

ANALYSE AF ALTERNATIVE ENERGIKILDER TIL KRYDSTOGTSKIBE

ANALYSE



FEBRUAR 2019
KØBENHAVNS KOMMUNE

ANALYSE AF ALTERNATIVE ENERGIKILDER TIL KRYDSTOGTSKIBE

ANALYSE

PROJEKTNR.

A117612

DOKUMENTNR.

2

VERSION

7.0

UDGIVELSESDATO

6. marts 2019

FORSIDEFOTO

Dennis Rosenfeldt/CMP

UDARBEJDET

JJD, JETH, THRD,
POS

KONTROLLERET

LGJ, BHDA

GODKENDT

POS, BHDA

INDHOLD

1	Resumé	7
1.1	Analysens baggrund og formål	11
2	Emissioner fra krydstogtskibe	12
3	Udviklingen inden for krydstogt-markedet	18
3.1	Krydstogt i København og Østersøen	18
3.2	Udviklingen inden for energikilder til krydstogt	21
3.3	LNG og landstrøm	23
3.4	Karakteristika ved LNG	24
3.5	Karakteristika og udvikling af landstrøm	24
3.6	Markedspotentiale for landstrøm	25
3.7	Erfaringer fra andre havne i Østersøområdet	28
4	Fremskrivning af emissioner frem til 2030	31
5	Business case for alternative energikilder til krydstogtskibe	35
5.1	LNG	35
5.2	Projektbeskrivelse	36
5.3	Grundlæggende forudsætninger	36
5.4	Metode	38
5.5	Resultater af businesscasen	40
6	Miljøeffekt af scenarier med landstrøm	52
7	Øvrige brugere af havnen	54
7.1	Kanal- og havnerundfartsbåde	54
7.2	Havnebusserne	55
7.3	Færgefart	55

8	Perspektivering og handlemuligheder	58
8.1	Handlemuligheder i et Østersø-samarbejde	58
8.2	Alternative løsninger på kort og på lang sigt	58

BILAG

Bilag A	Kilder og datagrundlag	61
A.1	Skriftlige kilder:	61
A.2	Interviews:	61
Bilag B	Emissioner fra Krydstogtskibe	63

1 Resumé

Baggrund

Denne analyse kortlægger mulighederne for alternative energikilder til krydstogtskibe, der ligger til kaj i København. Analysen kortlægger krydstogtskibenes emissioner i København, analyserer veje til at reducere den lokale luftforurening fra skibene samt undersøger udbredelsen af forskellige alternative energikilder til krydstogtskibe. Analysen indhenter viden og erfaringer fra andre Østersøhavne, byer og rederier mv. I analysen belyses desuden andre lokale brugere af havnen (færgefart, kanalrundfart mv.) og mulighederne for at mindske emissioner fra dem. Analysen indeholder endeligt en analyse af de økonomiske aspekter ved etablering af landstrøm til krydstogtskibe i København, dette gøres med en business case.

Det skal understreges, at analysen ikke i sig selv er et beslutningsgrundlag for eventuelle investeringer i nye anlæg.

Krydstogtskibe bidrager til luftforureningen i København

Krydstogtskibe bidrager til luftforureningen i København, særligt med hensyn til NO_x og partikler fra skibenes motorer. I forhold til andre forureningskilder, udgør krydstogtskibe en mindre andel af den samlede forurening, hvor biltrafik udgør den klart største kilde, men hvor eksempelvis også brændeovne er en bidragsyder.

Påvirkningen for hele byen er lille, men stor nær kajpladserne

Krydstogtskibe har dog en særlig lokal påvirkning i dele af København, især fordi et stort antal skibe benytter kajen ved Langelinie, hvor der er boliger tæt på. Desuden er emissionerne koncentreret på ca. 5 måneder om året.

Da antallet af krydstogtskibe og ikke mindst antallet af passagerer ventes at stige de kommende år, vil forureningsproblemet øges, hvis der ikke findes renere teknologier, i form af alternative energikilder, som kan erstatte olie. I forhold til at løse lokale luftforureningsproblemer, så er fokus især på muligheden for alternative energikilder når skibene er ved kaj.

Krydstogtturisme er i vækst og væksten fortsætter

København og Østersø-regionen er i stigende omfang et populært område til krydstogt. I København er antallet af passagerer steget med ca. 6 % årligt i perioden 2001- 2014. De kommende år ventes antallet af krydstogtpassagerer at stige med 4,8 % årligt. Krydstogtskibene bliver større og større. Det gennemsnitlige antal passagerer pr. skib er ca. 2.000 og de største skibe, som kommer

til København, har plads til ca. 4.000 passagerer og skibene ventes at blive større de kommende år.

Udviklingen i alternative energikilder til krydstogtskibe er en international tendens, men udviklingen ses tydeligst i farvande nær USA. En del af de skibe, som sejler nær USA, kommer dog også til Europa og Østersøen – ofte efter at have sejlet 4-5 år i det Caribiske Hav.

De alternative energikilder

De mest fremherskende alternativer til olie som energikilde for krydstogtskibe er landstrøm og LNG (Liquified Natural Gas). LNG drift betyder, at skibene sejler på gas, som helt erstatter olie som brændstof. Landstrøm betyder, at skibene får dækket deres elbehov fra land og dermed helt eller delvist kan slukke deres motorer, mens de ligger ved kaj. På lang sigt kan brint også komme på tale som en energikilde, men der er dog ikke eksempler på dette endnu. Batterier benyttes på mindre færger, og med fortsat teknologisk udvikling kan batterier også komme på tale i krydstogtskibe – eventuelt som supplerende energikilde - men den nuværende teknologi er langt fra moden til det.

Den internationale krydstogtorganisation CLIA forventer at andelen af skibe blandt deres medlemmer, som kan modtage landstrøm vil være ca. 56 % i 2025¹ - aktuelt anslås andelen at være 28 %. Væksten skyldes både nye skibe, og at skibe ombygges til at kunne modtage landstrøm. Udbredelsen af landstrøm til krydstogtskibe har været under udvikling i USA i nogle år, men der er p.t. kun få landstrømsanlæg til krydstogtskibe i drift i Europa.

I Hamborg Havn har man haft et anlæg i drift siden 2017, Kristiansand i Norge har indviet et anlæg i 2018 og i Bergen forventer man at have et anlæg i drift i 2019. Flere norske, svenske og finske havne har landstrømsanlæg til færger. Færger har et betydeligt mindre elbehov, hvorfor disse anlæg er mindre og billigere.

LNG drevne krydstogtskibe er et nyt fænomen og der er p.t. kun et LNG-drevet krydstogtskib i drift og endnu et ventes i drift i 2019. Antallet ventes at stige de kommende år, men udviklingen går langsomt, fordi det reelt ikke er muligt at ombygge eksisterende krydstogtskibe til at sejle på LNG². Væksten i antallet af skibe på LNG sker altså via bygningen af nye skibe. LNG er et brændstof, som leveres af brændstofleverandører, f.eks. via en pram, der leverer LNG til krydstogtskibet. Da havnen ikke er leverandør af dette brændstof, bliver det brændstofleverandøren, som skal sørge for forsyningen. Det vil altså ikke være havnen, som skal påtage sig leverancen eller stille anlæg til rådighed.

¹ CLIA vurderes af CMP at have ca. 75% af krydstogtrederierne som medlemmer og at disse rederier repræsenterer ca. 80% af krydstogtskibene på verdensplan.

² Ifølge Cruise Industry News, (https://www.cruiseindustrynews.com/pdf/wp-content/uploads/2018/12/Cruise-Ship-Orderbook_Jan.pdf) stiger andelen af nybyggede krydstogtskibe, som drives af LNG de kommende år. I 2020 er det 2 ud af 24 kendte nybygninger, som vil sejle på LNG, hvor det i 2024 ventes at være 3 ud af de p.t. 7 kendte nybygninger. Især de langsigtede forventninger er dog usikre, da planerne kan ændres.

LNG og landstrøm kan fungere parallelt.	Det er vigtigt at understrege, at LNG og landstrøm ikke udelukker hinanden, idet skibene godt kan vælge begge løsninger, dvs. anvende LNG som brændstof ved sejlads og landstrøm ved kaj. Dermed er en økonomisk sammenligning ikke relevant.
Andel skibe med landstrøm ventes at stige	<p>I denne analyse anslås det i et basisscenarium, at andelen af krydstogtskibe i København, som kan modtage landstrøm vil være 58 % i 2030. I et positivt scenarie vil denne andel stige til 80 % i 2030. Andelene er vægtet med skibenes energiforbrug. Det positive scenarie er baseret på en antagelse om, at de største krydstogtskibe i regionen i fremtiden alle vil tilbyde landstrøm.</p> <p>Der er udarbejdet en business case for etablering af landstrømsanlæg til krydstogtskibe. Der er ikke udarbejdet en business case for LNG forsyning, idet levering af LNG vil være baseret på aftale mellem brændstofleverandøren og rederiet. Desuden vil den mest sandsynlige leveringsmetode være en pram, dvs. en sejlene forsyning, som ikke kræver faste anlæg i København.</p>
Positiv business case ved én tilslutning	<p>Business casen baserer sig på, at landstrøm etableres med i første omgang ét tilslutningspunkt ved Oceankaj i Nordhavn. Der etableres ikke landstrømsanlæg ved Langelinie, da der efter CMP's vurdering ikke er plads til et anlæg på kajen. Det forventes, at der på et tidspunkt skal anlægges en spildevandsledning ved Langelinje, ligesom det er på tale at renovere og eventuelt udvide kajen. Før dette er afklaret, vurderes det ikke at være aktuelt at anlægge landstrøm ved Langelinie.</p> <p>I basisscenariet for udbredelsen af landstrøm og med et forrentningskrav på 7 %, vil et landstrømsanlæg i Nordhavn med én tilslutning, men forberedt til flere tilslutninger, vise et lille positivt resultat.</p>
Yderligere tilslutninger kan komme til	<p>Hvis markedsgrundlaget viser sig at være tilstede kan der senere etableres yderligere tilslutningspunkter.</p> <p>Udviklingen inden for teknologi til landstrøm kan betyde, at anlægsomkostninger kan falde de kommende år, men prisen på andre dele af anlægsarbejdet (eksempelvis kabellægning) kan vise sig at være meget dyrt.</p>
Resultatet er fortsat usikkert	Det er vigtigt at understrege, at resultaterne af analysen fortsat er usikre og der dermed ikke er sikkerhed for en positiv business case. Et endeligt beslutningsgrundlag vil kræve en detailundersøgelse af en eller flere løsninger, eksempelvis ud fra en konkret kravspecifikation. Derudover bør kostprisen på el samt udviklingen i realiserede europæiske salgspriser på landstrøm følges nøje.
Øvrige brugere af havnen	Ud over krydstogtskibe, indgår også kanalrundsforbåde, færger og havnebusser i analysen. Der sejler et antal kanalrundsforbåde i Københavns Havn. Bådene sejler i havnen på baggrund af besejlingsaftaler, som indgås med By & Havn. P.t. sejler 2 selskaber med kanalrundsforbåde med i alt hhv. 17 og 10 både, hvoraf det ene selskab p.t. har 2 eldrevne både.

Beregninger viser, at disse både har emissioner af CO₂, NO_x og partikler, men at disse emissioner er meget begrænsede, sammenlignet med eksempelvis krydstogtskibe. Movia har fem havnebusser, som sejler i rutefart i havnen. Fra 2020 vil denne sejlads overgå til eldrift.

Endelig har DFDS to færger og et fragtskib, som sejler fra Dampfærgevej. De to færger sejler til Oslo. Oslo Havn etablerer fra januar 2019 et landstrømsanlæg til færger og stiller krav om, at færgerne fra DFDS skal benytte disse anlæg, når man lægger til i havnen i Oslo. Landstrømsanlæggene i Oslo dækker kun færgernes elbehov, idet opvarmning af færgerne fortsat skal dækkes af motorer.

Udviklingen i Østersøen

Analysen viser også, at en række andre hovedstæder i Østersøregionen har fokus på miljøforhold, som følge af krydstogtsejlads, men at graden af opmærksomhed over for emissioner fra krydstogtskibene er forskellig hos byerne.

I både Hamborg, Kristiansand og Bergen har der ligget et vist lokalpolitisk pres bag etableringen af landstrøm til krydstogtskibe, blandt andet i kraft af generelle lokale målsætninger om reduktion i CO₂ udledning og bedre luftkvalitet. I alle tilfælde ligger der også en ekstern medfinansiering bag projekterne fra enten EU og/eller nationale fonde.

I Helsinki, Stockholm og Tallinn har man en meget omfattende færgetrafik og disse byer har i første omgang haft fokus på at reducere emissioner fra færgetrafikken. Helsinki og Stockholm tilbyder nu landstrøm til færger og Tallinn ventes inden for en årrække at kunne tilbyde det. I Oslo har man ligeledes i første omgang fokuseret på at reducere emissioner fra færger, men fra senest 2025 ventes man at kunne tilbyde landstrøm til krydstogtskibe Oslo Havn (og i ialt 14 norske krydstogthavne). Derefter ventes anvendelse af landstrøm at blive et krav for krydstogtskibe, som anløber disse havne.

Helsinki, Oslo, Stockholm og Tallinn er alle opmærksomme på, at emissioner fra krydstogtskibe er en udfordring, men de peger også på, at tiltrækning af flere skibe, som er udstyret til landstrøm vil kræve at byerne har en fælles linje på området. Jo flere større krydstogtbyer, som kan tilbyde landstrøm til krydstogtskibe, jo større er sandsynligheden for, at skibe udstyret til landstrøm kommer til Østersøregionen.

Der kan derfor være god grund til at gøre en indsats for at finde en fælles forståelse med øvrige store krydstogthavne i Østersøen, så den størst mulige udbredelse af landstrømsparathed på skibene kan opnås. Herved vil business cases indtægtspotentiale blive mere sikkert.

1.1 Analysens baggrund og formål

København er én af Nordeuropas største krydstogtdestinationer. I 2017 havde København 325 anløb fra krydstogtskibe og man modtog 849.000 passagerer³. Markedet for krydstogtsejls vurderes at være stigende og CMP (Copenhagen Malmö Port) forventer også både flere passagerer og skibsanløb de kommende år. Sejladser med krydstogtskibe medfører udledning af partikler og NO_x ligesom sejladser også medfører en CO₂ belastning. Særligt udledningen af svovlpartikler, NO_x og andre partikler er problematiske for miljøet – både helt lokalt, hvor skibene ligger til kaj – og i og omkring det farvand, hvor skibene sejler.

Københavns Kommune har ønsket at undersøge mulighederne for at reducere de miljømæssige gener fra krydstogtskibe, som anløber i København. Mere konkret skal analysen kortlægge følgende temaer:

- 1 Krydstogtskibes påvirkning af luftforurening i København samt effekten ved at anvende alternative energikilder eller andre modeller/teknologier til reduktion af luftforurening fra krydstogtskibe,
- 2 Udbredelsen af landstrøm samt alternativer hertil, herunder erfaringer fra sammenlignelige havnebyer som Hamborg, Stockholm, Oslo og Helsinki samt muligt samarbejde med relevante rederier og havnebyer om etablering af anlæg.
- 3 Omkostningerne ved at etablere anlæg til landstrøm, flydende naturgas (LNG) eller andre relevante, alternative energikilder til krydstogtskibe.
- 4 Mulighederne for at mindske emissionerne fra havnens andre brugere.

Analysen er gennemført af COWI i perioden 1. november 2018 – 27. februar 2019.

³ Oplysninger fra CMP. Bemærk, at CMP opgør antallet af krydstogtpassagerer anderledes end Danmarks Statistik. Ifølge DST var der 422.000 gennemrejsende passagerer, derudover 211.000 passagerer, der stiger af og 215.000 der stiger på. For at undgå dobbelttælling i forbindelse med emissionsberegningerne, medregnes kun gennemrejsende passagerer plus de, der stiger på.

2 Emissioner fra krydstogtskibe

Når krydstogtskibene ligger i havn leverer motorerne el energi til opvarmning, aircondition, madlavning, fritidsaktiviteter og andet. Når motorerne producerer strøm, udsendes emissioner som er sundhedsskadelige. De mest skadelige emissioner er følgende:

- > NO_x
- > Partikler
- > SO₂

2.1.1 NO_x

De væsentligste kilder til forurening med NO_x er trafik og kraftværker. NO_x er sundhedsskadeligt, og der er fastsat grænseværdier for det. Udledninger af NO_x giver anledning til øget dødelighed og derudover en lang række effekter på helbred og persons velbefindende. fx. øget hyppighed af bronkitis, åndedrætsbesvær, hjerneblødninger og kredsløbsforstyrrelser, lungekræft og astma. Derudover forursagsskader på natur og bygninger.

Grænseværdierne for NO₂ er fastlagt på grundlag af en helbredsmæssig vurdering. Grænseværdierne, 40 µg/m³ for årgennemsnittet og 200 µg/m³ som timemiddelværdi, som højst må overskrides 18 gange på et år, er gældende siden 2010.

Siden fra 2010 til og med 2016 har grænseværdien for årgennemsnittet været overskredet på en enkelt målestation, nemlig H.C. Andersens Boulevard i København.

I Danmark regnes der officielt med, at helbredseffekterne af 1 kg NO_x fra større punktkilder har en negativ værdi på omkring 94 kr./kg⁴.

2.1.2 Partikler

Luftforurening med partikler i byområder giver anledning til alvorlige sundhedseffekter. Det gælder både langtidseffekter som cancer og hjertekar sygdomme og akutte effekter, fx allergi eller irritation af øjne, næse eller hals.

Et EU-direktiv fra 2008 om "Luftkvaliteten og renere luft i Europa" fastlægger grænseværdier (2008/50/EF). For PM_{2.5} gælder en grænseværdi for årgennemsnittet på 25 µg/m³ (siden 2015)⁵. Årgennemsnittet for PM_{2.5} har været

⁴ Transportøkonomiske enhedspriser, 2018.

https://www.cta.man.dtu.dk/-/media/Centre/Modelcenter/TransportOekonomi-og-Teresa/Transportoekonomiske-Enhedspriser_1-8.ashx

⁵ <http://envs.au.dk/videnudveksling/luft/maaling/niveauer/partikler/>

faldende i de sidste 10 år. Der hvor koncentrationen er størst (HC Andersens Boulevard) er der målt et årsgennemsnit på ca. 15 µg/m³ i 2017⁶.

Forurening med partikler har mere lokal karakter i forhold til de øvrige emissioner, derfor er sundhedsskader forårsaget af partikler større når de udledes i byområder. I Danmark regnes der officielt med, at helbredseffekterne af 1 kg partikler i byområder har en negativ værdi på omkring 3.091 kr./kg⁷.

2.1.3 SO₂

En del skibe anvender tung fuelolie som brændstof. Fuelolien har et relativt højt svovlindhold sammenlignet med andre brændstoftyper, og svovlet udledes med skibets udstødningsgas i form af svovldioxid (SO₂).

