

Rettet til  
**Maersk Oil**

Dokumenttype  
**Rapport**

Dato  
**Juni 2015**

# ESIA-16

## TEKNISKE AFSNIT

Denne danske udgave er en  
oversættelse af den originale engelske  
udgave. I tilfælde af uoverensstemmelse  
er den engelske udgave gældende

## **ESIA-16**

### **TEKNISKE AFSNIT**

Revision **3**  
Dato **30-06-2015**  
Udarbejdet af **HEH, KEBS, JRV**  
Tjekket af **LWM, CFJ, KEBS**  
Godkendt af **CFJ**  
Beskrivelse **Maersk Oil**  
**Tyra, Harald, Dan, Gorm og Halfdan**  
**DUC, den danske del af Nordsøen**

Ref.: 1100014310

Dokument ID ROGC-S-RA-000281-Tekniske afsnit

## INDHOLD

<b>A.</b>	<b>Seismisk dataindsamling</b>	<b>1</b>
A.1	Formål	1
A.2	Generel beskrivelse	1
A.3	Seismiske undersøgelser	1
A.3.1	Marine 2D-seismiske undersøgelser	2
A.3.2	3D-seismiske undersøgelser	2
A.3.3	4D-seismiske undersøgelser	3
A.3.4	Undersøgelser af borerisici og geofysiske undersøgelser på lav dybde	4
A.3.5	Seismiske borehulsundersøgelser	5
A.4	Alternativer	5
A.5	Miljømæssige og sociale aspekter	6
A.5.1	Planlagte aktiviteter	6
A.5.2	Utilsigtede hændelser	6
A.5.3	Resumé	7
A.6	Referencer	8
<b>B.</b>	<b>Rørledninger og strukturer</b>	<b>1</b>
B.1	Rørledninger	1
B.1.1	Formål	1
B.1.2	Generel beskrivelse	1
B.1.3	Installation af nye rørledninger	1
B.1.4	Vedligeholdelse	2
B.1.5	Alternativer	3
B.2	Strukturer	3
B.2.1	Formål	3
B.2.2	Generel beskrivelse	3
B.2.3	Alternativer	4
B.2.4	Installation af nye konstruktioner	7
B.2.5	Vedligeholdelse	8
B.3	Miljømæssige og sociale aspekter	8
B.3.1	Planlagte aktiviteter	8
B.3.2	Utilsigtede hændelser	10
B.3.3	Resumé	10
B.4	Referencer	12
<b>C.</b>	<b>Produktion</b>	<b>1</b>
C.1	Formål	1
C.2	Overblik over olie-, gas- og vandproduktion	1
C.3	Alternativer	2
C.4	Miljømæssige og sociale aspekter	2
C.4.1	Planlagte aktiviteter	2

C.4.2	Utilsigtede hændelser	5
C.4.3	Resumé	5
C.5	Referencer	7
<b>D.</b>	<b>Boring</b>	<b>1</b>
D.1	Formål	1
D.2	Brøndkonstruktion	1
D.3	Boring vha. ekspanderbar liner og trykstyret boring (MPD)	4
D.4	Genboring	5
D.5	Vedligeholdelse	6
D.6	Brøndafvikling	7
D.7	Alternativer	8
D.8	Miljømæssige og sociale aspekter	8
D.8.1	Planlagte aktiviteter	8
D.8.2	Utilsigtede hændelser	14
D.8.3	Resumé	14
D.9	Referencer	16
<b>E.</b>	<b>Brøndstimulering</b>	<b>1</b>
E.1	Formål	1
E.2	Brøndstimuleringsmetoder	1
E.2.1	Stimulering og frakturering	1
E.2.2	Injektion i horisontal brønd	2
E.2.3	Brøndtest	3
E.2.4	Restimulering af brønde	3
E.3	Alternativer	3
E.3.1	Teleskoperet CAJ liner	3
E.3.2	Annulær frakturering eller færdiggørelse med fraktureringssmuffer	4
E.4	Miljømæssige og sociale aspekter	5
E.4.1	Planlagte aktiviteter	5
E.4.2	Utilsigtede hændelser	6
E.4.3	Resumé	6
E.5	Referencer	7
<b>F.</b>	<b>Transport</b>	<b>1</b>
F.1	Formål	1
F.2	Generel beskrivelse	1
F.2.1	Helikoptere	1
F.2.2	Fartøjer	1
F.3	Alternativer	2
F.4	Miljømæssige og sociale aspekter	2
F.4.1	Planlagte aktiviteter	2
F.4.2	Utilsigtede hændelser	3
F.4.3	Resumé	3
F.5	Referencer	4
<b>G.</b>	<b>Afvikling</b>	<b>1</b>
G.1	Formål	1
G.2	Generel beskrivelse	1
G.2.1	Brøndefterladelse	1
G.2.2	Fjernelse af platformsfaciliteter og jacket-struktur	1
G.2.3	Rørledninger	1
G.2.4	"Close-out"-inspektion	2

G.3	Alternativer	2
G.4	Miljømæssige og sociale aspekter	2
G.4.1	Planlagte aktiviteter	2
G.4.2	Utilsigtede hændelser	2
G.4.3	Resumé	2
G.5	Referencer	4

## INTRODUKTION

### Baggrund og mål

Det overordnede mål med de tekniske afsnit er at give relevante generiske tekniske baggrundsplysninger med henblik på at identificere de primære miljø- og samfundsmæssige aspekter af de udforsknings-, konstruktions-, produktions- og afviklingsaktiviteter, som forudses af Maersk Oil Danish Business Units (i det følgende benævnt "Maersk Oil").

Den vurdering af virkninger, der foretages i forbindelse med Maersk Oil's fem projekter (Dan, Gorm, Halfdan, Harald og Tyra), er baseret på samlingen af projektrelevante aspekter og præsenteret i en særskilt rapport: Redegørelse for miljømæssige og sociale virkninger (ESIS). Der foretages en vurdering af virkningernes sandsynlige miljømæssige og sociale betydning på grundlag af deres art, type, reversibilitet, intensitet, omfang og varigheden af de planlagte aktiviteter, der skal udføres, samt af følsomheden af de relevante samfunds-/miljømæssige receptorer, der udsættes for en påvirkning. Derudover gives der en vurdering af projektets miljømæssige og sociale virkninger afledt af projektets sårbarhed i forhold til risikoen for større ulykker.

Dokumentet med de tekniske afsnit vil blive opdateret, hvis der skulle blive implementeret nye procedurer eller fremgangsmåder hos Maersk Oil, som kan indebære væsentlige konsekvenser for miljø- eller samfundsmæssige aspekter.

Der er defineret syv tekniske afsnit med henblik på at dække aktiviteterne i forbindelse med Maersk Oil's projekt:

Teknisk afsnit	Revision
<b>A – Seismisk dataindsamling</b>	3 (30-06-2015)
<b>B – Rørledninger og strukturer</b>	2 (29-04-2015)
<b>C – Produktion</b>	3 (30-06-2015)
<b>D – Boring</b>	3 (30-06-2015)
<b>E – Brøndstimulering</b>	2 (29-04-2015)
<b>F – Transport</b>	3 (30-06-2015)
<b>G – Afvikling</b>	2 (29-04-2015)

## Definitioner og forkortelser

<b>ALARP</b>	As Low As Reasonably Practicable (så lavt som praktisk muligt)
<b>BAT</b>	Best available technique (bedste tilgængelige teknikker)
<b>bbls</b>	Barrels (tønder, ca. 159 liter)
<b>BHA</b>	Bottom Hole Assembly (bundhulsanordning)
<b>BEP</b>	Best Environmental Practice (bedste miljømæssige praksis)
<b>BOP</b>	Blow Out Preventer (udblæsningsforhindrer)
<b>CAJ</b>	Control acid jet (Kontrolleret syrestimulering)
<b>Coiled tubing (oprullet stålør)</b>	Langt stålør, som er spolet op på en tromle. Stålørret føres ned i brønden og anvendes til indgreb, fx injektion af kemikalier i en fastlagt dybde
<b>CRI</b>	Cuttings Re- Injection (reinjektion af borespåner)
<b>D</b>	Dimensionel (som i 2D, 3D og 4D)
<b>dB</b>	Decibel
<b>DSV</b>	Diving Support Vessel (dykkerfartøj)
<b>DUC</b>	Dansk Undergrunds Consortium, et samarbejde mellem A. P. Møller-Mærsk, Shell, Chevron og den danske stats olie- og gasselskab Nordsøfonden
<b>E&amp;P Forum</b>	Forgænger for den internationale sammenslutning af olie- og gasproducenter (IOGP)
<b>EC</b>	EU-Kommissionen
<b>Miljømæssigt og socialt aspekt</b>	Element af en organisations aktiviteter, produkter eller ydelser, der kan interagere med de miljømæssige og sociale receptorer
<b>Miljømæssig og social virkning</b>	Enhver ændring i forhold til miljøet/samfundet, hvad enten den er negativ eller positiv, eller helt eller delvist er resultatet af en organisations miljømæssige/sociale aspekter.
<b>Miljømæssig og social risiko</b>	Kombinationen af sandsynligheden for en hændelse og dens miljømæssige og sociale virkning.
<b>ESIS</b>	Environmental and Social Impact Statement (redegørelse for miljømæssige og sociale virkninger)
<b>FSO</b>	Floating Storage and Offloading (flydende lager- og afskibningsenhed)
<b>GBS</b>	Gavity-Based Structure (tyngdekraftbaseret struktur)
<b>Hz</b>	Hertz
<b>Intelligent gris</b>	En gris (som beskrevet nedenfor), der er forsynet med sensorer og dataregistreringsudstyr til overvågning af de fysiske og driftsmæssige forhold i forbindelse med en rørledning. De anvendes oftest til detektering af eventuelt metaltab som følge af korrosion og mekanisk beskadigelse.
<b>MEG</b>	Mono Ethylen Glykol
<b>mg/l</b>	Milligram pr. liter
<b>MPD</b>	Managed Pressure Drilling (styret trykboring)
<b>OBC</b>	Ocean Bottom Cables (havbunds kabler)
<b>OBN</b>	Ocean Bottom Nodes (havbunds nodes)
<b>OSPAR</b>	Oslo- og Paris-konventionerne til beskyttelse af havmiljøet i det nordøstlige Atlanterhav
<b>OCTT</b>	Offshore Cuttings Thermal Treatment (termisk behandling af offshoreborespåner)
<b>PLONOR</b>	Pose Little or No Risk to the environment (udgør lille eller ingen risiko for miljøet)
<b>PMDS</b>	Poly Dimethyl Siloxaner
<b>PPD</b>	Pour Point Depressing agent (flydepunktsnedsætter (depressant))
<b>ppm</b>	Parts per million
<b>Gris</b>	Griser det branchespecifikke navn for de anordninger, der indføres i rørledninger og anvendes til rensning, inspektion eller vedligeholdelse af rørledningen, efterhånden som de passerer igennem den
<b>ROV</b>	Remotely Operated Vehicle (fjernstyret undervandsfartøj)
<b>STAR</b>	Slim Tripod Adapted for Rigs (platformstype)
<b>T</b>	Tons
<b>TEG</b>	Tri Ethylen Glykol
<b>THPS</b>	Tetrakis (Hydroxymethyl) Phosfonium Sulfat
<b>µPa</b>	Mikropascal
<b>UBD</b>	Under Balanced Drilling (underbalanceret boring)
<b>Hævningskrumning</b>	Vertikal forskydning af rørledningen på grund af aksial trykkraft forårsaget af høj temperatur og/eller tryk i den væske, der transporteres i rørledningen.
<b>VSP</b>	Vertical Seismic Profiling (vertikal seismisk profilering)
<b>WBM</b>	Water Based Mud (vandbaseret mudder)
<b>WO</b>	Work Over (Brøndindgreb (WO-operation))

## A. SEISMISK DATAINDSAMLING

Nærværende afsnit "A – Seismisk dataindsamling" dækker aktiviteter i forbindelse med Maersk Oil's indsamling af seismiske data i den danske del af Nordsøen. Afsnittets revisionshistorik er opsummeret nedenfor:

	Revision	Ændringer
A – Seismisk dataindsamling	0 (07-01-2015)	-
A – Seismisk dataindsamling	1 (29-01-2015)	Opdatering efter Maersk Oil's gennemgang
A – Seismisk dataindsamling	2 (29-04-2015)	Opdatering efter Maersk Oil's gennemgang
A – Seismisk dataindsamling	3 (30-06-2015)	Opdatering efter Maersk Oil's gennemgang

### A.1 Formål

I forbindelse med efterforskningsaktiviteter giver seismiske undersøgelser oplysninger, som gør det muligt at fortolke den geologiske struktur under havbunden og fastslå placeringen af potentielle kulbrintereserver. Seismiske undersøgelser foretages også af Maersk Oil over produktionsfelter efter adskillige års produktion for at estimere resterende reserver (fx placering og volumen af resterende reserver) og for at optimere produktionen. Højopløselige multikanalseismiske data indsamles som en del af risikoundersøgelserne på potentielle boresteder for at kortlægge og identificere potentielle farer i forhold til installationen af borerigge og boreoperationer. Højopløselige enkeltkanalseismiske data indsamles som en del af havbundsundersøgelser og geofysiske undersøgelser under havbunden for at kortlægge havbunden og sedimentforholdene under havbunden med henblik på design og installation af rørledninger, platforme og andre konstruktioner.

### A.2 Generel beskrivelse

Refleksions seismik er en metode, der anvendes til at kortlægge den geologiske struktur under jordens overflade på baggrund af reflekterede lydsignaler. I forbindelse med en marin seismisk undersøgelse betyder metoden, at der rettes en lydimpuls mod havbunden, hvorefter den reflekterede energi registreres. De registrerede seismiske data behandles og fortolkes for at få oplysninger om strukturen og litologien under havbunden.

Lydimpulser genereres af et batteri af luftkanoner, som udsender en boble af trykluft. Seismiske luftkanoner genererer lavfrekvente lydimpulser. Under en seismisk undersøgelse affyres kanoner med regelmæssige intervaller, efterhånden som det fartøj, der trækker lydilden, bevæger sig fremad. Lydimpulsen rettes mod havbunden, og den reflekterede lyd registreres af hydrofoner monteret inde i et eller flere kabler ("streamers"), som slæbes efter undersøgelsesfartøjet.

Der anvendes to typer undersøgelsesfartøjer til seismisk dataindsamling:

- Seismiske undersøgelsesfartøjer (anvendes til marine 2D-, 3D- og 4D-seismiske undersøgelser)
- Undersøgelsesfartøjer (anvendes til risikoundersøgelser på potentielle boresteder, undersøgelser af rørledningsrute og andre geofysiske undersøgelser til lav dybde)

Derudover anvendes forsyningsfartøjer undertiden som kildefartøjer i forbindelse med nogle typer seismiske borehulsundersøgelser, og sådanne dedikerede kildefartøjer kan også benyttes under andre seismiske undersøgelser, fx seismiske underskydninger eller OBC- eller OBN-undersøgelser.

### A.3 Seismiske undersøgelser

Typiske seismiske undersøgelser i forbindelse med udforskning af og udvinding af olie og gas omfatter:



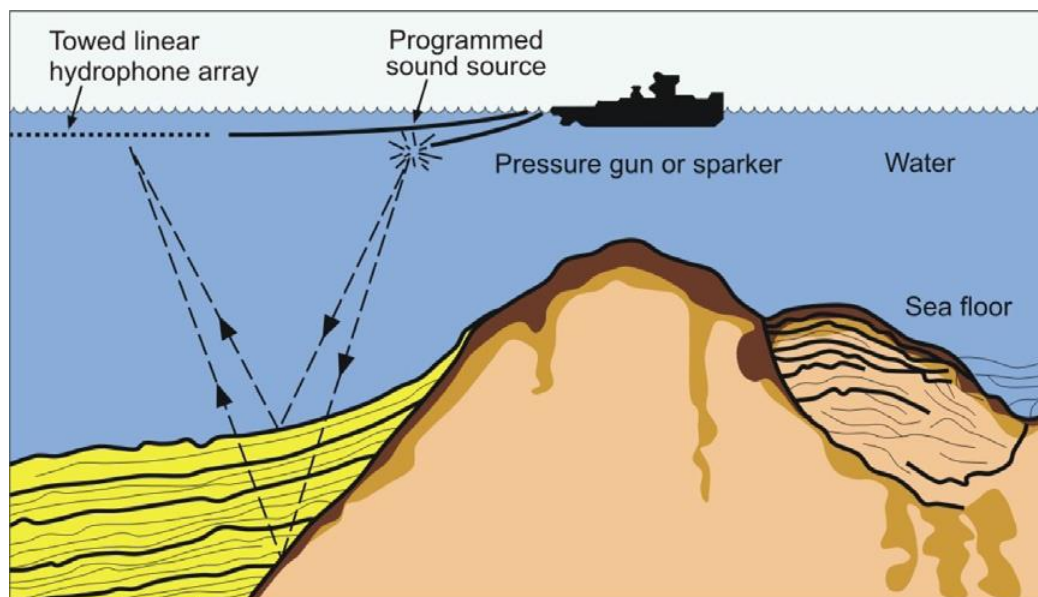
- 2D-, 3D- og 4D-seismiske undersøgelser med slæbt kabel, seismiske OBC- og OBN-undersøgelser
- Undersøgelser af borerisici og geofysiske undersøgelser til lav dybde samt
- seismiske borehulsundersøgelser.

#### A.3.1 Marine 2D-seismiske undersøgelser

Marine 2D-seismiske data indsamles af ét multikanalkabel, som slæbes efter et undersøgelsesfartøj, sammen med én enkelt kilde (luftkanonbatteri). Refleksionerne fra sedimenterne under havbunden af den lydimpuls, der udsendes af kilden, registreres langs en profil under sejllinjerne, og der laves et 2D-billede af geologien under havbunden. Undersøgelseslinjerne køres typisk i et stort gitter af linjer med et interval på flere kilometer. De anvendes typisk til at opnå en generel viden om geologien i et område, inden der gennemføres yderligere udforskningsaktiviteter (Fig. A-1). Varigheden af en 2D-seismisk undersøgelse går fra nogle få uger og op til et par måneder, afhængigt af størrelsen af det område, der skal undersøges.

Signalerne fra luftkanonerne er korte, intense impulser, der typisk udsendes for hver 12,5-25 m (ca. hvert 6. til 12. sekund) og genererer lavfrekvente lydbølger (5 til 200 Hz). Luftkanonbatterierne genererer en energi med lydtrykniveauer (peak to peak) på omkring 244 dB re 1  $\mu\text{Pa}$  på 1 m afstand.

Historisk set er marine 2D-seismiske undersøgelser blevet anvendt til tidlig udforskning, og Maersk Oil har indsamlet en signifikant mængde 2D-seismiske data i den danske del af Nordsøen. Marin 2D-seismik anvendes dog ikke længere i modne olieområder, og det er usandsynligt, at Maersk Oil vil indsamle marine 2D-seismiske data i den danske del af Nordsøen i fremtiden.



**Fig. A-1** Skematisk illustration af en marin 2D-seismisk undersøgelse /1/

#### A.3.2 3D-seismiske undersøgelser

3D-seismiske undersøgelser giver mere detaljerede billeder af geologien under havbunden end en 2D-seismisk undersøgelse, fordi en 3D-seismisk undersøgelse foretages i et meget tættere gitter. 3D-seismik udføres normalt i områder, hvor der allerede er foretaget 2D-seismiske undersøgelser.

I 3D-undersøgelser indsamles grupper af sejllinjer (eller "swaths") med den samme retning i modsætning til 2D, hvor linjerne typisk indsamles i et tyndt gitter af krydsende linjer med retninger, som defineres i forhold til den dominerende geologiske struktur. 3D-sejllinjeafstanden er normalt omkring 300-600 meter, afhængigt af antallet af anvendte kabler. Under de fleste 3D-

undersøgelser slæber et enkelt undersøgelsesfartøj et eller to luftkanonbatterier og talrige kabler (6 til 16) efter sig, hvilket betyder samtidig indsamling af mange tætliggende linjer under havbunden (se Fig. A-2). Den typiske afstand mellem linjerne er 25 meter. Resultatet af en 3D-undersøgelse efter databehandling og -fortolkning er en geologisk 3D-model af undergrunden, på baggrund af hvilken der kan udtrækkes kort, som viser de geologiske forhold.

Under 3D-undersøgelser placeres der ofte et hjælpefartøj foran undersøgelsesfartøjet for at bane vejen, og et andet hjælpefartøj sejler bag ved sejllinjerne for at markere slæbekablets afslutning.

Et seismisk undersøgelsesfartøj er typisk 100 m langt og 30 m bredt og slæber et eller to seismiske luftkanonbatterier efter sig med flere kabler, som kan være op til 8 m lange og dække en afstand mellem sejllinjerne på op til én kilometer i bredden.

Som ved 2D-seismik er signalerne fra luftkanonerne korte, intense impulser, der typisk udsendes hvert 6.-12. sek. og genererer lavfrekvente lydbølger (5 til 200 Hz). Luftkanonerne genererer en energi med lydtrykniveauer (spids til spids) på omkring 244 dB re 1  $\mu$ Pa på 1 m afstand /2//4//5/.

3D-seismiske undersøgelser kan også foretages vha. havbundskabler (OBC) eller såkaldte havbunds nodes (OBN). Dette er systemer, som anvender sensorer, der placeres direkte på havbunden med henblik på modtagelse af seismiske signaler genereret af seismiske luftkanonbatterier som vist i Fig. A-3. Ved OBC- og OBN-undersøgelser er de seismiske kilder generelt de samme som dem, der er beskrevet ovenfor i forbindelse med 2D- og 3D-seismiske undersøgelser.

3D-undersøgelser dækker fra ca. 100 kvadratkilometer og op til nogle få tusind kvadratkilometer og kan tage flere måneder.



