

Granskingsrapport

COA ACC

Intern ulykkesgransking

Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

Klassifisering: Open	Status: Endelig – frigitt
Rapport nr.: A MMP L1 2020-23	Dato: 26.02.2021
Utløpsdato: 26.02.2031	Synergi nr.: 1638261

Kortfattet beskrivelse:

Den 02.12.2020 kl. 14:31:12 skulle en turbingenerator på Tjeldbergodden stenges ned manuelt på grunn av ustabilitet. Turbingeneratoren stanset ikke som den skulle, men økte i stedet hastigheten. Etter ca. 7 minutter, kl. 14:38:04 havarte en kobling mellom dampturbinen og et gir. Dette slynget ut tunge metaldeler, der en av disse slo hull i en rørlinje med smøreolje til turbingeneratoren, og smøreoljen antente. Etter ca. 20 minutter ble smøreoljepumper stanset. Dette stoppet føden av olje til brannen, og fra kl. 15 ble intensiteten raskt lavere.

Ingen personer ble skadet under hendelsen, men dersom det hadde blitt skader på annet utstyr i kompressorbygget kunne dette gitt lekkasje og eksplosjon av syntesegass som hovedsakelig består av hydrogen og karbonmonoksid.

De viktigste læringsbehovene etter hendelsen er:

- Øke og opprettholde kompetanse på dampturbiner i Equinor
- Redusere risiko for havari av dampturbiner ved å blant annet sikre at det er etablert tilstrekkelig forebyggende vedlikehold av kritiske ventiler
- Evaluering av tiltak for å forhindre at fragmenter på grunn av havari av roterende utstyr gir eskalering i omgivelsene, deriblant syntesekompressor

Granskingsgruppe:

Erling Handal	Granskingsleder	COA ACC
Otto-Inge Sandvik	Medgransker	MMP OPL TBO OPS PM
Henri de Jong	Sakkyndig mekanisk roterende	DPN OTE TMC RCM TON
Theodor Brenne Bondevik	Verneombud	MMP OPL TBO OPS D
Roy Vegard Ovesen	Sakkyndig prosesskontroll	MMP OPL TPO KAR SA

Godkjent av:


Erling Handal (sign) Granskingsleder COA ACC

26/2-2021
Dato

Godkjent av:


Jane Saure (sign) VP Gransking COA ACC

26.02.2021
Dato

Frigitt av oppdragsgiver:


Irene Rummelhoff (sign) EVP MMP

10.05.2021
Dato

Klassifisering: Open
 Status: Endelig – frigitt
 Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

Innhold

1	Sammendrag	3
2	English summary	8
3	Mandat og gjennomføring av granskingen	13
4	Bakgrunnsinformasjon.....	15
5	Hendelsesforløp og beredskap	38
6	Konsekvenser	46
7	Årsaker.....	61
8	Arbeidsprosesser, krav og barrierer.....	74
9	Tilsvarende hendelser.....	86
10	Anbefalinger for læring	88
11	Forkortelser og begreper	91
12	Referanser	92
App A	Intervjulist.....	93
App B	Varsel sendt til Petroleumstilsynet	94
App C	Hendelser fra design av Tjeldbergodden frem til sommeren 2020	96
App D	Forslag til sjekklister for område med sandblåsing	97
App E	Vurdering av potensiell konsekvens utført av Sikkerhetsteknologi	98

1 Sammendrag

Hovedformålet med denne granskingen i ettertid av hendelsen er å bidra til en konstruktiv læringseffekt for å forhindre gjentakelse og for å oppnå en forbedring av HMS nivået. Arbeidet er utført etter granskingsgruppens beste evne, og er basert på vurdering av tilgjengelig kunnskap og informasjon. Granskingsgruppen har ikke foretatt noen vurdering av de juridiske sider av hendelsen, herunder i forhold til årsaker, ansvar eller lignende forhold.

1.1 Hendelsen

Tjeldbergodden bruker en dampdrevet turbingenerator til å generere mellom 19 og 21 MW strøm fra overskuddsdamp i metanol-anlegget (tatt fra kurve over døgnmiddel i 2020). Den 02.12.2020 kl. 14:31:12 valgte kontrollromsoperatør å stenge ned turbingeneratoren manuelt på grunn av ustabilitet. Dette skjer flere ganger hvert år, og kontrollromsoperatører øver på slik nedkjøring i simulator. Nedkjøringen skal sette anlegget i trygg stilling. Denne gangen stanset imidlertid ikke turbingeneratoren som den skulle, men økte i stedet hastigheten. På grunn av at hastigheten kom ut over måleområdet er det bare mulig å si at hastigheten var minst 134 % av nominell hastighet, men sannsynligvis langt høyere. Etter ca. 7 minutter, kl. 14:38:04 havarerte en kobling mellom dampturbinen og et gir. Dette slynget ut tunge metalleder som traff utstyr inne i kompressorhuset der turbingeneratoren er plassert, mens andre deler gikk gjennom yttervegg og tak. En del slo hull i en rørlinje med smøreolje til turbingeneratoren, og smøreoljen antente. En gassdetektor i bygget ga alarm ni sekunder etter havariet, og første flammetektor ga alarm etter 14 sekunder. Ca. 14 minutter etter havariet ble smøreoljepumper, både pumper drevet fra strømmettet og batteridrevet reservepumpe stanset. Dette stoppet føden av olje til brannen, og fra kl. 15 ble intensiteten raskt lavere.

Ingen personer ble skadet under hendelsen, men dersom det hadde blitt skader på annet utstyr i kompressorbygget kunne dette gitt lekkasje og eksplosjon av syntesegass som hovedsakelig består av hydrogen og karbonmonoksid.

I etterkant ser granskingsgruppen at en svakhet i design ikke har blitt fanget opp hverken av produsent, EPC-kontraktør, prosjektavdelingen, eller ved senere interne og eksterne sikkerhetsgjennomganger av anlegget.



Figur 1-1 Turbingeneratoren etter brannen.

Bildet viser at kobling mellom dampturbinen (til venstre) og giret (til høyre) er borte

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

1.2 Konsekvenser

Granskingsgruppen har klassifisert hendelsen med faktisk alvorlighetsgrad **Rød 1** for kategorien **Kostnader/tap**, og faktisk **Rød 2** for kategoriene **Lekkasjer av olje/gass/brennbare væsker** og **Brann/Eksplosjon**.

Høyeste mulige alvorlighetsgrad under ubetydelig endrede omstendigheter er klassifisert til **Rød 1** for kategoriene **Personskade**, **Lekkasjer av olje/gass/brennbare væsker**, **Brann/Eksplosjon**, **Feil på sikkerhetsfunksjoner og barrierer** og **Kostnader/tap**. Ubetydelig endrede omstendigheter betyr at det bare var tilfeldig at alternative utfall av hendelsen ikke inntraff, ikke hva som i verste fall kunne skjedd.

Begrunnelsen for klassifiseringen av faktisk alvorlighetsgrad er mer enn to måneders nedstenging av Tjeldbergodden, lekkasjeraten for smøreoljen beregnet til 5,4 kg/sekund og konsekvensene av brannen som eksponerte store deler av anlegget.

Begrunnelsen for klassifiseringen av mulig alvorlighetsgrad er at det kunne oppstått lekkasje av syntesegass med rate estimert til 19 kg/sekund ved fullt brudd i 2 tommers rørlinjer, og eksplosjon av syntesegass med mulighet for flere omkomne. Dette skyldtes feil på sikkerhetsfunksjoner og barrierer som truet hele anlegget.

1.3 Årsaker

De direkte årsakene til brannen var lekkasje av smøreolje til turbingeneratoren og at det var tennkilder ved turbingeneratoren. Den direkte årsaken til at det var potensial for eksplosjon i synteseanlegget var at det ikke er fysisk skille mellom turbingeneratoren og syntesegasskompressoren.

De bakenforliggende årsaker til smøreoljелеkkasjen er at deler fra kobling mellom dampturbin og gir havarerte og ble slynget ut, slik at deler slo hull på smøreoljelinjen. Havariet skyldtes «overspeed» av turbingeneratoren fordi en tilbakeslagsventil som skulle hindre tilbakestrømming av mellomtrykksdamp til dampturbinen ikke stengte. Grunnen til at tilbakeslagsventilen ikke stengte var at en luftstyrt aktuator ikke virket etter reparasjon med uoriginale deler, og at tilbakeslagsventilen ikke stengte av seg selv ved motsatt strømming på grunn av for stor treghet i lukkemekanismen, sannsynligvis på grunn av for kraftig etterstramming. Tilbakeslagsventilen var lavt klassifisert med hensyn på sikkerhet, og hadde derfor ikke et tilstrekkelig forebyggende vedlikeholdsprogram. Dette mener granskingsgruppen skyldes manglende bevissthet på kritikalitet av tilbakeslagsventil for dampturbiner. Denne manglende bevisstheten gjelder ikke bare på Tjeldbergodden siden det også er funnet lav kritikalitet på tilsvarende avstengningsventiler både for de andre landanleggene og enkelte offshore-installasjoner. Granskingsgruppen har ikke undersøkt hva konsekvensen ville blitt ved svikt av disse avstengningsventilene.

Granskingsgruppen er klar over at Tjeldbergodden har fått utført beregninger som viser at det trengs mer tilført damp enn det som går i de såkalte oppvarmingshullene i lavtrykks kontrollventiler for at turbingeneratoren skal havarere. Produsenten har fortalt at disse oppvarmingshullene samt lekkasje via labyrintpakningen med normal slitasje skal være tilstrekkelig. Endelige beregninger fra produsenten ventes ikke før i starten av mars 2021.

Årsak til antennelse av smøreoljen som lekket ut kan ikke endelig fastslås, men det er for høye overflatetemperaturer på turbingeneratoren i henhold til gjeldende standarder, og det kan ha oppstått gnister da koblingen havarerte eller økt temperatur ved for høy hastighet.

Årsaker knyttet til ledelse og styring oppsummeres slik: Det har ikke blitt fanget opp at kritikaliteten for tilbakeslagsventil 52-HV-0424 var «lav» med hensyn på sikkerhet, hverken på Tjeldbergodden, gjennom uavhengige verifikasjoner av

Klassifisering: Open

Status: Endelig – frigitt

Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

Teknisk Tilstand Sikkerhet, av fagmiljøet i Equinor eller ved eksterne risikoanalyser. Det samme gjelder det manglende fysiske skillet mellom turbingeneratoren, dampturbinen som driver syntesegasskompressoren og syntesekompressoren.

1.4 Arbeidsprosesser, krav og barrierer

I tabellen nedenfor er det listet opp arbeidsprosesser og krav med avvik.

Nr	Arbeidsprosess/ krav	Kommentar	Status
1	OM204.06 Verifiser teknisk tilstand sikkerhet (TTS)	TTS-gjennomganger har ikke avdekket kritikalitet for tilbakeslagsventil eller de varme overflatene på turbingeneratoren i samme bygg som syntesegasskompressoren	Avvik
2	NS-EN ISO 80079-36:2016 Eksplosjonsfarlige omgivelser Del 36: Ikke-elektrisk utstyr for eksplosjonsfarlige omgivelser	Overflatetemperaturen på utstyr i kompressorbygget er høyere enn grensen på 200 °C som gjelder for temperaturklassifisering av bygget	Avvik
3	EN IEC 60045-1:2020 Dampturbiner Del 1: Spesifikasjoner	Standarden beskriver at tilbakeslagsventiler i dampturbiner er sikkerhetskritiske	Avvik
4	GL0043 Eksplosjonsverndokument Tjeldbergodden	Dokumentet beskriver at kompressorhuset dominerer eksplosjonsrisikoen ved TBO, men nevner ikke de varme overflatene på dampturbinen	Avvik

Tabellen nedenfor viser status for de aktuelle barriereelementene på Tjeldbergodden.

Nr	Barriereelement	Barrierestatus
1	PS 1 Containment	Brutt barriere
2	PS 2 Natural ventilation and HVAC	Delvis intakt barriere
3	PS 3 Gas detection	Intakt barriere
4	PS 4 Emergency shutdown (ESD/NAS)	Intakt barriere
5	PS 6 Ignition source control	Delvis intakt barriere
6	PS 7 Fire detection	Intakt barriere
7	PS 8 Emergency depressurisation and flare/vent system	Intakt barriere
8	PS 9 Active Fire Protection	Delvis intakt barriere
9	PS 12 Process safety	Intakt barriere
10	PS 13 PAGA/Alarm and Communication System for use in Emergency Situations	Intakt barriere
11	PS 14 Escape, Evacuation and Rescue (EER)	Intakt barriere
12	PS 15 Layout Design Principles and Explosion Barriers	Brutt barriere

Klassifisering: Open
 Status: Endelig – frigitt
 Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

1.5 Positive forhold

Kontrollromsoperatører aktiverte manuell prosessnedstenging ca. 20 sekunder etter første gassalarm. Denne detektoren måler CO, altså både lekkasjer fra syntesegass og eventuelle røykgasser. Smøreoljepumpene som forsynte brannen ble stengt etter 12 minutter, og nødpumpen to minutter senere. Dette begrenset varigheten av brannen.

Beredskapen under brannen har etter granskingsgruppens mening fungert godt. Det var fokus på egensikring, innsatspersonell valgte selv og fikk beskjed om å ikke passere foran kompressorbygget da de mobiliserte. Innsatsleder besluttet at innsatslaget ikke kunne gå inn i bygget før også syntesekompressoren var trykkavlastet. Samarbeid med brannvesen, ambulanse og politi har også fungert godt.

Granskingsgruppen mener det var en riktig avgjørelse at det allerede samme kveld ble tatt kontakt med Klinik for krisepsykologi som Equinor har samarbeidsavtale med. Krisepsykologen ankom Tjeldbergodden dagen etter (torsdag 03.12.2020) og ledet flere møter/debriefinger for ulike grupper torsdag og fredag. Krisepsykologen hadde også individuelle samtaler med ledere og ansatte.

1.6 Anbefalinger for læring

Nr	Læring og forbedringsbehov	Anbefalte tiltak	Målgrupper
1	Øke og opprettholde kompetanse på dampturbiner	1. Sikre kompetanse på ingeniørnivå for dampturbiner. Dette må gjelde på tvers av MMP / DPN / DPI / DPB og TPD. Det bør også etableres opplæring for operatører som er ansvarlige for drift av dampturbiner	Equinor
2	Redusere risiko for havari av tungt roterende utstyr	2. Opprette funksjon/rolle med overordnet ansvar for maskinbeskyttelse av roterende maskiner i Equinor. Dette omfatter utstyr som tilhører flere ulike fagdisipliner. Det er allerede opprette en gruppe som skal ivareta gassturbiner, men ikke dampturbiner	Equinor
		3. Gjennomføre ny risikovurdering av turbingeneratoren og tilknyttet utstyr i forhold til dagens standarder basert på gjennomgangen som er gjort på dampturbinen for syntesegasskompressoren. ALARP legges til grunn	Tjeldbergodden (TBO)
		4. Oppdatere vedlikeholdskonsept for utstyr for å sikre at alt utstyr med medium kritikalitet på sikkerhet blir vedlikeholdt, uansett hva som er mediet i linjen	Equinor
		5. Etablere testprogram for tilbakeslagsventiler 52-HV-0424 og 52-HV-1083 for å sikre at solenoiden aktiverer aktuatoren og måling av moment som skal til for å operere ventilen manuelt når anlegget er stanset for å sikre god bevegelighet av spjeldet	TBO
		6. Vurdere å erstatte manuell ventil GT-358 (står i serie med 52-HV-0424 i ekstraksjonslinjen) med en hurtiglukkende tripp ventil tilsvarende 52-HV-379 som står i innløpet for høytrykksdamp. Vurder tilsvarende trippventil i ekstraksjonslinjen for syntesegasskompressor	TBO

Klassifisering: Open
 Status: Endelig – frigitt
 Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

Nr	Læring og forbedringsbehov	Anbefalte tiltak	Målgrupper
3	Redusere konsekvens av eventuelt turbinhavari	7. Oppdatere områdeklassifisering av kompressorhus med temperatur på varme flater på dampinnløp av turbin-generator (515–525 °C) og varme overflater på damp-turbinen som driver syntesegasskompressor (350–410 °C). Ses opp mot nytt GL-dokument som er under arbeid samt felles initiativ i OPL Next Step på ikke-elektriske tennkilder	TBO
		8. Vurdere fysisk skille mellom turbingenerator og syntesekompressoren	TBO
4	Redusere belastning på turbingenerator ved nedkjøring	9. Risikovurdere hastighetsøkning som skjer hver gang turbingenerator stenges ned. Sett opp mot standarden API 670 App O. Dersom risiko vurderes for høy må det settes tiltak for eksempel i forhold til nedstengningslogikk, rekkefølge eller timing	TBO
5	Vurdere anlegget i henhold til gjeldende standarder og krav	10. Etablere metode for å gjennomføre gap-analyser for anlegget når det kommer oppdaterte/nye standarder eller interne krav. Knyttes mot konserndekkene prosjekt «Process Safety» som ser på hva som gjøres i bransjen for øvrig. Ved metodeutviklingen bør det innhentes erfaringer fra Kalundborg som utfører systematisk gjennomgang av barrierer	Equinor
		11. Elementer fra «Forebyggende vedlikehold (FV) fra ende til ende»-prosjektet som er kjørt i DPN bør også implementeres i MMP slik at lokale FV-program blir oppdatert dersom det gjøres endringer på et høyere nivå	MMP OPL DI
6	Sikre entydig ansvar for utstyr	12. Avklare hvem som formelt skal ha operasjonelt ansvar for turbingeneratoren; system 52 eller system 30	TBO
7	Opprettholde god kvalitet i beredskap	13. Sikre fortsatt beredskapstrening på steder med minst like god kvalitet på treningsutstyr / fasiliteter som dagens valgte løsning. Inkluder dialog med kontraktsansvarlig for rammekontrakt for beredskapstrening	TBO
8	Unngå skader på utstyr i forbindelse med sandblåsing	14. Vurdere å implementere sjekkliste for tildekking ved sandblåsing for alle anlegg i Equinor, ikke bare Sleipner og Tjeldbergodden	Equinor
9	Unngå uklarheter i krav	15. Oppdatere krav i TR2237 PS15 SR-60145 som går på avstand mellom turbiner og kompressorhus dersom hensikten med kravet kun er for å sikre luftinntak mot HC-gass	Equinor
10	Sikre tilsvarende utstyr på andre anlegg	16. Sikre at den planlagte Task Force for dampturbiner blir etablert	Equinor
		17. Informere om hendelsen eksternt via Norsk Olje og Gass, L8 (landanlegg i Norge) og IOGP	Equinor
		18. Vurdere hvilke av disse tiltakene som også bør gjennomgås av andre anlegg med dampturbiner. Dersom dette dekkes av arbeidet som skal gjøres av Task Force for dampturbiner kan dette tiltaket lukkes	Equinor

2 English summary

The main purpose of this investigation in hindsight of the incident is to contribute to a constructive learning effect to prevent recurrence and to achieve an improvement of the safety level. The work is performed to the investigation team's best ability and is based on assessment of available knowledge and information. The investigation team has not made any assessment of legal aspects of the incident, including in relation to causes, liability or similar conditions. In case of deviation between this English translation and the Norwegian text, the latter is governing.

2.1 The incident

Tjeldbergodden uses a steam-powered turbine generator to generate between 19 and 21 MW of electricity from excess steam in the methanol plant (taken from a graph of daily average in 2020). On 2 December 2020 at 14:31:12, the control room operator chose to manually shut down the turbine generator due to instability. This happens several times every year, and control room operators practise such shutdowns in a simulator. The shutdown shall put the system in a safe position. This time, however, the turbine generator did not stop as intended, but instead increased speed. Since the speed exceeded the measurement range, it is only possible to conclude that the speed was at least 134% of the nominal speed, but probably much higher. After approximately seven minutes, at 14:38:04, a coupling between the steam turbine and a gearbox failed. This caused heavy metal parts to be ejected, which hit equipment inside the compressor building where the turbine generator is located, while other parts went through the outer wall and roof. A pipe with lubricating oil for the turbine generator was penetrated, and the lubricating oil ignited. A gas detector in the building gave an alarm nine seconds after the accident, and the first flame detector gave an alarm after 14 seconds. About 14 minutes after the incident, lubricating oil pumps, the two pumps powered by the mains and a battery-powered auxiliary pump were stopped. This stopped the supply of oil to the fire, and from 15:00 the intensity rapidly decreased.

No one was injured during the incident, but if there had been damage to other equipment in the compressor building, this could have resulted in a leak and explosion of synthesis gas which mainly consists of hydrogen and carbon monoxide.

In retrospect, the investigation team found that there was a weakness in design that had not been detected by the manufacturer, the EPC contractor or the project department, or during subsequent internal and external safety reviews of the plant.



Figure 2-1 Turbine generator after the fire. The picture shows that the coupling between the steam turbine (left) and the gear (right) is missing

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

2.2 Consequences

The investigation team has classified the incident with actual severity **Red 1** for the category **Costs/losses**, and actual **Red 2** for the categories **Oil/gas/flammable liquids leakages** and **Fire/explosion**.

The highest possible severity under slightly different circumstances is classified as **Red 1** for the categories **Personal injury**, **Oil/gas/flammable liquids leakages**, **Fire/explosion**, **Failure in safety functions and barriers** and **Costs/losses**. Slightly different circumstances mean that it was only by chance that alternative outcomes of the incident did not occur, not what could have happened in a worst-case scenario.

The reason for the classification of actual severity is the fact that production at Tjeldbergodden was shut down for more than two months, the leakage rate for the lubricating oil calculated to be 5.4 kg / second and the consequences of the fire that exposed large part of the plant.

The reason for the classification of possible severity is that there could have been a leak of synthesis gas at a rate estimated to be 19 kg / second in the event of a full rupture in 2-inch pipelines, and an explosion of synthesis gas with the possibility of several fatalities. This was due to faults in safety functions and barriers that threatened the entire facility.

2.3 Causes

The direct cause of the fire was leakage of lubricating oil to the turbine generator and the fact that there was an ignition source at the turbine generator. The direct cause of the potential for explosion in the synthesis plant was the lack of physical separation between the turbine generator and the synthesis gas compressor.

The underlying cause of the lubricating oil leak is that parts from the damaged coupling between the steam turbine and gearbox were flung out, and some of these parts punctured the lubricating oil line. The coupling failure was due to "overspeed" by the turbine generator because a non-return valve that should prevent backflow of medium pressure steam to the steam turbine, did not close. The reason why the non-return valve did not close was that an air-controlled actuator did not work after it had been repaired with non-original parts, and the non-return valve did not close by itself when the steam flowed in the opposite direction due to excessive friction in the closing mechanism, probably due to excessive retightening. The non-return valve was rated "low" in terms of safety and therefore did not have an adequate preventive maintenance programme. The investigation team believes this was due to lack of awareness of the criticality of non-return valves in steam turbines. This lack of awareness does not only apply to Tjeldbergodden since low criticality has also been found on similar shut-off valves for both the other onshore facilities and some offshore installations. The investigation team has not examined further what the consequences would be in the event of failure of these shut-off valves.

The investigation team is aware that calculations have been made for Tjeldbergodden which show that, for the turbine generator to fail, more steam is needed than what goes through the so called "warming-up holes" in the low-pressure control valves. The manufacturer has stated that these warming-up holes in addition to leakage via the labyrinth gasket under normal wear and tear should be enough. Final calculations from the manufacturer on this are not expected until the beginning of March 2021.

The cause of ignition of the leaking lubricating oil cannot be concluded, but the surface temperatures on the turbine generator are too high according to current standards, and sparks may have been created when the coupling failed, or the high rotation speed could have led to excessive temperatures.

Klassifisering: Open
 Status: Endelig – frigitt
 Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

Causes related to management and control are summarised as follows: the fact that the criticality of non-return valve 52-HV-0424 was classified as "low" with regard to safety has not been picked up on by Tjeldbergodden, through independent verifications of Technical Condition Safety (TTS, from the Norwegian *Teknisk Tilstand Sikkerhet*), by the professional environment in Equinor or by external risk analysis. The same applies to the lack of physical separation between the turbine generator, the steam turbine that drives the synthesis gas compressor, and the synthesis compressor.

2.4 Work processes, requirements and barriers

The table below lists work processes and requirements with deviations.

#	Work process / requirement	Comment	Status
1	OM204.06 Verify technical condition safety (TTS)	TTS-reviews have not detected the criticality of the non-return valve or the hot surfaces of the turbine generator in the same building as the synthesis gas compressor	Deviation
2	ISO 80079-36:2016 Explosive atmospheres Part 36: Non-electrical equipment for explosive atmospheres	The surface temperature of equipment in the compressor building is higher than the limit of 200 °C which applies to the temperature classification of the building	Deviation
3	EN IEC 60045-1:2020 Steam turbines – Part 1: Specifications	The standard states that non-return valves in steam turbines are safety-critical	Deviation
4	GL0043 Explosion protection document Tjeldbergodden	The document describes that the compressor building dominates the explosion risk at Tjeldbergodden, but does not mention the hot surfaces on the steam turbine	Deviation

The table below shows the status of the relevant barrier elements at Tjeldbergodden.

#	Barrier element	Barrier status
1	PS 1 Containment	Broken barrier
2	PS 2 Natural ventilation and HVAC	Partly intact barrier
3	PS 3 Gas detection	Intact barrier
4	PS 4 Emergency shutdown (ESD)	Intact barrier
5	PS 6 Ignition source control	Partly intact barrier
6	PS 7 Fire detection	Intact barrier
7	PS 8 Emergency depressurisation and flare/vent system	Intact barrier
8	PS 9 Active Fire Protection	Partly intact barrier
9	PS 12 Process safety	Intact barrier
10	PS 13 PAGA/Alarm and Communication System for use in Emergency Situations	Intact barrier
11	PS 14 Escape, Evacuation and Rescue (EER)	Intact barrier
12	PS 15 Layout Design Principles and Explosion Barriers	Broken barrier

Klassifisering: Open
 Status: Endelig – frigitt
 Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

2.5 Positive aspects

Control room operators activated the manual process shutdown approximately 20 seconds after the first gas alarm. This detector measures carbon monoxide, i.e. both leaks from synthesis gas and any flue gases. The lubricating oil pumps that were feeding the fire were shut down after 12 minutes, and the emergency pump two minutes later. This limited the duration of the fire.

In the opinion of the investigation team, the emergency response during the fire worked well. There was a focus on self-protection, members of the emergency response team decided themselves and were told not to pass in front of the compressor building when they mobilised. The On-Scene Commander decided that the emergency response team could not enter the building until the synthesis compressor had also been depressurised. Cooperation with the fire service, ambulances and police also worked well.

In the investigation team's opinion, it was the right decision to contact the Clinic for Crisis Psychology, with which Equinor has a collaboration agreement, the same evening. The crisis psychologist arrived at Tjeldbergodden the next day (Thursday 3 December 2020) and led several meetings / debriefings for various teams on Thursday and Friday. The crisis psychologist also had individual conversations with managers and employees.

2.6 Recommendations for learning

#	Learning and improvement needs	Recommended actions	Target
1	Increase and maintain expertise in steam turbines	1. Ensure engineer-level expertise for steam turbines. This must apply across MMP / DPN / DPI / DPB and TPD. Training should also be established for operators responsible for operating steam turbines	Equinor
2	Reduce the risk of failure of heavy rotating equipment	2. Create function / role with overall responsibility for machine protection of rotating machinery in Equinor. This includes equipment that spans several different disciplines. A team has already been set up to take care of gas turbines, but not steam turbines	Equinor
		3. Carry out a new risk assessment of the turbine generator and associated equipment in relation to current standards based on the review carried out on the steam turbine for the synthesis gas compressor. ALARP is to be used as a basis	Tjeldbergodden (TBO)
		4. Update equipment maintenance concept to ensure that all equipment with medium criticality for safety is maintained, regardless of the medium flowing in the line	Equinor
		5. Establish test programme for non-return valves 52-HV-0424 and 52-HV-1083 to ensure that the solenoid activates the actuator and measurement of torque required to operate the valve manually when the system is stopped to ensure smooth movement of the damper	TBO
		6. Consider replacing the manual valve GT-358 (in series with 52-HV-0424 in the extraction line) with a quick-closing trip valve corresponding to 52-HV-379 which is located in the inlet for high-pressure steam. Consider a similar trip valve in the extraction line for the synthesis gas compressor	TBO

Klassifisering: Open
 Status: Endelig – friggitt
 Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

#	Learning and improvement needs	Recommended actions	Target
3	Reduce consequence of a turbine failure	7. Update area classification for the compressor building with temperature of hot surfaces on steam inlet of turbine generator (515–525 ° C) and hot surfaces of the steam turbine that drives the synthesis gas compressor (350–410 ° C). Take into consideration the new GL document that is under development as well as the joint initiative in OPL Next Step regarding non-electrical ignition sources	TBO
		8. Consider a physical separation between turbine generator and synthesis compressor	TBO
4	Reduce load on turbine generator when shutting down	9. Risk assess the increase in speed that occurs each time the turbine generator is shut down. With reference to the standard API 670 App O. If the risk is considered too high, measures must be taken, for example in relation to shutdown logic, order or timing	TBO
5	Assess the plant in accordance with current standards and requirements	10. Establish a method for conducting gap analyses for a plant when there are updated/new standards or internal requirements. Align with the Equinor project "Process Safety" which is looking at what is being done in the industry in general. When developing the method, experience should be obtained from Kalundborg, which carries out a systematic review of barriers	Equinor
		11. Elements from the "Preventive maintenance (PM) from end to end" project run in DPN should also be implemented in MMP so that local PM programmes are updated if changes are made at a higher level	MMP OPL DI
6	Ensure clear responsibility for equipment	12. Clarify who has the formal operational responsibility for the turbine generator: system 52 or system 30	TBO
7	Maintain good quality in emergency preparedness	13. Ensure continued emergency preparedness training at locations with at least as good quality in training equipment/facilities as the solution currently in place. Include dialogue with the contract responsible for the framework agreement for emergency preparedness training	TBO
8	Avoid damage to equipment in connection with sandblasting	14. Consider implementing a checklist for covering during sandblasting for all facilities in Equinor, not just Sleipner and Tjeldbergodden	Equinor
9	Avoid ambiguities in requirements	15. Update requirements in TR2237 PS15 SR-60145 that specify the distance between turbines and compressor buildings if the purpose of the requirement is only to protect air intakes against HC gas	Equinor
10	Secure similar equipment at other facilities	16. Ensure that the planned Task Force for steam turbines is established	Equinor
		17. Inform about the incident externally via the Norwegian Oil and Gas Association, L8 (onshore facilities in Norway) and IOGP	Equinor
		18. Assess which of these recommended actions should also be reviewed by other plants with steam turbines. If this is covered by the work to be done by the Task Force for steam turbines, this recommended action can be closed	Equinor

3 Mandat og gjennomføring av granskingen

3.1 Mandat



Mandat for gransking av brann i kompressorhus - RUH1638261, Tjeldbergodden, 02.12.2020.

Bakgrunn:

Brann i kompressorhus TG (dampgenerator)
Klokken 14:34, 2.des 2020 oppstod det problemer med turbingeneratoren (drevet av vanndamp) i kompressorhuset. Kontrollrom (CCR) forsøkte å stanse TG ved å aktivere PSD. Det ble observert røyk ut fra kompressorhus kl. 14:37. Evakueringsalarm og trykkavlastning (ESD) ble aktivert, nødeter varslet og beredskapsorganisasjonen mønstret. Overrisslingsanlegg i kompressorhus ble aktivert. Første prioritet var egensikkerhet og kontroll på alt personell. POB viste at ingen var savnet og ingen var fysisk skadd. Innsatspersonell startet slukking og kjøling av kompressorhuset utvendig..

I overensstemmelse med selskapets krav nedsettes det en granskingsgruppe for å:

- Klarlegge hendelsesforløp og bakgrunn for forholdet
- Identifisere utløsende og bakenforliggende årsaker, samt årsaker knyttet til ledelse og styring
- Identifisere eventuelle avvik fra styrende dokumentasjon
- Identifisere barrierer som har sviktet og manglet, samt barrierer som har fungert
- Vurdere varslings- og beredskapsmessige forhold
- Vurdere hendelsens totale potensial
- Sjekke for tilsvarende hendelser/forhold og erfaringsoverføringer fra disse
- Gi anbefalinger og foreslå tiltak relatert til hendelsen/forholdet

Hovedformålet med denne granskingen i ettertid av hendelsen er å bidra til en konstruktiv læringseffekt for å forhindre gjentagelse og for å oppnå en forbedring av HMS nivået.

Granskingsgruppen består av:

- Erling Kristian Handal, Granskingsleder, COA ACC
- Otto-Inge Sandvik, Medgransker, TBO OPS PM
- Henri de Jong, Sakkyndig mekanisk roterende, TMC RCM TON
- Theodor Brenne Bondevik, VO TBO
- Roy Vegard Ovesen, Sakkyndig prosesskontroll, TPO KAR SA

Granskingsgruppens medlemmer skal i den perioden granskningen pågår ha dette som sin første prioritets arbeidsoppgave og være tilgjengelig når granskningsarbeidet krever dette. Oppdragsgiver for granskingen er Irene Rummelhoff, EVP MMP. Oppdragsgivers representant er Lena Skogly, VP O&M MMP OPL TBO. Granskingen skal gjennomføres på oppdragsnivå 1, i henhold til gjeldende krav og retningslinjer for ulykkesgransking. Granskingsgruppen skal være forberedt på mulig samhandling med styringskomiteen når granskingsgruppen skal anbefale tiltak (R-106006).

Tentativ tidsplan for granskingsarbeidet:

- Rapportutkast for høring innen 12.02.2021.
- Endelig rapport innen 26.02.2021.

08.12.20 / Sign.



Irene Rummelhoff, EVP MMP

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

3.2 Granskingsarbeidet

Gransking ble besluttet 07.12.2020, og granskingsgruppen ble etablert 08.12.2020. Granskingsarbeidet har bestått i befarings av hendelsesstedet, innhenting og gjennomgang av relevante dokumenter, intervjuer, tekniske undersøkelser og beregninger. Til sammen 30 intervjuer ble gjennomført i granskingen, se **App A**. Deler av granskingsgruppen har også hatt to møter med Baker Hughes/Nuovo Pignone som har levert turbingeneratoren. Leverandører har blitt spurt om en del tekniske forhold knyttet til havariet, og meldt tilbake at de planlegger å svare på dette innen 05.03.2021.

Granskingsarbeidet er utført i henhold til Equinor sin granskingsprosess som beskrevet i ARIS INV101.

Granskingsgruppen har fått bistand fra Sikkerhetsteknologi v/ Ole Kristian Sommersel til å utføre brann- og eksplosjonsberegninger for potensielle utfall av hendelsen. Resultatet er vist i **App E**. Videre har granskingsgruppen fått tilgang til data fra den lokale rotårsaksgruppen ved Tjeldbergodden. Rotårsaksgruppen ble ledet av Edgar Glomnes i TPO (Technical and Plant Optimisation).

Granskingsgruppen har fått kopi av bilder som ble tatt da politiet hadde befarings i og utenfor kompressorbygget. Politiet tok uken etter hendelsen beslag i fem ventiler; en tilbakeslagsventil (52-HV-0424), en høytrykks stengeventil (52-HV-379) og tre reguleringsventiler (52-FV-385, 52-PV-378 og 52-PV-380). Resultater fra politiets undersøkelser av disse var ikke ferdigstilt da granskingsgruppen leverte sin rapport.

Otto-Inge Sandvik har rollen som medgransker i granskingsgruppen. Høsten 2020 overtok han rollen som operasjonelt systemansvarlig for blant annet system 52. Det er også vanlig på Tjeldbergodden at den som er ansvarlig for synteseanlegget (system 30) også uformelt tar ansvar for annet utstyr som er i kompressorhuset (system 52). Dette inkluderer hjelpesystemer og dampanlegget. Før oppstart av granskingen ble det diskutert om dette gjorde ham inhabil, men siden han hadde hatt denne rollen i så kort tid ble det vurdert at det ikke var tilfelle.

En samlet granskingsgruppe står bak rapporten.

4 Bakgrunnsinformasjon

4.1 Tjeldbergodden

Equinor Tjeldbergodden er et landanlegg lokalisert på Aure, i Møre- og Romsdal fylke. Det består av et gassmottak (GRF – Gas Receiving Facility) for naturgass fra Heidrun med trykk ca. 125 bar, rate 75-85 kSm³/time. Gassen varmes opp og trykkreduseres før den sendes til metanolfabrikken som bruker naturgassen og oksygen til fremstilling av metanol. Oksygenet kommer fra en luftgassfabrikk (ASU – Air Separation Unit) som suger inn luft fra omgivelsene, komprimerer og kjøler ned i flere trinn til den blir flytende. Gjennom destillasjon separeres luften til hoveddelene oksygen, argon og nitrogen. Metanolfabrikken er den største i Europa, med en produksjonskapasitet på ca. 2500 tonn i døgnet. Tjeldbergodden har 130 ansatte og ukentlig er ca. 80 leverandører inne på anlegget.

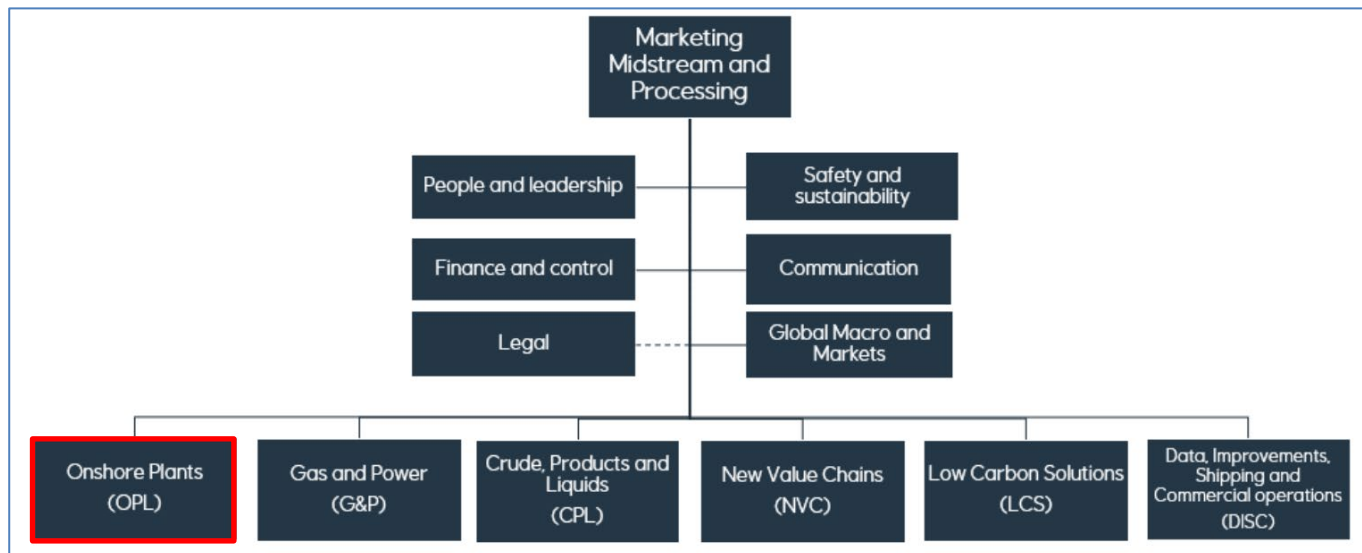
For å utnytte overskuddsvarmen fra metanolfabrikken brukes tørr damp til å drive en dampturbin som via et gir driver en strømgenerator. I 2020 varierte døgnmiddel av strømproduksjon mellom 19 og 21 MW. Dette tilsvarer omtrent strømbehovet til ASU-anlegget. Turbingeneratoren er plassert i kompressorbygget vist i **Figur 4-1**.

