

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

September 2019 – august 2020

Claudia Hak



**NILU rapport 20/2020**



# 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>10</b>
<b>4 Målemetoder</b> .....	<b>13</b>
4.1 SO <sub>2</sub> -monitor .....	13
4.2 Passive prøvetakere .....	13
<b>5 Måleresultater</b> .....	<b>15</b>
5.1 Meteorologiske parametere .....	15
5.2 Svoveldioksid (SO <sub>2</sub> ).....	17
5.2.1 Kontinuerlige målinger .....	17
5.2.2 Måling med passive prøvetakere .....	24
<b>6 Diskusjon</b> .....	<b>27</b>
<b>7 Referanser</b> .....	<b>34</b>
<b>Vedlegg A SO<sub>2</sub>-døgnmiddelverdier over nedre og øvre vurderingsterskel</b> .....	<b>35</b>
<b>Vedlegg B Midlet døgnvariasjon av vindretning og vindhastighet</b> .....	<b>37</b>
<b>Vedlegg C Geografisk fordeling av SO<sub>2</sub> i måleområdet</b> .....	<b>39</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. september 2019 – 31. august 2020 (12 måneder). Fordelingen av SO<sub>2</sub> i området ble i samme tidsperiode målt med passive SO<sub>2</sub> luftprøvetakere (1 måned eksponering, 12 eksponeringsperioder) på 6 ulike steder rundt bedriftene. Lokal vindretning og vindhastighet ble målt på et høyt bygg inne på bedriftsområdet.***

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 medvinds 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 en periode på 12 måneder fra 1. september 2019 til 31. august 2020. Målingene er gitt med tidsoppløsninger på 1 time og 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 12 måneder i perioden 29. august 2019 til 1. september 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 september 2019 – august 2020 var sørvest.

Årsmiddelverdien av SO<sub>2</sub> i perioden 1. september 2019 – 31. august 2020 ble målt til 14,0 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 (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 122,2 µg/m<sup>3</sup>. Denne verdien ligger litt under 125 µg/m<sup>3</sup>, som er grenseverdien for døgnmiddelkonsentrasjoner. Denne 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 29 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. Overskridelse av øvre vurderingsterskel medfører krav om å utarbeide tiltaksutredninger og krav til måling.

Luftkvalitetskriteriet for døgnmiddel på 20 µg/m<sup>3</sup> ble overskredet 81 ganger i løpet av måleperioden (i 22% av tiden).

Høyeste SO<sub>2</sub>-timemiddel i måleperioden var 445,7 µg/m<sup>3</sup>. Det ble registrert 7 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. 73 ganger<sup>1</sup> i løpet av måleperioden.

Høyeste 10 minutt middelværdi i måleperioden var 720,8 µg/m<sup>3</sup>. Det ble observert tolv 10 minutt middelværdier over 500 µg/m<sup>3</sup>, som er WHO's anbefalte retningslinje for korttids-eksponering.

Grenseverdiene for årsmiddel, døgnmiddel og timemiddel ble overholdt i måleperioden, som var 12-måneders perioden 1. september 2019 – 31. august 2020. Strengt tatt gjelder grenseverdiene for et kalenderår, 1. januar – 31. desember. Marginen er såpass god at det er grunn til å anta at grenseverdiene ikke ville være overskredet i et kalenderår.

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 november 2019, da det blåste bare fra nord, var belastningen høyest ved Fiskåveien. Nordlig vind opptrer imidlertid sjeldent i området. Den høye månedsmiddelværdien i november 2019 antas å skyldes høy konsentrasjon i begynnelsen av eksponeringstiden.

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 døgnmiddelkonsentrasjoner og når de inntreffer. Det er usikkerheter knyttet til modellberegning av fakkellutslipp. Målingene tatt med uavhengige målemetoder, dvs. 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>1</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

## September 2019 – august 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 og modellerte meteorologidata for 2015 (Norsk Energi, 2018). Beregningsresultatene (med og uten renseanlegg for petrokkovner 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. I tillegg ble det plassert passive prøvetakere for SO<sub>2</sub> ved ulike 6 steder i boligområdene rundt industrien på Fiskå for å kartlegge den romlige fordelingen av SO<sub>2</sub> i området. Målingene pågikk i ett år for å dekke et bredt spektrum av meteorologiske forhold som kan opptre i løpet av et år og 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 kalsineringssteknologi. Prosessene medfører utslipp av blant annet SO<sub>2</sub>, tungmetaller og polysykliske aromatiske hydrokarboner<sup>2</sup> (PAH). I måleperioden hadde Elkem Carbon 13 kalsineringsovner i drift, ni ble kjørt på antrasitt, én ble kjørt på dels antrasitt, dels petrokkoks og tre på ren petrokkoks. Det største bidraget til SO<sub>2</sub> i luft forventes fra kalsineringsovnene for petrokkoks.

Et SO<sub>2</sub>-renseanlegg med sjøvannsscrubber ble satt i drift i 2017. Anlegget er installert på de tre kalsineringsovnene som kjøres på petrokkoks. Anlegget ble stanset flere ganger fordi det var behov for ytterligere rensetrinn (støvfiler (2018), våtelektrostatisk filter (WESP<sup>3</sup>, april 2019)). Anlegget har nå en rensegrad på 99,6%. Den energirike fakkeltgassen fra kalsinerings

---

<sup>2</sup> Utslipp av PAH kommer fra blandedprosessen, ikke fra kalsineringsovnene

<sup>3</sup> WESP: Wet Electrostatic Precipitator

av koks forbrennes nå kontrollert i et brennkammer, før energi gjenvinnes i en hetoljeheater. Den avkjølte gassen sendes til SO<sub>2</sub>-rensaneanlegget, hvor svovel fjernes.

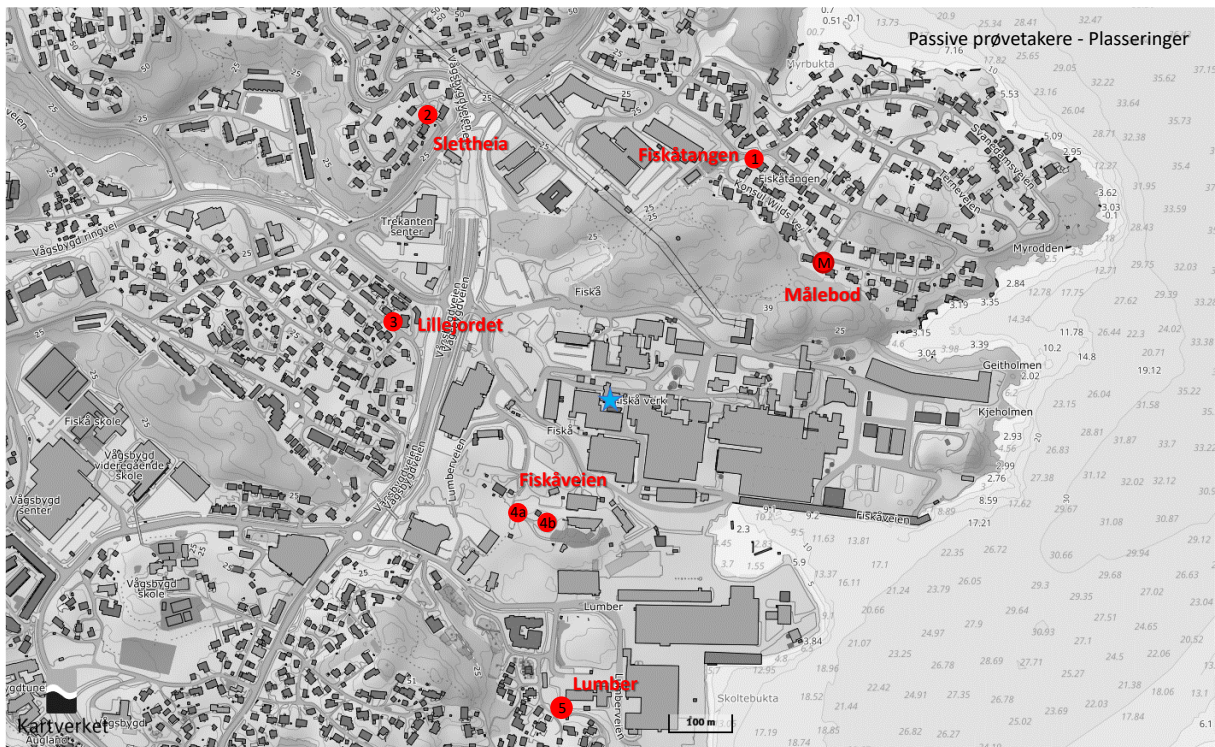
REC Solar Norway AS, tidligere Elkem Solar, er nabobedriften som også er lokalisert i Fiskå Teknologipark. REC Solar eies av Elkem ASA. REC Solar utvikler teknologi og produserer silisium til solceller. Fabrikken har utslipp av bl.a. SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og støv.

## 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 12 måneder samtidig med de kontinuerlige SO<sub>2</sub>-målingene med SO<sub>2</sub>-monitor i Konsul Wilds vei.

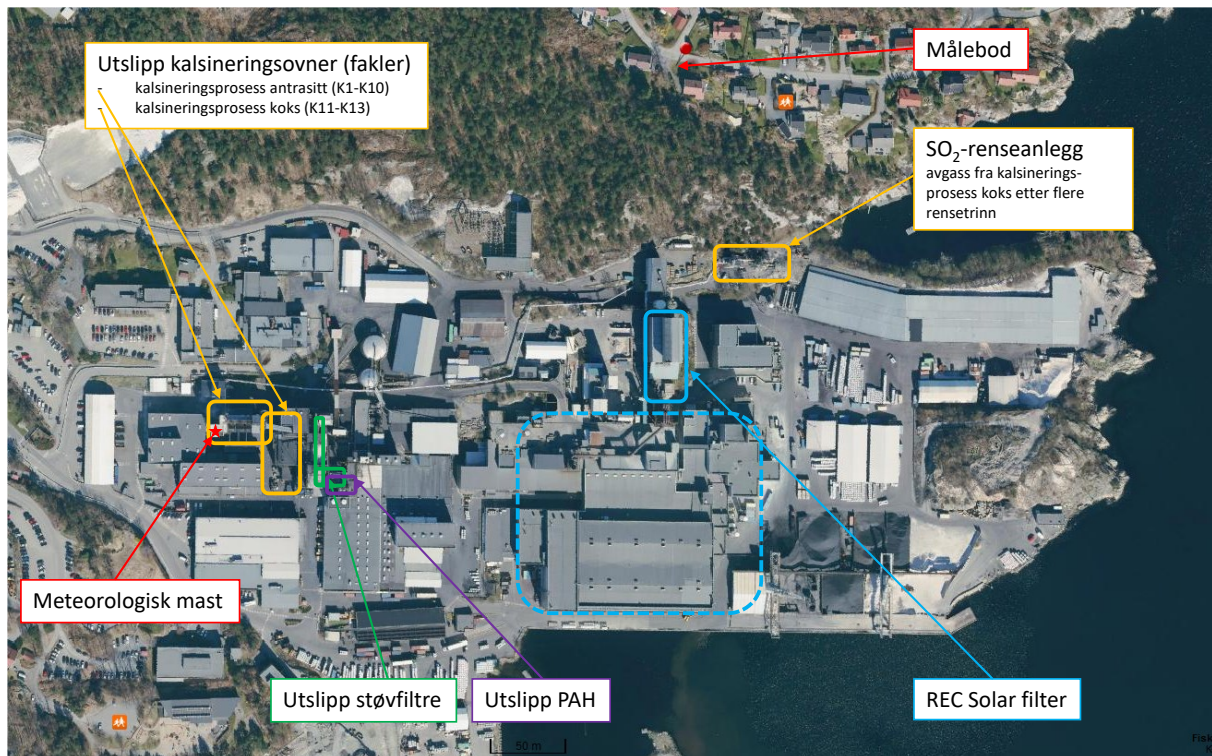
Én passiv prøvetaker ble plassert ved måleboden ('M'), dvs. på samme sted som SO<sub>2</sub>-monitoren. Prøvested 1 «Fiskåtangen» er i samme boligområde 200 m lengre nordvest. Prøvested 2 «Slettheia» og prøvested 3 «Lillejordet» er i boligområder vest for FV456. Prøvested 4 «Fiskåveien» er prøvestedet som ble plassert nærmest bedriftene, foran Eplehagen barnehage. Fra desember 2019 var én prøvetaker plassert ved parkeringen utenfor barnehagen (opprinnelig plassering 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: målebod der  $SO_2$ -monitor var plassert. Ved målested 4 «Fiskåveien» var plassering 4a den opprinnelige plasseringen, plassering 4b kom i tillegg fra desember 2019. Lokasjonen av meteorologisk mast på bedriftsområdet er tegnet inn med blå stjerne.

Elkem Carbon har ti kalsineringsovner som kjøres med antrasitt (K1-K10), 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 svovelinhold (kan variere fra ca. 0,15% S i lav-S antrasitt, til ca. 5% S i enkelte kokstyper). Avgass fra kalsineringsovnene fakes. Fakling av avgassen fra petrolkoksovnene forventes å gi det største bidraget til  $SO_2$  i omgivelsesluften. De tre petrolkoksovnene K11-K13 er tilknyttet et felles energigjenvinnings- og renseanlegg. Utslippspunktet fra  $SO_2$ -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  $SO_2$  og  $SO_3$ ) 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 ([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.



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 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 vindstrømningene 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 med 1 time og 10 minutt tidsoppløsning.



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>4</sup> for SO<sub>2</sub> (§ 7-10) på 500 µg/m<sup>3</sup> i tre sammenhengende timer.

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>5</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>6</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>4</sup> Alarmterskel er et konsentrasjonsnivå i utendørsluft som gir helseeffekter i befolkningen ved korttidseksponering.

<sup>5</sup> <http://www.lovdata.no/for/sf/md/xd-20040601-0931.html#7-6> [besøkt 11. mars 2020].

<sup>6</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>7</sup> for korttidseksposering av SO<sub>2</sub> (10 minutters gjennomsnitt) på 500 µg/m<sup>3</sup> og langtids-eksponering (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 indikative målinger. Under nedre vurderingsterskel vil det ikke være behov for målinger. Nivåene for SO<sub>2</sub> er spesifisert i Tabell 3.

<sup>7</sup> <https://www.who.int/airpollution/publications/aqg2005/en/> [besøkt 11. mars 2020].

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) 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 prøvetakere

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.



*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 filtrene. SO<sub>2</sub>-konsentrasjonen er beregnet fra sulfatkonsentrasjonen samlet på filteret, som blir bestemt med ionekromatografi.

