



Universitetet  
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

## MASTEROPPGAVE

Studieprogram/ spesialisering:  Samfunnssikkerhet – Master i teknologi/ sivilingeniør	Vårsemesteret, 2012  Åpen
Forfatter: Odd Peter S. Ørjasæter	..... (signatur forfatter)
Fagansvarlig: Ove Njå, Universitetet i Stavanger  Veileder: Stein Jernæs, Aker Solutions	
Tittel på masteroppgaven: <i>Rolle og funksjon til en fysisk barriere - Lukedekk</i>  Engelsk tittel: <i>Role and function to a physical barrier – Hatch deck</i>	
Studiepoeng: 30	
Emneord: Barriere, offshore, lukedekk, systemteori, dagens praksis, Leveson, kvalitativ metode	Sidetall: 98 + vedlegg/ annet: 3  Stavanger(dato/år):



Universitetet i Stavanger

# Rolle og funksjon til en fysisk barriere - Lukedekk

Master i Samfunnssikkerhet

Ørjasæter, Odd Peter Solhaug

15/6/2012



## Sammendrag

Mellom bore- og brønnhodeområdene på faste oljeinstallasjoner er det plassert et lukedekk. Produksjon, boring og øvrige aktiviteter som kreves når man driver med utvinning av olje og gass krever at utstyr penetrerer dette lukedekket. Gjennom mange prosjekter har problemstillingen rundt hvilke rolle dette lukedekket har som barriere på installasjonen dukket opp. Og denne problematikken er utgangspunktet for denne studien.

Ved å studere datamateriale fra fire ulike faste installasjoner, har vi kartlagt hvilken rolle lukedekket har som barriere på disse, for på den måten å kunne si noe om hva som er dagens praksis. Dette har blitt gjort ved å undersøke hvilke ulykkeslaster lukedekket utsettes for, hvordan dokumentasjonen uttrykker lukedekkets rolle som barriere, hvilke ulykkesscenario som ligger til grunn, og hvilke tiltak som er satt inn for å ivareta lukedekkets integritet.

Offshoreinstallasjoner består av mange kompliserte systemer. På bakgrunn av økt kompleksitet i teknologiske systemer har det også vokst frem nye teorier for å ivareta disse utfordringene. Ettersom denne studien har kartlagt dagens praksis i forhold til lukedekket, har det også blitt valgt å studere dette lukedekket i lys av Nancy Levesons systemteoretiske tilnærming. Hensikten med dette har vært for å finne ut om en slik tilnærming kan være hensiktsmessig, og bidra til innspill til dagens praksis hva gjelder design eller vurdering av en fysisk barriere som dette lukedekket.

Studien avdekket at lukedekkets rolle som barriere er noe variert mellom installasjonene når det gjelder ytelse. Både material og utforming av lukene og dekket er ulikt. Alle har likevel en oppfatning av at lukedekkets rolle hovedsakelig er som eksplosjonsbarriere og som beskyttelse mot fallende laster. Det blir derfor valgt å låse lukene når det ikke foregår operasjoner i dem. Hva angår brann er ikke lukedekket brannklasset, noe som innebærer at det som skiller mellom hovedområder, ikke oppfyller kravene. Installasjonene er likevel klare på at det har en viktig rolle i forhold til eskalering av ulykkeshendelser, og vil spille inn på rømningsmulighetene på installasjonen.

I gjennomgangen og kartleggingen av dagens praksis, ble det avdekket at det er et overveiende fokus på de tekniske forholdene når det gjelder vurdering og ytelse av lukedekket som barriere. Ved å benytte Levesons systemteoretiske tilnærming i design eller vurdering av et slikt system, vil det bidra til at også de organisatoriske og operasjonelle faktorene som spiller inn på barrierens funksjon og ytelse blir tatt hensyn til. I forhold til design vil dette føre til at man utnytter den kompetansen og erfaringen som sitter i hele organisasjonen, til stadig å utvikle nye, brukervennlige og sikrere løsninger. Denne tilnærmingen vil også bidra til å kartlegge alle de kriteriene som ligger til grunn for design, og ved aktiv kommunikasjon bidra til å vurdere effektivitet av disse begrensningene. Dette skaper en dynamisk prosess, hvor betydningen av både tekniske, organisatoriske og operasjonelle faktorer blir vurdert. En slik tilnærming kunne supplert den tradisjonelle tilnærmingen med viktige faktorer.



## Innhold

Innhold .....	1
1 Forord .....	4
2 Innledning.....	6
2.1 Studien .....	6
2.2 Problemstilling.....	7
2.3 Rapportens struktur.....	8
2.4 Avgrensninger .....	8
3 Aktuelle installasjoner, operasjoner og regelverk .....	10
3.1 Relevante installasjoner .....	10
3.2 Det tekniske sikkerhetssystemet.....	11
3.3 Brønn, boring og komplettering .....	12
3.4 Brønnhodeområdet .....	15
3.5 Boreområdet .....	16
3.6 Lukedekket .....	16
3.6.1 Innledning.....	17
3.6.2 Operasjoner .....	17
3.6.3 Hovedområde .....	19
3.7 Regelverk og standarder .....	20
3.8 Konstruksjoners pålitelighet.....	21
4 Teori .....	24
4.1 Innledning .....	24
4.2 Barriereteorier.....	25
4.3 Barrierens ytelse .....	27
4.3.1 BORA – en metode for å analysere barrierer .....	28
4.4 Levesons ulykkes teori .....	29
4.4.1 Kompleksitet .....	29
4.4.2 En ny tilnærming .....	30
4.4.3 Risikoanalyse basert på STAMP (STPA) .....	33
5 Metode.....	36
5.1 Innledning .....	36
5.2 Frem til nå.....	36
5.3 Metodisk tilnærming.....	36
5.4 Komparativ casestudie.....	37
5.5 Metode .....	38
5.5.1 Tidligere forskning .....	38
5.5.2 Analyse del 1 .....	39
5.5.3 Analyse del 2 .....	41
5.5.4 Validitet .....	42
5.5.5 Etikk .....	43
5.5.6 Feilkilder .....	44
6 Analyse Del 1 - Installasjoner .....	45
6.1 Innledning .....	45
6.2 Tema .....	46
6.3 Installasjon A .....	46
6.3.1 Innledning.....	46

6.3.2	Underlag for analysen .....	47
6.3.3	Lukedekket .....	47
6.3.4	Dimensjonerende laster .....	48
6.3.5	Lukedekket som barriere .....	49
6.3.6	Ulykkesscenario .....	51
6.3.7	Tiltak for å ivareta lukedekkets integritet .....	52
6.4	Installasjon B .....	53
6.4.1	Innledning.....	53
6.4.2	Underlag for analysen .....	53
6.4.3	Lukedekket .....	54
6.4.4	Dimensjonerende laster .....	54
6.4.5	Lukedekket som barriere .....	55
6.4.6	Ulykkesscenario .....	56
6.4.7	Tiltak for å ivareta lukedekkets integritet .....	57
6.4.8	Annet .....	58
6.5	Installasjon C .....	59
6.5.1	Innledning.....	59
6.5.2	Underlag for analysen .....	60
6.5.3	Lukedekket .....	60
6.5.4	Dimensjonerende laster .....	61
6.5.5	Lukedekket som barriere .....	62
6.5.6	Ulykkesscenario .....	63
6.5.7	Tiltak for å ivareta lukedekkets integritet .....	64
6.6	Installasjon D.....	64
6.6.1	Innledning.....	64
6.6.2	Underlag for analysen .....	65
6.6.3	Lukedekket .....	66
6.6.4	Dimensjonerende laster .....	66
6.6.5	Lukedekket som barriere .....	67
6.6.6	Ulykkesscenario .....	67
6.6.7	Tiltak for å ivareta lukedekkets integritet .....	68
6.7	Oppsummering .....	69
7	Analyse Del 2 - STPA analyse .....	70
7.1	Innledning.....	70
7.2	Avgrensning og gjennomføring.....	70
7.3	Systemdefinisjon .....	71
7.4	Hierarkisk struktur .....	72
7.5	Designprosess og begrensninger i systemdesign.....	75
7.6	Identifisere ulykkesscenario .....	77
7.6.1	Systemet i drift .....	77
7.6.2	Systemulykker.....	78
7.6.3	Ny type scenario i design .....	78
7.7	Begrensninger som følger av ulykkesscenario .....	78
7.8	Informasjon.....	79
7.9	Oppsummering .....	80
8	Drøfting .....	82
8.1	Innledning.....	82
8.2	Dagens praksis.....	82
8.2.1	Innledning.....	82
8.2.2	Lukedekket .....	83



8.2.3	Dimensjonerende laster .....	83
8.2.4	Ulykkesscenario .....	85
8.2.5	Integritet .....	86
8.2.6	Oppsummering - Lukedekket som barriere.....	87
8.3	Levesons systemteoretiske tilnærming.....	88
8.3.1	Innledning.....	88
8.3.2	Input til design.....	89
8.3.3	Hierarki, begrensninger og feedback .....	91
8.3.4	Bruksområde og anvendbarhet.....	91
9	Konklusjon .....	93
10	Kildeliste .....	96
11	Tabeller & Figurer.....	98
12	Vedlegg til rapport .....	99
12.1	VEDLEGG 1 Intervjuguide .....	99
12.2	VEDLEGG 2 Sammendrag intervju av ekstern respondent .....	100
12.3	VEDLEGG 3 Analyserte dokumenter .....	102

## 1 Forord

Denne masteroppgaven er skrevet for Aker Solutions i Kristiansand. De hører til under Aker Solutions Drilling Technologies som jobber med leveranse av utstyr, systemer og modifisering innen boreteknologi. Jeg ønsket å fordype meg mot teknisk sikkerhet i masteroppgaven, og da spesielt med tanke på brann og eksplosjonssikkerhet. Dette er noe jeg virkelig har fått muligheten til gjennom arbeidet med denne studien.

Tema for studien ble lansert av veileder Stein Jernæs i Aker Solutions. Studien er en analyse av en fysisk barrieres funksjon og ytelse, hvor fokuset rettes mot lukedekket mellom bore- og brønnhodeområdet på faste plattformer. Dette temaet er noe som gjennom flere prosjekter har dukket opp som et uklart tema. På grunn av tidsmangel har dette ikke blitt utredet og tatt endelig stilling til, men det foreligger mye dokumentasjon og kunnskap både om installasjonene, og løsningene som benyttes på disse. Dette vil utgjøre en viktig del av datamaterialet i denne analysen. Gjennom oppgaveperioden har jeg hatt kontor plass hos bedriften, tilgang på relevant dokumentasjon og fått god hjelp av personer med dybdekunnskap om teknisk sikkerhet, boreteknologi og de aktuelle installasjonene som er studert.

Oppgaveperioden har som forventet vært hektisk, med både opp og nedturer. Spesielt krevende har det vært å sette seg inn i det tekniske datamaterialet. Men med flittig bruk av oppslagsverk og ansatte på kontoret har dette gått overraskende bra. Gjennom oppgaveperioden har jeg lært mye både teknisk og i forhold til det å gjennomføre en større undersøkelse. Spesielt viktig har det vært å sette seg delmål og interne frister for å skape god progresjon i arbeidet. Dette har også faglig ansvarlig Ove Njå, med sitt veiledningsopplegg, bidratt til.

Ønsker å rette en takk til veileder Stein Jernæs og resten av HMS-avdelingen hos Aker Solutions. De har bidratt med god hjelp til å definere oppgaven og skaffe tilgang til relevant datamateriale. De har villig stilt opp og svart på de mange spørsmål som har dukket opp underveis i oppgaveperioden, og på den måten bidratt til at oppgaven har blitt slik den har blitt. Jeg vil også rette en stor takk til Ove Njå, som har vært faglig ansvarlig hos Universitetet i Stavanger. Han har bidratt stort med faglige innspill, gitt svært konstruktive

tilbakemeldinger og konkrete anbefalinger til arbeidet gjennom hele oppgaveperioden. Dette har vært til stor hjelp.

Til slutt ønsker jeg å rette en stor takk til min fantastiske kone Ingeborg, som har holdt ut gjennom en lang og krevende studietid. Denne støtten har vært helt avgjørende for de resultatene som er oppnådd, og jeg hadde ikke kommet gjennom denne tiden uten all denne hjelpen. Takk!

Stavanger, den 15.06.2012

---

Odd Peter S. Ørjasæter

## 2 Innledning

### 2.1 Studien

Denne studien søker å redegjøre for hvordan et område på oljeplattformen skal oppfattes og tolkes i forhold til barrierebegrepet. Studien vil se nærmere på et lukedekk mellom brønnhodeområdet og boreområdet. For å kunne utføre nødvendige arbeidsoperasjoner er man avhengig av å penetrere dette skillet, altså at minimum en luke vil bli stående åpen under arbeidsoperasjonen som altså foregår gjennom lukedekket. Hva dette har å si for inndelingen av oljeplattformen i hovedområder? Vil de valgene en gjør her spille inn på andre områder som beredskap, brannvann, rømning? Påvirkes sikkerheten på installasjonen i forhold til brann og eksplosjon av lukedekkets egenskaper og status?

Denne oppgaven ser på en spesifikk barriere, nemlig lukedekket. Hensikten med studien er at vi, ved å se på denne barrierens egenskaper eller ytelse, ønsker å kunne si noe om hvordan den spiller inn på sikkerheten mot ulykkeshendelser på installasjonen. Fokus på brann og eksplosjonssikkerhet er noe oljeselskapene tar alvorlig. Daglig leder i et firma som er spesialister på brann, uttalte i en artikkel i Dagens Næringsliv at *"Selskapene har blitt mye mer opptatt av sikkerhet. En brann på en plattform betyr ikke bare tap av installasjonen. Det betyr tap av omdømme og kan true eksistensen til eierselskapet"* (DagensNæringsliv, 04.04.2012). Dette er bare et eksempel på hvilke konsekvenser ulykkeshendelser på oljeinstallasjoner kan gi.

Sikkerhetsmessig klassifiseres installasjoner på flere ulike måter. En måte å gjøre dette på er områdeklassifiseringen. Områdeklassifisering er klassifisering og inndeling av anlegg i eksplosjonsfarlige og ikke eksplosjonsfarlige områder (KBT, 2009). Områdeklassifisering vil forhindre eller redusere sannsynlighet for, og konsekvensene av en eksplosjon. Installasjonen blir da inndelt i soner etter retningslinjene for områdeklassifiseringen. En annen klassifisering er det som gjelder inndeling av hovedområder. Norsok standarden for teknisk sikkerhet sier at *"The installation shall be divided into main areas (accommodation, utility, drilling, wellhead, process and hydrocarbon storage). The main areas shall be located and designed to minimize the risk to people, environment and assets. Main areas shall normally be separated by use of physical barriers as fire and blast divisions to prevent the escalation of an accident from one main area to another"* (NORSOK, 2008). Dette er et av punktene i regelverk og standarder som er mest relevant for temaet i denne studien.

Studien ønsker å finne ut hvilken rolle dette lukedekket har som barriere mellom brønnhodet og boring, og i hvilken grad det vil fungere i ulike ulykkesscenario på oljeplattformen. At dette lukedekket utgjør et skille mellom bore- og brønnhodeområdet er ikke det mest interessante. Hensikten med studien er å finne ut hvilken rolle lukedekket har som barriere. Er det mulig ved hjelp av teorier og erfaring å si noe om godheten av dette lukedekket som en barriere? Og hvilken innvirkning vil valg av teoretisk tilnærming ha for dette? Denne studien vil benytte flere barriereteorier og se de ulike installasjonene og løsningene som foreligger i lys av disse.

En av de teoretiske tilnærmingene vi ønsker å se lukedekket i lys av, er en systemteoretisk tilnærming utviklet av Nancy Leveson. Denne teoretiske tilnærmingen er utviklet for å ta hensyn til de stadig mer komplekse systemene som tvinges frem av den teknologiske utviklingen. Vi spør oss derfor om bruken av en systemteoretisk tilnærming kan gi nye innspill til designkriterier for lukedekkets rolle som barriere, og om en slik tenkning kan bidra til utviklingen av nyere og sikrere design løsninger.

Ønsket for studien er at den kan bidra til å belyse forskjeller i de ulike teoretiske tilnærmingene som benyttes når vi ser på den spesifikke barrieren som lukedekket utgjør. Håpet er at de funn og resultater som studien gir kan bidra til å klargjøre lukedekkets rolle som barriere på installasjonen, og at studien kan bidra til å belyse forskjellene mellom den tradisjonelle tilnærmingen til sikkerhet som vanligvis benyttes, og den systemteoretiske tilnærmingen som Leveson benytter i sin teori. Dette leder oss frem til valg av problemstilling for masteroppgaven.

## **2.2 Problemstilling**

*Hvordan vurderes ytelse og funksjon til den fysiske barrieren mellom bore- og brønnhodeområdet på faste installasjoner? Hvilket potensial har Levesons systemteori som teoretisk rammeverk for vurderinger av en fysisk barriere som dette?*

## 2.3 Rapportens struktur

Denne rapporten blir bygget opp med tanke på å besvare problemstillingen på en systematisk og god måte. Første del av oppgaven består av en generell innføring og presentasjon av aktuelle installasjoner og operasjoner. Her gis en innføring i de aktivitetene som foregår i de områdene som er relevante for studien. Videre gis en kort innføring i gjeldende regelverk og standarder som er sentrale for studiens tematikk. Disse første delene av rapporten har som mål å presentere den nødvendige grunnforståelsen om oppbyggingen av oljeinstallasjoner, og for å kunne forstå hvilken plass og rolle lukedekket har på disse installasjonene. Det vil deretter bli presentert et sett med teoretisk materiale. Teoretisk materiale er nødvendig for å kunne utføre det videre analysearbeidet i studien, det er disse teoriene som vil være våre ”briller” i analysearbeidet og bidra til at vi kan utvikle og bestemme vårt analytiske verktøy når vi skal studere de ulike installasjonene, og finne ut hvilket potensial en systemteoretisk tilnærming kan ha i forhold til denne studiens tema.

Etter å ha fått en innføring i den nødvendige teoretiske ballasten, kan en presentasjon av det videre analysearbeidet presenteres. Dette blir gjort i rapportens metodekapittel. Analysedelen er på lik linje med problemstillingen todelt. Første del er en gjennomgang av de utvalgte installasjonene for å kartlegge dagens praksis. Deretter gjennomføres et eksempel på bruk av Levesons systemteoretiske metode STPA ved en designprosess av lukedekket som barriere. Hovedmålet med dette er først og fremst å gi en illustrasjon av metodens filosofi og potensial.

Etter at studiens analyser er gjennomført vil vi sammenfatte de funn denne har gitt oss, for å se hvilke praksis som er benyttet hva angår lukedekkets ytelse og funksjon på de utvalgte installasjonene. Det vil så bli drøftet hva bruk av en systemteoretisk tilnærming kan tilføre dette arbeidet. Problemstillingen gjenspeiles i valg av teori, utføring av analyse samt studiens funn og konklusjoner.

## 2.4 Avgrensninger

De utvalgte installasjonene som blir analysert i studien har vært eller er en del av Aker Solutions prosjekter. I tillegg til dette er alle installasjonene eid av samme oljeselskap. På grunn av at oppgaven kun ser på installasjoner der disse to selskapene er representert, ønsker vi å presisere at det kan forekomme andre tilnærminger eller måter å løse problematikken på, på andre installasjoner der andre aktører er ansvarlige. Bakgrunn for valg av installasjoner har

først og fremst vært begrunnet i tilgang på datamateriale. Det har vært viktig at vi hadde tilgang til den nødvendige dokumentasjonen for å få et godt og fullstendig inntrykk av hvordan hver enkelt installasjon har valgt å løse problematikken, da oppgavens godhet i stor grad har vært avhengig av dette.

De installasjonene vi har studert må inneha visse områder og funksjoner for å være relevante i forhold til problemstillingen. Det vil derfor i kapitlet Beskrivelse av aktuelle installasjoner og operasjoner, bli beskrevet hvilke egenskaper de aktuelle installasjonene har, og hva som skiller disse fra andre installasjoner. Blant annet er det vesentlig at installasjonen har bore- og brønnhodeområdet, samt lukedekk for at relevansen skal være tilstede.

Denne oppgaven skal først og fremst se på eksisterende løsninger, dagens regelverk og dagens praksis. Hensikten er ikke å lansere nye tekniske løsninger. Dette ville krevd en dypere forståelse til nettopp tekniske løsninger og erfaring fra boreoperasjoner. Det er imidlertid et ønske at rapporten kan gi et supplement eller viktig informasjon om hvorvidt nye løsninger er nødvendig, eller om dagens praksis er tilfredsstillende. Med tanke på å begrense arbeidsomfanget av oppgaven har det også blitt valgt ikke å benytte simuleringsverktøy i arbeidet med å se på ulike scenario for brann, eksplosjon eller røyk utvikling. Simuleringer som er utført tidligere for de respektive installasjonene vil være en del av datagrunnlaget.

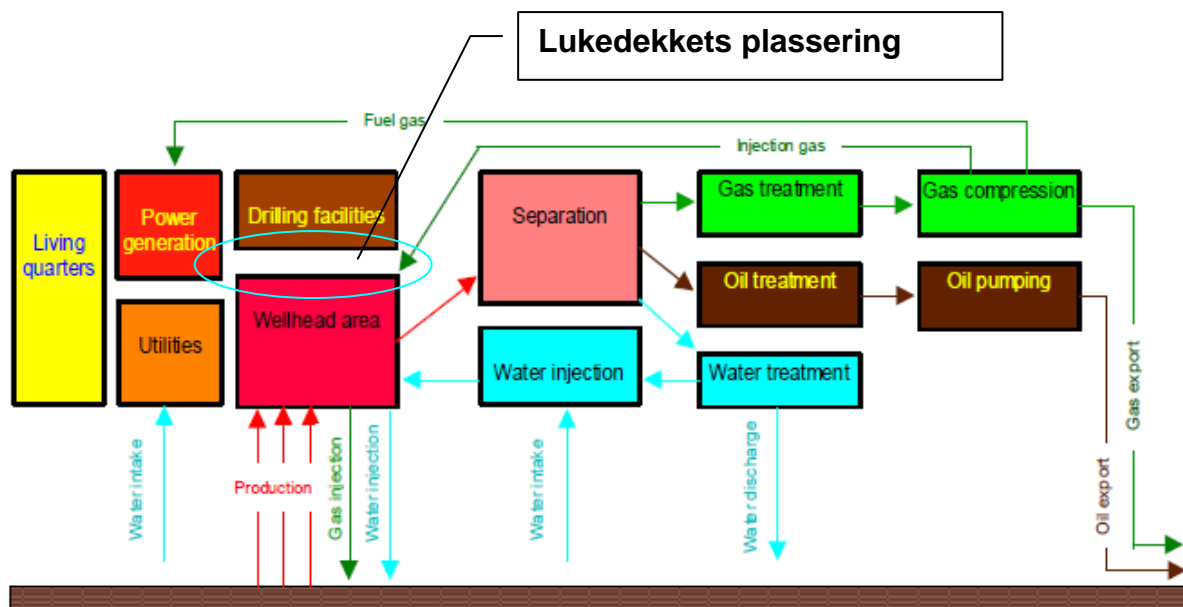
Dokumentasjonen som utgjør datamaterialet for studien er hovedsakelig totalrisikoanalyser, samt annen relevant dokumentasjon om installasjonens sikkerhet. Oppgavens fokus har vært rettet mot teknisk sikkerhet, og den ingeniørpraksisen som benyttes i forhold til lukedekks egenskaper i møte med uønskede hendelser.

### 3 Aktuelle installasjoner, operasjoner og regelverk

#### 3.1 Relevante installasjoner

Det er innenfor multifunksjonsinstallasjonene vi finner de aktuelle plattformene i forhold til denne studien. Selve problemstillingen ser på skillet mellom boreområdet og brønnhodeområdet. Dette betyr at de aktuelle installasjonene må inneha disse funksjonene/områdene. I tillegg må installasjonen ha dette lukedeppet som utgjør skillet mellom de to områdene. Det vil i denne delen av rapporten bli presentert en generell beskrivelse av funksjoner, områder på faste multifunksjonsinstallasjoner. I tillegg til at vi vil se nærmere på aktiviteter og operasjoner som er aktuelle for studiens tematikk. Som et ledd i dette vil det også bli foretatt en nærmere beskrivelse av lukedeppet og aktiviteten her.

De installasjonene vi sammenligner i denne studien blir klassifisert som faste multifunksjonsplattformer. Av disse finnes igjen mange varianter. De vi har valgt å sammenligne har understell av betong, ståljacket eller såkalt strekkstagplattformer, som ved hjelp av strekkstag holder seg på fast posisjon. Det vil gis en nærmere presentasjon av de ulike installasjonene som er analysert i analysedelen.



Figur 1 Installasjonens hovedfunksjoner og lukedeckets plassering (Odland, 2011b)

Figuren over viser en skisse av de ulike funksjonene, og flyten av gass og væsker en installasjon kan ha. Her får vi også et inntrykk av hvilke funksjoner en såkalt



multifunksjonsplattform kan ha. Vi ser her at Drilling facilities (boreområdet) ligger over området Wellhead area (brønnhodeområdet). Lukedekket er markert med en turkis sirkel og ligger som vist mellom disse to områdene. Flere operasjoner vil bli utført i disse områdene, dette er noe vi vil se nærmere på i senere avsnitt. Først vil vi se litt på prinsippene for layout, design og sikkerheten på en slik installasjon.

### 3.2 Det tekniske sikkerhetssystemet

En installasjon kan deles inn i flere moduler som har sine respektive funksjoner og formål. Når det gjelder generelt plattformdesign er det mange faktorer som spiller inn. Noen av disse ses på som ytre faktorer som for eksempel; dominerende vindretning, værforhold, forholdene rundt landing av helikopter, evakueringsmuligheter og lignende (Odland, 2011b). Indre faktorer som spiller inn er; kommunikasjonen mellom funksjonelle områder og naturlig flyt, utstørsområder, tennkildekontroll, hvilke områder må holdes atskilt slik som for eksempel plassering av boligkvarteret i forhold til fareområder, ventilasjon, værbeskyttelse etc.

Sikkerheten på installasjonen påvirkes blant annet av de løsningene en benytter for å takle disse indre og ytre faktorene. Det finnes flere definisjoner på hva sikkerhet er. Sikkerhet kan forstås som; forebyggende tiltak der hensikten er å redusere sannsynligheten for at noe uønsket skal skje eller redusere konsekvensene ved uønskede hendelser. Det kan også være den evne et system har til å unngå skader og tap (Aven, Boyesen, Njå, Olsen, & Sandve, 2008). På offshoreinstallasjoner knyttes ofte risikobeskrivelsen til såkalte sikkerhetsfunksjoner (Aven, 2009). I det norske offshoreregelverket defineres en hovedsikkerhetsfunksjon som et fysisk tiltak som kan redusere sannsynligheten for at en farlig situasjon eller ulykke skal inntreffe, eller begrense konsekvensene av denne (NORSOK, 2008). Aven sier at denne formen for risikobeskrivelse, som uttrykkes ved sannsynligheten for eller frekvensen av ulykkeshendelser hvor denne sikkerhetsfunksjonen ikke er oppfylt (tapes/ bortfaller) er særlig nyttig i designutforming av anlegg og installasjoner (Aven, 2009).

Disse definisjonene av sikkerhet og sikkerhetsfunksjon forteller oss noe om hva man ønsker å oppnå når man gjør design og layout av slike installasjoner. Utstyr og utforming skal gjøres i henhold til gjeldende standarder, og forskrifter. Norsok S-001 (2008) legger vekt på at den iboende sikkerheten ivaretas gjennom at layout og design utføres med tanke på å redusere sannsynligheten for uønskede hendelser først og fremst. Deretter blir fokuset rettet mot andre

sikkerhetstiltak som kan være med på å redusere konsekvens av en inntruffet uønsket hendelse.

Brannbeskyttelse blir på installasjonen inndelt i passiv og aktiv. ISO13702 gir føringer for hvordan den passive brannbeskyttelsen skal implementeres (ISO13702, 1999). Den sier at passiv brannbeskyttelse skal forhindre eskalering av brann ved å separere ulike områder med risiko for brann. Passiv brannbeskyttelse defineres som alle innebygde tiltak innført for å forsterke brannmotstand hos skillevegger, lastbærende strukturer og utstyr (Scandpower & Sintef-NBL, 2003). Det finnes ulike måter å sørge for passiv brannbeskyttelse på, dette kan gjøres ved inndeling av hovedområder med krav til skillene, ved å sørge for tilstrekkelig avstand, valg av brannmotstandige materialer eller isolerende materialer som plasseres foran eller på strukturer eller utstyr. Vi vil komme litt inn på ulike former for dette i gjennomgangen av de utvalgte installasjoner.

### **3.3 Brønn, boring og komplettering**

Det vil i de neste kapitlene bli gjort en presentasjon av relevante områder og ulike aktiviteter som utføres i de områdene på plattformen vi studerer i denne studien. Boreteknologi er et komplekst og avansert fagfelt, så dette er på langt nær noe fullstendig presentasjon av temaet, men det er likevel valgt å gi en innføring med tanke på det dette har å si for forståelsen av problemstillingen, og rammen rundt studiens problematikk. Den fasen en oljebrønn er i spiller direkte inn på hva som skjer i områdene på installasjonen. Og uønskede hendelser som brønnsplask og utblåsninger kan føre til eksplosjon eller brann i de områdene vi ser nærmere på i denne studien. Det finnes mange strategier for brønnsk kontroll, Norsok D-010 gir retningslinjer for hvordan brønnintegriteten kan sikres under boring og brønnaktiviteter (NORSOK, 2004). Vi vil beskrive noe av dette her, men gå nærmere inn på de mest relevante operasjonene for denne studien i kapitlet om lukedekket.

Den første fasen i en brønns levetid er når man utfører boring og komplettering av brønnen. Når brønnen er boret til ønsket og nødvendig dybde, og brønnen er undersøkt og funnet lønnsom økonomisk må en sette i gang med å gjøre brønnen klar til produksjon (Odland, 2011a). Selve metodene for å utføre dette arbeidet varierer en god del alt etter de individuelle kravene til hver enkelt brønn, og hvordan disse utvikler seg gjennom brønnens levetid. Der hvor brønnen bryter jordskorpa settes det ned et kraftig foringsrør i brønnhullet. Dette skal

utgjøre en solid inngang til brønnen. Mellom dette foringsrøret og brønnveggene sementeres det for å oppnå en full tetting og hindre lekkasje. Denne sementeringen er en av de mest kritiske operasjonene som utføres under boring og komplettering av brønnen.

