

# Brandulykken på Ny Lillebæltsbro

Niels Bitsch, Projektchef i COWI





## Broer/driftsansvarlig: Vejdirektoratet

- Hængebro
- Åbnet for trafik i 1970
- **60,000 køretøjer pr. dag**
- Hovedmotorvej
- Alternativer ?

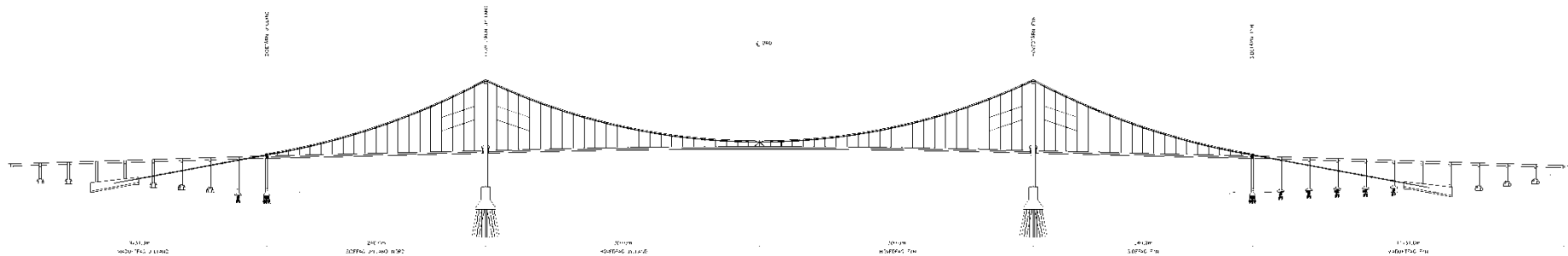
## Den gamle Lillebæltsbro (1935)

- Kombineret vej- og jernbanebro
- En vejbane i hver retning
- Lav kapacitet på tilstødende veje



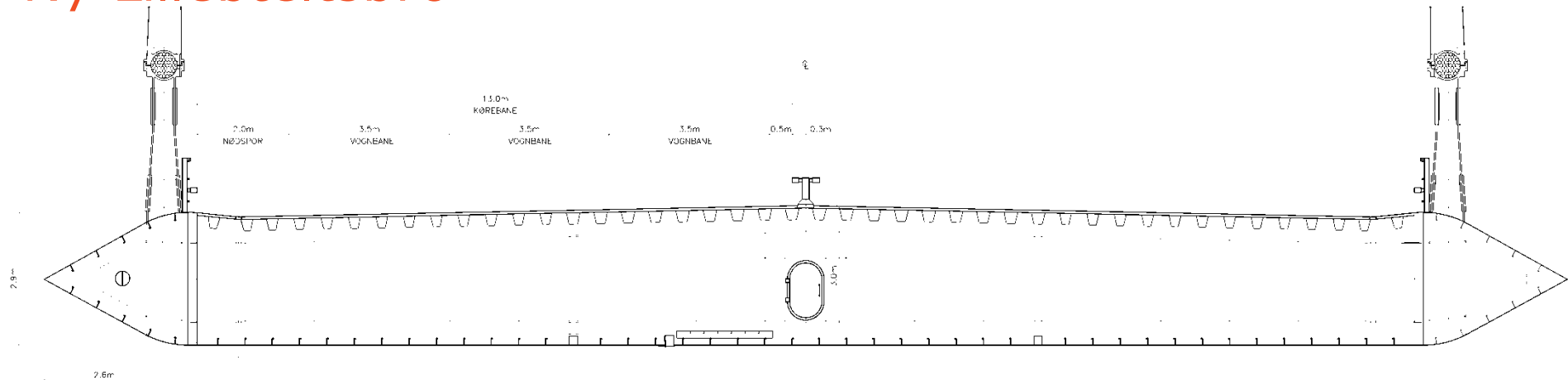
- Færgeforbindelse

# Ny Lillebæltsbro



- > Hovedfag 600 m
- > Sidefag 2 x 240 m
- > Længde på hængebroen 1.080 m
- > Længde på tilkørselsfag støbt i beton: 279 m og 341 m
- > Samlet længde: 1.700 m
- > 118 m høje hovedtårne støbt i beton

## Ny Lillebæltsbro



- > Motorvej med 3 vejbaner i hver retning
- > To (2) nødspor
- > Lukket stål-kassedrager, bredde 33,3 m
- > Ortotropisk ståldæk med tværgående skot pr. 3, 2 og 1 m
- > 28,1 m fra midte til midte af hovedkablerne
- > 12,0 m mellem hængerkabler

