



NFB /Excon sluttseminar 23.04.2026

***GRØNN FORVALTNING AV STORE BETONGKONSTRUKSJONER
OG FORLENGELSE AV BRUKSTID***

Tor Arne Martius-Hammer

"Grønn plattform"

Forskningsrådet, Innovasjon Norge og Siva lyser ut inntil 750 millioner kroner - 30 til 80 mill. per prosjekt - for treårige Grønn plattform-prosjekter med oppstart tidlig i 2023.

Mål: Akselerere grønn omstilling i næringslivet og sikre et samfunnsøkonomisk lønnsomt og internasjonalt konkurransedyktig norsk næringsliv.

Bidra til lavere klimagassutslipp og bedre ressursutnyttelse på en måte som sikrer naturmangfold og miljø.

Mobilisere store og ambisiøse FoU-prosjekter som skal gjennomføres av konsortier i faktisk samarbeid

Bakgrunn og motivasjon

a) Øke levetiden på eksisterende konstruksjoner:

Nasjonale regjeringsrapporter og EU-rapporter: Den (potensielt) mest effektive enkeltstående strategiske måten å redusere klimagass-utslipp på og dermed kanskje det viktigste bidrag til grønn omstilling i BA, er å **forlenge bruken av den eksisterende bygningsmassen i stedet for å rive og bygge nytt.**

Bidra til at næring og samfunn sparer i størrelsesordenen **NOK 100 mrd.**, og reduserer det nasjonale klimagassutslippet med i størrelsesordenen **10 mill. tonn CO₂-eq** i nærmeste 10-år.

Eks. kystbru:

Rep. for 30 års økt levetid representerer ca 5 % av utslippet og kostnaden for ei ny bru

Deloitte.



Kunnskapsgrunnlag for nasjonal strategi
for sirkulær økonomi

Delutredning 1 – Potensial for
økt sirkularitet

3. september 2020

Bakgrunn og motivasjon

b) Redusere vedlikeholdsetterslepet og øke sikkerheten:

State-of-the-Nation-rapporten fra RIF i 2025 konkluderte med et **vedlikeholds-ettterslep på NOK 3 300 milliarder!!**

Vedlikeholdet kommer for sent i gang og behovet for vedlikehold er dermed ofte større enn forutsatt

Eks. kystbru:

Rep. for 30 års økt levetid representerer ca 5 % av utslippet og kostnaden for ei ny bru



Bakgrunn og motivasjon

c) Implementering av miljøkrav:

Miljøprestasjonen, og spesielt klimagass-avtrykket, har blitt en viktig driver. Det kompliserer i betydelig grad valg av forvaltningsstrategi, enten det er snakk om utvidet brukstid eller ikke. Hvordan miljøprestasjonen skal håndteres i forvaltningsstrategien er foreløpig uklart.

d) Samspill i verdikjeden:

Manglende samspill og felles datagrunnlag og verifikasjons-system er et betydelig hinder for en effektiv forvaltning. Den tradisjonelle verdikjeden i FDV-prosesser er utvidet og forsterket i prosjektet ved å inkludere organisasjoner med **spesialkompetanse på henholdsvis beslutnings-støtte og digitalisering.**

Excon konsortium

Eiere:



Rådgivere:



Utførende:



Metodeleverandører:



Materialleverandør:



Digitalisering:



FoU-partnere:





H1 Beslutningsmodell

Techno-Economical-**Environmental**-Assesment
modell som beslutningsgrunnlag

H2 Databehandling

Digital plattform for å samle, lagre og strukturere
data. Grunnlag for H1 og digital tvilling

H3 Tilstandsanalyse

Metodikk som minimaliserer
bruk av destruktive metoder,
fysisk arbeid og rigging, gjennom
digitalisering og avansert
konstruksjonsanalyse

H4 Miljøprestasjonen (LCA)

Helhetlig miljøvurderingsmodell
for FDV-strategier

H5 levetidsberegning

Levetidsmodeller for
rehabiliterede konstruksjoner
inkludert overvåking

Program

kl. 09:00–09:20 **Velkommen og bakgrunn**
Tor Arne Martius-Hammer, Sintef

kl. 09:20–10:30 **Tema: Beslutningstøtte**

Ny modell for støtte til valg av forvaltningsstrategi
- som inkluderer både kostnader og miljøprestasjonen - eksempler

Endre Sølvberg/Sintef & Dan Isdahl-Engh/Proxpect

Hvordan ta hensyn til miljøprestasjonen i beslutningsmodeller?
Håvard Bergsdal, Sintef

kl. 10:30–11:00 **Pause**

kl. 11:00–12:00 **Tema: Konstruksjoner med ASR**

Kombinasjon av NDT-metoder for et komplett bilde av tilstand og skadeutvikling

Jan Lindgård/Sintef & Werner Bjerke/Elop

Avansert konstruksjonsanalyse
- For vurdering av konsekvensen av korrosjon på konstruksjonens ytelse

Reignard Tan, Multiconsult

Hvordan rehabilitere, tiltak?
Bård Arntsen & Jan Lindgård, Sintef

kl. 12:00–13:00 **Lunsj**

kl. 13:00–14:00 **Tema: Konstruksjoner med armeringskorrosjon**

Avansert konstruksjonsanalyse for vurdering av konsekvensen
- på konstruksjonens ytelse

Reignard Tan, Multiconsult

Kombinasjon av NDT-metoder for et komplett bilde av tilstand
Jelena Zivkovic, Equinor

Reparasjon og levetid: KB
Roy Antonsen, Sintef

Utvikling av KB-mørtel
Paul Stavem, Mapei

kl. 14:00–14:30 **Pause**

kl. 14:30–14:50 **Reparasjon og forebygging av skader på spennarmering**
Lise Bathen & Magdalena Jadwiga Osmolska/SVV

kl. 14:50–15:10 **Mock-Up validation of NDT for tendon duct assessment**
- A step towards NDT certification

Cosmin Popescu, Sintef

kl. 15:10–15:30 **Mekanisk respons av bjelker med pitting korrosjon**
Jan Arve Øverli, NTNU

kl. 15:30–16:00 **Avslutning**
Tor Arne Martius-Hammer

Veien videre?

Excon-resultater

- a) Modell for teknisk-økonomisk-karbonavtrykk beslutningsstøtte inkl digital data-plattform
 - Hindringer for implementering?
- b) Veiledning for bruk av og grunnlag for sertifisering av NDT-metoder for å detektere relevante skader
 - Fins det andre metoder?
 - Kan vi utnytte KI bedre?
 - Hvilke muligheter/begrensninger gir robotisering?
- c) Rammeverk for bruk av avansert konstruksjonsanalyse for vurdering av nå- og fremtidig tilstand
 - Mangler pålitelige materialmodeller
 - Hvordan kan KI bidra til å gjøre det enda bedre?
- d) Mer pålitelig og effektiv bruk av KB, inkl. ny metode for flomålet
 - Er vi i mål?
- e) Levetid av mekanisk reparasjon

Veien videre?

Excon-resultater

Levetid av mekanisk reparasjon:

- Utførelsesfeil som må repareres i utførelsesfasen
- Klarere retningslinjer i ansvarsfordeling
- For lite oppmerksomhet på utførelse av reparasjonsmetodikk
- Savner felles struktur/format for innsamling, rapportering og deling av data som omfatter design, utførelse, oppfølging og funksjonskriterier

BETONG

Levetiden til betongreparasjoner

Det settes i dag stort søkelys på levetiden til betongkonstruksjoner og hvordan denne kan forlenges. I det pågående FoU-prosjektet Excon - Grønn forvaltning av konstruksjoner for infrastruktur arbeides det med å finne de beste løsningene for å forlenge brukstiden til eksisterende betongkonstruksjoner. Et av delmålene er utvikling av metode for levetidsvurdering av skadde og reparerte konstruksjoner, der også levetiden til selve betongreparasjonene inngår.

Roar Myrdal,
Jan Arve Øverli og
Mette R. Geiker
Institutt for konstruksjonsteknikk,
NTNU

INNLEGG

Betongkonstruksjoner er utsatt for en rekke nedbrytningsmekanismer, noe som forkorter levetiden til konstruksjonene. Den vanligste nedbrytningsmekanismen er forårsaket av armeringskorrosjon, enten som følge av inntrengning av kloridsalter (sjøvann, tinesalter), eller karbonatisering (senkning av pH som følge av CO₂-inntrengning). Andre typiske nedbrytningsmekanismer er alkali/silika-reaksjoner (ASR) og frostnedbrytning. Problemet knyttet til armeringskorrosjon er det klart mest skadelige, og står for cirka 90 prosent av alle nedbrytningsskader. Det er særdeles viktig å samle erfaring innen dette fagområdet for best mulig å kunne videreutvikle vedlikeholds- og reparasjonsmetoder som kan forlenge levetiden til disse konstruksjonene. Det ble derfor avholdt et dagsseminar 12. februar på NTNU der flere av partene i Excon-prosjektet deltok. Tittel på seminaret var «Levetiden til betongreparasjoner».

Reparasjon og levetid

Et vanlig tema på seminarer og konferanser som dekker betongrehabilitering er bestandigheten og levetiden til betongkonstruksjoner etter vedlikehold og reparasjon. Det er mindre søkelys på levetiden til selve reparasjonene. I denne sammenheng er det viktig å understreke at en betongreparasjon inkluderer hele opplegget og systemet rundt reparasjonen, ikke bare selve reparasjonsmaterialet (f.eks. en mørtel, eller en overflatebehandling). Dette kan f.eks. inkludere styringssystemet til katodisk beskyttelse (KB) av armeringen (påtrykt spenningsstrøm, sensorer, datalogger, etc.).

Seminar deltakere
For å diskutere dette temaet ble det samlet hele 16 deltakere fra ulike



Foto: Mette R. Geiker (NTNU)

partnere i Excon-prosjektet. Deltakerne representerte flere involverte parter i et rehabiliteringsprosjekt: Bygghefter, konsulenter, entreprenører, materialleverandører, og akademia. På bildet over ser vi deltakerne i diskusjon rundt møtebordet.

