



Norsk institutt for luftforskning  
Norwegian Institute for Air Research

# NOTAT

Til: Magnus Eriksen, Statoil  
Kopi:  
Fra: NILU – Norsk institutt for luftforskning v/ Tore Flatlandsmo Berglen, Dag Tønnesen og Sverre Solberg  
Dato: Kjeller, 29. november 2017  
Ref.: o117047 Johan Castberg oppdatering  
Kvalitets-  
sikrer

## Vurdering av utslipp av black carbon (BC) fra skip og boreinnretninger i forbindelse med Johan Castberg-utbyggingen i Barentshavet

### 1 Bakgrunn

I 2014 gjorde NILU en studie for å vurdere miljøkonsekvenser av utslipp til luft fra fremtidig aktivitet på Johan Castberg-feltet i Barentshavet (NILU OR 25/2014). Denne studien ble oppdatert i 2017 (NILU OR 14/2017) etter at rettighetshaverne til Johan Castberg-feltet, hvor Statoil er operatør, hadde valgt en løsning som innebærer at en eventuell utbygging skal skje ved en FPSO med produksjon til havs. Det forelå nye utslippsestimater, og det var dermed behov for oppdaterte beregninger og nye vurderinger av miljøkonsekvensene av utbyggingen. 2017-studien var underlag for konsekvensutredningen som ble sendt på høring 30. juni 2017 (<https://www.statoil.com/en/how-and-why/impact-assessments/johan-castberg.html>), besøkt 30. okt 2017).

Gjennom høringen av konsekvensutredningen ble det klart at det var behov for å synliggjøre og vurdere effektene av utslipp av black carbon (BC) fra andre kilder enn fakling, dvs først og fremst fra skip og boreaktiviteter. Notatet vil være et utfyllende supplement til NILU OR 14/2017 og skal leses i sammenheng med den rapporten.

### 2 Notatets oppbygging

Først redegjøres det for utslipp av BC fra skip og boreinnretninger. Dernest settes disse i sammenheng med andre kilder av BC. Så vurderes maksimalt bidrag av BC fra skip og boreinnretninger til konsentrasjonene og klimaeffekten av BC i Arktis. Tilslutt vurderes utslipp av BC fra Johan Castberg opp mot Miljødirektoratets rapporter om Forslag til handlingsplan for norske utslipp av kortlivede klimadrivere (M89/2013), Klimatiltak mot 2030 (M-436/2015) og Ytterligere reduksjon av svart karbon og metan (M-586/2016).

*Deltaker i CIENS og Framsenteret/Associated to CIENS and the Fram Centre – ISO-sertifisert etter/ISO certified according to NS-EN ISO 9001/ISO 14001*

NILU – Norsk institutt for luftforskning  
Hovedkontor/Main Office:  
PO Box 100, NO-2027 KJELLER, Norway  
Tlf./Phone: +47 63 89 80 00/Fax: +47 63 89 80

NILU – Norsk institutt for luftforskning  
Framsenteret / The Fram Centre  
PO Box 6606 Langnes, NO-9296 TROMSØ, Norway  
Tlf./Phone: +47 77 75 03 75

E-mail: [nilu@nilu.no](mailto:nilu@nilu.no)  
Internet: [www.nilu.no](http://www.nilu.no)  
Bank: 5102.05.19030  
Foretaksnr./Enterprise no.: 941705561

### 3 Utslipp av BC fra skip og boreinnretninger

Det er ikke utarbeidet konkrete utslippstall av BC fra skip og boreinnretninger fra oppdragsgiveren i dette arbeidet. Som en tilnærming for å beregne utslipp av BC ble derfor forbruket av diesel benyttet sammen med utslippsfaktorer hentet fra faglitteraturen. Dieselforbruk ble oppgitt av Statoil og er gjengitt i Tabell 1.

Tabell 1: Dieselforbruk for ulike kilder (boring, oljetankere, helikopter/forsyningsbåter og marine operasjoner) <sup>1)</sup>

