

Risiko knyttet til operasjoner som gjennomføres ved bruk av fartøy i petroleumsvirksomheten på norsk sokkel

Rapport til:
Petroleumstilsynet



Sammendrag

Risiko knyttet til operasjoner som gjennomføres ved bruk av fartøy i petroleumsvirksomheten på norsk sokkel

Sikkerhetsklassifisering for dette dokument:

Distribute only after client's acceptance

Rapportnr.:

PRJ11090745

Revisjon:

Sluttrapport

Dato:

10. desember 2018

Utarbeidet av:

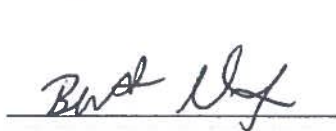
Øystein B. Fossum / Marianne
Østevold / Bernt Natvig m. fl.
Seniorkonsulent / Seniorkonsulent /
Overingeniør

Gransket av:

Jan Reier Huse
Sjefingeniør

Godkjent av:

Kristina Drage-Arianson
Avdelingsleder



Firmanavn og adresse:

Lloyd's Register Consulting - Energy AS
Postboks 376, Skøyen
0213 OSLO

Kundenavn og adresse:

Petroleumstilsynet
Professor Olav Hanssens vei 10
4021 STAVANGER
Postboks 599, 4003 STAVANGER

Kontaktperson:

Bernt Natvig
T: 416 41 077
E: bernt.natvig@lr.org

Kontaktperson kunde:

Lars Geir Bjørheim
T: 51 87 35 77
E: lars.geir.bjorheim@ptil.no

Lloyd's Register Group Limited, dets datterselskaper og tilknyttede selskaper og deres respektive tillitsmenn, ansatte og representanter omtales i denne bestemmelse enkeltvis eller samlet som "Lloyd's Register". Lloyd's Register påtar seg intet ansvar og kan ikke holdes ansvarlig av noen person for tap, skader eller utgifter som følge av opplysninger eller råd gitt i dette dokument eller på annen måte, med mindre vedkommende har undertegnet en kontrakt med det relevante foretak i Lloyd's Register om å gi slike opplysninger eller råd; i så tilfelle er ansvaret begrenset til de vilkår som er fastsatt i nevnte kontrakt.
©Lloyd's Register 2018.

Dokumentrevisjoner

Revisjon	Dato	Beskrivelse / endringer	Endringer utført av
Utkast A	16.11.18	Førsteutkast	
Sluttrapport	10.12.18	Endelig utgave	Øystein B. Fossum og Marianne Østevold

Hovedsammendrag

Lloyd's Register har på oppdrag for Petroleurstilsynet utarbeidet denne studien for å belyse risikobildet ved ulike fartøysoperasjoner knyttet til petroleumsvirksomheten på norsk sokkel som har relevans for helse, miljø og sikkerhet.

Arbeidet startet med å identifisere hvilke fartøysaktiviteter som skulle inkluderes i studien. Totalt ble elleve aktiviteter inkludert og beskrevet, med tilhørende beskrivelse av relevante fartøystyper. Analysen har deretter sett på risikoelementer som påvirker aktivitetene og hvilke risikoreduserende tiltak som normalt blir etablert. Risikovurderingen er utført kvalitativt med fokus på hendelser som kan ha storulykkepotensial, medføre personskader, forurensning eller materielle skader. Risikovurderingene for hver enkelt aktivitet er vurdert basert på potensialet for hendelser som kan oppstå. Risikoen for hendelser er ikke direkte knyttet opp mot identifiserte historiske hendelser; dersom det skjer en alvorlig hendelse i morgen skal risikovurderingene ideelt sett fortsatt være gjeldende. Det er i denne studien valgt å bruke risikomatriser for å visualisere risikoen ved de ulike aktivitetene.

Resultatene av studien viser at alle aktivitetene har potensial for alvorlig personskade eller dødsfall. Lasting og lossing mellom fartøy og innretning og håndtering av rør på rørleggingsfartøy (spesielt ved J-metoden for rørlegging), er begge vurdert til å ha høy risiko. Lasting og lossing er en høyfrekvent aktivitet hvor det vurderes å være potensial for alvorlig personskade én eller flere ganger hvert år, mens det ved rørlegging anses som mulig å få hendelser med død og/eller flere alvorlige personskader av og til (ikke hvert år). De fleste av de andre aktivitetene er vurdert til å ha middels risiko. Flere av aktivitetene innebærer risikoelementer som håndtering av tunge objekter, utstyr i spenn og operasjon av trykksatte systemer, mens risikoen for personskader ved kollisjon mellom fartøy og innretning også er til stede for mange av aktivitetene.

Risikobildet for forurensning gjenspeiler det faktum at ingen av aktivitetene innebærer operasjoner hvor fartøyet har direkte kontroll/styring over brønnstrømmen, hvilket gjør at potensialet for betydelige utslipp er begrenset. Hvis et fartøy kolliderer med en innretning, eller en undervannsinnetning blir skadet, vil tilstedeværelsen av nødavstengningssystemer gjøre det lite sannsynlig at man vil kunne få store utslipp eller et ukontrollert utslipp fra en brønn. Dette er en viktig forutsetning for vurderingen av forurensningsrisikoen. På bakgrunn av dette er det ingen aktiviteter som er vurdert til å ha høy konsekvens eller høy risiko for forurensning. Det er tre aktiviteter som er vurdert til å ha middels risiko for forurensning. Det er vurdert at kollisjon mellom fartøy og innretning ved ankomst av fartøy og oppkoblingsoperasjoner kan medføre middels utslipp av og til (ikke hvert år). Hendelser ved lasting til skytteltanker, hvor store mengder råolje overføres via slanger med høye strømningsrater, er også vurdert til å kunne medføre middels utslipp av og til (ikke hvert år).

Risikoen for materielle skader er i hovedsak knyttet til kollisjon mellom fartøy og innretning, og objekter som under håndtering faller ned på havbunnen og treffer undervannsinnetninger eller annet utstyr. Flere av aktivitetene innebærer at fartøyet opererer svært nær en innretning, hvor det er fare for materielle skader dersom fartøyet skulle få et tap av posisjon som fører til kollisjon med innretningen. Risikoen for materielle skader ved ankomst av fartøy er vurdert å være høy. Det har vært flere kollisjoner ved ankomst av fartøy de siste 15 årene. Antall kollisjoner og skip på kollisjonskurs har blitt betraktelig redusert de seneste årene, men det er vurdert at kollisjoner som medfører store materielle skader med tap av større økonomiske verdier kan skje av og til (ikke hvert år).

Totalt sett viser resultatene fra risikoanalysen at det for flere av aktivitetene er potensial for storulykke med død og/eller flere alvorlige personskader, eller materielle skader med tap av større økonomiske verdier.

Kunnskapsstyrken er vurdert å være god for alle aktiviteter unntatt bruk av gangbro med SOV-fartøy, som vurderes å ha en lavere kunnskapsstyrke. Med kunnskapsstyrke menes her hvor mye kunnskap som finnes om aktivitetene; hvor god er forståelsen av hvilke hendelser som kan oppstå, hvor effektive er de risikoreduserende tiltakene og liknende. Bruk av SOV-fartøy er et relativt nytt konsept på norsk sokkel, og i motsetning til de andre aktivitetene, er den operasjonelle erfaringen begrenset.

Det presiseres at konklusjonene i studien bør brukes med varsomhet. Det bør ikke konkluderes ut fra plassering i risikomatrixene alene uten også å vurdere tilhørende begrunnelse. Det vil dessuten alltid være en viss grad av usikkerhet i en risikoanalyse. I denne studien er det spesielt knyttet en usikkerhet til potensiell underrapportering av maritime ulykker; antall ulykker og nestenulykker kan potensielt sett være betydelig større enn hva denne studien gir inntrykk av.

Det er en rivende teknologisk og organisatorisk utvikling innenfor næringen. Det er derfor ikke gitt at aktivitetene og fartøyene per dags dato vil være fullt ut representative for norsk sokkel om 5, 10 eller 20 år. Utviklingen går mot flere normalt ubemannede innretninger, og bruk av SOV-fartøy for kampanjebasert vedlikehold er et eksempel på innovasjon og rask endring. Bruk av nye prinsipper for tungløftfartøyer til installasjon og fjerning av plattformdekk er også introdusert de siste årene. Aktiviteter lengre mot nord og langtids drift av mange undervannsinnretninger kan også åpne opp for nye fartøystyper og endringer i driftsmønster.

Forkortelser

BOP	Blowout Preventor
CSV	Construction Support Vessel
DP	Dynamisk posisjonering
DSV	Diving Support Vessel
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
FPSO	Floating Production, Storage and Offloading
FPV	Fallpipe Vessel
FSO	Floating, Storage and Offloading
FSU	Floating Storage Unit
G-OMO	Guidelines for Offshore Marine Operations
HMS	Helse, miljø og sikkerhet
ICS	International Chamber of Shipping
IMCA	International Marine Contractors Association
IMO	International Maritime Organization
IMR	Inspection, Maintenance and Repair
IOGP	International Association of Oil & Gas Producers
LR	Lloyd's Register
LWI	Light Well Intervention
NDT	Non-Destructive Testing (Ikke-ødeleggende utprøving)
NOROG	Norsk olje og gass
OCV	Offshore Construction Vessel
OSV	Offshore Supply Vessel
PSV	Platform Supply Vessel

Ptil	Petroleumstilsynet
RLWI	Riserless Light Well Intervention
RNNP	Risikonivå i norsk petroleumsvirksomhet
ROV	Remotely Operated (underwater) Vehicle
SAR	Search And Rescue
SJA	Sikker jobb-analyse
SOV	Service Operation Vessel
SUT	Samsvarsuttalelse
UXO	Unexploded Ordnance
VOC	Volatile Organic Compounds
W2W	Walk to Work
WOAD	World Offshore Accident Database

Innholdsfortegnelse

Side

1	Innledning	1
1.1	Bakgrunn	1
1.2	Hensikt	1
1.3	Avgrensninger	1
1.4	Organisering av rapporten	2
1.5	Definisjoner	2
2	Metodebeskrivelse	2
2.1	Arbeidsmetode	2
2.2	Aktiviteter	3
2.3	Risikobegrepet	3
2.4	Risikopresentasjon	3
2.5	Datakilder	5
2.6	Usikkerhet	6
3	Fartøy	6
3.1	Introduksjon	6
3.2	Dynamisk posisjonering (DP)	7
3.3	Forsyningsfartøy	9
3.4	Skytteltanker	10
3.5	Kranfartøy	10
3.6	Dykkerfartøy	12
3.7	IMR-fartøy	12
3.8	CSV-fartøy	13
3.9	SOV-fartøy	14
3.10	Brønnintervensjonsskip	14
3.11	Kabelleggingsfartøy	15
3.12	Rørleggingsfartøy	16
3.13	Steindumpingsfartøy	17
3.14	Andre fartøystyper	18
4	Risikoanalyse	18
4.1	Generelle risikoelementer og risikoreduserende tiltak	18
4.2	Aktivitet 1: Ankomst av fartøy på feltet	20
4.3	Aktivitet 2: Lasting og lossing mellom fartøy og innretning	23
4.4	Aktivitet 3: Lasting til skytteltanker	27
4.5	Aktivitet 4: Vedlikehold og inspeksjon av hovedbærekonstruksjon	31
4.6	Aktivitet 5: Installasjons- og demonteringsløft med fartøy	35
4.7	Aktivitet 6: Installasjon av undervannsinnretninger	37
4.8	Aktivitet 7: Operasjon, inspeksjon og vedlikehold av undervannsinnretninger	41
4.9	Aktivitet 8: Oppkoblingsoperasjoner	46
4.10	Aktivitet 9: Bruk av gangbro	50
4.11	Aktivitet 10: Kabellegging	54

4.12	Aktivitet 11: Rørlegging	58
5	Forbedringsarbeid i nasjonale og internasjonale fora	62
6	Konklusjon	64
6.1	Risikobildet	64
6.2	Videre utvikling	66
7	Referanser	67

1 Innledning

Denne studien er utført av Lloyd's Register (LR) på oppdrag for Petroleurstilsynet (Ptil). Hensikten med studien er å belyse risikobildet ved ulike fartøysoperasjoner knyttet til petroleumsvirksomheten på norsk sokkel som har relevans for helse, miljø og sikkerhet (HMS).

1.1 Bakgrunn

Det er et høyt nivå på HMS i norsk petroleumsvirksomhet. Regjeringens ambisjon er at norsk petroleumsvirksomhet skal være verdensledende på HMS. Denne ambisjonen er et tydelig signal om at petroleumsnæringen ikke kan ta et høyt sikkerhetsnivå for gitt, men må jobbe for stadig forbedring. Virksomheten må ha et langsiktig perspektiv med fokus på både et høyt HMS-nivå, ressursforvaltning og verdiskapning. For å få til dette, er det nødvendig å sikre en god forståelse av risikobildet.

Bruken av spesialiserte fartøy i forbindelse med operasjoner knyttet til petroleumsvirksomhet på norsk sokkel viser økende operasjonstid de senere årene. Denne økningen gjør at Petroleurstilsynet ønsker å få belyst risikobildet bedre.

1.2 Hensikt

Hensikten med denne studien er å analysere og beskrive risikobildet med relevans for HMS for de ulike fartøysoperasjonene som gjennomføres i utbyggings-, drifts- og avslutningsfasen i petroleumsvirksomheten på norsk sokkel. Risikobildet presenteres for fartøysaktiviteter som kan ha storulykkespotensial, medføre forurensing, skade på personell eller skade på innretning/fartøy ved utbygging, drift og avslutning.

1.3 Avgrensninger

Oppdragsbeskrivelsen gitt av Petroleurstilsynet avgrenser studien til fartøysaktiviteter som kan ha storulykkespotensial, medføre forurensning, skade på personell eller skade på innretning/fartøy i utbyggings-, drifts- og avslutningsfasen, med unntak av transportfasen av innretning og moduler fra verft til lokasjon og fra lokasjon til destinasjon for opphugging. Risikobildet knyttet til maritime forhold på fartøy skal kun inkluderes dersom fartøyet er direkte eksponert fra en hendelse fra en innretning, for eksempel ved fallende last fra en innretning og utblåsning fra en undervannsbrønn. Helsemessige forhold relatert til dykking (trykkpåvirkning, osv.) skal ikke inkluderes.

Utover dette har LR i overenstemmelse med Petroleurstilsynet formulert følgende presiseringer til avgrensningene:

- Begrepet *fartøy* brukes i denne studien slik det benyttes i petroleumsregelverket, det vil si om ulike typer skip tilknyttet petroleumsvirksomheten. Flyttbare innretninger slik de er definert i petroleumsregelverket er dermed ikke omfattet av begrepet
- Bore- og brønnaktiviteter hvor "fartøyet" har direkte kontroll/styring over en brønnstrøm er ikke inkludert i studien ("fartøyet" vil da være definert som innretning og samsvarsuttalelse (SUT) må innhentes)
- Seilas fra/til land er ikke inkludert i studien
- Seismiske og andre geologiske undersøkelser og leteaktivitet er ikke inkludert i studien. Dette gjelder også forundersøkelser som grunnboring
- Beredskap og overvåking er ikke inkludert i studien
- Militære fartøy og fartøy med fiendtlige intensjoner er ikke inkludert i studien.

1.4 Organisering av rapporten

Inneværende kapittel (kapittel 1) beskriver bakgrunnen og hensikten med studien, i tillegg til avgrensninger og definisjoner. Metodebeskrivelsen for studien er å finne i kapittel 2. Fartøystypene som er relevante for studien er beskrevet i kapittel 3. Der gis det i tillegg en introduksjon til dynamisk posisjonering (DP). Selve risikoanalysen er presentert i kapittel 4. I kapittel 5 gis det en oversikt over forbedringsarbeid som pågår i ulike nasjonale og internasjonale fora. Studiens hovedkonklusjoner er gitt i kapittel 6.

1.5 Definisjoner

Petroleumsvirksomheten:	I denne rapporten brukes begrepet om petroleumsvirksomheten til havs, og inkluderer altså ikke petroleumsvirksomhet på land.
Fartøy:	Ulike typer skip tilknyttet petroleumsvirksomheten (inkluderer ikke flyttbare innretninger slik de er definert i petroleumsregelverket).
Innretning:	I denne rapporten brukes begrepet om innretninger etter petroleumslovens definisjon som befinner seg på havoverflaten (og som dermed ikke er undervannsinnetninger).
Undervannsinnetning:	I denne rapporten brukes begrepet om innretninger etter petroleumslovens definisjon som befinner seg under vann, inkludert produksjonsanlegg, rørledning og kabel.

2 Metodebeskrivelse

2.1 Arbeidsmetode

Arbeidet startet med å identifisere hvilke aktiviteter som skulle inkluderes i studien. Dette ble gjort med bakgrunn i oppdragsbeskrivelsen og de gitte avgrensningene. Den endelige oversikten over aktiviteter er vist i kapittel 2.2.

Med utgangspunkt i de identifiserte aktivitetene og oppdragsbeskrivelsen ble det deretter utarbeidet en oversikt over relevante fartøystyper. Fartøystypene er beskrevet i et eget kapittel i rapporten (se kapittel 3). I dette kapitlet er det også utarbeidet en generell introduksjon til dynamisk posisjonering (DP).

For hver av de identifiserte aktivitetene har deretter følgende steg blitt gjennomført i kapittel 4:

1. Beskrivelse av aktiviteten
2. Identifisering hvilke fartøystyper som er relevante for aktiviteten
3. Identifisering og beskrivelse av risikoelementer som kan ha/medføre
 - o Storulykkepotensial
 - o Personskader
 - o Forurensing
 - o Materielle skader
4. Beskrivelse av vanlige risikoreduserende tiltak
5. Identifisering og beskrivelse av relevante hendelser i nyere tid; se kapittel 2.5 for en beskrivelse av hvilke databilder som er benyttet
6. Risikovurdering; se kapittel 2.4 for en nærmere forklaring til hvordan dette er gjennomført. Usikkerheten ved studien er drøftet i kapittel 2.6.

Etter å ha analysert risikobildet for alle de identifiserte aktiviteter har det totale risikobildet blitt oppsummert i kapittel 6.1.

2.2 Aktiviteter

En oversikt over aktivitetene som er inkludert i studien er gitt under. Dykking er ikke listet som en egen aktivitet, da dykkeoperasjoner dekkes av de andre aktivitetene. Hver aktivitet er nærmere beskrevet i kapittel 4.

- Aktivitet 1: Ankomst av fartøy på feltet
- Aktivitet 2: Lasting og lossing mellom fartøy og innretning
- Aktivitet 3: Lasting til skytteltanker
- Aktivitet 4: Vedlikehold og inspeksjon av hovedbærekonstruksjon
- Aktivitet 5: Installasjons- og demonteringsløft med fartøy
- Aktivitet 6: Installasjon av undervannsinnetninger
- Aktivitet 7: Operasjon, inspeksjon og vedlikehold av undervannsinnetninger
- Aktivitet 8: Oppkoblingsoperasjoner
- Aktivitet 9: Bruk av gangbro
- Aktivitet 10: Kabellegging
- Aktivitet 11: Rørlegging.

2.3 Risikobegrepet

Som diskutert i Petroleumstilsynets notat om risikobegrepet i petroleumsvirksomheten, ref. /1/, kan en "mekanisk" vurdering av risiko kamuflere usikkerheter. Risikobegrepet er derfor presisert til:

Risiko er konsekvensene av virksomheten, med tilhørende usikkerhet.

Usikkerhet dreier seg her om mangel på informasjon, manglende forståelse eller kunnskap. Videre er risikobegrepet knyttet til konsekvenser av virksomheten, og ikke noe som kun angår den enkelte aktivitet der og da.

I denne studien er risiko vurdert kvalitativt ved å kombinere frekvens og konsekvens i en risikomatrix, mens det for hver aktivitet også er vurdert hvilken kunnskap som ligger til grunn for vurderingene.

Frekvens uttrykker hvor ofte man forventer at noe skal skje, mens konsekvens kan være knyttet til for eksempel liv og helse, miljø eller økonomiske verdier.

2.4 Risikopresentasjon

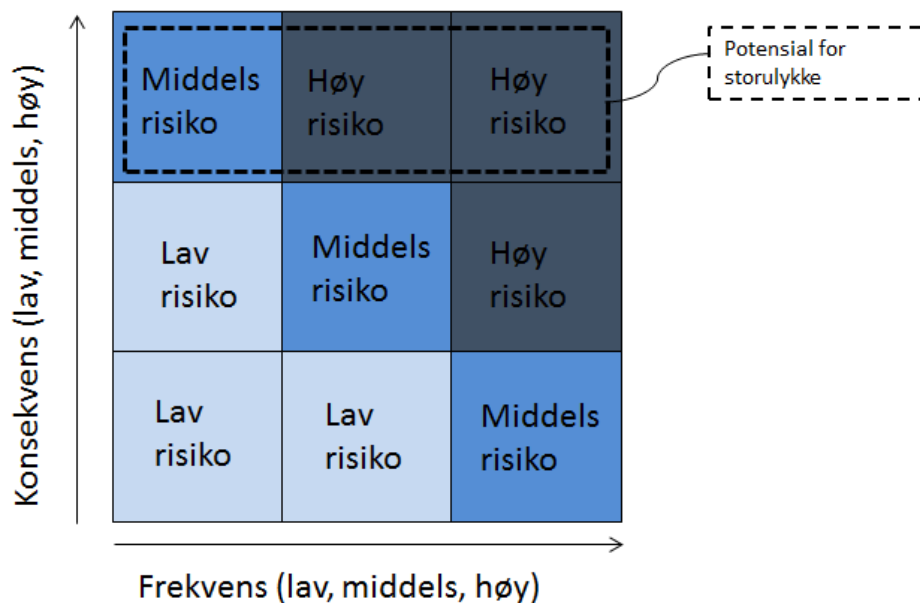
Det er i denne studien valgt å bruke en risikomatrix som vist i Figur 2.1 for å visualisere risikoen ved de ulike aktivitetene. Definisjonene av "lav", "middels" og "høy" for frekvens og konsekvens er gitt i Tabell 2.1 og Tabell 2.2.

Definisjonen av høy konsekvens er tilpasset Petroleumstilsynet sin definisjon av storulykke, ref. /2/:

Med storulykke menes en akutt hendelse som for eksempel et større utslipp, brann eller en eksplosjon som umiddelbart eller senere medfører flere alvorlige personskader og/eller tap av menneskeliv, alvorlig skade på miljøet og/eller tap av større økonomiske verdier.

For hver aktivitet vurderes risikoen for personskader, forurensning og materielle skader. Dersom én eller flere av disse havner i konsekvenskategorien "høy", vurderes aktiviteten til å ha storulykkepotensial.

I risikomatriksen i Figur 2.1 er det definert tre ulike risikonivåer, henholdsvis lav, middels og høy risiko, hvor ulike kombinasjoner av frekvens og konsekvens er vurdert å tilhøre samme risikonivå.



Figur 2.1 – Risikomatrise

Tabell 2.1 – Definisjon av frekvenskategorier

Kategori	Definisjon
Lav	Svært sjelden hendelse, men kan ha forekommet i industrien
Middels	Mulig; vurderes å kunne skje av og til (ikke hvert år)
Høy	Sannsynlig; vurderes å kunne skje én eller flere ganger hvert år

Tabell 2.2 – Definisjon av konsekvenskategorier

Kategori	Definisjon		
	Personskader	Forurensing	Materielle skader
Lav	Behov for førstehjelp /medisinsk behandling om bord på fartøyet/ innretningen	Lite/ubetydelig utslipp; kun lokal effekt i nærheten av utslippspunktet	Liten skade på innretning og/eller fartøy som ikke påvirker operasjonen eller daglig drift
Middels	Alvorlig personskade (behov for behandling på land)	Middels utslipp; krever overvåking og oppfølging	Skade på innretning og/eller fartøy som påvirker operasjonen eller daglig drift
Høy	Død og/eller flere alvorlige personskader	Stort utslipp; betydelig forurensing med alvorlig skade på miljøet	Store materielle skader med tap av større økonomiske verdier

Det presiseres at risikomatriksen med tilhørende definisjoner ikke er direkte hentet fra en standard eller et regelverk; den er utviklet for denne studien basert på lignende matriser som benyttes i industrien. For denne studien er det ikke knyttet noen akseptkriterier til risikomatriksen. Dersom en aktivitet vurderes til å ha "høy risiko", betyr ikke dette nødvendigvis at risikoen er uakseptabel. Videre er det viktig å påpeke at en slik risikomatrise har sine begrensninger, for eksempel:

- En inndeling i en slik 3x3-matrise er en grov oppløsning av virkeligheten; det kan potensielt være stor variasjon i risiko for aktiviteter som plasseres i samme rute i matrisen
- En aktivitet kan ha flere "underkategorier" av hendelser som kan ha ulik frekvens og konsekvens. For eksempel kan en aktivitet ha enkelte hendelser med høy konsekvens og lav frekvens (for eksempel kollisjon med høy hastighet), mens mer "typiske" hendelser kan ha lavere konsekvens, men høyere frekvens (for eksempel kollisjon med begrenset hastighet). For en gitt aktivitet kan det følgelig være flere mulige plasseringer i matrisen, og det må gjøres en vurdering av hvilken plassering som skal velges
- Som diskutert i ref. /3/ og /4/ er det viktig å bruke risikomatriser med varsomhet. Det bør ikke konkluderes ut ifra plassering i matrisen alene uten også å vurdere tilhørende begrunnelse. I ref. /3/ diskuteres det videre hvordan bruken av farger kan påvirke beslutningsprosesser. Det argumenteres for at bruken av sterke farger som for eksempel rødt, gult og grønt kan lede fokus vekk fra begrunnelsene som ligger til grunn for plasseringene i matrisen. Beslutninger bør tas basert på en forståelse av aktivitetene og tilhørende risikoelementer, og ikke alene ut ifra farger og kategorier. I lys av dette er det i denne studien valgt å bruke en blålig fargeskala som vist i Figur 2.1 for å kategorisere risikonivåene i risikomatrisen.

2.5 Datakilder

For å identifisere og beskrive relevante hendelser for hver aktivitet har det blitt søkt i flere datakilder. Et utvalg av de mest brukte kildene er kort beskrevet under.

Risikonivå i norsk petroleumsvirksomhet (RNNP):

RNNP ble igangsatt av Petroleumstilsynet i 1999 for å utvikle og anvende et måleverktøy som viser utviklingen i risikonivået på norsk sokkel. RNNP-prosjektet overvåker både personrisiko og risiko for akutte utslipp for å oppnå et mer helhetlig bilde av ulykkesrisiko. Resultatene fra RNNP presenteres i årlige rapporter som inkluderer relevante hendelser som har skjedd hvert år. For denne studien er RNNP-rapportene "Hovedrapport sokkel", ref. /5/, og "Akutte utslipp" benyttet, ref. /6/.

Granskningsrapporter

Som en viktig del av tilsynsarbeidet til Petroleumstilsynet inngår det å granske de mest alvorlige hendelsene som skjer på norsk sokkel. Alle granskningsrapportene gjøres som hovedregel offentlig tilgjengelig og inneholder mye informasjon om hendelsesforløp og årsaker.

Petroleumstilsynets hendelsesdatabase

Petroleumstilsynet har for denne studien utført søk etter relevante hendelser i sin hendelsesdatabase, ref. /7/, og gitt LR tilgang til søkeresultatet. Databasen består av hendelser som er varslet til Petroleums-tilsynet av operatører på norsk sokkel i henhold til varslingsplikten.

Sjøfartsdirektoratets ulykkesstatistikk

Sjøfartsdirektoratet registrerer alle ulykker på/med norske skip og ulykker på/med utenlandske skip i norsk farvann, inkludert personskader. Dataserien strekker seg tilbake til 1981, og inneholder detaljerte opplysninger knyttet til omstendighetene til ulykkene, ref. /8/.

World Offshore Accident Database (WOAD)

WOAD er en hendelsesdatabase vedlikeholdt av DNV GL som inneholder informasjon og beskrivelse av offshore-ulykker på verdensbasis, ref. /9/.

International Marine Contractors Association (IMCA)

Hendelser med posisjonstap knyttet til dynamisk posisjonering og tilhørende årsaker rapporteres på frivillig basis til IMCA, som oppsummerer disse hendelsene i årlige rapporter, ref. /10/.

Åpne kilder

I tillegg til de ovennevnte kildene har det blitt søkt bredt på internett; nyhetsartikler, publikasjoner og videoer har gitt nyttig informasjon til både beskrivelse av selve aktivitetene og relevante hendelser.

Selv om det har blitt søkt i flere kilder etter hendelsesdata, er det ikke nødvendigvis slik at alle hendelser er offentlig tilgjengelige. Som diskutert i blant annet ref. /11/ er det rimelig å anta at en betydelig andel av maritime ulykker og nestenulykker ikke rapporteres. Det er følgelig stor usikkerhet knyttet til de identifiserte hendelsene til aktivitetene; antallet ulykker og nestenulykker kan potensielt sett være betydelig større enn hva denne studien gir inntrykk av.

2.6 Usikkerhet

Det vil alltid være en viss grad av usikkerhet i en risikoanalyse. Som beskrevet i kapittel 2.5 er det i denne studien blant annet en usikkerhet knyttet til underrapportering av maritime ulykker, hvilket igjen gir en usikkerhet i risikovurderingene. Andre kilder til usikkerhet er antatt effekt av risikoreduserende tiltak og konsekvensen av hendelser som kan oppstå.

I denne studien er risikovurderingene for hver enkelt aktivitet vurdert basert på potensialet for hendelser som kan oppstå. Risikoen for hendelser er ikke direkte knyttet opp mot historiske hendelser; dersom det skjer en alvorlig hendelse i morgen skal risikovurderingene ideelt sett fortsatt være gjeldende.

Selv om den kvalitative fremgangsmåten i denne studien ikke er like sårbar for usikkerhet i for eksempel datakilder som en kvantitativ modell ville vært, er det en viss usikkerhet knyttet til de kvalitative risikovurderingene som er gjort. For eksempel er det for hver aktivitet identifisert hvilke risikoreduserende tiltak/barrierer som er gjeldende. For at en hendelse skal inntreffe, må normalt én eller flere av disse barrierene svikte. Både frekvens- og konsekvensvurderingene er følgelig basert på en vurdering av hvor sannsynlig det er at barrierene svikter, hvilket er en vurdering det er knyttet usikkerhet til.

Det er i denne studien inkludert en vurdering av *kunnskapsstyrken* til hver enkelt aktivitet. Med kunnskapsstyrke menes her hvor mye kunnskap som finnes om aktivitetene; hvor god er forståelsen av hvilke hendelser som kan oppstå, hvor effektive er de risikoreduserende tiltakene og liknende. Dersom en aktivitet har få eller ingen relevante hendelser, kan kunnskapsstyrken likevel vurderes til å være god dersom aktivitetens fenomener er godt kjent.

3 Fartøy

3.1 Introduksjon

I dette kapittelet beskrives fartøystypene som er relevante for de aktivitetene som er inkludert i studien. I kapittel 3.2 gis det i tillegg en introduksjon til dynamisk posisjonering (DP). Når risikobildet for hver aktivitet analyseres i kapittel 4, refereres det til hvilke fartøystyper som er relevante for den aktiviteten. Tabell 3.1 viser hvilke fartøystyper som brukes eller kan brukes i gjennomføringen av de forskjellige aktivitetene. Det tas her utgangspunkt i typiske fartøy. Det finnes enkeltfartøy som kan utføre flere ulike aktiviteter enn det som beskrives i denne rapporten.

Illustrasjonsbildene i dette kapittelet brukes med eksplisitt tillatelse fra innehaver av opphavsretten til bildene. Kreditering er gitt under hvert enkelt bilde. Bildene viser kun eksempler på de ulike fartøystypene. Det enkelte fartøy og eier har ingen direkte tilknytning til denne studien.

Tabell 3.1 – Relevante fartøystyper per aktivitet

	Forsyningsfartøy	Skytteltanker	Kranfartøy	Dykkerfartøy	IMR-fartøy	CSV-fartøy	SOV-fartøy	Brønnintervensjonsfartøy	Kabelleggingsfartøy	Rørleggingsfartøy	Steindumpingsfartøy
Aktivitet 1: Ankomst av fartøy på feltet											
Aktivitet 2: Lasting og lossing mellom fartøy og innretning											
Aktivitet 3: Lasting til skytteltanker											
Aktivitet 4: Vedlikehold og inspeksjon av hovedbærekonstruksjon											
Aktivitet 5: Installasjons- og demonteringsløft med fartøy											
Aktivitet 6: Installasjon av undervannsinnetninger											
Aktivitet 7: Operasjon, inspeksjon og vedlikehold av undervannsinnetninger											
Aktivitet 8: Oppkoblingsoperasjoner											
Aktivitet 9: Bruk av gangbro											
Aktivitet 10: Kabellegging											
Aktivitet 11: Rørlegging											

3.2 Dynamisk posisjonering (DP)

3.2.1 Introduksjon

Dynamisk posisjonering (DP) er et datastyrt system som ved bruk av fartøyets egne propeller, thrustere og ror automatisk sørger for at fartøyet holder en gitt posisjon og kurs, enten absolutt over havbunnen eller i forhold til et bevegelig referansemål. DP kan også brukes for å få fartøyet til å følge en forhåndsbestemt rute. DP-systemet består normalt av tre undersystemer; kraft-, thruster- og kontrollsystemet. Referansesystemer for posisjon, vindsensorer, bevegelsessensorer og gyrokompasser gir informasjon om fartøyets posisjon og orientering, i tillegg til størrelse og retning på de eksterne kreftene som påvirker posisjonen og orienteringen. Dataprogrammet inneholder en matematisk modell av fartøyet med informasjon om hvordan vind og havstrømmer påvirker fartøyet og hvor thrusterne er plassert. Denne kunnskapen, kombinert med sensorinformasjonen, gjør det mulig for datamaskinen å beregne den nødvendige styrevinkel og fremdriftskraft for hver thruster.

Bruken av DP-fartøy har gjort det mulig å utføre operasjoner i petroleumsindustrien med krav til nøyaktig posisjonering av fartøyet som før ikke var mulig uten bruk av ankring, eller som ikke var mulig i

det hele tatt, for eksempel på dypt vann. Et eksempel på det er boring av og brønnintervensjon på havbunnsbrønner ved bruk av fartøy på dypt vann hvor det ikke er ankringsmuligheter. De aller fleste fartøyene tilknyttet petroleumsvirksomheten på norsk sokkel er i dag utstyrt med dynamisk posisjonering. Bruken av DP kan gjøre operasjoner sikrere ved at fartøyet automatisk holder den ønskede posisjonen og man er mindre avhengig av menneskelige handlinger, men den kan også introdusere nye farer, for eksempel hvis DP-systemet feiler når fartøyet opererer nært inntil en innretning.

