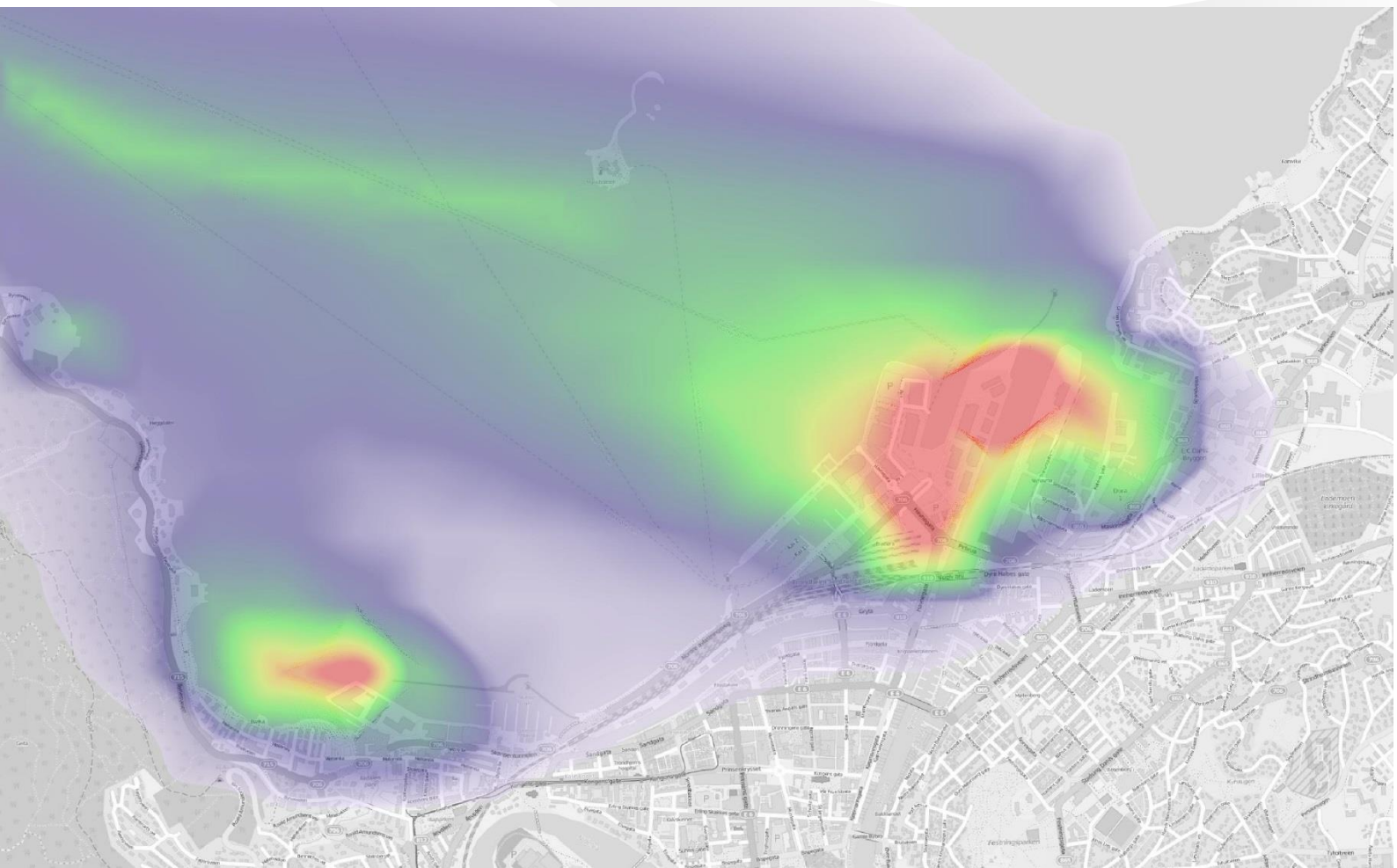


MILJØDIREKTORATET

KARTLEGGING AV EFFEKTEN PÅ LUFTKVALITET AV BEGRENSNINGER I SKIPSANLØP TIL SENTRUMSNÆRE HAVNER

TRONDHEIM, BERGEN, STAVANGER OG OSLO



Tittel:	KARTLEGGING AV EFFEKTEN PÅ LUFTKVALITET AV BEGRENSNINGER I SKIPSANLØP TIL SENTRUMSNÆRE HAVNER: TRONDHEIM, BERGEN, STAVANGER OG OSLO		
COWI-kontor:	Fredrikstad, Kobberslagerstredet 2, 1601		
Oppdrag nr:	A074755	Rapportnummer	
Utgivelsesdato:	16. mar 2016	Antall sider:	88
Tilgjengelighet:		Antall vedlegg:	5
Utarbeidet:	Scott Randall John Ingar Jenssen	Sign.	
Kontrollert:	Jan Raymond Sundell Håkan Hanson	Sign.	
Godkjent:		Sign.	
Oppdragsgiver:	Miljødirektoratet	Oppdragsgivers kontaktperson:	Silje Aksnes Bratland
Kontaktinformasjon saksbehandler:	Scott Randall (Rådgiver Luftkvalitet) scrl@cowi.no		
Stikkord:	Luftkvalitet, utslipp, skipstrafikk, tiltak, havn		
Foto på forside:	Skjermdump fra AERMOD View modellkjøring		

Rapport versjon:	Dato:	Signatur:
0.1	4. des 2015	SCRL 
0.2	11. des 2015	SCRL 
1.0	05. jan 2016	SCRL 
1.1	15 mars 2016	SCRL 

INNHold

1	Sammendrag	4
2	Innledning	7
3	Metodikk	8
3.1	Skipsanløp	9
3.2	Utslipp	10
3.3	Spredningsberegninger	11
3.4	Måledata	12
3.5	Bidrag og tiltak	14
4	Havnene	15
4.1	Trondheim	15
4.2	Bergen	17
4.3	Stavanger	19
4.4	Oslo	21
5	Resultater for utslipp- og spredningsberegninger	25
5.2	Trondheim	28
5.3	Bergen	33
5.4	Stavanger	37
5.5	Oslo	42
6	Analyse og vurdering av tiltak	48
6.1	Vurdering av tiltaket «avvising av skip»	48
6.2	Vurdering av andre aktuelle tiltaktiltak	49
7	Oppsummering	63
8	Usikkerhet og forutsetninger	66
9	Kilder	67
10	Vedlegg 1: Skipsanløp per fartøygruppe	69
11	Vedlegg 2: Måleresultater	71
12	Vedlegg 3: Spredningsmodell oppsett	74
13	Vedlegg 4: Tilleggsresultater	78
14	Vedlegg 5: Koder til skipsgruppene	86

1 Sammendrag

Formålet med prosjektet er å vurdere effekten av avvisning av skip ved overskridelser av grenseverdiene for luftkvalitet i store norske havnebyer og hvorvidt dette er et effektivt akutttiltak for kommunene Oslo, Bergen, Stavanger og Trondheim. Metodikken er basert på å kartlegge utslippsbidrag (for NO₂ og PM₁₀) fra sentrumsnære havner i Oslo, Bergen, Stavanger og Trondheim. Utslipp er beregnet fra skipsanløpsdata fra hver enkel havn og med utslippsfaktorer kategorisert for ulike skipstyper. Kartleggingen ble gjennomført med spredningsberegninger og deretter sammenlignet med resultater fra målestasjonene i hver enkel by.

Det er viktig å merke seg at beregningene benytter en forenklet metode som fokuserer på "worst case" scenarioer og inkluderer noen forutsetninger som danner usikkerhet i resultatene. Dette kan være en begrunnelse for noe høyere bidrag fra skipsfart enn forventet for Bergen og Stavanger.

Resultatene viser at bidraget fra skipsfarten til PM₁₀-konsentrasjoner i alle fire byene er lavt. Bidraget til NO₂-konsentrasjoner i Trondheim og Oslo er relativt lavt. Bidraget til NO₂-konsentrasjoner i Stavanger og særlig Bergen er derimot høyt. Tiltak rettet mot utslipp fra skipsfart i de to byene er viktig for å redusere bidraget fra skipssektoren.

Avvisning av alle eller enkelte skipsgrupper på gitte timer eller dager vil ha liten påvirkning på årsmiddelkonsentrasjonen for NO₂. Avvisning av skip på dager hvor det er varslet overskridelser av NO₂ vil kunne ha en positiv effekt på luftkvaliteten. Dette gjelder særlig for Bergen, men også Stavanger. Det antas at reduksjonen av NO₂ vil være så stor at dette kan begrense akuttsituasjonen og vil kunne bidra til at grenseverdien for timemiddel overholdes. Dette betinger at alle sentrumsnære skip er bortvist fra havn, at de meteorologiske forholdene er gunstig for spredning av utslipp fra skipsfartskildene, at tiltaket gjennomføres straks etter varslingen - og at andre tiltak rettet mot NO₂ følger med (eks. tiltak rettet mot veitrafikken). Det kan være vanskelig å innfri betingelsene i praksis, noe som i tilfelle vil redusere effekten av tiltaket.

Konklusjonen fra effekt av påvirkning av skipsavvisning til luftkvalitet:

		Trondheim	Bergen	Stavanger	Oslo
PM ₁₀	Årsmiddel	Nei	Nei	Nei	Nei
	Døgnsmiddel	Nei	Nei	Nei	Nei
NO ₂	Årsmiddel	Nei	Nei	Nei	Nei
	Timesmiddel	Nei	Ja*	Ja*	Nei

* Midlertidige akutttiltak som kunne øke muligheten til å begrense NO₂ timesmiddel konsentrasjoner om betingelsene er fulgt.

Det reises tvil om avvisning av skip er en bærekraftig tiltaksmetode ift. andre mulige tilgjengelig tiltak, særlig siden det har lite påvirkning på NO₂ årsmidler. Langsiktige tiltak må på plass for å redusere årsmiddel NO₂ konsentrasjoner.

Det har blitt gjort en vurdering av 5 tiltak i tillegg til avvisning av skip. Konklusjonen fra tiltaksvurderingene er at følgende tiltak anbefales for hver av de 4 byene:

Tiltak	Trondheim	Bergen	Stavanger	Oslo
Landstrøm	✓	✓	✓	✓
Gasskraftverk		✓	✓	
Lavutslippssone		✓	✓	
Miljødifferensierte avgifter		✓		✓
Tekniske tiltak på skip				
Avvisning av skip		✓*	✓*	

* Midlertidige akuttiltak som kunne øke muligheten til å begrense NO₂ timesmiddelkonsentrasjoner om betingelsene er fulgt.

Det er tydelig at det er i Bergen og Stavanger, hvor luftkvaliteten er mest påvirket av utslipp fra skip, at tiltak er mest aktuelt. For begge disse byene er det den store andelen av offshoreskip som gir størst bidrag av forurensningskildene NO_x og PM₁₀. I Trondheim og Oslo er det ikke like entydige resultater og forurensningen kommer fra flere ulike fartøygrupper innenfor gods/varetransport. Det anbefales at utbygging av landstrøm iverksettes og at det i mellomtiden blir benyttet en blanding av de andre tiltakene inntil utslippene fra skipstrafikken er på et akseptabelt nivå.

Ordforklaringer:

NO_x	Nitrogenoksider (Nitrogenmonoksid + Nitrogendioksid)
NO₂	Nitrogendioksid
PM₁₀	Svevestøv <10µg størrelsen
BT	Bruttotonnasje for skip
Anløp	Når et skip legger til kai ansees dette som et anløp
AIS/ais	Sanntidsposisjonering av skip, sporing av skip
SFOC	Spesifikt oljeforbruk (g/kWh)
Årsmiddel	Middlingstid av et år for komponenten
Døgnmiddel	Middlingstid av en døgn for komponenten
Timesmiddel	Middlingstid av en time for komponenten
DNV GL	Tidligere Det Norske Veritas
«På reden»	Fartøy som ligger på vent utenfor havneområde
Ro-ro	"Roll on – roll off" skipstype
ECA	Lavutslippssone
SCR-anlegg	Katalytisk rensing av utslipp med høy rensegrad

2 Innledning

Overskridelser av grenseverdier i store byer i Norge er et resultat av utslipp fra veitrafikk, vedfyring, industri og skipstrafikk – i kombinasjon med lokal meteorologi og topografi. Fokus på kilder til luftforurensning har tradisjonelt vært på veitrafikk, vedfyring og industri, mens skipstrafikk har fått relativt liten oppmerksomhet. I Oslo og Bergen har derimot skipstrafikken sin påvirkning på luftkvaliteten fått mer fokus de siste årene.

Lovavdelingen i Justis- og beredskapsdepartement konkluderer med at byer kan avvise anløp til sentrumsnære havner ut fra miljøhensyn (Justis- og beredskapsdepartement, 2015). Det er imidlertid usikkerhet knyttet til de faktiske fordelene slike akuttiltak påvirker den lokale luftkvaliteten. Formålet med prosjektet er å vurdere effekten av avvisning av skip på dager med overskridelser av grenseverdiene i store norske havnebyer og hvorvidt dette er et aktuelt akuttiltak som kommunene kan benytte.

En tidligere vurdering i Oslo viser at skipstrafikk (havneområder) bidrar til 9% av årlig NO_x utslipp i Oslo, og kan bidra opptil 20% av NO_2 konsentrasjonene i sentrumsområdet på det høyeste sesong, mens bidraget til PM_{10} -konsentrasjonene er lavt (Oslo Havn, 2014; NILU, 2015a). Den samme vurderingen viste også at konsentrasjoner fra havneområdet er høyest i Oslo om sommeren, mye på grunn av høyere cruise- og utenlandsfergetrafikk som bidrar til ca. 55% av totalutslippene fra Oslo havn (Oslo Havn, 2014; NILU, 2015a). Mens samtidig registreres de høyeste NO_2 -konsentrasjonene (fra alle kildene) i vinterperioden. Resultatene fra disse vurderingene tyder på at det er NO_2 som bør være i fokus også i de andre sentrumsnære havnebyene i Norge.

Metoden som er brukt for å kartlegge problematikken inkluderer beregning og spredningsmodellering for å kvantifisere bidrag fra skipstrafikken til de konsentrasjonene som finnes i byene. Løsningen fokuserer på Oslo, Bergen, Trondheim og Stavanger fordi disse fire byene er representert med høy andel skipstrafikk (antall anløp per havn), Figur 1. I tillegg utgjør cruiseskiptrafikken en vesentlig andel av den totale bruttotonnasjen.

Komplette datasamlinger for de totale utslippene av NO_2 og PM_{10} eksisterer ikke for havnene i Norge (med unntak av Oslo Havn). En nøyaktig vurdering av bidraget betinger en komplett oversikt over utslippene som grunnlag for spredningsmodellering. Oppdraget inkluderer derimot ikke oppbygging av en komplett database over alle utslipp for hver enkel by. Forutsetningene som er lagt til grunn i beregningene er forbudet med noe usikkerhet og utslipp- og spredningsresultatene må derfor betraktes som overordnet. Der de respektive havnemyndighetene fremskaffer komplette samlinger av utslippsdata kan dette bidra til å redusere usikkerheten i resultatene.

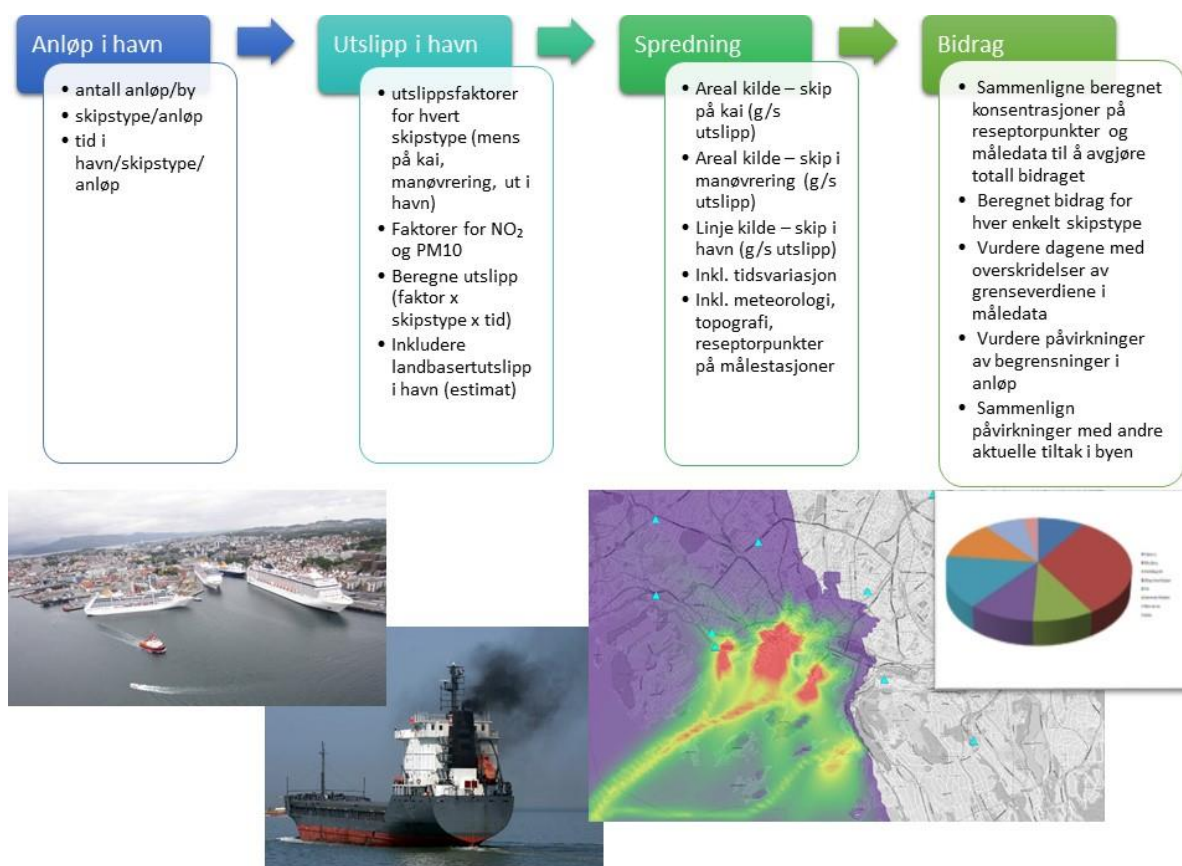


Figur 1: Oversikt over byene som inngår i vurderingen

3 Metodikk

Metodikken er basert på å kartlegge utslippsbidrag (for NO₂ og PM₁₀) fra sentrumsnære havner i Oslo, Bergen, Stavanger og Trondheim. Kartleggingen gjennomføres ved å beregne utslipp basert på anløpsdata og utslippsfaktorer. Utslippsdataene brukes deretter i spredningsmodellen til å beregne hvordan utslippene påvirker luftkvaliteten i de sentrumsnære byområdene. Resultatene fra modelleringen sammenlignes deretter med faktiske måledata og resultatene brukes for å vurdere det faktiske bidraget fra skipstrafikken. Siden spredningsmodellen inkluderer bare skipskildene (uten andre utslippskilder) og noe forutsetning og usikkerhet kan metodikk være klassifisert som forenklet.

Året 2014 er brukt som basisår for beregningene og sammenligningen. Resultatene gir informasjon om hvilken betydning et avvisningstiltak vil ha for den lokale luftkvaliteten. En oversikt av metodikken er vist i Figur 2 under.



Figur 2: Oversikt over metodikken

3.1 Skipsanløp

Det ble benyttet to kilder til oversikt over skipsanløp for de fire havnene, Kystverkets AIS-database og havnemyndighetenes egne registreringer. Hver av disse datasettene hadde imidlertid sine begrensninger slik at den ene datakilden ikke var nok til å innhente de data som ville gi et tilfredsstillende svar.

Det var forskjeller i innholdet i registreringene til disse kildene. AIS-data baserer seg i utgangspunktet på fartøy over 400 bt. i tillegg til fartøy under denne grensen som frivillig eller lovpålagt benytter AIS. Havnemyndighetenes database inneholder imidlertid alle fartøy som har ligget til noen av de aktuelle kaiene, også de under 400 bt. Siden havnemyndighetenes statistikk gir den mest korrekte informasjonen med hensyn til fartøy ved kai har denne dannet utgangspunktet for antall fartøy anløp (se Vedlegg 1).

Det ble avdekket at gjennomsnittlig størrelse på fartøyene ved de fire havnene hadde store forskjeller. Det ble derfor nødvendig å basere seg på egne utslippsfaktorer (utslipp pr tidsenhet) for hver enkelt havn, hvor gjennomsnittlig motorstørrelse og utslipp pr kWh spesifikt for hver fartøygruppe dannet grunnlaget for beregning av utslipp. Dette ble gjort for hver fartøygruppe i hver enkelt by.

Et annet moment som har innvirkning på mengden utslipp som rammer den enkelte by er tiden fartøyene «ligger på reden». I denne perioden ligger fartøyet og venter på kaiplass mens det benytter hovedmotor til å holde seg i posisjon. For å kunne beregne denne mengden utslipp har det ikke vært mulig å forholde seg til Kystverkets statistikk alene da den bl. a. ikke inneholdt en stor mengde skip under 400 bt. Det ble derfor laget et gjennomsnittssenario pr fartøygruppe basert på Kystverkets AIS-loggninger, hvor gjennomsnittlig tid «på reden» samt havnemyndighetenes egne data for fartøy til havn dannet grunnlag for beregninger av utslipp utenfor kaien.

I den forbindelse var vi nødt til å lage definisjoner for når et fartøy lå til kai, når fartøyet drev med manøver til/fra kai og når fartøyet var under normal forflytning fra en havn til en annen. Dette fordi Kystverkets data baserer seg på jevnlig meldinger fra skipet hvert 6 minutt, samt hvor stor avstand (s) som ble tilbakelagt i perioden mellom registreringene (t). Perioden (t) mellom registreringen er fast. Dette betyr at når s har lave verdier beveger skipet seg sakte eller ligger stille og når verdien øker, betyr det også at hastigheten til skipet øker. Da AIS-dataene angir koordinater med et visst slingringsmonn ble vi anbefalt av Kystverket å definere $s < 100$ som kailigge, $100 < s < 200$ som manøvertid og $s > 200$ som regulær forflytning.

Denne forutsetningen har visse svakheter, bl. a. ved at fartøy som ligger og holder posisjonen sin også vil kunne komme inn under kategorien «kailigge». Dette kan representere et merutslipp. Imidlertid vil energiforbruket i denne tilstanden og derav utslippet være betydelig mindre enn under forflytning/seiling på grunn av at energibehov til fremdrift er redusert til et absolutt minimum.

Datasamlingen fra skipstrafikk inkluderer:

- › Antall skip (anløp) per by for 2014
- › Skipstype per anløp
- › Tid i havn per skip, fordelt på type skip antall anløp
- › Tid til kai/manøvrering/seiling per anløp

Beregninger av NO_x og PM_{10} for fartøy som ligger til kai tar utgangspunkt i Lloyds internasjonale database (Maritime directory) som inneholder sjablongverdier (g/kWh) for ulike fartøytyper i ulike tilstander og den faktiske fartøysammensetningen i hver by.

Nøyaktige liggetider og geografisk plassering av kaianlegg er hentet fra havnemyndighetenes historikk, mens motoreffekter, gjennomsnittlig tid for manøvrering og seiling er hentet fra Kystverkets AIS-data.

3.2 Utslipp

For beregninger har vi brukt utslippsfaktorer for NO_x , PM_{10} , SFOC, motorlaster, andel hjelpemotorer fra ENTEC 2005/Lloyds Intelligence for hver enkelt fartøygruppe. Utslippsfaktorene var valgt ut for å få samsvar med tidligere metoder for beregning av skipsutslipp (NILU, 2015d). Dette danner utslipp fra hver fartøygruppe i tre forskjellige driftsmodus; seiling mellom havner, manøvrering til og fra kai, og kailigge, (Tabell 1). Tabellen viser at NO_x –utslipp generelt er noe høyere ved seiling da maskinbelastning er høy, enn ved havnenære operasjoner med lav belastning. Årsaken er at hovedmaskin er optimert på den vanligste driftsmodusen seiling med høy forbrenningstemperatur som gir høye NO_x -utslipp. Tabellen viser også at optimert belastning ved seiling betyr fullstendig forbrenning og lave partikkelutslipp. På motsatt sett øker partikkelutslippene ved lav og ineffektiv motorbelastning ved havnene, noe som også er tydelig i tabellen (unntatt fiskefartøy). Det skal nevnes at utslippsfaktorene er mer enn 10 år gamle og kan overestimere utslipp noe i forhold til dagens situasjon.

Fartøygruppene er også hentet fra ENTEC 2005 med unntak for Cruisefartøy. Disse inngår ikke som egen gruppe i tallmaterialet ENTEC 2005 er basert på. Dermed har det vært nødvendig å tilordne cruisefartøy faktorer basert på lignende fartøygrupper innenfor gruppen «Passasjerskip». Gjennomsnittlig tonnasje og motorstørrelser varierer også her fra hver enkelt havn og det har vært nødvendig å behandle disse individuelt for hver enkelt havn. Eksempelvis er gjennomsnittlig installert motoreffekt for cruiseskip i Oslo om lag 44 000 kW, mens det for Trondheim er om lag 25 000 kW.

Da det er en rekke skip som ligger i opplag eller til reparasjon ved de enkelte havnene har det vært nødvendig å skille disse ut fra beregningene, da de i de aller fleste tilfeller ligger som «dødt skip», dvs. at de ligger med kun et minimumsforbruk av energi og da forsynt med strøm fra land. Dette er nødvendig da den lange liggetiden ville gi store akkumulerte utslipp som ellers ville representere en stor feilkilde i beregningene. Metoden har vært å skille ut skip som har over 500 liggetimer som dødt skip. Disse har istedenfor fått et timeforbruk på 2 timer ved kailigge.

Nå vil dette ikke være dekkende for alle skip, da noen vil kunne ligge lengre på generatordrift før de blir lagt i opplag som dødt skip. Dette betyr at det antakelig er en underestimering av utslipp fra fartøy som ligger i opplag. I motsatt retning trekker de fartøy som ligger i opplag under 500 timer. Andel skip som ligger til kai lengre enn 500 timer er for Oslo havn hele 17 %, men for de resterende havnene er denne andelen skip under 3 %. Om lag 75 % av fartøyene i Oslo som ligger lengre enn 500 timer er passasjerfartøy med benevnelsen «tur/charterbåt», «hurtigbåt» eller «ferge», 11 % går under kategorien *fiskefartøy*.

Tabell 1: Utslippsfaktorene for NO_x og PM₁₀ (g/kWh) basert på skipskategori, inndelt i driftsmoduser (Kilde: ENTEC, 2005).

#	Kategori	Cruising (g/kWh)		Manouvering (g/kWh)		At Berth (g/kWh)	
		NO _x	PM ₁₀	NO _x	PM ₁₀	NO _x	PM ₁₀
1	Oljetankere	14.9	n/a	12	2.3	12.1	2.2
2	Kjemikalie-/produkttankere	16.5	n/a	13.3	2.2	13.3	2.2
3	Gasstankere	16.5	n/a	13.3	2.2	13.3	2.2
4	Bulkskip	17.9	n/a	14.3	2.3	13.8	1.5
5	Stykkogdsskip	17.9	n/a	14.3	2.3	13.8	1.5
6	Konteinerskip	17.5	n/a	14	2.2	13.7	1.5
7	Ro Ro last	15.6	n/a	12.5	2.3	13	1.4
8	Kjøle-/fryseskip	17.5	n/a	14	2.3	13.7	1.5
9	Passasjer	13.3	n/a	10.6	2.1	11.3	1.8
10	Offshore supply skip	14.2	n/a	11.4	2.4	11.8	2
11	Andre offshore service skip	14.2	n/a	11.4	2.4	11.8	2
12	Andre aktiviteter	13.7	n/a	11	2,3	11.8	1.8
13	Fiskefartøy	13.9	n/a	13	1.1	13.4	0.8

3.3 Spredningsberegninger

De beregnede utslippsfaktorene for de ulike havnene legges inn i spredningsmodellen AERMOD (USEPA, 2005; Lakes, 2014). AERMOD er en godt verifisert modell som er anerkjent på ModLUFT sidene for slike oppdrag (ModLUFT, 2012). AERMOD genererer spredningskart for NO₂ og PM₁₀ i høy oppløsning for hver enkelt by. Modellen genererer timevis resultater i et rutenett beskrevet nedenfor. For å sammenligne de beregnede verdiene med målte verdier er det definert et reseptorpunkt (beregningsspunkt) på hver målestasjon. Denne sammenligningen gir grunnlag for å beregne hvor stor bidrag som skipstrafikken bidrar med til det som måles på målestasjonene.

Inngangsdata til AERMOD inkluderer:

- Prosjektområdet. Prosjektområdene er inndelt i ruter med oppløsning fra 100 x 100 meter til 500 x 500 meter.
 - OpenStreetMaps og N50 Raster er benyttet som bakgrunnskart (OpenStreetMaps, 2015; Statens Kartverket, 2015a).
 - Reseptorpunkter er opprettet på alle fastmålestasjonene innenfor prosjektområdet.
- Kilder fra havnene inkluderer:
 - Skip ved kai (areal) – utslipp beregnet til g/s utslipp for hvert skipstype
 - Skip under manøvrering (areal) – utslipp beregnet til g/s utslipp for hvert skipstype
 - Skip til havn (linje) – utslipp beregnet til g/s utslipp for hvert skipstype
- Terrengdata i 10m oppløsning er generert fra Statens Kartverk med en såkalt hybrid DTM struktur med programmet SCOP (Statens Kartverk, 2015b).

- d. Meteorologi for byene er hentet for år 2014 fra nærmeste værstasjon (eKlima, 2014). Meteorologidata er bearbeidet i AERMET og WRPLOT (Lakes, 2015; 2014). De meteorologiske parameterne som er brukt i modelleringene inkluderer:
- › Vindretning (°)
 - › Vindstyrke (m/s)
 - › Lufttemperatur (°C)
 - › Nedbør (mm)
 - › Skydekke (oktavs)
 - › Lufttrykk (hPa)
 - › Luftfuktighet (%)
 - › Global stråling (Wh/m²)
- e. Tildeling av tidsvariasjoner som faktor på utslippstallene for hovedkildene med stor variasjoner gjennom året.
- f. Modellen har håndtert NO_x utslipp med konvertering til NO₂ konsentrasjoner basert på timevis O₃ bakgrunnskonsentrasjoner (ModLUFT, 2012b) med OLM algoritme i AERMOD (USEPA, 2012; 2005b).

Meteorologi for år 2014 var valgt for å få samsvar med anløpsdata for 2014. Generelt vurderes 2014 som et representativt år med hensyn til de storskala værforholdene. Året hadde ikke utpreget lange perioder med kalde høytrykksblokkeringer som kan gi langvarige inversjonsforhold men de forekom derimot.

Som nevnt overfor hentes lokale observasjonsverdier fra nærmeste værstasjon. Dette fører til at forhold på mikroskala (<500 m) i observasjonspunktene overføres til beregningspunktet. Normalt sett er dette et lite problem men det blir tydelig når målestasjonen har annen topografi, eksempelvis bak et fjell eller inne i en by, sammenlignet med vindforholdene i større skala. Alle havner som er inkludert i rapporten påvirkes av dette fenomenet.

Modelloppsett for alle byene finnes i Vedlegg 3. Dette inkluderer kartene over topografi lagt i modellen samt linje- og arealkildene.

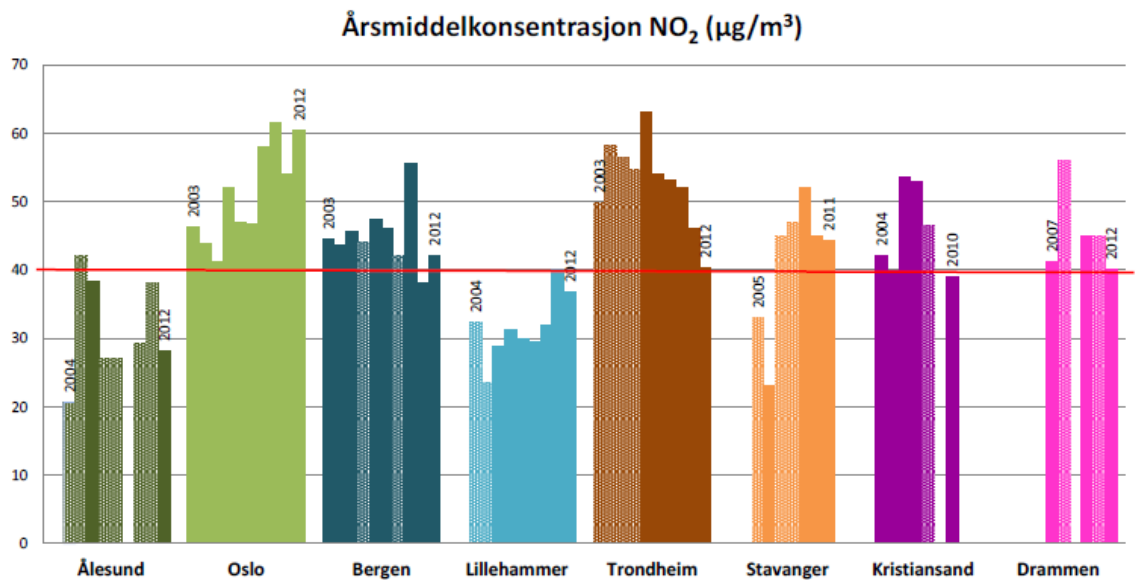
3.4 Måledata

Måledata er hentet fra *luftkvalitet.admin* (NILU, 2015b) for alle målestasjonene innenfor prosjektområdet. Måledata benyttet i prosjektet for hver by er vist i kapittel 4. Prosjektet har sammenlignet resultater mot grenseverdier for lokal luftkvalitet (Tabell 2; Forurensningsforskrift, 2007). Grenseverdier for PM₁₀ innskjerpet fra 1. januar 2016 (Klima og miljødepartementet, 2016), men denne rapporten benytter grenseverdier gjeldende i 2015. Skip utgjør ikke en betydelig kilde til PM₁₀ konsentrasjonene og sånn sett er ikke innskjerpingen av grenseverdiene for PM₁₀ av stor betydning.

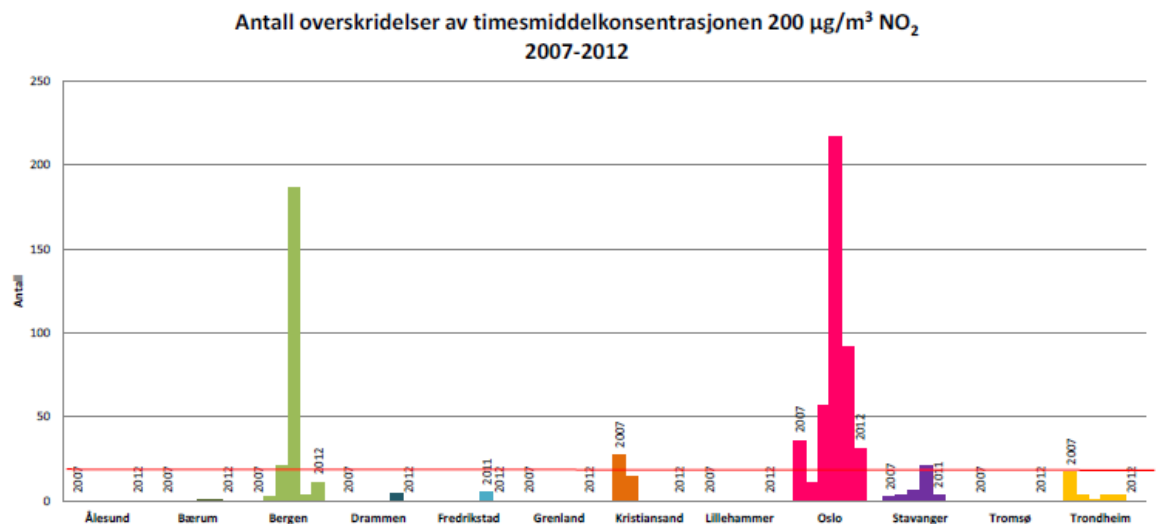
Tabell 2: Grenseverdiene for PM₁₀ og NO₂

		Grenseverdi (2015)	Grenseverdi (2016)
PM ₁₀	Årsmiddel (µg/m ³)	40	25
	Døgnmiddel (antall ganger over 50 µg/m ³)	35	30
NO ₂	Årsmiddel (µg/m ³)	40	40
	Timesmiddel (antall ganger over 200 µg/m ³)	18	18

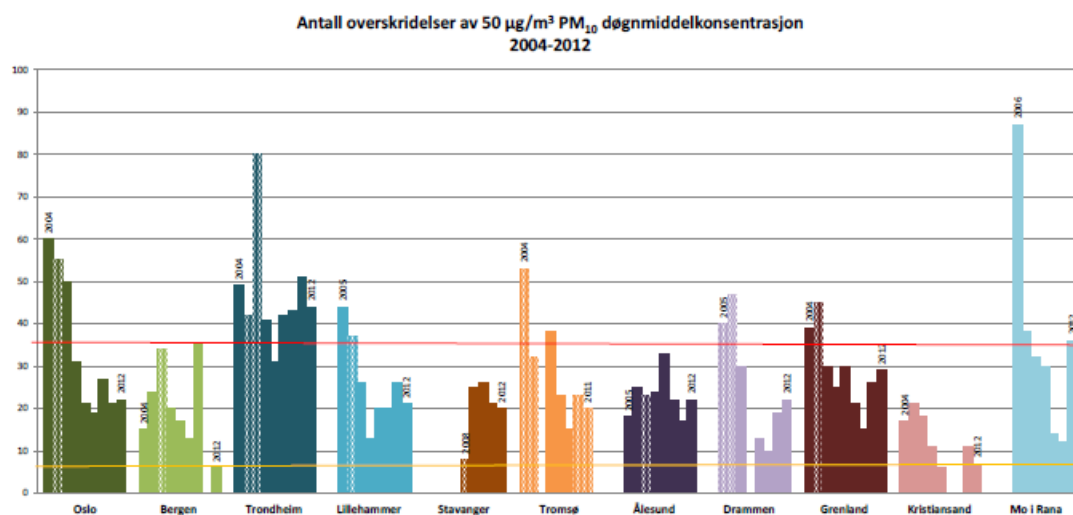
En oversikt over måleresultater for de fire byene de siste årene er vist i Figur 3 og Figur 4 for NO₂ og Figur 5 for PM₁₀. Måleresultatene for alle fire byer viser at årsmiddelkonsentrasjoner av NO₂ har vært overskredet nesten hvert år de siste 10 årene. For Oslo og Bergen har det også enkelte år vært til dels betydelige overskridelser av grenseverdien for timesmiddel. Måleresultatene for døgnmiddel PM₁₀ viser at bare Trondheim har hatt problemer med å holde denne grenseverdien.



Figur 3: Årsmiddel NO₂ for Norske byer (2003-2012), rød linje indikerer grenseverdien. Kilde: Miljødirektoratet, 2014



Figur 4: Antall overskridelser timesmiddel NO₂ for Norske byer (2007-2012), rød linje indikerer grenseverdien. Kilde: Miljødirektoratet, 2014



Figur 5: Antall overskridelser døgnmiddel PM₁₀ for Norske byer (2004-2012), rød linje indikerer grenseverdien.
Kilde: Miljødirektoratet, 2014

3.5 Bidrag og tiltak

Basert på spredningsresultatene kan bidraget til lokal luftkvalitet fra havnene beregnes. Dette gjøres hovedsakelig med en sammenligning mellom timeviseresultater fra reseptorpunktene i modellen og måledata fra de faste målestasjonene. Resultatene brukes i vurderingen for å utrede hvordan slike avvisningstiltak kan begrense akuttsituasjonene og holde luftkvaliteten under grenseverdiene.