Emissionerne af svovldioxid (SO₂) giver anledning til skader ad to veje. For det første direkte, idet SO₂ bidrager til skader på skov og korrosion af bygninger og materialer. For det andet sker der i atmosfæren en omdannelse af SO₂ til aerosoler. Disse aerosoler giver ved indånding anledning til samme skadesvirkninger som partiklerne, idet de deponeres i de yderste lungeforgreninger.

Der er fastsat en grænseværdi på 350 µg/m³ (timemiddelværdi), der højst må overskrides 24 gange pr. år. Desuden må værdien 125 µg/m³ som døgnmiddelværdi højst overskrides 3 gange om året.

I Danmark regnes der officielt med, at helbredseffekterne af 1 kg SO₂ har en negativ værdi på omkring 426 kr./kg⁸.

Faktaboks: SECA krav til svovlindhold i brændstof

FN's internationale søfartsorganisation, IMO, vedtog i 2008 MARPOL-konventionens Annex VI, der regulerer svovlindholdet i skibes brændstof. Den globale øvre grænse for tilladt svovlindhold i brændstoffet er i dag på 3,5 pct., men IMO vedtog i oktober 2016, at denne grænse skal være på 0,5 pct. fra 2020.

Der er indført særligt lave grænser på 0,1 pct. i de såkaldte SECA'er (Sulphur Emission Control Areas). Kortet nederst viser SECA'erne, som primært udgøres af området langs de nordamerikanske kyster, dele af Det Caribiske Hav, Nordsøen og Østersøen. Af kortet fremgår det, at alt dansk farvand er en del af SECA'erne.

For at overholde disse regler er det nødvendigt at anvende brændstof med et lavt svovlindhold eller alternative brændstoffer som naturgas (LNG), batterier og andet. En anden mulighed er at rense den svovlholdige røg vha. en såkaldt 'scrubber' (røggasrensningssystem), så svovlet ikke udledes med udstødningsgassen.

Kilde: Søfartsstyrelsen: <https://www.soefartsstyrelsen.dk/Vaekst/MiljoeKlima/Svovl>

⁶ <http://envs.au.dk/videnudveksling/luft/maaling/niveauer/partikler/tendens/>

⁷ Transportøkonomiske enhedspriser, 2018.

https://www.cta.man.dtu.dk/-/media/Centre/Modelcenter/TransportOekonomi-og-Teresa/Transportoekonomiske-Enhedspriser_1-8.ashx

⁸ Transportøkonomiske enhedspriser, 2018.

https://www.cta.man.dtu.dk/-/media/Centre/Modelcenter/TransportOekonomi-og-Teresa/Transportoekonomiske-Enhedspriser_1-8.ashx

Figur 2-1: Oversigt over SECA områder i Europa.

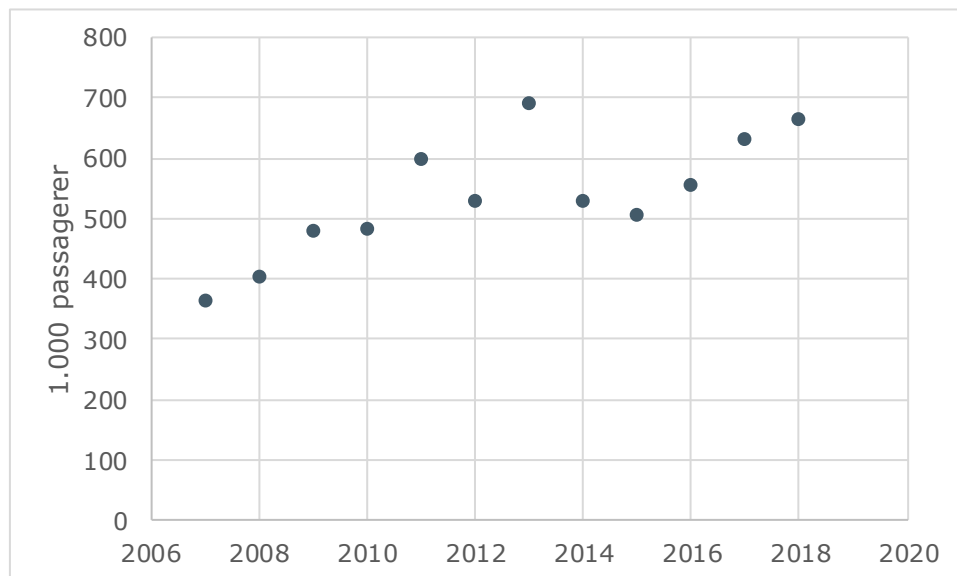


Kilde: Søfartsstyrelsen

2.1.4 Omfang af krydstogtturisme i København

Den følgende figur viser antal krydstogtpassagerer i de seneste 10 år.

Figur 2-2: Antal krydstogtpassagerer, København. 2007 - 2018.



Kilde: Danmarks Statistik, tabel: SKIBE35⁹.

⁹ SKIBE35 indeholder ikke data fra 2018. Tallet for 2018 er beregnet med en stigning på 4,8% i forhold til 2017. Tallene omfatter gennemgående og påstigende passagerer, idet påstigende erstatter afstigende passagerer på samme skib

Krydstogtturismen har været stigende de seneste 10 år og denne udvikling forventes at fortsætte i de kommende år. I 2014 – 2016 har der været en midlertidig nedgang, som skyldes miljøkravene til skibene samt at en del rederier i en periode afprøvede det asiatiske marked for krydstogt. I 2018 forventes ca. 660.000 krydstogtturister i København.

Krydstogtskibene har et gennemsnitsforbrug på 3 kW per passager når de ligger i havn¹⁰. I havnens register over anløb er det registreret hvornår skibene ankommer og hvornår de forlader havnen igen. Baseret på disse registreringer er det beregnet af skibene ligger i havn i gennemsnit 11 timer. Det betyder, at skibene bruger 33 kWh per passager, mens de ligger i havn i København. På baggrund af erfaringer fra Norge og Tyskland er det vurderet, at der går 75 minutter med til- og frakobling til landstrøm. Det er således kun muligt at erstatte dieselgeneratorerne med landstrøm i 9 timer og 45 minutter ud af de i alt 11 timer. Det betyder, at det med landstrøm er muligt at reducere skibenes egenproduktion med 29,25 kWh per passager.

Da der er et tab ved elproduktion, skal de motorer der leverer energi til generatorerne levere 1,263 kWh for hver kWh der kommer ud til forbrug.

2.1.5 Emissioner

Ved beregning af partikel emissioner er der taget hensyn til, at en del af skibene anvender lav svovl diesel (MGO) og en del anvender tung olie (HFO) kombineret med scrubber¹¹ for at rense svovlet fra udstødningen.

For skibsmotorer der anvender marine diesel (MGO, 0,1% svovl) er der en udledning på 0,18 gram partikler per kWh¹². For motorer som anvender tung olie og scrubber er der en emissionsfaktor på 0,36 gram partikler per kWh. På baggrund af oplysning fra redere forventes det, at ca. 2/3 af flåden vil anvende HFO og scrubbere i stedet for lav svovl diesel. Hermed kan den gennemsnitlige emissionsfaktor beregnes til 0,3 g partikler per kWh.

Emissionsfaktorer for NO_x er baseret på IMO's formler for højst tilladte emissioner for motorer med medium speed¹³. Emissioner for TIER I og TIER II er beregnet under et, da de ligger tæt på hinanden. Emissioner for TIER III medfører en

¹⁰ Mulighederne for etablering af landstrøm i Nordhavn. CMP, Københavns Kommune og By&Havn, 2015.

¹¹ For at overholde kravene til svovl emissioner, er det nødvendigt at anvende brændstof med et lavt svovlindhold (MGO) eller andre alternative brændstoffer. En anden mulighed er at rense den svovlholdige røg vha. en såkaldt 'scrubber'. En scrubber er et røggasrensningssystem som vasker svovl og partikler fra udstødningen, så svovlet ikke udledes med udstødningsgassen.

¹² Kilde: Emissionsfaktorer leveret af DCE i forbindelse med tidligere projekt. Miljøstyrelsen (2012): Reducing Air Pollution from Ships

¹³ Kilde: <https://www.dieselnet.com/standards/inter/imo.php>

reduktion på ca. 75%. TIER III gælder alene for nye skibe indenfor NECA områder. NECA træder i kraft i Østersøen fra 2021¹⁴. Det betyder, at fra og med 2021 skal nye krydstogtskibe der kommer til København opfylde TIER III.

På baggrund af disse emissionsfaktorer er det beregnet af krydstogtskibene i 2017 udledte emissioner som vist i den følgende tabel. Til sammenligning er vist de samlede emissioner fra biltrafikken i København og emissioner fra brændeovne.

Tabel 2-1: Emissioner fra krydstogtskibe i København, ton, 2017

	CO2	NO _x	Partikler
Krydstogtskibe	16.146	291	6,4
Biltrafikken	339.169,5	1.118	53
Brændeovne		11	92
Krydstogtskibe % biltrafikken	5%	26%	12%

Kilde: Biltrafikkens emissioner; TEMA2015. Brændeovne, DCE rapport.

I 2017 udledte krydstogtskibene 291 tons NO_x. Det svarer til 26% af NO_x emissionerne fra biltrafikken. Derudover udledte krydstogtskibene 6,4 tons partikler, svarende til 12% af partikelemissionerne fra biltrafikken.

Tallene for de forskellige kilder er ikke direkte sammenlignelige, idet emissionerne fra krydstogtskibe er koncentreret et sted og på en del af året og at krydstogtskibe ligger "på kanten" af København. Krydstogtskibenes placering på kanten af byen betyder, at en del af partiklerne spredes ud over Øresund og dermed ikke er skadelige i samme grad. Det gælder naturligvis særligt når der er vestenvind, hvilket er det mest almindelige i Danmark.¹⁵

2.1.6 Målinger af luftforurening

FORCE Technology har for CMP i perioden 31. maj til 19. september 2018 udført målinger af partikler og kvælstofilter (NO og NO₂) på Langelinie Allé 7 for at dokumentere koncentrationer af de nævnte parametre i de nære omgivelser ved Krydstogtskibenes anløbspladser i København.

Resultaterne fra NO_x målingerne viser, at

- > Middelværdien er lavere end på de øvrige positioner i indre København
- > Højeste koncentrationer er højere end på de øvrige positioner
- > Krydstogtskibene kan give anledning til kortvarige, høje koncentrationer.

Med hensyn til partikler, så måler Force undersøgelsen antallet af ultrafine partikler. Ved emissionsberegningerne, måles vægten af partikler. Ifølge rapporten fra Force kan det konkluderes, at emissionerne målt på Langelinie er:

¹⁴ TIER I til TIER III dækker over indfasningen af stadig skrappe internationale krav til NO_x udledning fra skibe. Se også http://www.bergermari-tiem.nl/nox_tier_iii_neca

¹⁵ <https://www.dmi.dk/vejrk/arkiver/vejrkarkiv/>

- > på niveau med 'ensrettet gade' med reduceret trafikintensitet på Vesterbro.
- > lavere end på H. C. Andersens Boulevard og
- > Højere end i 'Københavns forstad'.

2.1.7 Opsamling

De forudgående målinger og beregninger tyder på, at de miljøproblemer som krydstogtskibene giver anledning til, ikke er værre, end de miljøproblemer man ser fra biltrafikken i København. Det betyder ikke, at der ikke er noget problem. Det betyder blot, at problemet ikke er større, end det vi ser fra andre kilder.

På den anden side viser beregningerne, at krydstogtskibene bidrager betydeligt til luftforureningen i København. Når man tager i betragtning, at luftforureningen fra biltrafikken forventes at blive reduceret betydeligt i de kommende år¹⁶ i takt med at bilerne bliver mere miljøvenlige og at krydstogtturismen forventes at stige, så må man forvente at krydstogtturismens andel af luftforureningen vil stige i de kommende år, medmindre der tages initiativer til at anvende mere miljøvenlige teknologier på krydstogtskibene.

¹⁶ Kilde: Vejdirektoratet 2018, Baggrundsnotat om beregning af samlede emissioner fra vejtrafikken, <http://www.vejdirektoratet.dk/DA/vejprojekter/kattegat/Dokumenter/Documents/11%20Baggrundsnotat%20om%20beregning%20af%20samlede%20emissioner%20fra%20vejtrafikken.pdf>

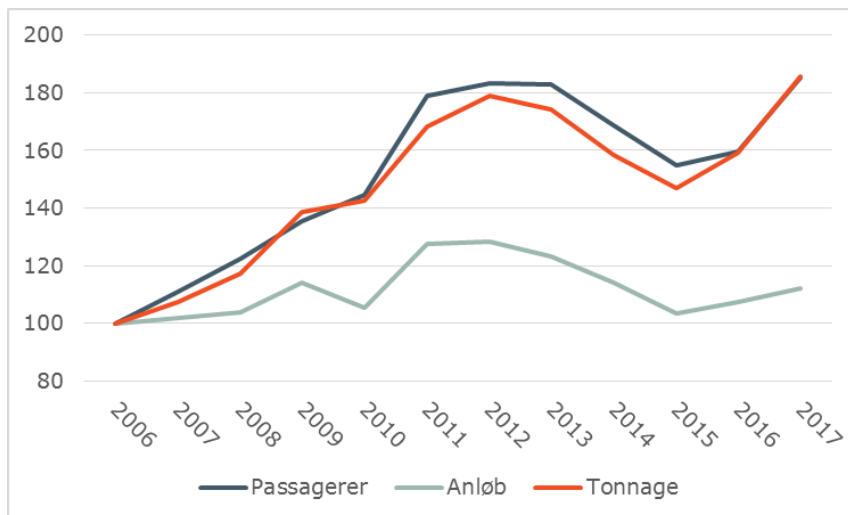
3 Udviklingen inden for krydstogtmarkedet

Krydstogtturisme er en rejseform i vækst. Den internationale krydstogtorganisation Cruise Lines International Association (CLIA), som repræsenterer ca. 80% af krydstogtkapaciteten på verdensplan, anslår at det samlede antal passagerer på krydstogtskibe er steget med 58% fra 2009 til 2018. Organisationen forventer fortsat vækst i krydstogtmarkedet de kommende år¹⁷. Krydstogtmarkedet er opdelt i geografiske regioner og i Europa er Middelhavet det største marked for krydstogtsejlds. Hvor passagertallet i Middelhavsområdet er vigende, er væksten i antal passagerer i Østersøområdet ifølge en analyse¹⁸ på ca. 10,4% årligt i perioden 2001 – 2014. I København er antallet steget ca. 6 % årligt de sidste 10 år¹⁹.

3.1 Krydstogt i København og Østersøen

København er den største krydstogthavn i Nordeuropa og både Østersøen og København har stigende popularitet som krydstogtområde. Københavns Lufthavn, som har stor kapacitet og ligger tæt på centrum, betyder desuden at skibene nemt kan skifte passagerer i byen (såkaldt "turn around"). CMP oplyser, at 45 % af alle krydstogtanløb i København er turn around anløb. Foruden København, er byerne Tallin, Sankt Petersborg, Helsinki og Stockholm de vigtigste krydstogtdestinationer i Østersøområdet. Uden for Østersøen spiller Bergen dog også en stor rolle som en destination, der er forbundet med København.

Figur 3-1: Udviklingen i krydstogtmarkedet. CMP 2006- 2017. Index 100 = 2006



Kilde: Annual reports, CMP. Bemærk, at aktiviteten også dækker over Malmö Havn, som dog typisk tegner sig for under 5 % af aktiviteten i de enkelte år.

¹⁷ 2019 State of the Industry. CLIA, 2019.

¹⁸ The cruise market in Baltic Sea and neighboring North Sea - Pre-Feasibility Study. Green Cruise Port. UNICONSULT, 2014.

¹⁹ Danmarks Statistik, SKIBE35.

Antallet af anløb var i 2017 325 skibe, antallet af passagerer var 849.000²⁰ og tonnagen var på 24,5 mio. tons.

Som figuren viser, så har antallet af passagerer og skibstonnagen udviklet sig markant i denne årrække, medens antallet af skibsanløb kun er steget meget lidt. Udviklingen viser dermed også at krydstogtskibene bliver større og større.

Det er også værd at bemærke, at aktiviteten faldt i 2015. Ifølge CMPs annual report fra 2015 har forklaringen bl.a. været de stigende krav til reduktion af emissioner, bl.a. med de skærpede krav fra 2015 til reduktion af svovludledningen fra skibene i Østersøen. Tallene viser dog også, at rederierne har formået at omstille sig til kravene fra 2016, idet besøgstallet nu igen er markant stigende. De langsigtede forventninger til udviklingen i krydstogtpassagerer er tidligere anslået til at være ca. 4,8 % årligt frem til 2025 for hele Østersøregionen²¹.

Faktaboks: Krydstogtbranchen

Krydstogtbranchen er en global branche, hvor et mindre antal meget store rederier er dominerende på markedet.

Blandt de største aktører er rederierne MSC Cruises, Royal Caribbean Cruises, som bl.a. også driver selskaberne Celebrity Cruises, TUI Cruises, Pullmantur Cruises. Carnival Cruises, som bl.a. også driver AIDA, Costa Cruises og P&O. Disse rederier og tilhørende selskaber er også blandt de største aktører i København og i Østersøen.

Da krydstogtturismen i Østersøen primært finder sted i sommerhalvåret, anvendes de samme skibe i vinterhalvåret andre steder i verden, eksempelvis i det Caribiske Hav. Det betyder at der er en betydelig udveksling af skibe mellem verdensdelene.

Da krydstogtmarkedet i det Caribiske Hav er verdens største marked for krydstogtturisme, er det dog den almindelige antagelse, at de nyeste skibe primært sejler i dette område. De skibe, som anløber København, er oftest mindst 4 – 5 år gamle og en stor andel er mellem 10 og 20 år gamle. Skibene varierer meget størrelsesmæssigt, fra en kapacitet på 200 – 300 passagerer og op til ca. 4.000 passagerer. Det gennemsnitlige antal passagerer pr. anløb i København er ca. 2.000 og passagertallet pr. skib stiger år for år.

Krydstogtaktiviteterne er koncentreret i en relativt kort sæson på 5 - 6 måneders varighed – i praksis fra påske til efterårsferien og med højdepunktet i august. Skibene sejler ofte en hel sæson i Østersøen, med passagerudskiftning eksempelvis hver 7. eller hver 10. dag. De samme skibe anløber derfor ofte havnen mange gange. I København er det således ca. 70 skibe som tegner sig for de ca. 325 – 350 anløb. Enkelte skibe anløber havnen 14 - 16 gange på én sæson.

I København lægger krydstogtskibene fortrinsvis til ved Langelinie eller ved Oerstedsparken. Langelinie er den mest populære kajplads for krydstogtskibe, fordi passagerne dermed ankommer meget tæt på byens centrum og de mest populære turistmål. Pladsforholdene ved Langelinie er dog begrænsede og de skibe som anløber dér, er både mindre og ældre. På Langelinie er det desuden vanskeligt at

²⁰ Dette antal er opgjort af CMP. CMP benytter en opgørelsesmetode, som opgør både gennemrejsende passagerer, påstigende og afstigende passagerer (dette er en gængs metode i krydstogthavne). Danmarks Statistik opgør antallet lavere, idet der kun opgøres gennemrejsende og påstigende passagerer.

