



Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

MERI SALO

# **Harjavallan ja Porin ilmanlaatu**

Seurantasuunnitelma 2021-2025

ENERGIA- JA YMPÄRISTÖTEKNIIKAN TUTKINTO-  
OHJELMA  
2020

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                     |                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| Tekijä<br>Salo, Meri                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Julkaisun laji<br>Opinnäytetyö, AMK | Päivämäärä<br>Tammikuu 2021 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Sivumäärä<br>84                     | Julkaisun kieli<br>suomi    |
| Julkaisun nimi<br><b>Harjavallan ja Porin ilmanlaatu</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                     |                             |
| Tutkinto-ohjelma<br>Energia- ja ympäristötekniikka                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                     |                             |
| <p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli laatia kokonaiskatsaus Harjavallan ja Porin ilmanlaadusta, sen mittaamisesta ja ilmanlaatuun vaikuttavista tekijöistä. Opinnäytetyö toteutettiin osin Porin kaupungin elinvoima- ja ympäristötoimialan toimeksiannosta; tehtävänä oli laatia Harjavallan ja Porin kaupungeille ilmanlaadun seurantasuunnitelma vuosille 2021-2025. Seurantasuunnitelma laadittiin yhteistyössä Porin kaupungin ilmansuojeluinsinööri Jari Lagerroosin kanssa.</p> <p>Opinnäytetyössä käsiteltiin ilmanlaatua yleisesti Suomessa, ilmanlaadun mittaamista, ilmansaasteiden terveysvaikutuksia, päästöjen pitoisuuksien kehitystä Porissa ja Harjavallassa sekä päästöjen vähentämiskeinoja. Lisäksi työssä käsiteltiin Harjavallan ja Porin teollisuutta, teollisuuden ilmanpäästöjä, ilmanlaadun mittausverkkoa ja -järjestelmää sekä ilmanlaadusta viestimistä.</p> <p>Harjavallan ja Porin ilmanlaatu on yleisesti hyvä. Rikkidioksidipitoisuudet ovat pysyneet hyvin pieninä Porin mittausasemilla. Harjavallassa rikkidioksidipitoisuudet ovat olleet suurteollisuuspuiston läheisyydestä johtuen Porin korkeammat, mutta ovat laskeneet viime vuosien aikana. Typpidioksidi- ja pienhiukkaspitoisuudet ovat olleet alle raja- ja ohjearvojen Porissa, mutta hengitettävien hiukkasten ohjearvoon verrannolliset vuorokausiraja-arvot ovat ylittyneet Porissa erityisesti keväisin katupölystä johtuen. Myös Harjavallassa pienhiukkaspitoisuudet ovat olleet matalia, mutta hiukkasten sisältämät nikkeli- ja arseenipitoisuudet ovat ylittyneet.</p> |                                     |                             |
| <p>Asiasanat</p> <p>ilmanlaatu, ilmansuojelu, ilman epäpuhtaudet, ympäristönsuojelu</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                     |                             |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                          |                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|
| Author<br>Salo, Meri                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Type of Publication<br>Bachelor's thesis | Date<br>January 2021                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Number of pages<br>84                    | Language of publication:<br>finnish |
| Title of publication<br><b>Air quality of Harjavalta and Pori</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                          |                                     |
| Degree program<br>Energy and environmental engineering                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                          |                                     |
| <p>Abstract</p> <p>The goal of this thesis was to compile an overview of the air quality of Harjavalta and Pori, monitoring and the influencing factors of air quality. The thesis was partly commissioned by the city of Pori's vitality and environmental sector. The purpose was to compose an air monitoring plan for 2021-2025 for the cities of Harjavalta and Pori. The air monitoring plan was developed in cooperation with the city of Pori's air protection engineer Jari Lagerroos.</p> <p>The thesis included air quality in general in Finland, air quality monitoring, health effects of emissions, development of various emission levels in Pori and Harjavalta, and means of reducing emission levels. In addition, the thesis addressed Harjavalta and Pori industry and its emissions, the air quality measurement network and system and air quality communication.</p> <p>The air quality in Harjavalta and Pori is generally good. Sulfur dioxide levels have remained very low at Pori monitoring stations. In Harjavalta, sulfur dioxide levels are higher than in Pori, due to the proximity of the large industrial area, but the levels have decreased over the years. Concentrations of nitrogen dioxide and fine particles have been below the limit values and guideline values in Pori, but the daily limit values proportional to the guideline value for respirable particles have exceeded especially in the spring due to street dust. Concentrations of small particles have also been low in Harjavalta, but the nickel and arsenic levels of the particles have been exceeded.</p> |                                          |                                     |
| Key words<br>air quality, pollutants, air protection, environmental protection                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                          |                                     |

## ALKUSANAT

Työ on tehty Porin kaupungin elinvoima- ja ympäristötoimialan toimeksiannosta. Haluan erityisesti kiittää Porin kaupungin ilmansuojeluinsinööri Jari Lagerroosia yhteistyöstä. Lisäksi haluan kiittää Satakunnan ammattikorkeakoulun lehtoria ja työn ohjaajaa Timo Hanneliusta.

## Sisällys

|      |                                                                                        |    |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1    | JOHDANTO.....                                                                          | 7  |
| 2    | YLEISTÄ ILMANLAADUSTA.....                                                             | 8  |
| 2.1  | Ilmanlaadun arviointi .....                                                            | 8  |
| 2.2  | Ilmanlaatu Suomessa .....                                                              | 10 |
| 2.3  | Terveysvaikutukset .....                                                               | 11 |
| 3    | HARJAVALLAN JA PORIN TEOLLISUUS .....                                                  | 14 |
| 3.1  | Case-esimerkki SO <sub>2</sub> -päästöistä .....                                       | 17 |
| 4    | MITTAUSVERKKO JA –JÄRJESTELMÄ .....                                                    | 20 |
| 5    | LAITOSTEN PÄÄSTÖT .....                                                                | 24 |
| 5.1  | Pori.....                                                                              | 24 |
| 5.2  | Harjavalta .....                                                                       | 26 |
| 6    | PAH-YHDISTEET.....                                                                     | 29 |
| 7    | RIKKIDIOKSIDI (SO <sub>2</sub> ).....                                                  | 30 |
| 7.1  | Vähennysmenetelmät .....                                                               | 30 |
| 7.2  | Pitoisuudet suhteessa raja-arvoihin.....                                               | 32 |
| 7.3  | Pitoisuudet suhteessa ohjearvoihin .....                                               | 37 |
| 7.4  | Pitoisuudet suhteessa arviointikynnyksiin .....                                        | 41 |
| 7.5  | Päästöjen kehitys tulevaisuudessa.....                                                 | 42 |
| 8    | TYPEN OKSIDIT (NO <sub>x</sub> ).....                                                  | 44 |
| 8.1  | Vähennysmenetelmät .....                                                               | 44 |
| 8.2  | Pitoisuudet suhteessa raja-arvoihin.....                                               | 47 |
| 8.3  | Pitoisuudet suhteessa ohjearvoihin .....                                               | 48 |
| 8.4  | Pitoisuudet suhteessa arviointikynnyksiin .....                                        | 50 |
| 8.5  | Päästöjen kehitys tulevaisuudessa.....                                                 | 51 |
| 9    | HENGITETTÄVÄT HIUKKASET (PM <sub>10</sub> ) JA PIENHIUKKASET (PM <sub>2.5</sub> )..... | 52 |
| 9.1  | Vähennysmenetelmät .....                                                               | 52 |
| 9.2  | Pitoisuudet suhteessa raja-arvoihin.....                                               | 54 |
| 9.3  | Pitoisuudet suhteessa ohjearvoihin .....                                               | 58 |
| 9.4  | Pitoisuudet suhteessa arviointikynnyksiin .....                                        | 60 |
| 9.5  | Päästöjen kehitys tulevaisuudessa.....                                                 | 62 |
| 10   | PM <sub>10</sub> -METALLIT JA ARSEENI.....                                             | 63 |
| 10.1 | Arseeni .....                                                                          | 64 |
| 10.2 | Kadmium.....                                                                           | 65 |
| 10.3 | Nikkeli.....                                                                           | 65 |

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| 11 VIESTINTÄ .....                                                 | 67 |
| 12 BIOINDIKAATTORITUTKIMUS.....                                    | 70 |
| 13 LEVIÄMISMALLILASKELMA .....                                     | 72 |
| 14 SEURANTASUUNNITELMA 2021-2025 .....                             | 74 |
| 14.1 Rikkidioksidi.....                                            | 74 |
| 14.1.1 Pori .....                                                  | 74 |
| 14.1.2 Harjavalta .....                                            | 74 |
| 14.2 Typpidioksidi .....                                           | 75 |
| 14.3 Hengitettävät hiukkaset.....                                  | 75 |
| 14.3.1 Pori .....                                                  | 75 |
| 14.3.2 Harjavalta .....                                            | 75 |
| 14.4 Pienhiukkaset .....                                           | 76 |
| 14.4.1 Pori .....                                                  | 76 |
| 14.4.2 Harjavalta .....                                            | 76 |
| 14.5 Metallit ja arseeni.....                                      | 77 |
| 14.6 Mittausasemat .....                                           | 77 |
| 14.6.1 Pori .....                                                  | 77 |
| 14.6.2 Harjavalta .....                                            | 79 |
| 14.7 Rauman kaupungille myytävät ilmanlaadun mittauspalvelut ..... | 81 |
| 14.8 Seurantasuunnitelman 2021-2025 päivittäminen.....             | 81 |
| LÄHTEET.....                                                       | 82 |

## 1 JOHDANTO

Harjavallan ja Porin ilmanlaadun seurantasuunnitelma 2021-2025 on laadittu ohjaamaan tulevaa ilmanlaadun seurantaa sekä ohjeistukseksi seurannan toteuttamiselle. Ilmanlaadun seurantaa on Harjavallassa ja Porissa järjestetty jo 1980-luvulta lähtien. Harjavallan ja Porin mittausverkot yhdistettiin syksyllä 2014 ja vastuullisena järjestelmän operaattorina toimii Porin kaupungin elinvoima- ja ympäristötoimiala. Mittausjärjestelmän hallinnosta, kustannuksista sekä seurannan ohjauksesta vastaavat sopimusperusteisesti Harjavallan ja Porin alueen suurteollisuus- ja energiantuotantolaitokset sekä kaupungit, joiden edustajista koostuu Harjavalta-Pori ilmanlaatu työryhmä. Työryhmässä on edustus myös Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksesta, joka valvoo toimialueellaan ilmanlaatua sekä ilmanlaatumittausten järjestämistä ja niiden riittävyyttä.

Ilmanlaatu työtä tehdään yhdessä alueen ilmaa kuormittavien laitosten kanssa. Pitoisuusmittaukset ovat ilmanlaadun raja-arvovalvontaa. Seurantasuunnitelmassa tarkastellaan ilmanlaadun seurannan tarvetta Harjavallan ja Porin alueella lainsäädännön sekä paikallisten olosuhteiden kannalta. Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta (79/2017) velvoittaa selvittämään seurannan riittävyyden vähintään viiden vuoden välein.

## 2 YLEISTÄ ILMANLAADUSTA

### 2.1 Ilmanlaadun arviointi

Suomessa on säädetty raja-, tavoite- ja ohjearvot viidelletoista ilman epäpuhtaudelle. Ympäristön ja terveyden suojelemiseksi rikkidioksidin, typpidioksidin, hiukkasten, lyijyn, hiilimonoksidin ja bentseenin pitoisuuksista ilmassa on annettu raja-arvot, joilla tarkoitetaan ilman epäpuhtauksien korkeinta sallittua pitoisuutta (Ympäristöhallinnon [www-sivut 2013](#)). Valtioneuvoston asetuksessa (79/2017) määritetyt arvot on alitettava määräajassa eikä niitä saa ylittää terveyshaittojen ehkäisemiseksi ja vähentämiseksi (Asetus ilmanlaadusta 79/2017, 2 §). Raja-arvojen lisäksi ilmanlaadun arvioimiseen on erilaisia ohje-, tavoite- ja kynnysarvoja.

Vuonna 1996 voimaantulleilla kansallisilla ohjearvoilla ilmaistaan ilmanlaadun tavoitteita sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä, ja ne ovat apuvälineenä ympäristöviranomaisten suunnittelussa ja päätöksenteossa. Ohjearvot on otettava huomioon muun muassa maankäytön ja liikenteen suunnittelussa sekä ilman pilaantumisen vaaraa aiheuttavien toimintojen sijoittamisessa. Tavoitteena on, että ohjearvojen ylittyminen pyritään estämään ennakkoon ja pitkällä aikavälillä alueilla, joilla ilmanlaatu on tai saattaa toistuvasti olla huonompi kuin ohjearvo sallisi. Ohjearvot eri ilman epäpuhtauksille on annettu valtioneuvoston asetuksessa 480/1996. Maailman terveysjärjestö WHO on antanut myös omat ilmanlaadun ohjearvonsa rikkidioksidille (SO<sub>2</sub>), typpidioksidille (NO<sub>2</sub>), otsonille (O<sub>3</sub>) ja hiukkasille (PM<sub>10</sub> ja PM<sub>2.5</sub>), jotka osittain eroavat kansallisista ohjearvoista. (Ympäristöhallinnon [www-sivut 2013](#); Päätös ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta 480/1996, 1 §; Ilmatieteen laitoksen [www-sivut 2020](#).)

Ilman epäpuhtauksien tavoitearvot on määritetty valtioneuvoston asetuksessa 79/2017 otsonille ja asetuksessa 164/2007 arseenille, kadmiumille, nikkelille ja



bentso(a)pyreenille. Tavoitearvot eivät ole yhtä sitovia kuin raja-arvot ja ne on pääosin annettu terveyshaittojen ehkäisemiseksi. Poikkeuksena on otsoni, jonka tavoitearvo on määritetty myös kasvillisuuden suojelemiseksi. (Ilmatieteen laitoksen www-sivut 2020; Ympäristöhallinnon www-sivut 2013.)

Kriittisellä tasolla tarkoitetaan ilman epäpuhtauden pitoisuutta, jonka ylittyessä epäpuhtaus vaikuttaa negatiivisesti kasvillisuuteen ja ekosysteemiin. Kasvillisuuden suojelun raja-arvot on asetettu rikkidioksidille ja typen oksideille, ja niitä tulee soveltaa niin sanotuilla tausta-alueilla eli metsä- ja maaseutualueilla. (Asetus ilmanlaadusta 79/2017, 2 §; Ilmatieteen laitoksen www-sivut 2020.)

Varoituskynnys on rikkidioksidille, typpidioksidille ja otsonille annettu pitoisuus, jonka ylittyessä väestöä on tiedotettava. Sen ylittyessä lyhytaikainenkin altistuminen vaarantaa yleisesti ihmisten terveyttä. Tiedotuskynnyksen ylittyessä on varoitettava väestöä, sillä altistuminen voi vaarantaa ilman epäpuhtauksille herkkien väestöryhmien terveyttä. (Asetus ilmanlaadusta 79/2017, 2 §.)

Rikkidioksidin, typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten, lyijyn, hiilimonoksidin ja bentseenin jatkuvia mittauksia on tehtävä valtioneuvoston asetuksen (79/2017) edellyttämässä laajuudessa seuranta-alueilla, joilla ylempi arviointikynnys ylittyy, ja joilla ilman epäpuhtauksien pitoisuudet ovat ylemmän ja alemman arviointikynnyksen välissä. Jos pitoisuudet ovat alemman arviointikynnyksen alapuolella riittää, että ilmanlaatua seurataan suuntaa antavien mittausten, mallintamistekniikoiden, päästökartoitusten tai muiden vastaavien menetelmien perusteella. Ylemmän ja alemman arviointikynnyksen ylittyminen määritellään viiden edellisen vuoden pitoisuuksien perusteella ja sen katsotaan ylittyneen, kun se on ylittynyt vähintään kolmena vuotena viidestä. Jos pitoisuustietoja ei ole saatavilla viiden vuoden jaksolta, voidaan käyttää lyhyemmiltä mittausjaksoilta saatuja tietoja yhdistettynä päästökartoituksista ja mallilaskelmista saatuihin tietoihin. Mittaustietojen tulee edustaa alueita ja vuodenaikoja, jolloin pitoisuudet ovat tyypillisesti korkeimmillaan. (Asetus ilmanlaadusta 79/2017, 11 §.)

## 2.2 Ilmanlaatu Suomessa

Viimeisten vuosikymmenien aikana ilmanlaatu Suomessa on merkittävästi parantunut kansallisen ilmansuojelun ansiosta. Ilmanlaatua on mitattu kaupungeissa, teollisuuslaitosten vaikutusalueella sekä puhtainta ilmaa edustavilla tausta-alueilla ja mittauspisteitä on kymmeniä eri puolilla Suomea. Suurimpia ilmanpäästölähteitä ovat esimerkiksi tieliikenne, energiantuotanto ja teollisuus, mutta päästöt ovat laskeneet tai pysyneet ennallaan 1990-luvun puolivälin jälkeen. (Ympäristöhallinnon [www-sivut 2013](#); Terveystieteiden tutkimuskeskuksen [www-sivut 2020](#).)

Lyijyn, hiilimonoksidin ja rikkidioksidin pitoisuudet taajamissa ovat yleensä matalia ja alittavat selvästi annetut raja-arvot. Sen sijaan typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten raja-arvot saattavat ylittyä suurimmissa kaupungeissa ja vilkkaasti liikennöityjen teiden läheisyydessä. (Ympäristöhallinnon [www-sivut 2013](#).) Liikenteen osalta pakokaasupäästöt tulevat todennäköisesti alenemaan entisestään, mutta katupölystä johtuvat päästöt nousevat liikennemäärien kasvaessa (Hänninen, Korhonen, Lehtomäki, Asikainen & Rumrich 2016, 17).

Erityisesti rikkidioksidin ( $\text{SO}_2$ ), hiilimonoksidin ( $\text{CO}$ ) ja typenoksidien ( $\text{NO}_x$ ) pitoisuudet ovat laskeneet. Energiantuotannon ja teollisuuden päästöjen rajoittamisen takia rikkidioksidipäästöt ovat laskeneet. Typen oksidien ja hiilimonoksidin pitoisuuksien laskun syynä on erityisesti kolmitoimikatalysaattoreiden käyttöönotto bensiinikäyttöisissä autoissa sekä liikenteen päästöjen rajoittaminen. (Ympäristöhallinnon [www-sivut 2013](#).)

Toisaalta typpidioksidin pitoisuudet ilmassa eivät ole laskeneet johtuen osittain dieselautojen määrän kasvusta. Vaikkakin dieselautoilla on matalat hiilidioksidi- ja hiukkaspäästöt, ne lisäävät kuitenkin suoria typpidioksidipäästöjä. Typpidioksidipäästöt voivat jopa ylittää raja-arvot suurimmissa kaupungeissa ja vilkkaasti liikennöityjen teiden lähetyvillä. (Ympäristöhallinnon [www-sivut 2013](#).)

Hiukkasten osalta hengitettävien hiukkasten ( $\text{PM}_{10}$ ) vuosipitoisuuksissa ei ole yhtä selvää suuntaa. Etenkin keväällä hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuudet kohoavat katupölyn takia. Pitoisuuksissa ei ole havaittu merkittävää muutosta. Raja-

arvot saattavat ylittyä suurimmissa kaupungeissa ja vilkkaiden teiden läheisyydessä, mutta katujen tehostetun puhtaanapidon ja uuden kaluston käyttöönoton myötä hengitettävien hiukkasten pitoisuudet ovat hieman parantuneet. Pienhiukkasten (PM<sub>2.5</sub>) pitoisuuksia Suomessa on mitattu vasta vähän aikaa, josta syystä tarkasteluajanjakso on lyhyt ja pitoisuuksien muutosta on vaikea arvioida. Pienhiukkasten raja-arvo kuitenkin alittuu kaikkialla Suomessa. Valtaosan pienhiukkaspitoisuuksista aiheuttaa kaukokulkeuma, jonka rajoittamiseksi ei toistaiseksi ole laadittu päästövähennystoimia. (Ympäristöhallinnon [www-sivut 2013](#).)

Arseenin, kadmiumin ja nikkelin pitoisuudet ovat Suomessa normaalisti tavoitearvoja matalampia, tosin poikkeuksena teollisuuslaitosten vaikutusalueella pitoisuudet voivat ylittää tavoitearvot jopa moninkertaisesti. Tällöin laitosten päästöjä voidaan pyrkiä alentamaan esimerkiksi ympäristöluvista annettavilla määräyksillä, joiden on perustuttava parhaaseen käytettävissä olevaan tekniikkaan. (Ympäristöhallinnon [www-sivut 2013](#).)

### 2.3 Terveysvaikutukset

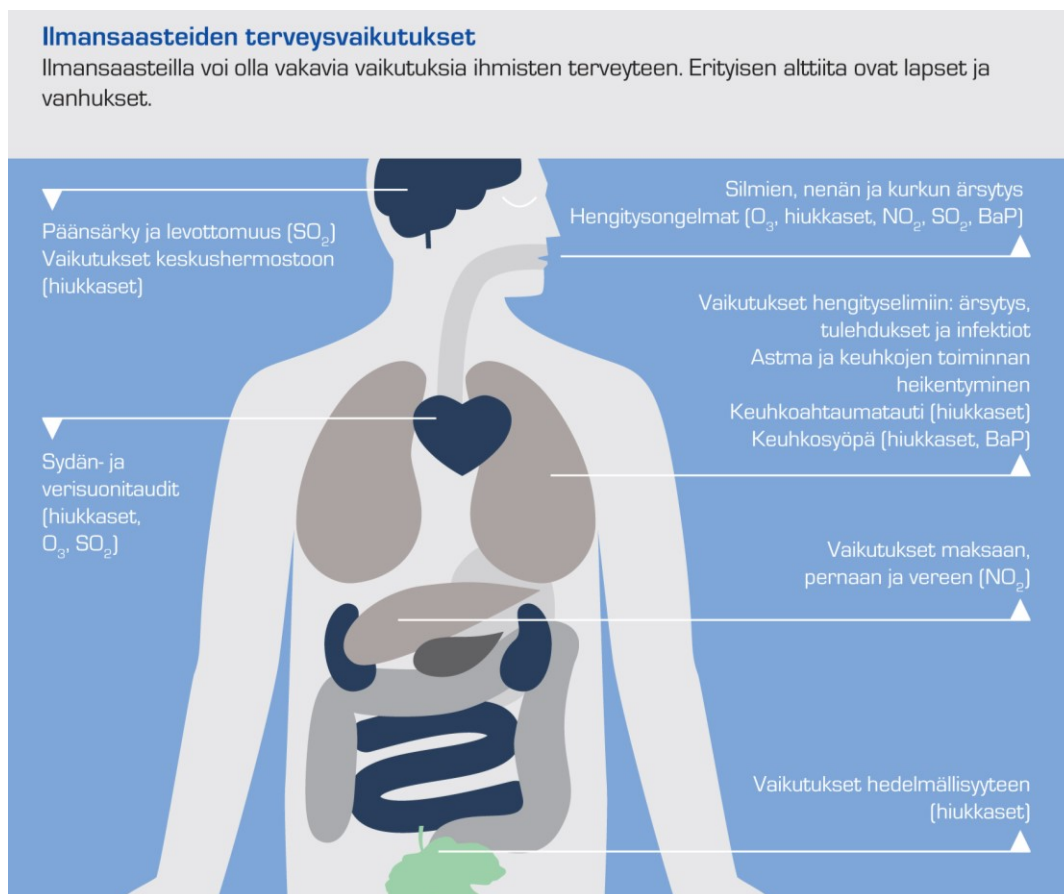
Ilmansaasteet aiheuttavat haitallisia terveysvaikutuksia Suomessa huolimatta alhaisista pitoisuuksista verrattuna muihin maihin (Hänninen ym. 2016, 22). Erityisesti ihmiset, joilla on hengitystiesairauksia (esimerkiksi astma tai keuhkohtaumatauti) oirehtivat esimerkiksi katupölystä ja autojen pakokaasuista (Ympäristöhallinnon [www-sivut 2013](#)).

Ilmansaasteista hiukkasilla, otsonilla, typpidioksidilla ja rikkidioksidilla on eniten näyttöä haitallisista terveysvaikutuksista. Päästöt voivat aiheuttaa keuhko- ja sydänsairauksia sekä aivohalvauksia. Niin lapsilla kuin aikuisillakin sekä lyhyt että pitkäaikainen altistuminen ilman epäpuhtauksille voi johtaa keuhkojen toiminnan heikkenemiseen, hengitystieinfektioihin ja pahenevaan astmaan. (Ympäristöhallinnon [www-sivut 2013](#); Maailman terveysjärjestön [www-sivut 2020](#).)

Etenkin hiukkasista (PM<sub>10</sub> ja PM<sub>2.5</sub>) on dokumentoitu paljon terveysriskejä. Hiukkaset pystyvät tunkeutumaan syvälle keuhkoihin ja verenkiertoon aiheuttaen kardiovaskulaarisia, aivoverenkiertoon ja hengitykseen kohdistuvia vaikutuksia. Vuonna 2013 WHO:n kansainvälinen syöväntutkimuslaitos (IARC) luokitteli hiukkaset yhdeksi keuhkosityövän syyksi. Se on myös yleisimmin käytetty indikaattori arvioitaessa ilmansaasteille altistumisen terveysvaikutuksia. (Maailman terveysjärjestön [www-sivut 2020](#).)

Varsinkin pienhiukkasten on todettu olevan erittäin vahingollisia ihmisen terveydelle, jonka vuoksi pienhiukkasaltistumisen pitoisuuskatto ja altistumisen vähennystavoite on otettu käyttöön raja-arvojen rinnalle Euroopan unionissa. Pienhiukkaset sisältävät syöpävaarallisia yhdisteitä ja raskasmetalleja. Erityisesti astmaa sairastavat, pienet lapset sekä hengitys- ja sydänsairauksia sairastavat vanhukset ovat herkkiä hiukkasten terveysvaikutuksille, ja todennäköisesti pitkäaikainen altistuminen liikenteen ja puun pienpolton pienhiukkaspäästöille aiheuttaa eniten terveydelle haittaa. Myös hiilimonoksidille, typpidioksidille, rikkidioksidille, kokonaisleijumalle (TSP), hengitettäville hiukkasille ja haiseville rikkiyhdisteille (TSR) on annettu ohjearvot terveysvaikutusten ehkäisemiseksi. (Ympäristöhallinnon [www-sivut 2013](#); Hengitysliiton [www-sivut 2020](#); Hänninen ym. 2016, 22.)

Kuvassa 1 on koostettu eri ilmansaasteiden terveysvaikutuksia.



Kuva 1. Ilmansaasteiden terveysvaikutukset (Euroopan ympäristökeskuksen [www](http://www.eea.europa.eu)-sivut 2020).

### 3 HARJAVALLAN JA PORIN TEOLLISUUS

Tarkastellaan Harjavallan ja Porin ilmanlaadun työryhmän suurteollisuus- ja energiantuotantolaitoksien toimintoja ja niistä aiheutuvia ilman epäpuhtauksia.

Fortum Power and Heat Oy:n Meri-Porin voimalaitoksella tuotetaan lauhdesähköä kivihiilikattilalla, joka muodostaa lähes täysin voimalaitoksen päästöt ilmaan. Voimalaitoksen ilmanpäästöt koostuvat hiilidioksidista, rikkidioksidista, typen oksideista, hiukkasista, arseenista, elohopeasta, kadmiumista, kromista, lyijystä, nikkelistä, vanadiinista, sinkistä ja kuparista, jotka syntyvät kivihiiltä poltettaessa. Meri-Porin voimalaitos ei ole enää kaupallisessa tuotannossa, vaan se on nykyisin osa energiantuotannon tehoreservijärjestelmää eli voimalaitos käynnistetään silloin, kun sähkön tuotannon ja hankinnan kapasiteetti on ylittymässä. Meri-Porin voimalaitoksen tehoreservikauden sopimus on voimassa vuoden 2022 loppuun asti. Vuoteen 2029 mennessä Suomessa luovutaan kivihiilen käytöstä, jolloin Porin alueen ilmanpäästöt tulevat pienenemään entisestään, jos voimalaitos suljetaan. Vaihtoehtoina on myös polttoaineen vaihtaminen toiseen. Voimalaitoksen tulevaisuudesta ei kuitenkaan ole vielä päätetty. (Ympäristölupapäätös dnro ESAVI/320/04.08/2012 2018; Laakso 2020.)