**Fig. A-2** 3D-seismisk undersøgelse /6/

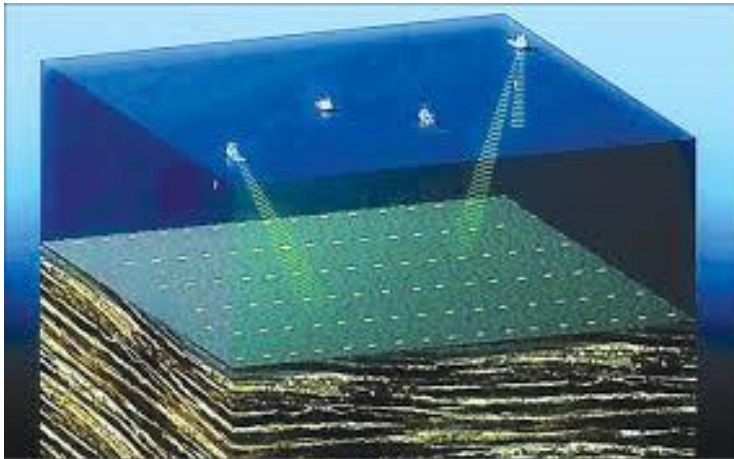
#### A.3.3 4D-seismiske undersøgelser

4D-seismik er 3D-seismiske undersøgelser gentaget over en tidsperiode. Metoden omfatter indsamling, behandling og fortolkning af gentagne 3D-seismiske undersøgelser over et kulbrinteproducerende felt. Målet er at bestemme ændringerne i reservoiret over tid ved at sammenligne de gentagne datasæt. Et typisk endeligt produkt er et tidsforskudt datasæt (dvs. de seismiske data fra undersøgelse 1 fratrækkes dataene fra undersøgelse 2), og forskellen viser, hvor der er sket reservoirændringer.

4D-undersøgelser foretages som 3D-seismiske undersøgelser med slæbekabler eller med havbundsnodes eller havbundskabler gentaget på den samme placering over tid (muligvis flere år). Fordelen ved noder og bundkabler er, at de kan placeres præcist på deres tidligere placering, efter at de har været fjernet fra de tidligere undersøgelser, ideelt set bør undersøgelsen være en

nøjagtig gentagelse af basisundersøgelsen (den tidligere seismiske undersøgelse) for bedst muligt at kunne observere ændringer i reservoiret.

Ligesom 3D-undersøgelser dækker 4D-undersøgelser fra ca. 100 kvadratkilometer og op til nogle få tusind kvadratkilometer og kan tage flere måneder. I de fleste tilfælde er 4D-undersøgelser mindre omfattende, fordi de normalt fokuserer på et enkelt produktionsfelt eller nogle få nabofelter. Hyppigheden af gentagelsen af den seismiske undersøgelse afhænger af datakrav og vil normalt være hvert 2. til 6. år.



**Fig. A-3** Skematisk illustration af en 3D- eller 4D-undersøgelse vha. havbundsnode /3/

#### A.3.4 Undersøgelser af borerisici og geofysiske undersøgelser på lav dybde

Forud for boringen af en brønd gennemføres en risikoundersøgelse for at identificere og kortlægge alle potentielle farer i forhold til installationen af boreriggen og boreoperationen. Resultaterne af undersøgelsen bruges til at planlægge en sikker installation af boreriggen og til at planlægge brønd- og boreoperationer, således at eventuelle farer afbødes.

En undersøgelse af borerisici i den danske del af Nordsøen tager typisk en uge inden for et område på 1 x 1 km og dækker både det foreslåede borested og planlagte placeringer af aflastningsbrønde og omfatter følgende:

- Højopløselige 2D-multikanalseismiske data
- Højopløselige 2D-enkeltkanalundergrund profildata
- Side scan sonar data
- Multibeam- og singlebeam-ekkolod data
- Sedimentprøver fra havbunden
- Magnetometer (valgfrit).

Der gennemføres lignende geofysiske undersøgelser for at understøtte designet, projekteringen og konstruktionen af rørledningerne, platformene og andre produktionsanlæg.

Undersøgelsesudstyret og det anvendte fartøj er det samme som til undersøgelser af borerisici, men den højopløselige 2D-multikanalseismiske spredning indgår ikke i undersøgelsen. Til as built-undersøgelser af fx rørledninger anvendes typisk undersøgelsessensorer udlagt med ROV (fjernstyret undervandsfartøjs) samt videokameraer til visuel inspektion.

Den højopløselige 2D-multikanalseismiske spredning, der anvendes i forbindelse med undersøgelser af borerisici, ligner de konventionelle 2D-seismiske marine undersøgelsesspredninger, bortset fra kildens mindre volumen og et kortere kabel, der typisk er 600 m langt. Det typiske signalniveau fra den seismiske kilde er

230 - 240 dB re 1  $\mu$ Pa på 1 m afstand (spids til spids) og skudpunktsintervallet typisk 6,25 meter (ca. 3 sekunder). Kilden og kablet trækkes ved en dybde på 2,5-3 meter for at gøre det muligt at registrere højfrekvente og højopløselige seismiske data.

Højopløselige 2D-enkeltkanal undergrundskilder kan inddeles i elektrisk genererede kilder (fx akustisk alarm, "boomer" og "sparker") og pneumatisk genererede kilder (fx luftkanon og vandkanon). Modtageren til akustiske alarm- og "chirp"-systemer er en integreret del af den seismiske kilde (transceiveren), mens de andre systemer anvender et særskilt enkeltkanalkabel. Højopløselig 2D-enkeltkanalseismik anvendes til at undersøge stratigrafien under havbunden ned til en vanddybde på maks. ca. 100 m afhængigt af kilden og havbundens karakter. "Sparker"- og "boomer"-systemernes driftsfrekvenser ligger inden for området 200 Hz – 5 kHz med signalniveauer på omkring 204-227 dB re 1  $\mu$ Pa på 1 m afstand (spids til spids). Akustiske alarm- og "chirp"-systemer arbejder ved frekvenser, der ligger inden for området 3-40 kHz og med signalniveauer på omkring 120-208 dB re 1  $\mu$ Pa på 1 m afstand (spids til spids).

Side-scan sonar anvendes til at give et akustisk "billede" af havbunden for at identificere og kortlægge naturlige og menneskeskabte havbundsforhold såsom kampesten, geologiske blotninger, rørledninger, brøndhoveder og andre havbundsforhold. Data fra målinger med side-scan sonar kan også i en vis udstrækning anvendes til at klassificere havbunds sedimenttyper. Driftsfrekvenserne for side-scan sonarsystemer varierer afhængigt af anvendelse, men ligger inden for området 100-900 kHz med akustiske signalniveauer på omkring 220dB re 1  $\mu$ Pa på 1 m afstand (peak to peak).

Single- og multibeam-ekkolod anvendes til at registrere dybdemålingsdata med henblik på kortlægning af havbundens topografi og morfologi.

Prøvetagning af havbundssediment vha. en kerneprøveudtager ned til en dybde på 1-2 meter udføres for at fastslå havbundens sedimentforhold og understøtte fortolkningen af dataene fra side-scan sonar og de enkeltkanal seismiske data.

Desuden er der mulighed for at anvende et magnetometer til at identificere og kortlægge jernholdige genstande på eller lige under havbunden, fx rørledningskabler, efterladte brøndhoveder osv.

#### A.3.5 Seismiske borehulsundersøgelser

Borehuls seismik eller vertikal seismisk profilering (VSP) bruges til at skaffe dybde- og hastighedsparametre omkring en brønd, hvilket kombineret med seismiske overfladedata kan kalibrere resultater og give specifikke reservoirforhold omkring et brøndhul.

Borehuls seismik udføres vha. en række geofoner, som sænkes ned i et brøndhul for at registrere data fra en seismisk kilde. Den seismiske kilde kan anvendes på forskellige måder: enten fra et luftkanonbatteri ved platformen (rigkilde) eller trukket efter et lille kildefartøj.

Varigheden af vertikal seismisk profilering er normalt kort, dvs. 1-2 dage, og det maksimale støjniveau er 244 dB re 1  $\mu$ Pa på 1 m afstand (spids til spids), men normalt lavere (omkring 232 dB re 1  $\mu$ Pa på 1 m afstand).

### A.4 Alternativer

I forbindelse med udforskning efter olie og gas er der en række forskellige geofysiske metoder, der kan benyttes til indsamling af oplysninger om de geologiske forhold på havbunden, fx tyngdefeltmålinger og magnetiske målinger. Men de udgør ikke et alternativ til de seismiske undersøgelser, da disse andre geofysiske metoder ikke kan tilvejebringe data og oplysninger med den samme nøjagtighed og detaljeringsgrad som seismik. Maersk Oil overvåger den teknologiske udvikling for at sikre, at der anvendes den bedste tilgængelige teknik til indsamling af seismiske data.

## A.5 Miljømæssige og sociale aspekter

I det følgende opsummeres de miljømæssige og sociale aspekter i forbindelse med seismiske undersøgelser, som vurderes i den projektspecifikke vurdering af virkninger.

### A.5.1 Planlagte aktiviteter

De primære miljømæssige og sociale aspekter i forbindelse med Maersk Oil's marine seismiske dataindsamling omfatter:

- Brændstofforbrug og emissioner fra undersøgelsesfartøj
- Akustisk støj generet af fartøjer og det seismiske udstyr
- Fysisk forstyrrelse af havbunden på grund af udstyr

#### A.5.1.1 Brændstofforbrug og emissioner til luften

Typisk brændstofforbrug for de forskellige typer undersøgelsesfartøjer er angivet i Tabel A-1. Forbruget varierer afhængigt af, om fartøjerne er i gang med indsamling eller i transit. Det bør bemærkes, at brændstofforbruget vil variere meget, afhængigt af bl.a. undersøgelsesfartøjernes type, størrelse og alder, og at det faktiske brændstofforbrug kan afvige fra de generelle tal i tabellen.

**Tabel A-1** Estimerer over dagligt brændstofforbrug for forskellige typer undersøgelsesfartøjer.

Beskrivelse	Fartøjstype	Typisk brændstofforbrug under dataindsamling Tons/dag	Typisk brændstofforbrug under transitsejlad Tons/dag
2D-, 3D-, 4D-seismisk undersøgelse	Seismisk kildefartøj	35	25
Undersøgelser af borerisici og geofysisk undersøgelse til lav dybde	Lavtvands geofysisk undersøgelsesfartøj	6	12
Seismisk borehulsundersøgelse	Forsyningsfartøj	1,7	3,8

Emissionsfaktorer for estimering af emissioner til luften fra fartøjer er vist i Tabel A-2. Værdierne er baseret på branchespecifikke erfaringer og anvendes til beregning af emissionerne på grundlag af det estimerede brændstofforbrug.

**Tabel A-2** Emissionsfaktorer for fartøjer /7/

Emissioner (t / t brændstof)	t CO <sub>2</sub>	t NO <sub>x</sub>	t N <sub>2</sub> O	t SO <sub>2</sub>	t CH <sub>4</sub>	t nmVOC
Fartøjer	3,17	0,059	0,00022	0,0020	0,00024	0,0024

#### A.5.1.2 Støj

Den seismiske kilde generer akustiske støjniveauer, der potentielt kan påvirke plankton, benthiske samfund, fisk, havpattedyr og havfugle. Den støj, der genereres af undersøgelsesfartøjernes skruer og bovpropeller, er yderligere kilder til akustisk støj i forbindelse med seismiske aktiviteter.

### A.5.2 Utilsigtede hændelser

Følgende ulykker med potentielle miljømæssige og sociale konsekvenser vil kunne forekomme som et resultat af utilsigtede udslip i forbindelse med seismiske undersøgelser udført for eller af Maersk Oil:

- Fartøjskollision med stigrør eller platform
- Fartøjskollision med andre fartøjer
- Større ulykker på fartøjerne
- Mindre utilsigtede udslip eller udledninger

## A.5.3 Resumé

De primære miljømæssige og sociale aspekter i forbindelse med marin seismisk dataindsamling er angivet i Tabel A-3.

**Tabel A-3 Miljømæssige og sociale aspekter samt virkningsmekanismer i forbindelse med seismiske undersøgelser**

Drift	Aktivitet	Virkningsmekanisme	Potentiel receptor
<b>Seismiske undersøgelser</b>	Geofysiske 2D-, 3D-/4D- og borehuls seismik	Støj fra undersøgelsesfartøj og seismiske kilder	Plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle
		Emissioner til luften	Klima og luftkvalitet
		Restriktioner på anden skibstrafik	Marin arealanvendelse, fiskeri og turisme
	3D- og 4D-seismik vha. havbundsnoder eller -kabler: udlægning af seismisk bunddystyr (havbundsnoder og -kabler)	Fysisk forstyrrelse af havbunden	Sedimentkvalitet, bentiske samfund, fisk, kulturarv, marin arealanvendelse, fiskeri
	Geofysiske undersøgelser til lav dybdehavbundsprøvetagning	Fysisk forstyrrelse af havbunden	Sedimentkvalitet, bentiske samfund, fisk, kulturarv, marin arealanvendelse, fiskeri
<b>Utilsigtede hændelser</b>	2D, 3D/4D, geofysiske undersøgelser og borehuls seismik	Olieudslip på grund af fartøjskollision med stigrør eller platforme	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, kulturarv, beskyttede områder, marin areal anvendelse, fiskeri, turisme
		Olieudslip på grund af fartøjskollision med forsyningsfartøj	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, kulturarv, beskyttede områder, marin arealanvendelse, fiskeri, turisme
		Olieudslip på grund af fartøjskollision med olietanker	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, kulturarv, beskyttede områder, marin arealanvendelse, fiskeri, turisme

**A.6 Referencer**

- /1/ M., Slatt Roger Developments in Petroleum Science, chapter 4 - Tools and Techniques for Characterizing Oil and Gas Reservoirs, 2013
- /2/ OGP, International sammenslutning af geofysiske entreprenører "An overview of marine seismic operations", rapport nr. 448 april 2011
- /3/ <http://geoscienceworld.org/>
- /4/ Gausland, I. "Seismic Surveys Impact on Fish and Fisheries", Norwegian Oil Industry Association (OLF). Marts 2003
- /5/ Caldwell, J., Dragoset, W. "A brief overview of seismic airgun arrays. August 2000
- /6/ <http://www.thrustmaster.net/applications/offshore/seismic-vessel/>
- /7/ E&P Forum, 1994. Methods for Estimating Atmospheric Emissions from E&P Operations. rapport nr. 2, 59/19. September 1994.



## B. RØRLEDNINGER OG STRUKTURER

Nærværende afsnit "B – Rørledninger og strukturer" fokuserer på de typer, som Maersk Oil anvender i Nordsøen. Afsnittets revisionshistorik er opsummeret nedenfor:

	Revision	Ændringer
B – Rørledninger og strukturer	0 (07-01-2015)	-
B – Rørledninger og strukturer	1 (29-01-2015)	Opdatering efter Maersk Oil's gennemgang
B – Rørledninger og strukturer	2 (29-04-2015)	Opdatering efter Maersk Oil's gennemgang

### B.1 Rørledninger

#### B.1.1 Formål

Stålrørledning anvendes af Maersk Oil til at transportere væske (olie, kondensat, gas under tryk, vand eller kemikalier) mellem platforme og mellem platform og landanlæg.

#### B.1.2 Generel beskrivelse

Rørledningerne varierer i længde afhængigt af afstanden mellem forbindelsespunkterne og i diameter afhængigt af den forventede væskevolumen der skal transporteres.

Rørledningerne nedgraves til en dybde på ca. 1,5-2,0 m under havbunden af hensyn til rørledningens stabilitet og for at reducere risikoen for beskadigelse pga. fx bundslæbende trawl og opankring.

For at beskytte rørledningerne mod beskadigelse eller korrosion anvendes en række forebyggende foranstaltninger (fx offeranoder), og der udføres vedligeholdelsesarbejde (fx inspektioner og rensning vha. intelligente grise – se afsnit B.1.4). I områder, hvor rørledningerne bøjer opad og ikke længere har kontakt til havbunden (fx ved hævningskrumninger eller rørledningskrydsninger), beskyttes rørledningerne af betonmadrasser eller sten. Rørledningernes stigrør på platformene er i de tilfælde, hvor de ikke er placeret mellem platformenes ben, beskyttet af fendere mod kollision af forsyningsfartøjer eller andre fartøjer ved platformene /1/. I få tilfælde hvor beskyttelse ved brug af fender ikke er mulig dimensioneres stigrør til at kunne modstå skibskollision. Endelig etableres der, for yderligere at reducere risikoen for beskadigelse, en 200 m sikkerhedszone på hver side af rørledningerne hvor opankring og trawling er forbudt iht. *bekendtgørelse om beskyttelse af søkabler og undersøiske rørledninger /2/*.

Alle rørledninger forsynes med trykalarmer til registrering af eventuelle lækager og med ventiler til isolering af rørledningerne fra platformene.

#### B.1.3 Installation af nye rørledninger

Det kan være nødvendigt at installere nye rørledninger i tilfælde af nye felter eller platformsudviklinger eller i tilfælde af udskiftning af eksisterende rørledninger. Hvis det er teknisk gennemførligt uden at bringe sikkerheden i fare, føres nye rørledninger tæt på den eksisterende rørledningsinfrastruktur.

Installation af rørledninger omfatter typisk følgende hovedtrin:

- Forundersøgelse af rørledningsruten: geologiske undersøgelser og sedimentundersøgelser af den foreslåede rørledningsrute til sikring af, at havbundsforholdene er egnet til installation, og at der ikke er nogen eksisterende forhindringer på ruten. Seismiske operationer i forbindelse med denne fase er beskrevet i det tekniske afsnit A - Seismik.
- Rørlægning: rørledningen lægges vha. et specialiseret læggefartøj, hvor de enkelte rørsektioner svejdes sammen på dækket eller hvor sammensvejsning har fundet sted i land.



Fig. B-1 viser et fartøj for førstnævnte tilfælde. Derefter sænkes de færdige rørledningssektioner ned på havbunden i en kontinuerlig proces.

- Nedgravning og beskyttelse af rørledningen: rørledningen nedgraves til en dybde på ca. 1,5-2,0 m under havbunden. Nedgravningen af rørledningen i havbunden foregår enten vha. pløjning, nedspuling eller mekanisk skæring.
- Klargøring: Rørledningen fyldes først med behandlet havvand, som indeholder en lav koncentration af korrosionsinhibitor (typisk maks. 500 ppm), for at forhindre beskadigelse af rørledningen. Derefter renses rørledningen, og urenheder fjernes vha. grise (pigs). Efter rensning trykprøves rørledningen med behandlet havvand. Under disse operationer udledes der en samlet volumen af behandlet havvand, som svarer til ca. 305 % af rørledningens volumen med mindre særlige forhold så som ekstraordinær intern rensning tilsiger andet.
- Idriftsættelse (herunder gasfyldning): rørledningen tømmes og tilsluttes til produktionsanlæggene. For gastransporterende rørledninger kan der også være krav til intern tørring for at mindske risiko for intern isdannelse ved opstart samt injektion af nitrogen for at fjerne antændingsrisiko, som ellers kunne opstå ved blanding af gas og atmosfærisk luft.



**Fig. B-1 Læggefartøj under operation**

Den samlede varighed af installationen af en rørledning afhænger af rørledningens størrelse og tager typisk op til 3-5 måneder.

#### B.1.4 Vedligeholdelse

Der udføres regelmæssigt vedligeholdelsesarbejde for at sikre en kontinuerlig sikker drift af rørledningssystemet.

Udvendige inspektioner ved hjælp af fjernstyrede undervandsfartøjer (ROV'er) foretages regelmæssigt for at fastslå, om rørledningerne har flyttet sig (fx ved ændringer i havbundskonfiguration eller hævningskrumning) og om der er fremmedlegemer tæt på rørledningen (trawl-net, menneskeskabt affald) osv.

Indvendig korrosionsbeskyttelse af rørledningerne foregår enten kemisk og/eller fysisk. Korrosionsinhibitorer føjes til de transporterede produkter. Rørledninger, som transporterer våd gas, tilsættes hydratinhibitor (se teknisk afsnit C – Produktion).

Afhængigt af det indhold, der transporteres i en rørledning, og driftsforholdene, sendes der regelmæssigt grise (ugentligt til årligt) gennem hver rørledning for at kontrollere opbygningen af skadelige aflejringer, som vil kunne resultere i ukontrolleret indvendig korrosion i rørledningerne.

"Intelligente grise" anvendes i rørledningerne med varierende intervaller, som fastlægges ved en individuel risikostatus for rørledningen, for at bekræfte rørledningernes integritet og overvåge steder i rørledningen, hvor der kan opstå korrosion og mekaniske fejl.

Når en gris skal indføres i eller trækkes ud af rørledning, skal adgangspunktet (grisefælden) først trykaflestes og drænes på en kontrolleret måde. Når slusedøren åbnes, vil en drypbakke med forbindelse til det lukkede drænsystem opsamle overskydende væske i slusen. Grisefælder monteres med sikkerhedsanordninger, hvilket betyder, at de ikke kan åbnes, mens de er under indvendigt tryk.

#### B.1.5 Alternativer

Alternativet til at benytte rørledninger til at transportere de producerede kulbrinter til land, ville være at anvende en offshore lagertank fx en GBS (tyngdekraftbaseret struktur) eller en FSO-enhed (flydende lager- og afskibningsenhed) hvor kulbrinterne produceres, og der sker hyppig afskibning til land i tankere. Maersk Oil anvender rørledninger som den mest effektive og sikreste metode til at transportere kulbrinter, og det gælder både offshore og på land. FSO-systemer kan bruges som backup-systemer.

