

Granskingsrapport

Rapport

Rapporttittel

Brann i HVAC-enhet på Songa Dee 4.12.2007

Aktivitetsnummer

407001002

Gradering

☒ Offentlig☐ Begrenset☐ Strengt fortrolig☐ Unntatt offentlighet☐ Fortrolig

Sammendrag

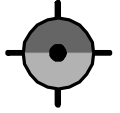
Den 4.12.2007 klokken 13.52 gikk brannalarmen på Songa Dee. Boligkvarteret og viktige rom som radiorom, kontrollrom og beredskapssentral ble i løpet av få minutter evakuert på en effektiv måte. Brannen ble lokalisert til å være i HVAC-enhet nr.2 og store deler av boligkvarteret ble fylt med tykk røyk fra kjøle- og filterenheten i HVAC-systemet. Ingen personer ble skadet under hendelsen, men den raske og intense røykspredningen gjør at hendelsen er klassifisert som en potensiell storulykke. Personer som ble eksponert for røyk ble fulgt opp av helsetjenesten. Petroleumstilsynet (Ptil) har gransket hendelsen. Dette er gjort med utgangspunkt i Stena Drilling sin egen gransking og med tilleggsintervju og møter på land. Granskingen avdekket 4 avvik fra regelverkskrav som beskriver utløsende og bakenforliggende årsaker til hendelsen. Den utløsende årsaken til hendelsen var manglende overvåking ved svikt i vifteenheten (viftereimer) med tilhørende utkobling av varmeelement. De bakenforliggende årsakene er knyttet til mangler ved design og installasjon av den nye vifteenheten. Evakueringen av boligkvarteret, hvor mer enn 30 personer sov, ble ivaretatt på en tilfredsstillende måte. Derimot ble den beredskapsmessige håndteringen når det gjelder bruk og tilgang til kommunikasjonsutstyr samt enkelte forhold ved gjennomføringen av slokkearbeidet, ikke utført på en god nok måte. I rapporten er det angitt 4 avvik og 12 forbedringspunkter.

Involverte

Hovedgruppe
T-FlyttbareGodkjent av / dato
Janne Lea/13.3.2008Deltakere i granskingsgruppen
Svein Harald Glette, Arnt-H Steinbakk og Eivind SandeGranskingsleder
Svein Harald Glette

Innhold

1	Sammendrag	3
2	Innledning	3
3	Hendelsesforløp.....	4
3.1	<i>Aktiviteter og hendelser i forkant av brannen.....</i>	<i>4</i>
3.2	<i>Brannforløpet</i>	<i>5</i>
3.3	<i>Beredskapsmessige forhold</i>	<i>6</i>
4	Hendelsens potensial	7
5	Observasjoner	7
5.1	<i>Avvik.....</i>	<i>8</i>
5.1.1	<i>Viftestopp for ventilasjonssystemet til boligkvarteret</i>	<i>8</i>
5.1.2	<i>Risikovurderinger ved modifikasjoner.....</i>	<i>8</i>
5.1.3	<i>Design og installasjon av ny vifteenhet</i>	<i>9</i>
5.1.4	<i>Mangelfull radio- og intern-kommunikasjon</i>	<i>9</i>
5.2	<i>Forbedringspunkter</i>	<i>10</i>
5.2.1	<i>Dokumentasjon av HVAC-systemet.....</i>	<i>10</i>
5.2.2	<i>Installasjon av brannspjeld.....</i>	<i>10</i>
5.2.3	<i>Innsamling og bearbeiding av alarmutskrifter.....</i>	<i>11</i>
5.2.4	<i>Vedlikeholdsstyring.....</i>	<i>11</i>
5.2.5	<i>Stenas gransking av hendelsen.....</i>	<i>12</i>
5.2.6	<i>Oppfølging og evakuering av personell involvert i hendelsen</i>	<i>12</i>
5.2.7	<i>Sykestuen satt ut av funksjon – mangelfull medisinsk beredskap</i>	<i>13</i>
5.2.8	<i>Beredskapsrom satt ut av funksjon – mangelfull redundans/reserve beredskapsrom</i>	<i>13</i>
5.2.9	<i>Beredskapskompetanse innsatspersonell</i>	<i>14</i>
5.2.10	<i>Kapasitetsproblemer ved etterfylling av pusteapparater.....</i>	<i>14</i>
5.2.11	<i>Mangelfull bruk av pustemasker på lugar (smokehoods).....</i>	<i>14</i>
5.2.12	<i>Mønstringsrutiner og registreringssystem for POB.....</i>	<i>15</i>
6	Diskusjon omkring usikkerheter	15
7	Vedlegg.....	17
7.1	<i>Vedlegg A: MTO hendelses- og årsaksanalyse.....</i>	<i>17</i>
7.2	<i>Vedlegg B: Følgende dokumenter er lagt til grunn i granskingen:</i>	<i>20</i>
7.3	<i>Vedlegg C: Oversikt over intervjuet personell.....</i>	<i>21</i>
7.4	<i>Vedlegg D: Forkortelser:</i>	<i>21</i>
7.5	<i>Vedlegg E: Figurer og bilder.....</i>	<i>22</i>



Granskingsrapport

1 Sammendrag

Den 4.12.2007 klokken 13.52 gikk brannalarmen på Songa Dee. Boligkvarteret og viktige rom som radorom, kontrollrom og beredskapssentral ble i løpet av få minutter evakuert på en effektiv måte. Brannen ble lokalisert til å være i HVAC-enhet nr.2 og store deler av boligkvarteret ble fylt med tykk røyk fra kjøle- og filterenheten i HVAC-systemet. Ingen personer ble skadet under hendelsen, men den raske og intense røykspredningen gjør at hendelsen er klassifisert som en potensiell storulykke. Personer som ble eksponert for røyk ble fulgt opp av helsetjenesten.

Petroleumstilsynet (Ptil) har gransket hendelsen. Dette er gjort med utgangspunkt i Stena Drilling sin egen gransking og med tilleggsintervju og møter på land. Granskingen avdekket 4 avvik fra regelverkskrav som beskriver utløsende og bakenforliggende årsaker til hendelsen. Den utløsende årsaken til hendelsen var manglende overvåking ved svikt i vifteenheten (viftereimer) med tilhørende utkobling av varmeelement. De bakenforliggende årsakene er knyttet til mangler ved design og installasjon av den nye vifteenheten.

Evakueringen av boligkvarteret, hvor mer enn 30 personer sov, ble ivaretatt på en tilfredsstillende måte. Derimot ble den beredskapsmessige håndteringen når det gjelder bruk og tilgang til kommunikasjonsutstyr samt enkelte forhold ved gjennomføringen av slokkearbeidet, ikke utført på en god nok måte.

I rapporten er det angitt 4 avvik og 12 forbedringspunkter.

2 Innledning

I forbindelse med Stena Drilling sin operasjon med den flyttbare boreinnretningen Songa Dee for StatoilHydro på Trollfeltet oppstod det den 4.12.2007 en brann i den ene HVAC-enheten på innretningen. Petroleumstilsynet (Ptil) besluttet 5.12.2007 å gjennomføre en egen gransking av hendelsen.

Granskingsgruppens sammensetning:

- Svein Harald Glette, fagområde Prosessintegritet (granskingsleder)
- Arnt-H. Steinbakk, fagområde Logistikk og beredskap
- Eivind Sande, fagområde Prosessintegritet

Følgende mandat ble gitt til granskingsgruppen:

1. Klarlegge hendelsens omfang, forløp og potensiale, og vurdere utløsende og bakenforliggende årsaker samt oppfølgingstiltak. Dette gjøres med utgangspunkt i aktørenes egne granskninger og nødvendig tilleggsintervju på land.
2. Klarlegge og vurdere hvordan Stenas beredskapsorganisasjonen fungerte under og etter hendelsen, inkludert pårørende beredskap. Vurdere robustheten av Stenas beredskapsorganisasjon – uavhengig av operatørens støtte.
3. Granskingsgruppen skal identifisere regelverksbrudd, anbefale videre oppfølging samt identifisere eventuelt behov for bruk av virkemidler.

På grunn av nedbemanningen av innretningen og tilstanden om bord etter hendelsen ble det fra Ptils side besluttet å ikke dra ut på innretningen, men ta utgangspunkt i aktørenes egne granskinger. Stenas granskingsgruppe, som bestod av tre personer fra selskapets kontor i Bergen, en representant fra vernetjenesten om bord og to representanter fra StatoilHydro, var om bord på innretningen 6.12.2008 sammen med to representanter fra HVAC-leverandøren AC Marine. Ptils granskning har bestått av følgende hovedaktiviteter.

