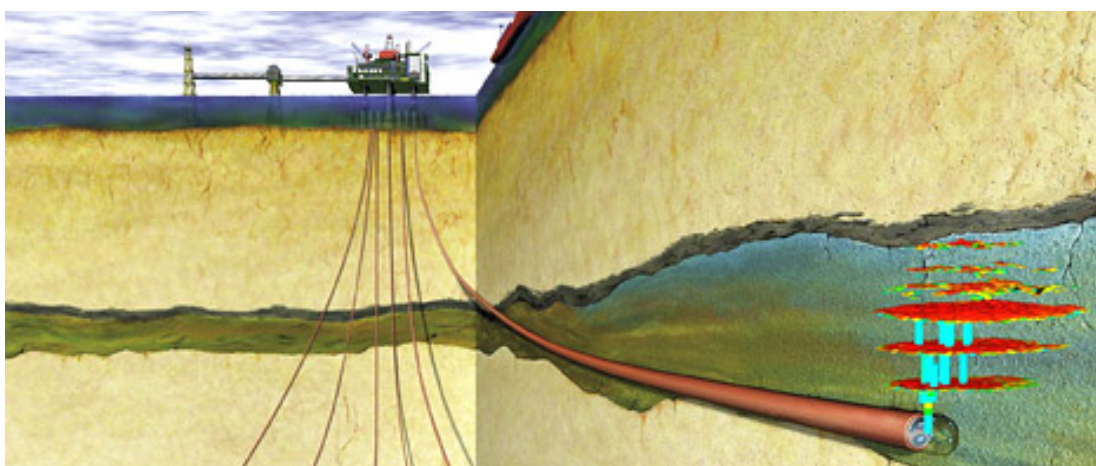




HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Sikkerhetsfilosofi for drift og vedlikehold av CO₂ -rørledning



BachelorOppgave utført ved
Høgskolen Stord/Haugesund – Studie for ingeniørfag

Sikkerhet, HMS

Av: Dag Arild Arnesen

Kand.nr. 76

Joachim Bergstøl Hvidsten

Kand.nr. 40

Haugesund

Våren 2009



BACHELOROPPGAVE

Studenten(e)s navn: Joachim Bergstøl Hvidsten
Dag Arild Arnesen

Linje & studieretning Sikkerhet, HMS

Oppgavens tittel: Sikkerhetsfilosofi for drift og vedlikehold av CO₂-rørledning.

Oppgavetekst:

I Gassco er det etablert filosofi for drift og vedlikehold av rørledninger for naturgass. På samme måte er det etablert bransjepraksis på håndtering av hendelser og definering av hva som er uønskede hendelser (DFUer).

Det er behov for å foreta en gjennomgang av dette for å se på om eksisterende metoder og filosofi er relevante også for en CO₂-rørledning, eller om det er spesielle forhold knyttet til slike systemer som gjør det naturlig å endre tilnærming mht sikkerhet og beredskap?

Oppgaven skal beskrive eksisterende filosofi for gassrør ("as-is"), og med det utgangspunktet gjøre en Gap – analyse med tilhørende risikoanalyser, for å identifisere behovet for forskjellig tilnærming.

Endelig oppgave gitt: Fredag 6. mars 2009 kl. 12.00

Innleveringsfrist: Fredag 8.mai 2009 kl. 12.00

Intern veileder Sanjay Kumar Khattri; HSH

Ekstern veileder Sigve Apeland; Gassco

Godkjent av studieansvarlig:
Dato:



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND



Høgskolen Stord/Haugesund
Studie for ingeniørfag
Bjørnsonsgt. 45
5528 HAUGESUND
Tlf. nr. 52 70 26 00
Faks nr. 52 70 26 01

Oppgavens tittel		Rapportnummer
Sikkerhetsfilosofi for drift og vedlikehold av CO ₂ rørledning		
Utført av Dag Arild Arnesen & Joachim Bergstøl Hvidsten		
Linje Sikkerhet, HMS		Studieretning Bachelor ingeniør
Gradering Åpen	Innlevert dato 08 mai 2009	Veiledere Sigve Apeland, Gassco Sanjay Kumar Khattri; HSH

Ekstrakt

Denne rapporten tar for seg utførte GAP – analyser med tilhørende risikoanalyser rettet mot sikkerhetsfilosofi for drift og vedlikehold av CO₂ rør. Oppgaven er utført for Gassco som er en av aktørene i CO₂ fangst prosjektet på Kårstø. Gassco er operatør for all gasstransport fra norsk kontinentalsokkel, til land i Europa.

Problemstillingen for denne oppgaven har vært å se på ”Sikkerhetsfilosofi for drift og vedlikehold av CO₂-rørledning”. I Gassco er det etablert filosofi for drift og vedlikehold av rørledninger for naturgass. På samme måte er det etablert bransjepraksis på håndtering av hendelser og definering av hva som er uønskede hendelser (DFUer).

Under jobbing med denne oppgaven har vi gått igjennom mange forskjellige dokumenter og studier som omhandler drift og vedlikehold av naturgass rør og det planlagte CO₂ røret. Det som har kommet frem av resultater fra GAP – analysene viser at forskjellene mellom disse to typer rør eller innholdet i disse rørene ikke er så forskjellig med tanke på sikkerhetstenkning og beredskap.

Dette prosjektet er banebrytende arbeid. Det ennå mange ukjente faktorer rundt det å frakte CO₂ gjennom rørledninger under vann for så å lagre det i reservoarer. Ut ifra de resultater vi har kommet frem til og det vi har vært inne om tilgjengelig teori og forskning, si at den sikkerhetsfilosofi som er lagt til grunn for drift og vedlikehold av naturgassrør også vil fungere som en basis for sikkerhetsfilosofi for CO₂ rør med tanke på sikkerhet og beredskap.

Forord

Denne oppgaven markerer avslutningen på vårt bachelor -studie i Helse Miljø & Sikkerhet ved Høgskolen Stord/ Haugesund. Med denne oppgaven har vi nå hatt en mulighet til å fordype oss i et selvvalgt studie over en periode på rundt 4 måneder. Det har til tider vært tøffe tak og mye å gjøre, men på tross av dette har det mest av alt vært et spennende, inspirerende og veldig lærerikt semester. Det har vært spennende å være en del av et så prestisjetungt og banebrytende prosjekt som CO₂ Kårstø prosjektet er.

I denne oppgaven har vi prøvd etter beste evne å være objektive og forutsetningsløse. Klimaforandringene som CO₂ fra fossilt brensel påfører vår klode er et tema som er sterkt debattert verden over, og det har ikke vært vår hensikt til ”å ta side i diskusjonen”. Det er allikevel ikke til å unngå en liten påvirkning siden denne oppgaven er skrevet på oppdrag for Gassco.

Flere personer har deltatt i prosessen og gjort det mulig for oss å fullføre denne studien. Vi vil takke Over Ingeniør HMS & K Kirsten Bolstad Halvorsen, som introduserte oss for dette prosjektet, Are Jacobsen HMS&K for det gode samarbeidet og til intern veileder Sanjay Kumar Khattri nyttig veiledning under veis. Takk for at dere stilte opp og var så imøtekommende.

En stor takk også til Ekstern veileder hos Gassco, Sigve Apeland for godt samarbeid, og at vi fikk denne sjansen til å være med på et så stort og spennende prosjekt.

Haugesund, 08. Mai. 2009

Joachim Bergstøl Hvidsten

Dag Arild Arnesen

Begrepsliste:

”AS-IS”	Beskrivelse av hvordan drift- og vedlikeholds systemer er på naturgass rør i dag.
CCP	Carbon Capture Plant
CCS	Fangst og lagring av CO ₂ (Carbon capture and storage)
DFU	Definert fare- og ulykkessituasjon
Gassled	Rør eierskap; Petoro, StatoilHydro, Petroleum AS, Total E&P Norge AS, ExxonMobil Expl.& ProdNorway AS, Mobil Development Norway AS, Norske Shell Pipelines AS, Norsea Gas AS ConocoPhillips, Skandinavia AS, Eni Norge AS, A/S Norske Shell Dong E&P Norge AS.
Hazid	Hazard Identification Study
Hazop	Hazard and operability studies
HIPPS	High Integrity Pipeline Protection System
HSE&K	helse, miljø, sikkerhet og kvalitet
MSL	Gjennomsnittelig hav nivå, mean sea level,
Pig	En ”kropp” som sendes gjennom røret for ut føre ulike inspeksjon og vedlikehold, (pipeline inspection gauge)
PL-LEAK	Pressure and Flow Leak Detection
PMS	Pipeline Modelling System
PPM	Parts per million
PPS	Pressure Protection System
Rikgass	Blanding av våte og tørre gasskomponenter (metan, etan, propan, butaner, etc.) som sendes samlet i en strøm gjennom en rørledning. Både Statpipe-rørledningen mellom Statfjord-feltene og Kårstø-anleggene og Åsgard Transport er rikgassrørledninger
ROV	Fjernstyrt ubåt (Remote Operated Vehicle)
SAWL	Stor diameter, tykkevegger, langsgående sveis, marint miljø, karbon stål
Sm³	Sm ³ er forkortelsen som ofte brukes for standard kubikkmeter, eller en kubikkmeter gass under normale forhold, definert som 1 atmosfære trykk (1,01325 bar) og 15 °C. Dette begrepet brukes når man angir volumet av gassen.
SML 450	-I SFPD: Sømløst rør som tåler frispenn med forsterket sveis. Marint miljø
SCADA	Supervisory control and data acquisition
LDS	Leak Detection System
VB-LEAK	Volume Balance Leak Detection
TCC	Transportation Control Centre

Figurliste:

Figur 1 Hovedaktører i CO ₂ Kårstø prosjektet(Hvidsten og Arnesen, 2009).....	13
Figur 2 "Illustrasjon av horisontal fylling av Utsira formasjonen fra Sleipner felte i Nordsjøent" (Statoilhydro, 2009)	15
Figur 3 "Fasediagram for CO ₂ " (Wikipedia.com, 2005)	17
Figur 4 "Her vises prosessen for etterforbrenning av CO ₂ " (Buch, 2007).....	18
Figur 5 "Sammenlikning av plassen volumet 1 tonn CO ₂ opptar, fra luft til flytende væske" (Feund & Kaarstad, 2007)	20
Figur 6 "Illustrasjon som viser hvordan CO ₂ - en blir injisert i Utsira formasjonen fra Sleipner feltet i Nordsjøen" (Feund & Kaarstad, 2007)	21
Figur 7 "En illustrasjon av hvordan CO ₂ en sprer seg oppover fra injiseringspunktet i formasjonen" (Feund & Kaarstad, 2007).....	21
Figur 8 "Spredning av CO ₂ injisert fra Sleipner A. i Utsira reservoaret fra 1999 - 2008" (Statoilhydro, 2009).....	22
Figur 9 "Aktiviteter, hendelser og forhold som påvirker virksomhetens evne til å nå sine mål og visjoner" (Aven, 2007)	23
Figur 10 "Risikostyringsprosessen" basert på ISO 2005 (Aven, 2007)	24
Figur 11 Risikoanalyseprosessens ulike trinn (Aven, Røed, & Wiencke, 2008)	25
Figur 12 "Billedlig fremstilling av resultat fra en GAP - analyse" (Hvidsten og Arnesen, 2009).....	26
Figur 13 "illustrasjon som viser sammenhengen mellom risikoanalyseprosessen og beredskapsanalyseprosessen" (Norwegian Technology Centre, 2001)	32
Figur 14 "Oversikt over rørtrassen til Langeled fra Nyhamna via Sleipner til mottaksterminalen i Easington England" (Gassco AS, 2007)	33
Figur 15 "Overvåkningsprosessen hos Gassco TCC" (Gassco AS, 2007).....	35
Figur 16 "Illustrasjonen viser den mint gunstige utslippssituasjonen, illustrert tørris og vindhastighet på en 1m/s. Fra blå sone er det trygt" (Det Norske Veritas, 2008) .	41



Figur 17 "Illustrasjon av det mest effektive spredningsmønsteret av CO2. Vinkelen på ventilen er 45 grader og konsentrasjonen på 5 % illustrerer rekkevidden til det er trygt" (Det Norske Veritas, 2008)42

Figur 18 "Informasjonsinnhenting og oppbygning av analyser i forbindelse med Hovedoppgaven" (Hvidsten og Arnesen 2009).....46

Sammendrag

Denne rapporten tar for seg utførte GAP – analyser med tilhørende risikoanalyser rettet mot sikkerhetsfilosofi for drift og vedlikehold av CO₂ rør. Oppgaven er utført for Gassco som er en av aktørene i CO₂ fangst prosjektet på Kårstø. Gassco er operatør for all gasstransport fra norsk kontinentalsokkel, til land i Europa.

Vendepunktet for klimaet som vi kjenner det i dag kan snart være nådd. Det er utnyttelsen av fossilt brensel (kull, olje og gass) som har sørget for levestandarden i samfunnet og naturen gir signaler på forstyrrelser og forandring. Klimaforskere verden over har talt og FN sitt klimapanel er mer en 90 % sikre på at klimaforandringen i dag er menneske skapt

I takt med samfunnsutviklingen blir det stadig rettet ett større og større fokus på ytre miljø. I Soria Moria erklæringen står det at Norge har tatt mål av seg til å bli verdensledende i miljøvennlig bruk av gass. Naturkraft sitt gasskraftverk er første gasskraftverk ut med fangst og lagring av CO₂. Dette er et banebrytende prosjekt, da det ikke er laget fullskala CO₂- fangstanlegg før verken i Norge eller i resten av verden. Gassco

Problemstillingen for denne oppgaven har vært å se på ”Sikkerhetsfilosofi for drift og vedlikehold av CO₂-rørledning”. I Gassco er det etablert filosofi for drift og vedlikehold av rørledninger for naturgass. På samme måte er det etablert bransjepraksis på håndtering av hendelser og definering av hva som er uønskede hendelser (DFUer). Det er et behov for å foreta en gjennomgang av dette for å se på om eksisterende metoder og filosofi er relevante også for en CO₂-rørledning, eller om det er spesielle forhold knyttet til slike systemer som gjør det naturlig å endre tilnærming mht sikkerhet og beredskap.

Under jobbing med denne oppgaven har vi gått igjennom mange forskjellige dokumenter og studier som omhandler drift og vedlikehold av naturgass rør og det planlagte CO₂ røret. Det som har kommet frem av resultater fra GAP – analysene viser at forskjellene mellom disse to typer rør eller innholdet i disse rørene ikke er så forskjellig med tanke på sikkerhetstenkning og beredskap.

Dette prosjektet er banebrytende arbeid. Det ennå mange ukjente faktorer rundt det å frakte CO₂ gjennom rørledninger under vann for så å lagre det i reservoarer. Det er derfor gledelig å se at så mange instanser jobber uavhengig av hverandre for på best mulig måte være forberedt til den dagen anlegget faktisk settes i drift. Petroleumstilsynet jobber i samarbeid med Det Norske Veritas med å utarbeide en Norsk Standard for CO₂ rør, når denne standarden er i boks vil dette lette arbeidet for selskap som Gassco når det gjelder hvilke krav som skal settes til slike rør.

Som en avslutning på oppgaven kan vi ut ifra de resultater vi har kommet frem til og det vi har vært inne om tilgjengelig teori og forskning, si at den sikkerhetsfilosofi som er lagt til grunn for drift og vedlikehold av naturgassrør også vil fungere som en basis for sikkerhetsfilosofi for CO₂ rør med tanke på sikkerhet og beredskap.

Innholdsfortegnelse

Forord	iv
Begrepsliste:	v
Figurliste:	vi
Sammendrag	viii
Del 1. Innledning	10
1.1 Et lite tilbakeblikk på historien	10
1.2 Gassco AS	11
1.3 Bakgrunn for tema og problemstilling	12
1.4 Presentasjon av problemstilling	14
1.5 Disposisjon av rapporten	14
Del 2. Teori	15
2.1 CO₂ egenskaper, CCS og teknologi	15
2.1.1 Kretsløpet til karbondioksid, CO ₂	16
2.1.2 Helsefaktorer ved eksponering for CO ₂	16
2.1.3 Fysikalske egenskaper	17
2.1.4 Fangst av CO ₂ ved kraftproduksjon	18
2.1.5 Lagring av CO ₂	19
2.2 Risikostyring, risikoanalyser og Definerede Fare og ulykkessituasjoner	22
2.2.1 Risikostyring	22
2.2.2 Risikoanalyser	25
2.2.3 Definerede fare og ulykkessituasjoner (DFU)	30
2.3 Beskrivelse av drift- og vedlikeholdssystemer for naturgass rør	33
2.3.1 Overvåkning av rørledninger	34
2.3.2 Beredskap	36
2.4 Beskrivelse av hvordan CO₂ røret skal bli	39
2.4.1 Trykk avlastning av CO ₂ rørledning	40

Del 3. Metode	44
3.1 Valg av metode.....	44
3.2 Beskrivelse av metode	45
3.3 Begrunnelse for valg av metode	46
3.4 Avgrensninger i metoden	46
3.5 Metodens reliabilitet og validitet.....	46
Del 4. Presentasjon av resultat	48
4.1 GAP – analyse for Beredskap.....	48
4.2 GAP - analyse definerte fare og ulykkessituasjoner DFU`er	50
4.3 GAP – analyse for kunnskap og forskning.....	52
4.4 Resultater fra HAZOP/ HAZID analysen	55
Del 5. Diskusjon og konklusjon	58
Bibliografi	59
Vedlegg 1 GAP – analyse for beredskap	I
Vedlegg 2 GAP – analyse for definerte fare og ulykkessituasjoner	XXIV
Vedlegg 3 GAP – analyse for kunnskap og forskning	XXIX
Vedlegg 4 HAZOP/ HAZID for Kårstø CO₂	1
Vedlegg 5 Møtereferat Intern Veileder	XXXIX

Del 1. Innledning

1.1 Et lite tilbakeblikk på historien

Vendepunktet for klimaet kan snart være nådd. Det er utnyttelsen av fossilt brensel (kull, olje og gass) som har sørget for levestandarden i samfunnet og naturen gir signaler på forstyrrelser og forandring. Klimaforskere verden over har talt og FN sitt klimapanel er mer en 90 % sikre på at klimaforandringen i dag er menneske skapt

Ved forbrenning av fossilt brensel og dermed utslipp av mere klimagasser, øker temperaturen på jorden. I Pliocen – tidsepoken (for flere millioner år siden) var CO₂ (Karbondioksid) konsentrasjonen 450 ppm (parts per million). Da var verdenshavene 25 meter høyere enn i dag, nesten en milliard mennesker lever under dette nivået. I løpet av den industrielle revolusjon, som startet i siste halvdel av 1700- tallet, har CO₂ konsentrasjonen økt fra 275 ppm til 383 ppm. Fortsetter dette, vil det samme nivå være nådd innen 30 år og mange av planetens arter vil forsvinne. Globale klima endringer vil være katastrofale og derfor må det vises hensyn til klimagassene som fungerer som drivhusgasser i tide.

Elleve av de tolv siste årene har vært blant de tolv varmeste siden 1850. Solen er riktig nok kilden til livet på jorden men alene er den ikke nok. Like viktig er vanndamp, gasser, skyer og partikler i atmosfæren. De bestemmer hvor mye av varmen kloden beholder og hvor mye som slipper ut i verdensrommet. Drøyt en tredjedel av strålingen reflekteres heldigvis med en gang av de ytterste lagene i atmosfæren. Mørke flater som fjell, jord, vann og trær absorberer energien og is, snø og ørken reflekterer den. Ballansen består i at det som blir tilført tilsvarer like mye som det blir reflektert. Mye av den energien som sendes ut i atmosfæren absorberes som nevnt og returnerer tilbake til jorden. Det er dette som er drivhuseffekten, planetens evne til å holde på varmen den mottar. Prosessen er livsnødvendig og gjør at gjennomsnittlig temperatur på jorden er 14 °C, uten ville temperaturen vært -18 °C. Økt konsentrasjon av drivhusgasser styrker denne effekten ved at de slippe igjennom energien fra sola men bremser opp returen.

Atmosfæren består av 78 % nitrogen og 21 % oksygen, disse regnes ikke som klimagasser. Det er den ene siste prosenten som utgjør drivhus gassene. Viktigst er vanndamp og skyer som utgjør nesten to tredjedeler av drivhuseffekten, deretter kommer CO₂, metan, ozon, KFK- gasser, og lystgass.

Klimagassene i atmosfæren er en livsbetingelse for oss men de siste 150 årene har utslipp sørget for økt mengde klimagasser og det medfører kraftigere drivhuseffekt. Dette forstyrrer balansen i klimaet. Det var likevel betydelige større mengder CO₂ og andre klimagasser i atmosfæren før, men konsentrasjonen av CO₂ har ikke vært høyere på 650 000-1000 000 år.

Verdenshavene og isdekket over Antarktis sørger for tregheter i klimasystemet som følge av de store massene de utgjør. Men kommer dette ut av ballanse danner dette fremtidige problem om det først får slippe til. Den alvorligste trusselen utgjør is smelting som vil fører til at verdenshavene stiger.

Skal miljøutfordringene styres, må en være i forkant av forandringene i naturen. Det nytter ikke å komme med tiltak etterpå når naturen er ute av ballansen.

Det er lov med sunn skepsis, men FN sitt klima panel gir lite rom for tvil. Spørsmålet er om når forandringene vil skje og hvor omfattende de blir. Skal klimaendringen snu, må 60-80 prosent av utslippene kuttes de nærmeste tiårene. I dag øker det med tre prosent hvert år.

Redusert CO₂ utslipp vil føre til at isen i Arktis består og at luftforurensningen fra fossilt brensel ikke varmer opp planeten. Det må rettes fokus på nye energi kilder. Den fossilebrenselindustrien har store markeds krefter og påvirker fremtiden for planeten vår. Det er viktig å opplyse den vanlige mannen i gata om situasjonen i dag, slik at verdensarven kan bestå. Et viktig steg på veien vil være fangst av CO₂, nettopp for å vinne tid for å kunne etablere teknologi for energieffektivisering. Teknologien eksisterer men viljen er en annen sak. Dette leder til den neste fase i den industrielle revolusjon. (Mathismoen, 2007)

1.2 Gassco AS

Gassco er operatør for gasstransport. Som operatør har Gassco ansvaret for drift av infrastrukturen på vegne av interessentskapene/selskapene (eierne). Gassco har også ansvaret for en sikker og effektiv transport av gass fra norsk sokkel, og skal være en ledende gasstransportør i Europa. Videre er de ansvarlige for drift og vedlikehold, samt videreutvikling av gasstransportsystemet.

Gassco ble stiftet av Olje- og energidepartementet 14. mai 2001. Fra 1. Januar 2002 overtok Gassco transport av all gass fra norsk sokkel. Før Gassco ble stiftet ble denne transporten utført av flere selskaper. I 2001 oppstod det en stor reorganisering innen den norske olje- og gass sektoren. Opprettelsen av Gassco var en del av denne reorganiseringen. Gassco imøtekommer EUs krav til organisering av gasstransportvirksomhet i det europeiske gassmarkedet, slik det kommer fram i gassmarkedsdirektivet. Gassco sitt operatøransvar er hjemlet i Petroleumsloven og i operatøravtalene med interessentskapene/selskapene.

Transportsystemet til Gassco består av flere plattformer, og 7800 km. med rørledninger. Gassen som blir hentet fra feltene nå prosesseres. Til dette har de to norske prosessanlegg, Kårstø og Kollsnes. Gassco er operatør for disse anleggene. Fra disse anleggene blir gassen sendt til Storbritannia, Tyskland, Frankrike og Belgia som har mottaksterminaler for den norske gassen. På disse terminalene er også Gassco operatør. Gassco har sitt hovedkontor på Bygnes som ligger på Karmøy. Her har de også sitt kontrollrom. Fra dette rommet kontrolleres det norske transportsystemet for gass til enhver tid. Gassco må kjenne til de fysiske forutsetningene for gasstransport for det aktuelle tidspunkt, ulike gasstrømmer må blandes for å få riktig kvalitet og de må ha kontroll med uønskede hendelser for å vite hvilke volumer som er tilgjengelig (Gassco AS, 2008)

1.3 Bakgrunn for tema og problemstilling

I dagens samfunn blir det i takt med samfunnsutviklingen satt større og større fokus på ytre miljø, og spesielt hvilke konsekvenser utvinning og distribusjon av fossilt brennstoff har på miljøet. Norge som nasjon slipper til sammen ut ca 55 millioner tonn CO_2 i året. Naturkrafts gasskraftverk på Kårstø står alene for cirka 1,1 millioner av dette.

Høsten 2007 ble Naturkrafts gasskraftverk på Kårstø i Tysvær kommune satt i drift. Gasskraftverket fikk så tidlig som i 1998 konsesjon og utslippstillatelse, men det ble den gang ikke gitt pålegg om CO_2 fangst ved anlegget. I ettertid har den norske regjering besluttet å utrede muligheten for fangst og lagring av CO_2 på dette anlegget, og ett slikt anlegg er planlagt satt i drift i 2012. Prosjektet finansieres av den norske stat og statsforetaket Gassnova er tiltakshaver for CCS prosjektet.

Den norske regjering har som mål å etablere et fullskala CO_2 fangstanlegg og tilhørende lagring fra gasskraftverket på Kårstø så raskt som mulig. Dette for å være en ledende pådriver for kommersialisering av CO_2 fangst og lagringsteknologi. Ambisjonen med dette prosjektet er blant annet å finne løsninger som kan gjøre fremtidig fangst og lagring mindre østbart. En slik kostnadsreduksjon er helt nødvendig for at man i fremtiden vil kunne løse de klimautfordringene som CO_2 gir. (Gassnova SF, 2009)

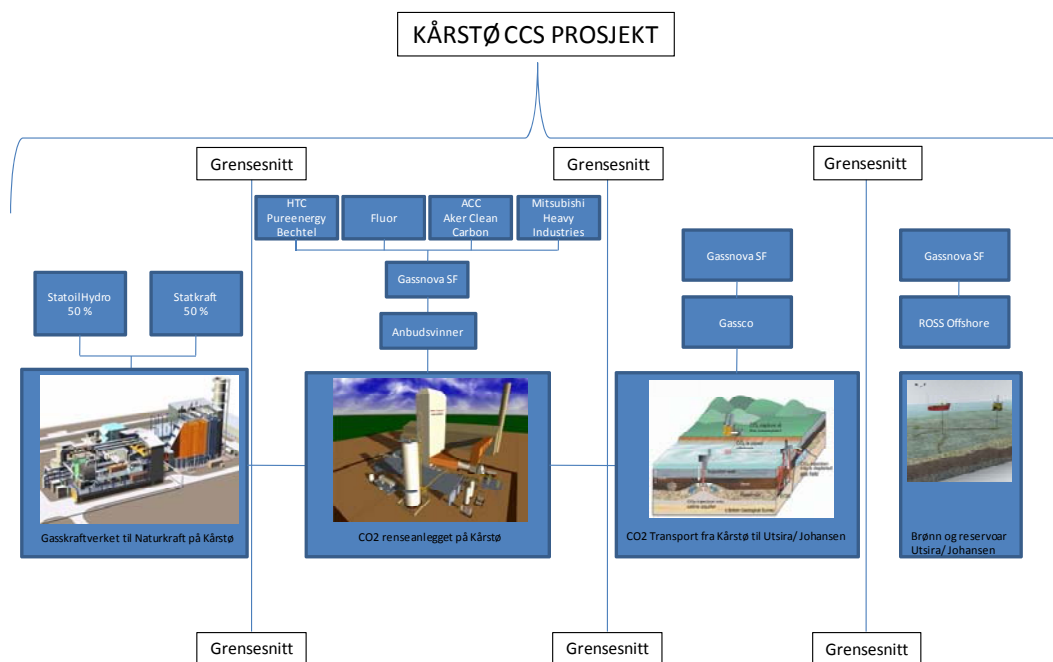
Arbeiderpartiet, Sosialistisk Venstreparti og Senterpartiet fikk samlet flertall på Stortinget etter stortingsvalget i 2005. I tiden 26. september til 13. Oktober samme år framforhandlet disse partiene ett dokument som utgjør den politiske plattformen for et regjeringssamarbeid mellom disse tre partiene i regjeringsperioden. Dette dokumentet ble utarbeidet på Soria Moria og er derfor kalt Soria Moria erklæringen. I kapittel 13 "Energipolitikk" i dette dokumentet står det om opphavet til ønsket om CO_2 fangst og lagring ved gasskraftverk i Norge. Det står blant annet at denne regjeringens mål skulle være at Norge skal bli verdensledende i miljøvennlig bruk av gass. Dette skulle gjøres ved at arbeidet med fullskala CO_2 prosjekt på gasskraftverket til Naturkraft på Kårstø. For å kunne ivareta statens interesser i et slikt prosjekt skulle det opprettes et statlig selskap som fikk i ansvar å skape en verdikjede for transport og injeksjon av CO_2 . Staten skulle bidra økonomisk til å realisere dette. Ut fra dette ble selskapet Gassnova dannet i juli 2007. (Stoltenberg, Halvorsen, & mfl, 2005)

Sommeren 2007 etablerte Olje og Energidepartementet (OED) en prosjektorganisasjon for å gjennomføre planlegging og forberedelse av fullskala CO_2 – fangst på Kårstø. Prosjektorganisasjonen viderefører det arbeidet som ble startet av NVE i 2006. Prosessen fram til investeringsbeslutning innebærer blant annet gjennomføring av forprosjektering, kvalifisering av teknologi og utarbeiding av kontraktsstrategi og anbudsdokumenter. Videre vil det bli gjennomført konsekvensutredning samt ekstern kvalitetssikring av kostnadsoverslag og styringsdokumenter før underlag for investeringsbeslutning legges frem for Stortinget. Per dags dato er en slik framlegging planlagt i 3 kvartal 2009. En beslutning for investering i prosjektet er ønsket tatt før ett eventuelt regjeringsskifte ved valget oktober – november 2009.

