

Målinger av SO₂ i omgivelsene til Elkem Carbon og REC Solar

Januar 2021 – desember 2021

Claudia Hak, Even Kristian Teigland, Erik Andresen



Innhold

Innhold	3
Sammendrag.....	4
1 Innledning.....	6
2 Måleprogram	7
3 Regelverk og anbefalinger for luftkvalitet i Norge	10
4 Målemetoder	13
4.1 SO ₂ -monitor	13
4.2 Passive prøvetakere	13
5 Måleresultater	14
5.1 Meteorologiske parametere	14
5.2 Svoveldioksid (SO ₂)	17
5.2.1 Kontinuerlige målinger.....	17
5.2.2 Måling med passive prøvetakere.....	23
6 Diskusjon	25
7 Referanser	27
Vedlegg A SO₂-døgnmiddelverdier over nedre og øvre vurderingsterskel.....	29
Vedlegg B Midlet døgnvariasjon av vindretning og vindhastighet.....	31
Vedlegg C Geografisk fordeling av SO₂ i måleområdet.....	33

Sammendrag

NILU – Norsk institutt for luftforskning har på oppdrag fra Elkem Carbon AS gjort målinger av SO₂ for å kartlegge SO₂-konsentrasjonen i luft i området rundt Fiskå Teknologipark sør for Kristiansand. Denne rapporten presenterer resultater av målinger utført med SO₂-monitor ved en målestasjon plassert i boligområdet på Fiskåtangen i perioden 1. januar 2021 – 31. desember 2021 (1 kalenderår). Fordelingen av SO₂ i området ble i samme tidsperiode målt med passive SO₂-luftprøvetakere (1 måned eksponering, 12 eksponeringsperioder) på 3 ulike steder rundt bedriften. Lokal vindretning og vindhastighet ble målt på et høyt bygg inne på bedriftsområdet.

Grenseverdiene for årsmiddel, døgnmiddel og timemiddel ble overholdt i kalenderåret 2021 (1. januar – 31. desember 2021).

Formålet med måleprogrammet er å kartlegge fordelingen av SO₂-konsentrasjonen i luft i omgivelsene rundt Elkem Carbon og REC Solar, og å kartlegge omfanget av eventuelle overskridelser av grenseverdier nedvinds industribedriftene på Fiskå. Bakgrunnen for prosjektet er krav fra Miljødirektoratet om overvåking av SO₂.

En målebod med SO₂-monitor var plassert i Konsul Wilds vei i boligområdet på Fiskåtangen nord for bedriftene. Rapporten omfatter SO₂-målinger over perioden 1. januar 2021 til 31. desember 2021 (kalenderåret 2021). Resultatene av målingene er gitt med tidsoppløsninger på 1 time og på 10 minutter.

Passive SO₂-prøvetakere ble satt ut på 3 ulike steder i området rundt bedriften og eksponert i én måned av gangen, totalt 12 måneder i perioden 30. desember 2020 til 4. januar 2022. De passive prøvetakerne ble plassert slik at de gir et representativt bilde av fordelingen av SO₂ i boligområdene rundt Fiskå.

Meteorologisk stasjon (med vindmast) er installert på et høyt bygg inne på bedriftsområdet for å bedre kunne tolke spredningen av luftforurensning i måleområdet. Hovedvindretningene i perioden januar 2021 – desember 2021 var fra sørvest og nord.

Årsmiddelverdien av SO₂-konsentrasjonen i perioden 1. januar 2021 – 31. desember 2021 ble målt til 15,4 µg/m³. Grenseverdien i forurensningsforskriften for beskyttelse av økosystemer på 20 µg/m³ ble dermed overholdt. Med en SO₂-middelverdi i vinterperioden 2020-2021 (1. oktober – 31. mars) på 14,0 µg/m³, ble også grenseverdien for beskyttelse av økosystemer i vinterperioden på 20 µg/m³ overholdt.

Høyeste SO₂-døgnmiddel i måleperioden ble målt til 157 µg/m³. Denne verdien ligger over 125 µg/m³, som er grenseverdien for døgnmiddelkonsentrasjoner. Det var totalt to døgnmidler over 125 µg/m³ i kalenderåret 2021. Grenseverdien skal etter forurensningsforskriften ikke overskrides mer enn tre ganger per kalenderår, noe som følgelig ble overholdt i måleperioden.

I måleperioden var SO₂-døgnmiddelverdien mellom nedre og øvre vurderingsterskel i 17 døgn, og mellom øvre vurderingsterskel og døgn grenseverdien i 14 døgn. Dette er mer enn de 3 tillatte døgn. Overskridelse av vurderingsterskler foreligger når konsentrasjonen har vært over vurderingsterskelen minimum 3 av de siste 5 år (hittil har målingene pågått i ca. 2,5 år). Målingene hittil viser at det er sannsynlig at øvre vurderingsterskel vil bli overskredet i 3 av de siste 5 årene. Overskridelse av øvre vurderingsterskel medfører krav om å utarbeide tiltaksutredninger og krav til måling.

Luftkvalitetskriteriet (Nasjonalt folkehelseinstitutt¹) for døgnmiddel på 20 µg/m³ ble overskredet 96 ganger i løpet av måleperioden (i 26,2% av tiden). For luftkvalitetskriteriene (døgn og 15 minutt middel, se nedenfor) er det ikke angitt antall akseptable overskridelser. Kriteriene er satt så lavt at ut fra nåværende kunnskap kan de aller fleste utsettes for disse nivåene uten å få skadevirkninger.

¹ Luftkvalitetskriterier: <https://www.fhi.no/nettpub/luftkvalitet/>

Høyeste SO₂-timemiddel i måleperioden var 610 µg/m³. Det ble registrert 8 timemiddelverdier over grenseverdien på 350 µg/m³ i måleperioden, som er under forurensningsforskriftens tillatte grense på 24 overskridelser per kalenderår.

Luftkvalitetskriteriet for 15 minutt middel på 300 µg/m³ ble overskredet ca. 178 ganger² i løpet av måleperioden.

Høyeste 10-minutt middelvei i måleperioden var 986 µg/m³. Det ble observert 23 10-minutt middelveier over 500 µg/m³, som er WHO's anbefalte retningslinje for korttidseksponering.

Målinger med passive SO₂-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 SO₂-utslipp. For de fleste månedene i 2021 var det prøvestedet ved Fiskåveien som viste høyest SO₂-konsentrasjon. Belastningen er høyest ved Fiskåveien ved vind fra nord. Generelt opptrer nordlig vind sjeldent i området, men i 2021 ble vind fra nord målt i ca. 23% av tiden (til sammenligning var det ca. 14% i 2020).

² Eksakt antall kan ikke angis fordi minimum midlingsintervall for måledataene var 10 minutter.

Målinger av SO₂ i omgivelsene til Elkem Carbon og REC Solar

Januar 2021 – desember 2021

1 Innledning

Elkem Carbon og REC Solar er industribedrifter på Fiskå i Kristiansand kommune som begge slipper ut SO₂ og som er omgitt av boligområder og lignende sensitiv bebyggelse. Elkem Carbon har i sin tillatelse fra Miljødirektoratet krav om å gjennomføre kontinuerlig måling av SO₂ i omgivelsesluft.

Prosjektets målsetting er å måle SO₂ i boligområdene rundt bedriftene. En SO₂-monitor ble plassert i det boligområdet som, ifølge spredningsberegninger, er mest påvirket av utslippet fra bedriftene. Boligområdet ligger medvinds i forhold til utslippskildene med hensyn til hovedvindretningen. SO₂-monitoren måler med 10 minutt og 1 time oppløsning. I tillegg ble det plassert passive prøvetakere for SO₂ ved 3 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 SO₂. Fordelingen og nivået av SO₂ 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 SO₂, tungmetaller og polysykliske aromatiske hydrokarboner³ (PAH). I måleperioden hadde Elkem Carbon 14 kalsineringsovner i drift, ti ble kjørt på antrasitt, én ble kjørt på dels antrasitt, dels petrolkoks og tre på ren petrolkoks. Det største bidraget til SO₂ i luft forventes fra kalsineringsovnene for petrolkoks.

Et SO₂-renseanlegg med sjøvannsscrubber ble satt i drift i 2017. Anlegget er installert på de tre kalsineringsovnene som kjøres på petrolkoks, men har ved utgangen av 2021 kun kapasitet til å rense to koksovner simultant. Anlegget ble stanset flere ganger fordi det var behov for ytterligere rensetrinn (støvfiler (2018), våtelektrostatisk filter (WESP⁴, april 2019)). Anlegget har nå en rensegrad på ca. 99,5%. Den energirike fakkalgassen fra kalsinering av koks forbrennes kontrollert i et brennkammer, før energi gjenvinnes i en hetoljeheater. Den avkjølte gassen sendes til SO₂-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. SO₂, NO_x og støv.

³ Utslipp av PAH kommer fra blandedprosessen, ikke fra kalsineringsovnene.

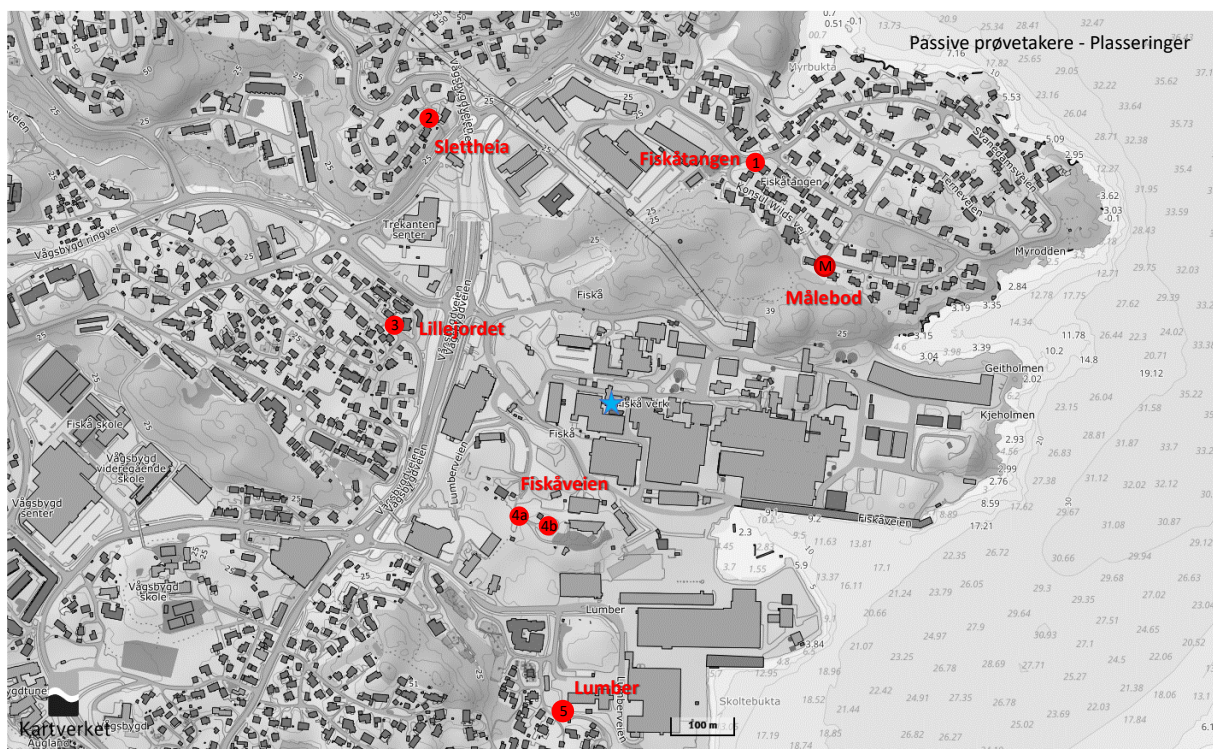
⁴ WESP: Wet Electrostatic Precipitator

2 Måleprogram

Elkem Carbon og REC Solar ligger i et bebygget område med boligstrøk på flere kanter. SO₂ ble målt med SO₂-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 SO₂-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 SO₂ i øvrige boligområder nord, vest og sør for industriområdet på Fiskå, ble det plassert passive SO₂-prøvetakere (se kapittel 4.2) i disse områdene (Figur 1). Til og med januar 2021 omfattet måleprogrammet eksponering av passive prøvetakere på 6 steder. Basert på måleresultater ble dette redusert til tre fra februar 2021. Prøvetakingen pågikk i 12 måneder samtidig med de kontinuerlige SO₂-målingene med SO₂-monitor i Konsul Wilds vei.

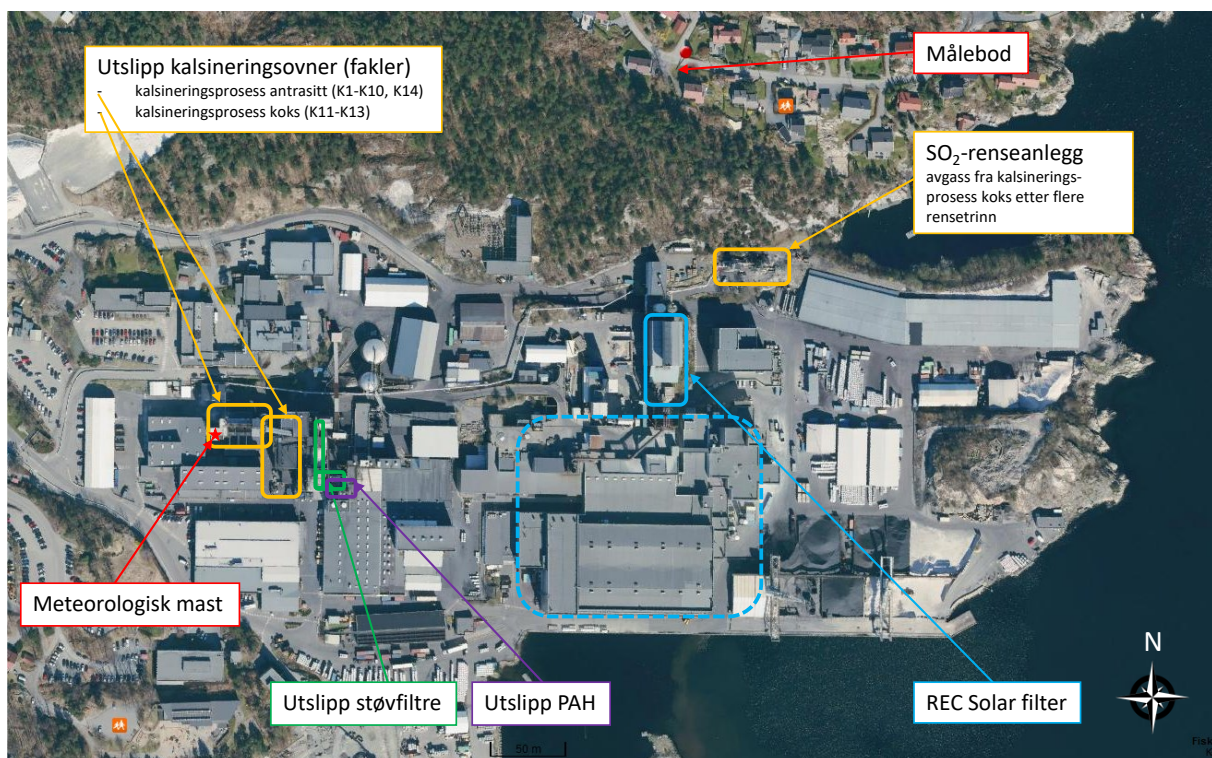
Én passiv prøvetaker ble plassert ved måleboden ('M'), dvs. på samme sted som SO₂-monitoren. Prøvested 3 «Lillejordet» er i et boligområde vest for FV456. Prøvested 4 «Fiskåveien» er prøvestedet som ble plassert nærmest bedriftene, ved Eplehagen barnehage. Prøvestedene 1, 2 og 5 ble bare brukt i januar⁵. Eksponeringstiden for de passive prøvetakerne var ca. 1 måned.