Metodikken for vurderingen av bidrag fra skipstrafikk på konsentrasjoner av lokal luftforurensing inkluderer:

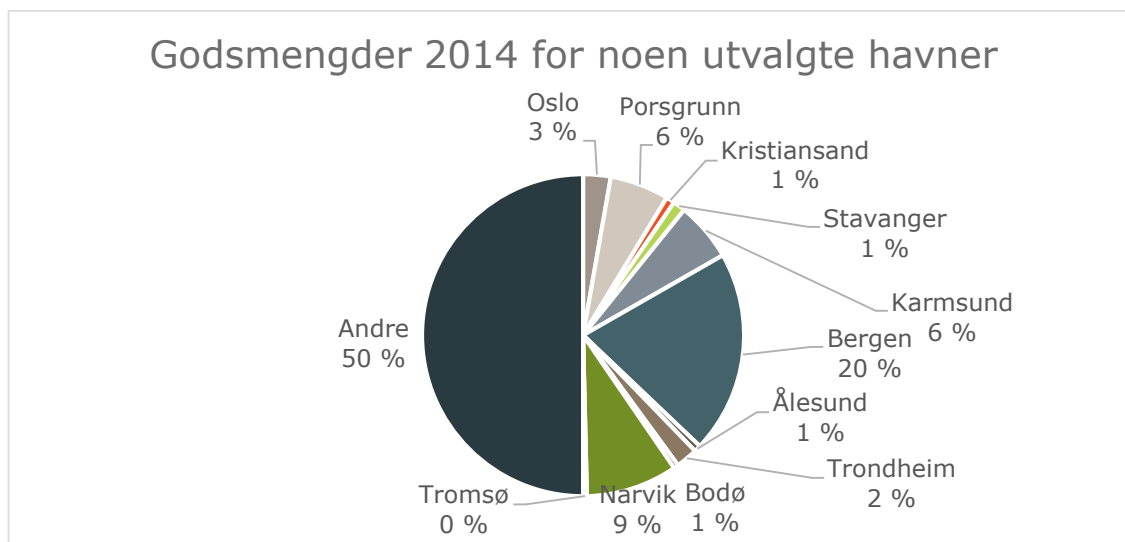
- › Sammenligne tidsserier av NO₂ og PM₁₀ fra målinger og modellen til å finne bidrag fra skipstrafikk.
- › Vurdere sammenligningen til å finne informasjon om dagene over grenseverdiene eller de dagene i året med høyest verdier (som topp 100 timene og topp 10 dagene/år)
- › Beregne forskjell for utvalgte skipsgrupper
- › Påvirkningen av avvisning av skipsgrupper på overskridelser i reseptorpunktene:
- › NO₂ timesmiddel, og årsmiddel
- › PM₁₀ døgnmiddel, og årsmiddel
- › Påvirkning av avvisning som tiltak ift. andre aktuelt tiltak rettet mot skipstrafikk i byene.
- › Andre tekniske og administrative type tiltak

Resultatene fra analyse av NO₂ timesmiddel og PM₁₀ døgnmiddel er presentert som "worst case" scenarioer. Usikkerheten i metoden gjorde det upraktisk å sammenligne timevis modellresultater som beskrevet overfor. I denne sammenheng betyr det at topp dagene/timene fra måledataperioden er sammenlignet med topp dagene/timene fra spredningsmodellen, som må ikke nødvendigvis være på de samme dagene. Årsmiddel PM₁₀ og NO₂ samt døgnmiddel NO₂ er derimot presentert med langt mindre usikkerhet og kan betraktes som et realistisk scenario.

I noen tilfeller måtte modellresultater være kvalitetssikret pga usikkerheten i metoden. Kvalitetssikring inkluderte håndtering av timevis "outliers" og nedjustering av slike resultater derav.

4 Havnene

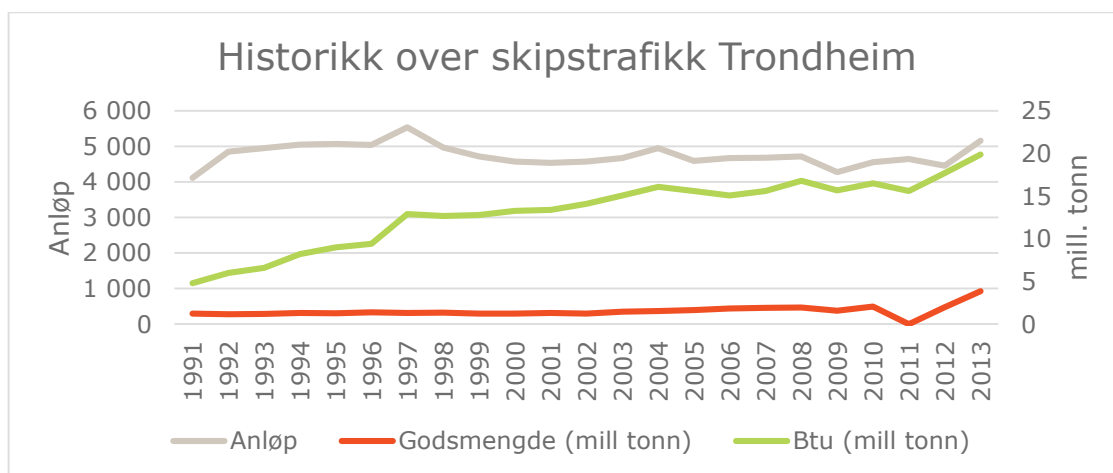
De fire utvalgte havnene er av de mest travle i Norge. Bergen havn er den klart mest besøkte av disse med nær dobbelt så mange anløp som Stavanger havn og mer enn 8 ganger flere anløp enn Oslo og Trondheim havn. Godsmengden i Bergen med sine 42 mill. tonn årlig (SSB, 2014) er mer enn 7 ganger større enn i Oslo havn, 11 ganger større enn Trondheim havn og hele 15 ganger større enn Stavanger havn (Figur 6).



Figur 6: Godsmengder for utvalgte havner i Norge inkludert Oslo, Bergen, Stavanger og Trondheim havn. Bergen havn skiller seg ut som den dedikert mest travle havnen i Norge. Kategori "Andre" har fortsatt til sammen 50 % av alle godsmengder i Norge.

4.1 Trondheim

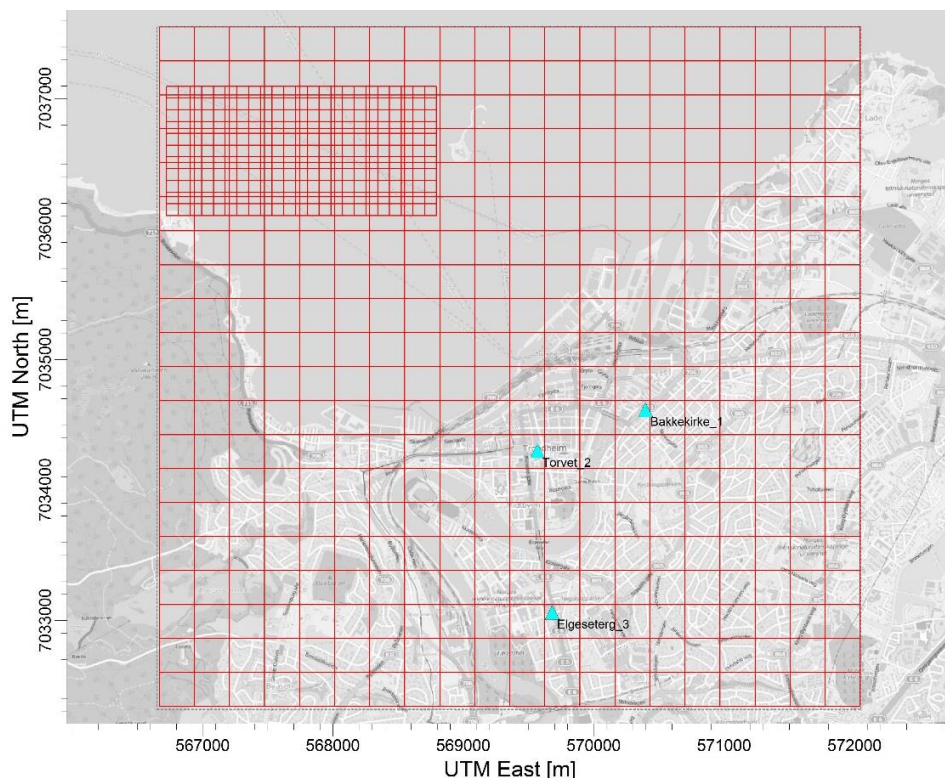
Trondheim havn består av 66 kaier som er fordelt på 7 havneområder. Havna har hatt et jevnt antall anløp fra slutten omlag 1998 fram til 2012 og domineres i dag av godstrafikk. Godsmengden har også vært stabil denne perioden, mens størrelsen på skipene har vært økende. De siste årene har det vært et oppsving for alle tre parameterne (Figur 7). Antall anløp innenfor det undersøkte sentrumsområdet i 2014 var på 3122 fartøy.



Figur 7: Antall anløp, godsmengde og skipsstørrelse fra 1991 fram til 2013. Antall anløp har forholdt seg konstant, imens fartøystørrelsen har økt. Godsmengdene har vært stabile og det er bare siden 2011 som godsmengdene har økt.

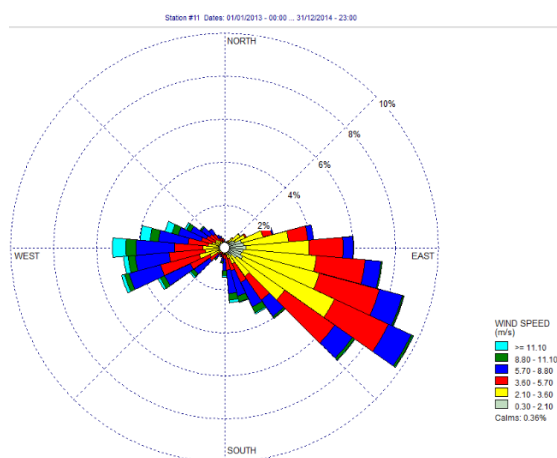
Trondheim havn opererer alt i dag med prisdifferensiering for miljøvennlige skip og ønsker å holde en miljøvennlig profil.

Prosjektområdet for Trondheim som er benyttet i spredningsmodellen er vist i Figur 8. Denne inkluderer også målestasjonene som er lagt inn i modellen som reseptorpunkter. Utslippskildene som er lagt til grunn i spredningsmodelleringen finnes i Vedlegg 3.



Figur 8: Prosjektområdet for Trondheim. Rød linjer indikerer modellruten; lysblå trekanter indikerer målestasjonene som reseptorpunkter.

Meteorologidata (2014) som er benyttet i spredningsmodellen for Trondheim er illustrert som vindrose i Figur 9. Hovedvindretning er fra øst sør-øst, med sekundær vindretning fra vest.



Figur 9: Vindrose for meteorologidata (2014) benyttet for Trondheim i spredningsmodellen. Dominerende vindretning er sørøstlig til østlig vind. Sterkere vind, 8,8 og over 11,1 m/s, har retning sørvest til nordvest og påvirkes ikke så mye av lokal topografi. Inversjoner forekommer kun i vindsvake forhold.

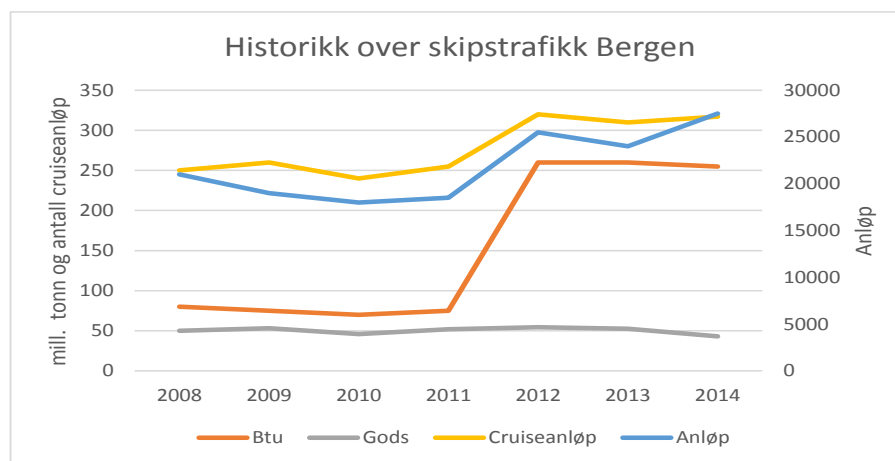
Det var ingen overskridelser av grenseverdiene for PM₁₀ og NO₂ i 2014 i Trondheim. Oversikt over måleresultater fra de tre målestasjonene i 2014 er vist i Tabell 3. Måledata for NO₂ (årsmiddel og timesmiddel) og PM₁₀ (årsmiddel og døgnmiddel) som er benyttet for å sammenligne med modellresultater i reseptorpunktene er vist i Vedlegg 2.

Tabell 3: Oppsummering av måleresultater i Trondheim (2014). Tabellen viser at Trondheims alle sine målepunkter ligger under grenseverdiene.

		Grenseverdi	Bakkekirke	Elgeseter	Torvet
PM ₁₀	Årsmiddel (µg/m ³)	40	20.7	21.7	11.9
	Døgnmiddel (antall ganger over 50 µg/m ³)	35	7	9	2
NO ₂	Årsmiddel (µg/m ³)	40	25.4	34.2	18.9
	Timesmiddel (antall ganger over 200 µg/m ³)	18	0	0	0

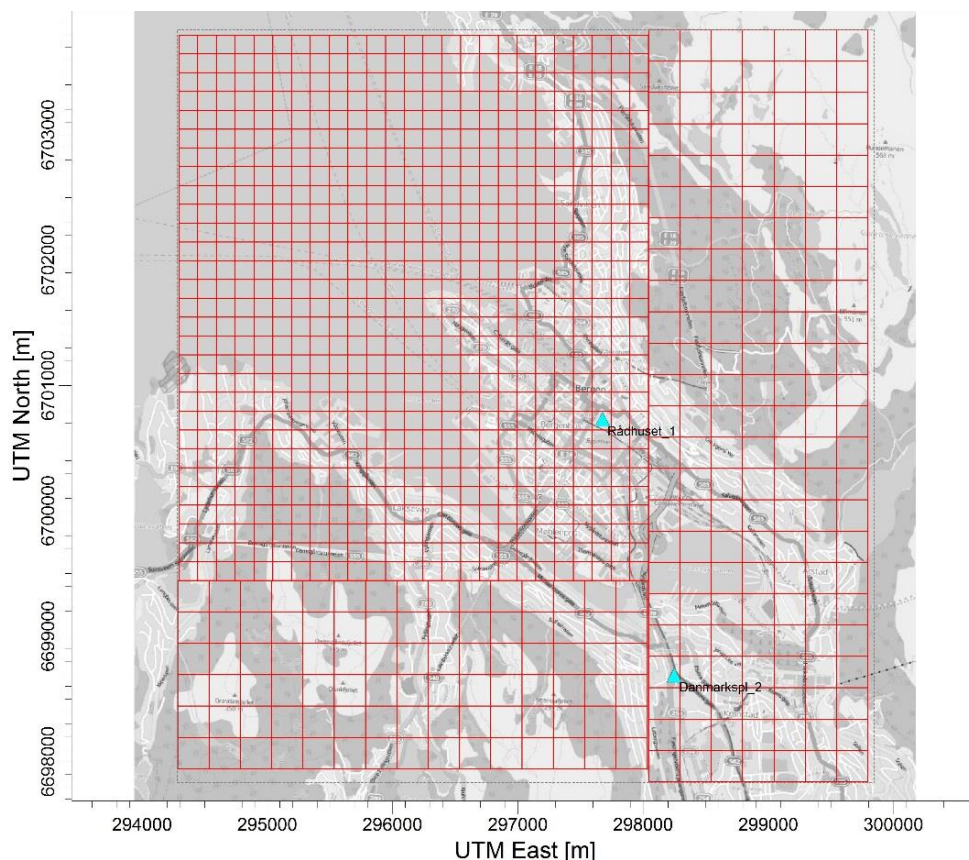
4.2 Bergen

Bergen havn er Norges største havn i antall anløp, men også i godsmengde og samlet bruttotonnasje for skip. Innenfor sentrumsområdet var det totalt 6629 anløp i 2014 fordelt på 82 kaier. Utviklingen de senere år er en økende mengde anløp, økende tonnasje, men en relativt stabil godsmengde (Figur 10). Særpreget for Bergen er som vil vises for Stavanger, en stor andel anløp fra offshorefartøy, men også en relativt stor andel cruiseskip. Den relativt store økningen i antall cruiseskip mellom 2011 og 2012 til Bergen har gitt en markant økning i bruttotonnasje, uten at godsmengden har økt. Disse skipsgruppene gir også store bidrag til utslipp av NO_x og PM₁₀.



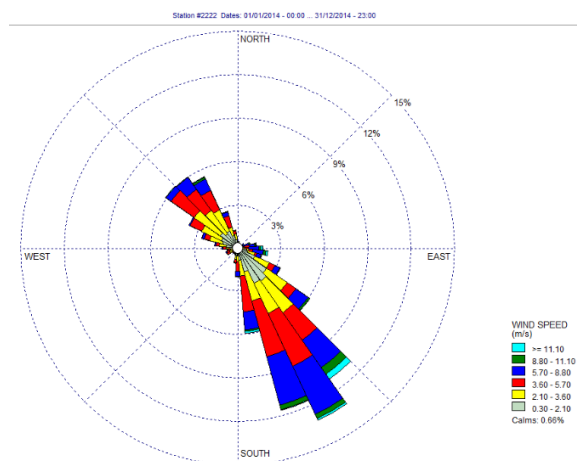
Figur 10: Antall anløp, godsmengde og skipsstørrelse fra 2008 fram til 2014. Godsmengdene er stabile men tonnasje har økt vesentlig fra 2011 til 2012 grunnet økningen av cruiseskip som er store eller meget store.

Bergen havn har til nå etablert landstrømsanlegg for hurtigruten og for noen fartøy i offshoreflåten. Disse er imidlertid ikke tatt i bruk Høsten 2015. Bergen havn er også deltaker i «Miljøprosjekt Bergen havn» og har en strategi om en større satsing for elektrifisering av Bergen havn. Prosjektområdet for Bergen som er benyttet i spredningsmodellen er vist i Figur 11. Denne inkluderer også målestasjonene lagt inn i modellen som reseptorpunkter. Utslippskildene som er lagt til grunn i spredningsmodelleringen finnes i Vedlegg 3.



Figur 11: Prosjektområdet for Bergen. Rød linjer indikerer modellruten; lyseblå trekanter indikerer målestasjonene som reseptorpunkter.

Vindrosen for meteorologidata (2014) som var benyttet i spredningsmodellen for Bergen vises i Figur 12. Hovedvindretning er fra sør sør-øst, med sekundær vindretning fra nord-vest. Topografien med 300-600 meter høye fjell i sørvest og nordøst, og fjorddalens orientering i sørøstlig/nordvestlig retning skaper lokale vindforhold som helt stenger ute sørvestlig eller nordøstlig vind.



Figur 12: Vindrose for meteorologidata (2014) benyttet for Bergen i spredningsmodellen. Vindrosen viser at dominerende vindretning er sør-sørøstlig med en mindre og vindsvak komponent av nordvestlig vind. Diagrammet viser at vindsvak sørøstlig vind, dvs et av flere forutsetninger for dannelse av inversjon oppstår i ca 3 % av årets timer.

Det var ingen overskridelser av grenseverdiene for PM₁₀ i 2014 i Bergen. Det ble derimot målt overskridelse av årsmiddelkonsentrasjonen av NO₂. Oversikten av måleresultater fra de to målestasjoner er vist i Tabell 4. Måledata for NO₂ (årsmiddel og timesmiddel) og PM₁₀ (årsmiddel og døgnmiddel) som er benyttet for Bergen og sammenlignet med modellresultater fra reseptorpunktene er vist i Vedlegg 2.

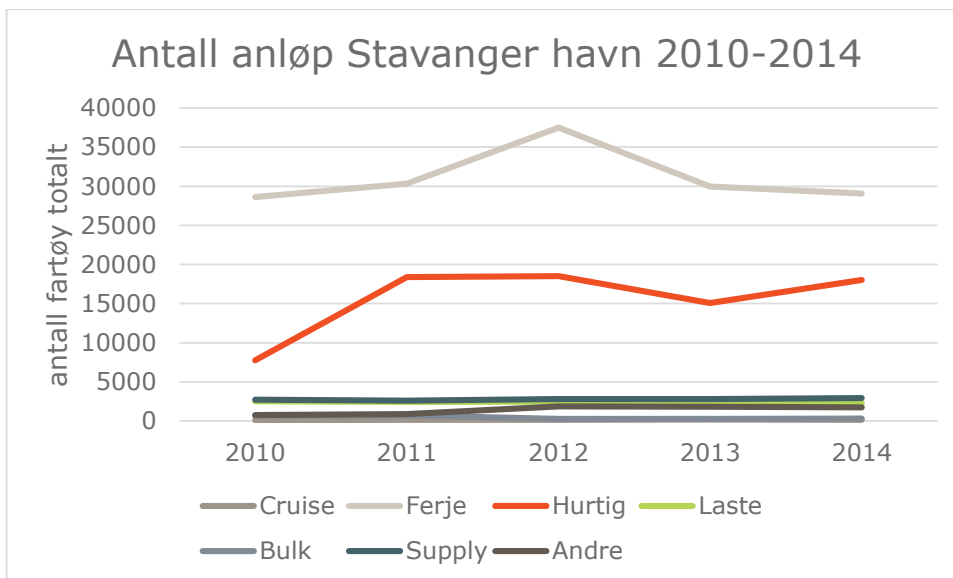
Tabell 4: Oppsummering av måleresultater i Bergen (2014)

		Grense verdi	Danmarksplass	Rådhuset
PM ₁₀	Årsmiddel (µg/m ³)	40	19.4	15.6
	Døgnmiddel (antall ganger over 50 µg/m ³)	35	9	1
NO ₂	Årsmiddel (µg/m ³)	40	41.4	33.0
	Timesmiddel (antall ganger over 200 µg/m ³)	18	0	0

4.3 Stavanger

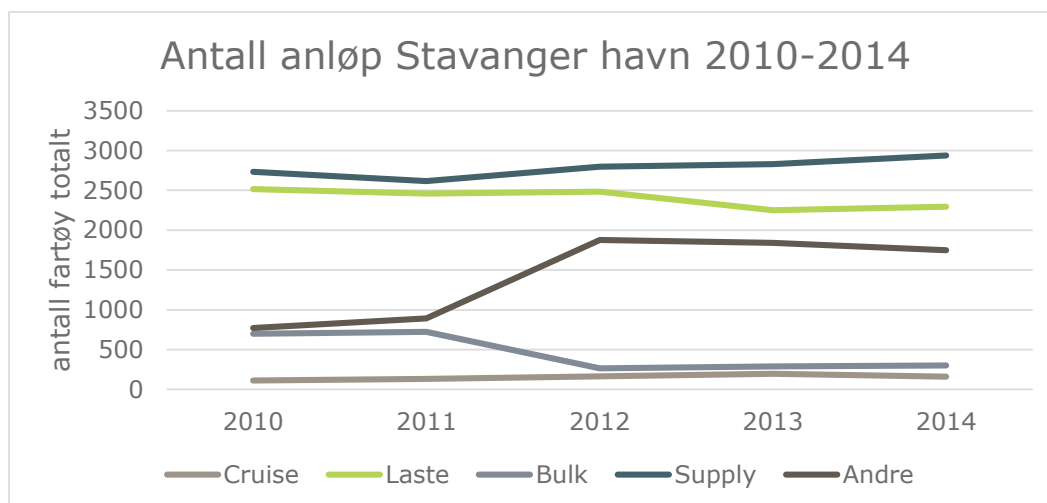
Havnen i Stavanger har vært preget av den meget store verkstedindustrien for bygging og utrustning av oljeplattformer og fartøy til oljenæringen. Dette er også bakgrunnen for det store antallet anløp men beskjedne godsmengde. Byen er sterkt preget av det relativt høye antallet offshorefartøy og en stor mengde utslipp kommer fra nettopp disse fartøyene selv om andre fartøy er flere i antall anløp.

Stavanger havn totalt har hatt en økning fra 43 000 anløp i 2010 til 54 000 anløp i 2014 med en økning i samleposten *andre aktiviteter, passasjertrafikk, offshore supplyskip* samt *cruiseskip* men en nedgang i *bulkfartøy* og *lastefartøy* (Figur 13). Innenfor det undersøkte byområdet var antall anløp i 2014 på 6540 fartøy fordelt på 53 kaier.



Figur 13: trafikkutvikling Stavanger havn 2010-2014 for alle skipskategorier.

For å synliggjøre endringer i de kategoriene med færrest antall fartøy, men som har en stor utslippsandel har vi i neste figur fjernet kategoriene *Ferje* og *Hurtigbåter*.

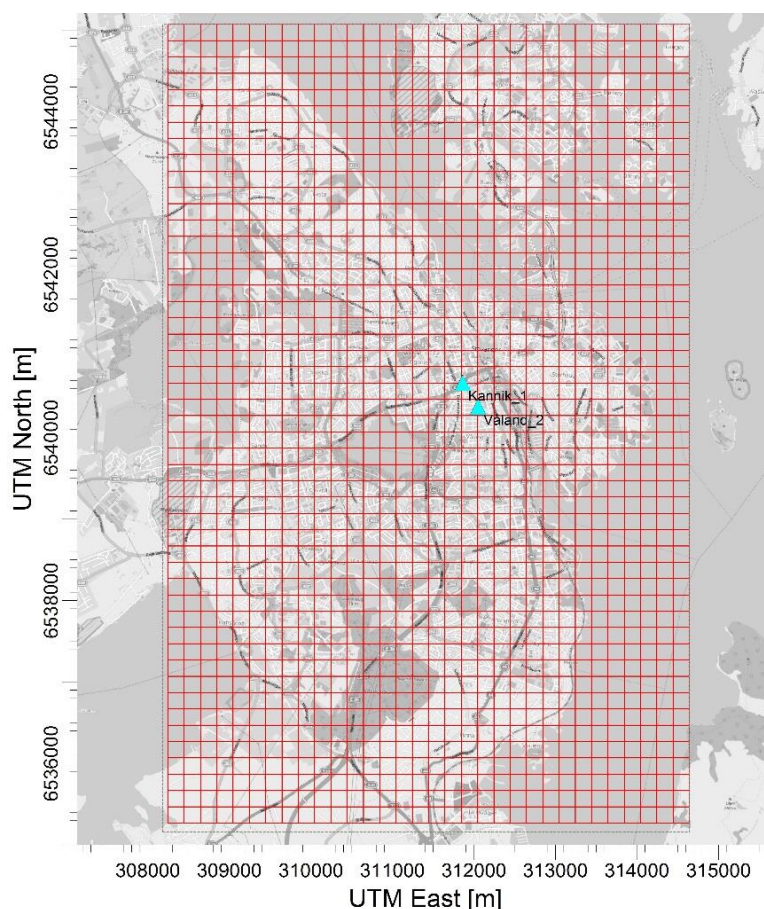


Figur 14: Endringer i antall anløp for Cruise-, laste-, bulk- og supplyskip, samt samlekategorien andre skip.

Grafene viser noe økning i antall supply- og cruiseskip som er de skip som pr. tidsenhet slipper ut mest $\text{NO}_x/\text{PM}_{10}$, men en nedgang i antall laste- og bulkskip som har relativt beskjedent utslipp pr time.

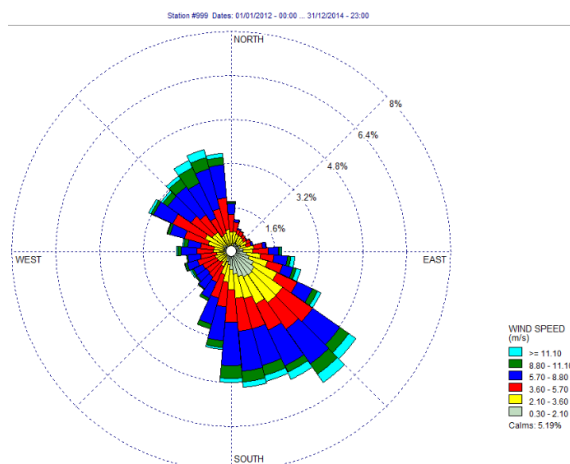
Stavangerregionen Havn IKS har sammen med 6 andre havner deltatt i et prosjekt for utredning av tekniske løsninger for landstrøm. Landstrømsprosjektet har hatt fokus på supplyskip.

Prosjektområdet for Stavanger som er benyttet i spredningsmodellen er vist i Figur 15. Denne inkluderer også målestasjonene lagt inn i modellen som reseptorpunkter. Utslippskildene som er lagt til grunn i spredningsmodelleringen finnes i Vedlegg 3.



Figur 15: Prosjektområdet for Stavanger. Rød linjer indikerer modellruten; lysblå trekanten indikerer målestasjonene som reseptorpunkter.

Meteorologidata (2014) som er benyttet i spredningsmodellen for Stavanger er vist som vindrose i Figur 16. Hovedvindretning er fra sør sør-øst, med sekundær vindretning fra nord-vest.



Figur 16: Vindrose for meteorologidata (2014) benyttet for Stavanger i spredningsmodellen. Topografien påvirke på samme måte som i Bergen, slik at vindretningen blir todelt; fra sør til øst-sør-øst en nesten like stor komponent fra nord-vest til nordlig vind.

Det var ingen overskridelser av grenseverdiene for PM₁₀ og NO₂ i 2014 i Stavanger. Oversikten av måleresultater fra de to målestasjoner som ligger i prosjektområdet for Stavanger er vist i Tabell 5. Måledata for NO₂ (årsmiddel og timesmiddel) og PM₁₀ (årsmiddel og døgnmiddel) som er benyttet for Stavanger og sammenlignet med modellresultater fra reseptorpunktene er vist i Vedlegg 2.

Tabell 5: Oppsummering av måleresultater i Stavanger (2014)

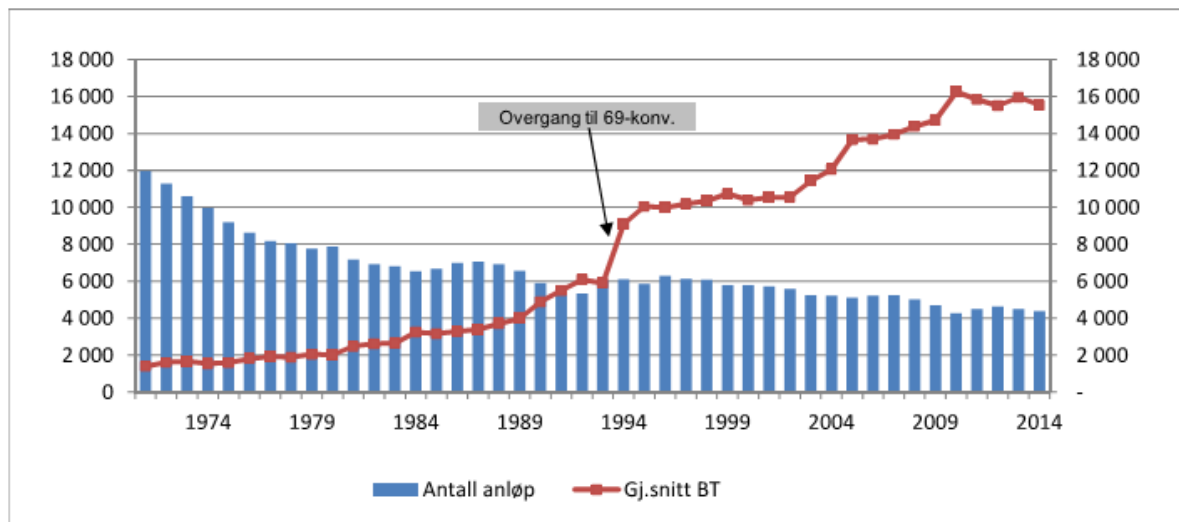
		Grenseverdi	Kannik	Våland
PM ₁₀	Årsmiddel (µg/m ³)	40	24.1	14.7
	Døgnmiddel (antall ganger over 50 µg/m ³)	35	16	0
NO ₂	Årsmiddel (µg/m ³)	40	36.9	16.9
	Timesmiddel (antall ganger over 200 µg/m ³)	18	0	0

4.4 Oslo

Oslo havn har vært preget av en stor mengde ro-ro last som innebærer ferger med ordinære kjøretøy, lastebiler og busser, men også anleggsmaskiner, gods på paller og containere som med truck losses fra skipene. En relativ stor andel av anløpene dreier seg om stykkgodstrafikk, men også container og passasjertrafikk har hatt større andeler av det totale antall anløp.

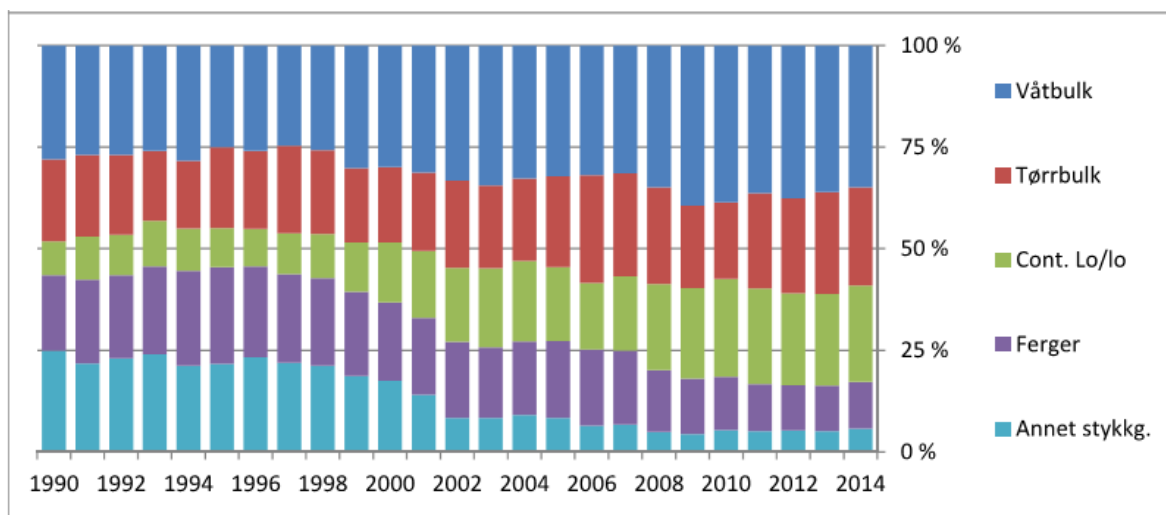
Osloregionen har i større utstrekning enn andre norske regioner, utviklet seg til et utpreget tjeneste- og administrasjonssenter, en strukturomvandling bort fra transportkrevende industrisektor og mot IT-basert tjenestesektor. Dette er en utvikling som har vært vanlig i de fleste storbyer. Samtidig har Oslo en annen nærhet til kontinentet via E6 gjennom Sverige enn andre deler av Norge. Store godsmengder har blitt overført fra fartøy til landeveg, ironisk nok til dels også ved intermodale transporter (kombinasjonstransporter av fartøy/tog/fly/lastebil) hvor gods kommer med fartøy til Gøteborg. Deretter distribueres de "door-2-door" i Osloregionen med lastebil. Dette har ført til en relativt stabil nedgang i antall skipsanløp til Oslo de siste 40 årene på om lag 2,5 % årlig samtidig som det har vært en økning i tonnasje med om lag 3,7 % årlig (Figur 17).

Økningen av tonnasje frem til år 2009 avhenger en generell trend mot større ferger og flere cruiseskip. Samtidig har det vært en svak nedgang i godsmengde på i snitt 0,5 % årlig. Dette innebærer at det nå føres mer last pr skip enn før. Størrelsen på skipene samt anløpsantallet ser ut til å ha stabilisert seg på 2009-nivå og antall anløp innenfor det undersøkte området var i 2014 på 3948 skip.



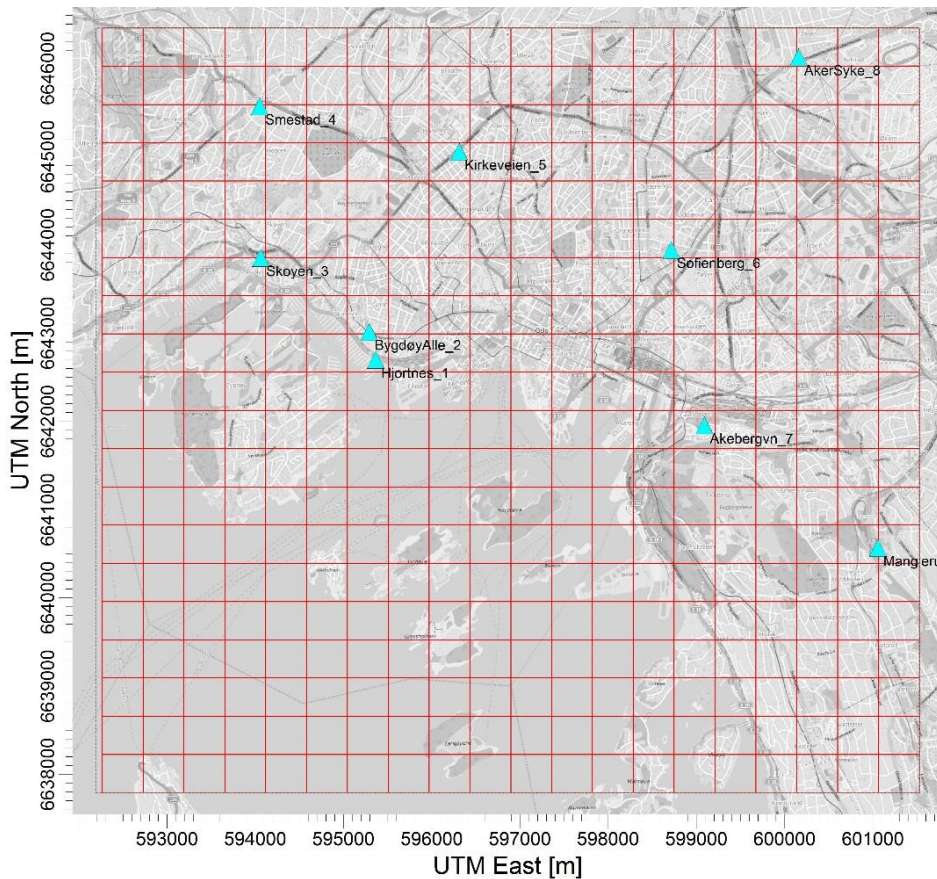
Figur 17: Utviklingen i antall anløp samt tonnasje for Oslo havn de siste 40 år.

Endring i sammensetningen av godsflåten de siste 25 årene har gått fra mye stykk gods og ferger (fra om lag 40 % til om lag 17 %) til større andel bulkskip og containerskip (fra om lag 60 % til om lag 83 %) (Figur 18).



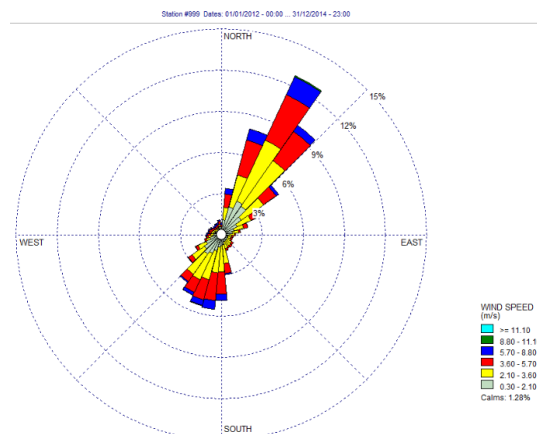
Figur 18: Andel ulike frakteskipstyper Oslo. Kilde Oslo Havn, 2014

Prosjektområdet for Oslo som er benyttet i spredningsmodellen er vist i Figur 19. Denne inkluderer også målestasjonene lagt inn i modellen som reseptorpunkter. Utslippskildene som er lagt til grunn i spredningsmodelleringen finnes i Vedlegg 3.



Figur 19: Prosjektområdet for Oslo. Rød linjer indikerer modellruten; lysblå trekanter indikerer målestasjonene som reseptorpunkter.

Meteorologidata (2014) som er benyttet i spredningsmodellen for Oslo er vist som vindrose i Figur 20. Hovedvindretning er fra nord nord-øst, med sekundær vindretning fra sør-vest. Når vinden kommer fra sørvest er det som oftest mildt vær og inversjoner oppstår sjeldent. Derfor vil røykplymer lettere spredde ved turbulent omrøring når det blåser fra havet og havneområdene, og videre innover Oslo sentrum. Derimot ved nord-østlig vind kan forholdene være de rette for dannelse av kraftig inversjon. Spredning av røykplymer fra fartøy vil derfor blåse med nord-øst retning og bort fra sentrum, ut over Oslofjorden.



Figur 20: Vindrose for meteorologidata (2014) benyttet for Oslo i spredningsmodellen. Her er vindfordelingen annerledes enn i de andre byene. Nord-østlig vind er dominerende men vind utover året. Sekundært blåser vinden inn fra sør-vest, den storskala vindretningen.

Det var ingen overskridelser av grenseverdiene for PM₁₀ i 2014 i Oslo. På enkelte målestasjoner ble det derimot registrert overskridelse av årsmiddelkonsentrasjonen av NO₂. Oversikt over måleresultater fra de åtte målestasjonene er vist i Tabell 6. Måledata for NO₂ (årsmiddel og timesmiddel) og PM₁₀ (årsmiddel og døgnmiddel) som er benyttet for Oslo og sammenlignet med modellresultater fra reseptorpunktene er vist i Vedlegg 2.

