

Granskingsrapport

Rapport	
Rapporttittel Rapport etter gransking av turbinhavari med påfølgende brann på Tjeldbergodden 2. desember 2020	Aktivitetsnummer 001904026

Gradering		
<input type="checkbox"/> Offentlig	<input type="checkbox"/> Begrenset	<input type="checkbox"/> Strengt fortrolig
<input type="checkbox"/> Unntatt offentlighet	<input type="checkbox"/> Fortrolig	

Involverte	
Lag T-L	Godkjent av / dato Espen Landro/ 23.06.2021
Deltakere i granskingsgruppen Bjørnar André Haug, Knut Ivar Hjellestad, Damir Mihajlovic, Eivind Sande, Arnt H Steinbakk	Granskingsleder Jorun Bjørvik

Innhold

1	Sammendrag	4
2	Bakgrunnsinformasjon og beskrivelser.....	5
2.1	Beskrivelse av innretning og organisasjon	5
2.2	Situasjon før hendelsen	6
2.3	Område på Tjeldbergodden der hendelsen inntraff	6
2.4	Forkortelser	7
3	Ptils gransking.....	7
3.1	Granskingsgruppens mandat.....	7
3.2	Granskingsgruppen	8
3.3	Metode	8
4	Beskrivelse av involvert utstyr og aktivitet	9
4.1	Beskrivelse av involvert utstyr.....	9
4.1.1	Overordnet systembeskrivelse av dampturbin	9
4.1.2	System for beskyttelse mot rusing.....	12
4.1.3	Tilstand på Flintstoneventilen før hendelsen	14
4.1.4	Generator	15
4.1.5	Pågående aktivitet for å justere reguleringsparametere	15
4.2	Vedlikehold og klassifisering	15
4.3	Oppfølging av barrieretilstand	17
4.4	Styrende dokumentasjon	18
4.5	Organisering	18
4.5.1	Vedlikehold/MAIN	19
4.5.2	Drift/OPS.....	19
4.5.3	Teknisk/TPO.....	20
5	Hendelsesforløp	20
6	Hendelsens potensial	22
6.1	Faktisk konsekvens	22
6.2	Potensiell konsekvens.....	23
7	Direkte og bakenforliggende årsaker.....	23
7.1	Direkte årsak	23
7.2	Bakenforliggende årsaker / drøftinger.....	23
7.2.1	Underlag benyttet ved klassifisering	24
7.2.2	Manglende håndtering av svekket barrierefunksjon.....	25
7.2.3	Vedlikehold.....	25
7.2.4	Gjennomganger av systemet har ikke fanget opp svakheter ved design	25
7.2.5	Teknisk dokumentasjon	26
8	Beredskap	26
8.1	Alarmfasen.....	27
8.2	Varsling og mobilisering	28

8.3	Bekjempelse – redning og evakuering	29
8.4	Kommentarer til bekjempelse	30
8.5	Normalisering	30
9	Regelverk	31
10	Observasjoner	31
10.1	Avvik	32
10.1.1	Mangelfull identifisering av sikkerhetsfunksjoner, oppfølging av teknisk integritet og barrierefunksjon	32
10.1.2	Oppfølging av systemet	33
10.1.3	Dokumentasjon	33
10.1.4	Sikkerhetsavstand til brannstedet ikke etablert	34
10.2	Forbedringspunkter	34
10.2.1	Uklart om og hvordan Tjeldbergodden sin brannbil ble brukt under hendelsen	34
10.2.2	Uklart krav til POB-opptelling inne i anlegget	34
11	Barrierer som har fungert	35
12	Diskusjon omkring usikkerheter	35
12.1	Årsaken til svikt på solenoid	35
13	Vurdering av aktørens granskingsrapport	35
14	Andre kommentarer	36
15	Vedlegg	37

1 Sammendrag

På Equinors anlegg på Tjeldbergodden oppsto det den 2.12.2020 en brann i kompressorhuset i metanolfabrikken.

I tillegg til utstyr for trykkøkning av syntesegass (H_2 , CO_2 og CO) er en tottrinns dampdrevet turbingenerator med tilhørende hjelpesystem plassert i kompressorhuset.

Et forsøk på nødstoppp av den dampdrevne turbingeneratoren resulterte i rusing av maskinen med påfølgende havari. Som en konsekvens av havariet ble komponenter fra turbinens aksling og en fleksibel kobling på akslingen med stor kraft kastet rundt og traff blant annet rør til maskinens smøreoljesystem noe som igjen resulterte i en lekkasje av smøreolje. Smøreoljen antente og dette startet en brann. Brannen spredte seg ikke til andre system i kompressorhuset.

Når nødstoppp blir initiert koples generatoren fra strømmettet og turbinen isoleres fra dampnettet. Den direkte årsaken til turbinhavariet var at isolering mot dampnettet på mellomtrykksnivå ikke fungerte som tiltenkt etter at nødstoppp ble initiert. Tilbakestrømningen av damp fra mellomtrykksnivået økte rotasjonen på turbinen. Hastigheten resulterte i at turbinblader løsnet fra rotoren og at denne da kilte seg og bråstoppet. Bråstoppen medførte akselbruddet mellom dampturbin og gir.

Den faktiske konsekvensen av hendelsen var en brann med ca. en times varighet og et utslipp av smøreolje i størrelsesorden 1000 liter.

Hendelsen medførte ikke fysisk personskade.

Hendelsen medførte en nedetid på anlegget for metanolproduksjon på ca. 12 uker. Anlegget startet opp igjen i uke 7 uten dampturbingeneratoren som var havarert.

Når det gjelder potensielle konsekvenser er det granskingsgruppas vurdering at hendelsen kunne ha medført alvorlig personskade eller død. Ved nødstoppp skal uteoperatør fysisk sjekke utrullingene av turbingeneratoren. Dersom uteoperatør eller andre hadde befunnet seg i kompressorhuset på havaritidspunktet kunne de ha blitt truffet av flygende komponenter. Komponenter har også blitt slynget med stor kraft gjennom veggene på kompressorhuset, og kunne truffet personell på utsiden av bygget.

De flygende komponentene har også truffet syntesegassanlegget. Dersom dette hadde medført en lekkasje av syntesegass kunne det ha medført en eksplosjon og/eller en større brann.

Den direkte årsaken til hendelsen var svikt i stengefunksjonen til en ventil som var en del av dampturbinens beskyttelse mot rusing og havari. I vedlikeholdssystemet var ventilens kritikalitet vurdert som "lav" med hensyn til konsekvensene for HMS noe som vil påvirke hvordan ventilen følges opp. Kritikalitetsvurderinger gir blant annet føringer for utarbeidelse av vedlikeholdsprogram og krav til funksjonstesting, hvilken prioritering de får i forbindelse med vedlikehold, hvem som involveres ved svekkelser, vurderinger av behov for kompenserende tiltak ved svekkelser og oppfølging av integritet. Systematiske gjennomganger av anlegget hadde ikke oppdaget denne mangelen ved kritikalitetsvurderingen.

Vår gransking har påvist fire avvik knyttet til:

- Identifisering av sikkerhetsfunksjon og oppfølging av barrierer
- Oppfølging av systemet
- Dokumentasjon
- Sikkerhetsavstand til brannstedet

Videre har det blitt identifisert to forbedringspunkt knyttet til:

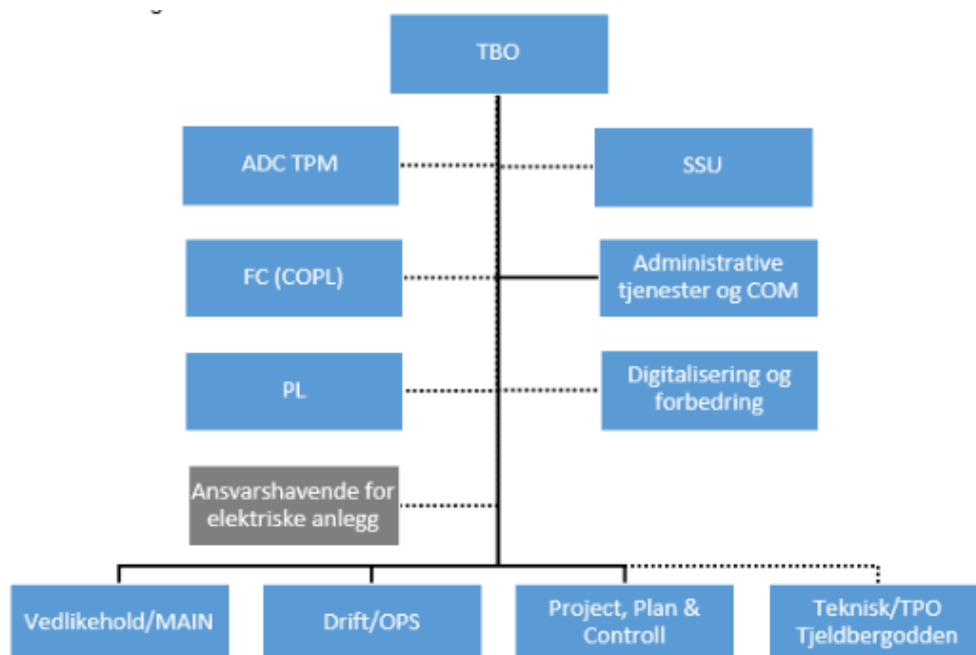
- Uklart om hvordan TBO sin brannbil ble brukt
- Uklart ytelseskrav til kontroll på personell inne i anlegget (POB)

2 Bakgrunnsinformasjon og beskrivelser

2.1 Beskrivelse av innretning og organisasjon

Equinor sitt industrianlegg på Tjeldbergodden består av et gassmottak, en metanolfabrikk og en luftgassfabrikk. Anlegget ble satt i drift i 1997. Anlegget tar imot gass fra Heidrun som benyttes til metanolproduksjon gjennom en prosess med reformering, syntese og destillasjon. Overskuddsvarme fra prosessen med metanolproduksjon benyttes til dampproduksjon. Dampen benyttes som energikilde i ulike deler av anlegget i tillegg til at den også benyttes til strømproduksjon via en dampdrevet turbingenerator.

Tjeldbergodden har en organisasjonsstruktur som følger Equinors modell for landanleggene, det vil si en anleggsdirektør med tilhørende underenheter som vist i figur 1 nedenfor. Noen av underenhetene rapporterer oppgavemessig til anleggsdirektør, men har sin lederrapportering til andre ledere enn anleggsdirektøren. Dette er indikert med stiplet linje og dette skal blant annet sikre nødvendig uavhengighet mellom anleggsdirektør og de aktuelle underenhetene.



Figur 1 Organisasjonskart for Tjeldbergodden (kilde: Equinor)

2.2 Situasjon før hendelsen

Det var normal drift i anlegget dagen hendelsen inntraff. På grunn av pandemisituasjonen (Covid-19) var deler av personellet på hjemmekontor.

En av de pågående aktivitetene på anlegget denne dagen var en jobb for å justere reguleringsparametere på en tottrinns dampdrevet turbingenerator. Det var denne maskinen som havarerte under hendelsen. Bakgrunnen for denne jobben var at det hadde vært utfordringer knyttet til å opprettholde stabilt trykk på dampnett. Dette var en planlagt aktivitet og det var ekstra bemanning i kontrollrommet for å håndtere eventuelle driftsforstyrrelser.