Erfaringer med ulike typer betongreparasjoner

Betongkonstruksjoner kan vedlikeholdes og repareres på flere ulike måter. Seminaret ble innledet med en sammenfatning av internasjonal forskning siste 30 år innen levetiden av ulike reparasjonsmetoder, samt hvilke parametere som er studert og publisert i en slik sammenheng (Roar Myrdal, NTNU). Hovedkonklusjonen var at det er utført lite forskning på dette temaet. Deretter ga flere av deltakerne et innlegg om erfaringer innen en av følgende reparasjonsmetoder:

Mekanisk reparasjon

- Erfaringer med mekanisk reparasjon (Paul Stavem, Mapei)
- Erfaringer med reparasjoner på betongplattformer (Jelena Zivkovic, Equinor)
- Reparasjonstiltak for konstruksjoner med ASR: Formål, effekt og levetid (Jan Lindgård, Sintef)

- 1 års kontroll av en større mekanisk reparasjon og reparasjon av reparasjonen (Hilde R Isaksen, Norconsult)

Elektrokjemisk reparasjon

- Hvor lenge kan et KB-anlegg leve? Status Sortlandsbrua (Karla Hornbostel, Staten vegvesen)
- Levetid av reparasjon med KB (sprøyte)mørtel – skader på kaier (Kåre Reknes, Multiconsult)
- Getting the voltage right (Jan Eri, Protector)
- Electro Active Repair (Mette R. Geiker, NTNU)

Overflatebehandling

- Kloridbremsende overflatebehandling – regelverk og resultater fra feltforsøk (Eva Rodum, Statens vegvesen)
- Overflatebehandling alkalireaksjoner – feltforsøk og eksempler fra bruer (Eva Rodum, Statens vegvesen)

Veien videre

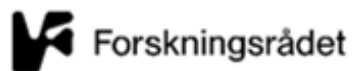
Innleggene ble etterfulgt av spørsmål og diskusjoner knyttet til levetiden av de ulike reparasjonsmetodene. Også andre sentrale spørsmål relatert til levetiden til betongkon-

struksjoner som helhet ble diskutert: Når bør man reparere? og Hvor lenge beskytter reparasjonen? I den forbindelse ble det framhevet at de første reparasjonene ofte må utføres i konstruksjonsfasen pga. utførelsesfeil, og at det er behov for klare retningslinjer i fordelingen av ansvarsområder i forbindelse med betongskader og reparasjoner. Med henblikk på økt holdbarhet, kom det klart fram at det ofte fokuseres for mye på selve reparasjonsmaterialet (f.eks. en reparasjonsmørtel, eller overflatebehandling), og for lite på andre faktorer som spiller inn. Dette gjelder særlig for behandling av betongoverflaten før reparasjonen: Fjerning av betong, rengjøring, fukttilstand, primer, etc. Forskningsmessig har levetiden til betongreparasjoner ennå ikke hatt stor oppmerksomhet, verken nasjonalt eller internasjonalt. Vi trenger å etablere en felles struktur/format for innsamling, rapportering og deling av data for reparasjoner som omfatter design, utførelse, oppfølging, herunder formulering av kriterier for funksjon og levetid.

Dette er et leserinlegg og meninger i innlegget står for forfatterens regning.

EXCON

<https://www.sintef.no/prosjekter/2023/excon-gronn-forvaltning-av-konstruksjoner-for-infrastruktur/>



Prosjektet er finansiert av Grønn Plattform ordningen som er et samarbeid mellom Forskningsrådet, Innovasjon Norge, Siva og Enova, og følgende deltagere:



MILJØPRESTASJON I EXCONS MODELL FOR BESLUTNINGSSTØTTE

HÅVARD BERGSDAL, SINTEF COMMUNITY

EXCON AVSLUTNINGSEMINAR | 23 APRIL 2026

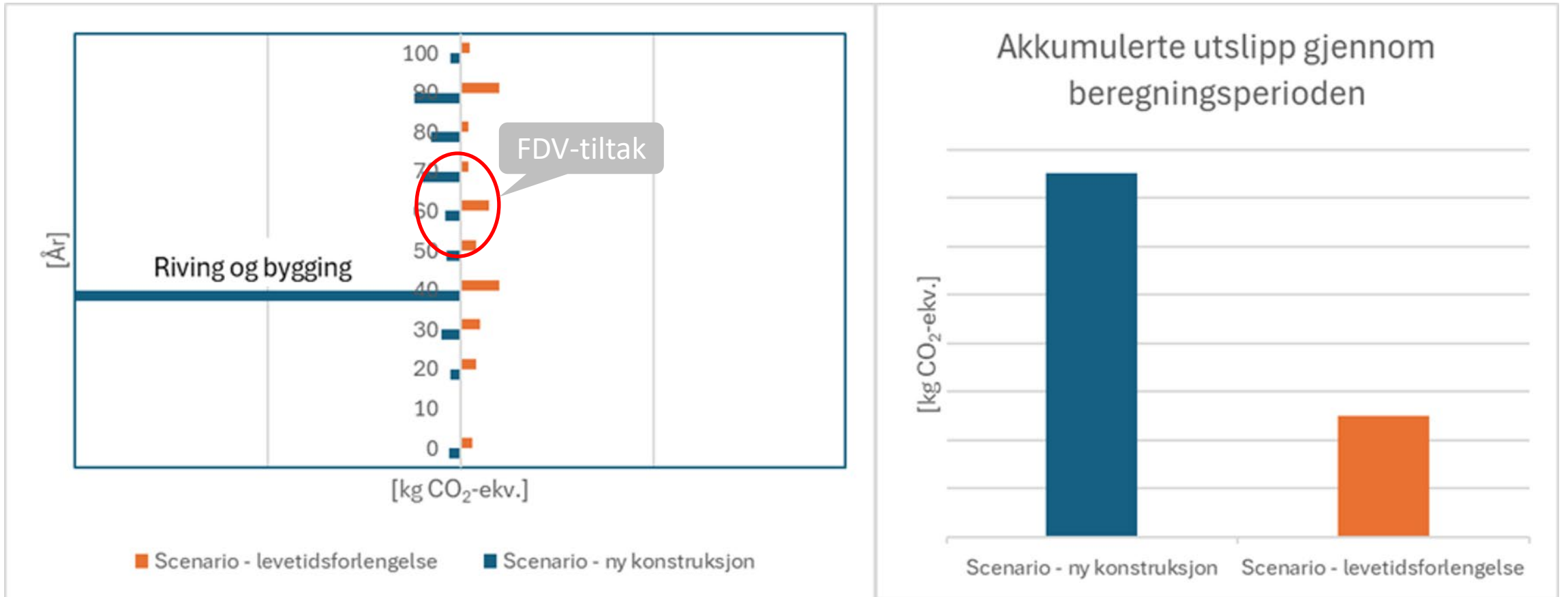
Miljøvurderinger i Excon

Mål: Helhetlig miljøvurderingsmodell for FDV-strategier tilpasset bro, dam og offshore.

- Overordnet nivå: Bidra med underlag til beslutningsstøttemodell for miljøprestasjon
- Praktisk: Kvantifisere utslipp forbundet med ulike FDV-strategier og aktiviteter



Mål for evaluering av miljøprestasjon for FDV



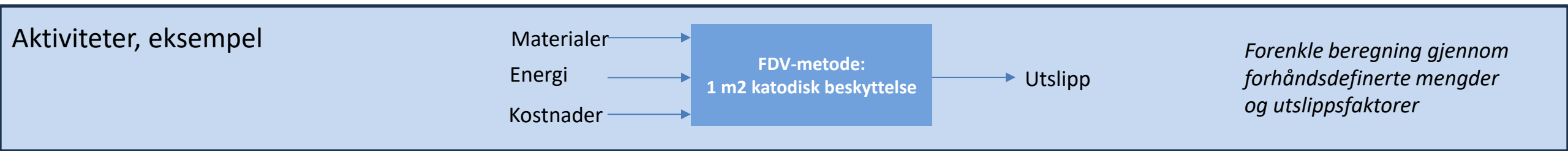
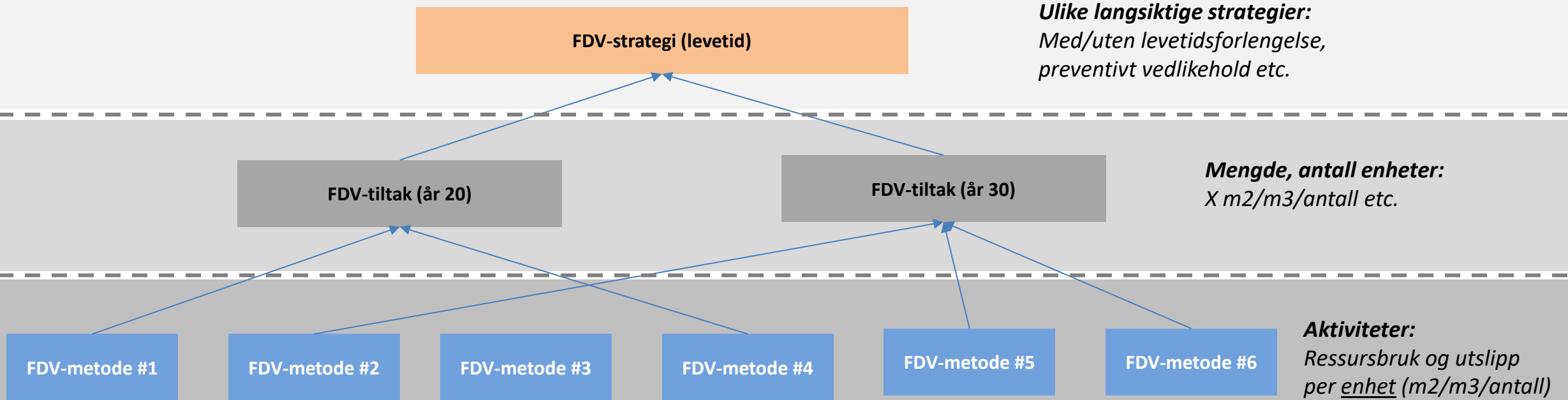
FDV-aktiviteter

- De viktigste utslippspostene er knyttet til ressursbruk
 - **Materialer**
 - Energi
 - Transport
- Ulike FDV-tiltak må spesifiseres
 1. Definisjon og bestemmelse av relevante FDV-aktiviteter
→ *for bro, dam og offshore*
 2. Kvantifisering av ressursbruk for de definerte aktivitetene
→ *forbruk av materialer, energi og transport*
 3. Kobling av ressursbruk og utslippsinformasjon
→ *utslipp per aktivitet*
 4. Estimering av kostnader
→ *kostnad per aktivitet*