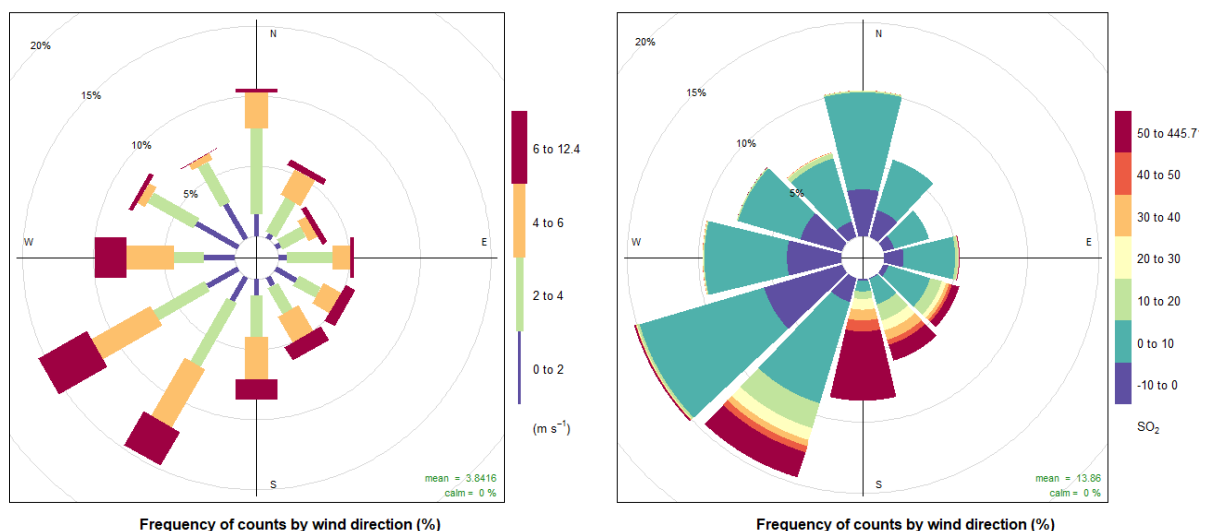
Passive prøvetakere gir tidsintegreerte konsentrasjoner med kontinuerlig tidsdekning, dvs. gjennomsnittskonsentrasjonen over en gitt tidsperiode (her – en måned). Midlingsperioden er bestemt av hvor lenge prøvetakeren har blitt eksponert for uteluft, som i denne studien var 25-36 dager. Deteksjonsgrensen 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 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. september 2019 – 31. august 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° vindretningssektorer, ved målestedet. Fremherskende vindretning i måleperioden var fra sørvest (ca. 30% av året). Forurensningsroser viser sammenheng mellom målt SO<sub>2</sub>-konsentrasjon i Konsul Wilds vei og vindretning målt ved Elkem Carbon for tolv 30°-vindretningssektorer. 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 sør.

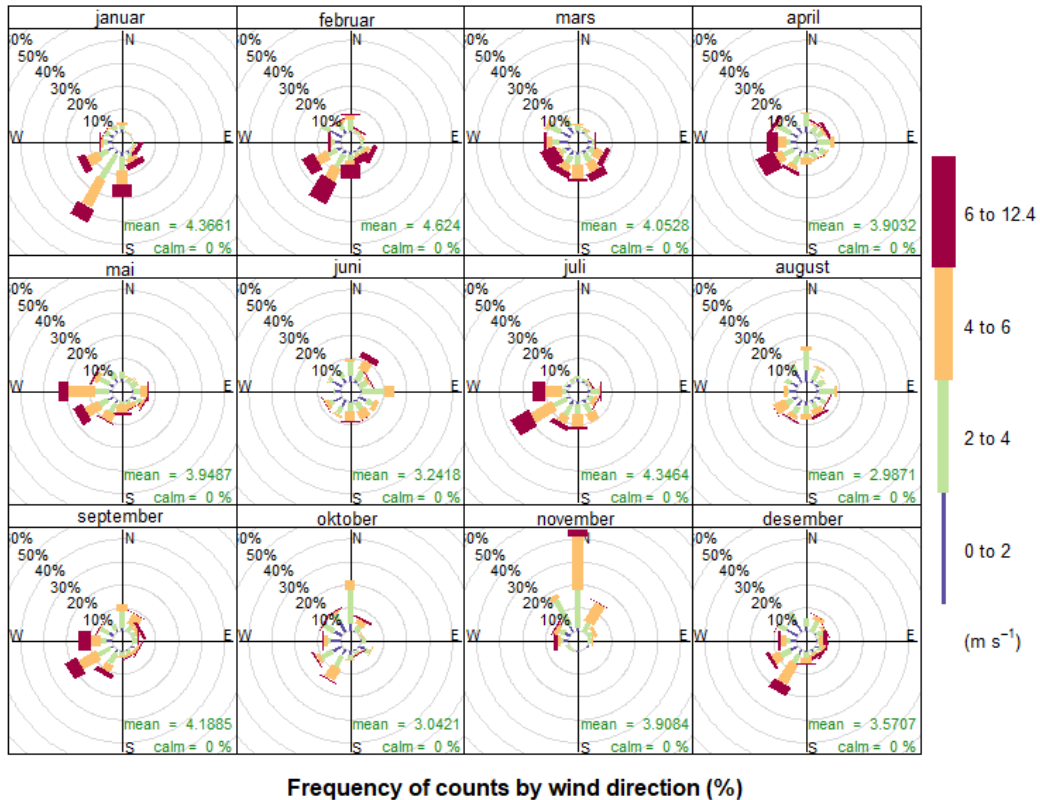


Figur 6: Vindrose (venstre) og forurensningsrose (høyre) for hele måleperioden (1. september 2019 – 31. august 2020) basert på timemiddelverdier. Vindretning og vindhastighet er målt på bedriftsområdet. SO<sub>2</sub>-konsentrasjon er målt i Konsul Wilds vei.

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 september 2019 – august 2020 er vist i Figur 7. Merk at rekkefølgen i figuren er januar-august 2020 før september-desember 2019.



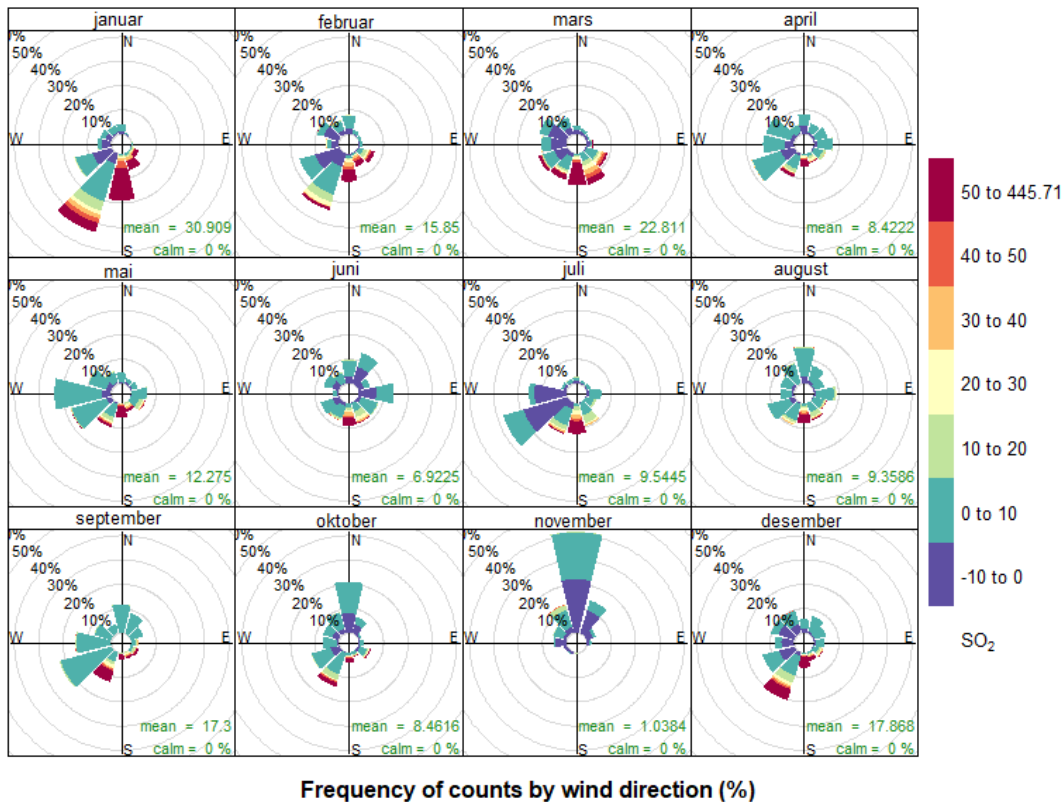


Figur 7: Månedlige vindroser for perioden september 2019 – august 2020. September-desember 2019 er vist i nederste rad. Januar-august 2020 er vist i de øvre to radene. Figurene viser med hvilken frekvens det forekommer vind fra angitt retning.

Fremherskende vindretning i måleperioden var fra sørvest mot nordøst. Det var ingen utpreget sesongmessig variasjon av vindretningen. November 2019 var spesiell i det at det stort sett blåste fra nord og ikke fra sør eller sørvest.

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 forurensningsroser for perioden september 2019 – august 2020 er vist i Figur 8. Merk at rekkefølgen i figuren er januar-august 2020 før september-desember 2019.



Figur 8: Månedlige forurensningsroser for perioden september 2019 – august 2020 (merk: rekkefølgen av månedene vist er jan – aug 2020, sept – des 2019).

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. september 2019 – 31. august 2020 ga et 12-måneders middel på 14,0 µg/m<sup>3</sup>. Dette er lavere enn årsgrenseverdien for beskyttelse av økosystemer på 20 µg/m<sup>3</sup>, som gjelder over et kalenderår (1. januar – 31. desember).

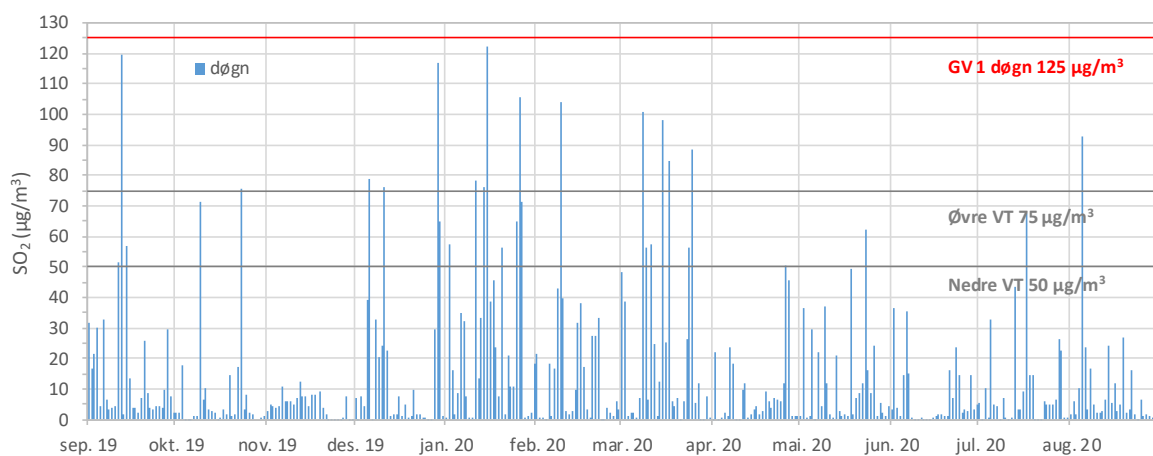
Også grenseverdien for beskyttelse av økosystemer i vinterperioden (1. oktober – 31. mars) på 20 µg/m<sup>3</sup> ble overholdt. Middelerdien som ble målt i Konsul Wilds vei i vinterperioden var 17,5 µg/m<sup>3</sup>.

Døgnmiddelverdiene for SO<sub>2</sub> målt ved Konsul Wilds vei i måleperioden er vist i Figur 9. Alle døgnmiddelverdier lå under grenseverdien i måleperioden. Den høyeste døgnmiddelkonsentrasjonen observert i måleperioden var 122,2 µg/m<sup>3</sup> og ble målt onsdag 15. januar 2020. Konsentrasjonen denne dagen var tett mot 125 µg/m<sup>3</sup>, som er grenseverdien for døgnmiddel. Det skjedde i forbindelse med en uønsket hendelse på kaianlegget til Elkem som forårsaket strømbrudd på hele bedriftsområdet og dermed også utfall av SO<sub>2</sub>-

rensaneanlegget. Nedetiden for rensaneanlegget varte i ca. 4,5 timer. I den tiden var 3 ovner i drift med koksproduksjon som alle var uten SO<sub>2</sub> rensing i noen timer. Vindretningen var fra sør-sørvest ved en midlet vindhastighet på 6,6 m/s.

Torsdag 12. september 2019 var SO<sub>2</sub>-døgnmiddelverdien på 119,6 µg/m<sup>3</sup>, som er knapt under grenseverdien. På dette tidspunktet var det stans i SO<sub>2</sub>-rensaneanlegget<sup>8</sup>. Derfor var kun én koksovn i drift i samsvar med innskjerpet krav til produksjonen. Det er ikke registrert noen avvik som tilsier spesielt høyt utslipp av SO<sub>2</sub> denne dagen. Vindretningen var fra sør-sørvest ved en midlet vindhastighet på 4,2 m/s.

Tredje høyeste døgnmiddelverdi (117 µg/m<sup>3</sup>) ble observert søndag 29. desember 2019 i forbindelse med et problem med SO<sub>2</sub>-rensaneanlegget fra tidlig om morgenen som varte hele dagen. Vindretningen var fra sør-sørvest ved en midlet vindhastighet på 5,3 m/s.

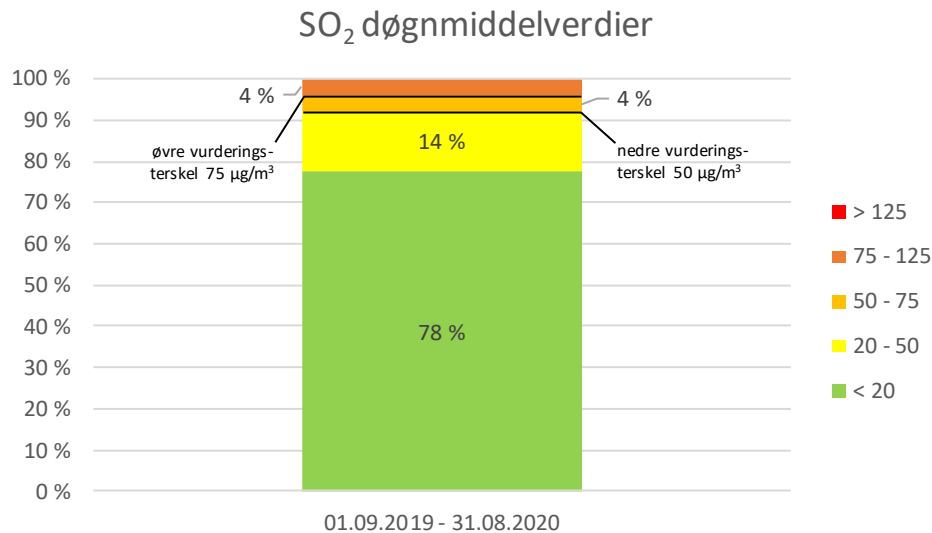


Figur 9: SO<sub>2</sub> døgnmiddelkonsentrasjoner ved Konsul Wilds vei i måleperioden. Grenseverdien for døgnmiddel på 125 µg/m<sup>3</sup> (må ikke overskrides mer enn 3 ganger per kalenderår) er tegnet inn. Nedre og øvre vurderingsterskel angis for å avgjøre krav om måling.