Etter denne tettingen er utført og brønnen er tilkoblet installasjonen gjennom rørledningen er det viktig at man har utstyr som kontrollerer væske og gassflyten i brønnen (Odland, 2011a). I den første fasen utgjør BOPen<sup>1</sup> en viktig barriere som skal ta seg av dette. BOPen skal forhindre utblåsning og kunne utføre nedstengning av brønnen dersom flyten kommer ut av kontroll, dette gjør den ved å kontrollere uregelmessige brønnsparke på grunn av ujevn trykkoppbygging i brønnen. Disse brønnsparke kan i verste fall føre til utblåsning, som igjen, kan forårsake eksplosjon eller brann. BOPen er på mange installasjoner plassert på lukedekket.

Komplettering av brønnen kan settes i gang når boring og tetting er utført. Som uttrykket sier er dette altså en indikasjon om at brønnen nærmer seg klar til produksjon. Selve navnet komplettering benyttes om utstyret som kreves for å starte og drive en sikker og effektiv produksjon fra brønnen (Odland, 2011a). Når brønnen er klar for produksjon av olje og gass settes det på et juletre<sup>2</sup> på stigerøret fra brønnen og opp til installasjonen. Hovedventilen i juletreet kan stenge flyten gjennom rørene helt, og kontroll av flyten i rørene, er juletreets primæroppgave. I tillegg til at denne primærfunksjonen, har juletreet også en rekke andre kontrollfunksjoner.

Den andre fasen i en brønns levetid er selve produksjonsfasen. Denne tar til når brønnen er ferdig boret og trygt koblet til installasjonen. Når det gjelder hvilken type installasjon som benyttes til borearbeidet skriver Odland (2011) at dette har relativt liten innvirkning på hvordan selve boringen utføres. Den største forskjellen er som vi har nevnt tidligere om det benyttes en fast eller en flytende installasjon til arbeidet. En flyter må ha kompenserende tiltak for å motvirke de naturlige bevegelsene installasjonen blir utsatt for i sjøen, og dette kan spille inn på valg av utstyr til boreoperasjonen. Det bør også nevnes at de installasjonene vi

---

<sup>1</sup> Blow-out preventer er en stor og spesialtilpasset ventil som benyttes til å forsegle, kontrollere og overvåke tilstanden i brønnen (Odland, 2011a).

<sup>2</sup> Navnet juletre kommer av utformingen til utstyret som har flere forgreininger og tilkoblingsmuligheter til de ulike delene av plattformen som juletreet er koblet til. Dette utstyret er en enhet bygd som en samling kontrollventiler, måleutstyr for trykk og spjeld for styring og kontroll av flyten av olje og gass i rørledningen (Odland, 2011a).

skal studere i denne studien har et stort antall brønner hver, hvilket vil bety at boring og brønnintervensjon vil foregå store deler av tiden installasjonen er i drift.

Standardene Norsok D-010 og Z-013 gir stiller konkrete krav til vurdering av sikkerheten knyttet til boring, brønnarbeid og vurdering av simultane operasjoner, som for eksempel boring og produksjon samtidig. I Norsok D-010 står det at *”Risk verification methods, such as safe job analysis, should be conducted on site for new or non-standard operations, operations involving use of new or modified equipment, hazardous operations and change in actual conditions which may increase the risk”* (NORSOK, 2004). Videre sier standarden at *”Simultaneous and critical activities and operations shall be thoroughly planned, analyzed and performed with the objective of limiting additional risk imposed by multiple activities and operations at the same time, as opposed to the risk associated with the execution of these individually. Acceptance of simultaneous and critical activities and operations shall be in accordance with defined acceptance criteria and shall be quality assured through risk assessments. Procedures for the control of simultaneous and critical activities and operations shall be developed and approved prior to commencement”* (NORSOK, 2004). Sikkerjobbanalyse er eksempel på vurderinger som blir foretatt ved simultane operasjoner offshore.

Norsok Z-013 sier mer om bruk av risiko- og beredskapsanalyse. Av relevans for oss er særlig detaljer informasjon om totalrisikoanalysen og dets formål. Basis for etablering av ytelseskrav. Totalrisikoanalysen skal blant annet bidra til å etablere ytelseskrav, og si noe om identifisering av ulykkeshendelser (NORSOK, 2001b).

### 3.4 Brønnhodeområdet



Figur 3 Illustrasjonsbilde av brønnhodeområdet, her fra plattformen Kvitebjørn. Lukedecket skimtes i taket av området (OffshoreMagazine, 2010).

Plasseringen av brønnhodeområdet på installasjonen bestemmes av flere faktorer (Odland, 2011a). Tilgjengelighet til boreriggen, nødvendig utstyr samt nødvendige støttekonstruksjoner spiller inn på plasseringen. Brønnhodeområdet kan beskrives som det området der stigerøret fra brønnen kobles til installasjonen på havoverflaten. Denne koblingen består blant annet av det utstyret som benyttes for å innkapsle og kontrollere flyten av væske eller gass fra brønnen. Når brønnen er i produksjonstilstand vil juletrøet ha denne rollen. Når brønnen blir boret og komplettert er det BOPen som skal kunne kontrollere og sikre brønnen ved uønskede hendelser.

Brønnhodet skaper en forsegling som skal hindre utblåsning eller lekkasje til omgivelsene (Odland, 2011a). Dette området er normalt regnet som et av de områdene på installasjonen med høyest trykkpåkjenning. Ukontrollert flyt i brønnhodet kan være svært vanskelig og hankses med. Dette området skal derfor være beskyttet fra potensielle tennkilder. Tilstanden og typen brønn har betydning for hvilke egenskaper brønnhodet må ha. I noen tilfeller må brønnhodet takle høye trykkkonsentrasjoner fra brønnen og endringer i disse. I andre tilfeller er det tilstrekkelig at innretningen tar lastene av vekten til rørledningen i brønnen (Odland, 2011a). I brønnhodeområdet er det en samling juletrær som møter stigerøret fra brønnen og distribuerer oljen videre til prosessmodulen. Brønnintervensjon foregår gjennom juletrærne og ned i brønnen. Det vil gjerne pågå brønnintervensjon eller boring i en brønn samtidig med

produksjon i andre brønner, noe som må tas hensyn til i forhold til driftssikkerheten som vi har vært inne på tidligere.

### 3.5 Boreområdet

Boreområdet ligger i området over lukedekket. Dette området hører på lik linje med brønnhodeområdet sammen under kategorien av områder som inneholder materialer som er eller kan være brannfarlige, hvilket gjør at de bør beskyttes mot eventuelle tennkilder (Odland, 2011a). Operasjoner i dette området foregår ved at boretårnet skyves på skinner over den brønnen det skal arbeides i. Luken i dekket løftes vekk eller åpnes slik at man får tilgang til brønnen med utstyr. Aktiviteten i brønnene vil variere fra installasjon til installasjon, men det vanligste er alt fra en til to åpne luker.

### 3.6 Lukedekket



Figur 4 Illustrasjonsbilde av lukedekket fra en tilfeldig valgt installasjon (AkerSolutions, 2011)

### 3.6.1 Innledning

Hva vil det egentlig si at vi ser på et lukedekk? Ordet *"lukedekk"* er sammensatt av ordene *"luke"* og *"dekk"*. På engelsk kalles *"luke"*, *"hatch"* og blir definert som; *"en åpning i skip eller luftfartøy som vanligvis benyttes til lossing av gods"* (Longman, 2009). *"Dekk"* kalles *"deck"* på engelsk, og defineres i som; *"en av de forskjellige etasjene på et skip"*. Disse to beskrivelsene sammensatt gir oss en god beskrivelse av det lukedekket vi ser på. Selv om det ikke er lossing av gods som gjøres gjennom lukene i denne studien krever operasjoner og arbeidet som foregår at lukene periodevis er åpne og at man kommer ned til et lavere nivå på installasjonen. Denne muligheten til å utføre operasjoner og arbeid gjennom lukene er en nødvendighet for at boring, vedlikehold og produksjon fra brønnen skal kunne gjennomføres.

Lukedekket mellom brønnhodet og boring er helt sentral i problemstillingen. Dekket ligger mellom to områder på installasjonen. Grunnlaget for vår problemstilling ser på problematikken rundt hvilke operasjoner som foregår gjennom lukedekket. For å kunne gjennomføre nødvendige operasjoner, og oppnå produksjon av olje og gass, må det foregå aktivitet som penetrerer dette lukedekket. Hva har det å si for sikkerheten på installasjonen at lukene i dekket blir åpne? Studien vil gå i dybden på lukedekkets funksjon og løsninger. Vi ønsker å belyse designkriterier som ligger bak utformingen av det, hvilke krav som stilles til slike dekk i regelverket og hvordan aktiviteten på dekket foregår. Ved hjelp av utvalgt teori, studie av regelverk og informasjon fra nøkkelinformanter med ekspertise på temaet, håper vi å kunne få svar på mange av disse spørsmålene.

### 3.6.2 Operasjoner

Lukedekket har en sentral rolle ved arbeid i brønnene. Såkalt brønnintervensjon eller brønnarbeid er arbeid som er nødvendig for å opprettholde produksjon i brønnene. Dette gjøres ved hjelp av utstyr som føres gjennom lukedekket. Typiske operasjoner som utføres er Wireline Operation og Coiled Tubing. Under har vi forsøkt å liste opp en del av de vanligste typene arbeid og operasjoner som penetrerer lukedekket, og dermed er relevante for denne studiens tematikk. Operasjonene utføres ved at utstyret føres gjennom lukedekket. Noen av installasjonene har ordninger for å tette rundt utstyret som står i lukene. Vi vil se nærmere på hvordan dette er løst i analysen av de utvalgte installasjonene. Slik tetting er ikke like lett å gjennomføre ved Wireline Operations, hvilket betyr at noen av operasjonene må utføres med åpning i dekket. Det må presiseres at det finnes et utall varianter av operasjoner og utstyr som

benyttes til dette. En respondent har bidratt til å utarbeide listen nedenfor. Den er langt fra fullstendig, men har likevel med hovedkategoriene og de mest vanlige operasjonene på de installasjonene vi studerer i denne studien.

<b>Operasjoner som penetrerer lukedekket</b>		
<b>Kategori</b>	<b>Operasjon</b>	<b>Beskrivelse</b>
Boring	Boring av brønn	En brønn blir boret ved å bore hull på mellom 5 og 36 tommer ned til olje reservoaret (Odland, 2011a). Borekronen som er festet nederst på borestrengen føres gjennom lukedekket og ned i brønnen. Borestrengen bygges på med rør på rør, der tykkelsen øker jo dypere brønnen er. Det finnes ulike varianter av tetting rundt borestrengen i lukedekket, dette vil bli belyst senere. For mer informasjon om boring henvises det til kapittel Boring, brønn og komplettering.
Brønnintervensjon	Wireline Operation	Wireline Operation er, som navnet tilsier, operasjoner som utføres i brønnen der utstyret som benyttes føres ned i brønnen ved hjelp av vaier. Dette kan være for eksempel kartlegging av brønnens geologiske egenskaper. Denne operasjonen blir utført ved at måleutstyr blir installert i bunnen av hullet, og ført gjennom den borede kanalen mens registrering av omgivelsene foregår, måleutstyret blir da dradd av vaieren (Kaiser, 2007). Dette er bare et eksempel på en slik operasjon, men det finnes et utall andre verktøy og måleinstrumenter som kan benyttes ved Wireline operasjoner. Andre eksempel på operasjoner som utføres ved slike operasjoner er å hente opp gjenstander som er mistet i brønnen (fisking), sette ned eller fjerne plugger fra brønnen, sette ned eller fjerne ventiler, med mer (Odland, 2011a).
	Coiled Tubing	Coiled Tubing blir benyttet når det er ønskelig å pumpe kjemikalier inn i bunnen av brønnen (Odland, 2011a). Dette kan for eksempel være ved sirkulerende operasjoner eller kjemisk vask av brønnen. Coiled Tubing kan også benyttes til de samme oppgavene som vaier operasjonene vanligvis gjør. Grunnen til dette kan være at brønnens utforming gjør at bruk av vaier, som er avhengig av gravitasjonskrefter for å få senket utstyrsstrengen, er umulig.
	Completion	Completion, eller komplettering som vi sier på norsk, er operasjonen som blir utført etter at brønnen er boret (Odland, 2011a). Det er i denne fasen man sørger for at brønnen kan produsere olje og gass.
	Snubbing	Snubbing er en kraftigere variant av brønnintervensjon som benyttes på olje og gass brønner (Odland, 2011a). Her blir utstyret nederst i brønnen kjørt på borestreng, og skiller seg dermed fra Wireline og Coiled Tubing, som spoles på



	Sirkulasjon og pumping	<p>tromler. Ved snubbing brytes og settes strengen sammen mer som en vanlig borestreng. På grunn av omfattende arbeid med montering benyttes denne teknikken bare på de mest krevende kompletteringsjobbene som ikke kan løses av de lettere metodene. Eksempel på dette er at snubbing kan benyttes på brønner som ikke er "drept" og som er under press.</p> <p>Sirkulasjon blir benyttet når produksjonen i brønnen er synkende. Her økes produksjonen igjen ved å føre gass ned i brønnen eller ved pumping i brønnen for å øke trykket. Pumping er den enkleste formen for brønnintervensjon, der man ikke benytter utstyr nede i selve brønnen. Her kobler man seg til en av ventilene på juletreet i brønnhodeområdet og pumper kjemikalier ned i brønnen.</p>
--	------------------------	---

Tabell 1 Oversikt over ulike operasjoner som penetrerer lukedekket

### 3.6.3 Hovedområde

Hvorfor er det viktig eller avgjørende å klargjøre rollen til lukedekket på installasjonen?

Årsaken til at en slik redegjørelse er viktig har flere grunner. For det første er det avgjørende å ha god kjennskap til oppbyggingen av installasjonen for å kunne forstå og motvirke eskalering av uønskede hendelser på installasjonen. Brannskiller, passiv brannbeskyttelse og brannvannsanlegg er her sentrale faktorer som spiller inn. Norsok S-001 (2008) sier blant annet at krav til brannvann er at det skal være dimensjonert for å kunne forsyne det største hovedområdet med behov for brannvann pluss det største tilstøtende området. Dette er et praktisk eksempel på at et fullgodt skille mellom brønnhodet og boreområdet ville fått innvirkning på dimensjonering av et system på installasjonen.

Vi hørte i innledning hvilke konsekvenser storulykker i denne bransjen kan få for både personell og selskaper. Innretningsforskriften §5 sier at "*Innretningsområder skal klassifiseres slik at utforming og plassering av områder og utstyr bidrar til å redusere risiko relatert til branner og eksplosjoner*" (Ptil, 2010). Videre står det i §30 at "*Hovedområdene på innretninger skal atskilles med brannskiller som kan motstå de dimensjonerende brann- og eksplosjonslastene og minst oppfylle brannklasse H-0 dersom de kan bli eksponert for hydrokarbonbranner. Gjennomføringer skal ikke svekke brannskillene*". Norsok S-001 (2008) sier at brannområder som eksponeres for hydrokarbonbranner skal være dimensjonert som H-klasse. Videre sies det at "*Fire division between drilling and wellhead area may be omitted if escape from drilling is ensured and activation and survivability of BOP is secured. However, well hatches shall be secured in place to withstand dimensioning explosion loads*"

(NORSOK, 2008). Dette er et punkt som spesifikt sier noe om lukedekket. Det er interessant om man ser det i forhold til det som står i EN-ISO 13702 som sier at man skal søke å minimere konsekvensene av brann og eksplosjoner og minimere spredningen av brannfarlige væske og gasser som kan bidra til uønskede hendelser (brann og eksplosjon), og ikke minst i forhold til ALARP<sup>3</sup> prinsippet, som ser på kost nytte av løsningene som kan benyttes. Studien vil studere disse retningslinjene som er gitt for lukedekket og se hvordan dette er løst i praksis.

### 3.7 Regelverk og standarder

Ved bygging og drift av oljeinstallasjoner må man som ansvarlig forholde seg til gjeldende regler og standarder. Hvilke standarder som gjelder er avhengig av hvordan installasjonen blir utformet, hvilke funksjoner den har og hvilke områder den skal operere i. Det er flere lover, direktiver og standarder som er relevante for de valgte installasjonene i denne studien. Det vil her bli presentert en liste over hvilke standarder som er aktuelle. I Norge er det Petroleumstilsynets som er tilsyn og har ansvaret for å følge opp at gjeldende regelverk er fulgt. Som grunnlag for bygging og drift av oljeinstallasjoner ligger tre sentrale forskrifter, av disse er det særlig innretningsforskriften som er relevant for denne studien.

<b>Forskrifter:</b>
Ptil – Forskrift om utforming og utrustning av innretninger med mer i petroleumsvirksomheten (Innretningsforskriften)
Ptil – Forskrift om utføring av aktiviteter i petroleumsvirksomheten (Aktivitetsforskriften)
Ptil – Rammeforskriften
<b>Standarder:</b>
Norsok S-001
Norsok Z-013
Norsok D-010
BS EN ISO13702:1999

Tabell 2 Forskrifter og standarder

Petroleumstilsynet som er ansvarlig myndighet skal sørge for at lover og krav blir overholdt i praksis. Selv skriver de på sine hjemmesider at *”Petroleumstilsynet skal legge premisser for og følge opp at aktørene i petroleumsvirksomheten holder et høyt nivå for helse, miljø, sikkerhet og beredskap, og gjennom dette også bidra til å skape størst mulig verdier for samfunnet”* (Ptil, 2012a).

<sup>3</sup> As low as reasonable practicable (Reason, 1997).

Innretningsforskriften fra Ptil gir klare retningslinjer for utforming av installasjoner (Ptil, 2010). Og definerer blant annet de ulike brannklassene med krav til ytelse. For å gi et inntrykk av hva klassifisering av brannklasse innebærer blir det her valgt å presentere definisjonen av brannklassene H og A som er mest aktuelle. Definisjonen nedenfor er hentet fra en handbok i brannsikkerhet.

A - Class	The element shall maintain its stability when tested according to the <b>standard fire</b> time/ temperature-curve. The stability criterion is defined by a critical temperature for the structural core, which the tested element shall not exceed during the specified period of testing time. For insulated steel structures this critical temperature is normally in the range 350 – 550 C°
H - Class	The element shall maintain its stability when tested according to the <b>hydrocarbon</b> fire time/ temperature-curve for the structural core, which the tested element shall not exceed during the specified period of testing time. The stability criterion is defined by a critical temperature for the structural core, which the tested element shall not exceed during the specified period of testing time.

Tabell 3 Beskrivelse av ulike brannklasser (Scandpower & Sintef-NBL, 2003).

Det er flere punkter i forskriftene som er særlig interessante for tematikken i denne studien. Vi har tidligere hørt hva som står i Innretningsforskriften §30, men også §29 er viktig å ta med da denne sier ”Der det brukes passiv brannbeskyttelse, skal denne utformes slik at den gir aktuelle konstruksjoner og utstyr tilstrekkelig brannmotstand med hensyn til bæreevne, integritet og isolasjonsevne under en dimensjonerende brann” (Ptil, 2010). Denne innføringen i regelverket gir tydelige definisjoner av krav til de ulike brannklassene og brannskillene. Den sier noe om inndeling av installasjonen i hovedområder, men spesifiserer ikke hvilke områder den skal deles inn i eller størrelse på disse. Det vil være relevant informasjon å ta med i betraktningen når vi skal gjennomføre analysen av hvilken rolle lukedekket har som barriere på installasjonen.

### 3.8 Konstruksjoners pålitelighet

Konstruksjoner blir konstruert for å tåle ulike lastpåkjenninger. De ulike lastene konstruksjonen blir utsatt for kan deles inn i vanlige laster, miljølaster og lastpåkjenning som følger av bruk (Grimvall, Jacobsen, & Thedéen, 2003). Vanlige laster er de lastene konstruksjonen blir utformet for å tåle som for eksempel naturlaster som vind, eller nyttelaster som settes på bakgrunn av aktiviteten eller utstyret som skal foregå på konstruksjonen. Det er

nyttelastene konstruksjonen blir bygget for å ta. For vårt lukedekk vil for eksempel vekten av BOPen inngå som en av faktorene når man skal fastsette kravet til hva nyttelasten på dekket skal være. På grunn av den naturlige risikoen som følger aktiviteten blir ofte konstruksjonen dimensjonert for å tåle visse overlaster. Disse bestemmes gjerne ved hjelp av sikkerhetsfaktorer i standarder.

Miljølastene er de påvirkningene konstruksjonen blir utsatt for i det miljøet den står i (Grimvall, et al., 2003). Korrosjon er eksempel på miljøpåvirkninger som kan påvirke konstruksjonens kapasitet og levetid. Den siste kategorien som er lastpåkjenninger som følge av bruk omfatter slitasjen på konstruksjonene. Dette kan være maling som skrapes bort, passiv brannbeskyttelse som blir skadet eller småsprekker i konstruksjonen som på kort sikt ikke har stor påvirkning, men som i det lange løp kan utgjøre en svekkelse i konstruksjonens yteevne, og i verste fall føre til sammenbrudd eller større konsekvenser ved ulykkesituasjoner enn det som var forespeilet. Dette tar oss med over til kategorien ulykkeslaster. Konstruksjonen blir dimensjonert for å tåle ulike laster som oppstår i ulykkesituasjoner. For offshoreinstallasjoner og lukedekket blir begrepet DAL – Design Accident Load benyttet om disse lastene. Aktuelle DAL laster for det lukedekket vi studerer er brannlaster, eksplosjonslaster og laster fra fallende gjenstander.

Å sørge for at de valgte løsningene for beskyttelse mot brann og eksplosjoner tilfredsstiller kravene til risiko som settes av oljeselskapene er en viktig del av arbeidet til de som utfører design, og derfor noe som gjøres tidlig i prosjektfasene (Kjellén, 2007). Dette arbeidet skal sørge for strukturell integritet mot brann og eksplosjon, områdeklassifisering og grad av innkapsling og ansamling i fareområdene. Uttrykket DAL blir flittig benyttet i totalrisikoanalyser og annen dokumentasjon som går inn på dimensjonerings- eller designkrav for bygningsdelene på installasjonen. Begrepet DAL kan etter Norsok Z-013 ha to betydninger. Vi velger derfor å redegjøre for dette samt vår tilnærming til begrepet.

<p>3.1.11 Design Accident Load (NORSOK, 2010)</p>	<p>Chosen accidental load that is to be used as the basis for design.</p> <p>NOTE 1 The applied/chosen design accidental load may sometimes be the same as the dimensioning accidental load (DAL), but it may also be more conservative based on other input and considerations such as ALARP. Hence, the design</p>
---	--

	<p>accidental load may be more severe than the DAL.</p> <p>NOTE 2 The design accidental load should as a minimum be capable of resist the dimensioning accidental load (DAL).</p>
3.1.13 Dimensioning Accidental Load (NORSOK, 2010)	<p>Most severe accidental load that the function or system shall be able to withstand during a required period of time, in order to meet the defined risk acceptance criteria.</p> <p>NOTE 1 DAL is normally defined based on DAE.</p> <p>NOTE 2 The dimensioning accidental load (DAL) are typically generated as a part of a risk assessment, while the design accidental load may be based on additional assessments and considerations.</p> <p>NOTE 3 The dimensioning accidental load (DAL) are typically established as the load that occurs with an annual probability of <math>1 \times 10^{-4}</math>.</p>

Tabell 4 Oppklaring av DAL begrepet

Vi ser av tabellen at Design Accident Load altså er de lastene konstruksjonen designes etter, mens Dimensional Accidental Load er de mer sjeldne ulykkeslastene som vil opptre innenfor en gitt tidsperiode, typisk  $1 \times 10^{-4}$  som vi har vært inne på. Disse lastene finner man typisk i den kvantitative risikoanalysen.

Videre i studien vil vi være tydelige på hvilken av de to uttrykkene som gjelder for de aktuelle verdiene eller opplysningene. Men det bør også legges merke til at det kan forekomme like tall for begge disse ulike DAL-verdiene. Dokumentene som ser på DAL spesifikasjonene for installasjonene gir ofte informasjon om både konstruksjonens kapasitet og de sannsynlig opptredende ulykkeslastene.

## 4 Teori

### 4.1 Innledning

Valg av teori er en viktig del av et forskningsarbeid. Det kan derfor være lurt å vite litt om hva man legger i nettopp ordet teori, og ikke minst hva som er teoriens funksjon i forhold til resten av delene i forskningsarbeidet. Teoribegrepet brukes både i dagligtalen og i vitenskapen med ulik grad av presisjon (Ringdal, 2001). Ordet teori er i mange sammenhenger synonymt med en ide eller forklaring som kan øke vår forståelse for et fenomen. En annen måte å se dette på, skriver Ringdal, skal være at en forklaring kan bygges opp av en teori eller med elementer fra flere teorier. En teori vil da være et generelt råmateriale som kan formes til forklaringer av dette bestemte fenomenet. Årsaken til at vi legger teorier til grunn i forskningsarbeidet er fordi vi mener disse er relevante.

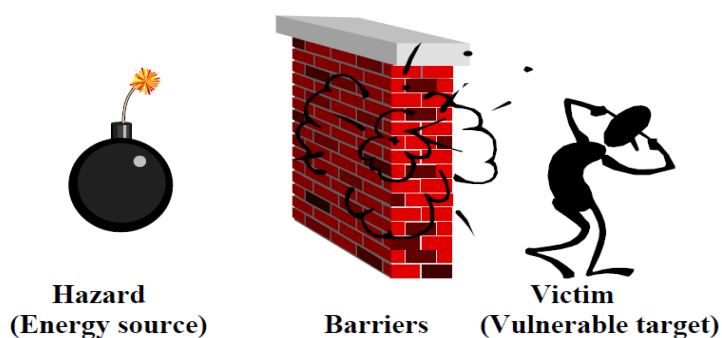
Vår tilnærming og bakgrunn for valg av teori i denne studien har vært studiens problemstilling. For å kunne si noe om hvordan barrierens fysiske funksjon og ytelse blir vurdert må vi studere dagens praksis i lys av ulike barriereteorier. Kjenner vi igjen barriereteoriene i dagens måte å designe eller analysere lukedekkets barrierefunksjon på? Vil vi ved å se på systemet med systemteoretisk *"briller"* oppdage nye elementer eller tendenser som ikke fanges opp av dagens praksis? Hensikten med studien er ikke bare å fastslå hva som er dagens praksis, men vi ønsker å finne ut om denne er tilfredsstillende, og eventuelt om en konkret systemteoretisk teori kan bidra til å bedre arbeidet med vurderinger av fysiske barrierer som dette lukedekket.

I denne studien står begrepet barriere sentralt. En stor del av teorien i denne studien vil derfor se på ulike definisjoner av hva en barriere er, og det vil også bli presentert hvordan godheten av en barriere kan vurderes siden dette vil være av særlig interesse. Studiens tematikk tar blant annet for seg hvilke av lukene som er åpne, når, og hva disse lukene er dimensjonert for på de ulike installasjonene. Teori om egenskapene og godheten til en barriere vil nok ikke besvare disse spørsmålene, men det kan forhåpentligvis si oss noe om hvordan data fra valgte case/ installasjoner kan analyseres. Studien har også til hensikt å finne ut om en systemteoretisk tilnærming til sikkerhet er hensiktsmessig i forhold til en slik barriere som lukedekket utgjør.

For å være en operatør i oljebransjen i Norge er evnen til å utføre produksjon av olje og gass på små og ofte begrensede områder på oljeplattformer nødvendig (Kjellén, 2007). Dette har industrien løst ved bruk av barrierer til å forhindre prosess hendelser til å utvikle seg til større hendelser som brann eller eksplosjon. Det valgte design av barrierene gjøres på bakgrunn av en kombinasjon av spesifikke og målorienterte krav til design og på bakgrunn av den kvantitative risikoanalysen som benyttes som design verktøy. Vi vil nå se nærmere på ulike barriereteorier som benyttes i denne typen arbeid.

## 4.2 Barriereteorier

En barriere er et begrep vi alle kjenner. Dersom vi har gode barrierer, har vi generelt liten sårbarhet (Aven, 2009). Videre sier Aven at godheten til en barriere kan uttrykkes ved sannsynligheten for at den virker når vi trenger den. Bakenforliggende faktorer påvirker denne godheten og disse faktorene kalles ofte risikopåvirkende faktorer. Når vanlige folk hører ordet barriere spiller selvsagt sammenhengen inn på hva de legger i det, men de aller fleste av oss tenker at dette har noe med hindringer eller adskillelse å gjøre. I vitenskapen har ordet barriere også mange betydninger. Det finnes et utall både definisjoner og teorier som tar for seg ordet barriere og godheten til en barriere. Noen av disse vil bli presentert og sett nærmere på i denne delen av rapporten.



Figur 5 Illustrasjon av Energi- og Barriereperspektivet (Rosness, Guttormsen, Steiro, Tinmannsvik, & Herrera, 2004).

Gibson innførte et ulykkesperspektiv som kalles energi- og barriereperspektivet (Rosness, et al., 2004). Dette bygger på energimodellen som legger til grunn av den mest effektive måten å klassifisere skadelige kilder på, er ved å avdekke de formene for fysisk energi som er

involverte. William Haddon formaliserte disse teoriene for bruk i analyser av ulykker og uønskede hendelser (Rosness, et al., 2004). Grunntanken i dette perspektivet er at uønskede hendelser inntreffer når objekter blir truffet av skadelig energi ved fravær av effektive barrierer mellom energikilden og objektet. Energi- og barriereperspektivet ligger ofte til grunn for bruken av barrierer, som er temaet i denne studien. Ved å innføre barrierer ønsker man å beskytte omgivelsene for den skadelige energien. Dette perspektivet gir derfor en innledning til klassifiseringen av de ulike typene barrierer.

Erik Hollnagel beskriver ulike deler av barrierebegrepet og barrierefunksjoner på en oversiktlig måte i artikkelen *Accident analysis and barriers functions* (1999). Denne artikkelen forsøker å formalisere konseptet, og systematisere de mange klassifiseringene av barrierer som blir benyttet, og er på grunn av dette valgt som en del av teorigrunlaget for studien. Presentasjonen av barrierebegrepet er i denne sammenhengen nært knyttet til ulykkesanalyse. Dette har sin naturlige forklaring i og med at barrierene er der nettopp for å hindre ulykker, og at ulykken dermed blir, resultatet av en eller flere sviktende barrierer (Hollnagel, 1999). I den sammenhengen beskrives en barriere som en hindring. Denne hindringen kan ha to formål. Den skal enten hindre gjennomføringen av en handling eller at en hendelse inntreffer, eller så skal den motvirke eller redusere konsekvenser av hendelsen som har inntruffet. Disse to egenskapene ved en barriere foreslås som en måte å klassifisere barrierene på, hvor den ene er forebyggende og den andre er beskyttende. Det er imidlertid også mulig at en enkelt barriere kan inneholde begge egenskapene, men til ulike scenario.