RESULTAT:

- *kg CO₂-ekv/enhet FDV-tiltak*
- *NOK/enhet FDV-tiltak*

Resultater: fra enkelttiltak til strategi



FDV-tiltak for bru

- Tiltak er definert iht. prosesskodesystemet i SVVs Håndbok R762
- Utvelgelse av relevante tiltak
- Materialbruk er estimert for alle prosesser som er inkludert i Excon-modellen
 - Materialtype(r) + mengde + utslippsfaktor → utslipp per aktivitet
- Valg av utslippsfaktorer
 - Spesifikk EPD
 - Representativt alternativprodukt
 - Generiske databasetall eller lignende
- Estimerte enhetskostnader for de fleste inkluderte prosesskoder

88.2256 Sprøytemørtling

- a) Omfatter reparasjon med sprøytemørtling og bearbeiding av sprøytemørtlet overflate.
Ved katodisk beskyttelse inngår innsprøyting av anoder i prosessen.
- x) Mengden måles som volum reparert betong. Enhet: dm³ (liter)

FDV-tiltak for dam

- Intet prosesskodesystem for dam
 - Finnes det erfaringsdata fra prosjekter som kan estimere typisk materialbruk for vanlige FDV-tiltak?
- Seks ulike case – fordelt på fire ulike tiltakstyper
 - Påbygg, nybygg, riving/nybygg, rehabilitering
- Variasjon i detaljeringsgrad – fra én post/material til 10 poster
- Best egnet som eksempler. For lite utvalg og for stor variasjon til videre bruk som generiske data/normalisering. Vil være store utfordringer med representativitet.
 - I tillegg er de fleste forsterkningstiltak utløst av myndighetskrav
- I stedet tilrettelegges det for egendefinerte vurderinger med materialer og operasjoner.
 - Alle materialer som er rapportert i case er inkludert i modellen
 - Utvidet med tilleggsmaterialer
- Totalkostnader er indikert for alle case.

FDV-tiltak for offshorekonstruksjoner

- Relevante tiltak er i hovedsak knyttet til inspeksjoner og reparasjoner
 - Inspeksjoner omfatter i all hovedsak utslipp fra helikoptertransport av personell
 - Typisk omfang av personell og transport er estimert
 - Typiske reparasjoner er definert for utbedring av riss, mekanisk reparasjon og ulike typer/dimensjonering av forsterkning med karbonfiberbånd
 - Kombineres også med helikoptertransport
- Modellert helikopterbruk
 - Spesifikk type
 - Personkapasitet
 - LTO
 - Flyvning
 - Ulike kombinasjoner av LTO, flytid og kapasitetsutnyttelse
 - Mulighet for eget oppsett
- Kostnadsestimater er delvis dekket

Ny konstruksjon som alternativ

Relevant når ny konstruksjon er et alternativ til videre reparasjon og utbedring

- Dam
 - Alle konstruksjoner er i stor grad unike
 - Begrenset antall case, spesielt med tanke på variasjon mellom tiltak
 - *Ikke tilstrekkelig grunnlag for å generalisere på en meningsfull måte*
 - *Kan representeres med de tilgjengelige data for material- og ressursbruk*
- Offshore
 - Ikke aktuelt med ny konstruksjon
- Bru
 - Eget initiativ innenfor Excon for grovestimering av materialmengder og kostnader

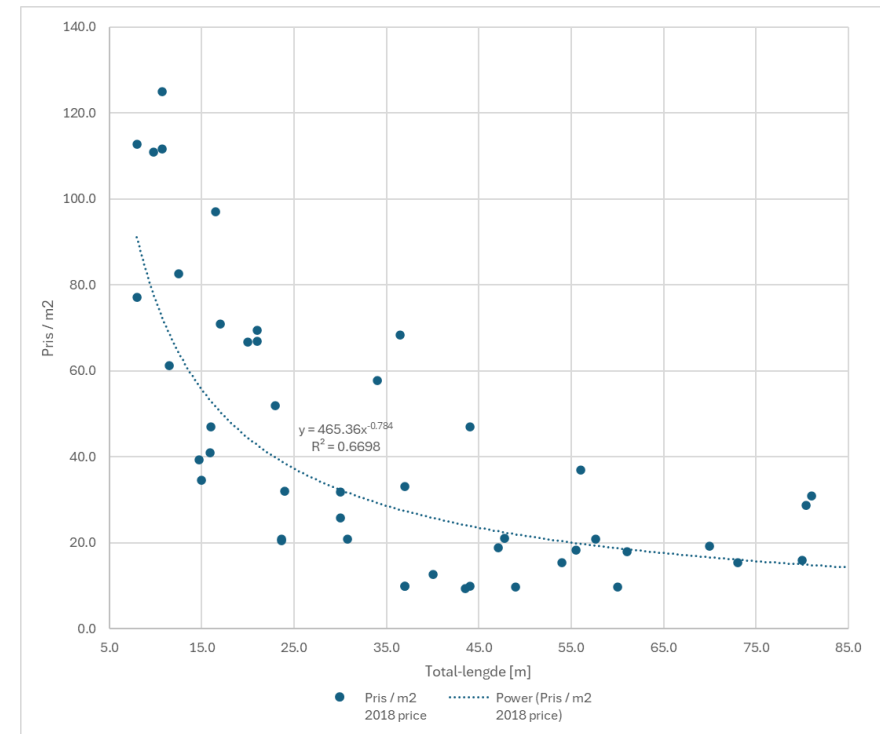
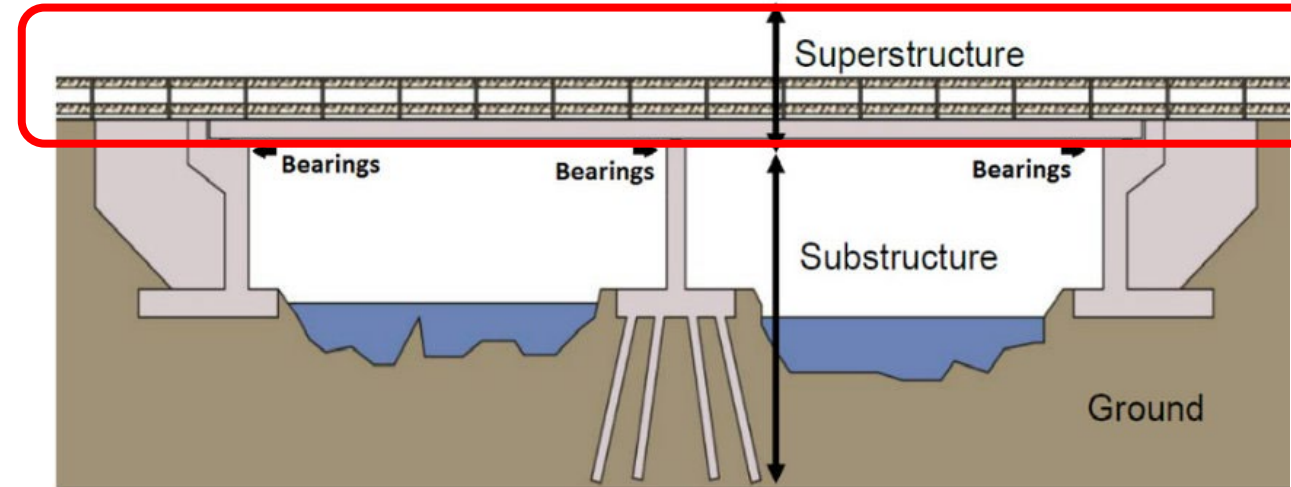
Estimater for ny brukonstruksjon

- Hvordan beskrive en alternativ ny konstruksjon som ikke er prosjektert?
 - Stor variasjon i dimensjoner og konstruksjonsvarianter
 - Presist nok til å være representativ for et grovestimat/størrelsesorden
 - Generisk nok til å fungere som input til en beslutningsmodell
- Fysiske dimensjoner og mengder
 - Gjennomgang av et utvalg relevante bruer
 - Beskrivelse og dimensjoner fra BRUTUS
 - Manuell gjennomgang av konstruksjonstegninger for mengdebestemmelse
- Kostnadsestimater
 - Gjennomgang av byggeprosjekter fra utvalgte år

Foreligger som egen rapport på Excons hjemmesider

Estimater for ny brukonstruksjon

- Materialbruk
 - Relativt god sammenheng mellom dimensjon og overbygning
 - Stor variasjon i total materialbruk
 - Grunnforhold påvirker sterkt materialbruk i underbygning → total materialbruk
- Kostnader
 - Stor variasjon, men kostnad/m² faller med økende lengde
 - Begrenset utvalg



Oppsummert – hva ligger i Excon-modellen?