Hovedsakelig ble det observert SO<sub>2</sub>-døgnmidler under 20 µg/m<sup>3</sup>, med en andel på 78% av dagene i måleperioden (Figur 10). Døgnmiddelkonsentrasjon 20 µg/m<sup>3</sup> er luftkvalitets-kriterium i Norge (Nasjonalt folkehelseinstitutt, 2013) og retningslinje for SO<sub>2</sub> definert av WHO for å beskytte befolkningens helse. Denne ble overskredet 81 ganger i løpet av måleperioden (22% av tiden).

Døgnmiddelverdier over nedre vurderingsterskel på 50 µg/m<sup>3</sup> ble observert i 8% av dagene (29 døgn). Øvre vurderingsterskel på 75 µg/m<sup>3</sup> ble overskredet i 15 døgn (4% av dagene). En oversikt over dagene over nedre og over øvre vurderingsterskel er gitt i Vedlegg A.

<sup>8</sup> Rensaneanlegget sto hele sommeren etter et havari på hetoljesystemet for varmegjenvinningsanlegget 9. juni 2019. Det ble startet opp igjen i regulær drift 17. september 2019.

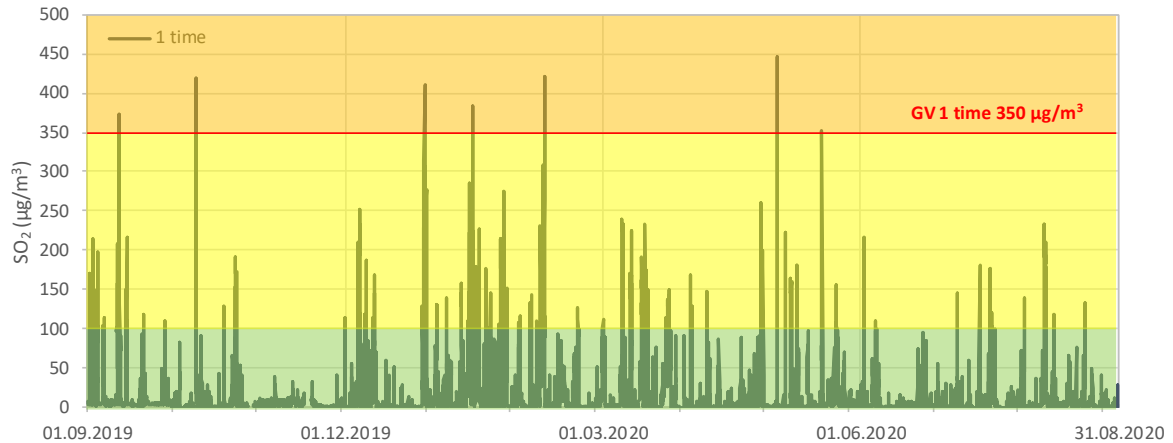


Figur 10: Fordeling av SO<sub>2</sub>-døgnmiddelkonsentrasjoner (µg/m<sup>3</sup>) på angitte intervaller i måleperioden.

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 måleperioden på 12 måneder ble timemiddelkonsentrasjonen 350 µg/m<sup>3</sup> overskredet 7 ganger, dvs. grenseverdien ble prinsipielt overholdt. I lovteksten er imidlertid grenseverdien definert for et kalenderår (1. januar – 31. desember). Marginen er likevel såpass god at det er grunn til å anta at antallet i et kalenderår heller ikke ville være overskredet.

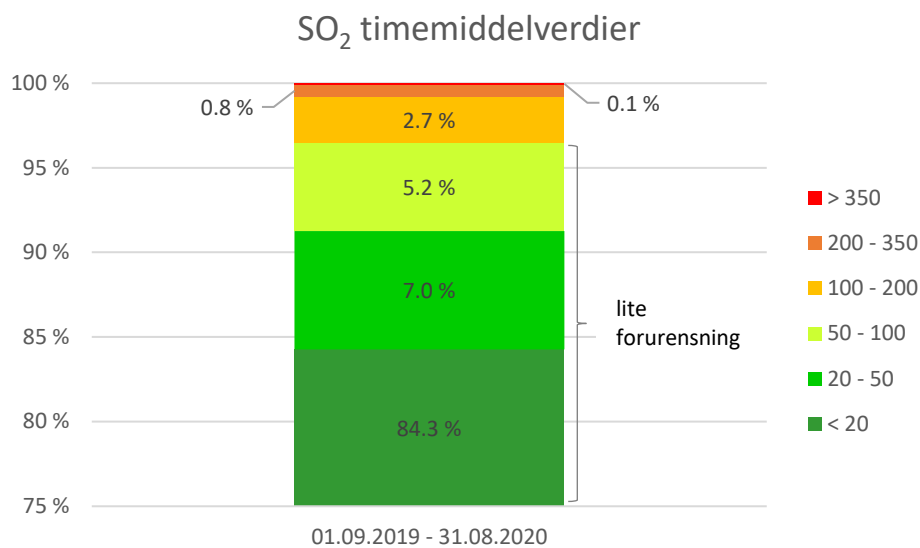
Høyeste timemiddel i måleperioden var 445,7 µg/m<sup>3</sup>, målt 2. mai 2020, kl. 17-18. Vindretningen var fra sørvest ved en midlet vindhastighet på 5,1 m/s. Årsaken var et uplanlagt utfall av SO<sub>2</sub>-renseanlegget på grunn av problemer med høyspentdelen på WESP. Tre ovner gikk på koks da anlegget falt ut og det ble iverksatt nedkjøring av to ovner (K12 og K13) i henhold til interne retningslinjer. Én ovn gikk (urensset) 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 96,5% av tiden, moderat forurensning (gul) i 3,5% av tiden og høy forurensning (oransje) i 0,1% av tiden. Svært høy forurensning ble ikke observert i måleperioden. Det var totalt 7 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 12 måneder (1. september 2019 – 31. august 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).

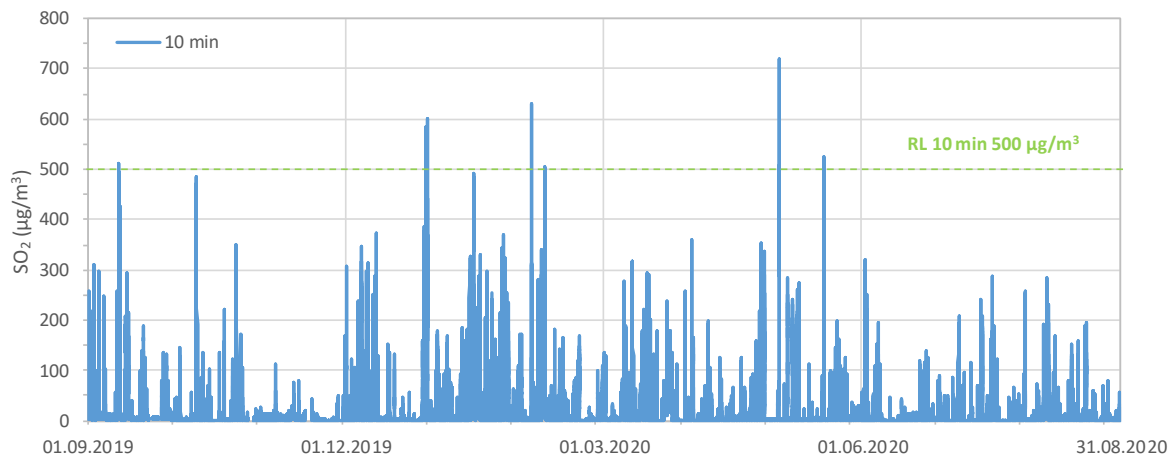
Fordelingen av  $SO_2$ -timemiddelkonsentrasjoner på ulike store konsentrasjonsintervaller i måleperioden er også vist i Figur 12.



Figur 12: Fordeling av  $SO_2$ -timemiddelkonsentrasjoner på angitte konsentrasjonsintervaller ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) i måleperioden. Merk at y-skalaen begynner med 75%.

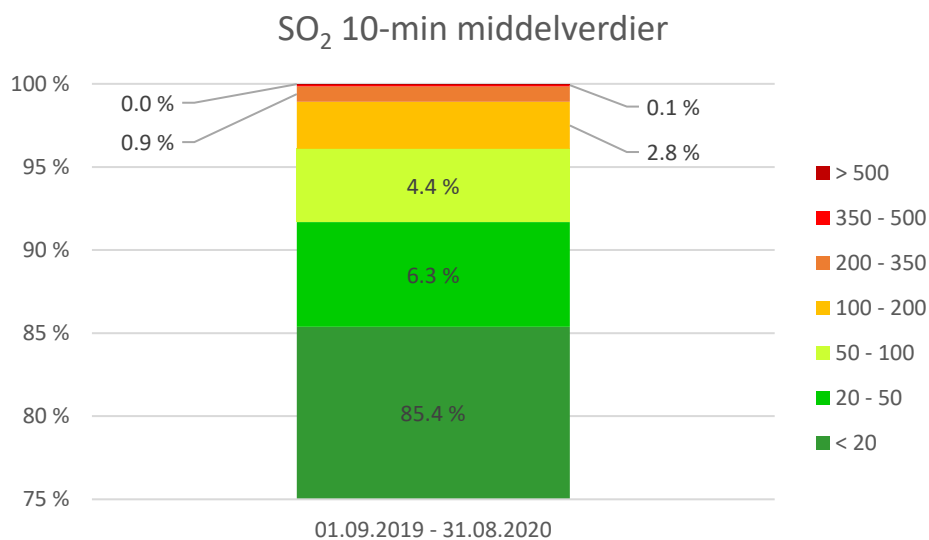
Tidsserien for  $SO_2$  10-minutt middelverdier i måleperioden er vist i Figur 13. Retningslinjen på  $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for 10 minutters eksponering som Verdens Helseorganisasjon (WHO) har satt som anbefaling er tegnet inn med en grønn stiplet linje. Retningslinjeverdien ble overskredet 12 ganger i løpet av måleperioden. Høyeste 10-minutt middel i måleperioden var  $720,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , målt 2. mai 2020, kl. 17:50-18:00. Årsaken var et uplanlagt utfall av

rensaneanlegget mens tre koksovner var i drift. Samme hendelse førte til høyeste timemiddelverdi registrert i måleperioden, som beskrevet på side 19.



Figur 13: 10-minutt middelverdier for SO<sub>2</sub> ved Konsul Wilds vei i perioden 1. september 2019 – 31. august 2020. WHO-retningslinjen for korttidseksponering (500 µg/m<sup>3</sup>) er vist med grønn stiplet linje.

Figur 14 viser hvor ofte 10 minutt middelverdier i ulike store konsentrasjonsintervaller ble observert i løpet av hele 12 måneders perioden.



Figur 14: Fordeling av 10 minutt middelverdier av SO<sub>2</sub> på ulike store konsentrasjonsintervaller (µg/m<sup>3</sup>) i måleperioden. Merk at skalaen begynner med 75%.

Luftkvalitetskriteriet for 15 minutt middelverdier på 300 µg/m<sup>3</sup> ble overskredet omtrent 73 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.

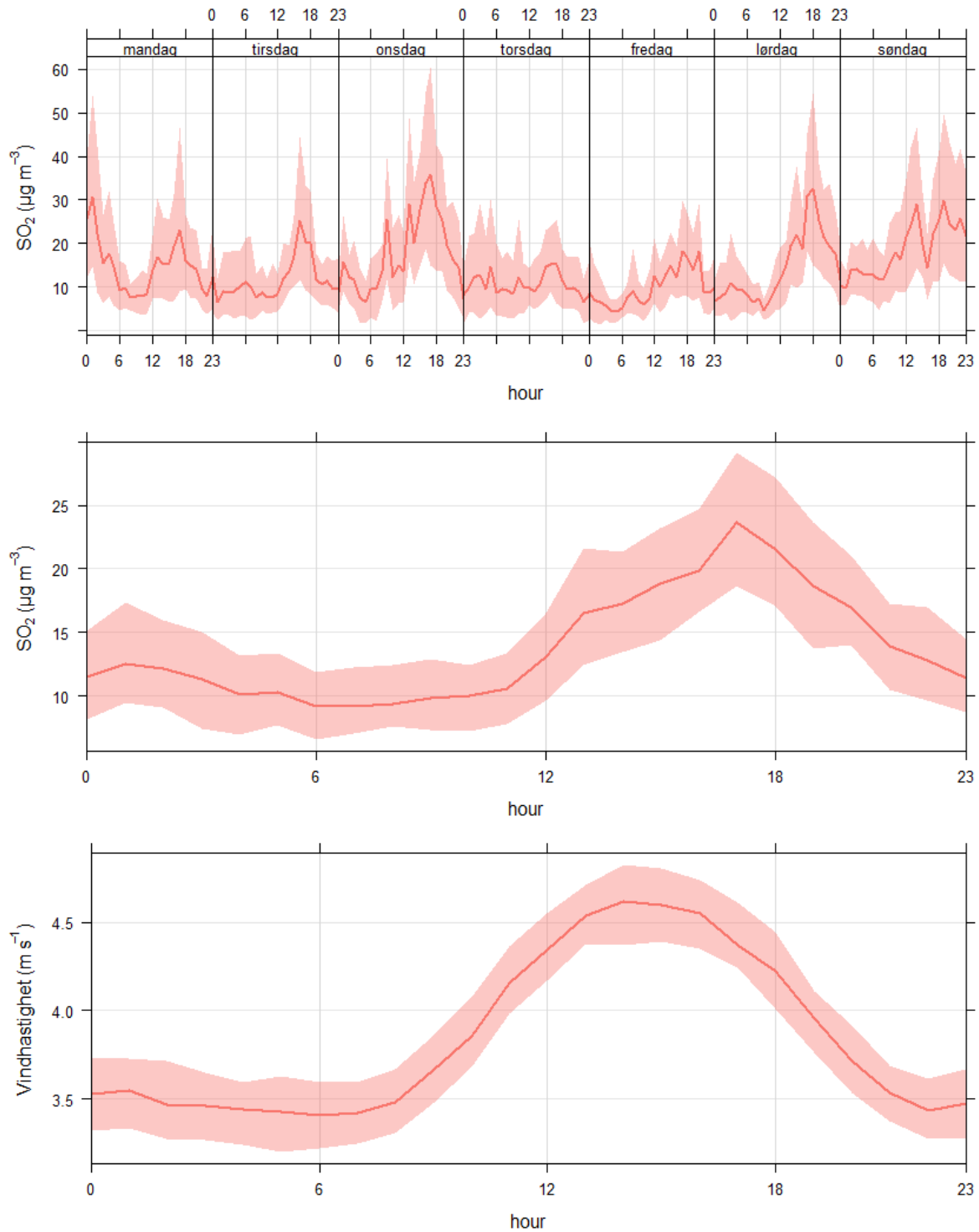
Tabell 4: Sammendrag av målinger av SO<sub>2</sub> med monitor ved Konsul Wilds vei i måleperioden (1. september 2019 – 31. august 2020). Konsentrasjoner er angitt i µg/m<sup>3</sup>.

