



# RAUMAN METSÄTEOLLISUUDEN ILMANLAADUN SEURANTA

## Rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuudet Rauman Sinisaarella vuonna 2024



**RAUMAN METSÄTEOLLISUUDEN ILMANLAADUN SEURANTA**

**Rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuudet  
Rauman Sinisaarella 2024**

**Mika Vestenius  
Antti Mannisenaho  
Toni Mattila  
Katja Lovén**

**ILMATIETEEN LAITOS – ASiantuntijapalvelut  
ILMANLAATU JA ENERGIA  
Helsinki 31.1.2024**

# SISÄLLYSLUETTELO

<b>OSA I</b> .....	<b>4</b>
1.    JOHDANTO .....	4
2.    ILMANLAADUN MITTAUSTULOKSET .....	5
2.1    Mitatut pitoisuudet .....	5
2.2    Ilmanlaatuindeksi .....	9
2.3    Pitoisuuksien vertailua raja- ja ohjearvoihin .....	10
2.4    Hajujen esiintyminen .....	12
2.5    Tuulitiedot ja pitoisuudet tuulensuunnittain vuodelta 2024 .....	13
2.6    Pitoisuuksien vertailua Sinisaassa aiemmin mitattuihin pitoisuuksiin .....	16
Rikkidioksidi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.    YHTEENVETO MITTAUSTULOKSISTA .....	18
<b>OSA II</b> .....	<b>19</b>
4.    TUTKIMUKSEN SUORITUS .....	19
4.1    Sinisaaren mittausasema .....	19
4.2    Mitatut suureet ja mittausmenetelmät .....	20
4.3    Kalibrointimenetelmät, laadunvarmistus ja laitehuollot .....	21
4.4    Ilmanlaatuun vaikuttavat säätökijät .....	22
5.    TAUSTATIETOA ILMAN EPÄPUHTAUKSISTA .....	23
5.1    Rikkidioksidi .....	23
5.2    Haisevat rikkidyhdisteet .....	24
5.3    Ilman epäpuhtauksien terveysvaikutukset .....	24
5.4    Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot .....	25
5.5    Ilmanlaadun arviointikynnykset .....	26
<b>VIITELUETTELO</b> .....	<b>28</b>

# OSA I

---

## 1. JOHDANTO

Rauman Sinisaarella sijaitsevalla ilmanlaadun mittausasemalla mitataan rikkidioksidin (SO<sub>2</sub>) ja haisevien rikkiyhdisteiden (TRS) pitoisuuksia. Mittausasema on perustettu Rauman metsäteollisuuden ilmanlaadun tarkkailua varten. Tarkkailuun osallistuvat Metsä-Fibre Oy Rauman tehtaat, Rauman Biovoima Oy ja Forchem Oy. Tässä raportissa esitetään mittaustulokset ajanjaksolta 1.1.–31.12.2024. Kaikki tässä raportissa esitettävät mittaustulokset on validoitu ja tarvittaessa korjattu laitteille säännöllisesti tehtävien kalibroitulosten perusteella. Tässä raportissa esitetään vuoden 2024 ilmanlaadun mittaustulokset ja verrataan niitä ilmanlaadun lainsäädännössä asetettuihin raja- ja ohjearvoihin. Lisäksi raportissa verrataan pitoisuuksia Sinisaarella mitattuihin aikaisempiin mittaustuloksiin.

Mitattuja ilmanlaatu tietoja ja sääparametrien arvoja voi seurata reaaliaikaisesti verkkosivujen kautta: <http://ilmanlaatu.fmi.fi/sinisaari/>. Sinisaaren ilmanlaatu tiedot näkyvät myös Ilmatieteen laitoksen ylläpitämässä kansallisessa ilmanlaatuportaalissa verkko-osoitteessa <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatu>. Ilmanlaatusivuilla on esitetty myös mitattujen pitoisuuksien perusteella lasketut ilmanlaadun indeksin arvot, jotka kuvaavat vallitsevaa ilmanlaadun tilannetta sanallisella asteikolla hyvä, tyydyttävä, välttävä, huono, erittäin huono. Indeksien laskentaan käytetään rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden tuntipitoisuuksia. Mitatut pitoisuudet ja ilmanlaatuindeksin arvot ovat nähtävillä verkkosivuilla reaaliaikaisesti ja historiatietoina.

Ilmanlaadun mittauspalvelun tilasivat Metsä Fibre Oy, Forchem Oy ja Rauman Biovoima Oy. Ilmanlaadun mittauksista sekä niihin liittyvästä asiantuntijatyöstä vastasi Ilmatieteen laitoksen Asiantuntijapalvelut-yksikkö.

---

### Selitteet raportissa käytetyille yksiköille ja lyhenteille:

µg/m <sup>3</sup>	mikrogrammaa (= gramman miljoonasosaa) kuutiometrissä ilmaa (pitoisuus)
µg(S)/m <sup>3</sup>	mikrogrammaa kuutiometrissä ilmaa rikkinä ilmaistuna (pitoisuus), haisevien rikkiyhdisteiden kokonaispitoisuus ilmaistaan ko. yksiköissä
SO <sub>2</sub>	rikkidioksidi
TRS	Total Reduced Sulphur = haisevien rikkiyhdisteiden kokonaismäärä
m/s	metriä sekunnissa (tuulen nopeus)
N	pohjoinen (tuulen suunta), kun tuulee pohjoisesta tuulen suunta on 0° tai 360°
E	itä (tuulen suunta), kun tuulee idästä tuulen suunta on 90°
S	etelä (tuulen suunta), kun tuulee etelästä tuulen suunta on 180°
W	länsi (tuulen suunta), kun tuulee lännestä tuulen suunta on 270°

## 2. ILMANLAADUN MITTAUSTULOKSET

### 2.1 Mitatut pitoisuudet

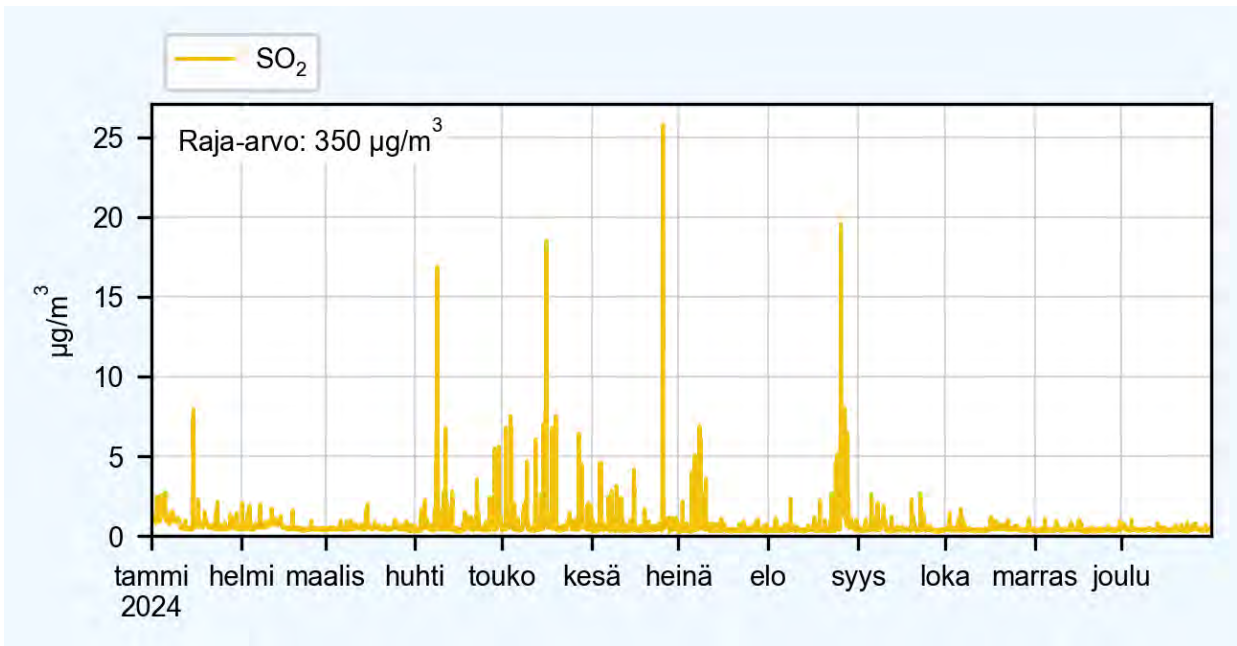
Kuvissa 1–4 on esitetty vuonna 2024 Rauman Sinisaassa mitattujen ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien tuntikeskiarvot ja vuorokausikeskiarvot (rikkidioksidi ja haisevat rikkiyhdisteet lämpötilassa 20 °C).

Mitattujen ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien vuosikeskiarvot vuonna 2024 olivat: rikkidioksidi (SO<sub>2</sub>) 0,7 µg/m<sup>3</sup> ja haisevat rikkiyhdisteet (TRS) 0,4 µg(S)/m<sup>3</sup> (rikkinä ilmaistuna).

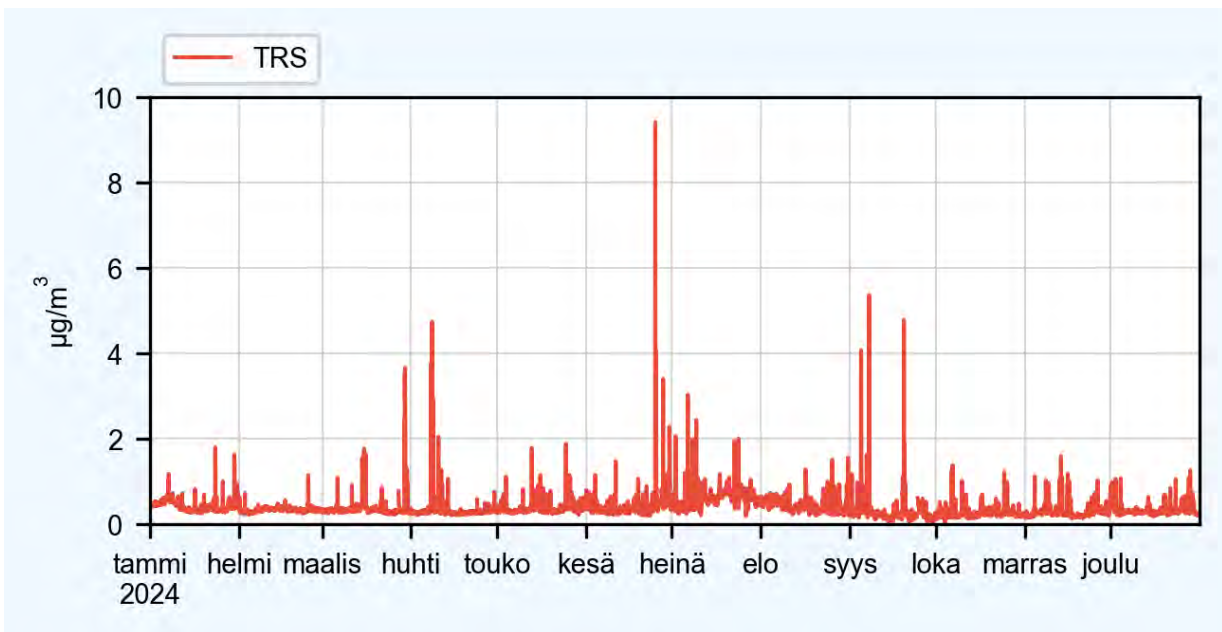
Rauman Sinisaassa mitattuja haisevien rikkiyhdisteiden tuntipitoisuuksia tarkastelemalla voidaan havaita, että vuonna 2024 mitattuja hajutunteja oli 45 kappaletta (tunnin TRS-pitoisuuden keskiarvo  $\geq 3$  µg(S)/m<sup>3</sup>). Tällöin tuulensuunta oli yleisimmin lounaasta. Tässä tarkastelussa on oletettu, että kaikki mitattu TRS-pitoisuus on ollut rikkivetyä, joka aiheuttaa tunnistettavaa hajua pitoisuustasolla noin 3–6 µg(S)/m<sup>3</sup> ja melko voimakasta tunnistettavissa olevaa hajua, kun pitoisuus on yli 6 µg(S)/m<sup>3</sup>. Näitä yli 6 µg(S)/m<sup>3</sup> mitattuja TRS-pitoisuuksia esiintyi vuonna 2024 yhteensä 27 tunnin aikana. Sinisaaren haisevien rikkiyhdisteiden tuntipitoisuudet olivat vuonna 2024 noin 98 % ajasta alle 1 µg(S)/m<sup>3</sup>. Tätä TRS-pitoisuuksiin perustuvaa hajutuntien arviointia voidaan kuitenkin pitää vain suuntaa antavana, sillä TRS:n sisältämien eri yhdisteiden haju havaitaan hyvin eri pitoisuustasoilla eli niillä on eri hajukynnys. Hajun kokemukseen vaikuttaa siis merkittävästi se, missä suhteessa päästö sisältää erilaisia haisevia yhdisteitä ja hajun kokeminen on myös yksilöllistä. Näin ollen kokonais-TRS-pitoisuus ei suoraan kerro hajun esiintyvyydestä.

Rikkidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo oli vuonna 2024 Rauman Sinisaassa 0,7 µg/m<sup>3</sup>. Rikkidioksidin tuntiohjeeseen (250 µg/m<sup>3</sup>) verrattavat pitoisuudet (99. prosenttipiste) vaihtelivat välillä 1–7 µg/m<sup>3</sup> eli <1–3 % ohjeesta. Vuorokausiohjeeseen (80 µg/m<sup>3</sup>) verrattavat pitoisuudet (kuukauden toiseksi suurin arvo) vaihtelivat välillä 1–4 µg/m<sup>3</sup> eli 1–5 % ohjeesta. Suurin yksittäinen tuntipitoisuus, 26 µg/m<sup>3</sup>, mitattiin kesäkuun 25. päivä iltapäivällä lounaan puoleisella tuulella ja korkein vuorokausipitoisuus 5,7 µg/m<sup>3</sup> samana päivänä. Korkeamman tuntipitoisuuden tunteja esiintyi eniten kesällä ja alkusyksyllä. Tuntiraja-arvon ylityksiä (350 µg/m<sup>3</sup>, 24 kpl sallittuja ylityksiä, kuva 1) kuten myöskään vuorokausiraja-arvon ylityksiä (125 µg/m<sup>3</sup>, sallittuja ylityksiä 3 kpl), ei ollut.

Haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuuden vuosikeskiarvo oli 2024 Rauman Sinisaassa 0,3 µg(S)/m<sup>3</sup>. Suurin yksittäinen TRS-tuntipitoisuus 9 µg(S)/m<sup>3</sup> mitattiin 25. kesäkuuta lounaistuulella ja korkein vuorokausipitoisuus 1,6 µg(S)/m<sup>3</sup> 8. huhtikuuta. Vuorokausiohjeeseen 10 µg(S)/m<sup>3</sup> (kuukauden toiseksi suurin vuorokausipitoisuus) verrattavat pitoisuudet vaihtelivat vuonna 2024 välillä 0,4–0,9 µg(S)/m<sup>3</sup> eli 4–9 % ohjeesta. Suurimmat pitoisuuspiikit sekä TRS:n että SO<sub>2</sub>:n osalta mitattiin kesällä. Haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuudet näyttivät jonkin verran yleisesti kohoavan alkukesällä kevään tasosta (kuvat 2 ja 4).

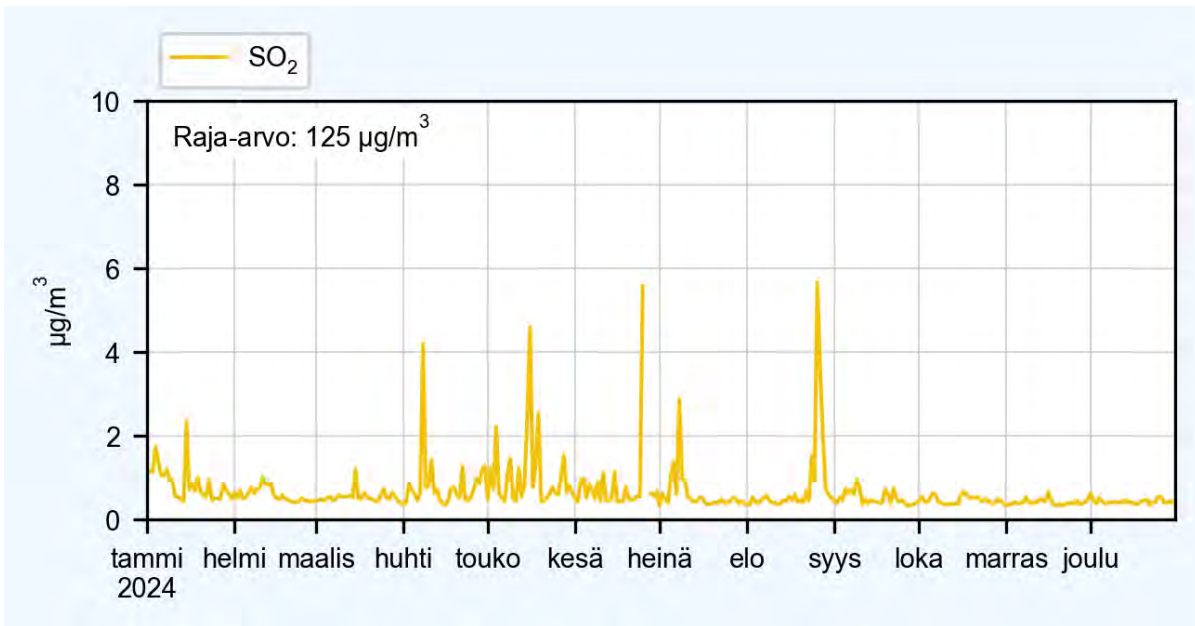


Kuva 1. Rikkidioksidin (SO<sub>2</sub>) tuntipitoisuudet (µg/m<sup>3</sup>) Rauman Sinisaarella vuonna 2024.



Kuva 2. Haisevien rikkiyhdisteiden (TRS) tuntipitoisuudet (µg(S)/m<sup>3</sup>) Rauman Sinisaarella vuonna 2024.





Kuva 3. Rikkidioksidin (SO<sub>2</sub>) vuorokausipitoisuudet (µg/m<sup>3</sup>) Rauman Sinisaarella vuonna 2024.



Kuva 4. Haisevien rikkijyhdisteiden (TRS) vuorokausipitoisuudet (µg(S)/m<sup>3</sup>) Rauman Sinisaarella vuonna 2024. TRS:n ohjearvo on 10 µg(S)/m<sup>3</sup> ja ohjearvoon verrattava arvo on kuukauden toiseksi suurin vuorokausipitoisuus (0,9 µg(S)/m<sup>3</sup> Sinisaarella vuonna 2024).

Rauman Sinisaaren ilmanlaadun tarkkailupisteessä vuonna 2024 mitatut rikkidioksidin ja haisevien rikkijyhdisteiden pitoisuudet on esitetty taulukoissa 1–2 kuukausittaisina tuntipitoisuuksien ja vuorokausipitoisuuksien tilastosuureina.

Taulukko 1. Rikkidioksidipitoisuudet ja ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet Sinisaassa 2024.

2024	SO <sub>2</sub> tuntiarvot					SO <sub>2</sub> vuorokausiarvot		
	lukumäärä (kpl)	kattavuus (%)	keskiarvo (µg/m <sup>3</sup> )	99.%-piste	korkein arvo (µg/m <sup>3</sup> )	lukumäärä	2. suurin vrk (µg/m <sup>3</sup> )	% ohje-arvosta
<b>Koko vuosi</b>	<b>8744</b>	<b>99.5 %</b>	<b>0,67</b>	<b>4.9</b>	<b>26</b>	<b>364</b>	<b>3,5</b>	<b>4 %</b>
Tammikuu	741	100 %	0,9	2,8	8	31	1,7	2 %
Helmikuu	696	100 %	0,6	1,5	2	29	0,9	1 %
Maaliskuu	738	99 %	0,5	1,5	2	31	0,7	1 %
Huhtikuu	720	100 %	0,8	5,5	17	30	1,4	2 %
Toukokuu	744	100 %	1,1	7,5	19	31	2,5	3 %
Kesäkuu	698	97 %	0,8	4,6	26	28	1,2	1 %
Heinäkuu	739	99 %	0,6	4,2	7	31	1,4	2 %
Elokuu	744	100 %	0,8	6,9	20	31	3,5	4 %
Syyskuu	716	99 %	0,5	1,7	3	30	0,8	1 %
Lokakuu	744	100 %	0,5	1,1	2	31	0,7	1 %
Marraskuu	720	100 %	0,4	0,9	1	30	0,5	1 %
Joulukuu	744	100 %	0,4	0,8	1	31	0,6	1 %

Taulukko 2. Haisevien rikkiyhdisteiden (TRS) pitoisuudet ja ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet Sinisaassa 2024.