Porin Prosessivoima Oy:n voimalaitos on lämmön ja sähkön yhteistuotantolaitos Meri-Porissa. Voimalaitoksella on kaksi kiertopetikattilaa ja kolme varakattilaa. Kiertopetikattiloissa käytetään polttoaineena kivihiiltä, turvetta, puuperäisiä polttoaineita, kuten haketta ja purua, kierrätyspolttoainetta ja nesteytettyä maakaasua. Poltosta syntyy hiilidioksidia, rikkidioksidia, typen oksideja ja hiukkasia päästöinä ilmaan. (Pohjolan voiman www-sivut 2020; Ympäristölupapäätös dnro ESAVI/8801/2017 2018.)

Venator P&A Finland Oy:n Porin titaanioksiditehdas Meri-Porissa on aikaisemmin valmistanut titaanidioksidipigmenttejä ( $\text{TiO}_2$ ), ferrosulfaattia ja rikkihappoa omaan

käyttöön. Vuoden 2017 tulipalon jälkeen tehdas valmistaa nykyisin vain TiO<sub>2</sub>-pigmenttejä pienemmällä tuotantokapasiteetilla. Ennen tulipaloa ilmanpäästöt koostuivat hiilidioksidista, rikkiyhdisteistä, NO<sub>x</sub>- ja hiukkaspäästöistä, mutta nykyisestä toiminnasta ilmaan syntyy vain hiukkaspäästöjä. Esimerkiksi ilmeniitin liuotuksesta rikkihapon avulla syntyi SO<sub>2</sub>-päästöjä ilmaan; eksotermisen reaktion takia liuos kiehuu voimakkaasti ja vesihöyryn mukana ilmaan poistui myös rikkihappoa ja ilmeniittiä. (Ympäristölupapäätös dnro LSY-2004-Y-393 2007; Ympäristölupapäätös dnro ESAVI/12215/2018 2019.)

Lisäksi titaanioksiditehtaan SO<sub>2</sub>-päästöjä syntyi ilmeniitin kalsinoinnissa, kun pigmenttiliete kuumennettiin noin 1 000 °C:n lämpötilaan, jolloin lietteeseen adsorboitunut rikkihappo ja sulfaatit hajaantuivat ilmaan rikin oksideiksi. Kalsinoinnissa syntyi myös NO<sub>x</sub>-päästöjä. Titaanioksiditehdas valmisti myös rikkihappoa omaan käyttöönsä, joka aiheutti rikkiyhdisteiden (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) pääsyä ilmaan. Ilmeniitin kuivaus ja jauhatus tuotti hiukkaspäästöjä, mutta sitä tehtaalla ei enää tehdä, joka on osaltaan vähentänyt titaanioksiditehtaan hiukkaspäästöjä. Hiukkaspäästöjä syntyy tehtaan nykyisestä toiminnasta titaanidioksidin kuivajauhatuksesta, kuivauksesta, suihkujauhatuksesta ja pakkauksesta. (Ympäristölupapäätös dnro LSY-2004-Y-393 2007; Ympäristölupapäätös dnro ESAVI/12215/2018 2019.)

Pori Energia Oy:n Aittaluodon voimalaitos tuottaa kaukolämpöä, prosessihöyryä ja -lämpöä sekä sähköä. Voimalaitoksella on biokattila, leijukerroskattila, apukattila ja kaksi turbogeneraattoria. Biokattila on otettu käyttöön vuonna 2020, jolloin toinen leijukerroskattila poistui kokonaan käytöstä ja toisen kattilan polttoainetehoa sekä käyttöaikaa pienennettiin. Voimalaitoksella poltetaan puuperäistä polttoainetta, turvetta, kierrätyspolttoainetta ja raskasta polttoöljyä. Voimalaitoksen toiminnasta syntyy SO<sub>2</sub>-, NO<sub>x</sub>-, CO<sub>2</sub>-, CO- ja hiukkaspäästöjä. (Ympäristölupapäätös dnro ESAVI/10436/2017 2018).

Boliden Harjavalta Oy on kupari- ja nikkelisulatto, jonka pääraaka-aineita ovat rikasteet ja kierrätysmetallit kuten prosessoitu elektroniikkaromu. Lisäksi yhtiöllä on Harjavallassa myös rikkihappotehtaita. Kuparisulattossa tuotetaan anodikuparia ja nikkelisulattossa valmistetaan nikkelikiveä. Anodikuparia käytetään raaka-aineena

katodikuparin valmistuksessa. Näiden lisäksi yhtiön tuotteita ovat rikkihappo ja nestemäinen rikkidioksidi. Toiminnasta syntyvät ilmanpäästöt ovat pääsääntöisesti rikkidioksidi, hiukkaset, metallit ja arseeni. Metallipäästöjä ovat muun muassa kupari, sinkki, nikkeli ja lyijy. Rikkidioksia ja metallipitoisia hiukkasia syntyy kuparin ja nikkelin liekkisulatuksessa ja kuparin konvertoinnissa. Tätä rikkidioksidipäästöä hyödynnetään johtamalla se rikkihappotehtaille, jossa se prosessoidaan rikkihapoksi. Myös rikkihappotehtaat tuottavat rikkidioksidia ilmaan. Osa SO<sub>2</sub>-päästöistä ilmaan aiheutuu tehtaan häiriötilanteista sekä prosessin ylös- ja alasajosta. (Ympäristölupapäätös dnro ESAVI/147/04.08/2011 2014; Ympäristölupapäätös dnro ESAVI/12257/2014 2015.)

Norilsk Nickel Harjavalta Oy tuottaa metallista katodia, brikettiä ja pulveria, nikkelikemikaaleja ja muun muassa kobottisulfaattia (CoSO<sub>4</sub>), ammoniumsulfaattia ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ja kuparisulfidia (Cu<sub>x</sub>S<sub>y</sub>). Nikkelikemikaaleja ovat esimerkiksi nikkelisulfaatti (NiSO<sub>4</sub>), nikkelihydroksidi (Ni(OH)<sub>2</sub>) ja nikkelikarbonaatti (NiCO<sub>3</sub>). Toiminnan pääasialliset ilmanpäästöt ovat ammoniakki (NH<sub>3</sub>), nikkeli (Ni) ja haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC). Häiriötilanteissa ilmaan voi päästä myös rikkivetyä (H<sub>2</sub>S). Lisäksi toiminnasta syntyy myös jonkin verran hiukkaspäästöjä. Ammoniakkia vapautuu ilmaan nikkelin vetypelkistyksessä, jossa käytetään ammoniakkipitoista liuosta; osa prosessin ylimääräisestä ammoniakista vapautuu ilmaan. Lisäksi ammoniakkipäästöä syntyy kemikaalitehtaan jätevedenpuhdistamon jätevesistä. Haihtuvia orgaanisia yhdisteitä pääsee ilmaan metalliuiutoissa, jossa alifaattisia orgaanisia liuottimia sisältävistä uuttokennoista nousee kerosenia ilmaan. Rikkivetyä voi päästä syntymään, jos nikkeliä saostettaessa natriumvetysulfidilla (NaHS) olosuhteet ovat happamat. Tällöin NaHS reagoi hapon kanssa muodostaen rikkivetyä. (Ympäristölupapäätös dnro ESAVI/148/04.08/2011 2014.)

Norilsk Nickel Harjavalta Oy:n hiukkaspäästöt koostuvat pääosin nikkelpäästöistä, joista suurin osa muodostuu elektrolyysissä. Elektrolyysissä nikkelisulfaattiliuoksesta pelkistetään nikkeliä pelkistysreaktioilla. Reaktioissa muodostuu happi- ja vetykaasuja, jotka kuljettavat mukanaan nikkeliä ilmaan. Pelkistysaltaiden pinnalla pidetään natriumlauryylisulfaattivaahtoa tämän estämiseksi, mutta siitä huolimatta jonkin verran nikkeliä pääsee vapautumaan ilmaan. Pelkistämössä nikkeliä pääsee ilmaan nikkelpulverin kuivaamisessa ja sen jatkokäsittelyvaiheissa. Nikkelpäästöjä



syntyy myös nikkelin liuottamossa, kemikaalitehtaan kuivaimilta, kuljettimilta ja pakkausvaiheista. (Ympäristölupapäätös dnro ESAVI/148/04.08/2011 2014).

Suomen Teollisuuden Energiapalvelut - STEP Oy toimittaa höyryä, prosessilämpöä, paineilmaa ja prosessivesiä Harjavallan teollisuusalueelle ja kaupungille. Voimalaitoksella on muun muassa biohöyrykattila, höyrykattila, nikkelin ja kuparin lämmön talteenottokattila, höyrystys- ja tulistuskattila, paineilmakompressoreita sekä kuumavesi- ja kaukolämpökattila. Kattiloiden polttoaineina käytetään muun muassa kevyttä tai raskasta polttoöljyä ja maakaasua. Toiminnasta syntyvät pääasialliset päästöt ilmaan ovat hiilidioksidi ja typen oksidit. Lisäksi STEP Oy:llä on alueella pellettihöyrylaitos, jonka polttoaineena toimii pääasiassa puupelletti, mutta myös turvepellettejä ja nestemäistä maakaasua on pellettikattilassa mahdollista käyttää. Polton seurauksena ilmaan pääsee PM-, NO<sub>x</sub>-, SO<sub>2</sub>-, CO<sub>2</sub>- ja CO-päästöjä. Nestemäisen maakaasun ollessa polttoaineena, savukaasut koostuvat pääosin hiilidioksidista. (STEPin [www-sivut](http://www.step.fi) 2020; Ympäristölupapäätös dnro ESAVI/36682/2019 2020; Ympäristölupapäätös dnro ESAVI/11819/2014 2015.)

### 3.1 Case-esimerkki SO<sub>2</sub>-päästöistä

Tarkastellaan esimerkiksi Meri-Porin voimalaitoksen kivihiilikattilan teoreettisia SO<sub>2</sub>-päästöjä. Kattila on polttoaineteholtaan 1 300 MW, johon syötettävän kivihiilen rikkipitoisuus on normaalisti 0,5-0,7 paino-% (Ympäristölupapäätös dnro LSY-2001-Y-297 2005). Kivihiilen tyypillinen tehollinen lämpöarvo saapumistilassa on 24 MJ/kg (Alakangas, Hurskainen, Laatikainen-Luntama & Korhonen 2016, 173). Laitoksen kivihiilikattilan keskimääräinen vuosittainen käyttöaika vuosina 2013-2017 on ollut 2 800 h/a. Kattilassa voidaan käyttää myös raskasta polttoöljyä, mutta tässä tarkastelussa oletetaan, että kattilassa poltetaan koko vuoden vain kivihiiltä. (Ympäristölupapäätös dnro ESAVI/320/04.08/2012 2018.)

Alla olevasta laskusta nähdään, että rikkidioksidia syntyy yhtä megajoulea kohti 500 mg, kun kivihiilen rikkipitoisuus on keskimääräisesti 0,6 paino-%. Kun rikkidioksidin päästörajoitus on 140 mg/MJ<sub>th</sub>, tulee laitoksen vähentää SO<sub>2</sub>-päästöjä 72 %.

$$\text{SO}_2 - \text{päästö} = \frac{0,006 * 64 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} * 24 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}} = 0,0005 \frac{\text{kg}}{\text{MJ}} = \mathbf{500 \frac{\text{mg}}{\text{MJ}}}$$

Kun tiedetään rikkipäästön olevan 500 mg/MJ, voidaan laskea laitoksen vuosittaiset SO<sub>2</sub>-päästöt:

$$\begin{aligned} \text{SO}_2 - \text{päästö} &= 500 \frac{\text{mg}}{\text{MJ}} * 1\,300 \text{ MW} * 2\,800 \frac{\text{h}}{\text{a}} * 3\,600 \frac{\text{s}}{\text{h}} = 655 * 10^{10} \text{ mg SO}_2/\text{a} \\ &= \mathbf{6\,550 \text{ t SO}_2/\text{a}} \end{aligned}$$

Keskimääräisellä käyttöajalla 2 800 h/a, SO<sub>2</sub>-päästöjä syntyy vuodessa 6 550 tonnia ennen savukaasujen puhdistusta. Voimalaitos on vuosina 2013-2017 käyttänyt kivihiiltä keskimääräisesti 355 817 t/a. Tällöin SO<sub>2</sub>-päästöjä syntyy yhtä kivihiilitonnia kohden 18,4 kg ennen savukaasujen puhdistusta.

Voimalaitoksen lähtökohta on alun perin ollut, että laitoksen vuosittainen käyttöaika olisi vähintään 6 500 tuntia (Ympäristölupapäätös dnro ESAVI/320/04.08/2012 2018). Tällä käyttöajalla vuosittaiset SO<sub>2</sub>-päästöt olisivat 15 200 tonnia ennen savukaasujen puhdistusta.

$$\begin{aligned} \text{SO}_2 - \text{päästö} &= 500 \frac{\text{mg}}{\text{MJ}} * 1\,300 \text{ MW} * 6\,500 \frac{\text{h}}{\text{a}} * 3\,600 \frac{\text{s}}{\text{h}} = 15,2 * 10^{12} \text{ mg SO}_2/\text{a} \\ &= \mathbf{15\,200 \text{ t SO}_2/\text{a}} \end{aligned}$$

Huomattavaa on, että kivihiilen rikkipitoisuus voi vaihdella välillä 0,2-5 %, jolloin myös SO<sub>2</sub>-päästö vaihtelee välillä 150-4 000 mg SO<sub>2</sub>/MJ (Raiko ym. 2002, 344).

Voimalaitoksella on myös polttoaineteholtaan 49 MW:n suuruinen apukattila, jolla tuotetaan höyryä laitoksen käynnistys- ja pysäytystilanteissa ja tarvittaessa lämmitetään kiinteistöä. Apukattilassa on käytetty raskasta polttoöljyä vuoteen 2017 asti, jolloin polttoaine vaihdettiin kevyeen polttoöljyyn. Vuosittaisia käyntiaikoja ei ole ilmoitettu, mutta kattilan käyttötunnit vuoteen 2016 asti olivat noin 4 800 h.

Tarkastellaan siis kattilan koko käyttöiän SO<sub>2</sub>-päästöjä. (Ympäristölupapäätös dnro ESAVI/320/04.08/2012 2018.)

Raskaan polttoöljyn rikkipitoisuus voi olla jopa 4 p-%. Voimalaitoksen ympäristölupapäätöksessä, dnro LSY-2001-Y-297, kerrotaan kivihiilikattilan ylösajoissa ja varapolttoaineena käytettävän raskasta polttoöljyä, jonka rikkipitoisuus on korkeintaan 2,8 p-%. Raskaan polttoöljyn tehollinen lämpöarvo on noin 41 MJ/kg (Alakangas ym. 2016, 181). Näillä arvoilla saamme raskaan polttoöljyn rikkipäästöksi 1 370 mg/MJ.

$$\text{SO}_2 - \text{päästö} = \frac{0,028 * 64 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} * 41 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}} = 0,00137 \frac{\text{kg}}{\text{MJ}} = \mathbf{1\,370 \frac{\text{mg}}{\text{MJ}}}$$

Kun apukattilaa on käytetty yhteensä 4 800 h (31.12.2016 saakka), ovat sen SO<sub>2</sub>-päästöt teoriassa olleet 1 100 tonnia ennen savukaasujen puhdistusta.

$$\begin{aligned} \text{SO}_2 - \text{päästö} &= 1\,370 \frac{\text{mg}}{\text{MJ}} * 49 \text{ MW} * 4\,800 \text{ h} * 3\,600 \frac{\text{s}}{\text{h}} = 11,6 * 10^{11} \text{ mg SO}_2 \\ &= \mathbf{1\,160 \text{ t SO}_2} \end{aligned}$$

## 4 MITTAUSVERKKO JA –JÄRJESTELMÄ

Harjavalta-Pori -mittausverkkoon kuuluu yhteensä viisi mittausasemaa ja kaksi sääasemaa. Harjavallassa mittausasemat sijaitsevat kaupungin keskustassa Kalevassa ja joen pohjoispuolella Pirkkalassa. Molemmilla asemilla mitataan rikkidioksidia, hengitettäviä hiukkasia sekä hiukkasten metallipitoisuuksia. Kalevassa mitataan lisäksi pienhiukkasia ja siellä sijaitsee sääasema.

Porin keskustassa ilman epäpuhtauksia, pääasiassa liikenteen aiheuttamia päästöjä, mitataan Paanakedonkadun asemalla ja säätietoja ympäristöviraston katolla olevalla sääasemalla Valtakadulla. Pastuskerin asema sijaitsee Meri-Porissa ja siellä mitataan rikkidioksidin taustapitoisuuksia.

Taulukossa 1 on esitetty Harjavallan ja Porin mittausasemien sijainnit, mitattavat komponentit ja sääasemat.

Taulukko 1. Harjavallan ja Porin mittaus- ja sääasemien sijainnit sekä mitattavat komponentit.

|                        | PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | NO <sub>x</sub> | SO <sub>2</sub> | PM <sub>10</sub> metallit | Sääasema |
|------------------------|------------------|-------------------|-----------------|-----------------|---------------------------|----------|
| Harjavalta, Kaleva     | x                | x                 |                 | x               | x                         | x        |
| Harjavalta, Pirkkala   | x                |                   |                 | x               | x                         |          |
| Pori, Paanakedonkatu   | x                | x                 | x               | x               |                           |          |
| Pori, Ympäristövirasto |                  |                   |                 |                 |                           | x        |
| Pori, Pastuskeri       |                  |                   |                 | x               |                           |          |

Lisäksi Porin kaupungin elinvoima- ja ympäristötoimiala myy ilmanlaadun mittauspalveluja Rauman kaupungille kalenterivuoden kerrallaan. Käytännössä Porin kaupungin elinvoima- ja ympäristötoimiala kerää ja käsittelee Rauman Hallikadun mittaustulokset ja välittää ne edelleen Ilmatieteen laitoksen ilmanlaatusivustolle sekä Rauman kaupungin ympäristönsuojeluyksikölle, joka laatii Rauman mittaustuloksista

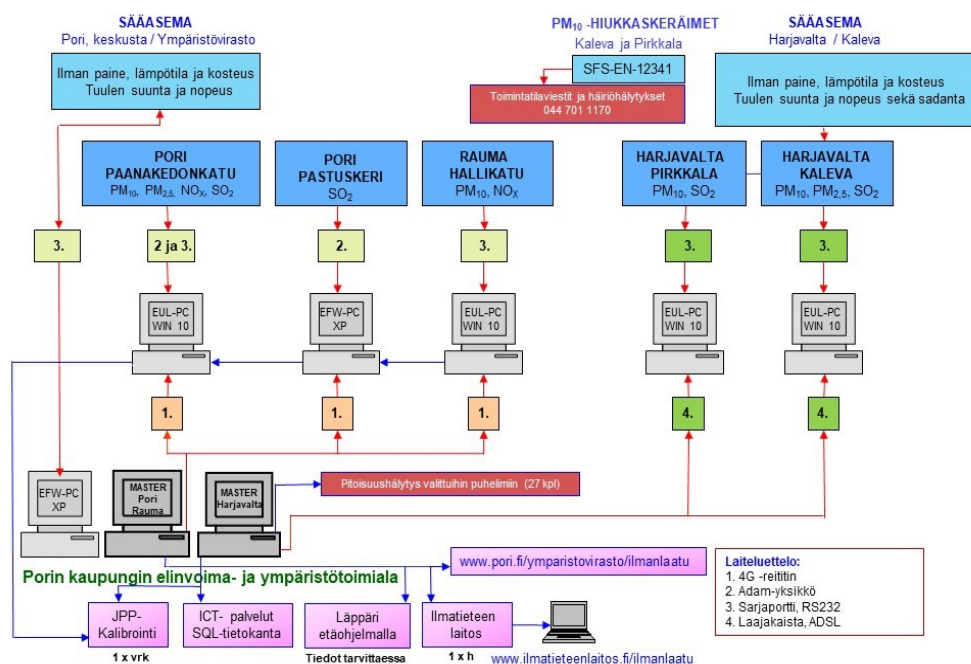
vuosiraportin. Rauman kaupungin ympäristöviraston ylläpitämällä Hallikadun asemalla mitataan typen oksideja sekä hengitettäviä hiukkasia.

Porin Paanakedonkadun sekä Harjavallan Kalevan ja Pirkkalan mittausasemien mittausohjelmistona käytetään Envidas Ultimate -ohjelmaa. Porin Pastuskerin mittausaseman mittausohjelmistona käytetään vanhaa Envidas for Windows -ohjelmaa. Porin kaupungin ympäristövirastolla Porin-Rauman sekä Harjavallan Master -tietokoneissa mittaustulosten keräämiseen, käsittelyyn ja niiden edelleen lähettämiseen käytetään Envista ARM -ohjelmaa.

Mittauslaitteiden huolloista ja kalibroinneista sekä mittaustulosten editoinneista vastaa J.P.Pulkkisen Kalibrointi Ky. Harjavallan osalta mittausjärjestelmä sisältää automaattiset hälytykset, mikäli rikkidioksidipitoisuudet ovat vaarassa ylittyä. Tällöin järjestelmä lähettää tekstiviestin 27 matkapuhelimeen. Toinen tekstiviesti välitetään, kun pitoisuus on laskenut takaisin alle säädetyn rajan. PM<sub>10</sub> -hiukkasnäytekeraimien järjestelmä lähettää tekstiviestit Porin kaupungin elinvoima- ja ympäristötoimialan hälytyspuhelimeen aina, kun keräykset käynnistyvät ja päättyvät sekä sähkökatkotilanteissa.

Ilmanlaadun valvonnan mittaustulokset saadaan lähes reaaliajassa laboratorioissa analysoitavia metalli- ja arseenipitoisuusnäytteitä lukuun ottamatta. Harjavallan Kalevan ja Pirkkalan mittausasemilta tulokset saadaan laajakaistayhteydellä noin kahden minuutin päivitysajalla. Porin Paanakedonkadun, Pastuskerin ja Rauman Hallikadun mittausasemilta tulokset päivittyvät Porin ympäristöviraston Master -tietokoneelle kerran tunnissa 4G -yhteyden välityksellä. Tiedot välitetään tunneittain Ilmatieteen laitoksen ilmanlaatusivustolle, josta ilmanlaatua voi seurata noin tunnin viiveellä. Kuvassa 2 on esitetty Harjavallan, Porin ja Rauman ilmanlaadun mittausjärjestelmä.

# ILMANLAADUN MITTAUSJÄRJESTELMÄ HARJAVALTA-PORI-RAUMA



Kuva 2. Ilmanlaadun mittausjärjestelmä Harjavalta-Pori-Rauma.

Harjavalan ja Porin mittausasemilla mitataan erilaisia ilman epäpuhtauksia voimassa olevan seurantasuunnitelman mukaisesti. Porin Paanakedonkadun liikenneperäisten epäpuhtauksien mittausasemalla analysoidaan typpidioksidia (NO<sub>2</sub>), rikkidioksidia (SO<sub>2</sub>), hengitettäviä hiukkasia (PM<sub>10</sub>) sekä pienhiukkasia (PM<sub>2.5</sub>). Porin keskustan säätietoja mitataan ympäristövirastolla. Taulukossa 2 on esitetty Porin mittauskomponentit, mittauspaikat sekä -ajat ja analysaattorien mallit.

Taulukko 2. Porin mittauskomponentit, mittauspaikat ja -ajat sekä analysaattorien mallit.

| Mitattava komponentti                                                                 | Paikka           | Mittausaika | Analysaattorin malli |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|----------------------|
| Rikkidioksidi (SO <sub>2</sub> )                                                      | Paanakedonkatu   | jatkuva     | Thermo Electron 43A  |
| Typpidioksidi (NO <sub>2</sub> )                                                      | Paanakedonkatu   | jatkuva     | AC 32M               |
| Hengitettävät hiukkaset (PM <sub>10</sub> )                                           | Paanakedonkatu   | jatkuva     | Fidas 200            |
| Pienhiukkaset (PM <sub>2.5</sub> )                                                    | Paanakedonkatu   | jatkuva     | Fidas 200            |
| Rikkidioksidi (SO <sub>2</sub> )                                                      | Pastuskeri       | jatkuva     | Thermo Electron 43A  |
| Säätiedot: tuulen suunta ja nopeus sekä lämpötila, suhteellinen kosteus ja ilmanpaine | Ympäristövirasto | jatkuva     | Vaisala WXT 520      |

Harjavallan Kalevan ja Pirkkalan mittausasemilla mitattavista komponenteista on määrätty suurteollisuuslaitosten ympäristöluvissa. Pirkkalan asemalla mitataan rikkidioksidi ( $\text{SO}_2$ ) ja hengitettäviä hiukkasia ( $\text{PM}_{10}$ ). Kalevan asemalla mitataan rikkidioksidin ja hengitettävien hiukkasten lisäksi pienhiukkasia ( $\text{PM}_{2.5}$ ) sekä säätietoja. Molemmilla asemilla kerätään myös hiukkasnäytteitä, joiden sisältämät metalli- ja arseenipitoisuudet tutkitaan KVVY Tutkimus Oy:n laboratoriossa Tampereella. Taulukossa 3 on esitetty Harjavallan mittauskomponentit, mittauspaikat ja -ajat sekä analysaattorien mallit.