KWV	Månedsmiddel	Høyeste døgnmiddel	Antall døgnobs.	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
Sep19	17,3	119,6	30	9	0	373,9	715	682	32	1	0	511,7	1
Okt19	8,5	75,9	29*	2	0	419,4	684	670	13	1	0	484,4	0
Nov19	4,2	12,6	29*	0	0	41,0	654	654	0	0	0	112,5	0
Des19	17,9	117,2	31	10	0	409,7	736	694	41	1	0	601,1	4
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
<b>12 mån.</b>	<b>14,0</b>	<b>122,2</b>	<b>363</b>	<b>81</b>	<b>0</b>	<b>445,7</b>	<b>8606</b>	<b>8302</b>	<b>297</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>720,8</b>	<b>12</b>

\*Det mangler 2 døgn i oktober 2019 pga. strømbrudd ved måleboden (27. oktober kl. 20 – 30. oktober kl. 00). Det mangler 1 døgn i november 2019 pga. strømbrudd ved måleboden (17. november kl. 3 – 19. november kl. 8).

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). 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. 17 (se Vedlegg A), som forskyver maksimalverdien av den midlele døgnvariasjonen.





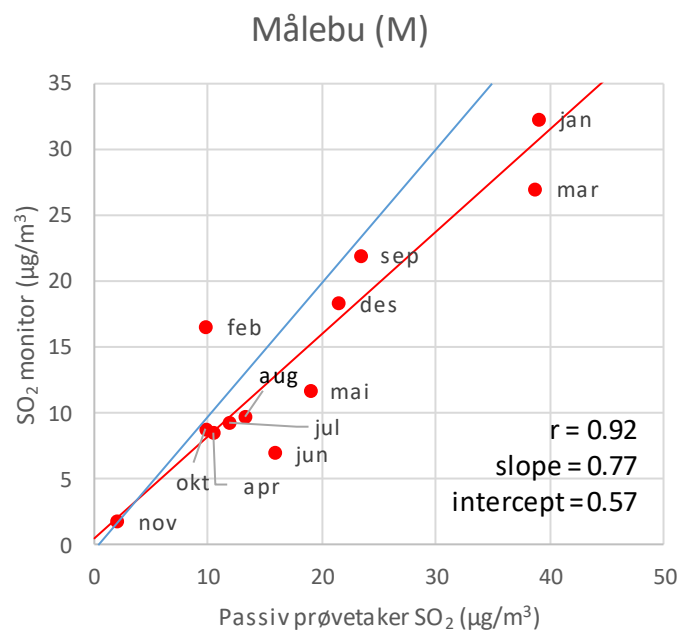
Figur 15: Midlet ukevariasjon og midlet døgnvariasjon for SO<sub>2</sub> i måleperioden. Midlet døgnvariasjon for vindhastighet er vist nederst.

### 5.2.2 Måling med passive prøvetakere

Fordelingen av SO<sub>2</sub> i området rundt Fiskå ble kartlagt ved hjelp av passive prøvetakere. Prøvetakerne ble eksponert i månedsperioder som dekker totalt 12 sammenhengende måneder. De var plassert på 6 steder i boligområder rundt Fiskå Teknologipark (se Figur 1 i

kapittel 2) og gir informasjon om SO<sub>2</sub>-konsentrasjonen også i områdene uten høyoppløst måling.

Én lokasjon var ved måleboden for å sammenligne konsentrasjonen målt med passiv prøvetaker med konsentrasjonen målt med SO<sub>2</sub>-monitor (referansem metode), midlet over samme tidsperiode (eksponeringsperioden). Et scatter-plot for alle 12 eksponeringsperiodene (Figur 16) viser at konsentrasjonene målt med passiv prøvetaker har en tendens til å være ca. 15% høyere enn konsentrasjoner målt med SO<sub>2</sub>-monitoren. Det betyr at SO<sub>2</sub>-målingene fra passive prøvetakere presentert i denne rapporten gir et konservativ estimat på SO<sub>2</sub>-nivået i området.



Figur 16: Sammenligning av resultatene fra passive SO<sub>2</sub> prøvetakere eksponert ved måleboden i Konsul Wilds vei (x-akse) og resultatene fra SO<sub>2</sub>-monitoren i måleboden (y-akse), midlet over samme tidsperiode, for hele perioden september 2019 – august 2020. Blå linje viser 1:1-linje. Rød linje viser resultatet fra ortogonal regresjon.

Bruk av doble/parallele prøvetakere ved et målested minsker den statistiske usikkerheten. I september, oktober og november 2019 var det to parallelle passive prøvetakere ved måleboden, som viste veldig god overensstemmelse (se Tabell 5). Prøvetakerne var montert rett over inntaket til SO<sub>2</sub>-monitoren som vist i Figur 5.

I september, oktober og november 2019 var det også to parallelle passive prøvetakere ved Fiskåveien (lokasjon 4), som også viste god overensstemmelse. Fra desember 2019 ble det fremdeles brukt to prøvetakere ved Fiskåveien, én ved den opprinnelige lokasjonen ved parkeringsplassen utenfor barnehagen (lokasjon 4a) og én inne på lekeområdet til barnehagen (lokasjon 4b). I desember og januar er det stort avvik mellom de to (se Tabell 5). Prøvetakeren ved lokasjon 4b viser 0 µg/m<sup>3</sup> i desember og 19,7 µg/m<sup>3</sup> 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. Det var godt samsvar mellom målingene ved lokasjon 4a og 4b videre fra mars til august.

*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 (referansem metode) i måleboden; 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)	M (2)	1	2	3	4a (1)	4a (2)	4b	5
<b>Sep</b>	22,0	27,1	23,3	7,9	5,5	10,5	36,9	32,9	-	6,9
<b>Okt</b>	8,8	9,8	9,7	4,5	2,4	10,9	39,1	41,1	-	9,5
<b>Nov</b>	1,8	2,0	2,2	3,4	3,9	5,4	175,2	201,1	-	29,1
<b>Des</b>	18,3	21,5	-	6,4	2,8	9,1	4,7	-	0*	3,3
<b>Jan</b>	32,3	39,0	-	11,9	1,2	0,7	9,5	-	19,7*	5,1
<b>Feb</b>	16,6	9,8	-	7,3	1,0	5,3	12,0	-	-	5,4
<b>Mar</b>	27,0	38,7	-	16,8	1,3	1,7	8,0	-	6,7	3,4
<b>Apr</b>	8,5	10,4	-	3,6	1,9	6,3	8,2	-	3,3	1,6
<b>Mai</b>	11,7	19,0	-	4,3	2,1	2,6	5,4	-	4,8	2,1
<b>Jun</b>	7,0	15,9	-	5,4	2,1	4,4	4,0	-	3,2	2,6
<b>Jul</b>	9,2	11,9	-	4,9	0,9	2,3	1,8	-	2,3	1,0
<b>Aug</b>	9,8	13,2	-	6,0	3,4	5,9	14,9	-	11,3	3,8
<b>MID</b>	<b>14,4</b>	<b>18,2</b>	-	<b>6,9</b>	<b>2,4</b>	<b>5,4</b>	<b>26,6</b>	-	-	<b>6,2</b>

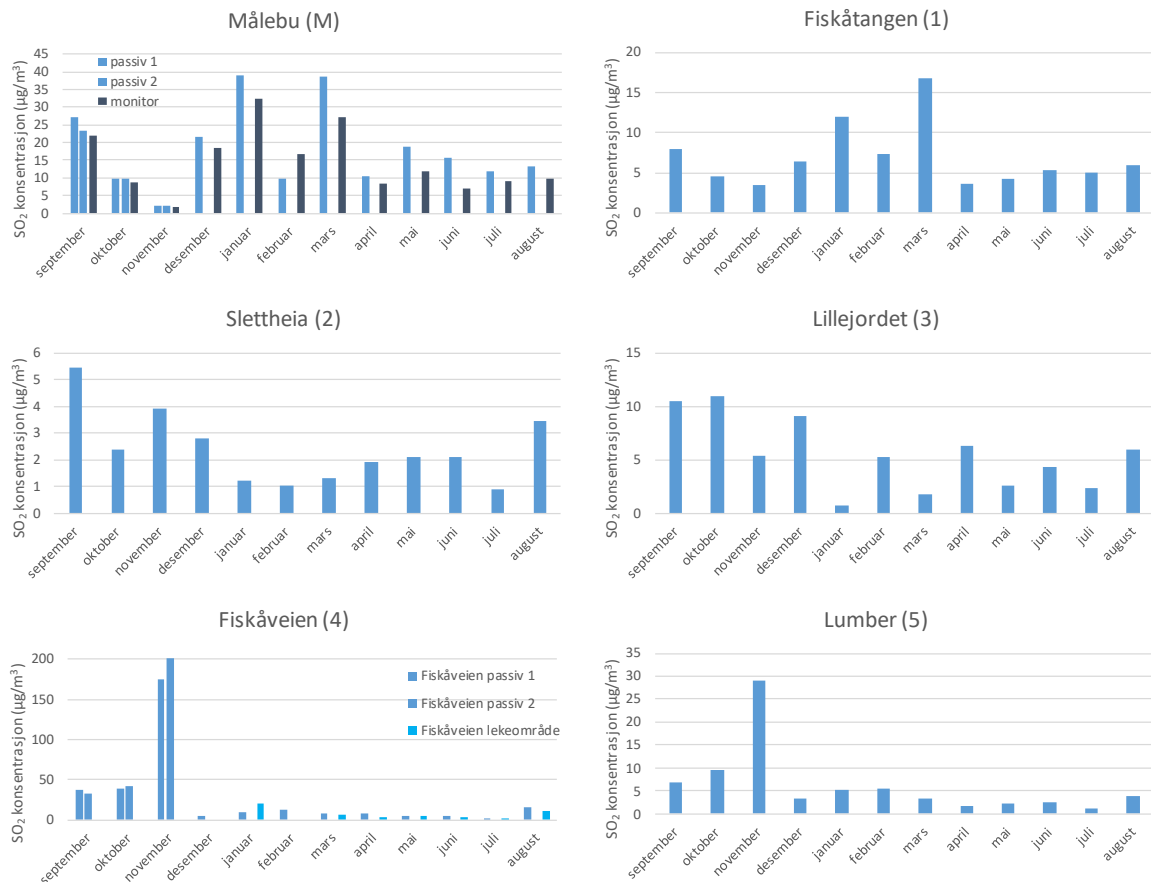
\*mulig forveksling, se tekst.

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 tolv 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 november 2019, med et nivå rundt 175-200 µg/m<sup>3</sup>. Fiskåveien er målestedet som ligger nærmest bedriften. I november 2019 var det vind fra nord over 40% av tiden og fra nordlig sektor ca. 70% av tiden. Dermed var området sør for bedriften mest belastet. Dette gjenspeiles i SO<sub>2</sub>-fordelingen i eksponeringsperioden november 2019 (se Vedlegg). Prøvene ble analysert to

ganger. De to parallelle passive SO<sub>2</sub> prøvetakere ved Fiskåveien viste godt samsvar. Det gir en ekstra trygghet på måleresultatet.



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

Målingene med 1 måned tidsoppløsning gir ikke noe tydelig svar på hvorfor SO<sub>2</sub>-konsentrasjonen ved Fiskåveien var mye høyere i november 2019 enn ved andre steder og andre måneder. November-resultatet diskuteres i kapittel 6.

## 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>9</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.

<sup>9</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).

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.

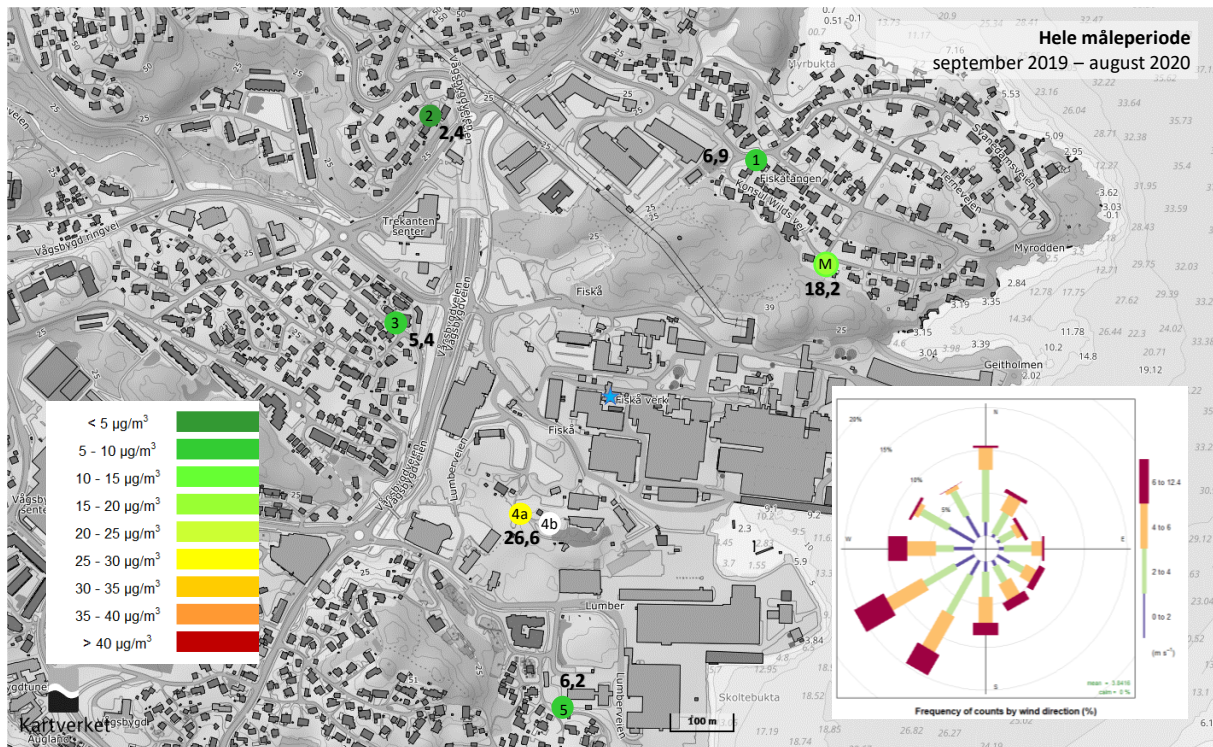
Ved Konsul Wilds vei ble det målt høye konsentrasjoner når vinden blåste fra sørvest (hovedvindretningen), sør og sørøst. Ved de øvrige vindretningene (øst, nordlige sektorer og vest) ble det stort sett målt timemiddelkonsentrasjoner under  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (se Figur 6 i kapittel 5.1). Høy  $\text{SO}_2$ -konsentrasjon kan også opptre ved andre befolkede steder i området rundt bedriftene, men på grunn av den lokale vindfordelingen vil det skje mer sjeldent.