2024	TRS tuntiarvot					TRS vuorokausiarvot		
	lukumäärä (kpl)	kattavuus (%)	keskiarvo (µg(S)/m <sup>3</sup> )	99.%-piste	korkein arvo (µg(S)/m <sup>3</sup> )	lukumäärä	2. suurin vrk (µg(S)/m <sup>3</sup> )	% ohje-arvosta
<b>Koko vuosi</b>	<b>8730</b>	<b>99,4</b>	<b>0,4</b>	<b>1,5</b>	<b>9</b>	<b>361</b>	<b>0,9</b>	<b>9 %</b>
Tammikuu	737	99	0,4	1,0	2	30	0,6	6 %
Helmikuu	696	100	0,3	0,5	1	29	0,4	4 %
Maaliskuu	736	99	0,4	1,7	4	30	0,8	8 %
Huhtikuu	720	100	0,4	2,4	5	30	0,6	6 %
Toukokuu	744	100	0,4	1,1	2	31	0,6	6 %
Kesäkuu	695	97	0,5	1,7	9	28	0,8	8 %
Heinäkuu	737	99	0,7	1,9	3	31	0,9	9 %
Elokuu	744	100	0,4	1,1	2	31	0,6	6 %
Syyskuu	713	99	0,3	2,1	5	29	0,7	7 %
Lokakuu	744	100	0,3	1,0	1	31	0,5	5 %
Marraskuu	720	100	0,3	1,0	2	30	0,5	5 %
Joulukuu	744	100	0,3	1,0	1	31	0,5	5 %

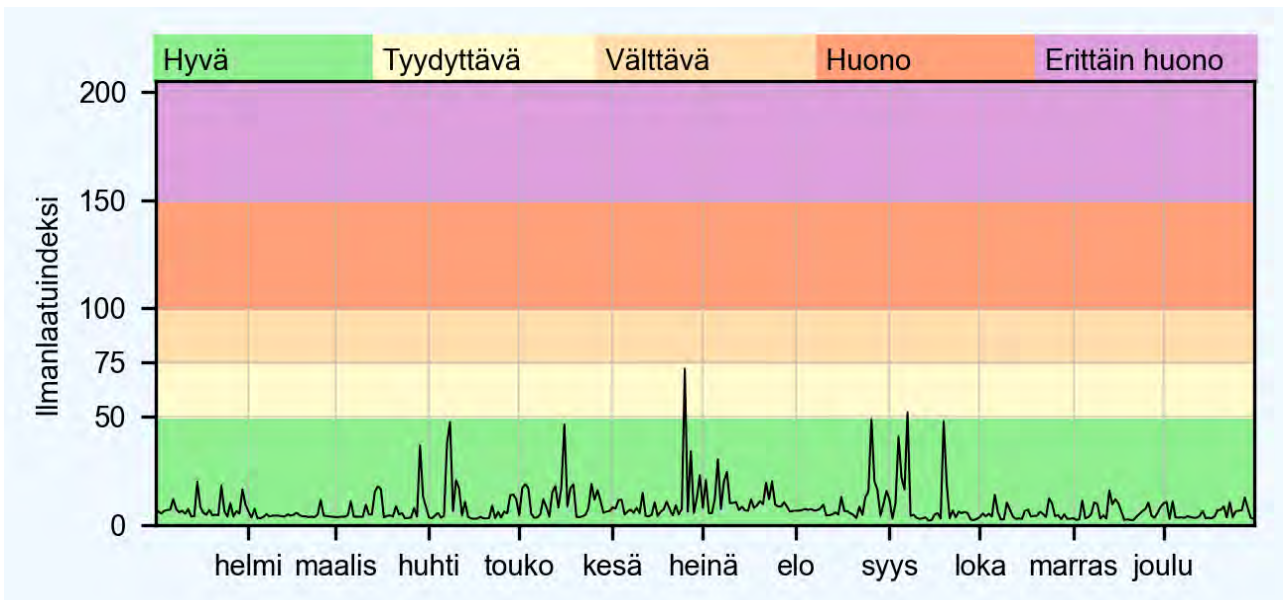


## 2.2 Ilmanlaatuindeksi

Rauman Sinisaassa mitattujen ilman epäpuhtauspitoisuuksien perusteella laskettiin ilmanlaatuindeksi, joka kuvaa vallitsevaa ilmanlaatuutilannetta sanallisella asteikolla: hyvä, tyydyttävä, välttävä, huono, erittäin huono. Indeksien laskentaan käytettiin rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden tuntipitoisuuksia. Tässä tarkastelussa mittauspäivän kokonaisindeksi määräytyy ilmanlaadultaan huonoimman tunnin mukaan.

Indeksillä ilmaistuna ilmanlaatu oli Rauman Sinisaassa vuonna 2024 rikkidioksidin ja TRS:n osalta hyvää 99 % päivistä (kuva 5). Muita kuin hyvän ilmanlaadun päiviä oli kaksi kappaletta. Ilmanlaatu oli tyydyttävää kahtena päivänä (25.6 ja 7.9 2024). Välttävän tai erittäin huonon ilmanlaadun päiviä ei vuonna 2024 esiintynyt Sinisaassa lainkaan. 25.6 ja 7.9 tyydyttävä ilmanlaatu johtui TRS:sta. Koska ilmanlaatuindeksin arvon määrittelyt perustuvat pääosin mitattujen ilman epäpuhtauksien pitoisuuksista aiheutuviin terveysvaikutuksiin, on Rauman Sinisaassa voinut mittausjaksolla esiintyä hajuhaittoja, vaikka indeksin arvo osoittaisi hyvää tai tyydyttävää ilmanlaatua.

Ilmanlaadun indeksiarvojen laskenta perustuu mitattujen ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien tarkasteluihin suhteessa niiden terveysvaikutusperusteisiin ohjearvopitoisuuksiin. Tästä syystä haisevien rikkiyhdisteiden aiheuttamat ilmanlaatuvaikutukset kuvautuvat indeksiarvoissa vain mahdollisten terveysvaikutusten osalta, eikä indeksi kuvaa TRS-yhdisteiden aiheuttamaa hajuhaittaa. Metsä Fibre Oy:n Rauman sellutehtaan rikkivety päästöt aiheuttivat vuonna 2024 ajoittain kaupungin alueella ihmisten viihtyvyyteen vaikuttaneita hajuhaittoja ja huononsivat tuolloin osaltaan ilmanlaatua muiden ilmanlaatuun vaikuttaneiden tekijöiden lisäksi.



Kuva 5. Vuorokauden suurimmat ilmanlaatuindeksin arvot Rauman Sinisaassa vuonna 2024

## 2.3 Pitoisuuksien vertailua raja- ja ohjearvoihin

Raja-arvot määrittelevät pitoisuuksille enimmäiskaton, jota ei saa ylittää. Ohjearvojen seuraamisella sen sijaan yritetään ohjata esimerkiksi kaavoitusta sellaisille alueille, jossa pitoisuudet ovat ihmisten terveydelle haitattomalla tasolla. Raja- ja ohjearvoilla on erilaiset tilastolliset määrittelyt ja raja-arvopitoisuuksille sallitaan vielä erikseen ylityksiä määrittelystä pitoisuustasosta, joten raja- ja ohjearvoja ei voi suoraan lukuarvoina verrata keskenään. Arviointikynnyksiin vertaamisen avulla määritetään ilmanlaadun seurantarvetta ja käytettäviä seurantamenetelmiä. Ilmanlaadun lainsäädännöstä on kerrottu tarkemmin raportin jälkimmäisessä osassa kappaleessa 5.4.

Taulukoissa ja kuvissa on esitetty rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden ohjearvoon verrattavat pitoisuudet kuukausittain sekä pitoisuuksien suhde ohjearvoon Rauman Sinisaarella vuonna 2024. Jos pitoisuuden suhde ohjearvoon on 100 %, on ohjearvoon verrannollinen pitoisuus yhtä suuri kuin ohjearvo. Jos prosenttiluku on yli 100, on ohjearvo ylittynyt.

Taulukko 3. Rikkidioksidin (SO<sub>2</sub>) ja haisevien rikkiyhdisteiden (TRS) ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet kuukausittain sekä näiden suhde ohjearvoihin Rauman Sinisaaren mittauspisteessä vuonna 2024.

2024	SO <sub>2</sub> tunti		SO <sub>2</sub> vrk		TRS vrk	
	99 %-piste (µg/m <sup>3</sup> )	% ohjearvosta	2. suurin vrk (µg(S)/m <sup>3</sup> )	% ohjearvosta	2. suurin vrk (µg(S)/m <sup>3</sup> )	% ohjearvosta
Tammikuu	2,8	1 %	1,7	2 %	0,6	6 %
Helmikuu	1,5	1 %	0,9	1 %	0,4	4 %
Maaliskuu	1,5	1 %	0,7	1 %	0,8	8 %
Huhtikuu	5,5	2 %	1,4	2 %	0,6	6 %
Toukokuu	7,5	3 %	2,5	3 %	0,6	6 %
Kesäkuu	4,6	2 %	1,2	1 %	0,8	8 %
Heinäkuu	4,2	2 %	1,4	2 %	0,9	9 %
Elokuu	6,9	3 %	3,5	4 %	0,6	6 %
Syyskuu	1,7	1 %	0,8	1 %	0,7	7 %
Lokakuu	1,1	0 %	0,7	1 %	0,5	5 %
Marraskuu	0,9	0 %	0,5	1 %	0,5	5 %
Joulukuu	0,8	0 %	0,6	1 %	0,5	5 %
Ohjearvo	250		80		10	



Kuva 6. Rikkidioksidin ohjearvopitoisuudet Sinisaarella 2024.



Kuva 7. Haisevien rikkiyhdisteiden vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet.

Rikkidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo oli vuonna 2024 Rauman Sinisaassa 0,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Kriittinen taso rikkidioksidin vuosikeskiarvopitoisuudelle on 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Kriittinen taso on annettu kasvillisuuden ja ekosysteemien suojelemiseksi.

Rikkidioksidipitoisuudet alittivat ohjearvot Rauman Sinisaassa vuonna 2024. Rikkidioksidin tuntiohjearvoon (250  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 99.%-piste) verrattavat pitoisuudet vaihtelivat välillä <1–8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  eli <1–3 % ohjearvosta. Vuorokausiohjearvoon (80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2. suurin vrk-arvo) verrattavat pitoisuudet vaihtelivat välillä <1–4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  eli 1–4 % ohjearvosta. Suurin yksittäinen tuntipitoisuus, 26  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mitattiin kesäkuun 25. päivä illalla lounaan puoleisella tuulella ja korkein vuorokausipitoisuus 5,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  samana päivänä.

Rauman Sinisaassa vuonna 2024 mitatut rikkidioksidipitoisuudet eivät ylittäneet ilmanlaatuasetuksessa annettuja raja-arvoja. Tuntiraja-arvotaso 350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ei ylittynyt kertaakaan, kun ylityksiä sallitaan 24 kpl kalenterivuodessa. Raja-arvomäärittelyn mukainen 25. suurin tuntiarvo oli 11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  eli 3 % raja-arvosta. Myöskään rikkidioksidin vuorokausiraja-arvotaso 125  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ei ylittynyt kertaakaan, kun ylityksiä sallitaan 3 kpl kalenterivuodessa. Neljänneksi korkein vuorokausiarvo oli 4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  eli 3 % raja-arvosta.

Haisevien rikkiyhdisteiden suurin yksittäinen tuntipitoisuus, 9  $\mu\text{g}(\text{S})/\text{m}^3$  mitattiin 25. kesäkuuta lounaistuulella ja korkein vuorokausipitoisuus 1,6  $\mu\text{g}(\text{S})/\text{m}^3$  8. huhtikuuta. Vuorokausiohjearvoon 10  $\mu\text{g}(\text{S})/\text{m}^3$  (kuukauden toiseksi suurin vuorokausipitoisuus) verrattavat pitoisuudet vaihtelivat vuonna 2024 välillä 0,4–0,9  $\mu\text{g}(\text{S})/\text{m}^3$  eli 4–9 % ohjearvosta.