Videre er det et LNG-anlegg ved Tjeldbergodden som nå er tatt ut av drift og skal fjernes i 2021. Tjeldbergodden har vært i drift siden 1997.

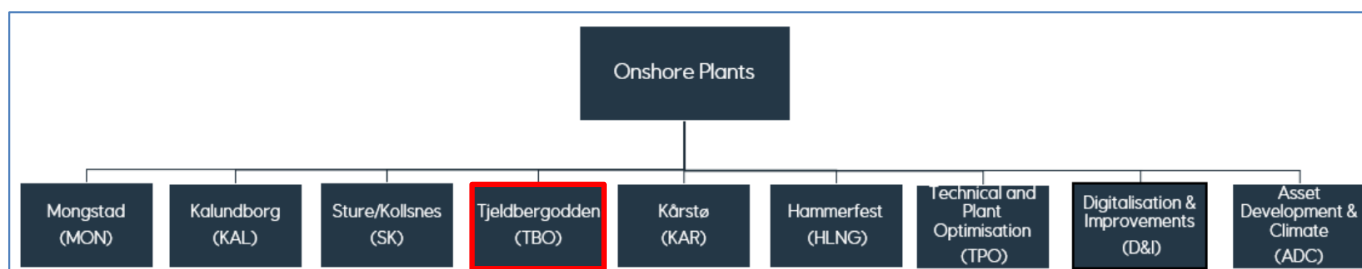


Figur 4-1 Tjeldbergodden med kompressorbygget markert med rød pil
Metanolfabrikken hovedsakelig til venstre og ASU lengst til høyre Foto: Øyvind Hagen, Equinor

4.2 Organisering og ansvarsforhold



Figur 4-2 Organisering av forretningsenheten MMP (Ref /4/)



Figur 4-3 Organisering av forretningsområdet landanlegg (OPL) i MMP (Ref /4/)



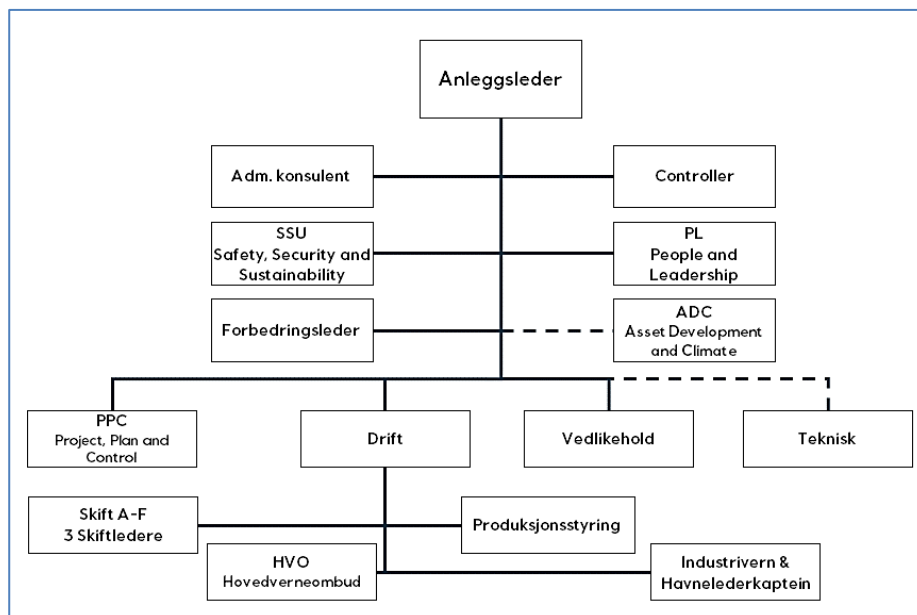
Figur 4-4 Organisering av SSU i MMP (Ref /4/)

Klassifisering: Open

Status: Endelig – frigitt

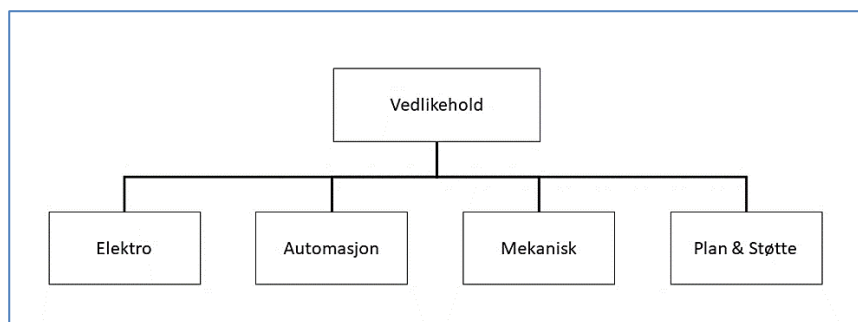
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden



Figur 4-5 Organisering av Tjeldbergodden (Anonymisert, basert på organisasjonskart med navn levert av TBO)

Teknisk er organisert i en egen linje opp til samme nivå som anleggsleder, for å sikre at Teknisk Integritet er uavhengig av anleggsleder. Teknisk har gjennom denne uavhengigheten myndighet til å stoppe anlegget uavhengig av anleggsleder, om det skal være behov for det. Videre er oppgaveleder Teknisk Integritet personalmessig organisert under leder Teknisk, men oppgaven Teknisk Integritet er organisert i en egen linje i Teknisk igjen for å sikre uavhengighet av både økonomiske mål for anlegget gjennom å være utenfor anleggslinjen og bemanningsmessig gjennom å ha oppgaverapportering utenom leder Teknisk.

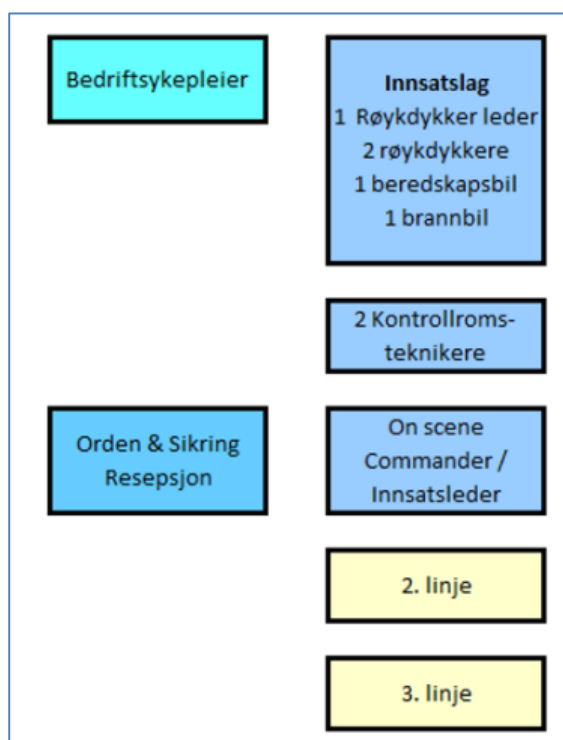


Figur 4-6 Organisering av vedlikehold på Tjeldbergodden

Merk at det kun er lederstilling for Vedlikehold. Det er ingen ledere av hver enkelt fagavdeling slik det vanlig på de større landanleggene i Equinor.

4.2.1 Organisering av beredskap på Tjeldbergodden

Beredskapsorganisasjonskartet for Equinor Tjeldbergodden, se **Figur 4-7**, er definert gjennom beredskapsanalyse samt standard beredskapsorganisasjon. Standard betegnelser er benyttet. Etablering av industrivernet i normal arbeidstid baseres på at organisasjonen bekler de forskjellige funksjoner innen ledelse, industriverngrupper og støttegrupper. Etablering av industrivernet utenom normal arbeidstid baseres på operativt skift og vaktfunksjonene (hovedvakt / Personellomsorgsvakt).



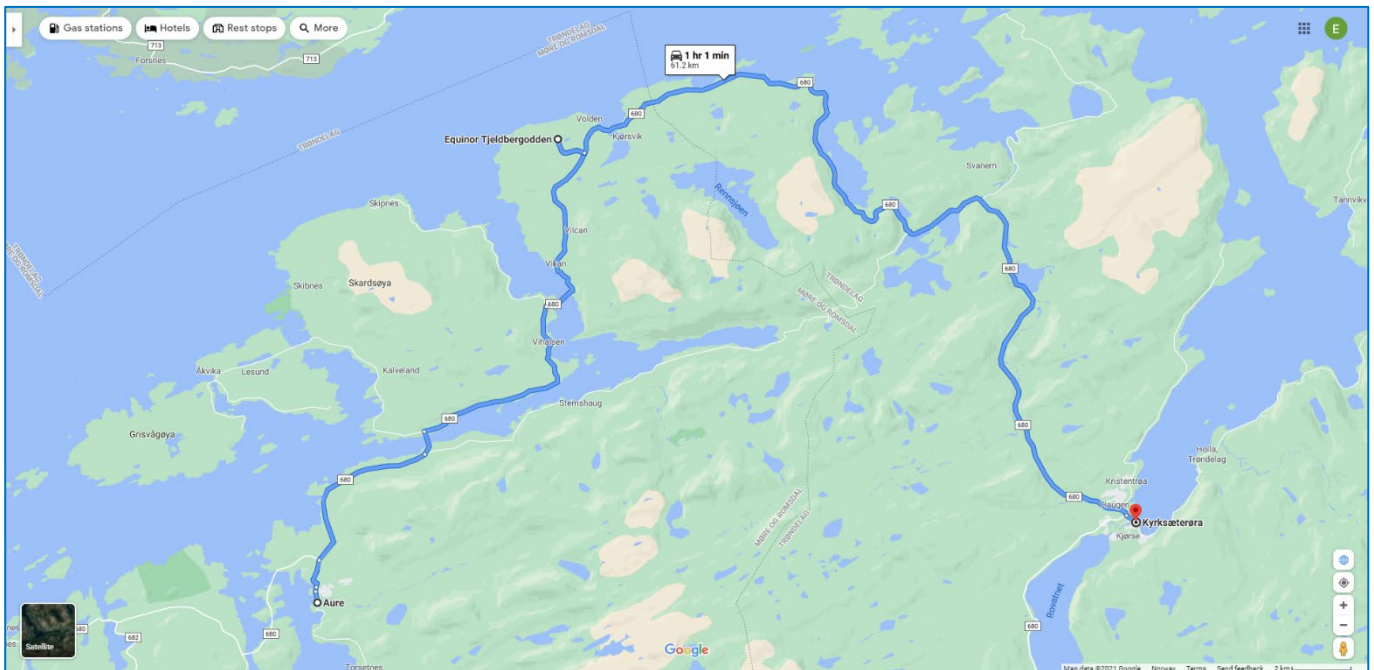
Figur 4-7 Beskrivelse av roller, lag og minimum bemanning av innsatslag og kontrollrom (Ref /9/)

Under hendelsen mobiliserte også en ekstra person med kompetanse og gyldig trening som røykdykker i tillegg til de to skiftoperatørene som hadde denne oppgaven. Det mobiliserte også en ekstra brannbilsjåfør. Senere ble det kalt inn flere røykdykkere som hadde fri.

I tillegg har Tjeldbergodden en samarbeids- og bistandsavtale med Aure Kommune. Under hendelsen kom det også ambulanse- og brannbil-ressurser fra Heim (Kyrksæterøra). Avstander fra Aure og Kyrksæterøra til Tjeldbergodden er henholdsvis 25 og 37 km, vist i **Figur 4-8**.

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden



Figur 4-8 Avstander fra beredskapsressurser i Aure (venstre) og Heim (Kyrksæterøra) (høyre)

Offentlig Redningstjeneste i Norge er organisert gjennom Justisdepartementet, og koordineres av Hovedredningssentralen (HRS) i Stavanger og Bodø.

Lokale redningssentraler (LRS) er tilknyttet politiet. Politiet er ansvarlig for LRS med referanse til hendelser ved Tjeldbergodden. Lensmannen i Aure har etablert egen LRS rednings-/innsatsplan for beredskapssituasjoner på Equinor Tjeldbergodden sitt område. LRS vil ved behov bli opprettet iht. denne planen.

Kommunalt brannvesen er regulert i Brannvernlovgivningen, og kommunal brannsjef er utrykningsleder og leder innsats i kommunen. Ved hendelser ved Equinor Tjeldbergodden er det inngått avtale om at anleggets On-Scene Commander/ Innsatsleder koordinerer og leder innsatsen innenfor fabrikkgjerdet.

4.3 Tekniske/operasjonelle beskrivelser

For utstyr som nevnes er tag-nr oppgitt i parentes, for eksempel tilbakeslagsventil (52-HV-0424). For noe utstyr brukes det bindestreker, andre har det ikke. Det henvises også til tegninger, for eksempel E042-P-XU-01435.

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

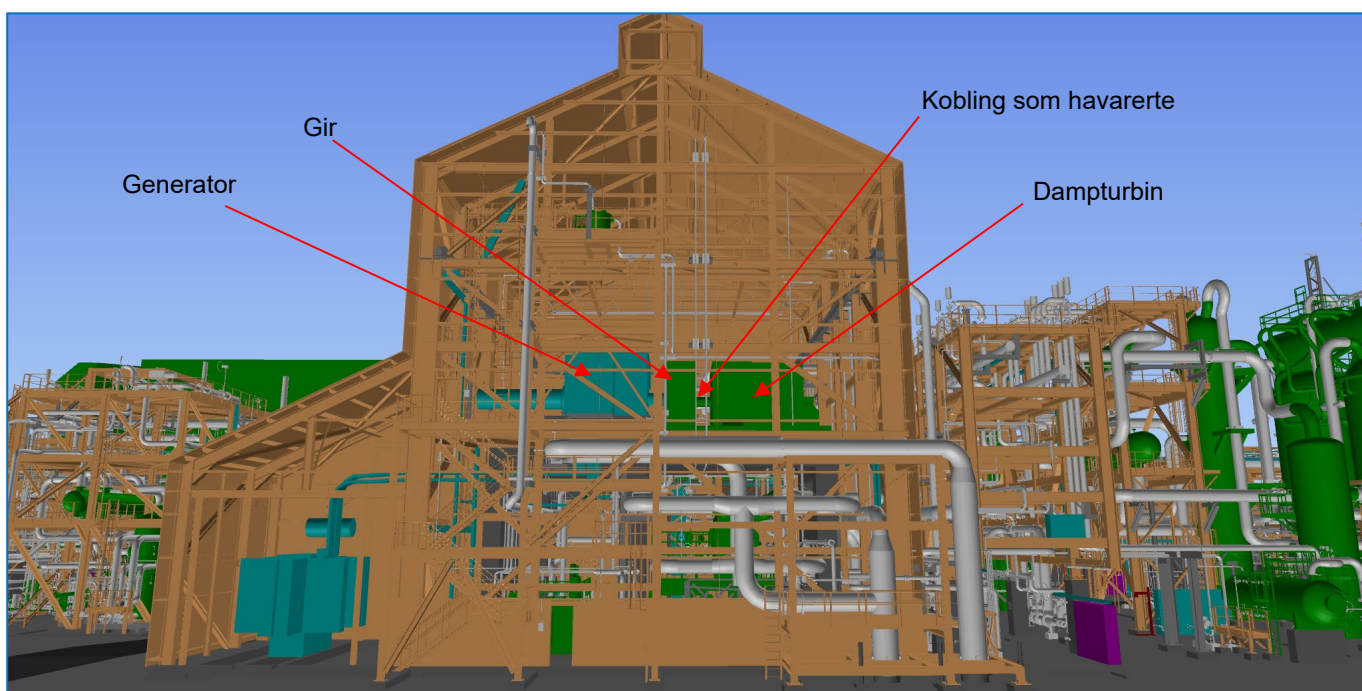
Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

4.3.1 *Kompressorhuset med blant annet turbingenerator og syntesekompressor*

Kompressorhuset (92ZH0050) vist i **Figur 4-9** inneholder blant annet turbingeneratoren og syntesekompressoren. Høyde og lengde er ca. 29 meter. Bredde av endevegg er ca. 22 meter.



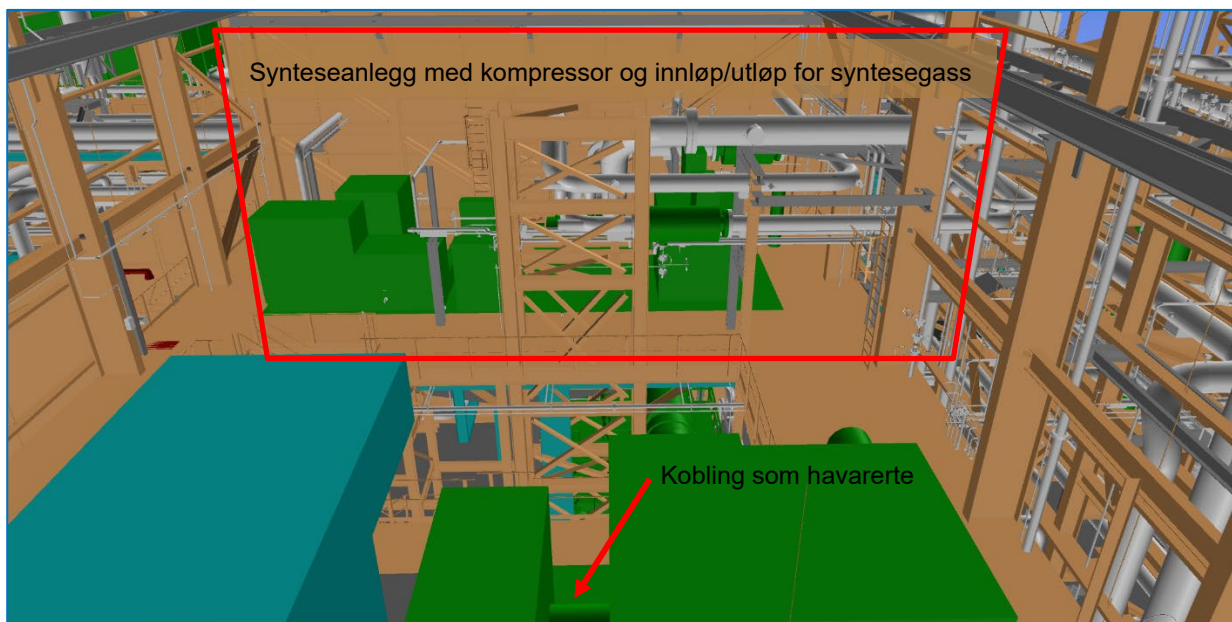
Figur 4-9 Kompressorhuset hentet fra 3D-modellen av Tjeldbergodden



Figur 4-10 Kompressorhuset med endevegg mot nord fjernet

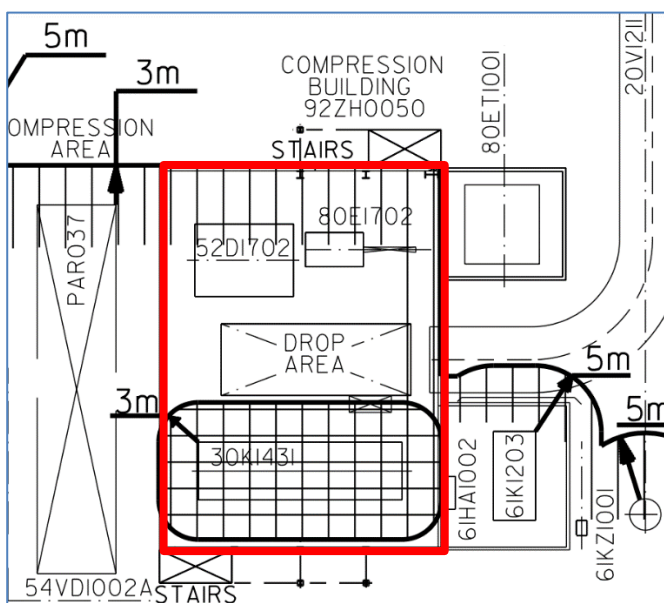
Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden



Figur 4-11 Innsiden av kompressorhuset sett mot sør

Avstand fra koblingen som havarete til rekkverk ved synteseanlegget er ca. 10,5 meter. Frem til selve synteseanlegget er det ytterligere ca. 5 meter. **Figur 4-12** viser soneklassifisering av kompressorbygget. Området med synteseanlegget (nederst) er sone 1, mens turbingeneratoren (øverst) er sone 2. Definisjon av sone 1 er «Et område der det ved vanlig drift er sannsynlig at det til tider dannes en eksplosiv atmosfære bestående av en blanding av luft og brennbare stoffer i form av gass, damp eller tåke». Overflater på deler av turbingenerator (52D1702) er over 500 °C. Syntesegass damp-turbin (52D1431) har en oppgitt effekt på 18,5 MW (fra E042-P-XU-01435) og temperaturer på 350-410 °C. Disse varme overflatene kan dermed være mulig tennkilde ved lekkasjer fra synteseanlegget. Det er ikke fysisk skille mellom de to delene av anlegget i kompressorhuset. Ifølge områdeklassifiseringen for hele Tjeldbergodden (E042-S-XA-01102) har begge områdene i kompressorbygget temperaturklassifisering T3. Gjeldende standard for utstyr i eksplosiv atmosfære (**Ref /14/**) skriver i kap 6.2.5 at «temperaturklasse T3 skal ha en maksimal overflatetemperatur på 200 °C».



Figur 4-12 Soneklassifisering av kompressorbygg (Ref E042-S-XA-01104)

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

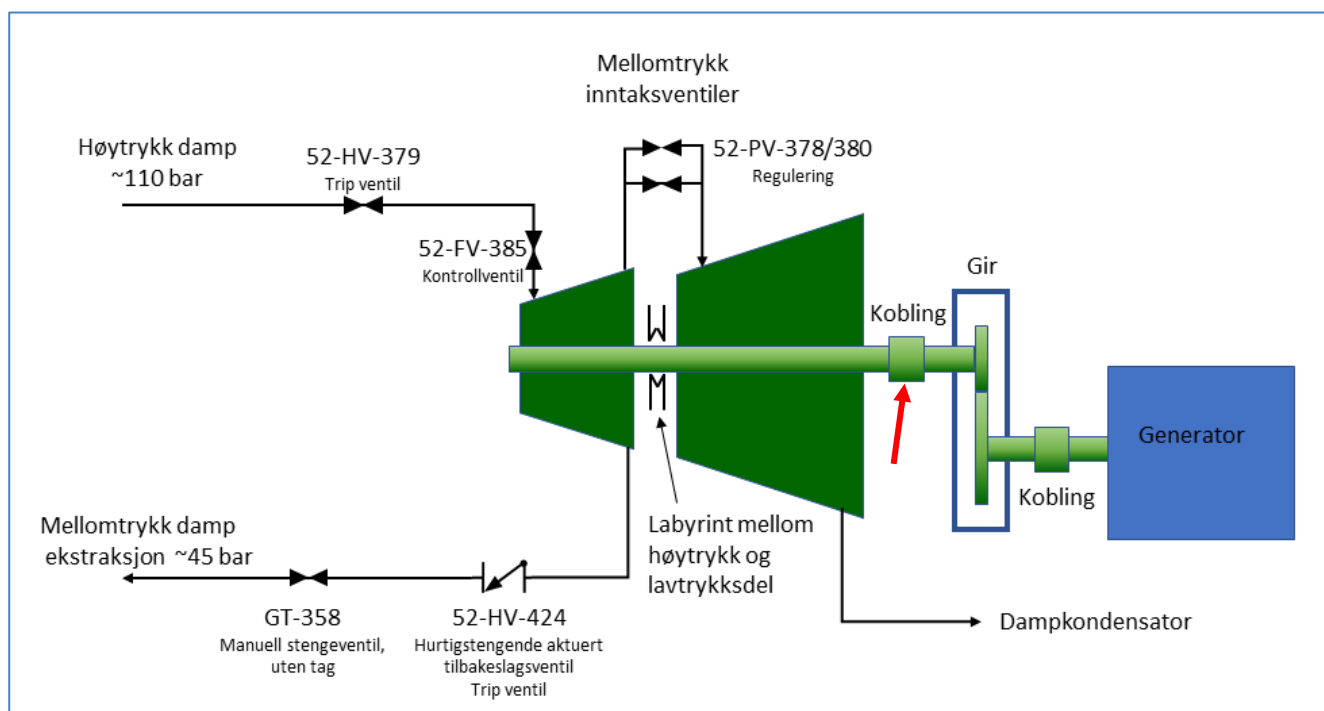
Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

4.3.2 Dampturbin 52D1702 og generator 80E1702

Turbingeneratoren er levert av italienske Nuovo Pignone som sammen med GE Oil & Gas ble fusjonert med Baker Hughes i juli 2017. Den har nominell effekt på 31 235 kW (ca. 31 MW) med damptemperatur innløp mellom 450 og 525°C og innløpstrykk mellom 111 og 119 bar. Maksimum hastighet er 4750 RPM (omdreininger per minutt). Mellom innløp og utløp for damp er det mulig å ta ut mellomtrykksdamp som brukes i andre deler av anlegget. Dette ekstraksjonstrykket er normalt 47 bar. Dampturbinen har en oppgitt vekt på 73 tonn, og selve rotoren veier 7,5 tonn. Giret veier 12,4 tonn og generatoren 49,3 tonn (**Ref /11/**).

Havariet som skjedde 02.12.2020 oppsto i koblingen mellom dampturbinen og giret, markert med rød pil i **Figur 4-11**, **Figur 4-13** og **Figur 4-14**.

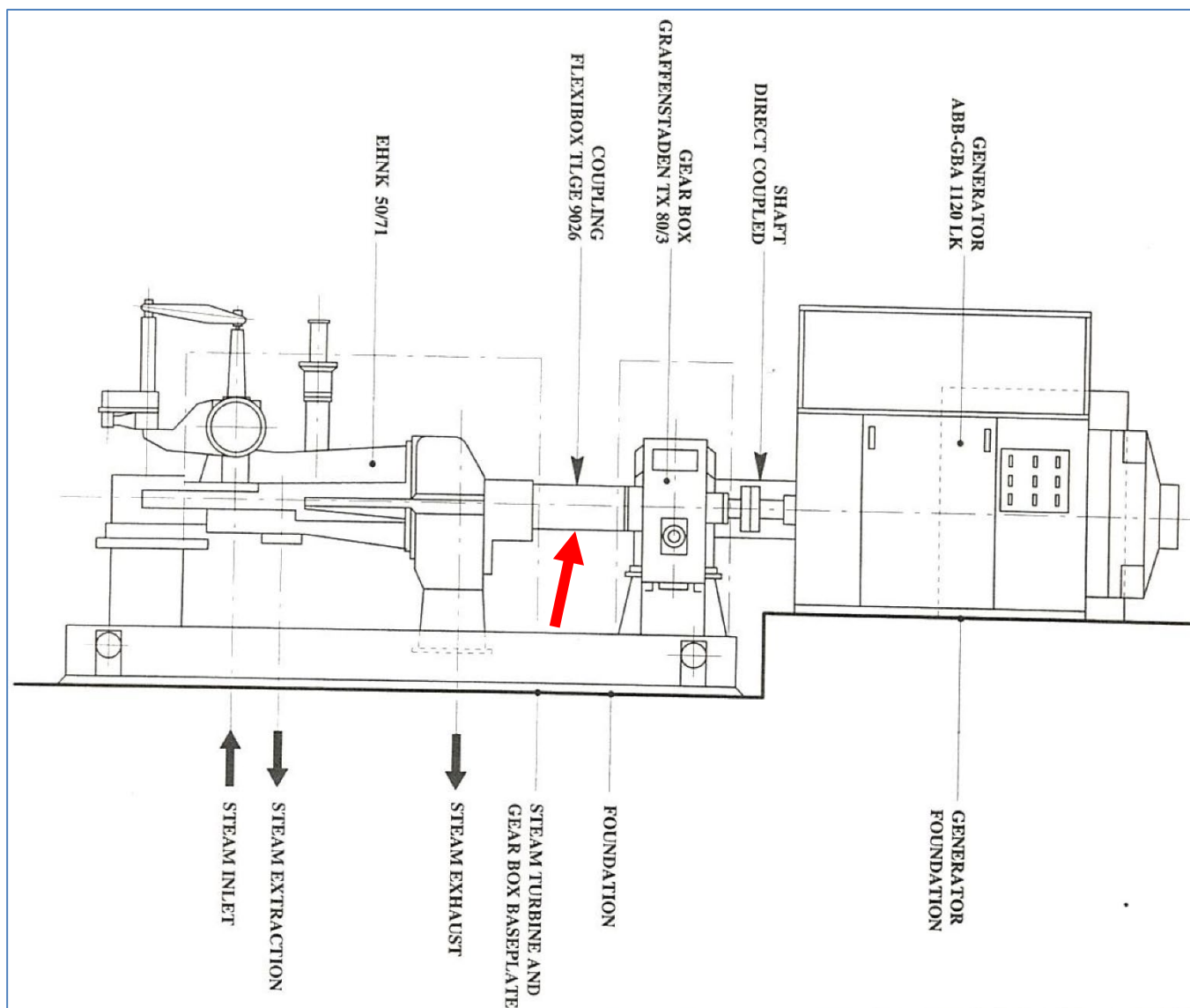
En forenklet skisse av turbingeneratoren med sentrale ventiler er vist i **Figur 4-13**.



Figur 4-13 Skisse over turbingenerator med viktige ventiler. Kobling som havarerte markert med rød pil

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden



Figur 4-14 Skisse som viser koblingen mellom dampturbinen (venstre) og elektrogeneratoren (høyre)
Legg merke til «Steam extraction» mellom damp innløp og utløp der det hentes ut mellomtrykksdamp som brukes i store deler av anlegget på Tjeldbergodden (Ref /11/)

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

4.3.2.1 Forhøyet hastighet ved nedkjøring av turbingeneratoren

Granskingsgruppen har gjennomgått tidligere nedkjøringer av turbingeneratoren og sett at målinger av turtall viser at turbingeneratoren flere ganger har fått økt hastighet etter nedstenging. Det ble gjort omfattende vedlikehold av turbingeneratoren etter nedkjøring 17.05.2016. Grenseverdi for såkalt høy-høy «overspeed» er i henhold til standard satt til 110 % av maksimum kontinuerlig hastighet 4750 RPM. Disse er markert med rødt i **Tabell 4.1**, og ville i seg selv ført til en automatisk nedkjøring av turbingeneratoren. Legg merke til at de forhøyede verdiene i tabellen ble målt etter at nedkjøringen var startet.

Turbingeneratoren har et elektronisk beskyttelsessystem som kalles «Jaquet». Dette systemet ga både høy alarm og høy-høy for flere av disse nedkjøringene. Det kan også aktiveres mekanisk «overspeed» tripp med sentrifugalbrytere. Et separat system (Bently Nevada) måler vibrasjon. Alle disse systemene kontrollerer samme aksjoner: stenge høytrykks trippventil, høytrykks- og lavtrykks kontrollventiler samt stenge tilbakeslagsventilen. Disse alarmene kom etter at turbingeneratoren allerede hadde fått signal om nedkjøring, og kontrollromsoperatør forklarte at høy-alarm hastighet (SAH) har kommet inn ved de siste trippene av turbingeneratoren. Tiden alarmen var aktiv, altså at den lå inne med alarm, var noen sekunder før den gikk ut av alarm (return to normal – RTN). For noen år tilbake ble alarmlistene i kontrollrom endret slik at straks en alarm går til «RTN» så er den ikke lenger synlig på alarmlisten. Dermed skal det godt gjøres å få med seg den alarmen når den veldig raskt kvitterer seg selv, så lenge den ikke blir liggende aktiv.

Det kommer en del alarmer ved tripp av turbingeneratoren, og kontrollromsoperatør er også opplært til å følge opp at høytrykk/mellomtrykk letdown tar over for å berge driften av resten av anlegget. Det er også vanlig å se innom skjerm-bildet straks det er anledning siden kontrollromsoperatør skal starte tørnegear (langsom rotasjon av dampturbinen) etter at turbingeneratoren har rullet ut. Det kommer også an på hva som gjorde at turbingeneratoren trippet. Hvis kontrollromsoperatør trykker på prosessnedstengning (PSD), så forventes det et alarmras, og at det kan bli behov for justeringer av andre deler av fabrikk. Men dersom det oppstår en plutselig tripp der årsaken er ukjent, så er det vanlig å gå gjennom alarmlisten for å undersøke hvilke parametre som fikk den til å trippe.

Uansett er hastighetsøkning en uønsket oppførsel for turbingeneratoren siden en maskin aldri skal komme i «overspeed», hverken under normal nedkjøring eller tripp.

Generatoren har også et eget beskyttelsessystem som uavhengig av dampturbinen kan iverksette aksjoner for å beskytte generatoren. Dette systemet kommuniserer med de andre beskyttelsessystemene.

Dersom det blir registrert høy-høy alarm på vibrasjon (ikke hastighet) må det gjøres fysisk resetting lokalt i anlegget før ny start av turbingeneratoren. Granskingsgruppen kjenner ikke til om dette har skjedd.

Tabell 4.1 Registrert høyeste turtall for turbingeneratoren ved tidligere nedkjøringer

Dato	52-SI-0385	Hastighet %
07.11.2020	5079 RPM	106,3 %
09.07.2020	5187 RPM	108,5 %
02.06.2020	5312 RPM	111,1 %
05.12.2019	5145 RPM	107,8 %
19.08.2018	5262 RPM	110,1 %
12.09.2017	5442 RPM	113,8 %
17.05.2016	5260 RPM	110,8 %

Klassifisering: Open

Status: Endelig – frigitt

Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

4.3.3 Tilbakeslagsventil 52-HV-0424

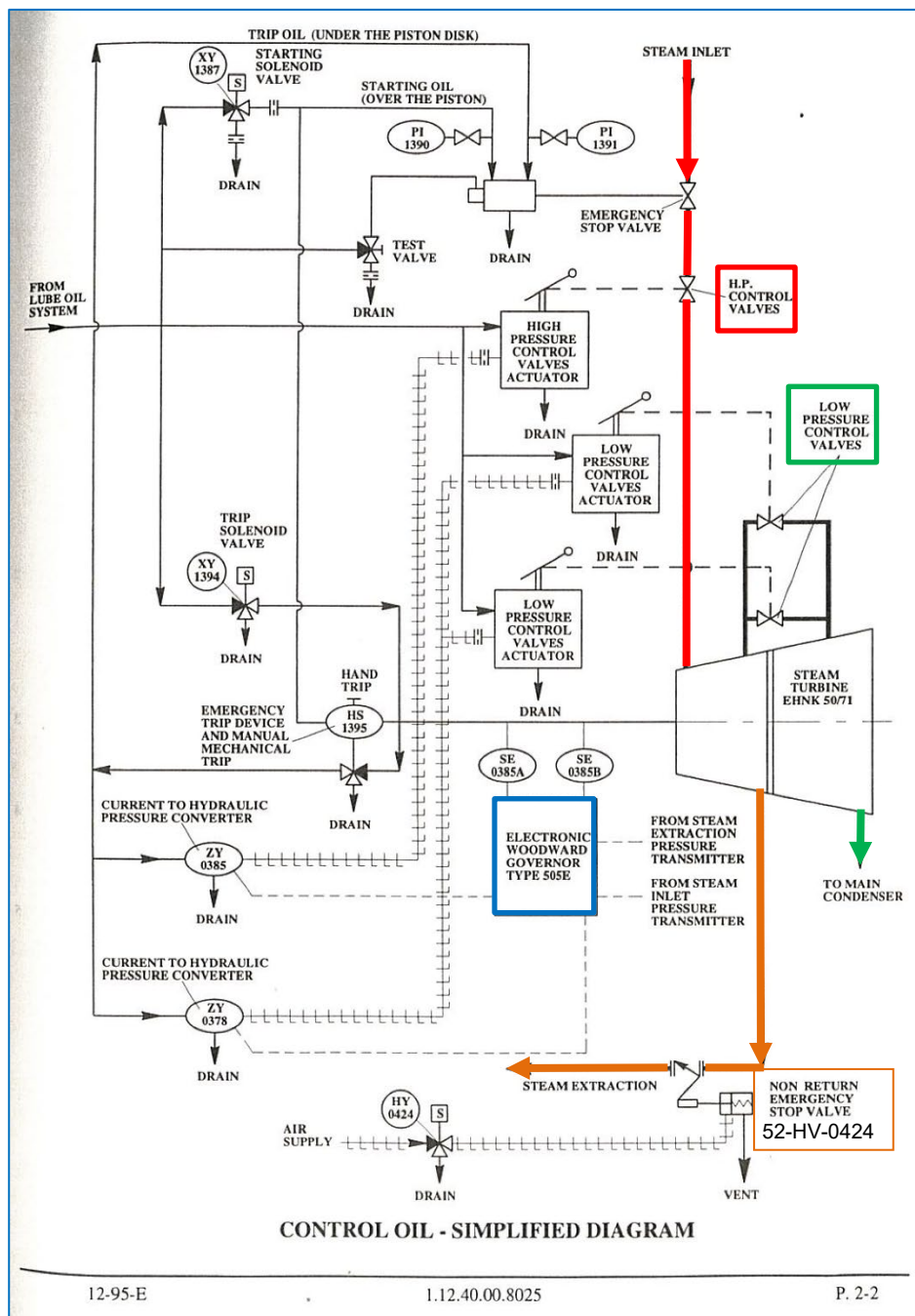
Som vist i **Figur 4-15** nedenfor gir det elektroniske kontrollsystemet «Woodward» signal til høytrykks- og lavtrykks ventiler via en strøm-til-hydraulikk omformer som regulerer trykk i kontrolloljen. Her gis det også signal når PSD (prosess nedstengnings-systemet) gir beskjed om nedstengning av turbingeneratoren. Dette signalet går både til Woodward, tripp solenoid ventilen (52XY1394) og solenoiden (52HY0424) som styrer aktuator til tilbakeslagsventil 52-HV-0424. Tripp solenoid ventilen åpner og drenerer da ut kontrolloljen som igjen gjør at høytrykksdamp hurtiglukkende trippventil (52-HV-379), høytrykks kontrollventil (52-FV-385), og de to lavtrykks kontrollventilene (52-PV-378 og 52-PV-380) stenger. Legg merke til tilbakeslagsventilen 52-HV-0424 nederst til høyre i figuren som skal hindre tilbakestrømming av damp fra mellomtrykksnett til tilbake til dampturbinen. Selv om høytrykksdamp stenges (Emergency stop valve) og alle høytrykks- og lavtrykks reguleringsventiler stenges, har teknisk representant for leverandør informert granskingsgruppen at dersom tilbakeslagsventilen ikke stenger vil mellomtrykksdamp som strømmer gjennom såkalte oppvarmingshull (4 stk med 10 mm diameter åpning) og lekkasje i labyrinthen mellom høytrykk og lavtrykk i dampturbinen være tilstrekkelig til å akselerere dampturbinen dersom den elektriske lasten fra generatoren kobles fra. Granskingsgruppen har etterlyst beregninger som underbygger dette, men foreløpig ikke mottatt disse. Vi antar likevel at dersom lavtrykks kontrollventiler ikke hadde stengt ville havariet skjedd mye raskere enn ca. syv minutter etter aktivering av nødstop.