●●●●○ Telenor DK 3G 00.31 76 %

< Beskeder (1) Jørgen

Kontakt

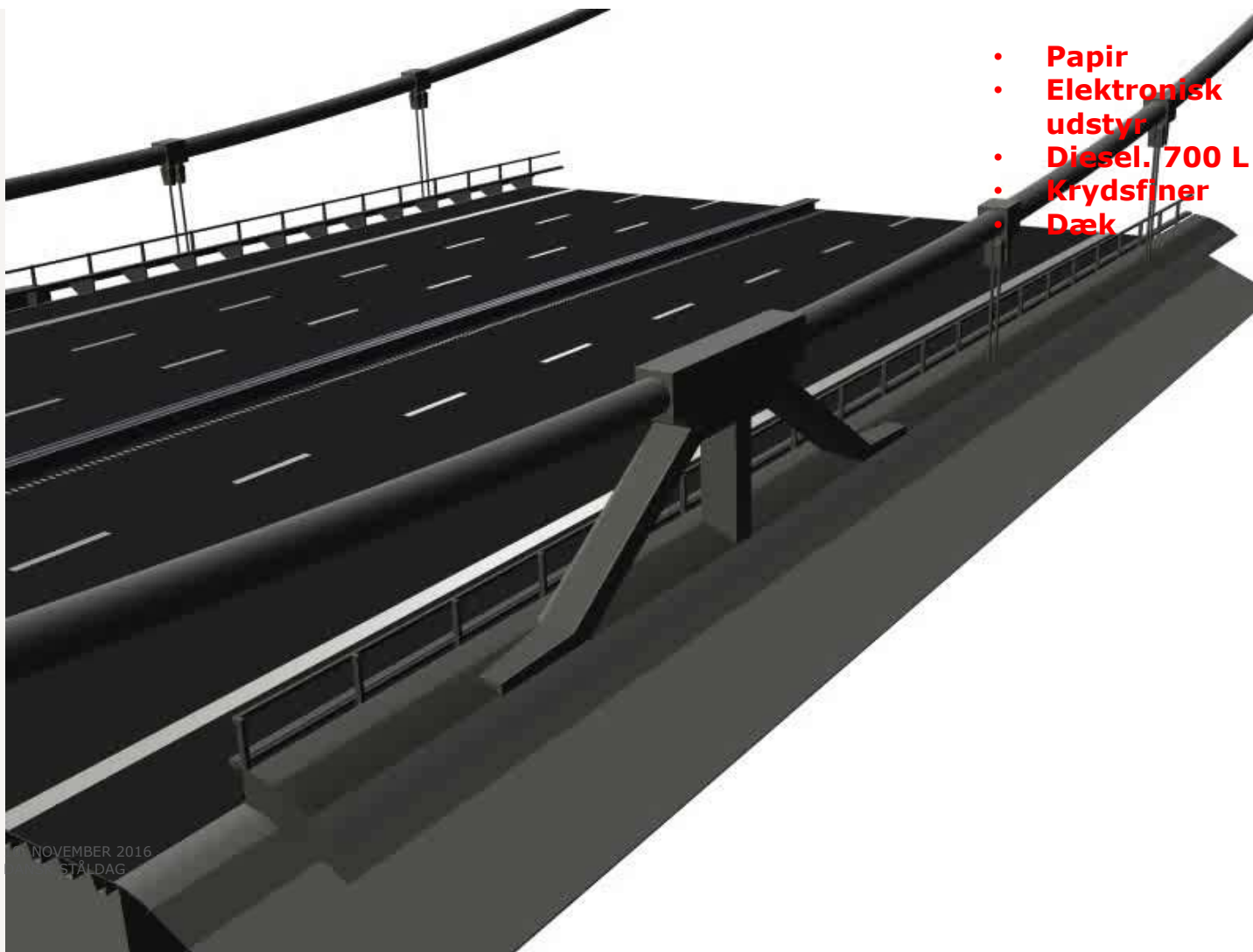
Tekstbesked  
tir. 23. jul. 03.17



Bæretov i baggrunden

## Overvejelser og aktiviteter på vej ud til broen

- > Tage kontakt til de relevante folk
  - Broejeren - Vejdirektoratet
  - Specialister i COWI og eksterne (FORCE)
- > Luk broen eller ej?
  - Stålkablers bæreevne aftager ved temperaturer over 500°C
  - Sikkerhed mod hovedkabelsvigt er 3,5
  - Ét hængerkabel kan erstattes med få gener for trafikken
  - Alternative måder at komme over Lillebælt på
- > Temperaturindikatorer
  - Temperaturmålinger foretaget af Brandvæsenet
  - Tilstand af materialer, som har været udsat for branden



- **Papir**
- **Elektronisk udstyr**
- **Diesel. 700 L**
- **Krydsfiner**
- **Dæk**





## Ny Lillebæltsbro – Dag 1

- > Alarmopkald modtages af Brandvæsenet kl. **02.08**
- > Brandvæsenet ankommer på broen kl. **02.16**
- > Branden slukkes kl. **02.45**



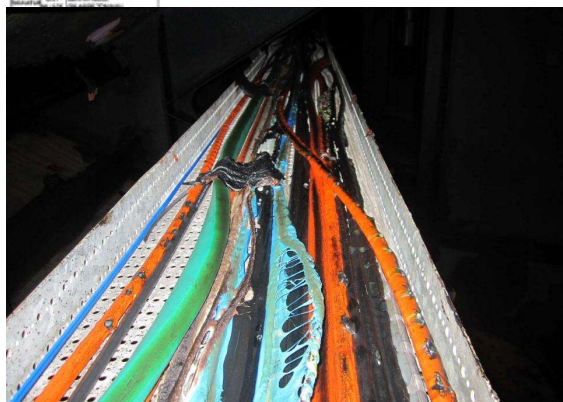
- > Den østgående trafik stoppes umiddelbart efter at Brandvæsenet ankommer
- > Broen lukkes helt for trafik kl. **02.50**
- > **To (2) vestgående og et (1) østgående** spor åbner kl. **07.00**
- > **To (2) vestgående og to (2) østgående** spor er åbne kl. **14.15**





