

# Granskingsrapport

Rapport	
Rapporttittel Gransking av Troll C uønsket hendelse 24.10.2021 - Revidert	Aktivitetsnummer 001085030

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

Involverte	
Lag T-1 (Equinor sokkel)	Godkjent av / dato Kjell M. Auflem e.f. tilsynsleder 13.05.2022
Deltakere i granskingsgruppen Bente Hallan, Thom Fosselie	Granskingsleder Morten A. Langøy

## Innhold

1	Sammendrag .....	5
2	Forkortelser .....	5
3	Ptils gransking.....	6
3.1	Mandat og sammensetning av granskingsgruppen .....	6
3.2	Fremgangsmåte.....	7
4	Bakgrunnsinformasjon og systembeskrivelse.....	7
4.1	Beskrivelse av innretning og organisasjon.....	8
4.2	Beskrivelse av prosessutstyret der hendelsen inntraff .....	9
4.3	Korrosjon under isolasjon og sprekkvekst som følge av spenningskorrosjon 11	
4.3.1	Korrosjon under isolasjon (KUI).....	11
4.3.2	KUI og spenningskorrosjon (SCC) .....	11
5	Hendelsesforløp.....	12
5.1	Kronologisk rekkefølge for utvikling og håndtering av hendelsen .....	12
5.1.1	Teknisk integritet .....	12
5.1.2	Lekkasjehåndtering .....	14
5.2	Håndtering av hendelsen .....	17
5.2.1	Inspeksjoner, NDT, materialtekniske og kjemiske undersøkelser.....	17
5.2.2	Synergi og risikovurderinger.....	19
5.2.3	Varsling Petroleumstilsynet og andre interessenter .....	20
6	Hendelsens potensial.....	21
7	Direkte og bakenforliggende årsaker.....	21
7.1	Materialvalg og tekniske spesifikasjoner .....	21
7.2	Materialdegradering og tekniske spesifikasjoner.....	23
7.3	Forebyggende vedlikehold og inspeksjonsaktiviteter .....	23
8	Observasjoner.....	24
8.1	Avvik: Manglende risikoreduksjon knyttet til materialdegradering.....	24
8.2	Avvik: Mangler ved vedlikehold.....	24
8.3	Avvik: Mangler ved konsekvensklassifisering .....	25
8.4	Avvik: Manglende bruk av informasjon .....	25
8.5	Avvik: Mangler ved styrende dokumenter.....	26
8.6	Avvik: Sen varsling.....	27
9	Forbedringspunkter .....	27
9.1	Forbedringspunkt: Vedlikeholdsprogram.....	27
9.2	Forbedringspunkt: Dokumentasjon av passiv brannbeskyttelse .....	28
10	Diskusjon omkring usikkerheter .....	28
11	Vurdering av aktørens granskingsrapport.....	29
12	Referanser .....	29
13	Vedlegg .....	31
13.1	Vedlegg A.....	33

13.2 Vedlegg B.....	34
13.3 Vedlegg C.....	35
13.4 Vedlegg D.....	38
13.5 Vedlegg E.....	39

## 1 Sammendrag

I forbindelse med runde i felt ble det oppdaget et stoff som senere viste seg å være asfalten, som hadde lekket ut av en 2. trinns gasskjøler på Equinors innretning Troll C. I denne granskningen settes 24.10.2021 som tidspunkt for selve hendelsen da det var på denne datoen at sprekker i 2. trinns gasskompressorkjølere ble påvist. Disse sprekke har utviklet seg over tid og starten for sprekkeutviklingen er vanskelig å tidfeste. Konsekvensen er svekket integritet av gasskjølerne som inneholder hydrokarbongass under 60 bar trykk.

Petroleumstilsynet (Ptil) besluttet 5.11.2021 å granske hendelsen.

Faktisk konsekvens er at det ikke er påvist person- eller miljøskade grunnet denne hendelsen, men betydelige kostnader grunnet materielle skader og tapt produksjon.

Vår vurdering er at det under ubetydelige endrede omstendigheter kunne hendelsen ha utviklet seg til en stor gasslekkasje grunnet sprøbrudd (revne) i en av gasskjølerne sitt ytterskall.

Hovedfunnet er at det ikke ble valgt tekniske eller operasjonelle løsninger som har hindret at det oppstår skade, feil og fare- og ulykkessituasjoner knyttet til materialdegradering av rustbestandige materialer på 2. trinns gasskjøler på Troll C. Det er påvist seks avvik fra regelverket på manglende risikoreduksjon knyttet til materialdegradering og bruk av informasjon, mangler ved styrende dokumenter, ved vedlikehold og ved konsekvensklassifisering, samt sen varslings. Det er identifisert to forbedringspunkter på vedlikeholdsprogram og bruk av kunnskap, og dokumentasjon av passiv brannbeskyttelse.

## 2 Forkortelser

22Cr duplex	Rustfritt stål som typisk har 22% krom og 5% nikkel som legeringselementer. Dupleks mikrostruktur bestående ferritt og austenitt
AI	Anleggsintegritetsavdelingen, ansvarlig for vurdering av teknisk integritet
COA ACC	COrporate Audit ACCident investigation. (Konsernrevisjon ulykkesgransking)
DV	Drift og vedlikehold
EPC	Detaljdesign, innkjøp og bygging
EPN	Leting og produksjon Norge (tidligere UPN)
FV	Forbyggende vedlikehold
GL	Guideline
HTA	2. trinns eksportkompressor A KA-23-0012A
HTB	2. trinns eksportkompressor B KA-23-0012B

HTA-kjøler	2. trinns kjøler for eksportkompressor A HA-23-0012A
HTB-kjøler	2. trinns kjøler for eksportkompressor B HA-23-0012B
IOC	Integrated operations center, overvåking av driftsparametre
KUI	Korrosjon under isolasjon
LBB	Leak before break – Bruddmekanisk metode for å vurdere om et trykksatt utstyr med sprekk vil gi en lekkasje, som eventuelt kan oppdages, eller brudd/havari. I denne rapporten oversatt til «lekk før brudd».
M40	Fram-modulen
NDT	Non Destructive Testing (Ikke-destruktiv testing)
PLS	Plattformsjef
SCC	Stress corrosion cracking (spenningskorrosjon)
SKR	Sentralt kontrollrom (om bord på plattform)
System 23	System for gasskompresjon og injeksjon
To	Tid for nedbryting av overflatebelegg
TIMP	Technical integrity management portal (Tilstandovervåking av tekniske barrierer)
TR	Technical requirement
UPN	Undersøkelser og produksjon Norge (tidligere, nå EPN)

### 3 Ptils gransking

#### 3.1 Mandat og sammensetning av granskingsgruppen

Mandatet er tilpasset situasjonen og omfatter følgende punkter:

- 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 (barrierer som ikke har fungert)
- d) Identifisere avvik og forbedringspunkter relatert til regelverk (og interne krav)
- e) Diskutere og beskrive eventuelle usikkerheter /uklarheter.
- f) Drøfte barrierer som har fungert. (Det vil si barrierer som har bidratt til å hindre en faresituasjon i å utvikle seg til en ulykke, eller barrierer som har redusert konsekvensene av en ulykke.)
- g) Vurdere aktørens egen granskingsrapport
- h) Utarbeide rapport og oversendelsesbrev (eventuelt med forslag til bruk av reaksjonsmidler) i henhold til mal.
- i) Anbefale - og normalt bidra i - videre oppfølging

Granskningsgruppen består av:

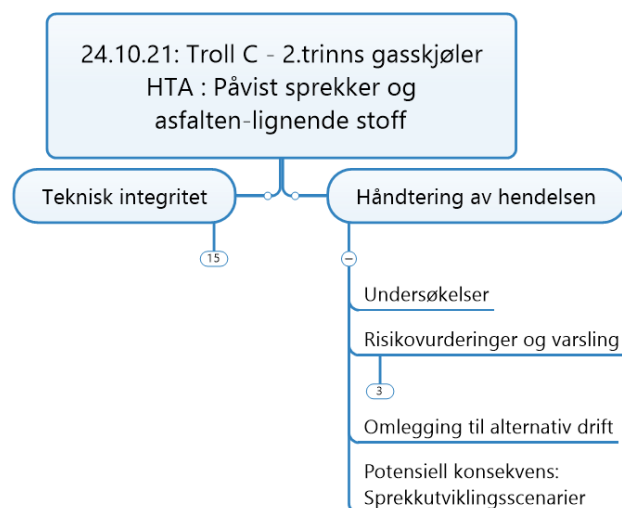
- Morten A. Langøy: Fagområde-Konstruksjonssikkerhet, granskningsleder
- Bente Hallan: Fagområde -Prosess

- Thom Fossellie: Fagområde -HMS styring

### 3.2 Fremgangsmåte

Granskingen gjennomføres med intervjuer og verifikasjoner på Troll C, 10. – 12. november, og i den aktuelle delen av landorganisasjonen, inkludert undersøkelser i vedlikeholdssystem, undersøkelsesrapporter og styrende dokumenter, 22. og 23. november. Deler av dette ble gjennomført som digitale møter, 25. og 30. november. Utover dette ble de stilt spørsmål til Equinor på epost som ble besvart på samme måte.

I granskingen ble det fokusert på tekniske og operative forhold som vist i Figur 1. Fullstendig versjon gitt i vedlegg C.



Figur 1: Hovedforhold undersøkt i granskingen.

Granskingen omfatter tidsperioden fra kjøleren ble designet og bygget til lekkasjen ble oppdaget, samt interne vurderinger i Equinor, omlegging til alternativ drift og varsling internt, myndigheter og andre relevante interessenter (Safety alert).

Ztrong er benyttet som konsulent for gjennomgang av materialtekniske krav og allmenn kjent kunnskap og TWI Ltd for bruddmekaniske beregninger og sensitivitetsvurderinger på mulige bruddscenarier for vurdering av potensiell konsekvens av hendelsen.

### 4 Bakgrunnsinformasjon og systembeskrivelse

I forbindelse med runde i felt ble det oppdaget et stoff senere viste seg å være asfalten, som hadde lekket ut av en 2. trinns gasskjøler på Equinors innretning Troll C.

I denne granskningen settes 24.10.2021 som tidspunkt for selve hendelsen da det var på denne datoen at sprekker i 2. trinns gasskompressorkjølere ble påvist. Disse sprekkenes har utviklet seg over tid og starten for sprekkeutviklingen er vanskelig å tidfeste. Konsekvensen er svekket integritet av gasskjølerne som inneholder hydrokarbongass under 60 bar trykk, og som kunne ha ført til en stor gasslekkasje.

#### 4.1 Beskrivelse av innretning og organisasjon

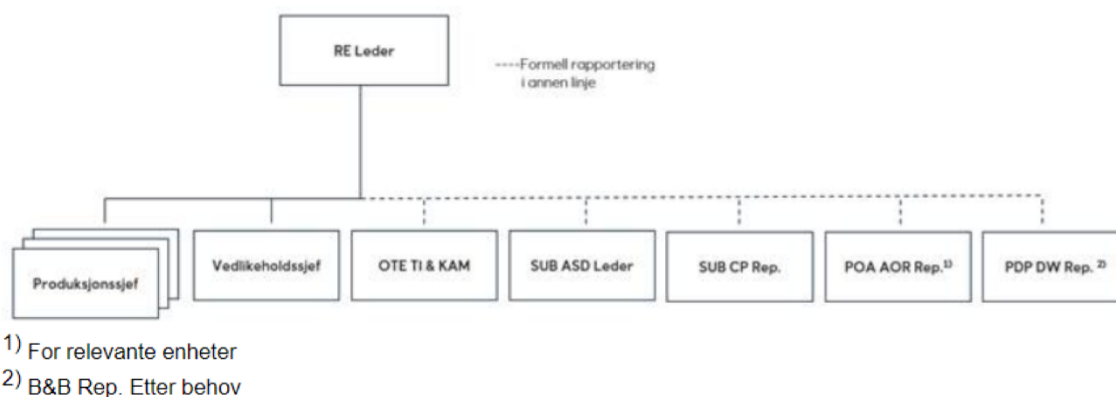
Trollfeltet ligger i den nordlige delen av Nordsjøen ca. 65 km vest for Kollsnes. Troll C er en del av Troll fase II og er en halvt nedsenkbar bolig- og produksjonsinnretning i stål. Norsk Hydro var ansvarlig for utbyggingen av Troll C som ble godkjent av Stortinget i mars 1997. Umoe hadde en EPC-kontrakt for hele plattformen, der dekket ble bygget ved Umoe Haugesund og understellet ved Hyundai, Sør-Korea.

