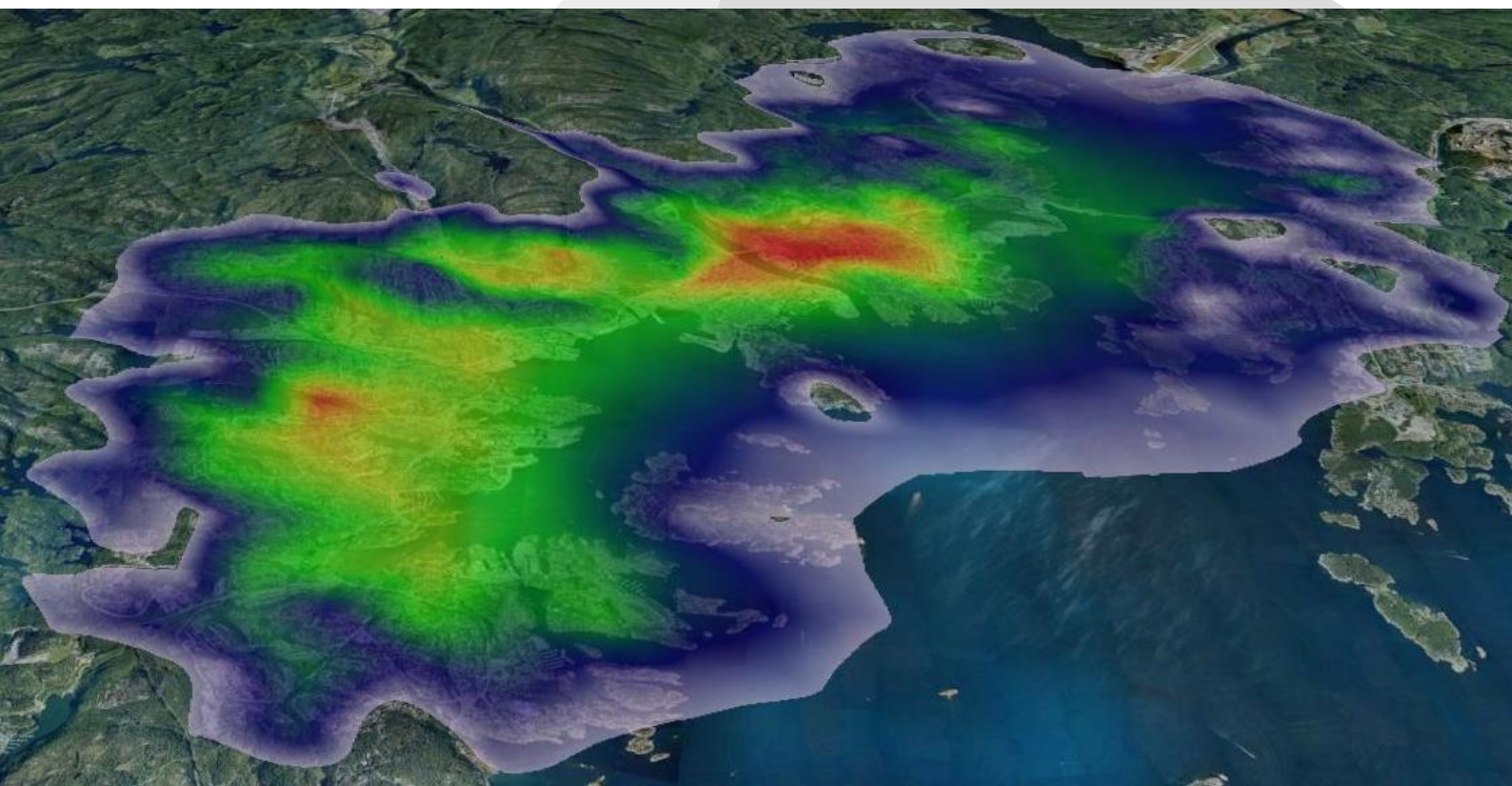


OKTOBER 2016  
KRISTIANSAND KOMMUNE

# Luftsonekart for Kristiansand kommune

## Delrapport 2: Resultater og analyse





OKTOBER 2016  
KRISTIANSAND KOMMUNE

# Luftsonekart for Kristiansand kommune

## Delrapport 2: Resultater og analyse

OPPDRAGSNR. A074601  
DOKUMENTNR.  
VERSJON 1.1  
UTGIVELSESDATO 23. november 2017  
UTARBEIDET Scott Randall  
KONTROLLERT Janne Berger  
GODKJENT Jan Raymond Sundell

## INNHOOLD

1.	Innledning	5
2.	Metode	6
3.	Prosjektområdet	7
4.	Resultater	9
4.1	Vedfyring	9
4.2	Industri	10
4.3	Flytrafikk	11
4.4	Skipstrafikk	13
4.5	Veitrafikk	14
4.6	Alle kilder – luftsonekart	16
5.	Verifisering av modellresultater	18
6.	Tolkning av luftsonekart	19
7.	Tiltak	21
8.	Oppsummering	23
9.	Kilder	25
10.	Forutsetninger og usikkerheter	27
11.	Ordliste	28
	Vedlegg A: Bakgrunnskonsentrasjoner	29
	Vedlegg B: Verifisering, modellerte resultater vs. målinger (2014)	31
	Vedlegg C: Tilleggskart	33

# 1. Innledning

COWI AS har på oppdrag for Kristiansand kommune utarbeidet luftsonkart for nitrogendioksid (NO<sub>2</sub>) og svevestøv (PM<sub>10</sub>). Luftsonkart er utarbeidet i henhold til Retningslinje for behandling av luftkvalitet i arealplanlegging (T-1520/2012). Spredningsberegningene er basert på utslippsdata for 2014/2015 fra alle kilder. Det er utarbeidet en delrapport 1 som viser metodikk og inngangsdata som er brukt i utarbeidelse av luftsonkartet. Denne rapporten, delrapport 2, viser resultater, analyse, og tolking av luftsonkartet. Den inneholder også kart med en kort beskrivelse av hvert enkelt kildebidrag. I tillegg til kartene som er presentert her, blir det utarbeidet høyoppløselige luftsonkart som skal implementeres i kommunens eget kartsystem.

T-1520/2012 gir statlige anbefalinger om hvordan luftkvalitet bør håndteres av kommunene i arealplanleggingen. Formålet med retningslinjen er å sikre og legge til rette for en langsiktig arealplanlegging som forebygger og reduserer lokale luftforurensningsproblemer. Luftsonkart er et viktig grunnlag for kommunens arealplanlegging og skal brukes som faglig grunnlag i alt planarbeid i kommunen. Alle kilder som bidrar vesentlig til luftforurensning inngår i kartet.

For svevestøv (PM<sub>10</sub>) er det angitt en grenseverdi for henholdsvis gul og rød sone som kan overskrides inntil 7 dager pr. år. For NO<sub>2</sub> er det angitt en grenseverdi for henholdsvis vintermiddel og årsmiddel. Grenseverdiene for henholdsvis gul og rød sone fremkommer av Tabell 1.

Tabell 1: Anbefalte grenser for luftforurensning og kriterier for soneinndeling ved planlegging av virksomhet eller bebyggelse.

Komponent	Luftforurensningssone <sup>1</sup>	
	Gul sone	Rød sone
PM <sub>10</sub>	35 µg/m <sup>3</sup> 7 døgn per år	50 µg/m <sup>3</sup> 7 døgn per år
NO <sub>2</sub>	40 µg/m <sup>3</sup> vintermiddel <sup>2</sup>	40 µg/m <sup>3</sup> årsmiddel
Helseisiko	Personer med alvorlig luftveis- og hjertekarsykdom har økt risiko for forverring av sykdommen.  Friske personer vil sannsynligvis ikke ha helseeffekter.	Personer med luftveis- og hjertekarsykdom har økt risiko for helseeffekter. Blant disse er barn med luftveislidelser og eldre med luftveis- og hjertekaridelser mest sårbare.

<sup>1</sup> Bakgrunnskonsentrasjonen er inkludert i sonegrensene.  
<sup>2</sup> Vintermiddel defineres som perioden fra 1. nov til 30. april.

Denne rapporten viser resultatene fra spredningsberegningene som er gjort for Kristiansand kommune. Resultatene er presentert som luftsonkart i henhold til soneinndelingen som er vist i Tabell 1.

Prosjektet ledes av Kristiansand kommune ved Solvor Berntsen Stølevik. COWI v/Scott Randall har vært ansvarlig for utarbeidelse av luftsonkart. Jan Raymond Sundell fra COWI har vært bidragsyter.

## 2. Metode

Metode, inngangsdata og modeloppsett som er brukt i beregningene er beskrevet i detaljer i delrapport 1 (COWI, 2016a).

Arbeidet med luftsonekart for Kristiansand kommune er basert på modellverktøyet AERMOD View. AERMOD View er et USEPA utviklet modelleringsprogram som blant annet benytter oppdaterte utslippsfaktorer for veitrafikk. Den tar hensyn til lokal meteorologi og topografi og gir derfor et nøyaktig bilde på forurensningssituasjonen. Beregningene er utført for svevestøv (PM<sub>10</sub>) og nitrogendioksid (NO<sub>2</sub>). Resultatene danner grunnlag for utarbeidelse av stedsspesifisert luftsonekart i tråd med sonegrensene i T-1520. I beregningene er det lagt til grunn utslippsdata for 2015. For enkelte utslippskilder er det benyttet utslippsdata for 2014.

Følgende inngangsdata er lagt til grunn i spredningsberegningene av NO<sub>2</sub> og PM<sub>10</sub>:

- > Meteorologi (2014)
- > Topografi
- > Bakgrunnskonsentrasjoner (PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> og O<sub>3</sub>)
- > Utslipp av PM<sub>10</sub> og NO<sub>x</sub> fra:
  - > Vedfyring
  - > Industri
  - > Flytrafikken på Kjevik flyplass
  - > Skipstrafikk
  - > Veitrafikk

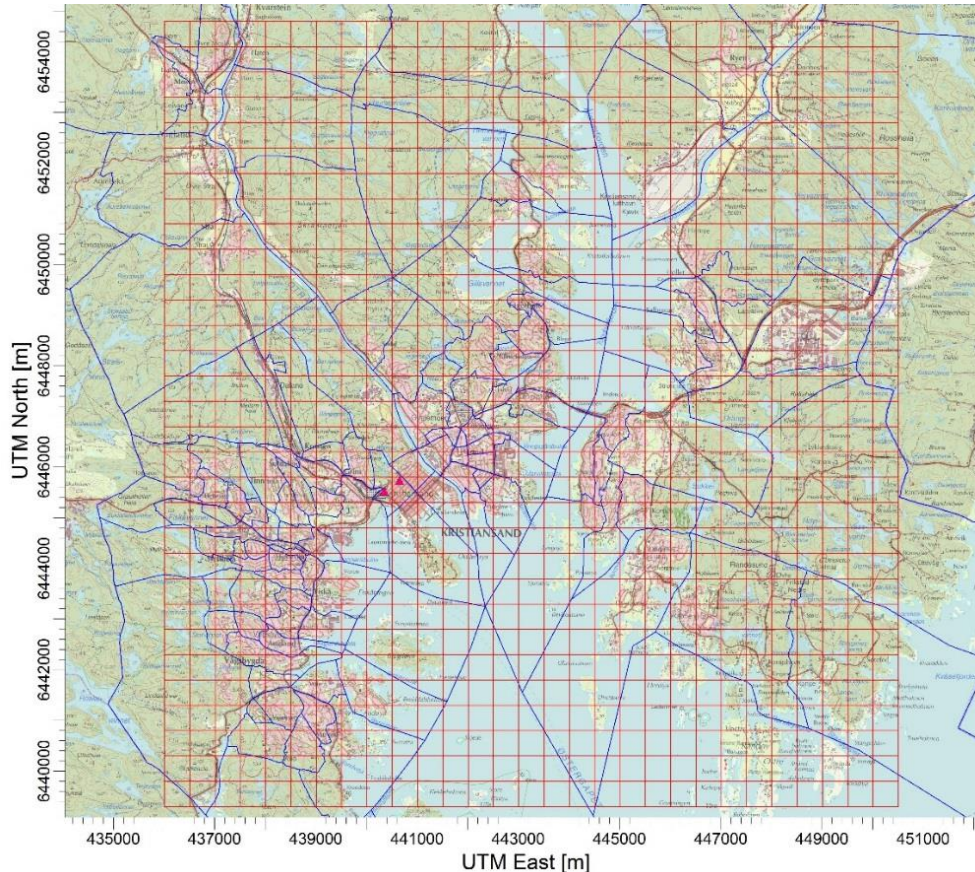
I verifisering av modellresultatene er det benyttet måledata fra faste målestasjoner i Kristiansand sentrum (se kapittel 5).