Figur 1: Kart over området som viser plasseringer av passive prøvetakere. M: målebod der SO₂-monitor var plassert. Lokasjonen av meteorologisk mast på bedriftsområdet er tegnet inn med blå stjerne. Prøvestedene 1, 2 og 5 ble bare brukt i januar 2021.

⁵ Prøvested 1 «Fiskåtangen» er i samme boligområde som måleboden 200 m lengre nordvest. Prøvested 2 «Slettheia» ligger i et boligområde vest for FV456. Ved prøvested 4 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.

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. Tre kalsineringsovner 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 SO₂ i omgivelsesluften. De tre petrolkoksovnene K11-K13 er tilknyttet et felles energigjenvinnings- og renseanlegg. Per utgang 2021 har dette anlegget en kapasitetsbegrensning på samtidig rensing av kun 2 av 3 ovner. Utslippspunktet fra SO₂-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 SO₂ og SO₃) 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 SO₂-utslipp på Fiskå. Elkem Carbon er den største kilden til SO₂ i området, med utslipp på 435 tonn i 2020⁶ (www.norskeutslipp.no). SO₂-utslippet til REC Solar var 84 tonn i 2020 (www.norskeutslipp.no). En annen industriell kilde for SO₂ og tungmetaller i området er Glencore Nikkelverk ved Hannevikbukta, nord for Fiskå (se Figur 3). Glencore Nikkelverk rapporterte SO₂-utslipp på 16 tonn i 2020 (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 SO₂-kilde.

⁶ I 2021 var SO₂-utslippet fra Elkem Carbon 699 tonn, for de andre bedriftene var tall for 2021 ikke tilgjengelig på 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 falkene 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, målsetningsverdier 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 SO₂ er gitt i Tabell 1. Timegrenseverdien for SO₂ på 350 µg/m³ 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/m³ skal ikke overskrides mer enn 3 ganger per kalenderår. Forurensningsforskriften definerer også en alarmterskel⁷ for SO₂ (§ 7-10) på 500 µg/m³ i tre sammenhengende timer.

⁷ 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. Luftkvalitetskriterier 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 SO₂ er luftkvalitetskriteriene for 15 minutter på 300 µg/m³ og 20 µg/m³ som døgnmiddel (Nasjonalt folkehelseinstitutt, 2013).

Tabell 1: SO₂-grenseverdier for tiltak, jfr. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931> § 7-6⁸. Forurensningskonsentrasjonen i utendørs luft skal ikke overstige følgende grenseverdier flere enn det tillatte antall ganger.

Komponent	Midlingstid	Grenseverdi	Antall tillatte overskridelser av grenseverdien
Timegrenseverdi for beskyttelse av menneskets helse	1 time	350 µg/m ³	Grenseverdien må ikke overskrides mer enn 24 ganger pr. kalenderår
Døgn grenseverdi for beskyttelse av menneskets helse	1 døgn (fast)	125 µg/m ³	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 ³	

Likeledes har en rekke offentlige institusjoner samarbeidet om å utarbeide forurensningsklasser og helse råd for en rekke typer forurensning (PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, SO₂ og O₃), se Tabell 2⁹. For SO₂ karakteriseres nivåene av forurensning som *lite* (timemiddelkonsentrasjon < 100 µg/m³), *moderat* (100 – 350 µg/m³), *høyt* (350 – 500 µg/m³) og *svært høyt* (> 500 µg/m³).

⁸ <http://www.lovdata.no/for/sf/md/xd-20040601-0931.html#7-6> [besøkt 25. januar 2022].

⁹ Se forurensningsklasser gjengitt på <https://luftkvalitet.miljostatus.no/artikkel/613> [besøkt 25. januar 2022]

Tabell 2: Forurensningsklasser for PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂, SO₂ og O₃. Kilde: Luftkvalitet i Norge, skjermdump fra <https://luftkvalitet.miljostatus.no/artikkel/613> [besøkt 25. januar 2022]

Klasser	Nivå	Helse- risiko	PM ₁₀ Døgn (µg/m ³)	PM _{2,5} Døgn (µg/m ³)	PM ₁₀ Time* (µg/m ³)	PM _{2,5} Time* (µg/m ³)	NO ₂ Time (µg/m ³)	SO ₂ Time (µg/m ³)	O ₃ Time (µg/m ³)
	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 (PM₁₀ og PM_{2,5}) 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](#).⁹

Verdens Helseorganisasjon (WHO) har høsten 2021 oppdatert sine retningslinjer for luftkvalitet («air quality guidelines»)¹⁰. Retningslinjen for langtidseksponering av SO₂ (24 timers gjennomsnitt) ble hevet fra 20 µg/m³ til 40 µg/m³, basert på den seneste forskningen. Retningslinjen for korttidseksponering av SO₂ (10 minutters gjennomsnitt) er uforandret på 500 µg/m³. 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 veiledende¹¹ målinger. Under nedre vurderingsterskel vil det ikke være behov for målinger. Nivåene for SO₂ er spesifisert i Tabell 3.

¹⁰ <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329> [besøkt 25. januar 2022]

¹¹ «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 SO₂ (Forurensningsforskriften, Vedlegg 3).

Forurensningskomponent	Øvre vurderingsterskel	Nedre vurderingsterskel
Helsebaserte vurderingsterskler		
SO ₂	75 µg/m ³ (døgnverdi) som ikke må overskrides mer enn 3 ganger pr. kalenderår	50 µg/m ³ (døgnverdi) som ikke må overskrides mer enn 3 ganger pr. kalenderår
Vegetasjonsbaserte vurderingsterskler		
SO ₂	12 µg/m ³ (vintermiddel)	8 µg/m ³ (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 SO₂-monitor

Svoveldioksid ble målt med SO₂-monitor (Teledyne API T100). Instrumentet bruker referansemetoden for måling av SO₂ (NS-EN 14212:2012), dvs. UV fluorescens. Dette er i henhold til kvalitetskriteriene for måling av SO₂ 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 luftkvalitetsportalen¹² <https://luftkvalitet.nilu.no> 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. Presisjonen til SO₂-monitoren ligger på 0,5% ved konsentrasjoner over 50 ppb (tilsvarer ca. 133 µg/m³).

4.2 Passive prøvetakere

Passive luftprøvetakere for SO₂ ble brukt i måleprosjektet for å kartlegge fordelingen av SO₂ 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.

¹² Tidligere måldata er tilgjengelige her: <https://luftkvalitet.nilu.no/historikk>



Figur 5: Passive prøvetakere i stativ som gir værbeskyttelse. Her vises prøvetakeren som er samlokalisert med målestasjonen i Konsul Wilds Vei. Bildet viser 2 parallelle prøvetakere, som brukt i 2019. I 2021, var det én prøvetaker per målepunkt. Merk at den er montert rett ovenfor inntaket til SO₂-monitoren. 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 SO₂-prøvetakeren er impregnert med en alkali (kaliumhydroksid, KOH) som er løst opp i metanol. Det blir tilsatt H₂O₂ (hydrogenperoksid) løsning ved utvasking av filterene. SO₂-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 28-35 dager. Deteksjonsgrensen for SO₂ ved 30 dagers eksponering er 0,1 µg/m³. Måleusikkerheten som tilskrives prøvebehandling og kjemiske analyser på laboratoriet ligger innenfor ± 10%.

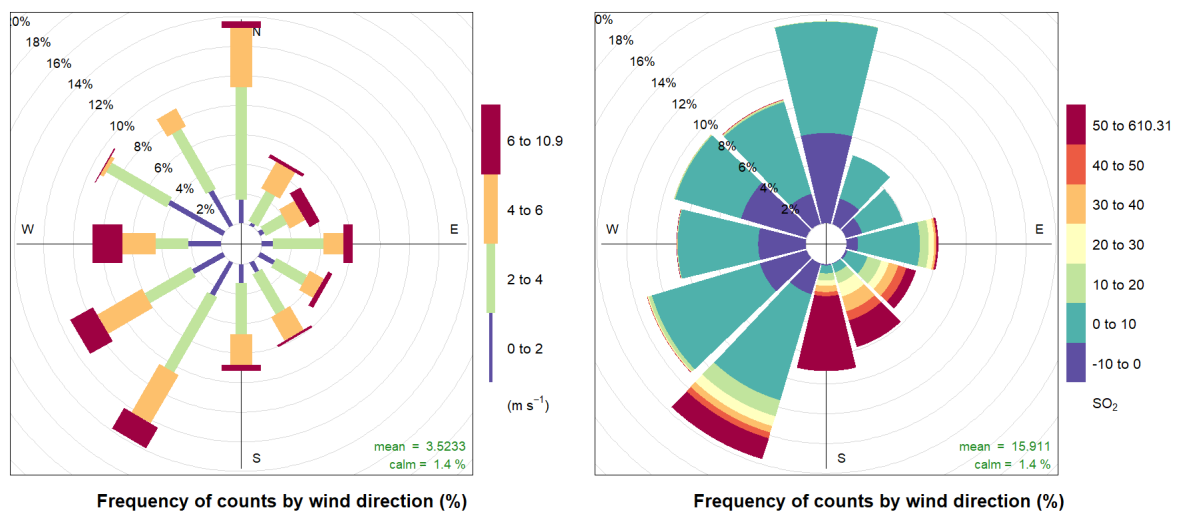
5 Måleresultater

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.

Vindrose¹³ og forurensningsrose midlet over hele måleperioden 1. januar 2021 – 31. januar 2021 (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. 26% av året). Forurensningsrosen viser sammenheng mellom målt SO₂-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/m³) ble målt ved vind fra sørlige retninger.

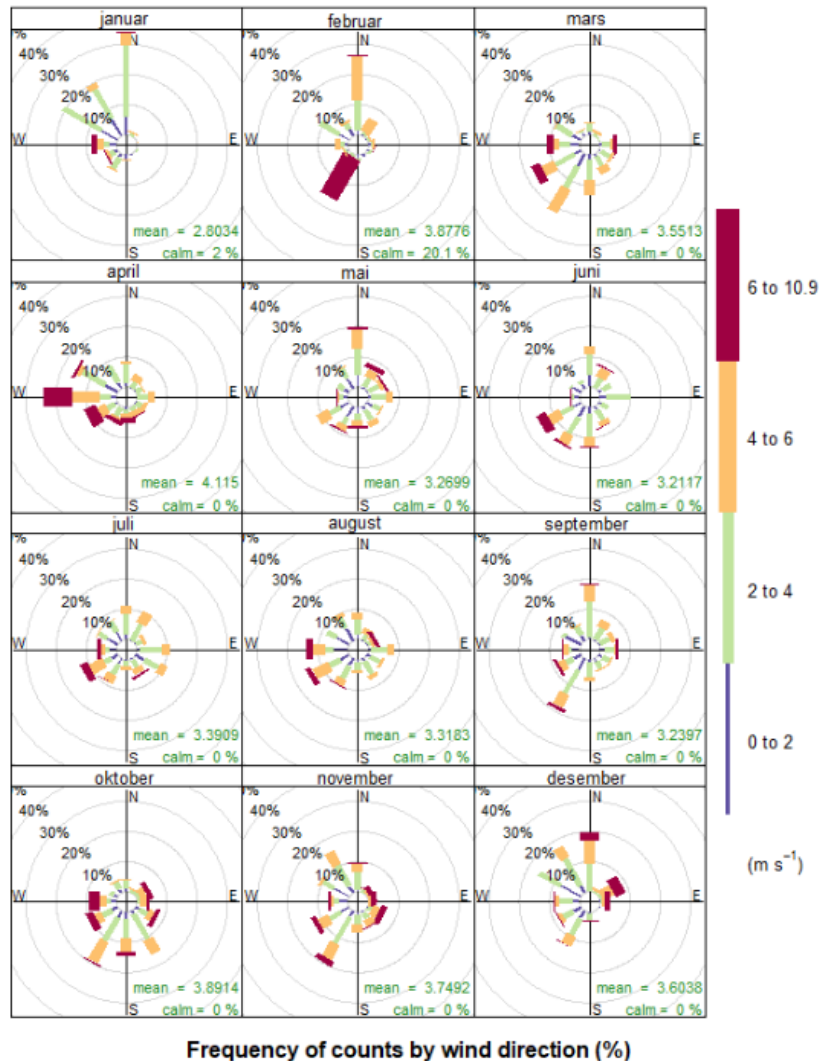


Figur 6: Vindrose (venstre) og forurensningsrose (høyre) for hele måleperioden (1. januar 2021 – 31. desember 2021) basert på timemiddelverdier. Vindretning og vindhastighet er målt på bedriftsområdet. SO₂-konsentrasjonen er målt i Konsul Wilds vei.

I måleperioden ble høyest SO₂-konsentrasjon målt ved Konsul Wilds vei når det blåste fra sørlige retninger, dvs. fra sør, sør-sørvest og sørøst. Timekonsentrasjoner over 50 µg/m³ ble observert svært sjeldent ved vind fra nordlige sektorer og vest (Figur 6).

Månedlige vindroser i perioden januar 2021 – desember 2021 er vist i Figur 7.

¹³ I periodene 1.-5. januar, 20. januar-6. februar, 19.-22. februar, 10.-17. mars mangler det meteorologiske data.