Forbruk/utslipp for utvalgte kilder																
År	Boring				Oljetankere				Helikopter og forsyningsbåter				Marine operasjoner			
	tonn CO2/år	tonn diesel/år	m3 diesel/år	m3/dag	tonn CO2/år	tonn diesel/år	m3 diesel/år	m3/dag	tonn CO2/år	tonn diesel/år	m3 diesel/år	m3/dag	tonn CO2/år	tonn diesel/år	m3 diesel/år	m3/dag
2019	12522	3950,2	4647,2	12,7	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	4228	1333,8	1569,1	4,3
2020	41550	13107,3	15420,3	42,2	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	12860	4056,8	4772,7	13,1
2021	41550	13107,3	15420,3	42,2	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	12860	4056,8	4772,7	13,1
2022	41550	13107,3	15420,3	42,2	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	29331	9252,7	10885,5	29,8
2023	41550	13107,3	15420,3	42,2	1883	594,0	698,8	1,9	2016	636,0	748,2	2,0	30265	9547,3	11232,1	30,8
2024	20775	6553,6	7710,2	21,1	7530	2375,4	2794,6	7,7	4000	1261,8	1484,5	4,1	15076	4755,8	5595,1	15,3
2025					7530	2375,4	2794,6	7,7	4000	1261,8	1484,5	4,1	3736	1178,5	1386,5	3,8
2026					7530	2375,4	2794,6	7,7	4000	1261,8	1484,5	4,1	3736	1178,5	1386,5	3,8
2027					6527	2059,0	2422,3	6,6	6000	1892,7	2226,8	6,1	3736	1178,5	1386,5	3,8
2028					4521	1426,2	1677,9	4,6	8065	2544,2	2993,1	8,2	3736	1178,5	1386,5	3,8
2029					3324	1048,6	1233,6	3,4	8065	2544,2	2993,1	8,2	3736	1178,5	1386,5	3,8
2030					2593	818,0	962,3	2,6	8065	2544,2	2993,1	8,2	3736	1178,5	1386,5	3,8
2031					2146	677,0	796,4	2,2	8065	2544,2	2993,1	8,2	3736	1178,5	1386,5	3,8
2032					1892	596,8	702,2	1,9	8065	2544,2	2993,1	8,2	3736	1178,5	1386,5	3,8
2033					1693	534,1	628,3	1,7	8065	2544,2	2993,1	8,2	3736	1178,5	1386,5	3,8
2034					1167	368,1	433,1	1,2	8065	2544,2	2993,1	8,2	3736	1178,5	1386,5	3,8
2035					1079	340,4	400,4	1,1	8065	2544,2	2993,1	8,2	3736	1178,5	1386,5	3,8
2036					1079	340,4	400,4	1,1	8065	2544,2	2993,1	8,2	3736	1178,5	1386,5	3,8
2037					1079	340,4	400,4	1,1	8065	2544,2	2993,1	8,2	3736	1178,5	1386,5	3,8
2038					1079	340,4	400,4	1,1	8065	2544,2	2993,1	8,2	3736	1178,5	1386,5	3,8
2039					759	239,4	281,7	0,8	8065	2544,2	2993,1	8,2	3736	1178,5	1386,5	3,8
2040					703	221,8	260,9	0,7	8065	2544,2	2993,1	8,2	3736	1178,5	1386,5	3,8
2041					703	221,8	260,9	0,7	8065	2544,2	2993,1	8,2	3736	1178,5	1386,5	3,8
2042					703	221,8	260,9	0,7	8065	2544,2	2993,1	8,2	3736	1178,5	1386,5	3,8
2043					703	221,8	260,9	0,7	8065	2544,2	2993,1	8,2	3736	1178,5	1386,5	3,8
2044					485	153,0	180,0	0,5	8065	2544,2	2993,1	8,2	3736	1178,5	1386,5	3,8
2045					447	141,0	165,9	0,5	8065	2544,2	2993,1	8,2	3736	1178,5	1386,5	3,8
2046					447	141,0	165,9	0,5	8065	2544,2	2993,1	8,2	3736	1178,5	1386,5	3,8
2047					447	141,0	165,9	0,5	8065	2544,2	2993,1	8,2	3736	1178,5	1386,5	3,8
2048					447	141,0	165,9	0,5	8065	2544,2	2993,1	8,2	3736	1178,5	1386,5	3,8
2049					447	141,0	165,9	0,5	8065	2544,2	2993,1	8,2	3736	1178,5	1386,5	3,8
2050					447	141,0	165,9	0,5	8065	2544,2	2993,1	8,2	3736	1178,5	1386,5	3,8
2051					447	141,0	165,9	0,5	8065	2544,2	2993,1	8,2	3736	1178,5	1386,5	3,8
2052					335	105,7	124,3	0,3	6049	1908,2	2244,9	6,2	3736	1178,5	1386,5	3,8

<sup>1)</sup> I tabellen er det oppgitt tall for helikopter/forsyningsbåter. Helikopter går ikke på diesel og alt dieselforbruk i denne kategorien er derfor tilegnet forsyningsbåter.

Tallene viser at dieselforbruket vil være størst i oppstartsfasen (2019 – 2024) der boring vil stå for brorparten av forbruket. Av disse seks årene vil forbruket være størst i 2023 med totalt forbruk på 23885 tonn diesel (boring 13107,3, oljetankere 594, forsyningsbåter 636, marine operasjoner 9547,3 tonn).