- Innsamling av dokumentasjon relatert til hendelsen.
- Gjennomgang av hendelsen med Stenas granskingsgruppe (13.12.2007)
- Intervjuer med personell involvert i hendelsen (13.12 og 14.12.2007).
- Møter med representanter fra HVAC-leverandøren AC Marine (14.12.2007 og 15.1.2008).
- Møte med representanter fra StatoilHydros prosjektorganisasjon (14.12.2007).
- Gjennomgang av Stenas MTO-analyse og foreslåtte tiltak etter hendelsen (15.1.2008).
- Gjennomgang av Stenas granskingsrapport og annen mottatt dokumentasjon.

Det er utarbeidet et MTO (menneske teknologi og organisasjon) diagram for å kartlegge bakenforliggende og direkte årsaker til hendelsen (vedlegg1). MTO-diagrammet er utarbeidet av Stena og inngår som en del av selskapets granskingsrapport. Kommentarer fra Ptil underveis i arbeidet er innarbeidet i det endelige dokumentet.

3 Hendelsesforløp

Dette kapittelet beskriver etter vår beste vurdering faktisk hendelsesforløp, basert på opplysninger innhentet i granskingen. Hendelsesforløpet er beskrevet i kronologisk rekkefølge.

3.1 Aktiviteter og hendelser i forkant av brannen

I 2006 ble det besluttet å bytte ut deler av det daværende HVAC-anlegget med et nytt system. Bakgrunnen for dette var å forbedre luftkvaliteten. En del av denne modifikasjonen innebar å endre varmekilden i HVAC-anlegget fra damp til elektrisk varmeelement. Det blir ikke gjennomført noen dokumentert risikovurdering i forbindelse med utskiftingen av HVAC-anlegget.

November 2006: Installasjon og idriftsettelse av nytt HVAC-anlegg.

5. april 2007: Det gjennomføres 3 mnd forebyggende vedlikehold på HVAC-enhetene. Vedlikeholdet består av inspeksjon og rengjøring.

27. juni 2007: Det gjennomføres 3 mnd forebyggende vedlikehold på HVAC-enhetene. Vedlikeholdet består av inspeksjon og rengjøring. Det byttes filter, og kommenteres i vedlikeholdssystemet at filteret var svært skittent.

10. juli 2007: Det oppstår lagerhavari på vifte i HVAC-enhet nr 2. Havariet fører også til følgeskader på viftekomponeenter.

18. juli 2007: Det gjennomføres korrigerende vedlikehold på HVAC-enhet nr 2. Komplette vifteenheter blir skiftet ut. Arbeidet blir utført av eget vedlikeholdspersonell. Den nye vifteenheten er av et annet fabrikat, og leveres med en annen type viftreimer.

7. august 2007: Det gjennomføres årlig forebyggende vedlikehold på HVAC-enhetene. Vedlikeholdet består av motorinspeksjon og måling av isolasjonsnivå (megging).

Oktober 2007: 3 mnd forebyggende vedlikehold på HVAC-enhetene blir gitt forlenget frist med 12 uker. Forlengelsen begrunnes i lav kritikalitet. Vedlikeholdet består av inspeksjon og rengjøring.

3.2 Brannforløpet

Brannen oppstår den 4. desember 2007 og alle tidspunkt nedenfor gjelder for denne dagen.

- Kl 11:36 Alarmlisten viser melding om lavt trykk i boligkvarterets 2. etasje. Trykkfallet skyldes sannsynligvis en åpen dør i boligkvarteret.
- Kl 12:40-12:50 Utskrift fra måling av overtrykket i boligkvarteret viser et trykkfall i denne tidsperioden. Dette kan ha sammenheng med begynnende havari av viftereimer. Hver ventilasjonsvifte er utstyrt med 3 viftereimer. Trykket er ikke lavt nok til å gi alarm.
- Kl 13:18-13:33 Utskrift fra måling av overtrykket i boligkvarteret viser et nytt trykkfall i denne tidsperioden. Trykket er fortsatt ikke lavt nok til å gi alarm.
- Kl 13:38 På dette tidspunktet er det antatt at viftereimene på HVAC-enhet nr 2 har feilet.
- Kl 13:38 Overtrykket i boligkvarteret faller til ca 50% som følge av svikt i viftereimene på HVAC-enhet nr 2.
- Kl 13:38 Det oppstår reversert luftgjennomstrømning i HVAC-enhet nr 2 via omførringsrør (bypass) mellom enhet 1 og 2. Den reverserte luftgjennomstrømningen er i størrelsesorden ca en tredel av normal luftstrømning. Viftemotoren i HVAC-enhet nr 2 fortsetter å gå selv om den nå ikke lenger driver noen vifte. Varmeelementene i enheten er også fortsatt innkoblet.
- Kl 13:38-13:45 Varmeelementene har to nivåer med overtemperaturbeskyttelse (termostater). Begge disse feiler i å koble ut varmeelementet før det tar fyr i brennbar materiale inne i HVAC-enheten. Årsaken er at termostatene er plassert nedstrøms varmeelementet ved normal luftstrømningsretning. Videre er avstanden mellom varmeelementet og en brennbar dråpefanger kun få centimeter.
- Kl 13:45 Det reageres på lukt av svidd gummi på broen.
- Kl 13:50 Maskinkontrollromsoperatør (ECRO) stopper alle 3 HVAC-enheter manuelt fra lokalt panel.
- Kl 13:50 Det kommer alarm fra røykdetektor i maskinkontrollrom (detektor 12/04).
- Kl 13:51 Brannbekjempelse påbegynnes av teknisk lag.
- Kl 13:52 Røyk observeres fra broen. Røyken kommer fra luftinntaket til luftbehandlingsenhet nr 2.
- Kl 13:52 Generell alarm utløses manuelt fra broen av ballastkontrollromsoperatør (BCRO) etter ordre fra plattformsjef.
- Kl 13:52 Brannspjeld i boligkvarteret stenger som følge av generell alarm. Inntaksspjeld på HVAC-enhet nr 2 stenger ikke helt, men stopper i delvis åpen posisjon.
- Kl 13:52 Det kommer alarm fra varmedetektor i "Air Cond. Rm Port S/D" (detektor 18/02).
- Kl 13:52 Inntaksspjeld på luftbehandlingsenhet nr 2 stenges manuelt fra utsiden av ECRO.
- Kl 13:53 Det kommer alarm fra varmedetektor i "Engine Control Room Office" (detektor 8/11).

Kl 13:54	Det kommer alarm fra røykdetektor i messe (detektor 8/10).
Kl 13:55	Det kommer alarm fra røykdetektor i HVAC-enhet nr 2 (detektor 11/22).
Kl 13:55	Det kommer alarm fra røykdetektor i HVAC-enhet nr 1 (detektor 11/21).
Kl 13:56	Det kommer alarm fra røykdetektor i lugar 304 (detektor 4/04). Dette er den første av 5 lugarer på dette nivået hvor det blir registeret alarm.
Kl 13:59	Det kommer alarm fra røykdetektor i korridor ved radiatorom (detektor 5/01).
Kl 13:59	Det kommer alarm fra røykdetektor i ballastkontrollrom (detektor 3/03).
Kl 13:59	Det kommer alarm fra røykdetektor i lugar 203 (detektor 6/05). Dette er den første av 14 lugarer på dette nivået hvor det blir registeret alarm.
Kl 14:00	Beredskapsrom evakueres grunnet røykfylling. Alternativt beredskapsrom (maskinkontrollrom) er for nærme brannen, og kan ikke brukes som reserve.
Kl 14:00	Det kommer alarm fra røykdetektor i maskinkontrollrom (detektor 12/03).
Kl 14:00-15:00	Brannslukking i HVAC-rom og søk etter savnet person pågår. Slukkingen tar lang tid da det oppstår usikkerhet omkring hvorvidt enheten er elektrisk isolert, og en bruker derfor ikke vann i slukkearbeidet. Det ble brukt ca 25 flasker med slukkemiddel hovedsakelig CO ₂
Kl 14:04	Brannlag 1 og 2 tar over arbeidet med brannslukkingen, med assistanse fra teknisk lag.
Kl 14:04	Det observeres røyk og flammer fra luftinntak til HVAC-enhet nr 2.
Kl 14:04	Det kommer alarm fra røykdetektor i lugar 104 (detektor 9/04). Dette er den første av 7 lugarer på dette nivået hvor det blir registeret alarm.
Kl 14:29	Det kommer alarm fra røykdetektor i sykestue "dispensary" (detektor 7/05).
Kl 14:39	POB 100 personer bekreftet OK
Kl 15:00	Brannen slukket og det ble foretatt kjøling med vann.
Kl 23:48	Demobilisering til 19 personer avsluttet.