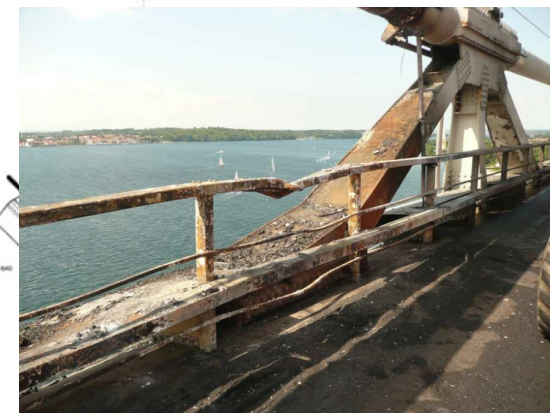
**KI. 7:00**



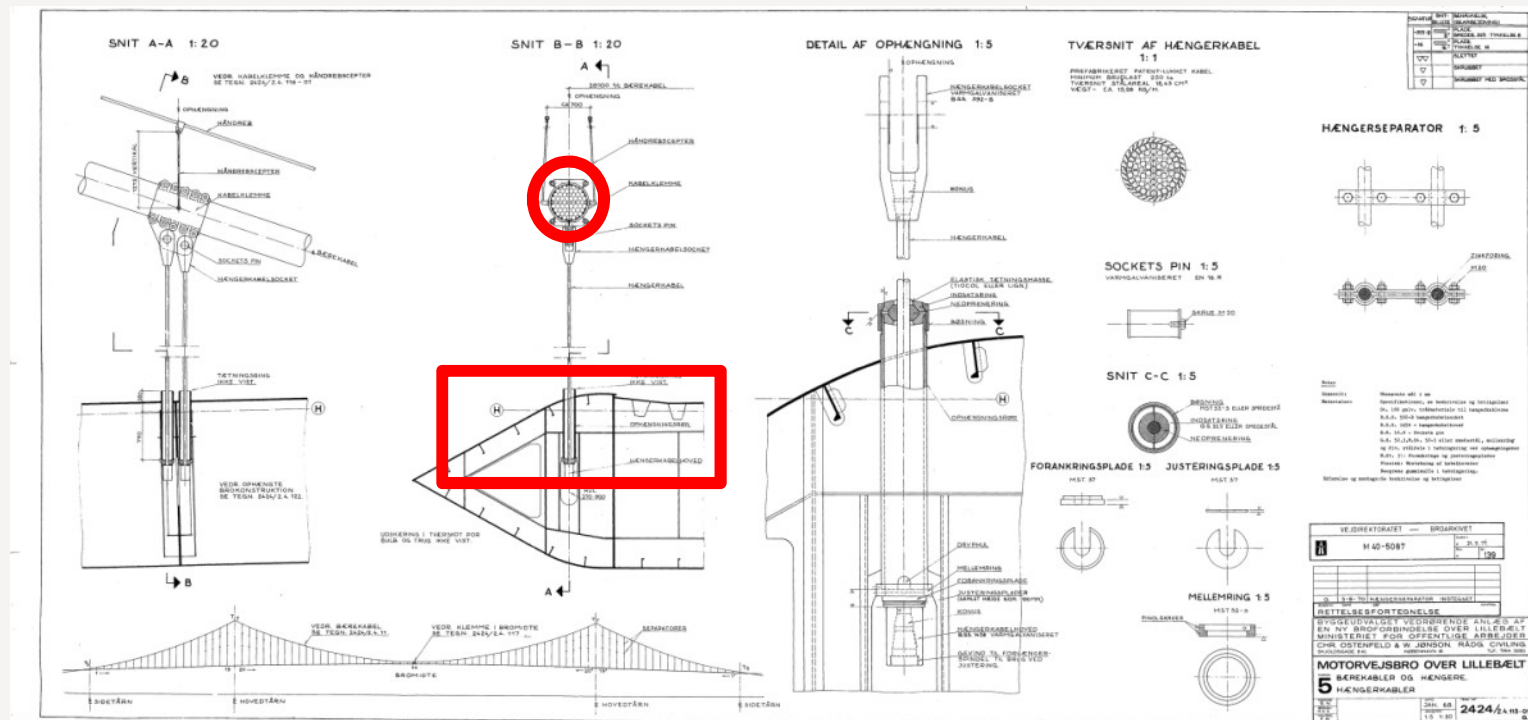


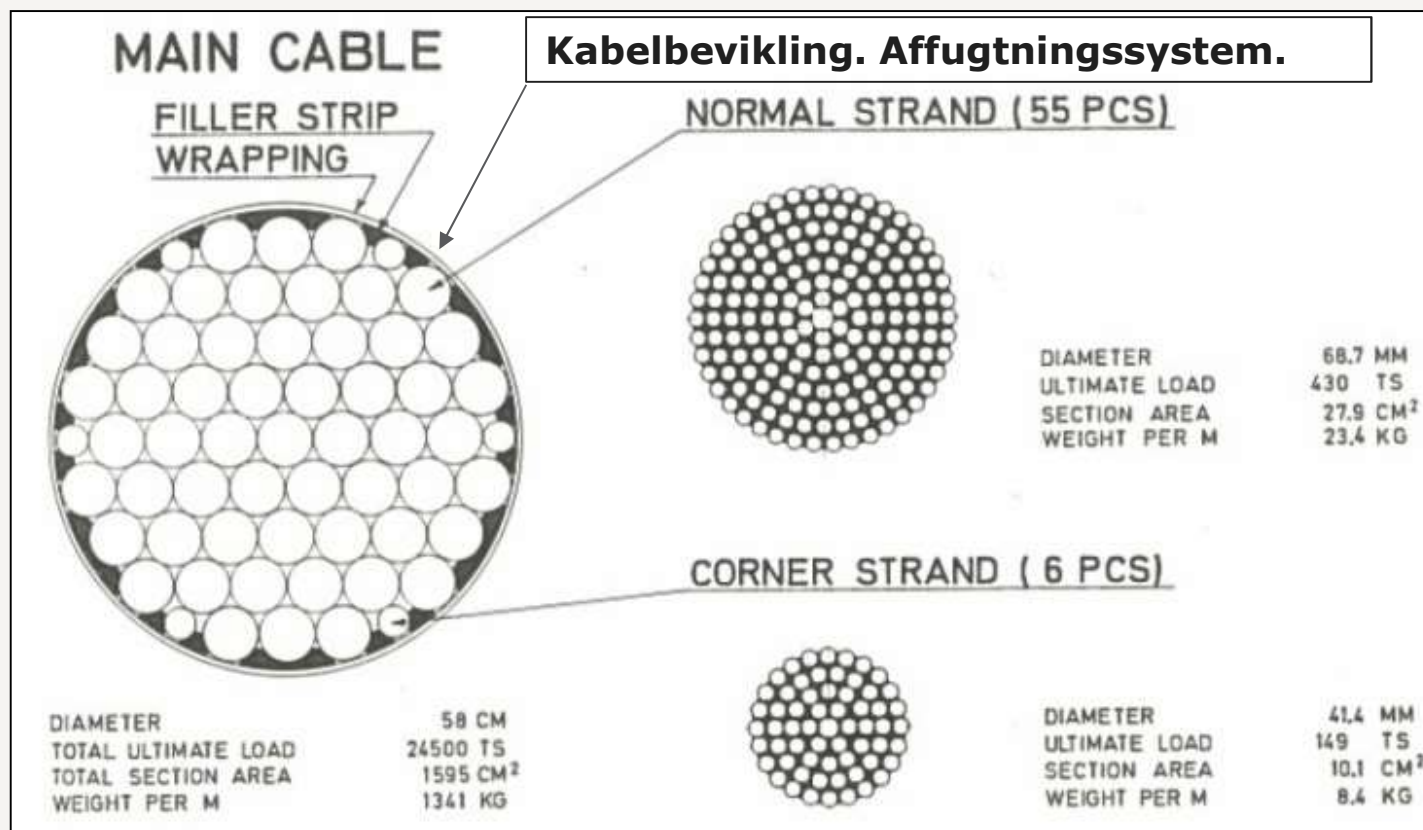
## Brandskadede elementer:

- Hovedkabel
- Kabelklemme
- Hængerkabel
- Centrale låseklemme
- Kassedrager
- Autoværn
- Håndtøve
- Belægning
- Kommunikationskabler



# Hovedkabel og stålkassedrager





Beskrivelse:

- > 55 kabler Ø 68,7 mm
- > 6 hjørne kabler Ø 41,4 mm
- > Nylon fyld-lister
- > Beviklingstråd Ø 3,8 mm
- > Ydre diameter 580 mm
- > Ca. 1,500 m hver

**Ydre kabler – 31% af det totale tværsnitsareal**  
**Yderste wirer i yderste kabler – 9% af det totale tværsnitsareal**

- Hovedkablets temperatur blev målt til at være under 500°C
- Højstyrkestålkabler (Deformationshærdede) begynder at miste styrke ved temperaturer omkring 500°C

Der var frygt for følgende scenarier relateret til de zinkbelagte kabler:

> **Liquefied Metal Embrittlement (LME)**

Zinkbelægningen smelter (Smeltepunkt er 419 °C) og zinkatomerne reducerer bindingsstyrken i jernatomerne med revnedannelse til følge.

> **Hydrogen Embrittlement**

Brint skørhed kan opstå hvor vand fra brandslukningen, som indeholder brintioner, kommer i kontakt med højstyrkeståloverflader, hvor zinken er bortsmeltet

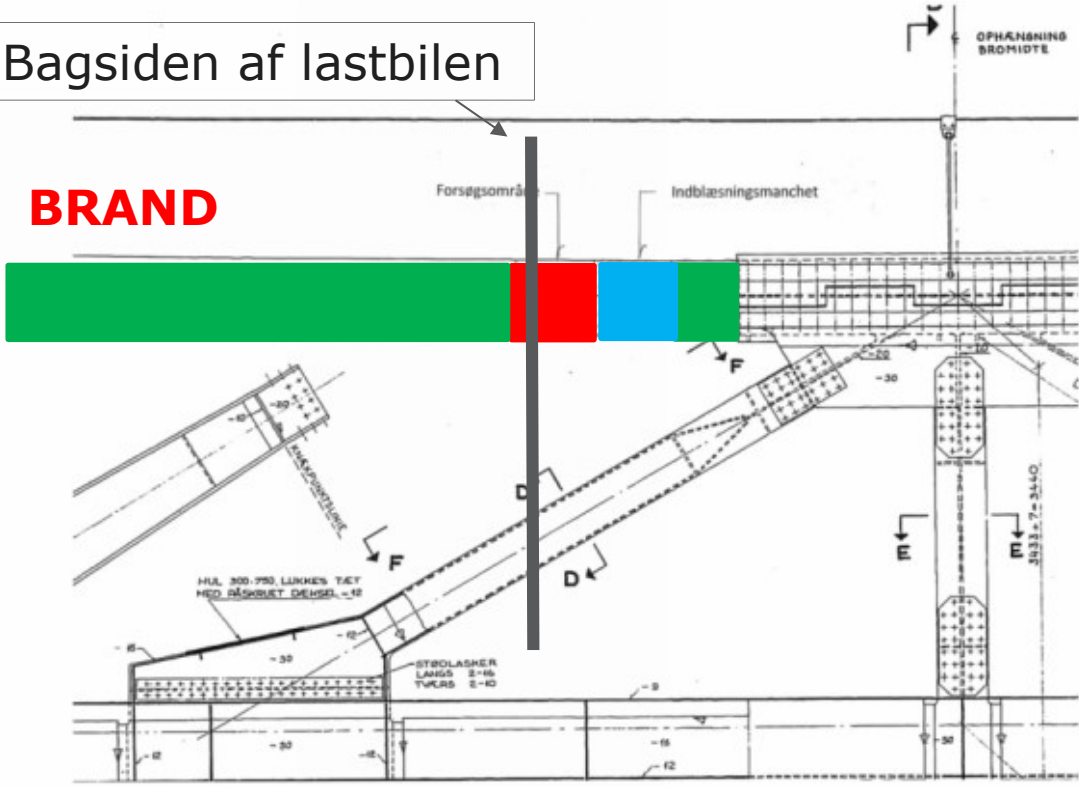


## Et kabel er ikke stærkere end det svageste sted



Bagsiden af lastbilen

**BRAND**









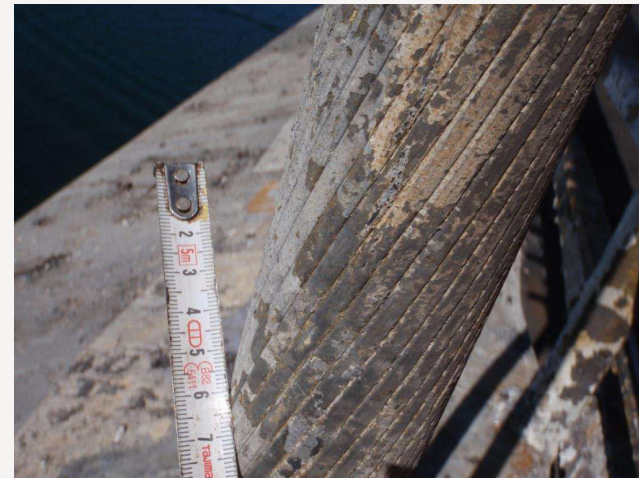
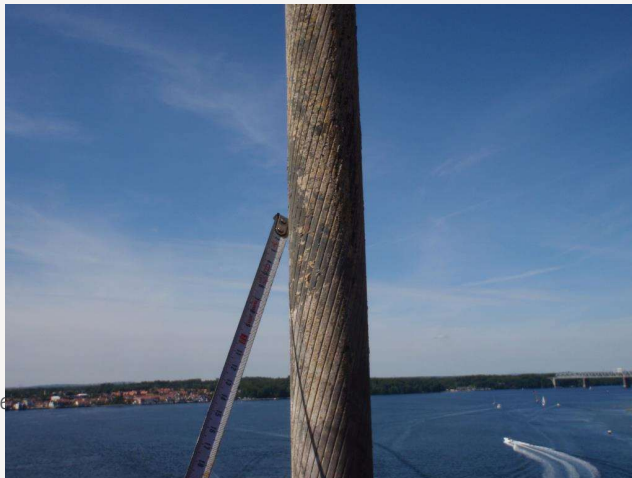






