



KORTLÆGNING AF LUFTFORURENING FRA KRYDSTOGTSKIBE I KØBENHAVN OG AARHUS

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 316

2019



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

[Tom side]

KORTLÆGNING AF LUFTFORURENING FRA KRYDSTOGTSKIBE I KØBENHAVN OG AARHUS

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og
Energ

nr. 316

2019

Steen Solvang Jensen
Morten Winther
Per Løfstrøm
Lise M. Frohn

Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer:	Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 316
Titel:	Kortlægning af luftforurening fra krydstogtskibe i København og Aarhus.
Forfattere:	Steen Solvang Jensen, Morten Winther, Per Løfstrøm, Lise M. Frohn
Institution:	Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivelsesår:	April 2019
Redaktion afsluttet:	April 2019
Faglig kommentering:	Kaj Mantzius Hansen, Institut for Miljøvidenskab
Kvalitetssikring, DCE:	Vibeke Vestergaard Nielsen
Sproglig kvalitetssikring:	Vibeke Vestergaard Nielsen
Finansiel støtte:	Miljø- og Fødevareministeriet
Bedes citeret:	Jensen, S.S., Winther, M., Løfstrøm, P., Frohn, L.M. 2019. Kortlægning af luftforurening fra krydstogtskibe. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 78 s. - Videnskabelig rapport nr. 316. http://dce2.au.dk/pub/SR316.pdf
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Rapporten beskriver anløb af krydstogtskibe i Københavns Havn og Aarhus Havn i 2017 og de tilhørende emissioner. Med OML-modellen er det beregnet, hvor meget krydstogtskibene bidrager til luftforureningen i de to byområder og i nærområdet tæt på krydstogtskibene.
Emneord:	Emission, luftkvalitet, krydstogtskibe, Københavns Havn, Aarhus Havn.
Layout:	Majbritt Ulrich
Foto forside:	Colourbox
ISBN:	978-87-7156-398-6
ISSN (elektronisk):	2244-9981
Sideantal:	79
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som http://dce2.au.dk/pub/SR316.pdf

Indhold

Forord	5
Sammenfatning	6
Formål og baggrund	6
Undersøgelsen	6
Hovedkonklusioner	7
Summary in English	10
Aim and background	10
The study	10
Main conclusions	11
1. Metode og datagrundlag	14
1.1 Kortlægning af krydstogtskibe i danske havne	14
1.2 Emissionsfaktorer og fysiske parametre til luftkvalitetsberegninger	14
1.3 Krydstogtskibenes påvirkning af luftkvaliteten i København og Aarhus	15
2. Anløb af krydstogtskibe i danske havne	18
2.1 Anløb i danske havne	18
2.2 Anløb i Københavns Havn og Aarhus Havn	18
3. Placering af krydstogtskibe og beregningsområder	21
3.1 Placering af krydstogtskibe i Københavns Havn og Aarhus Havn	21
3.2 Beregningsområder i København og Aarhus	23
3.3 Beregningsområder for nærområder i Københavns Havn og Aarhus Havn	25
4. Emissioner fra krydstogtskibe	28
4.1 Energiforbrug ved kaj og manøvrering i havn	28
4.2 Specifik energiforbrug og emissionsfaktorer	29
4.3 Samlet energiforbrug og emissioner for krydstogtskibene	31
4.4 Energiforbrugsrater og emissionsrater for NO _x og PM _{2.5}	37
4.5 Fysiske parametre	39
5. Påvirkning af luftkvaliteten i København og Aarhus	41
5.1 København	41
5.2 Aarhus	46
6. Påvirkning af luftkvaliteten i nærområderne af havnene i København og Aarhus	50
6.1 Københavns Havn	50
6.2 Aarhus Havn	55
6.3 Indikativ sammenligning med målekampagne i 2018 på Langelinie	60
6.4 Perspektivering til Aalborg Havn	62
6.5 Sammenligning med tidligere undersøgelser	63

Referencer	64
Bilag 1 Krydstogtskibenes anløbsperioder	67
Bilag 2 Emissionsfaktorer og fysiske parametre for krydstogtskibene	76
Bilag 3. Sammenligning mellem anløb og emission i Aalborg Havn og Aarhus Havn	79

Forord

Miljø- og Fødevareministeriet (MFVM) har anmodet DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi under Aarhus Universitet om en faglig vurdering af emissioner fra krydstogtskibe, og hvordan de påvirker luftkvaliteten i og omkring København Havn og Aarhus Havn.

Indledningsvis er der indsamlet statistiske oplysninger om anløb af krydstogtskibe i danske havne.

For at kunne belyse hvordan krydstogtskibe påvirker luftkvaliteten i København og Aarhus, er der blevet indsamlet detaljerede oplysninger om de enkelte krydstogtskibe i 2017, deres emissionsforhold, deres placering i havnene, og hvornår de er i havnene. Ud fra disse oplysninger er der gennemført luftkvalitetsberegninger af, hvordan luftkvaliteten påvirkes af krydstogtskibene. Det er belyst, hvordan krydstogtskibene generelt påvirker luftkvaliteten i København og Aarhus, og detaljeret belyst, hvordan krydstogtskibene påvirker luftkvaliteten i nærområderne i Københavns Havn og Aarhus Havn, herunder i forskellige højder for at belyse eksponering af etagebyggeri.

Resultaterne for Københavns Havn og Aarhus Havn er også relateret til forholdene i Aalborg Havn. Der er indsamlet oplysninger om anløb af krydstogtskibe i Aalborg Havn og deres emissionsforhold, men ikke gennemført luftkvalitetsberegninger.

Sammenfatning

Formål og baggrund

Formålet med denne rapport er at vurdere anløb af krydstogtskibe og deres emission i Københavns Havn og Aarhus Havn, og hvordan dette påvirker luftkvaliteten i et større område omkring havnene i København og Aarhus og dernæst i et mindre område i nærområderne omkring kajpladserne.

Undersøgelsen

Indledningsvis er der udarbejdet en statistisk oversigt over anløb af krydstogtskibe i danske havne i 2017 baseret på oplysninger fra Danmarks Statistik.

For Københavns Havn og Aarhus Havn er der indhentet detaljeret statistik via havnene for krydstogtskibe, der anløber havnene i 2017, anløbs- og afgangstidspunkter, og placeringer på kajpladser. Placering af kajpladserne er digitaliseret ud fra kort leveret af havnene. Tilsvarende oplysninger er også indhentet fra Aalborg Havn for at kunne bestemme emissionen fra krydstogtskibene og relatere det til de detaljerede resultater fra Københavns Havn og Aarhus Havn.

Ved internetopslag (marinetraffic.com, diverse hjemmesider for rederier, skibsværfter m.m.) på skibets navn eller IMO kode (International Maritime Organization) er det muligt at bestemme en række parametre for skibet som fx byggeår, motortype, total installeret motoreffekt, installation af scrubber mv., som gør det muligt at fastlægge brændstofforbrug og emissionsfaktorer og dermed bestemme emissionen præcist. Ligeledes er en række fysiske parametre som fx overbygningshøjde over vandlinje, skorstenshøjde over vandlinje, volumenstrøm og røggastemperatur bestemt ud fra tidligere undersøgelser (Olesen & Berkowicz, 2005).

På baggrund af emissionsopgørelsen og de fysiske parametre er der gennemført luftkvalitetsberegninger for 2017 med OML-modellen. Ud over emissionen indgår meteorologisk data og baggrundskoncentrationen også i OML-beregningerne. Luftkvalitetsberegninger er først gennemført for et større gitternet for hver by på en geografisk opløsning på 200 m x 200 m for at vurdere, hvordan krydstogtskibene påvirker luftkvaliteten i et større byområde omkring havnene. Endvidere er der på en finere geografisk opløsning beregnet, hvordan luftkvaliteten påvirkes i nærområderne til kajpladserne. Her er den geografiske opløsning 100 m x 100 m i Københavns Havn og 50 m x 50 m i Aarhus Havn. Beregninger er gennemført for årsmiddelværdien af NO₂ (kvælstofdioxid) og PM_{2,5} (massen af partikler under 2,5 mikrometer) samt for spidsværdier repræsenteret ved den 19. højeste timeværdi for NO₂. For alle disse indikatorer er der grænseværdier. Den geografiske variation i koncentrationerne er visualiseret som iso-kurver på luftfotos.

For at belyse hvilken betydning forskellige meteorologiske år har for, hvordan krydstogtskibene påvirker luftkvaliteten, er der identificeret et år med hyppigere østenvind. Hyppigere vindretninger fra øst vil føre luftforureningen fra krydstogtskibene ind over byområderne i både København og Aarhus. Det valgte meteorologiske år er 2002.

Koncentrationsbidraget fra krydstogtskibene er desuden beregnet i forskellige højder for det lille beregningsområde i havnene for at vurdere eksponeringen af etagebyggeri. Beregningerne er foretaget i følgende højder: 25 m, 50 m og 70 m.

Hovedkonklusioner

Anløb i danske havne

I 2017 anløb 463 krydstogtskibe danske havne ifølge Danmarks Statistik. Langt størstedelen af alle anløb til danske havne finder sted i Københavns Havn, som står for 70% i 2017. Den næststørste er Aarhus Havn med 8% og derefter Rønne Havn med 6%, mens resten fordeler sig på øvrige havne. Ovenstående er baseret på oplysninger fra Danmarks Statistik. Særskilte oplysninger er indhentet fra administrationen af Aalborg Havn. Deres opgørelse viste, at Aalborg Havn faktisk har 6% flere anløb end Aarhus Havn, så Aalborg Havn ud fra antallet af anløb faktisk er den anden største krydstogthavn. Men sammenligningen viste også, at i Aalborg Havn er den samlede kajtid 19% lavere, og krydstogtskibene er også mindre i gennemsnit i forhold til Aarhus Havn. Endvidere er brændstofforbrug og NO_x-emission næsten 60 % lavere, og PM_{2,5}-emissionen er 65% lavere i forhold til Aarhus Havn.

Emissioner fra krydstogtskibe

De samlede emissioner fra krydstogtskibe i Københavns Havn i 2017 var 284,5 tons NO_x og 10,0 tons PM_{2,5}. Til sammenligning var den samlede emission af alle kilder inden for det store beregningsgitternet i København på 1.669 tons NO_x og 175 tons PM_{2,5}. Heraf stod brændeovne mv. (SNAP2) for hhv. 23 tons NO_x og 40 tons PM_{2,5}, mens vejtransportsektoren (SNAP7) stod for 878 tons NO_x og 52 tons PM_{2,5}. Krydstogtskibenes emission udgør således omkring 17% af NO_x-emissionen inden for det store beregningsgitternet og 6% for PM_{2,5}. Den tilsvarende andel i forhold til vejtransportsektoren er omkring 32% af NO_x-emissionen inden for det store beregningsgitternet og 19% for PM_{2,5}.

I Aarhus Havn var de samlede emissioner fra krydstogtskibe i 2017 på 26,2 tons NO_x og 1,3 tons PM_{2,5}. Til sammenligning var den samlede emission af alle kilder inden for det store beregningsgitternet i Aarhus på 812 tons NO_x og 100 tons PM_{2,5}. Heraf stod brændeovne mv. (SNAP2) for hhv. 23 tons NO_x og 45 tons PM_{2,5}, mens vejtransportsektoren (SNAP7) stod for 385 tons NO_x og 23 tons PM_{2,5}. Krydstogtskibenes emission udgør således omkring 3% af NO_x emissionen inden for det store beregningsgitternet og 1% for PM_{2,5} i forhold til vejtransportsektoren. Den tilsvarende andel i forhold til vejtransportsektoren er omkring 7% af NO_x-emissionen inden for det store beregningsgitternet og 6% for PM_{2,5}.

Sammenlignes den samtidige emission fra et gennemsnitligt krydstogtskib med emissionen fra en gennemsnitlig personbil i bytrafik fås, at emissionen fra et krydstogtskib svarer til emissionen af omkring 3.500 personbiler for NO_x og omkring 5.000 personbiler for PM_{2,5}-udstødning regnet pr. tidsenhed (g/s).

Overskridelse af grænseværdien i højder mellem 25 m og 70 m

For at belyse betydningen af krydstogtskibenes påvirkning af luftkvaliteten i højder over jordoverfladen (1,5 m), er der foretaget beregninger for forskellige højder (25 m, 50 m og 70 m). Eksempelvis er bygningerne på Langelinie kajen i Københavns Havn omkring 25 m høje, og der er andre bygninger i havnen,

som er væsentligt højere. Derudover er der planer om fortsat udbygning med boliger i havnen.

Krydstogtskibenes bidrag til luftforureningen stiger generelt med højden. Dette er forventeligt, da røgafkastet fra krydstogtskibene sker i relativ stor højde, og røgfanen oftere rammer et givent punkt i tilsvarende højde end ved jordoverfalden.

Hvor grænseværdien ikke var overskredet for beregninger af den 19. højeste timeværdi for NO₂ ved jordoverfladen, så tangeres den i højden 25 m og overskrides væsentligt i 50 m og 70 m i mindre områder omkring skibene. Umiddelbart op til skibene er den maksimale værdi flere gange over grænseværdien på 200 µg/m³. Krydstogtskibene bidrager således til, at grænseværdien for den 19. højeste timeværdi for NO₂ overskrides væsentligt i Københavns Havn i de nævnte højder.

I Københavns Havn er det maksimale bidrag til årsmiddelkoncentrationen af NO₂ omkring 9 µg/m³ i højderne 50 m og 70 m i 2017, hvilket er betydeligt, i forhold til et baggrunds niveau på omkring 16 µg/m³, men stadigvæk væsentligt under grænseværdien på 40 µg/m³.

Krydstogtskibenes koncentrationsbidrag til årsmiddelværdien af PM_{2,5} stiger også generelt med højden, og det maksimale bidrag er 2,3 µg/m³ i Københavns Havn i 50 m i 2017, hvilket er betydeligt i forhold til et baggrunds niveau på 10 µg/m³, men langt under grænseværdien på 25 µg/m³.

Det samme mønster ses også for Aarhus Havn, hvor grænseværdien for den 19. højeste timeværdi for NO₂ også er væsentligt overskredet i 25 m, 50 m og 70 m højde i et mindre område tæt på kajpladsen.

Luftforurening fra krydstogtskibe i Københavns Havn og Aarhus Havn er derfor koncentreret omkring nærområderne af kajpladserne for krydstogtskibene, og grænseværdien for den 19. højeste timeværdi for NO₂ var væsentligt overskredet i de undersøgte højder af 25 m, 50 m og 70 m.

Krydstogtskibenes påvirkning af luftkvaliteten ved jordoverfladen

Krydstogtskibenes emission påvirker kun meget lidt årsmiddelkoncentrationerne for NO₂ og PM_{2,5} ved jordoverfladen (1,5 m højde) i byområderne beliggende op til Københavns Havn og Aarhus Havn i 2017.

Det er nærområderne til kajpladserne, som er påvirket af krydstogtskibenes emission. I Københavns Havn er det maksimale bidrag fra krydstogtskibene til årsmiddelkoncentrationen af NO₂ på 1 µg/m³ i 2017, som forekommer på det nordvestlige hjørne af Refshaleøen. Til sammenligning er baggrunds niveauet på 16 µg/m³ på bybaggrundsstationen på H.C. Ørsted Institut og grænseværdien er 40 µg/m³.

Det højeste koncentrationsbidrag af PM_{2,5} pga. krydstogtskibene er 0,08 µg/m³, og optræder øst for Langelinie kajen og Oerstedkajen. Koncentrationsbidraget fra krydstogtskibene er meget lille i forhold til baggrunds niveauet af PM_{2,5} på bybaggrundsstationen på H.C. Ørsted Institut, som er på 10 µg/m³ for hele 2017. Grænseværdien er 25 µg/m³.

Krydstogtskibenes emission påvirker til en vis grad spidværdierne, hvor 19. højeste timeværdi for NO₂ er brugt som indikator. Det maksimale bidrag er 7 µg/m³ i 2017, som optræder i den nordlige del af Nordhavn. Andre steder med et forhøjet bidrag er nordspidsen af Langelinie. De højeste spidsværdier optræder inden for omkring 500 m af kajpladserne i Københavns havn, og er under grænseværdien på 200 µg/m³.

Beregnete niveauer er langt under grænseværdierne for både årsmiddelkoncentrationer og spidsværdier, og bidragene fra krydstogtskibene er beskedne ved jordoverfladen (1,5 m).

Samme mønster ses for Aarhus Havn blot med lavere bidrag fra krydstogtskibene.

Meteorologisk år med hyppig østenvind

Analysen af et meteorologisk år fra 2002 med megen østenvind viste, at fordelingen af luftforureningen fra krydstogtskibene påvirkes heraf, således at de højeste koncentrationsbidrag fra krydstogtskibene som forventet i højere grad ligger vest for kajpladserne. Bidragene er fortsat meget små ved jordoverfladen (1,5 m).

Summary in English

Aim and background

The purpose of this report is to assess the number of cruise ships and their emissions in Copenhagen Port and Port of Aarhus, and how this affects air quality. Air quality calculations are carried out in the nearby urban areas in Copenhagen and Aarhus and on a more detailed scale in the vicinity of the quays.

The study

By way of introduction, a statistical overview of cruise ships in Danish ports in 2017 was established based on information from Statistics Denmark.

The administrations of Copenhagen Port and Port of Aarhus have provided detailed statistics on cruise ships calling into port in 2017, berthing slots and quay location. The location of the quays have been digitized based on maps provided by the ports.

By internet lookups (marinetraffic.com, cruiseline's homepage, ship yards etc.) using the ship's name or IMO code (International Maritime Organization), it is possible to determine a number of parameters for the ship such as construction year, engine type, total installed engine power, scrubber installation, etc. These data makes it possible to determine the fuel consumption and emission factors for the precise calculation of the emissions. Similarly, a number of physical parameters has been determined such as height of ship above the water line, chimney height above the water line, volume flow and exhaust gas temperature based on previous studies (Olesen & Berkowicz, 2005).

Air quality calculations have been carried out with the OML-model for 2017 based on the emission inventory and the physical parameters. In addition to emissions, meteorological data and background concentrations are also included in the OML-calculations. Firstly, air quality calculations are performed for a larger grid for each city on a spatial resolution of 200 m x 200 m in order to assess how cruise ships affect air quality in the urban area around the ports. Secondly, air quality calculations are carried out on a smaller grid with a finer spatial resolution to assess the air quality in the vicinity of the quays. The spatial resolution is 100 m x 100 m for Copenhagen Port and 50 m x 50 m for Port of Aarhus. Calculations are carried out for the annual mean of NO₂ (nitrogen dioxide) and of PM_{2.5} (mass of particles less than 2.5 micrometers), as well as for the 19th highest hourly value of NO₂ to represent peak values. Limit values exist for all these indicators. The geographic variation in concentrations is shown with isocurves on aerial photos. An isocurve is a line with the same concentration level.

A meteorological year with more frequent easterly wind was identified to assess the impact to air quality. More frequent wind directions from East will transport air pollution from the cruise ships towards the urban areas in both Copenhagen and Aarhus due to their location. The selected meteorological year is 2002.

The concentration contribution of the cruise ships has moreover been calculated at different heights for the small grids in the ports to assess the exposure of high-rise buildings. Calculations have been performed for 25 m, 50 m and 70 m.

Main conclusions

Calls into Danish ports

The statistical analysis of berthing of cruise ships showed that the vast majority of all calls to Danish ports takes place in Copenhagen Port with a share of 70% in 2017. The second largest is Port of Aarhus with 8% and then Port of Rønne with 6%, while the rest is among other ports. The Statistical analysis was based on Statistics Denmark. Separate information was obtained from the administration of Port of Aalborg. The comparison between Port of Aalborg and Port of Aarhus showed that Port of Aalborg actually had 6% more calls than the Port of Aarhus. The overall berthing time in Port of Aalborg was 19% lower, and fuel consumption and NO_x emissions are nearly 60% lower and 65% lower for PM_{2.5} emissions, and the cruise ships are also smaller on average.

Emissions from cruise ships

Total emission from cruise ships in Copenhagen Port in 2017 was 284.5 tons of NO_x and 10.0 tons of PM_{2.5}. By way of comparison, the total emission from all emission sources within the large calculation grid in Copenhagen was 1,669 tons of NO_x and 175 tons of PM_{2.5}. Wood stoves etc. (SNAP2) emitted 23 tons of NO_x and 40 tons of PM_{2.5}, while road transportation (SNAP7) contributed with 878 tons of NO_x and 52 tons of PM_{2.5}. Hence, the emissions of the cruise ships constitute approx. 17% of NO_x emissions and 6% of PM_{2.5} emission. In relation to road transport, the cruise ships contribute approx. 32% of NO_x emissions and 19% of PM_{2.5} emissions.

In Port of Aarhus, the total emission of cruise ships in 2017 was 26.2 tons of NO_x and 1.3 tons of PM_{2.5}. The total emission from all emission sources within the large calculation grid in Aarhus was 812 tons of NO_x and 100 tons of PM_{2.5}. Wood stoves etc. (SNAP2) emitted 23 tons of NO_x and 45 tons of PM_{2.5}, while road transport (SNAP7) contributed with 385 tons of NO_x and 23 tons of PM_{2.5}. The emissions of the cruise ships constitute approx. 3% of total NO_x emissions and 1% of total PM_{2.5} emissions. Hence, the emissions of the cruise ships constitute approx. 7% of NO_x emissions and 6% of PM_{2.5} emissions in relation to road transport.

A comparison of the emissions from an average cruise ship with the emissions from an average passenger car in city traffic shows, that emissions from a cruise ship is equivalent to emissions from about 3,500 cars for NO_x and around 5,000 cars for PM_{2.5} exhaust calculated per time unit (g/s).

Exceedances of limit value at heights of 25 m to 70 m

In order to assess the impact to air quality of other heights than ground level of 1.5 m, calculations were performed for heights of 25 m, 50 m and 70 m. For example, the buildings at Langeliniekaen in Copenhagen Port are approx. 25 m of height, and there are other buildings in the port, which are significantly taller. In addition, there are plans to continue expansion of housing in the port.

The concentration contribution of the cruise ships to air pollution increases generally with height. This is expected, since the exhaust from cruise ships

occurs at a relatively high elevation, and concentrations will be higher at similar heights than at the surface. The plume from the chimney will be more diluted when it reaches the surface whereas at elevated heights it will be less diluted.

In Copenhagen Port, the maximum contribution to the annual mean concentration of NO₂ is approx. 9 µg/m³ at 50 m and 70 m in 2017, which is significant compared to the background level of 16 µg/m³, but still significantly below the limit at 40 µg/m³.

The limit value was not exceeded for calculations of the 19th highest hourly value for NO₂ at ground level. However, the limit value is reached at a height of 25 m and significantly exceeded at heights of 50 m and 70 m. The maximum values exceed the limit value of 200 µg/m³ several times. Hence, the cruise ships contribute significantly to exceedances of the limit value of the 19th highest hourly value for NO₂ in Copenhagen Port.

The concentration contribution of the cruise ships to the annual mean concentration of PM_{2.5} also generally increases with height. The maximum contribution is 2.3 µg/m³ in the height of 50 m in 2017 in Copenhagen Port, which is significant in relation to a background level of 10 µg/m³, but far below the limit value of 25 µg/m³.

The same pattern is also seen for the Port of Aarhus. The limit value for the 19th highest hourly value for NO₂ is also substantially exceeded in heights of 25 m, 50 m and 70 m.

Air pollution from cruise ships in the Copenhagen Port and Port of Aarhus is therefore concentrated to the vicinity of the quays for cruise ships, and the limit value for the 19th highest hourly value of NO₂ was significantly exceeded in the examined heights of 25 m, 50 m and 70 m.

Impact of cruise ships on air quality at the surface (1.5 m height)

Cruise ship emissions affect annual mean concentrations of NO₂ and PM_{2.5} at the surface (1.5 m height) insignificantly in the adjacent urban areas in Copenhagen and Aarhus in 2017.

However, the vicinity of the quays is influenced by the emission of the cruise ships. In Copenhagen Port the maximum contribution from cruise ships to the annual mean concentration of NO₂ is 1 µg/m³ in 2017 which occurs at the Northwest corner of Refshaleøen. For comparison, the background level is 16 µg/m³ at the urban background station of the H.C. Ørsted Institute, and the limit value is 40 µg/m³.

The highest contribution to the annual mean concentration of PM_{2.5} is 0.08 µg/m³, and occurs East of Langeliniekaen and Oerankajen. The concentration contribution from cruise ships is very small compared to the background level of PM_{2.5} at the urban background station of the H.C. Ørsted Institute, which is 10 µg/m³ for 2017. The limit value is 25 µg/m³.

Cruise ship emissions affect to some extent the peak values of concentrations, where the indicator 19th highest hourly value of NO₂ is used. The highest peak value contribution is 7µg/m³ that occur within about 500 meters of the quays in Copenhagen Port. The 19th highest hourly value of NO₂ is under the limit value of 200 µg/m³.

Calculated levels at the surface (1.5 m height) are well below the limit values for annual mean concentrations and peak values, and contributions from the cruise ships are very modest.

The same pattern is seen for Port of Aarhus, however, with lower contributions from the cruise ships.

Meteorological year with frequent eastern wind directions

The analysis of the meteorological year of 2002 with much more frequent eastern wind directions showed that the distribution of air pollution from cruise ships is affected and different from 2017. As expected, the highest concentration contribution of the cruise ships lies more to the West of the quays than in 2017. The contributions are still very small at ground level (1.5 m).

1. Metode og datagrundlag

1.1 Kortlægning af krydstogtskibe i danske havne

Der er udarbejdet en oversigt over antal anløb af krydstogtskibe til danske havne fordelt på København, Aarhus, Rønne og øvrige havne med udgangspunkt i data fra 2017 fra Danmarks Statistik.

Detaljeret statistik for krydstogtskibe, der anløber Københavns Havn og Aarhus Havn, er indhentet fra havnene. Oplysninger omfatter: skibets navn, IMO kode (International Maritime Organization), bruttoton (BT), anløbstidspunkt, afgangstidspunkt og kajnr. mv.

I forbindelse med luftkvalitetsberegningerne er det nødvendigt at kunne stedbestemme skibene. Derfor er der fremskaffet kort, som præcist viser, hvor de forskellige kajanlæg ligger i havnene. Luftkvalitetsberegninger er gennemført for Københavns Havn og Aarhus Havn.

Endvidere er indsamlet data om anløb i Aalborg Havn for at kunne relatere resultaterne fra Københavns Havn og Aarhus Havn til Aalborg Havn.

1.2 Emissionsfaktorer og fysiske parametre til luftkvalitetsberegninger

Luftkvalitetsberegningerne udføres med OML-modellen (Olesen et al. 2007) (OML-Multi version 6.2). OML-modellen kræver bl.a. inddata omkring emissionen og en række fysiske parametre for det enkelte skib.

Ved internetopslag (marinetraffic.com, diverse hjemmesider for rederier, skibsværfter m.m.) på skibets navn eller IMO kode (International Maritime Organization) er det muligt at bestemme en række parametre for skibet som fx byggeår, motortype, total installeret motoreffekt, installation af scrubber mv., som gør det muligt at fastlægge brændstofforbrug og emissionsfaktorer og dermed bestemme emissionen præcist. NO_x-emissionsfaktoren (g/kWh) bestemmes ud fra en kurve over sammenhængen mellem motorbyggeår og emissionsfaktor. Emissionsfaktoren for partikler bestemmes ud fra brændstoftype og svovlindhold samt evt. brug af scrubber. Ligeledes er en række fysiske parametre som fx overbygningshøjde over vandlinje, skorstenshøjde over vandlinje, ydre og indre diameter af skorstensrør, volumenstrøm og røggastemperatur bestemt ud fra tidligere undersøgelser (Olesen & Berkowicz, 2005). Eksempelvis fandt sidstnævnte rapport en lineær sammenhæng mellem bruttotons (BT) og skorstenshøjde.

Krydstogtskibe bruger i de fleste tilfælde et dieselelektrisk system, hvor 4-takt dieselmotorer genererer strøm til elmotorer, der bruges både til skibets fremdrift og skibets effektbehov ved kaj. LNG som brændstoftype blev i 2017 endnu ikke benyttet af krydstogtskibe (de to anløb i Københavns Havn var faktisk med skibe, der normalt er i færgedrift). Hvis skibet har scrubber ombord, er det alle dieselmotorer, der renses (personlig kommunikation med Jens Peter Hansen, ECA engineering).

Det gælder, at 27 % af krydstogtskibene på globalt plan havde scrubber installeret, opgjort ved udgangen af oktober 2017 (ShippingWatch.com). Oplysninger om installeret scrubber på det enkelte krydstogtskib, der anløber

havnene, er skaffet via internetopslag (marinetraffic.com, diverse hjemmesider for rederier, skibsværfter m.m.).

Bygningerne nær kajpladserne er vurderet til ikke at have indflydelse på spredningsberegningerne, idet deres turbulenzoner ikke influerer på skorstenene, og i øvrigt er mindre end skibsskrogene.

1.3 Krydstogtskibenes påvirkning af luftkvaliteten i København og Aarhus

OML-modellen anvendes til at belyse, hvordan luftkvaliteten påvirkes i København og Aarhus. Der gives dels en general vurdering af, hvordan luftkvaliteten påvirkes i de to byer, og en detaljeret vurdering af nærområdet omfattende relevante moler og bygninger.

Både for byområderne og nærområderne beregnes iso-kontur linjer for at illustrere den geografiske deling af koncentrationsbidragene fra krydstogtskibene. Dette visualiseres på digitale luftfotos. Årsmiddelværdier for NO_2 og $\text{PM}_{2,5}$ beregnes. Det er visualiseret, hvor stort bidraget fra krydstogtskibene er ved at beregne forskellen mellem luftkvaliteten uden og med krydstogtskibene. NO_2 er kvælstofdioxid og $\text{PM}_{2,5}$ er massen af partikler under 2,5 mikrometer. Endvidere vises den 19. højeste koncentration af NO_2 , da der er en grænseværdi for denne indikator. Denne indikatorer illustrerer, hvordan spidsværdier påvirkes af krydstogtskibenes emissioner.

Krydstogtskibenes emission af PM_{10} er næsten identisk med $\text{PM}_{2,5}$, så luftkvalitetsberegninger, som tager udgangspunkt i $\text{PM}_{2,5}$ -emissionen vil give næsten samme resultater som for PM_{10} . PM_{10} er massen af partikler under 10 mikrometer. Da grænseværdien for $\text{PM}_{2,5}$ er betydelig lavere end for PM_{10} , er det valgt at illustrere resultaterne som $\text{PM}_{2,5}$.

Beregningerne afspejler koncentrationen ved jordoverfladen i 1,5 meters højde, men for nærområderne belyses endvidere, hvordan relevante højhuse påvirkes ved at identificere disse på kort. På denne baggrund gennemføres modelberegninger for forskellige relevante højder. Udvalgelsen af højder er foretaget på baggrund af eksisterende bygningshøjder i nærområdet samt muligt højere fremtidigt byggeri i havneområderne. Beregningshøjderne er valgt til at være 25 m, 50 m og 70 m. 25 m svarer ca. til højden af bygningerne langs Langeliniekanalen. Beregninger af vertikale profiler, hvor koncentrationsniveauerne beregnes i mange forskellige højder viser, at de højeste koncentrationer optræder mellem 50 m og 70 m. Derfor er disse højder valgt for beregningerne. Da krydstogtskibene er høje, og røgafkastet derfor foregår i en stor højde vil koncentrationsbidraget være meget højere i større højder end ved jordoverfladen. Derfor vil det være potentielt højt i de tilfælde, hvor krydstogtskibet ligger op ad bygninger med sammenlignelige højder som krydstogtskibets skorsten.