### 3. Prosjektområdet

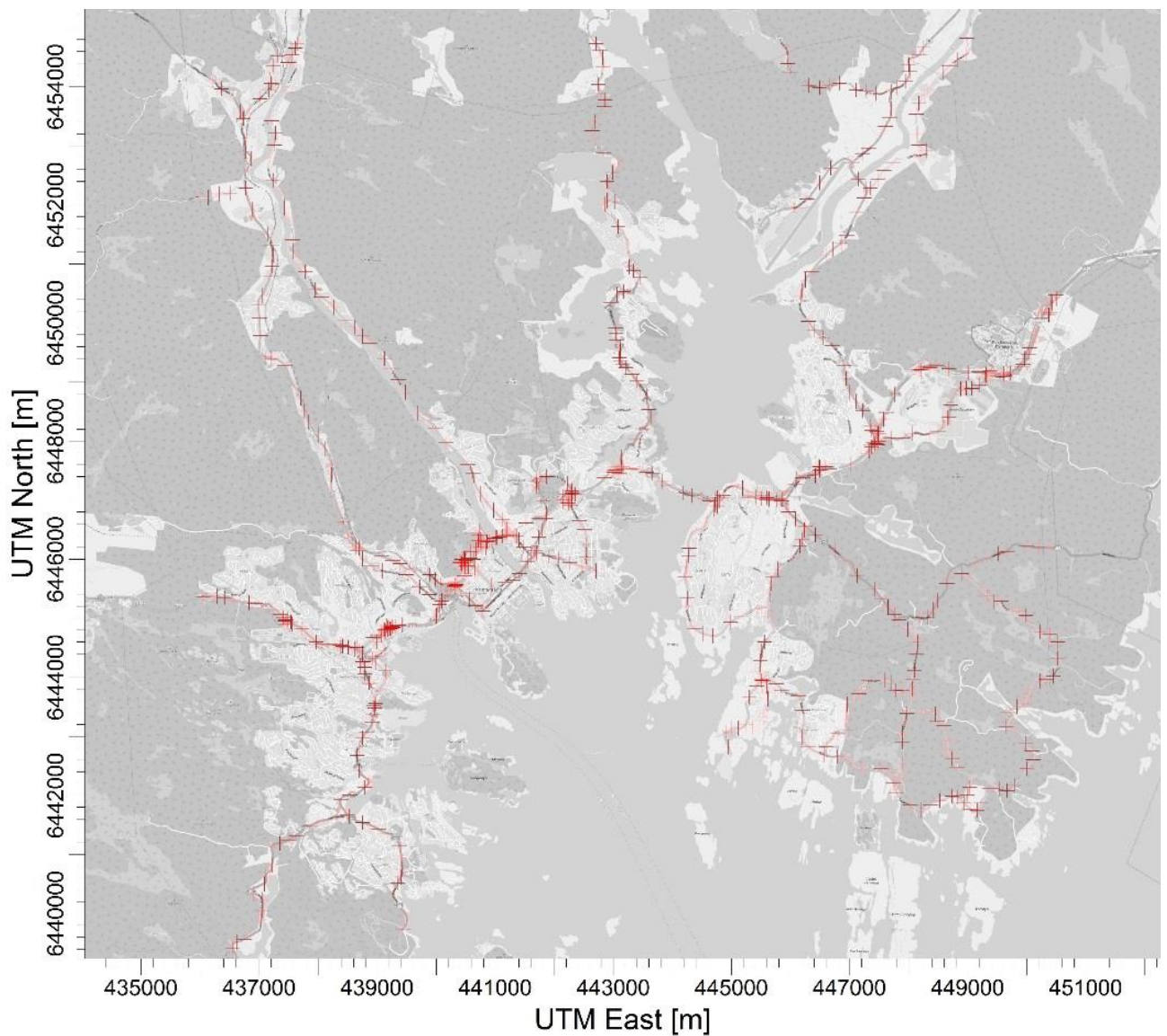
Prosjektområdet er her definert som det området som omfattes av spredningsberegningene. Alle inngangsdataene som er benyttet i modellen er avgrenset til området som er vist i Figur 1, med unntak av bakgrunnskonsentrasjonene, som er nærmere definert i Vedlegg A.

Prosjektområdet for Kristiansandregionen er 30km x 32km med senterpunkt 443257,7 lengdegrad og 6447046,9 breddegrad, se Figur 1. Oppløsning på rutene er 0,5km x 0,5km. I sentrumsområdet og i enkelte tettsteder er det benyttet en oppløsning på 0,3km x 0,3km. For høyoppløselige kart, er det benyttet en oppløsning ned til 0,15km x 0,15km.



Figur 1: Prosjektområdet for luftsonekartet er markert med rødt. Hver rute har en oppløsning på 0,5km x 0,5km. Grunnkretsene er markert med blå linjer. Røde trekanter i sentrum markerer målestasjonene.

Langs veinettet er det opprettet en rekke beregningspunkter (reseptorpunkter) for å øke oppløsningen. Dette gir et mer detaljert bilde på spredningsforløpet, se Figur 2.



Figur 2: Reseptorpunktene langs hovedvegnettet er markert med røde kryss.

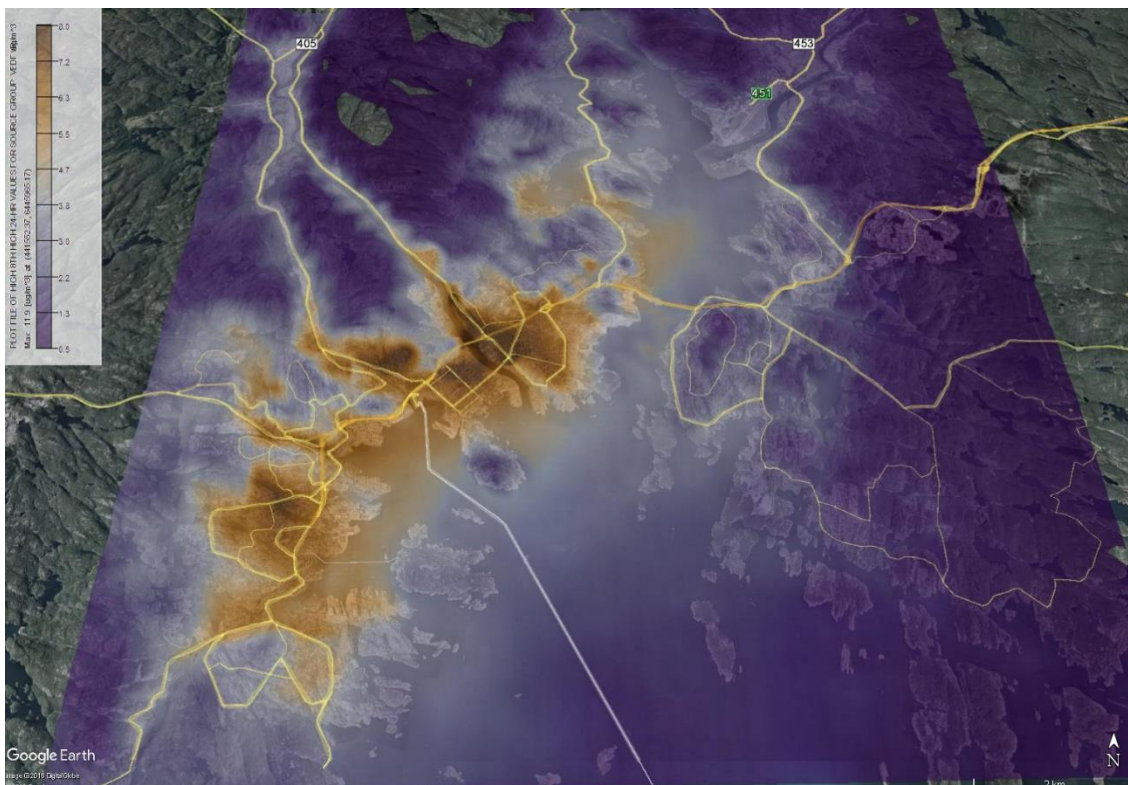


## 4. Resultater

Det er utarbeidet luftsonekart for henholdsvis PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub>. I luftsonekartet inngår alle kildebidragene inkludert bakgrunnskonsentrasjoner, se kapittel 4.6 og vedlegg A. I tillegg er det utarbeidet separate kart som viser kildebidrag av PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub> fra henholdsvis vedfyring, industri, flytrafikk (Kjevik), skipstrafikk og veitrafikk.

### 4.1 Vedfyring

Spredningberegningene som er gjennomført for PM<sub>10</sub> fra vedfyring er vist som 8.høyeste døgngkonsentrasjon, jf. Figur 3. I de mest utsatte områdene bidrar vedfyring med opp til 8 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub>. Dette utgjør nærmere 25% av de totale PM<sub>10</sub> konsentrasjonene i sentrumsområdet. Kart som viser årsmiddelkonsentrasjonen av PM<sub>10</sub> er vist i vedlegg C.



Figur 3: Kartet viser spredning av PM<sub>10</sub> fra vedfyring beregnet som 8.høyeste døgngkonsentrasjon (skala strekker fra 0,5 – 8.0 µg/m<sup>3</sup>)

Det er grunn til å anta at konsentrasjonen av PM<sub>2,5</sub> vil være omtrent den samme som PM<sub>10</sub>, da størsteparten av utslippene fra vedfyring vil foreligge som finstøv (PM<sub>2,5</sub>). Det er derimot grovfraksjonen av svevestøvet (PM<sub>10</sub>) som vil være førende for luftsonekartet, da den totale konsentrasjonen av PM<sub>10</sub> relativt sett er høyere enn PM<sub>2,5</sub> sammenlignet med sonegrensene. Det er ikke gjennomført spredningsmodellering av NO<sub>2</sub>, da det ikke forekommer nevneverdig utslipp av NO<sub>x</sub> fra vedfyring.

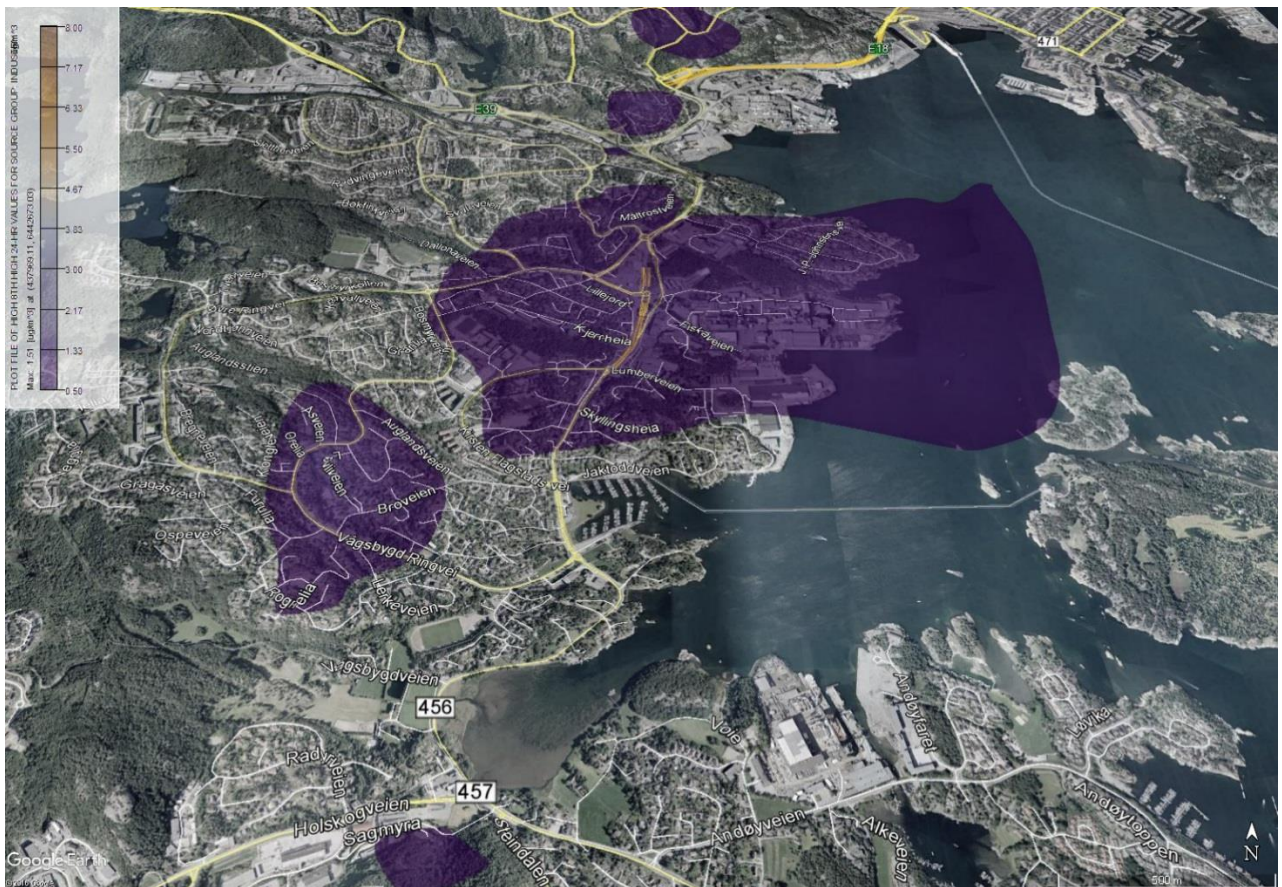
## 4.2 Industri

Spredningsberegningene som er gjennomført for PM<sub>10</sub> fra industri er vist som 8.høyeste døgnkonsentrasjon i Figur 4. Kart som viser årsmiddelkonsentrasjonen av PM<sub>10</sub> er vist i vedlegg C.

For NO<sub>2</sub> er det gjennomført spredningsberegninger av årsmiddelkonsentrasjoner, se Figur 5.

Resultatene viser at industrien bidrar med svært lave konsentrasjoner av både PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub>. I de mest utsatte områdene bidrar industrien med maksimum 1.5 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub> og 3.0 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>2</sub>. De mest utsatte områdene ligger nær de to industriområdene.

Alle beregningene er gjennomført uten hensyn til bakgrunnskonsentrasjoner av PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub>. For konvertering av NO<sub>x</sub> utslipp til NO<sub>2</sub> konsentrasjoner er det derimot lagt til grunn bakgrunns-konsentrasjoner av NO og O<sub>3</sub>.



Figur 4: Kartet viser 8.høyeste døgnkonsentrasjon av PM<sub>10</sub> fra industriutslipp (skala strekker fra 0,5 – 8 µg/m<sup>3</sup>)





Figur 5: Kartet viser årsmiddelkonsentrasjoner av NO<sub>2</sub> fra industri (skala strekker fra 1 – 10 µg/m<sup>3</sup>).

### 4.3 Flytrafikk

Spredningsberegningene som er gjennomført for PM<sub>10</sub> fra Kjevik flyplass er vist som 8. høyeste døgnkonsentrasjoner i Figur 6. I de mest utsatte områdene bidrar flyplassen med maksimum 7 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub>. Kart som viser årsmiddelkonsentrasjonen av PM<sub>10</sub> er vist i vedlegg C.

For NO<sub>2</sub> er det gjennomført spredningsberegning av årsmiddelkonsentrasjoner, se Figur 7. I de mest utsatte områdene bidrar flyplassen med maksimum 30 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>2</sub>. De høyeste konsentrasjonene registreres innenfor flyplassområdet.

