

# Målinger av SO<sub>2</sub> i omgivelsene til Elkem Carbon og REC Solar

Januar 2020 – desember 2020

Claudia Hak, Even Kristian Teigland, Erik Andresen





# Innhold

<b>Innhold .....</b>	<b>2</b>
<b>Sammendrag .....</b>	<b>3</b>
<b>1 Innledning.....</b>	<b>5</b>
<b>2 Måleprogram .....</b>	<b>6</b>
<b>3 Regelverk og anbefalinger for luftkvalitet i Norge .....</b>	<b>9</b>
<b>4 Målemetoder .....</b>	<b>12</b>
4.1 SO <sub>2</sub> -monitor .....	12
4.2 Passive prøvetaker .....	12
<b>5 Måleresultater .....</b>	<b>13</b>
5.1 Meteorologiske parametere .....	13
5.2 Svoveldioksid (SO <sub>2</sub> ) .....	16
5.2.1 Kontinuerlige målinger.....	16
5.2.2 Måling med passive prøvetakere .....	24
<b>6 Diskusjon .....</b>	<b>26</b>
<b>7 Referanser .....</b>	<b>30</b>
<b>Vedlegg A SO<sub>2</sub>-døgnmiddelverdier over nedre og øvre vurderingsterskel.....</b>	<b>31</b>
<b>Vedlegg B Midlet døgnvariasjon av vindretning og vindhastighet .....</b>	<b>33</b>
<b>Vedlegg C Geografisk fordeling av SO<sub>2</sub> i måleområdet .....</b>	<b>35</b>

## Sammendrag

***NILU – Norsk institutt for luftforskning har på oppdrag fra Elkem Carbon AS gjort målinger av SO<sub>2</sub> for å kartlegge SO<sub>2</sub>-konsentrasjonen i luft i området rundt Elkem Fiskå Teknologipark sør for Kristiansand. Målingene ble utført med en SO<sub>2</sub>-monitor ved en målestasjon plassert i boligområdet på Fiskåtangen i perioden 1. januar 2020 – 31. desember 2020 (1 kalenderår). Fordelingen av SO<sub>2</sub> i området ble i samme tidsperiode målt med passive SO<sub>2</sub>-luftprøvetakere (1 måned eksponering, unntatt september 2020, 11 eksponeringsperioder) på 6 ulike steder rundt bedriftene. Lokal vindretning og vindhastighet ble målt på et høyt bygg inne på bedriftsområdet.***

***Grenseverdiene for årsmiddel, døgnmiddel og timemiddel ble overholdt i kalenderåret 2020 (1. januar – 31. desember 2020).***

Formålet med måleprogrammet er å kartlegge fordelingen av SO<sub>2</sub>-konsentrasjonen i luft i omgivelsene rundt Elkem Carbon og REC Solar, og å kartlegge omfanget av eventuelle overskridelser av grenseverdier nedvinds i forhold til industribedriftene på Fiskå. Bakgrunnen for prosjektet er krav fra Miljødirektoratet om kartlegging av SO<sub>2</sub>.

En målebod med SO<sub>2</sub>-monitor ble plassert i Konsul Wilds vei i boligområdet på Fiskåtangen nord for bedriftene. Rapporten omfatter SO<sub>2</sub>-målinger over perioden 1. januar 2020 til 31. desember 2020 (kalenderåret 2020). Resultatene av målingene er gitt med tidsoppløsninger på 1 time og på 10 minutter.

Passive SO<sub>2</sub>-prøvetakere ble satt ut på 6 ulike steder i området rundt bedriften og eksponert i én måned av gangen, totalt 11 måneder<sup>1</sup> i perioden 2. januar 2020 til 30. desember 2020. De passive prøvetakerne ble plassert slik at de gir et representativt bilde av fordelingen av SO<sub>2</sub> i boligområdene rundt Fiskå.

Meteorologisk stasjon (med vindmast) ble installert på et høyt bygg inne på bedriftsområdet for å bedre kunne tolke spredningen av luftforurensning i måleområdet. Hovedvindretningen i perioden januar 2020 – desember 2020 var sørvest.

Årsmiddelverdien av SO<sub>2</sub>-konsentrasjonen i perioden 1. januar 2020 – 31. desember 2020 ble målt til 14,2 µg/m<sup>3</sup>. Grenseverdien i forurensningsforskriften for beskyttelse av økosystemer på 20 µg/m<sup>3</sup> ble dermed overholdt. Med en SO<sub>2</sub>-middelverdi i vinterperioden 2019-2020 (1. oktober – 31. mars) på 17,5 µg/m<sup>3</sup>, ble også grenseverdien for beskyttelse av økosystemer i vinterperioden på 20 µg/m<sup>3</sup> overholdt.

Høyeste SO<sub>2</sub>-døgnmiddel i måleperioden ble målt til 129,4 µg/m<sup>3</sup>. Denne verdien ligger litt over 125 µg/m<sup>3</sup>, som er grenseverdien for døgnmiddelkonsentrasjoner. Det var ikke flere døgnmidler over 125 µg/m<sup>3</sup>. Grenseverdien skal etter forurensningsforskriften ikke overskrides mer enn tre ganger per kalenderår, noe som følgelig ble overholdt i måleperioden.

I måleperioden var SO<sub>2</sub>-døgnmiddelverdien over nedre vurderingsterskel i 28 døgn, og over øvre vurderingsterskel i 15 døgn. Overskridelse av vurderingsterskler foreligger når konsentrasjonen har vært over vurderingsterskelen minimum 3 av de siste 5 år (hittil har målingene pågått i ca. 1,5 år). Overskridelse av øvre vurderingsterskel medfører krav om å utarbeide tiltaksutredninger og krav til måling.

Luftkvalitetskriteriet (Nasjonalt folkehelseinstitutt, 2013) for døgnmiddel på 20 µg/m<sup>3</sup> ble overskredet 82 ganger i løpet av måleperioden (i 22% av tiden). For luftkvalitetskriteriene (døgn og 15 minutt middel, se nedenfor) er det ikke angitt antall akseptable overskridelser.

---

<sup>1</sup> Unntatt september 2020

Høyeste SO<sub>2</sub>-timemiddel i måleperioden var 448,7 µg/m<sup>3</sup>. Det ble registrert 5 timemiddelverdier over grenseverdien på 350 µg/m<sup>3</sup> i måleperioden, som er under forurensningsforskriftens tillatte grense på 24 overskridelser per kalenderår.

Luftkvalitetskriteriet for 15 minutt middel på 300 µg/m<sup>3</sup> ble overskredet ca. 46 ganger<sup>2</sup> i løpet av måleperioden.

Høyeste 10 minutt middelvei i måleperioden var 720,8 µg/m<sup>3</sup>. Det ble observert ni 10 minutt middelveier over 500 µg/m<sup>3</sup>, som er WHO's anbefalte retningslinje for korttidseksponering.

Grenseverdiene for årsmiddel, døgnmiddel og timemiddel ble overholdt i måleperioden, som var 12-måneders perioden 1. januar 2020 – 31. desember 2020.

Målinger med passive SO<sub>2</sub>-luftprøvetakere viste at prøvestedet ved måleboden i Konsul Wilds vei og ved Fiskåveien, rett ved bedriften, var prøvestedene som (på månedsbasis) var mest utsatt for SO<sub>2</sub>-utslipp. For de fleste månedene var det prøvestedet ved måleboden som viste høyest SO<sub>2</sub>-konsentrasjon. I desember 2020, da det blåste fra nord og øst, var belastningen høyest ved Fiskåveien. Nordlig og østlig vind opptrer imidlertid sjeldent i området.

Spredningsberegninger (Norsk Energi, 2018; Norsk Energi, 2020) indikerer maksimale timemidler og maksimale døgnmidler som er vesentlig høyere enn konsentrasjoner målt i samme tidsperiode. Det var dårlig samsvar både i nivået av høye døgnmiddel-konsentrasjoner og når de inntreffer. Det er usikkerheter knyttet til modellberegning av fakkeltutslipp. Målingene tatt med uavhengige målemetoder, det vil si referansemetoden og passiv prøvetaker (indikativ måling), ved måleboden bekrefter hverandre. Målt konsentrasjonsnivå anses å reflektere lokalt SO<sub>2</sub>-nivå med lav usikkerhet.

---

<sup>2</sup> Eksakt antall kan ikke angis fordi minimum midlingsintervall for måledataene var 10 minutter.

# Målinger av SO<sub>2</sub> i omgivelsene til Elkem Carbon og REC Solar

## Januar 2020 – desember 2020

### 1 Innledning

Miljødirektoratet har pålagt Elkem Carbon og REC Solar å gjennomføre SO<sub>2</sub>-målinger i omgivelsesluft og utarbeide en tiltaksplan for reduksjon av utslipp av SO<sub>2</sub>. Bakgrunnen for pålegget er spredningsberegninger av SO<sub>2</sub> i luft for SO<sub>2</sub>-utslippene fra Elkem Carbon og REC Solar. Spredningsberegningene ble utført av Norsk Energi ved bruk av spredningsmodellen AERMOD (Norsk Energi, 2018; Norsk Energi, 2020). Beregningsresultatene (med og uten renseanlegg for petrolkoksovner i drift) viser at SO<sub>2</sub>-bakkekonsentrasjonen i boligområdene nærmest bedriftene kan være betraktelig høyere enn grenseverdien (FF §7-6). Spredningsberegningene tyder på fare for overskridelse av grenseverdien for timemiddel og døgnmiddel av SO<sub>2</sub>, både med og uten renseanlegget i drift. Selv om modellberegningene er usikre, er de beregnede overskridelsene av grenseverdiene såpass store at Miljødirektoratet ønsker en kartlegging av forurensningen i omgivelsene rundt bedriftene.

Prosjektets målsetting er å måle SO<sub>2</sub> i boligområdene rundt bedriftene. En SO<sub>2</sub>-monitor ble plassert i det boligområdet som, ifølge spredningsberegningene, er mest påvirket av utslippet fra bedriftene. SO<sub>2</sub>-monitoren måler med 10 minutt og 1 time oppløsning. I tillegg ble det plassert passive prøvetakere for SO<sub>2</sub> ved 6 ulike steder i boligområdene rundt industrien på Fiskå for å kartlegge den romlige fordelingen i området. Eksponeringstiden for de passive prøvetakerne var 1 måned. Målingene har pågått siden sommeren 2019. Denne rapporten omfatter målinger fra ett år for å dekke et bredt spektrum av meteorologiske forhold som i stor grad påvirker spredningen av utslipp og romlig fordeling av SO<sub>2</sub>. Fordelingen og nivået av SO<sub>2</sub> ble vurdert mot kravene i forurensningsforskriften som har grenseverdier for både timemiddel, døgnmiddel og årsmiddel. Parallelt med luftkvalitetsmålingene ble det gjennomført målinger av meteorologiske parametere, særlig vindretning og vindhastighet, på et representativt sted på bedriftsområdet for å få kjennskap til lokale spredningsforhold på Fiskå i måleperioden.

Elkem Carbon AS på Fiskå i Vågsbygd/Kristiansand produserer karbonelektrodematerialer og spesialiserte karbonprodukter til metallurgiske prosesser som inngår i produksjonen av ferrolegeringer, grunnmetaller og primæraluminium (kalsinerte karbonprodukter og elektrode- og stampemasse). Grunnlaget for alle karbonprodukter fra Fiskå-anlegget er elektrisk kalsinerings-teknologi. Prosessene medfører utslipp av blant annet SO<sub>2</sub>, tungmetaller og polysykliske aromatiske hydrokarboner<sup>3</sup> (PAH). I måleperioden hadde Elkem Carbon 13<sup>4</sup> kalsineringsovner i drift, ni ble kjørt på antrasitt, én ble kjørt på dels antrasitt, dels petrolkoks og tre på ren petrolkoks. Det største bidraget til SO<sub>2</sub> i luft forventes fra kalsineringsovnene for petrolkoks.

Et SO<sub>2</sub>-renseanlegg med sjøvannsscrubber ble satt i drift i 2017. Anlegget er installert på de tre kalsineringsovnene som kjøres på petrolkoks. Anlegget ble stanset flere ganger fordi det var behov for ytterligere rensetrinn (støvfiltre (2018), våtelektrostatisk filter (WESP<sup>5</sup>, april 2019)). Anlegget har nå en rensegrad på 99,6%. Den energirike fakkeltgassen fra kalsinering av koks forbrennes nå kontrollert i et brennkammer, før energi gjenvinnes i en hetoljeheater. Den avkjølte gassen sendes til SO<sub>2</sub>-renseanlegget, hvor svovel fjernes.

REC Solar Norway AS, tidligere Elkem Solar, er nabobedriften som også er lokalisert i Fiskå Teknologipark. REC Solar eies av Elkem ASA. REC Solar utvikler teknologi og produserer silisium til solceller. Fabrikken har utslipp av bl.a. SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og støv.

<sup>3</sup> Utslipp av PAH kommer fra blandedprosessen, ikke fra kalsineringsovnene

<sup>4</sup> 14 kalsineringsovner fra september 2020. K14 kjøres kun på antrasitt (dvs. totalt 10 antrasittovner)

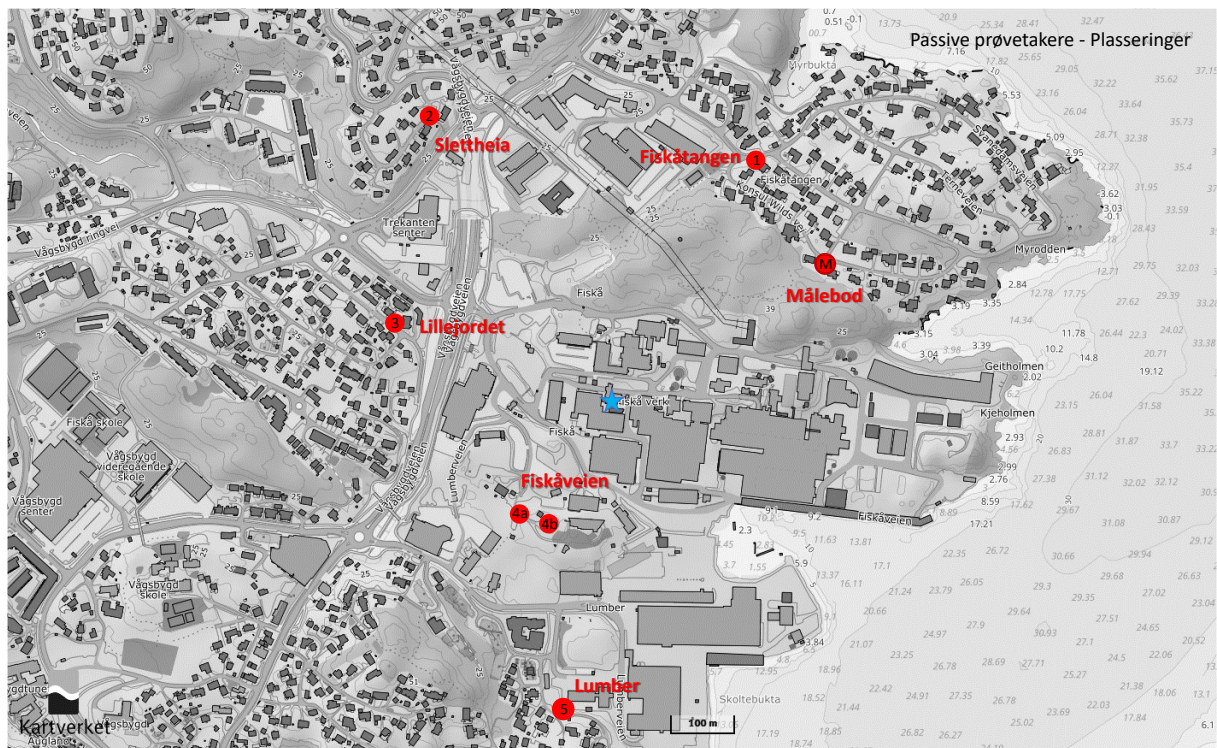
<sup>5</sup> WESP: Wet Electrostatic Precipitator

## 2 Måleprogram

Elkem Carbon og REC Solar ligger i et bebygget område med boligstrøk på flere kanter. SO<sub>2</sub> ble målt med SO<sub>2</sub>-monitor (se kapittel 4.1) på Fiskåtangen i det nærmeste boligområdet nordøst for bedriftene. Dette var området som ifølge modellberegningene (Norsk Energi, 2018) er mest eksponert for utslipp fra de to bedriftene. Måleboden med SO<sub>2</sub>-monitor ble plassert i Konsul Wilds vei mellom husnummer 14 og 16. Plasseringen er markert med 'M' i Figur 1. Måleverdiene er logget som 10-minutt og timemiddelverdier.

For å kunne kartlegge den romlige fordelingen av SO<sub>2</sub> i øvrige boligområder nord, vest og sør for industriområdet på Fiskå, ble det plassert passive SO<sub>2</sub>-prøvetakere (se kapittel 4.2) på 6 steder (Figur 1). Prøvetakingen pågikk i 11 måneder<sup>6</sup> samtidig med de kontinuerlige SO<sub>2</sub>-målingene med SO<sub>2</sub>-monitor i Konsul Wilds vei.