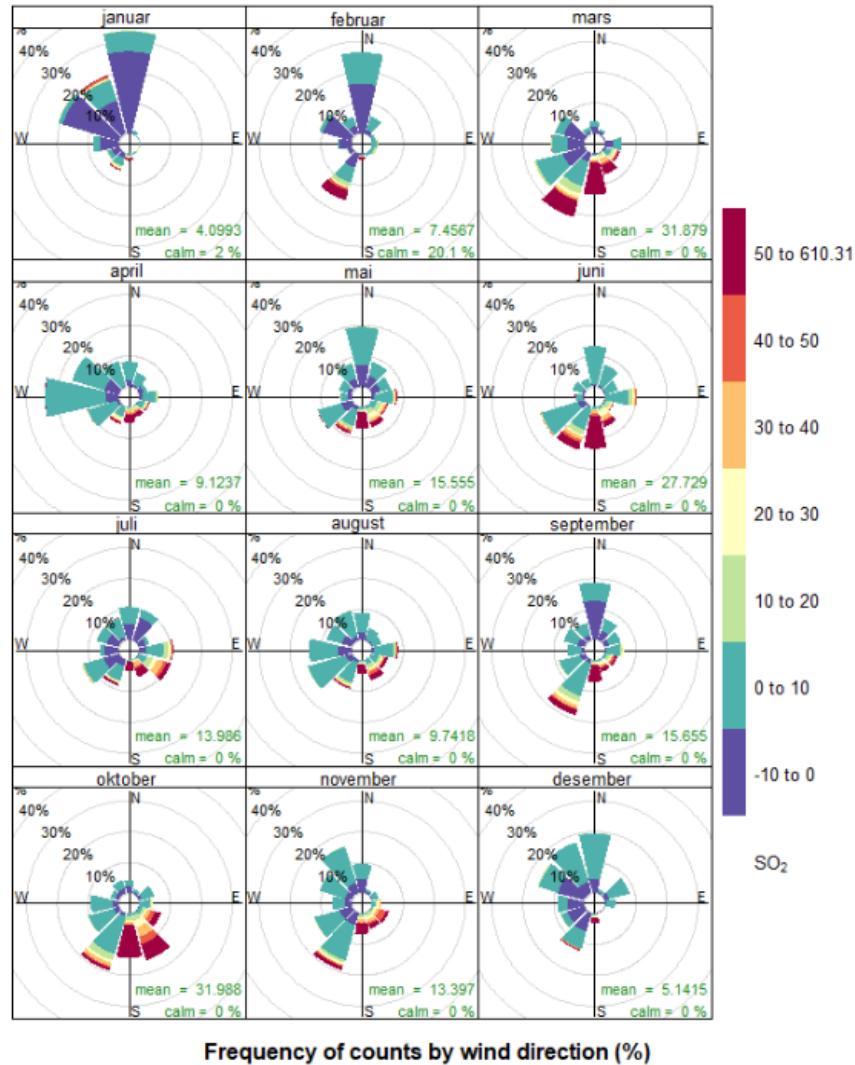


Figur 7: Månedlige vindrosener for perioden januar 2021 – desember 2021 (timedata). Figurene viser med hvilken frekvens det forekommer vind fra angitt retning. «Calm» angir prosentandelen tid med 0 m/s vindhastighet. «Mean» angir midlet vindhastighet.

Fremherskende vindretninger i måleperioden var fra sørvest mot nordøst og fra nord mot sør. Nordlig vind ble hovedsakelig observert i vintermånedene, samt mai og september.

Målestasjonen for kontinuerlig måling av SO₂ var plassert nord/nordøst for utslippspunktene på Fiskå slik at målestasjonen er utsatt for utslipp ved sørlig til sørøstlig vind (se Figur 1 og Figur 2).

Månedlige forurensningsrosener for perioden januar 2021 – desember 2021 er vist i Figur 8.



Figur 8: Månedlige forurensningsroser for perioden januar 2021 – desember 2021 (timedata). Konsentrasjonsdata fra målestasjonen i Konsul Wilds vei, vinddata fra vindmasten på bedriftsområdet til Elkem Carbon.

Det ble ikke alltid observert høy SO₂-konsentrasjon når det blåste fra Fiskå (dvs. fra sør og sørvest), men når det ble observert høy SO₂-konsentrasjon i Konsul Wilds vei, så blåste det fra bedriftene (se Figur 2 og Figur 3). I tillegg er belastningen av nærområdet påvirket av atmosfærisk stabilitet, som ikke er målt.

5.2 Svoveldioksid (SO₂)

5.2.1 Kontinuerlige målinger

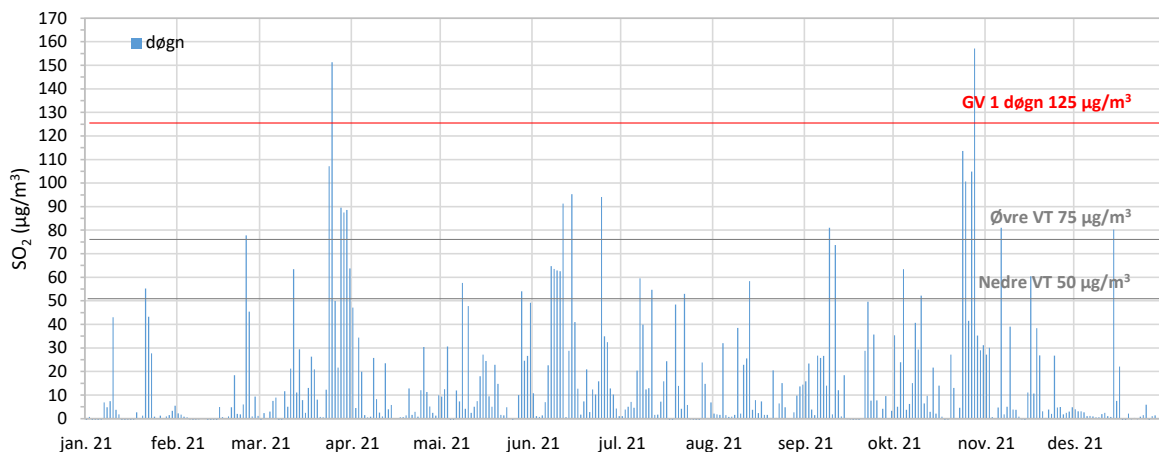
Målingene med SO₂-monitor i Konsul Wilds vei i perioden 1. januar 2021 – 31. desember 2021 (kalenderåret 2021) ga et årsmiddel på 15,4 µg/m³. Dette er lavere enn årsgrenseverdien for beskyttelse av økosystemer på 20 µg/m³, som gjelder over et kalenderår (1. januar – 31. desember).

Også grenseverdien for beskyttelse av økosystemer i foregående vinterperiode 2020-2021 (1. oktober – 31. mars) på 20 µg/m³ ble overholdt. Middelverdien som ble målt i Konsul Wilds vei i vinterperioden var 14,0 µg/m³.

Døgnmiddelverdiene for SO₂ målt ved Konsul Wilds vei i måleperioden er vist i Figur 9. Den høyeste døgnmiddel-konsentrasjonen observert i måleperioden var 157,1 µg/m³ og ble målt 28. oktober 2021. Denne dagen var en av to dager i kalenderåret med døgnmiddel over 125 µg/m³, som er grenseverdien for døgnmiddel og tillates overskredet tre ganger per kalenderår. De høyeste konsentrasjonene opptrådte tidlig om morgenen og formiddagen. Vindretningen var fra sør i denne tiden.

Den nest høyeste døgnmiddel-konsentrasjonen (151,3 µg/m³) ble målt 25. mars 2021. De høyeste konsentrasjonene ble observert midt på dagen. I denne tiden blåste det fra sør.

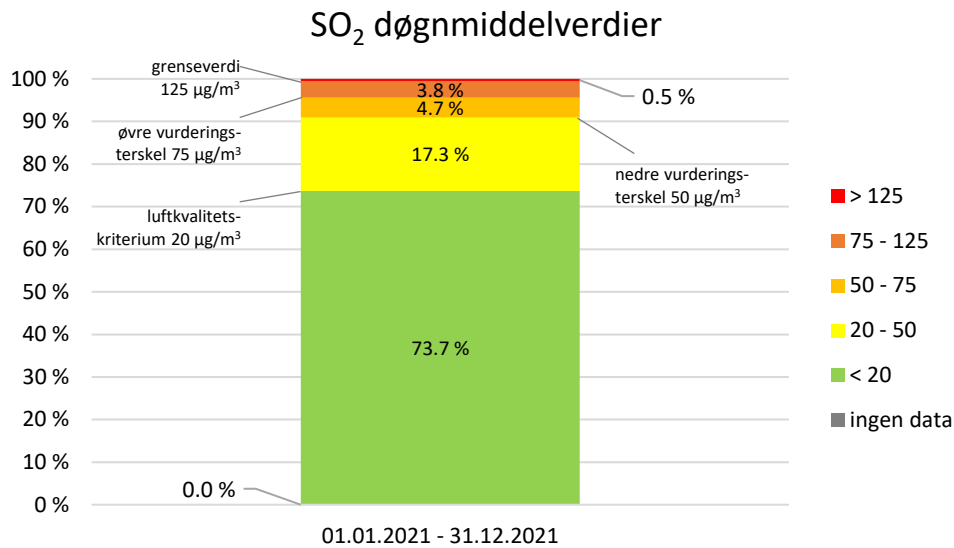
Elkem Carbon hadde ingen spesielle driftsrelaterte hendelser i forbindelse med noen av disse overskridelsene. Det var 3 koksovner i drift, 2 av disse var tilkopleet SO₂-rensaneanlegget, men 1 ovn gikk til fakkell uten rensing.



Figur 9: SO₂ døgnmiddelkonsentrasjoner ved Konsul Wilds vei i måleperioden. Grenseverdien for døgnmiddel på 125 µg/m³ (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 SO₂-døgnmidler under 20 µg/m³. Dette var tilfellet for 73,7% av dagene i måleperioden (Figur 10). Døgnmiddelkonsentrasjonen 20 µg/m³ er luftkvalitetskriterium i Norge (Nasjonalt folkehelseinstitutt, 2013) og retningslinje for SO₂ definert av WHO for å beskytte befolkningens helse. Denne ble overskredet 96 ganger i løpet av måleperioden (26,3% av tiden). WHO-retningslinjen ble endret fra 20 µg/m³ til 40 µg/m³ høsten 2021. Døgnmiddelkonsentrasjoner over 40 µg/m³ ble observert for 45 døgn (12,3% av tiden).

Døgnmiddelverdier over nedre vurderingsterskel på 50 µg/m³ ble observert i 9,0% av dagene (33 døgn). Øvre vurderingsterskel på 75 µg/m³ ble overskredet i 16 døgn (4,4% av dagene). Dette er mer enn forskriftens tillate 3 overskridelser. En oversikt over dagene over nedre og over øvre vurderingsterskel er gitt i Vedlegg A.



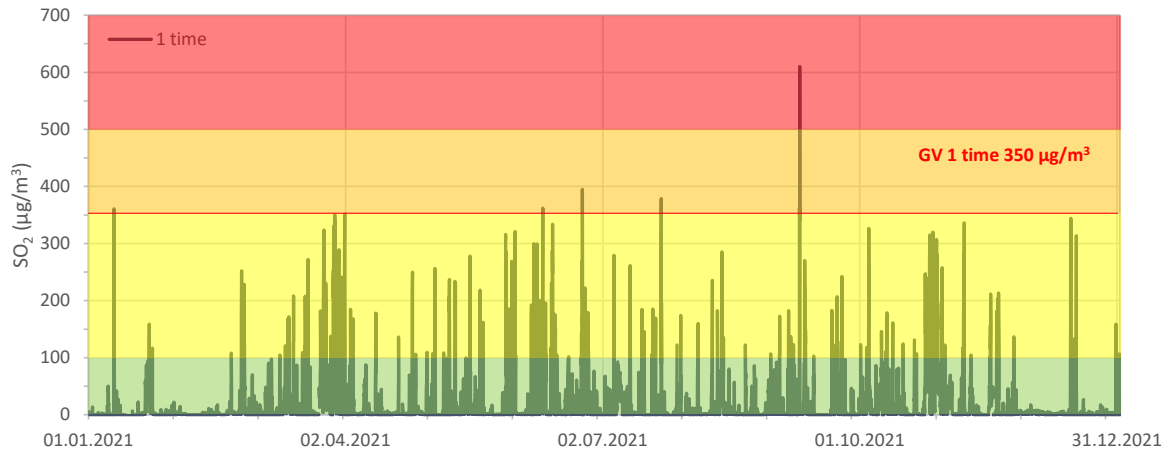
Figur 10: Fordeling av SO₂-døgnmiddelkonsentrasjoner (µg/m³) på angitte intervaller i måleperioden.

SO₂-timemidler målt ved Konsul Wilds vei i måleperioden er vist i Figur 11. Den røde linjen representerer grenseverdien for timemidler på 350 µg/m³ som ikke må overskrides mer enn 24 ganger per kalenderår. I kalenderåret 2021 ble timemiddelkonsentrasjonen 350 µg/m³ overskredet 8 ganger, dvs. grenseverdien ble overholdt.

Høyeste timemiddel i måleperioden var 610 µg/m³, målt 9. september 2021, kl. 17-18. Vindretningen var fra sør ved en midlet vindhastighet på 3,8 m/s. Høye timesverdier denne dagen sammenfaller med nedkjøring av koksovner i forbindelse med planlagt vedlikehold. Naboer var varslet i forkant av nedkjøringen.

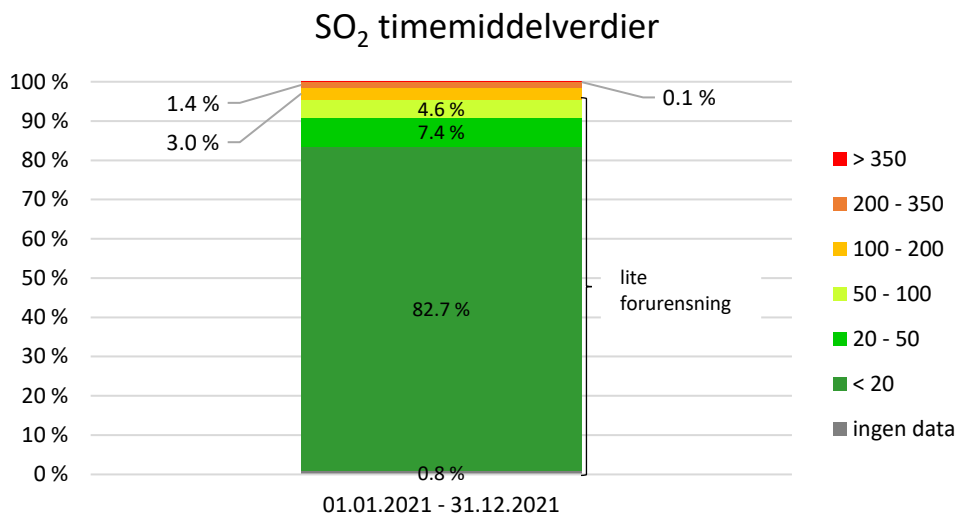
Nest høyeste timemiddel i måleperioden var 395 µg/m³, målt 24. juni 2021, kl. 19-20. Vindretningen var fra sør ved en midlet vindhastighet på 4,5 m/s. Elkem Carbon har ikke registrert noen spesielle hendelser eller driftsforhold i denne perioden.

