

# Nödvändiga OFP metoder vid inspektion av kärnkraftens betongkonstruktioner



En önskelista baserad på egna erfarenheter

# OFP-metoder och sprickkartering, tillämpningar och önskemål

- Detektera bom och inre skador – korroderande armering, råttbo i betong, vidhäftningsbrott mellan olika materialskikt, mm
- Lokalisera armeringsstänger och injekterade foderrör för spännarmering
- Detektering av sprickplan, dess orientering, utsträckning och tjocklek
- Sprickkartering (sprickbredd och spricklängd) och bedömning av huvudsprickriktningar
- Kombinerad sprick- och bomskanning

# Korrosionsskador hos en plattan över en utloppskanal



År 2009

# Undersökning av en platta över en utloppskanal



Bom förekom nästan överallt. Vita utfällningar täckte hela plattans yta.

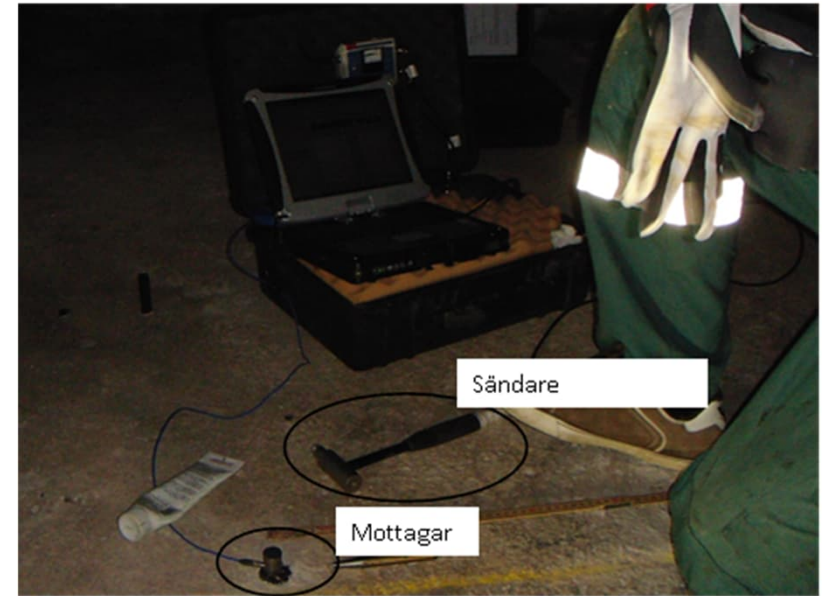


Armeringsstänger var under upplösning

# Undersökning av plattan med OFP



Ultra-Sonic Pulse Echo



Mätning med seismiska vågor (kompakt eko)

# Resultatet av skadedetekteringen

## Ultra-Sonic Pulse Echo (2009)

- Inga djupa delamineringar upptäcks.
- Däremot registrerades ytliga delamineringar vilka sannolikt blockerade möjligheten att mäta djupare in i betongen.
- De ytliga delamineringarna bekräftades genom bomknackning.
- Undersökningsresultatet tydde på att det kan gå att detektera skador med metoden. Användningsområdet för instrumentet var dock nytt och krävde ytterligare utredning innan det kunde användas som en självständig metod.

## kompakt eko (2009)

- Mätningarna utfördes i ett utrymme i två vinkelräta sektioner, A och B.
- I sektion A minskar våghastigheten och E-modulen gradvis längre in i rummet, men är dock dålig över hela sträckan. Mätdata indikerar att det är dålig betong igenom hela plattjockleken.
- I sektion B tyder resultaten från de första och sista 1,5 metrarna på normal betong, alltså oskadad betong. Dock, ges indikationer på en delaminering vid 0,43 m djup 1,5 m från den nedersta väggen. På sträckan 1,5-3,5 m blir betongen dålig, med stor sannolikhet genom hela tjockleken.

# Bestämning av spänning hos ingjutna spännlinor

# Detektion och lokalisering av armering och foderrör

- The tendons and reinforcement was located by FORCE Technology.
- A ground penetrating radar system from GSSI was used.

For location of the rebar, a SS mini, 1,6 GHz antenna was used.