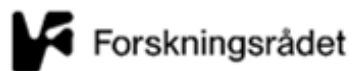
- CO₂-utslipp forbundet med ulike reparasjons- og vedlikeholdsaktiviteter
 - Kombinerer informasjon om typisk materialbruk og utslipp
 - Definerer omfanget på aktiviteten
- Mulighet for å definere egne aktiviteter
 - Utslippsfaktorer for et relativt bredt utvalg av relevante materialer og produkter
 - Transportprosesser
 - Personer, last, anleggsmaskiner, kjøretøypark, helikoptertransport
- Grove estimater for materialbruk og kostnad for brukonstruksjoner (per m² overflate)

Aggregerte aktiviteter	Produkt/type	Klima	Enhet	Kostnad	Enhet_2
Prosesskode 88.2245 - Boring og faststøping av dybler og skjøtejern	Generisk	0.79	kg CO2e/m	600	NOK/m
Prosesskode 88.2252 - Forskaling	Generisk	1.4787	kg CO2e/m2	None	NOK/m2
Prosesskode 88.2254 - Heftbru for konstruktiv liming	Mapepoxy L	3.17	kg CO2e/m2	300	NOK/m2
Prosesskode 88.2255 - Håndmørtling	Redirep 45 RSF	582.2	kg CO2e/m3	110000	NOK/m3

Utsnitt fra
Excon-modell

EXCON

<https://www.sintef.no/prosjekter/2023/excon-gronn-forvaltning-av-konstruksjoner-for-infrastruktur/>



Prosjektet er finansiert av Grønn Plattform ordningen som er et samarbeid mellom Forskningsrådet, Innovasjon Norge, Siva og Enova, og følgende deltagere:





SINTEF

Excon; Avslutningsseminar H1 status

Endre Sølvsberg

23.04.2026

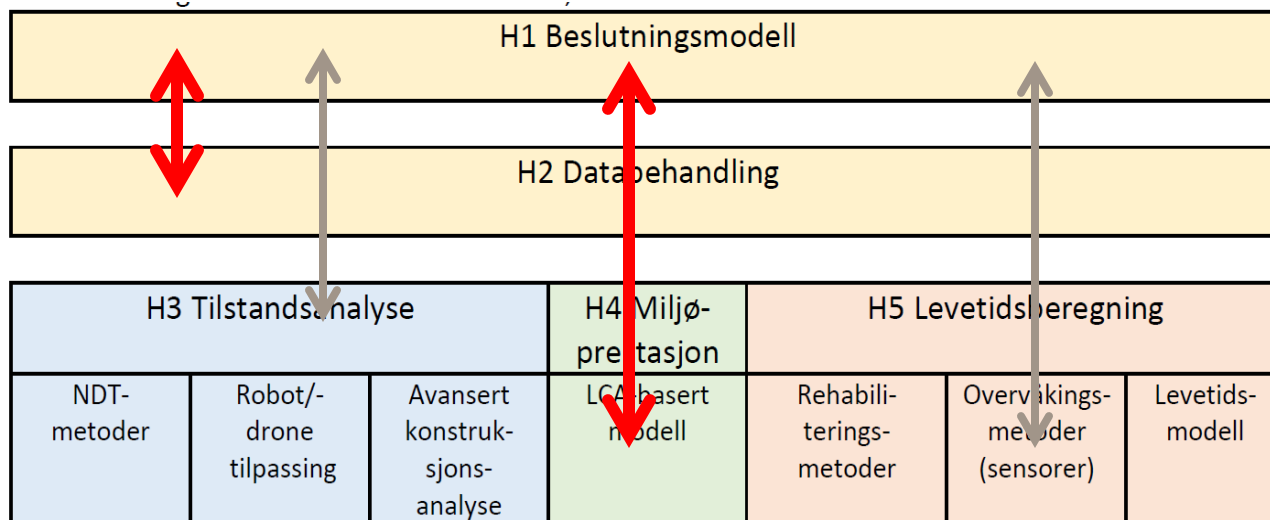


H1 Beslutningsmodell

Delaktivitet	Status
H1.1 Kartlegge overgang fra manuelle måle systemer til digitale in-line målinger	Avsluttet
H1.2 Spesifisere skybasert løsning for dataunderlag, både funksjonell modell og datamodell	Integrert mot H1.4
H1.3 Verdikjedebasert forretningsmodell	Avsluttet
H1.4 TEA (Techno-Economical-Assesment) plattform utvikling	Pågående

Forventinger H1, Beslutningsmodell

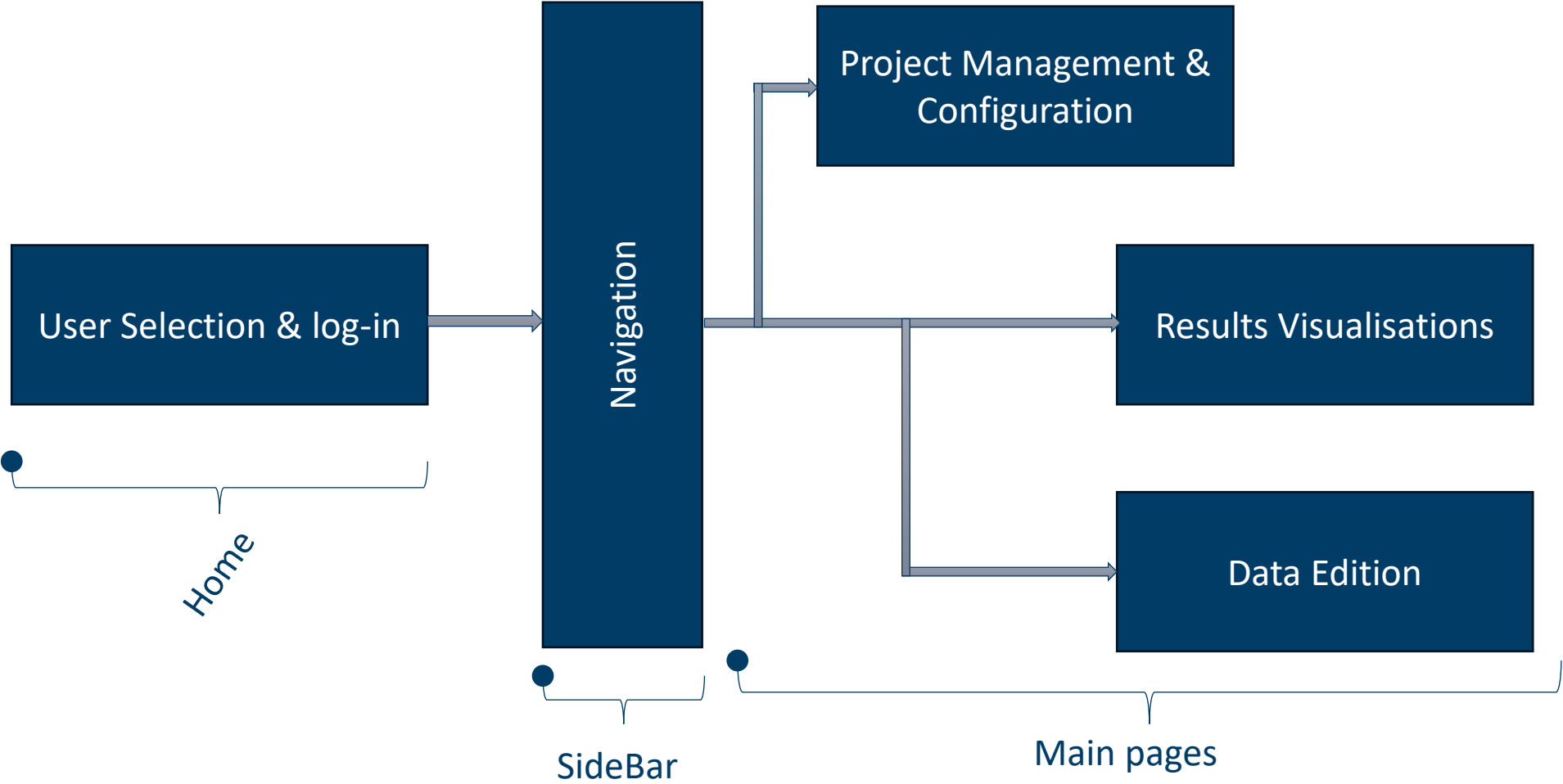
- Integreerte møter H1, H2 og H4 for validering av TEA/LCA moduler, og overføring av moduler til den digitale plattformen
- Gjennomført betatest for moduler med oppfølging



H1 Gjennomføring

- Digital modul for TEA fullført og validert internt
- User stories for innsikt i brukergrupper og behov
- To sett med intervjuer fra hver av de tre brukergruppene for å belyse AS-IS og veien mot TO-BE
- LCA modul integrert mot TEA-modulen TEA/LCA modulene integreres fortløpende opp i den digitale plattformen
- Betatesting er gjennomført med tilbakemeldinger, forbedringer og planlagte aktiviteter
- Intern validering av modulene ift. data, algoritmer, tilgang, UI/UX, forbedring osv.
- Sluttrapport gjennomføres i samarbeid med H4
- Journalartikkel blir ferdigstilt før prosjektslutt
- Grunnstammen i modulene videreføres inn i en SEP, en IPN og et GP-prosjekt fortløpende
- Videre arbeid for kompatibilitet inn i produksjonsmiljøer og en ny modul mot sirkulære verdikjeder og remanufacturing

Excon – Pages Flow



Excon - Interface

Excon Model - User Management

Welcome! Please select or create a user to continue.

Existing Users

Select User

Zachari

Login as User

Delete User

▼ Zachari Details

Created: 2025-11-05T15:16:10.030107

Data Directory: data/users/Zachari

Projects: 4

- NewProject\n- MyBro\n- MyBro3\n- Zac'sProj

Create New User

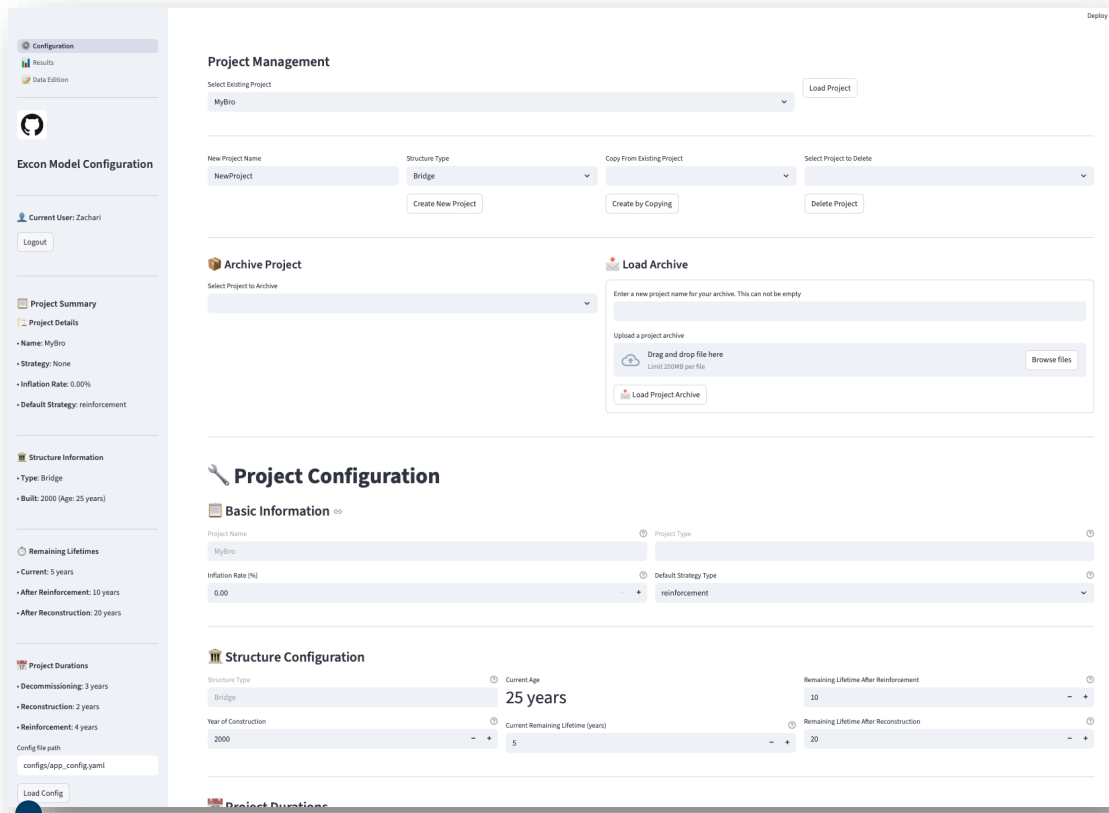
Username

Enter username (e.g., john_doe)