Klassifisering: Open

Status: Endelig – frigitt

Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden



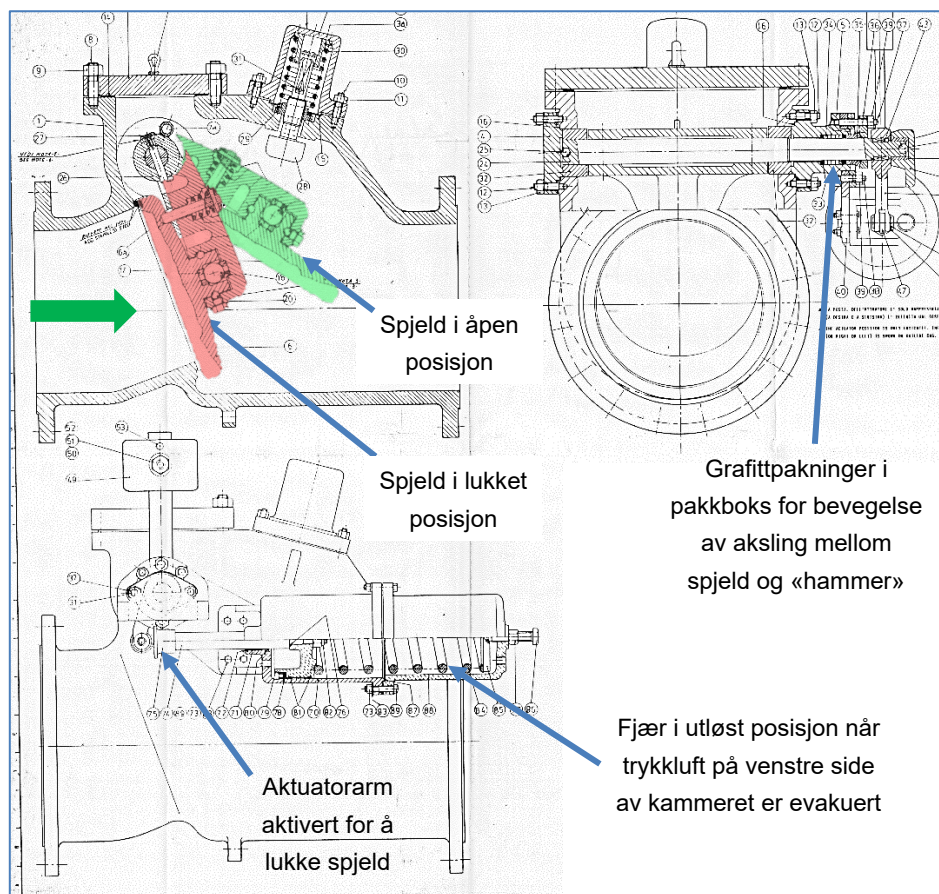
Figur 4-15 Forenklet skisse av kontrollsystemet for dampturbinen (Ref /11/)

Klassifisering: Open

Status: Endelig – frigitt

Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

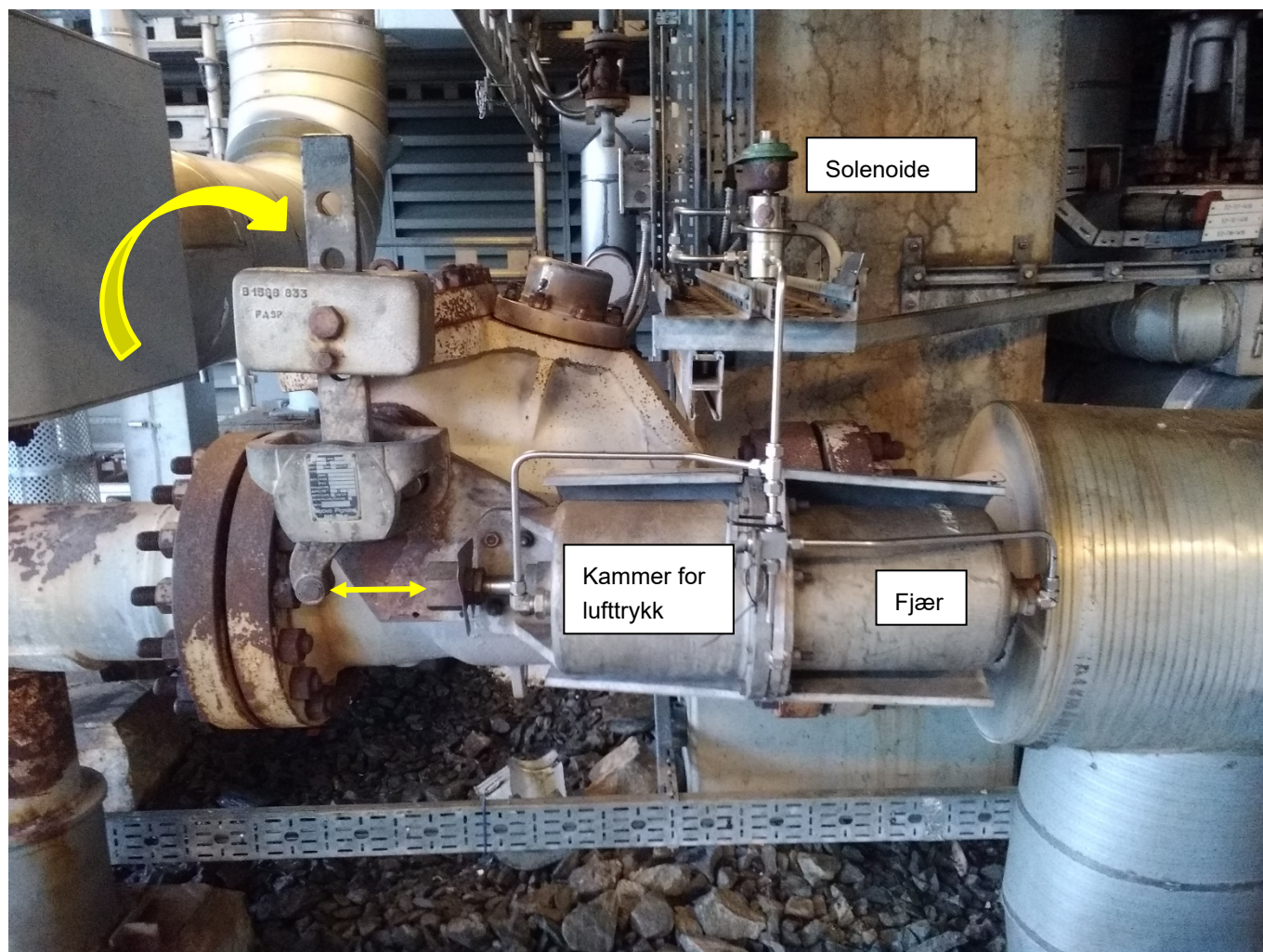


Figur 4-16 Snitt-tegning av tilbakeslagsventil 52-HV-0424. Grønn pil viser normal strømningsretning

Som vist i **Figur 4-16** er tilbakeslagsventilen utstyrt med en aktuatorarm som blir operert av en mekanisk fjær dersom trykkluft ventileres ut av en elektrisk styrt solenoide, 52-HY-0424. Tilbakeslagsventilen skal også lukke av seg selv dersom det er tilstrekkelig strømming i motsatt retning.

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden



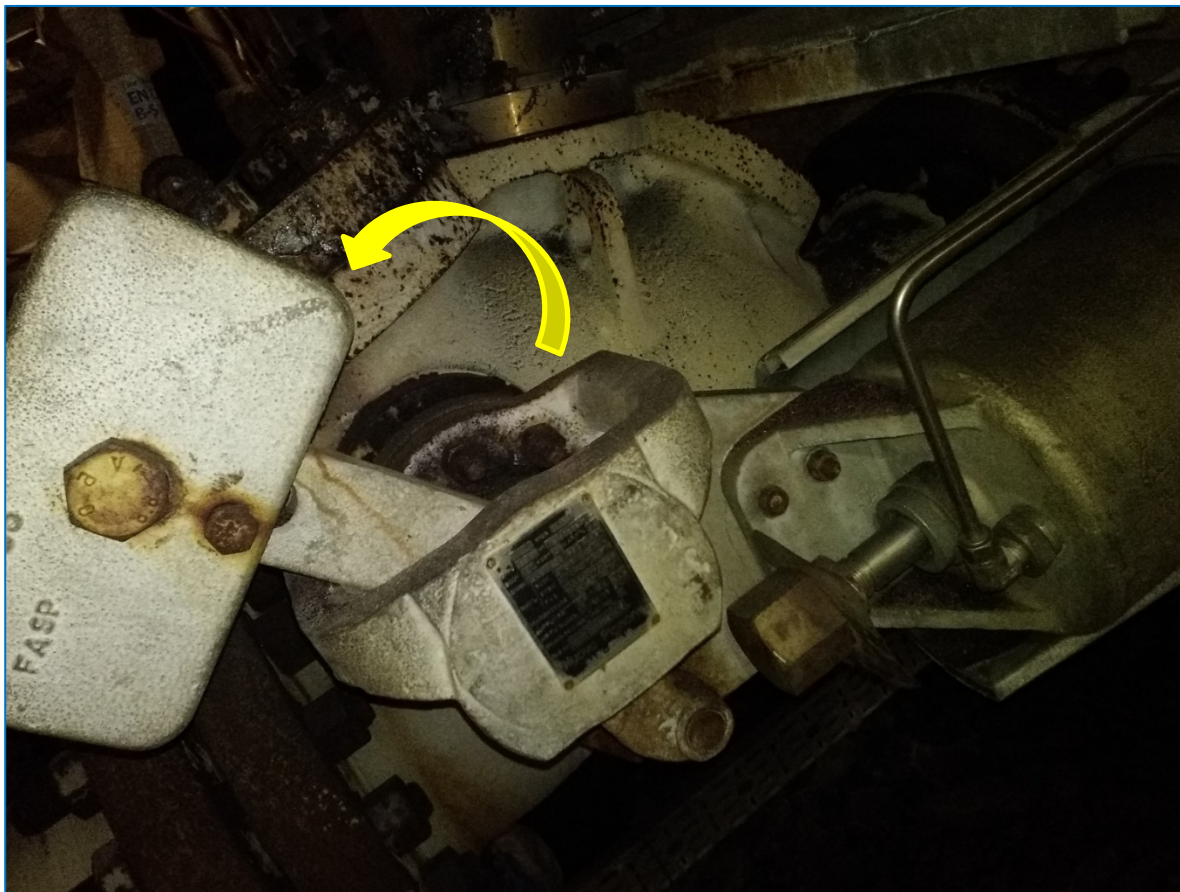
Figur 4-17 Bilde av tilbakeslagsventil 52-HV-0424 tatt etter hendelsen. Ventilen er stengt

Bildet i **Figur 4-17** er tatt etter hendelsen. Bildet viser at spjeldet i tilbakeslagsventilen står i lukket stilling ved at den såkalte «hammeren» står loddrett. Hammeren skal balansere vekten av spjeldet slik at spjeldet kan ligge i åpen posisjon uten at tilbakeslagsventilen prøver å stenge. På grunn av hammeren kalles tilbakeslagsventilen gjerne «Flintstone-ventilen». I åpen stilling vil hammeren ligge mot venstre. Aktuatorarmen er ikke utløst på bildet, vist med den gule pilen. Dette betyr at solenoiden ikke har åpnet for å slippe ut trykkluften i luftkammeret slik at fjæren kan skyve ut aktuatorarmen som igjen gir tilbakeslagsventilen hjelp til å stenge. Fjærkraften er ikke stor nok til at spjeldet kan stenge mens det går full strømning i ekstraksjonslinjen. Dette ble bekreftet 18.10.2020 da lufttrykket lekket ut av solenoiden og spjeldet forstyrret strømningen så mye av det ble oppdaget i kontrollrommet, men uten å stenge ventilen helt.

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

Bildet i **Figur 4-18** er tatt med tilbakeslagsventilen i åpen stilling. Legg også merke til at på grunn av manglende tildekking er ventilen tilsølt med sand fra sandblåsing.



Figur 4-18 Bilde av tilbakeslagsventil 52-HV-0424 i åpen stilling, hammer mot venstre (Synergi 1631052)

4.3.3.1 Klassifisering, vedlikeholdskonsept og forebyggende vedlikehold for 52-HV-0424

Som vist i **Figur 4-19** hentet fra SAP ligger tilbakeslagsventil 52-HV-0424 registrert med kritikalitet for feil som **lav** på sikkerhet og **medium** på produksjon. Klassifiseringen ble gjort 27.01.2004. Det samme gjelder solenoiden for aktuator-systemet som skal lukke tilbakeslagsventilen, 52-HY-0424. Videre fikk ventilen 04.09.2015 vedlikeholdskonseptet **VA1540** som gjelder for aktuerte av/på ventiler. Siden mediet i linjen med ventilen er damp, er dette klassifisert som **lav konsekvens** med hensyn til containment (hindre lekkasjer). Som Note 2 i **Figur 4-21** viser betyr dette at det ikke blir anbefalt forebyggende vedlikehold. Det er først hvis ventilen er klassifisert **høyt** med hensyn til sikkerhet at ventilen får forebyggende vedlikehold. Solenoiden ligger registrert med vedlikeholdskonsept **VA0000**, som betyr at det ikke finnes vedlikeholdskonsept for solenoiden. Imidlertid har det blitt valgt å inkludere 52-HV-0424 og 52-HY-0424 i det 24/36 måneders forebyggende vedlikeholdet som er etablert for andre ventiler i syntese, se **Figur 4-22**. Testskjema er vist i **Figur 4-23**.

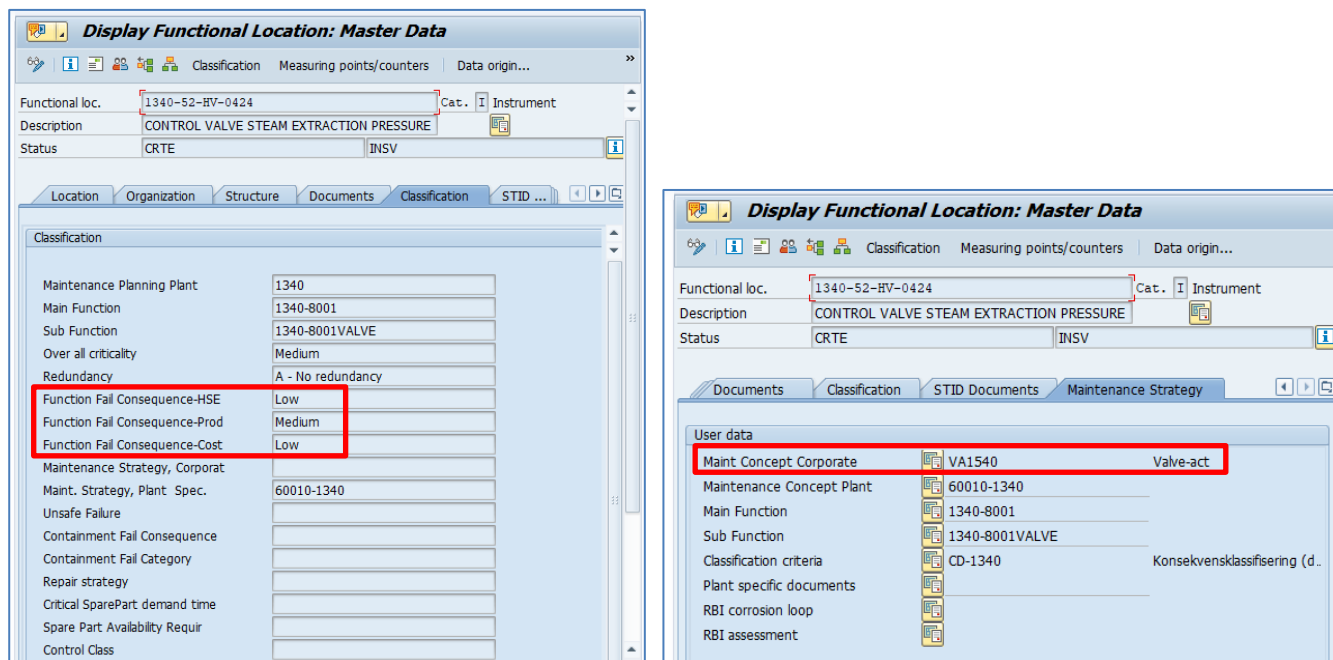
Produsenten av turbingeneratoren har i sin treningsmanual et anbefalt vedlikeholdsprogram med månedlig test av at tilbakeslagsventilen lar seg operere mykt, se **Figur 4-24** og **Figur 4-25**.

Klassifisering: Open

Status: Endelig – frigitt

Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden



Display Functional Location: Master Data

Functional loc. 1340-52-HV-0424 Cat. I Instrument

Description CONTROL VALVE STEAM EXTRACTION PRESSURE

Status CRTE INSV

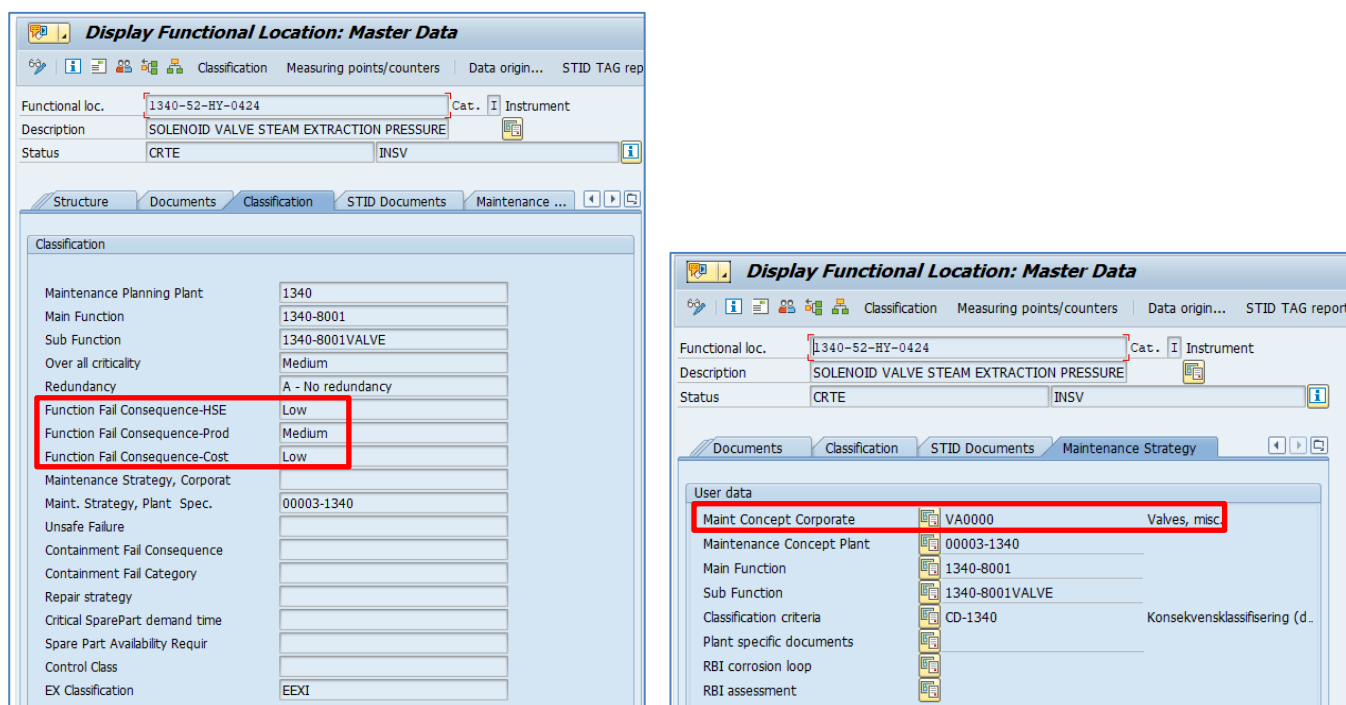
Classification

Maintenance Planning Plant	1340
Main Function	1340-8001
Sub Function	1340-8001VALVE
Over all criticality	Medium
Redundancy	A - No redundancy
Function Fail Consequence-HSE	Low
Function Fail Consequence-Prod	Medium
Function Fail Consequence-Cost	Low
Maintenance Strategy, Corporat	
Maint. Strategy, Plant Spec.	60010-1340
Unsafe Failure	
Containment Fail Consequence	
Containment Fail Category	
Repair strategy	
Critical SparePart demand time	
Spare Part Availability Requir	
Control Class	

User data

Maint Concept Corporate	VA1540	Valve-act
Maintenance Concept Plant	60010-1340	
Main Function	1340-8001	
Sub Function	1340-8001VALVE	
Classification criteria	CD-1340	Konsekvensklassifisering (d.
Plant specific documents		
RBI corrosion loop		
RBI assessment		

Figur 4-19 Klassifisering og vedlikeholdskonsept for tilbakeslagsventil 52-HV-0424 hentet fra SAP



Display Functional Location: Master Data

Functional loc. 1340-52-HY-0424 Cat. I Instrument

Description SOLENOID VALVE STEAM EXTRACTION PRESSURE

Status CRTE INSV

Classification

Maintenance Planning Plant	1340
Main Function	1340-8001
Sub Function	1340-8001VALVE
Over all criticality	Medium
Redundancy	A - No redundancy
Function Fail Consequence-HSE	Low
Function Fail Consequence-Prod	Medium
Function Fail Consequence-Cost	Low
Maintenance Strategy, Corporat	
Maint. Strategy, Plant Spec.	00003-1340
Unsafe Failure	
Containment Fail Consequence	
Containment Fail Category	
Repair strategy	
Critical SparePart demand time	
Spare Part Availability Requir	
Control Class	
EX Classification	EEXI

User data

Maint Concept Corporate	VA0000	Valves, misc
Maintenance Concept Plant	00003-1340	
Main Function	1340-8001	
Sub Function	1340-8001VALVE	
Classification criteria	CD-1340	Konsekvensklassifisering (d.
Plant specific documents		
RBI corrosion loop		
RBI assessment		

Figur 4-20 Klassifisering og vedlikeholdskonsept for solenoide 52-HY-0424 hentet fra SAP

Klassifisering: Open

Status: Endelig – frigitt

Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

This maintenance concept applies to:

- Actuated on/off valves, except:
 - o If test requirements given by GL0114, see VA1570 to VA1620
 - o If plug design, use VA1560
 - o If designed for cryogenic service, use VA1550

Equipment not included or covered by other concepts:

- See above

Other information:

- It's recommended to use module program for the visual inspection, moving and lubrication activities.
- The interval for the visual inspection (0001+0003), moving (0013) and lubrication (0002) activities is recommended being based on SAP consequence classification (ABC), and SAP containment classification as shown in the table below:

-----+-----+-----+-----			
Containment	Consequence classification		
classification	+-----+-----+-----		
	High	Medium	Low
	(ABC 3,6 or 9)	(ABC 2,5 or 8)	(ABC 1,4 or 7)
-----+-----+-----+-----			
Extremely high	12	36	36
-----+-----+-----+-----			
Very high	12	36	36
-----+-----+-----+-----			
High	12	36	36
-----+-----+-----+-----			
Medium	12	108/see note 1)	See note 2)
-----+-----+-----+-----			
Low (DAMP)	12	See note 2)	See note 2)
-----+-----+-----+-----			

Note 1)

Valves with consequence classification Medium (ABC 2, 5 or 8) and containment classification Medium should have an interval of 108 month if the consequence classification is based on the HSE classification. If the consequence classification is based on Production or cost, no preventive maintenance is recommended.

Note 2)

No preventive maintenance is recommended

Figur 4-21 Vedlikeholdskonsept VA1540 for tilbakeslagsventil 52-HV-0424 hentet fra SAP

ents	Costs	Partner	Objects	Additional Data	Location	Plan
Functional loc.			FuncLocDescrip.			
1340-30-ZT-0001			POSITION TRANSMITTER REFORMED GAS TO 30K			
1340-30-ZT-0011			POSITION TRANSMITTER SYNGAS TO 30H1303			
1340-30-ZT-0026			POSITION TRANSMITTER RECYCLE GAS TO 30H1			
1340-30-ZT-0027			POSITION TRANSMITTER RECYCLE GAS TO FLAR			
1340-30-HV-0013			NATURAL FUEL GAS PREHEATER			
1340-30-HV-0011			BALL ON-OFF VALVE SYNGAS TO 30H1303			
1340-30-HV-0026			BALL ON-OFF VALVE RECYCLE GAS TO 30H1303			
1340-30-HV-0015			BALL ON-OFF VALVE SYNGAS TO FLARE HEADER			
1340-30-HV-0025			BALL ON-OFF VALVE RECYCLE GAS FROM 30V13			
1340-30-HV-0027			BALL ON-OFF VALVE RECYCLE GAS TO FLARE H			
1340-30-HV-0001			BALL ON-OFF VALVE REFORMED GAS TO 30K143			
1340-30-PDCV-0351			GLOBE CONTROL VALVE SYNGAS TO SEAL SYSTE			
1340-52-HV-0424			CONTROL VALVE STEAM EXTRACTION PRESSURE			



Figur 4-22 24 måneders vedlikehold for kontrollventiler i syntesegass som også inkluderer tilbakeslagsventil 52-HV-0424, hentet fra SAP (AO24585142)

Klassifisering: Open

Status: Endelig – frigitt

Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

 		Metanol prosjekt - Tjeldbergodden Ferdigstillings inspeksjon & test skjema Ventil kalibrering	
Utstys nr.: 52-HV-0424		Sertifikat nr.: J 08	
Pakke nr Arr tegn E042-J-XP- LDR nr System tegn.: Linje nr.:		P&ID nr.: E042-P-X - Leverandør.: SAAS Produsent: FISHER Baily ref. Nr.: Datablad nr.: E042-J-D -	
Område: B30	Lokasjon: Syntese		
Pkt.:	*) kun: OK, NA, blank, eller måleverdi i denne kolonnen.		Data / Resultater / Sjekk:*)
1 Ventil data			
1.01 Noter her instrumentets serienr:			
1.02			
2 Kalibreringsverdier			
2.01 Noter kalibreringsresultatene i tabellen under			
3 Inspeksjon A			
3.01 Åpne tid, 0-100%. Angi ant. Sek.			
3.02 Feilsikker funksjon testet			
3.03 Beveger ventilen seg fint og uten hakking			
3.04 Reserveakkumulator fylt		NA	
3.05 Ventilen opererer med akkumulator		NA	
3.06 Posisjonsbrytere funksjonstestet			
3.07 Noter hvilke test instrument som er benyttet			
3.08 Merke "KALIBRERT" er påsatt		NA	
3.09 Ventilpos.transmitter har: 0-100%stengt-open ved 4-20mA output.			
3.10			
3.11			
3.12			
4 Inspeksjon B			
4.01 Lukke tid (0-100%). Angi ant. Sek.			
4.02 Feilsikker funksjon testet			
4.03 Ventil kontrollert for lekkasje			
4.04 Nitrogen forladet med til (Barg).		NA	
4.05			
Tabell:			
Ventil inngangssignal (primært) til forstillingsorgan (positioner). / Pilot:	Enhet	Aktuator (sekundær) Inngangssignal	Enhet
		Output Fallende / Veksler	Enhet
		100 %	Åpen
		75 %	
		50 %	
		25 %	
		0 %	Lukket
Kommentarer:		STTBO AO Nr.: 22454647 RE-V&M Nr.: 127750	
Utført av:	Besiktiget av:	Eier:	
Navn:			
Sign:			
Dato:			

Figur 4-23 Skjema for registrering av vedlikehold for 52-HV-0424, hentet fra SAP (AO22454647)

Nuovo Pignone
Maintenance
4.00-3

SERVICING AND TESTING SCHEDULE

The checks on the protective, safety and monitoring equipment must be carried out at regular intervals. The attached tables show the test schedule categories 1 to 4 and the categories for additional checks (A to C) pertaining to each apparatus.

The intervals at which the checks have to be repeated may be gathered from the assigned category.

Supplementary tests - possibility as a substitute for other checks - should be carried out every time the turbine is shut down or started as long as such tests do not interfere with operational safety and will be compatible with the loading and unloading programs. Preferably such testing programs should be carried through during shutdown periods as the operating conditions of the turbine are then better comparable to those prevailing in continuous service.

Another point in favour of choosing the shut-down period is that defects which have been ascertained as a cause of malfunctioning can be remedied at once during the subsequent period of standstill.

Interruptions of service offer a welcome opportunity for checking the proper functioning of all elements.

After inspections, the checks on all facilities and the required adjustments have to be made with particular care.

All tests should be filed for record. The following data must be contained in the record.

- Date of test
- Test result
- Release or trip value (where available), and after inspections
- The value to which adjustments have been made.

TEST SCHEDULE CATEGORY		CATEGORY FOR ADDITIONAL CHECKS	
1	every day	A	Test when shutting down
2	every month	B	Test when starting
3	every 3 months	C	At time of inspection
4	every year		

02-89-E
4.02.00.01.220
P. 1-7

Figur 4-24 Beskrivelse av anbefalt vedlikehold turbingenerator hentet fra treningsmanual (Ref /11/)

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

Nuovo Pignone		Maintenance							4.00-8	
Equipment	Test condition	Test schedule category				Category for additional checks				Instructions
		1	2	3	4	A	B	C		
Auxiliary oil pump	Standstill									When the turbine is operated with the auxiliary oil pump, the oil pressures in the governor and bearing oil circuits must show the values listed in the Test Report of First Commissioning. Take into account the fact that these pressures are dependent on such factors as oil temperature, the degree of opening of the shut-off valve for the hydraulic turning gear (where provided), and, to no small degree, on whether one or several oil coolers are connected. Check storage battery where a d.c. powered auxiliary oil pump is installed.
	Service									
Automatic oil pump control	Standstill									May be checked after shutting down when the turbine is running out.
Bleeder or extraction stop valves	Standstill									Stop valve for bled steam-uncontrolled steam extraction-: Where a change-over valve is provided, turn its handwheel in the opening or closing direction after having made sure that the emergency-trip-oil circuit, and consequently also the secondary-oil-circuit, has attained the prescribed pressure. Stop valves for steam extraction-controlled extraction-: After trip oil circuit has attained the prescribed pressure, check smooth operation of the valve by means of its handwheel. Test reverse-flow check for smooth operation by operating the weighted lever.

Figur 4-25 Anbefalt vedlikehold av ventil 52-HV-0424 (extraction stop valve) fra treningsmanual (Ref /11/)

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

4.3.4 Synteseanlegg

Syntesegass kalles også syngass. Syntesegasskompressoren 30K1431 trykker opp gassen fra ca. 30 bar til 80 bar. Syntesegassen består av 70% H₂, 20% CO, 8% CO₂ samt rester av N₂, argon og metan. Kapasiteten på synteseanlegget er ca. 300 kSm³/time ny føde av syntesegass fra reformer i tillegg til 1200 -1500 kSm³/h resirkulert syntesegass.

Temperaturen varierer noe mellom de ulike rørene inn og ut av syntesegasskompressoren, fra ca. 20 til 120 °C på «make-up» delen, og 50 til 60 °C på resirkuleringsdelen. Temperaturen på trykksiden av kompressorene, der trykket er oppunder 80 bar, er enten 60°C eller 120°C.

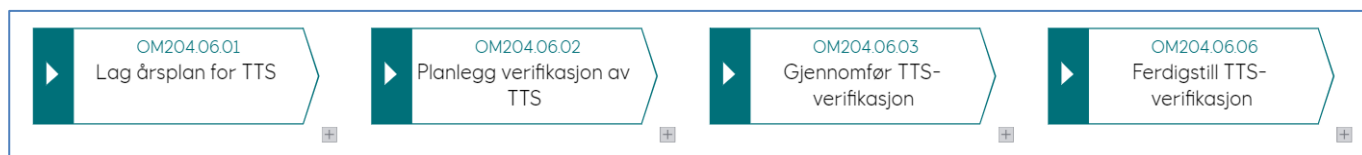
Hydrogengass har nedre eksplosjonsgrense på 4,1 volumprosent i luft, en tetthet på 0,090 kg/m³ (ved 0 °C og 1 atmosfære) og er dermed mye lettere enn luft med tetthet 1,225 kg/m³. Oppgitt selvantennelsestemperatur for hydrogen varierer mye, fra 500 til over 700 °C (**Ref /23/**).

Blandinger av CO og luft mellom 12,5 og 75 vektprosent CO kan eksplodere ved antenning. Karbonmonoksid har tetthet 1,250 kg/m³, det vil omtrent det samme som luft. Selvantennelsestemperaturen for CO er 609 °C (**Ref /24/**).

Syntesegass har et bredt brennbarhetsområde, fra 5,2 volumprosent til 83,1 volumprosent, og en tetthet på ca. 0,44 kg/m³.

4.3.5 Teknisk Tilstand Sikkerhet - TTS-verifikasjoner

Equinor bruker TTS-verifikasjoner for å sikre en uavhengig verifikasjon av et anleggs sikkerhetsbarrierer og ytelseskrav. Dette blir for landanleggene i MMP styrt av prosessen OM204.06 – Verifiser teknisk tilstand sikkerhet (TTS). Delprosessene er vist i **Figur 4-26** nedenfor.

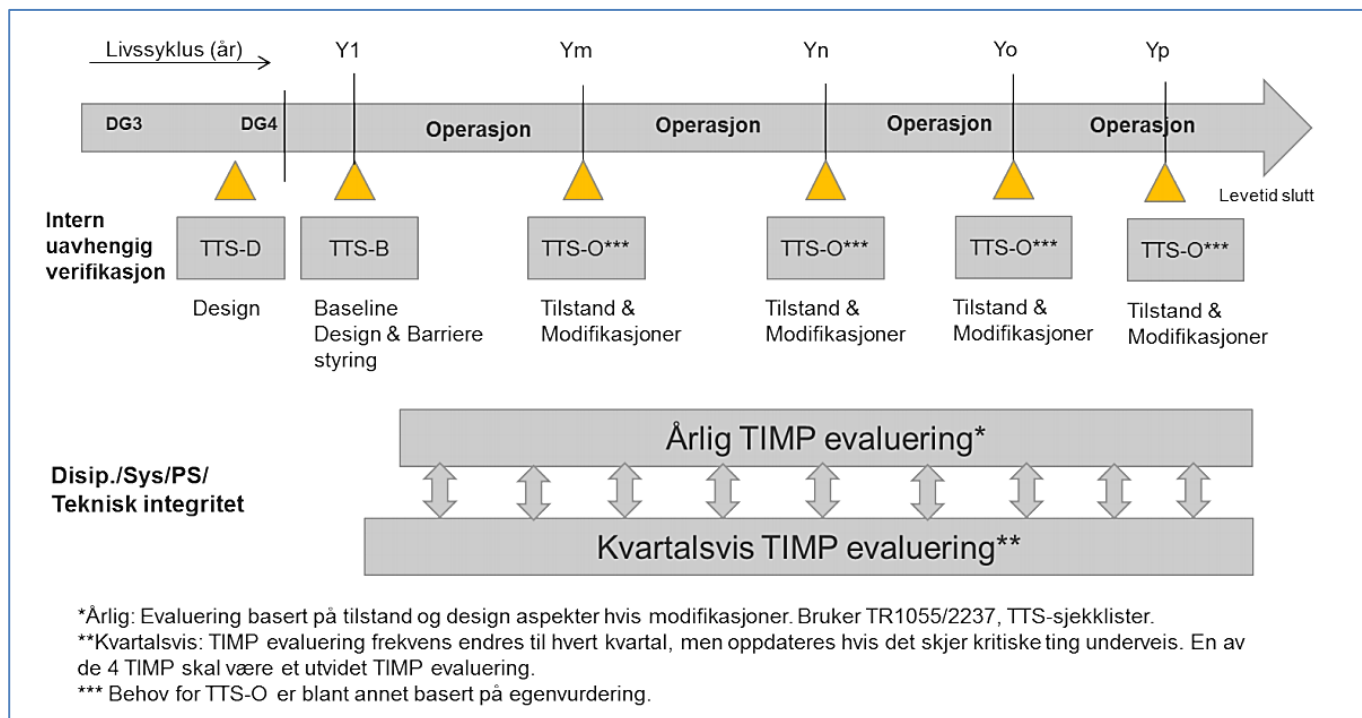


Figur 4-26 Delprosessene for TTS-verifikasjoner i MMP

I tillegg gjennomfører anleggene selv evalueringer av den tekniske integriteten (TIMP) for eget anlegg. Det er oppnevnt ansvarlige for de ulike delene av anleggene i forhold til disipliner, systemer og de ulike barrierefunksjonene med tilhørende ytelseskrav, eller Performance Standard (PS). En skisse av modell for verifikasjon og oppfølging av teknisk integritet er vist i **Figur 4-27**.

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden



Figur 4-27 Modell for verifikasjon og oppfølging av teknisk integritet (R-107396)

For Tjeldbergodden ble det gjennomført en TTS pilot i 2000/2001, regulær gjennomgang i 2002 og delgjennomganger med verifikasjon av noen barrierer i 2005 og 2006. I 2010 ble det gjennomført en full TTS. Det ble da konkludert at med noen få unntak var alle gamle funn lukket, men på grunn av manglende sporbarhet i lukkeprosessen ble ca. 40 funn gjenåpnet. Granskingsgruppen har fått tilgang til de tre TTS-rapportene som er laget for Tjeldbergodden i 2006 (**Ref /16/**), 2010 (**Ref /17/**) og 2016 (**Ref /18/**).

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

5 Hendelsesforløp og beredskap

Hendelser fra oppstart frem til juli 2020 er vist i **App C** på side **96**. Hendelser fra sommeren 2020 frem til utgangen av oktober 2020 er vist i kronologisk rekkefølge i **Tabell 5.1**.

I **avsnitt 5.2** er det beskrevet det som skjedde fra november 2020 frem til hendelsesdagen 02.12.2020, deretter **avsnitt 5.3 Hendelsesforløp 02.12.2020** og til slutt **Tabell 5.3 Beredskap**.

Det er fokusert på de aktivitetene/delhendelsene som hadde betydning for den uønskede hendelsen og konsekvensene. Andre aktiviteter er tatt med i den grad det er nødvendig for å forstå hendelsesforløpet.