3.2.2 Tap av posisjon og DP-klasser

Feil ved DP-systemet kan medføre at fartøyet mister sin posisjon. Avhengig av hvilken operasjon fartøyet var i ferd med å utføre, kan det potensielt få store konsekvenser, som for eksempel kollisjon med en innretning. Tap av posisjon defineres som at fartøyet mister, enten midlertidig eller for lengre tid, evnen til å opprettholde sin posisjon ved hjelp av thrusterkraft, og dermed får et posisjonsavvik som er utenfor den akseptable grensen. Hva som er akseptabel grense for posisjonsavvik defineres for hver enkelt operasjon.

Tap av posisjon er et resultat av enten en såkalt *drift-off* eller en *drive-off*. *Drift-off* brukes om feilscenarioet hvor fartøyet ikke er i stand til å holde sin ønskede posisjon på grunn av utilstrekkelig thrusterkraft i forhold til de eksterne kreftene som påvirker fartøyet (vind, havstrømmer, bølger, osv.). Eksempler på årsaker til *drift-off* kan være strømbrydd, tap av referansesystemene som angir hvor fartøyet befinner seg eller plutselig økning i værlaster. *Drive-off* brukes om feilscenarioet hvor aktive thrusterkrefter driver fartøyet bort fra sin ønskede posisjon. Eksempler på årsaker til *drive-off* kan være at én eller flere thrustere feiler og gir unormal thrusterkraft eller feil i referansesystemene for posisjon.

Basert på IMO's (International Maritime Organization) publikasjon MSC/Circ.645 siden 1994, ref. /12/, og nylige MSC.1/Circ.1580 siden 2017, ref. /13/, er dynamisk posisjoneringssystemer kategorisert i tre ulike klasser. Disse utstyrsklassene er nærmere beskrevet under:

- DP klasse 1 (DP1) har ingen redundans, og tap av posisjon kan skje ved en enkeltfeil.
- DP klasse 2 (DP2) har redundans slik at ingen enkeltfeil i et aktivt system vil medføre at systemet feiler. Tap av posisjon skal ikke kunne skje på grunn av en enkeltfeil i en aktiv komponent eller system, slik som generator, thruster, strømfordelingstavle, fjernstyrte ventiler, osv., men det kan skje etter feil i en statisk komponent, slik som kabler, rør, manuelle ventiler, osv.
- DP klasse 3 (DP3) må i tillegg til kravene for DP2 kunne motstå brann eller oversvømmelse i et hvilket som helst rom på fartøyet uten at systemet feiler. Tap av posisjon skal ikke kunne skje på grunn av en enkeltfeil, inkludert en helt utbrent branncelle eller et oversvømt rom.

Definisjonen i IMO MSC/Circ.645 er knyttet til redundans, og inkluderer ikke en forventet feilrate for hver DP-klasse.

Som beskrevet i ref. /14/ er det, til tross for en stor økning i antall DP-fartøy og en betydelig utvikling av DP-teknologien de siste 20 årene, fortsatt usikkerhet i industrien om hva som er forventede frekvenser for tap av posisjon for DP-fartøy, spesielt for DP2- og DP3-fartøy. DP3-fartøy har bedre redundans enn DP2-fartøy, spesielt mot brann og oversvømmelse. Frekvensen for tap av posisjon er lavere for DP3-fartøy enn for DP2-fartøy, men forskjellen i frekvens er sannsynligvis betydelig mindre enn mellom DP2-fartøy og DP1-fartøy.

I veiledningen til § 90 i Aktivitetsforskriften, ref. /15/, (som er en del av petroleumsregelverket) er det beskrevet hvilken DP-klasse et fartøy skal ha for å kunne utføre en gitt aktivitet.

Redundans er her evnen til DP-fartøyet til å motstå tap av utstyr som er i bruk, uten å miste posisjon og/eller kurs. En enkeltfeil kan blant annet være:

- Thrusterfeil
- Generatorfeil
- Feil i kontroll-datamaskinen
- Feil i referansesystem for posisjon.

For noen operasjoner er ikke redundans påkrevd, og det er da tilstrekkelig å bruke et DP1-fartøy. Et eksempel på en slik type operasjon er et leteskip som kartlegger havbunnen hvor det er liten eller neglisjerbar risiko for skader hvis fartøyet mister posisjonen. For andre operasjoner, som dykking og tungløft, er det en risiko for personskader og materielle skader. Slike operasjoner blir utført med et DP2- eller et DP3-fartøy, avhengig av hvor stor risikoen er.

Hvis en enkeltfeil setter DP-systemets redundans i fare (det vil si at systemet ikke tåler en enkeltfeil til uten at fartøyet kan miste sin posisjon), og feilen ikke kan løses umiddelbart, bør den pågående operasjonen avbrytes så raskt som mulig. Denne avgjørelsen må tas av DP-operatøren. DP-operatøren må altså fortløpende vurdere om systemet har tilstrekkelig redundans. For DP2- og DP3-fartøy bør en konsekvensanalysemodul inkluderes i software-systemet for å assistere DP-operatøren i denne prosessen.

Redundansen til et DP-fartøy analyseres i en såkalt feilmode- og effektanalyse (FMEA) og sjekkes i en FMEA-sjøtest før fartøyet settes i drift. I tillegg gjennomføres det for noen fartøy årlige, i stedet for femårige, sjøtester av DP-systemet, og DP-systemet testes normalt også før hvert oppdrag.

Alle fartøystypene inkludert i denne studien som er i operasjon på norsk sokkel er utstyrt med dynamisk posisjonering. I beskrivelsen av de ulike fartøystypene i de følgende kapitlene er det indikert hvilken DP-klasse som er vanlig for hver fartøystype. Konsekvensene av tap av posisjon for hver aktivitet inkludert i denne studien er nærmere beskrevet i kapittel 4.

3.3 Forsyningsfartøy

Navn på engelsk: Supply vessel, Platform Supply Vessel (PSV), Offshore Supply Vessel (OSV)

Forsyningsfartøy er fartøy som er spesielt utformet og utstyrt for å frakte forsyninger og utstyr (proviant, drivstoff, brønnutstyr, reservedeler, osv.) til andre fartøy og innretninger til havs, og deretter å returnere andre laster til en forsyningsbase på land. De fleste forsyningsfartøy har en kombinasjon av dekkslast og bulklast i tanker under dekk. Bulk som typisk fraktes til innretningene er drivstoff, vann, kjemikalier, borevæsker og sement. Visse avfallsprodukter og kjemikalier må returneres til land for riktig gjenvinning eller deponering. Råoljeprodukter fra installasjonen fraktes vanligvis ikke på forsyningsfartøy, men på skytteltankere (se kapittel 3.4).

Laste- og losseoperasjonene utføres ved bruk av kran eller overføring i laste-/losseslanger. Dette er nærmere beskrevet i kapittel 4.3. Tendensen de siste årene er at forsyningsfartøy bygges større og større, og ofte også med isklasse, det vil si med forsterket skrog for å kunne operere i områder med havis.

Forsyningsfartøy som brukes på norsk sokkel er vanligvis utstyrt med DP1 eller DP2.



Figur 3.1 – Forsyningsfartøy. Foto: Island Offshore

3.4 Skytteltanker

Andre navn: Bøyelaster

Navn på engelsk: Shuttle tanker

Skytteltankere er fartøy som er spesielt utformet og utstyrt for å frakte råolje fra et oljefelt til havs til en terminal eller et raffineri på land, som et alternativ til transport via rørledninger. De er utstyrt med et lastesystem som er kompatibelt med oljefeltet det betjener. Det finnes ulike typer lastesystemer for å overføre oljen fra innretningen til skytteltankeren på en sikker måte. Lastesystemene er nærmere beskrevet i kapittel 4.4. Skytteltankerne som brukes på norsk sokkel har vanligvis en kapasitet på 550 000 til 850 000 fat olje, og lagerområdene er delt opp i flere tanker. Fartøyene er også utstyrt med dobbelt skrog og sikkerhetssystemer for å kunne håndtere den potensielt antennbare oljen om bord.

Skytteltankere som brukes på norsk sokkel er vanligvis utstyrt med DP1 eller DP2.



Figur 3.2 – Skytteltanker. Foto: Teekay

3.5 Kranfartøy

Navn på engelsk: Crane vessel, Floating crane

Kranfartøy er fartøy som er spesielt utformet og utstyrt for å utføre tungløft¹. De største kranfartøyene brukes til installasjon av strukturer og innretninger for petroleumsvirksomheten, for eksempel plattformunderstell (jackets) og dekk/moduler. Kranfartøy er som regel utrustet med én eller flere kraner, men også andre løfteprinsipper finnes. Kranfartøy kan være konvensjonelle ettskrogs fartøy, men de største kranfartøyene er ofte katamaraner (toskrogs fartøy) eller halvt nedsenkbare (semi-submersible) fartøy da de har større stabilitet. Dette muliggjør både tynge løft og løft i røffere sjø enn med et ettskrogs kranfartøy.

Verdens største kranfartøy er Pioneering Spirit (se Figur 3.4) som brukes til enkeltløftsinstallasjoner, fjerning av store olje- og gassplattformer og installasjon av store rørledninger. Pioneering Spirit kan løfte hele plattformsoverstell på opp til 48 000 tonn i ett løft.

Kranfartøy som brukes på norsk sokkel er vanligvis utstyrt med DP2 eller DP3.

¹ I denne rapporten brukes benevnelsen *kranfartøy* også om tungløftfartøy som bruker andre løfteprinsipper enn en konvensjonell kran.



Figur 3.3 – Kranfartøy. Foto/kredit: Jan Arne Wold / Equinor



Figur 3.4 – Pioneering Spirit. Foto: Allseas

3.6 Dykkerfartøy

Navn på engelsk: Diving Support Vessel (DSV)

Dykkerfartøy er fartøy som er spesielt utformet og utstyrt for å brukes som en flytende base for profesjonelle dykkeroppdrag. Med profesjonell dykking menes dykking for å bygge, reparere eller vedlikeholde utstyr eller strukturer under vann. I petroleumsvirksomheten utfører dykkere arbeid under og rundt innretninger, som inspeksjon, vedlikehold og installasjonsarbeid. Bruken av dykkere er de senere årene delvis blitt erstattet av ROV, men dykkere brukes fortsatt til en del operasjoner. De fleste dykkerfartøy er ettskrogs fartøy utstyrt med én eller to dykkerklokker og andre støttesystemer for dykkerne (som trykkammer, dekompresjonskammer, ROV, osv.). Dykkerklokken senkes ofte ned i sjøen gjennom en kjellerdeksåpning i fartøyet.

Ved metningsdykking hvor dykkeren oppholder seg i lengre perioder på store dyp, blir dykkeren trykksatt i et kammersystem om bord på fartøyet til det aktuelle trykket som tilsvarer dybden hvor dykkeren skal utføre arbeidet. Fra kammersystemet kan dykkeren sluses over i en dykkerklokke som er trykksatt til samme trykk som kammeret, og deretter senkes dykkerklokken ned til den aktuelle dybden hvor dykkeren kan ta seg ut i vannet og frem til arbeidsstedet. Når arbeidsøkten er ferdig, fraktes dykkeren i dykkerklokken tilbake til kammersystemet på fartøyet. Dykkeren kan oppholde seg i flere uker i strekk i dette systemet. Når arbeidsperioden er over, dekomprimeres dykkeren tilbake til overflate-trykk og kan forlate kammeret.

Dykkerne får tilført pustegass fra fartøyet. De har også med seg egne gassflasker i sjøen som reserve. Det er vanlig å bruke varmtvannsdrakter med forsyning av temperert vann fra fartøyet. Kontroll av dykket foregår i en dykkekontroll på fartøyet.

Dykkerfartøy som brukes på norsk sokkel er vanligvis utstyrt med DP3.



Figur 3.5 – Dykkerfartøy. Foto: Royal Boskalis Westminster N.V.

3.7 IMR-fartøy

Navn på engelsk: Inspection, Maintenance and Repair (IMR) vessel

IMR-fartøy er høyteknologiske fartøy som er spesielt utformet og utstyrt for i hovedsak å brukes ved inspeksjon og reparasjon av undervannsinnetninger. Fartøyene er ofte også utrustet for andre oppgaver som lett konstruksjonsarbeid. Oppgaver som IMR-fartøy kan utføre inkluderer:

- Støtte for én eller flere ROV'er
- Inspeksjon av strukturer, kabler, rørledninger, undervannsinnetninger, osv.
- Støtte ved vedlikehold av innretninger
- Lett konstruksjonsarbeid
- Støtte ved legging av kabler og slanger.

IMR-fartøy er vanligvis utrustet med et stort dekksområde som brukes til å frakte reserveutstyr, spoler, containere, osv., og en kjellerdekkåpning for ROV. De fleste fartøyene har én eller to kraner for løft av forsyninger og installasjon av mindre strukturer. Mange IMR-fartøy har i tillegg tanker for forsyninger til og fjerning av avfallsprodukter fra innretninger. IMR-fartøy er laget for å kunne operere under vanskelige værforhold. Mange nye IMR-fartøy har isklasse og har med seg utstyr for vinterisering for å kunne utføre oppdrag i arktiske områder.

IMR-fartøy som brukes på norsk sokkel er vanligvis utstyrt med DP2.



Figur 3.6 – IMR-fartøy. Foto: Island Offshore

3.8 CSV-fartøy

Navn på engelsk: Construction Support Vessel (CSV), Offshore Construction Vessel (OCV)

CSV-fartøy ligner på IMR-fartøy (se kapittel 3.7), men er større og har større krankapasitet. CSV-fartøy er spesielt utformet og utstyrt for å brukes som støttfartøy i petroleumsvirksomheten ved komplekse konstruksjons-, installasjons-, vedlikeholdsoperasjoner.

CSV-fartøy som brukes på norsk sokkel er vanligvis utstyrt med DP2.



Figur 3.7 – CSV-fartøy. Fartøyet på bildet har en krankapasitet på 400 tonn og er utstyrt med DP3. Foto: Maersk Supply Service

3.9 SOV-fartøy

Navn på engelsk: Service Operation Vessel (SOV), Walk-to-work (W2W) vessel

SOV-fartøy er fartøy som er spesielt utformet og utstyrt for å besørge enkle installasjoner til havs med logistikk og innkvartering av personell og utstyr. I petroleumsvirksomheten brukes slike fartøy til å frakte personell og utstyr til såkalte normalt ubemannede innretninger, som enklere brønnhodeinnretninger, som regel i forbindelse med vedlikeholdsarbeid. SOV-fartøy brukes også i forbindelse med vedlikehold av vindfarmer til havs.

I tillegg til å frakte vedlikeholdspersonell og utstyr til innretningen, brukes SOV-fartøy som boligkvarter for vedlikeholdspersonellet i de timene, dagene eller ukene oppdraget varer. Det finnes for eksempel SOV-fartøy som kan innkvartere over 100 vedlikeholdspersoner. Det er dessuten vanlig at fartøyet har verksteds- og lagringsfasiliteter for arbeidene som skal utføres for innretningen. SOV-fartøy er utstyrt med en gangbro ("walk to work"-gangbro) som plasseres mellom fartøyet og innretningen. Det gjør det mulig for vedlikeholdspersonellet å gå mellom fartøyet og innretningen, og gangbroen kan også tjene som rømningsvei når personellet arbeider på innretningen. Gangbroen er konstruert slik at påvirkningen fra fartøyet bevegelse dempes slik at det er trygt å gå over gangbroen i opptil flere meters bølge-høyde. Noen SOV-fartøy er også utstyrt med en kran for å løfte utstyr mellom fartøyet og innretningen. For å muliggjøre mannskaps- og personellbytte underveis i oppdraget, er noen SOV-fartøy utstyrt med helikopterdekk og båtlandingsplattform.

Det er per i dag få normalt ubemannede innretninger på norsk sokkel. I følge ref. /16/ er det ventet et økt antall enklere brønnhodeinnretninger i perioden frem til 2030, slik at bruken av SOV-fartøy vil øke.

SOV-fartøy er vanligvis utstyrt med DP2.



Figur 3.8 – SOV-fartøy. Foto: Flying Focus / Royal Niestern Sander B.V.

3.10 Brønnintervensjonsskip

Navn på engelsk: Well intervention vessel, Light Well Intervention (LWI) vessel, Riserless Light Well Intervention (RLWI) vessel

Brønnintervensjonsskip er skip som er spesielt utformet og utstyrt for å utføre intervensjon på havbunnsbrønner. Denne skipstypen inkluderer også såkalte brønnstimuleringskip, da brønnstimulering er en form for brønnintervensjon. Brønnintervensjon kan også utføres av flerbruks boreskip (multi-purpose drilling vessel).

Brønnintervensjon er å føre utstyr inn i en petroleumbrønn for å overvåke, kontrollere, vedlikeholde eller optimalisere produksjon eller injeksjon av kjemikalier, vann eller gass i brønnen. Alle brønner vil før eller siden kreve slike operasjoner. For havbunnsbrønner kan intervensjonen gjøres ved bruk av en ordinær borerigg eller et brønnintervensjonsskip.

Såkalt lett brønnintervensjon kan utføres fra et brønnintervensjonsskip uten bruk av stigerør fra BOPen på havbunnen til overflaten. Det er dermed ingen brønnstrøm med hydrokarboner som går til skipet på overflaten. Ved lett brønnintervensjon uten stigerør kan man injisere kjemikalier eller vann i brønnen og man kan utføre visse wireline-operasjoner for vedlikehold. Wireline-teknologien går ut på å føre en kabel med måleutstyr eller annet utstyr inn i brønnen.

Hvis brønnintervensjonsskipet kontrollerer brønnen (det vil si styrer brønnstrømmen) eller utstyr fra skipet føres inn i brønnen (for eksempel ved wireline-operasjoner), vil skipet bli definert som en innretning, og ikke et fartøy.

Brønnaktiviteter som kan utføres av fartøy er blant annet ulike injeksjoner via ventiltre eller brønnventil uten styring av brønnstrømmen, vedlikehold av ventiltre og utstyr på brønnrammen og utskifting av utstyr på havbunnsbrønner.

Brønnintervensjonsskip er som regel utrustet med kran og én eller flere ROVer for å overvåke og utføre undervannsoperasjoner i forbindelse med intervensjonen.

Brønnintervensjonsskip som brukes på norsk sokkel er vanligvis utstyrt med DP2 eller DP3.



Figur 3.9 – Brønnintervensjonsskip. (Skipet på bildet har samsvarsuttalelse (SUT) fra Petroleumstilsynet). Foto: Island Offshore

3.11 Kabelleggingsfartøy

Navn på engelsk: Cable laying vessel

Kabelleggingsfartøy er fartøy som er spesielt utformet og utstyrt for å legge undersjøiske kabler for blant annet telekommunikasjon, overføring av elektrisk strøm og navlestrengskabler som forsyner undervannsinnetninger med nødvendig hydraulisk trykk, elektrisk strøm, fiberoptikk, osv. I petroleumsvirksomheten kan det være behov for slike kabler både mellom innretninger ute på feltet og mellom feltet og land.

Kabelleggingsfartøy for utlegging av lette fiberkabler (kommunikasjon) vil kunne være vesentlig mindre og enklere utrustet enn de fartøyene som skal legge ut navlestrengskabler eller kabler for elektrisk strøm. Kabelleggingsfartøy er utrustet med store skiver som leder kablen over skutesiden, som oftest i akterenden. Om bord på fartøyet lagres kablen på store tromler eller karuseller. Det finnes to hovedtyper av kabelfartøy; kabelleggingsfartøy og kabelreparasjonsfartøy. Nyere fartøy er som regel en kombinasjon av begge typer.

Spesialutstyr brukes for å holde igjen kablen og på den måten sikre at kablen legges (eventuelt hentes opp) på en korrekt og sikker måte. Noen fartøy kan legge flere kabler samtidig. Fartøyet holder lav hastighet under kabelleggingen for å sikre at kablen legges korrekt på havbunnen. ROV kan brukes for en visuell kontroll av dette. Det er også viktig å kartlegge underveis hvor kablen legges slik at man kan finne den igjen senere. Kabelleggingsfartøy kan også ha utstyr som henger under fartøyet og som ved bruk av en plog og/eller høytrykksvannstråler begraver kablen ca. 1 m ned i havbunnen for å beskytte den mot fiske med trål, ankring av mindre fartøy og annen ytre påvirkning. Dette kan også gjøres ved bruk av spesialiserte ROVer.

Kabelleggingsfartøy som brukes på norsk sokkel er vanligvis utstyrt med DP2.



Figur 3.10 – Kabelleggingsfartøy. Foto: Royal Boskalis Westminster N.V.

3.12 Rørleggingsfartøy

Navn på engelsk: Pipe laying vessel

Rørleggingsfartøy er fartøy som er spesielt utformet og utstyrt for å legge undersjøiske rørledninger. Rørledninger transporterer produserte hydrokarboner (olje, gass og kondensat) fra petroleumsfelt til havs til mottak på land, eller mellom innretninger på sokkelen. Det brukes ulike rørleggingsmetoder avhengig av blant annet rørledningstype og dybde. De vanligste metodene er S-metoden, J-metoden og spolemetoden. Disse metodene er nærmere beskrevet i kapittel 4.12. Etter at rørledningen er lagt, kan den begraves i havbunnen ved bruk av høytrykksvannstråler eller plog (se kapittel 3.11).

Rørleggingsfartøy som benyttes for S- og J-metoden er utstyrt med kran og annet løfteutstyr for å laste om bord og håndtere rørseksjonene og annet utstyr som ventiler og pumper. Om bord på fartøyet sveises rørseksjonene sammen og rørledningen legges etter hvert som fartøyet beveger seg fremover. Fartøyet er en stor sveisefabrikk over flere dekk/nivåer. Fartøy som legger rørledning med S-metoden er utstyrt med en såkalt *stinger* som henger ut fra akterenden. Stingeren er en stiv fagverkskonstruksjon som leder rørledningen med en gitt krumningsradius fra fartøyet og ned i sjøen mot havbunnen. Fartøy som legger rørledning med J-metoden er utstyrt med et høyt vertikalt tårn hvor rørseksjonene sveises sammen. Noen fartøy er utstyrt både for S- og J-metoden.

Fleksible rørledninger kan sveises sammen på en såkalt spoibase på land og kveiles opp på tromler eller store karuseller på spesielle rørleggingsfartøy. Ved legging kveiles rørledningen av trommelen/ karusellen via noen skiver og over skutesiden eller et vertikalt leggetårn, slik en kabel legges.

Fartøyene bruker dynamisk posisjonering eller spredt ankerfortøyning for å holde posisjon, korrekt hastighet og rørledningen i strekk under rørleggingen. Som for kabellegging, kan ROV brukes for en visuell kontroll av at rørledningen legges korrekt på havbunnen. Det finnes rørleggingsfartøy som kan legge rørledninger på over 3 000 meters dyp.

Rørleggingsfartøy som brukes på norsk sokkel er vanligvis utstyrt med DP2 eller DP3.



Figur 3.11 – Rørleggingsfartøy utstyrt for S-metoden med en stinger. Foto: Allseas

3.13 Steindumpingsfartøy

Navn på engelsk: Rock-dumping vessel, Fallpipe vessel (FPV), Rock discharge vessel

Steindumpingsfartøy er fartøy som er spesielt utformet og utstyrt for å dumpe steinmasser på havbunnen. Formålet kan være å beskytte rørledninger og kabler mot fiske med trål, ankring og annen ytre påvirkning, eller utjevning av havbunnen før installasjon av plattformer, undervannsinnretninger, kabler eller rørledninger. Fartøyene kan frakte og dumpe steiner av varierende størrelse. Steindumpingsfartøyene som brukes i petroleumsvirksomheten er som regel store bulklasteskip-lignende fartøy som er utrustet for å utføre presisjonsoperasjoner ved bruk av lange og fleksible nedløpsrør som senkes under fartøyet gjennom en kjellerdekkåpning. Fartøyene kan dumpe steinmasser med stor presisjon på 2 000 meters dyp ved hjelp av en ROV som sitter i enden av nedløpsrøret. På grunnere vann og inntil innretninger kan steinmassene dumpes over siden av fartøyet ved bruk av nedløpsrør. Om bord på fartøyet brukes både transportbånd og gravemaskiner for forflytning av steinmassene fra lasterommene til åpningen til nedløpsrøret. En tilleggs-ROV kan brukes for visuell kontroll av at steinmassene dumpes på rett sted.

Steindumpingsfartøy som brukes på norsk sokkel er vanligvis utstyrt med DP1 eller DP2.



Figur 3.12 – Steindumpingsfartøy. Foto: Royal Boskalis Westminster N.V.

3.14 Andre fartøystyper

Andre fartøystyper som også brukes til operasjoner i petroleumsvirksomheten på norsk sokkel, men som ikke er inkludert i denne studien (se avgrensninger i kapittel 1.3) er listet under. Listen er ikke uttømmende.

- Transportlekter
- Slepebåter
- Ankerhåndteringsfartøy
- Vaktfartøy
- Beredskapsfartøy.

4 Risikoanalyse

4.1 Generelle risikoelementer og risikoreduserende tiltak

I påfølgende kapitler vil det for hver aktivitet identifiseres risikoelementer og risikoreduserende tiltak. Flere av elementene og tiltakene vil være felles for alle aktiviteter, og for å unngå gjentakelser er disse samlet i dette underkapittelet. Dersom noe er spesielt relevant for de enkelte aktiviteter, vil de generelle risikoelementene og risikoreduserende tiltakene kunne gjentas.

4.1.1 Arbeidsforhold

Flere av aktivitetene innebærer risikofylte arbeidsoppgaver, som tilkobling og løft av tungt utstyr og arbeid med trykksatte systemer. Arbeidet foregår utendørs under varierende værforhold, og personellet på fartøyene vil kunne oppleve bevegelse i alle retninger. Videre kan varigheten av en operasjon strekke seg over lange perioder uten at dette nødvendigvis er kompensert for ved å ha doble mannskapsskift. I motsetning til på innretninger, er det på fartøy ofte mer utfordrende å sørge for godt arbeidslys når det mørkner. Totalt sett kan det argumenteres for at de ovennevnte faktorene bidrar til tretthet og utmattelse for personellet, hvilket igjen kan øke sannsynligheten for uønskede hendelser og personskader. I tillegg til de mer fartøysspesifikke elementene, vil også "klassiske" elementer som for eksempel manglende vedlikehold og kommunikasjonssvikt bidra til økt risiko.

For å redusere risikoen for uønskede hendelser er det blant annet viktig å etablere en god sikkerhetskultur og sørge for tilstrekkelig kompetanse i alle ledd. En synlig ledelse og ledelsesinvolvering, tydelige definerte ansvarsområder, god kommunikasjon og opplæring i risikoforståelse og de konkrete arbeidsoppgavene er viktige parametere. For å minimere sannsynligheten for at utstyret skal feile ved bruk, må vedlikehold og inspeksjoner utføres i tråd med leverandørens spesifikasjoner.

Klare kommunikasjonslinjer må etableres før operasjonen starter, slik at det ikke er tvil om hvem som er ansvarlige for de ulike delene av operasjonen, og hvem som skal kommunisere med hverandre. Det bør settes krav til språkkunnskap, slik at språklige misforståelser ikke blir et risikomoment under operasjonen.

Normalt etablerte generelle risikoreduserende tiltak inkluderer planlegging av operasjonen, bruk av prosedyrer, gjennomføring av sikker jobb-analyse (SJA), bruk av nødvendig personlig verneutstyr og vurdering av værforhold underveis i operasjonen.

4.1.2 Tap av posisjon

Tap av posisjon er et annet risikoelement som er relevant for de fleste aktiviteter, og det er følgelig en rekke risikoreduserende tiltak/barrierer som er felles for disse. Tap av posisjon er spesielt kritisk hvis det skjer under operasjon i nærheten av en innretning eller andre fartøy, og det er fare for kollisjon. Selve kollisjonen kan føre til personskader og forurensning, og i ytterste konsekvens kan det lede til en storulykke med store materielle skader dersom innretningen ikke er dimensjonert til å tåle kollisjonsenergien. Ved bruk av dynamisk posisjonering kan en kollisjon oppstå ved at fartøyet mister sin motorkraft og driver inn i innretningen, en såkalt drift-off. En kollisjon kan også oppstå dersom fartøyet opplever en ukontrollert bevegelse inn mot innretningen, en såkalt drive-off. De mest generelle tiltakene mot tap av posisjon som er felles for alle aktiviteter er gjengitt her:

- DP-systemet med fartøyets evne til å holde sin posisjon er en sentral barriere. Fortrinnsvis bør DP-fartøy med redundans i DP-systemene benyttes, det vil si DP2- eller DP3-fartøy. Se kapittel 3.2 for en nærmere beskrivelse av DP-systemet
- Dersom fartøyet opplever tap av fremdrift eller bortfall av referansesystemer, er det essensielt at mannskapet har kompetanse til å håndtere disse situasjonene. DP-operatører må følge et treningsprogram, som ikke bare innebærer å forhindre at fartøyet taper posisjon, men også hvordan man hurtigst mulig skal klare å gjenoppta kontrollen over fartøyet etter en drive-off eller drift-off
- Hvis mulig bør man benytte flere referansesystemer for posisjon med flere enn to målefilosofier
- Dersom en innretning, eller deler av en innretning, ikke er dimensjonert for kollisjonsenergier over en viss størrelse, kan det være hensiktsmessig å innføre restriksjoner på fartøystørrelse eller operasjonelle sonebegrensninger
- Operasjonelle tiltak knyttet til posisjoneringen av fartøyet er relevante dersom det er fare for kollisjon med innretninger eller andre fartøy. Dette kan innebære å plassere fartøyet på en slik måte at en plutselig drive-off ikke sender fartøyet rett mot en innretning eller andre fartøy. Hvordan en drive-off vil skje, kan være vanskelig å forutse, da det er mange teoretiske feilmodi. Likevel vil oftest propellenes plassering være slik at en plutselig drive-off sender fartøyet fremover eller bakover, og en posisjonering av fartøyet med tanke på dette vil være hensiktsmessig. Ved en drift-off er det værkrefter som bestemmer retningen til fartøyet, og en optimal posisjonering i forhold til innretninger/andre fartøy med hensyn til relevante værkrefter bør etterstrebes
- Kontinuerlig vurdering av værforhold og dets innvirkning på fartøyets evne til å holde sin posisjon
- Tydelig oppgavefordeling på broen og god overlevering ved vaktskifter, samt etterlevelse av prosedyrer og gjennomgang av sjekklister.

4.1.3 Fartøy som tennkilde

Dette underkapittelet tar for seg den generelle risikoen for at fartøy kan utgjøre en tennkilde ved et hydrokarbonutslipp, som ikke trenger å være forårsaket av aktiviteten som fartøyet utfører.

Generelt i petroleumsvirksomheten og også i forbindelse med aktivitetene inkludert i denne studien, vil det alltid være en viss risiko for utslipp av hydrokarboner. Utslipet er ikke nødvendigvis en følge av aktiviteten som utføres. Rørbrudd eller lekkasje fra annet produksjonsutstyr på en undervannsinnetning kan være en potensiell kilde for utslipp til sjøen. Større utstyr som rørledninger og produksjonsmanifolder kan inneholde store mengder hydrokarboner. Initierende hendelser som kan føre til utslipp kan skyldes teknisk degradering av utstyr, menneskelig inngripen, prosessforstyrrelser, innebygd designfeil eller ytre årsaker, ref. /5/. Det er dessuten en generell risiko for utslipp av hydrokarboner fra produksjons- og/eller boreinnretninger som også kan eksponere fartøy.

Ved omfattende hydrokarbonlekkasjer (for eksempel undervannsutblåsning eller rørbrudd) på havbunnen, vil det kunne utvikles brennbare gasskyer på havoverflaten. Karakteristikken til undervannsutslippet og gassens strømming mot overflaten vil være avhengig av faktorer som utslippsrate, tetthet av gassen/oljen, utslippsdybde og havstrømmer. Utslipet som etter hvert når havoverflaten vil bestå av store deler vann som rives med på vei opp. Dette gjør at det settes opp en radiell utstrømning nær overflaten. På havoverflaten vil gassen stige ut i luften innenfor et begrenset område (kokesonen), mens oljen vil spres over et større område (oljeflak) som følge av den radielle utstrømningen av medrevet vann. Utbredelsen og konsentrasjonen av gass på havoverflaten vil være avhengig av blant annet vindhastighet og utslippsrate, ref. /17/.

Dersom en gassky av brennbare konsentrasjoner etablerer seg på havoverflaten, kan utslippet føre til en potensiell brann eller eksplosjon. Nærliggende innretninger, passerende fartøy eller fartøy i operasjon utgjør mulige tennkilder. Potensielle konkrete tennkilder kan være elektrisk utstyr, eksossystemer eller andre flammekilder.

Ved utslipp fra undervannsinnetninger utenfor sikkerhetssonen vil det være lavere antennesannsynlighet, og ulykkepotensialet er først og fremst knyttet til miljøskade.

En gjennomgang av registrerte hydrokarbonlekkasjer i RNNP-rapporter fra år 2003-2017 viser at det har vært syv alvorlige utslipp fra stigerør, rørledninger og undervannsproduksjonsanlegg innenfor

sikkerhetssonen. Det er rapportert om fire lekkasjer fra undervannsinnetninger og rørledninger, mens fire av utslippene skyldes lekkasje i stigerør, ref. /5/.

RNNP-rapporten for akutte utslipp fra 2017, ref. /6/, rapporterer om totalt 21 utslipp (innenfor og utenfor sikkerhetssonen) av hydrokarboner fra undervannsinnetninger i perioden 2006-2017. I 2017 var det fem tilfeller av utslipp fra undervannsinnetninger som rørledninger, brønnstrømrør og produksjonsbrønnrammer. Dette er det høyeste antallet utslipp som er registrert siden 2006.

Utslippshendelsene fra RNNP-rapportene er ikke en konsekvens av aktivitetene beskrevet i denne rapporten, men de demonstrerer omfanget av utslippshendelser fra undervannsinnetninger på norsk sokkel.

En gjennomgang av SINTEF Offshore Blowout Database, ref. /18/, viser at det har blitt rapportert to utslipp fra havbunnsbrønner i produksjon for perioden 2003-2017. Begge hendelsene fant sted på britisk sokkel og standarden på havbunnsbrønnene er klassifisert som "North Sea Standard". Det er ikke rapportert om utblåsninger fra havbunnsbrønner i perioden.

Det er ikke rapportert om hendelser på norsk sokkel hvor fartøy har blitt eksponert for eller forårsaket antenning av en gassky fra et hydrokarbonutslipp.

Risikoen for at fartøy kan utgjøre en tennkilde ved et hydrokarbonutslipp er liten, men forhåndsregler bør allikevel tas. Lekkasjedeteksjonssystemer på fartøy og på havbunnen bør vurderes, samt tilfredsstillende vedlikehold av dette. Det bør være oppmerksomhet rundt barrierer som forebygger, bidrar til tidlig deteksjon og begrenser utslipp i forbindelse med undervannsinnetninger, både innenfor og utenfor sikkerhetssonen. Potensielle tennkilder om bord på fartøyet, inkludert tennkilder som introduseres ved bruk av midlertidig utstyr, bør identifiseres og kontrolleres.