Framfeltet blir også produsert via Troll C. Oljen transporteres i rørledning til Mongstad. Gassen blir via Troll A transportert i en flerfaserør-ledning til Kollsnes hvor kondensat blir skilt fra gassen og transportert videre til Mongstad. Vanddyppet i området er ca. 340 meter.

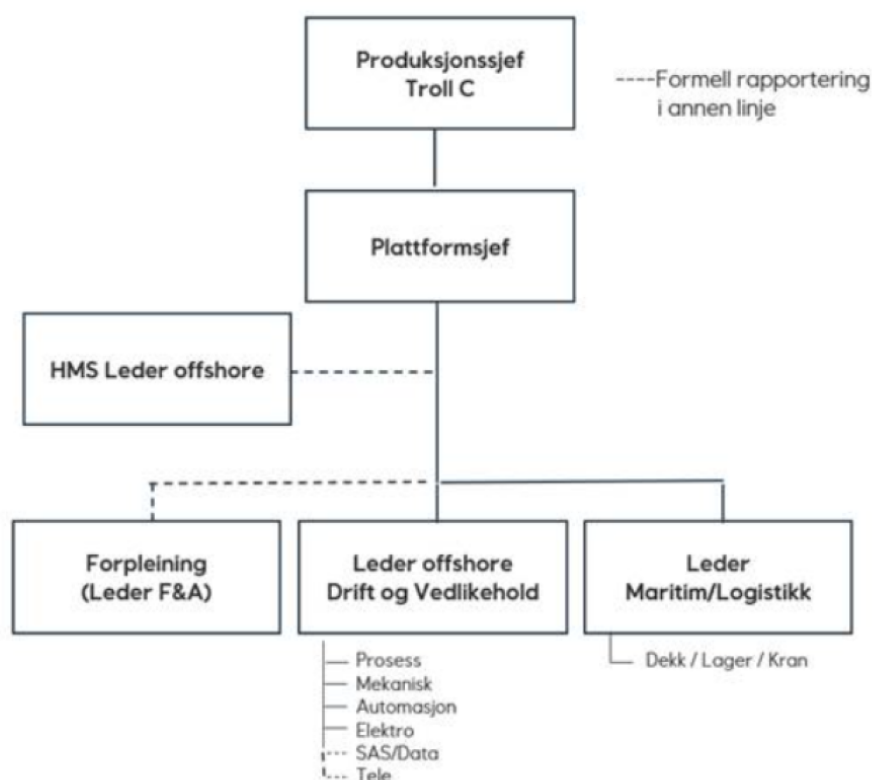


Figur 2: Troll C-plattformen i Nordsjøen. (Foto: Øyvind Hagen/Equinor ASA)

Troll C ble en del av Equinor ved StatoilHydro fusjonen i 2007. Organiseringen av Troll, som ble organisert i Drift Vest i 2014, er vist i figurene under.



Figur 3: Produksjonssenhetene i resultatenhets (RE) Troll (EPN EPW TRO).



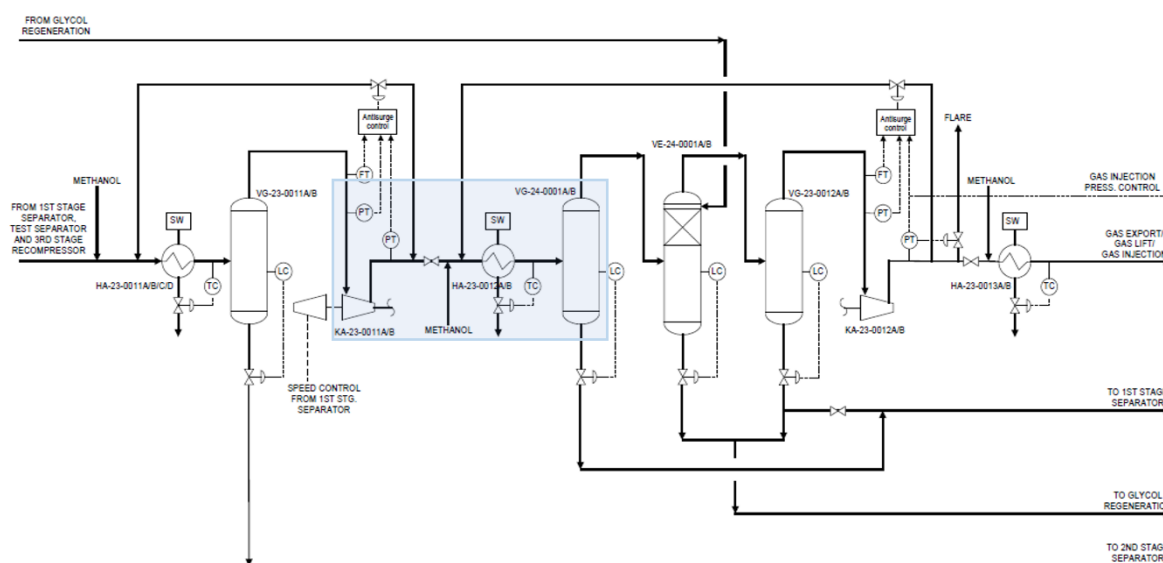
Figur 4: Organisasjon produksjon med installasjon Troll C.

## 4.2 Beskrivelse av prosessutstyret der hendelsen inntraff

Brønnstrømmen fra de ulike produksjonsbrønnene ledes til innløpsseparator eller testseparator via respektive manifolder. Separasjonstoget skiller gass, olje og produsert vann fra brønnstrømmen og stabiliserer oljen i henhold til krav for eksport til Mongstad.

Etter separasjonstoget blir gassen tørket til eksportgass-spesifikasjon. Gasseksport-gasskompressoren trykker opp gass fra gassbehandlingssystemet til det nødvendige trykket for eksport før gassen fiskalmåles og sendes videre gjennom gasseksport-rørledningen til Troll A. Prosessert gass brukes også til gassinjeksjon i Fram og til gassløft.

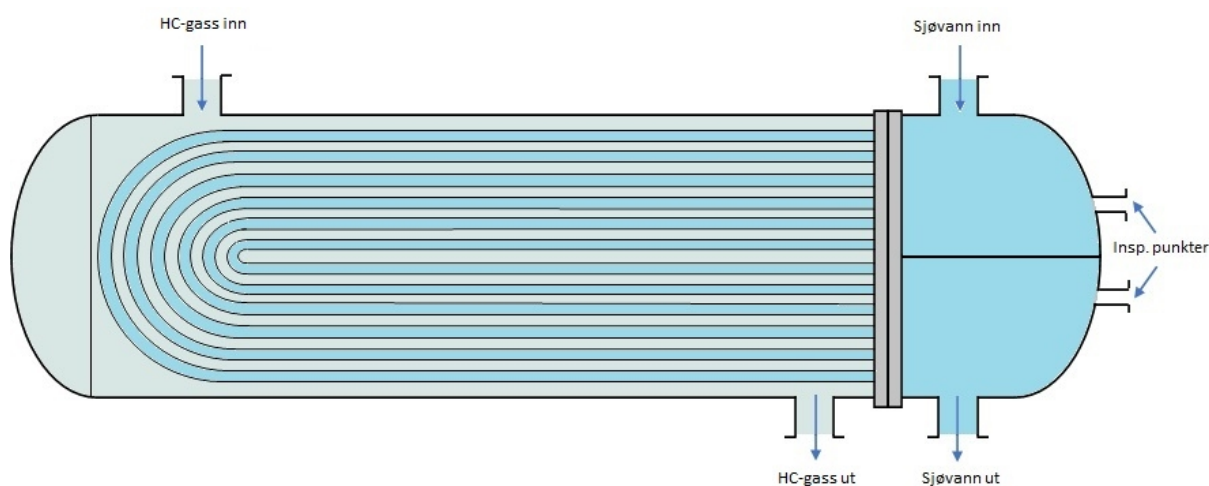




Figur 5 System for gass eksport kompresjon Troll C. Kilde: Equinor

Gass eksport-kompresjonssystemet består av et 3-trinns re-kompresjonstog og tre parallelle 2-trinns eksportkompresjonstog. I tillegg inkluderes gassinjeksjonstoget til Fram Vest. Kompresjonssystemet inkluderer også utstyr for gastørking.

Gass fra 1. trinns eksportkompressorer (KA-23-00011A/B) rutes til 2. trinns eksportkompressorkjølere (HA-23-0012A/B). Gassen kommer inn til disse kjølerne med et trykk på ca. 60 barg, og en temperatur på ca. 148 °C. I kjølerne kjøles gassen ned til ca. 25 °C før den går videre via gastørkesystemet inn til 2. trinns eksportkompressorer (KA-23-0012A/B).



Figur 6 Forenklet prinsippskisse av gasskjøler.

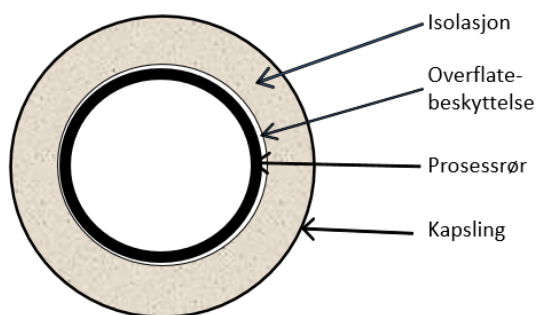
Kjølerne er av typen «Shell&Tube» og består av et ytre skall utført i 22Cr duplex stål der gassen sirkulerer, og en indre «tubingbundle» av titan fylt med kjølevæske (sjøvann). Det ytre skallet har en angitt tykkelse på 36 mm. Mot kuleskallet på enden

av kjøleren er veggtykkelse angitt til å være minimum 29 mm. Kjølerne er beskyttet med brannisolasjon på tank og flenser.

### 4.3 Korrosjon under isolasjon og sprekkevekst som følge av spenningskorrosjon

#### 4.3.1 Korrosjon under isolasjon (KUI)

Grunnen til isolering av gasskjølerne på Troll C er å beskytte og redusere temperaturen ved en eventuell brann. Det er også andre grunner til at isolering blir benyttet i et prosessanlegg på en innretning, som gjort rede for i for eksempel Norsok M-004. Generelt består et isolasjonssystem av selve den isolerende massen med en værbeskyttelse på utsiden. Beskyttelsen, kapslingen, på utsiden er vanligvis av metall. På innsiden av isolasjonen er selve utstyret, og på moderne anlegg, med et overflatebeskyttende belegg på utsiden, se Figur 7 for illustrasjon.



Figur 7: Skjematisk framstilling av isolasjonssystem for prosesssystem, illustrert med et rør. Tegningen er ikke i skala.