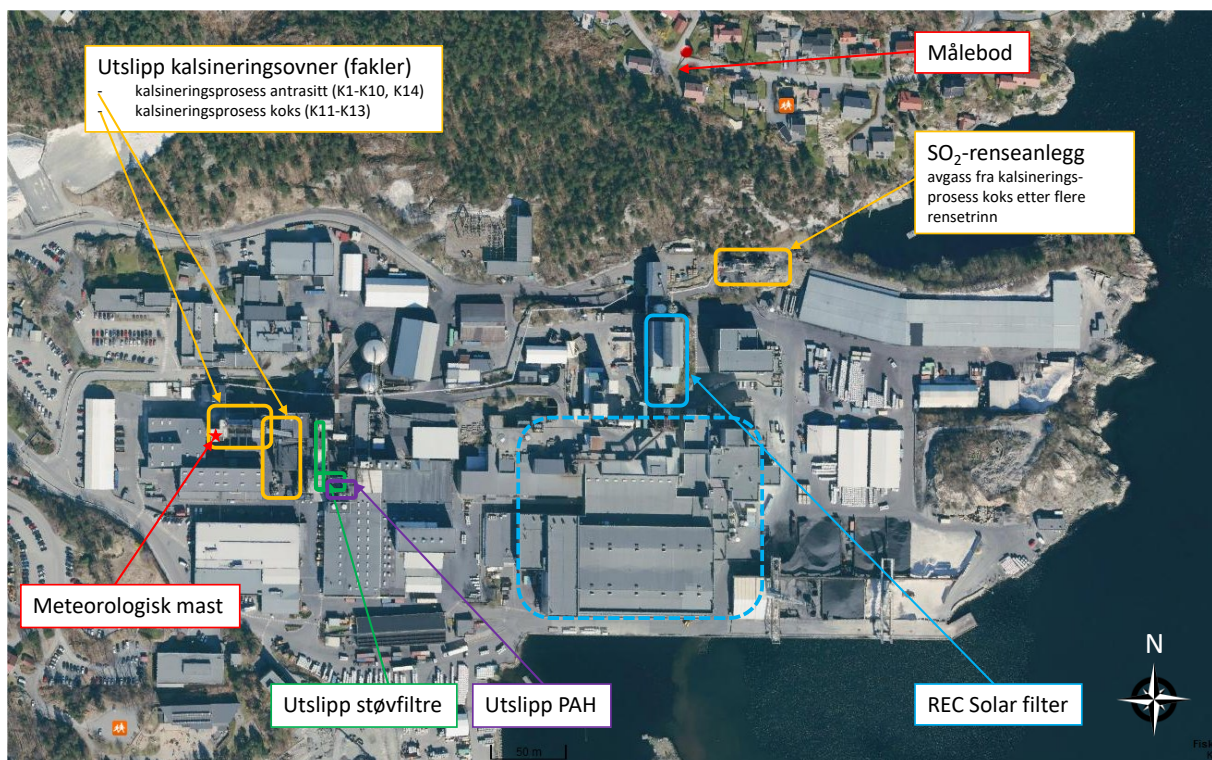
Én passiv prøvetaker ble plassert ved måleboden ('M'), dvs. på samme sted som SO<sub>2</sub>-monitoren. Prøvested 1 «Fiskåtangen» er i samme boligområde 200 m lengre nordvest. Prøvested 2 «Slettheia» og prøvested 3 «Lillejordet» er i boligområder vest for FV456. Prøvested 4 «Fiskåveien» er prøvestedet som ble plassert nærmest bedriftene, ved Eplehagen barnehage. Her ble det brukt to prøvetakere, én prøvetaker var plassert ved parkeringen utenfor barnehagen (4a) og én inne i lekeområdet til barnehagen (4b). Prøvested 5 «Lumber» er sør for bedriftene ved næringspark og boligområde. Eksponeringstiden for de passive prøvetakerne var ca. 1 måned.



Figur 1: Kart over området som viser plasseringer av passive prøvetakere. M: måleboden der SO<sub>2</sub>-monitor var plassert. Ved målested 4 «Fiskåveien» var to prøvetakere plassert, utenfor (4a) og innenfor barnehage-tomten (4b). Lokasjonen av meteorologisk mast på bedriftsområdet er tegnet inn med blå stjerne.

<sup>6</sup> I september 2020 ble ingen passive prøver tatt i måleområdet.

Elkem Carbon har elleve kalsineringsovner som kjøres med antrasitt (K1-K10, K14), hvorav én (K7) er ombygd for å også kunne kjøres på petrolkoks i kampanjer, og tre kalsineringsovner som kjøres utelukkende med petrolkoks (K11-K13). En oversikt over utslippspunktene er vist i Figur 2. Det brukes ulike kvaliteter av antrasitt og petrolkoks, med ulikt svovelinnhold (kan variere fra ca. 0,15% S i lav-S antrasitt, til ca. 5% S i enkelte kokstyper). Avgass fra kalsineringsovnene fakles. Fakling av avgassen fra petrolkoksovnene forventes å gi det største bidraget til SO<sub>2</sub> i omgivelsesluften. De tre petrolkoksovnene K11-K13 er tilknyttet et felles energigjenvinnings- og renseanlegg. Utslippspunktet fra SO<sub>2</sub>-renseanlegget er vist i Figur 2. Her slippes det ut avgass fra kalsineringsprosess koks etter flere rensetrinn. Avgassen sendes gjennom et støvfilter før den går inn i en sjøvannsscrubber med våtelektrostatisk filter der svovel (i form av SO<sub>2</sub> og SO<sub>3</sub>) fjernes.



Figur 2: Lokalisering av utslippskilder til luft ved Elkem Carbon. Meteorologisk mast er lokalisert ved siden av utslippspunktene fra kalsinering.

Det er to industrikilder til SO<sub>2</sub>-utslipp på Fiskå. Elkem Carbon er den største kilden til SO<sub>2</sub> i området, med utslipp på 810 tonn i 2019<sup>7</sup> ([www.norskeutslipp.no](http://www.norskeutslipp.no)). SO<sub>2</sub>-utslippet til REC Solar var 130 tonn i 2019 ([www.norskeutslipp.no](http://www.norskeutslipp.no)). En annen industriell kilde for SO<sub>2</sub> og tungmetaller i området er Glencore Nikkelverk ved Hannevikbukta, nord for Fiskå (se Figur 3). Glencore Nikkelverk rapporterte SO<sub>2</sub>-utslipp på 15,9 tonn i 2019 ([www.norskeutslipp.no](http://www.norskeutslipp.no)). Måleboden på Fiskåtangen ligger 200-300 m nord/nordøst for utslippskildene ved Elkem Carbon og REC Solar og 900 m sør for Glencore Nikkelverk. Skipstrafikk til og fra havnen i Kristiansand og til industribedriftene er også en mulig SO<sub>2</sub>-kilde.

<sup>7</sup> I 2020 var SO<sub>2</sub>-utslippet fra Elkem Carbon 435 tonn, for de andre bedriftene var tall for 2020 ikke tilgjengelig på [www.norskeutslipp.no](http://www.norskeutslipp.no) når rapporten ble utarbeidet.





Figur 3: Oversiktskart over Kristiansand, der lokalisering av industrielle kilder og av målestasjonen (blå ring) er tegnet inn. Kartet er orientert nord-sør.

Den meteorologiske stasjonen ble plassert på bedriftsområdet til Elkem Carbon for å få informasjon om spredning av luftforurensninger rett ved kilden (blå stjerne i Figur 1 og rød stjerne i Figur 2). Den 10 meter høye masten med vindsensor på toppen ble satt opp på taket i nordvest-enden av bygget som huser koksovnene K11-K13. Dette er det høyeste bygget på bedriftsområdet, med takhøyde på ca. 37 m over bakken, og det er rimelig å anta at vindstrømmingene ikke blir forstyrret av bygninger i nærheten. Masten er vist i Figur 4. Meteorologiske parametere (vindretning, vindhastighet, temperatur, relativ luftfuktighet, lufttrykk og nedbør) ble logget kontinuerlig som 10 minutt- og timemidler.



Figur 4: Meteorologisk mast på taket av bygget som huser koksovnene, rett ved faklene fra kalsineringsovnene. Masten er midt i venstre bilde. Foto: Even Kristian Teigland.

### 3 Regelverk og anbefalinger for luftkvalitet i Norge

Utendørs luftkvalitet er i Norge regulert i forurensningsforskriften kapittel 7 om lokal luftkvalitet. Forskriften har som formål å fremme menneskers helse og trivsel og beskytte vegetasjon og økosystemer ved å sette minstekrav til luftkvalitet og sikre at disse blir overholdt. Den skal også bidra til at Norge overholder EUs direktiver om luftkvalitet (2004/107/EC og 2008/50/EC), og inneholder en rekke grenseverdier, målsettingsverdier og andre terskler som bl.a. bestemmer i hvilke tilfeller luftkvaliteten må overvåkes, og når det må gjennomføres tiltak. Kommunene er delegert forurensningsmyndighet etter forskriften (§ 7-4). Norske grenseverdier for SO<sub>2</sub> er gitt i Tabell 1. Timegrenseverdien for SO<sub>2</sub> på 350 µg/m<sup>3</sup> skal ikke overskrides mer enn 24 ganger per kalenderår. Dette betyr at den 25. høyeste målte timemiddelverdien ikke skal overskride grenseverdien. Døgn grenseverdien på 125 µg/m<sup>3</sup> skal ikke overskrides mer enn 3 ganger per kalenderår. Forurensningsforskriften definerer også en alarmterskel<sup>8</sup> for SO<sub>2</sub> (§ 7-10) på 500 µg/m<sup>3</sup> i tre sammenhengende timer.

<sup>8</sup> Alarmterskel er et konsentrasjonsnivå i utendørsluft som gir helseeffekter i befolkningen ved korttidseksponering.

Folkehelseinstituttet og Miljødirektoratet har i tillegg til de ulike grensene i forurensningsforskriften fastsatt luftkvalitetskriterier for en rekke komponenter. Luftkvalitetskriteriene er fastsatt for ulike forurensningskomponenter basert på eksisterende kunnskap om hvilke helseeffekter de gir. Luftkvalitetskriteriene er ikke juridisk bindende, men angir nivåer av luftforurensning som er trygge for de aller fleste mennesker. For SO<sub>2</sub> er luftkvalitetskriteriene for 15 minutter på 300 µg/m<sup>3</sup> og 20 µg/m<sup>3</sup> som døgnmiddel (Nasjonalt folkehelseinstitutt, 2013).

Tabell 1: Grenseverdier for tiltak, jfr. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931> § 7-6<sup>9</sup>. Forurensningskonsentrasjonen i utendørs luft skal ikke overstige følgende grenseverdier flere enn det tillatte antall ganger.

Komponent	Midlingstid	Grenseverdi	Antall tillatte overskridelser av grenseverdien
<b>Svoveldioksid</b>			
Timegrenseverdi for beskyttelse av menneskets helse	1 time	350 µg/m <sup>3</sup>	Grenseverdien må ikke overskrides mer enn 24 ganger pr. kalenderår
Døgn grenseverdi for beskyttelse av menneskets helse	1 døgn (fast)	125 µg/m <sup>3</sup>	Grenseverdien må ikke overskrides mer enn 3 ganger pr. kalenderår
Grenseverdi for beskyttelse av økosystemer	Kalenderår og i vinterperioden (1/10-31/3)	20 µg/m <sup>3</sup>	

Likeledes har en rekke offentlige institusjoner samarbeidet om å utarbeide forurensningsklasser og helse råd for en rekke typer forurensning (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> og O<sub>3</sub>), se Tabell 2<sup>10</sup>. For SO<sub>2</sub> karakteriseres nivåene av forurensning som *lite* (timemiddelkonsentrasjon < 100 µg/m<sup>3</sup>), *moderat* (100 – 350 µg/m<sup>3</sup>), *høyt* (350 – 500 µg/m<sup>3</sup>) og *svært høyt* (> 500 µg/m<sup>3</sup>).

<sup>9</sup> <http://www.lovdata.no/for/sf/md/xd-20040601-0931.html#7-6> [besøkt 11. mars 2020].

<sup>10</sup> Se forurensningsklasser gjengitt på <https://luftkvalitet.miljostatus.no/artikkel/613> [besøkt 11. mars 2020].

Tabell 2: Forurensningsklasser for PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> og O<sub>3</sub>. Kilde: Luftkvalitet i Norge, skjermdump fra <https://luftkvalitet.miljostatus.no/artikkel/613> [besøkt 21. september 2020]

Klasser	Nivå	Helse- risiko	PM <sub>10</sub> Døgn (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5</sub> Døgn (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>10</sub> Time* (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5</sub> Time* (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> Time (µg/m <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> Time (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> Time (µg/m <sup>3</sup> )
	Lite	Liten	<30	<15	<60	<30	<100	<100	<100
	Moderat	Moderat	30-50	15-25	60-120	30-50	100- 200	100- 350	100- 180
	Høyt	Betydelig	50-150	25-75	120- 400	50-150	200- 400	350- 500	180- 240
	Svært høyt	Alvorlig	>150	>75	>400	>150	>400	>500	>240

\*. Forurensningsklassen for svevestøv (PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub>) er i utgangspunktet gitt for døgnmiddel (gjennomsnittlig konsentrasjon i løpet av et døgn). Tilsvarende forurensningsklasse for timemiddel (gjennomsnittlig konsentrasjon i løpet av en time) er en matematisk omregning basert på statistikk. Når timemiddelet for svevestøv kommer i forurensningsklassen gul er det mest sannsynlig at døgnet også blir gult. Forurensningsklassene for svevestøv ble [revidert i desember 2018](#).<sup>9</sup>

Verdens Helseorganisasjon (WHO) har utarbeidet retningslinjer («air quality guidelines»)<sup>11</sup> for korttidseksponering av SO<sub>2</sub> (10 minutters gjennomsnitt) på 500 µg/m<sup>3</sup> og langtidseksponering (24 timers gjennomsnitt) på 20 µg/m<sup>3</sup>. For å beskytte befolkningens helse bør retningslinjeverdiene ikke overskrides.

Forurensningsforskriften (FF) definerer også vurderingsterskler som er forurensningsnivåer lavere enn grenseverdien som angir krav til målenettverk og tiltaksutredning (FF kapittel 7 §7-8 og Vedlegg 3). Det skal gjennomføres målinger og tiltaksutredning ved overskridelse av øvre vurderingsterskel (FF §7-9). Mellom øvre og nedre vurderingsterskel reduseres kravet om målinger, det er tilstrekkelig med veiledende<sup>12</sup> målinger. Under nedre vurderingsterskel vil det ikke være behov for målinger. Nivåene for SO<sub>2</sub> er spesifisert i Tabell 3.

<sup>11</sup> <https://www.who.int/airpollution/publications/agg2005/en/> [besøkt 18. januar 2021].

<sup>12</sup> «Veiledende målinger» er målinger som oppfyller mindre strenge datakvalitetsmål enn faste målinger. Datakvalitetsmål for veiledende målinger er: minst 14% tidsdekning, jevnt fordelt over året

Tabell 3: Helsebaserte og vegetasjonsbaserte vurderingsterskler for SO<sub>2</sub> (Forurensningsforskriften, Vedlegg 3).

Forurensningskomponent	Øvre vurderingsterskel	Nedre vurderingsterskel
<b>Helsebaserte vurderingsterskler</b>		
SO <sub>2</sub>	75 µg/m <sup>3</sup> (døgnverdi) som ikke må overskrides mer enn 3 ganger pr. kalenderår	50 µg/m <sup>3</sup> (døgnverdi) som ikke må overskrides mer enn 3 ganger pr. kalenderår
<b>Vegetasjonsbaserte vurderingsterskler</b>		
SO <sub>2</sub>	12 µg/m <sup>3</sup> (vintermiddel)	8 µg/m <sup>3</sup> (vintermiddel)

I følge veilederen til Forurensningsforskriften (Miljødirektoratet, 2015) foreligger det fare for overskridelse av grenseverdi dersom øvre vurderingsterskel overskrides. Overskridelse av vurderingsterskler foreligger når konsentrasjonen har vært over vurderingsterskelen minimum 3 av de siste 5 år.

## 4 Målemetoder

### 4.1 SO<sub>2</sub>-monitor

Svoveldioksid ble målt med SO<sub>2</sub>-monitor (Teledyne API T100). Instrumentet bruker referansemetoden for måling av SO<sub>2</sub> (NS-EN 14212:2012), dvs. UV fluorescens. Dette er i henhold til kvalitetskriteriene for måling av SO<sub>2</sub> etter krav i forurensningsforskriften/ luftkvalitetsdirektivet.

Måleverdiene ble logget som 10-minutt- og timemiddelverdier og lagret i databasen hos NILU i nær sanntid. I måleperioden ble aktuelle timemiddelverdier også vist i luftkvalitetsportalen [www.luftkvalitet.info](http://www.luftkvalitet.info)<sup>13</sup> som er åpent for publikum.

10-minutter tidsoppløsning kan være velegnet dersom oppdragsgiveren ønsker å ta dataene inn i styringen av prosessene.

Målingene ble utført etter kvalitetssystemet for måling av lokal luftkvalitet utarbeidet av det Nasjonale referanselaboratoriet for luft i samarbeid med Miljødirektoratet (Miljødirektoratet, 2014). Dataene ble kontrollert jevnlig i hele måleperioden via online tilgang. Instrumentet ble kontrollert ukentlig av lokale stasjonsansvarlige fra bedriften (zero-span-sjekk, kalibrering) og rutinemessig vedlikehold ble utført av NILU hver tredje måned.

### 4.2 Passive prøvetaker

Passive luftprøvetakere for SO<sub>2</sub> ble brukt i måleprosjektet for å kartlegge fordelingen av SO<sub>2</sub> i området. Passive prøvetakere er små brikker (ca. 2,5 cm i diameter) som ikke krever tilgang til strøm eller mobilnett. De monteres i et stativ som beskytter for regn (se Figur 5) og det er mulig å plassere prøvetakere for ulike gasser i det samme stativet. Passive prøvetakere ble plassert for å gi et representativt bilde av utendørs luftkvalitet rundt Fiskå.