²¹ The cruise market in Baltic Sea and neighboring North Sea - Pre-Feasibility Study. Green Cruise Port. UNICONSULT, 2014.

gennemføre turnaround med passagerer, da pladsforholdene der er for trange til håndtering af bagage, busparkering mv.

Af de 325 anløb i 2018, oplyser CMP at 152 (47 %) var turnaround-anløb. Næsten alle turnaround-anløb sker ved Oceankaj.

Figur 3-2: Kort over de primære krydstogtkajer i Københavns Havn.



Kilde: COWI

Ved Oceankaj er der i 2014 etableret faciliteter særligt til krydstogtskibe, i form af tre store terminalbygninger, hvor passagerne kan modtages og bagagen kan håndteres. Havnen har i oktober 2017 besluttet at etablere endnu en krydstogt-terminal ved Oceankaj, som forventes at åbne i 2020.

Ud over Langelinie og Oceankaj, anvendes Nordre Toldbod til ca. 30 – 35 skibsanløb pr. år af primært mindre skibe.

En gennemgang af CMPs statistik for anløb af krydstogtskibe viser, at de største krydstogtskibe primært anløber Oceankaj og at disse skibe også er de nyeste.

Skibene ved både Langelinie og især Nordre Tolbod er til gengæld både mindre og ældre og medbringer færre passagerer.

Oceankaj tegner sig for ca. 40 % af skibsanløbene og ca. 58 % af passagerne, Langelinie tegner sig for ca. 50 % af skibsanløbene og ca. 39 % af passagerne og Nordre Tolbod tegner sig for 10 % af skibsanløbene, men kun ca. 3 % af passagererne.

Tabel 3-1: Skibsanløb ved de primære krydstogtkajer i Københavns Havn, 2016 – 2018.

	Antal anløb 2016 - 2018	Antal anløb, gns. pr år	Skibenes byggeår, gns.	Bruttoregi- sterton, gns.	Antal pass. pr. skib, gns.
Nordre Tol- bod	100	33	1999	19.898	523
Langelinie	481	160	2004	59.399	1.542
Oceankaj/ Nordhavn	382	127	2008	104.026	2.924

Kilde: Anløbsstatistik, CMP 2016 – 2018. 2018 er data frem til ultimo oktober 2018.

3.2 Udviklingen inden for energikilder til krydstogt

På global basis findes der generelle grænseværdier for svovlindholdet i skibsbrændstof, som følge af international regulering via FN's søfartsorganisation IMO. Fra 2020 skærpes endvidere skibenes emissionskrav yderligere. Ved siden af de generelle krav til skibsemissioner er der i nogle regioner indført nogle særligt skærpede krav. Disse såkaldte SECA-områder (Sulphur Emission Control Areas) findes bl.a. i Nordsøen, Østersøen, det Caribiske Hav og langs de amerikanske kyster. De nye globale emissionskrav vil være lempeligere, end hvad der gælder i SECA-områderne.

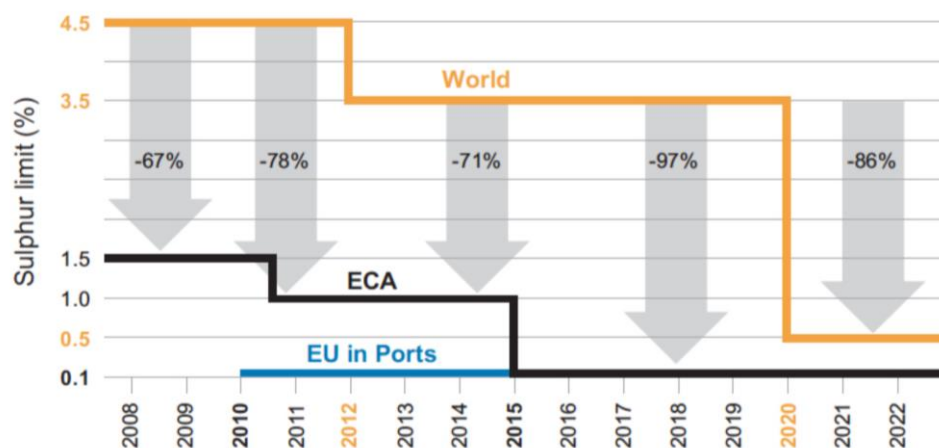
For at leve op til emissionskravene, kan enten benyttes en lettere og mere svovlfattig olie (MGO=marine gasoil) eller man kan installere såkaldte "scrubbere", som renses røggassen fra motoren. Der findes to forskellige scrubber-teknologier, én hvor vand benyttes til at udvaske svovl og partikler fra røggassen, og én hvor svovlet i røggassen bindes til et pulver. Begge metoder giver et spildprodukt som enten udledes i vandet på åbent hav eller opsamles.

Ved at anvende scrubbere, kan man stadig anvende den billigere, såkaldt tunge fuel olie (HFO= heavy fueloil), og samtidig efterleve emissionskravene.

Faktaboks: Den internationale regulering af skibsfarten

Organisationen IMO (the International Maritime Organisation) er et agentur nedsat af FN, som har til opgave at varetage sikkerheds- og miljøforhold i den internationale søfart. I Danmark bliver IMO's regler implementeret i lovgivningen, direkte eller via EU-direktiver og -forordninger.

Med afsæt i den internationale miljøkonvention til forebyggelse af forurening fra skibe, MARPOL (fra 1973) er der blevet indført forskellige reguleringer med henblik på at reducere miljøpåvirkningen fra skibe. Disse initiativer har gennem tiden bl.a. ført til en gradvis men betydelig skærpelse af kravene til indholdet af svovl i bunker fuel, således som det er illustreret i figuren herunder²².



Fra 2020 er det af IMO blevet besluttet at reducere kravene til svovlindhold i bunker fuel fra i dag maks. 3,5% til maks. 0,5% på verdensplan. Dette er dog fortsat højere end de 0,1% som er grænseværdien i de såkaldte ECA-områder (Emission Control Areas), der trådte i kraft i 2015 med Marpol Annex VI "Prevention of Air Pollution from Ships", og som bl.a. omfatter Østersøen og Nordsøen.

Miljøkravene til den maritime sektor er således overordnet reguleret på international basis, men i en dansk kontekst har de kommende globale skærpelser af miljøkravene på SO_x-området ingen praktisk betydning. Skibe, der ikke imødekommer kravet om at benytte bunkerolie med maks. 0,1% svovlindhold, skal udrustes med rensningsteknologi (primært anvendes scrubbere).

I forhold til alternative energikilder til skibsfarten, så foreligger der et EU direktiv²³ om alternative brændstoffer. Direktivet forpligter medlemslandene til at etablere strømforsyning til skibsfarten i TEN-T havne og i andre havne senest den 31. december 2025, medmindre der ikke er efterspørgsel, og omkostningerne ikke står i et rimeligt forhold til fordelene, herunder de miljømæssige fordele.

Med denne analyse er det blevet søgt afdækket, hvilken vej energi- og brændstofteknologien i krydstogtsbranchen kan forventes at tage i de kommende år. På baggrund af interviews med flere af de rederier, som råder over krydstogtskibe der anløber Københavns Havn, er det muligt at tegne konturerne af et fremtidsbillede, som det dog skal understreges, ikke er entydigt.

²² Kilde: Lee Hong Liang, Seatrade-maritime News, The 2020 IMO fuel sulphur regulation.

²³ Europaparlamentets og Rådets direktiv 2014/94/EU om etablering af infrastruktur for alternative brændstoffer. 22. oktober 2014.

Overordnet er der forventninger blandt rederierne til, at større krydstogtskibe som vil blive bygget de kommende år i stigende omfang vil blive baseret på LNG-teknologi, mens de mindre skibe fortsat vil blive drevet på olie. I det længere perspektiv er der forventninger til at hybrid-løsninger vil vinde indpas, eksempelvis i form af hydrogen/el, bio-LNG, ammoniak og endda sejl som supplement²⁴.

For såvidt angår landstrøm, er nogle skibe allerede i dag forberedt til at kunne anvende landstrøm, men derudover vurderer flere rederier også muligheden af at ombygge eksisterende skibe til landstrøm, eksempelvis når skibene alligevel skal moderniseres. På den anden side, så begrænses udbredelsen af disse skibe af, at der dels fortsat er relativt få havne, hvor landstrøm tilbydes, og dels at elforsyning fra land ud fra en økonomisk betragtning ofte bliver holdt op imod en forsyning fra skibenes egne hjælpemotorer. I de fleste tilfælde vil krydstogtskibet kunne producere el billigere, ved at benytte deres hjælpemotor, frem for at købe el fra et landstrømsanlæg.

Kravene fra de lokale myndigheder har stor betydning for udviklingen i teknologier. Eksempelvis har Oslo Havn besluttet at stille krav om at færgerederierne benytter landstrøm, når de ligger ved kaj i havnen, hvilket har fået eksempelvis DFDS til at installere sådanne anlæg i deres passagerskibe.

3.3 LNG og landstrøm

Alternativet til installation af scrubber på skibene og/eller den lettere MGO er at skifte til andre energikilder. De løsninger, der ses anvendt på det maritime område er at benytte LNG (liquefied natural gas) som brændstof og/eller at tilslutte skibet en elforsyning fra land – landstrøm - mens man ligger ved kaj²⁵. Dermed kan man slukke for de hjælpemotorer, der ellers ville forsyne skibet med strøm mens det ligger i havn.

Det er vigtigt at bemærke, at LNG og landstrøm er to parallelle teknologier som så at sige løser forskellige udfordringer. Landstrømsanlæg kan installeres i skibe, som benytter såvel LNG som olie (MGO eller HFO) som brændstof under sejladsen.

LNG har en række miljømæssige fordele, frem for olie, idet der opnås en fuldstændig fjernelse af SO₂ (svovl)-udledning, en betydelig reduktion af NO_x (kvælstof)-udledning og af partikeludledning.

Landstrøm kan være særlig interessante for krydstogtskibe, fordi de ofte har et meget stort elforbrug – og dermed mulighed for at opnå en potentielt set stor reduktion af emissioner. Det betyder på den anden side også, at der stilles store krav til elforsyningskapaciteten fra land. Når skibet er tilsluttet landstrøm, er der ingen lokal emission fra skibet, ligesom der heller ikke er eventuelle støjproble-

²⁴ Interviews med krydstogtrederier samt 6 nordeuropæiske havne.

²⁵ Landstrøm kaldes også "shore power" eller "cold ironing"

mer fra de hjælpemotorer, som producerer el. Der er dog fortsat en CO₂ belastning svarende til den CO₂, der kommer med den øvrige elproduktion til elnettet på land.

3.4 Karakteristika ved LNG

LNG er naturgas, som nedkøles til -161 grader, hvor gassen kondenserer og bliver flydende og hvor gassens rumfang reduceres betydeligt, i forhold til når gassen er luftig. På et skib fungerer LNG i princippet som et brændstof, på linje med olie. LNG-drevne skibe er indrettede med særlige tanke og rørsystemer.

Omdannelsen fra naturgas til LNG sker på store såkaldte liquefaction-anlæg, som der kun findes relativt få af i Europa. Forsyningen af LNG-drevne skibe kan ske på forskellige måder og på ad hoc basis, når et enkelt skib efterspørger det.

Da gassen skal holdes nedkølet for at være flydende, kan man i praksis ikke opbevare LNG i længere perioder, fordi omkostninger til opbevaring (køling) bliver for høje. Derfor skal man etablere en forsyningskæde, som passer til det aktuelle marked.

De større skibe kan forsynes vha. pramme med en relativ stor LNG- kapacitet. En LNG pram eller et bunkerskib sejler fra en LNG terminal frem til krydstogthavnen og lægger til på ydersiden af skibet, hvorfra man påfylder LNG til krydstogtskibet.

Forsyning med pramme forudsætter:

- > Investering i prammen og drift heraf
- > At prammen skal kunne lægge til i havnen
- > En relativ stor kapacitet og fleksibilitet.

I forhold til krydstogtskibe, er det vigtigt at løsningen rummer fleksibilitet og høj kapacitet. Da store krydstogtskibe har et relativt stort brændstofbehov, er den mest oplagte løsning derfor fra en pram, som sejler op på siden af skibet og tanker det derfra. Selve leveringen af LNG varetages af en gasleverandør, som rederiet indgår aftale med. Denne type LNG-forsyning af krydstogtskibe er således som udgangspunkt ikke forbundet med omkostninger for havnene i form af anlæg eller udstyr, men der stilles bl.a. krav om sikkerhedsafstand i forbindelse med påfyldning af LNG.

3.5 Karakteristika og udvikling af landstrøm

En landstrømsløsning består af et elkabel, som skaber tilslutning til elnettet, en frekvensomformer, som omformer frekvensen fra 50Hz til krydstogtskibenes 60Hz elsystem²⁶. Dertil kommer et kabelhåndteringssystem, dvs. en metode,

²⁶ I Europa er skibe med landstrømstilslutning udstyret med 50Hz elsystem, svarende til europæisk standard, hvorimod krydstogtskibene oftest er udstyret med 60 hz elsystem efter amerikansk standard.

hvor skibet hurtigt og enkelt kan tilsluttes landstrømmen. På skibet består installationen af et kontrolpanel og en omformer til den spænding, som skibet anvender.

Da elbehovet til krydstogtskibe er meget højt – for de største skibe op til 15 - 17 MW – er omkostningerne til elforsyning via landstrøm meget store: Både elkablet fra det overordnede elnet eller transmissionsnet og frekvensomformereren betyder store etableringsomkostninger.

Hvis krydstogtskibet er "født med" en landstrømtilslutning, har skibet ikke yderligere omkostninger til tilslutningen. Hvis ældre skibe skal ombygges til at kunne modtage landstrøm, så kræver det en ombygning af skibet. Omkostningen anslås generelt til 7,5 mio. kr. pr. skibsside, dvs. i alt 15 mio. kr., hvis skibet skal have tilslutning fra begge skibssider²⁷. En del nyere skibe er i et vist omfang forberedt til landstrømtilslutning og her er omkostningerne for at skibene kan modtage landstrøm noget lavere.

Faktaboks: Modtagepligten i danske havne

Modtagepligten i danske havne

Jævnfør §5 i den gældende Bekendtgørelse af lov om havne, "Havneloven" (af 23. maj 2012) har havnene i Danmark en "modtagepligt for skibe i det omfang pladsforholdene og sikringshensyn tillader det". Det betyder, at havnene som udgangspunkt ikke kan forlange at skibe, som anløber havnen skal modtage landstrøm eller anden energiforsyning, der måtte blive stillet til rådighed på havnen.

3.6 Markedspotentiale for landstrøm

Den internationale krydstogtsorganisation CLIA har udarbejdet statistikker over udbredelsen af landstrøm på hhv. skibe i drift og skibe i pipeline. De skelner mellem skibe, der kan tage landstrøm, som er forberedt til landstrøm og skibe, der kun med ombygning vil kunne tage landstrøm.

Tabellen indeholder aggregerede data over CLIAs medlemmer på globalt plan. Tabellen viser antal og passagerkapaciteten af skibe udstyret med bestemte teknologier samt andelen af den samlede flåde.

²⁷ Interview med MSC Cruises, november 2018.

Tabel 3-2: Environmental Technologies and Practices. CLIA Global Oceangoing Cruise Lines - August 2018²⁸

Investering i teknologi	Antal skibe (ud af 253)	Kapacitet	% af samlet kapacitet
Skibe, der kan tage landstrøm	55	141.873	27.9%
Skibe med planlagt eftermontering af landstrømssystem	11	22.408	4,4%
Nybyggede skibe som får landstrømssystem	17	58.712 29.8% af nybygninger	N/A
Skibe forberedt til senere idriftsættelse af landstrømssystem	121	284.248	56,0%
Nybyggede skibe forberedt til senere idriftsættelse af landstrømssystem	33	118.153 60% af nybygninger	N/A

Kilde: Cruising.org

På baggrund af disse tal og interviews med rederier, er der udarbejdet to estimater for udbredelse af landstrøm på krydstogtskibe, som anløber København.

Optimistisk scenarie

Det optimistiske scenarie bygger på, at der blandt de største havne i Østersøen opnås enighed om at tilbyde landstrøm til krydstogtskibe. Dette kan eksempelvis ske gennem et tæt samarbejde mellem de store krydstogthavne om udvikling af landstrømsfaciliteter. I dette scenarie fortsætter den positive udvikling, som begynder med de skibe, der allerede er i drift i Nordamerika og de skibe, som er i pipeline.

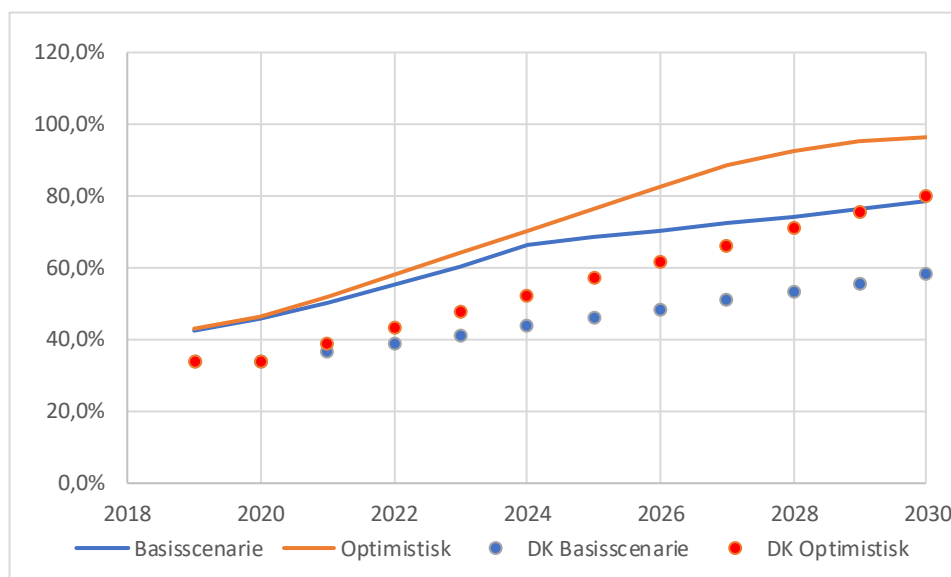
Basisscenarie

I basisscenariet fortsætter den udvikling, vi ser nu, hvor skibe, som er udstyret til landstrøm, er i drift i Nordamerika i en årrække, hvorefter de sendes til Østersøen, og det får, sammen med skibe i pipeline, andelen af landstrømsskibe til at stige de næste 5-6 år. I analysen regner vi derfor med en lineær indfasning af landstrøm på skibene fra ca. 34% mulig dækning af energiforbruget med landstrøm til ca. 58%. I dette scenarie opnås ikke fuld konsensus om at satse på landstrøm i Østersøregionen, hvorfor udviklingen er langsommere.

I begge scenarier er udviklingen i Østersøen forsinket i forhold til udviklingen i USA, dvs. at udbredelsen af skibe, som kan modtage landstrøm vil ske senere i Østersøområdet.