Det finnes mange måter å klassifisere barrierer på. Hollnagel viser til Taylors inndeling av barrierer som sier at en barriere kan være enten aktive eller passive (Hollnagel, 1999). En aktiv barriere kan ha ulike funksjoner, utløsning av disse funksjonene bidrar til at hensikten med barrieren oppnås. Sklet sier at barrierefunksjonene er en funksjon som er planlagt for å forebygge, kontrollere eller begrense en uønsket hendelse eller ulykke (Sklet, 2006).

Mens Hollnagel på sin side definerer en barrierefunksjon som den spesifikke måten en barriere oppnår sin hensikt på. Hensikten er som tidligere beskrevet å hindre det uønskede utfall eller hendelsen å inntreffe. Når en barriere er passiv eller inaktiv vil det si at den tjener sin hensikt ved å eksistere, denne barrieren trenger ikke aktivisering. Disse barrierene kan igjen både bidra til forebygging eller beskyttelse. Dette kan eksemplifiseres ved at en blinkende varselampe, som er en aktiv barriere, kan bidra til å hindre at en handling blir utført. På



samme måte kan en brannvegg, som er en passiv barriere, hindre eskalering av brannen, og på denne måten unngå eller begrense ulykkeshendelsen. Disse to eksemplene viser at både aktive og passive barrierer kan benyttes som forebyggende tiltak. Når det gjelder beskyttelse nevnes sprinkler system som en aktiv barriere, som etter aktivering (automatisk eller manuell), bidrar til å begrense eller stoppe ulykkeshendelsen.

Når det kommer til bruken av barrierebegrepet i risikoanalyser trekker Hollnagel igjen frem Taylors teorier (Hollnagel, 1999). Her presenteres i tillegg til aktive og passive barrierer, også en prosedural barriere. Dette kan for eksempel være brukerveiledning til utstyr. I tillegg til dette vektlegger også Taylor spesifikke krav til disse barrierene. Disse kravene går på tilstrekkelighet, tilgjengelighet og pålitelighet, robusthet og til slutt barrierens spesifisitet (ingen negative bivirkninger ved aktivering).

### 4.3 Barrierens ytelse

Doktoravhandlingen til Snorre Sklet, *Safety Barriers on Oil and Gas Platforms*, tar for seg klassifisering og definering av barrierer og barrierebegrepet, og er derfor også svært relevant i denne studien. I vårt tilfelle, som er en studie av lukedekkets rolle som barriere, vil en analyse av ytelsen til barrieren kunne gi oss et bilde av hvordan lukedekket fungerer i ulike scenario. Sklet trekker frem MTO- analyser som eksempel på fremgangsmåter en kan benytte for å finne utilfredsstillende, manglende eller fungerende barrierer (Sklet, 2005).

Ptil, som er ansvarlig sikkerhetsmyndighet for petroleumsindustrien i Norge, fremmet gjennom et brev til petroleumsindustrien i 2002, tre komponenter som spiller inn på barrieres ytelse (Sklet, 2005). Disse tre komponentene er funksjonalitet/ effektivitet, tilgjengelighet/pålitelighet og robusthet. Tidligere har Ptil nevnt kapasitet, pålitelighet, tilgjengelighet, effektivitet, motstandsdyktighet mot laster, integritet og robusthet som faktorer som kan si noe om barrierens ytelse.

Hollnagel presenterer også et sett med aspekter som kan si noe om barrierens kvalitet (Hollnagel, 1999). Disse er effektivitet eller tilstrekkelighet, nødvendige ressurser, robusthet, tid til implementering, tilpasningsevne til de sikkerhetskritiske oppgavene, tilgjengelighet, evaluering av barrierens funksjon og avhengighet av menneskelig handling.

I ARAMIS-prosjektet<sup>4</sup> ble sikkerhetsbarrierene evaluert etter de tre kriteriene effektivitet, responstid og grad av sikkerhet (Sklet, 2005). Effektiviteten til en barriere er evnen til å utføre en sikkerhetsfunksjon over tid, i ikke forringet tilstand eller under spesifiserte forhold.

Responstiden er tiden mellom påvirkning til barrieren har oppnådd en tilstand der barrierefunksjonen er i gang. Grad av sikkerhet til en sikkerhetsbarriere er sannsynligheten for svikt ved behovet til å utføre en ønsket sikkerhetsfunksjon, på riktig måte, i henhold til en gitt effektivitet og responstid, under alle de nevnte forholdene innenfor en angitt tidsperiode (Sklet, 2005).

I denne studien vil vi se på hvordan lukedekketes ytelse som barriere er analysert og dokumentert på de ulike installasjonene, og hva regelverket sier om dette. For å si noe om ytelsen til lukedekket som barriere velger vi ut de faktorene vi mener er mest aktuelle for ytelsen til denne spesifikke barrieren (lukedekket). Det er ikke nødvendigvis alle faktorer som er like aktuelle for alle typer barrierer skriver Sklet. Det er mange måter å analysere og klassifisere barrierer på, det er også mulighet for at det blir benyttet andre tilnærminger enn dette på de installasjonene vi ser på. Vi vil studere denne barrieren ut fra Sklets anbefalinger for hvordan man kan karakterisere ytelsen til en barriere. Med denne barriereteorien som basis blir analysen av installasjonene utført, fremgangsmåten og fokus for denne spesifiseres nærmere i metodekapitlet.

#### **4.3.1 BORA – en metode for å analysere barrierer**

BORA-metoden<sup>5</sup> er utviklet for å kunne analysere barrierer kvalitativt og kvantitativt (Rausand & Utne, 2009). Metoden tar hensyn til operasjonelle forhold, menneskelige og organisatoriske faktorer. Metoden skal kunne være et verktøy for offshorevirksomheten i driftsfasen, og den skal kunne vise hvilken effekt endringer i aktivitetene på installasjonen har på risikoen for hydrokarbonlekkasje. Metoden gjennomføres ved at man velger scenario som passer til det tekniske systemet som er valgt, og utformer et barriereblokkdiagram. Så vurderes barrierene i barriereblokkdiagrammet opp mot scenarioene. Barrierene vurderes så i forhold til utløsende hendelser, effekten den har på ulykkeshendelsen, responstid, pålitelighet og tilgjengelighet, og robusthet.

---

<sup>4</sup> ARAMIS - Accidental Risk Assessment Methodology for Industries (Øien, 2005)

<sup>5</sup> BORA - Barrier and operational risk analysis (Rausand & Utne, 2009; Øien, 2005).

Videre i metoden settes det opp et bayesiansk nettverk som viser hvilke risikopåvirkende faktorer som påvirker barrierefunksjonen (Rausand & Utne, 2009). Her benyttes både personrelaterte, oppgaverelaterte, tekniske, administrative og organisatoriske faktorer. Deretter kartlegges tilstanden til de risikopåvirkende faktorene før de vektet i en analytisk prosess. Slik får man en fremstilling av hvilke faktorer som gir størst bidrag til den risikoen for hydrokarbonlekkasje. Til slutt skal resultatene gjøres relevante for installasjonen vi studerer, slik at man kan få en endelig beregning av risikoen. BORA analysen bidrar til økt kunnskap om sikkerhetsbarrierene på installasjonen, og den gir innsikt i de risikopåvirkende faktorene. Den krever imidlertid stor tilgang på data som ikke eksisterer i dagens databaser, i tillegg kan deler av den metodiske fremgangsmåten med vektning og vekt faktorer diskuteres.

## 4.4 Levesons ulykkes teori

### 4.4.1 Kompleksitet

De ulykkesmodellene eller teoriene som er beskrevet ovenfor ser på ulykker og uønskede hendelser som et resultat av en hendelseskjede eller sekvens av hendelser. Disse modellene er mye benyttet til feil i fysiske komponenter og til relativt enkle systemer. I takt med den gryende utviklingen innen teknologi verden har sett de siste 50- 60 årene, vokste det også frem et behov for ulykkesmodeller som tok hensyn til mer komplekse systemer. Det tradisjonelle synet på ulykker, som var at den er et resultat av energi på avveie, var ikke lenger nok til å dekke de nye årsakene til uønskede hendelser eller ulykker (Leveson, 2004). I tillegg til energien som er i systemet, styres ofte handlingene av informasjon som må sendes, mottas og responderes på, for at arbeidet skal kunne utføres som planlagt. Som Leveson skriver er tap av informasjon eller feil informasjon et potensial for nye ulykkeshendelser.

Økende kompleksitet og tettere koplinger er noe den nye teknologien benytter seg stadig mer av (Leveson, 2004). Systemene blir designet med potensielle interaksjoner mellom komponenter som vanskelig lar seg planlegge, forstå eller beskytte. Noen systemer er så komplekse at bare et fåtall eksperter, og knapt de, kan si noe om oppførsel og påvirkning på systemet. En offshore installasjon, vil passe godt inn i denne beskrivelsen. Vekt, egenskaper og plassering av moduler, samt at disse ulike delene skal fungere sammen og kunne styres gir på mange måter et bilde på denne systemavhengigheten som Leveson beskriver. Det at installasjonen også knyttes sammen med andre installasjoner offshore gjør bildet ytterligere

mer uoversiktelig. Uten at vi vil gå nærmere inn på Piper Alpha ulykken her, vil den kunne nevnes som et eksempel på at feilinformasjon eller brudd i informasjonsflyten kan få fatale konsekvenser (Rausand & Utne, 2009).

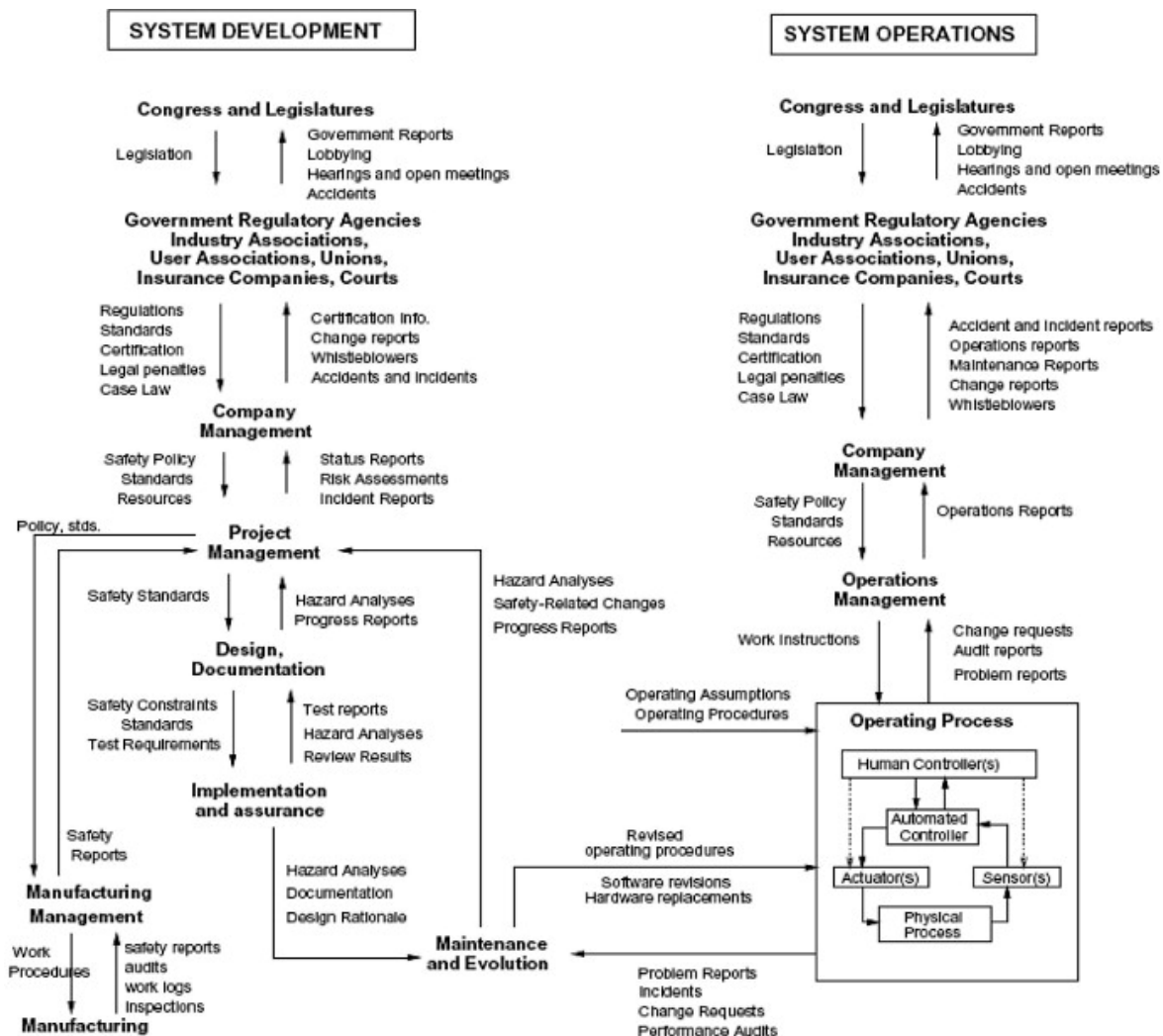
I vårt samfunn med stadig mer kompleksitet og innbyrdes sosial struktur har sikkerhetsansvaret dreiet fra det individuelle ansvaret til et myndighetsansvar (Leveson, 2004). En stadig mer presset og resultatfokusert industri gjør at myndighetene må steppe inn for aktivt å sørge for at offentlighetens krav blir nådd. Eksempel på dette kan være tilsyn, krav til dokumentasjon og så videre. Dette gjelder også i oljebransjen, hvor et sett ulike standarder vil gjelde alt etter hvilken type installasjon og lokaliseringen på denne er, opprettelsen av petroleumstilsynet som utfører tilsyn og kontroll av installasjoner og aktiviteter på sokkelen, samt krav til utførte analyser som totalrisikoanalysen er eksempel på dette. Internt håndheves dette av leverandører og operatører. Mens de eksterne kontrollene blir gjort av myndigheter og tilsyn som for eksempel Petroleumstilsynet og Arbeidstilsynet.

Operatører, ledere, ingeniører og tilsynsmyndigheter har som regel sine egne tanker og teorier om hva som er årsaken til at en uønsket hendelse inntreffer (Leveson, 2004). De har ulike perspektiver og roller i det overordnede sosio-tekniske systemet. Det har vært et overveiende fokus på feilhendelser, og pålitelighetstenkningen for å finne teknikker som hindrer disse. Den mest logiske måten å forhindre de uønskede hendelsene i feilhendelseskjedene har vært ved tiltak som bryter kjeden. Dette gjøres ved å innføre forebyggende tiltak, eller bygge redundans inn i systemet som bidrar til å redusere sannsynligheten for hendelsen (Leveson, 2002). Leveson understreker at dette fokuset på feilhendelseskjeder og komponenter ikke tar med i betraktningen de sosiale og organisatoriske faktorene i ulykker, systemulykker og feil i programvare, menneskelige feil og tilpasning over tid. Vi håper at ved å benytte en slik sosio-teknisk tilnærming på vår problematikk kan finne ut hvilke potensial en slik tenkning kan ha for fysiske barrierer, dets rolle og bakgrunn for design av disse. Vi vil undersøke om dette er en hensiktsmessig tilnærming og eventuelt hvordan dette kan bidra til å styrke dagens praksis?

#### **4.4.2 En ny tilnærming**

Modellen nedenfor viser det sosio-tekniske systemet som tidligere er fremstilt av Rasmussen og Svedung (Leveson, 2004). Deres modell tar imidlertid kun for seg operasjoner og ser ikke på design/ utviklingen av systemet. Leveson har valgt en figur som viser både

systemoperasjoner og systemutviklingen, figuren viser samspillet mellom operasjoner og utvikling, og at sikkerheten er avhengig av begge deler. Komplekse systemer som for eksempel en oljeplattform er avhengig av at sikkerheten er ivaretatt både gjennom drift og design. Det skaper et helhetsbilde hvor alle involverte parter og nivå i apparatet får sin plass. Noe som også viser at informasjonsflyten i systemet er avhengig av både de på høyere og lavere nivå i hierarkiet. Dersom man ikke er bevisst dette helhetsbilde er det stor fare for at informasjon kan stoppe opp og gå tapt. Informasjon som ikke formidles til rette vedkommende vil kunne være grunnlag for det Reason beskriver som latente forhold, og i verste fall legge forholdene til rette for at ulykker kan inntreffe uten at man er bevisst på årsakene til det (Reason, 1997).



Figur 6 Modell styrt av sosio-teknisk kontroll (Leveson, 2004).

En måte å håndtere kompleksiteten som er benyttet i dagens teknologi på, kan være å se hver av de enkelte komponentene i den sammenheng de står i. Først ved å vurdere systemet som

helhet får man inntrykk av avhengigheter mellom komponentene og systemet. Leveson vurderer samspillet mellom de to prosessene System utvikling og System operasjoner ved å sette disse opp i samme modell. Her vurderes ikke bare de fysiske komponentene sammen som en fysisk helhet, men modellen tar også med seg hele apparatet fra myndigheter, tilsyn, selskap og operatører på både operasjonelt nivå og på design nivå. For å kunne benytte denne modellen til design av komplekse systemer krever dette en inndeling av systemet i hierarkiske nivåer, med kontrollprosesser som opererer i grensesnittet mellom nivåene (Leveson, 2004). Mellom de ulike hierarkiske nivåene på hver kontrollstruktur kreves effektive kommunikasjonskanaler. God informasjonsflyt er nødvendig nedover i systemet for å få iverksatt de nødvendige restriksjonene på nivået under, og oppover i systemet for å formidle tilbakemeldinger om effektiviteten av de innførte restriksjonene.

Constraints, eller begrensninger/ restriksjoner som vi vil benytte på norsk, står svært sentralt i modellen som Leveson kaller STAMP<sup>6</sup>. Denne ulykkesmodellen har et større fokus på begrensninger enn hendelser. Årsaken til at ulykkeshendelser oppstår, blir altså sett på som resultatet av manglende innbakte begrensninger i design av systemet, og i operasjoner (Leveson, 2002). Hvorfor utgjør disse manglende begrensningene en fare for systemet? De mulighetene vi har med dagens teknologi gjør at vi kan bygge komplekse systemer hinsides våre egen intellektuelle forstand (Leveson, 2004). Løsningen på dette kan være å bygge inn sikkerhet i systemet gjennom begrensninger/ restriksjoner. utfordringen ligger i å identifisere begrensninger som tvinger systemene inn i det overordnede systemdesignet. Selv om Levesons teori har sitt utspring fra software systemer er dette også noe kan gjøres på fysiske systemer. Det handler da om å innføre begrensninger som reduserer mulighetene for hvilke aktiviteter som kan foregå og på den måten styre de hendelsene som kan inntreffe. Vi har tidligere hørt at det for aktivitetene på oljeplattformen kreves analyser eller vurderinger rundt sikkerheten. For aktiviteter som simultane operasjoner i boreområdet må det utføres sikkerjobbanalyser og konsekvensvurderinger for å vite om restriksjoner eller nedstengning må foretas. Dette er konkrete eksempel på slike begrensninger som finnes i forhold til aktivitetene som foregår på eller gjennom lukedekket.

For at denne modellen skal fungere i praksis trengs det effektive kommunikasjonsformer som både formidler og sørger for at nødvendige begrensninger/ restriksjoner blir innført på lavere

---

<sup>6</sup> System-theoretic analysis model and processes (Leveson, 2004).

nivå (Leveson, 2004). Det er også avgjørende at kommunikasjonen går andre veien og gir tilbakemelding på hvor effektivt disse begrensningene ble gjennomført. Vi ser at for både det operasjonelle, og for arbeidet med utvikling av systemet, er det øverste hierarkiske nivået gjeldende lovverk og myndigheter. Det er myndighetene som lager lovverk, og legger grunnlaget for de styrende strukturene. Tilbakemeldingene til myndighetsnivået gjøres gjennom myndighetsrapporter, og høringer samt andre kanaler der erfaringer og meninger kan formidles til lovgiverne.

Etter en presentasjon av modellen kan det være greit å se på hvilke faktorer som fører til ulykkene. Det er disse man ved hjelp av kunnskap om modellen, systemene og operasjonene ønsker å kunne unngå. Som vi tidligere har sett har Levesons modell gått litt bort fra den tradisjonelle måten å forklare ulykker og dekomponere systemer på, som er bruk av hendelseskjeder (Leveson, 2004). I stedet velger hun å benytte såkalte control loops eller kontroll sløyfer som vi kan kalle det på norsk. Disse sløyfene formidler informasjon og både inn i systemet som ordrer, og fra systemet som tilbakemeldinger. På denne måten har en ekstern kontrollør, som kan være en operatør, mulighet til å innvirke og fastsette statusen på systemet. De utrygge hendelsene som inntreffer i kontrollsløyfene på hvert nivå av det sosio-tekniske systemet, skyldes enten manglende eller utilfredsstillende begrensninger i prosessen på et lavere nivå i systemet, eller mangler i gjennomføringen av begrensninger. Denne modellen vil altså gå videre fra praksisen med å skyldes på feil i enkeltkomponenter som årsak til slike ulykker, og ønsker samtidig å avdekke de virkelige årsakene til at den uønskede hendelsen har inntruffet.

#### **4.4.3 Risikoanalyse basert på STAMP (STPA)**

STAMP ble i utgangspunktet utviklet med tanke på tekniske komponenter i systemer, men fungerer også svært godt på sosiale og organisatoriske faktorer (Leveson, 2002). Vi vil her beskrive hvordan metoden kan benyttes i design prosessen av tekniske systemer. Å benytte en slik risikoanalytisk tilnærming tidlig i design kan gi store fordeler i forhold til å starte sikkerhetstenkingen etter at designet er bestemt. Trevor Kletz innførte prinsippene for iboende sikkerhet i design med den hensikt å designe for å unngå ulykkeshendelsene, heller enn å kontrollere dem med tilleggsutstyr i etterkant (Kletz, 1991). Dette er en klar parallell til teoriene om iboende sikkerhet i design.

Bruken av denne metoden kan forenklet summeres i tre punkter (Leveson, 2002):

- Etablere en definisjon av systemet og de hierarkiske strukturene som ligger til grunn. I system teorien, ser man på systemer som hierarkiske strukturer hvor høyere nivåer gir restriksjoner til aktiviteten på nivåer under (Leveson, 2004).
- Identifisere ulykkesscenario/ farer for systemet under operasjon, samt de nødvendige begrensningene/ restriksjonene for å oppnå en akseptabel risiko.
- Akkumulere informasjon om hvordan disse begrensningene/ restriksjonene kan bli brutt eller skadet slik at dette kan benyttes for å kontrollere de uønskede hendelsene, og ivareta de innførte begrensningene i system design, utvikling, fabrikkering og operasjoner.

Første del av metoden går ut på å definere systemet og identifisere begrensningene som er nødvendig for å ivareta sikkerheten i systemets design. Deretter identifiseres ulykker som kan inntreffe under drift av systemet. I arbeidet med å kartlegge ulykkesscenarioene bør man vurdere ulike systemkonfigurasjoner. I vårt tilfelle kunne dette vært en kartlegging av ulykker og farer med ulike lukekonfigurasjoner. Hva har det å si med lukkede luker i dekket, en luke åpen, to luker åpne, plassering til de åpne lukene, osv. Først identifiseres ulykkesscenario for systemet i drift. Hva som er driftssituasjonen for systemet er ikke nødvendigvis opplagt. For lukedekket kan dette defineres som selve åpningen eller lukking av lukene i dekket, bruk av låsemekanismene på lukene, eller det kan dreie seg om de operasjonene som foregår gjennom lukene og i områdene lukedekket skiller. Her er det nødvendig med klare definisjoner. Neste steg er å identifisere mulige systemulykker. Dette vil i vårt tilfelle for eksempel være brann eller eksplosjon i brønnhodeområdet.

Å benytte slike metoder der designet blir basert på sikkerhet søker først og fremst å eliminere ulykker gjennom måten å designe på (Leveson, 2002). Dersom det ikke er mulig eller krever uakseptable begrensninger i forhold til de operasjonelle egenskapene, må man gjøre tiltak for å redusere sannsynligheten for at hendelsen inntreffer, eller de negative konsekvensene av hendelsen, samt innføre beredskapsplaner for å takle hendelsene.

I designprosessen benyttes STPA analysen for å gi input (Leveson, 2002). Tidlig i prosessen finnes det lite informasjon, da vil analysen være svært grov, etter hvert blir den forbedret og



utvidet ettersom ytterligere mer informasjon fremgår av de ulike aktivitetene i designet av systemet. Etter hvert som design og analyseprosessen fremgår vil man igjen ta frem den hierarkiske strukturen for å få med de eventuelle nye begrensningene som er kommet inn og oppgradere denne. Slik sett blir analysemetoden et dynamisk verktøy i design og driftsfase av systemet. Og gi verdifull informasjon til design og drift av det helhetlige systemet, i vårt tilfelle installasjonen.

## 5 Metode

### 5.1 Innledning

Bruk og kunnskap om barrierer har en sentral plass i design og utvikling av tekniske systemer, dette gjelder også for offshore installasjoner. Bakgrunnen for denne studien er at det i gjentatte prosjekter har dukket opp uklarheter om hvilke rolle og funksjon lukedekket mellom brønnhodeområdet og boreområdet på installasjonen har.

Studien har en todelt oppbygging. Første del av studien har som hensikt å avklare hvilken funksjon dette lukedekket har som barriere, og hva som ligger til grunn for ytelsen av en slik barriere. Gjennom en kartlegging av dagens praksis vedrørende lukedekket vil studiens andre del søke å avgjøre hvorvidt en systemteoretisk tilnærming kan være anvendbar i design og vurdering av slike fysiske barrierer som lukedekket. På bakgrunn av dette har valget falt på den følgende problemstillingen:

*Hvordan vurderes ytelse og funksjon til den fysiske barrieren mellom bore- og brønnhodeområdet på faste installasjoner? Hvilket potensial har Levesons systemteori som teoretisk rammeverk for vurderinger av en fysisk barriere som dette?*

### 5.2 Frem til nå

Rapportens oppbygging er strukturert med hensikt å belyse den nødvendige og utvalgte teori og basiskunnskap som trengs for å utføre analysene i forskningsprosjektet først. Deretter gjennomgås det metodiske opplegget som beskriver hvordan og hvorfor gjennomføringen av studiens analyse skal utføres. Vi fant denne struktureringen naturlig på grunn av tematikkens behov til grunnkunnskap og innledende teori.

### 5.3 Metodisk tilnærming

Valg av metodisk fremgangsmåte er en viktig del av forskningsarbeidet, og dette skal bidra til at en arbeider på en målrettet og systematisk måte (Jacobsen, 2005). Kvaliteten av forskningsarbeidet er avhengig av et godt metodisk opplegg, og er derfor noe som har blitt lagt vekt på i utføringen av denne studien. Det er flere faktorer som spiller inn på valg av metodisk tilnærming. For det første krever denne studiens tematikk inngående forståelse om

funksjon og design av de installasjonene og den teknologien som benyttes. Man må vurdere hvilke datamateriale som ligger til grunn, og hvilke data man har tilgang til. Man bør også reflektere over hva hensikten med studien er, hva man ønsker å oppnå. Dette er kriteriene vi har lagt til grunn for vårt valg av metodisk tilnærming i denne studien.

Temaet i denne studien krever en innledende presentasjon av aktuelle installasjoner og operasjoner som er aktuelle for den virksomheten som foregår på installasjonene, og i det aktuelle området lukedekket befinner seg i. For å kunne si noe om dagens praksis vedrørende lukedekkets funksjon og ytelse som barriere har vi valgt å se på fire relevante faste installasjoner. Datamaterialet vi har tilgang til består av ulike tekniske dokumenter, med stort omfang, for de ulike installasjonene. Hver av installasjonene som skal analyseres i studien har sine unike løsninger, og består av kompleks teknologi. Det er derfor viktig å kunne vurdere disse installasjonene individuelt med en fleksibel tilnærming, og dybdekunnskap. På bakgrunn av at vi har et begrenset utvalg installasjoner og en stor mengde datamateriale som krever en intensiv dybdeanalyse har valg av metodisk tilnærming falt på en kvalitativ tilnærming. En kvalitativ tilnærming gir større fleksibilitet og individuell oppfølging, mens en kvantitativ tilnærming gir mer detaljert informasjon om populasjonens utvikling og trend (Ringdal, 2001).

#### **5.4 Komparativ casestudie**

For å kunne kartlegge hva som er dagens praksis når det gjelder hvordan funksjon og ytelse av en fysisk barriere som lukedekket blir vurdert, kreves inngående analyser av de utvalgte installasjonene. Innen metodefaget kalles denne metoden med sammenligning av et utvalg analyseenheter komparativt casestudie (Jacobsen, 2005). Betegnelsen ”*case*” kan forklares med at en velger ett eller noen få tilfeller som gjøres til gjenstand for inngående studier.

Det har blitt valgt å studere utvalgt datamateriale fra fire ulike installasjoner. Antall og valg av case styres av flere momenter. Som tidligere beskrevet har valg av metode blant annet vært avhengig av tilgjengelig datamateriale. Det samme gjelder valg av case. På grunn av at studien utføres for Aker Solutions var vi avhengig av at de kunne gi tilgang til tilstrekkelig datamateriale for de utvalgte casene. De fire installasjonene som er utvalgt oppfyller kravene for å være relevante for problemstillingen og tematikken.

Kriteriene for valg av installasjoner:

- Har bore- og brønnhodeområde
- Har lukedekk mellom disse områdene
- Har vært eller er en del av Aker Solutions prosjekter
- Tilgang på datamateriale

Selv om alle casene har fellestrekkene som knytter dem til problemstillingen er de svært ulike. De omtales i denne studien med bokstaver fra A- D. Tabellen viser hvilken status de har i forhold til modifiseringer av bore- og brønnhodeområdene. Casene har individuelle forskjeller. Ettersom en må studere hver case individuelt er dette nok et argument for at en kvalitativ tilnærming til metodikken i denne studien er hensiktsmessig.