For location of the tendons a SIR 4000 with a 1,5 GHz antenna was used.

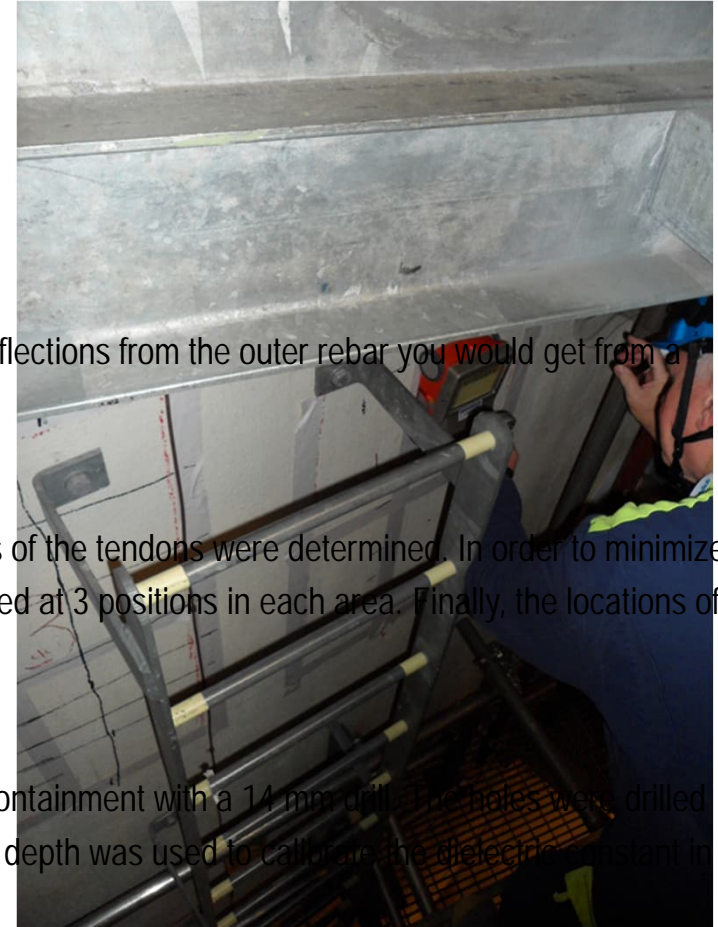
The antenna was depolarized when detecting the tendons, as this method ignores the strong reflections from the outer rebar you would get from a normal polarization.

- The rebars in the test window area were located first.

The location of the rebar was drawn on the surface of the containment. Thereafter, the locations of the tendons were determined. In order to minimize the reflection from the rebars, the detection conducted between rebars. The tendons were located at 3 positions in each area. Finally, the locations of the tendons were drawn on the surface.

- Verification of the location

In order to get a more accurate depth to the rebar and the tendons, 2 holes were drilled in the containment with a 14 mm drill. The holes were drilled until a contact with a horizontal and vertical rebar, in 2 different areas. The physically measured depth was used to calibrate the dielectric constant in the radar equipment, which determines the depth.