<sup>13</sup> Luftkvalitetsportalen ([www.luftkvalitet.info](http://www.luftkvalitet.info)) ble 20. januar 2021 erstattet av portalen «Måledata for luftkvalitet» <https://luftkvalitet.nilu.no>. Tidligere måledata er tilgjengelige her: <https://luftkvalitet.nilu.no/historikk>.



*Figur 5: Passive prøvetakere i stativ som gir værbeskyttelse. Her vises prøvetakeren som er kolokalisert med målestasjonen i Konsul Wilds Vei. Merk at den er montert rett ovenfor inntaket til SO<sub>2</sub>-monitoren. I september, oktober og november 2019 ble det målt med to parallelle passive prøvetakere ved måleboden. Foto: Even Kristian Teigland.*

Passive prøvetakingsteknikker er basert på prinsippet om molekylær diffusjon av gassformige stoffer. Prøvetakeren inneholder et impregnert filter innenfor et lite plastrør. Gasmolekylene diffunderer inn i prøvetakeren, hvor de samles (kvantitativt) på det impregnerte filteret. Filteret er spesifikt for hver gass som kan bli målt. For å unngå turbulent diffusjon i prøvetakeren er et tynt porøst membranfilter plassert ved luftinntaket. Filteret i SO<sub>2</sub>-prøvetakeren er impregnert med en alkali (kaliumhydroksid, KOH) som er løst opp i metanol. Det blir tilsatt H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (hydrogenperoksid) løsning ved utvasking av filterene. SO<sub>2</sub>-konsentrasjonen er beregnet fra sulfatkonsentrasjonen samlet på filteret, som blir bestemt med ionekromatografi.

Passive prøvetakere gir tidsintegreerte konsentrasjoner med kontinuerlig tidsdekning, dvs. gjennomsnittskonsentrasjonen over en gitt tidsperiode (her – en måned). Midlingsperioden er bestemt av hvor lenge prøvetakeren har blitt eksponert for uteluft, som i denne studien var 25-35 dager. Deteksjonsgrensen for SO<sub>2</sub> ved 30 dagers eksponering er 0,1 µg/m<sup>3</sup>. Måleusikkerheten som tilskrives prøvebehandling og kjemiske analyser på laboratoriet ligger innenfor ± 10%.

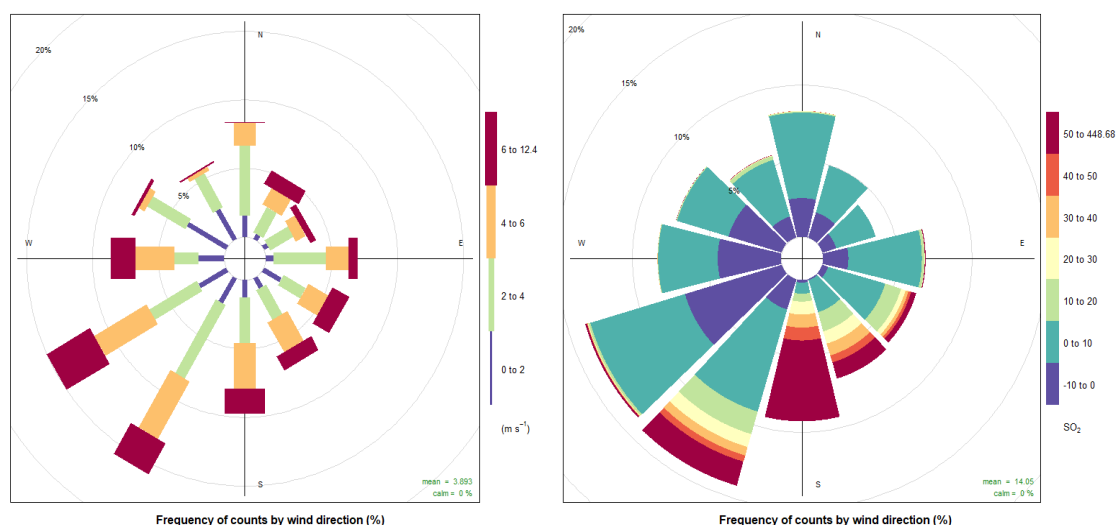
## 5 Måleresultater

### 5.1 Meteorologiske parametere

Meteorologiske målinger, spesielt vindretning og vindhastighet, er grunnleggende for å bestemme spredning og transport av luftforurensning. Meteorologiske parametere (vindretning, vindhastighet, temperatur, relativ luftfuktighet, lufttrykk og nedbør) ble målt på bedriftsområdet

til Elkem Carbon, der NILU hadde satt opp en 10 m høy meteorologisk mast. De viktigste tilgjengelige parametere er vindretning, vindhastighet og temperatur. Masten var lokalisert på et høyt bygg på bedriftsområdet i umiddelbar nærhet til utslippspunktene.

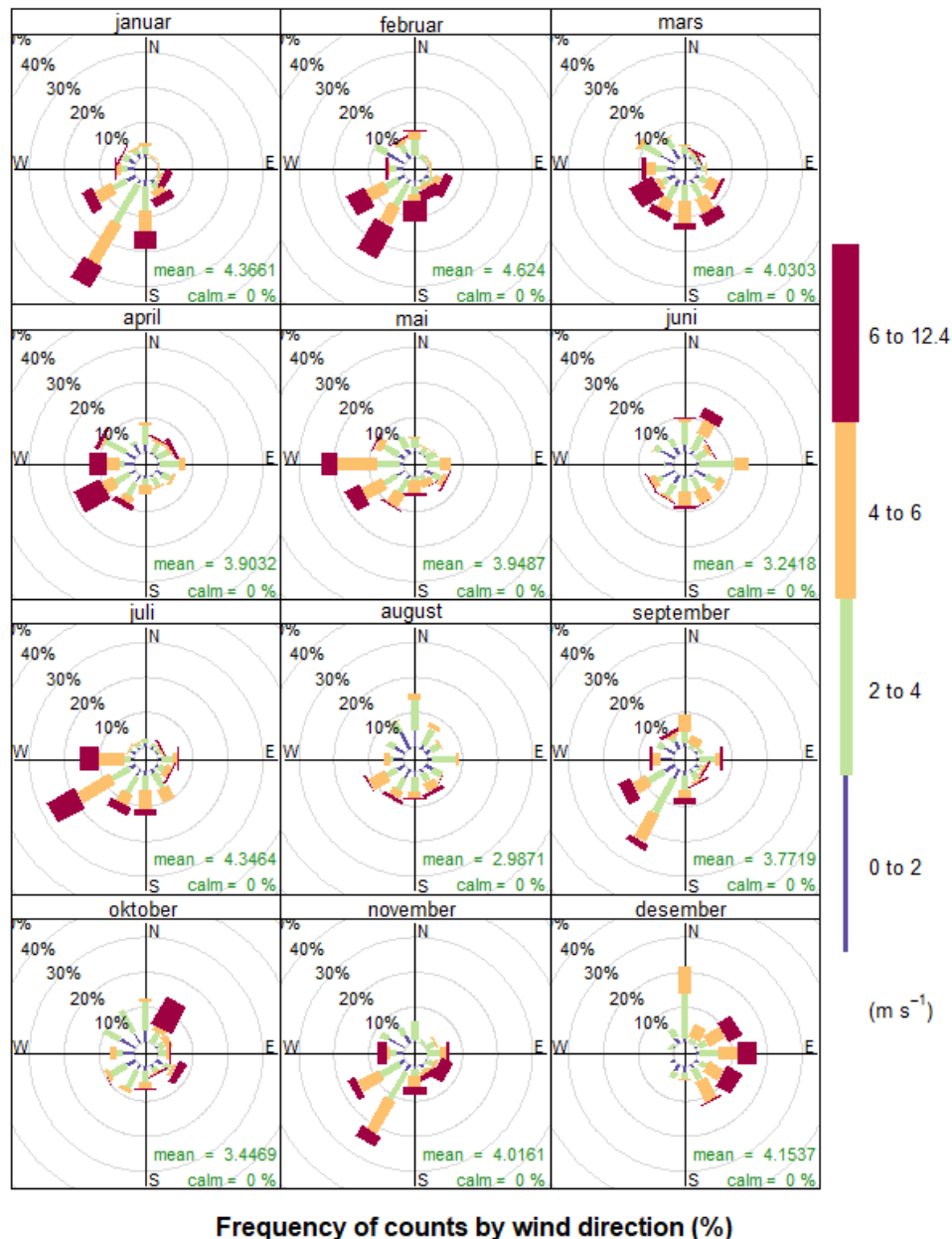
Vindrose og forurensningsrose midlet over hele måleperioden 1. januar 2020 – 31. desember 2020 (12 måneder) er vist i Figur 6. Vindroser viser fordelingen av vindhastighet og vindretning, dvs. med hvilken frekvens det forekommer vind fra tolv 30° vindretnings-sektorer, ved målestedet. Fremherskende vindretning i måleperioden var fra sørvest (ca. 30% av året). Forurensningsrosen viser sammenheng mellom målt SO<sub>2</sub>-konsentrasjon i Konsul Wilds vei og vindretning målt ved Elkem Carbon for tolv 30°-vindretningssektorer, basert på timemiddelverdier. Konsentrasjonen er presentert av en fargeskala fra blå (lav konsentrasjon) til rød (høy konsentrasjon). De høyeste verdier (over 50 µg/m<sup>3</sup>) ble målt ved vind fra sørlige retninger.



Figur 6: Vindrose (venstre) og forurensningsrose (høyre) for hele måleperioden (1. januar 2020 – 31. desember 2020) basert på timemiddelverdier. Vindretning og vindhastighet er målt på bedriftsområdet. SO<sub>2</sub>-konsentrasjonen er målt i Konsul Wilds vei.

I måleperioden ble høyest SO<sub>2</sub>-konsentrasjon målt ved Konsul Wilds vei når det blåste fra sørlige retninger, dvs. fra sør, sør-sørvest og sørøst. Timekonsentrasjoner over 50 µg/m<sup>3</sup> ble ikke observert ved vind fra øst, nordlige sektorer og vest (Figur 6).

Månedlige vindroser i perioden januar 2020 – desember 2020 er vist i Figur 7.



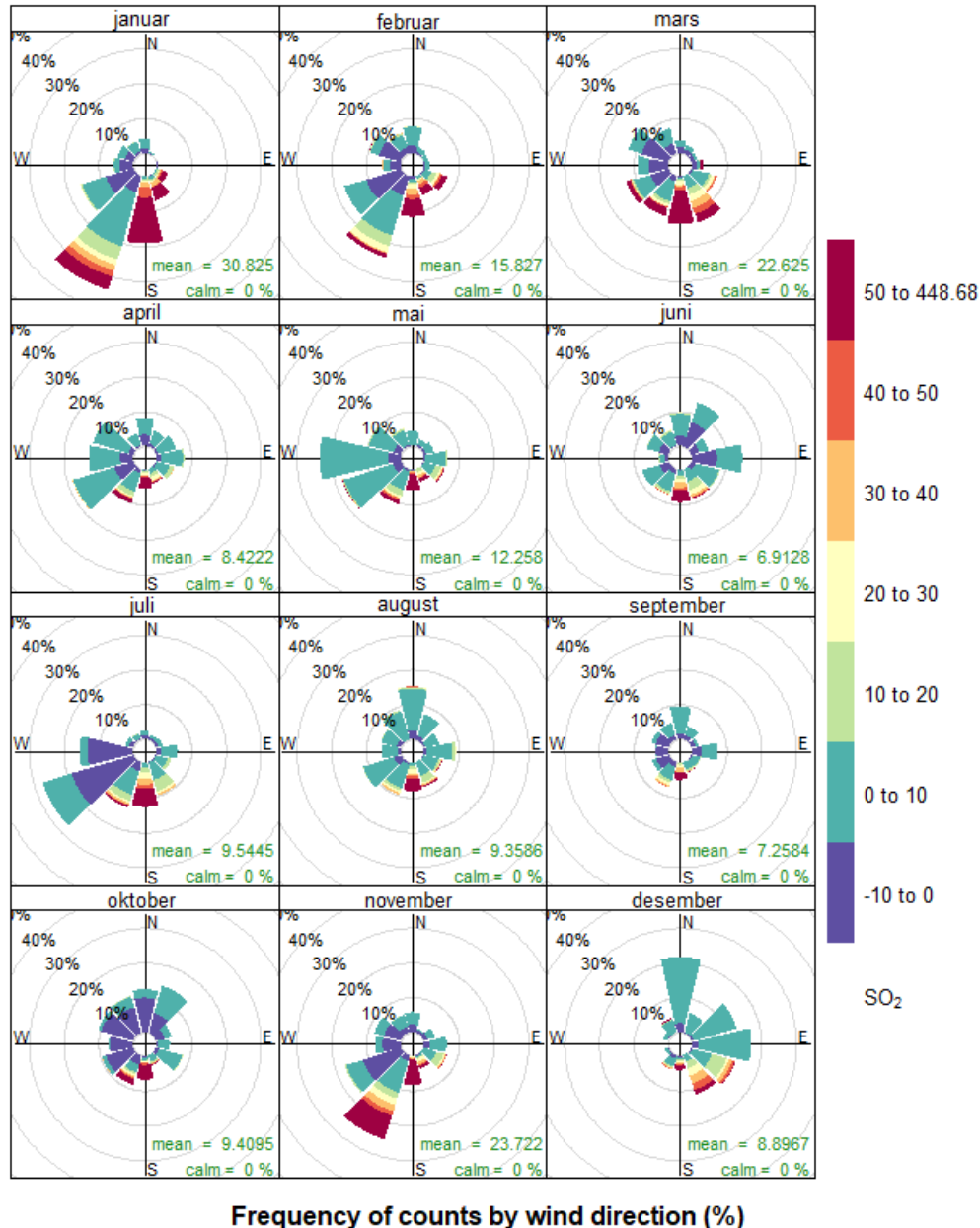
Figur 7: Månedlige vindrosener for perioden januar 2020 – desember 2020. Figurene viser med hvilken frekvens det forekommer vind fra angitt retning. «Calm» angir prosentandelen tid med 0 m/s vindhastighet. «Mean» angir midlet vindhastighet.

Fremherskende vindretning i måleperioden var fra sørvest mot nordøst. Det var ingen tydelig sesongmessig variasjon av vindretningen. Desember 2020 var spesiell i det at det stort sett blåste fra østlige retninger og ikke fra sør eller sørvest. På grunn av et strømbrydd mangler det meteorologiske data etter 22. desember 2020.

Målestasjonen for kontinuerlig måling av SO<sub>2</sub> var plassert nord/nordøst for utslippspunktene på Fiskå slik at målestasjonen er utsatt for utslipp ved sørlig til sørvestlig vind (se Figur 1 og Figur 2).

Månedlige forurensningsrosener for perioden januar 2020 – desember 2020 er vist i Figur 8.





Figur 8: Månedlige forurensningsroser for perioden januar 2020 – desember 2020.

Det ble ikke alltid observert høy SO<sub>2</sub>-konsentrasjon når det blåste fra Fiskå (dvs. fra sør og sørvest), men når det ble observert høy SO<sub>2</sub>-konsentrasjon i Konsul Wilds Vei, så blåste det fra Teknologiparken (se Figur 2 og Figur 3).

## 5.2 Svoveldioksid (SO<sub>2</sub>)

### 5.2.1 Kontinuerlige målinger

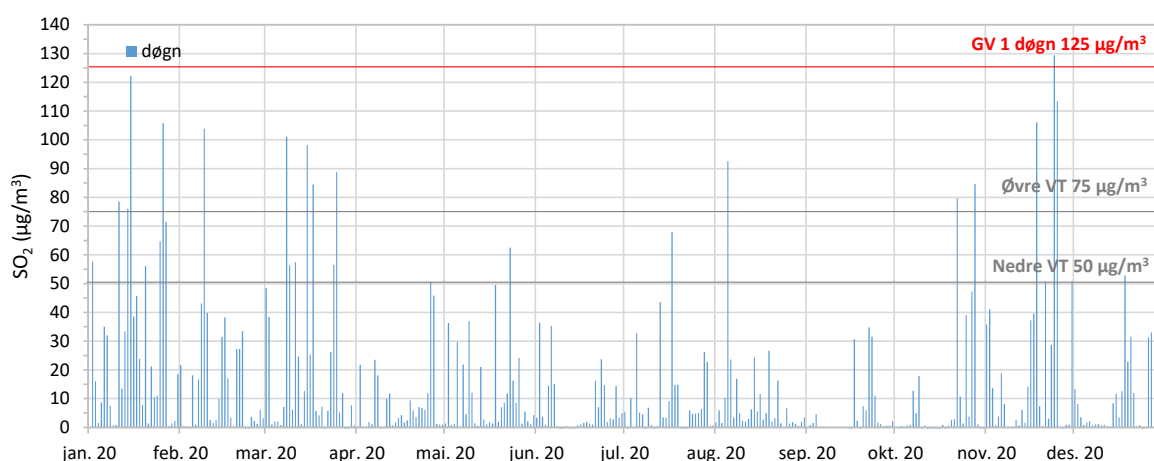
Målingene med SO<sub>2</sub>-monitor i Konsul Wilds vei i perioden 1. januar 2020 – 31. desember 2020 (kalenderåret 2020) ga et årsmiddel på 14,2 µg/m<sup>3</sup>. Dette er lavere enn årsgrenseverdien for

beskyttelse av økosystemer på  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , som gjelder over et kalenderår (1. januar – 31. desember).

Også grenseverdien for beskyttelse av økosystemer i foregående vinterperioden 2019-2020 (1. oktober – 31. mars) på  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ble overholdt. Middelverdien som ble målt i Konsul Wilds vei i vinterperioden var  $17,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Døgnmiddelverdiene for  $\text{SO}_2$  målt ved Konsul Wilds vei i måleperioden er vist i Figur 9. Den høyeste døgnmiddel-konsentrasjonen observert i måleperioden var  $129,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og ble målt tirsdag 24. november 2020. Denne dagen var den eneste dagen i kalenderåret med døgnmiddel over  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , som er grenseverdien for døgnmiddel og tillates overskredet tre ganger per kalenderår. Overskridelsen skjedde ikke i forbindelse med en spesiell hendelse, men vindretningen sto fra sør og sørvest hele døgnet (dvs. mot målestasjonen) mens én koksovn var i drift (uten  $\text{SO}_2$ -rensing).