## B.2 Strukturer

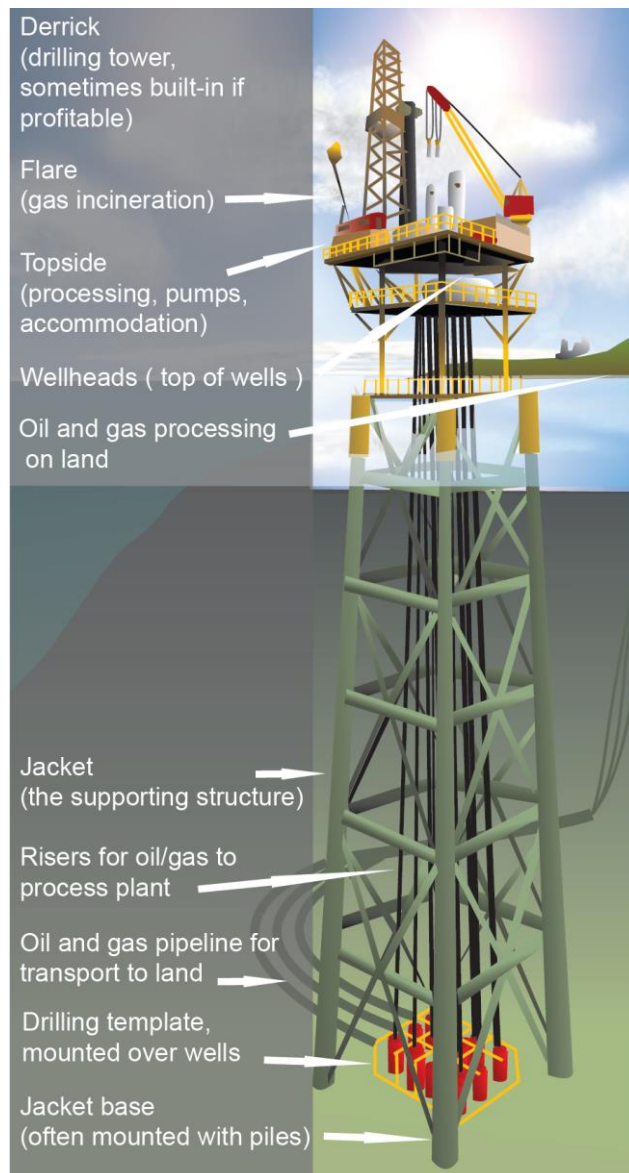
### B.2.1 Formål

Offshorekonstruktioner tilvejebringer de nødvendige faciliteter og udstyr til produktion af olie og gas i det marine miljø. Hvis udforskningsboringen er vellykket og produktion viser sig at være rentabel, vil der blive placeret et fast produktionsanlæg på stedet.

### B.2.2 Generel beskrivelse

Anlæg kan bestå af en eller flere platforme eller én integreret produktionsplatform. I Danmark anbringes produktionsanlæggene direkte på havbunden på grund af produktionsfelternes placering og vanddybde. Anlæg drives primært af gasturbiner, mens der anvendes dieselgeneratorer til kraner osv. Diesel benyttes desuden som backup-system til hovedgasturbinesystemet (se også teknisk afsnit C - Produktion).

I Fig. B-2 vises de elementer og funktioner, som indgår i de forskellige dele af en producerende offshore installation.



**Fig. B-2** Principskitse af et offshore produktionsanlæg (fra /4/; gengivet venligst med tilladelse fra offshoreenergy.dk)

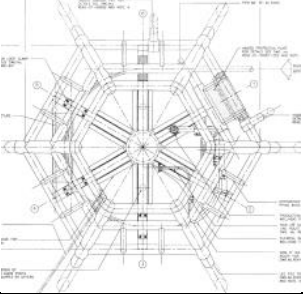
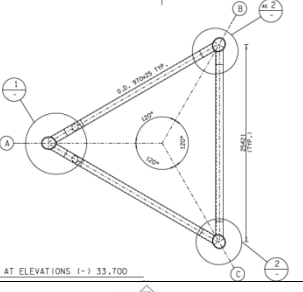
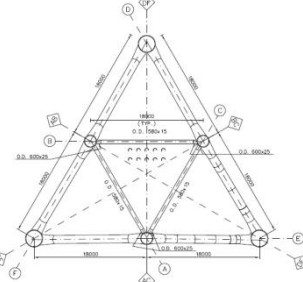
Med det formål at reducere risikoen for kollision mellem fartøjer og installationer, etableres en 500 m sikkerhedszone omkring faste installationer, hvor opankring og trawling er forbudt iht. *bekendtgørelse om sikkerhedszoner og zoner til overholdelse af orden og forebyggelse af farer /3/*.

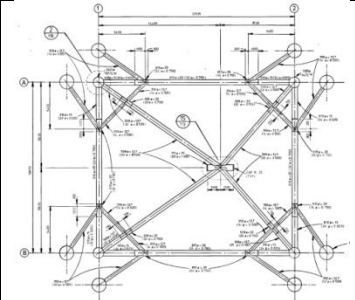
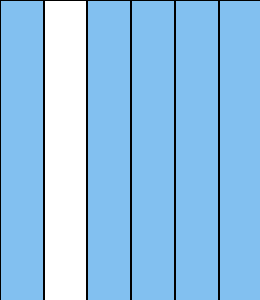
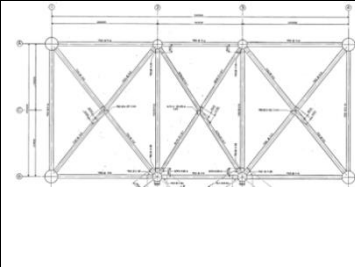
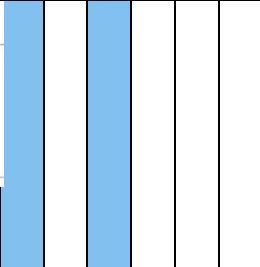
I den danske del af Nordsøen anvendes der to typer platforme, nemlig bemandede behandlings-/produktionsplatforme og satellitplatforme. Hovedparten af satellitplatformene er ubemandede og fjernstyres fra de bemandede platforme. De ubemandede platforme besøges jævnligt med henblik på udførelse af vedligeholdelse- og eventuelt reparationsarbejde.

### B.2.3 Alternativer

Tabel B-1 giver et overblik over de forskellige typer strukturer, der kan overvejes i de relativt lavvandede områder i den danske del af Nordsøen (typisk 35-70 meter). Krav til projektets omfang, kapacitet og funktion (fx antallet af brønde, overbygningens vægt) bestemmer størrelsen og konfigurationen af installationstypen.

**Tabel B-1** Oversigt over typiske installationer i Nordsøen med fordele og ulemper ved hver enkelt type konstruktioner anført

Koncept	Set ovenfra	Typisk anvendelse						Fordele	Ulemper
		Behandling	Gasafbrænding	Beboelse	Brøndhoved	Brøndulstøtte	Stiarør		
Undersøisk færdiggørelse								Billig fabrikation	Få brønde (1-4) Høje driftsomkostninger
Monotårn, sugebøttefundament	Pt. ikke en del af aktiverne. Tekniske gennemførelsesundersøgelser er i gang for at vurdere konceptet med henblik på fremtidig anvendelse i DUC-området							Letvægts bundkonstruktion. "Stille" installation uden pælefundament	Begrænset antal brøndslots (4-7) og overbygningsvægt . Begrænset antal pæle; derfor ikke egnet til alle havbundsforhold
Monotårn, pælefundament	Pt. ikke en del af aktiverne. Tekniske gennemførlighedsundersøgelser er i gang for at vurdere konceptet med henblik på fremtidig anvendelse i DUC-området							Letvægts bundkonstruktion. Billig fabrikation	Begrænset antal brøndslots (4-7) og overbygningsvægt . Begrænset antal pæle; derfor ikke egnet til alle havbundsforhold
STAR platform								Letvægts bundkonstruktion.	Begrænset antal brøndslots (6-10) og overbygningsvægt . Begrænset antal pæle; derfor ikke egnet til alle havbundsforhold
3-benet stålplatform								Letvægts bundkonstruktion.	Begrænset antal brøndslots (10-15) og overbygningsvægt . Begrænset antal pæle; derfor ikke egnet til alle havbundsforhold

<p>4-benet stålplat- form</p>			<p>Stort antal brønde og tunge overbygninger. Tilstrækkelig plads til stigrør og J-rør.</p>	<p>Tung</p>
<p>8-benet stålplat- form</p>			<p>Stort antal brønde og tunge overbygninger. Tilstrækkelig plads til stigrør og J-rør.</p>	<p>Tung. Kan kræve alternative installationsløs- ninger, fx "launching", hvilket er dyrere</p>

Maersk Oil's DBU største behandlings- og produktionsanlæg består af flere 3- til 8-benede platforme, der er forbundet med broer. STAR-typen anvendes også ofte i forbindelse med ubemandede satellitplatforme. Opbygningen af en STAR platform og en 4-benet jack-up platform er vist i Fig. B-3.

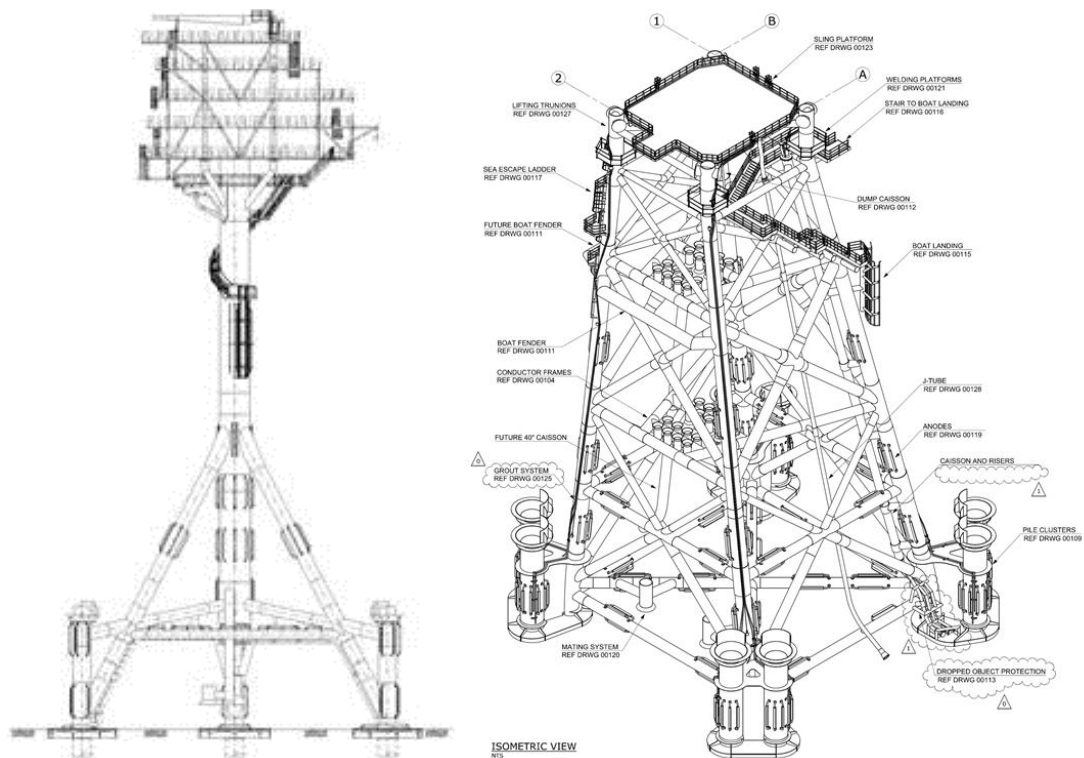


Fig. B-3 Skitse af en typisk STAR platform (til venstre) og 4-benet jack-up platform (til højre)

#### B.2.4 Installation af nye konstruktioner

Det kan være nødvendigt at tilføje nye installationer som en del af de fremtidige feltudviklinger.

Med undtagelse af undersøisk færdiggørelse er installation af en platform inddelt i 2-3 trin: Installation af jacket-konstruktionen på havbunden, installation af overbygningen og installation af en bro, hvis det er nødvendigt. De respektive platformsdele transporteres typisk fra land på en pram (se Fig. B-4). Først placeres og fastgøres jacket-konstruktionen på havbunden vha. flere pæle, som nedrammes 40-65 m i havbunden, og dernæst anbringes overbygningen. I Tabel B-2 vises footprint (benafstand) for den enkelte installationstype. Desuden vises antallet af pælemuffer, den typiske længde på en pæl og pæleramningens varighed for den enkelte installationstype.



**Fig. B-4** Tyra Sydøst-B anlæg (jacket-konstruktion, overbygning og bro) – bugseret til borested i 2014

**Tabel B-2** Footprint (benafstand) og ramningskrav for de forskellige installationstyper

Koncept	Antal pælemuffer	Footprint (benafstand) på havbunden	Typisk længde på fundamentspæl	Varighed pr. pæl (maksimalt)
Undersøisk færdiggørelse	Ingen	8 m x 8 m	Ikke oplyst	-
Monotårn, sugebøttefundament	Ingen	18 m diameter	15 m (ingen ramning)	-
Monotårn, pælefundament	(1)	6 m diameter	20 m	4 timer
STAR platform	3	25 m x 30 m	45-55 m	1 time
3-benet stålplatform	3	30 m x 36 m	45-55 m	1 time
4-benet stålplatform	4-12	25 m x 25 m	50-65 m	1 time
8-benet stålplatform	16-20	30 m x 55 m	40-50 m	1 time

I Tabel B-3 vises servicevarigheden for fartøjer anvendt til installation af hver af de typiske installationer, der er anført i Tabel B-1.



**Tabel B-3** Estimeret tidsforbrug ved arbejdsfartøjs etablering af nye installationer. d = dage

Koncept	Kranfartøj	Slæbebåd (1 stor + 2 små)
Undersøisk færdiggørelse 1)	4 d (mobilisering) 4 d (installation af struktur)	6 d (transport) 4 d (installation)
Monotårn, sugebøttefundament	6 d (mobilisering) 2 d (installation af jacket) 3 d (installation af topside)	6 d (mobilisering) 7 d (installation af jacket) 3 d (installation af topside)
Monotårn, pælefundament	6 d (mobilisering) 3 d (installation af jacket) 3 d (installation af topside)	6 d (mobilisering) 7 d (installation af jacket) 3 d (installation af topside)
STAR platform	6 d (mobilisering) 7 d (installation af jacket) 3 d (installation af topside)	6 d (mobilisering) 7 d (installation af jacket) 3 d (installation af topside)
3-benet stålplatform	6 d (mobilisering) 7 d (installation af jacket) 3 d (installation af topside)	6 d (transport) 7 d (installation af jacket) 3 d (installation af topside)
4-benet stålplatform	6 d (mobilisering) 8 d (installation af jacket) 3 d (installation af topside)	6 d (transport) 10 d (installation af jacket) 3 d (installation af topside)
8-benet stålplatform	6 d (mobilisering) 10 d (installation af jacket) 4 d (installation af topside)	6 d (transport) 10 d (installation af jacket) 4 d (installation af topside)
1) Dykkerfartøj anvendt til undersøisk færdiggørelse, varighed 6 d		

### B.2.5 Vedligeholdelse

Strukturernes integritet sikres via undersøgelser, hvor der udføres kontrol af problemer såsom begroning, underminering og tjek af effektiviteten af det katodiske beskyttelsessystem. Desuden udføres der overvågning af korrosion, konstruktionernes strukturernes integritet og visuelle undersøgelser for eventuelle skader.

## B.3 Miljømæssige og sociale aspekter

Her opsummerer vi de miljømæssige og sociale aspekter der er i forbindelse med rørledninger og konstruktioner og udvælger dem, der skal undersøges nærmere i den projektspecifikke vurdering af virkninger.

### B.3.1 Planlagte aktiviteter

De primære miljømæssige og sociale aspekter i forbindelse med Maersk Oil's tilstedeværelse og konstruktion af rørledninger og konstruktioner omfatter:

- Konstruktionernes tilstedeværelse
- Trafik med arbejdsfartøjer
- Emissioner til luften
- Undervandsstøj
- Udledninger til havet (planlagte og utilsigtede)
- Ændring af havbundens morfologi og sedimentspredning
- Ressourceforbrug og generering af affald
- Socioøkonomisk bidrag til samfundet.

#### B.3.1.1 Brændstofforbrug og emissioner til luften

Brændstofforbrug og emissioner i forbindelse med rørlægningen er direkte forbundet med anlægsarbejdets varighed, som igen afhænger af rørledningens længde. Vagtskibe benyttes i hele anlægsperioden (ca. 3 måneder), og dykkerfartøj forventes anvendt til forskelligt undersøisk inspektions- og sammenkoblingsarbejde ("tie-in") ca. 1 måned, uafhængigt af rørledningens størrelse.

I Tabel B-4 vises fartøjernes typiske arbejdshastighed samt brændstofforbrug. For vagtskibe og dykkerfartøjer er brændstofforbruget ikke direkte relateret til fastlæggelse af hastigheden. Derfor vises brændstofforbruget for den typiske anlægsfase af en rørledning.

**Tabel B-4 Brændstofforbrug for fartøjer anvendt til konstruktion af nye rørledninger**

Fartøjstype	Arbejdshastighed	Dagligt forbrug (t)	Forbrug/rørledning [t/km]
Læggefartøj	2 km/dag	34,2	17,1
Undersøgelsesfartøj	2 km/dag	4,3	2,1
Nedgravningsfartøj	5 km/dag	17,1	3,4
OOS-fartøj	5 km/dag	4,3	0,9
Vagtskib	Ca. 3 mdr. service	0,4	38.4 t/rørledning
Dykkerfartøj (DSV)	Ca. 1 mdr. service	10,2	307 t/rørledning

I Tabel B-3 vises servicevarigheden for fartøjer anvendt til installation af hver af de typiske installationer, der er anført i Tabel B-1. Det tilsvarende brændstofforbrug for disse fartøjer og en beboelsesrig er anført i Tabel B-5.

**Tabel B-5 Varighed og brændstofforbrug i forbindelse med konstruktionsinstallation**

Installationstype	Fartøjstype	Dage	Dagligt forbrug [t]	Samlet forbrug [t]
Undersøisk færdiggørelse	Kranfartøj	8	50,0	400
	Stor slæbebåd	10	12,8	128
	Lille slæbebåd	10	2,14	21,4
	Dykkerfartøj (DSV)	6	10,3	61,5
	Samlet antal fartøjer	-	-	<b>611</b>
Monotårn, sugebøtte fundament	Kranfartøj	11	50,0	550
	Stor slæbebåd	16	12,8	205
	Lille slæbebåd	16	2,14	34,2
	Samlet antal fartøjer	-	-	<b>789</b>
Monotårn, pælefundament	Kranfartøj	12	50,0	600
	Stor slæbebåd	16	12,8	205
	Lille slæbebåd	16	2,14	34,2
	Samlet antal fartøjer	-	-	<b>839</b>
STAR platform 3-benet platform	Kranfartøj	16	50,0	800
	Stor slæbebåd	16	12,8	205
	Lille slæbebåd	16	2,14	34,2
	Samlet antal fartøjer	-	-	<b>1.039</b>
4-benet platform	Kranfartøj	17	50,0	850
	Stor slæbebåd	17	12,8	218
	Lille slæbebåd	17	2,14	36,3
	Samlet antal fartøjer	-	--	<b>1.104</b>
8-benet platform	Kranfartøj	20	50,0	1000
	Stor slæbebåd	20	12,8	256,2
	Lille slæbebåd	20	2,14	42,7
	Samlet antal fartøjer	-	-	<b>1.299</b>
Beboelsesrig	Beboelsesrig	1	4,6	4,6
	Rigflytning vha. stor slæbebåd	8	12,8	102
	Rigflytning vha. lille slæbebåd 1	8	2,1	17,1
	Rigflytning vha. lille slæbebåd 2	8	2,1	17,1
	Totalt, rigflytningsbåde	-	-	<b>137</b>



Emissionsfaktorer for estimering af emissioner til luften fra fartøjer er vist i afsnit A – Seismik.

### B.3.1.2 Støj

Støj genereres under rørlægning og havbundsindgreb og ved fartøjernes generelle operationer.

### B.3.2 Utilsigtede hændelser

Følgende ulykker med potentielle miljømæssige og sociale konsekvenser vil kunne forekomme som et resultat af utilsigtede udslip i forbindelse med installation, vedligeholdelse og tilstedeværelse af rørledninger og konstruktioner:

- Rørledningsbrud (korrosion eller erosion) og kollision
- Fartøjskollision med stigrør eller platform
- Fartøjskollision med andre fartøjer
- Mindre utilsigtede udslip eller udledninger

### B.3.3 Resumé

De primære miljømæssige og sociale aspekter i forbindelse med installation og drift af rørledninger er angivet i Tabel B-6. De primære miljømæssige og sociale aspekter i forbindelse med installation og drift af konstruktioner er angivet i Tabel B-7.

Afvikling af rørledningerne er beskrevet i det tekniske afsnit G - Afvikling.