Alle højder for beregningspunkterne er kote højde dvs. i forhold til normal vandstand. I havnen vil der være nogle få meters afstand fra terræn til vandlinje.

OML-modellen kræver også baggrundskoncentrationer, hvor målte bybaggrundskoncentrationer er anvendt fra målestationer i hhv. København og Aarhus under det nationale overvågning af luftkvaliteten i Danmark (Ellermann et al., 2018). I forhold til NO_x -beregningerne består de målte baggrundsdata til OML af NO_x -, NO_2 - og O_3 -koncentrationer samt

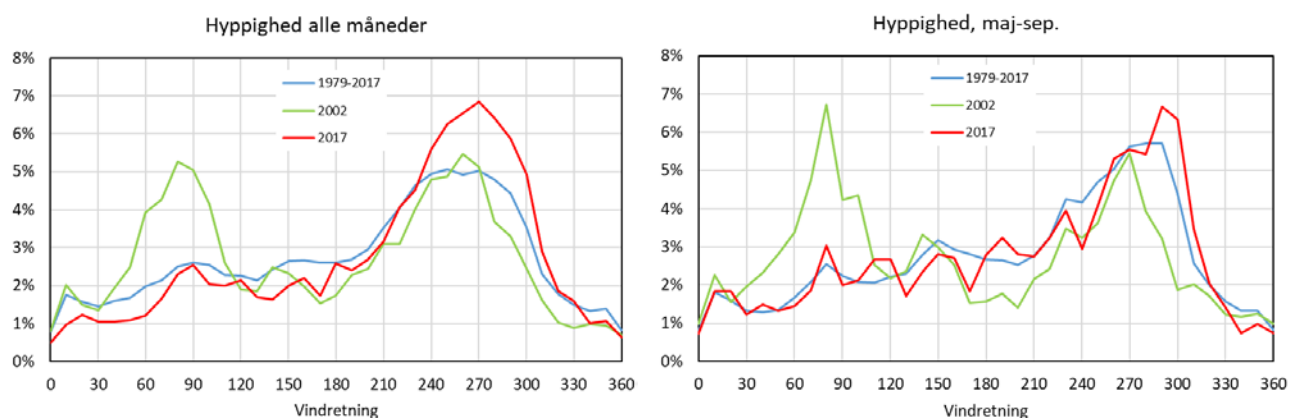
globalstråling for hver time i beregningsperioden. Det er nødvendigt med disse målinger for at kunne beregne de kemiske reaktioner, som blandt andet styres af globalstråling, og temperaturen indgår også. I de perioder, hvor der mangler målinger, anvendes beregnede koncentrationer fra modellerne DEHM (the Danish Eulerian Hemispheric Model; Christensen, 1997; Brandt et al., 2012) og UBM (the Urban Background Model; Berkowicz, 2000b). Andel af modeldata er vist i tabel 1.1.

Tabel 1.1. Andelen af målinger på bybaggrundsstationer, hvor målinger mangler og er erstattet med beregninger fra DEHM og UBM.

År	København			Aarhus		
	NO _x -NO ₂	O ₃	Globalstråling	NO _x -NO ₂	O ₃	Globalstråling
2002	8%	100%	4,4%	0,1%	0,1%	0%
2017	1,3%	1,2%	0%	4,6%	8,2%	63%

Da massen af partikler kun i mindre grad er påvirket af andre stoffer, er det ikke nødvendigt at anvende baggrundsdata ved beregning af PM-koncentrationer.

OML-modellen kræver også meteorologiske data. Der er anvendt meteorologisk data baseret på data fra vejrmodellen WRF (Weather Research and Forecast Modeling System), (Skamarock et al., 2008), som også benyttes til luftkvalitetsberegninger i det nationale overvågning af luftkvaliteten i Danmark. Da forskelle i meteorologi fra år til år har betydning for koncentrationsniveauerne, er det belyst, hvilken betydning forskellige meteorologiske år har for luftkvaliteten. På baggrund af analyser af hyppigheden af vindretninger fra vejrmodellen WRF i sommerhalvåret i København for perioden 1979-2017 er 2002 identificeret som et år med hyppigere østenvind, som vil føre luftforureningen fra krydstogtskibene ind over byerne. Vindretningerne i 2017 ligner meget gennemsnittet for den analyserede periode, se figur 1.1.



Figur 1.1. Hyppighed af vindretninger i grader fra nord i København for de angivne år. "0" er nord, "90" er øst, "180" er syd og "270" er vest. Alle måneder (venstre) og månederne maj til september (inkl.) (højre). Data er fra vejrmodellen WRF.

Overfladens ruhed har betydning for turbulens og spredning. Der er anvendt en ruhedsparemeter på 0,5 m svarende til den relativ høje bebyggelse i København og Aarhus.

I luftkvalitetsberegninger af NO₂ er det antaget, at 10% af NO_x (NO+NO₂)-emissionen er direkte emission af NO₂. I rapporten af Olesen & Berkowicz (2005) blev der gennemført OML-beregninger af følsomheden over for parametervariationer. Således ændredes maksimalværdien af den 19. største

timemiddel for NO₂ sig kun fra 103 µg/m³ til 105 µg/m³ ved en ændring af den direkte NO₂-emission fra 10% til 15%. Værdien optrådte i umiddelbar nærhed af udslippet. NO₂-koncentrationen i større afstande er meget mindre følsom over for den direkte emissionsprocent af NO₂, da koncentrationen her er styret af NO_x-emissionen og baggrundsforureningens indhold af O₃. Følsomheden over for røggastemperaturen var også minimal.

De detaljerede analyser for København og Aarhus er relateret til forholdene i Aalborg havn ud fra anløb af krydstogtskibe i Aalborg Havn og deres emission. Der er således ikke udført luftkvalitetsberegninger for Aalborg havn.

Der er endvidere foretaget en indikativ sammenligning mellem modelberegninger og en målekampagne på Langelinie i Københavns Havn, hvor FORCE Technology har gennemført luftkvalitetsmålinger i perioden maj til september 2018 for Copenhagen Malmö Port AB (FORCE Technology, 2018). Det er ikke umiddelbart muligt at foretage direkte detaljerede sammenligninger mellem måleresultater herfra og de gennemførte modelberegninger i nærværende projekt, da undersøgte anløb af krydstogtskibe er fra 2017.

2. Anløb af krydstogtskibe i danske havne

Dette kapitel giver først en oversigt over antal anløb af krydstogtskibe i danske havne, og derefter en detaljeret statistik for krydstogtskibe, der anløber Københavns Havn og Aarhus Havn.

2.1 Anløb i danske havne

I 2017 anløb 463 krydstogtskibe danske havne (Danmarks Statistik, 2018). Langt hovedparten af skibene (70 %) anløb Københavns Havn, fulgt af Aarhus Havn (8 %) og Rønne Havn (6 %). De resterende 16% af krydstogtanløbene fandt sted i de øvrige danske havne Aalborg, Skagen, Fredericia, Hundested, Helsingør og Kalundborg (www.visitcopenhagen.com/cruisecopenhagen/-copenhagen/welcome-copenhagen).

Figur 2.1 viser antallet af anløb af krydstogtskibe i 2017 for Københavns Havn, Aarhus Havn, Rønne Havn og øvrige danske havne, samt den procentvise fordeling af anløb på havnene.



Figur 2.1. Antallet af anløb af krydstogtskibe i 2017 for Københavns Havn, Aarhus Havn, Rønne Havn og øvrige danske havne, samt den procentvise fordeling af anløb på havnene.

Ovenstående er baseret på oplysninger fra Danmarks Statistik. Særskilte oplysninger er indhentet fra administrationen af Aalborg Havn. Deres opgørelse viste, at Aalborg Havn faktisk har 6% flere anløb end Aarhus Havn, så Aalborg Havn ud fra antallet af anløb faktisk er den anden største krydstogthavn. Men sammenligningen viste også, at i Aalborg Havn er den samlede kajtid 19% lavere, og krydstogtskibene er også mindre i gennemsnit i forhold til Aarhus Havn.

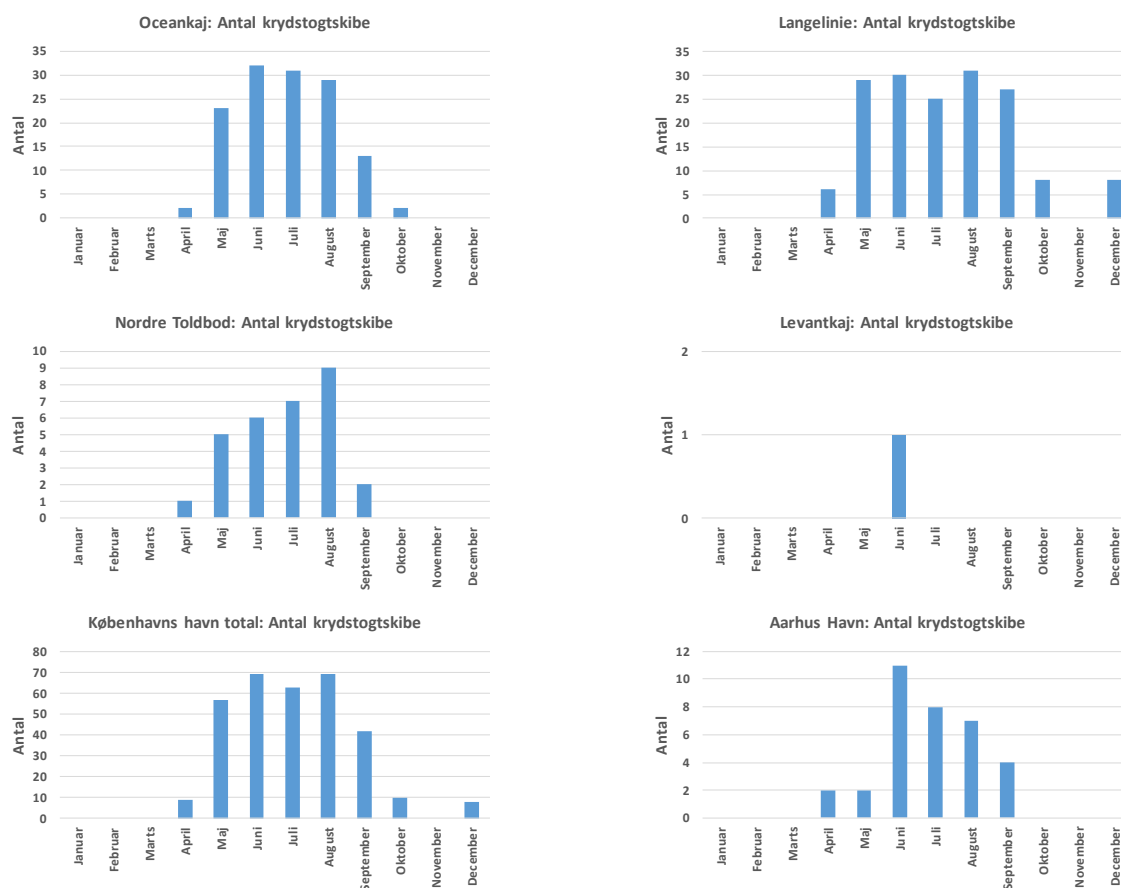
2.2 Anløb i Københavns Havn og Aarhus Havn

Dette projekt fokuserer på krydstogtskibenes emissionsbelastning for de to vigtigste krydstogthavne i Danmark: Københavns Havn og Aarhus Havn. Som inputdata til brug for projektet leverede Københavns Havn og Aarhus Havn data for i alt 359 anløb med krydstogtskibe for året 2017 med oplysninger om skibets navn, bruttoton (BT), IMO kode, ankomsttidspunkt, afgangstidspunkt, kajnummer, lokation for Københavns Havn: Oceankaj, Langelinie, Nordre Toldbod og Levantkaj; og lokation for Aarhus Havn:

Krydstogtkajen, kajnr. 129 (Hansen, 2018; Storeide, 2018). Listen med krydstogtsanløb er vist i Bilag 1 med oplysning om havn, lokation, skibets navn, IMO kode, ankomsttidspunkt og afgangstidspunkt. I forbindelse med luftkvalitetsberegninger anvendes de detaljerede oplysninger om det enkelte krydstogtskib. I det følgende er vist totale tal eller gennemsnitstal for anløb og emission.

Antallet af anløb af krydstogtskibe for 2017 fordelt pr. måned og lokation er vist i **Figur 2.2**. Der er flest anløb i perioden maj til september, men også enkelte anløb i april, oktober og december.

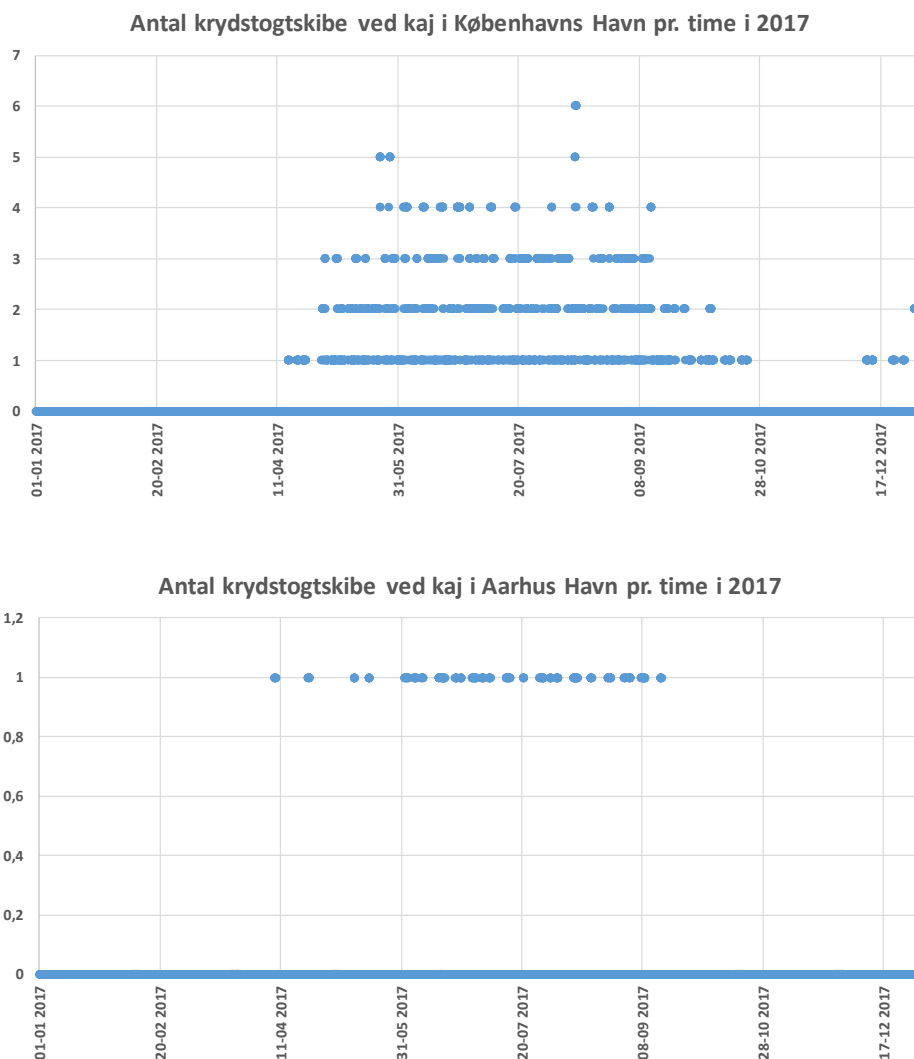
Den gennemsnitlige anløbsperiode er omkring 12 timer, og minimum er 4 timer og maksimum 57 timer.



Figur 2.2. Antallet af anløb af krydstogtskibe for 2017 fordelt pr. måned og lokation (Københavns Havn: Oceankaj, Langelinie, Nordre Toldbod, Levantkaj og samlet; Aarhus Havn: kajnr. 29).

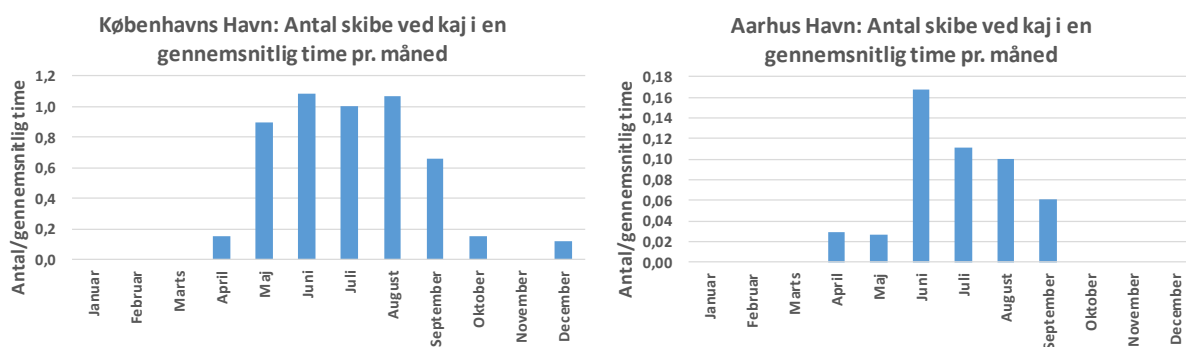
Krydstogtskibenes anløbsperiode er helt overvejende i dagtimerne, og det gennemsnitlige ankomsttidspunkt er kl. 8 og afgangstidspunkt kl. 18. Luftforureningen fra skibene finder derfor typisk sted i dette tidsrum.

Alt andet lige vil forureningen fra krydstogtskibene være størst, hvis der er mange krydstogtskibe samtidigt. Dette er forsøgt illustreret i figur 2.3 ved at vise antallet af krydstogtskibe ved kaj for hver enkelt time i 2017 i Københavns Havn og Aarhus Havn. Det maksimale antal krydstogtskibe ved kaj samtidig i Københavns Havn er seks og et i Aarhus Havn. I Aarhus Havn er der kun en kajplads. Figuren viser endvidere, at der er mange timer uden krydstogtskibe også i højsæsonen.



Figur 2.3. Antal krydstogtskibe ved kaj pr. time i Københavns Havn (øverst) og Aarhus Havn i 2017 (nederst).

En anden måde at illustrere aktiviteten på er at vise antallet af krydstogtskibe ved kaj i de to havne for en gennemsnitlig time pr. måned i 2017. Dette er vist i figur 2.4.



Figur 2.4. Antal krydstogtskibe ved kaj i en gennemsnitlig time pr. måned i Københavns Havn og Aarhus Havn i 2017.

3. Placering af krydstogtskibe og beregningsområder

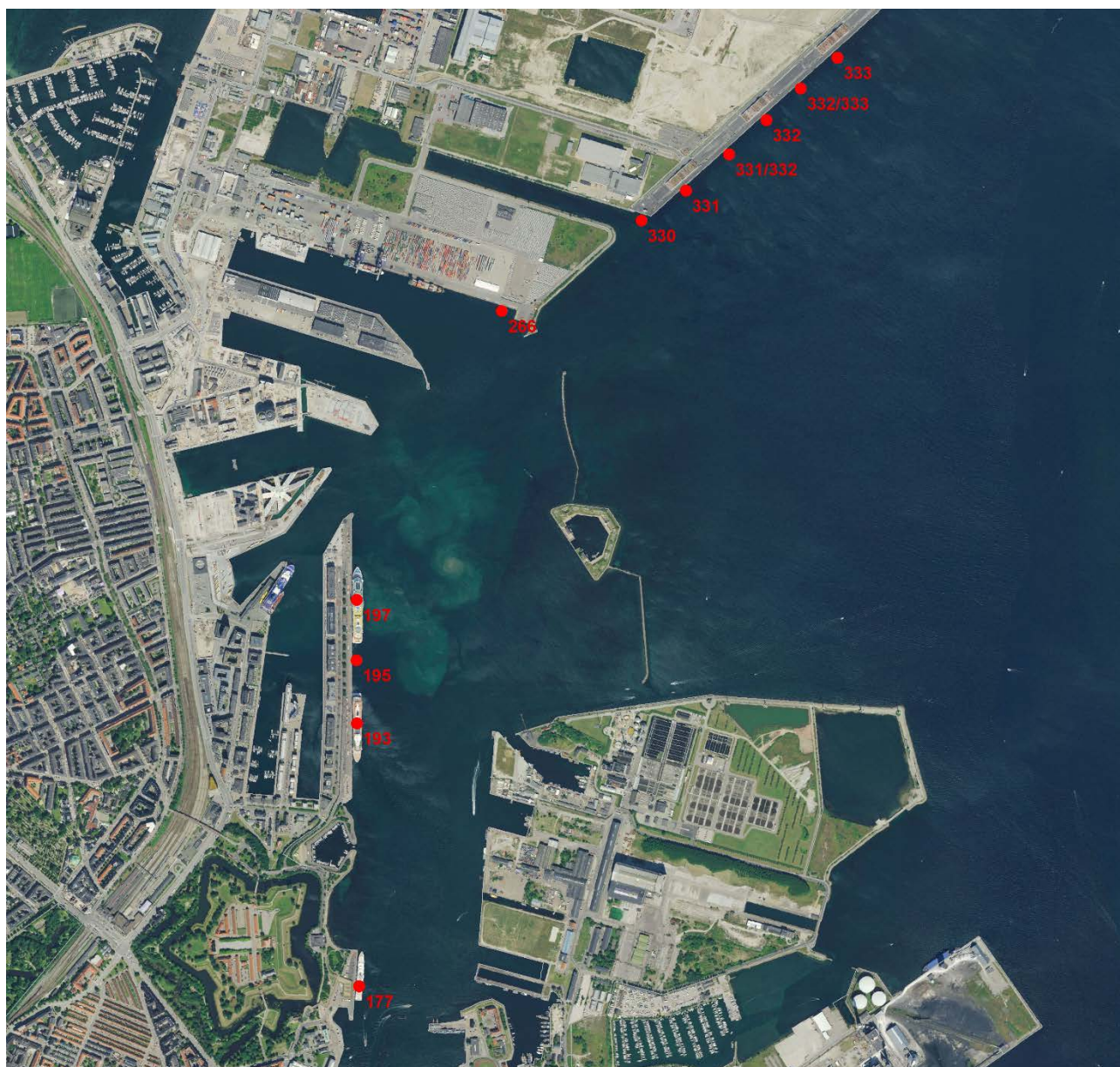
3.1 Placering af krydstogtskibe i Københavns Havn og Aarhus Havn

Krydstogtskibene anløber bestemte kajpladser. Ud fra kort over kajpladser i Københavns Havn og Aarhus Havn erhvervet fra havnene, er kajpladserne digitaliseret ved at finde den tilsvarende koordinat i Krak.dk, således at kajpladserne kan vises på et digitalt luftfoto i GIS. Ud over en kajplads for anløb af et krydstogtskib angives også i nogle tilfælde et pælenr., men disse er ikke vist på kortene fra havnene, så disse oplysninger har ikke kunnet anvendes. Dette bidrager til en lille usikkerhed om hvor skibet præcist har ligget i disse tilfælde.

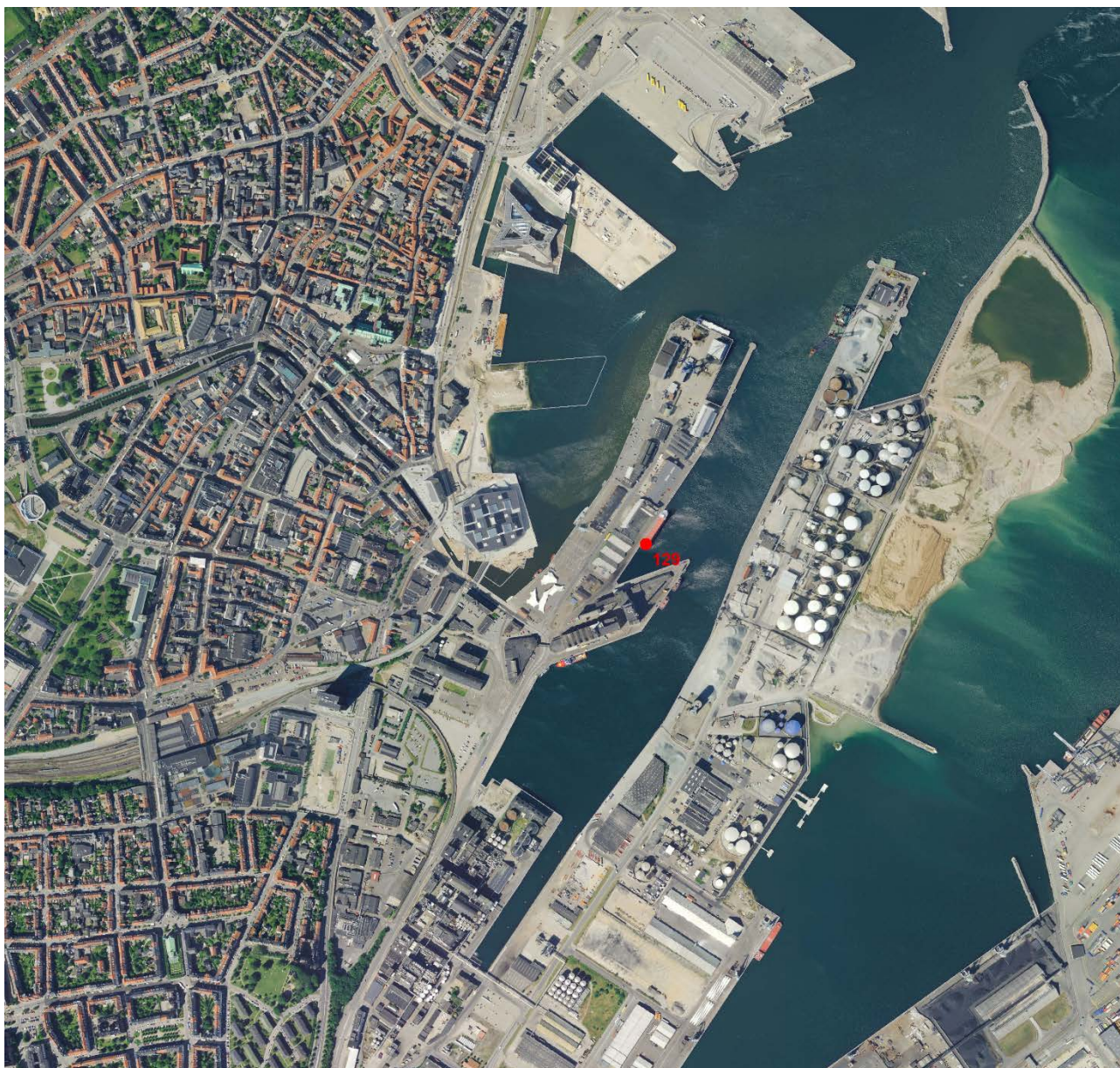
Placering af kajpladser for anløb af krydstogtskibe i Københavns Havn er vist i **Figur 3.1** og for Aarhus Havn i figur 3.2. I Københavns Havn er der 11 kajpladser og i Aarhus Havn kun en.

I Københavns Havn hedder kajplads 177 Nordre Toldbod, og kajplads 193 til 197 hedder Langeliniekajen, kajplads 266 Levantkajen, og kajplads 330 til 333 Oeankajen.

I Aarhus Havn er der kun kajplads 129, som hedder krydstogtkajen.



Figur 3.1. Placering af kajpladser i Københavns Havn for anløb af krydstogtskibe.



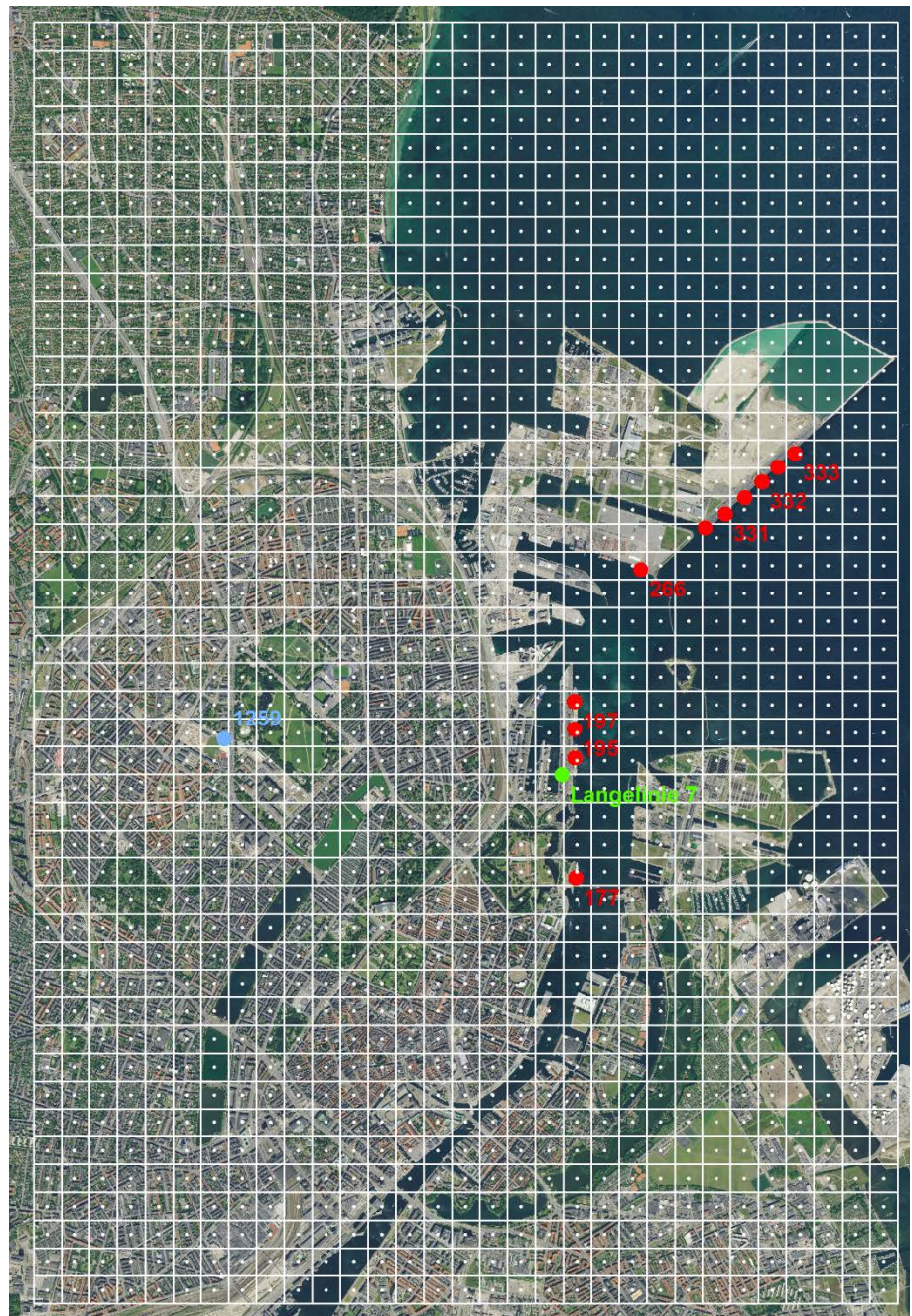
Figur 3.2. Placering af kajplads i Aarhus Havn for anløb af krydstogtskibe.

3.2 Beregningsområder i København og Aarhus

For at kunne foretage en general vurdering af, hvordan luftkvaliteten i København og Aarhus påvirkes af krydstogtskibene, er der defineret et gitternet med en geografisk opløsning på 200 m x 200 m for beregning af koncentrationsbidraget fra krydstogtskibene. Luftkvalitetsberegninger er foretaget for centerpunktet i gittercellerne.