Case	Status
Installasjon A	Modifisering utført
Installasjon B	Modifisering skal utføres
Installasjon C	Ikke modifisert dette området
Installasjon D	Under prosjektering, FEED fase

Tabell 5 Utvalgte installasjoner

## 5.5 Metode

Som nevnt i innledningen av metodekapittelet er studien todelt. Første del av studien søker å finne dagens praksis hva angår vurderingen av lukedekks funksjon og ytelse som barriere på faste installasjoner. I andre del av studien vil det bli studert hvilket potensial en systemteoretisk tilnærming har som rammeverk for vurderingen av lukedekks rolle som barriere. Denne todelte problemstillingen gjør at det også er naturlig å skille mellom disse delene i beskrivelsen av studiens metodiske opplegg. Dette har vi derfor valgt å gjøre.

### 5.5.1 Tidligere forskning

I starten av oppgaveperioden ble det gjennomført et bredt litteratursøk for å finne eller kartlegge annen forskning innenfor dette temaet. Det er viktig å kartlegge dette slik at aktuell tidligere forskning kan gå inn som en del av datagrunnlaget. Kunnskap til det fagområdet en studerer og forskningen på området er en viktig del av forskningen.

Når det gjelder litteratursøket har man som student på Universitetet i Stavanger tilgang bibliotekets mange databaser. Her finnes mye litteratur som er relevant i forhold til petroleumsindustrien. Dette gjør at et litteratursøk gjennom dette nettverket vil dekke en svært stor del av den relevante litteraturen innen dette feltet, noe som er ønskelig slik at søket gir et så godt bilde som mulig av tilstanden og kunnskapen om problematikken studien skal se på. I tillegg til litteratursøk i databaser og bibliotek har forskningsinstitusjoner blitt kontaktet direkte for å få kartlagt om studier på lukedekket har blitt utført.

I litteratursøket vedrørende dette temaet gjorde vi ingen relevante funn som gikk direkte på vurdering av sikkerheten til lukedekket, dets funksjon som barriere eller design. Det ble også foretatt søk på tema som petroleumslovgivningen, hovedområder og barrierer. Dette for å undersøke om det er gjort interessante eller relevante studier som kan inngå som en del av teorigrunnlag for oppgaven eller som supplement til studien. Det ble her funnet relativt mye litteratur og materiale, men av heller generell karakter. At litteratursøket gav lite resultater anser vi som en god indikasjon på at tematikken ikke, eller i liten grad, har vært gjenstand for forskning. Det ble også foretatt direkte henvendelser til forskningsinstitusjoner innen brann, som heller ikke kunne opplyse om relevante studier. Vi valgte etter dette å gå inn i en analyseprosess der det ble sett på et utvalg av fire installasjoner.

### 5.5.2 Analyse del 1

For å kunne kartlegge dagens praksis hva angår ytelse og funksjon til lukedekket som barriere var tilgang til relevant datamateriale for de fire utvalgte installasjonene nødvendig. For en offshore installasjon foreligger det store mengder dokumentasjon, og det ble derfor nødvendig å foreta avgrensninger i hvilken dokumentasjon som skulle være grunnlag for analysen av de ulike installasjonene. Det ble her valgt å fokusere hovedsakelig på totalrisikoanalysen, og måten lukedekket ble vurdert og beskrevet på i denne. Men i tillegg til denne ble det valgt å supplere med andre dokumenter som arbeidsprosedyrer, tegninger og øvrige tekniske notat av relevans. En total liste over hvilke dokumenter som er benyttet i analysen av de ulike installasjonene finnes i Vedlegg 3. Her utgjorde interne og eksterne nøkkelinformanter en viktig rolle hva angikk å forklare, supplere eller presisere de funn som ble utført i analysen. Vi vil nå forklare hvordan analysen av datamaterialet har blitt gjennomført.

Denne studien har som mål å besvare den valgte problemstillingen. Dette kan gjøres på mange måter, men valg og gjennomføring av en god metodisk fremgangsmåte vil kunne bidra til dette. I den sammenheng er gyldighet og pålitelighet to viktige faktorer (Jacobsen, 2003). For å oppnå gyldighet i forskningsarbeidet må vi stille de riktige spørsmålene, det går på om vi måler det vi ønsker å måle. I vår sammenheng har det blitt lagt stor vekt på å stille de riktige spørsmålene i analysen av det tilgjengelige datamaterialet. Disse spørsmålene er aktivt benyttet i gjennomgang av de ulike dokumentene og danner også strukturen i analysedelen som redegjør for funnene gjort hos de ulike installasjonene. For å kartlegge dagens praksis i forhold til lukedekkets funksjon og ytelse som barriere ble følgende spørsmål stilt i analysen:

1. Hvilke dimensjonerende laster utsettes lukedekket for?
2. Hvordan lukedekkets funksjon uttrykkes som barriere?
3. Hvilke ulykkesscenario kan føre til eksponering av lukedekket?
4. Hvilke tiltak kan bidra til å ivareta lukedekkets integritet?

Når det gjelder studiens pålitelighet er det særlig datamaterialet som spiller inn, men også valg og bruk av respondenter kan ha innvirkning på dette. Tre av de utvalgte installasjonene er eldre installasjoner, dokumentasjonen fra disse installasjonene er etablert og godkjent av de ansvarlige bedrifter. På bakgrunn av dette har det blitt antatt at den informasjonen datamaterialet gir har stor pålitelighet i forhold til tilstanden på installasjonen. Likevel må det tas i betraktning at noen av analysene er flere år gamle, så selv om tilstanden stemte på det tidspunktet disse ble godkjent, kan dagens tilstand være annerledes. For den fjerde installasjonen er situasjonen noe spesiell. Den er i FEED fasen, noe som i praksis betyr at det ikke foreligger endelige løsninger eller dokumentasjon på denne installasjonen. Påliteligheten til den informasjonen datamaterialet her har gitt må derfor antas å være noe lavere. Dette har vi imidlertid tillagt vekt og vært bevisst på både i analysedelen, og i drøftingen av de funn som er gjort.

Angående valg og bruk av respondenter har det blitt benyttet personer som enten har hatt eller har aktive roller i prosjekter tilknyttet den aktuelle installasjonen. Deres kunnskap om den aktuelle installasjonen antas derfor å være god. I tillegg har det blitt benyttet noen respondenter som jobber med spesialfelt innen teknisk sikkerhet og boreteknologi. Respondentens rolle har først og fremst vært å utfylle eller verifisere det datamaterialet som

foreligger for de ulike installasjonene, men også bidratt med informasjon om boreoperasjoner og spørsmål om teknisk sikkerhetsmessige tema.

<b>Respondenter</b>	<b>Prosjekt/Fagfelt</b>	<b>Selskap</b>
Respondent 1	Installasjon A - Teknisk sikkerhet	Aker Solutions
Respondent 2	Installasjon B & C - Teknisk sikkerhet	Aker Solutions
Respondent 3	Installasjon D - Teknisk sikkerhet	Aker Solutions
Respondent 4	Brannvann/ Teknisk Sikkerhet	Aker Solutions
Respondent 5	Drilling Concept	Aker Solutions
Respondent 6	Spesialist teknisk sikkerhet	Oljeselskap

Tabell 6 De ulike respondentenes kompetanse og tilhørighet

Som man ser av tabellen er en av respondentene ekstern. En av grunnene til dette er at vedkommende er spesialist innen teknisk sikkerhet, og dermed meget interessant for studiens tematikk. For oppgavens pålitelighet er det også en styrke at det blir innhentet informasjon også fra et annet fagmiljø. Dette kan være med på å bedre studiens eksterne gyldighet (Jacobsen, 2003).

Informasjon fra denne respondenten ble innhentet gjennom et telefonintervju. Se vedlegg 1 og 2. Intervjuobjekt fikk oversendt intervjuguiden i forkant og på den måten tid til å forberede seg. Intervjuet ble gjennomført i en uformell tone, der det ble benyttet supplerende spørsmål underveis for å få svarene utdypet eller presisert. Det ble lagt vekt på ikke å stille ledende spørsmål, og unngå avbrytelser. Intervjuet hadde først og fremst et generelt fokus og hensikten var å få informasjon som kunne bidra til å utdype eller forklare funn i analysen av installasjonene.

### 5.5.3 Analyse del 2

Studiens andre del har som hensikt å undersøke hvilket potensial Levesons systemteoretiske tilnærming, har i vurdering av ytelse og funksjon til lukedekket som barriere. For å gjøre dette blir det utarbeidet et eksempel på hvordan metoden STPA kan benyttes i design av lukedekket som barriere. Beskrivelse av metoden som ligger til grunn for analysen ble presentert i teorikapitlet. I denne beskrivelsen blir det vektlagt å gjøre metoden relevant for vår problemstilling, som er lukedekket som fysisk barriere.

Hensikten med å benytte STPA analysen på lukedekket som barriere er for å kunne sammenligne resultat eller funn fra en slik analyse, med dagens praksis i del en av analysen. Ved å gjøre dette ønsker vi å finne ut om bruken av en systemteoretisk tilnærming kan gi andre resultater og funn enn dagens praksis gjør. Vi vil deretter drøfte hvorvidt en slik tilnærming er hensiktsmessig i arbeidet med fysiske barrierer som lukedekket, og om dette kan bidra til å bedre dagens praksis. I drøftingen vil også øvrig teori av Leveson benyttes i tillegg til de resultater denne analysen gav, for å diskutere hvilke potensial den systemteoretiske tilnærmingen har for problemstillingen.

Utfordringene med å benytte en slik modell er at det krever store ressurser i tillegg til innsikt og kunnskap om systemet. Dette er årsaken til at analysen først og fremst er gjennomført med tanke på å gi eksempel på hvordan dette kan utføres. Det er ikke utført en fullstendig gjennomføring av en slik analyse på det utvalgte systemet nettopp på grunn av at dette ville krevd både detaljert kunnskap om flere fagfelt, og i større erfaring i bruk av metodikken. Det må derfor tas høyde for at man ved gjennomføringen av en fullstendig analyse kunne funnet andre momenter enn det denne studien gjør. Det har likevel blitt fokusert på å utarbeide en hierarkisk struktur, og kartlegge begrensninger som er nødvendige i systemet for å forhindre ulykkeshendelser. I tillegg til dette har det blitt studert hvordan designprosessen påvirkes av de ulike begrensningene som ligger til grunn for systemet.

#### **5.5.4 Validitet**

For å oppnå god validitet i studien er det viktig å vurdere hvilke analyseenheter som er studert (Jacobsen, 2003). Vi har sett på fire installasjoner som alle er eller har vært prosjekter hos Aker Solutions. Alle installasjonene hører til samme oljeselskap. Det at man her har analyseobjekter fra de samme aktørene kan bidra til å svekke studiens eksterne gyldighet på den måten at dagens praksis først og fremst vil gjelde for disse to selskapene. Det er imidlertid ikke gjort undersøkelser av det samme temaet hos andre selskaper, som kunne bekreftet eller avkreftet at vår oppfatning av dagens praksis er gyldig også hos andre. Det må i denne sammenheng nevnes at bruken av rammeleverandører når det gjelder den type dokumentasjon som for eksempel totalrisikoanalyser igjen kan bidra til å øke gyldigheten. Dette fordi de samme selskapene som har levert deler av vårt datamateriale sannsynligvis har levert lignende rapporter også for andre installasjoner.



Det har blitt lagt vekt på å benytte respondenter til å supplere faktainformasjon, eller for å beskrive fagfelt av særlig interesse for studien. Resultatene i studien er derfor ikke bare basert på egen tolkning av de skrevne dataene som foreligger. Gjennom intervju av aktuelle nøkkelinformanter som har dybdekunnskap til installasjonene og arbeidsmetodene som er benyttet, og ved å undersøke om det er utført annet forskningsarbeid på dette området, kan vi få verifisert de funnene som blir gjort i datamaterialet. Slik bruk av ulike metoder, og bevissthet rundt dette skal gjøre studien mer valid.

### 5.5.5 Etikk

Det er viktig å presisere at studien ikke har hatt som hensikt å arrestere selskaper eller enkeltpersoner for valg av feil løsning eller dårlig arbeid. Temaet er interessant og aktuelt nettopp fordi det ikke finnes et entydig svar eller en opplagt løsning, men at det handler om hva som ligger bak de valg som har ført til den løsningen eller tilnærmingen som er valgt. På bakgrunn av dette blir det valgt å anonymisere alle respondenter, de installasjonene som blir studert og de øvrige involverte selskapene.

I gjennomgangen av store mengder dokumentasjon for de ulike installasjonene, har det blitt lagt stor vekt på riktig gjengivelse av informasjonen. Spesielt informasjon og presentasjon av tekniske tema og løsninger stiller krav til teknisk forståelse og riktig tolkning, der det har føltes nødvendig har det derfor blitt søkt hjelp eller utdypende forklaring hos respondenter med kunnskap om emnet, for at gjengivelse eller bruk av datamaterialet ikke skal bli gjort på feil måte.

Studien har benyttet teoretisk materiale fra annen forskning og flere ulike kilder. Ringdal (2001) skriver at det er et ideal at forskningen skal være kumulativ, som vil si å bygge på andres studier. God forskningsetikk legger derfor også vekt på "*å ære den som æres bør*", hvilket betyr at det i rapporten blir gjengitt klart og riktig hvilke kilde som er benyttet og at gjengivelsen av kildematerialet blir gjort korrekt.

### 5.5.6 Feilkilder

Siden både bransjen og teknologien i denne sammenhengen er ny for den som utfører undersøkelsene vil det være mulig å ha en holdning som ikke er forutinntatt og på den måten stille ganske objektivt i forhold til både prosessen og resultatet, noe som er positivt. På den annen side kan manglende bakgrunnskunnskap bidra til at forutinntatte holdninger hos kilder, mer ukritisk blir overført til den som utfører arbeidet. Det er altså både positive og negative faktorer som kan gjøre seg gjeldende. Kanskje nok en bekreftelse det Jacobsen (2005) skriver om at *"Det finnes ingen perfekt forskningsprosess. Alle slike prosesser vil være beheftet med feil, svakheter og manglende presisjon"*. Videre skriver han at *"Poenget med å kunne forskningsmetode ikke er å unngå feil, men å kunne gjøre rede for hvilke mulige svakheter som er knyttet til resultatene av en konkret undersøkelse"*. Å være bevisst på de svake eller mangelfulle delene av arbeidet er derfor også noe som blir vektlagt i denne rapporten.

Tilgang til datamaterialet har vært begrenset, og vårt fokus har derfor blitt rettet mot det materialet vi har hatt tilgjengelig. Vi kan ikke utelukke at andre funn og resultater kan ha kommet frem ved å studere andre deler av datamaterialet til disse installasjonene, praksis hos andre organisasjoner eller ved å se på andre installasjoner. Dette er imidlertid et kjent problem hos kvalitative studier (Jacobsen, 2003). Dette vil derfor være en begrensende faktor i analysen som fører frem til presentasjonen av dagens praksis.

Denne studien har sett på lukedekket mellom bore- og brønnhodeområdet på faste installasjoner. Dette er bare et av de mange systemene installasjonen består av. Fokuset vårt har vært rettet mot beskrivelsen av lukedekkets betydning som barriere i totalrisikoanalysen og øvrig dokumentasjon som er knyttet til installasjonens risikosituasjon og hvilke designkriterier som blir lagt til grunn for lukedekkets egenskaper i ulike ulykkesscenario. At fokuset har vært rettet mot en relativt begrenset mengde data og dokumentasjon kan i forbindelse med en helhetlig systemteoretisk tilnærming som Levesons, virke som en selvmotsigelse. Dette er imidlertid en tilnærming som er valgt for å kunne gå i dybden på en spesifikk barriere, vurderingene som ligger til grunn for denne samt teoriens potensial i tilknytning til dette arbeidet. Det må likevel nevnes da en fullstendig gjennomgang kunne avdekket også andre faktorer.

## 6 Analyse Del 1 - Installasjoner

### 6.1 Innledning

I denne delen vil de utvalgte installasjonene presenteres samtidig som vi gjennomgår den aktuelle dokumentasjonen som foreligger for disse. Der det har vært behov og aktuelt har det blitt benyttet informasjon fra nøkkelinformanter. Vi ønsker gjennom dette å få en god fremstilling av hvordan det på de ulike installasjonene er valgt å løse utformingen av lukedekket og de områdene dette skiller, samt at vi vil presentere hvordan de ulike installasjonene har vurdert og presentert risiko og sikkerhetsaspektene knyttet til dette. Hovedsikkerhetsfunksjonene til installasjonene er sentrale her og mye av analysen vil fokusere på de scenarioene som kan føre til tap eller svekkelse av disse.

Hovedsikkerhetsfunksjonene på installasjonene er rømning, evakuering, bærende strukturer, brannskiller mellom hovedområder og andre essensielle funksjoner. Det er aktuelt å se på hvilke simuleringer og analyser som er utført og hvordan kravene i standarder og regelverk blir tilfredsstillt med tanke på lukedekkets rolle som barriere i det tekniske sikkerhetssystemet til installasjonene. De utvalgte installasjonene har alle samme operatør. Hvilken dokumentasjon som benyttes i presentasjon av de ulike installasjonene, vil variere noe. Hovedfokuset vårt vil være på totalrisikoanalysene, men også arbeidsprosedyrer, diverse brann- og eksplosjonsstudier, tegninger samt øvrige informasjonskilder om installasjonene vi har fått tilgang til vil bli analysert.

En av årsakene til at det blir benyttet ulike kilder til de ulike installasjonene, er at disse er ulike med tanke på status og alder. I tillegg er det gjerne ulike aktører som har utført de ulike analyser og dokumentasjon til installasjonen noe som gjør at disse kan ha ulik utforming. En respondent opplyser at oljeselskapene har et utvalg rammeleverandører som utfører de aller fleste av disse analysene. I tillegg til disse ofte store selskapene innen risikostyring, benyttes ofte også mindre ekspertbedrifter i arbeidet med analyser på brannsimulering og eksplosjonsberegninger.

## 6.2 Tema

I gjennomgangen av de fire utvalgte installasjonene har dokumentasjonen blitt gjennomgått med hensyn på noen utvalgte spørsmål med relevans for problemstillingen. Analysedelen er strukturert etter disse emnene:

- 1) Hvilke dimensjonerende laster lukedekket blir utsatt for?
- 2) Hvordan lukedekkets funksjon uttrykkes som barriere?
- 3) Hvilke ulykkesscenario kan føre til eksponering av lukedekket?
- 4) Hvilke tiltak kan bidra til å ivareta lukedekkets integritet?

Det tas høyde for at det har blitt utført modifiseringer og endringer på installasjonene i etterkant av utgivelse av det datagrunnlaget som legges til grunn for denne analysedelen. I denne studien er også et viktig mål å sammenligne ulike teoretiske tilnærminger for å finne ut hvilke forskjeller som ligger i bruken av disse, derfor anses ikke disse eventuelle endringene som har blitt gjort i etterkant av denne dokumentasjonen som svekkende for studiens resultater og funn.

## 6.3 Installasjon A

### 6.3.1 Innledning

Den første installasjonen vi skal se på i denne analysen er en del av et feltsenter bestående av flere plattformer. En av disse plattformene har borefunksjon og det er den vi skal se på. Denne har stålunderstell, og er knyttet til de andre plattformene på feltet via en broforbindelse.

Vanddypet på feltet er rett i overkant av 100 meter. Installasjonen er en kombinert bore- og brønnhodeplattform, dette gjør at den har et slikt lukedekk som vi studerer. Byggeår og start for produksjon er henholdsvis 1984 og 1988. Det er utført arbeid og modifikasjoner på denne installasjonen kontinuerlig gjennom levetiden.

Installasjonen har en total bemanning på 308 personer. For de områdene som er tilknyttet boreområdet er det et samlet gjennomsnitt på 20 personer som arbeider. Noe mer på dag enn på natt. Årsaken til at denne installasjonen er valgt ut som en av analyseenhetene i studien er at den oppfyller kriteriene vi skal studere i tillegg til at Aker Solutions har vært med på den siste modifiseringen av denne installasjonen som per i dag er i sin avsluttende fase.

Plattformen står på norsk sokkel, hvilket betyr at design og operasjoner reguleres av norske regelverk og standarder.

Plattformen kan grovt deles inn i tre hoveddeler som kalles hjelpeutstyr, prosess og boring. Mellom prosess og boring har vi H0-skille vertikalt mellom områdene. Innad i området boring har vi lukedekket som utgjør horisontalskille mellom brønnhodeområdet og oppover på installasjonen mot boreområdet og plassering av boretårn. Lukedekket er dimensjonert for å tåle dimensjonerende eksplosjon i området, men oppfyller ikke kravene som H0-skille. Plassering av boretårn varierer etter hvilken brønn det opereres i.

### 6.3.2 Underlag for analysen

Som underlag for analysen av Installasjon A ligger flere dokumenter. Blant disse benyttes en SEPA-analyse<sup>7</sup> fra 2009. Hensikten med denne analysen er å gjenspeile risikobildet på hele feltsenteret for på den måten å reflektere de plattformspesifikke og driftsmessige forholdene på installasjonen. Analysen skal benytte en metodikk og kommunisere resultatene slik at den blir et effektivt verktøy for beslutningstaking på installasjonen. Den er svært omfattende, og består av en hovedrapport med en rekke vedlegg som viser de detaljerte resultatene fra beregningene og vurderingene som ligger bak resultatene. SEPA rapporten er utarbeidet ved bruk av statistiske data fra diverse databaser, historikk og erfaringer. I tillegg benyttes data fra Risiko og sårbarhetsanalysen til installasjonen, en rapport om ulykkeslastene som er oppdatert i 2011, samt informasjon fra en arbeidsprosedyre som tar for seg låsing av lukene i det dekket vi studerer samt diverse tegninger.

### 6.3.3 Lukedekket

Lukedekket utsettes for flere lastpåkjenninger. Før vi kommer inn på disse er det greit med litt informasjon om lukene og lukedekket. Rapporten fra 2009 skriver at når det gjelder lukene i lukedekket så skal disse låses innen 2013. I de analysene som er utført er det benyttet både løse og festede luker. Statusen på lukedekket var at lukene var løse på det tidspunktet SEPA-analysen ble utført. Det presiseres at eksplosjonstrykket i området under lukene vil øke når lukene boltes. Men på den andre siden vil boltede luker kunne føre til at særlig hendelser som

---

<sup>7</sup> SEPA analyse står for Safety Emergency Preparedness Analysis.

svakere eksplosjoner med potensial til å spre seg til de tilstøtende områdene nå vil bli forhindret.

Lukedekket på installasjonen består av 48 luker. Basert på data fra SEPA-analysen opplyses det at lukene har dimensjoner på 2,6 m x 2,75 m, med en vekt på 950 kg. Selve modifiseringen av lukene som skal sørge for låste luker beskrives i en egen rapport av operatøren for installasjonen. Denne gir en god beskrivelse av området og prosedyrene som skal følges for operasjonen. Låsemekanismen av lukene er prefabrikkerte på land slik at arbeidet med installasjonen kan gjøres kaldt. Selve låsen består av en ramme som boltes til underkant av luken. Slåen på mekanismen har en pinn nederst som går inn i et spor på vrideren. Ved dreining av vrideren skyves slåen ut/ inn av låst stilling. Når luken er i låst stilling er slåen skjøvet under flensene på den eksisterende lukeåpningen. Låsen er produsert i syrefast stål og sikret mot vanninntrenging ved hjelp av liming. Vi ser altså at installasjonen har en mekanisk låsemekanisme på lukedekket som opereres manuelt av de som arbeider på lukedekket.

#### 6.3.4 Dimensjonerende laster

Vi vil her se på hvilke dimensjonerende laster lukedekket utsettes for. Av disse lastene fokuserer vi på ulykkeslaster som typisk inngår i DAL spesifikasjonen. Disse er brann, eksplosjon og fallende gjenstander. I forbindelse med SEPA-analysen er det utført eksplosjonsberegninger for installasjonen. I disse beregningene ble simuleringsprogrammet FLACS<sup>8</sup> benyttet til CFD-simuleringer<sup>9</sup>. Når det gjelder bore- og brønnhodeområdet ble det simulert eksplosjoner for to ulike luke konfigurasjoner. I den ene var lukene festet, i den andre var lukene lukket. Resultatene fra analysene gir verdiene til DAL<sup>10</sup>.

For festede luker vil overtrykket mot lukedekket bli høyere som følger av at eksplosjonen ikke kan ekspandere ut i området over. På bakgrunn av simuleringene finner man den dimensjonerende ulykkeslasten på lukedekket. Ved en eksplosjon i brønnhodeområdet vil ulykkeslasten være 0,07 barg ved festede luker. Dersom lukene ikke er festet, slik tilfellet er ved det aktuelle tidspunktet simuleringen er utført, er den dimensjonerende ulykkeslasten på

---

<sup>8</sup> Flame Accelrator Simulator (Bjerketvedt, Bakke, & Wingerden, 1993).

<sup>9</sup> Computational Fluid Dynamics (NORSOK, 2001a)

<sup>10</sup> Dimensioning Accidental Load, som på norsk betyr den dimensjonerende ulykkeslasten (Norsok S-001).

lukedekket 0,04 barg. Differansen mellom scenarioene skyldes som vi var inne på tidligere at trykket lettere kan ta seg opp til området over dersom lukene ikke er festet.

Det ble i 2011 gjennomført en spesifisering av ulykkeslaster for installasjon A på bakgrunn av SEPA analysen. Her spesifiseres design lastene som opptrer med frekvenser på 1 gang per 10 000 år. Ved eksplosjon i brønnehodeområdet vil det statiske trykket på lukedekket (nedenfra) være på 0,05 barg. Ifølge designkravene skal lukedekket og øvrige bygningsdeler være dimensjonert for å tåle et statisk trykk på 0,2 barg og tåler derfor design lasten som opptrer. I denne beregningen er det benyttet faste luker i lukedekket som også medfører høyere belastning på dekket. Overtrykket på brannveggen mellom prosess og brønnehodeområdet er på 0,07 barg, mens det på gulvet i brønnehodeområdet vil være 0,03 barg.

Dimensjonering for brannlaster blir gjort ut ifra varmebelastningen fra brannen og varigheten på brannen. Varmebelastningen beskrives ved en varmefluks som sier noe om stråling og konveksjon. For brannlaster i brønnehodeområdet er det foretatt beregninger av størrelse og varighet på branner. Det blir her utført analyser av branner med varmefluks på 350 kW/m<sup>2</sup>. Dette gjelder for jetlekkasjer av gass og oljelekkasjer på mer enn 2 kg/s. Det er imidlertid ikke opplyst om lukene er dimensjonert til å tåle dette, en respondent opplyser at lukene ikke er brannklasset.

Påvirkningen fra fallende objekter er også en del av DAL, og det må sørges for at konstruksjonen tåler påvirkningen fra dette. Dekket på installasjon A er dimensjonert for å tåle påvirkningene av støtlaster på 700 kJ. Dette tilsvarer fallende laster på 7 tonn fra 10 meter.

### 6.3.5 Lukedekket som barriere

Det er fastsatt risikoakseptkriterier i forkant av analysene for å kunne sammenligne analyseresultatene opp imot de verdiene som blir sett på som aksepterte av de ansvarlige for installasjonen. Hos installasjon A blir eksplosjonstrykket på lukedekket ved eksplosjon i brønnehodeområdet presentert. SEPA-analysen beskriver kriteriet for en eksplosjonsbarriere på følgende måte; *"Kriteriet gjelder for hvert enkelt område på innretningen og skal begrense sannsynligheten for at ulykker i et eksplosjonsfarlig område utvikler seg til å omfatte hele*

*innretningen*". Videre sies det at summen per ulykkeskategori per område skal være;  $f_e \leq 1 \times 10^{-4}$ . Lukedekket funksjon som eksplosjonsbarriere blir definert i henhold til dette kravet, der man tar utgangspunkt i det overtrykket på lukedekket som samsvarer med en hendelse med en årlig frekvens på  $1 \times 10^{-4}$ .

Vi kan på bakgrunn av det som har kommet frem fra simuleringene og DAL verdiene, slå fast at lukedekket ved å bli dimensjonert for disse lastene vil oppfylle kravene til å være en eksplosjonsbarriere etter definisjonen som vi presenterte tidligere. En respondent opplyser at uttrykket eksplosjonsbarriere i mange tilfeller benyttes om dedikerte eksplosjonspaneler som skal blåses ut ved tilfeller der det oppstår eksplosjoner med et gitt overtrykk (ofte 0,075 barg), for på den måten å øke absorpsjons effekten og redusere overtrykket inne i den aktuelle modulen.

Det er interessant å undersøke hvilken rolle lukedekket spiller i forhold til hovedområdene på installasjonen. Når installasjonen deles inn i hovedområder knyttes dette opp imot toleransekriteriene for tap av hovedsikkerhetsfunksjonene på installasjonen. På denne installasjonen blir begge de områdene vi ser på i studien, sammen klassifisert som ett område som kalles Boring. Begrunnelsen i denne vurderingen er hentet fra en tidligere SEPA analyse utført i 2003. Den sier at *"Det er ikke funnet praktisk gjennomførbart å skille brønnhode området fra boreområdet. Dette fordi BOP-dekket ikke vil kunne være et effektivt brann- og eksplosjonsskille mellom områdene samtidig som boreaktiviteter skal kunne foregå gjennom dekket"*. Videre sier rapporten under oppsummering av brannområdene på installasjonen at *"Å ikke skille brønn- og boringsområdene når det er luker mellom dekkene som ikke er boltet virker naturlig. Dette fordi i denne sammenhengen kan eksplosjoner spres mellom nivåene, ved lavere trykk enn det som skal til for å ta hovedskillet"*.

Hos Installasjon A ble det valgt ikke å definere lukedekket som et fullgodt brannskille på grunn av at det ikke oppfyller kravene til H0-klasse. Dette sammenfaller også med de Norsok S-001 som også gir anledning til å se vekk fra skillet her, men som kreves at det sikres mot eksplosjon. Uttalen fra SEPA analysen kom i 2003 og per i dag er den nåværende situasjonen på installasjonen at lukedekket er sikret mot eksplosjon slik som Norsok S-001 krever. En respondent opplyser her at den formuleringen i SEPA 2003 som sier at lukedekket ikke kan være et effektivt brann- og eksplosjonsskille er et eksempel på ulike fortolkninger av



problematikken. Dette er et eksempel på hvordan de individuelle kvalitative vurderingene i analysearbeidet gjør seg gjeldende i forskjellige løsninger på installasjonene.

### 6.3.6 Ulykkesscenario

Det har i tidligere kapittel blitt forklart at lukedekket kan bli eksponert for ulykker ved gjennomføring av diverse aktiviteter og operasjoner som boring og brønnintervensjon. Vi vil her se nærmere på disse tilstandene. Hos Installasjon A blir det benyttet spesielle luker i den brønnen hvor det bores eller utføres brønnintervensjon. Disse har de nødvendige åpningene, og er ikke like tunge som de lukene som ligger i åpningen til vanlig.