Ved årsskiftet 2007/2008 tok Gassnova SF over ansvaret for gjennomføringen av dette prosjektet og er i fortsettelsen å regne som tiltakshaver. Transport og lagring av CO_2 fra

Kårstø, Mongstad og eventuelt andre kilder er organisert i et separat prosjekt, men også disse er ledet av Gassnova SF. (Gassnova SF, 2009)

I dette prosjektet er Gassnova SF gitt det overordnede ansvaret for prosjektet. Gassnova SF er ett relativt nyetablert i sine lokaler i Porsgrunn og har som selskap ingen tidligere erfaring med gjennomføring av slike store prosjekter. Dette er ett banebrytende prosjekt, da det ikke er laget fullskala CO₂-fangstanlegg før verken i Norge eller resten av verden. Det å transportere den rensede CO₂-en med rørledning fra Kårstø til ett reservoar offshore for lagring er også nytt. Med ett slikt utgangspunkt for å kunne gjennomføre prosjektet, har Gassnova SF alliert seg med andre selskaper, deriblant Gassco AS, for å knytte til seg erfaring og ekspertise for å kunne gjennomføre ett prosjekt av slik størrelse. Figuren under viser hvordan Gassnova SF har delt opp prosjektet i 3 deler og hvem som har ansvaret for utredningen i hver av disse.



Figur 1 Hovedaktører i CO₂ Kårstø prosjektet (Hvidsten og Arnesen, 2009)

Denne oppgaven er skrevet i samarbeid med Gassco. Gjennom innledende møter med ansatte i HMS&K avdelingen hos Gassco AS ble vi her introdusert for prosjektleder for CO₂ prosjektet i Gassco. Dette prosjektet er fra Gassco sin side ett delprosjekt i CO₂ – Kårstø prosjektet som ledes av statsforetaket Gassnova. Den delen av prosjektet som Gassco utreder for, er alt som har med transport av rensed CO₂ fra det planlagte CO₂ rensenanlegget på Kårstø til lagring i reservoarer i Nordsjøen. Interessen for ett spennende emne og ett høyaktuelt emne.

1.4 Presentasjon av problemstilling

Da regjering ble samlet på Soria Moria høsten 2005 ble det skrevet ett nytt kapittel i Norges historie når det gjelder satsning på klimatiltak. For første gang skulle det utredes mulighet for å kunne fange CO₂ fra gasskraftverk i Norge. Dette skulle gjøres ved at avgassene fra Naturkrafts gasskraftverk på Kårstø skulle renses ved at det ble bygget ett fangst anlegg i tilknytning til kraftverket. CO₂ en som her blir fanget skal sendes via offshore rør ut til undervannsreservoaret på Utsira eller Johansen feltet for lagring. Dette er blitt ett banebrytende arbeid som har som har stor betydning på hvordan vi vil forvalte våre fossile ressurser i fremtiden.

Som operatør av naturgassrør i Nordsjøen, som sender norsk gass til forskjellige mottaksterminaler i Europa, er Gassco som eksperter å regne på offshore rørsystemer. I denne forbindelse ble Gassco bedt om å utrede mulighetene for å kunne transportere rensert CO₂ fra Kårstø ut til lagring i reservoar i Nordsjøen. Gassco har gjennom flere år vært operatør på naturgassrør og innehar høy kompetanse innen dette. Dette gjelder alt fra rørlegging, overvåkning til beredskap og mer. I forbindelse med drift og vedlikehold av naturgassrør finnes det en opparbeidet bransjepraksis for hvordan dette skal gjøre med tanke på sikkerhet og beredskap. Når det gjelder det å transportere CO₂ gjennom rør, knytter det seg en del nye utfordringer på ting som ikke har vært problemområder innen transport av naturgass.

I Gassco er det etablert filosofi for drift og vedlikehold av rørledninger for naturgass. På samme måte er det etablert bransjepraksis på håndtering av hendelser og definering av hva som er uønskede hendelser (DFUer).

Det er behov for å foreta en gjennomgang av dette for å se på om eksisterende metoder og filosofi er relevante også for en CO₂-rørledning, eller om det er spesielle forhold knyttet til slike systemer som gjør det naturlig å endre tilnærming mht sikkerhet og beredskap?

På bakgrunn av dette har vi kommet fram til følgende problemstilling:

”Sikkerhetsfilosofi for drift og vedlikehold av CO₂-rørledning”.

Oppgaven skal beskrive eksisterende filosofi for gassrør ("as-is"), og med det utgangspunktet gjøre en Gap – analyse med tilhørende risikoanalyser, for å identifisere behovet for forskjellig tilnærming.

1.5 Disposisjon av rapporten

I oppgaven videre følger en teoridel, der den aktuelle teori i tilknytning til valgte tema presenteres. Videre presenteres en metodedel der gruppen gjør rede for hvilken metode som er valgt og hvorfor, avgrensinger og representativitet. I kapittelet: Resultater har vi diskutert og drøftet våre funn fra samsvarsmålingen. Avslutningsvis følger en konklusjon som svarer på oppgavens problemstilling

Del 2. Teori

En teori defineres som ” *et sett av sammenhengende forestillinger, definisjoner og forslag som presenterer et systematisk syn på å spesifisere sammenhenger mellom variabler, med hensikt å forklare eller forutse fenomener*” (Ghuri & Grønhaug, 2002, s. 33)

I dette kapittelet har vi valgt teorier på bakgrunn av tema og oppgavens problemstilling. Kapittelet har vi delt inn i fire ulike deler. Disse temaene berører det vi mener er med på å belyse problemstillingen til oppgaven.

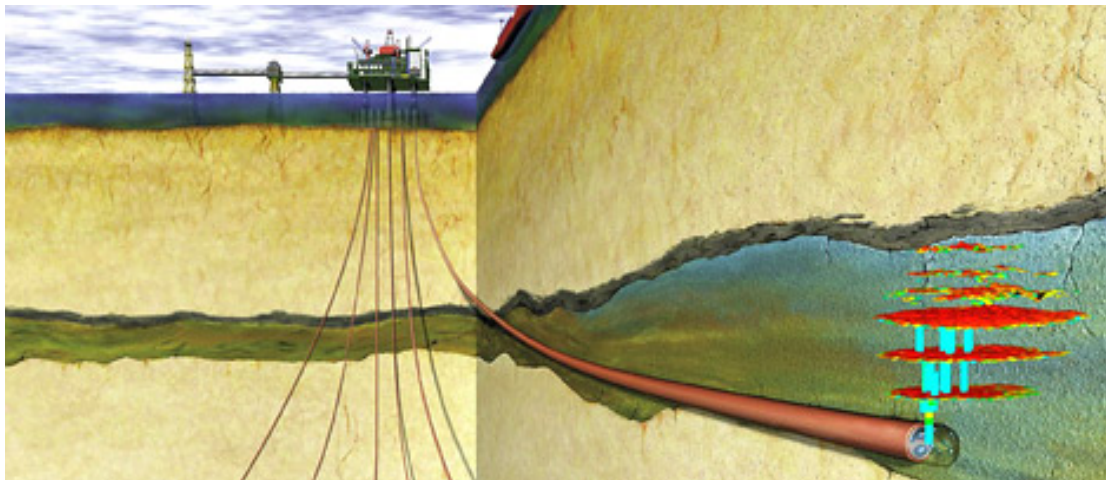
Del 1 tar for seg CO₂ egenskaper, karbon fangst og lagring(CCS) og teknologi knyttet til dette. For å kunne forstå utfordringer knyttet til det å fange CO₂ fra kraftproduksjon og så kunne transportere denne til en undervannsformasjon for lagring, er det nødvendig å vite litt om bakgrunnen til hvorfor dette gjøres. Dette gjøres best ved å belyse alle utfordringer og faktorer knyttet til dette.

Del 2 tar for seg risikostyring i virksomheter med tilhørende risikoanalysemetoder. Dette er gjort for å belyse hvilke metoder som kan brukes for å kunne komme fram til fakta som kan ligge til grunn for den overordnede sikkerhetsfilosofien som skal ligge til grunn for drift og vedlikehold av CO₂ røret.

Del 3 omhandler fakta om hvordan Gassco drifter og opererer sine naturgassrør i dag, og hvilke faktorer som ligger til grunn for hvorfor disse opereres på den måten de gjør det på i dag.

Del 4 beskriver hvordan CO₂ røret er planlagt å se ut og fungere. Det tar også for seg designparametrene som er lagt til grunn for CO₂ – rørledningen.

2.1 CO₂ egenskaper, CCS og teknologi



Figur 2 "Illustrasjon av horisontal fylling av Utsira formasjonen fra Sleipner feltet i Nordsjøen" (Statoilhydro, 2009)

2.1.1 Kretsløpet til karbondioksid, CO₂

Av alle klimagassene er CO₂ viktigst. Den utgjør 0,038 prosent av den totale mengden gasser i atmosfæren og står for 20 prosent av selve drivhuseffekten. Oppmerksomheten får den først og fremst fordi deler av den er menneske skapt. Den er tilført CO₂ -kretsløpet på overflaten fra isolerte fossile brenselkilder som har vært lagret i nede i bakken i millioner av år. Siden den industrielle tidsalderen i 1750 har konsentrasjonen økt med 38 prosent, i hovedsak ved forbrenning av olje, gass og kull og systematisk fjerning av skog. Ved forbrenning av fossile stoffer frigjør vi karbon (CO), som blandet med oksygen i luft blir til CO₂. Det er feilaktig å kalle denne gassen for forurensning fordi det i utgangspunktet ikke er noen farlig- eller fremmedgass. CO₂ er en nødvendighet for nesten alt levende liv på kloden. I stor mengder beveger den seg i evig kretsløp mellom planter og atmosfære, og mellom hav og atmosfære. Planter binder til seg CO₂ når de vokser og er selve byggeklossen i plantenes vekst. Når planter dør og råtner, frigjøres den samme mengden CO₂ som ble bundet da planten vokste. Med solen som energikilde omgjør planter CO₂ og vann til karbohydratet druesukker i fotosyntesen. Ved å spise planter eller dyr som har tatt til seg planter, får mennesket i seg den energien de trenger for å leve. Når mennesker og dyr puster, tilføres blodet friskt oksygen gjennom lungene, mens CO₂ skilles ut som avfallsstoff. Planter og dyr har motsatt stoffskifte. I Havet tas CO₂ opp fra atmosfæren enten direkte i sjøvann eller blir bundet gjennom fotosyntesen i planteplankton. Men havet har et betydelige større CO₂ lager som finnes på de store havdypene. Her er CO₂ konsentrasjonene opptil førti ganger så høy som i de øverste vannlagene og tjue ganger så høy som på landjorda. Havet har til nå tatt opp og bundet opp omtrent halvparten av all den CO₂ som mennesket har sluppet ut gjennom fossilt brensel. Men dette fint avstemte CO₂ kretsløpet viser tegn på at det er i ferd med å tukles til. Selv om mye av menneske skapte CO₂ er tatt opp og bundet i havet, er dette heller ikke det noe trygt lager. Når temperaturen stiger og sjøvannet blir varmere, frigjøres mer CO₂. Mange forskere frykter at hvis havtemp blir høy nok, vil mye av dette digre CO₂ lageret frigjøres og kunne drive klimaendringene helt ut av kontroll, slik at oppvarmingen akselererer. (Mathismoen, 2007)

2.1.2 Helsefaktorer ved eksponering for CO₂

Karbondioksid er en fargeløs gass, uten lukt og med lett syrlig smak. Den er ikke brannfarlig eller giftig. Den administrativnormen for tillatt konsentrasjon i luft er 0,5 %, (se tabell 1) dette gjelder for en hel arbeidsdag på åtte timer fem ganger i uken. Ved åndedrett holder utpusten omkring tre til fem prosent CO₂. (Det Norske Veritas for Petroleumstilsynet, 2009)

Tabell 1 "Effekten av ulike konsentrasjoner CO₂ i luft på mennesker" (Gassco AS, 2008)

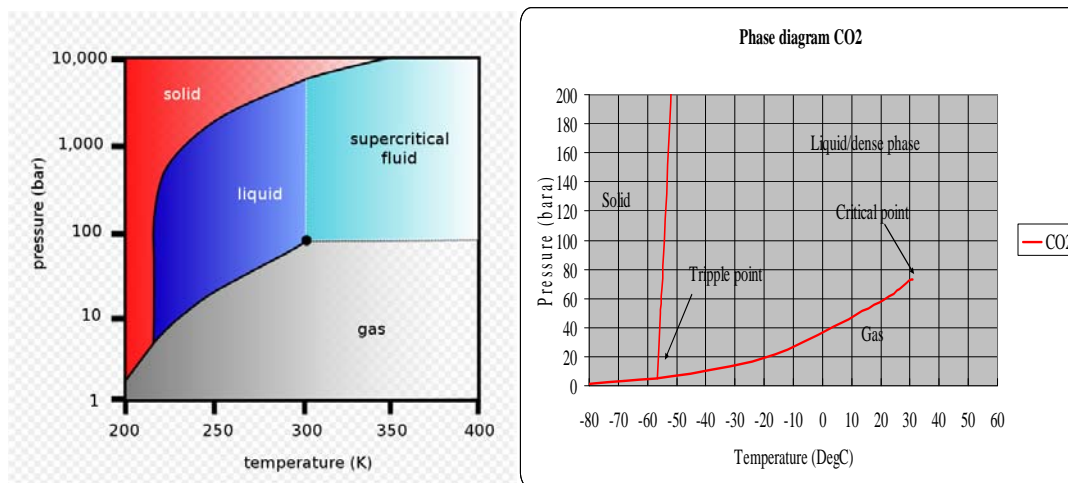
Effekt	Konsentrasjon
Økning av pust	1 %
Respirasjonen øker med 50 %, fører til hodepine og trøtthet	2 %
Respirasjonen øker til det dobbelte. Er anstrengende og har en svak bedøvende effekt. Påvirker hørselen, gir hodepine og økt puls.	3 %

Respirasjonen frekvensen øker til det fire dobbelte. Synlige tegn på forgiftning, kvelnings fornemmelser	4-5 %
Meget anstrengende pust, hodepine, synsforstyrrelse, øresus, svekket vurderingsevne, skjelvinger, kortvarig tap av bevissthet.	5-10 %
Bevisstløshet øker raskt ved konsentrasjoner over 10 %, Langvarig eksponering kan føre til død ved blokkering av luftveiene.	50-100 %

2.1.3 Fysikalske egenskaper

Karbondioksid har forskjellige fysikalske egenskaper (se figur 3), avhengig av trykk og temperatur. Som gass er CO₂ vekten halvannen ganger tyngre enn luft ved en atmosfære. Alle aggregattilstandene; gass, væske og fast (tørris) -form kan oppstå ved det såkalte "trippelpunktet". Dette punktet er ved -56,6 °C (216 K) og 5,18 bar. I flytende form er egenvekten mellom 466-1178 kg/m³, rik CO₂ er tyngre enn vann. (Det Norske Veritas for Petroleumstilsynet, 2009)

Fysikalske egenskaper for CO₂, 1 Kelvin, K er -273 °C



Figur 3 "Fasediagram for CO₂" (Wikipedia.com, 2005)

Som vist i figur 3 er det kritiske punktet for CO₂ ved 31 °C (304 K) og 73,8 bar og det betyr at det er vanskelig å skille mellom om CO₂ er i væske-, eller gassform. Fasen blir betegnet som "Dense phase" med en egenvekt i området mellom 800-1000 kg/m³ og oppfører seg som en kompressibel væske.

Hordaland olje og gass (Pande, Haugen, & Eldrup, 2009)

frigjør CO₂ igjen. Det rensede løsemiddelet returnerer tilbake til prosessen og den rene CO₂ komprimeres og kan transporteres bort. Denne prosessen krever mye energi men har potensialet til å skille ut 85-90 prosent av CO₂, alt avhenger av størrelsen på rensenanlegget. Dette er en kjent separerings prosess som er ren nok til å bli brukt i matindustrien, for eksempel som kullsyre i drikkevarer.

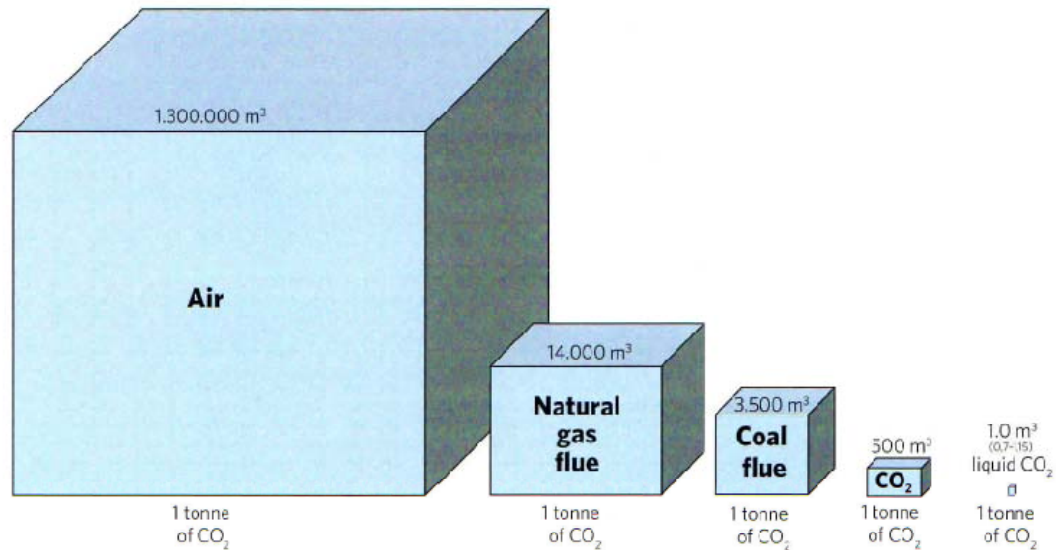
Andre sektorer som denne metoden vil være aktuell for, er store prosesser med høy CO₂ konsentrasjonen i utslippet. Produksjon av ammoniakk, hydrogen, sement og kraftanlegg med biomasse, er store nok til å kunne utnytte denne etterforbrenning metoden i bruk. Volumet av utslippet for denne typen teknologien bør være i størrelsesorden to millioner tonn per år. Er avstandene til lagringen store og fanget volum tilsvarer tre millioner tonn vil transport i rør være utelukkende rimeligste alternativ.

Sektorer som ikke kan utnytte denne fangst metoden vil være små forbrenningsenheter og forbrenningsmotorer og de står for halvparten av alle utslippene. Her må det andre teknologiske løsninger til. Det kan for eksempel være hydrogen som drivstoff eller elektrisitet. En hybrid av disse to alternativene er beste alternativ i dag. Brenselselle kombinert med en elektrisk motor.

Valget av transport for fanget CO₂ er avhengig av volumet. Utslippet bør være to millioner tonn per år eller mer. Avstandene kan være store, flere hundre kilometer, mellom punktutslipp og reservoar. Installasjoner hvor produksjonen etterlater over 3 millioner tonn CO₂ i året, vil utelukkende transport i rørledning være rimeligste alternativ. I over tretti år har CO₂ vært pumpet ned i olje reservoarer for økt oljeutvinning. For transport i rør blir gassen komprimert til den får høy tetthet og flytende form. Ved mindre volum av fanget CO₂ kan tankskip bli benyttet, men per i dag tilhører dette kommersiell bruk og ikke CO₂ lagring. Dakota Gasification anlegget i USA transporterer omkring 1,2 millioner tonn CO₂ i året gjennom 320 km rør til Weyburn oljefeltet i Canada. (Feund & Kaarstad, 2007)

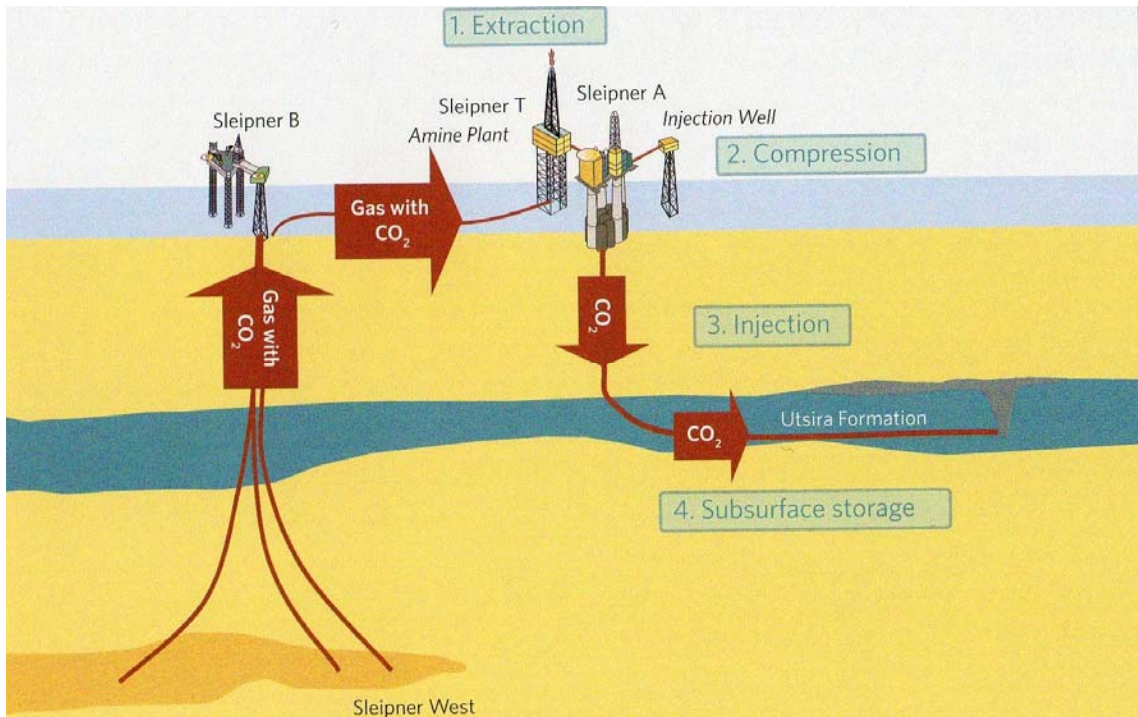
2.1.5 Lagring av CO₂

Olje og gass er som kjent lagret i store geologiske formasjoner nede i grunnen gjennom flere 100 millioner år. Det finnes til og med naturlig CO₂ reservoarer der nede. Det er derfor naturlig og grunn til å tro at deler av forurensingen kan bli pumpet i rør ned i grunnen på tilvarende steder. Dette vil fungere som en isolering av uønskede kjemiske forbindelser som i dag frigjøres ut i atmosfæren for. Avgassene som stiger ut gjennom piper inneholder mye mer enn CO₂, ved kullkraft er volumet tretten prosent og ved gasskraft er det ikke mere enn tre til fire prosent. Separere CO₂ fra denne forbrenningsprosessen er viktig, det vil redusere volumet på lagringen med åtte til tjuufem ganger. Blir dette ytterligere satt under nok trykk, fører det til at ren CO₂ inntar en flytende, sleip form med en tetthet i likhet med vann. Omgjøringen fra gass til væske reduserer lagringsbehovet med 300-400 ganger mer enn det gassen utgjør ved vanlig atmosfærisk trykk, se figur 5. Ved minst 800 meters dyp er trykket stort nok og dette kan gjennomføres ved hjelp av teknikker allerede kjent fra oljeindustrien. *Det er lett å se at 1 tonn CO₂ tar opp mye mindre plass som væske form sammen liknet med gass form i vanlig luft og røyk fra forbrenning.*



Figur 5 "Sammenlikning av plassens volumet 1 tonn CO₂ opptar, fra luft til flytende væske" (Feund & Kaarstad, 2007)

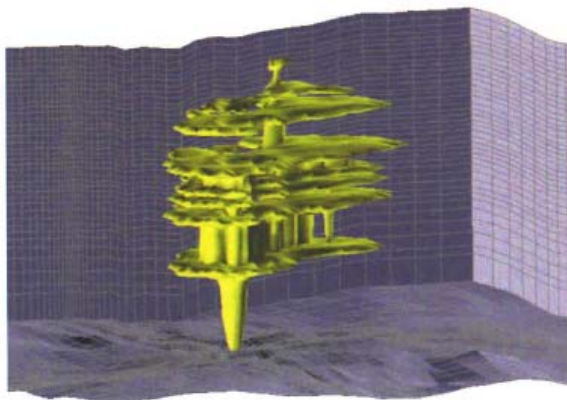
Viktige forutsetning for lagringen er at ingen fysisk skade er registrert på reservoarene og at de tåler trykket. Oljebransjen begynner å få relativt lang erfaring fra å benytte vann og CO₂ for økt olje utvinning. Et annet spennende alternativ er å benytte geologiske formasjoner som i dag består av væskefylt sandstein, med en ugjennomtrengelig bergart liggende over seg. Kunnskapen er begrenset på dette området men kapasiteten er trolig mye større enn for olje og gass reservoarene. Det er i dag flere slike prosjekter for formasjonslagring under oppføring rundt omkring i verden. Verdens første kommersielle håndtering av CO₂ finner sted ved norske kysten. Helt siden 1996 er det lagret nesten en million tonn CO₂ årlig i Utsira formasjonen, på elleve hundre meters dyp. Dette prosjektet viste at CO₂ kunne bli lagret i geologiske formasjoner, se figur 6. Dette er Utsira formasjonen hvor StatoilHydro sitt Sleipner prosjekt pågår. Her blir CO₂ separert fra naturgass og injisert ned i den saltvannfylte formasjonen.