KUI er som oftest forbundet med lavlegert stål og arter seg med høyere korrosjonshastigheter med isolasjon enn uten isolasjon eksponert for samme miljø. Hovedårsaken til akselerert korrosjon er vann som har trengt inn i isolasjonen. I moderne systemer benyttes i større grad andre metoder, som overflatebehandling av rørene, rør med korrosjonsbestandige materialer, hydrofobe (vannavstøtende) materialer i isolasjonen og vanntette kapslinger ytterst, i enkelte tilfeller med drenering. Med utgangspunkt i DNVGL-RP-G109 (DNVGL, 2019) er det to barrierer mot KUI som er vesentlige å diskutere; belegg barrieren (overflatebeskyttelsen) og barrieren mot fuktighet (metallbeslag, isolasjonsmaterialets egenskaper, eksponering av vann). Begge disse må hensyntas i design, men kanskje viktigere følges opp i drift med rett vedlikehold, inkludert inspeksjonsaktiviteter.

Ptil har tidligere gransket lekkasjer i rør forbundet med KUI, som damplekkasje i 2012 (Petroleumstilsynet, 2013), en hydrogenlekkasje i 2016 (Petroleumstilsynet, 2017) og naftalekkasje i 2020 (Petroleumstilsynet, 2020).

#### 4.3.2 KUI og spenningskorrosjon (SCC)

Spenningskorrosjon, stress corrosion cracking (SCC), er generelt en akseptert karakterisering av underkritisk oppsprekking av normalt duktile materialer ved

konstant last i miljø av væsker og gassatmosfærer (V S Raja, 2011). API RP 583 assosierer KUI i rustfrie materialer, som 22Cr duplex, med ekstern klorid spenningskorrosjon, external chloride stress corrosion cracking (ECSCC). Dette er relevant for hendelsen på Troll da sprekkene har startet på utsiden og miljøet der er påvirket av at kjøleren er isolert. Gitt at det er tilgang på vann og klor, marin atmosfære samt sjøvann fra deluge, isolasjon holder på fuktighet, og metallbeslaget som ikke kan forutsettes å være helt vanntett, samt at overflatebeskyttelsen ikke er intakt, er dette forhold som øker sannsynligheten for KUI/SCC. Spenningskorrosjonssprekkene vokser som regel stabilt fram til de når en størrelse som kan gi ustabil/rask sprekkvekst, som kan føre til havari. Alternativt kan spenningskorrosjonssprekkene vokse stabilt gjennom skallveggen og gi lekkasje, som eventuelt kan oppdages, før havari. Dette kalles LBB-betraktninger og redegjort for i egen rapport (TWI, 2022).

Ofte er driftstemperaturen begrensende for bruk av rustfrie materialer for å unngå KUI/SCC, for 22Cr duplex angir API RP 583 kritisk driftstemperatur til 140 °C, mens Norsok M-001 *Materials Selection* har en maksimumsgrense på 100 °C, uten overflatebeskyttelse. Driftsbetingelsene er beskrevet i mer detalj i delkapittel 4.2.

## 5 Hendelsesforløp

I denne granskningen settes 24.10.2021 som tidspunkt for selve hendelsen da det var på denne datoen at sprekker i 2. trinns gasskompressorkjølere ble påvist. Disse sprekkene har utviklet seg over tid og starten for sprekkutviklingen er vanskelig å tidfeste. I tillegg finnes det bakenforliggende årsaker fra kjølerne ble konstruert (designet) og fulgt opp i driftsfasen. Tidspunkter og utviklingen i hendelsesforløpet er beskrevet i det følgende.

### 5.1 Kronologisk rekkefølge for utvikling og håndtering av hendelsen

#### 5.1.1 Teknisk integritet

1995 2. kvartal	Predesign/forstudie av innretningen i regi av Norsk Hydro
1996.11.4	Plan for utvikling og drift (PUD) levert for Troll C
1996	Designforutsetninger prosess og teknisk sikkerhet
1996	NORSOK M-501 1996 "General note - When coating stainless steel with operating temperature above 120°C, 30my (NDFT) of high temperature modified silicone paint suitable for the operating temperatures shall be used."
1997.3.7	Godkjent PUD for Troll C, Stortingsproposisjon 38 (1996-97)
1997	Materialvalg, overflatebeskyttelse og isolasjonsløsninger
1998	Fabrikasjon hos Officine Luigi Resta
1998	Kjølerne ble bygget i henhold til Norsok M-501. Silikonmalingen som ble valgt på Troll C kjøler var Sølvalitt fra Jotun.

	Hydro spesifikasjonen anga 25 µm modifisert høy temperatur silikon maling mot 30 µm i Norsok.
1998-99	Installasjon og inspeksjon utført av UMOE
1999	Ingen FV-aktiviteter inkludert inspeksjonsaktiviteter for kjølerne overlevert fra prosjektet
1999 4. kvartal	Produksjonsstart
2004	Rammeprogram #43 «Inspeksjon av kjøler erstattes av aktivitet på utstyr som ikke er i bruk» Rapport «Rammeprogram System 23 TRC». I dette dokumentet ansees sannsynligheten for spenningskorrosjon å være minimal. Ingen inspeksjon er nødvendig. Dokumentet er ikke revidert siden 2004.
2007	Statoil og Hydro blir StatoilHydro. Risiko knyttet til degradering av kjølerne ikke vurdert ifm det nye selskapet. Program for overflatevedlikehold (SOLVE) dekker ikke isolerte flater.
2009	Vedlikeholdskonsept 43010: Konseptet er generisk for rørvarmevekslere og er ikke spesifikt for HTA/HTB-kjølerne. Det er ikke en spesifikk vedlikeholds- eller inspeksjonsstrategi for HTA/HTB-kjølerne.
2009	24M FV-INP GVI SYSTEM 23 (opprettet 01.04.09). Generell visuelle inspeksjon uten bruk av tilkomstmidler.
2009	TR0042 «Surface preparation and protective coating» versjon 2 anbefaler fenolepoksy opp til 150°C for rustfrie stål
2009.7.1	Felles driftsmodell – arbeid iverksettes for integrering av et felles styringssystem
2009 4. kvartal	Troll organisert i drift Nordsjøen Øst
2010	TR1987 Krav til programaktiviteter for ivaretagelse av integritet på statisk prosessutstyr, rørledningssystemer og bærekonstruksjoner: «For statisk prosessutstyr i 316 stål (malt) eller mer korrosjonsbestandige materialer, er det ikke nødvendig med forebyggende aktivitet med hensyn til korrosjon under isolasjon,...» Ingen føringer er gitt for forebyggende aktivitet for isolert og malt SS Duplex stål. TR-dokumenter ligger hierarkisk over GL-dokumenter i Equinors styrende dokumenter.
2012	I rev. 6 av Norsok M-501 fra februar 2012, ble systemet med 30 µm silikonmaling for varme isolerte flater erstattet med tykkere belegg
2012-2017	KUI-program med fokus på lavlegerte stålbolter i rustfrie linjer i hydrokarbonførende system
2014 3. kvartal	Troll organisert i Drift Vest.

	Det er ikke registrert M5- eller M6-notifikasjoner i SAP mot de aktuelle kjølerne perioden fra til hendelsen.
2017	Inspeksjon av brannisolasjon på rør og beholdere i system 23, for å sjekke at det er brannisolasjon på utstyr som skal ha brannbeskyttelse. Kun ytre visuell sjekk, isolasjon demonteres kun på indikasjon. Senest utført i 2016/2017, intervallet endret fra 24M til 48M etter 2016. Inspeksjonen vurderer ikke forhold knyttet til KUI, isolasjon åpnes bare ved mistanke om svekket brannmotstand.
2017	TR3102 "Material selection" Version 4.01. Lagt til i 4.01: «Included that insulation systems and pipe penetrations shall be described in inspection philosophy». Det er ikke etablert en spesifikk inspeksjonsfilosofi for Troll C som dekker HTA/HTB-kjølerne. Lagt til i 4.01 : «Added reference to OM (ARIS) 104.702».
2019.11.23-26.	Notifikasjon M2 - Svart stoff observert under HTA. Lukket med konklusjon at det kommer fra isolasjonsmaterialet.
2020	GL0560 «Prioritering av vedlikehold for statisk prosessutstyr utsatt for korrosjon under isolasjon» versjon 2.0. Dokumentet oppdatert med henvisning til tabell for nedbrytning av belegg fra DNV RP-109 (2019). Fra kapittel 5.1: «For alle korrosjonsbestandige rør som har driftstemperatur over temperaturgrense for klorid spenningskorrosjon, hvor overflatebelegg er benyttet som tiltak for å håndtere risiko for spenningskorrosjon, må rehabilitering planlegges når overflatebelegg er nedbrutt i henhold til To, gitt i kapittel 4.1.2 (i GL0560)».
2020	96M FV-INP REVI SYSTEM 23 (opprettet 26.11.20), REVI - Ny vedlikeholdsrutine introdusert på systemnivå. Kloridindusert spenningskorrosjon ikke spesifikt identifisert som tema i vedlikeholdsrutinen REVI for kjølerne.
2021	TIMP - Kloridindusert spenningskorrosjon ikke identifisert som risiko for kjølerne

### 5.1.2 Lekkasjebehandling

Relevante aktiviteter og status før oktober 2021 er gitt i delkapittelet over.

Dato-klokkeslett	Aktivitet/situasjon
<b>2021</b>	
<b>23.10</b>	
Ca 16:30	Runde i felt etter kl. 1630, for å undersøke status med en ventiljobb, i forbindelse med at PLS legger seg ned for å inspisere, PLS observerte svart substans på grating under 2. trinns kjøler -HTA-kjøler – HA-23-0012A, som er lokalisert inntil

	ventilen, ved nærmere kikk var det spor av svart substans på underside av kapsling. Kontaktet driftsoperatør for at de kunne ta en nærmere kikk. Det blir sniffet og kontroll målt for gass, men ingen indikasjoner
Ca 17:00	Isolatører av isolerer enden på tanken, DV-leder inspiserer – må avisoleres mer.
17:30	Kveldsmøte –DV leder informerer om at det ser ut som substans har samlet seg i bunn av kapsling, det må avisoleres mer for å se om det kan komme fra flens over tank. Det må bygges stillas for å kunne avisolere flens, dette må gjøres på kvelden. Drift følger opp igjennom natten.
19-23	Stillas bygges for videre inspeksjon.
<b>24.10</b>	
07:30	Avisolering av flens starter
11:00 -	Inspeksjons aktiviteter pågår, ingen tegn til substans på utsiden av isolering HTB-kjøler
16:00	Møte PLS, DV-leder, Visuell inspeksjon har funnet antydninger til sprekk i tank, PLS beslutter å kjøre ned HTA for videre inspeksjon
16:46	PLS varsler Produksjonssjef om beslutning om å kjøre ned, og behov for blålysmøte mandag 25/10
17:00	Nedkjøring HTA. HTA-kjøler må nedkjøles før avisolering kan starte
18:48 / 22:26	Produksjonssjef informerer Produksjonsdirektør om at HTA-kjøler kjøres ned for å sjekke observasjon.
20:09	Produksjonssjef varsler Driftsleder Land og Teknisk Plattform Ansvarlig om å være forberedt ift Blålys mandag morgen for å støtte installasjon med teknisk ekspertise/resurser
22:26	Produksjonssjef oppdaterer melding til Produksjonsdirektør med info om at HTA forblir nedstengt og link til etablert Synergi med mer informasjon.
22:55	Produksjonsdirektør informerer Områdedirektør Drift Vest
<b>25.10</b>	
07:30	Tank tilgjengelig for inspeksjon og NDT
09:30	1.Blålysmøte med land -Besluttet å inspiserer HTB-kjøler, HA-23-0012B, for å se om den kan ha samme skade, GVI -Avisolere hele HTA-kjøler og videre inspeksjon (avisolering pågår hele dagen)
14:00	2.Blålysmøte–deltagere spesialister inspeksjon, materialteknologi, statisk mekanisk: -Mulig klorid spenningskorrosjon, krever sveiseutbedring
16:00	Risiko workshop M40 (Fram-modulen) drift uten HTA og HTB: SKR, Drift, IOC, AI
17:00	Produksjonsdirektør og Produksjonssjef informere i møte med Områdedirektør Drift Vest angående hvilke skader som så langt er observert og første vurderinger angående skademekanisme (klorid spenningskorrosjon).
20:00	Før jobb samtale (FJS), utsjekk og gjennomgang av M40 drift alene, SKR, Drift, IOC, AI
21:00	HTB-kjøler nedkjøring
<b>26.10</b>	
Hele dagen	Avisolere hele HTB-kjøler
Hele dagen	Inspeksjon HTA-kjøler pågår