Beregningsområder i København

Gitternettet for København er vist i **Figur 3.3** og har en størrelse på 6,6 km x 9,2 km. Beregningspunktet er i centeret af gittercellerne. Der er 1.426 beregningspunkter.



Figur 3.3. Gitternet for København. Kajpladser er markeret med rødt, bybaggrundsmålestation på H.C. Ørsted Institutet med blåt, og en midlertidig målestation på Langelinie med målinger af FORCE Technology med grønt.

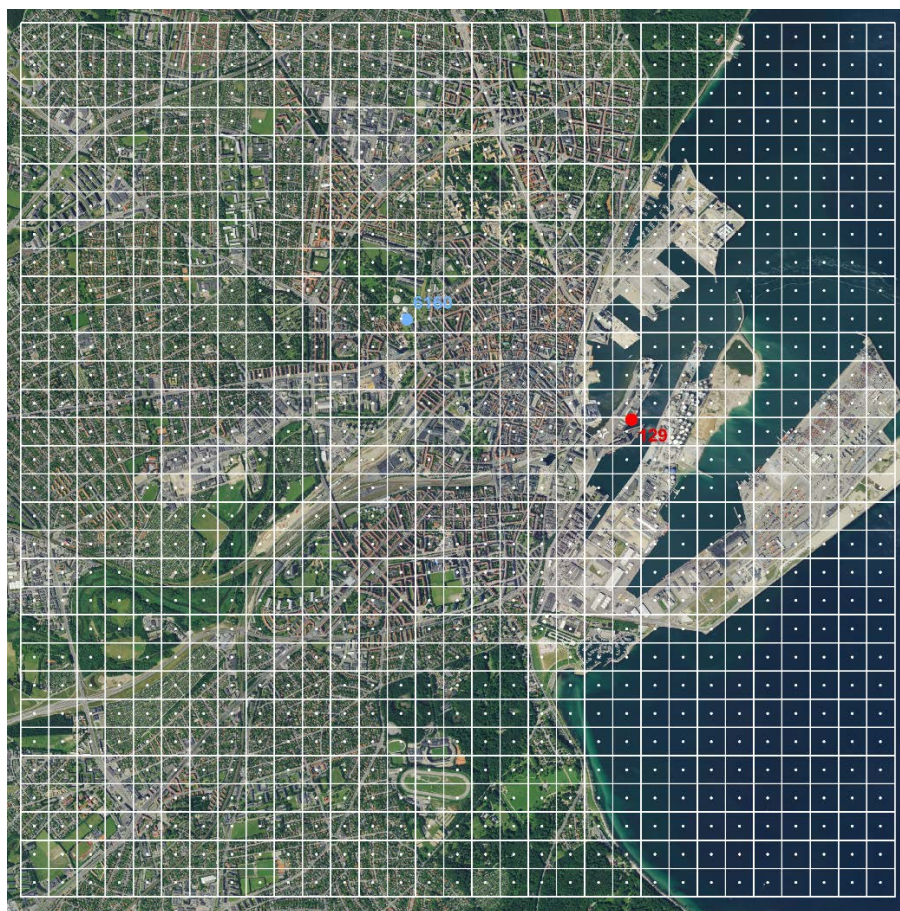
Placering af bybaggrundsmålestationen på taget af H.C. Ørsted Institutet (HCØ/1259) er også vist. I forbindelse med beregning af koncentrationsbidraget fra krydstogtskibe er luftkvalitetsdata fra denne station anvendt som baggrundskoncentrationer for OML-beregningerne.

Endvidere er vist placering af en midlertidig målestation på Langelinie, hvor FORCE Technology har gennemført luftkvalitetsmålinger i perioden maj til september 2018 for Copenhagen Malmö Port AB (FORCE Technology, 2018). Formålet med målingerne var at dokumentere, om tilstedeværelsen af krydstogtskibe i Københavns Havn (ved Langelinie, Oecankaj og Nordre Toldbod), har indflydelse på luftkvaliteten ved nærliggende boliger, eksemplificeret ved Langelinie Allé 7. Måleudstyr var opsat på taget af bygningen i 26 m højde på Langelinie 7. Det er ikke umiddelbart muligt at

foretage direkte detaljerede sammenligninger mellem måleresultater herfra og de modelberegninger, som gennemføres i nærværende projekt, da undersøgte anløb af krydstogtskibe er fra 2017. Der kan være væsentlige forskelle mellem 2017 og 2018 mht. til antal anløb, tidsperioder, baggrundsforurening og meteorologi, som vil påvirke luftkvaliteten. Der er gennemført modelberegninger for det pågældende sted for 2017, og dette er sammenholdt med gennemsnitsværdien af måleresultaterne fra 2018 for at give en indikation af forskellene.

Beregningsområder i Aarhus

Gitternettet for Aarhus er vist i figur 3.4 og har en udstrækning på 6,2 km x 6,2 km med gittercellestørrelse på 200 m x 200 m, dvs. i alt 961 beregningspunkter i centerpunktet af cellerne.



Figur 3.4. Gitternet for Aarhus. Kajpladsen er markeret med rødt, bybaggrunds-målestation ved Botanisk Have med blåt.

Placering af bybaggrundsmålestationen ved Botanisk Have (6160) er også vist.

3.3 Beregningsområder for nærområder i Københavns Havn og Aarhus Havn

For at kunne foretage en detaljeret vurdering af, hvordan krydstogtskibene påvirker nærområderne i København Havn og Aarhus Havn, er der defineret et mindre geografisk område med en høj opløsning for beregning af koncentrationsbidraget fra krydstogtskibene.

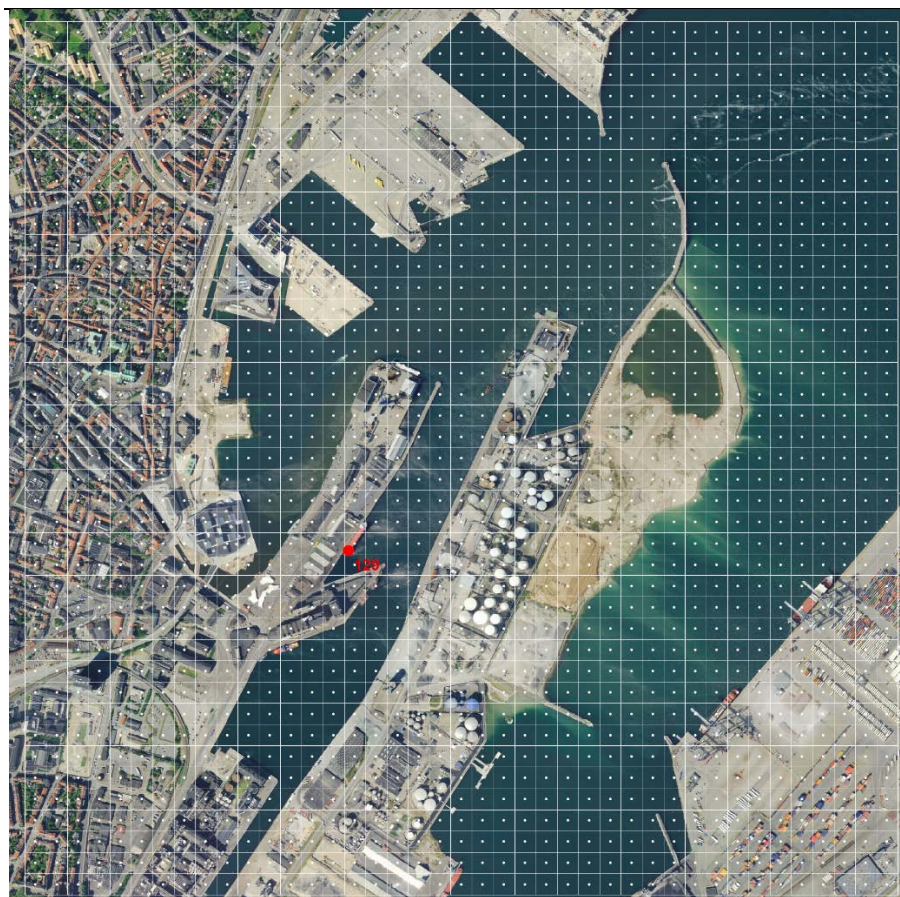
Beregningsgitternettet er vist i figur 3.5 for Københavns Havn. Gitternettet er 3.100 m x 4.100 m med en gittercellestørrelse på 100 m x 100 m.

Beregningspunktet er i midten af cellerne, og der er i alt 1.271 beregningspunkter.



Figur 3.5. Gitternet for nærområde i Københavns Havn.

Beregningsgitternettet er vist i figur 3.6 for Aarhus Havn. Her er gitternettet 2.050 m x 2.050 m med en gittercellestørrelse på 50 m x 50 m. Beregningspunktet er i midten af cellerne, og der er i alt 1.681 beregningspunkter.



Figur 3.6. Gitternet for nærområde i Aarhus Havn.

4. Emissioner fra krydstogtskibe

Dette kapitel beskriver emissionen fra krydstogtskibene og en række fysiske parametre, som er nødvendige for beregning af luftkvaliteten med OML-modellen.

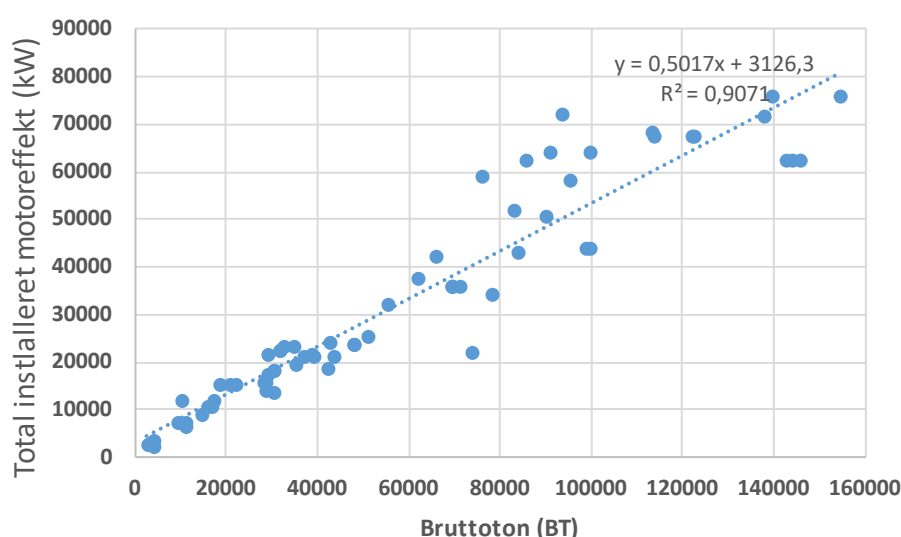
I forbindelse med luftkvalitetsberegninger med OML-modellen er det nødvendigt at bestemme emissionsraten, som opgøres i gram pr. sekund for det enkelte krydstogtskib for dets anløbsperiode. I det følgende er forudsætningerne beskrevet for bestemmelse af emissionsraterne for NO_x og PM_{2,5}. Først bestemmes energiforbruget ved kaj og manøvrering, og ud fra specifikke emissionsfaktorer (emission pr. energienhed) bestemmes den samlede emission, hvorefter emissionsraten (emission pr. tidsenhed) kan bestemmes til brug for luftkvalitetsberegningerne.

I forbindelse med de efterfølgende luftkvalitetsberegninger med OML-modellen anvendes emissionsraten for det enkelte skib, dets konkrete placering i havnen og dets fysiske parametre som fx skorstenshøjde samt skibets anløbsperiode.

4.1 Energiforbrug ved kaj og manøvrering i havn

Skibenes effektforbrug ved kaj og ved manøvrering i forbindelse med kajankomst og -afgang bruges til at bestemme emissionerne. Manøvrering er antaget at være 15 min. før ankomsttidspunkt og 15 min. efter afgangstidspunkt.

Figur 4.1 viser den totale installerede motoreffekt (kW) som funktion af bruttotons (BT) for krydstogtskibene i undersøgelsen (Olesen & Berkowicz, 2005).



Figur 4.1. Total installeret motoreffekt (kW) som funktion af BT for krydstogtskibene i undersøgelsen.

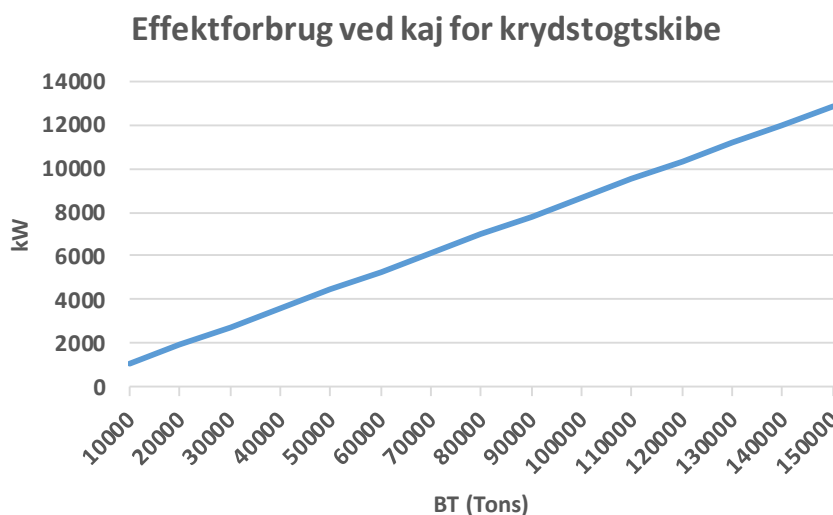
Det har dog ikke været muligt at finde brugbare oplysninger om effektforbruget for de enkelte krydstogtskibe i dette projekt. Effektforbruget ved kaj er i stedet for estimeret ved at bruge en relation mellem BT og

effektforbrug for krydstogtskibe bestemt af Olesen & Berkowicz (2005) i en tidligere emissionsundersøgelse af krydstogtskibe i Københavns Havn:

$$P = 0,084 \cdot BT + 242,58 \quad (1)$$

Hvor P=effektforbrug ved kaj (kW) og BT= skibets bruttoton.

Figur 4.2 viser det estimerede effektforbrug ved kaj (kW) som funktion af BT for krydstogtskibene i undersøgelsen.



Figur 4.2. Estimeret effektforbrug ved kaj (kW) som funktion af BT for krydstogtskibene i undersøgelsen.

Det enkelte skibs effektforbrug ved manøvrering findes som produktet af skibets samlede installerede motoreffekt og en motorlastfaktor på 25 %. Motorlastfaktoren er taget fra den tidligere emissionsundersøgelse af krydstogtskibe i Københavns Havn udført af Olesen & Berkowicz (2005). Effektforbruget ved manøvrering og ved kaj bruges som input i beregningen af energiforbrug og emissioner i ligningerne (4) og (5).

4.2 Specifik energiforbrug og emissionsfaktorer

Krydstogtskibe bruger i de fleste tilfælde et dieselelektrisk system, hvor 4-takt medium speed dieselmotorer genererer strøm til elmotorer, der bruges både til skibets fremdrift og skibets effektbehov ved kaj.

Figur 4.3 viser det specifikke brændstofforbrug og NO_x-emissionsfaktoren (g/kWh) som funktion af motorbyggeår for medium speed dieselmotorer. Det specifikke brændstofforbrug kommer fra Transportministeriets TEMA2015 model, og NO_x-emissionsfaktorerne er oplyst af MAN Energy Solutions (2012). For LNG (Liquified Natural Gas) bruges en NO_x-emissionsfaktor på 1,5 g/kWh oplyst af Bengtsson et al. (2011) og et specifikt brændstofforbrug på 191,9 g/kWh oplyst af Kruse (2015).



Figur 4.3. Specifikke brændstofforbrug og NO_x emissionsfaktorer som funktion af motorbyggeår for medium speed skibsmotorer anvendt for krydstogtskibene i undersøgelsen.

Ved lav motorbelastning og varierende motorbelastning under manøvrering stiger skibsmotorernes specifikke brændstofforbrug (sfc: Specific fuel consumption, angivet i g/kWh). Justeringsfunktionerne er oplyst af IMO (2015) baseret på data fra Starcrest (2013), og ved 25 % motorbelastning benyttes en justeringsfaktor på 1,13 i de efterfølgende beregninger af brændstofforbruget.

PM-emissionsfaktorerne (g/kWh) for diesel kommer fra IMO (2015), og afhænger generelt af svovlindholdet (S %) i brændstoffet og motorens specifikke brændstofforbrug (sfc). Svovlindholdet kendes ikke specifikt for det brændstof skibene bruger i undersøgelsen. I stedet bruges det globale gennemsnit for HFO (2,6 % S) og MDO/MGO (0,08 % S) rapporteret for 2017 i IMO's årlige måleprogram (IMO, 2018). HFO er Heavy Fuel Oil, MDO er Marine Diesel Oil, og MGO er Marine Gas Oil.

PM-emissionsfaktorerne beregnes på følgende måde for HFO og MDO/MGO:

$$EF_{PM,HFO} (g / kWh) = 1.35 + (sfc \cdot 7 \cdot 0.02247 \cdot (S\% / 100 - 0.0246)) \quad (2)$$

$$EF_{PM,MDO} (g / kWh) = 0.23 + (sfc \cdot 7 \cdot 0.02247 \cdot (S\% / 100 - 0.0024)) \quad (3)$$

Hvor EF_{PM} = PM-emissionsfaktoren (g/kWh), sfc = specifikt brændstofforbrug (figur 4.3) og S% = svovlprocent i brændstoffet.

For skibe der bruger scrubber antages en partikelreduktionsfaktor på 60 % bestemt ud fra et litteraturstudie (Køcks et al. (2018); Rynbach et al. (2018); CIMAC (2008); Hansen (2012a); Hansen (2012b); Fridell et al. (2016)) samt dialog med eksperter indenfor industri og emissionsmålinger (f.eks. Force Technology, 2018; Pureteq, 2018).

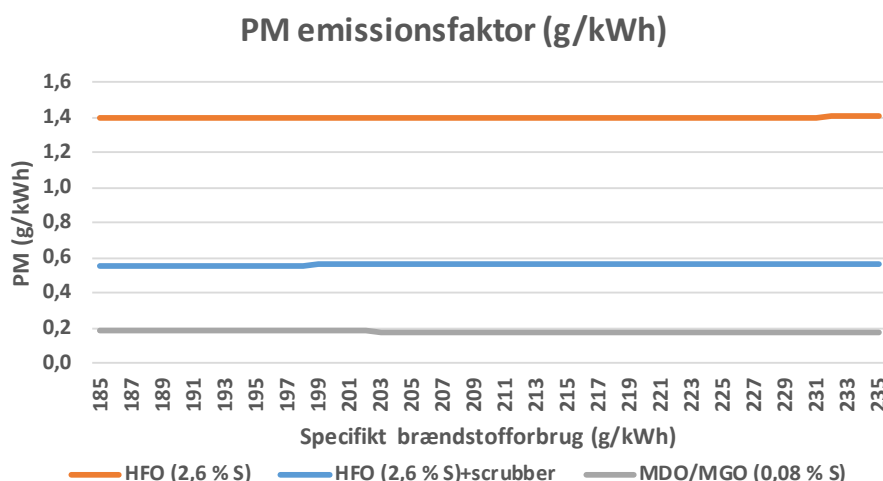
En scrubber er et rensedstyr, der reducerer svovl og partikler i røggasen, og som derfor er en vigtig oplysning for bestemmelse af emissionsfaktorerne.

De 359 anløb blev gjort med i alt 74 forskellige skibe, og for hvert enkelt skib blev skibets byggeår (og i få tilfælde motorbyggeår), total installeret motoreffekt og evt. scrubber installeret undersøgt ved internetopslag (marinetraffic.com, diverse hjemmesider for rederier, skibsværfter m.m.)

Undersøgelsen viste, at samlet set 26 % af skibene der anløb Københavns Havn og Aarhus Havn, havde en scrubber installeret til rensning af svovl i

udstødningsgassen. Den samlede scrubberandel for krydstogtskibene i Københavns Havn og Aarhus Havn stemmer fint overens med den globale scrubberandel for krydstogtskibe på 27 %, opgjort ved udgangen af oktober 2017 (ShippingWatch.com).

Figur 4.4 viser PM-emissionsfaktorerne beregnet for HFO, HFO+scrubber og MGO/MDO med de anvendte svovlprocenter vist i parentes. Da alle skibe, der bruger HFO som brændstof, som før nævnt har en scrubber ombord, er det kun emissionsfaktoren for HFO+scrubber, der bruges for brændstoftypen HFO i dette projekt.



Figur 4.4. PM-emissionsfaktorer for HFO, HFO+scrubber og MGO/MDO som funktion af specifikt brændstofforbrug benyttet for krydstogtskibene i undersøgelsen.

Det antages, at $PM_{2.5}$ udgør 98,5 % af samlet PM for HFO og MDO/MGO, baseret på data fra MAN Energy Solutions (2012). For LNG bruges en PM-emissionsfaktor på 0,079 g/kWh oplyst af Bengtsson et al. (2011).

4.3 Samlet energiforbrug og emissioner for krydstogtskibene

Energiforbruget og emissionerne for krydstogtskibene ved kaj beregnes på følgende måde:

$$E_{kaj} = \sum_i T_i \cdot P_j \cdot EF_{k,y} \quad (4)$$

Hvor E = Energiforbrug/emissioner, i = anløb nummer, T = Opholdstid ved kaj (timer), P = Effektforsøg ved kaj for det enkelte skib (kW, beregnes med (1)), EF = faktor for brændstofforbrug/emissioner (g/kWh), j = skibsID, k = brændstoftype, y = motorbyggeår.

Energiforbruget og emissionerne for krydstogtskibene under manøvrering beregnes på følgende måde:

$$E_{manøvrering} = \sum_i T_i \cdot P_j \cdot LF \cdot LAF \cdot EF_{k,y} \quad (5)$$

Hvor E = Energiforbrug/emissioner, i = anløb nummer, T = Manøvreringstid (0,5 timer), P = Total installeret motoreffekt for det enkelte skib (kW, se bilag 2), LF = Motorbelastningsfaktor (0,25), LAF = Transient justeringsfaktor (=1,13; bruges kun ved beregning af energiforbruget), EF = faktor for brændstofforbrug/emissioner (g/kWh), j = skibsID, k = brændstoftype, y = motorbyggeår.

Tabel 4.1 viser antallet af krydstogtskibe i Københavns Havn og tabel 4.2 i Aarhus Havn i 2017 og det beregnede energiforbrug og emissioner for skibene fordelt på aktivitet (manøvrering/ved kaj), lokation og brændstoftype (HFO, MDO/MGO og LNG). CO₂ emissionen er også vist, men indgår ikke i luftkvalitetsberegningerne, da CO₂ er en drivhusgas.

Det ses, at langt hovedparten af luftforureningen sker ved kaj, og luftforureningen under manøvrering udgør en mindre del.

Afledt af tabel 4.1 og tabel 4.2 ses, at hovedparten af emissionen sker i Københavns Havn. Københavns Havns procentandele af anløb, tidsforbrug i havn, energiforbrug, NO_x- og PM_{2,5}-emissioner er på hhv. 91 %, 92 %, 91 %, 92 % og 88 % i forhold til de samlede anløb, tidsforbrug i havn, energiforbrug, NO_x- og PM_{2,5}-emissioner for Københavns Havn og Aarhus Havn. Procentandelene for Aarhus Havn er følgelig hhv. 9%, 8%, 9%, 8% og 12%.

De samlede emissioner fra krydstogtskibe i Københavns Havn i 2017 var 284,5 tons NO_x og 10,0 tons PM_{2,5}. Til sammenligning var den samlede emission af alle kilder inden for det store beregningsgitternet i København på 1.669 tons NO_x og 175 tons PM_{2,5}. Heraf stod brændeovne mv. (SNAP2) for hhv. 23 tons NO_x og 40 tons PM_{2,5}, mens vejtransportsektoren (SNAP7) stod for 878 tons NO_x og 52 tons PM_{2,5}. Krydstogtskibenes emission udgør således omkring 17% af NO_x-emissionen inden for det store beregningsgitternet og 6% for PM_{2,5}. Den tilsvarende andel i forhold til vejtransportsektoren er omkring 32% af NO_x-emissionen inden for det store beregningsgitternet og 19% for PM_{2,5}.

Oplysninger om emissionen stammer fra den geografiske fordeling af de nationale emissioner på 1 km x 1 km (Plejdrup et al., 2018).

I Aarhus Havn var de samlede emissioner fra krydstogtskibe i 2017 på 26,2 tons NO_x og 1,3 tons PM_{2,5}. Til sammenligning var den samlede emission af alle kilder inden for det store beregningsgitternet i Aarhus på 812 tons NO_x og 100 tons PM_{2,5}. Heraf stod brændeovne mv. (SNAP2) for hhv. 23 tons NO_x og 45 tons PM_{2,5}, mens vejtransportsektoren (SNAP7) stod for 385 tons NO_x og 23 tons PM_{2,5}. Krydstogtskibenes emission udgør således omkring 3% af NO_x emissionen inden for det store beregningsgitternet og 1% for PM_{2,5} i forhold til vejtransportsektoren. Den tilsvarende andel i forhold til vejtransportsektoren er omkring 7% af NO_x-emissionen inden for det store beregningsgitternet og 6% for PM_{2,5}.

Tabel 4.1. Antal anløb og timer i havn for krydstogtskibe i Københavns Havn i 2017 og de beregnede MWh, energiforbrug og emissioner, fordelt på aktivitet (manøvrering/ved kaj), lokation og brændstoftype.

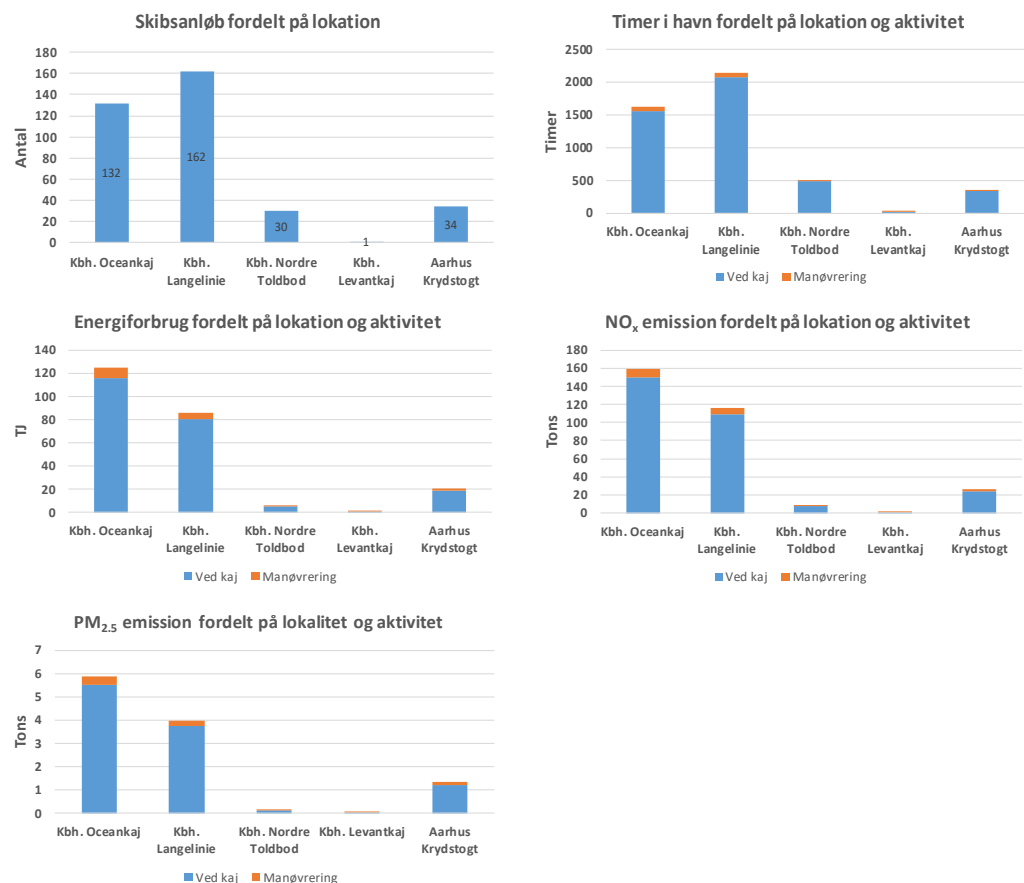
Havn	Lokation	Aktivitet	Brændstoftype	Anløb	Timer	MWh	Brændstofforbrug	Brændstofforbrug	NOx	PM _{2.5}	CO ₂
				Antal	Antal		Tons	TJ	kg	kg	Tons
Kbh.	Langelinie	Manøvr.	HFO	82	41	341	73	3	3659	187	232
			LNG	2	1	6	1	0	8	0	3
			MDO/MGO	78	39	268	60	3	3079	48	189
			Total	162	81	615	134	6	6746	235	424
Kbh.	Levantkaj	Manøvr.	HFO	1	1	7	2	0	87	4	5
Kbh.	Nordre Toldbod	Manøvr.	MDO/MGO	30	15	32	7	0	379	6	22
Kbh.	Oceankaj	Manøvr.	HFO	74	37	604	129	5	6518	331	412
		Manøvr.	MDO/MGO	58	29	352	79	3	3468	62	249
		Manøvr.	Total	132	66	955	208	9	9985	393	661
Kbh.	Samlet	Manøvr.	HFO	157	79	952	203	8	10263	522	648
			LNG	2	1	6	1	0	8	0	3
			MDO/MGO	166	83	651	146	6	6926	116	460
			Grand total	325	163	1609	350	15	17197	638	1112
Kbh.	Langelinie	Ved kaj	HFO	82	901	5319	1002	41	56403	2916	3196
			LNG	2	59	0	0	0	0	0	0
			MDO/MGO	78	1103	4624	915	39	52883	821	2891
			Total	162	2063	9943	1917	80	109286	3737	6087
Kbh.	Levantkaj	Ved kaj	HFO	1	10	86	16	1	1031	47	52
Kbh.	Nordre Toldbod	Ved kaj	MDO/MGO	30	491	611	121	5	7310	108	384
Kbh.	Oceankaj	Ved kaj	HFO	74	732	7885	1489	61	84180	4323	4749
			MDO/MGO	58	823	6549	1289	55	65465	1164	4073
			Total	132	1555	14434	2778	116	149645	5487	8822
Kbh.	Samlet	Ved kaj	HFO	157	1643	13290	2507	103	141614	7286	7997
			LNG	2	59	0	0	0	0	0	0
			MDO/MGO	166	2418	11784	2325	99	125657	2093	7348
			Grand total	325	4120	25074	4832	202	267271	9380	15344
Kbh.	Langelinie	Samlet	HFO	82	942	5660	1074	44	60062	3103	3428
			LNG	2	60	6	1	0	8	0	3
			MDO/MGO	78	1142	4892	975	42	55962	868	3080
			Total	162	2144	10558	2050	86	116032	3972	6511
Kbh.	Levantkaj	Samlet	HFO	1	11	93	18	1	1118	51	57
Kbh.	Nordre Toldbod	Samlet	MDO/MGO	30	506	642	128	5	7688	114	406
Kbh.	Oceankaj	Samlet	HFO	74	769	8488	1618	66	90698	4654	5160
			MDO/MGO	58	852	6901	1368	58	68932	1227	4322
			Total	132	1621	15390	2985	125	159630	5881	9483
Kbh.	Samlet	Samlet	HFO	157	1722	14242	2710	111	151877	7808	8645
			LNG	2	60	6	1	0	8	0	3
			MDO/MGO	166	2501	12436	2471	106	132583	2209	7808
			Grand total	325	4282	26683	5182	216	284468	10018	16456

Tabel 4.2. Energiforbrug og emissioner for krydstogtskibe i Aarhus Havn i 2017 og de beregnede energiforbrug og emissioner, fordelt på aktivitet (manøvrering/ved kaj), lokation og brændstoftype.