**Tabel B-6 Miljømæssige og sociale aspekter samt virkningsmekanismer i forbindelse med rørledninger**

Fase	Aktivitet	Virkningsmekanisme	Mulig receptor
<b>Rørlednings-installation</b>	Rørlægning og havbundsindgreb	Beslaglæggelse af havbundsoverflade	Sedimentkvalitet, bentiske samfund, fisk, kulturarv, marin areal anvendelse, fiskeri
		Turbiditet/sedimentationsforøgelse	Vandkvalitet, plankton, fisk, havpattedyr, havfugle
		Ændringer af havbundens morfologi	Sedimentkvalitet, bentiske samfund, fisk, kulturarv, marin areal anvendelse, fiskeri
		Støj	Plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle
		Restriktioner af skibstrafik og fiskeri	Marin areal anvendelse, fiskeri og turisme
	Klargøring	Udledning af behandlet havvand	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, beskyttede områder
	Fartøjsoperation	Emissioner til luften	Klima og luftkvalitet
		Udledninger til havet	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, beskyttede områder
		Generering af affald	Bidrag til affaldspuljen
		Ressourceforbrug	Anvendelse af ikke-genoprettelige ressourcer
	Installationsarbejde generelt	Indvirkning på skatteindtægter og arbejdsstyrke	Beskæftigelse og skatteindtægter
<b>Rørlednings-drift</b>	Blotlagt rørledningsoverflade, sten og lignende	Fysisk indvirkning på havbunden - hårdt substrat	Sedimentkvalitet, bentiske samfund, fisk, kulturarv, marin areal anvendelse, fiskeri

Fase	Aktivitet	Virkningsmekanisme	Mulig receptor
<b>Utilsigtede hændelser</b>	Rørledningslækage pga. korrosion, kollision med anker	Olielækage	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, kulturarv, beskyttede områder, marin areal anvendelse, fiskeri, turisme
		Frigivelse af gasser	Klima og luftkvalitet, marin areal anvendelse og fiskeri
	Udslip ved brug af grise	Frigivelse af olie / kemikalier	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, kulturarv, beskyttede områder, marin areal anvendelse, fiskeri, turisme
	Fartøjskollision	Frigivelse af olie / kemikalier	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, kulturarv, beskyttede områder, marin areal anvendelse, fiskeri, turisme

**Tabel B-7 Miljømæssige og sociale aspekter samt virkningsmekanismer i forbindelse med konstruktioner**

Fase	Aktivitet	Virkningsmekanisme	Mulig receptor
<b>Konstruktions-installation</b>	Platformsinstallation	Beslaglæggelse af havbundsoverflade	Sedimentkvalitet, bentiske samfund, fisk, kulturarv, marin areal anvendelse, fiskeri
	Pælefundering	Støj	Plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle
	Fartøjsoperation	Emissioner til luften	Klima og luftkvalitet
		Udledninger til havet	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, beskyttede områder
		Generering af affald	Bidrag til affaldspuljen
		Ressourceforbrug	Anvendelse af ikke-genoprettelige ressourcer
	Installationsarbejde generelt	Indvirkning på skatteindtægter og arbejdsstyrke	Beskæftigelse og skatteindtægter
<b>Konstruktions-drift</b>	Tilstedeværelse af konstruktion	Lys	Plankton, fisk, havpattedyr, havfugle
		Restriktioner af skibstrafik og fiskeri	Marin areal anvendelse, fiskeri og turisme
		Indvirkning på beskæftigelse og samfundsøkonomi	Det danske samfund og arbejdsstyrke
	Installationer på havbunden	Erosion af havbunden - lokal erosion omkring platformens ben	Sedimentkvalitet, bentiske samfund, fisk, kulturarv, marin areal anvendelse, fiskeri
		Fodaftryk - tilstedeværelse på havbundsoverfladen	Sedimentkvalitet, bentiske samfund, fisk, kulturarv, marin areal anvendelse, fiskeri

Fase	Aktivitet	Virkningsmekanisme	Mulig receptor
	Tilstedeværelse af platformsbøen i vandet	Fysisk indvirkning og hårdt substrat (platformsbøen)	Plankton, fisk
<b>Utsigtede hændelser</b>	Kollision mellem fartøj og konstruktion	Olie- eller kemikalieudslip fra fartøj	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, benthiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, kulturarv, beskyttede områder, marin areal anvendelse, fiskeri, turisme

#### B.4 Referencer

- /1/ Maersk Oil, 2011. Vurdering af virkninger på miljøet fra yderligere olie og gasaktiviteter i Nordsøen. Juli 2011.
- /2/ Energiministeriet, 1992. Bekendtgørelse nr. 939 af 27. november 1992. Bekendtgørelse om beskyttelse af søkabler og undersøiske rørledninger.
- /3/ Energiministeriet, 1985. Bekendtgørelse nr. 657 af 30. december 1985. Bekendtgørelse om sikkerhedszoner og zoner til overholdelse af orden og forebyggelse af fare.
- /4/ Offshoreenergy.dk, 2014. Offshore Book Oil & Gas, 3. udgave, maj 2014.
- /5/ E&P Forum, 1994. Methods for Estimating Atmospheric Emissions from E&P Operations. Rapport nr. 2, 59/19. September 1994.

## C. PRODUKTION

Nærværende afsnit "C - Produktion" fokuserer på metoder i forbindelse med Maersk Oil's produktion i Nordsøen. Afsnittets revisionshistorik er opsummeret nedenfor:

	Revision	Ændringer
C – Produktion	0 (07-01-2015)	-
C – Produktion	1 (29-01-2015)	Opdatering efter Maersk Oil's gennemgang
C – Produktion	2 (29-04-2015)	Opdatering efter Maersk Oil's gennemgang
C – Produktion	3 (30-06-2015)	Opdatering efter Maersk Oil's gennemgang, brug af kemikalier

### C.1 Formål

Behandling er nødvendig for at separere den væske, der udtages fra reservoiret (en blanding af olie, gas, vand og faste partikler), og for at Maersk Oil kan eksportere olien og gassen til land og udlede eller reinjicere det behandlede vand. Indledningsvis kan den blanding, der kommer fra reservoiret, hovedsagelig bestå af kulbrinter, men over tid øges vandandelen typisk, og væskebehandlingen bliver mere udfordrende. Væsken kan behandles på forskellige Maersk Oil-anlæg inden eksport.

### C.2 Overblik over olie-, gas- og vandproduktion

Separation af olie, gas og vand finder normalt sted i flere stadier under anvendelse af centrifugalkraft eller tyngdekraft. Det er nødvendigt med forskellige driftsenheder til at bistå processen, men den generelle proces er som følger:

Den producerede væske strømmer ind i to 3-fasede separatorer – en højtryksseparator og en lavtryksseparator, der drives i serie. Her separeres væsken vha. tyngdekraft i tre dele: olie, gas og vand. Princippet bag en trefaset separator er vist i Fig. C-1 /1/.

Hydrocykloner kan anvendes til yderligere separation af vand og olie vha. centrifugering. Ved afslutningen af separationsprocessen eksporteres den stabiliserede råolie til land eller til andre anlæg med henblik på yderligere behandlinger, mens gassen indsamles og behandles.

### Three Phase Separator

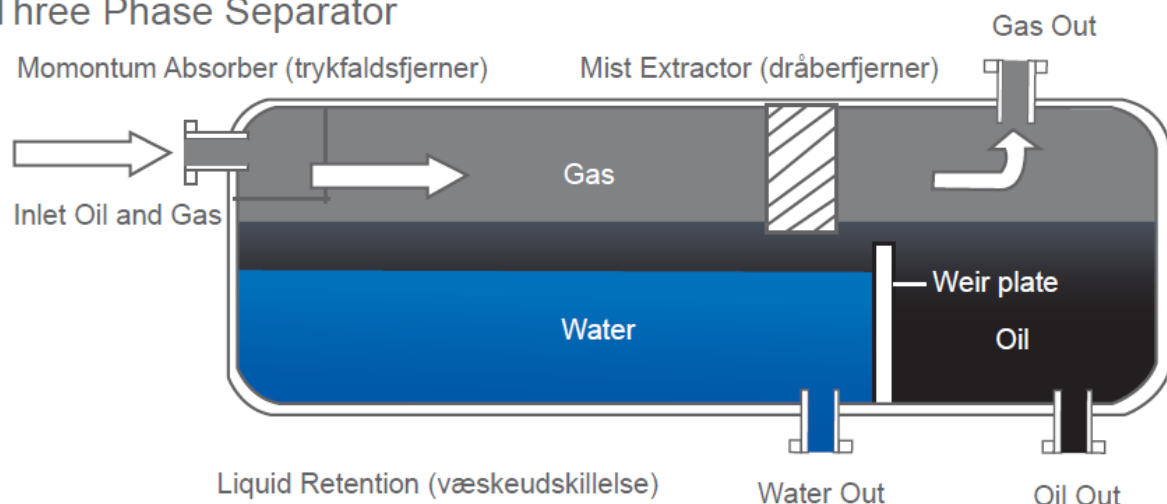


Fig. C-1 Skitse af en trefaset separator (fra /1/; gengivet venligst med tilladelse fra offshoreenergy.dk)

Gas fra separatoren renses for urenheder (fx  $H_2S$ ), komprimeres og tørres, inden den anvendes som løftegas i produktionsbrønde, som brændstoftgas i gasturbinerne eller eksporteres til andre anlæg eller i land. En meget lille del af gassen afbrændes. Flaring (gasafbrænding) er nødvendig af sikkerhedsmæssige årsager i tilfælde af ingen eller utilstrækkelig gaskompressionskapacitet eller i tilfælde af nedlukninger i nødsituationer, procesafbrydelser osv.

Efter behandling kan det producerede vand enten udledes til havet eller reinjiceres direkte i reservoiret, hvis feltets fysiske egenskaber og det producerede vands volumen tillader det. Det producerede vand overvåges for dets olieindhold.

Den energi, der er nødvendig for at drive Maersk Oil's proces- og beboelsesfaciliteter, er ofte en blanding af selvproduceret naturgas og diesel, som leveres pr. skib. Naturgas anvendes som brændstoftilgas i gasturbiner, der driver strømgeneratorer og direkte drev til primær gaskompressorer samt højtryks-vandinjektionspumper. Diesel anvendes til dobbeltbrændstofturbiner, kraner og nødudstyr såsom brandpumper osv. Elektricitet genereret af turbiner på stedet anvendes til belysning, beboelse og til at drive alt andet procesudstyr end det større direkte drevne udstyr.

### C.3 Alternativer

Reservoirvæske skal adskilles og stabiliseres med henblik på sikker transport. Der er intet alternativ til de generelle procesoperationer, der er beskrevet ovenfor. Maersk Oil optimerer kontinuerligt anvendelsen og udledningen af kemikalier ved løbende at revurdere designet, processen og vedligeholdelsen af sine anlæg og ved valget af materialer og stoffer til offshore brug. Maersk Oil gennemgår jævnligt gennemførligheden af reinjektion af produceret vand.

### C.4 Miljømæssige og sociale aspekter

Her opsummerer vi de miljømæssige og sociale aspekter i forbindelse med produktionen og udvælger dem, der skal undersøges nærmere i den projektspecifikke vurdering af virkninger.

#### C.4.1 Planlagte aktiviteter

De primære miljømæssige og sociale aspekter i forbindelse med Maersk Oil's produktion af olie og gas omfatter:

- Emissioner til luften
- Støj
- Udledninger til havet (planlagte og utilsigtede)
- Generering af affald
- Socioøkonomisk bidrag til samfundet.

Emissioner forårsages først og fremmest af flaring samt forbrænding af gas og diesel i turbiner/motorer på produktionsplatforme. Et anlægsspecifikt estimat af flaring og energikrav gives i redegørelse for miljømæssige og sociale virkninger (ESIS).

##### C.4.1.1 Brændstofforbrug og emissioner til luften

CO<sub>2</sub>-emissioner forårsages primært af gasafbrænding og forbrænding af gas og diesel i turbiner/motorer på de stationære produktionsplatforme. NO<sub>x</sub>- og SO<sub>x</sub>-emissioner forårsages typisk af brugen af fossile brændstoffer til energiproduktion og gasafbrænding.

Et anlægsspecifikt estimat af flaring og energikrav gives i redegørelse for miljømæssige og sociale virkninger (ESIS).

##### C.4.1.2 Produktionskemikalier

Maersk Oil bruger produktionskemikalier til at optimere processerne i forbindelse med væskeproduktion, separation og transport. Brugen af kemikalier er ikke alene nødvendig for den tekniske ydeevne, men også for udstyrets tekniske integritet og operationens generelle sikkerhed (dvs. ved at reducere korrosion). Kemikalier er påkrævet for at opnå en effektiv separation af olie og vand, idet koncentrationen af olie herved reduceres i det producerede vand, der udledes.

En fraktion af de tilsatte kemikalier vil enten blive en del af oliefraktionen og sendt til land eller en del af vandfraktionen og udledt til havet eller reinjiceret i reservoiret. Anvendelse af kemikalier og udledning til havet er kun tilladt efter forudgående godkendelse fra Miljøstyrelsen. Mængderne og typerne af kemikalier kontrolleres og optimeres konstant.

En liste over Maersk Oil's primære kemikalier, deres generelle anvendelse og opdeling i vand-/oliefase er vist i Tabel C-1. Tabellen viser også farvekodningssystemet iht. OSPAR 2010 /2/:

- Sorte:** Medmindre der foreligger særlige omstændigheder, er der et forbud mod anvendelsen af sorte kemikalier. Maersk Oil har ikke anvendt disse siden 2005.
- Røde:** Disse kemikalier er miljøskadelige og indeholder en eller flere komponenter, som for eksempel har potentiale til at ophobes i levende organismer eller er langsomt nedbrydelige. Ifølge OSPARs anbefalinger skal udledningen af disse kemikalier være ophørt 1. januar 2017. Siden 2008 har Maersk Oil udfaset røde kemikalier og anvender dem udelukkende, når sikkerhedsmæssige, tekniske eller miljømæssige hensyn gør det nødvendigt. Udledningsniveauet er faldet betydeligt siden 2010.
- Grønne:** Disse består af miljømæssigt acceptable komponenter, der er optaget på OSPARs PLONOR-liste, og som "udgør lille eller ingen risiko" for miljøet.
- Gule:** Disse kemikalier falder ikke ind under de øvrige klassificeringer og kan normalt udledes.

Maersk Oil forfølger til stadighed den bedst gennemførlige løsningsmodel med det formål at substituere kemikalier med mere miljøvenlige løsninger.

Maersk Oil har udfaset brugen af røde kemikalier siden 2008. Der forventes ikke udledning af røde kemikalier, men det kan forekomme i begrænset mængde i tilfælde af, at sikkerhedsmæssige, tekniske og miljømæssige hensyn ikke kan opfyldes af alternative produkter, der er underlagt forudgående godkendelse fra Miljøstyrelsen.

**Tabel C-1** Anvendelse og formål med de forskellige produktionskemikalier, vist sammen med kemikaliernes skæbne (omtrentlig andel i hhv. olie- og vandstrøm, angivet med nummer af +)

Produkt-type	Anvendelse/ formål	Farve-kodning	Opløselighed	
			Olie	Vand
Syre Grønne	Mange anvendelsesområder offshore. Anvendes til at opløse aflejringer af uorganisk scale (typisk carbonat- eller sulfidbaseret scale) i forbindelse med rensning af fx brønd, rørledning, ventil, filter, hydrocyklon osv. Anvendes også til pH-tilpasning og brøndstimulering.		0	++++
Antiskumningsmiddel	Skumbehandlingskemikalier. Surfaktantkemi. Antiskumningsmidler er meget ofte uopløselige i skumningsvæsken. Reducerer eller fjerner skum forårsaget af fx trykfrigivelse eller omrøring af en væske. Typisk baseret på uopløselige olie, silikoner (fx poly dimethyl siloxaner (PDMS) og fluorosilikoner), visse typer alkohol, stearater eller glykoler.		+++	+
Frostbeskyttelsesmiddel (glykol)	Typisk anvendt offshore er mono ethylen glykol (MEG, ethylenglykol). Meget ofte anvendt til at reducere frysepunktet for vandbaserede kemikalier og væsker. I mange systemer også anvendt som hydratinhibitor. Mono ethylen glykol (MEG) anvendes typisk som frostbeskyttelsesmiddel i lukkede køle-/varmesystemer. I nogle tilfælde anvendes desuden tri ethylen glykol (TEG). Reducerer frysepunktet og forhøjer også kogepunktet for køle-/varmevæsken. Frostbeskyttelsesmidler udvider varme-/kølevæskens anvendelsesområde.		0	++++
Biocider	Mange anvendelsesområder. Reducerer væksten af mikroorganismer i rørledninger, processystemer, beholdere, dræningssystemer, lukkede systemer, havvand, vandinjektionssystemer osv. Kemikalier anvendt offshore er typisk baseret på hypochlorit (havvandsbehandling), aldehyder (eller aldehydfrigivende stoffer) eller THPS (tetrakis (hydroxymethyl) fosfoniumsulfat). Offshoreanvendelse heraf sker fortrinsvis i forbindelse med korrosionsforebyggelse eller H <sub>2</sub> S-relaterede problemer såsom reservoirforsuring.		+	+++

Produkt-type	Anvendelse/ formål	Farve-kodning	Opløselighed	
			Olie	Vand
Korrosions hæmmende kemikalier	Mange anvendelsesområder. Anvendes som korrosionshæmmer i rørledninger, processystemer, lukkede systemer, vandinjektionssystemer osv.		+	+++
Demulgeringsmiddel	Demulgeringsmidler anvendes offshore for at øge hastigheden af separationen af emulsioner dannet af olie og vand. Et hyppigt anvendt synonym for demulgeringsmiddel er emulsionsbryder. Et demulgeringsmiddel formuleres ofte til en specifik emulsion. Et demulgeringsmiddel kan indeholde mellem to og fire forskellige aktive forbindelser opløst i opløsningsmidler. De forskellige forbindelser påvirker overfladespændinger af olie-/vanddråber og forurenende stoffer, som forekommer i emulsionen. Normalt anvendes termen demulgeringsmiddel i offshore sammenhæng om det olieopløselige produkt, der injiceres opstrøms af olie-/vandseparatorer for at opnå lavt BS&W (lavt vandindhold) i den eksporterede oliephase.		+++	+
Friktionsreduktor	Friktionsreduktorer eller flowforbedrere anvendes til at øge gennemstrømningen i en rørledning, hvor rørlængdekapaaciteten eller det tilgængelige trykfald (dP) er begrænset. Friktionsreduktorens effektivitet afhænger af graden af turbulens i rørledningen, jo højere Reynolds-tal, desto højere effektivitet.		++++	0
Glykol, TEG	Tri ethylen glykol (TEG) anvendes typisk offshore i gasdehydreringssystemer og i nogle tilfælde også som frostbeskyttelsesmiddel.		++	++
H <sub>2</sub> S-fjerner ("H <sub>2</sub> S scavenger")	H <sub>2</sub> S-fjernere anvendt offshore benyttes typisk til fjernelse af H <sub>2</sub> S i gassen. Typisk baseret på høj pH-triazinkemi. Bør generelt injiceres i våd gas ved høje temperaturer for at være mest effektiv.		+	+++
Methanol	Methanol anvendes offshore primært som hydratforebyggelse.		0	++++
Iltfjernere	Kemikalier baseret på bisulfat anvendes typisk i havvandsinjektionssystemer for at fjerne ilt i vandet. Injiceres normalt offshore i returvandet i bunden af det afflittede tårn.		0	++++
Scale-inhibitor	Scale-inhibitorer anvendes for at forhindre scale-aflejringer i rørledninger, ventiler og processystemer. Scale vil typisk være et problem ved en ændring af saltbalancen i vandfasen. Når produceret vand trykaflestes offshore, vil det typisk medføre dannelse af carbonat. Sulfatdannelse er et typisk problem, når havvand med forskelligt saltindhold blandes, fx når sulfatindeholdende havvand blandes med barium-indeholdende produceret vand.		+	+++
Opløsningsmiddel	Opløsningsmidler anvendes til at opløse aktive materialer til håndterbare opløsninger og tilsættes normalt til kommercielle kemiske formuleringer. Selv om vand i sig selv er et opløsningsmiddel, anvendes termen fortrinsvis om olieopløselige produkter.		++++	0
Surfaktant	Surfaktanter er forbindelser, som reducerer overfladespændingen mellem to væsker eller mellem en væske og en partikel. Surfaktantmolekyler vil have en ende, der er hydrofobisk, og en anden, der er hydrofilisk.		++	++
Vandrensere	Langkædede og anionisk ladede polymerer baseret på polyacrylater er normalt anvendte vandrensere i Nordsø-regionen. Synonymer anvendt offshore for vandrensere er typisk: flokkulant, omvendt emulsionsbryder, omvendt demulgeringsmiddel, afolieringsmiddel, vandbehandlingskemikalier, polymerer osv.  Vandrensere indsamler mindre oliedråber i større mængder og øger dermed hastigheden af separationen af olie og vand. Vandrensere er vandopløselige kemikalier, og disse produkter injiceres normalt i det producerede vands afløb af separatorer.		0	++++
Vandinjektionskemikalier	Der anvendes flere produkter til at behandle vand, inden det kan injiceres i reservoiret. Typisk anvendes hypochlorit (biocid), biocider, iltfjernere, antiskumningsmidler, koaguleringsmidler (se vandrensere), scale-inhibitorer og nitrater.		0	++++

Produkt-type	Anvendelse/ formål	Farve-kodning	Opløselighed	
			Olie	Vand
Voksopløsningsmiddel	Voksopløsningsmidler er opløsningsmidler med opløselighedsegenskaber over for paraffinholdige kulbrinter. Effektiviteten af forskellige tilgængelige opløsningsmidler afhænger af temperaturen. I lavtemperaturreørledninger er det kun tunge aromatiske opløsningsmidler, der vil kunne opløse voks. Der er restriktioner for brugen af sådanne tunge aromatiske opløsningsmidler (af både erhvervmæssige og miljømæssige årsager), og hyppig rensning af rørledningerne vha. grise er afgørende for at holde rørledninger fri for voksaflejring.		++++	0
Voks-inhibitor	Voksinhibitorer er polymerer med geléagtige egenskaber knyttet til råoliens paraffinindhold. De fungerer ved at nedsætte råoliens flydepunkt. Et hyppigt anvendt synonym for voksinhibitorer er flydepunktsnedsætter ("Pour Point Depressant" (PPD)). Voksinhibitorer anvendt offshore er primært baseret på akrylater eller ethylen vinyl acetater, der er formuleret i en opløsningsmiddelpakke. Nogle voksinhibitorer indeholder voksdispenseringskemi (surfaktantkemi)		++++	0

#### C.4.2 Utilsigtede hændelser

Følgende ulykker med potentielle miljømæssige og sociale konsekvenser vil kunne forekomme som et resultat af utilsigtede udslip i forbindelse med produktionsaktiviteter /3/, /4/:

- Processystemfejl
- Fartøjskollision med stigrør eller platform
- Fartøjskollision med andre fartøjer
- Kransvigt, som medfører tabt last
- Brøndudblæsning ("blow-out")
- Mindre utilsigtede udslip eller udledninger

#### C.4.3 Resumé

De primære miljømæssige og sociale aspekter i forbindelse med produktion af olie og gas er angivet i Tabel C-2.