I oktober og november 2020 var det utført midlertidige reparasjoner på en ventil som skal hindre tilbakestrømming av damp fra dampnett tilbake til dampturbinens mellomtrinn. Svikt i denne ventilens stengefunksjon var den direkte årsaken til hendelsen.

2.3 Område på Tjeldbergodden der hendelsen inntraff

Hendelsen inntraff i kompressorbygget som er en del av metanolfabrikken. Bygget er markert med en sirkel på bildet under. I dette bygget er det plassert utstyr for kompresjon av syntesegass samt en dampdrevet turbingenerator med tilhørende hjelpesystem. Syntesegass er gassblanding av hydrogen, karbonmonoksid og karbondioksid (H₂, CO og CO₂).



Figur 2 Bilde av anlegget på Tjeldbergodden, (Kilde: Equinor)

2.4 Forkortelser

DFU	Definert fare- og ulykkessituasjon
ESD	Nødavstengning
FV	Forebyggende vedlikehold
HAZOP	Hazard and Operability Analysis
HP	Høyt trykk
KV	Korrigerende vedlikehold
MP	Mellomtrykk
LP	Lavtrykk
NSO	Næringslivets Sikkerhetsorganisasjon
OSC	Innsatsleder
PS	Performance standard
Ptil	Petroleumstilsynet
SKR	Sentralt kontrollrom
TBO	Tjeldbergodden
TG	Turbingenerator
TIMP	Technical Integrity Management Programme
TTS	Teknisk Tilstand Sikkerhet

3 Ptils gransking

Den 2.12.2020 kl. 14:58 fikk Ptil varsel fra Equinor om hendelsen på Tjeldbergodden. Det ble gjennomført et møte 3.12.2020 hvor representanter fra Equinor ga en kort orientering om hendelsen og Ptil besluttet samme dag å granske hendelsen. Politiet besluttet å gjennomføre etterforskning av hendelsen og ba Ptil om bistand.

3.1 Granskingsgruppens mandat

Mandatet for Ptil sin gransking:

- a. Klarlegge hendelsens omfang og forløp (ved hjelp av en systematisk gjennomgang som typisk beskriver tidslinje og hendelser)

- b. Vurdere faktiske og potensielle konsekvenser
 - 1. Påført skade på menneske, materiell og miljø.
 - 2. Hendelsens potensial for skade på menneske, materiell og miljø.
- c. Vurdere direkte og bakenforliggende årsaker
- d. Identifisere avvik og forbedringspunkter relatert til regelverk (og interne krav)
- e. Diskutere og beskrive eventuelle usikkerheter /uklarheter.
- f. Vurdere aktørenes egen granskingsrapport (kan eventuelt komme i etterkant av vår rapport)
- g. Utarbeide rapport og oversendelsesbrev (eventuelt med forslag til bruk av virkemidler) i henhold til mal.
- h. Anbefale - og normalt bidra i - videre oppfølging.
- i. Bistå politiet på forespørsel i deres etterforskning etter hendelsen.
- j. Bidra med kort informasjon til Næringslivets Sikkerhetsorganisasjon (NSO) vedr forhold relevante for dem fra granskingen. Tidspunkt avtales underveis i granskingsarbeidet.

3.2 Granskingsgruppen

Granskingsgruppe ble etablert og deler av gruppa reiste til Tjeldbergodden 7.12.2020 for å bistå politiet med avhør, og gjennomføre egne intervjuer og befarings av skadestedet. På grunn av covid-19 situasjonen deltok deler av granskingsgruppa på avhør, intervju og møter via Teams.

Sammensetning av granskingsgruppen:

Navn	Stilling	Fagområde
Bjørnar André Haug	Sjefingeniør	Prosessintegritet
Knut Ivar Hjellegstad	Sjefingeniør	Arbeidsmiljø
Damir Mihajlovic	Sjefingeniør	HMS-Styring
Eivind Sande	Sjefingeniør	Prosessintegritet
Arnt Heikki Steinbakk	Sjefingeniør	Logistikk og beredskap
Jorun Bjørvik	Sjefingeniør/granskingsleder	Prosessintegritet

Arnt Heikki Steinbakk deltok på utvalgte intervju knyttet til den beredskapsmessige håndteringen av hendelsen.

3.3 Metode

Granskingen ble gjennomført ved intervjuer av personell i driftsorganisasjonen for Tjeldbergodden, ved verifikasjoner og befarings på anlegget, samt gjennomgang av styrende dokumenter, vedlikeholdssystem (SAP) for involvert utstyr og annen dokumentasjon relevant for hendelsen.

Vi ble bedt om å bistå politiet i deres etterforskning og møtte politiet på anlegget 7.12.2020. Møre og Romsdal politidistrikt ledet etterforskningen av hendelsen.

Taktiske og tekniske etterforskere samt etterforskere fra Kripos deltok i arbeidet på anlegget. Vi deltok på befaringer og avhør som ble gjennomført på stedet sammen med politiet. Vi stilte i forståelse med politiet og de som ble avhørt egne spørsmål under avhørene.

Deler av vår granskingsgruppe var på anlegget fram til 9.12. Vi deltok på noen avhør på Teams i etterkant av oppholdet på Tjeldbergodden.

Som en del av vår egen gransking gjennomførte vi i tillegg egne intervju på Teams med personell i driftsorganisasjonen.

I forkant av at Equinor startet egen gransking av hendelsen var det igangsatt et arbeid med en rotårsaksanalyse av teknisk personell på Tjeldbergodden. I forbindelse med granskingen har vi mottatt midlertidige resultat fra denne analysen. Vi har også mottatt informasjon om leverandørberegning knyttet til hvilke dampmengder som er nødvendig for å skape den rotasjonen som inntraff i forbindelse med hendelsen.

Deler av granskingsgruppa deltok i forbindelse med åpning av LP kontrollventiler på anlegget 8.3.2021. I forbindelse med denne befaringen ble det også foretatt en gjennomgang av opprinnelig leverandørdokumentasjon som kun er tilgjengelig i papirformat.

Møte med NSO ble gjennomført 24.3.2021.

4 Beskrivelse av involvert utstyr og aktivitet

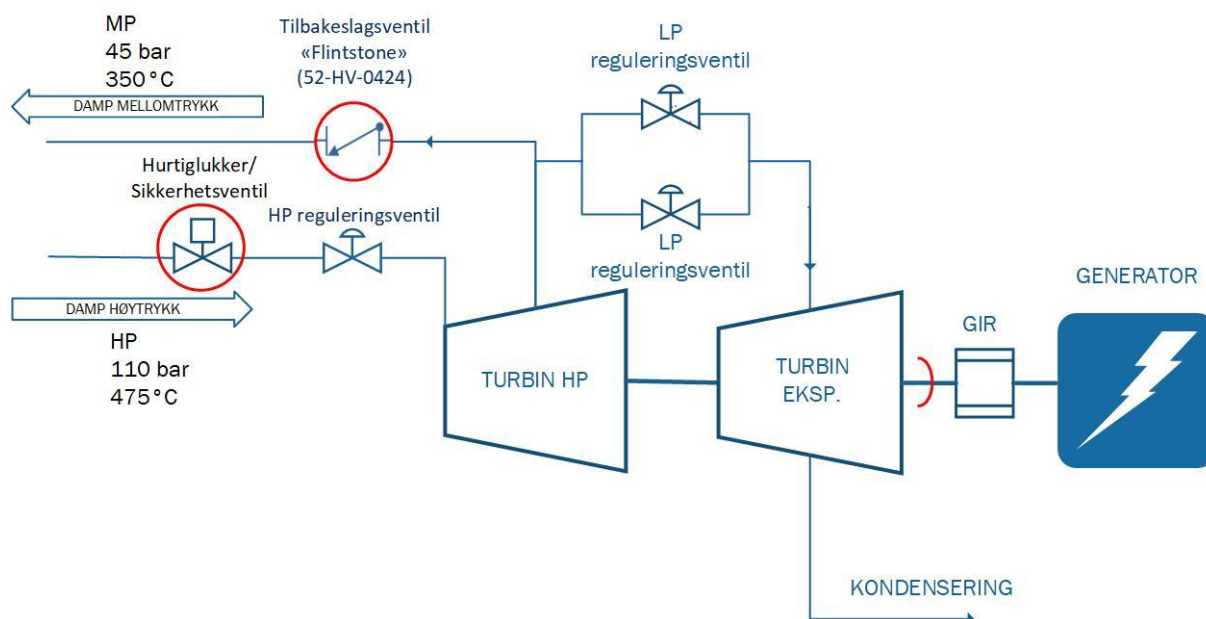
4.1 Beskrivelse av involvert utstyr

4.1.1 Overordnet systembeskrivelse av dampturbin

I prosessen for produksjon av metanol benyttes overskuddsvarme fra prosessen til dampproduksjon. Dampen benyttes igjen som energikilde i ulike deler av anlegget, i tillegg til at den også benyttes til strømproduksjon via en dampdrevet turbingenerator.

På Tjeldbergodden er det damp på tre ulike trykknivå; høy (HP), mellom (MP) og lav (LP).

Strømproduksjonen skjer via en tottrinns dampdrevet turbin som igjen driver en elektrisk generator. Dampturbinen har uttrekk av damp på mellomtrykknivå. Systemet er illustrert på skissen nedenfor.



Figur 3 Prinsippskisse av turbingenerator

Høytrykksdamp på 110 barg og 475°C rutes inn på høytrykksdelen av turbinen. Mengde damp reguleres av en mengdestyrt reguleringsventil på innløpet. Trykket reduseres til ca. 45 barg med en tilhørende temperatur på 350 °C på utløpet av turbinens første trinn. Det er uttrekk av damp på mellomtrykksnivå og det er i hovedsak denne dampen som benyttes som energikilde i prosessen. Resterende damp blir sendt til lavtrykkstrinnet på turbinen via trykkkontrollerte reguleringsventiler.

Dersom dampturbinen ikke er i drift, kan damp fra høytrykksnettet rutes direkte inn på mellomtrykksnettet via en reduksjonsstasjon.

Dampturbinen og generatoren styres via et eget kontrollpanel. Ved nødstop av systemet stenger ventiler i dampsystemet for å stoppe damptilførselen til maskinen samtidig som generatoren koples fra nettet.

Ventilene som er markert med en ring på skissen er de ventilene som skal isolere turbinen fra dampnettet i en nødstoppsituasjon. På høytrykksdamp inn er det en hurtiglukkende stengeventil (Hurtiglukker). På mellomtrykksnivå er det en aktuatorstyrt tilbakeslagsventil som skal hindre tilbakestrømning av damp. Denne ventilen blir kalt «Flintstone».

HP reguleringsventil og LP reguleringsventilene vil også stenge i en nødstoppsituasjon. Reguleringsventilene inn på LP-trinnet er utformet med to hull som har en funksjon knyttet til kjøling av maskinen ved nedkjøring av anlegget, og til oppvarming av maskinen før oppstart av kald maskin.