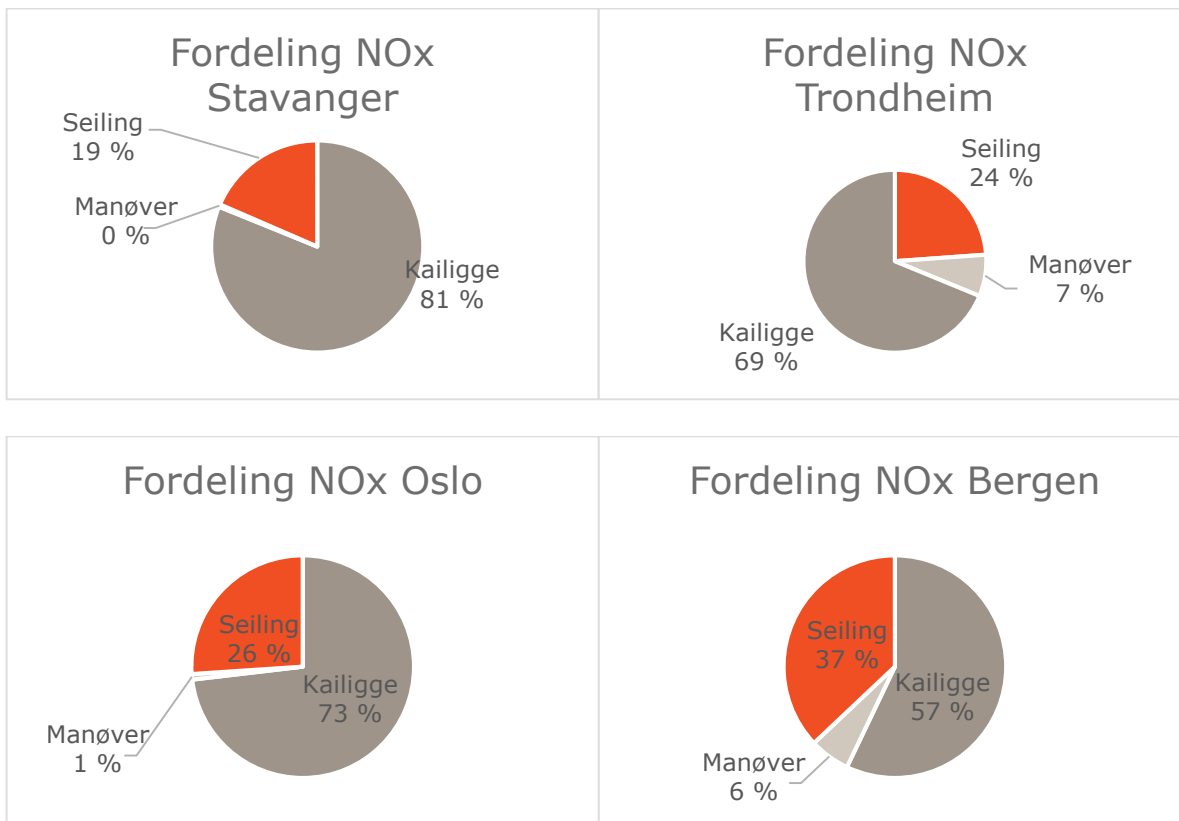
Tabell 6: Oppsummering av måleresultater i Oslo (2014)

		Grenseverdi	Åkeberg- veien	Hjortnes	Bygdøy alle	Skøyen	Kirke- veien	Sofien berg parken	Manglerud	Smestad
PM ₁₀	Årsmiddel (µg/m ³)	40	14.1	24.6	19.4	15.3	16.4	16.3	21.8	17.7
	Døgnmiddel (antall ganger over 50 µg/m ³)	35	2	21	3	1	2	2	14	10
NO ₂	Årsmiddel (µg/m ³)	40	30.6	49.5	46.1	-	33.3	-	42.1	44.0
	Timesmiddel (antall ganger over 200 µg/m ³)	18	0	0	0	-	0	-	0	0

5 Resultater for utslipp- og spredningsberegninger

Beregnet utslipp er presentert for hver enkel by i prosjektet, i tillegg til anløpsdata som var benyttet i beregningene. Bidraget fra skipsfart til lokal luftkvalitet presenteres, i tillegg til spredningsmodelleringen som ble gjennomført. Resultatene fra spredningsberegningene er fordelt på fire ulike skips kategorier basert på like skipstyper (se vedlegg 5). Spredningsresultatene er presenterte bare for NO₂ siden PM₁₀ utslipp og samsvarende konsentrasjoner ble vurdert lavt.

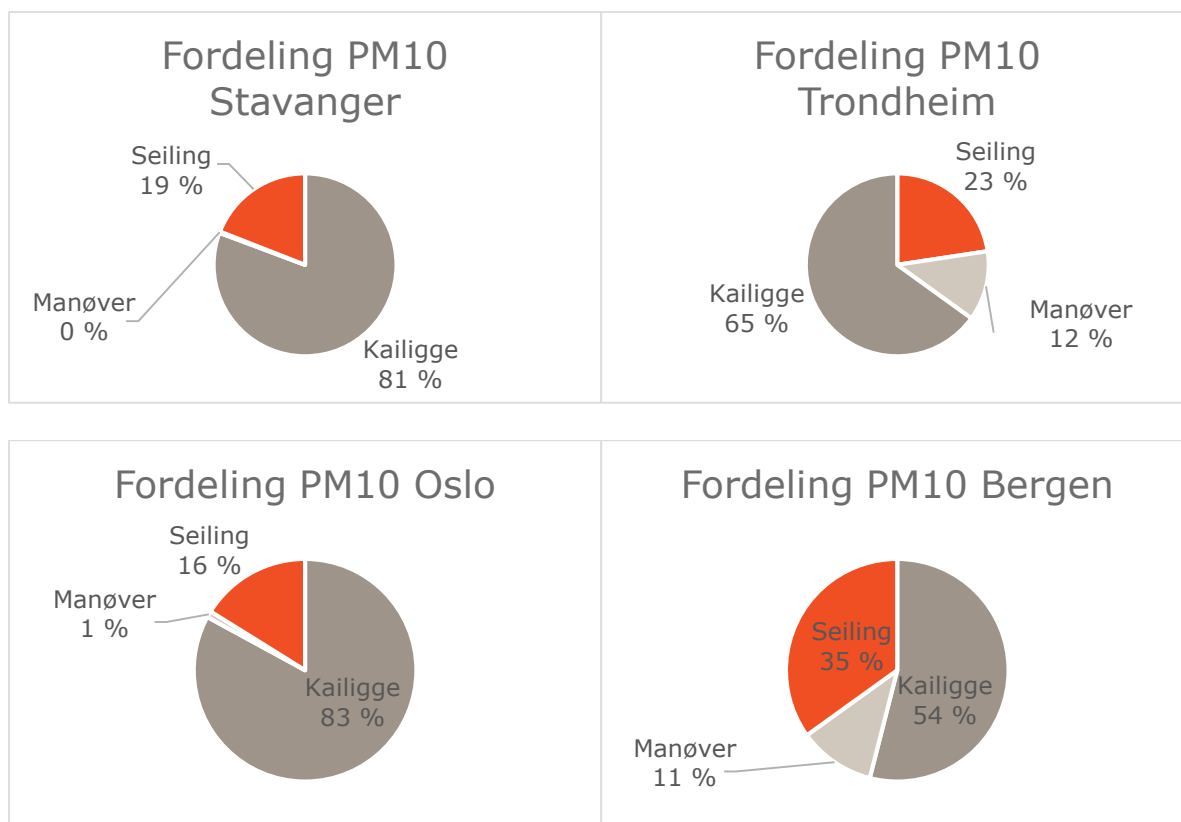
Som det fremgår av Figur 21 og Figur 22 utgjør *kailigge* størstedelen av utslippene i alle byene.



Figur 21: Fordeling av NO_x-utslipp fra skip ved de 4 byene Stavanger, Trondheim, Oslo og Bergen

Kailigge utgjør langt den største utslippsposten selv om dette er den tilstanden hvor skipene har lavest utslipp. Dette skyldes at skipene er i denne tilstanden over mye lenger tid enn i tilstandene *manøver* eller *seiling* innenfor det undersøkte arealet.

Forskjellene i fordelingen av utslipp ved de enkelte byene antas i første rekke å ha sammenheng med utformingen av de undersøkte områdene. Forskjellig geografi innenfor områdene gjør at det også blir forskjeller i behov for seiling og manøvrering. Et annet moment er hvilke fartøygrupper som er representert og dominerer hvert enkelt sentrumsområde. Større skip bruker lengre tid på å legge til fra kai og slipper dermed ut en forholdsvis større andel NO_x/PM₁₀ i tiden før og etter kailigge, mens mindre skip og passasjerfartøy ofte bruker meget kort tid på å forlate det definerte området som er undersøkt og derav bidrar lite til utslipp før og etter kailigge. Et tredje moment er motortyper og energibehov for de fartøyene som dominerer innenfor sentrumsområdet. Noen fartøygrupper har høyt energibehov ved lasting/lossing, andre lavt, mens noen fartøygrupper har motorer med høyere utslipp av PM₁₀ og NO_x per energienhet enn andre, noe som gir forskjeller i utslippsfordeling mellom byene.



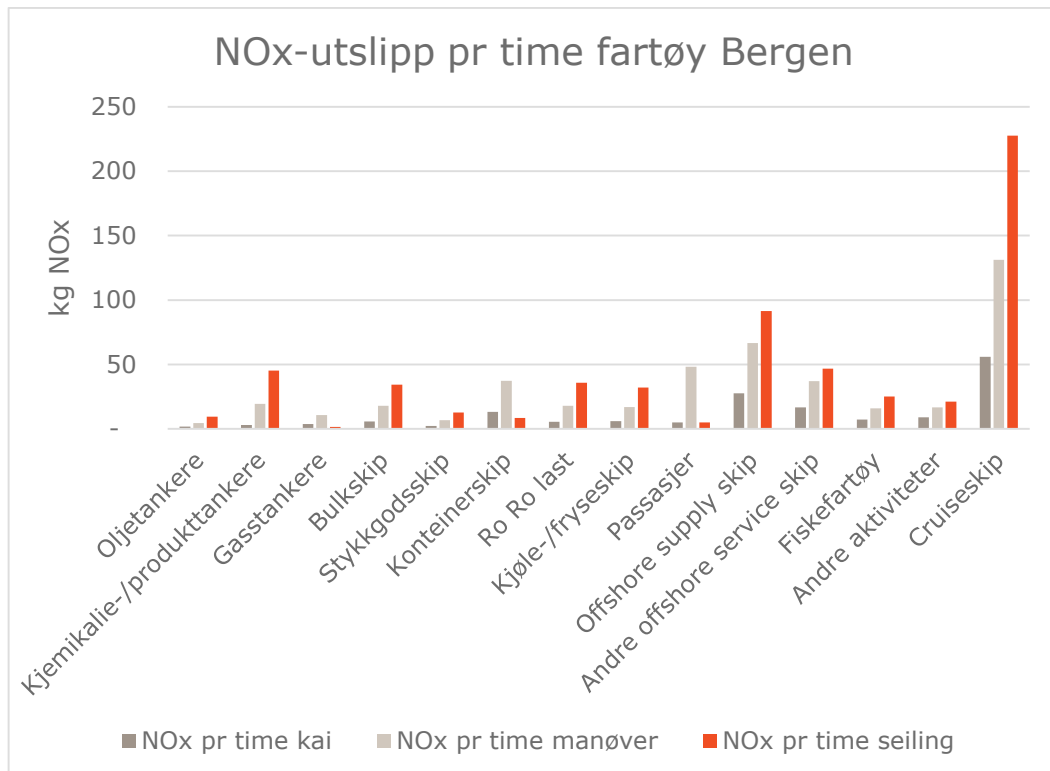
Figur 22: Fordeling av PM10-utslipp fra skip ved de 4 byene Stavanger, Trondheim, Oslo og Bergen. Kailigge dominerer stort som driftsmodus i alle byer, og på både NO₂ og PM₁₀.

Merk at skipstypene er organisert i skipsgrupper for spredningsresultater og tilsvarende bidrag; en forklaring av inndelingen finnes i Vedlegg 5.

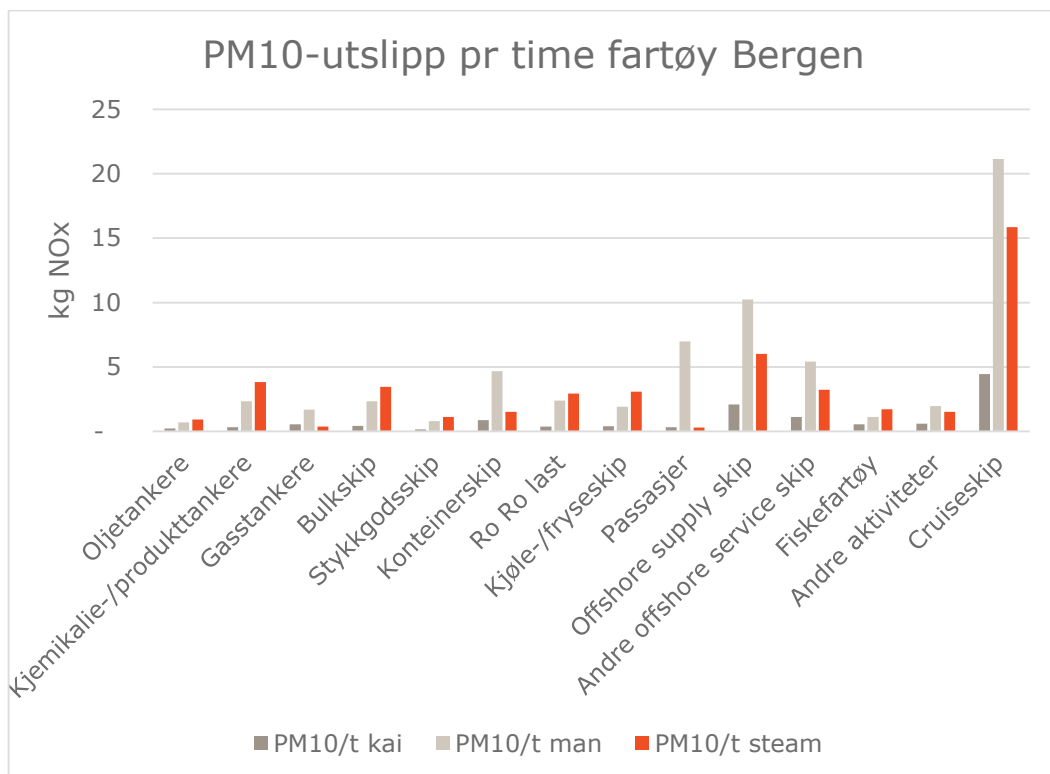
5.1.1 Utslipp fra ulike skips kategorier

For å gi et tydeligere bilde av hvordan utslippene fra de ulike skipskategoriene forholder seg i forhold til hverandre har vi satt opp utslipp pr time for fartøy som gjester Bergen havn (Figur 23 og Figur 24). Da de i størrelse varierer fra skip som gjester de andre havnene, vil de samme skipskategoriene ha ulik innvirkning på totalt utslipp i Bergen sammenlignet med eksempelvis Trondheim.

NO_x-utslipp og PM₁₀-utslipp forholder seg ikke proporsjonalt til hverandre i tilstandene kailigge, manøver og seiling. Dette innebærer at når det for et skip kan bli høyere NO_x-utslipp ved overgang fra manøver til seiling, kan det samtidig bli relativt lavere PM₁₀-utslipp. Grunnen til dette er at det skiftes mellom bruk av hjelpemotorer og hovedmotor som har ulike faktorer for utslipp av NO_x og PM₁₀ (se for øvrig).

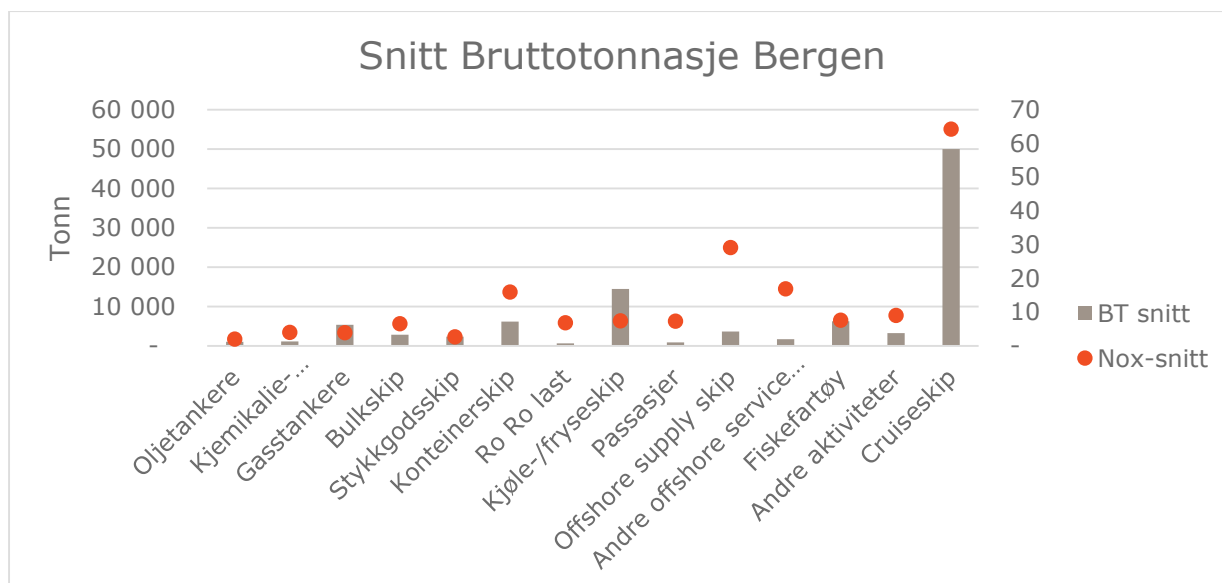


Figur 23: Timesutslipp av NO_x fra ulike fartøygrupper pr time i Bergen. Mengden avhenger av gjennomsnittlig motorstørrelse for hver fartøygruppe i hver enkelt by. Dette innebærer at en fartøygruppe som har høye utslipp i forhold til andre fartøy i Bergen kan ha middels eller lave utslipp i en annen by med en annen sammensetning av skip.



Figur 24: PM₁₀ utslipp pr time Bergen. De samme prinsipper gjelder for PM₁₀ i forhold til fartøygrupper som for NO_x.

Det kommer tydelig fram at offshore supplyskip og cruiseskip i snitt har klart størst utslipp av både NO_x og PM₁₀ pr time for alle tre tilstander i Bergen (Figur 25).



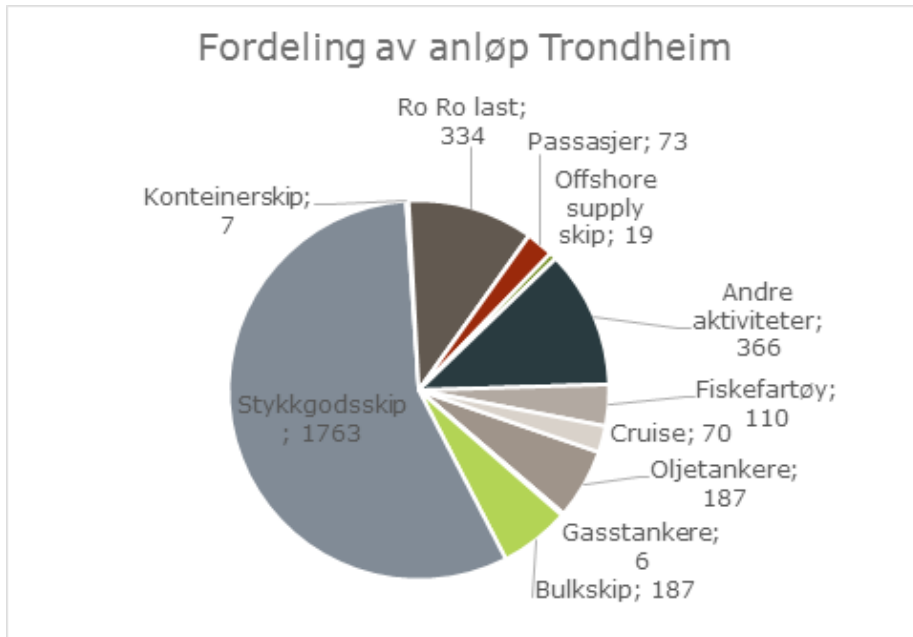
Figur 25: Er det en sammenheng mellom mengde NO_x-utslipp og størrelse på skip? Sammenligning mellom gjennomsnittlig bruttotonnasje til fartøyene i hver gruppene med gjennomsnittlig NO_x-utslipp pr tidsenhet fra de samme fartøyene viser liten sammenheng.

Sammenligner vi NO_x-utslipp pr time med bruttotonnasje ved opphold i nærheten av eller ved havn ser vi at det ikke er noen klar sammenheng mellom disse parametere. Dette har sammenheng med at fartøyene har høyst forskjellig energibehov ved kailigge tilpasset den enkelte fartøygruppes egenskaper. Om vi hadde sammenlignet med NO_x-utslipp under seiling, ville vi fått en mye større koherens mellom størrelse og utslippsmengde pr tidsenhet.

5.2 Trondheim

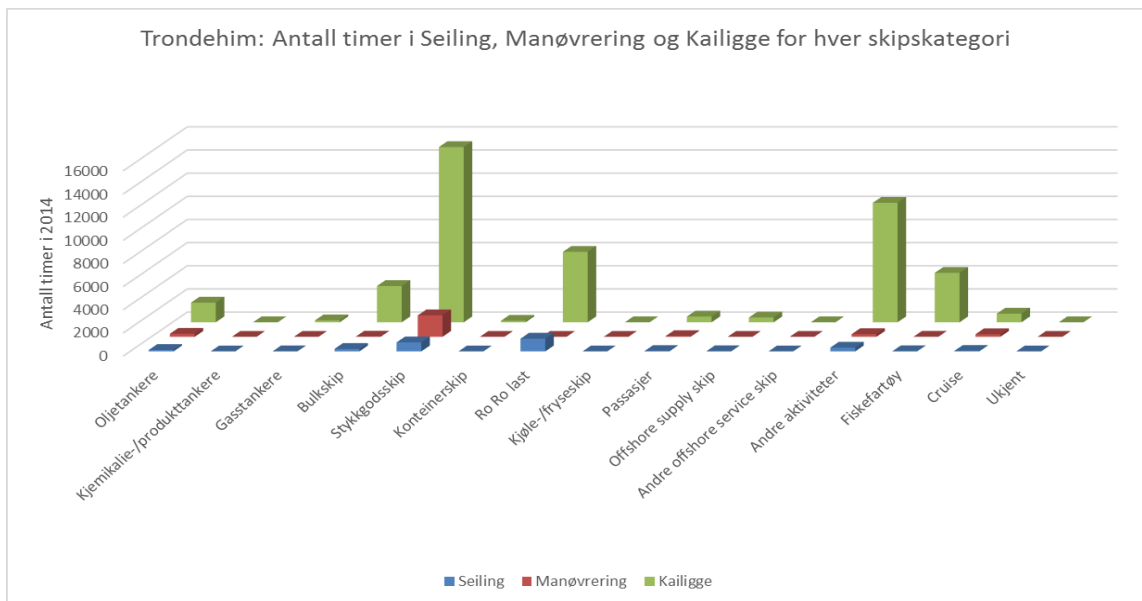
5.2.1 Skipsanløp

Det undersøkte området Trondheim hadde 3122 anløp av fartøy som bidro til NO_x- og PM₁₀-utslipp i løpet av 2014. Blant disse en høy grad av anløp fra stykkgodsskip av ulike slag, samt ro-ro last og en rekke fartøy i gruppen «andre aktiviteter» (Figur 26).



Figur 26: Anløp fordelt på fartøygrupper i Trondheim 2014

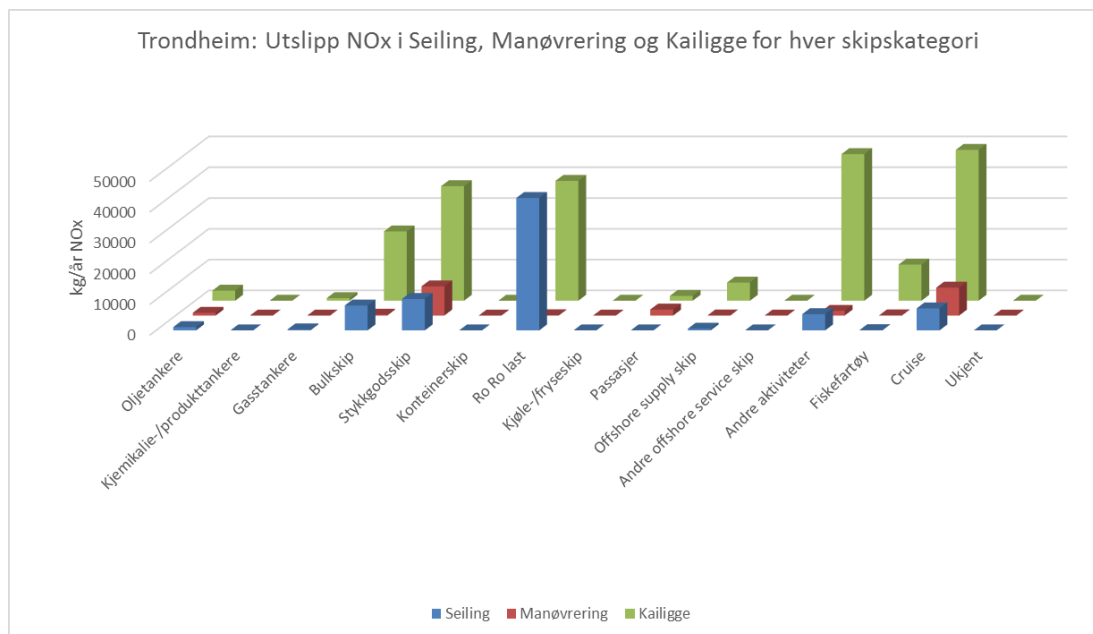
Antall driftstimer fordelt på de tre tilstandene *seiling*, *manøvrering* og *kailigge* for Trondheim i 2014 er vist i Figur 27 for hver enkel skipstype.



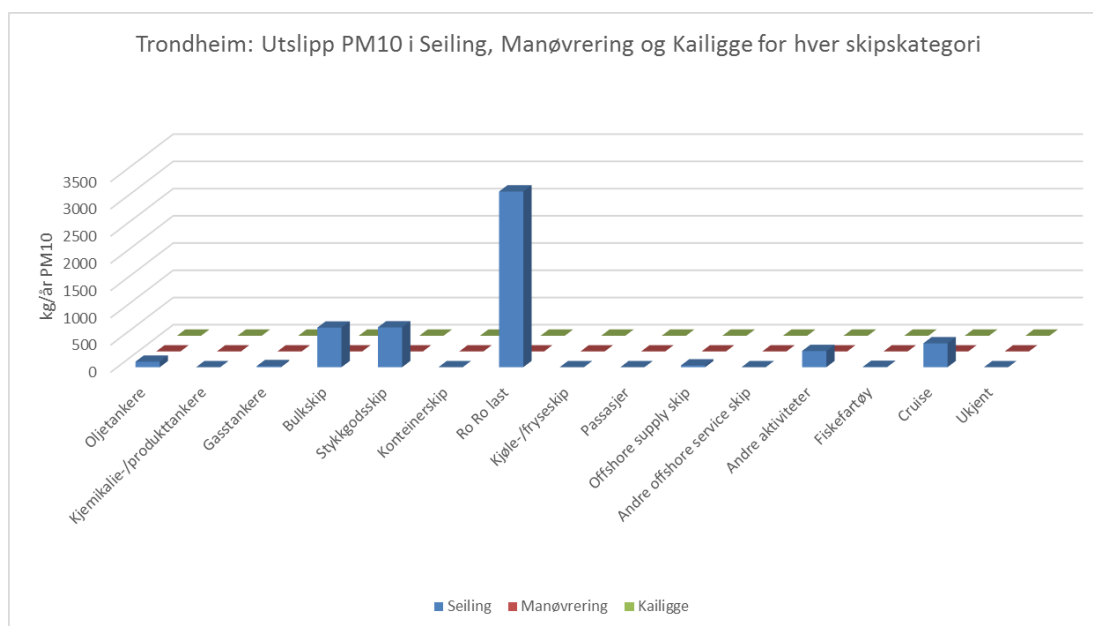
Figur 27: Fordeling av tid innenfor de tre tilstandene for skip som anløp Trondheim havn, 2014

5.2.2 Utslipp

Utslipp fordelt på de tre tilstandene *seiling*, *manøvrering* og *kailigge* for Trondheim i 2014 for hver enkel skipstype vises i Figur 28 og Figur 29.



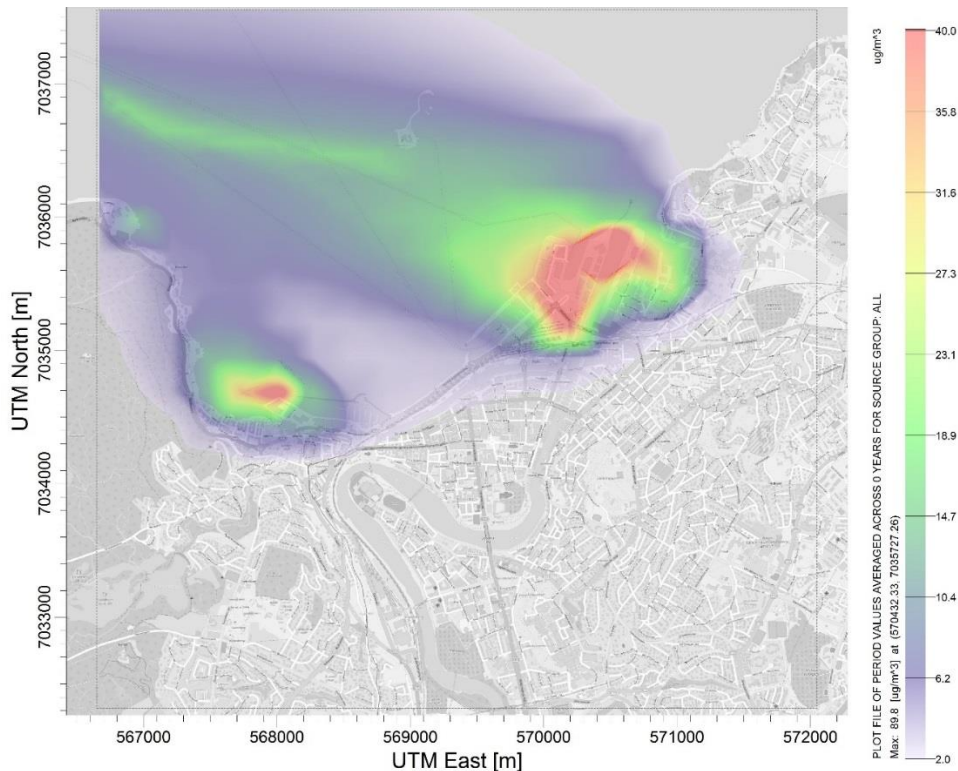
Figur 28: NO_x utslipp for hver skipskategori i Trondheim, 2014



Figur 29: PM₁₀ utslipp for hver skipskategori i Trondheim, 2014

5.2.3 Spredning

Spredning av NO₂ årsmiddel fra skipstrafikk i Trondheim vises i Figur 30. To havneområder overskrider grenseverdien for NO₂ årsmiddel. Mesteparten av forurensningene fra skipstrafikken føres utover sjøen (og ikke innover sentrum) pga meteorologi og dominerende vindretning. Fordeling av spredningsbidraget for hver enkel skipsgruppe finnes i Vedlegg 4.

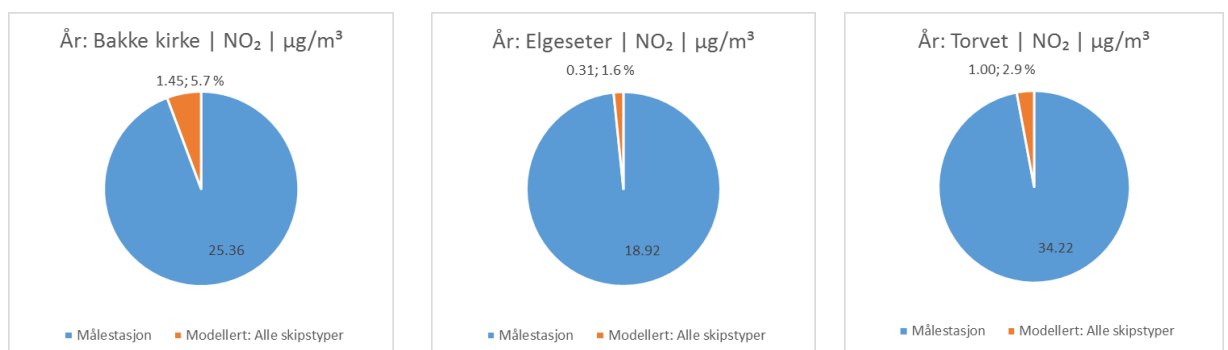


Figur 30: Trondheim NO₂ årsmiddel bidrag fra skipsfart.

5.2.4 Bidrag fra skipsfart på lokal luftforurensning

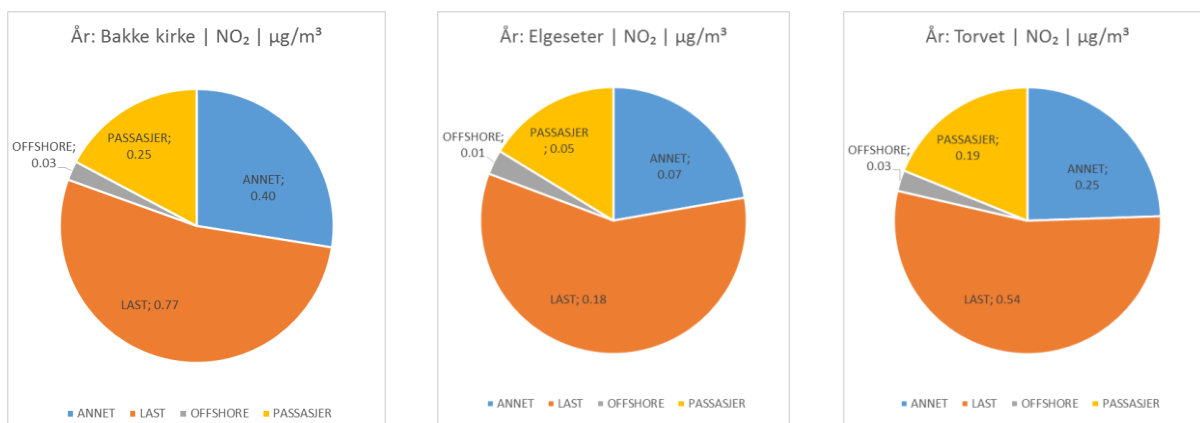
Skipsfart bidrar i gjennomsnitt til ca. 0,5% av årsmiddelkonsentrasjonen av PM₁₀ på alle de tre målestasjonene og ca. 1% av konsentrasjonene i de 100 timene vinterstid hvor det måles høyest konsentrasjoner av PM₁₀, basert på worst-case scenario.

Skipsfart bidrar i gjennomsnitt til ca. 3% av årsmiddelkonsentrasjonen av NO₂ på alle de tre målestasjonene; den høyeste bidraget registreres ved målestasjonen på Bakke kirke hvor skipsfarten bidrar med ca. 6% av årsmiddelkonsentrasjonen (Figur 31).



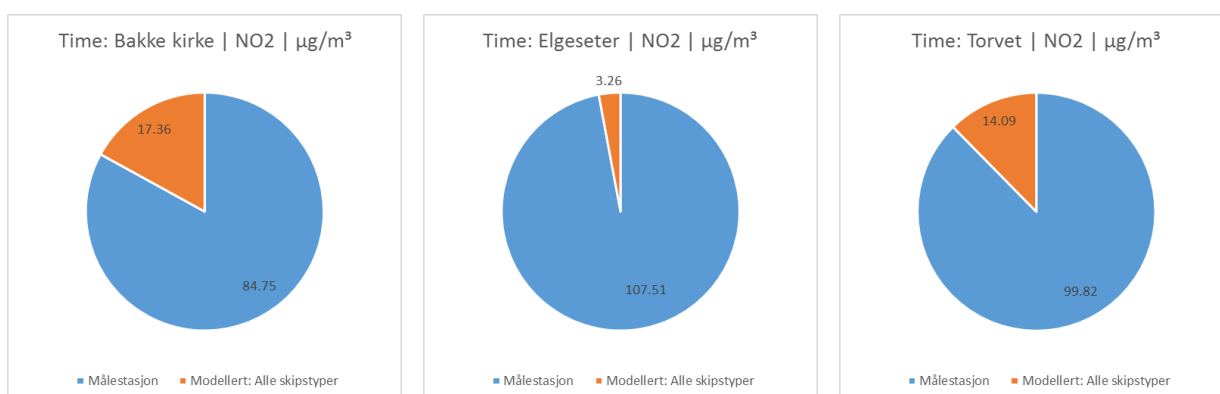
Figur 31: Bidrag (µg/m³) fra alle skipstypene til årsmiddel i 2014 på hver målestasjon.

Skipsgruppen som bidrar med størst andel av NO₂ i beregningene er lasteskip (Figur 32 og Figur 34).

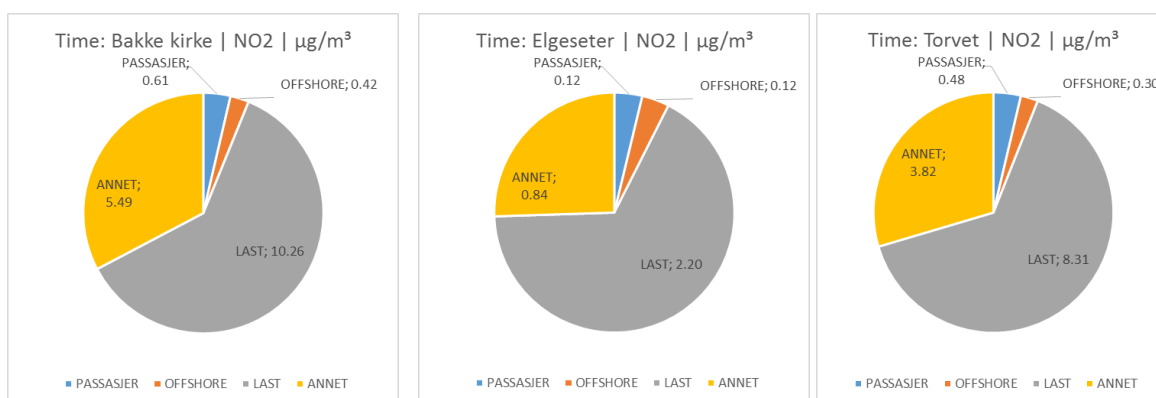


Figur 32: Sammensetting av skipstypene til bidrag (µg/m³) til årsmiddel i 2014 på hver målestasjon.

Skipsfarten kan bidra i gjennomsnitt med opp til ca. 12% av konsentrasjonene i de 100 timene vinterstid hvor det måles høyest konsentrasjoner av NO₂ på alle de tre målestasjonene, basert på worst-case scenario (Figur 33).



Figur 33: Bidrag (µg/m³) fra alle skipstypene til høyeste topp 100 timesmidler i 2014 på hver målestasjon, worst-case scenario.



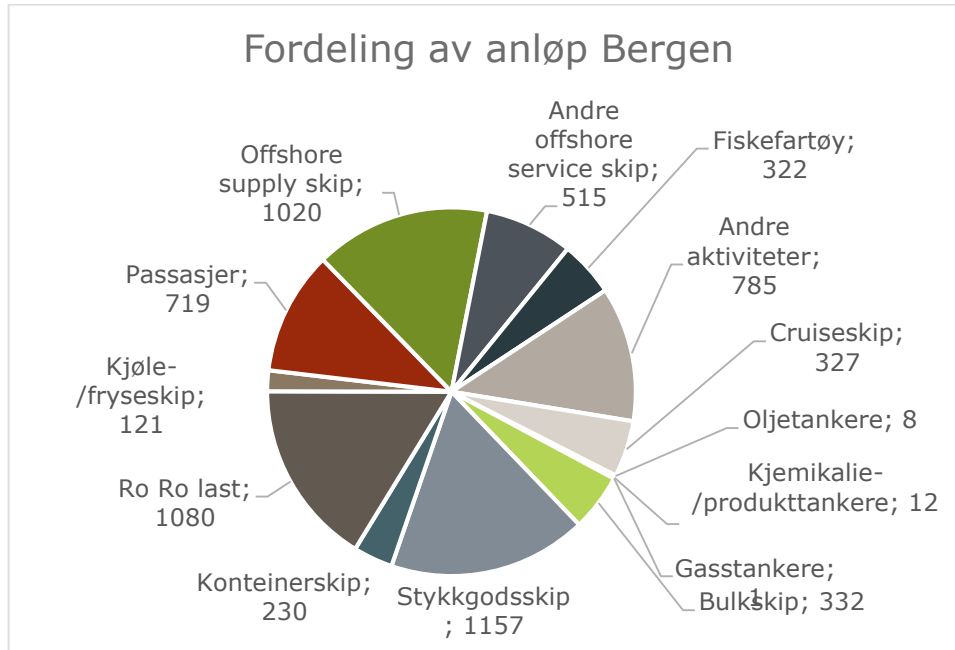
Figur 34: Sammensetting av skipstypegruppene til bidrag (µg/m³) til høyeste topp 100 timesmidler i 2014 på hver målestasjon, worst-case scenario.

Resultatene viser at bidraget fra skipsfart til PM₁₀ og NO₂ konsentrasjoner på målestasjonene i Trondheim er relativt lite.