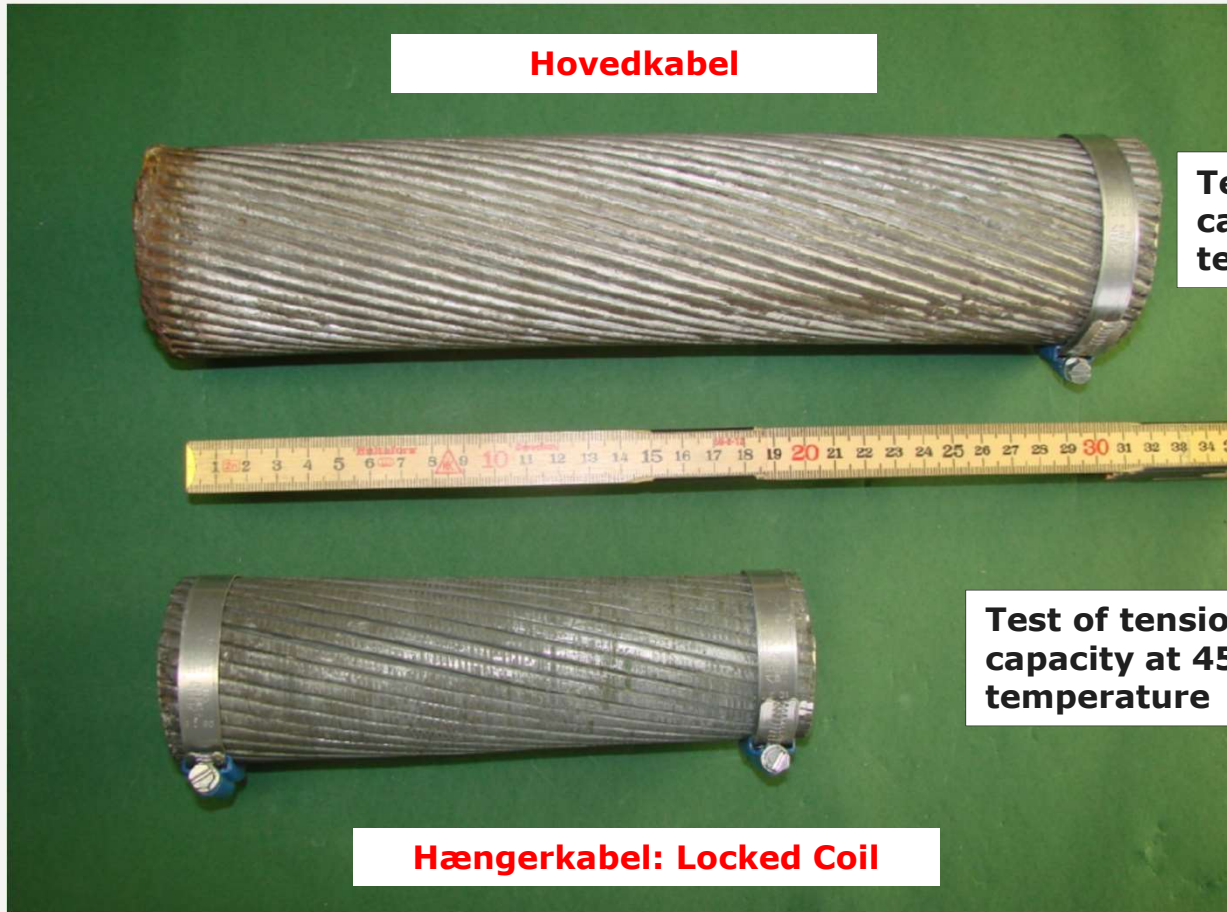


### Måling af zink belægningstykkelse på kabler



**Hovedkabel**

**Test of tension capacity at 400°C temperature**



**Test of tension capacity at 450°C temperature**

**Hængerlabel: Locked Coil**



## Resultater fra træktest på kabeltråd:

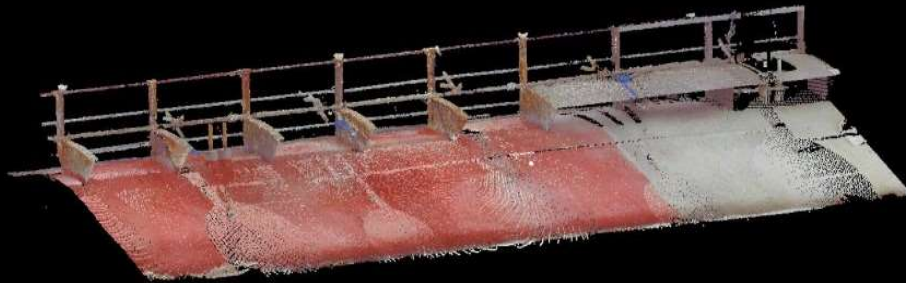
- > Der var ikke tegn på, at hovedkablerne havde været opvarmet til en temperatur over zinks smeltepunkt på 419°C.
- > Varmepåvirkning af kablerne til 400°C i en time gav ingen nedsættelse af kabeltrådens flydespænding ( $R_{p02}$ ), men gav en 8% nedsættelse af trækstyrken
- > Hængekablerne har sandsynligvis været opvarmet til over 419°C. Flydespændingen reduceret med 8% og trækspændingen reduceret med 15%