**Tabel C-2 Miljømæssige og sociale aspekter samt virkningsmekanismer i forbindelse med produktion**

Fase	Aktivitet	Virkningsmekanisme	Potentiel receptor
<b>Normal produktion</b>	Elproduktion	Ressourceforbrug (gas, diesel)	Anvendelse af ikke-genoprettelige ressourcer
		Emissioner til luften	Klima og luftkvalitet
		Generering af støj, lys	Plankton, benthiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle
	Sikkerhedsafbrænding af gas	Ressourceforbrug	Anvendelse af ikke-genoprettelige ressourcer
		Emissioner til luften	Klima og luftkvalitet
	Udluftning fra kolde skorstene	Udledning af ubrændte kulbrinter	Klima og luftkvalitet
	Udledning af produceret vand	Olie og kemikalier i produceret vand til havet	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, benthiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, beskyttede områder
Udledning af kølevand	Ændring i lokal havvandstemperatur, biocid	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, benthiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, beskyttede områder	



Fase	Aktivitet	Virkningsmekanisme	Potentiel receptor
	Udledning af spildevand	Organiske stoffer til havet	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, beskyttede områder
	Scale-fjernelsesoperationer ved farlige sænkekasser	Udledning af scale eller kemikalier til havet	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, beskyttede områder
	Rensning af separatorer, hydrocycloner osv.	Generering af fast affald, herunder muligvis NORM til deponering på land	Beskæftigelse, landanlæg
	Generering af affald	Generering af affald til genbrug, forbrænding og deponering på land	Beskæftigelse, landanlæg
	Skatteindtægter		Skatteindtægter
	Beskæftigelse offshore og onshore		Beskæftigelse
<b>Utilsigtede hændelser</b>	Udslip af olie eller kemikalier pga. processystemfejl	Olie eller kemikalier til havet	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, kulturarv, beskyttede områder, marin areal anvendelse, fiskeri, turisme
	Udledning af drænvand, lastvand, gevindsmøremiddel og annulusvæske	Rengøringsmidler og lign. til havet	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, kulturarv, beskyttede områder, marin areal anvendelse, fiskeri, turisme
	Kollision mellem fartøj og strukturer	Olie- eller kemikalieudslip fra fartøj	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, kulturarv, beskyttede områder, marin areal anvendelse, fiskeri, turisme
	Flygtige emissioner fra tætninger, sammensvejsninger, ventiler, flanger osv.	Emissioner til luften	Klima og luftkvalitet, marin areal anvendelse og fiskeri

**C.5 Referencer**

- /1/ OSPAR (the Oslo and Paris Commissions), 1992. Convention for the protection of the marine environment of the North-East Atlantic.
- /2/ OSPAR, 2010. OSPAR Recommendations 2010/4 on a Harmonized Pre-Screening Scheme for Offshore Chemicals.
- /3/ Oil Spill Response Limited, 2015. Oil Spill Risk Assessment, Xana-1X. Maersk Oil Document CONS0848 Rev00
- /4/ Oil Spill Response Limited, 2014. Oil Spill Risk Assessment, Siah NE-1X. Maersk Oil Document CONS0874 Rev02

## D. BORING

Nærværende afsnit "D - Boring" fokuserer på de boremetoder, som Maersk Oil anvender i Nordsøen. Afsnittets revisionshistorik opsummeres nedenfor:

	Revision	Ændringer
D – Boring	0 (07-01-2015)	-
D – Boring	1 (29-01-2015)	Opdatering efter Maersk Oil's gennemgang
D – Boring	2 (2015-04-29)	Opdatering efter Maersk Oil's gennemgang
D – Boring	3 (30-06-2015)	Opdatering efter Maersk Oil's gennemgang, ulykkesstatistikker, genboring

### D.1 Formål

Boring af brønde er nødvendigt for at kunne udvinde olie- og gasressourcer. Brønde anvendes til at transportere væsken (en blanding af olie, gas, vand, faste stoffer og kulbrintefrie gasser) fra det geologiske reservoir til Maersk Oil's produktionsanlæg, hvor væskebehandling finder sted (se teknisk afsnit C – Produktion). Brønde anvendes også til injektion af vand (havvand eller produceret vand) eller gas for at øge reservoirtrykket og forbedre indvindingsgraden af olie og gas.

### D.2 Brøndkonstruktion

Brøndens livscyklus deles op i flere driftsfaser: boring, færdiggørelse (komplettering), stimulering og efterladelse. Derudover kan en ældre brønd kræve vedligeholdelse i løbet af sin levetid.

Offshoreboring foregår fra faste installationer eller mobile jack-up borerigge, halvt nedsænkkelige borerigge eller boreskibe. I den relativt lavvandede danske del af Nordsøen udføres Maersk Oil's boreoperationer normalt fra jack-up borerigge (Fig. D-1). Disse rigge bugseres til borestedet og hæves efterfølgende op ("jack-up") over havet af 3 eller 4 støtteben. For at øge riggens stabilitet står benene på "spud cans" (fødder) på havbunden. Disse "spud cans" dækker et samlet område på flere hundrede kvadratmeter og kan synke 1-3 meter ned i havbunden.



Fig. D-1 Typisk jack-up borerig (Maersk Endeavour), her placeret ved platformen Kraka STAR

Boring af en brønd indledes ved at hamre (nedramme) et foringsrør ned i havbunden. Foringsrøret tjener til styring af borestrengen. Maersk Oil anvender typisk foringsrør på 26" (66 cm) eller 24" (61 cm), og nedramningen af et foringsrør tager ca. 6-8 timer. Under en boreoperation kan foringsrørene enten alle installeres ved påbegyndelsen af operationen ("batch setting") eller installeres enkeltvis som det første ved boringen af den enkelte brønd. Foringsrør kan kun nedrammes i sediment et ad gangen. Ved nedboring af foringsrøret, som det undertiden gøres i forbindelse med efterforskningsbrønde, er der risiko for at destabilisere platformene. Denne fremgangsmåde anvendes derfor ikke, når der bores ved en eksisterende platform. Derudover foretages der en vurdering af afstanden fra det planlagte borespor til de eksisterende brønde, når der bores tæt på eksisterende anlæg og brønde. Afhængigt af resultatet af vurderingen, kan produktionen fra eksisterende brønde lukkes midlertidigt mens den nye brønd bores.

Boringen foregår ved hjælp af en borekrone monteret i bunden af en borestreng, der er ophængt i boretårnet (Fig. D-2). Da Maersk Oil's brønde kan være flere kilometer lange, bores der brønde i flere sektioner. For hver sektion tilvejebringer borestammen, som består af borerør, der er skruet sammen, den rotation der er nødvendig for, at borekronen kan arbejde sig ned gennem de geologiske formationer.

Maersk Oil anvender ofte horisontale brønde for at øge reservoirdækningen. Der sker en gradvis hældning af brønden, mens den bores, således at den bliver horisontal i reservoiret og følger de olie bærende lag. Denne boreteknik anvendes navnlig i tynde kridtreservoirer. Den horisontale del af brønden kan have en længde på mere end 5.000 m. En brønds effektive længde kan øges yderligere ved at bore sidespor, hvis det er nødvendigt pga. driftsproblemer eller geologien under havbunden.

Under boringen pumpes boremudder (en blanding af vand eller olie og forskellige kemikalier) ned i borestrengen og ud gennem og omkring borekronen. Boremudderet har adskillige afgørende funktioner i forbindelse med boreoperationer. Boremudderet skyller og løfter knust udboret materiale (borespåner) op gennem brønden på ydersiden af borerøret og tilbage til riggen. Derudover har boremudderet flere andre funktioner, herunder værdifulde sikkerhedsfunktioner såsom at forhindre brøndudblæsning og anvendes også til afkøling og smøring af borekronen. Der tilsættes kemikalier til mudderet for at give det de nødvendige egenskaber (vægt, viskositet, reologi, smøring, pH-kontrol, antikorrosion) med henblik på fortsat sikre operationer. Eksempelvis kan baryt (hovedsagelig  $BaSO_4$ ) anvendes som et tyngdegivende middel til at kontrollere trykket i borehullet og forhindre brøndudblæsning.

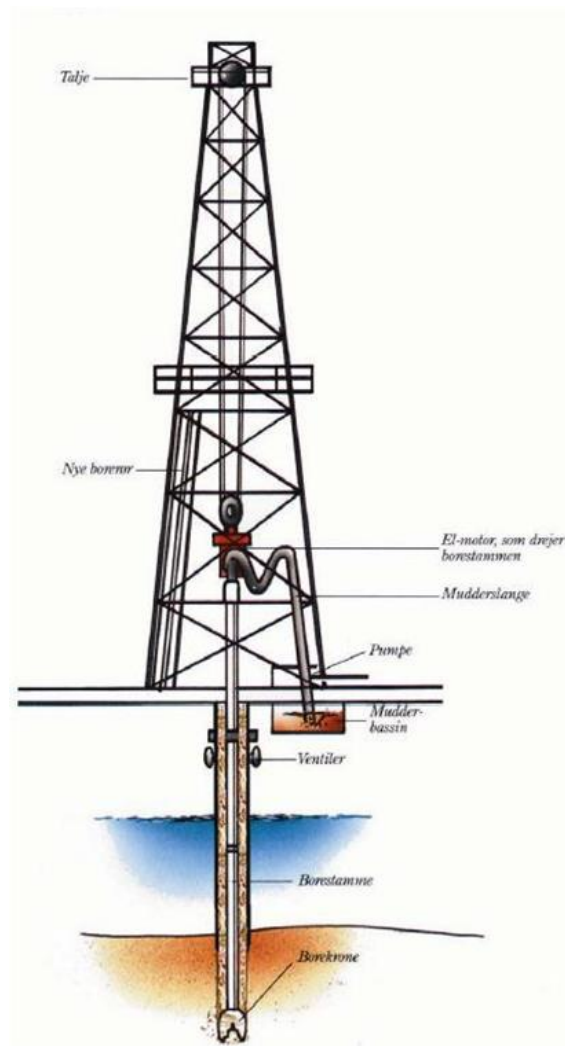
Generelt foretrækkes vandbaseret boremudder på grund af de lavere omkostninger hertil og dets mere miljøvenlige egenskaber. Oliebaseret mudder (OBM) er imidlertid påkrævet til nogle krævende boreoperationer (fx boring af meget devierede sektioner eller under forhold med højt tryk og høj temperatur). Dette er også tilfældet ved boring gennem vandfølsomme sektioner af ler eller skiferler, fordi formationens interaktioner med vand vil medføre, at borerøret får hullets vægge til at falde sammen. Det sker ofte, at der anvendes både vandbaseret og olie baseret boremudder i de samme brønde til forskellige sektioner /1/. Det mudder, der recirkuleres til overfladen, renses for borespåner og genbruges. Til sidst kan mudderet ikke længere genbruges og udledes sammen med borespåner (vandbaseret muddersektion) eller indsamles og transporteres til land (oliebaseret muddersektion) sammen med borespåner.

Efterhånden som boringen skrider frem, udvides borestrengen med et nyt rør indtil enden af sektionen. Når borehullet er boret, fjernes borestrengen. Stålrør sænkes ned i borehullet for at fore brønden, hvorefter foringsrørene cementeres fast til formationen. I forbindelse med vandbaserede sektioner udledes det materiale, der anvendes til cementering (hovedsagelig cement og kemikalier) til havet. Foringsrør og cement er afgørende for at sikre brøndens strukturelle integritet. Derefter gentages proceduren hver gang med en borekrone, som har en

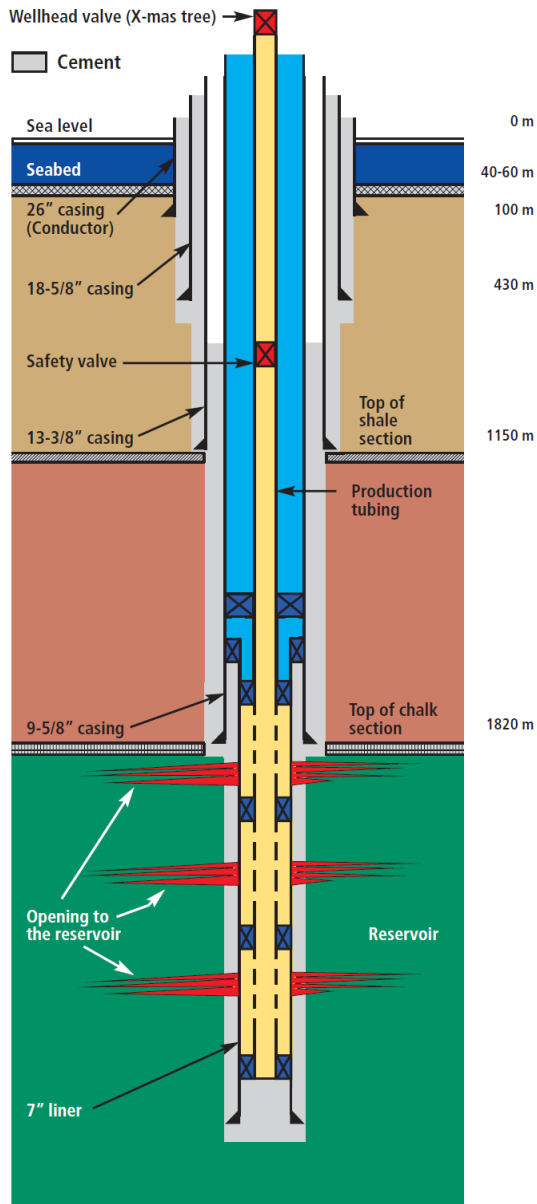
mindre diameter end den foregående. Tophulssektionen i en typisk Maersk Oil-brønd bores med en borekrone, der typisk har en diameter på 22" – 16" (41-56 cm), mens det foringsrør, der placeres i reservoiret, typisk har en endelig diameter på 7" (18 cm) i et borehul på 8,5" (22 cm) (se også D.8.1.5).

Når boringen er nået frem til mållokaliteten i reservoiret, er brønden "færdiggjort". Det inderste foringsrør perforeres flere steder for at give fri adgang for væskeudveksling mellem reservoiret og brønden (Fig. D-3). Efterfølgende installeres der en inderstreng for at dække perforeringerne med muffers, som enten kan give eller afskære adgang til perforeringen. Forbindelsen mellem brønden og kulbrinte-reservoiret forbedres afslutningsvis ved stimulering. Der gives en fuld beskrivelse af stimuleringsprocessen i det tekniske afsnit *E – Brøndstimulering*.

Maersk Oil anvender undertiden en stimulerings- og færdiggørelsesteknik med CAJ liner i stedet for perforering af hvert interval og installation af inderstrengen. CAJ liner er en ucementeret forboret liner, som sikrer en meget effektiv stimulering af en stor sektion af det horisontale reservoir, hvis reservoirsektionen er ensartet /2/. Både ved færdiggørelse og stimulering anvendes en blanding af kemikalier og lejlighedsvist sandkorn, der delvist udledes til havet (se teknisk afsnit E – brøndstimulering).



**Fig. D-2** Skitse, som viser en borerigs funktion



**Fig. D-3 Brønddiagram for en typisk produktionsbrønd (tre zoner)**

Generelt estimerer Maersk Oil, at en typisk brønd vil have mellem 60 og 150 borede dage fra nedramningen af foringsrøret til færdiggørelse/stimulering af brønden, afhængigt af brøndens kompleksitet.

### D.3 Boring vha. ekspanderbar liner og trykstyret boring (MPD)

Modne reservoirer, hvor der har fundet produktion sted i en årrække, er normalt kendetegnet ved store trykforskelle. Boring af nye produktionsbrønde i sådanne reservoirer kræver, at en del af reservoirsektionen isoleres med et foringsrør, inden resten af brønden bores.

For at undgå at skulle reducere hul diameteren på grund af det ekstra foringsrør kan der anvendes en ekspanderbar liner. Anvendelse af denne metode kræver, at 9-5/8" (24 cm) foringsrøret udskiftes med et 10-3/4" foringsrør. Den efterfølgende sektion dækkes med en 8-5/8" (22 cm) liner, som udvides med specialværktøj, hvorefter den resterende del af brønden kan bores til en hul diameter på 8-1/2" (22 cm). Den ekspanderbare liner anvendes kun til at dække kortere sektioner (ca. 60 m) med forskelligt tryk.

En anden måde at håndtere den store trykforskel i reservoirsektionerne på modne felter er at anvende styret trykbøringsudstyr (MPD). Når boremudderet cirkuleres omkring brønden, vil

friktionen normalt lægge ekstra tryk på formationen oveni den faktiske væskevægt. Når brønden ikke cirkuleres, vil væskens hydrostatiske tryk udligne formationstrykket plus en sikkerhedsmargin.

MPD-teknikken gør det muligt at reducere muddervægten, således at produktionen finder sted, mens boring og friktionen plus muddervægten er tilstrækkelig til at modvirke formationstrykket. Når brønden ikke producerer, anvendes der et roterende hoved på toppen af BOP'en og en afledningsmanifold for at tilvejebringe det nødvendige ekstra tryk, når der ikke produceres og således ikke tilføjes friktion til det hydrostatiske tryk.

Ved at anvende MPD-teknikken kan der tillades et større differenstryk ved brug af den samme hulstørrelse. Maersk Oil vil anvende denne teknik på nogle af brøndene i de modne områder.



**Fig. D-4** Udblæsningsforhinderer (BOP) på boreriggen ENSCO 71

Ved boring tæt på de eksisterende anlæg vurderes afstanden mellem de eksisterende brønde og det planlagte borespor, og de eksisterende brønde, der ligger inden for en sikkerhedszone, lukkes midlertidigt under boreoperationerne.

#### **D.4 Genboring**

Når produktionen fra en brønd ikke længere er rentabel, kan brøndenes slots anvendes til at få adgang til yderligere ressourcer. Dette foregår enten ved slotgenbrug eller genboring.

Slotgenbrug: Den overflødige brønd efterlades, og der anbringes et nyt foringsrør på havbunden, som genbruger den oprindelige brønds slot. Derefter bores og færdiggøres den nye brønd fra det nye foringsrør som en normal brønd.

Genboring (også kaldet sidespor): Sektioner af den overflødige brønd genbruges. Inden påbegyndelse af en genboring skal den øverste del af produktionsrøret bjærges og reservoirsektionen efterlades med cementpropper. Derefter sikres den oprindelige brønd, der fræses et hul i foringsrøret, og den nye brønd bores og færdiggøres som en normal brønd. Genboringen kan foretages fra et af de installerede foringsrør (fx fra produktionsforingsrøret eller mellemforingsrøret), afhængigt af det gamle foringsrørs tilstand og de geologiske mål for den nye brønd.



## D.5 Vedligeholdelse

Brøndindgreb kan være nødvendige for at bevare brøndens integritet eller for at optimere produktion eller injektion. Disse indgreb udføres normalt på brønde, der har produceret eller injiceret i en årrække, og som er ramt af beskadigelse, korrosion eller funktionsfejl.

I forbindelse med mindre reparationsarbejder kan det være tilstrækkeligt at udføre en reparation ved anvendelse af wireline- eller "coil tubing"- teknik til at sænke udstyr og måleudstyr ned i brønden.



Fig. D-5 Brøndintervention ved Halfdan, 2012

I forbindelse med mellemstore reparationsarbejder, anvendes der en hydraulisk reparationsenhed eller en borerig til optrækning og installation af den inderste produktionsstreng. Et tårn med hejseværk anbringes direkte over brønden. Når der anvendes en hydraulisk reparationsenhed, tryksættes brønden typisk, og alle væsker og gas fra brønden transporteres direkte til platformens behandlingsenheder.

I forbindelse med større reparationsarbejder er det nødvendigt at anbringe en borerig lige over brønden med henblik på at reparere produktionsrøret (WO-operation), udskifte rør eller lignende. WO-operationer kan gøre det nødvendigt at anvende og udlede kemikalier til havet.

Følgende WO-typer udføres typisk af Maersk Oil:

**Mindre WO-operationer:** Omfatter udskiftning af produktionsrøret (completion). Der placeres en prop dybt nede i produktionsrøret under produktionspakningen for at have en barriere mod reservoiret. Derefter udskiftes "juletræet" med en udblæsningsforhinder (BOP) for at kunne trække det gamle produktionsrør ud og udskifte den med et ny.

**Mindre WO-operationer med scale:** Udføres i tilfælde af, at produktionsrøret i løbet af årene er blevet fyldt med scale og derfor har en reduceret diameter. Produktionsrøret udfræses således, at der kan sættes en prop dybt nede under produktionspakningen. Det resterende arbejde er det samme som beskrevet under Mindre WO-operationer.



**Mellemstore WO-operationer:** Udføres, når produktionsforingsrøret er korroderet. Foringsrøret repareres ved at køre en såkaldt scab tie-back liner, hvorefter der installeres et nyt produktionsrør.

