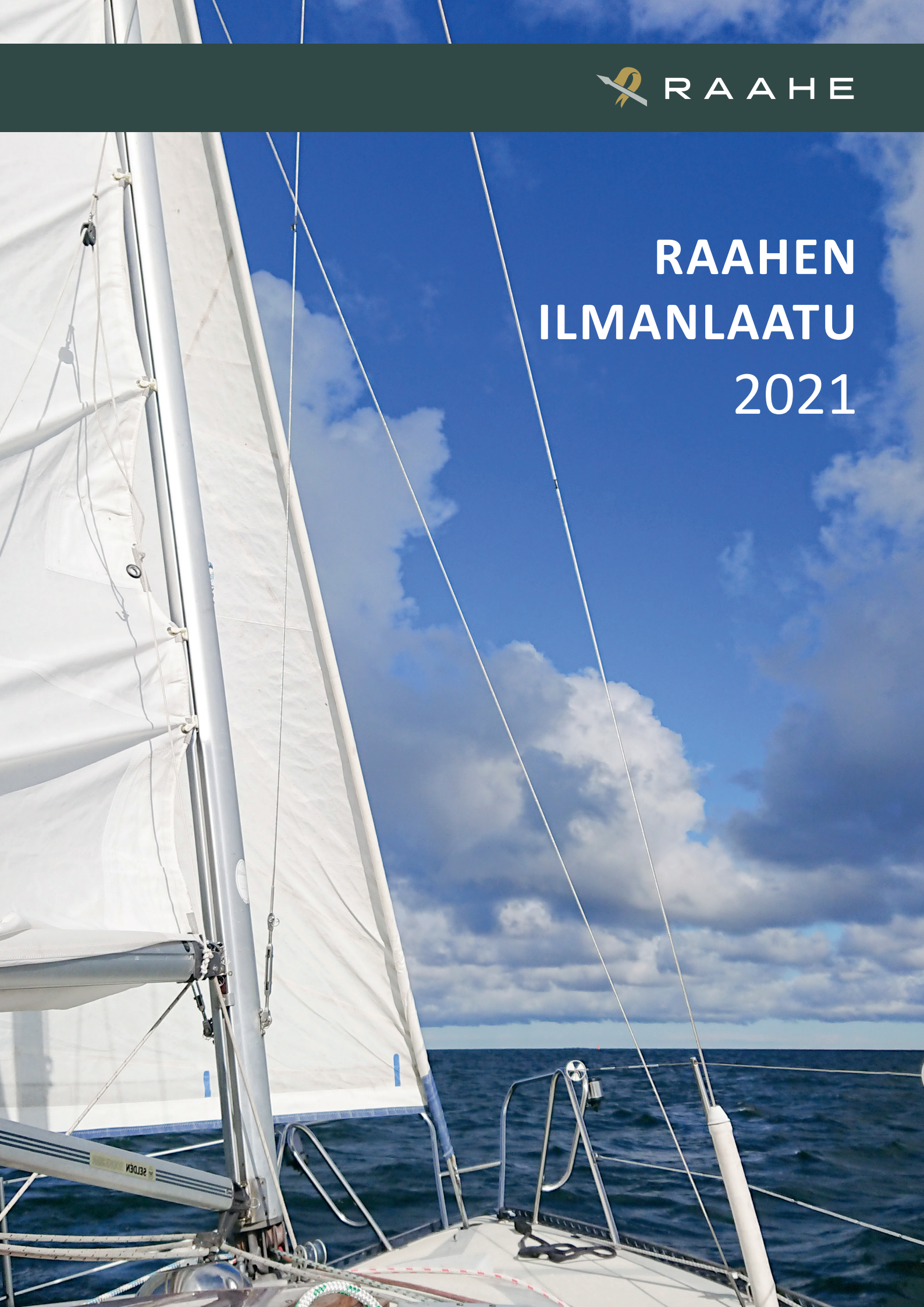


RAAHEN ILMANLAATU 2021



RAAHEN ILMANLAATU 2021

ILMANLAADUN SEURANTARAPORTTI, RAAHE 2021

Mittausten suorittaja ja tulosten editointi: Aino Alatalo **Mittalaitteiden kalibroinnit:** J.P. Pulkkisen kalibrointi Ky **Metallianalyysit ja PAH-analyysit:** Eurofins Environment Testing Finland Oy **Raportin laatija:** Aino Alatalo **Kannen Kuva:** Aino Alatalo **Valokuvat:** Anu Kiviniitty, Aino Alatalo, Riina Jorasmaa, SSAB, Raahen Energia 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	19
5.3. Toimijat	20
6. PÄÄSTÖT	21
6.1. Teollisuus	21
6.2. Liikenne	24
6.3. Asutus ja muut hajalähteet	25
7. ILMANLAATUINDEKSI	25
7.1. Ilmanlaatuindeksi vuonna 2021	26
8. TYPEN OKSIDIT (NO_x)	28
8.1. Typen oksidipitoisuudet lainsäädännössä	28
8.2. Typpimittaukset vuonna 2021	29
9. RIKKIDIOKSIDI (SO₂)	32
9.1. Rikkidioksidipitoisuudet lainsäädännössä	32
9.2. Rikkidioksidimittaukset vuonna 2021	33
10. HIUKKASET (PM₁₀)	36
10.1. Hiukkaspitoisuudet lainsäädännössä	37
10.2. Hengitettävät hiukkaset 2021	38
11. HIUKKASTEN SISÄLTÄMÄT PAH-YHDISTEET	41
11.1. PAH-pitoisuudet lainsäädännössä	41
11.2. PAH-mittaukset vuonna 2021	42
12. HIUKKASTEN SISÄLTÄMÄT RASKASMETALLIT	47
12.1. Raskasmetallipitoisuudet lainsäädännössä	48
12.2. Metallimittaukset vuonna 2021	49
13. LASKEUMA	55
13.1. Laskeumamittaukset vuonna 2021	55
14. SÄÄTIEDOT	61
14.1. Vuoden 2021 sää	61
15. LÄHDELUETTELO	65
16. LIITTEET	65

1. TIIVISTELMÄ

Vuonna 2021 ilmanlaadun mittaustoimintaa jatkettiin kaupungin tekemänä työnä edellisten vuosien tapaan. Mittaukset tehdään viisivuotisen seurantasuunnitelman mukaisesti. Nykyinen seurantasuunnitelma on voimassa 2018-2022. Mittauksia tehtiin Keskustan, Lapaluodon ja Merikadun mittausasemilla. Lisäksi laskeumanäytteitä kerättiin Välikylässä ja Lentokentäntiellä.

Kaikki mittauslaitteistot toimivat ilman suurempia laitevikoja, mutta vuoden ajalle sattui joitakin lyhyitä mittauskatkoksia, esim. tietoliikenneongelmista johtuen. Lisäksi katkoksia mittauksiin on tullut laitteiden huolloista ja kalibroinneista. Lapaluodon kopin siirtäminen syyskuussa aiheutti yhden pidemmän katkoksen Lapaluodon mittauksiin. Mittaustuloksia saatiin kuitenkin sekä kuukausi- että vuositasolla lainsäädännön vaatimusten mukaan riittävästi.

Vuonna 2021 ilmanlaatu oli hyvä Keskustan mittausasemalla 89,8 % vuodesta ja Lapaluodon mittausasemalla 88,6 % vuodesta. Ilmanlaatu oli hyvä tai tyydyttävä molemmilla mittausasemilla yli 97 % vuodesta. Ilmanlaatuindeksi huomioi kuitenkin vain jatkuvatoimisesti mitatut parametrit, joita ovat Raahessa rikkidioksidi (SO₂), typpidioksidi (NO₂) ja hengitettävät hiukkaset (PM₁₀). Näin ollen eri kaupunkien ja mittausasemien indeksit eivät ole täysin vertailukelpoisia, koska eri asemilla indeksiin vaikuttavat erit mitattavat epäpuhtaudet. Raahessa ilmanlaadulla voi olla hetkellisesti vaikutuksia herkemmille väestöryhmille, esim. keväisin katupölyaikaan. Raahessa tällaisia ajanjaksoja oli ilmanlaatuindeksinä tarkasteltuna koko vuonna Keskustassa yhteensä 14 ja Lapaluodossa yhteensä 20 tunnin aikana.

Vuosi oli säiden suhteen normaali. Talvi oli hieman keskiarvoa kylmempi, kun taas kesä oli hieman keskiarvoa lämpimämpi.

Vuoden aikana sattui yhteensä neljä vuorokausiraja-arvon ylitystä, joista kolme oli Keskustassa ja yksi Lapaluodossa hengitettävillä hiukkasilla (PM₁₀). 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 Keskustassa huhtikuussa, jolloin ne oletettavasti johtuivat katupölystä. Lapaluodossa ylitys tapahtui kesäkuussa. Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvon raja-arvo ei ylittynyt kummallakaan asemalla.

Rikkidioksidin pitoisuudet eivät ylittäneet raja-arvoja. Rikkidioksidin suurin tuntikeskiarvo oli 310,5 µg/m³, joka ylitti ohjearvon, mutta ei raja-arvoa. Suurin vuorokausikeskiarvo oli 45,9 µg/m³.

Typen oksidien pitoisuudet eivät ylittäneet raja-arvoja tai ohjearvoja. Suurin mitattu typpidioksidin tuntikeskiarvo Keskustassa oli 123,2 µg/m³. Typpioksidin vuosikeskiarvo nousi hieman edellisvuoteen verrattuna, mutta on alempi kuin 2019 ja sitä ennen mitatut arvot.

Hiukkasiin sitoutuneiden PAH-yhdisteiden merkkiaineen bentso(a)pyreenin tavoitearvo ylittyi Lapaluodossa. Vuosikeskiarvo Lapaluodossa oli 1,33 ng/m³, kun lainsäädännössä asetettu tavoitearvo on 1 ng/m³. Keskustan vuosikeskiarvo oli 0,74 ng/m³, joka alittaa tavoitearvon, mutta ylittää ylemmän arviointikynnyksen toisen kerran viiden vuoden aikana. Tavoitearvo tulee mahdollisuuksien mukaan alittaa. Korkeimmat PAH-yhdisteiden pitoisuudet mitataan yleensä talviaikaan ja kesällä pitoisuudet ovat pienempiä.

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

Laskeuman tuloksista on jätetty pois maaliskuun tulos Lentokentäntieltä näyteastian vuoden vuoksi. Laskeumassa kuitenkin täyttyy 90 %:n ajallinen kattavuus ja tulokset on esitetty raportissa.

2021 ilmanlaadussa näkyi mm. Kalajoen laaja metsäpalo sekä Saharasta ilmakehään levinnyt hiekka. Kummankin vaikutus näkyy hengitettävissä hiukkasissa.

2. JOHDANTO

Tässä raportissa esitetään vuoden 2021 ilmanlaadun mittausten tulokset sekä kerrotaan miten ja miksi ilmanlaatua mitataan. Lisäksi pohditaan lyhyesti ilmanlaadun vaikutusta ihmisiin ja ympäristöön. Vuoden 2018 raportissa on kerrottu laajemmin ilmanlaadun mittauksen historiasta Raahessa.

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 tarkkailusuunnitelman ja sen perusteella tehdyn seurantasopimuksen mukaisesti. Ilmanlaadun mittaustoiminnasta 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 Raahen Valimo Oy. Ilmanlaadun laboratorioanalyysistä 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.

Taulukko 1: Yksiköt ja niiden selitteet.

Yksikkö	Selite
μm	Pituuden yksikkö: mikrometri (= metrin miljoonasosa)
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Pitoisuuden yksikkö: mikrogrammaa (= gramman miljoonasosaa) kuutiometrissä ilmaa
ng/m^3	Pitoisuuden yksikkö: nanogrammaa (=gramman miljardisosa) kuutiometrissä ilmaa
$^{\circ}\text{C}$	Lämpötilan yksikkö: Celsiusaste
K	Lämpötilan yksikkö: Kelvinaste, $293\text{ K} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$
atm	Paineen yksikkö: atmosfääri, $1\text{ atm} = \text{normaali-ilmakehän paine}$
kPa	Paineen yksikkö: kilopascal, $101,3\text{ kPa} = 1\text{ atm}$

Taulukko 2: Lyhenteitä tai termejä ja niiden määritelmät.

Lyhenne tai termi	Määritelmä
Epäpuhtaus	Ilmassa oleva aine, jolla voi olla haitallisia terveys- tai ympäristövaikutuksia
Tuntikeskiarvo	Yhden tunnin kestäneen näytteenoton pitoisuusarvo tai lyhytaikaisemmista tuloksista laskettu keskiarvo yhden tunnin ajalta. Jatkuvatoimisissa mittauksissa tuntiarvo voidaan hyväksyä, jos sen laskemiseen käytettävät arvot kattavat ajallisesti vähintään 75 % tunnista.
Vuorokausikeskiarvo	Vuorokauden kestäneen näytteenoton pitoisuusarvo tai tuntiarvoista laskettua vuorokausikeskiarvo. Tuntiarvoista laskettu vuorokausiarvo voidaan hyväksyä, jos tuntiarvoista on hyväksytyjä yli 75 % eli vähintään 18 tuntia, ja peräkkäisiä puuttuvia tuntiarvoja on korkeintaan 25 % eli kuusi tuntia.
Vuosikeskiarvo	Lasketaan siitä aikasarjasta, jonka aikaresoluutio on pienin. Esimerkiksi jos sekä tuntiarvot että vuorokausiarvot ovat käytettävissä, vuosikeskiarvo lasketaan tuntiarvoista. Yleisesti kalibrointien ja normaalin kunnossapidon vuoksi menetetään tuntiarvoja 5 % vuoden tunneista, joka voidaan suoraan vähentää laatutavoitteen 90 %:sta eli laatutavoitteena käytetään 85 % vuoden tunneista.
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	Typen 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

4. LAINSÄÄDÄNTÖ, LUPAVELVOITTEET JA STANDARDIT

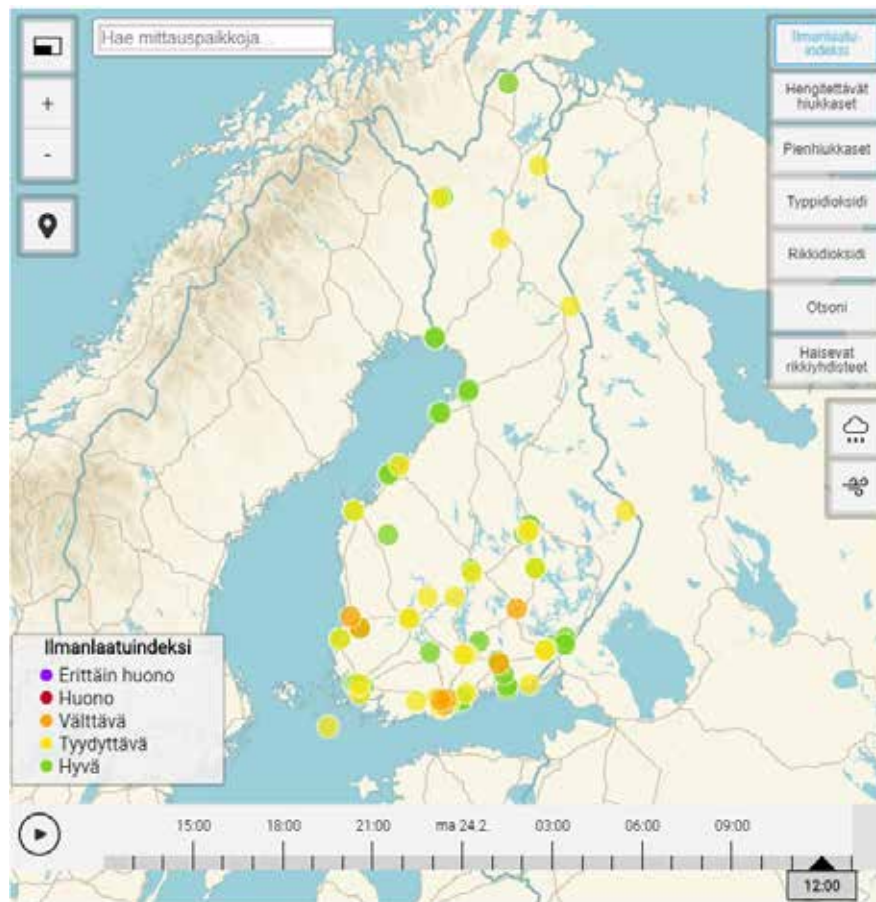
4.1. Kuntien velvoitteet

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 tapahtuneista ylityksistä on tiedotettu tapauskohtaisesti myös kaupungin nettisivuilla.

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



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

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

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



4.3. Lainsäädännön ja standardien määritelmät

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

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

Taulukko 3: Ilmanlaadun mittauksiin vaikuttavat lait ja asetukset.

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



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

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

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

Lyhenne tai termi	Määritelmä
Raja-arvo (SO₂, NO₂, PM₁₀)	Tieteellisin perustein terveyshaittojen ehkäisemiseksi ja vähentämiseksi vahvistettu pitoisuus, joka on alitettava määräajassa ja jota ei saa ylittää sen jälkeen kun raja-arvo on saavutettu
Tavoitearvo (As, Cd, Ni, B(a)P)	Pitoisuus tai kuormitus, joka on mahdollisuuksien mukaan alitettava määräajassa ja jolla pyritään vähentämään haitallisia terveys- ja ympäristövaikutuksia
Ohjearvo (SO₂, NO₂, PM₁₀)	Pitoisuus, jonka ylittyminen pyritään estämään ennakolta pitkällä aikavälillä alueilla, joilla ilmanlaatu on tai saattaa toistuvasti olla huonompi kuin ohjearvo edellyttäisi. Ohjearvot on otettava huomioon mm. maankäytön ja liikenteen suunnittelussa.
Kaikille epäpuhtauksille	
Ylempi arviointikynnys	Pitoisuus, jota korkeammissa 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.
Suuntaa-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

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

na kaikki vuoden 2021 mittauksissa käytössä olleet standardit mitattavan epäpuhtauden mukaan luokiteltuna.

Taulukko 5: Ilmanlaadun mittauksissa käytetyt standardit.

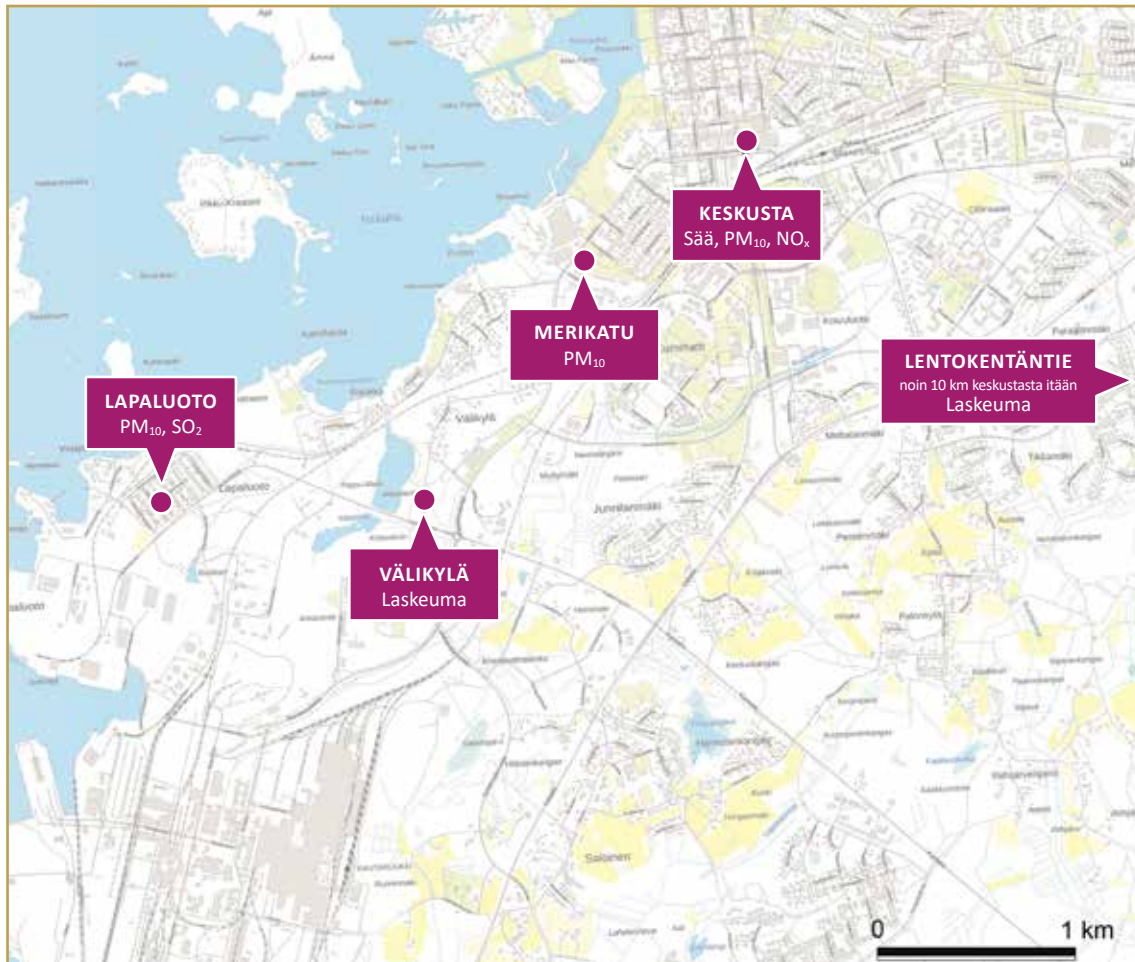
Mitattava epäpuhtaus	Standardinumero	Standardi
NO _x	SFS-EN 14211:2012	Ambient air. Standard method for the measurement of the concentration of nitrogen dioxide and nitrogen monoxide by chemiluminescence
SO ₂	SFS-EN 14212:2012	Ambient air. Standard method for the measurement of the concentration of sulphur dioxide by ultraviolet fluorescence
PM ₁₀	SFS-EN 12341:2014	Ambient air. Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM ₁₀ or PM _{2,5} mass concentration of suspended particulate matter
PM ₁₀	SFS-EN 16450:2017	Ambient air. Automated measuring systems for the measurement of the concentration of particulate matter (PM ₁₀ ; PM _{2,5})
PAH-yhdisteet	SFS-EN 15549:2008	Air quality. Standard method for the measurement of the concentration of benzo[a]pyrene in ambient air
Raskasmetallit	SFS-EN 14902:2006	Ambient air quality. Standard method for the measurement of the of Pb, Cd, As and Ni in the PM ₁₀ fraction of suspended particulate matter
Laskeuma	SFS-EN 15841:2009	Ambient air quality. Standard method for determination of arsenic, cadmium, lead and nickel in atmospheric deposition



5. ILMANLAADUN MITTAUSVERKKKO

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

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



Kuva 2: Mittausasemien 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. 2021:	PM ₁₀ , NO ₂ , NO, PAH, metallit, säätietoja
Näytteenottokorkeus:	4 m maanpinnasta



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

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

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



5.1.2. Lapaluodon mittausasema

Aseman nimi:	Lapaluodon mittausasema
Osoite:	Satamakatu 190, Raahе
Koordinaatit (ETRS-TM35FIN):	N 7173924, E 376818
Mittausvuodet:	1984 –
Mittausparametrit v. 2021:	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.