Alle beregningene er gjennomført uten hensyn til bakgrunnskonsentrasjoner av PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub>. For konvertering av NO<sub>x</sub> utslipp til NO<sub>2</sub> konsentrasjoner er det derimot lagt til grunn bakgrunnskonsentrasjoner av NO og O<sub>3</sub>.





Figur 6: Kartet viser 8.høyeste døgnkonsentrasjon av PM<sub>10</sub> fra flytrafikk på Kjevik (skala strekker fra 0.5 – 8 µg/m<sup>3</sup>)



Figur 7: Kartet viser årsmiddelskonsentrasjonen av NO<sub>2</sub> fra flytrafikken på Kjevik (skala strekker fra 1 – 10 µg/m<sup>3</sup>)

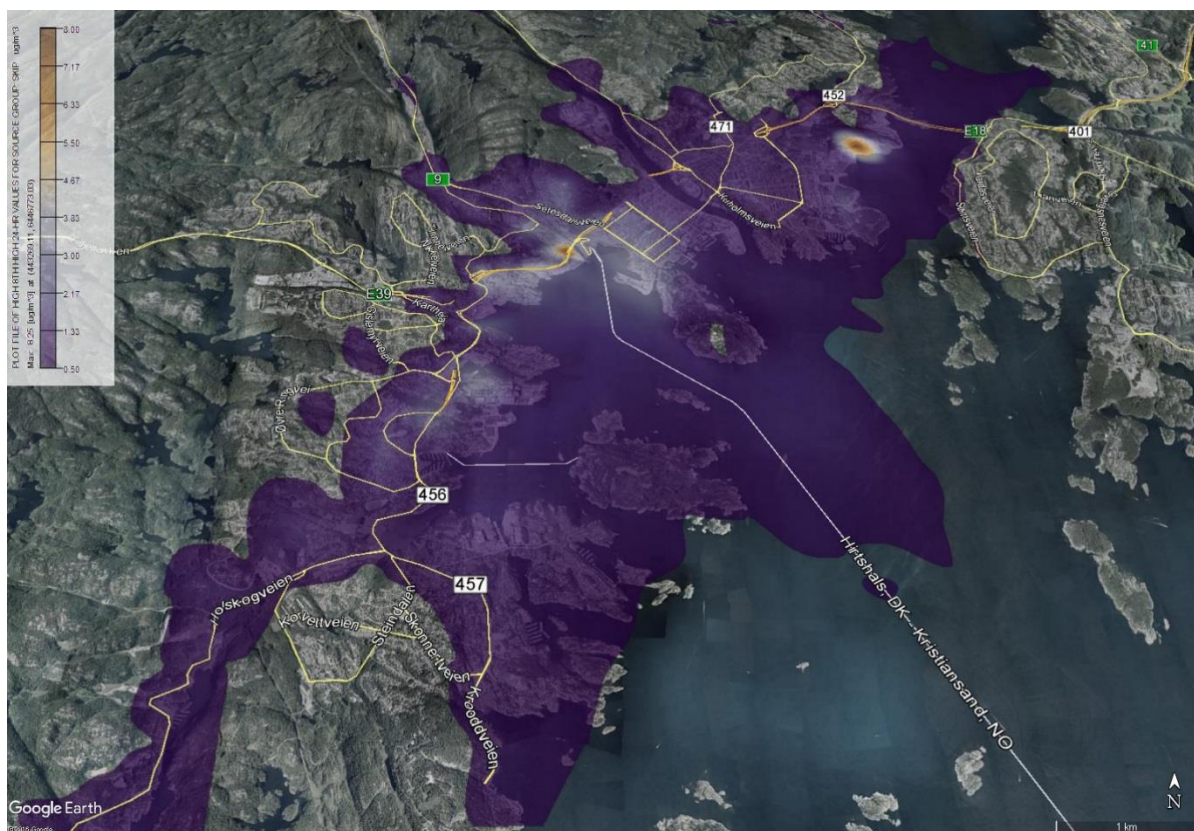


## 4.4 Skipstrafikk

Spredningsberegningene som er gjennomført for PM<sub>10</sub> fra skipstrafikken er vist som 8.høyeste døgnkonsentrasjon i Figur 8. I de mest utsatte områdene bidrar skipstrafikken med 5 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub>. De høyeste konsentrasjonene registreres nær havneområdet ved sentrum og ved Kongsgård nær havneområdet. Kart som viser årsmiddelkonsentrasjonen av PM<sub>10</sub> er vist i vedlegg C.

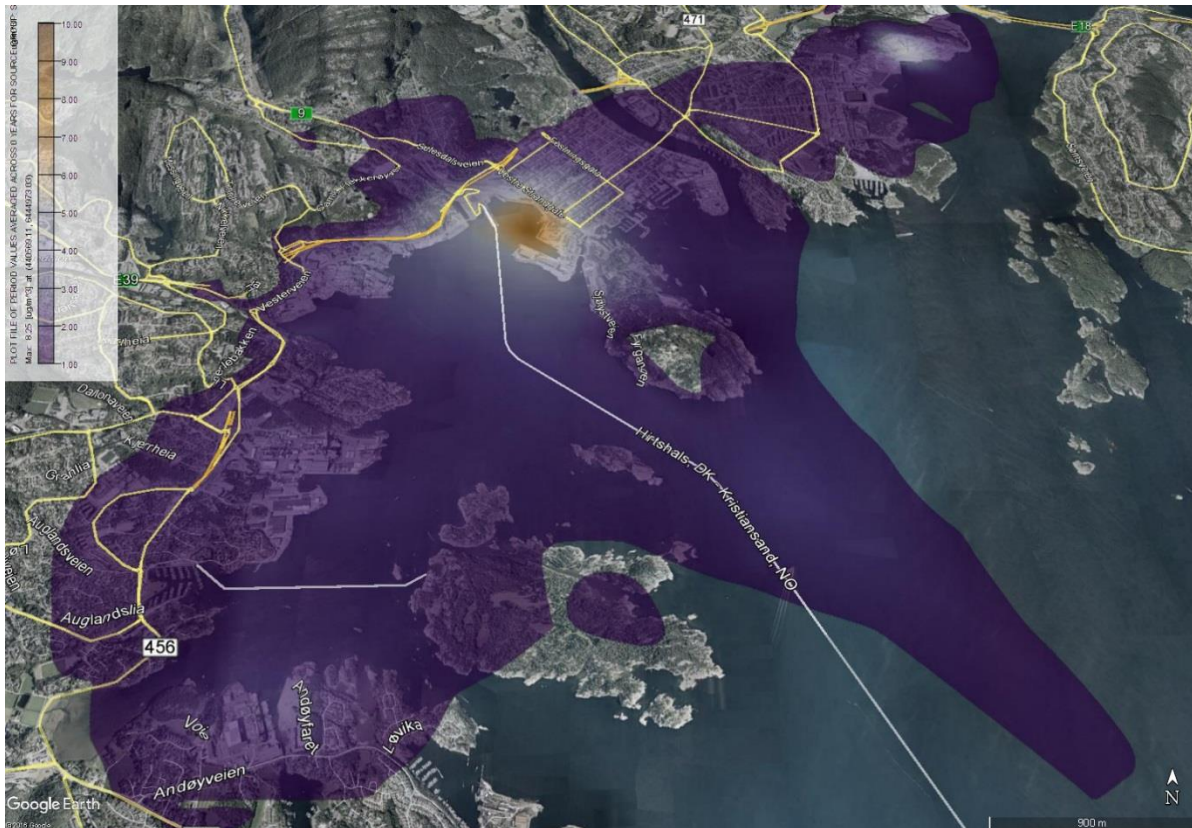
Spredningsberegninger for årsmiddelkonsentrasjonen av NO<sub>2</sub> er vist i Figur 9. I de mest utsatte områdene bidrar skipstrafikken med 8 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>2</sub>.

Alle beregningene er gjennomført uten hensyn til bakgrunnskonsentrasjoner av PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub>. For konvertering av NO<sub>x</sub> utslipp til NO<sub>2</sub> konsentrasjoner er det derimot lagt til grunn bakgrunnskonsentrasjoner av NO og O<sub>3</sub>.



Figur 8: Kartet viser 8.høyeste døgnkonsentrasjon av PM<sub>10</sub> fra skipstrafikk (skala strekker fra 0.5 – 8 µg/m<sup>3</sup>)





Figur 9: Kartet viser årsmiddelkonsentrasjonen av NO<sub>2</sub> fra skipstrafikk (skala strekker fra 1 – 10 µg/m<sup>3</sup>)

## 4.5 Veitrafikk

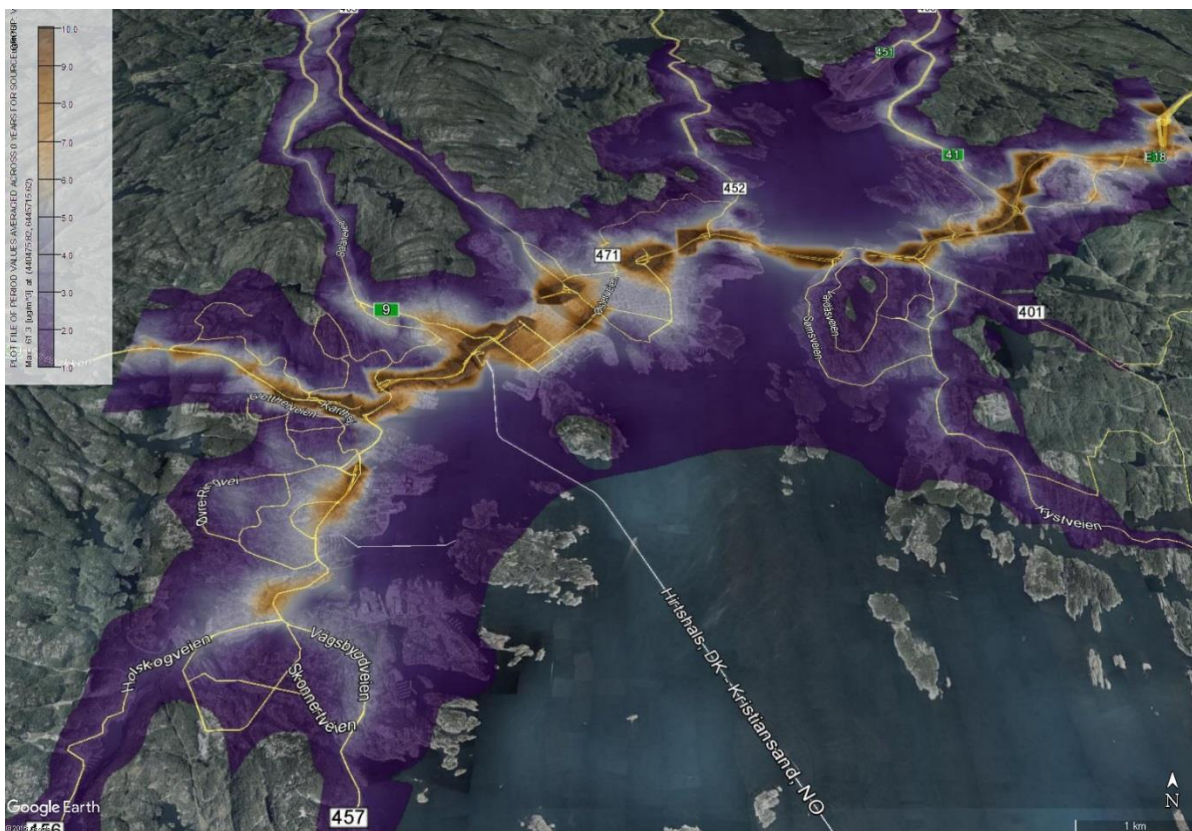
Spredningsberegningene som er gjennomført for PM<sub>10</sub> fra veitrafikk er vist som 8. høyeste døgnkonsentrasjon i Figur 10. Veitrafikken bidrar med opp til 144 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub>. I sentrum bidrar utslipp fra trafikk med ca 35 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub>. Bidrag til årsmiddelkonsentrasjoner PM<sub>10</sub> finnes i Vedlegg C.

Spredningsberegningene som er gjennomført for NO<sub>2</sub> fra veitrafikk er vist som årsmiddelkonsentrasjoner i Figur 11. Utslipp fra veitrafikk bidrar med opp til 61 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>2</sub> beregnet som årsmiddelkonsentrasjon. I Kristiansand sentrum bidrar veitrafikken med ca 14 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>2</sub>.

Alle beregningene er gjennomført uten hensyn til bakgrunnskonsentrasjoner av PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub>. For konvertering av NO<sub>x</sub> utslipp til NO<sub>2</sub> konsentrasjoner er det derimot lagt til grunn bakgrunnskonsentrasjoner av NO og O<sub>3</sub>.



Figur 10: 8. høyeste døgnkonsentrasjon av PM<sub>10</sub> fra veitrafikk (skala strekker seg fra 0.5 – 8 µg/m<sup>3</sup>).



Figur 11: Årsmiddelskonsentrasjon av NO<sub>2</sub> fra veitrafikk (skala strekker seg fra 1 – 10 µg/m<sup>3</sup>).