I driftsfasen 2025 – 2052 vil forbruket være mindre siden det da ikke er inkludert noe boring. Maksimalt forbruk vil i følge tallmaterialet forekomme i 2028 med 5149 tonn diesel (oljetankere 1426,2, forsyningsbåter 2544,2, marine operasjoner 1178,5 tonn). Gitt den store forskjellen i dieselforbruk er det hensiktsmessig å se på to scenarier, oppstartsfase og driftsfase.

I 2012 utga forskerne Lack og Corbett en oversiktsartikkel der de så på utslipp av BC fra skip og hvordan hastighet, drivstoff og renseteknologi spiller inn (Lack og Corbett, 2012). I artikkelen er det gjengitt en sammenligning av utslippsfaktorer fra sjøgående dieselfartøy (Figure 1, p 3988). Sammenligningen refererer også til tidligere arbeider av Lack og medarbeidere (Lack et al., 2008 og Lack et al., 2009).

Et viktig poeng i disse studiene er at utslippene av BC fra skip varierer sterkt avhengig av hvilken hastighetskategori skipet tilhører (liten, middels eller stor hastighet, se Figur 1 i dette notatet). Skipene med middels hastighet har størst utslippsfaktor (gitt som g utslipp per kg drivstoff), mens både lav- og høyhastighetsskip har minst utslippsfaktor. Hvorvidt skipene har installert renseteknologi (scrubber) har også betydning for utslippene, likeledes innholdet av svovel i drivstoffet. Lavt svovelinnhold gir høye utslipp og vice versa. Høy-svovel skip (> 0,5%S i drivstoffet) gir utslipp lik 0,5 g per kg drivstoff, mens lav-svovel skip (< 0,5%S i drivstoffet) gir utslipp lik 1,15 g per kg drivstoff. Typisk usikkerhet i beregningene er 20%.

**Table 1.** LAC Emission Factor Statistics by Vessel Category

	LAC (g kg <sup>-1</sup> ) Avg. ± S.D.	Points
<i>Vessel Engine Classification</i>		
Slow Speed Diesel (SSD)	0.41 ± 0.27	42
Medium Speed Diesel (MSD)	0.97 ± 0.66	51
High Speed Diesel (HSD)	0.36 ± 0.23	8
<i>Vessel Type</i>		
Tankers (SSD)	0.38 ± 0.27	31
Container (SSD)	0.80 ± 0.23	4
Cargo Carriers (SSD)	0.40 ± 0.23	4
Bulk Carriers (SSD)	0.38 ± 0.16	3
Tug Boats (MSD)	0.97 ± 0.66	51
Passenger Boats (HSD)	0.36 ± 0.23	8

Figur 1: Utslippsfaktorer av LAC (Light Absorbing Carbon aerosol) slik de er gjengitt i Lack et al. (2008). Merk forskjellen mellom de ulike skipsklassene mtp. utslipp.

Studiene til Lack, Corbett og medarbeidere om utslippsfaktorer av BC fra skip bygger på observasjoner av 101 skip i Mexicogulven og de samme faktorene er antatt her. Det er ikke kjent hvilken hastighetskategori skipene på Johan Castberg vil sortere under. Skipene som skal operere på Johan Castberg vil ikke ha scrubber installert og de vil bruke diesel som drivstoff, ikke bunkersolje (kommunisert av Statoil i oktober 2017).

Utslippsfaktorene gjengitt i studiene fra Lack og kolleger varierer mellom 0,36 g per kg drivstoff (høyhastighet dieselskip) og 0,97 g per kg drivstoff (middels-hastighet dieselskip). I Tabell 2 er det beregnet hvilke totalutslipp som kan forventes fra Johan Castberg hvis det antas utslippsfaktorer på henholdsvis 0,4 g / kg drivstoff og 0,97 g / kg drivstoff for samtlige BC-kilder unntatt fakling, dvs for både boring, oljetankere, forsyningsbåter og marine operasjoner (Tabell 1). Disse utslippsfaktorene gir BC-utslipp mellom 2060 kg (drift 2028 med antatt lav utslippsfaktor) og 23168 kg pr år (oppstart 2023 med antatt høyeste utslippsfaktor). Merk at det høyeste tallet, 23,2 tonn pr år (oppstart 2023) i stor grad er dominert av utslipp fra boring. En usikkerhet i beregningene er hvorvidt det er korrekt å bruke utslippsfaktorer for skip i beregning av utslipp fra boreaktivitet. Merk også at 0,97 g BC / kg drivstoff er høyeste anslag for utslippsfaktorene uansett båttype og regnes som et maksimum («worst case»). Disse beregningene bygger på antagelsen at dieselforbruket er konstant (Tabell 1), men i praksis vil både dieselforbruk og utslippsfaktorer variere avhengig av teknologien som brukes. Siden det ikke foreligger mer detaljert informasjon om dette, er det her antatt at utslippstallene vil ligge innenfor de minimums- og maksimumsnivåene som er regnet ut.