Lapaluodon koppi siirrettiin syyskuussa 2021 Ahtaajankadun toiselle puolelle puistoalueelle avoimemmalle paikalle. Etäisyys aiempaan sijaintipaikkaan on noin 20 metriä.

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



5.1.3. Merikadun mittausasema

Aseman nimi:	Merikadun mittausasema
Osoite:	Merikatu 7, Raahе
Koordinaatit (ETRS-TM35FIN):	N 7175061, E 379014
Mittausvuodet:	2009-2017, 2021
Mittausparametrit v. 2021:	metallit
Näytteenottokorkeus:	4 m maanpinnasta

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

Aiemmin asemalla on mitattu SO₂, PM_{2,5} sekä PAH ja raskasmetalleja PM₁₀:sta. Nykyisen seurantasuunnitelman mukaisesti mittausasema on käytössä vain mittauskampanjan aikana, jolloin mitataan metalleja PM₁₀:sta. Kampanja toteutetaan vuoden mittaisena kerran viidessä vuodessa.

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

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



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.

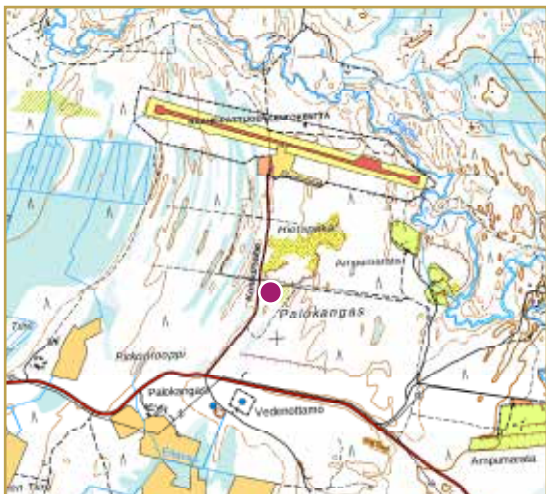


Aseman nimi:
Välikylän laskeumapiste
Koordinaatit (ETRS-TM35FIN):
N 7173833, E 378158
Mittausparametrit v. 2021:
Metallit laskeumasta
Näytteenottokorkeus:
2 m maanpinnasta



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. 2021:
Metallit laskeumasta
Näytteenottokorkeus:
2 m maanpinnasta



5.2. Menetelmät

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

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

Taulukko 6: Ilmanlaatumittauksissa käytettävät mittausmenetelmät.

Mittauspiste	Ilman epäpuhtaus	Mittaus-tiheys	Käytössä oleva laite/keräin	Analyysi-menetelmä	Standardi (SFS-EN)
Keskusta	NO _x	Jatkuva-toiminen	Environnement AC 32M	Kemilumine-senssi	14211:2012
	PM ₁₀	Jatkuva-toiminen	Teom 1400 A	Värähtelevä mikrovaaka	12341:2014 16450:2017
	PAH-yhdisteet ¹⁾	1 krt/vko	Leckel	GC-MS ⁴⁾	15549:2008 12341:2014
	Raskas-metallit ²⁾	1 krt/vko	SEQ47/50-RV	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	GC-MS ⁴⁾	15549:2008 12341:2014
	Raskas-metallit ²⁾	1 krt/vko	SEQ47/50-RV	ICP-MS ⁵⁾	14902:2006 12341:2014
Merikatu	Raskas-metallit ²⁾	1 krt/vko	Leckel SEQ47/50-RV	ICP-MS ⁵⁾	14902:2006 12341:2014
Välikylä	Laskeuman raskasmetallit ²⁾	1 kk keräysnäyte, 12 krt/v	Laskeumakeräin	ICP-MS ⁵⁾	15841:2009
Lentoken-täntie					

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

5.3. Toimijat

Vuonna 2021 ilmanlaadun mittauksiin osallistui Raahen kaupungin lisäksi yhteensä kuusi toimijaa: SSAB Europe Oy, Raahen Voima Oy, Nordkalk Oy Ab, Raahen Energia Oy, Raahen Satama Oy ja Raahen Valimo Oy.

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

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

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

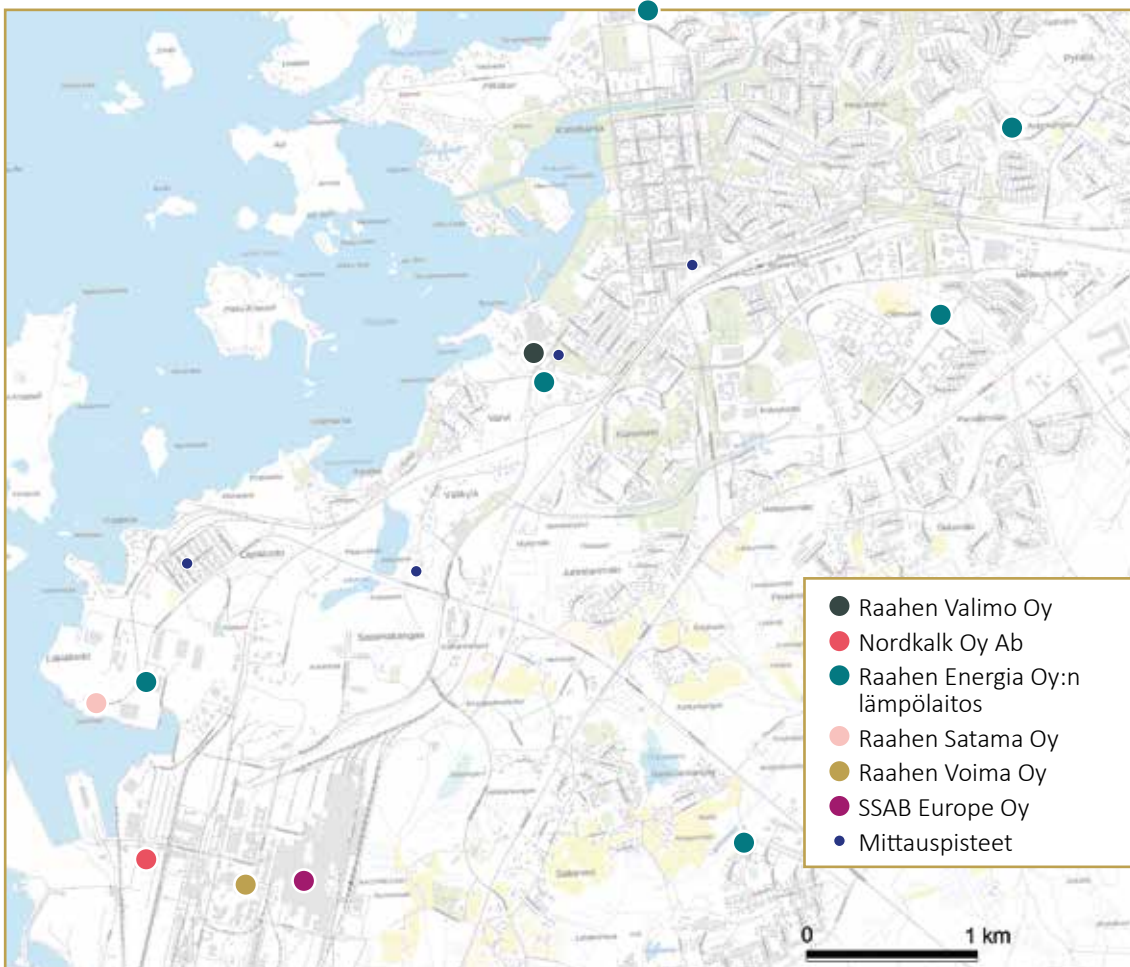


Raahen Energia Oy on Raahen kaupungin omistama energiayhtiö, joka hankkii valtaosan kaupunkialueen kaukolämmöstä ostolämpönä Raahen Voima Oy:ltä. Tämän lisäksi yhtiö tuottaa itse kaukolämpöä vara- ja huippuvoimana yhdellä pellettilämpökeskuksella ja kuudella öljyllä toimivalla lämpökeskuksella.

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

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





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

6. PÄÄSTÖT

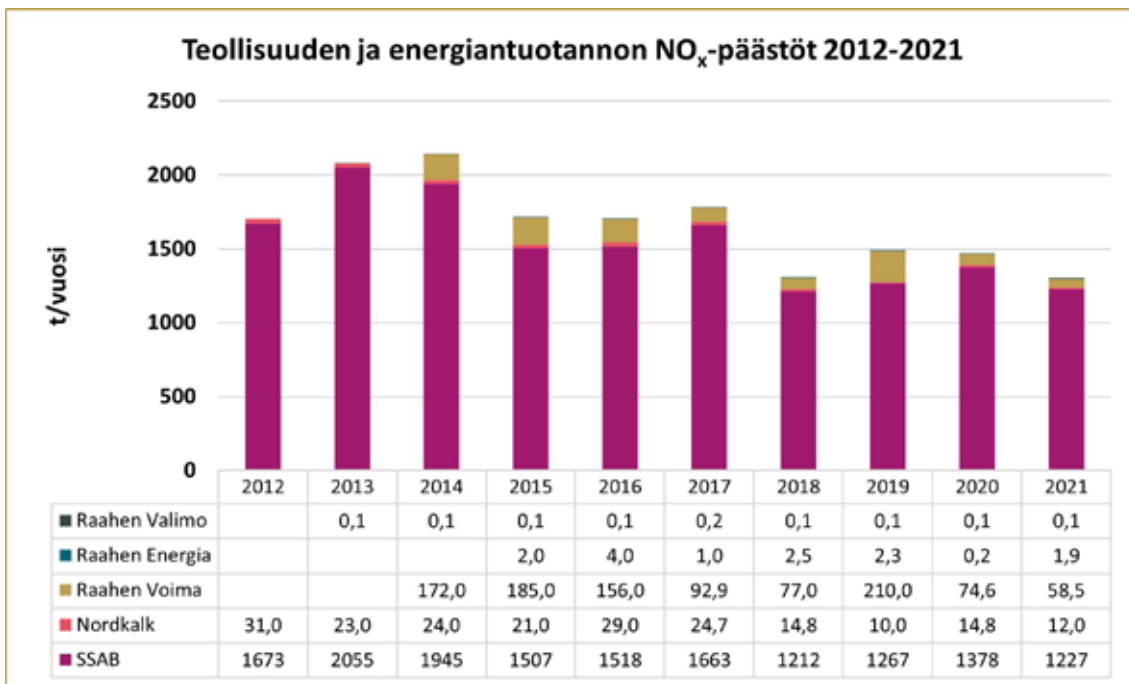
6.1. Teollisuus

Teollisuuden päästöistä merkittävimmät muodostuvat Raahessa SSAB:n, Nordkalkin, Raahen Voiman, Raahen Energian ja Raahen Valimon toiminnoista. Seuraaviin kaavioihin 1-4 on esitetty vuoden 2021 teollisuuden piippupäästöt, joihin ei ole laskettu mukaan hajapäästöjä.

Kaavioissa on mukana historiatieto myös edellisen 10 vuoden ajalta. Vuoteen 2014 Raahen Voiman päästöt sisältyivät SSAB:n päästöihin. Raahen Valimon ja Raahen Energian päästöt ovat vuodesta 2015 asti, jolloin ne ovat tulleet mittauksiin mukaan. Raahen Valimon tuloksia on ilmoitettu myös pari vuotta takautuvasti.

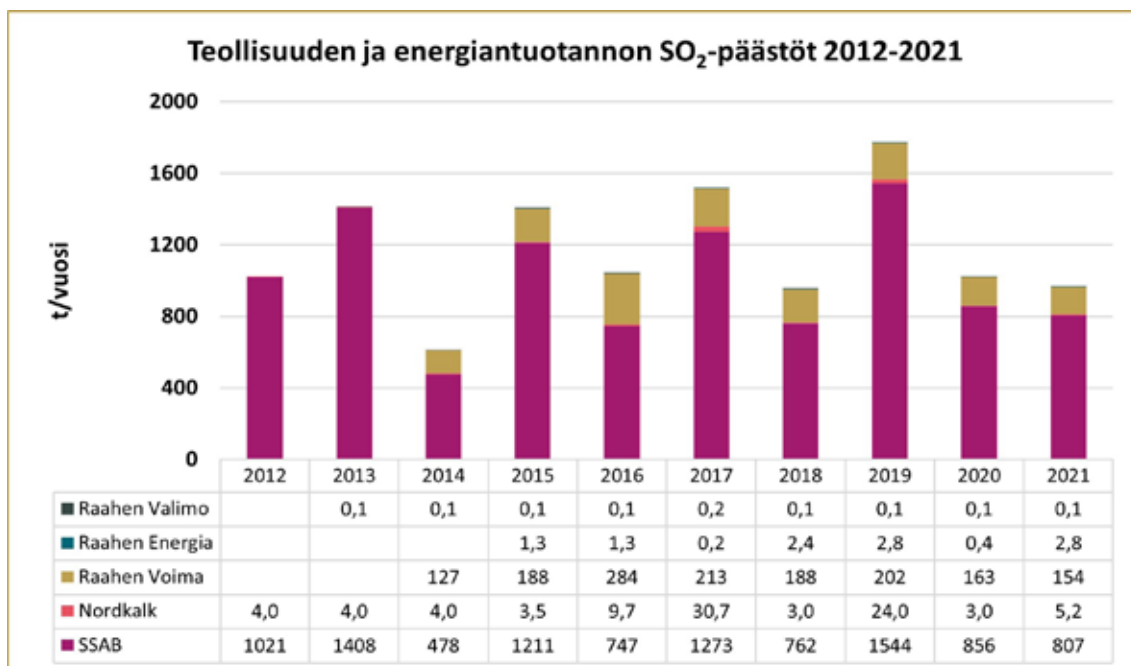
SSAB:n rikkidioksidipäästöjen vuosittainen vaihtelu johtuu säännöllisesti kahden vuoden välein tehtävistä rikinpoistolaitoksen huolto- töistä, jolloin rikkidioksidipäästöt ovat edellistä vuotta suuremmat.





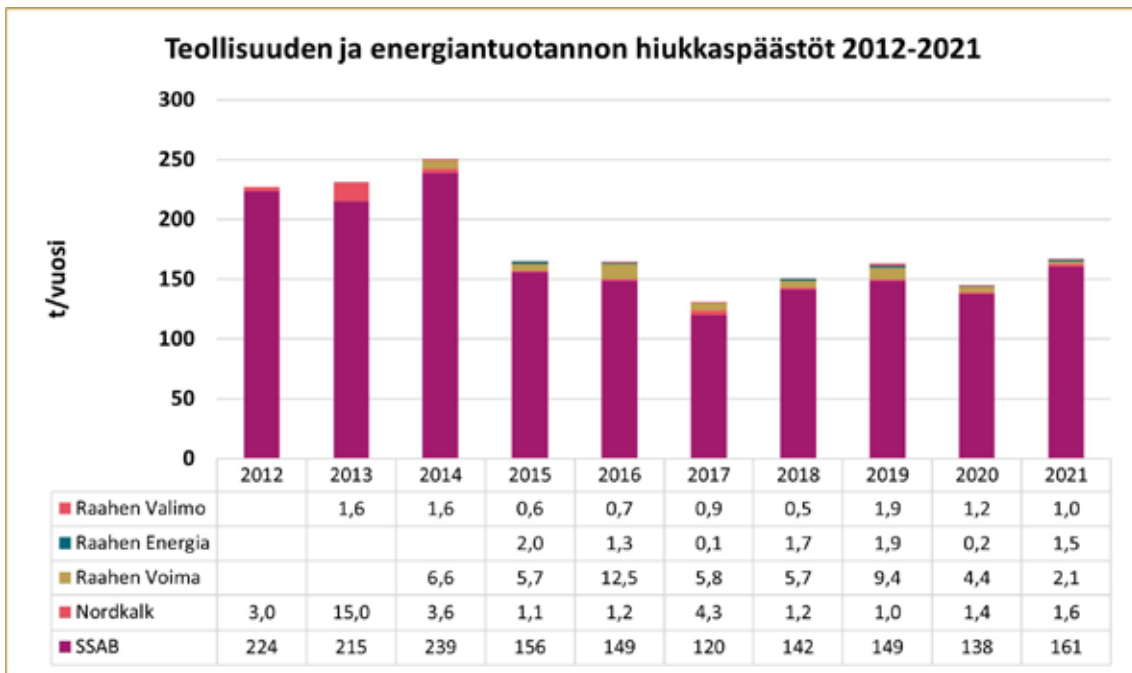
Kaavio 1: Teollisuuden ja energiantuotannon typen oksidipäästöt 2012–2021.

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



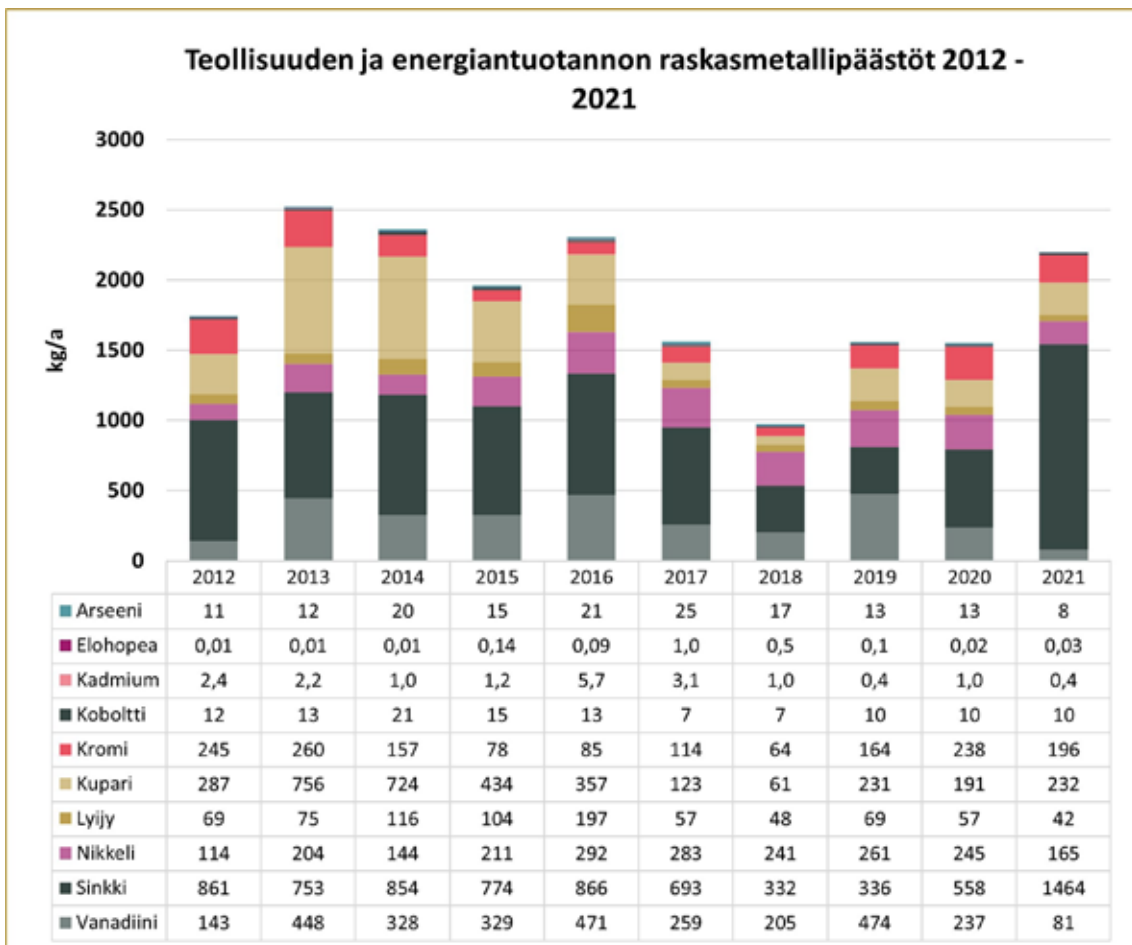
Kaavio 2: Teollisuuden ja energiantuotannon rikkidioksidipäästöt 2012–2021.

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



Kaavio 3: Teollisuuden ja energiantuotannon hiukkaspäästöt 2012–2021.

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



Kaavio 4: Teollisuuden ja energiantuotannon yhteenlasketut raskasmetallipäästöt 2012–2021.

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.

Taulukko 7: Tieliikenteen päästöt Raahessa 2015–2020 (Lähde: VTT, LIISA-järjestelmä).

Tieliikenteen päästö t/v	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Hiihimonoksidi, CO	235,7	207,8	179,5	160,1	138,5	123,3
Hiihivedyt, HC	29,5	25,4	21,5	18,6	15,9	13,8
Typen oksidit, NO _x	180,3	164,5	144,3	136,4	118,4	106,1
Hiukkaset, PM	5,2	4,6	3,9	3,5	2,9	2,6
Metaani, CH ₄	2,5	2,4	2,2	2,1	1,5	1,4
Typpioksiduuli, N ₂ O	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Rikkidioksidi, SO ₂	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Hiihidioksidi, CO ₂	46 041	50 902	46 809	49 029	45 966	45 081
Suorite (Miljoonaa km)	229	227	221	224	217	214

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 kohti.