3.3 Beredskapsmessige forhold

Evakueringen av boligkvarteret, hvor mer enn 30 personer sov, ble etter vår oppfatning utført på en tilfredsstillende måte.

Derimot ser vi at den beredskapsmessige håndteringen om bord på Songa Dee i den innledende- og under bekjempelsesfasen av hendelsen, ble lite tilfredsstillende håndtert når det gjelder følgende forhold:

- Mangelfull bruk og tilgang til radiokommunikasjon til/fra innretningen mot land og andre innretninger og enheter i området og intern kommunikasjon via PA-systemet.
- Beredskapsrom måtte evakueres og det var ikke tilgang til, eller ble benyttet, reserveberedskapsrom med nødvendige beredskapsutstyr og tilgang til overvåkingsutstyr for oppfølging av innretningens tilstand.
- Til sist påpekes også den uorganiserte måten brannbekjempelsen ble iverksatt og gjennomført på ved at personell som ikke tilhørte brannlag startet brannslukking i et område med både varme- og elektrokilder til stede som ikke var tilstrekkelig bekreftet isolert og slått av.

De øvrige innretningsspesifikke forhold knyttet til håndteringen av hendelsen er etter vår mening håndtert på en tilfredsstillende måte selv om evakueringen av personell fra innretningen etter vår mening kunne vært gjennomført raskere siden store deler av innretningen var røyk- og sotskadet.

De enkelte punktene er nærmere beskrevet under kapittel 5, enten som avvik eller

forbedringspunkt.

4 Hendelsens potensial

Faktisk konsekvens

Brannen som oppstod i HVAC-enheten pågikk i over en time før den ble bekreftet slukket. Den medførte omfattende brannskader på ventilasjonsenhet nr. 2. Enheten som blant annet består av vifte, motor, varmeelement, kjøler og filter er av Stena anslått til å være 90% ødelagt. Kjøle- og filterenheten, hvor brannen oppstod, er tilnærmet utbrent. (se bilde 1, 2 og 3).

Store deler av boligkvarteret og tilstøtende rom fikk omfattende røyk og sotskader (se bilde 4, 5 og 6). Dette medførte at 81 personer ble evakuert til land eller til andre innretninger mens en sikkerhetsbemanning på 19 personer ble værende ombord. Klarering av skadeomfang, oppryddingsarbeid og rengjøring pågikk om bord i 9 dager før normal boreaktivitet ble gjenopptatt. Firma med spesialkompetanse ble engasjert for å gjøre målinger av luftkvalitet før oppryddingsarbeidet ble igangsatt. Fjerde etasje i boligkvarteret var forsynt fra egen ventilasjonsenhet og var lite berørt av hendelsen. Sikkerhetsbemanningen på 19 personer benyttet derfor denne delen inntil andre deler ble klarert for bruk.

Ventilasjonssystemet som var berørt av hendelsen ble inspisert og rengjort med spesialutstyr. På lugarer og i oppholdsrom ble en del utstyr erstattet med nytt for å bli kvitt mest mulig av røyklukten.

Potensiell konsekvens

Denne hendelsen klassifiseres som en potensiell storulykke. Da alarmen gikk og tykk røyk veltet inn på flere lugar lå anslagsvis 35-40 personer og sov. Rask evakuering gjorde at disse kom seg ut i tide. Stena har i sin granskingsrapport klassifisert potensiale i hendelsen som C5 som er høyeste alvorlighetsgrad etter selskapets graderingsskala.

De potensielle materielle skadene ved denne hendelsen anslås som begrensede.

5 Observasjoner

Ptils observasjoner deles generelt i tre kategorier:

- Avvik: I denne kategorien finnes observasjoner hvor Ptil mener det er brudd på regelverket.
- Forbedringspunkt: Knyttet til observasjoner hvor vi ser mangler, men ikke har nok opplysninger til å kunne påvise brudd på regelverket.
- Barrierer som har fungert: Dette er en kategori som viser overensstemmelse med regelverket.

Kapittel 5.1 beskriver fire avvik. Avvik 5.1.1 var direkte utløsende årsak til hendelsen. Avvik 5.1.2 og 5.1.3 er bakenforliggende årsaker som kunne ha hindret hendelsen dersom de var ivaretatt under design og installasjon av den nye enheten.

I kapittel 5.2 angis 12 forbedringspunkter.

I kapittel 5.3 beskrives relevante barrierer som har fungert.

5.1 Avvik

5.1.1 Viftestopp for ventilasjonssystemet til boligkvarteret

Avvik:

Det var ikke etablert nødvendige barrierer for å oppdage og iverksette nødvendige tiltak ved svikt i ventilasjonssystemet for boligkvarteret. Systemet skal gi 50 Pascal overtrykk i forhold til omgivelsene.

Begrunnelse:

- Ved stans av viften for enhet 2 var det ikke installert trykksensor eller annet utstyr for å registrere dette. Utskrift fra trykkovervåking i boligkvarteret viser et trykkfall til 50% eller mindre kl 13.38. Det antas at viften for enhet 2 på dette tidspunktet stanset på grunn av viftereimene som var ute av funksjon. Det er ikke ved en slik viftestopp installert utstyr som stenger ned motor, varmeelement, spjeld, osv., for å hindre overoppheting og for å opprettholde tilstrekkelig overtrykk i boligkvarteret fra enhet 1.
- Hver etasje i boligkvarteret hadde trykkovervåking. Utskrift fra alarmsystemet i kontrollrommet viste hyppige alarmer for lavt trykk (25 Pascal). Eksempelvis viser alarmutskriften slikt lavt trykk i 1. og 4. etasje kl 09.48 og kl 10.30. I 2. etasje vises alarm for lavt trykk kl 10.30 og kl 11.36. Ved dette siste tidspunktet falt trykket til ca 10 %. Det ble informert om at disse alarmene var vanlige på grunn av dører som ble åpnet.
- Utskrift fra trykkovervåkingen i boligkvarteret viser at ca kl 12.40 og kl 13.18 har den ene vifteenheten sviktet i flere minutter (trykkfall til 50%) uten at dette fremkommer som alarmer til kontrollromsoperatøren. Systemet er ikke justert for å kunne gi alarm ved slik svikt i lufttilførselen.
- Kontrollromsoperatørens håndtering av alarmer (risikoforståelse og kompetanse)

Krav:

Styringsforskriften § 2 om barrierer

Aktivitetsforskriften § 29 om overvåking og kontroll

Rammeforskriften § 3 om anvendelse av maritimt regelverk i petroleumsvirksomheten, jf Sjøfartsdirektoratets regler for flyttbare innretninger 2003, forskrift om konstruksjon og utrustning av boligkvarteret på flyttbare innretninger § 9 om ventilasjon.

5.1.2 Risikovurderinger ved modifikasjoner

Avvik:

Manglende gjennomføring av risikovurderinger i forbindelse med utskifting av eksisterende HVAC-enhet til ny enhet med elektrisk varmeelement.

Begrunnelse:

- I 2006 ble eksisterende HVAC-enheter 1 og 2 i boligkvarteret byttet ut. Dette var en planlagt oppgradering av systemet siden eksisterende luftvarmer (basert på damp), spjeld og annet utstyr i systemet ikke fungerte tilfredsstillende. Det nye systemet var bygget med elektrisk varmeelement for oppvarming. Hverken Stena eller AC Marine som er leverandøren av de nye enhetene, gjennomførte risikovurderinger eller analyser av endringen som ble foretatt.
- I beskrivelsen av endringsarbeidet (Ref. 1) fremgår det hvilket utstyr som inngår i leveransen og hvem som har ansvar for installasjon av utstyret. Ansvar for de systemmessige endringene som ble gjort og krav til dokumentasjon er ikke definert.

- Det er ikke gjennomført risikovurderinger av kontrollstasjoner (bro, kontrollrom, radiatorom, osv.) i boligkvarteret basert på denne typen hendelser som kan sette alle slike stasjoner ut av funksjon.

Krav:

Styringsforskriften § 1 om risikoreduksjon, § 21 om oppfølging og § 22 om forbedring.

Innretningsforskriften § 4 om utforming av innretninger, bokstav c.

5.1.3 Design og installasjon av ny vifteenhet

Avvik:

Den nye HVAC-enheten var ikke konstruert og installert for å kunne operere under de systemmessig gitte betingelsene med mulighet for luftstrøm i motsatt retning ved viftestopp.

