

**SINTEF NBL as**Postadresse: 7465 Trondheim  
Besøksadresse: Tiller Bru, TillerTelefon: 73 59 10 78  
Telefaks: 73 59 10 44  
E-post: nbl@nbl.sintef.no  
Internett: nbl.sintef.no

Foretaksregisteret: NO 982 930 057 MVA

**SINTEF RAPPORT**

TITTEL

**Undersøkelse av hydraulikkør på Scandinavian Star**

FORFATTER(E)

**Kjell Schmidt Pedersen og Øystein Meland, Reinertsen as**

OPPDRAGSGIVER(E)

**NRK Brennpunkt**

RAPPORTNR. <b>NBL A06128</b>	GRADERING <b>Åpen</b>	OPPDRAGSGIVERS REF. <b>Ståle Hansen</b>	
GRADER. DENNE SIDE	ISBN	PROSJEKTNR. <b>107400</b>	ANTALL SIDER OG BILAG <b>3 + 1</b>
ELEKTRONISK ARKIVKODE  I:\pro\107400.01\rapport		PROSJEKTLEDER (NAVN, <b>Kjell Schmidt Pedersen</b>	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) <b>Kjell Schmidt Pedersen</b>
ARKIVKODE	DATO <b>2006-11-03</b>	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) <b>Kjell Schmidt Pedersen</b> 	

## SAMMENDRAG

I de senere år har det fremkommet nye opplysninger vedrørende brannen på Scandinavian Star 7. april 1990. NRK Brennpunkt har henvendt seg til SINTEF NBL as og forespurt om en vurdering av hydraulikkørret på YBOR- dekk, styrbord side, forut for trappeløp Ds. Dette hydraulikkørret er bøyet ut av koblingen, som er antatt å være en T-forbindelse. Spørsmålet som NRK Brennpunkt reiser er om dette rørret kan være bøyet ut slik på grunn av brann i korridoren, som en videreutvikling av den brannen som startet på bildekket, eller om det må være bøyet på annet vis.

SINTEF NBL as har sammen med Reinertsen as utført en analyse og beregning og kommet frem til en konklusjon.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	<b>Brann</b>	<b>Fire</b>
GRUPPE 2	<b>Hydraulikkør</b>	<b>Hydraulic pipe</b>
EGENVALGTE	<b>Scandinavian Star</b>	<b>Scandinavian Star</b>

## Bakgrunn

I de senere år har det fremkommet nye opplysninger vedrørende brannen på Scandinavian Star 7. april 1990. NRK Brennpunkt har henvendt seg til SINTEF NBL as og forespurt om en vurdering av

hydraulikkørret på YBOR- dekk, styrbord side, forut for trappeløp Ds. Dette hydraulikkørret er bøyet ut av koblingen, som er antatt å være en T-forbindelse. Spørsmålet som NRK Brennpunkt reiser er om dette øret kan være bøyet ut slik på grunn av brann i korridoren, som en videreutvikling av den brannen som startet på bildekket, eller om det må være bøyet på annet vis.

SINTEF NBL skrev i sin rapport, gjengitt i NOU 1991: 1B, at brannen på YBOR – dekk må ha vært langvarig og intens og at det dermed antas at hydraulikkolje har lekket ut og deltatt i brannen. Det ble også etter brannen fastslått at det fantes hydraulikkolje i korridorene på bildekk og YBOR- dekk, styrbord side. SINTEF NBL har i sin rapport henvist til videre undersøkelse av dette hydraulikkørret, som skulle utføres av DANTEST i samarbeid med Oslo Politikammer. SINTEF NBL har tidligere ikke bli overbrakt noen konklusjon fra disse undersøkelsene.

SINTEF NBL as har sammen med Reinertsen as utført en analyse og beregning og kommet frem til en konklusjon.

## Analyse

En utregning fra Reinertsen as er vedlagt denne rapporten. Dette er ment som en enkel overslagsberegning som kan fastslå om hydraulikkørret kan bøyes slik av en brann i korridoren alene. Om en med sikkerhet kan fastslå at øret kan tilta en slik form som resultat av den pågående brannen på båten med start på bildekk, styrbord side, så vil det være unødvendig å undersøke dette nærmere ved forsøk og/eller nøyaktigere beregninger.