5.3 Bergen

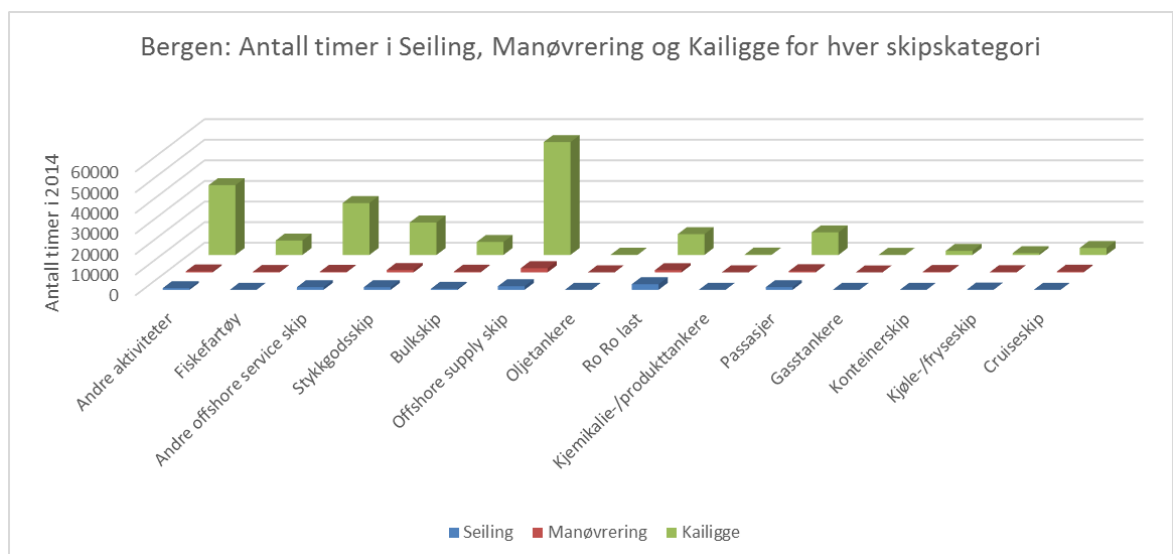
5.3.1 Skipsanløp

Innenfor det undersøkte området i Bergen anløp det 6629 fartøy i løpet av 2014. Disse var fordelt på skipskategorier med følgende andeler:



Figur 35: Anløp for Bergen havn 2014

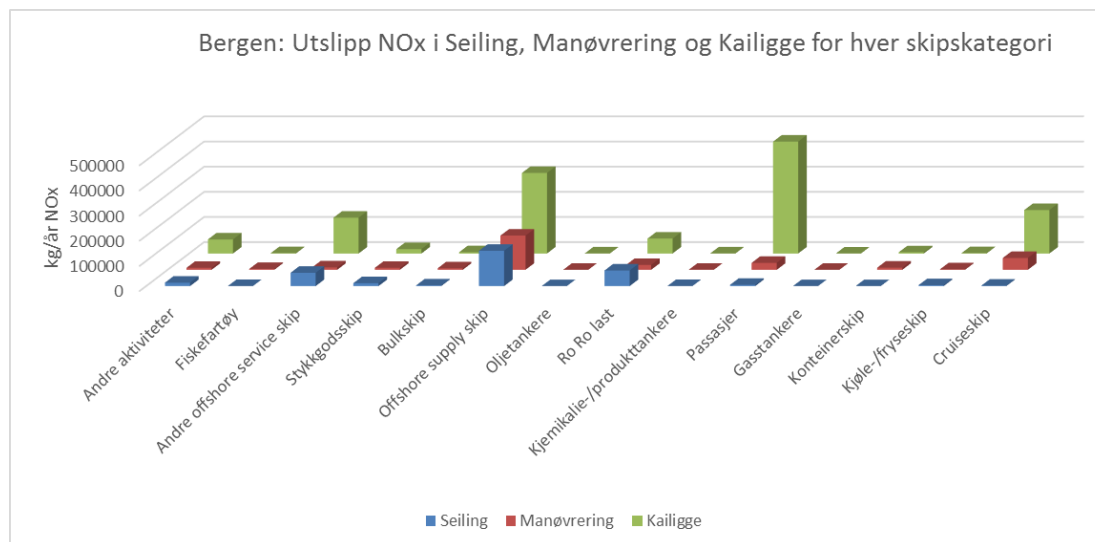
Antall driftstimer fordelt på de tre tilstandene *seiling*, *manøvrering* og *kailigge* for Bergen i 2014 er vist i (Figur 36). Dominerende skipstyper er i antall anløp er *offshore supplyskip*, *stykkgodsskip*, *ro-ro last* og kategorien *andre aktiviteter*



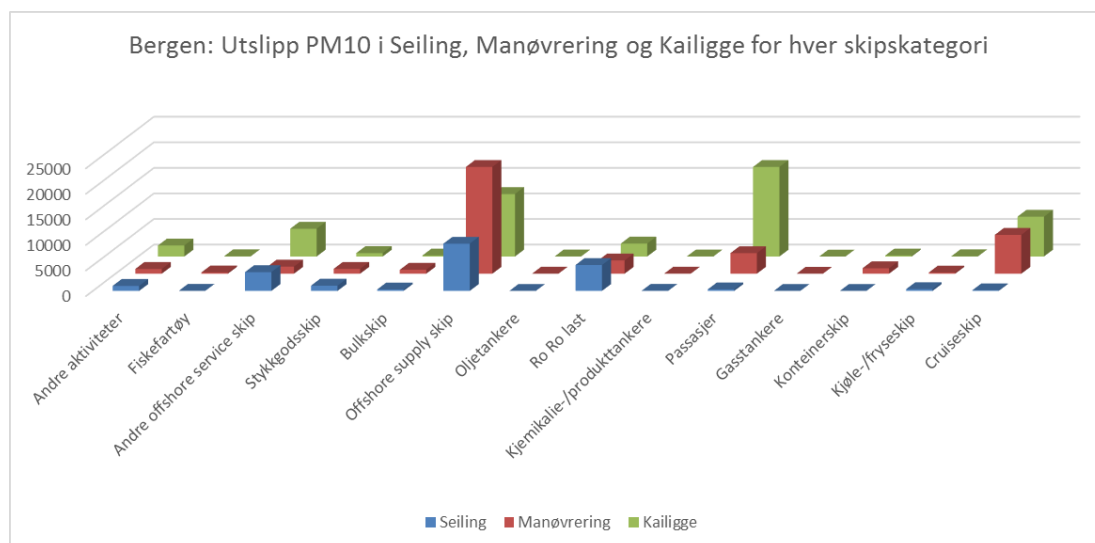
Figur 36: Fordeling av tid innenfor de tre tilstandene for skip som anløp Bergen havn, 2014

5.3.2 Utslipp

Utslipp fra skip i Bergen sentrum preges av utslipp fra passasjertrafikk, offshore supplyskip, andre offshore serviceskip samt cruiseskip. NO_x og PM₁₀ utslipp for Bergen i 2014 fordelt på skipstyper vises i Figur 37 og Figur 38.



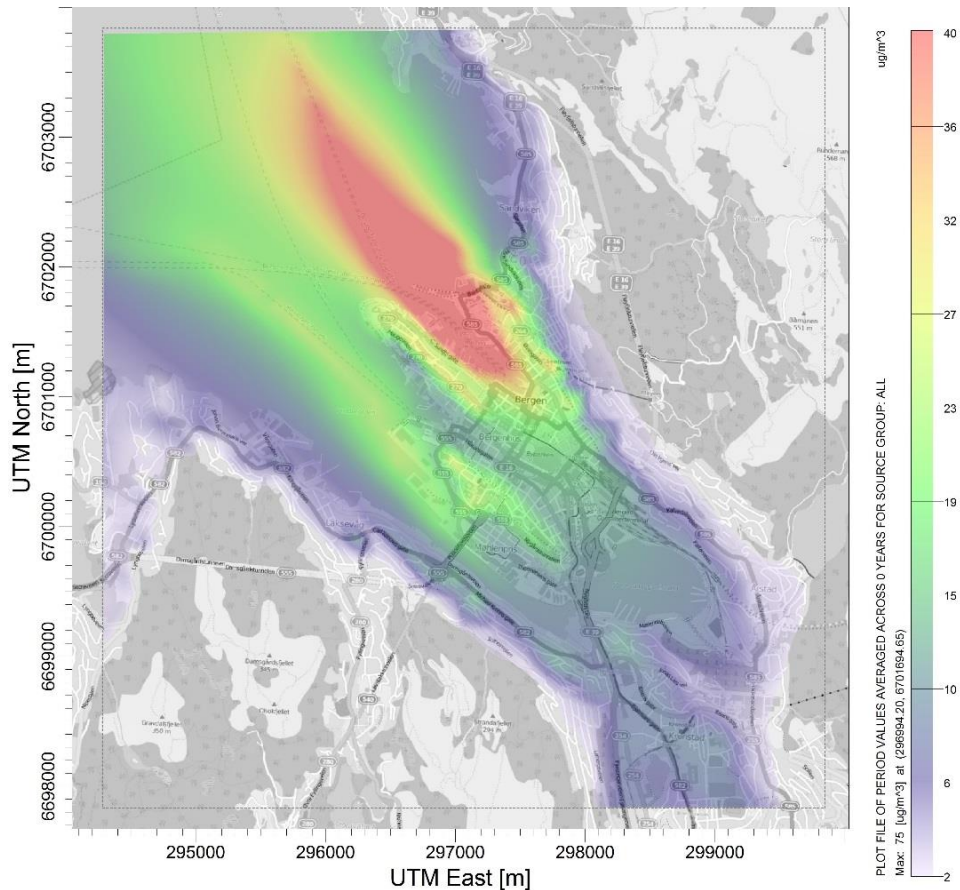
Figur 37: NO_x utslipp for hver skipskategori i Bergen, 2014



Figur 38: PM₁₀ utslipp for hver skipskategori i Trondheim, 2014

5.3.3 Spredning

Spredning fra skipstrafikkbidraget for NO₂ årsmiddel for Bergen vises i Figur 39. Spredningsforløpet skjer i hovedsak utover sjøen hvor et relativt stor område overskrider grenseverdien for NO₂ årsmiddel. Som følge av den sentrumsnære beliggenheten og meteorologiske betingelser føres også noe av NO₂ konsentrasjonen mot sentrumsområdet. Fordeling av spredningsbidraget for hver enkel skipsgruppe finnes i Vedlegg 4.

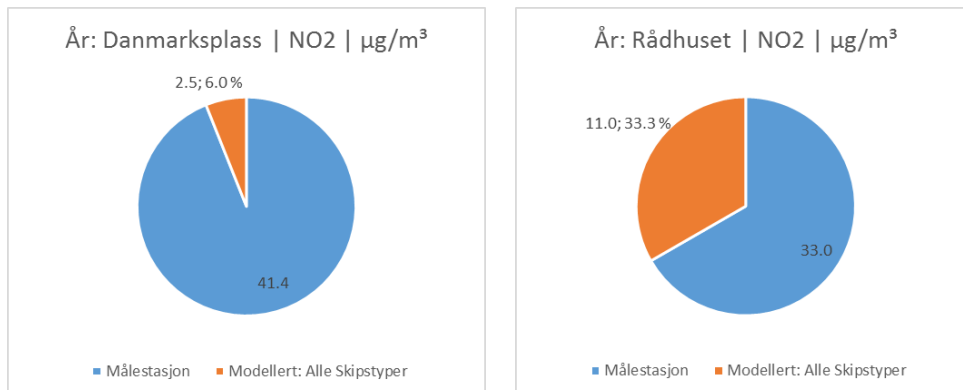


Figur 39: Bergen NO₂ årsmiddel bidrag fra skipsfart.

5.3.4 Bidrag fra skipsfart på lokal luftforurensning

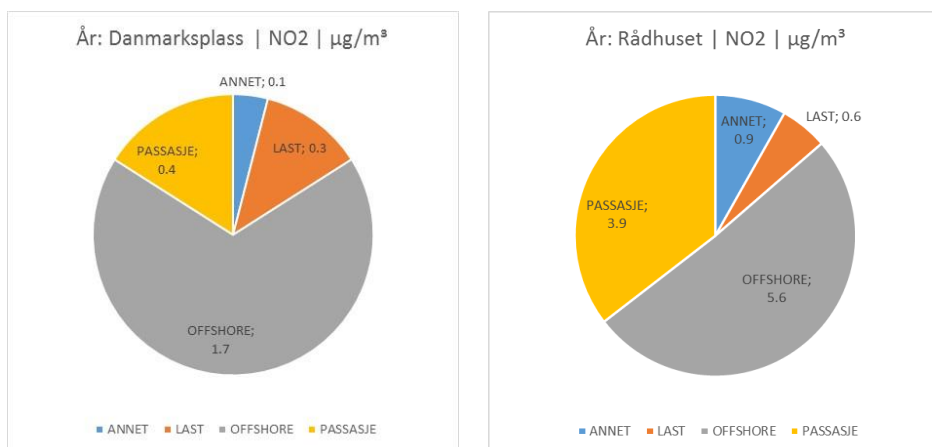
Skipsfart bidrar i gjennomsnitt til ca. 10% av årsmiddelkonsentrasjonen av PM₁₀ på de to målestasjonene og ca. 6% av konsentrasjonene i de 100 timene vinterstid hvor det måles høyest konsentrasjoner av PM₁₀, som øker til 13% bidrag basert på worst-case scenario.

Skipsfart bidrar i gjennomsnitt til ca. 20% av årsmiddel NO₂ konsentrasjoner på de to målestasjonene; det høyeste er på Rådhuset målestasjon hvor skipstrafikken bidrar med ca. 33% bidrag (Figur 40).



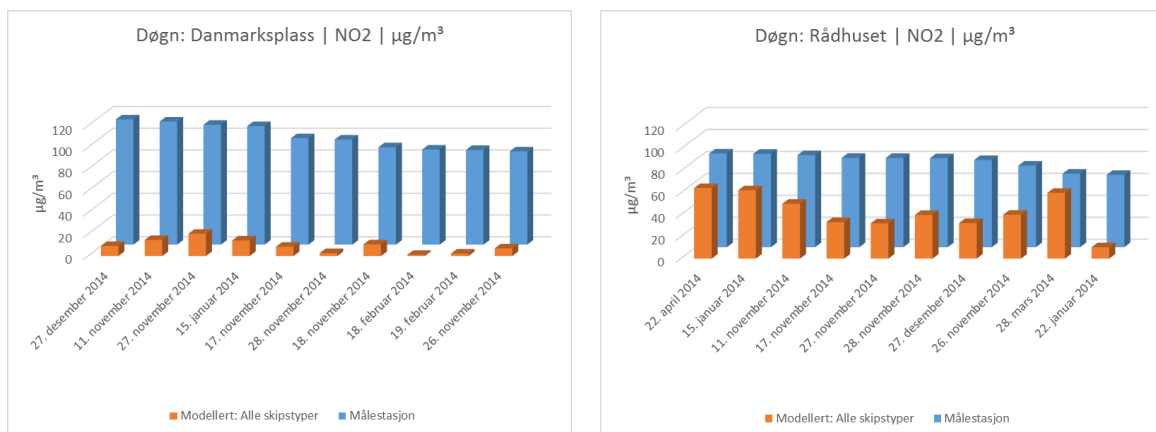
Figur 40: Bidrag (µg/m³) fra alle skipstypene til årsmiddel i 2014 på hver målestasjon.

Skipsgruppen med det største andel til bidraget av NO₂ årsmiddel og timesmiddel er offshoreskipene (Figur 41 og Figur 44).



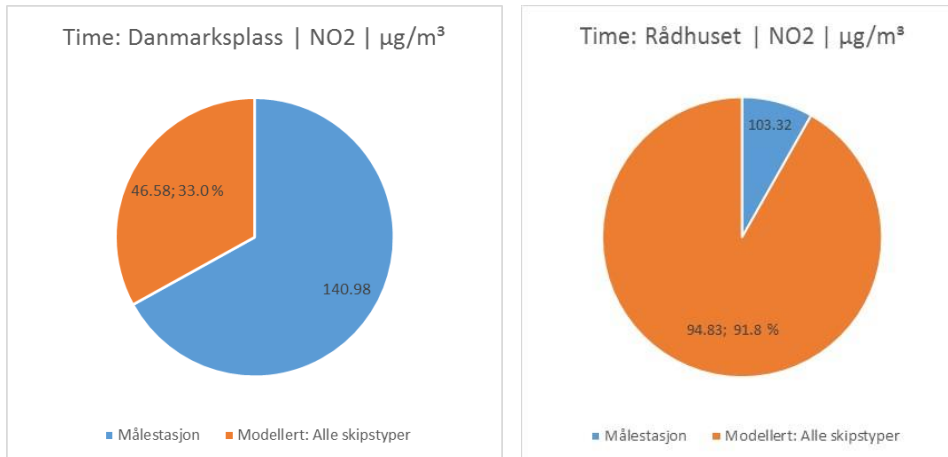
Figur 41: Sammensetting av skipstypene til bidrag (µg/m³) til årsmiddel i 2014 på hver målestasjon.

Skipsfart kan bidra med opp til ca. 35% av konsentrasjonene i de 10 dagene hvor det måles høyest konsentrasjoner på de to stasjonene (Figur 42). Det er målestasjonen på Rådhuset som mottar det høyeste bidrag fra skipstrafikk (ca. 55%).

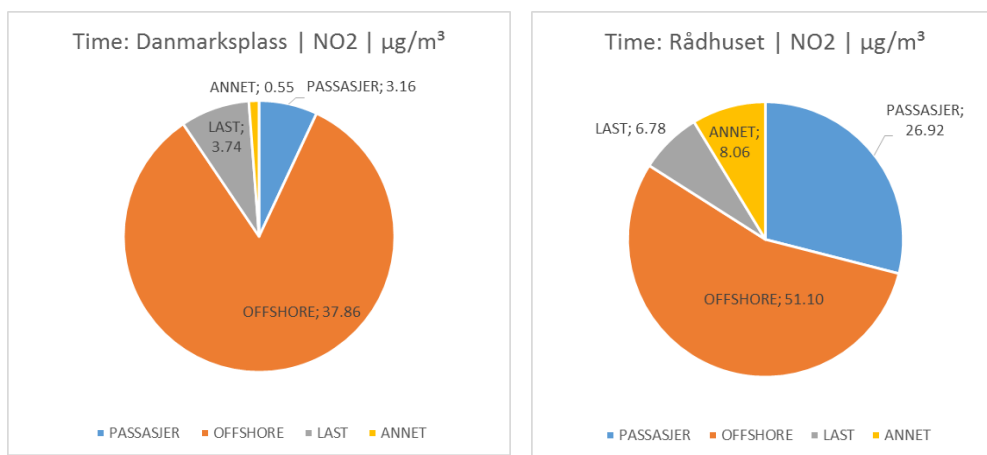


Figur 42: Bidrag (µg/m³) fra alle skipstypene til høyeste topp 10 døgnmidler i 2014 på hver målestasjon.

Skipsfart kan i gjennomsnitt bidra med opp til ca. 60% av konsentrasjonene i de 100 timene hvor det måles høyest konsentrasjoner på de to stasjonene, basert på worst-case scenario (Figur 43).



Figur 43: Bidrag (µg/m³) fra alle skipstypene til høyeste topp 100 timesmidler (worst-case) i 2014 på hver målestasjon.



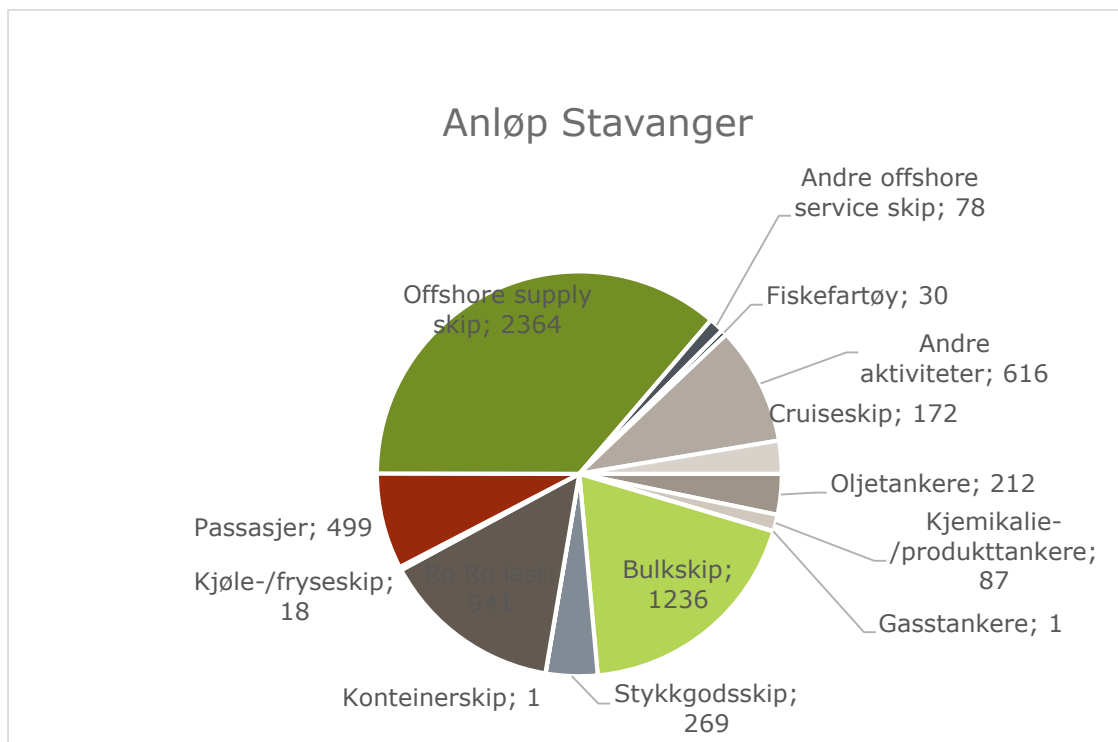
Figur 44: Sammensetting av skipstypegruppene til bidrag (µg/m³) til høyeste topp 100 timesmidler (worst-case) i 2014 på hver målestasjon.

Bidraget fra skipsfart til PM₁₀ konsentrasjoner på målestasjonene i Bergen er relativt lite, og NO₂ konsentrasjoner ganske stor.

5.4 Stavanger

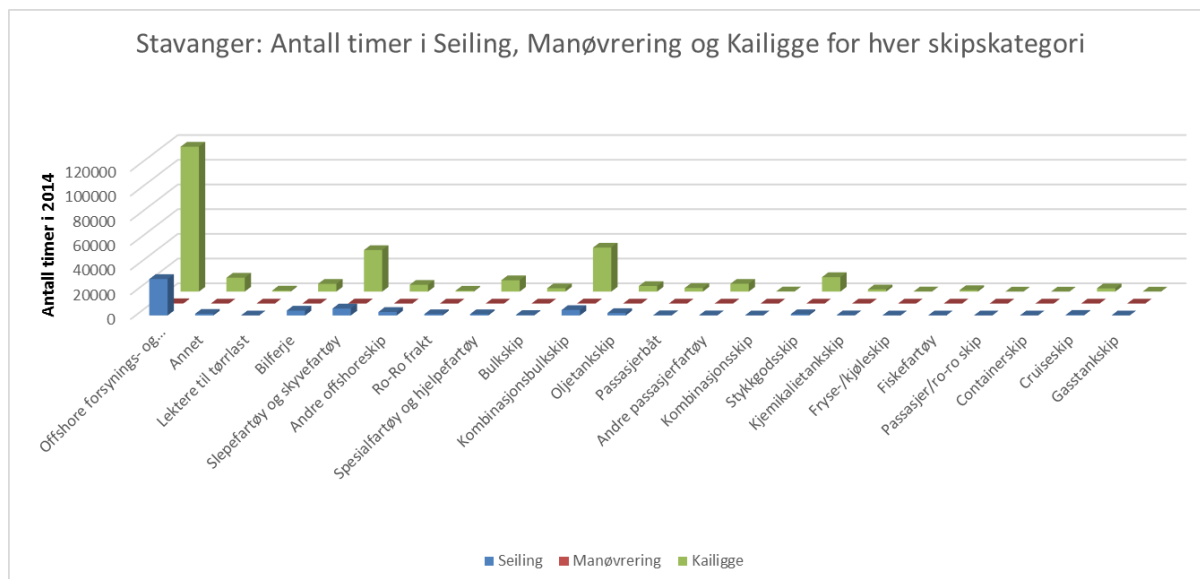
5.4.1 Skipsanløp

Innenfor det undersøkte området i Stavanger anløp det 5580 fartøy i løpet av 2014. Disse var fordelt på skipskategorier med følgende andeler:



Figur 45: Anløp fordelt på fartøygrupper i Stavanger 2014.

Antall driftstimer fordelt på de tre tilstandene *seiling*, *manøvrering* og *kailigge* for Stavanger i 2014 er vist i Figur 46 for hver enkel skipstype.



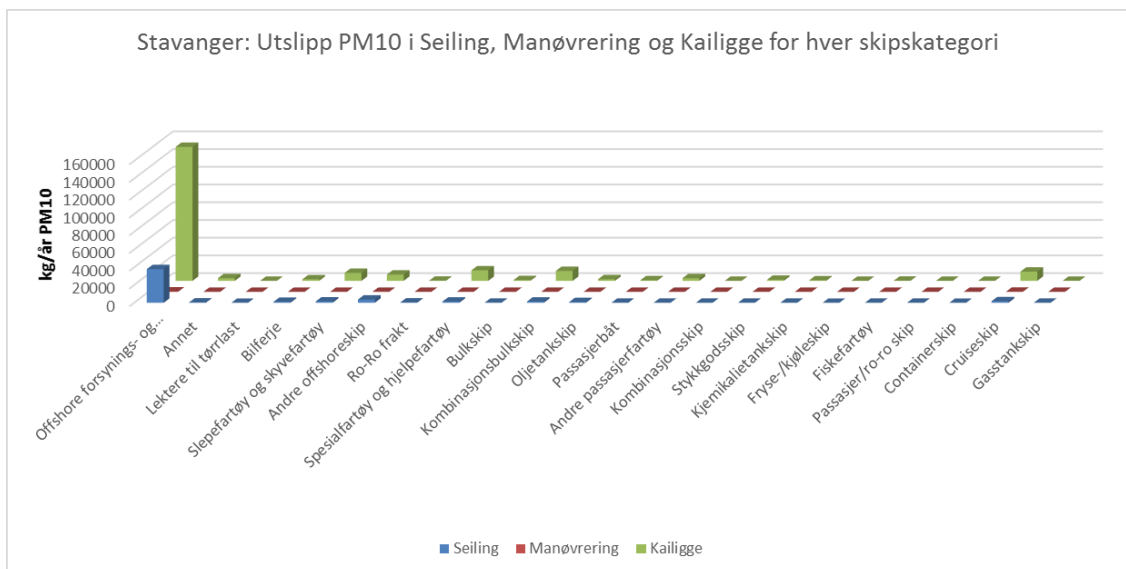
Figur 46: Fordeling av tid innenfor de tre tilstandene for skip som anløp Stavanger havn, 2014

5.4.2 Utslipp

Utslipp fordelt på de tre tilstandene *seiling*, *manøvrering* og *kailigge* for Stavanger i 2014 for hver enkel skipstype vises i Figur 47 og Figur 48.



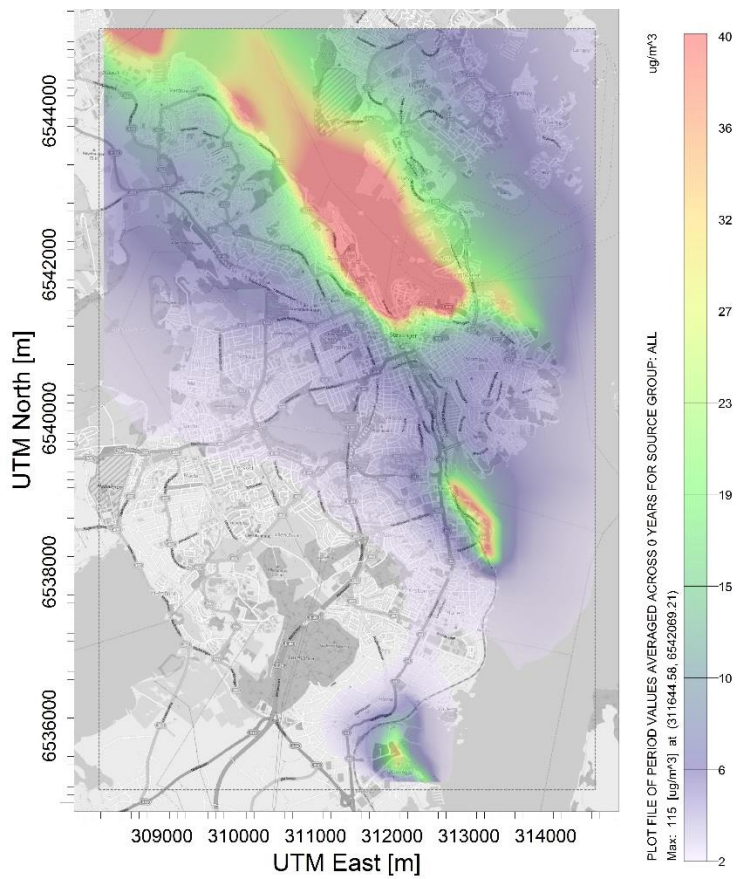
Figur 47: NO_x utslipp for hver skipskategori i Stavanger, 2014



Figur 48: PM₁₀ utslipp for hver skipskategori i Bergen, 2014

5.4.3 Spredning

Spredning fra skipstrafikk for NO₂ årsmiddel vises i Figur 49. Spredningsforløpet skjer i hovedsak utover sjøen hvor et relativt stor område overskrider grenseverdien for NO₂ årsmiddel. Sentrumsnære havn samt meteorologiske betingelser medfører også noe spredning innover sentrum. Fordeling av spredningsbidraget for hver enkel skipsgruppe finnes i Vedlegg 4.

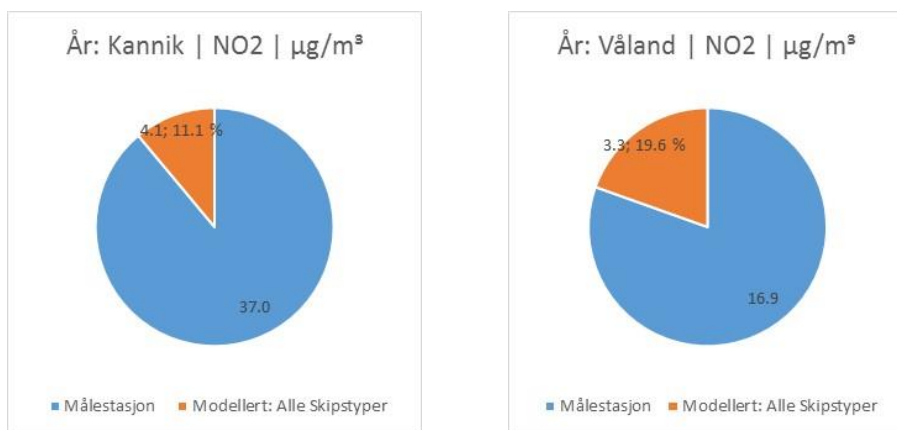


Figur 49: NO₂ årsmiddel spredning fra alle skipstypene, Stavanger 2014

5.4.4 Bidrag fra skipsfart på lokal luftforurensning

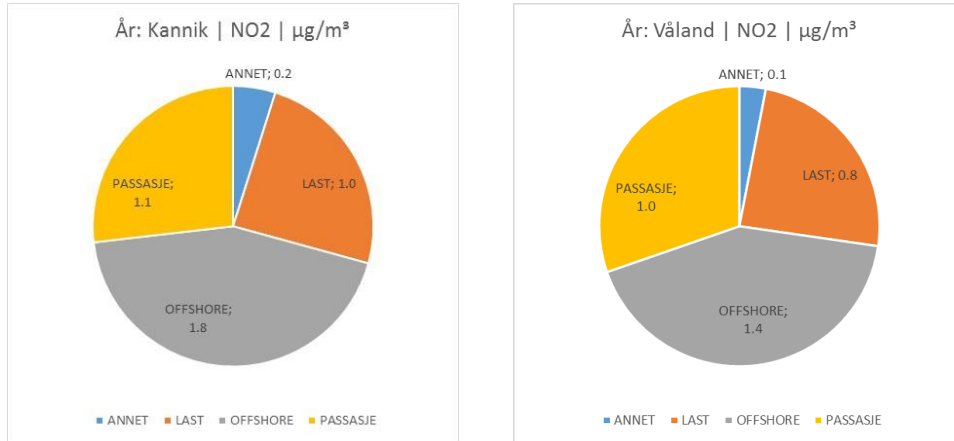
Skipsfart bidrar i gjennomsnitt til ca. 6% av årsmiddelkonsentrasjonen av PM₁₀ på de to målestasjonene og ca. 2% av konsentrasjonene i de 100 timene vinterstid hvor det måles høyest konsentrasjoner av PM₁₀, som øker til 10% bidrag basert på worst-case scenario.

Skipsfart bidrar i gjennomsnitt til ca. 15% av årsmiddel NO₂ konsentrasjoner på de to målestasjonene. Det høyeste er på Våland målestasjon hvor skipstrafikken bidrar med ca. 20% (Figur 50).



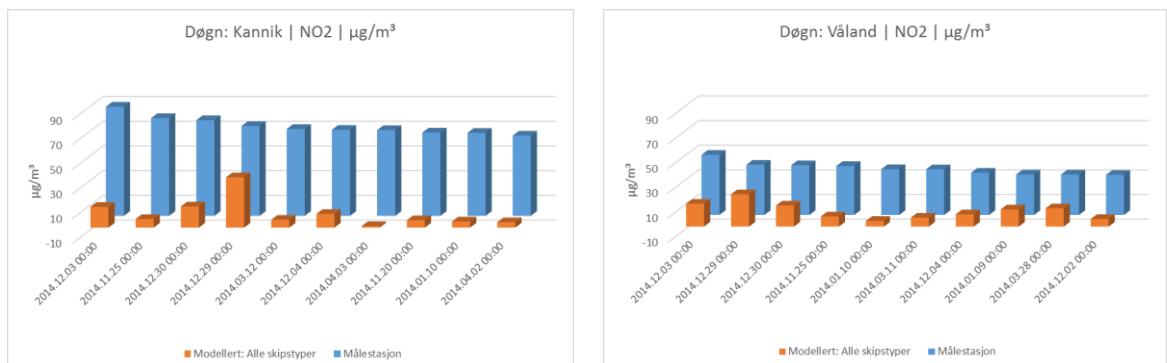
Figur 50: Bidrag (µg/m³) fra alle skipstypene til årsmiddel i 2014 på hver målestasjon.

Skipsgruppen som bidrar med høyest andel av NO₂ årsmiddel og timesmiddel er offshoreskipene (Figur 51 og Figur 54).



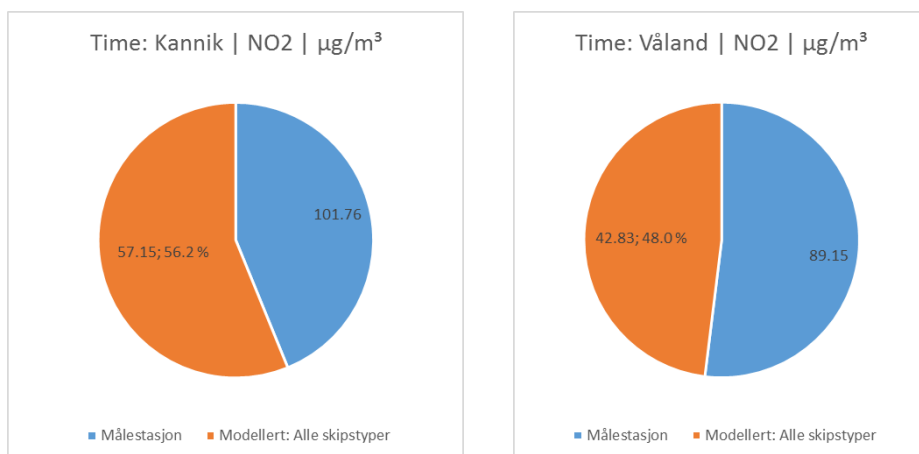
Figur 51: Sammensetting av skipstypene til bidrag (µg/m³) til årsmiddel i 2014 på hver målestasjon.

Skipsfart kan i gjennomsnitt bidra med opp til ca. 25% av konsentrasjonene i de 10 dagene hvor det måles høyest konsentrasjoner på de to stasjonene (Figur 52). Det er målestasjonen på Våland som mottar det høyeste bidrag fra skipstrafikk (ca. 35%).

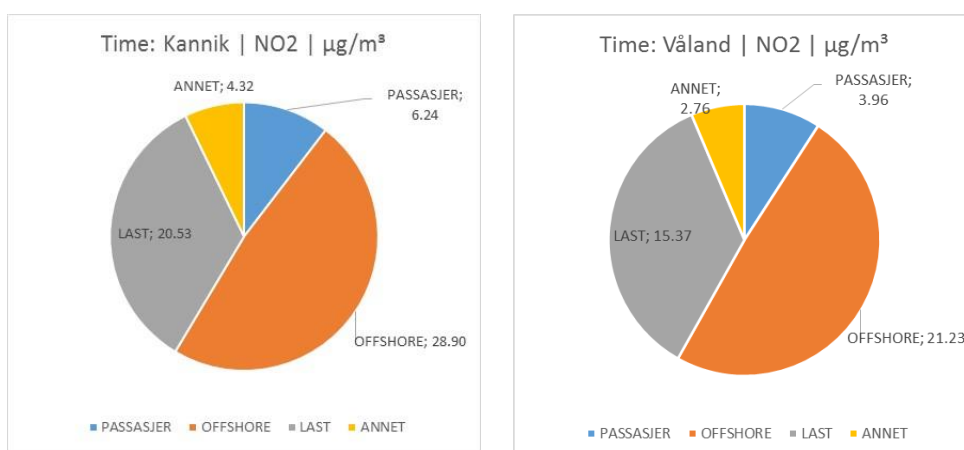


Figur 52: Bidrag (µg/m³) fra alle skipstypene til høyeste topp 10 døgnmidler i 2014 på hver målestasjon.

Skipsfart kan i gjennomsnitt bidra med opp til ca. 50% av konsentrasjonene i de 100 timene hvor det måles høyest konsentrasjoner på de to målestasjonene, basert på worst-case scenario (Figur 53).



Figur 53: Bidrag (µg/m³) fra alle skipstypene til høyeste topp 100 timesmidler (worst-case) i vinter 2014 på hver målestasjon.



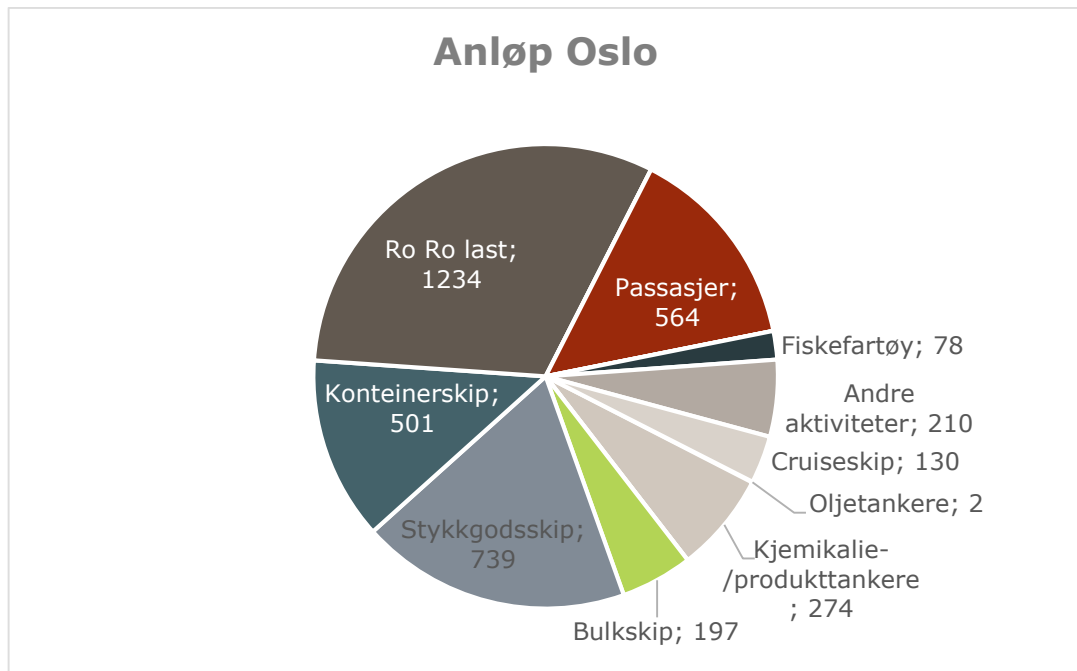
Figur 54: Sammensetting av skipstypegruppene til bidrag (µg/m³) til høyeste topp 100 timesmidler (worst-case) i vinter 2014 på hver målestasjon.

Bidraget fra skipsfart til PM₁₀ konsentrasjoner på målestasjonene i Stavanger er relativt lite, og NO₂ konsentrasjoner stor.