Havn	Lokation	Aktivitet	Brændstoftype	Anløb	Timer	MWh	Brændstofforbrug	Brændstofforbrug	NO _x	PM _{2,5}	CO ₂	
				Antal	Antal		Tons	TJ	kg	kg	Tons	
Aarhus	Krydstogt	Manøvr.	HFO	28	14	178		38	2	1753	98	122
			MDO/MGO	6	3	18		4	0	217	3	13
			Total	34	17	196		42	2	1970	101	134
Aarhus	Krydstogt	Ved kaj	HFO	28	280	2167		410	17	21515	1188	1308
			MDO/MGO	6	62	219		45	2	2693	38	141
			Total	34	342	2385		455	19	24208	1227	1449
Aarhus	Krydstogt	Samlet	HFO	28	294	2345		448	18	23268	1286	1429
			MDO/MGO	6	65	236		49	2	2910	42	154
			Grand total	34	359	2581		497	20	26178	1327	1584

Fordeling af energiforbrug og emission på aktivitet og lokation

Figur 4.5 viser antallet af krydstogtskibe i Københavns Havn og Aarhus Havn i 2017 fordelt på lokation, og de beregnede energiforbrug og emissioner for skibene, fordelt på aktivitet (manøvrering/ ved kaj) og lokation.



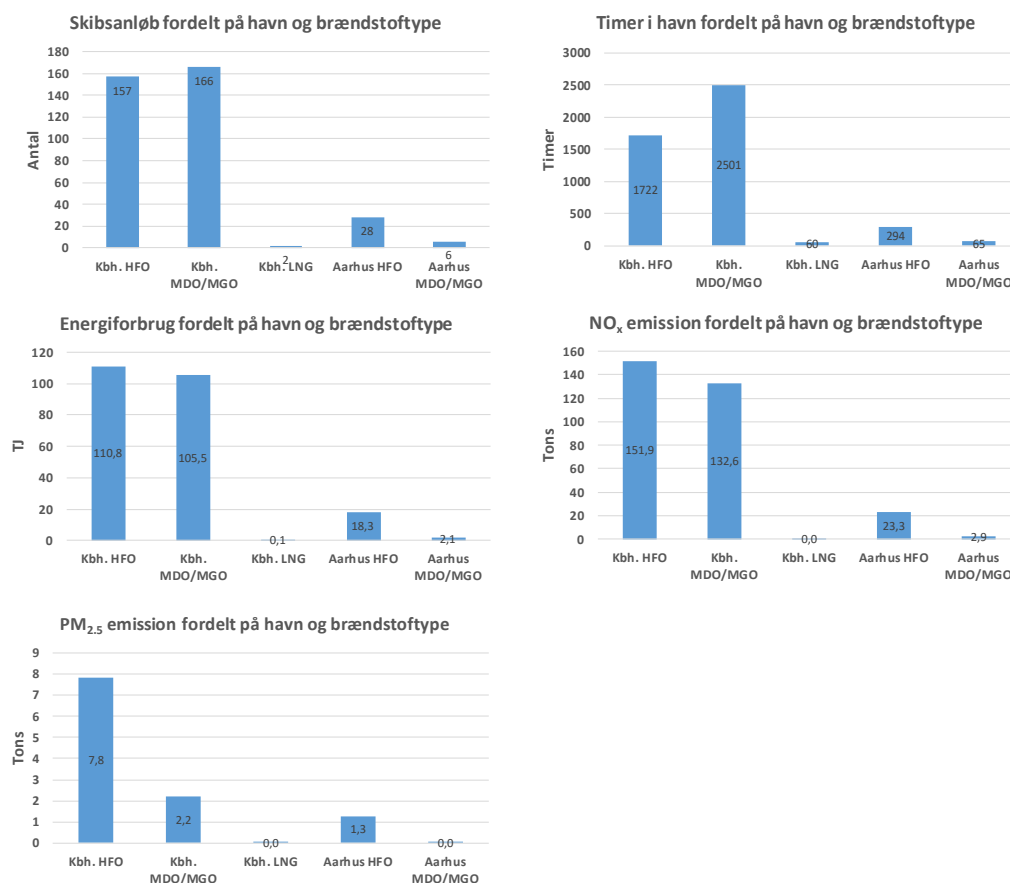
Figur 4.5. Antallet af krydstogtskibe i Københavns Havn og Aarhus Havn i 2017 fordelt på lokation, og de beregnede energiforbrug og emissioner fordelt på aktivitet (manøvrering/ved kaj) og lokation.

Selvom Oceankaj ikke har det højeste antal anløb og minutter i havn, beregnes det største energiforbrug og emissioner i opgørelsen for denne lokation. Dette skyldes, at skibene, der anløber Oceankaj, i gennemsnit er større end skibene, der anløber de øvrige lokationer i opgørelsen.

Derudover ses, at andelen af timer er mindre end andelen af energiforbrug og emissioner for manøvrering pga. det større kW forbrug for skibe ved manøvrering i forhold til kW forbruget ved kaj. Afledt heraf beregnes manøvreringsandele for tidsforbrug, energiforbrug, NO_x- og PM_{2.5}-emissioner på hhv. 4%, 7%, 6% og 6% for Københavns Havn. For Aarhus Havn beregnes en manøvreringsandel for tidsforbrug på 5% og energiforbrugs- og emissionsandele på 8%.

Fordeling af brændstoftype og emission på havnene

Figur 4.6 viser antallet af krydstogtskibe i Københavns Havn og Aarhus Havn i 2017, og de beregnede energiforbrug og emissioner for skibene fordelt på havn og brændstoftype.

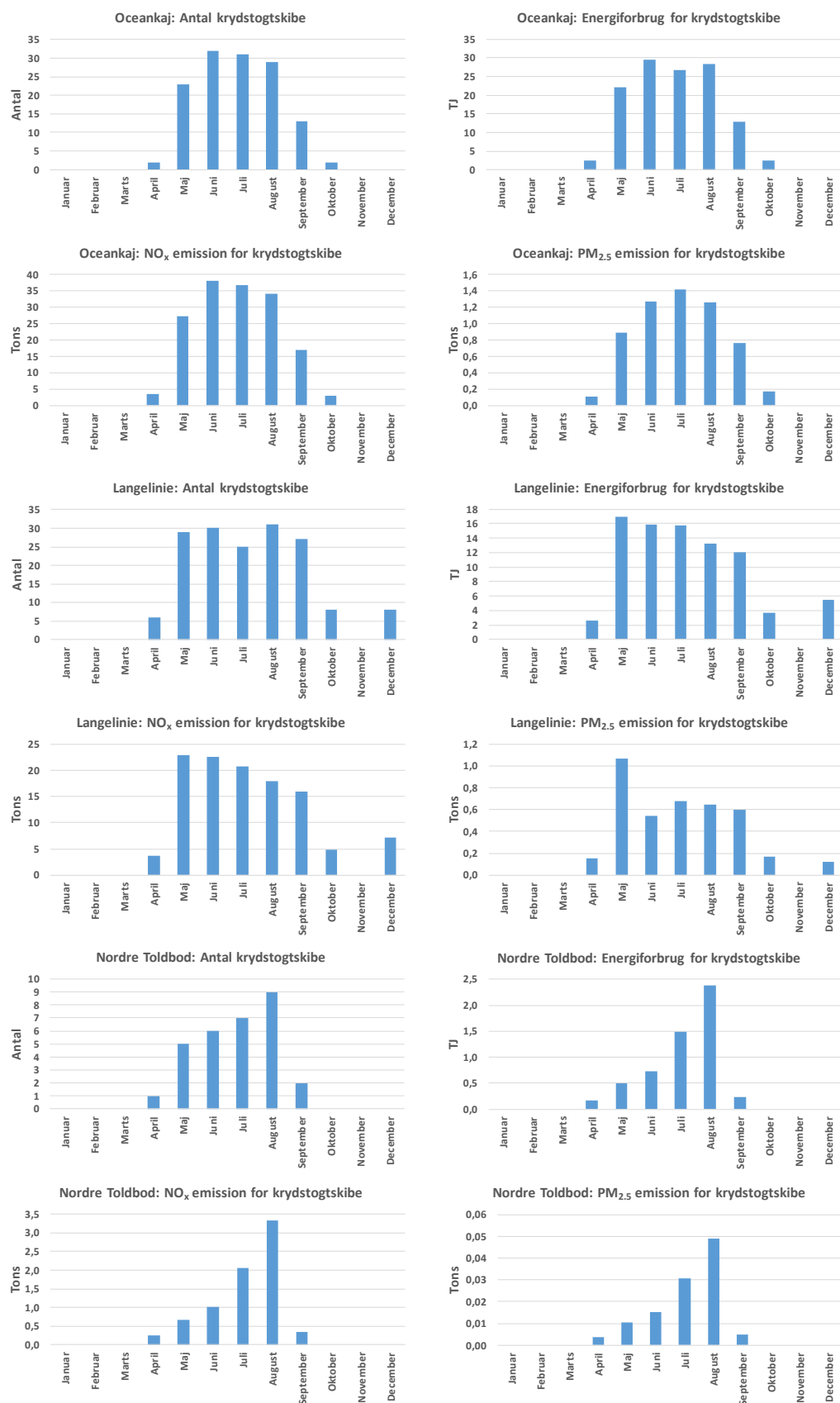


Figur 4.6. Antallet af krydstogtskibe i Københavns Havn og Aarhus Havn i 2017 og de beregnede energiforbrug og emissioner for skibene fordelt på havn og brændstoftype.

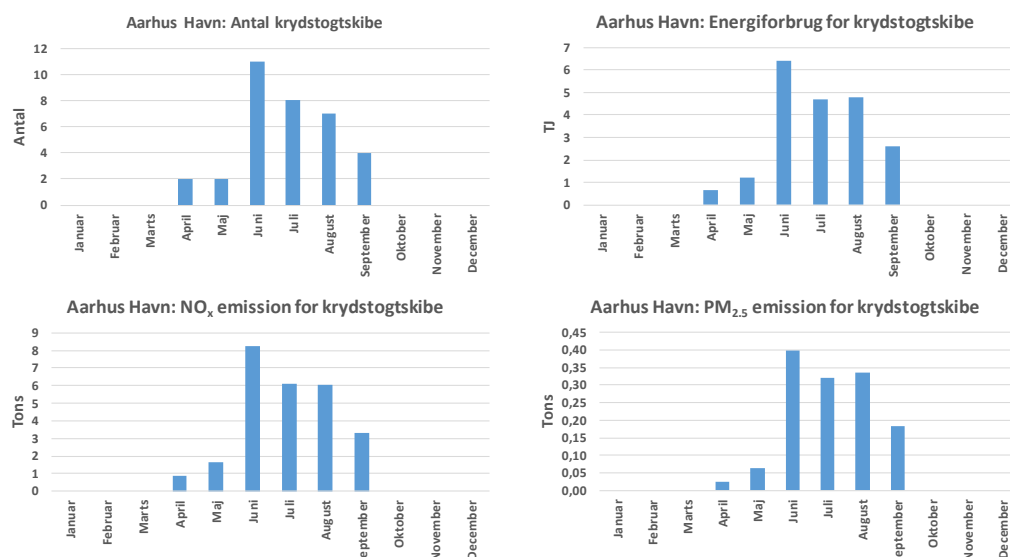
Skibene, der bruger HFO som brændstof og har scrubber ombord, er i gennemsnit større (og har markant højere PM emissionsfaktorer) end skibene, der bruger MDO/MGO eller LNG. For Københavns Havn udgør procentandele for anløb, timer i havn, energiforbrug, NO_x- og PM_{2.5}-emissioner på hhv. 48%, 40%, 51%, 53% og 78% for HFO-forbrugende skibe. For Aarhus Havn udgør procentandelene for anløb, timer i havn, energiforbrug, NO_x- og PM_{2.5}-emissioner hhv. 82%, 82%, 90%, 89% og 97% for de HFO-forbrugende skibe.

Fordeling af energiforbrug og emissioner på måneder

Figur 4.7 viser antallet af krydstogtskibe i Københavns Havn og figur 4.8 i Aarhus Havn i 2017 fordelt på måned og lokation, og de beregnede energiforbrug og emissioner for skibene.



Figur 4.7. Antallet af krydstogtskibe ved Oceankaj, Langelinie og Nordre Toldbod i Københavns Havn i 2017, og de beregnede energiforbrug og emissioner for skibene, fordelt på måneder.

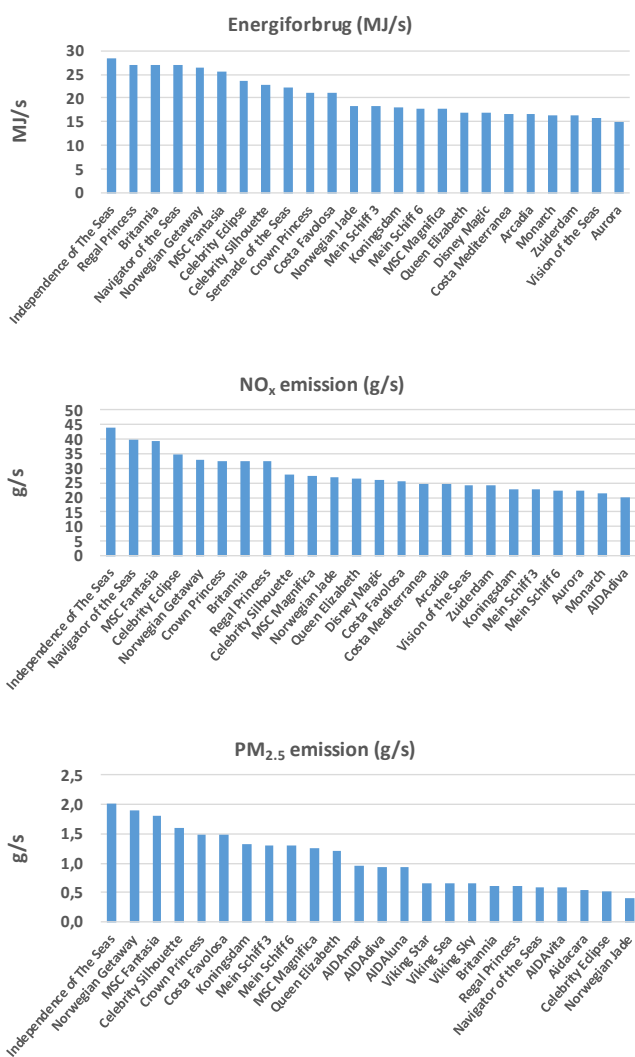
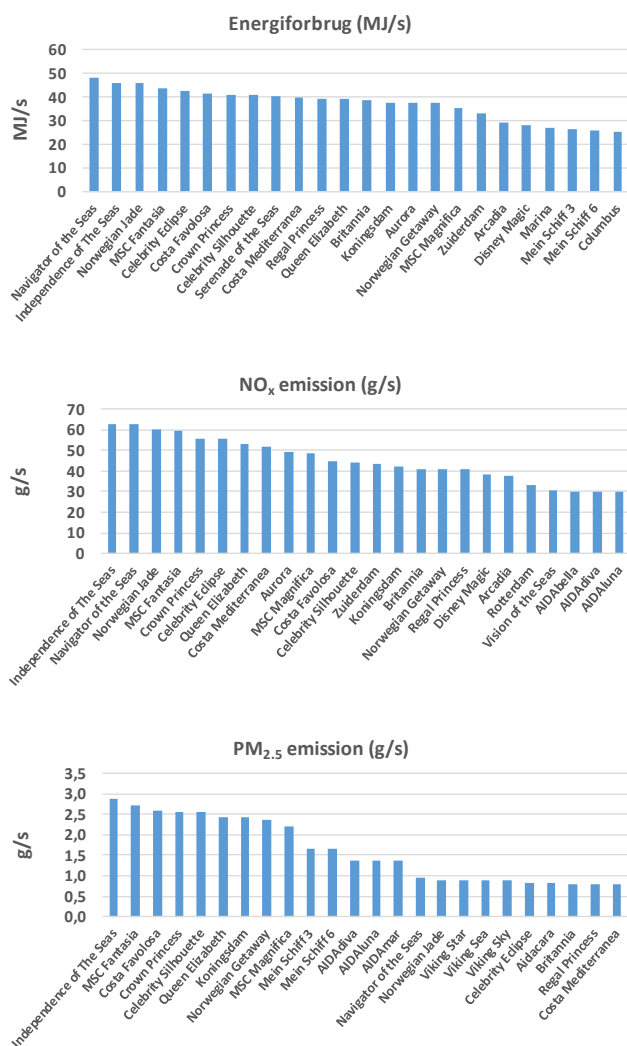


Figur 4.8. Antallet af krydstogtskibe i Aarhus Havn i 2017 og de beregnede energiforbrug og emissioner for skibene fordelt på måneder.

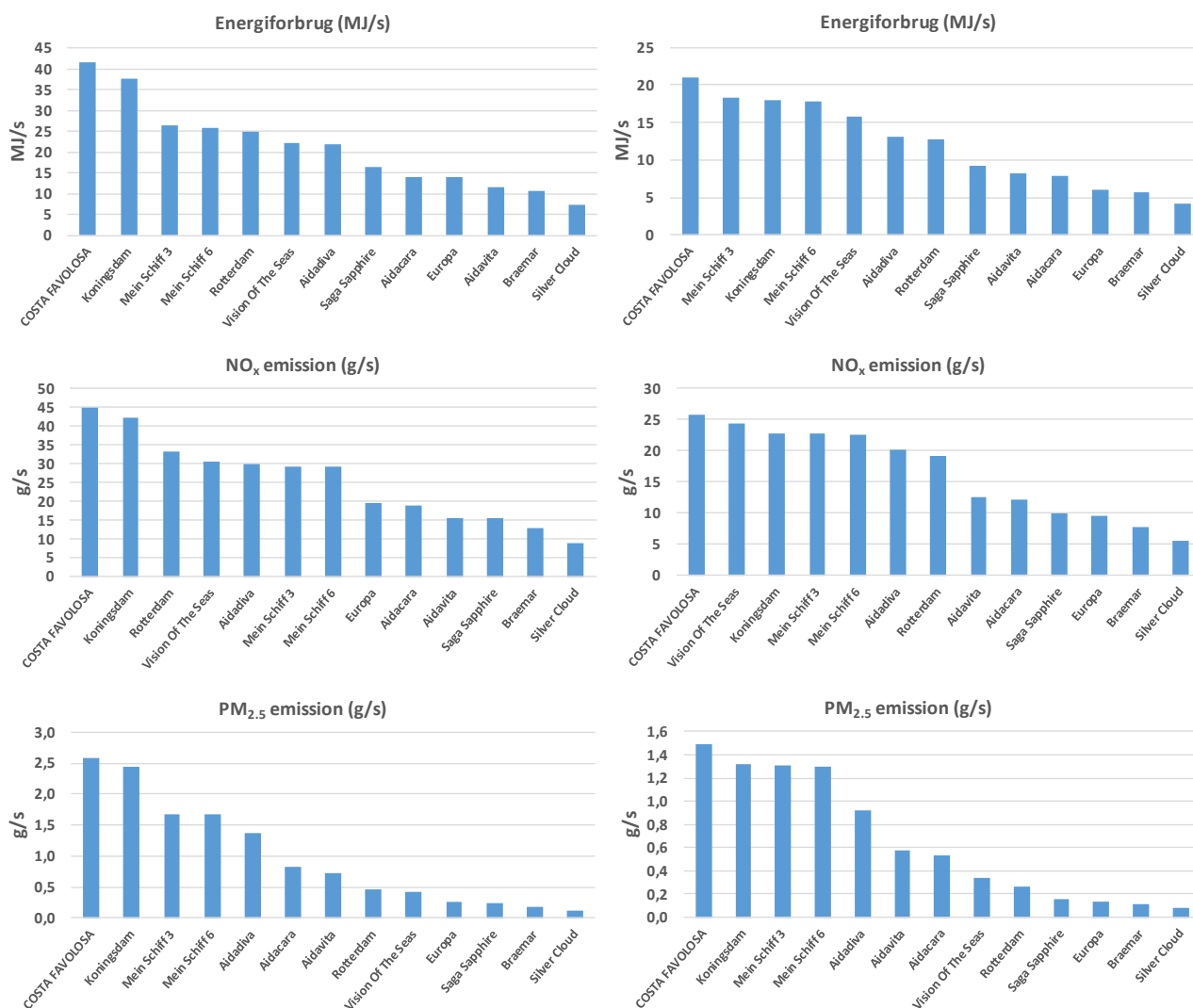
Udviklingen i energiforbruget og emissionerne fra krydstogtskibene er ikke i alle tilfælde proportionale med antallet af krydstogtskibe henover årets måneder. Dette skyldes, at den specifikke sammensætning af skibenes størrelse, alder og brændstoftype er specifik for den enkelte måned og lokalitet.

4.4 Energiforbrugsrater og emissionsrater for NO_x og PM_{2.5}

Figur 4.9 viser energiforbrugsrater (MJ/s) og emissionsfaktorer for NO_x og PM_{2.5} (g/s) for krydstogtskibe for hhv. manøvrering og ved kaj i Københavns Havn og tilsvarende for Aarhus Havn i figur 4.10. For Københavns Havn vises kun data for de 25 mest emitterende skibe. Energiforbrugsrater og emissionsrater for NO_x og PM_{2.5} for alle krydstogtskibene er vist i Bilag 2.



Figur 4.9. Energiforbrugsrater (MJ/s) og emissionsrater for NO_x og PM_{2.5} (g/s) for krydstogtskibe ved manøvrering (venstre) og kaj (højre) i Københavns Havn. Figuren viser kun de 25 mest emitterende skibe.



Figur 4.10. Energiforbrugsrater (MJ/s) og emissionsrater for NO_x og PM_{2.5} (g/s) for krydstogtskibe ved manøvrering (venstre) og kaj (højre) i Aarhus Havn.

4.5 Fysiske parametre

Af hensyn til de efterfølgende spredningsberegninger skal skorstenshøjden (højde fra vandlinje til toppen af skorstenen) og overbygningshøjden (højde fra vandlinje til toppen af skibets overbygning) kendes. Også i dette tilfælde bruges data fra Olesen & Berkowicz (2005), hvor relationen mellem BT og skorstenshøjde er fastlagt for krydstogtskibene i Københavns Havn. I årene efter førnævnte undersøgelse er krydstogtskibene gradvist blevet større, og derfor antages i nærværende projekt en maksimal skorstenshøjde på 65 meter, svarende til passagehøjden for skibe, der passerer under Storebæltsbroen:

$$H = 0,0004 \cdot BT + 25,688, H \leq 65 \text{ m} \quad (6)$$

Hvor H=skorstenshøjde (m) og BT= skibets bruttoton. Figur 4.11 viser skorstenshøjden som funktion af BT for krydstogtskibene, der benyttes i dette projekt.

En nærmere analyse af data for skorstens- og overbygningshøjder fra Olesen & Berkowicz (2005) viser, at overbygningshøjden for krydstogtskibene med

god tilnærmelse kan sættes til 67 % af skorstenshøjden, og denne procentværdi er derfor anvendt ved beregning af overbygningshøjden for krydstogtskibene i dette projekt.



Figur 4.11. Estimeret skorstenshøjde (m) som funktion af BT for krydstogtskibene i undersøgelsen.

Røggasmængden i $\text{m}^3(\text{n},\text{f})/\text{kg}$ brændstof beregnes separat for HFO og MGO/MDO ved anvendelse af funktioner opstillet af Olesen & Berkowicz (2015) på basis af Luftvejledningen (Miljøstyrelsen, 2001). Ved at kombinere med det beregnede brændstofforbrug for hvert enkelt skib kan volumenstrømmen af røggassen ($\text{m}^3(\text{n},\text{f})/\text{s}$) i hvert tilfælde beregnes.

Krydstogtskibe bruger i de fleste tilfælde et system, hvor dieselmotorer genererer strøm til elmotorer, der bruges både til fremdrift og ved kaj. 19 skibe i undersøgelsen bruger tung dieselolie (HFO: heavy fuel oil) med et højt svovlindhold, og har en scrubber installeret til rensning af svovl i udstødningsgassen. Når skibet har scrubber ombord, er det alle dieselmotorer der renses (personlig kommunikation med Jens Peter Hansen, ECA engineering). 53 andre skibe i undersøgelsen bruger marin diesel (MDO/MGO: marin diesel oil/gas oil) med et lavt svovlindhold der overholder svovlkravet for marine brændstoffer i et SECA (Sulphur Emission Control Area). Derudover bruger to skibe i opgørelsen LNG (Liquified Natural Gas) som brændstof ved manøvrering og MDO/MGO ved kaj.

Data for skibene ses i Bilag 2 med oplysninger om skibets navn, BT, IMO kode, motorbyggeår, brændstoftype, samlet installeret motoreffekt (kW), effektbehov ved kaj (kW), skorstenshøjde, bygningshøjde og røggastemperatur, -hastighed og -volumenstrøm. Røggashastigheden er i alle tilfælde 27,5 m/s, hvorved skorstens diameter er uden praktisk betydning.

5. Påvirkning af luftkvaliteten i København og Aarhus

Dette kapitel belyser, hvordan krydstogtskibene påvirker den generelle luftkvalitet i København og Aarhus.

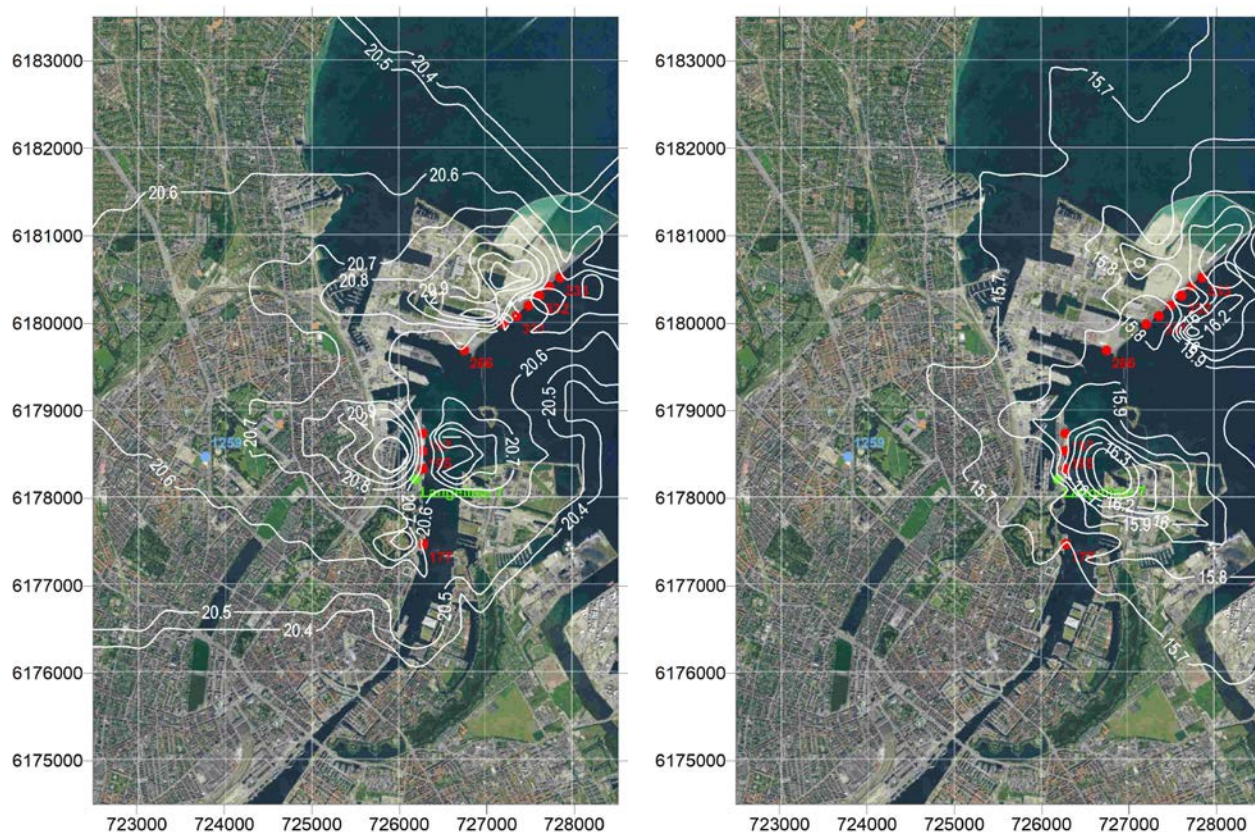
Luftkvaliteten er beregnet med OML-modellen i centerpunkterne af et større gitternet, som er defineret rundt om havnene. Luftkvaliteten er illustreret som iso-linjer, dvs. kurver, hvor koncentrationsniveauet er det samme. Koncentrationsbidraget fra krydstogtskibene er også illustreret.

Beregningerne er gennemført for 2017 med oplysninger om anløb af krydstogtskibe, emissioner, baggrundsforurening og meteorologi for samme år. For at illustrere betydningen af et meteorologisk år med megen østenvind er udvalgt 2002. Østenvind vil for begge havne transportere emissionen fra krydstogtskibene mod byområderne, og alt andet lige give anledning til højere koncentrationer. Beregningerne for 2002 er således med meteorologi og baggrundsforurening fra 2002, men med anløb af krydstogtskibe og emissioner fra 2017. Baggrundsforureningen er baseret på målinger fra H.C. Ørsted Institutet i København og i Aarhus fra Botanisk Have (2017) og Valderarsgade (2002), og de få tilfælde, hvor der mangler målinger, er suppleret med modelberegninger fra overvågningsprogrammet (Ellermann et al., 2018).

5.1 København

Årsmiddeldkoncentration af NO₂

Årsmiddeldkoncentrationen er visualiseret i figur 5.1.



Figur 5.1. Modelleret årsmiddeldkoncentration af NO₂ i hhv. 2002 (venstre) og 2017 (højre).