Create User

- Tilgang til skybasert app
- Opprettede prosjekter og data er skjermet fra andre brukere
- Delvis autentisering og tilgangsstyring

Excon – Interface for Project Management



- Valg og lasting av prosjekt
- Opprettelse, kopiering og sletting av prosjekt

- Arkivering av prosjekt

Konfigurering av hyperparametre

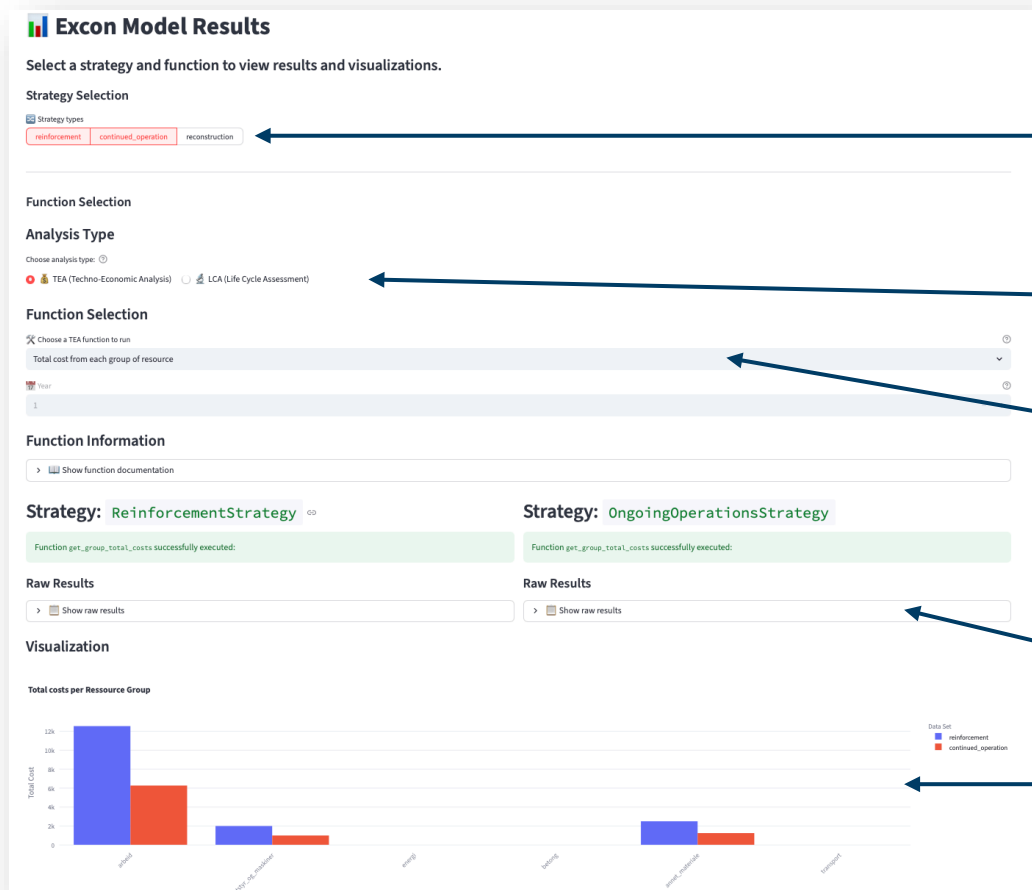
- Faselengde, økonomi
- Strukturens gjenværende levetid

7

Sidebar: Logout & oppsummering av konfigurasjonsdata

Excon – Interface for Resultater

Resultater for både TEA & LCA



• Velg strategier og sammenlign

• Valg av TEA og/eller LCA moduler

• Valg & parametrisering av ulike KPI-algoritmer

• Eksporter rådata resultat i json format

• Interaktiv plot

• Samtidig visualisering av TEA/LCA

Excon – Interface for dataredigering i app

Edit Project Data

File Management

Download Excel File

Download project_data.xlsx

Restore from Backup

Restore Backup File

Upload Excel File

Choose an Excel file to replace project_data.xlsx

Drag and drop file here
Limit 200MB per file • XLSX

Browse files

Select a worksheet to edit

Inspeksjon Vedlikehold Dekommisjonering Gjenoppretting og forsterking Dekonstruksjon og nybygg

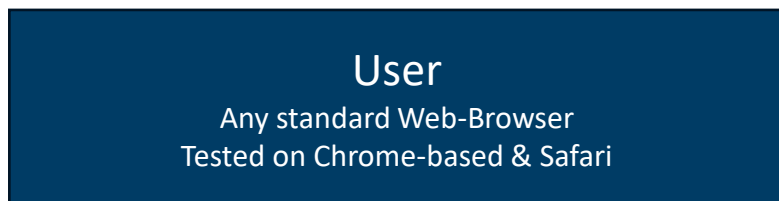
Kostnadsparametre for ger	nan	nan	nan	None	Kostnadsparametre for enl	nan	nan	nan	None	Kostnadspa
nan	nan	nan	nan	None	nan	nan	nan	nan	None	nan
nan	nan	nan	nan	None	nan	nan	nan	nan	None	nan
Arbeid	Verdi	Enhet	Notater	None	Arbeid	Verdi	Enhet	Notater	None	Arbeid
Direkte lønnskostnader	280	NOK/pe	Gjennomsnittslønn per time til arbeidere	None	Direkte lønnskostnader	280	NOK/pe	Gjennomsnittslønn per time til arbeidere	None	Direkte lønn
Indirekte lønnskostnader	0.2	%	Prosent av lønnskostnader som går til lede	None	Indirekte lønnskostnader	0.2	%	Prosent av lønnskostnader som går til lede	None	Indirekte løn
Andre lønnskostnader	0.2	%	Prosent av lønnskostnader som går til ytel	None	Andre lønnskostnader	0.2	%	Prosent av lønnskostnader som går til ytel	None	Andre lønnsl
nan	nan	nan	nan	None	nan	nan	nan	nan	None	nan
Antall personer	1	Stk	Antall personer i arbeid	None	Antall personer	0	Stk	Antall personer i arbeid	None	Antall perso
Arbeidets varighet	1	Timer	Arbeidets varighet i antall timer	None	Arbeidets varighet	0	Timer	Arbeidets varighet i antall timer	None	Arbeidets va
nan	nan	nan	nan	None	nan	nan	nan	nan	None	nan
Totale lønnskostnader	0	NOK	nan	None	Totale lønnskostnader	0	NOK	nan	None	Totale lønns
nan	nan	nan	nan	None	nan	nan	nan	nan	None	nan
Utstyr og maskiner	Verdi	Enhet	Notater	None	Utstyr og maskiner	Verdi	Enhet	Notater	None	Utstyr og ma
nan	nan	nan	nan	None	nan	nan	nan	nan	None	nan
Utstyr 1	100	NOK/ti	Kostnad for bruk av utstyr per time	None	Utstyr 1	100	NOK/ti	Kostnad for bruk av utstyr per time	None	Utstyr 1

Save Changes

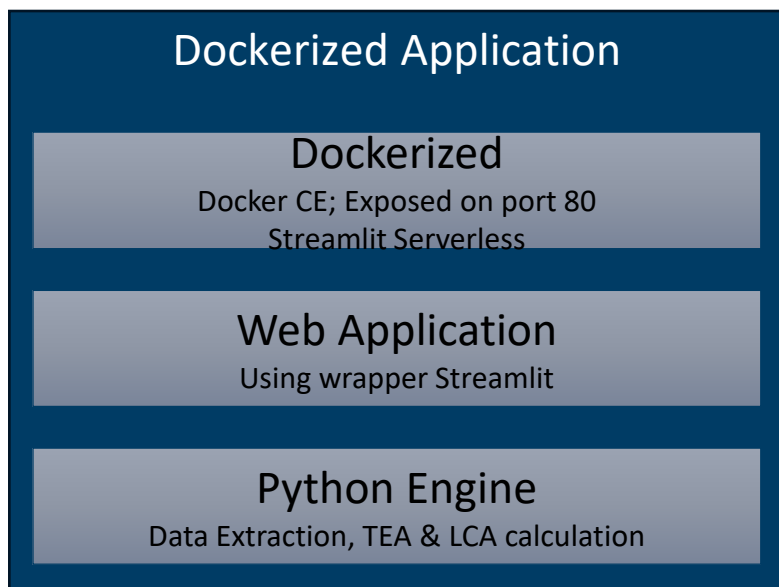
Mode 1: Last ned .xlsx filen og last opp redigert versjon

Mode 2: Redigering av prosjektdata direkte i appen(WIP)

Excon – Application stack



Open-source & Platform agnostisk



Open-source & Platform agnostisk

Implementerer projektstyring

Web-app uavhengig, cli-interaktiv



For dev – Kan deployeres I de fleste IT infrastruktur

- ⚙ Configuration
- 📊 Results**
- 📄 Data Edition
- 🌐 LCA faktorer
- 👤 User Management
- 📁 Backup



Excon Model Platform

A common TEA and LCA for infrastructure decision support

Login

Username

Password



> Need help?

2025 Excon Model Platform.

Hva utvikles videre etter Excon?