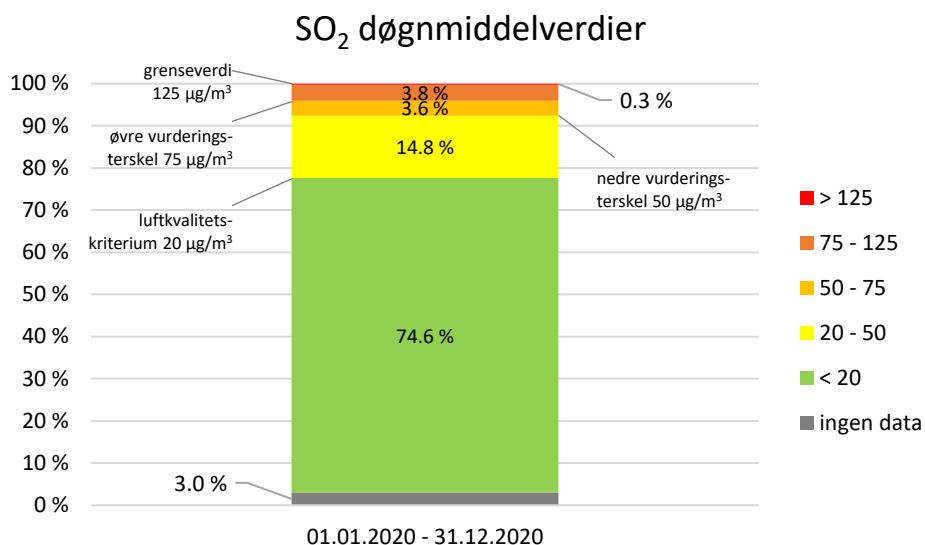
Den nest høyeste døgnmiddel-konsentrasjonen ( $122,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ble målt 15. januar 2020. Det skjedde i forbindelse med en uønsket hendelse på kaianlegget til Elkem som forårsaket strømbrudd på hele bedriftsområdet og dermed også utfall av  $\text{SO}_2$ -rensianlegget. Nedetiden for rensianlegget varte i ca. 4,5 timer. I den tiden var 3 ovner i drift med koksproduksjon som alle var uten  $\text{SO}_2$  rensing i noen timer. Vindretningen var fra sør-sørvest ved en midlet vindhastighet på 6,6 m/s.



Figur 9:  $\text{SO}_2$  døgnmiddelkonsentrasjoner ved Konsul Wilds vei i måleperioden. Grenseverdien for døgnmiddel på  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (må ikke overskrides mer enn 3 ganger per kalenderår) er tegnet inn. Nedre og øvre vurderingsterskel angis for å avgjøre krav om måling.

Hovedsakelig ble det observert  $\text{SO}_2$ -døgnmidler under  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , med en andel på 74,6% av dagene i måleperioden (Figur 10). Døgnmiddelkonsentrasjon  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  er luftkvalitetskriterium i Norge (Nasjonalt folkehelseinstitutt, 2013) og retningslinje for  $\text{SO}_2$  definert av WHO for å beskytte befolkningens helse. Denne ble overskredet 82 ganger i løpet av måleperioden (22% av tiden).

Døgnmiddelverdier over nedre vurderingsterskel på  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ble observert i 7,7% av dagene (28 døgn). Øvre vurderingsterskel på  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ble overskredet i 15 døgn (4,1% av dagene). En oversikt over dagene over nedre og over øvre vurderingsterskel er gitt i Vedlegg A.



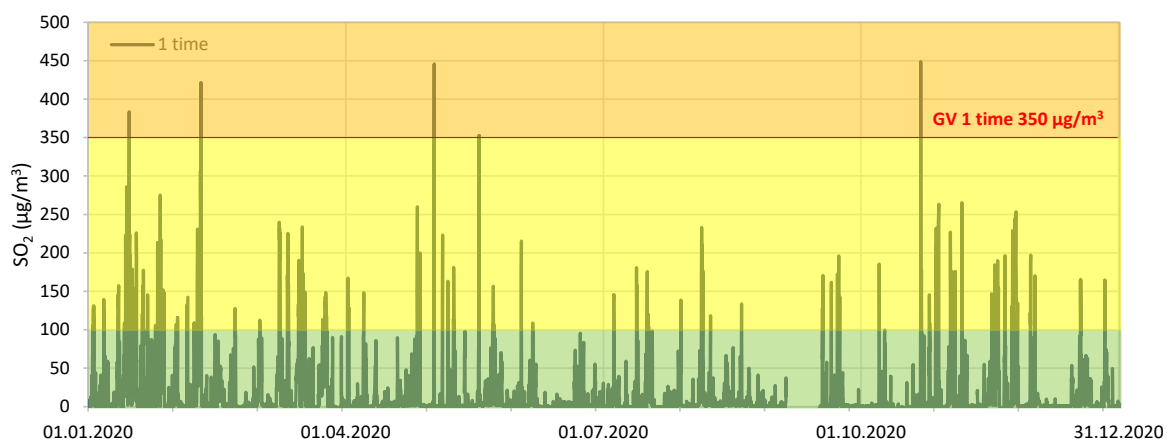
Figur 10: Fordeling av SO<sub>2</sub>-døgnmiddelkonsentrasjoner (µg/m<sup>3</sup>) på angitte intervaller i måleperioden.

SO<sub>2</sub>-timemidler målt ved Konsul Wilds vei i måleperioden er vist i Figur 11. Den røde linjen representerer grenseverdien for timemidler på 350 µg/m<sup>3</sup> som ikke må overskrides mer enn 24 ganger per kalenderår. I kalenderåret 2020 ble timemiddelkonsentrasjonen 350 µg/m<sup>3</sup> overskredet 5 ganger, dvs. grenseverdien ble overholdt.

Høyeste timemiddel i måleperioden var 448,7 µg/m<sup>3</sup>, målt 22. oktober 2020, kl. 9-10. Vindretningen var fra sør ved en midlet vindhastighet på 5,4 m/s. Årsaken var et ikke planlagt havari (utfall av SO<sub>2</sub>-renseanlegget på grunn av oljelekkasje på K11) som førte til at de tre koksovnene som var i drift (K7, K11 og K12) gikk på fakkell.

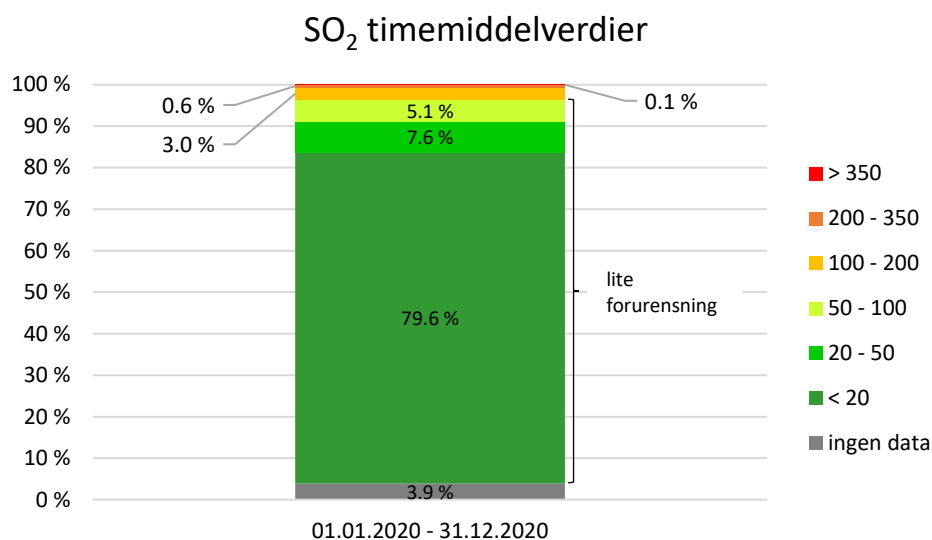
Nest høyeste timemiddel i måleperioden var 445,7 µg/m<sup>3</sup>, målt 2. mai 2020, kl. 17-18. Vindretningen var fra sørvest ved en midlet vindhastighet på 5,1 m/s. Årsaken var et uplanlagt utfall av SO<sub>2</sub>-renseanlegget på grunn av problemer med høyspentdelen på WESP. Tre ovner gikk på koks da anlegget falt ut og det ble iverksatt nedkjøring av to ovner (K12 og K13) i henhold til interne retningslinjer. Én ovn gikk (urenset) på koks frem til renseanlegget ble startet igjen 8. mai. Ingen flere overskridelser ble registrert i denne perioden.

Bakgrunnsfargene angir forurensningsklassene (se Tabell 2 i kapittel 3). Lite forurensning (grønn) ble observert i 96,2% av tiden, moderat forurensning (gul) i 3,8% av tiden og høy forurensning (oransje) i 0,1% av tiden. Svært høy forurensning ble ikke observert i måleperioden. Det var totalt 5 timer med høy forurensning, dvs. SO<sub>2</sub>-timemiddel i intervallet 350 – 500 µg/m<sup>3</sup>.



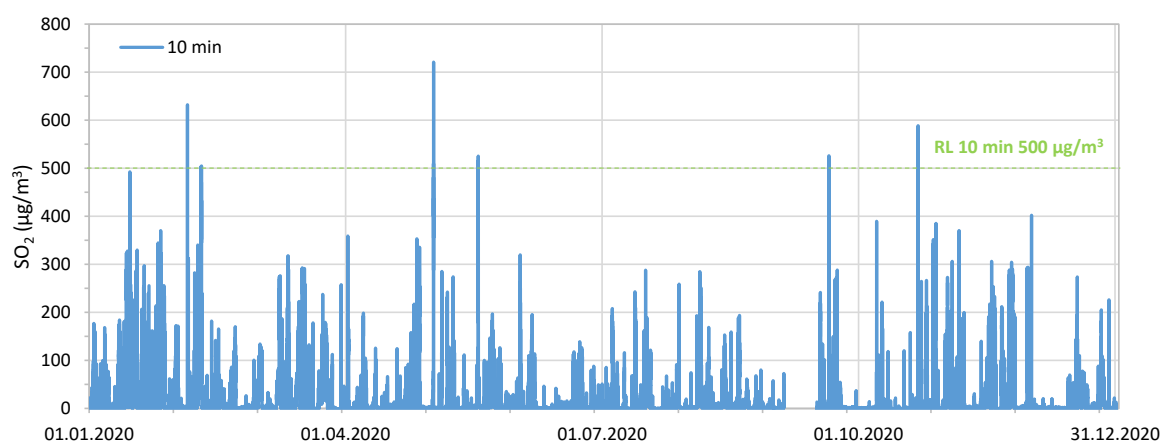
Figur 11:  $SO_2$  tidsserie over kalenderåret 2020 (1. januar 2020 – 31. desember 2020) ved Konsul Wilds vei. Grenseverdien for timemiddel er angitt med en rød linje (skal ikke overskrides mer enn 24 ganger per kalenderår). Forurensningsklasser vises med fargekode: grønn (lite), gul (moderat), oransje (høyt).

Fordelingen av  $SO_2$ -timemiddelkonsentrasjoner på ulike store konsentrasjonsintervaller i måleperioden er også vist i Figur 12.



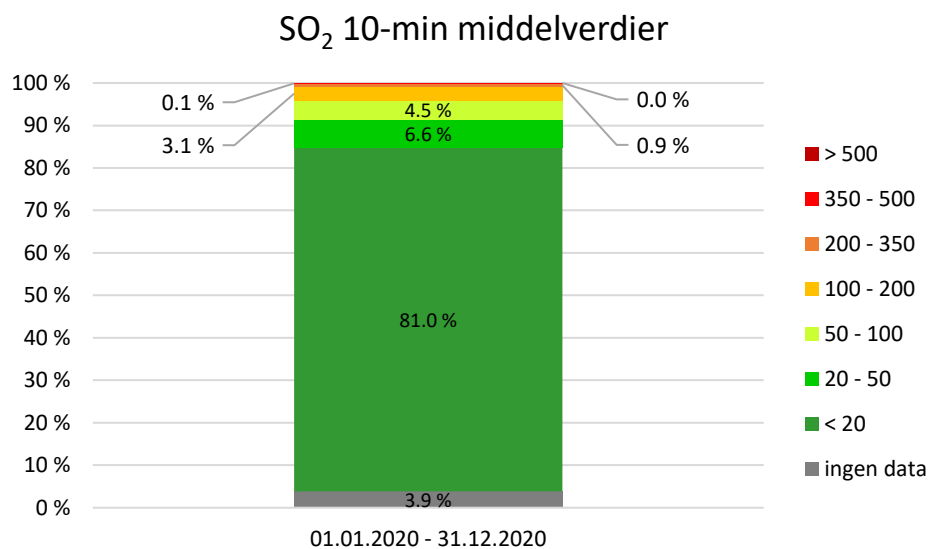
Figur 12: Fordeling av  $SO_2$ -timemiddelkonsentrasjoner på angitte konsentrasjonsintervaller ( $\mu g/m^3$ ) i måleperioden.

Tidsserien for  $SO_2$  10-minutt middelverdier i måleperioden er vist i Figur 13. Retningslinjen på  $500 \mu g/m^3$  for 10 minutters eksponering som Verdens Helseorganisasjon (WHO) har satt som anbefaling er tegnet inn med en grønn stiplet linje. Retningslinjeverdien ble overskredet 9 ganger i løpet av måleperioden. Høyeste 10-minutt middel i måleperioden var  $720,8 \mu g/m^3$ , målt 2. mai 2020, kl. 17:50-18:00. Årsaken var et uplanlagt utfall av renseanlegget mens tre koksovner var i drift. Samme hendelse førte til høyeste timemiddelverdi registrert i måleperioden, som beskrevet på side 19.



Figur 13: 10-minutt middelerverdier for SO<sub>2</sub> ved Konsul Wilds vei i perioden 1. januar 2020 – 31. desember 2020. WHO-retningslinjen for korttidseksponering (500 µg/m<sup>3</sup>) er vist med grønn stiplet linje.

Figur 14 viser hvor ofte 10 minutt middelerverdier i ulike store konsentrasjonsintervaller ble observert i løpet av kalenderåret 2020.



Figur 14: Fordeling av 10 minutt middelerverdier av SO<sub>2</sub> på ulike store konsentrasjonsintervaller (µg/m<sup>3</sup>) i måleperioden.

Luftkvalitetskriteriet for 15 minutt middelerverdier på 300 µg/m<sup>3</sup> ble overskredet omtrent 46 ganger i løpet av måleperioden. Eksakt antall kan ikke angis fordi minimum midlingsintervall for måledataene var 10 minutter.

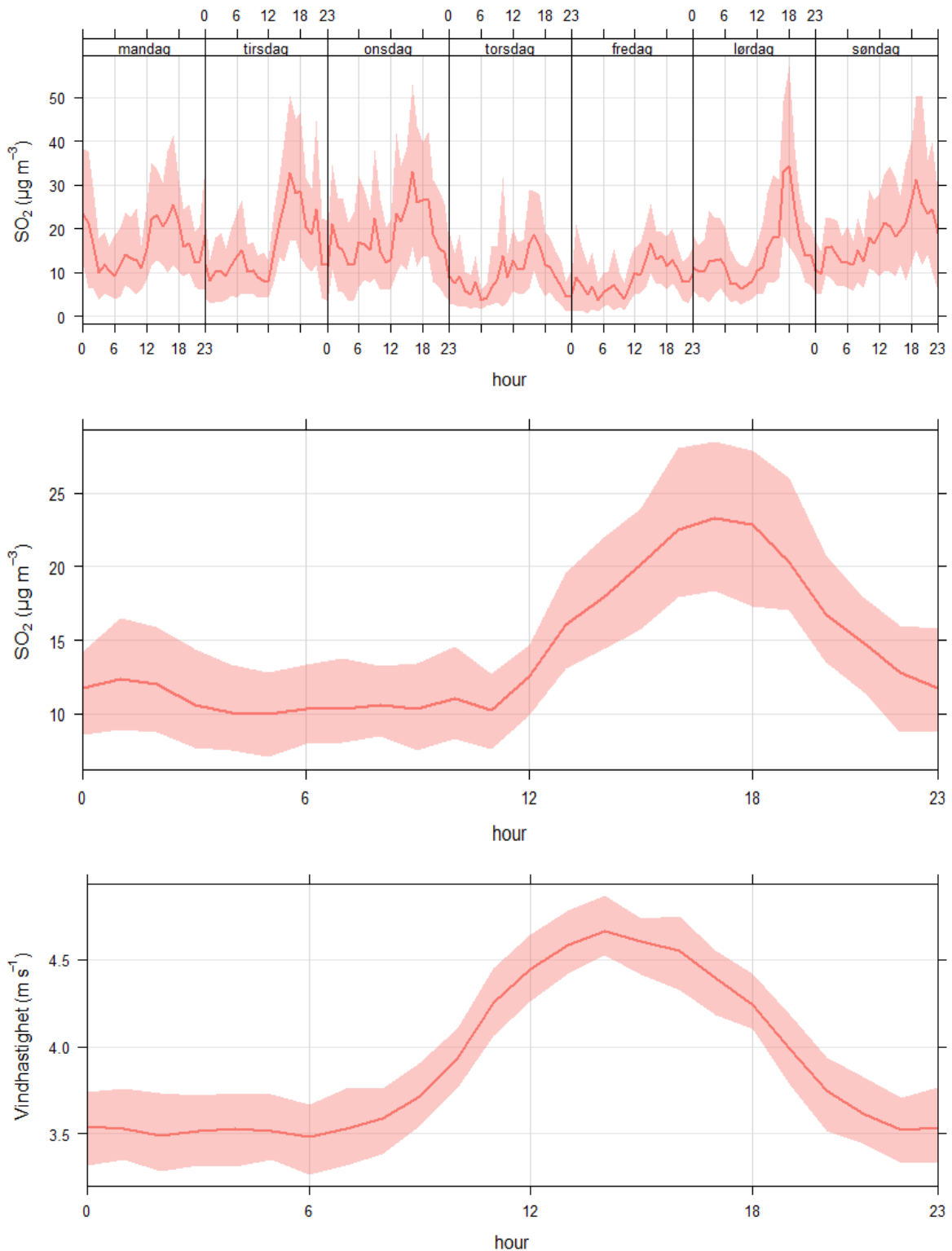
Et sammendrag av de viktigste måleresultatene for Konsul Wilds vei er gitt i Tabell 4.