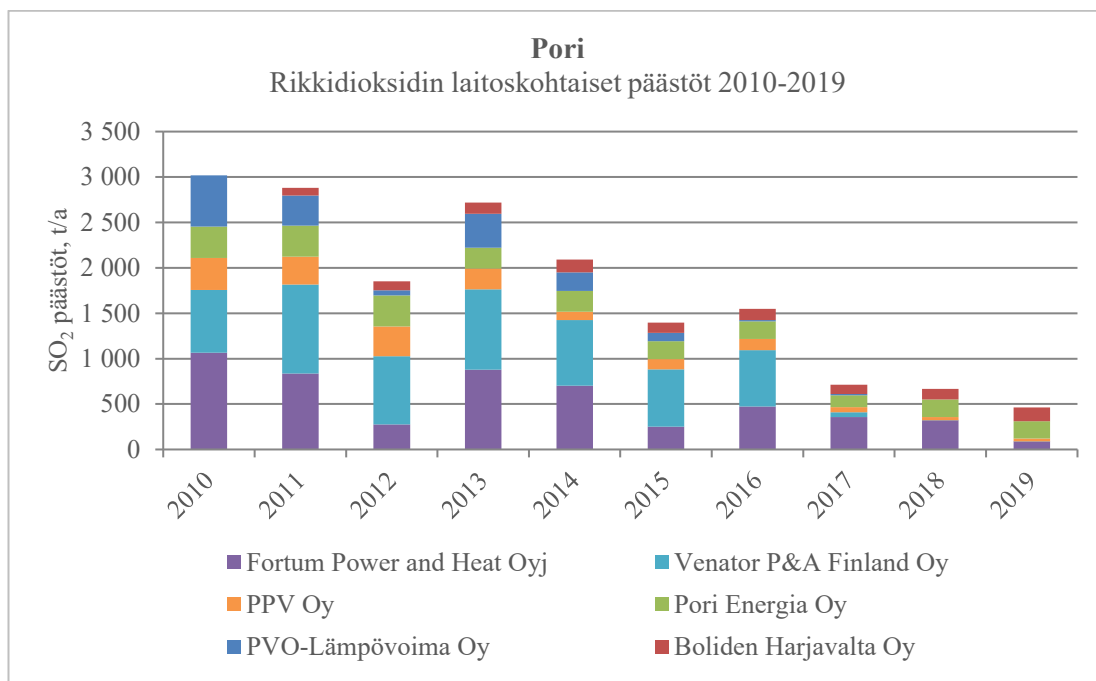
Taulukko 3. Harjavallan mittauskomponentit, mittauspaikat ja -ajat sekä analysaattorien mallit.

| Mitattava komponentti                                                                          | Paikka   | Mittausaika            | Analysaattorin malli                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------------------|------------------------------------------|
| Rikkidioksidi ( $\text{SO}_2$ )                                                                | Kaleva   | jatkuva                | Thermo Scientific 43i                    |
| Hengitettävät hiukkaset ( $\text{PM}_{10}$ )                                                   | Kaleva   | jatkuva                | TEOM 1400A<br>(Fidas 200, 1.1.2021 alk.) |
| Pienhiukkaset ( $\text{PM}_{2.5}$ )                                                            | Kaleva   | jatkuva                | TEOM 1405<br>(Fidas 200, 1.1.2021 alk.)  |
| Hiukkasten metallipitoisuudet                                                                  | Kaleva   | 1 vrk-<br>näyte/viikko | Leckel SEQ47/55                          |
| Säätiedot: tuulen suunta ja nopeus sekä lämpötila, suhteellinen kosteus, ilmanpaine ja sadanta | Kaleva   | jatkuva                | Vaisala WXT 520                          |
| Rikkidioksidi ( $\text{SO}_2$ )                                                                | Pirkkala | jatkuva                | Thermo Scientific 43i                    |
| Hengitettävät hiukkaset                                                                        | Pirkkala | jatkuva                | TEOM 1400A                               |
| Hiukkasten metallipitoisuudet                                                                  | Pirkkala | 1 vrk-<br>näyte/viikko | Leckel SEQ47/55                          |

## 5 LAITOSTEN PÄÄSTÖT

### 5.1 Pori

Rikkidioksidin laitoskohtaiset päästöt vuosina 2010-2019 ovat olleet selvässä laskusuunnassa. Venator P&A Finland Oy:n vuoden 2017 tulipalon jälkeen ja PVO-Lämpövoiman Porin Tahkoluodon voimalaitoksen tuotannon lopettamisen (vuonna 2015) jälkeen rikkidioksidipäästöt ovat luonnollisesti laskeneet. Vuonna 2019 laitosten päästöt kokonaisuudessaan olivat alle 500 t/a, kun vuonna 2010 päästöt olivat noin 3 000 t/a. Kuvassa 3 on esitetty rikkidioksidin laitoskohtaiset päästöt Porissa vuosina 2010-2019.

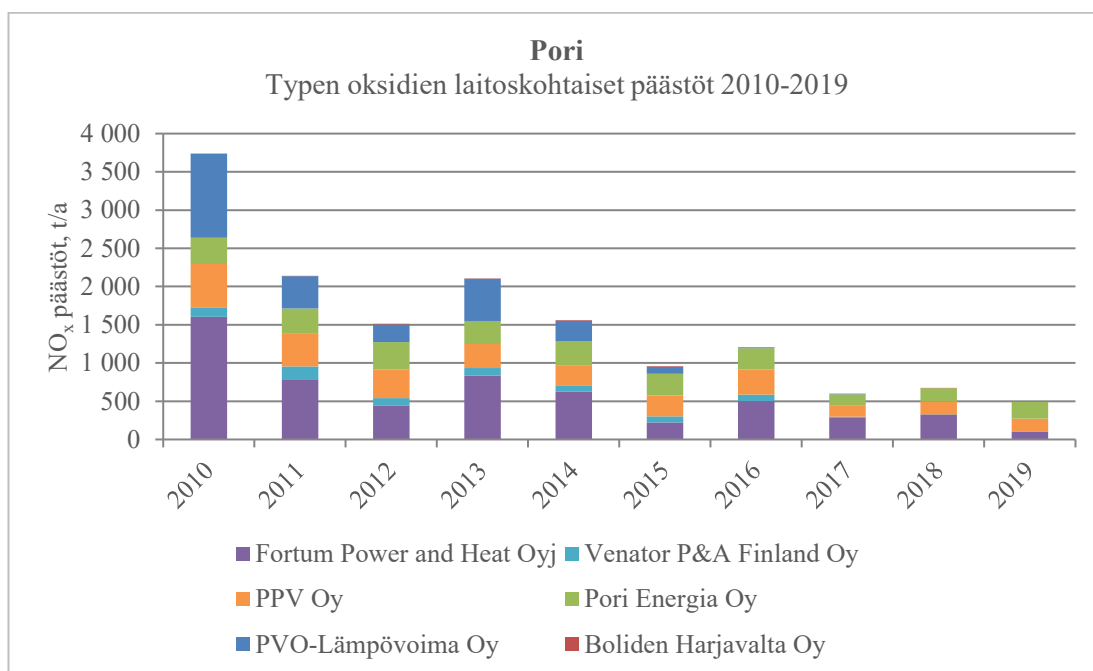


Kuva 3. Rikkidioksidin laitoskohtaiset päästöt Porissa 2010-2019.

Typhen oksidien laitoskohtaiset päästöt ovat myös olleet laskusuunnassa. Vuonna 2010 päästöt olivat korkeimmillaan, yhteensä noin 3 700 t/a, kun vuonna 2019 päästöt olivat yhteensä noin 500 t/a. Pitoisuuksien laskun yhtenä syynä on Venator P&A Finland Oy:n tuotannon merkittävä väheneminen sekä PVO-Lämpövoima Oy:n tuotannon

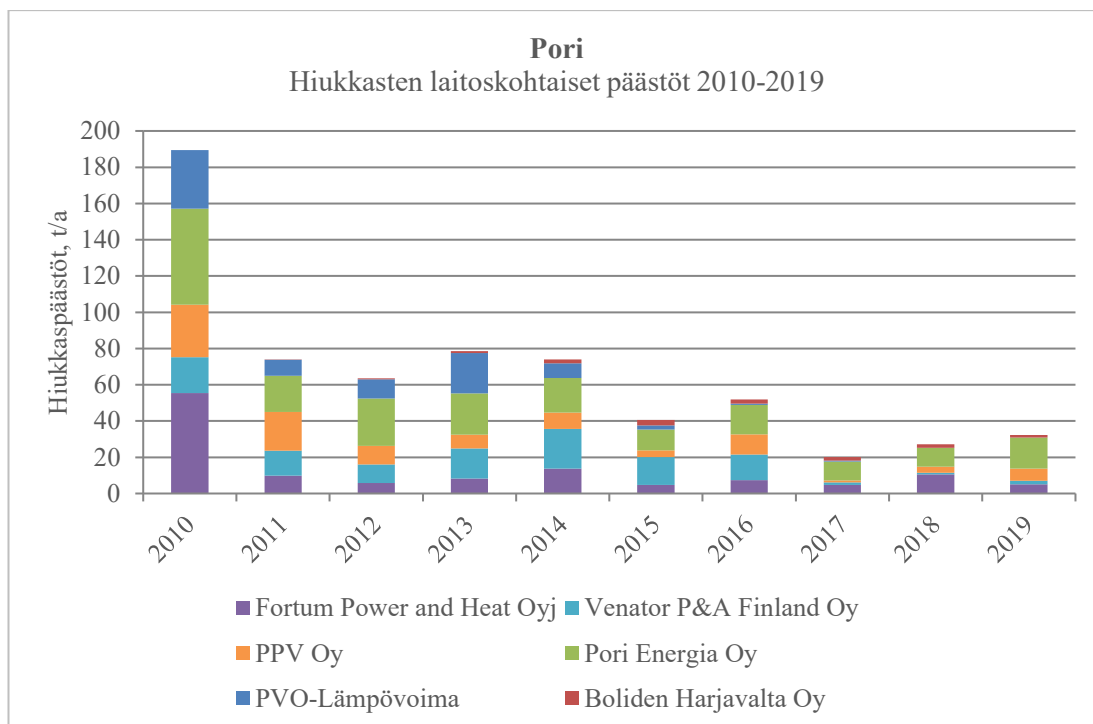


loppuminen. Kuvassa 4 on esitetty typen oksidien laitospaikoittaiset päästöt Porissa vuosina 2010-2019.



Kuva 4. Typen oksidien laitospaikoittaiset päästöt Porissa 2010-2019.

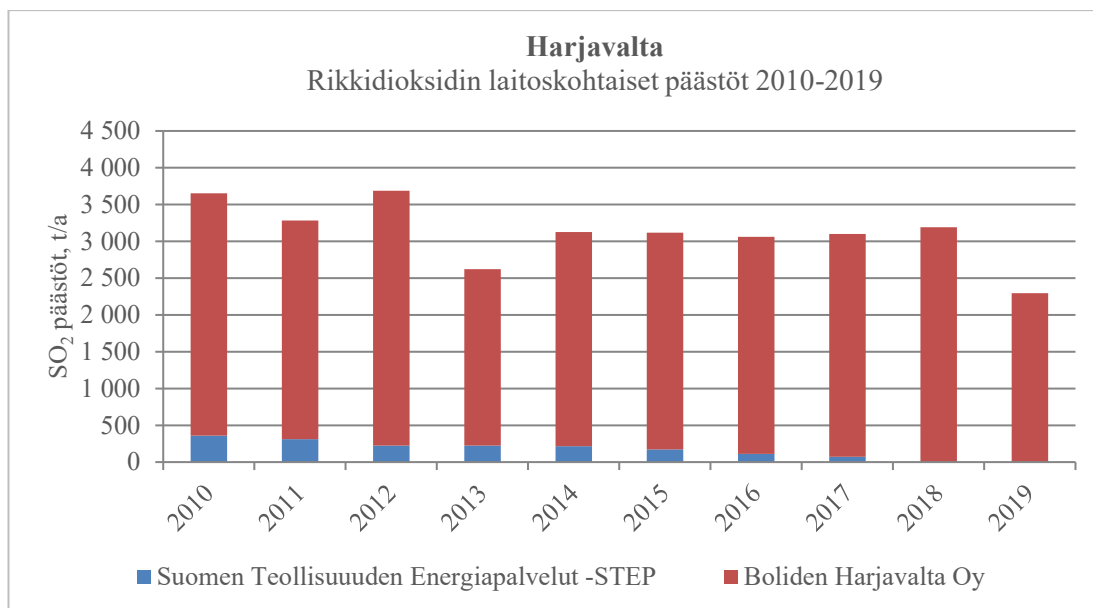
Hiukkasten laitospaikoittaiset päästöt Porissa olivat korkeimmillaan viimeisen kymmenen vuoden tarkastelujaksolla vuonna 2010, kun päästöt olivat yhteensä noin 190 t/a. Pienimmillään hiukkaspäästöt ovat olleet noin 20 t/a vuonna 2017. Kuvassa 5 on esitetty hiukkasten laitospaikoittaiset päästöt Porissa vuosina 2010-2019.



Kuva 5. Hiukkasten laitoskohtaiset päästöt Porissa 2010-2019.

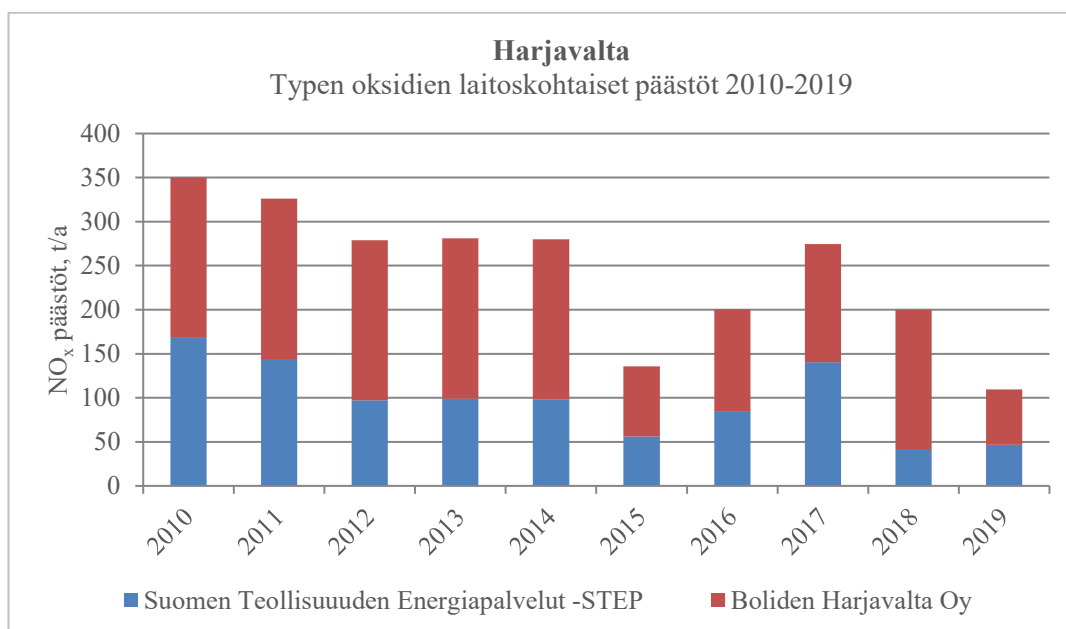
## 5.2 Harjavalta

Harjavallassa rikkidioksidin laitoskohtaiset päästöt ovat vuosina 2010-2019 vaihdelleet välillä 2 300 – 3 600 t/a. Valtaosan rikkidioksidipäästöistä Harjavallassa tuottaa Boliden Harjavalta Oy. Toisena rikkidioksidipäästöjen tuottajana on Suomen Teollisuuden Energiapalvelut – STEP Oy. Kuvassa 6 on esitetty rikkidioksidin laitoskohtaiset päästöt Harjavallassa vuosina 2010-2019.



Kuva 6. Rikkidioksidin laitoskohtaiset päästöt Harjavallassa 2010-2019.

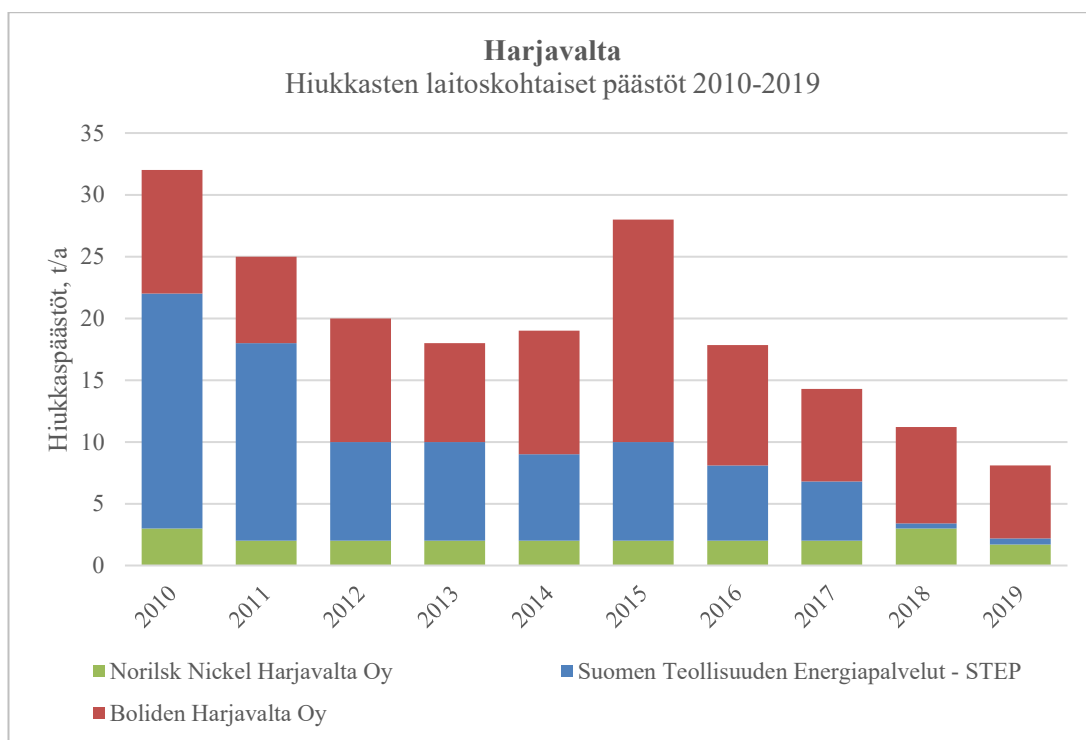
Harjavallan typen oksidien laitoskohtaisten päästöjen tuottajina toimivat pääasiassa Boliden Harjavalta Oy ja STEP. Vuosina 2010-2019 päästöt olivat korkeimmillaan yhteensä 350 t/a vuonna 2010. Pienimmillään päästöt olivat kokonaisuudessaan noin 110 t/a vuonna 2019. Kuvassa 7 on esitetty typen oksidien laitoskohtaiset päästöt Harjavallassa vuosina 2010-2019.



Kuva 7. Typen oksidien laitoskohtaiset päästöt Harjavallassa 2010-2019.

Harjavallassa hiukkasten laitoskohtaisten päästöjen trendi on ollut laskeva erityisesti viimeisen viiden vuoden aikana. Hiukkaspäästöjen tuottajina toimivat pääasiassa

Boliden Harjavalta Oy, STEP ja Norilsk Nickel Harjavalta Oy. Suurimmillaan hiukkaspäästöt ovat olleet yhteensä 32 t/a vuonna 2010 ja pienimmillään noin 8 t/a vuonna 2019. Kuvassa 8 on esitetty hiukkasten laitoskohtaiset päästöt Harjavallassa vuosina 2010-2019.



Kuva 8. Hiukkasten laitoskohtaiset päästöt Harjavallassa 2010-2019.

## 6 PAH-YHDISTEET

Polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä (PAH) syntyy polttoaineiden epätäydellisessä palamisessa ja ne ovat polttoaineen sisältämien hiilivetyjen pyrolyysituotteita. PAH-yhdisteitä on noin 200 erilaista, joista on polton yhteydessä analysoitu noin 30 kappaletta. Myrkyllisiä haittavaikutuksia aiheuttaa muun muassa bentso(a)pyreeni, bentso(e)pyreeni, bentso(a)antraseeni, kryseeni ja dibentro(a,h)antraseeni. Bentso(a)pyreeni (BaP) on tunnetuin ja tutkituin PAH-yhdisteistä. Suurimman osan polton aikana syntyneistä PAH-päästöistä muodostaa naftaleeni ( $C_{10}H_8$ ), joka tosin ei kuulu karsinogeeniseen ryhmään. PAH-yhdisteet ovat ilmassa kiinnittyneinä hiukkasiin. Merkittäviä lähteitä on puun pienpoltto, tieliikenne, valimot ja koksaamot. Teollisuuden aloilla PAH-yhdisteitä voi syntyä esimerkiksi energiantuotannosta, paperi-, elintarvike- ja metalliteollisuudesta. (Raiko ym. 2002, 373-374; Ilmatieteenlaitoksen www-sivut 2020; Suomen ympäristökeskus 2006.)

PAH-yhdisteiden syntyä poltossa voidaan vähentää luomalla palamisprosessiin optimaaliset olosuhteet, jotta epätäydellistä palamista ei syntyisi. Jos polttoaine on erittäin märkää tai kattiloita ajetaan alhaisella teholla, voi palamislämpötila laskea liian matalaksi, jolloin PAH-päästöt nousevat jyrkästi. Tosin hyvin suurella teholla ajettaessa voi pölyn ja kaasujen palamisaika jäädä liian lyhyeksi, jolloin PAH-päästöt nousevat. Lisäksi PAH-päästöjen muodostumiseen vaikuttaa muun muassa ilman ja polttoaineiden jaon tasaisuus ja sekoittuminen. Poltossa muodostuvien PAH-yhdisteiden määrä ja koostumus riippuvat polttoaineen ominaisuuksista. Esimerkiksi vähemmän tervaa muodostavat kivihiilen laadut muodostavat myös vähemmän PAH-yhdisteitä. Myös tulipesän oikealla suunnittelulla voidaan vähentää PAH-yhdisteiden muodostumista. (Raiko ym. 2002, 380-381.)

Porissa ja Harjavallassa ei mitata PAH-yhdisteitä.

## 7 RIKKIDIOKSIDI (SO<sub>2</sub>)

Monet fossiiliset polttoaineet, kuten hiili, öljy ja diesel, sisältävät rikin epäpuhtauksia ja näiden poltto vastaakin suurimmaksi osin ihmisen aiheuttamista rikkidioksidipäästöistä. Useimmat polttoaineet sisältävät noin 0-5 % rikkiä. Polton aikana rikki reagoi hapen kanssa ja hapettuu rikin oksideiksi (SO<sub>x</sub>), joista valtaosa on rikkidioksidia (SO<sub>2</sub>) ja yleensä alle muutama prosentti rikkitrioksidia (SO<sub>3</sub>). Rikkidioksidin päästölähteitä ovat esimerkiksi fossiilisia polttoaineita käyttävät voimalaitokset, metallien käsittely- ja sulatustehtaat sekä dieselmoottorit. (Minnesota Pollution Control Agency:n www-sivut 2020; Raiko ym. 2002, 343-345.)

Korkeat rikkidioksidipitoisuudet ilmassa johtavat yleensä myös muiden rikin oksidien muodostumiseen. SO<sub>x</sub> voi reagoida muiden ilmakehän yhdisteiden kanssa muodostaen pieniä hiukkasia aiheuttaen hiukkaspäästöjä. Pienet hiukkaset voivat tunkeutua syvälle keuhkoihin ja riittävä määrä voi johtaa terveysongelmiin. Suurilla pitoisuuksilla kaasumainen SO<sub>x</sub> voi vahingoittaa puita ja kasveja esimerkiksi hidastuneen kasvun kautta. Rikkidioksidi yhdessä rikin oksidien kanssa aiheuttavat happosateita, jotka voivat vahingoittaa herkkiä ekosysteemejä. (United States Environmental Protection Agency:n www-sivut 2019; Raiko ym. 2002, 343.)

### 7.1 Vähennysmenetelmät

Rikkidioksidipäästöjen vähentämiseen on useita keinoja, esimerkiksi polttoaineen rikkipitoisuuden vähentäminen, rikinpoisto savukaasuista tulipesän jälkeen ja rikinpoisto tulipesässä. Kivihiilen rikkipitoisuuden vähentäminen voidaan tehdä tiheyserotuksella, vaahdotuksella tai magneettisella/elektrostaattisella erotuksella. Nestemäisten polttoaineiden, kuten bensiinin tai öljyn, rikinpoisto tapahtuu yleisesti hydrokrakkaamalla jo öljynjalostamolla. Kevyen polttoöljyn rikkipitoisuus on

merkittävästi alhaisempi kuin raskaan polttoöljyn, sillä rikkipitoisuuden vähentäminen onnistuu parhaiten kevyemmistä jakeista. (Raiko ym. 2002, 348-349.)

Rikinpoisto savukaasuista tulipesän jälkeen voi tapahtua muun muassa märkäpesurilla, puolikuivapesurilla, regeneroivilla menetelmillä ja yhdistetyillä  $\text{SO}_x/\text{NO}_x$ -poistomenetelmillä. Märkäpesurimenetelmässä jäähtyneet savukaasut johdetaan reaktoriin, johon syötetään rikkioksidea sitovaa, yleensä kalsiumpohjaista, lietettä. Menetelmällä voidaan saavuttaa yli 95 %:n rikinpoistotehokkuus, mutta laitteet vaativat paljon tilaa, huoltoa ja sähköä. Sivutuotteena syntyy myyntiin kelpaavaa kipsiä. Märkäpesureita käytetään etenkin isoissa polttolaitoksissa ja ne ovat yleisin hiilivoimaloissa käytetty rikinpoistomenetelmä. Puolikuivassa menetelmässä kalkkiliete sumutetaan rikinpoistokammioon pieninä pisaroina (sumukuivaus). Menetelmää hyödynnetään pienemmissä, vähärikkistä hiiltä polttavissa voimalaitoksissa. Prosessi ei ole yhtä tehokas kuin märkäpesussa, mutta laitteisto on yksinkertaisempi ja pienempi sekä lopputuote on kuivaa. (Raiko ym. 2002, 350-351; Pessa 2016, 14-16.)

Regeneroivissa menetelmissä rikinpoistosorbentti voidaan regeneroida toisin kuin kalsiumyhdisteisiin pohjautuvissa menetelmissä, joissa sorbentti on kertakäyttöistä. Esimerkiksi natriumsulfiittia ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) voidaan käyttää sitomaan rikkidioksidia, jolloin lopputuotteena syntyy natriumbisulfiittia ( $\text{NaHSO}_3$ ). Tätä kuumennettaessa vapautuu konsentroitua (10-15 %) rikkidioksidia ja sorbentti regeneroituu. Konsentroitua rikkidioksidia voidaan käyttää esimerkiksi rikkihapon valmistamiseen. Regeneroivat menetelmät eivät juurikaan tuota jätettä ja rikkisorbenttia tarvitaan vain pieniä määriä, mutta investointikustannukset ja sähköntarve ovat korkeita. (Raiko ym. 2002, 351.)

Rikinpoisto tulipesässä perustuu myöskin kalsiumyhdisteiden käyttöön ja niitä kutsutaan kuiviksi rikinpoistomenetelmiksi. Kalsiumyhdistettä, esimerkiksi kalkkikiveä ( $\text{CaCO}_3$ ), syötetään pölypoltossa tulipesään tai leijukerros-poltossa leijukerrokseen hienojakoisina hiukkasina, jotka reagoivat rikkioksidien kanssa (sorbentti-injektio). Menetelmä on edullinen, sillä erillistä reaktoria ei tarvita, mutta erityisesti jätetuhkan määrä on muihin rikinpoistomenetelmiin verrattuna korkeampi. (Raiko ym. 2002, 352.)

Fortum Power & Heat Oy:n Meri-Porin voimalaitoksella on märkäpesurimenetelmällä toimiva rikinpoistolaitos. Rikkioksideja sitovana lietteenä käytetään kalsiumkarbonaattia ( $\text{CaCO}_3$ ). (Ympäristölupapäätös dnro ESAVI/320/04.08/2012 2018.)

## 7.2 Pitoisuudet suhteessa raja-arvoihin

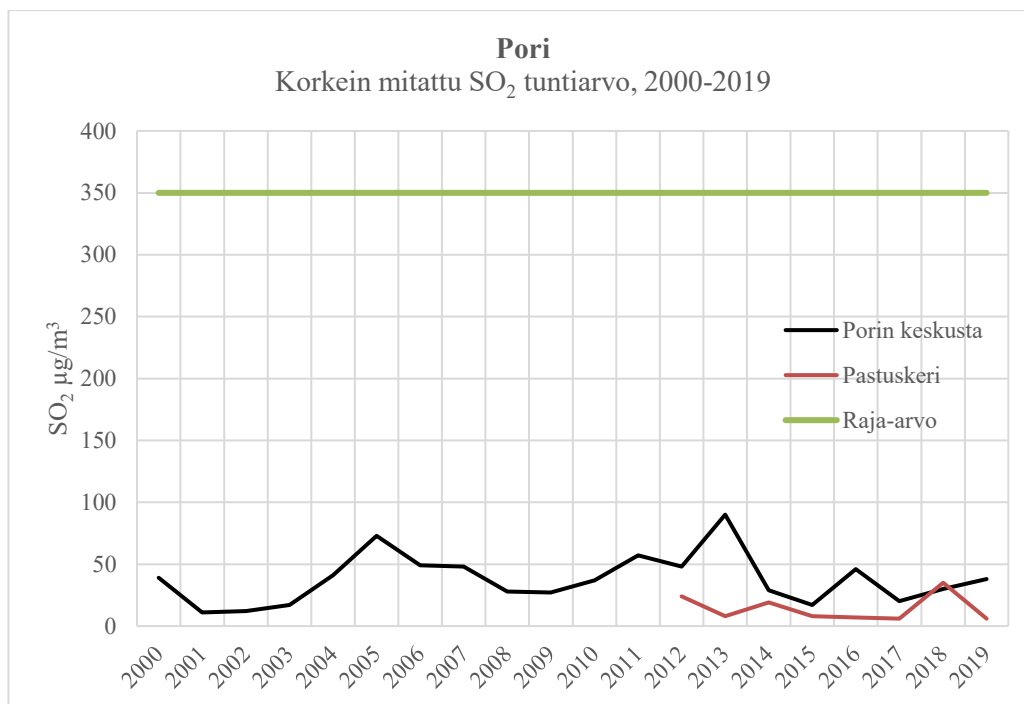
Taulukossa 4 on esitetty ilmassa esiintyvän rikkidioksidin raja-arvot sekä raja-arvon sallitut ylitykset vuodessa.