## 2.4 Hajujen esiintyminen

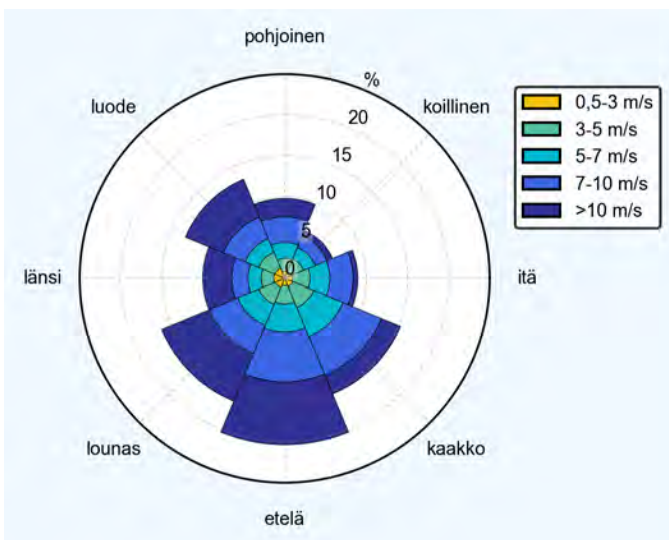
Sinisaassa mitattuja haisevien rikkiyhdisteiden tuntipitoisuuksia tarkastelemalla voidaan tilastollisesti arvioida, että mittausjaksolla olisi esiintynyt hajutunteja 45 kpl eli alle yhdessä prosentissa (0,5 %) koko mittausjakson tunneista (8 730 kpl). Hajutunneiksi on tässä tarkastelussa määritetty kaikki tunnit, jolloin TRS-pitoisuus on ollut  $\geq 3 \mu\text{g}(\text{S})/\text{m}^3$ . Näistä tunneista olisi ollut melko voimakasta tunnistettavissa olevaa hajua 27 tuntia. Eniten hajutunteja esiintyi huoltoseisokin aikana ja sen jälkeen kesällä. Valtaosan mittausjaksosta haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuudet kuitenkin olivat matalia, eikä hajuja esiintynyt. TRS-pitoisuus oli koko mittausjaksolla noin 98 % tunneista alle 1  $\mu\text{g}(\text{S})/\text{m}^3$ .

TRS-pitoisuuksiin perustuvaa hajujen esiintyvyyden arviointia voidaan pitää vain hyvin suuntaa antavana. Tässä tarkastelussa on oletettu, että kaikki mitattu TRS-pitoisuus olisi ollut rikkivetyä, joka on kaikista TRS-yhdisteistä herkimmin haiseva, eli sillä on matalin hajukynnys. Rikkivety aiheuttaa tunnistettavaa hajua pitoisuustasolla noin 3–6  $\mu\text{g}(\text{S})/\text{m}^3$  ja melko voimakasta tunnistettavissa olevaa hajua, kun pitoisuus on yli 6  $\mu\text{g}(\text{S})/\text{m}^3$ . Todellisuudessa mitattu pitoisuus sisältää eri TRS-yhdisteitä, ja kaikkien niiden haju havaitaan eri pitoisuustasoilla, koska yhdisteillä on kullakin eri hajukynnys. Hajun kokemukseen vaikuttaa siis merkittävästi se, missä suhteessa päästö kyseisellä hetkellä sisältää erilaisia haisevia rikkiyhdisteitä. Näin ollen kokonais-TRS-pitoisuus ei suoraan kerro hajun esiintyvyydestä.

## 2.5 Tuulitiedot ja pitoisuudet tuulensuunnittain vuodelta 2024

Tuulen suunnalla tarkoitetaan meteorologiassa suuntaa, josta tuuli puhaltaa. Kun tuulta mitataan ja ilmoitetaan tuulen suunta, tarkoitetaan aina, että tuuli puhaltaa kyseisestä ilmansuunnasta havaitsijaa kohti. Niinpä etelätuuli puhaltaa etelästä ja länsituuli lännestä, jne. Tuulen suunnat ilmaistaan ns. kompassisuuntina. Tämä tarkoittaa, että kun tuulee idästä, tuulen suunta on  $90^\circ$ , kun tuulee etelästä, tuulen suunta on  $180^\circ$ , jne. Samalla tavoin määräytyvät väli-ilmansuunnat asteina. Seuraavassa kuvaajassa on esitetty koko mittausjakson tuulen suunta- ja nopeustietojen yhteenveto tuuliruusun muodossa. Tuuliruusun keskipisteestä lähtevän janan pituus sektorin kehäviivalle vastaa ko. tuulisektorin tuulien prosentuaalista osuutta jakson tuulista. Tuuliruususta nähdään myös tuulten nopeusjakaumat tuulensuuntasektoreittain. Eri tuullenopeuksien prosentuaaliset osuudet saadaan vertaamalla sektoreiden kunkin nopeusluokan sektoripituutta prosenttiasteikkoon.

Vuoden 2024 tuulien tarkastelussa on käytetty Ilmatieteen laitoksen Kylmäpihlajan sääaseman tuulidataa. Kylmäpihlaja sijaitsee noin kymmenen kilometrin päässä Sinisaaresta länteen. Kylmäpihlajan tuulimittaus kuvaa hyvin tuulen alueellista jakaumaa ja sitä voidaan käyttää arvioitaessa päästöjen kulkeutumista läheiseltä tehdasalueelta Sinisaareen, vaikka merellä tyypillisesti mitataankin voimakkaampia tuulia mantereeseen verrattuna. Kuvassa 8 esitetty tuulikuvaaja edustaa Kylmäpihlajalla mitattuja tuulia vuonna 2024. Kuvasta nähdään, että Kylmäpihlajassa on tuullut jonkun verran kaikilta suunnilta, mutta voimakkaimmat tuulet on puhaltaneet etelästä ja lounaasta, tältä suunnalta on tuullut noin 37 % vuoden tunneista. Vähiten on tuullut koillisesta, noin 5 % mitatuista tunneista. Tyypillisesti Suomessa vallitseva tuulen suunta on lounaasta, mutta siihen vaikuttaa tietysti paikalliset olosuhteet, maan pinnan muodot ja maaston rosoisuus. Tuulianalyysin perusteella Sinisaaren mittauskoppi on sijainniltaan hyvässä paikassa Rauman paperiteollisuuden päästöjen mittausten kannalta tehtaiden koillispuolella.



Kuva 8. Tuulen suunta ja nopeus Kylmäpihlajassa mittausjaksolla 1.1.–31.12.2024.

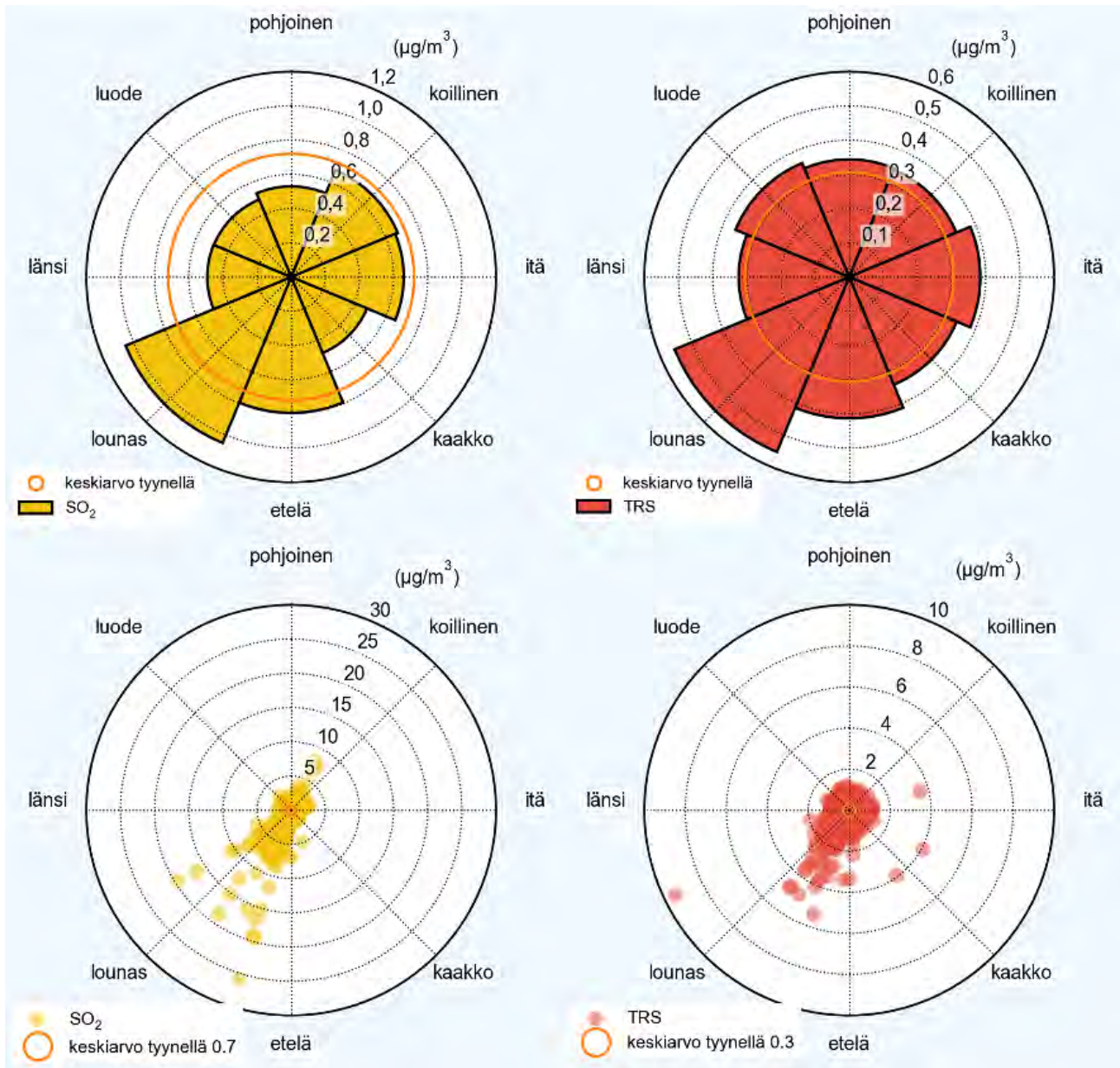
Seuraavissa kuvaajissa on esitetty tuulen suunnan vaikutus rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuuksiin Sinisaassa pitoisuusruusujen avulla. Kuvissa esitetään mitatut pitoisuuksien tuntikeskiarvot mittausaineistoissa eri tuulensuunnilla. Pisteiden etäisyys kuvaajan keskipisteestä vastaa epäpuhtauden tuntikeskiarvopitoisuutta ko. tuulisektorissa.

Vallitsevat tuulensuunnat olivat Sinisaassa vuonna 2024 laajalla alueella idästä luoteeseen. Sekä rikkidioksidin että haisevien rikkiyhdisteiden korkeimmat tuntipitoisuudet painottuivat lounaan puoleisille tuulille (kuva 9) eli tuuli toi korkeampia SO<sub>2</sub>- ja TRS-pitoisuuksia lounaan suunnalta selkeästi eniten verrattuna muihin ilmansuuntiin. Yksittäisiä pitoisuushavaintoja tehtiin lähes kaikilla tuulensuunnilla mutta suurimmat rikkidioksidin pitoisuudet painottuvat eniten lounaan puoleisille tuulille. Haisevien rikkiyhdisteiden tuntipitoisuuksissa on hieman enemmän hajontaa eri tuulensuuntiin, mutta niissäkin suurimmat pitoisuudet painottuvat lounaan puoleisille tuulille.

Haisevat rikkiyhdisteet ovat peräisin yleensä pääasiassa teollisuudesta, jätekeskuksista ja jätevesien käsittelystä. Rauman seudulla merkittävin haisevien rikkiyhdisteiden päästölähde on Metsä Fibre Oy:n Rauman sellutehdas, joka sijaitsee Sinisaaren mittauspisteestä noin 2 km lounaaseen.