5.1 Hendelsesforløp fra sommeren 2020 frem til 30.10.2020

Tabell 5.1 Hendelsesforløp fra sommeren 2020 til 30.10.2020

Dato	Delhendelse/Aktivitet	Kommentar
02.09.2020	Forebyggende vedlikehold av blant annet 52-HV-0424 kansellert pga Covid. «Anbefalt intervall 24 måneder vurderes kansellert eller videreført med nytt intervall som matcher 4-årig stans»	AO 24585142
29.09.2020	TA20 Minor service TG Required end flyttet fra 15.10.2020 til 15.08.2021 pga. Corona-restriksjoner	Not. 45509745
02.10.2020	«Synergirapport: PSV innebygget av stillas og blåsesand i prosessutstyr. Prosessutstyr, blant annet flintstone-ventilen (52-HV-0424), er ikke tildekket og har fått en del blåsesand på ventilstem»	Synergi 1631052
18.10.2020	Synergirapport: Skadd utstyr tilhørende flintstone TG pga varme. «Det ble av operatør oppdaget at "hammer" på flintstone TG beveget seg under loggerunde. Nærmere undersøkelse viser at det lekker i solenoid, og at det ikke gikk luft til aktuator. Senere er det også notert at det muligens er skader på aktuator. Mye (smeltede tagskilt mm) tilsier at det har vært varmt i område, noe som igjen kanskje kan skrives tilbake til tildekking i forbindelse med sandblåsing. Ventilen har vært tildekket, og dette i sammenheng med mye varme har tydelig ikke vært bra for utstyret.»	Synergi 1633018
18.10.2020	«Det ble av operatør oppdaget at "hammer" på flintstone TG beveget seg under loggerunde. Nærmere undersøkelse viser at det lekker i solenoid. Mye (smeltede tagskilt mm) tilsier at det har vært varmt i område, noe som igjen kanskje kan skrives tilbake til tildekning i fm sandblåsing. Mulig solenoid kan utbedres, eller aller best: byttes!»	Not. 46350375
18.10.2020	Turbingeneratoren ble ikke stanset mens solenoiden ble utbedret. Mens reparasjonen pågikk hadde ikke lenger tilbakeslagsventilen aktuert stengemekanisme	Loggesystemet PI
19.10.2020	«Vi fikk bekreftet at solenoid ikke leverte luft til aktuator, slik at spjeldet i flintstone "fløyt fritt" mot trykket. Solenoid er nå utbedret med hjemmelagd stempeltetting, samt noen nye o-ringer da de gamle var temmelig møre. Bør nok byttes solenoid i sin helhet etter hvert. Det er uansett ingen risiko om denne skulle begynne å lekke igjen, ettersom sikkerhetsfunksjonen blir ivaretatt uansett. Det eneste som skjer er at man får et lite trykkfall over flintstone»	Not. 46350375
19.10.2020	«Har ikke fått diskutert med personer som tidligere har feilsøkt, men vil legge til at membranen inne i aktuatoren og tetting til stem ut fra aktuator er defekt. Trolig smeltet av varmen når ventilen ble tildekket»	Not. 46350375
26.10.2020	«(Pakkboks) Lekkasjen har eskalert i forbindelse med at aktuator ble ødelagt av varmen 18.10.2020. (NOT: 46350375) Har prøvd å stramme pakkboks, men får det ikke til»	Not. 46039193
30.10.2020	«Det har blitt en u lyd ved flintstone. Kan høres ut som u lyd er ved blokkventil etter flintstone. Om dette har noe sammenheng med at flintstone ikke er helt OK er uvisst»	Not. 46350375

5.2 Hendelsesforløp fra tripp 07.11.2020 frem til 01.12.2020

Den 07.11.2020 oppsto det en tripp i synteseanlegget. Dette gjorde at kontrollromsoperatør i henhold til normal instruks foretok en manuell tripp av turbingeneratoren. Nedstengningen forløp helt normalt. Det mener granskingsgruppen viser at tilbakeslagsventil 52-HV-0424 stengte som den skulle. Imidlertid er det ikke mulig i etterkant å fastslå om det skyldtes at aktuatoren ble aktivert, at spjeldet stengte fordi man fikk strømning i motsatt retning, eller om en av disse to stenge-mekanismene feilet. Det er kun mulig å se at det blir gitt stengesignal til tilbakeslagsventilen via solenoide 52-HY0424, ikke om solenoiden virkelig åpner for innestengt trykkluft som da gjør at fjæren skyver aktuatorstangen som igjen beveger spjeldet.

Etter trippen 07.11.2020 ble det oppdaget økende damp lekkasje fra pakkboksen i tilbakeslagsventil 52-HV-0424, beskrevet i Notifikasjon 460375601 og arbeidsordre 25351297. I notifikasjonen står det «Økende lekkasje i pakkboks flintstone ventil. Lekkasjen er så stor at den påvirker aktuator som kan bli overheatet. Må pakkes om». Det ble gjort forsøk på tilstramming, uten at man klarte å stramme mutrene ytterligere. Den ble så strammet til 10.11.2020. Mekaniker som utførte den jobben informerte granskingsgruppen at «Pakkboks ble ikke skiftet, fordi ventilen var altfor varm. Renset gjenger, fikk løsnet og tatt av mutrene. Strammet deretter til gland i pakkboks med de to mutrene. Monterte på flere mellomskiver for å få ferske gjenger. Med kald ventil går tilbakeslagsventilen tregt, men går lettere når ventilen er varm. Ble ikke målt kraft for å operere ventilen, ble heller ikke brukt momentmåling på stramming av gland».

Som beskrevet i avsnitt 4.3.3.1 på side 29 har ventilen lav kritikalitet på sikkerhet, og granskingsgruppen mener derfor ikke det ble oppfattet at det var nødvendig å skifte pakkboksen slik det var beskrevet i opprinnelig notifikasjon. I etterkant av hendelsen er det bred enighet om at ventilen burde vært klassifisert med høy kritikalitet på sikkerhet. Granskingsgruppen mener at da ville turbingeneratoren blitt nedstengt slik at både pakkboksen og solenoiden kunne skiftes. Begrunnelsen er krav i styringssystemet OM205.06.03 «Tiltak ved uplanlagt svekkelse av sikkerhetssystem» som skriver at *"det tillates ikke at sikkerhetsrelaterte systemer er svekket uten at det innføres kompenserende tiltak som ivaretar et tilsvarende sikkerhetsnivå"*.

I perioden frem til 02.12.2020 var det ingen ytterligere tripper av turbingeneratoren.

5.3 Hendelsesforløp 02.12.2020

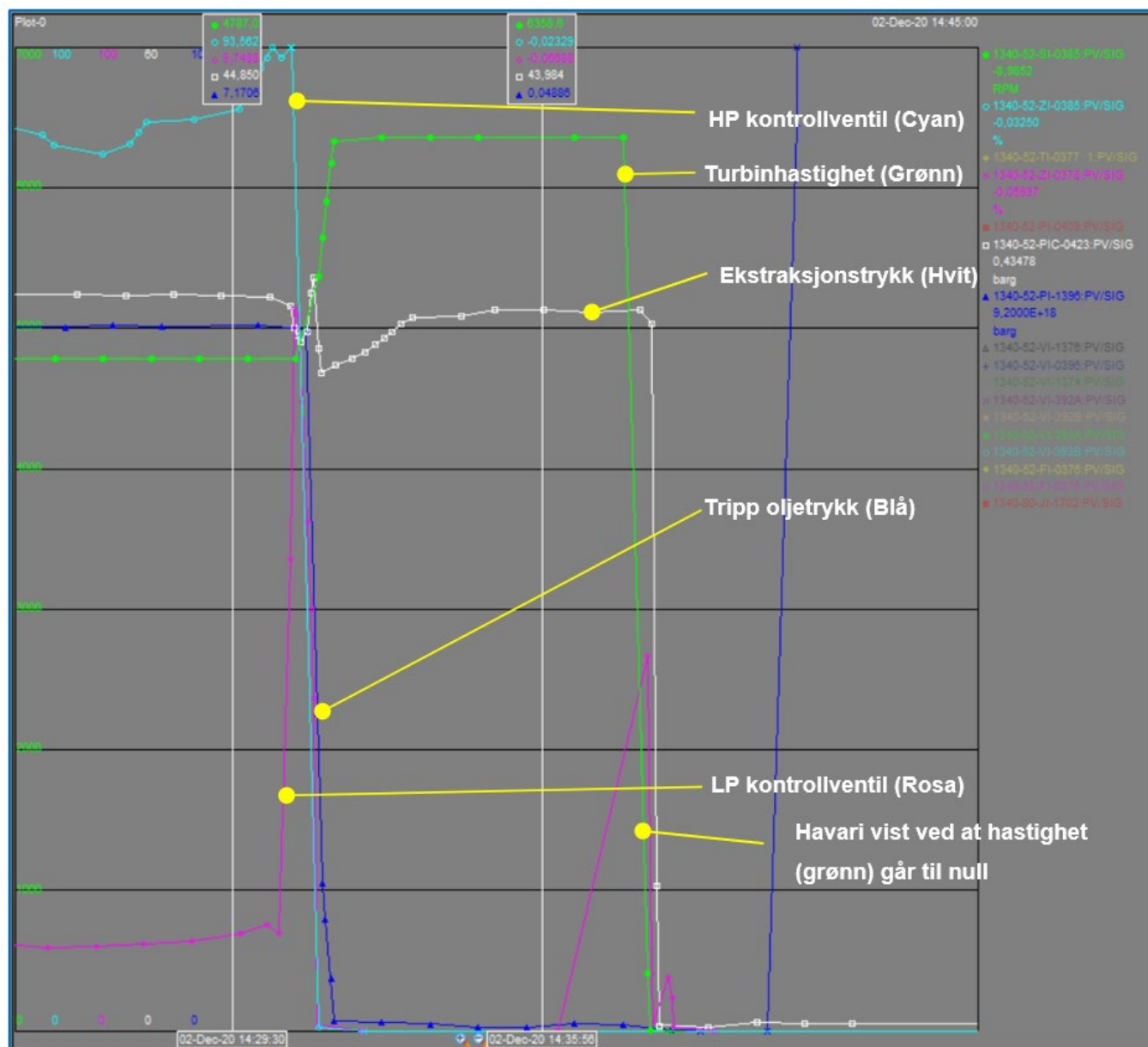
Den 02.12.2020 ble det startet arbeid med tuning av turbingeneratoren på grunn av ustabilitet i mellomtrykks dampnettet og strømproduksjonen. Granskingsgruppen har fått bekreftet at det ikke ble gjort utkoblinger av sikkerhetssystemer for turbingeneratoren i forbindelse med tuningen. Det ble hentet inn en ekstra ressurs på reguleringsteknikk fra forskningsmiljøet på Rotvoll som skulle bistå med tuningen. Det var også en ekstra kontrollromsoperatør som skulle følge med på turbingeneratoren og trippe denne manuelt dersom det oppsto ustabilitet i driften. I løpet av 2020 hadde det vært minst seks tidligere tripper av turbingeneratoren av ulike grunner, og det ble ikke sett på som risikabelt om det ble nødvendig med en tripp, fordi det var tillit til at det skulle sette anlegget i trygg stilling.

Etter at det var gjort endringer av kontrollparametre skulle man gå videre med justeringer som innebar å gå ut av kaskade der det er to regulatorer som skal jobbe sammen. Ved omlegging skiftes det fra internt settpunkt for ekstraksjonstrykket til eksternt. Idet denne omleggingen ble gjort begynte høytrykks reguleringsventilen å åpne. Derfor ble det valgt å gå tilbake til kaskade-regulering. Da begynte lavtrykks reguleringsventilene å åpne, slik at det ble store svingninger i mellomtrykksdampen (ekstraksjonstrykk). Ustabiliteten fortsatte, og den ekstra kontrollromsoperatøren foretok da kl. 14:31:12 en manuell tripp av turbingeneratoren, i henhold til det som var avtalt i forbindelse med oppstart av tuningsjobben.

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

Måling av prosessparametre er vist i **Figur 5-1**. Som vist åpner lavtrykks kontrollventil (rosa) og mellomtrykksdampen faller (hvit). Dette gjorde at kontrollromsoperatør utløste manuell tripp, vist ved at tripp oljetrykket (blå) gikk til null, og turbingeneratorer gikk i «overspeed» (grønn). Hastighetssensoren gikk i metning, så det er ikke mulig å avgjøre hvilken hastighet dampturbinen egentlig har hatt, kun at den har vært minst 134 % «overspeed». Legg merke til at ekstraksjons-trykk (hvit) ikke gikk til null slik det skulle gjort dersom tilbakeslagsventilen hadde stengt. Først etter havariet stengte ventilen, sannsynligvis på grunn av slag i rørlinjen.

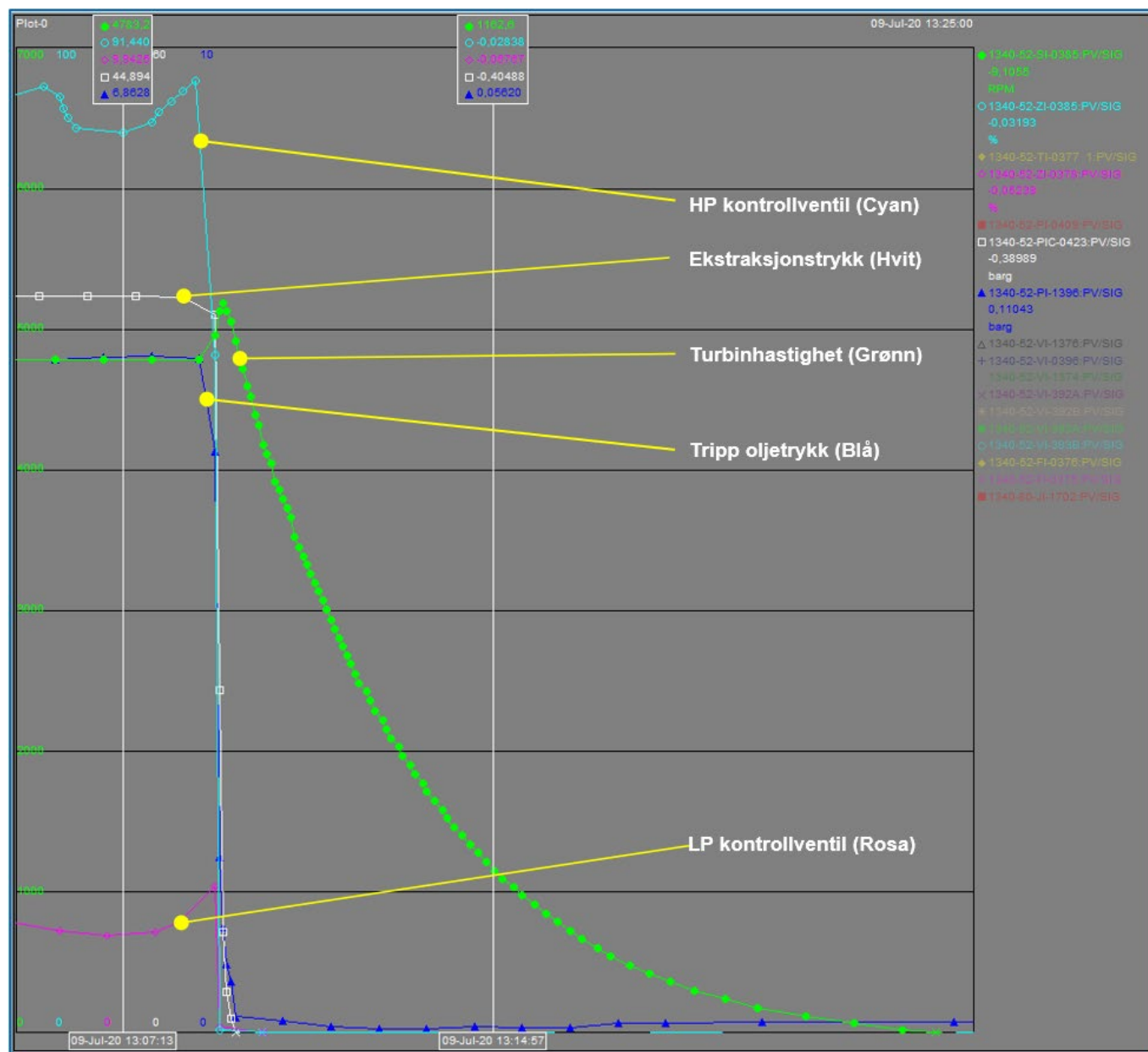


Figur 5-1 Prosessparametre under hendelsen fra ustabilitet til etter havari

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

Prosessparametre for en tidligere tripp er vist i **Figur 5-2**. Den gang fikk turbingeneratoren en hastighetsøkning (grønn) på ca. 108 % før dampturbinen stanset etter ca. 15 minutter. Legg merke til at ekstraksjonstrykket (hvit) falt samtidig med at kontrollventilene for lavtrykk åpnet. Dette viser at tilbakeslagsventil 52-HV-0424 stengte som den skulle. Imidlertid vises det ikke om **begge** stengemekanismene virket, altså både aktuert stenging via den luftstyrte aktuatorarmen, og tilbakeslagsfunksjonen ved at spjeldet stenger ved motsatt strømningsretning.



Figur 5-2 Prosessparametre under en normal tripp (09.07.2020)

Klassifisering: Open

Status: Endelig – frigitt

Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

Hendelsesforløpet 02.12.2020 frem til havariet og første gassdeteksjon er vist i **Tabell 5.2**.

Tabell 5.2 Hendelsesforløp 02.12.2020

Tid	Delhendelse/Aktivitet	Kommentar
07:38	Arbeidstillatelse "Kaldt arbeid: Tuning av Woodward-regulator turbogenerator" skrevet ut	AT TBO-0000514092
10:00	Startet tunejobb av turbingeneratoren	Intervjuer
14:29:29	Omlagging fra kaskaderegulering	Intervjuer / Logg
14:30:21	Høytrykk ventilrampe readout High (52-ZI-0385)	Eventlogg filtrert
14:30:33	Ekstraksjon fra TG High (52-FI-0375)	Eventlogg filtrert
14:30:37	Omlagging tilbake til kaskaderegulering	Intervjuer / Logg
14:30:45	Høytrykk ventilrampe readout High (52-ZI-0385)	Eventlogg filtrert
14:30:46	Alarm i ECSS 80E1702 på aktiv effekt. Alarmgrense 28 MW	Rapport fra Siemens (Ref /19/)
14:31:12	Manuell tripp av TG pga. lavt ekstraksjonstrykk / MP-damptrykk. I henhold til før-jobb-samtale på tuning-jobb	Tidslinje RCA-gruppe
14:31:12	Turbin-utløsning CCR trykknapp (52-XL-1704 2)	Eventlogg filtrert
14:31:12	Turbo-generator nedstengning aktivert (52-YL-1418 2)	Eventlogg filtrert
14:31:12	Tripp fra Woodward kommer hardwired inn på generator diff-vern 80E1702/F31. Aksjon på tripp fra Woodward blir utført direkte på effektbryter 83EH1001B/Q0	Rapport fra Siemens
14:31:12	Bekreftelse på at effektbryter 83EH1001B er koblet ut og låst ute, ca. et halvt sekund etter tripp fra Woodward-alarm, det vil si at TG er frakoblet nett. 22 kV innmating	Rapport fra Siemens
14:31:13	Hurtiglukker bekreftet ikke åpen (52-HV-0379) <i>det vil si hurtiglukker har forlatt åpen stilling, normal stengetid ved test er under ett sekund</i>	Eventlogg
14:31:13	Generator og turbin ble frakoblet. Vist ved at effekt og strøm gikk til null	Rapport fra Siemens
14:31:13	Ved ingen last på generator økte hastigheten på turbin og dermed frekvensen. Alarm på høy frekvens ca. 150 ms etter at bryter for generator ble åpnet	Rapport fra Siemens
14:31:15	Ca. 2 sekunder etter alarm høy frekvens ga generatorvern kommando om å trippe pga. høy frekvens. Hadde ingen effekt siden bryter allerede var trippet av Woodward	Rapport fra Siemens
14:31:15	Frekvensen økte etter frakopling fra ca. 50 til 66Hz før spenning i generatoren forsvant og det ikke var mulig å måle frekvens. Dette tok ca. 26 sek	Rapport fra Siemens
14:31:15	Høy RPM alarm turbin. Grense satt ved 5000 RPM. Nominell hastighet 4766 RPM ved 50 Hz	Rapport fra Siemens
14:31:16	Turbogenerator (52-SAHH-1401 1 og 2) (<i>Jaquet-system overspeed beskyttelse</i>)	Eventlogg filtrert
14:31:16	SAHH TG PSLI kontrollolje	Håndskrevet tidslinje
14:31:19	Høy-høy RPM alarm 5250 RPM	Rapport fra Siemens
14:31:19	ZI på høytrykk (HP) og lavtrykk (LP) ventil viser stengt	Håndskrevet tidslinje
14:31:19	Sensor for turbin RPM i metning på ca. 6400 RPM, men sannsynligvis mye høyere før den etter ca. 7 minutter gikk rett til null	Rapport fra Siemens
14:36:07	Lagertemperatur på turbinen 52-TI-1380 startet å stige etter at den hadde vært flat noen minutter	Loggesystemet PI
14:36:54	Turbogenerator (52-VAHH-0392 1 og 2 / 52-VAHH-0393 1 og 2) vibrasjonsmålinger i høy-høy	Eventlogg filtrert
14:36:54	Turbogenerator girboks (52-VAHH-0394 1 og 2 / 52-VAHH-0395 1 og 2) vibrasjonsmålinger i høy-høy	Eventlogg filtrert
14:38:04	Steinsprut fra fragment som traff bakken rett ved veien som går på nordsiden av kompressorbygg, rett vest for containere	CCTV Camera16
14:38:04	To hull i taket på kompressorbygg, vestsida, nordende og omtrent midt på, tett mot mønet	CCTV Camera16
14:38:06	52DE1011 Tørnegir frakoblet (52-ZAL-1407)	Eventlogg filtrert

Klassifisering: Open

Status: Endelig – frigitt

Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

Tid	Delhendelse/Aktivitet	Kommentar
14:38:10	Generator bearing HI HI shutdown (80-VAHH-026 1)	Eventlogg filtrert
14:38:13	Samlesignal for alarm i Brann&Gass-systemet	Logg Brann&gass
14:38:13	Kompressor-bygning CO-gass detektor (75-DG-1083-A) (På bakkenivå - 7200 - se E042-S-XP-01341)	Logg Brann&gass
14:38:13	75-DG-1083-A KOMPRESSOR-BYGN CO-GASS DETEKTOR	Alarmliste

Tidspunkt fra beredskapslogger viser ikke nødvendigvis når hendelsen skjedde, men kan også vise når det ble loggført.

Tabell 5.3 Beredskap

Dato Tid	Delhendelse/Aktivitet	Kommentar
Dato for hendelsen – 02.12.2020		
14:38:13	Kompressor-bygning CO-gass detektor (75-DG-1083-A) (På bakkenivå - 7200 - se E042-S-XP-01341)	Logg Brann&gass
14:38:13	75-DG-1083-A KOMPRESSOR-BYGN CO-GASS DETEKTOR	Alarmliste
14:38:15	Svart røyk ut fra nordende av tak på kompressorbygg	CCTV Camera17
14:38:16	Svart røyk ut fra nordende av tak på kompressorbygg	CCTV Camera16
14:38:17	Blinkende blålys ved kompressorbygg	CCTV Camera17
14:38:17	Totalt 18 lys-sirene aktivert (75-XL-nnnn)	Logg Brann&gass
14:38:18	75-DF-1085-A KOMPRESSOR-BYGN FLAMME-DETEKTOR	Alarmliste
14:38:19	IR Turbo generator Kompressorhus (75-DF-1266-A)	Logg Brann&gass
14:38:19	75-DF-1266-A IR TURBO GENERATOR KHUS - Infrarød branndetektor	Alarmliste
14:38:34	PSD 1 primær-reformer (Prosessnedstengning)	Håndskrevet tidslinje
14:38:34	Evakueringsalarmen ble aktivert samtidig med PSD. Beredskap 2. linje (IMT) mobiliserte og mønstret i beredskapsrommet da evakueringsalarm gikk	Intervjuer
14:38:34	Kraftig økning av damputslipp rett sør for kompressorbygg	CCTV Camera17
14:38:35	Kraftig økning av damputslipp rett sør for kompressorbygg	CCTV Camera14
14:38:43	PAU6 (75-DG-1215-A) Gassdetektor linje	Logg Brann&gass
14:39:33	Svart røyk fra kompressorbygg, vann på bakkenivå midt på nordside av kompressorbygg - sannsynligvis brudd på sjøvannsrør i glassfiber	CCTV Camera6
14:40	Brannvesenet fikk melding om brannen	Aftenposten på nett
14:40:34	Syntesekompressor begynte å trykkavlaste etter to minutters innebygd forsinkelse fra PSD 1 (for å unngå vakuum)	Alarmliste
14:41:07	Synlige flammer rett ved nordsiden av tak på kompressorbygg	CCTV Camera6
14:42	Første loggføring av CMT / 3. linje: "Mulig rørbrudd i fabrikkområdet"	CMT logg
14:42:19	Dampmengden avtok	CCTV Camera17
14:42:47	Dampmengden avtok	CCTV Camera14
14:43:17	Kraftige flammer rett ved nordsiden av tak på kompressorbygg, også flammer på vestside	CCTV Camera6
14:43:23	Camera2 viser kompressorbygg fra nordøst. Svart røyk fra hele toppen av taket, også røyk ved overgang tak/vegg. Flamme fra topp av taket på nordsiden, ca. 1/3 til 1/4 av lengden	CCTV Camera2

Klassifisering: Open

Status: Endelig – frigitt

Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

Dato Tid	Delhendelse/Aktivitet	Kommentar
14:44	Beredskapsmelding sendt til 17 mottakere i IMT (2. linje): "Dette er en beredskapsmelding fra Equinor Varslingssentral. Vi har mottatt en melding om: Mulig rørbrudd i fabrikkområdet. Hendelsesstedet er: Tjeldbergodden. Beredskapspersonell bes om å møte snarest i henhold til plan." 12 av 17 bekreftet at de kunne møte Beredskap 2. linje hadde allerede mobilisert da evakueringsalarm ble aktivert ca. 14:38	CMT logg
14:46:08	ESD (Emergency Shut Down – nødavstengning av prosessanlegget fra kontrollrom 85-HS-3001). Det ble aktivert evakueringsalarm fra kontrollrom samtidig som det ble trykket ESD	Logg / Intervjuer
14:47:13	Flammer slo gjennom vegg på nivå 3 på nordside av kompressorbygget	CCTV Camera6
14:47:22	Flammer slo ut av dør i 2. etg. på nordside av kompressorbygg	CCTV Camera2
14:48	Mobilisere 2. linje (IMT)	IMT logg
14:50:19	Aktiverte trykk-knapp for stans av normale smøreoljepumper (52PA1008A og B)	Eventlog
14:50:20	Normale smøreoljepumper stanset	Eventlog
14:50:24	Batteridrevet smøreolje nødpumpe startet automatisk (52DE1014)	Eventlog
14:51	Syntesegasskompressor er trykkløs	Loggesystem PI
14:51:27	Brannbil ankom samlingssted i nordøst	CCTV Camera2
14:52:20	Batteridrevet smøreolje nødpumpe (52DE1014) stanset av kontrollromsoperatør, og ble deretter lagt ut elektrisk av elektriker for å være sikker på at den ikke skulle starte igjen	Eventlog
14:52:42	Ikke lenger flammer fra vegg på nivå 3 på nordside av kompressorbygget	CCTV Camera6
14:53	Brann i kompressorhus, mulig rørbrudd. Trippelvarsling. Evakueringsalarm kjørt tidlig. Deluge er satt på 1. og 2. etasje. ESD. Det pågår trykkavlasting. Orden og Sikring er mønstret. Brannvesen kommer fra både Heim og Aure	IMT logg
14:53	Røyken ble mer grå, mindre svart	CCTV Camera14
14:57	Røykutvikling fra tak avtatt	CCTV Camera2
14:58	Varsle i henhold til matrise, 3. linje (CMT), plass-sjef, kommunikasjonsleder, myndigheter, Gassco, eget personell, eksternt personell	IMT logg
14:59	Tredjelinje COM varslet	IMT logg
14:59:52	Vann på brannkanon nordvest for kompressorhus, rakk ikke helt frem	CCTV Camera2
15:02:09	Brannkanon på østside av kompressorbygg startet, strålen styrt mot åpninger overgang vegg/tak og i topp av tak	CCTV Camera6
15:05	2 stk ambulanser mobilisert. Forventet ankomst 15:09	IMT logg
15:06	Syntesegasskompressor er trykkavlastet, gjenstår 6 bar i loopen	IMT logg
15:06	Mobilisert 2 brannbiler fra Aure og Heim. Forventet avgang 15:10	IMT logg
15:08	Ptil varslet	IMT logg
15:09	Beredskapsmelding sendt til 11 mottakere i CMT (3. linje): "Dette er en beredskapsmelding fra Equinor Varslingssentral Vi har mottatt en melding om: Mulig rørbrudd i fabrikkområdet. Hendelsesstedet er: Tjeldbergodden. Beredskapspersonell bes om å møte på teams innkalling som er sendt ut." 10 av 11 bekreftet at de kunne møte	CMT logg
15:09	Ankomst 2 stk ambulanser	IMT logg
15:09	Kontroll på personell fra PAR37 (område vest for kompressorhus) (21 minutter etter evakueringsalarm)	IMT logg
15:11	NRK publiserte nyhet "Brann i Equinors anlegg på Tjeldbergodden"	NRK på nett
15:13:21	Ekstern brannbil ankom fra østsiden, parkerte ved siden av Equinor brannbil	CCTV Camera2
15:15	ASU (luftgassfabrikken) stoppet	IMT logg
15:18	Kontroll på personell (POB) (32 minutter etter evakueringsalarm)	IMT logg

Klassifisering: Open

Status: Endelig – frigitt

Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

Dato Tid	Delhendelse/Aktivitet	Kommentar
15:19:02	Brannkanon nordvest for kompressorbygg avstengt	CCTV Camera17
15:21:36	To innsatspersoner gikk trolig inn i bygget (ikke synlige i bildet)	CCTV Camera6
15:23:02	En tredje innsatsperson kom inn fra nord mens de to som trolig hadde vært inne i bygget ble synlige	CCTV Camera6
15:25	Ankomst brannbil fra Heim	IMT logg
15:25	Starter med å snu briller for å få N2 inn i loop (syntese)	IMT logg
15:30	Synteseloopen er trykkløs	IMT logg
15:33	Heim brannvesen er ankommet og på vei ned	IMT logg
15:37:32	Dør på nordside av kompressorbygget nivå 2 ble åpnet, svak røykutvikling synlig	CCTV Camera6
15:37:52	Første innsatsperson gikk inn i kompressorbygget nivå 2	CCTV Camera6
15:37:54	Andre innsatsperson gikk inn i kompressorbygget nivå 2	CCTV Camera6
15:40	Brannen er bekreftet slukket	IMT logg
15:41	Ptil varslet om at brannen er bekreftet slukket og at vi har kontroll på POB	IMT logg
15:48	NRK publiserte nyhet "Brann i Equinors anlegg slukket"	NRK på nett
15:55	To paller med absol på vei (oppsuging av olje)	IMT logg
16:12	Mottak/brief av nytt innsatslag (1. linje), de som går av debriefes	IMT logg
16:14	Sugebil på vei, kommer 18:30	IMT logg
16:37	Observerte liten brann (ulmebrann i isolasjon)	IMT logg
16:54	Ulmebrann i isolasjon 2. etasje bekreftet slukket. Deformert struktur i grating og tak	IMT logg
17:03	Aure brannvesen trekker ut, brief utført i felt mellom innsatslagene	IMT logg
17:38	Status på oljesøl bør følges opp i tiden fremover, ved synlig olje bør det legges ut lenser	IMT logg
18:26	Sugebil kommet. Orden & Sikring følger den ned	IMT logg
19:00	Vi går ikke inn i kompressorbygget, det er fare for løse deler. Det er lagt på bark for å samle opp olje som lekket ut. Ikke behov for lenser, innsatsleder Brann varslet Kystverket. Drone kommer i morgen, den trenger dagslys for å filme.	IMT logg
Sent på kvelden	Klinikk for krisepsykologi ble kontaktet av vakthavende lege i Equinor. Ble også avklart i samråd med lokal HR på TBO. Bestilling var: "Kom opp og bistå"	Mail fra krisepsykolog
03.12.2020	Politiet ankom TBO og startet avhør	Yammermelding TBO lagt ut 03.12 14:34
03.12.2020	Droneinspeksjon i og rundt kompressorhuset ble gjennomført	Yammermelding TBO lagt ut 03.12 14:34
03.12.2020 14:45	Krisepsykolog fra Klinikk for krisepsykologi ankom TBO. Ledet flere møter / debriefinger for ulike grupper både 03.12 og 04.12, samt hadde samtaler med ledere og ansatte	Mail fra krisepsykolog
08.12.2020	Utmontering av solenoid 52-HY-0424	Bilder fra demontering

Klassifisering: Open

Status: Endelig – frigitt

Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

6 Konsekvenser

Med utgangspunkt i kategoriserings- og klassifiseringsmatrisen i ARIS SF 103-01 er det gitt en beskrivelse av faktiske og mulige konsekvenser for relevante konsekvenskategorier i **Figur 6-1**.

Alvorlighets grad	Personskade		Arbeidsrelatert sykdom (ARS)	Ukontrollerte utslipp		Lekkasjer av olje/gass/brennbare væsker		Brann/eksplosjon		Feil på sikkerhetsfunksjoner og barrierer
	Faktisk	Mulig	Faktisk	Faktisk	Mulig	Faktisk	Mulig	Faktisk	Mulig	Mulig
1	Dødsfall		Arbeidsrelatert sykdom som medfører død	Enkeltutslipp med langvarig virkning på miljøet. Utslipp til luft > årlig forventet utslipp av komponent		>10 kg/sek. Eller kortvarig >100 kg		Hele innretningen/anlegget eksponert		Truer hele innretningen eller anlegget
2	Alvorlig fraværskade / alvorlig personskade		Alvorlig arbeidsrelatert sykdom	Enkeltutslipp med mellomlang miljøpåvirkning. Utslipp til luft > månedlig forventet utslipp av komponent		1-10 kg/sek. Eller kortvarig >10 kg		Store deler av innretning/anlegg eksponert		Truer stor del av innretningen eller anlegget
3	Øvrig fraværskade eller personskade med alternativt arbeid		Arbeidsrelatert sykdom som medfører kortvarig fravær eller begrenset/alternativt arbeid	Enkeltutslipp med korttids miljøpåvirkning. Utslipp til luft > ukentlig forventet utslipp av komponent		0,1-1 kg/sek. Eller kortvarig >1 kg		Deler av innretning/anlegg eksponert		Truer deler av innretningen eller anlegget
4	Medisinsk behandlingsskade		Arbeidsrelatert sykdom som medfører behandling fra autorisert helsepersonell	Enkeltutslipp med liten miljøpåvirkning. Utslipp til luft < ukentlig forventet utslipp av komponent		< 0,1 kg/s		Lokalt område av innretning/anlegg eksponert		Truer lokalt område
5	Førstehjelpsskade		Øvrig arbeidsrelatert sykdom	Enkeltutslipp til omgivelsene med neglisjerbar miljøpåvirkning.		<<0,1 kg/sek. (vesentlig mindre enn 0,1 kg/sek.)		Neglisjerbar risiko for innretning/anlegg		Neglisjerbar fare for innretning/anlegg

Figur 6-1 Klassifiseringsmatrise for HMS hendelser (Ref /10/)

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

Alvorlighetsgrad		1	2	3	4	5
Kostnader/ tap*	Faktisk	Veldig store kostnader/tap for innretningen/anlegget	Store kostnader/ tap for innretningen/ anlegget	Middels kostnader/tap for innretningen/ anlegget	Mindre kostnader/tap for innretningen/ anlegget	Neglisjerbare kostnader/tap for innretningen/ anlegget
	Mulig					

*Inkluderer sum av alle tap og kostnader (tap av produksjon, utstyr/materiell, fremdrift, bruk av ressurser og andre kostnader), inkludert tap for partnere og kontraktører.

Figur 6-2 Klassifiseringsmatrise for kostnader og tap (Ref /10/)

6.1 Faktiske konsekvenser

For hver aktuell konsekvenskategori har granskingsgruppen gitt sin begrunnelse for klassifiseringen.

6.1.1 Personskade

Ingen personer ble skadet som følge av hendelsen eller beredskapen.

6.1.2 Arbeidsrelatert sykdom (ARS)

Granskingsgruppen har ikke fått beskjed at det er meldt om arbeidsrelatert sykdom som følge av hendelsen. Innsatslaget brukte pusteluft under beredskapen.

En krisepsykolog fra Klinikk for krisepsykologi i Bergen deltok på debrief for innsatslaget dagen etter hendelsen.

Siden det var vanskelig å følge alle normale koronatiltak under hendelsen ble samtlige oppfordret til å være spesielt oppmerksomme på symptomer.

6.1.3 Ukontrollerte utslipp

Det ble søl fra smøreolje av typen Fuchs TurbWay 46 inne i kompressorhuset. Etter at brannen var slukket ble det lagt ut bark for å suge opp olje. I følge ansvarlig for Ytre Miljø på Tjeldbergodden er det vanskelig å beregne hvor mye som har gått til grunn, men de estimerer at det er ca. 1000 liter som er gått i grunnen. De største mengdene av oljeforurensset masse er fjernet og levert Rimol Miljøpark i Trondheim som driver mottak av masser for deponering eller rensing. Tjeldbergodden skal utarbeide en sluttrapport fra gravearbeidet.

Under beredskapen ble det laget en aksjon på at det kunne bli behov for å legge ut lenser dersom det skulle gå olje til sjø. I etterkant antar Ytre Miljø at det ikke er gått noe til sjøen.

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

Ifølge sikkerhetsdatablad for smøreoljen (Ref /22/) er det anbefalt følgende tiltak ved utilsiktet utslipp:

Sikkerhetsdatablad	
TurbWay 46	
Erstatter dato: 20.02.2015	Revisjonsdato: 10.02.2017 Versjon: 2.1.0
AVSNITT 6: Tiltak ved utilsiktet utslipp	
6.1. Personlige forsiktighetsregler, personlig verneutstyr og nødrutiner	
For ikke-innsatspersonell:	Ved utslipp: Vær oppmerksom på glatte gulv og overflater.
6.2. Forsiktighetsregler med hensyn til miljø	
Unngå utslipp til miljøet. Forhindre ytterligere lekkasje eller søl dersom det er forsvarlig. Forhindre flatemessig utbredelse (f.eks. gjennom inndemming eller oljesperring). Underrett kommuneingeniør/miljøsjef ved større utslipp. Må ikke tømmes i kloakkavløp/vassdrag/grunnvann.	
6.3. Metoder og materialer for oppsamling og rensing	
Ta opp med væskebindende materiale som sand, kiselgur, syrebindemiddel, universalbindemiddel eller sagflis. Materiale som er tatt opp, må avfallsbehandles i henhold til forskriftene. Stopp strømmingen av materialet, hvis det ikke medfører noen risiko.	
6.4. Henvisning til andre avsnitt	
Se avsnitt 8 for personlig verneutstyr. Informasjon om sikker håndtering, se avsnitt 7. Informasjon om bortskaffing, se avsnitt 13.	
AVSNITT 13: Disponering	
13.1. Avfallsbehandlingsmetoder	
Avfallsbehandlingsmetoder	
Generelle opplysninger:	
Avfall og reststoffer skal avhendes i samsvar med kravene fra lokale myndigheter.	
Metoder til fjerning:	
Utslipp, behandling eller avhending kan være underlagt nasjonale og lokale lover og forskrifter.	
Avfallskategori:	Europeiske avfallskoder: 13 02 05*: mineral-based non-chlorinated engine, gear and lubricating oils

Figur 6-3 Utsnitt fra sikkerhetsdatablad for smøreoljen (Ref /22/)

Granskingsgruppen mener disse anbefalingene ble fulgt, både med hensyn til fokus på å unngå utslipp til sjø, oppsamling av forurenset masse og avhending til firma som har spesialisert seg på mottak av forurenset masse.