Hele dagen	Land: Startet med utredning av mulige reparasjonsmetoder klammer, wrapping, påleggsveising osv
10:15	3. Blålys møte: Pga. mulig klorid spenningskorrosjon, må det utføres nærvisuell inspeksjon av hele kjøler + eventuelt penetrant testing, i hele omkrets av kjølerskall. Vurdere om «phased array» ultralyd kan gi mer detaljert tilstandsbilde raskere.
Ukjent	Opprettelse av Synergi 1746821 - Observerte asfalten lignende materiale ut av isolasjon på kjøler til HTA. PLS ønsker å klassifisere hendelsen, informerer SSU-Troll.
<b>27.10</b>	
08:00	Synergi 1746821: Første klassifiseringsmøte, PLS, HMS leder, HVO, DV leder 1 & 2. Besluttet assistanse fra land på grunn av manglende kompetanse i laget.
13:15	4. Blålysmøte HTA-kjøler: Det er funnet nytt nettverk med sprekker på bakside av første support, 1 gjennomgående sprekke, og det er observert bek og våt isolasjon. Tydelig tegn på klorid spenningskorrosjon. Det er funnet gropkorrosjon og korrosjon på 316 isolasjons avstandsbånd. Inspeksjon fortsetter. Identifisert andre kjølere og annet utstyr med samme kombinasjon material/temp på re-kompressor som også må sjekkes.
<b>28.10</b>	
12:00	Land: Gjennomgang av foreløpige funn med fagledere i Equinor (statisk mekanisk, material, inspeksjon), anbefalte ikke videre drift med skadede kjølerskall.
13:15	5. Blålysmøte Utført sandblåsing og penetranttest på sprekker på HTA-kjøler. Dagens status viser komplisert sprekkenettverk ved sveis på endelokk og ved 1. support. HTB-kjøler har ikke påvist flere synlig sprekker siden forrige rapport. HTB-kjøler har mindre skadeomfang, prioriterer videre inspeksjon og reparasjon av HTB.
<b>29.10</b>	
14:00	6. Blålysmøte Ny vurdering fra fagleder statisk mekanisk på mulighet for sveisereparasjon av B-kjøler pga. begrenset skadeomfang, akseptabelt med reparasjon iht. ASME PCC-2 (skifte ut område med sprekker). Videre fokus på inspeksjon og reparasjon rettes mot B kjøler. Land: Besluttet å etablere task force for videre driftsoppfølging, inspeksjon og reparasjon. Etablertmandat og mobilisert ressurser. Blålys avsluttet når task force var etablert fredag kveld.
16:00 (sirka)	PLS -samtale med SSU leder drift vest ang klassifisering av Synergi. Planlagt klassifisering over helgen
<b>01.11</b>	
08:15	PLS møte med SSU leder drift vest og ledende ingeniør SSU angående forståelse av WR9592
17:30	Ptil, ved tilsynsleder T-1 (Equinor sokkel), informert muntlig av leder Drift Vest
13:15	AI sender varsel til installasjoner for utsjekk av lignende problemstilling som erfart på Troll C
<b>02.11</b>	

11:00	SSU-leder kalt inn til klassifisering. Deltagere: Rådgiver materialteknologi, ledende ingeniør SSU, Rådgiver sikkerhet, HVO, DV leder 1&2, HMS leder – diskutert og besluttet i henhold til WR9592 at det var en alvorlig korrosjon som medførte alvorlig svekkelse av barrieren PS1 containment. Diskusjoner også rundt potensialet for gasslekkasje. På dette tidspunkt ble det vurdert at det skulle mer enn ubetydelige endrede omstendigheter til for å få en gasslekkasje, dette med bakgrunn i tidsaspektet og den kunnskap en hadde om korrosjonen på det tidspunktet.
12:55	Meldeskjema om hendelsen sendes Ptil
<b>08.11</b>	
07:30	Møte med tema: Potensiale for gasslekkasje. Konklusjonen ble at materialet må til videre inspeksjon før en kan si noe mer om konsekvens under ubetydelig endrede omstendigheter. I tillegg til deltagerne på møtet 2.11. var Ledende rådgiver material teknologi & sveis, Rådgiver statisk mekanisk, Rådgiver material teknologi inspeksjon, Leading advisor techn management, Lead engineer techn management.
<b>10.11-&gt;</b>	
	Equinor sender sikkerhetsmelding (Safety alert) på hendelsen til Norsk olje og gass

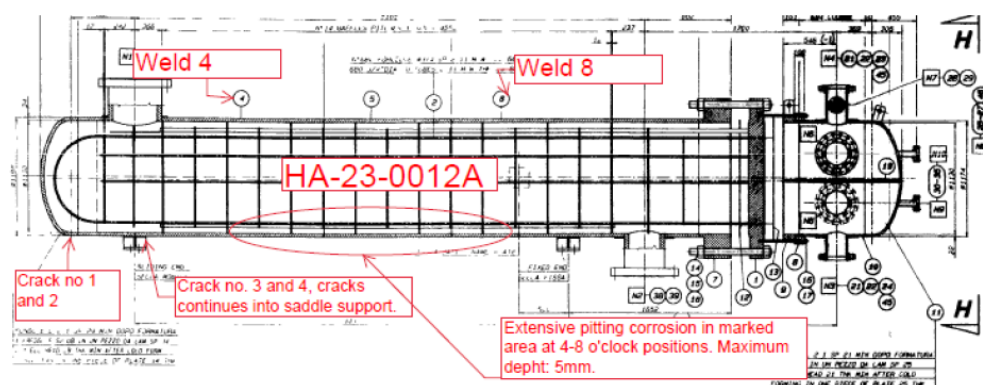
## 5.2 Håndtering av hendelsen

Den kronologiske rekkefølgen av aktivitetene forbundet med Equinors egne undersøkelser, risikovurderinger (med opprettelse av Synergi-sak) og varsling internt og eksternt er til stor del gitt i delkapittelet over, her vil noen av aktivitetene gjennomgå i mer detalj.

### 5.2.1 Inspeksjoner, NDT, materialtekniske og kjemiske undersøkelser

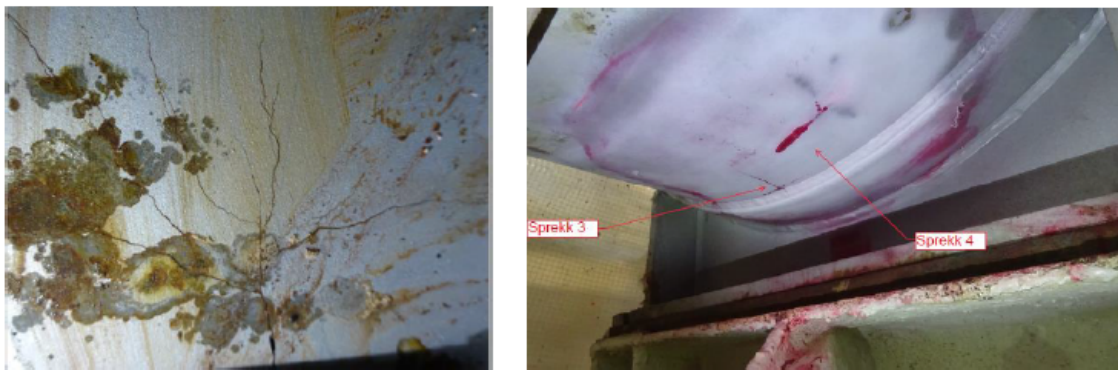
Om bord på Troll C ble mulige lekkasjesteder undersøkt visuelt og seinere sprekker identifisert på utsiden av kjølerskallet med bruk av penetranttesting, etter at overflatene var rengjort. Først på HTA-kjøler der lekkasjen først ble oppdaget, se Figur 8 og Figur 9, seinere på HTB-kjøler der sprekkomfanget ikke var like stort.

### HA-23-0012A, skadeomfang etter utført inspeksjon



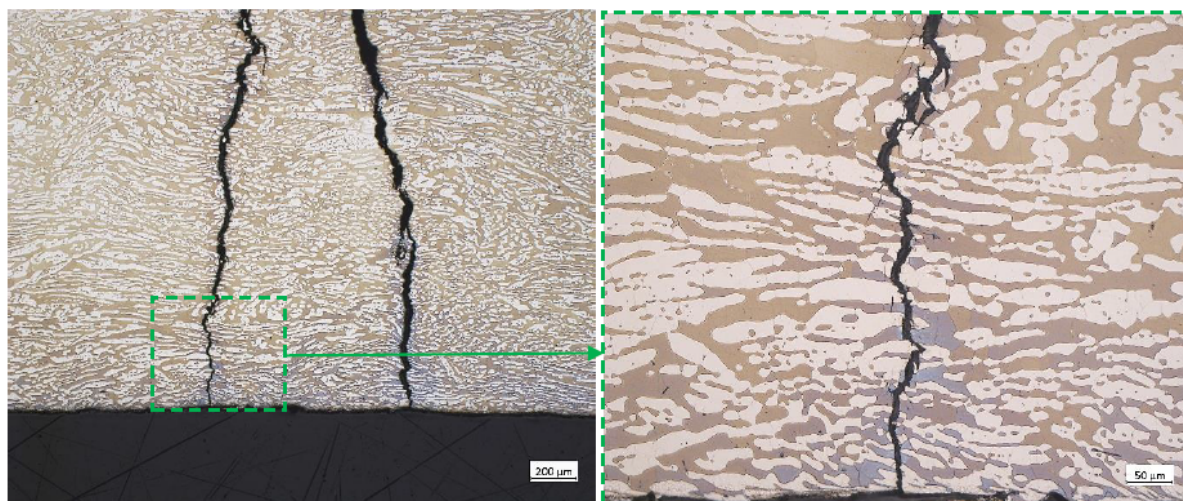
Figur 8: Områder med sprekkindikasjoner og korrosjon. (Equinor)





Figur 9: Visuelt bilde av sprekk 1 (venstre) og penetrantindikasjoner av sprekk 3 og 4 (høyre). (Foto: Equinor)

En skive med diameter på 18 cm i full veggtykkelse ble kuttet ut fra HTB-kjøleren der det var påvist sprekker og materialteknisk undersøkt ved Equinors materiallaboratorium på Rotvoll. Mikrostruktur (der ferritten er mørk og austenitten lys) og sprekkmorfologi er vist i figuren under.



Figur 10: Prøven er tatt ut parallelt med sveis, og sprekkene går derfor i aktuelle tverrsnitt først gjennom sveismetall så gjennom grunnmaterialet mot innvendig overflate. (Foto: Equinor)

Det ble konkludert med at sprekkene var gjennomgående, og at de skyldtes kloridindusert spenningskorrosjon som hadde startet på utsiden. Materialet var av normal duplex mikrostruktur i både sveis og grunnmateriale. Ingen skadelige intermetalliske faser eller sveisefeil påvist. Kjemisk sammensetning, hardhet og slagseighet i henhold til Norsok M-630 datablad D45.

Analysene for HTB-kjøleren gjelder også HTA-kjøleren for sprekkmekanisme og at sprekkene er gjennomgående, og fra NDT-testingen med større utstrekning.