- Iterativ forbedring basert på tilbakemeldinger fra Excon-partnere
- Videre utvikling mot robotikk og fleksible produksjonslinjer
- Utvikling av en tredje modul mot sirkulære verdikjeder og remanufacturing
- Iterativ forbedring mot back-end



SINTEF

Teknologi for et
bedre samfunn



H5.1 EXCON

Mørtler

Paul Stavem 23/04/2026

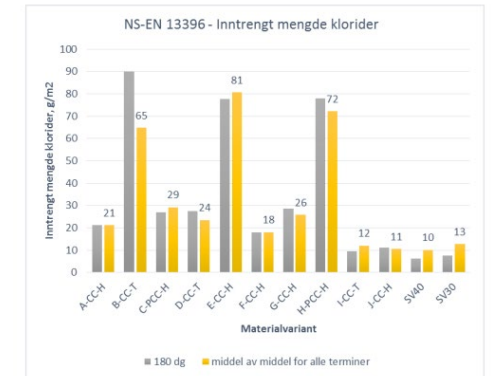
Forventinger

- **Levetidsvurdering**
 - Nybygg vs **rehabilitering**
 - Preventivt vedlikehold vs rehabilitering



Forventinger


- **Produktutvikling**
 - **Kloridmotstand** for reparasjonsmørtler
 - Reparasjonsmørtler for **katodisk** rehabilitering
 - Reparasjonsmørtler med **lavere** CO₂- «footprint»
 - Mørtler for spennkabler



Mørtler med bedre kloridmotstand - håndmørtel



MAPEGROUT T80
Single component sulphate and chloride resistant, fibre-reinforced thixotropic mortar for the repair of concrete



WHERE TO USE

Repairs to both new and old concrete structures or reinforced concrete elements, subject to aggressive atmospheric conditions including chloride and sulphate attack.

Some application examples

- Repairs to floors that require resistance to oils, lubricants and which are subject to heavy abrasion such as those typically found in industrial environments.
- All types of structural repair requiring application by trowel or spray.
- Repair of load bearing elements such as reinforced columns, pre-stressed or post-tensioned beams and slabs, etc.
- Canal linings, water retaining and water excluding structures, tunnels and manholes in particular, utilities that require resistance to sulphate attack.
- Repairs to concrete in marine environments or those that require resistance to chloride ingress.
- Repair and reinstatement of concrete cover damaged by car roadkerfing/blast.
- Repairs to industrial facilities including oil and gas, marine and other structures operating under extreme working environments.
- Finishing of joints (e.g. between base and column, cracks in floors, joints between walls, etc.).
- Repair of precast structures.


TECHNICAL CHARACTERISTICS

Mapegrout T80 is a single component, thixotropic, cement-based mortar formulated to compensate for hygroscopic shrinkage. Mapegrout T80 is composed of pre-blended hydraulic binders, synthetic polyacrylonitrile fibres, organic corrosion inhibitors, selected aggregates and special water-retaining additives, developed in the MAPEI Research Laboratories.

Under extreme and/or climatic conditions and/or where correct or adequate curing cannot be maintained, the addition of Mapeure SRA is highly recommended in order to ensure the required performance criteria are attained. Mapeure SRA is considered a technologically advanced additive system that has the capability of slowing down the evaporation rate of the mixing water thereby promoting the efficiency of the hydration process. The addition of Mapeure SRA in proportions of up to 0.25% by weight, has the ability to reduce drying shrinkage between 20% and 50%.

Where concrete repairs are required, particularly as a result of chloride-induced corrosion of the reinforcing steel, the incorporation of Mapegrout T80 in conjunction with a corrosion inhibitor such as MapeShield E, external galvanic protection sheet which can be used to protect both repaired and unrepaired areas. Please consult the relevant technical data sheet in order to correctly select the type, size and spacing of the anode system.

Mapegrout T80 meets the requirements defined by EN 12641-9 (Products and systems for the protection and repair of concrete structures - Definitions, requirements, quality control and evaluation of conformity - General principles for the use of products and systems) and the minimum requirements claimed by EN 12641-7 (Structural and non-structural repair) for structural mortars of class B4.



Mapegrout T 80 N

- Resept ferdig
- Dokumentasjon (kloridmotstand)
 - Sintef
 - EN 13396
 - Håndbok R210 metode 441
 - EN 12390-11

Forventinger

- **Produktutvikling**
 - **Kloridmotstand** for reparasjonsmørtler
 - Reparasjonsmørtler for **katodisk** rehabilitering
 - Reparasjonsmørtler med **lavere** CO₂- «footprint»
 - Mørtler for spennkabler

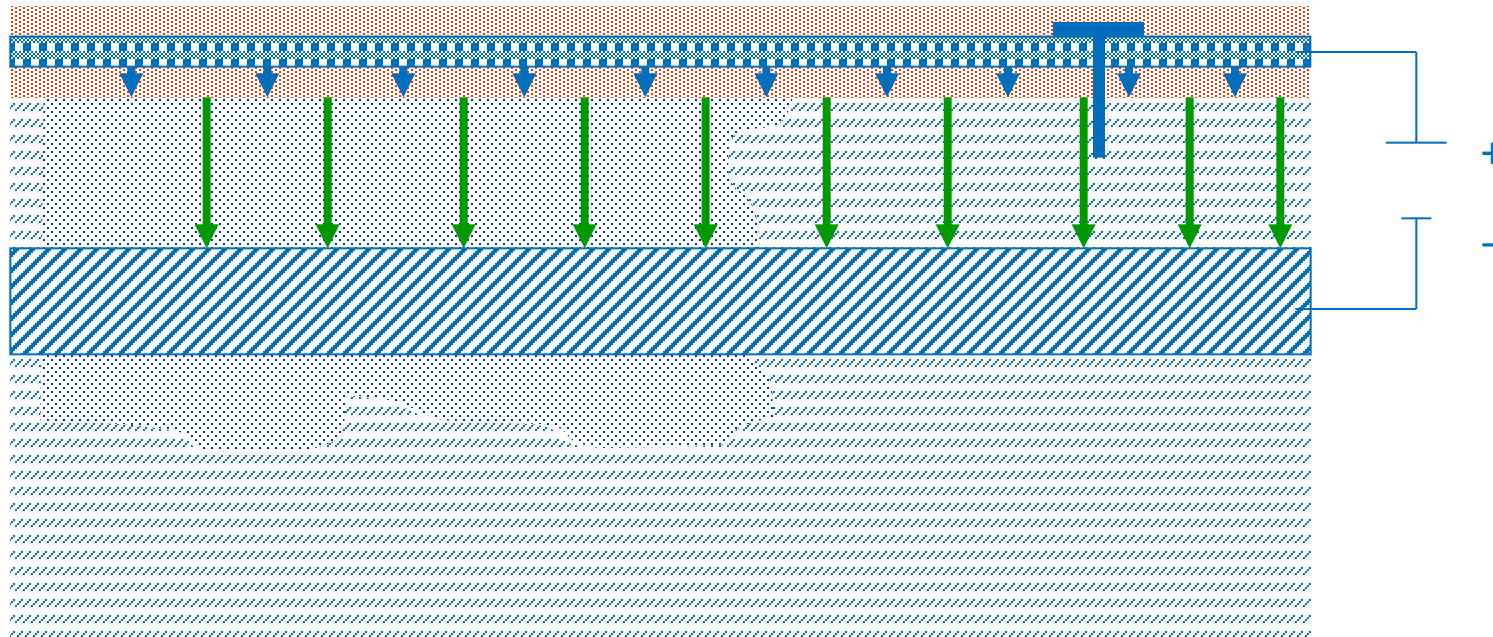


Table 1
Global reference values at 20°C for the electrical resistivity of dense-aggregate concrete of mature structures (age > 10 years); conditions in square brackets are corresponding laboratory climates [29]

Environment	Concrete resistivity ρ_{concrete} ($\Omega \text{ m}$)	
	Ordinary Portland cement (CEM I)	Blast furnace slag cement (> 65% slag) or fly ash (> 25%) or silica fume (> 5%)
Very wet, submerged, splash zone, [fog room]	50–200	300–1000
Outside, exposed	100–400	500–2000
Outside, sheltered, coated, hydrophobised (not carbonated) [20°C/80%RH]	200–500	1000–4000
Ditto, carbonated	1000 and higher	2000–6000 and higher
Indoor climate (carbonated)[20°C/50%RH]	3000 and higher	4000–10000 and higher

Krav i forbindelse med katodisk

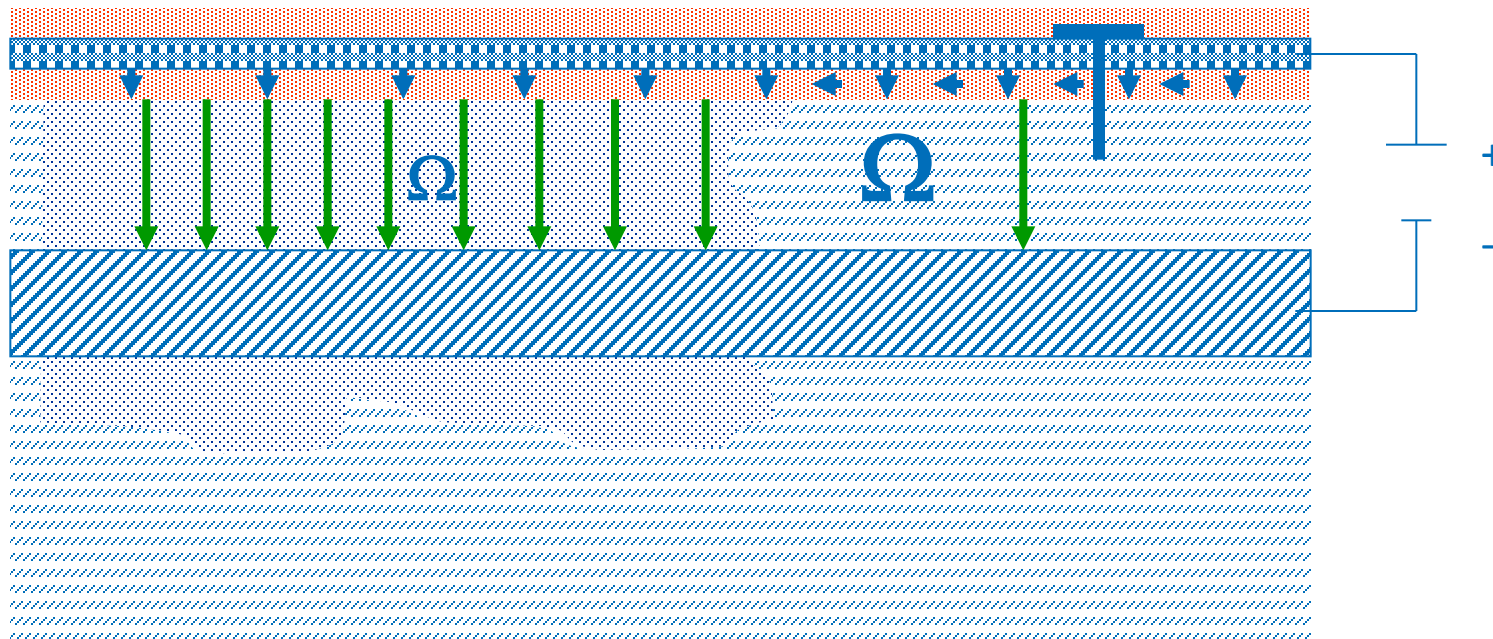
- Mørtelen som titanbånd eller nett ligger MÅ kunne lede strøm
- Reparasjonsmørtelen MÅ kunne lede strøm