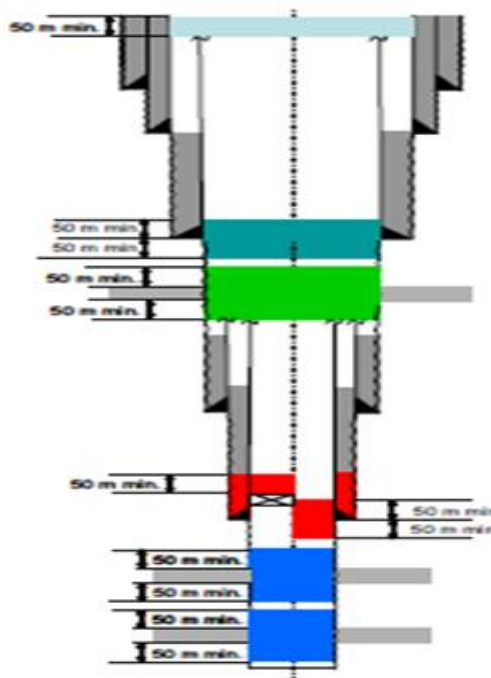
**Mellemstore WO-operationer med scale:** Udføres i tilfælde af, at produktionsrøret igennem årene er blevet fyldt med scale og derfor har en reduceret diameter og skal udfræses for at kunne sætte en prop dybt nede under produktionspakningen. Det resterende arbejde er det samme som beskrevet under Mellemstore WO-operationer.

**Større WO-operationer** Denne type brøndindgreb omfatter reparation eller udskiftning af dele af eller hele den nederste del af færdiggørelsen, reparation af tryk bag produktions- eller mellemforingsrøret, udfræsningsoperationer, fastsiddende udstyr osv. Disse WO-operationer er mere komplekse.

Varigheden af en typisk brøndintervention kan variere fra 20-90 dage, afhængigt af arbejdets kompleksitet i forhold til større WO-operationer.

## D.6 Brøndafvikling

Når en brønd er udtjent, vil den blive afviklet vha. en borerig. Afviklingen foretages ved at bjærge den øverste færdiggørelsesstreng og efterfølgende anbringe cementpropper i brøndboringen, hvorved det sikres, at der er to barrierer mellem kulbrintebærende formationer og overfladen. Barriererne designes til at sikre integritet i forhold til alle forudsigelige eksponeringer og testes efter anbringelsen. Det faktiske antal cementpropper og placeringen heraf afhænger af de individuelle brøndforhold, men tegningen nedenfor viser et givent scenarior.



**Fig. D-6** Eksempel på et afviklingsscenario for en brønd. De farvede områder illustrerer cementpropper

En række ældre udforskningsbrønde er blevet sat midlertidigt ud af drift, således at der er mulighed for tie-back på et senere tidspunkt. Nogle af disse brønde vil i de kommende år blive afviklet permanent ved at anbringe cementpropper i brøndene, fjerne foringsrørene over havbunden og genetablere denne. Dette arbejde udføres enten af et dedikeret fartøj eller ved at flytte en borerig hen til det pågældende sted, hvorefter der afventes en individuel vurdering af det arbejde, der er nødvendigt.

## D.7 Alternativer

Der er intet alternativ til boring i forbindelse med offshore udvinding af olie og gas.

## D.8 Miljømæssige og sociale aspekter

Her opsummerer vi de miljømæssige og sociale aspekter i forbindelse med boring og udvælger dem, der skal undersøges nærmere i den projektspecifikke vurdering af virkninger.

### D.8.1 Planlagte aktiviteter

De primære miljømæssige og sociale aspekter i forbindelse med Maersk Oil's boreaktiviteter omfatter:

- Tilstedeværelse af borerig
- Emissioner til luften fra boreplatformes forbrændingsmotorer
- Støj fra nedramning af foringsrør, boring og platformsmaskiner
- Udledninger til havet
- Ressourceforbrug
- Generering af affald

Tilstedeværelsen af boreriggen har direkte indvirkning på miljøet, idet den optager et område af havbunden, påvirker strøm- og bølgeforskel i dens umiddelbare nærhedsområde og fungerer som et kunstigt rev. Desuden kan riggens tilstedeværelse med dens belysning have en visuel indvirkning på trækfugle, der flyver gennem området.

Forbrænding af brændstof, der bruges til at drive pumper, generatorer og kompressorer, resulterer i emission af kuldioxid (CO<sub>2</sub>), nitrogenoxid (NO<sub>x</sub>), dinitrogenoxid (N<sub>2</sub>O), metan (CH<sub>4</sub>), andre volatile organiske forbindelser (nmVOC) samt svovloxid (SO<sub>x</sub>). Forbrænding af brændstof til slæbebåde, der anvendes ved rigflytning, er også en kilde til emissioner. Brændstofforbruget i forbindelse med last- og mandskabstransport til boreplatforme er beskrevet i afsnit F. Et estimat over emissionerne kan afledes af det totale brændstofforbrug for to typer platforme og slæbebåde (Tabel D-9).

De højeste støjniveauer i forbindelse med boring frembringes ved ramning af foringsrør. Også andre dele af boreoperationen genererer signifikante støjniveauer.

I forbindelse med boring og vedligeholdelse af en brønd anvendes og udledes følgende materialer: boremudder, borespåner, cement og kemikalier.

Boremudder og borespåner udgør den væsentligste udledning til havet. WBM og borespåner (WBM-sektioner) udledes til havet, hvorimod OBM og borespåner (OBM-sektioner) vil blive fragtet til land med henblik på tørring og forbrænding. Vandbaseret boreblanding og borespåner kan indeholde spor af olie fra reservoiret. Mærsk overvåger olieindholdet nøje for at sikre, at den gennemsnitlige koncentration af olie i det udledte mudder eller borespåner ikke overstiger 2 %.

Som alternativer til bortskaffelse af borespåner (OBM-sektioner eller sloptanke) anvendes der i branchen også reinjektion af borespåner (CRI) og termisk behandling af offshoreborespåner (også kaldet OCTT- eller ROTOmil-metoden). I forbindelse med CRI reinjiceres borespåner direkte i formationen gennem den eksisterende brønd. CRI kan kun udføres under særlige geologiske forhold og har indtil nu ikke været anset for at være gennemførlig. I forbindelse med OCTT udtrækkes olie og vand vha. en termisk proces, hvorefter de behandlede faste stoffer kan udledes på grund af deres lave olieindhold (mindre end 1 %). Denne teknologi kan kun implementeres med en særlig borerig. Maersk Oil revurderer jævnligt CRI- og OCTT-muligheder ved planlægning af nye brønde.

En del af de kemikalier, der anvendes i boreblanding eller i forbindelse med cementering, færdiggørelse, brøndindgreb og afvikling, udledes. Hovedparten af de udledte kemikalier er optaget på OSPARs PLONOR-liste (udgør lille eller ingen risiko for miljøet). Der gives et estimat over omfanget af anvendelsen og udledningen af kemikalier for fire forskellige brøndtyper, som

forventes anvendt af Maersk Oil (Tabel D-2 til Tabel D-6). Kemikalier klassificeres i overensstemmelse med OSPAR Recommendation 2010/4 on a Harmonised Pre-screening Scheme for Offshore Chemicals /3/.

#### D.8.1.1 Overblik over materialeanvendelse og udledning ved boring af brønde

I forbindelse med konstruktionen af en brønd anvendes følgende materialer, se Tabel D-1:

- Boremudder
- Borespåner
- Cement
- Kemikalier anvendt til stimulering, færdiggørelse.

Kun det materiale, der anvendes eller indsamles i den vandbaserede sektion, udledes til havet, mens alle materialer, som stammer fra den oliebaseerede sektion, indsamles og transporteres til land.

Alle muddersystemer indeholder kemikalier for at opnå følgende egenskaber:

- Smøring
- Opbygning af en filterkage ind mod formationen
- Tilpasning af viskositet og reologi
- Tilpasning af vægt
- Mindskning af opsvulmning
- pH-stabilisering.

**Tabel D-1 Estimeret af borespåner pr. brøndsektion**

Hulsektion	Foring srør	Sektion	Bore- spåner	Mudder i	Mudder	Bore- spåner	Mudder
sektion		Dybde MD	Masse <sup>1</sup>	Bore- spåner <sup>2</sup>	Densi- tet <sup>2</sup>	og mudder	Type <sup>3</sup>
(")	(")	(m)	(ton)	(%)	(SG)	(ton)	
22	18 3/8	0-500	332	5	1,2	340	WBM
17 1/2	14	500-1.500	420	5	1,5	432	WBM
16	13 3/8	500-1.500	351	5	1,5	361	WBM
13 1/2	10 3/8	1.500-5.000	926	10	1,64	984	OBM
13 1/2	10 3/8	1.500-5.000	980	20	1,64	1.103	WBM
12 1/4"	9 5/8	1.500-5.000	763	10	1,64	811	OBM
12 1/4	9 5/8	1.500-5.000	807	20	1,64	908	WBM
8 1/2	7	2.500-6.000	403	20	1,4	446	OBM eller WBM
6	5	2.500-6.000	201	20	1,4	222	OBM eller WBM
8 1/2	CAJ	2.500-10.000	403	20	1,4	446	WBM
6	CAJ	2.500-10.000	201	20	1,4	222	WBM

<sup>1</sup>: Inkl. udvaskning, estimeret til 2 % (22-16"), 5 % (13 1/2"-12 1/4") og 10 % (8 1/2"-6"),

<sup>2</sup>: Estimeret, baseret på erfaringer,

<sup>3</sup>: WBM: Vandbaseret mudder, OBM: Oliebaseret mudder.

#### D.8.1.2 Boremudder

Der anvendes forskellige typer boremudder baseret på brøndens og reservoirets egenskaber.

I den øverste del af brønden (22" (56 cm) sektionen) anvendes havvand med præhydreret bentonit og kalk.

Præhydreret bentonit genbruges delvist til at bore den øverste sanddel af den næste sektion (16" (41 cm) eller 17-1/2" (44 cm) hulstørrelse). Mudderet omdannes til et dispergerende system af havvand og kalk ved boringen af den nederste del af sektionen.

Den næste sektion (12-1/4" (31 cm) eller 13 1/2" (34 cm) hulstørrelse) bores normalt vha. overtryk i tertiært skiferler. Der anvendes et inhiberet system for at sikre, at leret ikke tager vand ind fra boremudderet og svulmer op.

Lavtoksisk oliebaseeret mudder (OBM) anvendes normalt til at bore denne sektion. OBM anvendes også til at bore under forhold med højt tryk og høj temperatur (HPHT). Materialet fra disse sektioner transporteres ind til land med henblik på behandling og bortskaffelse.

Til vertikale brønde eller lavhædningsbrønde kan der også anvendes inhiberet vandbaseret mudder (WBM). Der anvendes normalt KCL/glykol, men WBM med høj ydeevne kan også være en løsning i forbindelse med lange vertikale efterforskningsbrønde.

Fin baryt er blevet indført for nylig som tyngdegivende middel og har indtil nu kun vist gode resultater.

Reservoir (8 1/2" (22 cm) størrelse) bores generelt med et lavt fast WBM-system, der er kompatibelt med den borede formation. Der er enkle muddersystemer med hovedsagelig viskositetsregulator og stoffer til væsketabskontrol. Syreopløselige additiver kan også tilsættes som en overgangsløsning.

Ved boring af brønde med lange horisontale sektioner og multilaterale brønde kan det være nødvendigt at fortsætte med yderligere en sektion (6" (15 cm)). I det tilfælde anvendes samme muddersystem som ved 8-1/2" (22 cm) sektionen.

Lavtoksisk OBM kan også anvendes i tilfælde af en lang horisontal sektion.

Den største mængde af de kemikalier, der udledes med mudderet, er optaget på OSPARs PLONOR-liste (udgør lille eller ingen risiko for miljøet) og vil blive kategoriseret som "grønne" kemikalier. Med tiden vil flere kemikalier blive substitueret med mere miljøvenlige kemikalier.

Der udledes ingen røde kemikalier til havet, idet de kun anvendes i lavtoksiske OBM-systemer. I nogle tilfælde, hvor boring forårsager særlige problemer, fx manglende hulstabilitet eller ekstraordinært tab af mudder i formationen samt gas eller olie i mudderet osv. kan der anvendes følgende produkter:

- Tabt cirkulationsmateriale (LCM)
- Antiskumning
- pH-tilpasning
- Baryt til øgning af densiteten
- Korrosionsinhibitorer
- Biocider
- Tilpasninger af viskositet og reologi

#### D.8.1.3 Borespåner

Borespåner fra formationen, som indsamles i brøndens vandbaserede muddersektion, udledes til havet, mens borespåner fra den oliebaseerede muddersektion transporteres til land, hvor de tørres og brændes.

Som alternativer til bortskaffelse af borespåner anvendes også reinjektion af borespåner (CRI) eller termisk behandling af offshore borespåner (også kaldet OCTT- eller ROTOmill-metoden), jf. afsnit D.8.1. Maersk Oil planlægger at anvende denne teknologi i fremtiden.

Der er ingen grænse for mængden af olie, der kan udledes i havet ved anvendelse af WBM-boring, men Maersk Oil bestræber sig på at holde oliekoncentrationen under 2 %.

#### D.8.1.4 Cement

18-5/8" (47 cm) og 13-3/8" (34 cm) foringsrøret cementeres fast til formationen på ydersiden hele vejen til havbunden. Overskydende cement udledes til havet. 9-5/8" (24 cm) foringsrøret cementeres til ca. 610 m ind i 13-3/8" (34 cm) foringsrøret. Udledningen til havet sker kun, hvis hulstørrelsen er reduceret, eller hvis cementen ikke sætter sig jævnt. Der pumpes en adskillelsesvæske ("spacer") ned mellem mudderet og cementen for at undgå en eventuel kontaminering.

7" (18 cm) lineren cementeres ikke hele vejen tilbage til overfladen, men kun til den nederste del af 9-5/8" (24 cm) foringsrøret. Hertil pumpes der yderligere adskillelsesvæske og cement ned for at sikre, at dette mål nås. Det samme gælder for 5" (13 cm) foringsrøret, hvis det anvendes.

Hvis der anvendes en CAJ liner (Controlled Acid Jet), cementeres den ikke.

Cementen er en API-blanding (klasse G) med additiver (retarder, stof til væsketabskontrol, for at gøre den gastæt). Adskillelsesvæsken indeholder havvand med nogle få additiver, primært salte, polymerer og tyngdegivende midler.

#### D.8.1.5 Kemikalier

Der skal indsendes en ansøgning til de relevante danske myndigheder for at opnå tilladelse til at anvende og udlede borekemikalier til havet. En del af ansøgningen er en miljømæssig klassificering af det enkelte kemikalie, som foretages i overensstemmelse med OSPAR Recommendation 2010/4 on a Harmonised Pre-screening Scheme for Offshore Chemicals /3/. Nedenstående farvekodningssystem, som anvendes af de danske operatører, er baseret på kriterierne iht. OSPAR, 2010 /3/ (som præsenteret i afsnit C.4).

Anvendelsen og udledningen af brugte kemikalier for fem typiske Maersk Oil-brøndtyper (afsnit D.2) vises i Tabel D-2 til Tabel D-6. Som det er tilfældet med produktionskemikalier, jf. afsnit C.4, er der ingen planer om udledning af røde kemikalier.

#### Brøndtype 1 - 7" cementeret liner + WBM i 12,25"

<b>22" sektion:</b>	0 - 500 mMD med præhydreret bentonit
<b>16" sektion:</b>	500-1.500 mMD med SW/kalk/naturler
<b>12,25" sektion:</b>	1.500-5.000 mMD med KCl/glykol
<b>8,5" sektion:</b>	5.000-6.000 mMD med lav fast WBM

**Tabel D-2      Anvendelse og udledning af kemikalier pr. brønd – brøndtype 1**

	OSPAR	Anvendelse pr. brønd	Udledning pr. brønd
	Klassifikation	Tons	Tons
Boremudder		1.800	1.800
		923	923
		0	0
Cement		79	10
		28	3,4
		0	0

Brøndtype 2 - CAJ liner + WBM i 12,25"

<b>22" sektion:</b>	0-500 mMD med præhydreret bentonit
<b>16" sektion:</b>	500-1.500 mMD med SW/kalk/naturler
<b>12,25" sektion:</b>	1.500-5.000 mMD med KCl/glykol
<b>8,5" sektion:</b>	5.000-10.000 mMD med lav fast WBM

**Tabel D-3**      **Anvendelse og udledning af kemikalier pr. brønd - brøndtype 2**

	OSPAR	Anvendelse pr. brønd	Udledning pr. brønd
	Klassifikation	Tons	Tons
Boremudder		2.421	2.421
		994	994
		0	0
Cement		631	76
		14	1,7
		0	0

Brøndtype 3 - 7" cementeret liner + OBM i 12,25"

<b>22" sektion:</b>	0 - 500 mMD med præhydreret bentonit
<b>16" sektion:</b>	500-1.500 mMD med SW/kalk/naturler
<b>12,25" sektion:</b>	1.500-5.000 mMD med lavtoksisk OBM
<b>8,5" sektion:</b>	5.000-6.000 mMD med lav fast WBM

**Tabel D-4**      **Anvendelse og udledning af kemikalier pr. brønd - brøndtype 3**

	OSPAR	Anvendelse pr. brønd	Udledning pr. brønd
	Klassifikation	Tons	Tons
Boremudder		1.943	414
		700	28
		53	0
Cement		760	88
		21	2,4
		0	0

Brøndtype 4 - CAJ liner + OBM i 12,25"

<b>22" sektion:</b>	0-500 mMD med præhydreret bentonit
<b>16" sektion:</b>	500-1.500 mMD med SW/kalk/naturler
<b>12,25" sektion:</b>	1.500-5.000 mMD med lavtoksisk OBM
<b>8,5" sektion:</b>	5.000-10.000 mMD med lav fast WBM

**Tabel D-5**      **Anvendelse og udledning af kemikalier pr. brønd - brøndtype 4**

	OSPAR	Anvendelse pr. brønd	Udledning pr. brønd
	Klassifikation	Tons	Tons
Boremudder		2.535	1.007
		768	96
		53	0
Cement		631	74
		15	1,7
		0	0

Brøndtype 5 - OBM i 7" cementeret liner + OBM i 12,25"

<b>22" sektion:</b>	0-500 mMD med præhydreret bentonit
<b>16" sektion:</b>	500-1.500 mMD med SW/kalk/naturler
<b>12,25" sektion:</b>	1.500-5.000 mMD med lavtoksisk OBM
<b>8,5" sektion:</b>	5.000-6.000 mMD med lavtoksisk OBM

**Tabel D-6** Anvendelse og udledning af kemikalier pr. brønd – brøndtype 5

	OSPAR	Anvendelse pr. brønd	Udledning pr. brønd
	Klassifikation	Tons	Tons
Boremudder		2.272	107
		952	0
		75	0
Cement		758	88
		21	2,4
		0	0

Borespånernes skæbne og mængder (vandbaserede og oliebaserede) i forbindelse med de forskellige brøndtyper opsummeres i Tabel D-7.

**Tabel D-7** Borespånernes skæbne (vandbaserede eller oliebaserede) pr. brønd

Type af borespåner	Skæbne	Brønd Type 1	Brønd Type 2	Brønd Type 3	Brønd Type 4	Brønd Type 5
I alt vandbaserede (t)	Udledt	1.605	1.759	798	952	683
I alt oliebaserede (t)	Indsamlet	0	0	763	763	1.032

#### D.8.1.6 Brøndindgreb (WO) - kompletteringsvæske

Når produktionsforingsrøret installeres, fyldes det med inhiberet havvand for at beskytte mod korrosion. Det anslås, at det er nødvendigt med 3.000 tønder (bbls) med inhiberet havvand pr. brønd. De nødvendige kemikalier er anført i Tabel D-8.

#### D.8.1.7 Efterladelse

Når en brønd efterlades, fyldes den med inhiberet havvand. Det anslås, at det er nødvendigt med 3.000 tønder (bbls) med inhiberet havvand pr. brønd. Den brug og udledning af kemikalier, der er nødvendig i forbindelse med denne operation, er vist i Tabel D-8.

**Tabel D-8** Brug og udledning af kemikalier pr. brønd

	OSPAR	Anvendelse pr. brønd	Udledning pr. brønd
	Klassifikation	Tons	Tons
Kompletteringsvæske		0,6	0,6
		5,9	5,9
		0	0
Efterladelse		0,6	0,6
		5,9	5,9
		0	0

#### D.8.1.8 Brændstofforbrug og emissioner til luften

Det daglige brændstofforbrug for hhv. en stor og en lille borerig vises i Tabel D-9 sammen med brændstofforbruget for hjælpefartøjer. Desuden vises det daglige brændstofforbrug i forbindelse med en rigflytning.

**Tabel D-9** Dagligt brændstofforbrug, drift af bore-rigge og hjælpefartøjer

Installation/aktivitet	Fartøjstype	Dagligt forbrug (t)
Boring, stor rig	Stor rig, fx Noble Sam Turner	11,4
	Vagtskib	0,6
Boring, lille rig	Lille rig, fx Ensco 70	6,4
	Vagtskib	0,6
Rigflytning	Slæbebåd, stor	12,8
	Slæbebåd, hjælp 1	2,1
	Slæbebåd, hjælp 2	2,1

#### D.8.2 Utilsigtede hændelser

Følgende ulykker med potentielle miljømæssige og sociale konsekvenser vil kunne forekomme som et resultat af utilsigtede udslip i forbindelse med boring udført for eller af Maersk Oil: /4/, /5/:

- Brøndudblæsning
- Fartøjskollision med stigrør eller platform
- Fartøjskollision med andre fartøjer
- Mindre utilsigtede udslip eller udledninger

Brøndudblæsnings- og udslipshyppigheder baseret på data fra den amerikanske del af Den Mexicanske Golf og Nordsøen (den norske og britiske sektor) fra SINTEFs database over offshoreudblæsninger 2013 /6/, ligger i området (laveste udblæsningshyppighed – højeste udslipshyppighed)  $7,5 \times 10^{-6}$  til  $3,3 \times 10^{-4}$  pr. år i vedligeholdelse og drift. For udvikling ligger hyppighederne i området  $3,8 \times 10^{-5}$  til  $6,4 \times 10^{-3}$  pr. brønd, og for "wildcat"-boring specifikt på  $6,6 \times 10^{-4}$  til  $6,6 \times 10^{-3}$  pr. brønd.