Leverandørberegninger utført i etterkant av hendelsen har vist at strømningsmengden gjennom disse hullene, sammen med damp som vil lekke forbi

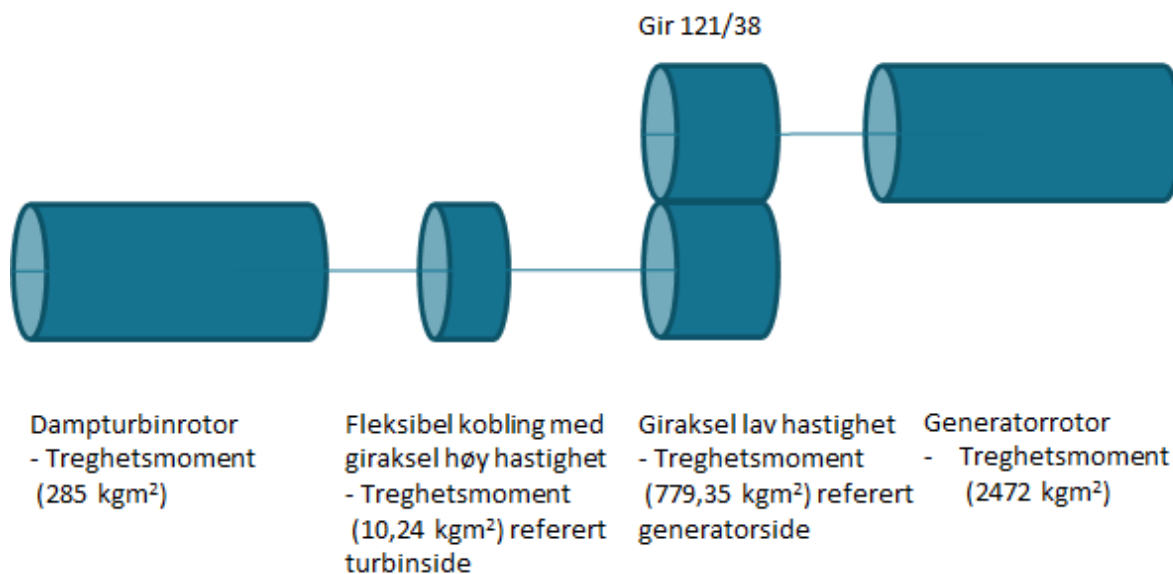
akseltettingen som er mellom der MP-damp tas ut og LP-delen av maskinen, vil være tilstrekkelig for å øke rotasjonen på turbinen dersom generatoren blir frakoplet strømmettet. Dette gjelder også når LP-reguleringsventilene er stengt.

Den roterende massen i motordriften har et totalt treghetsmoment referert turbinsiden av giret på 616 kgm^2 , se tabell i neste avsnitt. Dette er fordelt mellom turbinrotor, gir og generatorrotor som vist i figur 4. Systemets treghetsmoment er under granskingen benyttet til å vurdere hvor mye effekt som er blitt tilført turbingeneratoren for å gi den turtallsøkningen som er observert. Eksempelvis ser vi basert på data hentet ut fra generatorvernet (Rapport fra Siemens Energy) at det tok kun 3,5 sekunder for turtallet å øke fra 5000 rpm til 5250 rpm. Vi kan da beregne at gjennomsnittlig tilført effekt som har gått til akselerasjon av roterende masse er 2,5 MW i dette tidsintervallet.

Ved stans av turbingeneratoren vil denne automatisk frakobles strømmettet. Turbingeneratoren vil da gå ubelastet. Dersom damptilførselen ikke stenges helt av til turbingeneratoren, vil denne da raskt kunne ruse.

Summering av treghetsmoment for roterende masse med alle verdier referert turbinside av giret:

	Oppgitt treghetsmoment (kgm^2)	Omregningsfaktor gir	Avrundet og omregnet til turbinside av gir
Damp turbinrotor	285		285
Giraksel høyhastighet med fleksibel kobling	10,24		10
Giraksel lavhastighet	779,35	$(121/38)^2=10,14$	77
Generatorrotor	2472	$(121/38)^2=10,14$	244
Sum			616



Figur 4 Oversikt over treghetsmoment for de ulike maskindelene

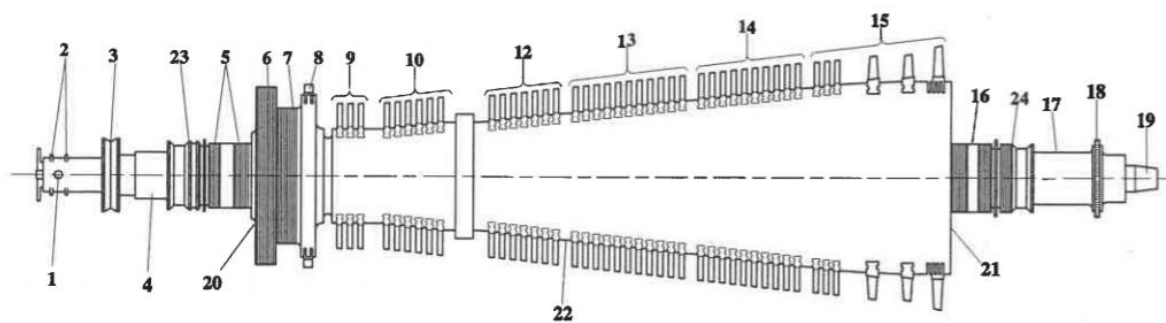
Systemet som skal beskytte mot rusing er ytterligere beskrevet i neste kapittel.

4.1.2 System for beskyttelse mot rusing

Under normal drift styres turbinens pådrag av en elektronisk regulator. Denne gir sett punkter for åpning av både HP- og LP-reguleringsventiler basert på en forhåndsdefinert logisk prosess. Inngangssignalene til regulatoren er målinger av turbinens turtall, trykkmåling (PIT0423) på mellomtrykksdampnettet og trykkmåling (PIT1029) på høytrykksdampnettet.

Damp turbin og generator overvåkes konstant på en rekke parametere som vil initiere nødstop, eksempelvis turtall og vibrasjon. Nødstop kan også initieres manuelt i kontrollrommet og lokalt ved maskinen.

I tillegg er det et mekanisk rusingsvern som består av en eksentrisk bolt som er festet inne i rotorakslingen med en fjær. Ved høyt turtall vil boltene bevege seg utover av sentrifugalkraftene og treffe en arm som blør av oljetrykket som holder både Hurtiglukker og HP- og LP-reguleringsventiler. Boltene er markert med nr. 1 på den forenklede tegningen av damp turbinrotoren under. Denne armen kan også betjenes for hånd for en lokal nødstop av turbinen.

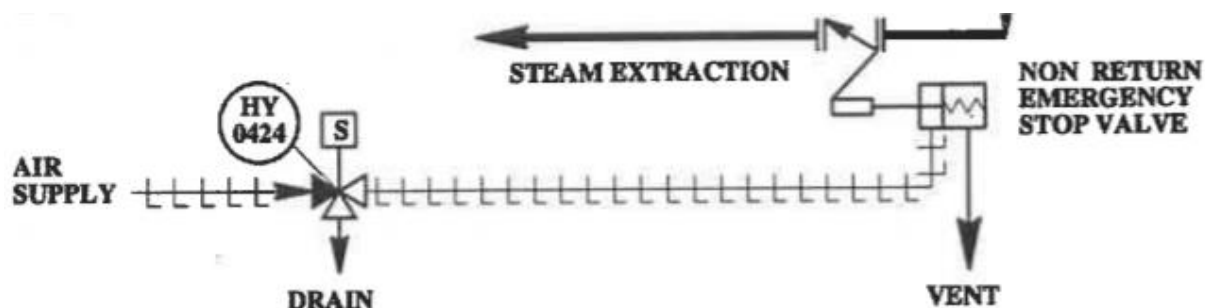


Figur 5 Forenklet tegning av dampturbinrotoren (Kilde: leverandørdokumentasjon)

Uavhengig av hva som har initiert nødstop så er det Hurtiglukker og Flintstoneventilen som er barriereventilene som skal hindre damptilførsel til systemet.

Hurtiglukker er en stengeventil som i normal drift holdes åpen av oljetrykket mot en sammentrykket fjær. Ved en nødstop vil trykket i en tripp-oljekrets raskt bløse av og Hurtiglukker vil stenge umiddelbart. Hurtiglukker er utstyrt med et testarrangement, som muliggjør test av bevegelse av ventilstemmen også når anlegget er i drift.

Ved en nødstop vil det også gå et stengesignal til Flintstoneventilen. Flintstoneventilen har to funksjoner som vil stenge ventilen. Ventilen kan enten stenges passivt som en tilbakeslagsventil dersom trykket oppstrøms ventilen blir lavere enn nedstrøms ventilen. Tilbakestrømningen av damp skal i dette tilfellet medføre at ventilen stenger. Den andre funksjonen er en hjelpefunksjon som består av en fjærbelastet aktuatorarm som holder ventilen stengt. Aktuatorarmen styres av en pneumatisk solenoideventil som igjen er styrt av en elektromagnet. Når magneten mister tilført spenning på 24V vil solenoideventilen skifte stilling. Dette vil medføre at lufta som holder aktuatorarmen bløse av gjennom solenoiden og aktuatorarmen vil stenge Flintstoneventilen ved hjelp av fjærkreftene. En forenklet skisse er vist under.



Figur 6 Flintstone ventil (Kilde: leverandørdokumentasjon)

Funksjonen som passiv tilbakeslagsventil kan testes ved å bevege en arm påmontert et vektlodd. Denne armen er koblet direkte til samme aksling i ventilen som spjeldet. Det er utformingen av denne armen som har medført at ventilen lokalt har fått tilnavnet Flintstoneventilen.

4.1.3 Tilstand på Flintstoneventilen før hendelsen

I oktober ble det oppdaget bevegelse på aktuator i forbindelse med en loggerunde i anlegget. Sannsynligvis var solenoiden til Flintstoneventilen blitt skadet i forbindelse med en sandblåsningsjobb i området. Solenoiden ble midlertidig reparert med uoriginal stempeltetning samt noen nye o-ringer mens anlegget var i drift.

Ventilen lå i vedlikeholdssystemet som «serious ill». Det var antatt at svekkelsen kunne medføre utilsiktet stengning, men ikke at den ville svikte ved signal for stenging. Flintstoneventilen fungerte som tiltenkt i forbindelse med en stopp i november. I forbindelse med stansen i november ble det utført en reparasjon (stramming) av pakkboks for å unngå ekstern damplekkasje.



Figur 7 Bilde av Flintstoneventilen etter hendelsen (kilde: Kripos)

4.1.4 Generator

Dampturbinen driver en synkrongenerator som i normal drift er tilkoblet strømmettet på Tjeldbergodden. Tilkoblingen er via en fleksibel kobling og et hastighetsreducerende gir med omsetningsforhold 38/121. Når generatoren er tilkoblet strømmettet er turtallet gitt av nettfrekvensen (50Hz). Generatoren har fire poler, og turtallet når generatoren er tilkoblet nettet er 1500 rpm. Dette gir et synkront turtall på turbinsiden av giret på 4776 rpm.