Equinor har fått utført analyse og sammenligning av sammensetningen til det svarte stoffet som ble funnet på dekk og i sprekker på begge kjølerne, og av tilsvarende stoff samlet opp fra innsiden av B-kjøler. Analysene av prøvene tatt fra utsiden av A-kjøler og innsiden av B-kjøler viser at prøvene ikke er identiske, men at den organiske sammensetningen viser store likheter. I prøven fra A-kjøler ble det påvist 7%

asfaltener, mens det i prøven fra B-kjøler ikke ble påvist asfaltener. Den uorganiske delen på to prøvene var svært ulik. Vår vurdering er at analyseresultatene peker i retning av at det svarte stoffet som ble observert under kjøler A kommer fra innsiden av kjøleren, og at analysen styrker antagelsen om at sprekkene som er påvist på kjøler A også er gjennomgående.

## 5.2.2 Synergi og risikovurderinger

Hendelsen ble innrapportert i Synergi 1746821 - Observerte asfalten lignende materiale ut av isolasjon på kjøler for HTA. PLS ønsket å klassifisere hendelsen, men besluttet senere om assistanse fra land på grunn av manglende kompetanse i laget. I perioden 26. oktober til 8. november var en rekke fagpersoner involvert i klassifiseringen, blant dem forfatteren av WR9592 - Registrer sikkerhets og sikringshendelser. Klassifiseringen per 8. november er vist i Figur 11, det ble fokusert på potensiale for gasslekkasje og konkludert med at det var behov for flere analyser.

### TAPSPOTENSIAL

For hendelser med foreslått alvorlighetsgrad 1-3 bør alvorlighetsgraden avklares med linjeleder/ lokal risikoeier, med mindre annet er avtalt

#### LEKKASJER AV OLJE/GASS/BRENNBARE VÆSKER



Alvorlighetsgrad

**Potensial alvorlighetsgrad - per potensiell konsekvens**

4: < 0,1 kg/s

#### OMDØMME



Alvorlighetsgrad

**Potensial alvorlighetsgrad - per potensiell konsekvens**

4: Lokal/regional negativ eksponering i media, fra myndigheter og kunder

#### SVIKT I SIKKERHETS-/SIKRINGSFUNKSJONER OG BARRIERER



Alvorlighetsgrad

**Potensial alvorlighetsgrad - per potensiell konsekvens**

2: Truer store deler av innretningen eller anlegget

Figur 11: Klassifisering av hendelsen etter Synergi 1746821 per 8.11.2021.

På dette tidspunktet var begge gasskjølerne nedstengt. Det er opplyst i intervjuer at siden 2. november har klassifiseringen på «Svikt i sikkerhets-/sikringsfunksjoner og barrierer» vært Rød 2. Dette krever COA ACC granskning nivå 2 ut fra kravene i «Tillegg til WR9592 Registrer sikkerhets og sikringshendelser (EPN)». Task force vurderte å søke dispensasjon fra dette. I møte 5. november mellom Ptil og Equinor etterspurte Ptil om Equinor ville granske og eventuelt nivå. Det ble informert at beslutning om Ptil ville granske ikke var fattet. Equinor besluttet 8. november å iverksette egen granskning på COA Nivå 2.

Kategori Alvorlighetsgrad	Personskade		Arbeidsrelatert sykdom (ARS)		Ukontrollerte utslipp		Lekkasjer av olje/gass/brennbare væsker*		Brann/eksplosjon		Feil på sikkerhetsfunksjoner og barrierer	Renommé	
	Faktisk	Mulig	Faktisk	Mulig	Faktisk	Mulig	Faktisk	Mulig	Faktisk	Mulig	Mulig	Faktisk	Mulig
1	Dødsfall		Arbeidsrelatert sykdom som medfører død		Enkeltutslipp med langvarig virkning på miljøet, eller Utslipp av komponent > årlig forventet utslipp		>10 kg/sek. eller kortvarigs >100 kg		Hele innretningen/anlegget eksponert		Truer hele innretningen eller anlegget	Stor internasjonal negativ eksponering i media og mellom organisasjoner	
2	Alvorlig fraværsskade / alvorlig personskade		Alvorlig arbeidsrelatert sykdom		Enkeltutslipp med mellomlang miljøpåvirkning, eller Utslipp til komponent > månedlig forventet		1-10 kg/sek. eller kortvarigs >10 kg		Store deler av innretning/anlegg eksponert		Truer stor del av innretningen eller anlegget	Middels internasjonal negativ eksponering i media og mellom organisasjoner	
3	Øvrig fraværsskade eller personskade med alternativt arbeid		Arbeidsrelatert sykdom som medfører kortvarig fravær eller begrenset/alternativt arbeid		Enkeltutslipp med korttids miljøpåvirkning, eller Utslipp av komponent > ukentlig forventet utslipp		0,1-1 kg/sek. eller kortvarigs >1 kg		Deler av innretning/anlegg eksponert		Truer deler av innretningen eller anlegget	Nasjonal negativ eksponering i media, fra myndigheter på nasjonalt nivå.	
4	Medisinsk behandlingsskade		Arbeidsrelatert sykdom som medfører behandling fra autorisert helsepersonell		Enkeltutslipp med liten miljøpåvirkning, eller Utslipp av komponent < ukentlig forventet utslipp		< 0,1 kg/s		Lokalt område av innretning/anlegg eksponert		Truer lokalt område	Lokal/regional negativ eksponering i media, fra myndigheter og kunder	
5	Førstehjelps-skade		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	Begrenset til få personer eller en kunde	

Figur 12: WR9592 - Tabell 1 Matrise for kategorisering og klassifisering av alvorlighetsgrad for hendelser.

### 5.2.3 Varsling Petroleurstilsynet og andre interessenter

Det er krav i styringsforskriften §29 første ledd bokstav d) om umiddelbar varsling til Ptil ved fare- og ulykkessituasjoner som har ført til, eller under ubetydelig endrede omstendigheter kunne ha ført til alvorlig svekking eller bortfall av sikkerhetsrelaterte funksjoner eller barrierer, slik at innretningens integritet er i fare. Også ved hendelser av mindre alvorlig eller mindre akutt karakter skal operatøren gi skriftlig melding til Ptil første arbeidsdag etter at situasjonen inntraff eller ble oppdaget, jf. styringsforskriften §29 siste ledd.

For hendelser som har konsekvens for produksjonen av olje eller gass varsler Ptil Oljedirektoratet.

Equinor har i styrende dokument WR2563 - Varsling og melding av fare- og ulykkessituasjoner til norske myndigheter (EPN) beskrevet at hendelser med klassifisering med Rød 2 for «Svikt i sikkerhets-/sikkerhetsfunksjoner og barrierer» skal varsles umiddelbart. Ptil ble ikke varslet før over en uke at en hendelse/situasjon var identifisert. Granskingen har vist at svekkelsen i integriteten og alvorlighetsgraden var tidlig kjent. For dokumentasjon av kunnskapsgrunnlag og utvikling av vurdering av alvorlighetsgrad er historiske versjoner etterspurt, med følgende svar: «Forskjellige (historiske) versjoner av Synergi 1746821 – konklusjonen på dette er at det ikke er mulig å ta ut historiske versjoner av synergisaken. Det finnes en logg som viser når den er endret på, men vi har ikke mulighet til å ta utskrift av hvordan den så ut på dette tidspunktet.»

Det konkluderes med at involverte var klar over alvorlighetsgraden i en tid før Ptil ble informert. På klassifiseringsmøte den 8.11. besluttet Equinor intern gransking.

#### Innretninger med lignende utstyr

Anleggsintegritet tok initiativ til å varsle andre innretninger i Equinor om hendelsen med utstyr i 22Cr duplex stål. Det ble også bedt om en tilbakemelding, med tidsfrist, på oversikt av relevant utstyr. Eventuell oppfølging av dette ligger utenfor denne granskings mandat.

Equinor har utarbeidet en sikkerhetsmelding basert på hendelsen og sendt til Norsk olje og gass for informasjon om faren til industrien. Se vedlegg E.

## **6 Hendelsens potensial**

### Faktisk konsekvens

Det er ikke påvist person- eller miljøskade grunnet denne hendelsen.

Anslåtte kostnader av Equinor per 18.3.2022:

Materielle skader (reparasjonskostnader): cirka 24 000 000 NOK.

Tapt produksjon: Det er beregnet et samlet tap tilsvarende 25 dager med tapt oljeproduksjon. Produksjonen på Troll C ble ikke stengt fullstendig ned, men opererte med redusert produksjon over lengre tid.

Tapt gassproduksjon fra Troll C ble kompensert for av Troll A og vil sannsynligvis ikke inngå i klassifiseringen av Tapt produksjon.

### Potensiell konsekvens

Vår vurdering er at det under ubetydelige endrede omstendigheter kunne hendelsen ha utviklet seg til en stor gasslekkasje grunnet sprøbrudd (revne) i en av gasskjølerne sitt ytterskall.

## **7 Direkte og bakenforliggende årsaker**

Hendelsen skyldes en tilstand som har utviklet seg over tid. I det etterfølgende vil vi fokusere på det tekniske og operasjonelle. Det har vist seg at det forelå tilgjengelig informasjon om degraderingsmekanismer som ikke er hensyntatt i design og drift, dette er utdypet i rapporten fra Ztrong (2022).

### **7.1 Materialvalg og tekniske spesifikasjoner**

Ved godkjent PUD i 1997 gjaldt forskrift om prosess- og støtteanlegg i petroleumsvirksomheten. Det er ikke identifisert avvik i materialvalget opp mot denne. Vi har foretatt vurdering av materialvalg, overflatebeskyttelse og isolasjonssystem opp mot anerkjente standarder, som Norsok, og kjent viten i industrien.

Basis for materialvalg av tankskallet til kjølerne, eksponert for hydrokarboner på innsiden og marint miljø på utsiden, har vært driftsbetingelsene fra *System Engineering Manual* (17-1B-UH-C85-23000) gitt i Tabell 1. Basert på *Material selection report* (ENG17-1B-UH-R15-0000207000\_1A0479588) ble kjølerskallet bygget i 22Cr duplex stål med 25 µm tykt silikonmalingsbelegg. Selv med krav til isolasjon, var valget i henhold til Norsok M-501 *Surface preparation and protective coating*.

Tabell 1: Equipment key information fra *System Engineering Manual Table 5.2.1*.

Tag.no.	Description	Flow rate Duty Size	Design T(°C) Design P(barg)	Top(°C) Pop(barg)	Area El. (m)	Case	P.O. Order
HA-23-0012A/B	2nd. Stage Export Compr. Cooler	12008 kW	shell = -46 &195 tube = -10 &195 shell = 86 barg tube = 19 barg	shell = 148&30 tube = 12&30 shell = 49-65 barg tube = 7.5 - 8.5 barg	C15C 559	2AA	21 201

I desember 1991 opplevde operatøren BP at en separator på Gyda ble ødelagt av spenningskorrosjon. Etter denne hendelsen, bestemte operatøren BP at alle duplex trykkbærende overflater som var isolert, skulle males, uavhengig av driftstemperatur. Også andre operatører tok grep og foreskrev TSA (thermally sprayed aluminium) for 22Cr duplex (og andre rustfrie stål) under isolasjon.

Først i 2012 i revisjon 6 av Norsok M-501 ble systemet med 30<sup>1</sup> µm høytemperatur modifisert silikonmaling for varme isolerte flater tatt ut av standarden, og epoxy phenolic maling kunne brukes opp til 150 °C (Ztrong, 2022).

For Troll C var versjon 2 av TR0042 *Surface preparation and protective coating* gyldig fra 31.07.2009. Den lister tilleggskrav til M-501: *Coating system no 6 shall be applied on all insulated stainless steel piping and vessels regardless of the location. Coating system no 6 shall in addition be applied on all uninsulated stainless steel piping and vessels located in outdoor marine environments. For stainless steel piping and vessels, 2x125 µm epoxy phenolic can be used at operating temperatures up to 150 °C.*

Equinor har ikke en systematisk prosess for å indentifisere GAP mellom kunnskap og føringer i gjeldende styrende dokumenter mot etablert praksis for vedlikehold av de aktuelle kjølerne.