Tabell 2: Utslipp av BC fra skipstrafikk og marine operasjoner på Johan Castberg ved to ulike scenarier (oppstart 2023 og drift 2028) beregnet ved to ulike utslippsfaktorer

Scenario	Dieselforbruk	Utslipp av BC antatt utslippsfaktor 0,4 g / kg drivstoff <sup>1)</sup>	Utslipp av BC antatt utslippsfaktor 0,97 g / kg drivstoff <sup>1) 2)</sup>
Oppstart 2023 (inkl. boring)	23885 tonn	9554 kg	23168 kg
Drift 2028 (ikke boring)	5149 tonn	2060 kg	4995 kg

<sup>1)</sup> Enheten g utslipp / kg drivstoff tilsvarer kg utslipp / tonn drivstoff.

<sup>2)</sup> 0,97 g utslipp / kg drivstoff er høyeste anslag for utslippsfaktorene uansett båttype og regnes som et maksimum («worst case»).

### Kvalitetssjekk ved alternativ metode

En annen metode for å beregne utslipp fra skip er å bruke faktorene fra de tidligere NILU-studiene for Jan Mayen og Barentshavet Sør (Solberg et al., 2012a og b). Der er det oppgitt utslipp av CO<sub>2</sub> og BC fra skipstrafikk. CO<sub>2</sub>-utslipp lik 18441 tonn pr år for Barentshavet og BC-utslipp lik 0,6 tonn pr år gir et CO<sub>2</sub> : BC-forhold lik 30735. Samtidig viser underlagsmaterialet fra Statoil i forbindelse med Johan Castberg at CO<sub>2</sub>-utslipp fra skip og aktivitet på feltet tilsvarer maksimalt 328'550 tonn pr år (2027, ekskl. fakling). Hvis det samme CO<sub>2</sub> : BC-forholdet anvendes gir dette et BC-utslipp tilsvarende 10,7 tonn per år fra skip og aktivitet på feltet (dog ikke boring). Dette er noe høyere enn resultatene oppnådd ved metoden med dieselforbruk og utslippsfaktorer (men samme størrelsesorden).

### 4 Utslipp av BC fra skip og boreinretninger og påfølgende konsentrasjoner av BC i Arktis

I 2012 ble det foretatt to studier for å se på konsekvenser av regulære utslipp til luft ved åpning av havområdene ved Jan Mayen for petroleumsvirksomhet (Solberg et al, 2012a) og havområdene vest for delelinjen i Barentshavet Sør (Solberg et al, 2012b). Modellberegninger i disse studiene danner underlag for vurderingene gjort her. I den sammenheng bør også nevnes at modellberegningene er beheftet med en del usikkerhet.

I disse studiene ble det antatt totale utslipp tilsvarende 30 tonn BC pr år. Modellberegningene viste da marginale økninger i BC-avsetningen dersom de ekstra petroleumsutslippene ble inkludert: en økning på opptil 0,0007 mg/m<sup>2</sup> for finfraksjonen (PM<sub>2,5</sub>) og 0,0135 mg/m<sup>2</sup> (0,15%) for grovfraksjonen (PM<sub>10</sub>). Likeledes viste modellberegningene beskjedne BC-økninger som følge av økte BC-utslipp fra petroleumsvirksomhet: mellom 0,04% og 0,1% som årlig middelvei på Svalbard.

De totale utslippene av BC fra Johan Castberg estimert for oppstartsfasen vil utgjøre om lag samme størrelse som utslippene brukt i beregningene for Jan Mayen og Barentshavet Sør.

Tabell 3: Estimert maksimums- og minimumsutslipp av BC fra Johan Castberg for to ulike scenarier (oppstart 2023 og drift 2028).

Scenario	Utslipp fakling	BC-utslipp fra skipstrafikk og marine operasjoner antatt utslippsfaktor 0,4 g / kg drivstoff <sup>1)</sup>	BC-utslipp fra skipstrafikk og marine operasjoner antatt utslippsfaktor 0,97 g / kg drivstoff <sup>1)</sup>	Totale BC-utslipp fakling + aktivitet på feltet ved to ulike utslippsfaktorer
Oppstart 2023 (inkl. boring)	10,2 tonn	9,5 tonn	23,2 tonn	19,7 tonn / 33,4 tonn
Drift 2027 (ikke boring)	2 tonn	2 tonn	5,0 tonn	4 tonn / 7 tonn

<sup>1)</sup> Enheten g utslipp / kg drivstoff tilsvarer kg utslipp / tonn drivstoff.