Turbingeneratoren har en maksimal kontinuerlig ytelse på 30 MW.

4.1.5 Pågående aktivitet for å justere reguleringsparametere

I forløpet til hendelsen pågikk det arbeid med justering av regulatorparametre for Woodward-regulatoren som styrer pådraget til turbingeneratoren. Denne jobben skulle gjøres for å forsøke å dempe pendlinger på mellomtrykkdampnettet som en tidvis har observert ved anlegget. Disse pendlingene hadde vært utfordrende for driften av prosessanlegget ellers. Arbeidet innebar å ta regulatoren ut av kaskaderegulering, og deretter tune regulatorparametre iterativt ved å sette små sprang for å observere respons.

Aktiviteten var planlagt i lang tid og det var etablert forutsetninger for gjennomføring av aktiviteten. Dette besto blant annet i dedikert personell for utførelse og ekstra bemanning i kontrollrommet for å håndtere eventuelle driftsforstyrrelser. Det var forventet at jobben kunne resultere i variasjoner på dampnettet underveis i aktiviteten, men dersom disse ble for store var det planlagt å stenge ned turbingeneratoren ved å initiere nødstop.

Det var utarbeidet en prosedyre for arbeidet og det ble gjennomført en førjobbsamtale.

4.2 Vedlikehold og klassifisering

Vedlikeholdsjobber blir registrert i vedlikeholdssystemet, enten manuelt eller ved at de genereres automatisk som periodiske jobber. Dersom det er behov for en vedlikeholdsjobb, enten forebyggende (FV) eller korrigerende (KV), må det lages en notifikasjon først. Dersom det er et reelt behov, lages det på bakgrunn av notifikasjonen en arbeidsordre (AO). Avhengig av utstyrsklassifisering får alle arbeidsordre en frist; kortere frist dersom det er sikkerhetskritisk utstyr eller lengre frist dersom utstyr ikke anses som kritisk.

Registrerte notifikasjoner blir vurdert i godkjenning- og prioriteringsmøter, såkalte GP-møter som normalt ledes av driftsingeniør. Dersom det ligger en notifikasjon eller arbeidsordre på sikkerhetskritisk utstyr som nærmer seg forfall blir forlenget frist behandlet i GP-møter.

Turbingenerator (TG) sammen med Flintstoneventilen er lagt inn i selskapets vedlikeholdssystem (SAP) med dedikerte forebyggende vedlikeholdsprogrammer. Hurtiglukker inngår i pakkeoppfølgingen sammen med selve turbingeneratoren. Det aktuelle utstyret er registrert i vedlikeholdssystemet under system «52» som blant annet inkluderer dampsystemet.

Produsentens anbefalinger for oppfølging av turbingeneratorpakken beskriver to type servicer, «minor» og «major», og de bør gjennomføres hvert tredje år eller etter et visst antall driftstimer avhengig av hva som kommer først. Selskapet har valgt å gjennomføre service annethvert år. I samarbeid med produsenten ble det gjennomført «minor» servicer på TG-en i 2007 og 2010 og «major» i 2002 og 2016, mens andre ble tatt i egen regi. Hurtiglukker er omfattet av produsentens arbeidsomfang og den byttes ut med en reserve som har blitt vedlikeholdt mellom servicer.

Det ble opplyst at de fleste delene ble byttet ut under service i 2016 og at serviceintervallet nå har blitt utvidet fra to til fire år. Det var planlagt en stor (major) service i 2020, men på grunn av covid-19 ble denne utsatt til 2021. Det ble imidlertid gjennomført en mindre service på TG-en i 2020 da blant annet HP reguleringsventil ble skiftet ut. Arbeidsordrer til servicer lages på TG-ens tag-nummer noe som gjør det vanskelig å spore tilbake utstyrshistorikken til enkeltkomponenter som inngår i denne pakken.

Flintstoneventilen omfattes ikke av produsentens servicer og følges opp av Equinors driftspersonell. Flintstoneventilen ligger i vedlikeholdssystemet med et to-årlig vedlikeholdsintervall. En økning til tre-årlig intervall var under vurdering.

Vedlikeholdsprogram for forebyggende vedlikehold (FV) omfatter også inspeksjon av utstyr og funksjonstester, og det ble opplyst at funksjonstest normalt skal gjennomføres etter reparasjoner eller modifikasjoner. FV-programmene for Hurtiglukker og Flintstone ventilen omfatter imidlertid ikke testing av lukketid.

Sikkerhetskritisk utstyr blir tettere fulgt opp enn øvrig utstyr blant annet gjennom Technical Integrity Management Programme (TIMP). Siste TIMP-gjennomgang på system «52» ble gjennomført i november 2020. Utstyr klassifisert som lav med hensyn til HMS blir ikke omfattet av TIMP og får lengre frister for utbedring ved feil. Dette viser viktigheten av riktig klassifisering av utstyr og systemer med hensyn til konsekvensene for HMS av potensielle funksjonsfeil. Det ble også opplyst at

klassifiseringen ikke overprøves med mindre noen initierer det. Klassifiseringen har stått uendret siden utstyret ble lagt inn i systemet og det var ikke mulig å finne igjen de vurderingene som ligger til grunn for klassifiseringen av TG-en.

Flintstoneventilen og Hurtiglukker var begge klassifisert som lav med hensyn til konsekvensene for HMS i vedlikeholdssystemet.

4.3 Oppfølging av barrieretilstand

Det gjennomføres ulike aktiviteter som TIMP, Teknisk Tilstand Sikkerhet (TTS) og Hazop for å avdekke status på sikkerhetssystemer samt avdekke eventuelle mangler i eksisterende design.

TIMP er en metodikk for å identifisere avvik fra dagens standarder / krav og svekkelser i fysisk tilstand på anlegget for identifiserte sikkerhetsfunksjoner. Tilstandsvurderinger gjennomføres på det enkelte barriereelement (PS) og for anlegget som helhet. TIMP gjennomføres kvartalsvis. Aktiviteten gjennomføres i løpet av en uke med fastlagt rekkefølge på input fra de som bidrar inn i evalueringsprosessen (fagansvarlige, systemansvarlige og PS-ansvarlige) og resulterer i en karakter for systemet som varierer på en skala fra A til F. Etter at all input er samlet inn gjennomføres det tiltaksmøter dersom ytelsesstandarder har karakter D eller lavere. Karakter D vil si at det er feil eller mangler ved systemet som over tid vil kunne medføre svikt i enkelte sikkerhetsfunksjoner eller redusert pålitelighet eller at det er en usikkerhet av reell tilstand grunnet manglende vedlikehold eller dokumentasjon. Det gjennomføres også en vurdering av om flere svekkelser vil kunne påvirke hverandre.

Teknisk Tilstand Sikkerhet (TTS) er en uavhengig gjennomgang av barrieretilstand på et anlegg. Gjennomgangen ledes av personell utenfor organisasjonen og gjennomføres typisk hvert 5 år. Siste TTS-verifikasjon av metanolanlegget ble gjennomført i 2016 og dekket vurderinger knyttet til følgende barriereelement:

- containment
- nødavstengning
- prosessnedstengning
- trykkavlastning / fakkell

I TTS-gjennomganger er det predefinerte sjekkpunkt som går igjennom. Sjekklister som benyttes er i hovedsak basert på Equinors kravdokument TR2237 for det enkelte barriereelement. Det ble ikke identifisert mangler på turbingeneratoren i forbindelse med TTS-gjennomgang i 2016 for de nevnte barriereelementene.

Hazop gjennomføres typisk ved modifikasjoner eller driftsendringer. Det er ikke etablert praksis for gjennomføring av Hazop utover dette.

I forbindelse med en Hazop på syntesegassanlegget i 2000 ble også den dampdrevne turbingeneratoren inkludert. I dette tilfellet var Hazop-gjennomgangen i hovedsak en gjennomgang relatert til operasjonelle forhold og ikke designløsninger. Kodeordene benyttet i gjennomgangen reflekterte dette formålet. Det ble ikke avdekket noen designfunn på turbingeneratoren i denne gjennomgangen.

4.4 Styrende dokumentasjon

I dette kapittelet er det inkludert en kort beskrivelse av to styrende dokument som det blir referert til i vår rapport.

TR2237 (Performance Standards for safety systems and barriers - onshore) er et dokument som beskriver ytelseskrav til sikkerhetsfunksjoner og barrierer på Equinors landanlegg. Det enkelte anlegg kan ha et tillegg til dette dokumentet som beskriver det som er spesifikt for det enkelte anlegg. For Tjeldbergodden heter dette dokumentet TR1099 (Safety systems and Fire & Explosion Strategy, Tjeldbergodden Spesifikke krav knyttet til dampanlegg er ikke beskrevet i TR2237 eller TR1099.

OM202.201.01 (Kartlegging av funksjoner og klassifiser funksjonssvikt) er en arbeidsprosess som beskriver krav og retningslinjer for å kartlegge funksjoner, identifisere potensielle funksjonssvikt og effekten av disse og klassifisere konsekvensen av funksjonssviktene. Prosessen er tenkt brukt i alle relevante levetidsfaser. Prosessen refererer til TR2237 med anleggsspesifikt tillegg som underlag for å kartlegge barrierefunksjoner.

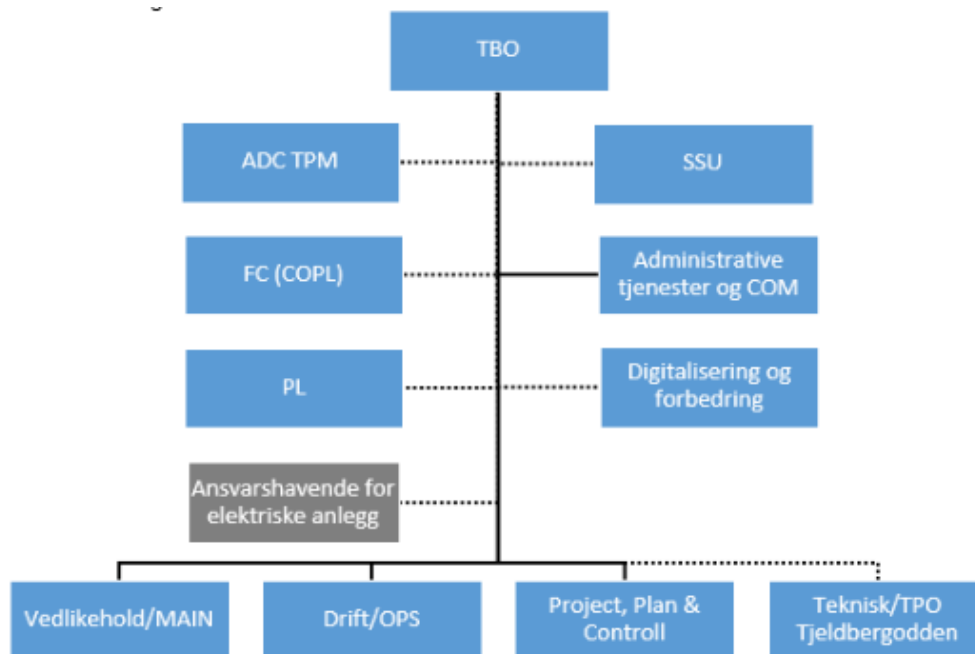
4.5 Organisering

Tjeldbergodden inngår i forretningsenheten MMP OPL i Equinor og har organisasjonsbenevnelse MMP OPL TBO¹.