## 4.6 Alle kilder – luftsonekart

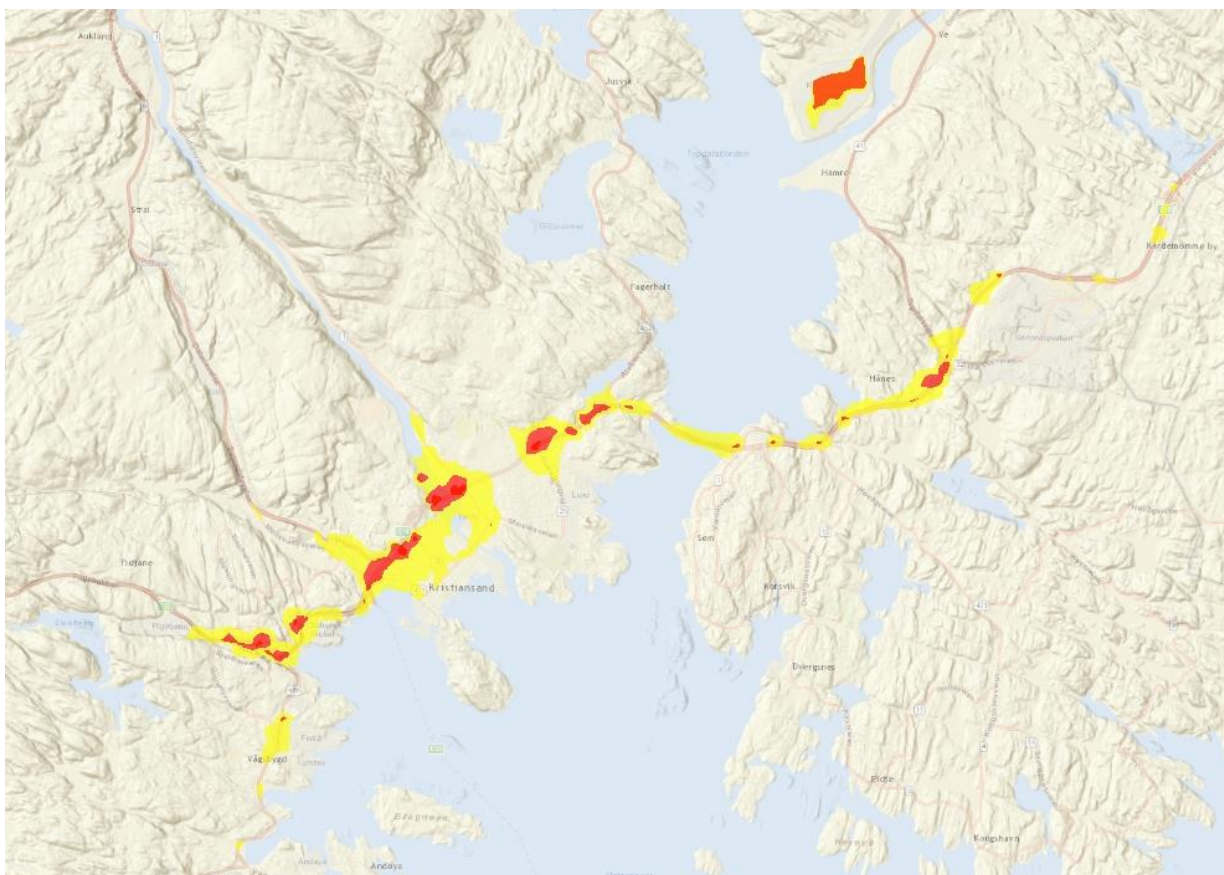
Det er utarbeidet et luftsonekart som viser bidrag av både PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub> fra alle kilder, inkludert bakgrunnskonsentrasjoner. Luftsonekartet vises i Figur 12.

Luftsonekartet viser 8.høyeste døgnmiddelverdi av PM<sub>10</sub> gjennom hele året i henhold til soneregnene i T-1520/2012. Resultatene viser at ca. 2948 bygninger innenfor kategorien følsomt arealbruk (boliger, skoler etc) ligger i gul sone. Tilsvarende som ligger i rød sone (dvs. >50 µg/m<sup>3</sup>/år PM<sub>10</sub> beregnet som 8.høyeste døgnmiddel) er ca. 206. Bidrag til årsmiddelkonsentrasjoner PM<sub>10</sub> finnes i Vedlegg C.

Beregningene som er gjennomført for NO<sub>2</sub> fra alle kilder (inkludert bakgrunnsverdier for NO<sub>2</sub>, NO og O<sub>3</sub>) er vist som årsmiddelkonsentrasjoner og inngår i rød sone. Høyeste årsmiddelkonsentrasjon er beregnet til 75 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>2</sub>.

Beregningene som er gjennomført for NO<sub>2</sub> fra alle kilder (inkludert bakgrunnsverdier for NO<sub>2</sub>, NO og O<sub>3</sub>) er vist som vintermiddelkonsentrasjoner og inngår i gul sone. Høyeste vintermiddelkonsentrasjon i prosjektområdet er beregnet til 73 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>2</sub>.

De høyeste konsentrasjonene av NO<sub>2</sub> forekommer utenfor tunnelmunningene og i og ved flyplassen på Kjevik. De høyeste konsentrasjonene av svevestøv (PM<sub>10</sub>) forekommer utenfor tunnelmunningene.



Figur 12: Luftsonekart, kombinert for  $PM_{10}$  og  $NO_2$ , beregnet for alle kilder. Kartet viser rød og gul sone i henhold til sonегrensene i T-1520/2012.

## 5. Verifisering av modellresultater

For kvalitetssikring og verifisering av modellen er det foretatt en sammenligning av målte verdier med resultater som er beregnet for 2014. Til dette er det benyttet resultater fra de faste målestasjonene i sentrum, henholdsvis Gartnerløkka og Stener Heyerdahl. I spredningsmodellen er det opprettet såkalte reseptorpunkter i samme koordinater (x,y,z) som målestasjonene. Modellen beregner konsentrasjoner i reseptorpunktene som kan brukes til å sammenligne med målte verdier.

For enkelte perioder mangler det derimot måledata. Målestasjonen på Gartnerløkka har noe mangelfull datadekning for PM<sub>10</sub>. Målestasjonen Stener Heyerdahl har noe dårlig datadekning for NO<sub>2</sub>.

Verifisering av modellerte resultater for PM<sub>10</sub> kan tyde på en viss underestimering pga vanskelighetene med modellering av oppvirling av veistøv. Derimot viser verifiseringen at modellerte resultater i stor grad sammenfaller med målte verdier, spesielt når vi sammenligner årsmiddelkonsentrasjonene. For time- og døgnmiddelkonsentrasjoner registreres det enkelte avvik. Ved å sammenligne antall døgn med overskridelse av grenseverdiene ligger modellerte data og målte data innenfor samme sonengrense.

Resultater fra verifisering av NO<sub>2</sub> viser også at modellen treffer riktig for modellering av års- og vintermiddelkonsentrasjoner, jfr. Tabell 2.

Tabell 2: Målte verdier sammenlignet med modellerte verdier for PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub>. Gul markering betyr at verdiene ligger innenfor gul sone i henhold til sonengrensene i T-1520/2012.

		Gartnerløkka		Stener Heyerdahl	
		Målestasjon	Modell	Målestasjon	Modell
PM10	Dager over 50 µg/m <sup>3</sup> , >7 (T-1520 rød sone)	7 dager	5 dager	2 dager	3 dager
	Dager over 35 µg/m <sup>3</sup> , >7 (T-1520 gul sone)	22 dager	15 dager	15 dager	10 dager
	Årsmiddel	17.9 µg/m <sup>3</sup>	16.9µg/m <sup>3</sup>	15.7µg/m <sup>3</sup>	15.0µg/m <sup>3</sup>
NO2	Årsmiddel, >40 µg/m <sup>2</sup> (T-1520 rød sone)	27.2	27.9	18.5	21.9
	Vintermiddel, >40 µg/m <sup>2</sup> (T-1520 gul sone)	29.9	28.4	21.4	22.9

Vedlegg B viser mer detaljert oversikt over modellerte verdier vs. målte verdier.



## 6. Tolkning av luftsonekart

Retningslinje for behandling av luftkvalitet i arealplanleggingen (T-1520), gir anbefalinger om hvordan luftkvalitet bør håndteres i kommunens arealplanlegging. Luftforurensningen bør kartfestes i en gul og en rød sone. Gul sone er en vurderingssone hvor kommunene bør vise varsomhet med å tillate etablering av bebyggelse med bruksformål som er følsomt for luftforurensning. Rød sone angir et område som på grunn av høye luftforurensningsnivåer er lite egnet til bebyggelse med bruksformål som er følsomt for luftforurensning. Kommunen skal sørge for at luftforurensningssonene brukes som faglig grunnlag i alt planarbeid i kommunen.

*Gul sone er en vurderingssone hvor kommunene bør vise varsomhet med å tillate etablering av bebyggelse med bruksformål som er følsomt for luftforurensning. Det bør vises størst varsomhet i områder som ligger nær rød sone ... Rød sone angir et område som på grunn av høye luftforurensningsnivåer er lite egnet til bebyggelse med bruksformål som er følsomt for luftforurensning. I rød sone bør kommunen derfor ikke tillate etablering av helseinstitusjoner, barnehager, skoler, boliger, lekeplasser og utendørs idrettsanlegg, samt grønstruktur. (Kilde: Miljødirektoratet, 2012).*

Modellberegninger innebærer alltid en viss usikkerhet og det er derfor viktig at det utvises et visst skjønn ved tolkning av luftsonekartet. Kartet er basert på gjennomsnittkonsentrasjoner i km<sup>2</sup> store ruter. Konsentrasjonene er ofte større nærmere en trafikkert vei og forurensningsnivået kan derfor variere innenfor den samme ruten. I tillegg bør brukere dessuten være særlig oppmerksomme på modellusikkerhet i områder der kartet viser at man ligger nær en sonегrense. I slike tilfeller kan med ikke med sikkerhet vite om man ligger i eller utenfor sonегrensene, og det bør derfor gjennomføres mer detaljerte vurderinger/beregninger.

Ved utarbeidelse av nye reguleringsplaner vil det generelt ikke være behov for ytterligere beregninger i områder hvor det er utarbeidet luftsonekart, med mindre det skal etableres virksomhet med vesentlige virkninger for luftforurensningssituasjonen. Hvis det skal etableres bebyggelse med følsomt bruksformål innenfor en evt. gul sone, må derimot konsekvensene redegjøres for, og avbøtende tiltak beskrives. Hvis reguleringsplanen innebærer vesentlige endringer i trafikkbilde, eller at det etableres virksomhet som bidrar med vesentlig økning av luftforurensning, bør det gjennomføres en egen utredning for luftkvalitet (luftsonekart) fremskrevet til det tidspunktet området er ferdig utbygd, jf. kapittel 4.2 i T-1520 og forskrift om konsekvensutredning.

Når det gjelder definisjonen av hva som er vesentlig, er dette redegjort for i T-1520, kap. 8:

- Dersom forurensningen er lavere enn nedre grense for gul sone, ansees en økning på 20 % å være vesentlig (krav om KU).
- I gul sone ansees en økning på 5 % for å være vesentlig.

- I rød sone vil alt som bidrar til å øke forurensningsnivået ytterligere kunne ansees som en vesentlig økning.

Kristiansand kommune tar ikke ansvar for eventuell feilbruk eller mistolkninger av beregningsresultatene. Ved tvil oppfordres det til å ta kontakt med kommunen for en nærmere avklaring.

## 7. Tiltak

Kristiansand kommune har gjennomført en vurdering av alternative tiltak for å redusere luftforurensningen fra transportsektoren, Plan for miljøtiltak innenfor transportsektoren i Kristiansand sentrum, COWI rapport 2011. Rapporten vurderer hvilke tiltak som kan ha effekt med hensyn på å redusere lokal luftforurensning i Kristiansand sentrum. Tiltaksdelen fokuserer spesielt på NO<sub>2</sub>, ettersom konsentrasjonen av NO<sub>2</sub> ligger rundt grenseverdien for tiltak. Men også konsentrasjonene av svevestøv er høye enkelte dager. Tiltakene er særlig vurdert i forhold til kostnadseffekt.

Måleresultater og resultatet fra arbeidet med luftsonekartet kan tyde på at forurensningssituasjonen er bedre enn det som var grunnlaget for tiltaksutredningen i 2011. Dette gjelder spesielt for NO<sub>2</sub>. For PM<sub>10</sub> er det fortsatt områder som ligger over sonegrensene i T-1520.

NILU har nylig gjennomført modellberegninger for vurdering av alternative tiltak for å bedre luftkvaliteten i Oslo (NILU, 2014). Resultatet fra denne vurderingen kan danne grunnlag for å vurdere tilsvarende tiltak i Kristiansand kommune.

Som det fremgår av luftsonekartet vil store deler av de sentrale områdene i Kristiansand ligge innenfor gul sone. Dette bør hensyntas ved planlegging av følsom bebyggelse innenfor disse områdene, Generelle plangrep kan være å lokalisere ute- og oppholdsarealer slik at disse oppnår best mulig luftkvalitet. Dette kan gjøres ved f.eks å bruke bygningsfasaden som en skjerm mot trafikkerte arealer.

Vegetasjon har en viss evne til å absorbere gasser og vil også kunne fungere som en deponiflate for veistøv. I enkelte sammenhenger kan også vegetasjon påvirke luftstrømmene og sørge for bedre fortykning av forurensningene. Tette vegetasjonsskjermer kan også danne en effektiv barriere mot sprut- og grove støvpartikler fra veien. Statens vegvesen har i en rapport vist til at en 3 meter høy og 2 meter bred hekk kan forventes inntil 30% reduksjon i konsentrasjonen av nedfallstøv i et 25 meter bredt belte bak hekken. Effekten er størst i området nærmest hekken. Med forutsetning om 30% reduksjon vil dette kunne gi tilfredsstillende luftkvalitet for svevestøv. Enkelte utenlandske studier viser også at dette kan ha en positiv effekt. Disse viser at en reduksjon på 5% er vanlig, men at effekten kan være opp til 60% avhengig av vegetasjonstype, størrelse, avstand til kilde etc.

Det bør også settes krav til plassering av luftinntak, slik at disse ikke vender ut mot trafikkerte veier. I forbindelse med etablering av høyhus kan det vurderes å planlegge boliger i høyden og næring i lavereliggende etasjer. Det bør uansett i forbindelse med detaljplanlegging og byggesaker settes nærmere krav til hvordan man skal oppnå best mulig luftkvalitet i de områdene som er omfattet av gul/rød sone. I tillegg vil en tiltaksutredning i tråd med retningslinjene til Miljødirektoratet gi nyttige

innspill i arbeidet med kommunens arealplanlegging. I forbindelse med en evt. tiltaksutredning i Kristiansand er det mulig å gjennomføre modellberegninger for å se effektene av de ulike tiltakene og kombinasjon av forskjellige tiltak.