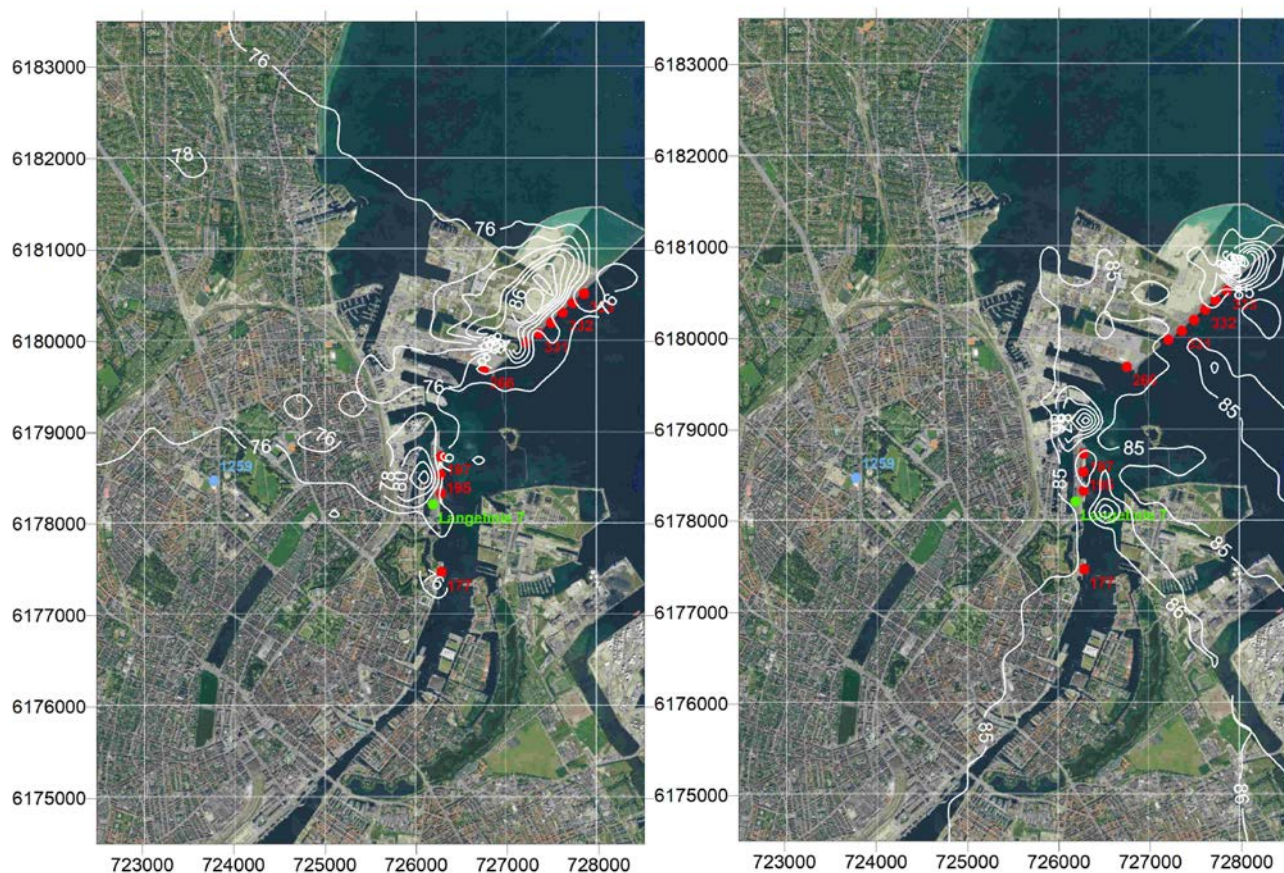
Årsmiddelkoncentration består af baggrundskoncentrationen og bidraget fra krydstogtskibene.

I 2017 er den højeste NO₂ årsmiddelkoncentrationer på 16,5 µg/m³, som optræder umiddelbart øst for Langelinie kajen på det nordvestlige hjørne af Refshaleøen samt øst for Oceankajen. Det er forventeligt, at højeste koncentrationer optræder øst for emissionskilderne pga. en dominerende vestlig vind i typisk meteorologisk år som 2017. Iso-kurven med en koncentration på 15,7 µg/m³ illustrerer de laveste koncentrationer, som optræder omkring 1 km fra Langelinie kajen og 2-3 km fra Oceankajen. Den allerlaveste koncentration er 15,5 µg/m³. Koncentrationerne er langt under grænseværdien på 40 µg/m³.

I 2002 er den højeste NO₂-årsmiddelkoncentrationer på 21,2 µg/m³, som optræder umiddelbart vest for Langelinie kajen og Oceankajen, og iso-kurven med de laveste koncentrationer (20,4 µg/m³) strækker sig længere ind over København. Det skyldes, at 2002 er et år med megen østenvind, hvor emissionen fra krydstogtskibene for østlige vindretninger transporteres mod land. Det generelt højere koncentrationsniveau i 2002 i forhold til 2017 skyldes, at baggrundskoncentrationerne er højere i 2002. Den allerlaveste koncentration er 20,3 µg/m³. Koncentrationerne er også langt under grænseværdien.

19. højeste timeværdi af NO₂

19. højeste timeværdi af NO₂ er vist i figur 5.2.



Figur 5.2. Modelleret årsmiddelkoncentration af 19. højeste timeværdi for NO₂ i hhv. 2002 (venstre) og 2017 (højre).

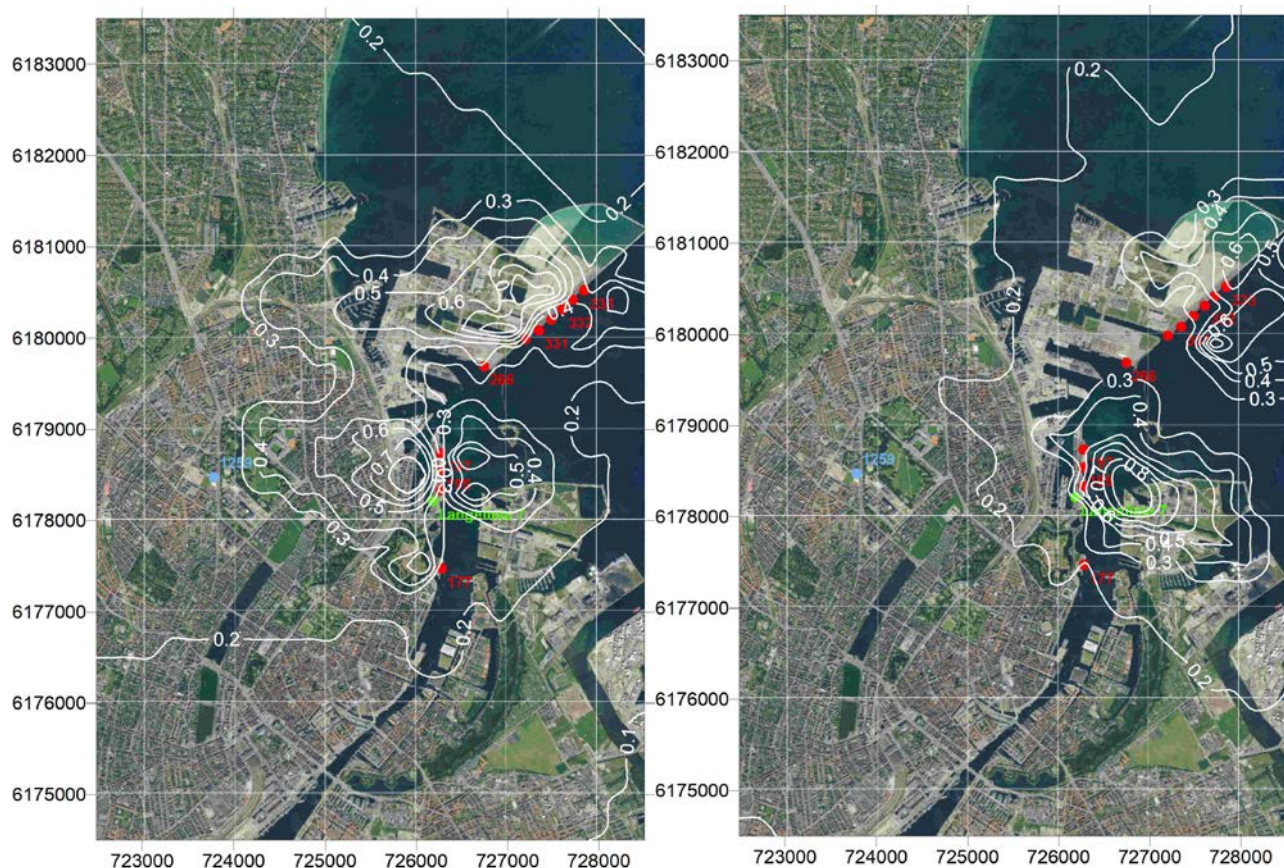
Den 19. højeste timeværdi er en spidsværdi, som er meget følsom over for meteorologi og baggrundskoncentration. Fx vil blot 19 timer med ugunstige meteorologiske forhold, alt andet lige, give forhøjede koncentrationer, og fx vil sydøstlig vindretning, som transporterer forhøjede baggrundskoncentrationer fra Centraleuropa til København være nok til at bestemme den 19. højeste timeværdi. Både dens værdi og geografiske placering kan derfor forventes at variere fra år til år.

I 2017 optræder den højeste spidsværdi i den nordlige del af Langeliniekajen og Oceankajen med maksimale værdier på $92,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, hvilket er under grænseværdien på $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Den laveste spidsværdi er $84,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Til sammenligning var den 19. højeste timeværdi på H.C. Andersens Boulevard $121 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og $108 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på Jagtvej i 2017 (Ellermann et al., 2018).

I 2002 optræder den højeste spidsværdi vest for Langeliniekajen og vest for Oceankajen med en maksimal værdi på $89 \mu\text{g}/\text{m}^3$, hvilket også er under grænseværdien. Den laveste spidsværdi er $75,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Krydstogtskibenes koncentrationsbidrag til årsmiddelværdien af NO_2

I figur 5.3 er vist krydstogtskibenes koncentrationsbidrag til årsmiddeldkoncentrationen af NO_2 i 2002 og 2017. Koncentrationsbidraget er forskellen mellem den beregnede årsmiddeldkoncentration med og uden baggrundskoncentrationerne.



Figur 5.3. Krydstogtskibenes koncentrationsbidrag til årsmiddeldkoncentration af NO_2 i hhv. 2002 (venstre) og 2017 (højre).

Det maksimale bidrag fra krydstogtskibene til årsmiddeldkoncentrationen er $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i 2017, som forekommer på det nordvestlige hjørne af Refshaleøen. Med meteorologisk data fra 2002 er det maksimale bidrag $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, som forekommer i Nordhavn vest for Oceankajen.



I figur 5.5 er vist koncentrationsbidraget af $\text{PM}_{2.5}$ forårsaget af kryd

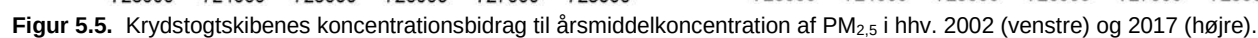
skibene. Dette kan beregnes uden at inddrage baggrundsforureningen, idet der ikke indgår kemi i beregningerne.

I 2017 er det højeste koncentrationsbidrag af PM_{2,5} 0,08 µg/m³, og optræder de samme steder som koncentrationsbidraget for årsmiddelværdien for NO₂, dvs. øst for Langelinie kajen og Océankajen.

Iso-kurven med et koncentrationsbidrag på 0,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ illustrerer de laveste koncentrationsbidrag, som optræder omkring 1 km fra Langelinie kajen og 2-3 km fra Ocean kajen. Det laveste koncentrationsbidrag er 0,009 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dette mønster er det samme som for NO_2 .

Koncentrationsbidraget fra krydstogtskibene er meget lille i forhold til baggrundsniveauet af PM_{2,5} på bybaggrundsstationen på H.C. Ørsted Instituttet, som er på 10 µg/m³ for hele 2017. Det er også meget lille i forhold til grænseværdien på 25 µg/m³.

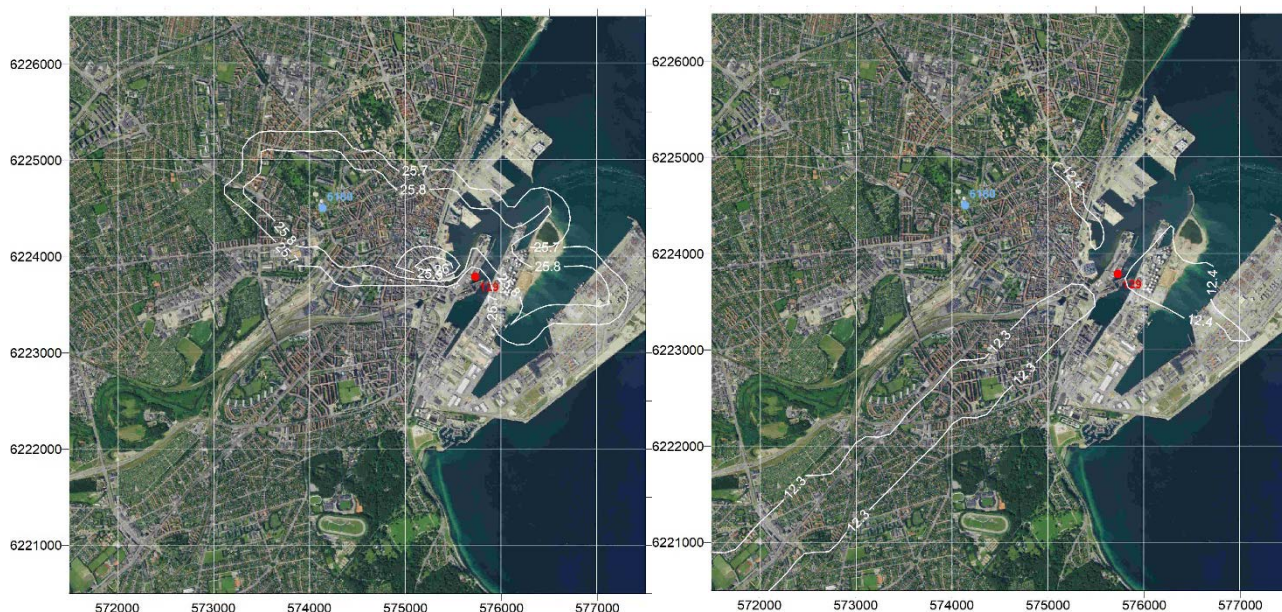
I 2002 er fordelingen anderledes, idet de højeste koncentrationsbidrag optræder umiddelbart vest for Langelinie kajen og Oeankajen, og iso-kurven med de laveste koncentrationsbidrag strækker sig længere ind over København. Det skyldes, at 2002 er et år med megen østenvind, hvor emissionen fra krydstogtskibene for østlige vindretninger transporteres mod land. Bidraget er også i dette år meget lille i forhold til baggrundsforureningen og grænseværdien.



5.2 Aarhus

Årsmiddelkoncentration af NO₂

Årsmiddelkoncentrationen er visualiseret i figur 5.6.



Figur 5.6. Modelleret årsmiddelkoncentration af NO₂ i hhv. 2002 (venstre) og 2017 (højre).

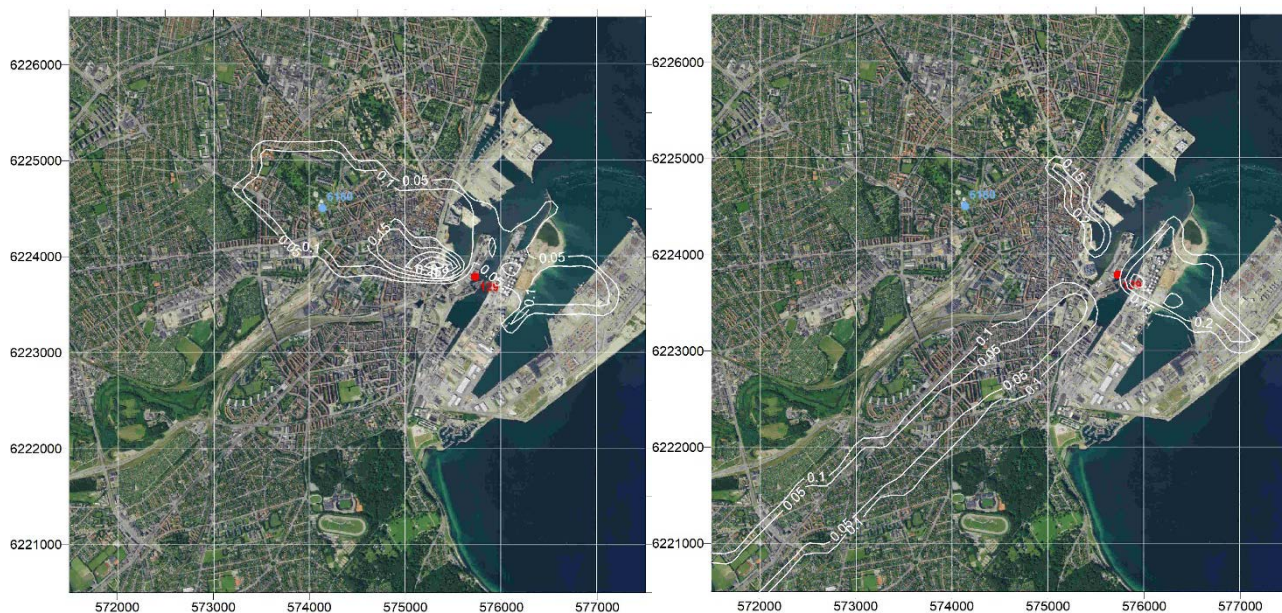
Årsmiddelkoncentrationen består af baggrundskoncentrationen og bidraget fra krydstogtskibene.

I 2017 er den højeste NO₂-årsmiddelkoncentration på 12,5 µg/m³. Den optræder to steder sydøst for krydstogtkajpladsen i afstande af omkring 200 m og 600 m. Den laveste årsmiddelkoncentration er 12,2 µg/m³. Bidraget fra krydstogtskibene er derfor maksimalt 0,3 µg/m³. Der er ikke så stor kontrast i koncentrationsniveauerne, og iso-kurverne viser derfor ikke et tydeligt mønster. Til sammenligning er årsmiddelkoncentrationen på gadestationen i Banegårdsgade på 28 µg/m³ og 12 µg/m³ på bybaggrundsstationen i Botanisk Have i 2017 (Ellermann et al., 2018). Koncentrationerne er langt under grænseværdien på 40 µg/m³.

I 2002 er der et mere tydeligt mønster i NO₂-årsmiddelkoncentrationerne, hvor de er lidt højere især vest for kajpladsen. Det skyldes, at 2002 er et år med megen østenvind, hvor emissionen fra krydstogtskibene for østlige vindretninger transporteres mod land. Koncentrationerne ligger mellem 25,7 µg/m³ og 26,1 µg/m³, og det maksimale bidrag fra krydstogtskibene er derfor 0,4 µg/m³.

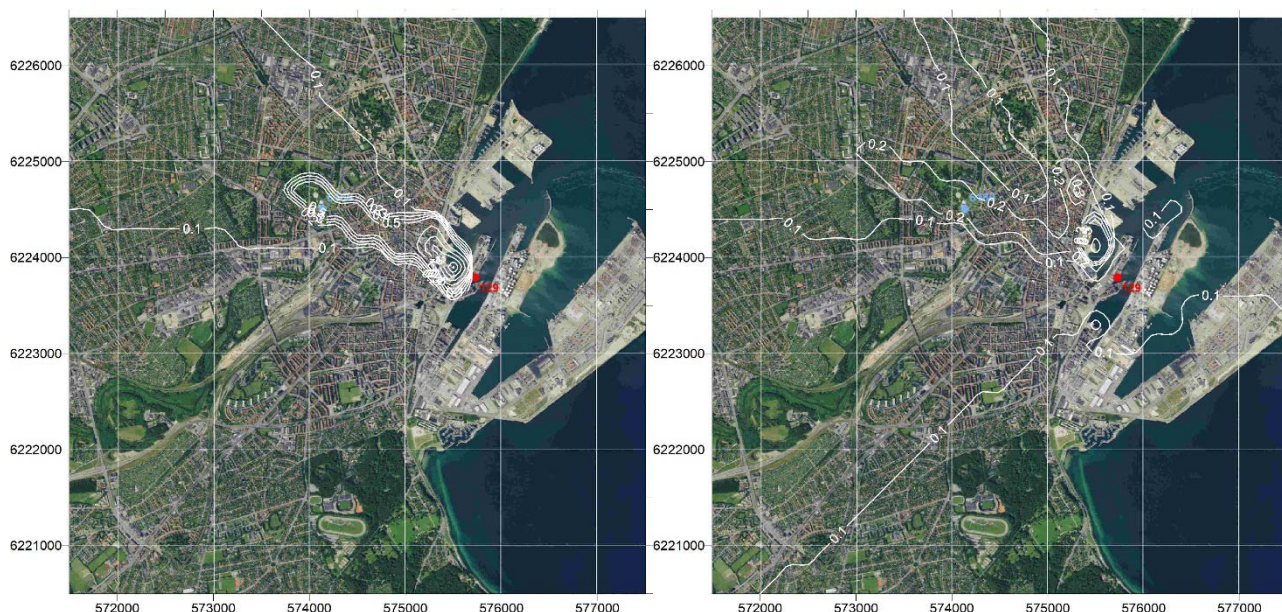
19. højeste timeværdi af NO₂

19. højeste timeværdi af NO₂ er vist i figur 5.7.



Figur 5.8. Krydstogtskibenes koncentrationsbidrag til årsmiddelfkoncentration af NO₂ i hhv. 2002 (venstre) og 2017 (højre).

Koncentrationsbidraget til den 19. højeste timeværdi af NO₂ er vist i Figur 5.9. Det højeste koncentrationsbidrag er 1,3 µg/m³, som er omkring 400 m nordvest for kajpladsen. Med meteorologi fra 2002 er det højeste koncentrationsbidrag er 5,2 µg/m³, som er omkring 250 m vest for kajpladsen.



Figur 5.9. Krydstogtskibenes koncentrationsbidrag til 19. højeste timeværdi af NO₂ i hhv. 2002 (venstre) og 2017 (højre).

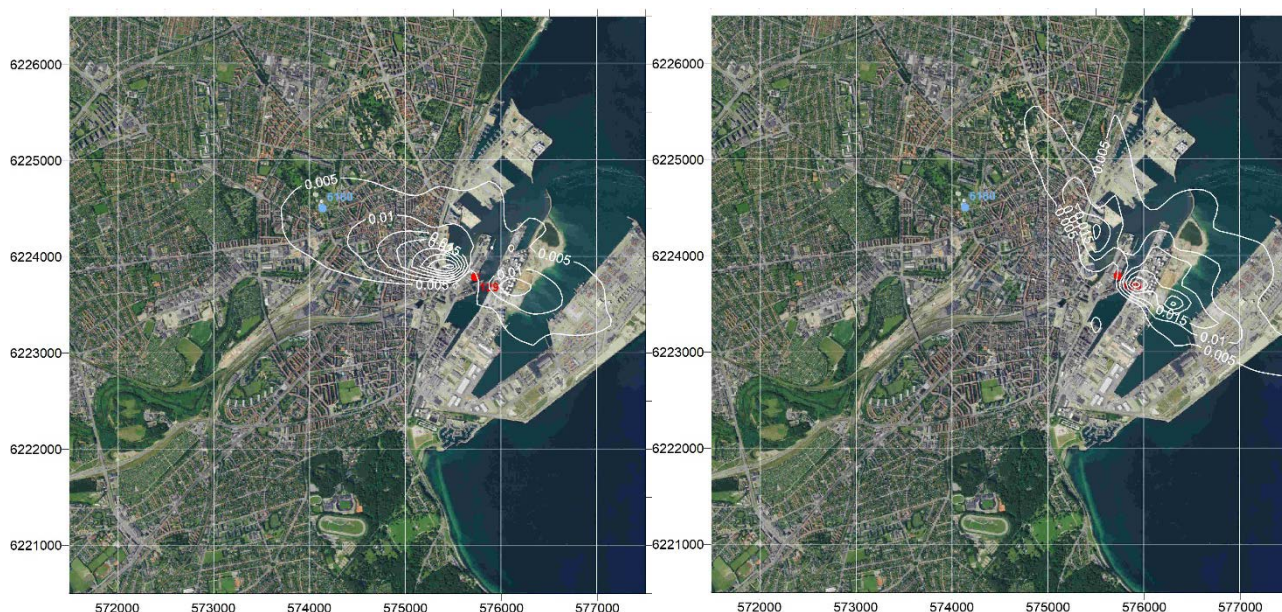
Krydstogtskibenes koncentrationsbidrag til årsmiddelværdien af PM_{2,5}

I figur 5.10 er vist koncentrationsbidraget af PM_{2,5} forårsaget af krydstogtskibene. Dette kan beregnes uden at inddrage baggrunds-forureningen, idet der ikke indgår kemi i beregningerne.

Det højeste koncentrationsbidrag af PM_{2,5} er 0,03 µg/m³, og optræder samme steder som for NO₂-årsmiddelværdien, dvs. sydøst for krydstogtkajpladsen i afstande af omkring 200 m og 600 m.

Gadekoncentrationen af PM_{2,5} på Banegårdsgade i Aarhus er 11 µg/m³ og 8 µg/m³ på bybaggrundsstationen i Botanisk Have i 2017. Koncentrationsbidraget er derfor meget lille i forhold til dette, og også meget lille i forhold til grænseværdien på 25 µg/m³.

I 2002 er fordelingen anderledes, idet de højeste koncentrationsbidrag optræder umiddelbart vest for kajpladsen og strækker sig længere ind over Aarhus. Det skyldes, at 2002 er et år med megen østenvind, hvor emissionen fra krydstogtskibene for østlige vindretninger transporteres mod land. De højeste koncentrationsbidrag af PM_{2,5} er 0,04 µg/m³.



Figur 5.10. Krydstogtskibenes koncentrationsbidrag til årsmiddelkoncentration af PM_{2,5} i hhv. 2002 (venstre) og 2017 (højre).

I tabel 5.1 opsummeres de maksimale værdier inden for beregningsgitternetene i København og Aarhus. Koncentrationen for NO₂ er vist, hvilket er krydstogtskibenes bidrag plus baggrundskoncentrationen. Endvidere er vist krydstogtskibenes bidrag. Koncentrationsbidraget til PM₁₀ er vist, og det ses, at det stort set er det samme som for PM_{2,5}, da næsten al partikelemission fra krydstogtskibene er partikler under 2,5 mikrometer.

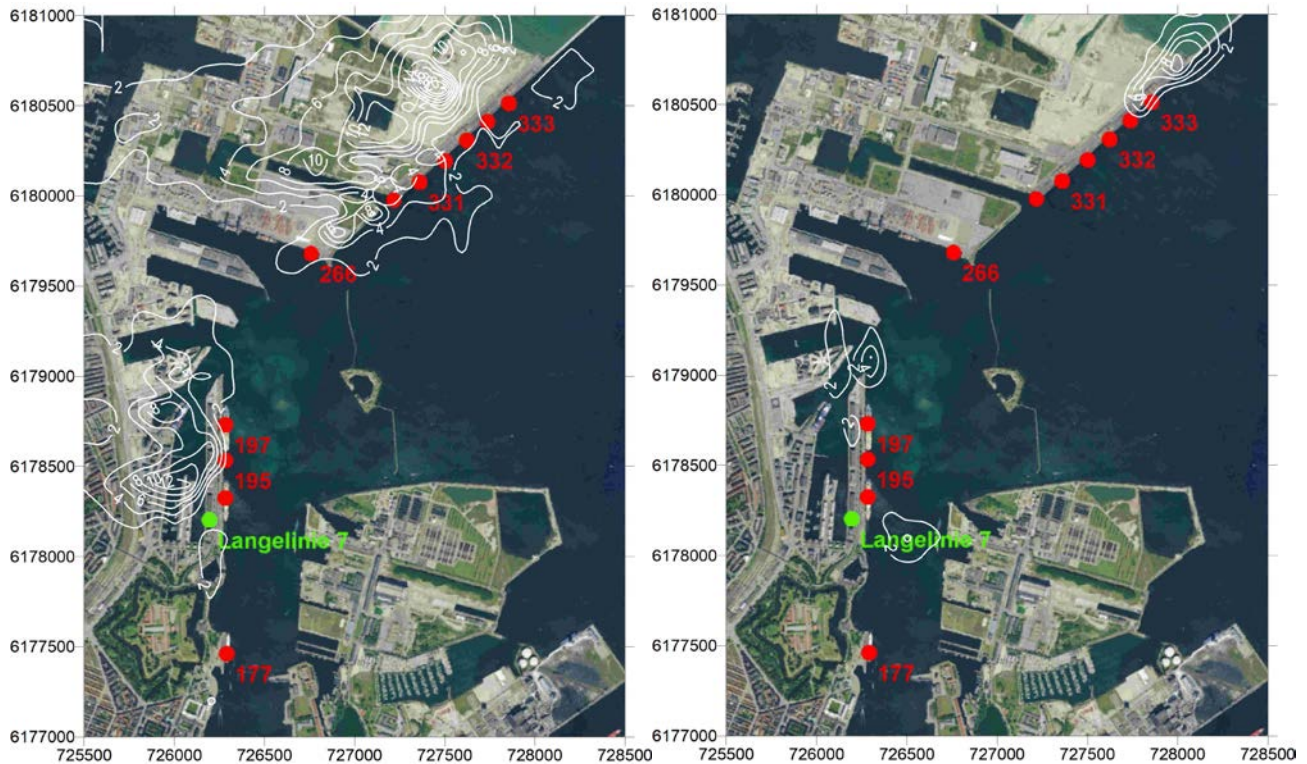
Tabel 5.1. Maksimale værdier inden for beregningsgitternet for København og Aarhus (højde 1,5 m).

µg/m ³	København				Aarhus			
	Koncentration	Bidrag fra krydstogtskibe			Koncentration	Bidrag fra krydstogtskibe		
Maks. årsmiddel	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	NO ₂	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	NO ₂
Grænseværdi	40	40	25	40	40	40	25	40
2002	21,2	0,078	0,077	0,9	26,1	0,041	0,041	0,4
2017	16,5	0,083	0,082	1,0	12,5	0,033	0,033	0,3
Spidsværdier	19. største time	36. største døgn		19. største time	19. største time	36. største døgn		19. største time
Grænseværdi	200	50		200	200	50		200
2002	89	0,12		14	101	0		5,2
2017	92	0,22		7,4	67	0		1,3

Krydstogtskibenes koncentrationsbidrag til 19. højeste timeværdi af NO₂

Krydstogtskibenes bidrag til den 19. højeste timeværdi af NO₂ er vist i figur 6.2.

Koncentrationsfordelingen er den samme som tidligere vist for det store gitternet, men maksimalværdier bliver en anelse højere pga. den geografiske opløsning på 100 m mod 200 m for det store gitternet. Det maksimale bidrag til den 19. højeste timeværdi i 2017 er 12 µg/m³ (7,4 µg/m³ for stort gitternet) og i 2002 24 µg/m³ (14 µg/m³ for stort gitternet).



Figur 6.2. Krydstogtskibenes koncentrationsbidrag til den 19. højeste timeværdi for NO₂ i hhv. 2002 (venstre) og 2017 (højre).

Krydstogtskibenes koncentrationsbidrag til årsmiddelværdien af PM_{2,5}

I figur 6.3 er vist koncentrationsbidraget af PM_{2,5} forårsaget af krydstogtskibene. Dette kan beregnes uden at inddrage baggrundsforureningen, idet der ikke indgår kemi i beregningerne.

Koncentrationsfordelingen er den samme som tidligere vist for det store gitternet, men maksimalværdier bliver en anelse højere pga. den geografiske opløsning på 100 m mod 200 m for det store gitternet. Det maksimale bidrag til årsmiddelkoncentrationen i 2017 er 0,10 µg/m³ (0,083 µg/m³ for stort gitternet) og i 2002 0,088 µg/m³ (0,077 µg/m³ for stort gitternet).

Tabel 6.1. Koncentrationsberegninger i forskellige højder og krydstogtskibenes bidrag i Københavns Havn (enhed: $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2002				2017			
	1,5 m	25 m	50 m	70 m	1,5 m	25 m	50 m	70 m
Årsmiddelkoncentration af NO_2								
Min.	20,3	20,4	20,4	20,4	15,5	15,6	15,6	15,6
Maks.	21,2	21,8	24,3	26,1	16,5	18,9	24,6	24,6
19. højeste timeværdi af NO_2								
Min.	75	75	75	75	85	85	85	85
Maks.	89	197	541	916	92	216	575	589
Krydstogtskibenes koncentrationsbidrag for årsmiddelkoncentrationen af NO_2								
Min.	0,08	0,10	0,10	0,10	0,08	0,10	0,10	0,10
Maks.	1,08	1,50	4,00	5,80	1,18	3,40	9,10	9,10
Krydstogtskibenes koncentrationsbidrag for 19. højeste timeværdi af NO_2								
Min.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Maks.	24	122	466	841	12	131	490	504
Krydstogtskibenes koncentrationsbidrag for årsmiddelkoncentrationen af $\text{PM}_{2,5}$								
Min.	0,003	0,003	0,003	0,003	0,00	0,003	0,003	0,003
Maks.	0,088	0,247	0,764	1,290	0,10	0,771	2,310	1,300

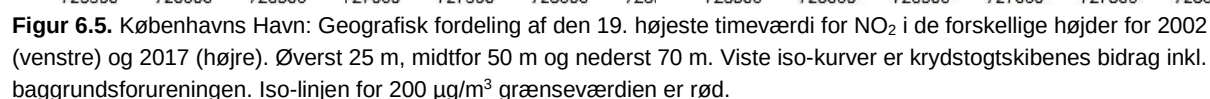
Tabel 6.1 viser, at krydstogtskibenes bidrag til luftforureningen generelt stiger med højden. Dette er forventeligt, da røgafkastet fra krydstogtskibene sker i relativ stor højde, og røgfanen oftere rammer et givent punkt i tilsvarende højde end ved jordoverfalden.