Teknisk avdeling (TPO) inngår også i forretningsenheten MMP OPL og ligger organisert som egen underenhet med organisasjonsbenevnelse MMP OPL TPO. TPO-avdelingen på Tjeldbergodden har derfor ikke linjerapportering til anleggsdirektør ved Tjeldbergodden, men til leder for TPO i MMP OPL-enheten, og er for å sikre uavhengighet mellom TPO og anleggsdirektør. TPO har gjennom denne uavhengigheten myndighet til å stoppe anlegget uavhengig av anleggsdirektør.

Overordnet organisasjonskart for Tjeldbergodden er vist i Figur 8.

¹ MMP = markedsføring, midtstrøm og prosessering, OPL = onshore plants



Figur 8 Overordnet organisasjonskart for Tjeldbergodden (kilde: Equinor)

Heltrukken linje betyr at rollen rapporterer både linje- og oppgavemessig mens stiplet linje betyr linjerapportering i annen linje. Teknisk/TPO ved Tjeldbergodden sin linjerapportering er til leder for MMP OPL TPO.

4.5.1 Vedlikehold/MAIN

Vedlikeholdsenheten (MAIN) er oppdragsgiver for vedlikeholdsoppgaver. MAIN skal evaluere, planlegge, tilrettelegge og gjennomføre forebyggende og korrektivt vedlikehold og har teknisk fagansvar for tildelte fag. For å ivareta fagansvaret er det utnevnt fagansvarlige personer i MAIN. Arbeidsoppgavene deres inkluderer blant annet evalueringer med tanke på teknisk integritet, levetid samt gi input til TIMP-evalueringer, i tillegg til å utarbeide og gjennomføre inspeksjons- og vedlikeholdsprogram.

4.5.2 Drift/OPS

Driftsenheten (OPS) har ansvar for sikker, pålitelig og effektiv drift. OPS har operasjonelt systemansvar for tildelte system og dette inkluderer system 52 som involvert utstyr var en del av. For å ivareta systemansvaret, er det utnevnt systemansvarlige personer i OPS. Arbeidsoppgavene deres inkluderer blant annet å følge opp daglig drift, støtte TPO i utbedring av TTS-funn, samt gi input i TIMP-evalueringer.

4.5.3 Teknisk/TPO

Teknisk enhet (TPO) er en funksjonsbasert enhet som har oppgaveansvar knyttet til teknisk integritet, samt skal gi støtte til OPS og MAIN. Dette omfatter blant annet klassifisering av utstyr og gjennomføring av TIMP verifikasjoner. I tillegg er TPO ansvarlig for analyser og dybdestudier av tekniske funn og utfordringer, hendelser og forbedringsforslag. TPO skal videre initiere og koordinere TTS-verifikasjoner på Tjeldbergodden, samt behandle TTS-funn.

5 Hendelsesforløp

Et par måneder i forkant av hendelsen ble det i forbindelse med en loggerunde i anlegget oppdaget bevegelse på aktuatoren på Flintstoneventilen. Pga. usikkerhet knyttet til valg av type solenoid ble det besluttet å gjennomføre en midlertidig reparasjon mens anlegget var i drift. Det var antatt at denne reparasjonen ville hindre utilsiktet stenging av ventilen, og sikkerhetsfunksjonen var vurdert til å være ivaretatt. Notifikasjon for endelig reparasjon ble opprettet. I forbindelse med en stans av systemet et par uker senere ble det gjennomført en ny midlertidig reparasjon på samme ventil. Denne reparasjonen omfattet stramming av pakkboks for å unngå ekstern damp lekkasje.

På samme dag som hendelsen inntraff var det pågående aktivitet knyttet til justering av reguleringsparametre i styringssystemet til turbingeneratoren. Aktiviteten startet om morgenen. Underveis i denne aktiviteten ble det behov for å manuelt initiere en nødstopp av turbingeneratoren, da respons fra kontrollsystemet ikke var som forventet. Nødstopp ble initiert, men maskinen stoppet ikke. Generatoren ble frakoplet strømmettet som forventet ved nødstopp, men turbinen økte i turtall, noe som til slutt resulterte i ukontrollert rusing av maskinen med påfølgende havari. Som en konsekvens av havariet ble komponenter fra turbinens aksling og en fleksibel kobling på akslingen med stor kraft kastet rundt og traff blant annet rør til maskinens smøreoljesystem. Dette forårsaket brudd på rør i smøreoljesystemet til maskinen og det oppsto en lekkasje av smøreolje som antente.

Tabellen nedenfor angir aktiviteter i forkant av hendelsen som kan ha hatt betydning for hendelsen, i tillegg til selve hendelsen.

I tillegg til informasjon fra kontrollsystemet som angitt i tabellen nedenfor, ble det også meldt inn til kontrollrommet om hendelsen fra operatører ute i felt.

Tidspunkt	Hva	Kommentar
Januar 2020	Notifikasjon opprettes på Flintstoneventil pga pakkbokslekkasje	
Oktober 2020	Aktivitet for sandblåsning pågikk	Pakkbokslekkasje resulterte i varme under tildekking
18.10.2020	Notifikasjon opprettet for å skifte solenoid på Flintstoneventilen	Mulig luftlekkasje oppdaget på loggerunde i anlegget. Prioritet på notifikasjon ble satt. Dette resulterte i 6mnd frist for utbedring
19.10.2020	Solenoid på Flinstone ventilen blir midlertidig reparert	Uoriginal stempeltetning samt noen nye o-ringer. Notifikasjon for permanent utbedring blir opprettholdt.
20.10.20	GP-møte - endrer prioritet for utbedring fra «low» til «medium» på utbedring av solenoid	Dette endrer frist på korrigerings fra 6mnd til 45 dager. Frist for korrigerings blir satt til 2.12.2020
26.10.2020	Eskalerende damplekkasje via pakkboks på Flintstoneventil blir meldt inn	
7.11.2020	Tripp av anlegget	Nedstengning fungerte som normalt
8.11.2020	Arbeidsordre for reparasjon av pakkbokslekkasje etablert	
11.11.2020	Arbeidsordre for reparasjon av Flinstoneventilen mht pakkbokslekkasje ble ferdigstilt i SAP	
2.12.2020 Dagen hendelsen inntraff, tidspunkt er angitt i klokkeslett		
08:30	Oppstart av jobb (før-jobb-samtale) for å kalibrere reguleringsparametre TG	Forutsetning for bemanning i kontrollrom er ivaretatt
14:29:30	TG tas ut av kaskade	Reguleringsventil på damp inn åpner mer og mer snart 100% åpen, LP ventiler starter å åpne mer
14:30:59	HP/MP trip fra PCDA	Beslutter å trykke nødstop for å «redde» MP leveranse til dampnettet

Tidspunkt	Hva	Kommentar
14:31:12	Trykker nødstopps PSD i SKR	
14:31:13	Generator frakoplet nettet (turtall er stabilt inntil generatoren frakobles)	
14:31:16	Høy alarm (HH) på turtall (5250 rpm) (alarmgrensen er satt på 10% over nominelt turtall)	Denne alarmen skal medføre nedstengning av turbingeneratoren og alarm til sentralt kontrollrom.
14:31:37	Turtallsmåler viser ca. 6330 rpm og instrumentet som måler turtallet kan ikke vise høyere verdier selv om turtallet fortsetter å øke.	En vet ikke hvor høyt maksimalt turtall har vært.
14:36:54	Vibrasjonsalarmer slår inn	Tidspunkt for havari
14:38:13	Første B&G deteksjon	
14:38:34	Prosess nedstengning av syntesgasskompressor initiert fra SKR	
14:38:59	Trykkavlasting	
14:39:44	Initierer deluge	
14:40:05	Start brannpumpe	
14:46:08	ESD aktivert	
Ca 14:52	Stopp av smøreoljetilførsel	Brannen reduseres
Ca 15:00	Start av brannkanon for kjøling av bygg	
15:24	POB kontroll	
15:40	Brannen slukket	

6 Hendelsens potensial

6.1 Faktisk konsekvens

Den faktiske konsekvensen av turbinhavariet var at komponenter fra turbinen ble frigjort og dette medførte skade på utstyr og bygning. Komponenter traff blant annet rør til maskinens smøreoljesystem. Lekkasje av smøreolje ble antatt og dette resulterte i en brann med ca. en times varighet. Brannen spredte seg ikke til andre systemer i kompressorhuset. Det er estimert at ca. 1000 liter smøreolje rant ut.

Hendelsen medførte ikke personskade.

Hendelsen medførte en nedetid på anlegget for metanolproduksjon på ca. 12 uker med tilhørende økonomiske konsekvenser. Anlegget startet opp igjen i uke 7 uten dampturbingeneratoren som var havareert.

6.2 Potensiell konsekvens

Ved nødstoppp skal uteoperatør fysisk sjekke turbingeneratoren. Dersom uteoperatør eller andre hadde befunnet seg i kompressorhuset på havaritidspunktet kunne de ha blitt truffet av flygende komponenter. Komponenter har også blitt slynget med stor kraft gjennom veggene på kompressorhuset, og kunne truffet personell på utsiden av bygget.

De flygende komponentene har også truffet syntesegassanlegget som også er lokalisert i kompressorhuset. Dersom dette hadde medført en lekkasje av syntesegass kunne det ha medført en eksplosjon og/eller en større brann.

Basert på dette er det granskingsgruppas vurdering at hendelsen hadde storulykkespotensiale og kunne ha medført alvorlig personskade eller død samt betydelig økonomisk tap.

7 Direkte og bakenforliggende årsaker

7.1 Direkte årsak

Den direkte årsaken til turbinhavariet med påfølgende brann var at isolering mot dampnettet på mellomtrykksnivå ikke fungerte som tiltenkt i forbindelse med en nødstoppp av systemet.

Når nødstoppp blir initiert koples generatoren fra strømnettet og turbinen isoleres fra dampnettet. Tilbakestrømning av damp fra mellomtrykksnivået økte rotasjonen på turbinen. Hastigheten resulterte i at turbinblader løsnet fra rotoren og at denne da kilte seg og bråstoppet. Bråstoppen medførte akselbruddet mellom dampturbin og gir.

7.2 Bakenforliggende årsaker / drøftinger

Granskingen har avdekket flere elementer som har, eller kan ha hatt, betydning for at hendelsen oppsto. Disse elementene beskrives i de følgende delkapitlene.

Som beskrevet i rapporten er den direkte årsaken til hendelsen svikt i stengefunksjonen til en ventil. Ventilen var en del av dampturbinens beskyttelse mot

rusing og havari. I vedlikeholdssystemet var ventilens kritikalitet vurdert som "lav" med hensyn til konsekvensene for HMS

Klassifisering av utstyrskomponenter er styrende for hvordan de følges opp i en driftssituasjon. Dette gjelder blant annet ved utarbeidelse av vedlikeholdsprogram og krav til funksjonstesting, hvilken prioritering de får i forbindelse med vedlikehold, hvem som involveres ved svekkelser, vurderinger av behov for kompensierende tiltak ved svekkelser og oppfølging av integritet. Det er kun utstyr som er klassifisert som sikkerhetskritisk, som omfattes av TIMP-prosessen.