Fartøy kan også utsettes for andre typer utslipp fra innetninger utover hydrokarboner, for eksempel vann, sement, H₂S, osv. Når fartøy opererer i nærheten av en innetning, er det viktig med god kommunikasjon mellom innetningen og fartøyet for å hindre utslipp som kan utgjøre en fare eller sjenanse for fartøyet.

4.2 Aktivitet 1: Ankomst av fartøy på feltet

4.2.1 Beskrivelse

Kollisjonsrisikoen ved ankomne fartøy for alle fartøysoperasjoner er dekket av denne aktiviteten.

Fartøy som skal utføre operasjoner ved en innetning vil seile fra land, eller fra andre innetninger, før det ankommer innetningens sikkerhetssone. Rundt én time i forkant av ankomst til sikkerhetssonen etableres det kommunikasjon mellom fartøyet og innetningen, ref. /19/. Ved ankomst til sikkerhetssonen inntar fartøyet en standby-posisjon, og navigatørene på fartøyet kaller opp innetningen. For forsyningsfartøy utveksles det informasjon om last og returlast, hvilken side av innetning fartøyet skal på og liknende. Videre foretas det tester av fartøyet DP-system og fremdriftssystem. Først når alle forberedelser er gjort, får fartøyet tillatelse til å entre sikkerhetssonen.

Beskrivelsen ovenfor gjelder hovedsakelig for forsyningsfartøy; for andre fartøystyper vil prosedyrene kunne være annerledes. Den største andelen av "ankommende fartøy" på norsk sokkel dekkes derimot av forsyningsfartøy; for en stor bemannet innetning kan det være nødvendig med daglige forsyninger fra slike fartøy.

4.2.2 Relevante fartøystyper

Alle fartøystyper vil på et tidspunkt være ankommende fartøy, men den største andelen består av forsyningsfartøy.

4.2.3 Risikoelementer

4.2.3.1 Kollisjon

I transportfasen til innetningen vil fartøyet kunne ha en høy hastighet og følgelig høy kollisjonsenergi om det ikke skulle greie å redusere hastigheten før det kolliderer med innetningen. Innetningene på norsk sokkel er ofte ikke dimensjonert for å tåle en slik kollisjon, og det er derfor et betydelig storulykkepotensial ved dette risikoelementet.

Hvis et fartøy som ligger i venteposisjon utenfor sikkerhetssonen mister motorkraft, kan det drive inn mot innretningen. Fartøyet kan også bevege seg i retning innretningen hvis det oppstår feil i DP-systemet og det får en drive-off. Avstanden til innretningen vil derimot være stor (minimum 500 m), slik at mannskap normalt vil få kontroll på fartøyet igjen i god tid før en eventuell kollisjon.

Etter at fartøyet har fått klarsignal fra innretningen til å entre sikkerhetssonen, vil det også være en fare for kollisjon, for eksempel ved at fartøyet får problemer med DP-systemet eller ved feilmanøvrering. Hastigheten i sikkerhetssonen vil være betydelig lavere enn fram til sikkerhetssonen, men kollisjonsenergien kan likevel bli betydelig.

4.2.4 Risikoreduserende tiltak

Nedenfor er det listet opp et utvalg av risikoreduserende tiltak/barrierer normalt etablert for å redusere kollisjonsrisikoen relatert til ankomst av fartøy på feltet.

- Etablere og følge seilingsplan samt navigere med way-point utenfor innretninger, det vil si at fartøyet aldri skal ha kurs rett mot en innretning
- Trafikkovertvåking; det er flere aktører som har som oppgave å drive havovervåking som skal hindre kollisjoner. Hovedansvaret ligger hos operatørenes overvåkningssentraler (for eksempel Equinor Marin), men også beredskaps- og vaktfartøy, og til en viss grad innretningen selv, har slike oppgaver
- Evakuering og nedstengningsprosedyrer for skip på kollisjonskurs; som et konsekvensreduserende tiltak kan innretningen evakuere personell og stenge ned produksjonen dersom et skip på kollisjonskurs ikke endrer kurs før et estimert tidspunkt for sammenstøt.

I tillegg til de ovennevnte punktene refereres det til de generelle risikoelementene og risikoreduserende tiltakene som beskrevet i kapittel 4.1.

4.2.5 Relevante hendelser

Fra en gjennomgang av registrerte kollisjoner i RNNP-rapporter fra år 2002-2017, har det blitt vurdert at syv hendelser gjelder for ankomst av fartøy på feltet, det vil si der hvor fartøy har kollidert under innseiling eller manøvrering inn mot innretning. Dette gjelder kollisjoner hvor fartøyene er feltrelaterte; for ikke-feltrelaterte fartøy har det ikke vært rapportert sammenstøt siden 1995, ref. /5/.

I perioden 2004-2010 var det flere alvorlige kollisjoner med ankommende fartøy, og på bakgrunn av dette sendte Petroleurstilsynet i 2011 ut en nyhetsmelding hvor næringen ble bedt om å foreta forbedringer. Siden 2010 har det ikke vært alvorlige hendelser, og data fra RNNP 2017, ref. /5/, viser at antall skip på kollisjonskurs har en sterkt nedadgående trend.

Et utvalg av relevante hendelser knyttet til ankomst av fartøy på feltet er gjengitt i Tabell 4.1.

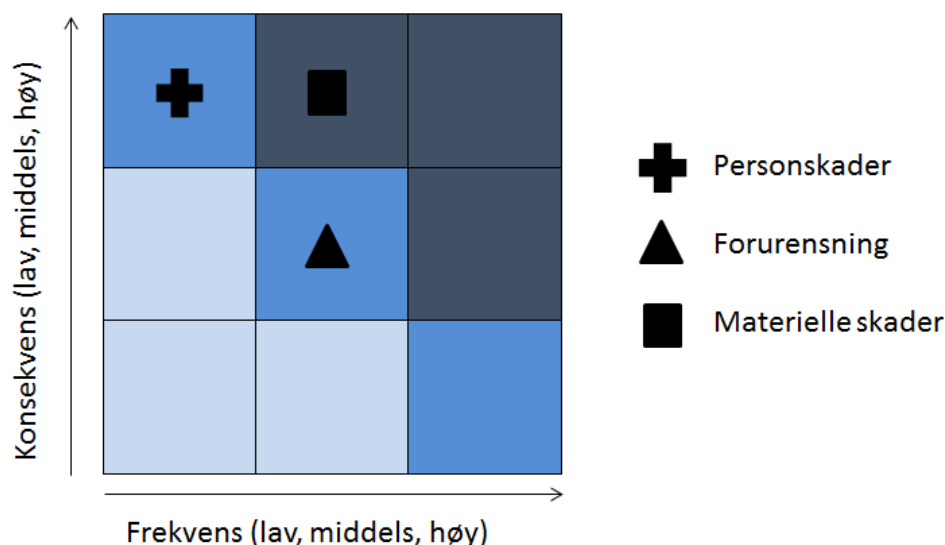
Tabell 4.1 – Utvalg av relevante hendelser for ankomst av fartøy på feltet

År	Beskrivelse
2015	Da Esvagt Dee skulle hente containere på Petrojarl Varg (FPSO), ble det en mindre berøring. Det resulterte i oppripping av lakk på begge skipene i størrelsesorden 10*20 cm, men ingen svekkelser av konstruksjonene. Esvagt Dee ble bygd i 2000 og er fast beredskapsfartøy på Varg-feltet. Farten var ca. 1 m/s like før hendelsen. I Esvagts gransking peker de blant annet på at: • Teknisk feil gjorde at joystick opererte 180 grader feil • For sen reaksjon da fartøyet beveget seg utilsiktet • Ankomsten var fra en vinkel som reduserte utsynet • Stort fokus på å komme fram til avtalt tid • Planla med for liten avstand. Ref. /20/
2014	Forsyningsfartøyet Blue Protector kolliderte med Oseberg Øst da fartøyet skulle inn for lasthåndtering. Mangelfull kommunikasjon på broen ved endring av posisjon medførte at Blue Protector drev med opp til 1,5 knop på grunn av værforholdene, men farten ble redusert

År	Beskrivelse
	før sammenstøtet. Fastsatt trening på uventede situasjoner var ikke utført. Skaden på Oseberg Øst var begrenset til et avrevet rekkverk. Fartøyet ble påført mindre skader i en mast. Ref. /21/
2011	Forsyningsfartøyet Normand Mjolne skulle laste ved Eldfisk 2/7-A. Fartøyet manøvrerte inn mot Eldfisk A med en hastighet på 0,3 m/s. Da fartøyet skulle posisjonere seg under kranen, kom det for nær innretningen. Det ble gitt kraft på thrustere i motsatt retning. Under denne operasjonen ble akterenden skjøvet inn mot innretningen og den traff den nordøstre leggen før den gikk klar av innretningen. Ref. /22/
2009	Big Orange XVIII var på vei til Ekofisk 2/4-X for å utføre brønnstimulering. Autopiloten var ikke blitt deaktivert før entring av sikkerhetssonen på 500 meter. Med autopilot aktivert under innseilingen ble planlagte retningsendringer ikke utført slik vakthavende på broen forventet. Kollisjonen forårsaket større materielle skader både på innretningen og fartøyet. Kollisjonen er kategorisert som en storulykke basert på utfallet ved at en innretnings integritet er satt i fare. Det var også et potensial for storulykke hvor flere personer kunne ha fått alvorlig personskade eller omkommet. Ref. /23/
2007	På vei inn mot Grane ble broen på forsyningsfartøyet Bourbon Surf forlatt for å gjøre et annet oppdrag. Da broen igjen ble bemannet, forsøkte de å svinge unna og bremse. Farten ble kraftig redusert, men de traff Grane med en hastighet på ca. 1 m/s. Ref. /24/

4.2.6 Risikovurdering

Risikovurderingen for ankomst av fartøy på feltet er vist i Figur 4.1.



Figur 4.1 – Risikovurdering for ankomst av fartøy på feltet

Det har vært flere kollisjoner med innretninger ved ankomst av fartøy på feltet de siste 15 årene, og konsekvensen for personskader ved en kollisjon er vurdert å være høy, det vil si at konsekvensen kan være død og/eller flere alvorlige personskader. Selv om personellet på innretningen skulle klare å evakuere før kollisjonen, vil ikke fartøyets mannskap ha denne muligheten. Det har derimot per dags dato ikke vært faktiske alvorlige personskader eller dødsfall ved ankomst av fartøy på feltet på norsk sokkel, så frekvensen er satt til lav, hvilket kombinert med høy konsekvens totalt sett gir en middels risiko for personskader.

Flere av kollisjonene har inntruffet i forbindelse med operasjoner der innretningene har vært koblet på brønner, men forutsatt at innretningen følger beredskapsprosedyren for nedstengning før et eventuelt sammenstøt med et fartøy, vil sannsynligheten for store utslipp fra selve brønnen være lav.

Forurensingsrisikoen er derfor vurdert å være middels, med middels frekvens og middels konsekvens. Det vil si at det man av og til (ikke hvert år), vil kunne få en hendelse som medfører et middels utslipp som krever overvåkning og oppfølging.

Som vist i matrisen er risikoen for materielle skader er vurdert å være høy, med middels frekvens og høy konsekvens. I en kollisjon vil fartøyet potensielt kunne ha høy hastighet og dermed høy kollisjonsenergi, og potensialet for store materielle skader med tap av større økonomiske verdier er betydelig. Det er videre vurdert at en slik hendelse vil kunne skje av og til (ikke hvert år).

Kunnskapsstyrken knyttet til risikoen ved ankomst av fartøy på feltet er vurdert å være god. Etter at Petroleurstilsynet i 2011 ytret bekymring for kollisjoner på norsk sokkel, har fokuset vært økende, noe som sannsynligvis er en medvirkende årsak til at antall kollisjoner og skip på kollisjonskurs har blitt betraktelig redusert de seneste årene.

4.3 Aktivitet 2: Lasting og lossing mellom fartøy og innretning

4.3.1 Beskrivelse

På norsk sokkel fraktes forsyninger ut til innretningene primært ved bruk av fartøy. For å overføre last mellom fartøy og innretning brukes hovedsakelig kran på innretningen, men kran på fartøyet kan også benyttes. Typiske forsyningslaster er drikkevann, mat, borevæsker/mud, sement, diesel, metanol og andre kjemikalier, foringsrør og brønnkompleteringsutstyr, mm. Kjemikalier, oljeholdig borekaks og tomgods/kassert materiell returneres til land for gjenvinning eller deponering.

I tillegg til typiske forsyningslaster kan det være behov for løft mellom fartøy og innretning ved for eksempel vedlikehold- og modifikasjonsarbeid. Tyngre installasjonsløft med fartøy er dekket i kapittel 4.6.

Før løftet opprettes det kommunikasjon mellom fartøyet og innretningen, og fartøyet posisjonerer seg innenfor kranens arbeidsradius. Ved hjelp av personell på dekk eller innretningen kobles løftekransens krok til lasten før kranfører styrer lasten til planlagt lasteplass. Ved lasteplassen hjelper ofte personell til med å lede lasten til ønsket plass før kroken kobles av.

For overføring av bulk med fleksible slanger vil fartøyet posisjonere seg nær innretningen på samme måte som for løfting. Etter å ha opprettet kommunikasjon mellom fartøyet og innretningen, vil normalt kranen på innretningen brukes til å transportere overføringsslangen til sjøen slik at den kan plukkes opp og kobles til fartøyet. Kranens krok vil deretter frakobles før slangen kobles til riktig manifold. Ved overføringen vil dedikert personell følge med på tanknivåer for å unngå overfylling, i tillegg til visuelt å inspisere at det ikke forekommer lekkasjer. Etter at pumpingen er gjennomført, vil slangens resterende innhold dreneres til tank, eventuelt ved hjelp av løft med kran eller spyleluft.

Moderne forsyningsfartøy bruker dynamisk posisjonering for å holde posisjonen under operasjonen. Varigheten til operasjonen vil være avhengig av faktorer som værforhold og type last; i risikoanalyser benyttes gjerne en gjennomsnittlig varighet på to timer for overføring av en typisk forsyningslast. Hyppigheten til operasjonen vil også variere avhengig av innretningens behov for forsyninger; som nevnt i kapittel 4.2.1, vil det for en stor bemannet innretning kunne det være nødvendig med daglige forsyninger.

4.3.2 Relevante fartøystyper

Det er hovedsakelig forsyningsfartøy som laster til og fra innretning, men IMR-fartøy, CSV-fartøy og SOV-fartøy kan også benyttes.

4.3.3 Risikoelementer

4.3.3.1 Kollisjon

Under lasting og lossing vil fartøyet ligge tett inntil innretningen, og dersom fartøyet mister kontrollen over sin posisjon, kan det kollidere med innretningen. En kollisjon kan oppstå dersom fartøyet får en drive-off mot innretningen, eller ved at det mister sin motorkraft og driver med værkraftene mot innretningen (drift-off). Kollisjonsenergien vil sannsynligvis bli begrenset av at fartøyet ikke vil kunne oppnå en høy hastighet med den korte avstanden til innretningen, men kollisjonen kan likevel føre til store materielle skader og personskader.

4.3.3.2 Fallende/svingende last mot personell

Last som løftes mellom fartøy og innretning kan være tung og således kan den oppnå en betydelig energimengde ved bevegelse i både horisontal og vertikal retning. For personell som håndterer lasten på dekk er det en risiko for både klemskader og støt-/treffskader. Det er flere årsaker som kan føre til fallende/svingende last; for eksempel kan kranfører gjøre feil, det kan være teknisk eller mekanisk svikt på kranen, fartøyet kan miste sin posisjon eller fartøyet får en bølgeindusert bevegelse. Løfting av rør og annet spesialutstyr er ofte forbundet med høyere risiko enn tradisjonelle containere. For eksempel vil et langt rør kunne svinge over større områder og være mer uhåndterlig enn en kubisk container, i tillegg til at rørstabler kan løsne og rulle ut på dekk, osv.

I fremtiden kan det bli mer vanlig med automatiske systemer for løfting som gjør det mulig for kranfører å posisjonere lasten uten menneskelig inngripen, men per dags dato er det altså personellrisiko knyttet til håndtering av last som skal løftes og plasseres.

4.3.3.3 Fallende/svingende last mot utstyr

Last som løftes mellom fartøy og innretning kan gjøre skade på utstyr ved ukontrollerte bevegelser. Last vil normalt ikke løftes over hydrokarbonførende utstyr, men en utilsiktet bevegelse kan likevel føre til store materielle skader på innretningen og fartøyet. Dersom last mistes til sjø er det en risiko for at undervannsutstyr og for eksempel en innretnings ankerliner tar skade.

4.3.3.4 Slangebrudd og teknisk svikt

Fartøyet vil hovedsakelig ligge på le side av innretningen ved laste-/losseoperasjonen, hvilket vil si at det er en fare for strekk og brudd i lasteslangen om fartøyet for eksempel skulle miste motorkraft og drive vekk fra innretningen. Slangebrudd kan også oppstå dersom fartøyet skulle få utilsiktede bevegelser på grunn av bølger. I motsetning til for eksempel lasteoperasjon med skytteltankere, er det derimot en begrenset mengde væske som kan slippes ut ved et slangebrudd.

Væsker og tørrbulk overføres under trykk, og alt arbeid i forbindelse med trykksatte systemer representerer en risiko. En kobling som ryker, lekkasje eller en piskende slange vil kunne skade personell som blir truffet.

4.3.4 Risikoreduserende tiltak

Nedenfor er det listet opp et utvalg av risikoreduserende tiltak/barrierer normalt etablert for å redusere risikoen for uønskede hendelser knyttet til lasting og lossing mellom fartøy og innretning. Flere av barrierene er hentet fra en evaluering av eksisterende barrierer mot kollisjon mellom forsyningsfartøy og innretninger, se ref. /19/ for flere detaljer.

- Gjennomføre operasjon på le side av innretningen; dersom fartøyet mister sin fremdrift, vil det drive i retning vekk fra innretningen. Ved arbeid på lo side bør en risikovurdering gjennomføres.
- Risikovurdering ved avvik fra losseplan; avvik i losseplan kan potensielt forårsake flere forflytninger rundt på innretningen og økt liggetid, og dermed økt fare for sammenstøt.
- Utarbeide en god lasteplan og sjekke lastens vekt; en god lasteplan kan redusere liggetiden ved innretningen og sørge for at avstanden mellom fartøyet og innretningen holdes så stor som mulig. Ved tunge løft reduseres kranens arbeidsradius og fartøyet må ligge tettere inntil innretningen, hvilket øker risikoen for sammenstøt. Generelt bør fartøyets liggetid nær innretningen minimeres for å redusere sannsynligheten for kollisjon.
- God kommunikasjon mellom fartøyet og innretningen i god tid før fartøyet ankommer sikkerhetssonen. Under selve lastingen kan det for eksempel utveksles informasjon om at man ser en bølge, vent derfor med løftet, osv.
- Utarbeide løftekart og løfterestriksjoner for å unngå løft over kritisk utstyr. Fysisk beskyttelse som rekkverk, fendere og overbygg kan også brukes for å beskytte utstyr og personell. Dersom fallende last til sjø kan skade stigerør, ankerliner og undervannsutstyr, bør dette evalueres. Et generelt risikoreduserende tiltak er å dimensjonere relevant utstyr for treff av fallende/svingende last. Tilsvarende bør det være sikre soner for personell.
- I tillegg til å innføre restriksjoner på fartøystørrelse eller operasjonelle sonebegrensninger dersom innretningen ikke er dimensjonert for kollisjonsenergier over en viss størrelse, kan det være aktuelt

for eksempel å begrense bruken av fartøy med isklasse, da slike fartøy gjerne har et sterkere skrog som i mindre grad evner å absorbere deformasjonsenergi ved en kollisjon.

- Jevnlig vedlikehold og inspeksjon av slanger og utstyr; etablere slangekontrollsystem og integrasjon mot vedlikeholdssystemet. Det samme gjelder for kraner og annet utstyr.
- Sjøsikring mot utilsiktet bevegelse av containere, rør og annet utstyr som skal løftes.

I tillegg til de ovennevnte punktene refereres det til de generelle risikoelementene og risikoreduserende tiltakene som beskrevet i kapittel 4.1.

4.3.5 Relevante hendelser

En gjennomgang av registrerte kollisjoner i RNNP-rapporter fra år 2002-2017 viser at det har vært rapportert omtrent 25 hendelser hvor fartøy har kollidert med en innretning under lasting og lossing. Som kommentert i ref. /19/ viser tidligere hendelser at kollisjoner ofte skyldes tap av motorkraft under arbeid/innseiling på lo side, og at fartøyet deretter driver inn i innretningen før motorkraften er gjenopprettet.

Når det gjelder hendelser med personskader er det i Sjøfartdirektoratets database over personskader registrert 5 dødsfall og 394 skader for arbeidsoperasjonen "Lasting/lossing" for alle fartøystyper i perioden 2000-2017. I samme periode er det registrert 3 dødsfall og 338 skader for personulykkesypene "Støt/klem mot gjenstand", "Støt-/klemskader" og "Støt/treff av gjenstand" for fartøystypene "7D: Offshoreskip", "7D1: Forsyningskip", "7D2: Hjelpekraft/Beredskapsfartøy" og "7D3: Konstruksjonskip". Selv om alle disse hendelsene ikke direkte kan antas å gjelde for aktiviteten løft mellom fartøy og innretning, gir de en indikasjon på at det er en tydelig risiko knyttet til laste-/losseoperasjoner og fallende/svingende last.

Et utvalg av relevante hendelser knyttet til lasting og lossing mellom fartøy og innretning er gjengitt i Tabell 4.2.

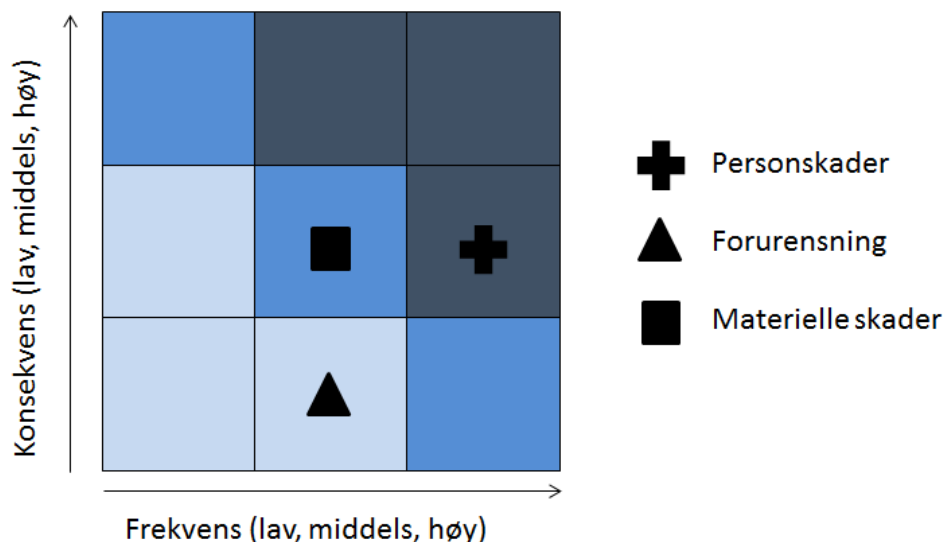
Tabell 4.2 – Utvalg av relevante hendelser for lasting og lossing mellom fartøy og innretning

År	Beskrivelse
2017	Under skifte av søppelcontainer på Tambar mistet standby-fartøyet Esvagt Caroline kraften på styrbord thruster og begynte å drifte bort fra innretningen. En tom søppelcontainer som fremdeles var huket til kranen på Tambar stod på dekk. Matrosene flyttet seg fra dekk og inn i boligkvarteret, kranfører løftet container av dekk og låret den ned i sjøen for å stanse pendling. Ref. /7/
2016	Ved et tungt løft på 28 tonn fra et forsyningsfartøy til en rigg ble kranen påført en stor belastning i form av et rykk på grunn av forskyvning av løfteklammer. Lasten forble hengende i krankroken, og var ikke i kontakt med hverken forsyningsfartøyet eller riggen. Personell var ikke eksponert for lasten. På forsyningsfartøyet var dekkspersonell rutinemessig i sikkert område. På riggen hadde dekkspersonell plassert seg i sikkert område under tak i påvente av at løftet skulle bringes inn på riggen. Under ubetydelige endrede omstendigheter kunne hendelsen ført til materielle skader. Ref. /7/
2015	Under lasting/lossing av oljebasert borevæske ble slangebrudd på lasteslangen ikke oppdaget og hele lasten på 226 m ³ gikk til sjø. Ref. /25/
2014	Forsyningsfartøyet Skandi Gamma lå ved siden av Stena Don på styrbord side og losset da fartøyet fikk blackout, og mistet maskinkraft. Dette medførte at fartøyet kom sigende mot Stena Don og berørte innretningen to steder. Styrbord akter fender og rekkverk, samt lysarmatur forut fikk skader. Etter å ha deballastert Stena Don ble det funnet noen malingsavskrapninger og marin groe som var borte ved det ene ledehjulet. Skandi Gamma fikk slått hull i en ballasttank ved sammenstøtet. Ref. /21/
2013	Forsyningsfartøyet Far Symphony drev og støtte mot Maersk Innovator. Det ble ingen skader på innretningen, og ubetydelig skade på fartøyet akterpart. Da fartøyet var langs innretningens side, ble retning og sideveisbevegelse låst, uten mulighet til å manøvrere forover og akterover med DP-joystick. De tok fartøyet til manuell manøvrering uten at fartøyet responderte på kommandoene. De prøver da «back up»-funksjonen for

År	Beskrivelse
	manøvrering, fremdeles uten å få kontroll på fartøyet. Fartøyet traff så leggen med i underkant av 1 knop ca. 1-2 minutter etter første alarm. De fikk så kontroll over fartøyet og styrte rolig vekk. Ref. /26/
2012	Forsyningsfartøyet Siddis Skipper støtte inn i styrbord søyle 1 til boreinnretningen COSLPioneer under lasting til fartøyet. Som følge av værforholdene klarte ikke Siddis Skipper å holde posisjonen. Det ble påvist avskrapet maling i et område på om lag 50x50 cm på søyle 1. Granskingsrapporten peker på blant annet mangelfull opplæring og erfaring med DP-systemet, at fartøyet ble klarert inn til værsiden av boreinnretningen og manglende oppfølging av kjente svakheter med posisjoneringssystemet på fartøyet som årsaker til hendelsen. Ref. /27/
1995	En matros på forsyningsfartøyet Normand Jarl omkom under lasting av konteinere på Snorre A. Konteineren svingte på grunn av bølger og matrosen ble klemte mellom to konteinere. Ref. /28/

4.3.6 Risikovurdering

Risikovurderingen for aktiviteten lasting og lossing mellom fartøy og innretning er vist i Figur 4.2.



Figur 4.2 – Risikovurdering for lasting og lossing mellom fartøy og innretning

Det vært flere alvorlige personskader knyttet til lasting og lossing mellom fartøy og innretning, og det anses som mulig at alvorlige personskader kan forekomme én eller flere ganger hvert år. Følgelig er risikoen for personskade vurdert å være høy, med høy frekvens og middels konsekvens.

Som vist i matrisen er risikoen for forurensning ved lasting og lossing mellom fartøy og innretning vurdert å være lav, med middels frekvens og lav konsekvens. Med bakgrunn i hendelsen i 2015 hvor 226 m³ borevæske slapp ut til sjø, kan det diskuteres hvorvidt risikoen skulle vært vurdert å være høyere, men sett opp mot andre aktiviteter, for eksempel lasting til skytteltanker, er det vurdert at risikoen for forurensning totalt sett kan settes til lav.

Når det gjelder risikoen for materielle skader ved lasting og lossing mellom fartøy og innretning, er denne vurdert å være middels, med middels frekvens og middels konsekvens. Ved en kollisjon med innretningen vil fartøyet mest sannsynlig ha relativt lav hastighet og dermed lav kollisjonsenergi. I henhold til veiledning til aktivitetsforskriften er det dessuten et krav om dynamisk posisjonering dersom fartøyet overskrider den fartøystørrelsen innretningen er dimensjonert for å motstå ved kollisjon, ref. /15/. Dersom innretningen ikke er dimensjonert for hendelser med en høyfrekvent aktivitet som lasting og lossing, vil normalt andre tiltak iverksettes for å redusere risikoen. En kollisjon anses derfor å

kunne gi skader på fartøy og innretning som påvirker operasjonen eller daglig drift, uten at det gir skader med tap av større økonomiske verdier.

Kunnskapsstyrken knyttet til aktiviteten lasting og lossing mellom fartøy og innretning er vurdert å være god; lasting og lossing mellom fartøy og innretning er en meget vanlig operasjon som har foregått på norsk sokkel helt siden oppstarten av petroleumsvirksomheten.

4.4 Aktivitet 3: Lasting til skytteltanker

4.4.1 Beskrivelse

Skytteltankere brukes til eksport av produserte hydrokarboner i væskefasen som alternativ til rørledning. Dette forutsetter mellomlagring på feltet, enten i lagertanker integrert i innretningen (f.eks. Condeep-design eller FPSO), eller i et fast forankret lagerskip på feltet (FSU).

Fleksible slanger brukes for overføring fra mellomlageret til skytteltankeren. Råoljen kan overføres direkte eller via et bøyesystem. Det finnes flere konsepter for bøyesystem. Det kan være en liten bøye-plattform festet til havbunnen, flytebøyer eller undervannsbøyer. Enkelte konsepter fungerer også som forankring for skipet, men det mest vanlige på norsk sokkel er at fartøyet bruker dynamisk posisjonering for å holde posisjonen under lasting. Felles for bøyekonseptene er at lasteslangen trekkes ombord til skytteltankeren før råoljen pumpes om bord. Hjelpefartøy kan brukes til å plukke opp slangen dersom for eksempel undervannsbøyer benyttes. Lasteslangen kobles enten til en ventil i baugen på skytteltankeren, eller slangen føres inn gjennom et spesialbygd hull i skroget på undersiden av fartøyet. Deretter vil skytteltankeren passivt motta råoljen som pumpes fra mellomlageret. Før lasteoperasjonen settes i gang, kontrolleres det at ventiler, instrumenter og utstyr er i korrekt tilstand, og et kontinuerlig telemetrisignal (radiosignal) mellom innretningen og fartøyet opprettes. Dette kalles gjerne at "grønn linje" etableres. Dersom det underveis i operasjonen måles at for eksempel strekket i lasteslangen blir for stort, eller trykket i slangen blir for høyt, vil grønn linje brytes og operasjonen stanses. Når lasteoperasjonen er ferdig, kobles lasteslangen fra.

Direkte overføring av råolje fra mellomlageret til fartøyet fungerer liknende som for bøyesystemene, men nærhet mellom fartøyet og innretningen gjør operasjonen mer kritisk i forhold til kollisjonsrisiko. Direkte overføring av olje foregår som regel mellom roterbare enheter som FPSO/FSU og skytteltankeren. En slik operasjon vil typisk følge stegene under:

Ankomst: Skytteltankeren ankommer feltet og får tillatelse til å entre sikkerhetssonen. Før oppkobling gjennomføres det tester av DP-systemet.

Oppkobling: For å koble innretningen og skytteltankeren sammen skytes en line direkte fra innretningen til skytteltankeren ved hjelp av luftgevær; eventuelt benyttes et standby-fartøy for å overføre linen. Etter at forbindelse er opprettet, kobles lasteslangen og eventuelt en trosse til skytteltankeren. Oppkoblingsfasen tar gjerne 2-3 timer.

Lasting: Etter at grønn linje er opprettet, kan råolje pumpes fra innretningen til tankene på skytteltankeren. Trosse kan brukes for å kontrollere at lasteslangen ikke får for mye strekk. DP-systemet vil også gi alarm dersom posisjonen avviker fra en predefinert operasjonssone. Avstand mellom skytteltankeren og innretningen kan være under 100 m. For nyere løsninger opereres det med avstander over 200 m. Varigheten til lasteoperasjonen vil være avhengig av flere faktorer som pumpekapasitet og tankstørrelser; 10-15 timer er typisk varighet.

Frakobling: Skytteltankeren forblir i lastesonen mens lasteslangen og eventuelt en trosse kobles fra og sendes tilbake til innretningen; dette tar opp mot én til to timer.

Avreise: Skytteltankeren trekker seg akterut fra innretningen og forlater feltet.

Hyppigheten til disse operasjonene vil typisk variere fra én til flere ganger per måned.

4.4.2 Relevante fartøystyper

Skytteltanker

4.4.3 Risikoelementer

4.4.3.1 Kollisjon

For overføring av råolje mellom en skytteltanker og en fast lastebøye eller innretning, er det en fare for kollisjon dersom fartøyet mister sin posisjon. De fleste systemene for lasting av råolje tillater at skytteltankeren beveger seg i en predefinert sone nedstrøms av lastebøyen eller innretningen, slik at fartøyet vil drifte vekk skulle det miste motorkraft. Dersom værforholdene ikke gjør det mulig å holde en slik drift-off-posisjon, vil normalt operasjonen avbrytes. Med bakgrunn i dette er det hovedsakelig drive-off-scenarier som bidrar til kollisjonsrisikoen for skytteltankere; det vil si scenarier hvor aktive thrusterkrefter fører skytteltankeren bort fra sin ønskede posisjon. Dersom fartøyets bevegelse ikke stanses i tide, kan det kollidere med innretningen. Selv moderate hastigheter vil gi høy kollisjonsenergi grunnet skytteltankerens store masse.

4.4.3.2 Slangebrudd og teknisk svikt i lasteutstyr

På samme måte som tap av posisjon kan lede til kollisjon dersom fartøyet beveger seg mot innretningen eller lastebøyen, kan det også føre til slangebrudd dersom fartøyet beveger seg vekk og avstanden øker. Et slikt slangebrudd kan føre til store utslipp av olje, og det er også en fare for personskade dersom oljen antenner. Slangebrudd kan også oppstå som følge av teknisk svikt på utstyr.

I tillegg til slangebrudd kan det oppstå feil i annet utstyr, for eksempel ventilsvikt eller korrosjon i materialer, som igjen kan føre til utslipp. Arbeid med trykksatte systemer representerer også en risiko for personell ved at for eksempel koblinger ryker eller det oppstår lekkasjer som kan antenne.

4.4.3.3 Avdamping fra lastetanker

Ved lasting til skytteltankere vil det avdampes flyktige oljekomponenter (Volatile Organic Compounds (VOC)) fra råoljen. Denne avdampingen er hovedsakelig et miljøproblem, men det er også en fare ved at gassen ved gitte værforhold kan eksponere mannskap og utstyr på skytteltankeren eller nærliggende innretning. Gjennom internasjonale avtaler har Norge forpliktet seg til å begrense VOC-utslippene, og operatørene har fulgt opp gjennom investeringer i anlegg for å hindre avdamping og for å gjenvinne oljedamp på lagerskip og skytteltankere, hvilket har gitt en kraftig reduksjon i utslippene, ref. /29/.

4.4.4 Risikoreduserende tiltak

Nedenfor er det listet opp et utvalg av risikoreduserende tiltak/barrierer normalt etablert for å redusere risikoen for uønskede hendelser ved lasting til skytteltankere.