Tallene i Tabell 3 viser at utslippene av BC fra Johan Castberg vil være betydelige i oppstartsfasen. Dette skyldes både utslipp fra fakling og boring. I selve driftsfasen vil utslippene være mindre.

## 5 Forslag til handlingsplan for kortlevde klimadrivere (M89/2013)

Miljødirektoratet utarbeidet i 2013 et forslag til en handlingsplan for å redusere kortlevde klimadrivere innen 2030. Oppdraget bestod i å foreta en helhetlig analyse av hvilke klima-, helse- og miljøeffekter som kunne oppnås ved å redusere norske utslipp av kortlevde klimadrivere innen 2030, og på denne bakgrunnen anbefale et sett tiltak og virkemidler. Rapporten ga også en oversikt over tilgjengelige overvåkingsdata for kortlevde klimadrivere og vurderte hvorvidt dagens overvåking dekker forvaltningens behov.

Rapporten omhandler norske utslipp av kortlivede klimadrivere inkludert BC. Deretter tar rapporten for seg ulike effekter av de kortlivede klimadriverne, som bl.a. globale klimaeffekter og helse- og miljøeffekter.

Norske utslipp av BC var 5100 tonn i 2011 (SSB, 2011 referert i rapporten). Den klart største sektoren var «Luftfart, sjøfart, fiske, motorredskaper m.m.» som utgjorde hele 42 % av de nasjonale BC-utslippene. Nest største sektor var «Oppvarming i andre næringer og husholdninger» som utgjorde 25% av utslippene. Deretter fulgte «Vegtrafikk» med 15 % og «Olje- og gassutvinning» med 12 %. Vedfyring var klart største enkeltkilde med 23 % av utslippene det året.

Det er vurdert at helseeffekten av BC-utslippene er neglisjerbare siden utslippene skjer langt til havs (god uttynning av utslippene og liten eksponering på folk).

BC har ulike klimaeffekter (diskutert i opprinnelig rapport NILU OR 14/2017). For norske forhold vil avsetning på bakken og reduksjon av albedo gi størst effekt. Denne effekten skyldes at absorpsjonen av kortbølget stråling øker når overflaten blir mørkere pga sotavsetning, noe som særlig gjelder der partiklene avsettes på snø og is, som i Arktis. Økt absorpsjon av kortbølget stråling på BC-partikler i atmosfæren spiller også inn, men er mindre enn albedoeffekten. Det totale klimapådrivet som følge av BC-utslipp i Arktis er beregnet til i underkant av 1 milliWatt/m<sup>2</sup> i Arktis (60°N-90°N) per enhet BC-utslipp (kilotonn/år), hentet fra Quinn et al. (2011) og referert i rapporten (M89 figur 2.5 s. 74). Bidraget til global oppvarming gjennom absorpsjon av sollys i atmosfæren er i overkant av 0,1 milliWatt/m<sup>2</sup> per enhet BC-utslipp (kilotonn/år). Studien viser også at utslipp i nordområdene og Arktis vil ha et større bidrag til klimapådriv i Arktis enn utslipp andre steder i verden.

### Elementer i Miljødirektoratets rapport som har betydning for vurderingen av Johan Castberg

Beregningene i Quinn et al. (2011) er gitt for en utslippsenhet (kilotonn BC per år). Tallen fra den studien kan overføres til utslippene som er estimert for Johan Castberg i dette notatet. Klimaeffekten i oppstartsfasen vil da være 1/50 – 1/30 av tallene gitt i Quinn et al. (2011), gitt at utslippene da er beregnet til mellom 19,7 tonn og 30,5 tonn BC per år, jfr Tabell 3. I driftsfasen vil bidraget være betydelig mindre.

I rapport M89/2013 er det også vurdert ulike tiltak for å redusere utslipp av kortlivede klimadrivere, inkludert BC. Relevante tiltak for BC-reduksjon er bl.a. ettermontering og innfasing av partikkelfilter på skip i kysttrafikk (ref s. 153, middels kostnads-effektivitet på 104 kr per tonn CO<sub>2</sub>e(GTP<sub>10,Norge</sub>)<sup>1</sup>, middels klimaeffekt) og ettermontering og innfasing av partikkelfiltre på mobile rigger (ref s. 154, middels kostnadseffektivitet på 465 kr per tonn CO<sub>2</sub>e(GTP<sub>10,Norge</sub>), lav klimaeffekt).

## 6 Klimatiltak mot 2030 – klimaeffekt på kort sikt og helseeffekter (M-438/2015)

Denne rapporten vurderer klimaeffekten på kort sikt med utgangspunkt i de 89 tiltakene som inngår i tiltakspakke 3 fra lavutslippsrapporten (rapport M-386/2015, se Andersen et al., 2015 i kap. 9 Referanser). Tiltakspakke 3 er den mest ambisiøse tiltakspakken og inneholder tiltak uavhengig av kostnader.