# Detektion och lokalisering av armering och foderrör

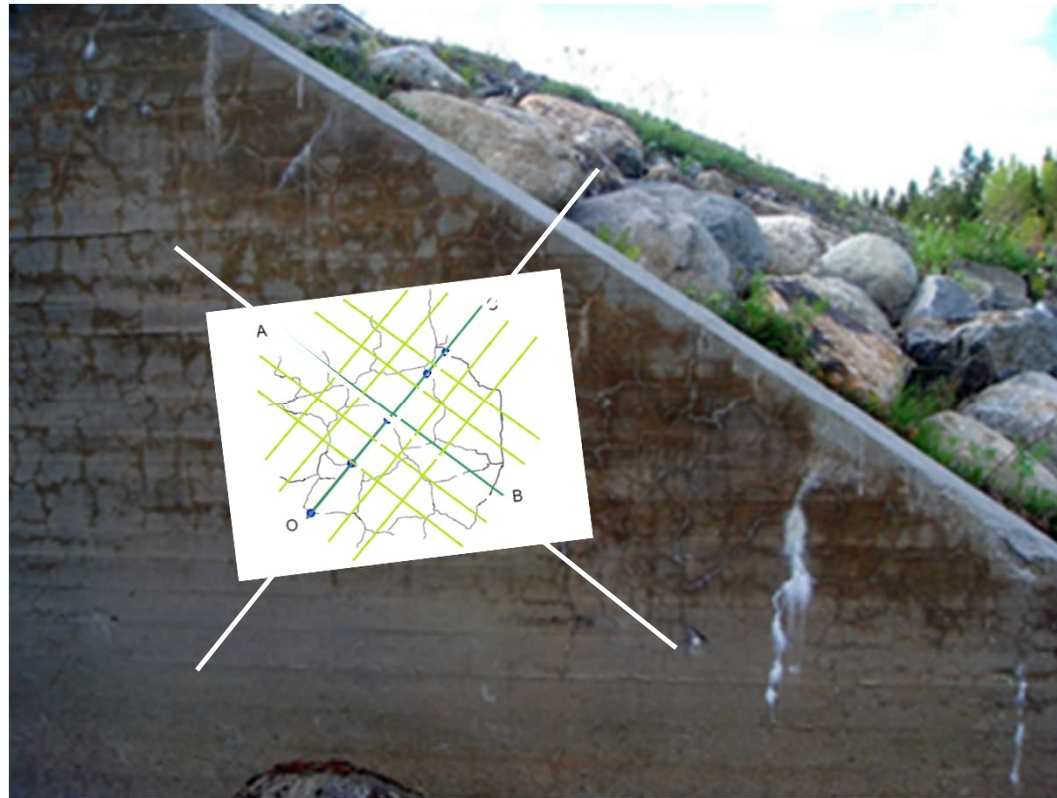


# Detektering och karakterisering av sprickplan – ett önskemål

# Detektering och karakterisering av sprickplan – ett önskemål

# Kartering av skador och sprickor

# Kartering av skador och sprickor



Stödmur skadad av ASR (alkalisilikareaktioner)

# Bestämning av töjningar/expansion

Beräkning av medelexpansion

$$\bar{\varepsilon} = \frac{\sum \varepsilon_i}{n}$$

$$\varepsilon_i = \frac{\alpha \sum w \cdot \sin \theta}{L} + \beta$$

$n$  antal punkter i varje riktning

$w$  sprickvidd (mm)

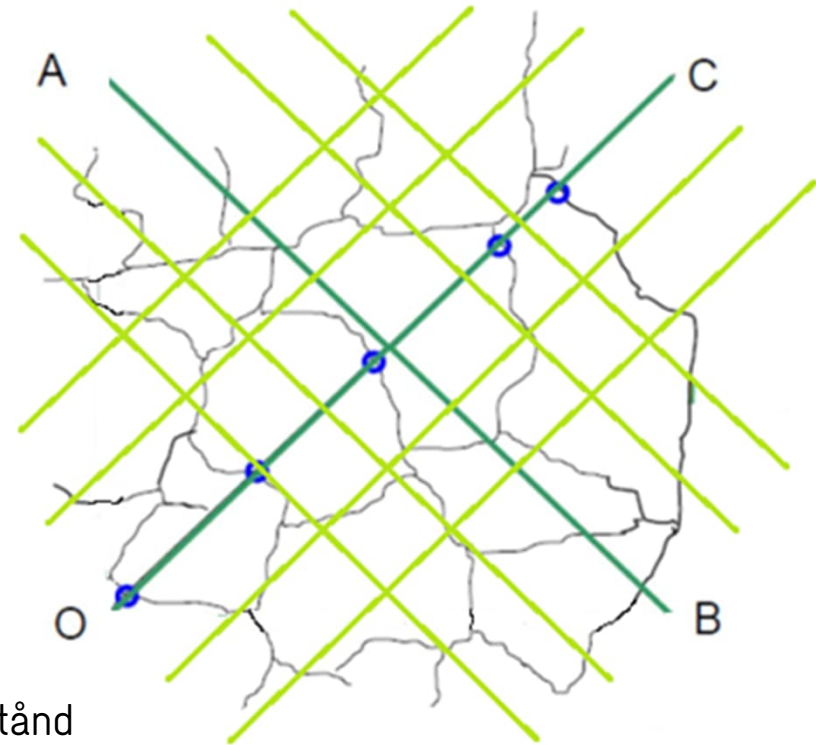
$\theta$  vinkeln mellan referenslinjen och sprickan