Begrunnelse:

- Det er ikke gjennomført en feilmodi/feileffekt-analyse (FMEA) for det nye systemet som belyser konsekvensene ved at viftreimen på det ene systemet svikter.
- Varmeelementet var merket for å angi strømningsretning for luften. Plassering av termostater for å koble ut varmeelementet ved overoppheting hadde ugunstig plassering for kunne fungere med luftstrøm i motsatt retning.
- Det var ikke iverksatt tiltak for å gi alarm eller stenge spjeld på luftinntaket for å hindre luftstrøm i feil retning.
- Dråpefanger var installert foran varmeelementet og laget i brennbart materiale. Denne hadde relativt lav antennelsestemperatur og var installert noen få cm fra varmeelementet. Med luftstrøm i motsatt retning av det normale, representerte denne løsningen en betydelig brannfare som ikke var tilstrekkelig analysert i designfasen.
- Det fremkom at leverandøren av HVAC-enheten anbefalte minimum 300 mm avstand mellom filterelement og varmeelement. Det var ikke definert en tilsvarende minimumsavstand mellom dråpefanger og varmeelement. Det fremkom imidlertid under samtalene med leverandøren at for nye lignende leveranser vil det ikke bli installert dråpefanger på tilsvarende måte.

Krav:

Innretningsforskriften § 9 om anlegg systemer og utstyr

Innretningsforskriften § 13 om ventilasjon og inneklima

Rammeforskriften § 3 om anvendelse av maritimt regelverk i petroleumsvirksomheten, jf Sjøfartsdirektoratets regler for flyttbare innretninger 2003, brannforskriften § 4 punkt 1.1 om risikovurderinger og boligforskriften § 6 om generelle krav punkt 6.

5.1.4 Mangelfull radio- og intern-kommunikasjon

Avvik:

Kommunikasjonssystemene internt på innretningen og mot land, inkludert VHF/UHF-systemene internt på innretningen og mot omkringliggende enheter, var ikke tilgjengelige for beredskapsledelsen og øvrig beredskapspersonell på en tilstrekkelig måte under innledende fase av hendelsen.

Begrunnelse:

- Utsagn fra intervjuet personell og skriftlige forklaringer bekrefter fra flere hold at det ikke var mulig å kommunisere med naboinnretninger, inkludert beredskapsfartøy eller helikopter, eller mot land, i innledende fase av hendelsen.

- Sentralt kontrollrom og beredskapssentral ble i løpet av kort tid fylt av røyk og gasser som forhindret tilgang til og bruk av stasjonært kommunikasjonsutstyr.
- Bærbart VHF-utstyr måtte hentes fra boredekket.
- Det var i innledende fase av hendelsen ikke mulig å gi melding over PA-systemet til mannskapet om bord.

Krav: Innretningsforskriften § 17 om systemer for intern og ekstern kommunikasjon, jf Aktivitetsforskriften § 68 om håndtering av fare- og ulykkessituasjoner, jf SD's Brannforskrift § 23 om kommunikasjonssystem.

5.2 Forbedringspunkter

5.2.1 Dokumentasjon av HVAC-systemet

Forbedringspunkt:

Dokumentasjon for HVAC-systemet på innretningen i form av systemfilosofi og flytskjema er ikke tilgjengelig.

Begrunnelse:

- Stena har bekreftet at de ikke har flytskjema for hele systemet tilgjengelig på kontoret i Bergen. Selskapet har heller ikke kunnet fremskaffe slike tegninger fra andre kilder. Det er mottatt et par håndlagde skisser som viser deler av systemet.
- I forbindelse med granskingen av hendelsen har systemfilosofi og systembeskrivelse for ventilasjonssystemet vært etterlyst. Slik dokumentasjon har ikke kunnet fremskaffes. Denne type dokumentasjon er viktig for å gi de som opererer systemet en riktig forståelse av funksjonen til systemet og for å kunne brukes som grunnlag ved modifikasjoner og oppgraderinger.

Krav:

Rammeforskriften § 17 om generelle krav til materiale og opplysninger og § 18 om dokumentasjon.

5.2.2 Installasjon av brannspjeld

Forbedringspunkt:

Det bør vurderes om det er installert brannspjeld i henhold til kravene og iverksatt nødvendige tiltak for å hindre spredning av røyk og branngasser.

Begrunnelse:

- Ved manuell nedstengning av HVAC-enheten lukket ikke spjeldet på inntaket som forutsatt. Det ble opplyst at dette sannsynligvis skyldes brannbelastningen det allerede var utsatt for.
- Røyken i ventilasjonssystemet spredte seg raskt til lugarer og operasjonsrom som er viktige å opprettholde i en ulykkessituasjon for å ivareta beredskapen ombord. Det er ikke fremlagt dokumentasjon som viser om det er installert brannspjeld eller iverksatt andre tiltak for å hindre spredning av røyk og varme gasser slik forskriften krever.

Krav:

Rammeforskriften § 3 om anvendelse av maritimt regelverk i petroleumsvirksomheten, jf Sjøfartsdirektoratets regler for flyttbare innretninger 2003, brannforskriften § 19 om tiltak mot brann punkt 17 til 20.

5.2.3 Innsamling og bearbeiding av alarmutskrifter**Forbedringspunkt:**

Innsamling, bearbeiding og bruk av alarmutskrifter fra brann- og gassdeteksjonssystemet bør forbedres.

Begrunnelse:

- I forbindelse med granskingen av hendelsen ble det fra Stenas side ikke umiddelbart iverksatt tiltak for å samle inn alarmutskrifter fra brann- og gassdeteksjonssystemet. Slike utskrifter er nyttige for å kunne bekrefte hendelsesforløpet og for å verifisere om branndeteksjonssystemet har fungert etter hensikten.
- Det er opplyst at tidsangivelsen i loggen for brann- og gassdeteksjonssystemet er 26 minutter for tidlig i forhold til korrekt tid.
- Loggen viser at det er relativt få røykalarmer fra lugarer i 1.etasje (101, 104 og 105) og viser ikke røykalarm fra blant annet radiorom og broen. Det fremkommer ikke i Stenas gransking om dette og andre forhold i loggen er som forventet.

Krav:

Styringsforskriften § 18 om innsamling, bearbeiding og bruk av data.

5.2.4 Vedlikeholdsstyring**Forbedringspunkt:**

Havarert vifteenhet i juli 2007 hadde ikke resultert i endrede prioriteringer eller justeringer av vedlikeholdsprogrammet for denne type utstyr. Det bør derfor vurderes om vedlikeholdsprogrammet brukes etter kravene i forskriften.

Begrunnelse:

- 3-månedlig vedlikeholdsjobb med forfall 1.10.2007 var ikke gjennomført på tidspunktet for brannen. Denne aktiviteten innebar blant annet inspeksjon av viften og grising av lagrene. Det ble opplyst at denne aktiviteten (arbeidsordre nr. 076463) var definert med lav kritikalitet og hadde dermed prioritet som innebar at den måtte utføres innen 3 måneder.
- Hele vifteenheten ble skiftet 18.7.2007 på grunn av havarert lager og ødelagte deler. Denne hendelsen hadde ikke medført justering av rutiner eller endrede inspeksjonsintervall for denne type utstyr.
- For den nye vifteenheten som ble installert ble det benyttet samme inspeksjonsintervall som for tilsvarende utstyr med lang driftserfaring.

Krav:

Aktivitetsforskriften § 44 om vedlikeholdsprogram og § 46 om vedlikeholdseffektivitet.

5.2.5 Stenas gransking av hendelsen

Forbedringspunkt:

Stenas system for gransking av hendelser (ref. prosedyre RAM 205b) bør gjennomgås for å vurdere behov for forbedringer. Dette gjelder både beskrivelser i prosedyren og etterlevelse av krav i prosedyren.

Begrunnelse:

- Hendelsen ble klassifisert i gult område noe som innebærer at nivå av granskingen ifølge prosedyren skal bestemmes i hver enkelt tilfelle. I dette tilfelle ble det iverksatt gransking på Rig Manager nivå. Potensialet i hendelsen er senere klassifisert i rødt område noe som etter prosedyren innebærer gransking på høyeste nivå.
- Prosedyren angir i punkt 5.2 at kravet til uavhengighet skal vektlegges ved etableringen av granskingsgruppen. Granskingsgruppen som ble sammensatt hadde ikke denne uavhengigheten.
- Det er ikke beskrevet i prosedyren når entreprenører eller leverandører skal delta i granskingen. I dette tilfelle var leverandøren om bord for å bistå under arbeidet, men var ikke en del av granskingsgruppen. StatoilHydro var representert med to personer i granskingsgruppen.
- Beredskapsmessige forhold omfattes ikke av granskingsprosedyren og ble i liten grad belyst under selskapets gransking. Det ble i ettertid inngått en avtale med Falck Nutec om at beredskapsmessige forhold skulle gjennomgås som en egen aktivitet.
- Vitneforklaringer og ”power point”-presentasjon for erfaringsoverføring ble mottatt underveis i vår gransking, men var ikke vedlagt den endelige granskingsrapporten fra Stena slik det fremgår av prosedyren.