Andre  $\text{SO}_2$ -kilder i området, som Glencore Nikkelverk og skipstrafikk mot Kristiansand, anses å ha neglisjerbar påvirkning på  $\text{SO}_2$ -konsentrasjoner i boligområdet på Fiskåtangen (og generelt i området rundt Fiskå).

Det måles hovedsakelig lave  $\text{SO}_2$ -konsentrasjoner ved Konsul Wilds vei. 84% av alle timemiddelkonsentrasjoner var under  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i måleperioden. Bakgrunnskonsentrasjonen i området, estimert fra målingene med  $\text{SO}_2$ -monitor og passive prøvetakere, var lavere enn  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### **$\text{SO}_2$ -fordeling**

Fordelingen av prøvetakerne rundt bedriftene viser et representativt bilde av  $\text{SO}_2$ -nivået i bebodde områder i nærheten. Prøvetakerne er plassert i de nærmeste boligområdene og oppholdsstedene rundt bedriftene. Geografisk fordeling av  $\text{SO}_2$ , 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  $\text{SO}_2$ -utslipp fra bedriftene i måleperioden.  $\text{SO}_2$ -konsentrasjonen målt på Slettheia (lokasjon 2) var veldig lav under hele måleperioden, også på Lillejordet (lokasjon 3) og Fiskåtangen (lokasjon 1) ble det observert lav konsentrasjon under hele måleperioden.



Figur 18: Fordelingen av SO<sub>2</sub> i området, målt med passive prøvetakere, midlet over hele måleperioden (september 2019 – august 2020).

Middelverdien på lokasjon 4 «Fiskåveien» over 12 måneder var 26,6 µg/m<sup>3</sup>. Denne verdien tyder på brudd på grenseverdiene for årsmiddel og vintermiddel. Den høye verdien skyldes hovedsakelig konsentrasjonen målt i november 2019. Som forklart ovenfor anses resultatet som reelt. Hvis det har vært utslipp mot Fiskåveien med svært høye konsentrasjoner i en kortere periode, kan det ha slått ut på de passive prøvetakere og medført verdien målt i november. Prøvetakeren mettes først ved 1030 µg/m<sup>3</sup>. Elkem Carbon opplyste om at SO<sub>2</sub>-rensaneanlegget hadde en opptid på 89% i november 2019. Den har en rensegrad på 99,5%.

I oktober og november (fra 16. oktober til 12 november 2019) pågikk en kampanje med petrokkoks på K7. Denne ovnen er ikke koplet til rensaneanlegget og avgassen fra ovnen fakles. I tillegg var K11 i drift i hele kampanjeperioden og K12 og K13 var delvis i drift. Avgassene fra disse ovnene kjøres til rensaneanlegget. Under opp- og nedkjøring av K12 og K13 var disse uten rensing – av tekniske årsaker kan ovnene ikke kjøres til rensaneanlegget under opp- og nedkjøring. Som vist av opptiden på 89% har det dermed vært kortere perioder med mer enn én ovn (K7) uten rensing (under opp- og nedkjøring av K12 og K13). Det ser ut som om periodene uten rensing kan ha forårsaket høy månedsmiddelkonsentrasjon ved lokasjoner sør for bedriften, spesielt lokasjon 4.

Vind fra nord opptrer imidlertid ganske sjelden i området. I måleperioden ble det observert nordlig vind ca. 12% av tiden.

### Spredningsberegninger, Norsk Energi (2018)

Det foreligger spredningsberegninger (Norsk Energi, 2018) av bakkekonsentrasjonsbidraget av SO<sub>2</sub> for utslipp fra Elkem Carbon og REC Solar. Beregningene gjelder situasjon uten

renseanlegg for petrolkoksovner i drift (fakling) og med renselanlegg i drift. I beregningene er det lagt til grunn at alle ti antrasittovner<sup>10</sup> og alle tre petrolkoksovner er i drift.

Spredningsberegningene for situasjonen med renselanlegg i drift indikerer at høyeste time-middelkonsentrasjonsbidrag mellom 300 og 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  og høyeste døgnmiddel-konsentrasjonsbidrag mellom 150 og 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  kan opptre ved Konsul Wilds vei (se Figur 19). Selv 25. høyeste timemiddelkonsentrasjonsbidrag ved boliger nærmest Elkem Carbon ble beregnet til 350-400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , dvs. brudd på grenseverdien. Også 4. høyeste døgnmiddelkonsentrasjonsbidrag ble beregnet til å føre til brudd på grenseverdien, 250  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  er dobbelt så høy som grenseverdien. Siden  $\text{SO}_2$ -bakgrunnskonsentrasjonen i området er svært lav, kan konsentrasjonsbidragene settes lik med konsentrasjoner. Utslippet av  $\text{SO}_2$  fra petrolkoksovnene til luft med renselanlegget i drift er beregnet til 1,9% av utslippet uten renselanlegg i drift. For situasjonen uten renselanlegg i drift oppgir beregningsresultatene vesentlig høyere konsentrasjonsbidrag ved Konsul Wilds vei, høyeste timemiddelkonsentrasjonsbidrag mellom 700 og 1000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  og høyeste døgnmiddel-konsentrasjonsbidrag mellom 350 og 700  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Norsk Energi, 2018; se Figur 19).

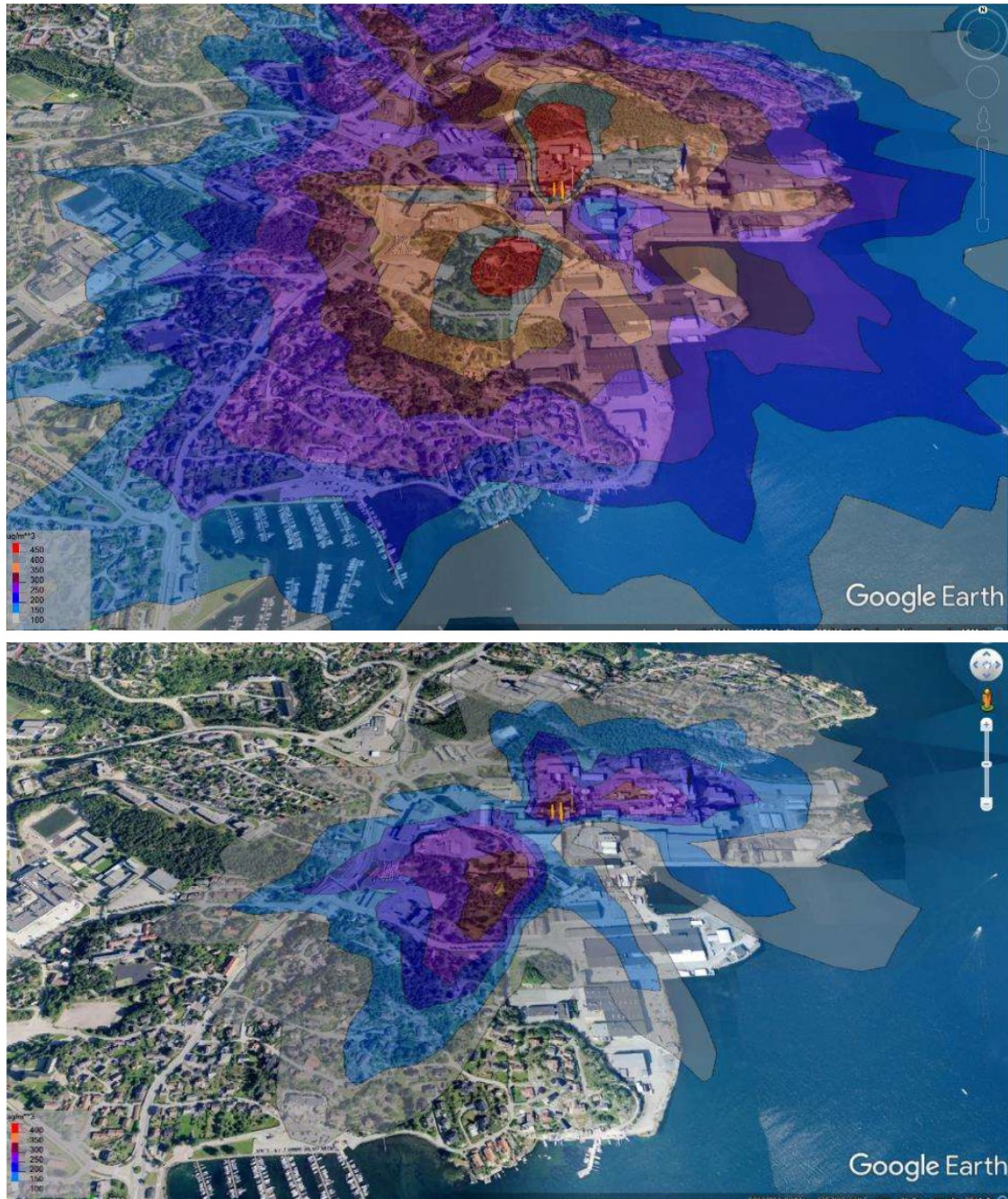
Høyeste timemiddelkonsentrasjon målt ved Konsul Wilds vei i måleperioden var 445,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Verdien ble målt lørdag 2. mai 2020 kl. 17-18. Høyeste døgnmiddel-konsentrasjon målt ved Konsul Wilds vei i måleperioden var 122,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Verdien ble observert 15. januar 2020 i forbindelse med et strømbrydd på hele industriområdet som også medførte utfall av  $\text{SO}_2$ -renselanlegget. Målt  $\text{SO}_2$ -konsentrasjon var dermed lavere enn antydning av spredningsberegningene, særlig døgnmiddelkonsentrasjonen var lavere.

Spredningsberegningene fra Norsk Energi (2018) tok eventuelt utgangspunkt i drift av det opprinnelige renselanlegget som ble åpnet i oktober 2017. Frem til april 2019 ble renselanlegget oppgradert flere ganger med ytterligere rensetrinn, slik at den nå har en rensesgrad på 99,6%. Alle høye  $\text{SO}_2$ -konsentrasjonstopper observert i måleperioden kan knyttes til hendelser når renselanlegget var ute av drift, både på grunn av hendelser og planlagte stans (se også Vedlegg A).

I studien fra Norsk Energi (2018) er det også utført spredningsberegninger av periodemiddel for samme perioder som det er utført målinger med passive prøvetakere. Disse viste at spredningsberegningene overestimerer  $\text{SO}_2$ -bidragene med en faktor på 1,2 til 1,8 for de høyeste målte konsentrasjonsnivåene.

---

<sup>10</sup> Det er forutsatt at fem av antrasittovnene benytter antrasitt nr 1/6 med høyt svovelinnhold og fem av ovnene benytter antrasitt nr 11 med lavt svovelinnhold.



Figur 19: Resultater fra spredningsberegninger (Norsk Energi, 2018). Øvre bilde: Høyeste time-middelkonsentrasjonsbidrag med renseanlegg i drift. Nedre bilde: Høyeste døgnmiddel-konsentrasjonsbidrag med renseanlegg i drift. Kilde: Norsk Energi (2018), figur 9 og figur 10.

### Spredningsberegninger, Norsk Energi (2020)

På bakgrunn av de høye månedsmiddelkonsentrasjonene målt sør for bedriftene i november 2019, ble en ny modelleringsstudie gitt i oppdrag av Elkem Carbon til Norsk Energi. Denne 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  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  og høyeste døgnmiddelkonsentrasjons-

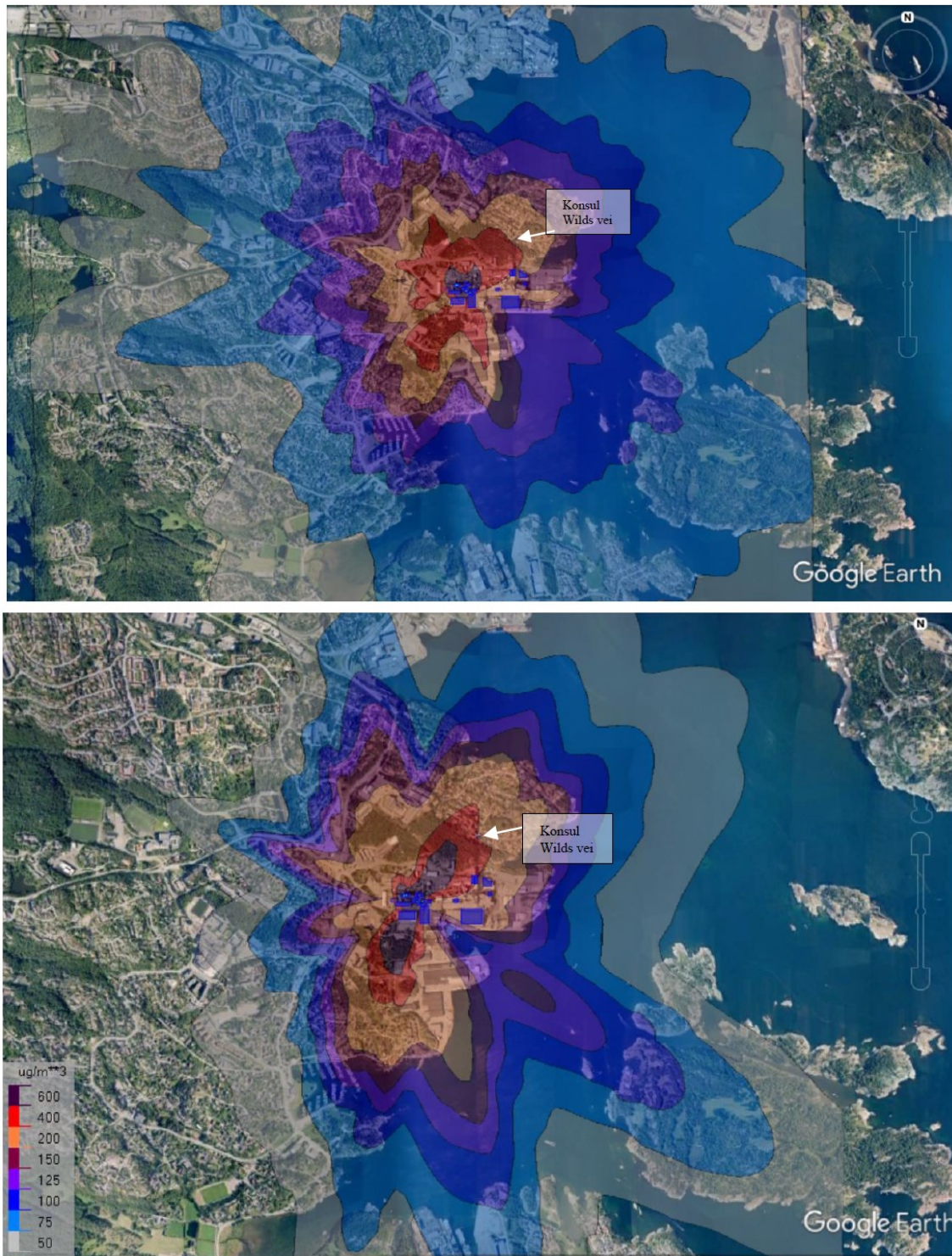


bidrag mellom 200 og 600  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  kan opptre ved Konsul Wilds vei (Norsk Energi, 2020; se Figur 20). Selv 25. høyeste timemiddelkonsentrasjonsbidrag ved Konsul Wilds vei ble beregnet til 350-700  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  og dermed over grenseverdien. Også 4. høyeste døgnmiddelkonsentrasjonsbidrag ble beregnet til å være over grenseverdien, i intervallet 150-200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Totalt gir modellberegningene 22 døgn med overskridelse av grenseverdien.