Situasjon 1

Hva skjer hvis:

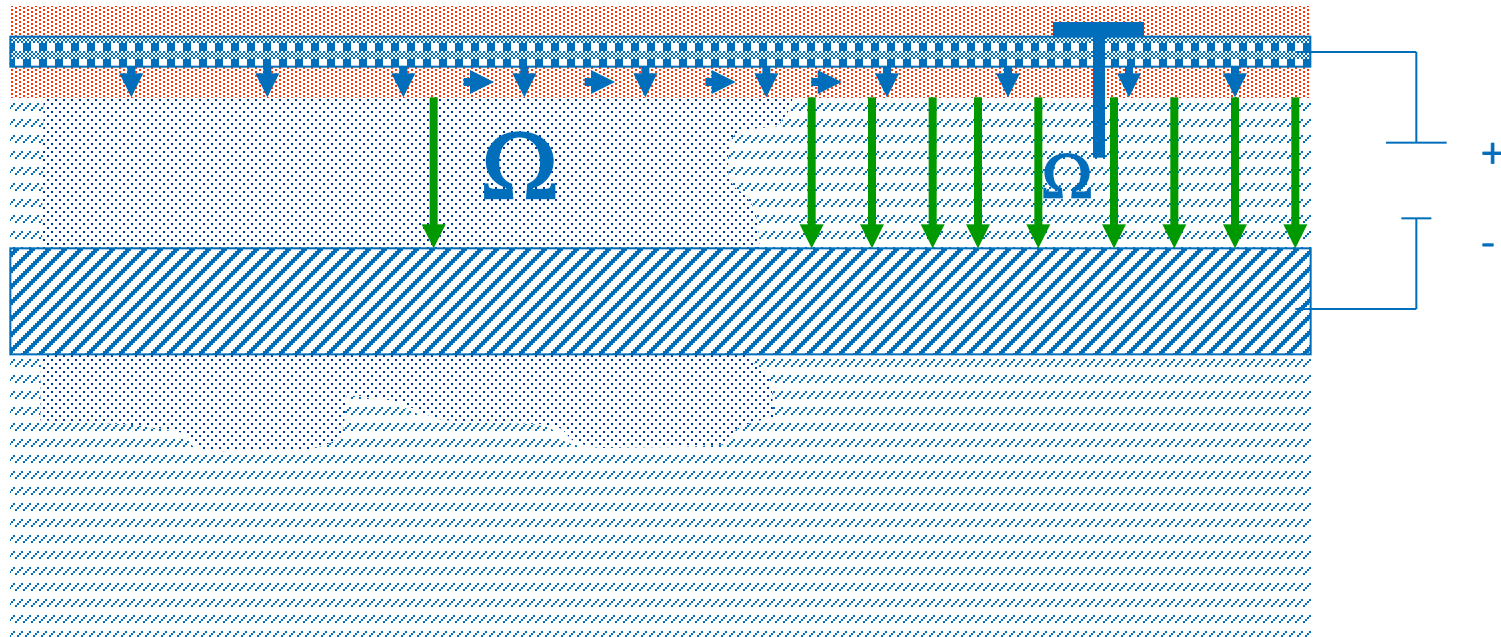
Motstanden til reparasjonsmørtelen er mye mindre enn betongen



Situasjon 2

Hva skjer hvis:

Motstanden til reparasjonsmørtelen er mye større enn betongen




Det må stilles krav samvirke også for motstand

Demands to mortars EN 12696

- **#NS-EN 12696:2012** – The impact of variations in concrete resistivity on the cathodic protection system shall be considered. There is no firm guidance on limits of electrical resistivity with respect to cathodic protection, but the designer shall consider whether full protection can be achieved where required for the range and absolute values of concrete resistivity found on the structures.

- «Old» EN 12696
 - Repair mortars;
 - 50 - 200 % of existing
 - For spraying of mesh/ribbons;
 - defines that the resistance can be more than 200% than existing concrete, but should be less than 100 kΩ cm in use.

Norsk Standard	NS-EN ISO 12696:2022
	Publisert: 2022-09-23 Språk: Engelsk
	Katodisk beskyttelse av stål i betong (ISO 12696:2022) <i>Cathodic protection of steel in concrete (ISO 12696:2022)</i>
	Referansenummer: NS-EN ISO 12696:2022 (en) © Standard Norge 2022

Katodiske mørtler - tørrsprøyting



Mål produktutvikling

- Redusere støvdannelse
- Lavere CO₂
- Dokumentasjon

Katodiske mørtler - tørrsprøyting



DS CP

En-komponent, støvredusert spesialsjørtel for tørrsprøyting ved katodisk beskyttelse



BRUKSOMRÅDER

DS CP er en spesialmørtel utviklet for betongreparasjon når det installeres katodisk beskyttelse, påført med tørrsprøytemetode.

Eksempler på bruksområder

- Parkeringshus
- Utfylling av skader på bjelker og søyler
- Broer og kalder
- Innsprøyting av anodnett

TEKNISKE EGENSKAPER

DS CP er en en-komponent, ferdigblandet, sementbasert mørtel spesielt designet for tørrsprøyting. DS CP inneholder sement, velgradert sand opp til 4 mm og tilsetningsstoffer. Sammensetningen gir redusert prell og stavadannelse ved påføring. Den påførte mørtelen er godt egnet for videre pussing/glatting.

DS CP er i samsvar med prinsippene beskrevet i EN 1504-9 «Produkter og systemer for reparasjon av betongkonstruksjoner. Definisjoner, krav, kvalitetskontroll og vurdering av samsvar. Generelle regler for bruk av produkter og systemer, samt kravene i EN 1504-3 «Reparasjonsmørtel for strukturelle og ikke-strukturelle reparasjoner, klasse R3».

ANBEFALINGER

Overflaten må være tilstrekkelig grov før bruk av DS CP. Ikke tilsett sand, sement eller andre tilsetningsstoffer til DS CP.

RETNINGSLINJER FOR BRUK

Forberedelse av underlaget

Fjerning av urenheter: Sørg for at overflaten er frie for olje, fett, smuss og løse materialer.

Fjerning av skadet betong: Fjern forringet betong til underlaget er solid, motstandsdyktig og har en ru tekstur.

Tilfølgende reparasjoner som ikke er perfekt bundet, må fjernes.

Anodnett: Anodnett må være riktig festet. Beskytt kabler og ledninger.

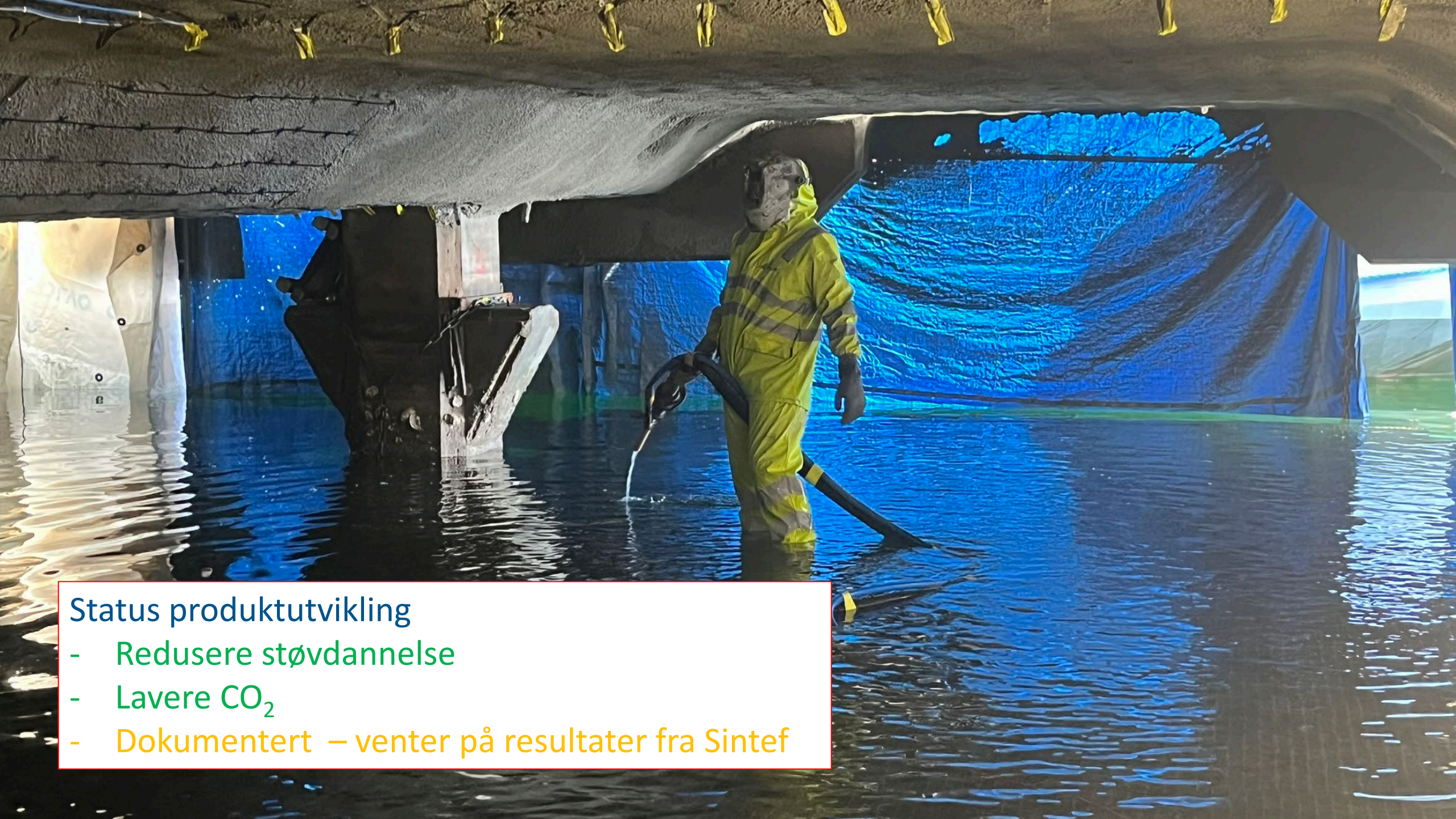
Forvanning: Sett underlaget med vann før reparasjoner med DS CP påbegynnes, vent til overfladig vann har fordampet. Hvis nødvendig, fjern fritt vann med oljefri trykkluft.