Rikkidioksidin merkittävimpiä päästölähteitä Rauman seudulla ovat Metsä Fibre Oy:n Rauman sellutehtaan ohella Rauman Biovoima Oy ja Forchem Oy, jotka sijaitsevat myös lounaaseen Sinisaaren mittauspisteestä, Rauman Biovoima noin kilometrin päässä ja Forchem Oy noin 2 km päässä. Kuvassa 13 on esitetty mittausaseman sijainti suhteessa merkittävimpiin päästölähteisiin.

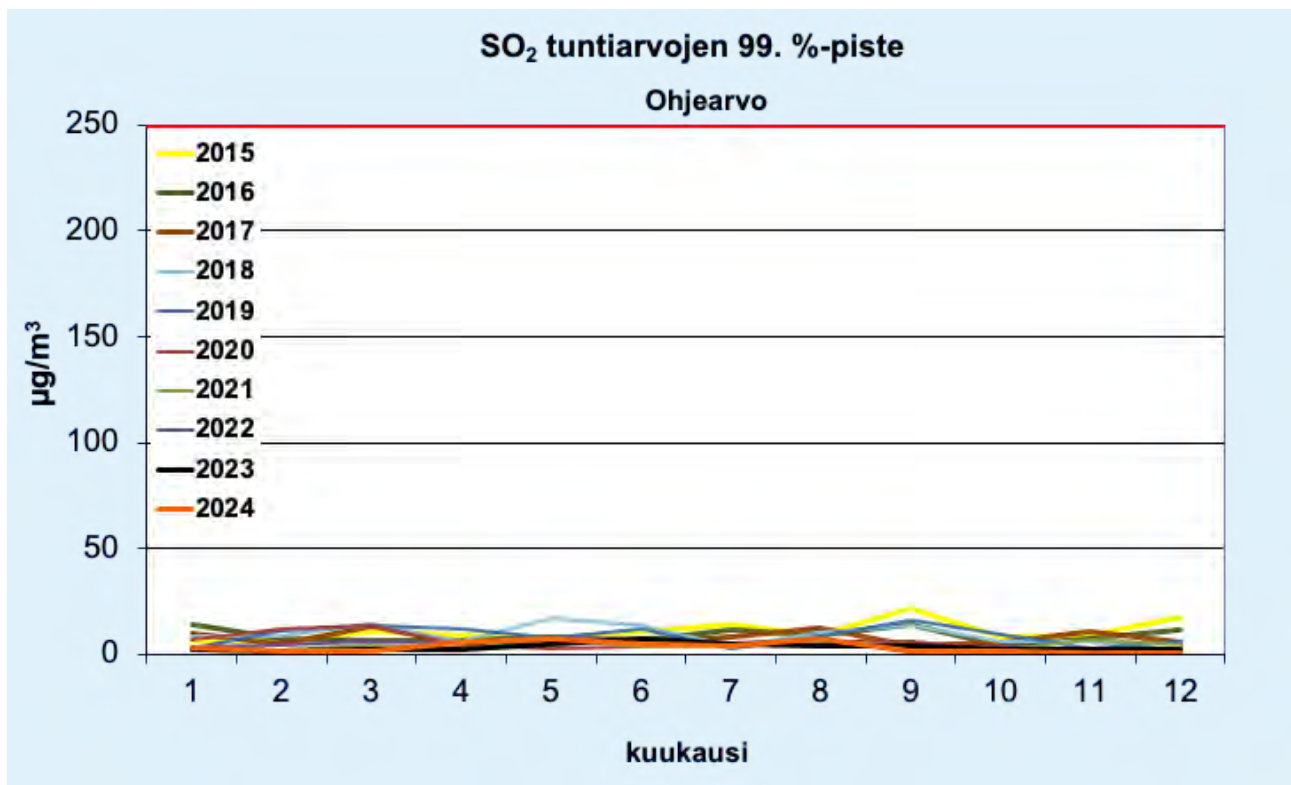




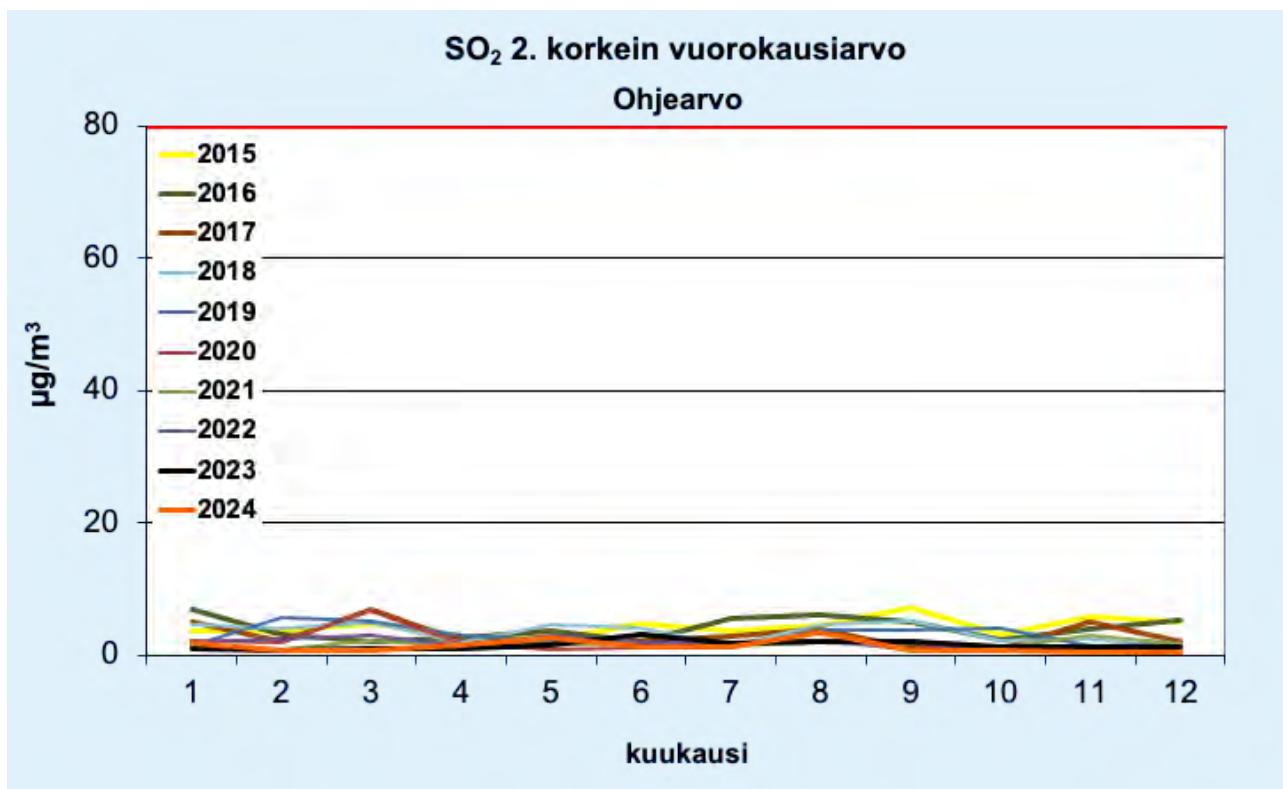
Kuva 9. Sinisaaren mittausasemalla mitatut SO<sub>2</sub>:n ja TRS:n pitoisuudet tuulensuunnittain mittausjaksolla 1.1.–31.12.2024. Punainen ympyrä kuvaa pitoisuuksia tyynellä (tuulen nopeus <0,5 m/s).

## 2.6 Pitoisuuksien vertailua Sinisaassa aiemmin mitattuihin pitoisuuksiin

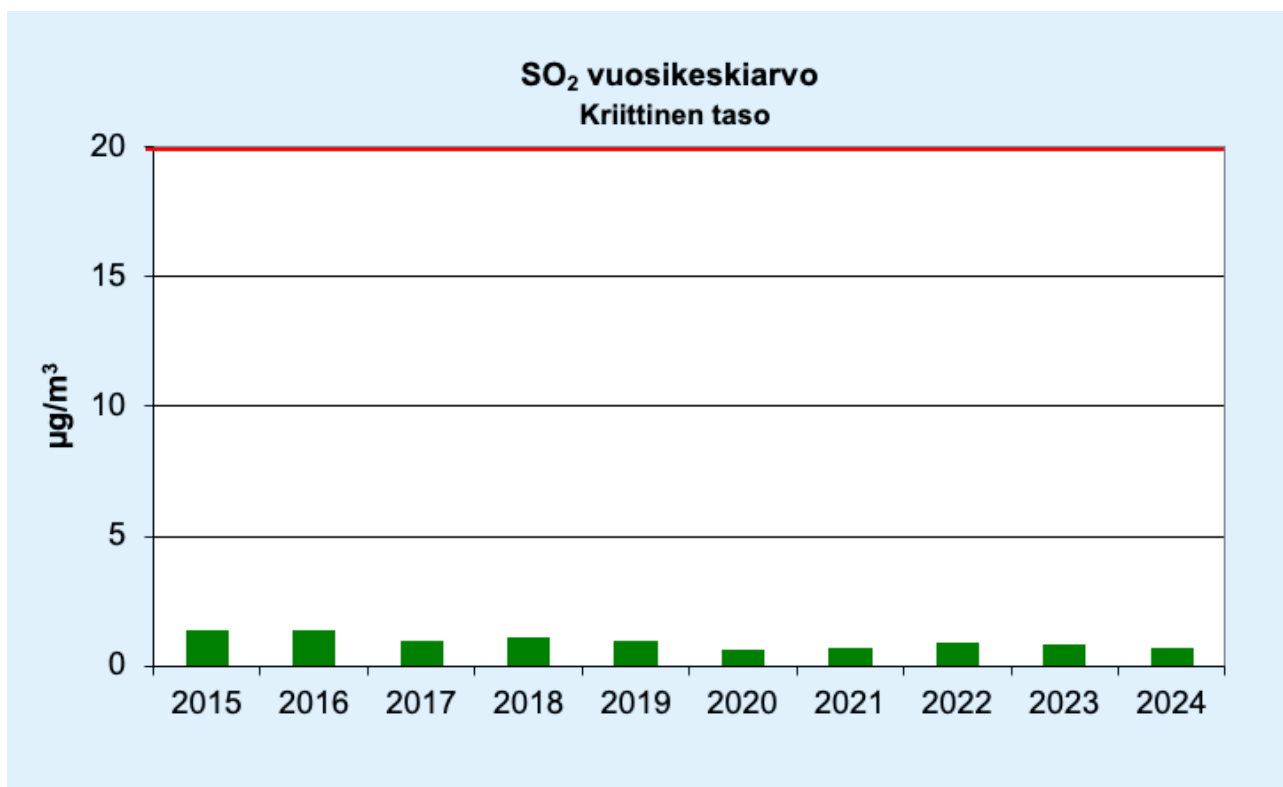
Rauman Sinisaassa rikkidioksidin ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet ovat vaihdelleet kymmenen viime vuoden tarkastelujaksolla (2015–2024) melko vähän (kuvat 10 ja 11). Rikkidioksidin tuntiohjearvoon verrattavat pitoisuudet ovat vaihdelleet Rauman Sinisaassa vuosina 2015–2024 välillä  $<1\text{--}7\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja vuorokausiohjearvoon verrattavat pitoisuudet välillä  $<1\text{--}4\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Vuosikeskiarvo on ollut Rauman Sinisaassa  $0,6\text{--}1,4\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  vuosina 2015–2024 (kuva 12). Vuosikeskiarvo ( $0,7\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) oli vuonna 2024 hieman alempi verrattuna kahteen edelliseen vuoteen. Rikkidioksidipitoisuudet ovat olleet laskusuunnassa ja ohje- ja raja-arvot ovat alittuneet selvästi kaikkina vuosina Rauman Sinisaassa kymmenen viime vuoden tarkastelujaksolla.