Krav:

Styringsforskriften § 19 om registrering, undersøkelse og gransking av fare- og ulykkessituasjoner.

5.2.6 Oppfølging og evakuering av personell involvert i hendelsen

Forbedringspunkt:

Rutiner og prosedyrer for evakuering og oppfølging av personell involvert i hendelsen bør oppdateres basert på erfaringer fra denne hendelsen.

Begrunnelse:

- Samme dag kl 16.20 ble det fra plattformsjef gitt en tilbakemelding om bord om hendelsen. Personell som hadde vært eksponert for røyk ble bedt om å kontakte sykepleier.
- Forberedelse til demobilisering startet kl 17.00. Denne beslutningen var basert på forholdene i boligkvarteret med røyk og sot samt usikkerhet med hensyn til mulige eksponering mot farlige stoffer etter brannen. Stress blant personell ble også i denne sammenheng vurdert. Med tanke på alvorlighetsgraden i hendelsen tok det relativt lang tid før evakuering var gjennomført.
- Personell som ble fløyet til Flesland 4.12 og 5.12 ble møtt på flyplassen og transportert til hotell i Bergen. Her var representanter fra både Stena og StatoilHydro tilstede og det ble gitt en orientering om hendelsen og planlagte oppfølgingstiltak. Tilsvarende oppfølging ble foretatt den neste uken for de 19 som utgjorde sikkerhetsbemanningen om bord.

- (18. og 19.12 ble det gjennomført ytterligere oppfølgingsmøter i henholdsvis Aberdeen og Bergen hvor mulig eksponering av branngasser og røyk i boligkvarteret under og etter brannen var sentrale tema.)
- Det ble informert om at luftkvaliteten i boligkvarteret vil bli overvåket i en periode etter hendelsen. Medisinsk oppfølging av personell skulle vurderes uten at dette ble nærmere dokumentert.
- StatoilHydro benyttet tidligere erfaringer og var en pådriver for å få gjennomført nevnte aktiviteter. Oppfølgingen av involvert personell etter alvorlige hendelser var ikke beskrevet i Stenas styringssystem.

Krav:

Aktivitetsforskriften § 68 om håndtering av fare- og ulykkessituasjoner.

5.2.7 Sykestuen satt ut av funksjon – mangelfull medisinsk beredskap

Forbedringspunkt:

Sykestuen ble på et tidlig stadium i hendelsen satt ut av funksjon fordi rommet ble fylt med branngasser og røyk fra HVAC-systemet. Dette kunne forhindre tilgang til livsviktig medisinsk utstyr og til behandlingsfasiliteter i en innledende fase av hendelsen. Det var heller ikke tilgjengelig reserve-sykestue.

Begrunnelse:

- Utsagn fra sykepleier om bord.
- Tolkning av mottatt informasjon under møter og samtaler og utlevert dokumentasjon etter hendelsen.
- HVAC-systemet var ikke slik designet at det lot seg gjøre å hindre tilsig av røyk og branngasser til selve sykestuen.

Krav: *Aktivitetsforskriften § 68 om håndtering av fare- og ulykkessituasjoner, jf Aktivitetsforskriften § 6 om helsetjenesten og § 7 om helsetjenestens oppgaver.*

5.2.8 Beredskapsrom satt ut av funksjon – mangelfull redundans/reserve beredskapsrom

Forbedringspunkt:

Sentralt kontrollrom, som også er beredskapssentral om bord, ble tidlig i hendelsen satt ut av funksjon pga tilførsel av røyk og branngasser via HVAC-systemet. Av samme årsak var det heller ikke tilgang til redundant/reserve beredskapsrom med nødvendig beredskaps-, kommunikasjonsutstyr og overvåkingsfunksjoner, jf avvik 5.1.4.

Begrunnelse:

- Utsagn fra flere personer som oppholdt seg om bord under hendelsen, inkludert plattformsjef/beredskapsleder.
- Bekreftet av mottatt dokumentasjon som viser spredning av røyk og branngasser fra HVAC-systemet i det aktuelle tidsrommet.

Krav: *Aktivitetsforskriften § 68 om håndtering av fare- og ulykkessituasjoner, jf Aktivitetsforskriften § 66 om beredskapsorganisasjon og dens robusthet.*

5.2.9 Beredskapskompetanse innsatspersonell

Forbedringspunkt:

To av medlemmene i førstehjelpslaget mønstret ikke i sykestuen men rett til livbåt ved alarm. Et tidligere medlem av brannlag iverksatte brannsløkking på egenhånd uten å være medlem av det aktuelle brannlaget om bord på innretningen under hendelsen.

Begrunnelse:

- Opplysninger fremkommet under samtaler, intervjuer og i skriftlige forklaringer fra involvert personell om bord bekrefter at to medlemmer av førstehjelpslaget om bord mønstret direkte til livbåt og ikke i henhold til plan for førstehjelpslaget.
- En av mannskapet som skulle verifisere hendelsesstedet forsøkte først på egenhånd å slokke brannen i HVAC-enheten med et CO₂-håndapparat uten å lykkes, og fortsatte deretter slokkearbeidet ved bruk av håndapparater uten først å involvere beredskapsleder, skadestedsleder eller å be om assistanse fra brannmannskap om bord.

Krav: Aktivitetsforskriften § 68 om håndtering av fare- og ulykkessituasjoner, Aktivitetsforskriften § 19 om kompetanse, jf styringsforskriften § 21 om bemanning og kompetanse.

5.2.10 Kapasitetsproblemer ved etterfylling av pusteapparater

Forbedringspunkt:

Begrenset kapasitet på enhet (kompressor) for etterfylling av pusteapparater/pusteluftflasker til brannmannskapene.

Begrunnelse:

- Opplysninger fremkommet under samtaler og intervjuer bekrefter at luftkompressoren om bord ikke har kapasitet til å etterfylle pusteluftflaskene innen rimelig tid/ bruker inntil 30 – 40 minutter pr flaske.

Krav:

Aktivitetsforskriften § 68 om håndtering av fare- og ulykkessituasjoner, jf SD's brannforskrift § 13 om brannmannsutstyr og § 14 om tillegg til brannmannsutstyret hvor det fremgår krav til høytrykkskompressor for fylling av luftflasker til trykkluftapparater.

5.2.11 Mangelfull bruk av pustemasker på lugar (smokehoods)

Forbedringspunkt:

Ingen brukte pustemasken som er plassert inne på lugarene under evakueringen av boligkvarteret.

Begrunnelse:

Opplysninger fremkommet under samtaler og intervjuer om bord bekrefter at ingen tok i bruk pustemasken som er utplassert på hver lugar til dette formålet under den aktuelle hendelsen. Flere beskriver boligkvarteret som fylt av til dels mye røyk.

Krav: Aktivitetsforskriften § 68 om håndtering av fare- og ulykkessituasjoner.

5.2.12 Mønstringsrutiner og registreringssystem for POB

Forbedringspunkt:

I innledende fase etter at hendelsen var varslet og alarmert hadde man ikke full oversikt over POB-listen ved at det manglet personell/ikke alle var blitt registrert. To medlemmer av førstehjelpslaget mønstret heller ikke i henhold til instruks. (Til livbåt og ikke i sykestuen). Bemanningsoversikten (POB) om bord oppdateres ikke daglig med navn og funksjoner på personer som inngår i beredskapsorganisasjonen.

Begrunnelse:

- Rask tilgang til og korrekt personelloversikt er et viktig utgangspunkt for beredskapstiltak for redning av personell i en nødssituasjon.
- Feil mønstring kan lett resultere i feil og uheldig ressursbruk om bord i en nødssituasjon.
- "Emergency Plan" angir funksjon og ikke navn på hvem som til enhver tid innehar funksjonen.

Krav: Aktivitetsforskriften § 68 om håndtering av fare- og ulykkessituasjoner, Aktivitetsforskriften § 19 om kompetanse, jf Styringsforskriften § 11 om bemanning og kompetanse.