## 8. Oppsummering

Kristiansand kommune har utarbeidet luftsonekart i tråd med retningslinjer for behandling av luftkvalitet i arealplanleggingen, T-1520/2012. Beregningene er gjennomført for svevestøv (PM<sub>10</sub>) og nitrogendioksid (NO<sub>2</sub>). Beregningene inkluderer utslipp av PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub> fra vedfyring, industri, flytrafikk på Kjevik flyplass, skipstrafikk og veitrafikk. I modelleringen er det også tatt hensyn til bakgrunnskonsentrasjoner. For nærmere beskrivelse av metodikken vises det til delrapport 1 som beskriver dette nærmere.

Trafikk- og vedfyring er de viktigste kildene til utslipp av svevestøv i Kristiansand. Luftsonekartet for PM<sub>10</sub> viser at en stor del av Kristiansand sentrum ligger i gul sone. Det samme gjelder større boligområder langs de mest trafikkerte veiene. Enkelte veinære områder samt områdene utenfor tunnelmunningene ligger i rød sone. Trafikk er den viktigste kilden til NO<sub>2</sub> konsentrasjonene. Beregningene som er gjort for NO<sub>2</sub> viser at ingen områder i Kristiansand sentrum er utsatt for konsentrasjoner over sonegrensene. Enkelte veinære områder utenfor tunnelmunningene, er utsatt for NO<sub>2</sub> konsentrasjoner tilsvarende rød sone. Nærområdet til flyplassen på Kjevik vil også være utsatt for NO<sub>2</sub> tilsvarende rød sone. Oversikt over antall personer eksponert i gul og rød sone vises i tabell 3.

Luftsonekartene skal brukes som grunnlag for den overordnede arealplanleggingen. Det er derimot viktig at kartene ikke tolkes bokstavelig, da modellberegninger alltid er befestet med usikkerhet. I enkelte områder kan det derfor være aktuelt med mer detaljerte vurderinger/beregninger, f.eks nær en trafikkert vei eller en sonegrense. Dette er spesielt aktuelt i forbindelse med detaljplanlegging av følsomt arealbruk innenfor de respektive sonegrensene.

For å se effekten av evt. avbøtende tiltak, hver for seg eller samlet, er det mulig å modellere egne spredningsberegninger. Resultater fra slike modelleringer kan gi god informasjon om hvilken effekt tiltakene vil ha på luftkvaliteten (dvs. høyeste reduksjon i konsentrasjoner).

Tabell 3: Antall personer eksponert i gul og rød sone

Sone	PM <sub>10</sub>		NO <sub>2</sub>	
	Gul	Rød	Gul	Rød
Antall personer eksponert	7377	641	7	55
Andel personer bosatt i rød sone	0,7%			
Andel personer bosatt i gul sone	8,3%			



Tabell 4: Antall bygg og boenheter i kategorien følsomt arealbruk i gul og rød sone:

Sone	PM <sub>10</sub> og NO <sub>2</sub>	
	Gul	Rød
Antall bygg i kategorien følsomt arealbruk	2948	206
Antall boenheter	4633	389

## 9. Kilder

- › APEF, 2014. Air Pollution Emission Factor Library, <http://www.apef-library.fi/> [Hentet 26.nov 2014]
- › CORINE, 2013. Corine Land Cover 2006 seamless vector data. <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/clc-2006-vector-data-version-3> [Hentet 02.feb 2014]
- › COWI, 2015. Luftsonekart for Nedreglomma region. Fredrikstad og Sarpsborg kommuner.
- › COWI, 2016a. Luftsonekart for Kristiansand – Delrapport 1: Utslippsberegninger, grunnlagsdata og metodikk
- › COWI, 2016b. Kartlegging Av Effekten På Luftkvalitet Av Begrensninger I Skipsanløp Til Sentrumsnære Havner: Trondheim, Bergen, Stavanger Og Oslo. Miljødirektoratet.
- › eKlima, 2014. eKlima værportal, Meteorologisk institutt, [http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?\\_pageid=73,39035,73\\_39049&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?_pageid=73,39035,73_39049&_dad=portal&_schema=PORTAL) [Hentet 26.feb 2014]
- › Entec, 2005. Quantification of ship emissions. <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/background.htm> [Hentet 01. sep 2015]
- › ENVISA, 2005. Airport Local Air Quality Modelling: Zurich Airport Emissions Inventory, Using Three Methodologies. [https://www.eurocontrol.int/eec/gallery/content/public/document/eec/conference/paper/2005/007\\_Zurich\\_Airport\\_emissions.pdf](https://www.eurocontrol.int/eec/gallery/content/public/document/eec/conference/paper/2005/007_Zurich_Airport_emissions.pdf) [Hentet 12.jan 2016]
- › Forurensningsforskrift, 2007. Forskrift om begrensning av forurensning, Del 3, Kap 7. [https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931/KAPITTEL\\_3#KAPITTEL\\_3](https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931/KAPITTEL_3#KAPITTEL_3)
- › HBEFA, 2014. The Handbook Emission Factors for Road Transport, INFRAS, <http://www.hbefa.net/e/index.html> [Hentet 22.jan 2016]
- › eKlima, 2014. eKlima vær portalen, Meteorologisk institutt, [http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?\\_pageid=73,39035,73\\_39049&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?_pageid=73,39035,73_39049&_dad=portal&_schema=PORTAL) [Hentet 07.des 2014]
- › Lakes, 2014. AERMOD View, <http://www.weblakes.com/products/aermod/index.html> [Hentet 22.des 2014].
- › Lakes, 2015. WRPLOT, <http://www.weblakes.com/products/wrplot/index.html> [Hentet 22.jan 2015].
- › Miljødirektoratet, 2012. Retningslinje for behandling av luftkvalitet i arealplanlegging (T-1520), <https://www.regjeringen.no/contentassets/3b1e1d20ee364e61ab2949814a9212ca/t-1520.pdf>
- › Miljødirektoratet, 2014. Norske Utslipp, <http://www.norskeutslipp.no/no/Landbasert-industri/?SectorID=600> [Hentet 20.jan 2015]
- › MM5, 2016. MM5 Community Model. <http://www2.mmm.ucar.edu/mm5/>
- › ModLuft, 2012a. Nasjonalt informasjonssenter for modellering av luftkvalitet, <http://www.luftkvalitet.info/ModLUFT/ModLUFT.aspx> [Hentet 15.des 2014].
- › ModLuft, 2012b. Nasjonalt informasjonssenter for modellering av luftkvalitet, Bakkgrunnsapplikasjon, <http://www.luftkvalitet.info/ModLUFT/Inngangsdata/Bakgrunnskonsentrasjoner/BAKGRUNNproj.aspx> [Hentet 15.des 2014].

- > NVDB 2014. Nasjonal vegdatabank, Statens vegvesen,  
<http://www.vegvesen.no/Fag/Teknologi/Nasjonal+vegdatabank> [Hentet 13.des 2014]
- > Opplysningsrådet for Veitrafikken (OFV), 2016. Kjøretøystatistikk 2014.  
<http://www.ofvas.no/publikasjoner/category390.html>
- > OpenStreetMap, 2015. <http://www.openstreetmap.org/export> [Hentet 24.feb 2015]
- > SINTEF, 2013. Particle emission factors for wood stove firing in Norway.  
[http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/nyheter/dokumenter/25042013\(PM%20emission%20factors%20wood%20stoves\\_Rapport\\_Final\\_64-65\).pdf](http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/nyheter/dokumenter/25042013(PM%20emission%20factors%20wood%20stoves_Rapport_Final_64-65).pdf) [Hentet 30.jan 2015]
- > SSB, 2002. Utslipp til luft fra norsk luftfart. <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/utslipp-til-luft-fra-norsk-luftfart--24570> [Hentet 30.jan 2015]
- > SSB, 2011b. Utslipp og energi fra vedfyring. Om statistikken: Vedfyring <http://ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/om-statistikken> [Hentet 30.jan 2015]
- > SSB, 2012. Utslipp og energi fra vedfyring. Foreløpige landstall. 2011. <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/kraftig-nedgang-i-vedforbruket> [Hentet 30.jan 2016]
- > SSB, 2015. Folkemende, <http://www.ssb.no/befolkning/statistikker/folkemengde/aar-berekna/2014-12-18?fane=tabell&sort=nummer&tabell=212146> [Hentet 30.jan 2015]
- > Statens Kartverk, 2015a. N50 Raster, tile-inndelt. <http://data.kartverket.no/download/content/n50-raster-utm-33-tile-inndelt-hele-landet-tiff>
- > Statens Kartverk, 2015b. DTM Terrengmodell – land. <http://data.kartverket.no/download/content/digital-terrengmodell-10-m-utm-32>
- > Statensvegvesen, 2015. NVDB: Nasjonal vegdatabank.  
<http://www.vegvesen.no/fag/Teknologi/Nasjonal+vegdatabank>
- > Statens vegvesen, 2014, Håndbok V712, Veiledning for konsekvesanalyser.  
[http://www.vegvesen.no/attachment/704540/binary/1056993?fast\\_title=H%C3%A5ndbok+V712+Konsekvensanalyser.pdf](http://www.vegvesen.no/attachment/704540/binary/1056993?fast_title=H%C3%A5ndbok+V712+Konsekvensanalyser.pdf)
- > USEPA, 2011. AERMAP Terrain Preprocessor, [http://www.epa.gov/scram001/dispersion\\_related.htm](http://www.epa.gov/scram001/dispersion_related.htm)
- > USEPA, 2005. AERMOD: Description of Model Formulation,  
[http://www.epa.gov/scram001/7thconf/aermod/aermod\\_mfd.pdf](http://www.epa.gov/scram001/7thconf/aermod/aermod_mfd.pdf) [Hentet 06.jan 2015].
- > USEPA, 2005b. AERMOD: Addendum to the AERMOD Model Formulation Document,  
[http://www.epa.gov/scram001/7thconf/aermod/aermod\\_mfd\\_addm\\_rev.pdf](http://www.epa.gov/scram001/7thconf/aermod/aermod_mfd_addm_rev.pdf) [Hentet 07.okt 2015]
- > USEPA, 2012. Ambient Ratio Method Version 2 (ARM2) for use with AERMOD for 1-hr NO2 Modeling Development and Evaluation Report.  
[http://www3.epa.gov/scram001/models/aermod/ARM2\\_Development\\_and\\_Evaluation\\_Report-September\\_20\\_2013.pdf](http://www3.epa.gov/scram001/models/aermod/ARM2_Development_and_Evaluation_Report-September_20_2013.pdf) [Hentet 07.okt 2015]
- > Vegdirektoratet, 2014. Håndbok N500: Vegtunneler.  
[http://www.vegvesen.no/attachment/61913/binary/964093?fast\\_title=H%C3%A5ndbok+N500+Vegtunneler.pdf](http://www.vegvesen.no/attachment/61913/binary/964093?fast_title=H%C3%A5ndbok+N500+Vegtunneler.pdf)
- > [Vegetasjon ved trafikkårer, nr. 169 i Vegvesenets håndbokserie](#), Statens Vegvesen 1994.
- > Vista Analyse, rapport 2015/10. Økosystemtjenester fra grønnstruktur i norske byer og tettsteder.
- > Arkitekturverkstedet i Oslo/Asplan Viak, notat 2009-02-02, Grønnstrukturens betydning for lokalklima og luftkvalitet i Oslo.

## 10. Forutsetninger og usikkerheter

En beskrivelse av grunnlagsdata finnes i delrapport 1 (COWI, 2016a). Det vil alltid være usikkerhet knyttet til beregninger av luftkvalitet. Variasjoner i klima, kjøretøysammensetning og utslippsfaktorer vil ha stor betydning for luftkvaliteten. Kjøretøyparken fornyes stadig, blant annet med motorteknologi som gir lavere utslipp.

Følgende forutsetninger er lagt til grunn i denne utredningen som danner noe usikkerhet:

1. Det er forutsatt at NO<sub>x</sub> utslipp er konvertert til NO<sub>2</sub> basert på O<sub>3</sub> konsentrasjoner (OLM metoden i AERMOD).
2. Det er forutsatt at alle PM (partikkel) utslipp foreligger som PM<sub>10</sub> eller mindre.
3. De mindre kommunale veiene er i modellen definert som et arealutslipp, fordelt i 10 soner utover prosjektområdet.
4. Oppvirvling av veistøv er hensyntatt i modellen med en tilleggsfaktor for PM10 i månedene jan-april.
5. Beregninger for tunnelmunningene har ikke tatt høyde for evt. mekanisk ventilasjon i tunellene.
6. Meteorologi: Det er benyttet meteorologidata for år 2014, da dette samsvarer med utslippsdataene.
7. Forenklet beregning av utslipp for flyplassen, som er beskrevet i delrapport 1.
8. Forenklet beregning av utslipp fra vedfyring, som er beskrevet i delrapport 1
9. Forenklet beregning av skipstrafikk, som er beskrevet i delrapport 1. Merk at tiltak som landstrøm ikke er hensyntatt i beregningene. Det anbefales at slike tiltak inngår i en stedsspesifikk luftsonekart for Kristiansand havn.