Bakgrunnsfargene angir forurensningsklassene (se Tabell 2 i Kapittel 3). Lite forurensning (grønn) ble observert i 95,4% av tiden, moderat forurensning (gul) i 4,5% av tiden og høy forurensning (oransje) i 0,1% av tiden. Svært høy forurensning ble observert i én time i måleperioden. Det var totalt 7 timer med høy forurensning, dvs. SO₂-timemiddel i intervallet 350 – 500 µg/m³.



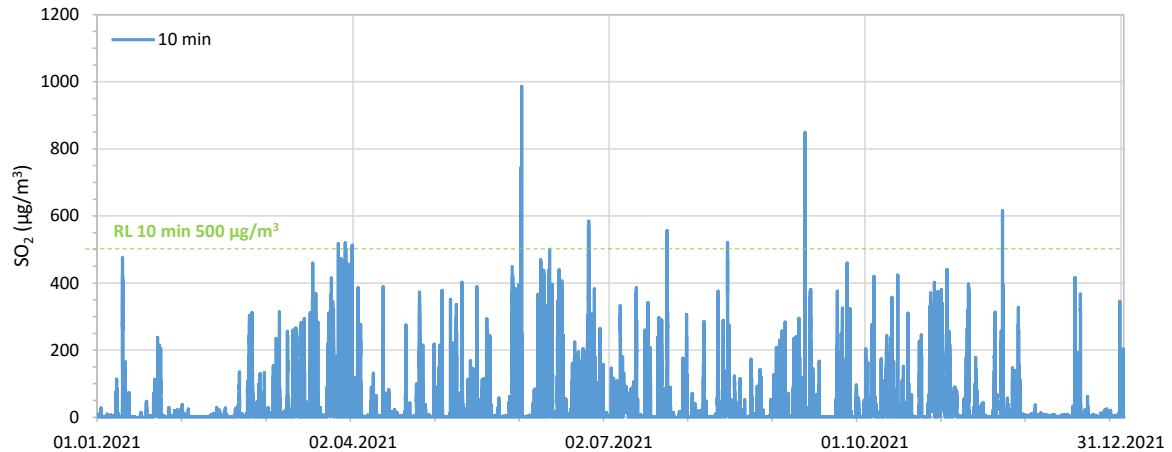
Figur 11: SO_2 tidsserie over kalenderåret 2021 (1. januar 2021 – 31. desember 2021) ved Konsul Wilds vei. Grenseverdien for timemiddel er angitt med en rød linje (skal ikke overskrides mer enn 24 ganger per kalenderår). Forurensningsklasser vises med fargekode: grønn (lite), gul (moderat), oransje (høyt), rød (svært høyt).

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



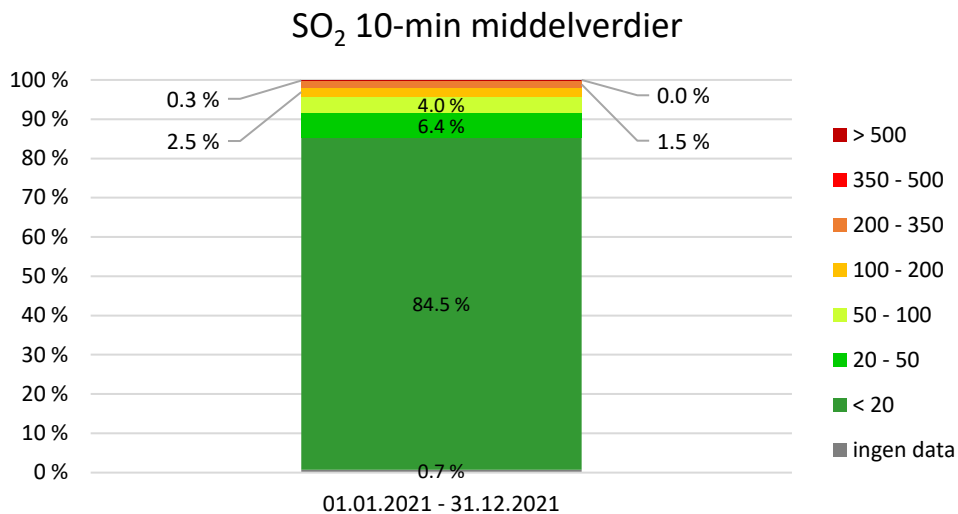
Figur 12: Fordeling av SO_2 -timemiddelkonsentrasjoner på angitte konsentrasjonsintervaller ($\mu g/m^3$) i måleperioden.

Tidsserien for SO_2 10-minutt middelveier 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 men en grønn stiplet linje. Retningslinjeverdien ble overskredet 23 ganger i løpet av måleperioden. Høyeste 10-minutt middel i måleperioden var $986 \mu g/m^3$, målt 31. mai 2021, kl. 22:00-22:10. Det er ikke registrert noen spesielle hendelser eller unormal drift hos Elkem Carbon på dette tidspunktet.



Figur 13: 10-minutt middelerverdier for SO₂ ved Konsul Wilds vei i perioden 1. januar 2021 – 31. desember 2021. WHO-retningslinjen for korttidseksponering (500 µg/m³) er vist med grønn stiplet linje.

Figur 14 viser hvor ofte 10 minutt middelerverdier i ulike store konsentrasjonsintervaller ble observert i løpet av kalenderåret 2021.



Figur 14: Fordeling av 10 minutt middelerverdier av SO₂ på ulike store konsentrasjonsintervaller (µg/m³) i måleperioden.

Luftkvalitetskriteriet for 15 minutt middelerverdier på 300 µg/m³ ble overskredet omtrent 178 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.

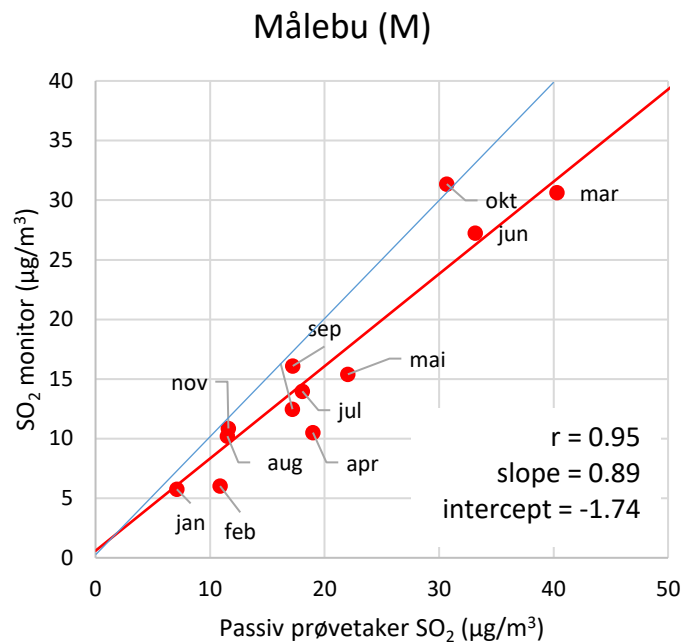
Tabell 4: Sammenheng av målinger av SO₂ med monitor ved Konsul Wilds vei i måleperioden (1. januar 2021 – 31. desember 2021). Konsentrasjoner er angitt i µg/m³.

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
Jan21	6,4	55,3	31	4	0	360,6	736	730	5	1	0	475,4	0
Feb21	6,1	77,8	28	2	0	252,0	666	651	15	0	0	311,6	0
Mar21	29,5	151,3	31	13	1	350,3	737	657	79	1	0	519,6	3
Apr21	9,1	47,1	30	5	0	351,3	716	700	15	1	0	513,0	3
Mai21	15,6	57,6	31	10	0	321,1	737	705	32	0	0	986,1	3
Jun21	27,7	95,3	30	13	0	394,9	714	640	72	2	0	584,2	3
Jul21	14,0	59,5	31	8	0	378,6	736	713	22	1	0	556,2	2
Aug21	9,7	58,3	31	6	0	285,4	738	724	14	0	0	520,8	1
Sep21	15,7	81,0	30	9	0	610,3	714	679	33	1	1	848,8	7
Okt21	32,0	157,1	31	16	1	326,3	740	671	69	0	0	440,7	1
Nov21	13,4	81,0	30	8	0	336,1	716	694	22	0	0	615,4	1
Des21	5,1	80,3	31	2	0	344,3	739	728	11	0	0	416,1	0
2021	15,4	157,1	365	96	2	610,3	8689	8292	389	7	1	986,1	23

5.2.2 Måling med passive prøvetakere

Fordelingen av SO₂ i området rundt Fiskå ble kartlagt ved hjelp av passive prøvetakere. Prøvetakerne ble eksponert i månedspersoder som dekker hele året. Prøvetakerne var plassert på 3 steder¹⁴ i boligområder rundt Fiskå Teknologipark (se Figur 1 i Kapittel 0) og gir informasjon om SO₂-konsentrasjonen også i områdene uten høyoppløst måling.

Én lokasjon var ved måleboden for å sammenligne konsentrasjonen målt med passiv prøvetaker med konsentrasjonen målt med SO₂-monitor (referansem metode), midlet over samme tidsperiode (eksponeringsperioden). Prøvetakeren var montert rett over inntaket til SO₂-monitoren som vist i Figur 5. Et scatter-plot for alle 12 eksponeringsperiodene (Figur 15) viser at konsentrasjonene målt med passiv prøvetaker i perioden har vært i snitt ca. 12% høyere enn konsentrasjoner målt med SO₂-monitoren. Det betyr at SO₂-målingene fra passive prøvetakere presentert i denne rapporten gir et konservativt estimat på SO₂-nivået i området. Måleusikkerheten for passive prøvetakere er høyere enn for SO₂-monitoren (se kapittel 4). Resultater fra alle passive prøvetakere fra 2021 er samlet i Tabell 5.



Figur 15: Sammenligning av resultatene fra passive SO₂ prøvetakere eksponert ved måleboden i Konsul Wilds vei (x-akse) og resultatene fra SO₂-monitoren i målebod (y-akse), midlet over samme tidsperiode, for perioden januar 2021 – desember 2021. Blå linje viser 1:1-linjen. Rød linje viser resultatet fra ortogonal regresjon.

Ved Fiskåveien ble det brukt to prøvetakere til og med januar 2021, én ved den opprinnelige lokasjonen ved parkeringsplassen utenfor barnehagen (lokasjon 4a) og én inne på lekeområdet til barnehagen (lokasjon 4b).

¹⁴ Frem til og med januar 2021 ble passive prøvetakere eksponert ved 6 steder. Målinger siden høsten 2019 viste at Slettheia og Lumber var mindre utsatt for utslipp. Antallet prøvesteder ble derfor redusert fra februar 2021.

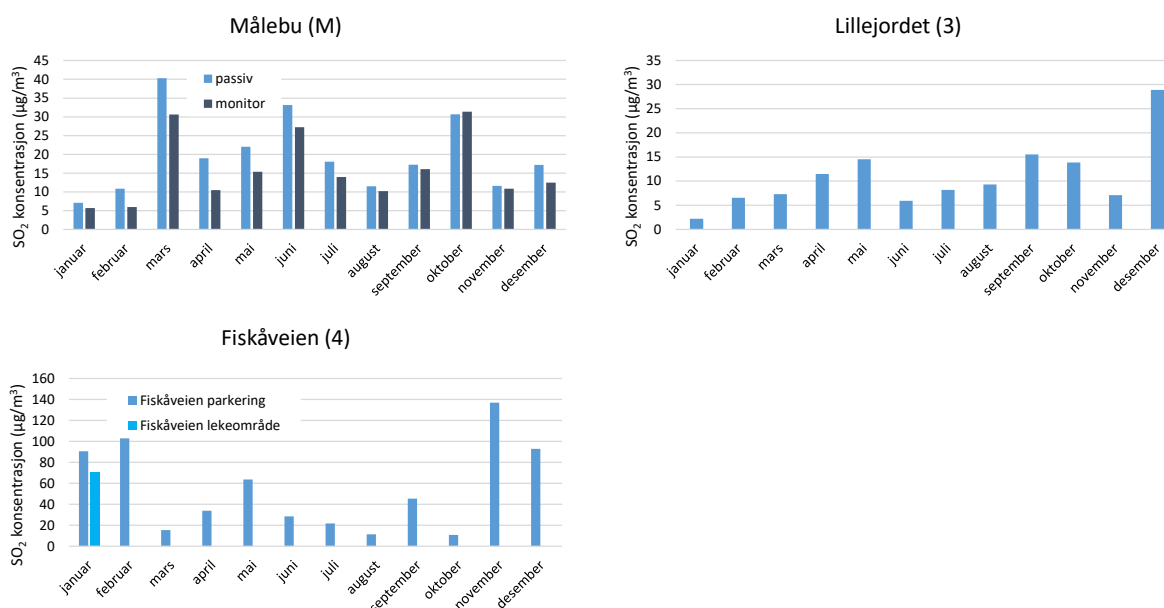
Tabell 5: Resultater fra passive prøvetakere for 12 eksponeringsperioder (lokasjonene og eksakte datoer for eksponeringsperiodene er vist i Vedlegg C). MR: midlet konsentrasjon fra SO₂-monitoren (referansem metode) i måleperioden; M: Passiv prøvetaker ved måleboden; 4a, 4b: Prøvetakere ved Fiskåveien lokasjon 4a og 4b (januar 2021). Alle konsentrasjoner er angitt i µg/m³.

	Målebod		Lok 1	Lok 2	Lok 3	Lok 4		Lok 5
	MR	M	1	2	3	4a	4b	5
Jan	5,7	7,1	4,0	2,7	2,2	90,6	70,6	17,2
Feb	6,0	10,9	-	-	6,5	122,4	-	-
Mar	30,6	40,3	-	-	7,3	15,4	-	-
Apr	10,5	19,0	-	-	11,5	33,9	-	-
Mai	15,4	22,0	-	-	14,5	63,7	-	-
Jun	27,2	33,2	-	-	5,9	28,5	-	-
Jul	14,0	18,0	-	-	8,2	21,8	-	-
Aug	10,2	11,5	-	-	9,3	11,4	-	-
Sep	16,1	17,2	-	-	15,5	45,4	-	-
Okt	31,4	30,7	-	-	13,9	10,7	-	-
Nov	10,9	11,6	-	-	7,1	137,0	-	-
Des	12,5	17,2	-	-	28,9	93,0	-	-
2021	15,9	19,9	-	-	10,9	56,1	-	-

SO₂-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 Fiskåveien og ved måleboden viste seg å være mest eksponert for SO₂-utslipp.

En annen måte å visualisere resultatene fra passive prøvetakere er tidsserier. Figur 16 viser SO₂-tidsseriene for de 3 målestedene. Merk at skalaen for y-aksen varierer for de ulike stedene.