Figur 6 "Illustrasjon som viser hvordan CO₂ - en blir injisert i Utsira formasjonen fra Sleipner feltet i Nordsjøen" (Feund & Kaarstad, 2007)

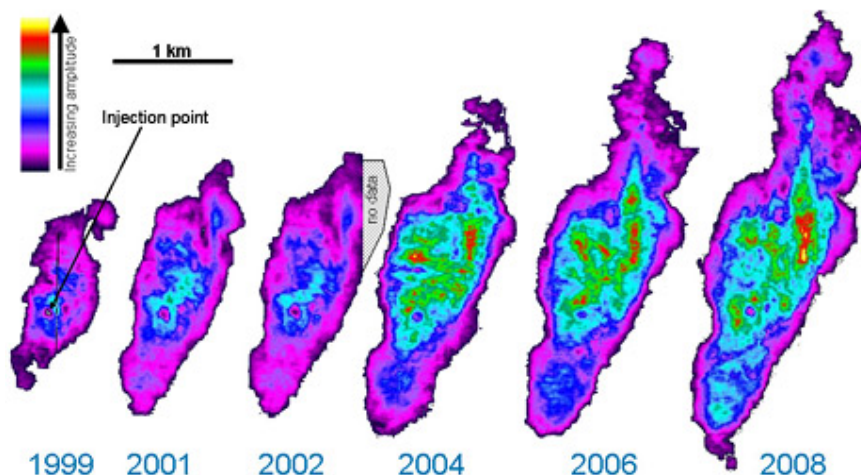
Det er fordelaktig å injisere CO₂ gjennom horisontale rør. Det er selvfølgelig ikke ønskelig å bore hull i toppen av formasjonen og samtidig vil det da være mulighet å bevege rørmunningen strategisk.

Det vil bli utført CO₂ målinger etter lekkasjer over reservoaret. Ved bruk av seismisk overvåkning kan det bli laget bilder av ren CO₂ (se figurene 7 og 8).



Figur 7 "En illustrasjon av hvordan CO₂ en sprer seg oppover fra injiseringspunktet i formasjonen" (Feund & Kaarstad, 2007)

Karbondioksid brer seg oppover i Utsira formasjonen. Det tok tre år for CO₂ å nå toppen i reservoaret etter å ha blitt injisert i fra bunnen. (Feund & Kaarstad, 2007)



Figur 8 "Spredning av CO₂ injisert fra Sleipner A. i Utsira reservoaret fra 1999 - 2008" (Statoilhydro, 2009)

Tegn til kritisk utslipp vil medføre umiddelbare tiltak. Kan ikke lageret sikres tilfredsstillende kan prosessen reverseres og eventuelt andre alternative lager bli tatt i bruk.

Alternativt kan CO₂ bli deponert i havet på store dyp i flere hundre år. Det er foretatt mindre skala forsøk og teoretiske beregninger gjennom de siste tjudefem til tretti år. Havet har i dag tatt opp nesten halvparten av det menneske skapte forurensningen. Det er særlig i de øverste vannlagene at denne CO₂ befinner seg og der har den hatt en forurensende effekt. Ved større havdyp er det ikke registrert noen forandring. Havoverflaten sirkulerer årlige "Seasonal mixing" ned til dyp som er mindre enn 200 meter, men kan nå helt ned til 800 meter avhengig av region. Jordens overflate består av sytti prosent hav og gjennomsnittelig havdyp er nesten 3 800 meter. Havet tar opp CO₂ og blander det nede på bunnen. Kapasiteten har ingen kjent begrensning, men står i forhold til konsentrasjonen ute i atmosfæren. Sirkulasjonen langt her nede i havet er nesten stabil og tilsier at injisert CO₂ vil forbli konsentrert i flere hundre år. Denne egenskapen øker med dybden. Blandingen vil likevel få konsekvenser og føre til forsurening av det marine miljø, avhengig av mengde og avstand.

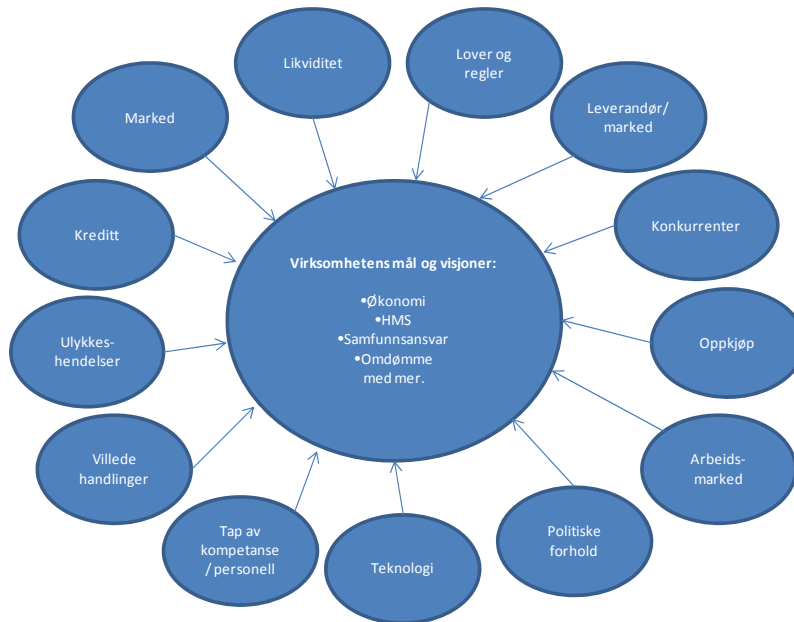
Tettheten til CO₂ er en viktig faktor og ved dyp større enn tre tusen meter vil den synke. Fem hundre meter ned i havet blir gassen omdannet til flytende fase. Selv om den er lettere enn sjø vannet vil for eksempel CO₂ blander seg helt opp fra et dyp på 2 500 meter til 2 100 meter. (IPPC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2005)

2.2 Risikostyring, risikoanalyser og Definerte Fare og ulykkesituasjoner

2.2.1 Risikostyring

"Med risikostyring forstås alle tiltak og aktiviteter som gjøres for å styre risiko. Risikostyring handler om å balansere konflikten mellom å utforske muligheter på den ene siden, og unngå tap, ulykker og katastrofer på den andre siden" (Aven, 2007, s. 13)

Det som menes med dette er at risikostyringen er opptatt av alle aktiviteter, forhold og hendelser som måtte påvirke virksomheten og dens evne til å nå sine mål og visjoner. Som vist i figur 9 kommer det an på hvilke aktiviteter, forhold og hendelser som er viktige for at virksomheten skal nå sine mål og visjoner.



Figur 9 "Aktiviteter, hendelser og forhold som påvirker virksomhetens evne til å nå sine mål og visjoner" (Aven, 2007)

De fleste virksomheter deler sin risikostyring inn i tre hovedkategorier. Dette innebærer styring av strategisk risiko, finansiell risiko og operasjonell risiko. Strategisk risiko innebærer forhold som er viktige for virksomhetens langsiktige strategi og planer. Dette kan for eksempel være planer om oppkjøp, utvikling av ny teknologi, hensyn til konkurrenter, skifte i politiske forhold og lover og regler. Den finansielle risikoen omfatter virksomhetens finansielle situasjon og inkluderer blant annet markedsrisiko, kredittrisiko og likviditetsrisiko. Den siste hovedkategorien i risikostyringen til virksomheten er operasjonell risiko. Denne omfatter forhold som påvirker den normale driftsfunksjonen. Dette kan være ulykkeshendelser som feilhandlinger, kvalitetsavvik eller naturkatastrofer. Sabotasje handlinger, tap av kompetanse og juridiske forhold knyttet til kontrakter og ansvar er andre eksempler på operasjonelle risiko.

I enhver virksomhet er det helt nødvendig at risikostyringen er forankret i ledelsen for å få en vellykket implementering. For å lykkes med en slik implementering av risikostyringen må man følge viktige punkter som:

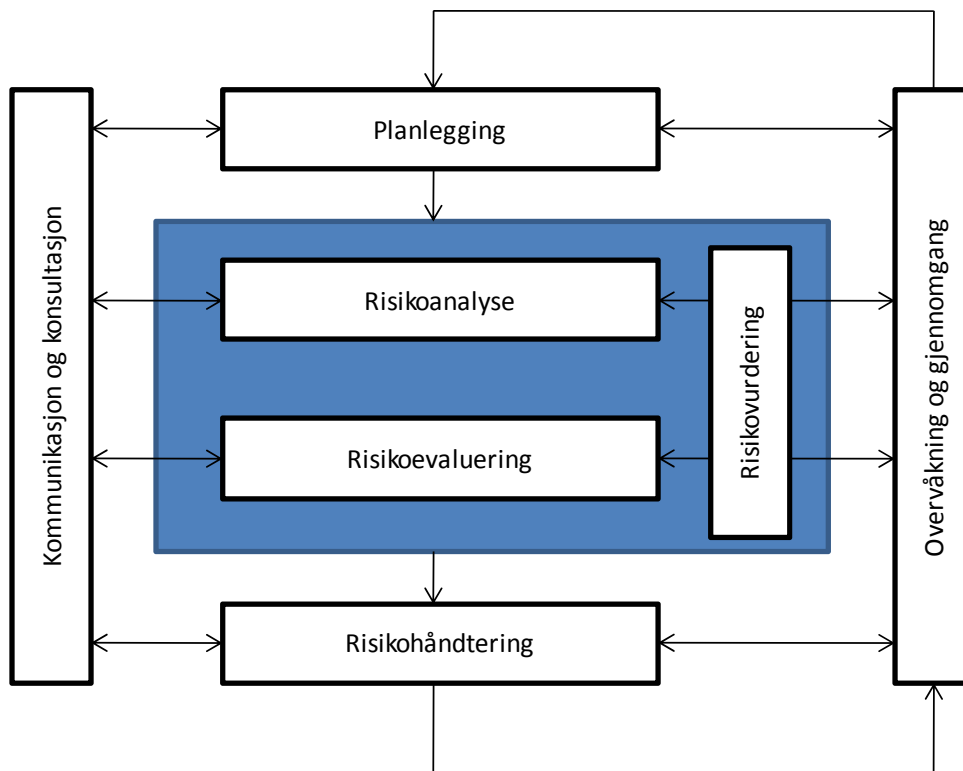
- Etablering av overordnet strategi for risikostyring. Slik at man får definert hvordan virksomheten skal jobbe med risikostyringen, vil man legge seg på ett nivå som oppfyller minimumskravene eller vil man bli best i klassen.
- Det må etableres en risikostyringsprosess for bedriften, som for eksempel formelle prosesser og rutiner som må følges i virksomheten.

- Etablering av styringsstruktur med roller og ansvar, slik at risikostyringsprosessen blir forankret i organisasjonen.
- Det må implementeres analyse- og støttesystemer, for eksempel risikoanalyseverktøy, registreringssystemer for hendelser og så videre.

En sentral del av risikostyringsprosessen er risikoanalyseprosessen, og denne har en overordnet struktur som er uavhengig av anvendelsesområdet. Det finnes mange måter å fremstille en slik prosess på, men de fleste fremstillinger inneholder følgende tre hovedmomenter:

- Planlegging
- Risikovurdering
- Risikohåndtering

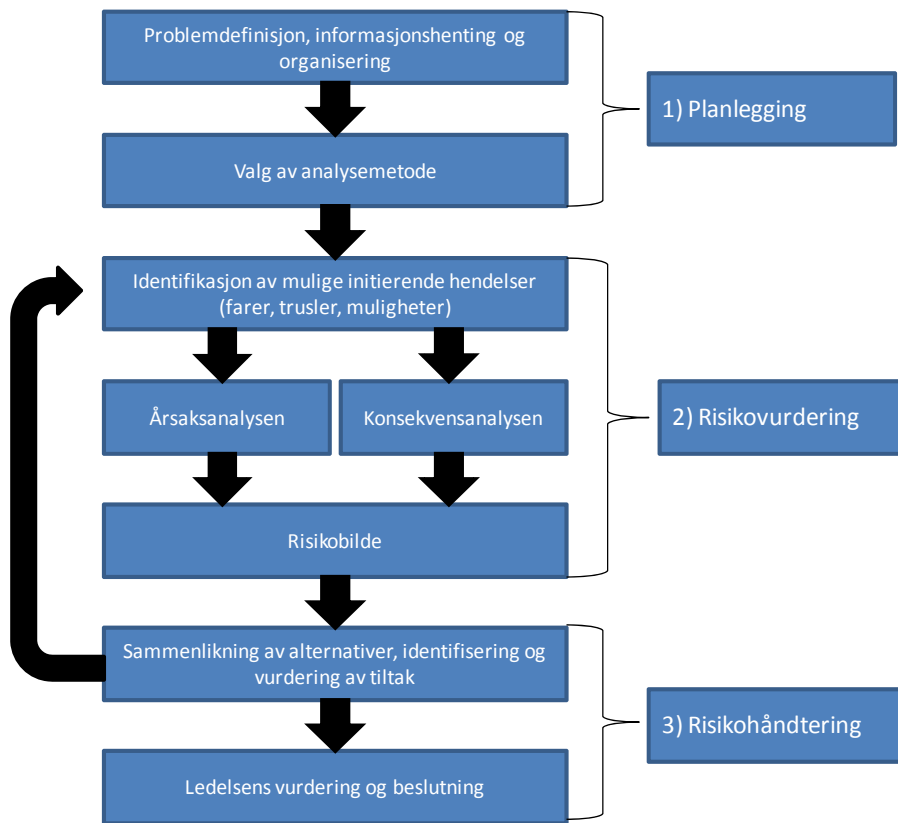
En slik fremstilling av disse tre hovedmomentene vises i figur 10. Denne omfatter også styringselementer som inngår i en generell styringsprosess.



Figur 10 "Risikostyringsprosessen" basert på ISO 2005 (Aven, 2007)

I senter for risikostyringsprosessen finner vi begrepene risikoanalyse, risikoevaluering og risikovurdering. Det er viktig i prosessen å skille mellom disse tre og se for seg at; Risikoanalyse + Risikoevaluering = Risikovurdering.

En annen måte å fremstille risikoanalyseprosessen på er vist i figuren under. Denne er veldig ofte brukt og viser i mer detalj hvordan de forskjellige hovedmomentene i risikostyrings- prosessen henger sammen med hverandre. Denne modellen viser også hvilke momenter som ligger i disse tre hovedmomentene (se figur 11).



Figur 11 Risikoanalyseprosessens ulike trinn (Aven, Røed, & Wiencke, 2008)

2.2.2 Risikoanalyser

Det overordnede målet til en risikoanalyse er å kartlegge og beskrive risiko. Risikoanalysen skal identifisere de initierende hendelsene og få frem årsaks- og konsekvensbildet. Hvordan dette skal gjøres, avhenger av hvilke metoder som benyttes og hva resultatene skal brukes til. Det skilles ofte mellom tre hovedkategorier av risikoanalysemetoder, i tabell 2 er det dette forsøkt nærmere beskrevet.

Tabell 2 Hovedkategorier av risikoanalysemetoder (Aven, Røed, & Wiencke, Risikoanalyse, 2008)

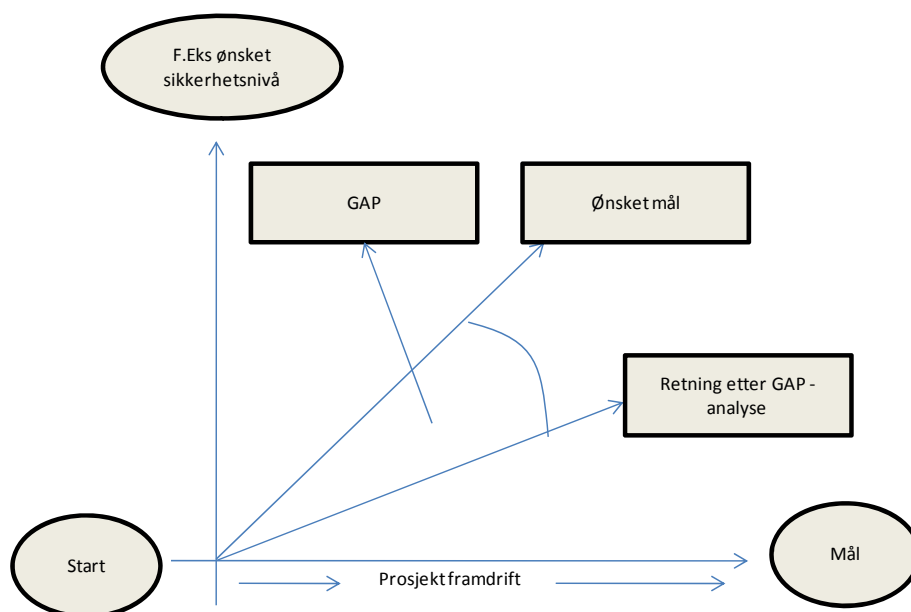
Hovedkategori	Fremgangsmåte	Beskrivelse
Forenklet risikoanalyse	Kvalitativ	Forenklet risikoanalyse er en uformell fremgangsmåte som kartlegger risikobildet ved hjelp av idèdugnad og gruppediskusjoner. Risikoen vil kunne presenteres på en grov skala, for eksempel liten, moderat og stor. Det gjøres ikke bruk av formaliserte risikoanalysemetoder

Standard risikoanalyse	Kvalitativ eller kvantitativ	Standard risikoanalyse er en mer formalisert fremgangsmåte der det benyttes anerkjente risikoanalysemetoder, for eksempel hazop/hazid og grovanalyse. Ofte brukes risikomatriser til å fremstille resultatene.
Modellbasert risikoanalyse	Primært kvantitativ	Modellbasert risikoanalyse bruker teknikker som for eksempel hendelsestreanalyse og feiltreanalyse til å beregne risiko.

Risikoanalyser kan gjennomføres i ulike faser av et systems levetid. Det kan brukes ifra tidlig idèfase, planleggingsfase og konstruksjonsfase til driftsfase og avviklingsfase. (Aven, Røed, & Wiencke, Risikoanalyse, 2008)

2.2.2.1 GAP – analyser

Analyse metoden GAP analyse er en velkjent og ofte brukt metode innen mange næringer. Den brukes til å beskrive for eksempel ett prosjekts mål og om prosjektet vil kunne nå sine mål ved å fortsette i den retning de har tenkt. Figur 12 viser ett eksempel på hvordan resultatet fra en GAP – analyse kan vises.



Figur 12 "Billedlig fremstilling av resultat fra en GAP - analyse" (Hvidsten og Arnesen, 2009)

En GAP – analyse er i hovedsaklig å sette opp to eller flere ting opp mot hverandre. Innen olje og gass industrien samarbeider forskjellige selskaper på mange områder, enten det er på installasjonene eller andre områder. Hvis man ser på ett scenario der ett selskap er operatør på ett felt og ønsker å bore en ny brønn på dette feltet, vil de sannsynligvis måtte

leie inn et annet selskap og deres rigg for å bore denne brønnen. I slike tilfeller må det selskapet som blir leid inn for å gjøre jobben tilpasse sine egne beredskapsplaner og liknende til å samsvare med det operatørselskapet har av beredskapsplaner og liknende. For å få dette til er det selskapet som er leid inn nødt til å gjennomføre en GAP – analyse for å sammenlikne og finne forskjeller mellom disse planene. Man identifiserer dermed eventuelle gap og gjør nødvendige tiltak for å ”lukke” disse. Ett eksempel på hvordan en slik analyse kan fremstilles, vises i tabell 3.

Tabell 3 "Eksempel på hvordan ett GAP - analyse skjema kan se ut, og ett typisk case for slik analyse" (Hvidsten og Arnesen, 2009)

GAP – Analyse mellom ”Operatør og Borreselskap” med tanke på oppdrag.			Dato: 22.03.2009	Sted: Stavanger
Område	Nr	Tema	Dagens situasjon	Ønsket situasjon
Regelverk	1.1	Operatør opererer på norsk sokkel og dette medfører at det er krav fra Norsk petroleumstilsyn (PTIL) som er gjeldende	Riggen har aldri vært på norsk sokkel. Siste oppdrag var på britisk side i Nordsjøen. Dermed er regelverk fra britisk petroleumstilsyn brukt i forbindelse med utarbeidelse av beredskapsplanverk.	Tilpasse eget beredskapsplanverk til å samsvare med de krav som stilles fra PTIL
Beredskap		Operatør stiller krav til maks antall personer om bord på innleide rigger. Dette grunnet kapasitet SAR – helikopter i området og pick – up krav innen 30 min.	Alle overlevningsdrakter om bord på rigg er av typen HH Seaair. Ved bruk av denne typen drakter er det tidligere gitt dispensasjon fra PTIL i liknende saker om en utvidet pick up tid til maks 2 timer.	Å være i samsvar med operatørens krav så lenge det ikke går utover sikkerheten til eget mannskap grunnet bemanningsmangel. Eventuelt søke PTIL om dispensasjon til å inngå midlertidige avtaler med andre installasjoner om SAR –tjenester i perioden.

Skjemaet over er bare en av mange måter å gjennomføre en GAP – analyse på. På større systemer vil omfanget av analysen være mer kompleks. De GAP som kommer fram i analysen skal bli belyst og tiltak for å kunne lukke gapene vil bli bestemt. Gap - analysen er først og fremst et verktøy for å finne ut i hvilken retning en trenger å utvikle prosjektet eller avdelingen, og hvilke tiltak som kan bidra til å komme dit. Det er et nyttig verktøy for å mobilisere medarbeiderne i dette arbeidet, og få til eierskapsfølelse til dette. Verktøyet kan benyttes i forbindelse med mål- og strategiarbeid eller annen type avdelingsutvikling.

2.2.2.2 HAZOP/ HAZID

HAZID Analyse

Målsetningen med en HAZID - analyse er å systematisk identifisere farer forbundet med operasjonen, kartlegge risikoen med eksisterende barrierer og deretter etablere nye tiltak for de farene som ikke er i henhold til akseptabel risiko.

HAZOP Analyse

Målsetningen med en HAZOP - analyse er å systematisk avdekke muligheter for feiloperering/feildesign som kan medføre fare for personell, miljø og utstyr tilknyttet nye anlegg eller modifikasjoner på prosessutstyr (testutstyr, kjemikalihåndteringsutstyr, bulksystem, m.m.). (Aven, Røed, & Wiencke, Risikoanalyse, 2008)

Bakgrunn for analysebehov

En HAZOP eller HAZID kan for eksempel initieres basert på bedriftsinterne veiledende tabeller. Tabell 4 er ett eksempel på en sånn.

Tabell 4 "Bakgrunn for analysebehov eksempel" (Talisman Energy Norge AS, 2006)

Bakgrunn for analysebehov	HAZOP	HAZID
Teknisk systemgjennomgang		
Modifikasjoner av prosess systemer	X	
Andre typer modifikasjoner		X
Nye anlegg	X	
Operasjonell systemgjennomgang		
Riggmove		X
Coil tubing		X
Ankerhåndtering		X
Nye anlegg	X	
Organisatorisk systemgjennomgang		
Nye prosedyrer eller endring av prosedyrer		X
Endring av personellressurser på enheten		X
Organisatoriske endringer på enheten		X

Kvalifikasjonskrav

Den som blir satt til å planlegge og lede en HAZOP / HAZID skal ha relevant bakgrunn fra tilsvarende analyser, for eksempel ved å ha vært HAZOP-sekretær. HAZOP-leder skal i tillegg ha gjennomført HAZOP-kurs.

Uavhengighet

Oppdragsgiver skal vurdere om analysen skal ledes av uavhengig part.

Rapport

Det skal utarbeides HAZOP/HAZID rapport med følgende elementer beskrevet:

- Møtedeltakere
- Distribusjons liste
- Tiltak/barrierer: oppsummering antall identifiserte tiltak/barrierer.
- Forutsetninger: antall etablerte forutsetninger.
- Tegninger: oversikt over tegninger som er benyttet.
- Dokumenter: oversikt over dokumentasjon som ble benyttet.
- Referanser

Prosess for gjennomføring av HAZOP – møter

Det gjennomføres arbeidsmøte(r) med relevant personell for å avdekke muligheter for feiloperering/feildesign som kan medføre fare for personell, miljø og utstyr.

HAZOP - leder styrer arbeidsmøte og HAZOP - sekretær dokumenterer identifiserte farer ved bruk av vedlagt HAZOP - skjema.

I arbeidsmøtet skaper HAZOP - leder en dialog mellom møtedeltagerne rundt hvert av ledeordene for hver node. Når alle ledeord er gjennomgått for en node, utføres samme teknikk for neste node.

Ledeord

Basis i HAZOP - teknikken er systematisk bruk av spesielle ledeord som gir utgangspunkt for å finne årsaker og konsekvenser. Ledeneordene bør tilpasses operasjonen som skal analyseres, men i utgangspunktet er følgende ledeord typisk brukt (se, tabell 5):

Tabell 5 "Eksempel på ledeord som kan brukes i forbindelse med HAZOP" (Talisman Energy Norge AS, 2006)

Ledeord	Mening
Høy / lav / ingen mengde	Kan det komme for mye/lite eller ingen væske i systemet?
Høyt / lavt nivå	Kan det oppstå for høyt/lavt nivå i tank?
Feil retning (Reversere)	Kan prosessen/væsken bevege seg i andre

	retninger enn tiltenkt?
Feil innhold	Kan feil væskesammensetning være mulig?
Høyt / lavt trykk (Mer/mindre)	Kan for høyt eller lavt trykk oppstå i systemet?
Høy / lav temperatur	Kan for høy eller lav temperatur oppstå i systemet?
Oppstart / Blackout	Kan oppstart eller blackout medføre problemer?

Ledeordene er relatert til prosess, forhold, aktiviteter, materialer, tid og sted.

Noder

Systemet som skal analyseres kan deles opp i mindre komplekse deler, eller noder. Oppdelingen bestemmes av HAZOP - leder i forkant av møtet, og beskrives på en overordnet systemtegning. Dette materialet skal være en del av den dokumentasjonen som møtedeltagerne mottar i god tid før møtet.

HAZOP skjema

Hver årsak for feiloperasjon/fare gis et fortløpende ID-nummer. Årsaken beskrives og benyttet ledeordet legges inn. Konsekvensen av årsaken beskrives og tiltak/barrierer formuleres. Ansvarlig for tiltak/barrierer bestemmes og tidsfrist for når det må være utført. Et enkelt ledeord kan gi flere årsaker, hver årsak kan ha flere konsekvenser og hver konsekvens kan ha flere tiltak.

Tiltak som identifiseres under studien er ofte spørsmål som må besvares senere. Studien skal identifisere - og ikke bruke tid på å løse problemer, utenom hvor sikker løsning er åpenbar. (Talisman Energy Norge AS, 2006)

2.2.3 Definerte fare og ulykkessituasjoner (DFU)

”En definert fare- og ulykkessituasjon (DFU) kan beskrives som et utvalg av mulige faresituasjoner og ulykkeshendelser som brukes for dimensjonering av beredskap for den enkelte aktivitet” (Norwegian Technology Centre, 2001, s. 5)

2.2.3.1 Regelverk

Som operatør for gassrør og CO₂ rør på norsk sokkel må man sikre at en er i henhold til gjeldende regelverk, og det spesielt Petroleumstilsynets (PTIL) regelverk man skal følge. I Styringsforskriften § 15 står det:

”Det skal utføres kvantitative risikoanalyser som gir et nyansert og mest mulig helhetlig bilde av risikoen. Risikoanalysene skal;

- a) Identifisere fare- og ulykkesituasjoner, velge initierende hendelser og klarlegge årsakene til hendelsene.*
- b) Modellere ulykkessekvenser og konsekvenser slik at blant annet eventuelle avhengigheter mellom fysiske barrierer kan avdekkes, og slik at det kan beregnes hvilke krav som må stilles til barrierenes ytelse.*
- c) Klassifisere viktige sikkerhetssystemer.*
- d) Vise at hovedsikkerhetsfunksjonene ivaretas.*
- e) Identifisere dimensjonerende ulykkeslaster.*
- f) Gi grunnlag for valg av disse definerte fare- og ulykkesituasjonene.*

Det skal gjøres nødvendige følsomhetsberegninger og vurderinger av usikkerheter.