5.5 Oslo

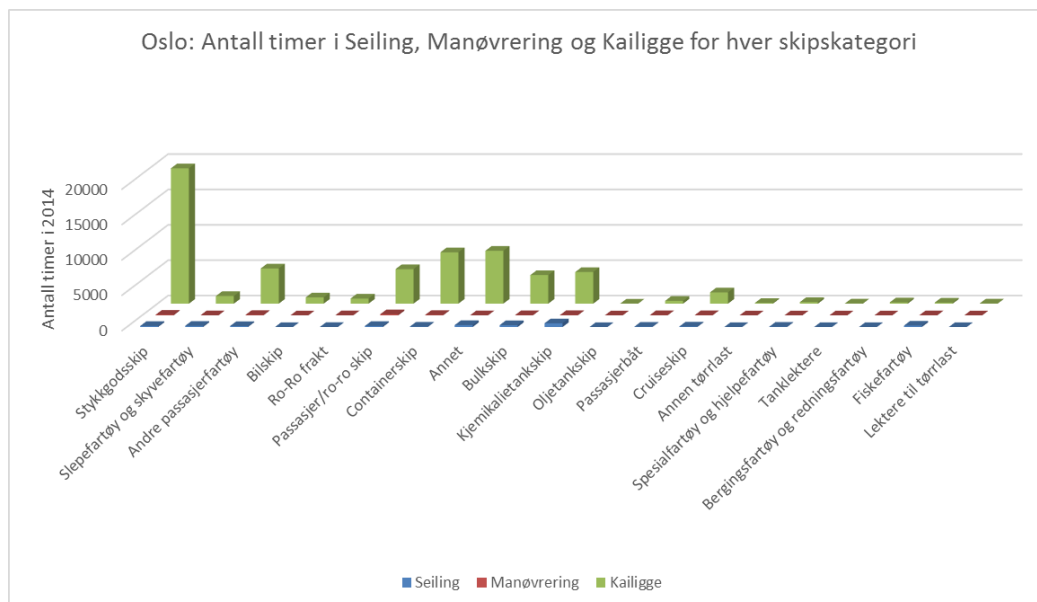
5.5.1 Skipsanløp

Innenfor det undersøkte området i Oslo anløp det 3929 fartøy i løpet av 2014. Disse var fordelt på skipskategorier med følgende andeler (Figur 55):



Figur 55: Anløp fordelt på fartøygrupper i Oslo 2014.

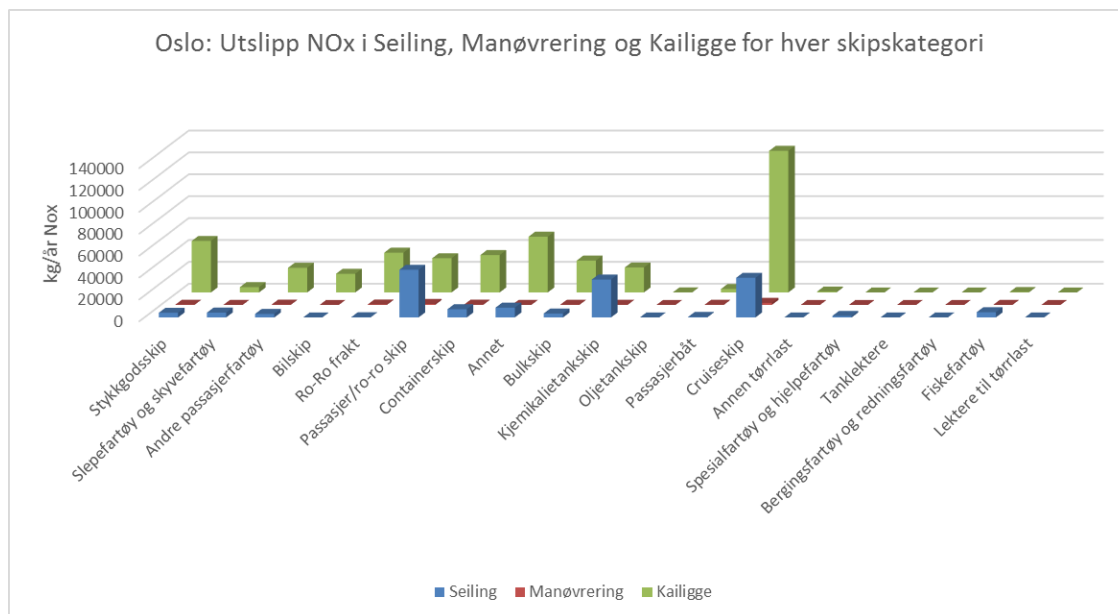
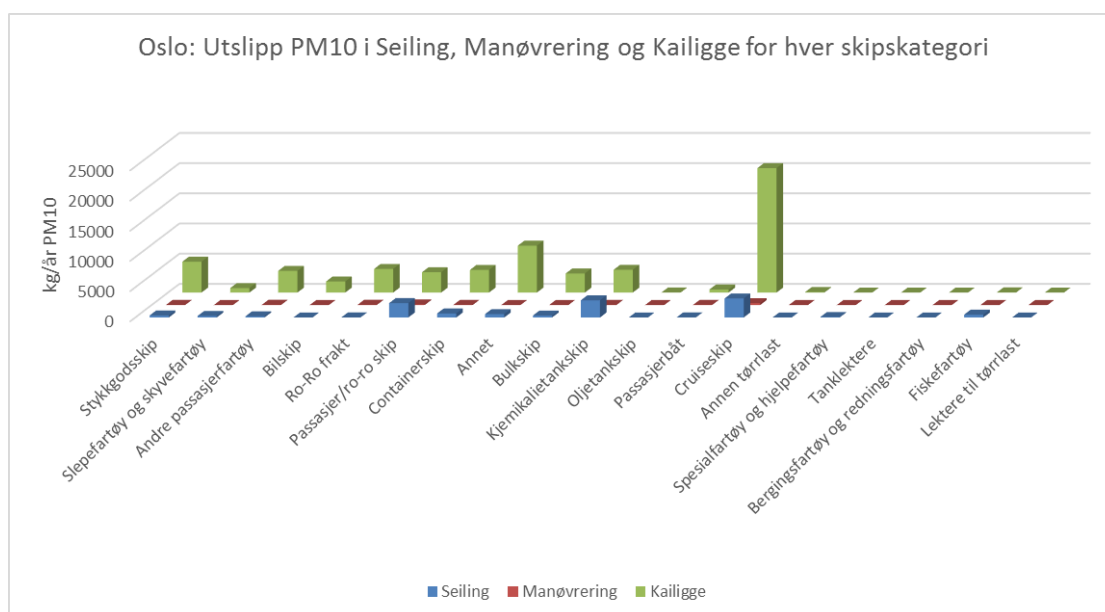
Antall driftstimer fordelt på de tre tilstandene *seiling*, *manøvrering* og *kailigge* v for Oslo i 2014 er vist i Figur 56 for hver enkel skipstype.



Figur 56: Fordeling av tid innenfor de tre tilstandene for skip som anløp Oslo havn, 2014

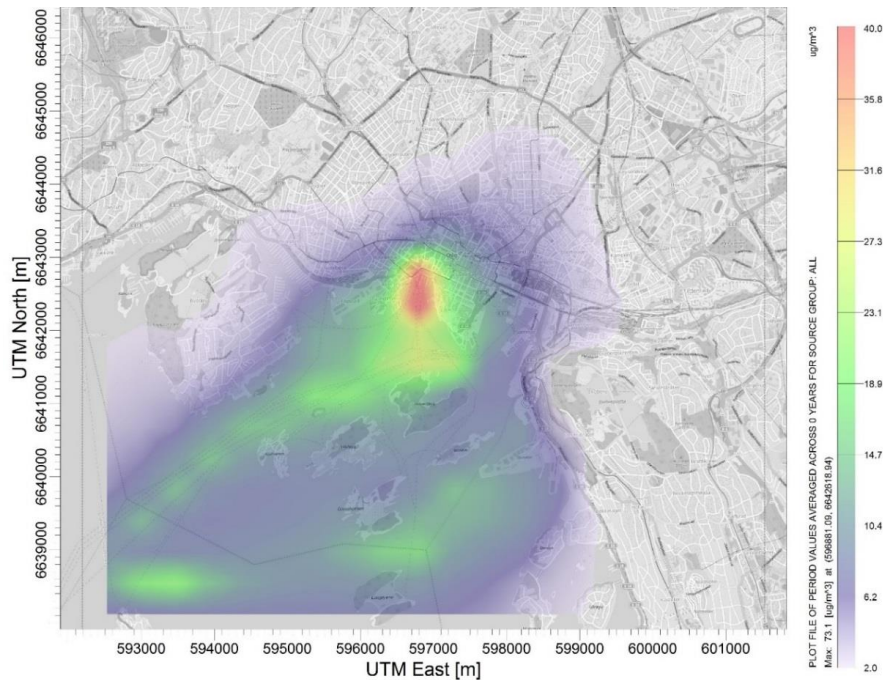
5.5.2 Utslipp

Utslipp fordelt på de tre tilstandene *seiling*, *manøvrering* og *kailigge* for Oslo i 2014 for hver enkel skipstype vises i Figur 57 og Figur 58.

Figur 57: NO_x utslipp for hver skipskategori i Oslo, 2014Figur 58: PM₁₀ utslipp for hver skipskategori i Oslo, 2014

5.5.3 Spredning

Figur 59 viser hvordan utslipp fra skipstrafikken bidrar til spredning av årsmiddelkonsentrasjonen av NO₂. Grenseverdien for NO₂ årsmiddel overskrides i et mindre område på havneområdet. Spredningsforløpet skjer i hovedsak utover sjøen hvor kun et mindre bidrag føres mot sentrum. Meteorologiske betingelser er årsaken til dette. Fordeling av spredningsbidraget for hver enkel skipsgruppe finnes i Vedlegg 4.

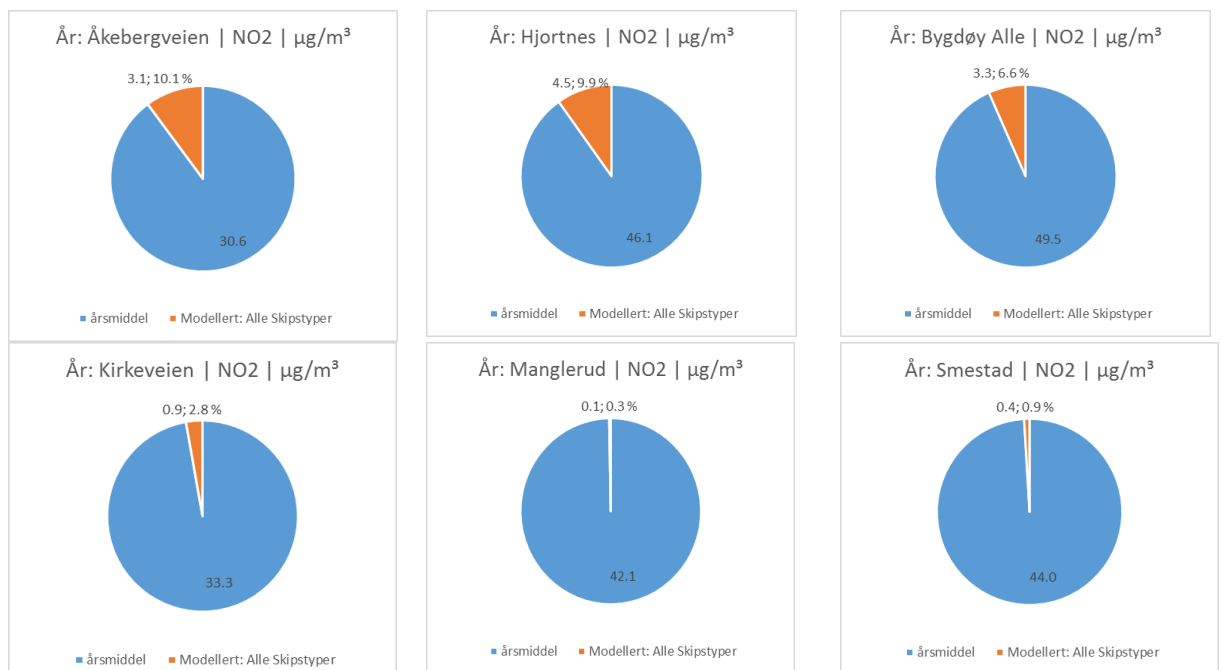


Figur 59: Oslo NO₂ årsmiddel bidrag fra skipsfart.

5.5.4 Bidrag fra skipsfart på lokal luftforurensning

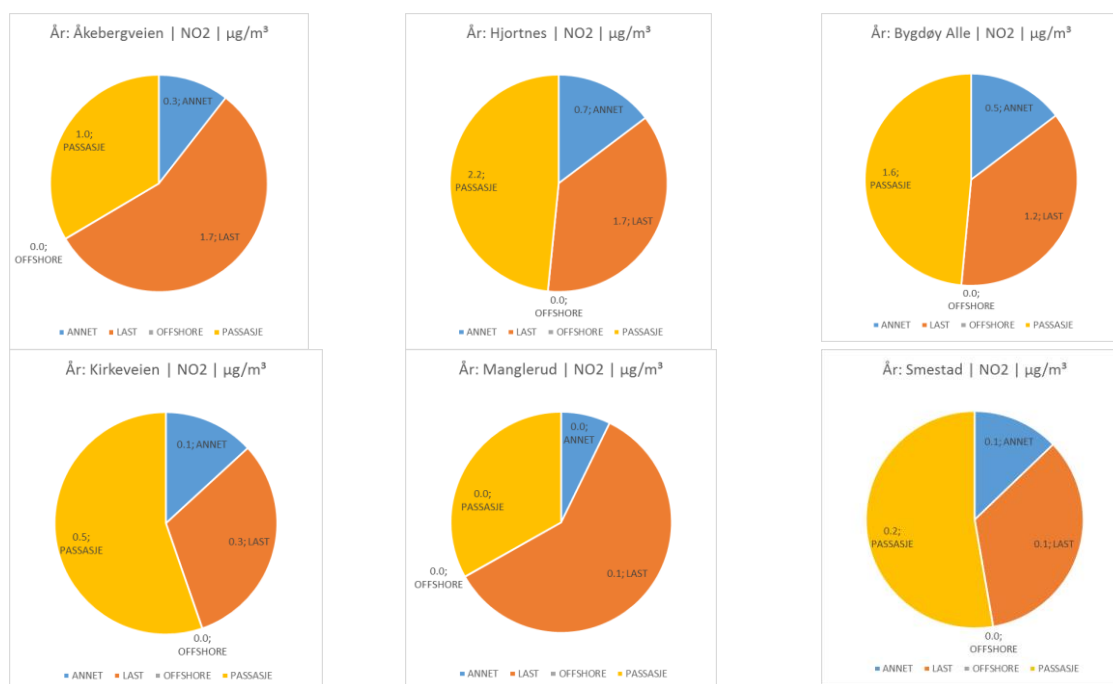
Skipsfart bidrar i gjennomsnitt til ca. 1.5% av årsmiddelkonsentrasjonen av PM₁₀ på alle de åtte målestasjonene og ca. 3% av konsentrasjonene i de 100 timene vinterstid hvor det måles høyest konsentrasjoner av PM₁₀, basert på worst-case scenario.

Skipsfart bidrar i gjennomsnitt til ca. 5% av årsmiddel NO₂ konsentrasjoner som måles på alle de seks stasjoner som måler NO₂ i Oslo. Det høyeste bidraget er på Åkebergveien målestasjon hvor skipstrafikken bidrar med ca. 10% av årsmiddelkonsentrasjonen (Figur 60).



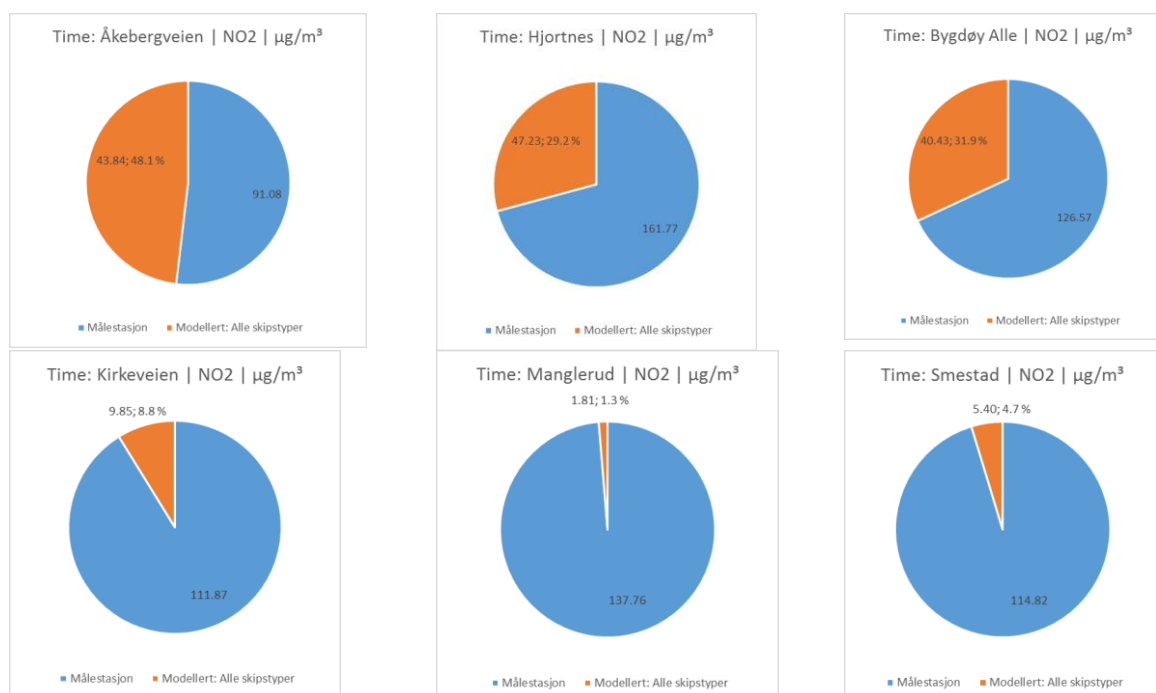
Figur 60: Bidrag (µg/m³) fra alle skipstypene til årsmiddel i 2014 på hver målestasjon.

Skipsgruppen med det største andel til bidraget av NO₂ årsmiddel og timesmiddel er passasjer- og lasteskip (Figur 61 og Figur 63).

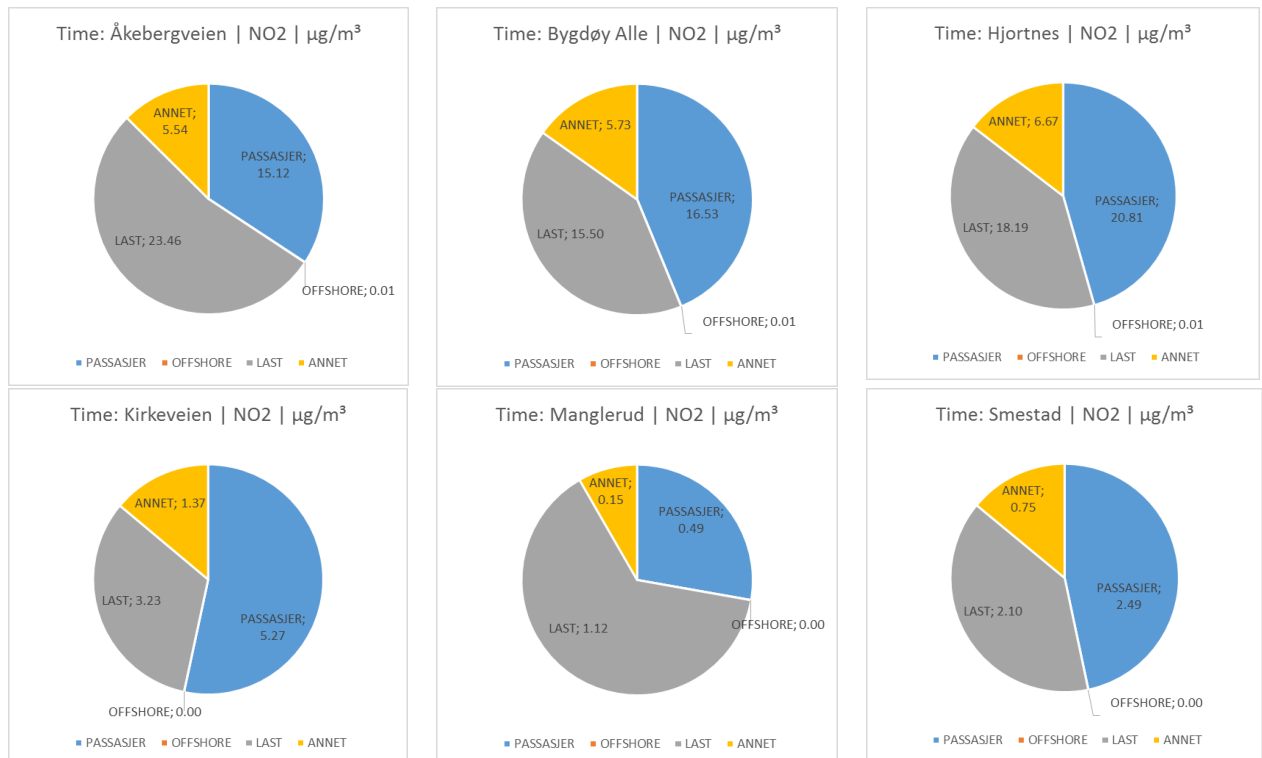


Figur 61: Sammensetting av skipstypene til bidrag (µg/m³) til årsmiddel i 2014 på hver målestasjon.

Skipsfart kan i gjennomsnitt bidra med opp til ca. 20% av konsentrasjonene i de 100 timene hvor det måles høyest konsentrasjoner på målestasjonene, basert på worst-case scenario (Figur 62). En tidligere vurdering som er gjort av NILU viser at skipsfart kan bidra med opptil 20% av NO₂ konsentrasjonene i Oslo om sommeren. I forbindelse med reduksjoner i NO_x utslipp fra veitrafikk som følge av renere brensel og bedre motorteknologi, kan bidraget fra skipstrafikk være opp mot 30% (NILU, 2015a).



Figur 62: Bidrag (µg/m³) fra alle skipstypene til høyeste topp 100 timesmidler i 2014 på hver målestasjon, worst-case scenario.



Figur 63: Sammensetting av skipstypegruppene til bidrag (µg/m³) til høyeste topp 100 timesmidler i 2014 på hver målestasjon, worst-case scenario.

Resultatene viser at bidraget fra skipsfart til PM₁₀ konsentrasjoner på målestasjonene i Oslo er lite, og NO₂ konsentrasjoner relativt lite selv i betraktning av worst-case scenario beregninger.

6 Analyse og vurdering av tiltak

6.1 Vurdering av tiltaket «avvisning av skip»

En oversikt av bidraget fra skipsfart til luftkvalitet i de fire byene er vist i Tabell 7. Som tidligere nevnt er bidraget til PM₁₀ konsentrasjoner på alle fire byene lavt, og ville tiltak på andre kilder til PM₁₀ konsentrasjoner (enn skipsfart) være mer hensiktsmektig. Bidraget til NO₂ konsentrasjoner i Trondheim og Oslo er også relativt lavt, hvor andre mulige tiltak enn avvisning av skip kunne være mer nyttig. Derimot er bidraget til NO₂ konsentrasjoner i Stavanger og særlig Bergen høyt, hvor tiltak rettet mot utslipp fra skipsfart er nødvendig for å redusere forurensningsbidraget om vinteren når luftkvalitet er dårligst.

Tabell 7: Oversikt av bidraget fra skipsfart til luftkvalitet i de fire byene.

		Gjennomsnittsbidrag fra skipstrafikk (2014)							
		Trondheim		Bergen		Stavanger		Oslo	
		µg/m ³	%	µg/m ³	%	µg/m ³	%	µg/m ³	%
PM ₁₀	Årsmiddel (µg/m ³)	0.4	0.5 %	1.6	9.6 %	1.1	5.9 %	0.3	1.7 %
	Gjennomsnittsdøgn-middel (worst-case topp 10 dager i vinter 2014) (µg/m ³)	0.6	1.2 %	5.5	12.7 %	4.2	9.7 %	1.7	3.2 %
NO ₂	Årsmiddel (µg/m ³)	0.9	3.4 %	6.8	19.7 %	3.7	15.3 %	2.1	5.1 %
	Gjennomsnittsdøgnsmiddel (topp 10 døgn i vinter 2014) (µg/m ³)			26.5	33.2 %	12.2	24.9 %		
	Gjennomsnittstimesmiddel (worst-case topp 100 timer i vinter 2014) (µg/m ³)	11.6	12.5 %	70.7	62.4 %	50.0	49.9 %	25.5	20.7 %

Offshoreskip står for 11% av årsmiddel NO₂ konsentrasjoner som finnes på målestasjonene i Bergen, og 7% i Stavanger (Tabell 8). På et worst-case scenario kunne offshoreskipene bidra med opp mot 38% av de topp 100 timesmidlene NO₂ konsentrasjoner i Bergen og 26% i Stavanger. Passasjerskip står for 6% av årsmiddelkonsentrasjonen av NO₂ som finnes på målestasjonene i Bergen. Et worst-case scenario viser at passasjerskipene kan bidra med opp mot 14% av konsentrasjonene i de 100 timene hvor det måles høyest NO₂ konsentrasjoner. Lasteskip står for 4% av årsmiddelkonsentrasjonen av NO₂ konsentrasjoner som finnes på målestasjonene i Stavanger. Et worst-case scenario viser at lasteskipene kan bidra med opp mot 19% av konsentrasjonene i de 100 timene hvor det måles høyest NO₂ konsentrasjoner.

Avvisning av alle eller enkelte skipsgrupper på gitte timer eller dager vill ha liten påvirkning på årsmiddelkonsentrasjonen av NO₂ i Bergen og Stavanger (i tillegg til de andre 2 byer).

Avvisning av alle skipsgrupper på gitte dager hvor det er varslet overskridelser for NO₂ i Stavanger og særlig Bergen vil kunne ha en merkbar positiv påvirkning på timesmiddel NO₂ konsentrasjoner – dette avhengig av noen kritiske betingelser som er diskutert i kapittel 7. Avvisning av enkel skipsgruppe (offshoreskipene) på gitte dager hvor det er varslet overskridelser for NO₂ i Stavanger og særlig Bergen vil kunne ha en positiv påvirkning på timesmiddel NO₂ konsentrasjoner – igjen avhengig av kritiske betingelsene diskutert i kapittel 7.

Tabell 8: Bidraget for hver enkel skipsgruppe til luftkvalitet i de fire byene.

		Gjennomsnittsbidrag fra hver enkel skipstype (2014)															
		Trondheim								Bergen							
		Passasjer		Offshore		Last		Annet		Passasjer		Offshore		Last		Annet	
		µg/m³	%	µg/m³	%	µg/m³	%	µg/m³	%	µg/m³	%	µg/m³	%	µg/m³	%	µg/m³	%
PM ₁₀	Årsmiddel (µg/m³)	0.02	0.3 %	0.00	0.0 %	0.04	0.8 %	0.02	0.3 %	0.5	3.2 %	0.8	4.7 %	0.2	1.0 %	0.1	0.7 %
NO ₂	Årsmiddel (µg/m³)	0.2	0.6 %	0.0	0.2 %	0.5	1.9 %	0.2	0.9 %	2.2	6.4 %	3.7	10.5 %	0.8	1.3 %	0.6	1.5 %
	Gjennomsnittstimes middel (topp 100 timer i vinter 2014) (µg/m³)	0.4	0.4 %	0.3	0.3 %	6.9	7.5 %	3.4	3.7 %	15.0	14.1 %	44.5	38.2 %	5.3	4.6 %	4.3	4.1 %

		Gjennomsnittsbidrag fra hver enkel skipstype (2014)															
		Stavanger								Oslo							
		Passasjer		Offshore		Last		Annet		Passasjer		Offshore		Last		Annet	
		µg/m³	%	µg/m³	%	µg/m³	%	µg/m³	%	µg/m³	%	µg/m³	%	µg/m³	%	µg/m³	%
PM ₁₀	Årsmiddel (µg/m³)	0.1	0.7 %	0.7	3.5 %	0.2	1.2 %	0.1	0.6 %	0.2	0.9 %	0.0	0.0 %	0.1	0.6 %	0.0	0.2 %
NO ₂	Årsmiddel (µg/m³)	1.1	4.4 %	1.6	6.6 %	0.9	3.7 %	0.2	0.6 %	1.0	2.3 %	0.0	0.0 %	0.8	2.2 %	0.3	0.7 %
	Gjennomsnittstimes middel (topp 100 timer i vinter 2014) (µg/m³)	5.1	5.3 %	25.1	26.1 %	17.9	18.7 %	3.5	3.7 %	11.4	8.3 %	0.0	0.0 %	10.0	9.1 %	3.7	2.8 %

. Skipsavvisning som tiltak påvirker ikke årsmiddel NO₂ og er ikke langsiktig. En rekke andre tiltak vil være mer effektive og lettere å få gjennomført i praksis. Det er langsiktige tiltak som trengs for å håndtere NO₂ problematikken i store byer i Norge.

6.2 Vurdering av andre aktuelle tiltaktiltak

Reduksjon av utslipp fra skip i havneområder innebærer en del utfordringer. Et skip er avhengig av energi også om det ligger til kai og selv skip som ligger i opplag med landstrømtilkobling krever store mengder energi. Eksempelvis vil et mellomstort fiskefartøy som ligger i opplag ha behov for 20-40 kW energi til belysning, oppvarming, ventilasjon, heating og diverse annet teknisk utstyr. Ved lossing og lasting mangedobles denne effekten da en rekke energikrevende systemer må være operative.

Det har vært gjort en stor innsats på å redusere utslipp fra skip i forbindelse med NO_x-fondets støtteprogram de senere år. Dette har redusert utslippene av NO_x betraktelig. Likevel er det en lang rekke skip som ikke har gjort tiltak for utslippsreduksjoner, og da særdeles utenlandske skip. Tiltakene som har blitt iverksatt har dessuten medført reduksjoner for fartøyene i de tilstandene hvor de befinner seg mest, altså ute på det åpne hav og reduksjoner ved kai er minimale. Nye krav til skip fra Den internasjonale sjøfartsorganisasjonen IMO er også tiltak som bringer sjøfartsindustrien inn på et renere spor, men utskifting av skip skjer langsomt og tiltak på eksisterende skip har lav lønnsomhet.

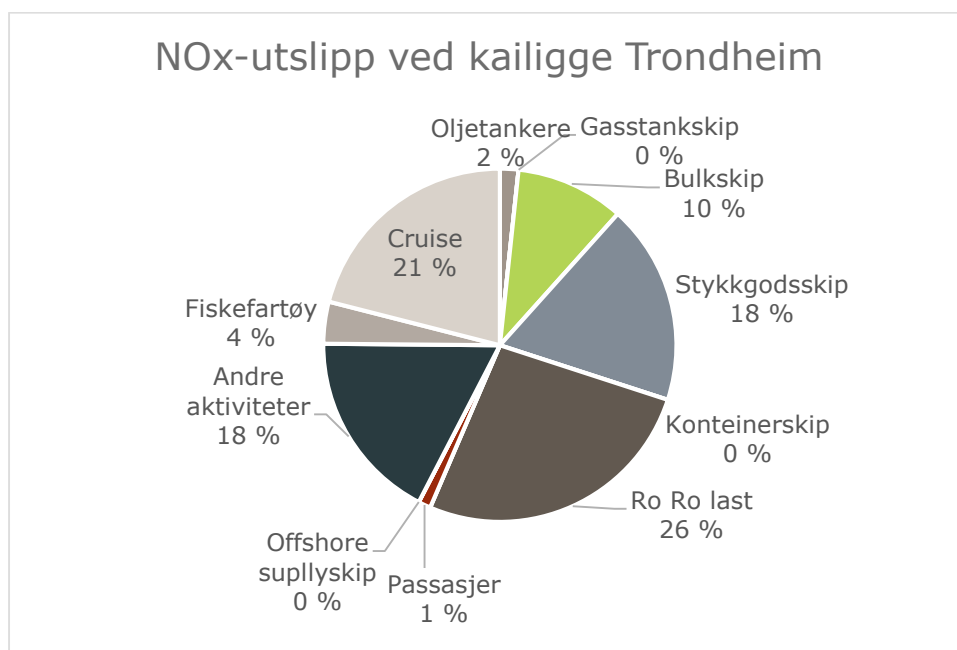
Vi har vurdert 5 alternative tiltak til avvisning av skip til havn. Felles for disse er at de vil gi et mer permanent bidrag til forbedret luft enn avvisning av skip:

- › Miljødifferensierte avgifter
- › Lavutslippsone
- › Landstrøm

- › Gasskraftverk
- › Tekniske tiltak på skip

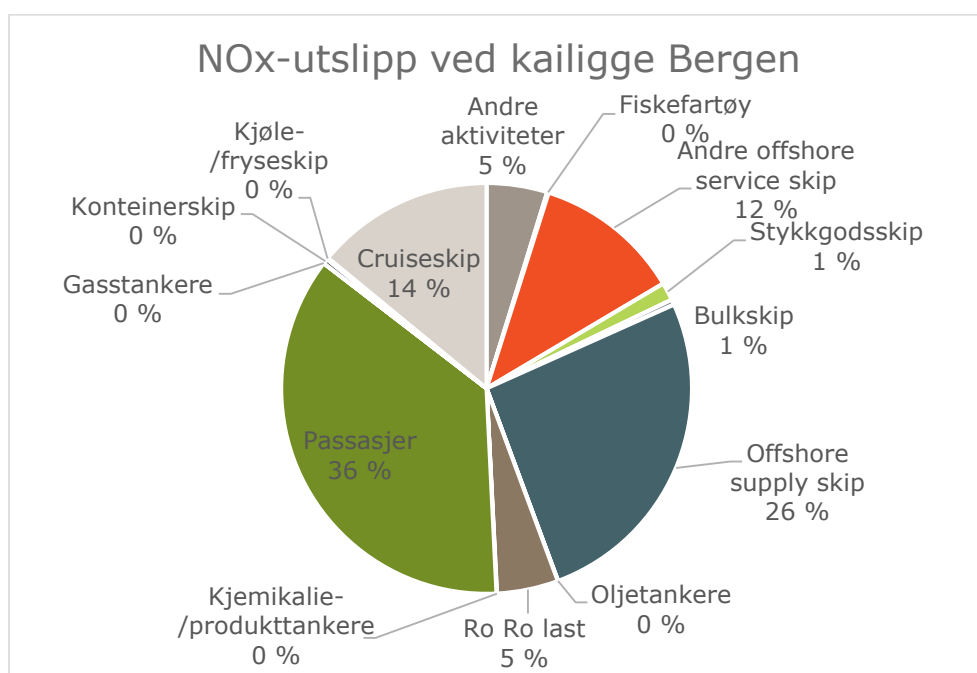
Imidlertid er fordelingen av skip noe ulik for de enkelte byene. Dette innebærer at en må rette fokuset mot ulike fartøygrupper for hver av de 4 byene.

Trondheim sentrum preges av utslipp fra *Ro-Ro last*, *stykkgodsskip*, *cruiseskip* og samlegruppen *andre aktiviteter* (Figur 64).



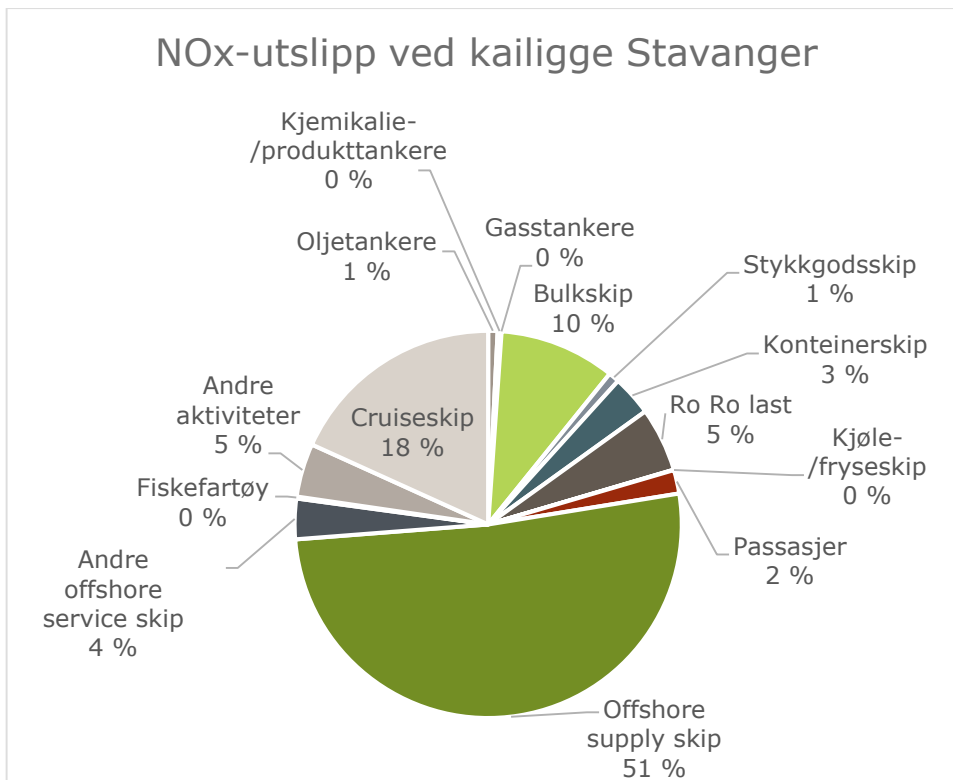
Figur 64: Fordeling av utslipp fra skip ved kai i Trondheim sentrum

Bergen sentrum preges av utslipp fra passasjertrafikk, offshore supplyskip, andre offshore serviceskip samt cruiseskip (Figur 65).



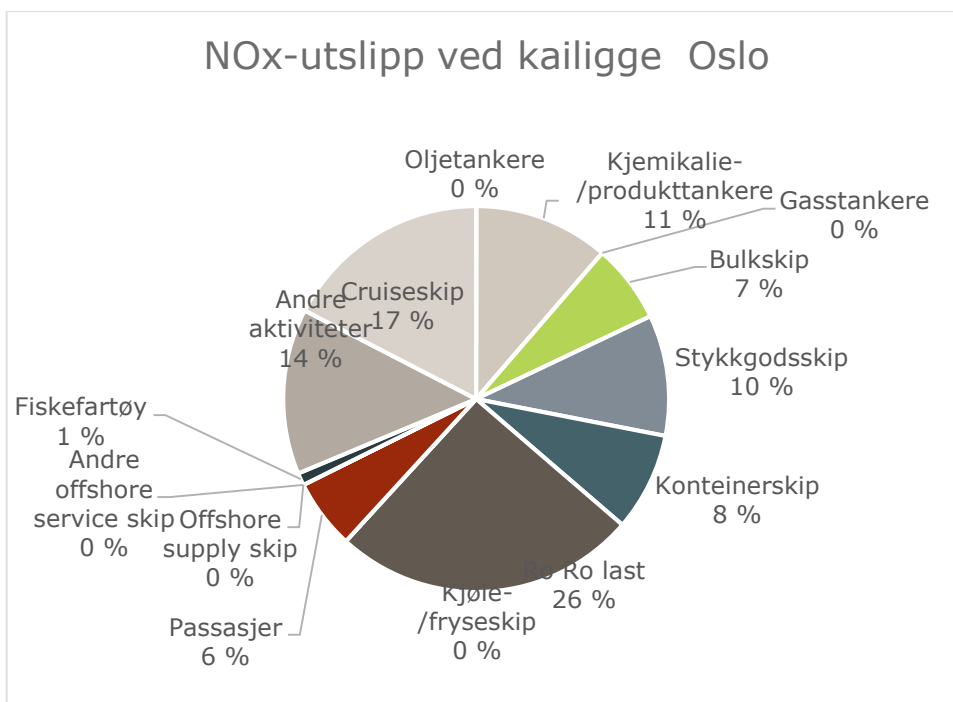
Figur 65: Fordeling av utslipp fra skip ved kai i Bergen sentrum

Stavanger sentrum preges av utslipp fra *offshore supplyskip*, *bulkskip* og *cruiseskip* (Figur 66).



Figur 66: Fordeling av utslipp fra skip ved kai i Stavanger sentrum

Oslo sentrum er mer sammensatt og preges av utslipp fra flere fartøygrupper med mindre andeler: *Ro-Ro last*, *kjemikalietankere/produkttanker*, *stykkogodsskip*, *cruiseskip* og samlegruppen *andre aktiviteter* (Figur 67).



Figur 67: Fordeling av utslipp fra skip ved kai i Oslo sentrum

Cruiseskip går igjen ved alle byene med et relativt stort bidrag til NO_x-utslipp ved kai selv ved få anløp årlig.

Fokusområdene bør derfor være på de dominerende fartøygruppene for hver enkelt by. Dette kan blant annet medføre store forskjeller i kostnader til tiltak i de fire byene.

Effektbehovet pr skip til hovedbidragsyterne i hver by og effektbehov ved kai under lossing/lasting er skissert i figuren under (Figur 68). Ved rein hotelldrift, dvs. når skipene ikke laster/losser, men fremdeles ligger til kai vil effektbehovet for mange av skipskategoriene gå noe ned.

BY	Stavanger	Trondheim	Oslo	Bergen
Kategori	kW	kW	kW	kW
Cruiseskip	5 421	4 990	7 155	4 946
Offshore supplyskip	1 609			2 341
Bulkskip	521			
Ro Ro Last		492	4 852	
Stykkogodsskip		178	446	
Andre aktiviterer		391	2 395	
Kjemikalie/produkttankere			959	
Konteinerskip			859	
Passasjerskip				377
Andre offshore serviceskip				1 259

Figur 68: Effektbehov for de dominerende skipskategoriene i de 4 byene

6.2.1 Landstrøm

Ved å levere energien skipene trenger mens de ligger til havn som elektrisk energi vil en i teorien kunne fjerne alle bidrag fra skip som ligger ved kai. Utslipp under tilstandene «manøvrering» og «seiling» vil likevel være som før.