Tabell 4: Sammendrag av målinger av SO<sub>2</sub> med monitor ved Konsul Wilds vei i måleperioden (1. januar 2020 – 31. desember 2020). Konsentrasjoner er angitt i µg/m<sup>3</sup>.

KWV	Månedsmiddel	Høyeste døgnmiddel	Antall døgnsobs.	Antall døgnmidler	Antall døgnmidler	Høyeste time-middel	Antall time-obs.	Antall time-verdier	Antall time-verdier	Antall time-verdier	Antall time-verdier	Høyeste 10 min verdi	Antall 10 min
				> 20	> 125			< 100	100 - 350	350 – 500	> 500		> 500
Jan20	31,1	122,2	31	15	0	383,5	740	667	72	1	0	492,4	0
Feb20	15,7	103,8	29	9	0	421,6	690	668	21	1	0	632,1	3
Mar20	25,1	101,1	31	12	0	239,8	739	684	55	0	0	317,8	0
Apr20	8,4	50,6	30	4	0	260,0	714	700	14	0	0	358,8	0
Mai20	12,3	62,5	31	8	0	445,7	740	721	17	2	0	720,8	4
Jun20	6,9	36,4	30	3	0	215,3	714	709	5	0	0	319,6	0
Jul20	9,5	67,9	31	5	0	180,8	740	728	12	0	0	287,8	0
Aug20	9,4	92,7	31	4	0	233,0	740	725	15	0	0	284,7	0
Sep20	7,3	34,7	17*	3	0	196,2	432	422	10	0	0	525,9	1
Okt20	9,4	84,6	31	4	1	448,7	740	713	26	1	0	588,5	1
Nov20	23,7	129,4	30	10	0	265,4	713	647	66	0	0	370,2	0
Des20	8,3	52,8	31	5	0	170,2	737	733	4	0	0	402,1	0
<b>2020</b>	<b>14,2</b>	<b>129,4</b>	<b>353</b>	<b>82</b>	<b>1</b>	<b>448,7</b>	<b>8439</b>	<b>8117</b>	<b>317</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>720,8</b>	<b>9</b>

\*Det mangler 11 døgn i september (5. – 15. september) før målingene ble tatt opp igjen. To ikke fulle døgn (4. september, 16. september) ble heller ikke tatt med.

Midlet døgnvariasjon og midlet ukevariasjon av SO<sub>2</sub> ved Konsul Wilds vei i måleperioden er vist i Figur 15. Det observeres ingen tydelig ukevariasjon av SO<sub>2</sub>. Produksjonsprosessen pågår kontinuerlig, uavhengig av ukedagen. Midlet døgnvariasjon av SO<sub>2</sub> viser et maksimum på ettermiddagen. Laveste nivåer er observert på formiddagen. Det er ingen utpreget variasjon av vindretningen i løpet av dagen (se Vedlegg B). Døgnvariasjonen av vindhastigheten har et maksimum på ettermiddagen (se Figur 15). Utslipp fra Teknologiparken vil da transporteres effektivt mot Fiskåtangen. Maksimum i midlere døgnvariasjon for SO<sub>2</sub> er en time senere enn maksimum i døgnvariasjonen for vindhastighet. Årsaken kan være at to av de høyeste SO<sub>2</sub>-timemidler ble målt mellom kl. 16 og kl. 18 (se Vedlegg A), som kan forskyve maksimalverdien av den midlele døgnvariasjonen.



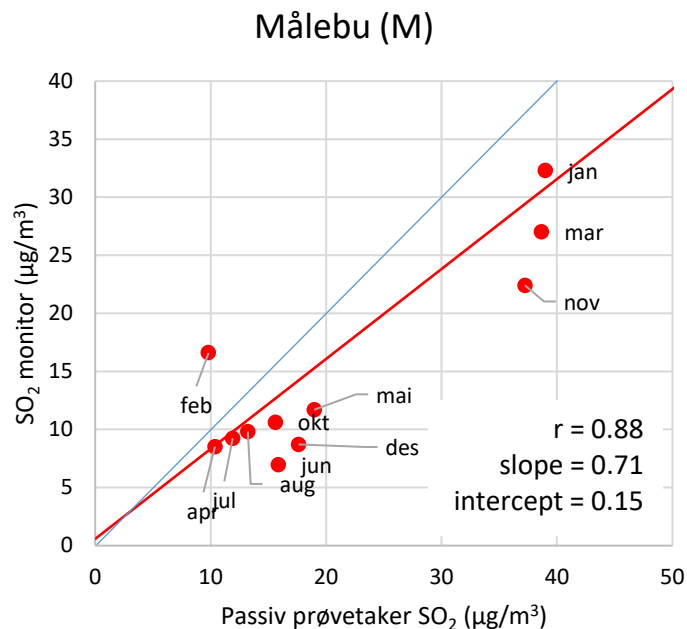
Figur 15: Midlet ukevariasjon og midlet døgnvariasjon for SO<sub>2</sub> i måleperioden. Midlet døgnvariasjon for vindhastighet er vist nederst. Skraverte områder viser 95% konfidensintervaller for middelverdiene.



### 5.2.2 Måling med passive prøvetakere

Fordelingen av  $\text{SO}_2$  i området rundt Fiskå ble kartlagt ved hjelp av passive prøvetakere. Prøvetakerne ble eksponert i månedspersoder som dekker totalt 11 av 12 sammenhengende måneder. I september 2020 ble det ikke satt ut prøvetakere. De var plassert på 6 steder i boligområder rundt Fiskå Teknologipark (se Figur 1 i kapittel 2) og gir informasjon om  $\text{SO}_2$ -konsentrasjonen også i områdene uten høyoppløst måling.

Én lokasjon var ved måleboden for å sammenligne konsentrasjonen målt med passiv prøvetaker med konsentrasjonen målt med  $\text{SO}_2$ -monitor (referansem metode), midlet over samme tidsperiode (eksponeringsperioden). Prøvetakeren var montert rett over inntaket til  $\text{SO}_2$ -monitoren som vist i Figur 5. Et scatter-plot for alle 11 eksponerings-periodene (Figur 16) viser at konsentrasjonene målt med passiv prøvetaker har en tendens til å være ca. 20% høyere enn konsentrasjoner målt med  $\text{SO}_2$ -monitoren. Det betyr at  $\text{SO}_2$ -målingene fra passive prøvetakere presentert i denne rapporten gir et konservativt estimat på  $\text{SO}_2$ -nivået i området. Resultater fra alle passive prøvetakere fra 2020 er samlet i Tabell 5.



Figur 16: Sammenligning av resultatene fra passive  $\text{SO}_2$  prøvetakere eksponert ved måleboden i Konsul Wilds vei (x-akse) og resultatene fra  $\text{SO}_2$ -monitoren i målebod (y-akse), midlet over samme tidsperiode, for perioden januar 2020 – desember 2020 (uten september). Blå linje viser 1:1-linjen. Rød linje viser resultatet fra ortogonal regresjon.

Ved Fiskåveien ble det brukt to prøvetakere, én ved den opprinnelige lokasjonen ved parkeringsplassen utenfor barnehagen (lokasjon 4a) og én inne på lekeområdet til barnehagen (lokasjon 4b). I desember 2019 og januar 2020 er det stort avvik mellom de to. Prøvetakeren ved lokasjon 4b viser  $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i desember og  $19,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i januar, dette er dobbelt så høy konsentrasjon som ved lokasjon 4a. En mulig forklaring er at de to prøvetakerne ble forvekslet i begynnelsen av januar 2020, slik at den ene ikke ble eksponert, mens den andre ble eksponert i to eksponeringsperioder.

Tabell 5: Resultater fra passive prøvetakere for 12 eksponeringsperioder (lokasjonene og eksakte datoer for eksponeringsperiodene er vist i Vedlegg C). MR: midlet konsentrasjon fra SO<sub>2</sub>-monitoren (referansemåte) i måleperioden; M (1) og M (2): Parallele passive prøvetakere ved måleboden; 4a (1) og 4a (2): Parallele prøvetakere ved Fiskåveien lokasjon 4a; 4b: Prøvetaker ved Fiskåveien lokasjon 4b. Alle konsentrasjoner er angitt i µg/m<sup>3</sup>.

	Målebod		Lok 1	Lok 2	Lok 3	Lok 4		Lok 5
	MR	M (1)	1	2	3	4a	4b	5
Jan	32,3	39,0	11,9	1,2	0,7	9,5	19,7*	5,1
Feb	16,6	9,8	7,3	1,0	5,3	12,0	-	5,4
Mar	27,0	38,7	16,8	1,3	1,7	8,0	6,7	3,4
Apr	8,5	10,4	3,6	1,9	6,3	8,2	3,3	1,6
Mai	11,7	19,0	4,3	2,1	2,6	5,4	4,8	2,1
Jun	7,0	15,9	5,4	2,1	4,4	4,0	3,2	2,6
Jul	9,2	11,9	4,9	0,9	2,3	1,8	2,3	1,0
Aug	9,8	13,2	6,0	3,4	5,9	14,9	11,3	3,8
Sep***								
Okt	10,6	15,6	3,9	1,7	10,3	24,8	-**	5,6
Nov	22,4	37,2	11,3	10,8	10,0	22,9	14,1	9,9
Des	8,7	17,6	21,4	18,8	38,0	91,0	54,4	13,6
<b>2020</b>	<b>14,9</b>	<b>20,7</b>	<b>8,8</b>	<b>4,1</b>	<b>8,0</b>	<b>18,4</b>	<b>13,3</b>	<b>4,9</b>

\*mulig forveksling, se tekst.

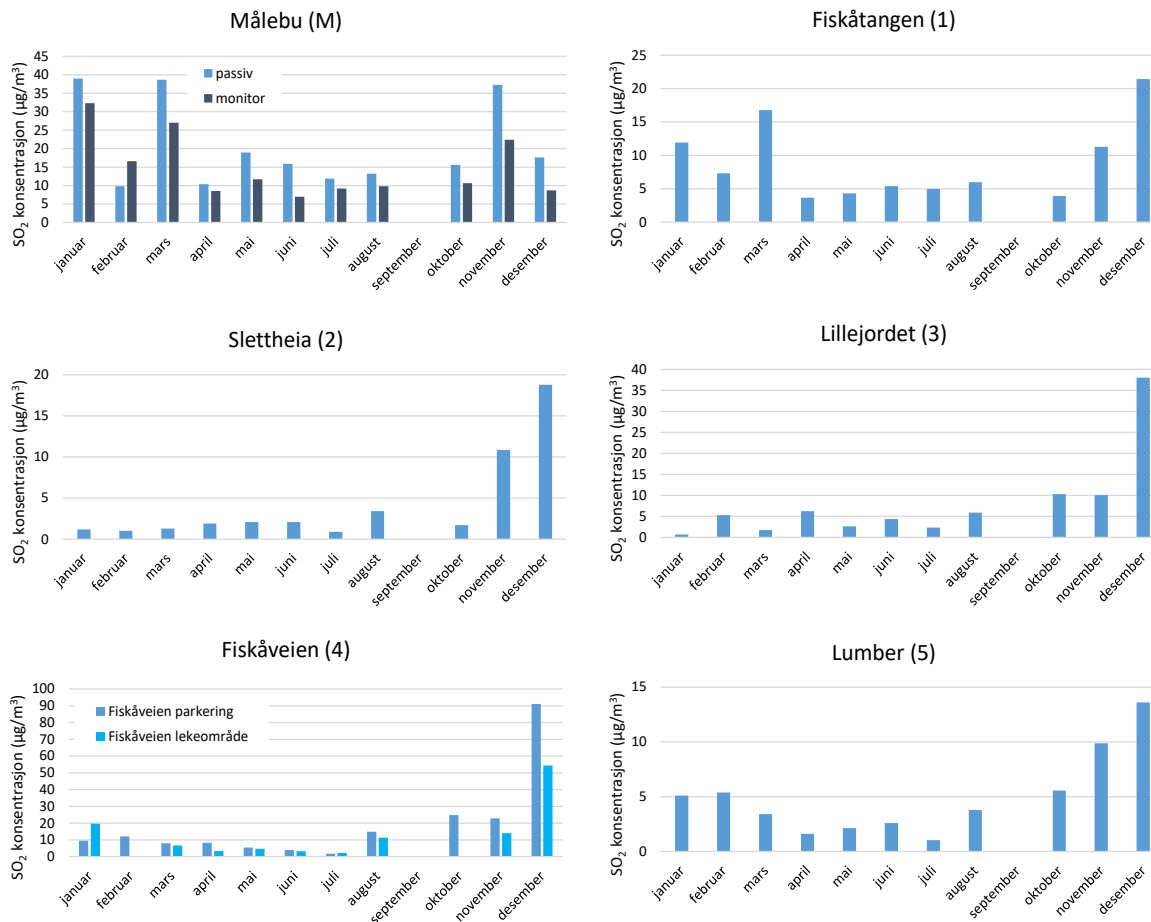
\*\*Oktober 2020: Prøvetaker ved lokasjon 4b var borte ved innsamling.

\*\*\*I september 2020 ble det ikke satt ut passive prøvetakere.

SO<sub>2</sub>-fordelingen i måleområdet er vist på kart i Vedlegg C for hver eksponeringsperiode, sammen med en vindrose midlet over samme eksponeringsperiode. Fargeskalaen brukt til å visualisere konsentrasjonsnivået ved målestedene er den samme for alle elleve kart. Prøvetakerne ved måleboden og ved Fiskåveien viste seg å være mest eksponert for SO<sub>2</sub>-utslipp.

En annen måte å visualisere resultatene fra passive prøvetakere er tidsserier. Figur 17 viser SO<sub>2</sub>-tidsseriene for de 6 målestedene. Merk at skalaen for y-aksen varierer for de ulike stedene.

Det høyeste månedsmiddelet ble observert ved lokasjon 4 (Fiskåveien) i desember 2020, med et nivå rundt 54,4 – 90 µg/m<sup>3</sup>. Fiskåveien er målestedet som ligger nærmest bedriften. I desember 2020 var det vind fra nord over 20% av tiden og fra østlig sektor over 30% av tiden. Dermed var området sør og vest for bedriften mest belastet. Dette gjenspeiles i SO<sub>2</sub>-fordelingen i eksponeringsperioden desember 2020 (se Vedlegg C).



Figur 17: Tidsserier for SO<sub>2</sub>-konsentrasjonen målt med passive prøvetakere ved de ulike lokasjonene.

## 6 Diskusjon

### Plassering til målestasjonen

Hovedvindretningen i måleperioden målt på bedriftsområdet til Elkem Carbon var fra sørvest (30% av tiden). Regional vindfordeling (Oksøy fyr<sup>14</sup>) i måleperioden ligner regional vindfordeling midlet over flere år. Den lokale vindfordelingen målt ved Elkem Carbon i måleperioden anses derfor som representativ for den lokale vindfordelingen også utover måleperioden.

Målestasjonen var dermed hovedsakelig medvinds i forhold til utslippskildene i måleperioden og plasseringen anses å være representativ også utover måleperioden.

Som beskrevet i luftkvalitetsdirektivet (2008/50/EF), som er implementert i Norge gjennom Forurensningsforskriftens kapittel 7 om lokal luftkvalitet, skal industrirelaterte målepunkter være plassert i det nærmeste boligområdet medvinds i forhold til utslippskilden. Målestasjonen i Konsul Wilds vei oppfyller dette kravet.

Ved Konsul Wilds vei ble det målt høye konsentrasjoner når vinden blåste fra sørvest (hovedvindretningen), sør og sørøst. Ved de øvrige vindretningene (øst, nordlige sektorer og vest) ble det stort sett målt timemiddelkonsentrasjoner under 10 µg/m<sup>3</sup> (se Figur 6 i kapittel 5.1). Høy SO<sub>2</sub>-

<sup>14</sup> Ved Oksøy fyr (meteorologisk målestasjon fra Meteorologisk institutt) har vindretningen en større komponent fra vest, sammenlignet med lokal vindfordeling ved Elkem Carbon. Vindroser kan lages på [www.eklima.no](http://www.eklima.no).