Det skal utføres beredskapsanalyser som skal;

- a) Definere fare- og ulykkesituasjoner.*
- b) Sette ytelseskrav til beredskapen.*
- c) Velge å dimensjonere beredskapstiltak”. (Petroleumstilsynet, 2009)*

Styringsforskriftens § 15 setter altså krav til at det skal utføres beredskapsanalyser som blant annet skal definere fare- og ulykkesituasjoner (DFU).

For å oppfylle de krav som stilles til gjennomføringen av beredskapsanalyser henvises det til NORSOK Z-013 ”Risiko- og beredskapsanalyser”. I henhold til NORSOK Z-013 skal alle DFU -er gjennomgås systematisk med henblikk på å definere og dimensjonere de beredskapstiltak (tekniske og organisatoriske) som påkreves for å oppfylle ytelseskravene. Videre pålegger petroleumsløven operatøren å iverksette beredskapstiltak ved enhver fare- og ulykkesituasjon. Operatøren plikter dermed å iverksette beredskapstiltak som er effektive også ved andre fare- og ulykkeshendelser enn de som betraktes som DFU – er i beredskapsanalysen.

2.2.3.2 Kategorisering av DFU -er

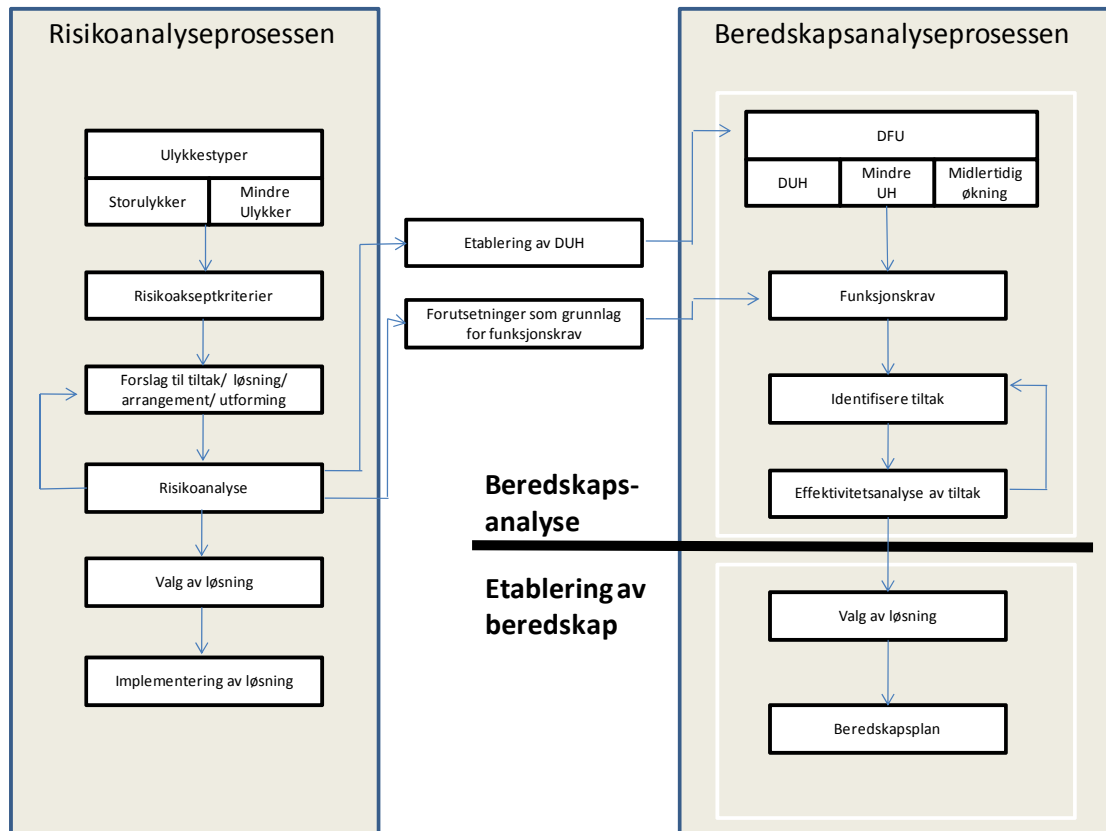
Det finnes mange typer DFU -er av forskjellig alvorlighetsgrad. Det kan derfor være hensiktsmessig å dele disse opp og kategorisere disse i henhold til alvorlighetsgrad. Ett eksempel på hvordan dette kan gjøres er vist i tabell 6.

Tabell 6 "Kategorisering av DFU -er" (Talisman Energy Norge AS, 2007)

DFU Type	Beskrivelse
1	I hovedsak hendelser med et signifikant bidrag til virksomhetens risiko, for eksempel større hydrokarbonhendelser og helikopterulykker. Hendelsene er primært identifisert og analysert gjennom risikoanalyser. Inkluderer installasjonens dimensjonerende ulykkeshendelser (DUHer)
2	Ulykkeshendelser av begrenset omfang. En typisk hendelse kan være mann

	over bord. Hendelsene er normalt ikke tatt direkte hensyn til i risikoanalysene, da risikoen er vurdert som relativt liten i forhold til type I hendelsene.
3	Hendelser som innebærer en midlertidig økning i risiko. Også disse hendelsene er normalt ikke adressert i risikoanalysene, av samme årsak som angitt for type II hendelsene over.

Figur 13 viser sammenhengen mellom ordinære risikoanalyser beredskapsanalyser. Den viser også at det og definere fare og ulykkesituasjoner ligger som en overordnet filosofi for en beredskapsanalyse.



Figur 13 "illustrasjon som viser sammenhengen mellom risikoanalyseprosessen og beredskapsanalyseprosessen" (Norwegian Technology Centre, 2001)

2.3 Beskrivelse av drift- og vedlikeholdssystemer for naturgass rør

Beskrivelse av drift- og vedlikeholdssystemer er i hovedsak hentet fra rørledningen Langeled. Den strekker seg fra Nyhamna i Møre og Romsdal via en ventilstasjon (SSVS) på havbunnen ved Sleipner Riser plattformen (SLR) til Easington på øst kysten av Storbritannia (se, figur 14). Den transporterer tørrgass gjennom Langeled Nord (LLN) på 628 km og Langeled Sør (LLS) som er 543km. Knutepunktet Sleipner Riser plattformen har montert stigerør for behandling av gass.



Figur 14 "Oversikt over rørtrassen til Langeled fra Nyhamna via Sleipner til mottaksterminalen i Easington England" (Gassco AS, 2007)

Design parametere for Langeled er vist i tabell 7.

Tabell 7 "Designparametre for Langeled røret" (Gassco AS, 2007)

Karakteristikk	LLN	LLS
Nominell diameter (YD)	42 tommer	44 tommer (42 inch unto KP 3.6)
Indre diameter (ID) (konstant)	1016mm	1066mm
Material grad: OS-F101 I henhold til krav satt av Statoil.	SAWL 485 I DF og ved spesifiserte steder: SAWL 450 I DF	SAWL 485 I DF og ved spesifiserte steder: SAWL 450 I DF
Levetid	50 år	50 år
Design trykk ¹	250 barg (at elevation +10m) -section1 (KP 0-KP 386.5) 215 barg (at elevation +10m – section 2 (KP386.5-KP 628)	156.8 barg (+ 30 m opp) (at elevation +30m)
Design tempertur	÷10 – 50 ° C	÷10 – 50 ° C
Maks tillatte operasjonstrykk (MAOP)	248 barg	154.8 barg
Anti- korrosjonsbelegg offshore.	Fiberglass forsterket med asfalt emalje	Fiberglass forsterket med asfalt emalje
Korrosjon beskyttelse offshore	Offeranode	Offeranode
Beskyttelse og synke materiale offshore	Armert betong	Armert betong
Innside belegg	Epoksy	Epoksy
Minste bend radius	5 × ID	5 × ID
Krav til Pigging	Ved ferdig stilling (RFO), inspeksjon og rensing	Ved ferdig stilling (RFO), inspeksjon og rensing
Varmetransport mellom røret og omgivelsene	200 W/m ² C. Maks eksponering	200 W/m ² C. Maks eksponering

På veien sørover vil gassen fra starten bli kontrollert av et helgardert sikkerhetssystem (HIPPS). For inspeksjon og operasjoner inne i rørledningen er det en Pig sluse på landsiden av nød stengningsventilen. Denne håndterer ulike verktøy som sendes med strømmen direkte til Easington. Ved Sleipner Riser plattformen vil en halvautomatisk undervannsventilstasjon bli operert ved bruk av ROV før igangsetting og etter passering av pig. Gassen driver den, og i kontrollert gangfart tar den seg gjennom røret. Produksjonen må være over elleve prosent med ett trykk på noe over hundre bar, (se, tabell 8).

Tabell 8 "Minste vedlikeholds krav for Langeled" (Gassco AS, 2007)

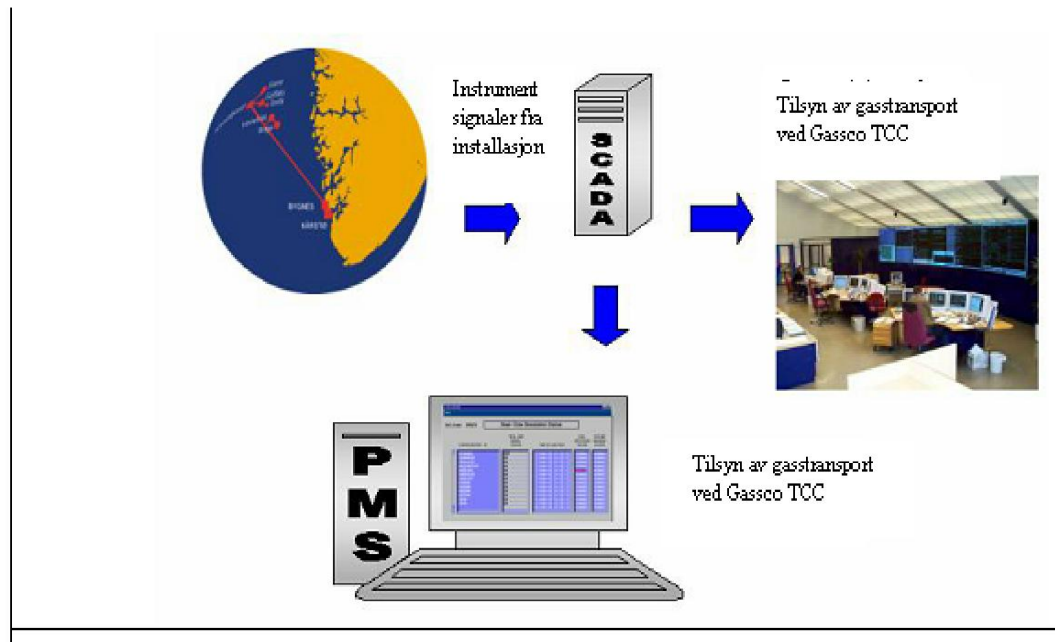
Langeled		
Kapasitet	< 75 SMm ³ /d	
Pig drift	110-120 bar	15 SMm ³ /d

I hver ende av LLN og LLS er det montert nød stengningsventiler og fakkell stasjoner, for å beskytte rørledningen mot overtrykk eller feil. Utblåsningssystemet for LLN starter først opp etter at prosessanlegget ved Nyhamna er stanset og trykkavlastet noe som tar minst tretti ni timer.

Filosofien for drift av Langeled ved stopp i transportsystemet vil være å opprettholde produksjonen og komprimere gassen til maks trykk om mulig, før eventuell trykkavlastning. Ved produksjonsstans og tømning av rørledning vil gass først og fremst bli overført til andre rørledninger inntil minste produksjonstrykk er nådd, før den stenger av og frigjør gassen. (Gassco AS, 2007)

2.3.1 Overvåkning av rørledninger.

Transportkontrollrommet (TCC) på Gassco, Bygnes, styrer og kontrollerer gass i rørsystemet Gassled, fra produsentene til mottaksterminalene. Ulike kontrollpunkter sender informasjon til data systemet SCADA som blir samlet, overvåket og lagret. Et virtuelt program, PMS, mottar samme data og kalkulerer videre utviklingen som kontroll (se, figur 15).



Figur 15 "Overvåkningsprosessen hos Gassco TCC" (Gassco AS, 2007)

En lekkasje deteksjonssystem (LDS) i PMS registrerer avvik i volumet som utløser alarm. Dette er delt opp i to moduler. Den ene lokaliserer og beregner større lekkasjer i røret, basert på trykk og flyt (PL-LEAK). Den andre er følsom på volum balansen (VB-LEAK) (se, tabell 9).

Ved usikkerhet rundt en lekkasje kan rørledningen bli stengt av for å registrere mulig trykkfall. Prosessen ved lekkasjealarm gjennomføres ved først å verifisere, for deretter å bestemme strakstiltak. Lokasjonen angis i kilometer punkt (KP) og er avstanden fra start på rørledningen.

Går lydalarmer fra PMS i kontrollrommet forligger de retningslinjer i dokumenter, prosedyrer og tenkte scenarier. (Gassco AS, 2007)

Tabell 9 "Her er svakeste følsomheten og tiden for deteksjon av ensimulert lekkasje (Gassco AS, 2007)"

Deteksjonssystem	Følsomhet	Deteksjonstid
PL-LEAK	5,6 MSm ³ /d	8-208 minutter
VB-LEAK	5,0 MSm ³ /d	119-938 minutter

Ved uønsket hendelse på miljøet vil helse, miljø, sikkerhet og kvalitet, HMS&K, -sjef hos Gassco ha ansvaret for å registrere og rapportere til riktig kompetent myndighet.

Kontrollrom sjefen er ansvarlig med prosess- data og kalkyler. Vedlikeholdsansvarlig på ser sikker tilgjengelighet av utstyr og administrerer dette.

Måleutstyr for utslipp skal kalibreres og kunne brukes kontinuerlig, Defekter registreres og utbedres snarest mulig, dette gjelder også for kontraktørene. (Gassco AS, 2007)

2.3.2 Beredskap

Det er Gassco som har ansvaret for beredskapen ved drift av Gassled. Samtidig inngår varslingslistene i beredskapsplanen til Statoil. Denne beredskapsplanen benyttes av andre kontraktører. Ved en krisehåndtering kommuniserer Gassco med; partnere, kontraktører, offentligheten og media.

Formålet med beredskapsplanen er å unngå å begrense hendelser som angår:

- Helse og liv på personell
- Miljø
- Egen og partneres eiendom
- Offentlig eiendom
- Omdømme Gassco

Ved avvik i prosedyrene er det opp til Gassco HSE&Q å godkjenne disse, siden de har det overordnede ansvaret.

Ved kritisk hendelse skal Hovedredningsentralen bli varslet i tillegg egen beredskap og andre offisielle relevante redningstjeneseter.

Første oppdager kontakter sikkerhetssenteret til Statoil, Forus, som kontakter TCC, Gassco. Her fra mobiliseres beredskapsorganisasjon.

Petroleumstilsynet kontaktes snarest mulig og dette skal bekreftes med faks eller e – post innen to timer. Statoil informerer TCC Gassco etter kontakt med aktuell myndighet. Gassco kontakter kun myndigheter og media ved skade på rør. (Gassco AS, 2007)

Beredskapsorganisasjonen på Bygnes fungerer som en ressursgruppe og stiller til rådighet kompetanse, fartøy og utstyr til vedkommende beredskapsorganisasjon.

Definerte fare og ulykkes -situasjoner, DFU:

Størrelsen vil være avgjørende for beredskapen.

- 1 stor lekkasje
- 2 Liten lekkasje; som ikke er så stor at den vil være til fare for 3dje person
- 3 Skade på rørledningen eller så liten lekkasje at den lar seg oppdage ved inspeksjon
- 4 Fare for skade på rørledning (midlertidig økning av risikonivået)

Viktigste årsaker til DFU er:

- Drivende innretning som kan synke over
- Fiske (f.eks. bomtrål) over rørledningen, tråling hvor gamle hornminer kommer i trålen og dras over rørledninger
- Fallende gjenstander (synkende skip/fartøy, anker, ankerline, containere osv.)
- Jordskjelv, ras, setninger, jordutglidning/ustabile bunnforhold
- Material- eller sveisefeil
- Korrosjon erosjon (innvendig og utvendig på rør)
- Feiloperasjon (overtrykk, for høy eller lav temperatur, feil medium)
- Utvikling av frie spenn
- Sabotasjehandling

- Tennkilder (skip, fartøy, fritidsbåter)
- Personell (ombord på skip, fartøy, fritidsbåter)
- Tennkilder på land i nærheten av landfall (Statoilhydro, 2007)

En oversikt over de fire viktigste definer fare og ulykkessituasjonene er vist I tabell 10.

Tabell 10 "Oversikt over DFU`er knyttet til Naturgassrør" (Statoilhydro, 2007)

DFU Nr.	DFU	Beskrivelse av DFU	Årsak	Konsekvens naturgass rør
1	Stor lekkasje	En stor lekkasje som vil oppdages av lekkasjedeteksjonsmodellen, og kan være til fare for 3dje- person over eller ved lekkasjestedet. Lekkasjen er synlig på havoverflaten.	<p>Rørledning skades av fallende gjenstand (fartøy, fallende anker, container osv.)</p> <p>Fiske. Tråling hvor gamle miner dras over rørledningene og i den sammenheng kan gå av.</p> <p>Korrosjon, erosjon, materialfeil, utmatning</p> <p>Oppankring ved ledningen / drivende anker (fra skip etc)</p> <p>Jordskjelv, ras, setninger</p> <p>Sabotasjehandling</p>	<p>Utilsiktet utslipp av gass, kondensat eller olje</p> <p>Fare for tap av liv hvis 3dje person blir omhyllt av gass sky (skip, fartøy i nærheten)</p> <p>Fare for tap av liv hvis hendelsen skjer nær en plattform</p> <p>Medfører nedstenging og økonomisk tap som følge av leveranseavbrudd</p> <p>Store utgifter ifm. reparasjonsarbeidene</p> <p>Tap av goodwill</p> <p>Stor mediadekning som kan påvirke selskapets anseelse</p> <p>Betydelig myndighetsfokusering som legger press på selskapet (OD, SFT)</p>

2	Liten lekkasje; som ikke er så stor at den vil være til fare for 3dje person	En mindre lekkasje som oppdages av lekkasjedeteksjonsmodellen i løpet av noen timer, men som ikke er til noen fare for 3dje person over eller ved lekkasjestedet. Lekkasjen kan være synlig på overflaten	<p>Rørledning skades av fallende gjenstand (fartøy, anker, ankerline, container osv.)</p> <p>Korrosjon, erosjon, materialfeil, utmatning</p> <p>Oppankring ved ledningen / drivende anker (fra skip etc)</p> <p>Jordskjelv, ras, setninger</p> <p>Sabotasjehandling</p>	<p>Utsiktet utslipp av gass, kondensat eller olje</p> <p>Medfører nedstenging og økonomisk tap som følge av leveranseavbrudd</p> <p>Store utgifter ifm. reparasjonsarbeidene</p> <p>Tap av goodwill</p> <p>Kan utvikle seg til stor lekkasje</p> <p>Stor mediadekning som kan påvirke selskapets anseelse</p> <p>Betydelig myndighetsfokusering som kan legge press på selskapet (OD, SFT)</p>
3	Skade på rørledning en eller så liten lekkasje at den kun lar seg oppdage ved inspeksjon	Alle typer skade på rørledningen som ikke umiddelbart fører til vesentlig lekkasje. Omfatter også mindre lekkasjer som kun kan oppdages ved inspeksjon.	<p>Rørledning skades av fallende gjenstand (fartøy, anker, container osv.)</p> <p>Svikt i landfallstunnel eller -kulvert</p> <p>Korrosjon, erosjon, materialfeil, utmatning</p> <p>Overtråling av rørledningen</p>	<p>Dersom skaden ikke repareres eller kontrolleres, kan skaden utvikles til brudd.</p> <p>Ved bule på røret kan pigger kjøre seg fast.</p> <p>Skaden kan medføre nedstenging og økonomisk tap som følge av leveranseavbrudd</p> <p>Skaden kan gi</p>

			Oppankring ved ledningen / drivende anker (fra skip etc) Sabotasjehandling	betydelige kostnader i forhold med reparasjonsarbeidene Situasjonen kan nødvendiggjøre økt beredskap for å igangsette inspeksjon samt å klargjøre eventuell trykkreduksjon eller nedstenging av trykkavlastning.
4	Fare for skade på rørledning en (midlertidig økning av risikonivået)	Hendelser ved, over, på eller i rørledningen hvor det er fare for at skade kan oppstå.	Melding om oppankring ved ledningen Melding om sunket fartøy eller større gjenstand Melding om eller deteksjon av operasjon utenfor designbetingelser Deteksjon av større frie spenn Deteksjon av strukturell skade på landfallstunnel Mistanke om sabotasjehandling	Situasjonen kan gjøre det nødvendig med økt beredskap for å igangsette inspeksjon og klargjøre for eventuell trykkreduksjon eller nedstenging og trykkavlastning.

2.4 Beskrivelse av hvordan CO₂ røret skal bli

Det er Gassnova, Oljedirektoratet og Gassco som i dag utarbeider en løsning for fangst og transport av CO₂. Fra gasskraftverket til Naturkraft på Kårstø, Rogaland skal CO₂ transporteres ut til Utsira formasjonen i Nord Sjøen. Hele 1,1 millioner tonn CO₂ per år vil bli pumpet 230 kilometer før det går ned i grunnen. Etter planen skal Prosjektet være ferdigstilt til 1. Oktober 2012. Det er mange utfordringer for denne teknologien siden kunnskapen om CO₂ fangst og lagring er begrenset. Røret vil ha en levetid på 50 år (se, tabell 11), noe som krever meget god forståelse på hvordan CO₂ utarter seg, blandet med uønskede komponenter fra renselanlegget. Korrosjon kan ikke forekomme. Karbondioksid vil ha en tetthet nærmere ett tonn og bevege seg sakte ut til reservoaret. En annen

utfordring her, er at CO₂ kan være i gass, flytende og fastform. Det vil kunne oppstå uønsket friksjon om prosessen ikke går kontrollert for seg. Det er først og fremst ved utblåsningsventil at is kan være ett problem. Ved utløp til luft vil det bli svært kaldt noe som kan føre til is dannelser og blokkering. Skulle dette likevel skje må den varmes opp igjen. Tett utblåsningsventil kan avverges ved å kontrollere åpningen med hensyn til temperatur.

Tørris vil kunne sprute ut og bli liggende på bakken. Meget viktig med en god sikkerhetssone siden gassen er tyngre enn luft og i konsentrert form har en kvelende effekt. Is vil ikke forekomme på havbunnen med mindre det skjer en eksplosiv sprekk dannelse langs røret. Hull i røret vil føre til lekkasje av CO₂ forutsatt at trykket er større enn omgivelsene. Størrelsen er avgjørende men ved fare for vann inntrengning med ettervirkende korrosjon vil strakstiltak være å opprett holde trykket til reparasjonen kan utføre. Meget stort brudd kan redusere oppdriften på haveoverflaten i en mindre sone men kun for kortere tid. Ved produksjonsstans vil ett eventuelt overtrykk kunne lede CO₂ videre inn i formasjonen, eller en sikkerhetsventil stenge som kan holde igjen fra massen som er i bevegelse Ved tomgang vil det ikke ha noe å si at CO₂ eksisterer i gass og flytende for rør integriteten. (Gassco AS, 2008)

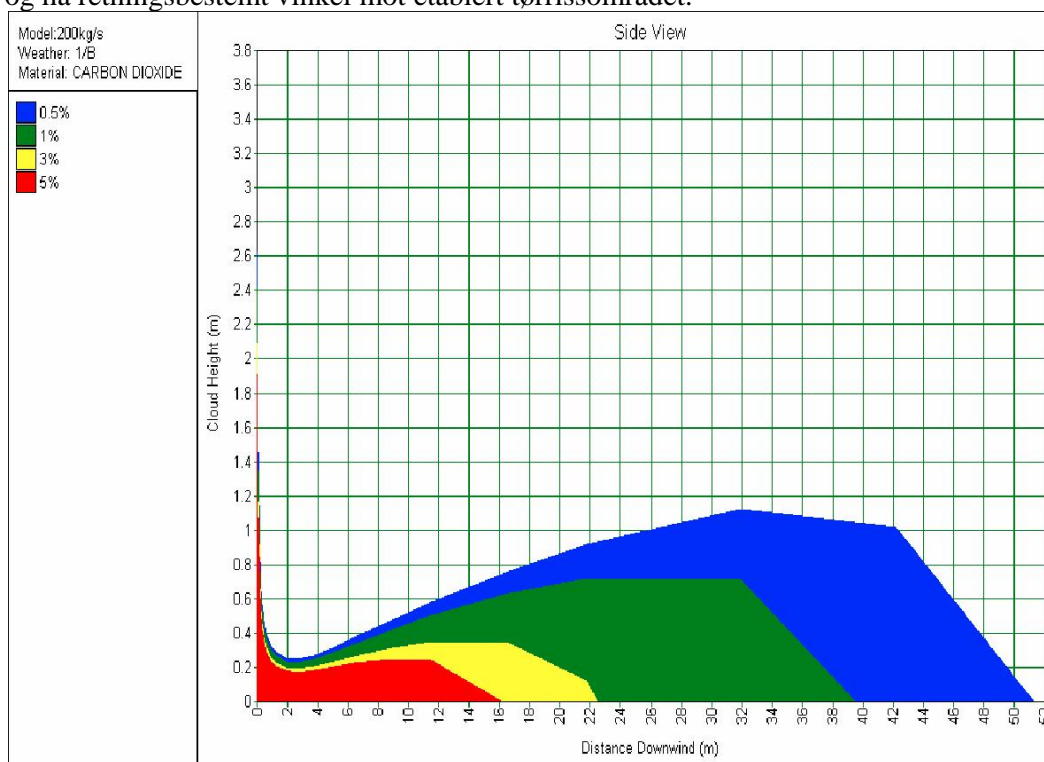
Tabell 11 "Designparametre CO₂ rør" (Det Norske Veritas, 2008)

Components	Specification	Comments
Design life	50	Years
Pipe dimension	SML 450 I SFPD	
Steel grade	C-steel	
Wall thickness	See Feil! Fant ikke referanse-kilden.	API pipeline dimensions required for reeling
Surface roughness	50 m	
Corrosion allowance	0mm	
Thermal conductivity	50W/mK	
Density	7850kg/m ³	
Thermal heat capacity	470J/kg °C	
Maximum inlet pressure	200bar	
Design temperature/design	-25/50 °C	Normal operations
Design temperature/Incidental	-40/40 °C	During blow down
Insulation	.3mm FBE 2.7mm PP	Is modelled as one layer with 3.0mm PP with properties PP ✓ Thermal conductivity: 0.23W/mK ✓ Density: 900 kg/m ³ ✓ Thermal heat capacity: ??
Trenched/buried	0.5m	All pipeline is assumed being trenched/buried ✓ Thermal conductivity of soil 2.4W/mK ✓ Density ✓ Thermal capacity:

2.4.1 Trykk avlastning av CO₂ rørledning

Det er gjennomført studier på dekompresjon av den tiltenkte CO₂ rørledningen mellom Kårstø og Utsira reservoaret i Nordsjøen som var antatt å være ti tommer i diameter. Bakgrunnen for prosjektet var å vurdere behovet og muligheten for utblåsning av CO₂. Samtidig er det sett på hvordan CO₂ oppfører seg og hvilken påvirkning dette har på rør integriteten, menneske og området rundt.