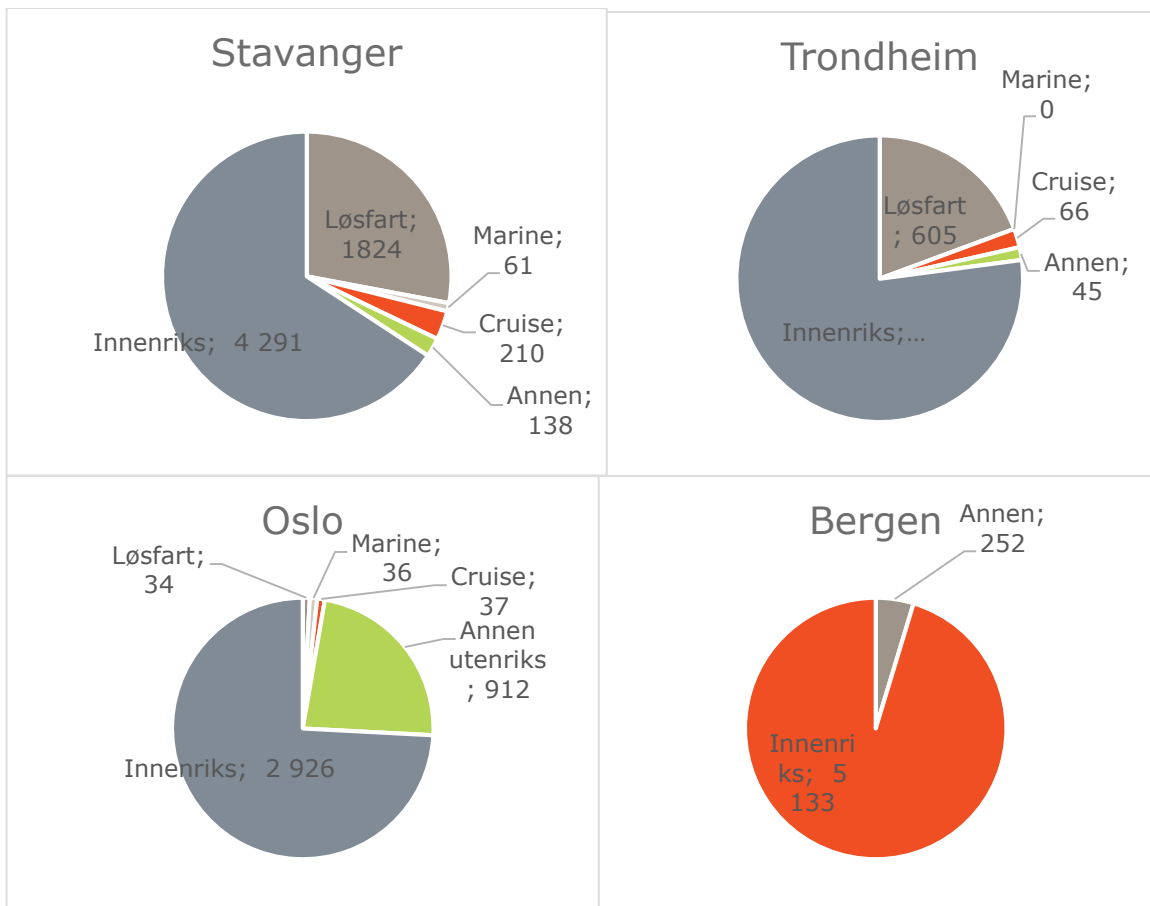
Landstrømsanlegg er en moden teknologi og benyttes av en rekke rederier både i Norge og i utlandet. Utfordringene så langt har vært:

- › Lav lønnsomhet i investeringer
- › Mange ulike elektriske systemer i fartøy
 - › Ulike spenninger
 - › Ulike frekvenser,
 - › Ulike tilkoblingssystemer

Manglende kapasitet i elektrisk mottakssystem på skipene vil i teorien kunne redusere utslipp av NO_x- og PM₁₀ med mellom 81 og 57 %. Dette tilsvarer maksimalt 4 554 tonn NO_x og 486 Tonn PM₁₀ for de 4 byene.

Det tekniske potensialet vil være betydelig lavere da en ikke kan forvente at spesielt skip i internasjonal trafikk, men også skip i innenriks fart vil ha teknologien for å benytte seg av landstrøm (Figur 69). Cruiseskip kommer her spesielt ut ved at strenge krav til utslipp ved havn i Nord-Amerika har gjort at en stor andel cruiseskip har landstrømsløsning om bord for å imøtegå disse

kravene. Fordeling av fartøy i utenriksfart/ innenriksfart og faste ruter mellom Norge og utland er som følger:

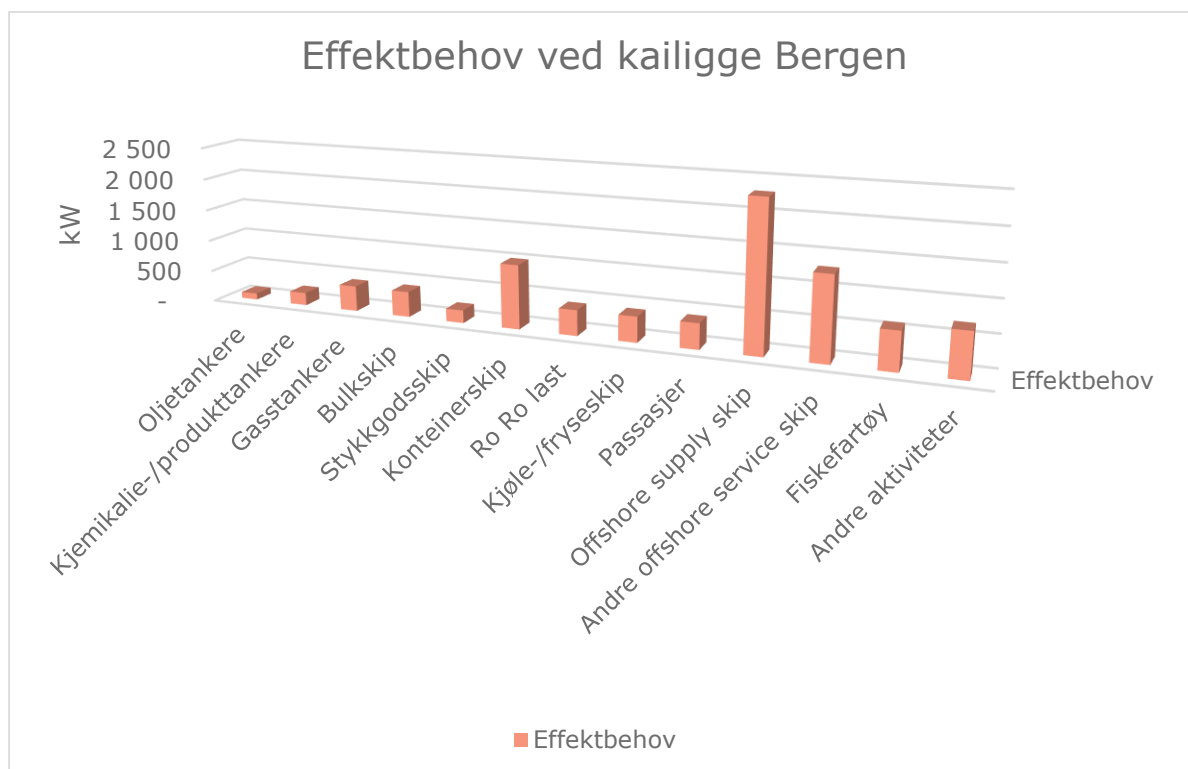


Figur 69: Fordeling av fartøy som utenriks og innenriks fart. I innenriks inngår også faste ruter til utlandet.

Om lag en fjerdedel av fartøyene som anløper de 4 havnene er fartøy i utenriksfart uten faste ruter eller som linjetrafikk. Grovt sett kan vi si at disse også står for en fjerdedel av NO_x- og PM₁₀-utslippene. De resterende tre fjerdedeler utgjør det vi vil kan kalle potensialet. De aller fleste av disse skipene vil ha lavspent strømforsyning om bord. Unntaket er Cruiseskip hvor en stor andel vil ha høyspent elektrisk strømprduksjon. Disse må behandles separat.

Vi benytter Bergen havn som eksempel i våre vurderinger av tiltak. Vurderingene vil være overførbar til de andre byene.

Effektbehovet og antall aktuelle skip for de ulike skipskategoriene ved kailigge er i snitt som vises i Figur 70.



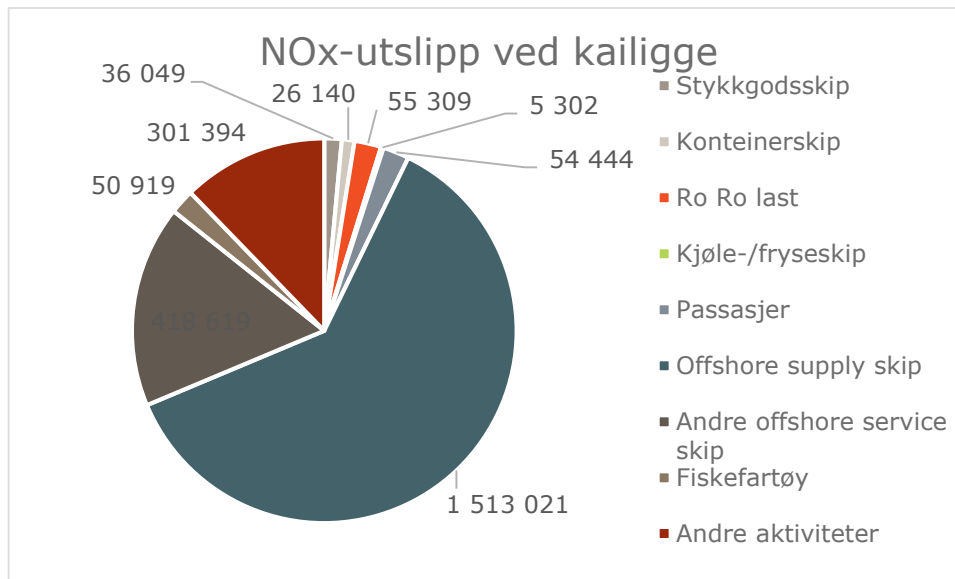
Figur 70: Gjennomsnittlig effektbehov ved kailigge Bergen sentrum. Effektbehovet (kW) er påført søylene.

Vi ser av Figur 70 enkelte kategorier har høy effekt men få eller korte anløp. I disse tilfellene vil kostnadene være høye, men nytten liten da mengde fjernet NO_x og PM₁₀ vil være lav. Vi har sett litt på hvilke kategorier som har størst potensiale for NO_x- og PM₁₀-reduksjon i Figur 71.

Elektrisk effektbehov kailigge	kW	Antall total	Snitt liggetid (t)
Oljetankere	100	8	15
Kjemikalie-/produkttankere	200	12	17
Gasstankere	400	1	53
Bulkskip	400	332	19
Stykkgodsskip	200	1157	14
Kontainerskip	1 000	230	9
Ro Ro last	400	1080	9
Kjøle-/fryseskip	400	121	7
Passasjer	400	719	15
Offshore supply skip	2 300	1020	54
Andre offshore service skip	1 300	515	49
Fiskefartøy	600	322	22
Andre aktiviteter	700	785	43
Cruiseskip	4 900	327	10

Figur 71: Snitteffektbehov ved lossing/lasting under kailigge for fartøygrupper i Bergen sentrum. Under «hotell drift» er behovet lavere for de fleste fartøygruppene.

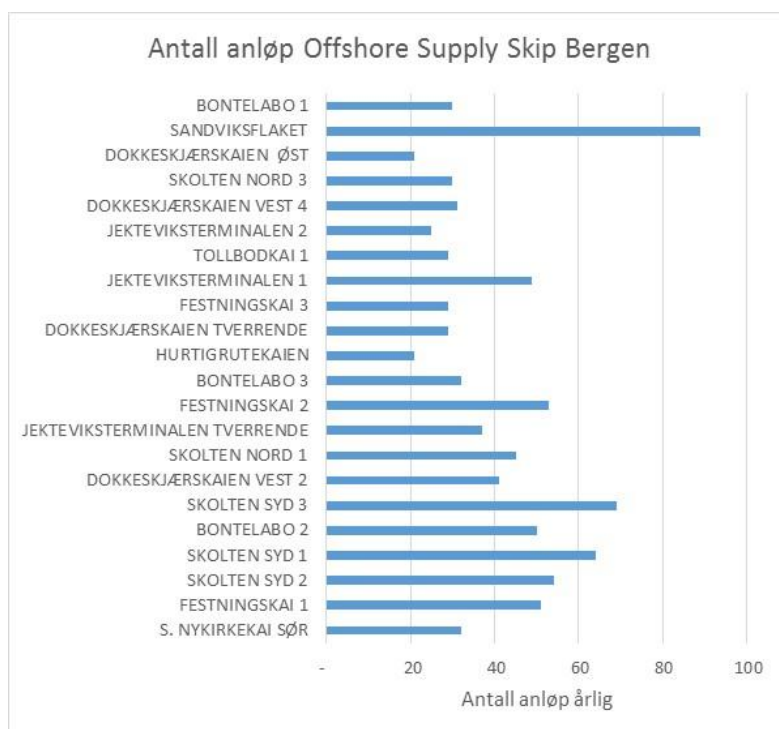
Beregnet NO_x-utslipp for disse fartøyene er vist i Figur 72.



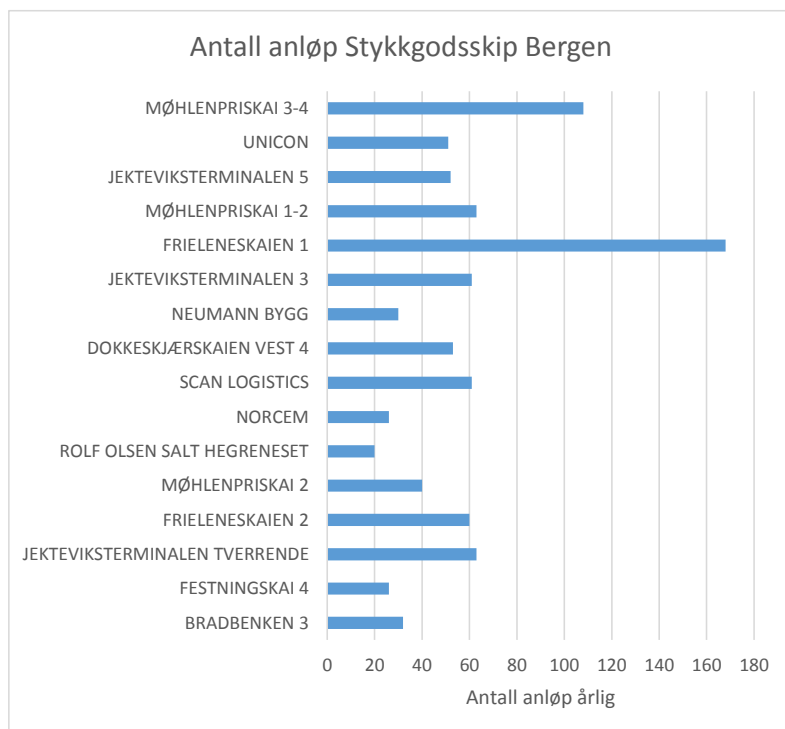
Figur 72: NO_x-utslipp for fartøyene i Bergen sentrum.

Av Figur 72 går det tydelig fram at Stykkgodsskip, Offshore supply skip og Andre offshore service skip står for Størstedelen av utslippene. Hele 89 % av NO_x-utslippene i Bergen sentrum stammer fra disse tre skipskategoriene når Cruiseskip er trukket fra.

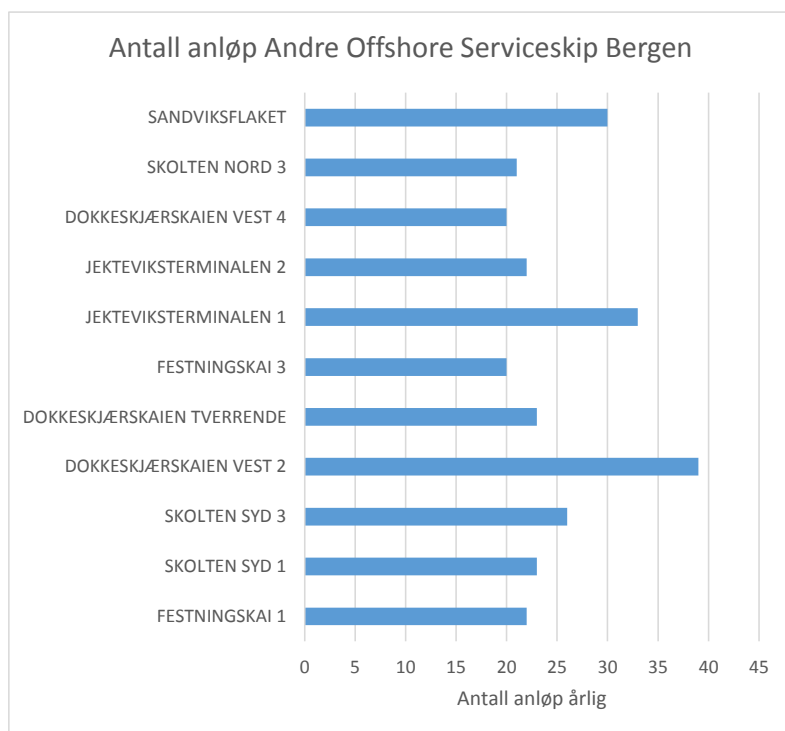
Disse betraktningene tyder på at det for Bergen sentrum vil være et stort reduksjonspotensiale for NO_x-utslipp ved å legge til rette for landstrøm for disse tre fartøykategoriene. En oversikt over kaianlegg med flest anløp av de tre skipsgruppene er vist i Figur 73, Figur 74 og Figur 75.



Figur 73: Oversikt over kaianlegg med flest anløp for Offshore Supply skip i Bergen sentrum



Figur 74: Oversikt over kaianlegg med flest anløp for stykkgodsskip i Bergen sentrum



Figur 75: Oversikt over kaianlegg med flest anløp for stykkgodsskip i Bergen sentrum

Ved å tilby landstrøm på disse lokalitetene kan en ha stor årlig dekning på installasjonene, noe som sikrer økonomisk inntekt på investeringen. I sum utgjør energiforbruket fra fartøyene ved de skisserte kaiene om lag 16 340 000 kWh årlig.

Kostnader ved implementering av landstrømsanlegg er meget variable som følge av at det er store forskjeller i tilgjengelig kapasitet i nettet i ulike områder av havnene. I noen tilfeller vil det være for liten kapasitet i eksisterende trafostasjoner til å dekke behovet for den høye effekten et skip har behov for. I slike tilfeller vil etablering av landstrømsanlegg innebære at eksisterende trafoer må skiftes og kanskje også kabling fram til disse. Det har også vært uklarheter i forbindelse med tilkoblingsutstyret, utforming og virkemåte. Dette er nå fastsatt i EN 80005-1, som er den nye standarden for landstrømsanlegg. Til nå har det vært gjort en rekke installasjoner med lavere effekt som dekker landstrøm til fartøy som har lavt effektbehov på havneanlegg rundt om ved serviceopphold. Imidlertid er det gjort få installasjoner som dekker behov for fartøy som laster eller loss, men det finnes både gjennomførte prosjekter og kostnadsvurderinger av mulige prosjekter. Noen av disse er:

- Hurtigruten Bergen¹: Kaianlegg: €1,3 millioner, installasjon på skip €0,9 millioner, effekt 1,5 kVA
- Color Line Oslo² NOK land 9 NOK millioner, skip NOK 7 mill.
- For fartøygruppen stykkgodsskip som har stort utslipp, men relativt lav effekt, i snitt 171 kW i Bergen, vil installasjonskostnaden pr enhet bli en god del lavere enn for de øvrige to gruppene grunnet billigere komponenter.
- I «Klimakur 2020» vil ifølge DNV GL, kostnader for landstrømsiltak ligge på 1253 kroner per kg CO₂ fjernet. For hurtigrutens skip i Bergen har stiftelsen Zero³ beregnet en kostnad på kr 1600 per tonn CO₂ fjernet.
- Basert på gjennomsnittlig effektbehov kan vi bruke kostnadsestimatet fra «Klimakur 2020» til å finne kostnader ved enkeltinstallasjonene for de 4 byene:

BY	Stavanger	Trondheim	Oslo	Bergen
Kategori	NOK	NOK	NOK	NOK
Cruiseskip	6 792 000	6 253 000	8 965 000	6 198 000
Offshore supplyskip	2 016 000			2 933 000
Bulkskip	653 000			
Ro Ro Last		617 000	6 079 000	
Stykkgodsskip		223 000	558 000	
Andre aktiviteter		490 000	3 001 000	
Kjemikalie/produkttankere			1 201 000	
Konteinerskip			1 076 000	
Passasjerskip				472 000
Andre offshore serviceskip				1 578 000

Figur 76: Kostnader pr anlegg basert på effektbehovet ved fartøyene som besøker hver enkelt by.

For å gjøre en vurdering av hva den samlede kostnadene pr by vil utgjøre må det gjøres en analyse av hvor stor samtidighet det er av fartøy ved hver enkelt kai. Dette vil gi svar på hvor mange landstrømsanlegg som må bygges ut pr kai. Her må det også gjøres vurderinger av effektbehov for de aktuelle skipene. Effektbehovet er kostnadsdrivende ved økende effekt og vil få stor betydning for kostnadene ved hver enkelt installasjon.

¹ <http://www.zero.no/publikasjoner/landstrom-i-norge.pdf>

² Color Line, <http://newsroom.colorline.no/wp-content/uploads/2011/10/fakta-om-landstrom-10-okt.pdf>

³ <http://www.zero.no/publikasjoner/landstrom-i-norge.pdf>

Utbygging av landstrøm er tidkrevende og vil gi middels resultater på kort sikt. Om en storstilt utbygging iverksettes vil det nok ta flere år før storparten av installasjonene vil stå ferdig, alt avhengig av hvilken havn det er tale om.

6.2.2 Gasskraftverk

Et alternativ til å legge ny strømforsyning til et område kan være å benytte gasskraftverk til produksjon av elektrisk kraft der hvor det ikke er kapasitet i el-nettet til å forsyne fartøy ved kai med energi. Dette kan være en sentral enhet eller flere mindre enheter. Infrastruktur for distribusjon av strøm på kaianlegg må på lik linje med landstrøm utbygges ved valg av sentral enhet. Anleggene vil muligens også kunne fungere som nødstrømsanlegg for landbaserte behov.

Fordelene med å produsere elektrisk kraft ved bruk av flytende naturgass er flere:

- › NO_x-utslippene reduseres med om lag 85 %.
- › CO₂-utslippene reduseres med om lag 20 %
- › PM₁₀-utslippene fjernes praktisk talt helt
- › Lav energipris

Uten at vi skal gå inn på de tekniske sidene med slike anlegg, så vil det teoretiske potensialet for reduksjoner av NO_x og PM₁₀ fra skip ved dekning av strømforbruket være noe mindre enn for tiltaket *landstrøm*. I første rekke kommer at det fortsatt slippes ut 15 % NO_x, men det vil også tilkomme noe utslipp som følge av distribusjon av gass til de ulike lokalitetene.

Det finnes en rekke ulike løsninger for produksjon av elektrisk kraft ved bruk av LNG, blant annet containerbaserte løsninger som dekker behovet til mange av fartøygruppene med lavere effektbehov (Figur 77). Men det finnes også permanente installasjoner som kan dekke behovet til eksempelvis cruiseskip (Figur 78).

Tiltaket må vurderes som et supplement til landstrøm fra hydroelektriske kilder (vannkraftverk) på steder hvor utbygging av den elektriske infrastrukturen blir for kostbar eller teknisk utfordrende.



Figur 77: eksempel på containerbasert løsning for el-produksjon ved hjelp av generatorsett for fartøy med effektbehov opp mot 300 kW.



Figur 78: eksempel på permanent gasskraftverk som dekker effekter opp til 13,9 MW

6.2.3 Lavutslippssone

Ved å etablere lavutslippssoner vil en kunne stille krav til at de fartøyene som skal befinne seg innenfor disse sonene må kunne dokumentere at de innfrir krav til utslipp. Dette vil også kunne føre til at fartøy som i dag ligger «på reden» innenfor en avstand hvor de bidrar til reduksjon av luftkvaliteten på land vil måtte ligge så langt ut at de ikke tilfører NO_x eller PM₁₀ til bykjernen i vesentlig grad.

Det finnes i dag lavutslippssoner for svovelutslipp, ECA (Emission Control Areas) som regulerer tillatt svovelinnehold i bunkersolje. Disse omfatter store deler av USA, Østersjøen, Nordsjøen og den engelske kanal (Figur 79). Innføringen av sonene har ført til at rederier har måtte gjøre endringer i fartøyene sine for å innfri disse kravene.



Figur 79: Lavutslippssone for svovelholdig drivstoff til sjøs

Tiltaket vil i første omgang utelukke en rekke skip fra leveranser i sentrumsområdene som ikke nødvendigvis må ligge der. Hvis mulig vil de kunne legges til i et annet havneanlegg i nærheten hvor de har mindre innvirkning luftkvaliteten. Det er ikke gjort noen analyse av hvilke skip som kan omfattes av denne typen tiltak, men dersom en tar for seg skip som ligger «på redene» så finnes det egne områder avsatt til dette innenfor sentrumssonen i flere av byene. Dersom disse kunne flyttes utenfor sonen som er definert for hver enkelt bykjerne i dette prosjektet, vil dette avhjelpe situasjonen noe. Tall for Trondheim viser at det årlig slippes ut ca 12 tonn NO_x og 877 kg PM₁₀ fra et slikt område, mens det for Stavanger er et betydelig lavere utslipp, ca 600 kg NO_x og 114 kg PM₁₀.

Om en skulle flytte fartøy som har fast terminal for levering av gods ved en sentrumsnær kai, vil en måtte ta med ekstra utslippene som tilkommer ved at gods må transporteres på vei til sin tiltenkte destinasjon. Dette ville også kunne medføre store ekstrakostnader i forbindelse med ekstra frakt og forsinkelser.

Lavutslippssoner for NO_x og PM₁₀ vil også kunne være tidsbestemt, eksempelvis i perioder med dårlig luftkvalitet og slik unngå å være til større byrde for skipsfarten/næringslivet enn nødvendig.

6.2.4 Tekniske tiltak på skip

Det finnes en rekke renseteknologier på dagens flåte, noen mer utbredt enn andre. I tillegg har mange fartøy gjort energireduserende tiltak slik at utslippene i utgangspunktet er lave.

Felles for de fleste tiltakene er at de har best virkning når fartøyene er i en tilstand hvor det er høy belastning på hovedmotoren: under seiling eller under energikrevende operasjoner. SCR-anlegg (katalytisk rensing av eksosgass) som er mest utbredt har sitt virkningsområde fra når forbrenningsmotorene har ca 30% last eller over. Teknisk er det mulig å oppnå rensing ved lavere last, men dette krever spesielle løsninger som er fordyrende. I tillegg er det i mange tilfeller kun eksosen fra hovedmotor som blir rensed da denne som regel står for langt det største forbruket. Unntaket er som regel dieselelektriske fartøy hvor det er flere hjelpemotorer som sammen leverer energi til forbruk.

Rensegraden for denne type anlegg er på hele 95% i sitt bruksområde. Men som følge av at fartøyene tidvis er utenfor bruksområdet, regnes det av NO_x-fondet som at rensegraden for SCR-anlegg er 70%. Rensing ved kailigge er stort sett utenfor bruksområdet og derfor for dette tiltaket marginalt.

Det finnes flere renseteknologier, men de har alle lavere rensegrad enn SCR samtidig som de har liten eller ingen effekt ved kailigge.

Generelt har opprettelsen av det norske NO_x-fondet bidratt til at en stor del av den norske flåten har tatt i bruk energi- og utslippsreduserende tiltak ved å tilby støttemidler til innføring av disse tiltakene. NO_x-fondet skal være virksomt fram til ut år 2017 og er inne i sin første forlengelsesperiode. Det forhandles nå om en videreføring av fondet utover 2017.

6.2.5 Miljødifferensierte avgifter (losavgift og havneavgift)

Ved å innføre høyere avgifter for fartøy som skal ligge innenfor utredningsområdet/sentrumsområdet vil det være mulig å stimulere til miljøtiltak. Tiltakene kan enten være at skipene allokteres til et område utenfor sentrumsområdet eller at de innfører noen av de andre nevnte tiltakene (i virkeligheten landstrøm). Allokering av fartøy til andre områder vil ikke fjerne utslipp, men hindre høy konsentrasjon av utslipp i sentrum. Fartøy som vil kunne være flyttbare er:

- › Offshorefartøy Supplyskip
- › Andre offshore serviceskip
- › Passasjerfartøy med unntak av bilferger
- › Cruiseskip
- › Andre aktiviteter (orlogsfartøy, forskningsskip, statsfartøy, større fritidsfartøy, spesialfartøy, hjelpefartøy, mudringsfartøy)

Flytting av liggeplass vil for alle fartøygrupper medføre ulemper og det antas at også andre fartøytyper kan være flyttbare, men disse har ofte faste leveringsterminaler i forbindelse med fabrikker, lagre eller containerkraner og det vil kreve en mye større innsats for å reallokere disse.

Forhøyet havneavgift for kailigge innenfor sentrumsområdet vil *i teorien* kunne stimulere til at fartøyene legger seg utenfor dette området eller blir forsynt med landstrøm med følgende reduksjon av NO_x- og PM₁₀- utslipp:

- › Trondheim 41 %
- › Bergen 90 %
- › Stavanger 73 %
- › Oslo 52 %

I virkeligheten vil en stor andel av disse skipene måtte forsete å benytte dagens kaiplass, men en forhøyet avgift vil kunne stimulere til at liggetiden for denne andelen skip blir kortere og dermed også det lokale utslippet av NO_x og PM₁₀.

Forhøyet losavgift innenfor sentrumssonen vil kunne ytterligere stimulere til at fartøy med utslipp holder seg utenfor sentrumssonen, men dette vil kun ramme de lospliktige fartøyene.

6.2.6 Tiltakssammendrag

Lokale utslipp fra skipstrafikken kan i stor grad reduseres ved å innføre forhøyede avgifter eller ved å opprette lavutslippssoner. Det finnes en rekke skipskategorier som kan flyttes ut av sentrumssonen i alle de 4 byene. Men det vil antakelig i mange tilfeller være i samfunnets interesse å beholde disse fartøyene i sentrumsområde da de bidrar til ulike næringsvirksomheter.

Det er også mulig å tilby skipene innenfor sentrumssonen strøm fra land til dekning av energibehovet under lasting og lossing. Dette vil fjerne alle utslipp fra motorene til de aktuelle skipene under kailigge forutsatt at energien stammer fra vannkraftverk, men også energi fra gasskraft har potensiale for å fjerne store andeler NO_x og PM₁₀. Haken ved dette tiltaket er at det medfører en del kostnader både til infrastruktur på land, men også ombord i de aktuelle skipene.

Tekniske tiltak for reduksjon av klimagassutslipp i skip er i all hovedsak tilpasset drift til sjøs og har vist seg å ha liten effekt ved kailigge. Utviklingen går mot mer miljøvennlige skip som følge av ulike reguleringer, internasjonale og nasjonale. Imidlertid har utslippene ved kai vært for små og tiltakskostnadene for store til at det har blitt tillagt særlig vekt til nå i Norge.

Imidlertid har staten California (US) innført påbudt landstrøm i 7 havner for konteiner-, passasjer- og kjøle/fryseskip. Loven som ble innført i starten av 2014 krever at rederier benytter landstrøm på minst halvparten av sine skip og senker de totale utslipp med 50 % med innstramninger i 2017 og 2020. Dette innebærer at det både er et marked for landstrøm, men også at det finnes tekniske løsninger som er økonomisk bærekraftige og som har vist seg å fungere i stor skala andre steder.

Vi har satt fordeler og ulemper med de vurderte tiltakene opp i en tabell (Tabell 9) for å synliggjøre deres samlede effekt. Vi har vektet hver vurderingskriterium likt.

Det synes som om den mest farbare vei er å forhøye avgiftene for de skip som ikke benytter seg av landstrøm slik at disse vil stimuleres til å investere i tekniske tiltak ombord som muliggjør mottak av landstrøm. Kostnadene ved utbygging av infrastruktur på land vil kunne finansieres ved salg av strøm til fartøy som anløper havnene. Det finnes i tillegg flere støtteordninger som kan delfinansiere utbyggingen (Enova og NO_x-fondet).

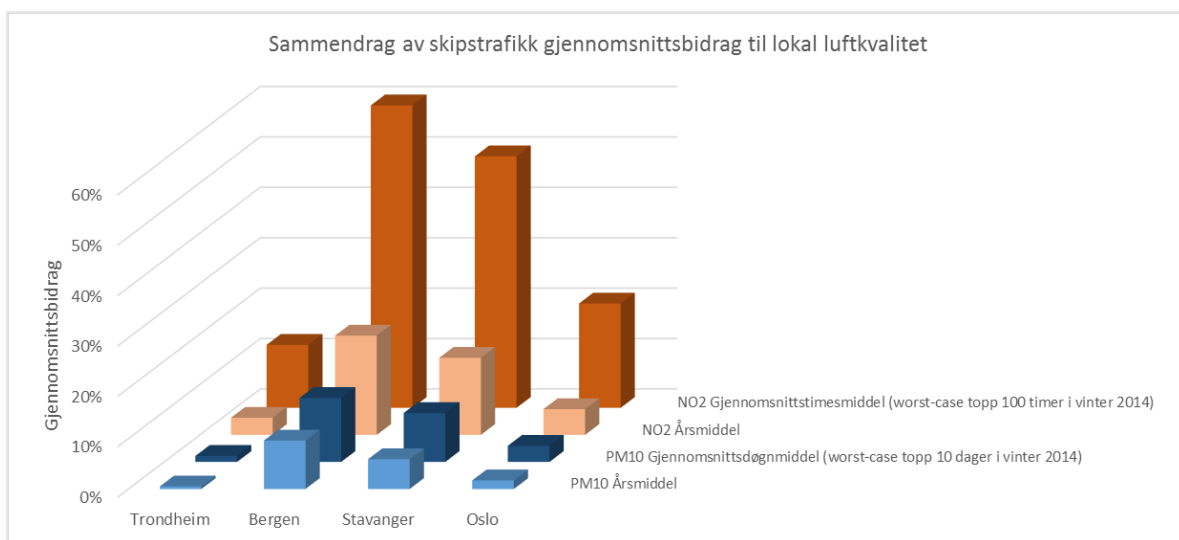
Det mest langsiktige tiltaket synes derfor å forsyne fartøy med elektrisk kraft fra land. Dette fordi infrastrukturen i stor grad er tilstede, men også fordi ombygging av fartøyene for at de skal kunne motta tilfredsstillende energimengder innebærer lavere kostnader enn tiltak på forbrenningsmotorer eller omfattende energitiltak i skipene for å oppnå tilsvarende effekt. Landstrøm vil også gi et permanent lavere utslipp.

Tabell 9: De ulike tiltakenes fordeler og ulemper i forhold til eiere, havnemyndigheter, næringsliv og miljø.

Tiltak	Landstrøm	Gasskraftverk	Lavutslippssone	Miljødifferensierte avgifter	Tekniske tiltak på skip	Avvisning av skip
Umiddelbar effekt på luftkvalitet	-	-	+	0	-	+
Effekt på landnæringer	+	+	0	0	+	-
Senker årsmiddel konsentrasjoner	+	+	+	0	+	-
Har langvarig effekt	+	+	+	+	+	-
Innebærer høye kostnader for havnene	-	0	+	+	+	+
Innebærer høye kostnader for rederiene	0	0	0	0	-	-
Logistiske ulemper for rederiene	+	+	-	+	+	-
SUM	2+	3+	3+	3+	3+	3-

7 Oppsummering

Utslipet fra skipsfart til lokal luftkvalitet i de fire byene gir lite tilførsel av PM₁₀ generelt, men gir et betydelig bidrag til NO₂ - særlig i Bergen og Stavanger (Figur 80). Offshoreskipene står for den største andelen av NO₂-bidraget i disse to byene. Bergen er spesielt utsatt for høye bidrag fra skipsfart pga. meteorologiske forhold og topografi. Konsekvensene av dette er at deler av sentrumsområdet nærmest havnen blir påvirket av disse utslippene samtidig som topografiske forhold hindrer utlufting. Registreringer fra målestasjonen på Rådhuset gir klare indikasjoner på at utslipp fra skip påvirker den lokale luftkvaliteten i Bergen sentrum. Men resulterende NO₂ bidrag for denne studien er høyere enn forventet og er delvis basert på "worst case".



Figur 80: Sammendrag av skipstrafikkbidrag til lokal luftkvalitet

Hovedresultatene indikerer:

- Avvisning av alle eller enkelte skipsgrupper på gitte timer eller enkeltdager ville ha lite påvirkning på årsmiddelkonsentrasjonen for NO₂. Dette gjelder for alle byene.
- Avvisning av skip på dager hvor det er varslet overskridelser av NO₂ vil kunne ha en positiv effekt på luftkvaliteten. Dette gjelder særlig for Bergen, men også Stavanger. Det antas at reduksjonen av NO₂ vil være så stor at dette kan begrense akutsituasjonen og bidra til at grenseverdien for timemiddel overholdes. Dette betinger at:
 - Tiltaket gjennomføres straks etter varsling av dårlig luftkvalitet
 - Tiltaket gjelder majoriteten av skip som ligger i havn (særlig offshoreskipene), og alle skipene som ligger sentrumsnært uten landstrøm.
 - Meteorologiske forhold er gunstig for spredning av utslippene fra skipsfartskildene mot målestasjonene
 - Andre tiltak rettet mot NO₂ gjøres parallelt (eks. tiltak rettet mot veitrafikken).
- Betingelsene overfor kan gjøre avvisning av skip som tiltak praktisk vanskelig å gjennomføre, noe som kan resultere i veldig svak positiv effekt på luftkvaliteten.
- Resultatene fra undersøkelsen tyder på at avvisning av skip ikke er en bærekraftig tiltaksmetode ift. andre mulige tilgjengelige tiltak, særlig siden det har lite påvirkning på NO₂ årsmidler. Langsiktige tiltak må på plass for å redusere årsmiddel NO₂-konsentrasjoner.

Det er viktig å merke seg at beregningene er basert på en forenklet metode og noen forutsetninger som danner noe usikkerhet i resultatene (se kapittel 8). Dette kan være en del av begrunnelsen for høyere bidrag til NO₂ konsentrasjoner enn forventet i Bergen og Stavanger. Usikkerheten i

resultatene kan reduseres ved at det gjennomføres utslippssamlinger (*emissions inventory*) og spredningsmodelleringer basert på større nøyaktighet i grunnlagsdataene, lik den som allerede er gjennomført for Oslo Havn. Flere havnemyndigheter er allerede i gang med å gjennomføre denne type prosjekter. I tillegg er det et behov for videre forskning om nøyaktig påvirkning (og detaljerte atmosfæriske prosesser) av tiltak rettet mot skipstrafikk. Studien bør utvides til en andre fase slik at kost/nytte av alle mulige tiltak kan undersøkes nøye, i tillegg til at det vurderes hvordan påvirkning av skipsavvisning fører til økt godstransport på veiene.

I følgende del av kapittelet vil vi behandle hver by med tanke på hvilke fartøygrupper det bør settes fokus på, og hvilke tiltak som bør vurderes fremfor avvisning av skip i prioritert rekkefølge:

Trondheim:

Fokusgrupper: Ro-ro last, Cruiseskip, Stykkgodsskip, Bulkskip.