- Avstand mellom fartøyet og innretningen; dersom fartøyet skulle miste kontrollen over sin posisjon, vil sannsynligheten for å unngå kollisjon være større jo mer tid mannskapet på fartøyet har til å gripe inn. Den tilgjengelige tiden for suksessfull inngripen øker jo lenger avstand det er mellom fartøyet og innretningen. Følgelig er det hensiktsmessig å søke så stor avstand som mulig for å redusere kollisjonsrisikoen. Dette tiltaket må avveies opp mot andre hensyn, for eksempel øker potensielt utslippsvolum i lasteslangen med økende avstand, i tillegg til at kollisjonshastigheten kan bli større dersom mannskap ikke griper inn i tide
- Baugen på skytteltankeren bør peke i en vinkel vekk fra innretningen, det vil si at skytteltankeren ikke vil kollidere med innretningen dersom det skulle få en drive-off rett fram. Det er fortsatt en mulighet for at skytteltankeren vil dreie mot innretningen i et kollisjonsscenario, men plasseringen til skytteltankernes kraftige propeller i akterenden av fartøyet vil mest sannsynlig drive fartøyet rett fram i et drive-off-scenario. For lasting fra sirkulære FSOer og FPSOer er et foreslått konseptet ofte at skytteltankeren kan bevege seg fritt i en halvsirkel på le side av innretningen slik at det sjelden peker rett mot innretningen
- Overrislingsanlegg i baugen på skytteltankeren for å forebygge gnistdannelser med etterfølgende brann
- Tekniske barrierer som breakaway-kobling; dersom det blir høyt trykk eller strekk på lasteslangen, vil ventiler i begge ender av koblingen lukke seg når slangen deles i to, hvilket hindrer mer olje enn det som er i slangevolumet å strømme ut. Et alternativ er et "weak link design" som trygt kobler lasteslangen fra skytteltankeren ved strekk i slangen

- “Grønn linje” mellom fartøyet og innretningen som kontrollerer at ventiler, instrumenter og utstyr fungerer som tiltenkt. Dersom grønn linje brytes, vil lastepumper stoppes og ventiler stenges automatisk
- I tillegg til det automatisk aktiverte nødavstengningssystemet kan operasjonen stanses manuelt. Lekkasedeteksjon er følgelig viktig for raskt å kunne gripe inn og stanse en lekkasje før den utvikler seg til en alvorligere hendelse eller ulykke, samt for å begrense utslippsmengden. Som diskutert i ref. /5/ viser en gjennomgang av granskningsrapporter at det i all hovedsak ikke har vært effektiv deteksjon av oljelekkasje fra innretningen, lasteslangen eller undervannsinnretninger med påfølgende alarmer og nedstengning, hvilket kan forklare at det har tatt lang tid før akutte oljeutslipp har blitt oppdaget
- Termografiske kameraer for deteksjon av oljeutslipp
- Uavhengige tekniske systemer for å overvåke skytteltankerens posisjon ved lasting, med potensiell kobling til grønn linje eller “weak link” i lasteslangen.

I tillegg til de ovennevnte punktene refereres det til de generelle risikoelementene og risikoreduserende tiltakene som beskrevet i kapittel 4.1.

4.4.5 Relevante hendelser

Det har på norsk sokkel vært en rekke hendelser knyttet til brudd på lasteslanger og utslipp til sjø. Videre har det vært flere kollisjoner og nesten-kollisjoner mellom skytteltankere som har utført lasteoperasjoner mot lastebøyer eller innretninger. Et utvalg av relevante hendelser er gjengitt i Tabell 4.3. Som vist i denne tabellen er det kun inkludert to hendelser med tap av posisjon, hvorav én av disse førte til kollisjon. En gjennomgang av IMCA-rapporter, ref. /10/, viser at det har blitt rapportert flere hendelser med posisjonstap for skytteltankere de siste 15 årene. Flere av disse hendelsene har antakeligvis forekommet på norsk sokkel, men på grunn av anonym rapportering, er ikke dette helt sikkert. Sannsynligheten for hendelser knyttet til posisjonstap kan likevel antas å være høyere enn hva Tabell 4.3 gir inntrykk av.

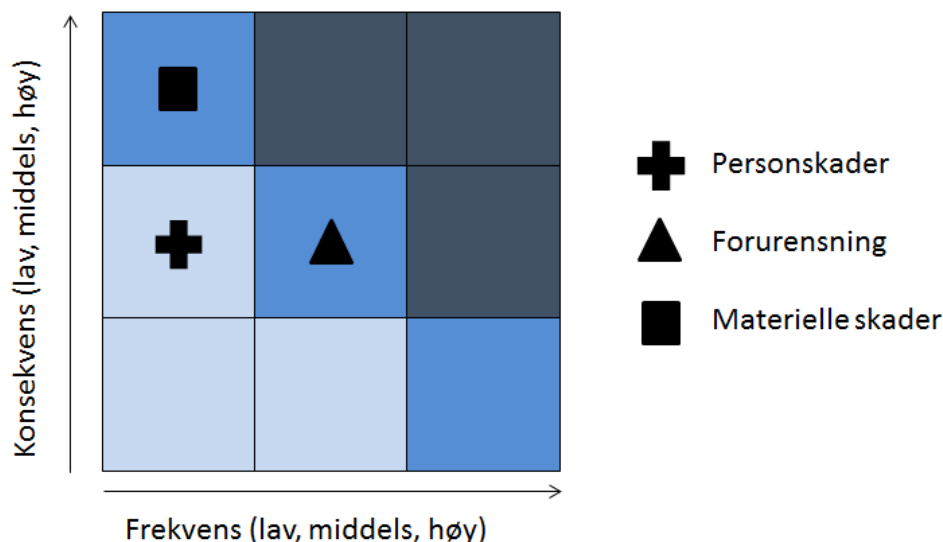
Tabell 4.3 – Utvalg av relevante hendelser for aktiviteten lasting til skytteltanker

År	Beskrivelse
2016	Statfjord A. En person om bord på skytteltankeren Navion Britannia fikk en del av pekefingeren klemt av i forbindelse med frakopling av en lasteslange. Personen ble fraktet med SAR-helikopter til sykehus i Bergen for videre behandling. Ref. /30/
2015	Under lasting fra Statfjord A via lastesystemet OLS B til skytteltankeren Hilda Knutsen, lakk anslagsvis 6-7 m ³ råolje til sjø. Oljeutslippet ble oppdaget av mannskap på broen om bord på Hilda Knutsen. Oljeutslippet oppsto som følge av gjennomgående lokal korrosjon i stål-materialet i ett slangesegment. Olje strømmet ut til sjø gjennom en flenge i slangesegmentets ytterlag. Ref. /31/
2013	I forbindelse med lossing fra Norne-skipet til skytteltankeren Amundsen Spirit ble det detektert gass i området A12 akterskip og produksjonen stengte ned i henhold til nedstengingsfilosofien. Sannsynlig årsak er avgassing fra lastetanker på skytteltankeren kombinert med vindstille forhold. Ref. /7/
2010	Under lasting fra Gullfaks SPM 2 måtte skytteltankeren Navion Norvegia avbryte operasjonen da fartøyet mistet sin posisjon grunnet en drive-off. Fartøyet var 5 m unna lastebøyen før de fikk kontroll. Hendelsen medførte mindre skader på lasteslangen. Direkte årsak var feil konfigurering av referansesystemet Artemis. Artemis sendte 20 signaler i sekundet, men mottaker-PC var satt opp til å motta ett signal per sekund. Det førte til overbelastning av PCen. Personellet hadde mangelfulle kunnskaper om hvordan systemet virket, og leverandør leverte ikke kurs om temaet. De hadde ikke to referansesystemer tilgjengelig, det var i en periode ingen og en liten stund bare ett referansesystem tilgjengelig. Ref. /7/
2008	I forbindelse med lasting av olje fra Draugen til skytteltankeren Navion Scandia oppstod en uønsket hendelse som resulterte i at lasteslangen ble brutt. Dette førte til akutt utslipp av om lag 6 m ³ olje til sjø. Lasteslangen mellom lastebøyen på Draugen og skytteltankeren Navion Scandia var utstyrt med en såkalt breakaway-kobling. Dette var en teknisk barriere

År	Beskrivelse
	som fungerte og som forhindret at oljeutslippet ble større. Hendelsen medførte ingen direkte fare for personell om bord på Navion Scandia eller Draugen. Ref. /32/
2006	Under lasting fra Draugen med skytteltankeren Grena mistet man grønn linje-signalet og lastingen ble stanset. Ved denne hendelsen var det trykkoppbygging i lasteslangen, med påfølgende brudd. Anslått oljeutslipp var mellom 15-70 m ³ . Ref. /32/
2007	Brudd i lasteslangen på et lastesystem på Statfjord-feltet førte til at anslagsvis 4 400 m ³ råolje ble pumpet til sjø. Hendelsen førte til det nest største oljeutslippet i petroleums-virksomheten på norsk sokkel. Den direkte årsaken til bruddet i lasteslangen var et høyere trykk enn det lasteslangen var bygget for. Trykket skyldes en ukontrollert stenging av en ventil i lasteanordningen på skytteltankeren Navion Britannia. Ref. /33/
2006	Under forberedelse til lossing av olje fra lagerskipet Njord B til skytteltankeren M/V Navion Hispania, kjørte skytteltankeren inn i Njord B, med en fart på ca. 1,2 m/s. Hendelsen medførte kun materielle skader på de to fartøyene som var involvert, men kollisjonen var såpass kraftig at under andre omstendigheter kunne den ha medført betydelig fare for både personskader og utslipp av olje til sjø. Årsaken til kollisjonen var at Navion Hispania mistet motorkraft på alle tilgjengelige propeller utenom én. DP-systemet klarte ikke å kontrollere fartøyets bevegelse i denne situasjonen, og fartøyet kolliderte med Njord B. Årsaken til tapet av motorkraft ble gjennom granskingen identifisert til å være urent drivstoff. Den direkte årsaken til tap av motorkraft skulle i henhold til prosjekteringen ikke medført tap av mer enn 50 % tilgjengelig motorkraft, noe som DP-systemet er dimensjonert for å kunne takle. Granskingen viste imidlertid at det var en "sovende" feilkilde som tillot den opprinnelige feilen å kunne påvirke mer utstyr enn forutsatt. Dette kombinert med at man ventet lenge før man manuelt tok kontroll over gjenværende propell/ror, gjorde at kollisjonen ikke ble unngått. Kollisjonsenergien er beregnet til omlag 55 MJ, basert på at skytteltankeren ikke hadde noe last om bord da hendelsen inntraff. Ref. /34/

4.4.6 Risikovurdering

Risikovurderingen for aktiviteten lasting til skytteltankere er vist i Figur 4.3.



Figur 4.3 – Risikovurdering for lasting til skytteltankere

Som vist i matrisen er risikoen for personskader ved lasting til skytteltankere vurdert å være lav, med lav frekvens og middels konsekvens. Det har vært alvorlige hendelser med personskade ved lasting til skytteltankere, for eksempel var det et dødsfall under lossing av olje fra Statfjord A i 1980, men dødsfall er vurdert å være mindre sannsynlig med dagens sikkerhetssystemer.

Når det gjelder forurensning ved lasting til skytteltankere har det vært flere hendelser de siste 15 årene hvor mindre mengder olje har blitt sluppet ut. Unntaket er utslippet fra Statfjord OLS-A i 2007, hvor 4 400 m³ ble sluppet ut. Risikoen knyttet til forurensning er vurdert å være middels; middels utslipp er vurdert til å kunne skje av og til (ikke hvert år).

Risikoen for materielle skader ved lasting til skytteltankere er vurdert å være middels, med lav frekvens og høy konsekvens. Det har mest sannsynlig vært flere hendelser med posisjonstap for skytteltankere på norsk sokkel de siste 15 årene. Når det gjelder faktiske kollisjoner (og ikke bare tap av posisjon), viser kollisjonen ved Njord B i 2006 at det er stort skadepotensiale.

Kunnskapsstyrken til aktiviteten er vurdert å være god. Lasting til skytteltankere er en operasjon som har foregått med høyt fokus på risiko i mange tiår på norsk sokkel.

4.5 Aktivitet 4: Vedlikehold og inspeksjon av hovedbærekonstruksjon

4.5.1 Beskrivelse

Vedlikehold og inspeksjon av hovedbærekonstruksjonen til faste innretninger ved bruk av fartøy kan gjennomføres med ROV eller dykkere. Valg av metode avhenger av oppgave og er i stor grad kostnadsstyrt. Med hovedbærekonstruksjon menes plattformben i betong eller fagverksunderstell i stål (såkalt jacket) som står festet på havbunnen og holder plattformdekket oppe.

Vedlikehold av hovedbærekonstruksjon kan for eksempel innebære spyling/reising, bytte av offeranoder eller forsterkning av konstruksjonen med gips/betong (grout). Tidsperspektivet for et vedlikeholdsoppdrag vil avhenge av dets omfang og kompleksitet.

Det er fordeler og ulemper knyttet til bruk av ROV og dykkere. En dykker er mye mer fleksibel og vil kunne utføre arbeidet mer effektivt enn en ROV. En dykker kan også enklere komme til på trange steder og enkelt skifte mellom ulike typer verktøy. Dykkeren begrenses imidlertid av vanddyp, og utsetter dessuten seg selv for en viss fare ved å gjennomføre dykk. En ROV kan gå til flere tusen meters dybde, holde seg flytende og i tillegg raskt kunne bevege seg opp og ned. Det kreves vanligvis lengre planleggingshorisont for ROV-operasjoner enn dykkeoperasjoner, og dersom spesialkonstruert verktøy må benyttes, kan tidsplanen og kostnaden for bruk av ROV bli høy.

Ved dykkeoperasjoner vil type dykk (overflateorientert dykking eller klokke-dykking/metningsdykk) avhenge av vanddybden. Klokke-dykking, også referert til som metningsdykking, gjennomføres ved bruk av spesialbygde trykkammer på dykkerfartøy, hvor dykkerne som skal utføre operasjonen oppholder seg over lengre tid på det trykket de skal arbeide på. En dykkerklokke med skiftets dykkere kobles fra trykkammeret og senkes ned til arbeidsstedet. Etter endt arbeid reduseres trykket sakte, over flere dager, til normalt trykk.

Vedlikehold og undervannsinspeksjon med ROV kan utføres fra ethvert fartøy som har utstyr for dette om bord, som oftest et IMR-fartøy. Fartøyet forventes å kunne ligge et stykke unna innretningen, og vil holde posisjonen sin ved bruk av dynamisk posisjonering. Inspeksjon med ROV kan utføres med spesialverktøy som laser og ultralyd, blant annet for å vurdere sveiser.

Dykkeoperasjoner utføres fra spesielle dykkerfartøy som forventes å måtte ligge nærmere innretningen enn et IMR-fartøy ved ROV-operasjon.

4.5.2 Relevante fartøystyper

Dykkerfartøy, IMR-fartøy, eventuelt andre fartøy med ROV

4.5.3 Risikoelementer

4.5.3.1 Kollisjon

Det er en generell risiko for kollisjon mellom fartøyet og innretningen ved tap av posisjon, både ved at fartøyet får en drive-off mot innretningen, eller ved at det mister sin motorkraft og driver med værkreftene mot innretningen (drift-off). Ved dykkeoperasjoner er det sannsynlig at fartøyet må ligge nærmere innretningen enn om operasjonen hadde blitt utført ved bruk av ROV fra et IMR-fartøy.

4.5.3.2 Dykkerulykke

Ved vedlikeholdsoperasjoner og inspeksjoner som gjøres av dykkere, kan ulike typer dykkerulykker inntreffe. Dette er ulykker som har potensiale for skade eller dødsfall for de involverte dykkerne. Den generelle helsemessige risikoen ved dykking (trykkpåvirkning, osv.) er alltid til stede, og er ikke vurdert spesifikt i denne studien. Følgende hendelser er identifisert som mulige ulykkessituasjoner (listen er ikke uttømmende):

- Dykker setter seg fast i undervannskonstruksjonen
- Dykker kommer for nær propell/thruster eller sjøvannsinntak på innretningen eller fartøyet
- Dykker mister tilførsel av oksygen eller varmtvann
- Dykkerklokken eller trykkammersystemet om bord på dykkerfartøyet mister trykk
- Feil på navlestrengskabelen til dykkerklokken under dykk
- Svikt i annet utstyr på dykkerklokken eller dykkers eget utstyr
- Dykkerfartøyet får tap av posisjon (drive-off/drift-off).

Merk at sikkerhetssystemer som skal forhindre disse hendelsene fra å inntreffe er på plass, og flere av disse er redundante.

Både personskade av ulik alvorlighetsgrad og dødsfall kan inntreffe som følge av en dykkerulykke. Ved svikt i trykkammeret om bord på fartøyet eller problemer med dykkerklokken vil det kunne skje flere dødsfall.

4.5.3.3 Eksponering av fartøy fra innretning

Operasjoner som pågår på innretningen kan påvirke fartøyet og fartøyets personell, spesielt hvis det ligger nær innretningen. Ved løfteoperasjoner hvor lasten mistes eller utstyr som mistes over bord fra innretningen kan falle mot fartøyet. I tillegg kan utslipp fra innretningen utgjøre en risiko for personell på fartøyet og eventuelle dykkere i vannet.

4.5.4 Risikoreduserende tiltak

Det har i flere år vært stort fokus på å redusere risikoen for dykkere i Nordsjøen, og statistikk over de siste årene viser stor nedgang i ulykker og tilløp til farlige situasjoner for dykkere. Følgende risikoreduserende tiltak bør i tillegg vurderes ved dykkeoperasjoner:

- Operasjoner på innretningen bør planlegges med hensyn til samtidighet med dykkeoperasjoner, og mulighet for eksponering av eventuelle dykkere. Det er viktig at kommunikasjonslinjene er etablert på forhånd og ivaretas under operasjonen
- Risiko for dykkere bør alltid vurderes med hensyn til mulighet for bruk av ROV
- Vurdere risiko for dykkerpersonell i forkant av operasjon, tydelig oppgavefordeling samt sikre god/kontinuerlig kommunikasjon mellom fartøy og dykkerpersonell.

I tillegg til de ovennevnte punktene refereres det til de generelle risikoelementene og risikoreduserende tiltakene som beskrevet i kapittel 4.1.

4.5.5 Relevante hendelser

Historisk sett har dykkeoperasjoner medført høy risiko med flere dødsfall for dykkere i Nordsjøen. Det har de seneste årene ikke forekommet dødsfall eller alvorlige personskader under dykk på norsk sokkel. Dypdykksoperasjoner (dypere enn 180 m) har ikke blitt gjennomført på norsk sokkel siden 1989.

I årene mellom 1967 og 2017 er det blitt rapportert 14 dødsfall som følge av dykkerulykker på norsk sokkel, ref. /5/. Det siste av disse skjedde i 1987. Tilløp til ulykker har imidlertid variert i perioden 2000-2017.

Hovedvekten av dykk er metningsdykk. Antall manntimer varierer fra år til år. Siste års statistikk for hendelser og tilløp til faresituasjoner under dykkeoperasjoner på norsk sokkel, ref. /35/, er gitt i Tabell 4.4.

Tabell 4.4 – Statistikk over dykkeaktivitet på norsk sokkel

År	Beskrivelse	Manntimer - metning (overflate)
2017	Ingen registrerte uønskede hendelser	15 568 (406)
2016	Ett tilløp til faresituasjon ved metningsdykking	44 569 (219)
2015	To hendelser med mindre alvorlige personskader (smerte i skulder, smerte i albue). Ett tilløp til faresituasjon ved metningsdykking	57 764 (17)
2013	Én hendelse med mindre alvorlig personskade (infeksjon på kinn). Sju tilløp til faresituasjoner ved metningsdykking, hvorav ett alvorlig (ukontrollert låring i kjellerdeksåpningen)	96 005 (157)
2012	To hendelser med mindre alvorlig personskader (ryggsmerter, sårskade på hånd). Ett tilløp til faresituasjon ved metningsdykking (lekkasje/brudd i gasstilførselsslange)	40 464 (63)
2011	Åtte mindre alvorlige personskader (sårskader på hender (4), overbelastning av håndledd eller rygg ved ensidig arbeid (2), infeksjon i finger og albue (2)). Ett tilløp til faresituasjon ved metningsdykking (løftevaier røk under løfting av beskyttelsesdeksel)	48 106 (0)
2009	Ingen registrerte uønskede hendelser	42 931 (379)

Tre hendelser er vurdert som relevante for vedlikehold og inspeksjon av hovedbærekonstruksjon fra fartøy etter 1995. Disse er oppsummert i Tabell 4.5.

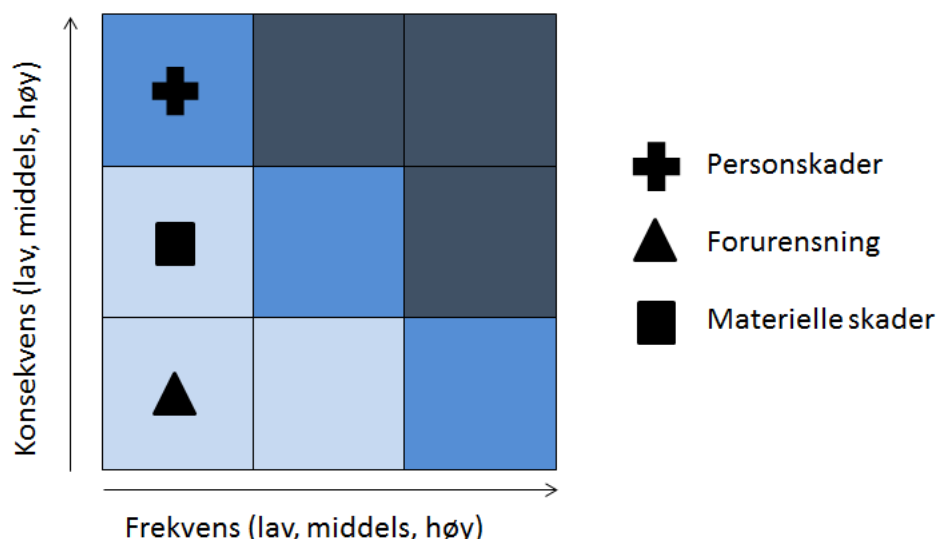
Tabell 4.5 – Utvalg av relevante hendelser for vedlikehold og inspeksjon av hovedbærekonstruksjon

År	Beskrivelse
2017	Under ventilering av gass på Goliat-feltet ble dykkere og personer på et dykkerfartøy eksponert for hydrokarbongass. En dykker var i sjøen da hendelsen inntraff. Operasjonen ble stoppet og dykkerfartøyet fjernet. Noen av de eksponerte ble kvalme og fikk lett hodeverk. Ref. /5/
2013	Et dykkerlag på tre personer skulle bringes til arbeidsstedet på havbunnen på om lag 110 meters dyp. Ved håndtering av dykkeklokken på dykkerfartøyet Skandi Arctic ble hovednavlestrengskabelen til dykkeklokken slitt av. Dette resulterte i gassutstrømming og tap av trykk i dykkeklokken. Hendelsen førte ikke til kjente helsemessige konsekvenser, men materielle skader på klokke og håndteringssystem. Ref. /36/
1995	Dødsfall på britisk sektor på grunn av at dykkerens navlestrengskabel ble dratt inn i propellen på dykkerfartøyet Stena Orelia. Ref. /37/ og /38/

Det er også registrert enkelte tidligere hendelser hvor dykkere har vært i fare for å bli truffet av utstyr som har falt fra plattformen (ref. /9/).

4.5.6 Risikovurdering

Risikovurderingen for aktiviteten vedlikehold og inspeksjon av hovedbærekonstruksjon er vist i Figur 4.4.



Figur 4.4 – Risikovurdering for vedlikehold og inspeksjon av hovedbærekonstruksjon

Som vist i matrisen er risikoen for personskader ved vedlikehold og inspeksjon av hovedbærekonstruksjon vurdert å være middels, med lav frekvens og høy konsekvens. Dykkeoperasjoner har historisk sett vært et høyrisikoområde som har blitt betraktelig bedret de siste tiårene. Selv om risikonivået er betraktelig redusert, er det imidlertid fortsatt ikke en ufarlig operasjon, og det kan være vanskelig å skille det generelle risikonivået ved dykking fra det som gjelder spesifikt for operasjonene inkludert i denne studien. Det har vært flere tilløp til farlige situasjoner som med bare et litt endret hendelsesforløp kunne ha medført alvorlige personskader eller flere dødsfall. På norsk sokkel har det ikke vært dødsfall på grunn av dykkeoperasjoner siden 1987. Det var ett dødsfall på britisk sokkel i 1995 som er vurdert som relevant for operasjon på norsk sokkel. Risiko for personskader ved dykkeoperasjoner har også vært lav de siste årene, og kun mindre alvorlige personskader har oppstått på norsk sokkel. Det har vært flere tilløp til faresituasjoner ved metningsdykking de seneste årene, men kun ett tilfelle har vært så alvorlig at det har ført til behov for etterforskning. Det har vært enkelte mindre alvorlige personskader og tilløp til flere faresituasjoner de seneste årene, men det har ikke vært alvorlige hendelser. Frekvens for hendelser som kan medføre personskade er derfor vurdert å være lav. Den generelle risikoen ved dykkeoperasjoner er ikke hensyntatt i denne vurderingen. En dykkerulykke kan medføre dødsfall (opptil flere ved svikt i trykkammeret eller problemer med dykkerklokken), og vil følgelig kategoriseres i høy konsekvenskategori. Det presiseres at risikoen for personskader er vurdert ut ifra bruk av dykkere; ved bruk av ROV ville denne risikoen blitt vurdert å være lavere.

Risikoen for forurensning er vurdert å være lav, med lav frekvens og lav konsekvens, da vedlikeholdsoperasjoner og inspeksjon av hovedbærekonstruksjon i seg selv ikke vil kunne medføre utslipp. Det er vurdert som lite sannsynlig at aktiviteten vil kunne medføre skade på undervannsinnetninger med påfølgende utslipp.

Risikoen for materielle skader er også vurdert å være lav, med lav frekvens og middels konsekvens. Tilsvarende som for aktiviteten lasting og lossing mellom fartøy og innretning, vil en kollisjon mest sannsynlig ha relativt lav hastighet og dermed lav kollisjonsenergi. En kollisjon anses derfor å kunne gi skader på fartøyet og innretningen som påvirker operasjonen eller daglig drift, uten at det gir skader med tap av større økonomiske verdier. Det anses som realistisk at operasjonen foregår lenger unna innretningen enn ved en typisk laste-/losseoperasjon, og følgelig at frekvensen for kollisjon med tilhørende materielle skader er lav da mannskapet har bedre tid til å gripe inn og avverge en kollisjon om fartøyet skulle miste sin posisjon. Det er videre vurdert at det er lav risiko for skade på innretningen eller undervannsinnetninger forårsaket av vedlikeholdsoperasjoner og inspeksjon av hovedbærekonstruksjon.

Kunnskapsstyrken til aktiviteten er vurdert å være god. Hver enkelt operasjon planlegges godt, og det er godt kjent hvilke risikoelementer og risikoreduserende tiltak som er gjeldende.

4.6 Aktivitet 5: Installasjons- og demonteringsløft med fartøy

4.6.1 Beskrivelse

Ved installering og fjerning av plattformunderstell, dekk og moduler brukes spesialbygde fartøy med stor løftekapasitet.

For tyngre installasjonsløft har det historisk sett vært mest vanlig å benytte kranfartøy som først løfter modulen opp fra egen dekksplass eller fra en lekter, hvorefter modulen senkes ned på anordnet plass før krankrokene kobles fra og fartøyet trekker seg akterut. Et demonteringsløft foregår på samme måte med motsatt rekkefølge; fartøyet løfter her modulen fra innretningen til egen dekksplass eller lekter.

Et alternativ til løft med kran er bruken av et såkalt "float-over"-fartøy. Ved en slik installering vil fartøyet frakte for eksempel et helt plattformdekk (topside) på sitt eget dekk, for deretter å posisjonere seg over jacket-understellet hvor plattformdekket skal plasseres. Fartøyet vil så senkes ved hjelp av ballastsystemet slik at plattformdekket treffer understellet og kan festes der. Fartøyet vil deretter senkes ytterligere ned i vannet slik at det kan forlate lokasjonen uten å berøre det installerte plattformdekket eller jacket-strukturen. Ved demontering av et plattformdekk fra en innretning vil fartøyet senkes til et nivå lavere enn plattformdekket og så heves slik at fartøyet med last deretter kan seile avgårde.

I nyere tid har det også blitt utviklet fartøy som kan installere og fjerne hele innretninger ved at hydraulisk drevne løftearmen holder oppe plattformdekket, hvorefter fartøyet posisjoner seg slik at løftearmene kan senke plattformdekket ned på jacket-understellet i én bevegelse. Ved demontering løftes hele plattformdekket opp fra jacket-understellet i én bevegelse. Et system for bevegelses-kompensasjon sørger for at løftet ikke påvirkes av sjøens bevegelser i vertikal retning.

Felles for disse metodene er ekstremt høye krav til presisjon. Operasjonene som gjennomføres er komplekse, da fartøyet i tillegg til sjøens bevegelser må håndtere transiente faser der for eksempel en moduls vekt overføres fra fartøyet til innretningen. Fartøyet vil gjerne holde sin posisjon ved bruk av dynamisk posisjonering i tillegg til at flere personer samt sensorer og kameraer observerer operasjonen for å sikre nøyaktig utførelse. Det stilles strenge krav til værvindu for at slike operasjoner skal kunne gjennomføres. Varigheten til en slik installering eller demontering vil variere avhengig av kompleksitet; typisk vil operasjonen kunne gjennomføres i løpet av én eller flere dager.

Installering av jacket-understell kan også anses å dekkes av denne aktiviteten. Slike operasjoner foregår ved at jacket-understellet tippes ned fra lekteren for deretter å stilles på høykant ved å fylle benene med vann. Spar-plattformer installeres på en liknende måte ved å fylle ballasttanker. Kranfartøy kan også brukes til å løfte mindre jacket-understell direkte på plass.

4.6.2 Relevante fartøystyper

Kranfartøy (denne benevnelsen inkluderer også tungløftfartøy som bruker andre løfteprinsipper enn en konvensjonell kran).

4.6.3 Risikoelementer

4.6.3.1 Kollisjon

Dersom fartøyet skal løfte eller fjerne en modul på en eksisterende innretning, er det en fare for kollisjon dersom fartøyet mister kontroll over sin posisjon. Fartøyet kan kollider med innretningen det løfter fra/til, eller det kan kollider med andre innretninger på feltet der operasjonen foregår.

Installerings- og demonteringsoperasjoner gjøres under strenge vær- og sjøkriterier. Følgelig er scenarier der fartøyet mister sin motorkraft og deretter driver med vind/bølger inn i innretningen ikke like aktuelle. Et mer aktuelt scenario er at fartøyet får en drive-off og ikke greier å stanse bevegelsen før det kolliderer med innretningen. Et viktig poeng her er at fartøyet i operasjonens natur vil befinne seg helt nær innretningen. Det er derfor svært begrenset med tid for DP-operatører å gripe inn dersom en krisesituasjon skulle oppstå.

4.6.3.2 Fallende/svingende last

For operasjonene der det benyttes kran, er det en fare for at det som løftes får en ukontrollert bevegelse i horisontal eller vertikal retning. Tilsvarende som for lettere løft kan det være flere årsaker som kan føre til fallende/svingende last; for eksempel kan kranfører gjøre feil, det kan være teknisk eller mekanisk

svikt på utstyr, eller fartøyet mister sin posisjon. I motsetning til lettere og mer "vanlige" løft, kan det argumenteres for at installasjons- og demonteringsløft innehar lavere sannsynlighet for menneskelig feil, da operasjonen er svært kritisk og utføres i løpet av en relativt kort tidsperiode med stor oppmerksomhet og klare ansvarsdefinisjoner. Det stilles store krav til planlegging og utstyrskontroll i forkant av operasjonen, men det er likevel en restrisiko for at utstyr svikter eller at det begås menneskelig feil. I en float-over-operasjon vil for eksempel feil i ballastsystemet grunnet menneskelig feil eller utstyrssvikt kunne føre til ukontrollerte bevegelser som igjen fører til at lasten får en ukontrollert bevegelse.

4.6.4 Risikoreduserende tiltak

Nedenfor er det listet opp et utvalg av risikoreduserende tiltak/barrierer normalt etablert for å redusere risikoen for uønskede hendelser knyttet til installasjons- og demonteringsløft med fartøy.

- God planlegging av operasjonen, herunder tydelig definisjon av alle prosedyrer og klare ansvars- og kommandolinjer. Som eksempel er det viktig å enes om et "point of no return" hvor operasjonen ikke lenger kan avbrytes
- Nedstengning av innretningen og nærliggende innretninger mens operasjonen foregår
- Utstyrskontroll og testing av utstyr i forkant av operasjonen
- Bruk av fendere og støtfangere for å beskytte innretningen/utstyr og redusere konsekvensene ved fallende/svingende last
- Trening og opplæring; installerings- og demonteringsoperasjoner er relativt sjeldne operasjoner hvor blant annet fartøyenes DP-systemer utsettes for uvante krefter. Det er derfor essensielt at mannskap evner å håndtere uforutsette situasjoner som kan oppstå
- Værvarsling med prediksjon av skipets bevegelser.

I tillegg til de ovennevnte punktene refereres det til de generelle risikoelementene og risikoreduserende tiltakene som beskrevet i kapittel 4.1.

4.6.5 Relevante hendelser

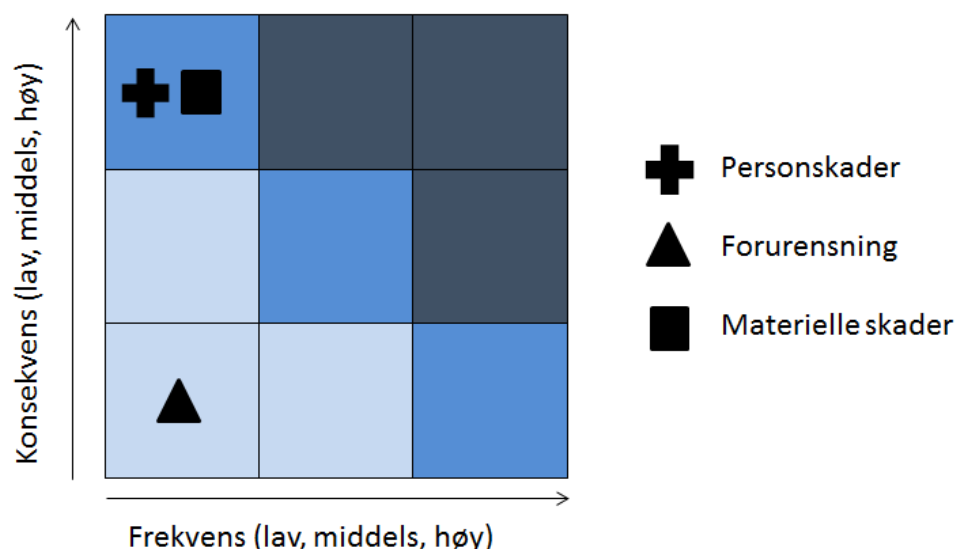
Installerings- og demonteringsoperasjoner er lavfrekvente og antall relevante hendelser er begrenset. Utenfor norsk sokkel har det vært hendelser knyttet til både installasjon med løftekraner og "float-over"-installasjon, men ingen av disse er funnet relevante nok til å inkluderes her. Følgelig er kun én hendelse inkludert i Tabell 4.6.