**Hovedkablets kapacitet blev derfor anset for at være intakt, men det brandpåvirkede hængerkabel måtte udskiftes**

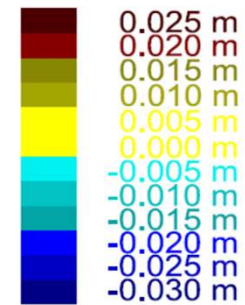
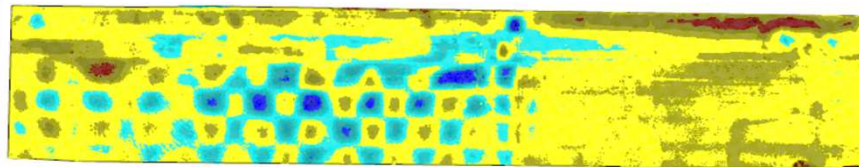
## Stålkassedrager Kantplade



# 3D-Laserscanning



Kørebane







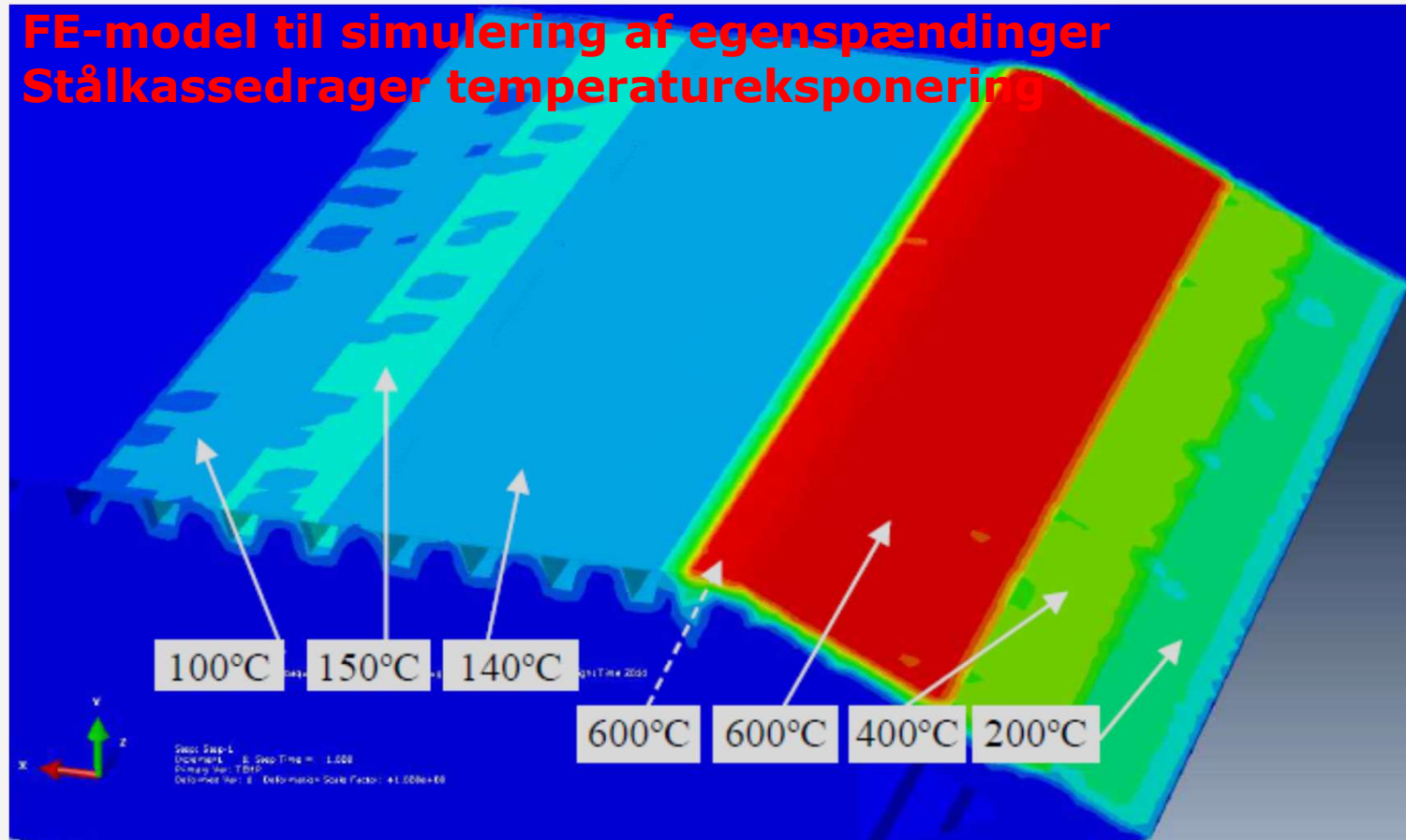
Belægning: 60 mm asfalt

Kogetemperatur ca. 300°C