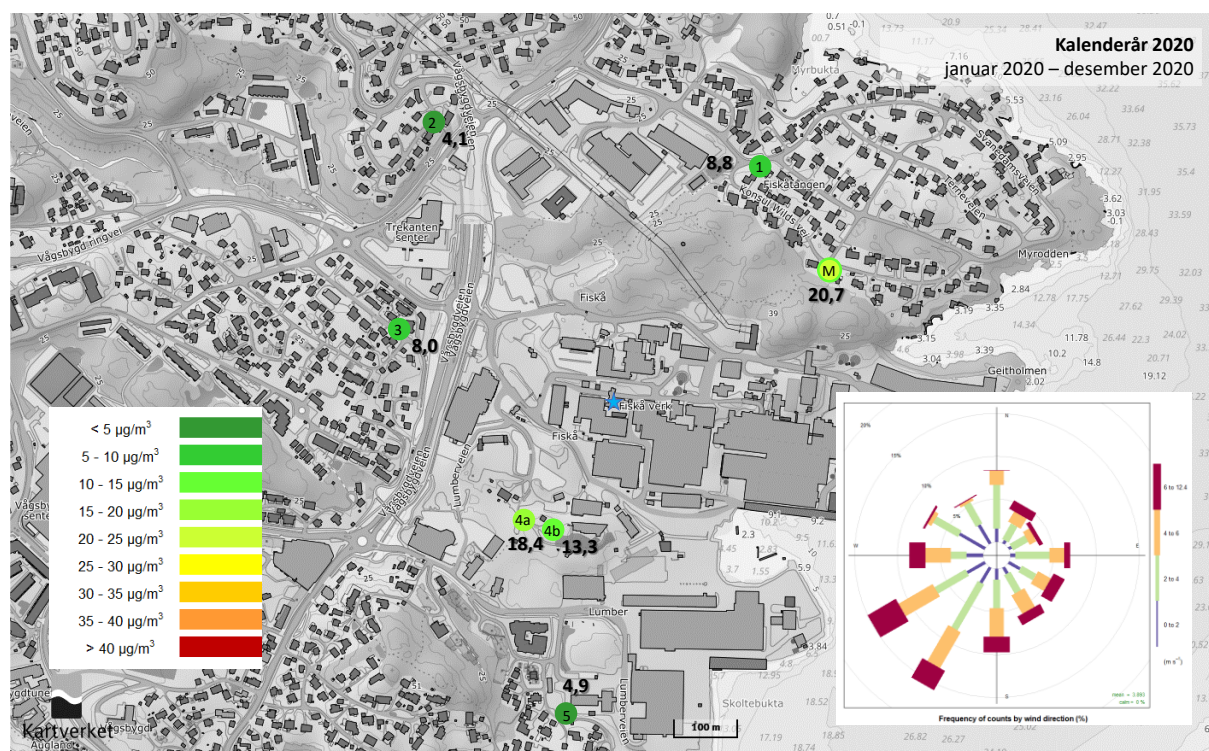
konsentrasjon kan også opptre ved andre befolkede steder i området rundt bedriftene, men på grunn av den lokale vindfordelingen vil det skje mer sjeldent. Ved vind fra nord og øst, som i desember 2020, er områdene sør og vest for bedriften mer påvirket av utslipp enn vanlig.

Andre SO<sub>2</sub>-kilder i området, som Glencore Nikkelverk og skipstrafikk mot Kristiansand, anses å ha neglisjerbar påvirkning på SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner i boligområdet på Fiskåtangen (og generelt i området rundt Fiskå).

Det måles hovedsakelig lave SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner ved Konsul Wilds vei. 83% av alle timemiddelkonsentrasjoner var under 20 µg/m<sup>3</sup> i måleperioden.

## SO<sub>2</sub>-fordeling

Fordelingen av prøvetakerne rundt bedriftene viser et representativt bilde av SO<sub>2</sub>-nivået i bebodde områder i nærheten. Prøvetakerne er plassert i de nærmeste boligområdene og oppholdsstedene rundt bedriftene. Geografisk fordeling av SO<sub>2</sub>, målt med passive prøvetakere og midlet over alle eksponeringsperioder (Figur 18) viser at måleboden i Konsul Wilds vei og lokasjon 4 (Fiskåveien) var mest eksponert for SO<sub>2</sub>-utslipp fra bedriftene i måleperioden. SO<sub>2</sub>-konsentrasjonen målt på Slettheia (lokasjon 2) var veldig lav under måleperioden, også på Lillejordet (lokasjon 3) og Fiskåtangen (lokasjon 1) ble det observert lav konsentrasjon under måleperioden.



Figur 18: Fordelingen av SO<sub>2</sub> i området, målt med passive prøvetakere, midlet over hele måleperioden januar 2020 – desember 2020 (det ble ikke tatt prøver i september).

Middelverdien på lokasjon 4 «Fiskåveien» over 12 måneder var hhv. 18,4 og 13,3 µg/m<sup>3</sup> (på parkeringen utenfor og lekeområdet til barnehagen). Den høye verdien skyldes hovedsakelig konsentrasjonen målt i desember 2020 da vinden kom fra nord i perioder.

Vind fra nord opptrer imidlertid ganske sjelden i området. I måleperioden ble det observert nordlig vind ca. 8% av tiden. Vindrosen fra Oksøy fyr midlet over perioden 2009-2018 viser nordlig vind 8% av tiden. Ser man på fordelingen over vindretninger per måned i perioden 2009-2018, opptrer nordlig vind oftest i desember.

### **Spredningsberegninger, Norsk Energi (2020)**

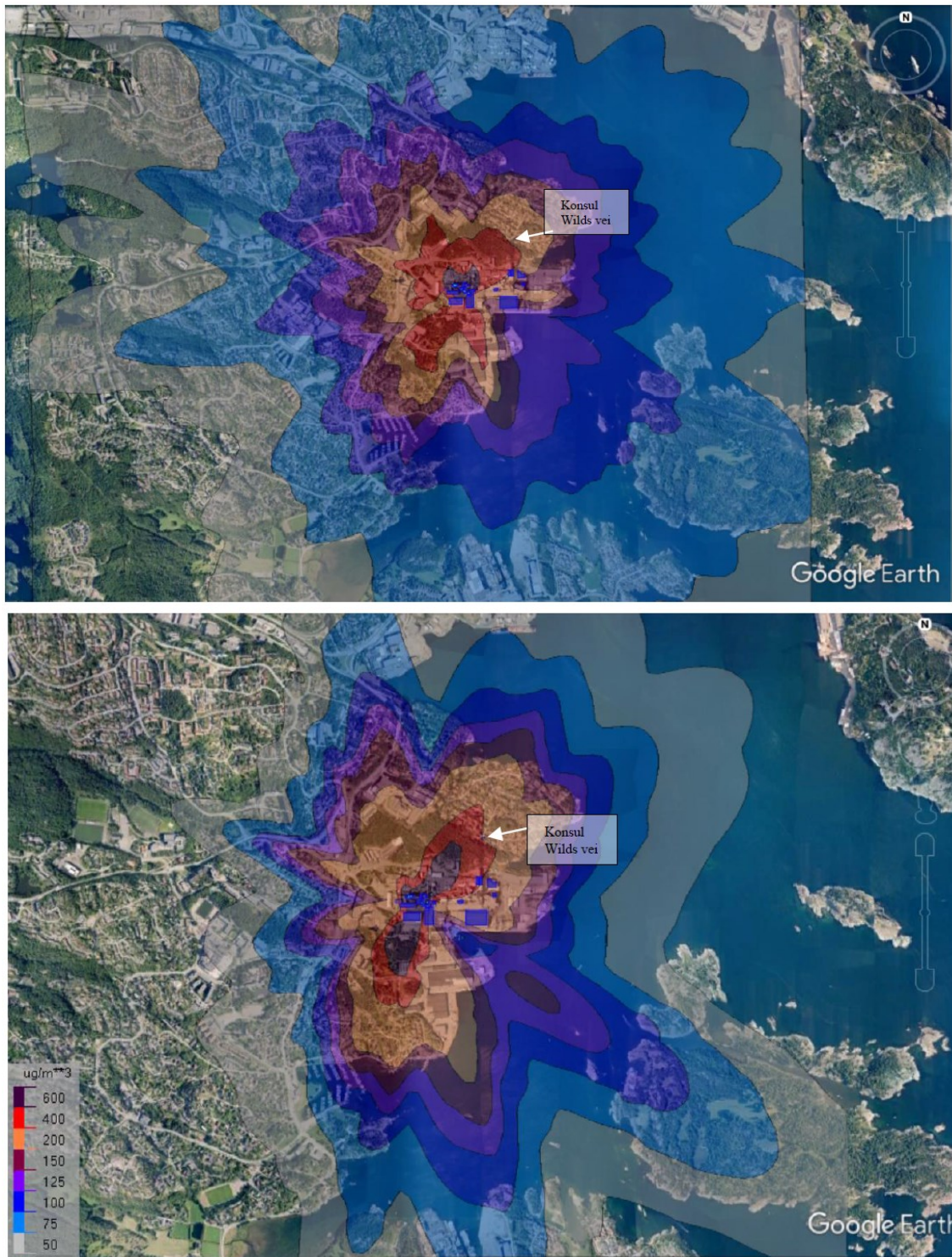
Det foreligger spredningsberegninger (Norsk Energi, 2020) av bakkekonsentrasjonsbidraget av SO<sub>2</sub> for utslipp fra Elkem Carbon og REC Solar. Studien dekker en periode mens målingene pågikk (1. oktober 2019 – 29. februar 2020).

Spredningsberegningene (Norsk Energi, 2020) indikerer at høyeste timemiddel-konsentrasjonsbidrag mellom 500 og 1000 µg/m<sup>3</sup> og høyeste døgnmiddelkonsentrasjonsbidrag mellom 200 og 600 µg/m<sup>3</sup> kan opptre ved Konsul Wilds vei (Norsk Energi, 2020; se Figur 19). Selv 25. høyeste timemiddel-konsentrasjonsbidrag ved Konsul Wilds vei ble beregnet til 350-700 µg/m<sup>3</sup> og dermed over grenseverdien. Også 4. høyeste døgnmiddel-konsentrasjonsbidrag ble beregnet til å være over grenseverdien, i intervallet 150-200 µg/m<sup>3</sup>. Totalt gir modellberegningene 22 døgn med overskridelse av grenseverdien.

Høyeste timemiddelkonsentrasjon målt ved Konsul Wilds vei i måleperioden var 448,7 µg/m<sup>3</sup>. Verdien ble målt torsdag 22. oktober 2020 kl. 9-10. Høyeste døgnmiddel-konsentrasjon målt ved Konsul Wilds vei i måleperioden var 129,4 µg/m<sup>3</sup>. Verdien ble observert tirsdag 24. november 2020 i forbindelse med en uønsket hendelse. Målt SO<sub>2</sub>-konsentrasjon var dermed mye lavere enn antydning av spredningsberegningene, både for timemiddel og døgnmiddel. Både grenseverdien for timemiddel og grenseverdien for døgnmiddel ble overholdt i måleperioden.

De nye beregningene tar hensyn til de siste oppgraderingene av renseanlegget. Likevel er det dårlig samsvar med målte data, både for konsentrasjonsnivået og når høye konsentrasjoner inntreffer. Modellberegningene fra 2020 gir 1,5-2 ganger høyere konsentrasjoner enn målingene. Utslippene kommer hovedsakelig fra fakler. Det er kommentert i rapportene at fakkelberegninger gir større usikkerhet enn øvrige punktkilder (Norsk Energi, 2018, 2020). Siden spredningsmodellen ikke kan håndtere fakkelutslipp, er disse regnet om til skorsteinutslipp/punktutslipp. SO<sub>2</sub>-fordelingen i modellberegningene bekrefter SO<sub>2</sub>-fordelingen i måleresultatene, men de beregnede konsentrasjonsnivåene er mye høyere enn faktisk målt. Beregningene, både fra 2018 og 2020, ga konsentrasjoner som overestimerer målinger med en faktor opp til 2.

Målingene i Konsul Wilds vei er utført med et instrument som bruker referansemetoden for måling av SO<sub>2</sub> (NS-EN 14212:2012) og er driftet i henhold til kvalitetssystemet (Miljødirektoratet, 2014). Målingene tatt med uavhengige målemetoder, dvs. referanse-metoden og passiv prøvetaker (indikativ måling), ved måleboden bekrefter hverandre. Målt konsentrasjonsnivå reflekterer lokalt SO<sub>2</sub>-nivå med lav usikkerhet.



Figur 19: Resultater fra spredningsberegninger (Norsk Energi, 2020). Øvre bilde: Høyeste timemiddelkonsentrasjonsbidrag. Nedre bilde: Høyeste døgnmiddel-konsentrasjonsbidrag. Kilde: Norsk Energi (2020), figur 8 og figur 12.

## 7 Referanser

- Miljødirektoratet (2014). *Håndbok for kvalitetssystem for målinger av luftkvalitet. Del 1: Beskrivelse av kvalitetssystemet* (Veileder, M-39|2014). Oslo: Miljødirektoratet.
- Miljødirektoratet (2015). *Veileder til forurensningsforskriften, kapittel 7, om lokal luftkvalitet* (Veileder, M-413|2015). Oslo: Miljødirektoratet.
- Nasjonalt folkehelseinstitutt (2013). *Luftkvalitetskriterier. Virkninger av luftforurensning på helse* (Rapport, 2013:9). Oslo: Nasjonalt folkehelseinstitutt.
- Norsk Energi (2018). *Spredningsberegninger SO<sub>2</sub>, Elkem Carbon*. Dok. ID: 34053-00002-3.0
- Norsk Energi (2020). *Spredningsberegninger SO<sub>2</sub>, Elkem Carbon*. Dok. ID: 34643-00012-1.1

## **Vedlegg A**

### **SO<sub>2</sub>-døgnmiddelverdier over nedre og øvre vurderingserskel**



SO<sub>2</sub>-døgnmiddelverdier mellom nedre og øvre vurderingsterskel (50 µg/m<sup>3</sup> < døgnmiddel < 75 µg/m<sup>3</sup>), mellom øvre vurderingsterskel og grenseverdi (75 µg/m<sup>3</sup> < døgnmiddel < 125 µg/m<sup>3</sup>) og over grenseverdi (døgnmiddel > 125 µg/m<sup>3</sup>). Konsentrasjoner er gitt i µg/m<sup>3</sup>.

Døgnmidler mellom nedre og øvre vurderingsterskel		Døgnmidler mellom øvre vurderingsterskel og grenseverdi		Døgnmidler over grenseverdi	
Dato	Døgnmiddel-konsentrasjon	Dato	Døgnmiddel-konsentrasjon	Dato	Døgnmiddel-konsentrasjon
02.01.2020	57,6	11.01.2020	78,5	24.11.2020	129,4
20.01.2020	56,1	14.01.2020	76,1		
25.01.2020	64,7	15.01.2020	122,2		
27.01.2020	71,5	26.01.2020	105,8		
09.03.2020	56,4	09.02.2020	103,8		
11.03.2020	57,4	08.03.2020	101,1		
24.03.2020	56,5	15.03.2020	98,2		
26.04.2020	50,6	17.03.2020	84,5		
23.05.2020	62,5	25.03.2020	88,8		
17.07.2020	67,9	05.08.2020	92,7		
21.11.2020	50,8	22.10.2020	79,7		
30.11.2020	50,7	28.10.2020	84,6		
18.12.2020	52,8	18.11.2020	106,0		
		25.11.2020	113,3		

Oversikt over SO<sub>2</sub>-timemiddelverdier over 350 µg/m<sup>3</sup>, dato og tid (alltid norsk vintertid) de ble registrert og vindforhold i samme periode. Detaljer angående drift av SO<sub>2</sub>-rensaneanlegget og produksjon er gitt i fotnoten.

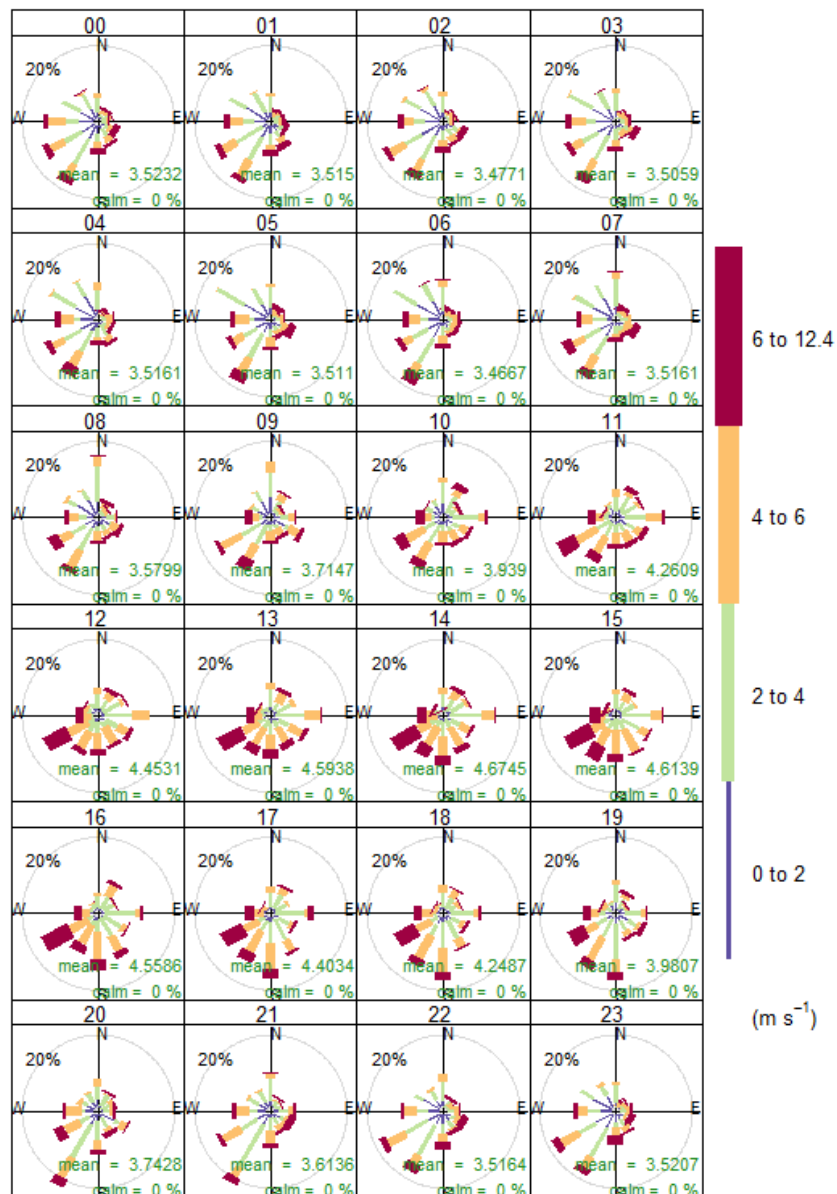
Dato	Timemiddel-konsentrasjon	Vindretning	Vindhastighet	Renseanlegg i drift
15.01.2020 kl. 12-13	383,5	192°	6,3	N*
10.02.2020 kl. 00-01	421,6	189°	8,4	N*
02.05.2020 kl. 17-18	445,7	193°	5,1	N*
18.05.2020 kl. 16-17	352,7	192°	5,2	N*
22.10.2020 kl. 09-10	448,7	187°	5,4	N*

- \* 15.01.2020 Stans (hendelse, strømbrudd), 3 koksovner i drift (K7, K11, K13)  
 10.02.2020 Stans (hendelse, scrubber), 3 koksovner i drift (K11, K12, K13)  
 02.05.2020 Stans (hendelse, WESP), 3 koksovner i drift (K11, K12, K13)  
 18.05.2020 Stans (planlagt, 2 t strømstans), 3 koksovner i drift  
 22.10.2020 Stans (hendelse, oljelekkasje), 3 koksovner i drift (K7, K11, K12)

## **Vedlegg B**

### **Midlet døgnvariasjon av vindretning og vindhastighet**

Midlet døgnavariasjon av vindretning og vindhastighet (dvs. vindroser for hver time av døgnet) ved Elkem Carbon i måleperioden (1. januar 2020 – 31. desember 2020).