Høyeste timemiddelkonsentrasjon målt ved Konsul Wilds vei i måleperioden var 445,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Verdien ble målt lørdag 2. mai 2020 kl. 17-18. Høyeste døgnmiddelkonsentrasjon målt ved Konsul Wilds vei i måleperioden var 122,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Verdien ble observert 15. januar 2020 i forbindelse med et strømbrydd som førte til utfall av  $\text{SO}_2$ -renseanlegget. Målt  $\text{SO}_2$ -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.  $\text{SO}_2$ -fordelingen i modellberegningene bekrefter  $\text{SO}_2$ -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 referansemotoden for måling av  $\text{SO}_2$  (NS-EN 14212:2012) og er driftet i henhold til kvalitetssystemet (Miljødirektoratet, 2014). Målingene tatt med uavhengige målemetoder, dvs. referansemotoden og passiv prøvetaker (indikativ måling), ved måleboden bekrefter hverandre. Målt konsentrasjonsnivå reflekterer lokalt  $\text{SO}_2$ -nivå med lav usikkerhet.



Figur 20: Resultater fra spredningsberegninger (Norsk Energi, 2020). Øvre bilde: Høyeste timemiddelkonsentrasjonsbidrag. Nedre bilde: Høyeste døgnmiddelkonsentrasjonsbidrag. 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 ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{døgnmiddel} < 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) og over øvre vurderingsterskel ( $\text{døgnmiddel} > 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Konsentrasjoner er gitt i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Døgnmidler mellom nedre og øvre vurderingsterskel		Døgnmidler over øvre vurderingsterskel	
Dato	Døgnmiddel-konsentrasjon	Dato	Døgnmiddel-konsentrasjon
11.09.2019	51,3	12.09.2019	119,6
14.09.2019	56,8	23.10.2019	75,9
09.10.2019	71,1	06.12.2019	78,9
30.12.2019	65,2	11.12.2019	76,1
02.01.2020	57,6	29.12.2019	117,2
20.01.2020	56,1	11.01.2020	78,5
25.01.2020	64,7	14.01.2020	76,1
27.01.2020	71,5	15.01.2020	122,2
09.03.2020	56,4	26.01.2020	105,8
11.03.2020	57,4	09.02.2020	103,8
24.03.2020	56,5	08.03.2020	101,1
26.04.2020	50,6	15.03.2020	98,2
23.05.2020	62,5	17.03.2020	84,5
17.07.2020	67,9	25.03.2020	88,8
		05.08.2020	92,7

Oversikt over SO<sub>2</sub>-timemiddelverdier over  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dato og tid (alltid norsk vintertid) de ble registrert og vindforhold i samme periode. Detaljer angående drift av SO<sub>2</sub>-rensplanlegget og produksjon er gitt i fotnoten.

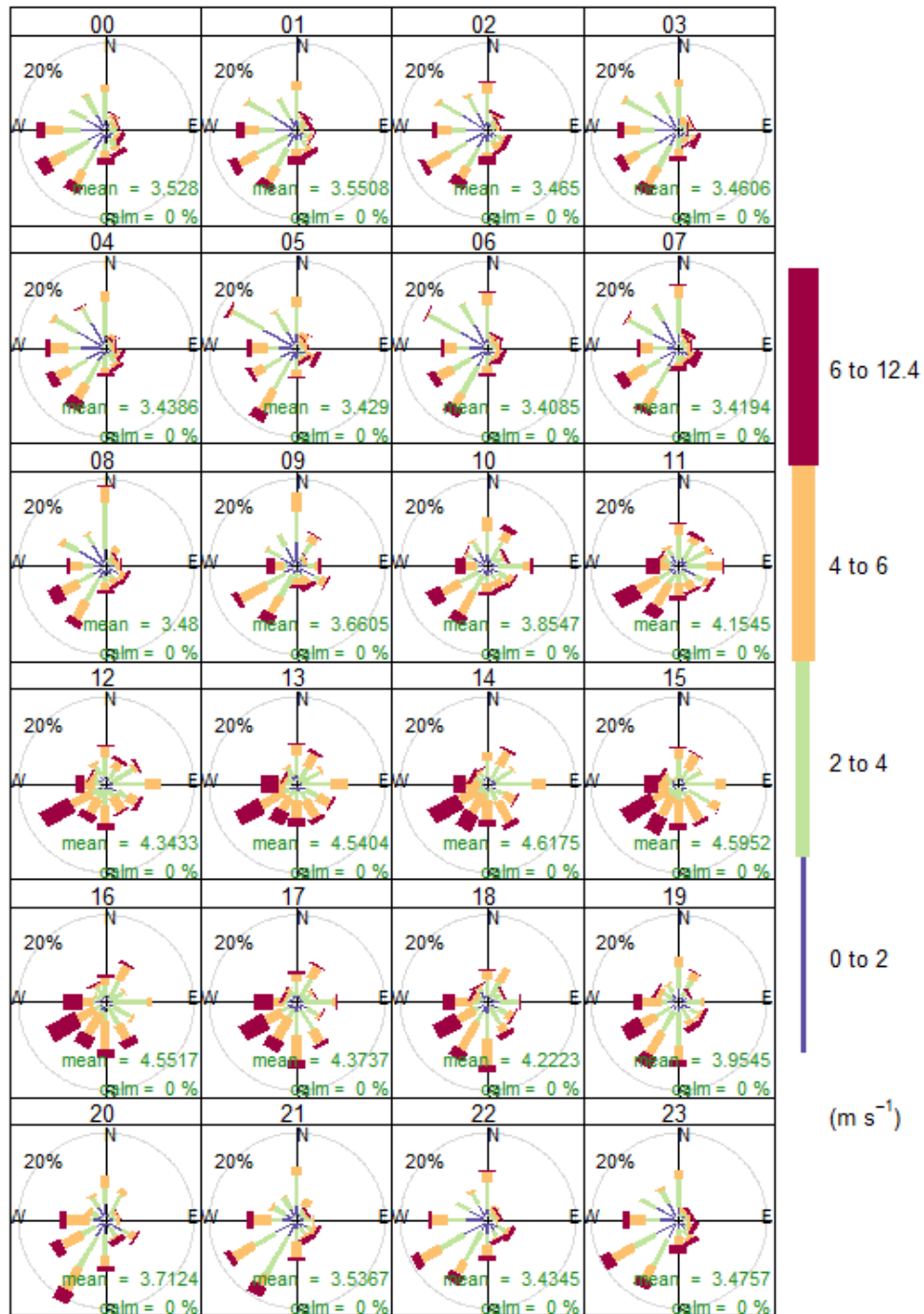
Dato	Timemiddel-konsentrasjon	Vindretning	Vindhastighet	Rensplanlegg i drift
12.09.2019 kl. 02-03	373,9	195°	2,6	N*
09.10.2019 kl. 16-17	419,4	186°	2,8	N*
29.12.2019 kl. 13-14	409,7	198°	5,8	N*
15.01.2020 kl. 12-13	383,5	192°	6,3	N*
10.02.2020 kl. 00-01	421,6	189°	8,4	N*
02.05.2020 kl. 17-18	445,7	193°	5,1	N*
18.05.2020 kl. 16-17	352,7	192°	5,2	N*

- \* 12.09.2019 Stans (9/6-17/9, etter hendelse), 1 koksovn i drift  
 09.10.2019 Stans (planlagt, vedlikehold), 1 ovn i drift (+ 1 ovn på vei inn)  
 29.12.2019 Stans (hendelse), 2 koksovner i drift  
 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 ovner i drift (K11, K12, K13)  
 18.05.2020 Stans (planlagt, 2 t strømstans), 3 ovner i drift på koks

## **Vedlegg B**

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

Midlet døgnvariasjon av vindretning og vindhastighet (dvs. vindroser for hver time av døgnet) ved Elkem Carbon i måleperioden (1. september 2019 – 31. august 2020).



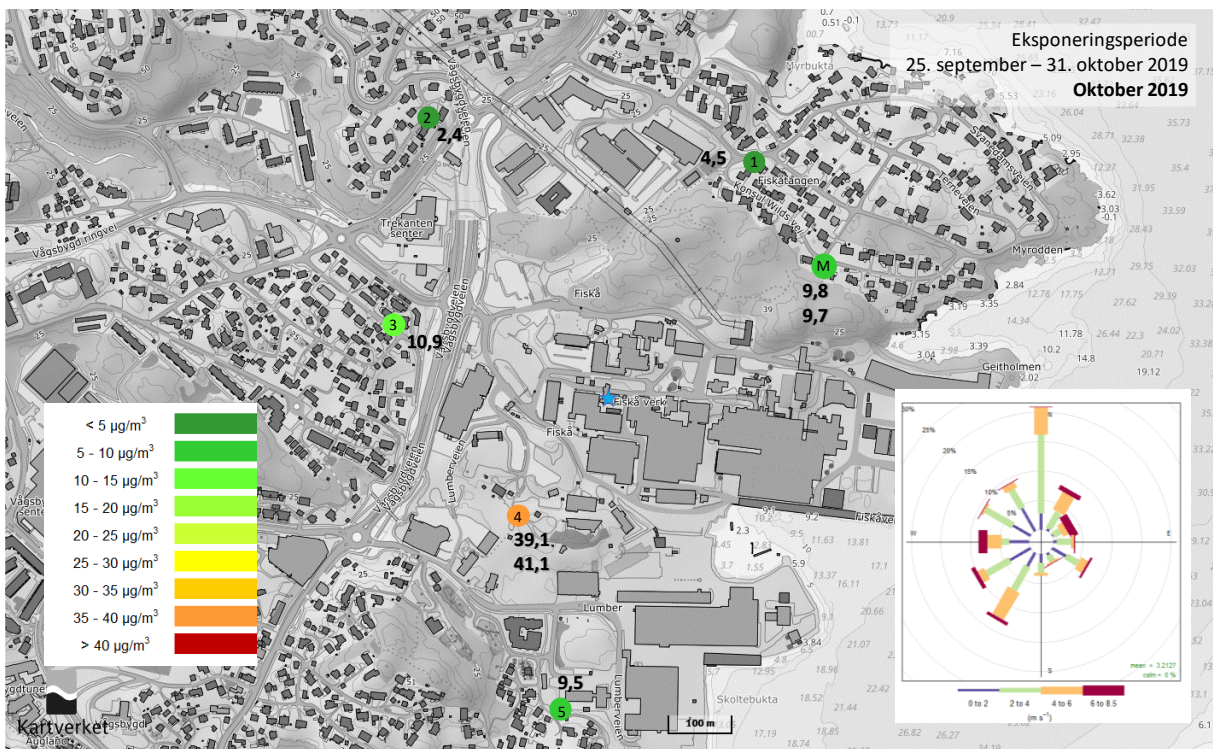
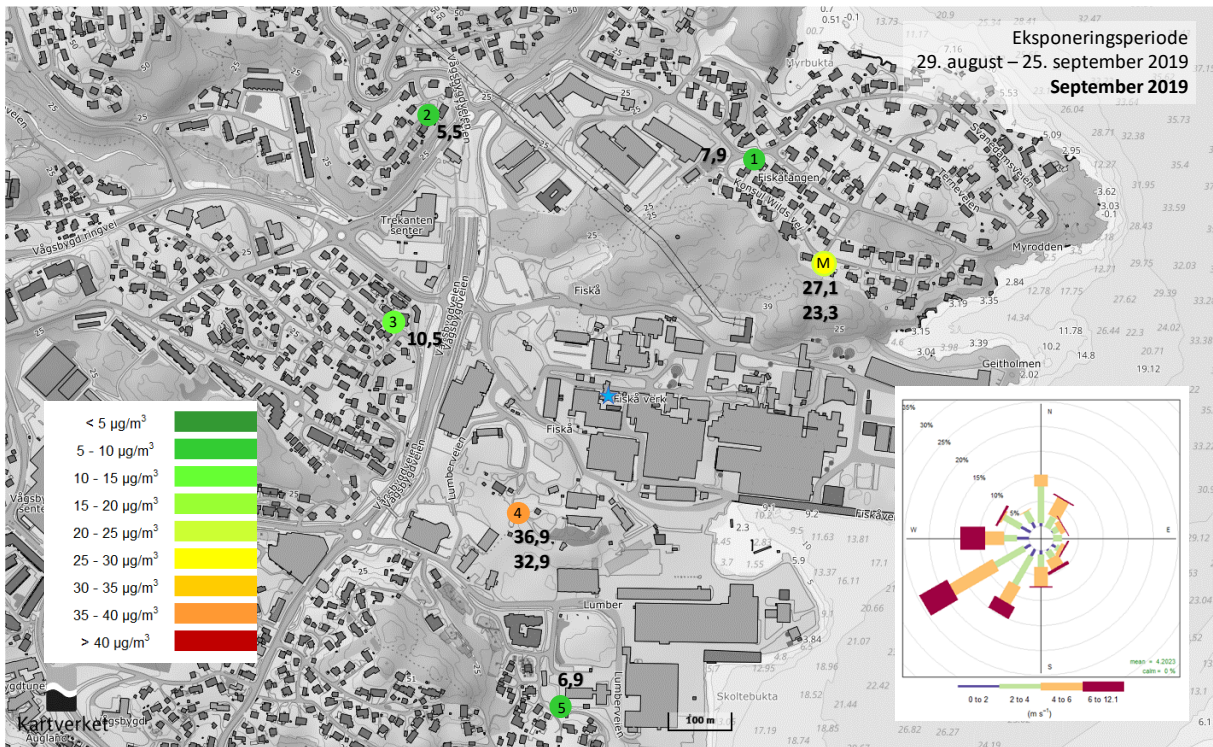
Frequency of counts by wind direction (%)