Taulukko 8: Laivaliikenteen päästöt Raahen satamassa 2014–2020 (Lähde: VTT, MEERI-järjestelmä).

Laivaliikenteen päästö t/v	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Hiilivedyt, HC	4,9	3,2	2,8	3,2	2,9	2,7	2,8
Typen oksidit, NO _x	128,3	87,3	74,3	85,7	79,2	74,0	75,7
Hiukkaset, PM	3,9	2,2	1,9	1,8	1,7	1,5	1,6
Metaani, CH ₄	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Typpioksiduuli, N ₂ O	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Rikkidioksidi, SO ₂	6,9	2,7	2,3	1,4	1,3	1,2	1,2
Hiilidioksidi, CO ₂	6 998	4 770	4 053	4 673	4 329	4 045	4141
Satamakäynnit (kpl)	608	593	532	557	601	530	530

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 heikommat ja vaikutukset jäävät pääosin päästölähteen lähiympäristöön.

Kovilla tuulilla ilmansaasteet voivat kulkeutua satojenkin kilometrien päähän, jolloin esimerkiksi maastopaloista syntyvä savu voi kulkeutua laajallekin alueelle. 2021 ilmanlaadussa näkyi mm. Kalajoen laaja metsäpalo sekä Saharasta ilmakehään levinnyt hiekka. Kummankin vaikutus näkyy hengitettävissä hiukkasissa.

7. ILMANLAATUINDEKSI

Ilmanlaatuindeksi yhdistää sen hetkiset mittaustulokset yhdeksi indeksiarvoksi, joita kuvaamaan on luotu viisiportainen sanallinen ja värillinen asteikko. Vuonna 2021 Keskustan mittausasemalla ilmanlaatu oli hyvä 89,8 %, ja Lapaluodossa 88,6 % vuodesta. Molemmilla asemilla ilmanlaatu oli hyvä tai tyydyttävä yli 97 % vuodesta. Hetkellisesti esim. keväisin katupölyaikaan, ilmanlaadulla voi olla terveysvaikutuksia herkemmillä väestöryhmille. Vuoden 2021 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 nettisivuilla.

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

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

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

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

Indeksiluokitus	Vaikutukset		Indeksiarvot ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	Terveyteen	Luontoon	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀
Hyvä	Ei todettuja	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

7.1. Ilmanlaatuindeksi vuonna 2021

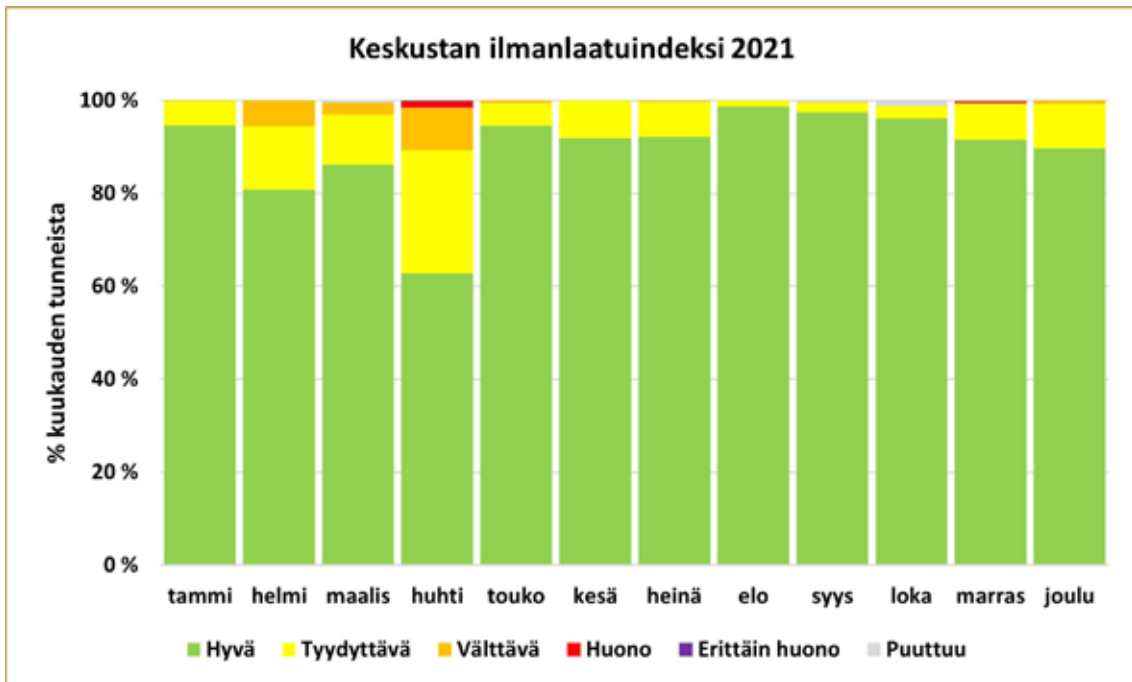
Ilmanlaatuindeksi määritellään Raahessa Keskustassa epäpuhtauksien NO₂ ja PM₁₀, sekä Lapaluodossa epäpuhtauksien SO₂ ja PM₁₀ yhteisvaikutuksena. Laskentatavan mukaisesti indeksi määritellään sen perusteella, kumpi pitoisuus on korkeampi, eli kumman pitoisuuden perusteella saadaan huonompi indeksi. Jos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

Keskustan asemalla (kaavio 5) ilmanlaatu oli hyvä 89,8 %, tyydyttävä 8,3 % ja välttävä 1,6 % siitä ajasta, jolloin mittaustietoa oli käytettävissä. Vuoden tunneista 14 tuntia ilmanlaatu oli huono (0,15 %) ja yhden tunnin erittäin huono (0,01 %). Erittäin huono tunti oli 19.4. klo 21–22. Huhtikuussa kyseisenä päivänä oli Keskustassa vuorokausiarvon PM₁₀ ylitys, jonka lisäksi ylityksiä oli myös 8.4. ja 16.4. Vuoden mittaustietoa puuttui yhteensä 15 tunnilta (koko vuoden tunneista 0,2 %). Verrattuna edellisvuoteen ilmanlaatuindeksi oli hieman huonompi, sillä vuonna 2020 kaikista tunneista hyvää oli 91 %.

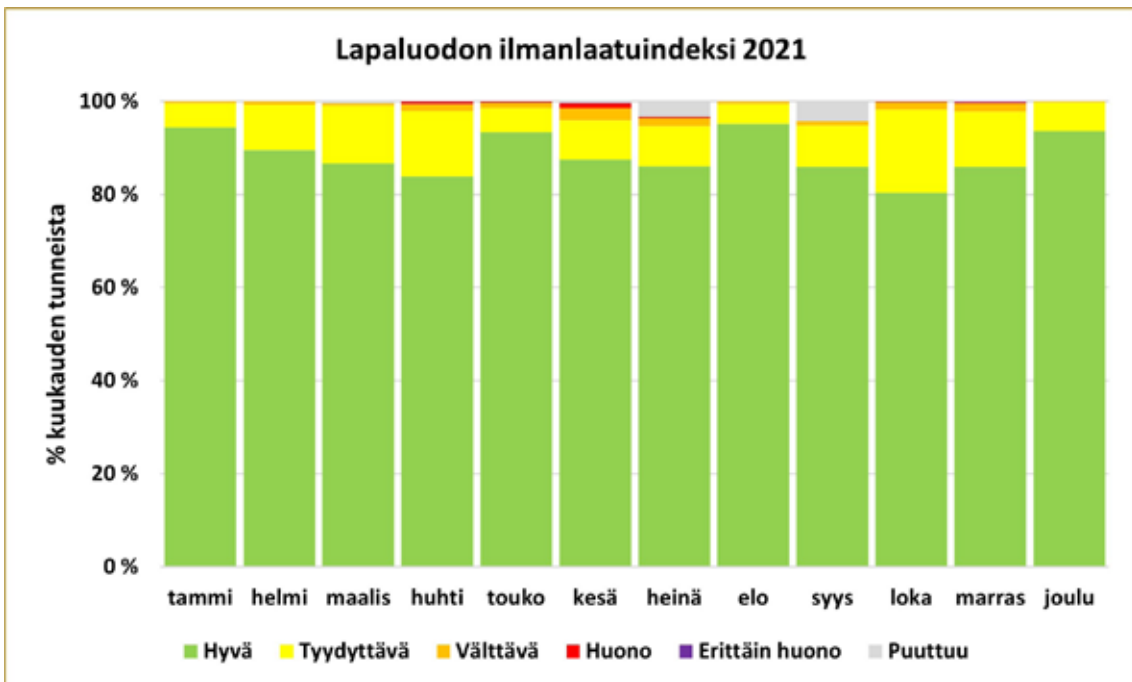
Katupölyaika näkyy keskustassa erityisesti maaliskuun ja huhtikuun aikana, jolloin ilmanlaatuindeksissä näkyy enemmän välttäväksi ja huonoksi luokiteltua ilmanlaatua.

Lapaluodon asemalla (kaavio 6) ilmanlaatu oli hyvä 88,6 %, tyydyttävä 9,4 % ja välttävä 1,2 % siitä ajasta, jolloin mittaustietoa oli käytettävissä. Vuoden tunneista 20 tuntia ilmanlaatu oli huono (0,21 %) ja erittäin huono kuusi tuntia (0,02 %). Erittäin huonot tunnit olivat 3.6. klo 1–2 sekä 23.11. klo 11–12. Molemmissa tapauksissa hiukkasten (PM₁₀) pitoisuus oli koholla, mutta hiukkasten vuorokausiarvon ylitystä ei tapahtunut näinä päivinä. Vuonna 2021 Lapaluodon asemalla tapahtui yksi PM₁₀ vuorokausiarvon ylitys 12.6. Vuoden mittaustietoa puuttui yhteensä 60 tuntia (koko vuoden tunneista 0,7 %). Verrattuna vuoteen 2020 ilmanlaatuindeksi oli lähes samalla tasolla Lapaluodossa.





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



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

8. TYPEN OKSIDIT (NO_x)

Typen oksideita mitataan jatkuvatoimisesti Keskustan asemalla, sillä typen oksideita muodostuu merkittävimmin liikenteen ja energiantuotannon vaikutuksesta. Vuoden 2021 pitoisuudet eivät ylittäneet raja-arvoja. Suurin tuntikeskiarvo oli 143,5 µg/m³. Mittaukset sujuivat ilman suurempia katkoksia, mittaustuloksia on käytettävissä 99,6 % vuoden tunneista. Vuoden 2021 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 hengitysilmaan.

Typen oksideja syntyy polttomoottoreissa ilman typen sitoutuessa happeen. E 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 typpimonoksidi- (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.

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

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

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

NO _x (1 v)	Kriittinen taso ^{1,2)}	Alempi arviointikynnys	Ylempi arviointikynnys
Numeerinen arvo	30 µg/m ³	65 % (19,5 µg/m ³)	80 % (24 µg/m ³)

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

8.2. Typpimittaukset vuonna 2021

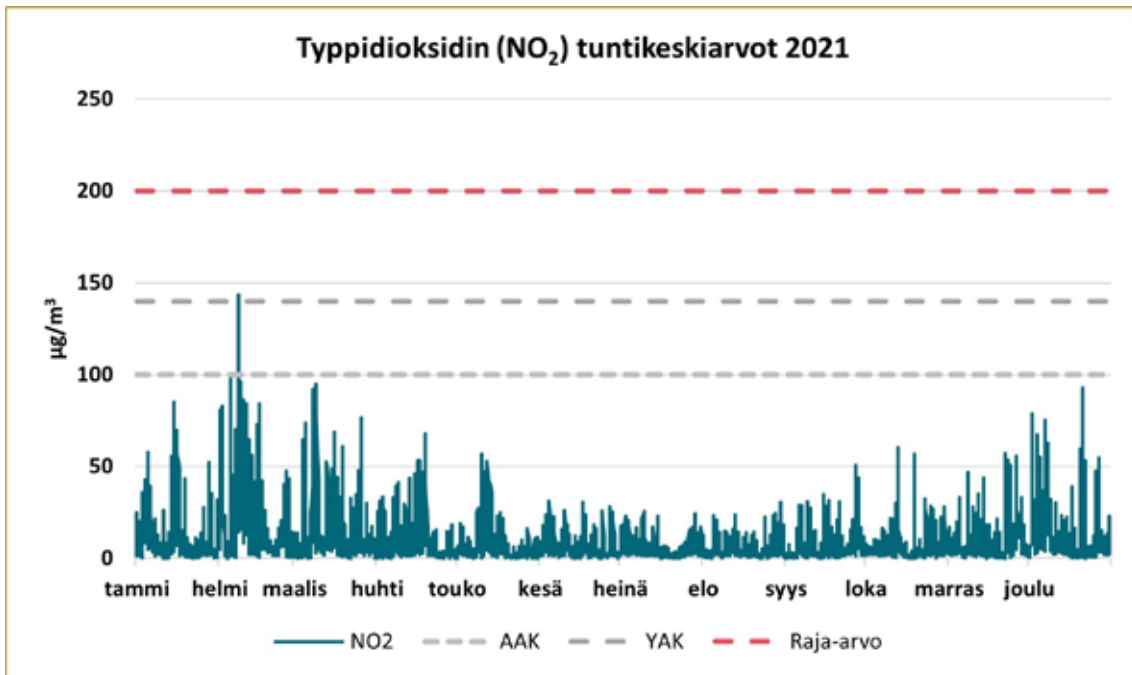
Raahessa typen oksideja mitataan jatkuva-toimisesti Keskustan mittausasemalla kemiluminesenssiin perustuvalla Environnement AC32M -mittauslaitteella. Mittaukset sujuivat ilman suurempia katkoksia, sillä vuoden aikana sattui vain muutamia korkeintaan parin tunnin kestäviä keskeytyksiä ja ainoastaan yksi pidempi katkos 29.6.–30.6 huollon vuoksi. Koko vuoden tunneista on hyväksyttyä tuntidataa 99,6 %.

Kaaviossa 7 on Keskustan asemalla mitatut typpidioksidin tuntikesiarvot. Typpidioksidipitoisuudet ovat suurempia talvella pakkasaikaan, kun ilman laimentumisolosuhteet ovat heikommat. Tuntikesiarvon raja-arvo on 200 µg/m³, joka saa ylittyä 18 kertaa vuodessa. Kaaviosta nähdään, että vuonna 2021 typpidioksidipitoisuus ei ylittänyt kertaakaan raja-arvoa.

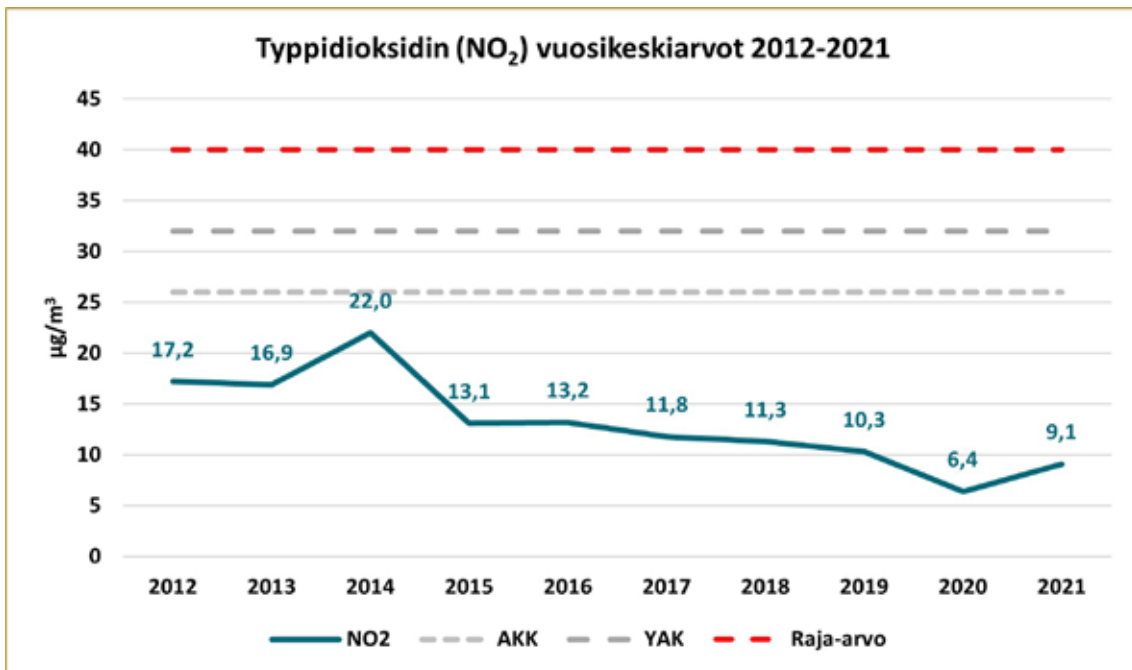
Kaavioon 8 on koottu typpidioksidin vuosikesiarvoja 2010 alkaen, jonka perusteella viime

vuosina NO₂-pitoisuudet ovat tasaisesti laskeneet. Vuoden 2021 pitoisuus oli suurempi kuin edellisenä vuonna, mutta pienempi kuin sitä aiemmin. Vuonna 2020 NO₂:n normaalia pienempiin pitoisuuksiin vaikutti keskimääräistä lämpimämpi talvi ja covid19:n aiheuttamat rajoitukset, jotka vähensivät liikennettä. Kaikki arvot ovat selvästi pienempiä kuin raja-arvo 40 µg/m³.

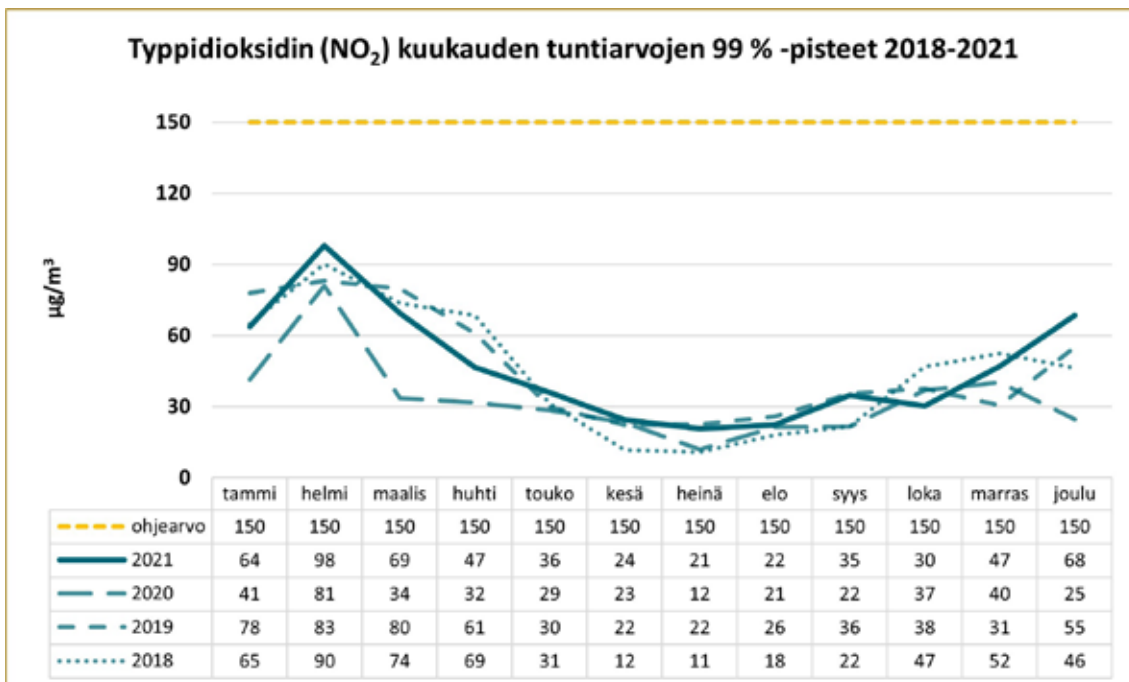
Kaavioissa 9-10 on esitetty typpidioksidin tuntiohjearvoon (kuukauden tuntiarvojen 99 % -piste) ja vuorokausikesiarvoon (kuukauden toiseksi korkein vuorokausiarvo) verrannolliset pitoisuudet kuukausittain vuonna 2021 sekä vertailun vuoksi vuosien 2018, 2019 ja 2020 arvot. Kaikkina näinä vuosina tuntiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet vaihtelivat välillä 11 – 98 µg/m³, joten ohjearvon (150 µg/m³) ylityksiä ei tullut. Vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet vaihtelivat välillä 8 – 54 µg/m³, joten nekkään eivät ylittäneet ohjearvoa (70 µg/m³).



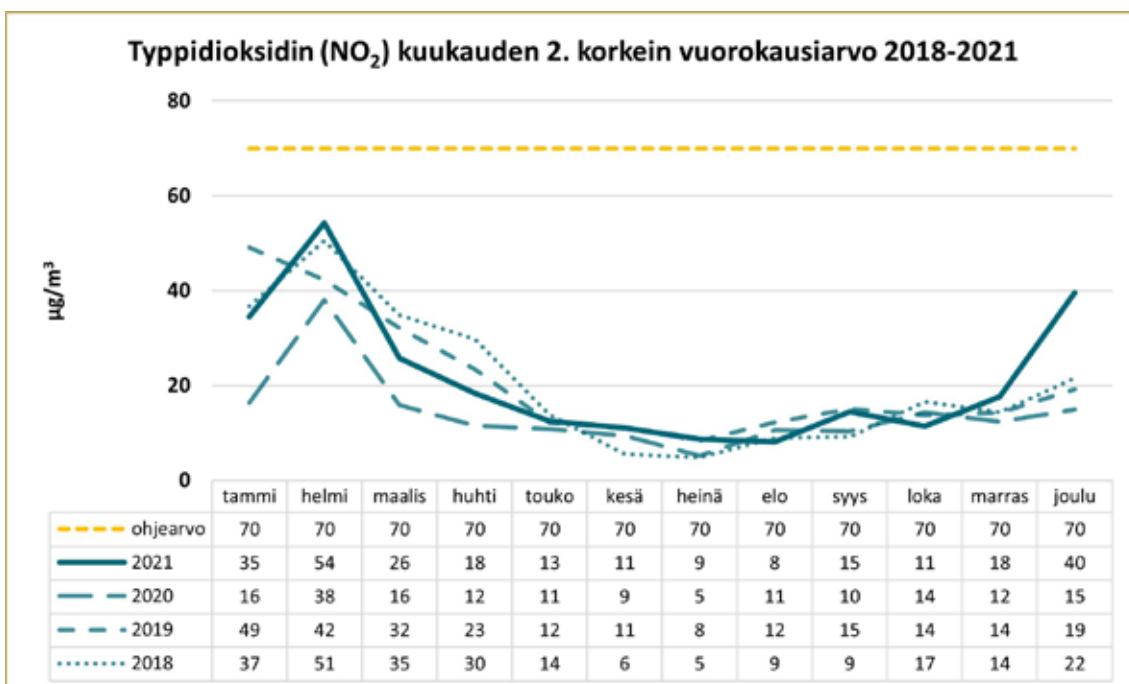
Kaavio 7: Typpidioksidin (NO₂) tuntikeskiarvot Keskustassa. Kaavioon on merkitty myös tuntikeskiarvon raja-arvon (200 µg/m³) alempi arviointikynnys (100 µg/m³) ja ylempi arviointikynnys (140 µg/m³).