De vedlagte beregningene til Reinertsen viser at øret kan tilta en slik form ved at øret utsettes for en brannbelastning lik den som korridoren på bildekk, styrbord side, ble utsatt for i henhold til de forsøk som SINTEF NBL foretok i 1990. Dette forutsettes å kunne skje ved at øret i en slik brann ikke er tildekket ved himlingsplatene som normalt var i korridorene og som også ble installert i forsøket ved SINTEF NBL.

En rekke forutsetninger ligger til grunn for Reinertsens beregninger:

- I vurderingen er det ikke tatt hensyn til oljefylling i øret. Strømmende olje vil gi varmetap som gjør at tidsrommet før stålet når angitt temperatur øker. Det er lite trolig at dette vil endre størrelsesordenen vesentlig. Det er imidlertid slik at det ikke under overfarten skal være olje i systemet. Rørene skal altså normalt være tomme.
- Lengdeangivelser er basert på visuell betraktning av korridoren på YBOR- dekk. Det ligger således en viss usikkerhet i dette men det er sannsynlig at usikkerheten er lik for både antakelse av lengde og utbøyning. Da lengdeutvidelsen er relativ har dette således ingen betydning for konklusjon.
- Innfestingsmåten dvs. fast innspenning i skott er antatt på bakgrunn av opplysninger fra mannskapet på søsterskipet "Venus". Hvis det alternativt var løs gjennomgang vil dette ha avgjørende betydning for konklusjonen.

- Til sammenligning vil en mekanisk utbøyning av et tilsvarende rør, fast innspenning, lengde  $2 L_0 = 3$  m og samme diameter  $\varnothing 63,5$  mm (2 1/2") vil kreve en mekanisk kraft på 19 000 N (1900 kg)

Om noen av himlingsplatene i den angjeldende korridor har vært fjernet før brannen inntreffer, så vil skadebildet kunne bli som vist på bildet i vedlegget og som også er gjengitt i NOU 1991: 1B, bortsett fra at listverket til platene er bøyet ned på venstre side i bildet og revet av til høyre. Dette tyder på at det har vært last på listverket, dvs. plater.

En korridorbrann **alene** med platene på plass vil ikke kunne ha gitt et slikt bilde; med bøyet rør. Ved å studere bilder i NOU 1991: 1B og andre bilder fra undersøkelsen, så som bilder fra korridorer på GULF – dekk, fremkommer det at takplater kan falle ned under brann i korridorene. Korridorbrannen er ikke lang nok i seg selv til å forårsake utbøyning. Ved at takplater faller ned under korridorbrann og brann fortsetter i lugarene, kan røret bli utsatt for brann som tilsier at det kan bøyes ut på denne måten. Lugarbrannene vil etterfølge korridorbrannen og gi den samme lokale oppvarming på røret som en korridorbrann.

Reinertsen har videre beregnet at det vil kreve en mekanisk kraft på 1900 kg for å bøye røret uten varmpåvirkning. Et spett eller lignende vil ikke være egnet til å kunne bøye ut røret med håndkraft.

Vi har derimot ikke funnet noen naturlig forklaring på hvorfor begge endestussene på hydraulikkørret har en klar avgrenset oljefilm. Det er heller ikke fastslått om hydraulikkørret var innspent i skottene eller ikke. Vi anbefaler derfor at man undersøker dette videre med personer med marinteknisk ekspertise.

## Konklusjon

De vurderingene og beregningene som er foretatt så langt viser at et nedfall av takplater som følge av brann i korridoren på YBOR- dekk, styrbord side, forut for trappeløp Ds og derpå følgende varmpåvirkning på hydraulikkørret fra etterfølgende lugarbranner kan ha inntruffet og resultert i en utbøyning av hydraulikkørret.

