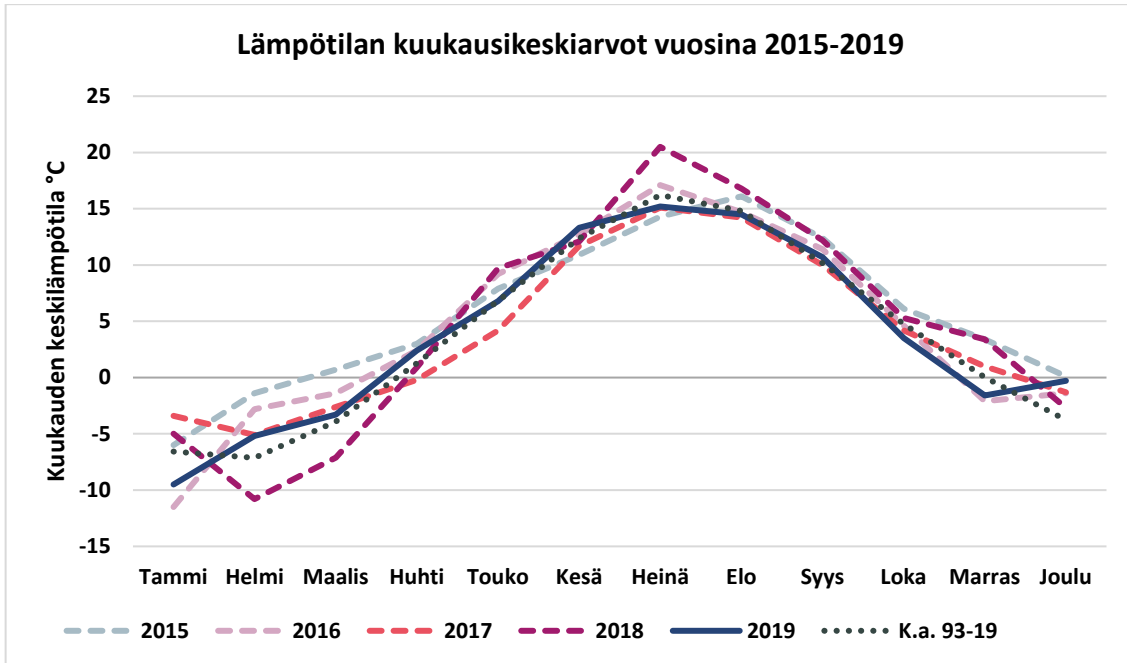
kustassa ja Lapaluodossa. Lämpötilan kuvaajaan on merkitty myös vuosien 1993–2019 kuukausikeskiarvo. Kuvaajasta nähdään, että lämpötilat ovat mittausasemilla lähes identtiset. Kuvaajasta 48 näkyy ero tuulen voimakkuuksissa Lapaluodossa ja Keskustassa. Keskustassa rakennukset vaikuttavat tuulen suuntaan ja voimakkuuteen mittausasemalla.



Kuvaaja 46: Lapaluodon ja keskustan lämpötilan vuorokausikeskiarvot sekä pitkän ajan kuukausikeskiarvo. Lapaluodon säätiedot ovat Ilmatieteenlaitoksen sääasemalta.



Kuvaaja 47: Keskustan ja Lapaluodon tuulen nopeuden vuorokausikeskiarvot. Lapaluodon säätiedot ovat Ilmatieteenlaitoksen sääasemalta.