Kaavio 8: Typpidioksidin (NO₂) vuosikeskiarvot Keskustassa. Kaavioon on merkitty myös vuosikeskiarvon raja-arvon (40 µg/m³) alempi arviointikynnys (26 µg/m³) ja ylempi arviointikynnys (32 µg/m³).



Kaavio 9: Typpidioksidin tuntiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet kuukausittain vuosina 2018-2021 Keskustassa. Kaavioon on merkitty myös ohjearvo (150 µg/m³).



Kaavio 10: Typpidioksidin vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet kuukausittain vuosina 2018-2021 Keskustassa. Kaavioon on merkitty myös ohjearvo (70 µg/m³).

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

Typen oksideille on määritelty metsä- ja maaseutualueilla kasvillisuuden suojelemisek-

si vuosikeskiarvon kriittinen taso 30 µg/m³. Vuonna 2021 keskiarvo oli 18,3 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 typpidioksidipitoisuuksien kanssa.

9. RIKKIDIOKSIDI (SO₂)

Rikkidioksidia mitataan jatkuvatoimisesti Lapaluodon asemalla, koska rikkidioksidia muodostuu merkittävimmin teollisuuden vaikutuksesta. Vuonna 2021 rikkidioksidilla ei tapahtunut yhtään raja-arvon ylitystä. Koko vuoden mittaustuloksia on käytettävissä 99,3 %, mikä täyttää lainsäädännön vaatimukset ajallisesta kattavuudesta vuosikeskiarvon osalta. Viime vuoden tarkemmat tulokset löytyvät kappaleesta 9.2.

Rikkidioksidi (SO₂) on vesiliukoinen, väritön ja suurissa pitoisuuksissa kitkerän hajuinen, ärsyttävä kaasu. Rikkidioksidi 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 ylityksessä 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.

Taulukko 13: Rikkidioksidin tuntikeskiarvon raja-arvo ja ohjearvo (VNa 79/2017, VNp 480/1996).

SO ₂ (1 h)	Raja-arvo ^{1,2)}	Ohjearvo ³⁾
Numeerinen arvo	350 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 14: Rikkidioksidin vuorokausikeskiarvon raja-arvo, alempi ja ylempi arviointikynnys sekä 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 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).

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

9.2. Rikkidioksidimittaukset vuonna 2021

Raahessa rikkidioksidia mitataan jatkuvatoimisesti Lapaluodon mittausasemalla UV-fluoresenssiin perustuvalla Thermo Electron model 43i -mittauslaitteella. Vuonna 2021 mittauksissa oli muutamia korkeintaan parin tunnin kestäneitä mittauskatkoja, jotka johtuivat huolloista ja kalibroinneista. Lisäksi pidemmän katkoksen mittauksiin aiheutti kopin siirto. Koko vuoden tuntidataa on käytettävissä 99,3 %.

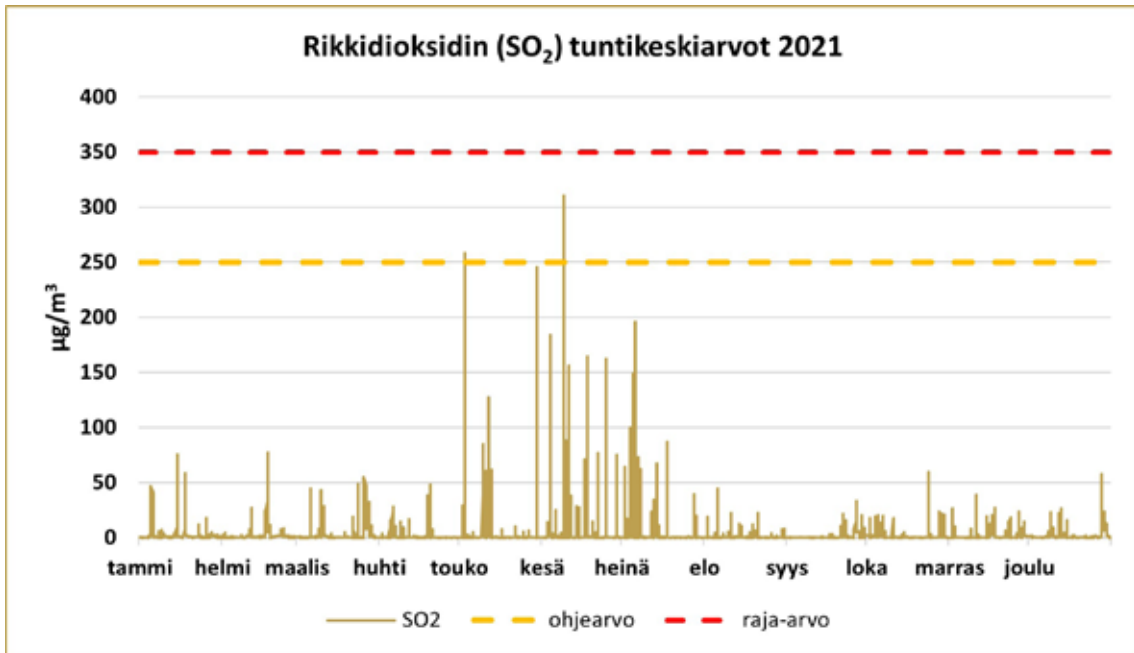
Kaavioissa 11–13 on rikkidioksidin tunti- ja vuorokausikeskiarvot viime vuodelta, sekä

vuosikeskiarvot vuosilta 2012–2021.

Vuonna 2021 rikkidioksidin korkein mitattu tuntiarvo oli 310,5 µg/m³, joka aiheutti ohjearvon ylityksen. Vuoden aikana mitattiin toinenkin ohjearvon ylitys. Yhtään numeerisen raja-arvon ylitystä ei kuitenkaan tapahtunut. Lain mukaisesti numeerisia tuntikeskiarvon raja-arvon ylityksiä saa tapahtua vuoden aikana 24 kertaa ennen kuin raja-arvo katsotaan ylittyneeksi. Vuorokausikeskiarvon raja-arvon ylityksiä ei ollut yhtään vuoden aikana.

Vuonna 2021 rikkidioksidin vuosikeskiarvo on samaa tasoa kuin aiempina vuosina. Vuosikeskiarvon kriittinen taso ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) on huomattavasti suurempi, kuin mitattu $2,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

SSAB:n tehtaalla vuonna 2021 tehty rikinpoistolaitoksen huolto näkyy kohonneina tunti- ja vuorokausikeskiarvoina kesäaikana, mutta vuosikeskiarvossa ei ole selkeää eroa edellisiin vuosiin.



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



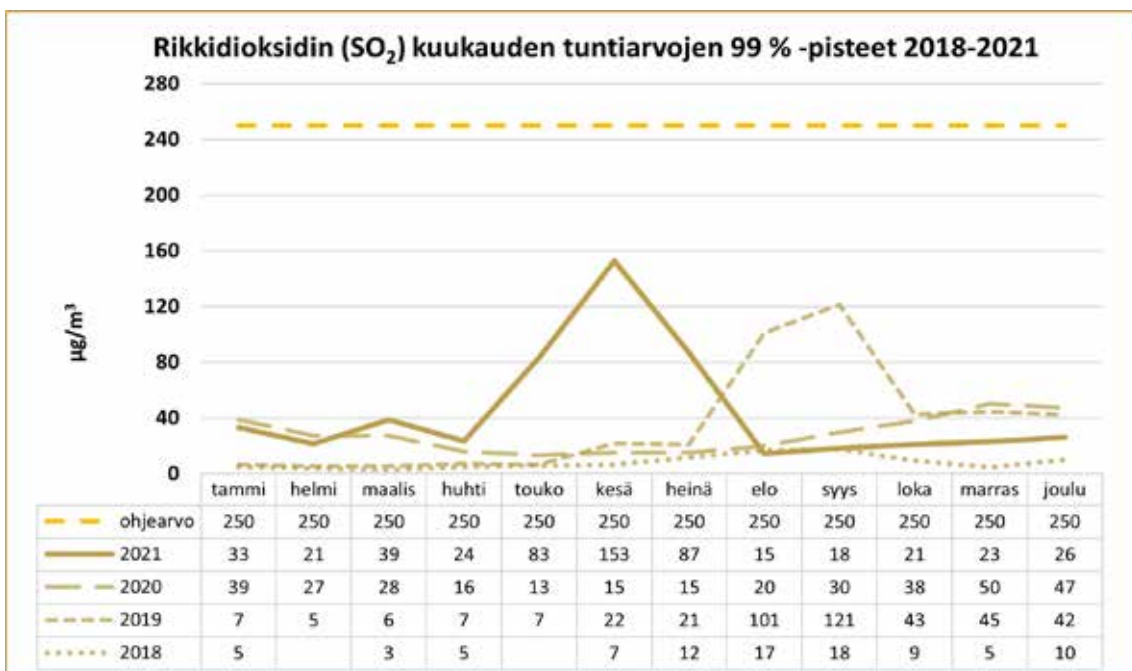
Kaavio 12: Rikkidioksidin vuorokausikeskiarvot Lapaluodossa sekä vuorokausikeskiarvon raja-arvo ($125 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



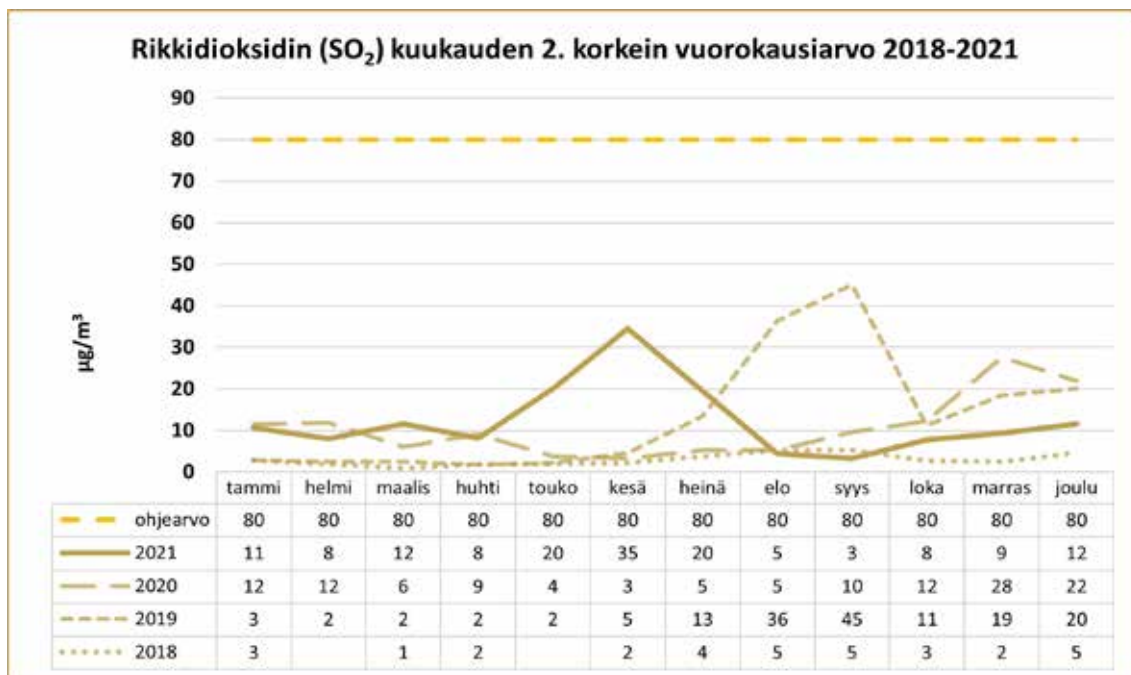
Kaavio 13: Rikkidioksidin vuosikeskiarvot Lapaluodossa 2012–2021. Vuosikeskiarvon kriittinen taso (20 µg/m³) on huomattavasti suurempi, kuin aikajakson suurin arvo.

Kaavioissa 14 ja 15 on esitetty rikkidioksidin tuntiohjearvoon (kuukauden tuntiarvojen 99 % -piste) ja vuorokausikeskiarvoon (kuukauden toiseksi korkein vuorokausiarvo) verrannolliset pitoisuudet kuukausittain neljältä vuodelta. Tuntiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet vaihtelivat välillä 13,2 – 50 µg/m³, joten ohjearvo (250 µg/m³) ei ylittynyt. Vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet vaihtelivat välillä 3,3 – 27,6 µg/m³, joten ohjearvo (80 µg/m³) ei ylittynyt.

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



Kaavio 14: Rikkidioksidin tuntiarvoon verrannolliset pitoisuudet 2018-2021 kuukausittain Lapaluodossa. 2018 helmi- ja toukokuun ajallisen kattavuuden vaatimus ei täyty, minkä takia arvoja ei ole voitu ilmoittaa.



Kaavio 15: Rikkidioksidin vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet kuukausittain 2018-2021 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 neljä vuorokausiraja-arvon ylitystä, joista kolme tapahtui Keskustassa ja yksi Lapaluodossa. Lain mukaisesti vuorokausiraja-arvon ylityksiä saa tapahtua vuoden aikana 35 kertaa. Ylitykset tapahtuivat Keskustassa huhtikuussa, jolloin katupölyn määrä on suurimmillaan. Lapaluodossa ylitys tapahtui kesäkuussa. Hiukkasten vuosikeskiarvo ei ylittänyt kummallakaan asemalla. Koko vuoden mittauksia on käytettävissä Keskustassa 99,5 % ja Lapaluodossa 98,5 % vuoden tunneista, mitkä täyttävät lainsäädännön vaatimuksen ajallisesta kattavuudesta. 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 esimerkiksi siitepölyä tai merisuolaa. Ilmanlaadussa mitataan hengitettävien hiuk-

kasten 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 $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

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

PM ₁₀ (1 vrk)	Raja-arvo ^{1,2)}	Ohjearvo ^{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 17: Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvon 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

10.2. Hengitettävät hiukkaset 2021

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.

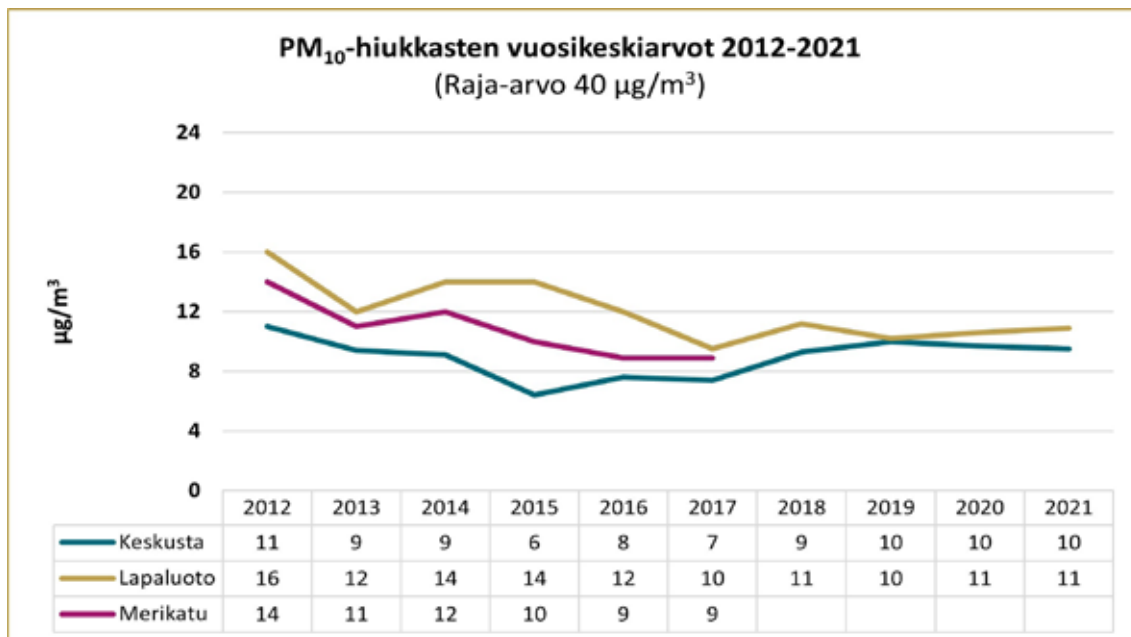
Keskustassa hiukkasmittauksissa sattui vain muutamia korkeintaan parin tunnin kestäneitä katkoksia. Koko vuoden tuntidataa on käytettävissä 99,5 %. Lapaluodossa sattui muutamia parin tunnin mittauskatkoksia sekä pari pidempää katkosta 18.-19.7. ja 27.-28.9. Lapaluodossa koko vuoden tuntidataa on käytettävissä 98,5 %. Ajalliset kattavuudet täyttävät kummallakin asemalla lainsäädännön vaatimuksen yli 85 %. Kuukausitasolla dataa on riittävästi jokaisena kuukautena kummallakin asemalla. Osa katkoksista johtui atk- ja tiedonsiirto-ongelmista sekä kopin siirrosta. Lisäksi katkoksia aiheuttivat huollot ja kalibroinnit.

Kaaviossa 16 on koottu vuosikeskiarvopitoisuudet viimeisen 10 vuoden ajalta numeroarvoineen. Kaavion perusteella nähdään, että kymmenessä vuodessa hiukkaspitoisuuksien taso Raahessa on lähes puolittunut. Vuonna 2021 pienhiukkasten pitoisuudet pysyivät samalla tasolla kuin edellisenä vuotena. Koko vuoden keskiarvot Keskustassa 9,5 µg/m³ ja Lapaluodossa 10,9 µg/m³ ovat molemmat selvästi alle vuosikeskiarvon raja-arvon 40 µg/m³.

Kaaviossa 17 on vuoden 2021 hiukkaspitoisuuksien kuukausikeskiarvot.

Kaaviossa 18 on hiukkaspitoisuuksien vuorokausikeskiarvot. Hengitettävälle hiukkasille on määritelty vuorokausikohtainen raja-arvon numeroarvo 50 µg/m³, joka ylittyi vuonna 2021 Raahessa neljä kertaa. Kolme ylitystä tapahtui Keskustassa (8.4., 16.4. ja 19.4.) ja yksi Lapaluodossa (12.6.). Numeroarvon sallittujen ylitysten määrä vuodessa on 35 ennen kuin raja-arvo ylittyy.

Raportissa tulokset on esitetty talvi- ja kesäajassa. Yksi Keskustan ylityksistä (16.4.) ei näy kaaviossa 18 ylityksenä, mutta talviajassa

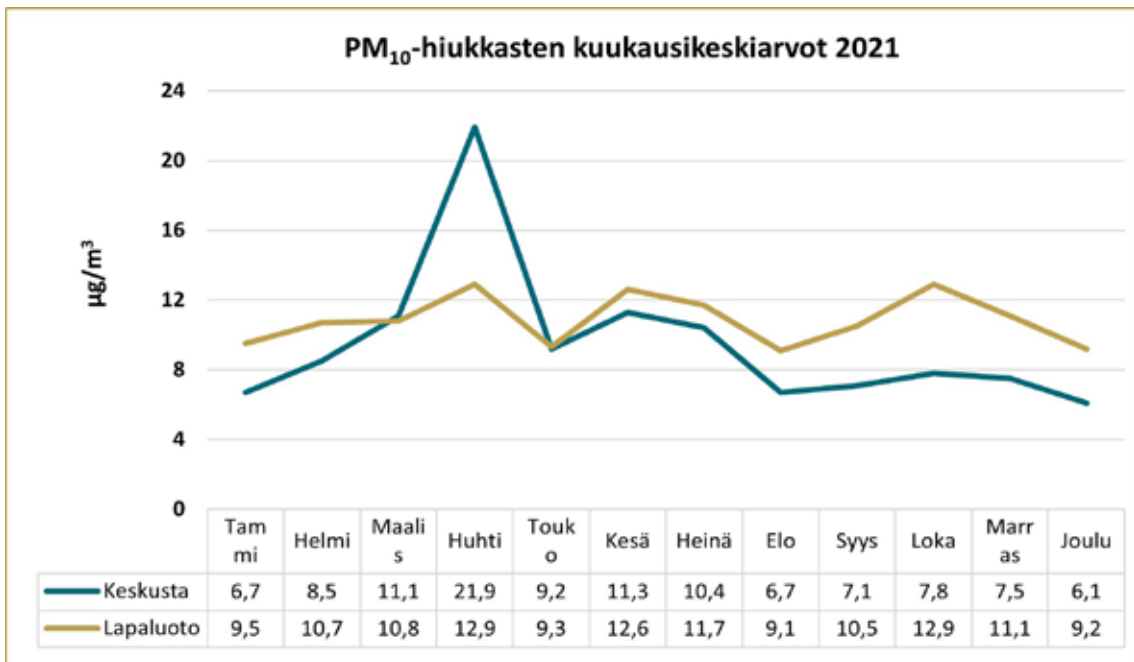


Kaavio 16: Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvot 2012–2021. Vuosikeskiarvon raja-arvo on 40 µg/m³. Merikadun mittaukset lopetettiin vuoden 2017 lopussa.