En tilnærming er gjort ved bruk av to dataverktøy utviklet for naturgass virksomhet. Men CO₂ har andre egenskaper, det vil kunne bli dannet fast stoff i form av tørris i og ved utslippspunktet (se, figur 16). Det er nødvendig å kunne styre åpningen av utslippsventilen og ha retningsbestemt vinkel mot etablert tørrissområdet.



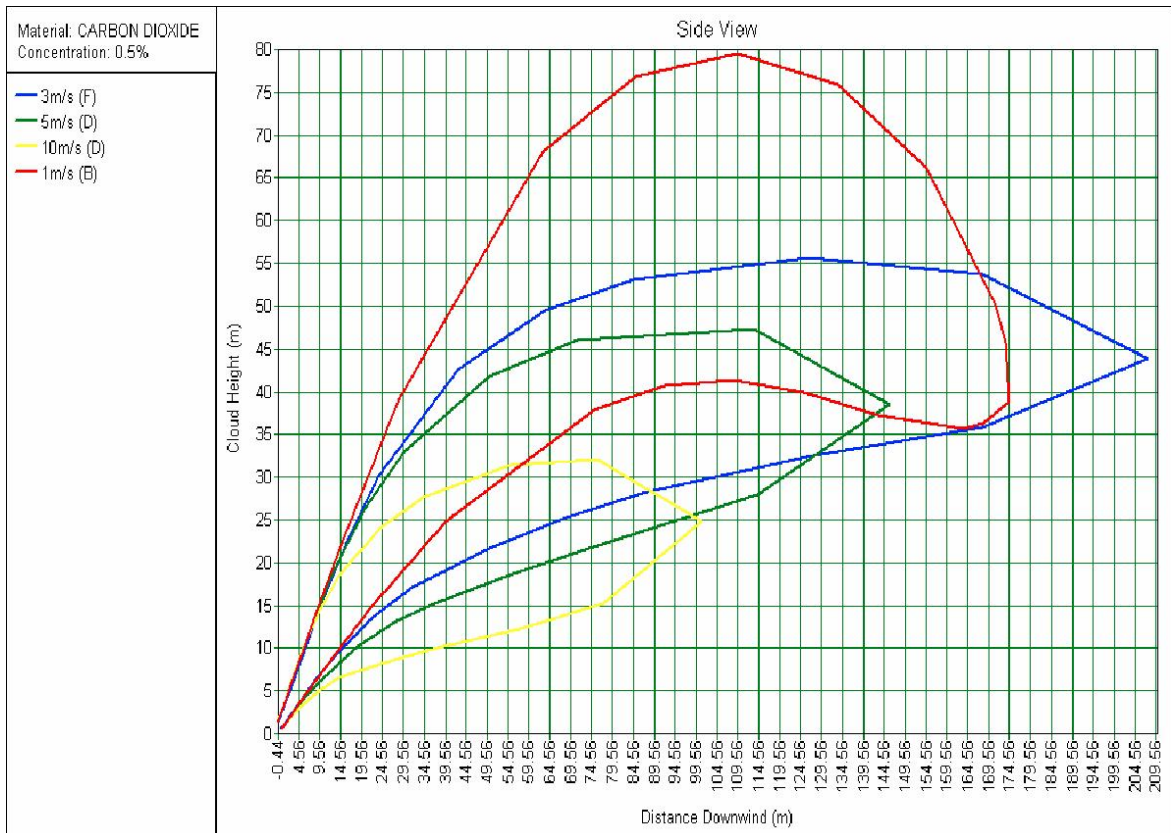
Figur 16 "Illustrasjonen viser den minst gunstige utslippsituasjonen, illustrert tørris og vindhastighet på en 1m/s. Fra blå sone er det trygt" (Det Norske Veritas, 2008)

Her er den mest ugunstige utslippsituasjonen illustrert tørris og vindhastighet på en meter per sekund. Se, tabell 1, side 16 for helseeffekter. Fra blå sone er det trygt.

Tabell 12 "Her er den minst gunstige utslippsituasjonen, tørris og vindhastighet på en meter per sekund. Konsentrasjonen på 5 % indikerer trygg avstand" (Det Norske Veritas, 2008)

Konsentrasjon	5 %	3 %	1 %	0,5 %
Avstand i meter	16,0 m	22,3 m	39,5 m	51,5 m

Denne samme ventil vinkelen effektiviserer fordelingen ut i luften (se, figur 17).



Figur 17 "Illustrasjon av det mest effektive spredningsmønsteret av CO₂. Vinkelen på ventilen er 45 grader og konsentrasjonen på 5 % illustrerer rekkevidden til det er trygt" (Det Norske Veritas, 2008)

Her er det mest effektive spredningsmønsteret av CO₂. Vinkelen på ventilen er 45 grader og konsentrasjonen på 0,5 % illustrerer rekkevidden til det er trygt. Se figur side (Se, tabell 13) med hensyn på vind styrkene en til ti meter per sekund og et utslipp på 100 kg/s

Tabell 13 "Mest effektive spredningsmønstre ut til ufarlig konsentrasjon"

Forhold					
Vinkel	∠ 45°				
CO ₂	0,5 %				
Utslipp	100 kg/s				
Avstand	50 meter				
Vindhastighet	1 m/s	3 m/s	5 m/s	10 m/s	
Gass høyde (når aldri bakkenivå)	28 meter	22 meter	17 meter	12 meter	
Konsentrasjon	175 meter	208 meter	145 meter	100 meter	

Her er det mest effektive spredningen av CO₂. Vinkelen på ventilen er 45 grader, med et utslipp på 100kg/s, en ufarlig konsentrasjon på 0,5 % og en avstand på 50 meter fra ventilen.

Data verktøyet, OLGA, beskriver produkt- tilstandene og konsekvensene dette påfører rørsystemet ved punktet. Denne versjonen er ikke kommersielt tilgjengelig og det er Scandpower Technology selv som har utført analysene. Det andre dataprogrammet er PHAST som beregner spredningsmønsteret ut til omgivelsene. Dette programmet er i dag ikke i stand til å beregne dannelse av fast CO₂, hvordan dette utarter seg, eller vindhastigheter under en meter per sekund. Usikkerheten rundt programvarene er tilnærmet ved grovere estimater for sikkerhetsmessige hensyn og at fast CO₂ ikke forekommer ved minus syttini grader celsius (÷79 ° C) ved ett atmosfærisk trykk.

Det vil være behov for isolering av røret ved bruk av en nød stengeventil ved sonen mellom land og hav. Hovedsakelig for vedlikehold av landanlegget. Hver side skal være knyttet opp til ventileringsystemet.

Simuleringene har lagt vekt på størrelsen på utblåsningsventilen med hensyn på varighet av operasjon og temperatur utvikling. Design temperaturen for rørledningen ved trykkavlastning er minus førti grader celsius (÷40° C) og regulering av ventil åpning mulig gjør optimale forhold. Ved trykkavlastning kan først den trykksatte CO₂ transporteres videre inn i reservoaret til trykket er utliknet før utblåsningen starter.

Brudd på rørledningen har varierende utslipp avhengig av hvor det oppstår, fordi det er kuperte bunnforholdene. Ved fullt brudd utarter lekkasjen seg som vist i tabell 14.

*Tabell 14 "Simulert brudd i rørledning mellom Kårstø og Utsira formasjonen, basert på 10 tommers rør"
(Det Norske Veritas, 2008)*

Dyp I Meter	Avstand fra Kårstø i meter	Maks lekkasje	Lekkasje tid	CO ₂ mengde. Totalt, 9000 tonn (12", 15 000 tonn)	Isdannelse
20 meter	600 meter	1300kg/s	> 6 dager	9000 tonn	-
100 meter	2000 meter	1100 kg/s	6 dager	9000 tonn	mulig
550 meter	15 000 meter	1800 kg/s	3-4 dager	3500 tonn	Ja

Opp gjennom vannet fra hundre meters dyp vil den første gassen danne en brusende sone på 40 meter i diameter ved hav overflat. Når trykket i røret blir utliknet medfører det at flytende CO₂ blir stengt inne, som i en vannlås, og gasser sakte av. Tilstanden er kritisk og med fare for at vann trenger inn krever strakstiltak.

Ved hull enten sørge for å opprettholde et trykk større en utvendig trykk slik at vann ikke trenger inn eller fyller rør med tør luft eller Nitrogen for å hindre uønsket utslipp. (Det Norske Veritas, 2008)

Del 3. Metode

I følge sosiologen Vilhelm Aubert, her sitert av (Hellevik, 1999, s. 12) er metode ”en fremgangsmåte, et middel til å løse problemer og komme frem til ny kunnskap. Et hvilket som helst verktøy som tjener dette formålet, hører med i arsenalet av metoder”. I dette kapittelet vil vi presentere valg av fremgangsmåte for å innhente, bygge opp og analysere vårt datamateriale som skal prøve å belyse oppgavens problemstilling.

3.1 Valg av metode

Denne oppgaven bygger på en kvalitativ metode. Den kvalitative metoden kjennetegnes ved at den går i dybden av det en skal undersøke. Datainnsamlingen skjer i direkte kontakt med feltet og er forbundet med en fleksibilitet og det er ikke fastsatt svaralternativer ved intervjuene. Det blir ofte brukt uttrykk som ”harde” og ”myke” data som kjennetegn på de fakta som blir samlet inn i henholdsvis kvantitative og kvalitative metoder. I denne forbindelse blir forskere som bruker kvantitativ metode ofte kalt for ”tellere”, mens de som bruker kvalitative metode ofte blir kalt for ”tolkere” (Dalland, 1997).

I planleggingsfasen av oppgaven ble det bestemt at vi skulle gjennomføre en GAP – analyse med tilhørende risikoanalyser for å få belyst eventuelle GAP i forbindelse med sikkerhetsfilosofi for drift og vedlikehold av CO₂-rør. De risikoanalyser som ble en del av oppgaven var ett Hazop/ Hazid møte i Porsgrunn der vi var deltakere. Selve GAP – analysen er også en enkel form for risikoanalyse og kan sammenliknes med en grovanalyse.

Alle metoder valgt i denne oppgaven er kvalitative metoder. Dette var et bevisst og nødvendig valg med hensyn på gjennomførelsen oppgaven. Det å legge CO₂ rør offshore er veldig nytt og det finnes lite tilgjengelige ulykkesstatistikker eller annet tallmateriale tilgjengelig på dette. Uten data av denne karakter ville det blitt en umulig oppgave å gjennomføre en ren kvantitativ analyse.

3.2 Beskrivelse av metode

I oppgaven er det brukt ulike analyse metoder for å komme frem til resultat. Det hele startet med at vi var deltakere på en HAZOP/ HAZID analyse i Porsgrunn fra den 25 – 27. Februar. Det var Gassnova som stod som arrangør for dette møtet og det var invitert deltakere fra alle leddene i prosjektet. Representanter for fangstanlegget(Gassnova), CO₂ rørledningen(Gassco) og brønn/ reservoar(ROSS Offshore) var til stede.De eneste som ikke møtte opp var representanter fra gasskraftverket(Naturkraft).

Møtet ble ledet av en HAZOP – leder som var innleid for anledningen, og han hadde også med seg en HAZOP – sekretær. Under de to dagene møtene varte ble det alle systemer knyttet til prosjektet systematisk gjennomgått, der eksperter fra de forskjellige fagfelt fikk komme med sine innspill.

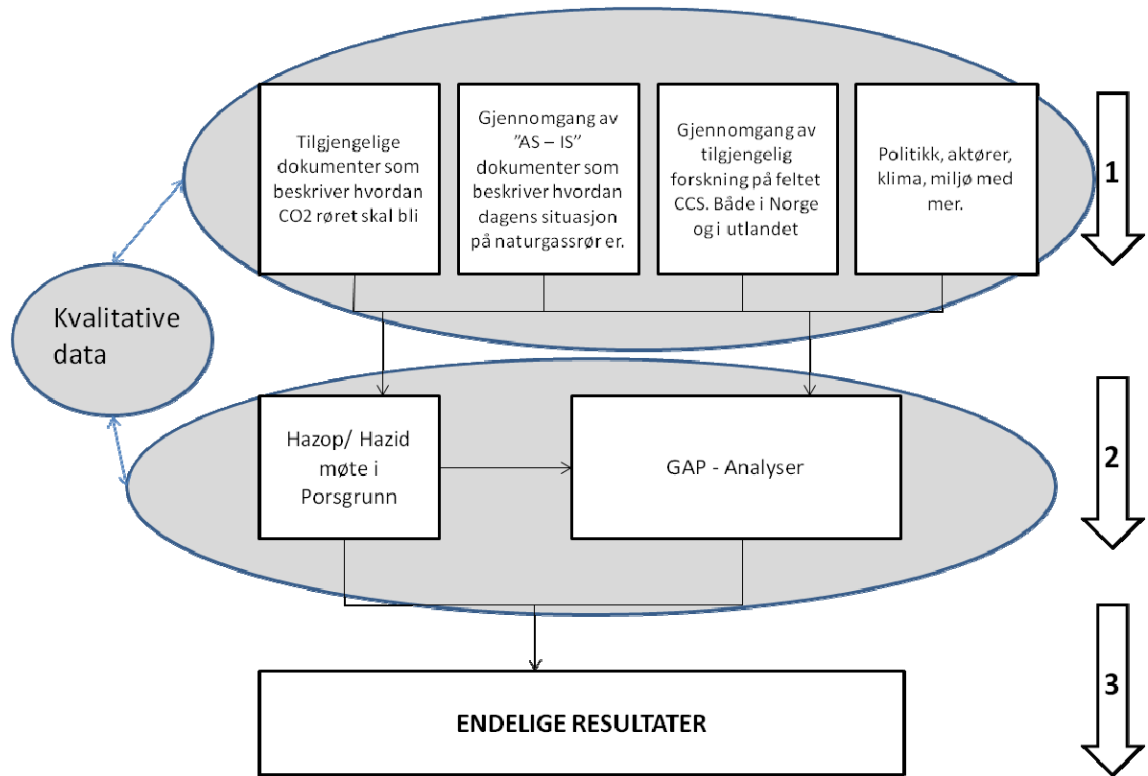
Av dette møtet ble det utarbeidet en rapport(se vedlegg 4) som ble tilsendt møtedeltakerne cirka 2 uker etter. Resultatene fra denne HAZOP - rapporten er også tatt med som en del av resultatene i denne rapporten både som egne resultater og innspill til GAP – analysene.

Som problemstillingen til denne oppgaven beskriver skulle det også gjøres GAP – analyser opp mot faktorer som gikk på sikkerhet og beredskap. Dette for å identifisere eventuelle GAP, med spesiell viktighet, som kunne ha en innvirkning på den overordnede sikkerhetsfilosofien som skal ligge til grunn for drift og vedlikehold av CO₂ rør.

Forarbeidet til disse analysene startet med å identifisere tilgjengelige dokumenter knyttet til sikkerhet og beredskap for naturgass rør hos Gassco. Ut av de dokumenter som ble gjennomgått ble relevant informasjon hentet ut og satt inn i ett GAP – analyse skjema. For å kunne identifisere eventuelle GAP – knyttet opp mot fremtidig sikkerhets- og beredskapstenkning knyttet til driften av CO₂ røret, ble det tatt utgangspunkt i tilgjengelige rapporter og forskning gjort på dette området. Dette innebar interne dokumenter knyttet opp mot CO₂ prosjektet til Gassco og Gassnova, og annen forskning internasjonalt og nasjonalt.

I analysene ble funnene kategorisert etter risiko, og dette er illustrert med fargene rød, gul og grønn. Der rødt er det som må tas tak i, gult beskriver noe som det er forsket på men trenger videre forskning for å kunne gi endelig konklusjon, ved grønt er alt ok. I tillegg har vi lagt inn kategorien svart. Denne sier bare noe om at det på dette stadiet i prosessen med CO₂ røret er dette ikke tenkt på ennå, men at en plan med tidsrammer for når dette vil skal være ferdig foreligger.

Figuren under beskriver hvordan vi har gått frem for å skaffe tilveie all relevant informasjon vi kunne finne for å danne ett troverdig bilde for gjennomføringen GAP – analysen og komme frem til ett resultat.



Figur 18 "Informasjonsinnhenting og oppbygning av analyser i forbindelse med Hovedoppgaven" (Hvidsten og Arnesen 2009)

3.3 Begrunnelse for valg av metode

I planleggingsfasen av oppgaven ble det bestemt at det skulle gjennomføres GAP – analyser med tilhørende risikoanalyser. Det å gjennomføre denne type analyser på det stadiet prosjektet nå er inne i er en god ide. Det å sette opp en "sammenlikning" som avdekker mulig avsporing og utfordringer gjør at man så tidlig som mulig kan rette opp eventuelle problemer som måtte dukke opp.

Det å få være en del av en HAZOP – analyse som tok for seg en del av de utfordringer som var knyttet opp til problemstillingen til oppgaven var nyttig. Det å få samlet så mange "eksperter" på en plass har gitt oss mange gode innspill til oppgaven.

3.4 Avgrensninger i metoden

Det finnes svært lite teori om det å gjennomføre en GAP – analyse og hvordan disse bør gjøres. Det som er lagt til grunn for utarbeidelse av de GAP – analysene som her er gjort, er først og fremst tolkning av andre typer risikoanalysemetoder og egen kunnskap om emnet gjennom arbeidslivet.

3.5 Metodens reliabilitet og validitet

Enhver forsker er opptatt av troverdigheten i det han skriver. For å kontrollere at de funn som gjøres er troverdige refereres det ofte til dataenes reliabilitet og validitet. Reliabilitet omhandler i hvilken grad innsamlede data er pålitelige og nøyaktige. Validitet avhenger av hva som er målt, og om de data som er samlet inn har relevans for problemstillingen i undersøkelsen. (Hellevik, 1999)

I denne oppgaven er de brukte data hentet fra forskningsmateriale og rapporter fra ulike personer og organisasjoner. Det går ikke an å stole 100 % på at disse rapporter og liknede er utarbeidet med like stor nøytralitet og objektivitet. Flere tilfeller av feilinformasjon fra blant annet Bellona de siste årene er ett eksempel på dette. Rapportene fra Bellona har gjentatte ganger blitt beskyldt for kun å se på den siden av sakene som gagnar saken de vil presentere. (Tunmo & K, 2009)

Del 4. Presentasjon av resultat

I dette kapittelet ønsker vi å presentere de resultater som er kommet frem under utførelsen av GAP – analysene. Resultatene fra de ulike analysene er delt inn i fire under kapitler.

Kap. 1 inneholder resultater og funn i GAP – analyse for beredskap. Det er her tatt utgangspunkt i beredskap for naturgassrør på rør som Gassco drifter.

Kap. 2 omfatter resultater og funn fra GAP – analyse for definerte fare og ulykkessituasjoner DFU'er. Utgangspunktet for denne analysen er data hentet fra Gassco sin beredskapsplan for naturgassrør som definerer hvilke hoved- DFU'er som gjelder for naturgass rørene de opererer og knytte disse opp mot utfordringer knyttet til CO₂ røret.

Kap 3 inneholder funn og resultater fra GAP – analyse for kunnskap og forskning. Her tar vi for oss hvordan naturgass rør blir driftet og vedlikeholdt og knytte dette opp mot hvilke utfordringer som kan komme ved drift og vedlikehold av CO₂ røret. Disse resultatene er knyttet opp mot tilgjengelig forskning for CO₂ fangst, transport og lagring fra ulike kilder.

Kap 4 tar for seg funn og resultater fra Hazop/ Hazid analysen som ble utført hos Gassnova SF i Porsgrunn den 25 – 27. februar 2009. Denne analysen tok for seg farer knyttet til prosessen rundt CO₂ fangst, transport og lagring fra det planlagte anlegget på Kårstø. Det er i tråd med oppgavens problemstilling kun funn og resultater som direkte berører transporten av CO₂ –en som vil bli belyst.

4.1 GAP – analyse for Beredskap

Forarbeidet til denne analysen startet med å identifisere tilgjengelige dokumenter knyttet til beredskap for naturgass rør hos Gassco. Ut av de dokumenter som ble gjennomgått er relevant informasjon hentet ut og satt inn i ett GAP – analyse skjema. For å kunne identifisere eventuelle GAP – knyttet opp mot fremtidig beredskapstenkning knyttet til driften av CO₂ røret, har vi tatt utgangspunkt i tilgjengelige rapporter og forskning gjort på dette området. Dette innebærer interne dokumenter knyttet opp mot CO₂ prosjektet til Gassco og Gassnova, og annen forskning internasjonalt og nasjonalt.

I analysen har vi kategorisert funnene etter risiko, og illustrert dette med fargene rød, gul og grønn. Der rødt er det som må tas tak i, gult beskriver noe som det er forsket på men trenger videre forskning for å kunne gi endelig konklusjon, ved grønt er alt ok. I tillegg har vi lagt inn kategorien svart. Denne sier bare noe om at det på dette stadiet i prosessen med CO₂ røret er dette ikke tenkt på ennå, men at en plan med tidsrammer for når dette vil skal være ferdig foreligger.

De første to funnene i denne analysen er fra det som omhandler varsling, funn tre omhandler bekjempelse.

Funn 1

I følge Gassco skal ett inspeksjonsprogram være planlagt ut fra en kritikalitetsvurdering, slik at man skal kunne avdekke skade på rørledningen som ellers vil kunne skape driftsforstyrrelser før neste inspeksjon.

Når man ser på dagens situasjon for naturgassrør sier den at man har kontroll (via overvåkning) med mediet (gass, olje og kondensat) og hvilke korrosjonsfremkallende stoff disse evt. inneholder. Denne kontrollen er knyttet opp mot inspeksjonsfilosofi og inspeksjonsplaner for den enkelte rørledning, og danner grunnlag for å vurdere muligheten for akutt fare for skade. Utvendig og innvendig inspeksjon av rørledning med dykking, ROV og pigging.

For CO₂ røret er det planlagt at man via overvåkning har kontroll på produkt- spesifikasjon av mediet som kommer fra fangstanlegget måles, hvilke korrosjons- fremkallende stoffer disse evt. inneholder. Slik måling foretas ved start og slutt av røret. Det er planlagt det samme som ved gassrør når det gjelder inspeksjon av røret. Forutsatt det sure miljøet med CO₂ resistente pigger.

GAP: Det finnes i dag ikke intelligente pigger som kan brukes til innvendig monitorering av CO₂ rør. Endelig å avklare kritiske forhold av hvilke partikler den rensede CO₂ – en inneholder.

Funn 2

Deteksjon av lekkasje skal skje automatisk med de tilgjengelige måleinstrumenter (prosess- og fiskal - målinger).

Naturgass røret har egen lekkasjedeteksjonsmodell som beregner og lokaliserer lekkasje basert på direkte og indirekte målinger av trykk, temperatur, mengde og volum. Normalt vil man kunne oppdage lekkasje større enn 2-5 % av strømningsraten i løpet av noen timer.

Ved detektert lekkasje vil modellen foreta en analyse av blant annet utslippsrate og lokalisering. Beredskapsleder skal ved hjelp av disse opplysningene, i løpet av 2 timer kunne beregne gass spredning og varighet, og foreta mer detaljert analyser ved hjelp av personell fra ressursgruppen.

For CO₂ røret liket med gassrør skal finnes det lekkasjedeteksjonsmodell som beregner og lokaliserer lekkasjer basert på direkte og indirekte målinger av trykk, temperatur, mengde og volum. En tilnærming må gjøres med de modellerings- og direkte målings programmer som allerede eksisterer slik at de kan brukes på CO₂ rør. Programmene SCADA og PMS måler og simulerer trykk, temp, lekkasje.

GAP: De beregnings- programmer som brukes i dag er ikke tilpasset CO₂ som medium. Dette skal bli gjort før anlegget blir satt i drift.

Funn 3

Den ukontrollerte lekkasjen skal reduseres så raskt som praktisk mulig til et nivå hvor den ikke medfører fare.

Naturgass rørledning skal kunne trykkavlastes fra minst en av endene for å redusere ukontrollert utslipp til omgivelsene. Trykkavlastning avsluttes når beregnet utgjevningstrykk i ledningen ligger noe over hydrostatisk trykk på skadestedet, for å hindre at forurensninger suges inn i røret. I tilfelle en liten gasslekkasje skal man vurdere å opprettholde et visst overtrykk i ledningen ved å injisere gas inntil kontrollert vannfylling kan finne sted. Evt. kan man sende en pig mot lekkasjestedet under trykkavlastningen slik at den forhindrer vanninntrengning.

CO₂ røret vil kunne trykkavlastes fra kun en side, grunnet liten eller ingen erfaring om trykkavlastning under vann. Ved liten lekkasje på CO₂ røret er det ikke bestemt ennå om det går an å kunne sende inn en pig for å tette hullet i påvente av reparasjon.

GAP: Trykkavlastning fra en side vil sannsynligvis være praksis. Hvis det i dag er mulig å sende en pig inn i naturgassrøret, under trykkavlastningen slik at den forhindrer vanninntrengning, så antar vi at dette også vil være mulig for CO₂ røret. Forutsatt at det finnes pigger av denne type som tåler CO₂.

4.2 GAP - analyse definerte fare og ulykkessituasjoner DFU`er

I denne GAP analysen er de fire DFU`er for offshore naturgassrør som står beskrevet i beredskapsplanverket til Gassco analysert og knyttet opp mot transport av CO₂. I analysen har vi kategorisert funnene etter risiko, og illustrert dette med fargene rød, gul og grønn. Der rødt er det som må tas tak i, gult beskriver noe som det er forsket på men trenger videre forskning for å kunne gi endelig konklusjon, ved grønt er alt ok.

De fire DFU – ene det her er snakk om er:

- Stor lekkasje.
- Liten lekkasje, som ikke er så stor at den vil være til fare for 3.person.
- Skade på rørledningen eller så liten lekkasje at den lar seg oppdage ved inspeksjon.
- Fare for skade på rørledning(midlertidig økning av risikonivå).

De funn som er gjort i denne analysen blir presentert med beskrivelse av GAP- ene tilhørende den enkelte DFU og konsekvensene knyttet opp mot transport av CO₂. Årsaker og konsekvenser ved naturgass står beskrevet i teoridelen i oppgaven.

Funn 1; Stor lekkasje

Konsekvenser:

- Utsiktet utslipp av CO₂.
- Fare for tap av liv hvis 3dje person blir omhyllt av gass sky (skip, fartøy i nærheten)
- Store utgifter i følge med. reparasjonsarbeidene
- Tap av goodwill
- Stor media dekning som kan påvirke selskapets anseelse
- Betydelig myndighetsfokusering som legger press på selskapet (PTIL, SFT)
- Fare for forsurening av havmiljøet rundt lekkasjen.

GAP:

- Pr dags dato er det ingen økonomisk vinning på å lagre CO₂.
- CO₂ røret passerer ikke i umiddelbar nærhet av noen installasjon.
- Fare for forsurening av havmiljøet rundt lekkasjen, avhengig av dybde.

Funn 2; Liten lekkasje, som ikke er så stor at den vil være til fare for 3.person.

Konsekvenser:

- Utsiktet utslipp av CO₂.
- Store utgifter ifm. reparasjonsarbeidene
- Tap av goodwill
- Stor media dekning som kan påvirke selskapets anseelse.
- Betydelig myndighetsfokusering som legger press på selskapet (PTIL, SFT)
- Fare for forsurening av havmiljøet rundt lekkasjen.

GAP:

- I dag finnes det strenge krav fra myndigheter, deriblant PTIL, om hvor store HC – utslipp som skal rapporteres. Når det gjelder slike krav til ren CO₂ så foreligger dette ikke pr dags dato.
- Pr dags dato er det ingen økonomisk vinning på å lagre CO₂.