Tabell 4.6 – Utvalg av relevante hendelser for installasjons- og demonteringsløft med fartøy

År	Beskrivelse
2016	Under fjerningen av dekket på Yme MOPU kolliderte fartøyet Pioneering Spirit med innretningen. Stigerørscaissonen med borerørene ble bøyd ut om lag 3 m. Det ble i ettertid ikke funnet noen skader. Siden Yme MOPU var ubemannet under fjerningen, medførte ikke hendelsen risiko for personell. Ref. /39/

4.6.6 Risikovurdering

Risikovurderingen for aktiviteten installasjons- og demonteringsløft med fartøy er vist i Figur 4.5.



Figur 4.5 – Risikovurdering for installasjons- og demonteringsløft med fartøy

Risikoen ved installasjons- og demonteringsløft med fartøy vil være avhengig av hvilke teknikker som brukes for installasjons- eller demonteringsløftene. Det kan for eksempel argumenteres for at enkeltløftsinstallasjoner har lavere frekvens og større konsekvens enn operasjoner hvor det foretas flere mindre løft.

Risikoen for personskader er totalt sett vurdert å være middels, med lav frekvens og høy konsekvens. Under operasjonen vil det være mange personer involvert som potensielt befinner seg nært tunge moduler og utstyr som løftes, og det anses som mulig at det vil forekomme død og/eller flere alvorlige personskader dersom en hendelse inntreffer. Frekvensen vurderes å være lav, da operasjonene planlegges nøye og det er sjeldent at det forekommer alvorlige hendelser.

Risikoen for forurensning anses å være lav, med lav frekvens og lav konsekvens, da innretningene hovedsakelig vil være nedstengt eller ikke i drift under løftene.

Risikoen for materielle skader er vurdert å være middels, med lav frekvens og høy konsekvens. Dersom noe skulle gå galt er de potensielle konsekvensene store; konsekvensen er derfor vurdert å være høy.

Kunnskapsstyrken til aktiviteten er vurdert å være god. Hver enkelt operasjon planlegges nøye, og det er godt kjent hvilke risikoelementer og risikoreduserende tiltak som er gjeldende.

4.7 Aktivitet 6: Installasjon av undervannsinnetninger

4.7.1 Beskrivelse

Det er et økende antall undervannsinnetninger på norsk sokkel. Spesielt på 1990-tallet ble det en kraftig vekst i antallet undervannsinnetninger. Antallet øker stadig, men økningen er ikke like kraftig nå som de siste årene før 2000. Det er imidlertid en kraftig teknologisk utvikling, og kompleksiteten til utstyret på havbunnen er en helt annen enn det den var da de første undervannsinnetningene ble installert for rundt 30 år siden. Det er nå rundt 450 undervannsinnetninger på norsk sokkel, ref. /6/.

Undervannsinnetninger består av utstyr som ventiltrær, bunnrammer og rørledninger. Enkelte undervannsinnetninger kan være frittstående enkeltbrønner, men det er heller ikke uvanlig at brønnrammer omfatter flere brønner, der disse knyttes via rørledninger til manifolder. Brønnstrøm ledes videre til prosessanlegg, enten til havs eller på land. Det er boret rundt 1 650 undervannsbrønner på norsk sokkel, og de fleste av disse befinner seg på havdyp mindre enn 450 m.

Selve installeringen av undervannsinnetninger krever nøye planlegging og koordinering. Valg av fartøy baserer seg på krankapasitet og tilgjengelig dekksplass på fartøyet, samt selvsagt også tilgjengeligheten på fartøy. Mye av utstyret som installeres på havbunnen innebærer tungløft av store enheter, noe som kan være utfordrende.

Faktorer som kan påvirke risikoen forbundet med installasjon av undervannsinnretninger er blant annet selve løfte-/senkesystemet og posisjoneringssystemet. I førstnevnte inngår selve fartøyet og løfte-systemet fartøyet har. Dette er direkte relatert til vekten av det som skal senkes, og de dynamiske påvirkningene som kan påvirke lastene av det som senkes. For eksempel vil det kunne være utfordrende å estimere den hydrodynamiske tilførte massen av en kompleks last.

I posisjoneringssystemet inngår fartøyets evne til å kompensere for bevegelser, da slike bevegelser kan være kritiske under selve installasjonen. Det benyttes DP2- og DP3-fartøy til slike operasjoner. Når det ikke er snakk om for store laster som skal senkes, kan det i noen tilfeller være aktuelt å benytte opp-driftsenheter for å styre nedsenkningen på en bedre måte, og for å redusere lasten på vaieren. På store laster er det vanskelig å designe oppdriftsenheter som er håndterbare eller økonomiske. I enkelte tilfeller kan det være aktuelt å benytte flere fartøy eller på andre måter gjøre bruk av hjelpestyring når lasten senkes nedover. Flere fartøy introduserer nye risikomomenter, og antallet fartøy involvert i operasjonen bør følgelig holdes så lavt som mulig.

Kontroll på oppdrift, hjelpestyring, posisjonering, samt god kommunikasjon underveis i operasjonen er viktige momenter for å kunne utføre oppgaven på en optimal måte. Formålet er at lasten skal plasseres på ønsket sted, på en stabil måte.

I tilfeller der det ikke er annet utstyr på havbunnen som kan skades ved et eventuelt lastfall, senkes lasten rett ned til lokasjonen på havbunnen der den skal landes. I mange tilfeller vil det imidlertid være annet utstyr, kabler eller rørledninger som ikke er designet for å bli truffet av lasten som senkes. Da senkes lasten nedover i sjøen et lite stykke unna det allerede installerte utstyret, slik at risikoen for å skade utstyret minimeres. Når lasten har kommet ned mot havbunnen, flyttes fartøyet til ønsket posisjon for lasten og siste del av nedsenkningen gjøres der. Dette reduserer energien i en eventuell fallende last. I begge tilfeller benyttes ROV for å overvåke retning og posisjon av utstyret under hele installasjons-prosessen. ROV benyttes også for å ta seg av eventuell tilkobling til annet eksisterende utstyr på havbunnen.

4.7.2 Relevante fartøystyper

Kranfartøy, IMR-fartøy, CSV-fartøy, dykkerfartøy

4.7.3 Risikoelementer

4.7.3.1 Tap av posisjon

Tap av posisjon for fartøyet kan være kritisk for operasjonen dersom posisjonstapet skjer samtidig som at lasten senkes nedover mot havbunnen. Tap av posisjon vil som regel ikke ha store konsekvenser så lenge dette skjer før lasten er begynt å bli løftet/senket, siden det ofte er et stykke fra fartøyet til nærmeste innretning. Unntaket er når det er flere fartøy involvert i operasjonen, da dette vil kunne medføre kollisjoner.

I de tilfeller der posisjonstap skjer etter at lasten er i ferd med å senkes nedover vannet, vil konsekvensene kunne bli at kontrollen over lasten mistes. Det kan gi skade og/eller tap av ROVer ved at ROV-navlestrengskabel skades. De plutselige posisjonsendringene vil også kunne medføre at lasten mistes og faller ukontrollert til havbunnen, der annet utstyr kan skades.

4.7.3.2 Kollisjon

Som beskrevet i kapittel 4.7.3.1 vil tap av posisjon kunne medføre at fartøyet kolliderer med andre fartøy i nærheten. Avhengig av hastigheten fartøyet har oppnådd før kollisjon, vil dette kunne medføre store materielle skader, trolig også personskader og i verste fall dødsfall. Kollisjon med innretninger er mindre sannsynlig, da installasjon av undervannsinnretninger ofte skjer et godt stykke unna innretningene. Skulle operasjonene foregå i nærheten av innretninger, vil kollisjon med innretningen kunne være et realistisk scenario. Igjen vil hastigheten være avgjørende for hvilke kollisjonskrefter, og dermed hvilke konsekvenser dette vil medføre.

4.7.3.3 Fallende/svingende last

Fallende/svingende last vil alltid være en risiko når det utføres løfteaktiviteter. For operasjonene knyttet til installasjoner av undervannsinnretninger kan dette innebære fallende/svingende last oppe på selve fartøyet, fallende last i det utstyret/lasten senkes gjennom vannoverflaten ("splash zone") eller mens lasten senkes nedover i sjøen.

Det er ofte store enheter som løftes og følgelig store krefter involvert i forbindelse med installasjon av undervannsinnretninger. Energimengden kan bli stor både ved bevegelse i horisontal og i vertikal retning. For personell på dekk er det risiko for å bli truffet av fallende/svingende laster. Fallende/svingende last på fartøyet vil kunne gi personskade, men med energiene det her ofte vil være snakk om, kan utfallet av fallende/svingende last også bli dødsfall. Fallende/svingende last kan også føre til skade på kritisk utstyr på fartøyet. Det kan være menneskelige årsaker til fallende/svingende last, ved at kranfører gjør feil eller at det er kommunikasjonssvikt, men det kan også være forårsaket av teknisk eller mekanisk svikt på kranen. Dersom fartøyet plutselig mister sin posisjon, eller det får en bølgeindusert bevegelse, vil dette også kunne gi fallende/svingende laster.

Idet lasten senkes ned i vannet, vil nye krefter påvirke lasten. I tillegg til at det også her kan være menneskelige årsaker som følge av kranførerfeil eller kommunikasjonssvikt, eller at det er svikt på kranen som er årsaken til fallende last, vil det her være andre krefter som påvirker lasten. Dersom bølgekrefter og hydrodynamiske krefter på lasten ikke er tatt godt nok hensyn til i beregning av hva løfteutstyret skal kunne tåle, vil det i verste fall kunne medføre at lasten mistes. Konsekvensen av en fallende last i sjøen vil kunne være at eksisterende undervannsinnretninger eller annet undervannsutstyr treffes av objektet som faller. Skade på utstyret, både det som faller og det som blir truffet, er en åpenbar konsekvens, men dersom den fallende lasten skulle treffe hydrokarbonførende utstyr, vil det kunne resultere i utslipp til sjø. Dersom det skadede undervannsutstyret inneholder gass og vanddyper ikke er stort, vil det også kunne gi en antennbar sky på havoverflaten, og her vil fartøyet kunne være en tennkilde (se kapittel 4.1.3).

4.7.3.4 Utstyrsfeil

Det er ofte store dimensjoner på fartøy med kran som brukes til installasjon av undervannsinnretninger, og det er mye utstyr med til dels store dimensjoner på løfteutstyret som benyttes. Utstyret eller deler av dette kan feile av mange ulike årsaker, for eksempel manglende vedlikehold, manglende inspeksjon eller manglende kompetanse på å betjene utstyret. Det kan også feile som resultat av manglende sikkerhetskultur om bord på fartøy, som for eksempel manglende ledelsesinvolvering, uklare myndighetsområder, uklare kommunikasjonslinjer, manglende risikoforståelse, og så videre. Konsekvensen av at utstyr feiler, vil kunne være personskade og i verste fall dødsfall.

4.7.3.5 Feiloperering ved tilkobling

Nederst ved havbunnen vil det være viktig at lasten settes ned på trygg måte. I mange tilfeller skal utstyret som senkes ned kobles til allerede eksisterende utstyr. Alternativt skal annet utstyr kobles til det nedsenkede utstyret. Tilkoblinger gjøres da som regel av ROV. Menneskelig feil, feil på ROVen eller feil på selve utstyret vil kunne medføre feiloperering når utstyr skal kobles sammen. Konsekvensen vil hovedsakelig være skade på utstyr, men i verste fall vil feiloperering ved tilkobling kunne medføre utslipp.

4.7.4 Risikoreduserende tiltak

Nedenfor er det listet opp et utvalg av risikoreduserende tiltak/barrierer normalt etablert for å redusere kollisjonsrisikoen relatert til installasjon av undervannsinnretninger.

- Valg av værvindu som er i samsvar med det spesifikke utstyret og fartøyet som benyttes under installasjonen er et viktig risikoreduserende tiltak. Dette vil redusere risiko både med hensyn til tap av posisjon og fallende/svingende last
- Følgende operasjonelle forhold bør vurderes i forbindelse med en løfteoperasjon, ref. /40/:
 - o Klaring mellom objektet som skal løftes og kranbommen
 - o Klaring mellom kranbom og andre objekter/strukturer på fartøyet
 - o Klaring mellom objektet som skal løftes og andre objekter/strukturer på fartøyet
 - o Klaring mellom objektet som skal løftes og fartøyets fundament/skrog
 - o Klaring mellom fartøyet og havbunnen (relevant for mindre vanddybder)
- Det må beregnes nøye hvilke bølgekrefter og hydrodynamiske krefter lasten utsettes for når den senkes nedover i sjøen, ref. /40/. Dette vil være avhengig av objektet som skal senkes, og må tas hensyn til i vurderingene av løfteutstyr

- For å redusere risikoen knyttet til fallende last over eksisterende undervannsutstyr, bør det ikke løftes rett over det eksisterende utstyret. Der det er mulig, bør lasten først senkes nedover i sjøen med en sikkerhetsavstand som minimerer risikoen for at en eventuell fallende last vil treffe det eksisterende utstyret. Først mot slutten av senkningen flyttes lasten over utstyret den skal kobles til
- Det er viktig å overvåke hele operasjonen når lasten senkes nedover i sjøen. Dette må gjøres med ROV, slik at personellet som er ansvarlig for kranoperasjonen har fullstendig oversikt over nøyaktig hvor lasten til enhver tid befinner seg. Antallet ROVer er avhengig av operasjonen. ROVene må opereres av kompetent personell
- Kommunikasjon under løfteoperasjonen er svært viktig. Dette gjelder kommunikasjon mellom DP-operatører, kranfører og de som overvåker selve kranoperasjonen
- For å redusere risikoen knyttet til feiloperering under tilkobling av utstyr på havbunnen, er det viktig at det er posisjonsindikatorer på alle koblinger. Kompetent ROV-personell utfører tilkoblingene, som er nøye gjennomgått i forkant av operasjonen.

I tillegg til de ovennevnte punktene refereres det til de generelle risikoelementene og risikoreduserende tiltakene som beskrevet i kapittel 4.1.

4.7.5 Relevante hendelser

I forbindelse med installasjon av en havbunnsseparator på Tordis-feltet i 2007, falt en person i sjøen og druknet. Dette er den eneste hendelsen med dødsfall knyttet til installasjon av undervannsinnretninger som har medført en granskning fra Petroleurstilsynet, ref. /41/.

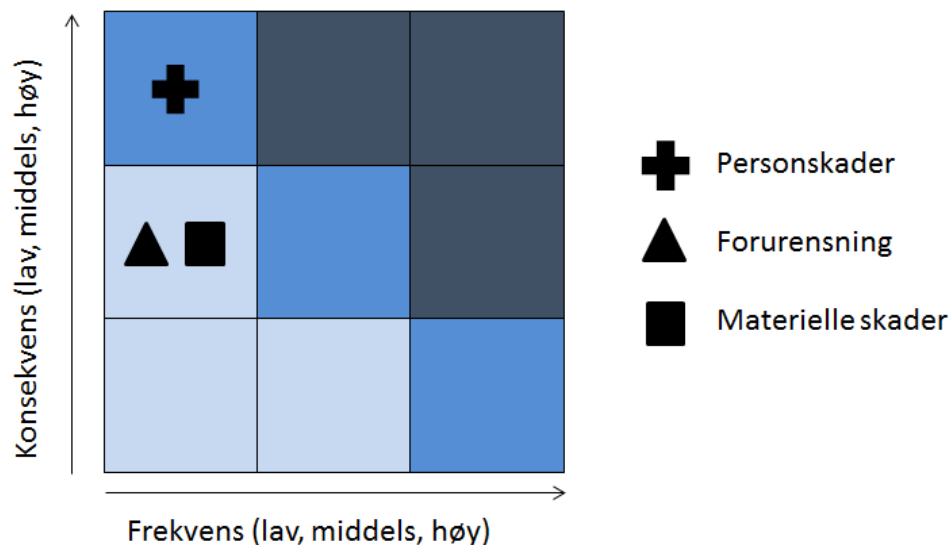
Den nyeste kjente større hendelse i forbindelse med installasjon av undervannsinnretninger på norsk sokkel skjedde i 2014 og medførte store materielle skader på manifold og rørledning (se Tabell 4.7 for mer informasjon). Et utvalg av relevante hendelser knyttet til installasjon av undervannsinnretning er gjengitt i Tabell 4.7.

Tabell 4.7 – Utvalg av relevante hendelser for installasjon av undervannsinnretning

År	Beskrivelse
2014	Konstruksjons- og rørleggingsfartøyet Boa Sub C jobbet i oktober 2014 på Smørbukk-feltet i Norskehavet på oppdrag for Statoil da en alvorlig hendelse inntraff. Fartøyet håndterte en rørledning som skulle legges klar for tilkobling til en undervannsinnretning. For å få det til måtte fartøyet justere posisjonen sin med noen meter. Fartøyet flyttet seg mye lenger enn det skulle, og dermed hekket røret i bunnrammen, løftet den opp og dro den med seg. Det ble omfattende skader på manifold og rørledning, og disse ble brakt på land for inspeksjon og reparasjon. Totalkostnadene for ødeleggelsene anslås til flere hundre millioner kroner. Hendelsen gikk ikke utover planlagt produksjonsstart på Smørbukk sør. I følge Statoil var det ikke fare for personskader og hendelsen medførte ikke lekkasjer av noe slag. Hendelsen ble ikke kjent for norske myndigheter før det var gått over to år. I følge Statoil var de direkte og bakenforliggende årsakene til hendelsen knyttet til manglende risikoforståelse, manglende læring fra tidligere hendelser og etterlevelse av prosedyrer for gjennomføring av operasjonen hos leverandøren. Statoils interne dybdestudie viste at Statoil som operatør burde hatt en tettere oppfølging av leverandøren for å sikre risikoforståelse og at læring fra tidligere hendelser var implementert. Ref. /42/
2007	En person omkom da Saipem 7000 holdt på med installasjon av en havbunnsseparator på Tordis-feltet i 2007. Den forulykkede tilhørte et arbeidslag bestående av fire personer som arbeidet sammen ved en vinsj som var påspolt en hydraulikkslange. Slangen gikk fra vinsjen til en trinse i kranbommen og ned til selve modulen som skulle installeres på havbunnen. Trinsen hadde kilt seg, og det hadde oppstått en strekk i slangen fra trinsen ned til modulen og en slakk fra trinsen ned til vinsjen. En bukt av slangen ble liggende igjen på vinsj-plattformen ved siden av vinsjen etter mislykkede forsøk på å få løs slangen. Den forulykkede ble etter all sannsynlighet truffet av hydraulikkslangen i det den plutselig ble strammet opp. Slangen har da slått eller dyttet vedkommende over rekkverket. Han falt i sjøen fra vinsj-plattformen ca. 30 meter over havflaten og druknet. Ref. /41/

4.7.6 Risikovurdering

Risikovurderingen for aktiviteten installasjon av undervannsinnretninger er vist i Figur 4.2.



Figur 4.6 – Risikovurdering for installasjon av undervannsinnretninger

Som vist i matrisen er risikoen for personskafer ved installasjon av undervannsinnretninger vurdert å være middels, med høy konsekvens og lav frekvens. Det var et dødsfall i 2007 i forbindelse med installasjon av undervannsinnretninger, da en person falt i sjøen og druknet under installasjon av en havbunnsseparator på Tordis-feltet. Følgelig har hendelser i forbindelse med slike operasjoner medført dødsfall og det er potensiale for hendelser med flere dødsfall. Frekvenskategorien vurderes til lav.

Risikoen for forurensning ved installasjon av undervannsinnretninger er vurdert å være lav, da sannsynligheten for å skade eksisterende undervannsinnretninger slik at det medfører utslipp er vurdert å være lav og konsekvensen av et eventuelt utslipp vil være middels da det er en begrenset mengde hydrokarboner som kan lekke ut.

Risikoen for materielle skader ved installasjon av undervannsinnretninger er vurdert å være lav, med lav frekvens og middels konsekvens. Senest i 2014 var det en hendelse på norsk sokkel som medførte store materielle skader på undervannsinnretninger, men det er likevel vurdert at slike hendelser er sjeldne.

Kunnskapsstyrken til aktiviteten er vurdert å være god; installasjon av undervannsinnretninger har pågått siden slutten av 80-tallet, og det er mye erfaring knyttet til slike operasjoner. Det er likevel ikke veldig mange operasjoner per år, og alle vil være ulike med sine individuelle risikomomenter. Det er derfor viktig at forberedelser til og gjennomføring av installasjonsoperasjonene gjøres på en grundig måte.

4.8 Aktivitet 7: Operasjon, inspeksjon og vedlikehold av undervannsinnretninger

4.8.1 Beskrivelse

Aktiviteten operasjon, inspeksjon og vedlikehold av undervannsinnretninger inkluderer også brønn-intervensjon utført av fartøy.

På norsk sokkel gjennomføres inspeksjon og vedlikehold av undervannsinnretninger vanligvis ved hjelp av ROV eller dykkerpersonell. Undervannsinnretninger kan være enkeltbrønner, brønnmoduler med flere brønner, produksjonsmanifolder og prosessutstyr for pumping, kompresjon og separasjon. Det kan også være større rørledninger for produksjon, eksport og import av hydrokarboner, ref. /6/.

Vedlikehold og operasjon av selve brønnen betegnes gjerne som brønnintervensjon, og innebærer å koble opp utstyr til selve brønnen for å kontrollere, overvåke eller optimalisere produksjon eller injeksjon, ref. /43/.

Operasjoner med ROV kan utføres fra fartøy som har utstyr for dette om bord, for eksempel IMR- og CSV-fartøy. Ved bruk av ROV-teknologi, fjernstyres ROV av spesialisert personell fra kontrollrom om bord på fartøyet. Dykkeoperasjoner utføres fra egne dykkerfartøy, og gjerne med støtte fra ROV. Ved dykkeoperasjoner, såkalte bemannede undervannsoperasjoner, vil type dykk (overflateorientert dykk eller klokke-dykk/metningsdykk) avhenge av havdyp. Bruken av dykkere har gradvis blitt erstattet av ROV, også på grunnere havdyp, men dykkere brukes fortsatt til enkelte operasjoner som mer effektivt lar seg utføre av dykkerpersonell. Fartøyene bruker dynamisk posisjonering til å holde sin posisjon under operasjonene.

4.8.1.1 Inspeksjon, vedlikehold og operasjon

Inspeksjon av undervannsinnretninger utføres enten med jevne mellomrom som en del av et vedlikeholdsprogram eller ved mistanke om lekkasje eller feil på utstyr. Rutinemessige undervanns-inspeksjoner gjennomføres for å fastslå funksjonstilstanden til en enhet og kan innebære visuell observasjon og overvåking av brønnramme, kabler, rørledninger, moduler samt mindre komponenter. Det kan også utføres målinger for å overvåke grad av korrosjon, erosjon, rørstrømning og ellers slitasje, ref. /44/.

En typisk undervannsinspeksjon foregår ved at en ROV føres ned til undervannsinnretningen ved hjelp av en kontrollkabel (navlestrengskabel). Navlestrengskabelen kobler ROVen til fartøyet og sikrer kontinuerlig kommunikasjon, for eksempel navigering og videooverføring, mellom operatør og kjøretøy. ROVen kan også utstyres med avansert verktøy avhengig av hvilke operasjoner som skal gjennomføres. Dersom operasjonen foregår ved hjelp av dykkerpersonell, tilføres pustegass og forsyninger, for eksempel kommunikasjon og elektrisk strøm, gjennom egne navlestrengskabler mellom dykkeren og fartøyet. Ved bruk av dykkerklokke (metningsdykk) tilføres forsyningene selve dykkerklokken. Nødvendige forsyninger til dykkerpersonellet tilføres gjennom en egen forsyningslinje fra klokken, ref. /45/.

Ved inspeksjon kan det avsløres lekkasje eller andre feil på utstyr som vil kreve vedlikehold eller mer omfattende reparasjoner. Vedlikehold av undervannsinnretninger kan deles inn i to kategorier; forebyggende vedlikehold og korrigerende vedlikehold. Forebyggende vedlikehold gjennomføres etter forhåndsbestemte tidsintervaller eller obligatoriske kriterier fra utstyrsleverandør for å sikre funksjonaliteten til en enhet. Dette kan være en planlagt utskifting av en undervannsmodul eller komponent, regulering av utstyr eller fjerning av slam og andre fremmedobjekter fra undervannsinnretningen, ref. /46/.

Korrigerende vedlikehold kan også klassifiseres som reparasjon, og gjennomføres ved svikt eller feil på en enhet. Dette kan innebære reparasjon av en rørledning ved tap av integritet, utskifting av degradert prosessutstyr eller annet reparasjonsarbeid som vil gjenopprette funksjonen til undervannsinnretningen.

Reparasjon av rørledninger kan innebære utskifting av mindre rørseksjoner eller installasjon av forsterkninger (klemmer) på lokasjonen med nedsatt integritet. Utskifting av en rørseksjon utføres ved mer alvorlige skader på rørledningen og innebærer å erstatte en seksjon av hovedrørledningen med en et nytt rørstykke. Rørstykket vil typisk kobles til hovedrøret ved hjelp av sveising, flenser, mekanisk koplinger eller klemmer. For operasjoner som involverer rørstykkeskift må produksjonen stenges ned for det aktuelle røret.

Vedlikeholdsoperasjoner innebærer direkte kontakt og manipulasjon av utstyr på undervannsinnretningen, og krever derfor vanligvis større grad av avansert verktøy og planlegging sammenlignet med en undervannsinspeksjon. Ved større utskiftninger senkes utstyr ned på havbunnen ved hjelp av en kran på fartøyet, for så og manøvreres på plass på undervannsinnretningen. Kranene på IMR-fartøy er utstyrt med et kompensatorsystem som bidrar til at løfte- og manøvreringsoperasjoner kan gjennomføres med høy nøyaktighet. Selve installasjonen og oppkoblingen av utstyret vil vanligvis utføres av en ROV utstyrt med spesialisert verktøy. Sveiseoperasjoner på undervannsinnretninger utføres enten av dykkerpersonell eller en ROV, avhengig av havdybde og kompleksitet. Sveising i undervannsmiljøer med eksplosjonsfare gjennomføres vanligvis ved bruk av sveisehabitat dersom nedstengning av produksjonen ikke foretas.

Drift og operasjon av undervannsinnretninger foregår i stor grad ved hjelp av fjernstyrte systemer fra kontrollrommet på innretningen. Det kan allikevel være enkelte operasjoner som må utføres manuelt på havbunnen. Dette kan innebære justering/stenging av ventiler eller andre justeringer av en komponent

som ikke er hydraulisk eller elektrisk fjernstyrt. Manuell operasjon av ventiler eller lignende arbeid på undervannsutstyr gjennomføres vanligvis av en ROV utstyrt med spesialisert verktøy, ref. /44/.

4.8.1.2 Brønnintervensjon

For vedlikehold og operasjon av havbunnsbrønner skiller man mellom lett brønnintervensjon og tung brønnintervensjon. Lett brønnintervensjon baserer seg på kabelbasert brønnteologi, og innebærer brønnoperasjoner som utføres uten stigerør til havoverflaten. Tung brønnintervensjon innebærer brønnoperasjoner med stigerør fra BOP på havbunnen til en innretning på havoverflaten. Ved lett brønnintervensjon der fartøyet har direkte kontroll/styring over en brønnstrøm, må en samsvarsuttalelse (SUT) innhentes, og fartøyet faller da under begrepet "innretning". Lette intervensjonsaktiviteter utført fra en innretning vil inkludere operasjoner der utstyr føres inn i selve brønnen, for eksempel wireline- eller kveilerørsoperasjoner. Dette er operasjoner som krever at spesialisert utstyr kobles til brønnen for å fungere som en midlertidig barriere mot brønnstrømmen.

Intervensjonsaktiviteter som utføres fra fartøy, derimot, vil være enkle pumpeoperasjoner via ventiltre eller brønnventil uten direkte kontroll over selve brønnstrømmen. Dette kan også inkludere utskifting av komponenter på selve havbunnsbrønnen eller vedlikehold av ventiltre eller annet utstyr på brønnrammen.

Felles for pumpeoperasjoner som utføres fra intervensjonsfartøy er at de har som formål å øke produktiviteten til brønnen. Dette kan innebære rense- og vaskeoperasjoner, syrebehandling, injeksjon av sporstoffer for diagnostikk eller injeksjon av kjemikalier og inhibitorer for preventivt vedlikehold av brønnen. Scale squeeze er en type pumpeoperasjoner hvor kjemikalier og inhibitorer injiseres i brønnen for å forebygge avleiring i brønnen, ref./47/.

Ved en scale squeeze-operasjon pumpes kjemikalier fra lagringstanker om bord på intervensjonsfartøyet og ned i brønnen via dedikerte injeksjonspunkter. Injeksjonspunktet kan enten være installert på et større produksjonssystem (manifold) eller på ventiltreet til brønnen. Selve injeksjonspunktet består av en tilbakeslagsventil for å forhindre at hydrokarboner kan strømme ut ved en utilsiktet stopp av pumpeoperasjonen. Kjemikaliene leveres til brønnen ved hjelp av en serviceslange som kobles til injeksjonspunktet ved bruk av ROV, og under pumpeoperasjonen holdes slangen i posisjon ved hjelp av spesialiserte oppdriftselementer. Alle mekaniske operasjoner på undervannsutstyret (for eksempel operasjon av ventiler) utføres vanligvis av en ROV, ref. /48/.

Selve pumpeoperasjonen er nøye planlagt, og foregår sekvensielt ved at ulike kjemikalier pumpes ned i brønnen i en forhåndsbestemt rekkefølge. Etter pumpeoperasjonen holdes brønnen stengt i en kortere periode, typisk 6-24 timer, slik at kjemikaliene kan virke. Deretter kobles utstyret fra injeksjonspunktet og føres tilbake til fartøyet. Siste steg i operasjonen vil være å inspisere området med en ROV for å forsikre at det berørte undervannsutstyret er i orden og ikke har tatt skade. Deretter vil innretningen starte opp brønnen og produsere ut kjemikaliene før normal produksjon gjenopptas.

Under enhver pumpeoperasjon vil det være kontinuerlig kommunikasjon mellom innretningen (operatør av brønnen) og intervensjonsfartøyet. I forkant av en operasjon gis det tillatelse til intervensjonsfartøyet til å posisjonere seg over den aktuelle brønnen, og innretningen stenger ned produksjonen om nødvendig. Det er innretningen (operatør av brønnen) sitt ansvar å påse at nødvendige barrierer mot brønnstrømmen er på plass og at brønnen er sikker før en eventuell intervensjonsjobb kan påbegynnes.

Lett brønnintervensjon kan utføres av IMR- eller brønnintervensjonsfartøy. Dersom det ikke er planlagt aktiviteter som krever SUT, benyttes det vanligvis IMR-fartøy da disse fartøyene er billigere i drift og har lavere kostnader. IMR- og brønnintervensjonsfartøy er som regel utstyrt med kran og én eller flere ROVer for å overvåke og assistere operasjonen i forbindelse med intervensjonsjobber.

4.8.2 Relevante fartøystyper

IMR-fartøy, CSV-fartøy, brønnintervensjonsfartøy, dykkerfartøy

4.8.3 Risikoelementer

4.8.3.1 Fallende/svingende last mot undervannsinnretninger/-utstyr

Utstyr som håndteres mellom fartøyet og sjøen kan ha potensiale til å gjøre skade på undervannsinnretninger ved en utilsiktet hendelse. Større utstyr vil normalt ikke håndteres eller senkes ned i sjøen umiddelbart over en undervannsinnretning, men en utilsiktet hendelse kan likevel føre til materielle

skader på undervannsutstyr. Håndtering av utstyr ved bruk av maskinelt løfteutstyr vil også utgjøre en risiko for utstyr på dekk. Årsaker som kan føre til fallende last/utstyr kan være teknisk eller mekanisk svikt av løfteutstyr, tap av posisjon eller menneskelig svikt ved håndtering av løfteutstyr.

4.8.3.2 Fallende/svingende last mot personell

Håndtering av utstyr ved bruk av maskinelt løfteutstyr utgjør også en fare for personell på fartøyet. For personell som håndterer lasten på dekk vil det være risiko for klemskader og støt-/treffskader under løfteaktivitet. Dersom utstyr mistes til sjøen, utgjør dette en fare for dykkerpersonell som befinner seg under og i nærheten av fartøyet.

4.8.3.3 Dykkerulykker

Risikoen knyttet til dykking er nærmere beskrevet i kapittel 4.5.

4.8.3.4 Tap av posisjon

Svikt av fartøyets posisjoneringssystem eller uforutsette værforhold kan føre til tap av fartøyets posisjon. Dersom fartøyet mister kontrollen over sin posisjon, kan det kollidere med nærliggende fartøy eller innretninger. Tap av posisjon kan også medføre skade på undervannsinnretninger og eventuelt utstyr på dekk. I forbindelse med vedlikehold og inspeksjon av undervannsinnretninger og havbunnsbrønner, vil nedsenket verktøy ofte være i direkte kontakt med utstyr på havbunnen, og tap av posisjon kan føre til at undervannsutstyr utsettes for ukontrollerte krefter og skade. I tilfeller hvor operasjonen gjennomføres av dykkerpersonell, kan ulykker som har potensiale for personskade inntreffe. Ved brønnintervensjon kan tap av posisjon føre til skade på produserende utstyr og resultere i hydrokarbonutslipp.

4.8.3.5 Midlertidig utstyr

Vedlikehold og inspeksjon kan innebære midlertidig utstyr på fartøyet for en tidsbegrenset periode. Dette er utstyr som vanligvis ikke er en del av fartøysutrustningen, og kan introdusere nye farer. Midlertidig utstyr kan for eksempel være en pumpe som krever oppkobling for bruk eller annet utstyr som kan utgjøre en potensiell tennkilde. Dersom nye farer ikke identifiseres og gjøres rede for, for eksempel løst utstyr eller høyt trykk, kan midlertidig utstyr utgjøre en risiko for personell og utstyr på fartøyet, ref. /49/.

4.8.3.6 Utslipp av kjemikalier

I forbindelse med brønnintervensjonsaktiviteter benyttes det en rekke kjemikalier for å øke produktiviteten til havbunnsbrønnen. Dette er kjemikalier som er lagret på fartøyet, og kan inkludere ulike former for etsende syrer eller giftige kjemikalier som kan utgjøre en risiko for miljø samt dekk- og dykkerpersonell.