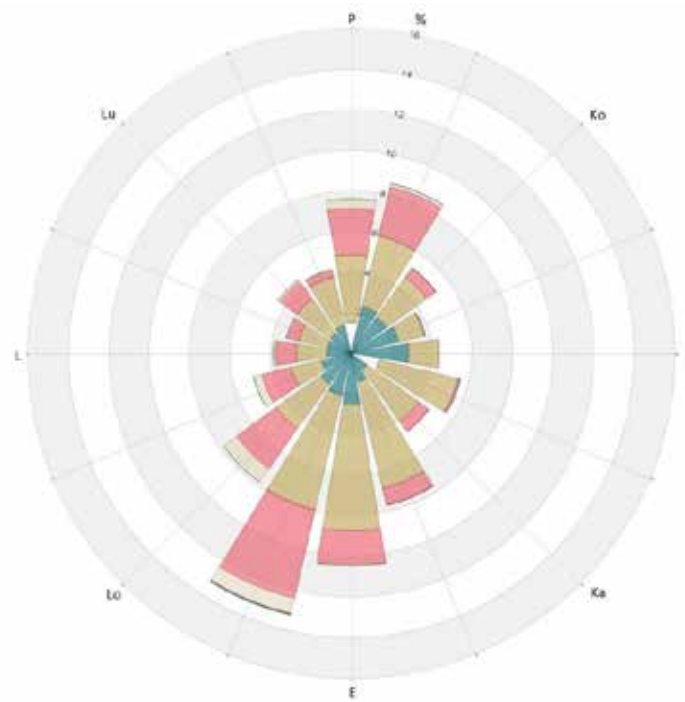
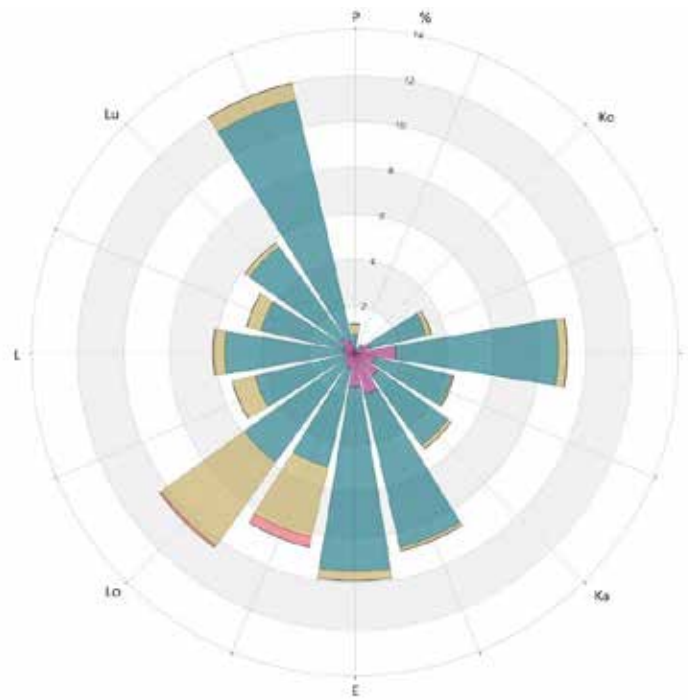
Kuvaaja 48: Lämpötilan kuukausikeskiarvot vuosina 2015–2019, sekä pitkän ajan kuukausikeskiarvo 1993–2019. Sää-tiedot ovat Ilmatieteenlaitoksen Lapaluodon sääasemalta.

Kuvaajasta 48 nähdään, että viimeisen viiden vuoden ajanjaksoon, sekä pitkän ajanjakson (vuodet 1993–2019) keskiarvoon verrattuna vuosi 2019 oli tavanomainen lämpötilojen osalta.

asemalla havaitaan tuulta joka ilmansuunnasta ja tuulen nopeus on pääosin kohtalaista tai navakkaa (4-13 m/s). Jonkin verran havaitaan myös kovaa tuulta (14–20 m/s) ja myrskyä (>20 m/s).

Kuvaajassa 49 (seuraava sivu) on kuvattuna Keskustan ja Lapaluodon mittausasemien tuuliruusu, eli tuulen suuntien suhteellinen osuus kaikista tuulitiedoista. Keskustan tuulitiedot saadaan mittausaseman omalta sääasemalta, ja Lapaluodon tuulitiedot ovat Ilmatieteenlaitoksen Lapaluodon sääasemalta. Kuvaajista nähdään, että eniten tuulee eteläkaakon ja lounaan väliltä, mutta voimakainta tuulta on aina lounaasta päin tuullessa. Keskustassa yleisiä tuulensuuntia on myös itä ja pohjoisluode, kun taas pohjoisen ja idän väliltä ei tuule yhtään. Tämä johtuu aseman läheisistä kerrostaloista, jotka suojaavat asemaa kyseiseltä ilmansuunnalta tulevilta tuuilta. Keskustassa tuulen nopeus on pääosin heikkoa tai kohtalaista (1-7 m/s). Lapaluodon satamassa sijaitsevalla Ilmatieteenlaitoksen





Tuulen osuus (%)

Tyyntä < 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

Kuvaaja 49: Keskustan (ylhäällä) ja Lapaluodon (alhaalla) tuuliruusu 2019.
Keskustan tuulitietoja on käytettävissä 97,8 % ja Lapaluodossa 100,0 % vuoden tunneista.