<sup>1</sup> GTP<sub>10, Norge</sub> står for globalt temperaturendringspotensial ti år etter at utslippet har funnet sted i Norge. CO<sub>2</sub>e betegner CO<sub>2</sub>-ekvivalenter (utslipp av andre komponenter omregnet til CO<sub>2</sub>).

Rapporten besvarer tre hovedpunkter

1. Hva er klimaeffekten på kort sikt av tiltakene i lavutslippsrapporten og hvilke av disse gir de største tilleggseffektene i form av klimagevinst på kort sikt?
2. Hva er helseeffekten av tiltakene i lavutslippsrapporten og hvilke av tiltakene gir størst helsegevinst?
3. Hvilke tiltak i handlingsplanen er fortsatt viktige for å oppnå klimaeffekt på kort sikt og hvilke tiltak er mindre relevante fordi det finnes bedre lavutslippstiltak?

Et viktig funn er at karbondioksid (CO<sub>2</sub>) dominerer også på kort sikt. Det er fortsatt betydelig usikkerhet knyttet til klimaeffekten på kort sikt av BC. BC vektet svært høyt i GTP<sub>10, Norge</sub>. Framskrivninger viser dessuten at utslippene fra petroleumssektoren er beregnet å skulle avta noe i årene framover. De største kildene til framtidige utslipp vil ifølge beregningene komme fra transportsektoren, petroleumssektoren, industrisektoren og jordbrukssektoren.

Mange av tiltakene som ble utredet i lavutslippsrapporten er direkte relevante for petroleumssektoren, slik som: a) Elektrifisering av Hammerfest LNG, b) Driftsforbedringer som gir redusert behov for sikkerhetsfakling, c) Fakkeltgassgjenvinning, d) Kombikraft på turbiner offshore, e) Energieffektivisering og f) Gjenvinning av gass og oppgradering av utstyr i petroleumssektoren (reduksjon av ikke-kvotepliktige utslipp). I lavutslippsrapporten ble tiltaket på elektrifisering av Hammerfest LNG og reduksjon av ikke-kvotepliktige utslipp inkludert i tiltakspakke 3. Det ble ikke kvantifisert potensialene for de øvrige tiltakene med bakgrunn i usikkerhet rundt hvor stor del av potensialet fra tiltakene som allerede er inkludert i utslippsprognosene (referansebanen) fram mot 2030.

Rapporten gir også oppdatert kunnskap om klimaeffekten av BC og gjengir studier fra CICERO – Senter for klimaforskning som inneholder reviderte vekstfaktorer for BC. Eksempelvis er bidraget fra den semidirekte effekten til BCs totale klimaeffekt negativt og vil dermed motvirke, og redusere, den totale klimaeffekten av BC.). Rapporten refererer også til nyere kunnskap om levetiden til BC som tyder på at en levetid ned mot tre dager er nødvendig for å forklare observasjoner mens tidligere antagelser gir en levetid på 5-10 dager (Samset et al., 2014).

#### **Elementer i Miljødirektoratets rapport som har betydning for vurderingen av Johan Castberg**

En del av tiltakene som ble utredet i lavutslippsrapporten er relevante for Johan Castberg, da spesielt tiltakene som går på teknologiforbedring. Funnet om kortere levetid for BC (tre dager istedenfor 5-10) vil gi lavere beregnet klimaeffekt av utslipp av BC fra Johan Castberg enn tidligere estimater.

### **7 Ytterligere reduksjon av svart karbon og metan – en kartlegging av mulighetsrommet (M-586/2016).**

Målet med den rapporten var å vurdere mulighetsrommet for Norge til å redusere utslippet av svart karbon og metan. Klimaeffekten av tiltakene ble ikke vurdert. Beregninger viste at utslippene av svart karbon og metan begge kan reduseres om lag 10 % i 2025 sammenliknet med 2013-nivå dersom klimamålene for 2030 oppnås. Dersom tiltak rettet spesielt mot svart karbon gjennomføres i tillegg, vil man kunne oppnå en samlet utslippsreduksjon på om lag 23 % i 2025 sammenliknet med 2013-nivået for svart karbon.

Ekspertgruppen under Arktisk råd på BC og metan (ACEGBCM) har besluttet at et kollektivt mål for reduksjon av utslipp av svart karbon skal ha 2013 som referanseår og 2025 som mållår.