Det maksimale bidrag til årsmiddelkoncentrationen af NO_2 er omkring $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ved 50 m og 70 m i 2017, hvilket er betydeligt, men stadigvæk væsentligt under grænseværdien på $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

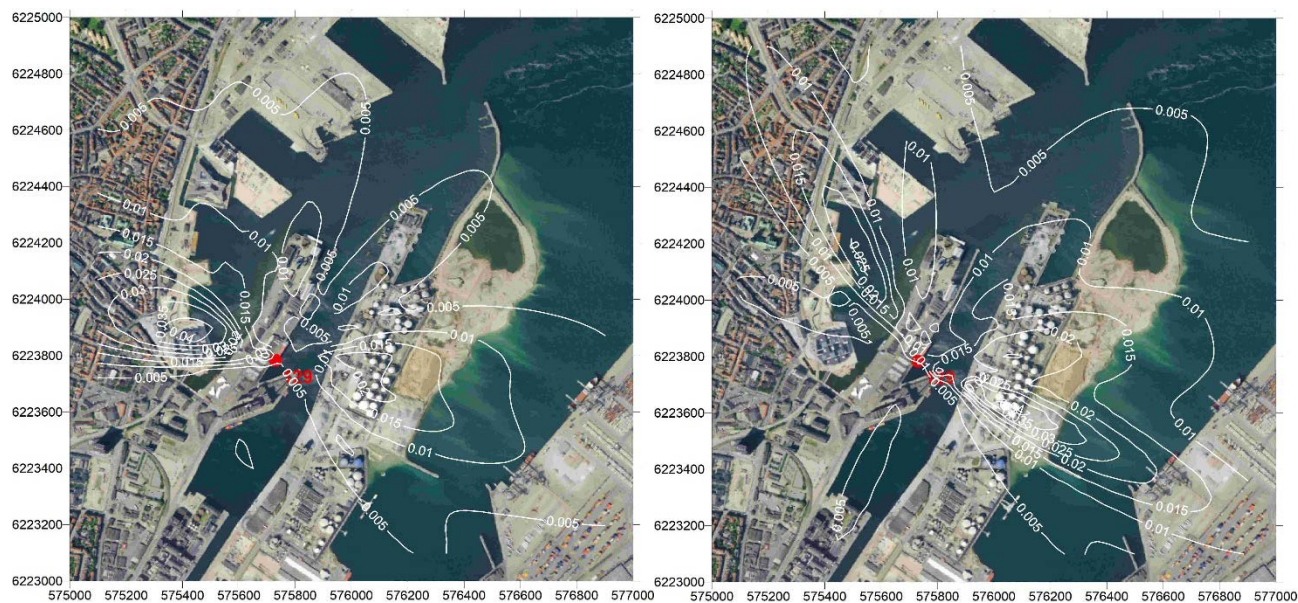
Hvor grænseværdien ikke var overskredet for beregninger af den 19. højeste timeværdi for NO_2 ved jordoverfladen, så tangeres den ved 25 m højde og overskrides væsentligt ved 50 m og 70 m. Dog er området med overskridelser lille og er beliggende umiddelbart op af kajpladsen. Den maksimale værdi er $916 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for det meteorologiske år 2002. Grænseværdien er $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Krydstogtskibene bidrager således til, at grænseværdien for 19. højeste timeværdi for NO_2 overskrides.

Krydstogtskibenes koncentrationsbidrag til årsmiddelværdien af $\text{PM}_{2,5}$ stiger også generelt med højden, og det maksimale bidrag er $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, hvilket er betydeligt, men langt under grænseværdien på $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Kort med iso-kurver er vist i Figur 6.5 for den 19. højeste timeværdi for NO_2 , hvor iso-linjen for grænseværdien på $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ er rød.



gitternet. Det maksimale bidrag til årsmiddelkoncentrationen i 2017 er 0,042 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,033 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for stort gitternet) og i 2002 0,042 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,041 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for stort gitternet).



Figur 6.8. Krydstogtskibenes koncentrationsbidrag til årsmiddelkoncentration af $\text{PM}_{2.5}$ i hhv. 2002 (venstre) og 2017 (højre).

Krydstogtskibenes koncentrationsbidrag i forskellige højder

For at give et indtryk af bygningshøjderne i Aarhus Havn er der i figur 6.9 vist et 3-D billede af dele af havnen. Bygningerne langs krydstogtkajen vurderes til at være omkring 25 m højde, men der er også bygninger, som er højere. Der er planer om øget boligudbygning i havnen. Der er foretaget beregninger i 25 m, 50 m og 70 m.



Figur 6.9. 3-D billede af dele af Aarhus Havn (Google Maps).

Tabel 6.2 viser, at krydstogtskibenes bidrag til luftforureningen generelt stiger med højden.

Det maksimale bidrag til årsmiddelkoncentrationen af NO_2 er omkring 2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ved 50 m og 70 m i 2017, hvilket er betydeligt, men stadigvæk væsentligt under grænseværdien på 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Hvor grænseværdien ikke var overskredet for beregninger af den 19. højeste timeværdi for NO₂ ved jordoverfladen, så er den overskredet i alle højderne 25 m, 50 m og 70 m. Dog er området med overskridelser lille og er beliggende umiddelbart op af kajpladsen. Den maksimale værdi er 567 µg/m³ for det meteorologiske år 2002. Grænseværdien er 200 µg/m³. Krydstogtskibene bidrager således til, at grænseværdien for 19. højeste timeværdi for NO₂ overskrides.

Krydstogtskibenes koncentrationsbidrag til årsmiddelværdien af PM_{2,5} stiger også generelt med højden og det maksimale bidrag er 1,2 µg/m³ i 2002, hvilket dog er langt under grænseværdien på 25 µg/m³.

Tabel 6.2. Koncentrationsberegninger i forskellige højder og krydstogtskibenes bidrag i Aarhus Havn (enhed: µg/m³).

µg/m ³	2002				2017			
	1,5 m	25 m	50 m	70 m	1,5 m	25 m	50 m	70 m
Årsmiddeldkoncentration af NO₂								
Min.	25,7	25,7	25,7	25,7	12,2	12,2	12,2	12,2
Maks.	26,1	27,4	30,4	29,2	12,5	13,3	14,6	14,7
19. højeste timeværdi af NO₂								
Min.	96	96	96	96	66	66	66	66
Maks.	101	276	567	460	68	219	368	413
Krydstogtskibenes koncentrationsbidrag for årsmiddeldkoncentrationen af NO₂								
Min.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maks.	0,40	1,70	4,70	3,50	0,30	1,10	2,40	2,50
Krydstogtskibenes koncentrationsbidrag for 19. højeste timeværdi af NO₂								
Min.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Maks.	5,2	180	471	364	2,3	153	302	347
Krydstogtskibenes koncentrationsbidrag for årsmiddeldkoncentrationen af PM_{2,5}								
Min.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Maks.	0,042	0,367	1,220	0,998	0,042	0,175	0,621	0,812

Den geografiske fordeling af den 19. højeste timeværdi for NO₂ i de forskellige højder er vist i Figur 6.10, hvor iso-linjen for grænseværdien på 200 µg/m³ er rød.



Figur 6.10. Aarhus Havn: Geografisk fordeling af den 19. højeste timeværdi for NO_2 i de forskellige højder for 2002 (venstre) og 2017 (højre). Øverst 25 m, midtfor 50 m og nederst 70 m. Viste iso-kurver er krydstogtskibenes bidrag inkl. baggrundsforureningen. Iso-linjen for $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ grænseværdien er rød.

6.3 Indikativ sammenligning med målekampagne i 2018 på Langelinie

Målekampagne i 2018

FORCE Technology har gennemført luftkvalitetsmålinger i perioden 31. maj til 19. september 2018 på Langelinie i Københavns Havn for Copenhagen Malmö Port AB (FORCE Technology, 2018). Formålet med målingerne var, at dokumentere om tilstedeværelsen af krydstogtskibe i Københavns Havn (ved Langelinie, Oeankaj og Nordre Toldbod) har indflydelse på luftkvaliteten ved nærliggende boliger, eksemplificeret ved Langelinie Allé 7.

Måleudstyr var opsat på taget af bygningen i 26 m's højde på Langelinie Allé 7, og der blev udført målinger af ultrafine partikler og kvælstofilter (NO og NO_2) for at dokumentere koncentrationer af de nævnte parametre i de nære omgivelser ved krydstogtskibenes anløbspladser i København.

Af rapporten fremgår at målte NO_2 -koncentrationer klart overholder grænseværdien for middelværdien af NO_2 , og niveauerne er tydeligt lavere end på H. C. Andersens Boulevard, som er en af Danmarks mest befærdede bygader samt lavere end en række andre målinger i indre København og forstæder til København, som der er foretaget sammenligning med. Grænseværdien for den 19. højeste timeværdi af NO_2 (99,8 percentilen) er også overholdt, men den 19. højeste timeværdi er højere end på de øvrige steder dog undtagen H. C. Andersens Boulevard. FORCE Technology konkluderede, at krydstogtskibene kan give anledning til kortvarige, høje koncentrationer – som dog stadig er under grænseværdien. Grænseværdien på $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ må maksimalt overskrides 18 timer i løbet af et år. Derfor beregnes den 19. højeste timeværdi, og hvis den overskrider $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ er grænseværdien overskredet.

Modelberegninger for 2002 og 2017

Det er ikke umiddelbart muligt at foretage direkte detaljerede sammenligninger mellem måleresultater fra målekampagnen og de modelberegninger, som gennemføres i nærværende projekt, da undersøgte anløb af krydstogtskibe er fra 2017. Der kan være væsentlige forskelle mellem 2017 og 2018 mht. til antal anløb, tidsperioder, baggrundsforurening og meteorologi, som vil påvirke luftkvaliteten.

Der er gennemført modelberegninger for det pågældende sted for 2017, og dette er sammenholdt med gennemsnitsværdien af måleresultaterne fra 2018 for at give en indikation af forskellene. Beregninger er gennemført med emissionsforholdene i 2017, og under to forskellige forudsætninger for meteorologisk data og baggrundsforureningsdata – 2017 og 2002, hvor 2002 repræsenterer et år med megen østenvind. Beregningerne er gennemført for samme højde og placering af måleudstyret.

Resultaterne af sammenligningen fremgår af tabel 6.3.

Tabel 6.3. Sammenligning af modelberegninger med målekampagne 31. maj til 19. september 2018 på taget af bygning på Langelinie Allé 7 i 26 meters højde i Københavns Havn.

		2002		2017	
		NO _x	NO ₂	NO _x	NO ₂
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
Modelberegninger for 2002 og 2017					
Model	Middelværdi	22,7	17,4	15,1	11,4
Model	19. højeste timeværdi	183	69	89	49
Målinger i 2018					NO ₂
Målinger	Middelværdi				12
Målinger	19. højeste timeværdi				96

¹Grænseværdien gælder for årsmiddelværdien. ²Grænseværdien på 200 µg/m³ må maksimalt overskrides 18. gange i løbet af et år. Derfor beregnes den 19. højeste, og hvis denne overskrider 200 µg/m³ er grænseværdien overskredet.

Som det fremgår af tabel 6.3 er den modellerede middelværdi for NO₂ på 11 µg/m³ inkl. baggrundsforureningen og med meteorologi fra 2017. Meteorologien i 2017 minder om et gennemsnitligt meteorologisk år. Til sammenligning er der målt 12 µg/m³ i samme tidsperiode i 2018. De modellerede og målte middelværdier er derfor tæt på hinanden med meteorologi fra 2017. Med meteorologi og baggrundsforurening fra 2002 modelleres en middelværdi på 17 µg/m³, dvs. væsentligt højere, hvilket dog er forventeligt, da dette år har en meget høj andel af østenvind, og baggrundsforureningen er også højere. Mere østenvind fører emissionen fra krydstogtskibene mod målestedet og giver højere koncentrationer.

Den modellerede 19. højeste timeværdi for NO₂ i 2017 er omkring halvdelen af den målte i 2018. Det er forventeligt, at en spidsværdi vil variere meget fra år til år pga. forskelle i anløb af krydstogtskibe, meteorologi og baggrundsforurening. Det er også forventeligt, at den 19. højeste timeværdi er højere i 2002 i forhold til 2017 af samme grunde som for middelværdien. Det ses også, at den modellerede 19. højeste timeværdi er større end på H.C. Ørsted Institut for både NO_x og NO₂, så krydstogtskibene bidrager til en betydelig forøgelse af spidsværdierne især i 2002. Grænseværdien er 200 µg/m³.

Der er målt i 3½ måned i den periode, hvor en stor del af samtlige krydstogtskibe anløber. I denne periode er de målte værdier langt under grænseværdien for NO₂ for både middelværdien og 19. højeste timeværdi. Grænseværdierne er formelt defineret som en årsmiddelværdi og ligeledes den 19. højeste time inden for et år. Da der er målt i store dele krydstogtsæsonen, er det sandsynligt, at krydstogtskibene ikke giver anledning til overskridelse af grænseværdierne på taget af Langelinie Allé 7 i 26 m's højde.

Krydstogtskibenes koncentrationsbidrag til Langelinie 7 er også beregnet. For NO₂ er koncentrationsbidraget beregnet som forskellen mellem den beregnede NO₂ koncentration og bybaggrundskoncentrationen på H.C. Ørsted Institut, som danner baggrundsforurening for OML-beregningerne. Da O₃ og NO_x indgår i beregningerne af NO₂ pga. fotokemi, er det nødvendigt at beregne forskellen på denne måde, mens koncentrationsbidraget af PM_{2.5} kan beregnes uden baggrund, da kemi ikke indgår.

For NO₂ er krydstogtskibenes modellerede koncentrationsbidrag til Langelinie Allé 7 på 0,7 µg/m³ i 2017 og 1,2 µg/m³ i 2002. Dette er relativt lidt

i forhold til baggrundsniveauet på bybaggrundsstationen på H.C. Ørsted Institut, som for kampagnemåleperioden er 10,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i 2017 og 16,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i 2002. I procent er koncentrationsbidraget omkring 6,5% i 2017 og 7,4% i 2002. Til sammenligning er niveauerne på H.C. Ørsted Institut for hele året 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i 2017 (Ellermann et al., 2018), og 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i 2002 (Kemp & Palmgren, 2003). Grænseværdien er 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

For $\text{PM}_{2,5}$ og PM_{10} er det modellerede koncentrationsbidrag det samme: 0,05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i 2017 og 0,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i 2002. Grunden til at koncentrationsbidraget er det samme for $\text{PM}_{2,5}$ og PM_{10} er, at partikelemissionerne stort set er ens, da langt hovedparten af forbrændingspartikler er under 2,5 mikrometer. Koncentrationsbidraget er meget lille i forhold til baggrundsniveauet på bybaggrundsstationen på H.C. Ørsted Institut, som er på 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i hele 2017 for $\text{PM}_{2,5}$ og 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for PM_{10} (Ellermann et al., 2018). $\text{PM}_{2,5}$ blev ikke målt i 2002, men PM_{10} er 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Kemp & Palmgren, 2003). Niveauerne er også langt under grænseværdierne på 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for $\text{PM}_{2,5}$ og 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for PM_{10} .

Samlet vurdering

Modelberegningerne ligger som forventeligt tæt på målingerne for NO_2 for middelværdien, selvom der regnes for to forskellige år, hvor modelberegningerne er for 2017 og målingerne er udført i 2018. Det er også forventeligt, at der er store forskelle i den beregnede spidsværdi (den 19. højeste for NO_2), da denne er langt mere følsom over for forskelle i anløb af krydstogtskibe, meteorologi og baggrundsforurening mellem de to år.

Modelberegningerne viser ligesom målingerne, at koncentrationsniveauerne er langt under grænseværdierne for middelværdien og 19. højeste timeværdi af NO_2 .

Koncentrationsbidraget for NO_2 er tydeligt både for middelværdien men især for spidsværdien, mens koncentrationsbidraget for middelværdien af $\text{PM}_{2,5}$ er meget lille.

6.4 Perspektivering til Aalborg Havn

Der er ikke gennemført luftkvalitetsberegninger for Aalborg Havn, men resultater for anløb og emission i Aalborg Havn er relateret til resultaterne fra Aarhus Havn.

Som det fremgår af de statistiske oplysninger over anløb af krydstogtskibe i danske havne anløber der 34 krydstogtskibe i Aarhus Havn, og i Danmarks Statistiks oplysninger er Aalborg Havn grupperet i en samlet gruppe uden separate oplysninger for Aalborg Havn. Ifølge Danmarks Statistik gør dette Aarhus Havn til den anden største havn for krydstogtskibe ud fra antallet af anløb.

Via Aalborg Havn er der indhentet oplysninger om anløb, skibsnavn mv. i 2017 (Rosenbeck, 2019). Der var kun to af disse krydstogtskibe, som ikke var kendte fra enten anløb i Københavns Havn eller Aarhus Havn. Ud fra emissionsoplysninger fra krydstogtskibene i Københavns Havn eller Aarhus Havn er der beregnet emissionen fra krydstogtskibene i Aalborg Havn. Anløb, emission mv. for Aalborg Havn er i Bilag 3, og der er en sammenligning mellem Aalborg Havn og Aarhus Havn.

Sammenligningen mellem Aalborg Havn og Aarhus Havn viser, at Aalborg Havn faktisk har 6 % flere anløb end Aarhus Havn, men samlet kajtid er 19 % lavere, brændstofforbrug og NO_x-emission er næsten 60 % lavere, og PM_{2,5}-emissionen er 65 % lavere. Skibene er mindre i gennemsnit og færre har scrubbere (64 % i Aalborg, 82 % i Aarhus).

Langt de fleste krydstogtskibe anløber Honnørkajen ud for Aalborg Slot (kajplads 4041) og nogle få anløber en kaj længere mod øst i selve erhvervshavnen ved Stykgodsvej (kajplads 4110).

Langt de fleste anløb med krydstogtskibe i Aalborg Havn sker som i Aarhus Havn kun på én kaj. Da emissionen fra krydstogtskibene i Aalborg Havn er væsentligt lavere end i Aarhus Havn, vil koncentrationsbidragene fra krydstogtskibene i Aalborg Havn være væsentligt lavere end bidraget fra krydstogtskibene i Aarhus Havn.

6.5 Sammenligning med tidligere undersøgelser

En undersøgelse fra det nu nedlagte Institut fra Miljøvurdering (IMV) pegede i 2003 på, at krydstogtskibes bidrag til luftforurening i og omkring Københavns Havn kunne være så stort, at grænseværdierne for kvælstofdioxid (NO₂), som skulle være opfyldt fra 2010, ville blive overskredet (Saxe og Larsen, 2003).

På denne baggrund iværksatte Miljøstyrelsen i 2004 sammen med Københavns Kommune, Københavns Havn og Copenhagen Malmø Port en undersøgelse af krydstogtskibes forurening i Københavns Havn i 2004 på baggrund af undersøgelse af anløb af krydstogtskibe, emissioner og luftkvalitetsberegninger. Undersøgelsen blev gennemført af det daværende Danmarks Miljøundersøgelser med bistand fra FORCE Technology (Olesen & Berkowicz, 2005). Denne undersøgelse konkluderede, at krydstogtskibene kun har potentiale til at påvirke den 19. højeste timeværdi af NO₂ med ganske lidt ved jordoverfladen og kun i den umiddelbare nærhed af kajpladserne, og grænseværdien på 200 µg/m³ er langt fra at være overskredet. Endvidere er krydstogtskibenes bidrag til den gennemsnitlige NO₂-forurening på årsbasis meget lille ved jordoverfladen, og ligeledes langt fra at medvirke til overskridelse af grænseværdien for årsmiddelværdien. Undersøgelsen analyserede ikke krydstogtskibenes bidrag i forskellige højder.

Konklusionerne fra nærværende undersøgelser for 2017 i Københavns Havn og Aarhus Havn er i overensstemmelse med dette for luftkvaliteten ved jordoverfladen for årsmiddelværdien af NO₂ og for den 19. højeste timeværdi af NO₂, og det samme er gældende for årsmiddelværdien af PM_{2,5}, som ikke blev undersøgt i den tidligere undersøgelse.

COWI har for Københavns Kommune undersøgt alternative energikilder for krydstogtskibe særligt landstrøm ved kaj og gas som drivmiddel (COWI, 2019). Emissionen fra krydstogtskibene er opgjort til 291 tons NO_x og 6,4 tons PM_{2,5}. Dette er lidt mere NO_x og væsentlig mindre PM_{2,5} end nærværende opgørelse, som får 285 tons NO_x og 10 tons PM_{2,5} for samme år. Vi vurderer, at den væsentligste grund til at COWI får lavere PM_{2,5}-emissioner er, at COWI bruger en noget lavere PM emissionsfaktor, som stammer fra Lloyds måleprogram fra starten af 1990'erne, hvor nærværende rapport anvender emissionsfaktorer fra IMO (2015).

Referencer

Bengtsson, S., Andersson, K., Fridell, E. 2011: A comparative life cycle assessment of marine fuels: liquefied natural gas and three other fossil fuels, 14 pp., Proc. IMechE Vol. 225 Part M: J. Engineering for the Maritime Environment (DOI: 10.1177/1475090211402136).

Berkowicz, R. (2000a): A Simple Model for Urban Background Pollution. Environmental Monitoring and Assessment Vol. 65, Issue 1/2, pp. 259-267.

Brandt, J., Christensen, J.H., Frohn, L.M., Palmgren, F., Berkowicz, R., Zlatev, Z. (2001): Operational air pollution forecasts from European to local scale. Atmospheric Environment, Vol. 35, Sup. No. 1, pp. S91-S98, 2001.

Brandt, J., J. D. Silver, L. M. Frohn, C. Geels, A. Gross, A. B. Hansen, K. M. Hansen, G. B. Hedegaard, C. A. Skjøth, H. Villadsen, A. Zare, and J. H. Christensen (2012): An integrated model study for Europe and North America using the Danish Eulerian Hemispheric Model with focus on intercontinental transport. *Atmospheric Environment*, Volume 53, June 2012, pp. 156-176, doi:10.1016/j.atmosenv.2012.01.011.

Christensen, J.H. (1997): The Danish Eulerian Hemispheric Model – a three-dimensional air pollution model used for the Arctic. *Atmospheric Environment*, 31, 4169–4191.

CIMAC (2018): GUIDE to DIESEL EXHAUST EMISSIONS CONTROL of NO_x, SO_x, PARTICULATES, SMOKE and CO₂. SEAGOING SHIPS and LARGE STATIONARY DIESEL POWER PLANTS, Number 28 2008, 36 pp., CIMAC Working Group “Exhaust Emissions Control, The International Council on Combustion Engines.

COWI (2019): Analyse af alternative energikilder til krydstogtskibe. Bilag 1. Udført for Københavns Kommune. Februar 2019.

Danmarks Statistik (2018): Data fra Danmarks Statistikbank.
<http://www.statistikbanken.dk/statbank5a/default.asp?w=1364>.

Ellermann, T., Nygaard, J., Nøjgaard, J.K., Nordstrøm, C., Brandt, J., Christensen, J., Ketzel, M., Massling, A., Bossi, R. & Jensen, S.S. 2017. The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2016. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 78 pp. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 234. <http://dce2.au.dk/pub/SR234.pdf>.

Ellermann, T., Nygaard, J., Nøjgaard, J.K., Nordstrøm, C., Brandt, J., Christensen, J., Ketzel, M., Massling, A., Bossi, R. & Jensen, S.S. 2018. The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2017. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 83 pp. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 281. <http://dce2.au.dk/pub/SR281.pdf>.

EU (2008): EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2008/50/EF af 21. maj 2008 om luftkvaliteten og renere luft i Europa.

Fridell, E., Salo, K. (2016): Measurements of abatement of particles and exhaust gases in a marine gas scrubber, J Engineering for the Maritime Environment 2016, Vol. 230(1) 154-162, DOI: 10.1177/1475090214543716.

FORCE Technology (2018): Copenhagen Malmö Port AB, Langelinie. Måling af luftkvalitet. Udendørs luft. Akkrediteret rapport nr. 118-27013.02 A. Målinger udført i maj til september 2018.

FORCE Technology (2019): Personlig kommunikation med Karsten Fuglsang.

Hansen, J.P. (2012a): Exhaust Gas Scrubber Installed Onboard MV Ficaria Seaways, Environmental Project 1429, 978-87-92903-28-0.

Hansen, J.P. (2012b): Udvikling og demonstration af et modulopbygget varmegenvindings- og skrubberanlæg til reduktion af SO_x, PM, CO₂ og NO_x (Development and demonstration of a module based heat recovery and scrubber system for the reduction of SO_x, PM, CO₂ and NO_x, 22 pp., Environmental Project 1430, ISBN 978-87-92903-29-7.

Hansen (2018): Data tilsendt fra Københavns Havn, Verner Biener Hansen.

IMO, 2015: Third IMO GHG Study 2014, Smith, T.W.P., Jalkanen, J.P., Anderson, B.A., Corbett, J.J., Faber, J., Hanayama, S., O'Keeffe, E., Parker, S., Johansson, L., Aldous, L., Raucci, C., Traut, M., Ettinger, S., Nelissen, D., Lee, D.S., Ng, S., Agrawal, A., Winebrake, J.J., Hoen, M., Chesworth, S. & Pandey, A., 2015: International Maritime Organization, (IMO) London, UK, April 2015. Available at: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/ThirdGreenhouseGasStudy/GHG3ExecutiveSummaryandReport.pdf>.

IMO (2018): Air pollution and Energy Efficiency – Sulphur monitoring for 2018, IMO Marine Environment Protection Committee.

Kemp, K. & Palmgren, F. 2003: The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2002. National Environmental Research Institute, Roskilde Denmark. 36 pp. -NERI Technical Report No .450. <http://technical-reports.dmu.dk>.

Kruse, C. 2015: Data tilsendt fra Samsø Rederi.

Køcks, M., Hemmersam, A.G., Fuglsang, K., Rosenørn, T., Markussen, J.B., Hansen, J.P., Lieke, K.I., Bilde, M. (2012): Shipboard characterization of a wet scrubber system: Influence on particle number concentration, particle size distribution and chemical composition, Research note from Danish Technological Institute, 4 pp.

MAN Energy Solutions, 2012: Data tilsendt af Michael Finch Petersen, Low Speed Marine R&D, (tidligere MAN Diesel & Turbo), København.

Miljøstyrelsen (2001): Luftvejledningen. Vejledning fra Miljøstyrelsen, nr. 2, 2001.

Nielsen, O.-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Nielsen, M., Hjelgaard, K., Mikkelsen, M.H., Albrektsen, R. & Thomsen, M. (2018a): Fremskrivning af emissioner. SO₂, NO_x, NMVOC, NH₃, PM_{2,5} og sod. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 75 s. - Videnskabelig rapport nr. 298 <http://dce2.au.dk/pub/SR298.pdf>.

Nielsen, O.-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Mikkelsen, M.H., Nielsen, M., Gyldenkerne, S., Fauser, P., Albrektsen, R., Hjelgaard, K.H., Bruun, H.G. & Thomsen, M. (2018b): Annual Danish Informative Inventory Report to UNECE. Emission inventories from the base year of the protocols to year 2016. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 495 pp. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 267 <http://dce2.au.dk/pub/SR267.pdf>.

Olesen, H.R., Berkowicz, R.B. (2005): Vurdering af krydstogtskibes bidrag til luftforurening. Miljøprojekt Nr. 978, 2005. Miljøstyrelsen.

Olesen, H.R., Berkowicz, R.B., Løfstrøm, P. (2007): OML: Review of model formulation. National Environmental Research Institute, Denmark. 130pp. - NERI Technical Report No. 609, www.dmu.dk/Pub/FR609.

Olesen, H.R., Winther, M., Ellermann, T., Christensen, J., Plejdrup, M.S. (2009): Ship emissions and air pollution in Denmark. Environmental Project No. 1307, 2009. Danish Environmental Protection Agency.

Plejdrup, M.S., Nielsen, O.-K., Gyldenkerne, S. & Bruun, H.G. 2018. Spatial high-resolution distribution of emissions to air – SPREAD 2.0. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 186 pp. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 131 <http://dce2.au.dk/pub/TR131.pdf>

Saxe, H. & Larsen, T. (2003): Luftforurening fra skibe i danske havne. Stads- og havneingeniøren 9, 5-12.

Rosenbeck (2019): Data tilsendt fra Aalborg Havn af Claus Rosenbeck.

Skamarock, W. C., J. B., Klemp, J. Dudhia, D. O., Gill, D. M. Barker, M. G. Duda, X.-Y. Huang, W. Wang and J. G. Powers, 2008: "A Description of the Advanced Research WRF version 3". NCAR Tech Note NCAR/TN-475+STR, 113p. doi:10.5065/D68S4MVH.

Winther, M. 2018: Danish emission inventories for road transport and other mobile sources. Inventories until the year 2016. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 127pp. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 277. <http://dce2.au.dk/pub/SR277.pdf>.