14. LÄHDELUETTELO

- Ilmatieteenlaitos: Asiantuntijapalvelut – Ilmanlaatu ja Energia (2016), Raahen ilmanlaadun seurantasuunnitelma
- Ilmatieteenlaitos: Raportteja 2017:6, Ilmanlaadun Mittausohje 2017
- Vanhat vuosiraportit, erityisesti vuoden 1978–1992 kokoelmaraportti, sekä ns. siirtymävuosien 2000, 2004 ja 2007 raportit
- Ilmatieteenlaitos: Ilmanlaatusivusto, sähköisesti:
<https://ilmatieteenlaitos.fi/teematietoa-ilmanlaadusta>
- Ilmatieteenlaitos – 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 2015–2019

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

Keskusta NO₂ (µg/m³)						
	Keskiarvo	Suurin vuorokausi	2. suurin vuorokausi	Suurin tuntiarvo	99 %:n tuntiarvo	Ajallinen kattavuus (%)
Raja-arvo	40 (vuosi)			200		85 % (vuosi)
Ohjearvo			70		150	75 % (kk)
Kriittinen taso	30 (vuosi)					
Tammi	21,8	57	49	106,3	78	100
Helmi	17	50,2	42	120,1	83	100
Maalis	15,5	35	32	109,6	80	100
Huhti	13,7	30	23	86,1	61	100
Touko	6,9	13,9	12	47,7	30	100
Kesä	6,4	12,1	11	28,6	22	100
Heinä	5	10,9	8	28,3	22	100
Elo	6,9	15,5	12	35,5	26	87,1
Syys	7,1	17,1	15	40,8	36	96,7
Loka	6,6	18,9	14	56,9	38	100
Marras	8,4	16,2	14	35	31	100
Joulu	8,9	24,3	19	78,7	55	100
Vuosikeskiarvo¹⁾	10,3 µg/m³					98,60 %

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

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

Lapaluoto SO₂ (µg/m³)						
	Keskiarvo	Suurin vuorokausi	2. suurin vuorokausi	Suurin tuntiarvo	99 %:n tuntiarvo	Ajallinen kattavuus (%)
Raja-arvo		125		350		85 % (1v)
Ohjearvo			80		250	75 % (kk)
Kriittinen taso	20 (vuosi)					
Tammi	1,2	5,2	2,9	13,8	6,6	100
Helmi	1,3	2,8	2,4	7,8	5,5	100
Maalis	1,1	3	2,4	10,6	5,6	100
Huhti	0,6	2,1	1,8	13	7,4	100
Touko	0,7	2,3	2,2	17,4	6,6	100
Kesä	1,4	9,8	4,6	42,7	22,1	86,7
Heinä	2	16,9	13,4	173,2	21,0	93,5
Elo	8,4	41,3	36,4	213,7	101,1	100
Syys	12,5	47,9	45,1	398	121,4	100
Loka	3,3	19,9	11,2	87,7	42,5	100
Marras	5,1	23,6	18,5	69,5	44,6	100
Joulu	4,1	31,1	20,0	48	42,3	100
Vuosikeskiarvo¹⁾	3,5 µg/m³					98,40 %