Da skipstrafikken har liten innvirkning på luftkvalitet på målestasjonene i Trondheim by, dels som følge av meteorologiske og topografiske forhold, er det ingen grunn til å vurdere avvisning av skip fra sentrumsnære kaiområder. Av miljømessige hensyn bør følgende tiltak vurderes i Trondheim:

- 1 Miljødifferensierte avgifter
- 2 Landstrøm

Bergen:

Fokusgrupper: Offshore supply skip, Andre offshore service skip, Cruiseskip

Bergen er i en særstilling utsatt for negative virkninger av utslipp av NO_x og vi vurderer det slik at avvisning av alle skip vil kunne redusere NO₂ konsentrasjonene i sentrumsområdet på målestasjonene for de timene da luftkvaliteten er varslet å være dårligst. Dette kan klassifiseres som et akutttiltak og er avhengig av betingelsene som er diskutert over. Dette vil imidlertid kun gi liten effekt på årsmiddelkonsentrasjonen av NO₂. Det vil derimot kunne være til stor ulempe for rederier og næringsliv å avvise alle skipene som ikke har landstrøm. Følgende langsiktig tiltak vil gi permanente forbedringer og bør vurderes fremfor avvisning av skip i Bergen:

- 1 Ny allokering av fartøygrupper med store utslipp/ lavutslippssone (*Offshore supply skip, Andre offshore service skip, Cruiseskip*)
- 2 Miljødifferensierte avgifter
- 3 Landstrøm
- 4 Gasskraftverk

Stavanger:

Fokusskipsgrupper: Offshore supply skip, Cruiseskip, Bulkskip

Stavanger er utsatt for negative virkninger av utslipp av NO_x fra skip og vi vurderer det slik at avvisning av alle skip vil kunne redusere en del av NO₂ konsentrasjonene på målestasjonene for de timene da luftkvaliteten er varslet å være dårligst. Dette kan klassifiseres som akutttiltak og er avhengig av betingelsene som er diskutert over. Dette vil imidlertid gi liten effekt på årsmiddelkonsentrasjonen av NO₂. Det vil derimot kunne være til stor ulempe for rederier og næringsliv. Følgende langsiktige tiltak vil gi permanente forbedringer og bør vurderes fremfor avvisning av skip i Stavanger:

- 1 Ny allokering av fartøygrupper med store utslipp/ lavutslippssone (*Offshore supply skip, Cruiseskip, Bulkskip*)
- 2 Miljødifferensierte avgifter
- 3 Landstrøm
- 4 Gasskraftverk

Oslo:

Fokusskipsgrupper: Cruiseskip, Ro-ro last, Kjemikalie/produkttankere, Stykkgodsskip

Da skipstrafikken har ikke en stor innvirkning på luftkvaliteten over Oslo by, dels som følge av meteorologiske og topografiske forhold, anser vi at det ikke er grunn til å vurdere avvisning av skip fra sentrumsnære kaiområder. Av miljømessige hensyn bør følgende tiltak vurderes:

- 1 Miljødifferensierte avgifter
- 2 Landstrøm

Utbygging av landstrøm er et tids- og kostnadskrevende krevende tiltak, men som på sikt vil gjøre bruk av hjelpemotorer ved kailigge overflødig. Det anbefales derfor at virkemidler som avvisning av skip (med hensyn til betingelsene som er diskutert), ny allokering av skip og miljødifferensierte avgifter, benyttes i en overgangsfase inntil det er mulig å koble en større andel skip til landstrøm. Landstrøm vil dermed fjerne et sted mellom 60 og 80 % av utslipp i havn fra de aktuelle skipene.

8 Usikkerhet og forutsetninger

Det vil alltid være usikkerhet knyttet til beregninger av luftkvalitet. Variasjoner i klima, skipssammensetning og utslippsfaktorer vil ha stor betydning for luftkvaliteten. Skipene fornyes stadig, blant annet med motorteknologi som gir lavere utslipp.

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

- › Det er forutsatt at alle PM (partikkel) utslipp foreligger som PM₁₀.
- › Beregningene er basert på meteorologidata for 2014. Det er forutsatt at meteorologidata som er hentet fra målestasjoner i de respektive byene er relevante for havneområdet. Det er altså ikke gjort mikroskalig vindberegning i den mikroskalige modell hvor randvillkor hentes fra meteorologiske mesoskalige analyser (type HIRLAM). *
- › Utslippsfaktorene benyttet i beregningene er mer enn 10 år gammel og kan overestimere utslipp noe i forhold til dagens situasjon.*
- › Tidsvariasjoner ikke tatt i bruk for alle skipskategorier.*
- › Pipehøyde for skipene er estimert.*
- › Havnetrafikk (landbasert) er ikke inkluderte pga manglende data.*
- › Modellresultatene kunne ikke verifiseres med måledata pga at bare skipskildene var inkluderte i beregningene.*
- › Worst-case analyses som samlet topp timene/dagene i måledata med topp timene/dagene fra spredningsmodellen*

* Når de respektive havnemyndighetene fremskaffer komplette samlinger av utslippsdata og tilsvarende spredningsmodellering kan dette utvides til å redusere usikkerheten i resultatene.

9 Kilder

- › eKlima, 2014. eKlima værportal, Meteorologisk institutt, 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]
- › Entec, 2010. UK Ship Emissions Inventory: Final Report http://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/reports/cat15/1012131459_21897_Final_Report_291110.pdf [Hentet 01. sep 2015]
- › 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
- › Justis- og beredskapsdepartementet, 2015. Havne- og farvannsloven 39 – adgang til å avvise fartøy fra havn. 24. 04. 2015.
- › Klima og miljødepartementet, 2016. Strengere krav til luftkvaliteten <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/strengere-krav-til-luftkvaliteten/id2469043/> [Hentet 05. jan 2016]
- › Kystverket, 2015. Brukartilgang til AIS Norge. <http://www.kystverket.no/Maritime-tjenester/Meldings-og-informasjontjenester/AIS/Brukartilgang-til-AIS-Norge/> [Hentet 01. sep 2015]
- › Lakes, 2014. AERMOD View, <http://www.weblakes.com/products/aermod/index.html> [Hentet 22. feb 2015].
- › Lakes, 2015. Lakes Environmental - WRPLOT, <http://www.weblakes.com/products/wrplot/index.html> [Hentet 22. jan 2015]
- › Lloyd's Marine Intelligence Unit, Lloyd's Maritime Directory, 2006. http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/marine_exhausts.pdf [Hentet 01. sep 2015]
- › Luftkvalitet. info, 2014. Regleverk. <http://www.luftkvalitet.info/Theme.aspx?ThemeID=cb23601d-6b70-4488-9cf1-2da3f3bcbe81>
- › Miljødirektoratet, 2012. Retningslinje for behandling av luftkvalitet i arealplanlegging (T-1520), <https://www.regjeringen.no/contentassets/3b1e1d20ee364e61ab2949814a9212ca/t-1520.pdf>
- › Miljødirektoratet, 2014. M129 Grenseverdier og nasjonalmål. <http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M129/M129.pdf> [Hentet 1. jan 2016]
- › Miljøstatus. no, 2015. Lokal luftforurensning. <http://www.miljostatus.no/tema/luftforurensning/lokal-luftforurensning/> [Hentet 26. des 2016]
- › 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 25. feb 2015].
- › NILU, 2015a. Contribution from shipping to current and future urban air pollution – a case study in Oslo. 12th Urban Environment Symposium, 1-3 June 2015, Oslo. http://www.researchgate.net/publication/277694647_Contribution_from_shipping_to_current_and_future_urban_air_pollution_A_case_study_in_Oslo [Hentet 01. sep 2015]
- › NILU, 2015b. Luftkvalitet. admin. <http://admin.luftkvalitet.info/Login/Login?ReturnUrl=%2f>
- › NILU, 2015c. Advarer mot helsefarlig luft i Oslo <http://www.osloby.no/nyheter/Advarer-mot-helsefarlig-luft-i-Oslo-8279150.html>
- › NILU, 2015d. Methods for estimating air pollutant emissions, PART 1: Review and source of input data. NILU OR 10/2015.
- › OpenStreetMap, 2015. <http://www.openstreetmap.org/export> [Hentet 24. feb 2015]
- › Oslo Havn, 2014. Dårlig luft langs veien – sjøveien er miljøveien. <http://www.oslohavn.no/filestore/Milj/2015Faktaark-LuftutslippfraOslobygOslohavn.pdf> [Hentet 01. sep 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>

- › SSB, 2015. <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/statistikker/havn/kvartal/2015-12-14?fane=tabell&sort=nummer&tabell=249431> [hentet 3. 1. 16]
- › Techne Consulting, 2011. Emission estimate methodology for maritime navigation. <http://www.epa.gov/ttnchie1/conference/ei19/session10/trozzi.pdf> [Hentet 01. sep 2015]
- › USEPA, 2005a. AERMOD: Description of Model Formulation, 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 [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 [Hentet 07. okt 2015]

10 Vedlegg 1: Skipsanløp per fartøygruppe

Gjelder innenfor rammene av det undersøkte området i hver by.

Bergen:

Fartøygrupper	Antall
Andre aktiviteter	785
Fiskefartøy	322
Andre offshore service skip	515
Stykkgodsskip	1157
Bulkskip	332
Offshore supply skip	1020
Oljetankere	8
Ro Ro last	1080
Kjemikalie-/produkttankere	12
Passasjer	719
Gasstankere	1
Konteinerskip	230
Kjøle-/fryseskip	121
Cruiseskip	327
SUM	6629

Stavanger:

Fartøygrupper	Antall
Oljetankere	212
Kjemikalie-/produkttankere	87
Gasstankere	1
Bulkskip	1236
Stykkgodsskip	269
Konteinerskip	1
Ro Ro last	941
Kjøle-/fryseskip	18
Passasjer	499
Offshore supply skip	2364
Andre offshore service skip	78
Fiskefartøy	30
Andre aktiviteter	616
Cruiseskip	172
SUM	6524

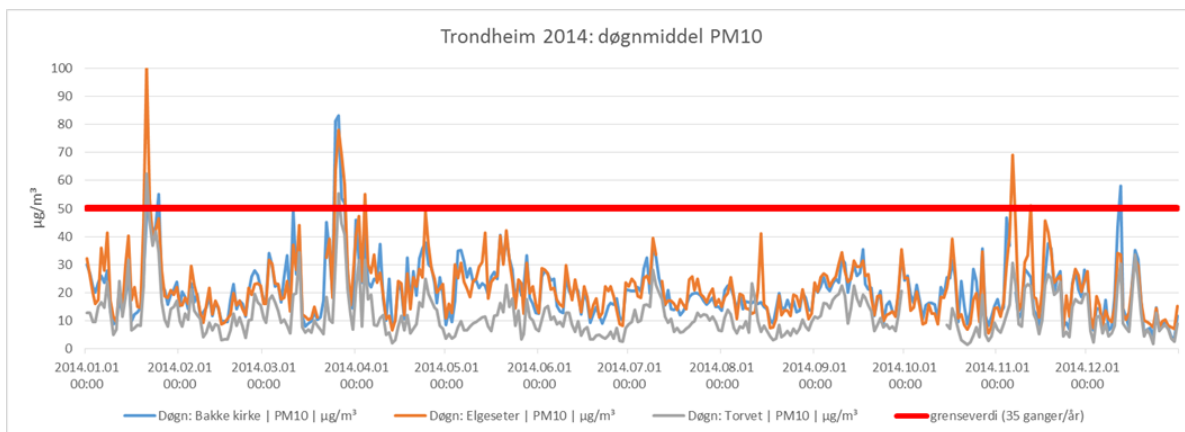
Oslo:

Utslipp pr fartøygruppe	Antall
Oljetankere	2
Kjemikalie-/produkttankere	274
Gasstankere	0
Bulkskip	197
Stykkgodsskip	739
Konteinerskip	501
Ro Ro last	1234
Kjøle-/fryseskip	0
Passasjer	564
Offshore supplyskip	0
Andre offshore service skip	0
Fiskefartøy	78
Andre aktiviteter	210
Cruiseskip	130
SUM	3929

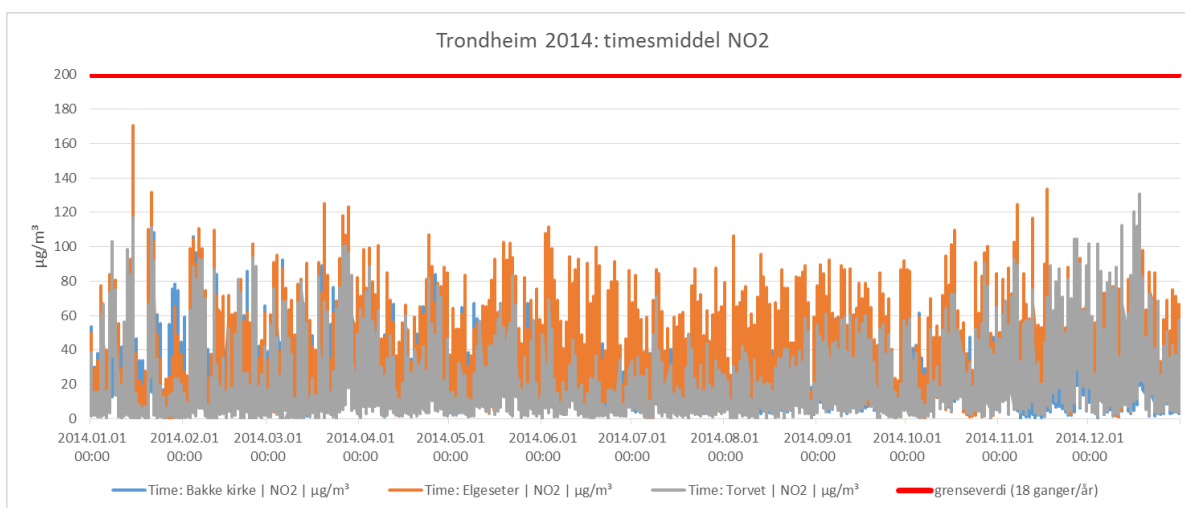
Trondheim:

FartøysTypeEUBeskrivelse	Antall
Oljetankere	187
Kjemikalie-/produkttankere	0
Gasstankskip	0
Bulkskip	187
Stykkgodsskip	1763
Containerskip	0
Ro Ro last	334
Kjøle-/fryseskip	0
Passasjer	73
Offshore forsynings- og ankerhåndteringsskip	0
Andre offshore service skip	0
Andre aktiviteter	366
Fiskefartøy	110
Cruise	70
SUM	3090

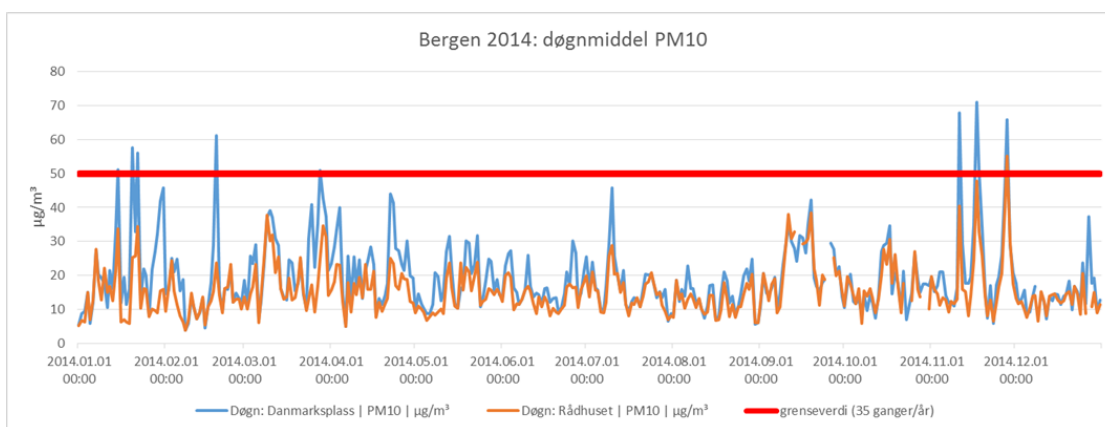
11 Vedlegg 2: Måleresultater



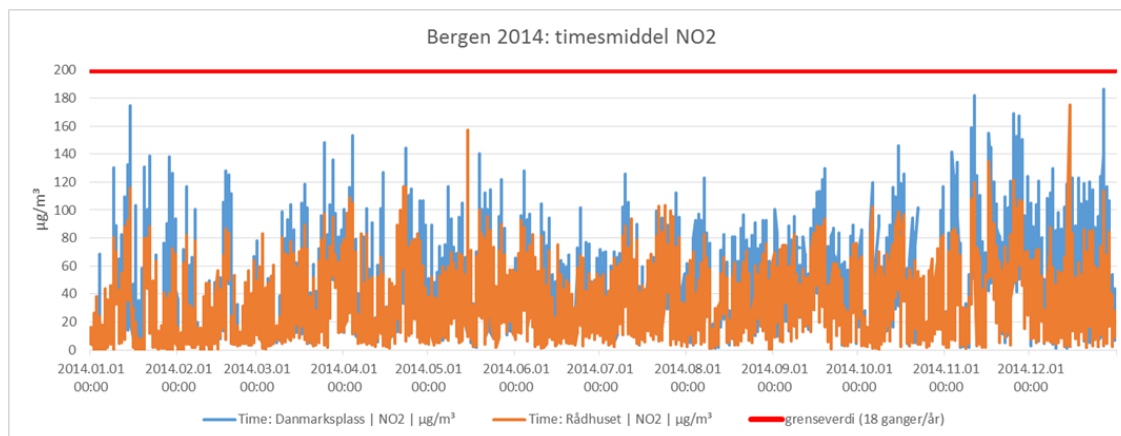
Figur 81: Døgnmiddel PM₁₀ for målestasjoner i Trondheim, 2014 rød linje indikerer grenseverdien.



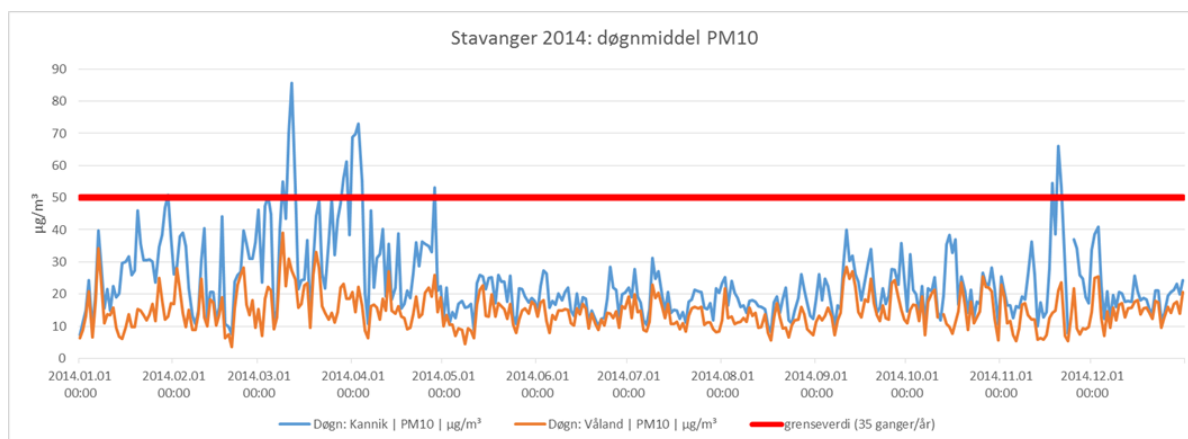
Figur 82: Timesmiddel NO₂ for målestasjoner i Trondheim, 2014 rød linje indikerer grenseverdien.



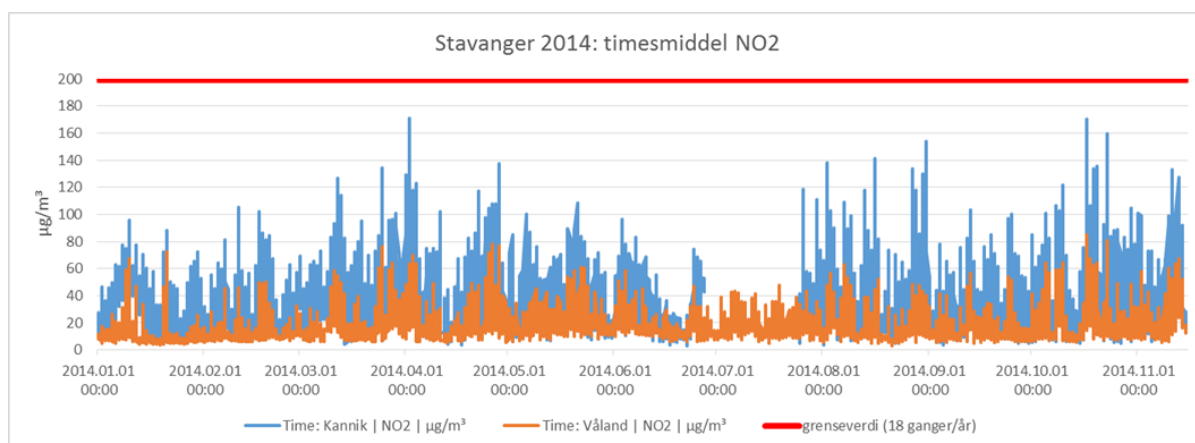
Figur 83: Døgnmiddel PM₁₀ for målestasjoner i Bergen, 2014 rød linje indikerer grenseverdien.



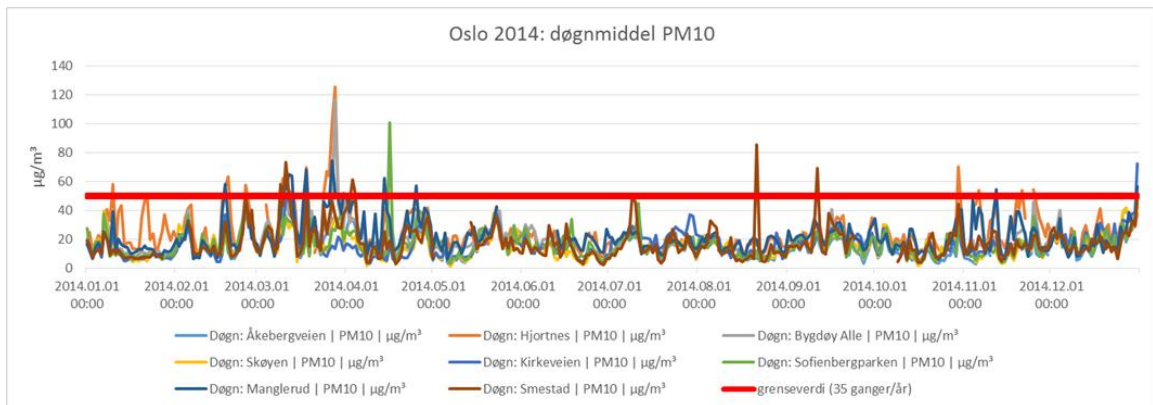
Figur 84: Timesmiddel NO₂ for målestasjoner i Bergen, 2014 rød linje indikerer grenseverdien.



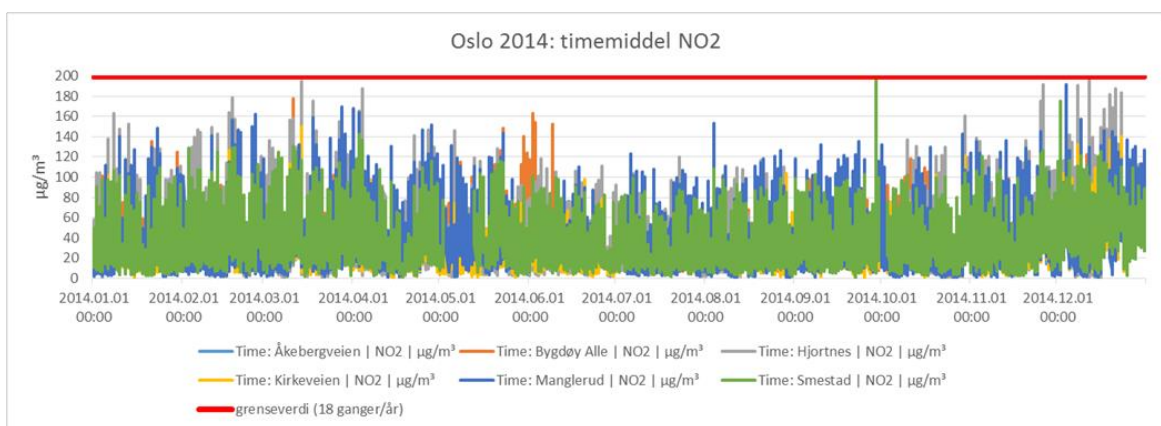
Figur 85: Døgnmiddel PM₁₀ for målestasjoner i Stavanger, 2014 rød linje indikerer grenseverdien.



Figur 86: Timesmiddel NO₂ for målestasjoner i Stavanger, 2014, rød linje indikerer grenseverdien

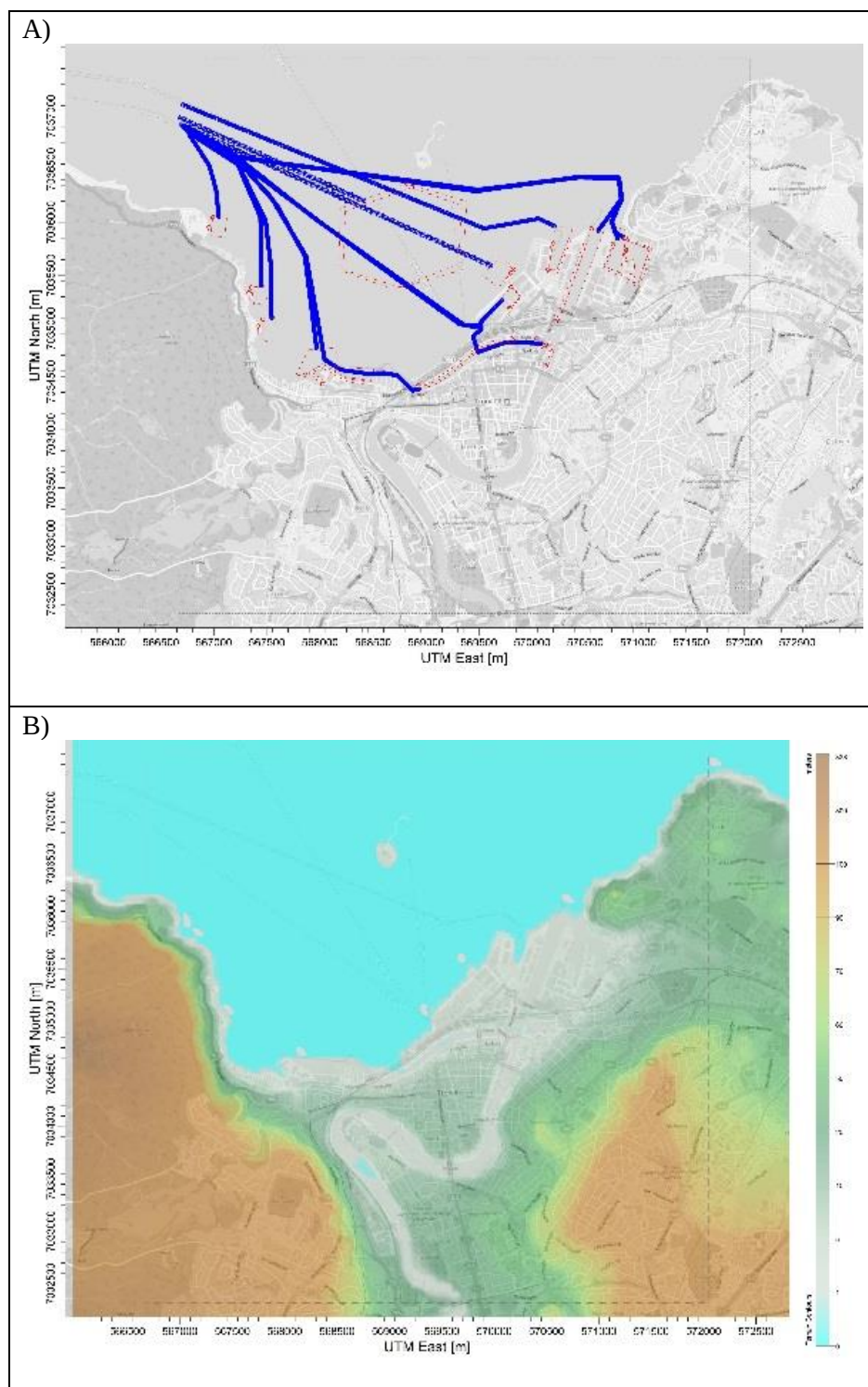


Figur 87: Døgnmiddel PM_{10} for målestasjoner i Oslo, 2014, rød linje indikerer grenseverdien.

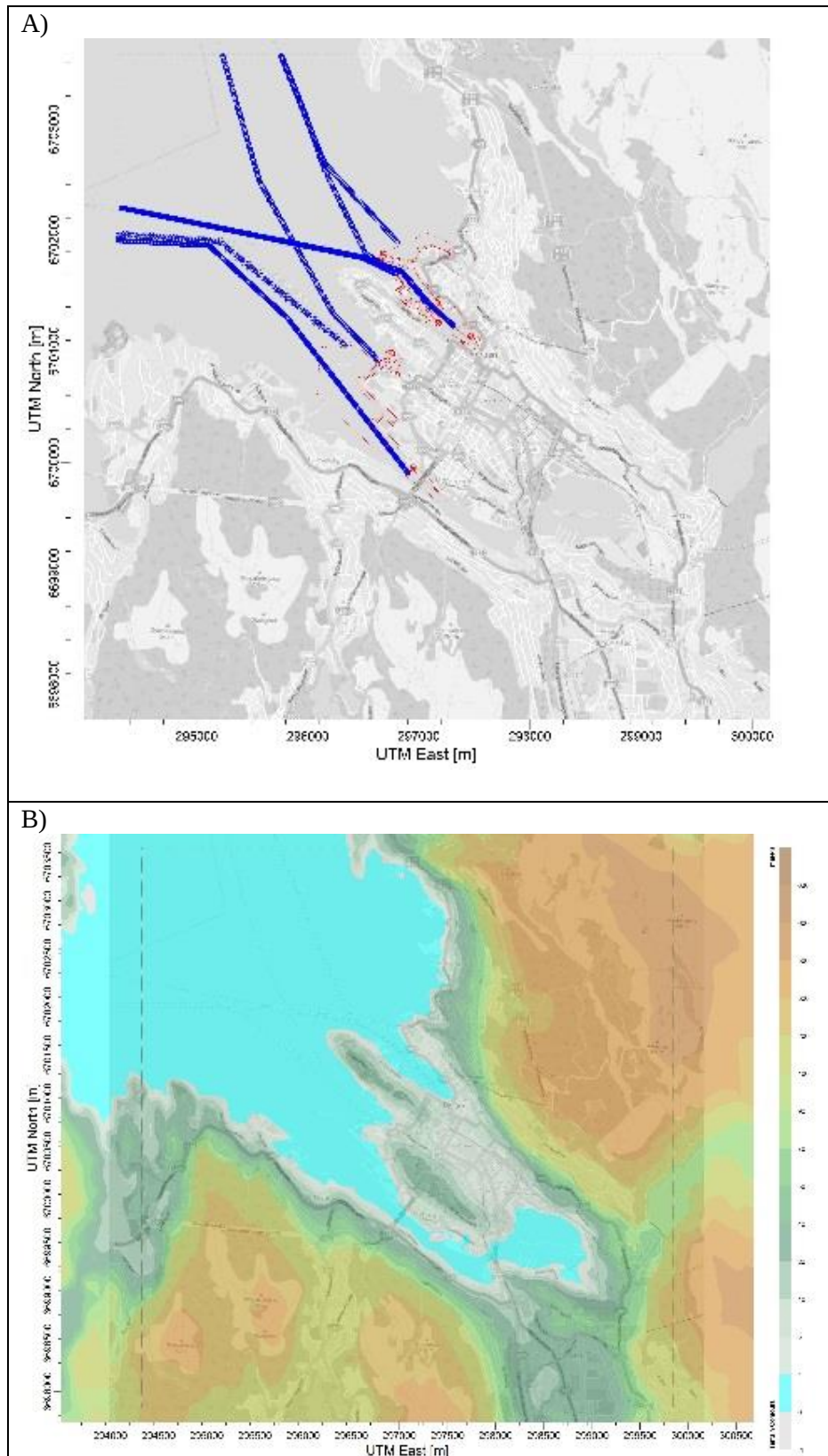


Figur 88: Timesmiddel NO_2 for målestasjoner i Oslo, 2014, rød linje indikerer grenseverdien.

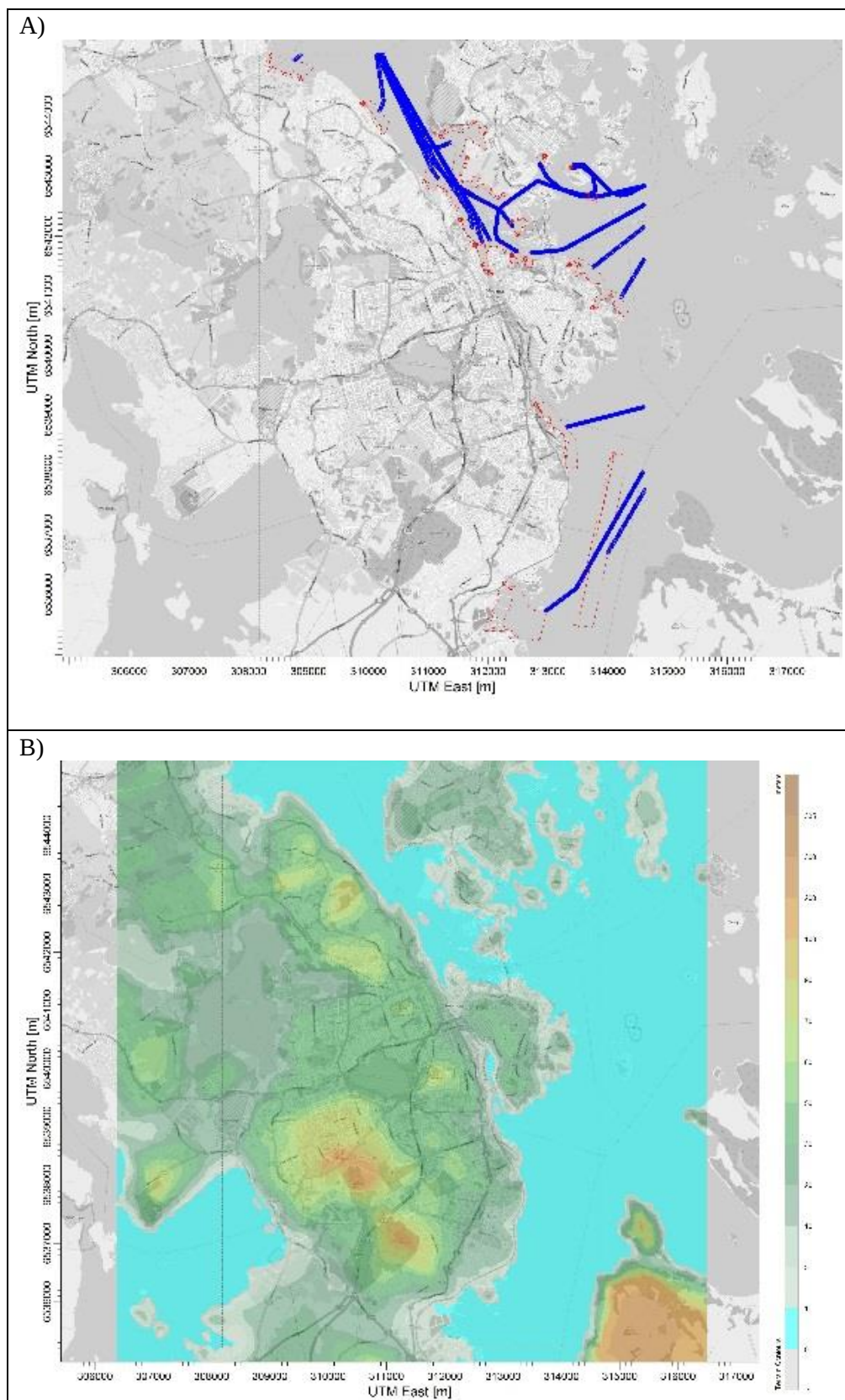
12 Vedlegg 3: Spredningsmodell oppsett



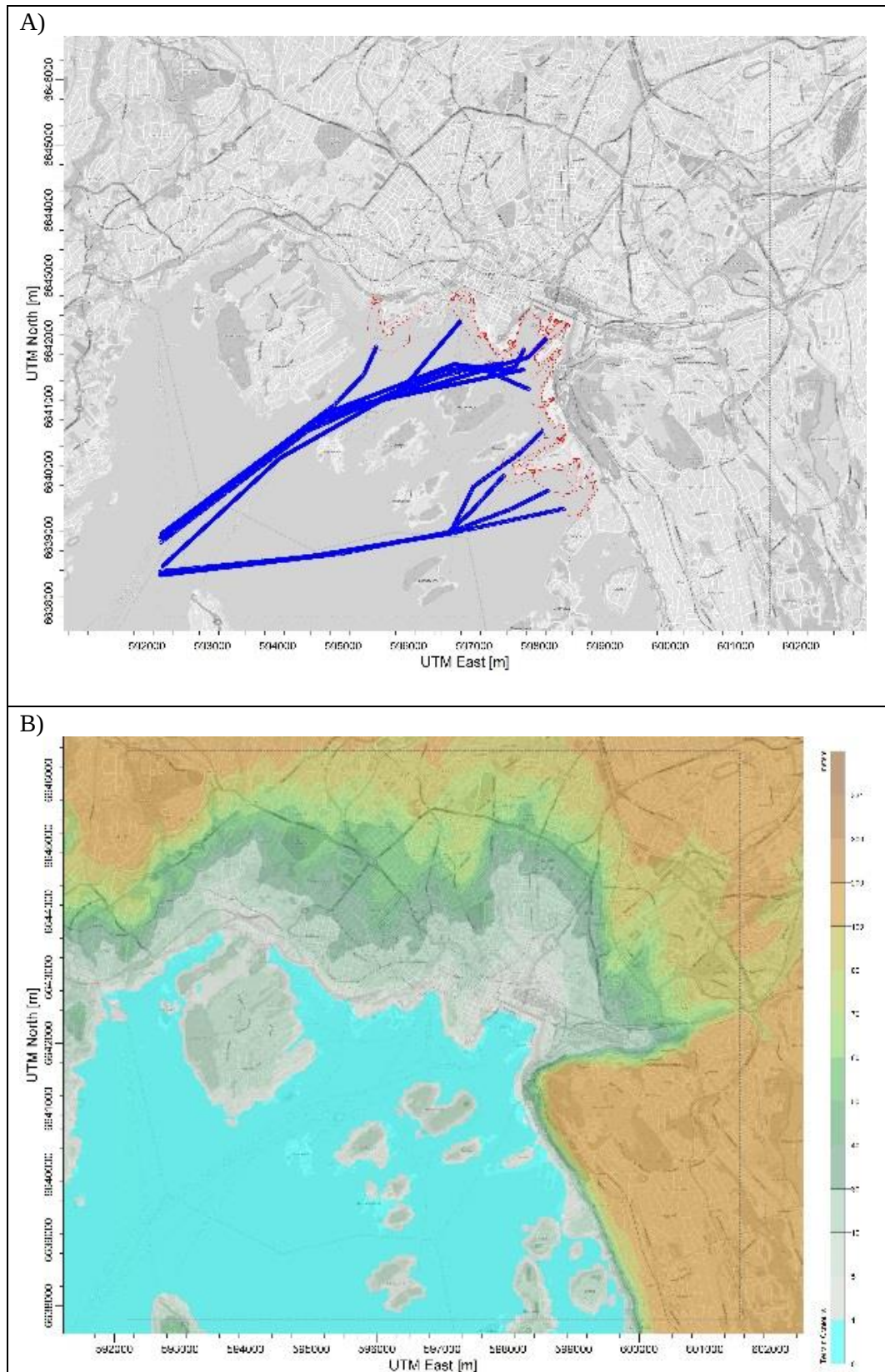
Figur 89: Trondheim, A) Linjekilder som båt under seiling (mørkeblå linjer) og arealkilder som båt under manøvrering og på kai (rød linjer); B) Topografi



Figur 90: Bergen, A) Linjekilder som båt under seiling (mørkblå linjer) og arealkilder som båt under manøvrering og på kai (rød linjer); B) Topografi

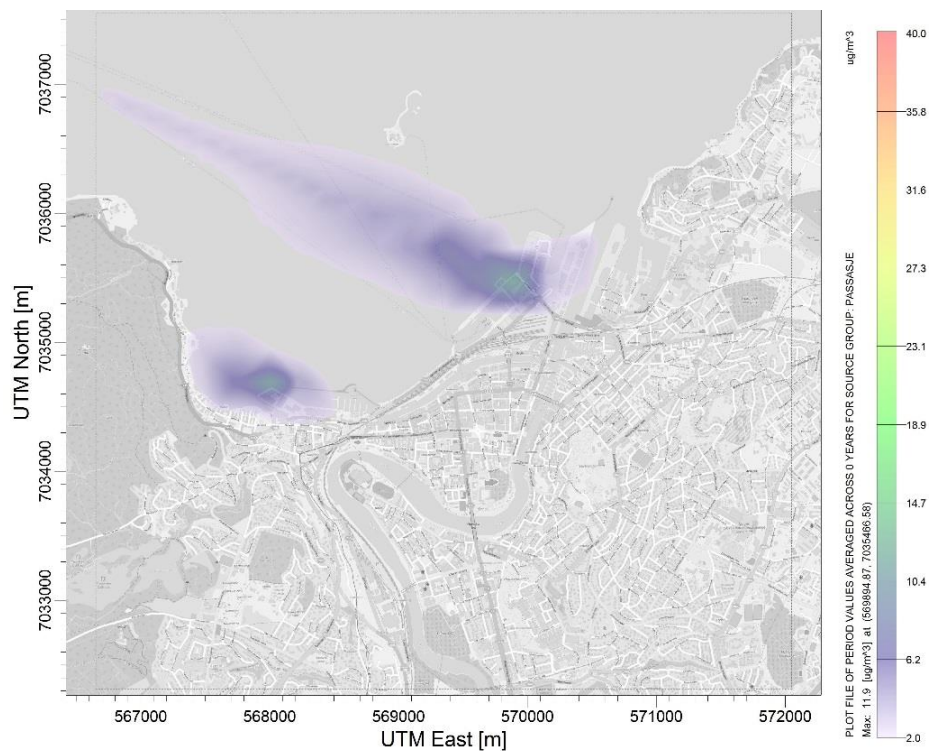


Figur 91: Stavanger, A) Linjekilder som båt under seiling (mørkeblå linjer) og arealkilder som båt under manøvrering og på kai (rød linjer); B) Topografi