²⁸ <https://www.cruising.org/cruise-vacationer/industry-facts/environmental-innovation/industry-environmental-technologies-andpractices>

Figur 3-3: Andel af krydstogtskibes energiforbrug, der kan dækkes af landstrøm



Kilde: COWIs beregninger

I det optimistiske scenarie udvikler landstrøm sig til at være en branchestandard internationalt og også blandt de større skibe i Østersøen. I praksis må man dog forvente, at ikke alle skibe, som KAN modtage landstrøm også i alle tilfælde VIL gøre det. Her vil den vigtigste barriere være, at nogle krydstogtskibe udstyret til landstrøm vil vælge at lægge til ved Langelinie, uden mulighed for brug af landstrømsanlæg.

I basisscenariet er det udviklingen i Nordamerika, som betyder, at der bliver bygget skibe med landstrøm, hvoraf nogle efter nogle års drift i Nordamerika bliver sendt videre til Europa, også selvom der her ikke nødvendigvis kan tilbydes landstrøm i alle havne.

Begge scenarier tager udgangspunkt i et vægtet gennemsnit på 34% af skibene med aktuel mulighed for at tage landstrøm jf. CMPs opgørelse primo 2019.

I analysen fra 2015²⁹ har man opereret med 3 scenarier for udviklingen i skibe, der kan modtage landstrøm: Et basisscenario, hvor andelen vil være 19 % af anløbene i hele perioden, et højt scenarium hvor andelen vil stige jævnt frem til 36 % i 2030 og endeligt et lavt scenarium, hvor andelen af skibe der anvender landstrøm, vil falde.

²⁹ Mulighederne for etablering af landstrøm i Nordhavn. CMP, Københavns Kommune og By&Havn, 2015.

3.7 Erfaringer fra andre havne i Østersøområdet

Miljøspørgsmål i forbindelse med krydstogtsejlad er et tema i en række byer og havne i Østersøen og det nordlige Europa³⁰. Fokus på at løse blandt andet emissionsproblemer er både drevet af konkrete ønsker om at reducere emissioner fra skibene, mens de er i havn og af mere overordnede målsætninger på eksempelvis klimaområdet. Flere norske byer har målsætninger om at reducere deres CO₂ udslip markant (i flere tilfælde har byerne ambitioner om at være såkaldte "0-emissionssamfund", inklusive transport via havnene).

På nuværende tidspunkt har Hamborg Havn og Kristiansand Havn i Norge etableret anlæg for landstrøm til krydstogtskibe. Bergen Havn tager deres anlæg i brug i 2019 og det vil være i fuld drift i 2020.

I blandt andet havnene Göteborg, Oslo og Helsinki, Stockholm tilbyder man desuden landstrøm til færger, men ikke til krydstogtskibe.

I både Kristiansand, Hamborg og Bergen har der ligget et vist lokalpolitisk pres bag etableringen af landstrøm, blandt andet i kraft af generelle lokale målsætninger om reduktion i CO₂ udledning og bedre luftkvalitet. I alle tilfælde ligger der også en ekstern medfinansiering bag projekterne. I Hamborgs tilfælde fra lokale myndigheder og EU og i Norge bidrager den såkaldte Enova fond, som medfinansierer omstillingsprojekter i retning af et "lavemissions-samfund".

I Norge bidrager Enova også til etablering af landstrøm til færger i 20 andre færgehavne de kommende år.

De havne, som ikke på nuværende tidspunkt har investeret i landstrømsanlæg til krydstogtskibe, begrundet dette med, at emissioner fra færgefart i disse byer spiller en stor rolle og at man derfor har haft fokus på at reducere miljøproblemer på dette område. Indførelse af eksempelvis landstrøm til færger er desuden både billigere og simplere, da kravene til el-effekt til færger er lavere end til krydstogtskibe (og prisen på anlæg dermed billigere). Da det er de samme færger, som besejler ruterne så er man sikker på en høj udnyttelsesgrad af anlæggene.

Havnene har desuden ikke kunnet lave en positiv business case for investering i landstrøm til krydstogtskibe. Det gælder særligt for havne med relativt få krydstogtanløb, (eksempelvis under 100 anløb på årsbasis).

Kommunerne og havnene i Stockholm, Oslo, Helsinki og Tallinn giver alle udtryk for, at de har interesse i at drøfte miljøspørgsmål, herunder luftforurening, i fællesskab med blandt andet Københavns Kommune, enten med henblik på at ud-

³⁰ Interviews med havnene i Bergen, Göteborg, Helsinki, Hamborg, Kristiansand, Oslo, Stockholm og Tallin samt Oslo Kommune og Helsinki Kommune.

arbejde nærmere undersøgelser på området, udarbejde fælles strategier i forhold til krydstogtrederierne og/eller iværksættelse af pilotprojekter eller lignende.

De gennemførte interviews med byerne Helsinki, Oslo, Stockholm og Tallinn er opsummeret i nedenstående tabel³¹.

Helsinki:	<p>Helsinki er en meget travl færgehavn og byens fokus har været at på at reducere emissioner fra færgertrafikken. Havnen tilbyder i dag landstrøm til færger.</p> <p>I Helsinki har man ikke oplevet en større offentlig opmærksomhed i forhold til luftforurening fra krydstogtskibe. Man er dog meget opmærksomme på udfordringen, og deltager gerne i nærmere drøftelse af fælles initiativer i Østersøregionen.</p>
Oslo:	<p>Oslo har hidtil primært haft fokus på at reducere emissioner fra færgefarten og man har nu landstrømsanlæg til de større færgeforbindelser.</p> <p>I 2018 har bystyret vedtaget en udviklingsplan for havnen, som har til formål at sikre Oslo Havn på lang sigt skal være en "nul-emissionshavn". I praksis betyder det, at man forventer at alle krydstogtskibe fra 2025 skal benytte landstrøm ved anløb i Oslo.</p> <p>Oslo har taget kontakt til de 14 største krydstogthavne i Norge, med henblik på at koordinere indsatsen for at reducere emissioner fra krydstogtindustrien. Oslo Kommune er desuden meget interesseret i et tættere samarbejde med de større krydstogthavne i Østersøområdet.</p>
Stockholm:	<p>I Stockholm har man også en betydeligt færgetrafik. Man har derfor fokus på at reducere emissioner fra færgefarten. Stockholm Havn tilbyder landstrøm til færger fra en række kajer.</p> <p>I forhold til krydstogtskibe har fokus primært været på at sikre bedre affaldshåndtering og på modtagelse af spildevand. Man har hidtil været tilbageholdende med at investere i landstrøm til krydstogtskibe, fordi udbredelsen af landstrøm i krydstogtbranchen har været ukendt</p>

³¹ Der er rettet henvendelse til den kommunale administration i de fire byer, med henblik på at afdække deres indsats i forhold til at reducere emissioner fra krydstogtskibe og på at afdække deres interesse i et eventuelt nærmere samarbejde om initiativer i forhold til renere krydstogtturisme. Med hensyn til Stockholm og Tallinn, så har kommuneren henvist til et interviews med havneadministrationen.

	<p>og fordi man har været usikker på teknologistandarderne.</p> <p>Stockholm Havn er interesseret i en fælles dialog i Østersøområdet om mere miljøvenlig krydstogtturisme. En mere politisk dialog skal dog være forankret hos kommunen.</p>
Tallinn:	<p>Også i Tallinn har man en betydelig færgetrafik og man har hidtil haft fokus på miljøforholdene på færgeområdet. Havnen i Tallinn har en langsigtet udviklingsplan, som taler om at kunne tilbyde landstrøm i den såkaldte "Old City Harbour".</p> <p>Sammen med Helksinki, Stockholm og Turku har Tallinn havn i 2016 underskrevet en hensigtserklæring om etablering af landstrømsanlæg til færger.</p> <p>Tallinn er generelt interesseret i fælles dialog om spørgsmålet – også vedrørende krydstogtskibe og man har været aktiv vedrørende miljøvenlig krydstogtturisme i bl.a. Interreg-regi.</p>

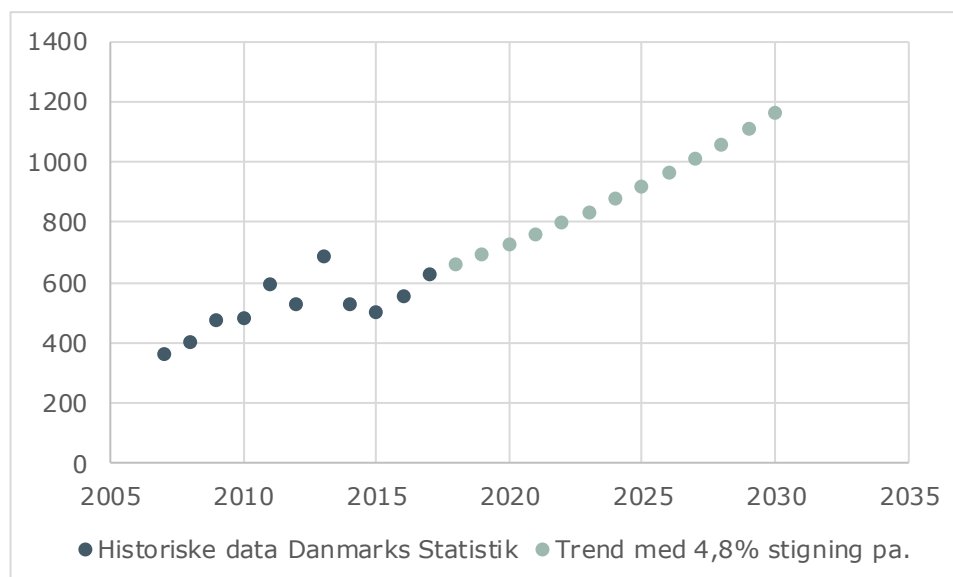
4 Fremskrivning af emissioner frem til 2030

Krydstogtturismen har været stigende de seneste 10 år og denne udvikling forventes at fortsætte i de kommende år.

I de seneste 10 år har der været en stigning på gennemsnitlig 6 procent om året. Ifølge rapporten, "The cruise market in Baltic Sea and neighboring North Sea" forventes en stigning i krydstogtturismen i Østersøen på 4,8% frem til 2030.

Den følgende figur viser den historiske udvikling og den forventede udvikling med en stigning på 4,8% om året.

Figur 4-1: Udvikling i krydstogtturismen, antal passagerer.



Kilde: 2007 – 2017: Danmarks Statistik. Trend 4,8% Uniconsult. November 2014, side 24³².

Da elforbruget for krydstogtskibe i havn afhænger af antal krydstogtpassagerer, vil dette alt andet lige medføre en forøgelse i emissionerne fra krydstogtskibene i København.

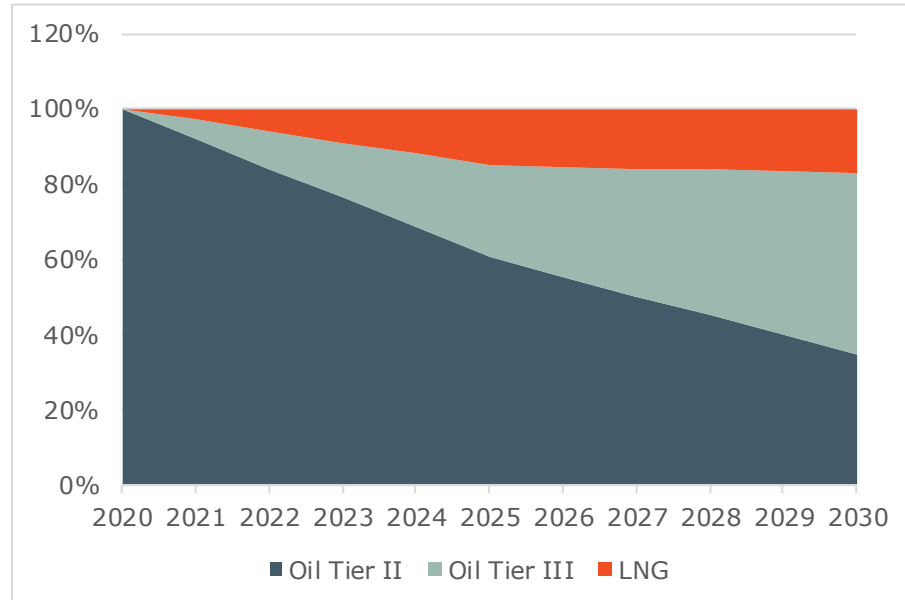
Derudover har sammensætningen af flåden også betydning for de emissioner som krydstogtskibene udsender i havnen. På basis af interview med rederne er der udarbejdet en basis fremskrivning for sammensætningen af de skibe der anløber København i perioden 2020 – 2030 i en situation uden landstrøm.

Med hensyn til LNG vurderer et rederi, at LNG forventes at udgøre 15% af flåden i 2025 og 17% i 2030. Derudover vil IMO kravene til udledninger fra nye skibe

³² [http://www.greencruiseport.eu/files/public/download/studies/The cruise market in Baltic Sea and neighboring North Sea - Pre-Feasibility Study_November 2014_Uniconsult.pdf](http://www.greencruiseport.eu/files/public/download/studies/The%20cruise%20market%20in%20Baltic%20Sea%20and%20neighboring%20North%20Sea%20-%20Pre-Feasibility%20Study_November%202014_Uniconsult.pdf)

medføre, at skibe der opfylder TIER III gradvist erstatter de ældre skibe fra 2021. Den resulterende sammensætning af flåden er vist i figuren nedenfor.

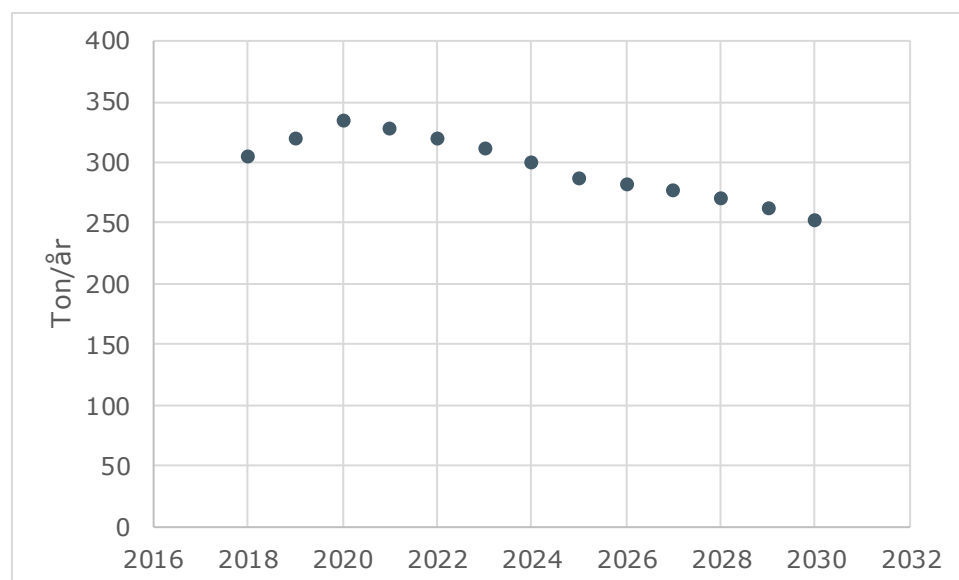
Figur 4-2: *Sammensætning af flåden 2020 – 2030, København*



Kilde: COWIs beregninger

Denne sammensætning, kombineret med væksten i krydstogtturismen, resulterer i de følgende emissioner fra krydstogtskibene, mens de ligger i København.

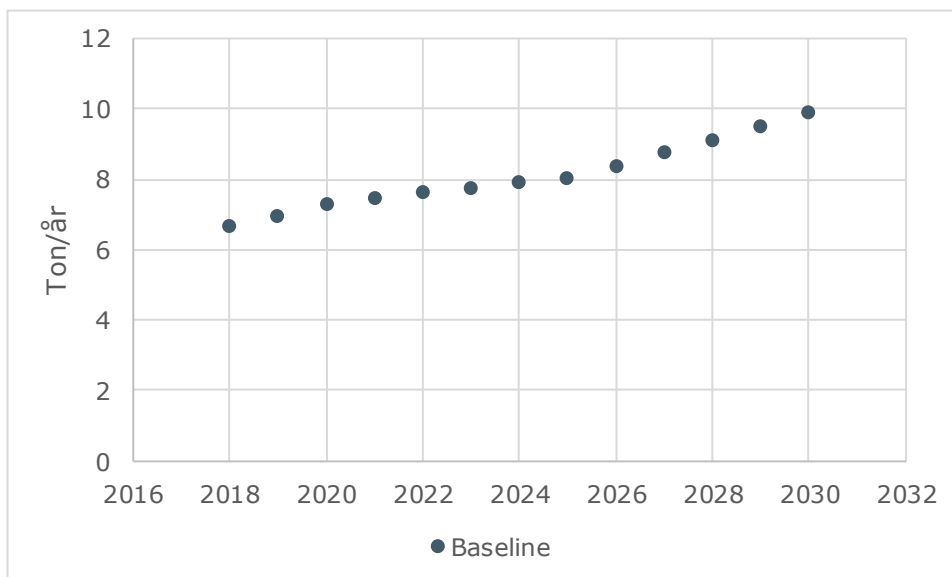
Figur 4-3: *Fremskrivning af NO_x emissioner, København. 2020 – 2030, Ton/år*



Kilde: COWIs beregninger

Reduktionen i NO_x emissionerne fra 2020 skyldes, at nye skibe der sejler i Østersøen fra 2021 skal opfylde strengere krav til deres NO_x emissioner. Det betyder, at NO_x emissionerne fra de nye skibe reduceres med ca. 75%.

Figur 4-4: Fremskrivning af partikel emissioner, København.2020 – 2030, Ton/år

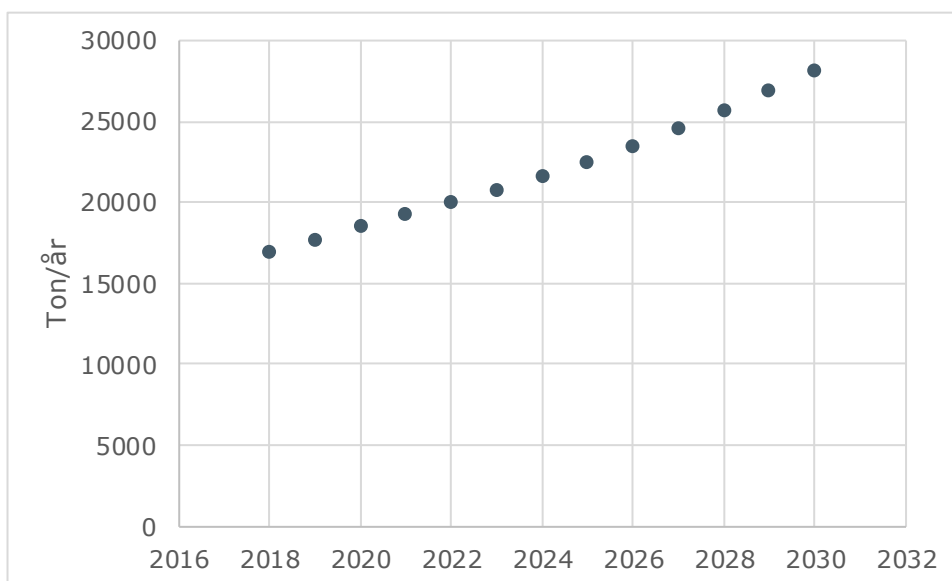


Kilde: COWIs beregninger

Stigningen i partikelemissionerne skyldes, at der forventes en stigning i antallet af krydstogtpassagerer. Da emissionsfaktorerne for partikler ikke forventes reduceret, vil dette lede til højere samlede partikelemissioner. Den svagere stigning mellem 2020 og 2025 skyldes, at der i denne periode vil komme en stigning i andelen af krydstogtskibe, der sejler på LNG. Andelen af krydstogtskibe, der sejler på LNG, forventes stort set konstant fra 2025 til 2030³³.