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

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

Keskusta PM ₁₀ (µg/m ³)				
	Keskiarvo	Suurin vuorokausi	2. suurin vuorokausi	Ajallinen kattavuus
Raja-arvo	50			85 % (1v) 75 % (kk)
Ohjearvo	70			
Tammi	8,5	21,2	17,7	93,5
Helmi	6,9	16,7	16,6	96,4
Maalis	10,6	27,8	22,0	100
Huhti	31,6	63,2	60,5	100
Touko	11,1	21,3	20,6	100
Kesä	10,4	27,7	23,5	96,7
Heinä	7,4	14,5	13,6	100
Elo	8,9	19,1	15,0	87,1
Syys	7,2	10,8	10,2	93,3
Loka	7,1	19,1	16,8	100
Marras	5,1	12,9	9,7	100
Joulu	4,9	10,5	9,8	100
Vuosikeskiarvo ¹⁾	10,0 µg/m³			97,3 %

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

Lapaluoto PM ₁₀ (µg/m ³)				
	Keskiarvo	Suurin vuorokausi	2. suurin vuorokausi	Ajallinen kattavuus
Raja-arvo	50			85 % (1v) 75 % (kk)
Ohjearvo	70			
Tammi	12,5	34,3	26,6	100
Helmi	10,0	34,7	29,8	85,7
Maalis	9,6	38,2	29,3	100
Huhti	19,1	63,2	48,3	100
Touko	8,9	36,9	21,2	100
Kesä	10,0	32,9	22,2	80
Heinä	8,0	27,3	26,5	93,5
Elo	12,6	32,3	25,1	100
Syys	10,1	25,0	22,7	100
Loka	6,6	15,2	14,9	100
Marras	8,2	25,1	17,0	100
Joulu	6,8	16,9	14,9	100
Vuosikeskiarvo ¹⁾	10,2 µg/m³			96,7 %

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

LIITE 4: PAH-yhdisteiden pitoisuudet 2015–2019

PAH-yhdiste ng/m ³	2015		2016		2017		2018		2019	
	Lapaluoto	Keskusta	Lapaluoto	Keskusta	Lapaluoto	Keskusta	Lapaluoto	Keskusta	Lapaluoto	Keskusta
Tavoitearvo Bentso(a)pyreenille	1		1		1		1		1	
Antraseeni	0,30	0,04	0,29	0,03	0,09	0,01	0,30	0,08	0,35	0,06
Asenaftteeni	0,06	0,04	0,05	0,02	0,05	0,02	0,05	0,05	0,09	0,09
Asenaftyleeni	0,09	0,04	0,10	0,03	0,05	0,02	0,09	0,05	0,14	0,09
Bentso(a)antraseeni	1,37	0,27	1,35	0,25	0,73	0,15	2,53	0,81	2,16	0,66
Bentso(a)pyreeni	1,05	0,33	1,01	0,29	0,63	0,19	1,67	0,63	1,63	0,50
Bentso(bj)fluoranteeni	1,37	0,59	1,77	0,68	1,38	0,54	2,95	1,16	2,73	1,04
Bentso(ghi)peryleeni	0,84	0,39	0,88	0,38	0,61	0,27	1,24	0,56	1,22	0,50
Bentso(k)fluoranteeni	0,64	0,23	0,61	0,21	0,44	0,16	0,90	0,35	0,85	0,30
Dibentso(ah+ac)antraseeni	0,18	0,06	0,17	0,05	0,09	0,03	0,32	0,12	0,19	0,09
Fenantreeni	1,23	0,11	1,28	0,12	0,57	0,07	1,44	0,57	1,40	0,37
Fluoranteeni	2,56	0,41	2,42	0,34	1,30	0,37	4,52	1,67	4,76	1,37
Fluoreeni	0,15	0,04	0,13	0,01	0,05	0,01	0,09	0,04	0,10	0,04
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	1,01	0,46	1,00	0,40	0,67	0,28	1,21	0,52	1,12	0,42
Kryseeni	1,12	0,22	1,22	0,24	0,77	0,16	1,78	0,66	1,65	0,72
Naftaleeni	0,07	0,04	0,05	0,02	0,06	0,02	0,10	0,05	0,16	0,10
Pyreeni	1,92	0,43	1,92	0,36	1,05	0,26	3,87	1,63	4,10	1,31
Trifenyleeni							0,27	0,12	0,32	0,19
PAH-yhteensä	13,96	3,71	14,25	3,42	8,54	2,56	23,30	9,06	22,97	7,85



RAAHE