Det høyeste månedsmiddelet ble observert ved lokasjon 4 (Fiskåveien) i november 2021, med et nivå rundt 137 µg/m³. Fiskåveien er målestedet som ligger nærmest bedriften. I november 2021 var det vind fra nord og nordvest over 35% av tiden. Dermed var området sør og sørøst for bedriften mest belastet. Dette gjenspeiles i SO₂-fordelingen i eksponeringsperioden november 2021 (se Vedlegg C).



Figur 16: Tidsserier for SO₂-konsentrasjonen målt med passive prøvetakere ved de ulike lokasjonene.

6 Diskusjon

Plassering av målestasjonen

Hovedvindretningen i måleperioden målt på bedriftsområdet til Elkem Carbon var fra sørvest (ca. 27% av tiden) og nord (23% av tiden). Regional vindfordeling (Oksøy fyr¹⁵) 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 (sørvestvind 27% av tiden, sørvind 14% av tiden) og plasseringen anses å være representativ også utover måleperioden.

Som beskrevet i luftkvalitetsdirektivet (2008/50/EF), som er implementert i Norge gjennom Forurensningsforskriften 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/m³ (se Figur 6 i Kapittel 5.1). Høy SO₂-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 ble observert i flere måneder i 2021, er områdene sør og vest for bedriften mer påvirket av utslipp enn vanlig. Også atmosfærisk stabilitet kan påvirke SO₂-fordelingen i nærområdet.

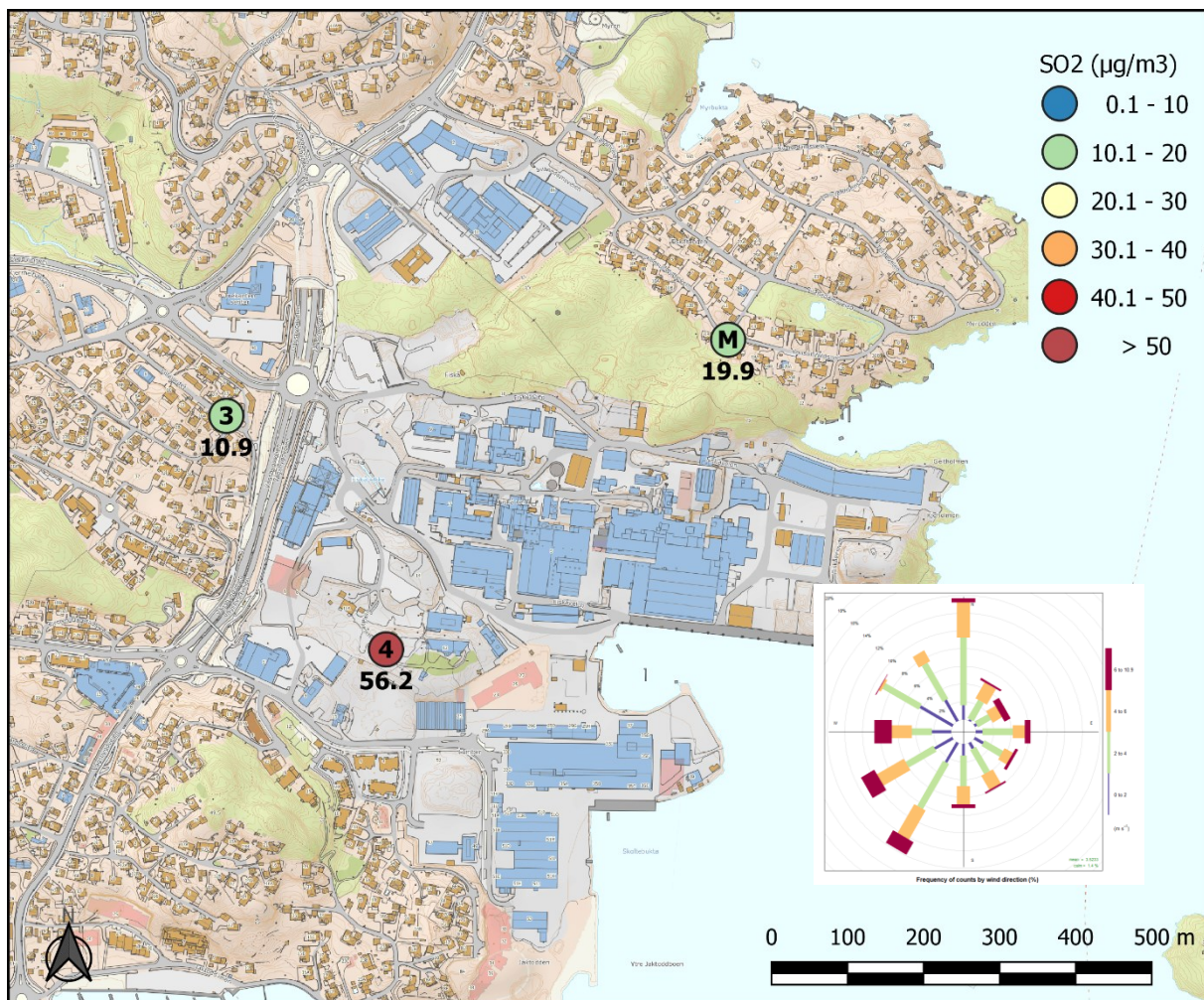
Andre SO₂-kilder i området, som Glencore Nikkelverk og skipstrafikk mot Kristiansand, anses å ha neglisjerbar påvirkning på SO₂-konsentrasjoner i boligområdet på Fiskåtangen (og generelt i området rundt Fiskå).

¹⁵ Ved Oksøy fyr (meteorologisk målestasjon fra Meteorologisk institutt) har vindretningen en større komponent fra vest, sammenlignet med lokal vindfordeling ved Elkem Carbon.

Det måles hovedsakelig lave SO_2 -konsentrasjoner ved Konsul Wilds vei. 82,7% av alle timemiddelkonsentrasjoner var under $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i måleperioden.

SO_2 -fordeling

Fordelingen av prøvetakerne rundt bedriftene viser et representativt bilde av SO_2 -nivået i bebodde områder i nærheten. Prøvetakerne er plassert i de nærmeste boligområdene og oppholdsstedene rundt bedriftene. Geografisk fordeling av SO_2 , målt med passive prøvetakere og midlet over alle eksponeringsperioder (Figur 17) viser at lokasjon 4 (Fiskåveien) og måleboden i Konsul Wilds vei var mest eksponert for SO_2 -utslipp fra bedriftene i måleperioden. På Lillejordet (lokasjon 3) (lokasjon 1) ble det observert lav konsentrasjon under måleperioden.



Figur 17: Fordelingen av SO_2 i området, målt med passive prøvetakere, midlet over hele måleperioden januar 2021 – desember 2021 (ved målested 1, 2 og 5 ble det bare eksponert prøver i januar 2021).

Middelverdien på lokasjon 4 «Fiskåveien» over 12 måneder var $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (på parkeringen utenfor barnehagen). Den høye verdien skyldes hovedsakelig konsentrasjonene målt i januar, februar, november og desember 2021 da vinden kom fra nord i perioder.

Vind fra nord opptrer imidlertid ganske sjelden i området. I måleperioden ble det observert nordlig vind ca. 23% av tiden. Vindrosen fra Oksøy fyr midlet over perioden 2009-2018 viser nordlig vind ca. 10% av tiden. Ser man på fordelingen over vindretninger per måned i perioden 2009-2018, opptrer nordlig vind oftest i desember.

Resultatene tyder på at det er sannsynlig at øvre vurderingsterskel var overskredet ved lokasjon 4 i 2021.

En bakgrunnskonsentrasjon¹⁶ av SO₂ på 0,02 µg S/m³ måles ved Birkenesobservatoriet, 33 km nord-nordøst for måleområdet. Birkenes er upåvirket av lokale kilder.

7 Referanser

- Hak, C. (2020) Målinger av SO₂ i omgivelsene til Elkem Carbon og REC Solar. September 2019 – august 2020. NILU rapport 20/2020. Kjeller: NILU. URL: <https://nilu.brage.unit.no/nilu-xmlui/handle/11250/2688808>
- Hak, C., Teigland, E.K., Andresen, E. (2021) Målinger av SO₂ i omgivelsene til Elkem Carbon og REC Solar. Januar 2020 – desember 2020. NILU rapport 10/2021. Kjeller: NILU. URL: <https://nilu.brage.unit.no/nilu-xmlui/handle/11250/2736823>
- Miljødirektoratet (2014). *Håndbok for kvalitetssystem for målinger av luftkvalitet. Del 1: Beskrivelse av kvalitetssystemet* (Veileder, M-39 | 2014). Oslo: Miljødirektoratet. URL: <https://cmsapi-luft.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m39/m39.pdf>
- Miljødirektoratet (2015). *Veileder til forurensningsforskriften, kapittel 7, om lokal luftkvalitet* (Veileder, M-413 | 2015). Oslo: Miljødirektoratet. URL: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m413/m413.pdf>
- Nasjonalt folkehelseinstitutt (2013). *Luftkvalitetskriterier. Virkninger av luftforurensning på helse* (Rapport, 2013:9). Oslo: Nasjonalt folkehelseinstitutt. URL: <https://www.fhi.no/globalassets/dokumenterfiler/rapporter/2013/luftkvalitetskriterier---virkninger-av-luftforurensning-pa-helse-pdf.pdf>
- Norsk Energi (2018). *Spredningsberegninger SO₂, Elkem Carbon*. Dok. ID: 34053-00002-3.0
- Norsk Energi (2020). *Spredningsberegninger SO₂, Elkem Carbon*. Dok. ID: 34643-00012-1.1

¹⁶ Data kan lastes ned fra <http://ebas-data.nilu.no/>

Vedlegg A

SO₂-døgnmiddelverdier over nedre og øvre vurderingsstør

SO₂-døgnmiddelverdier mellom nedre og øvre vurderingsterskel (50 µg/m³ < døgnmiddel < 75 µg/m³), mellom øvre vurderingsterskel og grenseverdi (75 µg/m³ < døgnmiddel < 125 µg/m³) og over grenseverdi (døgnmiddel > 125 µg/m³). Konsentrasjoner er gitt i µg/m³.

Døgnmidler mellom nedre og øvre vurderingsterskel		Døgnmidler mellom øvre vurderingsterskel og grenseverdi		Døgnmidler over grenseverdi	
Dato	Døgnmiddel-konsentrasjon	Dato	Døgnmiddel-konsentrasjon	Dato	Døgnmiddel-konsentrasjon
21.01.2021	55,3	24.02.2021	77,8	25.03.2021	151,3
12.03.2021	63,4	24.03.2021	107,2	28.10.2021	157,1
31.03.2021	63,7	28.03.2021	89,6		
08.05.2021	57,6	29.03.2021	87,6		
28.05.2021	54,0	30.03.2021	88,6		
07.06.2021	64,7	11.06.2021	91,3		
08.06.2021	63,5	14.06.2021	95,3		
09.06.2021	62,9	24.06.2021	94,1		
10.06.2021	62,6	09.09.2021	81,0		
07.07.2021	59,5	24.10.2021	113,6		
11.07.2021	54,7	25.10.2021	100,6		
22.07.2021	52,9	27.10.2021	104,8		
13.08.2021	58,3	06.11.2021	81,0		
11.09.2021	73,6	14.12.2021	80,3		
04.10.2021	63,4				
10.10.2021	52,2				
16.11.2021	60,4				

Oversikt over SO₂-timemiddelverdier over 350 µg/m³, dato og tid (alltid norsk vintertid) de ble registrert og vindforhold i samme periode. Detaljer angående drift av SO₂-renseanlegget og evt. unormale driftsforhold i produksjon er gitt i fotnoten.

Dato	Timemiddel-konsentrasjon	Vindretning	Vindhastighet	Renseanlegg i drift
10.01.2021 kl. 00-01	360,6	179°	3,4	N*
29.03.2021 kl. 03-04	350,3	185°	4,8	J
01.04.2021 kl. 15-16	351,3	177°	5,7	J
10.06.2021 kl. 18-19	362,0	183°	3,7	J
24.06.2021 kl. 19-20	394,9	179°	4,5	J
22.07.2021 kl. 16-17	378,6	181°	4,4	J
09.09.2021 kl. 15-16	363,0	175°	4,2	N*
09.09.2021 kl. 17-18	610,3	179°	3,8	N*

* 10.01.2021 Hendelse (trykkfall på oljekjøler under planlagt nedkjøring av ovn → utfall rensing)

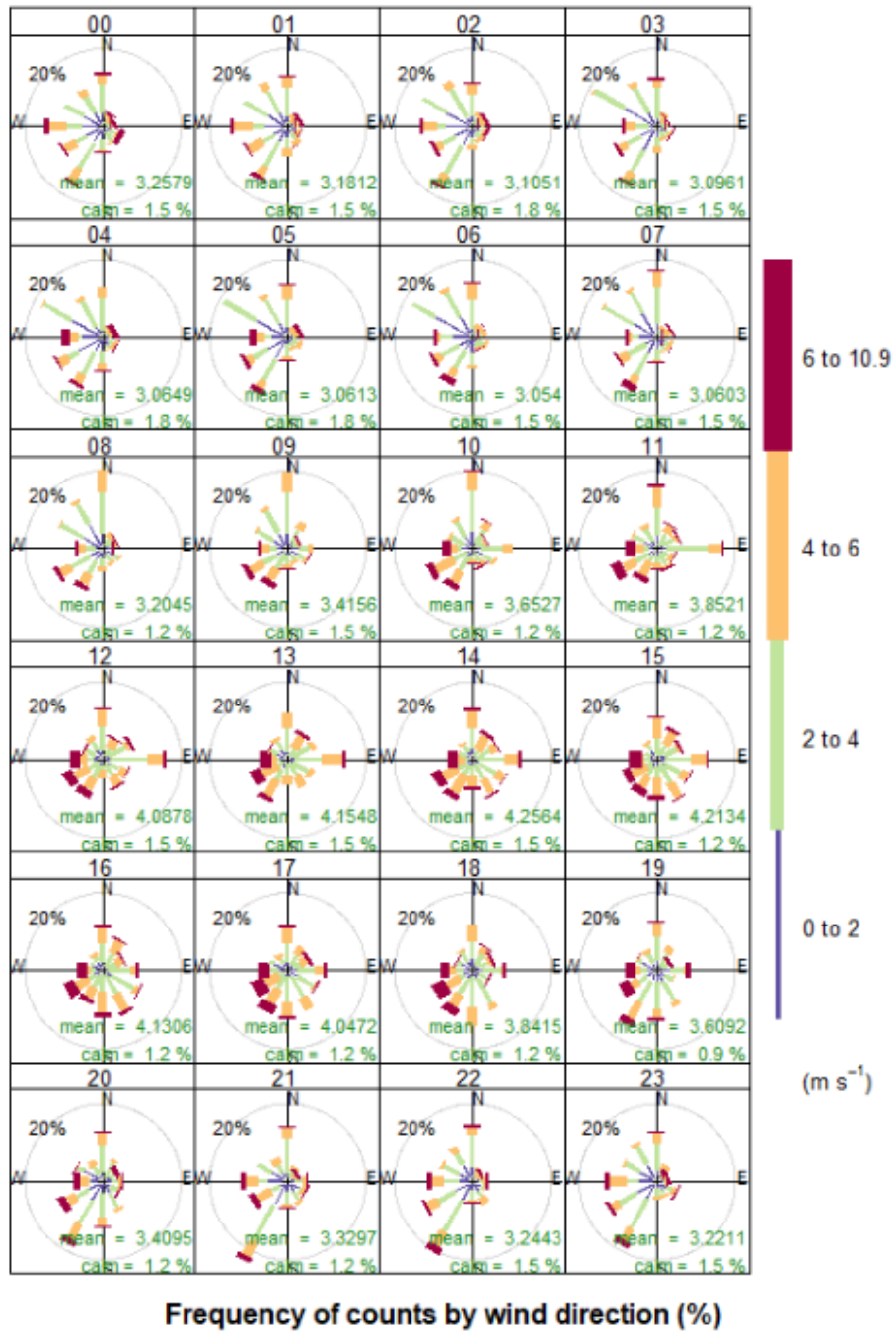
* 09.09.2021 Nedkjøring av ovner for planlagt og varslet vedlikeholdsstans på rensianlegg

For øvrige datoer er det ikke registrert spesielle driftsforhold hos Elkem Carbon

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 2021 – 31. desember 2021).