Bilag 1 Krydstogtskibenes anløbsperioder

Havn	Lokation	Skibsnavn	IMO kode	Ankomsttidspunkt	Afgangstidspunkt
Copenhagen	Langelinie	Aidacara	9112789	2017-04-15 09:15	2017-04-15 17:00
Copenhagen	Langelinie	Saga Sapphire	7822457	2017-04-21 07:40	2017-04-21 19:55
Copenhagen	Langelinie	Aidacara	9112789	2017-04-21 09:35	2017-04-22 17:00
Copenhagen	Langelinie	Viking Sky	9650420	2017-04-29 07:40	2017-04-29 17:55
Copenhagen	Langelinie	Aidacara	9112789	2017-04-29 09:00	2017-04-29 17:00
Copenhagen	Langelinie	AIDAdiva	9334856	2017-04-30 11:00	2017-04-30 18:04
Copenhagen	Langelinie	Rotterdam	9122552	2017-05-01 08:00	2017-05-01 16:00
Copenhagen	Langelinie	AIDAdiva	9334856	2017-05-04 08:00	2017-05-04 19:00
Copenhagen	Langelinie	Viking Sea	9725421	2017-05-05 09:00	2017-05-05 17:55
Copenhagen	Langelinie	AIDamar	9490052	2017-05-05 09:20	2017-05-05 19:50
Copenhagen	Langelinie	Aidacara	9112789	2017-05-06 09:00	2017-05-06 17:00
Copenhagen	Langelinie	AIDAdiva	9334856	2017-05-08 10:20	2017-05-08 18:00
Copenhagen	Langelinie	Deutschland	9141807	2017-05-10 08:15	2017-05-10 18:00
Copenhagen	Langelinie	Magellan	8217881	2017-05-10 11:50	2017-05-10 17:50
Copenhagen	Langelinie	Viking Star	9650418	2017-05-11 08:25	2017-05-11 21:10
Copenhagen	Langelinie	Viking Sky	9650420	2017-05-15 08:00	2017-05-15 20:30
Copenhagen	Langelinie	Celebrity Silhouette	9451094	2017-05-17 09:55	2017-05-17 17:50
Copenhagen	Langelinie	AIDAluna	9334868	2017-05-17 12:45	2017-05-17 20:00
Copenhagen	Langelinie	Mein Schiff 6	9753208	2017-05-18 07:30	2017-05-18 17:35
Copenhagen	Langelinie	AIDAdiva	9334856	2017-05-18 12:30	2017-05-18 20:00
Copenhagen	Langelinie	Vision of the Seas	9116876	2017-05-20 10:15	2017-05-20 18:10
Copenhagen	Langelinie	AIDAluna	9334868	2017-05-21 07:25	2017-05-21 19:00
Copenhagen	Langelinie	Celebrity Silhouette	9451094	2017-05-22 12:00	2017-05-23 17:05
Copenhagen	Langelinie	AIDAvita	9221554	2017-05-22 13:00	2017-05-22 20:00
Copenhagen	Langelinie	Viking Sea	9725421	2017-05-23 07:35	2017-05-23 17:50
Copenhagen	Langelinie	Viking Sky	9650420	2017-05-25 08:25	2017-05-25 20:30
Copenhagen	Langelinie	Prinsendam	8700280	2017-05-25 17:30	2017-05-26 15:45
Copenhagen	Langelinie	Ocean Dream	7915096	2017-05-26 06:47	2017-05-26 20:00
Copenhagen	Langelinie	AIDAvita	9221554	2017-05-26 07:55	2017-05-26 18:50
Copenhagen	Langelinie	Mein Schiff 6	9753208	2017-05-27 07:45	2017-05-27 17:10
Copenhagen	Langelinie	AIDAdiva	9334856	2017-05-28 12:30	2017-05-28 20:10
Copenhagen	Langelinie	Viking Star	9650418	2017-05-29 07:35	2017-05-29 20:47
Copenhagen	Langelinie	Mein Schiff 6	9753208	2017-05-29 08:00	2017-05-29 17:55
Copenhagen	Langelinie	Crown Princess	9293399	2017-05-30 08:50	2017-05-31 16:00
Copenhagen	Langelinie	AIDAvita	9221554	2017-05-30 11:45	2017-05-30 19:55
Copenhagen	Langelinie	Celebrity Eclipse	9404314	2017-06-01 11:00	2017-06-01 21:00
Copenhagen	Langelinie	Viking Sea	9725421	2017-06-02 08:00	2017-06-02 20:50
Copenhagen	Langelinie	AIDAvita	9221554	2017-06-02 08:35	2017-06-02 16:55
Copenhagen	Langelinie	Navigator of the Seas	9227508	2017-06-05 09:45	2017-06-05 17:00
Copenhagen	Langelinie	Crown Princess	9293399	2017-06-06 07:30	2017-06-06 17:00

Havn	Lokation	Skibsnavn	IMO kode	Ankomsttidspunkt	Afgangstidspunkt
Copenhagen	Langelinie	Albatros	7304314	2017-06-06 18:25	2017-06-07 17:00
Copenhagen	Langelinie	AIDAdiva	9334856	2017-06-07 12:40	2017-06-07 20:00
Copenhagen	Langelinie	Seabourn Quest	9483126	2017-06-10 06:00	2017-06-10 17:10
Copenhagen	Langelinie	Viking Sky	9650420	2017-06-12 07:30	2017-06-12 21:00
Copenhagen	Langelinie	Amadea	8913162	2017-06-13 07:40	2017-06-13 13:50
Copenhagen	Langelinie	Queen Elizabeth	9477438	2017-06-14 07:30	2017-06-14 15:45
Copenhagen	Langelinie	Crystal Symphony	9066667	2017-06-14 11:00	2017-06-15 17:05
Copenhagen	Langelinie	Silver Cloud	8903923	2017-06-16 07:25	2017-06-16 17:45
Copenhagen	Langelinie	Clio	9159830	2017-06-16 07:45	2017-06-16 21:00
Copenhagen	Langelinie	Navigator of the Seas	9227508	2017-06-17 09:45	2017-06-17 17:10
Copenhagen	Langelinie	AIDAdiva	9334856	2017-06-17 12:30	2017-06-17 20:00
Copenhagen	Langelinie	Seven Seas Explorer	9703150	2017-06-18 08:15	2017-06-18 15:45
Copenhagen	Langelinie	Astoria	5383304	2017-06-18 08:30	2017-06-18 20:55
Copenhagen	Langelinie	Viking Sea	9725421	2017-06-20 07:30	2017-06-20 21:00
Copenhagen	Langelinie	Celebrity Eclipse	9404314	2017-06-20 13:55	2017-06-21 16:40
Copenhagen	Langelinie	Albatros	7304314	2017-06-22 06:50	2017-06-22 17:50
Copenhagen	Langelinie	Silver Whisper	9192179	2017-06-23 07:15	2017-06-23 17:00
Copenhagen	Langelinie	Seabourn Quest	9483126	2017-06-24 06:00	2017-06-24 17:00
Copenhagen	Langelinie	Vision of the Seas	9116876	2017-06-25 07:15	2017-06-25 16:55
Copenhagen	Langelinie	Nautica	9200938	2017-06-25 07:20	2017-06-25 18:00
Copenhagen	Langelinie	AIDAdiva	9334856	2017-06-27 12:30	2017-06-27 20:05
Copenhagen	Langelinie	Prinsendam	8700280	2017-06-27 16:45	2017-06-28 19:45
Copenhagen	Langelinie	Arcadia	9226906	2017-06-29 09:30	2017-06-29 21:25
Copenhagen	Langelinie	AIDAbella	9362542	2017-06-29 11:30	2017-06-29 19:45
Copenhagen	Langelinie	Silver Whisper	9192179	2017-06-30 07:55	2017-06-30 18:00
Copenhagen	Langelinie	Marco Polo	6417097	2017-07-01 15:30	2017-07-02 12:25
Copenhagen	Langelinie	Silver Wind	8903935	2017-07-02 07:44	2017-07-02 16:54
Copenhagen	Langelinie	Seven Seas Explorer	9703150	2017-07-03 06:45	2017-07-03 20:45
Copenhagen	Langelinie	Crystal Symphony	9066667	2017-07-03 07:10	2017-07-05 15:55
Copenhagen	Langelinie	Celebrity Eclipse	9404314	2017-07-05 07:10	2017-07-05 17:00
Copenhagen	Langelinie	Viking Star	9650418	2017-07-06 07:55	2017-07-06 18:00
Copenhagen	Langelinie	Crown Princess	9293399	2017-07-11 08:00	2017-07-11 17:00
Copenhagen	Langelinie	Celebrity Silhouette	9451094	2017-07-13 11:50	2017-07-14 20:00
Copenhagen	Langelinie	AIDAdiva	9334856	2017-07-13 13:00	2017-07-13 19:50
Copenhagen	Langelinie	Pacific Princess	9187887	2017-07-17 09:30	2017-07-17 22:45
Copenhagen	Langelinie	Marina	9438066	2017-07-18 06:55	2017-07-18 15:55
Copenhagen	Langelinie	Balmoral	8506294	2017-07-18 08:50	2017-07-18 20:50
Copenhagen	Langelinie	Celebrity Eclipse	9404314	2017-07-19 07:00	2017-07-19 16:40
Copenhagen	Langelinie	Viking Sky	9650420	2017-07-20 08:25	2017-07-20 20:45
Copenhagen	Langelinie	Seven Seas Explorer	9703150	2017-07-20 08:40	2017-07-20 19:30
Copenhagen	Langelinie	Berlin	7904889	2017-07-20 13:10	2017-07-20 21:15
Copenhagen	Langelinie	Silver Whisper	9192179	2017-07-21 06:20	2017-07-21 17:50
Copenhagen	Langelinie	Seabourn Quest	9483126	2017-07-21 07:45	2017-07-22 17:05

Havn	Lokation	Skibsnavn	IMO kode	Ankomsttidspunkt	Afgangstidspunkt
Copenhagen	Langelinie	AIDAdiva	9334856	2017-07-23 12:35	2017-07-23 20:05
Copenhagen	Langelinie	Viking Star	9650418	2017-07-24 07:25	2017-07-24 18:00
Copenhagen	Langelinie	Mein Schiff 6	9753208	2017-07-25 07:50	2017-07-25 17:00
Copenhagen	Langelinie	Columbus	8611398	2017-07-25 09:15	2017-07-25 18:00
Copenhagen	Langelinie	Mein Schiff 3	9641730	2017-07-27 07:40	2017-07-27 16:55
Copenhagen	Langelinie	Viking Sea	9725421	2017-07-28 08:25	2017-07-28 17:45
Copenhagen	Langelinie	Silver Cloud	8903923	2017-07-29 06:55	2017-07-29 18:05
Copenhagen	Langelinie	AIDAbella	9362542	2017-08-01 12:45	2017-08-01 20:00
Copenhagen	Langelinie	Berlin	7904889	2017-08-02 09:00	2017-08-02 16:55
Copenhagen	Langelinie	AIDAdiva	9334856	2017-08-02 12:40	2017-08-02 19:55
Copenhagen	Langelinie	Viking Star	9650418	2017-08-03 08:20	2017-08-03 20:45
Copenhagen	Langelinie	Silver Whisper	9192179	2017-08-04 06:45	2017-08-04 17:50
Copenhagen	Langelinie	Viking Sky	9650420	2017-08-07 07:20	2017-08-07 20:55
Copenhagen	Langelinie	Saga Pearl II	8000214	2017-08-07 07:45	2017-08-07 18:00
Copenhagen	Langelinie	Nautica	9200938	2017-08-09 07:30	2017-08-09 16:45
Copenhagen	Langelinie	Celebrity Silhouette	9451094	2017-08-09 09:45	2017-08-09 17:55
Copenhagen	Langelinie	AIDAbella	9362542	2017-08-10 12:40	2017-08-10 20:00
Copenhagen	Langelinie	Astor	8506373	2017-08-12 07:30	2017-08-12 17:40
Copenhagen	Langelinie	AIDAdiva	9334856	2017-08-12 12:45	2017-08-12 20:00
Copenhagen	Langelinie	Magellan	8217881	2017-08-13 07:30	2017-08-13 16:15
Copenhagen	Langelinie	Viking Sea	9725421	2017-08-15 07:15	2017-08-15 18:00
Copenhagen	Langelinie	Clio	9159830	2017-08-15 07:20	2017-08-15 21:35
Copenhagen	Langelinie	Celebrity Eclipse	9404314	2017-08-16 07:00	2017-08-16 16:55
Copenhagen	Langelinie	Viking Sky	9650420	2017-08-17 08:00	2017-08-17 20:45
Copenhagen	Langelinie	Berlin	7904889	2017-08-19 07:45	2017-08-19 17:45
Copenhagen	Langelinie	Seven Seas Explorer	9703150	2017-08-21 06:15	2017-08-21 20:30
Copenhagen	Langelinie	Viking Star	9650418	2017-08-21 07:10	2017-08-21 20:45
Copenhagen	Langelinie	AIDAluna	9334868	2017-08-22 07:40	2017-08-22 19:00
Copenhagen	Langelinie	AIDAdiva	9334856	2017-08-22 12:44	2017-08-22 20:00
Copenhagen	Langelinie	Marina	9438066	2017-08-23 05:30	2017-08-23 21:00
Copenhagen	Langelinie	Viking Sea	9725421	2017-08-25 08:20	2017-08-25 21:00
Copenhagen	Langelinie	Europa 2	9616230	2017-08-26 07:45	2017-08-26 18:00
Copenhagen	Langelinie	Nautica	9200938	2017-08-28 06:15	2017-08-28 19:25
Copenhagen	Langelinie	Silver Wind	8903935	2017-08-29 08:00	2017-08-29 17:00
Copenhagen	Langelinie	Crown Princess	9293399	2017-08-29 08:45	2017-08-30 04:00
Copenhagen	Langelinie	Arcadia	9226906	2017-08-30 09:40	2017-08-30 17:15
Copenhagen	Langelinie	Viking Star	9650418	2017-08-31 08:25	2017-08-31 18:00
Copenhagen	Langelinie	AIDAdiva	9334856	2017-08-31 12:30	2017-08-31 20:00
Copenhagen	Langelinie	Azamara Journey	9200940	2017-09-01 07:18	2017-09-01 21:55
Copenhagen	Langelinie	Celebrity Silhouette	9451094	2017-09-02 09:50	2017-09-02 18:05
Copenhagen	Langelinie	Deutschland	9141807	2017-09-03 08:05	2017-09-03 18:00
Copenhagen	Langelinie	Viking Sky	9650420	2017-09-04 07:30	2017-09-04 21:15
Copenhagen	Langelinie	Mein Schiff 3	9641730	2017-09-04 07:45	2017-09-04 17:00

Havn	Lokation	Skibsnavn	IMO kode	Ankomsttidspunkt	Afgangstidspunkt
Copenhagen	Langelinie	Koningsdam	9692557	2017-09-05 07:00	2017-09-05 15:30
Copenhagen	Langelinie	Albatros	7304314	2017-09-05 07:20	2017-09-05 17:45
Copenhagen	Langelinie	Mein Schiff 3	9641730	2017-09-06 07:55	2017-09-06 16:50
Copenhagen	Langelinie	Europa 2	9616230	2017-09-07 07:45	2017-09-07 17:55
Copenhagen	Langelinie	Norwegian Jade	9304057	2017-09-07 11:50	2017-09-07 22:35
Copenhagen	Langelinie	Seven Seas Explorer	9703150	2017-09-08 09:10	2017-09-08 17:50
Copenhagen	Langelinie	Ocean Majesty	6602898	2017-09-09 06:30	2017-09-09 16:00
Copenhagen	Langelinie	Monarch	8819500	2017-09-10 13:50	2017-09-10 20:00
Copenhagen	Langelinie	Viking Sea	9725421	2017-09-12 07:30	2017-09-12 21:05
Copenhagen	Langelinie	AIDAvita	9221554	2017-09-12 11:55	2017-09-12 20:05
Copenhagen	Langelinie	Pacific Princess	9187887	2017-09-13 09:45	2017-09-13 22:00
Copenhagen	Langelinie	AIDAvita	9221554	2017-09-14 19:35	2017-09-15 17:00
Copenhagen	Langelinie	Prinsendam	8700280	2017-09-16 08:08	2017-09-16 19:55
Copenhagen	Langelinie	Viking Star	9650418	2017-09-18 07:20	2017-09-18 20:45
Copenhagen	Langelinie	AIDamar	9490052	2017-09-18 11:10	2017-09-18 20:25
Copenhagen	Langelinie	Balmoral	8506294	2017-09-19 10:15	2017-09-20 23:00
Copenhagen	Langelinie	AIDAvita	9221554	2017-09-19 11:45	2017-09-19 19:50
Copenhagen	Langelinie	AIDAvita	9221554	2017-09-22 08:00	2017-09-22 17:00
Copenhagen	Langelinie	AIDamar	9490052	2017-09-22 10:15	2017-09-22 19:00
Copenhagen	Langelinie	Black Watch	7108930	2017-09-26 11:00	2017-09-26 18:30
Copenhagen	Langelinie	AIDAvita	9221554	2017-09-26 11:40	2017-09-26 19:55
Copenhagen	Langelinie	AIDAvita	9221554	2017-09-29 08:45	2017-09-29 17:30
Copenhagen	Langelinie	AIDAvita	9221554	2017-10-03 11:45	2017-10-03 20:00
Copenhagen	Langelinie	Balmoral	8506294	2017-10-05 10:50	2017-10-05 19:00
Copenhagen	Langelinie	AIDAvita	9221554	2017-10-06 08:45	2017-10-06 17:00
Copenhagen	Langelinie	Magellan	8217881	2017-10-06 09:50	2017-10-07 19:55
Copenhagen	Langelinie	AIDamar	9490052	2017-10-08 07:30	2017-10-08 18:50
Copenhagen	Langelinie	AIDAvita	9221554	2017-10-13 08:00	2017-10-13 18:00
Copenhagen	Langelinie	AIDAvita	9221554	2017-10-20 07:40	2017-10-20 17:55
Copenhagen	Langelinie	AIDAvita	9221554	2017-10-22 07:45	2017-10-22 16:05
Copenhagen	Langelinie	Aurora	9169524	2017-12-10 07:50	2017-12-11 16:45
Copenhagen	Langelinie	Saga Pearl II	8000214	2017-12-13 08:05	2017-12-13 21:34
Copenhagen	Langelinie	Aurora	9169524	2017-12-21 12:45	2017-12-22 16:55
Copenhagen	Langelinie	Saga Sapphire	7822457	2017-12-26 08:00	2017-12-26 17:52
Copenhagen	Langelinie	Stavangerfjord	9586605	2017-12-30 09:00	2017-12-31 16:55
Copenhagen	Langelinie	Bergensfjord	9586617	2017-12-30 14:00	2017-12-31 17:00
Copenhagen	Levantkaj	MSC Magnifica	9387085	2017-06-03 07:29	2017-06-03 17:55
Copenhagen	Nordre Toldbod	National Geographic Orion	9273076	2017-04-18 07:10	2017-04-19 18:00
Copenhagen	Nordre Toldbod	Clio	9159830	2017-05-06 10:00	2017-05-07 21:00
Copenhagen	Nordre Toldbod	Le Soleal	9641675	2017-05-13 08:40	2017-05-13 17:08
Copenhagen	Nordre Toldbod	National Geographic Orion	9273076	2017-05-15 06:00	2017-05-15 20:55
Copenhagen	Nordre Toldbod	Le Soleal	9641675	2017-05-23 06:50	2017-05-23 17:20
Copenhagen	Nordre Toldbod	Clio	9159830	2017-05-27 07:25	2017-05-27 21:00

Havn	Lokation	Skibsnavn	IMO kode	Ankomsttidspunkt	Afgangstidspunkt
Copenhagen	Nordre Toldbod	Le Soleal	9641675	2017-06-06 06:40	2017-06-06 10:20
Copenhagen	Nordre Toldbod	Braemar	9000699	2017-06-07 08:05	2017-06-07 18:00
Copenhagen	Nordre Toldbod	Le Boreal	9502506	2017-06-09 06:13	2017-06-09 16:30
Copenhagen	Nordre Toldbod	National Geographic Orion	9273076	2017-06-16 06:15	2017-06-16 18:00
Copenhagen	Nordre Toldbod	Le Boreal	9502506	2017-06-19 10:50	2017-06-19 22:50
Copenhagen	Nordre Toldbod	Braemar	9000699	2017-06-28 07:45	2017-06-28 16:00
Copenhagen	Nordre Toldbod	Clio	9159830	2017-07-06 07:40	2017-07-06 21:15
Copenhagen	Nordre Toldbod	Wind Surf	8700785	2017-07-07 11:45	2017-07-08 18:05
Copenhagen	Nordre Toldbod	Sea Cloud II	9171292	2017-07-09 08:00	2017-07-09 16:45
Copenhagen	Nordre Toldbod	Silver Whisper	9192179	2017-07-13 12:00	2017-07-14 17:15
Copenhagen	Nordre Toldbod	Wind Surf	8700785	2017-07-23 03:00	2017-07-23 17:09
Copenhagen	Nordre Toldbod	Clio	9159830	2017-07-26 07:30	2017-07-26 21:30
Copenhagen	Nordre Toldbod	Sea Cloud II	9171292	2017-07-30 07:45	2017-07-30 17:50
Copenhagen	Nordre Toldbod	Birka Stockholm	9273727	2017-08-01 09:25	2017-08-01 18:00
Copenhagen	Nordre Toldbod	Braemar	9000699	2017-08-02 13:16	2017-08-02 21:30
Copenhagen	Nordre Toldbod	Azamara Journey	9200940	2017-08-03 12:45	2017-08-04 16:30
Copenhagen	Nordre Toldbod	Serenissima	5142657	2017-08-08 07:00	2017-08-09 18:25
Copenhagen	Nordre Toldbod	Wind Surf	8700785	2017-08-12 06:40	2017-08-12 17:00
Copenhagen	Nordre Toldbod	Sea Cloud II	9171292	2017-08-14 08:15	2017-08-14 17:15
Copenhagen	Nordre Toldbod	Island Sky	8802894	2017-08-15 16:00	2017-08-17 04:45
Copenhagen	Nordre Toldbod	Wind Surf	8700785	2017-08-27 09:00	2017-08-28 16:55
Copenhagen	Nordre Toldbod	Europa	9183855	2017-08-29 07:55	2017-08-29 20:45
Copenhagen	Nordre Toldbod	Clio	9159830	2017-09-04 07:15	2017-09-04 17:30
Copenhagen	Nordre Toldbod	Europa	9183855	2017-09-12 12:00	2017-09-12 18:55
Copenhagen	Oceankaj	Regal Princess	9584724	2017-04-30 04:55	2017-04-30 19:45
Copenhagen	Oceankaj	MSC Fantasia	9359791	2017-04-30 07:05	2017-04-30 17:45
Copenhagen	Oceankaj	Serenade of the Seas	9228344	2017-05-03 06:00	2017-05-03 17:15
Copenhagen	Oceankaj	Zuiderdam	9221279	2017-05-05 06:45	2017-05-05 21:25
Copenhagen	Oceankaj	MSC Fantasia	9359791	2017-05-07 08:00	2017-05-07 17:10
Copenhagen	Oceankaj	Regal Princess	9584724	2017-05-11 05:15	2017-05-11 18:00
Copenhagen	Oceankaj	MSC Magnifica	9387085	2017-05-12 08:10	2017-05-12 18:00
Copenhagen	Oceankaj	Seabourn Quest	9483126	2017-05-12 17:30	2017-05-13 17:24
Copenhagen	Oceankaj	Serenade of the Seas	9228344	2017-05-13 05:45	2017-05-13 16:55
Copenhagen	Oceankaj	MSC Fantasia	9359791	2017-05-14 08:00	2017-05-14 16:50
Copenhagen	Oceankaj	Norwegian Getaway	9606924	2017-05-16 06:00	2017-05-16 17:10
Copenhagen	Oceankaj	Zuiderdam	9221279	2017-05-16 10:30	2017-05-17 16:00
Copenhagen	Oceankaj	Serenade of the Seas	9228344	2017-05-20 06:45	2017-05-20 17:00
Copenhagen	Oceankaj	MSC Fantasia	9359791	2017-05-21 07:30	2017-05-21 17:00
Copenhagen	Oceankaj	Regal Princess	9584724	2017-05-22 05:25	2017-05-22 18:00
Copenhagen	Oceankaj	Koningsdam	9692557	2017-05-23 07:05	2017-05-23 16:00
Copenhagen	Oceankaj	MSC Magnifica	9387085	2017-05-23 07:55	2017-05-23 18:00
Copenhagen	Oceankaj	Norwegian Getaway	9606924	2017-05-25 05:50	2017-05-25 17:00
Copenhagen	Oceankaj	Aurora	9169524	2017-05-25 09:00	2017-05-25 17:25

Havn	Lokation	Skibsnavn	IMO kode	Ankomsttidspunkt	Afgangstidspunkt
Copenhagen	Oceankaj	Seabourn Quest	9483126	2017-05-27 06:10	2017-05-27 17:30
Copenhagen	Oceankaj	Serenade of the Seas	9228344	2017-05-27 07:05	2017-05-27 17:05
Copenhagen	Oceankaj	Disney Magic	9126807	2017-05-27 07:25	2017-05-28 17:15
Copenhagen	Oceankaj	Costa Favolosa	9479852	2017-05-27 08:45	2017-05-27 17:45
Copenhagen	Oceankaj	MSC Fantasia	9359791	2017-05-28 07:40	2017-05-28 16:43
Copenhagen	Oceankaj	Zuiderdam	9221279	2017-05-29 06:50	2017-05-29 21:25
Copenhagen	Oceankaj	Regal Princess	9584724	2017-06-02 05:05	2017-06-02 18:00
Copenhagen	Oceankaj	Monarch	8819500	2017-06-02 07:05	2017-06-02 14:00
Copenhagen	Oceankaj	Norwegian Getaway	9606924	2017-06-03 05:50	2017-06-03 17:00
Copenhagen	Oceankaj	Serenade of the Seas	9228344	2017-06-03 06:40	2017-06-03 16:50
Copenhagen	Oceankaj	Costa Favolosa	9479852	2017-06-03 08:30	2017-06-03 18:00
Copenhagen	Oceankaj	Disney Magic	9126807	2017-06-04 06:20	2017-06-04 17:10
Copenhagen	Oceankaj	MSC Fantasia	9359791	2017-06-04 07:40	2017-06-04 16:30
Copenhagen	Oceankaj	Zuiderdam	9221279	2017-06-09 12:35	2017-06-10 21:00
Copenhagen	Oceankaj	Costa Favolosa	9479852	2017-06-10 08:10	2017-06-10 17:30
Copenhagen	Oceankaj	MSC Magnifica	9387085	2017-06-10 08:45	2017-06-10 17:45
Copenhagen	Oceankaj	Disney Magic	9126807	2017-06-11 06:25	2017-06-11 17:15
Copenhagen	Oceankaj	MSC Fantasia	9359791	2017-06-11 07:40	2017-06-11 16:50
Copenhagen	Oceankaj	Norwegian Getaway	9606924	2017-06-12 05:55	2017-06-12 17:00
Copenhagen	Oceankaj	Marina	9438066	2017-06-12 06:10	2017-06-12 19:50
Copenhagen	Oceankaj	Regal Princess	9584724	2017-06-13 05:15	2017-06-13 19:00
Copenhagen	Oceankaj	Vision of the Seas	9116876	2017-06-13 09:54	2017-06-13 17:50
Copenhagen	Oceankaj	Serenade of the Seas	9228344	2017-06-14 06:40	2017-06-14 17:00
Copenhagen	Oceankaj	Britannia	9614036	2017-06-14 08:40	2017-06-14 17:25
Copenhagen	Oceankaj	Costa Favolosa	9479852	2017-06-17 08:45	2017-06-17 17:30
Copenhagen	Oceankaj	MSC Magnifica	9387085	2017-06-17 09:00	2017-06-17 18:00
Copenhagen	Oceankaj	Disney Magic	9126807	2017-06-18 06:55	2017-06-18 17:10
Copenhagen	Oceankaj	MSC Fantasia	9359791	2017-06-18 07:30	2017-06-18 16:50
Copenhagen	Oceankaj	Norwegian Getaway	9606924	2017-06-21 06:00	2017-06-21 17:00
Copenhagen	Oceankaj	Zuiderdam	9221279	2017-06-21 10:30	2017-06-22 16:10
Copenhagen	Oceankaj	Regal Princess	9584724	2017-06-24 05:05	2017-06-24 18:00
Copenhagen	Oceankaj	Costa Favolosa	9479852	2017-06-24 08:05	2017-06-24 17:30
Copenhagen	Oceankaj	MSC Magnifica	9387085	2017-06-24 08:30	2017-06-24 17:50
Copenhagen	Oceankaj	MSC Fantasia	9359791	2017-06-25 07:45	2017-06-25 16:45
Copenhagen	Oceankaj	AIDAbella	9362542	2017-06-25 10:40	2017-06-25 19:55
Copenhagen	Oceankaj	Marina	9438066	2017-06-29 06:25	2017-06-29 20:47
Copenhagen	Oceankaj	Navigator of the Seas	9227508	2017-06-29 09:30	2017-06-29 17:00
Copenhagen	Oceankaj	Norwegian Getaway	9606924	2017-06-30 06:00	2017-06-30 17:00
Copenhagen	Oceankaj	Costa Favolosa	9479852	2017-07-01 08:05	2017-07-01 17:25
Copenhagen	Oceankaj	MSC Magnifica	9387085	2017-07-01 08:20	2017-07-01 17:55
Copenhagen	Oceankaj	MSC Fantasia	9359791	2017-07-02 07:40	2017-07-02 16:45
Copenhagen	Oceankaj	Prinsendam	8700280	2017-07-03 08:00	2017-07-03 17:00
Copenhagen	Oceankaj	Zuiderdam	9221279	2017-07-04 06:50	2017-07-04 21:30

Havn	Lokation	Skibsnavn	IMO kode	Ankomsttidspunkt	Afgangstidspunkt
Copenhagen	Oceankaj	Independence of The Seas	9349681	2017-07-04 09:15	2017-07-04 20:00
Copenhagen	Oceankaj	Regal Princess	9584724	2017-07-05 05:00	2017-07-05 17:58
Copenhagen	Oceankaj	Azamara Journey	9200940	2017-07-07 05:45	2017-07-07 16:50
Copenhagen	Oceankaj	Seabourn Quest	9483126	2017-07-08 05:30	2017-07-08 17:05
Copenhagen	Oceankaj	Costa Favolosa	9479852	2017-07-08 08:00	2017-07-08 17:30
Copenhagen	Oceankaj	MSC Magnifica	9387085	2017-07-08 08:33	2017-07-08 17:45
Copenhagen	Oceankaj	Norwegian Getaway	9606924	2017-07-09 05:50	2017-07-09 17:10
Copenhagen	Oceankaj	MSC Fantasia	9359791	2017-07-09 07:40	2017-07-09 16:55
Copenhagen	Oceankaj	Aurora	9169524	2017-07-13 08:40	2017-07-13 22:50
Copenhagen	Oceankaj	Costa Favolosa	9479852	2017-07-15 08:15	2017-07-15 17:30
Copenhagen	Oceankaj	MSC Magnifica	9387085	2017-07-15 08:15	2017-07-15 18:00
Copenhagen	Oceankaj	Zuiderdam	9221279	2017-07-15 10:50	2017-07-16 16:20
Copenhagen	Oceankaj	Regal Princess	9584724	2017-07-16 05:00	2017-07-16 17:55
Copenhagen	Oceankaj	MSC Fantasia	9359791	2017-07-16 07:55	2017-07-16 16:55
Copenhagen	Oceankaj	Norwegian Getaway	9606924	2017-07-18 05:55	2017-07-18 17:00
Copenhagen	Oceankaj	Queen Elizabeth	9477438	2017-07-18 06:40	2017-07-18 16:00
Copenhagen	Oceankaj	Vision of the Seas	9116876	2017-07-19 11:10	2017-07-19 19:00
Copenhagen	Oceankaj	Costa Favolosa	9479852	2017-07-22 07:20	2017-07-22 17:45
Copenhagen	Oceankaj	MSC Magnifica	9387085	2017-07-22 08:25	2017-07-22 18:00
Copenhagen	Oceankaj	MSC Fantasia	9359791	2017-07-23 07:35	2017-07-23 17:40
Copenhagen	Oceankaj	Regal Princess	9584724	2017-07-27 05:00	2017-07-27 17:50
Copenhagen	Oceankaj	Norwegian Getaway	9606924	2017-07-27 05:55	2017-07-27 17:15
Copenhagen	Oceankaj	Costa Favolosa	9479852	2017-07-29 07:45	2017-07-29 17:30
Copenhagen	Oceankaj	MSC Magnifica	9387085	2017-07-29 08:40	2017-07-29 17:45
Copenhagen	Oceankaj	Zuiderdam	9221279	2017-07-30 05:45	2017-07-30 15:55
Copenhagen	Oceankaj	MSC Fantasia	9359791	2017-07-30 07:55	2017-07-30 16:45
Copenhagen	Oceankaj	Vision of the Seas	9116876	2017-08-01 05:56	2017-08-01 17:10
Copenhagen	Oceankaj	Celebrity Eclipse	9404314	2017-08-02 07:00	2017-08-02 16:50
Copenhagen	Oceankaj	Norwegian Getaway	9606924	2017-08-05 05:55	2017-08-05 17:30
Copenhagen	Oceankaj	Costa Favolosa	9479852	2017-08-05 08:05	2017-08-05 19:00
Copenhagen	Oceankaj	MSC Magnifica	9387085	2017-08-05 08:50	2017-08-05 17:55
Copenhagen	Oceankaj	MSC Fantasia	9359791	2017-08-06 07:30	2017-08-06 17:00
Copenhagen	Oceankaj	Regal Princess	9584724	2017-08-07 05:00	2017-08-07 17:55
Copenhagen	Oceankaj	Vision of the Seas	9116876	2017-08-11 05:55	2017-08-11 17:10
Copenhagen	Oceankaj	Zuiderdam	9221279	2017-08-11 06:15	2017-08-11 21:45
Copenhagen	Oceankaj	Serenade of the Seas	9228344	2017-08-11 09:00	2017-08-12 17:00
Copenhagen	Oceankaj	Costa Favolosa	9479852	2017-08-12 07:50	2017-08-12 17:30
Copenhagen	Oceankaj	MSC Magnifica	9387085	2017-08-12 08:30	2017-08-12 18:10
Copenhagen	Oceankaj	MSC Fantasia	9359791	2017-08-13 07:30	2017-08-13 17:00
Copenhagen	Oceankaj	Norwegian Getaway	9606924	2017-08-14 06:45	2017-08-14 17:05
Copenhagen	Oceankaj	Silver Cloud	8903923	2017-08-18 05:10	2017-08-18 17:10
Copenhagen	Oceankaj	Regal Princess	9584724	2017-08-18 05:10	2017-08-18 18:40
Copenhagen	Oceankaj	Serenade of the Seas	9228344	2017-08-19 07:00	2017-08-19 18:10