5.3 Barrierer som har fungert:

Under den kritiske delen av hendelsen måtte radiorom, kontrollrom og beredskapssentral evakueres slik at det ikke var tilgang til overvåkings- og kommunikasjonsutstyr som normalt benyttes i en beredskapssituasjon. Det ble likevel etablert tilstrekkelig kommunikasjon mellom beredskapsledelsen, innsatslagene og de tekniske lagene slik at evakueringen og brannslukkingen ble gjennomført på en tilfredsstillende måte. Spesielt fremheves betydningen av at alle lugarer og viktige områder sjekkes i en tidlig fase for eventuelt å kunne hjelpe personer under evakueringen.

I ventilasjonsenheten var det benyttet 50 mm isolasjon noe som kanskje har bidradd til at brannen ikke spredte seg til omkringliggende områder.

6 Diskusjon omkring usikkerheter

Granskingen bygger i stor grad på Stenas egen gransking med noen tilleggsintervjuer. Selskapets ledelse i Aberdeen har ikke vært intervjuet av Ptil i forbindelse granskingen for å kartlegge deres involvering og ansvar i forbindelse med de bakenforliggende årsakene som ledet til hendelsen. Dette er imidlertid forhold som bør tas opp i den videre oppfølgingen av tiltakene etter hendelsen.

HVAC-enheten for boligkvarteret på Songa Dee ble installert nytt i november 2006. I juli 2007 ble vifteenhet nr 2 byttet ut med ny enhet etter lagerhavari. Denne nye enheten forårsaket brannen mindre enn 5 måneder senere. I rapportens punkt 5.2.4 er det angitt et forbedringspunkt angående vedlikeholdsstyringen i forbindelse med denne konkrete saken. I granskingen har vi imidlertid ikke generelt vurdert om selskapets vedlikeholdsprogram brukes aktivt for å forebygge hendelser av denne art.

Normal aktivitet på innretningen ble gjenopptatt ca 10 dager etter hendelsen. Ventilasjonen til boligkvarteret ble etablert med forsyning fra vifteenhet nr. 1 som i liten grad var berørt av hendelsen. Varmeelementet for denne enheten ble ikke benyttet og det ble opplyst at lugarer,

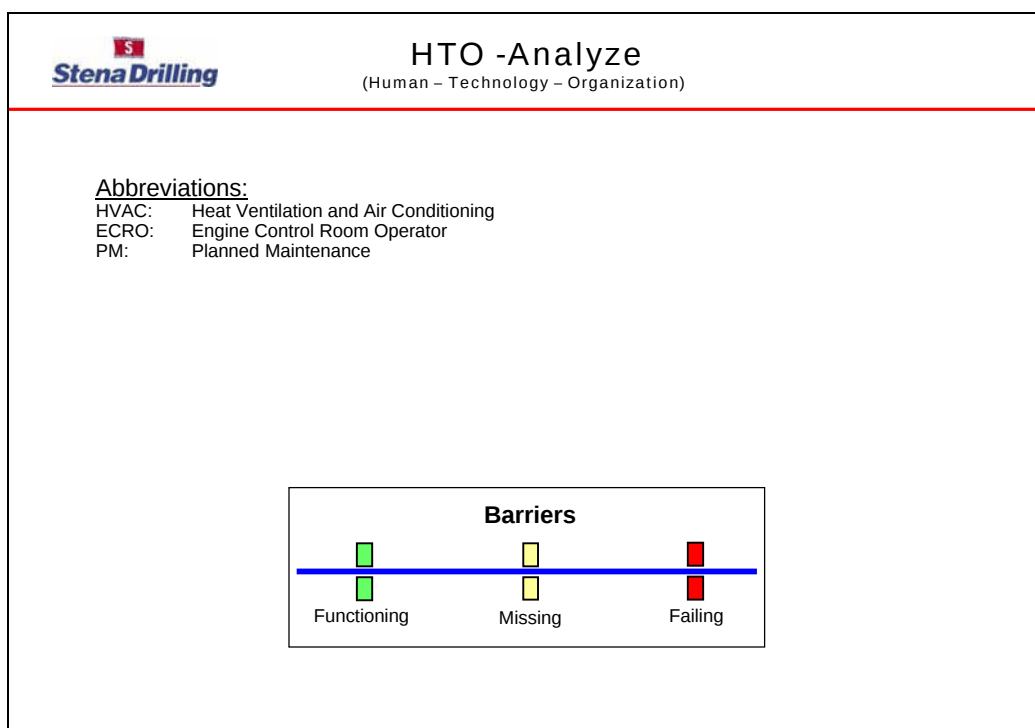
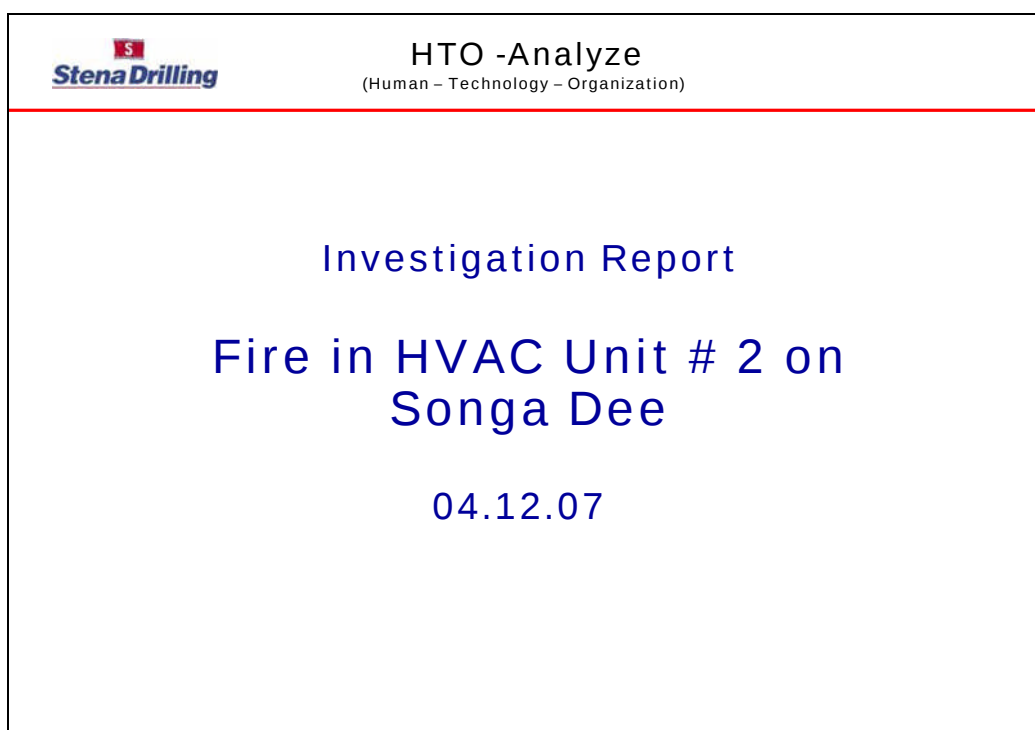
rekreasjonsrom, osv. hadde tilstrekkelig med varmeovner til at kravene kunne ivaretas. Det er også opplyst at kravene til 50 Pascal overtrykk i boligkvarteret er ivaretatt med kun enhet 1 i operasjon. Det forutsettes at de kompenserende tiltakene som er iverksatt vil oppdage ventilasjonssvikt eller tap av overtrykk i tide, og at nødvendige tiltak i denne forbindelse vil bli iverksatt.