Taulukko 4. Rikkidioksidin raja-arvot ilmassa (Asetus ilmanlaadusta 4 §; Ympäristöhallinnon www-sivut 2013).

| SO <sub>2</sub>                        | Raja-arvo                    | Sallitut ylitykset vuodessa |
|----------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Tuntiraja-arvo                         | 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 24                          |
| Vuorokausiraja-arvo                    | 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 3                           |
| Kasvillisuuden suojelu, vuosiraja-arvo | 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  | -                           |

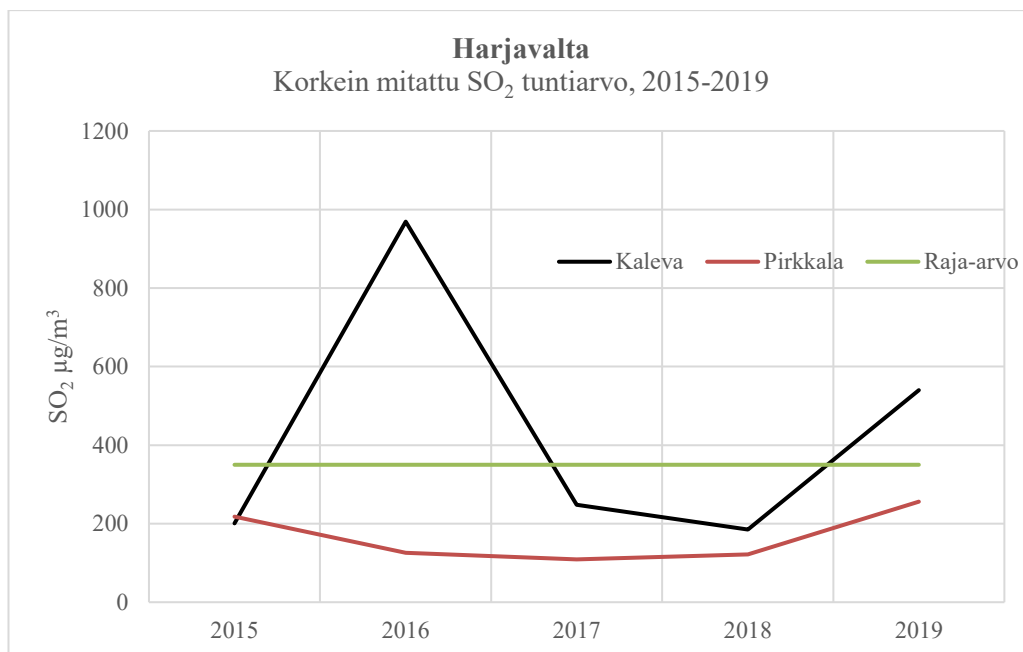
Vuosina 2000-2019 Porin keskustan ja Pastuskerin mittausasemien rikkidioksidipitoisuudet eivät ylittäneet kertaakaan rikkidioksidin tuntiraja-arvon lukuarvoa 350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Korkein mitattu tuntiarvo, 90  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mitattiin Porin keskustassa vuonna 2013. Mittaukset tehtiin keskustassa vuosina 2000-2016 Mikonkadun ympäristössä ja syksystä 2016 alkaen Paanakedonkadulla. Pastuskerissa mittaukset aloitettiin vuonna 2012. Kuvassa 9 on esitetty rikkidioksidin korkeimmat mitatut tuntiarvot Porissa vuosina 2000-2019.





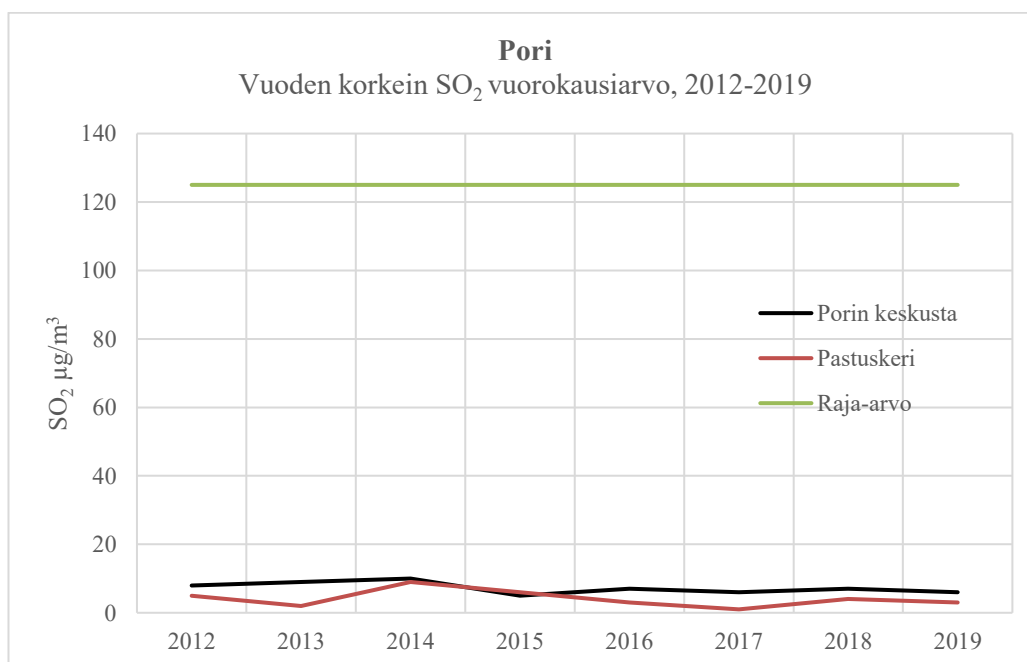
Kuva 9. Rikkidioksidin korkeimmat mitatut tunti-arvot Porissa 2000-2019.

Harjavalan mittausasemilla rikkidioksidin varsinaista tuntiraja-arvoa ei ylitetty vuosina 2015-2019. Kalevan mittausasemalla tuntiraja-arvon lukuarvo ylitettiin vuosina 2016 ja 2019, jolloin rikkidioksidipitoisuus korkeimmillaan oli 969 µg/m<sup>3</sup>. Vuonna 2016 ylityksiä oli yksi ja vuonna 2019 kolme, kun sallittu maksimimäärä ylityksille on 24 kpl vuodessa. Kuvassa 10 on esitetty rikkidioksidin korkeimmat mitatut tunti-arvot Harjavallassa vuosina 2015-2019.



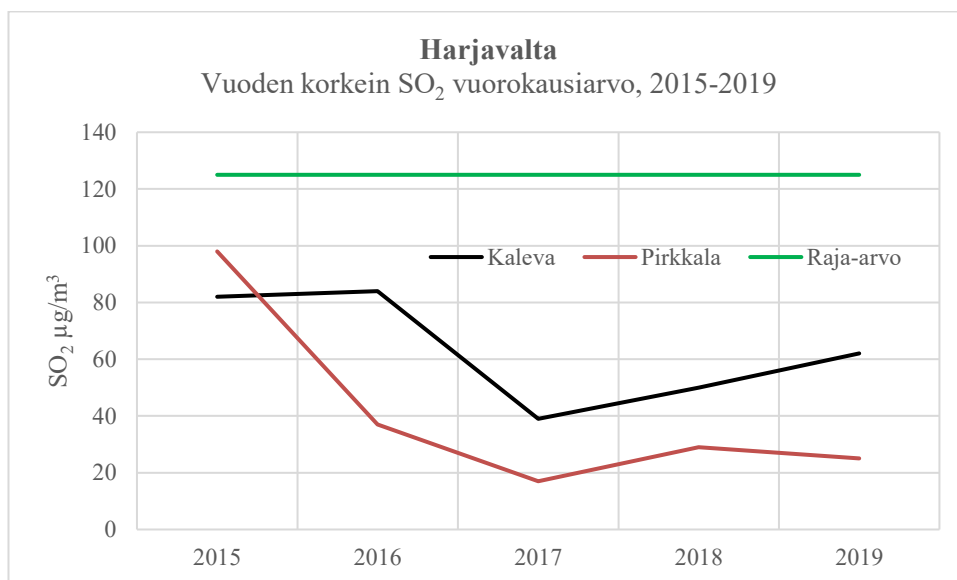
Kuva 10. Rikkidioksidin korkeimmat mitatut tuntiarvot Harjavallassa 2015-2019.

Porin keskustan ja Pastuskerin mittausasemien rikkidioksidipitoisuudet eivät ylittäneet kertaakaan rikkidioksidin vuorokauden raja-arvoa 125 µg/m<sup>3</sup> vuosina 2012-2019. Korkein mitattu vuorokausiarvo, 10 µg/m<sup>3</sup>, mitattiin Porin keskustassa vuonna 2014. Kuvassa 11 on esitetty vuoden korkeimmat rikkidioksidin vuorokausiarvot Porissa vuosina 2012-2019.



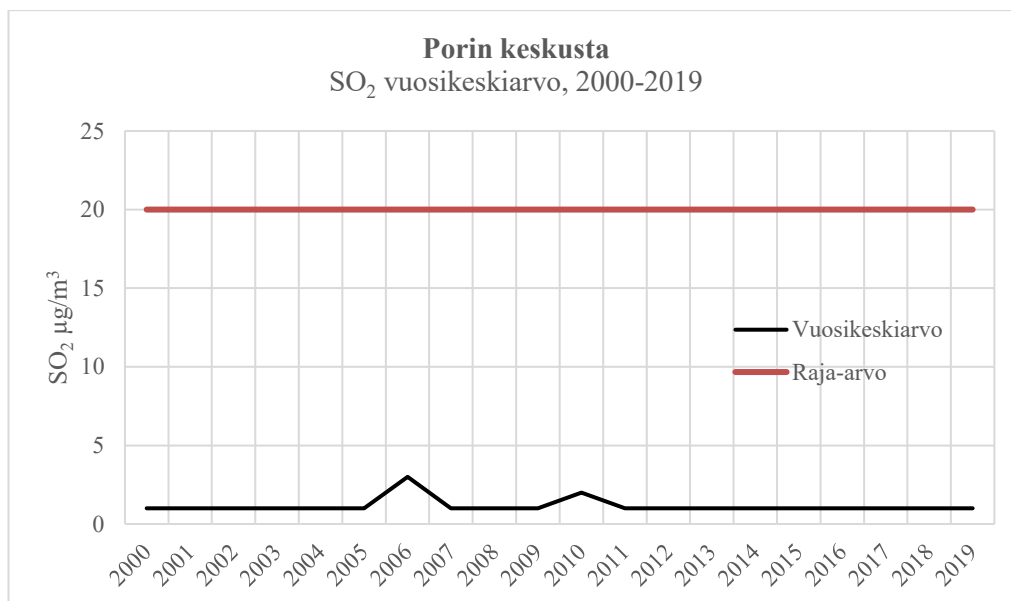
Kuva 11. Vuoden korkeimmat rikkidioksidin vuorokausiarvot Porissa 2012-2019.

Harjavallan Pirkkalan ja Kalevan mittausasemilla rikkidioksidipitoisuudet eivät ylittäneet vuorokausiraja-arvoa  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vuosina 2015-2019. Kaiken kaikkiaan korkein vuorokausiarvo,  $98 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mitattiin Pirkkalassa vuonna 2015. Kuvassa 12 on esitetty vuoden korkeimmat rikkidioksidin vuorokausiarvot Harjavallassa vuosina 2015-2019.



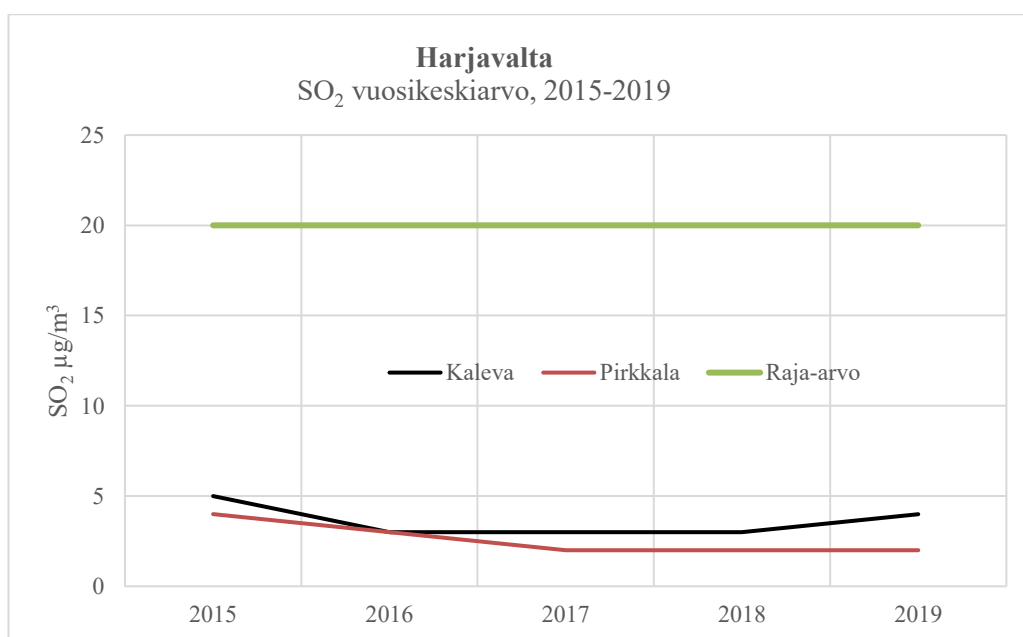
Kuva 12. Vuoden korkeimmat rikkidioksidin vuorokausiarvot Harjavallassa 2015-2019.

Porin keskustan rikkidioksidin vuosikeskiarvo vuosina 2000-2019 on pysynyt reilusti alle raja-arvon  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Vuosikeskiarvo on ollut useimmiten  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  lukuun ottamatta vuosia 2006 ( $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ja 2010 ( $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Kuvassa 13 on esitetty rikkidioksidin vuosikeskiarvot Porin keskustassa vuosina 2000-2019.



Kuva 13. Rikkidioksidin vuosikeskiarvot Porin keskustassa 2000-2019.

Myös Harjavallan rikkidioksidin vuosikeskiarvo on pysynyt alle 20 µg/m<sup>3</sup> vuosiraja-arvon. Korkein vuosikeskiarvo oli 5 µg/m<sup>3</sup> vuonna 2015. Kuvassa 14 on esitetty rikkidioksidin vuosikeskiarvot Harjavallassa vuosina 2015-2019.



Kuva 14. Rikkidioksidin vuosikeskiarvot Harjavallassa 2015-2019.

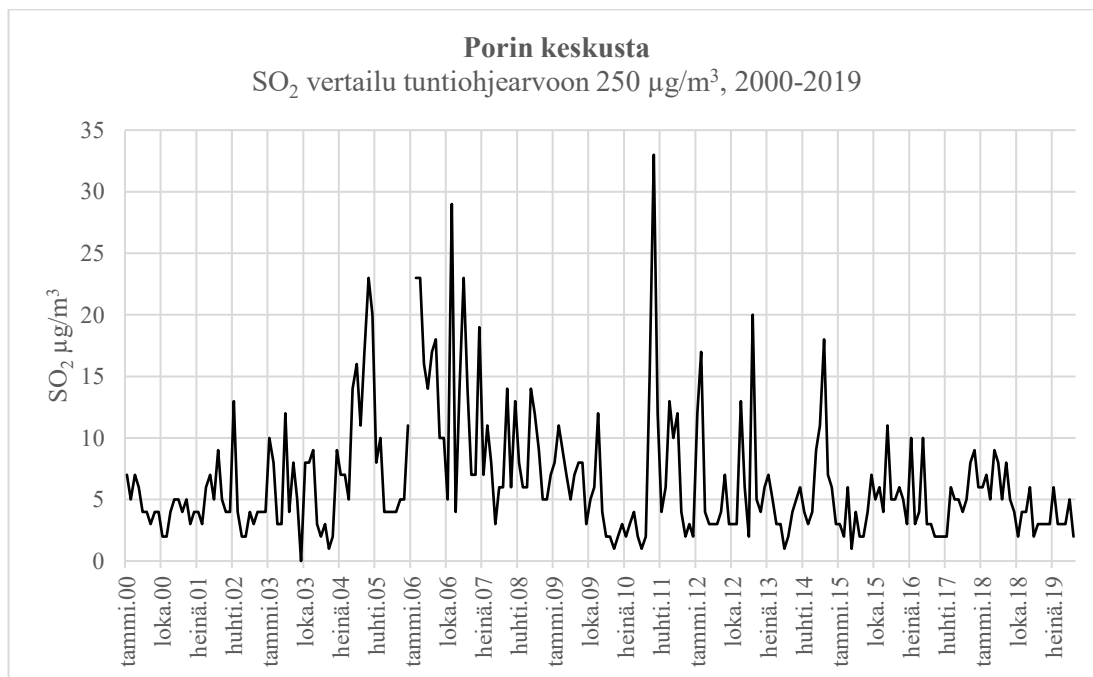
### 7.3 Pitoisuudet suhteessa ohjearvoihin

Taulukossa 5 on esitetty rikkidioksidin ohjearvot.

Taulukko 5. Rikkidioksidin ohjearvot ilmassa (Päätös ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta 2 §; Maailman terveysjärjestön www-sivut 2020).

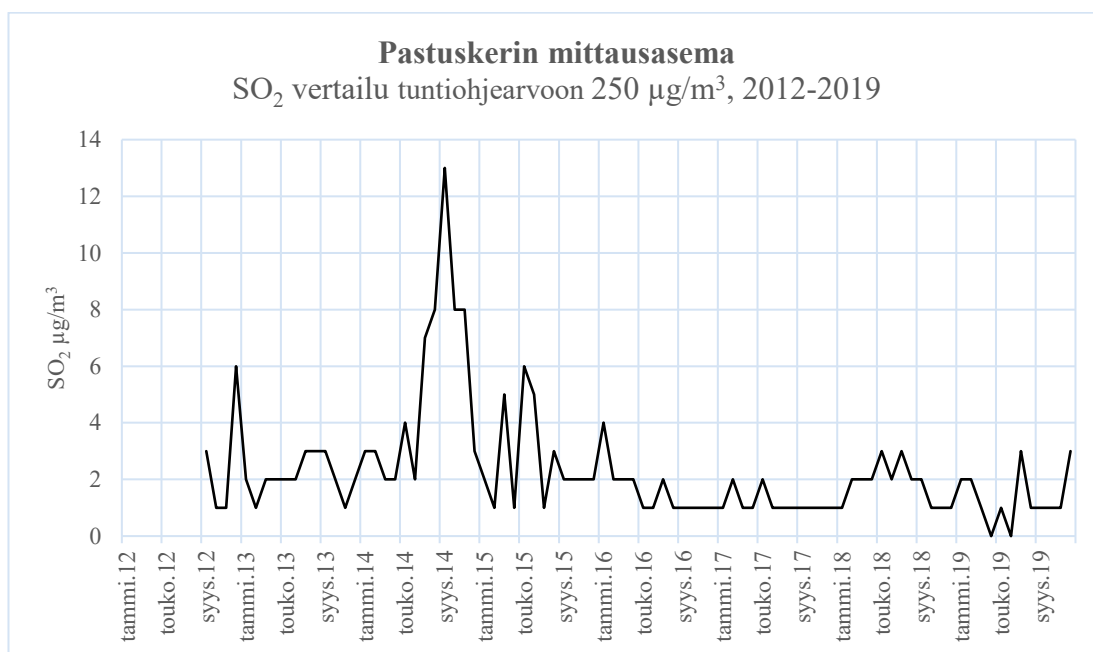
| SO <sub>2</sub>                | Ohjearvo              | Huom.                                     |
|--------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------|
| Kansallinen tuntiohjearvo      | 250 µg/m <sup>3</sup> | kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste |
| Kansallinen vuorokausiohjearvo | 80 µg/m <sup>3</sup>  | kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo  |
| WHO:n ohjearvo, 10 min         | 500 µg/m <sup>3</sup> | -                                         |
| WHO:n vuorokausiohjearvo       | 20 µg/m <sup>3</sup>  | -                                         |

Porin keskustassa rikkidioksidin tuntiohjearvoon verrannolliset kuukauden korkeimmat tuntikeskiarvot vuosina 2000-2019 ovat jääneet selvästi alle 250 µg/m<sup>3</sup> tuntiohjearvon. Korkeimmillaan pitoisuudet ovat olleet 33 µg/m<sup>3</sup> helmikuussa 2011. Kuvassa 15 on havainnollistettu rikkidioksidin vertailu tuntiohjearvoon Porin keskustassa vuosina 2000-2019.



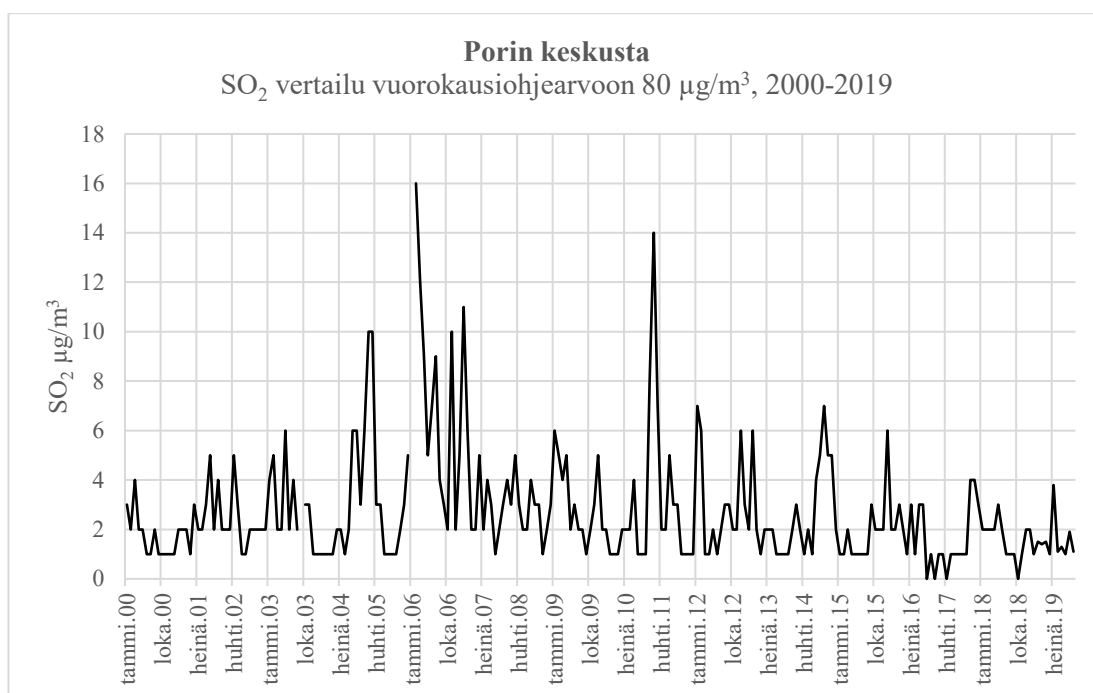
Kuva 15. Rikkidioksidin vertailu tuntiohjearvoon Porin keskustassa 2000-2019.

Myös Pastuskerin mittausasemalla rikkidioksidin kuukauden korkeimmat tuntiohjeeseen verrannolliset pitoisuusarvot ovat olleet reilusti alle ohjeeseen 250  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Korkeimmillaan ohjeeseen verrannollinen pitoisuusarvo on ollut 13  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  syyskuussa 2014. Tätä lukuun ottamatta pitoisuudet ovat pysyneet alle 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  vuosina 2012-2019. Kuvassa 16 on havainnollistettu rikkidioksidin vertailu tuntiohjeeseen Pastuskerissa vuosina 2012-2019.



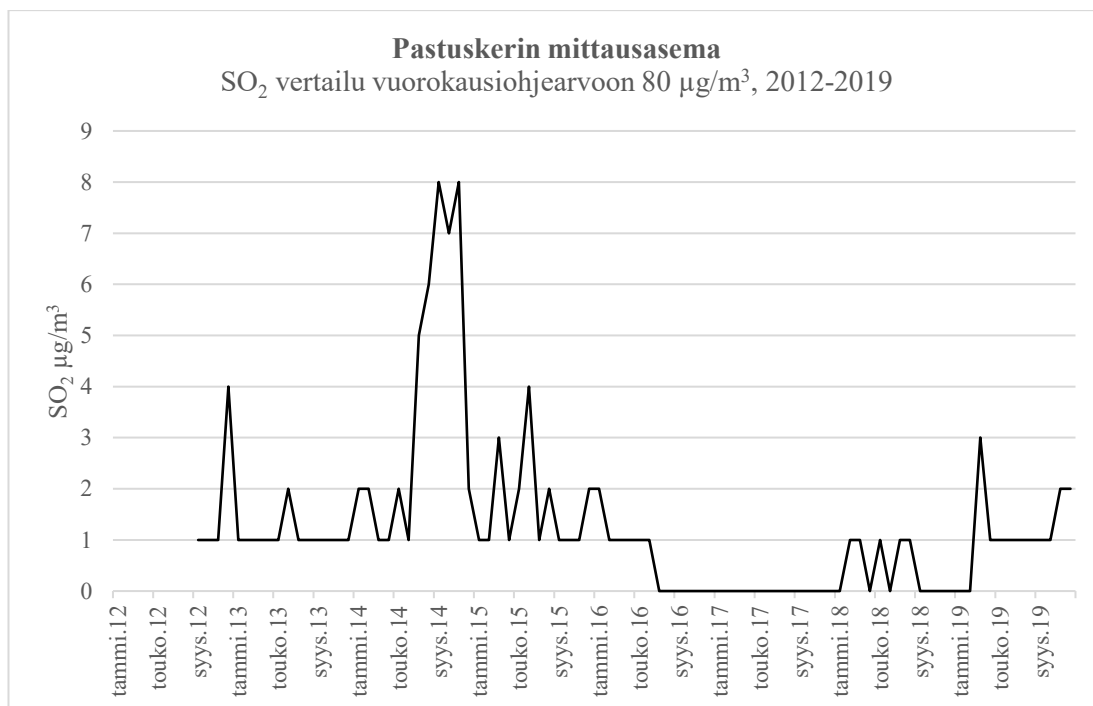
Kuva 16. Rikkidioksidin vertailu tuntiohjeeseen Pastuskerissa 2012-2019.

Rikkidioksidin vuorokausiohjeeseen verrannolliset kuukauden korkeimmat vuorokausiarvot ovat Porin keskustassa jääneet alle ohjeeseen 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  vuosina 2000-2019. Korkeimmillaan arvo on ollut 16  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  helmikuussa 2006 ja viimeisen viiden vuoden aikana alle 7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Kuvassa 17 on havainnollistettu rikkidioksidipitoisuuksien vertailu vuorokausiohjeeseen Porin keskustassa vuosina 2000-2019.