Foreløpig klassifiserer granskingsgruppen hendelsen med alvorlighetsgrad faktisk Grønn 4 – «Enkeltutslipp med liten miljøpåvirkning».

6.1.4 Lekkasje av olje/gass/brennbare væsker

Da koblingen mellom dampturbinen og elektrogeneratoren havarerte kl. 14:38:04, oppsto det brudd i smøreoljelinjen til turbingeneratoren. Smøreoljen er av typen Fuchs TurbWay 6. Kapasiteten i oljereservoaret (52TX1001) er 13 000 liter, med strømning 1140 liter/minutt for en pumpe i drift, som tilsvarer 19 liter/sekund. Ni sekunder etter koblingshavariet ble det alarm på en CO-detektor (75-DG-1083-A) som er plassert i kompressorbygget. De elektrisk drevne smøreoljepumpene (52PA1008A og B) ble slått av fra kontrollrom kl. 14:50:20 da det ble mistanke om at den svarte røyken som ble observert stammet fra brann av smøreolje. Imidlertid overtok fire sekunder senere batteridrevet nødpumpe

Klassifisering: Open

Status: Endelig – frigitt

Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

(52PH1014), som har kapasitet 570 liter/minutt, eller 9,5 liter/sekund. Dette er i henhold til styringslogikken som skal sikre at turbingeneratoren får smøring under utrulling etter en stopp. Varighet av slik utrulling kan være rundt ti minutter. Først da en elektriker fikk koblet ut denne pumpen kl. 14:52:20 stanset tilførselen av olje fra smøreoljepumpene. I tillegg er det en såkalt run-down tank med smøreolje som er plassert på utsiden av kompressorbygget (52VL1003). Tanken ligger ca. syv meter over lekkasjepunkt for smøreoljelekkasjen. Denne tanken mates med olje fra pumpene og skal normalt bare forsyne turbingeneratoren med smøreolje i perioden mens det legges om fra elektrisk dreven pumpe til batteridreven. Kapasitet på denne tanken er estimert til 400 liter, hentet fra GA-tegning tank E042-M-XE-07152.

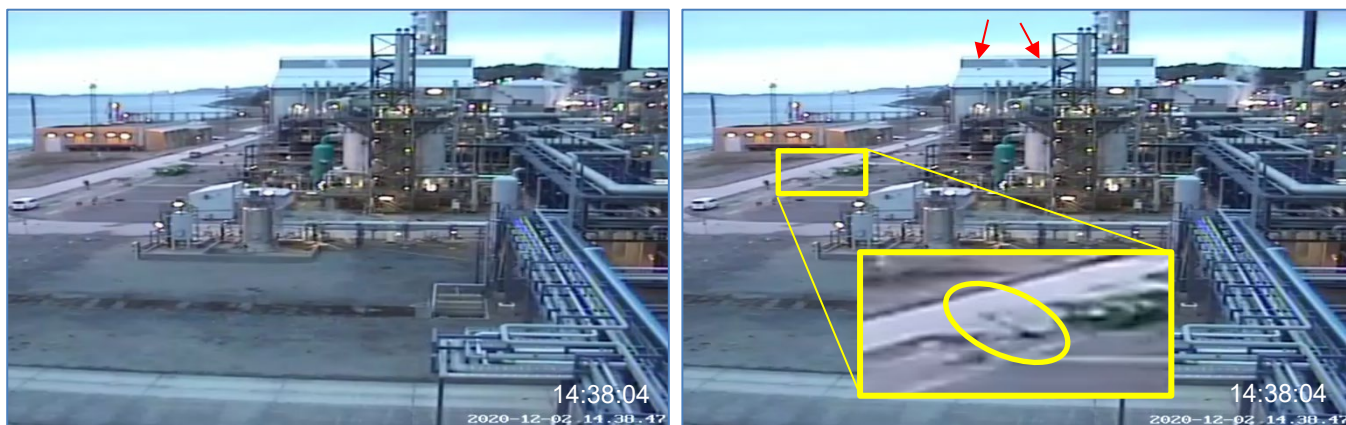
Nivåmåling i oljereservoaret (52-LI-1303) viser en lineær nedgang fra på 34 % (fra 72 % til 38%) i løpet av de 12 minuttene som gikk fra havariet inntraff til de elektrisk drevne pumpene ble slått av. Med en kapasitet på 13 000 liter i oljereservoaret tilsvarer dette 6,2 liter/sekund. Smøreoljen har en relativ tetthet på 0,87 (Ref /22/). Leckasjerate blir dermed 5,4 kg/sekund.

Basert på dette klassifiserer granskingsgruppen lekkasjeraten til Rød 2 - «>1 kg/sek».

6.1.5 Brann/eksplosjon

Som beskrevet i avsnittet over var det smøreolje til turbingeneratoren som ble antent. Etter at tilførsel av smøreolje stanset, avtok brannen og røyken skiftet farge fra svart til grå rundt kl. 14:53.

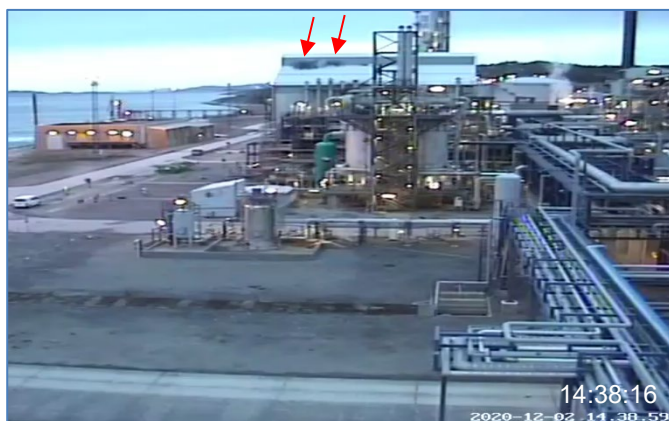
Bildeserien nedenfor viser utviklingen av brannen. På grunn av synkroniseringsfeil for CCTV-kameraene er disse korrigert, riktig klokkeslett vist med større skrift.



Figur 6-4 Bilde rett før og rett etter havariet. Til høyre to hull i taket fra fragmenter (røde piler) og fragment som slår ned i asfalten (markert i gult) (Camera16)

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden



Figur 6-5 Bilder med røykutvikling fra taket (Camera16)



Figur 6-6 Bilder med flammer fra taket (Camera16)



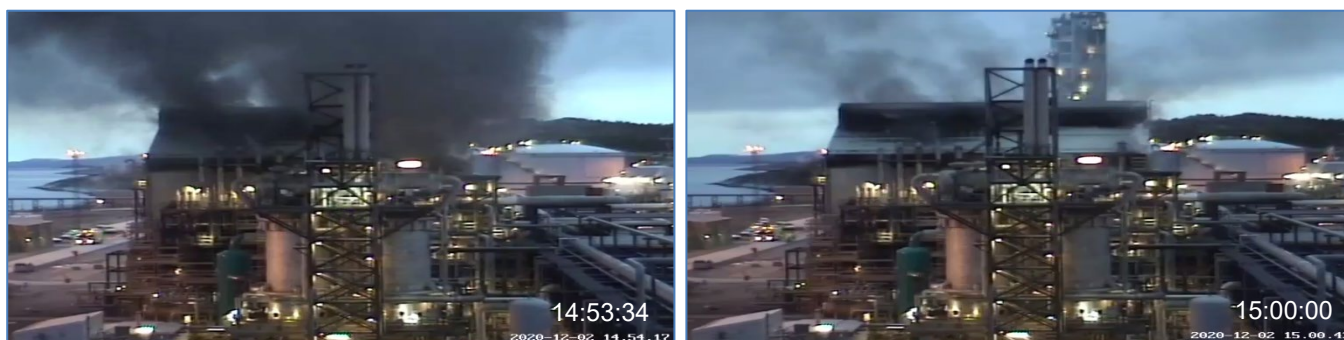
Figur 6-7 Bilder med flammer fra taket. Til høyre, gjennombrenning av takplater (Camera6)

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden



Figur 6-8 Bilder med flammer fra taket og gjennombrenning av nordvegg (Camera6)



Figur 6-9 Røyken ble mer grålig etter at smøreoljepumper var stanset. Nesten ikke røyk fra kl. 15 (Camera16)

På grunn av synteseanlegget i kompressorbygget klassifiserer granskingsgruppen brannen som faktisk Rød 2 «Truer store deler av innretningen eller anlegget».

6.1.6 Kostnader/tap

All produksjon på Tjeldbergodden ble stengt ned som følge av brannen, og skulle ikke startes igjen før nødvendige reparasjoner var utført, og man hadde forsikret seg om at ny oppstart var sikker. Anlegget kom i drift igjen 20.02.2021, det vil si 11,5 uke etter brannen.

Det ble store materielle skader i kompressorbygget, både som følge av koblingshavariet og etterfølgende brann. Til sammen klassifiserer granskingsgruppen dette som faktisk Rød 1 – «Veldig store kostnader/tap for innretningen/anlegget».

6.2 Mulige konsekvenser

Granskingsgruppen har vurdert mulige konsekvenser for hendelsen med utgangspunkt i hva som kunne ha skjedd under «ubetydelig endrede omstendigheter». Dette begrepet er i Equinor sin styrende dokumentasjon definert slik: «Det er bare tilfeldig at alternative utfall av hendelsen ikke inntraff, ikke hva som i verste fall kunne skjedd.»

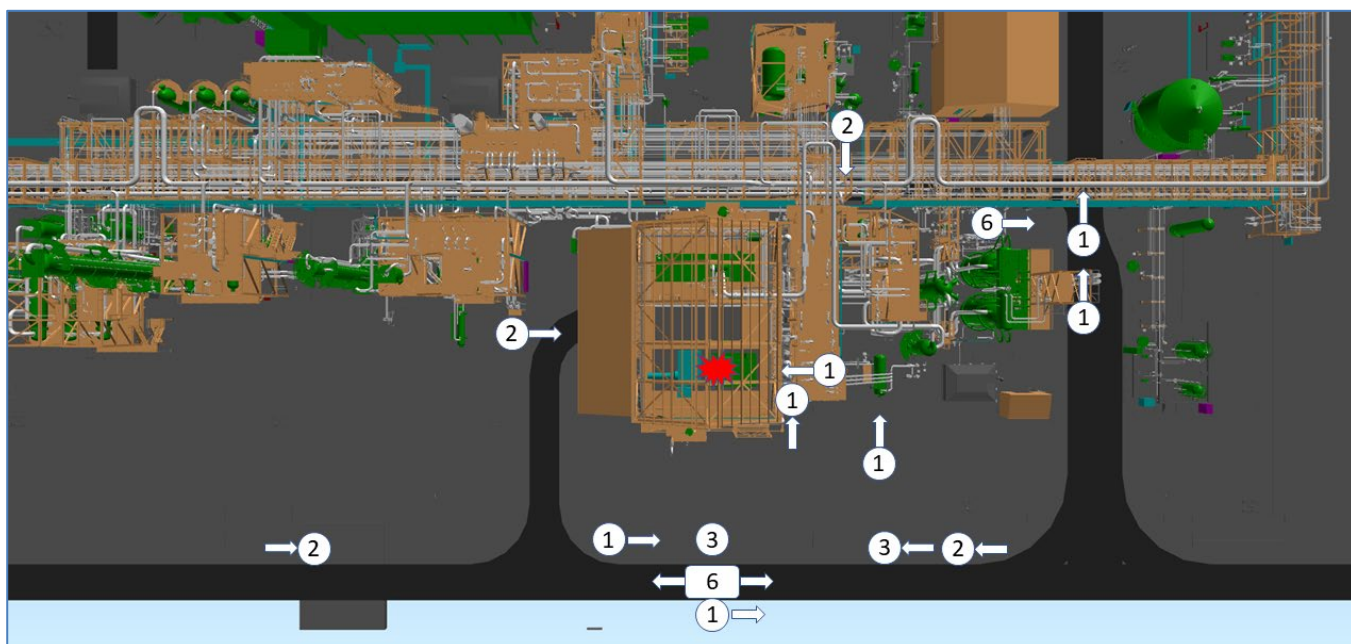
Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

6.2.1 Personskade

Granskingsgruppen har vurdert potensialet for personskade for to ulike hendelsestyper, treff av gjenstander i bevegelse og brann/eksplosjon.

Fra videoopptak har granskingsgruppen sett bevegelser av folk og biler på nord og vestsiden av kompressorhuset. I tillegg har det gjennom intervjuer blitt informert om bevegelser på vestsiden av bygget. Dette er oppsummert i **Figur 6-10**. Tallet i sirkler viser enkeltpersoner eller grupper, firkanten viser biler, og pilene viser retningen de har beveget seg.



Figur 6-10 Bevegelser av folk og biler i perioden fra kl. 14 til koblingshavariet, hentet fra CCTV Camera16

6.2.1.1 Personskade fra gjenstand i bevegelse

Da koblingen i turbingeneratoren havarerte ble det slynget ut mange fragmenter i lengderetningen av kompressorbygget. Flere av disse skadet utstyr inne i kompressorbygget, men deler gikk også gjennom nordveggen av bygget og gjennom taket. Et fragment ødela et glassfiberarmert rør for sjøvann til kjøleanlegget (55L066). En annen del penetrerte steget på en H-bjelke. Her har kraften vært så stor at hullet i bjelken ser ut til å ha blitt stanset ut, uten synlig utbrettet stål på baksiden. Hastigheten har derfor vært svært stor, estimert til minimum 600 km/t, sannsynligvis vesentlig høyere, basert på målt turtall før sensor gikk i metning. Flere av delene som har gått gjennom nordveggen er ikke funnet, og har trolig endt i sjøen. Avstand fra nordveggen til et gjerde mot sjø er ca. 85 meter. En del laget hull i dette netting-gjerdet i hodehøyde.

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden



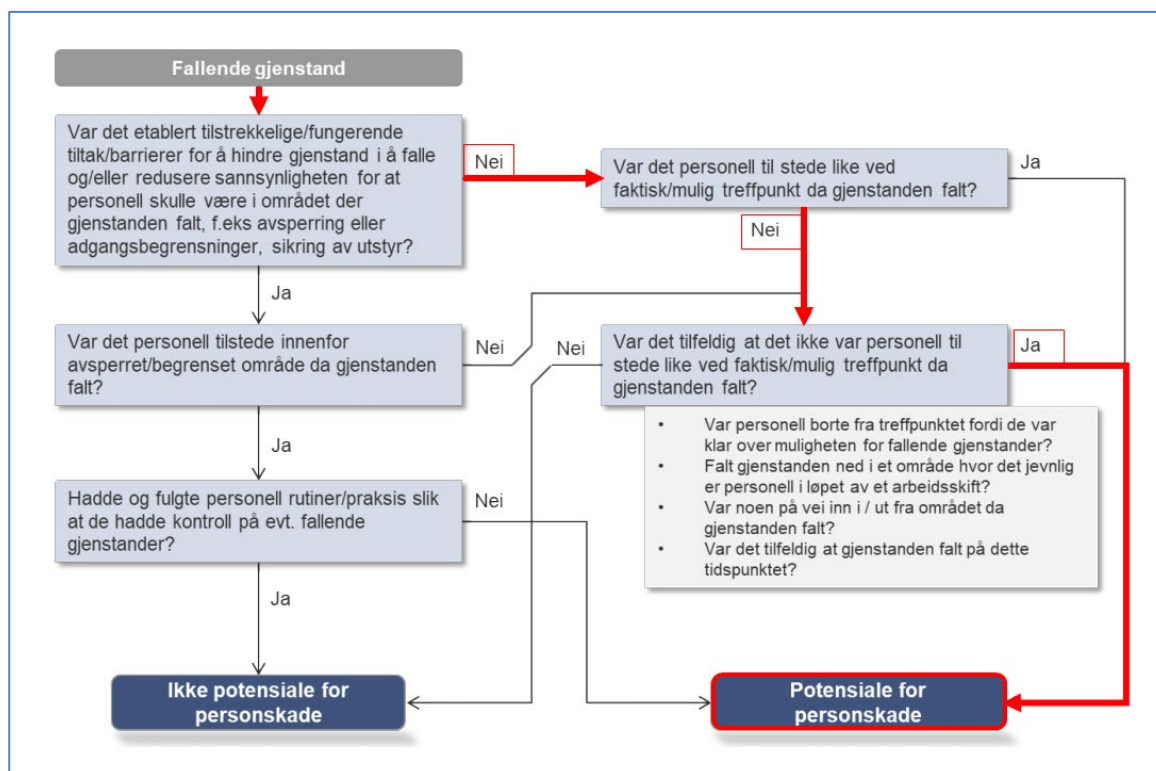
Figur 6-11 Noen av delene som er samlet opp etter koblingshavariet. Kassen måler 120 cm x 80 cm.
Delen nederst, midt i bildet veier 10,7 kg

Klassifisering: Open

Status: Endelig – frigitt

Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden



Figur 6-12 Flytskjema fra retningslinje for potensiell alvorlighetsgrad for personskade fra fallende gjenstander (Ref /3/)

Basert på flytskjemaet over konkluderer granskingsgruppen med at det var potensial for personskade fra fallende gjenstander, det vil si deler som ble slynget ut da koblingen mellom dampturbin og gir havarete.

Begrunnelsen er:

- Det var ingen avsperring av området rundt turbingeneratoren, hverken inne i kompressorhuset eller utenfor
- Det var ingen fysiske barrierer som hindret deler fra den havarete koblingen i å bli slynget videre
- Det var folk som beveget seg på nordsiden av kompressorbygget like før havariet, se **Figur 6-10**
- Flere prosessoperatører og annet personell var på vei til kompressorbygget for å kontrollere utrulling av turbingeneratoren som hadde fått en tripp noen minutter tidligere
- Det var folk som arbeidet på stillas på nordvestsiden av kompressorbygget

Klassifisering: Open

Status: Endelig – frigitt

Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

Tabell 6.1 Klassifisering av fallende gjenstander (Ref /3/)

Alvorlighetsgrad	Sannsynlig utfall ved direkte treff	Fritt fall energi
1	Dødsfall	> 120J
2	Alvorlig fraværsskade / alvorlig personskade	80-120J
3	Øvrig fraværsskade / personskade med alternativt arbeid	40-80J
4	Medisinsk behandlingsskade	20-40J
5	Førstehjelpsskade	0-20J

Akslingen mellom dampturbin og gir er 12 meter over bakkenivå. Ved å bruke vekten på en av gjenstandene som ble slynget ut, 10,7 kg, blir fallenergien beregnet til 1260 J. Dette er mer enn ti ganger høyere enn grenseverdien for fallenergien som sannsynligvis er høy nok til å forårsake dødsfall, 120 J. De utslyngede delene hadde også en betydelig kinetisk energi fra hastigheten som kommer i tillegg til fallenergien ($\frac{1}{2}mv^2$, der m er massen i kg og v er hastigheten i m/s).

Ved å anslå diameteren på koblingen til 0,5 meter, en rotasjonshastighet på 6356 RPM (høyeste måleverdi før sensor gikk ut av måleområde), og en vekt på 10 kg, blir den kinetiske energien 138 kJ. Dette er mer enn 1 000 ganger høyere enn grenseverdien for når en fallende gjenstand klassifiseres som mulig dødsfall. Granskingsgruppen klassifiserer derfor hendelsen som mulig Rød 1 – «Dødsfall».

6.2.1.2 Personskade fra brann/eksplosjon

Dersom det hadde oppstått en lekkasje av syntesegass i kompressorbygget er det sannsynlig at den ville blitt antent av smøreoljebrannen i det samme bygget. Se også vurderinger gjort av Sikkerhetsteknologi, **App E** på side 98. Det var flere personer rett utenfor kompressorbygget da havariet oppsto, se **Figur 6-10** på side 52. Granskingsgruppen klassifiserer derfor dette som mulig Rød 1 – «Dødsfall».

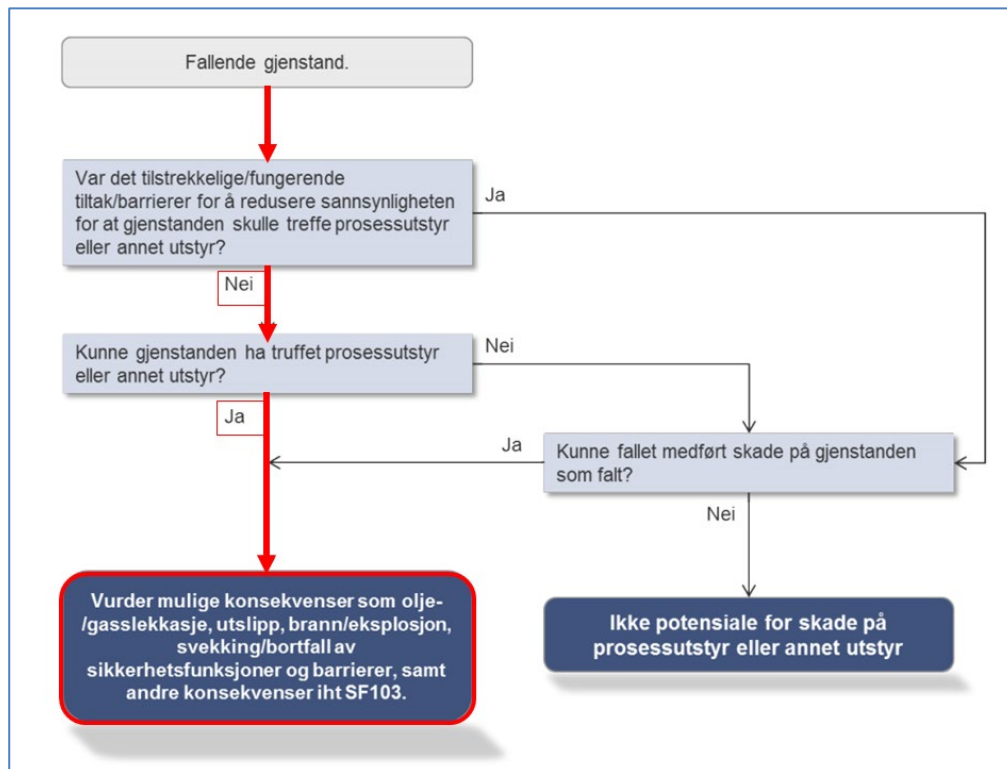
6.2.2 Arbeidsrelatert sykdom (ARS)

I forbindelse med gransking av en bensinlekkasje på Equinors anlegg i Kalundborg i januar 2020 fikk daværende granskingsgruppe utført en vurdering av yrkeshygienisk eksponering av rådgiver Helse og Arbeidsmiljø og en bedriftslege. De konkluderte med at det ikke hadde vært en reell ARS, og skrev videre at «Per nå tillater ikke dagens klassifiseringspraksis at legen klassifiserer potensialet i en ARS i saken, da man ikke kan angi potensiale utover reell ARS-konsekvens. Det betyr ikke at et slikt potensiale ikke finnes». Granskingsgruppen velger derfor samme praksis, og klassifiserer ikke mulig konsekvens for ARS.

6.2.3 Ukontrollerte utslipp

Her legger granskingsgruppen til grunn at det er smøreoljen som utgjør potensialet for ukontrollerte utslipp, og klassifiserer mulig konsekvens lik faktisk konsekvens, altså Grønn 4 – «Enkeltutslipp med liten miljøpåvirkning».

6.2.4 Lekkasjer av olje/gass/brennbare væsker

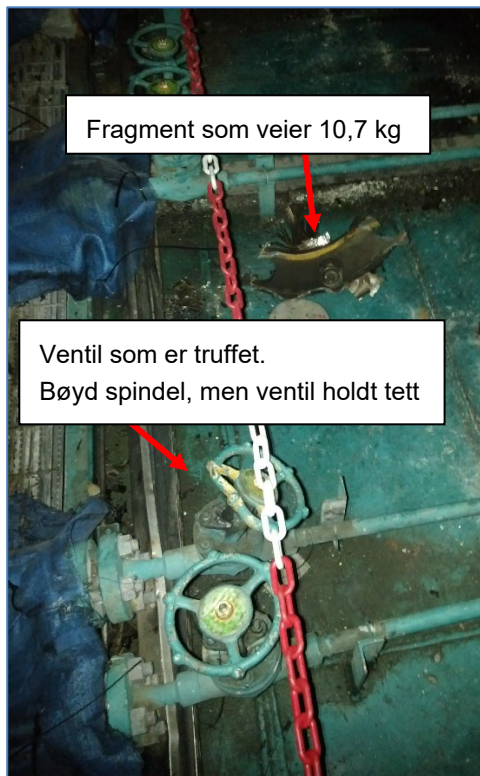


Figur 6-13 Flytskjema fra retningslinje for potensiell alvorlighetsgrad for andre kategorier enn personskade fra fallende gjenstander (Ref /3/)

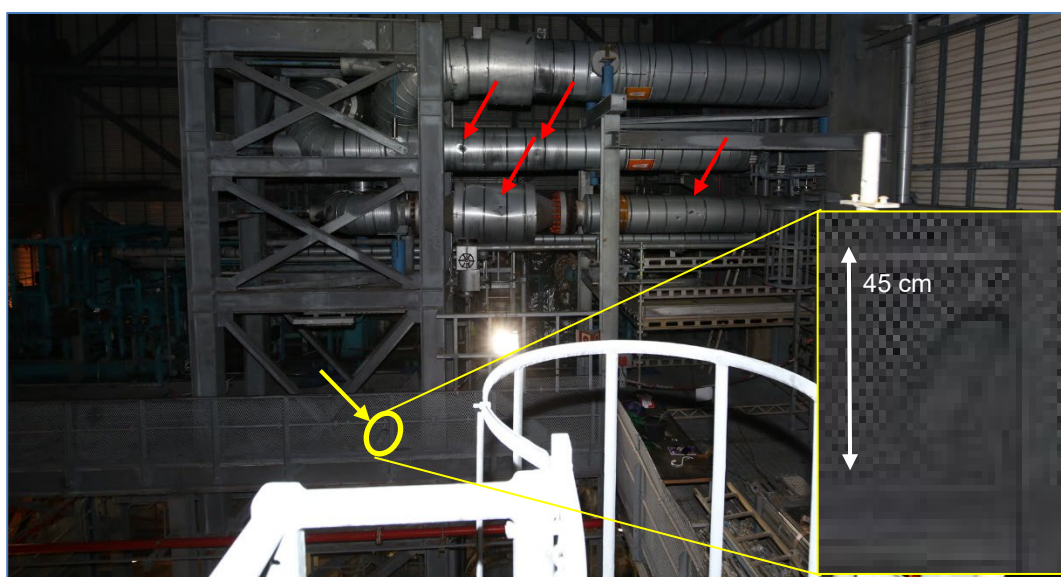
I hendelsen ble det slått hull på rørlinje med smøreolje til turbingeneratoren. Bilder av kompressorbygget viser flere til dels store hull fra gjenstander som har blitt slynget ut, både gjennom endevegg og tak. Det er ikke funnet tyngre deler utenfor kompressorbygget. Et fragment fra koblingen som veier 10,7 kg ble slynget til syntesekompressor i motsatt ende av kompressorbygget. Granskingsgruppen antar at det kan ha vært denne delen som har ødelagt deler av rekkverket, skadet grating og også truffet et ventilhåndtak i rørlinje med syntesegass, se **Figur 6-14** og **Figur 6-15**. Se avsnitt 4.3.4 på side 36 for mer informasjon om syntesegass. Trykket i syntesekompressor er opptil 80 bar, og volumraten er beregnet til 420 Sm³/s, tilsvarende ca. 200 kg/s. Fullt brudd i en 2" linje med syntesegass ville ifølge Sikkerhetsteknologi (se **App E** på side 98) kunne evakuert gass med en rate på nesten 19 kg/s. Granskingsgruppen klassifiserer derfor hendelsen med alvorlighetsgrad mulig Rød 1 – «Lekkasjer av olje/gass/brennbare væsker > 10 kg/s»

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden



Figur 6-14 Bildet til venstre viser utslynget fragment med vekt 10,7 kg og ventil tilhørende syntesekompressor (casing drain på kompressor) som ble truffet.
Bildet til høyre viser minst 14 hull i nordvegg, sannsynligvis fra utslyngede fragmenter



Figur 6-15 Bilde som viser skader på isolasjon rundt rør med syntesegass (Foto: Politiet)
Den gule pila viser hull i netting der fragment har skadet grating og sannsynligvis truffet ventilen vist i Figur 6-14 (forstørret utsnitt til høyre)

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

6.2.5 Brann/eksplosjon

Fagstigen innenfor Sikkerhetsteknologi er bedt om å støtte konserngranskings arbeid av brannen på Tjeldbergodden 02.12.2020. Nedenfor vises en foreløpig vurdering av potensiell konsekvens av hendelsen basert på en kvalitativ analyse. Den endelige, kvantitative analysen fra Sikkerhetsteknologi er vist i **App E** på side 98.

Da koblingen mellom dampturbin og generator gikk i stykker ble det med stor kraft slengt fragmenter radielt ut fra akslingen, lokalisert inne i kompressorhuset. I etterkant av brannen ble det blant annet registrert 5 hull av betydelig størrelse ($\varnothing > 10\text{cm}$) i gavlveggen mot sjøsiden (Nord). Tunge fragmenter, noen på mer enn 10 kg, ble kastet titalls meter ut fra turbingeneratoren, hvorav ett fragment medførte en utstansing av et hull i en H-bjelke (struktur).

Personell oppholdt seg i umiddelbar nærhet av kompressorhuset når hendelsen inntraff. Det hadde også vært flere grupper i området kort tid før hendelsen som vist i **Figur 6-10** på side 52.

Vurdering

- Under ubetydelige endrede omstendigheter kan det ikke utelukkes at prosessutstyr, inkludert syntesegasskompressoren, lokalisert på sørsiden av bygningen, kunne blitt truffet og forårsaket en stor lekkasje med syntesegass
- Syntesegass inneholder 70vol% hydrogen og 20vol% CO (resterende 10vol% inert), og klassifiseres som svært brannfarlig og reaktiv
- Det er ikke usannsynlig at fragmenter kunne blitt slynget ut med tilstrekkelig kraft til å penetrere rør-/prosess-systemer på en slik måte at man må anta store lekkasjeåpninger eller fulle brudd
- En enkel geometrisk vurdering tilsier at dersom fragmentene ble slynget ut i en vinkel ut fra akslingen på turbingeneratoren ville rør over 2 tommer som inneholder syntesegass kunne blitt truffet av fragmenter
- Volumraten av syntesegass i segmentene som går gjennom kompressoren summeres til $1.2\text{ MSm}^3/\text{h}$, altså i størrelsesorden $400\text{ Sm}^3/\text{s}$. Fullt brudd i slike rørdimensjoner ville kunne evakuert gass på denne raten ($400\text{ Sm}^3/\text{s}$)
- Segmentene som kunne ha blitt truffet har lang trykkavlastningstid gjennom en 2" ventil. Segmentvolumene er ikke tilgjengelige enda, men det antas at de er tilstrekkelige til å forsyne en større lekkasje tilstrekkelig lenge før isoleringsventiler begrenser utstrømning
- Volumet av kompressorhusets øvre del (2.etasje og opp til taket) er beregnet til ca. 8500 m^3 . Eksempelvis ville et fullt brudd på et 2" rør kunne gi en støkiometrisk brennbar gassky på ca. 1000 m^3 i løpet av ca. 10 sekunder, mens tilsvarende tid for en lekkasje fra et 100 mm hull er om lag 3-4 sekunder. Dette indikerer at man, for sannsynlige lekkasjerater, raskt (< 10 sekunder) får bygd opp en kritiske gasskystørrelser som ved antennelse kan resultere i en kraftig gasseksplasjon
- Naturlig ventilasjon i kompressorbygget ville ikke ha vært tilstrekkelig til å ventilere ut syntesegassen med så store lekkasjerater
- Syntesegass har et bredt brennbarhetsområde (LFL=5.2vol%, UFL=83.1vol%)
- Det kan antas at antennelsen av oljелеkkasjen fra turbogeneratoren inntraff etter noe tid i forhold til havariet når olje kom i kontakt med varme overflater eller skadet elektrisk utstyr. Samme tennmekanisme ville ha forårsaket en forsinket antennelse av syntesegassen som ville ha medført en kraftig gasseksplasjon med etterfølgende stor jet-brann
- Fataliteter forårsaket av en gasseksplasjon kan ikke utelukkes siden det var personell i umiddelbar nærhet når havariet inntraff. Foreløpig kartlegging av personellbevegelser i området tilsier at det var potensiale for flere fataliteter

Basert på den foreløpige vurderingen og den endelige rapporten vedlagt i **App E** på side 98 konkluderes det med mulig alvorlighetsgrad Rød 1 – «Hele anlegget / installasjonen eksponert».

6.2.6 Feil på sikkerhets-funksjoner og barrierer

Selv om tilbakeslagsventil 52-HV-0424 i SAP er klassifisert med lav kritikalitet for sikkerhet er den i dokumentasjon fra produsenten vurdert som «NON RETURN EMERGENCY STOP VALVE». Grunnen er at den er en barriere som skal hindre tilbakestrømming av mellomtrykksdamp til dampturbinen. Som nevnt i avsnitt 4.3.3 på side 25 er det to forskjellige funksjoner som skal gjøre at tilbakeslagsventilen stenger for motsatt strømming: spjeldet skal lukke mot setet dersom mediet strømmer i motsatt retning, og en aktuatorstang skal presse spjeldet i lukket stilling dersom trykkluft som holder en fjær oppspent blir sluppet til friluft. Begge disse funksjonene feilet under hendelsen med tripp av turbingeneratoren. Granskingsgruppen klassifiserer dette som mulig Rød 1 – «Truer hele innretningen eller anlegget».

6.2.7 Kostnader/tap

Produksjonen på Tjeldbergodden var nedstengt over to måneder. Dersom det hadde oppstått lekkasje av syntesegass mener Sikkerhetsteknologi at dette ville ført til eksplosjon i kompressorbygget. Skadene dette hadde medført ville gitt store materielle skader, og lengre stans av produksjonen.

Til sammen klassifiserer granskingsgruppen dette som mulig Rød 1 – «Veldig store kostnader/tap for innretningen/anlegget».

6.3 Vurdering av storulykkesrisiko

Storulykke er definert som konsekvensklasse 7 eller høyere i Equinor sin HMS-konsekvenskategoriseringsmatrise, ref. ARIS R-24383 – SSU – Pre-defined SSU impact categories. For personskade tilsvarer dette minst fire dødsfall eller hendelser som gir signifikant forkortelse av levetid. Sannsynligheten for at hendelsen i verste fall kunne ha utviklet seg til en storulykke er avhengig av tilstanden på de konsekvensreducerende barrierene i forhold til hendelsen.

Granskingsgruppen er oppmerksom på at denne definisjonen ikke samsvarer med Storulykeforskriften (**Ref /15/**) som i §3 definerer storulykke som «*en hendelse der det inngår ett eller flere farlige kjemikalier, som oppstår i en storulykke-virksomhet og som får en ukontrollert utvikling som umiddelbart eller senere medfører en alvorlig fare for mennesker, miljø eller materielle verdier*».

Som beskrevet i **avsnitt 6.2.1.2** på side 55 konkluderer granskingsgruppen med at det var potensial for dødsfall under ubetydelig endrede omstendigheter. Basert på antall personer som befant seg rett i nærheten av kompressorhuset da hendelsen inntraff mener granskingsgruppen hendelsen hadde storulykkepotensial, både i forhold til Equinors og Storulykeforskriftens definisjon.

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

6.4 Klassifisering av hendelsen

Nedenfor er det gitt en oppsummering av alvorlighetsgrad for de ulike konsekvenskategoriene i kategoriserings- og klassifiseringsmatrisen. I tabellen betyr «Ingen» at konsekvensen ikke inntraff eller ikke kunne inntruffet.

Tabell 6.2 Klassifisering av hendelsen

Konsekvenskategori	Faktisk alvorlighetsgrad	Mulig alvorlighetsgrad under ubetydelig endrede omstendigheter
Personskade	Ingen	Mulig Rød 1
Arbeidsrelatert sykdom	Ingen rapportert	
Ukontrollerte utslipp	Faktisk Grønn 4	Mulig Grønn 4
Lekkasjer av olje/gass/brennbare væsker	Faktisk Rød 2	Mulig Rød 1
Brann/eksplosjon	Faktisk Rød 2	Mulig Rød 1
Feil på sikkerhetsfunksjoner og barrierer		Mulig Rød 1
Kostnader/tap	Faktisk Rød 1	Mulig Rød 1

Hendelsen klassifiseres med høyeste alvorlighetsgrad **faktisk Rød 1**.