Kuva 10. Rikkidioksidin tuntiohjearvoon ( $250\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) verrannolliset pitoisuudet Rauman Sinisaassa vuosina 2015–2024.



Kuva 11. Rikkidioksidin tuntiohjearvoon ( $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) verrannolliset pitoisuudet Ruman Sinisaarella vuosina 2015–2024.



Kuva 12. Rikkidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvot Rauman Sinisaarella vuosina 2015–2024.

### 3. YHTEENVETO MITTAUSTULOKSISTA

Vuonna 2024 Rauman metsäteollisuuden ilmanlaadun tarkkailusta on vastannut Ilmatieteen laitos. Rauman Sinisaassa sijaitsevalla mittausasemalla mitattiin ulkoilmasta rikkidioksidin ( $\text{SO}_2$ ) ja haisevien rikkiyhdisteiden (TRS) pitoisuuksia.

Rauman Sinisaassa vuonna 2024 mitatut rikkidioksidipitoisuudet eivät ylittäneet ohjearvoja.

Rikkidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvoksi mitattiin vuonna 2024  $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Rikkidioksidin tuntiohjearvoon ( $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) verrattavat pitoisuudet (99. prosenttipiste) vaihtelivat välillä  $<1\text{--}8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eli  $<1\text{--}3 \%$  ohjearvosta. Vuorokausiohjearvoon ( $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2. suurin vrk-arvo) verrattavat pitoisuudet vaihtelivat välillä  $<1\text{--}4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eli  $1\text{--}5 \%$  ohjearvosta. Suurin yksittäinen tuntipitoisuus,  $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mitattiin kesäkuun 25. päivä iltapäivällä lounaan puoleisella tuulella ja korkein vuorokausipitoisuus  $5,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  samana päivänä. Korkeamman tuntipitoisuuden tunteja esiintyi eniten kesällä ja alkusyksyllä. (kuva 1).

Haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuudet eivät myöskään ylittäneet ohjearvoa. Vuorokausiohjearvoon  $10 \mu\text{g}(\text{S})/\text{m}^3$  (kuukauden toiseksi suurin vuorokausipitoisuus) verrattavat pitoisuudet vaihtelivat vuonna 2024 välillä  $0,4\text{--}0,9 \mu\text{g}(\text{S})/\text{m}^3$  eli  $4\text{--}9 \%$  ohjearvosta. Suurin yksittäinen TRS-tuntipitoisuus  $9 \mu\text{g}(\text{S})/\text{m}^3$  mitattiin 25. kesäkuuta lounaistuulella ja korkein vuorokausipitoisuus  $1,6 \mu\text{g}(\text{S})/\text{m}^3$  8. huhtikuuta. Haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuudet näyttivät jonkin verran yleisesti kohoavan alkukesällä kevään tasosta.

Rauman Sinisaassa vuonna 2024 mitatut rikkidioksidipitoisuudet eivät ylittäneet ilmanlaatuasetuksessa annettuja raja-arvoja. Tuntiraja-arvotaso  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ei ylittynyt kertaakaan, kun ylityksiä sallitaan 24 kpl kalenterivuodessa. Raja-arvomäärittelyn mukainen 25. suurin tuntiarvo oli  $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eli  $3 \%$  raja-arvosta. Myöskään rikkidioksidin vuorokausiraja-arvotaso  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ei ylittynyt kertaakaan, kun ylityksiä sallitaan 3 kpl kalenterivuodessa. Neljänneksi korkein vuorokausiarvo oli  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eli  $3 \%$  raja-arvosta. Rikkidioksidin pitoisuus oli kesällä Sinisaassa keskimäärin hieman korkeampi kuin syksyllä ja keväällä ja korkeamman tuntipitoisuuden tunteja esiintyi tuolloin myös eniten.

Suurimmat tuntipitoisuudet sekä rikkidioksidin että haisevien rikkiyhdisteiden osalta mitattiin kesäkuussa. Sinisaassa normaalista poikkeavat kohonneet pitoisuudet voivat ainakin osittain liittyä poikkeustilanteisiin (mm. huhtikuussa) ja myös normaaliin kesän huoltoseisokkiin elossyyskuussa.

Rauman Sinisaassa mitattujen ilman epäpuhtauspitoisuuksien perusteella laskettiin ilmanlaatuindeksi, joka kuvaa vallitsevaa ilmanlaatuutilannetta asteikolla hyvä, tyydyttävä, välttävä, huono ja erittäin huono. Indeksillä ilmaistuna ilmanlaatu oli Rauman Sinisaassa vuonna 2024 hyvää  $98 \%$  päivistä. Ilmanlaatu oli tyydyttävää kahtena päivänä (25.6 ja 7.9 2024). Tämä johtui TRS:sta. Huonoa tai erittäin huonoa ilmanlaatua ei esiintynyt vuoden 2024 tarkastelujaksolla yhtenäkin päivänä. Tässä tarkastelussa mittauspäivän indeksi määräytyy ilmanlaadultaan huonoimman tunnin mukaan. Rauman Sinisaassa esiintyi Metsä Fibre Oy:n Rauman sellutehtaan päästöistä johtuvia ihmisten viihtyvyyteen vaikuttaneita hajuhaittoja vuonna 2024 noin 45 hajutunnin aikana, joka on  $0,5\%$  mitatusta vuoden tunneista. Hajutunniksi on tässä työssä arvioitu sellaiset tunnit, jolloin mitattu TRS-tuntipitoisuus oli vähintään  $3,0 \mu\text{g}(\text{S})/\text{m}^3$ .

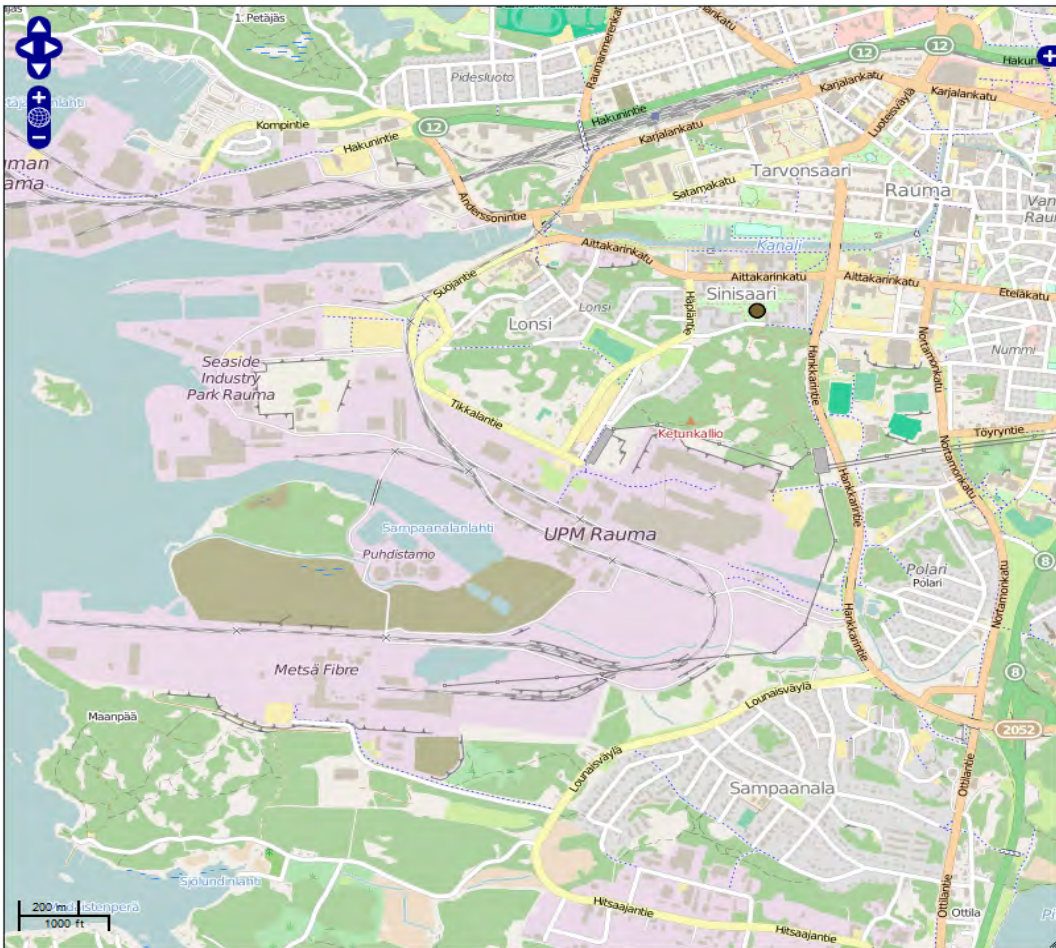


## OSA II

### 4. TUTKIMUKSEN SUORITUS

#### 4.1 Sinisaaren mittausasema

Raumalla Sinisaaren puistossa sijaitsevalla ilmanlaadun mittausasemalla on vuodesta 1998 lähtien mitattu rikkidioksia ja haisevia rikkiyhdisteitä. Haisevien rikkiyhdisteiden ja rikkidioksidin näytteenottimet sijaitsevat noin 3 metrin korkeudella maanpinnasta. Mittauspaikan sijaintia ja ympäristöä on havainnollistettu kuvissa 13 ja 14. Kylmäpihlajan sääasema sijaitsee noin 10 kilometrin päässä mittauspaikasta koilliseen.



Kuva 13. Sinisaaren ilmanlaadun mittausaseman (●) sijainti Raumalla. Kartta-aineisto: OpenStreetMap.org (Creative Commons Attribution-ShareAlike 2.0)



Kuva 14. Sinisaaren ilmanlaadun mittausasema. Kuva: Mika Vestenius.

## 4.2 Mitatut suureet ja mittausmenetelmät

Rikkidioksin ja haisevien rikkiyhdisteiden pitoisuuksia mitattiin Raumalla jatkuvatoimisilla automaattisilla analysointilaitteilla (taulukko 4). Ilmanlaadun mittaustulokset kerättiin mittausasemilla mittausmikroille minuuttiarvoina, joista ne siirrettiin edelleen minuuttiarvoina langattomasti modeemiyhteyden kautta Ilmatieteen laitoksen palvelimelle raakadatietokantaan. Raakadatietokannassa mittaustulokset pysyvät aina muuttumattomina, jolloin alkuperäiset arvot ovat myöhemminkin tarvittaessa saatavilla. Minuuttiarvoista määritettiin tuntikeskiarvot ja vuorokausikeskiarvot. Mittaustulokset korjattiin kalibroitulosten perusteella ja mahdolliset laitteiden toimintahäiriöistä ja kalibroinneista johtuneet virheelliset arvot poistettiin. Mittauksia seurattiin kaukovalvontana Ilmatieteen laitokselta Helsingistä.