SINTEF NBL og Reinertsen har imidlertid ikke funnet en rasjonell forklaring på den avgrensede oljefilm som vises på begge endestusser på hydraulikkørret i bilde nr. 2 i vedlegget til denne rapport



## NOTAT 001

Oppdragsgiver: Scandinavian Star

Vår ref.: ØM

Side: 1 av 6

Prosjektnr. / prosjekt: 170454 00/ Scandinavian Star

Rev: B

Date: 07.09.06

Revidert 26.10.06

Saksbehandlet: Øystein Meland

Sidemannkontroll: Pål H Hansen

Går til; SINTEF v/ Kjell Schmidt Pedersen , NRK Brennpunkt v/Ståle Hansen

### Bakgrunn og utgangspunkt

Bakgrunn for dette notatet er brann om bord på Scandinavian Star 7 april 1990 slik hendelsesforløpet er rapportert i NoU 1991 , 1 A og 1 B. I ettertid er det fremkommet opplysninger om brann på YBOR dekk, styrbord side i tilknytning til det hydrauliske anlegget. Denne brannen er omtalt i Vedlegg 16 (NOU 1991 ; 1 B) men ikke undersøkt spesielt i denne utredningen.

### Skadebildet

Skadebildet er gjengitt som Bilde nr 9 Vedlegg 16 (NOU 1991) , se fig 1 nedenfor. Bildet viser utbrente lugarer og korridor. Fra samme bildet kan man også se sideveis utbøyning av hydraulikkørret som er knyttet til det sentrale hydraulikkaggregatet i maskinrom via gjennomføringer i skott og dekk. I dette notatet har vi utredet denne utbøyningen nærmere og forsøkt relatere denne til varmeeeksponering på røret som følge av en brann i korridor.



Fig 1 Skadebilde, brann YBOR dekk, man ser tydelig hydraulikkørret som er "utbøyd" og sammenføyningen som er "glidd ut".



*Fig 2 Bildet viser nærbilde av sammenføyningen av hydraulikkørret og hvordan denne tydeligvis er demontert eller glidd fra hverandre. I forhold til at begge endestussene har utvendig oljefilm er dette vanskelig å forklare i forhold til utvendig varmepåkjening på røret. (bildet ble først gjengitt i juli 2006, Terje Bergsvåg)*

#### Fysiske mål

Fra mannskap på søsterskipet M/S "Venus" (bygd i samme tidsperiode) har vi innhentet følgende karakteristiske data for tilsvarende hydraulikkør knyttet til manøvrering av bildekk, porter etc;

Diameter      Ø      63,5    mm ( 2 ½ ")  
Materialtype    stål  
Sammenføyning; standard pressfittings

Det er antatt fast innspenning ved gjennomføring i vertikale skott og dekk til sentralt maskinrom.

#### Brann i korridor.

Vi har tatt utgangspunkt i forsøk SC-7 (90-07-12) slik det er referert i rapport NOU 1991 for å kvantifisere varmepåkjeningen på røret i forhold til størrelsen på utbøyningen

Brann i laminat (362 kg), golvteppe 108 kg, brann gikk til overtenning i korridor, trappesjakt. (forsøk SC-7 (90-07-12)).