SEPA-analysen gjennomgår relevante ulykkeshendelser for installasjonen. Når det gjelder utblåsning og prosessulykker vil disse kunne ha stor innvirkning på de områdene vi ser nærmere på, og som lukedekket ligger mellom. Ulykkeshendelsene kan oppstå i brønnhodeområdet eller på BOP-dekket. I brønnhodeområdet kan det oppstå utblåsninger fra produksjon, overhalinger og boring eller brønnlekkasjer fra produksjon og boring. På BOP-dekket kan det oppstå utblåsninger fra overhalinger og boring eller brønnlekkasjer fra overhalinger. Brann på BOP-dekket har potensial til å dekke store deler av modulen. Et scenario som beskrives er at olje som renner ut på dette området og ned på dekket under, altså gjennom lukene, kan bidra til å spre brannen på denne måten. Her spiller tetthet eller åpning i/ gjennom lukedekket inn. Scenarioene blir lansert og deretter tatt med videre i frekvensanalyse, for å vurdere i hvilken grad de bidrar til den totale risikoen.

I SEPA rapporten fra 2009 er resultater fra kvantitative beregninger av risikoen i de ulike områdene presentert. Det er beregnet risiko for tap av hovedsikkerhetsfunksjoner på installasjonen. De resultatene som blir presentert er utarbeidet gjennom en tradisjonell risikoanalytisk tilnærming hvor man starter arbeidet med en systemdefinisjon, for så å gå videre med å identifisere de uønskede hendelsene som kan inntreffe i systemet. Deretter utføres en konsekvensanalyse sammen med en frekvensanalyse. Av resultatene i disse to analysene beregnes den kvantitative risikoen for det aktuelle scenarioet. Disse blir til slutt vurdert opp mot toleransekriteriet, som igjen vil gi indikasjon på om det er behov for risikoreducerende tiltak og retningslinjer til det videre HMS-arbeidet på installasjonen.

Ved hendelser som full utblåsning eller brønnlekkasjer i brønnhodeområdet, vil personer som oppholder seg i området over ha store problemer med å rømme på grunn av flammeutvikling og påvirkning av dette. Brann i dette området er derfor noe som har potensial til å bli stor. Derfor vil konsekvensene av en sterk eksplosjon<sup>11</sup> i dette område være noe som vil bli påvirket av designet på lukedekket vi ser på. Da disse lukene ikke var boltet ble det i rapporten skrevet at mindre trykk i eksplosjonen skal til for at den skal spres oppover i modulen. En respondent sier at en av årsakene til at lukene ble boltet på installasjonen har med rømning fra området over å gjøre. Dersom lukene ikke er boltet og de flyr av ved eksplosjonshendelser vil man ha et relativt stort område med mange hull i. Dette vil utgjøre enda større problemer for rømningen i en allerede kaotisk situasjon.

### 6.3.7 Tiltak for å ivareta lukedekkets integritet

Det er flere tiltak som kan bidra til å ivareta eller bevare lukedekkets integritet. Passiv brannbeskyttelse er et av disse tiltakene. I et av vedleggene til risiko- og sårbarhetsanalysen til installasjonen står det at det siden 1999 har skjedd en omfattende ombygging og oppgradering av installasjonen som har bidratt til å bedre den passive brannbeskyttelsen både på strukturer og på utstyr etter anbefalinger. På installasjon A er det hovedsakelig spray-on materialet Mandolite 550 som er benyttet som passiv brannbeskyttelse. I tillegg benyttes også Chartek 59 som også er et materiale som kan sprayes på utstyr og strukturer som et beskyttende belegg (Scandpower & Sintef-NBL, 2003).

De lukene som settes inn i de brønnene det utføres arbeid i, vil bidra til å redusere åpningen mellom områdene, og således også bidra til å redusere eksponeringen under ulykkeshendelser som inntreffer. Det blir benyttet deluge, som stilles inn punktvis mot lukene. En respondent opplyser at det vil stilles inn tre slike vannkanoner. Vannsprayanlegget blir aktivert automatisk når det oppstår en deteksjon på installasjonen. Uten brannvann kan eskalering til annet utstyr inntreffe innen ett minutt selv for mindre branner, og i disse tilfellene er det gjerne boltene i flensene som svikter.

Rapporten sier at dersom man sammenligner tid før eskalering for tilfeller med brannvann og tilfeller uten, vil det gå betydelig lenger tid i de tilfellene der brannvannet er aktivert. Faktorer

---

<sup>11</sup> Sterk eksplosjon defineres i SEPA analysen som en eksplosjon som fører til tap av brannskille mot annet hovedområde.

som spiller inn på effektiviteten til brannvannet er brannens varighet, mengde brannvann, om den initierende hendelsen har skadet anlegget eller om det forekommer svikt i deluge- eller brannvannssystemet. Sannsynligheten for at det vil forekomme svikt i deluge og brannvannsanlegget blir funnet til å være 0,0021 for begge de respektive systemene. Sannsynligheten for svikt i brannvannsanlegget (begge sammen) blir derfor 0,0042.

## 6.4 Installasjon B

### 6.4.1 Innledning

Installasjon B er en såkalt strekkstagplattform, og holdes på fast posisjon ved hjelp av strekkstag. Dette er en kombinert bore-, produksjons- og boligplattform og produksjonen startet i 1992, med en gjennomsnittelig bemanning på 218 personer. Havdybden er på cirka 350 meter. Denne installasjonen skal modifiseres og oppdateres i løpet av de kommende årene, og står som den forrige installasjonen også på norsk sokkel. Dette betyr at det norske regelverket blir gjeldende for installasjonens design og drift. Denne plattformen skiller seg litt fra de andre tre installasjonene på grunn av at den er en strekkstagplattform. Selv om hovedprinsippene og boreområdet på plattformene gjerne er utformet etter samme retningslinjer kan det likevel være forskjeller mellom installasjonene som kan belyse interessante observasjoner i forhold til problemstillingen. Når det gjelder antall brønner sier totalrisikoanalysen fra 2007 at det blir forutsatt at 41 brønner er i produksjon. I tillegg til disse har 22 brønner vanninjeksjon<sup>12</sup> og 4 brønner gassinjeksjon<sup>13</sup>.

### 6.4.2 Underlag for analysen

Totalrisikoanalysen, som er utført i 2007, utgjør en viktig del av datamaterialet og gir mye informasjon om risikobildet samt hvilke kriterier som er gjeldende for sikkerhetsarbeidet på installasjonen. Analysen presenterer også anbefalinger til risikoreduserende tiltak for å bedre resultatene ytterligere. I denne totalrisikoanalysen er det også utført kvantitative beregninger

---

<sup>12</sup> Vanninjeksjon blir definert som en metode for å utvinne mer olje fra reservoaret. Metoden pumper store mengder vann under selve reservoaret, for å opprettholde volumet og trykket på væskemengden på reservoaret. Det økte vannvolumet presser oljen foran seg og opprettholder høyt trykk i reservoaret. Metoden bidrar til å mangedoble feltenes produksjon og levetid (Ptil, 2011).

<sup>13</sup> Gassinjeksjon er bruk av gass til økt oljeutvinning. Metoden innebærer at gass føres ned i et oljereservoar for å opprettholde trykket i reservoaret. Det har samme hensikt som vanninjeksjon. Gassinjeksjon fører til at oljen flyter lettere til produksjonsbrønnene. Dette bidrar til at en større del av oljen utvinnes. Omlag 80 prosent av den injiserte naturgassen vil kunne gjenvinnes senere. Gassinjeksjon har for mange oljefelt gitt store økninger i oljeutvinningen til lave kostnader (Regjeringen, 2012).

av sannsynlighet og konsekvens for tap av hovedsikkerhetsfunksjonene slik at man kan se om den samlede risikoen er innenfor akseptkriteriene på  $1 \times 10^{-4}$ . Av datamateriale har vi også hatt tilgang til en brannrisikostudie og eksplosjonsanalyse for installasjonen. Fire Risk Study skal gjenspeile og vurdere risikobildet med hensyn på brannscenarioer som kan oppstå på installasjonen. Det er blant annet utført en analyse av brannlaster og nedsmelting av lukene i lukedekket, hvilket er særlig interessant i forhold til denne studien. Formålet med brannrisikostudien var at man ved å kartlegge risikoen knyttet til ulike brannscenario og risikoreducerende tiltak til disse kunne bidra til en reduisering av frekvensen for tap av hovedsikkerhetsfunksjonene på installasjonen. Eksplosjonsanalysen er utført med bruk av simuleringverktøyet FLACS.

### 6.4.3 Lukedekket

Lukedekket beskrives å være plassert mellom brønnhodeområde på kjellerdekk og boreområdet på hoveddekk. Åpningen disse lukene gir kan potensielt medføre eskalering av brann til boreområdet fra områdene under. Totalrisikoanalysen skriver konkret at lukedekket ikke anses som hovedskille på installasjonen. Men det blir notert at hendelser i området under lukedekket kan ha innvirkning på områdene rundt og over.

Brønnlukene ble inspisert ved en befaring på installasjonen i 2006. Følgende informasjon er stort sett hentet fra denne befaringsrapporten. Materialet som er benyttet til brønnlukene på installasjonen er delvis stål og delvis aluminium. Det oppgis at aluminium har en smeltetemperatur på  $660 \text{ C}^\circ$ . Vurderingene bak valget av aluminiumsluker er grunnet løfteaktivitet. Stål er rundt tre ganger så tungt som aluminium, bruk av aluminium gir derfor en betydelig vektfordel.

### 6.4.4 Dimensjonerende laster

Det ble i 2009 utført en risikogjennomgang av boreområdet på installasjonen, med sikte på å identifisere de dimensjonerende brann- og eksplosjonslastene. Denne rapporten gir oss nøkkeltall om områdene brønnhodeområde og BOP-dekket. Dette dekket vil på bakgrunn av simuleringer for utvalgte scenario (se ulykkesscenario senere) kunne bli utsatt for en maks varmeffluks på  $350 - 400 \text{ kW/m}^2$ . Mens den generelle varmebelastningen ble funnet å ligge på

150 – 200 kW/m<sup>2</sup>. For disse scenarioene var den kritiske lekkasjeraten satt til 2 kg/s. Mindre branner antas ikke å ha en kritisk innvirkning på resten av boremodulen.

En respondent opplyser at lukene er ikke er brannklasset. Men som vi tidligere beskrev er det utført en analyse som ser på tid før nedsmelting av lukene, og hvilken påvirkning de ulike brannene gir. Hensikten for dette er særlig med tanke på hvor lang tid man har til rømning i området over. Analysen utfører beregninger på aluminiumsplater eksponert av brann på den ene siden. Det viste at ved å øke tykkelsen fra 5 mm til 10 mm oppnår man mellom 1 – 2 minutter mer tid før nedsmelting av lukene skjer. Brannlastene var da på 250 kW/m<sup>2</sup>.

Som vi har tidligere hørt at det stilles ulike krav til hva bygningsdelene skal tåle. Er det et hovedbrannskille det er snakk om skal dette være et H0-skille. Disse skillene skal beholde sin stabilitet, og beskytte mot gjennomtrenging av flammer eller varme gasser for en tidsperiode over 120 minutter. Lukedekket blir i totalrisikoanalysen for installasjonen ikke definert som en del av hovedbrannskillet. Det stilles derfor andre krav til disse. Respondent opplyser at dekket og lukene på denne installasjon er dimensjonert for et statisk eksplosjonstrykk på 0,2 barg. Om de blir utsatt for høyere trykk enn dette antas det at lukene enten blir skadet eller løftes vekk, noe som igjen fører til at områdene på hoveddekket kan bli eksponert for brann som starter i brønnhodeområdet.

#### 6.4.5 Lukedekket som barriere

Selv om lukene ikke inngår som hovedbrannskille blir de nevnt som barriere mot boretårnet, hvilket betyr at de vil utgjøre en barriere mot at hendelser kan spre seg oppover i modulene og skade eller forårsake kollaps av boretårn. I risikogjennomgangen utført i 2009 sies følgende om lukenes rolle og funksjon ved brann i disse områdene på installasjonen; *"The fire integrity of the hatches is important with respect to the heat load from the wellhead area against the substructure of the drilling module, in addition to preventing the escape ways from the drill floor to be exposed to unacceptable heat loads. If the hatches are functioning, it is assumed that the escape ways on the opposite side of the fire's location, will not be impaired"*. På denne installasjonen blir lukene på bakgrunn av dette en del av brannbeskyttelsen mot områdene over brønnhodeområdet. Det er interessant å merke seg her at selv om lukedekket ikke utføres som et H-klasse skille blir det gitt en rolle i sikkerhetssystemet på installasjonen.

Det blir opplyst at brønnlukene først vil løftes vekk eller ødelegges ved eksplosjonstrykk som overstiger 0,2 barg. Vi kan dermed si at der lukene er på plass og låst vil virke som en eksplosjonsbarriere for eksplosjonsscenario under denne størrelsen. De vil også bidra til å beskytte eller redusere eskalering av eventuelle branner som ofte etterfølger en eksplosjon.

#### 6.4.6 Ulykkesscenario

Vi har tidligere vært inne på de operasjonene og aktivitetene som er kritiske i forhold til ulykkeshendelser i disse områdene. Vi vil her gi en presentasjon av hvilke ulykkesscenario som ligger til grunn for de dimensjonerende lastene som ble presentert tidligere.

Brann i brønnhodeområdet er ett scenario. Branner i brønnhodeområdet vil sannsynligvis føre til gass jetbranner<sup>14</sup>. På grunn av lukene i kjellerdekket og dreneringen gjennom disse ved oljelekkasjer antas det i analysen at sannsynligheten for pøl brann<sup>15</sup> er liten. I gjennomgang av scenario for brann i brønnhodeområdet er simuleringsprogrammet KFX Kamelon benyttet. Hendelsene er simulert med boretårnet plassert med den mest ugunstige posisjon i forhold til eksponering av brann. Resultatene og funnene fra disse simuleringene har vi referert i det tidligere kapittelet Dimensjonerende laster. Totalrisikoanalysen sier at brann i områdene med prosess og stigerør, samt utblåsninger og lekkasjer i brønnintervensjonsområdet er de som har størst frekvens av hendelser som fører til tap av rømningsveier. Brann på de lavere nivåene på plattformen, som for eksempel brønnhodeområdet påvirker rømningsmulighetene mer enn branner høyere oppe.

Utblåsninger og brønnlekkasjer har også potensial til å forårsake store skader i de aktuelle og omkringliggende områdene. På denne installasjonen er det gjennomgått to scenario for utblåsninger og brønnlekkasjer både i brønnhodeområdet og BOP dekket. Den ene hadde varighet på mer enn 10 minutter og den andre på mer enn 40 minutter. På bakgrunn av at disse hendelsenes frekvens ikke overgår risikoaksepkriteriet for DAL, er det besluttet ikke å legge disse til grunn for de dimensjonerende lastene.

---

<sup>14</sup> Gass jet branner oppstår som resultat av lekkasjer med høyt trykk fra prosess anlegg eller tanker (Scandpower & Sintef-NBL, 2003).

<sup>15</sup> Hendelsen pøl brann som på engelsk kalles pool fire beskrives som branner som oppstår ved antennelse av væskeansamlinger på horisontale overflater (Scandpower & Sintef-NBL, 2003).

Fallende laster er som tidligere nevnt en del av de hendelsene som har potensial til å skade personell og materiell. Når det gjelder brønnlukene blir disse vurdert også i den sammenheng. Analysen som er utført slår fast at potensialet for store konsekvenser er til stede dersom fallende laster penetrerer lukene, men at sannsynligheten for at dette inntreffer er liten. Begrunnelsene er myntet på probabilistiske beregninger over fallfrekvens for de ulike gjenstandene som behandles på installasjonen. Grensen for de lastene som penetrerer lukedekket er satt i analysen. Der sies det at man antar at 13 3/8" foringsrør, som har en vekt på 1300 kg, ikke penetrerer lukedekket ved fall. Disse vil fra 12 meter kunne gi en støtenergi på 153 kJ ifølge beregningene i analysen.

#### **6.4.7 Tiltak for å ivareta lukedekkets integritet**

Den passive brannbeskyttelsen på lukene og lukedekket er vurdert som et ledd i den totale risikoanalysen og brannrisiko studien. Når det gjelder lukene i lukedekket på installasjon B, er det behov for passiv brannbeskyttelse av disse for å unngå at de smelter, og at området over eksponeres for brannen. Simuleringen av lukenes brannintegritet fant at lukenes utforming er relativt kompleks. Beskyttelse av slike strukturer blir ofte gjort ved spraymateriale som vi nevnte på installasjon A. Passiv brannbeskyttelse i form av påføring av spraymateriale på undersiden av lukene vil på grunn av det komplekse designet være vanskelig å gjennomføre. Det anbefales derfor montering av passiv brannbeskyttelse i form av epoxyplater<sup>16</sup> på undersiden av lukene som festes med skruer og pakninger. PittChar XP og Chartek 7 fås som slike plater og blir foreslått til dette. En plate på 5 mm vil forsinke nedsmelting av luken med flere minutter, hvilket er av stor betydning for rømning fra naboområder og eskalering av brannen. Totalrisikoanalysen beskriver at det er benyttet mye passiv brannbeskyttelse på prosessutstyret på Installasjon B. Det er også påført passiv brannbeskyttelse på stigerør som på grunn av dette har senket bidraget dette hadde til personellrisikoen på installasjonen.

De beregningene som ble gjort for å kontrollere lukenes strukturelle integritet i brann brukes også som vurdering for rømningsmuligheter i områdene over. Det er ikke bare i de tilstøtende hovedområdene man må sørge for god rømning, men også innad i det området der hendelsen

---

<sup>16</sup> Epoxy blir beskrevet som "A resin based on polymerised Bisphenol A containing epoxide groups" (LeighsPaints, 2012). Brannbeskyttelse basert på materiale av epoxy er kjent for sin gode holdbarhet mot intense brannpåkjenninger og er derfor ofte det foretrukne valget i offshore olje & gass industrien (Boaler, 2012).

skjer. De beregningene som ble gjort av nedsmelting og brannbeskyttelse av lukene hadde nettopp å bedre rømning fra og hindre eskalering til området over som hovedmål.

Ved analysen av spesifikke brannscenario finner vi også beskrivelse av rømningsveier fra de ulike områdene. Fra boretårn kan det rømmes ned trapper enten mot nord eller sør. Mens personell i brønnintervensjonsområdet rømmer ned fra tårnet og videre mot vest, nord eller sør. Installasjon A er en relativt stor plattform og utstrekningen gjør at selv branner i nedre del i liten grad vil ha mulighet til å påvirke naboområder. Og brønnhodeområdet er inndelt med en del i sørlig del og en i nordlig del. Dette gjør at store branner her ikke vil dele plattformen i to og hindre rømning fra de andre områdene. Rapporten sier også at man fra de fleste områder vil ha mer enn en rømningsvei, hvilket i praksis gjør det mulig å rømme om en av veiene er blokkert av brann.

#### 6.4.8 Annet

Det er interessant å merke seg at barrierebegrepet blir drøftet i totalrisikoanalysen til denne installasjonen. De som utfører analysen sier at *”En del barrierefunksjoner som er ’ikke-fysiske, som for eksempel menneskelige og organisatoriske forhold, og er ikke reflektert i risikoanalysen. Det kan være svært tidkrevende og systematisk å gå gjennom slike barrierefunksjoner, og det foregår for tiden forskningsprosjekter som ser behandler dette temaet”*. Et av forskningsprosjektene som blir nevnt er BORA prosjektet som vi beskrev tidligere i rapporten.

Mot slutten av analysen er det spesifisert en del anbefalinger til risikoreduserende tiltak. Analysen har ikke bare fokusert på minstekrav og hvordan komme seg innenfor disse, men kommer også med spesifikke forslag til risikoreduserende tiltak som resultat av ALARP-tankegangen. Eksempel på dette er at de anbefaler og; *”Videreutvikle formidling av risiko til driftspersonell, spesielt med tanke på å hindre lekkasjer og redusere antall lekkasjer til Nordsjø-gjennomsnitt”*. Dette var bare en av flere anbefalinger som både går på driftsprosedyrer og modifiseringer av design.

ALARP-prinsippet er noe som blir tatt opp som en del av sikkerhetsarbeidet på installasjonen. I totalrisikoanalysen refereres det til petroleumstilsynets regelverk som krever bruk av dette



prinsippet i tillegg til operatørens egne retningslinjer. Selv om risikoen er akseptabel skal ytterligere risikoreduserende tiltak vurderes etter ALARP-prinsippet.

## 6.5 Installasjon C

### 6.5.1 Innledning

Denne installasjonen ble bygget i 1986, og den står på betongunderstell. Havdybden er rundt 135meter. Dette er en kombinert bore-, produksjons og boligplattform med 25 produksjonsbrønner, 5 brønner med gassinjeksjon og 6 med gassinjeksjon. Installasjonen kan deles inn i tre hovedmoduler; betongstruktur, en dekkstramme som er fundamentet for modulene og modulene som sammen utgjør toppdelen av installasjonen. Det er fire betongsøyler som sammen utgjør understellet til plattformen. Boring og operasjoner i brønnene foregår gjennom to av de fire beina. Betongcellene i understellet benyttes blant annet til lagring av olje. Dette er en installasjon som står på norsk sokkel og er derfor både drevet og bygget etter de gjeldende standarder og regelverket på norsk sokkel.

Brønnhodemodulen på denne installasjonen inneholder flere dekk, deriblant det lukede dekket vi studerer. Dette dekket blir av mange kalt BOP-dekk ettersom denne står på dette dekket. Lukede dekket er det øverste av tre dekk som deler inn området horisontalt. Ovenfor dette lukede dekket ligger boreområdet med boredekk.

Brønnhodeområdet på denne installasjonen er sammensatt av flere mindre områder. For det første kan dette området deles inn som en sørlig del og en nordlig del og ligger på hver sin side av installasjonen sett ovenfra. Området består av brønnhoder, produksjonslinjer, produksjons-, test- og gassinjeksjonsmanifold. Boremodulen er et samlet område sammensatt av borerelaterte områder i forbindelse med boretårnet. Det består av skid-dekk for forflytting av boretårnet, boredekk og lignende. Lukede dekket vil fungere som et skille både innad i brønnhodeområdet og et skille til boreområdet som ligger enda lenger oppe. Over lukene er det en større åpning der boretårnet kan stilles over når boreoperasjonene skal foregå. Dette betyr altså at lukene utgjør det eneste fysiske skillet mellom brønnhodeområdet og boretårnet på denne installasjonen. Når boretårnet ikke er til stede vil man fra lukede dekket kunne se ut til friluft gjennom åpningen hvor boretårnet kan stå.

Boreoperasjoner foregår på denne installasjonen gjennom to av betongpilarene som utgjør understellet til installasjonen. Dette betyr at det er to lukedekk på denne installasjonen over hver av disse to betongbena. Boretårnet flyttes da over den aktuelle brønnen som det skal arbeides i. Brønnehodeområdet har ifølge tegninger en størrelse på cirka 16 x 16 meter. De to områdene har 21 og 26 antall brønner. Installasjonen har en bemanning på 177 personer. Det er gitt et forslag til bemanningsfordeling i dokumentasjonen som foreligger som basis for FEED studien som ble utført i 2010. Antall personer som befinner seg i de ulike områdene vil spille inn på rømningsveier og beredskap for installasjonen. Det er satt opp et gjennomsnittlig antall personer på 6,18 som oppholder seg i boreområdet, boredekk og skid-dekket som inngår i området B. På lukedekket er det satt opp et gjennomsnittlig antall på 2,21 personer.

### 6.5.2 Underlag for analysen

I denne analysedelen benyttes informasjon fra flere ulike dokumenter og kilder. Blant annet har det blitt hentet en del fra en FEED studie av installasjon som ble utført i 2010. Det ble da gjennomgått en såkalt Design Accidental Load dokumentasjon for denne installasjonen. FEED Studie rapporten er basert på DAL spesifikasjon fra 1985 og 2007, revidering av tegninger for installasjonen samt Totalrisikoanalysen fra 2005 med diverse appendiks. Totalrisikoanalysen har som hensikt å virke som et verktøy for beslutningstaking under drift av installasjonen. I tillegg til dette benyttes et utvalg tegninger og informasjon fra nøkkelinformanter med kjennskap til installasjonen.

### 6.5.3 Lukedekket

Lukedekkets plassering er som på de tidligere installasjonene vi har sett på over brønnehodeområdet. Fra lukedekket og opp til neste nivå er det relativt god avstand på 13,5 meter. I totalrisikoanalysen beskrives en del av aktiviteten på installasjonen. Her opplyses at operasjonene Wire Line og Coiled Tubing blir rigget og foregår på BOP-dekket (lukedekket). Mens operasjonene leteboring, produksjonsboring, komplettering og overhaling blir rigget på boredekket som ligger på nivået over BOP-dekket.

Etter FEED studien i 2010 er det funnet at lukedekket i området A har løse luker, og det påpekes at en eventuell eksplosjon i området under dette lukedekket vil spres umiddelbart, ettersom lukene vil blåses bort av eksplosjonstrykket. En respondent opplyser at ved en

eventuell bolting av disse lukene, som studien anbefaler, bør forandringene i det opptredende eksplosjonstrykket i området analyseres og vurderes på nytt. Da menes eksplosjonstrykket i området under lukedekket i brønnhodeområdet. Det påpekes her at vi på grunn av mangel på nyere dokumentasjon ikke kan slå fast om bolting på lukene er utført per i dag eller om statusen fremdeles er som den var ved når FEED studien ble utført i 2010, men respondenten bekrefter at det pågår eller har pågått en vurdering om festing av lukene på installasjonen.

#### 6.5.4 Dimensjonerende laster

DAL rapporten for dimensjonerende ulykkeslaster redegjør for hvilke designspesifikasjoner som gjelder for de ulike skillene og modulene på installasjonen. Denne rapporten går gjennom tidligere rapporter og tegninger for installasjonen for å kartlegge kapasiteter til bygningsdelene og dimensjonerende ulykkeslaster. Ulykkeslastene deles inn i dimensjonerende ulykkeslaster som følge av eksplosjon, brann eller fallende objekter. Vi vil også i denne presentasjonen skille mellom disse tre ettersom de har ulik innvirkning på lukedekket.

Rapporten spesifiserer kravene til eksplosjonssikkerhet helt tilbake til byggingen av installasjonen i 1985. *”Eksplosjonssikre vegger og strukturelementer tillates plastisk deformasjon som følge av eksplosjonstrykk, men den strukturelle integriteten og brannmotstanden skal være ivarettatt”* sies det i totalrisikoanalysen.

På bakgrunn av CFD simuleringer fra 2008 blir det oppgitt et opptredende statisk eksplosjonstrykk fra brønnhodeområdet mot lukedekket på 0,36 barg, en draglast på 0,18 barg med en puls varighet på 366 ms. Det blir også bemerket at lukene er løse, og at en eksplosjon vil spres umiddelbart på bakgrunn av dette. Det er ikke funnet hvilke eksplosjonslaster lukedekket er dimensjonert for, men etter en lignende kartlegging på en søsterplattform opplyses det at skiller mellom hovedområder kan motstå en eksplosjonslast på 1,0 barg, mens dekk mellom moduler skal tåle eksplosjonstrykk på 0,5 barg. Lukedekket vil om dette stemmer ha en kapasitet på 0,5 barg for ulykkeslasten ved eksplosjon, og således være innenfor akseptkriteriet. Dette er imidlertid ikke dokumentert i den dokumentasjonen vi har tilgang til i denne studien. Som ytterligere supplerings til dette så er det gjennomført en strukturanalyse for en av modulene på installasjon C. Dette er ikke en av de modulene vi ser på, men den kan være interessant å benytte i en sammenligning. Det som sies om kapasiteten

her er at; ”Denne gir styrke for dekkene i området 0,40 – 0,45 barg. Dette er noe lavere enn resultatene gitt over, men samsvarer forholdsvis bra”.

Lukedekket er, i likhet med installasjon B, ikke brannklasset på denne installasjonen. Årsaken til dette spesifiseres ikke nærmere, men vi kjenner til problematikken med at gasstette skiller er et krav for å kunne bli klassifisert som H-skille. Det er simulert både jetbrann og pølbrann i området. Den dimensjonerende jetbrannen gir en varmefluks på 350 kW/m<sup>2</sup> med en varighet på 4 minutter. Den dimensjonerende pølbrannen har en varmefluks på 150 kW/m<sup>2</sup> med en potensiell varighet på 53 minutter. Det blir også for brann bemerket at de løse brønnlukene i dekket vil medføre potensial for spredning av brann som oppstår i området.

Oversikt over løfteaktiviteten på installasjonen er avgjørende for å vite hvilke laster bygningsdelen skal tåle. BOP-dekket er på bakgrunn av evalueringer av løftehøyder og hvilket utstyr som blir løftet der valgt dimensjonert for 606 kNm.

Verdiene som er referert til ovenfor er hentet i DAL studien som ble utført i 2008. Det ble fastsatt en akseptkriterie frekvens på  $1 \times 10^{-4}$  for svekkelse av sikkerhetsfunksjonene på installasjonen. Når det gjelder eksplosjoner ble en svekkelse av sikkerhetsfunksjonen definert som kollaps i brannveggen mellom to områder. For brann ble dette definert som eskalering til større brann eller sammenbrudd i hovedbæresystem. Dette akseptkriteriet er i tråd med Norsok standarden.

### 6.5.5 Lukedekket som barriere

I totalrisikoanalysen for installasjonen er det gjort vurderinger og beregninger på rømning og omkomne på installasjonen, ved de ulike scenarioene. Det er utført en kvantitativ fremstilling av dette som ser på tilgjengelige rømningsveier ved ulike scenario, estimerer fatalitetene under rømning ved ulike ulykkesscenario og en kvantitativ estimering av risikoen knyttet til evakuering og rømning. Med hensyn på lukedekket og de områdene vi ser på er det tatt med flere scenario for området både over og under lukedekket. Det er imidlertid reflektert lite over lukedekkets rolle i den tidlige dokumentasjonen. DAL rapporten fra 2008 har påpekt at det faktisk at lukene er åpne vil kunne bidra til eskalering av de uønskede hendelsene som branner og eksplosjoner i brønnehodeområdet under kan føre til. Som respondenten opplyste er dette et kjent tema som diskuteres fortløpende av de ansvarlige.