---

<sup>1</sup> Kravet var 30 µm, men Norsk Hydro valgte 25 µm som minimumtykkelse på belegget.

## 7.2 Materialdegradering og tekniske spesifikasjoner

Som redegjort for ovenfor kan KUI/SCC for 22Cr duplex stål motvirkes med et beskyttende overflatebelegg. Avhengig av system og driftsbetingelser kan levetiden variere fra 0 til over 30 år (Ztrong (2022), DNV GL-RP-G109). For å sikre integriteten må tilstanden til overflatebelegget inspiseres som en del av vedlikeholdet.

Equinor dokumentene TR0007 *Funksjonell spesifisering for overflatevedlikehold* og TR1660 *Piping and Equipment Insulation* spesifiserer det skal lages plan for vedlikehold av maling og isolasjon (Ztrong, 2022). For de aktuelle kjølerne er ikke dette gjort. Det er i granskningen informert at bakgrunnen på Troll C er at bruken av TR1987 *Forebyggende aktiviteter for statisk prosessutstyr og bærekonstruksjoner*, gir ikke støtte til risikovurdering av kloridindusert spenningskorrosjon for utstyr i materialkvalitet 22Cr duplex. Den tillater bruk av 22Cr duplex utover de etablerte grensene i TR3102 *Material Selection for Development and Modification Projects* og Norsok M-001, uavhengig av forutsetningene i GL0560 *Prioritering av vedlikehold for statisk prosessutstyr utsatt for korrosjon under isolasjon*, som fra 2021 beskriver også at 22Cr duplex som isoleres alltid skal males. Dette er et nytt internt krav, men Equinor har ikke framlagt noen gapanalyse.

## 7.3 Forebyggende vedlikehold og inspeksjonsaktiviteter

Gasskjølerne HTA og HTB har generelt ikke hatt spesiell oppmerksomhet fra selskapets organisasjon på land eller offshore i driftsperioden. Flere av de intervjuede uttrykte at kjølerne ikke har «vært på radaren», og risikoen for KUI og kloridindusert spenningskorrosjon har ikke vært aktivt vurdert av selskapet.

Equinor har lagt til grunn et generisk vedlikeholdskonsept for HTA/HTB-kjølerne som ikke angir lekkasje av prosessemedium ut av kjølerskallet som en kritisk feil, og det har ikke vært vedlikehold med tanke på å forebygge eller avdekke korrosjon under isolasjon.

Vår gransking har vist at selskapet i driftsperioden ikke har utført vedlikehold på eller inspeksjon av selve tankskallet på kjølerne i driftsperioden fra 1999 fram til hendelsen i 2021. Selskapet har ikke utført vedlikehold av eller inspeksjon av overflatebelegg på tankskallet på kjølerne. Det er ikke utført vedlikehold på eller inspeksjon av kapsling rundt selve kjølerskallet med tanke på mulig fuktinntrengning i isolasjonen og fare for kloridansamling på kjølerskallet.

Selskapet har med bakgrunn i egen erfaring avisolert rundt gass innløpsflenser på begge kjølerne med tanke på boltekorrosjon, men uten å rapportere tilstand på selve kjølerskallet. Selskapet gjennomfører en generell visuell inspeksjon (GVI) uten bruk av tilkomstmidler av hele system 23.

## 8 Observasjoner

Ptil's 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.

### 8.1 Avvik: Manglende risikoreduksjon knyttet til materialdegradering

Det ble ikke valgt tekniske eller operasjonelle løsninger som reduserer sannsynligheten for at det oppstår skade, feil og fare- og ulykkessituasjoner knyttet til materialdegradering av rustbestandige materialer på HTA- og HTB-kjøler.

#### Begrunnelse:

Granskingen har vist at det ikke er valgt tekniske og operasjonelle løsninger som adresserer og reduserer risiko knyttet til materialdegradering i form av KUI og kloridindusert spenningskorrosjon for de aktuelle kjølerne på Troll C.

Selskapet har ikke vurdert usikkerhet for degradering av materialet i tankskallet, effekt av overflatebeleggets beskaffenhet og tilgang på fuktighet med innhold av klorider. Dette var kjente problemstillinger og diskutert i industrien både på tidspunktet for design og materialvalg. Heller ikke i driftsfasen ble problemstillingen håndtert.

*Krav:*

*Styringsforskriften § 4 om risikoreduksjon, første ledd*

### 8.2 Avvik: Mangler ved vedlikehold

Selskapets vedlikeholdsprogram forebygget ikke klorindusert spenningskorrosjon under isolasjon på HTA- og HTB-kjølerne på Troll C, og sikret ikke at dette ble identifisert og korrigeret. HTA- og HTB-kjølerne ble ikke vedlikeholdt slik at de var i stand til å utføre sine krevde funksjoner i alle faser av levetiden.

#### Begrunnelse:

Equinor har ikke hatt en systematisk prosess for å etablere et vedlikehold som vil kunne forebygge og avdekke kloridindusert spenningskorrosjon på de aktuelle Troll C kjølerne.

Granskingen har vist at vedlikehold knyttet til å forebygge eller avdekke materialdegradering ikke er utført for de aktuelle kjølerne på Troll C.

Equinor kunne blant annet ikke vise til at det er etablert:

- vedlikehold for å sikre at kloridholdig vann ikke kommer inn under kapslingen

- inspeksjon for å sjekke om det er fuktighet på tankskallene
- inspeksjon for å avdekke skader eller degradering av overflatebelegget
- vedlikehold av overflatebelegget på tankskallene for å sikre at overflatebelegget er intakt
- et vedlikeholdsprogram tilpasset Troll C kjølerne
- en RBI-analyse for kjølerne med tanke på utvendig degradering under isolasjon og behov for inspeksjon
- strategi for vedlikehold av overflatebelegg

*Krav:*

*Aktivitetsforskriften § 47 om vedlikeholdsprogram jf. § 45 om vedlikehold*

### **8.3 Avvik: Mangler ved konsekvensklassifisering**

Konsekvensklassifiseringen beskriver ikke fare for ekstern lekkasje av prosessmedium ut av kjølerne.

#### **Begrunnelse:**

Det generiske vedlikeholdskonseptet og informasjon i SAP angir intern lekkasje som «unsafe failure», men angir ikke ekstern lekkasje av prosessemedium som «unsafe failure».

Kritikalitetsvurderingene av hovedfunksjon og delfunksjon til kjølerne gir ikke en beskrivelse av effekt på system eller innretning.

Konsekvensklassifiseringen angir «lav konsekvens» for HMS og fare for brann i klassifisert område. Det er heller ikke angitt potensiale ved større miljøutslipp.

Konsekvensklassifiseringen mangler en tydelig beskrivelse av konsekvens ved korrosjon, i dette tilfellet kloridindusert spenningskorrosjon, og sviktmodus «ekstern lekkasje» av prosessmedium.

*Krav:*

*Aktivitetsforskriften § 46 om klassifisering*

### **8.4 Avvik: Manglende bruk av informasjon**

Selskapet har ikke sikret at den nødvendige informasjonen om fare for kloridindusert spenningskorrosjon og behov for vedlikehold ble bearbeidet og formidlet til personell som skulle stå for oppfølging av HTA- og HTB-kjølerne.

#### **Begrunnelse:**



Granskingen har vist at selskapet har hatt kunnskap og informasjon som ikke har vært tatt i bruk i forbindelse med oppfølging av de aktuelle kjølerne på Troll C knyttet til risiko for kloridindusert spenningskorrosjon. Kunnskap om bestandighet av overflatebelegg og behov for vedlikehold har vært identifisert i selskapets styrende dokument, GL0560 versjon 2.0, men denne informasjonen er ikke anvendt. Selskapet har hatt kunnskap om overveiende fare for fuktinntrenging i isolasjonssystemet, og dermed mulighet for en kombinasjon av fuktighet og klorider på ståloverflaten. Selskapets styrende dokument TR0042 versjon 8 krever overflatebelegg - system 2A for isolert utstyr i duplex og med operasjonstemperatur >100 °C.

Kunnskapen om fare for kloridindusert spenningskorrosjon som en konsekvens av nedbryting av overflatebelegg, fuktinntrenging i isolasjon og klorider på metalloverflaten med overflatetemperatur på >100 °C har ikke vært anvendt informasjon i selskapet.

Equinor har ikke en systematisk prosess for å indentifisere GAP mellom kunnskap og føringer i gjeldende styrende dokumenter mot etablert praksis for vedlikehold av de aktuelle kjølerne.

*Krav:*

*Styringsforskriften § 15 om informasjon, andre ledd*

## **8.5 Avvik: Mangler ved styrende dokumenter**

Det er ikke sikret at Equinors styrende dokument TR987 «Forebyggende aktiviteter for statisk prosessutstyr og bærekonstruksjoner» er utformet og brukt slik at den oppfyller sine tiltenkte funksjoner.

### **Begrunnelse:**

Styrende dokument, TR1987 «Forebyggende aktiviteter for statisk prosessutstyr og bærekonstruksjoner», gir ikke støtte til risikovurdering av kloridindusert spenningskorrosjon for utstyr i materialkvalitet 22Cr duplex stål.

Gjeldende versjon av dokumentet, TR1987 kapittel 3.4.15, sier: *For statisk prosessutstyr i 316 stål (malt) eller mer korrosjonsbestandige materialer, er det ikke nødvendig med forebyggende aktivitet med hensyn til korrosjon under isolasjon (...).* Dette er ikke i overensstemmelse med kunnskap på området som gjelder 22Cr duplex stål under isolasjon i marine miljøer.

*Krav:*

*Aktivitetsforskriften § 24 om prosedyrer, andre ledd*

## 8.6 Avvik: Sen varslings

Petroleumstilsynet ble ikke varslet umiddelbart.

### **Begrunnelse:**

Fra indikasjoner på gjennomgående sprekker i 2.trinns gasskompressorkjøler ble identifisert til Ptil fikk varsel om hendelsen per telefon gikk det over en uke. Skriftlig melding mottatt neste dag.

Granskingen har vist at svekkelsen i integriteten og alvorlighetsgraden ble tidlig kjent, og var kjent i en tid før Ptil ble varslet.

### **Krav:**

*Styringsforskriften § 29 om varslings og melding til tilsynsmyndighetene av fare- og ulykkessituasjoner, første ledd bokstav d*

## 9 Forbedringspunkter

### 9.1 Forbedringspunkt: Vedlikeholdsprogram

Vedlikeholdsprogrammene REVI og MONI synes ikke i tilstrekkelig grad å adressere risiko for utvendig klorid industert spenningskorrosjon under isolasjon.

### **Begrunnelse:**

Selskapet introduserte i 2019 REVI for å sjekke forutsetninger og underlag for risikovurderinger og inspeksjoner. I granskingen er vi blitt forklart at REVI-rutinen primært brukes for innvendig degradering. FV-rutinen «96M FV-INSP REVI SYSTEM 23» inkluderer gasskjølerne HTA og HTB, men har slik den er utformet i dag ikke identifisert risiko for korrosjon under isolasjon på overflaten av skallet til kjølerne. REVI-rutinen henviser til en RBI-analyse som selskapet ikke har for de aktuelle kjølerne.

Selskapet introduserer i 2022 MONI for å identifisere parametere som er relevante å følge opp. I granskingen er vi blitt forklart at MONI-rutinen primært vil brukes for innvendig degradering. FV-rutinen «12M FV-INSP MONI SYS 23» inkluderer gasskjølerne HTA og HTB, men vil slik den er definert i dag ikke kunnet identifisere risiko for degraderingsmekanismer som korrosjon under isolasjon på overflaten av skallet til kjølerne.

Vedlikeholdsprogrammene REVI og MONI slik de er presentert i dag vil heller ikke kunne adressere risiko knyttet til lokal korrosjon (pitting) utvendig på skallet til gasskjølerne.