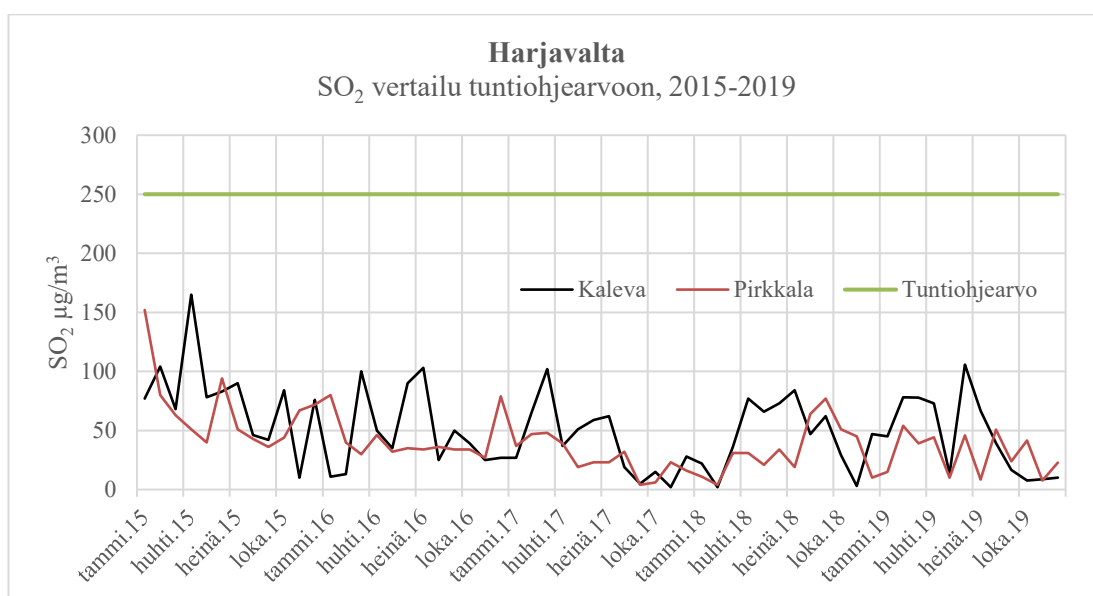
Kuva 17. Rikkidioksidipitoisuuksien vertailu vuorokausiohjeeseen Porin keskustassa 2000-2019.

Pastuskerin mittausasemalla rikkidioksidin vuorokausiohjeeseen verrannolliset kuukauden korkeimmat vuorokausiarvot ovat olleet korkeimmillaan 8 µg/m<sup>3</sup> ja viimeisen viiden vuoden aikana alle 4 µg/m<sup>3</sup> ja välillä jopa 0 µg/m<sup>3</sup>. Vuorokausiohjeen 80 µg/m<sup>3</sup> alle on jääty selvästi. Kuvassa 18 on havainnollistettu rikkidioksidin vertailu vuorokausiohjeeseen Pastuskerissa vuosina 2012-2019.



Kuva 18. Rikkidioksidin vertailu vuorokausiohjearvoon Pastuskerissa 2012-2019.

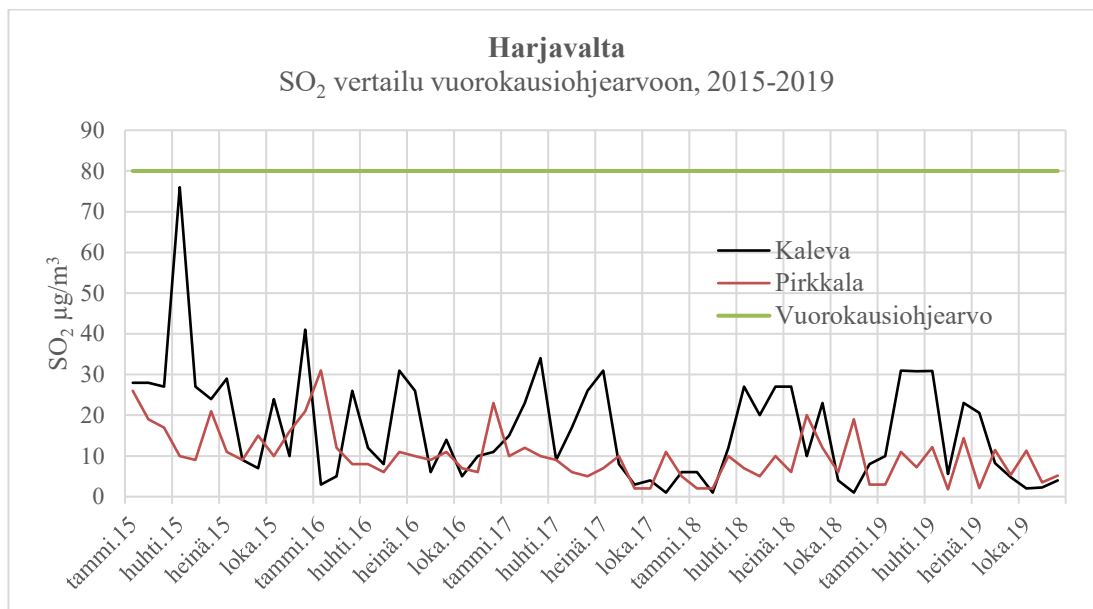
Niin Kalevan kuin Pirkkalan mittausasemilla on jääty alle tuntiohjearvon 250 µg/m<sup>3</sup>. Vuosina 2015-2019 tuntiohjearvoon verrannollinen kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste oli 165 µg/m<sup>3</sup> Kalevassa huhtikuussa 2015. Kuvassa 19 on havainnollistettu rikkidioksidin vertailu tuntiohjearvoon Harjavallassa vuosina 2015-2019.



Kuva 19. Rikkidioksidin vertailu tuntiohjearvoon Harjavallassa 2015-2019.



Harjavallassa rikkidioksidin vuorokausiohjeeseen verrannolliset kuukauden korkeimmat vuorokausiarvot ovat pysyneet alle ohjeen 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Korkeimmillaan arvo on ollut 76  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . WHO:n vuorokausiohje 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  on ylittynyt useamman kerran Harjavallan mittausasemilla. Kuvassa 20 on havainnollistettu rikkidioksidin vertailu vuorokausiohjeeseen Harjavallassa vuosina 2015-2019.



Kuva 20. Rikkidioksidin vertailu vuorokausiohjeeseen Harjavallassa 2015-2019.

#### 7.4 Pitoisuudet suhteessa arviointikynnyksiin

Rikkidioksidipitoisuuksille on asetettu alempi ja ylempi arviointikynnys terveyshaittojen ehkäisemiseksi ja kasvillisuuden sekä ekosysteemien suojelemiseksi. Terveyshaittojen ehkäisemisen alempi arviointikynnyksarvo on 40 % 24 tunnin raja-arvosta eli 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Alempi arviointikynnyksarvo saa ylittyä 3 kertaa kalenterivuodessa. Ylempi arviointikynnyksarvo terveyshaittojen ehkäisemiseksi on 60 % 24 tunnin raja-arvosta eli 75  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , joka myös saa ylittyä 3 kertaa kalenterivuodessa. (Asetus ilmanlaadusta 79/2017, liite 2.)

Porissa arviointikynnyksarvoja ei ole ylitetty vuosina 2015-2019. Harjavallassa niin ylempi kuin alempi arviointikynnyksarvo on ylittynyt vuosina 2015, 2016 ja 2019 sekä Pirkkalassa vuonna 2015. Koska ylityksiä sallitaan 3 vuodessa ja arviointikynnyksen katsotaan ylittyneen vasta, kun se on ylittynyt vähintään kolmena vuotena viidestä,

varsinainen arviointikynnys ei kuitenkaan ole ylittynyt. Taulukossa 6 on esitetty Porin ja Harjavallan rikkidioksidin arviointikynnsarvojen ylitysten määrät vuosina 2015-2019.

Taulukko 6. Rikkidioksidin terveyshaittojen ehkäisemisen arviointikynnsarvojen ylitykset Porissa ja Harjavallassa vuosina 2015-2019.

|                      | Alempi arviointikynnys-arvo, 50 µg/m <sup>3</sup> |       | Ylempi arviointikynnys-arvo, 75 µg/m <sup>3</sup> |       |
|----------------------|---------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------|-------|
| Mittausasema         | Vuosi                                             | Määrä | Vuosi                                             | Määrä |
| Pori, Paanakedonkatu | -                                                 | -     | -                                                 | -     |
| Pori, Pastuskeri     | -                                                 | -     | -                                                 | -     |
| Harjavalta, Kaleva   | 2015                                              | 2     | 2015                                              | 2     |
|                      | 2016                                              | 3     | 2016                                              | 3     |
|                      | 2017                                              | -     | 2017                                              | -     |
|                      | 2018                                              | -     | 2018                                              | -     |
|                      | 2019                                              | 2     | 2019                                              | 2     |
| Harjavalta, Pirkkala | 2015                                              | 1     | 2015                                              | 1     |

Kasvillisuuden ja ekosysteemien suojelun alempi arviointikynnsarvo on 40 % talvikauden raja-arvosta eli 8 µg/m<sup>3</sup>, ja ylempi arviointikynnsarvo 60 % talvikauden raja-arvosta eli 12 µg/m<sup>3</sup>. Näitä arviointikynnyksiä ei ole ylitetty Porissa tai Harjavallassa vuosina 2015-2019.

## 7.5 Päästöjen kehitys tulevaisuudessa

Rikkidioksidipäästöt ovat 1990-luvulta asti vähentyneet. Syy vähenemiseen on lähinnä teollisuuden tekemät toimet päästöjen vähentämiseksi, kuten rikinpoistolaitokset ja polttoaineen laadun huomioiminen eli käytetään vähärikkistä polttoainetta, jos mahdollista. Suurin osa SO<sub>2</sub>-päästöistä syntyy polttoaineiden energiakäytöstä voimalaitoksissa ja teollisuudessa. Suomen hallituksen tavoitteena on luopua kivihiilen käytöstä vuoteen 2030 mennessä, joka onnistuessaan tulee vähentämään entisestään rikkidioksidipäästöjä. Lisäksi rikkidioksidipäästöjä vähentää edelleen

BAT-päätelmien soveltaminen voimalaitoksissa ja päästövähennysvelvoitteet.  
(Kansallinen ilmansuojeluohjelma 2030 2019.)

## 8 TYPEN OKSIDIT (NO<sub>x</sub>)

Typen oksidien (NO<sub>x</sub>) päästölähteitä ovat liikenne sekä lämpö- ja voimalaitosten polttoprosessit. Ihmisten terveyden vaarantamisen lisäksi typen oksidit edistävät myös otsonin muodostumista sekä aiheuttavat happamaa laskeumaa, joka vahingoittaa kasvillisuutta ja vesiekosysteemejä. Se, missä määrin NO<sub>x</sub>-päästöt vahingoittavat ihmisten terveyttä, riippuu päästöjen pitoisuuksista. (Pollution Prevention and Abatement Handbook 1998, 245; Raiko ym. 2002, 300.)

Typpimonoksidi (NO) ja typpidioksidi (NO<sub>2</sub>) ovat tärkeimmät polton yhteydessä syntyvistä haitallisista typpiyhdisteistä. Niitä kutsutaan myös typen oksideiksi. Valtaosa NO<sub>x</sub>-päästöistä koostuu typpimonoksidista, josta suurin osa hapettuu typpidioksidiksi myöhemmin ilmakehässä. Kolmas typen oksidi on dityppioksidi (N<sub>2</sub>O, ilokaasu), jota syntyy erityisesti leijupoltossa. Polton aikan typen oksideja syntyy kahdesta lähteestä: polttoaineen sisältämän typen poltosta (orgaaninen typpi) ja polttoilmassa olevan typen (molekyylylityppi) hapettumisesta korkeassa lämpötilassa. Polttoainetyypen muodostuminen riippuu palamisolosuhteista kuten happipitoisuudesta ja polttoaineen typpipitoisuudesta, kun taas jälkimmäisen, ns. termisen typen oksidien muodostuminen riippuu palamislämpötilasta. (Pollution Prevention and Abatement Handbook 1998, 245; Raiko ym. 2002, 300.)

### 8.1 Vähennysmenetelmät

Voimalaitoksen typpipäästöt riippuvat palamisolosuhteista, polttimeen tyypistä ja käytetystä polttoaineesta. Päästöjä voidaan hallita muun muassa käyttämällä vain vähän typpeä sisältäviä polttoaineita tai muokata palamisolosuhteita niin, että typen oksideja muodostuu vähemmän (primääriset menetelmät). Savukaasujen käsittelytekniikat, kuten selektiivinen katalyyttinen pelkistys (SCR), voivat poistaa

typen oksideja savukaasuista (sekundääriset menetelmät). Esimerkiksi termisen typen muodostumista voidaan vähentää alentamalla polton huippulämpötiloja, savukaasujen viiveaikaa korkeassa lämpötilassa sekä ilmaylimäärää. Polttoainetypen määrää päästöissä voidaan vähentää esimerkiksi low-NO<sub>x</sub>-polttimilla, jotka vähentävät myös termisen typen muodostumista. (Pollution Prevention and Abatement Handbook 1998, 245; Raiko ym. 2002, 305, 309.)

Ilmavaiheistuksessa kattilan alaosassa vallitsee vähähappiset olosuhteet, joka vähentää polttoaineen NO<sub>x</sub>:n syntymistä. Loppu ilma syötetään kattilan keski- tai yläosaan. Menetelmää käytetään arina- ja leijupoltossa ja NO<sub>x</sub>-vähennystehokkuus on välillä 10-50 %. Polttoainevaiheistuksessa pyritään pelkistämään typpimonoksidi molekyylitypeksi tiettyjä polttoaineita hyödyntämällä. Eräät polttoaineet, esimerkiksi maakaasu, ovat itsessään tehokkaita typpimonoksidin pelkistäjiä. Polttoainevaiheistus koostuu kolmesta eri vaiheesta; pääpalamisvaihe, vaiheistusvaihe ja loppupalamisvaihe. Pääpalamisvaiheessa primääripolttoaine poltetaan ilmaylimäärällä. Vaiheistusvaiheessa sekundääripolttoainetta lisätään noin 10-20 % primääripolttoaineen energiamäärästä, jolloin syntyy vähähappinen, typpimonoksidia pelkistävä vyöhyke. Loppupalamisvaiheessa lisätään ilmaa sekundääripolttoaineen loppuun polttamiseksi. Polttoainevaiheistusta voidaan soveltaa koko tulipesässä sekä polttimessa (low NO<sub>x</sub>-poltin) ja sen typen vähennystehokkuus on välillä 30-70 %. (Raiko ym. 2002, 311-313.)

Savukaasujen kierrätyksessä (Flue Gas Recirculation, FGR) osa savukaasuista syötetään takaisin polttouuniin, jolloin polton lämpötila sekä happipitoisuus vähenee ja typen oksideja muodostuu noin 20-50 % vähemmän. Tätä käytetään tyypillisesti öljy- ja kaasukattiloissa. Menetelmän jälkiasennus on kuitenkin kallista ja kustannuksia lisää esimerkiksi savukaasujen kierrätyspuhaltimien tehovaatimukset ja siten prosessin energiatehokkuuden väheneminen. (Pollution Prevention and Abatement Handbook 1998, 246.)

Selektiivisessä ei-katalyyttisessä pelkistyksessä (SNCR) ammoniakki- tai ureapohjaista yhdistettä lisätään savukaasuihin. Typen oksidit pelkistyvät molekyylitypeksi. Menetelmä toimii kapealla lämpötila-alueella (850-1 000 °C). Vähennystehokkuus esimerkiksi hiilipölypoltossa on 40-80 %, mutta

haittavaikutuksina on mahdollisten ammoniakkipäästöjen lisäksi  $\text{N}_2\text{O}$ - ja  $\text{CO}$ -päästöt. Ureapohjaista yhdistettä käytettäessä  $\text{N}_2\text{O}$ -päästöt ovat vielä korkeammat. Selektiivinen katalyyttinen  $\text{NO}_x$ -pelkistys (SCR) on SNCR-menetelmään verrattuna tehokkaampi, mutta kalliimpi tekniikka. SCR-menetelmä perustuu samaan ammoniakkin tai urean käyttöön, mutta pelkistys tapahtuu alemmassa lämpötilassa (250-500 °C), jolloin reaktio tarvitsee katalyytin. Katalyyttien käyttämisen haittapuolena on esimerkiksi savukaasukanavan korroosio. Katalyyttinä on yleensä vanadiinioksidi ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ) tai wolframoksidi ( $\text{WO}_3$ ), joka on sidottu  $\text{TiO}_2$ -pohjaiseen kantajaan. Menetelmä on tehokkain ja laajasti käytetty tapa poistaa typen oksidit savukaasuista ja sillä voidaan päästä jopa 90 %  $\text{NO}_x$ -pelkistystehokkuuteen. (Pollution Prevention and Abatement Handbook 1998, 246; Raiko ym. 2002, 314-315, 332-333.)

Low- $\text{NO}_x$ -polttimet perustuvat liekin huippulämpötilojen alentamiseen. Polttimet viivästyttävät, mutta parantavat palamista tehostamalla myös lämmönsiirtoa. Ilman ja polttoaineen sekoittaminen vähentää hapen saatavuutta ja liekin huippulämpötilaa hidastamalla siten polttoaineeseen sitoutuneen typen muutosta typen oksideiksi ja termisen  $\text{NO}_x$ :n muodostumista korkealla palamistehokkuudella. Ultra low- $\text{NO}_x$ -polttimet sisältävät tämän lisäksi tulipesäkaasujen kierrätyksen (sisäinen savukaasujen kierrätys). (Lecomte 2017, 806.)

Esimerkiksi Pori Energian Aittaluodon voimalaitoksen typen oksidien päästöjä rajoitetaan polttoteknisten keinojen lisäksi SNCR-menetelmällä (Ympäristölupapäätös dnro ESAVI/10436/2017 2018). Fortum Power & Heat Oy:n Meri-Porin voimalaitoksella  $\text{NO}_x$ -päästöjä vähennetään palamisilman vaiheistuksella, low- $\text{NO}_x$ -polttimilla ja SCR-menetelmällä (Ympäristölupapäätös dnro ESAVI/320/04.08/2012 2018).

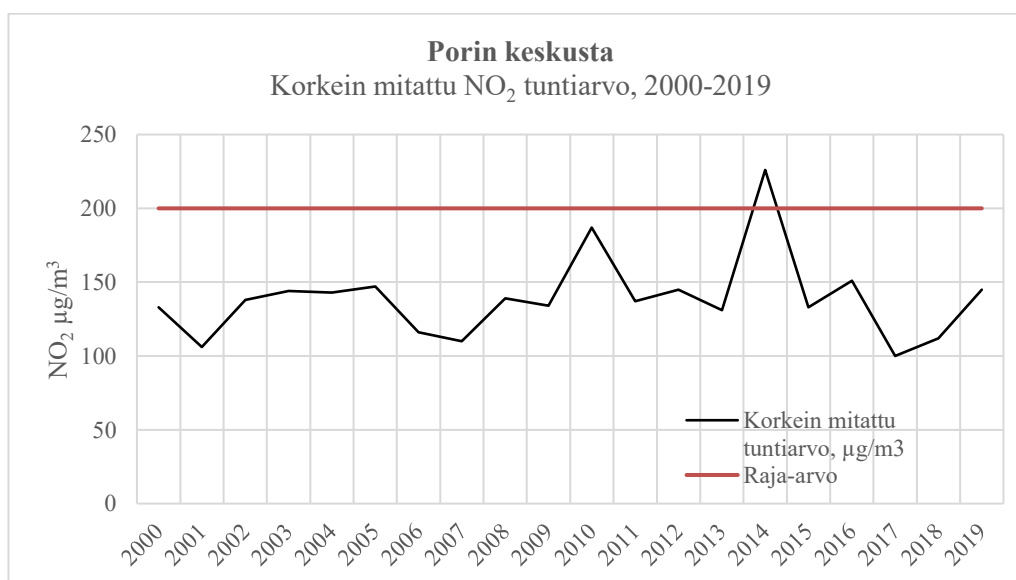
## 8.2 Pitoisuudet suhteessa raja-arvoihin

Taulukossa 7 on esitetty ilmassa esiintyvän typpidioksidin raja-arvot ja raja-arvon sallitut ylitykset vuodessa.

Taulukko 7. Typpidioksidin raja-arvot ilmassa (Ympäristöhallinnon www-sivut 2013).

| NO <sub>2</sub>                        | Raja-arvo             | Sallitut ylitykset vuodessa |
|----------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Tuntiraja-arvo                         | 200 µg/m <sup>3</sup> | 18                          |
| Vuosiraja-arvo                         | 40 µg/m <sup>3</sup>  | -                           |
| Kasvillisuuden suojele, vuosiraja-arvo | 30 µg/m <sup>3</sup>  | -                           |

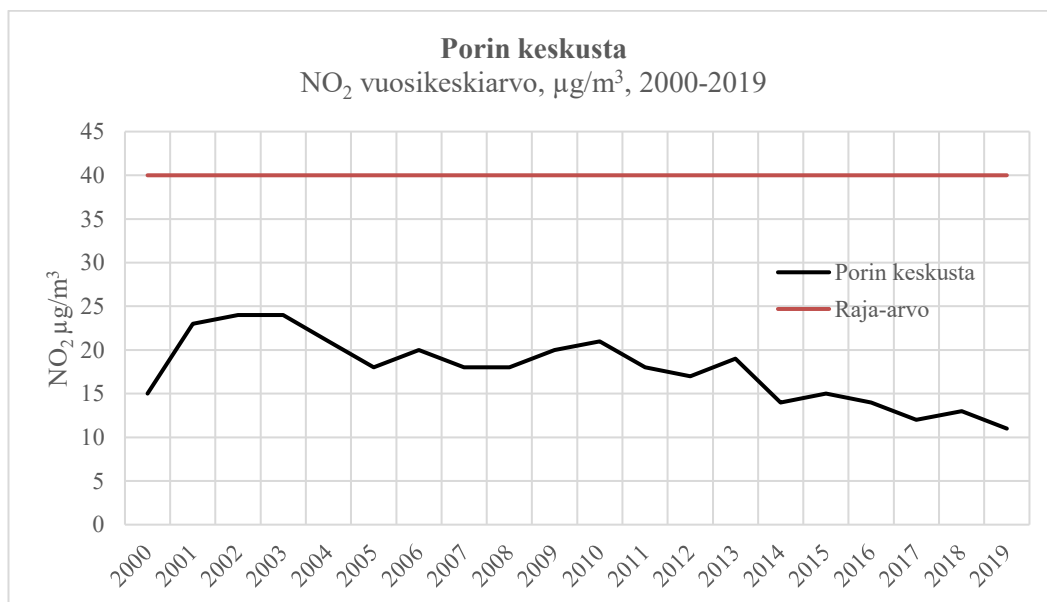
Vuosina 2000-2019 typpidioksidin korkein mitattu tuntiarvo ylitti tuntiraja-arvon lukuarvon 200 µg/m<sup>3</sup> vuonna 2014, jolloin pitoisuus oli 226 µg/m<sup>3</sup>. Ylitys oli ko. vuoden ainoa. Muina vuosina tuntiraja-arvoa ei ole ylitetty. Porin keskustan mittaukset tehtiin vuosina 2000-2016 Mikonkadun ympäristössä ja syksystä 2016 alkaen Paanakedonkadulla. Kuvassa 21 on esitetty typpidioksidin korkeimmat mitatut tuntiarvot Porin keskustassa vuosina 2000-2019.



Kuva 21. Typpidioksidin korkeimmat mitatut tuntiarvot Porin keskustassa 2000-2019.

Typpidioksidin vuosikeskiarvo Porin keskustassa 2000-2019 on pysynyt alle 40 µg/m<sup>3</sup> raja-arvon. Vuosikeskiarvo on vaihdellut välillä 10-25 µg/m<sup>3</sup> ja arvot ovat olleet laskusuunnassa. Porissa vuosiraja-arvoa ei ole ylitetty tarkastelujaksolla 2015-2019.

Kuvassa 22 on esitetty typpidioksidin vuosikeskiarvot Porin keskustassa vuosina 2000-2019.



Kuva 22. Typpidioksidin vuosikeskiarvot Porin keskustassa 2000-2019.

### 8.3 Pitoisuudet suhteessa ohjearvoihin

Taulukossa 8 on esitetty typpidioksidin ohjearvot ilmassa.

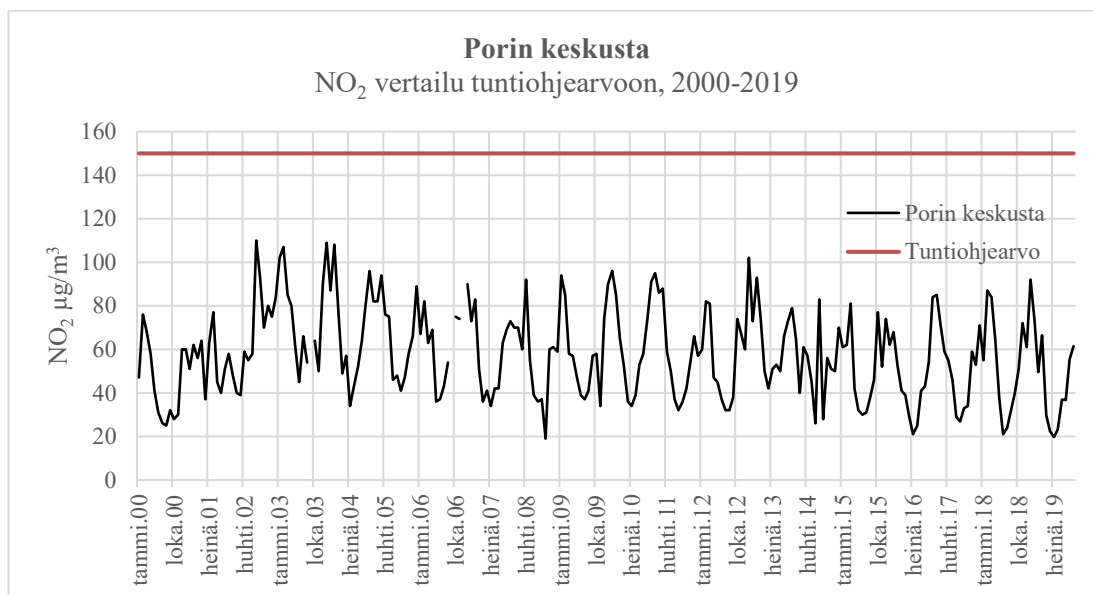
Taulukko 8. Typpidioksidin ohjearvot ilmassa (Päätös ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta 2 §; Maailman terveysjärjestön [www-sivut 2020](http://www.sivut2020)).

| NO <sub>2</sub>                | Ohjearvo              | Huom.                                     |
|--------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------|
| Kansallinen tuntiohjearvo      | 150 µg/m <sup>3</sup> | kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste |
| Kansallinen vuorokausiohjearvo | 70 µg/m <sup>3</sup>  | kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo  |
| WHO:n tuntiohjearvo            | 200 µg/m <sup>3</sup> |                                           |
| WHO:n vuosiohjearvo            | 40 µg/m <sup>3</sup>  |                                           |

Porin keskustassa typpidioksidin tuntiohjearvoon verrannolliset kuukauden korkeimmat tuntikeskiarvot vuosina 2000-2019 ovat jääneet alle 150 µg/m<sup>3</sup> tuntiohjearvon. Korkeimmillaan pitoisuus on ollut 110 µg/m<sup>3</sup> heinäkuussa 2002. Viimeisen viiden vuoden aikana typpidioksidin korkein tuntikeskiarvo on ollut 92

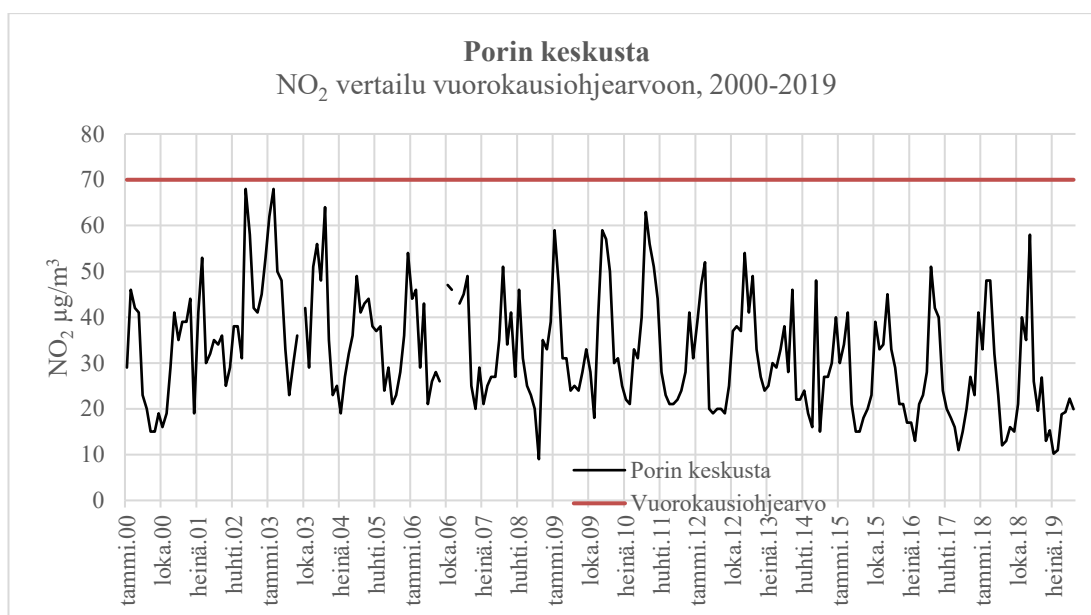


$\mu\text{g}/\text{m}^3$  tammikuussa 2019. Kuvassa 23 on havainnollistettu typpidioksidin vertailu tuntiohjeeseen Porin keskustassa vuosina 2000-2019.