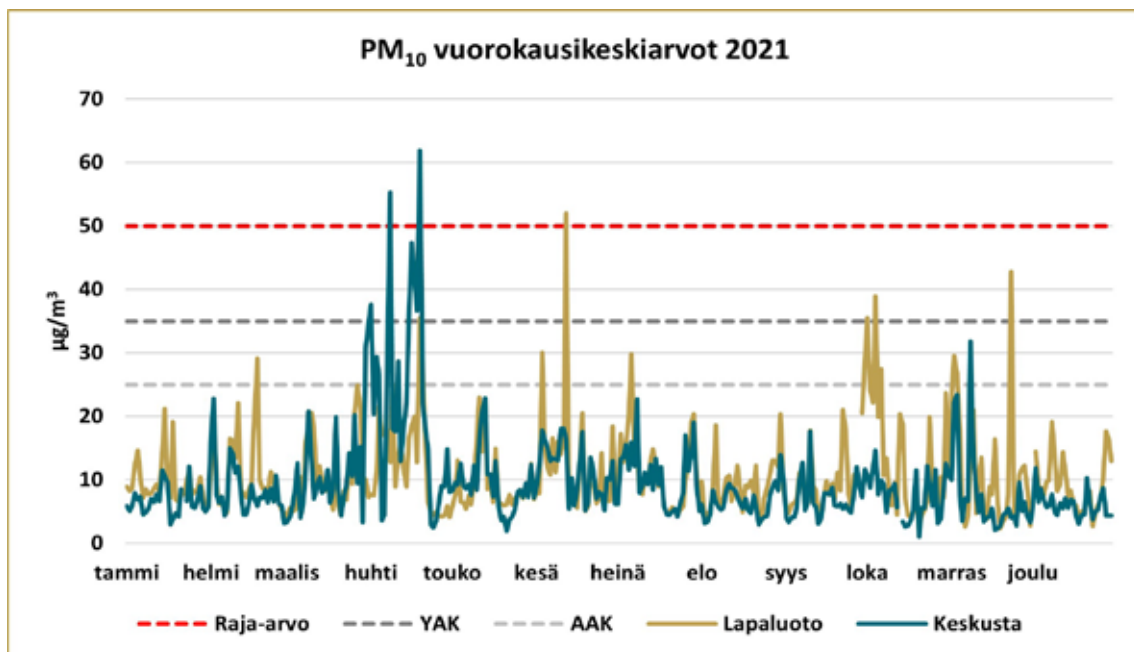
tarkasteltuna ylitys on tapahtunut. Ilmatieteenlaitos seuraa ja raportoi kaikki tulokset talviajassa, joten virallisesti vuonna 2021 Raahessa on tapahtunut ylityksiä neljä.

Lähes joka vuosi tulee Raahessa muutamia ylityksiä, yleensä katupölyaikaan, mikä näkyy erityisen selvästi vuoden 2021 huhtikuussa.

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksissa näkyy myös kauempaa kulkeutuvaa pölyä. Esimerkiksi Kalajoen suuri metsäpalo näkyy heinäkuun lopussa kohonneina pitoisuuksina. Myös Saharasta asti kulkeutuu toisinaan hiekkaa Suomeen, mikä voi näkyä tuloksissa. 2021 helmikuun lopulla Saharan hiekan vaikutukset näkyivät etenkin Etelä-Suomessa.



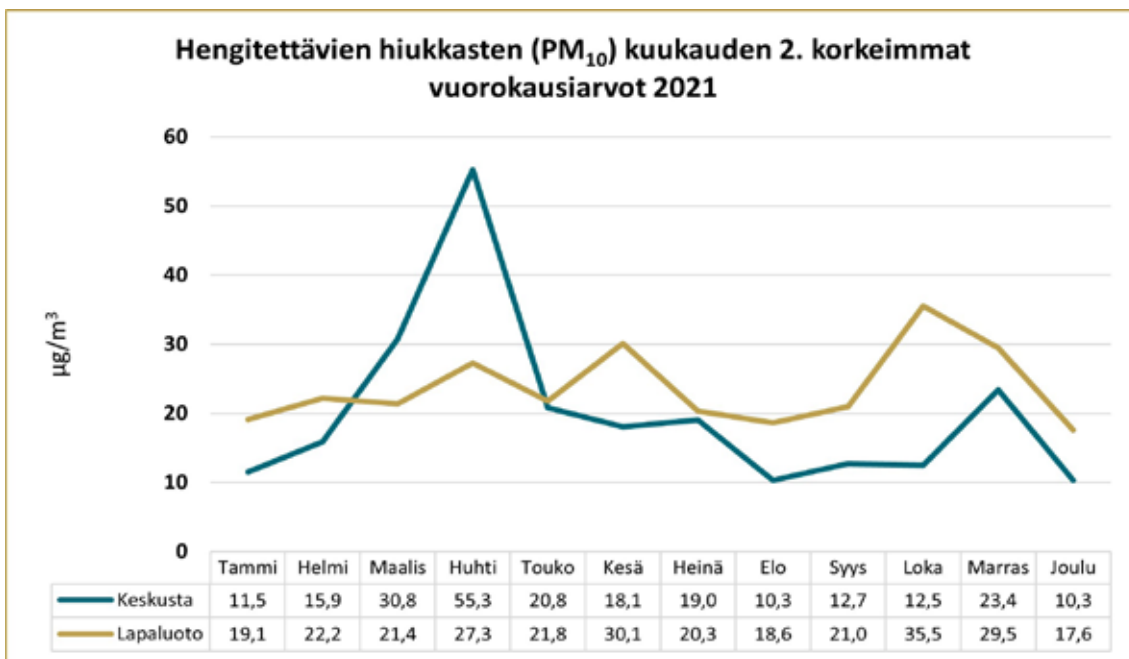
Kaavio 17: Hengitettävien hiukkasten kuukausikeskiarvot.



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

Kaaviossa 19 on esitetty hengitettävien hiukkasten vuorokausikeskiarvoon (kuukauden toiseksi korkein vuorokausiarvo) verrannolliset pitoisuudet kuukausittain vuonna 2021 molemmilla mittausasemilla. Vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet vaihtelivat Keskustassa välillä 10-55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Lapaluodossa 18-36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, joten ohjearvo (70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ei ylittynyt.

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



Kaavio 19: Hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) kuukauden 2. suurimmat vuorokausiarvot kuukausittain Keskustan ja Lapaluodon mittausasemilla vuonna 2021.



11. HIUKKASTEN SISÄLTÄMÄT PAH-YHDISTEET

PAH-yhdisteitä mitataan säännöllisinä kertaluonteisina vuorokausinäytteinä sekä Keskustassa että Lapaluodossa kerätyistä hengitettävien hiukkasten suodatinnäytteistä. PAH-yhdisteet ovat yleisnimitys polysyklisille aromaattisille hiilivedyille, joita syntyy mm. epätäydellisen palamisen seurauksena. PAH-yhdisteiden tiedetään olevan syöpävaarallisia. PAH-yhdisteiden merkkiaineena pidetään bentso(a)pyreeniä, jolle on asetettu lainsäädännössä tavoitearvo 1 ng/m^3 , joka mahdollisuuksien mukaan tulee alittaa. Lapaluodon vuosikeskiarvo oli $1,33 \text{ ng/m}^3$ ja Keskustan vuosikeskiarvo oli $0,74 \text{ ng/m}^3$. 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 merkittävintä on puun pienpoltto sekä tieliikenteen pakokaasut. Teollisuudessa erityisesti koksaamoilla ja valimoilla syntyy PAH-yhdisteitä. PAH-yhdisteiden tiedetään olevan karsinogeenisiä, eli syöpävaarallisia.

PAH-yhdisteet ovat kiinnittyneinä hiukkasiin, 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 18 on kuvattu tavoitearvon lisäksi myös ylempi- ja alempi arviointikynnys.

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.

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

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

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

11.2. PAH-mittaukset vuonna 2021

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 2021 PAH-yhdisteitä mitattiin Lapaluodossa 122 vuorokaudelta ja Keskustassa 53 vuorokaudelta. Lapaluodon ajallinen kattavuus (33,4 %) täyttää jatkuvien mittausten vaatimuksen, ja Keskustan (14,5 %) suunta-antavien mittausten vaatimuksen.

Kaikki mittaustulokset raportoidaan vuosittain Ilmatieteenlaitokselle. Vuonna 2013 määrittämissä, joissa tulos on ollut alle määrittärajän, on tuloksena käytetty määrittärajaa. Vuodesta 2014 alkaen on Ilmatieteenlaitoksen ohjeistuksen mukaisesti alle havaintorajan/

määrittärajän oleville tuloksille on käytetty havaintorajan/määrittärajän puolikasta. Vuonna 2019 ohjeistusta on tarkennettu siten, että alle havaintorajan oleville tuloksille käytetään havaintorajan puolikasta ja alle määrittärajän oleville tuloksille käytetään määrittärajaa.

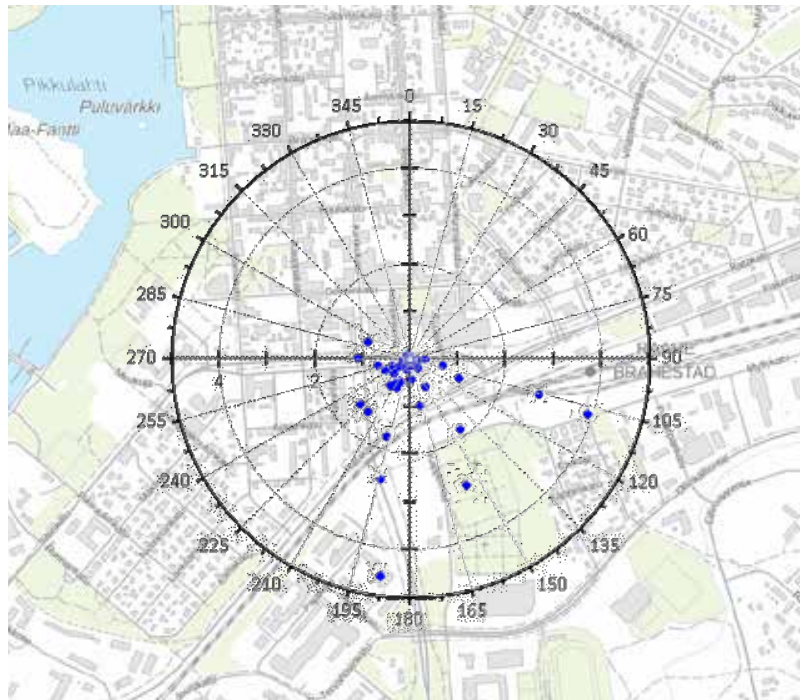
Vuonna 2021 laboratorion mittaustuloksissa on esitetty ainoastaan määrittärajaa, jolloin alle määrittärajän oleville tuloksille on käytetty arvona määrittärajaa. Laskentatavan muutokset vaikuttavat hieman vuosikeskiarvoihin, jolloin ne eivät ole suoraan verrattavissa toisiinsa.



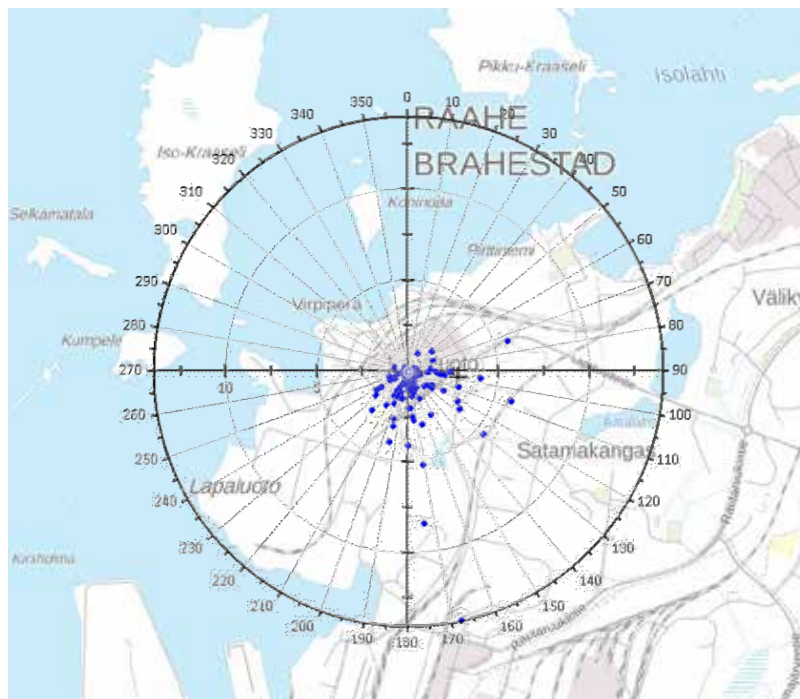
11.2.1. Bentso(a)pyreeni

Bentso(a)pyreenin yksittäiset mitatut vuorokausipitoisuudet on esitetty kaavioissa 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 tuulensuunnilla. Pitoisuusruusu on sijoitettu kartan päälle havainnollistamaan pitoisuuksien lähteen suuntaa. Kaaviolla ei kuitenkaan pystytä osoittamaan yksittäisiä lähteitä, tai kuinka kaukaa pitoisuus on todellisuudessa mittausasemalle tullut.



Kaavio 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.



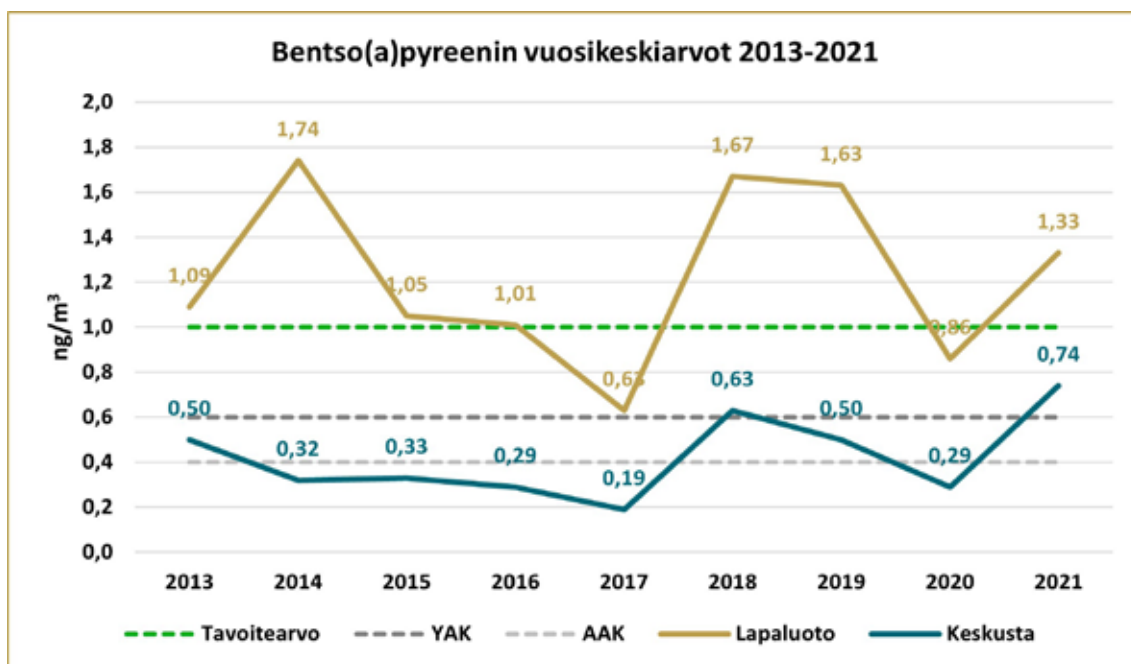
Kaavio 21: Bentso(a)pyreenin mitatut pitoisuudet tuulen suunnan mukaisesti esitettyinä Lapaluodossa. Kartalla havainnollistetaan pitoisuuksien lähteen suuntaa, ei varsinaista pitoisuuslähdettä. Asteikon yksikkö on ng/m^3 , eli mitä kauempana piste on ympyrän keskustasta, sitä suurempi pitoisuus on ollut.

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

Keskustan pitoisuus ylittää ylemmän arviointikynnyksen ($0,6 \text{ ng/m}^3$). Kyseessä on toinen ylemmän arviointikynnyksen ylitys Keskustassa yhdeksän vuoden aikana.

Vuoden 2021 vuosikeskiarvot Lapaluodossa ($1,33 \text{ ng/m}^3$) ja Keskustassa ($0,74 \text{ ng/m}^3$) ovat suurempia kuin edellisenä vuotena ja Lapaluodossa vuosikeskiarvo ylittää tavoitearvon.

Kaaviossa 23 on kuvattu bentso(a)pyreenipitoisuutta vuorokausikeskiarvona, mistä nähdään, että pitoisuudet ovat korkeita talviaikaan, kun taas kesällä ne ovat hyvin pieniä.



Kaavio 22: Bentso(a)pyreenin vuosikeskiarvo 2013–2021, jolloin vuosikeskiarvon tavoitearvo (1 ng/m^3) on ollut voimassa. Käyrien päällä oleva lukuarvo kuvaa kunkin vuoden mitattua vuosikeskiarvoa.

YAK = Ylempi arviointikynnys ($0,6 \text{ ng/m}^3$) ja AAK = alempi arviointikynnys ($0,4 \text{ ng/m}^3$).

Tämä johtuu suureksi osaksi siitä, että talvisaikaan puun pienpolttoa on selkeästi kesää enemmän sekä ilman laimentumisolosuhteet ovat kesää heikommat.

Vuonna 2021 korkein pitoisuus on mitattu 18.2. ($14,0 \text{ ng/m}^3$) Lapaluodossa. Yksittäiset pitoisuudet ovat selkeästi korkeampia kuin 2020 mitatut pitoisuudet.

Keskiarvoa kylmempi alkuvuosi näkyy korkeina pitoisuuksina etenkin tammi-helmikuussa. Sää tiedot on esitetty tarkemmin kappaleessa 14.4.



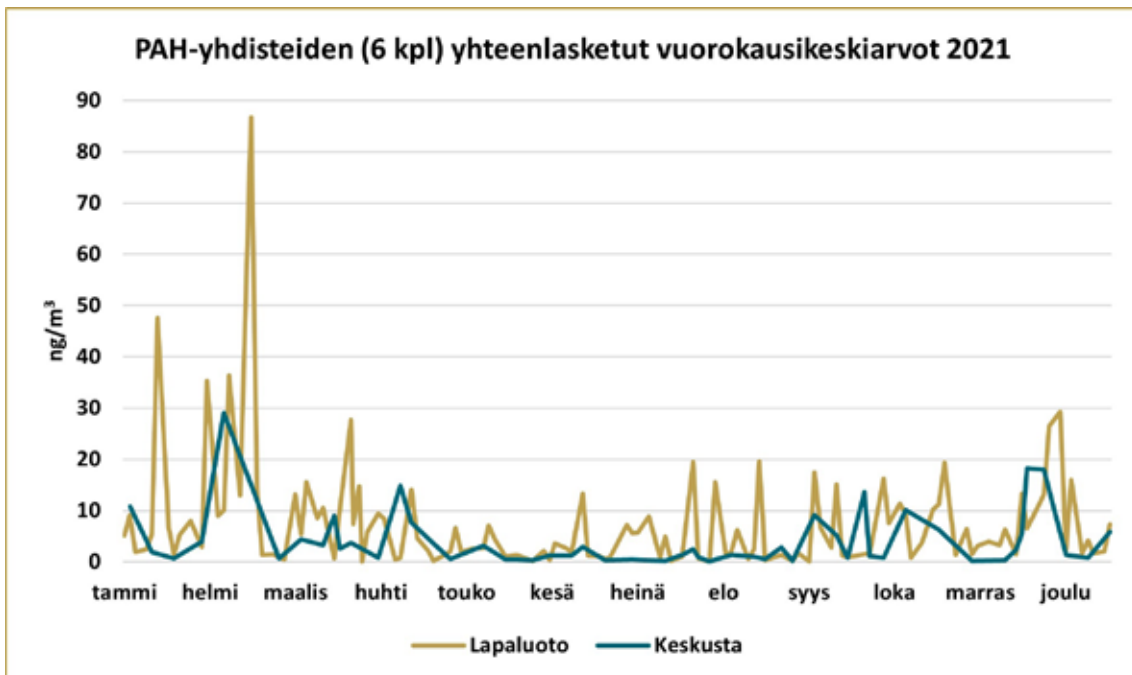


Kaavio 23: Bentso(a)pyreenin vuorokausikeskiarvot analysoituna hengitettävistä hiukkasista (PM_{10})

11.2.2. PAH-yhdisteet yhteensä

Kaavioon 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.

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



Kaavio 24: Kuuden PAH-yhdisteen yhteenlasketut vuorokausikeskiarvot 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.

Kaavioon 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 vuoteen 2017 saakka raporteissa laskettu vastaavissa kaavioissa yhteen.

Raportin liitteeseen 4 on koottu pitoisuudet kaikista Raahessa mitattavista PAH-yhdisteistä, sekä historiatieto vuodesta 2017 alkaen. 2018 alkaen on määritetty myös trifenyleeni.

Pitoisuuksissa on vaihtelua vuosittain. Vuonna 2020 on ollut selkeästi alhaisimmat pitoisuudet nykyisen seurantasuunnitelman aikana. Aiempaa, nykyisestä hieman poikkeavaa, keräystapaa on kuvattu tarkemmin vuoden 2018 raportissa. Vuonna 2018 tehdyn keräystavan muutoksen vuoksi vanhat pitoisuudet eivät ole suoraan verrannollisia uudempien kanssa.



12. HIUKKASTEN SISÄLTÄMÄT RASKASMETALLIT

Raskasmetalleja mitataan säännöllisinä kertaluonteisina vuorokausinäytteinä Keskustassa, Lapaluodossa ja Merikadulla kerätyistä hengitettävien hiukkasten suodatinnäytteistä. Raskasmetalleja on luonnostaan maaperässä, mutta ilmaan niitä pääsee teollisuuden ja energiantuotannon prosesseista, sekä liikenteestä. Suodattimista mitataan yhteensä yhdeksää eri raskasmetallia, joista vain lyijylle on asetettu raja-arvo ja kolmelle raskasmetallille (arseeni, kadmium ja nikkeli) tavoitearvot. Kaikki pitoisuudet jäivät alle raja- tai tavoitearvojen. Näytteitä kerättiin vuoden aikana Lapaluodossa 54 vuorokaudelta (14,8 %), Keskustan ja Merikadun asemalta 53 vuorokaudelta (14,5 %). 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 määriteltävä alla olevaan taulukkoon 21, johon on laskettu myös viikoittain otettavien vuorokausinäytteiden vähimmäismäärä, jotta kyseinen ajallisen kattavuuden vaatimus saavutetaan. Muiden raskasmetallien osalta vaatimukset löytyvät metalliasetuksesta.