Lukedekket blir på denne installasjonen ikke klassifisert som skille mellom hovedområder. På bakgrunn av lite informasjon om lukedekkets kapasitet mot hendelser som brann og eksplosjon kan det se ut som at lukedekket ikke i utgangspunktet var tiltenkt en rolle som barriere i forhold til brann og eksplosjon. For fallende objekter er det tydelig at lukedekkets kapasitet er dokumentert, og at det skal tåle de lastpåvirkningene som de aktuelle lastene kan påføre ved løfteulykker.

### 6.5.6 Ulykkesscenario

Totalrisikoanalysen for installasjonen gir en beskrivelse av de mange ulykkesscenarioene som er vurdert. Vi vil her se nærmere på de scenarioene som er presentert som relevante for lukedekket og dets rolle. Gass- og oljelekkasjer kan føre til brann og eksplosjoner.

Eksplosjoner blir nevnt som primærårsaken til tap av rømningsmulighet da disse ofte fører til ødeleggelse av skiller som vegger og dekk til andre områder. Bidraget til risikoen på installasjonen som følger av eksplosjon i brønnhodeområdet blir nevnt som betydelig i analysen på grunn av at brønnlukene ved relativt lavt eksplosjonstrykk (ikke tallfestet i analysen) vil bli løftet vekk og eksponere områdene over for påfølgende brann. Det er da særlig rømningsmulighetene som blir svekket.

Totalrisikoanalysen nevner utblåsninger som et ulykkesscenario som kan føre til branner som fyller brønnhodeområdet og boreområdet og gi flammer som strekker seg ut av disse områdene. Røykutvikling mellom områdene og på installasjonen vil påvirke rømningsmulighetene. Også stigerørsbranner under brønnhodeområdet og boring kan gi effekter som påvirker rømning fra disse områdene. Det er en oppfatning av at hendelser som inntreffer på lavere nivå får større konsekvenser enn hendelser som inntreffer på høyere nivåer.

Konsekvenser av hendelser med fallende last på installasjonen blir i totalrisikoanalysen beskrevet ved at det kan føre til penetrering av utstyr som inneholder hydrokarbon, og føre til lekkasjer av ulike størrelser. Disse lekkasjene kan igjen gi brann eller eksplosjoner. Lukedekket er plassert over brønnhodeområdet som vi kjenner er en stor samling av hydrokarbon utstyr som for eksempel juletrær samt diverse rørledninger.

### 6.5.7 Tiltak for å ivareta lukedekket integritet

I dokumentasjonen som er tilgjengelig finner vi oversikt over brannskiller og brannklasse for flesteparten av bygningsdelene i områdene. I tillegg er det informasjon om den passive brannbeskyttelsen på installasjonen. Hovedområdet inndeles i brannseksjoner som vist på figuren. Dette gjøres for å minimalisere eskalering av branner. Det vil i tillegg være en passiv brannbeskyttelse rundt strukturelementer og utvalgt prosessutstyr. På denne installasjonen benyttes blant annet mineralull og Pyrocrete 201 som passiv brannbeskyttelse. Pyrocrete 201 sprøytes på de elementene som skal beskyttes til et beskyttende belegg. Denne metoden benyttes på en rekke av strukturelementene på installasjonen for å forhindre kollaps ved eksponering av brann. Bjelker som går gjennom brannbeskyttede vegger blir beskyttet i en avstand på 75 cm for å unngå varmebroer. Det påføres også passiv brannbeskyttelse på all struktur som er støtte for rør. Bjelker og stendere er i brønnehodeområdet dimensjonert for brannklasse H-120.

I området over lukedekket er det plassert høykapasitets deluge dyser. Disse er plassert 9 meter opp og i ytterkant av dekket. Disse leverer 20 l/min per m<sup>2</sup>, og sannsynligheten for at en brann innenfor design scenarioet skal spre seg til området over blir ansett å være svært liten.

Området under lukedekket brønnehodeområdet er også utstyrt med deluge system som bidrar til å beskytte strukturer og utstyr i brann- eller eksplosjonssituasjoner. I eksplosjonsanalysen som følger totalrisikoanalysen for installasjonen sies det at deluge bidrar til å redusere de høyeste eksplosjonstrykkene. Resultatene fra simuleringene viser at brannvannet har varierende effekt. Spesielt for de lavere eksplosjonstrykkene opptil 1 barg er effekten liten, mens det for store trykk over 5 barg blir effekten betydelig bedre.

## 6.6 Installasjon D

### 6.6.1 Innledning

Denne installasjonen er under prosjektering og er per dags dato i FEED fasen. Dette er en bore-, produksjons- og boligplattform som står på en havdybde på rundt 110 meter. Den blir stående på et stålunderstell slik som installasjon A. Oljen på dette feltet er meget seig og tung noe som gir behov for å pumpe denne opp til overflaten. Dette spiller inn på design av plattformen og hvilket utstyr som er nødvendig. Det vil ha innvirkning på utforming av de områdene vi ser på. Området over lukedekket må derfor være betydelig større enn på de andre

installasjonene. I tillegg til dette skal det også benyttes en jack-up løsning de første årene av installasjonens produksjonstid. Denne jack-up løsningen skal gjøre det mulig å drive simultan boring fra både installasjonen selv og jack-up riggen som med sitt mobile boretårn går inn over installasjonens dekk og utfører boring gjennom den faste installasjonens lukedekk. Dette øker kompleksiteten på installasjonen og blir derfor nøye vurdert i studien.

I totalrisikoanalysen blir installasjonen inndelt i hovedområder etter Norsok S-001. I den ene enden av installasjonen finner vi boligkvarteret som er plassert under helikopterdekket. Så kommer en større utstyrsmodule med et værdekk over seg etterfulgt av en prosessdel. Prosessdelen grenser til boreområdet og brønnhodeområdet som danner den andre enden av installasjonen. Det er over denne delen at boretårnet står, det er også her den mobile jack-up riggen vil være plassert. Mellom boredekk og brønnhodeområdet er det en stor brønnintervensjonsmodul med en høyde på 25 meter. En respondent opplyser at feltet trenger en høy brønnintervensjons- og kompletteringsenhet kalt ICU<sup>17</sup> for å håndtere oljen i reservoaret. Alle brønnintervensjonsoperasjonene blir gjennomført fra lukedekket.

Installasjonen har sengekapasitet til 160 personer. Bemanningsfordelingen for dagskift sier at det gjennomsnittlig vil oppholde seg 2 personer i brønnhodeområdet, 8 personer i brønnintervensjonsområdet og 10 på boredekk under boring og brønnoperasjoner.

### 6.6.2 Underlag for analysen

I analysen av denne installasjonen benyttes en foreløpig risikoanalyse som fremdeles er under arbeid. Det må dermed tas høyde for at det her kan komme endringer før endelig rapport foreligger. I tillegg benyttes diverse simuleringer, arbeidsdokumenter og tegninger. I analysearbeidet har det blitt supplert og eventuelt korrigert med informasjon fra nøkkelinformant på denne installasjonen, siden prosjektet pågår ennå har dette vært avgjørende for innholdet i analysen av denne installasjonen.

---

<sup>17</sup> En respondent opplyser at ICU står for Intervention and completion unit, som på norsk betyr brønnintervensjons- og kompletteringsenhet.

### 6.6.3 Lukedekket

Lukedekket plasseres å ligge mellom brønnhodeområdet og det nedre brønnintervensjonsdekket. Brønnhodeområdet består av 50 brønnhoder. Lukedekket består av 30 luker. Hver luke har en størrelse på 4,5 x 2 meter og dekker to brønner hver. Standard posisjonen til lukene er lukket og låst på plass. På grunn av de operasjonene som skal foregå på installasjonen kreves som vi har sett tidligere penetrering av lukedekket ved noen operasjoner. Når det skal utføres boring gjøres dette gjennom strukturen og utstyret som hører til boretårnet. Dette kan flyttes på skinnene slik at man på denne måten får tilgang til å bore gjennom alle brønnene. Både jack-up riggen og installasjonens eget boretårn utfører boring ved å penetrere lukedekket. Jack-up riggen borer på sørsiden mens boretårnet borer på nordsiden av lukedekket. Når jack-up riggen blir flyttet har boretårnet mulighet til å operere på hele området.

Når det gjelder design av selve lukene finnes det ikke så mye spesifikk informasjon om utforming eller beskyttelse. Det er noe som kan skyldes at prosjektet er i en FEED fase. Det forventes mer detaljer og spesifisitet i detaljfasen av prosjektet. Ved vanlige boreoperasjoner skal det benyttes en løsning som sørger for god tetting rundt stigerøret som står i luken. Ved nedsetting av lederør må lukene over brønnen være åpne på grunn av at det ikke er mulig å oppnå god tetting rundt borestrengen eller lederøret som følger av stor bevegelse i borestrengen. Hver luke gir tilgang eller åpning til to brønner. Designet skal sørge for at kun den delen som ligger over den brønnen som det bores i er åpen. Halvparten av luken vil altså fremdeles være låst i posisjon over sin del av brønnen, mens det foregår boring i andre halvdel.

### 6.6.4 Dimensjonerende laster

På bakgrunn av foreløpig DAL spesifisering og totalrisikoanalyse for installasjonen har vi funnet hvilke laster installasjonen må dimensjoneres for. For eksplosjon i brønnhodet er det funnet et opptredende statisk eksplosjonstrykk på lukedekket på 0,7 barg, og en draglast på 0,3 barg og en puls varighet 100 – 150 ms. Det er oppgitt at også de øvrige veggene og gulv i dette området skal designes for disse lastene og de blir beskrevet som barrierer i dokumentet. Når det gjelder eksplosjoner i brønnintervensjonsområdet som ligger på lukedekket er det ikke utført eksplosjonsberegninger på dette i FEED fasen, derfor benyttes resultatene fra konsept fasen som er det samme som for brønnhodeområdet som vi nevnte i start av avsnittet.



Brannlastene som ligger til grunn for design av lukedekket på installasjon D er jetbrann i brønnhodeområdet med en varmefluks på  $350 \text{ kW/m}^2$  med varighet på 2 minutter og  $150 \text{ kW/m}^2$  med varighet på 3 minutter og pølbrann med varmefluks på  $150 \text{ kW/m}^2$  med en varighet på 55 minutter, samt pølbrann over lukedekket med varmefluks på  $150 \text{ kW/m}^2$  med en varighet på 60 minutter.

Fallende objekter kan gi store støtlaster på konstruksjoner, skade materiell og føre til skade på utstyr med påfølgende lekkasje, brann eller eksplosjon. Lukedekket på installasjon D er ifølge tegning som indikerer kapasiteten for slike laster dimensjonert for 600 mT (metric tonne). Dette tilsvarer cirka 5,9 MN.

#### **6.6.5 Lukedekket som barriere**

Lukedekket blir heller ikke på denne installasjonen klassifisert som skille mellom hovedområder. Men den blir definert som en eksplosjonsbarriere for å tåle opptredende eksplosjoner i brønnhodeområdet og beskytte områdene over for konsekvensene fra dette. Også for fallende laster er det gjort vurderinger av hvilke laster lukedekket må tåle. Prosjektet er imidlertid på en tidlig fase hva angår design og detaljer hvilket gjør omstendighetene rundt data og risikovurderinger noe usikre.

#### **6.6.6 Ulykkesscenario**

I dokumentasjonen som er gjennomgått blir det gjort rede for operasjoner og aktivitet som penetrerer lukedekket og dermed svekker lukedekkets evner i hendelser som brann og eksplosjon. Vi har vært inne på noe av dette i kapitlet om Lukedekket tidligere. I tillegg til de ulike boreoperasjonene, og de følgene dette har for lukenes posisjon og løsning som vi nevnte der, vil også utføring av Wire Line og ICU operasjoner kreve aktivitet gjennom lukedekket.

Wire Line operasjonene kan utføres fra enten lukedekket eller fra boreområdene lenger oppe. Lukene vil da benytte arrangement for så godt som mulig å tette rundt utstyret som går gjennom luken. Ulike ICU operasjoner krever tilkobling av BOP. Denne vil bli designet til å passe på en ramme som skal kunne erstatte en luke. Den løsningen som er forespeilet vil ikke kunne tilfredsstille kravet til et brann- og eksplosjonsskille mellom brønnhodet og

brønnintervensjonsmodulen over lukedekket. Det blir i samme dokument anbefalt at det gjøres CFD simuleringer på ulike case som for eksempel simultane operasjoner på lukedekket for å se hvilke konsekvenser dette får ved uønskede hendelser i brønnehodeområdet.

Flere scenario er vurdert for installasjon D. Av de som er interessante for oss er særlig jetbrann i brønnehodeområdet, pølbrann i brønnehodeområdet og pølbrann i brønnintervensjonsmodulen over lukedekket. Disse scenarioene er de vi har referert til i kapitlet Dimensjonerende laster, da de ligger til grunn som designkriterier for lukedekkets egenskaper mot ulykkeslaster.

De er utført feiltreanalyser<sup>18</sup> for å avdekke hvilke hydrokarbonlekkasjer som kan føre til branner og eksplosjoner. Det ble utført tre feiltreanalyser for hvert av scenarioene, for å kartlegge små, medium og store lekkasjer. Scenario som ble vurdert i områdene var brudd eller lekkasje på stigerør og rørledning, utblåsning av olje under ICU operasjoner både i brønnehode og på brønnintervensjonsmodulen, utblåsning av olje i brønnehodeområdet under produksjon, oljeutslipp fra brønnen under ICU operasjoner og overfladiske utslipp av gass under ulike boreoperasjoner på plattformen. Også jack-up riggen som driver simultan boring de første årene av installasjonens levetid er tatt med i disse vurderingene.

### **6.6.7 Tiltak for å ivareta lukedekkets integritet**

Prosessmodulen er adskilt fra værdekket, boreområdet og brønnehodeområdet med brannvegg som holder H0-klasse. Mot utstyrsområdet er dette skillet klasse H60. Brønnehodeområdet er adskilt med brannvegg i H0-klasse. Boreområdet er også adskilt fra brønnehodeområdet ved hjelp av H0-skille. Det er ikke spesifisert i hvilken grad dekket er beskyttet av passiv brannbeskyttelse eller hvilken design som er valgt til lukene i dekket. Det antas at det har sammenheng med at prosjektet er i FEED fasen som vi har nevnt tidligere, og at dette blir spesifisert på et senere tidspunkt.

---

<sup>18</sup> En feiltreanalyse er konstruksjon av et logisk diagram (feiltre) som viser sammenhengen mellom systemfeil (en bestemt uønsket hendelse i systemet) og feil ved systemets komponenter (Aven, 2006).

Deluge og AFFF<sup>19</sup> blir nevnt som deler av det aktive brannbeskyttelsessystemet. Dette er ikke tatt med i simuleringene av brann på installasjonen, bruken av disse anleggene fører til at simuleringene gir konservative resultater til sikker side. Disse anleggene styres blant annet av detektoranlegget som følger følgende prinsipper for utløsning ””*Confirmed gas*” is defined as *activation of two (or more) detectors arranged in a voting area system, two at “high set point” level, i.e. 2 of n gas detectors, N >= 2*”. Øvrige detaljer vedrørende kriseberedskap, scenarioer er samlet i en Emergency Preparedness Report som har prosedyrer for hvordan rømning, evakuering samt brannsløkkingsarbeid på installasjonen.

## 6.7 Oppsummering

Denne analyse delen har sett på fire ulike installasjoner. Vi har sett på tre installasjoner som er i drift (A, B og C), i tillegg til en som er i FEED fase per i dag (D), og som dermed skiller seg noe ut fra de andre med tanke på hvilken informasjon vi har benyttet og hatt tilgang til. Den dokumentasjonen vi har hatt tilgang til, har i hovedsak vært risikoanalyser og tegninger i tillegg til noen separate dokumenter som arbeidsprosedyrer og andre rapporter.

Risikoanalysene har gitt en presentasjon av risikobildet på hele installasjonen. Vi mener at ved å studere måten risikoanalysene er utarbeidet på, og de resultatene de kommer frem til, er en god måte for å skaffe oss et innblikk i hvordan dagens praksis rundt lukedekket og barrieretenkningen på installasjonen er. I flere av rapportene har vi sett at lukedekket omtales og blir gjenstand for diskusjon. Vi ser klare fellestrekk i hvordan risikoanalysene er utført med tanke på både metodikk og utforming. Samtidig som vi har sett eksempel på hvor unik hver enkelt installasjon er, med sine særskilte behov eller egenskaper. Dette er helt klart en av hovedutfordringene i vurderingen av sikkerheten og risikoen på slike anlegg, og nettopp grunnen til at arbeidet med studien har vært interessant.

---

<sup>19</sup> Aqueous film forming foam blir beskrevet som et filmdannende skummiddel til brannslukking ((NORSOK, 2008); (Lovdata, 2012)).

## 7 Analyse Del 2 - STPA analyse

### 7.1 Innledning

Denne studien har blant annet sett på hvilke designkriterier som ligger til grunn for lukedekket og dets funksjon på installasjonen. Vi velger her å gi et eksempel på hvordan man kan benytte Levesons systemteori til å komme frem til design og designkriterier. I tillegg vil det bli utført en kartlegging av de ulike sosio-tekniske faktorene som spiller inn på systemets utvikling og operasjonelle bruk. På bakgrunn av dette vil det bli utarbeidet et forslag til hierarkisk struktur for det valgte systemet. Analyseobjektet i denne analysen er lukedekket som en fysisk barriere mellom brønnhodeområdet og boreområdet.

På grunn av de mange mulighetene teorien gir til å fordype seg både i de organisatoriske, tekniske og operasjonelle sidene ved systemet velger vi å avgrense dette eksempelet til de faktorene som ligger til grunn for designprosessen av lukedekket som barriere. Metoden er basert på beskrivelsen fra kapitlet Risikoanalyse basert på STAMP (STPA).

### 7.2 Avgrensning og gjennomføring

Denne gjennomføringen av en STPA analyse som vi utfører nedenfor er ikke en helhetlig analyse. Det er først og fremst et forslag til hvordan Levesons metode kan utføres, og hvilke faktorer analysen er utviklet for å ta hensyn til i forhold til vårt fokus som har vært teknisk sikkerhet i design. På denne måten ønsker vi å kunne si noe om forskjellene mellom denne systemteoretiske tilnærmingen, og dagens praksis.

I denne studien har det ikke blitt fokusert spesielt mye på den operasjonelle praksisen (det som faktisk blir gjort) på installasjonene, det er opplyst kun generell informasjon om dette. Det må derfor tas i betraktning at praksisen ved gjennomføring av operasjoner kan være annerledes enn det som fremstilles i dette eksempelet.

Dette eksempelet eksisterer ikke i virkeligheten, men input til metoden blir forsøkt holdt så realistisk som mulig. Detaljer og informasjon fra installasjonene vi har analysert blir blant annet benyttet for at eksempelet skal bli mest mulig realistisk. Hovedmålet med eksempelet er imidlertid å formidle hvordan STPA kan benyttes i design av vårt system.

### 7.3 Systemdefinisjon

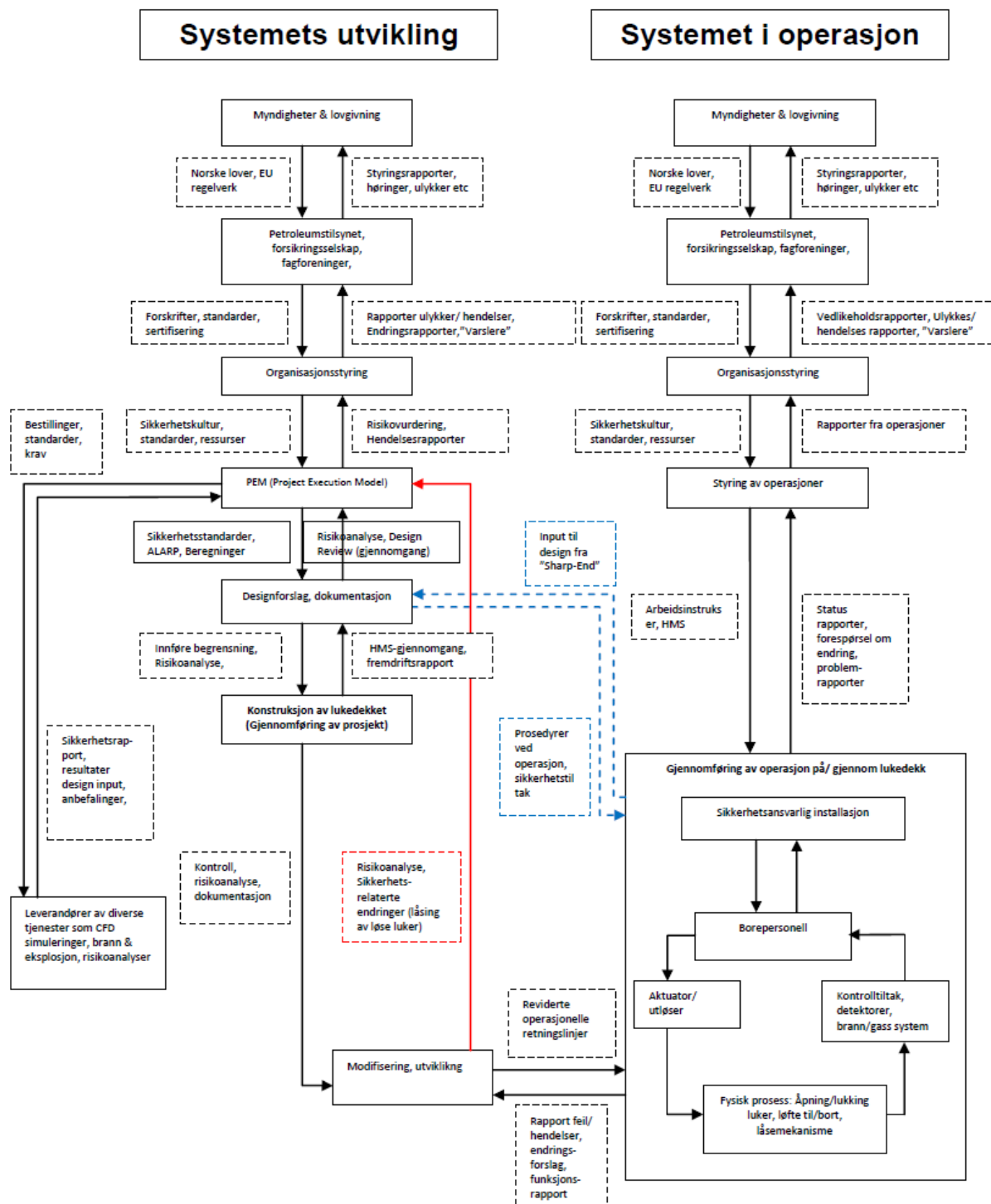
Systemet kan deles inn i etter organisatoriske, operasjonelle og tekniske faktorer. Samspillet mellom disse utgjør det totale systemet.

**Den organisatoriske** delen av systemet er de rammene og kriteriene som legges til grunn for design av den tekniske delen av systemet, og de operasjonelle retningslinjene hva angår operasjoner og aktiviteter på og gjennom lukedekket, og de områdene dette er i kontakt med. Som vi ser av figuren over det hierarkiske systemet, er dette illustrert fra øverste myndighetsnivå og ned til prosjekt gjennomførings modell til den enkelte bedrift eller organisasjon. Dette vil omfatte alt fra myndigheter, tilsyn, forskrifter og standarder til den ansvarlige organisasjonens HMS-filosofi.

**Den tekniske** delen er avgrenset til lukedekkets fysiske egenskaper og funksjoner som barriere. Lukedekket utgjør skillet mellom to områder. Under lukedekket finner vi brønnhodeområdet og over lukedekket er bore- og brønnintervensjonsområdet. Lukedekket består av luker som fører ned til den eller de brønnene det arbeides i. Øvrige luker i dekket skal være låst på plass.

**Den operasjonelle** delen av lukedekket velger vi å avgrense til den aktiviteten og de operasjonene som foregår på og gjennom lukedekket. Her vil operasjonelle retningslinjer som arbeidstillatelser, sikkerjobbanalyser, prosedyrer med mer komme inn.

## 7.4 Hierarkisk struktur



Figur 7 Hierarkisk struktur over lukedekkets funksjon som barriere

Det vil her bli gitt en forklaring til den hierarkiske strukturen som er konstruert for Lukedekket design og operasjonelle system. Først beskrives oppbyggingen av den hierarkiske strukturen for utviklingen av systemet. Deretter vil det bli sett på de hierarkiske strukturene for systemoperasjoner og drift.

I Norge vil de norske myndighetene (Olje- og energidepartementet) og EU bli stående som øverste hierarkiske nivå. Under finner vi Oljedirektoratet, ulike tilsyn som Petroleumstilsynet, Arbeidstilsynet og diverse andre under seg. Også forsikringsbransjen, fagforeninger og andre interesseorganisasjoner vil komme inn under dette nest øverste nivået som gjerne deltar og kommer med innspill til den politiske styringen av industrien.

Den ansvarlige organisasjonen kommer under som neste nivå, her finner vi oljeselskapene eller som i vårt tilfelle det selskapet som står for design og ingeniørarbeidet på systemet. Aker Solutions er et slikt selskap. Disse selskapene har ofte mange prosjekter som pågår samtidig, derfor har vi valgt å sette inn Prosjektstyringen for det aktuelle prosjektet (som for eksempel bygging eller modifisering av en installasjon) som neste nivå i strukturen. I Aker Solutions benyttes en modell for gjennomføring av prosjektene med navn PEM<sup>20</sup> som legger føringer for hvordan prosjektene skal gjennomføres i henhold til kvalitet, effektivitet, verdier og sikkerhet.

Det er prosjektstyringen som har det overordnede ansvaret for valg av løsningene i prosjektet, i dette tilfelle lukedekket. Under prosjektstyringen kommer design prosessen og de som er involvert i denne. Prosjektstyringen legger føringer for hvordan denne designprosessen skal gå for seg. Forslag til design og løsninger basert på de ønskede designspesifikasjonene og standarder blir videre analysert i lys av sikkerhetsregler og standarder. Funn og forslag til endringer blir formidlet tilbake til prosjektstyring og de ulike ansvarlige disiplinene. I tilfelle med lukedekket vil gjerne struktur- og boreteknologiavdelingene være de mest aktuelle involverte.

Vi ser også av den hierarkiske strukturen at det innhentes ekstern input til prosjektene gjennom leverandørbedrifter. Dette kan i vårt tilfelle være ulike typer risikoanalyser, eller simuleringer av brann og eksplosjon. Slike analyser er ressurskrevende og settes gjerne ut til

---

<sup>20</sup> Project Execution Model er Aker Solutions prosjektgjennomføringsmodell.

eksterne bedrifter som har spesialisert seg på slike oppdrag. Rapporter med resultat blir tatt hensyn til i det videre designarbeidet og implementert som en del av kriteriene for den nye løsningen.

Når valget har falt på valgt løsning er den klar for produksjon eller gjennomføring. Ofte er det et annet selskap eller verft som utfører arbeidet. Her er det derfor viktig med klare formidlinger av de valgte løsningene, samt dokumentering av at gjennomføringen har blitt gjort på riktig måte i henhold til designspesifikasjonene.

Den hierarkiske strukturen for den operasjonelle delen av systemet har, som vi ser, samme basis som for utviklingen av systemet. Ned til organisasjonsstyringen er oppbyggingen av dette den samme. Det er likevel viktig å merke seg at i tilfelle med lukedekket er det gjerne et annet selskap som står for drift av systemet som for design og konstruksjon av systemet. Dette stiller nye og viktige krav til informasjonsflyten. Det er gjerne et oljeselskap som eier installasjonen og står derfor for det operasjonelle ansvaret. Plattformsjefen på den aktuelle installasjonen er igjen ansvarlig for de aktivitetene som foregår her. Gjennom plattformens ledelse blir det fordelt arbeidsinstrukser og holdt kontroll over all aktivitet på installasjonen. Her skal de arbeidsprosedyrene som ble utarbeidet under design av systemet følges for å ivareta sikkerheten til personell og materiell.

Under styring av operasjon ser vi en illustrasjon som viser hvordan gjennomføringen av operasjoner på eller gjennom lukedekket kan foregå. Den styres som vi ser av sikkerhetsansvarlig på installasjonen som godkjenner forespørsler om å utføre operasjoner, og foretar vurderinger om hvilke eventuelle restriksjoner som må innføres ved gjennomføringen av operasjonen. Operasjonene blir gjerne utført av borepersonellet siden dette lukedekket befinner seg i bore- og brønnhodeområdene. Hvordan man definerer operasjoner for systemet kan variere, vi har valgt å definere dette som selve åpningen eller lukkingen av lukene. Og de kontrolltiltakene som må innføres som følger av at lukene for eksempel blir åpnet, noe som medfører et brudd i skillet mellom områdene.

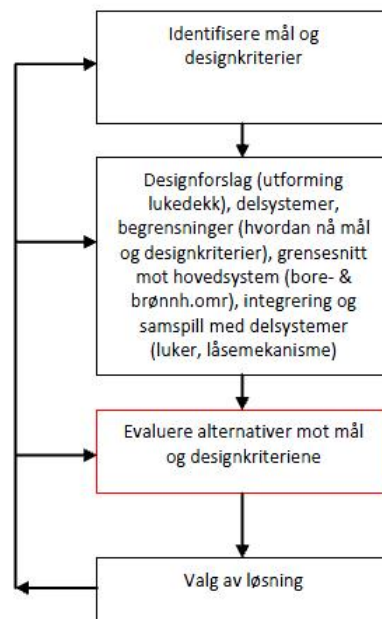
Videre ser vi at vedlikehold og utvikling holder System utviklingen, og System i operasjon sammen. Dette er et av de grensesnittene som er interessante i forhold til det å få feedback på hvordan valgt design fungerer i praksis. Både i forhold til sikkerhet men også i forhold til den



praktiske gjennomføringen av operasjoner som er sentral i forhold til det økonomiske bildet av saken. I oppgraderinger får man her ny input fra de som faktisk bruker systemet slik at man kan ta dette med seg gjennom en ny design prosess for å forbedre løsningene, eller få forslag til hvordan nye kan være. Slike kartlegginger vil også ha stor verdi ved utvikling av helt nye konsept og design ved bygging av nye installasjoner.

## 7.5 Designprosess og begrensninger i systemdesign

Vi har nå fått en innføring i oppbyggingen av det hierarkiske systemet. Studien vår har i hovedsak sett på den siden av lukedekket som omhandler teknisk sikkerhet og hvordan dette implementeres i design. Vi vil derfor fokusere på dette også her. Basert på figur fra Levesons teori har vi utarbeidet følgende designprosess som skal lede frem til valgt løsning av det systemet som designes, i vårt tilfelle lukedekket som barriere. I den hierarkiske strukturen kan denne figuren plasseres under det nivået vi har kalt prosjektstyring eller PEM.