CO₂ emissionerne følger ligesom partikelemissionerne antallet af passagerer.

Figur 4-5: Fremskrivning af CO₂ emissioner, København. 2020 – 2030, Ton/år



Kilde: COWIs beregninger

³³ Kilde: Interviews med redere.

CO₂ emissionerne forventes at stige fra ca. 17.000 tons i 2018 til ca. 28.000 tons i 2030. Ligesom for partikelemissionerne skyldes den svagere stigning mellem 2020 og 2025, at der i denne periode vil komme en stigning i andelen af krydstogtskibe der sejler på LNG.

5 Business case for alternative energikilder til krydstogtskibe

Dette afsnit analyserer en business case for etablering af alternative energikilder til krydstogtskibe. Implementering af landstrøm indebærer en stor investering for havnen, forud for et forventet salg af el og en sådan investering skal derfor være baseret på en grundig business case.

Business casen baserer sig på den forventede udvikling af markedssituationen for krydstogtskibe, der kan modtage landstrøm, rederiernes tilbøjelighed til at købe el (frem for at producere el på egne hjælpemotorer), den forventede salgspris for landstrøm, den forventede kostpris for el og ikke mindst de anslåede anlægsomkostninger for etableringen af anlægget.

Da markedet for landstrøm til krydstogtskibe fortsat er relativt nyt i Østersøregionen, er der udarbejdet flere scenarier for salg af el, dvs. for antallet af krydstogtskibe, som vælger at købe landstrøm. Der er desuden udarbejdet alternative beregninger, baseret på forskellige anlægsomkostninger og forskellige forrentningsniveauer for investeringen.

Business casen 2015:

CMP, By & Havn og Københavns Kommune udarbejdede i 2015 en business case for etablering af landstrømsanlæg. I forhold til analysen i 2015 er der i denne analyse taget afsæt i opdaterede forventninger til andelen af skibe, der kan tage landstrøm, der er indhentet opdaterede anlægsoverslag for etablering af tilslutningspunkter, ligesom der er indhentet erfaringer vedrørende priser på salg af el til krydstogtskibe fra Kristiansand og Hamborg og der anvendes aktuelle kostpriser for el.

5.1 LNG

LNG-forsyning af krydstogtskibe foretages af eksterne leverandører fra enten et lokalt anlæg eller en pram/et forsyningskib. Da denne forsyning ikke indebærer en egentlig anlægsinvestering for havnen og dermed heller ikke risiko vedrørende indtjening til forrentning af investeringen, kan en business case eller en strategi ikke sammenlignes med business casen for landstrøm. Der er derfor ikke udarbejdet en business case for LNG forsyning.

Desuden er det vigtigt at understrege, at LNG og landstrøm ikke udelukker hinanden, idet skibene godt kan vælge begge løsninger, dvs. anvende LNG som brændstof ved sejlads og landstrøm ved kaj. Dermed er en økonomisk sammenligning ikke relevant.

5.2 Projektbeskrivelse

Business casen baserer sig på følgende projektbeskrivelse:

Etablering af landstrømstilslutninger sker i første omgang fra Oceankaj i Nordhavn. Der etableres ikke landstrømsanlæg ved Langelinie, da der efter CMP's vurdering ikke er plads til et anlæg på kajen. Det forventes, at der på et tidspunkt skal anlægges en spildevandsledning ved Langelinje, ligesom det er på tale at renovere og eventuelt udvide kajen. En anlæggelse af landstrøm på Langelinie, vil derfor kunne komplicere og fordyre senere anlægsarbejder og/eller betyde at et landstrømsanlæg vil skulle flyttes. Før dette er afklaret, vurderes det ikke at være aktuelt at anlægge landstrøm ved Langelinie.

Projektet baseres på tre scenarier for etablering af landstrøm frem til 2030:

Et basisscenarie med 1 tilslutning. I forbindelse med udvidelse af krydstogtskajen på Nordhavn kan en ny kajplads forsynes med landstrøm. Hvis antallet af krydstogtskibe, der kan tage landstrøm, viser sig at udvikles efter det basisscenarioets scenarie, vil man muligvis vælge at stoppe ved 1 tilslutning. Især, hvis det på sigt viser sig, at andre teknologier reducerer luftforureningen.

Et basisscenarie med 2 tilslutninger. Ligeledes kan der i dette scenarie tilbydes landstrøm på Nordhavn i først ét tilslutningspunkt, og senere ét mere. Dette er relevant i basisscenarioet, hvis der ikke af andre veje opnås reduktion af luftforureningen.

Et optimistisk scenarie med 2 tilslutninger. Dette scenarie baserer sig på, at der blandt de største havne i Østersøen opnås enighed om at tilbyde landstrøm til krydstogtskibe. Dette kan eksempelvis ske gennem et tæt samarbejde mellem de store krydstogthavne om udvikling af landstrømsfaciliteter, hvilket vurderes at kunne tiltrække flere krydstogtskibe, som kan anvende landstrøm.

Disse scenarier suppleres med variationer på anlægsprisen, anlæggets levetid, salgsprisen på landstrøm og renten for at belyse de økonomiske resultaters robusthed.

5.3 Grundlæggende forudsætninger

Anlægsinvesteringer estimeres med baggrund i følgende grundlag:

- > "Mulighederne for etablering af landstrøm i Nordhavn"³⁴
- > Realiserede investeringsomkostninger fra Kristiansand, hvor man netop har etableret landstrømsforsyning til krydstogtskibe

³⁴ Mulighederne for etablering af landstrøm i Nordhavn. CMP, Københavns Kommune og By&Havn, 2015.

- > Opdaterede, men stadig usikre, anlægsoverslag fra Radius Elnet, Powercon og Danfoss, med fokus på både løsningen som foreslået i den tidligere rapport og nye løsningsmuligheder.

Driftsomkostningerne estimeres ud fra

- > "Mulighederne for etablering af landstrøm i Nordhavn" og suppleret med oplysninger fra en udstyrleverandør vedrørende vedligehold af et anlæg.

Kostpris på el er estimeret på baggrund af budgetsimulering fra Energi Danmark A/S pr. 7/2 2019.

Fem af forudsætningerne har særlig stor indflydelse på resultaterne af business casen og er baseret på antagelser, indhentede erfaringer mv.

Rationalet bag disse fem antagelser er resumeret i denne oversigt:

Markedssituationen for landstrøm

Det forventes, at andelen af skibe som kan modtage landstrøm, vil stige de kommende år. Når man vægter skibs anløbene for skibstørrelsen, det vil sige for skibenes elbehov, så ventes 34 % af skibenes energiforbrug i 2019 at kunne dækkes af landstrøm. På baggrund af de kendte planer for nybygning af krydstogtskibe og rederiernes egne vurderinger, ventes dette antal at kunne stige til 58 % i 2030. I et optimistisk scenarie stiger denne andel til 80 % i 2030 – primært baseret på en antagelse om, at en markant udbygning af landstrømsanlæg i Østersøen, vil accelerere udbredelsen af disse skibe i regionen.

Det forventes, at en del af de krydstogtskibe, som faktisk kan modtage landstrøm, i praksis ikke vil vælge at gøre det, primært fordi de vælger at lægge til ved en kaj, hvor der ikke er mulighed for landstrømstilslutning, eksempelvis Langelinje. Det antages således, at 70 % af de skibe, som kan modtage landstrøm også i praksis vil gøre det.

Salgsprisen for landstrøm

Der er reelt få erfaringer med salg el fra landstrømsanlæg til krydstogtskibe i Nordeuropa. I Kristiansand Havn i Norge er salgsprisen for landstrøm ca. 1,88 DKK pr. kwh og i Hamborg Havn er prisen mellem 1,86 – 2,24 DKK pr. kwh. Det er havnenes vurdering, at rederierne accepterer disse priser. Dette erfaringsgrundlag er dog fortsat relativt spinkelt, hvorfor der i business casen for København er taget udgangspunkt i en salgspris på 1,70 DKK pr. kwh.

Den anslåede pris for egenproduktion af el på krydstogtskibene anslås af CMP til ca. 1,30 DKK pr. kwh. For at illustrere effekten af en sådan en salgspris, er der udarbejdet en alternativ beregning med afsæt i denne salgspris.

Anlægsomkostningen for landstrømsanlæg

De endelige anlægsomkostninger for et landstrømsanlæg er usikre på nuværende tidspunkt. Danfoss og Powercon har bidraget med skøn over anlægspri- ser, men nærmere undersøgelser vedrørende de konkrete anlægsomkostnin- ger i Nordhavnsområdet kan betyde ændringer i anlægsoverslagene. I bereg- ningerne er anvendt forskellige prisniveauer, for at illustrere effekten af hø- jere eller lavere anlægsomkostninger.

Levetid for landstrømsanlæg

Denne analyse anvender som hovedregel en 10 årig periode i beregningen af business casen, hvilket er normal praksis for vurdering af teknologiprojekter. Herfor taler også usikkerhedsfaktorer, såsom elpriser udover de 10 års sigt, og usikkerhed om det generelle marked for krydstogtturisme. Men især den teknologiske udvikling kan gå nye veje og betyde, at krydstogtskibe anven- der andre energiformer efter 2030. Derfor er hovedreglen en 10 årig levetid.

Typisk anvendes dog en 30 årig levetid for anlægsprojekter, og da der også er nogen træghed i udskiftningen af energiforsyning til krydstogtskibe (hvoraf mange af de nye i de kommende år får landstrøm), vil der formentlig i en rum tid fremover være skibe, der kan tage landstrøm. Derfor er der også foretaget beregninger med indtægter fra salg af landstrøm i 30 år.

Antal tilslutninger til landstrømsanlæg

Sammenholdt med den forventede fremtidige udbredelse af landstrøm hos krydstogtskibene, antages det i businesscasen, at man ikke nødvendigvis skal kunne tilbyde landstrøm til alle krydstogtskibe, der kan anvende det. En posi- tiv business case i investeringen er afhængig af en høj udnyttelsesgrad af an- lægget. Derfor planlægges etableringen af antallet landstrømstilslutninger at ske i en relativ forsigtig takt, så man ikke nødvendigvis kan dække den fulde efterspørgsel.

5.4 Metode

Der er belyst to hovedmodeller for løsninger vedrørende alternative energikilder til krydstogtskibe, nemlig landstrøm og LNG.

5.4.1 Landstrøm

På nuværende tidspunkt anslås det på baggrund af forventede anløb i 2019 at andelen af krydstogtskibe skibe i Københavns Havn, der kan tage landstrøm i øjeblikket på ca. 34% som et gennemsnit, der er vægtet med energiforbruget. Som tidligere nævnt er der planlagt adskillige nye skibe, som vil kunne modtage

landstrøm og en del ældre skibe ombygges til formålet. På verdensplan forventes der derfor de kommende år en relativ markant stigning i antallet af skibe, der kan tage landstrøm.

Det bør dog bemærkes, at de krydstogtskibe, som sejler i Østersøen ofte er lidt ældre, end de skibe som sejler i Nordamerika. De skibe, som sejler i Østersøen er dermed sjældent helt nye, men omvendt er det heller ikke de ældste skibe. Den hurtige omstilling til landstrøm bekræftes af flere rederier, som planlægger en fuldstændig implementering af landstrøm i deres flåde indenfor ca. 10 år. Andre rederier er til gengæld mere afventende. Et enkelt rederi afventer, at havnene i Østersøen i fællesskab beslutter at indføre landstrøm, hvorefter det hurtigt kan retrofytte hele deres flåde.

I analysen regner vi derfor med en lineær indfasning af landstrøm på skibene fra ca. 34% mulig dækning af energiforbruget med landstrøm til ca. 58% i basisscenariet og op til 80% i det optimistiske scenarie.

Det antages, at 70% af de skibe, der kan modtage landstrøm i praksis også vil gøre det, da nogle vil foretrække at ligge ved Langelinie, hvor der ikke er plads til at installere landstrøm. Der kan også være andre årsager, så som defekter, dårlige erfaringer med strømafbrydelser og lignende, der gør at ikke alle ønsker at modtage landstrøm. Antallet af skibe, der anløber København er på baggrund af den historiske udvikling vurderet konstant, mens antallet af passagerer vurderes at stige med 4,8% om året. Skibsstørrelsen vil således vokse betragteligt den kommende tid, hvilket bekræftes af størrelsen af nye skibe, der er planlægges nu.

På baggrund af den stigende andel af skibe, der kan modtage landstrøm, og et formodet nogenlunde uændret anløbsmønster, har vi estimeret, hvor mange skibe, der ligger i havnen ad gangen og hvor mange af disse skibe, der kan tage landstrøm. Således vil man i starten, hvor der er en lav andel af skibe, der kan tage landstrøm, kunne nøjes med ét tilslutningspunkt, og senere i eksempelvis 2024 tilføje et punkt mere.

Når antallet af tilslutninger er fastlagt, kan det estimeres, hvor mange skibe og passagerer, der kan leveres landstrøm til. Da hver passager vurderes at bruge 29,25 kWh, mens de ligger i havn kan det beregnes, hvor meget landstrøm, der kan sælges hvert år, hvilket igen danner baggrund for at vurdere dækningsbidraget ud fra forventet salgspris og kostpris på el. Salgsprisen forventes at ligge på lidt under salgsprisen fra Kristiansand og kostprisen baseret på oplysninger fra Energi Danmark.

Driftsomkostningerne på anlægget udgør kun en lille del af de samlede omkostninger. En udstyrsleverandør har bidraget med overslag over omkostninger til

vedligehold, hvilket har betydet en lille justering, i forhold til den tidligere rapport fra 2015³⁵. Hvis man beslutter en løsning et anlæg med tilslutning via søkabler, kan det betyde højere driftsomkostninger.

5.5 Resultater af businesscasen

Resultaterne af den økonomiske analyse beskrives ved hjælp af nutidsværdier³⁶ for anlægsomkostninger, driftsomkostninger og dækningsbidrag. Resultaterne er desuden opgivet som intervaller, der belyser usikkerheden i analysen.

5.5.1 Anlægsomkostninger ved landstrøm

Anlægsomkostningerne i projektet er fortsat usikre. Der er tale om et kompliceret projekt med flere forskellige løsningsmuligheder, og det ikke på nuværende tidspunkt muligt at udpege den endelige løsning for et anlæg, bl.a. med hensyn til endelig placering, kabellægning, krav til kabelkraner mv. En endelig løsning vil også afhænge af netplanlægning hos Energinet, som skal afsluttes i foråret 2019, før løsningsmulighederne kan indsnævres.

Løsninger vedr. installationer på kajen er fortsat under teknologisk udvikling, dels fordi teknologien fortsat er ny og dels fordi anlæggene p.t. er pladskrævende. De tekniske løsninger vil derfor givetvis ændre sig, i takt med at nye løsninger kommer på markedet.

Der er dog muligt at reducere usikkerheden vedr. omkostninger, da man kan kombinere anlægsoverslag for et antal forskellige løsninger, hvoraf nogle allerede er realiserede. Virksomhederne Powercon, Danfoss og Cavotec har bidraget med oplysninger og materiale i denne forbindelse.

5.5.2 Valg og usikkerheder

Der er mulighed for både tilslutning til en transformatorstation i distributionsnettet placeret ved Svanemøllen og en transformatorstation direkte på transmissionsnettet placeret på Refshaleøen. Tilslutning direkte på transmissionsnettet har ikke været undersøgt tidligere.

Fordelen ved tilslutning på transmissionsnettet er at distributionstariffen bortfalder, hvormed kostprisen på el falder med ca. 14,6 øre pr. kWh, hvilket ifølge disse beregninger betyder en besparelse på ca. 5 mio. kr. om året i 2030, hvis efterspørgslen på landstrøm udvikler sig positivt over de næste godt 10 år.

Et anlægsoverslag for løsningen via Refshaleøen er p.t. ukendt og kræver yderligere undersøgelser, men ifølge både Radius Elnet og Energinet er det relevant at

³⁵ Mulighederne for etablering af landstrøm i Nordhavn. CMP, Københavns Kommune og By&Havn, 2015.

³⁶ Nutidsværdien af en investering er den nutidige ("i dag") værdi af fremtidige indtægter og udgifter, når man tager hensyn til renten.

undersøge denne mulighed. Denne løsning kan desuden betyde, at pladskrævende installationer kan placeres på Refshaleøen.

Der er derudover et dilemma vedrørende de første tilslutningspunkter for landstrøm. Langelinie ligger nærmest boliger og umiddelbart ville det derfor være mest relevant, først at reducere luftforureningen dér. Der etableres imidlertid ikke landstrømsanlæg ved Langelinie, da der efter CMP's vurdering ikke er plads til et anlæg på kajen. Det forventes, at der på et tidspunkt skal anlægges en spildevandsledning ved Langelinje, ligesom det er på tale at renovere og eventuelt udvide kajen. En anlæggelse af landstrøm på Langelinie, vil derfor kunne komplicere og fordyre senere anlægsarbejder og/eller betyde at et landstrømsanlæg vil skulle flyttes. Før dette er afklaret, vurderes det derfor ikke at være aktuelt at anlægge landstrøm ved Langelinie.

Derudover er der naturlig usikkerhed omkring, hvor hurtigt tilslutningspunkterne til landstrøm skal etableres. Etableringen bør ske i takt med, at efterspørgslen fra krydstogtskibe stiger. Det vil derfor være oplagt at starte med ét eller to tilslutningspunkter. Senere kan der eventuelt udvides med et tredje tilslutningspunkt, afhængig af markedsudviklingen for landstrøm.

En hurtig etablering af landstrøm giver risiko for, at investeringen i de første år ikke forrentes, men omvendt kan en hurtig udrulning sende et signal til rederierne om hurtigt at omstille deres skibe til landstrøm. Med de valgte antagelser vedrørende andelen af krydstogtsflåden i København, der kan tage landstrøm, hvornår de anløber mv., har vi analyseret, hvor hurtigt landstrømmen kan udrulles, og dermed hvornår anlægsomkostningerne skal afholdes.

Andel skibe med landstrøm og antal tilslutningspunkter

For at kunne give et realistisk bud på, hvornår der skal etableres tilslutningspunkter har vi lavet en statistik over, hvor mange krydstogtskibe, der over en ca. tre-årig periode (1.120 dage) har ligget til kaj samme dag.