Taulukko 20: Ulkoilman epäpuhtauksien raja-arvo, ylemmät ja alemmat arviointikynnykset hengitettävien hiukkasten sisältämien metallien vuosikeskiarvolle (VNa 79/2017, VNa 113/2017)

Epäpuhtaus (Kalenterivuosi ¹⁾)	Raja-arvo ²⁾ , $\mu\text{g}/\text{m}^3$	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 21: Nikkelimittausten ajallisen kattavuuden vaatimukset (VnA 113/2017)

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

12.2. Metallimittaukset vuonna 2021

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 tavoitearvojen sekä arviointikynnysten.

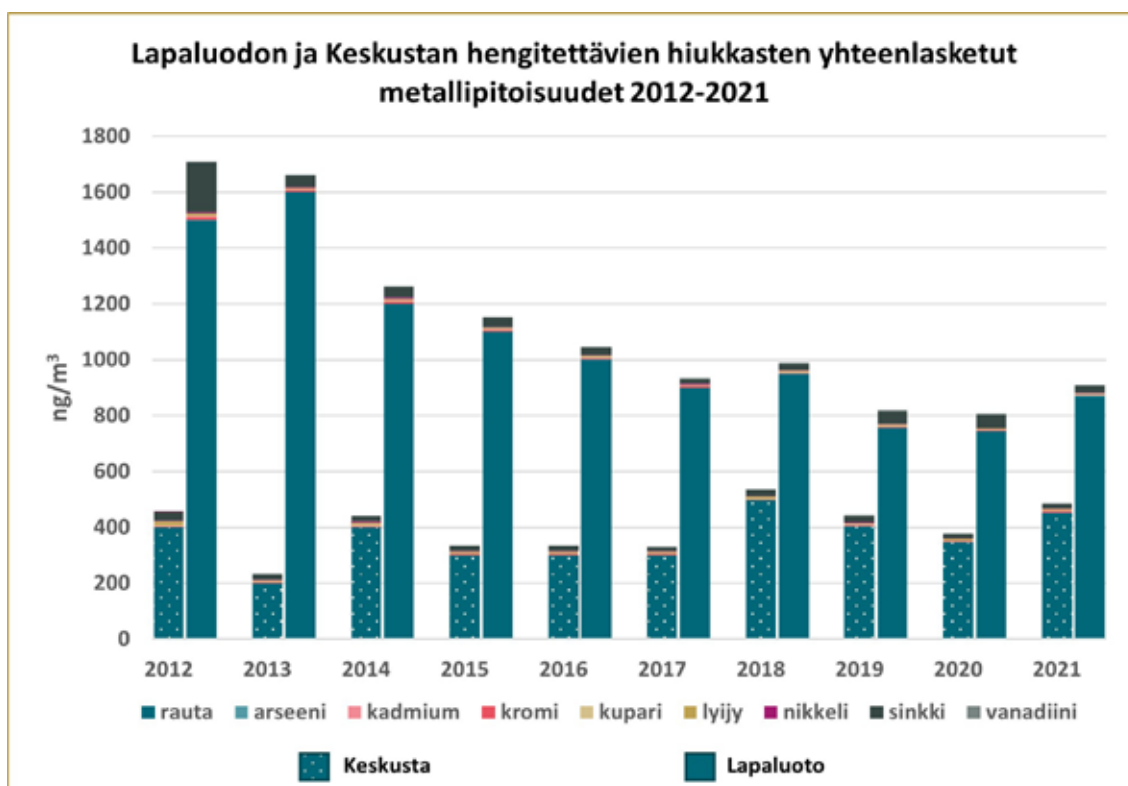
Metallimäärityksiä varten näytteitä kerätään samalla tavalla kuin PAH-määrityksiinkin Lekkel SEQ 47-50-RV –keräimellä, mutta eri vuorokausilta kuin PAH-näytteet. Metallinäytteet lähetetään laboratorioon, jossa ne esikäsitellään ja analysoidaan.

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

Seuraavassa kaaviossa 25 on koottu Keskustan ja Lapaluodon asemilla mitattujen metallipitoisuuksien yhteenlasketut tulokset 2012–

2021. Kaavioista nähdään, että Lapaluodossa metallipitoisuudet ovat laskeneet tasaisesti, mutta Keskustassa ei ole yhtä selkeää trendiä. Lapaluodon yhteenlasketut pitoisuudet ovat vuosittain lähes kaksinkertaiset Keskustaan nähden.

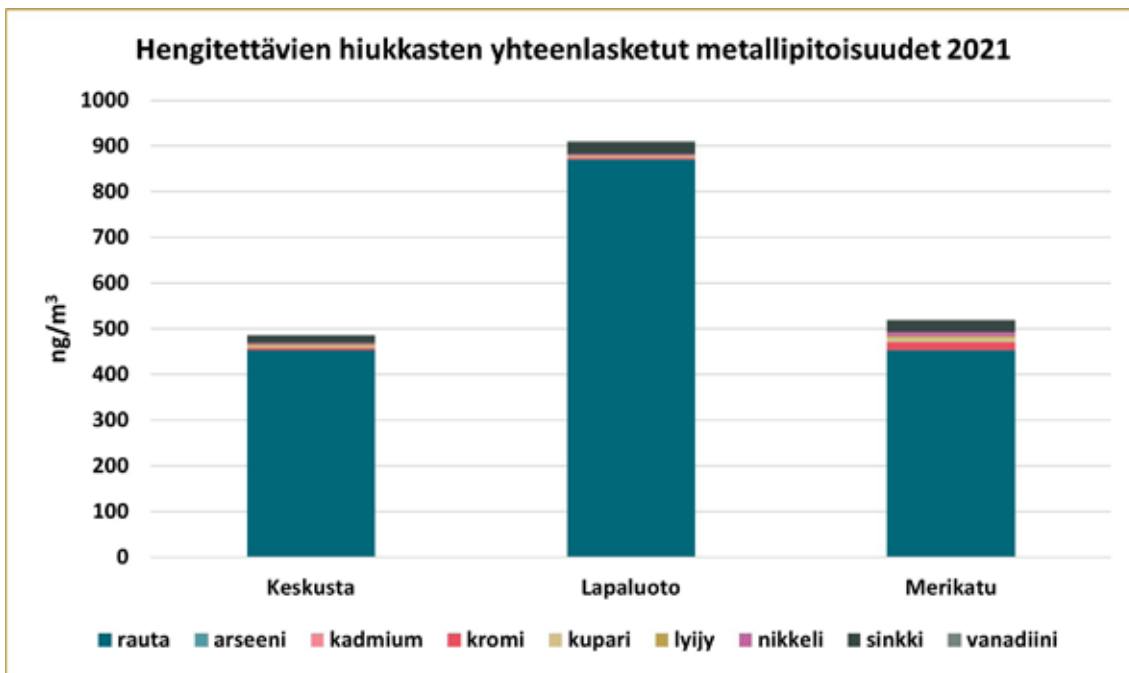
Merikadun mittauksia ei ole otettu mukaan kaavioon 25, koska mittauksia ei tehdä asemalla joka vuosi. Merikadun tulokset on huomioitu seuraavissa kaavioissa.



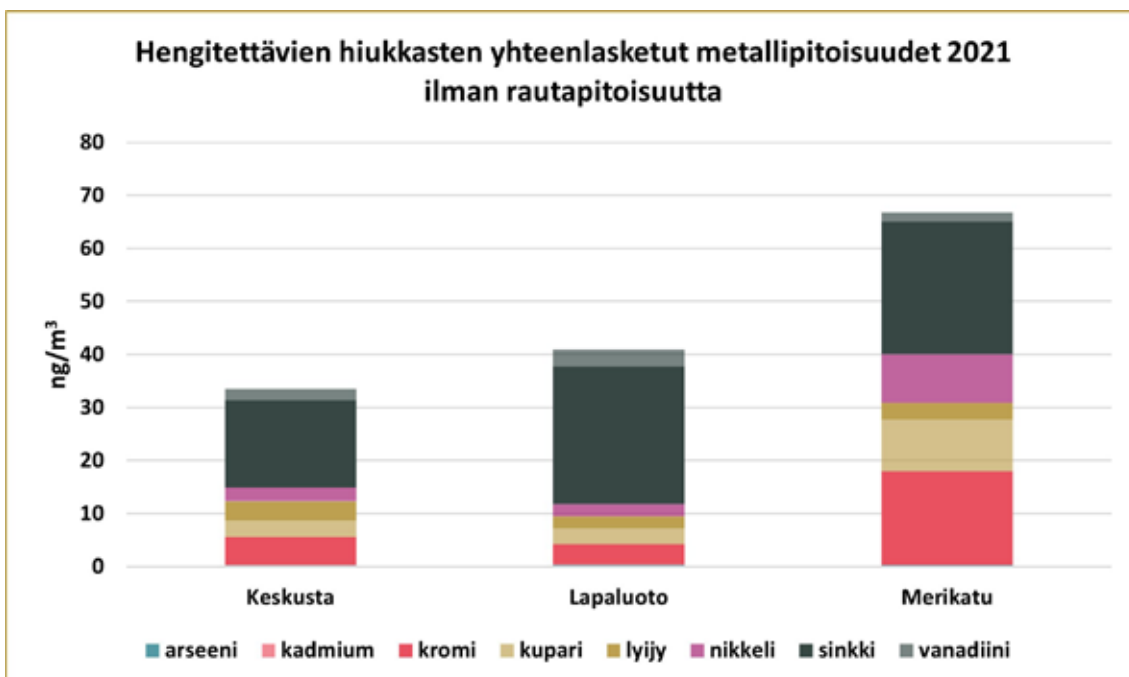
Kaavio 25: Lapaluodon ja Keskustassa mitattujen metallipitoisuuksien yhteenlasketut tulokset 2012–2021

Kaaviossa 26 on kuvattu yhteenlasketuina metallipitoisuuksina kaikki Raahessa mitattavat metallit, josta nähdään, että raskasmetalleista yli 90 % koostuu raudasta. Kaaviossa 27 on kuvattu hengitettävien hiukkasten metallipitoisuudet ilman rautaa. Raudan jälkeen suurimmat pitoisuudet ovat sinkillä ja kromilla.

Suuntaa-antavat mittaukset vaativat yli 14 % ajallisen kattavuuden, joka täyttyi kaikilla asemalla (Keskustassa ja Merikadulla 14,5 % sekä Lapaluodossa 14,8 %). Millään mittausasemalla ei ole sellaisia pitoisuuksia raskasmetalleja, jotka edellyttäisivät laajempaa ajallista kattavuutta.



Kaavio 26: Hengitettävien hiukkasten yhteenlasketut metallipitoisuudet. Hiukkasten metalleista rautaa on yli 90 %.



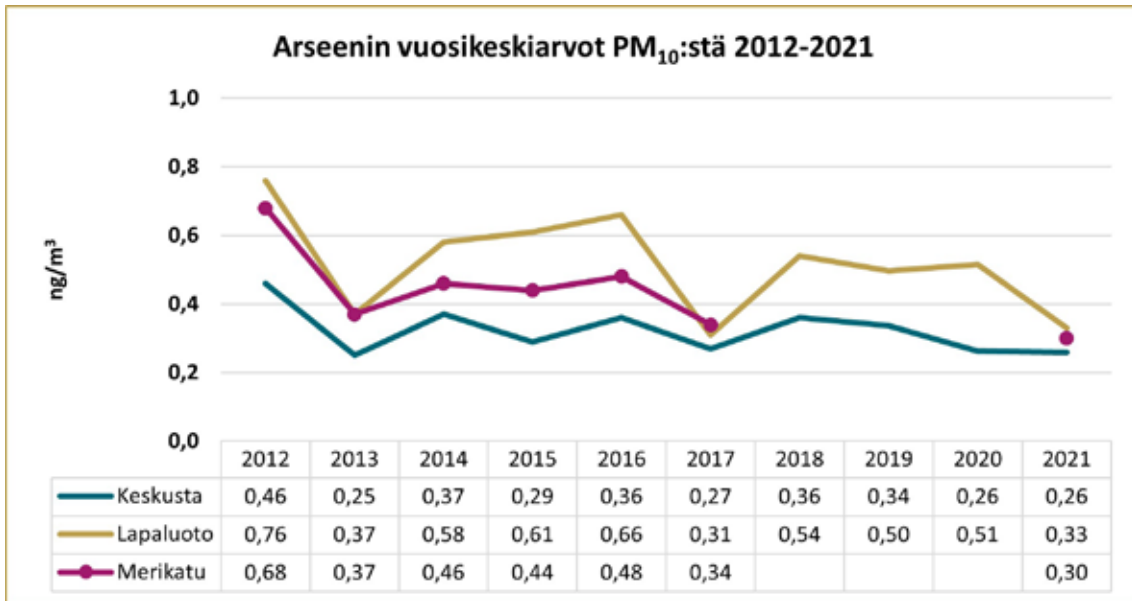
Kaavio 27: Hengitettävien hiukkasten yhteenlasketut metallipitoisuudet, ilman rautapitoisuutta.

Kaavioihin 28–36 on määritelty hengitettävistä hiukkasista (PM₁₀) määritettävät metallit aakkosjärjestyksessä. 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.

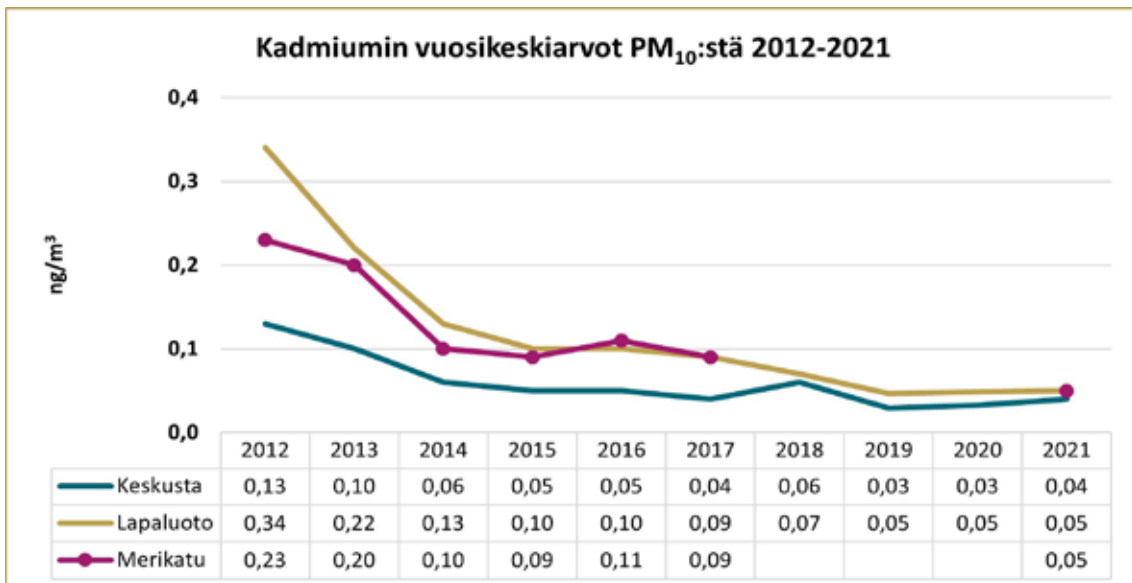
Seurantasuunnitelman mukaan Merikadulla tulee toteuttaa yksi vuoden mittainen mitauskampanja viiden vuoden aikana. Mittauk-

set Merikadulla on toteutettu vuoden 2021 aikana.

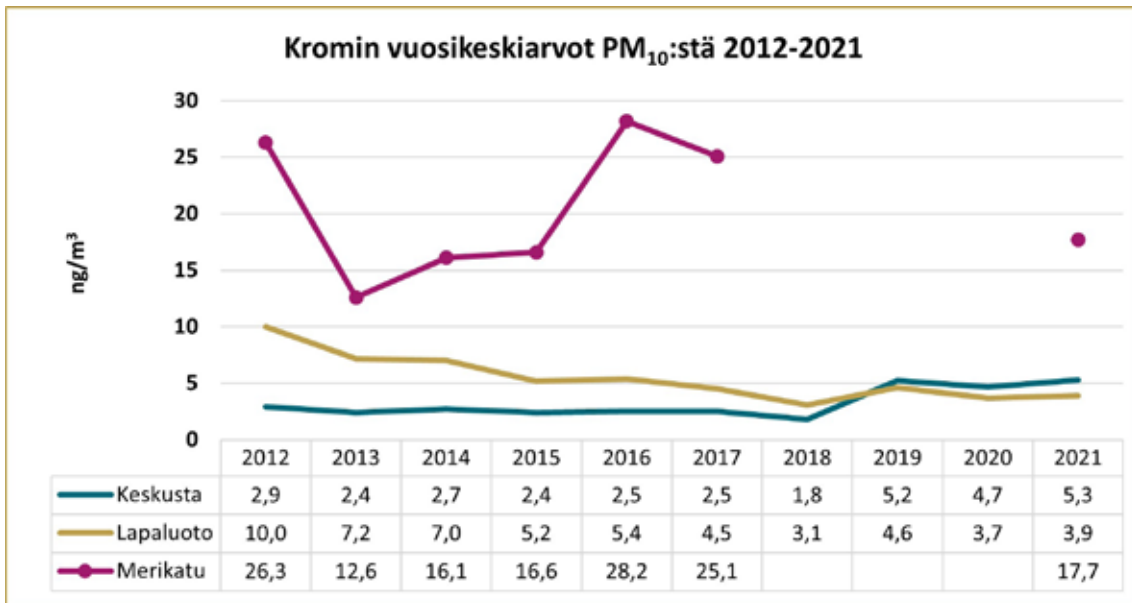
Kaavioista selviää myös historiatieto vuodesta 2012 alkaen, josta asti standardin mukainen määrittymenetelmä on ollut käytössä. Verrattuna aikaisempiin vuosiin, vuonna 2021 metallipitoisuuksissa oli pieniä muutoksia suuntaan ja toiseen, riippuen mitatusta metallista. Kaikki pitoisuudet on ilmoitettu vertailtavuuden vuoksi samassa yksikössä ng/m³, mutta pitoisuudet ovat keskenään eri kokoluokissa.



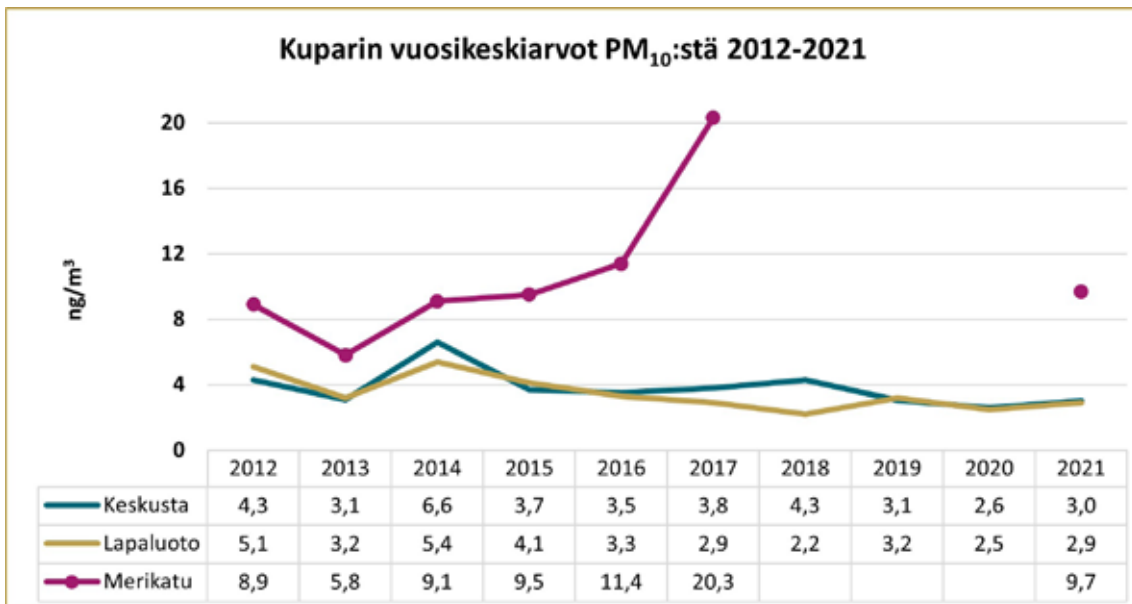
Kaavio 28: Arseenin vuosikeskiarvo 2012–2021. Arseenin vuosikeskiarvon tavoitearvo (6 ng/m³) on ollut voimassa 2013 alkaen.



Kaavio 29: Kadmiumin vuosikeskiarvo 2012–2021. Kadmiumin vuosikeskiarvon tavoitearvo (5 ng/m³) on ollut voimassa 2013 alkaen.