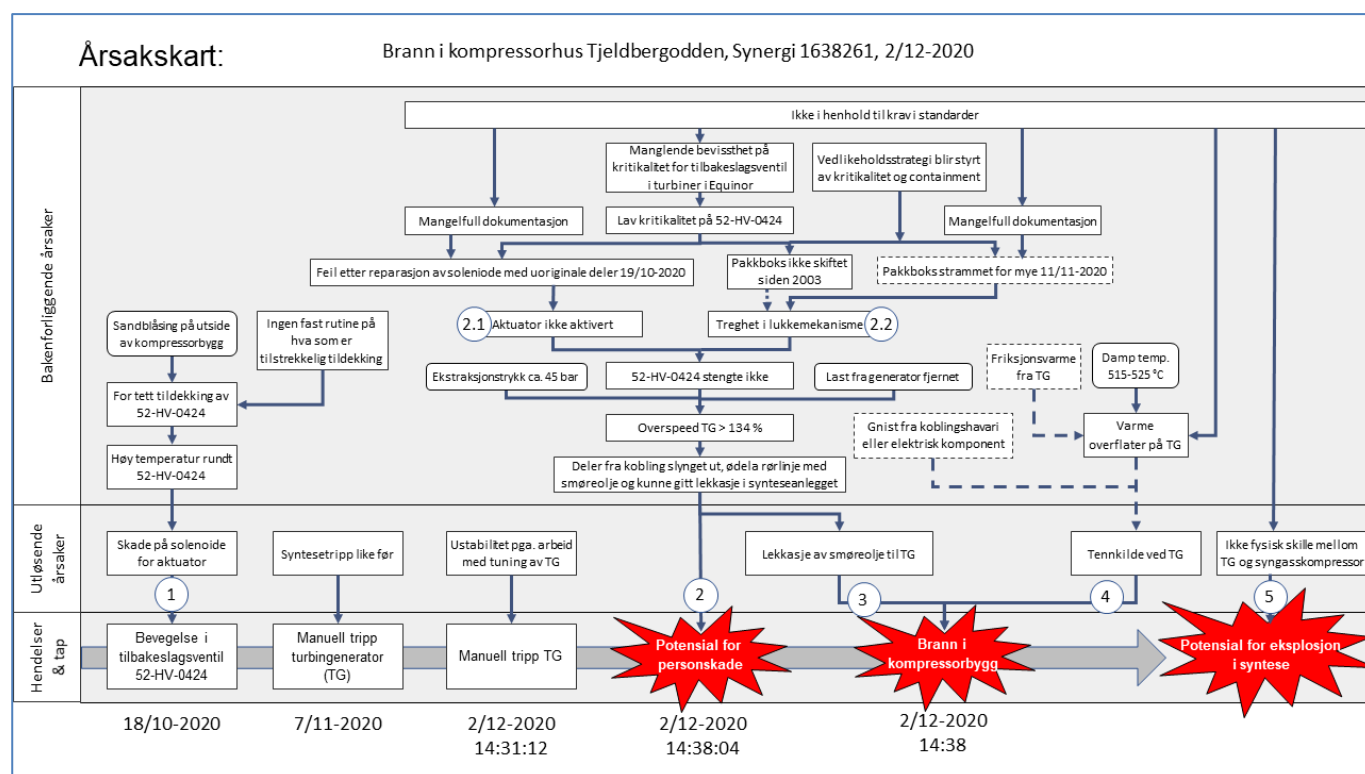
Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

7 Årsaker

Årsakskartet (se **Figur 7-1**) gir oversikt over årsakene til hendelsen. Kartet viser enkelthendelser som førte til konsekvensen/tapet, utløsende årsaker (handling eller tilstand som utløste en eller flere enkelthendelser), bakenforliggende årsaker og sammenhengen mellom disse. Årsakskartet er etablert med utgangspunkt i hendelsesbeskrivelsen i **kap. 5**.

Granskingsgruppen har i sitt arbeid hatt en systemorientert tilnærming i arbeidet. Dette betyr at det ikke pekes på en enkeltstående feil som årsak, men til en serie av tekniske feil, beslutninger, designmessige forhold, operasjonell praksis, organisatoriske forhold med videre som til sammen førte til at hendelsen oppsto.



Figur 7-1 Årsakskart

Årsakskartet bruker følgende symboler:

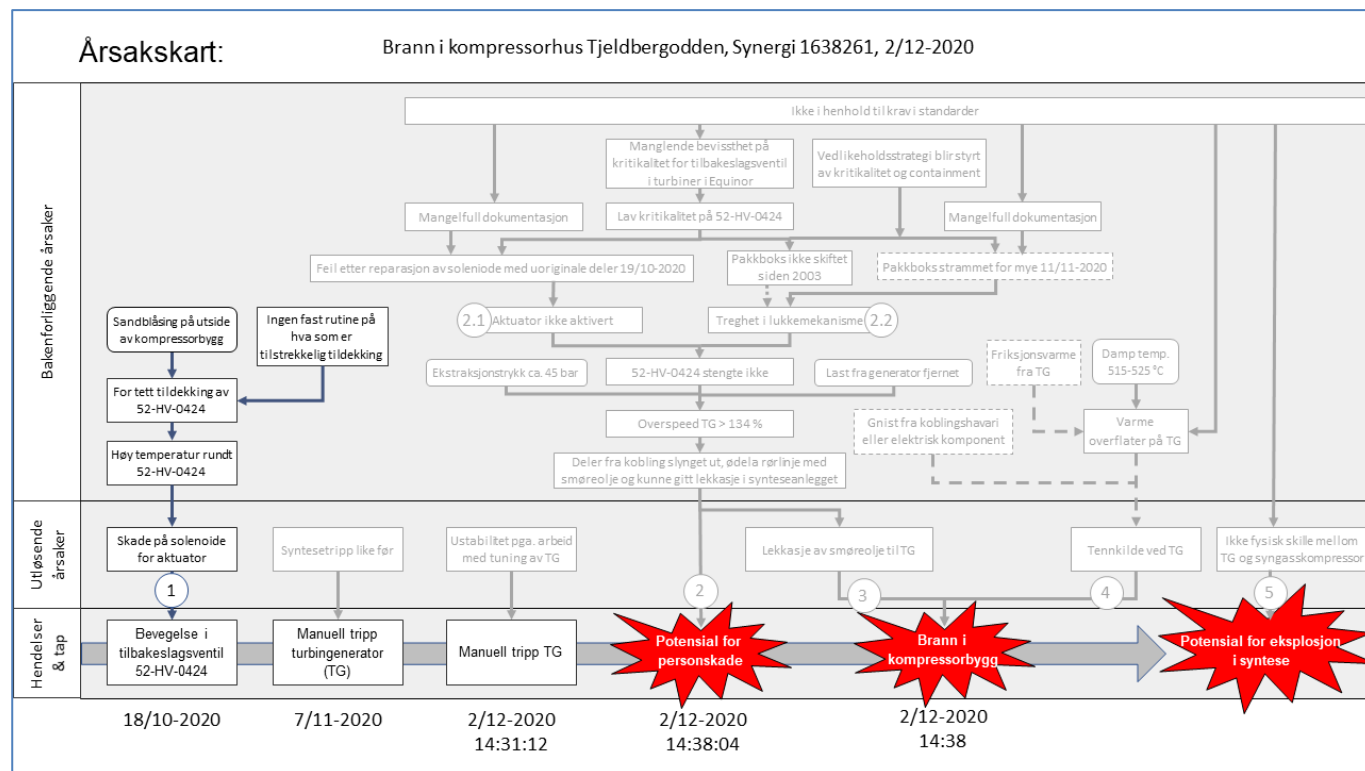
- Stiplet boks – usikkerhet knyttet til boksens innhold.
- Stiplet linje – usikker årsakssammenheng.
- Boks med avrundede hjørner – gir leseren tilstrekkelig informasjon om hvordan hendelsen oppsto, men informasjon i disse boksene er forhold som er av «ikke praktisk betydning» for valg av tiltak, eksempelvis værforhold.

I de påfølgende delkapitlene er det gitt en nærmere beskrivelse av årsaksforholdene for hver årsaksstråd ① til ⑤.

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

7.1 Årsaker knyttet til «Bevegelse i tilbakeslagsventil 52-HV-0424» - Årsakstråd ①



Tabell 7.1 Utløsende og bakenforliggende årsaker til «Bevegelse i tilbakeslagsventil 52-HV-0424» - Årsakstråd 1

Årsak	Beskrivelse	Virkning
Utløsende årsak/Handling		
Skade på solenoide for aktuator	Ved tripp av turbingeneratoren skal solenoide 52-HY-0424 åpne for å slippe ut trykkluft i kammeret for aktuator til tilbakeslagsventil 52-HV-0424. Fjæren vil da skyve ut aktuatorstangen, som igjen skal stenge spjeldet i tilbakeslagsventilen for å hindre tilbakestrømming av mellomtrykksdamp til turbingeneratoren. Solenoiden hadde på grunn av elektrisk feil begynt å åpne mens turbingeneratoren var i drift slik at aktuatorstangen prøvde å tvinge igjen spjeldet. Siden det var full strømming i turbingeneratorens ekstraksjonslinje for mellomtrykksdamp hadde ikke fjæren stor nok kraft til å lukke spjeldet. Bevegelsen var likevel tilstrekkelig til at generatoren ble påvirket, og kontrollromsoperatør oppdaget ustabilitet	Bevegelse i tilbakeslagsventil 52-HV-0424
Bakenforliggende årsaker		
Høy temperatur rundt 52-HV-0424	Som vist i Figur 4-17 på side 28 er solenoide 52-HY-0424 montert rett over tilbakeslagsventil 52-HV-0424 og rørlinjen med mellomtrykksdamp. Ventilen og deler av linjen som ikke er isolert inneholder damp med temperatur rundt 380 °C. Denne varmen har skadet solenoiden	Skade på solenoide for aktuator
For tett tildekking av 52-HV-0424	Tildekkingen rundt ventil 52-HV-0424 og solenoide 52-HY-0424 har vært så tett at dampen i linjen med temperatur 380 °C har ført til oppvarming av utstyret som tidligere hadde naturlig ventilasjon	Høy temperatur rundt 52-HV-0424

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

Årsak	Beskrivelse	Virkning
Sandblåsing på utside av kompressorbygg	Det foregikk sandblåsing i høyden over ventil 52-HV-0424 og solenoide 52-HY-0424. For å hindre skader på utstyr fra blåsesand var det behov for å dekke til utstyr som kunne bli påvirket	Behov for tildekking av utstyr
Ingen fast rutine på hva som er tilstrekkelig tildekking	Det brukes ulike materialer for tildekking av utstyr. Avhengig av temperatur brukes det enten flammehemmende presenning med tape eller sveiseduk med streng. Rundt tilbakeslagsventilen ble det brukt sveiseduk som består av aluminium med glassfiber. Se også App D på side 97 for innmeldt forslag om sjekkliste for tildekking	For tett tildekking av 52-HV-0424

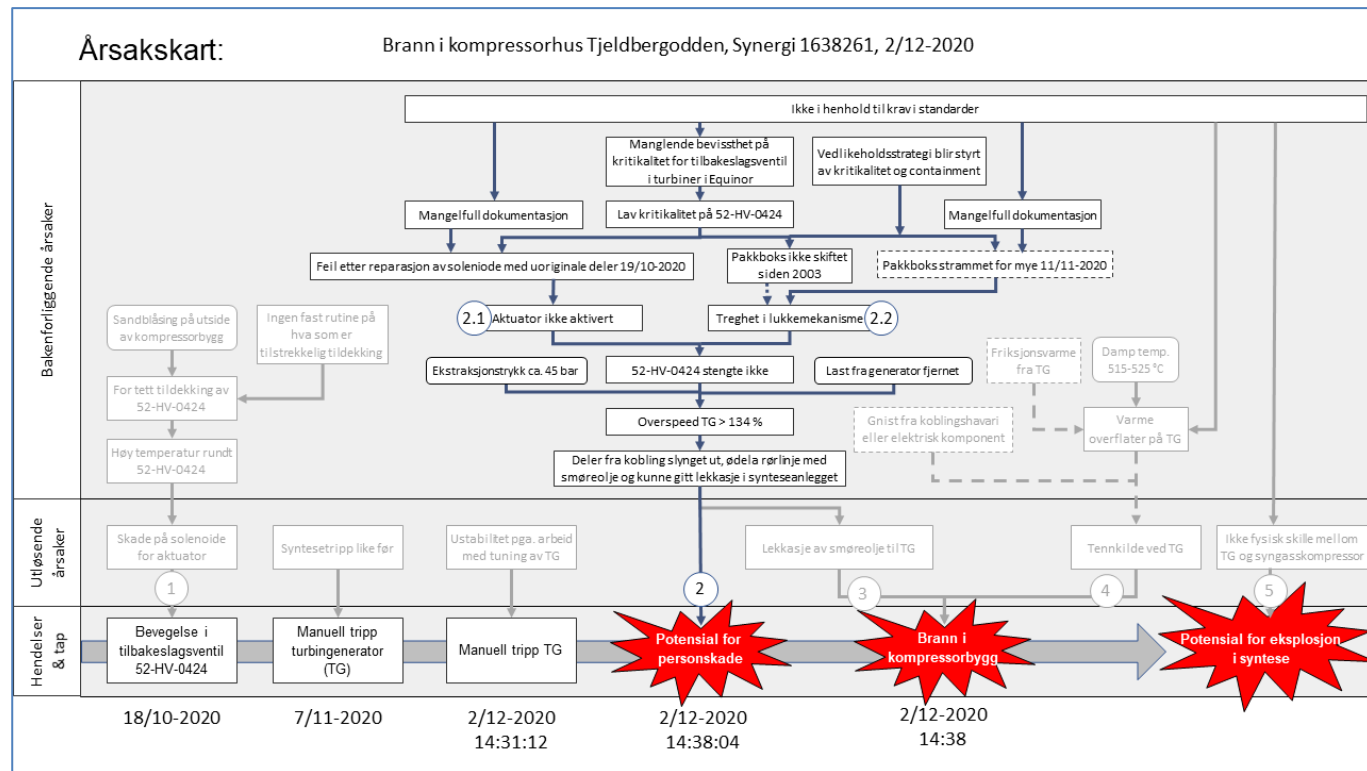
7.2 Andre hendelser før dampturbinhavariet

Forholdene rundt den manuelle trippen av turbingeneratoren 07.11.2020 og 02.12.2020 er beskrevet i avsnitt **5.2** på side **39** og i avsnitt **5.3**. Hovedpoenget med å nevne disse hendelsene er at trippen forløp normalt etter reparasjon av solenoide (18.10.2020), og før etterstramming av pakkboks (11.11.2020).

Klassifisering: Open
 Status: Endelig – frigitt
 Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

7.3 Årsaker knyttet til «Potensial for personskade» - Årsakstråd ②



Tabell 7.2 Utløsende og bakenforliggende årsaker til «Potensial for personskade» - Årsakstråd 2

Årsak	Beskrivelse	Virkning
Bakenforliggende årsaker		
Deler fra kobling slynget ut, ødela rørlinje med smøreolje og kunne gitt lekkasje i synteseanlegget	Da koblingen mellom dampturbinen og giret havarerte, ble det slynget ut mange metalleder med ulik vekt og form. Overvåkingskamera viste at det oppsto to hull i taket, ca. 17 meter over koblingen. Andre deler gikk gjennom nordveggen på bygget, der et av fragmentene slo hull i et glassfiberrør med sjøvann til kjølesystem. En del laget hull i nettinggjerdet mot sjøen (i hodehøyde). Dette gjerdet ligger ca. 80 meter fra nordveggen. Som vist i avsnitt 6.2.1.1 på side 52 hadde disse gjenstandene høy energi, og dermed stort potensial for personskade	Potensial for personskade

Årsak	Beskrivelse	Virkning
Overspeed TG > 134 %	Da turbingeneratoren trippet, ble innløpsventil og reguleringsventiler stengt, og generatoren ble frakoblet. Imidlertid gjorde den åpne tilbakeslagsventilen at det strømmet mellomtrykksdamp tilbake til dampturbinen via ekstraksjonslinjen. Dette gjorde at dampturbinen, nå uten bremsekrefter fra generatoren, økte i hastighet. Tre sekunder etter tripp ga hastighetsmåler høy-alarm på ca. 105 % «overspeed». Syv sekunder etter tripp ble det gitt høy-høy alarm på 110 % «overspeed». Etter omtrent et halvt minutt gikk hastighetssensoren i metning på en hastighet som tilsvarer 134 % «overspeed». Litt under syv minutter etter tripp havarte koblingen mellom dampturbin og gir. Dette gjorde at mange, tunge fragmenter fra kobling og koblingshuset ble slynget ut i en vertikal sirkel rundt koblingen. Noen av de oppsamlede delene er vist i Figur 6-11 på side 53. På grunn av feil ved en datavirusoppdatering 03.11.2020 har frekvensspektra fra vibrasjonsmålinger av turbin-generatoren ikke blitt lagret. Disse dataene blir heller ikke overført til Equinors senter for overvåking av roterende utstyr. Det er derfor ikke mulig i ettertid å fastslå hvilken rotasjonshastighet dampturbinen hadde da koblingen havarte	Deler fra kobling slynget ut, ødela rørlinje med smøreolje og kunne gitt lekkasje i synteseanlegget
Ekstraksjonstrykk ca. 45 bar	Granskingsgruppen har fått bekreftet fra produsenten at et ekstraksjonstrykk som kommer tilbake til dampturbinen gjennom en åpen tilbakeslagsventil og går gjennom oppvarmingshull i lavtrykks reguleringsventiler i turbinen, samt gjennom normal klaring i labyrinten, vil være tilstrekkelig til at turbinen havarerer. Produsenten har ennå ikke tallfestet hvilket ekstraksjonstrykk som er tilstrekkelig for havari	Overspeed TG >134 %
Last fra generator fjernet	Kontrollsystemer for generatoren kobler automatisk ut last når den får nedstengningssignal fra styringen av dampturbinen. Nedstengning kan også skje direkte fra overvåkings-systemet for generatoren	Overspeed TG >134 %
52-HV-0424 stengte ikke	Da tilbakeslagsventilen ikke stengte, strømmet det mellomtrykksdamp på ca. 45 bar fra resten av dampnettet på Tjeldbergodden tilbake til dampturbinen. Dette økte hastigheten på dampturbinen til minst 134 %, sannsynligvis også langt høyere	Overspeed TG >134 %
Årsakstråd 2.1		
Aktuator ikke aktivert	Da turbingeneratoren ble manuelt trippet gikk det automatisk signal til solenoide 52-HY-0424 om å åpne. Dette skulle slippe ut trykkluft i kammeret for aktuator til tilbakeslagsventil 52-HY-0424. Fjæren skulle så skyve ut aktuatorstangen, som igjen skulle stengt spjeldet i tilbakeslagsventilen for å hindre tilbakestrømming av mellomtrykksdamp til turbin-generatoren. Solenoiden åpnet ikke, og dette bidro til at tilbakeslagsventilen ikke stengte	52-HV-0424 stengte ikke

Årsak	Beskrivelse	Virkning
Feil etter reparasjon av solenoide med uoriginale deler 19.10.2020	I etterkant av det ble meldt inn feil på tilbakeslagsventilen 18.10.2020, beskrevet i Synergi-rapport 1633018, ble det utført en reparasjon av solenoide 52-HY-0424. Det var ikke tilgjengelig originaldeler, og siden både ventil 52-HV-0424 og solenoiden var klassifisert med lav kritikalitet på sikkerhet, ble det brukt uoriginale deler fremfor å holde turbin-generatoren nedstengt til originaldeler kunne skaffes. Det ble gjort tester på verkstedet som viste at solenoiden fungerte etter reparasjonen før den ble montert ut i anlegget igjen. Turbingeneratoren ble ikke stanset mens solenoiden ble utbedret. I etterkant av reparasjonen har likevel solenoiden feilet	Aktuator ikke aktivert
Mangelfull dokumentasjon	Solenoiden 52-HY-0424 er av typen ASCO 1M12-3GBT. Det er ikke knyttet opp bruksanvisning eller vedlikeholdsdokumentasjon i STID, som kunne blitt benyttet ved reparasjon av solenoiden	Feil etter reparasjon av solenode med uoriginale deler 19.10.2020
Lav kritikalitet på 52-HV-0424	Som vist i avsnitt 4.3.3.1 på side 29 er tilbakeslagsventilen klassifisert med lav kritikalitet med hensyn på sikkerhet. Dersom kritikaliteten hadde vært høy kan det forventes at turbingeneratoren ville blitt nedstengt til originale reservedeler ble skaffet slik at aktuatorsystemet var fullt funksjonelt med originale deler	Feil etter reparasjon av solenode med uoriginale deler 19.10.2020
Manglende bevissthet på kritikalitet for tilbakeslagsventil i Equinor	Fagleder på roterende utstyr i Equinor har undersøkt andre anlegg som har tilsvarende dampturbiner. Flere av disse anleggene har også lav kritikalitet på avstengningsventiler. I etterkant av hendelsen er det bred enighet om at disse ventilene må ha høy kritikalitet med hensyn på sikkerhet	Lav kritikalitet på 52-HV-0424
Vedlikeholdsstrategi blir styrt av kritikalitet og containment	Som beskrevet i avsnitt 4.3.3.1 på side 29 er vedlikeholdskonseptet for ventil 52-HV-0424 bestemt av to faktorer: klassifisering med hensyn til sikkerhet og produksjon, og konsekvens av lekkasje til friluft (containment). Som vist i Figur 4-21 på side 31 betyr dette at fordi det går damp i linjen (lav konsekvens) ville ikke tilbakeslagsventilen hatt krav til forebyggende vedlikehold selv om ventilen hadde vært klassifisert «Medium» på sikkerhet, kun ved klassifisering «Høy»	Feil etter reparasjon av solenode med uoriginale deler 19.10.2020
Ikke i henhold til krav i standarder	I standarden EN IEC 60045-1:2020 «Dampturbiner Del 1: Spesifikasjoner» (Ref /13/) står det i kap 9.6.2 at tilbakeslagsventilen er sikkerhetskritisk. Det samme vil da også gjelde for tilknyttet utstyr som skal sørge for at tilbakeslagsventilen stenger, i dette tilfellet solenoiden. Standarden NS-EN ISO 10437:2003 «Dampturbiner – Spesielle bruksområder» (Ref /12/) sier i kap 12.3.1.5 «On turbines with uncontrolled extractions, two non-return valves in series shall be provided on each extraction». Turbingeneratoren på Tjeldbergodden er et grensetilfelle til å være «ukontrollert» på grunn av oppvarmingshullene i lavtrykks reguleringsventilene (52-PV-378/380), og det kan derfor argumenteres for at det burde vært to tilbakeslagsventiler, ikke bare 52-HV-0424	Manglende bevissthet på kritikalitet for tilbakeslagsventil i Equinor og Mangelfull dokumentasjon

Årsak	Beskrivelse	Virkning
Årsakstråd 2.2		
Treghet i lukkemekanisme	Bilder av tilbakeslagsventilen (Figur 4-17 på side 28) viser at aktuatoren ikke var aktivert for å stenge tilbakeslagsventilen. Trykkmålinger på hver side av tilbakeslagsventilen viser også at den ikke stengte før koblingen havarerte. Normalt skal en tilbakeslagsventil stenge av seg selv dersom strømmingen skifter retning. Det at tilbakeslagsventilen ikke stengte viser at tregheten i lukkemekanismen har vært for stor. Siste dokumenterte funksjonstest av ventilen ble utført 08.06.2018 (AO 24002123). Da skal ventilen ha beveget seg fint uten hakking. Solenoiden ble ikke testet. Produsenten anbefaler månedlig test av at ventilen beveger seg mykt (se Figur 4-25 på side 35)	52-HV-0424 stengte ikke
Pakkboks ikke skiftet siden 2003	Gjennom søk i vedlikeholdshistorikk i SAP er det funnet at pakkboksen på tilbakeslagsventilen sist ble skiftet i 2003 (Not. 40278337). Det er etter dette registrert lekkasje i pakkboksen med ettertrekking 22.09.2014 (Not. 43805402). Ny pakkbokslekkasje ble registrert 24.01.2020. Det ble 10.02.2020 vurdert som for risikabelt å trekke til boltene i drift på grunn av tilstanden. Et forsøk ble gjort på ettertrekking 26.10.2020 fordi lekkasjen hadde eskalert etter at solenoide ble ødelagt av varmen 18.10.2020, men operatør fikk det ikke til. Etterstramminger av pakkboksen kan ha gitt større treghet i lukkemekanismen, enn om pakkboksen hadde blitt skiftet til en ny	Treghet i lukkemekanisme
Pakkboks strammet for mye 10.11.2020	Mens turbingeneratoren var nedstengt etter tripp 07.11.2020 ble pakkboksen etterstrammet slik at lekkasjen stanset. Denne etterstrammingen kan ha gitt større treghet i lukkemekanismen. Da granskingsgruppen sjekket tilbakeslagsventilen på verksted i etterkant av hendelsen (14.12.2020), måtte det brukes betydelig kraft for å operere ventilen. Kraften ble ikke målt	Treghet i lukkemekanisme
Lav kritikalitet på 52-HV-0424	Som vist i avsnitt 4.3.3.1 på side 29 er tilbakeslagsventilen klassifisert med lav kritikalitet med hensyn på sikkerhet. Dersom kritikaliteten hadde vært høy forventes det at turbingeneratoren ville blitt nedstengt slik at pakkboksen kunne skiftes. Dette var planlagt utført under revisjonsstansen i 2020 (AO 25139935), men utsatt på grunn av corona-tiltak. Med utskifting til ny original pakkboks ville bevegelse i lukkemekanismen igjen fått riktig treghet	Pakkboks ikke skiftet siden 2003 og Pakkboks strammet for mye 10.11.2020
Mangelfull dokumentasjon	Tegningen av tilbakeslagsventilen viser bare pakkboksen, men det er ingen dokumentasjon på hvilket moment som skal brukes ved tiltrekking av pakkboksen eller kraften som trengs for å operere ventilen	Pakkboks strammet for mye 10.11.2020
Vedlikeholdsstrategi blir styrt av kritikalitet og containment	Som beskrevet i avsnitt 4.3.3.1 på side 29 er vedlikeholdskonseptet for ventil 52-HV-0424 bestemt av to faktorer: klassifisering med hensyn til sikkerhet og produksjon, og konsekvens av lekkasje til friluft (containment). Som vist i Figur 4-21 på side 31 betyr dette at fordi det går damp i linjen (lav konsekvens) ville ikke tilbakeslagsventilen hatt krav til forebyggende vedlikehold selv om ventilen hadde vært klassifisert «Medium» på sikkerhet, kun ved klassifisering «Høy»	Pakkboks ikke skiftet siden 2003 og Pakkboks strammet for mye 10.11.2020

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

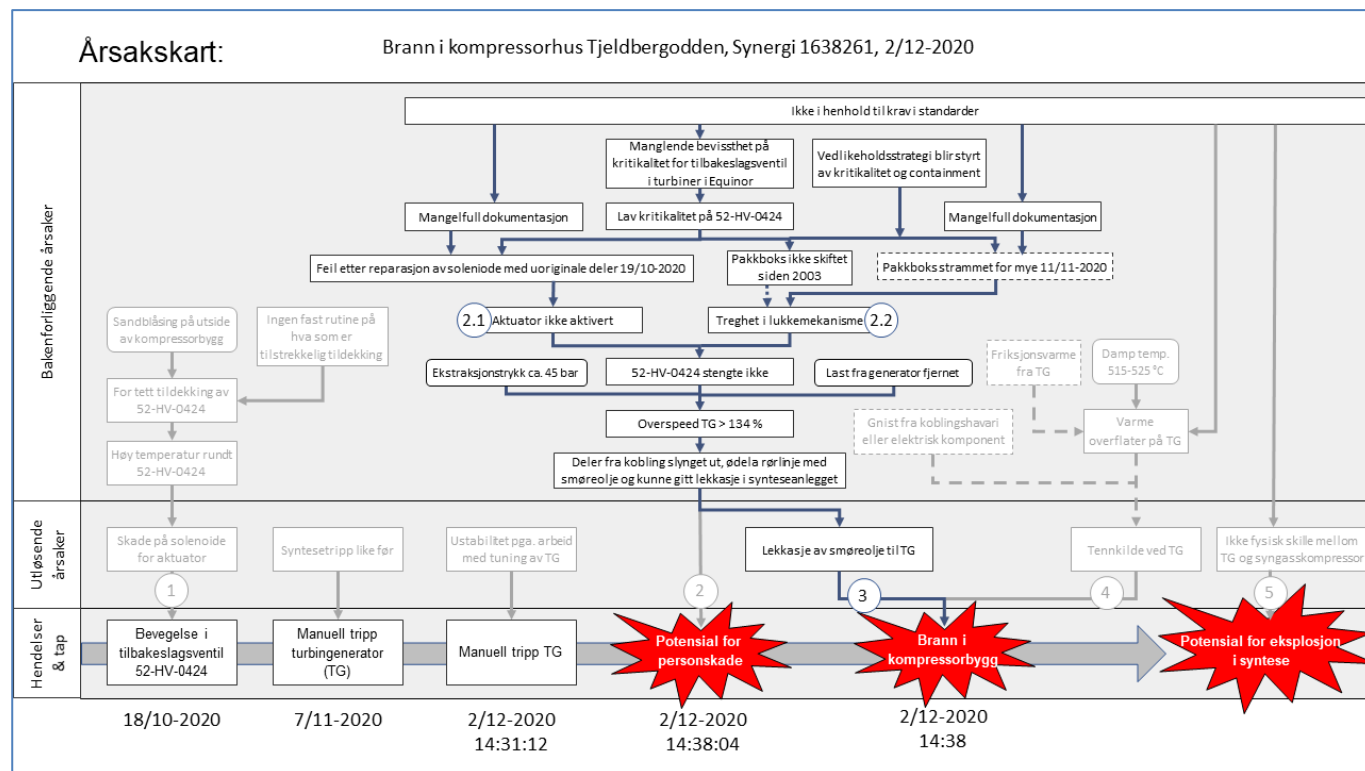
Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

Årsak	Beskrivelse	Virkning
Manglende bevissthet på kritikalitet for tilbakeslagsventil i Equinor	Fagleder på roterende utstyr i Equinor har undersøkt andre anlegg som har tilsvarende dampturbiner. Flere av disse anleggene har også lav kritikalitet på avstengningsventiler. I etterkant av hendelsen er det bred enighet om at disse ventilene må ha høy kritikalitet med hensyn på sikkerhet	Lav kritikalitet på 52-HV-0424
Ikke i henhold til krav i standarder	<p>I standarden EN IEC 60045-1:2020 «Dampturbiner Del 1: Spesifikasjoner» (Ref /13/) står det i kap 9.6.2 at tilbakeslagsventilen er sikkerhetskritisk. Det samme vil da også gjelde for tilknyttet utstyr som skal sørge for at tilbakeslagsventilen stenger, i dette tilfellet pakkboksen</p> <p>Standarden NS-EN ISO 10437:2003 «Dampturbiner – Spesielle bruksområder» (Ref /12/) sier i kap 12.3.1.5 «On turbines with uncontrolled extractions, two non-return valves in series shall be provided on each extraction». Turbingeneratoren på Tjeldbergodden er et grensetilfelle til å være ukontrollert på grunn av oppvarmingshullene i lavtrykks reguleringsventilene (52-PV-378/380), og det kan derfor argumenteres for at det burde vært to tilbakeslagsventiler, ikke bare 52-HV-0424</p>	Manglende bevissthet på kritikalitet for tilbakeslagsventil i Equinor og Mangelfull dokumentasjon

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

7.4 Årsaker knyttet til «Brann i kompressorbygg» - Årsakstråd ③



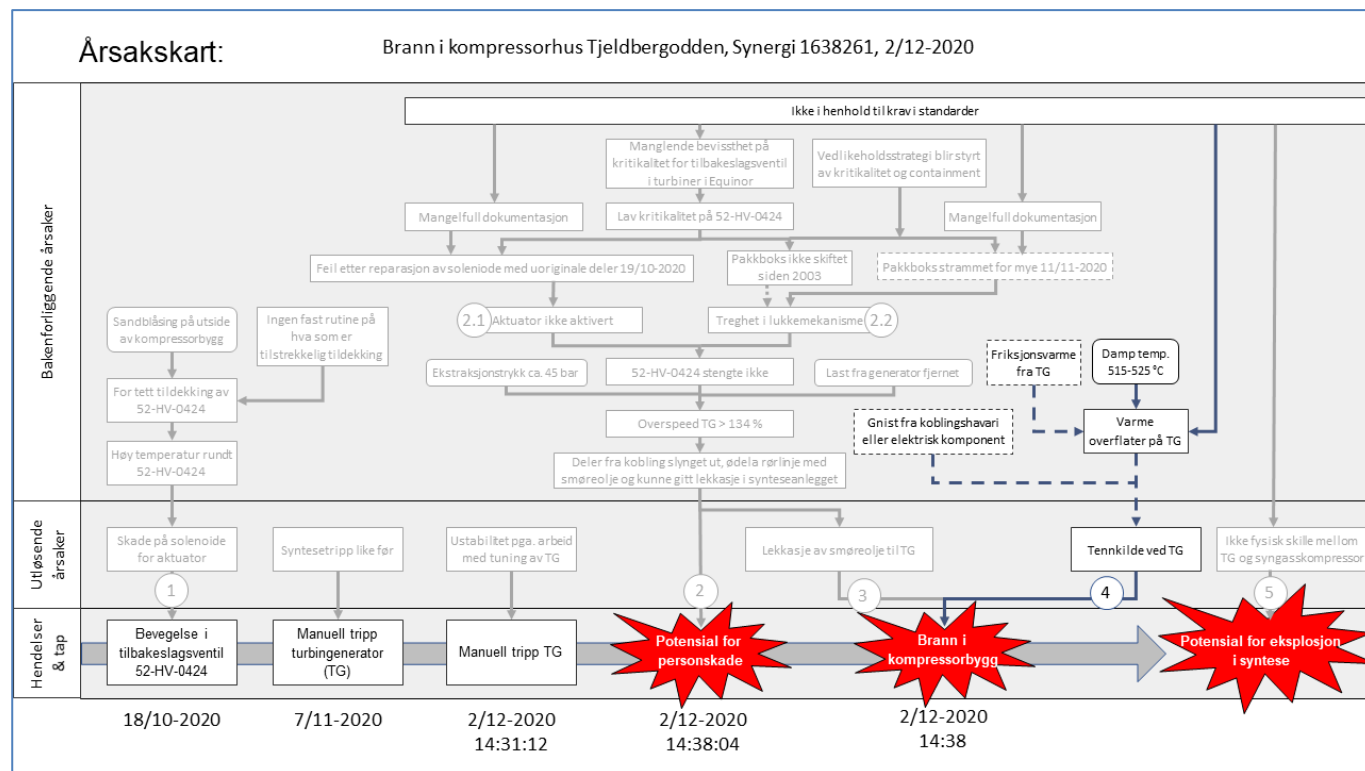
Tabell 7.3 Utløsende og bakenforliggende årsaker til «Brann i kompressorbygg» - Årsakstråd 3

Årsak	Beskrivelse	Virkning
Utløsende årsak/Handling		
Lekkasje av smøreolje til TG	Fragmenter fra koblingshavariet slo hull på rørlinjer med smøreolje. Smøreolje under trykk strømmet dermed ut. I tillegg var det nødvendig med en tennkilde for at smøreoljen skulle antenne. Årsakene til dette er beskrevet som Årsakstråd 4 i Tabell 7.4 på side 70	Brann i kompressorbygg
Bakenforliggende årsaker		
De bakenforliggende årsakene til oljelekkasjen er de samme som for potensial for personskade som følge av gjenstander som ble slynget ut. Se beskrivelsen i Tabell 7.2 på side 64		

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

7.5 Årsaker knyttet til «Brann i kompressorbygg» - Årsakstråd ④



Tabell 7.4 Utløsende og bakenforliggende årsaker til «Brann i kompressorbygg» - Årsakstråd 4

Årsak	Beskrivelse	Virkning
Utløsende årsak/Handling		
Tennkilde ved TG	<p>Smøreoljen som lekket ut etter at rørlinjer ble skadet da koblingen havarerte ble antent. Det betyr at det må ha vært tilgjengelig en tennkilde med nok energi til å antenne smøreoljen. Hvordan smøreoljen lekket ut, det vil si som forstøvede dråper eller i væskeform, vil avgjøre hvilken energi som var nødvendig for å antenne smøreoljen. Det er flere mulige tennkilder rundt turbingeneratoren. Det er ikke mulig å avgjøre hvilke av disse tennkildene som har antent smøreoljen, men allerede ni sekunder etter koblingshavariet ga første gassdetektor alarm (75-DG-1083-A). Første flammedetektor (75-DF-1085-A) ga alarm 14 sekunder etter havariet. På grunn av responstiden for sensorer og avstand til koblingen antar granskingsgruppen at brannen har startet få sekunder etter havariet</p> <p>I tillegg trengs det brennbart medium, som i dette tilfellet var smøreoljen. Årsaker til dette er beskrevet som Årsakstråd 3 i Tabell 7.3 på side 69</p>	Brann i kompressorbygg

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

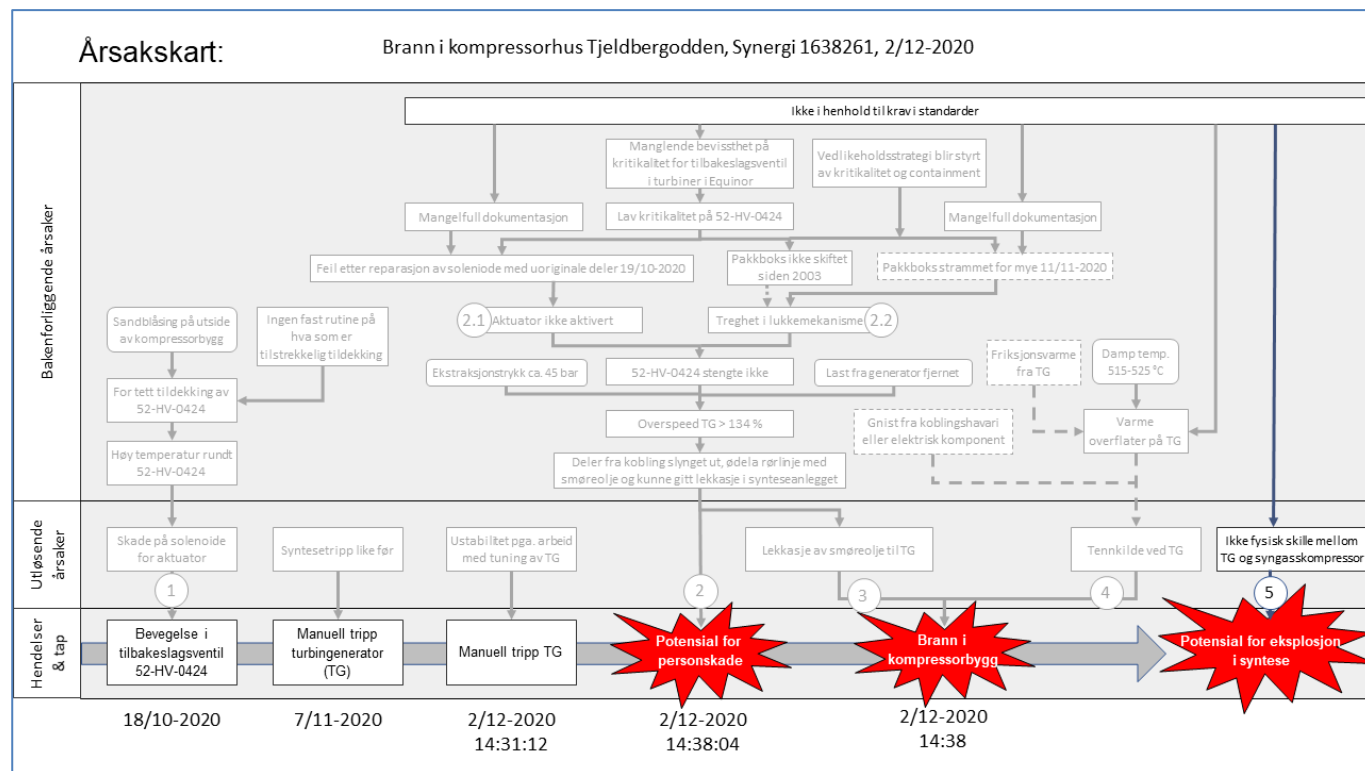
Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

Årsak	Beskrivelse	Virkning
Bakenforliggende årsaker		
Varme overflater på TG	På grunn av den høye temperaturen på dampen som forsyner turbingeneratoren, får også uisolerte deler høy overflatetemperatur. I tillegg kan en dampturbin med for høy hastighet få økt friksjon i lagre, som igjen kan gi høy overflatetemperatur	Tennkilde ved TG
Gnist fra koblingshavari eller elektrisk komponent	Da metallfragmenter fra koblingshavariet ble slynget ut, har det truffet andre metalloverflater, deriblant smøreoljelinjen. Dette kan skape gnister. Det er også tegn på at elektriske koblingsskap og ledninger har blitt truffet. Dette kan også ha skapt gnister som kunne antenne smøreoljen	Tennkilde ved TG
Friksjonsvarme fra TG	En økt hastighet på dampgeneratoren har økt friksjonen i lagre for alt roterende utstyr. Dette kan også ha vært en mulig tennkilde for smøreoljen. Det kan også ha oppstått høye temperaturer dersom turbingeneratoren bråstoppet ved havariet	Varme overflater på TG
Damp temp. 515-525 °C	Damp på innløp til dampturbinen har en temperatur mellom 515 og 525 °C	Varme overflater på TG
Ikke i henhold til krav i standarder	Som vist i Figur 4-12 på side 21 har området rundt synteseanlegget soneklassifisering 1, det vil si at det er sannsynlig at det til tider dannes en eksplosiv atmosfære. Imidlertid ligger turbingeneratoren i et område som har soneklassifisering 2, det vil si at det ved vanlig drift sannsynligvis ikke dannes eksplosiv atmosfære. Dette gjør at deler av turbingeneratoren har en overflatetemperatur som kan antenne lekkasjer fra synteseanlegget. Siden det ikke er fysisk skille mellom de to delene av kompressorbygget kan gass fra en lekkasje i synteseanlegget bli eksponert for disse varme overflatene. Selv om en lekkasje av syntesegass blir detektert, og dette kobler ut elektriske tennkilder i kompressorbygget, vil det ta lengre tid før oppvarmede overflater blir kjølt ned. Kun synteseanlegget er dekket av deluge som kunne kjølt ned overflater. Overflatetemperaturen er dermed over grensen i gjeldende standard (Ref /14/), se også avsnitt 4.3.1 på side 20	Varme overflater på TG

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

7.6 Årsaker knyttet til «Potensial for eksplosjon i syntese» - Årsakstråd ⑤



Tabell 7.5 Utløsende og bakenforliggende årsaker til «Potensial for eksplosjon i syntese» - Årsakstråd 5

Årsak	Beskrivelse	Virkning
Utløsende årsak/Handling		
Ikke fysisk skille mellom TG og syntesegasskompressor	Både turbingeneratoren og syntesegasskompressoren står plassert i kompressorbygget, med ca. 15 meter avstand, uten fysisk skille. Hendelser med turbingenerator og syntesekompressor kan dermed eskalere fordi de innbyrdes kan påvirke hverandre	Potensial for eksplosjon i syntese

Årsak	Beskrivelse	Virkning
Bakenforliggende årsaker		
Ikke i henhold til krav i standarder	<p>TR2237 (Ref /8/) gir krav til både sannsynlighetsreduserende og konsekvensreduserende sikkerhetssystemer og barrierer. For PS15 (Layout Design Principles and Explosion Barriers) står det i SR-60145 at avstand fra "Engines, turbines, steam boilers" til "Compressor buildings" bør være minst 50 meter. Her var avstanden fra turbingeneratoren til syntesekompressoren ca. 15 meter i samme bygg, uten fysisk skille mellom. Granskingsgruppen har fått opplyst at første versjon av dette kravet stammer fra 2007 (Ref /7/), men da som PS 0 «Layout and arrangement». Sikker avstand mellom turbiner og kompressorbygg var også da 50 meter. I eksplosjonsverndokumentet for Tjeldbergodden (Ref /1/) står det at «med hensyn på eksplosjonsrisiko domineres risiko av eksplosjoner i kompressorhuset. Dette fordi gasskyer i kompressorhuset ikke ventileres like effektivt som lekkasjer i friluft.» Imidlertid er ikke turbingeneratoren nevnt som mulig tennkilde ved lekkasjer av syntesegass.</p> <p>Videre står det i TR2237 – SR-60182 "Process vessels, process piping, pig launchers and receivers and other hydrocarbon containing equipment shall be protected from external impact, e.g. from missiles due to disintegration of rotating machinery or as found to be required through analysis"</p>	Ikke fysisk skille mellom TG og syntesegass-kompressor

7.7 Årsaker knyttet til ledelse og styring

Feil ved kritikalitetsvurdering av tilbakeslagsventil 52-HV-0424 som «lav» med hensyn på sikkerhet har ikke blitt fanget opp, hverken på Tjeldbergodden, gjennom uavhengige TTS-verifikasjoner, av fagmiljøet i Equinor eller ved oppdatering av totalrisikoanalyser utført av 3. part (**Ref /20/**). Det samme gjelder det manglende fysiske skillet mellom turbingeneratoren, dampturbinen som driver syntesegasskompressoren og syntesekompressoren. Dette er heller ikke beskrevet i Tjeldbergoddens Sikkerhetsstrategi (**Ref /6/**).