4.8.4 Risikoreduserende tiltak

Nedenfor er det listet opp et utvalg av risikoreduserende tiltak/barrierer normalt etablert for å redusere risikoen for uønskede hendelser knyttet til operasjon, inspeksjon og vedlikehold av undervannsinnretninger.

- Utarbeide løftekart og løfterestriksjoner for å unngå løft over kritisk utstyr på fartøy. Dersom utstyr som nedsenkes i sjøen har potensiale til å skade kabler, rørledninger eller annet undervannsutstyr, bør operasjonen evalueres og planlegges deretter. Tilsvarende bør det være sikre soner for dekkspersonell
- Vurdere risiko for dykkerpersonell i forkant av operasjon, tydelig oppgavefordeling samt sikre god/kontinuerlig kommunikasjon mellom fartøy og dykkerpersonell
- Midlertidig utstyr bør identifiseres, sikres og klassifiseres etter gjeldende regelverk
- Ved bruk av kjemikalier i brønnen bør det gjennomføres vurderinger av kjemikaliens potensiale for miljø- og personskade. På fartøy som håndterer kjemikalier må anlegg for lagring og tekniske løsninger for bruk evalueres og utformes slik at risikoen for utslipp minimeres
- I forbindelse med brønnintervensjonsaktiviteter er det viktig med god kommunikasjon mellom fartøyet og innretningen. Dette for å sikre at brønnbarrierene blir ivaretatt gjennom hele

operasjonen. Under utføring av brønnaktiviteter skal det til enhver tid være minst to uavhengige brønnbarrierer

- Prosedyrer og rutiner for å håndtere situasjoner med utilsiktet utslipp av hydrokarboner eller kjemikalier, herunder varsling, nødfrakobling av utstyr samt nedstenging av operasjonen.

I tillegg til de ovennevnte punktene refereres det til de generelle risikoelementene og risikoreduserende tiltakene som beskrevet i kapittel 4.1.

4.8.5 Relevante hendelser

Det er ikke funnet hendelser med utslipp av hydrokarboner eller kjemikalier som en direkte konsekvens av operasjon, inspeksjon eller vedlikehold av undervannsinnretninger utført fra fartøy. Det er heller ikke rapportert om hendelser som involverer personskader. Det er registrert en hendelse fra Australia som involverer fallende gjenstander på et brønnintervensjonsfartøy. Det er også rapportert om en hendelse på norsk sokkel hvor et brønnintervensjonsfartøy mistet kontrollen over sin posisjon. Det er ikke kjent hvilke intervensjonsaktiviteter som ble utført ved disse hendelsene.

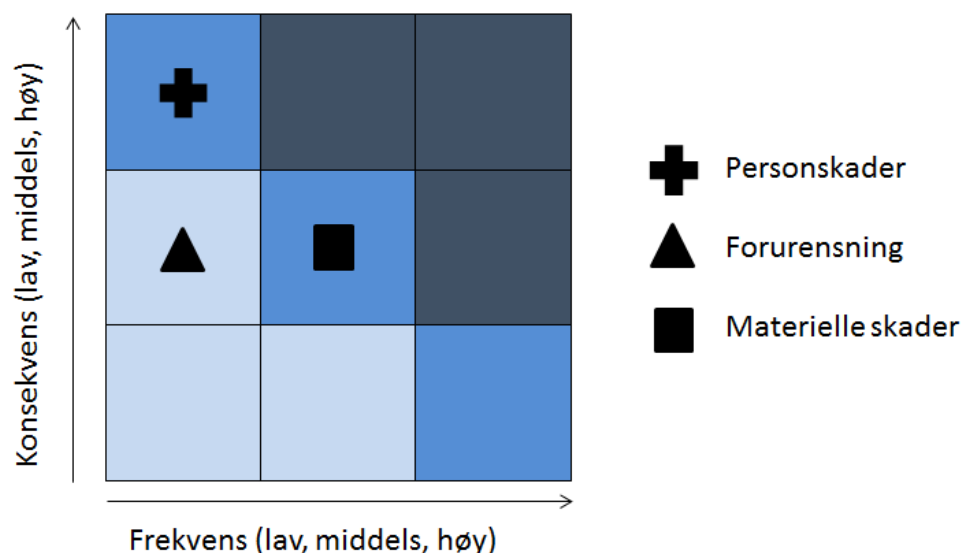
Et utvalg av relevante hendelser knyttet til operasjon, inspeksjon og vedlikehold av undervannsinnretninger er gjengitt i Tabell 4.8. Hendelser knyttet til dykking er presentert i kapittel 4.5.

Tabell 4.8 – Utvalg av relevante hendelser for operasjon, inspeksjon og vedlikehold av undervannsinnretninger

År	Beskrivelse
2017	På tidspunktet for hendelsen var et brønnintervensjonsfartøy på australsk sokkel i ferd med å heise opp utstyr fra en undervannsbrønn på 200 meters dyp da vinsystemet sviktet som følge av urolig sjø. Den ukontrollerte bevegelsen av fartøyet medførte at vinsjen ble frakoblet utstyret på havbunnen. I etterkant ble vinsystemet startet på nytt og heiseoperasjonen fortsatte som planlagt. Ingen visuell observasjon eller kontroll ble utført for å sikre at vinsjtråden fortsatt var festet til utstyret som skulle løftes til overflaten. I forkant av heiseoperasjonen ble en serviceslange koblet til vinsjtråden og det aktuelle utstyret på havbunnen ved hjelp av større metallklemmer. Da heiseoperasjonen ble gjenopptatt, ble serviceslangen satt i spenn mellom utstyret på havbunnen og vinsjtråden. Serviceslangen og vinsjtråden blir etter hvert koblet fra hverandre og vinsjtråden fyker til overflaten med høy hastighet. To metallklemmer som er festet til vinsjtråden traff kranen på fartøyet og falt 27 meter ned på dekk. Vekten på klemmene var estimert til 1.6 kg. Ref. /50/
2017	Brønnintervensjonsfartøyet Island Wellserver fikk under arbeid med lett brønnintervensjon på norsk sokkel en utilsiktet stopp av en thruster. Dette resulterte i at posisjonen ikke kunne opprettholdes og at fartøyet måtte en foreta en nødfrakobling fra brønnen. Ref. /6/

4.8.6 Risikovurdering

Risikovurderingen for aktiviteten operasjon, inspeksjon og vedlikehold er presentert i Figur 4.7.



Figur 4.7 – Risikovurdering for operasjon, vedlikehold og inspeksjon av undervannsinnretninger

Som vist i matrisen er risikoen for personskader ved operasjon, inspeksjon og vedlikehold av undervannsinnretninger vurdert å være middels, med høy konsekvens og lav frekvens. Det er ikke rapportert om skader på dekk- eller dykkerpersonell i forbindelse med akkurat disse operasjonene, men risikoen knyttet til dykkeoperasjoner generelt er vurdert slik (se kapittel 4.5). Aktiviteten innebærer dessuten arbeid på og i nærheten av utstyr med store dimensjoner og høyt trykk, og ved ukontrollert utslipp er det potensiale for alvorlige personskader. Det presiseres at risikoen for personskader er vurdert ut ifra bruk av dykkere; ved bruk av ROV ville denne risikoen blitt vurdert å være lavere.

Risikoen for forurensning er vurdert å være lav, med lav frekvens og middels konsekvens. Fallende last, tap av posisjon eller feiloperering kan medføre skader på undervannsinnretninger og påfølgende utslipp. Det er også en risiko for utslipp av kjemikalier som brukes til brønninjeksjon. Det er ingen kjente hendelser som har medført vesentlige utslipp, og frekvensen er vurdert å være lav.

Risikoen for materielle skader er vurdert å være middels, med middels frekvens og middels konsekvens. Det er registrert én hendelse i nyere tid som resulterte i nødfrakobling fra brønnen. Det ble ikke rapportert om materielle skader. Konsekvensen vurderes som middels da en potensiell hendelse kan skade undervannsinnretning og medføre nedstengning av produksjonen.

Kunnskapsstyrken til aktiviteten er vurdert å være god. Hver enkelt operasjon planlegges godt, og det er godt kjent hvilke risikoelementer og risikoreduserende tiltak som er gjeldende.

4.9 Aktivitet 8: Oppkoblingsoperasjoner

4.9.1 Beskrivelse

Oppkoblingsoperasjoner er i denne studien brukt som et samlebegrep for oppkobling av stigerør, elektriske kabler og navlestrengskabler til innretninger. Arbeidet utføres i et samspill mellom fartøyet og innretningen. Oppkobling av stigerør og kabler mot undervannsinnretninger er vurdert som en del av installasjonen av undervannsinnretninger i kapittel 4.7.

Oppkobling av stigerør og kabler til en flytende innretning kan skje gjennom dreieskiven på et flytende produksjonsskip (FPSO), gjennom skaftet på en spar-plattform eller inn mot en stigerørsbalkong på en halvt nedsenkbar plattform. Fartøyets oppgave er å holde stigerøret eller kabelen i posisjon samt overvåke og manipulere stigerøret eller kabelen mens den trekkes inn i posisjon på innretningen og festes. Mye av operasjonen om bord på fartøyet vil være lik uavhengig av innretningstype, men noen av operasjonene på innretningen vil være forskjellig, og noe av risikoen vil også kunne påvirkes av innretningstype. Det vil også være forskjellige operasjoner for fartøyet ved oppkobling av stigerør som har en viss stivhet sammenlignet med kabler som lettere kan knekke eller skades ved feil håndtering.

Oppkoblingsoperasjoner kan utføres ved oppstart av et felt, ved tilkobling av nye brønner, ved utskifting av stigerør/kabel ved levetidsforlengelse, ved skade på stigerør/kabel (etter ulykke eller utmatting) og ved endring av krav eller behov (for eksempel endring i gjennomstrømningsrater eller gjennomstrømningsmedium i stigerør).

En typisk oppkoblingsoperasjon benytter dette utstyret:

- En inntrekkingsvinsj brukes for å trekke inn stigerøret/kabelen fra fartøyet til riktig posisjon på innretningen
- En stålvaier festes på stigerørets/kabelens ende for å trekke stigerøret/kabelen i posisjon på innretningen
- En styretalje brukes når stålvaieren trekkes inn av inntrekkingsvinsjen. Innretningen har normalt plass til mange stigerør/kabler, så taljen kan derfor flyttes langs en skinne for å posisjonere styringstaljen over riktig posisjon
- Fartøyet bruker ROV for å overvåke operasjonen og for å overlevere stigerøret/kabelen fra fartøyet til innretningen. Bruk av dykkere kan inngå i operasjonen dersom det oppstår utfordringer ved inntrekkingen.

Ved installasjon av stigerør må røret først løftes fra fartøyet og ned i sjøen, før oppkoblingen på havbunnsenden foregår ved overvåkning og manipulering fra ROV mens stigerøret holdes i posisjon av fartøyet. Dynamisk posisjonering holder fartøyet i ro, og aktiv bølgekompensering holder stigerøret rolig slik at det kan holdes i posisjon til det er festet til koblingspunktet på havbunnen. Ved oppkobling mot innretningen ledes først stigerøret inn mot innretningen, slik at stålvaieren kan kobles på enden av stigerøret. Stigerøret kan deretter trekkes inn til innretningen ved hjelp av styretaljen. Fartøyet bistår også med forming av stigerøret og festing av fortøyninger ved hjelp av kran og ROV.

Ved utskifting av et eksisterende stigerør reverseres prosessen og stigerøret kobles fra på innretningen før overføring til fartøyet. ROV benyttes for å overvåke og sikre frakobling av stålvaieren. Stigerøret kobles løs fra fortøyninger og utstyr fjernes før stigerøret frakobles undervannsinnetningen og løftes om bord på fartøyet.

Inntrekking av kabel foregår på en liknende måte som installasjon av stigerør, men kabelen flytes her inn mot innretningen og krumningen må holdes under kontroll for å unngå skade på kabelen. Leggefartøyet legger seg i planlagt posisjon, og flyteelementer kobles på før kabelen kappes i riktig lengde for siste del inn mot innretningen. Kabelenden kobles så på ståltau fra innretningen, og kabelen trekkes inn gjennom J-rør eller opp mot stigerørsbalkongen. Håndtering av flyteelementer og posisjon av kabel krever her arbeid på sjøen med mindre fartøy.

Varigheten av en inntrekkingsoperasjon vil normalt være mindre enn 72 timer. Et værvarsel vil derfor gi god forutsigbarhet for at operasjonen kan gjennomføres innenfor spesifiserte operasjonskriterier. For operasjoner med varighet utover 72 timer, gjennomføres ofte ytterligere statistiske og operasjonelle analyser for å sikre at operasjonen kan gjennomføres på en trygg måte.

4.9.2 Relevante fartøystyper

IMR-fartøy, CSV-fartøy, dykkerfartøy

4.9.3 Risikoelementer

4.9.3.1 Tap av posisjon ved overlevering av stigerør eller kabel for inntrekking

Før inntrekking av stigerør eller kabel vil fartøyet føre stigerøret/kabelen i posisjon for overlevering fra fartøyet til innretningen. Fartøyet vil da operere med en minste sikkerhetsavstand fra innretningen for å redusere sannsynlighet for kollisjon. Operasjonen vil ha værbegrensninger, og det vil bli utført vurderinger av risiko ved samtidige operasjoner, inkludert normal drift og produksjon gjennom eksisterende stigerør.

For innretninger med stigerørsbalkong vil fartøyet posisjonere seg på samme side som eksisterende stigerør er koblet opp. Tap av posisjon i forbindelse med denne delen av operasjonen er derfor ekstra kritisk (se kapittel 4.9.3.2).

For FPSOer med dreieskive eller spar-plattformer kan tap av posisjon også føre til skade på andre stigerør, men da knyttet til ROV-operasjonen og faren for å vikle ROV-navlestrengskabel eller stigerør inn i eksisterende stigerørsarrangement. For inntrekking av kabel vil det brukes flottører og mindre fartøyer for å holde kabelen i posisjon. Kabelen vil være sårbar for mekanisk skade.

Dersom tap av posisjon fører til fartøysbevegelse bort fra innretningen, kan skade på stigerøret eller kabelen være en mulig konsekvens. Bøyemomentet på stigerøret eller kabelen kan overstige design-kriterier og føre til materiell skade. Sideveis bevegelse kan skade struktur eller lederøret/J-røret. Kommunikasjon med vinsj-operatør kan hindre eller begrense slik skade dersom inntrekkingen reverseres i tide ved slike hendelser. Stigerøret kan også komme i kontakt med nabostigerør. Kontakt vil ikke i seg selv føre til skade, men dersom stigerørene vikler seg sammen, kan det føre til skade på begge stigerør. Stigerøret kan også mistes til havbunnen.

4.9.3.2 Kollisjon med stigerørsbalkong

Ved inntrekking til en stigerørsbalkong vil fartøyet kunne drive inn mot eksisterende stigerør på innretningen. Dette medfører et stort ulykkespotensiale ved kollisjon, og det må alltid gjøres en vurdering av risiko i forhold til behov for nedstengning av innretningen før inntrekkingen kan utføres. En kollisjon kan føre til skade på produksjonsstigerør i drift med etterfølgende utslipp til luft og sjø. Dersom hydrokarbonene som lekker ut antenner, kan dette videre medføre en brann eller eksplosjon som kan true bærende konstruksjon, andre stigerør eller andre områder av innretningen.

Dersom navlestrengskabel med linjer for kjemikalieinjeksjon blir skadet, kan det tilsvarende føre til utslipp av kjemikalier, dog begrenset i volum.

4.9.3.3 Fallende/svingende last

Løfting og håndtering av stigerøret/kabelen, ROV og annet utstyr som brukes til forankring av stigerøret/kabelen kan medføre fare for personell på dekk. Løft og posisjonering av stigerør har også potensiale for skade på undervannsinnetninger, og fallende last som treffer undervannsinnetning kan føre til utslipp til sjø.

Oppkoblingen mot undervannsinnetningen vil foregå med bruk av ROV. Posisjonering av fartøyet vil foregå med bruk av dynamisk posisjonering kombinert med visuell overvåking fra ROV. Årsak til feil kan skyldes tap av posisjon, teknisk svikt eller menneskelig feilhandling. Denne risikoen er sammenfallende med annen undervannsaktivitet som installasjon eller vedlikehold.

4.9.4 Risikoreduserende tiltak

Nedenfor er det listet opp et utvalg av risikoreduserende tiltak/barrierer normalt etablert for å redusere risikoen for uønskede hendelser knyttet til oppkoblingsoperasjoner.

- Analyse av samtidig aktivitet for å unngå konflikt mellom operasjoner
- Definisjon av sikkerhetsavstander, værbegrensninger, osv. som sørger for tilstrekkelige marginer til å kunne gjøre tiltak ved tilløpshendelser
- Prosedyrer for håndtering av utstyrssvikt
- Reversible prosedyrer slik at fartøyet kan gå til sikker tilstand ved endring av ytre betingelser (for eksempel vær).

I tillegg til de ovennevnte punktene refereres det til de generelle risikoelementene og risikoreduserende tiltakene som beskrevet i kapittel 4.1.

4.9.5 Relevante hendelser

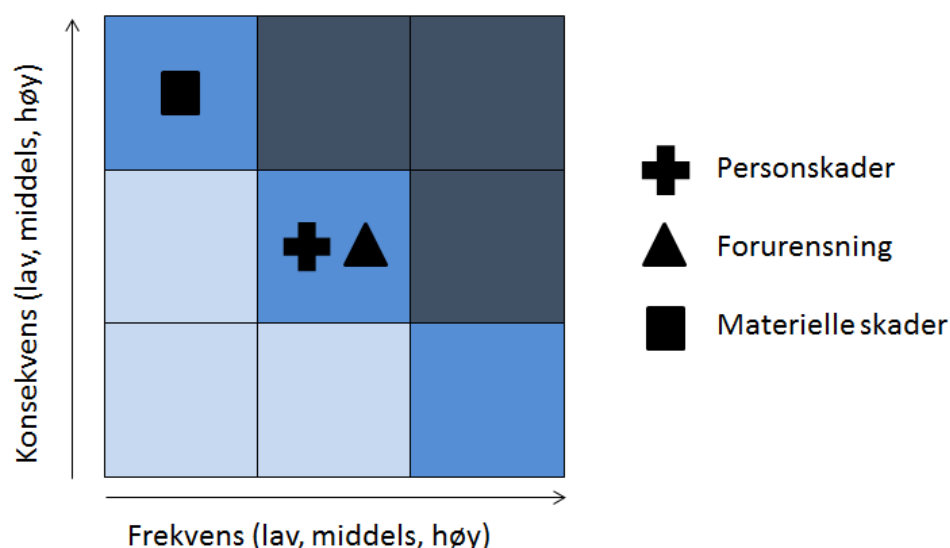
Det har vært hendelser i forbindelse med oppkoblingsoperasjoner i nyere tid som har medført personskader eller har hatt potensiale for personskader og/eller materielle skader. Et utvalg av relevante hendelser er gjengitt i Tabell 4.9.

Tabell 4.9 – Utvalg av relevante hendelser for oppkoblingsoperasjoner

År	Beskrivelse
2008	Under inntrekking av stigerør til Kristin-innretningen delte en av padene i strekkmaskinen seg og falt ned. Den ene halvdelan landet på moonpool-dekk på fartøyet, og den andre halvdelan gikk ned i moonpoolen. Delen falt 8 m og hadde en vekt på ca. 15 kg. En person befant seg 1 m fra landingsstedet. Hendelsen skjedde ombord på fartøyet Acergy Falcon innenfor sikkerhetssonen til Kristin. Ref. /7/
2008	Under inntrekking av DEH-stigerør på Kristin sprakk en sikringsbolt på et stigerør. Boltene ble skutt som et prosjektil og passerte 1 meter fra en person. I teknisk rapport fra Acergy anslås det at flere bolter kunne ha røket, og dermed kunne hele stigerøret ha falt ned gjennom kjellerdekkåpningen. Ref. /7/
2003	En personskade inntraff om bord på Seway Eagle innenfor sikkerhetssonen til Snorre A, da fartøyet holdt på med inntrekking av Snorre UPA-navlestrengskabel. En person fikk to fingertupper i klem i bøyestiverbeskyttelse under demontering av denne. Personen ble sendt på land med rutehelikopter for røntgen og legesjekk. Personen ble sykemeldt, men fikk ikke varig skade. Ref. /7/
1999	Det oppstod problemer i forbindelse med inntrekking av stigerør på Jotun A, hvor svikt i en hydrauliskmotor førte til at stigerøret falt tilbake på havbunnen. Ref. /7/

4.9.6 Risikovurdering

Risikovurderingen for aktiviteten oppkoblingsoperasjoner er vist i Figur 4.11.



Figur 4.8 – Risikovurdering for oppkoblingsoperasjoner

Som vist i matrisen er risikoen for personskader ved oppkoblingsoperasjoner vurdert å være middels, med middels frekvens og middels konsekvens. Bruk av vinsjer og løft av tunge stigerør i konstant bevegelse og i strekk medfører fare for at utstyr i bevegelse kan gi alvorlig skade på personell om bord på fartøyet. Slike hendelser har forekommet, og det er vurdert at hendelser med alvorlig personskade kan skje av og til (ikke hvert år).

Risikoen for forurensning ved oppkoblingsoperasjoner er vurdert å være middels, med middels frekvens og middels konsekvens. Dersom skade oppstår på andre stigerør, vil produksjonen raskt stenge ned, og begrensede volumer vil slippe ut til sjø. Det utføres også en vurdering av samtidige operasjoner for å redusere konsekvenser ved en potensiell ulykke. Det er derfor vurdert at middels utslipp som krever overvåking og oppfølging kan skje av og til (ikke hvert år).

Risikoen for materielle skader ved oppkoblingsoperasjoner er også vurdert å være middels, med høy konsekvens og lav frekvens. Oppkoblingsaktiviteten foregår nær innretninger og undervanns-

innretninger, og det medfører fare for at stigerøret treffer disse og gjør stor skade. Dersom innretningen ikke stenges ned under operasjonen, vil konsekvensen av en kollisjon med innretningen kunne være både materielle skader, brann og eksplosjon. Hendelser hvor stigerøret har falt ned til havbunnen har forekommet, men frekvensen for store materielle skader med tap av større økonomiske verdier er vurdert å være lav.

Kunnskapsstyrken til aktiviteten er vurdert å være god. Det utføres et betydelig antall oppkoblingsoperasjoner hvert år, og grunnet kostnaden knyttet til utskifting og det store skadepotensiale ved feiloperasjoner, brukes det mye ressurser på å planlegge disse operasjonene i detalj.

4.10 Aktivitet 9: Bruk av gangbro

4.10.1 Beskrivelse

Den primære formen for transport av personell til og fra innretninger på norsk sokkel er ved bruk av helikopter. For transport av vedlikeholdspersonell til normalt ubemannede innretninger, gjerne uten et helikopterdekk, vil transporten kunne skje via gangbro mellom innretningen og et SOV-fartøy (eller "walk to work"/W2W-fartøy). Denne sistnevnte metoden vurderes her.

Andre transportmetoder ofte brukt i mindre værutsatte områder enn norsk sokkel, er transport via båtlanding eller firing fra helikopter. Når innretningen først er bemannet brukes også kranløft med kurv fra forsyningsfartøy. Disse metodene diskuteres ikke videre i denne studien.

Gangbro benyttes også for tilkobling av floteller og boreinnretninger til faste innretninger. Som nevnt i kapittel 1.3 defineres ikke flyttbare innretninger som floteller og boreinnretninger som fartøy i denne studien, og bruk av gangbro i forbindelse med slike innretninger diskuteres ikke videre her.

Det er per i dag få normalt ubemannede innretninger på norsk sokkel. I følge ref. /16/ er det ventet et økt antall enklere brønnhodeinnretninger i perioden frem til 2030, slik at bruken av SOV-fartøy og bruk av gangbro vil øke.

Gangbroen, som ofte kalles en W2W-gangbro ("walk to work"-gangbro), gjør det mulig for personell å gå mellom fartøyet og innretningen. Ved normalt ubemannede innretninger er personell innkvartert på SOV-fartøyet under oppholdet, og gangbroen kan tjene som rømningsvei for personell om bord på innretningen.

Tilkoblingen utføres ved at en operatør på fartøyet styrer gangbroen over dekket til innretningen ved hjelp av blant annet videokameraer og lengdemålssensorer, og senker enden av gangbroen ned på brolanding på innretningen. Et aktivt kompenseringssystem gjør at fartøyet bevegelse kompenseres for i opptil flere meters bølgehøyde og gjør det mulig å styre gangbroen mot brolanding. Enden på gangbroen kobles til innretningen på ulike måter; gangbroen kan holdes inntil brolanding ved å påføre et konstant trykk, eller gangbroen kan festes fysisk til innretningen med en "gripe-krok".

Når tilkoblingen er bekreftet og sikkerhetssystemer iverksatt, kan personell gå mellom fartøyet og innretningen via gangbroen. Kompenseringssystemet holder gangbroen i ro så lenge gangbroen er koblet til innretningen. SOV-fartøyet beholder posisjonen ved hjelp av dynamisk posisjonering når fartøyet er tilkoblet innretningen. Ved frakobling løfter operatøren gangbroen fra brolanding på innretningen og styrer den til en sikker posisjon om bord på fartøyet.

4.10.2 Relevante fartøystyper

SOV-fartøy

4.10.3 Risikoelementer

4.10.3.1 Kollisjon

SOV-fartøyet vil ligge nærme innretningen (~20 m) når gangbroen er tilkoblet, og det er en fare for kollisjon mellom fartøyet og innretningen dersom fartøyet mister kontrollen over sin posisjon. En automatisk frakoblingsmekanisme vil gjøre at gangbroen kobles fra dersom fartøyet mister posisjon og broens bevegelser overskrider definerte maksgrenser. En kollisjon forårsaket av tap av posisjon vil kunne skje raskt, og gangbroen kan treffe andre områder på innretningen underveis i frakoblingsprosessen.

Dårlig sikt for operatøren av gangbroen som følge av værforhold som kraftig nedbør, tåke, osv., eller som følge av manglende videodekning slik at det oppstår blindsoner, kan gi økt risiko for kollisjon under til- og frakobling av gangbroen. Ekstreme værforhold kan også være en årsak til at fartøyet mister kontrollen over sin posisjon.

4.10.3.2 Automatisk eller utilsiktet frakobling av gangbro

En automatisk frakoblingsmekanisme som kobler gangbroen fra innretningen i nødstilfeller kan også være et risikoelement i seg selv. En slik mekanisme vil utløses dersom gangbroens bevegelser overskrider definerte betingelser grunnet for eksempel store bølger eller tap av fartøyets posisjon. Operatøren eller annet personell kan også komme utilsiktet til å utløse frakoblingsmekanismen manuelt.

I verste fall kan personell som befinner seg på gangbroen når mekanismen utløses falle i sjøen eller ned på fartøyet eller innretningen. Som nevnt i forrige delkapittel kan også uventete bevegelser i fartøyet underveis i frakoblingsprosessen, for eksempel en stor bølge, gjøre at gangbroen treffer personer eller utstyr på innretningen.

4.10.3.3 Tap av evakuering

For enklere innretninger hvor personell er innkvartert på SOV-fartøyet, kan gangbroen over til SOV-fartøyet være den primære formen for evakuering. Dersom fartøyet skulle koble fra i en nødssituasjon uten at alt personell på innretningen har evakuert, eller gangbroen skulle ødelegges og miste sin funksjon, vil personell på innretningen i det tilfellet miste muligheten for primær evakuering, og vil muligens måtte evakuere til sjø.

4.10.3.4 Fallende/svingende laster

Personell som krysser gangbroen kan bli truffet av fallende eller svingende laster fra kran på innretningen eller eventuelt kran om bord på SOV-fartøyet. Fallende laster kan også skade gangbroen og i verste fall føre til brudd eller deformasjon slik at gangbroen mister sin funksjon.

4.10.3.5 Manglende kommunikasjon mellom operatør og personell

Manglende kommunikasjon mellom operatøren av gangbroen og annet personell om bord på fartøyet og/eller innretningen kan føre til operasjonelle farer spesielt under til-/frakobling eller ved en nød-situasjon.

4.10.3.6 Tekniske feil i broens kontrollsystemer

Tekniske feil i kontrollsystemene til gangbroen kan forekomme, for eksempel:

- Feil i de aktive kompenseringssystemene som skal holde gangbroen på plass og kompensere for bølger, osv.
- Feil i den automatiske frakoblingsmekanismen slik at gangbroen ikke kobles fra i en nødssituasjon eller kobler fra uten at det er nødvendig
- Feil i alarmsystemet slik at personell ikke blir varslet før gangbroen løftes
- Nedstenging av kontrollsystemer forårsaket av for eksempel strømbrydd
- Feil i hydraulikksystem relatert til operasjon av gangbro.

4.10.3.7 Personskader under kryssing av gangbro

Personskader kan forekomme under kryssing av gangbroen. Sterk vind og andre værforhold kan forårsake dårlig sikt og potensielt fall. På teleskopiske gangbroer er det et skyvbart ledd med en nivåforskjell hvor en kan snuble og falle, eller få foten fastklemt. Det kan også være nivåforskjell ved tilkoblingspunktet på innretningen hvor en kan snuble eller få klemskader.

Gangbroer antas å være utstyrt med god rekkverksbeskyttelse, og slike fallhendelser antas derfor i utgangspunktet ikke å kunne føre til dødsulykker. Dersom det er manglende rekkverk på gangbroen og/eller innretningen, kan derimot en slik hendelse forårsake fall til sjø.

4.10.4 Risikoreduserende tiltak

Nedenfor er det listet opp et utvalg av risikoreduserende tiltak/barrierer normalt etablert for å redusere risikoen for uønskede hendelser knyttet til bruk av gangbro.

- I tilfelle innretningen er utstyrt med flere enn én brolanding, bør man velge å koble til brolandingen på le side av innretningen. Dersom fartøyet mister sin fremdrift, vil det drive i retning vekk fra innretningen. I tillegg minimeres effekten av vind på gangbroen
- Kontinuerlig vurdering av værforhold og dets innvirkning på fartøyets evne til å holde sin posisjon samt definerte maksgrenser for værforhold hvor personell eventuelt må evakueres til SOV-fartøyet og gangbroen må kobles fra
- Operasjonelle prosedyrer angående bruk av gangbroen samtidig med andre operasjoner på innretningen, for eksempel løfteoperasjoner
- Operasjonelle prosedyrer angående løfteradius for kran slik at løfteoperasjoner ikke foregår i nærheten av gangbroen
- Operasjonelle prosedyrer rundt styring av gangbroen. Dette kan omfatte blant annet:
 - o Værrestriksjoner under til-/frakobling som også tar hensyn til sikt for operatøren
 - o Tilstrekkelig visuell kontroll under til-/frakobling
 - o Krav om overvåkning av en "ekstra" operatør under til-/frakobling, tilsvarende "flaggmann" under kranløfting.
 - o To-veis kommunikasjon mellom operatøren av gangbroen og personell som skal utføre andre operasjoner knyttet til gangbroen.
- Tekniske barrierer:
 - o God belysning på gangbroen
 - o Antisklibeskyttelse på gangbroen
 - o God merking av nivåforskjeller på gangbroen og mellom gangbro og fartøy/innretning
 - o Design av gangbroen slik at klaringen mellom det teleskopiske leddet og det faste leddet er tilstrekkelig lite til at en ikke skal kunne få foten fastklemt mellom disse
 - o God beskyttelse med rekkverk på gangbroen og innretningen slik at personell ikke kan falle i sjøen når de krysser gangbroen
 - o Automatisk frakoblingsmekanisme som gir alarm når gangbroens kontrollsystem detekterer definerte frakoblingsbetingelser (for eksempel tap av posisjon), og deretter kobler fra gangbroen og setter den i en sikker posisjon
 - o Manuelt frakoblingssystem som overstyrer det automatiske frakoblingssystemet
 - o Sikre at kontrollsystemer har pålitelig forsyning av strøm/hydraulikk/pneumatikk, og ikke settes ut av drift ved strømbrydd
 - o Krav til DP-systemet for å minimere risikoen for at SOV-fartøyet mister sin posisjon.

I tillegg til de ovennevnte punktene refereres det til de generelle risikoelementene og risikoreduserende tiltakene som beskrevet i kapittel 4.1.

4.10.5 Relevante hendelser

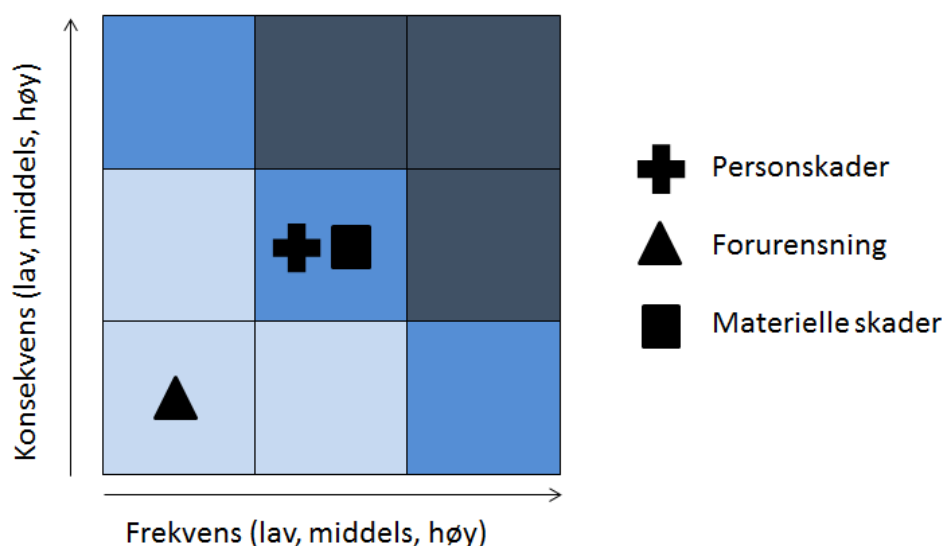
Som tidligere nevnt er bruk av SOV-fartøy et relativt nytt konsept på norsk sokkel, og det finnes få rapporterte hendelser i forbindelse med bruk av gangbro fra SOV-fartøy. Det har derimot vært en rekke hendelser knyttet til gangbroer mellom innretninger og floteller/boreinnretninger. Disse omfattes ikke av begrepet "fartøy" brukt i denne studien (se kapittel 1.3), men ettersom hendelsene involverer bruk av gangbro, har de likevel en relevans i denne sammenhengen. Et utvalg av hendelser som ansees som relevante er gjengitt i Tabell 4.10.