Dersom komponenter som har en sikkerhetsfunksjon er feil klassifisert, kan det resultere i at svekkede barrierefunksjoner ikke blir oppdaget og håndtert.

7.2.1 Underlag benyttet ved klassifisering

En av hovedrisikoene knyttet til drift av dampmaskiner er faren for rusing og havari, og som beskrevet i kapittel 4.1.2 er maskinen utstyrt med beskyttelse mot dette. I opprinnelig leverandørdokumentasjon (brukermanual) for turbingeneratoren er sikkerhetsfunksjoner knyttet til beskyttelse mot rusing beskrevet. Hurtiglukker og Flintstone er beskrevet som «Emergency shutdown»-ventiler og det er gitt en anbefaling om funksjonstest for ventilene inkludert test av tilbakeslagsfunksjonen ved å bevege armen. Det er oppgitt ytelseskrav knyttet til lukketid for Hurtiglukker. Anbefalingen fra leverandør av utstyret ser ikke ut til å ha blitt implementert da utstyret ble klassifisert og lagt inn i vedlikeholdssystemet.

Equinor har en prosedyre (OM202.201.01 Kartlegging av funksjoner og klassifiser funksjonssvikt) som beskriver vurderinger som skal gjennomføres blant annet for å sikre oppfølging av barrierefunksjoners ytelseskrav i driftsfasen. Prosedyren refererer til TR2237 i tillegg til anleggsspesifikt tillegg til TR2237, i forbindelse med å identifisere barrierefunksjoner. Barrierefunksjoner knyttet til dampsystem og turbingenerator er ikke reflektert i TR 2237 eller TR 1099. En forutsetning for rett klassifisering er at underlaget som benyttes ved klassifisering inkluderer informasjon om identifiserte sikkerhetsfunksjoner.

Klassifisering av utstyr på Tjeldbergodden har i hovedsak stått uendret siden utstyret ble lagt inn i systemet og vurderingene som ligger til grunn for dagens klassifisering er ikke tilgjengelig.

7.2.2 Manglende håndtering av svekket barrierefunksjon

Flintstoneventilen var i vedlikeholdssystemet kategorisert som «serious ill». Ventilen har som tidligere beskrevet to uavhengige stengefunksjoner. I oktober og november 2020 var det utført midlertidige reparasjoner knyttet til begge stengefunksjonene. I kapittel 4.1.2 er maskinens rusingsvern beskrevet. Det mekaniske rusingsvernet stenger Hurtiglukker, HP- og LP reguleringsventiler ved at oljetrykket som holder dem åpne bløser av. Beregninger har vist at strømningsmengde gjennom hullene i LP reguleringsventilene er tilstrekkelig til å øke rotasjonen på turbinen dersom generatoren blir frakoplet.

Som en konsekvens av manglende identifisering av barrierefunksjon og klassifisering ble ikke svekkelse av Flintstoneventilen håndtert som en barrieresvekkelse i forbindelse med oppstart etter nedstengning i november. Det ble heller ikke gjort noen vurderinger knyttet til behov for tiltak i forbindelse med oppstart etter denne stansen.

7.2.3 Vedlikehold

Både Hurtiglukker og Flintstoneventilen er lagt inn i vedlikeholdssystemet med dedikerte forebyggende vedlikeholdsprogrammer. Som beskrevet over er ventilene ikke klassifisert som sikkerhetskritiske og barrierefunksjonen de skal ivareta er ikke beskrevet.

Kravet til vedlikehold omfatter også testing av utstyr, men ytelseskrav knyttet til lukketid/lekkasje var verken vurdert eller iverksatt for Hurtiglukker eller Flintstoneventil i vedlikeholdsprogrammet. Det var ikke etablert rutiner for test av den mekaniske tilbakeslagsfunksjonen for Flintstone. Funksjonstester etter reparasjoner kunne ikke dokumenteres.

Vår gjennomgang i vedlikeholdssystemet viser at det over lang tid har vært utfordringer med Flintstoneventilens aktuator og pakkboks. En oversikt mottatt fra vedlikeholdssystemet viser totalt 9 korrigerende jobber knyttet til dette siden 2000. Sist opprettet arbeidsordre på reparasjon av Flintstoneventilens aktuator er datert 18.10.2020 og hadde frist for utførelse 2.12.2020. Jobben var ikke utført innen fristen og det var heller ikke gjort vurdering av eventuell forlengelse av fristen. Forlenget frist behandles i GP møtet dersom utstyret er sikkerhetskritisk.

7.2.4 Gjennomganger av systemet har ikke fanget opp svakheter ved design

Aktivitetene beskrevet i kapittel 4.3 som gjennomføres for å følge barrierefunksjoner har ikke fanget opp at Hurtiglukker og Flintstoneventilen har en barrierefunksjon og at de dermed er feil klassifisert i vedlikeholdsprogrammet.

TTS-verifikasjoner og Hazop er i hovedsak de aktivitetene som skal avdekke mangler ved eksisterende design og oppfølging. Basert på mottatt dokumentasjon for gjennomført TTS-verifikasjoner ser det ut til at metodikk og sjekklister som benyttes i gjennomgangen i stor grad er utarbeidet basert på krav fra TR2237. Krav til barrierefunksjoner knyttet til dampsystem og turbingenerator er ikke reflektert i TR2237 eller TR1099 og det er heller ikke referert til industristandarder eller andre krav for dampturbiner i forbindelse med gjennomgang. Det betyr at spesifikke krav knyttet til dampsystem og turbingeneratoren ikke vil omfattes av en TTS-verifikasjon slik den blir gjennomført.

7.2.5 Teknisk dokumentasjon

I forbindelse med granskingen har vi etterspurt dokumentasjon knyttet til forutsetninger og funksjonalitet for komponenter involvert i hendelsen. Mye av dokumentasjonen av dette anlegget eksisterer kun i papirkopi fra opprinnelig leverandørdokumentasjon.

Dataark for Hurtiglukker og Flintstoneventilen har ikke vært tilgjengelig.

Opprinnelig leverandørdokumentasjon inneholder informasjon knyttet til funksjonalitet og anbefalinger for oppfølging av blant annet Hurtiglukker og Flintstoneventilen. Denne informasjonen er ikke reflektert i den informasjonen om systemet som benyttes til oppfølging og drift i dag.

Prosedyre for normal nedkjøring av turbingeneratoren beskriver tidligere utfordringer knyttet til tilbakestrømning fra damp på mellomtrykksnettet. Vi ble imidlertid informert om at denne ble lite benyttet da man normalt stoppet turbingeneratoren via nødstoppsfunksjonen.

Mangelfull tilgjengelighet på beskrivelse av sikkerhetsfunksjoner kan bidra til at informasjonen ikke er tilstrekkelig kjent for de som skal følge opp systemet.

8 Beredskap

Regelverket setter krav til at rettighetshaver og andre som deltar i petroleumsvirksomheten på norsk sokkel og på land, til enhver tid skal opprettholde en effektiv beredskap for å kunne håndtere fare- og ulykkessituasjoner som kan medføre tap av menneskeliv eller personskade, miljøforurensning eller stor materiell skade.

Den ansvarlige skal i tillegg etablere barrierer som reduserer sannsynligheten for at feil og/eller fare- og ulykkessituasjoner utvikler seg, og begrenser mulige skader og ulemper.

I forbindelse med hendelsen ble beredskapsorganisasjonen på Tjeldbergodden varslet umiddelbart, herunder egen 1. og 2. linje, og det ble fortløpende iverksatt en rekke tiltak i henhold til egen beredskapsplan. Dette inkluderer varsling av lokale sivile nødetater som lokalt lensmannskontor/politidistrikt, Heim og Aure brann- og redningstjeneste og AMK/ambulanser.

Vårt overordnede inntrykk er at beredskapsorganisasjonen og etableringen av tiltak stort sett har fungert i henhold til plan, men at det er enkelte forhold med potensiale for endring og forbedring. Disse vil bli nærmere omtalt senere i rapporten.

Beredskapsinnsatsen er i denne rapporten inndelt i fire hovedfaser som omfatter alarm, varsling- og mobilisering, bekjempelse og håndtering av hendelsen - inkludert redning og evakuering, og avslutningsvis normalisering.

Beredskapsplanen for Tjeldbergodden, (WR-1884), beskriver hvordan de forhåndsdefinerte dimensjonerende hendelsene (DFU) skal håndteres i de forskjellige fasene som normalt følger etter hverandre i tid. Beredskapsoppgaver, beskrivelser av roller og lag er definert gjennom beredskapsanalyse samt roller knyttet til standard beredskapsorganisasjon med utgangspunkt i bedriftsinterne standarder og betegnelser og industrivernpliktige virksomheter.

8.1 Alarmfasen

Hendelsen ble oppdaget og varslet til sentralt kontrollrom (SKR) ca. kl 1440 av personell ute i anlegget, som først hørte kraftig støy og kjente vibrasjoner i bakken, og deretter observerte at det begynte å brenne i kompressorhuset. I tillegg gav flere detektorer samtidig alarmer knyttet til branndeteksjon. SKR iverksatte deretter alarmering i henhold til fastsatte prosedyrer, og startet nødavstengning (ESD) som blant annet innbefatter stans i all energitilførsel til kompressorhuset, og aktivering av stasjonære slokkesystem (deluge) og trykkavlastning.

I tillegg ble evakueringsalarm varslet ved bruk av sirener, samt høyttalere/PA-melding om at det var brann i det aktuelle området. Tilstedeværende personell ble bedt om å evakuere ut gjennom to porter i hver ende av fabrikkområdet. Derfra kunne man ta seg tilbake til administrasjonsbygget enten til fots eller med intern busstransport.

8.2 Varsling og mobilisering

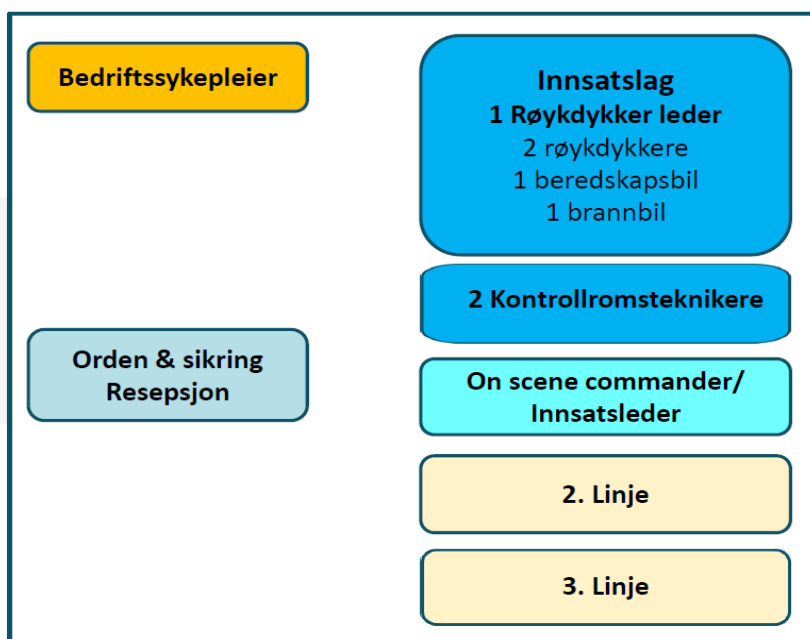
Egen beredskapsorganisasjon ble umiddelbart varslet og mobilisering iverksatt både i 1. og 2.linje, og i tillegg ble 3.linje hos Equinor på Forus varslet om hendelsen. Ptil ble varslet om hendelsen pr telefon kl. 14:58.