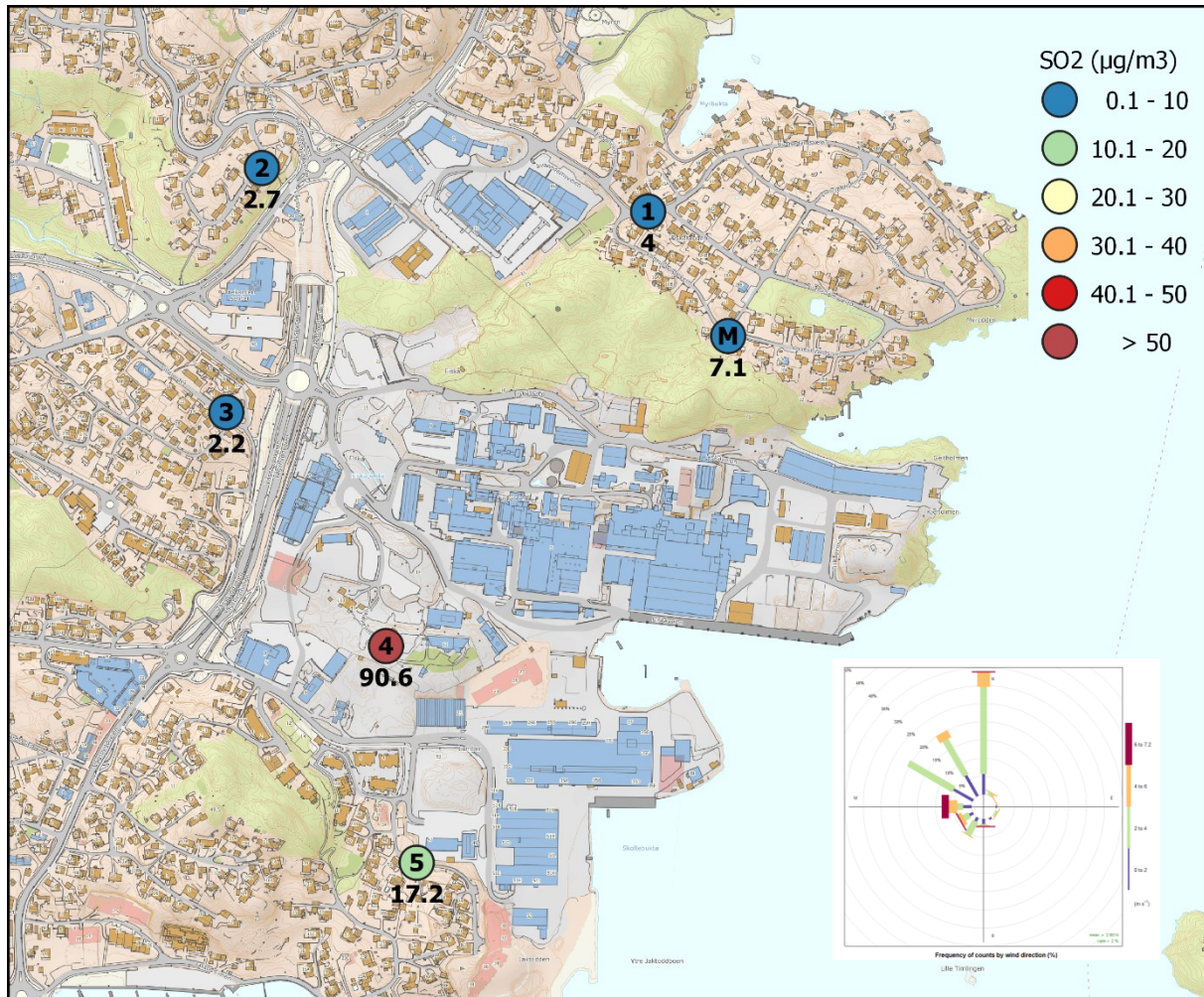


Vedlegg C

Geografisk fordeling av SO₂ i måleområdet

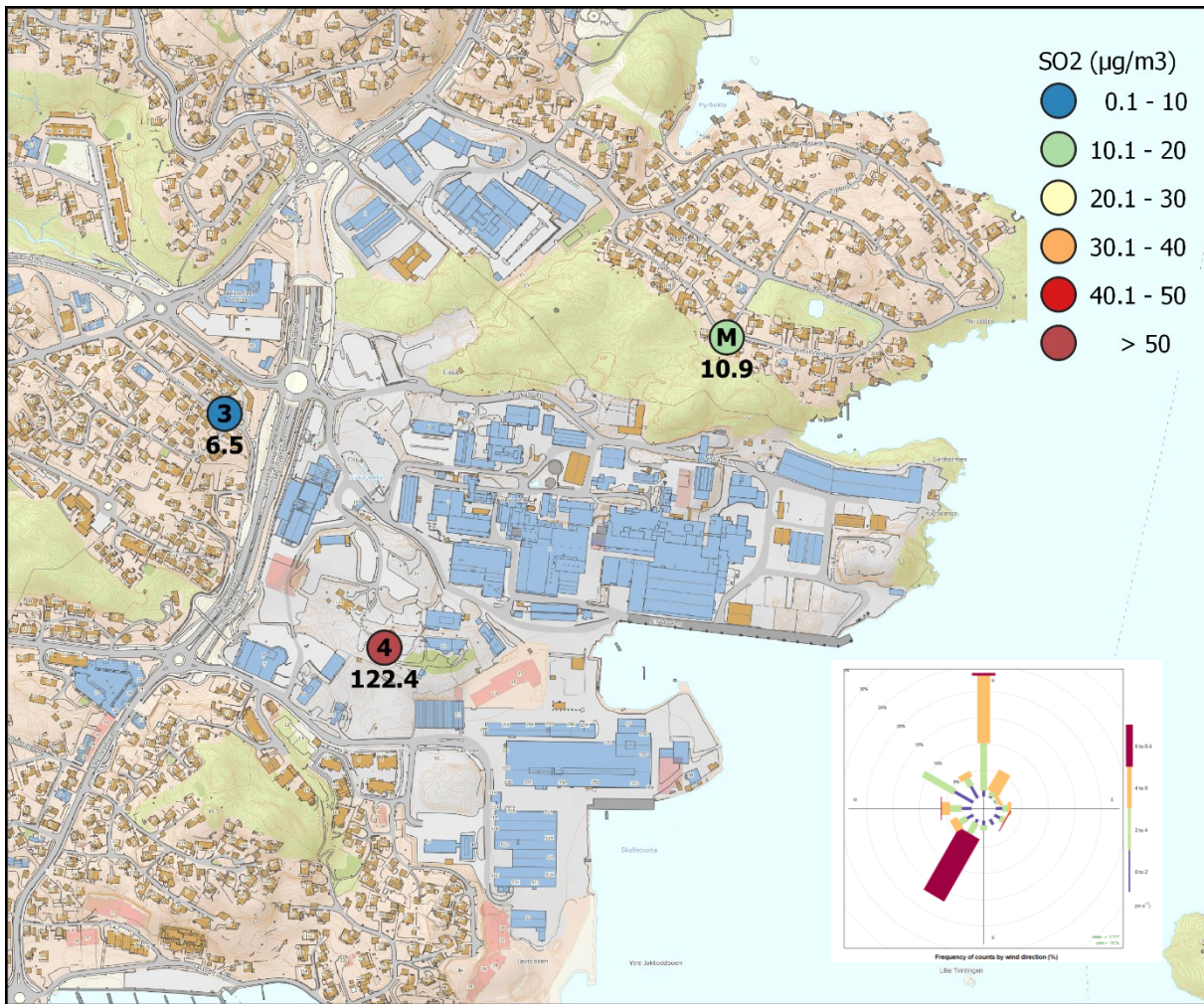
Geografisk fordeling av SO_2 i måleområdet for hver eksponeringsperiode. Fargeskalaen er konstant over hele måleperioden og angir SO_2 -konsentrasjonen i like store intervaller fra blå (lav konsentrasjon) til rød (høy konsentrasjon). Vindrosen er vist for hver eksponeringsperiode (vind målt på bedriftsområdet).

Januar 2021



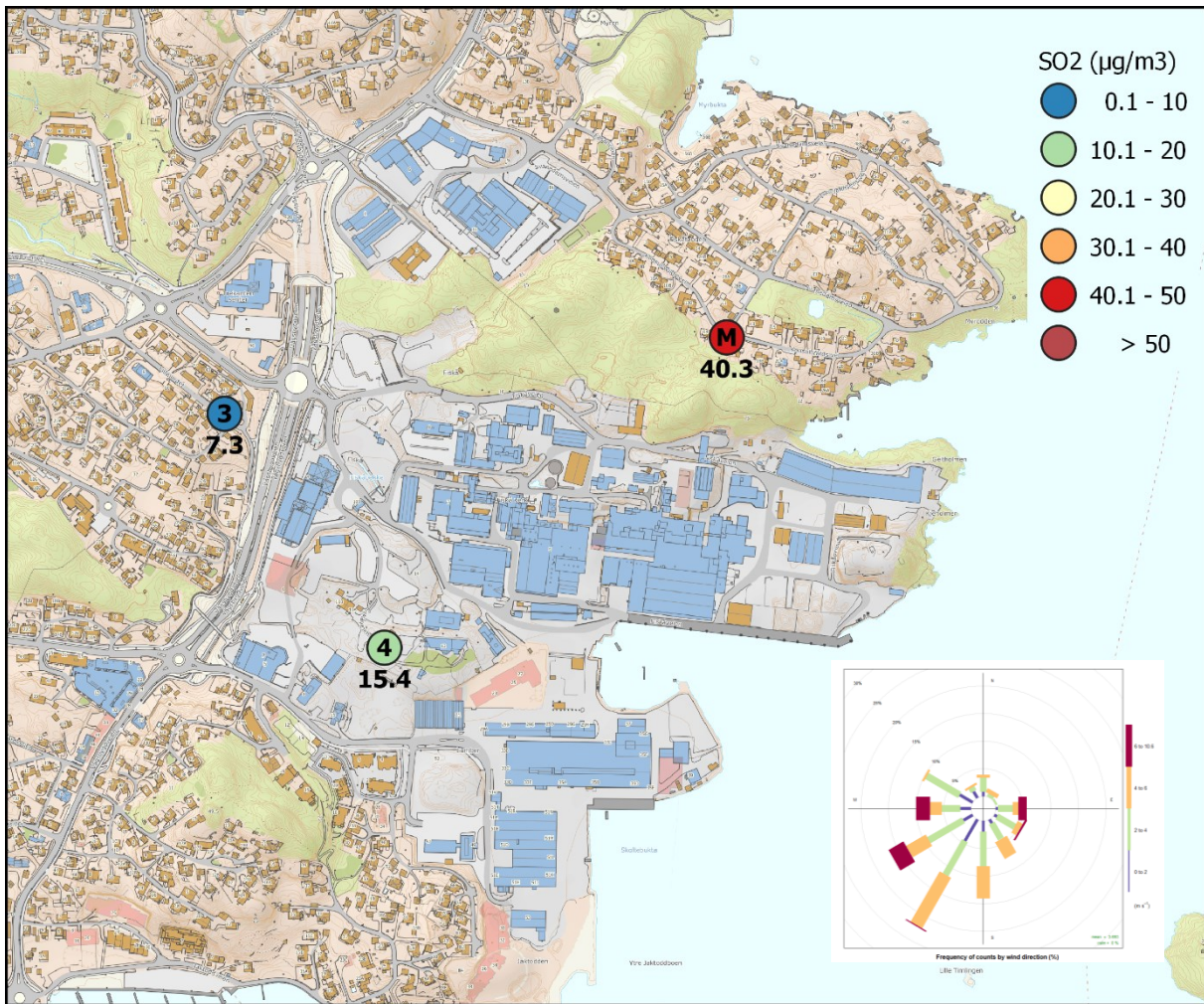
Eksponeringsperiode: 30. desember 2020 – 3. februar 2021