Funn 3; Skade på rørledningen eller så liten lekkasje at den lar seg oppdage ved inspeksjon.

Konsekvenser:

- Dersom skaden ikke repareres eller kontrolleres, kan skaden utvikles til brudd.
- Ved bule på røret kan pigger kjøre seg fast.
- Skaden kan gi betydelige kostnader ifm. reparasjonsarbeidene
- Situasjonen kan nødvendiggjøre økt beredskap for å igangsette inspeksjon samt å klargjøre eventuell trykkreduksjon eller nedstenging av trykkavlastning.

GAP:

- Pr dags dato er det ingen økonomisk vinning på å lagre CO₂.

Funn 4; Fare for skade på rørledning(midlertidig økning av risikonivå).

Konsekvenser:

- Situasjonen kan gjøre det nødvendig med økt beredskap for å igangsette inspeksjon og klargjøre for eventuell trykkreduksjon eller nedstenging og trykkavlastning.

GAP:

- Terskelen for midlertidig økning av risikonivået regner vi som større siden det ikke er noen større fare for økonomisk tap for manglende leveranse ved ulykke.

4.3 GAP – analyse for kunnskap og forskning

Her tar vi for oss hvordan naturgass rør blir driftet og vedlikeholdt og knytte dette opp mot hvilke utfordringer som kan komme ved drift og vedlikehold av CO₂ røret. Disse resultatene er knyttet opp mot tilgjengelig forskning for CO₂ fangst, transport og lagring fra ulike forsknings dokumenter.

Analysen beskriver ulike problemstillinger som det utføres nyere studier på. Ved rød og gul status må forskningen fortsette, den grønne bekrefter tidligere erfaringer og kunnskap.

Tabellen er delt inn i fem kategorier; Tema, Petroleumsrør, CO₂ rør, Gap og status. Det er kun tema som har fått rød eller gul status som her blir presentert. For å se hele GAP – analysen se vedlegg 3 i denne rapporten.

Funn 1; Korrosjon innvendig.

På petroleumsrør er det uønsket med vanninntrengning og for CO₂ rør er det i tillegg annet uønsket innhold. Dette kan forebygges ved bruk av pigger med Glykol på petroleumsrør og antageligvis på CO₂ røret.

GAP: Sterk korrosjonen oppstår når CO₂ blandes med vann og oksygen, i tillegg vil det være annet innhold hvor reaksjonsmønsteret ikke er kjent. Institutt for energiteknikk (IFE) driver på med forskning.

Funn 2; Produkt spesifikasjon.

På petroleumsrør er det lang erfaring, derimot er det bare i Snøhvitrøret fra 2008, at CO₂ blir transportert på tilsvarende måte i væske form.

Gap: Problemstillingen for CO₂ røret er at det ikke er klarlagt hvordan dette mediet reagerer med Nitrogen, fritt vann, Hydrogensulfid, Oksygen, Ammoniakk eller andre ukjente komponenter og i hvilken mengde disse kan tillates.

FUNN 3; Lavt trykk.

Gassen i petroleumsrør eksisterer bare i en fase i rørledningen og ved lav kapasitet vil produksjonen tilrettelegges avhengig av andre mottageres kapasitet.

GAP; I CO₂ røret vil det oppstå væske og gass form, noe som fører til uønsket bølgeeffekt. Hvilken følger dette vil ha på røret er usikkert. Men kan trolig imøtekommes med en reduksjonsventil for å øke trykket ved reservoaret.

Funn 4: Operatør

For petroleumsrør er det Gassco som er operatør og for CO₂ rør er Gassnova til vurdering

GAP; Det er ikke endelig bestemt hvem som skal være operatør for CO₂ rørledningen.

Funn 5; Erfaring med flytende medium under vann.

For petroleumsrør er det lang erfaring med denne typen gass (rik-), men for CO₂ røret er historien kort og egenskapen utføres det forskning på.

GAP; CO₂ har andre egenskaper og det er ikke kjent hvordan det vil utarte seg i et karbonstål rør, ingen erfaring.

Funn 5; Overvåkning

For petroleumsrør er det tilgang til oppdatert informasjon, beregningsmodeller og planer. For CO₂ røret vil informasjon om; flyt, volum kontrollrom lekkasje deteksjon, beredskaps prosedyrer tilstand og vedlikehold aktuelt.

GAP; For CO₂ røret er kunnskapen begrenset om hvordan CO₂ i væskeform påvirker de ulike instrumenter i dette miljøet.



Funn 6; Kontrollrom, TCC

For petroleumsrør ligger kontrollrommet ved Gassco, Bygnes, og for CO₂ ønsker Gassnova dette ved Kårstø anlegget. Naturgass kan ha kontrollrommet kraftverket. Gassco ønsker ha dette på Bygnes

GAP; Det er ennå ikke bestemt hvem som skal fungere som operatør og derfor er det uvisst hvor dette skal være.

FUNN 7; Trykkavlastningssystemventil

For Gassrør er dette en fakkelløst og for CO₂ er det en utblåsningsventil.

GAP: Det skal være et lavt utslippspunkt for best mulig kapasitet. Regulerbar åpning for å unngå for lave temperaturer. Sikkerhetssonen krever større plass Tørris som smelter på bakken vil av gi tung CO₂ gass. En bestemt retning for å ha spredningen av faststoff på ett sted. Vinkel på 45° C for bedre blandingen med omgivelsene.

FUNN 8; Trykkavlastning.

For petroleumsrør vil dette gjennomføres ved fakler ute til havs eller på land, fordeling til av gass til andre rør og eventuelt bli fylt med inert gass. CO₂ rør har trolig bare utblåsning på land, eventuelt fortsette å fylle inn i reservoar og bli fylt med inert medium, N₂, tørr luft eller naturgass.

GAP; Det finnes ingen erfaring med dette undervann. Krever dykkertjeneste og er temperatur avhengig.

Funn 9; Nedstenge produksjon.

For Petroleumsrør gjelder trykkavlastning av anlegg før isolering. For CO₂ rør kun isolering.

GAP; Rask strengning, men påvirkninger på stengeventil ved at CO₂ væsken er i bevegelse,
Undertrykk.

Funn 10; Trykk er minst.

For petroleumsrør er trykket minst midt mellom installasjoner og ved landgang, (avhengig av dybdeprofil). For CO₂ røret er dette ved brønnhodet.

GAP; For CO₂ rørledningen krever dette en meget stor kompressor (må designes).

Funn 11; Inspeksjon/reparasjon Innvendig.

Petroleumsrør benytter intelligent pig, Det samme gjelder for CO₂ rør.

GAP; For CO₂ rør må piggen designes for å tåle ukjente påvirkninger fra CO₂. Pigg mottager er installert under vann og krever dykker tjeneste.

Funn 12; Arbeidstrykk og temperatur

For petroleumsrør gjelder trykk mellom 154-248 barg (LLN) avhengig av rør dimensjonen og avstander fra installasjon. Temperaturen er lik omgivelsene. For CO₂ rør er maks trykk 188 bar. og temperaturen er i gjennomsnitt 7° C men ved inngang inn i røret er den maks tillatt 50° C.

GAP; For CO₂ røret gjelder ett minstetrykk på over 43 bar til 155 bar, avhengig av mengden i røret. Ved for lavt trykk oppstår to fase som igjen har uante påvirkninger på ventilen.

Funn 13; Beredskapsorganisering.

For petroleumsrør er det Gassco som er første linje og administrerer dette. For CO₂ røret er det ennå ingen avklart operatør.

GAP; For CO₂ rør er ikke dette ferdig bestemt.

Funn 14; Overvåkningspunkt i rør

For petroleumsrør gjelder dette ved installasjonene, som regel ved start, midtveis og slutt. For CO₂ gjelder dette ved start og slutt.

GAP; For CO₂ rører medfører dette mer begrenset overvåkning. . Beregnings programmer er under utvikling CO₂.

4.4 Resultater fra HAZOP/ HAZID analysen

Denne resultatdelen tar for seg funn og resultater fra HAZOP/ HAZID analysen som ble utført hos Gassnova SF i Porsgrunn den 25 – 27. februar 2009. Denne analysen tok for seg farer knyttet til prosessen rundt CO₂ fangst, transport og lagring fra det planlagte anlegget på Kårstø. Det er i tråd med oppgavens problemstilling kun funn og resultater som direkte berører transporten av CO₂-en, og kan knyttes opp mot problemstillingen til oppgaven som her vil bli belyst.

Resultat 1; Nød avstengning (rørledning)

Årsak:

- Stengning av tilførsel enten tilsiktet eller som følge av feil, for eksempel feil ved ESD ventil.

Konsekvenser:

- Flytende CO₂ i rørledningen har stor masse og bevegelsesenergi.
- Ved stenging av tilførsels siden vil det oppstå en undertrykk nedstrøms den stengte ventilen. Dette vil blant annet kunne føre til fase endringer og mulig trykkstøt ved tilbakestrøm av flytende CO₂

Beskyttelsestiltak:

- Beredskaps- prosedyrer for nød- avstengning for aktuelle scenarioer vil bli utarbeidet

Anbefalinger:

- Da verken tilsiktet eller utilsiktet stegning av tilførsel kan utelukkes så må det verifiseres at systemet tåler de belastninger som kan oppstå.
- Avklare virkning av stengning av tilførsel og systemets evne til å tåle disse belastninger.

Resultat 2; Nød avstengning (sjøledning)

Årsak:

- Tråling, ankring.
- Større brudd på i ledningen

Konsekvenser:

- Inntrengning av vann i ledning

Beskyttelsestiltak:

- Beredskaps- prosedyrer for nød- avstengning for aktuelle scenarier vil bli utarbeidet

Anbefalinger:

- 14000 T CO₂ i ledning, ledningen blir nedgravd med mulig unntak av Boknafjorden der det normal ikke er tråling grunnet stor dyp.
- Mindre lekkasjer kan kun oppdages ved periodisk inspeksjon med ROV.
- Nedgravning vil også kunne gjør deteksjons- muligheten for den minste lekkasjene enda vanskeligere.
- Det er ikke entydig at nød avstengning er riktig reaksjon. Det må avklares hvordan evt. lekkasjedeteksjon ivaretas og evt. behov for å differensiere reaksjoner i forhold til lekkasjestørrelse.
- Potensiell personellrisiko ved lekkasjestedet (tråler o.a), evt. for Sleipner A (dersom røret er rutet dit).
- Muligheten for økt risiko ved hurtig nedstengning(rørbrudd o.a) må avklares.

Resultat 3; Lekkasje (sjøledning)

Årsak:

- Mangelfullt eller feil vedlikehold
- Avvik fra spesifikasjons krav til den flytende CO₂ eller avvikende drifts forhold, for eksempel lekkasjer som fører til sterk nedkjøling kan utgjøre et er aggressivt miljø

Konsekvenser:

- Materialer, ventiler, pakninger etc. degraderes fort

Beskyttelsestiltak:

- Vedlikeholds - instruksjoner og rutiner vil bli utarbeidet

Anbefalinger:

- Spesifikasjonskrav til "eksport kvalitet" flytende CO2 er definert dog uten at effekten av mindre avvik er gitt.
- Klargjøre spesielle krav til ventiler, pakningsmaterialer osv
- Klargjøre spesielle krav til pigger.
- Klargjøre spesielle krav til og muligheter/ pålitelighet av overvåkning og aksjoner ved "off spec." CO2.
- Avklare krav til responstid for nedstengning for inspeksjon og vedlikehold ved avvik fra driftsbetingelser og material designkriterier (vann, forurensninger med mer).

Resultat 4; Vent (CCP), 135 tonn/ t

Årsak:

- Mangler dedikert vent for CCP

Konsekvenser:

- Ikke mulig å vente (spes. CO2)

Beskyttelsestiltak:

- Instrumentell sikring og driftinstruksjoner vil bli utarbeidet
- Rutiner for kontroll av utslipp i henhold til utslippstillatelser vil bli etablert.
- Vedlikeholdsinstruksjoner og rutiner vil bli utarbeidet.
- Instruksjoner for HMS vil bli utarbeidet

Anbefalinger:

- Bør vurdere samkjøring med vent'en til CO2 ledning (ved landfall)

Resultat 5; Tag system (CCP og rørledning)

Årsak:

- Mangler helhetlig tag system Naturkraft + CCP + Ledning

Konsekvenser:

- Praktiske problemer for drift og vedlikehold, instruksjoner, rutiner o.a.

Anbefalinger:

- Vurder å adoptere KKS tag system (utviklet for kraft industri) for hele anlegget.

Del 5. Diskusjon og konklusjon

I denne delen av oppgaven ønsker vi å sammenfatte de mest interessante funn gjort gjennom oppgavens resultatdel, og koble dette opp mot oppgavens teoretiske rammeverk for å kunne gi svar på oppgavens problemstilling; ”*Sikkerhetsfilosofi for drift og vedlikehold av CO₂ rørledninger*”.

I oppgavens innledning står det blant annet om at det i Gassco er etablert filosofi for drift og vedlikehold av rørledninger for naturgass. På samme måte er det etablert bransjepraksis på håndtering av hendelser og definering av hva som er uønskede hendelser (DFU'er). Det er tydelig behov for å foreta en gjennomgang av dette for å se på om eksisterende metoder og filosofi er relevante også for en CO₂-rørledning, eller om det er spesielle forhold knyttet til slike systemer som gjør det naturlig å endre tilnærming med hensyn til sikkerhet og beredskap?

Under jobbing med denne oppgaven har vi gått igjennom mange forskjellige dokumenter og studier som omhandler drift og vedlikehold av naturgass rør og det planlagte CO₂ røret. Det som har kommet frem av resultater fra GAP – analysene viser at forskjellene mellom disse to typer rør eller innholdet i disse rørene ikke er så forskjellig med tanke på sikkerhetstenkning og beredskap.

Av resultatene kan vi se at det finnes noen forskjeller som kan kreve en annen tilnærming enn det som er ”vanlig praksis i dag. Når det gjelder CO₂ røret så dette planlagt å driftes i 50 år. Krav som er satt til holdbarhet og korrosjon inne i røret er satt til 0 mm over disse 50 årene. Dette kan medføre at det må settes inn hurtigere og andre prosedyrer for nedstengning og reparasjon av røret skulle det gå hull på det. Det er kritisk at sjøvann ikke får trenge inn i røret, skulle det allikevel komme sjøvann inn i røret kan det i liket med vanlig rør settes inn plugg pigs for å tette hullet til reparasjon er iverksatt.

Ved en ulykke på røret vil det ikke være like kritisk å tømme dette som på ett rør som inneholder naturgass. Dette fordi CO₂ ikke er brennbart eller eksplosivt. Det som må tas hensyn til ved en blow down er utslippshastighet og vinkling av utslippet. Dette slik at det ikke dannes tørris av CO₂ –en eller at CO₂ skyen påfører skader mennesker som for eksempel kvelning.

Dette prosjektet er banebrytende arbeid. Det ennå mange ukjente faktorer rundt det å frakte CO₂ –en gjennom rørledninger under vann for så å lagre det i reservoarer. Det er derfor gledelig å se at så mange instanser jobber uavhengig av hverandre for på best mulig måte være forberedt til den dagen anlegget faktisk settes i drift. Petroleumstilsynet jobber i samarbeid med Det Norske Veritas med å utarbeide en Norsk Standard for CO₂ rør, når denne standarden er i boks vil dette lette arbeidet for selskap som Gassco når det gjelder hvilke krav som skal settes til slike rør.

Som en avslutning på oppgaven kan vi ut ifra de resultater vi har kommet frem til og det vi har vært inne om tilgjengelig teori og forskning, si at den sikkerhetsfilosofi som er lagt til grunn for drift og vedlikehold av naturgassrør også vil fungere som en basis for sikkerhetsfilosofi for CO₂ rør med tanke på sikkerhet og beredskap noen endringer.

Bibliografi

Litteratur

- Aven, T. (2007). *Risikostyring*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Aven, T., Røed, W., & Wiencke, H. (2008). *Risikoanalyse*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Dalland, O. (1997). *Metode og oppgaveskriving for studenter*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Feund, P., & Kaarstad, O. (2007). *Keeping the lights on Fossil Fuels in the Century of Climate Change*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Ghauri, P., & Grønhaug, K. (2002). *Research and methods in business studies - A practical Guide*. Essex: Prentice Hall.
- Hellevik, O. (1999). *Forskningsmetode i sosiologi og statsvitenskap*. 6. Utgave. Oslo: Universitetsforlaget.
- Mathismoen, O. (2007). *Klima*. Oslo: Font.

Web dokumenter

- Buch, C. (2007, Oktober 10). *Eksosgassrensing etter forbrenning (post-combustion)*. Hentet mai 8, 2009 fra <http://www.zero.no/fossil/co2/teknologi/fangst/post>
- Det Norske Veritas for Petroleumstilsynet. (2009, januar 21). *Mapping of potential HSE issues related to large-scale capture, transport and storage of CO2*. Hentet mai 6, 2009 fra <http://www.ptil.no/getfile.php/PDF/Ptil%20CCS%202008.pdf>

- Gassco AS. (2008). *Om Gassco*. Hentet mai 6, 2009 fra <http://www.gassco.no/wps/wcm/connect/gassco-no/GASSCO/home/omgassco/>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2005). *Carbon Dioxide Capture and Storage*. Hentet april 16, 2009 fra <http://www.ipcc.ch/ipccreports/srccs.htm>
- Wikipedia.com. (2005, september 24). *Carbon dioxide pressure-temperature phase diagram*. Hentet mai 6, 2009 fra http://en.wikipedia.org/wiki/File:Carbon_dioxide_pressure-temperature_phase_diagram.svg
- Stoltenberg, J., Halvorsen, K., & mfl. (2005, Oktober 13). *Soria Moria Erklæringen 2005 - 2009*. Hentet mai 6, 2009 fra <http://www.regjeringen.no/upload/kilde/smk/rap/2005/0001/ddd/pdfv/260512-regjeringsplattform.pdf>
- Statoilhydro. (2009, mars 5). *Utsira holder tett*. Hentet mai 6, 2009 fra <http://www.statoilhydro.com/no/NewsAndMedia/News/2009/Pages/03MarSleipner.aspx>
- Pande, J., Haugen, H. A., & Eldrup, N. (2009, mai 6). *CCS Teknologiuutfordringer – CO2 transport*. Hentet mai 6, 2009 fra <http://holga.no/upload/Dokmntr/CCS%20Teknologiuutfordringer%20-%20CO2%20transport.ppt>
- Tunmo, T., & K, H. O. (2009, februar 25). *Bellonas mange feil*. Hentet mai 6, 2009 fra <http://www.tu.no/energi/article201004.ece>
- Petroleumstilsynet. (2009, mai 6). *Forskrift om styring i petroleumsvirksomheten (Styringsforskriften)*. Hentet mai 6, 2009 fra http://www.ptil.no/styringsforskriften/category382.html#_Toc91398021

Standard

- Norwegian Technology Centre. (2001). *NORSOK STANDARD Z - 013, "Risiko og beredskapsanalyse"*, rev2. 2001. Hentet mai 6, 2009 fra <http://www.standard.no/PageFiles/954/Z-013-N.pdf>

Interne dokumenter Gassco AS

- Gassco AS. (2008). *CO2 Transportation Network from Kårstø and Mongstad*. Kårstø CO2 Prosjekt Gassco AS . Bygnes: Gassco AS.
- Gassco AS. (2007). *Langeled North Emergency Preparedness Plan*. Bygnes: Gassco AS.
- Gassco AS. (2007). *Leak detection in langeled north*. Bygnes: Gassco AS.
- Gassco AS. (2007). *Monitoring and reporting plan, Carbon emissions, Langeled Receiving Facilities, Gassco*. Bygnes: Gassco AS.
- Gassco AS. (2007). *Pipeline Description and operating philosophy Langeled pipeline*. Bygnes: Gassco AS.

Andre dokumenter

- Det Norske Veritas. (2008). *CO2 Transmission - Blow down Philosophy*. Stavanger: DNV.
- Gassnova SF. (2009). *CO2 - Kårstø - Konsekvensutredning*. Porsgrunn: Gassnova SF.
- Statoilhydro. (2007). *Beredskapsanalyse rørledninger i transportnett*. Stavanger: Statoilhydro.
- Talisman Energy Norge AS. (2007). *Gyda Beredskapsanalyse*. Stavanger: Talisman Energy Norge AS.
- Talisman Energy Norge AS. (2006). *HAZOP/ HAZID analyser*. Stavanger: Talisman Energy Norge AS.



Vedlegg 1 GAP – analyse for beredskap

GAP – Analyse Beredskap		Dato: 20.04.2009	Sted: Haugesund				
Utført av: Dag Arild Arnesen, Student Høgskolen Stord/ Haugesund Joachim Bergstøl Hvidsten, Student Høgskolen Stord/ Haugesund							
Hensikt: I Gassco er det etablert filosofi for drift og vedlikehold av rørledninger for naturgass. På samme måte er det etablert bransjepraksis på håndtering av hendelser og definering av hva som er uønskede hendelser (DFUer). Det er behov for å foreta en gjennomgang av dette for å se på om eksisterende metoder og filosofi er relevante også for en CO ₂ -rørledning, eller om det er spesielle forhold knyttet til slike systemer som gjør det naturlig å endre tilnærming mht sikkerhet og beredskap? Oppgaven skal beskrive eksisterende filosofi for gassrør ("as-is"), og med det utgangspunktet gjøre en Gap – analyse med tilhørende risikoanalyser, for å identifisere behovet for forskjellig tilnærming.							
Innholder resultater og funn i GAP – analyse for beredskap. Det er her tatt utgangspunkt i beredskap for naturgassrør på rør som Gassco drifter.							
Referansedokumenter:							
Område	Nr		Dagens situasjon	Planlagt situasjon	Beskrivelse av Gap	Risikonivå	Referanse-



			gassrør	CO₂- rør		av Gap	dokumenter
Beredskap							
Varsling	1	Inspeksjonsprogram skal være planlagt ut fra en kritikalitetsvurdering, og slik at man skal kunne avdekke skade på rørledningen som ellers vil kunne skape driftsforstyrrelser før neste inspeksjon	<p>Man har kontroll (via overvåkning) med mediet (gass, olje og kondensat) og hvilke korrosjonsfremkallende stoff disse evt. inneholder. Denne kontrollen er knyttet opp mot inspeksjonsfilosofi og inspeksjonsplaner for den enkelte rørledning, og danner grunnlag for å vurdere muligheten for akutt fare for skade</p> <p>Utvendig og innvendig inspeksjon av rørledning med dykking, ROV og pigging</p>	<p>Via overvåkning skal produktspesifikasjon av mediet som kommer fra fangstanlegget måles, hvilke korrosjonsfremkallende stoffer disse evt. inneholder. Slik måling foretas ved start og slutt.</p> <p>Det er planlagt det samme som ved gassrør når det gjelder inspeksjon av røret. Forutsatt det sure miljøet med CO₂ resistente pigger.</p>	<p>Endelig avklare kritiske forhold av hvilke partikler den rensede CO₂ –en inneholder.</p> <p>Det finnes i dag ikke intelligente pigger som kan brukes til innvendig monotorering.</p>		<p>(Study for CO₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)</p> <p>(DNV Report no: 2008-1993, rev2)</p>
Varsling	2	Deteksjon av lekkasje skal skje automatisk	Egen lekkasjedeteksjonsmod	I liket med gassrør finnes det	De beregningsprogrammer som		(Study for CO ₂ Transport from



		<p>med de tilgjengelige måleinstrumenter (prosess- og fiskalmålinger).</p>	<p>ell beregner og lokaliserer lekkasje basert på direkte og indirekte målinger av trykk, temperatur, mengde og volum. Normalt vil man kunne oppdage lekkasje større enn 2-5% av strømningsraten i løpet av noen timer.</p> <p>Ved detektert lekkasje vil modellen foreta en analyse av bl.a:</p> <ul style="list-style-type: none">-utslippsrate-lokalisering <p>Beredskapsleder skal ved hjelp av disse opplysningene, i løpet av 2 timer kunne beregne:</p> <ul style="list-style-type: none">-gasspredning-varighet <p>Og foreta mer detaljert analyser ved hjelp av personell fra ressursgruppen.</p>	<p>lekkasjedeteksjonsmodell som beregner og lokaliserer lekkasjer basert på direkte og indirekte målinger av trykk, temperatur, mengde og volum.</p> <p>En tilnærming må gjøres med de modellerings- og direkte målingsprogrammer som allerede eksisterer slik at de kan brukes på CO₂ rør.</p> <p>SCADA/PMS</p> <p>Trykk/temp/lekkasje og korrosjon (± 0 mm)</p>	<p>brukes i dag er ikke tilpasset CO₂ som medium. Dette skal gjøres før anlegget blir satt i drift.</p>	<p>Kårstø og Mongstad, DG3)</p>
--	--	--	--	---	--	---------------------------------



Varsling	3	<p>En identifisert lekkasje skal medføre at beredskapsorganisasjonen i Gassco snarest skal varsles og mobilisere.</p> <p><i>Ved fare for skade eller rapportert skade skal beredskapsleder snarest varsles og mobilisere.</i></p>	<p>Det skal være etablert prosedyre for reaksjon fra kontrollrommet på Bygnes ved indikasjon på lekkasje</p> <p>Beredskapsleder skal ved en skade eller klar indikasjon på lekkasje være varslet innen 5 min.</p> <p>Samtidig varsles tilknyttede driftsenheter (plattform, terminal)</p> <p>Beredskapsorganisasjonen i TN skal mobiliseres uten tap av tid og iverksette varsling til myndigheter, partnere og berørte enheter og organisasjoner.</p> <p>Ved inspeksjon, vedlikehold og pågående</p>	Beredskapsplan for CO ₂ røret er ikke laget.	Det er ennå ikke bestemt hvem som vil få ansvaret for drift av CO ₂ røret. Hvis det ikke blir Gassco faller dette punktet vekk.	(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)
----------	---	---	---	---	--	--



			rørledningsprosjekter skal det etableres et koblingsdokument som ivaretar en tilfredsstillende varsling inn mot TN sin beredskapsorganisasjon , i tilfelle en skade eller lekkasje oppdages.				
Varsling	4	Konstatert lekkasje skal snarest varsles til relevante myndigheter. Normalt vil dette si muntlig varsel til nasjonal sjøredningstjeneste og OD innen 15 min. Varselet skal bekreftes skriftlig innen 2 timer	Beredskapsleder bør anmode om at det sendes et ”navigasjonsvarsel” til skip i området.	Beredskapsplan for CO ₂ røret er ikke laget.	Det er ennå ikke bestemt hvem som vil få ansvaret for drift av CO ₂ røret. Hvis det ikke blir Gassco faller dette punktet vekk. Det er ikke bestemt om CO ₂ fangst og transport vil falle under PTIL som myndighet. HMS – prosedyrer vil være klare i god tid før eventuell oppstart av		(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)



					prosjektet.		
Varsling	5	<i>I tilfelle en skade som ikke vurderes å kunne utvikle seg til en faresituasjon, er det tilstrekkelig å varsle OD først ordinære arbeidsdag</i>	Ved usikkerhet om hvor lekkasjen har funnet sted, skal redningstjenesten i det mest sannsynlige landet varsles.		SAMME SOM PUNKT 4.		(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)
Varsling	6		Dersom det er indikasjon på at lekkasjestedet er på eller nær land skal relevant driftsenhet (terminal) varsles om dette umiddelbart. Varsling av eventuelt berørt lokalbefolkning gjennomføres av politiet.		SAMME SOM PUNKT 4.		(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)
Varsling	7	Hvis 3dje person varsler myndigheter eller annen Statoilhydroenhet om skade på eller lekkasje fra ledning, skal varsling videreformidles uten	Relevant myndigheter og Statoil-enheter (baser, fartøy, beredskapsorganisasjoner m.fl.) skal informeres om Gassco sine rørsystemer og kjenne		SAMME SOM PUNKT 4.		(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)



		tap av tid til Gassco, Bygnes	til at det er kontrollrom på Bygnes som skal motta varselet.				
Varsling	8	Ressursenter for lokalisering og sikring av lekkasjestedet skal kunne mobiliseres snarest mulig.	<p>Snarest mulig si så fort helikopter eller fartøy med sidesøkende sonar er klar og kan gjennomføre visuell observasjon av lekkasjen. Helikopter bør velges hvis spredningsberegninger indikerer en brennbar atmosfære (stor lekkasje).</p> <p>På tilsvarende måte mobilisere vaktfartøy for å sikre lekkasjestedet. Et forsyningsfartøy for lokalisering og vakthold bør kunne mobiliseres i løpet av 24 timer.</p> <p><i>Ved store lekkasjer vil lekkasje-</i></p>		CO ₂ er ikke brennbar. SAMME SOM PUNKT 4.		(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)