Kollisionshyppigheder for fartøjer vurderes i afsnit F.

##### D.8.2.1 Barrierer, der hindrer tab af brøndkontrol (utilsigtede hændelser)

Maersk Oil anvender to uafhængige barrierer for at undgå ukontrolleret udslip af reservoirvæske til overfladen under konstruktionen af brønden (brøndudblæsningshændelse). I tilfælde af, at en af disse barrierer svigter, stopper operationerne, indtil den fejlbehæftede barriere er blevet genetableret. Der anvendes forskellige barrierer i forbindelse med boringen og produktionsfaserne.

Under boring udgør boremudder med høj densitet den primære barriere. Det bruges til at sikre, at der er tilstrækkeligt hydrostatisk tryk i brøndboringen til at forhindre, at der flyder olie eller gas ned i brøndhullet og tilbage til overfladen.

Den sekundære barriere er foringsrørene, cementen, brøndhovedet og udblæsningsforhindreren (BOP), som er placeret på toppen af brøndstrengen for at regulere og overvåge trykket i brøndboringen. BOP'en kan lukkes automatisk eller af rigoperatørerne, hvis det hydrostatiske tryk, der frembringes af flowet af boremudder, ikke kan dæmme op for indstrømningen af reservoirvæske.

Under produktion tjener det såkaldte juletræ til at forhindre brøndudblæsning.

#### D.8.3 Resumé

De relevante miljømæssige og sociale aspekter i forbindelse med Maersk Oil's boreaktiviteter er angivet i Tabel D-10 og undersøges nærmere i den projektspecifikke vurdering af virkninger.



**Tabel D-10 Miljømæssige og sociale aspekter samt virkningsmekanismer i forbindelse med boring og vedligeholdelse af brønde**

Fase	Aktivitet	Virkningsmekanisme	Potentiel receptor
<b>Boring</b>	Elproduktion	Ressourceforbrug (gas, diesel)	Anvendelse af ikke-genoprettelige ressourcer
		Emissioner til luften	Klima og luftkvalitet
		Generering af støj, lys	Plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle
	Pælefundering af foringsrør	Støj	Plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle
	Flaring / testproduktion (kun, hvis det ikke er muligt at producere til en rørledning)	Ressourceforbrug	Anvendelse af ikke-genoprettelige ressourcer
		Emissioner til luften	Klima og luftkvalitet
	Udledning af boremudder, borespåner og kemikalier	Udledning af boremudder, borespåner og kemikalier (WBM) til havet	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, beskyttede områder
	Udledning af kølevand	Ændring i lokal havvandstemperatur, biocid	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, beskyttede områder
	Udledning af spildevand	Organiske stoffer til havet	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, beskyttede områder
	Rensning af borerør osv.	Generering af affald, herunder muligvis NORM	Deponeringsplads
	Generering af fast affald	Generering af affald til genbrug, forbrænding og deponering	Vandbehandlingsanlæg, deponeringsplads på land
	Skatteindtægter		Skatteindtægter
Beskæftigelse offshore og i land		Beskæftigelse	
<b>Utilsigtede hændelser</b>	Spild af olie pga. brøndudblæsning	Udledninger til havet	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, kulturarv, beskyttede områder, marin areal anvendelse, fiskeri, turisme
	Spild af OBM til havet pga. utilsigtede udslip	Udledninger til havet	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, kulturarv, beskyttede områder, marin areal anvendelse, fiskeri, turisme
	Udslip af olie pga. kollision med nærliggende olie-/kemikalietanker eller bunkerfartøj	Olie eller kemikalier til havet	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, kulturarv, beskyttede områder, marin areal anvendelse, fiskeri, turisme
	Udledning af drænvand, lastvand, gevindsmøremiddel og annulusvæske	Rengøringsmidler og lign. til havet	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, kulturarv, beskyttede områder, marin areal anvendelse, fiskeri, turisme

**D.9 Referencer**

- /1/ OGP (International Association of Oil & Gas Producers), 2003. Environmental aspects of the use and disposal of non-aqueous drilling fluids associated with offshore oil & gas operations. OGP-rapport nr. 342, maj 2003.
- /2/ Hansen, J.H. & Nederveen, N., 2002. Controlled Acid Jet (CAJ) Technique for Effective Single Operation Stimulation of 14,000+ ft Long Reservoir Sections. SPE European Petroleum Conf., 29.-31. oktober, Aberdeen, Storbritannien SPE-78318.
- /3/ OSPAR, 2010. OSPAR Recommendation 2010/4 on a Harmonised Pre-screening Scheme for Offshore Chemicals.
- /4/ Oil Spill Response Limited, 2015. Oil Spill Risk Assessment, Xana-1X. Maersk Oil Document CONS0848 Rev00.
- /5/ Oil Spill Response Limited, 2014. Oil Spill Risk Assessment, Siah NE-1X. Maersk Oil Document CONS0874 Rev02.
- /6/ Lloyd's Register Consulting, 2014. Blowout and well release frequencies based on SINTEF offshore blowout database 2013. Report for SINTEF Offshore Blowout Database sponsors, rev. A, 11. marts 2014.

## E. BRØNDSTIMULERING

Nærværende afsnit "E – Brøndstimulering" fokuserer på operationer i forbindelse med stimulering af brønde udført af Maersk Oil i Nordsøen. Afsnittets revisionshistorik er opsummeret nedenfor:

	Revision	Ændringer
E – Brøndstimulering	0 (07-01-2015)	-
E – Brøndstimulering	1 (29-01-2015)	Opdatering efter Maersk Oil's gennemgang
E – Brøndstimulering	2 (2015-04-29)	Opdatering efter Maersk Oil's gennemgang

### E.1 Formål

Formålet med brøndstimulering er at forbedre kontakten mellem brønden og reservoiret og dermed fremme udvindingen af kulbrinter for en produktionsbrønd og vandinjektion for en injektionsbrønd. I Maersk Oil's tætte reservoirer i Nordsøen er brøndstimulering afgørende. Restimulering kan også foretages senere i brøndens levetid, hvis produktions-/injektionszonen bliver beskadiget (fx forårsaget af scale). Brøndtest udføres for at vurdere en brønds produktionspotentiale efter stimulering.

### E.2 Brøndstimuleringsmetoder

#### E.2.1 Stimulering og frakturering

Stimulering foretages normalt ved at danne frakturer og revner i den kulbrintebærende stenformation og dermed forbedre kontakten mellem brønden og formationen. Revner og sprækker fremkaldes generelt ved injektion af en væske (en blanding af kemikalier og sand). Stimuleringsoperationer foretages normalt fra et dedikeret stimuleringsfartøj via en borerig (Fig. E-1). Maersk Oil anvender to primære typer stimuleringsteknikker.

Syrebaseret matricestimulering og syrefrakturering:

Under syrebaseret matricestimulering pumpes der stærk syre (typisk 15 % HCl) ned i brønden for at skabe mange små kanaler og sprækker (Fig. E-2, øverste panel). Ved syrefrakturering injiceres en lignende syre under så højt tryk, at formationen revner. Dette tvinger syren længere ned i formationen og forbedrer kontakten til brønden yderligere. Injektion af syre ved højt tryk er en almindelig og effektiv måde at danne frakturer på i de kridtformationer, hvor Maersk Oil opererer.

Væske-/sandfrakturering:

Væske-/sandfrakturering foregår ved at pumpe væske ved højt tryk. Væsken anvendes ikke kun til at danne revner og sprækker i formationen, men indeholder også grovkornet sand (propant), som forhindrer lukning af sprækkerne, når trykket falder /1/.

Foruden syre kan der tilsættes kemikalier til brøndstimuleringsblandingen til flere formål for at garantere sikre og effektive operationer (fx pH-regulering, emulgeringsmidler/demulgeringsmidler, korrosionsinhibitor, H<sub>2</sub>S-fjernere, regulering af overfladespænding). De fleste af de kemikalier, der anvendes under brøndstimulering forbruges eller forbliver i formationen, men den stimuleringsvæske, der står i røret, udledes, når stimuleringen er afsluttet.



**Fig. E-1** Stimuleringsfartøj klar til brøndstimulering

#### E.2.2 Injektion i horisontal brønd

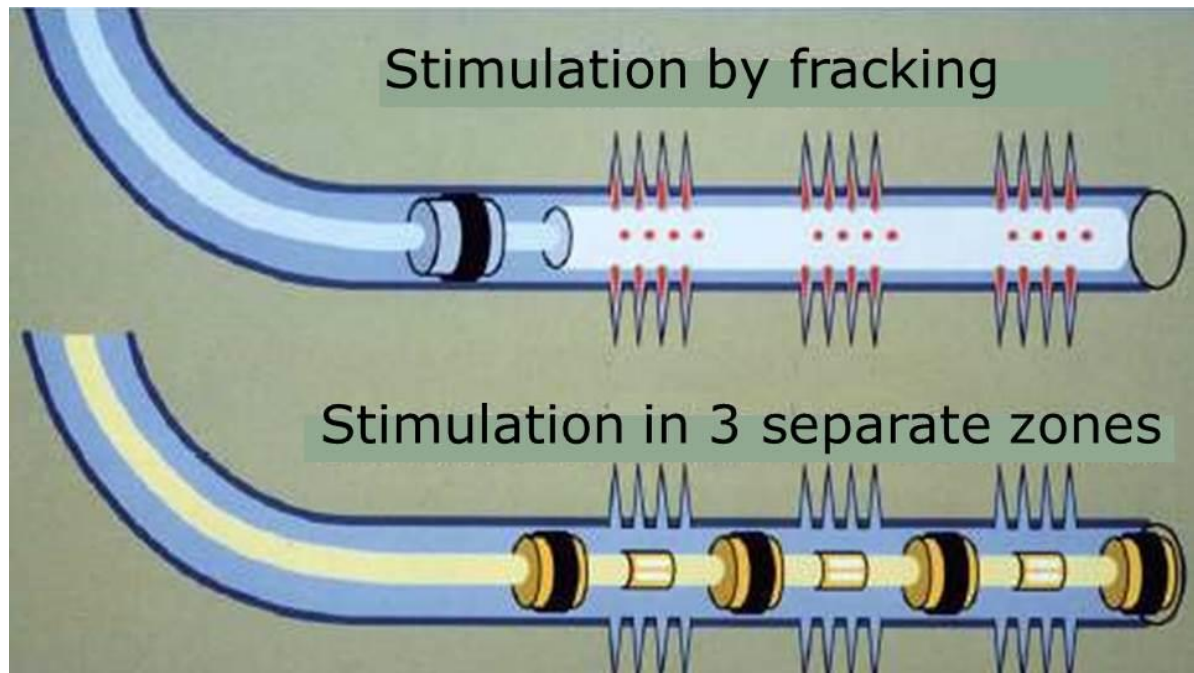
De lange horisontale brønde, der anvendes i de felter, som drives af Maersk Oil, udgør en særlig udfordring, fordi stimuleringen skal være effektiv i hele den længde af brønden, der er i kontakt med reservoiret. Der er udviklet en række teknikker for at tackle denne udfordring.

Kontrolleret syrestimulering:

Kontrolleret syrestimulering (Controlled Acid Jetting (CAJ)) er en brøndstimuleringsteknik, der er udviklet af Maersk Oil til horisontale brønde /2/. Teknikken anvender et langt præ-perforeret foringsrør, en såkaldt CAJ liner, i brøndens reservoirsektion. Perforeringerne i CAJ lineren er fordelt således, at syren fordeles effektivt langs hele sektionen. Ved at anvende CAJ lineren er det muligt at etablere lange horisontale brønde med god kontakt til reservoiret også i de yderste sektioner, hvor det ikke er muligt af nå ud med sædvanligt "coiled tubing"-udstyr.

Zonestimulering:

Ved zonestimulering opdeles brønden i sektioner ved hjælp af pakningselementer (dvs. isætning af propper). Der skabes adgang til de enkelte sektioner gennem sidedøre i produktionsrøret, som kan åbnes og lukkes og muliggør selektiv og optimal stimulering (Fig. E-2, nederste panel).



**Fig. E-2** Stimulering af brønd vha. en CAJ liner (øverste panel) og ved zonestimulering (nederste panel)

### E.2.3 Brøndtest

Efter stimulering testes brøndene for at vurdere deres produktionskapacitet og for at fastslå, om det er nødvendigt med yderligere arbejde på brønden, mens bore-/stimuleringsriggen er til rådighed. Olie, gas og vand (herunder reaktionsprodukter indeholdt i brøndene), der produceres i forbindelse med test af brønde på eksisterende platforme, tilføjes til den allerede igangværende produktionslinje.

Det kan undertiden være nødvendigt at teste enkeltstående brønde (primært udforskningsbrønde), som ikke er tilsluttet nogen platforme. Disse brønde er hovedsagelig rigbaserede, og riggen udstyres med faciliteter til separation og flaring /1/.

### E.2.4 Restimulering af brønde

Forskellige udfordringer, der kan opstå i løbet af en brønds levetid og som reducerer dens kapacitet, kan afhjælpes ved at udføre en restimulering. Almindelige eksempler på sådanne udfordringer er scale-aflejring i produktionsrøret, formationslukning med fine stenpartikler eller formationskollaps. Restimuleringsbehandlinger er primært syrebaseret matricestimulering, som foretages i de samme zoner og vha. af det samme brøndudstyr som den oprindelige stimuleringsmetode.

## E.3 Alternativer

Maersk Oil arbejder på at udvikle forbedrede teknikker til brøndstimulering og fremtidige udviklinger.

### E.3.1 Teleskoperet CAJ liner

En yderligere udvikling af CAJ liner-teknikken (se E.2.2) undersøges i øjeblikket med henblik på at udvide rækken af brønde, der kan anvende CAJ-syrestimuleringsmetoden. En aktuell begrænsning i forbindelse med CAJ lineren er længden af den reservoirsektion, der kan færdiggøres, hvilket skyldes store trykforskelle fra den ene ende af den borede reservoirsektion til den anden. De nuværende teknologiske begrænsninger gør det kun muligt at bore en kort reservoirsektion, inden trykdifferensen bliver for høj. Reservoirsektionen skal derfor bores, færdiggøres og stimuleres i mange sektioner, hvilket kan være tids- og omkostningskrævende, fordi det kræver en kombination af forskellige stimulerings- og færdiggørelsesmetoder.

Indførelsen af en teleskoperet CAJ liner gør det muligt at bore og færdiggøre to reservoirsektioner som CAJ linere. Med denne metode kan hver sektion bores uafhængigt og upåvirket af trykændringen i reservoiret. Denne metode har, selv om den stadig er under udvikling, følgende fordele:

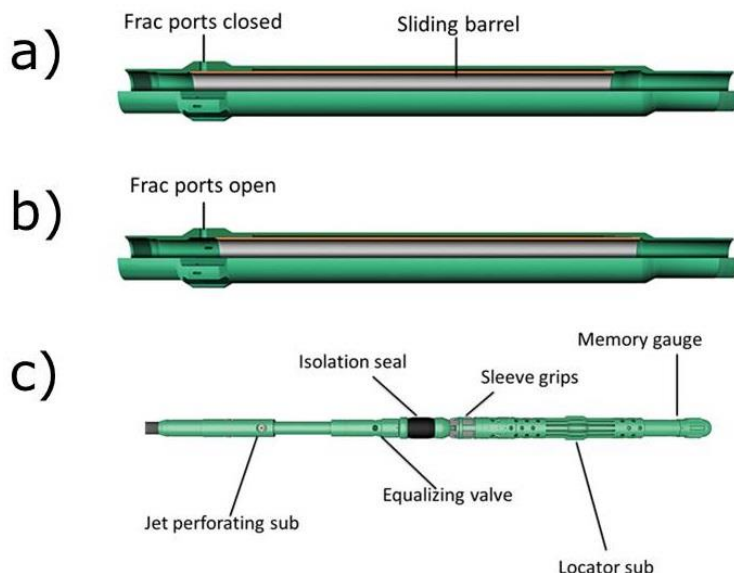
1. Eliminering af omkostningskrævende cementeringstid, kemikalier og potentiel udledning
2. Eliminering af perforeringsoperationer
3. Muliggør én enkelt syrestimuleringsoperation i stedet for mange mindre operationer, hvilket reducerer den tid, der bruges på brønden.

#### E.3.2 Annulær frakturering eller færdiggørelse med fraktureringsmuffer

Fremtidige sandfraktureringsoperationer vil tage højde for en ny og opdateret metode, som kaldes annulær frakturering eller færdiggørelser med fraktureringsmuffer. Denne metode ligner zonestimuleringsmetoderne (E.2.2), men har følgende fordele:

1. Markant reduceret tid til installation og stimulering sammenlignet med tidligere metoder
2. Eliminering af en særskilt perforeringsoperation
3. Den traditionelle samlerørshåndtering erstattes af en sikrere og hurtigere metode, hvor der anvendes et oprullet stålrør ("coiled tubing")
4. Muligheden for at anbringe et større antal frakturer med kortere afstand til hinanden.

Metoden anvender fraktureringsmuffer eller glidemuffer, som installeres i reservoirlineren og cementeres fast langs med reservoirlineren. Disse muffer er illustreret i Fig. E-3, panel a og b. Fraktureringsmuffen åbnes og lukkes vha. en bundhulsanordning med oprullet stålrør ("coiled tubing Bottom Hole Assembly (BHA)"). Anordningen installeres for enden af en lang spole med oprullet stålrør, hvilket muliggør en hurtigere og sikrere anvendelse end den traditionelle samlerørsmetode. Bundhulsanordningen med oprullet stålrør er vist i Fig. E-3, panel c. Sandfraktureringsbehandlingen pumpes ind i den ønskede åbne fraktureringsmuffe i annulus mellem reservoirlineren og det oprullede stålrør.



**Fig. E-3** Illustration, der viser princippet i en færdiggørelse med fraktureringsmuffer. Panel a og b viser en del af en horisontal brønd med hhv. lukkede og åbne muffer. Panel c illustrerer strukturen i en bundhulsanordning med oprullet stålrør

#### E.4 Miljømæssige og sociale aspekter

Her opsummerer vi de miljømæssige og sociale aspekter i forbindelse med brøndstimulering og udvælger dem, der skal undersøges nærmere i den projektspecifikke vurdering af virkninger.

##### E.4.1 Planlagte aktiviteter

De primære miljømæssige og sociale aspekter i forbindelse med brøndstimulering omfatter:

- Emissioner til luften fra stimuleringsfartøjer, boreforbrændingsmotorer og flaring
- Støj fra fartøjer og platformsmaskineri
- Kemikaliudledninger

De miljømæssige og sociale aspekter med hensyn til Maersk Oil's brug af bore-rigge (støj, emissioner, tilstedeværelsen af riggen) i stimuleringsprocessen er allerede dækket i afsnit D. Der forventes ikke at opstå andre aspekter i forbindelse med de alternative stimuleringsmetoder.

##### E.4.1.1 Energiforbrug og emissioner til luften

Brændstofforbruget fra stimuleringsrigge opsummeres i Tabel E-1. Tabellen omfatter forbruget under mobilisering, sejllads og lastning.

**Tabel E-1** Dagligt brændstofforbrug, drift af bore-rigge og hjælpefartøjer

Installation/aktivitet	Fartøjstype	Dagligt forbrug (t)
Matricesyre	Mobilisering	17,1
	Sejllads	21,4
	Lastning	3,4
Syrefrakturering	Mobilisering	17,1
	Sejllads	21,4
	Lastning	3,4
Sandfrakturering	Mobilisering	17,1
	Sejllads	21,4
	Lastning	3,4

Flaring i forbindelse med brøndtest kan også generere emissioner. Flaring i forbindelse med test af en produktionsbrønd kan vare op til 3 uger med en anslået hastighed på ca. 1.500 tønder olie pr. dag (bopd) for en oliebrønd eller 15 mio. standard kubikfod pr. dag (mmscfd) for en gasbrønd. I forbindelse med efterforskningsbrønde kan flaring vare op til 6 dage med en hastighed på ca. 1.000 tønder olie pr. dag for en oliebrønd eller 10 mio. standard kubikfod pr. dag for en gasbrønd. Flaring i forbindelse med brøndtest forekommer dog ikke hyppigt.

##### E.4.1.2 Støj

Skibsskruer og dynamisk positionering fra fartøjer genererer typisk lavfrekvent undervandsstøj på et niveau, der afhænger af fartøjets type, størrelse og aktivitet /3/.

##### E.4.1.3 Kemikaliudledninger

En del af de anvendte stimuleringskemikalier udledes til havet. Der gives et estimat over omfanget af anvendelsen og udledningen af kemikalier for tre forskellige brøndstimuleringsmetoder, som forventes anvendt af Maersk Oil (Tabel E-2). Kemikalier klassificeres iht. "OSPAR guidelines on a Harmonised Pre-screening Scheme for Offshore Chemicals" /4/.

**Tabel E-2 Mængden af grønne, gule og røde kemikalier, der anvendes og udledes pr. brøndstimulering**

	OSPAR	Anvendelse pr. brønd	Udledning pr. brønd
	Klassifikation	[t]	[t]
Matricebrøndstimulering		220	140
		2.603	522
		0	0
Syrefrakturering brøndstimulering		194	134
		2.816	564
		0	0
Sandfrakturering brøndstimulering		1.385	277
		221	52
		218	0

## E.4.2 Utilsigtede hændelser

Følgende ulykker med potentielle miljømæssige og sociale konsekvenser vil kunne forekomme som et resultat af utilsigtede udslip i forbindelse med brøndstimulering, som svarer til boring. De eksisterende barrierer til at forhindre disse utilsigtede hændelser beskrives også i afsnit D – Boring.

## E.4.3 Resumé

De relevante miljømæssige og sociale aspekter i forbindelse med Maersk Oil's stimuleringsaktiviteter er angivet i Tabel E-3 og undersøges nærmere i den projektspecifikke vurdering af virkninger.