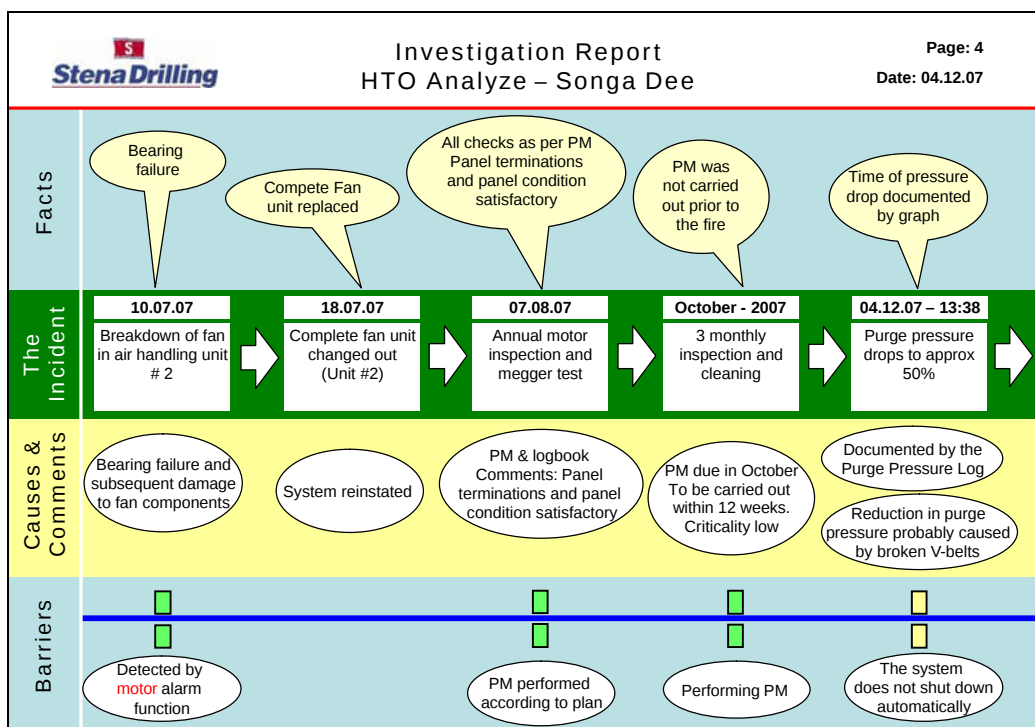
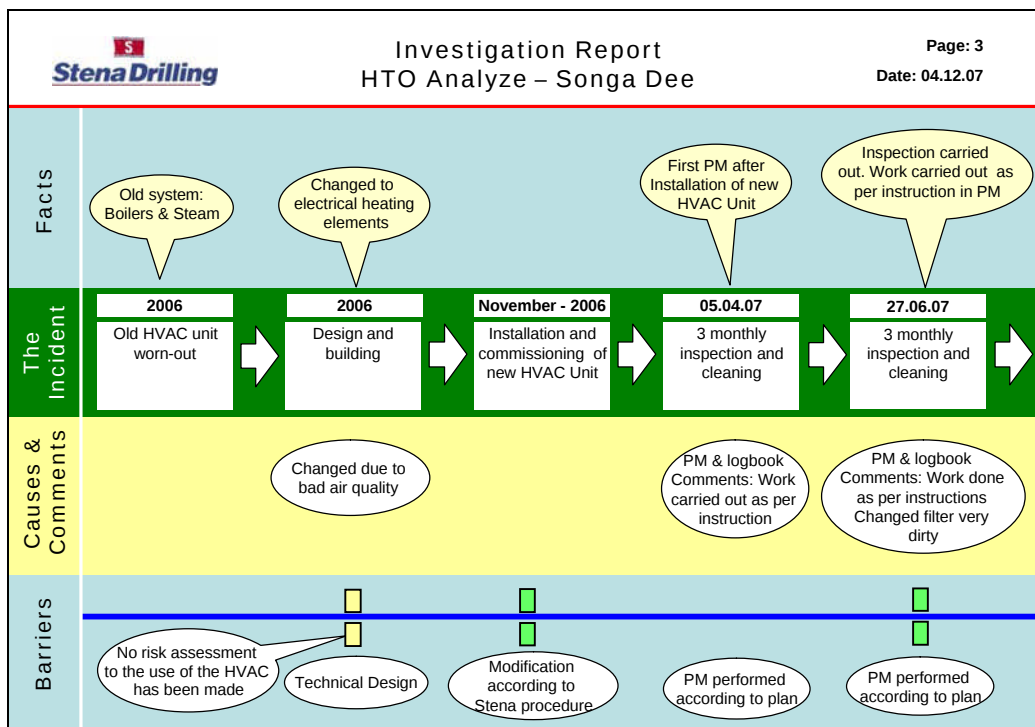
Leverandøren av den nye HVAC-enheten, AC Marine, besluttet etter hendelsen å nedsette en intern granskingskomite. Denne granskingen har betinget et tett samarbeid med produsenten i Sverige. Det er ikke definert et tidspunkt for når denne granskingen vil være avsluttet. Vi har imidlertid fått informasjon om at selskapet etter foreløpige undersøkelser ikke har funnet at de har levert tilsvarende systemer, med mulighet for tilbakestrøm av luft og manglende sikkerhetsbarrierer relatert til dette. AC Marine har også opplyst at de vurderer om det må gjennomføres laboratorieforsøk som grunnlag for fastsetting av sikkerhetsavstand mellom filter og varmebatteri. Det vises i denne forbindelse til avvik 5.1.3.

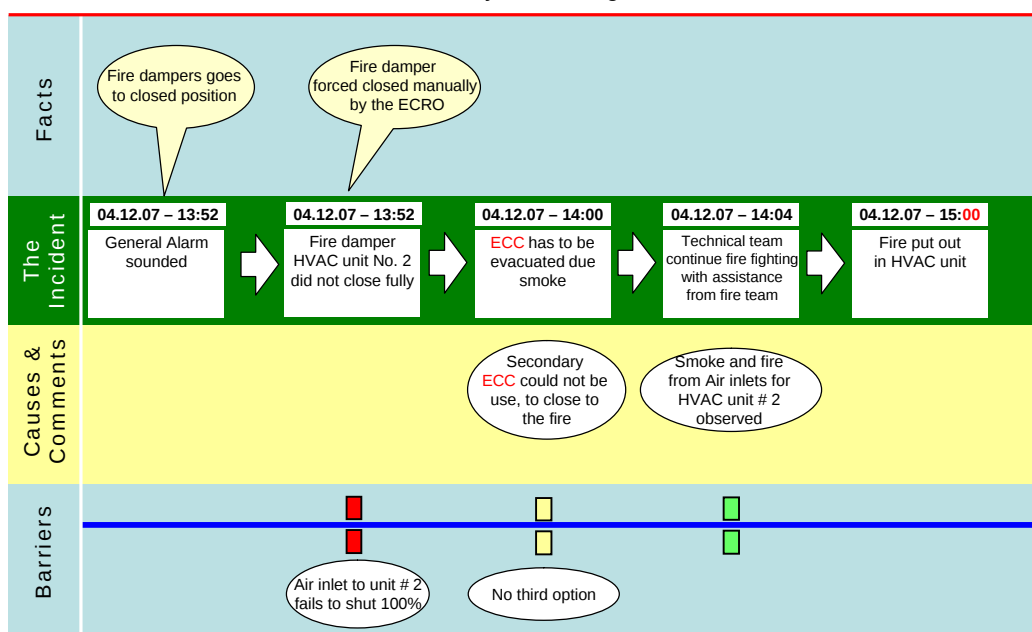
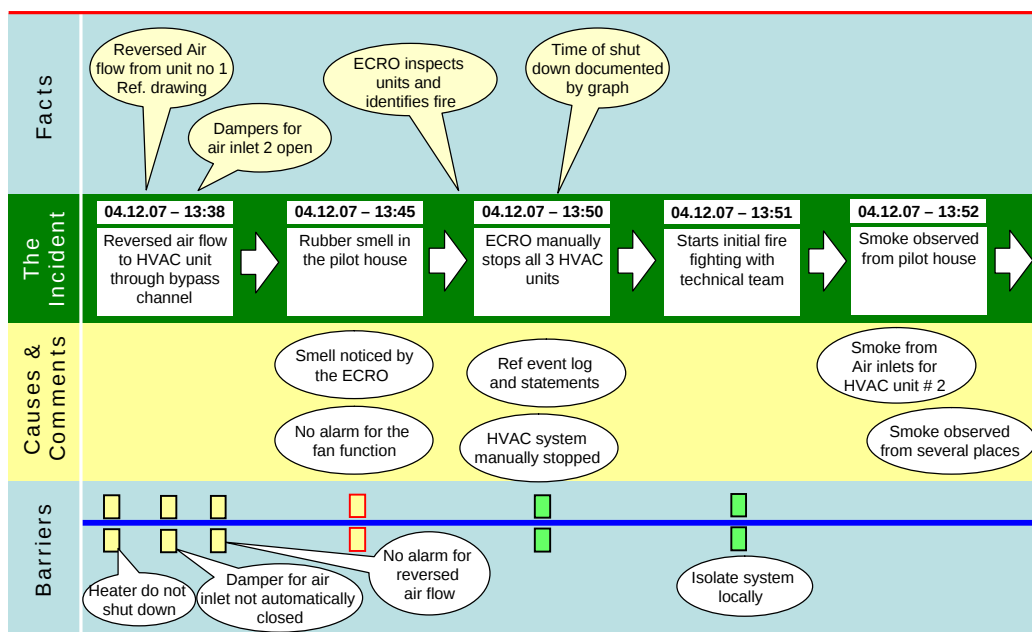
Gransking av beredskapsmessige forhold har i liten grad vært en del av Stenas granskingsmandat, ref punkt 5.2.5. I granskingsrapporten til selskapet er det imidlertid definert noen tiltak som innebærer at disse forholdene vil bli gjennomgått. Stena har inngått avtale med Falck Nutec om dette og det er opplyst at selskapet blant annet vil vurdere opplæring av personell i beredskapsorganisasjonen, bruk av brannbekjempelsesutstyr, øvelsesprogram, osv. Det er også opplyst Falck Nutec vil forta en gjennomgang av kommunikasjonsmidler, og annet utstyr som ble benyttet under hendelsen, for å vurdere om plassering og mengden av slikt utstyr er i henhold til regelverket. Denne gjennomgangen kan resultere i nye avvik eller forbedringspunkter og må følges opp av Ptil i det videre oppfølgingsarbeidet.