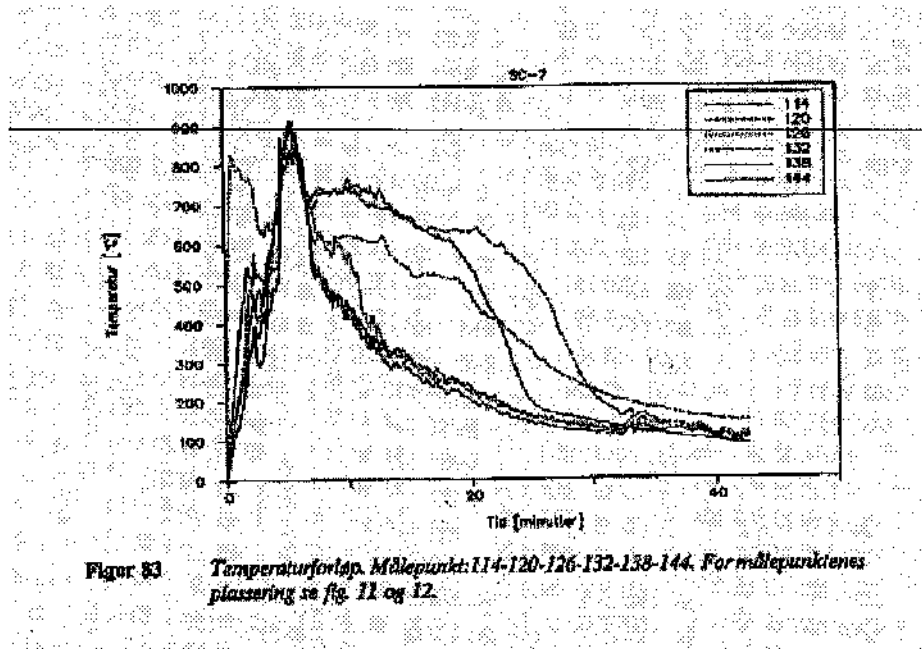


Fig 3 Temperaturregistreringer fra forsøk SC-7, korridor De refererte målepunktene er tilsvarende området for hydraulikkørrets posisjon i korridoren

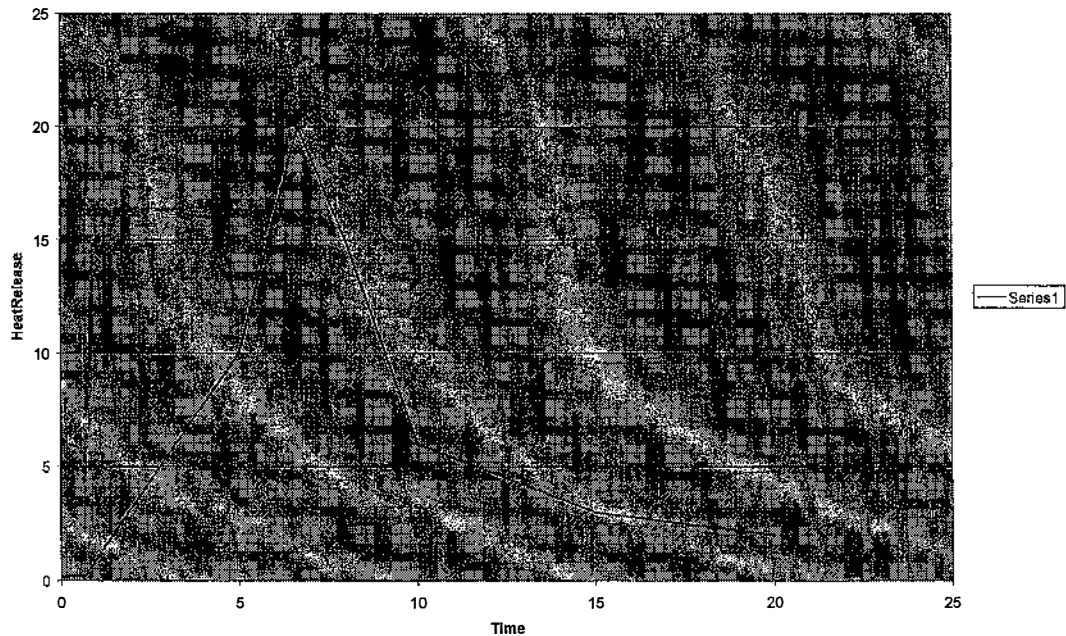


Fig 4 Beregnet effektforløp (MW) basert på inngangsdata forsøk SC-7, tid i minutter fra antennelsestidspunkt langs horisontalaksen.

Ved eksponering for varm gass og røyk (konveksjon og stråling) vil varmen som overføres til stålrøret forårsake en lengdeutvidelse. Pga av fast innspenning i begge ender (skott) vil stålrørets utbøyning skje i området der varmepåkjeningen er størst.

På grunnlag av en geometrisk betraktning er maksimal (vertikal) utbøyning anslått til ;  $\delta = 200$  mm jfr skadebilde fig 1.