Havn	Lokation	Skibsnavn	IMO kode	Ankomsttidspunkt	Afgangstidspunkt
Copenhagen	Oceankaj	Costa Favolosa	9479852	2017-08-19 08:15	2017-08-19 18:35
Copenhagen	Oceankaj	MSC Magnifica	9387085	2017-08-19 08:55	2017-08-19 18:10
Copenhagen	Oceankaj	MSC Fantasia	9359791	2017-08-20 07:30	2017-08-20 17:00
Copenhagen	Oceankaj	Vision of the Seas	9116876	2017-08-22 05:50	2017-08-22 17:10
Copenhagen	Oceankaj	Zuiderdam	9221279	2017-08-22 10:42	2017-08-23 17:15
Copenhagen	Oceankaj	Norwegian Getaway	9606924	2017-08-23 05:50	2017-08-23 17:00
Copenhagen	Oceankaj	Serenade of the Seas	9228344	2017-08-26 06:50	2017-08-26 17:00
Copenhagen	Oceankaj	Costa Favolosa	9479852	2017-08-26 07:45	2017-08-26 17:23
Copenhagen	Oceankaj	MSC Magnifica	9387085	2017-08-26 08:30	2017-08-26 17:45
Copenhagen	Oceankaj	MSC Fantasia	9359791	2017-08-27 07:40	2017-08-27 16:50
Copenhagen	Oceankaj	Regal Princess	9584724	2017-08-29 05:10	2017-08-29 18:00
Copenhagen	Oceankaj	Mein Schiff 3	9641730	2017-08-31 07:50	2017-08-31 16:55
Copenhagen	Oceankaj	Norwegian Getaway	9606924	2017-09-01 06:00	2017-09-01 16:56
Copenhagen	Oceankaj	Costa Favolosa	9479852	2017-09-02 08:10	2017-09-02 18:10
Copenhagen	Oceankaj	MSC Magnifica	9387085	2017-09-02 09:00	2017-09-02 18:00
Copenhagen	Oceankaj	MSC Fantasia	9359791	2017-09-03 07:40	2017-09-03 17:05
Copenhagen	Oceankaj	Costa Mediterranea	9237345	2017-09-05 08:00	2017-09-05 20:20
Copenhagen	Oceankaj	Regal Princess	9584724	2017-09-09 05:00	2017-09-09 21:45
Copenhagen	Oceankaj	Costa Favolosa	9479852	2017-09-09 08:15	2017-09-09 17:45
Copenhagen	Oceankaj	Norwegian Getaway	9606924	2017-09-10 05:55	2017-09-10 17:00
Copenhagen	Oceankaj	MSC Fantasia	9359791	2017-09-10 07:30	2017-09-10 17:30
Copenhagen	Oceankaj	Marina	9438066	2017-09-12 06:20	2017-09-12 18:05
Copenhagen	Oceankaj	MSC Fantasia	9359791	2017-09-17 07:15	2017-09-17 17:48
Copenhagen	Oceankaj	Norwegian Getaway	9606924	2017-09-19 05:55	2017-09-19 17:25
Copenhagen	Oceankaj	Norwegian Getaway	9606924	2017-09-28 06:00	2017-09-28 17:00
Copenhagen	Oceankaj	Norwegian Getaway	9606924	2017-10-07 05:55	2017-10-07 17:15
Copenhagen	Oceankaj	Norwegian Getaway	9606924	2017-10-15 05:00	2017-10-15 17:20
Aarhus	Krydstogt	Aidacara	9112789	2017-04-08 08:10	2017-04-08 17:45
Aarhus	Krydstogt	Saga Sapphire	7822457	2017-04-22 07:45	2017-04-22 18:00
Aarhus	Krydstogt	Rotterdam	9122552	2017-05-11 07:00	2017-05-11 16:00
Aarhus	Krydstogt	Mein Schiff 6	9753208	2017-05-17 08:00	2017-05-17 19:00
Aarhus	Krydstogt	COSTA FAVOLOSA	9479852	2017-06-01 08:15	2017-06-01 18:00
Aarhus	Krydstogt	Koningsdam	9692557	2017-06-02 08:30	2017-06-02 16:45
Aarhus	Krydstogt	Braemar	9000699	2017-06-05 07:45	2017-06-05 22:30
Aarhus	Krydstogt	COSTA FAVOLOSA	9479852	2017-06-08 07:30	2017-06-08 18:00
Aarhus	Krydstogt	COSTA FAVOLOSA	9479852	2017-06-15 08:35	2017-06-15 17:45
Aarhus	Krydstogt	Aidavita	9221554	2017-06-16 09:00	2017-06-16 19:15
Aarhus	Krydstogt	Silver Cloud	8903923	2017-06-17 07:00	2017-06-17 18:45
Aarhus	Krydstogt	COSTA FAVOLOSA	9479852	2017-06-22 07:10	2017-06-22 18:00
Aarhus	Krydstogt	Vision Of The Seas	9116876	2017-06-24 09:00	2017-06-24 18:30
Aarhus	Krydstogt	COSTA FAVOLOSA	9479852	2017-06-29 08:15	2017-06-29 17:20
Aarhus	Krydstogt	Aidavita	9221554	2017-06-30 09:45	2017-06-30 19:30
Aarhus	Krydstogt	Aidadiva	9334856	2017-07-03 08:00	2017-07-03 18:00

Havn	Lokation	Skibsnavn	IMO kode	Ankomsttidspunkt	Afgangstidspunkt
Aarhus	Krydstogt	COSTA FAVOLOSA	9479852	2017-07-06 08:30	2017-07-06 18:00
Aarhus	Krydstogt	COSTA FAVOLOSA	9479852	2017-07-13 08:40	2017-07-13 18:25
Aarhus	Krydstogt	Aidavita	9221554	2017-07-14 08:40	2017-07-14 19:15
Aarhus	Krydstogt	COSTA FAVOLOSA	9479852	2017-07-20 07:18	2017-07-20 18:00
Aarhus	Krydstogt	COSTA FAVOLOSA	9479852	2017-07-27 07:30	2017-07-27 18:00
Aarhus	Krydstogt	Aidavita	9221554	2017-07-28 09:00	2017-07-28 19:30
Aarhus	Krydstogt	Europa	9183855	2017-07-31 11:30	2017-07-31 18:00
Aarhus	Krydstogt	COSTA FAVOLOSA	9479852	2017-08-03 07:24	2017-08-03 18:00
Aarhus	Krydstogt	COSTA FAVOLOSA	9479852	2017-08-10 07:30	2017-08-10 18:00
Aarhus	Krydstogt	Aidavita	9221554	2017-08-11 08:30	2017-08-11 19:30
Aarhus	Krydstogt	COSTA FAVOLOSA	9479852	2017-08-17 07:24	2017-08-17 18:00
Aarhus	Krydstogt	COSTA FAVOLOSA	9479852	2017-08-24 08:30	2017-08-24 18:00
Aarhus	Krydstogt	Aidavita	9221554	2017-08-25 10:45	2017-08-25 19:15
Aarhus	Krydstogt	COSTA FAVOLOSA	9479852	2017-08-31 08:45	2017-08-31 18:00
Aarhus	Krydstogt	Mein Schiff 3	9641730	2017-09-02 07:00	2017-09-02 19:00
Aarhus	Krydstogt	COSTA FAVOLOSA	9479852	2017-09-07 08:45	2017-09-07 18:00
Aarhus	Krydstogt	Aidavita	9221554	2017-09-08 08:45	2017-09-08 19:35
Aarhus	Krydstogt	Koningsdam	9692557	2017-09-15 07:45	2017-09-15 16:30

Bilag 2 Emissionsfaktorer og fysiske parametre for krydstogtskibene

Skibsnavn	IMO kode	BT	Byggear	Fuel type	Total installeret motoreffekt	Effektforbrug ved kaj	Skorstenshøjde over vandlinje	Bygningshøjde over vandlinje	Røggastemperatur	Røggashastighed	Røggasvolumenstrøm	Brændstofforbrug	Brændstofforbrug	NOx emission	PM emission	PM2.5 emission	Røggasvolumenstrøm	Brændstofforbrug	Brændstofforbrug	NOx emission	PM emission	PM2.5 emission							
Parametre for havnemanøvre												Parametre ved kaj																	
												kW	kW	m	m	°C	m/s	m³/s	g/s	MJ/s	g/s	g/s	g/s	m³/s	g/s	MJ/s	g/s	g/s	g/s
AIDAbella	9362542	69203	2008	MDO/MGO	36000	6056	53,4	35,8	250	27,5	21,160	536,9	22,93	30,00	0,46	0,45	12,589	319,4	13,64	20,19	0,31	0,30							
Aidacara	9112789	38557	1996	HFO	21720	3481	41,1	27,5	200	27,5	12,502	342,9	14,03	18,96	0,84	0,83	7,088	194,4	7,95	12,16	0,54	0,53							
AIDAdiva	9334856	69203	2007	HFO	36000	6056	53,4	35,8	200	27,5	19,574	536,9	21,96	30,00	1,39	1,37	11,646	319,4	13,07	20,19	0,94	0,92							
AIDAluna	9334868	69203	2009	HFO	36000	6056	53,4	35,8	200	27,5	19,574	536,9	21,96	30,00	1,39	1,37	11,646	319,4	13,07	20,19	0,94	0,92							
AIDamar	9490052	71304	2012	HFO	36000	6232	54,2	36,3	200	27,5	19,574	536,9	21,96	23,75	1,39	1,37	11,985	328,8	13,45	16,45	0,96	0,95							
AIDAvita	9221554	42289	2002	HFO	18800	3795	42,6	28,5	200	27,5	10,222	280,4	11,47	15,67	0,73	0,72	7,298	200,2	8,19	12,65	0,59	0,58							
Albatros	7304314	28518	2005	MDO/MGO	15840	2638	37,1	24,9	250	27,5	9,310	236,2	10,09	13,20	0,20	0,20	5,484	139,2	5,94	8,79	0,13	0,13							
Amadea	8913162	29008	1991	MDO/MGO	17300	2679	37,3	25,0	250	27,5	11,389	289,0	12,34	14,25	0,21	0,21	6,238	158,3	6,76	8,82	0,13	0,13							
Arcadia	9226906	84342	2005	MDO/MGO	45441	7327	59,4	39,8	250	27,5	26,709	677,7	28,94	37,87	0,57	0,57	15,233	386,5	16,50	24,42	0,37	0,37							
Astor	8506373	20704	1987	MDO/MGO	15400	1982	34,0	22,8	250	27,5	10,508	266,6	11,39	12,07	0,19	0,18	4,783	121,4	5,18	6,21	0,10	0,09							
Astoria	5383304	16144	2013	MDO/MGO	10700	1599	32,1	21,5	250	27,5	6,236	158,2	6,76	7,06	0,14	0,13	3,295	83,6	3,57	4,22	0,08	0,08							
Aurora	9169524	76152	2000	MDO/MGO	58800	6639	56,1	37,6	250	27,5	34,562	877,0	37,45	49,00	0,74	0,73	13,803	350,2	14,95	22,13	0,34	0,33							
Azamara Journey	9200940	30277	2000	MDO/MGO	18240	2786	37,8	25,3	250	27,5	10,721	272,0	11,62	15,20	0,23	0,23	5,792	147,0	6,28	9,29	0,14	0,14							
Balmoral	8506294	43537	1988	MDO/MGO	21300	3900	43,1	28,9	250	27,5	14,414	365,7	15,62	16,90	0,26	0,25	9,334	236,8	10,11	12,38	0,19	0,19							
Bergensfjord	9586617	31678	2014	LNG	22400	2904	38,4	25,7	250	27,5	13,305	337,6	16,17	2,33	0,12	0,12	0,000	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00							
Bergensfjord	9586617	31678	2014	MDO/MGO	22400	2904	38,4	25,7	250	27,5	0,000	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	5,934	150,6	6,43	6,86	0,15	0,15							
Berlin	7904889	9570	1980	MDO/MGO	7060	1046	29,5	19,8	250	27,5	5,054	128,2	5,48	5,15	0,08	0,08	2,649	67,2	2,87	3,05	0,05	0,05							
Birka Stockholm	9273727	34924	2004	MDO/MGO	23400	3176	39,7	26,6	250	27,5	13,754	349,0	14,90	19,50	0,30	0,29	6,603	167,5	7,15	10,59	0,16	0,16							
Black Watch	7108930	28613	2005	MDO/MGO	14000	2646	37,1	24,9	250	27,5	8,229	208,8	8,92	11,67	0,18	0,17	5,501	139,6	5,96	8,82	0,13	0,13							
Braemar	9000699	24344	1993	MDO/MGO	15340	2287	35,4	23,7	250	27,5	9,890	251,0	10,72	12,94	0,19	0,19	5,216	132,4	5,65	7,72	0,11	0,11							
Britannia	9614036	143730	2015	MDO/MGO	62400	12316	65,0	43,6	250	27,5	35,750	907,1	38,73	41,17	0,79	0,78	24,956	633,2	27,04	32,50	0,63	0,62							
Celebrity Eclipse	9404314	121878	2010	MDO/MGO	67200	10480	65,0	43,6	250	27,5	39,499	1002,3	42,80	56,00	0,85	0,84	21,788	552,8	23,61	34,93	0,53	0,52							
Celebrity Silhouette	9451094	122210	2011	HFO	67200	10508	65,0	43,6	200	27,5	36,539	1002,3	40,99	44,33	2,60	2,56	20,209	554,3	22,67	27,73	1,63	1,60							
Clio	9159830	3504	1998	MDO/MGO	2990	537	27,1	18,2	250	27,5	1,811	46,0	1,96	2,67	0,04	0,04	1,150	29,2	1,25	1,92	0,03	0,03							
Columbus	8611398	63786	1989	MDO/MGO	35128	5601	51,2	34,3	250	27,5	23,565	597,9	25,53	28,23	0,43	0,42	13,288	337,2	14,40	18,00	0,27	0,27							
Costa Favolosa	9479852	113216	2011	HFO	68000	9753	65,0	43,6	200	27,5	36,974	1014,2	41,48	44,86	2,63	2,59	18,756	514,5	21,04	25,74	1,51	1,49							
Costa Mediterranea	9237345	85619	2003	MDO/MGO	62370	7435	59,9	40,2	250	27,5	36,660	930,2	39,72	51,98	0,79	0,78	15,456	392,2	16,75	24,78	0,38	0,37							
Crown Princess	9293399	113561	2006	HFO	67220	9782	65,0	43,6	200	27,5	36,550	1002,6	41,00	56,02	2,60	2,56	18,811	516,0	21,10	32,61	1,51	1,49							
Crystal Symphony	9066667	51044	1995	MDO/MGO	25260	4530	46,1	30,9	250	27,5	15,915	403,8	17,24	21,80	0,31	0,31	10,095	256,2	10,94	15,64	0,22	0,22							
Deutschland	9141807	22496	1998	MDO/MGO	14413	2132	34,7	23,2	250	27,5	8,729	221,5	9,46	12,87	0,18	0,18	4,568	115,9	4,95	7,62	0,11	0,11							

Skibsnavn	IMO kode	BT	Byggear	Fuel type	Total installeret motoreffekt	Effektforbrug ved kaj	Skorstenshøjde over vandlinje	Bygningshøjde over vandlinje	Røggastemperatur	Røggasthastighed	Røggasvolumenstrøm	Brændstofforbrug	Brændstofforbrug	NOx emission	PM emission	PM2.5 emission	Røggasvolumenstrøm	Brændstofforbrug	Brændstofforbrug	NOx emission	PM emission	PM2.5 emission					
Parametre for havnemanøvre																						Parametre ved kaj					
					kW	kW	m	m	°C	m/s	m³/s	g/s	MJ/s	g/s	g/s	g/s	m³/s	g/s	MJ/s	g/s	g/s						
Disney Magic	9126807	83969	1998	MDO/MGO	43000	7296	59,3	39,7	250	27,5	26,044	660,9	28,22	38,39	0,54	0,53	15,630	396,6	16,93	26,06	0,37	0,36					
Europa	9183855	28890	1999	MDO/MGO	21600	2669	37,2	25,0	250	27,5	12,893	327,2	13,97	19,50	0,27	0,27	5,635	143,0	6,11	9,64	0,13	0,13					
Europa 2	9616230	42830	2013	MDO/MGO	24000	3840	42,8	28,7	250	27,5	13,988	354,9	15,16	15,83	0,30	0,30	7,916	200,9	8,58	10,13	0,19	0,19					
Independence of The Seas	9349681	154407	2008	HFO	75600	13213	65,0	43,6	200	27,5	41,106	1127,5	46,12	63,00	2,92	2,88	25,410	697,0	28,51	44,04	2,04	2,01					
Island Sky	8802894	4200	1992	MDO/MGO	3520	595	27,4	18,3	250	27,5	2,294	58,2	2,49	2,93	0,04	0,04	1,372	34,8	1,49	1,98	0,03	0,03					
Koningsdam	9692557	99836	2016	HFO	64000	8629	65,0	43,6	200	27,5	33,626	922,3	37,72	42,22	2,47	2,43	16,035	439,8	17,99	22,77	1,33	1,31					
Le Boreal	9502506	10944	2010	MDO/MGO	6400	1162	30,1	20,1	250	27,5	3,762	95,5	4,08	5,33	0,08	0,08	2,415	61,3	2,62	3,87	0,06	0,06					
Le Soleal	9641675	10992	2013	MDO/MGO	7200	1166	30,1	20,2	250	27,5	4,196	106,5	4,55	4,75	0,09	0,09	2,403	61,0	2,60	3,08	0,06	0,06					
Magellan	8217881	46052	1985	MDO/MGO	26231	4111	44,1	29,6	250	27,5	18,176	461,2	19,69	20,04	0,32	0,31	10,075	255,7	10,92	12,56	0,20	0,20					
Marco Polo	6417097	22080	1992	MDO/MGO	15447	2097	34,5	23,1	250	27,5	10,067	255,4	10,91	12,87	0,19	0,19	4,834	122,7	5,24	6,99	0,10	0,10					
Marina	9438066	66084	2011	MDO/MGO	42000	5794	52,1	34,9	250	27,5	24,687	626,4	26,75	27,71	0,53	0,52	12,045	305,6	13,05	15,29	0,29	0,29					
Mein Schiff 3	9641730	99526	2014	HFO	44000	8603	65,0	43,6	200	27,5	23,521	645,2	26,39	29,03	1,70	1,67	16,265	446,1	18,25	22,70	1,33	1,31					
Mein Schiff 6	9753208	98811	2017	HFO	44000	8543	65,0	43,6	200	27,5	23,118	634,1	25,94	29,03	1,70	1,67	15,875	435,4	17,81	22,54	1,32	1,30					
Monarch	8819500	73937	1991	MDO/MGO	21840	6453	55,3	37,0	250	27,5	14,378	364,8	15,58	17,98	0,27	0,26	15,026	381,3	16,28	21,25	0,32	0,31					
MSC Fantasia	9359791	137936	2008	HFO	71400	11829	65,0	43,6	200	27,5	38,823	1064,9	43,55	59,50	2,76	2,72	22,749	624,0	25,52	39,43	1,83	1,80					
MSC Magnifica	9387085	95128	2010	HFO	58000	8233	63,7	42,7	200	27,5	31,537	865,0	35,38	48,33	2,24	2,21	15,834	434,3	17,76	27,44	1,27	1,25					
National Geographic Orion	9273076	3984	2003	MDO/MGO	2400	577	27,3	18,3	250	27,5	1,411	35,8	1,53	2,00	0,03	0,03	1,200	30,4	1,30	1,92	0,03	0,03					
Nautica	9200938	30277	2000	MDO/MGO	18240	2786	37,8	25,3	250	27,5	10,721	272,0	11,62	15,20	0,23	0,23	5,792	147,0	6,28	9,29	0,14	0,14					
Navigator of the Seas	9227508	139570	2002	MDO/MGO	75600	11966	65,0	43,6	250	27,5	44,436	1127,5	48,15	63,00	0,96	0,94	24,877	631,2	26,95	39,89	0,61	0,60					
Norwegian Getaway	9606924	145655	2014	HFO	62400	12478	65,0	43,6	200	27,5	33,357	915,0	37,42	41,17	2,41	2,38	23,591	647,1	26,47	32,93	1,93	1,90					
Norwegian Jade	9304057	93558	2006	MDO/MGO	72000	8101	63,1	42,3	250	27,5	42,320	1073,8	45,85	60,00	0,91	0,90	16,842	427,4	18,25	27,00	0,41	0,40					
Ocean Dream	7915096	35265	1981	MDO/MGO	19560	3205	39,8	26,7	250	27,5	13,920	353,2	15,08	14,40	0,23	0,23	8,066	204,7	8,74	9,44	0,15	0,15					
Ocean Majesty	6602898	10417	1991	MDO/MGO	12016	1118	29,9	20,0	250	27,5	7,910	200,7	8,57	9,89	0,15	0,15	2,602	66,0	2,82	3,68	0,05	0,05					
Pacific Princess	9187887	30312	1999	MDO/MGO	13500	2789	37,8	25,3	250	27,5	8,058	204,5	8,73	12,19	0,17	0,17	5,888	149,4	6,38	10,07	0,14	0,14					
Prinsendam	8700280	39051	1988	MDO/MGO	21120	3523	41,3	27,7	250	27,5	14,292	362,7	15,49	16,76	0,26	0,25	8,432	213,9	9,14	11,18	0,17	0,17					
Queen Elizabeth	9477438	90901	2010	HFO	64000	7878	62,0	41,6	200	27,5	34,799	954,5	39,04	53,33	2,47	2,44	15,151	415,6	17,00	26,26	1,22	1,20					
Regal Princess	9584724	142714	2014	MDO/MGO	62400	12231	65,0	43,6	250	27,5	36,059	915,0	39,07	41,17	0,79	0,78	24,997	634,3	27,08	32,28	0,62	0,61					
Rotterdam	9122552	61849	1997	MDO/MGO	37500	5438	50,4	33,8	250	27,5	23,030	584,4	24,95	33,11	0,47	0,46	11,812	299,7	12,80	19,21	0,27	0,27					
Saga Pearl II	8000214	18627	1981	MDO/MGO	15400	1807	33,1	22,2	250	27,5	10,959	278,1	11,87	11,34	0,18	0,18	4,549	115,4	4,93	5,32	0,09	0,09					
Saga Sapphire	7822457	37049	1981	MDO/MGO	21270	3355	40,5	27,1	250	27,5	15,136	384,1	16,40	15,66	0,25	0,25	8,444	214,3	9,15	9,88	0,16	0,16					
Sea Cloud II	9171292	3849	2000	MDO/MGO	2480	566	27,2	18,2	250	27,5	1,458	37,0	1,58	2,07	0,03	0,03	1,176	29,9	1,27	1,89	0,03	0,03					
Seabourn Quest	9483126	32477	2011	MDO/MGO	23040	2971	38,7	25,9	250	27,5	13,542	343,6	14,67	15,20	0,29	0,29	6,176	156,7	6,69	7,84	0,15	0,15					
Serenade of the Seas	9228344	90090	2003	MDO/MGO	50500	7810	61,7	41,4	250	27,5	37,513	951,9	40,64	14,03	0,59	0,59	20,520	520,7	22,23	8,68	0,37	0,36					
Serenissima	5142657	2598	2002	MDO/MGO	2538	461	26,7	17,9	250	27,5	1,492	37,9	1,62	2,12	0,03	0,03	0,958	24,3	1,04	1,54	0,02	0,02					
Seven Seas Explorer	9703150	55254	2016	MDO/MGO	32000	4884	47,8	32,0	250	27,5	18,175	461,2	19,69	21,11	0,41	0,40	9,811	248,9	10,63	12,89	0,25	0,25					

Skibsnavn	IMO kode	BT	Byggear	Fuel type	Total installeret motoreffekt	Effektforbrug ved kaj	Skorstenshøjde over vandlinje	Bygningshøjde over vandlinje	Røggastemperatur	Røggashastighed	Røggasvolumenstrøm	Brændstofforbrug	Brændstofforbrug	NOx emission	PM emission	PM2.5 emission	Røggasvolumenstrøm	Brændstofforbrug	Brændstofforbrug	NOx emission	PM emission	PM2.5 emission
Parametre for havnemanøvre											Parametre ved kaj											
					kW	kW	m	m	°C	m/s	m³/s	g/s	MJ/s	g/s	g/s	g/s	m³/s	g/s	MJ/s	g/s	g/s	g/s
Silver Cloud	8903923	16927	1993	MDO/MGO	10600	1664	32,5	21,7	250	27,5	6,834	173,4	7,40	8,94	0,13	0,13	3,796	96,3	4,11	5,61	0,08	0,08
Silver Whisper	9192179	28258	2001	MDO/MGO	15700	2616	37,0	24,8	250	27,5	9,228	234,2	10,00	13,08	0,20	0,20	5,439	138,0	5,89	8,72	0,13	0,13
Silver Wind	8903935	17235	1995	MDO/MGO	11700	1690	32,6	21,8	250	27,5	7,372	187,0	7,99	10,10	0,15	0,14	3,767	95,6	4,08	5,84	0,08	0,08
Stavangerfjord	9586605	31678	2014	LNG	22400	2904	38,4	25,7	250	27,5	13,305	337,6	16,17	2,33	0,12	0,12	0,000	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
Stavangerfjord	9586605	31678	2014	MDO/MGO	22400	2904	38,4	25,7	250	27,5	0,000	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	5,934	150,6	6,43	6,86	0,15	0,15
Viking Sea	9725421	47842	2016	HFO	23520	4261	44,8	30,0	200	27,5	12,357	339,0	13,86	15,52	0,91	0,89	7,919	217,2	8,88	11,25	0,66	0,65
Viking Sky	9650420	47842	2017	HFO	23520	4261	44,8	30,0	200	27,5	12,357	339,0	13,86	15,52	0,91	0,89	7,919	217,2	8,88	11,25	0,66	0,65
Viking Star	9650418	47842	2015	HFO	23520	4261	44,8	30,0	200	27,5	12,465	341,9	13,98	15,52	0,91	0,90	7,988	219,1	8,96	11,25	0,66	0,65
Vision of the Seas	9116876	78340	1998	MDO/MGO	34000	6823	57,0	38,2	250	27,5	20,593	522,5	22,31	30,36	0,43	0,42	14,617	370,9	15,84	24,37	0,34	0,34
Wind Surf	8700785	14745	1989	MDO/MGO	9120	1481	31,6	21,2	250	27,5	6,118	155,2	6,63	7,33	0,11	0,11	3,514	89,2	3,81	4,76	0,07	0,07
Zuiderdam	9221279	82820	2002	MDO/MGO	51840	7199	58,8	39,4	250	27,5	30,471	773,2	33,01	43,20	0,66	0,65	14,967	379,8	16,22	24,00	0,36	0,36

Bilag 3. Sammenligning mellem anløb og emission i Aalborg Havn og Aarhus Havn

Havn	Lokation	Aktivitet	Brændstoftype	Anløb	Timer	MWh	Brændstofforbrug	Brændstofforbrug	NOx	PM2,5
				Antal	Antal		Tons	TJ	kg	kg
Aalborg	Krydstogt	Manøvrering	HFO	23	11,5	68	14	0,6	642	37
			MDO/MGO	13	6,5	30	7	0,3	333	5
			Total	36	18,0	98	21	0,9	975	42
Aalborg	Krydstogt	Ved kaj	HFO	23	153,5	654	120	4,9	6214	358
			MDO/MGO	13	119,5	332	68	2,9	3681	58
			Total	36	273,0	986	189	7,8	9895	417
Aalborg	Krydstogt	Samlet	HFO	23	165,0	722	134	5,5	6856	395
			MDO/MGO	13	126,0	362	75	3,2	4014	64
			Grand total	36	291,0	1084	210	8,7	10870	459

Havn	Lokation	Aktivitet	Brændstoftype	Anløb	Timer	MWh	Brændstof- forbrug	Brændstof- forbrug	NOx	PM2,5
				Antal	Antal		Tons	TJ	kg	kg
Aarhus	Krydstogt	Manøvrering	HFO	28	14,0	178	38	1,6	1753	98
			MDO/MGO	6	3,0	18	4	0,2	217	3
			Total	34	17,0	196	42	1,7	1970	101
Aarhus	Krydstogt	Ved kaj	HFO	28	280,5	2167	410	16,8	21515	1188
			MDO/MGO	6	61,8	219	45	1,9	2693	38
			Total	34	342,2	2385	455	18,7	24208	1227
Aarhus	Krydstogt	Samlet	HFO	28	294,5	2345	448	18,3	23268	1286
			MDO/MGO	6	64,8	236	49	2,1	2910	42
			Grand total	34	359,2	2581	497	20,4	26178	1327

Forhold mellem Aarhus Havn og Aalborg Havn i 2017

Havn	Lokation	Aktivitet	Brændstof- type	Anløb	Timer	MWh	Brændstof- forbrug	Brændstof- forbrug	NOx	PM2,5
				(Fraktion)	(Fraktion)	(Fraktion)	(Fraktion)	(Fraktion)	(Fraktion)	(Fraktion)
Aarhus	Krydstogt	Manøvrering	HFO	0,82	0,82	0,38	0,37	0,37	0,37	0,38
			MDO/MGO	2,17	2,17	1,72	1,74	1,74	1,53	1,71
			Total	1,06	1,06	0,50	0,50	0,51	0,49	0,42
Aarhus	Krydstogt	Ved kaj	HFO	0,82	0,55	0,30	0,29	0,29	0,29	0,30
			MDO/MGO	2,17	1,94	1,52	1,52	1,52	1,37	1,52
			Total	1,06	0,80	0,41	0,41	0,42	0,41	0,34
Aarhus	Krydstogt	Samlet	HFO	0,82	0,56	0,31	0,30	0,30	0,29	0,31
			MDO/MGO	2,17	1,95	1,53	1,54	1,54	1,38	1,53
			Grand total	1,06	0,81	0,42	0,42	0,43	0,42	0,35

KORTLÆGNING AF LUFTFORURENING FRA KRYDSTOGTSKIBE I KØBENHAVN OG AARHUS

Rapporten beskriver anløb af krydstogtskibe i Københavns Havn og Aarhus Havn i 2017 og de tilhørende emissioner. Med OML-modellen er det beregnet, hvor meget krydstogtskibene bidrager til luftforureningen i de to byområder og i nærområdet tæt på krydstogtskibene.

ISBN: 978-87-7156-398-6
ISSN: 2244-9981