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

8 Arbeidsprosesser, krav og barrierer

8.1 Arbeidsprosesser og krav

Kritiske oppgaver som bidro til hendelsen relateres i dette kapittelet til arbeidsprosesser i styringssystemet og andre relevante krav. Både avvik fra kravene og utilstrekkelige krav/ prosesser adresseres. Aktuelle krav er beskrevet i **Tabell 8.1**. Avvik er definert i henhold til ARIS eller standarder som mangel på oppfyllelse av spesifiserte krav.

Tabell 8.1 Status arbeidsprosesser og krav

Nr	Arbeidsprosess/ krav	Referanse til krav/ informasjonselement	Status	Årsaker
1	OM204.06 Verifiser teknisk tilstand sikkerhet (TTS)		Avvik TTS-verifikasjonen i 2016 (Ref /18/) nevner ventil 26-HV-0111 som ett av tre mest alvorlige funn. Ventilen må være åpen for at det skal være mulig med trykkavlasting via PSV 26-PV-0110. Avviket skal ha kommet etter et tips til TTS-teamet. Ventilen blir ikke fulgt opp som sikkerhetskritisk. Dette mener granskingsgruppen har store likheter med tilbakeslagsventil 52-HV-0424 som har sikkerhetskritisk funksjon uten å ha blitt identifisert som det. Det er heller ikke gjennom noen TTS-verifikasjoner (Ref /16/ , /17/ og /18/) avdekket avviket fra PS15 (Design prinsipper og eksplosjonsbarrierer) ved at det ikke er tilstrekkelig avstand mellom turbiner og syntesegasskompressoren i kompressorbygget. Dette kravet har kommet i etterkant av design av Tjeldbergodden	Årsakstråd 2 Avsnitt 7.3 på side 64 og Årsakstråd 3, Avsnitt 7.4 på side 69 Årsakstråd 5, Avsnitt 7.6 på side 72

Klassifisering: Open

Status: Endelig – frigitt

Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

Nr	Arbeidsprosess/ krav	Referanse til krav/ informasjonselement	Status	Årsaker
2	OM202.09 Utfør vedlikeholdsordre	R-108438 Registrering av historikk	OK Notifikasjonen i SAP ble oppdatert etter at solenoiden hadde blitt reparert med uoriginale deler. Notifikasjonen for pakkboxlekkasjen ble også oppdatert med det som hadde blitt gjort med tetting av damplekkasjen	
3	NS-EN ISO 80079-36:2016 «Eksplosjonsfarlige omgivelser Del 36: Ikke-elektrisk utstyr for eksplosjonsfarlige omgivelser», (Ref /14/)	Kap. 6.2.5	Avvik Overflatetemperaturen på utstyr i kompressorbygget er høyere enn grensen på 200 °C som gjelder for temperaturklassifisering T3	Årsakstråd 4 Avsnitt 7.4 på side 69
4	EN IEC 60045-1:2020 Damptrubiner Del 1: Spesifikasjoner (Ref /13/)	Kap 9.6.2 Preventing steam backflow to steam turbine to avoid overspeed «Free swinging non-return valves and free swinging non-return valves with power-assistance shall be arranged for checking the movability while the plant is in operation (at least the position of the actuator for power assistance). For this a design of the non-return valve or its actuator with local or remote position indication is required. If risk analysis of the turbine shows that the check of movability only at standstill (e.g. during plan revision) is sufficient, a check during operation is not required. In that case, position indication is not mandatory»	Avvik Det er ingen fjernovervåking av aktuatorsystemet på tilbakeslagsventil 52-HV-0424. Det har vært utført tester av at ventilen lar seg operere (se Figur 4-22 på side 32 og Figur 4-23 på side 33), men disse testene har bare vært gjort med flere års mellomrom, ikke månedlig som anbefalt av produsenten (se Figur 4-25 på side 35). Det er ikke beskrevet i prosedyre for nedkjøring av turbin-generatoren (Ref /5/) at det skal utføres bevegelighets-test eller kontroll av om aktuator har utløst ved nedkjøringen	Årsakstråd 2 Avsnitt 7.3 på side 64

Nr	Arbeidsprosess/ krav	Referanse til krav/ informasjonselement	Status	Årsaker
5	GL0043 Ekspløsjonsverndokument Tjeldbergodden (Ref /1/)		Avvik Ekspløsjonsverndokumentet beskriver flere steder at det er kompressorbygget som dominerer ekspløsjonsrisikoen ved Tjeldbergodden, men det er ikke beskrevet at turbin-generatoren kan utgjøre en tennkilde ved lekkasje av syntesegass, eller at et havari av turbingeneratoren kan skade syntese-kompressoren i det samme bygget	Årsakstråd 5, Avsnitt 7.6 på side 72
6	WR1884 App E Beredskapsplan MMP TPO TBO – Ytelseskrav (Ref /9/)	E.YK-2 «Oversikt over folk på stedet/innestatus, samt å identifisere eventuelle savnede personer skal være utført innen 45 minutter etter evakueringsalarm»	OK Evakueringsalarm ble gitt samtidig som nødavstengning (ESD) 14:46. I følge IMT logg var det POB-kontroll 15:18, etter 32 minutter I følge IMT logg var det oversikt over personell ved PAR37 (område vest for kompressorhus) etter 23 minutter	Hendelsesforløpet, Tabell 5.3 på side 43

8.2 Barrierer

En barriere er definert som en teknisk eller organisatorisk foranstaltning som kunne ha stanset hendelsesforløpet eller begrenset omfanget av hendelsen. Styringsforskriften § 5 stiller krav til at det skal etableres barrierer som reduserer sannsynligheten for at feil og ulykkessituasjoner utvikler seg og begrenser mulige skader og ulemper. Det skal være etablert krav til ytelse for de tekniske, operasjonelle og organisatoriske elementene som er nødvendige for at den enkelte barrieren skal være effektiv. Ytelseskravene skal være etterprøvbare. Barrieresvikt kan skyldes enten brutte, svake eller manglende barrierer.

I barriereanalysen inkluderes relevante risikoreduserende foranstaltninger, som er eller burde vært planlagt med ytelseskrav og oppfølging, og som retter seg mot å redusere sannsynlighet for eller omfang av hendelsen.

Brutte/Svake barrierer er barrierer som skulle/kunne ha stanset eller begrenset hendelsen dersom barrieren hadde fungert fullt ut. Det vil si at dersom svikt i barrieren ikke hadde inntruffet, så ville sannsynligvis heller ikke hendelsen eller konsekvensene ha skjedd.

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

Manglende barrierer er barrierer som ikke var etablert, men som kunne ha stanset eller begrenset hendelsen om de hadde vært tilstede.

Intakte barrierer er barrierer som virket som forutsatt og som dermed stoppet eller begrenset omfanget av hendelsen.

I **Figur 8-1** er det vist Tjeldbergoddens siste oppdaterte status for teknisk integritet på anlegget. Karaktersystemet bruker statuskodene vist i **Tabell 8.2**. PS12 (prosess sikkerhet) fikk satt ned karakteren fra C til D – «Betydelige mangler» i etterkant av brannen 02.12.2020. I begrunnelsen er det skrevet at «karakteren settes ikke lavere da turbingeneratoren er isolert fra prosessen, metanolanlegget er nedkjørt og de anbefalte tiltak har høy prioritet og allerede er vurdert som avgjørende for oppstart av anlegg». Etter brann i kompressorhus (TG) er anlegget stanset. Arbeidet med å finne årsak og tiltak pågår.

Oppsummert evaluering i TIMP er «Sikkerhet i design på Syntesegassturbin vil gjennomgås før oppstart. PS12 er satt til D inntil design er vurdert. Arbeidet med TG vil pågå i lengre tid som eget prosjekt. Design vil bli vurdert.»



Figur 8-1 TIMP-status oppdatert 11.01.2021

Tabell 8.2 Statuskoder for TIMP-evaluering (Hentet fra ARIS R-107226 – Sikkerhetskriterier for å sette status på indikatorer)

Status	Kategori
B	Ingen / ubetydelige mangler
C	Noen mangler
D	Betydelige mangler
E	Alvorlige mangler
F	Full svikt

Vurdering av status for aktuelle barrierer er beskrevet i **Tabell 8.3**.

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

Tabell 8.3 Barrierestatus

Nr	Barriereelement	Referanse til krav/ytelsesstandard	Barrierestatus	Årsaker
1	PS 1 Containment	TR2237 «The containment function shall prevent release of hydrocarbons, other flammable fluids, and/or harmful fluids (chemicals, toxic gases, steam and other similar pressurised fluids, etc.)»	Brutt barriere Fragmenter fra koblingshavariet slo hull på rørlinje for smøreolje-systemet slik at brennbar væske strømmet ut	Årsakstråd 3 Avsnitt 7.4 på side 69
2	PS 2 Natural ventilation and HVAC	TR2237 «Natural ventilation shall: <ul style="list-style-type: none"> • Dilute gas concentrations and reduce the size of flammable gas clouds • Dilute harmful concentrations of smoke or toxic gases • Ensure acceptable working and equipment environment» SR-3393 Ventilation rates in hazardous areas shall as a minimum be 12 AC/h for 95% of the time. Stagnant zones should be avoided	Delvis intakt barriere Kompressorbygget er naturlig ventilert, med åpninger i tak etter prinsippet «Dutch barn». Det ventilerte ut røyken, men ville ikke klart å ventilere ut eventuell lekkasje av syntesegass ved et større brudd før antennelse. Kravet i SR-3393 med 12 utskiftninger i timen er sannsynligvis oppfylt, men kunne ikke forhindret en eventuell antennelse av syntesegass dersom det hadde oppstått lekkasje	Årsakstråd 5 Avsnitt 7.5 på side 70
3	PS 3 Gas detection	TR2237 – SR-59875 «The gas detection function shall provide reliable and fast detection of flammable and toxic leaks before a gas cloud reaches a concentration and size which could pose a risk to personnel and plant.»	Intakt barriere Første gassdetektor ga alarm ni sekunder etter koblingshavariet som granskingsgruppen mener forårsaket brannen. Dette aktiverte alarm i kontrollrom og blålys som varslet personell i området	Hendelsesforløpet, Tabell 5.3 på side 43

Klassifisering: Open
 Status: Endelig – frigitt
 Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

Nr	Barriereelement	Referanse til krav/ytelsesstandard	Barrierestatus	Årsaker
4	PS 4 Emergency shutdown (ESD/NAS)	TR2237 «The purpose of the emergency shutdown system (ESD) is to prevent escalation of abnormal conditions into a major hazardous event and to limit the extent and duration of any such events that do occur.»	Intakt barriere Kontrollromsoperatører foretok først en manuell prosessnedstenging (PSD) (se PS12) Deretter ble det foretatt ESD fra kontrollrom kl. 14:46:08	Hendelsesforløpet, Tabell 5.3 på side 43
5	PS 6 Ignition source control	TR2237 - SR-61165 «All non-essential equipment located in naturally ventilated areas shall be disconnected on single low gas alarm anywhere on the plant» PS 6.4.4 Hot surfaces SR-3579 «The surface temperature of equipment, piping and exhaust ducts etc. that can be exposed for leaks from flammable mediums shall not exceed auto-ignition temperatures (AIT). Insulating material shall if applied, cover the entire hot surface. Necessary means of protection shall be provided to avoid that flammable medium can penetrate into the insulating material»	Delvis intakt barriere Det ble gitt automatisk signal om tennkilde-utkobling i både prosess-anlegget, luftgassfabrikken (ASU) og offsite da første gassdetektor ga alarm (75-DG-1083). Imidlertid var det varme overflater på turbingeneratoren. I tillegg ble det ødelagt elektriske ledninger og koblingsskap som ikke nødvendigvis var omfattet av tennkilde-utkoblingen	Årsakstråd 4 Avsnitt 7.4 på side 69

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

Nr	Barriereelement	Referanse til krav/ ytelsesstandard	Barrierestatus	Årsaker
6	PS 7 Fire detection	TR2237 «The fire detection system shall continuously monitor for the presence of a fire to alert personnel and allow control actions to be initiated manually or automatically to minimise the likelihood of fire escalation and probability of personnel exposure. The fire detection system shall, relevant to specific equipment and areas, monitor continuously for the presence of an incipient fire condition to alert personnel and allow control actions to be initiated manually to minimise the probability of a fire condition to develop»	Intakt barriere Første flammedetektor (75-DF-1085-A) ga alarm kl. 14:38:18, 14 sekunder etter koblingshavariet	Hendelsesforløpet, Tabell 5.3 på side 43

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

Nr	Barriereelement	Referanse til krav/ ytelsesstandard	Barrierestatus	Årsaker
7	PS 8 Emergency depressurisation and flare/vent system	<p>TR2237</p> <p>«The purpose of the Emergency Depressurisation system is to:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reduce the pressure and inventory in a process segment in case of a fire exposing the segment in question. A reduction in pressure implies reduced material stress and, hence, reduced risk of rupture due to heating caused by the fire. • Reduce the leak rate and leak duration from a leaking process segment (and, hence, also reduce the associated fire in case the leak is ignited). • Reduce duration from a leaking toxic process segment (and, hence, reduce the extent of and duration of exposure to toxic gas clouds). <p>The purpose of the flare/cold vent and atmospheric vent system is to</p> <ul style="list-style-type: none"> • Provide safe disposal of releases from pressure relief, depressurisation, process vents and spill-off flaring from control valves • Route gas from atmospheric vent lines to a safe location» 	<p>Intakt barriere</p> <p>Kl. 14:38:34, 30 sekunder etter koblingshavariet, og 21 sekunder etter gassdeteksjon ble det aktivert manuell PSD fra kontrollrom. Dette aktiverte også trykkavlasting og fakling. Isoleringsventiler for syntesekompressor har en automatisk forsinkelse for trykkavlasting på to minutter fra PSD for å unngå vakuum (E042-P-XE-01216), og logg viser at dette skjedde kl. 14:40:34</p>	<p>Hendelsesforløpet, Tabell 5.3 på side 43</p>

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

Nr	Barriereelement	Referanse til krav/ ytelsesstandard	Barrierestatus	Årsaker
8	PS 9 Active Fire Protection	TR2237 «The main purpose of the firefighting systems is to provide quick and reliable means for firefighting in addition to cooling of equipment and structures. Firefighting systems may be used to reduce explosion pressure»	Delvis intakt barriere Det er installert overrissling (deluge) i sørside av kompressorbygg, det vil si over synteseanlegget, men ikke over turbingeneratoren. Deluge kan aktiveres automatisk av smelteperler, men også manuelt lokalt eller fra kontrollrom. Selv om det ble aktivert deluge, har dette ikke påvirket brannen som skjedde i nordsiden av kompressorbygget. Manuelle brannkanoner ble startet av innsatslag kl. 14:59:52 (fra vest) og kl. 15:02:09 (fra øst). Bare den siste brannkanonen nådde frem til kompressorhuset	Hendelsesforløpet, Tabell 5.3 på side 43

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

Nr	Barriereelement	Referanse til krav/ ytelsesstandard	Barrierestatus	Årsaker
9	PS 12 Process safety	<p>TR2237 - SR-3901 Pressure safety valves «An appropriate number of PSV's shall be in operation at any time»</p> <p>TR2237 – SR-3903 Alarms «Alarms shall support operator decision-making during upsets and accidental situations, ref TR1494 Alarm Philosophy. Actions shall be initiated automatically when process or equipment protection limits are exceeded»</p> <p>TR2237 – SR-3898 «Valves with process safety functions shall prevent a process upset to develop, normally by stopping the process flow. Requirements for actuation of PSD valves are defined in TR3001»</p>	<p>Intakt barriere I henhold til etablerte rutiner på Tjeldbergodden ble det foretatt manuell trykk-avlastning fra kontrollrom ved aktivering av prosess-nedstenging (PSD) av utstyr i kompressorbygget (kl. 14:39:34), 30 sekunder etter havariet og deretter full nødavstengning (ESD) (se PS4).</p> <p>Brutt barriere Tilbakeslagsventil 52-HV-0424 som feilet er ikke nevnt i Cause & Effect for PSD (E042-P-XU-01271), men solenoiden (52-XY-0424) for aktuator mottar det samme signalet som PSD-ventiler nevnt i Cause & Effect</p>	

Klassifisering: Open

Status: Endelig – frigitt

Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

Nr	Barriereelement	Referanse til krav/ ytelsesstandard	Barrierestatus	Årsaker
10	PS 13 PAGA/Alarm and Communication System for use in Emergency Situations	TR2237 PAGA, Alarm and communication systems for use in emergency situations shall: <ul style="list-style-type: none"> Alert, inform and guide personnel as quickly as possible in the event of a hazardous or emergency situation Provide two-way communication of information regarding emergency events to the Control Room (CCR) or Emergency Control Centre (ECC) Provide communication of requirements for emergency action to all personnel, and provide two-way communication between the emergency controller and the emergency response team Allow the co-ordination of rescue, recovery and emergency assistance 	Intakt barriere Det ble automatisk aktivert blålys i anlegget som varslet personell i anlegget om gasslekkasje/ brann. Det ble aktivert evakueringsalarm fra kontrollrom samtidig som det ble trykket PSD	
11	PS 14 Escape, Evacuation and Rescue (EER)		Intakt barriere POB-kontroll var etablert 39 minutter etter evakueringsalarm. Dette er innenfor kravet på 45 minutter	

Klassifisering: Open
 Status: Endelig – frigitt
 Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

Nr	Barriereelement	Referanse til krav/ ytelsesstandard	Barrierestatus	Årsaker
12	PS 15 Layout Design Principles and Explosion Barriers	<p>TR2237 «The layout and arrangement of a plant shall reduce the probability and the consequences of accidents through location, separation and orientation of areas, equipment and functions. The explosion barriers shall reduce the consequences of the pressure loads from an ignited gas cloud to prevent the accident to spread to other areas, HC containing equipment and/or critical equipment»</p> <p>TR2237 – SR-60145 I matrisen står det at avstand fra “Engines, turbines, steam boilers” til “Compressor buildings” bør være minst 50 meter. Her var avstanden fra dampturbinen til syntesekompressoren ca. 15 meter</p> <p>TR2237 – SR-60182 Process vessels, process piping, pig launchers and receivers and other hydrocarbon containing equipment shall be protected from external impact, e.g. from missiles due to disintegration of rotating machinery or as found to be required through analysis</p>	<p>Brutt barriere Layout av kompressorbygget uten fysisk skille mellom turbingeneratoren og synteseanlegget gjorde at et havari på turbingeneratoren kunne eskalert til et havari for syntesekompressor. Eier av TR2237 opplyser at kravet i SR-60145 er ment for å beskytte mot eksponering av tennkilder. Da mener granskings-gruppen dette burde fremkommet i kravteksten.</p> <p>Kravet i SR-60182 er også brutt ved at fragmenter fra roterende utstyr (damp-turbinen) kunne skade hydrokarbonførende utstyr (syntesekompressoren)</p>	<p>Årsakstråd 5 Avsnitt 7.6 på side 72</p>

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

9 Tilsvarende hendelser

Granskingsgruppen har gjennomført søk i Synergi etter tidligere lignende hendelser og årsaksforhold i Equinor. Fritekstssøk i Synergi går kun tilbake til 01.01.2016.

Søkeord: dampturbin / turbingenerator / overspeed / tilbakeslagsventil / havari i perioden 01.01.2016 til 08.02.2021 ga de relevante treffene vist i **Tabell 9.1**. Legg merke til at hendelsene også inkluderer hendelser med dieselgeneratorer. Disse har ikke tilbakeslagsventiler, men ventiler i luftinntaket som må stenges aktivt.

Tabell 9.1 Tilsvarende hendelser

Synergi nr / Dato	Driftssted	Tittel (hentet fra Synergi)	Likhetstrekk med aktuell hendelse
1620091 19.06.2020	Kårstø	Trippventiler på Overhead B hang under test	Nødstoppfunksjon på dampturbin etan fungerte ikke fordi den hang. Måtte dunke på ventilen. Solenoidventilene som skal sørge for trykkavlasting hang
1547002 18.06.2018	Veslefrikk	Turbingenerator trippet da 2. trinns frekvensomformer trippet	Reguleringsventil hadde låst seg og reduserte ikke pådrag. Har sannsynligvis medført at turbingenerator har gått i overspeed og dermed trippet
1541999 05.05.2018	Mariner B	Engine tripped on overspeed; breaker failed to disconnect	To hovedgenerator maskiner gikk på lastdeling 50%. Maskin 1 trippet på overspeed, men releet til generator ble liggende inne. Maskin 2 fortsatte å mate revers effekt til Maskin 1 som fortsatte å gå. Maskin 4 startet også, og matet Maskin 2 med revers effekt
1524536 15.11.2017	Oseberg C	Kvelespjeld (rigsaver) på brannpumpe D M10 stenger ikke	Ved årlig test av deluge stengte ikke kvelespjeld på en av brannpumpene. Utløsermekanisme til spjeldet hang. Aktuator ble demontert og utløsermekanisme smurt
1505381 26.04.2017	Oseberg C	Shut-off spjeld vil ikke stenge	Under test av node for en brannpumpe ble det oppdaget at shut-aktuator ikke stenger ved overspeed. Årsak var full kortslutning i spolen til elektrisk aktuator
1485469 19.09.2016	Oseberg Feltsenter	Dampgenerator gikk som motor	Da dampgenerator skulle stoppes gikk den ikke ut av nett, selv etter nødstop. Fortsatte å gå ved å trekke strøm fra nettet
1470607 09.04 2016	Åsgard A	Funksjonssvikt på shut-off valve (spjeld) essgen. B	Under overspeedtest ble det oppdaget at ett av to spjeld ikke stengte. Det ble oppdaget reparasjon/modifikasjon på fjæranordning til spjeldet. Dette hadde i ettertid sviktet

I tillegg har granskingsgruppen fått tips om en relevant hendelse på Mongstad 16.10.2009 (Synergi 1115712/1114886). Her feilet to tilbakeslagsventiler under nedkjøring av anlegget. Det førte til strømning av nafta og fyrgass feil retning gjennom en naftapumpe som til slutt fikk kraftig varmgang, tørrkjørte og skar seg. Tilbakeslagsventilene var ikke kritikalitetsklassifisert og manglet vedlikeholdsprogram. Styringskort til ventilene var gått ut av produksjon og ble reparert lokalt uten dokumentasjon eller kvalitetssikring.

Som vist i tabellen ble fire av syv feil avdekket i forbindelse med testing. Det viser at et vedlikeholdsprogram som også inkluderer periodisk testing er viktig både for å forebygge og avdekke feil.

Klassifisering: Open

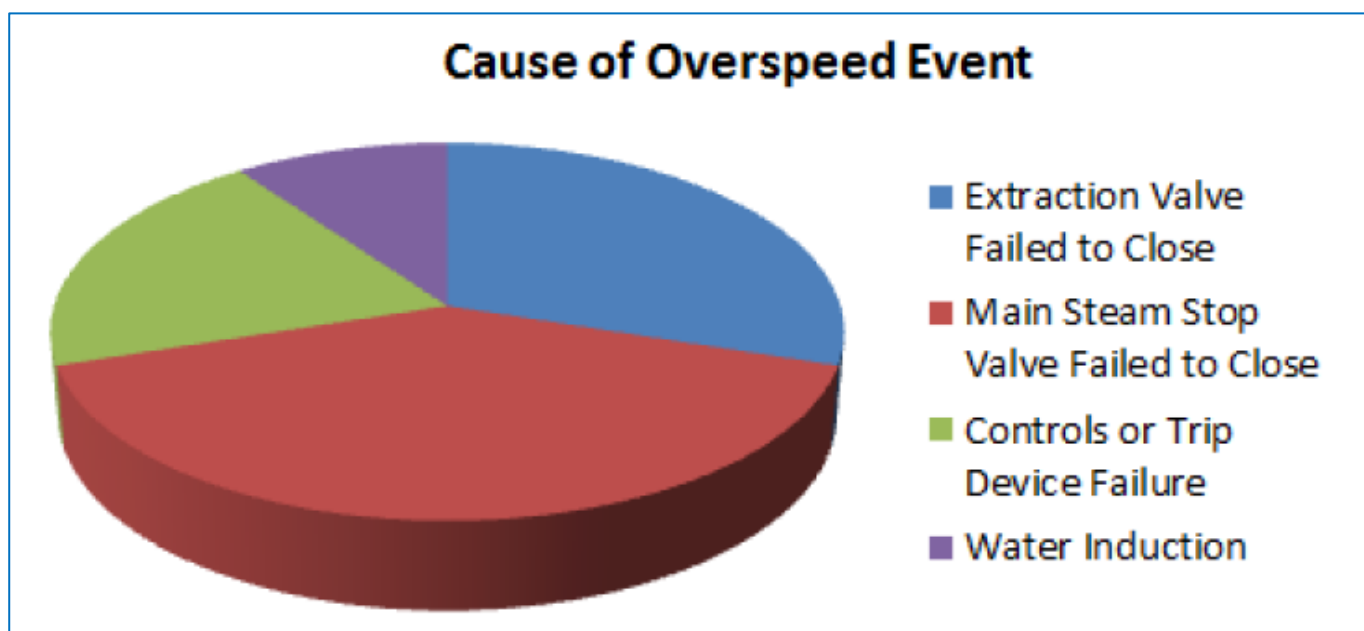
Status: Endelig – frigitt

Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

Produsenten av turbingeneratoren på Tjeldbergodden informerte granskingsgruppen at de hadde ikke kjennskap til turbinhavarier som hadde tatt så lang tid, men var godt kjent med mer tradisjonelle dampturbinhavarier som gjerne er overstått i løpet av sekunder, ikke syv minutter som i denne hendelsen.

Granskingsgruppen har tilgang til en rapport fra forsikringsselskapet AIG (**Ref /21/**) som i 2017 ga ut en oversikt over ulykker med dampturbiner. Hovedbudskapet er at ventiler i dampturbiner må anses som sikkerhetskritiske, og derfor er inspeksjon og forebyggende vedlikehold viktig. En ventil som ikke stenger ved behov, kan føre til totalt havari av dampturbinen. I rapporten hevdes det at studier har demonstrert at en ventil som bare er 2 – 3 % åpen vil gi nok damp til å akselerere dampturbinen til havari når lasten er fjernet. Som vist i **Figur 9-1** er manglende stenging av ekstraksjonsventil den nest hyppigste årsaken til havari, etter manglende stenging av høytrykksdamp. Rapporten ligger åpent tilgjengelig på nettet, men granskingsgruppen vet ikke til om den har blitt sendt direkte til noen i selskapet, eller om den var kjent i forkant av hendelsen.



Figur 9-1 Årsaker til «overspeed» hendelser, hentet fra rapport utgitt av forsikringsselskapet AIG (Ref /21/)

10 anbefalinger for læring

Anbefalingene som er beskrevet i dette kapittelet er gitt med den hensikt å forebygge at tilsvarende hendelser skjer i fremtiden og bidra til generell forbedring av HMS-nivået. Anbefalingene tar derfor utgangspunkt i årsaksforholdene som har forårsaket hendelsen. Det gjøres oppmerksom på at det kan være andre relevante tiltak enn dem som er anbefalt i denne rapporten.

10.1 Umiddelbare tiltak utført etter hendelsen

I statusoppdatering til oppdragsgiver 11.12.2020 anbefalte granskingsgruppen at Fagleder for roterende utstyr ble kontaktet av Tjeldbergodden for å informere andre anlegg i Equinor med tilsvarende utstyr om hendelsen. Dette ble gjort i et nettmøte 08.01.2021 der totalt 24 deltagere fra landanlegg og offshore i og utenfor Norge deltok. Det ble i møtet gitt seks anbefalte tiltak, se listen nedenfor. I etterkant av møtet er det registrert egne Synergi-saker for hvert anlegg for oppfølging av de anbefalte tiltakene. Disse Synergi-sakene er knyttet opp mot Synergi for hendelsen for enklere sporbarhet.

Recommended Actions all plants

- Classify all steam shut-off / control and non- return valve on the steam turbine as safety critical , until a formal risk evaluation has been performed
- Verify design of trip and throttle valves and layout of control and overspeed protection of each turbine
- Verify in field that quick closing check valves on extraction and condensation outlet of turbine does not have stiction/friction and are free to move
- Verify that any weight arms / valve position indicators on quick closing check valves are not obstructed in field
- Verify that instrument valve block on actuators on all trip and throttle valves can not disable actuator function
- Test overspeed protection system with signal generator at turbine standstill (manual isolation valves closed) and verify that all trip and throttle valves close as expected

Det ble etablert en Task Force som skal se på kritikalitet, vedlikeholdsstrategi og vedlikeholdsprogram for «Fuel Shut Off» ventiler til gassturbiner. En tilsvarende Task Force på dampurbiner er under etablering, men avventer tiltaksforslagene fra denne granskingen før endelig mandat settes.

10.2 Læring og anbefalinger

Læring og forbedringsbehov peker på hva granskingen har vist at bør forbedres eller forsterkes mens tiltakene er granskingsgruppens konkrete forslag til hvordan dette kan realiseres. Det gjøres oppmerksom på at det også kan være andre tiltak enn de som er beskrevet i nedenfor.