$L$  referenslinjernas längd

$\alpha$  konstant mellan 1 och 1,5

$\beta$  konstant mellan  $500 \cdot 10^{-6}$  och  $1500 \cdot 10^{-6}$

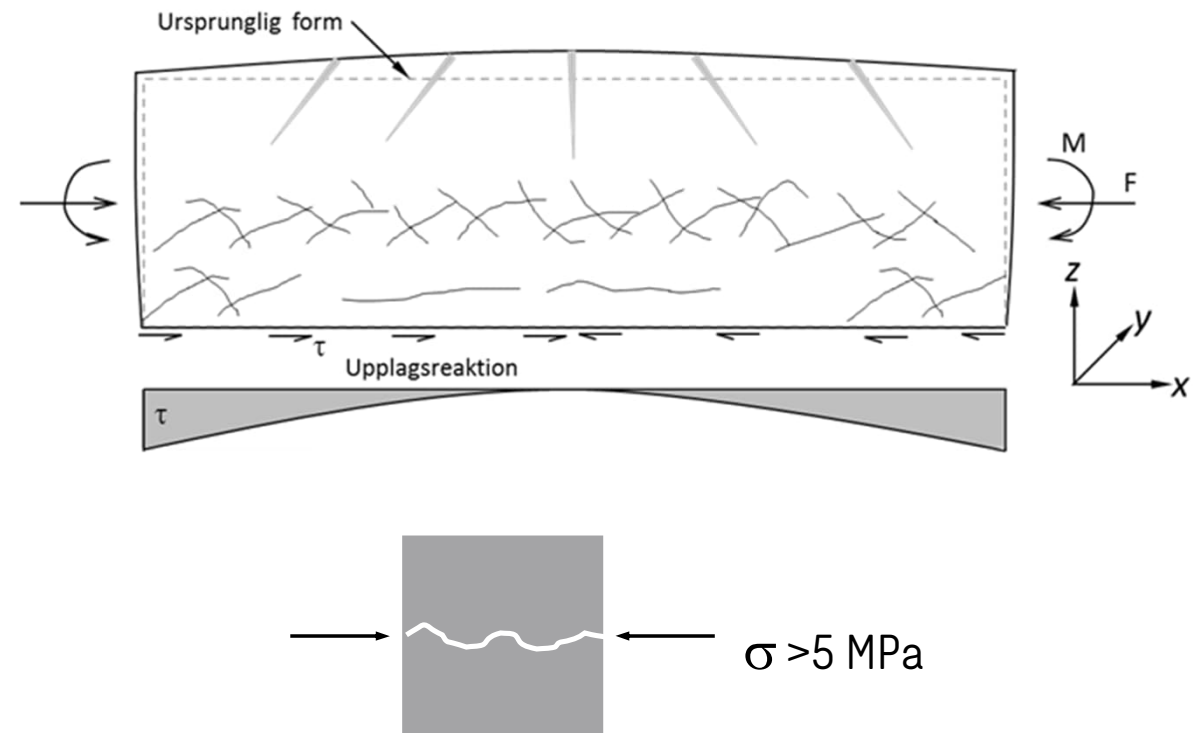
Fem parallella linjer á 1 m med c-c avstånd på minst 0,25 m ritas i båda riktningarna. Sprickvidden mäts i varje skärningspunkt mellan linjerna och sprickorna.



# Tillämpning av sprickkartering för ASR

Tryckspänningar större än ca 5 MPa förhindrar betongens expansion som orsakas av ASR. Därför ändrar expansionen riktning och kan ske i den vinkelräta riktningen.

Genom att kartlägga sprickor kan man bestämma expansionens huvudriktningar och kalibrera/verifiera beräkningsmodellen och/eller vidta åtgärder t.ex. spänna upp konstruktionen.