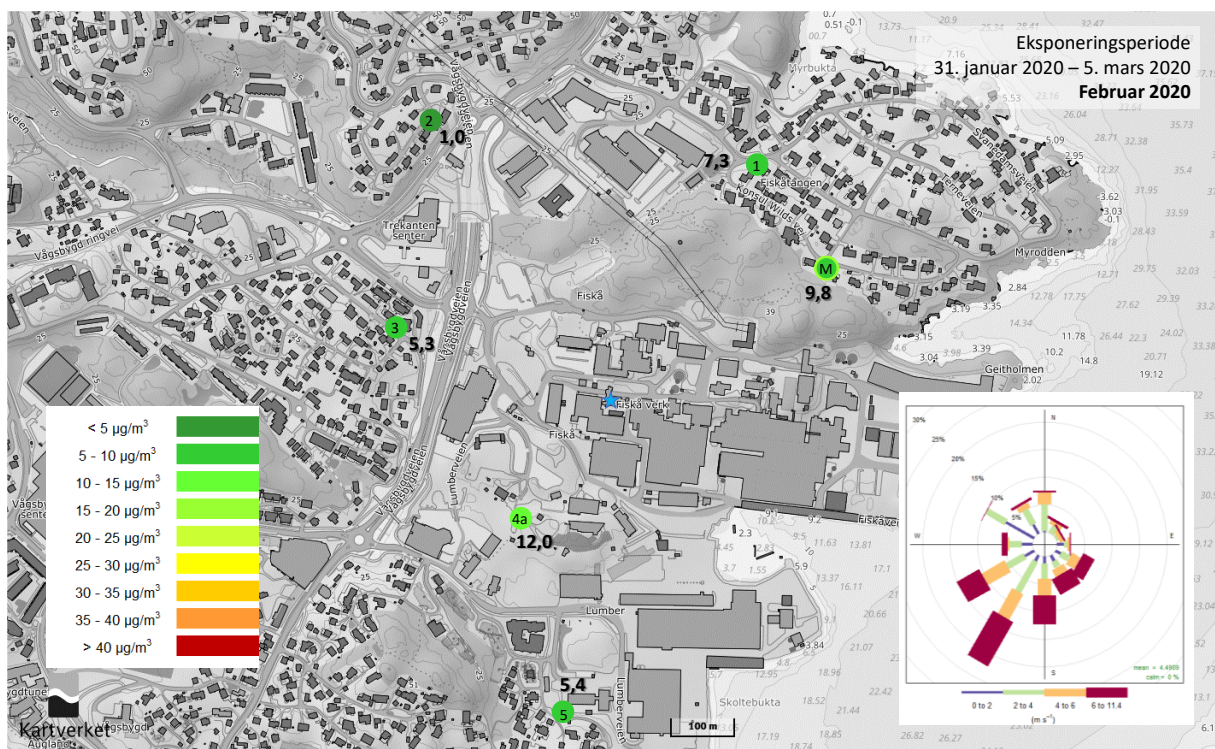
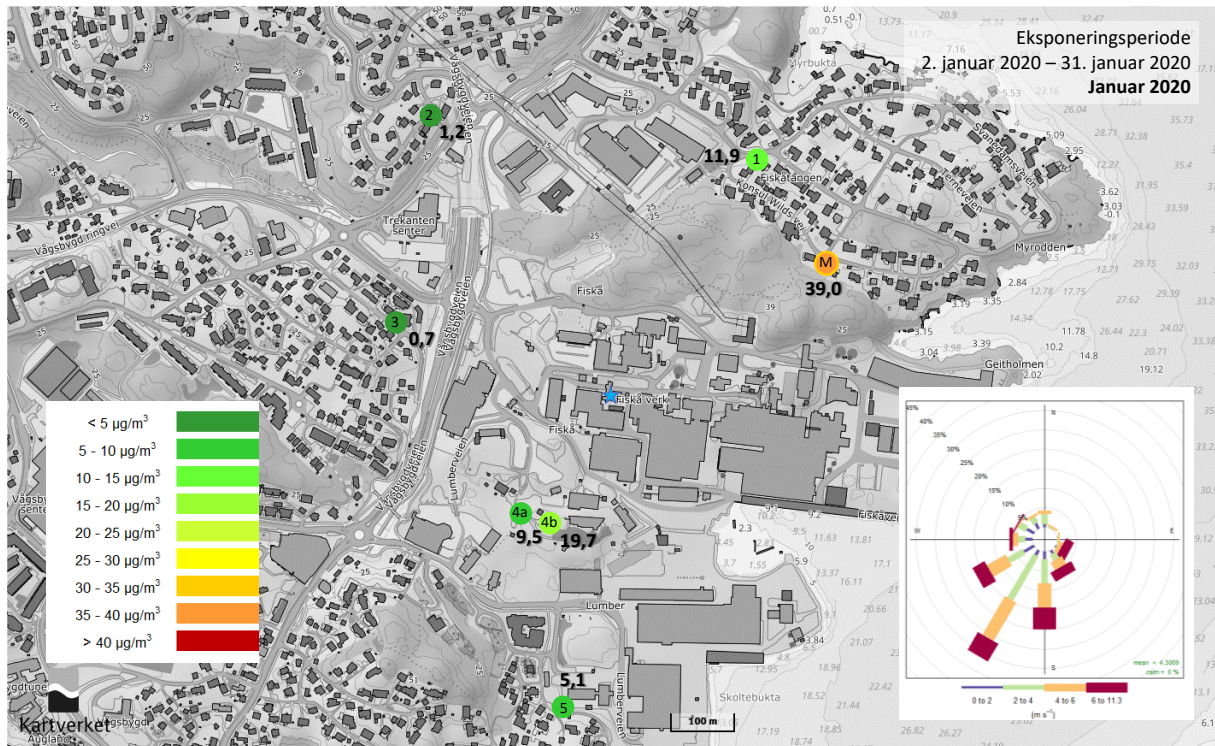


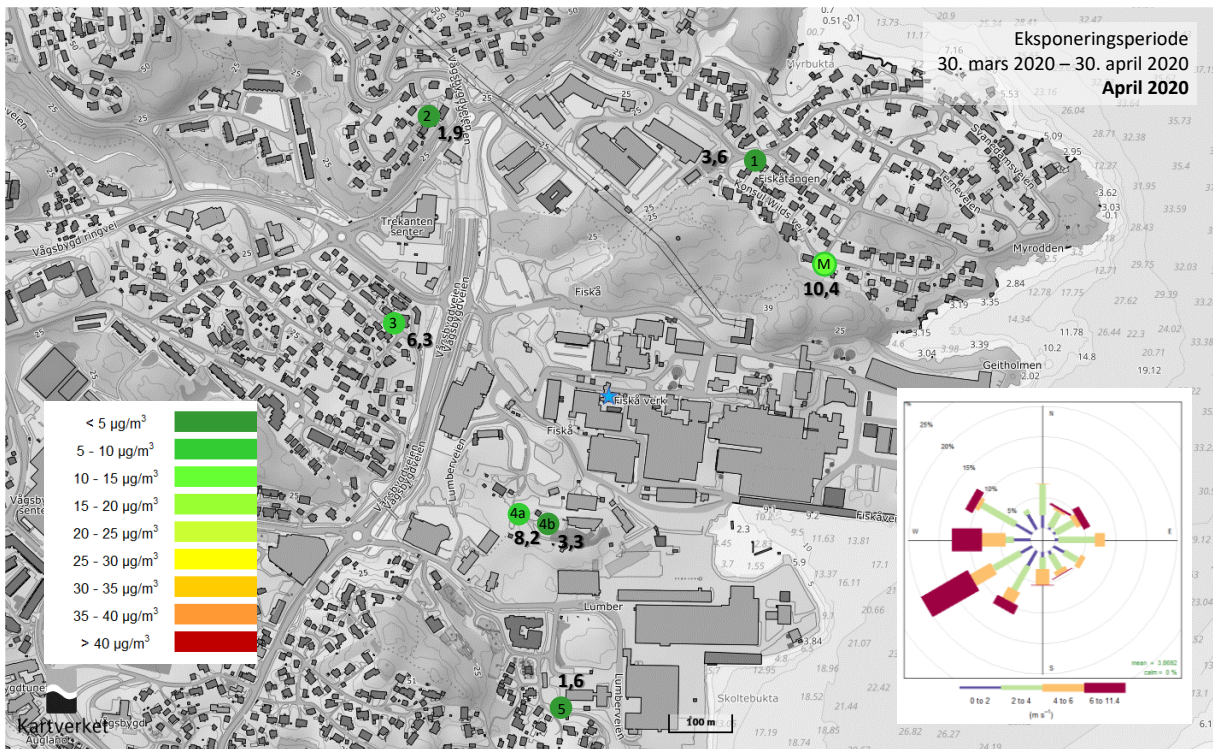
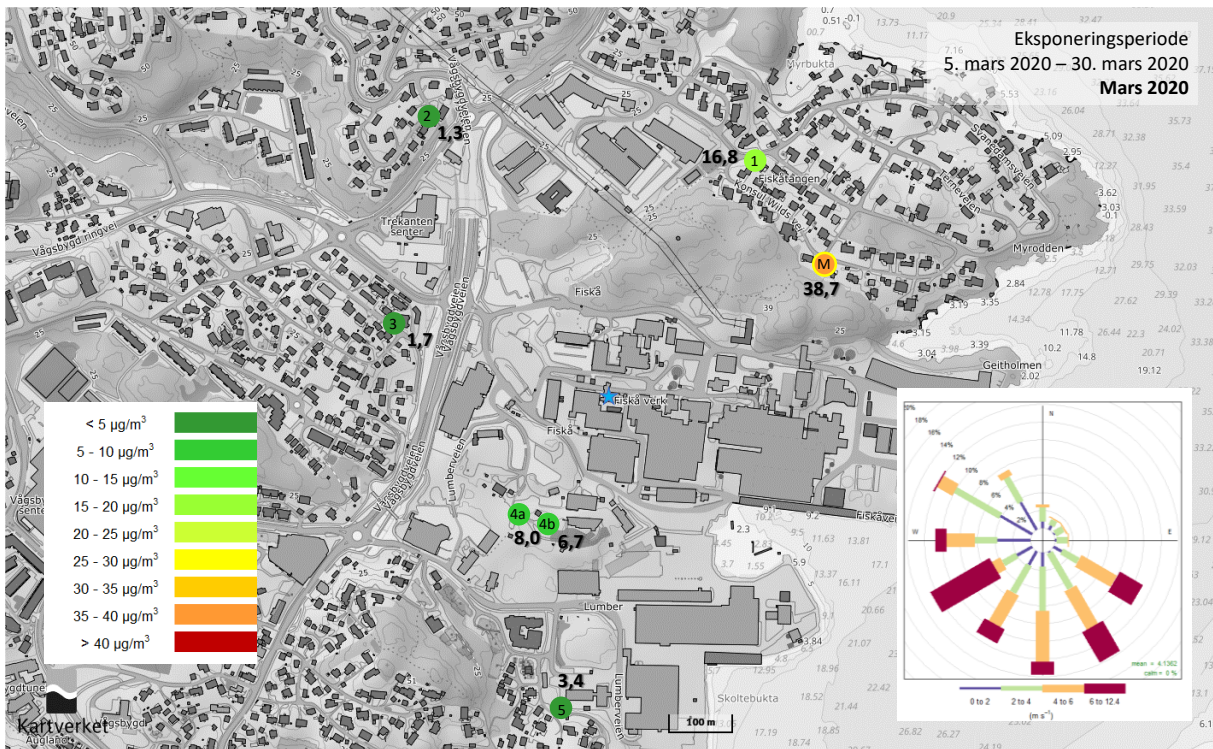
Frequency of counts by wind direction (%)

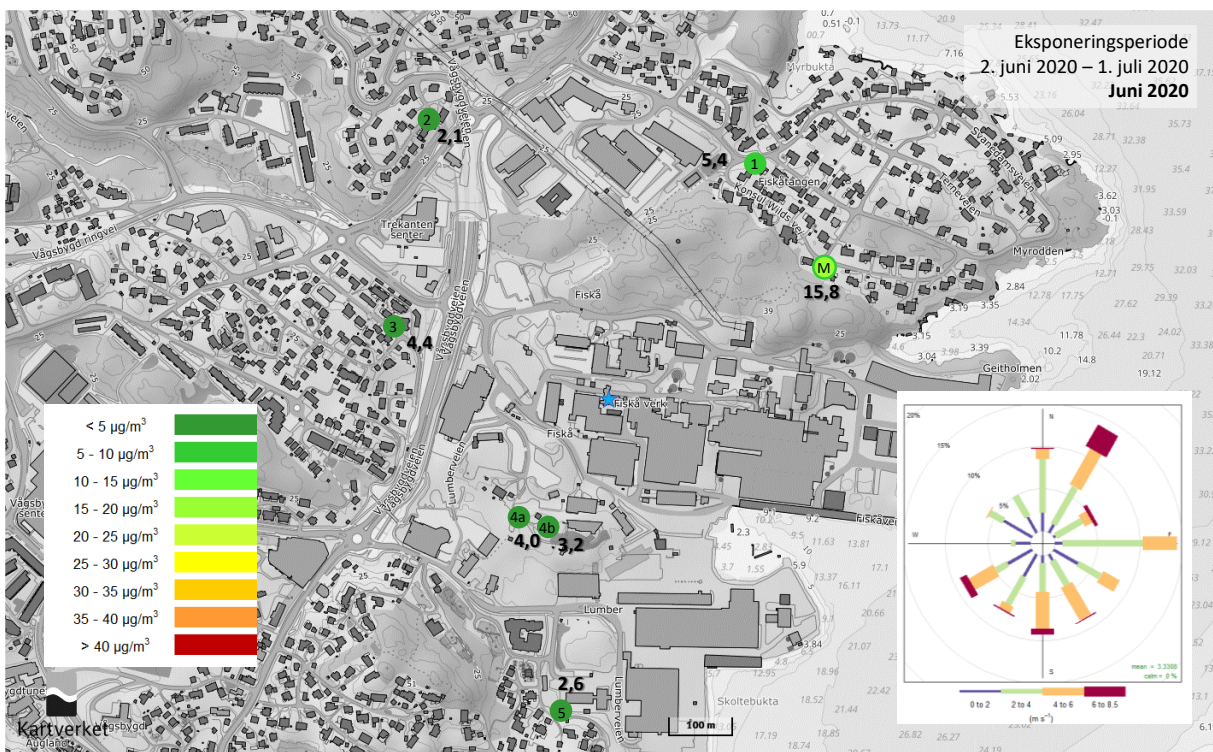
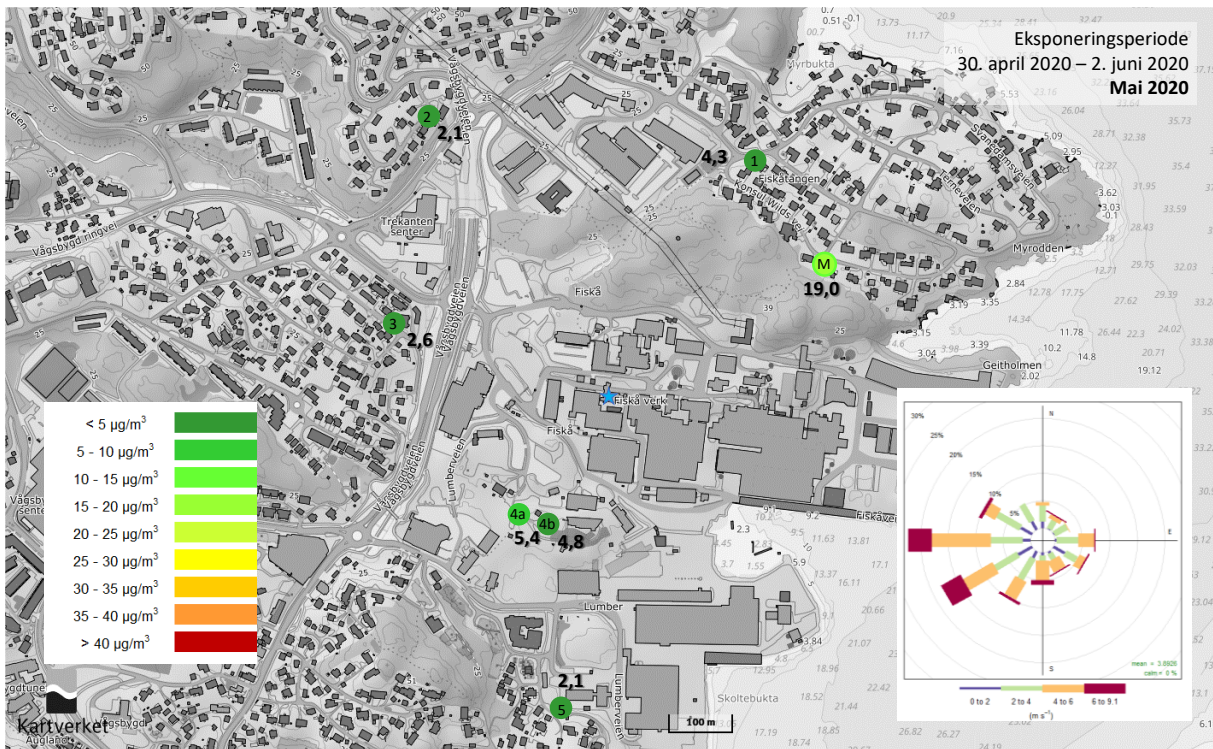
## **Vedlegg C**