Innenfor normal arbeidstid etableres industrivernet ved at organisasjonen bekler de forskjellige funksjonene, og utenom normal arbeidstid baseres dette på operativt skift og vaktfunksjonene.

Beredskapsledelsen baserte sin innsats på definert fare- og ulykkessituasjon (DFU) som omfatter brann og eksplosjon inne på fabrikkområdet og i kompressorhuset, og evakuering av personell fra anlegget.

Eksterne sivile nødetater ble deretter varslet fortløpende og de meldte tilbake med oppgitt estimert ankomsttid. Brann- og redningsetatene ankom med brannbiler og mannskaper både fra Heim og Aure, og fem ambulanser fra nærområdet var på et tidspunkt samlet foran administrasjonsbygget klare til innsats. Lensmannen i Aure ankom også med en patrulje og to tjenestemenn. Ledere fra nødetatene tok straks etter ankomst kontakt med beredskapsledelsen for å bli orientert om hendelsen og for å tilby sin assistanse.

Personell som beredskapsledelsen mente var av betydning for innsatsen mot brannen, ble i nødvendig utstrekning holdt tilbake på Tjeldbergodden for å kunne bistå under beredskapsinnsatsen.



Figur 9. Minimum bemanning av innsatslag og kontrollrommet i en beredskapssituasjon (Kilde: Equinor)

8.3 Bekjempelse – redning og evakuering

Innsatsleder ankom tidlig etter alarmeren til brannstedet og vurderte at mannskapene i innsatslaget måtte holde god og sikker avstand (om lag 150 meter) til kompressorhuset som nå stod i brann med synlige flammer gjennom taket. Han besluttet også å avvente innsats mot bygget inntil brannen var blitt dempet av de stasjonære slokkesystemene, og deretter eventuelt fortsette slokkingen i samarbeid med brannvesenet når de ankom med brannbiler som kunne brukes til påføring av vann og eventuelt skum.

Etter politiets og brannvesenets ankomst ble det avklart at Tjeldbergoddens innsatsleder skulle fortsette å lede innsatsen på brannstedet.

Under etableringen av samlings-/mønstringssted ute i felt, oppstod det noen uklarheter som gjorde at innsatspersonellet ikke fikk klar beskjed om hvor de skulle møte, og beredskapsbilen med redningsutstyr ble også først parkert på en mindre gunstig posisjon enn hva man i ettertid har ansett som optimalt.

Innsatsleder var hele tiden jevnlig i radiokontakt med beredskapsleder i 2. linje. Kontrollrommet kunne ved hjelp av kameraovervåking se kompressorhuset fra utsiden, men ikke fra innsiden direkte mot brannstedet.

Værsituasjonen var gunstig med nesten vindstille, mellom 0,2 og 1,4 meter/sekund og temperatur på ca. 4 °C ifølge YR.no i tidsrommet da hendelsen inntraff.

To stasjonære brannkanoner som står om lag 30 meter fra kompressorhuset måtte aktiveres manuelt, noe innsatslaget utførte etter ankomst til brannstedet. Det kan ikke utelukkes at det kunne oppstått en eskalering av brannen/eksplosjonen etter at innsatslaget var ankommet brannstedet, og sikker avstand er derfor et forhold som bør vurderes nærmere.

Tjeldbergodden har egen brannbil utstyrt med brannkanon for påføring av vann. Det er noe uklart om og hvordan denne eventuelt ble brukt under brannbekjempelsen.

Vakt og sikring har ansvaret for opptelling av personell, basert på innmelding fra den enkelte som er til stede, og ledere ute i fabrikkområdet. Ifølge loggføringen var dette under kontroll nærmere halv fire, ca. kl. 1525. Om lag 40 personer ble evakuert fra anlegget. Ytelseskravet for Tjeldbergodden kan forstås slik at personelloversikten inne i anlegget skal være klar etter 15 minutter (E.YK-4), og 45 minutter for hele anlegget.

Etter at brannen så ut til å være under kontroll, ca. kl. 1540, vurderte innsatsleder at man kunne gå inn i bygget for å sjekke om brannen var slokket. Forut for dette ble det også bekreftet fra kontrollrommet at trykksatte systemer, herunder syntesegass og CO-nivået, var under kontroll. To røykdykkere fra innsatslaget entret deretter kompressorhuset på bakkenivå, men oppdaget at det var om lag 40 cm med vann og olje på gulvet, slik at de valgte å trekke seg ut for å avvente utpumping av væsken. Takkonstruksjonen så også ut til å være betydelig skadet av brannen og fragmenter fra turbinhavariet, og bidro til at man for sikkerhets skyld valgte å trekke innsatspersonellet ut av bygget.

Det ble så rekvirert pumpebil fra selskapet SAR utstyrt med pumpe-/sugeutstyr for å fjerne oljesøl og forurenset vann inne i kompressorhuset. Denne ankom ca. kl. 1830 og ble umiddelbart satt til oppdraget. Det ble ikke registrert noen akutte utslipp utover den væsken som ble observert og samlet opp inne i kompressorhuset i tillegg til selve brannen.

Tjeldbergodden sitt eget innsatspersonell ute i felt ble planlagt byttet ut utover ettermiddagen, og nytt personell var klare til innsats ca. kl. 1645.

8.4 Kommentarer til bekjempelse

De forhold som er omtalt i dette avsnittet kan indikere et behov for mer trening og øvelse rettet spesielt mot de forhold som gjelder posisjonering av innsatspersonell ved en slik hendelse, og bruken av beredskapsutstyr inkludert egen brannbil.

8.5 Normalisering

Hovedhensikten med normaliseringsfasen er å bringe anlegget med tilhørende personellressurser tilbake til normal og sikker tilstand.

Ingen personer ble fysisk skadet under hendelsen, men flere var preget av hendelsen blant annet fordi det ikke lot seg gjøre å stoppe turbingeneratoren fra SKR. Selve brannstedet ble også en voldsom opplevelse for innsatspersonellet. Alt involvert personell deltok rett etter hendelsen i gjennomganger og debriefer, og fikk i likhet med øvrig personell som ønsket det, tilbud om oppfølging fra helsepersonell.

Brannstedet ble etter at brannen var slukket, sikret og avsperrert slik at videre oppfølging og granskning av hendelsen kunne gjennomføres. Dette ble også pålagt av politiet.

De eksterne nødetatene forlot Tjeldbergodden fra ca. kl. 1630 og utover ettermiddagen da hendelsen var under kontroll. Aure brann- og redning og en ambulanse avventet litt lengre utover ettermiddagen før de etter avtale med politiet og beredskapsledelsen forlot stedet.

Vi har ikke vurdert de sivile nødetatenes innsats og samhandling med TBO da dette faller utenfor granskningsgruppens mandat.

Eget innsatspersonell var tilgjengelig utover kvelden, og siste loggføring ble gjort kl 19:04.

Vi har ikke gått i videre detaljer på selskapets tiltak under normaliseringsprosessen, men har fått bekreftet at involvert personell har fått den oppfølging som følger av selskapsinterne regler og rutiner. Videre at det er gjennomført evaluering med involvert personell av beredskapsinnsatsen under hendelsen.

Produksjon av metanol ble startet opp igjen i uke 7.

9 Regelverk

Teknisk og operasjonell forskrift inneholder krav til utforming av anlegg på landanlegg som også omfatter dampanlegg. Disse kravene er i all hovedsak risikobaserte og funksjonelle, og for dampanlegg angir de ikke eksplisitte detaljkrav.

10 Observasjoner

Ptils observasjoner deles generelt i to kategorier:

- Avvik: I denne kategorien finnes observasjoner hvor Ptil har konstatert brudd på regelverket.
- Forbedringspunkt: Knyttet til observasjoner hvor vi ser mangler, men ikke har nok opplysninger til å kunne påvise brudd på regelverket.

10.1 Avvik

10.1.1 Mangelfull identifisering av sikkerhetsfunksjoner, oppfølging av teknisk integritet og barrierefunksjon

Avvik

Mangelfull identifisering og oppfølging av ventiler med barrierefunksjon. Mangelfulle tiltak for å kompensere for svekket barrierefunksjon.

Begrunnelse

Klassifisering av utstyrskomponenter er styrende for hvordan de følges opp i en driftssituasjon. Dette gjelder blant annet ved utarbeidelse av vedlikeholdsprogram og krav til funksjonstesting, hvilken prioritering de får i forbindelse med vedlikehold, hvem som involveres ved svekkelser, vurderinger av behov for kompenserende tiltak ved svekkelser og oppfølging.

I granskingen ble følgende forhold identifisert knyttet til oppfølging av ventiler med barrierefunksjon:

- Hurtiglukker og Flintstone er barriereventiler som skal beskytte dampturbinen mot rusing ved å hindre damptilførsel til turbinen i en nødstoppsituasjon. Gjennomgang i vedlikeholdssystemet viste at Hurtiglukker og Flintstone var klassifisert som lav med hensyn til konsekvensene for HMS. Ventilenes barrierefunksjon var ikke beskrevet.
- Vedlikeholdet av komponenter skal sikre at de er i stand til å utøve sin funksjon. Krav til vedlikehold omfatter også testing og oppfølging av ytelseskrav. Som en konsekvens av klassifisering er det ikke etablert ytelseskrav for Flintstoneventilen eller Hurtiglukker i vedlikeholdssystemet. Det var ikke etablert rutiner for test av den mekaniske tilbakeslagsfunksjonen for Flintstone.
- Flintstone er eneste barriere for å hindre tilbakestrømning av damp på mellomtrykksnivå. Flintstone har to funksjoner som kan stenge ventilen. Det var gjennomført midlertidige reparasjoner knyttet til begge funksjonene og ventilen var kategorisert som «serious ill» i systemet. Barrierefunksjonen er ikke reflektert i vedlikeholdssystemet og det ble ikke gjennomført vurderinger knyttet til behov for kompenserende tiltak som en konsekvens av midlertidige reparasjoner og mulig svekket barriere.
- Sist opprettet arbeidsordre på reparasjon av Flintstoneventilen aktuator er datert 18.10.2020 og hadde frist for utførelse 2.12.2020. Jobben var ikke utført innen fristen og det var heller ikke gjort vurdering av eventuell forlengelse av fristen.

Krav

Styringsforskriften § 5 om barrierer

Teknisk og operasjonell forskrift § 58 om vedlikehold

Teknisk og operasjonell forskrift § 59 om klassifisering

10.1.2 Oppfølging av systemet**Avvik**

Mangelfull oppfølging av systemet for å identifisere tekniske og operasjonelle svakheter

Begrunnelse

Det er etablerte rutiner for gjennomgang av de ulike systemene på Tjeldbergodden for å følge opp teknisk tilstand og mulige barrieresvikt. Gjennomgangen ivaretar i hovedsak oppfølging av definerte barrierefunksjoner.