Kuva 23. Typpidioksidin vertailu tuntiohjeeseen Porin keskustassa 2000-2019.

Typpidioksidin vuorokausiohjeeseen verrannolliset kuukauden korkeimmat vuorokausiarvot ovat Porin keskustassa jääneet alle ohjeeseen  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vuosina 2000-2019. Korkeimmillaan arvo on ollut  $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$  heinäkuussa 2002 sekä helmikuussa 2003. Pienimmillään arvo on ollut  $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  syyskuussa 2008. Kuvassa 24 on havainnollistettu typpidioksidin vertailu vuorokausiohjeeseen Porin keskustassa vuosina 2000-2019.



Kuva 24. Typpidioksidin vertailu vuorokausiohjearvoon Porin keskustassa 2000-2019.

#### 8.4 Pitoisuudet suhteessa arviointikynnyksiin

Typpidioksidin ylempi arviointikynnysarvo terveyshaittojen ehkäisemiseksi on 70 % tuntiraja-arvosta eli  $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , joka saa ylittyä 18 kertaa kalenterivuodessa ja 80 % vuosiraja-arvosta eli  $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Alempi arviointikynnysarvo on 50 % tuntiraja-arvosta ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , saa ylittyä 18 kertaa kalenterivuodessa) ja 65 % vuosiraja-arvosta ( $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). (Asetus ilmanlaadusta liite 2).

Porissa alempi tuntiraja-arvon arviointikynnysarvo ylitettiin vuosina 2015, 2016, 2018 ja 2019, mutta ylityksiä oli enimmillään 4 kpl (2019), joka on alle sallittujen ylitysten maksimimäärän. Ylempi arviointikynnysarvo ylitettiin kerran vuosina 2016 ja 2019, mikä on myös alle sallitun ylitysten maksimimäärän. Varsinaisia arviointikynnyksiä ei ole siis ylitetty. Taulukossa 9 on esitetty typpidioksidin tuntiraja-arvon arviointikynnysarvojen ylitysten määrät Porissa vuosina 2015-2019.

Taulukko 9. Typpidioksidin terveyshaittojen ehkäisemisen tuntiraja-arvon arviointikynnysarvojen ylitykset Porissa vuosina 2015-2019.

| Mittausasema         | Alempi arviointikynnys-arvo, 100 µg/m <sup>3</sup> |       | Ylempi arviointikynnys-arvo, 140 µg/m <sup>3</sup> |       |
|----------------------|----------------------------------------------------|-------|----------------------------------------------------|-------|
|                      | Vuosi                                              | Määrä | Vuosi                                              | Määrä |
| Pori, Paanakedonkatu | 2015                                               | 3     | 2015                                               | -     |
|                      | 2016                                               | 2     | 2016                                               | 1     |
|                      | 2017                                               | -     | 2017                                               | -     |
|                      | 2018                                               | 3     | 2018                                               | -     |
|                      | 2019                                               | 4     | 2019                                               | 1     |

### 8.5 Päästöjen kehitys tulevaisuudessa

NO<sub>x</sub>-päästöt ovat vähentyneet 1990-luvulta asti, mutta hitaammin kuin rikkidioksidipäästöt. Henkilöautojen moottoritekniikka ja katalysaattorit ovat liikenteen osalta vähentäneet päästöjä, ja erilaiset poltto- ja DeNO<sub>x</sub>-tekniikat teollisuuden ja energiantuotannon osalta. Energia- ja ilmastostrategian mukaan energiantuotannon NO<sub>x</sub>-päästöt laskevat tulevaisuudessa vain maltillisesti BAT-tekniikkaan perustuvista päästövähennysmenetelmien käyttöönotosta huolimatta. Syynä on ennustettu energiantuotannon polttoaineen käytön nousu yli 20 prosentilla. Tämän ennusteen mukaan energiantuotanto ja teollisuus aiheuttaisivat lähes 60 % Suomen NO<sub>x</sub>-päästöistä vuonna 2030. NO<sub>x</sub>-päästöjen vähentämisessä merkittävään rooliin nouseekin erityisesti tieliikenne. (Kansallinen ilmansuojeluohjelma 2030 2019.)

Liikenteen osalta NO<sub>x</sub>-päästöjä voitaisiin vähentää muun muassa liikenteen energiankäyttöä tehostamalla, polttomoottoriteknologiaa kehittämällä ja sähköautojen osuutta kasvattamalla. Tavoitteena on, että Suomessa sähkökäyttöisiä autoja olisi vähintään 250 000 vuonna 2030. Sähkökäyttöisiin autoihin lukeutuu täyssähköautot, vetyautot ja ladattavat hybridautot. Liikenteen määrän kasvu kuitenkin hidastaa NO<sub>x</sub>-päästöjen kokonaismäärän pienenemistä. (Kansallinen ilmansuojeluohjelma 2030 2019.)

## 9 HENGITETTÄVÄT HIUKKASET (PM<sub>10</sub>) JA PIENHIUKKASET (PM<sub>2.5</sub>)

Hiukkaset (PM) on yleinen ilman pilaantumista kuvaava indikaattori. Hiukkasten terveysvaikutukset kohdistuvat ihmisiin muihin epäpuhtauksiin verrattuna eniten. PM:n pääkomponentit ovat sulfaatti, nitraatit, ammoniakki, natriumkloridi, musta hiili, mineraalipöly ja vesi. Hiukkaspäästöjä syntyy esimerkiksi liikenteestä ja hiilen, turpeen, puun ja nestemäisten polttoaineiden poltosta energiantuotannossa. Merkittävimpiä lähteitä on muun muassa puun pienpoltto, joka aiheuttaa Suomessa noin puolet kotimaisista PM<sub>2.5</sub> päästöistä. (Maailman terveysjärjestön [www-sivut 2020](#); Ympäristöhallinnon [www-sivut 2013](#); Kansallinen ilmansuojeluohjelma 2030 2019.)

### 9.1 Vähennysmenetelmät

Hiukkasten vähennysmenetelmät voidaan jakaa dynaamisiin erottimiin, kuitusuodattimiin, sähkösuodattimiin ja märkäpesureihin. Hiukkasten erotus esimerkiksi keskitetyssä energiantuotannossa on erittäin tehokasta, jossa ilmaan pääseviä hiukkaspäästöjä voidaan vähentää esimerkiksi sähkö- ja letkusuodattimilla sekä pesureilla. (Hiilitiedon [www-sivut 2020](#); Pessa 2016, 27.)

Dynaamiset erottimet perustuvat keskipakovoiman tai painovoiman käyttöön. Painovoiman avulla toimivia erottimia on sedimentaatiokammio ja lamellierotin, joissa savukaasuvirrassa olevat suurikokoiset hiukkaset laskeutuvat painovoiman vaikutuksesta pohjalle. Painovoimaan perustuvat menetelmät ovat edullisia, mutta soveltuvat lähinnä esierottimiksi, sillä ne toimivat vain suurikokoisille (60 µm) hiukkasille. Syklonit perustuvat keskipakovoiman käyttöön, jolloin myös pienemmät hiukkaset (alle 10 µm) pystytään erottamaan savukaasuvirrasta. Syklonin pyöriessä hiukkasiin kohdistuu keskipakovoima, jonka johdosta ne ajautuvat virtauksen

ulkoreunaan, josta ne liukuvat syklonin seinää pitkin keräyssäiliöön. Dynaamisista erottimista sykloni on erotustehokkuudeltaan tehokkain pienhiukkasten erottelemiseen. (Pessa 2016, 27-28; Tiihanoff 2018, 14.)

Kuitusuodattimissa on yksi tai useampi rivi kuitusuodatinpusseja tai -letkuja, joiden läpi johdetaan savukaasu. Eroteltavat hiukkaset jäävät suodatinmateriaalin pintaan. Kuitusuodattimissa on erittäin hyvä hiukkaserotustehokkuus; kaikille hiukkaskoille tehokkuus on jopa 99,95 %. Sähkösuodattimien toiminta perustuu sähköstaattisten voimien hyödyntämiseen; hiukkaset varataan sähköisesti, jolloin ne pystytään erottamaan savukaasuvirrasta. Sähkösuodattimilla voidaan päästä jopa 99,8 % erotustehokkuuteen, mutta erotustehokkuus riippuu hiukkasten sähköisistä ominaisuuksista, kuten ominaisvastuksesta. Sähkösuodattimet ovat yleisin kiinteän polttoaineen voimalaitoksissa käytetty hiukkaserotinmenetelmä, mutta muihin menetelmiin verrattuna myös kallein. Suodattimet vaativat myös esierottimen. (Pessa 2016, 29-30; Tiihanoff 2018, 15, 20.)

Märkäpesureita on venturipesuri ja pesutornit. Nimensä mukaan märkäpesureissa hyödynnetään nestettä, joka sitoo hiukkaset itseensä. Hiukkaset poistetaan syntyneen lietteen mukana. Venturipesurissa on suppeneva-laajenevasuutin, jonka avulla savukaasuvirtaus saadaan kiihtymään venturin kurkussa, johon johdetaan matalapaineista vettä tai lipeäseosta. Neste sumuuntuu ja hiukkaset jäävät suurempien pisaroiden sisään. Erotustehokkuus venturipesurissa on 99 % ja se onkin tehokkain pesurityyppi. Pesutorni on märkäpesureista yksinkertaisin; savukaasuuihin ruiskutetaan pisaroita joko myötä- tai vastavirtaan savukaasuista. Erotustehokkuus pesutornissa on 80 %. Puhdistusteho pesureissa riippuu pisaroiden sekä hiukkasten välisestä nopeuserosta. Märkäpesureissa on kuitenkin korkeat painehäviöt ja jätevedenpuhdistuskustannukset. Lisäksi esiintyy korroosiota ja eroosiota. (Pessa 2016, 31; Tiihanoff 2018; 16-18.)

Märkäpesureita on myös rikinpoistoon tarkoitettut pesurit, jotka poistavat samalla hiukkasia. Näihin johdettavat savukaasut ovat yleensä hiukkaspitoisuudeltaan matalia, sillä niitä tavallisesti edeltää varsinainen hiukkaserotin. (Pessa 2016, 31.)

Boliden Harjavalta Oy:n hiukkaspäästöjä vähennetään esimerkiksi moniventuripesurilla, erotussyklonilla ja letkusuodattimella (Ympäristölupapäätös dnro ESAVI/147/04.08/2011 2014). Fortum Power & Heat Oy:n Meri-Porin voimalaitoksella hiukkaset poistetaan savukaasuista kahdella rinnankytketyllä sähkösuodattimella (Ympäristölupapäätös dnro ESAVI/320/04.08/2012 2018).

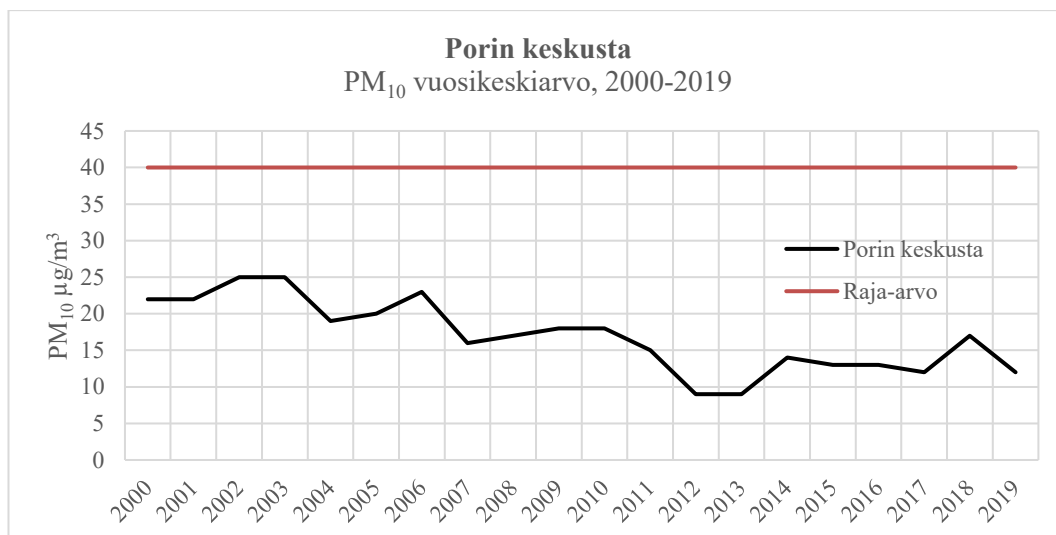
## 9.2 Pitoisuudet suhteessa raja-arvoihin

Taulukossa 10 on esitetty PM<sub>10</sub> ja PM<sub>2.5</sub> hiukkasten raja-arvot sekä sallitut ylitykset vuodessa.

Taulukko 10. Hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten raja-arvot ilmassa (Ympäristöhallinnon www-sivut 2013).

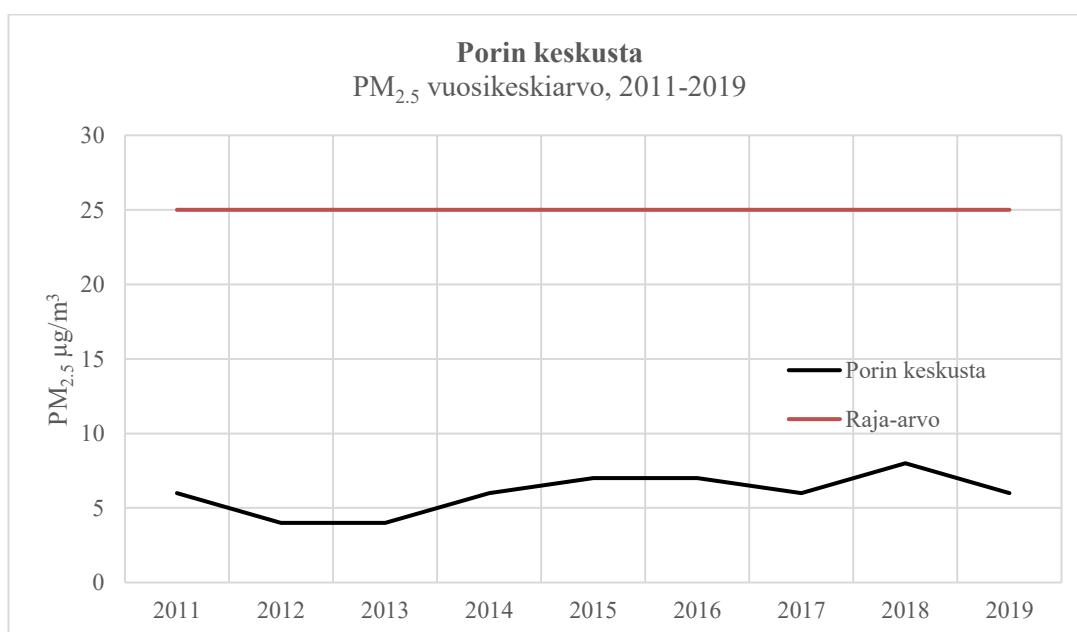
|                                       | <b>Raja-arvo</b>     | <b>Sallitut ylitykset vuodessa</b> |
|---------------------------------------|----------------------|------------------------------------|
| Vuorokausiraja-arvo, PM <sub>10</sub> | 50 µg/m <sup>3</sup> | 35                                 |
| Vuosiraja-arvo, PM <sub>10</sub>      | 40 µg/m <sup>3</sup> | -                                  |
| Vuosiraja-arvo, PM <sub>2.5</sub>     | 25 µg/m <sup>3</sup> | -                                  |

Porin keskustan mittausasemalla hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten vuosikeskiarvo ei ole ylittänyt vuosina 2000-2019 raja-arvoa 40 µg/m<sup>3</sup>. Suurimmillaan vuosikeskiarvo on ollut 25 µg/m<sup>3</sup> vuosina 2002 ja 2003, ja pienimmillään 9 µg/m<sup>3</sup> vuosina 2012 ja 2013. Porin keskustan mittaukset tehtiin vuosina 2000-2016 Mikonkadun ympäristössä ja syksystä 2016 alkaen Paanakedonkadulla. Kuvassa 25 on esitetty hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvot Porin keskustassa vuosina 2000-2019.



Kuva 25. Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvot Porin keskustassa 2000-2019.

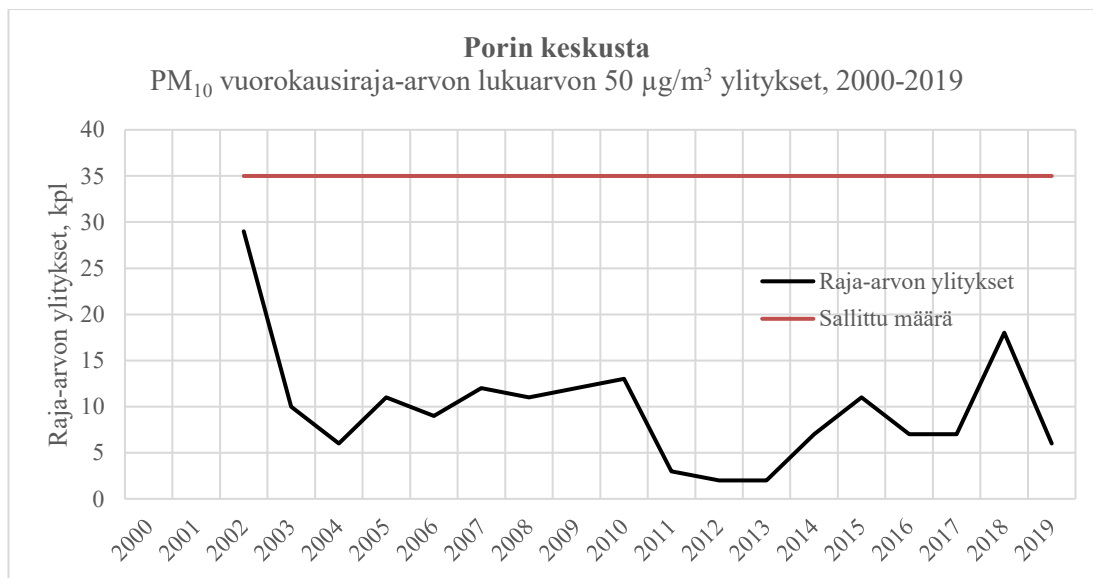
Pienhiukkasten vuosikeskiarvot Porin keskustassa ovat pysyneet alle 25 µg/m³ raja-arvon vuosina 2011-2019. Suurimmillaan vuosikeskiarvo on ollut 8 µg/m³ ja pienimmillään 4 µg/m³. Kuvassa 26 on esitetty pienhiukkasten vuosikeskiarvot Porin keskustassa vuosina 2011-2019.



Kuva 26. Pienhiukkasten vuosikeskiarvot Porin keskustassa 2011-2019.

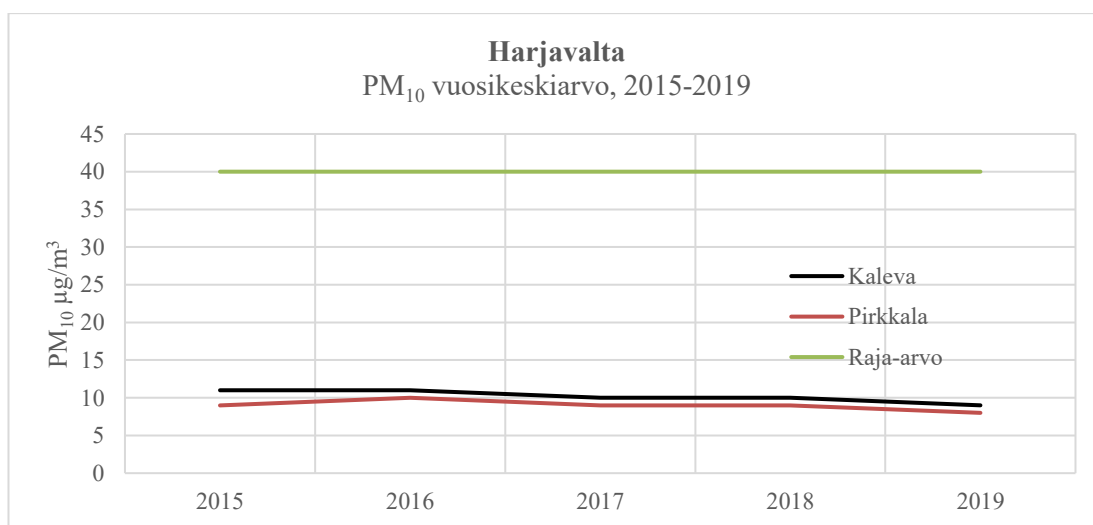
Hengitettävien hiukkasten raja-arvon lukuarvon (50 µg/m³) ylitykset vuosina 2000-2019 ovat jääneet sallittujen ylitysten määrän (35 kpl) alapuolelle. Suurimmillaan niitä on ollut 29 kpl vuonna 2002. Ylitysten määrä riippuu pitkälti kevään sääolosuhteista ja katujen puhdistamisen aikataulusta; esimerkiksi vuoden 2018 keväällä oli pitkään

yöpakkasia ja katujen puhdistus tehtiin tavallista myöhemmin, mikä näkyy myös piikkinä kuvaajassa. Kuvassa 27 on esitetty hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvon lukuarvon  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ylitysten määrä Porin keskustassa vuosina 2000-2019.



Kuva 27. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvon lukuarvon  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ylitysten määrä Porin keskustassa 2000-2019.

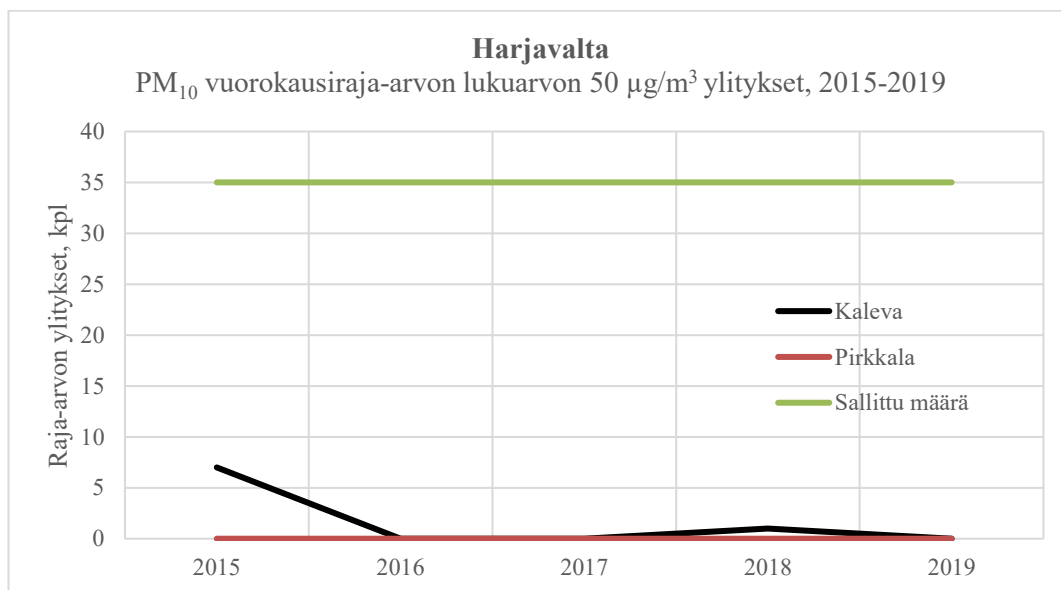
Harjavalan hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvo 2015-2019 on pysynyt reilusti alle  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  raja-arvon. Vuosikeskiarvo Kalevan ja Pirkkalan mittausasemilla on pysynyt  $8-11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  välillä. Kuvassa 28 on esitetty hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvot Harjavallassa vuosina 2015-2019.



Kuva 28. Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvot Harjavallassa 2015-2019.

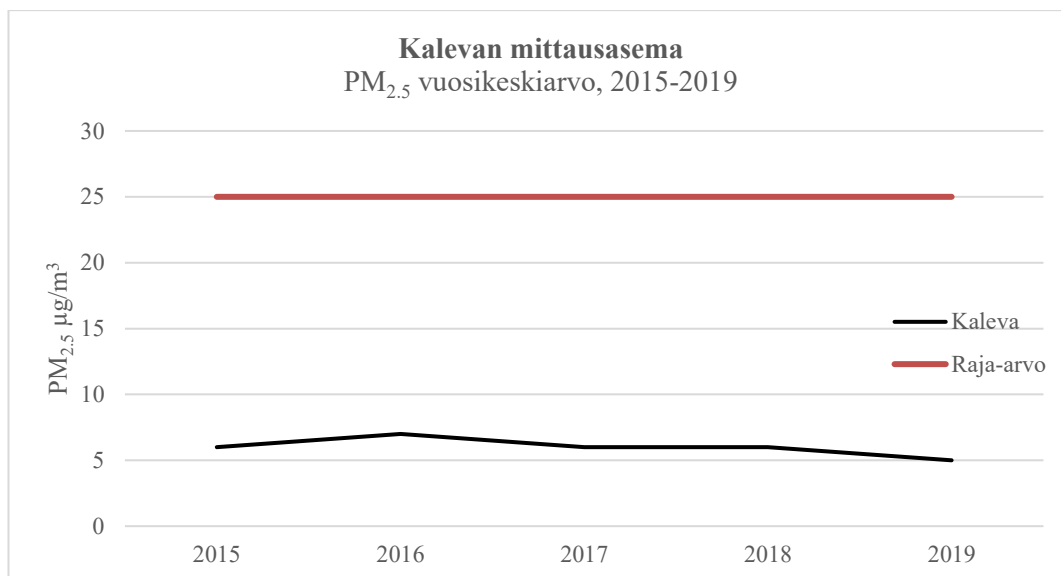


Myöskään hengitettävien hiukkasten raja-arvon ylityksiä Harjavallan mittausasemilla ei ole tapahtunut vuosina 2015-2019. Korkeimmillaan raja-arvon lukuarvon ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ylityksiä on ollut 7 kpl vuonna 2015 Kalevan mittausasemalla. Pirkkalassa raja-arvon lukuarvon ylityksiä ei ole tapahtunut. Kuvassa 29 on esitetty hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvon lukuarvon  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ylitysten määrä Harjavallassa vuosina 2015-2019.