**Tabel E-3 Miljømæssige og sociale aspekter samt virkningsmekanismer i forbindelse med brøndstimuleringsaktiviteter**

Drift	Aktivitet	Virkningsmekanisme	Potentiel receptor	
<b>Brøndstimulering</b>	Udledning af kemikalier	Kemikalier til havet	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, beskyttede områder	
	Bortskaffelse af fraktureringssand	Sandpartikler til havet	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, beskyttede områder	
	Elproduktion	Ressourceforbrug (gas, diesel)		Anvendelse af ikke-genoprettelige ressourcer
		Emissioner til luften		Klima og luftkvalitet
		Generering af støj, lys		Plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle
	Fartøjsaktivitet	Emissioner til luften		Klima og luftkvalitet
		Generering af støj		Plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle
<b>Brøndtest</b>	Flaring	Ressourceforbrug	Anvendelse af ikke-genoprettelige ressourcer	
		Emissioner til luften	Klima og luftkvalitet	
	Brøndtest	Olie eller kemikalier til havet	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, beskyttede områder	



Drift	Aktivitet	Virkningsmekanisme	Potentiel receptor
Utsigtede hændelser	Risiko for fartøjskollision med stimuleringsrig	Olie- og/eller kemikalieudslip til havet	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, kulturarv, beskyttede områder, marin areal anvendelse, fiskeri, turisme
	Risiko for brøndudblæsning under stimulering	Olieudslip til havet	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, kulturarv, beskyttede områder, marin areal anvendelse, fiskeri, turisme
		Gas til luften	Klima og luftkvalitet, marin areal anvendelse og fiskeri

## E.5 Referencer

- /1/ Maersk Oil, 2011. Vurdering af virkninger på miljøet fra yderligere olie og gasaktiviteter i Nordsøen. Juli 2011.
- /2/ Hansen, J.H. & Nederveen, N., 2002. Controlled Acid Jet (CAJ) Technique for Effective Single Operation Stimulation of 14,000+ ft Long Reservoir Sections. SPE European Petroleum Conf., 29.-31. oktober, Aberdeen, Storbritannien. SPE-78318.
- /3/ Genesis, Review and assessment of underwater sound produced from oil and gas sound activities and potential reporting requirements under the marine strategy framework directive, dokument nr. J71656 – endelig rapport – G2, juli 2011
- /4/ OSPAR, 2010. OSPAR Recommendation 2010/4 on a Harmonised Pre-screening Scheme for Offshore Chemicals.
- /5/ Oil Spill Response Limited, 2015. Oil Spill Risk Assessment, Xana-1X. Maersk Oil Document CONS0848 Rev00.
- /6/ Oil Spill Response Limited, 2014. Oil Spill Risk Assessment, Siah NE-1X. Maersk Oil Document CONS0874 Rev02.

## F. TRANSPORT

Nærværende afsnit "F – Transport" fokuserer på aktiviteter i forbindelse med transport af mandskab og last udført af Maersk Oil i Nordsøen. Afsnittets revisionshistorik er opsummeret nedenfor:

	Version	Ændringer
F – Transport	0 (07-01-2015)	-
F – Transport	1 (29-01-2015)	Opdatering efter Maersk Oil's gennemgang
F – Transport	2 (29-04-2015)	Opdatering efter Maersk Oil's gennemgang
F – Transport	3 (30-06-2015)	Opdatering efter Maersk Oil's gennemgang, ulykkesstatistikker

### F.1 Formål

Mandskab og last transporteres dagligt for at støtte Maersk Oil's kontinuerlige produktions- og boreoperationer.

### F.2 Generel beskrivelse

#### F.2.1 Helikoptere

Helikoptere benyttes til mandskabstransport til/fra og imellem offshore installationer. Mandskab transporteres fra Esbjerg Lufthavn med flere daglige afgange til offshore platforme og med op til 19 passagerer ad gangen (Fig. F-1). Når mandskabet er kommet ud på havet, transporteres de frem og tilbage imellem installationerne med helikopter eller båd.



Fig. F-1 Maersk Oil benytter i øjeblikket EC-225 helikoptere (ovenfor) og AW-139 helikoptere

#### F.2.2 Fartøjer

Der anvendes flere typer fartøjer til forskellige formål:

- Forsyningsfartøjer (Fig. F-2) benyttes til transport af last, der anvendes i produktions- og boreoperationer mellem on- og offshore lokaliteter
- Hjælpefartøjer anvendes til bemanning og servicering af de ubemandede satellitinstallationer
- Standbyfartøjer (Fig. F-2) fungerer som "mand-over-bord"-fartøjer under boring, brøndindgrebs- og "coiled tubing"-operationer. Standbyfartøjer anvendes også i forbindelse med vedligeholdelsesopgaver, som kræver arbejde ud over siden af anlægget

Andre fartøjer (fx slæbebåde, kranfartøj, dykkerfartøj) præsenteres i de relevante afsnit (B – Strukturer og rørledninger; D – Boring).

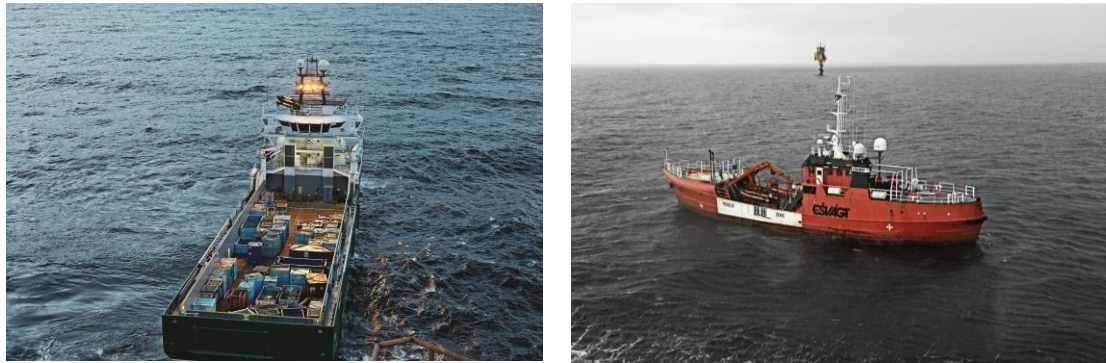


Fig. F-2 Forsyningsfartøj (til venstre) og standbyfartøj (til højre)

### F.3 Alternativer

Transporten af mandskab med helikopter er hurtig og fleksibel, og det mulige alternativ med at benytte skibsbaseret transport er ikke praktisk på grund af den lange transporttid. Mandskabet kan også blive søsyge ved transport med skib. Skibsbaseret transport foretrækkes til lasttransport.

### F.4 Miljømæssige og sociale aspekter

Her opsummerer vi de miljømæssige og sociale aspekter i forbindelse med transporten og udvælger dem, der skal undersøges nærmere i den projektspecifikke vurdering af virkninger.

#### F.4.1 Planlagte aktiviteter

De primære miljømæssige og sociale aspekter i forbindelse med Maersk Oil's transportaktiviteter omfatter:

- Emissioner til luften fra helikopteres og fartøjers forbrændingsmotorer
- Støj genereret af skibs- og helikoptermotorer.

##### F.4.1.1 Brændstofforbrug og emissioner til luften

Forbrænding af brændstof, der bruges til at drive helikopter- og fartøjsmotorer, resulterer i emission af kuldioxid (CO<sub>2</sub>), nitrogenoxid (NO<sub>x</sub>), dinitrogenoxid (N<sub>2</sub>O), metan (CH<sub>4</sub>), andre flygtige organiske forbindelser (nmVOC) samt svovloxid (SO<sub>x</sub>). Et estimat af emissioner er afledt af brændstofforbruget for de forskellige typer af fartøjer eller helikoptere (Tabel F-1) og emissionsfaktoren angivet i afsnit A – Seismik (fartøjer) og i Tabel F-2 (helikoptere).

Tabel F-1 Estimer af dagligt brændstofforbrug for transport i forbindelse med produktions- og boreoperationer

Beskrivelse	Fartøjstype	Brændstofforbrug Tons/dag
Produktion (1 projekt)	Hjælpefartøj til satellitplatform	3,42
	Forsyningsfartøj	2,17
	Vagtskib	0,26
	Helikopter	1,32
1 borerig	Forsyningsfartøj	5,06
	Vagtskib	0,60
	Helikopter	0,75

Tabel F-2 Emissionsfaktorer for helikoptere /1/

Emissioner [t / t brændstof]	t CO <sub>2</sub>	t NO <sub>x</sub>	t N <sub>2</sub> O	t SO <sub>2</sub>	t CH <sub>4</sub>	t nmVOC
<b>Helikoptere</b>	3,11	0,0125	0,00022	0,0060	0,000087	0,0078

##### F.4.1.2 Støj

Skibsskruer og dynamisk positionering fra fartøjer genererer typisk lavfrekvent undervandsstøj på et niveau, der afhænger af fartøjets type, størrelse og aktivitet /2/.

Støj fra helikoptere reflekteres næsten fuldstændigt ved vandoverfladen, og selv lavtflyvende helikoptere vil kun kunne høres i vandet umiddelbart nedenunder helikopteren /3/, /4/. Helikopterstøj vurderes derfor at have begrænset indvirkning på det undersøiske miljø /3/.

#### F.4.2 Utilsigtede hændelser

Følgende ulykker med potentielle miljømæssige og sociale konsekvenser vil kunne forekomme som et resultat af utilsigtede udslip i forbindelse med transportaktiviteter /5/, /6/:

- Fartøjskollision med stigrør eller platform
- Fartøjskollision med andre fartøjer
- Helikopterstyrt på helikopterdekke eller platformen
- Mindre utilsigtede udslip eller udledninger

Hyppigheden af fartøjskollisioner, der medfører signifikante skader, og som er baseret på IOGP's globale data om skibs-/platformskollisioner /7/, ligger inden for området  $3,5 \times 10^{-5}$  til  $2,5 \times 10^{-4}$  pr. år. Hyppigheden af helikopterulykker, som omfatter styrt på platforme og er baseret på IOGP's statistikker over flytransportulykker /8/ samt Maersk Oil's flyvningsintensitet i Nordsøen, ligger på ca.  $1,9 \times 10^{-3}$  pr. år.

#### F.4.3 Resumé

De relevante miljømæssige og sociale aspekter i forbindelse med Maersk Oil's transportaktiviteter er angivet i Tabel F-3 og undersøges nærmere i den projektspecifikke vurdering af virkninger.

**Tabel F-3 Miljømæssige og sociale aspekter samt virkningsmekanismer i forbindelse med transportaktiviteter**

Drift	Aktivitet	Virkningsmekanisme	Potentiel receptor
<b>Helikopterrutefart</b>	Transport af mandskab	Ressourceforbrug (gas, diesel)	Socioøkonomiske indvirkninger
		Emissioner til luften	Klima og luftkvalitet
<b>Skibstransport</b>	Hjælpe-, forsynings- og standbyfartøjer	Ressourceforbrug (gas, diesel)	Socioøkonomiske indvirkninger
		Emissioner til luften	Klima og luftkvalitet
		Udledning af spildevand og ballastvand	Havmiljøet
		Støj fra fartøjsmotorer	Plankton, benthiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle
<b>Utilsigtede hændelser</b>	Skibskollision med stigrør, platform eller andre fartøjer	Olie eller kemikalier til havet	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, benthiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, kulturarv, beskyttede områder, marin areal anvendelse, fiskeri, turisme
		Helikopterstyrt	Olie eller kemikalier til havet

**F.5 Referencer**

- /1/ E&P Forum, 1994. Methods for Estimating Atmospheric Emissions from E&P Operations. rapport nr. 2, 59/19. September 1994.
- /2/ Genesis, Review and assessment of underwater sound produced from oil and gas sound activities and potential reporting requirements under the marine strategy framework directive, Document No. J71656 – Final Report – G2, juli 2011
- /3/ COWI, Risk of platform collision from attendant vessels, rapport nr.: 43246-001, nov. 1998. Udarbejdet for Mærsk Olie og Gas A/S.
- /4/ Richardson WJ, Greene Jr. CR, Malme CI, Thomson DH (1995) Marine Mammals and Noise, Academic Press, San Diego, CA, USA.
- /5/ Oil Spill Response Limited, 2015. Oil Spill Risk Assessment, Xana-1X. Maersk Oil Document CONS0848 Rev00
- /6/ Oil Spill Response Limited, 2014. Oil Spill Risk Assessment, Siah NE-1X. Maersk Oil Document CONS0874 Rev02
- /7/ OGP, Risk Assessment Data Directory, rapport nr. 434 – 16. marts 2010. Ship/installation collisions
- /8/ OGP, Risk Assessment Data Directory, rapport nr. 434 – 11.1, marts 2010. Aviation transport accident statistics

## G. AFVIKLING

Nærværende afsnit "G - Afvikling" fokuserer på afvikling af rørledninger og installationer, der er relevante for Maersk Oil i Nordsøen. Afsnittets revisionshistorik er opsummeret nedenfor:

	Version	Ændringer
G – Afvikling	0 (07-01-2015)	-
G – Afvikling	1 (29-01-2015)	Opdatering efter Maersk Oil's gennemgang
G – Afvikling	2 (29-04-2015)	Opdatering efter Maersk Oil's gennemgang

### G.1 Formål

Offshore olie- og gasstrukturer (jacket-struktur og overbygning) samt rørledninger, der drives af Maersk Oil, og som bliver nedlagt, vil kræve afvikling.

### G.2 Generel beskrivelse

Som et generelt udgangspunkt foreslår Maersk Oil at anvende følgende generelle afviklingsfilosofi.

#### G.2.1 Brøndefterladelse

Brøndene lukkes permanent med cementpropper ind mod reservoiret, og den øverste del af brøndens foringsrør over havbunden fjernes. Brøndefterladelse er beskrevet i det tekniske afsnit "D – Boring".

#### G.2.2 Fjernelse af platformsfaciliteter og jacket-struktur

Efter den permanente lukning med cementpropper og afvikling af brønde fjernes overskydende kulbrinter og farligt affald fra anlæggene og fragtes til land med henblik på bortskaffelse. Det anses for usandsynligt, at der vil opstå muligheder for at genbruge anlægget. Platformsfaciliteter og bærende stålgiiterstrukturer (jackets) vil derfor blive fjernet og transporteret til land med henblik på afmontering /1/, /2/. Genanvendelse maksimeres frem for bortskaffelse. Flere fjernelsesmetoder er pt. under overvejelse, og der er således endnu ikke truffet beslutning om foretrukne muligheder. Som en del af projektets "close out"-aktiviteter vil Maersk Oil undersøge de afviklede områder (se nedenfor).

#### G.2.3 Rørledninger

På baggrund af branchespecifikke erfaringer /3/ og en historik med rørlednings nedgravning i Danmark efterlades rørledninger på stedet. Rørledningerne vil blive rensed for overskydende kulbrinter og fyldt med havvand for at øge deres vægt til neutral opdrift og øge stabiliteten yderligere. Der træffes passende afhjælpningsforanstaltninger for at sikre rørledningsender og - krydsninger: nedgravning og afskæring af ende sektioner kan foretages for at afbøde en eventuel risiko for andre brugere af havet. Som en del af projektets "close out"-aktiviteter vil Maersk Oil undersøge de afviklede områder (se nedenfor).

Rørledninger er ikke omfattet af OSPAR-afgørelse 98/3. Der er ingen internationale retningslinjer, der specifikt vedrører afviklingen af rørledninger, som ikke anvendes længere. I Storbritannien kan følgende rørledninger være kandidater til "på stedet"-afvikling /4/:

- Rørledninger, der er tilstrækkeligt nedgravet og hvor der ikke forventes udvikling af spænd, og hvor dette sandsynligvis fortsat vil være gældende.
- Rørledninger, der ikke er nedgravet men hvor det er sandsynligt, at de begraver sig selv på en tilstrækkelig lang strækning inden for en rimelig tidsramme og forbliver nedgravet.
- Rørledninger, hvor eksponerede sektioner er nedgravet i en tilstrækkelig dybde, og dette sandsynligvis vil være permanent.
- Rørledninger, der ikke er nedgravet, men stadig kan være kandidater til at blive efterladt, hvis den sammenlignende vurdering viser, at dette er den foretrukne afviklingsmulighed (fx transmissionsledninger).

- Rørledninger, hvor ekstraordinære og uforudsete omstændigheder på grund af strukturel beskadigelse eller nedbrydning eller af andre grunde betyder, at de ikke kan fjernes sikkert og effektivt.

Bedømmelse af graden af nedgravning, der er nødvendig, foretages på baggrund af omstændighederne for den enkelte rørledning /4/.

#### G.2.4 "Close-out"-inspektion

Maersk Oil foretager en inspektion af de afviklede områder for at sikre, at havbundsforholdene ikke udgør en fare for andre brugere af havet. Det antages, at havbunden efter afvikling vil være fri for restriktioner (beskyttelseszoner), således at områderne er tilgængelige for andre brugere af havet, fx fiskere. Eventuelle krav om fremtidige restriktioner kan identificeres efter undersøgelsen.

### G.3 Alternativer

Overordnet set vil Maersk Oil vælge den afviklingsmetode, som er i overensstemmelse med den gældende lovgivning på det tidspunkt, hvor operationerne skal gennemføres. Derudover baseres afviklingsmuligheder på projektspecifikke teknologiske, sikkerhedsmæssige, miljømæssige, økonomiske, samfundsmæssige samt ansvars- og omdømmemæssige overvejelser /5/, /6/, /7/. De ovenfor valgte afviklingsmuligheder understøttes af branchespecifikke erfaringer og baseres på den gældende lovgivning (OSPAR-afgørelse 98/3) og aktuelle tekniske viden.

### G.4 Miljømæssige og sociale aspekter

Her opsummeres de miljømæssige og sociale aspekter i forbindelse med afvikling og udvælger dem, der skal undersøges nærmere i den projektspecifikke vurdering af virkninger.

#### G.4.1 Planlagte aktiviteter

De primære miljømæssige og sociale aspekter i forbindelse med Maersk Oil's afvikling af installationer og rørledninger omfatter:

- Øget fartøjstrafik
- Emissioner til luften
- Undervandsstøj
- Udledninger til havet (planlagte og utilsigtede)
- Ændring af havbundens morfologi og sedimentspredning
- Ressourceforbrug og generering af affald
- Socioøkonomisk bidrag til samfundet.

De detaljerede miljømæssige aspekter i forbindelse med afviklingen vil afhænge af de metoder, der vælges i hvert enkelt tilfælde.

#### G.4.2 Utilsigtede hændelser

Der vil kunne opstå ulykker med potentielle miljømæssige og sociale konsekvenser som et resultat af fartøjskollision (med strukturer eller med andre fartøjer) og efterfølgende udslip.

#### G.4.3 Resumé

De primære miljømæssige og sociale aspekter samt virkningsmekanismer i forbindelse med afvikling af rørledninger og strukturer er angivet i Tabel G-1.

**Tabel G-1 Miljømæssige og sociale aspekter samt virkningsmekanismer i forbindelse med afvikling**

Fase	Aktivitet	Virkningsmekanisme	Potentiel receptor
<b>Afviklings-aktiviteter</b>	Fartøjsoperation og skæring	Emissioner til luften	Klima og luftkvalitet
		Støj	Plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle
		Udledninger til havet	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, beskyttede områder
		Affald	Generering af fast affald
		Ressourceforbrug	Anvendelse af ikke-genoprettelige ressourcer
	Havbundsindgreb	Nedgravning af havbundsoverflade	Sedimentkvalitet, bentiske samfund, fisk, kulturarv, marin areal anvendelse, fiskeri
		Turbiditet/sedimentationsforøgelse	Vandkvalitet, plankton, fisk, havpattedyr, havfugle
		Ændringer af havbundens morfologi	Sedimentkvalitet, bentiske samfund, fisk, kulturarv, marin areal anvendelse, fiskeri
		Støj	Plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle
		Restriktioner af skibstrafikken	Marin areal anvendelse, fiskeri, turisme
	Afviklingsarbejde generelt	Indvirkning på beskæftigelse og skatteindtægter	Beskæftigelse og skatteindtægter
<b>Utilsigtede hændelser</b>	Fartøjskollision	Olie eller kemisk udslip	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, kulturarv, beskyttede områder, marin areal anvendelse, fiskeri, turisme
<b>Efter afviklingen</b>	Blotlagt rørledningsoverflade, sten og lignende	Fysisk indvirkning på havbunden og hårdt substrat	Sedimentkvalitet, bentiske samfund
<b>Utilsigtede hændelser</b>	Risiko for lækage fra rørledninger, strukturer eller brønde	Olie eller kemisk udslip	Vandkvalitet, sedimentkvalitet, plankton, bentiske samfund, fisk, havpattedyr, havfugle, kulturarv, beskyttede områder, marin areal anvendelse, fiskeri, turisme



**G.5 Referencer**

- /1/ OSPAR, 1992. Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic.
- /2/ OSPAR, 1998. Afgørelse 98/3 om bortskaffelse af nedlagte offshoreinstallationer.
- /3/ Oil & Gas UK, 2013. Decommissioning of pipelines in the North Sea Region 2013.
- /4/ Department of Energy & Climate Change (DECC), UK, 2011. Guidance Notes - Decommissioning of Offshore Oil and Gas Installations and Pipelines under the Petroleum Act 1998. Rev. 6. marts 2011
- /5/ Fowler, A.M., Macreadie, P.I., Jones, D.O.B. & Booth, D.J., 2014. A multi-criteria decision approach to decommissioning of offshore oil and gas infrastructure. Ocean & Coastal Management 87, 20-29.
- /6/ Maersk Oil UK, 2013. Leadon Decommissioning Programmes.
- /7/ Offshore Center Denmark (Oil & Gas), 2013. A Danish Field, Platforms and Pipelines – Decommissioning Programmes.