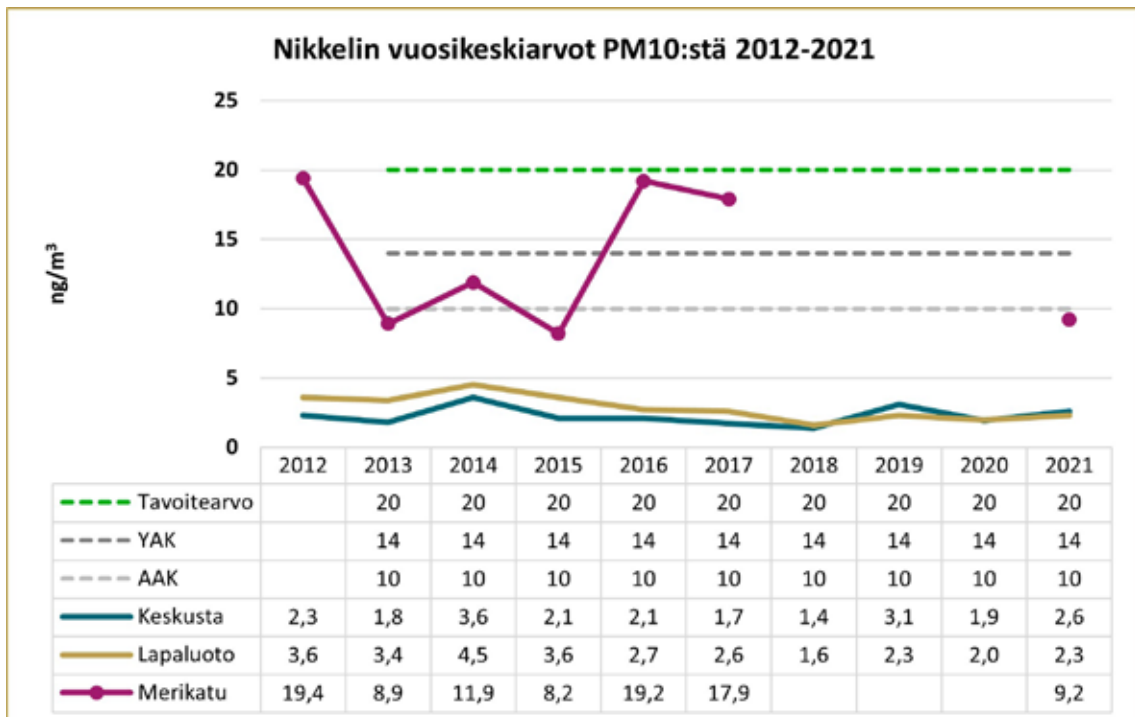
Kaavio 30: Kromin vuosikeskiarvo 2012–2021.



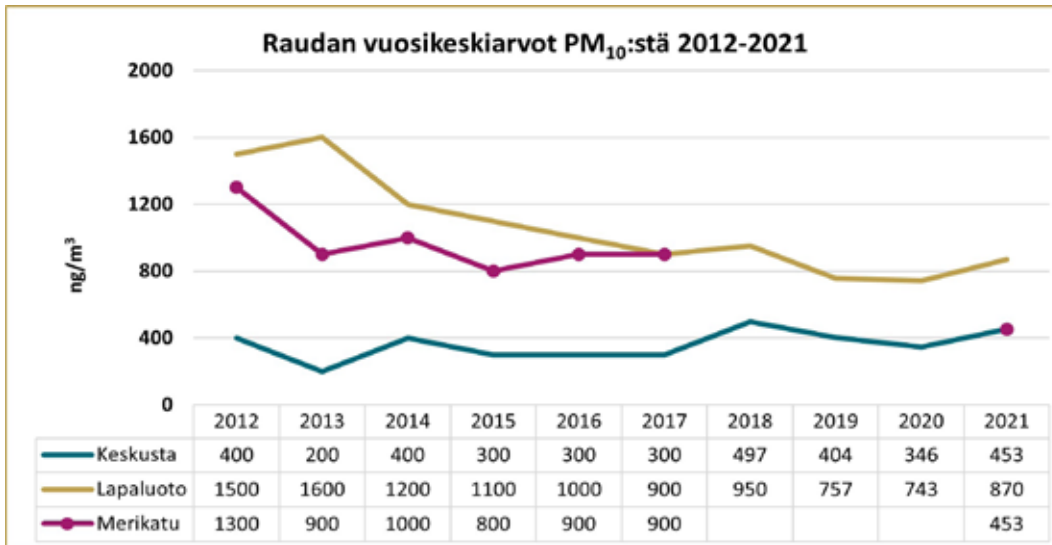
Kaavio 31: Kuparin vuosikeskiarvo 2012–2021.



Kaavio 32: Lyijyn vuosikeskiarvo 2012–2021. Lyijyn vuosikeskiarvon raja-arvo ($0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 500 \text{ ng}/\text{m}^3$) on ollut voimassa 2011 alkaen.



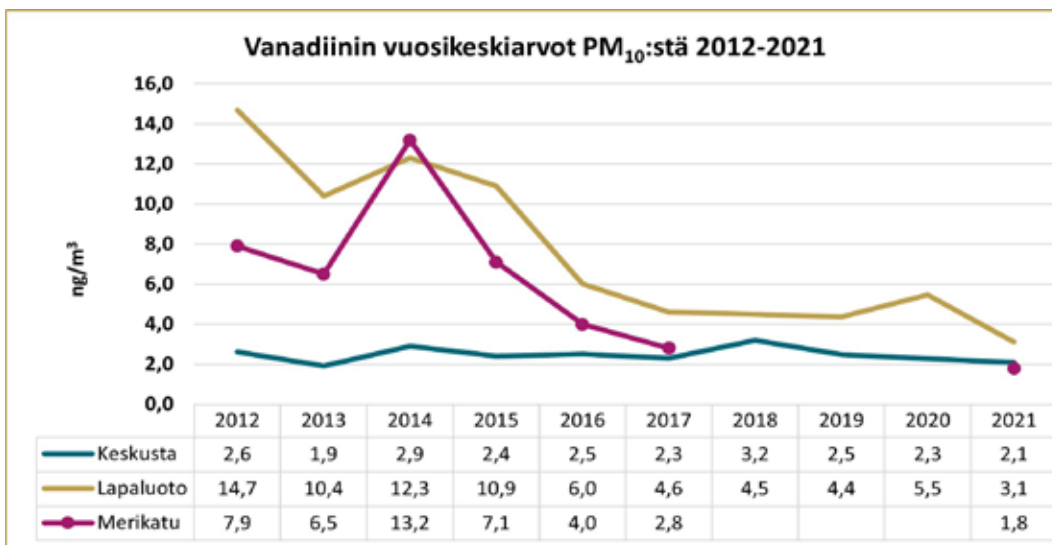
Kaavio 33: Nikkelin vuosikeskiarvo 2012–2021. Nikkelin vuosikeskiarvon tavoitearvo ($20 \text{ ng}/\text{m}^3$) on ollut voimassa 2013 alkaen.



Kaavio 34: Raudan vuosikeskiarvo 2012–2021.



Kaavio 35: Sinkkin vuosikeskiarvo 2012–2021.



Kaavio 36: Vanadiinin vuosikeskiarvo 2012–2021.

13. LASKEUMA

Laskeumaa mitataan Välikylässä ja Lentokentäntiellä sijaitsevilla mittauspisteillä. Laskeuma on sateen ja tuulien mukana kulkeutuvaa ja maahan laskeutuvaa pölyä ja epäpuhtauksia. Laskeumista määritetään yhdeksän eri raskasmetallin pitoisuus, joille ei kuitenkaan ole asetettu raja-arvoja. Viime vuoden tulokset löytyvät kappaleesta 13.1.

Laskeumalla tarkoitetaan sitä ilmassa sateen ja tuulien mukana olevaa pölyä ja epäpuhtauksia, joka nimensä mukaisesti laskeutuu painovoiman vaikutuksesta tai sadannan mukana

maahan. Laskeumamittauksissa pitoisuudet on laskettu kokonaislaskeumana liukoisen ja liukenemattoman laskeuman summana.

13.1. Laskeumamittaukset vuonna 2021

Raahessa on kaksi laskeumamittauspistettä Välikylässä ja Lentokentäntiellä. Näistä Välikylä edustaa teollisuuden läheisyyttä ja Lentokentäntie taustapitoisuutta ilman suurempien päästölähteiden vaikutusta. Molemmilla mittauspisteillä on laskeumamittausastiat, joihin kerätään ympäri vuoden aina kuukauden kerrallaan kaikki ilmasta laskeutuva aines. Astiat lähetetään laboratorioon, jossa niissä oleva näyte esikäsittellään ja analysoidaan.

Laskeumanäytteistä määritetään samat raskasmetallit kuin hengitettävistä hiukkasistakin, eli arseeni (As), kadmium (Cd), kromi (Cr), kupari (Cu), lyijy (Pb), nikkeli (Ni), rauta (Fe), sinkki (Zn) ja vanadiini (V). Tuloksissa ilmoitetaan summana sekä veteen liunneet että hiukkasiin sitoutuneet metallit. Laskeuman suhteen ei lainsäädännössä ole määritelty pitoisuusrajoituksia, mutta laskeumassa olevan arseenin, kadmiumin, lyijyn ja nikkelin määrittäminen on standardisoitu.

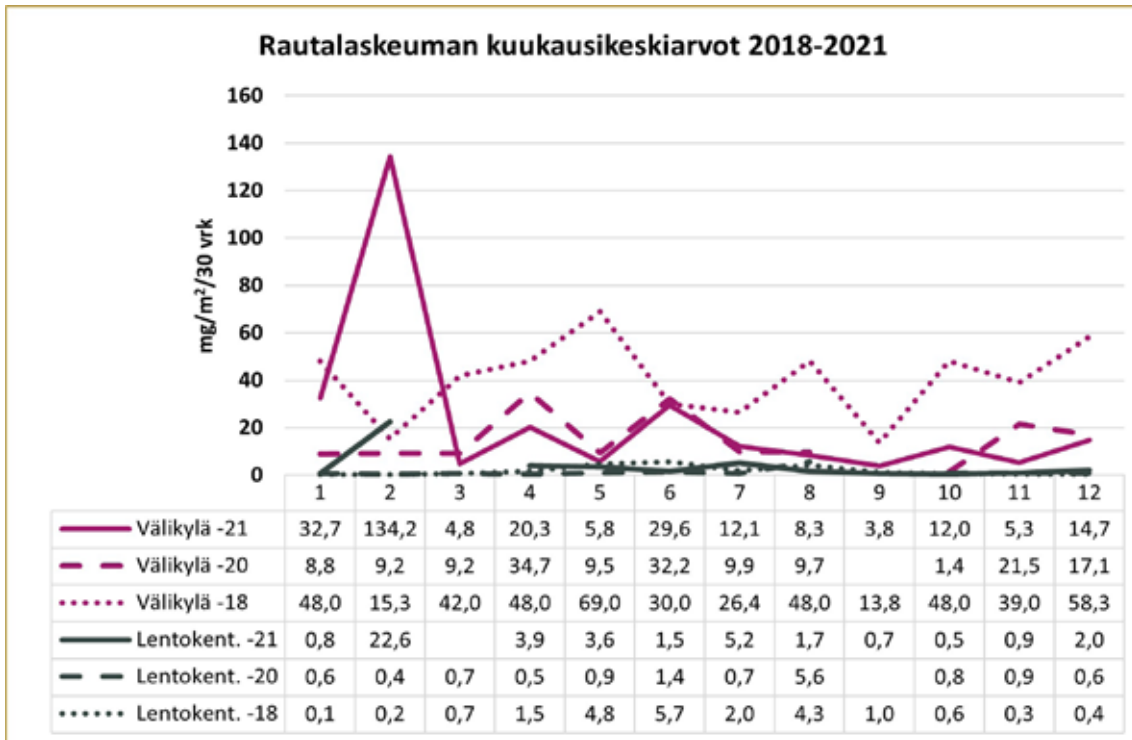
Laskeuman osalta vuonna 2021 saatiin tulokset molemmilla mittauspisteillä kaikilta kuukausilta, mutta Lentokentän maaliskuun tulos hylättiin. Näyteastia oli kuljetuksen aikana vuotanut ja tulosten laskeminen oikein ei ollut mahdollista näytetilavuuden muutoksen vuoksi.

Kaikille metalleille yksikkö on sama $\text{mg}/\text{m}^2/30 \text{ vrk}$, mutta pitoisuustaso toisiin metalleihin nähden voi olla jopa yli 10 000 –kertainen. Pitoisuustasoista suurin

on rautalaskemalla, jonka kuukausikeskiarvot ovat nähtävillä kaaviossa 37, johon on vertailun vuoksi merkitty myös vuosien 2018 ja 2020 pitoisuudet. Pidemmälläkään aikavälillä ei voida selkeästi osoittaa, että laskeumapitoisuudet olisivat riippuvaisia vuodenaajoista, vaan pitoisuustasot vaihtelevat ympäri vuoden ja eri vuosien välillä. Kaavioon 38 on koottuna rautalaskeman vuosikeskiarvot 2012–2021.

Kaavioista puuttuvat 2019 vuoden laskeumatulokset kokonaan, koska kyseisen vuoden tuloksia ei voitu pitää luotettavina ja ne jätettiin raportoimatta.





Kaavio 37: Rautalasteeman kuukausikeskiarvot 2018–2021 laskeumamittauspisteillä.



Kaavio 38: Rautalasteeman vuosikeskiarvot 2012–2021 laskeumamittauspisteillä.

*Lentokentäntien mittauspiste sijaitti Sarkalassa 09/2014 saakka.

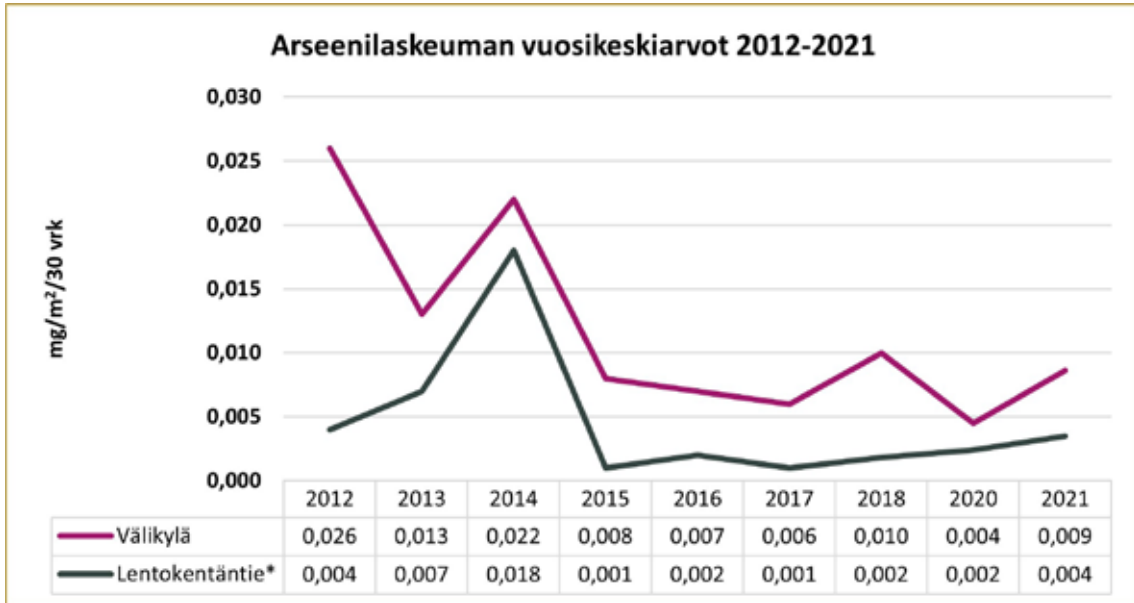
Kaavioihin 39–46 on koottuna muiden laskeumasta mitattavien raskasmetallien vuosikeskiarvot 2012–2021 aakkosjärjestyksessä.

Laboratorion vaihtuminen vaikuttaa tulosten tarkkuuteen, mikä näkyy esi-

merksi kadmiumin pitoisuuksissa, joiden keskiarvot ovat olleet 2013–2017 alle määrittärajän ja ne näkyvät kaaviossa nollassa. Kadmiumin pitoisuudet ovat kuitenkin edelleen pieniä, vaikka kuvaajassa nousua on nähtävissä.

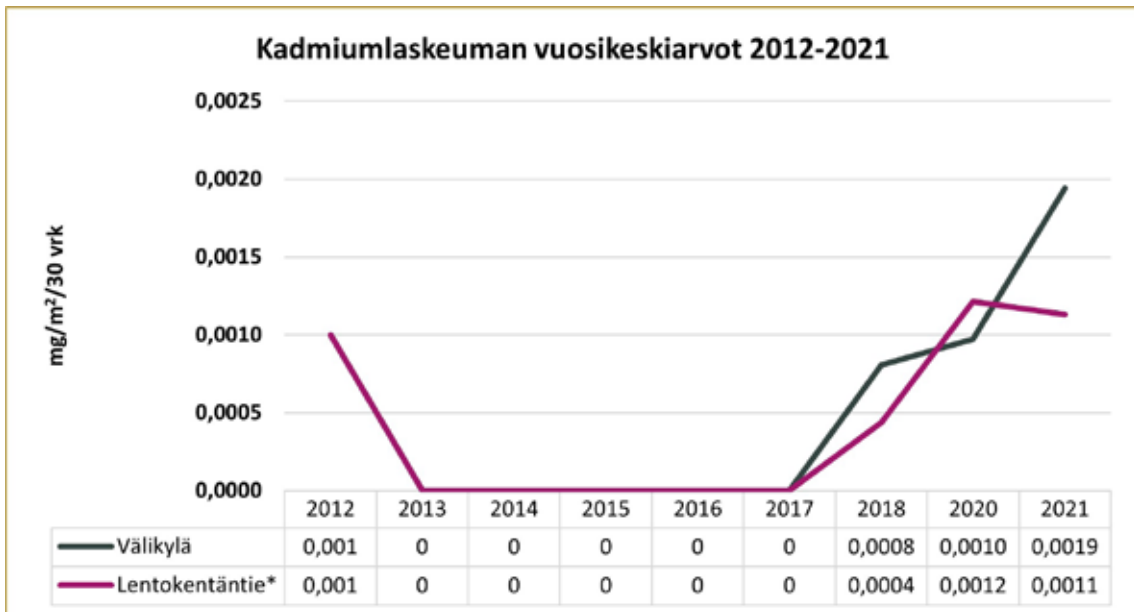
Muiden raskasmetallien osalta nähdään, että pitoisuustasot vaihtelevat metallista ja vuodesta riippuen. Osalla metalleista, kuten arseenilla tai nikkelillä, laskeumapitoisuudet vaihtelevat lähes samassa suhteessa, mutta esimerkiksi lyijyllä ei ole havaittavissa samanlaista yhdenmukaisuutta.

Välikylässä mitattavat laskeumapitoisuudet ovat pääsääntöisesti Lentokentäntien taustapitoisuuksia suuremmat muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta.



Kaavio 39: Arseenilaskeuman vuosikeskiarvot laskeumamittauspisteillä.

*Lentokentäntien mittauspiste sijaitsi Sarkalassa 09/2014 saakka.



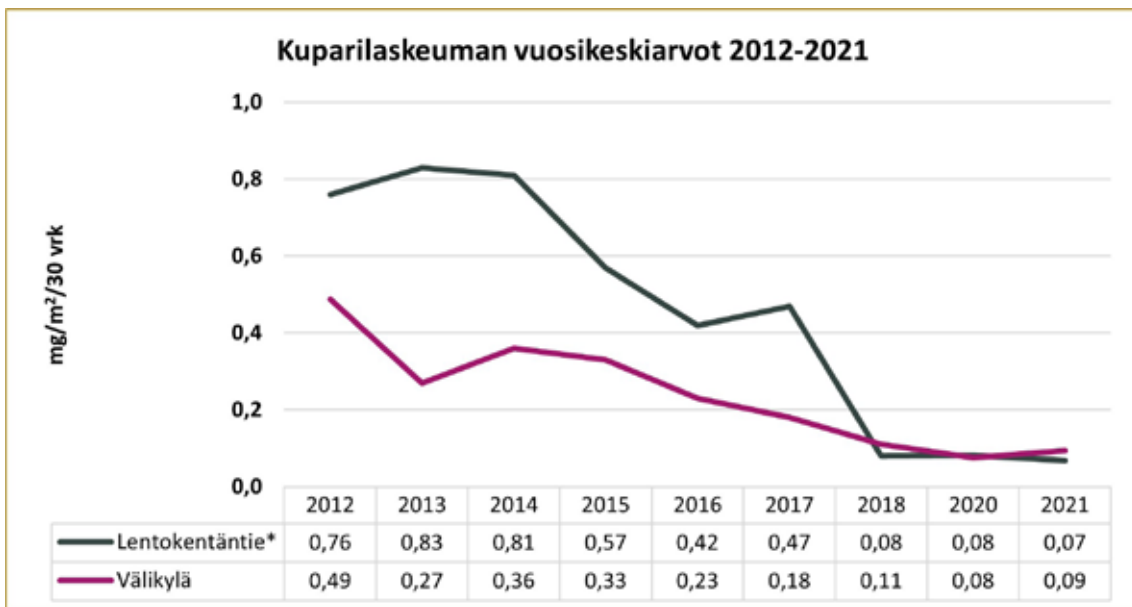
Kaavio 40: Kadmiumlaskeuman vuosikeskiarvot laskeumamittauspisteillä.

*Lentokentäntien mittauspiste sijaitsi Sarkalassa 09/2014 saakka.



Kaavio 41: Kromilaskeuman vuosikeskiarvot laskeumamittauspisteillä.

*Lentokentäntien mittauspiste sijaitsi Sarkalassa 09/2014 saakka.



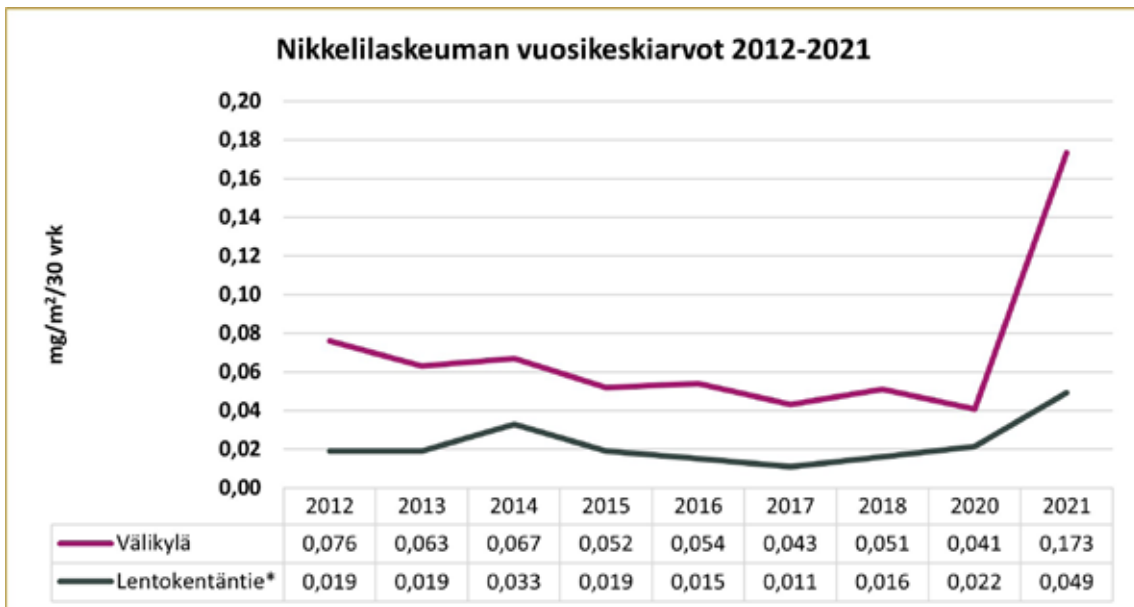
Kaavio 42: Kuparilaskeuman vuosikeskiarvot laskeumamittauspisteillä.