Figur 8 Illustrert forslag til designprosess for lukedekket som barriere ved bruk av STPA.

Figuren ser relativt lik ut som andre designmodeller, formet som sløyfer med de ulike evalueringrundene som til slutt fører frem til endelig design. Det som likevel skiller denne fra tradisjonell tilnærming er fokuset på helhet, grensesnitt og begrensninger. Man starter prosessen med å definere mål og designkriterier. I vårt tilfelle kan første mål være å oppnå et

H0-skille mellom bore- og brønnhodeområdet. Designkriteriene er ulike standarder, regelverk og egenskapene til systemet som er nødvendig for å utføre operasjonene som trengs. Man designer deretter et forslag til hvordan dette kan gjøres, dette må holdes innenfor designkriteriene og mål. I tillegg må man vurdere samspillet med hovedsystemet som kan være de områdene det har innvirkning på, og andre delsystemer som i vårt tilfelle kan være design på luker, tettestrukturer, låsemekanismer, rømningsveier og lignende. Man må innføre nødvendige begrensninger i systemet for å holde dette innenfor mål og designkriterier.

Gjennom analysen av andre installasjoner og etter opplysninger fra ulike respondenter har det kommet frem at gasstett skille mellom bore- og brønnhodeområdet er vanskelig å utføre. Ett slikt svar vil i Levesons designprosess komme til uttrykk ved at de begrensningene som må innføres i systemet for å oppnå mål og designkriteriene, vil skape uforholdsmessige ulemper og dermed være uaktuelt å benytte. Økonomi, tidsbruk eller plassmangel er eksempel på årsaker til dette. La oss tenke oss at det for eksempel kan være snakk om nedstengning av produksjon mens arbeid utføres. Man går da opp igjen for å vurdere å endre enten designkriterier eller mål. Lover og regler må man forholde seg til, et alternativ er derfor å se på hvilke begrensninger man kan innføre dersom man må gå over til en løsning der man har et lukedekk som ikke er gasstett. Nye forslag til design og begrensninger kommer opp. Dette kan være for eksempel strengere arbeidsrutiner vedrørende operasjoner som foregår, økt aktiv eller passiv brannbeskyttelse av lukedekket eller å etablere flere og bedre rømningsveier.

Designkriteriene i forhold til lukedekket har rot helt til de øverste hierarkiske nivåene. Ved hjelp av standarder og lovgivning legges det føringer for hvordan systemer skal utvikles og prosjekter skal gjennomføres. Noen regelverk legger sterke føringer for *hvordan* utformingen av løsningen skal skje, andre har en mer funksjonsbasert tilnærming og sier dermed bare noe om hva som skal oppnås (Aven, et al., 2008). I tillegg til de kravene som man får fra lover og standarder kommer de begrensningene som knyttes til systemets operasjonelle egenskaper. Leveson kaller disse miljømessige begrensninger.

Når det gjelder spesifikke miljømessige begrensninger i forhold til design av lukedekket kan dette være for eksempel:

- Antall brønner
- Størrelse på lukene
- Vekt på utstyret (BOP)
- Utforming av lukene
- DAL (Ulykkesscenario)

Disse faktorene vil ligge til grunn når man skal fastsette dimensjoner på lukedekket og lukene. De utvalgte materialene må motstå ulike brannlaster, eksplosjonslaster og laster som følge av fallende objekter. For å identifisere DAL lastene, som gjerne i praksis blir gjort gjennom CFD simuleringer av installasjonen (se *Leverandører av diverse tjenester* i den Hierarkiske strukturen), må man også identifisere ulykkeshendelser.

## 7.6 Identifisere ulykkesscenario

Ulykkeshendelsene vi har listet opp her, er basert på scenario vi har funnet igjen i analysen av de ulike installasjonene. Dette er ingen fullstendig liste over scenario, da dette vil variere fra installasjon til installasjon. Det som skiller denne metodikken fra den tradisjonelle tenkningen er blant annet at skal se på hele det sosio-tekniske samspillet. Det er særlig i kartleggingen av scenario dette kan utgjøre en forskjell. Den tradisjonelle metoden med totalrisikoanalysen som underlag for de sikkerhetsmessige vurderingene av design, benytter stort sett statistiske data og hendelseskjeder, mens Leveson også vil trekke inn sosio-tekniske faktorer som organisasjonsstruktur, operasjonelle prosedyrer, kommunikasjon, i tillegg til de tekniske faktorene. Vi ville da kunne fått en del scenario for lukedekket som hadde rot i andre faktorer enn de kvantitative risikoanalysene. Vi har nå listet opp scenario vi fant i analysen fra installasjonene og delt de inn i System i drift og i Systemulykker

### 7.6.1 Systemet i drift

- Ulykke under løfting av luke (under åpning eller lukking)
- Luke er åpen når den skal være lukket
- Låsemekanisme ikke benyttet
- Låsemekanisme fungerer ikke
- Konstruksjonsfeil (material tåler ikke valgte laster, bolter, sveiser, plater, etc.)

## 7.6.2 Systemulykker

Nr	Område	Kategorier	Operasjon	Konsekvens
1	Brønnhodeområdet	Utblåsning	Produksjon	Brann/ eksplosjon
2	Brønnhodeområdet	Utblåsning	Overhaling	Brann/ eksplosjon
3	Brønnhodeområdet	Utblåsning	Boring	Brann/ eksplosjon
4	Brønnhodeområdet	Brønnlekkasjer	Produksjon	Brann/ eksplosjon
5	Brønnhodeområdet	Brønnlekkasjer	Boring	Brann/ eksplosjon
6	BOP-dekket	Utblåsning	Overhaling	Brann/ eksplosjon
7	BOP-dekket	Utblåsning	Boring	Brann/ eksplosjon
8	BOP-dekket	Brønnlekkasjer	Overhaling	Brann/ eksplosjon
9	BOP-dekket	Brønnlekkasjer	Boring	Brann/ eksplosjon
10	BOP-dekket	Fallende laster	Løft av foringsrør	Personskade, skade på utstyr, lekkasje → brann/ eksplosjon

Tabell 7 Oversikt over ulykkesscenario med relevans for lukedekket. Disse er hentet fra det analyserte datamaterialet i studien.

Ved å benytte Levesons tilnærming i identifisering av ulykkesscenario blir også ikke direkte tekniske faktorer tatt med. Eksempel på scenario som kunne blitt avdekket er listet opp i tabellen under. Disse ville også kunne plasseres inn under en av de to foregående gruppene.

## 7.6.3 Ny type scenario i design

Scenario	Kategori	Konsekvens	Årsak
Kvalitet på sveis i luker for dårlig	Organisatorisk	Ikke god nok kapasitet mot eksplosjonstrykk i brønnhodeområdet	Kommunikasjon mellom design og bygging
Låsemekanisme ikke benyttet	Operasjonell/ teknisk	Ikke god nok kapasitet mot eksplosjonstrykk i brønnhodeområdet	Dårlig design, tidspress, dårlig HMS-kultur
For lav verdi i CFD-simulering	Teknisk/ organisatorisk	Lukedekk ikke dimensjonert for å tåle ulykkesbelastning	Feil i input (lekkasjetall, detaljer, dimensjoner, tolkning), manglende sidemannsjekk

Tabell 8 Eksempel på ulykkesscenario som kan bli avdekket ved bruk av systemteoretisk tilnærming.

## 7.7 Begrensninger som følger av ulykkesscenario

Etter en kartlegging av de ulike scenarioene vil det bli gjennomgått en prosess hvor hvert enkelt scenario blir vurdert i forhold til valgt design eller designprosess, for å se hvilke

begrensninger i design som kan utføres for enten å forhindre scenarioet eller redusere konsekvensene av dette. Her ligger fokuset på design av lukedekket som system.

Først og fremst ses det på løsninger som kan eliminere ulykken. Det vil være vanskelig å designe lukedekket eller lukene for å hindre hendelser som skjer i brønnhodeområdet (scenario nr 1 - 5). Dette er noe også standarden tar opp ettersom den tillater avvik av hovedområdet i dette område, dersom kompensierende tiltak blir innført. Det videre arbeidet blir da å innføre tiltak som kan begrense hendelsen? Dette kan for eksempel være å hindre eskalering av brann fra brønnhodeområdet og opp til BOP-dekket. Forslag om passiv eller aktiv brannbeskyttelse av systemet, økt materialtykkelse, forslag til bruk av annet material, deluge-kanoner, sprinklersystem og gassdetektorer kan være eksempel på tiltak (begrensninger/restriksjoner).

Deretter vil det bli studert hvilke prosedyrer eller beredskapsplaner som kan iverettes for å hindre, begrense eller redusere skadeeffektene av hendelsen. Dette kan være prosedyrer som sier noe om hvor mange personer som kan oppholde seg i området under spesifikke operasjoner, hvilke operasjoner som kan eller ikke kan kjøres samtidig, sikring av rømningsveier, øvelser, etc. Ifølge en respondent søker man alltid andre løsninger før man benytter seg av prosedyrer og beredskapsplaner, da man har erfaring med at disse lettere kan føre til feilhendelser enn om sikkerheten er bygget inn i designet, Leveson nevner tilpasning over tid som et eksempel på at praksisen avviker fra prosedyrene (Leveson, 2002). Dette gjelder spesielt i miljø der produktivitet og økonomi er de dominerende elementene i avgjørelser. Et eksempel på dette så vi i eksempelet der låsemekanismen ikke ble benyttet. Årsaken var at låsemekanismen fungerer dårlig eller tar unødvendig lang tid, slike momenter kan føre til at man under operasjoner lar være å benytte seg av låsene.

## 7.8 Informasjon

Informasjon er et nøkkelord i modellen til Leveson. Innføringer av begrensninger fra et høyere nivå etterfølges av feedback sløyfer som kan gi feedback vedrørende virkningen av de innførte begrensningene, forespørsel om nye begrensninger, forslag til endring i design, statusrapporter eller rapporter over ulykkes hendelser med mulige forklaringer på det som har gått galt.

Ved å benytte metoden STPA bevisst, og benytte disse informasjonskanalene sikrer man at informasjonen kommer frem til det nivået som har myndighet og mulighet til å iverksette de nødvendige begrensningene for å oppnå bedring eller endring i systemet. Et eksempel på dette er den kunnskapen om systemet som sitter i *"the sharp-end"*<sup>21</sup>. Leveson skriver at de ulike nivåene (ledere, ingeniører, operatører, osv) ofte har sine egne tanker om hva hendelsen skyldes eller hvordan systemet kan forbedres (Leveson, 2004). Ved hjelp av klare informasjonskanaler som for eksempel offshoreinspeksjon, samtaler med arbeidere og omvisning på installasjonen, *"team building"*, og dedikerte systemer for varsling, rapportering eller forslag til nytt design kan man bedre et slikt samarbeid. Den hierarkiske strukturen over vårt system har derfor valgt å sette opp input til design fra *"sharp-end"*.

## 7.9 Oppsummering

Vi har nå gjennomgått et forslag til analyse av hvordan en systemteoretisk tilnærming kan benyttes i arbeidet med design av fysiske barrierer. Man holder ved hjelp av metoden et bevisst forhold til de ulike hierarkienes ansvarsområder. Utfordringene med metoden er helt klart de kravene den stiller til lagarbeid og helhetsforståelse ikke bare innad i organisasjonen men også på tvers av ulike organisasjoner og i forhold til myndigheter og interesseorganisasjoner. Men en av de positive sidene ved metoden er at med en riktig gjennomføring av den skal den avdekke mangler som går på slike faktorer, derfor er den nyttig også i design. Reasons presentasjon av hvordan ulike organisasjoner forholder seg til sikkerhetsinformasjon, og inndelingen i patologisk, byråkratisk og generative organisasjoner illustrerer dette på en praktisk måte (Reason, 1997). For at metoden skal fungere trenger man gjensidig respekt og forståelse for de ulike nivåenes arbeid og forslag, noe som kjennetegner en generativ organisasjon.

Det skal også sies at innføringer av de riktige typene begrensninger kan være med på å legge forholdene til rette for at man slipper å komme i situasjoner der man heller velger å la være å melde fra om feil, hendelser eller forslag til endring enn det å gjøre det. Tiltak som kompetanse, utdanning og kursing i organisasjonens arbeidsmetoder og filosofi, belønninger, anonyme rapporteringskanaler, bevisstgjøring av HMS-filosofi, forskning på nytt design hvor

---

<sup>21</sup> "Sharp-end" kan beskrives som den delen av systemet der handlingen eller aktiviteten blir utført, og der en eventuell ulykke vil inntreffe (Reason, 1997). I vårt tilfelle vil dette være der operasjonene og aktiviteten foregår, altså på/gjennom lukedeppet og bore- og brønnhodeområdet.

iboende sikkerhet står sentralt er eksempel på hvordan dette kan gjennomføres. På grunn av viktigheten av dette tar vi det med, på tross av at det går litt på siden av vårt fokus som er metodebruken i design og designprosess.

## 8 Drøfting

### 8.1 Innledning

Vi har tidligere hørt at en barriere er noe som hindrer gjennomføringen av en handling, eller motvirker og reduserer konsekvensene av en inntruffet handling (Hollnagel, 1999; Sklet, 2005). I denne delen av studien ønsker vi å benytte de funn analysen har gitt oss, sammen med de utvalgte teorier for å finne ut om det er en felles praksis når det gjelder lukedekket mellom brønnhodeområdet og boreområdet, vi vil deretter drøfte hva Levesons teoretiske tilnærming, som skiller seg fra den tradisjonelle, kan tilføre dette arbeidet.

Barrierebegrepet står sentralt, og ved hjelp av gjennomgangen av de fire installasjonene vil det bli forsøkt å gi en fremstilling av dagens praksis i forhold til lukedekkets barrierefunksjon og rolle i forhold til det tekniske sikkerhetssystemet på installasjonen, samt en vurdering av hvordan ytelsen til denne barrierefunksjonen blir vurdert. Denne praksisen vil også studeres i lys av Levesons systemteoretiske tilnærming for å undersøke hvilke nye aspekter, fordeler eller ulemper bruken av denne teorien har som risikoanalytisk verktøy i denne sammenhengen.

### 8.2 Dagens praksis

#### 8.2.1 Innledning

I analysedelen av oppgaven har vi sett på mer enn bare den spesifikke løsningen som er benyttet på lukedekket og mellom disse to områdene dette skiller. Vi har funnet igjen flere likhetstrekk mellom rapportene hva angår forståelsen av risikobegrepet og metodikk for analysene. Dette kan skyldes at både regelverk og standarder ligger til grunn for gjennomføring av slike analyser.

Kvantitative risikoanalyser har utgjort en stor del av datamaterialet i denne studien. Disse analysene gjennomføres blant annet for å kunne prioritere mellom alternative løsninger og tiltak, for å kunne vurdere om pålitelighet og risiko er akseptabel og for å kunne gi en systematisk beskrivelse av uønskede hendelser og de følger slike hendelser kan få (Aven, 2006). Dette kjenner vi igjen fra de funn vi har gjort i gjennomgangen av de ulike



installasjonene. Vi vil her gå se på de funn analysene har gjort for å finne ut hva som er dagens praksis hva angår lukedekkets rolle som barriere og hva som legges til grunn for designet av denne i forhold til sikkerhet.

### **8.2.2 Lukedekket**

Analysen av de fire ulike installasjonene har vist oss at alle installasjoner på hver sin måte er unike. Utforming og design varierer i stor eller liten grad, dette gjelder også for lukedekket. Når det gjelder plassering av lukedekket har alle installasjonene dette på samme plass. Plasseringen må være over brønnhodeområdet der operasjonene gjennom lukedekket foregår. Størrelsen på områdene varierer mellom de ulike installasjonene, dette har blant annet sammenheng med antall brønner, eller kvalitet på oljen i reservoaret. Våre installasjoner har et lukedekk bestående av mellom 25 – 50 luker. Ingen av installasjonene vi har sett på definerer lukedekket som et skille mellom hovedområder.

Av de installasjonene vi har sett på er det tre (A, B og C) som har vært i drift relativt lenge, mens en er under planlegging. To av de som har vært under drift (A og B) har, ifølge den dokumentasjonen vi har hatt tilgang til, festede luker i lukedekket, hvilket betyr at lukene låses mekanisk når det ikke foregår operasjoner der. En av installasjonene (C) har løse luker, men vurderer å foreta festing. Den installasjonen (D) som er under planlegging skal benytte en løsning der lukene kan låses når ikke operasjon foregår.

Materialvalget varierer noe mellom installasjonene. To av installasjonene (A og C) benytter tyngre stålluker, mens man på den ene (B) har benyttet en lettere løsning av aluminium. Dette er gjort med tanke på vekt. Hos installasjonen D fantes foreløpig lite detaljert dokumentasjon om dette.

### **8.2.3 Dimensjonerende laster**

Selv om lukedekket ikke blir klassifisert som et skille mellom hovedområder betyr det ikke at det ikke stilles krav til ytelsen til dekket. Hos installasjon A, B og D er lukene dimensjonerte for å tåle eksplosjonen som kan inntreffe. Installasjon D er ikke bygget ennå men det fremgår av dokumentasjonen at lukene skal tåle dimensjonerende eksplosjonslast. Ettersom det også er gitt anbefalinger om å dimensjonere lukedekket på Installasjon C for eksplosjoner i en FEED

studie i 2009 er det nok sannsynlig å tro at dette vil gjøres ved neste store modifisering. Dette var nemlig en av tingene som ble utbedret på Installasjon A ved en stor modifisering av denne installasjonen, som i skrivende stund er i sin avsluttende fase.

Ekspløsjonslastene som er aktuelle for de installasjonene vi har sett på har oppstått som følger av eksplosjon i brønnhodeområdet. Disse gir trykkklaster på lukedekket nedenfra, og om eksplosjonen er stor nok kan løse luker bli løftet ut av posisjon. Om lukene blir blåst vekk kan dette skade personell eller utstyr, det vil være krevende og direkte farlig å rømme fra eller over et dekk som har mange hull (lukene som mangler), og det kan også øke ulykkeshendelsens evne til å eskalere til andre deler av plattformen i og med at området over blir eksponert (gjennom de åpne lukene) for eksplosjonen eller brannen som har oppstått. Brannlastene blir også beregnet etter fra den kvantitative risikoanalysen.

Vi har i analysen forsøkt å kartlegge hvilke ulykkeskrefter lukedekket er dimensjonert for, og de viktigste opptredende ulykkeslastene. Verdiene som er funnet i analysen er summert i følgende tabell:

Installasjon	Oppgitt kapasitet eksplosjon (statisk trykk under)	Brann kapasitet	Opptredende brann (maks varmefluks)	Kapasitet fallende last (støtenergi kJ)
A	0,2 barg	Ikke brannklasset	350 kW/m <sup>2</sup>	700 kJ
B	0,2 barg	Ikke brannklasset	350 – 400 kW/m <sup>2</sup>	153 kJ (antagelse kapasitet for brønnlukene)
C	0,4 - 0,45 barg (anslått) Løse luker ikke dimensjonert for derfor ”sterk eksplosjon”	Ikke brannklasset	350 kW/m <sup>2</sup> varighet 4 min	606 kJ
D	Må dimensjoneres for: 0,7 barg (statisk trykk) og 0,3 barg (drag last)	Ikke brannklasset (foreløpig)	350 kW/m <sup>2</sup> varighet 2 min	Støtenergi ikke spesifisert. Oppgitt kapasitet tåleevne på dekket (egenvekt ikke inkludert) er 600 mT = 5,9 MN

Tabell 9 Oversikt over hvilke ulykkeslaster de fire installasjonene er dimensjonert for.

Vi ser at simuleringene som er gjort for å komme frem til opptredende brannlaster i stor grad er gir de samme ulykkeslastene på installasjonene. Brannkapasiteten blir oppgitt til å være

ikke brannklasset, årsaken til dette er at det ikke er etablert hovedskille mellom modulene. Regelverket tillater dette, så lenge kompensierende tiltak blir innført (NORSOK, 2008).

Dimensjonering og opptredende ulykkeskrefter for fallende laster er relativt lik mellom for installasjon A og C, mens installasjon B og D er noe mindre spesifisert. Den dokumentasjonen vi hadde tilgang til for denne installasjon B gjorde en kvalitativ antagelse av lukedekket kapasitet, vi kan derfor ikke fastslå denne eksakt. På bakgrunn av at det her er benyttet annet materialvalg enn de andre er det likevel ikke usannsynlig at kapasiteten vil være noe lavere enn hos de andre. Installasjon D har heller ikke oppgitt kapasitet av støtenergien, men basert på et lastplan har kapasiteten til dekket blitt satt til 600 mT (metric tonne).

#### 8.2.4 Ulykkesscenario

Gjennomgang og kartlegging av ulykkesscenario er avgjørende for å fange opp de mulige ulykkeshendelsene som kan oppstå på installasjonen. Totalrisikoanalysene vi har studert forklarer deler av metodikken for å komme frem til og velge ut de dimensjonerende ulykkeshendelsene. Og metoden for gjennomføring av dette er den samme for de ulike installasjonene, selv om de er utført av ulike selskaper. Metoden bygger på den tradisjonelle tilnærmingen til sikkerhet som vi har vært inne på tidligere i teoridelen. I denne tilnærmingen uttrykkes ofte risikoen kvantitativt, basert på beregninger og analyse av risiko ved bruk av matematiske/ statistiske og fysiske modeller (Aven, et al., 2008). Kvantitative risikoanalyser basert på konsekvens- og frekvensberegninger danner grunnlaget for metoden. De kjente operasjonene og aktivitetene i området inngår i dette. Hos installasjon B blir det eksplisitt opplyst at risikoanalysen ikke har sett på barrierefunksjoner som ikke er fysiske, som menneskelige og organisatoriske forhold. Dette stemmer overens med de funnene vi har gjort i analysen av de øvrige installasjonene. Og bygger opp under bruk av den tradisjonelle tilnærmingen som nevnt tidligere.

Scenario som blir vurdert er utblåsninger og lekkasjer som igjen kan føre til branner og eksplosjoner i de aktuelle områdene. Lekkasjer av olje kan føre til pølbranner, mens gasslekkasjer kan gi eksplosjoner med påfølgende branner. Konsekvensene vurderes i forhold til rømning, skade på utstyr og konstruksjoner med mer. Data som inngår i frekvensanalysene hentes fra databaser basert på rapporter av hendelser på ulike installasjoner. Rapportering av

slike hendelser kan blant annet gjøres til Ptil via deres nettside (Ptil, 2012b). Etter å ha gjennomgått de ulike scenarioene i analysen av installasjonene er det en felles oppfatning mellom disse at branner i de lavereliggende områdene på installasjonen gir større utfordringer for rømning og beredskap, da røyk og flammer vil dekke større deler av installasjonen. Eksplosjoner i området under lukkede luker vil gi et større eksplosjonstrykk i eksplosjonsområdet, men holder området over lukene beskyttet mot eksponeringen. Løse luker vil ved eksplosjoner kunne føre til flygende objekter og kunne skade utstyr og personell. Analysen av de ulike installasjonene gir en mer detaljert gjennomgang av scenarioene for de aktuelle installasjonene.

### 8.2.5 Integritet

Lukedekket, dets rolle og funksjon har hovedfokus i denne studien. Det har derfor også blitt foretatt en gjennomgang av de tiltak som er innført for å bevare eller øke lukedekkets integritet mot de lastene det utsettes for. En måte å gjøre dette på er bruk av passiv brannbeskyttelse. De installasjonene vi har analysert har benyttet flere ulike typer passiv brannbeskyttelse for å beskytte utstyr og strukturer i disse områdene. Her nevnes Mandolite 550, Chartek 59, PittChar XP, Chartek 7, Pyrocrete 201 og mineralull som eksempel på produkter som er benyttet.

I dokumentasjonen for Installasjon D spesifiseres det lite omkring passiv brannbeskyttelse, noe som sannsynligvis har sammenheng med at prosjektet er i FEED fase. Installasjon B er den eneste installasjonen vi har sett på som konkret beskriver passiv brannbeskyttelse av lukene i dekket. Her skal det benyttes en type epoxybaserte plater. Lukene og feste av disse beskrives som komplekst noe som derfor egner seg dårligere for spraybasert beskyttelse.

Aktiv brannbeskyttelse under operasjon spesifiseres for flere av installasjonene. Tiltak som nevnes er blant annet at deluge kanoner stilles inn mot den brønnlukken det arbeides i, slik at nedkjøling kan settes i gang umiddelbart når hendelser inntreffer. Det samme gjelder deteksjon av det øvrige brannvannsanlegget på installasjonene som styres av detektorer i de aktuelle områdene som utløses ved lekkasjer. På de ulike installasjonene finnes det ulike former for brannvannsanlegg, installasjon D nevner for eksempel AFFF.

Når det utføres arbeid i lukene er det på noen av installasjonene valgt å lage tetteanordninger eller såkalte operasjonsluker der kun nødvendig åpning er tilstede. Dette tiltaket er innført for å bedre skillet mellom områdene og redusere konsekvensene ved uønskede hendelser. Det imidlertid litt ulikt hvordan dette gjøres på installasjonene og ingen felles praksis, dette er det heller ikke for selve designet av lukedekket.

### 8.2.6 Oppsummering - Lukedekket som barriere

Installasjoner deles inn i hovedområder som skal adskilles med brannskiller som holder visse ytelseskrav. Etter å ha studert hvilken måte lukedekket blir klassifisert og behandlet på hos fire faste installasjoner er resultatet hos alle fire at det ikke kan anses å være et hovedbrannskille, da lukedekket som en slik barriere, blir penetrert ved operasjoner og derfor ikke oppfyller nødvendige krav. Er lukedekket likevel en barriere?

Sklet (2005) trekker frem en del nøkkelfaktorer som er sentrale i arbeidet med barrierer. Disse faktorene kan benyttes som verktøy for å analysere en barrieres ytelse. I sammenheng med lukedekket har ikke faktorene blitt gjennomgått eksplisitt, men vi finner tydelig igjen referanser til flere av faktorene i dokumentasjonen. Effektivitet blir beskrevet som evnen til å utføre en sikkerhetsfunksjon over tid (Sklet, 2005). Dette kan sees direkte i forhold til lukenes evne til å motstå brann, og tiden før nedsmelting. Ytelsen til barrieren blir her gjerne oppgitt i minutter, tid til rømning. I forhold til robustheten til barrieren kan lukedekkets design og motstanddyktighet mot eksplosjonstrykk og fallende gjenstander plasseres.

Lukedekket skiller to områder på installasjonen. Det å være et fysisk skille mellom de to områdene kan derfor kalles lukedekkets barrierefunksjon. På bakgrunn av egenskapen som et fysisk skille mellom to områder kan vi slå fast at lukedekket oppfyller kravet til å være en barriere ifølge definisjonene nevnt i teoridelen. Om vi vil klassifisere lukedekket ytterligere kan vi si at den er en passiv barriere i og med at den utfører sin barrierefunksjon ved å eksistere, her trengs ikke aktivisering av noe slag. Det finnes, som det ble skrevet i teoridelen, et utall forskjellige klassifiseringer av barrierer. Den fysiske barrieren som lukedekket utgjør er derfor et meget godt bilde på bruken av energi- og barrieremodellen i praksis. Lukedekket, med sin fysiske egenskap, holder den skadelige energien tilbake, og bidrar til å begrense konsekvensene som følger av den uønskede hendelsen.

Gjennomgangen av de ulike installasjonene antyder at lukedekketts rolle som barriere først og fremst er til for å motstå fallende laster og eksplosjoner, dette er også årsaken til at låsing av lukene som ofte tidligere var løse blir utført ved nybygging og modifiseringer. Det varierer hvorvidt lukedekket er forsterket eller ikke mot brannlast. Hos noen installasjoner blir lukedekket vurdert i forhold til rømning og strukturell integritet ved ulykkeshendelser, men variasjonene i dette kan tyde på at denne typen barrierer, som faller utenfor de preskriptive kravene som gjelder for hovedbrannskillene blir vurdert mer tilfeldig. Dette kan forklare den forskjellen vi har funnet mellom installasjonene.

Oppsummert kan vi derfor si at lukedekket i hovedsak har to roller på installasjonen. Det ene er den praktiske funksjonen ved at det gir mulighet til å arbeide og bevege seg på dekket og rundt de brønnene som det utføres arbeid og operasjoner i. Det andre er beskyttelsesfunksjonen som fysisk skille mellom to ulike områder på installasjonen. Dersom det oppstår en eksplosjon eller brann i et av områdene vil lukedekket med sin tilstedeværelse ha innvirkningen på følgene og eskalering av denne hendelsen. Dette gjelder uavhengig av om alle lukene er lukket, eller om en eller to er åpne. Lukedekket vil uansett ha innvirkning på hendelsens omfang i større eller mindre grad.

Selv om vi på bakgrunn av barriereteorier kan klassifisere lukedekket som en barriere er det likevel svært interessant at det finnes en såpass vilkårlig tilnærming til hvordan ytelse og funksjon til barrieren blir beskrevet. Den praksisen som ligger til grunn for design av lukedekket som barriere er i all hovedsak basert på kvantitative risikoanalyser og statistiske metoder. Er denne praksisen god nok?

## **8.3 Levesons systemteoretiske tilnærming**

### **8.3.1 Innledning**

Vi har nå fått en innføring i hvordan dagens praksis vedrørende oppfatning og rolle til lukedekket mellom bore- og brønnhodeområdet er. Denne er basert på analysen av de fire utvalgte installasjonene. Andre del av studien var å finne ut hvilket potensial en systemteoretisk tilnærming, kunne tilføre dagens praksis og tilnærming til en fysisk barriere som dette lukedekket. Det finnes flere metoder som legger mer enn de tekniske faktorene til grunn for sine vurderinger av barrierer. I teoridelen nevnes både BORA og Leveson som

eksempel på dette. Begge har en mer helhetlig tilnærming til systemet som vurderes og designes i sammenhengen det står i. Vi har i denne studien valgt å se nærmere på Levesons teori og hvilket potensial denne har i forhold til lukedekkets rolle som barriere. Denne teorien er i utgangspunktet tiltenkt software systemer, og de nye utfordringene denne typen systemer har tilført design og drift av systemer. Spørsmålet er om en slik teoretisk tilnærming vil være relevant for en fysisk barriere som dette lukedekket?