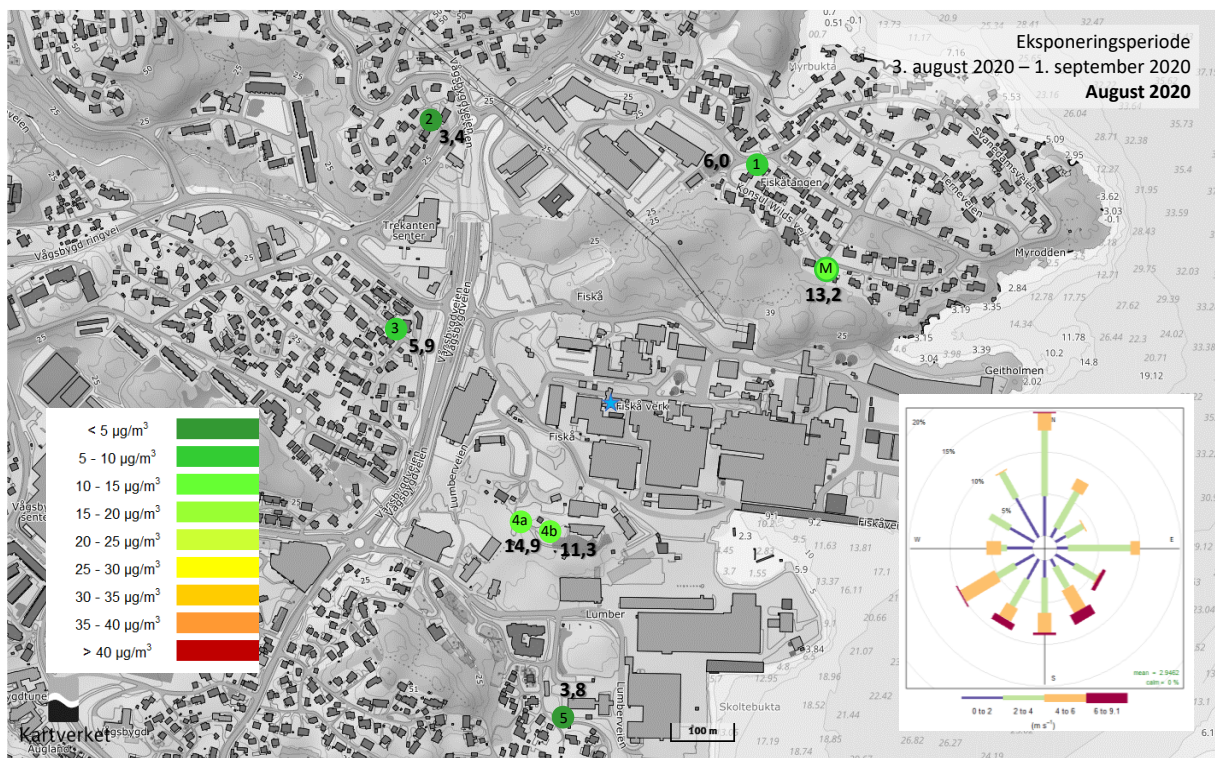
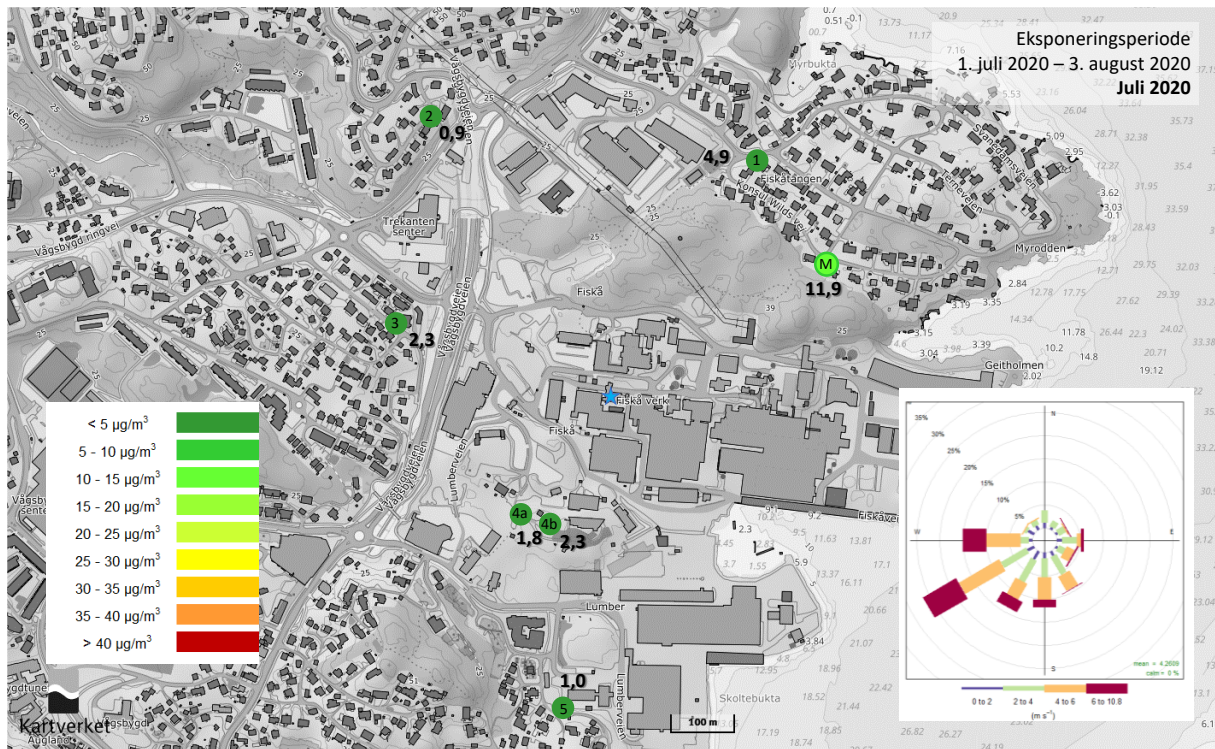
### **Geografisk fordeling av SO<sub>2</sub> i måleområdet**

Geografisk fordeling av  $\text{SO}_2$  i måleområdet for hver eksponeringsperiode. Fargeskalaen er konstant over hele måleperioden og angir  $\text{SO}_2$ -konsentrasjonen i like store intervaller fra grønn (lav konsentrasjon) til rød (høy konsentrasjon). Vindrosen er vist for hver eksponeringsperiode (vind målt på bedriftsområdet, lokasjon vist med blå stjerne).

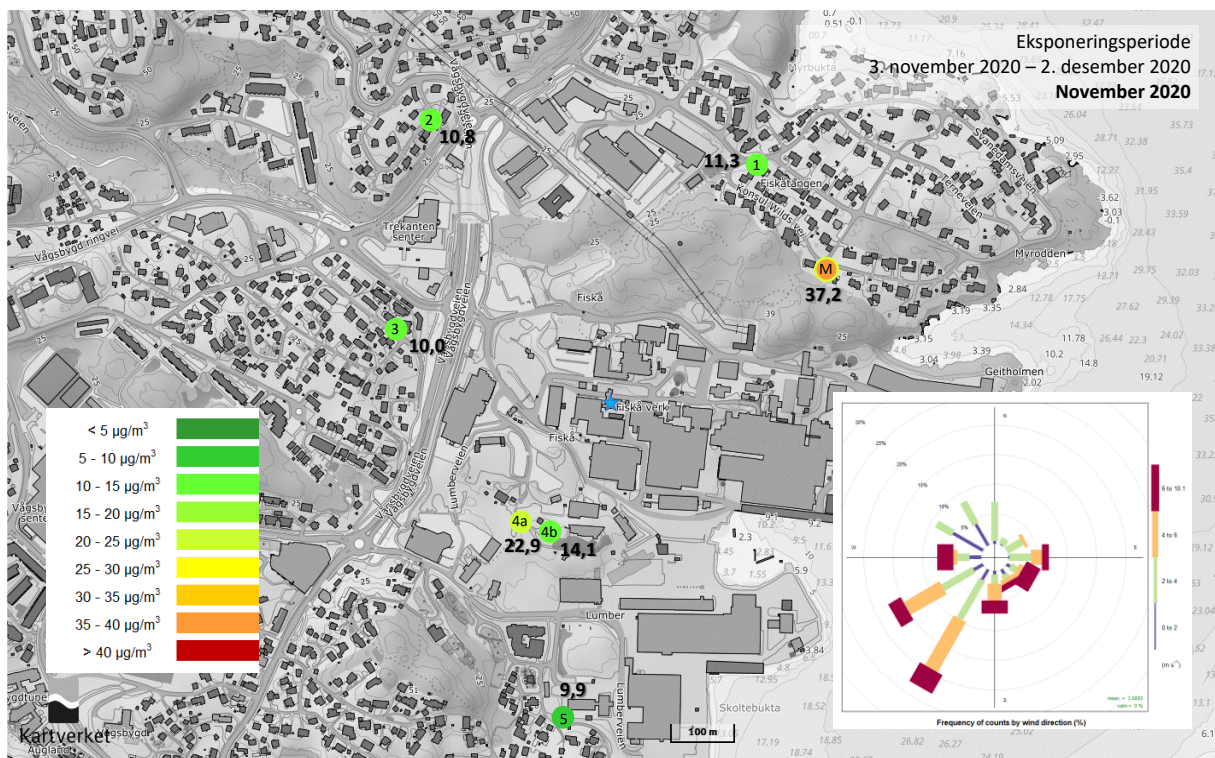
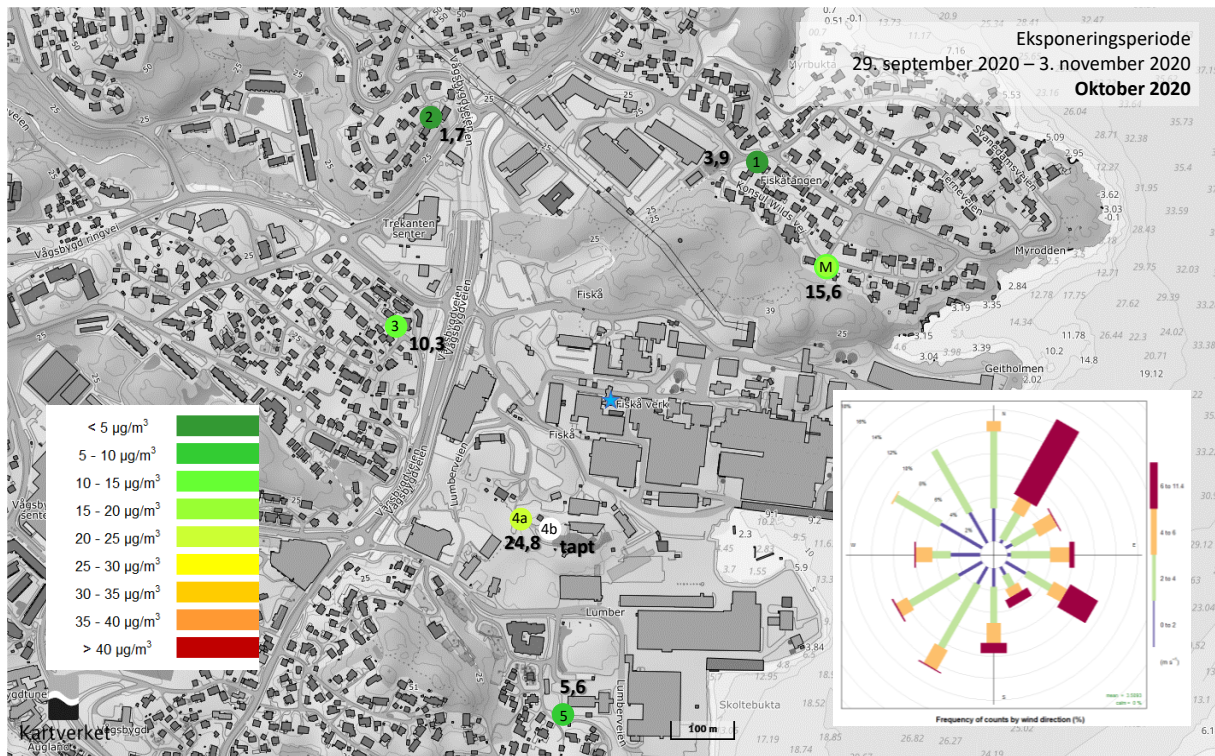


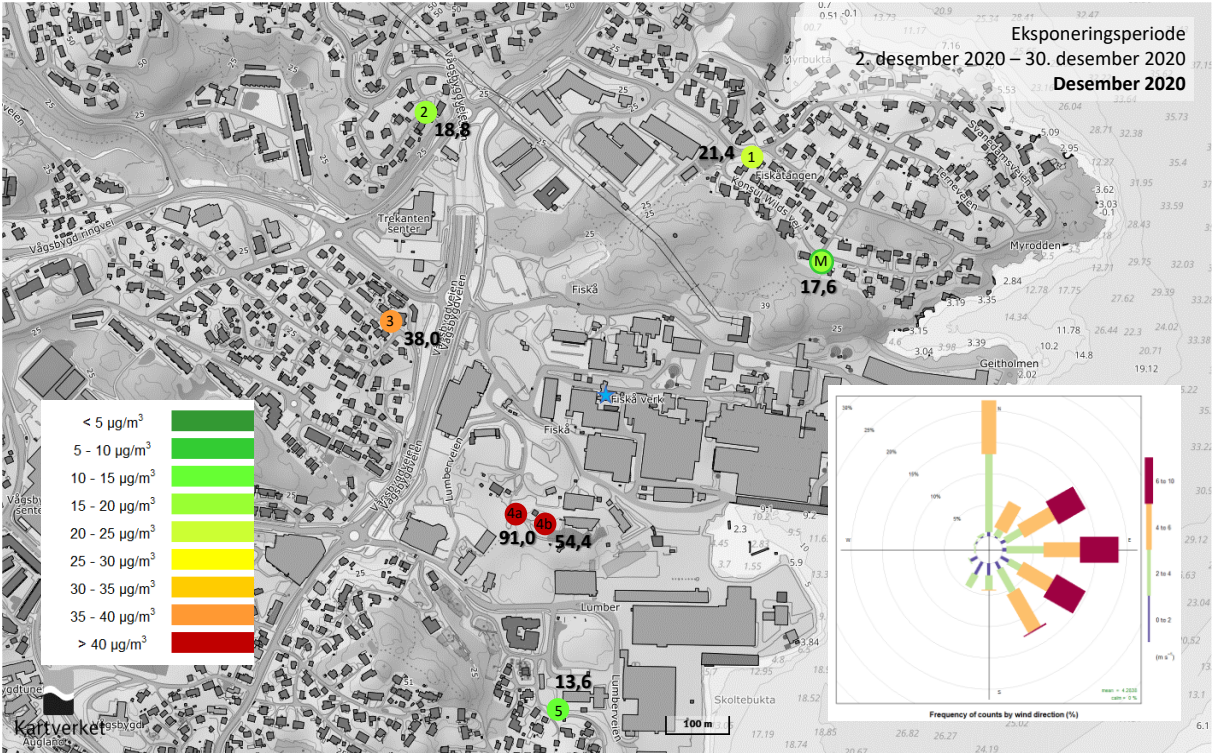












## **NILU – Stiftelsen Norsk institutt for luftforskning**

NILU – Stiftelsen Norsk institutt for luftforskning er en uavhengig stiftelse etablert i 1969. NILUs forskning har som formål å øke forståelsen for prosesser og effekter knyttet til klimaendringer, atmosfærens sammensetning, luftkvalitet og miljøgifter. På bakgrunn av forskningen leverer NILU integrerte tjenester og produkter innenfor analyse, overvåking og rådgivning. NILU er opptatt av å opplyse og gi råd til samfunnet om klimaendringer og forurensning og konsekvensene av dette.

*NILUs verdier: Integritet – Kompetanse – Samfunnsnytte*

*NILUs visjon: Forskning for en ren atmosfære*

NILU – Stiftelsen Norsk institutt for luftforskning  
Postboks 100, 2027 KJELLER

E-post: [nilu@nilu.no](mailto:nilu@nilu.no)

<http://www.nilu.no>

ISBN: 978-82-425-3038-7

ISSN: 2464-3327