### **Krav:**

*Aktivitetsforskriften § 47 om vedlikeholdsprogram*

## **9.2 Forbedringspunkt: Dokumentasjon av passiv brannbeskyttelse**

Passiv brannbeskyttelse på HTA- og HTB - kjølerne med tilhørende flenser og ventiler synes ikke å gi tilstrekkelig brannmotstand.

### **Begrunnelse:**

Der det brukes passiv brannbeskyttelse, skal denne utformes slik at den gir aktuelle konstruksjoner og utstyr tilstrekkelig brannmotstand.

Selskapet har ikke med sikkerhet kunnet fastslå hvilken type brannisolasjon som faktisk er benyttet på kjølerne og tilhørende flenser og ventiler.

Dokumentene «17-1B-UH-F02-00005 Passive Fire Protection Philosophy» og «17-1B-UH-R52-00010 Specification for insulation of equipment and piping» angir begge at materialet Firemaster 607 skal benyttes på HTA- og HTB-kjølerne og utstyr tilknyttet disse (eksempelvis inn- og utløpsflenser). Dette materialet er ifølge tilsendt datablad egnet for bruk under høye driftstemperaturer og er oppgitt å begynne å transformeres til krystallinske faser ved eksponering for temperaturer over 900 °C over lengre perioder.

Under feltbefaring ble det imidlertid observert at demonterte brannkasser tilhørende ventiler/flenser knyttet til HTA-kjøleren hadde brannisolasjon som synes å være krystallisert/degradert.

Det ble videre under verifikasjon i SAP funnet notifikasjon datert 8.11.18 på skadet brannisolasjon som følge av eksponering av høy temperatur (M2 45473729). I notifikasjonen er det uttrykt usikkerhet om hvorvidt det var benyttet isolasjon av typen cellegummi eller Pitt-Char, og det var kommentert at begge disse ikke kan brukes ved temperaturer over 80 °C. Vi har fått tilsendt spesifisering til isolasjonsmaterialet Energy FireBoard – Pitt-Char XP som angir bruksområde mellom -30 °C og 80 °C.

*Krav:*

*Innretningsforskriften § 82 nr. 2, jf. forskrift om eksplosjons- og brannbeskyttelse av innretninger i petroleumsvirksomheten (fastsatt av Oljedirektoratet 7. februar 1992) § 19 om generelle krav til passiv brannbeskyttelse, første ledd*

## **10 Diskusjon omkring usikkerheter**

Intervjuer og dokumentgjennomgang har gitt et entydig bilde av hendelsesforløpet. Materialtekniske undersøkelser baseres på prøvestykke fra HTB-kjøler, mens NDT undersøkelser viser at omfanget av sprekker er større i HTA-kjøler.

For vurdering av potensiell konsekvens har TWI (2022) gjennomført en LBB-analyse, for å vurdere sensitiviteten (usikkerheten) rundt mulig brudd av ytterskallet på en av gasskjølerne, noe som ville medført en stor gasslekkasje. Basert på anerkjente standarder og metoder viser analysen at ytterskallet vil kunne oppføre seg duktilt og ha gjennomgående sprekker uten brudd. Samtidig er det mange variabler som med ubetydelig endrede verdier/omstendigheter kunne gitt brudd. Her vil vi trekke fram asfaltenen som synes å ha tettet sprekken og hindret en gasslekkasje som kunne detekteres med de fastmonterte detektorene. I tillegg kommer manglende planlagt inspeksjon. I denne hendelsen var det en tilfeldig observant handling i forbindelse med oppfølging av utstyr i nærheten, som førte til undersøkelsene som avdekket sprekken i ytterskallet på HTA-kjøleren. Asfaltenen og manglende inspeksjon kunne medført at spenningskorrosjonssprekkene kunne vokst uoppdaget til en kritisk størrelse som ville gitt brudd.

## 11 Vurdering av aktørens granskingsrapport

Vår granskingsrapport er ferdigstilt før aktørens rapport er tilgjengelig, og dermed ikke vurdert her.

## 12 Referanser

Følgende dokumenter er lagt til grunn i granskingen:

- GL0604 Potensiell alvorlighetsgrad for HMS-hendelser unde.pdf
- Notat - Økt kapasitet ved drift av M40 alene.pdf
- Piping insulation procedure for Troll C project 8cd1a21a-.pdf
- Mail kommentar passiv brann beskyttelse.pdf
- Anleggsvurdering Troll C JUNI 2021 Utdrag for informasjon til Ptil.pdf
- TDS Solvalitt\_2000.pdf
- Liste over korrigerende arbeidsordre i SAP på 1 trinn\_2.pdf
- 17-1B-UH-X56-18003\_03L\_fire and gas layout coolers.PDF
- 17-1B-UH-X56-18011\_fire\_gas\_layout coolers.PDF
- 17-1B-HM-C72-23201\_01L\_2\_process\_flow\_m40.PDF
- RISIKOVURDERING\_AV\_SEGMENTER\_MED\_MANGLLENDE\_BRANNINTERGITET.PDF
- Isolajsons spec firemaster\_434878303707d2\_article\_1495614797689\_en\_msds.pdf
- 17-1B-AOP-C15-00048 Troll C Depressurisation and Time to Rupture Calculations .PDF
- Vedlegg 1 Synergi 1746821.pdf
- Vedlegg 2 Synergi 1746821.pdf

- Vedlegg 3 Synergi 1746821.pdf
- System Engineering Manual 17-1B-UH-C85-23000.PDF
- TIMP juni 2021\_.pdf
- WR9592 - Registrer sikkerhets og sikringshendelser.pdf
- Isolasjons strategi Troll C 17-1B-EQ-X02-00001.PDF
- Surface Protection Specification 17-1B-UH-R52-00009\_06L\_1.pdf
- Inspeksjonsrapport fra M2 45473729 skadet brannisolasjon.pdf
- PS 1 innspill fra FAK TIMP juni 2021\_.pdf
- TR0042 Surface preparation and protective coating filename\_1001674348.pdf
- Inspeksjonsrapport fra Axess HA-23-0012B.pdf
- Analyseresultater\_bek\_ RITM2303101.pdf
- 17-1B-HM-C72-23201\_01L\_4\_process\_flow M40\_sheet2.PDF
- Materiale i 1 & 2 trinn kjøler (1).pdf
- Detaljert inspeksjonsplan for system 23 20255-2007-101-01-Sys23 rev1.pdf
- Material selection report ENG17-1B-UH-R15-0000207000\_1A0479588.pdf
- 17-1B-UH-C72-23002 Process flow HTA compressor.pdf
- Utdrag fra brannisolasjon spec, (1).pdf
- OM101.05.04 - Håndtere driftsavvik – Upstream offshore.pdf
- TR1987 Forebyggende aktiviteter for statisk prosessutstyr .pdf
- TDS Solvalitt\_Mldtherm\_2005.pdf
- Voided Flare Report 17-1B-UH-C15-00002-05V.pdf
- Inspeksjonsrapport fra Axess HA-23-0012A.pdf
- 17-1B-UH-C72-23003 Process flow HTBcompressor.PDF
- Vedlikeholdskonsept varmevekslere SAP.pdf
- Tillegg til WR9592 Registrer sikkerhets og sikringshendelser (EPN).pdf
- 17-1B-UH-X56-18004\_fire\_gas\_layout\_coolers.PDF
- M2 45961491 fra 2019 - funn av bek på A kjøler (1).pdf
- Rammeprogram system 23 TRC.pdf
- Utdrag fra Surface Protection Spec 1 (1).pdf
- Driftsparameter.xlsx
- Materiale gass eksport kjøler (1).pdf
- Specification for insulation of equipment and piping. 2070.pdf
- Anleggsvurdering Troll C JUNI 2021 Utdrag for informasjon til Ptil\_.pdf
- TIMP inspeksjon (1).pdf
- 1746821 • Observerte asfalten lignende materiale ut av is.pdf
- M2 45473729 skadet brannisolasjon (1).pdf
- TR1660 Piping and equipment insulation filename\_1001693001.pdf
- Inspeksjonsprogram fra SAP.pdf
- 17-1B-UH-C72-00001\_process\_flow\_overwiev.pdf
- 17-1B-UH-X56-18012\_fire\_gas\_layout\_coolers.PDF
- Passive fire protection philosophy 17-1B-UH-F02-00005.pdf
- TR3102 Material selection for development and modification.pdf
- TR0007 Requirements for coating maintenance filename\_1146314.pdf

- GL0560 Norsk Prioritering av vedlikehold for statisk prosessutstyr utsatt for korrosjon under isolasjon
- Troll C – Tidslinje HTA HTB hendelse
- Epost fra Equinor, Utestående per 8.12.21, datert 10.12.2021
- Epost fra Equinor, Gransking Troll C - Hendelse 24.10.2021 - anslag på materielle skader med angivelse av kostnad, tapt produksjon, datert 18.3.2022
- Troll C - Kamfer consequence analysis information - Delfunksjonsfunksjon kritikalitetsvurdering – Funksjonslokasjon
- Troll C - Kamfer consequence analysis information - Hovedfunksjon kritikalitetsvurdering
- Troll C – Klassifikasjonskriterier
- Troll C - Vedlikeholdskonsept - 1776-HA-23-0012B - Konsept 43010 - Varmeveksler rør

#### Andre referanser:

- API Recommended Practice 583, Corrosion Under Insulation and Fireproofing, Second Edition, March 2021
- DNV GL-RP-G109 «Risk based management of corrosion under insulation»
- Norsok M-001 "Material selection"
- Norsok M-501 "Surface preparation and protective coating"
- Norsok M-630 "Material data sheets and element data sheets for piping», D45
- Petroleumstilsynet. (2013). Granskningsrapport etter damplekkasje på Mongstad 8.11.2012
- Petroleumstilsynet. (2017). Granskningsrapport Gasslekkasje på Statoil Mongstad den 25.10.2016
- Petroleumstilsynet. (2020). Rapport etter gransking av naftalekkasje på Slagentangen 24. august 2020 Rev. 2
- Ztrong, Evaluering materialteknisk design Troll C gasskjøler, 19.2.2022
- TWI, Assessment of Cracking of a 22% Cr Duplex Stainless Heat Exchanger, Report No: 34746/1v2/22, March 2022
- V S Raja, T. S. (2011). Stress Corrosion Cracking: Theory and Practice. Cambridge: Woodhead publishing ltd.

## **13 Vedlegg**

- A. Oversikt over intervjuet personell.
- B. Meldeskjema mottatt Ptil fra Equinor
- C. Skjematisk oversikt (MindManager) over hendelsesforløp
- D. Tabell 1 Matrise for kategorisering og klassifisering av alvorlighetsgrad for hendelser fra WR9592 Registrer sikkerhets og sikringshendelser

## E. Sikkerhetsmelding Norsk olje og gass

### **13.1 Vedlegg A**

Vedlagt separat



## 13.2 Vedlegg B



### Petroleumstilsynet

#### Varsling og melding av fare- og ulykkessituasjoner

Innsendt: 2021-11-02 12:55:58  
 Hendelsestidspunkt: 2021-10-24 17:41:00

Hendelsetype: Melding

Operatør: EQUINOR ENERGY AS  
 Felt: Troll  
 Innretningstype: FAST  
 Innretning/landanlegg: TROLL C

#### Beskrivelse av hendelse/tilløp

24/10 ble det funnet drypp av «bek» fra 2 trinns gass kompressor kjøler på A toget. Kjøler ble avisolert og visuelt inspisert og det ble funnet sprekker i stålet. Det ble da besluttet å kjøre ned kompressor og få oversikt over alvorligheten av sprekken, det var ingen antydninger eller målinger av gass ved sprekken. 25/10 ble det vurdert at kjøler på B toget hadde de samme operasjonsbetingelsene, det ble da også besluttet å kjøre ned, avisolere og inspisere kjøleren på B. Etter omfattende inspeksjon er det mistenkt klorid spenningskorrosjon. Det pågår arbeid med å reparere og bytte ut kjølerne. Fram kompressor tog er fortsatt i drift.