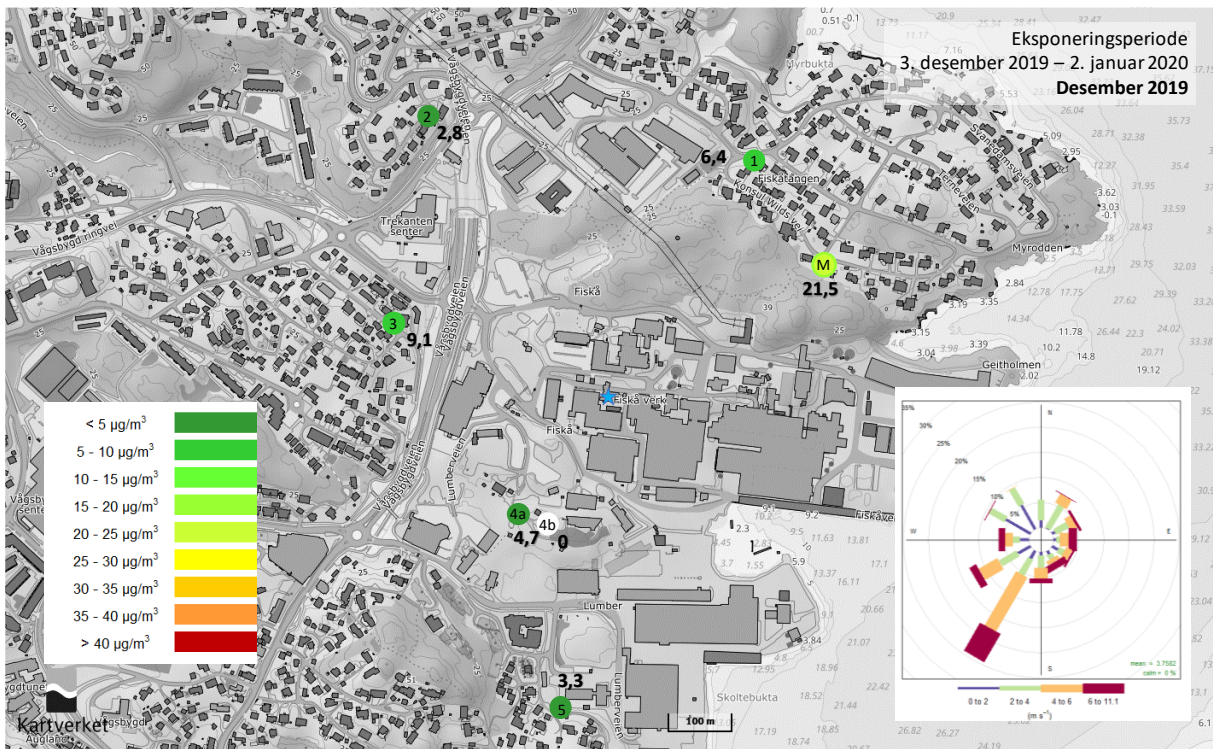
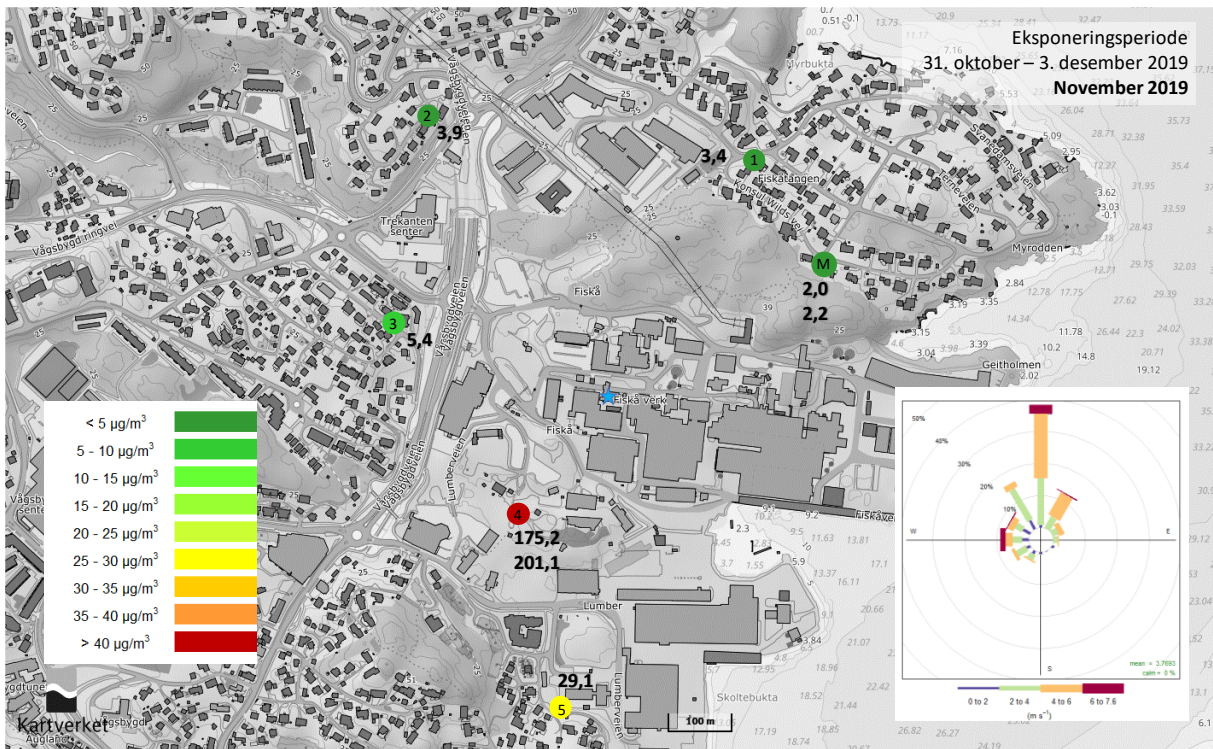
## **Vedlegg C**

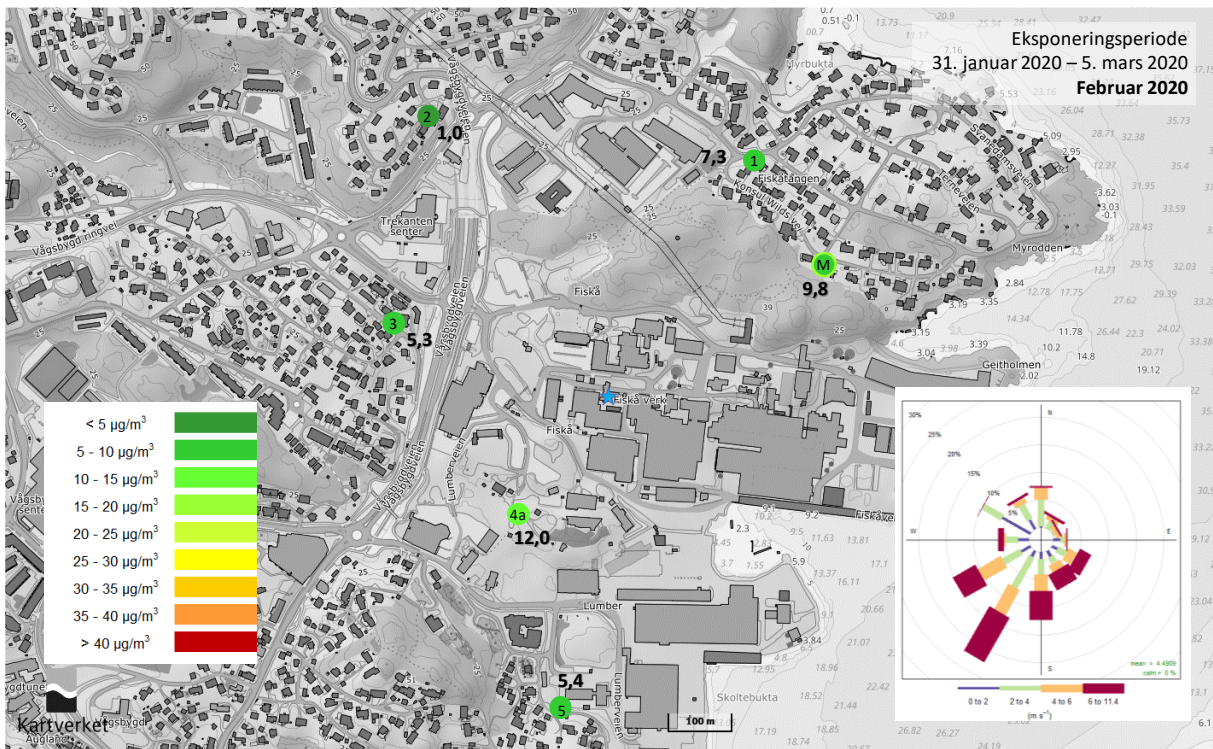
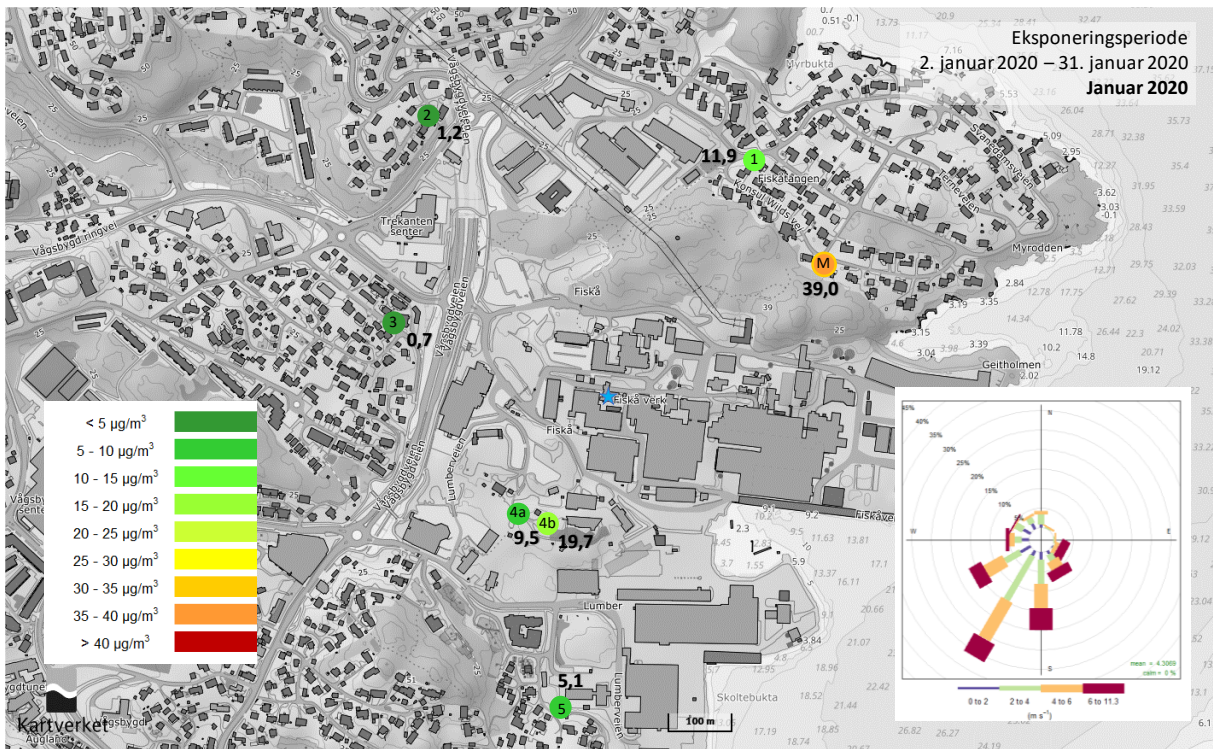
### **Geografisk fordeling av SO<sub>2</sub> i måleområdet**

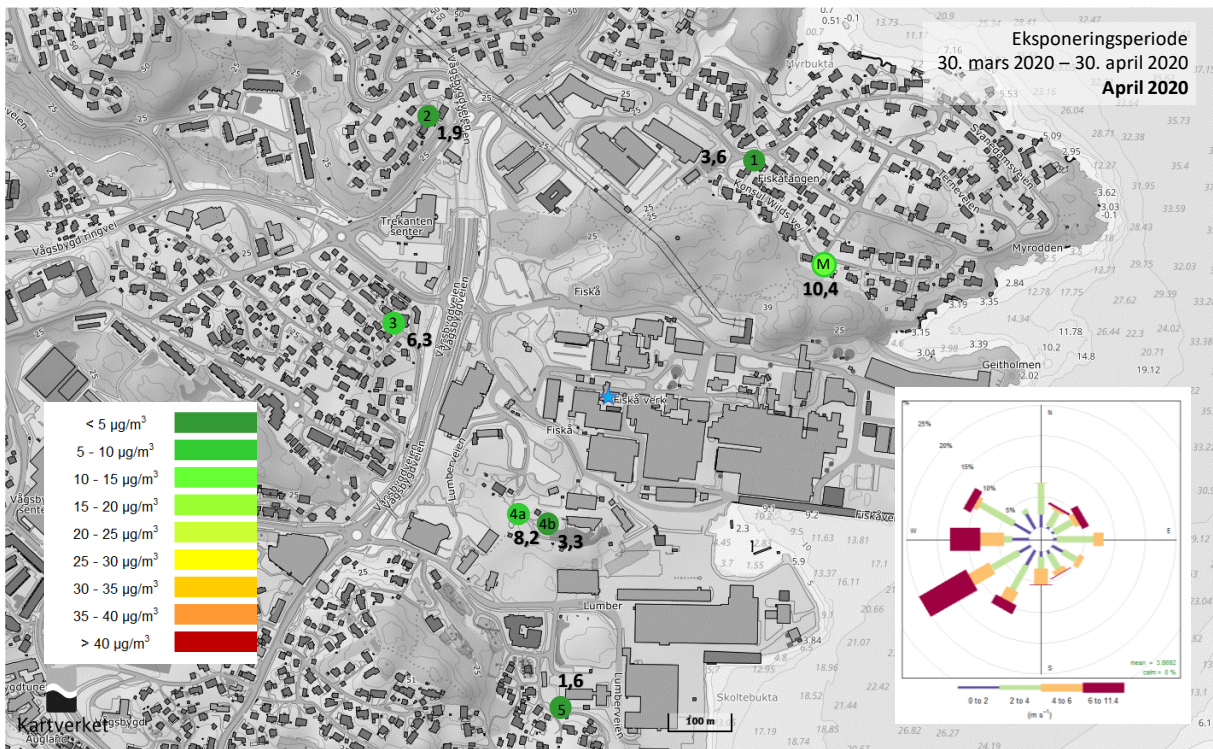
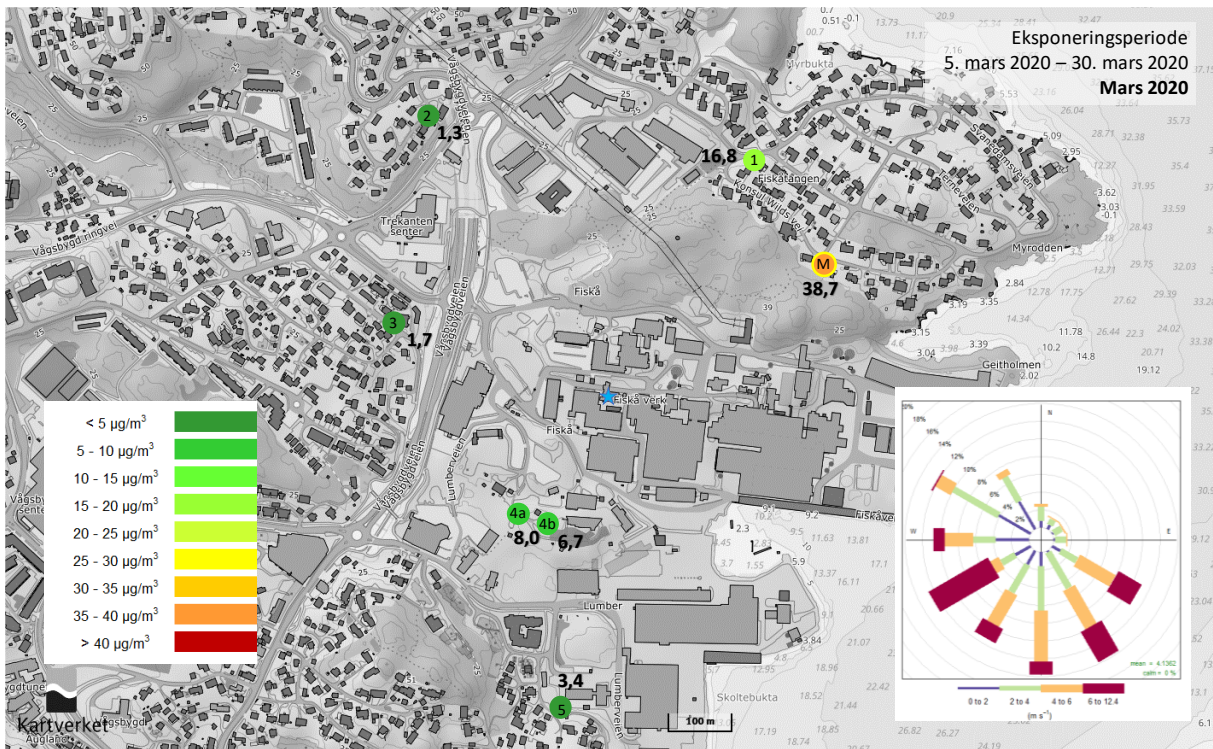