Taulukko 4. Sinisaaren ilmanlaadun mittauksissa käytetyt menetelmät ja laitteet.

Mitattava komponentti	Mittausmenetelmä	Mittalaite
Rikkidioksidi	UV-fluoresenssi	TEI 43i TLE
Haisevat rikkiyhdisteet	UV-fluoresenssi + konvertteri	TEI 43S + PPM891 konvertteri
Meteorologiset tiedot	Akustinen tuulimittari (Kylmäpihlajalla, FMISID 101061)	Thies UA2D

Rikkidioksidin mittauksissa käytettiin UV-fluoresenssiin perustuvaa määritysmenetelmää. Mittaukset perustuvat EU:n referenssimenetelmään, joka on kuvattu standardissa SFS-EN 14212:2012. Ambient air - Standard method for the measurement of the concentrations of sulphur dioxide by ultraviolet fluorescence. Haisevien rikkiyhdisteiden kokonaispitoisuutta määritetään hapettamalla rikkiyhdisteet korkeassa lämpötilassa ns. konvertterissa rikkidioksidiksi. Tämän jälkeen myös TRS-laitteessa mitataan rikkidioksidin kokonaispitoisuutta UV-fluoresenssimenetelmällä.

Jatkuvatoimisten mittalaitteiden mittaustulokset kerättiin minuuttiarvoina mittauksia ohjaavalle tietokoneelle, jolta ne siirrettiin edelleen minuuttiarvoina langattomasti modeemiyhteyden kautta Ilmatieteen laitoksen palvelimelle raakadatietokantaan ja siitä edelleen tallennettavaksi muihin tietokantoihin. Raakadatietokannassa mittaustulokset pysyvät aina muuttumattomina, jolloin alkuperäiset arvot ovat myöhemminkin tarvittaessa saatavilla. Minuuttiarvoista määritettiin tuntikeskiarvot ja vuorokausikeskiarvot ja muut pidemmän jakson keskiarvot. Mittaustulokset korjattiin kalibrointitulosten perusteella ja laitteiden toimintahäiriöistä johtuneet virheelliset arvot poistettiin. Mittauksia seurattiin etävalvontana Ilmatieteen laitokselta Helsingistä.

### 4.3 Kalibrointimenetelmät, laadunvarmistus ja laitehuollot

Sinisaaren ilmanlaadun tarkkailun laadunvarmennuksessa kiinnitettiin huomiota kalibrointien suorittamiseen, kalibrointien jäljitettävyyteen ja laitteiden toimintaan. Rikkidioksidin ja haisevien rikkiyhdisteiden mittalaitteiden kalibroinnit tehtiin monipistekalibroinnin (4–5 pitoisuutta) avulla. Mittausaineisto korjattiin matemaattisesti kalibrointitulosten perusteella. Kalibrointien yhteydessä tehtiin tarvittavat huollot ja näytteenottolinjojen tarkastukset. Ilmanlaadun mittaukset suoritettiin kansallisen ilmanlaadun mittausohjeen (*Ilmatieteen laitos, 2017*) sekä [Ilmatieteen laitoksen ilmanlaatumittausten laatujärjestelmän](#) mukaisesti (linkki avautuu uuteen ikkunaan).

Mittauksia seurattiin kaukovalvontana Ilmatieteen laitokselta Helsingistä.

Rikkidioksidin mittalaite kalibroitiin käyttäen rikkidioksidikaasua (SO<sub>2</sub>), joka laimennettiin erillisen laimentimen avulla halutuille pitoisuustasoille. Kalibrointipisteet kattoivat pitoisuusalueen 0–100 ppb. Laimentimena käytettiin kentälaimenninta. Kaasunormaalina käytettiin SO<sub>2</sub>-permeaatioputkea. Laimentimella tuotetut kalibrointipitoisuudet varmennettiin ilmanlaatumittausten kansallisessa vertailulaboratoriossa Ilmatieteen laitoksella jäljitettävästi kalibroidulla rikkidioksidianalysaattorilla. Ilmatieteen laitoksen vertailulaboratorio on FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoima

kalibrointilaboratorio K043. Kalibrointien perusteella Sinisaaren ilmanlaadun tarkkailun rikkidioksidin pitoisuusmittaukset on jäljitetty kansalliseen mittanormaaliin ja sitä kautta ainemäärään.

TRS-mittalaite kalibroidiin käyttäen rikkivetykaasua ( $H_2S$ ), joka laimennettiin erillisen laimentimen avulla halutuille pitoisuustasoille. Kalibrointipisteet kattoivat pitoisuusalueen 0–100 ppb. Laimentimena käytettiin kenttälaimenninta. Kaasunormaalina käytettiin  $H_2S$ -permeaatioputkea. Laimentimesta tuotettiin kalibrointipitoisuusarvot, jotka varmennettiin ilmanlaatumittausten kansallisessa vertailulaboratoriossa Ilmatieteen laitoksella jäljitettävästi kalibroitua rikkidioksidianalysaattoria vastaan.

Rikkidioksidin ja haisevien rikkijyhdisteiden mittalaitteet kalibroidiin tammikuussa, huhtikuussa, kesäkuussa ja syyskuussa 2024 sekä tammikuussa 2025. Analysaattoreiden näytteenottolinjat tarkistettiin ja analysaattoreiden hiukkassuodattimet vaihdettiin jokaisella kalibrointikerralla. Näytteenottolinjat uusittiin kesäkuun kalibrointien ja huollon yhteydessä.

Mittaukset toimivat yleensä ottaen hyvin lukuun ottamatta lyhyitä katkoja vuoden aikana johtuen paikallisista sähkökatkoista tai mittauskoneen viasta.

Laatutavoite koko vuoden aineiston vähimmäismäärälle saavutettiin mittaussaineiston ajallisen kattavuuden ollessa 99 %. Raja-arvojen ylittymisen valvontaan käytettävissä mittauksissa aineiston vähimmäismäärä on 90 %, mikä ei kuitenkaan sisällä laitteiden säännöllisestä kalibroinnista tai normaalista kunnossapidosta aiheutuvaa tietohukkaa. Tämä laatutavoite täyttyi Rauman Sinisaaren ilmanlaatumittausten osalta, tosin Sinisaaren mittausasema ei kuulu minkään komponentin osalta raja-arvoa valvoviin mittausasemiin.

Rikkidioksidin mittauksissa käytettiin UV-fluoresenssiin perustuvaa määrittämenetelmää. Mittaukset perustuvat EU:n referenssimenetelmään, joka on kuvattu standardissa SFS-EN 14212:2012. *Ambient air - Standard method for the measurement of the concentrations of sulphur dioxide by ultraviolet fluorescence.*

Haisevien rikkijyhdisteiden kokonaispitoisuutta määritetään hapettamalla rikkijyhdisteet korkeassa lämpötilassa ns. konvertterissa rikkidioksidiksi. Tämän jälkeen myös TRS-laitteessa mitataan rikkidioksidin kokonaispitoisuutta UV-fluoresenssimenetelmällä.

Jatkuvatoimisten mittalaitteiden mittaustulokset kerättiin minuuttiarvoina mittauksia ohjaavalle tietokoneelle, jolta ne siirrettiin edelleen minuuttiarvoina langattomasti modeemiyhteyden kautta Ilmatieteen laitoksen palvelimelle raakadatietokantaan ja siitä edelleen tallennettavaksi muihin tietokantoihin. Raakadatietokannassa mittaustulokset pysyvät aina muuttumattomina, jolloin alkuperäiset arvot ovat myöhemminkin tarvittaessa saatavilla. Minuuttiarvoista määritettiin tuntikeskiarvot ja vuorokausikeskiarvot ja muut pidemmän jakson keskiarvot. Mittaustulokset korjattiin kalibrointitulosten perusteella ja laitteiden toimintahäiriöistä johtuneet virheelliset arvot poistettiin. Mittauksia seurattiin etävalvontana Ilmatieteen laitokselta Helsingistä.

#### **4.4 Ilmanlaatuun vaikuttavat säätekijät**

Ilman epäpuhtauksien päästöistä suurin osa vapautuu ilmakehän alimpaan kerrokseen, jota kutsutaan rajakerrokseksi. Rajakerroksessa päästöt sekoittuvat ympäröivään ilmaan ja ilman epäpuhtauksien pitoisuudet laimenevat. Päästöt voivat levitä liikkuvien ilmassojen mukana laajoille alueille. Tämän kulkeutumisen aikana ilmansaasteet voivat reagoida keskenään sekä

muiden ilmassa olevien yhdisteiden kanssa muodostaen uusia yhdisteitä. Ilman epäpuhtaudet poistuvat ilmasta sateen huuhtomina, kuivalaskeumana erilaisille pinnoille tai kemiallisen muutunnan kautta.

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

Inversiolla tarkoitetaan tilannetta, jossa ilmakehän lämpötila nousee ylöspäin mentäessä. Erityisesti maanpintainversion aikana ilmanlaatu voi paikallisesti huonontua nopeasti. Maanpintainversiossa maanpinta ja sen lähellä oleva ilmakerros jäähtyy niin, että kylmempi ilma jää ylempänä olevan lämpimämmän ilman alle. Kylmä pintailma ei raskaampana pääse kohoamaan yläpuolellaan olevan lämpimän kerroksen läpi, ja ilmakehän pystysuuntainen liike estyy. Inversiokerroksessa tuuli on hyvin heikkoa ja näin ollen ilmaa sekoittava pyörteisyyttä on vähäistä, minkä vuoksi ilmansaasteiden pitoisuudet laimenevat huonosti. Inversiotilanteissa pitoisuudet kohoavat, koska ilmansaasteet kerääntyvät matalaan ilmakerrokseen päästölähteiden lähelle.

Korkeimmat pitoisuudet esiintyvät kaupunkialueilla useimmiten stabiileissa heikkotuulisissa tilanteissa voimakkaan maanpintainversion vallitessa. Autoliikenne on haitallisin päästölähdekorkeiden pitoisuuksien muodostumisen kannalta useimmissa maamme kaupungeissa. Liikenteen päästöjen osuus monien ilman epäpuhtauksien päästöistä on huomattava ja pakokaasut pääsevät suoraan ihmisten hengityskorkeudelle. Korkeista piipuista vapautuvat energiantuotannon ja teollisuuden päästöt saattavat joskus purkautua matalien maanpintainversioiden yläpuolelle, jolloin ne eivät juuri vaikuta pitoisuuksiin lähellä maanpintaa lähialueellaan.

Keväisin merkittävin ilmanlaatuhaittojen aiheuttaja on katupöly. Katupölyä syntyy, kun lumet sulavat keväällä ja talven aikana tien varsille kerääntynyt hiukkasmassa vapautuu ilmaan tuulen ja liikennevirtojen vaikutuksesta katujen kuivuttua. Lumien sulamisvedet, sateet ja pölynsidonta suolaliuoksella hillitsevät keväistä pölyämistä. Sateet alentavat myös muina vuodenaikoina väliaikaisesti ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia ja puhdistavat hengitysilmaa.