Tabel 5-1: Opgørelse over antal krydstogtskibe ved kaj pr. dag over ca. tre-årig periode.

Antal skibe	0	1	2	3	4	5	6
Dage med antal skibe - procent	58 %	14 %	12 %	8 %	6 %	1 %	1 %

Tabellen viser, at der i de fleste dage slet ikke ligger nogle krydstogtskibe (især udenfor sommersæsonen), men også at der ligger to skibe næsten ligeså mange dage, som der ligger ét og at der ligger 4 skibe næsten ligeså mange dage som der ligger 3. Der er altså en tendens til, at skibene anløber havnen på de samme attraktive dage i sommerhalvåret.

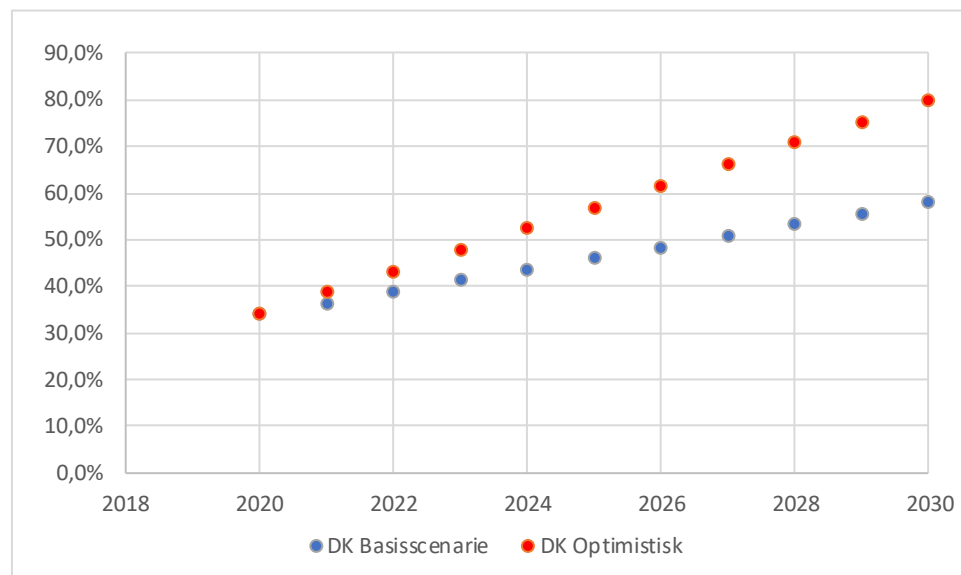
Statistikken forventes at være repræsentativ også for de kommende år, idet væksten primært forventes at komme fra vækst i skibsstørrelsen og i mindre grad i antallet af skibe.

Andelen af skibe der kan modtage landstrøm er stigende og af rederiernes ordrerbøger fremgår det, at andelen vil stige relativt markant de næste fem år. Især blandt de skibe, der p.t. besejler Nordamerika kan mange allerede nu tage landstrøm, dels på grund af lokale miljøkrav og fordi der i mange nordamerikanske havne nu er anlæg til landstrøm. En del af skibene med landstrøm som p.t. besejler Nordamerika, vil i løbet af få år sejle i Østersøområdet, i takt med den løbende fornyelse af flåden.

Rederiernes beslutning om indførelse af landstrøm afhænger dog ikke alene af det amerikanske marked. Krydstogtmarkedet i Østersøen vurderes at være så attraktivt, at hvis landstrøm bliver en udbredt mulighed (og understøttet af adfærdsregulerende initiativer som fx. i Oslo Havn) i mange af regionens havne, så vil det motivere rederierne til at tilpasse deres flåde til den mulighed – både på nybyggede skibe samt ved ombygning (såkaldt retrofit) på eksisterende skibe.

Derfor er der udarbejdet et optimistisk scenarie og et basiscenarie for udbredelsen af landstrøm. Det optimistiske scenarium baserer sig på, at landstrømsanlæg de kommende år får en stor udbredelse hos de største krydstogthavne i Østersøregionen hvorfor en større andel af krydstogtskibe, som er forberedte til landstrøm, vil søge til regionen. Basisscenariet baserer sig på, at landstrømsanlæg til krydstogt ikke vinder frem i større grad i Østersøregionen, hvorfor efterspørgslen vil udvikle sig langsommere.

Figur 5-1: Andel af krydstogtsflådens energiforbrug, der kan dækkes af landstrøm



Kilde: COWIs beregninger

I de optimistiske scenarier, vil der især på 5-10 års sigt anløbe langt flere skibe, der kan tage landstrøm. Dette skyldes, at landstrøm i dette scenarie har udviklet sig til at være en branchestandard, som dog med en vis forsinkelse indføres i Nordeuropa.

Derfor har vi estimeret hvor mange dage på et år, der kan forventes at ligge hhv. 1, 2, 3, 4 og 5 skibe i ad gange ved havn, som alle kan tage landstrøm.

Tabel 5-2: Optimistisk scenarie: Antal dage om året, hvor et bestemt antal skibe med landstrøm ligger ved kaj

Antal skibe	2020	2022	2024	2026	2028	2030
1	60	63	63	62	60	57
2	21	28	34	38	41	42
3	5	9	13	17	22	26
4	1	2	3	5	8	12
5	0	0	1	1	2	2

Tabel 5-3: Basisscenarie: Antal dage om året, hvor et bestemt antal skibe med landstrøm ligger ved kaj

Antal skibe	2020	2022	2024	2026	2028	2030
1	60	62	63	64	63	63
2	21	25	28	31	34	36
3	5	7	9	11	13	16
4	1	1	2	3	3	5
5	0	0	0	0	1	1

Dette danner baggrund for at beregne, hvor mange procent af skibene, der kan tage landstrøm, som kan forsynes med mellem 1 og 5 tilslutninger. Jo flere skibe, der kan tage landstrøm, jo flere tilslutningspunkter vil der skulle etableres for at kunne være sikker på, at kunne forsyne en tilfredsstillende stor del af de skibe, der kan tage landstrøm.

Det er dog vigtigt at bemærke, at der i beregningen af salget af landstrøm er anslået at højst 70% af skibene, som kan tage landstrøm faktisk vil vælge dette, på trods af at 2 tilslutninger principielt kunne dække flere anløb. Det skyldes, at en del af skibene formentlig fortsat vil vælge at anløbe ved Langelinie, som i disse scenarier ikke kan tilbyde landstrøm.

Tabel 5-4: Optimistisk: Procent landstrøms-anløb dækket med antal tilslutninger

Antal tilslutninger	2020	2022	2024	2026	2028	2030
1	72%	66%	61%	57%	53%	49%
2	94%	92%	88%	85%	82%	79%
3	99%	98%	97%	96%	95%	93%
4	100%	100%	100%	99%	99%	98%
5	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tabellen viser, hvor mange procent af anløb med landstrøm, der kan forsynes med landstrøm, hvis forskellige antal tilslutninger er etableret. I 2020 vil man eksempelvis kunne forsyne 72% af de skibe, der kan tage landstrøm med ét tilslutningspunkt.

Andelen af skibe man kan forsyne med ét tilslutningspunkt falder dog hurtigt til f.eks. 61% i 2024. Dette skyldes, at udbredelsen af landstrøm på skibene stiger og desuden er der en tendens til at skibene anløber samtidigt, nemlig i sommerhalvåret og i weekenderne, således at der langtfra er en jævn udnyttelse af tilslutningspunkterne over hverken ugedage eller året.

I 2030 er denne andel faldet til 49% og afhængigt af ambitionsniveauet og hvordan fremtidsudsigterne er på dette tidspunkt, vil der muligvis skulle være etableret 3 tilslutningspunkter i 2030. Dette vil kunne forsynes 93% af de skibe, der kan tage landstrøm.

Tablet 5-5: Basisscenarie: Procent landstrøms-anløb dækket med antal tilslutninger

	2020	2022	2024	2026	2028	2030
1	72%	69%	66%	63%	61%	59%
2	94%	93%	91%	90%	88%	86%
3	99%	99%	98%	98%	97%	97%
4	100%	100%	100%	100%	100%	99%
5	100%	100%	100%	100%	100%	100%

I basisscenariet antager vi, at man vil etablere et eller to tilslutningspunkter, da fremtidsudsigterne for landstrøm i dette scenarie ikke er så lyse. Med et tilslutningspunkt vil man kunne forsyne 59% i 2030 og med to tilslutningspunkter 86%. Som tidligere bemærket, anslås det dog at højst 70% af skibene, som kan tage landstrøm faktisk vil vælge dette.

Benchmark med anlægsomkostninger andre steder i Nordeuropa

Ligesom der er forskellige tekniske løsninger i spil i København mht. spændingsniveau, evt. brug af søkabler, antal tilslutningspunkter og antal MW der kan leveres, ses der også i de allerede etablerede eller planlagte løsninger store forskelle i løsningerne og dermed også i anlægsomkostningerne.

Tabel 5-6: Anlægsomkostninger på landstrøm i Nordeuropa

Havn	Status	MW	Antal tilslutninger	Investering
Kristiansand	I drift	14 MW 16 MVA	Mobil – tre kajer ³⁷	31,6 mio. DKK ³⁸
Hamburg – Hafencity	I drift	14 MW Potentielt kapacitet op til 30 MVA	2	75 mio. DDK ³⁹
Bergen	Planlagt til fuld drift i 2020	30 MW	3	90 mio. DKK ⁴⁰
København	Estimat 2014	40 MW	4	125,9 mio. DKK ⁴¹
København	Estimat 2013	30+10 MW	3	201 mio. DKK ⁴²
København	Redegørelse om landstrøm 2018	16 MW	1	50 mio. DKK ⁴³

5.5.3 Anlægsoverslag i forskellige scenarier

I tabellen nedenfor er angivet de anlægsoverslag for landstrømsanlæg, som er indhentet fra eksterne leverandører og aktører. Overslagene dels opdelt i det optimistiske og basisscenarioet, i antallet af etablerede tilslutninger og endeligt med et spænd i anlægsprisen.

Tabel 5-7: Scenarier for investering

	2020	2023	2027	Total
Basis 1 tilslutning	62.100.000	-	-	62.100.000
Basis 2 tilslutninger	62.100.000	17.600.000	-	79.700.000
Optimistisk 2 tilslutninger	62.100.000	17.600.000	-	79.700.000

³⁷ <http://www.seatrade-cruise.com/news/news-headlines/kristiansand-first-norwegian-port-to-offer-shore-power-for-cruise-ships.html>

³⁸ Kilde: Trond Sikveland, Port of Kristiansand: 42.2 mio. NOK. Anlægget har modtaget EU tilskud, dvs. at havnen har ikke afholdt den fulde omkostning selv.

³⁹ "Onshore power supply for cruise Vessels" p 26.: 10 mio. EUR

⁴⁰ Kilde: Nils Møllerup, Bergen Havn, 120 mio. NOK

⁴¹ "Mulighederne for etablering af landstrøm i Nordhavn" tabel 7

⁴² Notat fra Dansk Energi i 2013: "Klargørelse af den nye krydstogtskaj i Nordhavn til landstrøm" side 7

⁴³ Redegørelse om landstrømanlæg i Nordhavn og EU-tilskud til PowerCon, 2018.

Tidligere er der arbejdet med andre anlægsoverslag, hvilket nedenstående opgørelse viser. Tallene i højre spalte stammer således fra flere tidligere analyser.

Tabel 5-8: Nye og tidligere anlægsoverslag for landstrøm

	COWI-analyse 2019 middel-scenarie for anlægssomkostninger	Tidligere analyser (Københavns Kommune, notat oktober 2018, PowerCon, CMP, B&H,)
Converter m.v.	20,1 ⁴⁴	18
Let Bygning	3 ⁴⁵	2,7
Kabelanlæg på kaj	10 ⁴⁶	10,8
Tilslutningsafgift	14 ⁴⁷	11,8-25
Uforudsete udgifter	15 ⁴⁸	3,8-5,8
I alt	62,1	47-62,2

Prisen for et ekstra tilslutningspunkt svarer til PowerCons estimat på ekstra konverter på 17,2 mio. kr. med tillæg på 0,4 mio. kr. til øvrige omkostninger forbundet med etablering af tilslutningspunkt.

Omfanget af investeringer for at kunne tilbyde landstrøm er betydelige, men det skal bemærkes, at der i disse år foregår en teknologisk udvikling og en modning af branchen, som kan betyde lavere priser på lidt længere sigt.

Ud over at finde den rigtige tekniske løsning, skal der ske en faseinddeling af investeringerne, for at begrænse risici. Derudover er det måske endnu vigtigere at finde en fælles forståelse med øvrige store krydstogthavne, så den største mulige udbredelse af landstrømsparathed på skibene opnås.

5.5.4 Dækningsbidrag og driftsomkostninger

Dækningsbidraget for salg af el er beregnet ud fra salgspriser på landstrøm fra Kristiansand, Hamborg, Amsterdam, Los Angeles og San Diego. Disse havne har fundet forskellige prislejer, hvilket efterlader en del usikkerhed om et passende prisniveau. I Bergen er de også langt med planlægningen af landstrøm til krydstogtskibe, men de har endnu ikke lagt sig fast på en elpris.

⁴⁴ Powercon

⁴⁵ Danfoss

⁴⁶ PowerCon. Der findes forskellige grader af automatisering, som resulterer i estimater mellem 3 og 18 mio. kr. Nye løsninger er under udvikling.

⁴⁷ 40 MW A-kunde jf. "Mulighederne for etablering af landstrøm i Nordhavn" s. 45

⁴⁸ COWIs estimat, baseret på stor usikkerhed omkring hvilken løsning, der vælges. Vi har været forsøgt at få bekræftet omkostningerne til tilslutningsafgiften, men det har ikke vist sig muligt at reducere usikkerheden på dette tal i denne analyse.

I Kristiansand er prisen 2,5 NOK/kWh svarende til 1,88 DKK/kWh. I Hamborg er prisen 0,25-0,3 EUR/kWh svarende til 1,86-2,24 DKK/kWh. Amsterdam tager 0,35 EUR/kWh svarende til 2,61 DKK/kWh.

Tabel 5-9: Salgspriser på landstrøm – forbehold for pris- og valutakursændringer

Havn	Lokal pris pr kWh	I DKK/kWh	Bemærkning
Kristianssand	2,5 NOK	1,88 DKK	Begrænset dialog med rederier, men prisniveau lagt fast
Hamborg	0,28 EUR	2,08 DKK	Begrænset dialog med rederier, men prisniveau lagt fast
Amsterdam	0,35 EUR	2,61 DKK	Rederier bag "river cruises" accepterer prisen
Los Angeles	0,19 USD	1,24 DKK	
San Diego	0,28 USD	1,83 DKK	

På baggrund af de indhentede priseksempler er det besluttet, at anvende 1,7 DKK/kWh som CMP's salgspris på landstrøm i Københavns Havn.

I tidligere analyser er de benyttede estimater på salgspriser væsentligt lavere. F.eks. i "Onshore power supply for cruise vessels" benyttes 0,857 DKK/kWh⁴⁹ baseret på, at elprisen skal være lavere end hvis skibene selv producerer el. I "Mulighederne for etablering af landstrøm i Nordhavn" antages 1,12 DKK/kWh, også baseret på at kunne matche skibenes egne produktionsomkostninger.

I denne analyse vælger vi at lægge os i den lave ende af de europæiske salgspriser med 1,7 DKK/kWh. Prisen inflaterer vi med 2% om året fra 2021.

Energi Danmark har på baggrund af forwardmarkedet og forventning til afgifter og tariffer og certifikater, estimeret elomkostningerne til 59,5-63,5 øre/kWh i frem til 2022.⁵⁰ Fra 2023 og frem antager vi, at omkostningerne stiger med 2% om året.

Analysen "Mulighederne for etablering af landstrøm i Nordhavn" anvender 59 øre/kWh.

⁴⁹ "Onshore Power Supply for Cruise Vessels" afsnit 6.6

⁵⁰ Priserne er baseret på Havnens nuværende forbrugsprofil og døgn og år. Priser baseret på forwardmarked er markedets forventning, men der er stadig usikkerhed.

Tabel 5-10: Indtægter og driftsomkostninger – basisscenarie 1 tilslutning

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Dækningsbidrag	-	6,4	7,4	8,2	9,1	10,0	11,0	12,1	13,3	14,6	15,9
Faste driftsomkostninger	-	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,1	1,2
Indtjeningsbidrag	-	5,7	6,6	7,4	8,2	9,1	10,1	11,1	12,3	13,5	14,8

Tabel 5-11: Indtægter og driftsomkostninger – basisscenarie 2 tilslutninger

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Dækningsbidrag	-	6,4	7,4	8,2	12,6	14,0	15,6	17,4	19,3	21,3	23,6
Faste driftsomkostninger	-	0,8	0,8	0,8	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Indtjeningsbidrag	-	5,7	6,6	7,4	11,5	13,0	14,5	16,2	18,0	20,0	22,1

Tabel 5-12: Indtægter og driftsomkostninger – optimistisk scenarie 2 tilslutninger

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Dækningsbidrag	-	6,7	7,9	9,0	14,6	16,7	18,9	21,3	23,8	26,6	29,5
Faste driftsomkostninger	-	0,8	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
Indtjeningsbidrag	-	5,9	7,1	8,1	13,5	15,5	17,6	19,9	22,4	25,0	27,8

Driftsomkostningerne⁵¹ er beregnet ud fra enhedsomkostningerne pr. passager og denne enhedsomkostning antages at stige med 2% om året. Derudover er der antages 0,5 mio. kr. årligt for at vedligeholde anlægget.

Driftsomkostningerne til daglig håndtering af landstrømsforsyningen samt vedligehold er meget begrænset i forhold til dækningsbidraget, hvilket skyldes at mekanisk slid m.v. er begrænset. Derudover leveres der ganske store mængder strøm pr. skib, og der er derfor stor salgsvolumen til at dække den manuelle indsats pr. skib.

Der er et besparelspotentiale i kostprisen på el ved tilslutning til transmissionsnettet, idet distributionstariffen på ca. 14,6 øre/kWh hermed kan spares. I umiddelbar nærhed, men dog over vand, er nærmeste transmissionsnet på Refshaleøen.

⁵¹ Enhedsomkostning pr. sengeplads fra "Mulighederne for etablering af landstrøm i Nordhavn" afsnit 6.1.

Det er en forudsætning for en god økonomi i projektet, at der løbende arbejdes på at finde nye tekniske og økonomiske løsninger for etablering af landsstrøm samt at arbejdet på tiltrækning af skibe, der kan tage landstrøm, f.eks. ved en fælles linje med øvrige havne i for eksempel Østersøen.

5.5.5 Nutidsværdi af investering af drift

CMP opererer med 7% i diskonteringsrate til vurdering af dette projekt. Det konkrete niveau afhænger af risikoen i projektet og risikoen afhænger dels af, hvor store anlægsomkostningerne er og dels af, hvordan udsigterne er for salg af strøm. Derfor bør man nøje følge udviklingen i anlægsoverslagene for udbredelse af landstrøm og efterfølgende overveje at justere diskonteringsraten, afhængig af projektets samlede risiko og renteutviklingen i samfundsøkonomien.