*Lentokentäntien mittauspiste sijaitsi Sarkalassa 09/2014 saakka.



Kaavio 43: Lyijylaskeuman vuosikeskiarvot laskeumamittauspisteillä.

*Lentokentäntien mittauspiste sijaitsi Sarkalassa 09/2014 saakka.



Kaavio 44: Nikkelilaskeuman vuosikeskiarvot laskeumamittauspisteillä.

*Lentokentäntien mittauspiste sijaitsi Sarkalassa 09/2014 saakka.



Kaavio 45: sinkkilaskeuman vuosikeskiarvot laskeumamittauspisteillä.

*Lentokentäntien mittauspiste sijaitsi Sarkalassa 09/2014 saakka.



Kaavio 46: Vanadiinilaskeuman vuosikeskiarvot laskeumamittauspisteillä.

*Lentokentäntien mittauspiste sijaitsi Sarkalassa 09/2014 saakka.

14. SÄÄTIEDOT

Keskustan mittausasemalla on oma sääasema, mutta lisäksi tuloksissa hyödynnetään Lapaluodon satamassa sijaitsevaa Ilmatieteenlaitoksen sääasemaa. Vuonna 2021 lämpötilat olivat talvikuukausina matalampia ja kesäkuukausina korkeampia kuin kuukausikeskiarvot. Vallitseva tuulensuunta oli Lapaluodossa kaakon ja lounaan välillä. Keskustassa mitattu tuulensuunta vaihtelee enemmän. Viime vuoden säätiedot löytyvät kappaleesta 14.1.

Sää vaikuttaa ilmanlaatuun joko heikentävästi tai puhdistavasti. Erityisesti talvisin heikkotuulisissa 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 heikkotuulisen 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.

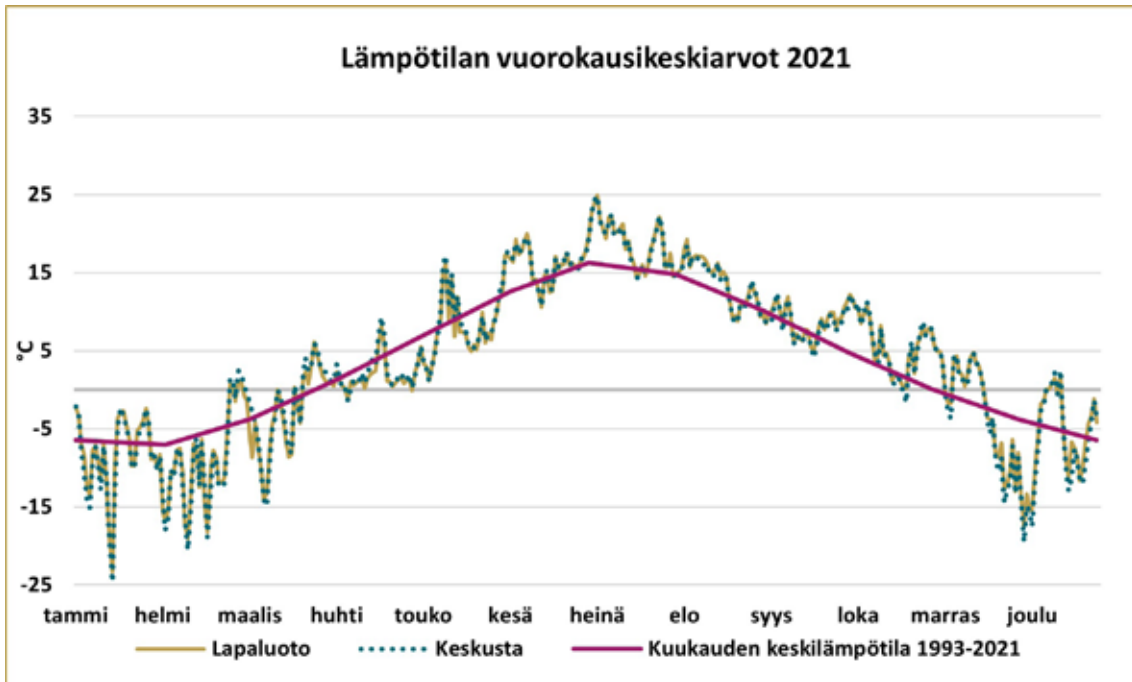


14.1. Vuoden 2021 sää

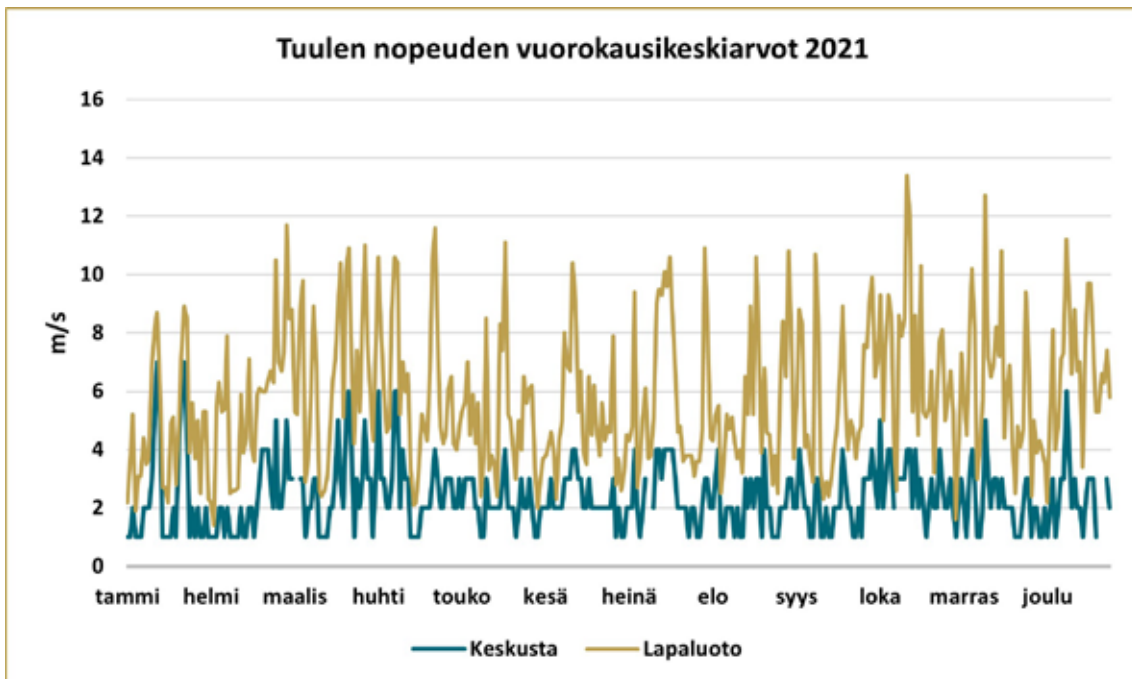
Keskustan sääasemalta on havaintojen ajallinen kattavuus sekä lämpötilan että tuulitietojen osalta 98,5 %. Omien mittausten lisäksi tuloksissa ilmoitetaan Ilmatieteenlaitoksen Lapaluodon sääasemalta olevat säätiedot, josta ajallinen kattavuus oli 100 %.

Kaavioihin 47–48 on kuvattuna lämpötilan ja tuulennopeuksien vuorokausikeskiarvot Kes-

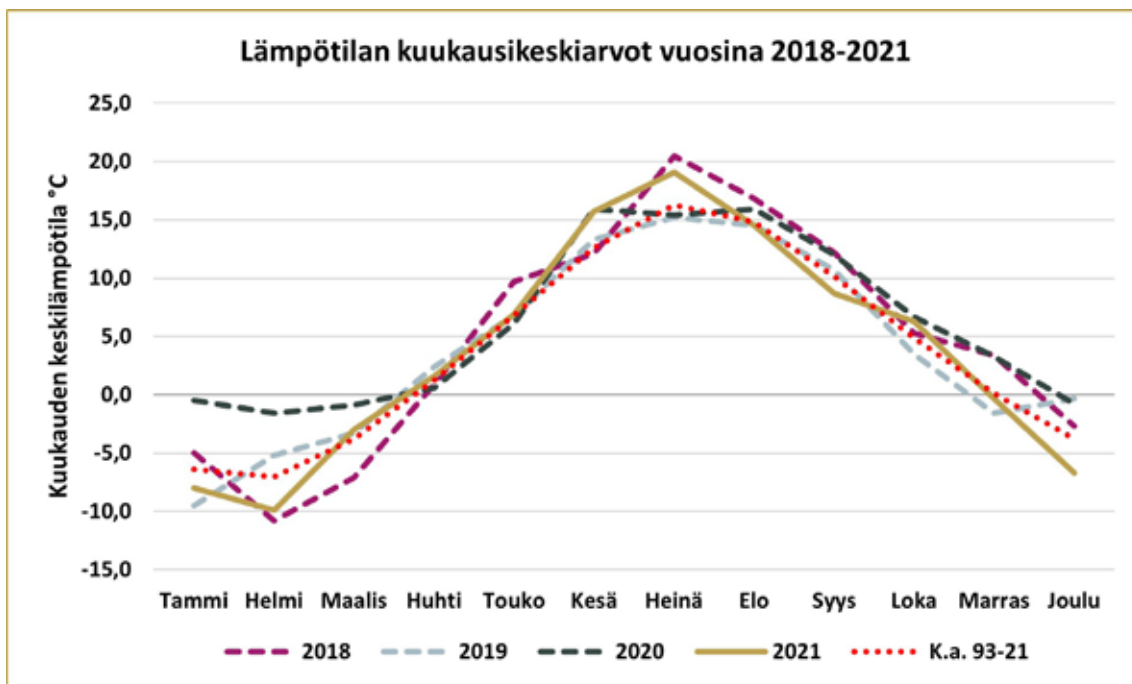
kustassa ja Lapaluodossa. Lämpötilan kaavioon on merkitty myös vuosien 1993–2021 kuukausikeskiarvo. Kaaviosta nähdään, että lämpötilat ovat mittausasemilla lähes identtiset. Kaaviosta 48 näkyy ero tuulen voimakkuuksissa Lapaluodossa ja Keskustassa. Keskustassa rakennukset vaikuttavat tuulen suuntaan ja voimakkuuteen mittausasemalla.



Kaavio 47: Lapaluodon ja Keskustan lämpötilan vuorokausikeskiarvot sekä pitkän ajan kuukausikeskiarvo. Lapaluodon säätiedot ovat Ilmatieteenlaitoksen sääasemalta.



Kaavio 48: Keskustan ja Lapaluodon tuulen nopeuden vuorokausikeskiarvot. Lapaluodon säätiedot ovat Ilmatieteenlaitoksen sääasemalta.



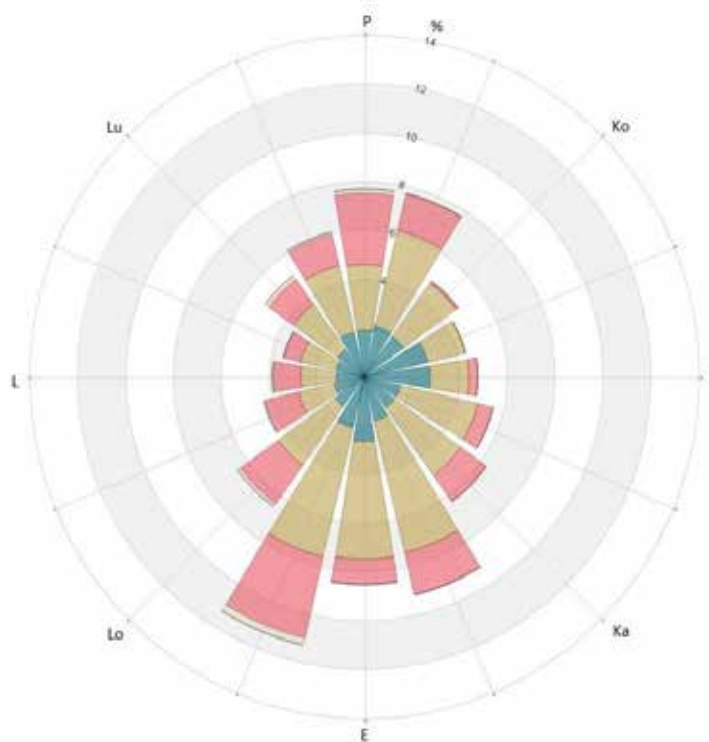
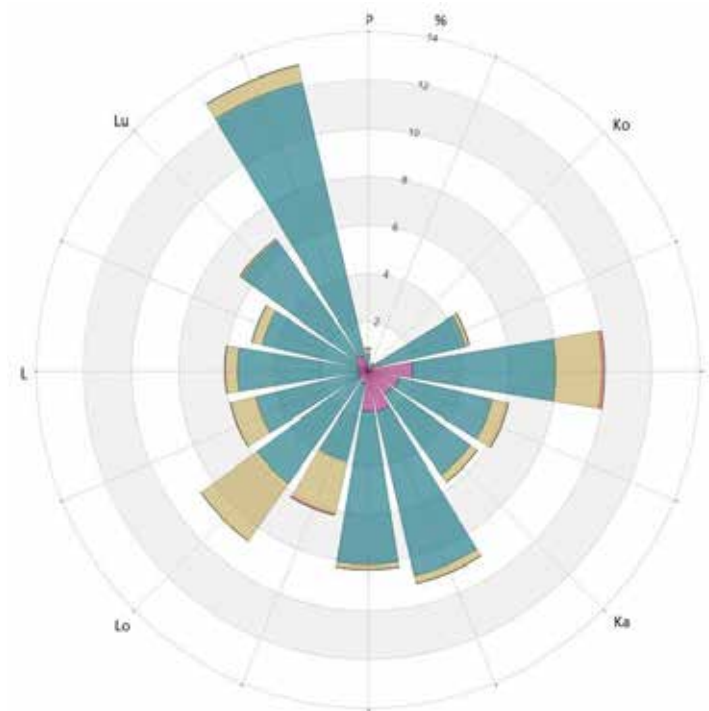
Kaavio 49: Lämpötilan kuukausikeskiarvot vuosina 2018–2021, sekä pitkän ajan kuukausikeskiarvo 1993–2021. Säätiiedot ovat Ilmatieteenlaitoksen Lapaluodon sääasemalta.

Kaaviosta 49 nähdään, että viimeisen viiden vuoden ajanjaksoon, sekä pitkän ajanjakson (vuodet 1993–2021) keskiarvoon verrattuna vuosi 2021 oli talvikuukausien osalta keskiarvoa kylmempi. Vastaavasti kesäkuukausien osalta lämpötila oli keskiarvoa korkeampi.

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

Kaaviossa 50 on kuvattuna Keskustan ja Lapaluodon mittausasemien tuuliruusut, eli tuulen suuntien suhteellinen osuus kaikista tuulitiedoista. Keskustan tuulitiedot saadaan mittausaseman omalta sääasemalta, ja Lapaluodon tuulitiedot ovat Ilmatieteenlaitoksen Lapaluodon sääasemalta. Kaaviosta nähdään, että eniten tuulee kaakon ja lounaan väliltä, mutta voimakkainta tuulta on yleensä lounaasta päin tuullessa. Keskustassa yleisiä tuulensuuntia on myös itä ja pohjoisluode, kun taas pohjoisen ja koillisen väliltä ei tuule yhtään. Tämä johtuu aseman läheisistä kerrostaloista, jotka suojaavat asemaa kyseiseltä ilmansuunnalta tulevilta tuuilta. Keskustassa tuulen nopeus on pääosin heikkoa tai kohtalaista (1-8 m/s). Lapaluodon satamassa havaitaan tuulta joka





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

Kaavio 50: Keskustan (ylhäällä) ja Lapaluodon (alhaalla) tuuliruusu 2021. Keskustan tuulitietoja on käytettävissä 98,5 % ja Lapaluodossa 100,0 % vuoden tunneista.

15. 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

16. 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 2017–2021

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	11,6	39	24	85	64	100
Helmi	21,8	73	54	144	98	100
Maalis	12,2	31	26	95	69	100
Huhti	8,6	24	18	68	47	100
Touko	5,7	13	13	58	36	100
Kesä	6,1	13	11	32	24	93,33
Heinä	4,9	9	9	26	21	100
Elo	5,2	10	8	31	22	100
Syys	6,9	18	15	51	35	100
Loka	6,2	12	11	60	30	96,77
Marras	9,5	31	18	57	47	100
Joulu	14,0	46	40	93	68	100
Vuosikeskiarvo¹⁾	9,1 µg/m³					99,2 %

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

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	2,1	15,0	10,7	75,7	33,3	100
Helmi	1,9	17,1	8,0	77	21,4	100
Maalis	2,9	20,7	11,6	54,8	38,9	100
Huhti	1,6	8,4	8,1	48,5	23,6	100
Touko	3,3	27,7	20,1	258,6	83,4	100
Kesä	6,7	47,2	34,5	310,5	152,8	100
Heinä	4,3	36,4	19,6	195,8	86,8	93,55
Elo	1,3	4,9	4,5	44,5	14,6	100
Syys	1,0	10,1	3,3	33,3	18,2	93,33
Loka	2,1	9,9	7,8	59,5	21,0	100
Marras	2,3	12,3	9,3	38,9	23,2	100
Joulu	2,4	17,8	11,6	57,5	26,4	100
Vuosikeskiarvo¹⁾	2,7 µg/m³					98,9 %
<i>¹⁾ Vuosikeskiarvo on mitattu koko vuoden mittaustulosten, ei kuukausikeskiarvojen perusteella.</i>						

Keskusta PM ₁₀ (µg/m ³)				
	Keskiarvo	Suurin vuorokausi	2. suurin vuorokausi	Ajallinen kattavuus
Raja-arvo		50		85 % (1v) 75 % (kk)
Ohjearvo			70	
Tammi	6,7	12,1	11,5	96,8
Helmi	8,5	22,8	15,9	100
Maalis	11,1	34,5	30,8	100
Huhti	21,9	61,9	55,3	100
Touko	9,2	22,9	20,8	100
Kesä	11,3	18,1	18,1	100
Heinä	10,4	22,7	19,0	100
Elo	6,7	13,9	10,3	100
Syys	7,1	17,6	12,7	100
Loka	7,8	14,6	12,5	96,8
Marras	7,5	31,8	23,4	100
Joulu	6,1	11,8	10,3	100
Vuosikeskiarvo ¹⁾	9,5 µg/m³			99,5 %

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	9,5	21,2	19,1	100
Helmi ¹⁾	10,7	29,1	22,2	100
Maalis	10,8	24,9	21,4	100
Huhti	12,9	35,5	27,3	100
Touko	9,3	23	21,8	100
Kesä	12,6	52	30,1	100
Heinä	11,7	29,8	20,3	93,5
Elo	9,1	20,3	18,6	100
Syys	10,5	29,0	21,0	93,3
Loka	12,9	38,9	35,5	100
Marras	11,1	42,8	29,5	100
Joulu	9,2	19,1	17,6	96,8
Vuosikeskiarvo ¹⁾	10,9 µg/m³			98,6 %

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

PAH-yhdiste ng/m ³	2017		2018		2019		2020		2021	
	Lapaluoto	Keskusta	Lapaluoto	Keskusta	Lapaluoto	Keskusta	Lapaluoto	Keskusta	Lapaluoto	Keskusta
Tavoitearvo Bentso(a)pyreenille	1		1		1		1		1	
Antraseeni	0,09	0,01	0,30	0,08	0,35	0,06	0,14	0,04	0,25	0,10
Asenaftteeni	0,05	0,02	0,05	0,05	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Asenaftyleeni	0,05	0,02	0,09	0,05	0,14	0,09	0,09	0,09	0,11	0,09
Bentso(a)antraseeni	0,73	0,15	2,53	0,81	2,16	0,66	1,24	0,38	1,77	0,88
Bentso(a)pyreeni	0,63	0,19	1,67	0,63	1,63	0,50	0,86	0,29	1,32	0,74
Bentso(bj)fluoranteeni	1,38	0,54	2,95	1,16	2,73	1,04	1,60	0,58	2,36	1,33
Bentso(ghi)peryleeni	0,61	0,27	1,24	0,56	1,22	0,50	0,66	0,30	1,13	0,76
Bentso(k)fluoranteeni	0,44	0,16	0,90	0,35	0,85	0,30	0,48	0,18	0,67	0,36
Dibentso(ah+ac)antraseeni	0,09	0,03	0,32	0,12	0,19	0,09	0,18	0,06	0,29	0,16
Fenantreeni	0,57	0,07	1,44	0,57	1,40	0,37	0,69	0,29	1,17	0,54
Fluoranteeni	1,30	0,37	4,52	1,67	4,76	1,37	2,45	0,93	4,13	2,07
Fluoreeni	0,05	0,01	0,09	0,04	0,10	0,04	0,06	0,03	0,06	0,03
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	0,67	0,28	1,21	0,52	1,12	0,42	0,64	0,26	1,09	0,69
Kryseeni	0,77	0,16	1,78	0,66	1,65	0,72	0,97	0,35	1,53	0,79
Naftaleeni	0,06	0,02	0,10	0,05	0,16	0,10	0,13	0,10	0,11	0,09
Pyreeni	1,05	0,26	3,87	1,63	4,10	1,31	2,02	0,88	3,71	2,11
Trifenyleeni			0,27	0,12	0,32	0,19	0,20	0,08	0,25	0,13
PAH-yhteensä	8,54	2,56	23,30	9,06	22,97	7,85	12,50	4,94	20,06	10,96