Lengdeutvidelseskoeffisienten (materialkonstant) for stål typisk

$$\alpha = 0,0000115 \text{ } ^{-1}\text{K}$$

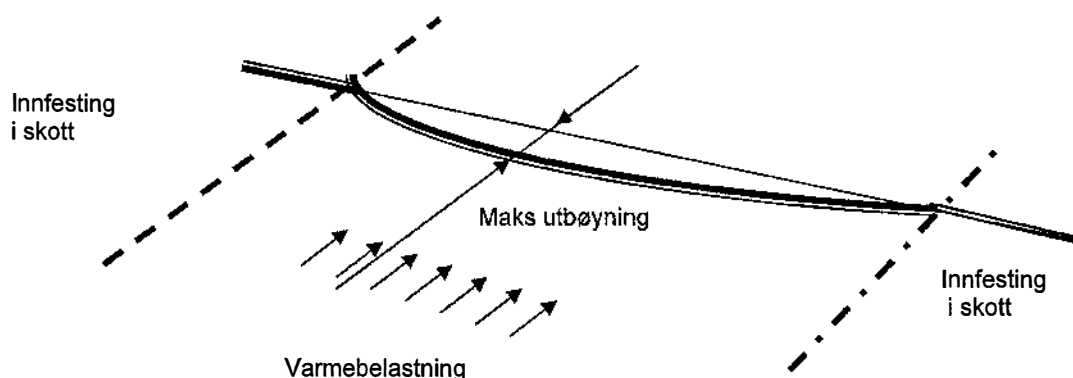


Fig 5 Et fast innspent rør vil ved varmeksponeering få en utbøyning i retning motsatt varmebelastningen. Maks utbøyning vil skje der eksponeringen er størst, temperaturen er høyest. Uten innspenning vil utbøyningen bli en ren lengdeutvidelse av røret

Stålteperaturen som kan ha gitt en sideveis utbøyning  $\delta = 200$  mm (jfr bilde fig 1) kan dermed beregnes basert på en enkel geometrisk betraktning

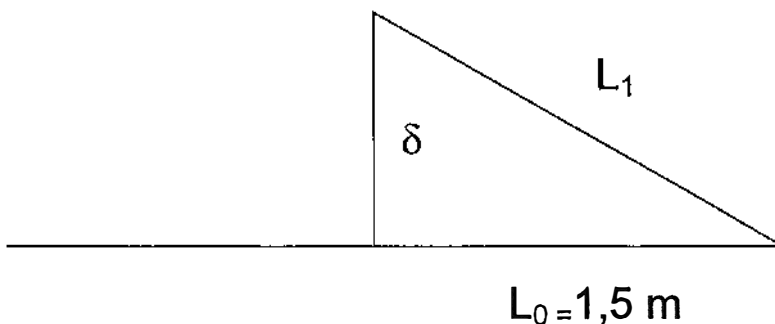


Fig 6 Geometrisk betraktningmåte for sideveis utbøyning. Eksponert lengde  $L_0$  er antatt på grunnlag av bilde fig 1 ( $2L_0 = 3$  m)

Lengdeutvidelsen er gitt av følgende uttrykk

$$L_1 = L_0 (1 + \alpha T)$$

Hvor  $T$  er eksponeringstemperaturen. (Relativ lengdeutvidelse er kun avhengig av materialkonstanten  $\alpha$  og eksponeringstemperaturen  $T$ )

Ved ståltemperatur på 740 grad C vil sideveis utbøyning  $\delta$ , bli ca 200 mm

Ved hjelp av beregningsprogrammet ARGOS er eksponeringstiden beregnet for at stålørret med de angitte dimensjoner skal oppnå en slik temperatur. Resultatet er gjengitt i diagram Fig 7