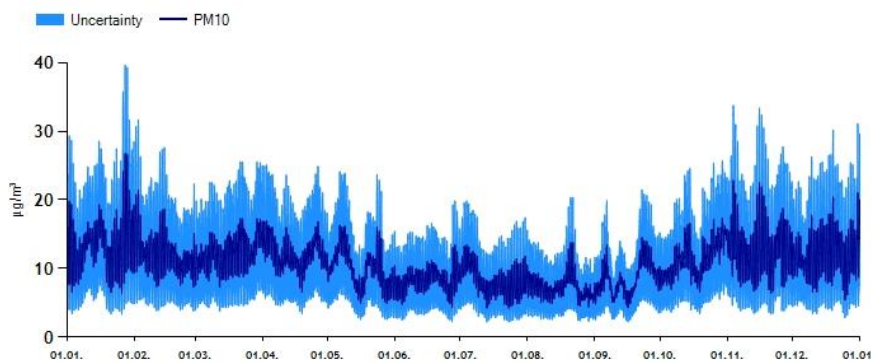
## 11. Ordliste

- › Arealkilde: Kilder, som for eksempel vedfyring, som geografiske sett ikke er mulig eller effektivt å definere som punkt eller linje kilde.
- › Bakgrunnskonsentrasjoner: forurensningskonsentrasjon som kommer fra utslippskildene, men som ikke er inkludert i modellens utslippsoversikt. (Modluft, 2012a).
- › Inngangsdata: Data for areal-, linje- og punktkilder som er lagt i modellen. Det inkludere data for prosjektområdet, topografi, bakgrunnskonsentrasjoner og meteorologi.
- › Kjøretøyklasse: Trafikkildene er klassifisert på forskjellige nivåer, basert på teknologi, standarder og utslippsgrenser. Klassene varierer fra EURO klass I (etablert 1993) til klass VI (etablert 2014).
- › Linjekilde: Kilder, som trafikk, som er geografiske sett som en linje.
- › Luftsonekart: I områder der det er overskridelser av nedre grense for gul sone i tabellen, bør det utarbeides kart som viser utbredelse og konsentrasjon av luftforurensning. Luftforurensningen bør kart festes i en gul og en rød sone. (Modluft, 2012a).
- › NO<sub>x</sub>/NO<sub>2</sub>: Nitrogenoksid (NO<sub>x</sub>) er en gass (NO + NO<sub>2</sub>) som er dannet under forbrenninger ved høye temperatur, som for eksempel diesel drivstoff i kjøretøy. Nitrogendioksid (NO<sub>2</sub>) er gassen som luftforurensningsretningslinjer og –kriteria er basert på.
- › Prosjektområdet: Området som definerer modelleringsprosjektet, delt i ruter.
- › PM<sub>10</sub>: Partikler (svevestøv) med aerodynamiske diameter mindre enn 10 µm.
- › Punktkilde: Kilder, som industri, som er geografiske sett som et punkt.
- › Reseptorpunkt: Punkt i prosjektområdet hvor spredningsresultater (konsentrasjoner) kan være spesifikt tatt fra.
- › Tidsvariasjon: Variasjon av utslippsmengden over tid. Vist i graf, og tilsvarende faktorer er lagt i modellen for alle kilder.
- › Utslippsfaktor: Faktorer lagt i modellen for alle kildene som gir mengden utslipp for en parameter over tid (for eksempel 25 gram PM10 per sekund).
- › Vindrose: Viser vindstyrker og -retningen (retningen hvor vind kommer fra).
- › ÅDT: Årsdøgntrafikk, er antall kjøretøy på en linjekilder i gjennomsnitt for en dag (basert på årsdata).

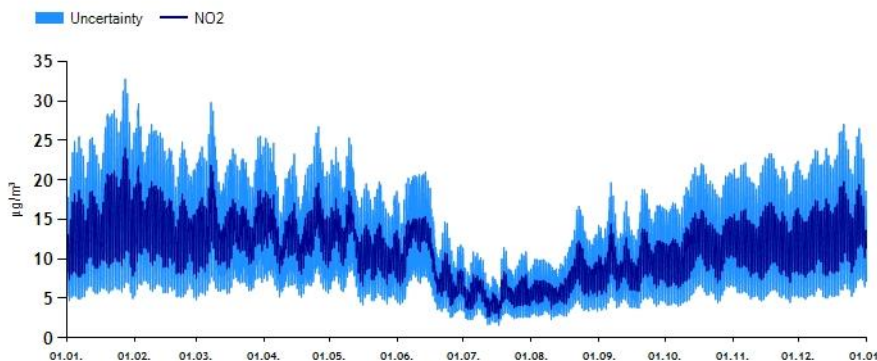
## Vedlegg A: Bakgrunnskonsentrasjoner

Bakgrunnskonsentrasjonen er den forurensningen som er dannet utenfor prosjektområdet, eksempelvis langtransportert luftforurensning. Bakgrunnsverdier for PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> og O<sub>3</sub> er generert fra bakgrunnsapplikasjonen for planområdet, 58,353N breddegrad, 8,052Ø lengdegrad (ModLUFT, 2012b). Timevis genererte verdier for PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> og O<sub>3</sub> er gitt i Figur 13, Figur 14 og Figur 15 for et representativ år.

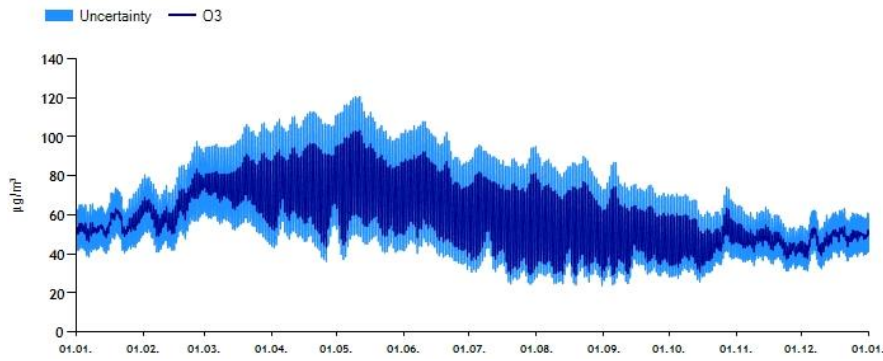
Bakgrunnsverdier for O<sub>3</sub> er en viktig parameter da modellen håndterer NO<sub>x</sub> utslipp med konvertering til NO<sub>2</sub>-konsentrasjoner basert på timevis O<sub>3</sub> konsentrasjoner med OLM algoritme i AERMOD (USEPA, 2012; 2005b).



Figur 13: Timesvise bakgrunnskonsentrasjoner ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) for PM<sub>10</sub> i prosjektområdet.

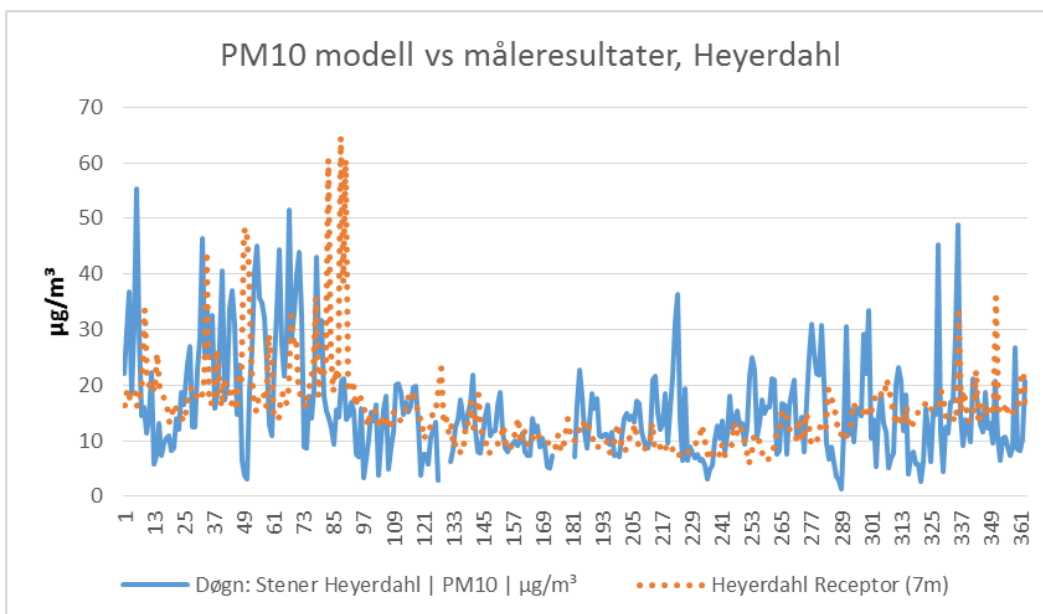
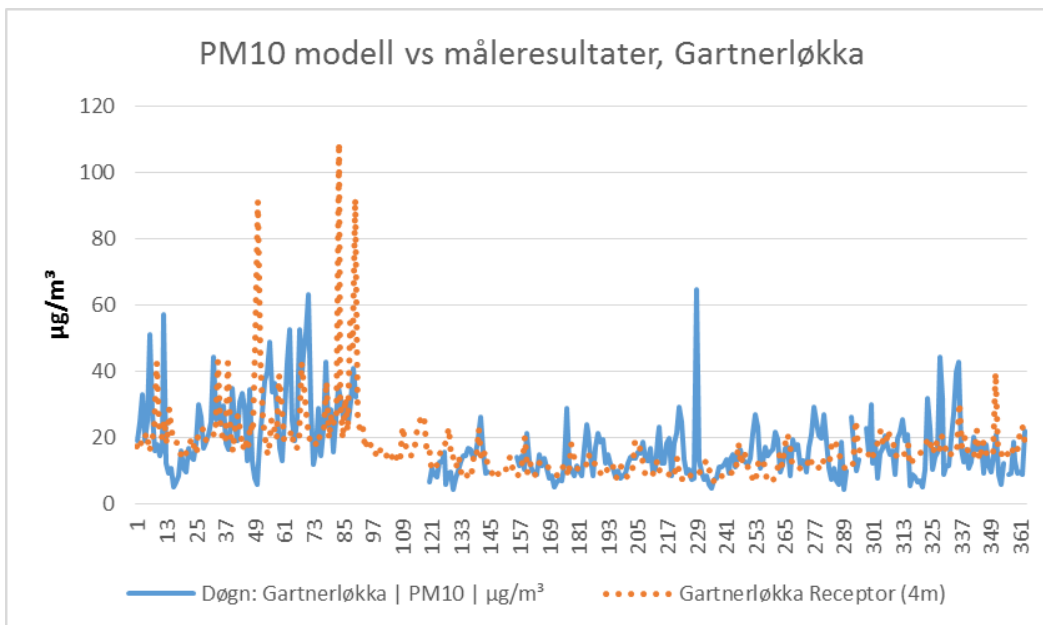


Figur 14: Timesvise bakgrunnskonsentrasjoner ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) for NO<sub>2</sub> i prosjektområdet.

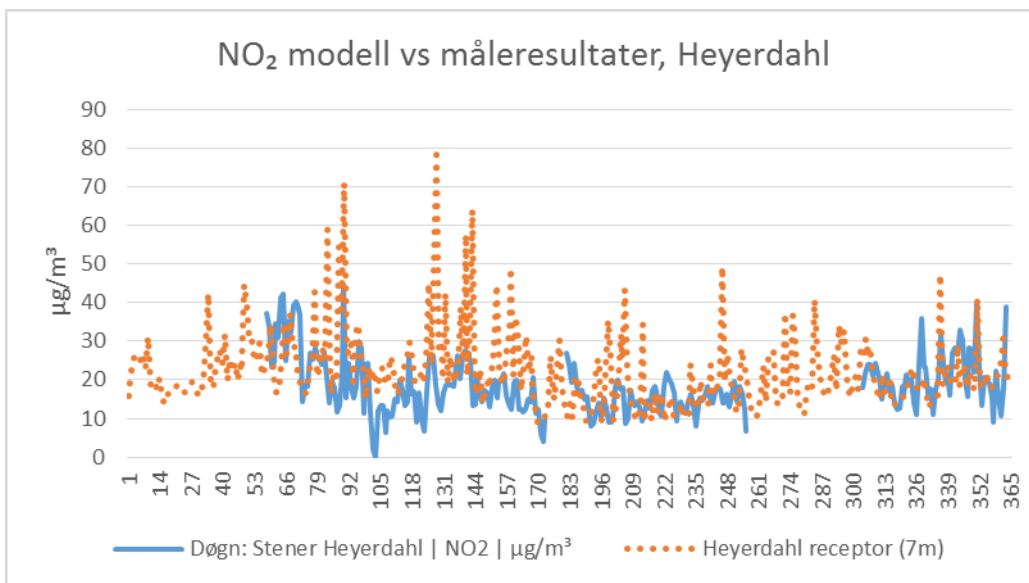
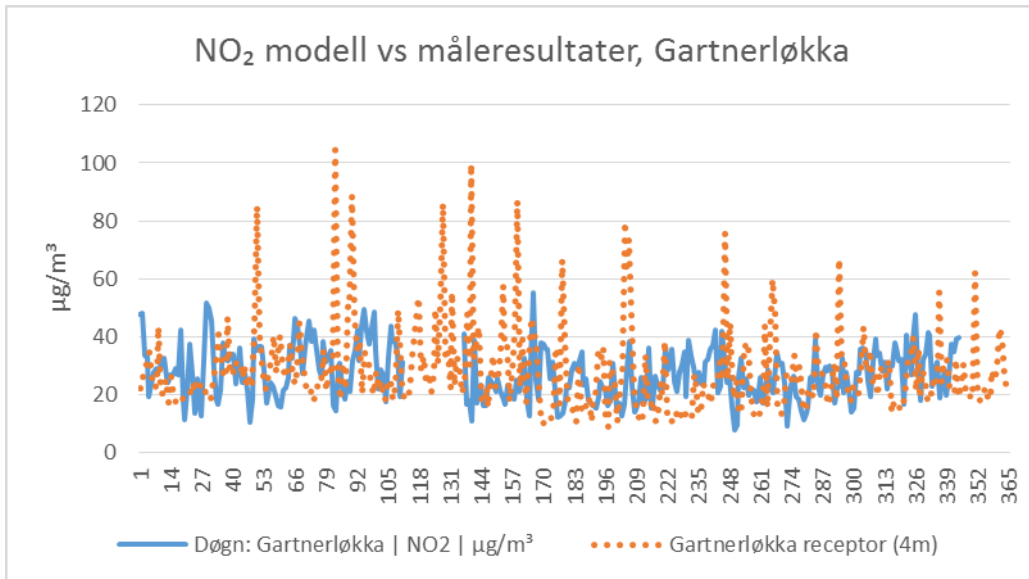


Figur 15: Timesvise bakgrunnskonsentrasjoner ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) for  $\text{O}_3$  i prosjektområdet.