Tabel 5-13: Nutidsværdi af investering og drift

Nutidsværdi	Basis, 1 tilslutning	Basis, 2 tilslutninger	Optimistisk, 2 tilslutninger
Investering	58	72	72
Indtjeningsbidrag	61	82	98
NPV	3	9	25

Beregningsen af nutidsværdien viser kun et meget lille overskud i basis scenariet med én tilslutning. Ved to tilslutninger viser beregningsen et lidt større overskud, idet efterspørgslen efter landstrøm også i basis scenariet, vurderes at være relativt høj, jf. figur 5.1, samtidig med at meromkostningen ved at etablere to tilslutninger er begrænset. Det optimistiske scenarie for to tilslutninger viser en endnu højere nutidsværdi, fordi man her antager en noget højere efterspørgsel efter landstrøm.

På længere sigt kan yderligere tilslutninger overvejes, men yderligere investeringer skal selvfølgelig kun foretages, hvis der på beslutningstidspunktet er udsigt til vækst i salget af landstrøm - også efter 2030.

Muligheden for at spare distributionstarif ved evt. tilslutning til transmissionsnet på Refshaleørn er ikke medregnet, da denne løsning stadig er usikker, men løsningen har et yderligere potentiale i at kunne sælge relativt billig strøm til andre brugere om vinteren og i nattetimerne, idet der kun meget sjældent skal forsynes krydstogtskibe i disse tidsrum.

5.5.6 Scenarier til beskrivelse af følsomhed

Da der er usikkerhed både på anlægsomkostninger, anlæggets levetid og salgsprisen på landstrøm, er der udarbejdet en række følsomhedsberegninger.

Anlægsomkostningerne er især usikre, da man ikke har erfaringer fra Danmark samtidig med, at det er et område under hastig udvikling, idet markedet netop er ved at komme i gang i især Norge og Tyskland.

Anlæggets levetid afhænger især af, hvor længe landstrøm er en relevant løsning. Hvis eksempelvis krydstogtskibe på lang sigt går over til batteridrift, vil de få brug for større effekt end nu, og anlægget ville kunne være forældet i løbet af ti år. Krydstogtskibe har dog en ofte en lang levetid – helt op til 30 - 40 år. Det betyder at skibe, der investerer i landstrøm nu, med nogen sandsynlighed vil kunne anvende det i en længere periode end ti år. Derfor er der også beregnet et scenarie, hvor nutidsværdien er beregnet på en trediveårig horisont og med fald udviklingen i dækningsbidraget fra år 10 til år 30.

Derudover er projektet rentefølsomt. Hvis projektet modnes og anlægsoverslaget bliver mere sikkert, hvis der opnås enighed mellem Østersøhavnene om at implementere landstrøm, og hvis Kristiansand, Hamborg m.fl. lykkes med deres planlagte prisniveauer vil projektet have væsentligt mindre risiko, og der bør derfor heller ikke være nær så høj risikopræmie i diskonteringsatsen. Derfor er der også beregnes en nutidsværdi med 3% i diskonteringsats.

Tabel 5-14: Nutidsværdi af investering og drift på det basisscenariet med 1 tilslutning – variation på hhv. anlægsomkostninger, diskontering, levetid og salgspris

Scenarie	Høje anlægsomkostninger	Lave anlægsomkostninger	3% diskontering	30 år	130 øre/kWh
NPV					
Investering	72	44	60	58	58
Indtjeningsbidrag	61	61	80	136	37
NPV	-11	17	19	78	-21

Kilde: COWIs beregninger

Følsomhedsanalysen viser, at der bør arbejdes videre med at nedbringe risikoen for anlægsomkostninger, der er højere end forventet, og derudover bør salgspriserne på landstrøm til krydstogtskibe i Europa følges nøje. Det samme gør sig gældende for indkøbspriserne på el – der er ikke lavet følsomhedsberegninger herpå, men ændringer her vil slå ligeså stærkt igennem på bundlinjen som ændringer i salgsprisen.

5.5.7 Konklusion på business case

Arbejdet med business casen og de data der ligger bag viser, at der vil kunne opnås betydelige indtægter med et årligt indtjeningsbidrag på mellem 14,8 og 22,1 mio. kr. ved salg af landstrøm i basisscenariet (se tabel 5-10 og 5-11). Forudsætningen herfor er, at udbredelsen af landstrøm fortsætter tendensen fra de seneste år, og Havnene bør derfor have fokus på at følge og præge denne ud-

vikling. Udviklingen præges bedst ved i samarbejde med de andre store krydstogthavne i området at melde klart ud, hvornår Nordeuropa for alvor sætter sig på landstrøm til krydstogtskibe.

Sideløbende hermed bør Havnen søge at klarlægge, hvilken teknisk løsning der er mest hensigtsmæssig. Her bør der især være fokus på, om elforsyningen skal ske fra Svanemøllen eller fra Refshaleøen. Den tekniske løsning omfatter dog også valg af udstyr på kajen mv., som gør det muligt at udarbejde et anlægsoverslag med mindre usikkerhed.

Business casen viser, at hvis udbredelsen af landstrøm udvikler sig positivt og hvis der kan vælges omkostningseffektive tekniske løsninger, så kan landstrøm til krydstogtskibe få en positiv business case. Derfor bør der arbejdes videre med planerne, men scenarierne med høje anlægsomkostninger viser også, at der løbende skal være fokus herpå, da det ellers kan give en negativ business case. Sideløbende skal der være fokus på at følge de realiserede salgspriser på landstrøm i Europa, ligesom der skal være fokus på udviklingen i kostprisen på el.

6 Miljøeffekt af scenarier med landstrøm

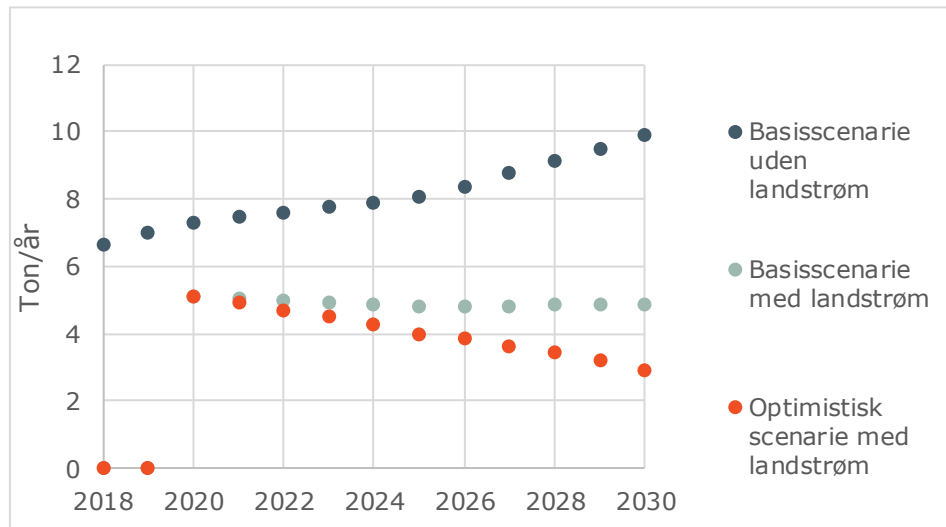
Anvendelse af landstrøm vil medføre betydelig reduktion i emissionerne, idet emissionsfaktorer fra central elproduktion er betydeligt lavere end fra dieselmotorer⁵².

Miljøeffekten afhænger af den valgte løsning. I det følgende gengives den forventede miljøeffekt af basissceneriet og et optimistisk scenarie, som beskrevet ovenfor i businesscasen, kapitel 5.

I beregningen af miljøeffekterne er der taget udgangspunkt i et basisscenario med én tilslutning og et optimistisk scenarium med to tilslutninger.

For partikler forventes en stigning i emissionerne fra 6,5 ton i 2018 til ca. 10 ton i 2030 i et scenarie uden tiltag. I basissceneriet vil implementering af landstrøm reducere partikelemissionerne, således at partikelemissionen i 2030 vil være ca. 5 tons per år. I det optimistiske scenarie vil partikelemissioner blive reduceret med 50% ned til ca. 3 tons partikler per år.

Figur 6-1: Effekt på partikelemissioner

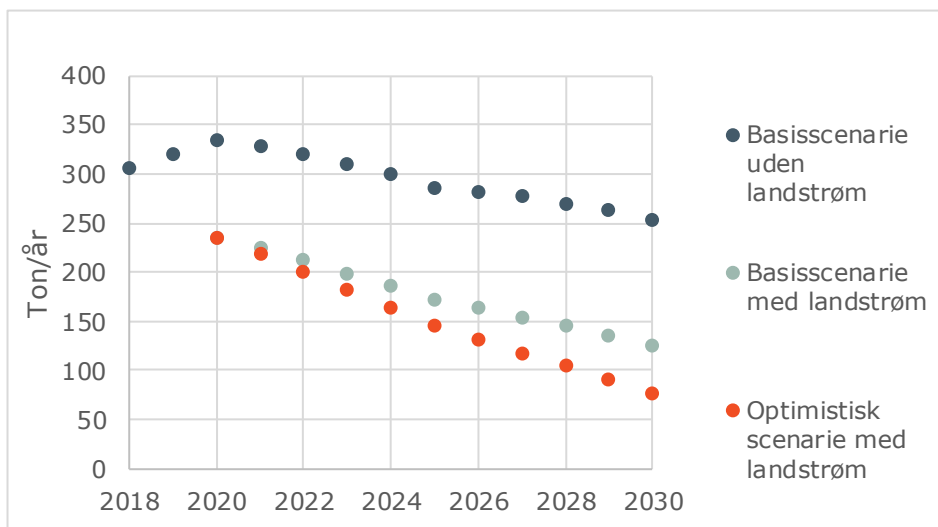


Kilde: COWIs beregninger

For NO_x emissionerne forventes et fald i emissionerne fra ca. 300 ton i 2018 til ca. 250 ton i 2030 i et scenarie uden tiltag. I det basissceneriet vil implementering af landstrøm øge reduktionen, således at NO_x emissionen i 2030 vil være ca. 125 tons per år. I det optimistiske scenarie vil NO_x emissionerne blive reduceret med ca. 75% ned til ca. 75 tons NO_x per år.

⁵² Ud over reduktion af emissioner, vil anvendelse af landstrøm også kunne have positive effekter i forhold til støj fra skibene og i forhold til vibrationer ombord på skibene.

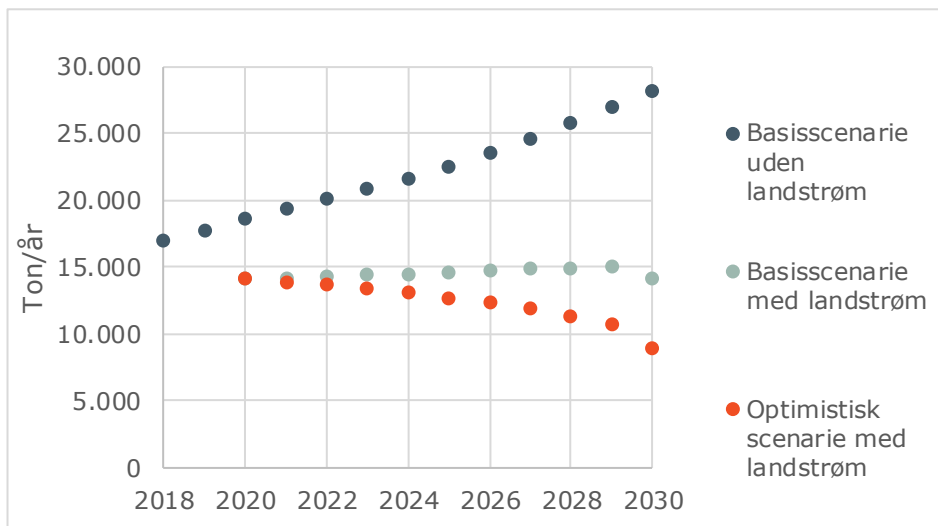
Figur 6-2: Effekt på NO_x emissioner



Kilde: COWIs beregninger

For CO₂ emissionerne forventes en stigning i emissionerne fra 17.000 ton i 2018 til ca. 28.000 ton i 2030 i et scenarie uden tiltag. I basisscenarioet vil implementering af landstrøm reducere CO₂ emissionerne, således at CO₂ emissionerne i 2030 vil være ca. 14.000 tons per år. I det optimistiske scenarie vil CO₂ emissioner blive reduceret med 48% ned til ca. 9.000 tons CO₂ per år. Det øgede fald i CO₂ emissioner fra 2029 til 2030 skyldes, at CO₂ emissionerne fra elproduktion ifølge energistyrelsens prognose forventes at falde kraftigt i denne periode⁵³.

Figur 6-3: Effekt på CO₂ emissioner



Kilde: COWIs beregninger

⁵³ jf. Energistyrelsen prognose. https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/samfundsoekonomiske_beregningsforudsætninger_for_energipriser_og_emissioner_endelig2_justeret_gastabel_og_tekst.pdf

7 Øvrige brugere af havnen

Denne analyse omfatter en undersøgelse af andre brugere af havnen og mulighederne for at mindske emissioner fra disse brugere.

De øvrige brugere af havnen, hvorfra der er emissioner, omfatter først og fremmest disse aktører:

- > Kanal- og havnerundfartsbåde
- > Havnebusser
- > Færger, primært DFDS.

Desuden benyttes havnens også af bådudlejningsfirmaer, som udlejer joller og andre småbåde mv. til individuelle brugere.

7.1 Kanal- og havnerundfartsbåde

Kanal- og havnerundfartsbåde sejler efter besejlingsaftaler, som indgås mellem By & Havn og de pågældende selskaber. Aftalerne betyder blandt andet, at selskaberne betaler et beløb til By & Havn efter antal passagerer.

Besejlingsaftalerne og den tilknyttede betaling vedrører udover retten til erhvervs-mæssigt at besejle havnen også benyttelsen af anløbsbroer og andre anlæg i havnen. Besejlingsaftalerne fastsætter desuden krav om, at selskaberne skal følge alle offentlige forskrifter, herunder også ændrede/nye krav fra offentlige myndigheder, f.eks. gennem miljøkrav og skærpet miljølovgivning. Der er - udover almindelige bestemmelser om ikke at genere omgivelserne med støj, røg, støv, ilde lugt etc. - ikke særlige miljøkrav. I aftalerne er Standardreglement for overholdelse af orden i danske erhvervshavne samt Havnereglementet for Københavns Havn anført som gældende.

Besejlingsaftalerne er indgået således, at de tidligst kan opsiges med virkning fra 1. juli 2037.

Der er således ikke stillet særlige lokale krav til sejladsen med bådene, men en generel ændring i besejlingsreglerne for Københavns Havn ville også være gældende for Kanal- og havnerundfartsbåde. Da havnen er en åben infrastruktur, som kan benyttes af alle sejlen-de efter almindeligt gældende regler, er det usikkert, om man kan stille særlige lokale miljøkrav til sejladsen, f.eks. vedrørende forurening fra motorerne.

Der er i dag to selskaber, som sejler kanalrundfart i København. Der benyttes primært dieseldrevne både med motorer, der størrelsesmæssigt er på niveau med lastbiler. Motorerne benytter almindelig svovlfri diesel, men udleder dog fortsat NOx'er. Det er usikkert, om disse motorer er udstyret med partikelfiltre, som vil kunne reducere emissioner, hvilket kunne være et potentiale at undersøge.

De to store operatører, Nettobådene og Canal Tours transporterer hver ca. 500.000 passagerer om året. Bådene har en kapacitet på ca. 135 passagerer. Hvis der antages en udnyttelsesgrad på 75%, svarer det til ca. 10.000 ture per år for de to selskaber. En tur med kanalrundfarten tager 1 time.

Bådene drives af en lastvognslignende motor med en effekt på ca. 200 kW. Med en antagelse om at motorerne udnyttes 50% under sejladserne, så svarer de 10.000 ture med kanalrundfartsbådene til ca. 1.100 CO₂, 12 tons NO_x og 0,3 tons partikler per år.

Potentialet for at reducere emissioner fra kanalbådene er således enten at gøre drift med de nuværende motorer mere miljøvenlig, f.eks. at sejle med reduceret hastighed, slukke motorerne ved pauser, udnytte ny filterteknologi mv. eller at skifte til en mere miljøvenlig teknologi, eksempelvis batteridrevne både.

Det ene selskab benytter pt. 2 eldrevne både, ud af i alt 17 både. Disse både er indført på eget initiativ. Selskabet forventer at indføre endnu en eldrevet båd i løbet af et par år. Det andet selskab har 12 både, hvoraf alle er dieseldrevne.

Tursejladser i Københavns havn er i vækst, og der kommer stadig nye operatører, hvoraf nogle driver udlejning af mindre motorbåde, mens andre udlejer større både med tilhørende bådførere. Ud fra et princip om ligebehandling bør en regulering af erhvervstrafikken i havnen rettes mod samtlige operatører i havnen.

7.2 Havnebusserne

En anden fast bruger af havnen er Movias's havnebusser, som sejler i rutefart fra Refshaleøen i nord og til Teglholmen i den sydlige del af havnen. I 2020 tager Movia 5 helt nye havnebusser i brug som alle er på eldrift. Det vil medføre en betydelig reduktion i emissionerne fra disse både. Havnebusserne vil dog blive opvarmet med biodiesel. Det er desuden besluttet, at driften med havnebusserne skal udvides til Nordhavn.

7.3 Færgesfarten

DFDS opererer i dag to passagerskibe fra Københavns Havn af typen ro-pax. Disse ca. 30 år gamle skibe fragter passagerer og lastbiler mellem København og Oslo. Derudover har DFDS et enkelt fragtskib af typen ro-ro i drift, som sejler mellem København og henholdsvis Fredericia og Klaipeda. Alle DFDS-skibene lægger til i området ved Dampfærgevej.

De to passagerskibe benytter forskellige brændstoftyper og rensningsteknologier. Således benytter det ene skib (Crown of Scandinavia) fuel med lavt svovlindhold til hovedmotorerne og gasolie til at drive hjælpemotorer, som leverer strøm mens skibet ligger ved kaj, mens det andet skib (Pearl of Scandinavia) benytter heavy fuel til at drive hovedmotorer og scrubber til rensning af røgen. I havn benyttes gasolie til hjælpemotorerne og strømproduktion i havn.

COWI har foretaget en skønsmæssig beregning af emissionerne fra færgen. Ved opgørelse af emissioner antages det at en færge anløber København hver dag året rundt. Skibene ligger 7 timer i havn, derfra trækkes 75 minutter til fra- og tilkobling til et landstrømsanlæg. Landstrømsbehovet er anslået til ca. 2 MW. Der antages en 35% belastning af de auxiliære motorer, mens færgen ligger i havn.

Ved anvendelse af landstrøm til DFDS færgerne skønnes det, at der kan spares ca. 912 ton CO₂, ca. 0,4 ton partikler og ca. 18 ton Nox om året, når færgens egenproduktion af el erstattes af el produceret i land.