I analysedelen ble det utført et forslag til hvordan en STPA analyse kan benyttes i forhold til arbeidet med å utvikle designkriterier eller spesifikasjoner til lukedekket som barriere. Og hvordan man kan konstruere en hierarkisk struktur for et slikt system som det lukedekket og dets funksjoner utgjør. Eksempelet på gjennomføringen av en STPA analyse var på ingen måte ment som en fullstendig gjennomføring av Levesons analysemetode, men hadde som mål å undersøke metodikkens potensial i dette arbeidet. Vi vil i denne delen gå gjennom det vi mener at Levesons teori kan tilføre dagens praksis i design og oppfatning av lukedekket som en fysisk barriere, og drøfte hvorvidt denne metoden egner seg til dette.

### 8.3.2 Input til design

I gjennomgangen av dagens praksis har vi sett at totalrisikoanalysen, og den informasjonen som inngår i den, har en sentral rolle i forhold til å finne og velge designkriterier som ligger til grunn for lukedekkets evner i møte med ulykkeshendelser. De kvantitative risikoanalysene kommer ved hjelp av statistiske metoder frem til de dimensjonerende ulykkesscenarioene som igjen gir input til designkriteriene. Ville man ved bruk av Nancy Levesons teori gjort dette på en annen metode?

Teorien til Leveson bygger på det vi kaller det sosio-tekniske system, selve teorien går ut på at man ikke kan oppnå en fullstendig oversikt over systemets oppbygging og ulykkesscenario ved bare å studere tekniske komponenter, men at man også må studere de organisatoriske og operasjonelle faktorene i tillegg til de tekniske. Ved å benytte Levesons tankesett og teori i eksempelet vi utførte fikk vi bekreftet at det også i en designprosess er avgjørende å ta et skritt tilbake fra tegnebrettet, for å kunne se helheten i systemet. Som ingeniør er det lett å la seg fordype i de tekniske beregninger og løsninger, og legge mindre vekt på andre faktorer som kan spille en stor rolle for sikkerheten når alt kommer til alt. Ordtaket som sier at *”En kjetting ikke er sterkere enn sitt svakeste ledd”* kan i denne sammenhengen vise oss at også

ikke-tekniske faktorer er avgjørende for sikkerheten i systemet. Det vil derfor være avgjørende og også inkludere ulykkesscenario som følger av disse faktorene i kriteriene for design av systemet.

I gjennomgangen av dokumentasjon for de ulike installasjonene, hadde vi hovedvekt på totalrisikoanalysen. Her fant vi ut at ulykkesscenarioene som vurderes, i forhold til lukedekket, i stor grad kun omhandler tekniske komponenter og prosessulykker, som basert på statistiske metoder, data og simuleringer blir liggende til grunn for designkriteriene. Det er likevel litt for enkelt å si at organisatoriske og operasjonelle faktorer ikke er inkludert i vurderingene. I innhenting av datamateriale har respondenter opplyst at det utføres tiltak som sikkerjobbanalyse og vurdering av simultane operasjoner på installasjonene, og at organisasjonene har et stort fokus på HMS-strategi og tankegang. Spørsmålet blir likevel om dette har innflytelse på designprosessen, eller om de kommer som såkalte "add-on" tiltak i etterkant?

I utføringen av STPA på lukedekket som barriere, startet arbeidet med å sette opp de kjente faktorene tidlig i designprosessen. På denne måten får man oversikt over hvilke rammer designet må ligge innenfor og hvilke mål man skal strekke seg imot. Lukedekket kan i første omgang høres ut som et relativt uproblematisk tema i og med at det er en fysisk barriere uten verken programvare eller noe form for motordrift. Vi har likevel gjennom vårt analyseeksempel, avdekket at ved å se på helheten, og den konteksten lukedekket står i, blir det påvirket av andre enn tekniske faktorer. Vi nevner i gjennomføringen av STPA eksempelet design av låsemekanismen som et eksempel på dette. Designet vil være avgjørende for om denne blir benyttet i praksis. Dårlig design av denne vil i verste fall føre til at 40 luker etter en viss tid blir stående ulåst, konsekvensene kan bli fatale. Tradisjonelt tenker man på kvantifiserbare faktorer når man snakker om designkriterier. I dette eksempelet er det vanskelig å kvantifisere godheten av tiltaket som innføres i designet. Man er avhengig av kvalitative vurderinger og feedback av de som bruker løsningen/ designet i praksis for å avgjøre om løsningen er god. I gjennomgangen av totalrisikoanalyser samt øvrig dokumentasjon for installasjonene vi har sett på kan vi ikke ha funnet at disse faktorene blir tatt hensyn til i forhold til designkriteriene av lukedekket som barriere, dette er noe Levesons tilnærming kunne bidratt til.



### 8.3.3 Hierarki, begrensninger og feedback

Innføring av begrensninger, er hovedverktøyet for å kunne hanskes med den stadig økende kompleksiteten i dagens systemer. Typene av disse vil variere etter hvilket hierarkisk nivå i den sosio-tekniske modellen de tilhører. Teknisk design, prosess, prosjektstyring og ledelse, produksjon og operasjonelle begrensninger er blant klassene Leveson nevner. Det er lett å tenke på begrensninger i forhold til lukedekket som tekniske da dette er en barriere av fysisk og teknisk karakter. Likevel har vi gjennom vårt forslag til bruk av STPA analysen funnet at også ikke-tekniske begrensninger er nødvendig for å opprettholde lukedekkets barrierefunksjon. Et eksempel på dette er som vi har hørt sikkerjobbanalysen som utføres før operasjoner. Et annet eksempel er regelverk og standarder som legger føringer for løsninger, design og aktiviteter.

Når det gjelder lukedekket og dets rolle som barriere har vi tidligere i studien sett at aktuelle standarder tillater at skillet mellom bore- og brønnhodeområdet ikke holder H-klasse kvalitet. Forutsetningen for dette er at kompensere tiltak blir innført for å takle de konsekvensene dette medfører. I praksis betyr dette at man ved å designe på denne måten oppfylder kravene som stilles, og at det ikke vil bli designet løsninger med tanke på å oppnå gasstett skille mellom disse områdene som fungerer under operasjoner og aktivitet. Er dette en begrensende faktor i designprosess? Oppfatningen etter å ha studert temaet er, ja. Et slikt preskriptivt punkt i standarden legger ikke til rette for en designprosess som har et gasstett skille mellom de to områdene for øyet, men en designprosess som har det å følge retningslinjene i standard og regelverk som mål. Det er for enkelt å si at dette er negativt for sikkerheten i løsningen, men det vi kan fastslå er at det vil kunne være en begrensende faktor i det som går på utvikling og design av løsninger som faktisk kan gi et gasstett skille mellom disse områdene. Dette viser at innføringer av begrensninger i systemdesign, i dette tilfellet et preskriptivt forslag til designløsning, ikke utelukkende har positive effekter for sikkerheten selv om de kan være praktiske i ingeniørarbeid.

### 8.3.4 Bruksområde og anvendbarhet

Vi har nå fått en innføring i hvilke faktorer den systemteoretiske tilnærmingen kan tilføre den tradisjonelle tilnærmingen benyttet i dagens praksis. Fokuset i den systemteoretiske tilnærmingen ligger på helhet, og inkluderer som vi har hørt, ikke bare den tekniske siden av systemet, men også organisatoriske og operasjonelle forhold. I dagens praksis ser vi at de

faktorene som har størst innflytelse på lukedekkets design og integritet er ulykkeslaster fra brann, eksplosjon og fallende gjenstander. I den dokumentasjonen vi har gjennomgått har det i liten grad blitt fokusert på scenario som skyldes organisatoriske eller operasjonelle forhold. I vurderingen av sikkerhet og sikkert design, kan Levesons metodikk også være med på en bevisstgjøring av de faktorene som ikke inngår i statistiske data, og de tradisjonelle analysemetodene for å kartlegge ulykkesscenario, som for eksempel feiltreanalyser. Det som imidlertid er noe av utfordringene med Levesons teori er at den stiller store krav til helhetlig oversikt over systemet. Dette vil igjen kunne føre til krav om store ressurser og involvering av mange aktører i den praktiske gjennomføringen av metoden. Men det vil samtidig skape et eierskap til systemet hos de involverte som kan bidra til å øke interessen for samspillet mellom system, delsystem og hovedsystem, samt motivasjonen for å utvikle stadig nye og bedre systemer.

De tendensene vi ser fra dagens praksis, som viser at det i stor grad er de fysiske, statistiske og målbare verdiene som summeres i totalrisikoanalysen er nok ikke tilfeldig. Hendelser som inntreffer i grensesnittet mellom teknologi, organisasjon og operasjon er svært vanskelig både å forutse, og motvirke. Mens man ved statistiske metoder har konkret statistikk, eller verdier på tidligere hendelser som har inntruffet, kan man på et mer konkret grunnlag avgjøre om dette er hendelser man bør designe mot. Leveson kaller dette et retrospektivt fokus, altså fokus på hendelser som har inntruffet før (Leveson, 2004). Ved å benytte Leveson i systemdesignet gir det mulighet til nytenkning hvor man ved i tillegg til å se på det som har skjedd før, også ser mot nye scenario med mer en proaktiv tilnærming. Dette gjelder både i forslag til design, i kartlegging av ulykkesscenario og ikke minst i innføring av de riktige begrensningene for å hindre, motvirke eller redusere konsekvensene av aktuelle ulykkesscenario. Det er her Levesons tilnærming kan bidra til å utfylle dagens praksis og tilnærming.

## 9 Konklusjon

Denne studien hadde som mål å undersøke hvordan ytelse og funksjon til den fysiske barrieren mellom brønnhodeområdet og boreområdet på faste installasjoner ble vurdert, og hvilket potensial Levesons systemteori har som teoretisk rammeverk for vurderinger av en fysisk barriere som dette?

Det ble i studien utført analyser av fire ulike faste installasjoner som har vært, eller er, en del av Aker Solutions prosjekter. Dokumentasjonen som ble gjennomgått var hovedsakelig totalrisikoanalyser, tegninger, diverse risikoanalyser samt noen arbeidsprosedyrer. I tillegg ble det benyttet supplerende informasjon fra en rekke respondenter med kjennskap til de ulike installasjonene eller praksisen om temaet.

Lukedekket som er studert i denne studien skiller to områder på installasjonen, og beskytter i større eller mindre grad personell, utstyr eller bærekonstruksjoner i disse områdene fra ulykkeshendelser som brann, eksplosjon eller fallende gjenstander. På bakgrunn av det teoretiske grunnlaget med de ulike definisjonene av barrierer og deres egenskaper, sammen med kartleggingen av lukedekkets funksjon på installasjonene i analysen, kan vi konkludere med at lukedekket har en rolle som en passiv barriere.

Resultatet fra analysen av de fire installasjonene viste at lukedekket ikke inngår som en del av hovedskillene på installasjonene. Dette er også noe regelverket tillater, da man kan se vekk fra kravet om et slikt skille her dersom kompenserende tiltak blir innført. Selv om lukedekket ikke er et hovedskille på installasjonen har det en funksjon som barriere. Det inngår på alle installasjonene som en barriere mot eksplosjoner i området under lukedekket, og for fallende gjenstander over lukedekket. I tillegg til at det i hendelser som brann har en beskyttende rolle i forhold til det området som ligger over eller under der brannen inntreffer. Hvordan installasjonene har vurdert og dokumentert barrierens betydning og funksjon som barriere har variert mellom de ulike installasjonene. Dette kan ha sammenheng med at lukedekket ikke kan klassifiseres som hovedskille, som det stilles mer konkrete krav til.

For å kunne si noe om lukedekkets ytelse som barriere har vi også studert hvilke designkriterier som blir lagt til grunn for lukedekkets egenskaper som barriere.

Designkriteriene vil si noe om evnen til å takle de ulike ulykkesscenarioer som kan oppstå. Den dokumentasjonen vi har studert i denne studien har stort sett fokusert på ulykker som følger av utblåsninger og lekkasjer, samt hvilke fallende laster som kan oppstå på lukedekket. Totalrisikoanalysen og den øvrige dokumentasjonen vi har sett på fokuserer på de tekniske og målbare egenskapene, som kapasitet mot eksplosjonslast, evne til å takle støtenergi, evne til å tåle brann og lignende. Det har i liten grad blitt observert ulykkesscenario i tilknytning til lukedekket som følge av feil eller hendelser av organisatorisk eller operasjonell karakter.

Levesons metode med en systemteoretisk tilnærming, der helhetsbildet står sentralt, vil bidra til en designprosess der man i tillegg til de tekniske faktorene, også vurderer og designer med tanke på organisatoriske og operasjonelle faktorer. En slik prosess og tilnærming er ikke et brudd med dagens praksis men snarere et supplement. I tillegg til å fokusere på det tekniske, tar man også med organisatoriske og operasjonelle faktorer i betraktningen når man skal vurdere eller designe lukedekket. Dette vil kunne bidra til at man designer for nye ”utenkelige” ulykker, og ikke bare de man har statistiske data på.

Begrensninger har en sentral plass i denne tilnærmingen, og årsaken til at ulykkeshendelser oppstår er nettopp manglende begrensninger i systemet eller operasjoner. For vårt system er det gjeldende regelverket og standarder eksempel på slike begrensninger. Disse er til for å sette sikkerhetsrammer rundt måten å designe og operere på. Bruken og nødvendigheten av regelverk og standarder betviles ikke på noen måte. Men måten disse retningslinjene utformes på kan få innvirkning på den videre fremgangen i arbeidet med å designe ny teknologi og sikrere løsninger. I forhold til vårt tema som går på lukedekket, og dets funksjon og ytelse som barriere, har vi sett at standarden gir anledning til å se vekk fra et hovedskille her. Vi mener derfor at standarden også tar vekk litt av initiativet for å designe eller tilstrebe nye løsninger som faktisk kan tilfredsstillende kravene til å være et hovedskille og dermed bedre den operasjonelle sikkerheten betraktelig. På bakgrunn av dette mener vi at Levesons tilnærming i design vil ha et enda større potensial ved målbaserte regelverk som legger mindre føringer for den spesifikke løsningen eller måten å oppnå målet på. På den andre siden vet vi at Levesons tilnærming benyttet på hele systemet også skal kunne gi tilbakemeldinger på effektiviteten av de innførte begrensninger, noe som kan føre til endringer i standard eller regelverk.

Denne studien har vist at en systemteoretisk tilnærming i design, drift eller vurdering av en fysisk barriere som dette lukedekket kan være med på å belyse andre forhold når man skal si noe om funksjon og ytelse. Ved bruk av kompleks teknologi kreves også et teoretisk rammeverk som tar hensyn til komplekse interaksjoner, dette er noe den systemteoretiske tilnærmingen gjør på en bedre måte enn den tradisjonelle tilnærmingen. For at en systemteoretisk tilnærming skal fungere i praksis må man ha stor kjennskap til systemet, det som ligger til grunn for systemet, og hvilken kontekst det står i. Kort sagt er kravet til både teknisk, organisatorisk og operasjonell kunnskap viktig. På bakgrunn av dette kan man kartlegge den hierarkiske strukturen over systemet og finne ut hvilke begrensninger som allerede eksisterer eller er nødvendige for å oppnå hensikten eller kravene til systemets funksjon eller egenskap.

På bakgrunn av vårt eksempel på gjennomføringen av en STPA analyse, er det ikke tvil om at denne tilnærmingen kunne vært hensiktsmessig og nyskapende, i design og vurderingen av fysiske barrierer. Men det at metoden er såpass omfattende med tanke på ressursbruk, kan også føre til at den blir mindre anvendbar. I vårt eksempel benyttes metoden på et relativt lite system, og det kan tenkes at det ville vært for omfattende å gjennomføre lignende metodikk på hele installasjonen med de mange delsystemer den består av. På den andre siden har vi også hørt hvilke konsekvenser det kan få for selskap og organisasjoner dersom storulykker inntreffer. Kostnadene med en forlenget designprosess kan fort være spart inn dersom antall ulykker, eller uønskede hendelser blir redusert.

Studiens avgrensninger gir flere forslag til videre forskning på temaet. En bredere studie av organisatoriske og operasjonelle faktorer i totalrisikoanalysen kan gi en mer fullstendig oversikt over hvilken grad disse blir tatt hensyn til i risikovurderinger og design av installasjonen som helhet, eller andre av andre barrierer. Metoder med en mer systemteoretisk tilnærming som BORA og Levesons STPA-analyse, kan bidra til å tilføre fokus på organisatoriske og operasjonelle faktorer i dette arbeidet.

## 10 Kildeliste

- AkerSolutions. (2011). Lukedekk.
- Aven, T. (2006). *Pålitelighets- og risikoanalyse*. Oslo: Universitetsforl.
- Aven, T. (2009). *Risikostyring: grunnleggende prinsipper og ideer*. Oslo: Universitetsforl.
- Aven, T., Boyesen, M., Njå, O., Olsen, K. H., & Sandve, K. (2008). *Samfunnssikkerhet* (3 ed.). Oslo: Universitetsforlaget.
- Bjerketvedt, D., Bakke, J. R., & Wingerden, K. v. (1993). *Gas explosion handbook*. Bergen: Christian Michelsen Research AS.
- Boaler, T. M. (2012). Protecting Steel in Fire, from <http://www.leighspaints.com/en/techHydrocarbonFire.aspx>
- DagensNæringsliv. (04.04.2012). *Dagens Næringsliv*.
- Grimvall, G., Jacobsen, P., & Thed en, T. (2003). *Risikar i tekniska system*. Stockholm: Studentlitteratur.
- Hollnagel. (1999). Accident Analysis and Barrier Functions 1.0.
- ISO13702, B. E. (1999). Petroleum and natural gas industries - Control and mitigation of fires and explosions on offshore production installations - Requirement and guidelines: ISO (the International Organization for Standardization).
- Jacobsen, D. I. (2003). *Forståelse, beskrivelse og forklaring: innføring i samfunnsvitenskapelig metode for helse- og sosialfagene*. Kristiansand: H yskoleforl.
- Jacobsen, D. I. (2005). *Hvordan gjennomføre unders kelser?: innføring i samfunnsvitenskapelig metode*. Kristiansand: H yskoleforl.
- Kaiser, M. J. (2007). Modeling the time and cost to drill an offshore well. *Elsevier Ltd., Energy 34* (2009).
- KBT. (2009). Områdeklassifisering.
- Kjellén, U. (2007). Safety in the design of offshore platforms: Integrated safety versus safety as add-on characteristics. *Safety Science 45*.
- Kletz, T. (1991). *Plant Design for Safety - A user friendly approach*.
- LeighsPaints. (2012). Glossary, from <http://www.leighspaints.com/en/Glossary.aspx>
- Leveson, N. (2002). *A new approach to safety design*.
- Leveson, N. (2004). A new accident model for engineering safer systems. *Safety Science 42*.
- Longman. (Ed.) (2009). Pearson Education Limited.
- Lovdata. (2012, 07.06.2012). Kapittel IX: Aktive Sikringstiltak mot brann, from <http://www.lovdata.no/for/sf/nh/th-19940210-0123-009.html>
- NORSOK. (2001a). P-100 Process systems: Norwegian Standards.
- NORSOK. (2001b). Z-013 Risiko- og beredskapsanalyse: Norsk Standard.
- NORSOK. (2004). D-010 Well integrity in drilling and well operations: Norwegian Standards.
- NORSOK. (2008). S-001 Technical Safety: Standards Norway.
- NORSOK. (2010). Z-013 Risk and emergency preparedness assessment: Norwegian Standards.
- Odland, J. (2011a). *Kompendium 7. Drilling and wells*. Mechanical and Structural Engineering and Materials Science. Universitetet i Stavanger.
- Odland, J. (2011b). *Kompendium 11. Platform main functions*. Mechanical and Structural Engineering and Materials Science. Universitetet i Stavanger.
- OffshoreMagazine. (2010, 01.11.2010). 3D model sharing benefits Statoil and plant design contractors. *OffshoreMagazine*

- Innretningsforskriften (2010).
- Ptil. (2011, 16.06.2011). Ord og uttrykk, from <http://www.ptil.no/ord-og-uttrykk/category38.html>
- Ptil. (2012a). Rolle og ansvarsområde, from <http://www.ptil.no/rolle-og-ansvarsomraade/category129.html>
- Ptil. (2012b). Skjema - Rapportering, from <http://www.ptil.no/skjema-rapportering/category414.html>
- Rausand, M., & Utne, I. B. (2009). *Risikoanalyse: teori og metoder*. Trondheim: Tapir akademisk forl.
- Reason, J. (1997). *Managing the risks of organizational accidents*. Aldershot: Ashgate.
- Regjeringen. (2012). Gassteknologi, miljø og verdiskaping, from <http://www.regjeringen.no/nb/dep/oed/dok/NOU-er/2002/NOU-2002-7/5/3/1.html?id=367206>
- Ringdal, K. (2001). *Enhet og mangfold: samfunnsvitenskapelig forskning og kvantitativ metode*. Bergen: Fagbokforl.
- Rosness, Guttormsen, Steiro, Tinmannsvik, & Herrera. (2004). Organisational Accidents and Resilient Organisations: Five Perspectives. *SINTEF Industrial Management Safety and Reliability, 1*.
- Scandpower, & Sintef-NBL. (2003). *Handbook for fire calculations and fire risk assessment in the process industry*. Kjeller: SINTEF NBL.
- Sklet, S. (2005). *Safety barriers on oil and gas platforms: means to prevent hydrocarbon releases*. 2006:3, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Trondheim.
- Sklet, S. (2006). Safety Barriers: Definition, classification and performance. *Science Direct*.
- Øien, K. (2005). Barriereendringsanalyse (BEA): SINTEF RAPPORT.

## 11 Tabeller & Figurer

### Tabeller:

Tabell 1 Oversikt over ulike operasjoner som penetrerer lukedekket.....	19
Tabell 2 Forskrifter og standarder .....	20
Tabell 3 Beskrivelse av ulike brannklasser (Scandpower & Sintef-NBL, 2003).....	21
Tabell 4 Oppklaring av DAL begrepet.....	23
Tabell 5 Utvalgte installasjoner.....	38
Tabell 6 De ulike respondentenes kompetanse og tilhørighet.....	41
Tabell 7 Oversikt over ulykkesscenario med relevans for lukedekket. Disse er hentet fra det analyserte datamaterialet i studien. ....	78
Tabell 8 Eksempel på ulykkesscenario som kan bli avdekket ved bruk av systemteoretisk tilnærming. ....	78
Tabell 9 Oversikt over hvilke ulykkeslaster de fire installasjonene er dimensjonert for. ....	84

### Figurer:

Figur 1 Installasjonens hovedfunksjoner og lukedekkets plassering (Odland, 2011b).....	10
Figur 2 Figuren viser plattformens hovedfunksjoner (Odland, 2011b).....	10
Figur 3 Illustrasjonsbilde av brønnhodeområdet, her fra plattformen Kvitebjørn. Lukedekket skimtes i taket av området (OffshoreMagazine, 2010). ....	15
Figur 4 Illustrasjonsbilde av lukedekket fra en tilfeldig valgt installasjon (AkerSolutions, 2011).....	16
Figur 5 Illustrasjon av Energi- og Barriereperspektivet (Rosness, Guttormsen, Steiro, Tinmannsvik, & Herrera, 2004). ....	25
Figur 6 Modell styrt av sosio-teknisk kontroll (Leveson, 2004).....	31
Figur 7 Hierarkisk struktur over lukedekkets funksjon som barriere.....	72
Figur 8 Illustrert forslag til designprosess for lukedekket som barriere ved bruk av STPA....	75



## 12 Vedlegg til rapport

### 12.1 VEDLEGG 1 Intervjuguide

#### Intervju

Dette intervjuet utføres i tilknytning til en Masteroppgave i Samfunnssikkerhet ved UIS vår 2012. Temaet for studien ser på lukedekket mellom Brønnhode og Boreområde på faste installasjoner. Oppgaven skrives for Aker Solutions, Kristiansand.

#### Spørsmål:

1. Hvem setter rammebetingelsene for design av lukedekket mellom brønnhode og boring?
2. Når gjøres dette i prosessen?
3. Hvordan går en frem i en slik fastsetting av rammebetingelser for design?
4. Er det design av andre komponenter, bygningsdeler eller områder som spiller inn på utforming av lukedekket?
5. Hvilken funksjon/ hensikt har det å ha et lukedekk imellom disse to områdene?
6. Hvilke tiltak eller løsninger kunne bidratt til at lukedekket kunne vært et fullverdig hovedskille på installasjonen? Er det ønskelig å ha et slikt hovedskille her?

#### 19.4.1 Fire divisions (Norsok S-001 Technical Safety)

Fire division between drilling and wellhead area may be omitted if escape from drilling is ensured and activation and survivability of BOP is secured. However, well hatches shall be secured in place to withstand dimensioning explosion loads.

7. Hvilke vurderinger ligger bak denne tilnærmingen til denne måten å utføre skille mellom Drilling og Wellhead area på?
8. Hvilke ytelseskrav stilles til dette lukedekket og lukene i det?
9. Hvordan håndteres aktiviteten som foregår på/ gjennom lukedekket under drift av installasjonen?
10. Har utforming av lukedekket noen innvirkning på brannvann, rømning og beredskap i de aktuelle områdene på installasjonen?
11. Hvordan vurderes en barriere sin funksjon/ ytelse i forhold til sikkerheten på hele installasjonen?
12. Per i dag må dette lukedekket penetreres for å utføre ulike operasjoner. Ser du for deg noen forbedringer i design, regelverk eller drift som kan redusere risikoen dette medfører?
13. Hvilke parametre inngår i beregningen av risiko for uønskede hendelser i boring/ brønnhodeområdet på installasjonen?
14. Hvilken metodikk ligger til grunn for utforming av risikobildet til installasjonen og hvem utfører disse analysene?

## 12.2 VEDLEGG 2 Sammendrag intervju av ekstern respondent

I de følgende avsnittene blir en del av informasjonen som kom frem gjennom telefonintervju med en ekstern respondent presentert. Vedkommende jobber som spesialist på teknisk sikkerhet, og det har blitt valgt å anonymisere vedkommende på bakgrunn av at vi ikke ønsker at vedkommendes selskap eller interesser skal kunne identifiseres. Vi har gjennomgått en nærmere beskrivelse for det metodiske opplegget i metodekapittelet. Intervjuobjektet følte ikke at han var riktig person til å svare på alle spørsmålene. De fleste ble likevel besvart og er sammenfattet nedenfor

Eksperten kan i intervjuet fortelle at utformingen av lukedekket vurderes i forhold til den totale risikoen på installasjonen. Her vurderes risiko for brann og lignende hendelser. Lukedekkets funksjon er todelt. Det gir praktisk tilgang til utstyr og operasjoner som foregår i den brønnen som det arbeides i. Den andre funksjonen lukedekket har er som beskyttelse mellom områdene over og under. Det blir lagt vekt på å begrense åpningen mellom dekkene, altså gjennom lukene, i tid for å oppnå mest mulig tetthet mellom områdene. Dette vurderes spesielt under drift av installasjonen.

Utformingen av lukedekket og lukene er ifølge vår informant noe ulikt fra installasjon til installasjon. Tidligere har det for eksempel ikke vært selvsagt med faste luker i dette dekket. Først etter vurderinger av flygende objekter som følge av eksplosjon har faste luker blitt benyttet. Når det gjelder hvilke ytelseskrav som stilles til lukedekket, og denne typen barrierer, blir det vist til risikoakseptkriteriene som står i regelverk og i oljeselskapenes egne retningslinjer. I tillegg sier han at det benyttes tradisjonelle kvantitative risikoanalyser i vurderingen av installasjonens risikobilde. Her brukes statistiske data fra for eksempel Bore- og brønnehendelser, og data om tennsannsynligheter. Totalrisikanalysene utformes på bakgrunn av Norsok Z-013 og selskapenes egne guidelines. I tillegg til at de spesifikke risikoakseptkriteriene skal være oppfylt, blir det også lagt vekt på å følge ALARP-tankegangen som det også er krav om i gjeldende forskrifter.

Bruken av lukedekket i den daglige driften reguleres av driftsrutiner på plattformen. Sikkerjobbanalyse er et av verktøyene som benyttes for å sørge for at sikkerheten blir ivaretatt ved drift. Likevel blir det poengtert av vår informant at det til den typen aktivitet som gjøres i

dette området og på denne typen installasjoner knytter seg en viss risiko. Det er også kjernen i problematikken om lukedekket som på grunn av de nødvendige operasjoner vanskelig kan utgjøre et fullgodt skille mellom hovedområder. Dette mener han også er bakgrunnen for ordlyden i punktet 19.4.1 i Norsok S-001, som i grove trekk sier at hovedskille mellom brønnhodeområdet og boring kan ses bort fra, såfremt kompensierende tiltak innføres. Videre sier han at lukedekkets utforming har betydning for andre områder uavhengig av om det er hovedbrannskille. Det vurderes derfor i forhold til rømning i boreårnet og hvordan brann i brønnhodeområdet eskalerer.

### 12.3 VEDLEGG 3 Analyserte dokumenter

<b>Installasjon A</b>	<b>Årstall Dokument</b>
SEPA Analyse – Safety Emergency Preparedness Analysis	2009
Risiko- og beredskapsanalyse	1999
Teknisk notat 1 System description and acceptance criteria	2007
Teknisk notat 5 Process accidents - fires and explosions	2006
Teknisk notat 6 Riser and pipeline accidents	2006
Teknisk notat 8 Dropped objects	2006
Hatch locking (Prosedyre for låsing av løse luker)	2009
<b>Installasjon B</b>	
Topside Fire Risk Study	2008
Fire frequency picture & Dimensioning fire durations	2008
Simulation of temperature response in aluminum partition	2008
Risk Assessment Of Fires In The Wellhead Area	2008
Eksplisjonsrisikoanalyse	2008
Totalrisikoanalyse	2007
Befaringsrapport	2006
Brann- og eksplosjonslaster mot boremodul og BOP-kontrollsystem	2007
Brannvurderinger	2007
Sensitivity analysis based on existing TRA	2009
Risk assessment of modified drilling module	2009
<b>Installasjon C</b>	
Design Accidental Load DAL Specification Report	2010
Sensitivity analysis based on existing TRA	2010
Fire Water strategy and demand report	2010
Totalrisikoanalyse	2005
TRA Appendiks A - Basis for studien	2005
TRA Appendiks C – Prosessulykker	2005
TRA Appendiks F – Eksplosjonsanalyse	2005
TRA Appendiks I – Brannsimulering	2005
TRA Appendiks C – Rømning, evakuering og redning	2005
<b>Installasjon D</b>	
Totalrisikoanalyse (Issued for review)	2012
Emergency Preparedness Analysis (Issued for review)	2012
Design Accidental Load Specifications (Issued for review)	2012
Working conditions- Unavailability	2012
Teknisk notat - Hatches on Lower Well Intervention Deck	2011