## Vedlegg B: Verifisering, modellerte resultater vs. målinger (2014)





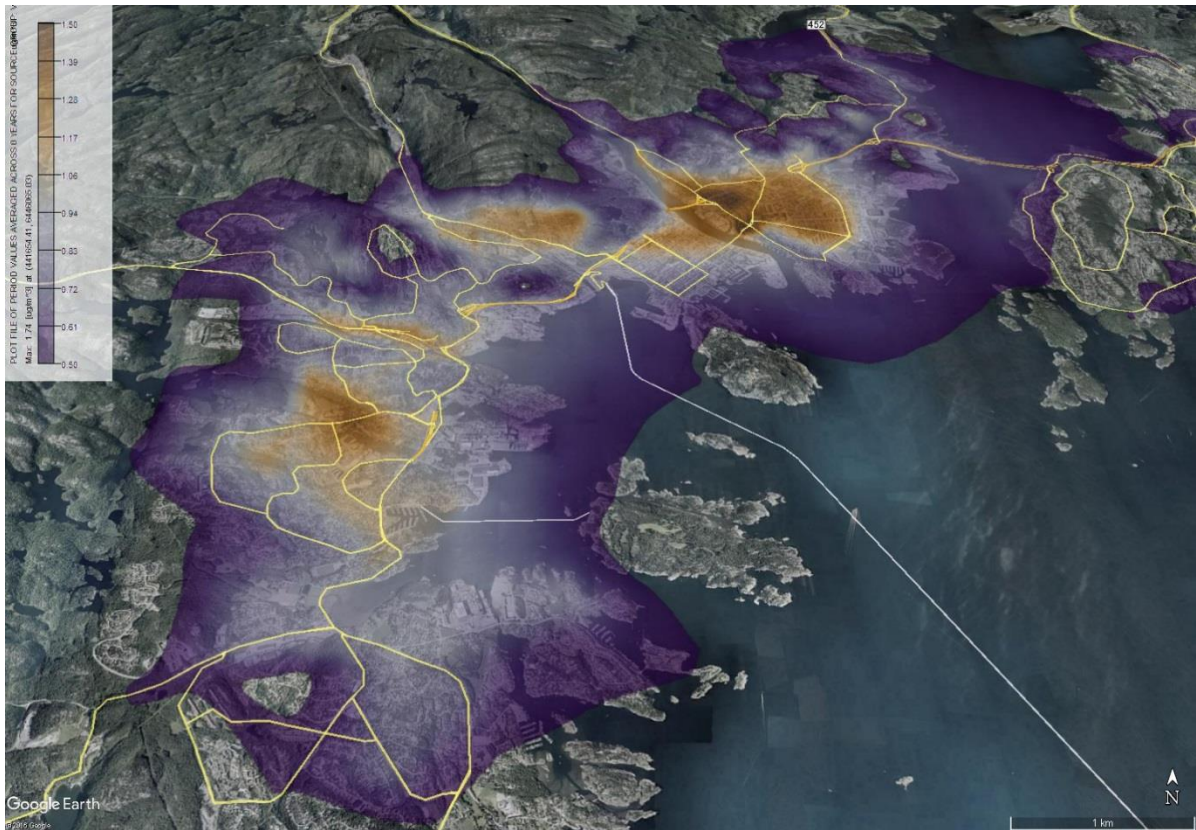


## Vedlegg C: Tilleggskart

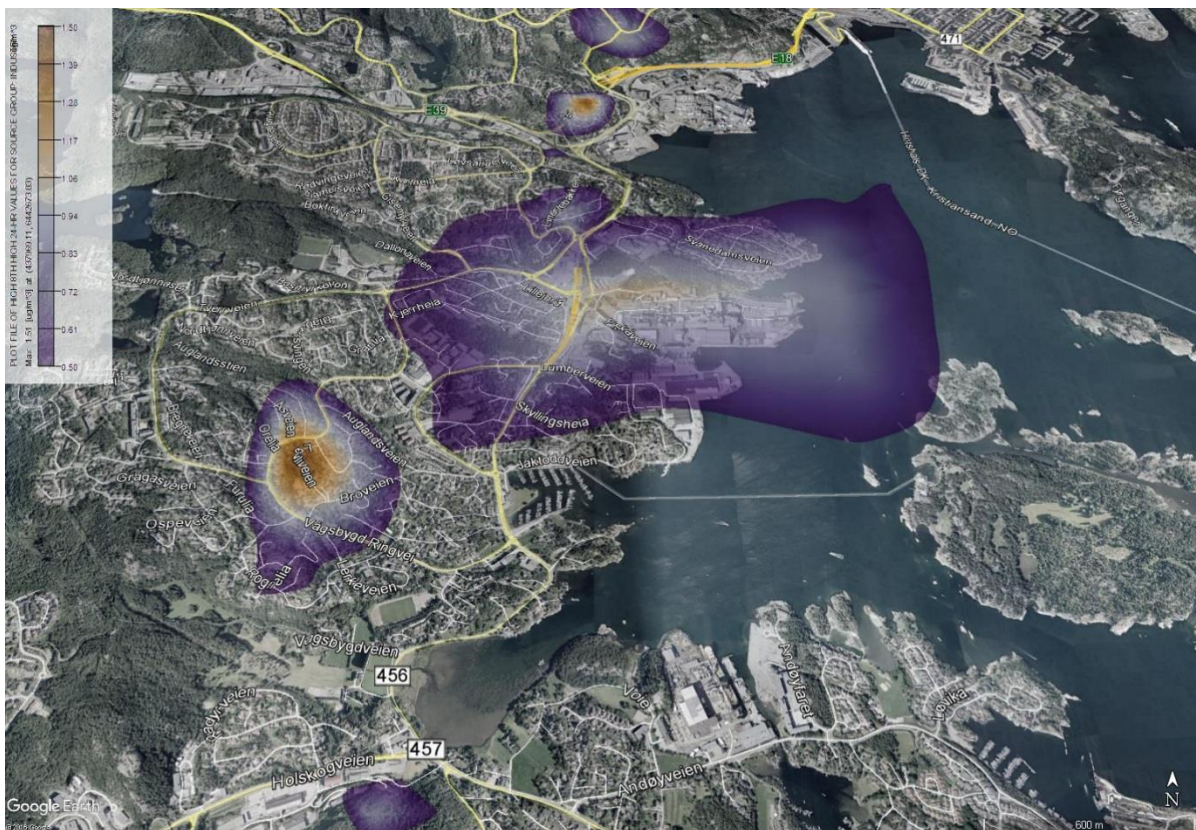


Figur 16: Bidrag fra vedfyring til  $PM_{10}$ . Høyeste døgnmiddelkonsentrasjoner (skala strekker fra 3 – 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )





Figur 17: Bidrag fra vedfyring til PM<sub>10</sub> årsmiddelskonsentrasjoner (skala strekker fra 0.5 – 1.5 µg/m<sup>3</sup>)

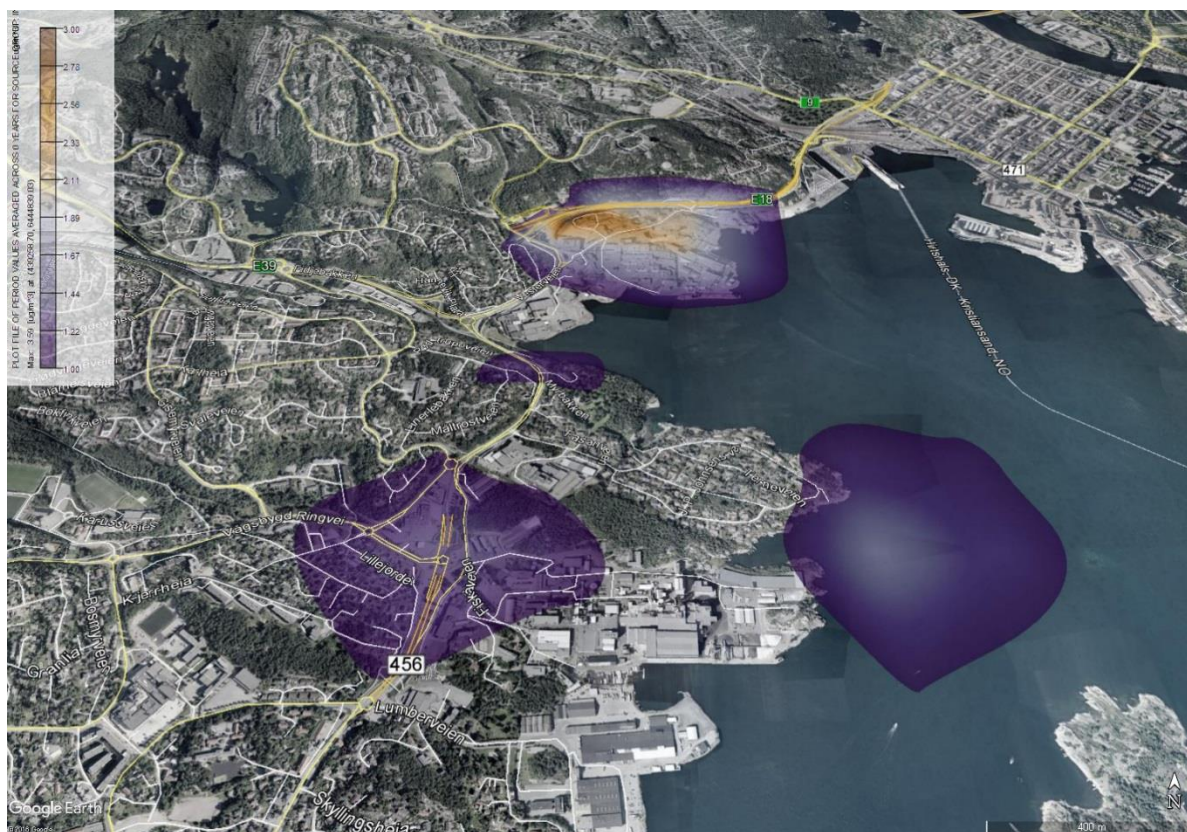


Figur 18: bidrag fra industrien til PM<sub>10</sub> 8. høyeste døgnmiddelskonsentrasjoner (skala strekker fra 0.5 – 1.5 µg/m<sup>3</sup>)





Figur 19: Bidrag fra industrien til PM<sub>10</sub> årsmiddelkonsentrasjoner (skala strekker fra 0.02 – 0.1 µg/m<sup>3</sup>)



Figur 20: Bidrag fra industrien til NO<sub>2</sub> årsmiddelkonsentrasjoner (skala strekker fra 1.0 – 3.0 µg/m<sup>3</sup>)





Figur 21: Bidrag fra flytrafikken på Kjevik til PM<sub>10</sub> 8. høyeste døgnmiddelmiddelkonsentrasjoner (skala strekker fra 1 – 7 µg/m<sup>3</sup>)



Figur 22: Bidrag fra flytrafikken på Kjevik til PM<sub>10</sub> årsmiddelkonsentrasjoner (skala strekker fra 0.5 – 2.0 µg/m<sup>3</sup>)





Figur 23: Bidrag fra flytrafikken på Kjevik til NO<sub>2</sub> årsmiddelskonsentrasjoner (skala strekker fra 1 – 30 µg/m<sup>3</sup>)

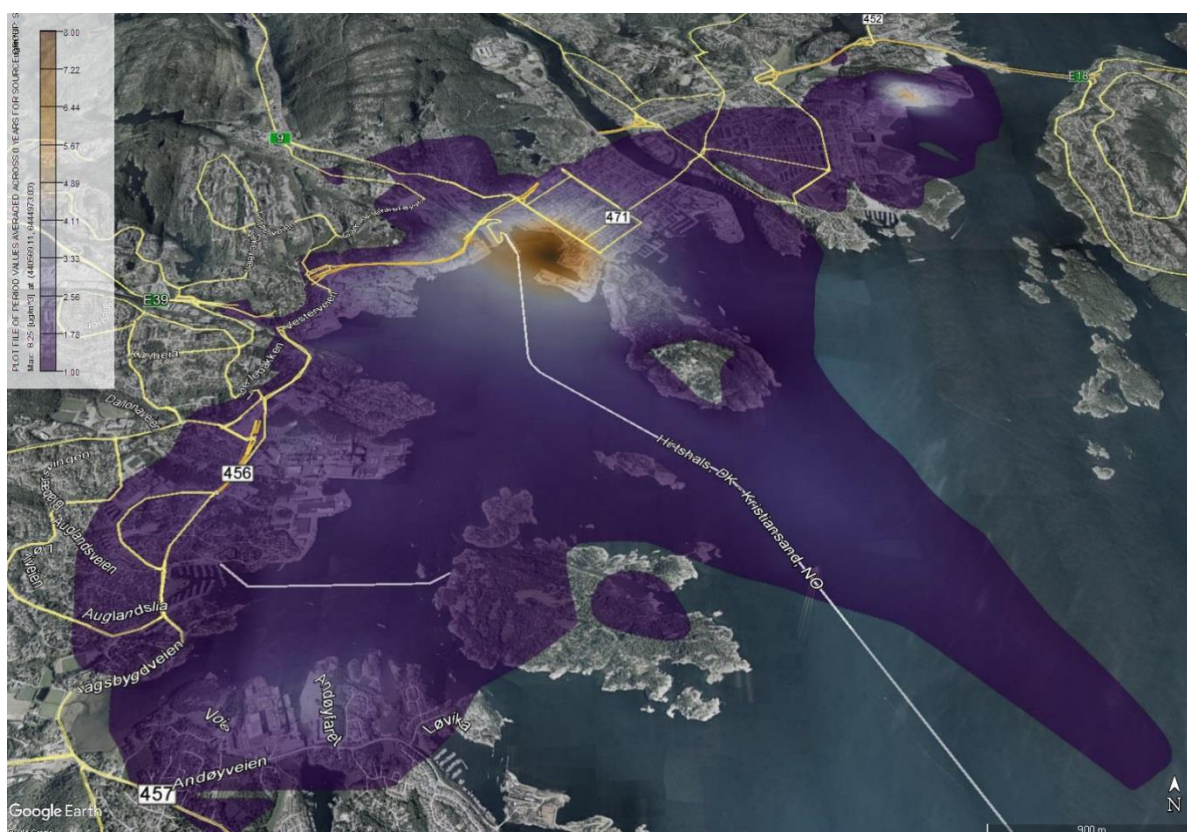


Figur 24: Bidrag fra skipstrafikk til PM<sub>10</sub> 8. høyeste døgnmiddelskonsentrasjoner (skala strekker seg fra 1 – 5 µg/m<sup>3</sup>)