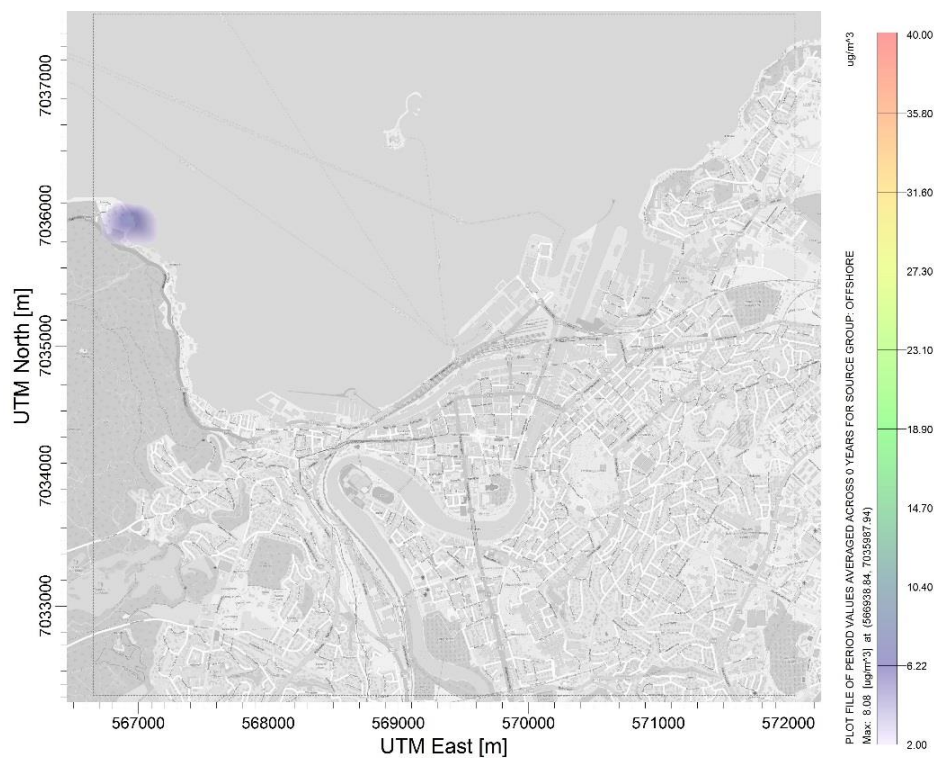


Figur 92: Oslo, A) Linjekilder som båt under seiling (mørkblå linjer) og arealkilder som båt under manøvrering og på kai (rød linjer); B) Topografi

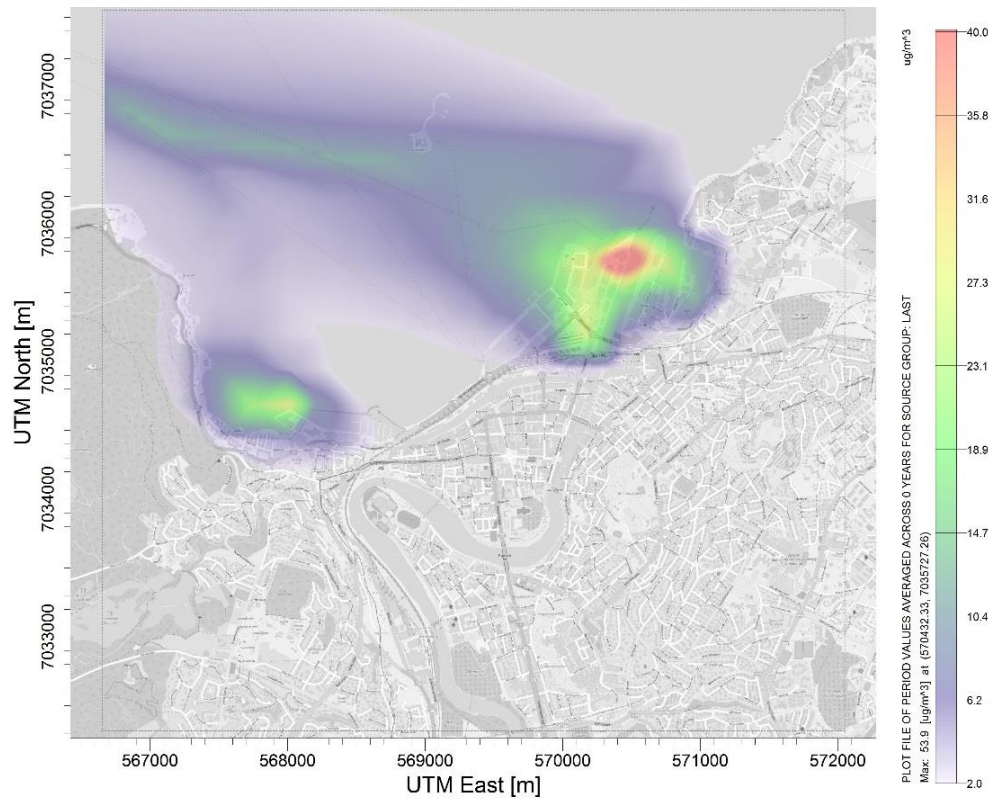
13 Vedlegg 4: Tilleggsresultater



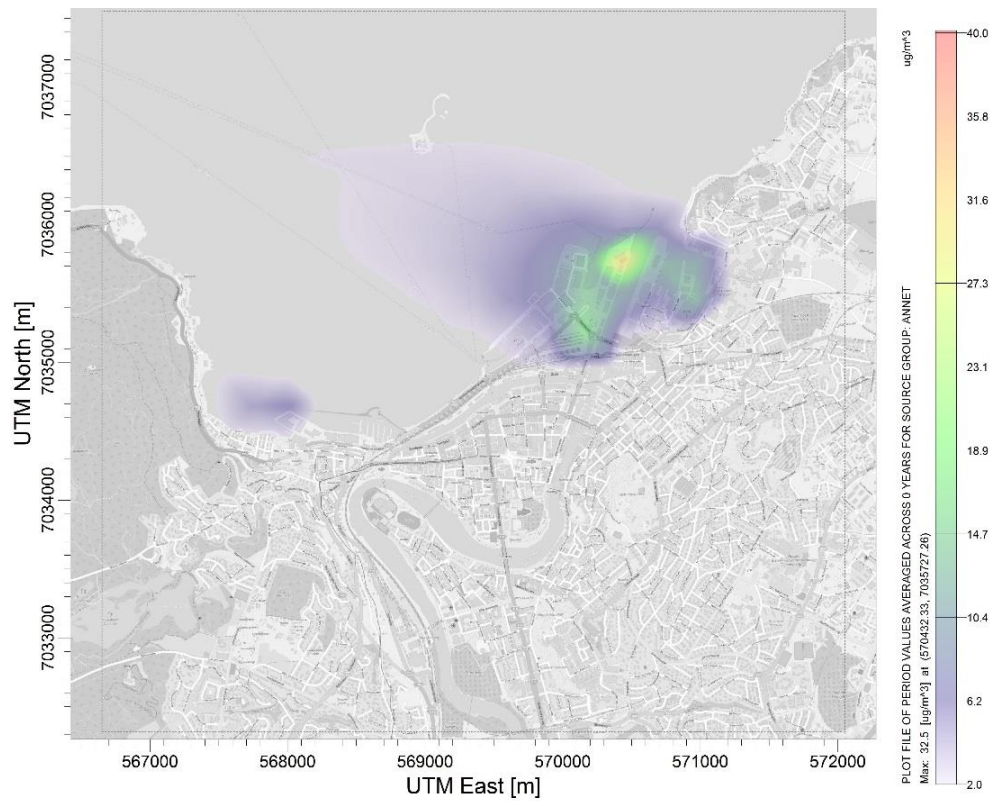
Figur 93: NO₂ årsmiddel spredning fra passasjer skippene, Trondheim 2014



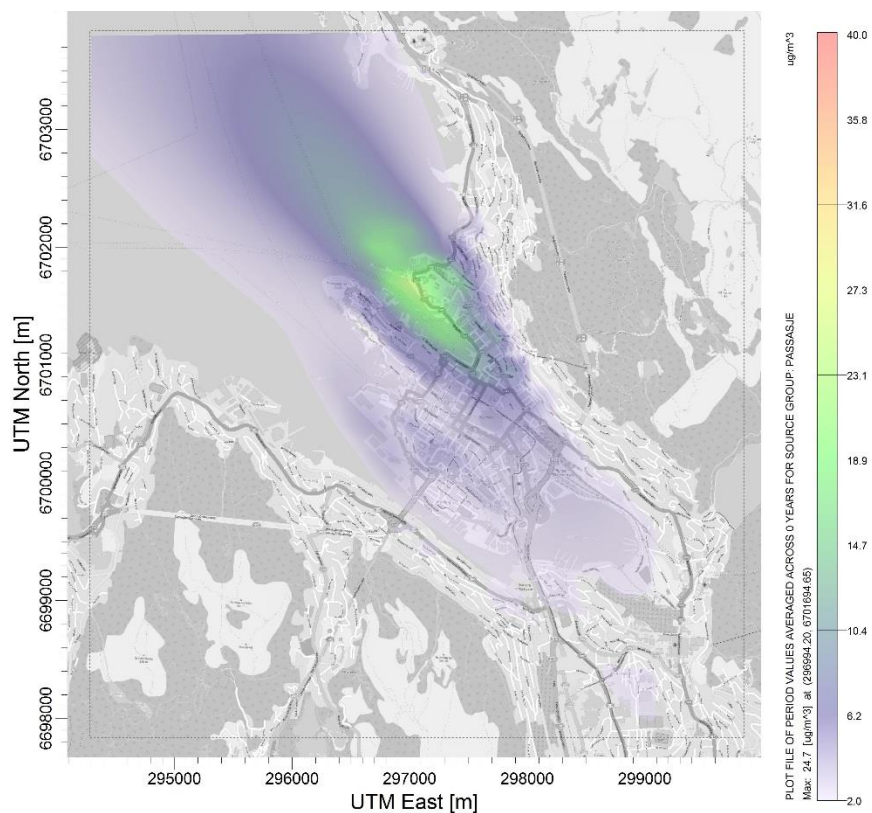
Figur 94: NO₂ årsmiddel spredning fra offshore skippene, Trondheim 2014



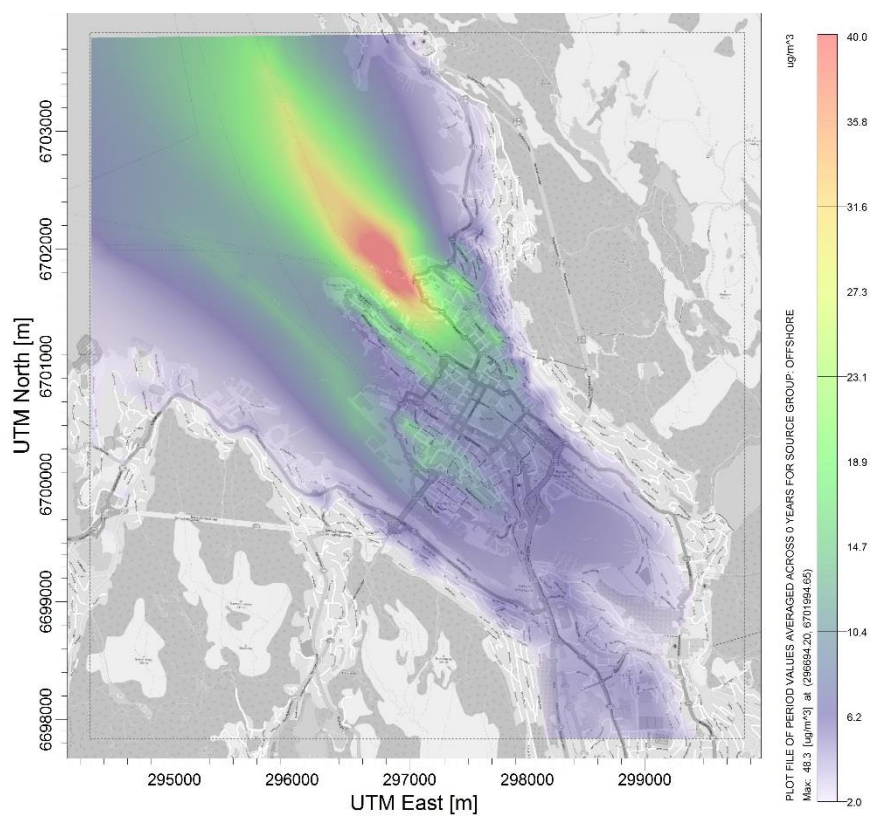
Figur 95: NO₂ årsmiddel spredning fra last skipkene, Trondheim 2014



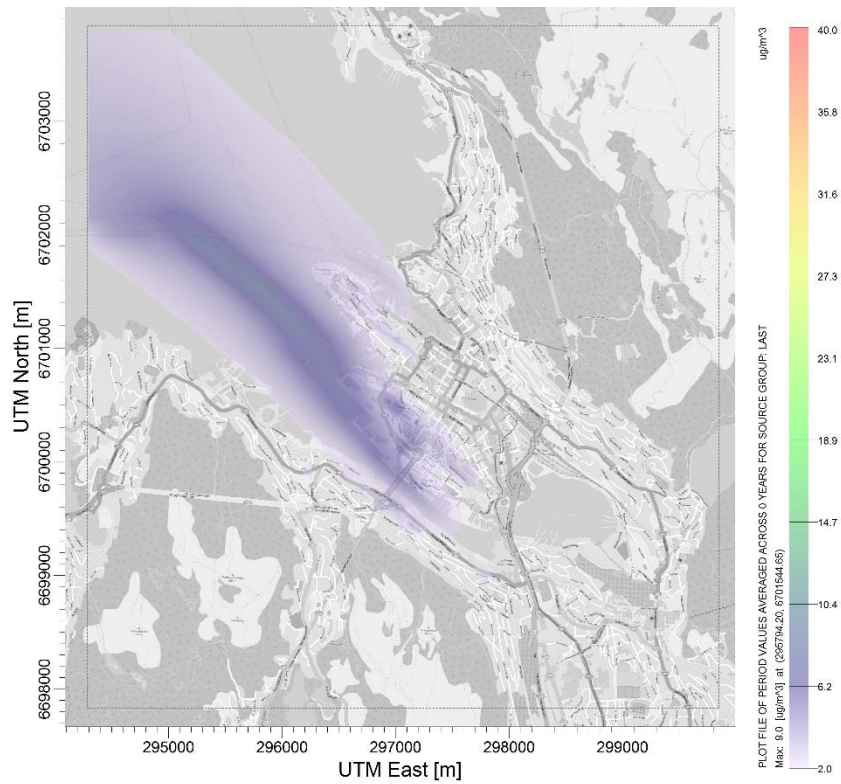
Figur 96: NO₂ årsmiddel spredning fra "annet" skipkene, Trondheim 2014



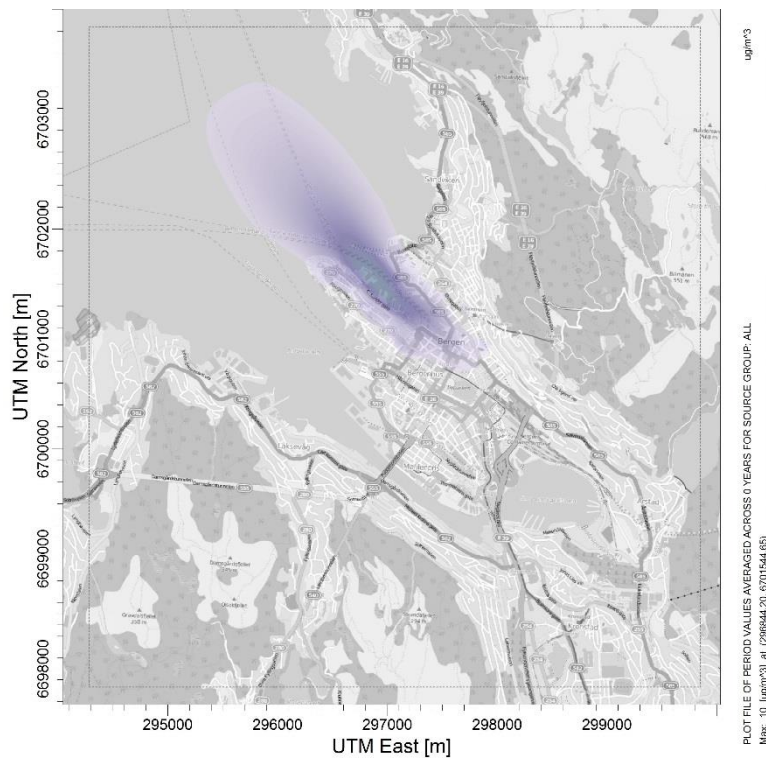
Figur 97: NO₂ årsmiddel spredning fra passasjer skippene, Bergen 2014



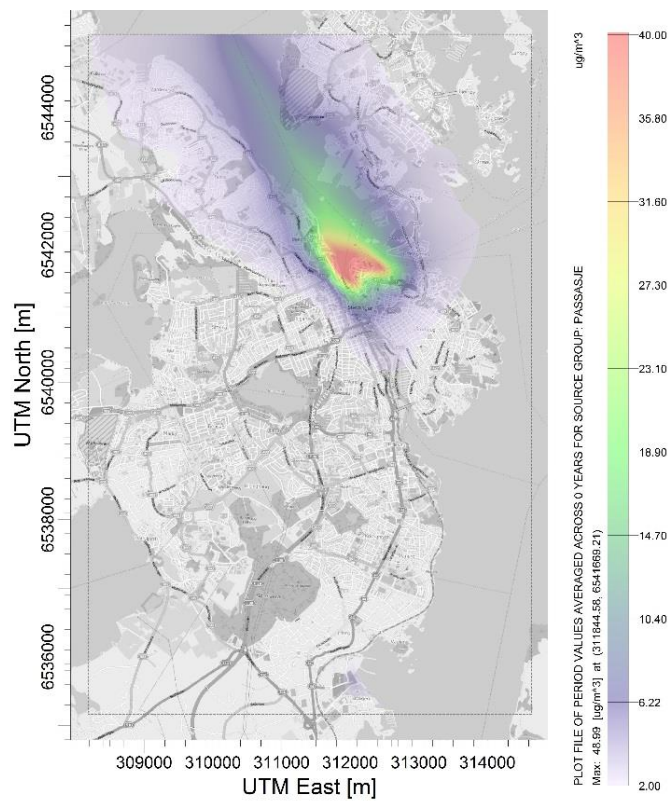
Figur 98: NO₂ årsmiddel spredning fra offshore skippene, Bergen 2014



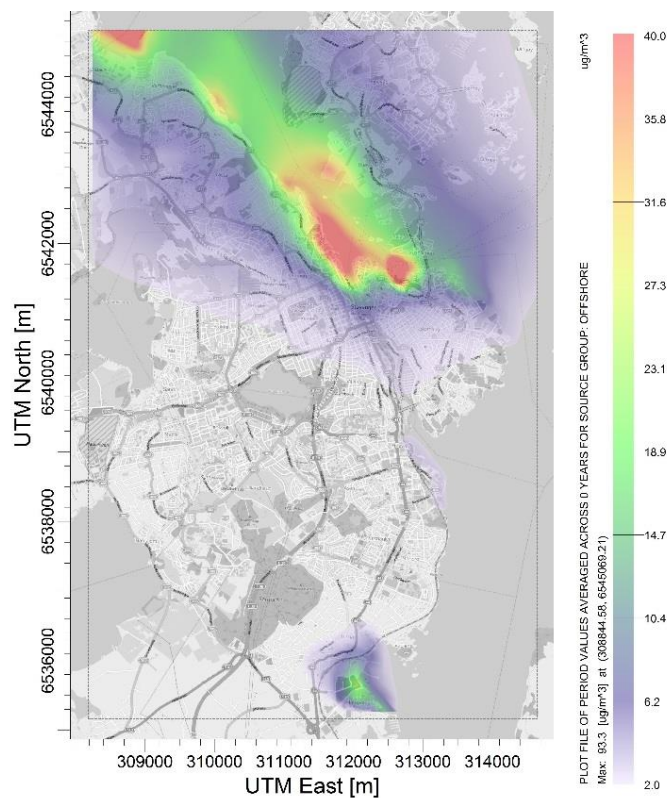
Figur 99: NO₂ årsmiddel spredning fra last skipkene, Bergen 2014



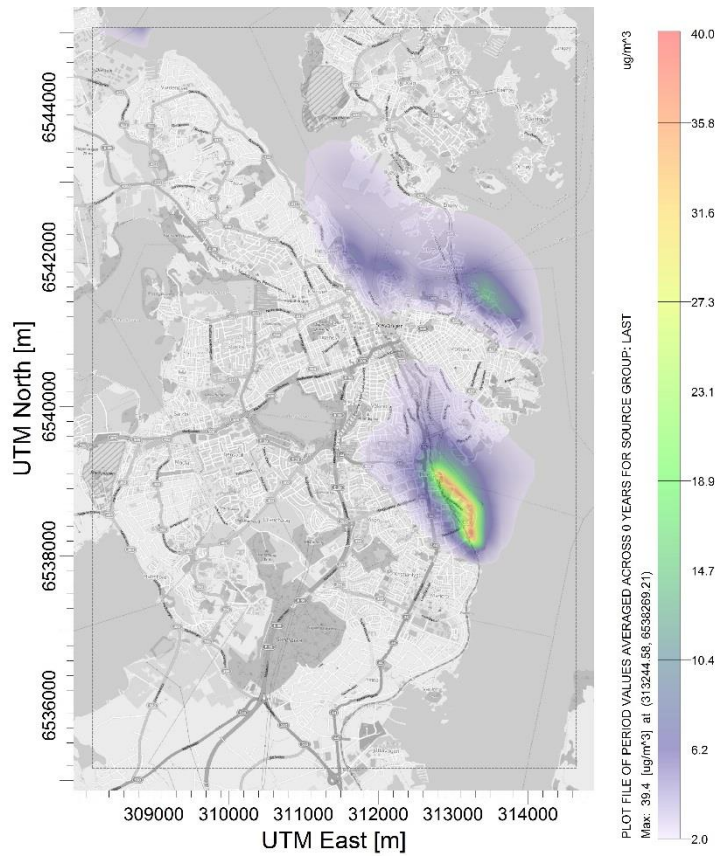
Figur 100: NO₂ årsmiddel spredning fra "annet" skipkene, Bergen 2014



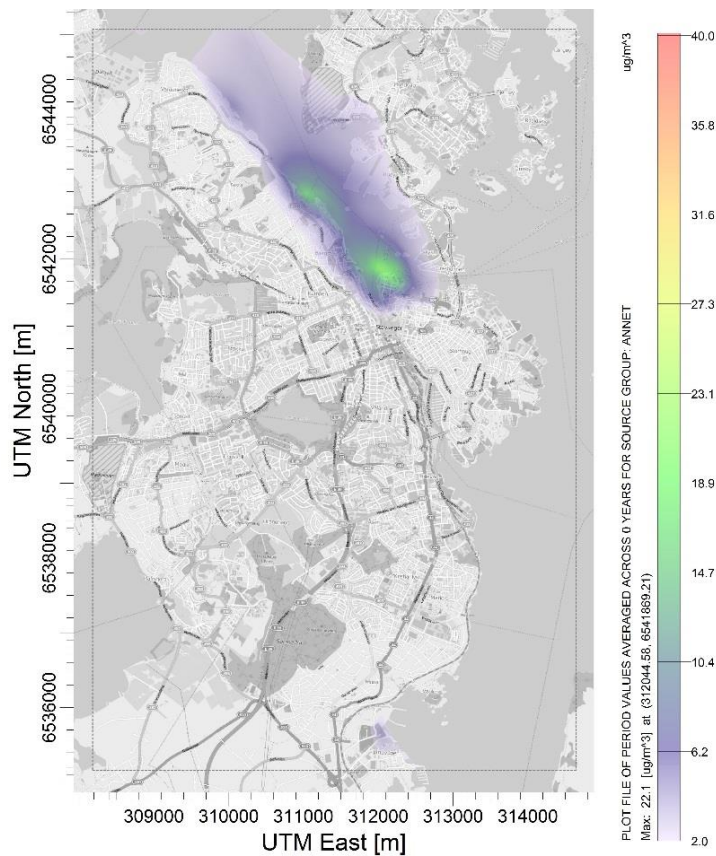
Figur 101: NO₂ årsmiddel spredning fra passasjer skippene, Stavanger 2014



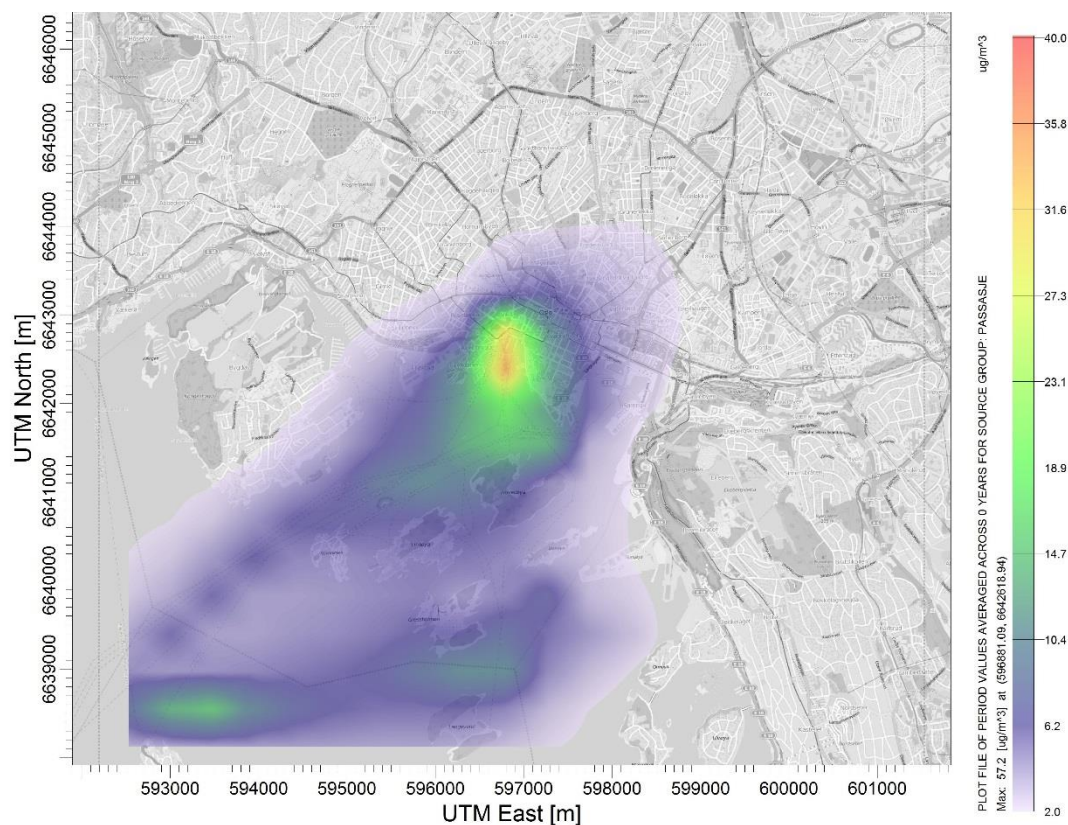
Figur 102: NO₂ årsmiddel spredning fra offshore skippene, Stavanger 2014



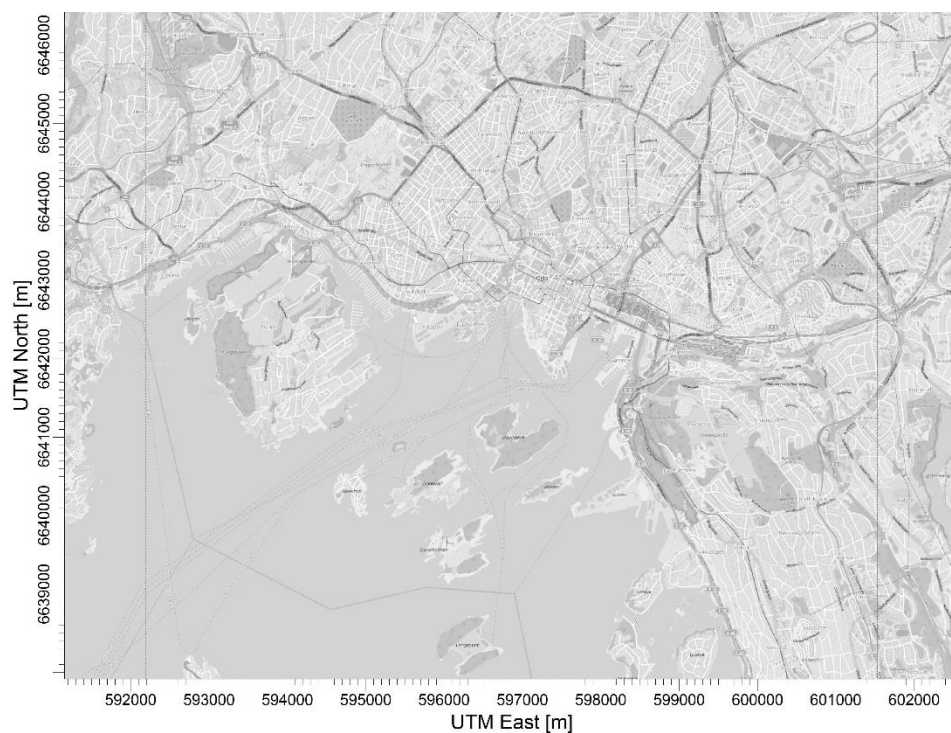
Figur 103: NO₂ årsmiddel spredning fra last skipkene, Stavanger 2014



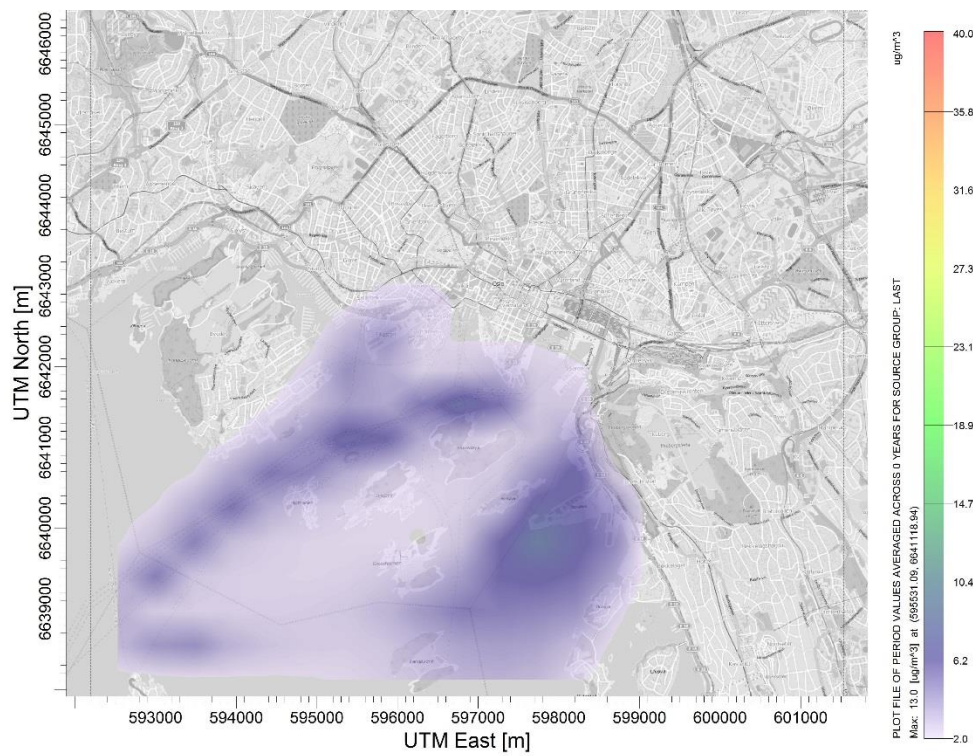
Figur 104: NO₂ årsmiddel spredning fra "annet" skipkene, Stavanger 2014



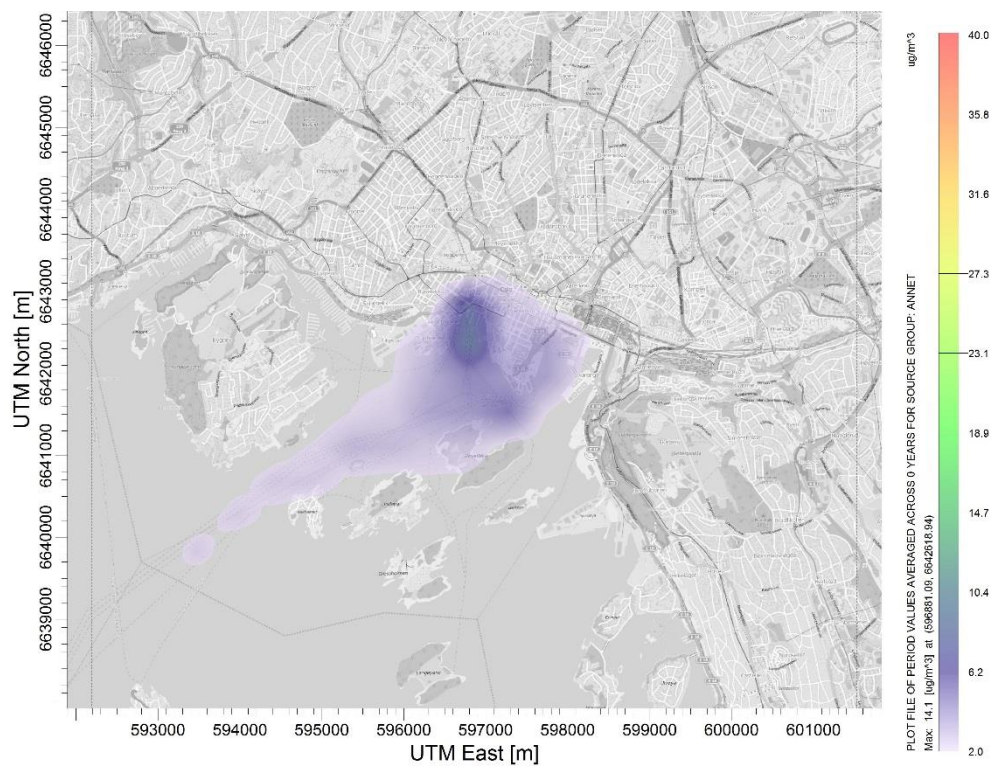
Figur 105: NO₂ årsmiddel spredning fra passasjer skippene, Oslo 2014



Figur 106: NO₂ årsmiddel spredning fra offshore skippene, Oslo 2014



Figur 107: NO₂ årsmiddel spredning fra last skippe, Oslo 2014



Figur 108: NO₂ årsmiddel spredning fra "annet" skippe, Oslo 2014

14 Vedlegg 5: Koder til skipsgruppene

Trondheim:

1	2	3	4
Passasjer	Offshore	Last	Annet
Passasjer	Oljetankere	Kjemikalie-/produkttankere	Andre aktiviteter
Cruise	Gasstankere	Bulkskip	Fiskefartøy
	Offshore supply skip	Stykkgodsskip	Ukjent
	Andre offshore service skip	Konteinerskip	
		Ro Ro last	
		Kjøle-/fryseskip	

Stavanger:

1	2	3	4
Passasjer	Offshore	Last	Annet
Bilferje	Offshore forsynings- og ankerhåndteringsskip	Lektere til tørrlast	Annet
Passasjerbåt	Andre offshoreskip	Ro-Ro frakt	Slepefartøy og skyvefartøy
Andre passasjerfartøy	Oljetankskip	Bulkskip	Spesialfartøy og hjelpefartøy
Passasjer/ro-ro skip	Gasstankskip	Kombinasjonsbulkskip	Fiskefartøy
Cruiseskip		Kombinasjonsskip	
		Stykkgodsskip	
		Kjemikalietankskip	
		Fryse-/kjøleskip	
		Containerskip	

Bergen:

1	2	3	4
Passasjer	Offshore	Last	Annet
Passasjer	Andre offshore service skip	Stykkgodsskip	Andre aktiviteter
Cruiseskip	Offshore supply skip	Bulkskip	Fiskefartøy
	Oljetankere	Ro Ro last	
	Gasstankere	Kjemikalie-/produkttankere	
		Konteinerskip	
		Kjøle-/fryseskip	

Oslo:

1	2	3	4
Passasjer	Offshore	Last	Annet
Andre passasjerfartøy	Oljetankskip	Stykkgodsskip	Slepefartøy og skyvefartøy
Passasjer/ro-ro skip		Bilskip	Annet
Passasjerbåt		Ro-Ro frakt	Spesialfartøy og hjelpefartøy
Cruiseskip		Containerskip	Tanklektere
		Bulkskip	Bergingsfartøy og redningsfartøy
		Kjemikalietankskip	Fiskefartøy
		Annen tørrlast	Lektere til tørrlast

Dette er tuftet på Kystverkets kategorier da Kystverket er en hovedbidragsyter av rådata i prosjektet sammen med de respektive havnene. Da Cruiseskip som i en særklasse har størst utslipp per skip ligger gjemt i kategorien *passasjer* har vi valgt å trekke disse ut av gruppen som egen kategori. Både som følge av at de krever egne løsninger for tiltak som eksempelvis landstrøm, men også fordi de ville gi et feilaktig bilde av utslipp fra gruppen passasjer.

I gruppen Ro-ro last har vi valgt å inkludere bilferger da disse har karakteristikker og driftsprofiler som stemmer mer overens med Ro-ro-fartøy enn med ordinær passasjertrafikk.

Vi har bedt om anløpsoversikt fra havnene basert på disse kategoriene. Havnene selv registrerer også fartøy på type trafikk fartøyene opererer i. Dermed er det mulig å trekke ut fartøy som seiler innenriks og utenriks, men også om de fartøy som seiler utenriks i faste ruter hvor de respektive havnen inngår i ruten og hvor fartøyene kan ha potensiale for utslippsreduserende tiltak. Disse kategoriene er som følger.

Trafikktyper

- 11 Lokal Rutebart
- 12 Lokal Fergebart
- 13 Lokal Linjebart
- 14 Lokal Løsbart
- 15 Lokal Fiske/Fangst
- 16 Lokalt Marinabesøk
- 17 Lokalt Cruise
- 18 Lokal Supplyvirksomhet
- 19 Annen Lokalbart
- 21 Kyst Rutebart
- 22 Kyst Fergebart
- 23 Kyst Linjebart
- 24 Kyst Løsbart
- 25 Kyst Fiske/Fangst
- 26 Kyst Marinebesøk
- 27 Kyst Cruise
- 28 Kyst Supplyvirksomhet
- 29 Annen Kystbart
- 31 Utenriks Rutebart
- 32 Utenriks Fergebart
- 33 Utenriks Linjebart
- 34 Utenriks Løsbart
- 35 Utenriks Fiske/Fangst
- 36 Utenriks Marinebesøk
- 37 Utenriks Cruise
- 38 Uten Supplyvirksomhet
- 39 Annen Utenriksbart
- 99 Ukjent Trafikktype

Gruppen Andre aktiviteter inneholder fartøy som ikke passer inn i de øvrige kategoriene, både som følge av sine virksomhet, men også som følge av deres fysiske egenskaper. Typer fartøy som inngår er:

Fartøytype	Trafikktype
Annet	29
Statsfartøy ikke avgiftspliktig	29
Krigsfartøy	26
Yacht	29
Spesialfartøy og hjelpefartøy	24
Statsfartøy avgiftspliktig	29
Lektere til tørrlast	29
Mudringsfartøy	14

Imidlertid er Lektere til tørrlast trukket ut da de ikke har egne fremdriftsmaskineri.

De finnes i statistikkene en rekke fartøy som av en eller annen grunn ikke er tildelt kode for skipstype eller trafikktype. Disse har vi registrert i en egen kategori kalt «ukjent». Stikkprøver viser at denne gruppen inneholder ulike fartøygrupper. De har derfor fått tildelt NO_x-og PM₁₀ faktorer samt motorisering som er et gjennomsnitt av de øvrige gruppene.

Last på hjelpemaskineri ved ulike operasjoner som ligger til grunn for beregningene:

Utslipp fartøygrupper	last lossing	last manøver	Last seiling
Oljetankere	40 %	40 %	82 %
Kjemikalie-/produkttankere	40 %	40 %	85 %
Gasstankere	40 %	40 %	0 %
Bulkskip	40 %	40 %	82 %
Stykkgodsskip	40 %	40 %	82 %
Konteinerskip	40 %	40 %	0 %
Ro Ro last	40 %	40 %	82 %
Kjøle-/fryseskip	40 %	40 %	85 %
Passasjer	40 %	40 %	0 %
Offshore supply skip	40 %	40 %	60 %
Andre offshore service skip	40 %	40 %	60 %
Fiskefartøy	40 %	40 %	80 %
Andre aktiviteter	40 %	40 %	70 %
Cruiseskip	40 %	40 %	79 %