Tabell 10.1 Anbefalte tiltak

Nr	Læring og forbedringsbehov	Begrunnelse/ Barriere- referanse	Anbefalte tiltak	Målgrupper
1	Øke og opprettholde kompetanse på dampturbiner	Årsakstråd 2 og 3, Avsnitt 7.3 og 7.4	1. Sikre kompetanse på ingeniørnivå for dampturbiner. Dette må gjelde på tvers av MMP / DPN / DPI / DPB og TPD. Det bør også etableres opplæring for operatører som er ansvarlige for drift av dampturbiner	Equinor
2	Redusere risiko for havari av tungt roterende utstyr	Årsakstråd 2 og 3 Avsnitt 7.3 og 7.4	2. Opprette funksjon/rolle med overordnet ansvar for maskinbeskyttelse av roterende maskiner i Equinor. Dette omfatter utstyr som tilhører flere ulike fagdisipliner. Det er allerede opprette en gruppe som skal ivareta gassturbiner, men ikke dampturbiner	Equinor
		Årsakstråd 2, 3 og 4 Avsnitt 7.3, 7.4 og 7.5	3. Gjennomføre ny risikovurdering av turbingeneratoren og tilknyttet utstyr i forhold til dagens standarder basert på gjennomgangen som er gjort på dampturbinen for syntesegasskompressoren. ALARP legges til grunn	TBO
		Årsakstråd 2 og 3, Avsnitt 7.3 og 7.4	4. Oppdatere vedlikeholdskonsept for utstyr for å sikre at alt utstyr med medium kritikalitet på sikkerhet blir vedlikeholdt, uansett hva som er mediet i linjen	Equinor
		Årsakstråd 2 og 3, Avsnitt 7.3 og 7.4	5. Etablere testprogram for tilbakeslagsventiler 52-HV-0424 og 52-HV-1083 for å sikre at solenoiden aktiverer aktuatoren og måling av moment som skal til for å operere ventilen manuelt når anlegget er stanset for å sikre god bevegelighet av spjeldet	TBO
		Årsakstråd 2 og 3, Avsnitt 7.3 og 7.4	6. Vurdere å erstatte manuell ventil GT-358 (står i serie med 52-HV-0424 i ekstraksjonslinjen) med en hurtiglukkende trippventil tilsvarende 52-HV-379 som står i innløpet for høytrykksdamp. Vurder tilsvarende trippventil i ekstraksjonslinjen for syntesegasskompressor	TBO
3	Redusere konsekvens av eventuelt turbinhavari	Årsakstråd 4 Avsnitt 7.5 8.2 Barrierer nr. 5	7. Oppdatere områdeklassifisering av kompressorhus med temperatur på varme flater på dampinnløp av turbingenerator (515 – 525 °C) og varme overflater på dampturbinen som driver syntesegasskompressor (350 – 410 °C). Ses opp mot nytt GL-dokument som er under arbeid samt felles initiativ i OPL Next Step på ikke-elektriske tennkilder	TBO
		Tabell 8.3 nr 12	8. Vurdere fysisk skille mellom turbingenerator og syntesekompressoren	TBO

Nr	Læring og forbedringsbehov	Begrunnelse/ Barriere- referanse	Anbefalte tiltak	Målgrupper
4	Redusere belastning på turbingenerator ved nedkjøring	Avsnitt 4.3.2.1	9. Risikovurdere hastighetsøkning som skjer hver gang turbingenerator stenges ned. Sett opp mot standarden API 670 App O. Dersom risiko vurderes for høy må det settes tiltak for eksempel i forhold til nedstengningslogikk, rekkefølge eller timing	TBO
5	Vurdere anlegget i henhold til gjeldende standarder og krav	Årsakstråd 2, 3, 4 og 5 Avsnitt 7.3, 7.4, 7.5 og 7.6	10. Etablere metode for å gjennomføre gap-analyser for anlegget når det kommer oppdaterte/nye standarder eller interne krav. Knyttes mot konserndekkene prosjekt «Process Safety» som ser på hva som gjøres i bransjen for øvrig. Ved metodeutviklingen bør det innhentes erfaringer fra Kalundborg som utfører systematisk gjennomgang av barrierer	Equinor
			11. Elementer fra «Forebyggende vedlikehold (FV) fra ende til ende»-prosjektet som er kjørt i DPN bør også implementeres i MMP slik at lokale FV-program blir oppdatert dersom det gjøres endringer på et høyere nivå	MMP OPL DI
6	Sikre entydig ansvar for utstyr		12. Avklare hvem som formelt skal ha operasjonelt ansvar for turbingeneratoren; system 52 eller system 30	TBO
7	Opprettholde god kvalitet i beredskap		13. Sikre fortsatt beredskapstrening på steder med minst like god kvalitet på treningsutstyr / fasiliteter som dagens valgte løsning. Inkluder dialog med kontraktsansvarlig for rammekontrakt for beredskapstrening	TBO
8	Unngå skader på utstyr i forbindelse med sandblåsing	Årsakstråd 1, Avsnitt 7.1	14. Vurdere å implementere sjekkliste for tildekking ved sandblåsing (se App D) for alle anlegg i Equinor, ikke bare Sleipner og Tjeldbergodden	Equinor
9	Unngå uklarheter i krav	Tabell 8.3 nr 12	15. Oppdatere krav i TR2237 PS15 SR-60145 som går på avstand mellom turbiner og kompressorhus dersom hensikten med kravet kun er for å sikre luftinntak mot HC-gass	Equinor
10	Sikre tilsvarende utstyr på andre anlegg		16. Sikre at den planlagte Task Force for damppturbiner blir etablert	Equinor
			17. Informere om hendelsen eksternt, via Norsk Olje og Gass, L8 (landanleggene i Norge) og IOGP	Equinor
			18. Vurdere hvilke av disse tiltakene som også bør gjennomgås av andre anlegg med damppturbiner. Dersom dette dekkes av arbeidet som skal gjøres av Task Force for damppturbiner kan dette tiltaket lukkes	Equinor

11 Forkortelser og begreper

ALARP	As Low As Reasonably Practicable – prinsipp for vurdering av kost/nytte
ARIS	Equinors system for styrende dokumentasjon
CMT	Crisis Management Team – 3. linje beredskap
EPC	Engineering, Procurement and Construction
ERT	Emergency Response Team – 1. linje beredskap
ESD	Emergency Shut Down - nødavstengning
GL	Guide Line – retningslinjer i styrende dokumentasjon
HC	Hydrokarboner
IMT	Incident Management Team – 2. linje beredskap
IOC	Integrated Operation Centre
IOGP	International Association of Oil & Gas Producers – Internasjonal bransjeorganisasjon
L8	Bransjeorganisasjon med de åtte landanleggene for ilandføring og/eller industriell bearbeiding av olje eller gass i Norge
OMC	Organisation, Management and Control
PS	Performance Standard
PSD	Process Shut Down
PSV	Pressure Safety Valve
RPM	Rounds Per Minute - rotasjonshastighet
SAP	Dataverktøy for blant annet vedlikeholdsstyring
STID	Dataverktøy for teknisk informasjon
Synergi	Database for registrering og oppfølging av uønskede hendelser
TA	Turnaround - Revisjonsstans
TBO	Tjeldbergodden
TG	Turbingenerator
TIMP	Technical Integrity Management Portal – oversikt over status på anlegg
TR	Technical Requirement – kravdokument i styrende dokumentasjon
TRA	Total risikoanalyse
TTS	Teknisk Tilstand Sikkerhet
WR	Working Requirement – kravdokument i styrende dokumentasjon
Yammer	Internt informasjonsverktøy i Equinor

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

12 Referanser

- /1/ GL0043 «Eksplisjonsverndokument Tjeldbergodden», revisjon 2,04, datert 12.12.2019
- /2/ GL0604 «Potensiell alvorlighetsgrad for HMS-hendelser under ubetydelig endrede omstendigheter», revisjon 3, datert 10.02.2020
- /3/ GL4278 «Veiledning til klassifisering av fallende gjenstander», revisjon 2, datert 10.01.2019
- /4/ OMC04 «Marketing, Midstream and Processing (MMP) - Organisation, management and Control», revisjon 4, datert 01.09.2020
- /5/ SO00104 App. I «Kontrollert nedkjøring av turbogenerator», Versjon 2.01, datert 12.08.2014
- /6/ TR1099 «Safety Systems and Fir & Explosion Strategy, Tjeldbergodden», revisjon 1.04, datert 12.12.2019
- /7/ TR2237 «Safety Design for Onshore Plants», Versjon 1, datert 01.10.2007
- /8/ TR2237 «Performance standards for safety systems and barriers - Onshore», revisjon 2.02, datert 27.06.2013
- /9/ WR1884 «Beredskapsplan MMP PM Tjeldbergodden», revisjon 4.06, datert 14.09.2020
- /10/ WR9592 «Record safety and security incidents», revisjon 3, datert 01.10.2020
- /11/ Nuovo Pignone «Training Manual – Steam turbine type EHNK 50/71 – Job: 190.8025 Fluor X Statoil»
- /12/ NS-EN ISO 10437:2003 «Damppturbiner – Spesielle bruksområder», utgave 1, september 2003
- /13/ NEK EN IEC 60045-1:2020 «Damppturbiner Del 1: Spesifikasjoner», utgave 1, 2020
- /14/ NS-EN ISO 80079-36:2016 «Eksplisjonsfarlige omgivelser Del 36: Ikke-elektrisk utstyr for eksplisjonsfarlige omgivelser», utgave 1, datert juli 2016
- /15/ Lovdata FOR-2016-06-03-569 «Forskrift om tiltak for å forebygge og begrense konsekvensene av storulykker i virksomheter der farlige kjemikalier forekommer (storulykkeforskriften)», ikrafttredelse 01.06.2017
- /16/ Rapport «T&P ANT HMST – 06003 «TTS delgjennomgang 2006 – Tjeldbergodden», versjon 1, datert 01.06.2006
- /17/ Rapport «TNE PRT HSET ST – 10009 «Teknisk Tilstand Sikkerhet (TTS) Tjeldbergodden 2010», versjon 0, datert 07.12.2010
- /18/ Rapport «DPN OTE TE MAM TIM-16007-01 «Teknisk Tilstand Sikkerhet (TTS) Tjeldbergodden 2016», versjon 1, datert 03.02.2017
- /19/ Siemens Energy Rapport «TG Trip Havari 02.12.2020», utgave 0, datert 08.12.2020
- /20/ Lloyd's Register Consulting teknisk notat 106088/TN-9 «Total Risikoanalyse Tjeldbergodden – Eksplisjon og gasspredning», datert 30.03.2016
- /21/ AIG Insurance Insight COM-CG-08-0026 «Steam Turbine Valve Risk Exposure – Steam Turbine Valves must be Considered Safety Critical», datert 22. September 2017
- /22/ Sikkerhetsdatablad for smøreolje «TurbWay 46», datert 10.02.2017
- /23/ Health and Safety Executive research report RR615 «Spontaneous ignition of hydrogen», 2008
- /24/ Nettsiden https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_monoxide besøkt 08.02.2021

Klassifisering: Open

Status: Endelig – frigitt

Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

App A Intervjulist


Nr	Stilling	Rolle i hendelsen
Intervjuer og møter med ansatte på Tjeldbergodden		
1	Sr. ing. Automasjon	Utførende fagperson for AT Tuning av Woodward TG
2	Prosess oppstrøms, automasjon	Arbeidslag i AT for Tuning av Woodward TG
3	Operatør automasjon	Arbeidslag i AT for Tuning av Woodward TG Gjorde endringer i Woodwardpanel i LER1
4	Prosesstekniker	Signert AT på TG-jobb Inne som dedikert kontrollromsoperatør i forbindelse med tuning av TG
5	Prosessoperatør	Satt i kontrollrom med ansvar for metanol-anlegget Beredskap i kontrollrom
6	Operatør Elektro	Satt i kontrollrom med ansvar for luftgassfabrikken Beredskap i kontrollrom
7	Prosessoperatør	I kontrollrom etter tripp frem til havariet Beredskap Røykdykker
8	Prosessoperatør	Operatør ute i anlegget under hendelsen Beredskap Røykdykker
9	Prosessoperatør	Operatør ute i anlegget under hendelsen Beredskap Røykdykkerleder
10	Operatør Automasjon	Deltok i vedlikehold av solenoide. Ute i anlegget under hendelsen Beredskap fører av Brannbil
11	Vedlikeholdsoperatør Mekanisk	Operatør ASU. Ute i anlegget under hendelsen Beredskap fører av Beredskapsbil
12	Anleggsleder TBO	Ute i anlegget under hendelsen
13	Fagansvarlig Drift & Vedlikehold	Driftslederassistent Beredskap innsatsleder
14	Hovedverneombud	Ekstra røykdykker
15	Driftsleder Drift & Vedlikehold	Hovedvakt 2. linje beredskap
16	Driftsleder Drift & Vedlikehold	Driftsleder for operativt skift
17	Mekaniker	Gjorde vedlikehold på pakkboks 52-HV-0424
18	Leder Vedlikehold	
19	Fagansvarlig Mekanisk Roterende	
20	Ingeniør Mekanisk Roterende	
21	Teknisk sikkerhet	Leder for rotårsaksgruppen som ble opprettet i etterkant av hendelsen
22	Operasjonelt systemansvarlig	Ansvarlig for flere anlegg, blant annet syntese
23	Fagansvarlig automasjon	
24	SSU leder	
25	Leder Prosjekter	
26	Equinor-kontakt mot Beerenberg	
Intervjuer og møter med ansatte utenfor Tjeldbergodden		
27	Fagleder på roterende utstyr	
28	Leder for Roterende utstyr og tilstandskontroll	
29	Leder IOC Predictive Maintenance	
30	Ansatt i IOC Predictive Maintenance	

Klassifisering: Open
Status: Endelig – friggitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden



App B Varsel sendt til Petroleumsstilsynet

 PETROLEUMSTILSYNET																								
Varsling/melding til Petroleumsstilsynet om fare- og ulykkessituasjoner Sendes pr e-post: varsling@ptil.no																								
Hendelse inntraff Dato: 02.12.2020 Klokkeslett: 14:40	Operatør/den ansvarlige: Equinor Felt: Innretning/Landanlegg: Tjeldbergodden	Melder: Navn: [REDACTED] Tlf: [REDACTED] e-post: [REDACTED]	GPS posisjon (ved akutt forurensning):																					
Bekreftelse av varsel etter styringsforskriften: <input type="checkbox"/> § 29 første ledd Situasjoner som har ført til: <input checked="" type="checkbox"/> § 29 første ledd Situasjoner som under ubetydelig endrede omstendigheter kunne ha ført til:		<input type="checkbox"/> a) død <input checked="" type="checkbox"/> b) alvorlig og akutt skade <input type="checkbox"/> c) alvorlig livstruende sykdom <input type="checkbox"/> d) alvorlig svekking eller bortfall av sikkerhetsfunksjoner eller andre barrierer, slik at innretingens eller landanleggets integritet er i fare <input type="checkbox"/> e) akutt forurensning																						
Melding etter styringsforskriften: <input type="checkbox"/> § 29 tredje ledd Melding ved fare- og ulykkes-situasjoner som er av mindre alvorlig eller akutt karakter		<input type="checkbox"/> b) skade <input type="checkbox"/> c) sykdom <input type="checkbox"/> d) svekking eller bortfall av sikkerhetsfunksjoner eller andre barrierer, slik at innretingens eller landanleggets integritet er i fare <input type="checkbox"/> e) akutt forurensning																						
Beskrivelse av hendelsen/tiløpet: Brann i kompressorhus <p>Onsdag 2. desember pågikk det arbeid med tuning av Turbogeneratoren i kompressorhuset. Arbeidet ble utført fra prosess-sub, det ble ikke utført arbeid i kompressorhuset. Ved forsøk på stopp av maskinen ville ikke maskinen stenge som forutsatt. Det ble observert lyder i prosessanlegget, og kl 14:40 ble det meldt om brann med påfølgende røykutvikling i kompressorhuset. Nødetatene rykket ut og både politi, brann og helse var på stedet. Brannen ble slukket kl 15:40. Da brannen oppsto, ble både luftgassfabrikken og metanolanlegget stengt ned. Personell på fabrikken ble evakuert og alle beredskapsprosedyrer ble iverksatt. Equinors beredskapsorganisasjon ble mønstret og myndighetene varslet. Ingen kom til skade i brannen. Vi jobber nå videre for å få oversikt over konsekvensene av brannen og årsaken til at det skjedde. Equinor vil granske hendelsen.</p>																								
Utfyllende opplysninger: <table border="0"><tr><td><input type="checkbox"/> 1. Ikke antent HC lekkasje (sjø/luft)</td><td><input type="checkbox"/> 9. Lekkasje undervanns-system/rørledning</td><td><input type="checkbox"/> 17. Akutte utslipp – ikke HC</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/> 2. Antent HC lekkasje</td><td><input type="checkbox"/> 10. Skade på undervanns-system/rørledning</td><td><input type="checkbox"/> 18. Dykkerhendelse</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/> 3. Brønnhendelse</td><td><input type="checkbox"/> 11. Evakuering (Føre-var/nødevakuering/ned-bemannning)</td><td><input type="checkbox"/> 19. H2S utslipp</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/> 4. Brann/eksplosjon, andre områder, ikke HC</td><td><input type="checkbox"/> 12. Helikopterhendelser</td><td><input type="checkbox"/> 20. Kran og løfteoperasjoner</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/> 5. Skip på kollisjonskurs</td><td><input type="checkbox"/> 13. Mann over bord</td><td><input type="checkbox"/> 21. Fallende gjenstander</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/> 6. Drivende gjenstand</td><td><input type="checkbox"/> 14. Arbeidsulykker</td><td><input type="checkbox"/> 22. Andre hendelser (Terror/trusler/kriminelle)</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/> 7. Kollisjon, feltrelatert fartøy/innretning/tanker</td><td></td><td></td></tr></table>				<input type="checkbox"/> 1. Ikke antent HC lekkasje (sjø/luft)	<input type="checkbox"/> 9. Lekkasje undervanns-system/rørledning	<input type="checkbox"/> 17. Akutte utslipp – ikke HC	<input type="checkbox"/> 2. Antent HC lekkasje	<input type="checkbox"/> 10. Skade på undervanns-system/rørledning	<input type="checkbox"/> 18. Dykkerhendelse	<input type="checkbox"/> 3. Brønnhendelse	<input type="checkbox"/> 11. Evakuering (Føre-var/nødevakuering/ned-bemannning)	<input type="checkbox"/> 19. H2S utslipp	<input type="checkbox"/> 4. Brann/eksplosjon, andre områder, ikke HC	<input type="checkbox"/> 12. Helikopterhendelser	<input type="checkbox"/> 20. Kran og løfteoperasjoner	<input type="checkbox"/> 5. Skip på kollisjonskurs	<input type="checkbox"/> 13. Mann over bord	<input type="checkbox"/> 21. Fallende gjenstander	<input type="checkbox"/> 6. Drivende gjenstand	<input type="checkbox"/> 14. Arbeidsulykker	<input type="checkbox"/> 22. Andre hendelser (Terror/trusler/kriminelle)	<input type="checkbox"/> 7. Kollisjon, feltrelatert fartøy/innretning/tanker		
<input type="checkbox"/> 1. Ikke antent HC lekkasje (sjø/luft)	<input type="checkbox"/> 9. Lekkasje undervanns-system/rørledning	<input type="checkbox"/> 17. Akutte utslipp – ikke HC																						
<input type="checkbox"/> 2. Antent HC lekkasje	<input type="checkbox"/> 10. Skade på undervanns-system/rørledning	<input type="checkbox"/> 18. Dykkerhendelse																						
<input type="checkbox"/> 3. Brønnhendelse	<input type="checkbox"/> 11. Evakuering (Føre-var/nødevakuering/ned-bemannning)	<input type="checkbox"/> 19. H2S utslipp																						
<input type="checkbox"/> 4. Brann/eksplosjon, andre områder, ikke HC	<input type="checkbox"/> 12. Helikopterhendelser	<input type="checkbox"/> 20. Kran og løfteoperasjoner																						
<input type="checkbox"/> 5. Skip på kollisjonskurs	<input type="checkbox"/> 13. Mann over bord	<input type="checkbox"/> 21. Fallende gjenstander																						
<input type="checkbox"/> 6. Drivende gjenstand	<input type="checkbox"/> 14. Arbeidsulykker	<input type="checkbox"/> 22. Andre hendelser (Terror/trusler/kriminelle)																						
<input type="checkbox"/> 7. Kollisjon, feltrelatert fartøy/innretning/tanker																								

Klassifisering: Open

Status: Endelig – frigitt

Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

<input checked="" type="checkbox"/> 8. Skade innretning/ konstruksjon/ankerline/DP	<input type="checkbox"/> 15. Sykdom <input type="checkbox"/> 16. Strømsvikt	handlinger/radioaktiv kilde mv.)
Involvert entreprenør: Navn:		
<input type="checkbox"/> Boreentreprenør <input type="checkbox"/> Brønnserviceselskap <input type="checkbox"/> Driftsentreprenør <input type="checkbox"/> Dykkeentreprenør	<input type="checkbox"/> Forpleiningsentreprenør <input type="checkbox"/> Helikopterselskap <input type="checkbox"/> V&M entreprenør <input type="checkbox"/> Reder	<input type="checkbox"/> Undervannsentreprenør <input type="checkbox"/> ISO entreprenør <input type="checkbox"/> Annet
Andre opplysninger:		
Beredskapsorganisasjon aktivert:	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nei	Området sperret og bevis sikret <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nei
Personell mønstret:	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nei	NOFO mobilisert <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nei
Driftstans	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nei	Andre iverksatte tiltak:
Antall skadde eller omkomne: 0		
Informasjon om annen varsling		
<input type="checkbox"/> HRS sør el. nord <input checked="" type="checkbox"/> Politiet	<input checked="" type="checkbox"/> Kystverket <input checked="" type="checkbox"/> Brannvesenet	<input type="checkbox"/> Statens Strålevern <input type="checkbox"/> Luftfartstilsynet <input type="checkbox"/> Andre
Sjøfartsdirektoratet		

Klassifisering: Open

Status: Endelig – frigitt

Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

App C Hendelser fra design av Tjeldbergodden frem til sommeren 2020

Dato	Delhendelse/Aktivitet	Kommentar
25.07.1996	Data sheet for generator levert	Fluor Daniel Ltd.
05.06.1997	Tjeldbergodden industrianlegg offisielt åpnet	Wikipedia.org
09.02.2000	Luftlekkasje i aktuator til Flintstone (52-HV-0424), samt gjennomlekk	Not. 40025468/AO 20041005
10.01.2002	Kraftig lekkasje på aktuator til 52-HV-024	Not. 40118767/AO 20194630
01.08.2003	Lekkasje 52-HV-0424. Demontert pakkboks og bonnet. Skiftet pakkboks og pakninger. Test OK	Not. 40278337/AO 20434419
27.01.2004	Kritikalitetsklassifisering av 52-HV-0424 kjørt som batch-jobb i SAP, det vil si at det sannsynligvis ikke ble gjort en individuell vurdering, men kritikalitet valgt på bakgrunn av ventiltipe. Kritikalitet ble lav på sikkerhet og medium på produksjon	SAP 52-HV-0424
24.02.2009	Lekkasje på aktuatorstempel til friluft (52-HV-0424)	Not. 40929202/AO 21206937
18.11.2012	Internlekkasje i aktuator (52-HV-0424)	Not. 43135397/AO 22535761
04.09.2013	Planlagt ferdig utført 36 måneders vedlikehold av tilbakeslagsventil 52-HV-0424. Ikke registrert om eller at arbeidet virkelig ble utført	AO 22454647
22.09.2014	Lekkasje i pakkboks (52-HV-0424). Pakkboks etterstrammet. Denne er nå tett	Not. 43805402
04.09.2015	Vedlikeholdskonsept VA1540 valgt for 52-HV-0424 som batchjobb. Tidligere var det ikke valgt vedlikeholdskonsept. For aktuell ventil: "Run to failure" siden containment ikke er kritisk for damp (som HC eller giftighet)	SAP 52-HV-0424
16.11.2015	Brent kabel på grunn av strålevarme (Solenoid 52-HY-0424 til 52-HV-0424)	Not. 44240658/AO 23558748
07.03.2016	Bonnet-lekkasje i 52-HV-0424	Not. 44351918
17.05.2016	Turbin (TG) stoppet pga tripp av anlegget	Not. 43986998
03.06.2016	FV på tilbakeslagsventil 52-HV-0424 som del av 36 måneders vedlikehold. O-ringstetting til solenoid ødelagt, ble skiftet. Lukketid målt til 6 sekunder	AO 23418425
22.05.2016	Serviceteknikere fra Nuovo Pignone på TBO	Not. 43986998
29.07.2016	TG i gang etter to måneders stopp. Totaloverhaling fra Nuovo Pignone med skifte av rotor	Not. 43986998
21.03.2017	Internlekkasje i belg i aktuator (Flintstoneventil)	Not. 44751571/AO 24001393
29.05.2017	Tune TG / generator Gjøre et forsøk på å tune TG for å redusere svingninger i dampnett, dette for å kunne justere prosess enda mer optimalt i forhold til kostnader	Not. 44846493
06.06.2017	Tune TG / generator Har lagt inn et vedlegg med en haug med skjermdump fra 800xA som viser svingninger på TG (LP-ventiler, flow'er HP/MP/kondensering og strømproduksjon) og at disse forsterkes ved økt fyring på hjelpekjelen.	Not. 44846493
23.06.2017	Tune TG / generator. Ønsker at også elektro uttaler seg i denne saken. Det er mulig at ECSS må konfigureres i tillegg.	Not. 44846493
05.02.2018	Optimalisering / tuning TG regulering. TG oscillerer fremdeles mye, uansett last.	Not. 45142087
24.01.2020	Pakkbokslekkasje 52-HV-0424	Not. 46039193/AO 25089637
10.02.2020	Pakkbokslekkasje 52-HV-0424. Tilstanden til boltene gjør det for risikabelt å trekke på disse i drift	Not. 46039193/AO 25089637
06.04.2020	Pakkbokslekkasje 52-HV-0424. Jobbpakke laget for å skifte pakkboksen under revisjonsstans (TA20). Denne jobben ble senere skjøvet til 2021 på grunn av korona	AO 25139935
02.06.2020	Tripp TG under TA20 (turnaround / revisjonsstans)	Historiske data TG-tripper2020
09.07.2020	Tripp TG	Historiske data TG-tripper2020

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

App D Forslag til sjekkliste for område med sandblåsing

I etterkant av Synergi 1631052 «PSV innebygget av stillas og blåsesand i prosessutstyr» meldte en av driftslederne på Tjeldbergodden den 20.10.2020 inn forbedringsforslag IMP 26477 «Implementere sjekkliste sandblåsetelt». Sjekklisten er basert på sjekkliste som er i bruk på Sleipner (I-104088). Forslaget ble behandlet 28.10.2020 og videresendt til forfatter av arbeidsprosess for Drift & Vedlikeholdsprosessen i Mid & downstream (OM200). Forslaget er ikke ferdigbehandlet. Forslagsstiller har sett at det også er behov for å få inn et punkt i sjekklisten om varme, sett i forhold til Synergi 1633018 «Skadd utstyr tilhørende Flintstone TG pga varme»

Sjekkliste for område med sandblåsing – Tjeldbergodden

Område: _____

AO nr: _____

Nr	Innhold:	Ansvarlig:	Signatur:
1	Sandblåsertelt er bygget i brannhemmende materiale med hel duk i bunnen og tilstrekkelig tildekket. Obs på rørgjennomføringer.	Utførende	
2	Utstyr er tilstrekkelig tildekket (eksempelvis roterende utstyr, ventiler, detektorer, måleinstrumenter, sprinklerdyser, kabler, elektrisk utstyr, tagnummer og utstyrsdata)	Utførende	Utførende: Områdetekniker:
3	Rømningsveiene er skiltet, sjekket og klart	Utførende	
4	Gjennomgang av område før oppstart av sandblåsing der utførende og områdetekniker er enige om at tildekking er tilstrekkelig.	Områdetekniker/utførende	Utførende: Områdetekniker:
5	Arbeidslaget er informert om medie og trykk i rørene. Kaldt /varmt/ gass/damp/ væske.	Områdetekniker/utførende	Utførende: Områdetekniker:
6	Slanger som henger i fritt spenn har strekkavlastning.	Utførende	Utførende:
7	Før arbeidsstedet forlates og AT deaktiveres for dagen skal det ryddes med kosting og oppsamling av sandblåsesand. (Er det god kontroll på sand i telt der jobb går over flere dager skal det ryddes og grov rengjøres)	Utførende	Utførende:
8	Når arbeid i området er ferdigstilt skal område kostes og støvsuges evt spyles. Områdetekniker og utførende skal ha en gjennomgang av området for å godkjenne rengjøring før beskyttelse/duk og tilkomst fjernes.	Utførende	Utførende: Områdetekniker:

Sjekklisten henges synlig på telt når utførende og områdetekniker har godkjent og signert sjekklisten.

Område klart for oppstart:

Område godkjent for riving av telt/tilkomst:

Operatør:

Operatør:

Dato:

Dato:

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

App E Vurdering av potensiell konsekvens utført av Sikkerhetsteknologi

Notat

12. februar 2021

Til Erling Kristian Handal

Kopi Olav Sæter, Alf Reidar Nilsen, Frank L. Firing, Gunnar Brekke, Gunnar H. Lie

Fra Ole Kristian Sommersel

Sak Synergi 1638261 - Vurdering av potensiell konsekvens

Bakgrunn

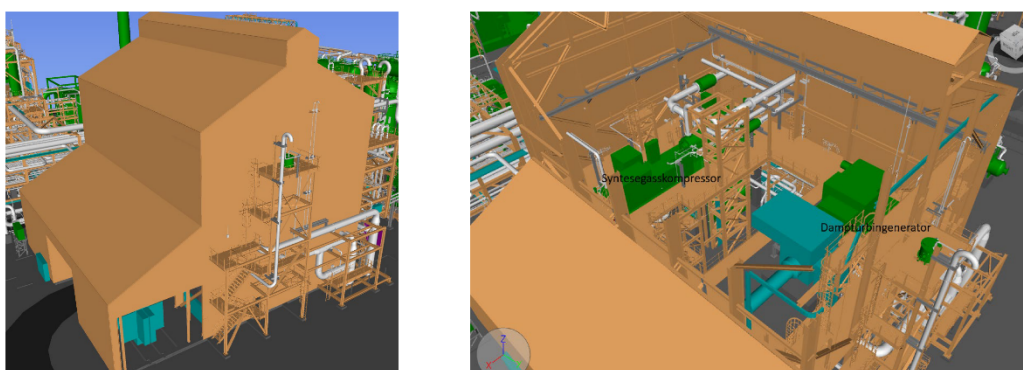
FT SST TOS (Teknisk og Operasjonell Sikkerhet) er blitt forespurt om å støtte konserngranskings arbeid av brannen på Tjeldbergodden 02.12.20. Dette er en vurdering av potensiell konsekvens av hendelsen basert på en helhetlig analyse.

Henviser til granskingsrapporten for utfyllende hendelsesforløp og årsaksforhold.

1 Vurdering

1.1 Potensiale for skade med påfølgende lekkasje

Hovedutstyret inne i kompressorhuset er en syntesegasskompressor, som trykker opp produsert syntesegass, samt en dampтурbingenerator, som gjenvinner prosessdamp. Figur 1 viser et skjematisk oversiktsbilde av kompressorhuset og hovedutstyret.



Figur 1 Navisworks 3D-modell av kompressorhuset og hovedutstyr (fra STID as-built [7.])

Side 1 av 6

Classification: Restricted

www.equinor.com

Klassifisering: Open

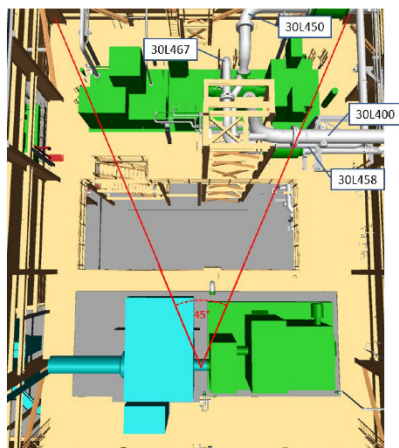
Status: Endelig – frigitt

Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

Da koblingen mellom dampturbin og generator gikk i stykker ble det med stor kraft slengt fragmenter radielt ut fra akslingen som står mellom selve dampturbinen og generatordelen på nordsiden i kompressorhuset. Havariet medførte også en lekkasje av smøreolje som antente kort tid etterpå (<10 sekunder). I etterkant av brannen ble det blant annet registrert 5 hull av betydelig størrelse ($\varnothing > 10\text{cm}$) i gavlveggen mot sjøsiden (Nord). Tunge fragmenter, noen på mer enn 10 kg, ble kastet titalls meter ut fra turbingeneratoren, hvorav ett fragment medførte en utstansing av et hull $\varnothing > 10\text{cm}$ i en strukturell H-bjelke.

Ett fragment traff og deformerte en ventilspindel ved syntesegasskompressoren, men det oppsto ikke en lekkasje. Det vurderes som sannsynlig at fragmenter kunne blitt kastet ut i retning mot- og med tilstrekkelig kraft til å penetrere rør-/prosesssystemer på en slik måte at man må anta lekkasjeåpninger eller fulle brudd. En forenklet geometrisk vurdering, vist i Figur 2, viser at dersom fragmentene ble slynget ut i en vinkel ut fra akslingen på turbingeneratoren ville alle rør over 2 tommer som inneholder syntesegass kunne blitt truffet av fragmenter (inkludert rør over 2"; 30L400, 30L450, 30L458 og 40L467).



Figur 2. Mulig sektor for fragmentkasting

Side 2 av 6

Classification: Restricted

www.equinor.com

Klassifisering: Open

Status: Endelig – frigitt

Dato: 26.02.2021

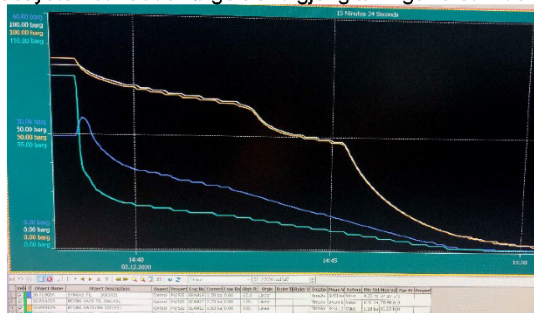
Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

1.2 Potensiell lekkasjerate

Syntesegassen inneholder 70 vol% hydrogen og 20 vol% karbonmonoksid (CO), og resterende 10 vol% inerte gasser (CO₂ og nitrogen); i.e. molekylvekt ~ 11 g/mol. Gassblandingen klassifiseres som svært brannfarlig og reaktiv, med et svært et bredt brennbarhetsområde (LFL=5.2vol%¹ og UFL=83.1vol%²).

Fødestrømmen i syntesegasskompressoren var ved tidspunktet for hendelsen om lag 1.5 MSm³/h (0.3 MSm³/h føde + 1.2 MSm³/h resirkulering), som tilsvarer ca. 420 Sm³/s (~ 200 kg/s for tetthet ved standardbetingelser).

Syntesegasssystemet hadde ifølge trend gjengitt i Figur 3 et initielt systemtrykk på 80 barg.



Figur 3 Trykk-tid-diagram over syntesegasssystemet [4.]

Typiske beregninger av lekkasjerate er utført med PHAST, et verktøy utviklet av DNV [5.], som blant annet brukes til konsekvensberegninger for spredning av gass, basert på integralmodeller. Estimerte lekkasjerater for 4 ulike hullstørrelser er gitt i Tabell 1.

Hullstørrelse	Beregnet rate
25 mm (1")	4.9 kg/s
50 mm (2")	18.9 kg/s
100 mm (4")	75.9 kg/s
200 mm (8")	>200 kg/s

I totalrisikoanalysen [1.] er lekkasjer over 30 kg/s definert som "large", gitt av tabellen under;

"Small" lekkasjer:	0,1-1 kg/s
"Medium" lekkasjer:	1-10 kg/s
"Major" lekkasjer:	10-30 kg/s
"Large" lekkasjer:	>30 kg/s

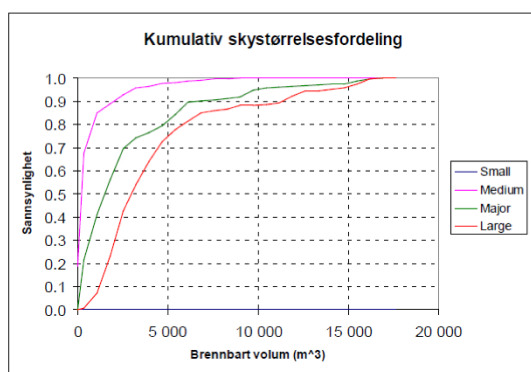
Basert på observerte skadene i kompressorhus (faktiske fragmenter) og mulig vinkel for fragmentkasting mot synteseutstyr kan ikke eskalering opp til 4" utelukkes. Dette medfører potensielle lekkasjerater opp til 75 kg/s.

¹ LFL: Lower Flammability Limit; Nedre flammegrense hvor gassblandingen er blandet med luft

² UFL: Upper Flammability Limit; øvre flammegrense hvor gassblandingen er blandet med luft

1.3 Potensiell gassskystørrelse

Det er benyttet 3D-modeller av kompressorhuset i henholdsvis Navisworks og i CFD-verktøyet FLACS³ for å vurdere sannsynlig gasskoppbygging i hallen. Volumet av kompressorhusets øvre del (2. etasje og opp til taket) er estimert til ca. 8500 m³. Bygningen er designet for naturlig ventilasjon og har ventilasjonsåpninger under tak og rett under mønet (i.e. «dutch barn»). Det er valgt å støtte seg på totalrisikoanalysen (TRA), som blant annet har vurdert lekkasje av syntesegass i kompressorhuset. Figur 4 gjengir totalrisikoanalysens beregning av kumulativ skystørrelsesfordeling for brennbart volum for syntesegasslekkasjer inne i kompressorhuset gitt lekkasjerater. Resultatene viser at selv medium lekkasjer kan gi betydelige skyer, og skyer med brennbart volum på >5000 m³ kan ikke utelukkes.



Figur 4. Kumulativ skystørrelse, fra TRA [1.]

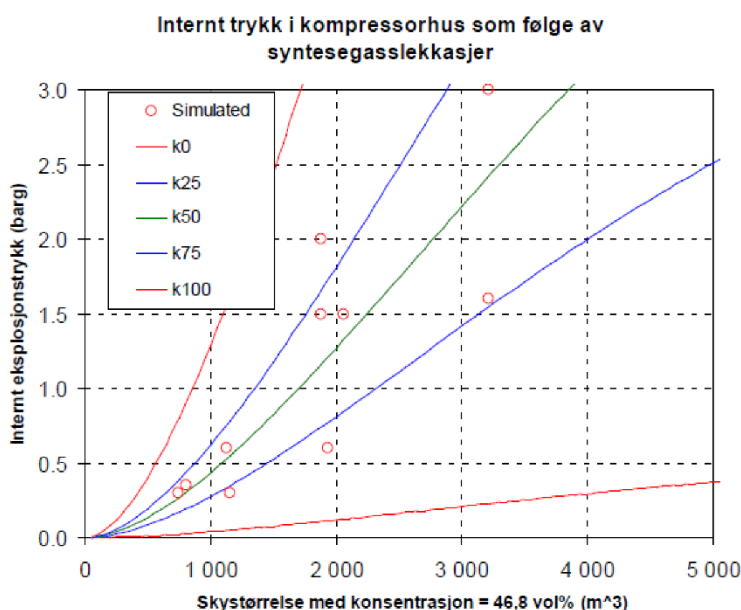
Segmentene som kunne ha blitt truffet har lang trykkavlastningstid gjennom en 2" ventil, og vurderes til å være tilstrekkelige til å forsyne en større lekkasje tilstrekkelig lenge før isoleringsventiler begrenser utstrømning.

1.4 Potensiell eksplosjon

Konsekvensene ved antennelse er avhengig av antennelsestidspunktet. En umiddelbar antennelse ville ført til en jetbrann, mens en forsinket antennelse ville forårsaket en gasseksplosjon med trykkoppbygging etterfulgt av en jetbrann. Det er antatt at antennelsen av oljelekkasjen fra turbogeneratoren inntraff etter noe tid, i forhold til havari av mekanisk kobling, når smøreoljen kom i kontakt med enten varme overflater eller skadet elektrisk utstyr. Det er derfor naturlig å konkludere med at det er sannsynlig at en lekkasje av syntesegass ville blitt antent (forsinket) som følge av smøreoljebrannen. En forsinket antennelse av syntesegassen ville ha medført en kraftig gasseksplosjon med etterfølgende stor jetbrann.

I TRAen er det gjennomført en serie med eksplosjonssimuleringer av ulike gasskyer i FLACS, med ulik fyllingsgrad av kompressorhuset inklusiv en vurdering av fasadeplatenes tåleevne (0.1 barg og 20 kg/m²), som vil tilrettelegge for avlastning av eksplosjonstrykk og begrense den interne trykkoppbyggingen i kompressorhuset. Figur 5 viser eksplosjonstrykk som funksjon av skystørrelser, for ulike persentiler (usikkerheter som beskriver hvor stor sannsynlighet det er at eksplosjonstrykket er lavere enn den aktuelle persentilen for en gitt skystørrelse).

³ FLACS: Flame Acceleration Simulator, CFD beregningsverktøy for gasspredning og gasseksplosjoner utviklet av Gexcon [5.]



Figur 5 Internt eksplosjonstrykk i kompressorhus som følge av syntesegasseksplosjoner [1.] (46.8 vol% representerer området med høyest reaktivitet)

Potensielt eksplosjonstrykk avhenger naturlig nok av lekkasjeraten fra en lekkasje og tiden fra lekkasjestart til antennelse. Eksempelvis ville et fullt brudd på et 2" rør kunne gi en støkiometrisk brennbar gassky på ca. 1000 m³ i løpet av ca. 10 sekunder, mens tilsvarende tid for en lekkasje fra et 100 mm hull er om lag 3–4 sekunder. Dette indikerer at man raskt får bygd opp en gasskystørrelse, innen ca. 10 sekund for kredible lekkasjerater, som kan resultere i en kraftig gasseksplosjon.

Et slikt eksplosjonstrykk ville vært høyere enn byggets evne til å motstå eksplosjonskraften og vil således gi både trykk og fragmenter i nærområdene rundt bygget. Videre eskalering til utstyr i nærområder kan ikke utelukkes.

Totalrisikoanalysen konkluderer for øvrig med at eksplosjoner i kompressorhuset er hoved bidragsyter til de mest alvorlige eksplosjonene på Metanolfabrikken.

1.5 Potensiell personskade

Et eksplosjonsscenarie med syntegass vil potensielt kunne gi høye eksplosjonstrykk og fragmenter på avveie i nærområdene rundt bygget. En overgang til detonasjon kan dessuten ikke utelukkes og vil således kunne gi eksplosjonstrykk vesentlig høyere enn det som er presentert i TRA og dermed mer alvorlige konsekvenser.

Eventuell tilstedeværelse av personer inne i kompressorbygg og/eller i nærområdene rundt bygget vil således være eksponert for farer (eksplosjonstrykk, varmestråling, fragmenter) som vil kunne medføre alvorlig personskade og/eller fatalitet.

Klassifisering: Open
Status: Endelig – frigitt
Dato: 26.02.2021

Gransking av: Brann i kompressorhus på Tjeldbergodden

2 Kilder

- [1.] Eksplosjon og gasspredning TN-9, TRA Tjeldbergodden, teknisk notat nr.: 106088/TN-9, Lloyd's Register Consulting, 30.03.2016
- [2.] Totalrisikoanalyse Tjeldbergodden, Sluttrapport, Rapportnr.: 106088/R1, Lloyd's Register Consulting, 30.03.2016
- [3.] Synergi: Brann i kompressorhus TG (dampgenerator), <https://synergi.equinor.com/synergix/case/1638261>
- [4.] Informasjon fra granskingsgruppen
- [5.] Gexcon; utvikler FLACS, <https://www.gexcon.com/products-services/flacs-software/>
- [6.] DNV GL; utvikler PHAST, <https://www.dnvgl.com/software/services/phast/index.html>
- [7.] 3D view layout as-built (Navisworks), <https://stid.equinor.com/MET/>

Side 6 av 6

Classification: Restricted

www.equinor.com