#### DFU

DFU22D Andre Hendelser-ANNET

#### Andre opplysninger

Beredskapsorganisasjon aktivert: Nei  
 Personell mønstret: Nei  
 Produksjons-/Driftstans: Nei  
 Boreoperasjon stanset: Nei  
 Området sperret og bevis sikret: Nei

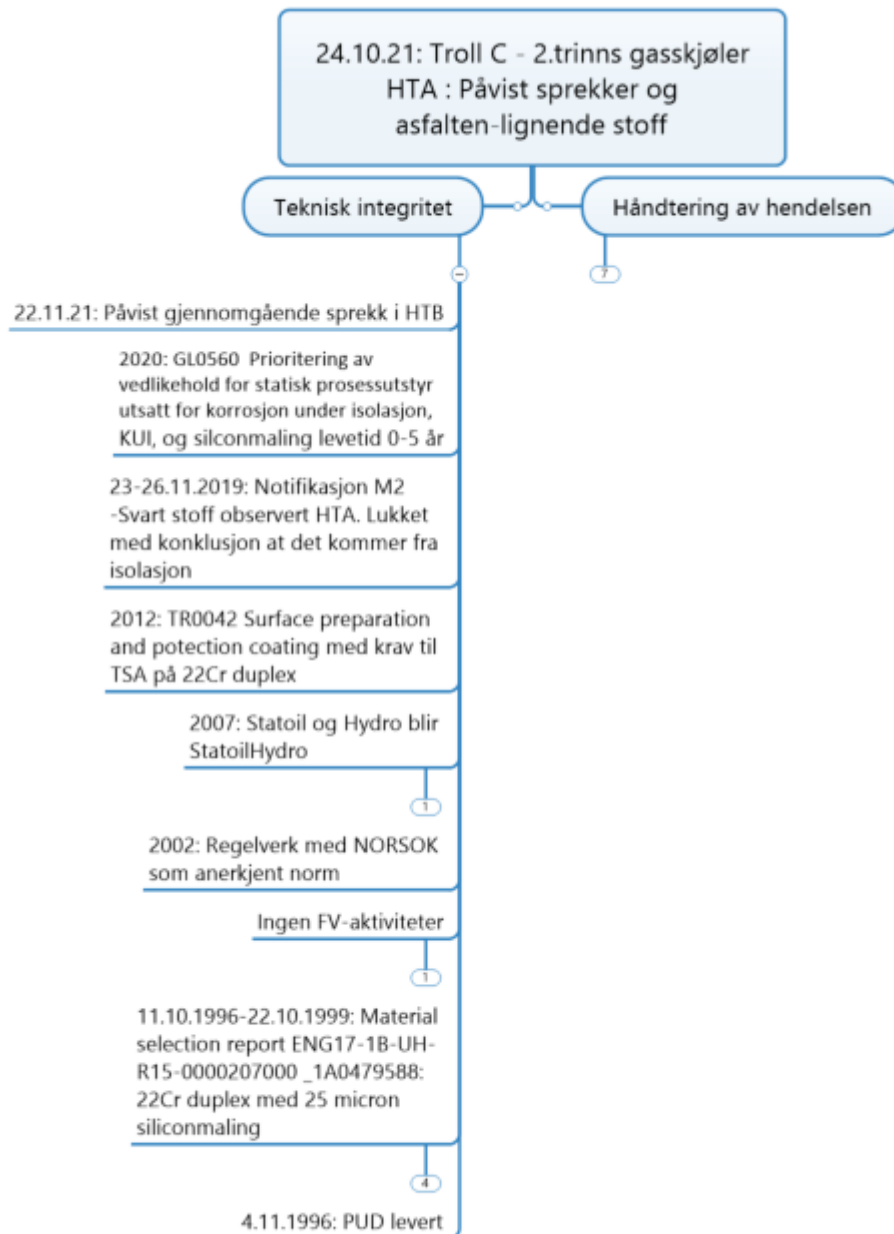
#### Andre som er informert

Ikke varslet andre

#### Andre iverksatte tiltak

Kompressor tog til disse kjølerne er nedstengt. Reperasjonsarbeid i gang.

### 13.3 Vedlegg C



## Teknisk integritet

### 22.11.21: Påvist gjennomgående sprekk i HTB

2020: GL0560 Prioritering av vedlikehold for statisk prosessutstyr utsatt for korrosjon under isolasjon, KUI, og silconmaling levetid 0-5 år

23-26.11.2019: Notifikasjon M2 -Svart stoff observert HTA. Lukket med konklusjon at det kommer fra isolasjon

2012: TR0042 Surface preparation and potection coating med krav til TSA på 22Cr duplex

2007: Statoil og Hydro blir StatoilHydro

2014: Troll del av Drift WEST

2009: Felles driftsmodell: Troll del av Drift Nordsjøen Øst

2002: Regelverk med NORSOK som anerkjent norm

Ingen FV-aktiviteter

Nedbrytning av maling, Ingen leverandørgaranti

11.10.1996-22.10.1999: Material selection report ENG17-1B-UH-R15-0000207000\_1A0479588: 22Cr duplex med 25 micron silconmaling

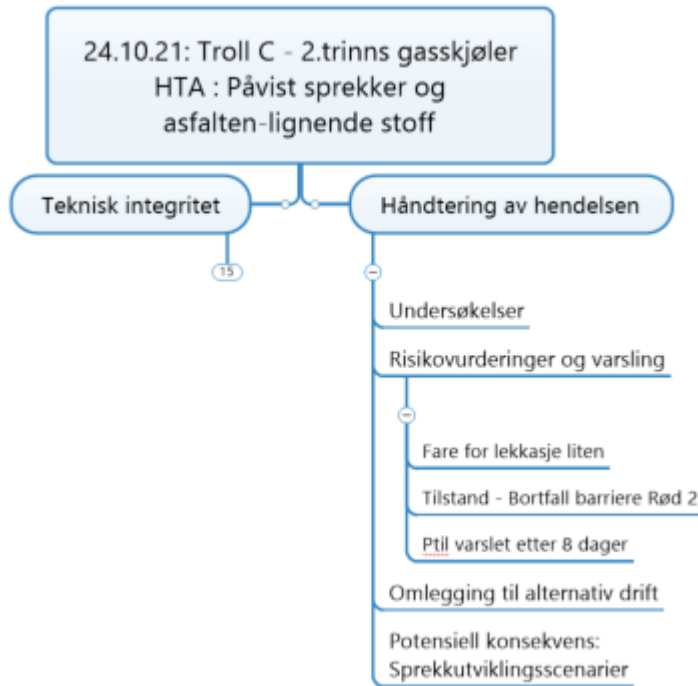
Følger System Engineering Manual 17-1B-UH-C85-23000: TDesign TOperation

Følger NORSOK M-501 for overlatebehandling for 22Cr duplex over 120 C (NB kravet er 30 micron)

1994: Phillips Petroleum benyttet TSA for 22Cr duplex under isolasjon

1992: Sprekk i Gyda separator: Etter uhellet bestemte BP å male alle isolerte flater i 316 SS, 22Cr duplex og 25Cr duplex.

4.11.1996: PUD levert



## 13.4 Vedlegg D

Tabell 1 Matrise for kategorisering og klassifisering av alvorlighetsgrad for hendelser \*

Kategori Alvorlighetsgrad	Personskade		Arbeidsrelatert sykdom (ARS)		Ukontrollerte utslipp		Lekkasjer av olje/gass/brennbare væsker*		Brann/eksplosjon		Feil på sikkerhetsfunksjoner og barrierer		Renommé	
	Faktisk	Mulig	Faktisk	Mulig	Faktisk	Mulig	Faktisk	Mulig	Faktisk	Mulig	Faktisk	Mulig	Faktisk	Mulig
1		Dodsfall		Arbeidsrelatert sykdom som medfører død		Enkeltutslipp med langvarig virkning på miljøet, eller Utslipp av komponent > årlig forventet utslipp		>10 kg/sek. eller kortvarigs >100 kg		Hele innretningen/anlegget eksponert		Truer hele innretningen eller anlegget		Stor internasjonal negativ eksponering i media og mellom organisasjoner
2		Alvorlig fraværsskade / alvorlig personskade		Alvorlig arbeidsrelatert sykdom		Enkeltutslipp med mellomlang miljøpåvirkning, eller Utslipp til komponent > månedlig forventet		1-10 kg/sek. eller kortvarigs > 10 kg		Store deler av innretning/anlegg eksponert		Truer stor del av innretningen eller anlegget		Middels internasjonal negativ eksponering i media og mellom organisasjoner
3		Øvrig fraværsskade eller personskade med alternativt arbeid		Arbeidsrelatert sykdom som medfører kortvarig fravær eller begrenset/alternativt arbeid		Enkeltutslipp med korttids miljøpåvirkning, eller Utslipp av komponent > ukentlig forventet utslipp		0,1-1 kg/sek. eller kortvarigs > 1 kg		Deler av innretning/anlegg eksponert		Truer deler av innretningen eller anlegget		Nasjonal negativ eksponering i media, fra myndigheter på nasjonalt nivå.
4		Medisinsk behandlingsskade		Arbeidsrelatert sykdom som medfører behandling fra autorisert helsepersonell		Enkeltutslipp med liten miljøpåvirkning, eller Utslipp av komponent < ukentlig forventet utslipp		< 0,1 kg/s		Lokalt område av innretning/anlegg eksponert		Truer lokalt område		Lokal/regional negativ eksponering i media, fra myndigheter og kunder
5		Førstehjelps-skade		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		Begrenset til få personer eller en kunde

\* I tillegg skal storulykkepotensialet vurderes av gransker i henhold til RM100 for de mest alvorlige hendelsene.



## SIKKERHETSMELDING

Klorid spenningskorrosjon (CSCC) identifisert på to gasskjølere på Troll C (NCS).



Bilde 1: Delvis avisolert gasskjøler.

### Hvordan ble forholdet avdekket

I forbindelse med en rutinemessig områdeinspeksjon ble det observert asfaltener på undersiden av isolasjonen på en gasskjøler. Ved avisolering og inspeksjon ble det funnet groppkorrosjon og sprekker.

### Beskrivelse av funn etter inspeksjon av kjølere.

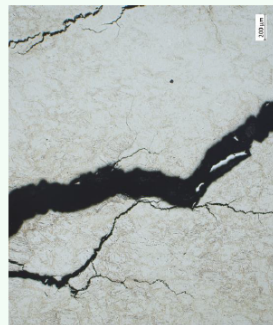
Et teststykke ble skjært ut for videre undersøkelser. Materialundersøkelser bekreftet klorid spenningskorrosjon. En intern granskning er igangsatt og en rapport vil bli publisert når den er ferdig.

### Relevant informasjon om utstyret

Service	I drift på Norsk kontinentalsokkel siden 1999. Rørkjøler med gass på skallsiden.
Trykk/temperatur	60 barg. Kjøling fra 140° til 25° C.
Materiale	22Cr Dupleks UNS S3.1803.
Malingssystem	Modifisert silikoningaling for temperaturer over 120° C.
Isolasjonssystem	Firemaster og 316 mantling.
Eksponering	Kjølerne er plassert i utendørs i prosessområdet med deluge dekning.



Bilde 2: Feltobservasjon på gasskjøler.



Bilde 3: Metallografiske undersøkelser viser typisk sprekkemønster for CSCC.

### Ustyrsgruppe

Varmeveksler, trykkbeholdere i 22Cr Dupleks

### Kontaktinformasjon:

Torbjørn Bygstad - Advisor Material and Inspection technology  
e: [toby@equinor.com](mailto:toby@equinor.com) t: +47 97162685