Tabell 4.10 – Utvalg av relevante hendelser for bruk av gangbro

År	Beskrivelse
2018	Fartøyet Island Diligence var planlagt å benyttes som et SOV-fartøy på Tambar-feltet av Aker BP. Under et testprogram kom ikke gangbroen i inngripen slik den skulle på brolandingene på Tambar, og broen traff innretnings rekkverk og en kabelbro. Ingen personer kom til skade. Aker BP besluttet ikke å benytte SOV-fartøy på Tambar som følge av hendelsen. Ref. /51/
2017	En person fikk foten fastklemt under det skyvbare leddet på en teleskopisk gangbro da han skulle krysse gangbroen fra SOV-fartøyet Kroonborg til den normalt ubemannede plattformen Galleon på britisk sokkel i mørket. Han fikk alvorlige, men ikke livstruende skader. Ref. /52/ og /53/
2013	Broen mellom flotellet Floatel Superior og Kvitebjørn ble løftet automatisk, men den teleskopiske funksjonen fungerte ikke som den skulle og broen traff dekket over bro-landingene og rev ned deler av et trappetårn på omkring 300 kg. Trappen falt 14 m ned på nedre del av trappetårnet. Trappen forble festet til broen, men rekkverket til gangbroen ble revet av og falt til sjø. Ref. /9/
2011	Under evakuering av personell fra flotellet Floatel Superior til Oseberg B-plattformen grunnet opptrappende vær, førte bølger til at flotellet ble flyttet vekk fra plattformen og gangbroen ble automatisk løftet. Evakueringen foregikk gruppevis, og ingen befant seg på broen da den løftet seg. Ingen skader forekom hverken på personell eller på innretningen. Ref. /9/
1999	Broen mellom Oseberg D og riggen Safe Regalia ble automatisk løftet grunnet bevegelser i broen forårsaket av værforhold. Rigger ble ledet av bølgene mot plattformen og gangbroen traff kabelgater og noe rør på plattformen. Personell befant seg på brolandingene på Oseberg D, men ingen ble skadet. Ref. /9/
1999	En stor bølge utløste den automatiske frakoblingsmekanismen på broen mellom SEDCO-rigger og Dunbar-plattformen på britisk sokkel. Under løftet ble rigger tatt av en bølge og broen traff dekket på plattformen. Ingen var på eller i nærheten av broen under hendelsen, men det ble ved et senere tidspunkt avdekket at personell hadde krysset broen kun kort tid før hendelsen inntraff. Ref. /9/

4.10.6 Risikovurdering

Risikovurderingen for aktiviteten bruk av gangbro er vist i Figur 4.9.



Figur 4.9 – Risikovurdering for bruk av gangbro

Som vist i matrisen er risikoen for personskader ved bruk av gangbro vurdert å være middels, med middels frekvens og middels konsekvens. Personell kan få alvorlige klem-/støtskader under kryssing av gangbroen på grunn av blant annet automatisk frakobling av gangbroen og fare for å få kroppsdeler i klem mellom leddene på gangbroen. Personell vil kunne krysse gangbroen opptil flere ganger daglig under oppdraget på innretningen. I 2017 fikk en person alvorlige skader da han fikk foten fastklemt under det skyvbare leddet på en gangbro fra et SOV-fartøy til en normalt ubemannet plattform på britisk sokkel.

Risikoen for forurensing ved bruk av gangbro er vurdert å være lav, med lav frekvens og lav konsekvens. Det er ikke noen vesentlige utslippskilder knyttet til selve bruken av gangbroen, og risikoen for kollisjon med innretningen som medfører utslipp er vurdert å være lav.

Risikoen for materielle skader ved bruk av gangbro er vurdert å være middels, med middels frekvens og middels konsekvens. Kollisjonsrisikoen er vurdert å være middels da SOV-fartøyet vil ligge nærme innretningen når gangbroen er tilkoblet, og det er en fare for kollisjon mellom fartøyet og innretningen dersom fartøyet mister kontrollen over sin posisjon. I tillegg har det vært flere hendelser med utløsning av den automatiske frakoblingsmekanismen på gangbroer på floteller/boreinnretninger som har medført mindre skader på innretningen.

Kunnskapsstyrken til aktiviteten er vurdert å være lavere enn for de andre aktivitetene. Bruk av gangbro mellom et SOV-fartøy og en enklere (normalt ubemannet) innretning er et nytt konsept på norsk sokkel, og det finnes derfor også få historiske hendelser og den operasjonelle erfaringen er begrenset. Gangbroer er tidligere primært brukt for tilkobling av floteller og boreinnretninger til større faste innretninger. Det er likheter i bruk av gangbro mellom henholdsvis floteller/boreinnretninger og større faste innretninger og mellom SOV-fartøy og enklere (normalt ubemannede) innretninger, men størrelsen og bevegelsesmønsteret til et SOV-fartøy skiller seg fra et halvt nedsenkbart (semi-submersible) flotell/boreinnretning. Antall personer som skal benytte gangbroen er dessuten som regel høyere på et flotell/boreinnretning enn på et SOV-fartøy. Det er forventet økt bruk av SOV-fartøy og tilhørende gangbroer på norsk sokkel i perioden frem til 2030, ref. /16/.

4.11 Aktivitet 10: Kabellegging

4.11.1 Beskrivelse

Undersjøiske kabler brukes for blant annet telekommunikasjon og overføring av elektrisk strøm, mens navlestrengskabler forsyner undervannsinnretninger med nødvendig hydraulisk trykk, elektrisk strøm, fiberoptikk, osv. I petroleumsvirksomheten kan det være behov for slike kabler både mellom innretninger ute på feltet og mellom feltet og land. Kablene legges med spesialiserte kabelleggingsfartøy (se kapittel 3.11) eller IMR-fartøy (se kapittel 3.7). For å holde korrekt posisjon under kabelleggingen bruker fartøyet dynamisk posisjonering.

Kabelen kan bestå både av en undersjøisk del og en kortere del på land. Denne studien dekker kun kabler til havs, og ikke inntrekning til land. Oppkoblingen til innretningen er dekket i kapittel 4.7 og 4.9.

Kabelleggingsfartøy kan også brukes til reparasjon av kabelen der det kreves at kabelen tas opp av sjøen. Andre reparasjoner og vedlikehold, samt inspeksjoner utføres med andre fartøy og er dekket i kapittel 4.8.

Før kabelen legges, blir havbunnen nøye kartlagt og undersøkt for å planlegge traséen. Denne studien dekker ikke forundersøkelser og klargjøring av traséen.

Kabelen produseres i en kabelfabrikk på land og kveiles opp på store tromler eller karuseller på kabelleggingsfartøyet. Kabelen legges ved å spole den av trommelen/karusellen via skiver/løpehjul enten over skutensiden (små/lette kabler) eller via et vertikalt leggetårn (store/tunge kabler), som regel i akterenden av fartøyet. Strekkmaskiner holder vekten av kabelen som henger fra fartøyet og ned til havbunnen og sikrer samtidig nødvendig strekk i kabelen slik at denne ikke ødelegges på grunn av bukling. Fartøyet holder lav hastighet under leggingen for å sikre at kabelen legges korrekt på havbunnen. ROV kan brukes for en visuell kontroll av dette. Underveis kartlegges det hvor kabelen legges slik at man kan finne den igjen senere. Sjøkabler kan legges på opptil 7 000 meters dybde med en hastighet på ca. 15 km/t.

Med dagens teknologi kan man produsere elektriske sjøkabler med lengde opptil ca. 130 km, avhengig av type kabel og spenningsnivå. Kabelleggingsfartøyet har også en begrensning på hvor mye kabel det kan transportere av gangen. Det betyr at man må skjøte flere kabler sammen hvis man skal legge en kabelforbindelse over en lengre strekning. Før fartøyet returnerer til land for å hente neste kabellengde, forsegles enden av den forrige kabellengden og legges ned på havbunnen. Når fartøyet returnerer med neste kabel, hentes den forrige kabelenden opp fra havbunnen og skjøtes med den neste kabelen om bord på fartøyet.

Underveis i leggingen eller etter at den er lagt, vil kabelen som oftest bli begravet i havbunnen slik at den er beskyttet mot fiske med trål, ankring av lettere fartøy eller annen ytre påvirkning. Dette gjøres ved bruk av spesialiserte ROVER med høytrykksvannstråler eller med plog som slepes av fartøy. I områder hvor det ikke er mulig å begrave kabelen i sjøbunnen, benyttes et steindumpingsfartøy for å dumpe steinmasser på kabelen slik at denne beskyttes mot ytre påvirkning. Steindumping er nærmere beskrevet i kapittel 3.13.

4.11.2 Relevante fartøystyper

Kabelleggingsfartøy, IMR-fartøy, steindumpingsfartøy

4.11.3 Risikoelementer

4.11.3.1 Skade på kabel

Produksjon og legging av elektriske kabler og fiberoptiske kabler er tidkrevende og kostbart, så det er viktig at kabelen ikke blir skadet under leggingen. Hvis en kabel utsettes for ytre krefter som overgår det den er designet til å tåle, kan man risikere at den tar slik skade at den ikke vil fungere, eller fungere dårlig, når den settes i drift. Egenskapene til en gitt kabel definerer håndteringsgrenser, som maksimal bøyeradius og strekk. Risikoelementer som kan føre til skader på kabelen er blant annet værforhold (bølger og strømninger), tap av posisjon for fartøyet og svikt i strekkmaskiner.

4.11.3.2 Tap av posisjon og kollisjon

Kabellegging foregår for det meste utenfor sikkerhetssonen til innretninger. Tap av posisjon er spesielt kritisk hvis det skjer under kabellegging i nærheten av en innretning og det er fare for kollisjon.

Tap av posisjon kan føre til utilsiktede bevegelser av kabelen om bord på kabelleggingsfartøyet og dermed utgjøre en støt-/klemfare for personell som arbeider eller oppholder seg i nærheten av kabelen.

Legging av én kabellengde kan ofte foregå over en periode som overstiger de antall dager som man kan få en pålitelig værmelding for (typisk fem dager). Dårlig vær eller tap av posisjon kan føre til at kabelleggingsfartøyet må iverksette nødprosedyrer for å avbryte kabelleggingsarbeidet og kutte, forsegle og senke kabelen ned på havbunnen. En ikke planlagt nedsenkning av kabelen kan medføre skade på kabelen. Tap av posisjon kan også medføre skader på kabelen hvis strekket plutselig endres.

Tap av posisjon under steindumping på kabelen kan føre til at stein dumpes på annet utstyr på havbunnen.

4.11.3.3 Bevegende last mot personell

Under kabelleggingen er kabelen i konstant (sakte) bevegelse når den spoles av trommelen/karusellen, gjennom strekkmaskiner, ruller og skiver, og deretter over skutesiden. Det er dermed en risiko for klemskader for personell som arbeider eller oppholder seg i nærheten, spesielt ved trommelen/karusellen.

Når en kabelende dras opp av vannet, for eksempel i forbindelse med skjøting eller reparasjon, er det fare for at man mister taket på kabelen (festet glipper på grunn av feildimensjonering eller feilmontering). Dette kan resultere i farlige situasjoner for personell ved at en kabelende som har vært i stort strekk plutselig utløses med mye energi.

4.11.3.4 Svikt i strekkmaskiner

Hvis én eller flere av strekkmaskinene som holder kabelen i strekk feiler, kan det medføre brå og hurtig utglidning av kabel som videre kan gi skader på kabelen. Det kan også medføre utilsiktede bevegelser av kabelen om bord på kabelleggingsfartøyet og dermed utgjøre en støt-/klemfare for personell som arbeider eller oppholder seg i nærheten av kabelen.

4.11.3.5 Lynnedslag

Når en kabelende er trukket inn til koblingspunkt på land og enten er koblet opp eller er i nærheten av "landledning", regnes den som høyspentanlegg. Ved lynnedslag i eller nær ved landledningen vil denne spenningstoppen følge kabelen og kan utløses ved kabelenden på kabelleggingsfartøyet. I slike situasjoner er det ikke lov å arbeide "på kabelen" når det er tordenvær langs ledningen på land.

4.11.3.6 UXO

Ved kabellegging er det i mange farvann, inkludert på norsk sokkel, fare for å komme borti såkalte UXO (Unexploded Ordnance), eller blindgjengere, på havbunnen. En blindgjenger er en granat eller bombe som ikke har gått av, og som fortsatt er armert, for eksempel en bombe sluppet fra et fly som ikke eksploderer når den treffer bakken/vannet. En blindgjenger som eksploderer kan skade kabelen, og også personell og fartøyet hvis den er blitt med kabelen opp under opptak av kabelen, for eksempel ved skjøting eller reparasjon, og eksploderer på eller ved fartøyet.

4.11.4 Risikoreduserende tiltak

Nedenfor er det listet opp et utvalg av risikoreduserende tiltak/barrierer normalt etablert for å redusere risikoen for uønskede hendelser knyttet til kabellegging.

- Det er viktig å ta hensyn til kabelens håndteringsgrenser (som maksimal bøyeradius og strekk) under planlegging og gjennomføring av kabelleggingen, og å overvåke kabelleggingen nøye for å forhindre og avdekke mulige skader på kabelen
- Det er viktig å ta hensyn til kabelleggingsfartøyets værbegrensninger i planleggingen av arbeidet og etablere en beredskapsplan med nødprosedyrer for å avbryte kabelleggingsarbeidet og kutte, forsegle og senke kabelen ned på havbunnen, i tilfelle værforholdene skulle overskride toleransegrensene
- Tilstrekkelig redundans i strekkmaskinoppsettet slik at hvis én strekkmaskin feiler, kan det nødvendige strekket på kabelen bli opprettholdt av de andre strekkmaskinene
- Detaljert kartlegging av traseen i forkant av kabelleggingen for å kunne oppdage eventuelle blindgjengere på havbunnen.

I tillegg til de ovennevnte punktene refereres det til de generelle risikoelementene og risikoreduserende tiltakene som beskrevet i kapittel 4.1.

4.11.5 Relevante hendelser

RNNP inkluderer hendelser på kabelleggingsfartøy kun når de er innenfor sikkerhetssonen rundt innretningene, eventuelt også dersom de utgjør en kollisjonsrisiko som kan true innretningene. En gjennomgang av registrerte kollisjoner i RNNP-rapporter fra år 2002-2017 viser at det ikke har vært rapportert hendelser hvor kabelleggingsfartøy har kollidert med en innretning.

Når det gjelder hendelser med personskader er det i Sjøfartsdirektoratets database over personskader registrert null dødsfall og 18 skader for fartøystypen "8B: Kabel" i perioden 2000-2017. Disse fordeler seg over personulykketypene "Fall om bord", "Støt-/klemskade", "Stikk-/kuttskade" og "Annen personskade". Hendelser langs kai og ved verksted er da ekskludert. Selv om alle disse hendelsene ikke nødvendigvis er direkte knyttet til kabelleggingsaktivitet, gir de en indikasjon på at det er en risiko for personskader knyttet til kabellegging.

I 2002 var det en hendelse under arbeid med en navlestrengskabel hvor kabelen utilsiktet raste ut fra fartøyet og falt ned på havbunnen. Det var potensiale for både personskader og materielle skader (se Tabell 4.11 for mer informasjon).

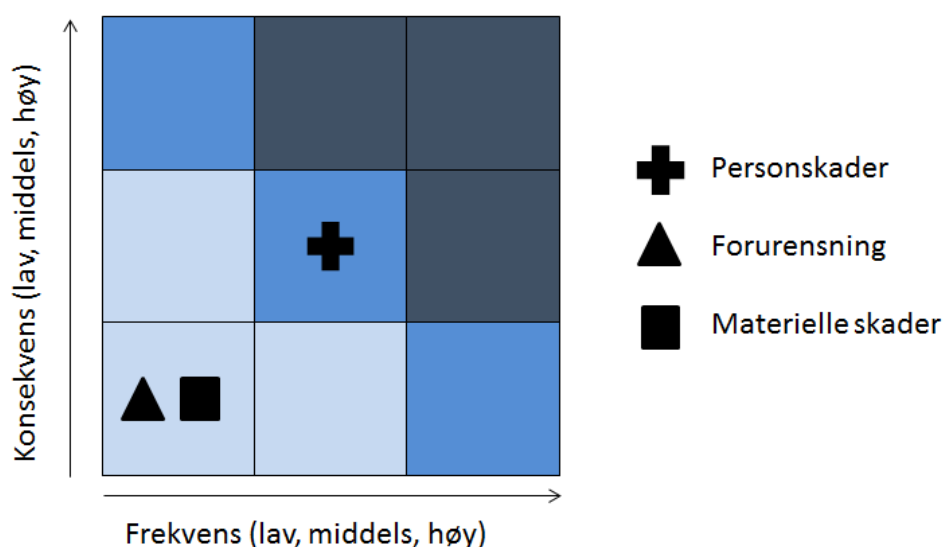
Et utvalg av relevante hendelser knyttet til kabellegging er gjengitt i Tabell 4.11.

Tabell 4.11 – Utvalg av relevante hendelser for kabellegging

År	Beskrivelse
2002	Leggefartøyet Toisa Perseus hadde nylig mottatt elektrisk-/hydraulikkontrollkabel (navlestrengskabel) på dekk (fra Snorre B) og ble manøvrert klar for videre utskiftings-/reparasjonsarbeid i en posisjon ca. 100 m fra Snorre B, da kontrollkabelen utilsiktet raste ut. Som følge av at kabelen falt til havbunnen, ble produksjonen stanset av hensyn til mulig skade på eksisterende undervannsinnetning/produksjonsrør. Ingen forurensing ble registrert. Skader ble sjekket med ROV (3 stk. på stedet). Én person oppholdt seg på en arbeidsplattform i utsatt posisjon på fartøyet da kabelen raste ut. Det ble imidlertid ingen personskader. Ref. /7/

4.11.6 Risikovurdering

Risikovurderingen for aktiviteten kabellegging er vist i Figur 4.11.



Figur 4.10 – Risikovurdering for kabellegging

Som vist i matrisen er risikoen for personskader ved kabellegging vurdert å være middels, med middels frekvens og middels konsekvens. Det har vært hendelser med personskade eller potensiale for personskade under kabellegging og det er vurdert at det er potensiale for alvorlige personskader på grunn av kreftene som er involvert med en kabel i spenn og roterende maskiner.

Risikoen for forurensing ved kabellegging er vurdert å være lav, med lav frekvens og lav konsekvens, da det ikke er noen vesentlige utslippskilder knyttet til selve kabelleggingen.

Risikoen for materielle skader ved kabellegging er vurdert å være lav, med lav frekvens og lav konsekvens. Det har ikke vært rapportert om hendelser med posisjonstap for kabelleggingsfartøy på norsk sokkel de siste 15 årene, og de opererer for det meste utenfor sikkerhetssonen til innretninger. Konsekvensen ved skade på kabelen på grunn av for eksempel værforhold, tap av posisjon eller svikt i strekkmaskiner, er vurdert å være relativt lav da den skadede kabeldelen kan kuttes bort og en ny kabel-del kan skjøtes på.

Kunnskapsstyrken til aktiviteten er vurdert å være god. Hver enkelt operasjon planlegges nøye, og det er godt kjent hvilke risikoelementer og risikoreduserende tiltak som er gjeldende.

4.12 Aktivitet 11: Rørlegging

4.12.1 Beskrivelse

Rørledninger transporterer produserte hydrokarboner til mottak på land, eller mellom innretninger på sokkelen. Rørledningene legges med spesialiserte rørleggingsfartøy (se kapittel 3.12). Rørleggingsfartøy brukes også til større reparasjoner av rørledninger der det kreves at rørledningen tas opp av sjøen. Andre reparasjoner og vedlikehold, tilkobling av grenrørledninger samt inspeksjoner utføres med andre fartøy og er dekket i kapittel 4.8.

Rørledningen kan bestå både av en undersjøisk del og en kortere del på land. Denne studien dekker kun rørledninger til havs. Oppkoblingen til innretningen er dekket i kapittel 4.7 og 4.9.

Før rørledningen legges, blir havbunnen nøye kartlagt og undersøkt for å planlegge traséen. Denne studien dekker ikke forundersøkelser og klargjøring av traséen.

For å holde korrekt posisjon under rørleggingen bruker rørleggingsfartøyet enten dynamisk posisjonering eller spredt ankerfortøyning. Ankre kan brukes ned til 500 meters dybde. DP kan brukes på alle dybder. Nyere rørleggingsfartøy er som regel utstyrt med DP. Ved bruk av DP sørger thrusterne for at rørledningen holdes i strekk under leggingen.

Ved oppstart av rørleggingen festes enden av rørledningen med kjetting til et anker eller en stålplate på havbunnen. Hvis man skal skjøte på en tidligere lagt rørledning, heises denne om bord på fartøyet før man begynner. Rørleggingsfartøyet er en stor sveisefabrikk hvor rørseksjoner sveises sammen og rørledningen legges etter som fartøyet beveger seg sakte fremover. Rørseksjonene fraktes til fartøyet ved bruk av forsyningsfartøy og løftes om bord ved bruk av en kran på rørleggingsfartøyet. Rørleggingsfartøyet har egne dekksområder hvor rørseksjonene lagres. Hver rørseksjon kan være opptil ca. 50 m lang og veie flere titalls tonn.

Det finnes ulike rørleggingsmetoder. De vanligste er S-metoden (for grunt til dypt vann) og J-metoden (for middels til dypt vann) for vanlige rør, og spoletmetoden for oppkveilede fleksible rør (for grunt til dypt vann). Maksimum leggehastighet for S- og J-metoden er henholdsvis ca. 6 km og ca. 4 km per dag, og spoletmetoden er enda raskere enn S-metoden.

S-metoden er karakterisert ved at rørledningen får en S-kurve fra fartøyet og ned til havbunnen under leggingen. På rørleggingsfartøyet fraktes rørseksjonene automatisk på ruller via ulike arbeidsstasjoner hvor de sveises sammen horisontalt, inspiseres (NDT) og gis overflatebehandling (ved behov) i flere ulike steg i en saktegående samlebåndsproduksjon. Disse arbeidsoperasjonene utføres i et beskyttet miljø under dekk, delvis av personell og delvis av robotisert utstyr, avhengig av hvor automatisert fartøyet er. Den ferdige rørledningen forlater fartøyet horisontalt ut akterenden over en hellende rampe og deretter over den såkalte stingeren. Stingeren støtter rørledningen, kontrollerer krumningen og forhindrer skader på rørledningen. Strekkmaskiner på rampen holder vekten av rørledningen som henger fra fartøyet og ned til havbunnen. Når rørledningen mister kontakten med stingeren, vil den gå rett nedover i vannet før den bøyer seg i motsatt retning og treffer havbunnen.

J-metoden er karakterisert ved at rørledningen forlater fartøyet fra en nesten vertikal posisjon og har en J-form på vei ned til havbunnen. Dette reduserer strekkreftene sammenliknet med S-metoden. Rørseksjonene løftes opp og holdes på plass maskinelt og sveises sammen vertikalt i et høyt tårn om bord på fartøyet. Denne metoden gir plass til kun én sveisestasjon og én NDT-stasjon. For ikke å begrense leggehastigheten for mye, sveises fire til seks 12 m lange rørseksjoner sammen på land før de fraktes ut til rørleggingsfartøyet. J-metoden gir lavere leggehastighet enn S-metoden, men J-metoden er mer presis fordi rørledningen treffer havbunnen nærmere fartøyet, og den er også mindre sårbar for værforhold (bølger).

Spoletmetoden er en rask leggemetode hvor den fleksible rørledningen er sveiset på land og kveilet opp på store tromler eller karuseller på spesielle rørleggingsfartøy. Rørledningen legges ved å spole den av trommelen/karusellen via noen skiver og over skutesiden eller et vertikalt leggetårn, slik en kabel legges. Fleksible rørledninger kan ha en indre diameter på maksimalt ca. 20 tommer.

Under legging kan ROV brukes for en visuell kontroll av at rørledningen plasseres korrekt.

Etter at den er lagt, kan rørledningen begraves i havbunnen ved bruk av spesialiserte ROVer med høytrykksvannstråler eller plog. Steindumpingsfartøy brukes deretter hvor det er behov for å dumpe

steinmasser på rørledningen. Dette gjøres for å beskytte den mot fiske med trål, ankring og annen ytre påvirkning. Steindumping er nærmere beskrevet i kapittel 3.13.

4.12.2 Relevante fartøystyper

Rørleggingsfartøy, steindumpingsfartøy

4.12.3 Risikoelementer

Risikoelementene er i hovedsak beskrevet for S- og J-metoden og for rørleggingsfartøy som opererer på dynamisk posisjonering.

4.12.3.1 Tap av posisjon

Rørlegging foregår for det meste utenfor sikkerhetssonen til innretninger. Tap av posisjon er spesielt kritisk hvis det skjer under rørlegging i nærheten av en innretning og det er fare for kollisjon.

Tap av posisjon kan også føre til utilsiktede bevegelser av rørledningen om bord på rørleggingsfartøyet og dermed utgjøre en støt-/klemfare for personellet som jobber på arbeidsstasjonene langs rørledningen.

Tap av posisjon eller dårlig vær kan føre til at rørleggingsfartøyet må iverksette nødprosedyrer for å avbryte rørleggingsarbeidet og senke rørledningen ned på havbunnen ved hjelp en vinsj. Vinsjekabelen festes i en spesiell rørsesjon (hode) som sveises på enden av rørledningen. En ikke planlagt nedsenkning av rørledningen kan medføre skade på rørledningen og eventuelt annet utstyr på havbunnen. Selv om ikke rørledningen må senkes ned på havbunnen, kan tap av posisjon medføre skader på rørledningen hvis strekket på toppen plutselig reduseres eller forsvinner.

Når rørledningen legges nær andre undervannsinnretninger, kan tap av posisjon eller en utilsiktet bevegelse av rørledningen føre til at rørledningen treffer disse og gjør stor skade. Hvis det gjør skade på produserende utstyr, kan det resultere i utslipp.

Tap av posisjon under steindumping på rørledningen kan føre til at stein dumpes på annet utstyr på havbunnen.

4.12.3.2 Fallende/rullende/bevegende last mot personell

Håndtering av rørsesjoner ved bruk av kran og annet maskinelt løfteutstyr utgjør en fare for personell på fartøyet. Rørsesjonene kan være både lange og tunge, og således oppnå en betydelig energimengde i både horisontal og vertikal retning under løft. For personell som håndterer lasten på dekk er det derfor en fare for både klemskader og støt-/treffskader. Løfting av lange rør er ofte forbundet med høyere risiko enn løft av annen mer kompakt last, som for eksempel containere. Risikoen knyttet til løft fra forsyningsfartøy er nærmere beskrevet i kapittel 4.3.

Om bord på rørleggingsfartøyet lagres et stort antall rørsesjoner på dekk før de løftes videre til samlebandet for sveising. Rørsesjonene lagres ofte i høyden oppå hverandre. Hvis ikke sjøsikringen av rørsesjonene er gjort ordentlig, er det fare for at rørsesjonene beveger på seg og begynner å rulle, spesielt når det løftes nye rørsesjoner til/fra lagringsplassen og i dårlig vær. Personell kan da bli truffet eller komme i klem mellom rør. Spesielt føtter er utsatt for klemskader.

Rørsesjoner som beveger seg på ruller på samlebandet eller er løftet opp i det vertikale tårnet (J-metoden) kan falle ned hvis utstyret svikter. Fallende rør fra tårnet utgjør en spesielt stor fare da røret oppnår stor energi og kan potensielt treffe personell innenfor et relativt stort område.

Personell som ved en feil oppholder seg på eller ved rullene mens rørsesjoner er i bevegelse, kan bli truffet og påføres store klem- og støtskader. Personell kan også komme i klem mellom utstyr/strukturer og rørledningen som er i konstant (sakte) bevegelse på samlebandet.

4.12.3.3 Fallende/rullende last mot utstyr

Fallende og rullende rørsesjoner kan også treffe og skade utstyr på fartøyet. Hvis rørsesjoner faller eller ruller over bord, kan de treffe rørledningen eller annet utstyr på havbunnen. Det sistnevnte er relevant hvis rørleggingen foregår i nærheten av en innretning, inkludert andre rørledninger.

4.12.3.4 Svikt i strekkmaskiner

Hvis én eller flere av strekkmaskinene som holder rørledningen i strekk feiler, kan det medføre skader på rørledningen eller at man også mister rørledning ned på havbunnen. Det kan også medføre utilsiktede bevegelser av rørledningen om bord på rørleggingsfartøyet og dermed utgjøre en støt-/klemfare for personellet som jobber på arbeidsstasjonene langs rørledningen.

4.12.3.5 UXO

Ved rørlegging er det i mange farvann, inkludert på norsk sokkel, fare for å komme borti såkalte UXO (Unexploded Ordnance), eller blindgjengere, på havbunnen. En blindgjenger er en granat eller bombe som ikke har gått av, og som fortsatt er armert, for eksempel en bombe sluppet fra et fly som ikke eksploderer når den treffer bakken/vannet. En blindgjenger som eksploderer kan skade rørledningen, og også personell og fartøyet hvis den er blitt med rørledningen opp under opptak av rørledningen ved reparasjon, og eksploderer på eller ved fartøyet.

4.12.4 Risikoreduserende tiltak

Nedenfor er det listet opp et utvalg av risikoreduserende tiltak/barrierer normalt etablert for å redusere risikoen for uønskede hendelser knyttet til rørlegging.

- Sjøsikring mot utilsiktet bevegelse av lagrede rørseksjoner
- Unngå at personell må bevege eller oppholde seg på lagrede rørseksjoner
- Tekniske barrierer som forhindrer at rørseksjoner kan falle ned fra ruller eller det vertikale tårnet
- Avsperring av og bevegelsesrestriksjoner i områder hvor det er fare for fallende, rullende eller bevegende last
- Rutiner for å håndtere situasjoner hvor utilsiktet bevegelse av rørledning kan opptre, herunder varsling og stans av arbeid
- Tilstrekkelig redundans i strekkmaskinoppsettet slik at hvis én strekkmaskin feiler, kan det nødvendige strekket på rørledningen bli opprettholdt av de andre strekkmaskinene
- Detaljert kartlegging av traseen i forkant av rørleggingen for å kunne oppdage eventuelle blindgjengere på havbunnen.

I tillegg til de ovennevnte punktene refereres det til de generelle risikoelementene og risikoreduserende tiltakene som beskrevet i kapittel 4.1.

4.12.5 Relevante hendelser

RNNP inkluderer hendelser på rørleggingsfartøy kun når de er innenfor sikkerhetssonen rundt innretningene, eventuelt også dersom de utgjør en kollisjonsrisiko som kan true innretningene. En gjennomgang av registrerte kollisjoner i RNNP-rapporter fra år 2002-2017 viser at det ikke har vært rapportert hendelser hvor rørleggingsfartøy har kollidert med en innretning, men i 2005 var det en hendelse med et rørleggingsfartøy som slet seg fra et slep over Nordsjøen og var i fare for å kollidere med en innretning på norsk sokkel (se Tabell 4.12 for mer informasjon).

I følge RNNP har det vært to dødsfall på rørleggingsfartøy på norsk sokkel i perioden 1967-2017, ref. /5/. Det ene dødsfallet skjedde på rørleggingsfartøyet LB 200 i 1996, ref. /28/. I dårlig vær rullet et rør og traff en mann som ble klemte mellom to rør.

Det har vært rapportert alvorlige hendelser i nyere tid som har resultert i dødsfall og alvorlige personskader utenfor norsk sokkel på rørleggingsfartøy som også brukes på norsk sokkel (se Tabell 4.12 for mer informasjon).

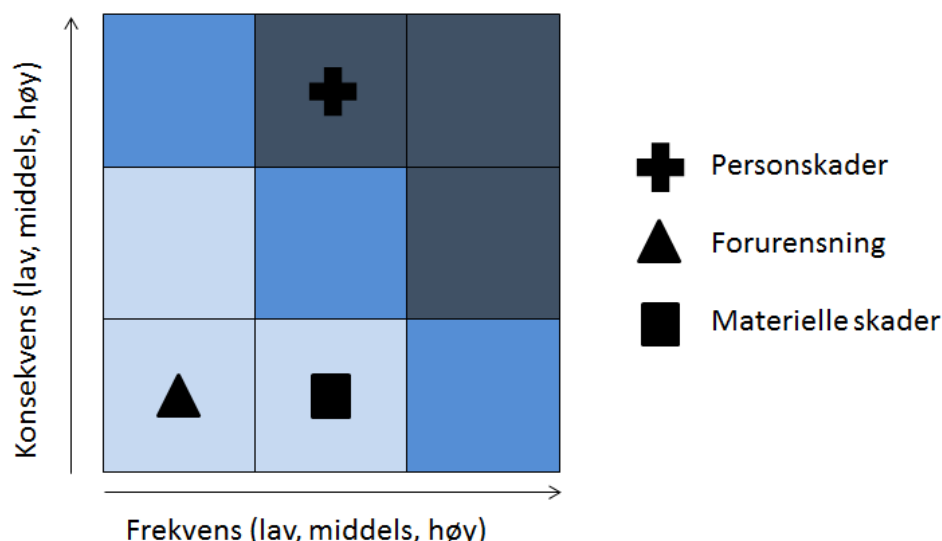
Et utvalg av relevante hendelser knyttet til rørlegging er gjengitt i Tabell 4.12.