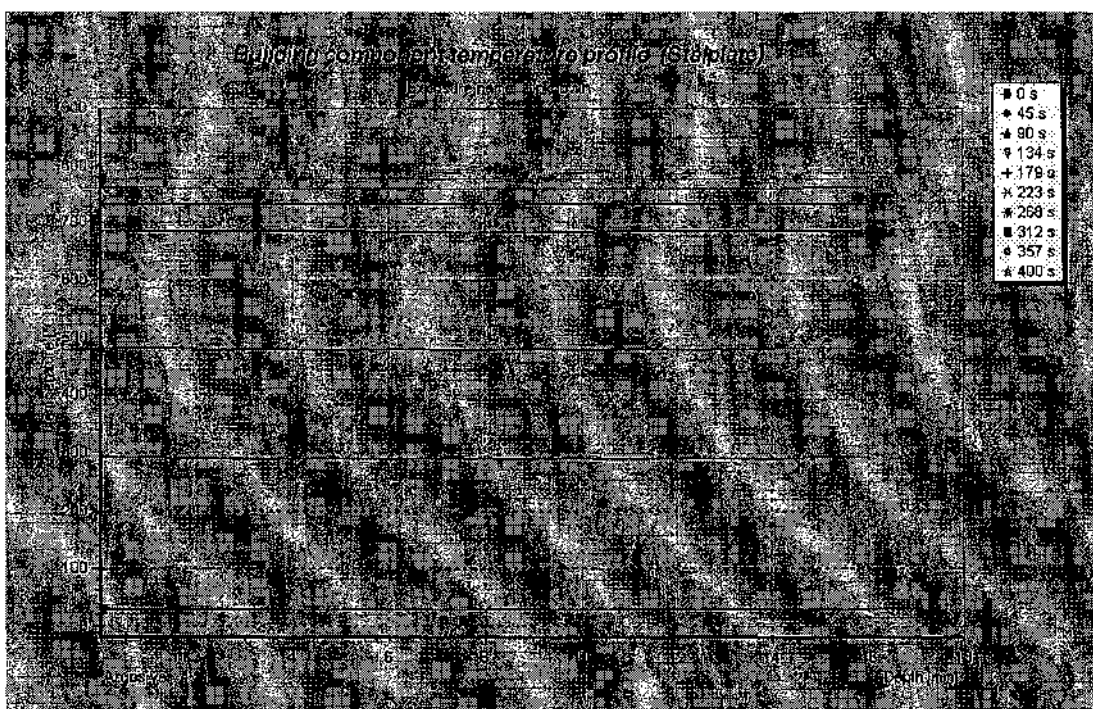


Fig 7 Temperaturen på hydraulikkørret ved eksponering av en brann med varmeeffekt tilsv forsøksdata, forsøk SC-7 (ARGOS)

Av diagrammet kan man se at eksponeringstiden for å oppnå en slik temperatur (740 grad C) er i størrelsesorden 200 s. Sammenligner man størrelsen på dette tidsrommet med temperaturregistreringer fig 3 ser vi at tidsrommet temperaturen er høyere enn 740 grader er i størrelsesorden 180-240 s dvs samme størrelsesorden. Mao den antatte varmeeksponeringen kan ha gitt en utbøyning tilsv den som er vist på fig1.

#### Forutsetninger

- I vurderingen er det ikke tatt hensyn til oljefylling i røret. Strømmende olje vil gi varmetap som gjør at tidsrommet før stålet når angitt temperatur øker. Det er lite trolig at dette vil endre størrelsesorden vesentlig.
- Det er ikke tatt hensyn til eventuell brannmotstand av himlingsplater. Hvis himlingspaltene (inkl oppheng) har branncellebegrensende funksjon vil dette begrense varmeeksponeringen inntil de eventuelt ramler ned. Dette kan muligens klarlegges nærmere gjennom de fortegninger som foreligger over materialkomponenter i korridor er på Scandinavian Star.



- Lengdeangivelser er basert på visuell betraktning bilde 1. Det ligger således en viss usikkerhet i dette men det er sannsynlig at usikkerheten er lik for både antakelse av lengde og utbøyning. Da lendeutvidelsen er relativ har dette således ingen betydning for konklusjon.
- Innfestingsmåten dvs fast innspenning i skott er antatt på bakgrunn av opplysninger fra mannskapet på søsterskipet "Venus". Hvis det alternativt var løs gjennomgang vil dette ha avgjørende betydning for konklusjon.
- Til sammenligning vil en mekanisk utbøyning av et tilsvarende rør, fast innspenning, lengde  $2 L_0 = 3$  m og samme diameter  $\varnothing 63,5$  mm ( $2 \frac{1}{2}$  ") vil kreve en mekanisk kraft på 19 000 N (1900 kg)

### Konklusjon

Ved å sammenligne temperaturegistreringer fra fullskalforsøk har man relatert varmekspenning med registrert utbøyning av hydraulikkør. I kombinasjon med enkle geometriske betraktninger og beregning av varmeovergang og varmeutvidelse (endimensjonalt, stasjonært) er det påvist at den påviste utbøyningen av hydraulikkør kan forklares ut fra den varmekspenning fra den antatte korridorbrann på YBOR dekk, styrbord side kan ha forårsaket. Sammenstillingen gir ingen rasjonell forklaring på situasjonsbildet som viser endestusser på hydraulikkør med oljefilm.