Kuva 29. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvon lukuarvon  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ylitysten määrä Harjavallassa 2015-2019.

Kalevan mittausaseman pienhiukkasten vuosikeskiarvo on vaihdellut välillä  $5-7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vuosina 2015-2019 eli selvästi alle  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  raja-arvon. Kuvassa 30 on esitetty pienhiukkasten vuosikeskiarvot Harjavallan Kalevan mittausasemalla vuosina 2015-2019.



Kuva 30. Pienhiukkasten vuosikeskiarvot Kalevassa 2015-2019.

### 9.3 Pitoisuudet suhteessa ohjearvoihin

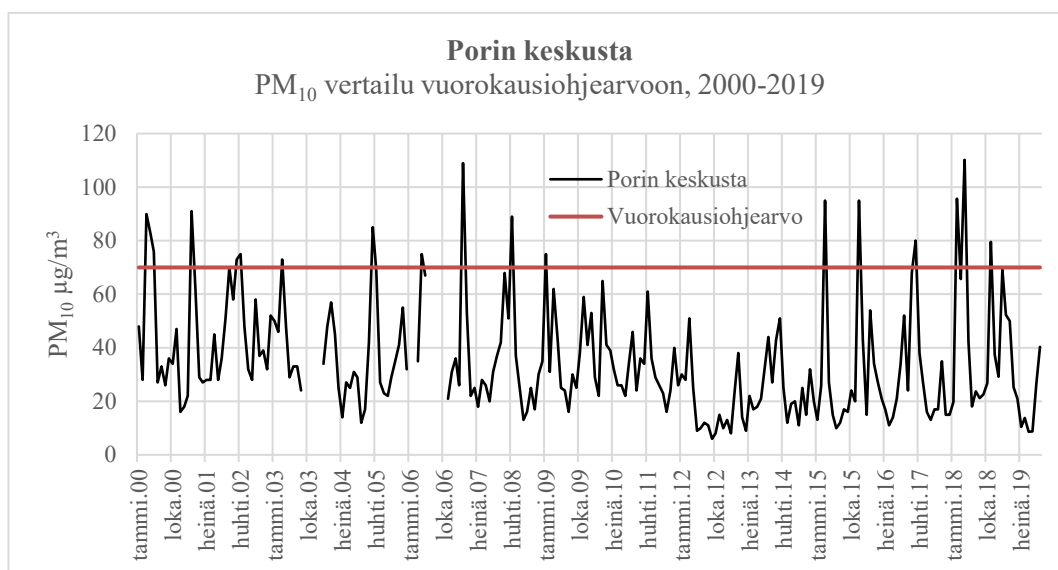
Taulukossa 11 on esitetty PM<sub>10</sub> ja PM<sub>2.5</sub> hiukkasten ohjearvot.

Taulukko 11. Hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten ohjearvot ilmassa (Päätös ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta 2 §; Maailman terveysjärjestön www-sivut 2020).

|                                                  | Ohjearvo             | Huom.                                                                         |
|--------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Kansallinen vuorokausiohjearvo, PM <sub>10</sub> | 70 µg/m <sup>3</sup> | kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo                                      |
| WHO:n vuorokausiohjearvo, PM <sub>10</sub>       | 50 µg/m <sup>3</sup> | WHO suosittaa, että ohjearvoa noudatetaan 99-prosenttisesti (3 ylityskertaa). |
| WHO:n vuosiohjearvo, PM <sub>10</sub>            | 20 µg/m <sup>3</sup> | -                                                                             |
| WHO:n vuorokausiohjearvo, PM <sub>2.5</sub>      | 25 µg/m <sup>3</sup> | WHO suosittaa, että ohjearvoa noudatetaan 99-prosenttisesti (3 ylityskertaa). |
| WHO:n vuosiohjearvo, PM <sub>2.5</sub>           | 10 µg/m <sup>3</sup> | -                                                                             |

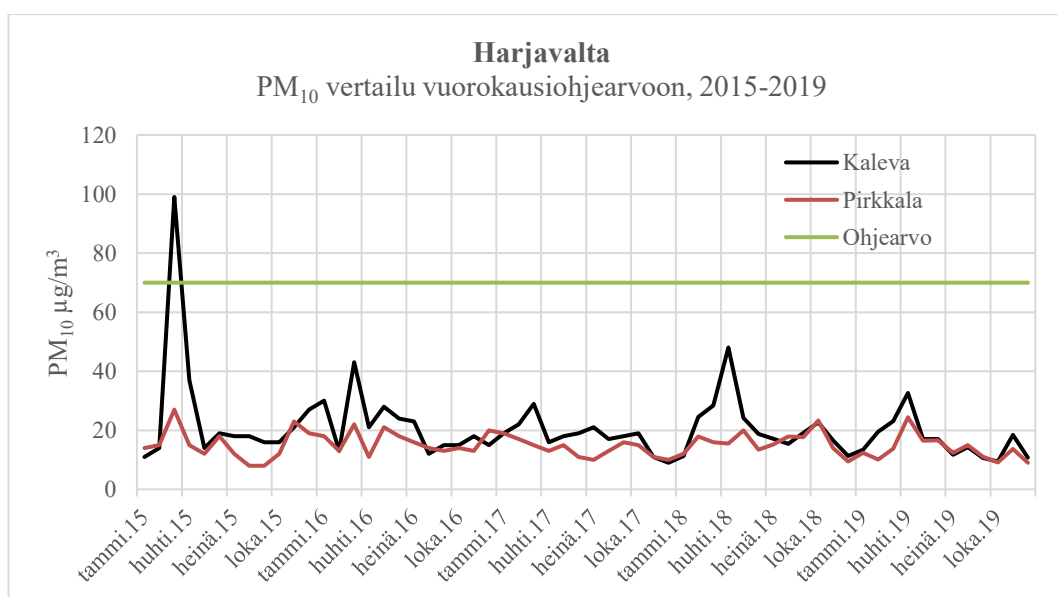
Porin keskustassa ohjearvoon verrannolliset hengitettävien hiukkasten vuorokausiarvot ovat ylittyneet useamman kerran vuosina 2000-2019. Ohjearvoylitykset painottuvat pääasiassa kevään katupölykauteen, mutta myös kuiviin

ja lumettomiin pakkasjaksoihin. Kuvassa 31 on havainnollistettu hengitettävien hiukkasten vertailu vuorokausiohjeeseen Porin keskustassa vuosina 2000-2019.



Kuva 31. Hengitettävien hiukkasten vertailu vuorokausiohjeeseen Porin keskustassa 2000-2019.

Harjavallassa hengitettävien hiukkasten vuorokausiarvot verrattuna ohjeeseen ylittyivät Kalevan mittausasemalla kerran maaliskuussa 2015, jolloin se oli 99 µg/m<sup>3</sup>. Muutoin pitoisuudet ovat olleet 8-48 µg/m<sup>3</sup> välissä. Kuvassa 32 on havainnollistettu hengitettävien hiukkasten vertailu vuorokausiohjeeseen Harjavallassa vuosina 2015-2019.



Kuva 32. Hengitettävien hiukkasten vertailu vuorokausiohjeeseen Harjavallassa 2015-2019.

#### 9.4 Pitoisuudet suhteessa arviointikynnyksiin

Hengitettävien hiukkasten alempi arviointikynnysarvo terveyshaittojen ehkäisemiseksi on 50 % 24 tunnin raja-arvosta eli  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , joka saa ylittyä 35 kertaa kalenterivuodessa ja 50 % vuosiraja-arvosta eli  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ylempi arviointikynnysarvo on 70 % 24 tunnin raja-arvosta ( $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , saa ylittyä 35 kertaa kalenterivuodessa) ja 70 % vuosiraja-arvosta, joka on  $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . (Asetus ilmanlaadusta liite 2.)

Porin Paanakedonkadulla hengitettävien hiukkasten alempi ja ylempi arviointikynnysarvo on ylitetty joka vuosi tarkastelujaksolla 2015-2019. Alemman arviointikynnysarvon ylitysten sallittu enimmäismäärä ylitettiin vuosina 2018 ja 2019, jolloin ylityksiä oli 49 ja 41. Ylemmän arviointikynnysarvon ylitysten sallittua enimmäismäärää ei ole ylitetty Porissa. Korkeimmillaan ylempi arviointikynnysarvo ylitettiin 32 kertaa vuotena 2018. Vuosiraja-arvoa ei ylitetty Porissa vuosina 2015-2019.

Harjavallassa Kalevan mittausasemalla alempi arviointikynnysarvo on ylitetty vuosina 2015-2019, mutta ylitysten määrä on pysynyt sallittujen ylitysten määrän alapuolella. Myös ylempi arviointikynnysarvo on ylitetty vuosina 2015, 2016, 2018 ja 2019, mutta määrät ovat olleet alle sallitun enimmäisylitysmäärän. Pirkkalan mittausasemalla ylempää arviointikynnysarvoa on ylitetty vuonna 2019, jolloin alemman arviointikynnysarvon ylityksiäkin oli viisi. Taulukossa 12 on esitetty  $\text{PM}_{10}$  tuntiraja-arvon arviointikynnysarvojen ylitysten määrät Porissa ja Harjavallassa vuosina 2015-2019.

Taulukko 12. PM<sub>10</sub> -terveyshaittojen ehkäisemisen tuntiraja-arvon arviointikynnysarvojen ylitykset Porissa ja Harjavallassa 2015-2019.

| Mittausasema         | Alempi arviointikynnys-arvo,<br>25 µg/m <sup>3</sup> |           | Ylempi arviointikynnys-arvo,<br>35 µg/m <sup>3</sup> |       |
|----------------------|------------------------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------|-------|
|                      | Vuosi                                                | Määrä     | Vuosi                                                | Määrä |
| Pori, Paanakedonkatu | 2015                                                 | 24        | 2015                                                 | 13    |
|                      | 2016                                                 | 25        | 2016                                                 | 16    |
|                      | 2017                                                 | 21        | 2017                                                 | 15    |
|                      | 2018                                                 | <u>49</u> | 2018                                                 | 32    |
|                      | 2019                                                 | <u>41</u> | 2019                                                 | 20    |
| Harjavalta, Kaleva   | 2015                                                 | 16        | 2015                                                 | 9     |
|                      | 2016                                                 | 17        | 2016                                                 | 3     |
|                      | 2017                                                 | 7         | 2017                                                 | -     |
|                      | 2018                                                 | 15        | 2018                                                 | 7     |
|                      | 2019                                                 | 16        | 2019                                                 | 4     |
| Harjavalta, Pirkkala | 2015                                                 | 2         | 2015                                                 | -     |
|                      | 2016                                                 | 1         | 2016                                                 | -     |
|                      | 2017                                                 | 1         | 2017                                                 | -     |
|                      | 2018                                                 | 1         | 2018                                                 | -     |
|                      | 2019                                                 | 5         | 2019                                                 | 1     |

Pienhiukkaspitoisuuksien alempi arviointikynnysarvo terveyshaittojen ehkäisemiseksi on 70 % vuosiraja-arvosta, joka on 17 µg/m<sup>3</sup>. Ylempi arviointikynnysarvo on 50 % vuosiraja-arvosta (12 µg/m<sup>3</sup>). Mittausasemien sijoituspaikkoja valittaessa arviointikynnyksiä ei sovelleta pienhiukkasten altistumisenvähennystavoitteen arviointiin. (Asetus ilmanlaadusta liite 2.)

Pienhiukkasten osalta arviointikynnyksiä ei ole ylitetty Porissa tai Harjavallassa.

## 9.5 Päästöjen kehitys tulevaisuudessa

Liikenteen pakokaasujen pienhiukkaspäästöt ovat todennäköisesti pieni päästölähde vuoteen 2030 mennessä moottoriteknologian kehittyessä ja laitekannan uusiutuessa. Lainsäädäntö ja BAT-teknologia tulevat laskemaan entisestään energiantuotannon pienhiukkaspäästöjä. Katupölyn aiheuttamat PM<sub>10</sub>-päästöt ovat hieman vähentyneet 90-luvulta erilaisten pölyntorjuntatoimenpiteiden ansiosta, kuten tehostetulla katujen puhdistuksella ja pölynsitomisella. Olettaen, että katupölypäästöjä rajoittavia toimenpiteitä ei lisätä nykyisestä, tulevat päästöt lisääntymään hieman tulevaisuudessa. (Kansallinen ilmansuojeluohjelma 2030 2019.)

Pienhiukkaspäästöjen pienpolton osalta ennustetaan pysyvän ennallaan tai laskevan vain vähän. Puun käytön kehitystä pienpoltossa on vaikea ennustaa, sillä siihen vaikuttavat esimerkiksi kylmien talvien aiheuttamat lämmityspiikit. Ensimmäistä kertaa pienpolton hiukkaspäästöjä pyritään rajoittamaan lainsäädännöllä EU:n ekosuunnitteludirektiivin (2009/125/EC) avulla. Sen nojalla on annettu vuonna 2020 ja 2022 voimaan tulevat asetukset uusien tulisijojen ja kattiloiden enimmäispäästörajoista. Asetukset tulevat vaikuttamaan vain vähäisesti pienhiukkaspäästöjen määrään vuoteen 2030 mennessä, eikä ne koske puukiukaista. Noin 40 % puun pienpolton PM<sub>2.5</sub>-päästöistä aiheutuu puukiukaista. Pienpolton päästöjen vähentämistä edistäisi myös tulisijojen oikeat käyttötavat ja vähäpäästöiset saunan puukiukaat. (Kansallinen ilmansuojeluohjelma 2030 2019.)

## 10 PM<sub>10</sub> -METALLIT JA ARSEENI

Raskasmetalleja on muun muassa elohopea, lyijy, nikkeli, kromi, rauta, kupari ja kadmium. Polttoaineet sisältävät suuren määrän mineraaleja, jotka ovat pääosin sitoutuneena polttoaineet epäorgaaniseen osaan, mutta esimerkiksi kromi ja nikkeli voivat olla sitoutuneena myös orgaaniseen osaan. Polttoaineiden raskasmetallikoostumukseen vaikuttaa sen syntyta ja -paikka, jolloin esimerkiksi eri kivihiilien pitoisuudet voivat vaihdella suurestikin. Mineraalit voivat esiintyä prosessin eri jätevirroissa, riippuen niiden sitoutumistavasta, yhdistemuodon ominaisuuksista ja polttotavasta. Ilmassa esiintyvät raskasmetallit ovat kiinnittyneinä hiukkasiin. Metallipäästöjä tarkkaillaan erityisesti jätteenpoltossa. Ympäristön kannalta haitallisimpia raskasmetalleja ovat elohopea, lyijy ja kadmium. (Raiko ym. 2002, 378-370; Ympäristöhallinnon www-sivut 2013.)

Esimerkiksi kivihiilen poltossa vapautuu jonkin verran höyrystynyttä elohopeaa, joka ei suodatu savukaasupuhdistuksessa, mutta sitoutuu rikinpoistoprosessissa ja tekstiilisuodattimissa. (Hiilitiedon www-sivut 2020.)

Ylemmän ja alemman arviointikynnyksen ylittyminen määritetään viiden edellisen vuoden pitoisuuksien perusteella. Arviointikynnyksen katsotaan ylittyvän, kun raja-arvo on ylittynyt vähintään kolmena vuonna kyseisten viiden vuoden aikana. (Asetus ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä 164/2007, liite 1.)

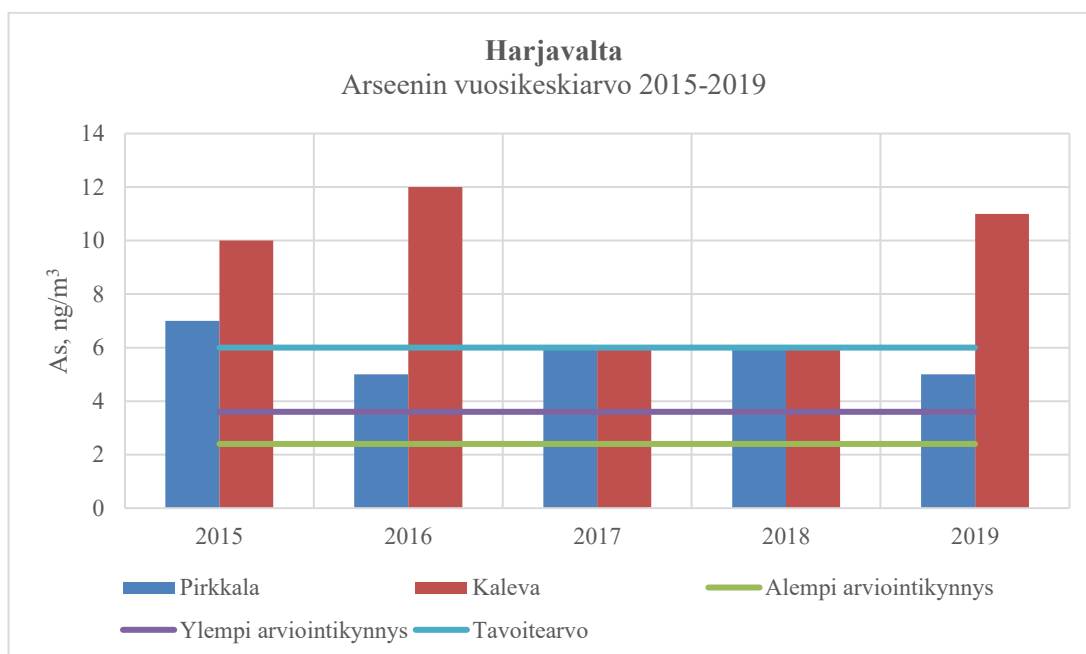
Taulukossa 13 on esitetty arseenin, kadmiumin ja nikkelin tavoitearvot ja arviointikynnykset.

Taulukko 13. Arseenin, kadmiumin ja nikkelin tavoitearvot ja arviointikynnykset ilmassa (Asetus ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä liite 1; Ympäristöhallinnon www-sivut 2013).

| Epäpuhtaus   | Tavoitearvo          | Alempi arviointikynnys | Ylempi arviointikynnys |
|--------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| Arseeni (As) | 6 ng/m <sup>3</sup>  | 2,4 ng/m <sup>3</sup>  | 3,6 ng/m <sup>3</sup>  |
| Kadmium (Cd) | 5 ng/m <sup>3</sup>  | 2 ng/m <sup>3</sup>    | 3 ng/m <sup>3</sup>    |
| Nikkeli (Ni) | 20 ng/m <sup>3</sup> | 10 ng/m <sup>3</sup>   | 14 ng/m <sup>3</sup>   |

### 10.1 Arseeni

Arseenin tavoitearvo (6 ng/m<sup>3</sup>) ylitettiin Kalevassa vuosina 2015, 2016 sekä 2019. Pirkkalassa tavoitearvo ylitettiin vuonna 2015. Alempi (2,4 ng/m<sup>3</sup>) sekä ylempi arviointikynnyksarvo (3,6 ng/m<sup>3</sup>) ylitettiin niin Kalevassa kuin Pirkkalassakin vuosina 2015-2019. Korkeimmillaan arseenin vuosikeskiarvo oli 12 ng/m<sup>3</sup> Kalevassa vuonna 2016. Kuvassa 33 on esitetty arseenin vuosikeskiarvot Harjavallassa vuosina 2015-2019.

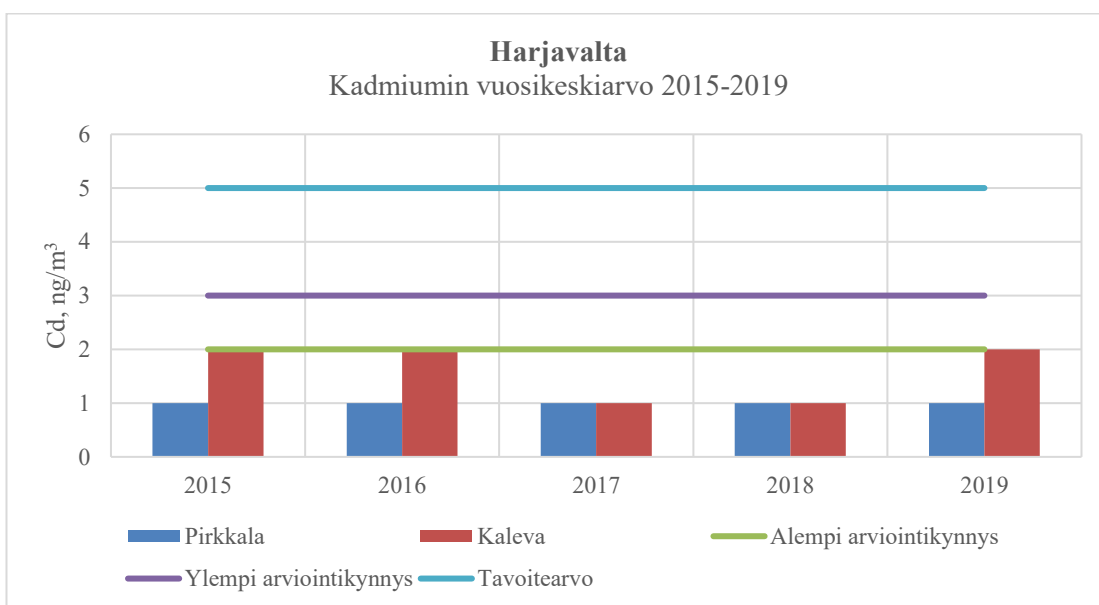


Kuva 33. Arseenin vuosikeskiarvot Harjavallassa 2015-2019.



## 10.2 Kadmium

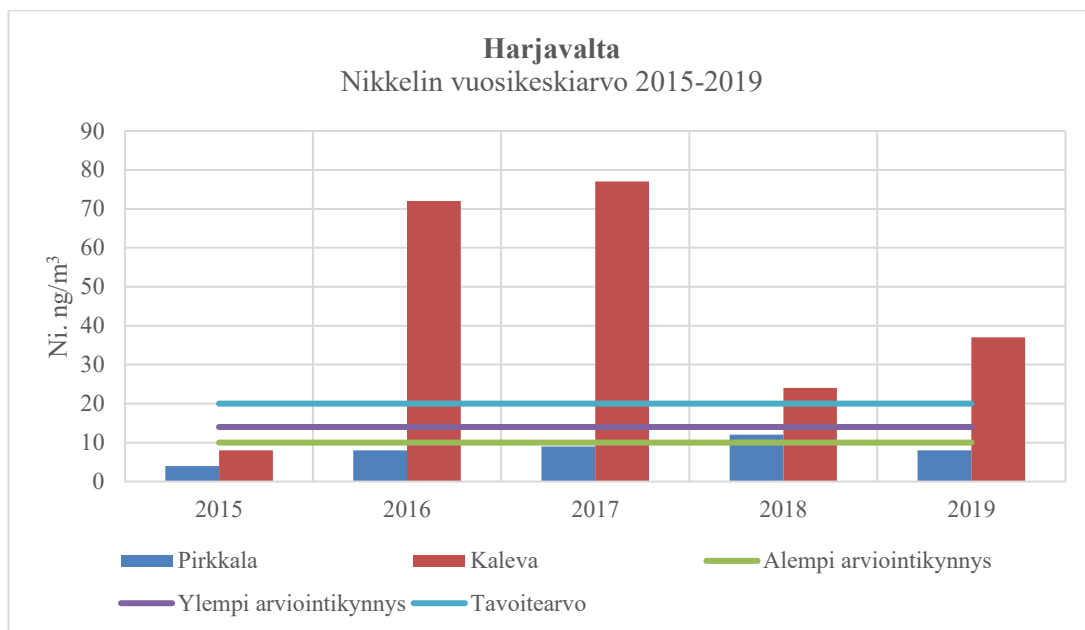
Kadmiumin osalta niin tavoitearvoa ( $5 \text{ ng/m}^3$ ) kuin ylempää arviointikynnysarvoa ( $3 \text{ ng/m}^3$ ) ei ole ylitetty Harjavallassa 2015-2019. Kalevassa saavutettiin vuosina 2015 ja 2016 alempi arviointikynnysarvo ( $2 \text{ ng/m}^3$ ), joka on myös korkein mitattu vuosikeskiarvo Harjavallassa - itse arviointikynnystä ei kuitenkaan ylitetty. Kuvassa 34 on esitetty kadmiumin vuosikeskiarvot Harjavallassa vuosina 2015-2019.



Kuva 34. Kadmiumin vuosikeskiarvot Harjavallassa 2015-2019.

## 10.3 Nikkeli

Harjavallassa nikkelin tavoitearvo ( $20 \text{ ng/m}^3$ ) sekä alempi ( $10 \text{ ng/m}^3$ ) ja ylempi arviointikynnysarvo ( $14 \text{ ng/m}^3$ ) ylittyivät vuosina 2016-2019 Kalevan mittausasemalla. Alempi arviointikynnysarvo ylitettiin Pirkkalassa vuonna 2018. Korkeimmillaan nikkelin vuosikeskiarvo oli  $77 \text{ ng/m}^3$  Kalevassa, joka ylittää reilusti tavoitearvon  $20 \text{ ng/m}^3$ . Vuodesta 2016 alkaen mittaukset on tehty standardin EN 12341:2014 mukaisesti. Kuvassa 35 on esitetty nikkelin vuosikeskiarvot Harjavallassa vuosina 2015-2019.



Kuva 35. Nikkelin vuosikeskiarvot Harjavallassa 2015-2019.

## 11 VIESTINTÄ

Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta (79/2017) säättää ympäristönsuojelulain (527/2014) nojalla muun muassa yleisölle tiedottamisesta ja yleisön varoittamisesta ilman epäpuhtauksien aiheuttamasta vaarasta. Porissa ja Harjavallassa tiedotus- ja varoitusvastuu on sopimusperusteisesti Porin kaupungin elinvoima- ja ympäristötoimialalla. Korkeista, raja-arvon ylittävistä pitoisuuksista ryhdytään viipymättä lainsäädännön edellyttämiin toimiin.

Satakunnan ilmanlaatu on pääsääntöisesti hyvä. Porin kaupungin kohdalla mahdolliset riskit liittyvät lähinnä liikenneperäisiin ilman hengitettävien hiukkasten pitoisuuksiin, joiden ohjeelliset arvot saattavat ylittyä keskustan alueella erityisesti alkukeväällä. Huomattavampi riski liittyy suurteollisuuden mahdollisten SO<sub>2</sub>-päästöjen aiheuttamaan terveydelliseen uhkaan esimerkiksi laitevian tai onnettomuuden sattuessa. Näitä tilanteita varten on laadittu väestön varoittamista koskeva tiedotus- ja toimintaohje. Pitoisuusylityksistä, mittauskatkoista, laiterikoista ja muista järjestelmän häiriötilanteista tiedotetaan muun muassa Porin kaupungin [www-sivuilla](#). (Lagerroos henkilökohtainen tiedonanto 10.10.2020.)

Varoituskynnyksen ylittyessä lyhytaikainenkin altistuminen vaarantaa yleisesti väestön terveyden. Varoituskynnykset on annettu otsonille, rikkidioksidille ja typpidioksidille, tosin Suomessa varoituskynnyksen ylitykset ovat erittäin harvinaisia. Tiedotuskynnys puolestaan on pitoisuustaso, jonka ylittyessä voi vaarantaa ilman epäpuhtauksille herkkien väestöryhmien terveyden. Lisäksi jos hengitettävien hiukkasten pitoisuus nousee yli vuorokausiraja-arvon lukuarvon (50 µg/m<sup>3</sup>), tulee asiasta tiedottaa. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien noususta tiedotetaan usein keväisin pahimman katupölyn aikaan maaliskuun huhtikuussa. (Ilmatieteen laitoksen [www-sivut](#) 2020; Asetus ilmanlaadusta 2 §.)