			<i>deteksjonsmodellen normalt kunne gi en grov lokalisering i løpet av kort tid (30-60min), og helikopter bør kunne brukes for å observere lekkasjen, evt. ved hjelp av et FLIR-kamera.</i>				
Varsling	9	Ressurser for en foreløpig skadestedsundersøkelse skal varsles snarest mulig.	Varsling av driftsenhetens egne ressurser eller Statoils kartleggingsleverandør.		SAMME SOM PUNKT 4.		(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)
Bekjempelse	1	Lekkasjestedet skal snarest mulig lokaliseres	Med tilgjengelig ressurser skal det iverksettes søk for å lokalisere lekkasjestedet (visuell observasjon fra plattform, beredskaps- eller supplyfartøy, helikopter).		Beredskapsanalyser og planer er ikke utarbeidet. Disse må være klare i forbindelse med Application For Consent til PTIL. Denne tar 3 måneder å behandle.		(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)
Bekjempelse	2	Konsekvensreduerende tiltak skal iverksettes og lekkasjestedet skal overvåkes og sikres snarest etter lokalisering.	Med tilgjengelige ressurser kan følgende tiltak iverksettes etter behov: - b.leder anmode pl.form/term. om		Beredskapsanalyser og planer er ikke utarbeidet. Disse må være klare i forbindelse med Application For Consent til PTIL.		(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)



			<p>prosessavstenging</p> <ul style="list-style-type: none">- b.leder anmode pl.form/term. om trykkavl. av rørledning.- mobilisere erstatning for midlertidig vaktfartøy- anmode OD om å opprette sikkerhetssone.- varsle og evt. av vise fartøy på kurs mot lekkasjestedet. <p>Ved en lekkasje nær en plattform, kan driftsenheten selv iverksett:</p> <ul style="list-style-type: none">-prosess/nød-avstengning-trykkavlastning <p>Samt avklare med TN, Bygnes, hvem som skal ivereta 2. linjes beredskapsansvar.</p>		Denne tar 3 måneder å behandle.		
--	--	--	---	--	---------------------------------	--	--



			TN skal stille personell (liason) til disposisjon for beredskapsansvarlig organisasjon (driftsenhet og/eller redningstjeneste)				
Bekjempelse	3	Den ukontrollerte lekkasjen skal reduseres så raskt som praktisk mulig til et nivå hvor den ikke medfører fare.	<p>Rørledning skal kunne trykkavlastes fra minst en av endene for å redusere ukontrollert utslipp til omgivelsene.</p> <p>Trykkavlastning avsluttes når beregnet utjevningstrykk i ledningen ligger noe over hydrostatisk trykk på skadestedet, for å hindre at forurensninger suges inn i røret.</p> <p><i>I tilfelle en liten gasslekkasje skal man vurdere å opprettholde et visst overtrykk i ledningen ved å injisere gas inntil kontrollert vannfylling</i></p>	<p>CO₂ røret vil kunne trykkavlastes fra kun en side, grunnet ingen erfaring om trykkavlastning under vann.</p> <p>Ved liten lekkasje på CO₂ røret er det ikke bestemt ennå om det går an å kunne sende inn en pig for å tette hullet i påvente av reparasjon.</p>	<p>Trykkavlastning fra en side vil sannsynligvis være praksis.</p> <p>Hvis det i dag er mulig å sende en pig inn i naturgassrøret, under trykkavlastningen slik at den forhindrer vanninntrengning, så antar vi at dette også vil være mulig for CO₂ røret. Forutsatt at det finnes pigger av denne type som tåler CO₂.</p>		(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)



			<i>kan finne sted. Evt. kan man sende en pigg mot lekkasjestedet under trykkavlastningen slik at den forhindrer vanninntrengning.</i>				
Bekjempelse	4	<i>Ved liten lekkasje fra et gass- stigerør skal man søke å unngå at det kommer vann inn i ledningen.</i>	<i>Man skal vurdere å opprettholde et visst overtrykk i ledningen ved å injisere gass inntil hydroplugg kan settes, hvis det kan gjøres uten fare for personell eller installasjonen.</i> Det skal vurderes om rerutingen av gassen til andre transportsystemer vil kunne avhjelpe situasjonen	Planlagt OK	Planlagt OK		(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)
Bekjempelse	5	Det skal planlegges og iverksettes en skadestedsundersøkelser for å få avklart omfanget av skaden snarest mulig.	Så snart forholdene tillater det skal ROV benyttes for å kartlegge skadeomfanget. Dersom en driftsenhets egen ROV ikke er		Beredskapsanalyser og planer er ikke utarbeidet. Disse må være klare i forbindelse med Application For Consent til PTIL.		(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)



			tilgjengelig eller tilstrekkelig, skal Statoils kartleggingsleverandør mobiliseres for å utføre jobben (dette vil normalt kunne skje i løpet av ett døgn)		Denne tar 3 måneder å behandle.		
Bekjempelse	6	Det skal organiseres redningsaksjon for evt. berørt 3dje part	Beredskapsleder bør anmode sjøredningstjenesten om å ta ansvar for redningsaksjoner til havs.		Beredskapsanalyser og planer er ikke utarbeidet. Disse må være klare i forbindelse med Application For Consent til PTIL. Denne tar 3 måneder å behandle.		(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)
Prosjekt-organisering	1	Prosjektorg. Skal være mobilisert i løpet av 24 timer etter varslet lekkasje eller skade som medfører vesentlig reduksjon av transportkapasitet. Prosjektorg. Skal ha en bemanning som ivaretar behovet for planlegging,			Beredskapsanalyser og planer er ikke utarbeidet. Disse må være klare i forbindelse med Application For Consent til PTIL. Denne tar 3 måneder å behandle.		(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)



	<p>inspeksjon, prosjektering, reparasjon, klargjøring og nødvendig støttefunksjoner. Arbeidsinstruks skal være utarbeidet for nøkkelpersonell</p> <p>Det skal være etablert en strategi for beredskapslager av og kontrakter for kritisk utstyr. For utstyr som ikke inngår i beredskapslager skal det vurderes å inngå intensjonsavtaler eller å utarbeide modellkontrakter, som skal sikre hurtig produksjon. Dette kan bl.a. gjelde følgende:</p> <ul style="list-style-type: none">-stål (til rørdeler og dumpeledninger)-ventiler-hydrogenplugg-rørbelegg					
--	---	--	--	--	--	--



		-anoder -reparasjonsklemmer -klargjøringsutstyr					
Prosjekt-organisering	2	Kartleggingsleverandør skal kunne mobilisere innen 48 timer. En detaljert arbeidsbeskrivelse for denne undersøkelsen skal være utarbeidet i løpet av denne tiden.			Beredskapsanalyser og planer er ikke utarbeidet. Disse må være klare i forbindelse med Application For Consent til PTIL. Denne tar 3 måneder å behandle.		(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)
Prosjekt-organisering	3	Mal for prosjektplan og typisk tidsforbruk for de enkelte aktiviteter skal inngå i beredskapsplan rør. Dette vil danne grunnlag for et estimat for tidspunkt for oppstart av rørledningen: -internt innen 4-6 timer -eksternt innen 24 timer			Beredskapsanalyser og planer er ikke utarbeidet. Disse må være klare i forbindelse med Application For Consent til PTIL. Denne tar 3 måneder å behandle.		(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)



Prosjekt-organisering	4	Det skal etableres nøkkeltall (tid og kost) for prosjektering, reparasjon og klargjøring. En overordnet prosjektplan skal være etablert innen 48 timer etter avsluttet detaljert skadestedsundersøkelse			Beredskapsanalyser og planer er ikke utarbeidet. Disse må være klare i forbindelse med Application For Consent til PTIL. Denne tar 3 måneder å behandle.		(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)
Prosjekt-organisering	5	Lokalisering av kutteposisjoner bør prioriteres ifm. Utarbeidelse av prosjektplan (kan styre behov for reserverør) Det bør være forhåndskvalifiserte prosedyrer for sveising på land på representative havdyp for hver stål kvalitet			Beredskapsanalyser og planer er ikke utarbeidet. Disse må være klare i forbindelse med Application For Consent til PTIL. Denne tar 3 måneder å behandle.		(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)



Prosjekt-organisering	6	<p>Det skal være etablert økonomiske fullmakter for beredskapsleder for å gjennomføre nødvendige tiltak uten tap av tid. Disse skal fremkomme i beredskapsplan rør.</p> <p>Det skal være etablert operasjonelle fullmakter vedrørende for eksempel avstenging og fakling. Disse skal fremkomme i beredskapsplan rør.</p> <p>All dokumentasjon skal registreres, kontrolleres, godkjennes og aktiveres i hht. Fastsatte prosedyrer.</p>			<p>Beredskapsanalyser og planer er ikke utarbeidet. Disse må være klare i forbindelse med Application For Consent til PTIL. Denne tar 3 måneder å behandle.</p>	<p>(Study for CO₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)</p>
Prosjekt-organisering	7	<p>Andre enheter vil normalt ha ansvaret for reparasjon og klargjøring av</p>			<p>Beredskapsanalyser og planer er ikke utarbeidet. Disse må være klare i</p>	<p>(Study for CO₂ Transport from Kårstø og Mongstad,</p>



		rørledningen når skaden oppstår på deres side av de definerte grensesnitt. Gassco vil stille fagpersonell og utstyr til disposisjon for deres organisasjon.			forbindelse med Application For Consent til PTIL. Denne tar 3 måneder å behandle.		DG3)
Prosjekt-organisering	8	Systemansvaret ivaretas gjennom deltakelse i og/eller verifikasjoner rettet mot prosjektorganisasjonen			Beredskapsanalyser og planer er ikke utarbeidet. Disse må være klare i forbindelse med Application For Consent til PTIL. Denne tar 3 måneder å behandle.		(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)
Prosjekt-organisering	9	Leder for Gassco har ansvaret for å nedsette granskingsgruppe			Beredskapsanalyser og planer er ikke utarbeidet. Disse må være klare i forbindelse med Application For Consent til PTIL. Denne tar 3 måneder å behandle.		(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)
Reparasjon	1	Gassco vil verifisere at teknisk løsning og evt. plan er utarbeidet (i hht. Sitt					(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad,



		systemansvar).					DG3)
Reparasjon	2	Hydroplugg-utstyr, inkl. "navlestreng" av tilstrekkelig lengde må være tilgjengelig for alle rørledninger. Kost/nytteanalyse av mobiliseringstid for hydroplugg med tilhørende utstyr og organisasjon, må utføres.					(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)
Reparasjon	3	Det skal være etablert tekniske løsninger og generelle prosedyrer for kontrollert vannfylling av alle rørledn. Det må vurderes spesielt hvordan vannfylling kan gjøres hvis en skade					(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)



		<p>medfører at pigger ikke kan passere</p> <p>Fartøy må holde god avstand til lekkasjestedet under vannfyllingen, siden store mengder gass vil kunne slippes ut.</p>					
Reparasjon	4	<p>For å oppnå optimal mobiliseringstid bør følgende forprosjektering være utført for plattformen og terminaler:</p> <ul style="list-style-type: none">-verifisere brannvannstilgjengelighet og – kapasitet (eller annen vannforsyning)- vurdere kompensere tiltak ved bruk av brannvannsystemet til fylling av ledningen-definere tekniske					(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)



		tiltak					
Reparasjon	5	Pigger må kunne sendes mot skadestedet fra begge ender.					(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)
Reparasjon	6	Det må defineres sikkerhetsavstand til fartøy eller gjenstand som ligger på havbunnen, på eller i nærheten av rørledningen, på eller i nærheten av rørledningen, slik at: -rørledningen blir lagt i tilstrekkeligavstand fra gjenstanden etter reparasjon -man har grunnlag for å vurdere om en sunket gjenstand bør flyttes eller fjernes.					(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)
Reparasjon	7	Identifisere tilgjengelig utstyr som tilfredstiller kravet Avdekkingsutstyr bør					(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)



		kunne mobiliseres i løpet av en uke.					
Reparasjon	8	Som en del av beredskapsplanleggingen må det identifiseres de områder hvor man <u>ikke</u> kan sette habitatet uten intervensjon.					(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)
Reparasjon	9	Utarbeide detaljert plan for aktiviteter fra setting til tiltrekking av habitat og POCO (dette vil vise at kravet kan tilfredstilles). Prosjekteing av reparasjonen skal være slutført før man igangsetter reparasjonsaktiviteter på skadestedet					(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)
Reparasjon	10	Det bør gjennomføres risikoanalyser av					(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og



		landfallsløsningene som grunnlag for kost/nyttevurdering av beredskapstiltak. Det bør utredes tekniske løsninger for reparasjon av rørledninger i landfallstunneller, over land, tunneller og/eller-grøfter					Mongstad, DG3)
Reparasjon	11	Det bør identifiseres nødvendig eksisterende og evt. manglende utstyr for vedlikehold og reparasjon av undervannsvetiler.					(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)
Klargjøring	1	Identifisere utstyrsleveranser som vil ligge på kritisk linje			Beredskapsanalyser og planer er ikke utarbeidet. Disse må være klare i forbindelse med Application For Consent til PTIL. Denne tar 3 måneder å behandle.		(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)



Klargjøring	2	Ved bruk av gass må vannet slippes ut på betryggende avstand fra installasjonen, fartøy eller landområder. Dette krever normalt en egen dumpeledning.			Beredskapsanalyser og planer er ikke utarbeidet. Disse må være klare i forbindelse med Application For Consent til PTIL. Denne tar 3 måneder å behandle.		(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)
Klargjøring	3	Det må planlegges for NDT av alle sveiser			Beredskapsanalyser og planer er ikke utarbeidet. Disse må være klare i forbindelse med Application For Consent til PTIL. Denne tar 3 måneder å behandle.		(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)
Klargjøring	4	Tørrgassledninger må tørkes før oppstrat.			Beredskapsanalyser og planer er ikke utarbeidet. Disse må være klare i forbindelse med Application For Consent til PTIL. Denne tar 3 måneder å behandle.		(Study for CO ₂ Transport from Kårstø og Mongstad, DG3)



Vedlegg 2 GAP – analyse for definerte fare og ulykkessituasjoner

GAP – Analyse DFU`er	Dato: 20.04.2009	Sted: Haugesund
Utført av: Dag Arild Arnesen, Student Høgskolen Stord/ Haugesund Joachim Bergstøl Hvidsten, Student Høgskolen Stord/ Haugesund		
<p>Hensikt:</p> <p>I Gassco er det etablert filosofi for drift og vedlikehold av rørledninger for naturgass. På samme måte er det etablert bransjepraksis på håndtering av hendelser og definering av hva som er uønskede hendelser (DFUer).</p> <p>Det er behov for å foreta en gjennomgang av dette for å se på om eksisterende metoder og filosofi er relevante også for en CO₂-rørledning, eller om det er spesielle forhold knyttet til slike systemer som gjør det naturlig å endre tilnærming mht sikkerhet og beredskap?</p> <p>Oppgaven skal beskrive eksisterende filosofi for gassrør ("as-is"), og med det utgangspunktet gjøre en Gap – analyse med tilhørende risikoanalyser, for å identifisere behovet for forskjellig tilnærming.</p>		
Denne GAP – analysen omfatter resultater og funn fra definerte fare og ulykkessituasjoner (DFU`er). Utgangspunktet for denne analysen er data hentet fra Gassco sin beredskapsplan for naturgassrør som definerer hvilke hoved- DFU`er som gjelder for naturgass rørene de opererer og knytte disse opp mot utfordringer knyttet til CO ₂ røret.		
Referansedokumenter:		



DFU Nr.	DFU	Beskrivelse av DFU	Årsak	Konsekvens naturgass Rør	Konsekvens CO ₂ rør	Beskrivelse av GAP	Risikoklassifisering av GAP
1	Stor lekkasje	En stor lekkasje som vil oppdages av lekkasjedeteksjonsmodellen, og kan være til fare for 3dje- person over eller ved lekkasjestedet. Lekkasjen er synlig på havoverflaten.	<p>Rørledning skades av fallende gjenstand (fartøy, fallende anker, container osv.)</p> <p>Fiske. Tråling hvor gamle miner dras over rørledningene og i den sammenheng kan gå av.</p> <p>Korrosjon, erosjon, materialfeil, utmatning</p> <p>Oppankring ved ledningen / drivende anker (fra skip etc)</p> <p>Jordskjelv, ras, setninger</p>	<p>Utsiktet utslipp av gass, kondensat eller olje</p> <p>Fare for tap av liv hvis 3dje person blir omhyllet av gass sky (skip, fartøy i nærheten)</p> <p>Fare for tap av liv hvis hendelsen skjer nær en plattform</p> <p>Medfører nedstenging og økonomisk tap som følge av leveranseavbrudd</p> <p>Store utgifter ifm. reparasjonsarbeidene</p> <p>Tap av goodwill</p>	<p>Utsiktet utslipp av CO₂.</p> <p>Fare for tap av liv hvis 3dje person blir omhyllet av gass sky (skip, fartøy i nærheten)</p> <p>Store utgifter ifm. reparasjonsarbeidene</p> <p>Tap av goodwill</p> <p>Stor mediadekning som kan påvirke selskapets anseelse</p> <p>Betydelig myndighetsfokusering som legger press på selskapet (PTIL, SFT)</p>	<p>Pr dags dato er det ingen økonomisk vinning på å lagre CO₂.</p> <p>CO₂ røret passerer ikke i umiddelbar nærhet av noen installasjon</p> <p>Fare for forsurening av havmiljøet rundt lekkasjen, avhengig av dybde.</p>	



			Sabotasjehandling	<p>Stor mediadekning som kan påvirke selskapets anseelse</p> <p>Betydelig myndighetsfokusering som legger press på selskapet (OD, SFT)</p>	Fare for forsurening av havmiljøet rundt lekkasjen.		
2	Liten lekkasje; som ikke er så stor at den vil være til fare for 3dje person	<p>En mindre lekkasje som oppdages av lekkasjedeteksjonsmodellen i løpet av noen timer, men som ikke er til noen fare for 3dje person over eller ved lekkasjestedet. Lekkasjen kan være synlig på overflaten</p>	<p>Rørledning skades av fallende gjenstand (fartøy, anker, ankerline, container osv.)</p> <p>Korrosjon, erosjon, materialfeil, utmatning</p> <p>Oppankring ved ledningen / drivende anker (fra skip etc)</p> <p>Jordskjelv, ras, setninger</p> <p>Sabotasjehandling</p>	<p>Utsiktet utslipp av gass, kondensat eller olje</p> <p>Medfører nedstenging og økonomisk tap som følge av leveranseavbrudd</p> <p>Store utgifter ifm. reparasjonsarbeidene</p> <p>Tap av goodwill</p> <p>Kan utvikle seg til stor lekkasje</p> <p>Stor mediadekning som kan påvirke</p>	<p>Utsiktet utslipp av CO₂.</p> <p>Store utgifter ifm. reparasjonsarbeidene</p> <p>Tap av goodwill</p> <p>Stor mediadekning som kan påvirke selskapets anseelse.</p> <p>Betydelig myndighetsfokusering som legger press på selskapet (PTIL, SFT)</p>	<p>I dag finnes det strenge krav fra myndigheter, deriblant PTIL, om hvor store HC – utslipp som skal rapporteres. Når det gjelder slike krav til ren CO₂ så foreligger dette ikke pr dags dato.</p> <p>Pr dags dato er det ingen økonomisk vinning på å lagre CO₂.</p>	



				selskapets anseelse			
				Betydelig myndighetsfokusering som kan legge press på selskapet (OD, SFT)	Fare for forsurening av havmiljøet rundt lekkasjen.		
3	Skade på rørledning en eller så liten lekkasje at den kun lar seg oppdage ved inspeksjon	Alle typer skade på rørledningen som ikke umiddelbart fører til vesentlig lekkasje. Omfatter også mindre lekkasjer som kun kan oppdages ved inspeksjon.	Rørledning skades av fallende gjenstand (fartøy, anker, container osv.) Svikt i landfallstunnel eller -kulvert Korrosjon, erosjon, materialfeil, utmatning Overtråling av rørledningen Oppankring ved ledningen / drivende anker (fra skip etc) Sabotasjehandling	Dersom skaden ikke repareres eller kontrolleres, kan skaden utvikles til brudd. Ved bule på røret kan pigger kjøre seg fast. Skaden kan medføre nedstenging og økonomisk tap som følge av leveranseavbrudd Skaden kan gi betydelige kostnader ifm. reparasjonsarbeidene Situasjonen kan nødvendiggjøre økt beredskap for å	Dersom skaden ikke repareres eller kontrolleres, kan skaden utvikles til brudd. Ved bule på røret kan pigger kjøre seg fast. Skaden kan gi betydelige kostnader ifm. reparasjonsarbeidene Situasjonen kan nødvendiggjøre økt beredskap for å igangsette inspeksjon samt å klargjøre eventuell trykkreduksjon eller nedstenging	Pr dags dato er det ingen økonomisk vinning på å lagre CO ₂ .	



				igangsette inspeksjon samt å klargjøre eventuell trykkreduksjon eller nedstenging av trykkavlastning.	av trykkavlastning.		
4	Fare for skade på rørledning en (midlertidig økning av risikonivået)	Hendelser ved, over, på eller i rørledningen hvor det er fare for at skade kan oppstå.	Melding om oppankring ved ledningen Melding om sunket fartøy eller større gjenstand Melding om eller deteksjon av operasjon utenfor designbetingelser Deteksjon av større frie spenn Deteksjon av strukturell skade på landfallstunnel Mistanke om sabotasjehandling	Situasjonen kan gjøre det nødvendig med økt beredskap for å igangsette inspeksjon og klargjøre for eventuell trykkreduksjon eller nedstenging og trykkavlastning.	Situasjonen kan gjøre det nødvendig med økt beredskap for å igangsette inspeksjon og klargjøre for eventuell trykkreduksjon eller nedstenging og trykkavlastning.	Terskelen for midlertidig økning av risikonivået regner vi som større siden det ikke er noen større fare for økonomisk tap for manglende leveranse ved ulykke.	



Vedlegg 3 GAP – analyse for kunnskap og forskning

GAP – Analyse Kunnskap og forskning	Dato: 20.04.2009	Sted: Haugesund
Utført av: Dag Arild Arnesen, Student Høgskolen Stord/ Haugesund Joachim Bergstøl Hvidsten, Student Høgskolen Stord/ Haugesund		
<p>Hensikt:</p> <p>I Gassco er det etablert filosofi for drift og vedlikehold av rørledninger for naturgass. På samme måte er det etablert bransjepraksis på håndtering av hendelser og definering av hva som er uønskede hendelser (DFUer).</p> <p>Det er behov for å foreta en gjennomgang av dette for å se på om eksisterende metoder og filosofi er relevante også for en CO₂-rørledning, eller om det er spesielle forhold knyttet til slike systemer som gjør det naturlig å endre tilnærming mht sikkerhet og beredskap?</p> <p>Opgaven skal beskrive eksisterende filosofi for gassrør ("as-is"), og med det utgangspunktet gjøre en Gap – analyse med tilhørende risikoanalyser, for å identifisere behovet for forskjellig tilnærming.</p> <p>Tabellen beskriver ulike problemstillinger som det utføres nyere studier på. Rød og gul status må forskningen fortsette, den grønne bekrefter tidligere erfaringer og kunnskap.</p>		
Denne analysen inneholder funn og resultater fra GAP – analyse for kunnskap og forskning. Her tar vi for oss hvordan naturgass rør blir driftet og vedlikeholdt og knytte dette opp mot hvilke utfordringer som kan komme ved drift og vedlikehold av CO ₂ røret. Disse resultatene er knyttet opp mot tilgjengelig forskning for CO ₂ fangst, transport og lagring fra ulike kilder.		
Referansedokumenter:		



Tema	Petroleum rør	CO2 rør	GAP	Status
Korrosjon innvendig	Ved uønsket vann inntrengning, benyttes Glykogen og sammen med pig.	Uønsket innhold Glykogen og pig	Sterk reaksjon med vann og oksygen. Blandet med annet innhold, er det fremdeles på forskning stadiet, IFE (Institutt for energiteknikk) skal komme med data	
Produkt spesifikasjon	Kjent	Ukjent. Basert på StatoilHydro, data fra Snøhvitørret, 2008 (CCS i utviklins fase)	Ikke klarlagt krav til konsentrasjon av; Nitrogen, fritt vann, Hydrogensulfid, Oksygen, Ammoniakk eller andre komponenter	
Lavt trykk	- Gass form. - Produksjons nettverket om dirigeres	2 fase.	Friksjon ved bølgeeffekt, usikkerhet rundt CO ₂ - egenskapene. Strupe utløp for økt trykk i reduksjonsventil ved reservoaret	
Operatør	Gassco	Gassnova?	Ikke endelig bestemt.	
Erfaringer med transport av flytende medium under vann	God erfaring med LNG	Ukjent Erfaringsdata ikke tilgjengelig på karbon stål rør	CO ₂ er flytende medium med andre egenskaper	
Overvåkning	Kontrollrom med tilfredsstillende tilgang til oppdatert informasjon og beregnings modeller	Under utvikling Flyt, volum kontrollrom lekkasje deteksjon, beredskaps prosedyrer, Tilstand og vedlikehold	Væske form, liten kunnskap	
Kontrollrom, TCC	Gassco, Bygnes	Gassnova ønsker kontrollrom på Kårstø. Naturgass kan ha TCC på kraftverket. Gassco ønsker å ha kontrollen fra sitt eget TCC på	Eget system, uavhengig. Ikke bestemt hvem som blir operatør.	



		Bygnes.		
Trykkavlastningssystem ventil	Fakkel	Utblåsningsventil	<ul style="list-style-type: none">- Lavt utslippspunkt- Regulerbar åpning for temperatur kontroll.- Større sikkerhetssone,- Fast utblåsningsvinkel, 45°, for bedre spredningsmønster og hvor hen tørris kan sprute ut på bakken.	
Trykkavlastning	Fakling <ul style="list-style-type: none">- Isolering, stenge ventiler- utnytte trykk og volum videre til andre system- tømme ved å lede til andre ledninger- fyller med inert gass	På land. <ul style="list-style-type: none">-Isolering, stenge rør-Utnytte, trykk og volum videre til reservoartømme ved å lede videre til reservoar- fyller med inert medium, N₂, eller tørr luft. Naturgass kan benyttes	<ul style="list-style-type: none">- Ingen erfaring med dette under vann.Krever dykker tjeneste.- Temperatur avhengig	
Nedstenge produksjon	Trykk avlastning av anlegg før rør, isolering.	Isolere rør	<ul style="list-style-type: none">- Raskt stengt. Eftervirkninger på stengeventilen av CO₂ væsken i bevegelse	
Trykk er minst.	Midt mellom installasjoner og ved landgang	Ved brønnen	En installasjon som krever en meget stor kompressor	
Inspeksjon/repasjon Innvendig;	Intelligent pig	Intelligent pig	Skal være laget av CO ₂ resistent materiale. Mottaksterminal for pig under vann.	