7 Vedlegg

7.1 Vedlegg A: MTO hendelses- og årsaksanalyse – utarbeidet av Stena Drilling







7.2 Vedlegg B: Følgende dokumenter er lagt til grunn i granskingen:

1. "Work Manual – Installation of new AC-units"
2. Tegning for HVAC-systemet – skisser
3. Alarminstruks for Songa Dee
4. Synergirapporter 1215 og 1607
5. Prosedyre for registrering og oppfølging av uønskede hendelse, ref RAM 205b
6. "Alarm log Songa Dee" fra 4.12.2007
7. Foto fra innretningen relevant for hendelsen
8. Organisasjonskart for innretningen og landorganisasjonen
9. POB-liste
10. Brodokument mot StatoilHydro
11. Beredskapsmanual, REM 300-01, REM 303-1, REM 305-1, REM 307-01
12. "Incident/equipment failure notification form No 087-07"
13. Arbeidsordrer fra vedlikeholdssystemet relatert til HVAC-enheten
14. Utskrifter fra trykkovervåkingen i boligkvarteret.
15. Alarmliste fra brann- og gassdeteksjonssystemet
16. "Safety Notice No 01/2008 from Stena Drilling"
17. "Stenas powerpoint presentation from the incident"
18. "Incident investigation report" fra Stena mottatt 4.1.2008.
19. "Maintenance procedure Norwegian operations", ref doc. MAI 203.
20. Stenas MTO-analyse
21. Vitneavhør fra Stenas gransking
22. Stena brev NCR 064/07 datert 25.1.2008 angående søknad om avvik
23. Dokumentasjon fra AC Marine for ny HVAC-enhet

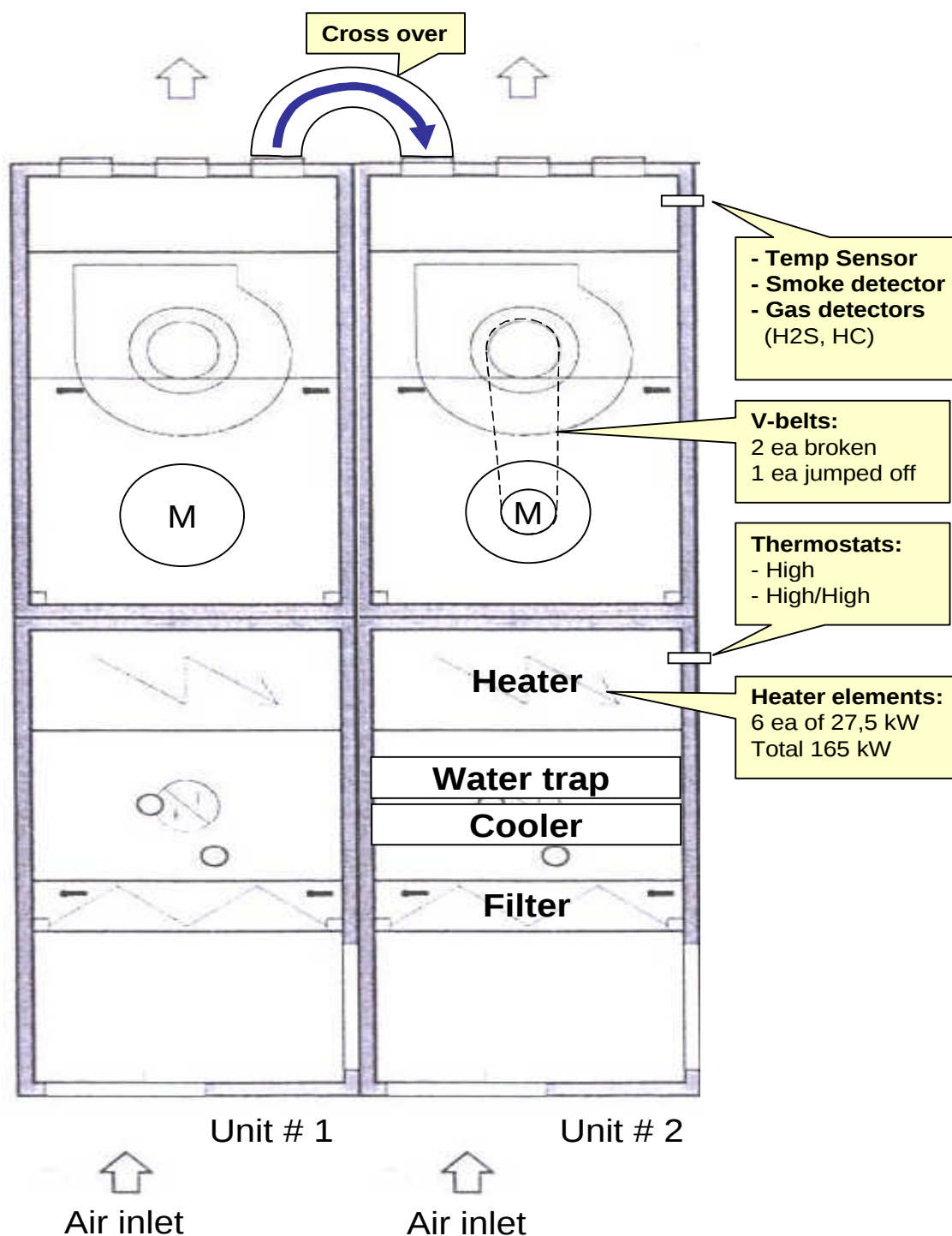
7.3 Vedlegg C: Oversikt over intervjuet personell

NAVN	FUNKSJON	OPPSTARTSMØTE	INTERVJUET I GRANSKINGEN	OPPSUMMERINGS-MØTE
Dag Harald Lie	Rig manager - Stena	x		x
Einar Levang	QHSE manager - Stena	x		x
Jim Sugden	HSE manager - Stena	x		x
Per Søreide	Tech supt. - Stena	x		x
Phil Kirton	Chief engineer - Stena	x	x	
Perry Maddison	Safety delegate/welder - Stena	x	x	
Terje Skram	Prosjektleder- StatoilHydro	x	x	x
Anders Hovland	Teknisk sikkerhet- StatoilHydro	x	x	
Geir Reigstad	HSE- StatoilHydro	x	x	
Øystein Bruncell Larsen	QHSE Manager- Songa offshore	x		
Lise Haugen	HMS&K ingeniør- StatoilHydro		x	x
Keith MacKechnie	OIM- Stena		x	
Mogota van den Brink	Barge eng./ Skadestedsleder, Stena		x	
Jan terje Sønstabø	Avdelingsleder, AC Marine		x	
Frode Teigland	Serviceing, AC Marine		x	

7.4 Vedlegg D: Forkortelser:

Ptil	- Petroleumstilsynet
OIM	- Offshore Installation Manager (plattformsjef)
POB	- Persons on board (personell om bord)
HVAC	- Heating, ventilation and airconditioning system (ventilasjonsanlegg)
MTO	- Granskingsmetodikk (sammenhengen mellom menneske/teknologi/organisasjon)
ECC	- Emergency Control Centre (beredskapssentral)
ECR	- Engin Control Room (maskin kontrollrom)
ECRO	- Maskin kontrollromsoperatør
BRCO	- Ballast kontrollromsoperatør
FMEA	- Feilmodi/effekt analyse

7.5 Vedlegg E: Figurer og bilder



Figur 1: HVAC-enhet 1 & 2 - Songa Dee



Figur 2: Overtrykk i boligkvarteret



Bilde 1: HVAC-enhet 2 - varmebatteri og motor for vifte



Bilde 2 Viftehus



Bilde 3 Filterenhet



Bilde 4 Messe



Bilde 5 Bysse



Bilde 6 Rekreasjonsrom