## Invendig i stålkassedrager Deformeret afstivning på kantplade

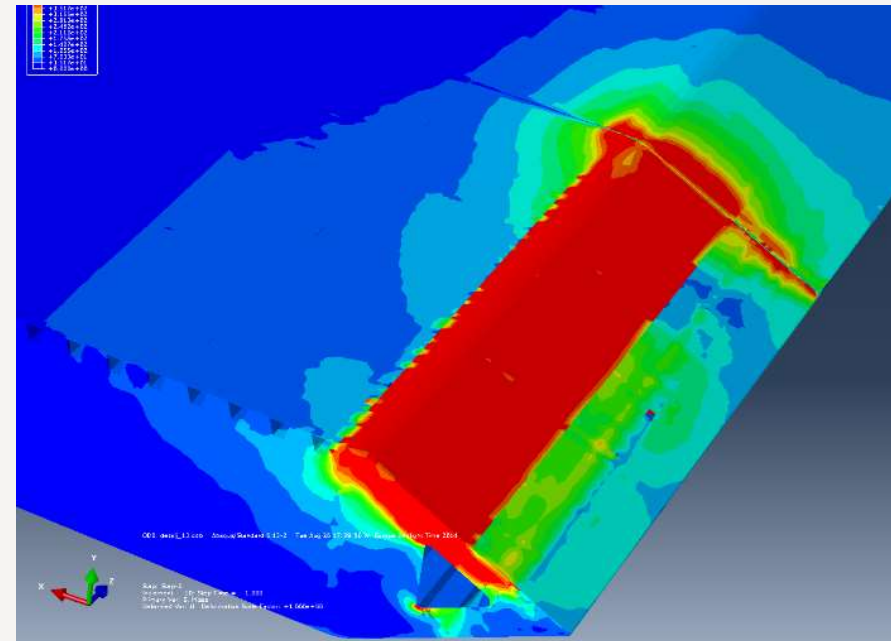
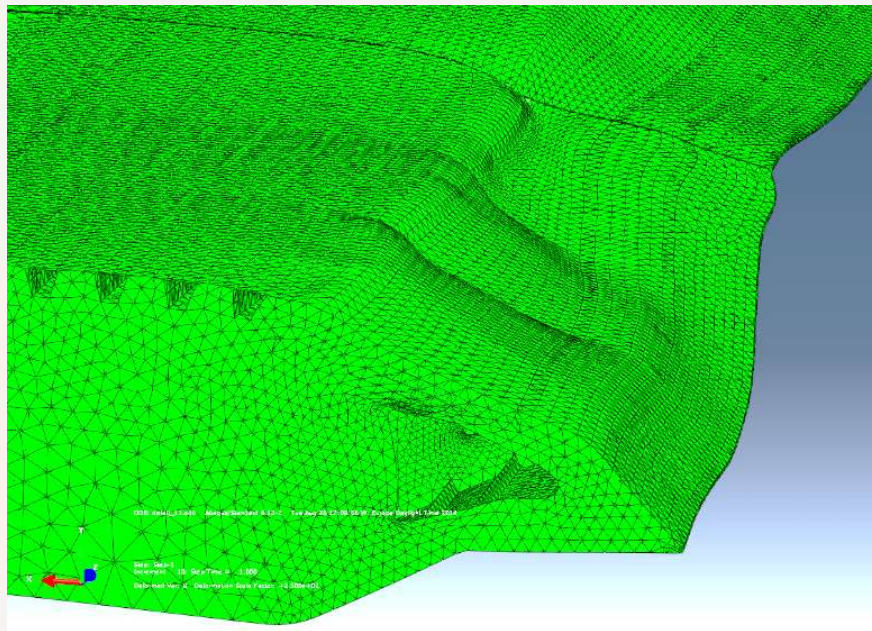


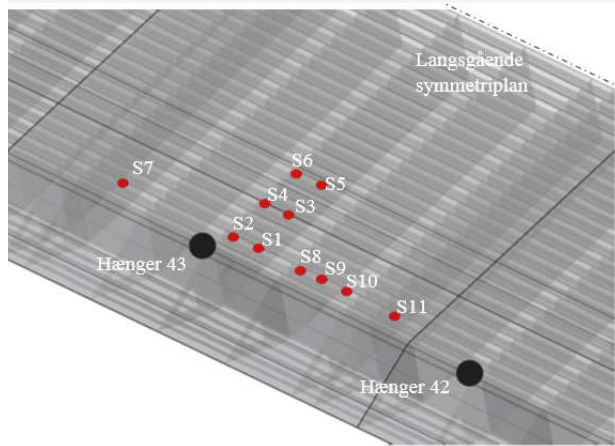
# FE-model til simulering af egenspændinger Stålkassedrager temperatureksponering





# Stålkassedeformationer og egenpændinger





- Hole-Drilling-Strain-Gauge-Metode
- Suppleret med en "Dummy" strain gauge
- 11 + 6 lokaliteter