Arbeidstrykk og temp	- Arbeidstrykk inn varierer, 154-248 barg (LLN) - Temperatur er som omgivelsene i røret	- Arbeidstrykk inn er maks 188 bara, Gennomsnitt 7° C - Fra fangst anlegget er det 50° C	Minste trykk varierer fra 43-155 bara, avhengig av volum kan to - fase oppstå ved reservoaret.	
Beredskapsorganisering	Gassco	Ikke bestemt hvem som blir operatør	Ikke bestemt	
Overvåkningspunkt i rør	Start, midt og slutt	Start og Slutt	Mindre kontroll. Programmer under utvikling for CO ₂	
Beskyttelse fra ekstern part	Stein, sement, gravlegge	Stein, sement, gravlegge	Der det er mulig. Innstillingen er at der det kan graves ned så vil dette bli gjort.	
Installasjoner	Prosessanlegg, plattform og mottaksterminal	Kraftverk, fangstanlegg.	Ubemannet endestasjon på havbunnen ved Utsira formasjonen	
Rør type	Ulike sammensetninger som: SAWL 485 I DF og SAWL 450 I DF. Design ÷10 -50° C og 250 bar	SML 450 I SFPD, Design ÷20 -50° C og 250 bar (Tåler ÷40° C ved utblåsning).	- Sømløs med forsterkning mot frispenn og er CO ₂ bestandig. - Tåler 2 fase når produksjonen er nede	
Offer anode	Ja	Over havbunnen innen hver 3000 meter og under grunnen per 300 meter (levetid 50 år)	Ved tap av en anode er det 6000 meter mellom hver over havbunnen grunnen	



Inspeksjons installasjon	Mottaker ved mottaksterminal	Mottaker ved formasjon	Under vann. Krever dykker tjeneset	
Inspeksjon/reparasjon utvendig;	ROV/dykker tjeneste	ROV/dykker tjeneste	I henhold til Gassco prosedyre, ingen dykking bemannet under 350 meter.	
Rensing innvendig	Glykol	Glykol	Ikke endelig	
Hastighet	Stor	2,8m/s	Friksjon oppstår og grensen er 6 m/s	
Rør legering	- Inni Epoksy - Utvendig, Fiberglass forsterket asfalt	- Inni; korrosjon bestandig og friksjonshemmede - Utvendig; FBE, PP/PE (termoplast)	Flytende væske og surt miljø	



Vedlegg 4 HAZOP/ HAZID for Kårstø CO₂

HAZOP/HAZID
for
KÅRSTØ CO₂ FANGSTANLEGG.
Gassnova

Deltagere 25.2.09

Navn	Prosjekt/ Firma	Posisjon
Olav Falck-Pedersen	Kårstø	Teknisk Leder Fangstanlegg
Hans Jørgen Vinje	Kårstø	Instrument Ing. Fangstanlegg
Morten Kotsbak	Kårstø	Teknisk Sikkerhet Fangstanlegg
Arne Cato Strandin	Kårstø	Elektro Ing. Fangstanlegg
Are Jacobsen	Gassco	HES&Q
Joachim Hvidsten	HSH/ Gassco	Student
Dag Arnesen	HSH/ Gassco	Student
Henrik Dannstrøm	Kårstø	Prosess Ing Fangstanlegg
Gerard Lombardo	Kårstø	Interface Leder
Tor Arne Torgersen	Ross Offshore	Subsea
Svein Essa	Gassnova	Geolog
John O. Pande	Gassnova	Spesialist CO ₂ prosess design
Tove Mustad	Gassnova	Assist. Prosjektleder
Ola V. Halden	Gassnova	Leder Teknisk HMS
John Johannesen	Ross Offshore	Teknisk Sikkerhet
Nils Petter Fitje	Ross Offshore	Bring / Komplettering
Espen Erichsen	Ross Offshore	Produksjonsteknologi
Bjørn Blokhus	Project Invest	HAZOP/HAZID leder
Zbig CZajkowski	PortSide	Sekretær

Deltagere 26.2.09

Navn	Prosjekt/ Firma	Posisjon
Espen Erichsen	Ross - Subsurface	Prosessteknologi
Nils Petter Fitje	Ross - Offshore	Boring/ Komplettering
Morten Kotsbak	CO ₂ Kårstø Fangstanlegg	Teknisk Sikkerhet Fangstanlegg
Hans Jørgen Vinje	CO ₂ Kårstø Fangstanlegg	Instrument Ing. Fangstanlegg
Joachim Hvidsten	HSH/ Gassco	Student
Dag Arnesen	HSH/ Gassco	Student
Henrik Dannstrøm	Kårstø	Prosess Ing. Fangstanlegg
Gerard Lombardo	Kårstø	Interface Leder
Tor Arne Torgersen	Ross Offshore	Subsea
John O. Pande	Gassnova	Spesialist CO ₂ prosess design
Tove Mustad	Gassnova	Assist. Prosjektleder
Ola V. Halden	Gassnova	Leder Teknisk HMS
John Johansen	Ross Offshore	Teknisk Sikkerhet
Sverre Lund	Gassco / CO ₂ TN	Teknisk sjef Rørledning
Bjørn Blokhus	Project Invest	Hazop/HAZID leder
Zbig Czajkowski	PortSide	Sekretær

**Forkortelser:**

- PP – Power Plant (Naturkraft)
- CCP – CO2 Catch Plant
- BAT – Best Available Technology
- DHSV - Downhole Safety Valve
- KKS – Power Plant Classification System (Kraftwerk-Kennzeichensystem)
- MEA – Mono Ethanol Amine
- ROV – Remote Operated Vehicle
- RFT - Rapid Phase Transition

ID	Hendelse/Fare	Årsak	Konsekvens	Beskyttelsestiltak	Anbefaling/Kommentar
1	Anleggsområdet for fangstanlegget				
1.1	Gasslekkasje i eksisterende fakkelsystem (ved anlegget, men utenfor anleggsområdet)	Mekanisk skade/ brudd på fakkelryr, feil ved tennmekanisme, pilot, etc.	Gassutslipp og fare for eksplosjon	Eksisterende instrumentell sikring, driftsinstrukser, beredskapsplaner m.m.	Spredningsstudier er utført og foreløpig RA er utført. Gjelder alle nye og eksisterende aktiviteter som kan medføre økt fare for materiell, liv og helse ID No. 1.1.1 Tilleggsrisikoen ved økt aktivitet og bemanning i anleggsfasen



ID	Hendelse/Fare	Årsak	Konsekvens	Beskyttelsestiltak	Anbefaling/Kommentar
					vurderes Aksjon: Fangstanlegget: Morten Kotsbak Gassnova Kårstø Rørledningen: Are Jacobsen Gassco ID No. 1.1.2 Sikkerhetsplan for anleggsfasen utarbeides. Aksjon: Morten Kotsbak. Gassnova Kårstø
1.2	Anleggsgrense(gjerde) er nær ytre perimeter for Kårstøanlegget. Parkeringsplass, veier etc. er plassert tett opp til gjerde	Foreslått lay – out CCP anlegg	Uvedkommende kan komme/ kjøre i nærhet av CCP	Se pt. 1.1	ID No. 1.2.1 Eksisterende sikringsplaner oppdateres mht nytt fangstanlegg. Aksjon:Morten Kotsbak Gassnova Kårstø
1.3	Kjemikalieeksponering, personskaide	Lekkasje av aminer og andre kjemikalier til innløps/ utløps grop	Mulig personeksponering	Se pt. 1.1	ID No.1.3.1 Vurdere å installere detektering av aminer. Aksjon:Morten Kotsbak Gassnova Kårstø



ID	Hendelse/Fare	Årsak	Konsekvens	Beskyttelsestiltak	Anbefaling/Kommentar
1.4	Ekspløsjon, kjemikalieutslipp	Nåværende Naturkraft layout Naturkraft faste kontorer nær CCP plant	Økt risiko for eksplosjon og evt. eksponering mot kjemikalier og CO ₂	RA studier for CCP er utført	ID No.1.4.1 Gjennomføre Risikoanalyse for det nye fangstanlegget. Aksjon: Morten Kotsbak Gassnova Kårstø ID No. 1.4.2 Vurder den økte risikoeksponeringen for eksisterende kontrollrom Naturkraft Aksjon: Morten Kotsbak Gassnova Kårstø .
2	Kraftanlegg				
2.1	Høy temp. (eksos fra PP)	Feil i temperaturovervåkning og nedstengning ved høy temperatur	Skader på Fangstanlegg	Eksisterende instrumentell beskyttelse og driftsinstrukser/drifts rutiner for kraftanlegg	ID No. 2.1.1 Vurdere separat overvåkning og beskyttelse for CCP mot høy temp. Aksjon: Henrik Dannstrøm Gassnova Kårstø .



ID	Hendelse/Fare	Årsak	Konsekvens	Beskyttelsestiltak	Anbefaling/Kommentar
2.2	Lavt trykk	Spjeld mot PP er lukket, CCP vifte skaper undertrykk	Undertrykk i CCP kjøler	Se pt. 2.1	<p>ID No. 2.1.2 Vurdere konsekvenser og evt. behov for beskyttelse av kjøler mot undertrykk</p> <p>Skorstein ca. 50m, vifte 8 MW.</p> <p>Aksjon: Gerard Lombardo Gassnova Kårstø</p>
2.3	Høyt trykk	Feil i spjeld i CCP ("feil retained" posisjon)	PP turbin tripper	Se pt. 2.1	<p>Max 60 mbarg på utløpet fra turbin (før dampkjeler)</p> <p>Aksjon: Gerard Lombardo Gassnova Kårstø</p>
3	Fangstanlegg				
3.1	Høy mengde(gasstrøm) NO2	NOx rensing virker ikke	Økt degradering av aminer, mer utslipp til vann	Instrumentell sikring og driftinstrukser vil bli utarbeidet	<p>ID No. 3.1.1 Avklare behov for overvåkning og evt. nedstenging</p> <p>Sjekkes mot utslipstillatelser</p>



ID	Hendelse/Fare	Årsak	Konsekvens	Beskyttelsestiltak	Anbefaling/Kommentar
					(CCP v/ Naturkraft) Aksjon: Hans Jørgen Vinje Gassnova Kårstø
3.2	Utslipp til luft	Svikt i gassscrubber. Ikke fullstendig rensing av eksosgass	Rester av bl.a. aminer er i eksosgassen	Se pt. 3.1 Rutiner for kontroll av utslipp ihht. utslippstillatelser vil bli etablert. Vedlikeholdsinstruks er og rutiner vil bli utarbeidet. Instrukser for HMS vil bli utarbeidet	ID No. 3.2.1 MEA brukes, konsekvensanalyse er utført, maks 1ppm amin i rensert eksos. Aksjoner sjekkes mot utslipstillatelser. Aksjon: Laila Iren Helgesen Gassnova Kårstø ID No.3.2.2 Avklare behov for overvåkning og evt. nedstenging Aksjon: Henrik Dannstrøm Gassnova Kårstø ID No.3.2.3 Prosjektet skal ytterligere pådrive leverandører til å komme med BAT



ID	Hendelse/Fare	Årsak	Konsekvens	Beskyttelsestiltak	Anbefaling/Kommentar
					Aksjon: Laila Iren Helgesen Gassnova Kårstø
3.3	Amin i dampsystem til PP	Brudd i reboiler rør i CCP	Aminholdig vann i PP dampkjele	.Se pt. 3.1, 3.2	ID No.3.3.1 Vurdere tiltak inkludert overvåkning Dekkes i CCP HAZOP. Aksjon: Gerard Lombardo Gassnova Kårstø
3.4	Aminavfall	Kontinuerlig degradering av aminer. Feil operasjon av renseanlegg	Oppsamling av degradert aminer/aminholdig avfall	Se pt. 3.1,3.2	ID No.3.4.1 Klarlegg alternativer og prosedyrer for innsamling, transport og destruksjon av aminavfall, samt rensing av utstyr (eks. filtre, etc.) Aksjon: Laila Iren Helgesen Gassnova Kårstø



ID	Hendelse/Fare	Årsak	Konsekvens	Beskyttelsestiltak	Anbefaling/Kommentar
3.5	Ingen mengde damp til fangstanlegg	Svikt i CCP	Dampen må dumpes	Eksisterende instrumentell beskyttelse og driftsinstruks/ driftsrutiner for dampanlegg	ID No. 3.5.1 Diskutere m/ Naturkraft og Siemens.Evaluere dumping av damp(150 tonn/hr) Økonomi, tekniske løsninger, støy. Dekkes i CCP HAZOP Aksjon: Gerard Lombardo Gassnova Kårstø ID No.3.5.2 Eksisterende driftsinstruks og instrumentell sikring av dampanlegg oppdateres. Aksjon:Hans Jørgen Vinje Gassnova Kårstø
3.6	Mer/mindre mengde (CO2)	Dag/årsvariasjoner	Mindre trykk variasjoner ut fra kompressor	Se pt. 3.1	God sugetrykk regulering på kompressor Dekkes i CCP HAZOP. Aksjon:Henrik Dannstrøm



ID	Hendelse/Fare	Årsak	Konsekvens	Beskyttelsestiltak	Anbefaling/Kommentar
					Gassnova Kårstø
3.7	Ingen CO2 strøm	Driftsforstyrrelse	Kompressor tripper		<p>Trykkfall i CO2 fører til hurtig og kraftig temperatursenking.</p> <p>ID No.3.7.1 Undersøke hvor raskt ventiler kan lukkes (spesielt ventilen nedstrøms kompressor).</p> <p>Aksjon:Henrik Dannstrøm Gassnova Kårstø</p> <p>ID No. 3.7.2 Vurdere hvorvidt ventilen ved landfall også skal stenges. Aksjon:Henrik Dannstrøm Gassnova Kårstø</p>
3.8	Forurensning	Feil i tørkeanlegg	Partikler i nedstrøms kompressortrinn	Se pt. 3.1	<p>ID No. 3.8 Vurdere å installere filter nedstrøms tørke (oppstrøms neste kompressor trinn)</p>



ID	Hendelse/Fare	Årsak	Konsekvens	Beskyttelsestiltak	Anbefaling/Kommentar
					Dekkes i CCP HAZOP Aksjon: Henrik Dannstrøm Gassnova Kårstø
3.9	Høy temp (ut fra siste trinn kompressor)	Feil i nedstrøms kjøler	Høy utløpstemperatur i utgående CO2	.Se pt. 3.1	Krav til interface betingelser er fastsatt. ID No. 3.9.1 Undersøke feil i kjøler (bortfall av kjølevann) og temperaturstigning i eksportledning (spes. land leg). Aksjon: Henrik Dannstrøm Gassnova Kårstø ID No.3.9.2 Klargjøre krav til overvåkning og aksjoner Dekkes i CCP HAZOP Aksjon:Henrik Dannstrøm Gassnova Kårstø
3.10	Strømningsretning(revers	Brudd i kjølerør	CO2 strøm inn i	Se pt. 3.1	ID No. 3.10.1



ID	Hendelse/Fare	Årsak	Konsekvens	Beskyttelsestiltak	Anbefaling/Kommentar
	strøm) av CO2)		kjølemedium i rør. Fare for kan stor gassutvikling (Rapid phase transition) og eksplosjonslignende forhold.	Instrukser og rutiner for vedlikehold vil bli utarbeidet Rutiner for kontroll av utslipp ihht. utslippstillatelse vil bli etablert. Instrukser for HMS vil bli utarbeidet	Dersom sprengskive brukes må det designes slik at evt. degradering/ lekkasjer kan detekteres. Aksjon:Henrik Dannstrøm Gassnova Kårstø ID No. 3.10.2 Vurdere potensiell størrelse av lekkasjer og fastlegge krav til avlastning m.a.o. både størrelse og respons tid på avlastning. Aksjon:Henrik Dannstrøm Gassnova Kårstø
4	Rørledning				
4.1	"First fill" (ledning)	Commissioning/ oppstart/ trykkprøving	Vann i ledningen	Instrumentell sikring og driftinstrukser vil bli utarbeidet. Vedlikeholds-instrukser -og rutiner vil bli utarbeidet. Instrukser for HMS	ID No. 4.1.1 Vurdere avstengningsventiler på enden av landleiding for rensing/ trykktesting Aksjon:Sverre Lunde Gassco ID No. 4.1.2 Utarbeide metode for å fjerne



ID	Hendelse/Fare	Årsak	Konsekvens	Beskyttelsestiltak	Anbefaling/Kommentar
				vil bli utarbeidet. Se også pt. 3.1, 3.2	vannet fra ledningen (eks. pigging tog med glykol plugg og CO2 trykk som drivkraft) Dette er en del av pågående arbeid og oppfølging som blir ivaretatt. Derfor er ikke lukking nødvendig. Lukket. OVH
4.2	Testing	Commissioning/ oppstart	Trykksatt ventiler/ utstyr		ID No. 4.2.1 Vurdere nødvendige linjer for å trykkavlaste utstyr og evt. behov for å utligne trykkdifferanser over ventiler. Linje for utligning av trykkforskjell over ESD ventil skal ikke bryte ESD funksjonen. Aksjon: Sverre Lund Gassco
4.3	Nødavstengning (rørledning)	Stengning av tilførsel enten tilsiktet eller som følge av feil, for eksempel feil ved ESD ventil.	Flytende CO2 i rørledningen har stor masse og bevegelsesenergi Ved stenging av	Beredskaps-prosedyrer for nød-avstengning for aktuelle scenarier vil bli utarbeidet	Da verken tilsiktet eller utilsiktet stengning av tilførsel kan utelukkes så må det verifiseres at systemet tåler de belastninger som kan oppstå.



ID	Hendelse/Fare	Årsak	Konsekvens	Beskyttelsestiltak	Anbefaling/Kommentar
			tilførsels siden vil det oppstå en undertrykk nedstrøms den stengte ventilen. Dette vil blant annet kunne føre til fase endringer og mulig trykkstøt ved tilbakestrøm av flytende CO ₂		ID No. 4.3.1 Avklare virkning av stengning av tilførsel og systemets evne til å tåle disse belastninger. Aksjon: Rørledning. Sverre Lund Gassco Aksjon: Subsea template Tor Arne Torgersen
4.4	Nød avstengning (sjøledning)	Tråling, ankring. Større brudd på i ledningen	Inntrengning av vann i ledning	Se pt. 4.3	14000 T CO ₂ i ledning, ledningen blir nedgravd med mulig unntak av Boknafjorden der det normal ikke er tråling grunnet stor dyp. Mindre lekkasjer kan kun oppdages ved periodisk inspeksjon med ROV. Nedgravning vil også kunne gjøre deteksjons- muligheten for den minste lekkasjene enda vanskeligere. Det er ikke entydig at nødavstengning er riktig reaksjon. Det må avklares hvordan evt. lekkasjedeteksjon ivaretas og evt.



ID	Hendelse/Fare	Årsak	Konsekvens	Beskyttelsestiltak	Anbefaling/Kommentar
					<p>behov for å differensiere reaksjoner i forhold til lekkasjestørrelse. Potensiell personellrisiko ved lekkasjestedet (tråler o.a), evt. for Sleipner A (dersom røret er rutet dit).. Aksjon:Sverre Lunde Gassco</p> <p>ID No.4.4.1 Muligheten for økt risiko ved hurtig nedstengning(rørbrudd o.a) må avklares. Aksjon:Sverre Lund Gassco</p>
4.5	Lekkasjer (sjøledning)	<p>Mangelfullt eller feil vedlikehold</p> <p>Avvik fra spesifikasjons krav til den flytende CO2 eller avvikende drifts forhold, for eksempel lekkasjer som fører til sterk nedkjøling kan utgjøre et er aggressivt</p>	Materialer, ventiler, pakninger etc. degraderes fort	Vedlikeholds-instrukser -og rutiner vil bli utarbeidet	<p>ID No. 4.5.1 Spesifikasjonskrav til "eksport kvalitet" flytende CO2 er definert dog uten at effekten av mindre avvik er gitt. Aksjon:Sverre Lund Gassco</p> <p>ID No. 4.5.2</p>



ID	Hendelse/Fare	Årsak	Konsekvens	Beskyttelsestiltak	Anbefaling/Kommentar
		miljø			<p>Klargjøre: Spesielle krav til ventiler, pakkingsmaterialer osv Aksjon: Sverre Lund Gassco</p> <p>ID No. 4.5.3 Klargjøre spesielle krav til pigger. Aksjon: Sverre Lund Gassco</p> <p>ID No. 4.5.4 Klargjøre spesielle krav til og muligheter/ pålitelighet av overvåkning og aksjoner ved "off spec." CO₂. Aksjon:Hans Jørgen Vinje Gassnova Kårstø</p> <p>ID No. 4.5.5 Avklare krav til responstid for nedstengning for inspeksjon og vedlikehold.ved avvik fra driftsbetingelser og material designkriterier (vann, forurensninger m.m). Aksjon:Sverre Lund Gassco</p>



ID	Hendelse/Fare	Årsak	Konsekvens	Beskyttelsestiltak	Anbefaling/Kommentar
4.6	Vent (CCP), 135 tonn/hr	Mangler dedikert vent for CCP	Ikke mulig å vente (spes. CO2)	Se pt. 3.1, 3.2	ID No.4.6.1 Bør vurdere samkjøring med vent'en til CO2 ledning (ved landfall) Aksjon: Landanlegg Olav Falk-Pedersen Gassnova Kårstø Rørledning. Sigve Apeland. Gassco
4.7	Tag system (CCP og rørledning)	Mangler helhetlig tag system Naturkraft + CCP + Ledning	Praktiske problemer for drift og vedlikehold, instruksjer, rutiner o.a.		ID No. 4.7.1 Vurder å adoptere KKS tag system (utviklet for kraft industri) for hele anlegget. Aksjon: Ola V Halden Gassnova
5	Brønn				
5.1	Oppstart (brønn)	Trykksetting av brønnen	Fare for dannelse av tørris/ hydrater Fare for temperaturer lavere enn minimum temperaturdesign for	Injeksjon av glykol	Ca. 7 barg ved brønn hode, ca. 60 barg i ledning. Injeksjonslinje® (glykol) fra Sleipner/ Draupner. Dette ivaretas gjennom pågående design og vil senere bli innarbeidet i prosedyre for



ID	Hendelse/Fare	Årsak	Konsekvens	Beskyttelsestiltak	Anbefaling/Kommentar
			rør, ventiler og annet utstyr		anlegget.
5.2	Operasjon (brønn)	Brønn og subsea lekkasjer	Behov for en ekstern intervensjon		ID No. 5.2.1 Utpeke ansvarlig for brønnintegritet/ brønnberedskap. Sikre tilgang til brønn intervensjon skip (utstyrt med m.a. wireline) Aksjon: Ola V Halden Gassnova
5.3	Lekkasje (brønn)	Feil operasjon, feil i barriere trykkstøt, etc.	CO2 migrasjon i ringrom mellom fôringsrør og tubing		ID No. 5,3,1 Velge completerings væske som ikke reagerer med CO2 Normalt brukes det salt- lake. Aksjon: Tor Arne Fitje Ross Offshore
5.4	Kavitasjon	Gass bobler i væske fasen som følge av trykk og temperatur forhold ved brønnhode.	Dannelse av gassbobler i brønnhodeområdet med etterfølgende implodering/faseskifte		ID No.5.4.1 Evaluere potensialet for dannelse av gassbobler og kavitasjon, erosjon eller annen negativ konsekvens.



ID	Hendelse/Fare	Årsak	Konsekvens	Beskyttelsestiltak	Anbefaling/Kommentar
		Hydrostatisk trykk i brønn er høyere enn formasjonstrykk. Dette kan føre til lavt brønnhode trykk.	tetter hvert som dybden og trykket øker. Kan føre til kavitasjon med mulighet for erosjon eller annen belastingsslitasje i fôringsrør eller nedhullsutstyr (f.eks sikkerhetsventiler)		Aksjon: Nils Petter Fitje Ross Offshore ID No. 5.4.2 Klarlegge om erfaringer fra Sleipner A er tilgjengelig. Aksjon: Tove Dahl Mustad.Gassnova
5.5	Design (brønn)	Standard brønnkonfigurasjon inkluderer DHSV (downhole safety valve(s)) som en "fail-safe" sikring mot utblåsning ved svikt i andre barrierer. Av hensyn til produksjons-tilgjengelighet blir det ofte installert to ventiler.	Alt ekstra utstyr medfører økte vedlikeholdskostnader og mulig utilgjengelighet av brønn.		ID No. 5.5.1 Evaluere behov for nedhull sikkerhets ventil(er) Følgende forhold må tas med i betraktning: Injeksjons utilgjengelighet grunnet DHSV som sperrer brønnløp anses å ha veldig lav sannsynlighet i normale brønner. Ren brønnvæske (CO2) reduserer denne sannsynligheten sterkt/ytterligere.



ID	Hendelse/Fare	Årsak	Konsekvens	Beskyttelsestiltak	Anbefaling/Kommentar
					<p>Normal strømningsretning ved injeksjon reduserer potensialet for utilgjengelig injeksjon som følge av feil i DHSV.</p> <p>Det er ikke identifisert vesentlige negative konsekvenser av å følge normal "best practice" m.a.o. å montere en eller flere DHSVs.</p> <p>Det ble hevdet at grunnet inntrengning av formasjonsvæske vil en evt. blowout slutte etter en ikke fastbestemt, men sannsynligvis kort varighet.</p> <p>Aksjon: John Johansen Ross Offshore</p>
5.6	Nedstengning (brønn)	<p>Nødstengning av brønn kan skje både som følge av situasjon ved brønn/brønnhode eller som følge av situasjon på "leverandør" siden.</p> <p>Flytende CO2 i rørledningen utgjør en</p>	Stengning av utløp kan før til trykkstøt.		Ved nedstengning på leverandør siden til brønn, (på land) er det ønskelig å opprettholde trykket i rørledning for å unngå driftsproblemer som følge av lavt trykk og faseendring. Dette medfører at ventiler på brønn vil bli stengt.



ID	Hendelse/Fare	Årsak	Konsekvens	Beskyttelsestiltak	Anbefaling/Kommentar
		stor kinetisk energimengde			ID No.5.6.1 Vurdere nedstegning av ventiler (hurtighet/ sekvens) for å unngå trykkstøt. Faktorer som ventil stengetid og CO ₂ kompressibilitet er vesentlige. Aksjon: Sverre Lund Gassco
5.7	Tilgjengelighet (brønn)	Ønske om høy tilgjengelighet av CO ₂ injeksjon	Sikre høy grad av tilgjengelighet i systemet	2 injeksjons brønner	Melkeøya har utfordringer, ukjent om det er brønn eller ledning som skaper problemer.Erfaringsoverføring arrangeres. Aksjon: Ola V Halden Gassnova



Vedlegg 5 Møtereferat Intern Veileder

Intern veileder	Sanjay Kumar Khattri
Studenter	oachim Bergstøl Hvidsten Dag Arild Arnesen

Veiledning 16.01.09

Diskuterte hvordan gripe tak i Oppgaven.

Ulike fremgangsmåter ble diskutert.

”hva skal vi se på?”

Veiledning 23.02.09

Diskuterte Hazop vi tar del i hos Gassnova med Gassco

Diskuterte CO₂

Veiledning 4.03.09

Endelig oppgavetekst

Diskuterte ulike fangst metoder opp mot CO₂ fangst i reservoarer.

Få et perspektiv å jobbe etter.

Status ok

Veiledning 24.03.09

Tema: Er det noen vi lurer på

Status, ok

Veiledning 6.05.09

Siste møtet.

Oppgaven er skrevet(sammen stillingen er ikke klar)