En oversikt over utslippsreduksjoner av svart karbon med sektorvis fordeling (tabell 6 s. 16) viser at transportsektoren (inkl. luftfart, sjøfart, fiske, motorredskaper m. m) vil ha de største utslippsreduksjonene (450 tonn i 2025). Dette skyldes først og fremst vedtatte tiltak og virkemidler, hovedsakelig pga. mer klimavennlige transportteknologier (Transnova 2009, Enova-programmet fra 2015), økt andel kollektivtransport (inkludert et mål om nullvekst i bruk av privatbil), samt et mål om å ta veksten i persontransporten i større urbane områder gjennom offentlig transport, sykling og gange. Oppvarming i

andre næringer og husholdninger (vedfyring) er nummer to med 136 tonn i utslippsreduksjon i 2025, mens Olje- og gassutvinning er nummer tre (82 tonn utslippsreduksjon i 2025).

SSB, Finansdepartementet og Miljødirektoratet har estimert utslippsutviklingen per sektor av svart karbon (BC) 1990-2025. I følge disse framskrivningene vil olje- og gassutvinning vil ha en flat utvikling fram mot 2025 og deretter en nedgang (figur 1 s. 6).

### **Elementer i Miljødirektoratets rapport som har betydning for vurderingen av Johan Castberg**

Av relevans for Johan Castberg-utbyggingen er tiltaket om ettermontering og innfasing av dieselpartikkelfilter (DPF) på kystskip (pkt 4, s. 10). Dette er et tiltak fra handlingsplanen som ikke er omfattet av lavutslippsrapporten og som gir BC- og eller metanreduksjoner.

Som nevnt er 2025 vedtatt som målår for BC- og metanreduksjoner. For Johan Castberg-utbyggingen planlegges en oppstartsfasen med høyere utslipp fra fakling og boring i perioden 2019 – 2024 fulgt av en periode med regulær drift med mindre utslipp fra 2025. Om disse planene følges vil BC-utslippene fra Johan Castberg i mindre grad forpurre Norges forpliktelser til å redusere utslippene av BC i og med at prosjektet da vil være i en regulær driftsfase.

## **8 Oppsummerende punkter**

Dette notatet er et utfyllende supplement til NILU OR 14/2017. Utslipp av BC (svart karbon) fra skip og boreinstallasjoner er vurdert. Utslippene fra Johan Castberg vil være større i oppstartsfasen (2019-2024) pga fakling og boring, men betydelig mindre i driftsfasen (fra 2025 og framover).

Det beregnede utslippet av BC vil være relativt beskjedent, og bidraget fra Johan Castberg til BC-konsentrasjonen i Arktis vurderes som liten. På den bakgrunnen vurderes det også at klimaeffekten av disse utslippene alene vil bli små. Samtidig er det viktig å understreke at framtidige klimaendringer er et resultat av svært mange enkeltkilder som hver for seg har ubetydelig påvirkning, men samlet sett svært alvorlige konsekvenser. Utslipp fra enkeltkilder, som Johan Castberg, bør derfor sees i en større sammenheng og vurderes samlet, for eksempel i et nasjonalt perspektiv og vurderes i lys av nasjonale forpliktelser om utslippsendringer.

BC en kortlivet klimadriver og utslipp av BC i og nær Arktis som Johan Castberg er uheldig og vil gi større klimaeffekt enn tilsvarende utslipp lenger sør. Likeledes vil utslipp i lav høyde i Arktis gi større effekt enn utslipp i høyden.

## **9 Referanser**

Andersen, A., Asphjell, T., Birkeli, K., Flugsrud, K., Frigstad, H., Gade, H., Gjerald, E., Haarsaker, V., Haugland, H., Hoem, B.M., Holmengen, N., Jähren, K.E., Kasin, I., Klokkeide, K.M., Kolshus, H., Kvalevåg, M.M., Laird, B., Lindegaard, A., Maass, C., Norgaard, H., Pettersen, T.S., Robertsen, C., Romundstad, R.M., Sandgrind, S., Selboe, O.K., Skogen, S.G., Vestreng, V., Weidemann, F., Økstad, E., Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030 - Kunnskapsgrunnlag for lavutslippsutvikling (M-386/2015).

Nedlastbar fra: <http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M386/M386.pdf> [besøkt 6. november 2017].

Berglen, T.F., Tønnesen, D., og Solberg, S. (2014) Johan Castberg-feltet i Barentshavet. Vurdering av utslipp til luft. Kjeller, NILU (NILU OR 25/2014).

Berglen, T.F., Tønnesen, D., og Solberg, S. (2017) Johan Castberg-feltet i Barentshavet. Oppdatering av rapport OR 25/2014. Kjeller, NILU (NILU OR 14/2017).

Bråten, K.G., Flugsrud, K., Haarsaker, V., Landvik, N., Lindegaard, A., Støhølen, B., Vestreng, V., Weidemann, F., Klimatiltak mot 2030 - klimaeffekt på kort sikt og helseeffekter (M-438/2015).  
Nedlastbar fra: <http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M438/M438.pdf> [besøkt 30. oktober 2017].