Sjekkpunkt som benyttes for å identifisere mangler i anlegget er ikke i tilstrekkelig grad tilpasset til å fange opp svakheter i andre system enn de som er identifisert i TR2237. Dette gjelder hjelpesystem som kan ha potensiale for alvorlige hendelser.

Krav

Styringsforskriften § 21 om oppfølging

10.1.3 Dokumentasjon**Avvik**

Driftsdokumentasjon for utstyrskomponenter tilknyttet den dampdrevne turbingeneratoren manglet eller var lite tilgjengelig

Begrunnelse

Opprinnelig leverandørdokumentasjon inneholder informasjon knyttet til funksjonalitet og anbefalinger for oppfølging av blant annet Hurtiglukker og Flintstoneventilen. Denne informasjonen er ikke reflektert i den informasjonen om systemet som benyttes til oppfølging og drift i dag.

Dataark for Hurtiglukker og Flintstoneventil var ikke tilgjengelig.

Krav

Teknisk og operasjonell forskrift § 40 bokstav c om oppstart og drift av landanlegg

10.1.4 Sikkerhetsavstand til brannstedet ikke etablert

Avvik

Det er mangelfulle barrierer for å redusere muligheten for at feil, fare- og ulykkessituasjoner oppstår og utvikler seg ved at det ikke er etablert minimum sikkerhetsavstand for innsatspersonell ved ankomst til det aktuelle brannstedet.

Begrunnelse

Det var ikke etablert eller kjent hvilken sikkerhetsavstand innsatsstyrkene skal forholde seg til ved innsats på det aktuelle brannstedet, herunder hva som er sikker avstand ved fare for eksplosjon eller ukontrollert utkast/slynging av fragmenter fra en brann og eksplosjon i kompressorhuset.

Krav

*Styringsforskriften § 5 om barrierer, bokstav b og c, jf
Teknisk og operasjonell forskrift § 66 om beredskapsplaner.*

10.2 Forbedringspunkter

10.2.1 Uklart om og hvordan Tjeldbergodden sin brannbil ble brukt under hendelsen

Forbedringspunkt

Tjeldbergodden har egen brannbil med vann- og skumleggingsutstyr. Det er uklart om og hvordan denne ble brukt under innsatsen på brannstedet.

Begrunnelse

Basert på intervjuer, tilbakemelding og dokumentgjennomgang, herunder loggføringer etter hendelsen, fremstår det noe uklart om og hvordan Tjeldbergodden sin egen brannbil ble brukt under slokkingsarbeidet og bekjempelsen av brannen.

Krav

*Teknisk og operasjonell forskrift § 64 om beredskapsetablering
Teknisk og operasjonell forskrift § 66 om beredskapsplaner.*

10.2.2 Uklart krav til POB-opptelling inne i anlegget

Forbedringspunkt

Ytelseskravet til opptelling av personellet (POB) inne i anlegget (fabrikkområdet) ved en slik hendelse, etter alarm og varsel om evakuering er gitt, kan oppfattes til å være 15 minutter. (E.YK-4) Loggføringen viser at dette tok betydelig lengre tid enn det som fremstår som ytelseskravet for denne delen av Tjeldbergodden-anlegget.

Begrunnelse

Beredskapsplanen for Tjeldbergodden, med tilhørende vedlegg E, beskriver ytelseskrav til 15 minutter for status over personell som er inn i anlegget. (E.YK-4) Under hendelsen tok det ifølge loggen ca 45 minutter før beredskapsledelsen hadde fullstendig oversikt over personellet som var evakuert inne fra anlegget (fabrikkområdet), utover de som deltok i beredskapsinnsatsen.

Krav

Teknisk og operasjonell forskrift § 66 om beredskapsplaner.

11 Barrierer som har fungert

I forbindelse med hendelsen har barrierer som skal oppdage rusing av maskinen fungert som tiltenkt. Gjennomgang i logg fra kontrollsystemet viser at funksjoner for å stenge damptilførsel ble initiert. Branneteksjon fungerte som tiltenkt.

Kontrollromsoperatører iverksatte manuelle aksjoner knyttet til nedstengning og trykkavlastning i området samt utløste deluge.

12 Diskusjon omkring usikkerheter

12.1 Årsaken til svikt på solenoid

I forbindelse med hendelsen sviktet stengefunksjonen på Flintstoneventilen. Tekniske undersøkelser av solenoiden er fortsatt pågående. Årsaken til svikt er dermed ikke kjent på tidspunktet for utgivelse av rapport.

13 Vurdering av aktørens granskingsrapport

Equinor har selv gransket hendelsen på Tjeldbergodden. Rapporten er grundig og i hovedsak er det sammenfallende konklusjoner knyttet til årsaker til hendelsen i Equinors og vår rapport.

Equinors rapport har avdekket flere lærepunkter blant annet knyttet til følgende:

1. Øke og opprettholde kompetanse på dampturbiner
2. Etablere tilstrekkelig forebyggende vedlikehold av kritiske ventiler
3. Evaluere tiltak for å hindre at fragmenter på grunn av havari gir eskalering
4. Sikre tilsvarende utstyr på andre anlegg

Angående punkt 3 er det beskrevet utfordringer knyttet til manglende avstand / fysisk skille mellom turbingeneratoren og syntesegasskompressoren. Dette har

betydning både når det gjelder varme overflater på turbingeneratoren som mulige tennkilder og at fragmenter på grunn av havari kan medføre eskalering.

Angående punkt 4 har Equinor undersøkt andre av sine anlegg som har tilsvarende dampturbiner og funnet at flere av disse anleggene også har lav kritikalitet på avstengningsventiler.

Under avsnittet om beredskap vises kun til ytelseskrav på 45 minutter for krav til personelloversikt for hele Tjeldbergodden (E.YK-2), og ikke til kravet som kan tolkes å gjelde for personelloversikt inne i anlegget/fabrikkområdet som angir 15 minutter. (E.YK-4)

14 Andre kommentarer

Informasjon om hendelser knyttet til rusing og havari av dampturbiner er beskrevet i fagartikler. Vanlige årsaker til havari knyttes opp til blant annet utforming og robusthet på løsning for isolering mot dampnett samt oppfølging knyttet til manglende testing og vedlikehold av disse ventilene. For dampturbiner med to trinn er også utfordring knyttet til isolering mot mellomtrinn beskrevet. Beskrevne tiltak for robustgjøring av denne funksjonen er blant annet to tilbakeslagsventiler i serie eller doble solenoider.

15 Vedlegg

Vedlegg A: Dokumentliste:

Følgende dokumenter er lagt til grunn i granskingen:

- 1) Bilder i forbindelse med befarings
- 2) CCTV film av hendelsen
- 3) Relevante organisasjonskart
- 4) Presentasjon fra oppstartsmøte
- 5) Vedlikeholdshistorikk på turbingenerator
- 6) Eventlog fra kontrollrommet
- 7) Oversikt over brann, gass og lyssirener
- 8) AT for tuning av Woodward regulator
- 9) Beredskapsversikt
- 10) SDV-8180638 Tegning av Flintstone ventil
- 11) TIMP evaluering system 52 november 2020
- 12) Oversikt over forebyggende og korrektivt vedlikehold på flintstone
- 13) App H oppstart av turbogenerator
- 14) P&ID'er av relevant system:
 - a. E042-P-XE-01208
 - b. E042-P-XU-01428-01
 - c. E042-P-XU-0148-02
 - d. E042-P-XU-01431-01
 - e. E042-P-XU-01431-02
 - f. E042-P-XU-01432
 - g. E042-P-XU-01701-01
- 15) Trend på effekt levert fra generator rett før hendelsen
- 16) Prosedyre for tuning av woodward TG turbinregulering
- 17) Loggbok CCR 2.12
- 18) E042-P-XU-C&E turbogenerator 01271
- 19) Oversikt over kritikalitet på tag på system 52
- 20) Skjerm bilde av turbingenerator
- 21) Systembeskrivelse for hjelpesystem
- 22) Data fra PI fra 2.12 og 7.11
- 23) Data fra stopp av turbingenerator på følgende tidspunkt: 2.6, 9.7, 7.11 og 2.12
- 24) Leverandørinformasjon knyttet til vedlikeholdsintervall minor/major
- 25) Tegning av LP ventil
- 26) TG hjelpekjeltrender
- 27) Jobbpakke AO 25351297
- 28) OMC04 Organisasjon ledelse og styring
- 29) FV rutiner Flintstone
- 30) AO 24346432
- 31) AO 25336623

- 32) AO25333957
- 33) M2 46359375
- 34) AO 25351297
- 35) M2 463756
- 36) Synergi – skadd utstyr tildekking
- 37) Beredskapslogg stab
- 38) Datablad generator 80E1702
- 39) OM202.201.01 Kartlegg funksjoner og klassifiser funksjonssvikt
- 40) TIMP status nov. 2020
- 41) Rapport etter intern audit 2019
- 42) Konfig. data woodward regulator
- 43) Volum 1 og volum 2 Woodward manual
- 44) OMC04 MMP for SSU
- 45) OMC04 TPO
- 46) TRA inkludert vedlegg
- 47) TR 2237
- 48) E042-M-DE-01242 Datablad gearbox
- 49) E042-L-XA-01305-01/02/03/04 plotplan kompressorhuset
- 50) EPL for GP møtet
- 51) R-109526 endring ferdigstillellesdato i notifikasjon
- 52) Underlagsdata og midlertidige resultat fra rotårsaksanalyse TBO
- 53) Rapport fra Siemens Energy datert 8.12.2021
- 54) Tillegg til OMC – rollebeskrivelser teknisk
- 55) Syntese Hazop rapport 2000
- 56) Følgende leverandørdokumentasjon:
 - a. JXM13400
 - b. MDE13020
 - c. MXE3170
 - d. MDY05303
 - e. MDE13010
 - f. MDE07110
 - g. MXE13129
 - h. MXM13421
 - i. MXE07107
 - j. EDE01152
 - k. MDE07108
 - l. MXM13406
 - m. MXE13169
- 57) Beredskapsplan TBO
- 58) SAP dump ventilhistorikk
- 59) Oversikt notifikasjoner relevante ventiler
- 60) Oversikt over sikkerhetskritiske tag på TG pakke
- 61) Turtallsmålinger 52-SI-0385

- 62) Appendix E ytelseskrav MPR PM
- 63) Beskrivelse av krav TG ble vurdert etter i TTS 2016 (PS1,4,8 og 12)
- 64) Appendix K beredskapsplan, sjekklister og aksjonskort
- 65) Appendix I beredskapsplan, Aksjonspunkt 1. linje
- 66) Diverse kopi fra leverandørdokumentasjon i hovedsak fra «user manual»
- 67) C&E TG
- 68) Eventlog filtrert
- 69) Equinor sin granskingsrapport
- 70) TR 1099 – Safety Systems and Fire & Explosion Strategy, Tjeldbergodden