# Tillämpning av sprickkartering för skadeundersökning

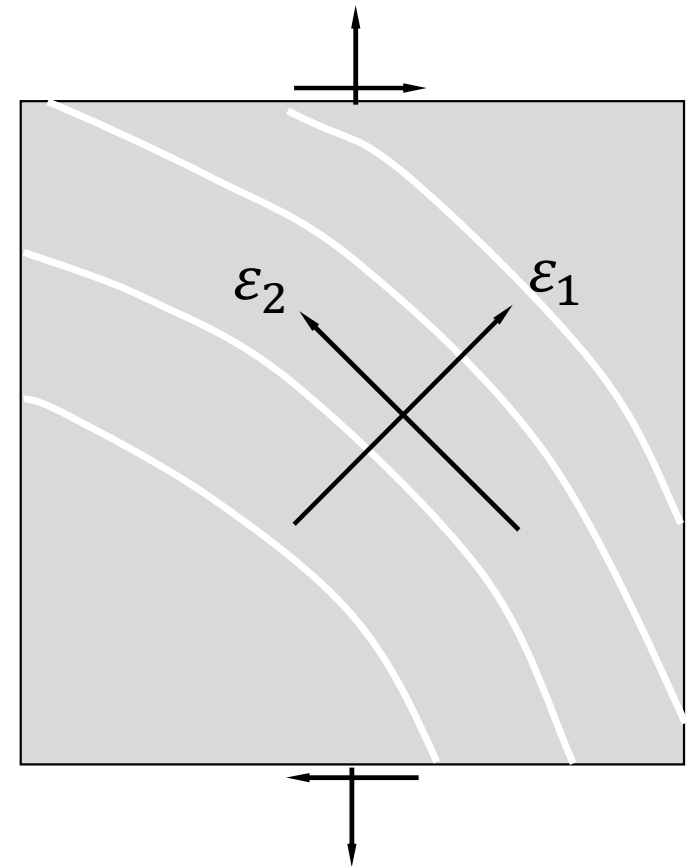
Genom sprickkartering kan man bestämma huvudtöjningsriktningarna.

Resultatet kan användas för att bestämma

- Huvudspännings- och belastningsriktningarna,
- tvångs-/expansionsriktningarna (orsakat av temperatur- och/eller fuktgradienter),
- sättningar

Resultatet kan användas

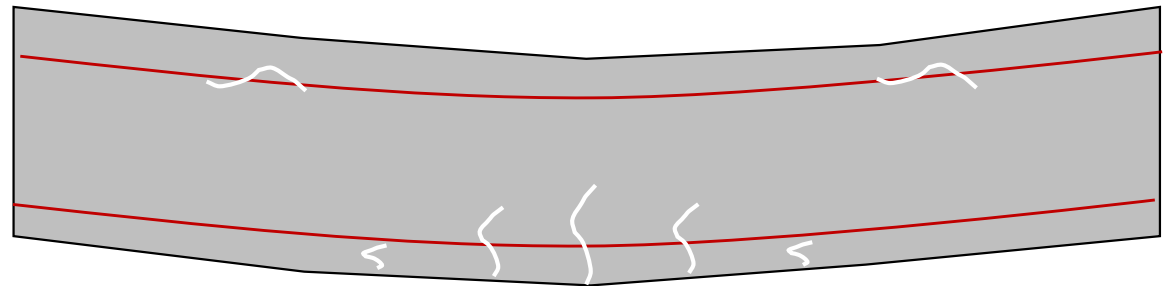
- för att verifiera teoretiska modeller
- för att kombinera teoretiska modeller med övriga OFP metoder





# Tillämpning av sprickkartering och övriga OFP-metoder

- Lokalisering av armering
- Detektering av bom hos och delaminering av, det täckande betongskiktet.
- Detektering av defekta skikt och hålrum i konstruktioner.
- Vidhäftningsbrott och bom mellan olika materialskikt.
- Sprickbredd och spricklängd
  - Det är viktigt att kunna skilja mellan ytliga sprickor och sprickor som tränger djupare in i konstruktionen.
  - Det är viktigt att kunna detektera genomgående sprickor.



Tack för uppmärksamheten!