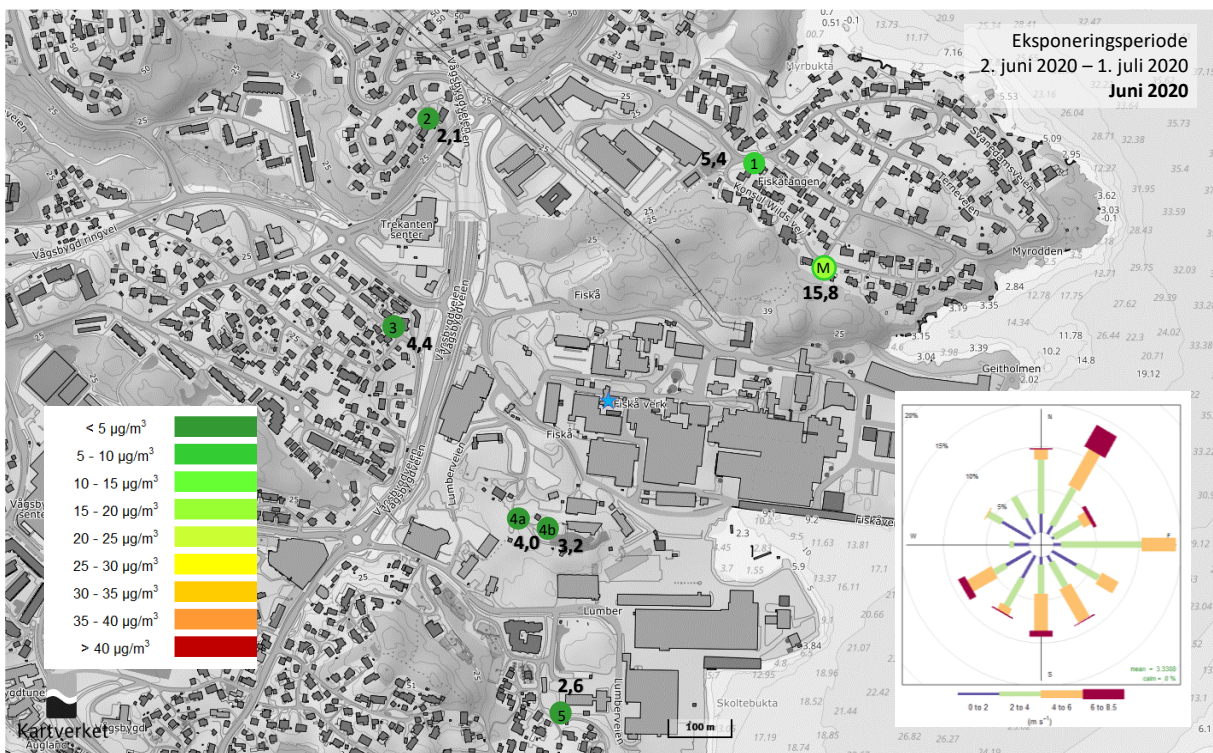
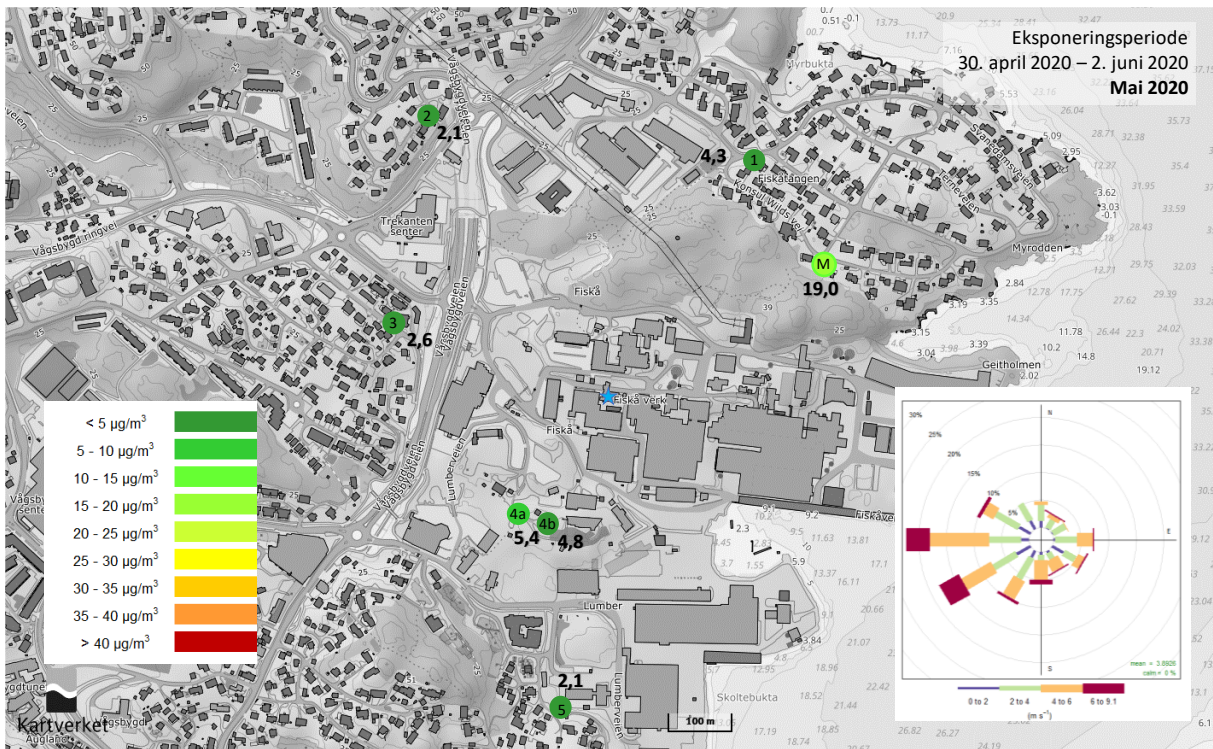
Geografisk fordeling av SO<sub>2</sub> i måleområdet for hver eksponeringsperiode. Fargeskalaen er konstant over hele måleperioden og angir SO<sub>2</sub>-konsentrasjonen i like store intervaller fra grønn (lav konsentrasjon) til rød (høy konsentrasjon). Vindrosen er vist for hver eksponeringsperiode (vind målt på bedriftsområdet, lokasjon vist med blå stjerne).

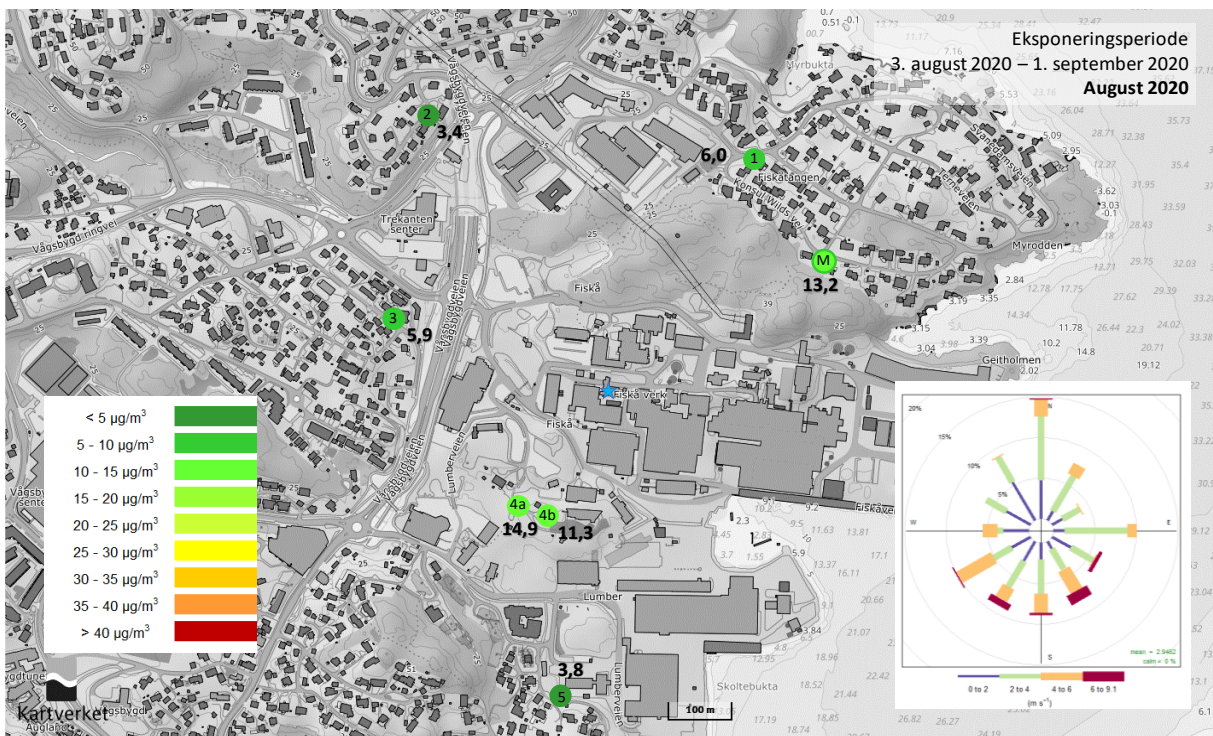
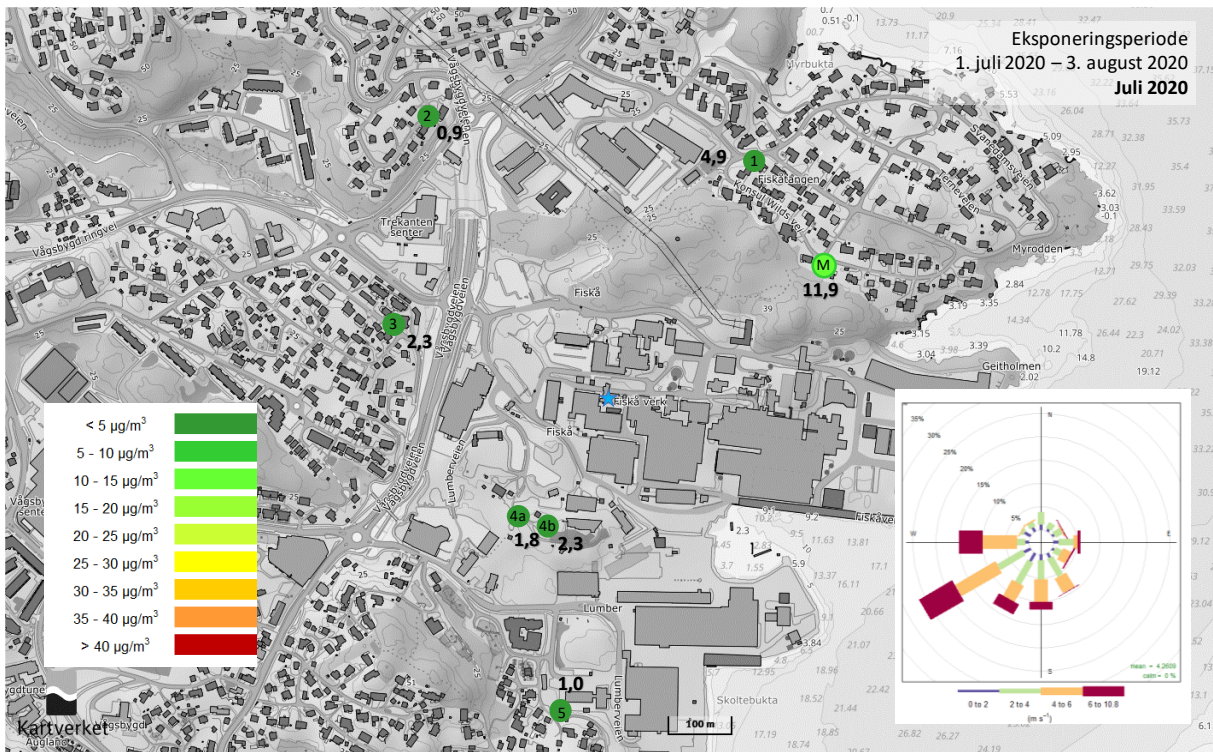












## **NILU – Norsk institutt for luftforskning**

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

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

<http://www.nilu.no>

ISBN: 978-82-425-3022-6

ISSN: 2464-3327