Valtioneuvoston asetuksen mukaan, jos ilman epäpuhtauksien tunti- tai vuorokausipitoisuuksien, tiedotus- tai varoituskynnyksen raja-arvo ylittyy, on asiasta tiedotettava viipymättä yleisölle (Asetus ilmanlaadusta 19 §). Ilmapäästöjen tiedotuskynnyksen tai varoituskynnyksen raja-arvon ylittyessä asiasta tiedotetaan viimeistään seuraavana arkipäivänä jakelulistojen mukaisesti. Tiedotteessa kerrotaan missä ja milloin ylitys on mitattu, sen kesto, pitoisuuksien suhde raja-arvoihin, suurin mitattu pitoisuus tunnin keskiarvona, mahdolliset terveysvaikutukset, niiltä suojautuminen sekä niiden kohderyhmä ja mistä saada lisätietoa terveysvaikutuksista. Lisäksi tiedotteeseen sisällytetään ennuste tilanteen kehittymisestä seuraavaksi iltapäiväksi tai pidemmäksi aikaa sekä tietoa alueesta, jota tiedotuskynnyksen ylitys koskee ja odotettavissa olevat muutokset pitoisuudessa. Jos varoituskynnyksen ennustetaan ylittyvän kolmen perättäisen tunnin aikana, on asiasta myös tiedotettava edellä olevien ohjeiden mukaisesti. (Lagerroos henkilökohtainen tiedonanto 10.10.2020.)

Rikkidioksidin tiedotus- tai varoituskynnyksen ylittyessä otetaan aina ensin yhteyttä Boliden Harjavalta Oy:n vastuullisuusjohtajaan tai ympäristöinsinööriin, joiden kanssa sovitaan tiedottamisen aikataulusta ja tiedotteen sisällöstä. Mikäli rikkidioksidipitoisuudet ovat vaarassa ylittyä Harjavallassa, mittausjärjestelmä lähettää automaattisen hälytysviestin 27 matkapuhelimeen ja toisen viestin, kun pitoisuus on laskenut takaisin alle säädetyn rajan. (Lagerroos henkilökohtainen tiedonanto 10.10.2020.)

Satakunnan pelastuslaitos sekä Varsinais-Suomen ELY-keskus vastaavat omalta osaltaan väestön tiedottamisesta poikkeuksellisessa tilanteessa (suuronnettomuustiedottaminen). Typpidioksidin tai rikkidioksidin varoituskynnyksen ylittyessä tulee olla joka tapauksessa yhteydessä Satakunnan pelastuslaitoksen päivystävään palomestariin (P3) tai Tilannekeskukseen (TIKE), myös silloin kun varoituskynnyksen ennustetaan ylittyvän. (Lagerroos henkilökohtainen tiedonanto 10.10.2020.)

Hiukkasten vuorokausiraja-arvon ylittyessä tiedottamisessa ja sen laajuuden tarpeen arvioinnissa voidaan käyttää harkintaa; esimerkiksi useampana peräkkäisenä päivänä jatkuvissa katupölyepisodeissa voidaan käyttää laajempaa tiedotusvaihtoehtoa, vaikka

ilmanlaatu ei olisikaan ollut ko. ajanjaksona erityisen huono. Tiedotteeseen sisällytetään aiemmin mainitut tiedot. Pienhiukkasista mitataan vain vuosikeskiarvoa, joten tiedotus- ja varoitusvastuuta ei ole. Tarvittaessa tiedotetaan WHO:n vuorokausiohjearvon ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ylityksistä, joita ei vielä toistaiseksi ole ollut. (Lagerroos henkilökohtainen tiedonanto 10.10.2020.)

## 12 BIOINDIKAATTORITUTKIMUS

Metsäekosysteemissä tapahtuvia muutoksia voidaan käyttää ilman saasteiden vaikutusten mittarina. Bioindikaattoritutkimuksilla hankitaan tietoa kasvillisuuden ja maaperän tilasta sekä alueen herkkyydestä vaikutuksille, joita pitkäaikainen kuormitus voi aiheuttaa. Seurantatutkimustieto kuvastaa ilman laatua ja epäpuhtauksien leviämistä sekä päästömäärien muutoksia. Seuranta toteutetaan pysyvillä näytealoilla ja keräämällä tietoa toistuvasti samoilta havaintopaikoilta. Tutkimuksessa käytetään standardoituja tai mahdollisimman hyvin vertailukelpoisia ja dokumentoituja menetelmiä, joita ovat muun muassa runkojäkälälajiston kartoitus, puuston kuntoluokitus sekä metsäsammalista ja neulasista tai muusta kasvillisuudesta otettavien näytteiden kemialliset määritykset. (Jussila ym. 1999.)

Bioindikaattoreista saatavaa seurantatietoa verrataan kuormituksessa tapahtuneisiin muutoksiin. Havaintoalueilla olevilta näytealoilta ja koko tutkimusalueelta kerätään myös muuta tietoa. Havaittavissa muutoksissa voidaan näin arvioida luontaisten tekijöiden vaikutusta alueellisiin eroihin.

Harjavalta-Porin kuormitetulla alueella laaja alueellinen bioindikaattoriseuranta aloitettiin vuosina 1990-1991 (Jussila ym. 1991). Osalla havaintoalueista tehtiin seurantaa vuosina 1992-1993 (Jussila 1994) sekä kaikilla aloilla vuosina 1996-1997, jolloin seuranta aloitettiin lisäksi ns. tausta-alueella Pohjois-Satakunnassa (Jussila 1997). Vuosina 2001-2002 tehtiin seuranta Harjavalta-Porin kuormitetulla alueella ja suppealla tausta-alueella (Jussila 2003). Vuosina 2007-2008 tehtiin seuranta Harjavalta-Porin kuormitetulla alueella ja suppealla tausta-alueella (Jussila 2008). Vuosina 2014-2015 seuranta tehtiin valituilla havainto- ja näytealoilla Harjavalta-Porin kuormitetulla alueella ja suppealla tausta-alueella (Ruuth ym. 2016).

Seuraava seuranta on tarkoitus toteuttaa valituilla havainto- ja näytealoilla vuosina 2022-2023 Harjavallan ja Porin kuormitetulla alueella ja suppealla tausta-alueella. Tavoitteena on, että seuranta-alue sijoittuu Porin, Pomarkun, Ulvilan, Nakkilan, Harjavallan ja Kokemäen, Euran ja Eurajoen kuntien alueiden lisäksi uusille, alueen etelä- ja kaakkoispuolella sijaitsevien Säkylän ja Huittisten kuntien alueille. Hankkeeseen osallistuvat alueen kunnat sekä suuret teollisuus- ja energiantuotantolaitokset.

## 13 LEVIÄMISMALLILASKELMA

Leviämismallilaskelmat eli ilmanlaatumallit ovat matemaattis-fysikaalis-kemiallisia tietokonemalleja, jotka auttavat arvioimaan ilmanlaatua, päästöjen leviämistä, muuntumaa ja pitoisuuksia ulkoilmassa sekä laskeuman suuruutta. Laskelmien antamia pitoisuusarvoja verrataan ilmanlaadun raja- ja ohjearvoihin. Leviämismalleja käytetään muun muassa liikennesuunnittelussa, kaavoituksessa, ympäristövaikutusten ja päästövähennystoimien tehokkuuden arvioinnissa. Laskelmien mittakaava vaihtelee yksittäisen tehtaan päästöjen leviämisestä kokonaisen kaupungin ilmanlaadun selvittämiseen. (Ilmatieteen laitoksen [www-sivut 2020](#).)

Leviämismalleissa tutkitaan päästökohdassa tapahtuvaa nousemaa, aineiden kemiallisia prosesseja ilmassa sekä epäpuhtauksien poistumistapoja kuivan sään ja sateen aikana. Jos keskitytään aineiden reagoimiseen keskenään, jätetään ilman liikkeiden merkitys pois mallista. Laskelmien avulla saatua tietoa käytetään avuksi vähentämään eri päästölähteiden vaikutuksia terveydelle ja ympäristölle. (Ilmatieteen laitoksen [www-sivut 2020](#).)

Eri leviämismalleja on paikallinen, alueellinen ja kaukokulkeumamalli. Paikalliset mallit, esimerkiksi maantieliikenteen päästöjen leviämismallit, arvioidaan epäpuhtauksien pitoisuuksia päästölähteen lähialueella. Alueellinen leviämismalli tutkii happamoittavien ja rehevöittävien aineiden, kuten rikin ja typen yhdisteiden, pitoisuuksien ja laskeuman arviointia sekä raskasmetallien, hiukkasten ja radioaktiivisten aineiden leviämistä. (Ilmatieteen laitoksen [www-sivut 2020](#).)

Leviämismallilaskelmien lähtötietoja tarvitaan alueen erilaisista päästölähteistä ja taustapitoisuuksista, mittauksien ja mallinnusten tiedot ilmakehän tilasta, sekä mahdollisesti myös paikkatietoja, muun muassa maanpinnan muodosta ja laadusta. Laskelmat tehdään yleensä sääaineistoja käyttäen, jolloin voidaan esittää esimerkiksi



keskiarvot ja annettujen rajapitoisuuksien ylitystiheydet ilmanpäästöille. (Ilmatieteen laitoksen www-sivut 2020.)

Harjavallan osalta Boliden Harjavalta Oy:n teettämät tuoreimmat leviämismallilaskelmat ovat:

- Hajapölypäästöselvitys ja vaikutusarvio, Ramboll Finland 29.2.2016
- Harjavallan SO<sub>2</sub> -leviämismalli, Ramboll Finland 19.12.2017
- Hajapölypäästöselvitys ja vaikutusarvio, Ramboll Finland 27.2.2018

Lisäksi Norilsk Nickel Harjavalta Oy on teettänyt hajapölypäästöselvityksen ja vaikutusarvion, Ramboll Finland 19.2.2016.

Porin kaupungin osalta leviämismallilaskelmia ei ole tehty 2000-luvulla.

Tavoitteena on, että tämän suunnitelmakauden alussa (vuonna 2021 tai 2022) teetetään ainakin Porin kaupunkialueella selvitys, jossa mallinnetaan autoliikenteen päästöt, suurimpien energiatuotanto- ja teollisuuslaitosten päästöt sekä kotitalouksien puunpoltto. Mallinnettavat yhdisteet ovat PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub> ja tarvittaessa SO<sub>2</sub>.

## 14 SEURANTASUUNNITELMA 2021-2025

### 14.1 Rikkidioksidi

#### 14.1.1 Pori

Porin mittausasemilla mitatut rikkidioksidipäästöt ovat olleet murto-osan raja- ja ohjearvoista, ja pitoisuudet ovat vuosien aikana laskeneet. Sekä Paanakedonkadun, että Pastuskerin mittausasemalla mittauksia tullaan jatkamaan toistaiseksi niin kauan kuin ne ovat kustannusten kannalta järkeviä.

#### 14.1.2 Harjavalta

Boliden Harjavalta Oy:n ja Norilsk Nickel Harjavalta Oy:n vuonna 2014 saamissa ympäristölupapäätöksissä on annettu määräyksiä ilmanlaadun tarkkailusta Harjavallassa. Määräysten mukaan rikkidioksidimittauksia tulee seurata jatkuvatoimisilla analysointilaitteilla vähintään kahdella mittausasemalla ilmanlaatuasetuksen mukaisena raja-arvovalvontana.

Harjavallan Kalevan mittausasemalla rikkidioksidin tuntiraja-arvon lukuarvo ylitettiin vuosina 2016 ja 2019, mutta varsinaisia raja- tai ohjearvoja ei ole ylitetty viimeisen viiden vuoden tarkasteluajanjaksolla. Alemman ja ylemmän arviointikynnysarvojen ylitykset Kalevassa ja Pirkkalassa eivät myöskään ole ylittäneet sallittujen ylitysten määrää.

Tällä suunnitelmakaudella rikkidioksidin mittauksia jatketaan Kalevan ja Pirkkalan mittausasemilla nykyisellä laitekannalla.

## 14.2 Typpidioksidi

Porin Paanakedonkadun mittausasemalla typpidioksidin pitoisuudet ovat olleet selvästi raja- ja ohjearvojen alapuolella. Satunnaisesti mittausasemalla mitataan hetkellisiä korkeita pitoisuuksia talvikuukausina. Ylemmän ja alemman arviointikynnysarvojen ylitykset eivät ole ylittäneet sallittujen ylitysten määrää.

Tällä suunnitelmakaudella typen oksidien mittauksia jatketaan Paanakedonkadun mittausasemalla nykyisellä laitekannalla.

## 14.3 Hengitettävät hiukkaset

### 14.3.1 Pori

Porin Paanakedonkadun mittausasemalla mitattavien hengitettävien hiukkasten pitoisuudet riippuvat pitkälti vallitsevista sääoloista, mikä korostuu erityisesti keväisin katupölykaudella. Vuorokausiraja-arvon lukuarvon  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ylitysten määrä saattaa vaihdella merkittävästikin eri vuosien välillä. Vuosiraja-arvo tai varsinainen vuorokausiraja-arvo eivät ole ylittyneet, mutta ohjearvoon verrannolliset vuorokausiarvot ovat ylittyneet useamman kerran vuosien 2000-2019 aikana.

Tällä suunnitelmakaudella hengitettävien hiukkasten mittauksia jatketaan Paanakedonkadun mittausasemalla nykyisellä laitekannalla.

### 14.3.2 Harjavalta

Harjavallassa hengitettävien hiukkasten pitoisuudet ovat olleet pieniä ja raja- ja ohjearvoja ole ylitetty, eikä arviointikynnysten ylityksiä ole tapahtunut yli sallitun määrän.

Kalevan mittausaseman osalta mittauksia jatketaan tämän vuoden loppuun asti nykyisellä TEOM 1400A -analysaattorilla. Laite korvataan 1.1.2021 alkaen FIDAS

200 -analysaattorilla. Pirkkalan mittausasemalla nykyinen TEOM 1400A – analysaattori korvataan uudella hiukkasanalysaattorilla tämän suunnitelmakauden aikana.

#### 14.4 Pienhiukkaset

##### 14.4.1 Pori

Porin Paanakedonkadun mittausasemalla pienhiukkaspitoisuudet ovat pysyneet alle raja-arvojen sekä arviointikynnysten. Mittausaseman PM<sub>10</sub>/PM<sub>2.5</sub> -analysaattori uusittiin kesäkuussa 2020.

Tällä suunnitelmakaudella mittauksia jatketaan Paanakedonkadun mittausasemalla nykyisellä laitekannalla.

##### 14.4.2 Harjavalta

Kalevan mittausasemalla pienhiukkaspitoisuudet ovat olleet matalia. Nykyistä pienhiukkasanalysaattoria (TEOM 1405A) koskeva leasing-sopimus loppuu 31.12.2020 ja laite korvataan 1.1.2021 alkaen FIDAS 200- analysaattorilla, joka mittaa sekä hengitettäviä hiukkasia (PM<sub>10</sub>), että pienhiukkasia (PM<sub>2.5</sub>).

Pirkkalan mittausasemalla nykyinen PM<sub>10</sub> -analysaattori korvataan tämän suunnitelmakauden aikana uudella hiukkasanalysaattorilla, jolla saadaan mitattua myös pienhiukkaspitoisuuksia.

Tällä suunnitelmakaudella mittauksia jatketaan laitekannalla, joka on asemilla 1.1.2021 alkaen.

## 14.5 Metallit ja arseeni

Boliden Harjavalta Oy:n ja Norilsk Nickel Harjavalta Oy:n ympäristölupapäätösten mukaan hengitettävien hiukkasten arseeni-, kadmium-, kupari- ja nikkelipitoisuuksia tulee mitata Kalevan ja Pirkkalan mittausasemilla vuorokausinäyttein, joita tulee kerätä molemmilla asemilla satunnaisotannalla viikoittain. Määritykset tulee tehdä edellä mainittujen aineiden osalta niin herkin menetelmin, että todelliset pitoisuudet saadaan luotettavasti selville.

Nikkelipitoisuuksien tavoitearvo sekä alemmat ja ylemmät arviointikynnykset ovat ylittyneet Kalevan mittausasemalla 2016-2019. Vuonna 2016 pitoisuudet nousivat selvästi edelliseen vuoteen verrattuna - samalla mittauslaitteisto vaihtui standardin mukaiseksi. Pirkkalan mittausasemalla vain alempi arviointikynnys on ylittynyt vuonna 2018 ja nikkelipitoisuudet ovat olleet Kalevaa matalampia.

Arseenipitoisuuksien alempi ja ylempi arviointikynnys ylitettiin niin Kalevan kuin Pirkkalan mittausasemilla vuosina 2015-2019 ja tavoitearvo ylitettiin Kalevassa vuosina 2015, 2016 ja 2019.

Kadmiumpitoisuudet eivät ole ylittäneet tavoitearvoa kummallakaan asemalla. Alempi arviointikynnys on saavutettu Kalevassa vuosina 2015 ja 2016.

Metallien ja arseenin mittauksia jatketaan molemmilla asemilla nykyisellä laitekannalla, mutta on mahdollista, että näytteenottotiheyttä lisätään tällä suunnitelmakaudella.

## 14.6 Mittausasemat

### 14.6.1 Pori

Paanakedonkadun mittausasema on noin 15 vuotta vanha ja Pastuskerin puurakenteinen koppi on rakennettu 1990-luvun alussa. Pastuskerin mittausasema (kuvassa 36) tulee todennäköisesti poistumaan lähivuosina. Meri-Porin mittausaseman

sijainti saattaa kuitenkin muuttua vielä tällä suunnitelmakaudella, mikäli alueelle tulee uusia sellaisia laitoksia, joiden ympäristöluvissa määrätään ilmanlaadun mittausta koskevia velvoitteita.



Kuva 36. Pastuskerin mittausasema.

Liikenteen päästöjä on mitattu Paanakedonkadulla noin neljä vuotta ja on todettu, että mittausaseman nykyinen sijainti on hyvä ja se kuvaa hyvin keskusta-alueen liikenteen päästöjä. Riippuen tulevien leviämismallilaskelmien tuloksista, tällä suunnitelmakaudella saattaa ilmetä tarve mitata keskustan liikenteen päästöjä myös toisella mittausasemalla. Paanakedonkadun mittausasema (kuvassa 37) tullaan uusimaan Pirkkalan kaltaiseksi tällä suunnitelmakaudella työturvallisuuden parantamiseksi sekä laitteiden huolto- ja kunnossapitotoimien helpottamiseksi.



Kuva 37. Paanakedonkadun mittausasema.

#### 14.6.2 Harjavalta

Boliden Harjavalta Oy:n ja Norilsk Nickel Harjavalta Oy:n ympäristölupapäätösten mukaan Harjavallan ilmanlaatua tulee seurata jatkuvasti vähintään kahdella mittausasemalla. Mittausasemien paikat tulee valita ilmanlaatuasetuksessa mainitut mittauspaikkojen sijoittamista ja väestön altistumista koskevat kriteerit huomioiden sekä hyödyntämällä laadittujen leviämismallilaskelmien tuloksia. Seuranta-asemien paikat tulee olla toimivaltaisen valvontaviranomaisen hyväksymät.

Kalevan mittausasema on noin 15 vuotta vanha. Pirkkalan mittausasema (kuvassa 38) uusittiin vuonna 2018. Tällä suunnitelmakaudella Kalevan mittausasema (kuvassa 39) uusitaan Pirkkalan aseman kaltaiseksi vuoden 2022 aikana työturvallisuuden parantamiseksi ja laitteiden huolto- ja kunnossapitotoimien helpottamiseksi. Pirkkalan mittausasemaa ei ole tarvetta uusida tai muuttaa. Molempien mittausasemien ympäristössä tulee tarve poistaa puustoa tällä suunnitelmakaudella.





Kuva 38. Pirkkalan mittausasema.



Kuva 39. Kalevan mittausasema.



#### 14.7 Rauman kaupungille myytävät ilmanlaadun mittauspalvelut

Porin kaupungin elinvoima- ja ympäristötoimiala myy ilmanlaadun mittauspalveluja Rauman kaupungille kalenterivuoden kerrallaan. Palvelusopimus käsittää mittausdatan keräämisen ja editoinnin sekä datan välittämisen edelleen Ilmatieteen laitoksen ilmanlaatusivustolle ja Rauman kaupungin ympäristönsuojeluyksikölle, joka laatii Rauman mittaustuloksista vuosiraportin. Rauman kaupungin ylläpitämällä Hallikadun mittausasemalla mitataan typen oksideja sekä hengitettäviä hiukkasia.

Tavoitteena on yllä mainitun palvelusopimuksen jatkaminen koko suunnitelmakauden 2021-2025 ajan.

#### 14.8 Seurantasuunnitelman 2021-2025 päivittäminen

Tämä seurantasuunnitelma päivitetään viimeistään vuoden 2025 lopulla tai sitä ennen, mikäli

- teollisuudessa, energiantuotannossa tai kaupunki-infrassa tapahtuu ilmanlaadun kannalta merkittäviä muutoksia,
- teollisuus- tai energiantuotantolaitoksille tulee ympäristölupien kautta uusia mittausvelvoitteita,
- lainsäädännön kautta tulee uusia velvoitteita tai
- leviämismallilaskelman tulokset sitä edellyttävät.

## LÄHTEET

Alakangas, E., Hurskainen, M., Laatikainen-Luntama, J. & Korhonen, J. 2016. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Espoo: Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. VTT Technology No. 258. Viitattu 29.12.2020. <https://cris.vtt.fi/en/publications/properties-of-fuels-used-in-finland>

Asetus ilmanlaadusta 26.01.2017/79.

Asetus ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä 08.02.2007/164.

Euroopan ympäristökeskuksen www-sivut. 2020. Viitattu 21.09.2020. <https://www.eea.europa.eu/fi>

Hengitysliiton www-sivut. 2020. Viitattu 11.09.2020. <https://www.hengitysliitto.fi/>

Hiilitiedon www-sivut. 2020. Viitattu 23.11.2020. <https://www.hiilitieto.fi/>

Hänninen, O., Korhonen, A., Lehtomäki, H., Asikainen, A. & Rumrich, I. 2016. Ilmansaasteiden terveysvaikutukset. Helsinki: Ympäristöministeriö. Raportti 16/2016. Viitattu 23.09.2020. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4604-6>

Ilmatieteen laitoksen www-sivut. 2020 Viitattu 22.11.2020. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/>

Jussila, I. 1994: Porin-Harjavallan alueen ilman laadun seuranta bioindikaattorien avulla vuosina 1992 - 1993. - Turun yliopisto, Satakunnan ympäristöntutkimuskeskus, Sykesarja B 9, 50 s.

Jussila, I. 1997: Porin-Harjavallan ja Pohjois-Satakunnan alueen ilman laadun seuranta bioindikaattorien avulla vuosina 1996-1997. - Turun yliopisto, Satakunnan ympäristöntutkimuskeskus, Sykesarja B 12, 78 s.

Jussila, I. 2003: Porin-Harjavallan alueen ilman laadun seuranta bioindikaattorien avulla vuosina 2001-2002. - Turun yliopisto, Satakunnan ympäristöntutkimuslaitos, Sykesarja B 15, 112 s.

Jussila, I. 2008: Porin-Harjavallan alueen ilman laadun seuranta bioindikaattorien avulla vuosina 2007-2008. - Turun yliopisto, Satakunnan ympäristöntutkimuslaitos, Sykesarja B 18, 128 s.

Jussila, I., Joensuu, E. & Laihonen, P. 1999: Ilman laadun bioindikaattoriseuranta metsäympäristössä. - Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 59, 57 s.

Jussila, I., Laihonen, P. & Jormalainen, V. 1991: Porin-Harjavallan alueen ilman laadun seuranta bioindikaattorien avulla vuonna 1990. - Turun yliopisto, Satakunnan ympäristöntutkimuskeskus, Sykesarja B 2, 62 s.

Kansallinen ilmansuojeluohjelma 2030. 2019. Helsinki: Ympäristöministeriö. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:7. Viitattu 30.11.2020. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-008-8>

Laakso, A. 2020. Fortumilla on yhä hiilivoimaa myös Suomessa – Porin suuri hiilivoimala siirtyy kesällä kokonaan tehoreserviin ja kaupallinen tuotanto loppuu. Ylen www-sivut. Viitattu 30.12.2020. <https://yle.fi/uutiset/3-11379804>

Lagerroos, J. 2020. Ilmansuojeluinsinööri, Porin kaupunki. Pori. Henkilökohtainen tiedonanto 10.10.2020.

Lecomte, T. ym. 2017. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Large Combustion Plants. European Commission. doi: 10.2760/949

Maailman terveysjärjestön www-sivut. 2020. Viitattu 11.09.2020. <https://www.who.int/>

Minnesota Pollution Control Agency:n www-sivut. 2020. Viitattu 17.11.2020. <https://www.pca.state.mn.us/air/sulfur-dioxide-so2>

Pessa, M. 2016. Suurten polttolaitosten savukaasujen puhdistusmenetelmät. Kandidaatintyö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Viitattu 17.11.2020. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201604119393>

Pohjolan voiman www-sivut. 2020. Viitattu 30.12.2020. <https://www.pohjolanvoima.fi/>

Pollution Prevention and Abatement Handbook. 1998. World Bank Group. <https://www.ifc.org/>

Päätös ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta 19.06.1996/480.

Raiko, R. ym. 2002. Poltto ja palaminen. International Flame Research Foundation – Suomen kansallinen osasto. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Ruuth, J., Toivanen, H., Kuhmonen, I. & Kiljunen, A. 2016: Porin-Harjavallan alueen ilman laadun bioindikaattoritutkimus vuosina 2014-2015. – Nab Labs Oy 2016, Tutkimusraportti 31/2016, 101 s. + liitteet.

STEPin www-sivut. 2020. Viitattu 1.1.2021. <https://www.stepenergy.veolia.fi/>

Suomen ympäristökeskus. 2006. Suomi-POP. Taustaselvitys pysyvien orgaanisten yhdisteiden kansainvälisten rajoitusten täytäntöönpanosta. <https://www.ymparisto.fi/fi-FI>

Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksen www-sivut. 2020. Viitattu 11.09.2020. <https://thl.fi/fi/>

Tiihanoff, H. 2018. Esiselvitys savukaasujen puhdistamisesta. Opinnäytetyö. Savonia-ammattikorkeakoulu. Viitattu 23.11.2020. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201901101177>

United States Environmental Protection Agency www-sivut. 2019. Viitattu 17.11.2020. <https://www.epa.gov/so2-pollution/sulfur-dioxide-basics>

Ympäristöhallinnon www-sivut. 2013. Viitattu 23.11.2020. <https://www.ymparisto.fi/fi-FI>

Ympäristölupapäätös dnro ESAVI/10436/2017. 2018. Aluehallintovirasto.

Ympäristölupapäätös dnro ESAVI/11819/2014. 2015. Aluehallintovirasto.

Ympäristölupapäätös dnro ESAVI/12215/2018. 2019. Aluehallintovirasto.

Ympäristölupapäätös dnro ESAVI/12257/2014. 2015. Aluehallintovirasto.

Ympäristölupapäätös dnro ESAVI/147/04.08/2011. 2014. Aluehallintovirasto.

Ympäristölupapäätös dnro ESAVI/148/04.08/2011. 2014. Aluehallintovirasto.

Ympäristölupapäätös dnro ESAVI/320/04.08/2012. 2018. Aluehallintovirasto.

Ympäristölupapäätös dnro ESAVI/36682/2019. 2020. Aluehallintovirasto.

Ympäristölupapäätös dnro ESAVI/8801/2017. 2018. Aluehallintovirasto.

Ympäristölupapäätös dnro LSY-2001-Y-297. 2005. Aluehallintovirasto.

Ympäristölupapäätös dnro LSY-2004-Y-393. 2007. Aluehallintovirasto.