Februar 2021



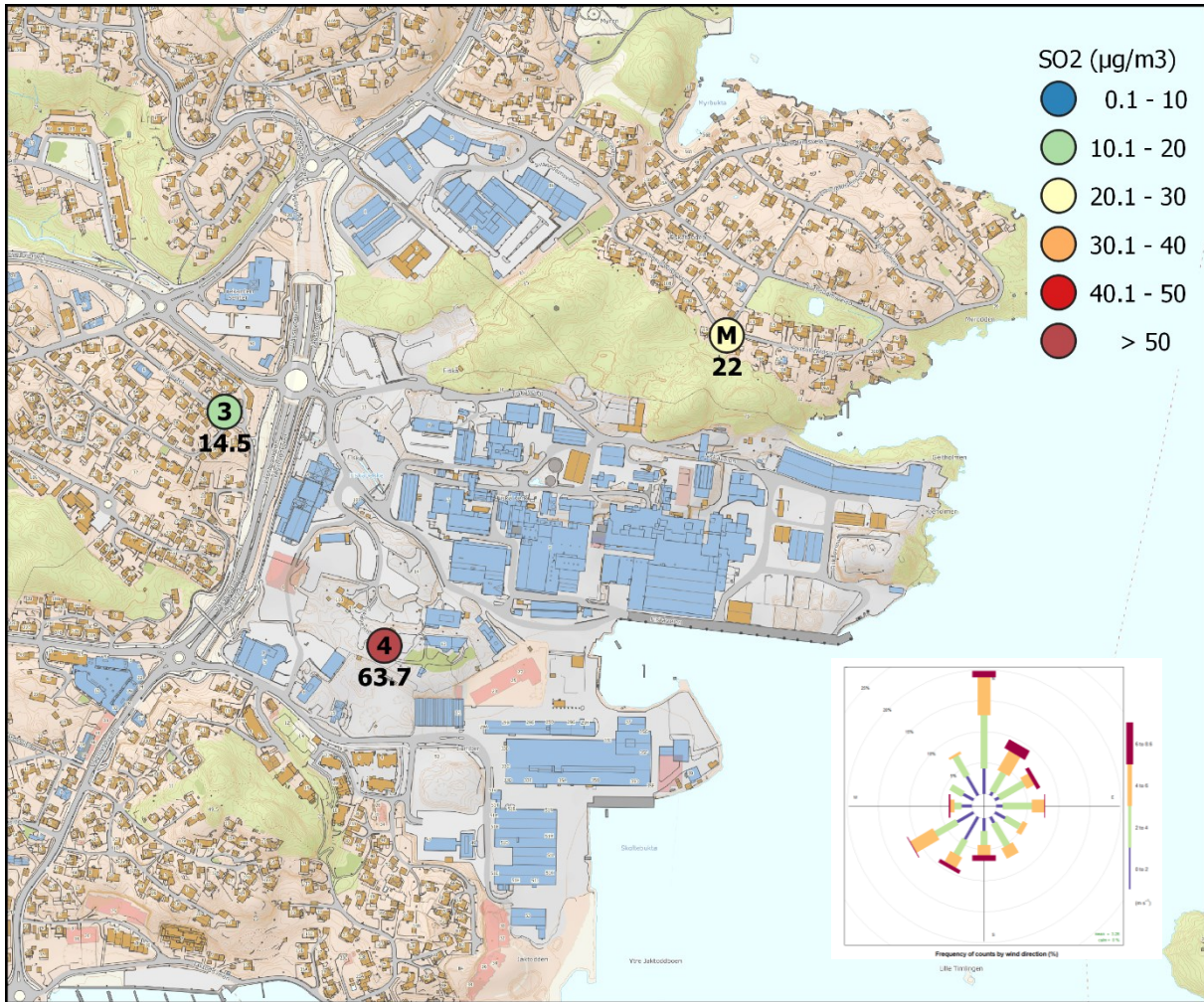
Eksponeringsperiode: 3. februar 2021 – 3. mars 2021

Mars 2021



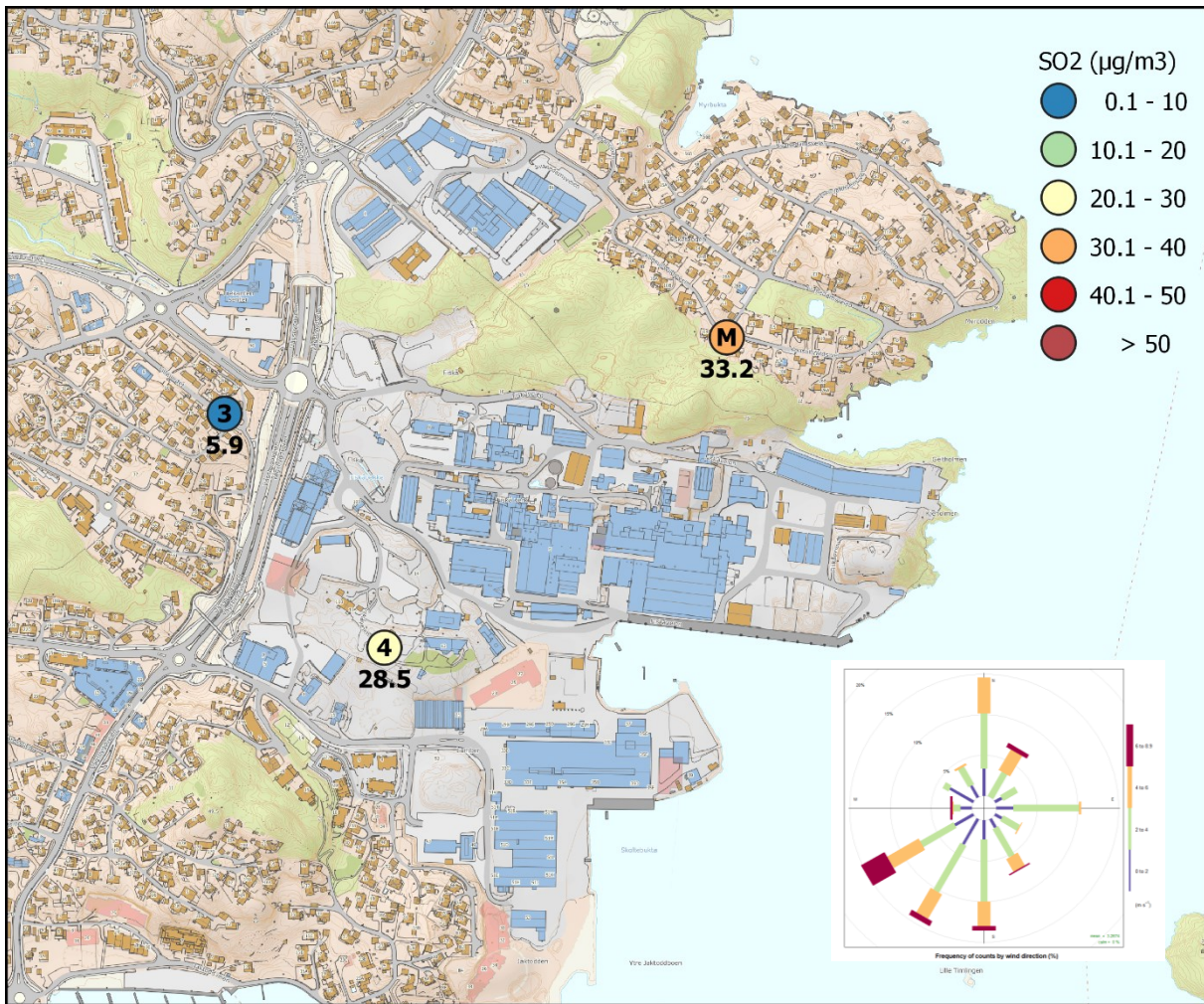
Eksponeringsperiode: 3. mars 2021 – 31. mars 2021

Mai 2021



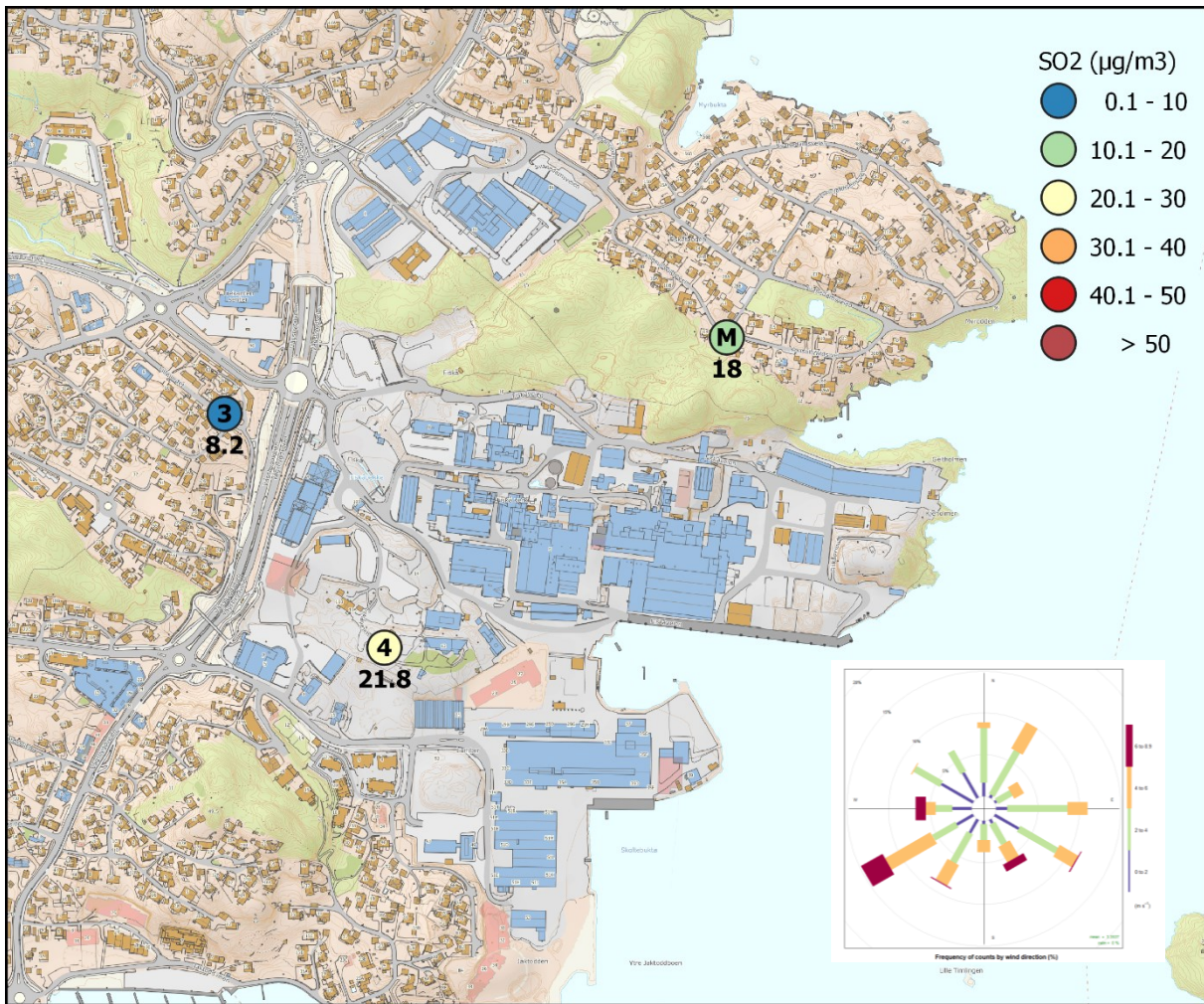
Eksponeringsperiode: 30. april 2021 – 2. juni 2021

Juni 2021



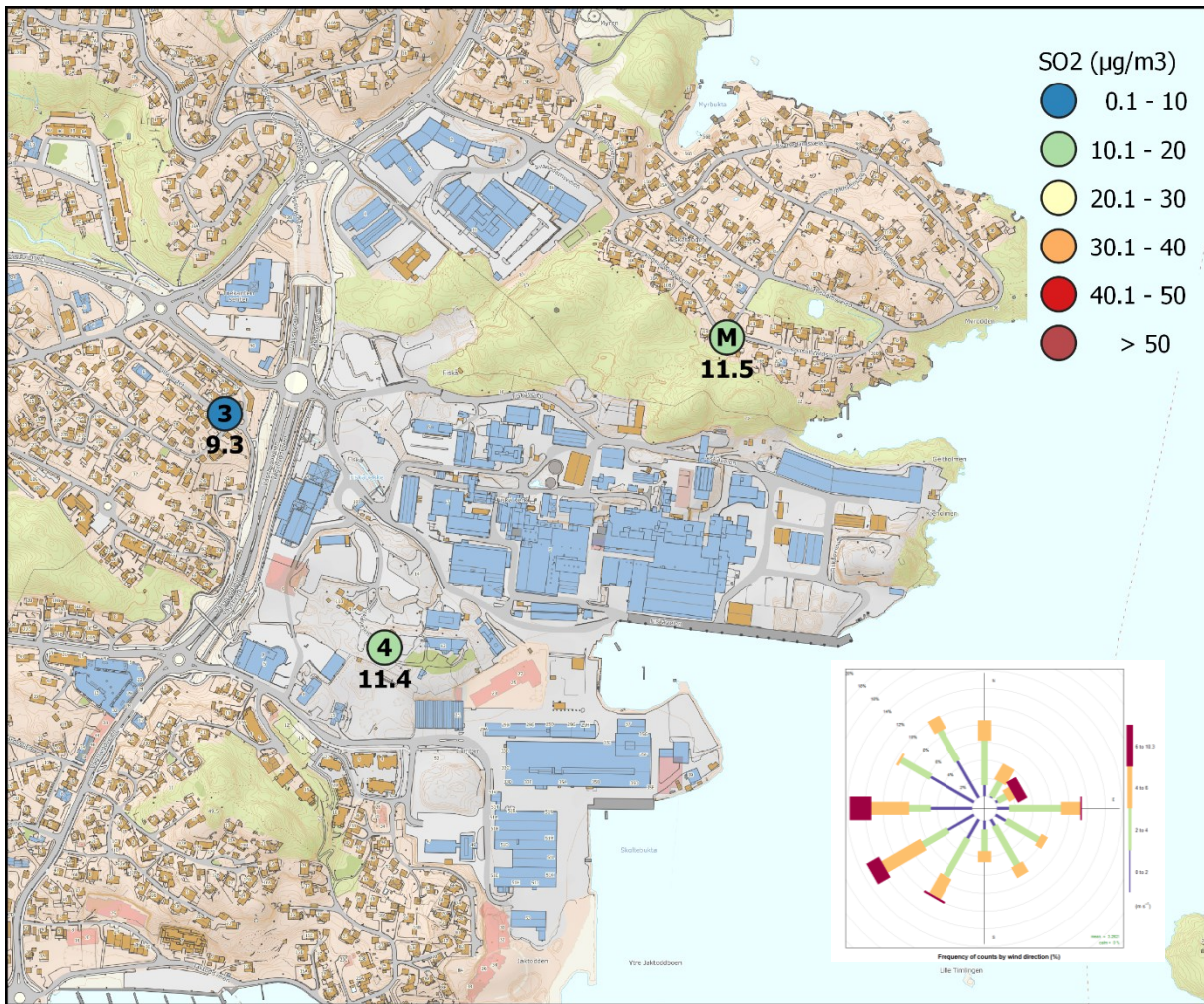
Eksponeringsperiode: 2. juni 2021 – 2. juli 2021