Tabell 4.12 – Utvalg av relevante hendelser for rørlegging

År	Beskrivelse
2008	17. september 2008 omkom fire personer og ytterligere fire personer ble skadet i en ulykke på konstruksjons- og rørleggingsfartøyet Saipem 7000 under rørlegging i internasjonalt farvann mellom Spania og Algerie. En softwarefeil i kontrollsystemet for det hydrauliske rørhåndteringssystemet i J-metode-tårnet førte til at to rørseksjoner falt ned fra tårnet. Hver rørseksjon var 50 meter langt, 24" i diameter og veide 20 tonn. Den ene rørseksjonen falt 1 meter ned inne i tårnet og medførte ingen skader. Den andre rørseksjonen falt utenfor tårnet og traff en gangvei ved den nedre seksjonen av tårnet. Flere personer befant seg på gangveien. Fire personer ble drept og fire personer ble skadet, hvorav to alvorlig og to mindre alvorlig. Flere fysiske og operasjonelle barrierer ble implementert i etterkant av ulykken for å forhindre nye slike ulykker. Ref. /54/
2005	(Denne hendelsen er ikke direkte knyttet til rørleggingsaktivitet, men den er inkludert siden det er en alvorlig hendelse med et rørleggingsfartøy på norsk sokkel). Rørleggingsfartøyet LB 200 (en lekter uten egen fremdriftskraft) slet seg fra slepet to ganger på under ett døgn på grunn av dårlige værforhold (kuling og 6-8 meters bølgehøyde) under et slep over Nordsjøen til Bergen. Fartøyet drev uten kontroll en lang periode og store deler av mannskapet ble evakuert. Det var en stund fare for at fartøyet skulle kollidere med Heimdal-plattformen. Ingen installasjoner ble truffet, og man klarte til slutt å gjenopprette to taueliner slik at fartøyet kunne slepes til land i nærheten av Bergen. Ref. /55/
2004	(Denne hendelsen er ikke direkte knyttet til rørleggingsaktivitet, men den er inkludert siden det er en veldig alvorlig ulykke med et steindumpingsfartøy som ble brukt på norsk sokkel). 19. januar 2004 gikk det ombygde steindumpingsfartøyet MS Rocknes, som ble brukt til å steinlegge rørledninger i Nordsjøen, på en grunne i Vattlestraumen, like sør for Bergen. Fartøyet fikk da stabilitetsproblemer og slagside mot styrbord. Etter kort tid kantret fartøyet og ble liggende med bunnen i været. Av mannskapet på 30, omkom 18 personer i ulykken. I tillegg var det utslipp av tungolje og diesel til sjøen. 45 km av kysten ble betydelig forurensset og mange sjøfugler døde. Rocknes-forliset er en av de mest alvorlige skipsulykkene i Norge i moderne tid. Feilnavigering, mangelfull sjømerking, dårlig stabilitet og feil lasting pekes på som årsaker til ulykken. Forliset førte til strengere krav til dobbeltbunn på skip, for å hindre rask vanninntrenging ved grunnstøting. MS Rocknes ville ikke blitt godkjent etter dagens regler. Ref. /56/ og /57/
1999	Denne hendelsen skjedde på rørleggingsfartøyet Solitaire under arbeid for Statoil på norsk sokkel. En person ble alvorlig skadet da han klatret over gjerdet til arbeidsplattformen sin på A-dekket for å fjerne noe sementstøv fra et elektronisk øye i nærheten. Han knelte på en kabeltrommel som lå på siden mellom rørrullene. Uten at personen var klar over det, ble et rør satt i bevegelse mot ham på rullene. Han ble truffet bakfra av røret og slengt over rullene. Røret dyttet ham videre over rullene til han falt ned. Han fikk flere brudd- og knusningsskader. Ref. /9/
1998	Rørleggingsfartøyet LB 200 (en lekter uten egen fremdriftskraft) holdt på å legge Ekofisk bypass-rørledningen mellom Statpipe og Norpipe da alt arbeid måtte stanses på grunn av plutselige dårlige værforhold (60-65 knops vind og 8-14 meters bølger). Fartøyet mistet stingeren og fem ankringspongtonger. I tillegg ble A-rammen som støttet stingeren skadet. Flere ankerliner røk også. Ankerliner ble deretter kuttet for å hindre at ankrene skulle bli dratt over eksisterende rørledninger. Fartøyet driftet 3 km til en ny posisjon hvor det ble holdt på plass av to gjenstående ankre og to ankerhåndteringsfartøy. Påfølgende dag ble fartøyet tauet til Rotterdam for reparasjon. Ref. /9/
1996	14. oktober 1996 omkom én person på rørleggingsfartøyet LB 200 under arbeid på norsk sokkel. I dårlig vær rullet et rør og traff en mann som ble klemt mellom to rør. Ref. /28/

4.12.6 Risikovurdering

Risikovurderingen for aktiviteten rørlegging er vist i Figur 4.11.



Figur 4.11 – Risikovurdering for rørlegging

Som vist i matrisen er risikoen for personskader ved rørlegging vurdert å være høy, med middels frekvens og høy konsekvens. Konsekvensen for personskader er satt til høy fordi løft og håndtering av tunge rørseksjoner i høyden medfører fare for fallende last som kan oppnå stor energi og potensielt treffe personell innenfor et relativt stort område. Dette gjelder spesielt fra det vertikale tårnet ved J-metoden for rørlegging. I 2008 omkom fire personer og ytterligere fire personer ble skadet i en ulykke på konstruksjons- og rørleggingsfartøyet Saipem 7000 under rørlegging i internasjonalt farvann mellom Spania og Algerie. Dette fartøyet brukes også på norsk sokkel. På grunn av en softwarefeil i kontrollsystemet for det hydrauliske rørhåndteringssystemet i tårnet falt to rørseksjoner falt ned fra tårnet, og den ene rørseksjonen traff en gangvei hvor flere personer befant seg.

Risikoen for forurensning ved rørlegging er vurdert å være lav, med lav frekvens og lav konsekvens, da det ikke er noen vesentlige utslippskilder knyttet til selve rørleggingen.

Risikoen for materielle skader ved rørlegging er vurdert å være lav, med middels frekvens og lav konsekvens. Kollisjonsrisikoen er vurdert å være lav da rørlegging for det meste foregår utenfor sikkerhetssonen til innretninger, og det er ellers primært fare for skade på selve rørledningen, eller rørseksjoner.

Kunnskapsstyrken til aktiviteten er vurdert å være god; rørlegging på norsk sokkel har pågått siden slutten av 70-tallet, og det er mye erfaring knyttet til slike operasjoner. Det kan likevel gå noen år mellom hver slik operasjon, og alle vil være ulike med sine individuelle risikomomenter. Det er derfor viktig at forberedelser til og gjennomføring av rørleggingsoperasjonene gjøres på en grundig måte.

5 Forbedringsarbeid i nasjonale og internasjonale fora

Det er en bred oppslutning om HMS-arbeidet mellom norske myndigheter, operatører, redere og arbeidstakerorganisasjoner for å sikre god HMS på norsk sokkel og i norsk maritim industri. Det er i denne studien sett på hvilke fora hvor næringen arbeider for forbedring på områdene som er omhandlet i denne rapporten. Spesielt for Norge, er den sterke medvirkningen arbeidstakerne har i sikkerhetsarbeidet.

Myndigheter og organisasjoner kan vise til systematisk arbeid innenfor sitt område, og det er mange eksempler på samarbeid mellom myndigheter fra petroleumssektoren og maritim sektor, mellom organisasjoner fra de to næringene, og mellom myndigheter og organisasjoner. Et utvalg av samarbeidsorganer som jobber med operasjonell risiko, hendelsesrapportering og utvikling av beste praksis-dokumenter for å redusere risiko i maritim virksomhet rettet mot petroleumsindustrien er listet opp her. Disse trekkes frem som eksempler, men er ikke en uttømmende liste.

- International Marine Contractors Association (IMCA) er en interesseorganisasjon som representerer de fleste selskapene som er del av verdikjeden for maritim konstruksjon i verden. Medlemmene består av kontraktører, leverandører, oljeselskaper, offshore energiselskaper (inkludert fornybar) og ikke-statlige organisasjoner. IMCA sin målsetting er å sikre en høy standard i operasjoner, å påvirke regelverksutvikling og å utvikle beste praksis i næringen. IMCA publiserer relevant faglig informasjon og samler og rapporterer om hendelser i næringen.

Norsk olje og gass (NOROG) og Norges Rederiforbund er begge medlemmer i IMCA gjennom sine medlemskap i henholdsvis International Association of Oil & Gas Producers (IOGP) og International Chamber of Shipping (ICS). Petroleumstilsynet er medlem innenfor fagområdet dykking

- Marine Safety Forum er en non-profit organisasjon med medlemmer fra industrien som fokuserer på sikkerhet innenfor den maritime næringen av petroleumsindustrien i UK. Aktive arbeidsgrupper jobber med sikkerhet innenfor sikkerhetssonen og lossing til skytteltanker. Flere av medlemmene opererer også på norsk sokkel
- NOROG og Norges Rederiforbund samarbeider også gjennom et initiativ for å etablere felles retningslinjer for maritime operasjoner; Guidelines for Offshore Marine Operations (G-OMO, www.g-omo.info). Retningslinjene er oversatt til norske operasjonsmanualer på Norsk olje og gass sine nettsider (<http://operasjonsmanual.norog.no/>). Formålet med disse retningslinjene er å gi besetningen om bord på offshore service-fartøyer som opererer på norsk sokkel informasjon knyttet til de funksjoner fartøyene skal utføre. Disse retningslinjene må ses i sammenheng med G-OMO-retningslinjene, og utfyller samt presiserer disse, og nettsiden inneholder også informasjon om selskappsspesifikke operasjonsmanualer for operatørene på norsk sokkel
- Marine Technology Society Dynamic Positioning Committee (<http://dynamic-positioning.com>) er en organisasjon som avholder årlige konferanser og støtter arbeidet med å publisere og spre kunnskap om forskning på området dynamisk posisjonering. Som beskrevet gjennom denne studien har DP blitt en integrert del av maritime operasjoner.

Eksempelene på samarbeid innenfor den maritime virksomheten i petroleumsnæringen som trekkes frem i dette kapitlet viser at aktørene har felles interesser i etableringen av læringsplaner, kompetansekrav, beste praksis-dokumenter, prosedyrer og hendelsesstatistikk. Det kan være mange drivere som påvirker aktørene til å bidra til dette arbeidet, være seg konkurranseforhold, kontraktskrav eller økonomiske insentiver.

Den maritime virksomheten er i stor grad styrt av et internasjonalt regelverk. På enkelte områder kan sokkelstaten påvirke aktiviteten med ytterligere reguleringer. Det er allikevel klart at mye av risikoen knyttet til maritim virksomhet vil ligge utenfor lokale myndigheters direkte kontroll.

Det er lite som tilsier at FNs sjøsikkerhetsorganisasjon International Maritime Organization (IMO) på kort sikt vil skjerpe kravene til fartøystypene som er omhandlet i denne rapporten. Arbeidet i IMO er konsensusstyrt, og med tanke på de utfordringer norsk sokkel representerer i forhold til mange andre havområder, er det ikke forventet at IMO på kort eller mellomlang sikt vil gå i skjerpende retning i forhold til dagens praksis i Norge. Flaggstatene er heller ikke forventet å være ledende i skjerpende retning.

Operatørene er også en sterk part når kontraktskrav for de maritime operasjonene skal fastsettes. Følgelig vil en skjerping av kravene fra denne siden umiddelbart kunne gi endring i rammevilkårene for næringen. Selskap som går alene og er først ute i å sette strengere krav kan lett bli møtt med kostnadsøkninger og et mindre utvalg fartøy som konkurrerer om det enkelte oppdrag. Det er derfor spesielt der mange operatører står sammen at dette vil ha en effekt.

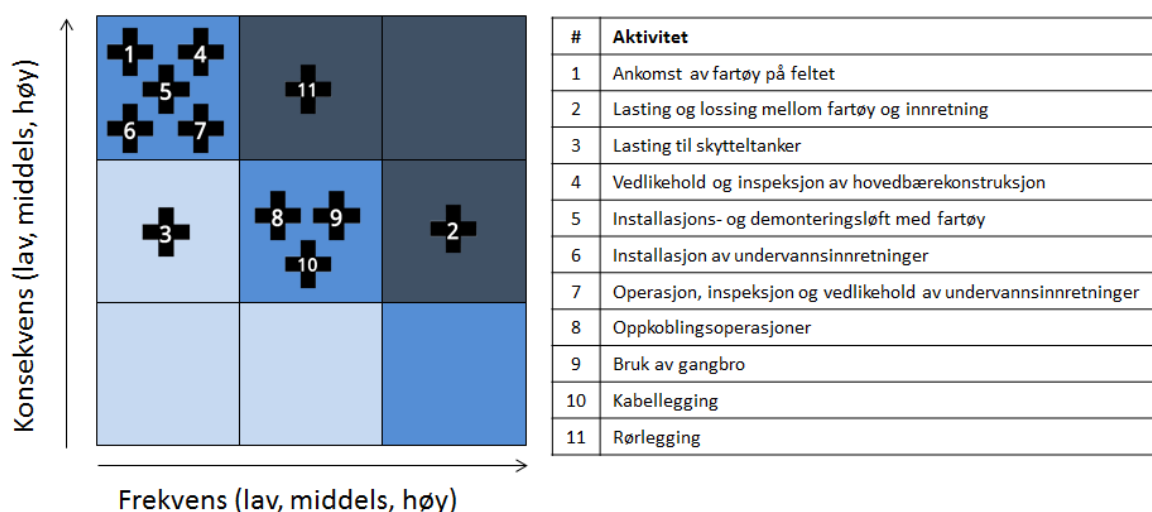
6 Konklusjon

6.1 Risikobildet

Hensikten med denne studien har vært å belyse risikobildet ved ulike fartøysoperasjoner knyttet til petroleumsvirksomheten på norsk sokkel med relevans for helse, miljø og sikkerhet. I foregående kapitler har risikobildet blitt beskrevet for elleve definerte fartøysaktiviteter. Nedenfor er risikobildet oppsummert ved å samle alle resultater i tre oppsummeringsmatriser for henholdsvis personskader, forurensning og materielle skader. Definisjonen av frekvens- og konsekvenskategorier er den samme som tidligere beskrevet i kapittel 2.4.

Figur 6.1 viser risikovurderingen for personskader for alle aktiviteter. Som matrisen viser er det vurdert at alle aktiviteter ligger i middels eller høy konsekvenskategori, det vil si at alle aktiviteter har potensial for alvorlig personskade eller dødsfall. For aktivitetene knyttet til vedlikehold og inspeksjon (aktivitet 4 og 7) presiseres det at risikoen for personskader er vurdert ut ifra bruk av dykkere; ved bruk av ROV ville risikoen for personskader for disse aktivitetene blitt vurdert å være lavere.

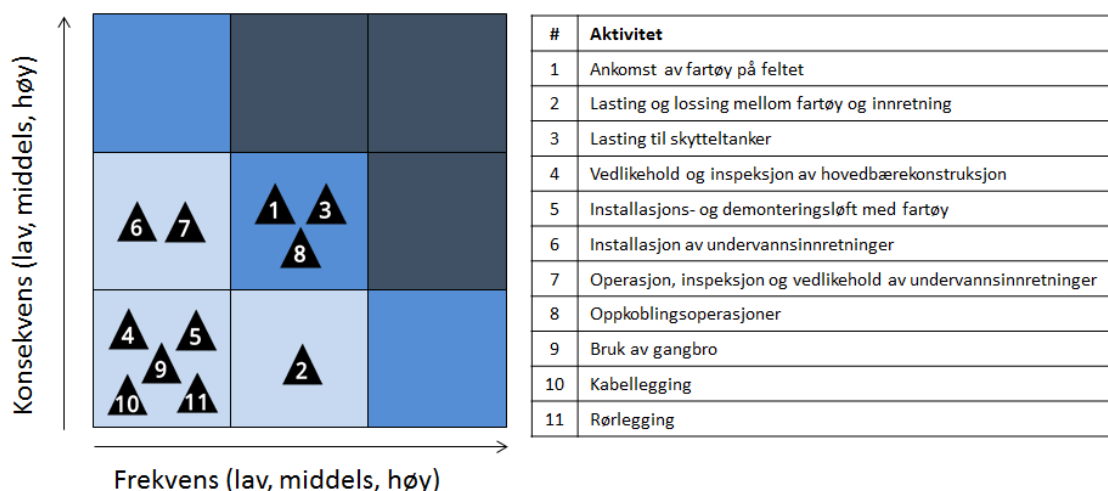
Lasting og lossing mellom fartøy og innretning (aktivitet 2) og håndtering av rør på rørleggingsfartøy (aktivitet 11) (spesielt ved J-metoden for rørlegging), er begge vurdert til å ha høy risiko. Lasting og lossing er en høyfrekvent aktivitet hvor det vurderes å være potensial for alvorlig personskade én eller flere ganger hvert år, mens det ved rørlegging anses som mulig å få hendelser med død og/eller flere alvorlige personskader av og til (ikke hvert år). De fleste av de andre aktivitetene er vurdert til å ha middels risiko. Flere av aktivitetene innebærer risikoelementer som håndtering av tunge objekter, utstyr i spenn og operasjon av trykksatte systemer, mens risikoen for personskade ved kollisjon mellom fartøy og innretning også er til stede for mange av aktivitetene.



Figur 6.1 – Risikovurdering for personskader - alle aktiviteter

Risikovurderingen for forurensning for alle aktiviteter er vist i Figur 6.2. Risikobildet for forurensning gjenspeiler det faktum at ingen av aktivitetene innebærer operasjoner hvor fartøyet har direkte kontroll/ styring over brønnstrømmen, hvilket gjør at potensialet for betydelige utslipp er begrenset. Hvis et fartøy kolliderer med en innretning, eller en undervannsinnetning blir skadet, vil tilstedeværelsen av nød-avstengningssystemer gjøre det lite sannsynlig at man vil kunne få store utslipp eller et ukontrollert utslipp fra en brønn. Dette er en viktig forutsetning for vurderingen av forurensningsrisikoen.

På bakgrunn av dette er det ingen aktiviteter som er vurdert å ha høy konsekvens eller høy risiko for forurensning. Det er tre aktiviteter som er vurdert å ha middels risiko for forurensning. Det er vurdert at kollisjon mellom fartøy og innretning ved ankomst av fartøy på feltet (aktivitet 1) og oppkoblingsoperasjoner (aktivitet 8) kan medføre middels utslipp av og til (ikke hvert år). Hendelser ved lasting til skytteltanker (aktivitet 3), hvor store mengder råolje overføres via slanger med høye strømningsrater, er også vurdert å kunne medføre middels utslipp av og til (ikke hvert år).

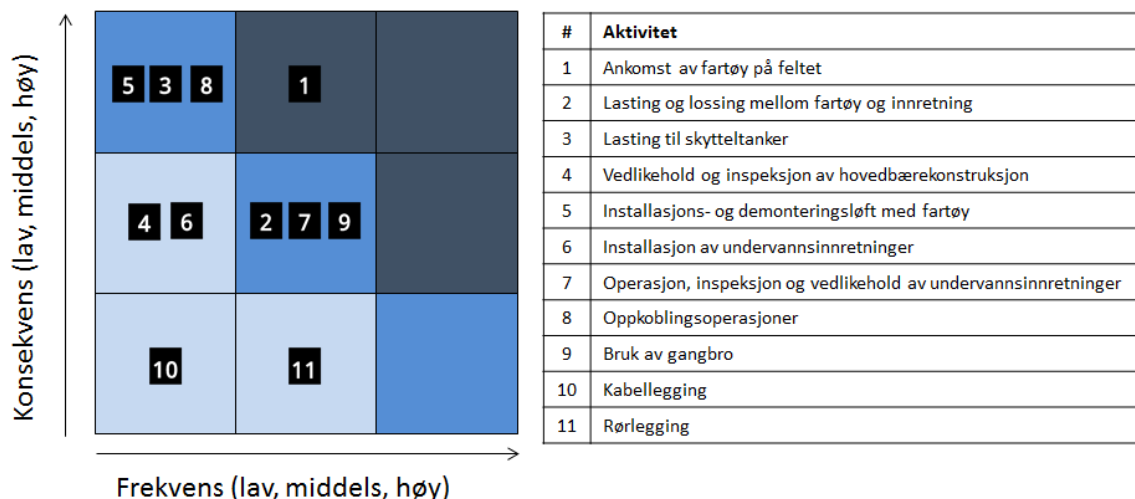


Figur 6.2 – Risikovurdering for forurensning - alle aktiviteter

Figur 6.3 viser risikovurderingen for materielle skader for alle aktiviteter. En kollisjon mellom fartøy og innretning vil lett kunne bli svært kostbar, særlig der det medfører produksjonsavbrudd. Som vist i matrisen er det vurdert å være høy risiko for materielle skader ved ankomst av fartøy på feltet. Det har vært flere kollisjoner ved ankomst av fartøy på feltet de siste 15 årene. Antall kollisjoner og skip på kollisjonskurs har blitt betraktelig redusert de seneste årene, men det er vurdert at kollisjoner som medfører store materielle skader med tap av større økonomiske verdier kan skje av og til (ikke hvert år).

Flere av aktivitetene innebærer at fartøyet opererer svært nær en innretning, hvor det er fare for materielle skader dersom fartøyet skulle få et tap av posisjon som fører til kollisjon med innretningen. Et annet risikobidrag er objekter som under håndtering faller ned på havbunnen og treffer undervannsinnetninger eller annet utstyr.

I tillegg til risikoen ved ankomst av fartøy på feltet, er det altså hovedsakelig operasjoner hvor fartøy opererer nær innretninger eller håndterer tunge objekter som kan falle ned og treffe undervannsinnetninger som totalt sett bidrar mest til risikoen for materielle skader.



Figur 6.3 – Risikovurdering for materielle skader - alle aktiviteter

Totalt sett viser resultatene fra risikoanalysen at det for flere av aktivitetene er potensial for storulykke med død/og eller flere alvorlige personskader, eller materielle skader med tap av større økonomiske verdier.

Kunnskapsstyrken er vurdert å være god for alle aktiviteter unntatt bruk av gangbro med SOV-fartøy (aktivitet 9), som vurderes å ha en lavere kunnskapsstyrke. Med kunnskapsstyrke menes her hvor mye kunnskap som finnes om aktivitetene; hvor god er forståelsen av hvilke hendelser som kan oppstå, hvor

effektive er de risikoreduserende tiltakene og liknende. Bruk av SOV-fartøy er et relativt nytt konsept på norsk sokkel, og i motsetning til de andre aktivitetene er den operasjonelle erfaringen begrenset.

Konklusjonene i studien bør brukes med varsomhet. Det bør ikke konkluderes ut fra plassering i risikomatrisene alene uten også å vurdere tilhørende begrunnelse. I tillegg er det viktig å være klar over usikkerheten i risikoanalysen. I denne studien er det for eksempel identifisert hvilke risikoreduserende tiltak/barrierer som er gjeldende for hver aktivitet. For at en hendelse skal inntreffe, må normalt én eller flere av disse barrierene svikte. Både frekvens- og konsekvensvurderingene er følgelig basert på en vurdering av hvor sannsynlig det er at barrierene svikter, hvilket er en vurdering det er knyttet usikkerhet til. Videre er det studier som indikerer at en betydelig andel av maritime ulykker og nestenulykker ikke rapporteres, hvilket vil si at antallet ulykker og nestenulykker potensielt sett kan være betydelig større enn hva denne studien gir inntrykk av.

6.2 Videre utvikling

Denne rapportens primære mål er å reflektere dagens risikobilde for angitte fartøysaktiviteter på norsk sokkel. Til dette er det benyttet tilgjengelige hendelsesdata for de siste 15 årene, i enkelte tilfeller supplert med hendelser noe lenger tilbake i tid.

Samtidig vet vi at det er en rivende teknologisk og organisatorisk utvikling innenfor næringen. Det er derfor ikke gitt at aktivitetene og fartøyene per dags dato vil være fullt ut representative for norsk sokkel om 5, 10 eller 20 år. Utviklingen går mot flere normalt ubemannede innretninger, og bruk av SOV-fartøy for kampanjebasert vedlikehold er et eksempel på innovasjon og rask endring. Bruk av nye prinsipper for tungløftfartøyer til installasjon og fjerning av plattformdekk er også introdusert de siste årene.

Aktiviteter lengre mot nord og langtids drift av mange undervannsinnretninger kan også åpne opp for nye fartøystyper og endringer i driftsmønster.

Å spå om fremtiden er vanskelig, men noen mulige utviklingsretninger vil likevel trekkes frem:

- Større grad av fjernstyring og automasjon, som kan redusere enkeltpersoners direkte eksponering mot laster
- Større kompleksitet hvor utstyr, instrumentering og menneskelige faktorer veves tettere sammen, og hvor grensesnitt, oversikt og koordinering blir mer krevende
- Mer programvare i kritisk utstyr og systemer gir større rom for uforutsette feilmoder. Drift gjennom programvare gir også fare for ytre inngripen gjennom ulovlig hacking, og IT-sikkerhet vil bli en viktig barriere
- Ytterligere spesialisering av fartøy
- Utfasing av gammel flåte
- Flere internasjonale rederier med mindre erfaring fra norsk sokkel
- Flere mindre operatørselskap som er driftsoperatører på norsk sokkel
- Flere undervannsinnretninger, lengre levetid og mange innretninger i slutfasen
- Større behov for fagspesialister for å utføre ikke-maritimt relaterte oppgaver om bord på fartøyene
- Mer ekstremvær grunnet endringer i klima.

Faktorer som nevnt over kan gi grunnlag for både risikoreduksjon og risikoøkning. En viktig forutsetning for å kontrollere og styre utviklingen er at det etableres god endringsledelse. Tidlig identifisering av risikopotensialet, gode og relevante risikoanalyser samt implementering av risikoreduserende tiltak er viktig. Samarbeid mellom alle berørte parter; myndigheter, operatører, redere og arbeidstakere, vil være avgjørende for videre arbeid med og forbedring av HMS-nivået ved fartøysoperasjoner knyttet til petroleumsvirksomheten på norsk sokkel.

7 Referanser

- /1/ Petroleumstilsynet: "Risikobegrepet i petroleumsvirksomheten", notat, <http://www.ptil.no/getfile.php/1337784/PDF/RISIKORAPPORT%202016%20nett.pdf>, februar 2016.
- /2/ Petroleumstilsynet: "Storulykkerisiko", <http://www.ptil.no/storulykkerisiko/category839.html>, besøkt 14. november 2018.
- /3/ Flage, Roger; Røed, Willy: "A Reflection On Some Practices In The Use of Risk Matrices", 11th International Probabilistic Safety Assessment and Management Conference and the Annual European Safety and Reliability Conference 2012, 25-29 June 2012, Helsinki, Finland. Curran Associates, Inc., ISBN 978-1-62276-436-5, 2012.
- /4/ Anthony Cox L.: "What's wrong with risk matrices?", Risk Analysis 2008;28:497–512. doi: 10.1111/j.1539-6924.2008.01030.x, 2008.
- /5/ Petroleumstilsynet: "Risikonivå i petroleumsvirksomheten, Hovedrapport, utviklingstrekk 2017, norsk sokkel", rev. 2, 26. april 2018.
- /6/ Petroleumstilsynet: "Risikonivå i petroleumsvirksomheten, Akutte utslipp, utviklingstrekk 2017, norsk sokkel", 3. oktober 2018.
- /7/ Petroleumstilsynet: Hendelsesdatabase.
- /8/ Sjøfartsdirektoratet: "Ulykkesstatistikk", <https://www.sdir.no/sjofart/ulykker-og-sikkerhet/ulykkesstatistikk/>, publisert 27. november 2015.
- /9/ DNV GL: "World Offshore Accident Database – WOAD", <https://www.dnvgl.com/services/world-offshore-accident-database-woad-1747>.
- /10/ International Marine Contractors Association (IMCA): "DP events and incidents", <https://www.imca-int.com/divisions/marine/dynamic-positioning/dp-events-incidents/>.
- /11/ Hassel, M., Asbjørnslett, B. E., & Hole, L. P. : "Underreporting of maritime accidents to vessel accident databases", Accident Analysis & Prevention, 43(6), s2053-2063, 2011.
- /12/ IMO: "Guidelines for vessels with dynamic positioning systems", MSC/Circ. 645, juni 1994.
- /13/ IMO: "Guidelines for vessels and units with dynamic positioning (DP) systems", MSC.1/Circ.1580, juni 2017.
- /14/ H. Chen: "Reliability of DP systems", The 3rd Offshore Structure Reliability Conference (OSRC2016), 14.-16. september 2016, Stavanger, Norge.
- /15/ Petroleumstilsynet: "Veiledning til Aktivitetsforskriften", <http://www.ptil.no/aktivitetsforskriften/category383.html>, sist oppdatert 18. desember 2017.
- /16/ Arbeids- og sosialdepartementet: "Utredning knyttet til nye driftsformer i petroleums-industrien", 8. februar 2018.
- /17/ Ø. Johansen: "Strømning og spredning av gass i vann og overgang vann til luft", SINTEF materialer og kjemi, udatert.
- /18/ SINTEF, m. fl.: "SINTEF Offshore Blowout Database".

- /19/ NTNU Samfunnsforskning AS: "Barrierer mot kollisjoner mellom fartøy og innretninger. Identifisering, vurderinger og mulige forbedringstiltak", ISBN 978-82-7570-260-7 (web), 23. januar 2012.
- /20/ Petroleumstilsynet: "Risikonivå i petroleumsvirksomheten, Hovedrapport, utviklingstrekk 2015, norsk sokkel", rev. 2, 28. april 2016.
- /21/ Petroleumstilsynet: "Risikonivå i petroleumsvirksomheten, Hovedrapport, utviklingstrekk 2014, norsk sokkel", rev. 2, 24. april 2015.
- /22/ Petroleumstilsynet: "Risikonivå i petroleumsvirksomheten, Hovedrapport, utviklingstrekk 2011, norsk sokkel", rev. 2, 24. april 2012.
- /23/ Petroleumstilsynet: "Gransking av Big Orange XVIII's kollisjon med Ekofisk 2/4-W 8.6.2009", granskingsrapport, <http://www.ptil.no/getfile.php/138058/Tilsyn%20p%C3%A5%20nettset/Granskinger/Gransking%20Big%20Orange%20nettversjon.pdf>, 2. oktober 2009.
- /24/ Petroleumstilsynet: "Risikonivå i petroleumsvirksomheten, Norsk sokkel 2007", 24. april 2008.
- /25/ Petroleumstilsynet: "Risikonivå i norsk petroleumsvirksomheten – Akutte utslipp - 2015", 5. oktober 2016.
- /26/ Petroleumstilsynet: "Risikonivå i petroleumsvirksomheten, Hovedrapport, utviklingstrekk 2013, norsk sokkel", rev. 2, 24. april 2014.
- /27/ Petroleumstilsynet: "Risikonivå i petroleumsvirksomheten, Hovedrapport, utviklingstrekk 2012, norsk sokkel", rev. 2, 25. april 2013.
- /28/ Wikipedia: "Katastrofer og store ulykker i norsk petroleumsvirksomhet", https://no.wikipedia.org/wiki/Katastrofer_og_store_ulykker_i_norsk_petroleumsvirksomhet, besøkt 30. oktober 2018.
- /29/ Miljødirektoratet: "Utslipp til luft fra olje og gass", <http://www.miljostatus.no/tema/hav-og-kyst/olje-og-gass/utslipp-til-luft>, publisert 5. juli 2016.
- /30/ Teekay: "LTI Index Finger Injury", Safety Alert, 2016.
- /31/ Petroleumstilsynet: "Gransking av akutt oljeforurensning fra Statfjord OLS B i forbindelse med lasting av råolje til skytteltankskipet Hilda Knutsen den 8.10.2015", granskingsrapport, http://www.ptil.no/getfile.php/1340701/Tilsyn%20p%C3%A5%20nettset/Granskinger/2015_1164_Rapport%20gransking%20Statfjord%20OLS%20B.pdf, 22. september 2016.
- /32/ Petroleumstilsynet: "Draugen - brudd i lasteslange 10.1.2008", granskingsrapport, <http://www.ptil.no/getfile.php/135914/Tilsyn%20p%C3%A5%20nettset/Granskinger/gransking%20rapportdraugen.pdf>, udatert.
- /33/ Petroleumstilsynet: "Oljeutslipp Statfjord OLS-A 12.12.2007", granskingsrapport, <http://www.ptil.no/getfile.php/135487/PDF/Granskingsrapport.pdf>, 12. mars 2008.
- /34/ Petroleumstilsynet: "Utvikling i risikonivå - norsk sokkel, Fase 7 hovedrapport 2006", 26. april 2007.
- /35/ Petroleumstilsynet: Rapport fra dykkerdatabasen DSYS (årlig utgivelse).

- /36/ Petroleumstilsynet: "Gransking av hendelse på DSV Skandi Arctic", granskingsrapport, http://www.ptil.no/getfile.php/1324072/Tilsyn%20p%C3%A5%20nettet/Granskinger/2013_879_ny%20Granskingsrapport%20dykkehendelse%20DSV%20Skandi%20Arctic%2022062013.pdf, 24. september 2013.
- /37/ Jim Limbrick: "North Sea Divers: A Requiem", 2002.
- /38/ The Herald: "Diver is killed in North Sea", https://www.heraldscotland.com/news/12094705.Diver_is_killed_in_North_Sea/, publisert 1. august 1995.
- /39/ Petroleumstilsynet: "Risikonivå i petroleumsvirksomheten, Hovedrapport, utviklingstrekk 2016, norsk sokkel", rev. 2, 27. april 2017.
- /40/ DNV GL: "Recommended Practice – DNVGL-RP-N103 – Modelling and analysis of marine operations", juli 2017.
- /41/ Petroleumstilsynet: "Granskning av hendelse - Mann over bord med dødelig utfall på Saipem 7000 12.8.2007", granskingsrapport, <http://www.ptil.no/getfile.php/132081/z%20Konvertert/Helse%2C%20milj%C3%B8%20og%20sikkerhet/Tilsyn/Dokumenter/granskingsrapportsaipemnettversjon.pdf>, udatert.
- /42/ Aftenposten: "Flerbruksskipet "Boa Sub C" ødela for flere hundre millioner kroner på oppdrag for Statoil", https://www.aftenposten.no/okonomi/i/0aIJg/Flerbruksskipet-Boa-Sub-C-odela-for-flere-hundre-millioener-kroner-pa-oppdag-for-Statoil?spid_rel=2, publisert 24. mars 2017.
- /43/ Petroleumstilsynet: "Ord og uttrykk i petroleumsvirksomheten", <http://www.ptil.no/ord-og-uttrykk/category38.html>, publisert 14. mars 2008.
- /44/ Ø. Tjomsland, A. H. Lie: "Installation and IMR on a subsea production system", NTNU masteroppgave, juni 2017.
- /45/ Statens forvaltningstjeneste Informasjonsforvaltning: "Pioneerdykkerne i Nordsjøen", NOU 2003:5, 31. desember 2002.
- /46/ Standard Norge: "Risk based maintenance and consequence classification", NORSOK Z-008:2017, utgave 4, desember 2017.
- /47/ M. Dulger: "Deep water well intervention and fluid selection", UIS masteroppgave, juni 2012.
- /48/ F. Taule: "Scale operations from monohull vessel", UIS masteroppgave, juni 2013.
- /49/ Standard Norge: "Midlertidig utstyr", NORSOK Z-015 N, utgave 4, september 2012.
- /50/ NOPSEMA, "Understanding of light well intervention safety systems is critical for safe operation", <https://www.nopsema.gov.au/assets/Safety-alerts/A569587.pdf>, publisert 24. november 2017.
- /51/ Petroleumstilsynet: "Ptil gransker hendelse med bevegeskompensert gangbro på Tambar", <http://www.ptil.no/granskinger/ptil-gransker-hendelse-med-bevegeskompensert-gangbro-pa-tambar-article13973-717.html>, publisert 27. august 2018.
- /52/ International Marine Contractors Association (IMCA): "LTI: Feet trapped in motion compensated telescopic gangway", <https://www.imca-int.com/alert/1325/Lti-feet-trapped-in-motion-compensated-telescopic-gangway>, publisert 23. januar 2018.

- /53/ Recruitment & HR Specialists: "Ampelmann hit with HSE notice after worker injured on gangway", <https://www.rms-recruitment.co.uk/2017/12/ampelmann-hit-with-hse-notice-after-worker-injured-on-gangway/>, publisert 20. desember 2017.
- /54/ Saipem QHSE Department – HSE Reporting: "Safety bulletin – Major accident caused by pipe handling system failure – Eight persons injured, four fatally", <https://www.stepchangeinsafety.net/sites/default/files/events/463.pdf>, udatert.
- /55/ VG: "Rørfartøyet "LB200" i slep igjen", <https://www.vg.no/nyheter/innenriks/i/rLp8A3/roerfartoeyet-lb200-i-slep-igjen>, publisert 13. november 2005.
- /56/ Wikipedia: "MS "Rocknes" ", https://no.wikipedia.org/wiki/MS_%C2%ABRocknes%C2%BB, besøkt 29. oktober 2018.
- /57/ NRK: "Forliset som rystet Norge", <https://www.nrk.no/dokumentar/xl/forliset-som-rystet-norge-1.11470983>, publisert 16. januar 2014.