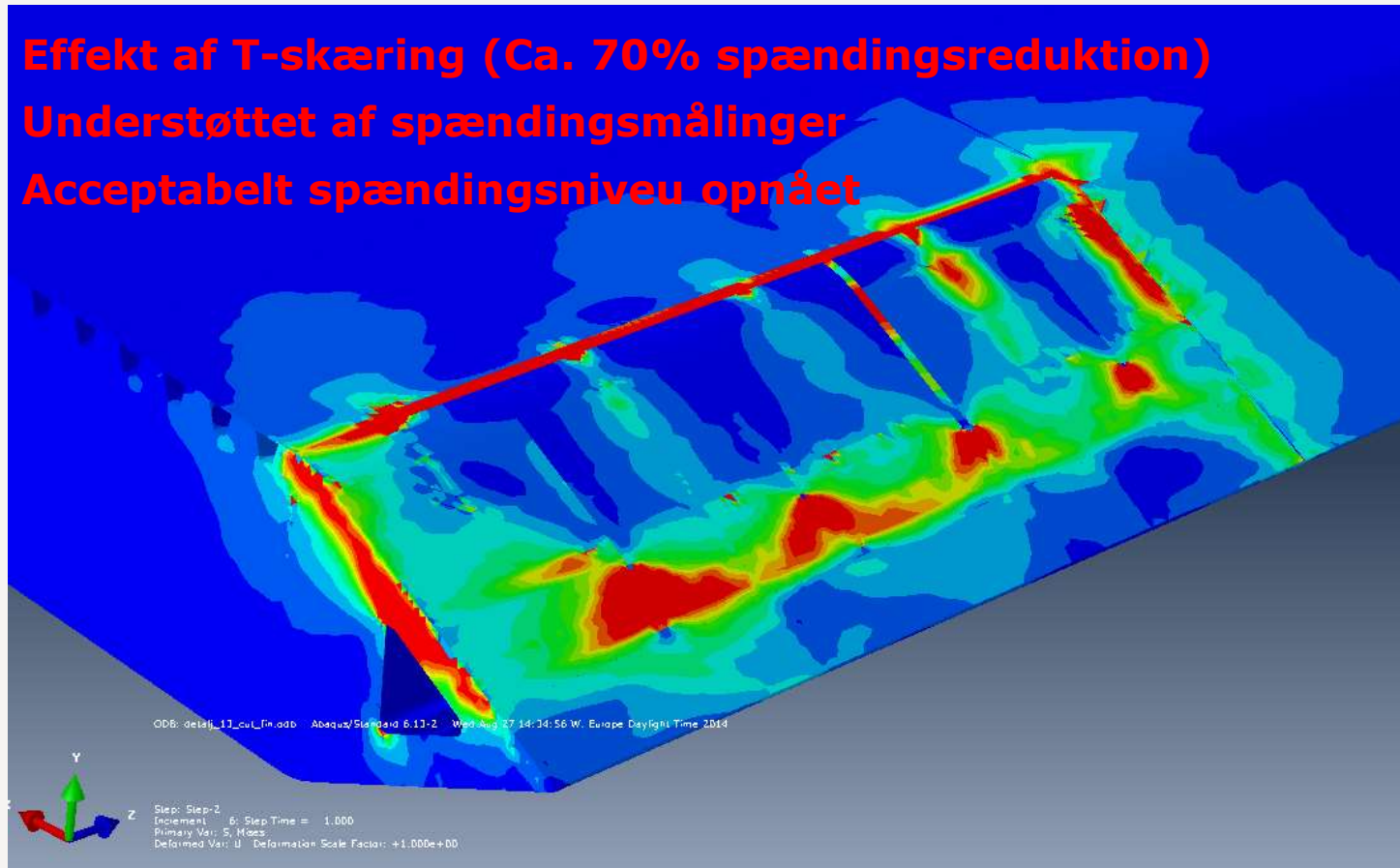
Egenspændingsmålinger



## Udløsning af høje trækspændinger ved T- skæring



**Effekt af T-skæring (Ca. 70% spændingsreduktion)  
Understøttet af spændingsmålinger  
Acceptabelt spændingsniveau opnået**



# Ny Lillebæltsbro

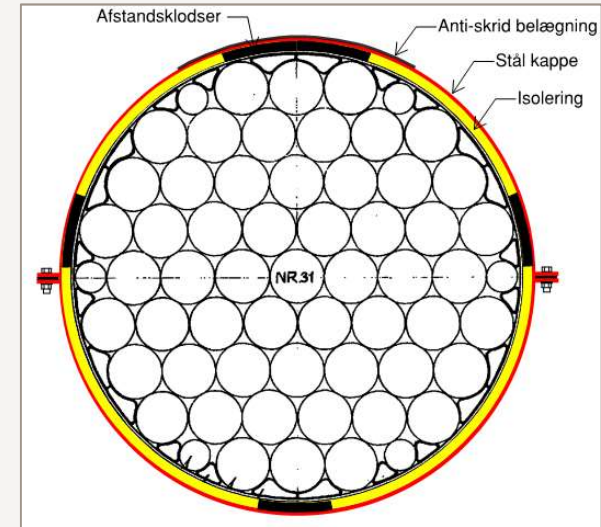
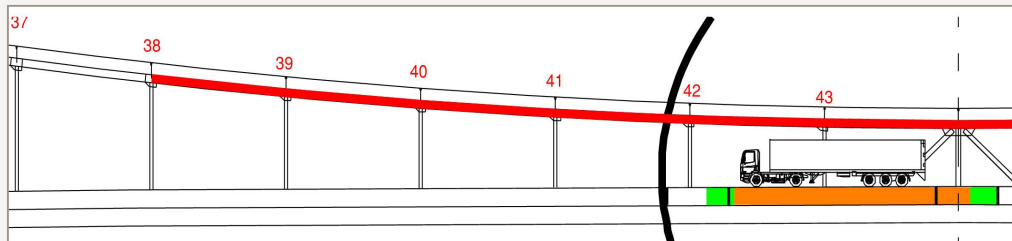
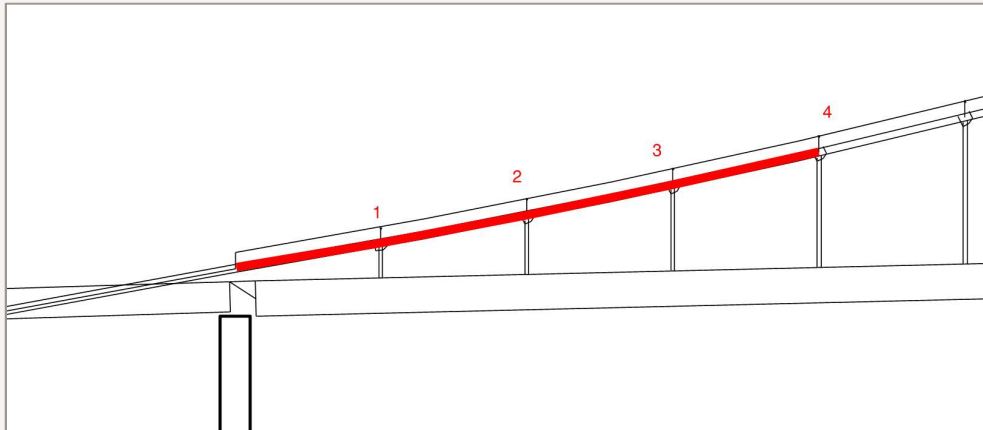
- > Broen åbnede helt igen efter 4 måneder
- > Samlede omkostninger ca. 11.5 mio. Kr.
- > Lastbilchaufførens forsikringselskab dækkede en stor del



## Risikoanalyse

- > Reduceret risikoanalyse med fokus på effekten af brændende lastbiler, som forårsager alvorlig skade
  - > Sandsynlighed for kollaps er fundet at være  $6 \cdot 10^{-4} > 1 \cdot 10^{-4}$  (Best practice/EUROCODE)
  - > Mulige risikoreducerende initiativer:
    - Reduktion af tids-slot for brandvæsenet ankomst til broen
    - Installering af brandvand på broen
    - Forbedring af brodækkets mulighed for "afvanding"
    - **Passiv brandbeskyttelse af hovedkablerne op til ca. 10 meter over brodækket**
- Fuld risikoanalyse vil sammen med et omkostningsstudie identificere de mest effektive risikoreducerende initiativer





**Ca. 440 M passiv  
brandbeskyttelse**

## HOVEDKONKLUSION – ERFARINGSOPSAMLING

- > **Der kan rent faktisk forekomme brand på din bro**
- > Vær straks opmærksom på evt. temperaturindikatorer og overvej, hvornår du skal begynde at fjerne dem.
- > Vær klar til at tage beslutninger – skab basis for beslutninger ved en risikoanalyse
- > Udfør risikoanalyse studier og handl i overensstemmelse hermed
- > FE-simulering af stålkassedrager udsat for brand leverer realistiske resultater og giver en god basis for muligt reparationsprojekt.

**Tak for din opmærksomhed!**