Juli 2021



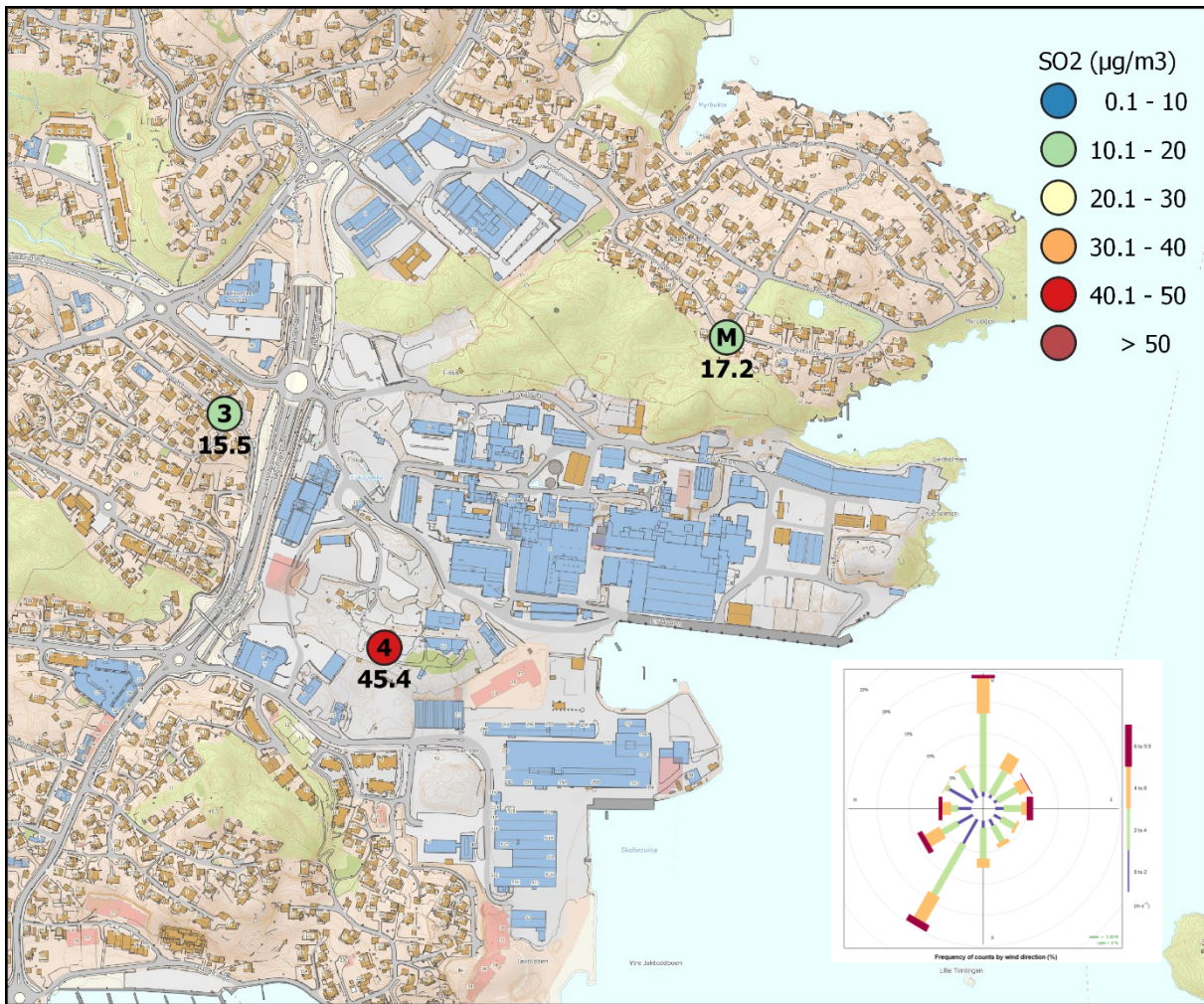
Eksponeringsperiode: 2. juli 2021 – 2. august 2021

August 2021



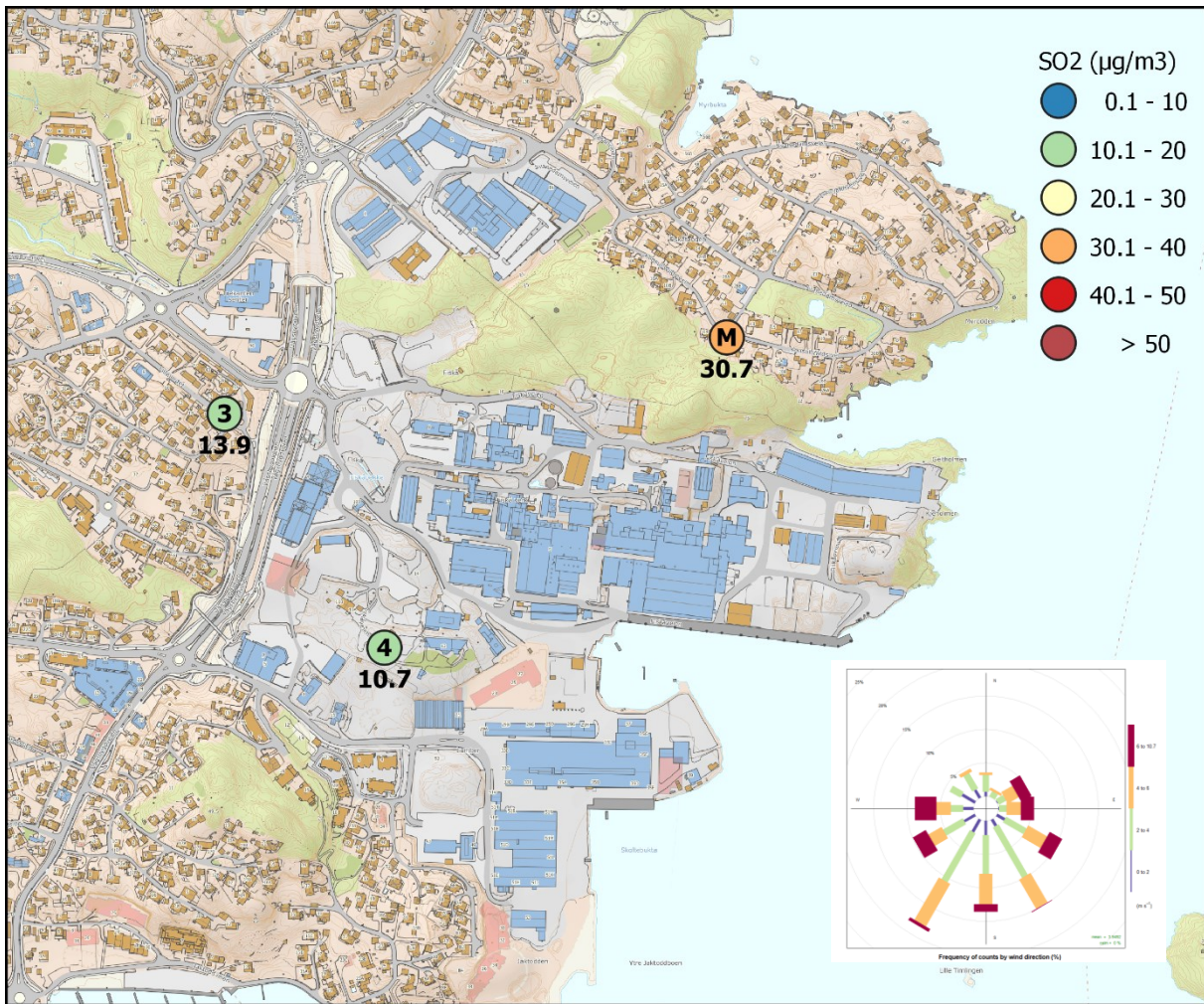
Eksponeringsperiode: 2. august 2021 – 2. september 2021

September 2021



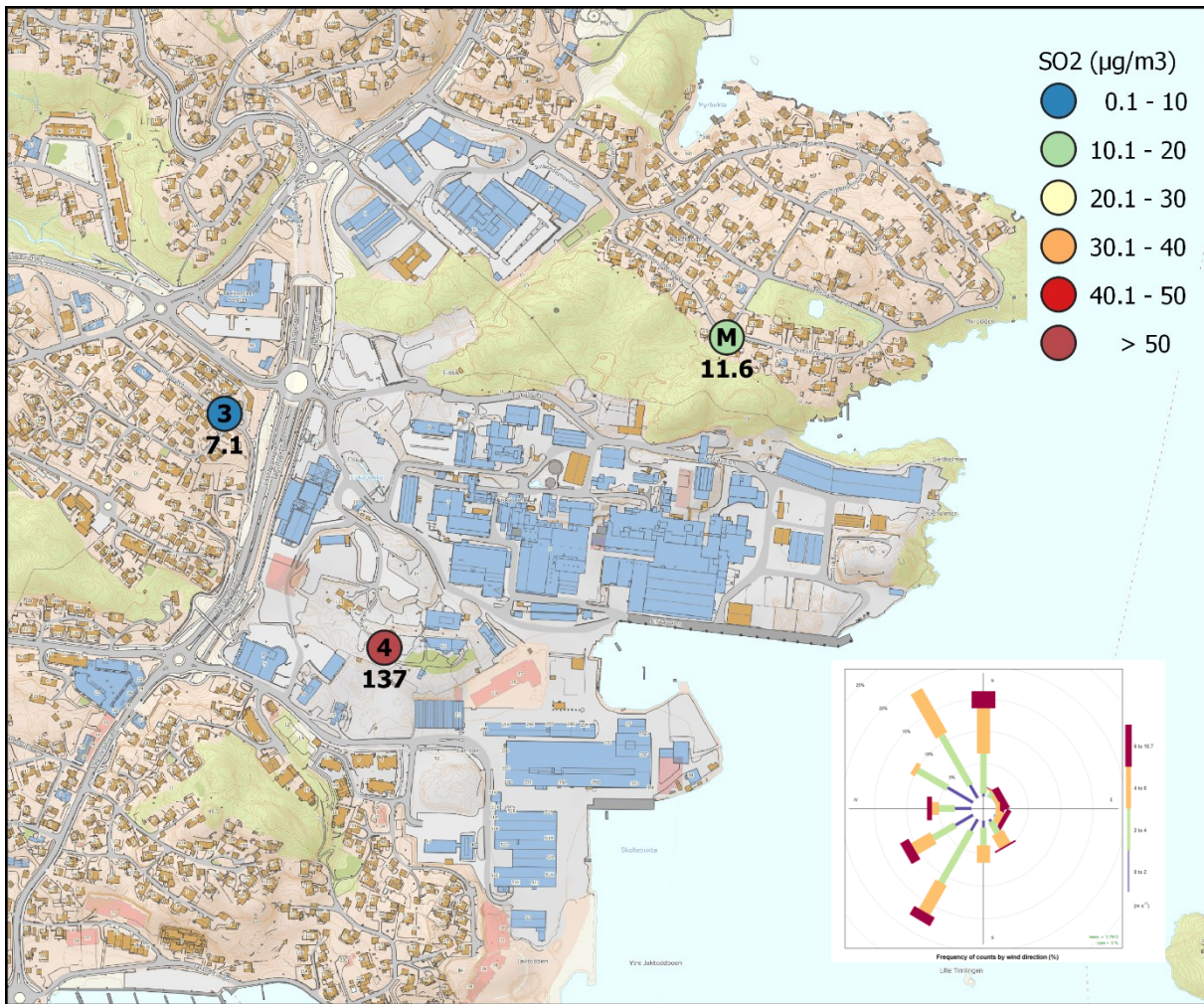
Eksponeringsperiode: 2. september 2021 – 1. oktober 2021

Oktober 2021



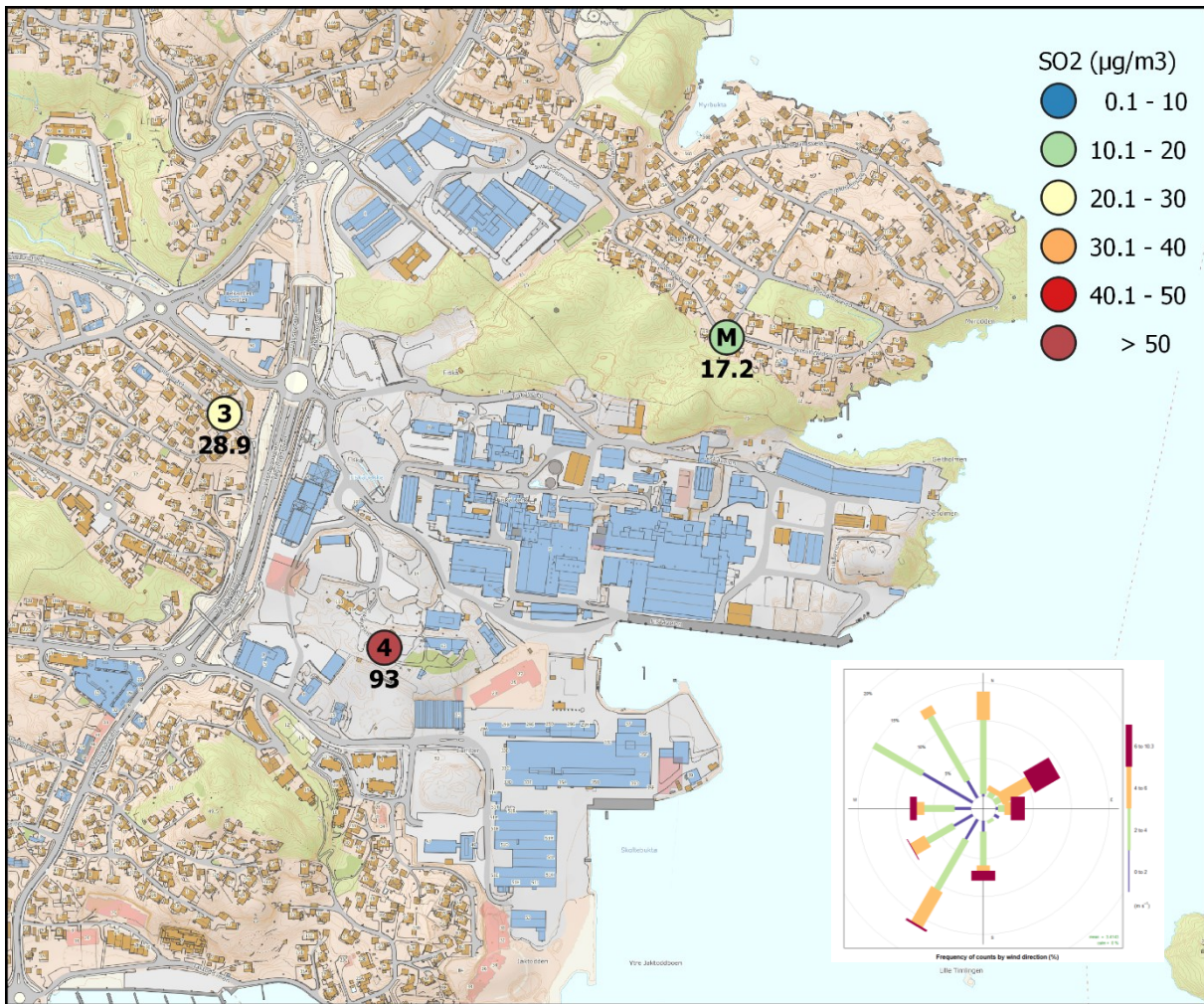
Eksponeringsperiode: 1. oktober 2021 – 3. november 2021

November 2021



Eksponeringsperiode: 3. november 2021 – 6. desember 2021

Desember 2021



Eksponeringsperiode: 6. desember 2021 – 4. januar 2022

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, overvåkning 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

<http://www.nilu.no>

ISBN: 978-82-425-3090-5
ISSN: 2464-3327