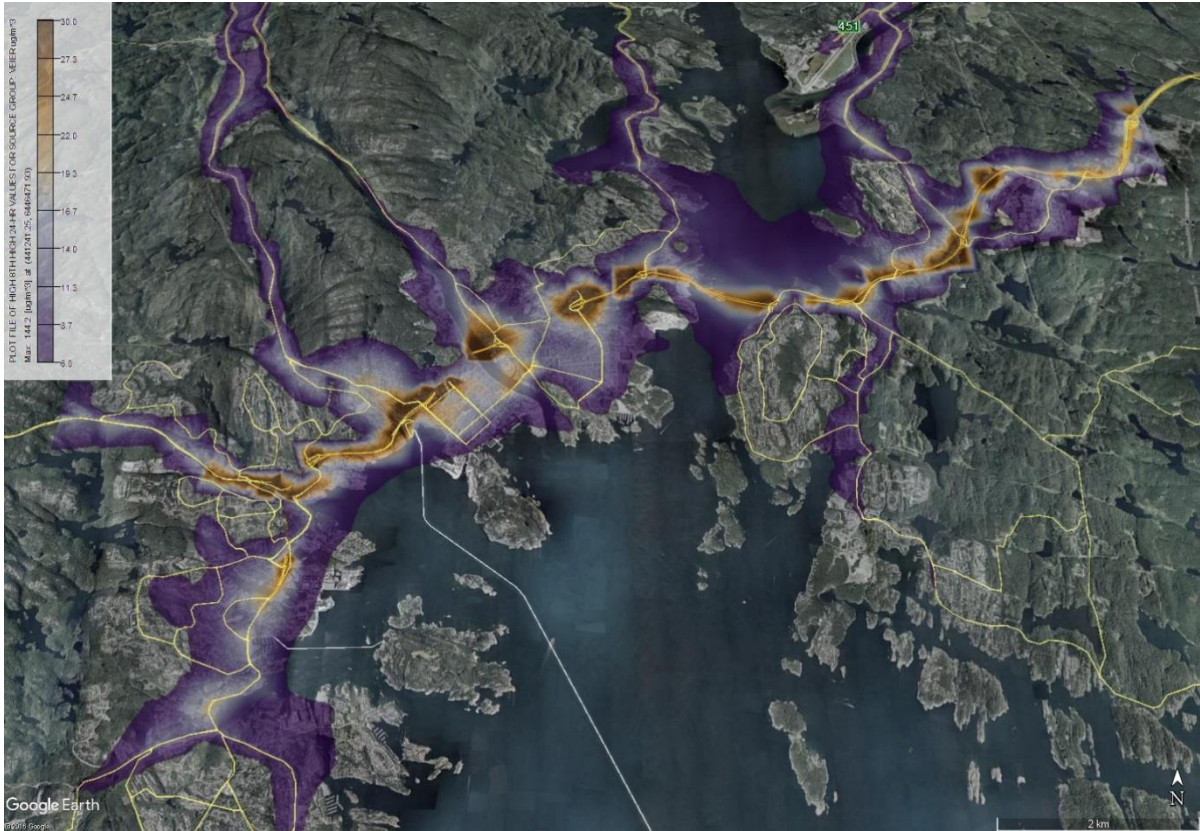


Figur 25: Bidrag fra skipstrafikk til  $PM_{10}$  årsmiddelskonsentrasjoner (skala strekker seg fra .2 – 1.5  $\mu g/m^3$ )

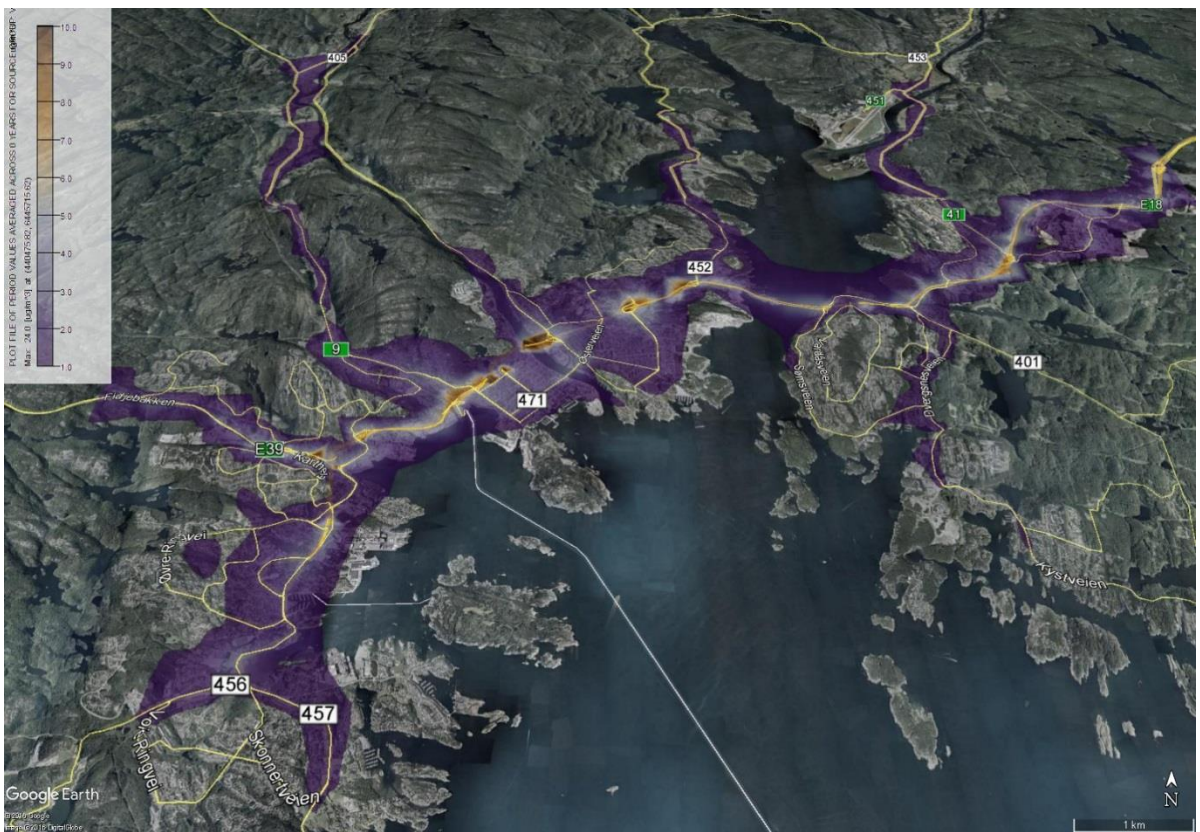


Figur 26: Bidrag fra skipstrafikken til  $NO_2$  årsmiddelskonsentrasjoner (skala strekker seg fra 1 – 8  $\mu g/m^3$ )



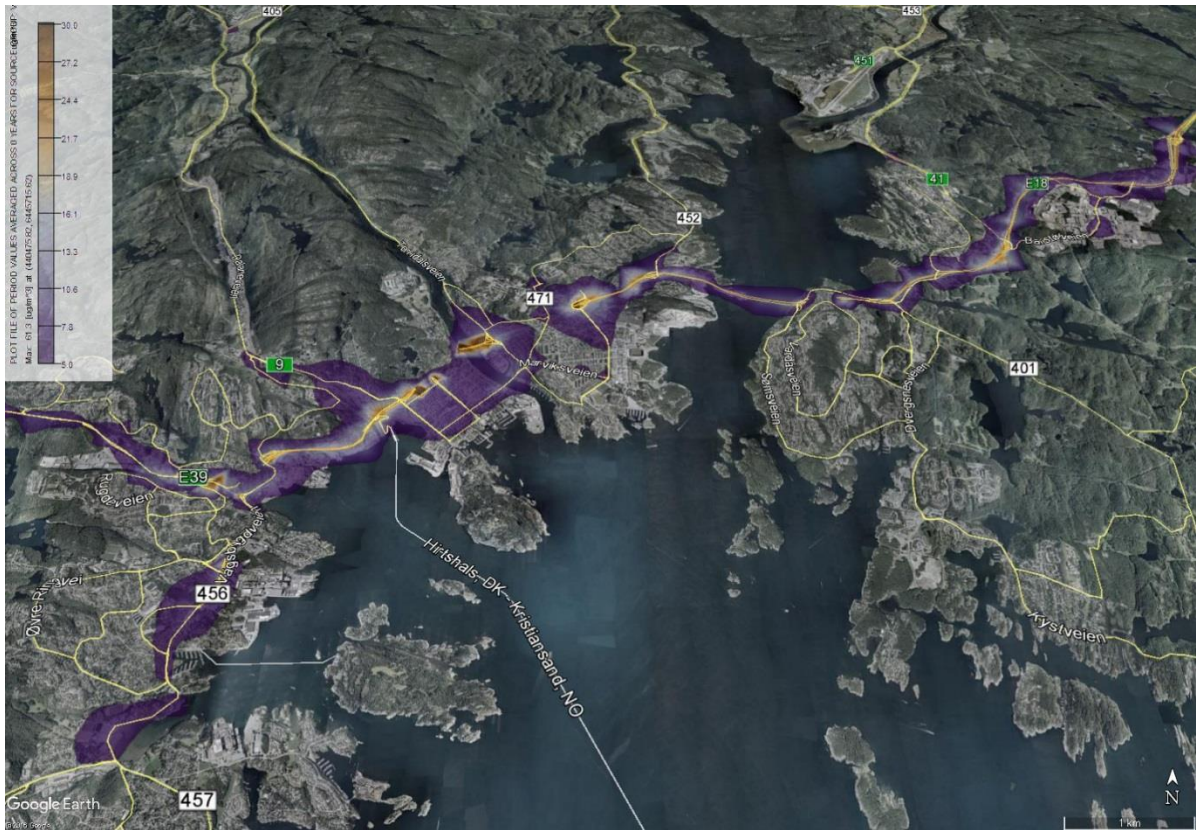


Figur 27: Bidrag fra veitrafikk til PM<sub>10</sub> 8. høyeste døgnmiddelkonsentrasjoner (skala strekker seg fra 6 – 30 µg/m<sup>3</sup>)



Figur 28: Bidrag fra veitrafikk til PM<sub>10</sub> årsmiddelkonsentrasjoner (skala strekker seg fra 1 – 10 µg/m<sup>3</sup>)





Figur 29: Bidrag fra veitrafikk til NO<sub>2</sub> årsmiddelskonsentrasjoner (skala strekker seg fra 5 – 30 µg/m<sup>3</sup>)

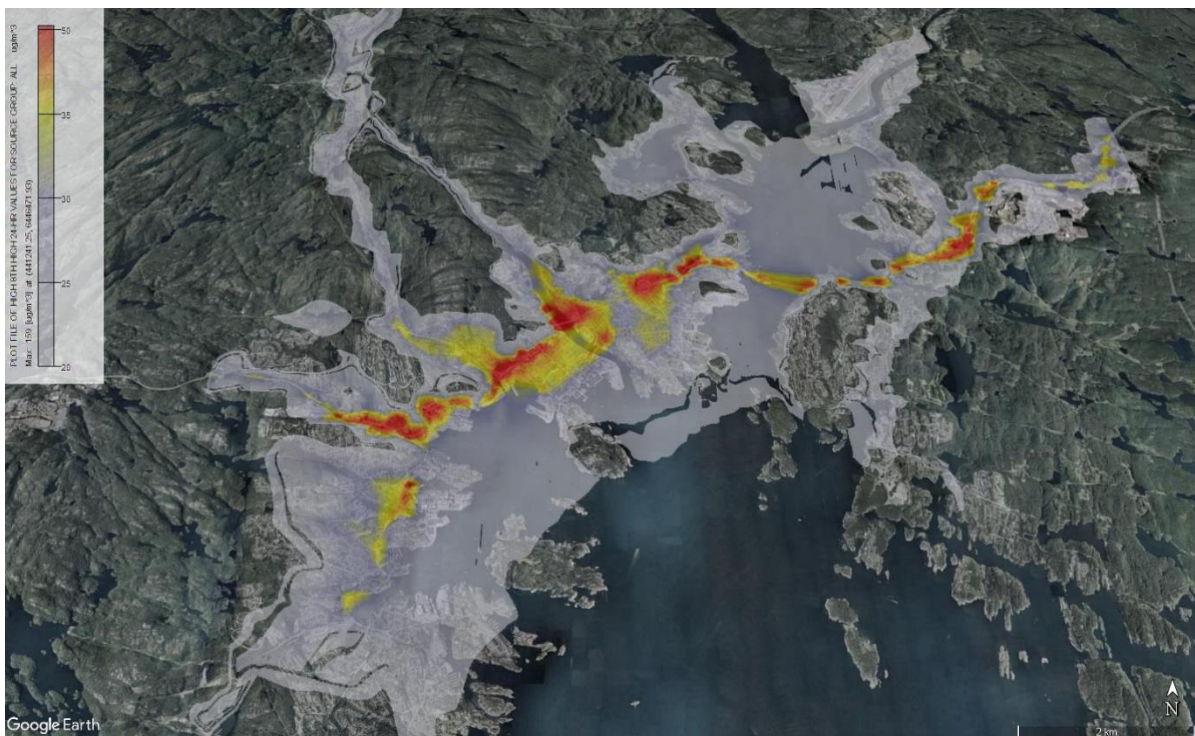


Figur 30: Årsmiddelskonsentrasjon av NO<sub>2</sub> fra alle kilder inkludert bakgrunnskonsentrasjoner (skala strekker seg fra 15 – 40 µg/m<sup>3</sup>).





Figur 31: Vintermiddelmåling av NO<sub>2</sub> fra alle kilder inkludert bakgrunnskonsentrasjoner (skala strekker seg fra 15 – 40 µg/m<sup>3</sup>).



Figur 32: 8. høyeste døgnkonsentrasjon av PM<sub>10</sub> fra alle kilder inkludert bakgrunnskonsentrasjoner (skala strekker seg fra 20 - 50 µg/m<sup>3</sup>).