## **5. TAUSTATIETOA ILMAN EPÄPUHTAUKSISTA**

### **5.1 Rikkidioksidi**

Ulkoilman rikkidioksidipitoisuudet ovat nykyisin alhaisella tasolla Suomessa. Rikkidioksidipäästöjen tehokkaan ja pitkäjänteisen rajoittamisen seurauksena kaupunkialueiden rikkidioksidipitoisuudet ovat laskeneet lähelle tausta-alueiden pitoisuuksia. Ulkoilmassa oleva rikkidioksidi on pääosin

peräisin energiantuotannosta, teollisuudesta ja laivojen päästöistä. Teollisuuspaikkakunnilla rikkidioksidipitoisuudet voivat kohota lyhytaikaisesti ja paikallisesti epäedullisissa meteorologisissa tilanteissa ja häiriöpäästötilanteissa. Myös satamien ja huippulämpökeskusten lähellä voi ajoittain esiintyä korkeita lyhytaikaishyppeleitä. Korkeat rikkidioksidipitoisuudet voivat lisätä hengitystieinfektioita ja astmaatikkojen kohtauksia. Äkillisiä oireita ovat yskä, hengenahdistus ja keuhkoputkien supistuminen. Pakkanen voi pahentaa rikkidioksidin aiheuttamia oireita. Puhtailla tausta-alueilla rikkidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvot ovat olleet jo useiden vuosien ajan noin 1–2 µg/m<sup>3</sup> (Ilmatieteen laitos, 202).

## 5.2 Haisevat rikkiyhdisteet

Haisevat rikkiyhdisteet eli TRS-yhdisteet (Total Reduced Sulphur) aiheuttavat suomalaisille tutun selluteollisuuden pahan hajun. Samanlaisia rikkiyhdisteitä syntyy myös orgaanisen aineen hapettomassa hajoamisessa eli mätänemisessä. Näitä hajuja esiintyy myös esimerkiksi kaatopaikoilla ja jätevedenkäsittelyssä, mutta myös soiden ja järvien pohjamudista voi purkautua haisevia rikkiyhdisteitä.

TRS-yhdisteillä tarkoitetaan pelkistyneitä rikkiyhdisteitä, kuten rikkivety H<sub>2</sub>S, metyylimerkaptani CH<sub>3</sub>SH, dimetyylisulfidi (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>S ja dimetyylidisulfidi (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>. Näitä yhdisteitä esiintyy selluteollisuuden päästöissä vaihtelevina osuuksina. Useimmiten rikkiyhdisteitä käsitellään kokonais-TRS-päästöinä ja -pitoisuuksina. Kullakin yhdistellä on sille ominainen hajukynnys, eli pitoisuus, jossa puolet ihmisistä aistii hajua. Haisevat rikkiyhdisteet aiheuttavat jo pieninä pitoisuuksina yhdyskuntailmassa viihtyvyyshaittaa epämiellyttävän hajunsa takia. Ulkoilman TRS-pitoisuuksia ei Suomessa seurata puhtailla tausta-alueilla, vaan TRS-pitoisuuksien mittauksia tehdään ainoastaan teollisuuspäästöjen vaikutusalueilla (Ilmatieteen laitos, 2022).

## 5.3 Ilman epäpuhtauksien terveysvaikutukset

Ilman epäpuhtauksien terveyshaitat ovat seurausta altistumisesta ulkoilmassa oleville haitallisille aineille. Altistuminen on sitä suurempaa mitä korkeampia hengitysilman pitoisuudet ovat ja mitä kauemmin ihminen hengittää saastunutta ilmaa. Pitkäaikainen altistuminen ilmansaasteille on terveysvaikutusten kannalta haitallisempaa kuin lyhytaikainen altistuminen.

Ilmansaasteiden arvioidaan aiheuttavan Suomessa noin 1 600 ennen aikaista kuolemantapausta vuodessa (Hänninen ym. 2016). Lisäksi ilmansaasteet aiheuttavat haittoja lisääntyneen sairastamisen takia. Haitalliset vaikutukset ilmenevät siitä huolimatta, että ilmanlaadun raja- tai ohjearvot eivät Suomessa ylity laajassa mitassa. Terveyshaitat aiheutuvat suurelta osin pienhiukkasista ja pienemmältä osin hengitettävistä hiukkasista sekä typpidioksidista. Yksilöiden herkkyys ilmansaasteille vaihtelee. Herkkiä väestöryhmiä ovat kaikenikäiset astmaatikot, ikääntyneet sepelvaltimotautia ja keuhkohtaumatautia sairastavat sekä lapset. Talvisin pakkasen voi pahentaa ilmansaasteista aiheutuvia oireita.

Tieteellinen näyttö pienhiukkasten haitallisista terveysvaikutuksista on erittäin laaja. Hiukkaset kulkeutuvat ilman mukana kaikkiin osiin hengitysteistä, jolloin ne aiheuttavat sekä suoria vaikutuksia keuhkoissa että siirtyvät osin verenkiertoon ja edelleen kehon muihin osiin kuten sydänlihakseen ja aivoihin. Hiukkaset lisäävät sydän- ja verenkiertoelimistön sairauksia ja lisäävät kuolleisuutta. Muiden ilmansaasteiden vaikutukset ovat myös vakavia, mutta niiden kansanterveydelliset haitat ovat pienhiukkasiin verrattuna vähäisempiä.

## 5.4 Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot

*Ohjearvot* ovat ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia, joiden alittaminen on tavoitteena. Ohjearvoilla esitetään riittävän hyvän ilmanlaadun tavoitteet. Ohjearvot eivät ole sitovia, mutta niitä sovelletaan maankäytön ja liikenteen suunnittelussa, rakentamisen muussa ohjauksessa sekä ilman pilaantumisen vaaraa aiheuttavien toimintojen sijoittamisessa ja lupakäsittelyssä. Ohjearvojen ylittyminen on pyrittävä estämään ennakoita ja pitkällä aikavälillä alueilla, joilla ilmanlaatu on tai saattaa toistuvasti olla huonompi kuin ohjearvo edellyttäisi. Ilmanlaadun ohjearvot on määritellyt valtioneuvoston päätöksessä ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta (Vnp 480/1996, taulukko **Error! Reference source not found.**).

*Raja-arvot* ovat ilman epäpuhtauden pitoisuuksia, jotka on alitettava määräajassa. Kun raja-arvo on alitettu, sitä ei enää saa ylittää. Raja-arvot ovat sitovia ja ne eivät saa ylittyä alueilla, joissa asuu tai oleskelee ihmisiä. Raja-arvon ylittyessä on kunnan ryhdyttävä ympäristönsuojelulain mukaisiin toimiin ja laadittava ilmansuojelusuunnitelma ilmanlaadun parantamiseksi ja raja-arvon ylitysten estämiseksi. Tällaisia toimia voivat olla esimerkiksi määräykset liikenteen tai päästöjen rajoittamisesta. Ilmanlaadun raja-arvot on määritellyt ilmanlaatuasetuksessa (Vna 79/2017, taulukko **Error! Reference source not found.**).

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

Ilman epäpuhtaus	Ohjearvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Tilastollinen määrittely
Rikkidioksidi ( $\text{SO}_2$ )	250 <sup>1)</sup>	Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste
Haisevat rikkiyhdisteet (TRS)	80 <sup>1)</sup>	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
	10 <sup>1)</sup>	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo

<sup>1)</sup> Tulokset ilmaistaan lämpötilassa 293 K ja paineessa 101,3 kPa.

<sup>2)</sup> Tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

Taulukko 6. Ilmanlaadun raja-arvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi (Vna 79/2017).

Ilman epäpuhtaus	Keskiarvon las- kenta-aika	Raja-arvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (293 K, 101,3 kPa)	Sallittujen ylitysten määrä kalenterivuo- dessa
Rikkidioksidi ( $\text{SO}_2$ )	1 tunti	350 <sup>1)</sup>	24
	1 vuorokausi	125 <sup>1)</sup>	3

<sup>1)</sup> Tulokset ilmaistaan lämpötilassa 293 K ja paineessa 101,3 kPa.

<sup>2)</sup> Tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoja ei sovelleta työpaikoilla eikä tehdasalueilla, sillä työpaikka-alueilla sovelletaan omia työterveyttä ja työturvallisuutta koskevia säännöksiä. Raja-arvojen noudattamista ei myöskään arvioida liikenneväylillä eikä alueilla, jonne yleisöllä ei ole vapaata pääsyä ja joilla ei ole pysyvää asutusta.

Rikkidioksidipitoisuuksien kriittisen tason ylittyessä pitoisuudet saattavat aiheuttaa haitallisia vaikutuksia kasvillisuudelle tai ekosysteemeille. Kriittisiä tasoja (taulukko **Error! Reference source not found.**) sovelletaan rakennetun ympäristön ulkopuolella olevilla laajoilla maa- ja metsätalousalueilla sekä luonnonsuojelun kannalta merkityksellisillä alueilla.

Taulukko 7. Ulkoilman rikkidioksidin pitoisuuksia koskeva ilmanlaadun kriittinen taso (Vna 79/2017).

Ilman epäpuhtaus	Kriittinen taso $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Tilastollinen määrittely
Rikkidioksidi ( $\text{SO}_2$ )	20 <sup>1)</sup>	Vuosikeskiarvo

<sup>1)</sup> Tulokset ilmaistaan lämpötilassa 293 K ja paineessa 101,3 kPa.

## 5.5 Ilmanlaadun arviointikynnykset

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

Ylemmän ja alemman arviointikynnyksen ylittyminen määritetään viiden edellisen vuoden pitoisuuksien perusteella. Arviointikynnyksen katsotaan ylittyneen, kun se on ylittynyt vähintään kolmena vuotena viidestä. Taulukossa **Error! Reference source not found.** on esitetty rikkidioksidin pitoisuuksille määritetyt ylemmät ja alemmat arviointikynnykset sekä niiden osuus raja-arvopitoisuuksista.



Taulukko 8. Ilmanlaadun seurannan suunnittelussa käytettävät ilmanlaadun ylemmät ja alemmat arviointikynnykset rikkidioksidille (Vna 79/2017). Suluissa on esitetty arviointikynnyksen osuus raja-arvopitoisuudesta.

Ilman epäpuhtaus	SO <sub>2</sub> tuntiarvot		SO <sub>2</sub> vuorokausiarvot	
	Keskiarvon laskenta-aika	Ylempi arviointikynnys (µg/m <sup>3</sup> )	Alempi arviointikynnys (µg/m <sup>3</sup> )	
	kalenterivuosi	28 (70 %)	20 (50 %)	
Rikkidioksidi (SO <sub>2</sub> )	1 tunti	75 (60 %)	50 (40 %)	

## VIITELUETTELO

---

*Hänninen, O., Korhonen, A., Lehtomäki, H., Asikainen, A., Rumrich, I., 2016.* Ilmansaasteiden terveysvaikutukset. Ympäristöministeriön raportteja 16/2016. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/74861/YMra\\_16\\_2016.pdf](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/74861/YMra_16_2016.pdf)

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

*Ilmatieteen laitos, 2025.* Ympäristönsuojelun tietojärjestelmän ilmanlaatuosa, tarkistetut mittaus-tulokset. <https://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>

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

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





ILMATIETEEN LAITOS

**ILMATIETEEN LAITOS**

puh. 029 539 1000

Ilmanlaatu ja energia

[ilmanlaatupalvelut@fmi.fi](mailto:ilmanlaatupalvelut@fmi.fi)

[www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatupalvelut](http://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatupalvelut)

**WWW.ILMATIETEENLAITOS.FI**