Oslo Havn indvier et landstrømsanlæg til færger i januar 2019. Samtidig tilskynder havnen operatørerne der anløber havnen om benytte de etablerede landstrømsanlæg. Skibe der er udstyret med mulighed for landstrøm, men som ikke benytter dette, pålægges et miljøgebyr. Tilsvarende giver Oslo Havn miljørabatter til rederier som vælger renere drivmidler, har miljøteknologi om bord på skibene og som reducerer luftforureningen når de ligger ved kaj.⁵⁴ Det skal dog bemærkes, at landstrømsanlæggene i Oslo dækker kun færgernes elbehov, idet opvarmning af færgerne fortsat skal dækkes af motorer.

Begge DFDS's ro-pax skibe planlægges udstyret med landstrømsanlæg i nær fremtid; det ene (Pearl) i 2019 og det andet (Crown) i 2020. Landstrømsanlæggene i skibene vil være på 2,5 MW/11.000 V og tilpasset den europæiske el-standard (50 Hz), svarende til standarden i Oslo Havn⁵⁵. DFDS har ikke på nuværende tidspunkt planer om at udruste DFDS's fragtskib med landstrøm.

Der er ikke på nuværende tilslutningsmuligheder for landstrøm til de to ro-pax skibe i Københavns Havn. For at DFDS færgerne skal kunne modtage landstrøm i Københavns Havn i fremtiden, skal der derfor etableres et landstrømsanlæg ved færgelejerne i i havnen.

Det er usikkert hvad det vil koste at etablere et sådan anlæg i København. Oslo Havn oplyser dog, at de samlede etableringsomkostninger i Oslo har beløbet sig til 19,5 mio. norske kroner, svarende til ca. 15 mio. danske kroner. Projektet i Oslo har modtaget støtte fra den norske Enova-fond. Det norske anlæg omfatter to tilslutningsmuligheder for færgerne, kabelkraner, som håndterer selve tilslutningskablerne, samt diverse andre anlægsomkostninger i havnen.

En mere præcis vurdering af anlægsomkostninger for et landstrømsanlæg til færgerne i Københavns Havn vil kræve en nærmere undersøgelse, bl.a. vedrørende mulighederne for tilslutning til den lokale elforsyning.

I tabel 7-1 er emissioner for kanalrundfart og DFDS færger opgjort i en tabel, sammenlignet med de beregnede emissioner fra krydstogtskibe.

⁵⁴ Kilde: <https://www.klimaoslo.no/2018/07/06/utslippsfri-havn/>

⁵⁵ Kilde: Interview med Paul Woodall, Dir. Environment and Sustainability, DFDS A/S den 13/12 2018.

Tabel 7-1: Emissioner fra krydstogtskibe, kanalrundfart og færger (ton)⁵⁶.

	CO2	NO _x	Partikler
Krydstogtskibe	16.146	291	6,4
Kanalrundfart	1.100	12	0,3
DFDS færger	1.050	18,9	0,4

Kilde: COWIs beregninger

⁵⁶ DFDS færgerne anvender desuden energi på opvarmning af færgerne. Der foreligger ikke oplysninger om energiforbruget til dette.

8 Perspektivering og handlemuligheder

Denne analyse giver anledning til en række overvejelser vedrørende fremtidige initiativer for renere krydstogtturisme. En del af disse overvejelser kan give anledning til initiativer på kort sigt og i andre sammenhænge vil det være initiativer på længere sigt.

8.1 Handlemuligheder i et Østersø-samarbejde

Krydstogtindustrien er et globalt marked, og de krydstogtskibe, som sejler i Østersøen og anløber København, sejler resten af året andre steder i verden, eksempelvis i Caribien.

Da man inden for krydstogtindustrien anser Østersøen som ét sammenhængende marked, så kan der være et væsentligt perspektiv i at undersøge mulighederne for et fælles Østersø-samarbejde om at reducere emissioner fra krydstogtskibe.

Parallelt med at eksempelvis landstrømsanlæg bliver mere og mere udbredte i amerikanske havne, vil flere og flere krydstogtskibe også være udrustede til at kunne anvende landstrøm. Hvis landstrøm til krydstogtskibe skal udbredes yderligere i Østersøområdet, så vil det være vigtigt at de førende krydstogthavne i regionen alle kan tilbyde landstrøm: En udbredt infrastruktur vil motivere flere rederier til at installere landstrømanlæg på deres skibe og de skibe, som er udstyret til at modtage landstrøm, vil i højere grad søge mod Østersøregionen, hvis de kan anvende landstrøm i denne region.

Som en af de største krydstogtbyer i Østersøen, så har Københavns Kommune en vis stemme, med hensyn til eventuelle fælles initiativer om krydstogtturismens udvikling i Østersøregionen. Et fælles initiativ kan handle om at undersøge mulighederne for at gennemføre fælles forundersøgelser vedrørende landstrøm i flere Østersø-havne og eventuelt at undersøge muligheden for at finansiere sådanne initiativer.

På nuværende tidspunkt er der ikke den samme opmærksomhed på luftforurening fra krydstogtskibe i eksempelvis Helsinki, Stockholm og Tallinn, men der er interesse for at belyse udfordringerne og undersøgesfælles handlemuligheder. I Oslo forventer man senest i 2025 at stille krav om, at krydstogtskibe skal benytte landstrøm.

8.2 Alternative løsninger på kort og på lang sigt

Den gennemførte analyse er baseret på kendte forudsætninger for etablering af landstrøm ved Oceankaj i Nordhavn. Det må forventes, at en række af anvendte forudsætninger kan ændre sig på både kort sigt og på lang sigt.

8.2.1 Tilslutning til transmissionsnettet

Inden for relativ kort tid kan det vise sig muligt at foretage tilslutning for et landstrømsanlæg direkte til transmissionsnettet. Denne løsning vil betyde at distributionstariffen for el vil bortfalde, hvilket vil reducere indkøbsprisen for el.

En tilkobling til transmissionsnettet vil kunne ske på Refshaleøen via et søkabel under havneløbet. En tilslutning på Refshaleøen vil desuden betyde, at pladskærence installationer, kunne placeres på Refshaleøen.

Anlægsprisen for denne løsning er dog ukendt og særligt omkostninger for et søkabel og selve tilslutningen til transmissionsnettet kræver nærmere undersøgelser. Derudover er den konkrete placering af anlæg på Refshaleøen ikke undersøgt. Løsningen vil desuden betyde, at linjeføringen vil føre kablet forbi Langelinie, som i første omgang er fravalgt som løsning, da der under de nuværende forhold ikke er plads til at etablere et anlæg på kajen.

Figur 8-1: Mulig linjeføring fra Refshaleøen til Langelinie og Oceankaj.



Illustration: Powercon

8.2.2 Tilslutning på Langelinie

Set ud fra et miljøhensyn og hensyn til beboere nær de primære krydstogtkajer, så ville det være oplagt at etablere landstrøm ved Langelinie som en fase 1 løsning. Løsningen er, under de nuværende forhold, fravalgt da CMP vurderer, at der ikke vil være plads til at etablere et landstrømsanlæg på kajen. Man står

desuden over for at skulle gennemføre andre anlægsprojekter på kajen de kommende år, blandt andet anlæggelse af en spildevandsledning. Det ville betyde at anlægget skulle flyttes. Tidshorizonten for dette er ikke lagt fast.

Det kan overvejes at undersøge mulighederne fremskynde de øvrige projekter ved Langelinie, for dermed at have flere handlemuligheder med hensyn til etablering af landstrøm.

8.2.3 Sammenhæng til den langsigtede byudvikling i Nordhavn, Refshaleøen og Lynetteholmen

Den fremtidige byudvikling omkring Nordhavn, Refshaleøen og Lynetteholmen kan betyde nye udfordringer for krydstogtskibene og nye muligheder for at løse udfordringerne. Boligudviklingen i havneområderne vil på længere sigt bringe boliger tættere på krydstogtkajerne og dermed forstærke behovet for at finde miljøvenlige løsninger.

Samtidig må man forvente, at den massive boligudbygning også vil give anledning til udbygning af elnettet til de nye bydele, som kan betyde nye løsningsmuligheder for elforsyning til krydstogtkajerne. Den egentlige udbygning af nettet må dog forventes at strække sig over flere år.

I Nordhavn gennemføres der i disse år et udviklingsprojekt for alternativ energiforsyning af den nye bydel. En af de teknologier, der arbejdes med er batterisystemer, som kan dække dele af bydelens elbehov i spidslastsituationer, bl.a. med den stigende udbredelse af elbiler.

Med den udvikling der sker inden for batteriteknologi, vil der potentielt være mulighed for, at lade et større batteri op om natten, hvor der typisk ikke er krydstogtskibe, og hvor el typisk er billigere. En højspændingsforbindelse til et stort batteri vil muliggøre meget hurtig opladning, og batteriet vil igen kunne tilbyde meget hurtig afladning til eksempelvis elbiler. Opladningen af batteriet vil også være relativt billigere, hvis der kan kobles på transmissionsnettet og distributionstariffen dermed kan undgås.

Forsyning med el fra transmissionsnettet beskrives både af Energinet, Radius El-net og Powercon som en mulighed, der bør undersøges nærmere. En tilslutning til transmissionsnettet vil betyde, at distributionstariffen bortfalder, hvormed kostprisen på el reduceres. Desuden kan det vise sig enklere/billigere at koble sig på transmissionsnettet, da man så kan undlade at etablere et kabel gennem et byområde, hvor der de kommende år skal gennemføres mange anlægsarbejder. Endelig kan en løsning via Refshaleøen betyde at pladskrævende installationer kan placeres her og begrænse pladsbehovet på Langelinie og Nordhavn.

Løsningen kræver anlæggelse af et søkabel til Refshaleøen og udgiften til dette er ukendt.

Bilag A Kilder og datagrundlag

A.1 Skriftlige kilder:

CMP Copenhagen Malmö Port: CMP Annual Reports, 2011 – 2017.

Copenhagen Malmö Port AB, Langelinie Måling af luftkvalitet Udendørs luft. Force, november 2018.

Cruise Lines International Association (CLIA): 2019 State of the Industry. CLIA, 2019.

Cruise Lines International Association (CLIA): <https://www.cruising.org/cruise-vacationer/industry-facts/environmental-innovation/industry-environmental-technologies-andpractices>

"Green bunkering of cruise vessels with sustainable fuel options". Green Cruise Port. COWI 2018.

Københavns Kommune, Økonomiforvaltningen. Notat: Svar på uddybende spørgsmål vedr. landstrøm og PowerCons EU tilskud. 2. oktober 2018.

Mulighederne for etablering af landstrøm i Nordhavn. CMP, Københavns Kommune og By&Havn, 2015.

Opportunities and Limitations for Connecting Cruise Vessels to Shore Power. Green Cruise Port. DNV GL 2018.

The cruise market in Baltic Sea and neighboring North Sea - Pre-Feasibility Study. Green Cruise Port. UNICONSLT, 2014.

Transportministeriet TEMA2015. Et værktøj til beregning af transporters energiforbrug og emissioner i Danmark. Marts 2015

A.2 Interviews:

MSC Cruises, Bud Darr, Executive Vice President, Maritime Policy and Government Affairs.

Royal Caribbean, Ukko Metsola, Vice President Government Relations, Europe & Asia-Pacific

Trond Sikveland, Port Area Manager, Port of Kristiansand

Nils Møllerup, havneleder, Bergen Havn

Jill Söderwall, Vice President, Business Area Energy & Cruise Göteborg Havn

Sacha Rougier, Managing Director v. CGH Cruise Gate Hamburg

Antti Pulkkinen, Harbour Master Port of Helsinki

Heidi Neilson, Head of Environment Port of Oslo

Viggo Aavang, Head of Sales Denmark, Energi Danmark A/S

Kim B. Larsen, Powercon A/S

Karen Roiy, Jesper Jerland, Jens-Christian Strate, Helge Vandel Jensen, Selin Ozcan, Danfoss A/S

Poul Woodall, DFDS, Director, Environment & Sustainability.

Valdemar Ehlers. Danske Maritime, Teknisk chef

Erik Schmidt, Radius Elnet

Jesper Storebjerg, Energinet.dk

Christian Thielemann, Cavotec Danmark A/S

Ulla Tapaninen, Helsinki Kommune

Stefan Scheja, Stockholm Havn

Ragnhild Møller-Stray, Oslo Kommune

Ellen Kaasik, Tallinn Havn.

Alma Prins-Droog, Commercial Manager Cruise & Super Yachts Port of Amsterdam.

Ud over de nævnte interviewkilder, er der indhentet diverse detailinformationer fra en række andre aktører, bl.a. virksomheder inden for elteknik, elforsyning samt supplerende interviews/korrespondance med nordeuropæiske havne.

Bilag B Emissioner fra Krydstogtskibe

Når krydstogtskibene ligger i havn leverer motorerne el energi til opvarmning, aircondition, madlavning, fritidsaktiviteter og andet. Når motorerne producerer strøm, udsendes emissioner som er sundhedsskadelige. De mest skadelige emissioner er følgende:

- > NO_x
- > Partikler
- > SO₂

8.2.4 NO_x

De væsentligste kilder til forurening med NO_x er trafik og kraftværker. Bilers udstødning indeholder en blanding af kvælstofoxider, som hovedsageligt består af NO og nogle få procent NO₂.

NO₂ er sundhedsskadeligt, og der er fastsat grænseværdier for det, mens der ikke findes grænseværdier for NO alene. Imidlertid sker der i atmosfæren en kemisk omdannelse, hvorved der hurtigt dannes sundhedsskadelig NO₂. Mængden af NO₂ i luften er i høj grad afhængig af tilstedeværelsen af ozon i luften. Derfor vil en reduktion i udslippet af kvælstofoxider ikke i fuldt omfang slå igennem i den NO₂-koncentration, der findes i luften.

Grænseværdierne for NO₂ er fastlagt på grundlag af en helbredsmæssig vurdering. Grænseværdierne, 40 µg/m³ for årgennemsnittet og 200 µg/m³ som timemiddelværdi, som højst må overskrides 18 gange på et år, er gældende siden 2010.

Siden fra 2010 til og med 2016 har grænseværdien for årgennemsnittet været overskredet på en enkelt målestation, nemlig H.C. Andersens Boulevard i København.

Kilde: <http://envs.au.dk/videnudveksling/luft/maaling/niveauer/nox/>

Udledninger af NO_x giver anledning til øget dødelighed og derudover en lang række effekter på helbred og persons velbefindende. fx. øget hyppighed af bronkitis, åndedrætsbesvær, hjerneblødninger og kredsløbsforstyrrelser, lungekræft og astma. Derudover forsuringsskader på natur og bygninger.

NO_x har i sig selv en giftig virkning, men den væsentligste effekt på helbredet skyldes de stoffer og partikler, som NO_x kemisk omdannes til efter emissionen.

Der er tale om komplekse sammenhænge, der ikke nødvendigvis er lineære, herunder, at det ikke nødvendigvis er tættest på emission, at de største virkninger fremkommer. Der er derfor betydelig usikkerhed om effekterne.

I Danmark regnes der officielt med, at helbredseffekterne af 1 kg NO_x fra større punktkilder har en negativ værdi på omkring 94 kr./kg⁵⁷.

8.2.5 Partikler

Luftforurening med partikler i byområder giver anledning til alvorlige sundhedseffekter. Det gælder både langtidseffekter som cancer og hjertekar sygdomme og akutte effekter, fx allergi eller irritation af øjne, næse eller hals.

Luftforurening med partikler karakteriseres oftest som PM₁₀ eller PM_{2.5} (partikler med en diameter mindre end 10, henholdsvis 2,5 mikrometer). Undertiden mødes betegnelsen TSP (Total Suspended Particulate Matter) eller svævestøv, der dækker over partikler målt med en ældre målemetode, som også inkluderer større partikler⁵⁸.

Et EU-direktiv fra 2008 om "Luftkvaliteten og renere luft i Europa" fastlægger grænseværdier (2008/50/EF). For PM₁₀ er der to grænseværdier, som tager udgangspunkt dels i et årgennemsnit, og dels i en døgnmiddelværdi. Årgennemsnittet overholde en grænse på 40 µg/m³. En døgnmiddelværdi på 50 µg/m³ må overskrides 35 gange om året. For PM_{2.5} gælder en grænseværdi for årgennemsnittet på 25 µg/m³ (siden 2015)⁵⁹. Årgennemsnittet for PM_{2.5} har været faldende i de sidste 10 år. Der hvor koncentrationen er størst (HC Andersens Boulevard) er der målt et årgennemsnit på ca. 15 µg/m³ i 2017⁶⁰.

Forurening med partikler har mere lokal karakter i forhold til de øvrige emissioner, derfor er sundhedsskader forårsaget af partikler større når de udledes i byområder. I Danmark regnes der officielt med, at helbredseffekterne af 1 kg partikler i byområder har en negativ værdi på omkring 3.091 kr./kg⁶¹.

8.2.6 SO₂

En del skibe anvender tung fuelolie som brændstof. Fuelolien har et relativt højt svovlindhold sammenlignet med andre brændstoftyper, og svovlet udledes med skibets udstødningsgas i form af svovldioxid (SO₂)

Emissionerne af svovldioxid (SO₂) giver anledning til skader ad to veje. For det første direkte, idet SO₂ bidrager til skader på skov og korrosion af bygninger og

⁵⁷ Transportøkonomiske enhedspriser, 2018.

https://www.cta.man.dtu.dk/-/media/Centre/Modelcenter/TransportOekonomi-og-Teresa/Transportoekonomiske-Enhedspriser_1-8.ashx

⁵⁸ <http://envs.au.dk/videnudveksling/luft/stoffer/partikelforurening/>

⁵⁹ <http://envs.au.dk/videnudveksling/luft/maaling/niveauer/partikler/>

⁶⁰ <http://envs.au.dk/videnudveksling/luft/maaling/niveauer/partikler/tendens/>

⁶¹ Transportøkonomiske enhedspriser, 2018.

https://www.cta.man.dtu.dk/-/media/Centre/Modelcenter/TransportOekonomi-og-Teresa/Transportoekonomiske-Enhedspriser_1-8.ashx

materialer. For det andet sker der i atmosfæren en omdannelse af SO₂ til sulfater (SO₄) på dråbeform, aerosoler, med meget lille diameter (< 1 µm). Disse aerosoler giver ved indånding anledning til samme skadesvirkninger som partiklerne, idet de deponeres i de yderste lungeforgreninger. Nyeste forskning tyder på, at aerosolerne på grund af syreindholdet kan have endnu højere skadelighed end det primære partikeludslip.

Der er fastsat en grænseværdi på 350 µg/m³ (timemiddelværdi), der højst må overskrides 24 gange pr. år. Desuden må værdien 125 µg/m³ som døgnmiddelværdi højst overskrides 3 gange om året.

I Danmark regnes der officielt med, at helbredseffekterne af 1 kg SO₂ har en negativ værdi på omkring 426 kr./kg⁶².

⁶² Transportøkonomiske enhedspriser, 2018.
https://www.cta.man.dtu.dk/-/media/Centre/Modelcenter/TransportOekonomi-og-Teresa/Transportoekonomiske-Enhedspriser_1-8.ashx