CICERO. (2015). Oppdaterte vektfactorer for BC og OC. Rapport skrevet av CICERO Senter for klimaforskning på oppdrag av Miljødirektoratet. Dato: 9. oktober, 2015. Forfattere: B. Aamaas, Ø. Hodnebrog, B. H. Samset, J. S. Fuglestad, G. Myhre, T. K. Berntsen.

Lack, D., Lerner, B., Granier, C., Baynard, T., Lovejoy, E., Massoli, P., Ravishankara, A.R., and Williams, E., Light absorbing carbon emissions from commercial shipping, *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, VOL. 35, L13815, doi:10.1029/2008GL033906, 2008.

Nedlastbar fra: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2008GL033906/epdf> [besøkt 30. oktober 2017].

Lack, D. A., Corbett, J. J., Onasch, T. B., Lerner, B., Massoli, P., Quinn, P. K., Bates, T. S., Covert, D., Coffman, D. J., Sierau, B., Herndon, S., Allan, J., Baynard, T., Lovejoy, E., Ravishankara, A. R., and Williams, E., Particulate Emissions from Commercial Shipping. Chemical, Physical and Optical Properties, *J. Geophys. Res.*, 114, D00F04, doi:10.1029/2008JD011300, 2009.

Nedlastbar fra: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2008JD011300/epdf> [besøkt 30. oktober 2017].

Lack, D.A., and Corbett, J.J., Black carbon from ships: a review of the effects of ship speed, fuel quality and exhaust gas scrubbing, *Atmos. Chem. Phys.*, 12, 3985–4000, 2012.

Nedlastbar fra: [www.atmos-chem-phys.net/12/3985/2012/](http://www.atmos-chem-phys.net/12/3985/2012/) [besøkt 30. oktober 2017].

Miljødirektoratet, Ytterligere reduksjon av svart karbon og metan - En kartlegging av mulighetsrommet (M-586/2016).

Nedlastbar fra: <http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M586/M586.pdf> [besøkt 30. oktober 2017].

Samset, B.H., Myhre, G., Herber, A., Kondo, Y., Li, S.-M., Moteki, N., Koike, M., Oshima, N., Schwarz, J.P., Balkanski, Y., Bauer, S.E., Bellouin, N., Berntsen, T.K., Bian, H., Chin, M., Diehl, T., Easter, R.C., Ghan, S.J., Iversen, T., Kirkevåg, A., Lamarque, J.-F., Lin, G., Liu, X., Penner, J.E., Schulz, M., Seland, Ø., Skeie, R.B., Stier, P., Takemura, T., Tsigaridis, K., and Zhang, K., Modelled black carbon radiative forcing and atmospheric lifetime in AeroCom Phase II constrained by aircraft observations. *Atmos. Chem. Phys.*, 14(22), pp. 12465-12477.

Nedlastbar fra: <https://www.atmos-chem-phys.net/14/12465/2014/acp-14-12465-2014.pdf> [besøkt 6. november 2017].

Skjellum, S.F., Vestreng, V., Kvalevåg, M.M., Gaustad, A., Maas, C., Kasin, I., Christensen, B., Sandgrind, S., Bingham, L.P., Asphjell, T., Økstad, E., Leffertstra, H., Haukaas, H., Forslag til handlingsplan for norske utslipp av kortlivede klimadrivere (M89/2013).

Nedlastbar fra: <http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M89/M89.pdf> [besøkt 30. oktober 2017].

Solberg, S., Svendby, T., Gjerstad, K.I., Liu, L., Wathne, B.M., Skjelkvåle, B.L., Høgåsen, T., Aarrestad, P.A., Gjershaug, J.O. (2012a) Åpning av havområdene ved Jan Mayen for petroleumsvirksomhet. Konsekvenser av regulære utslipp til luft. Kjeller, NILU (NILU OR 32/2012).



Nedlastbar fra:

<https://www.nilu.no/Default.aspx?tabid=62&ctl=PublicationDetails&mid=764&publicationid=26872>

[besøkt 30. oktober 2017].

Solberg, S., Svendby, T., Gjerstad, K.I., Liu, L., Wathne, B.M., Skjelkvåle, B.L., Høgåsen, T., Aarrestad, P.A., Gjershaug, J.O. (2012b) Åpning av havområdene vest for delelinjen i Barentshavet Sør for petroleumsvirksomhet. Konsekvenser av regulære utslipp til luft. Kjeller, NILU (NILU OR 33/2012).

Nedlastbar fra:

<https://www.nilu.no/Default.aspx?tabid=62&ctl=PublicationDetails&mid=764&publicationid=26873>

[besøkt 30. oktober 2017].