DS CP

- 3 prøveproduksjoner
 - Intern 08/23
 - Ekstern 02/2024 med Consolvo. Positiv.
 - Intern 08/2024 + ekstern. Positive
 - For prosjektsalg 06/2026
 - Introdusert 01/2026





Status produktutvikling

- Redusere støvdannelse
- Lavere CO₂
- Dokumentert – venter på resultater fra Sintef

Katodiske mørtler – Støpe/hånd mørtel



Mål produktutvikling

- Optimal resistivitet
- Lavere CO₂
- Dokumentasjon

Katodiske mørtler – Støpe / håndmørtel



Confix CP

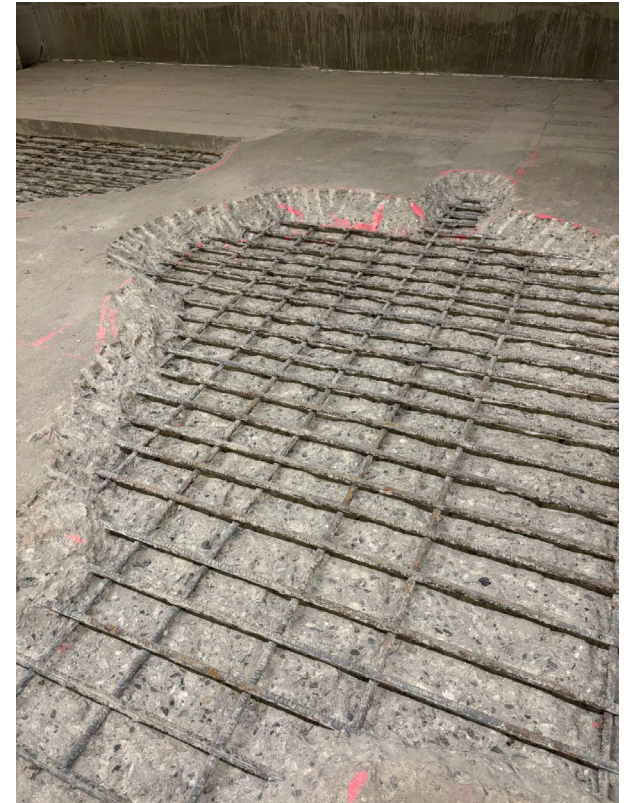
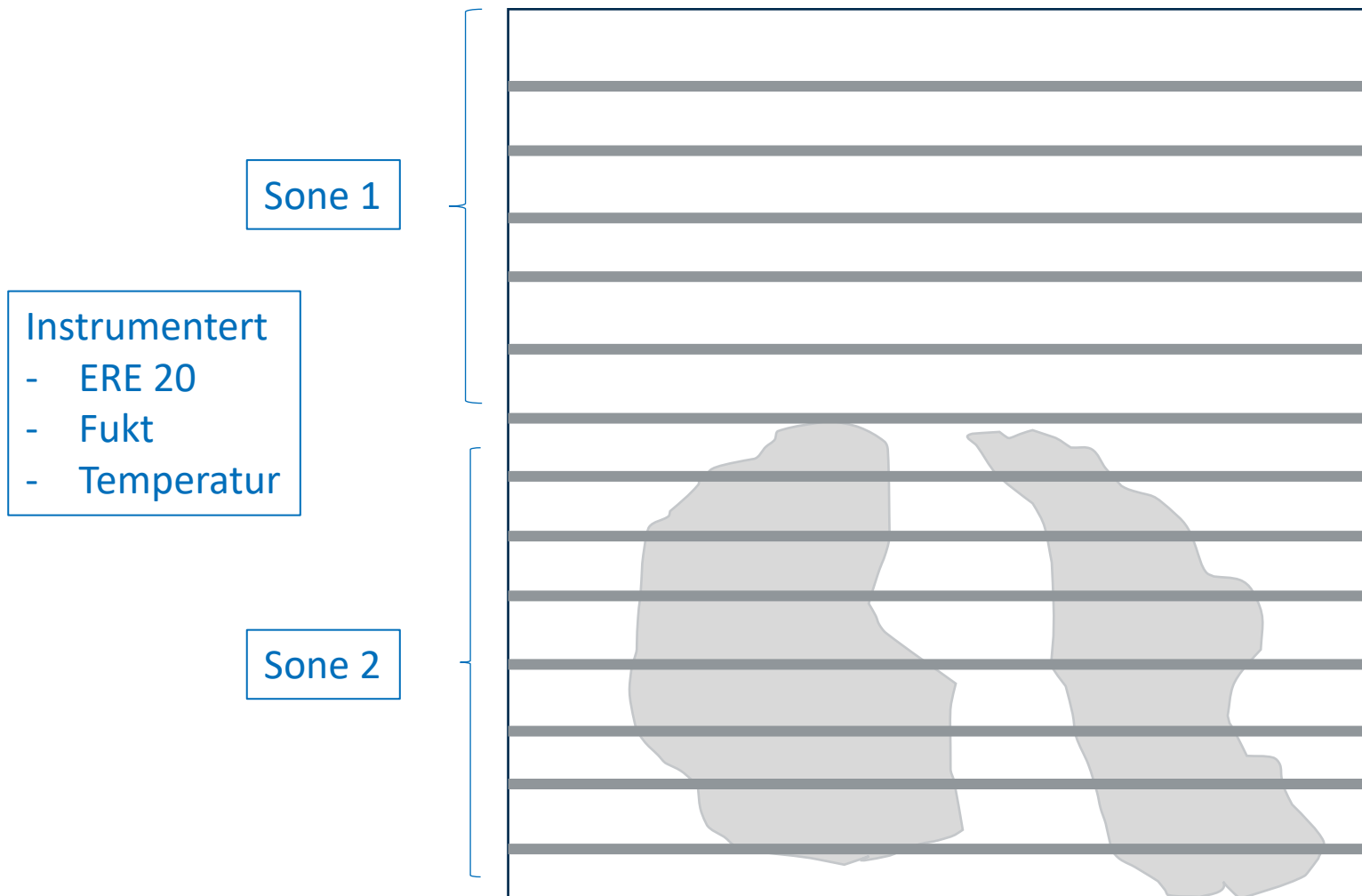
- 1 prøveproduksjoner
 - Intern 10/2025
 - Ekstern 02/2026
 - Instrumentert prøvelfelt – resultater 06/2026
 - Dokumentasjon Sintef Q3/2026



Nonset CP

- 2 prøveproduksjoner
 - Intern 08/2023
 - Ekstern 02/2024 (Protector / Consolvo)
 - Justering av bruksegenskaper
 - Ekstern 10/2024 Adjustment of formulation
 - Justering av bruksegenskaper Q3/2026

Instrumentering

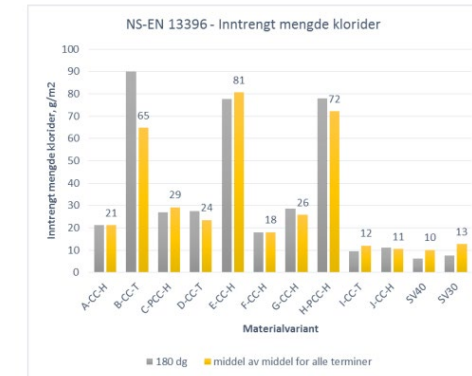


Mørtler med bedre kloridmotstand - håndmørtel



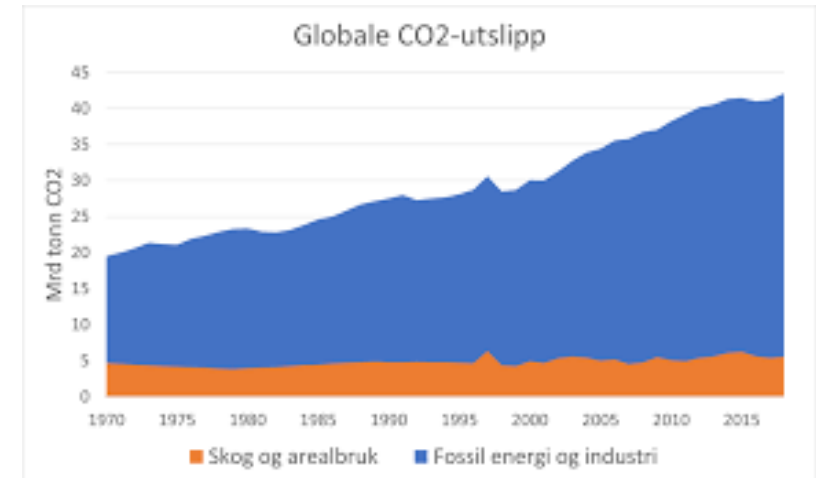
Mål produktutvikling

- Optimal kloridmotstand
- Lavere CO₂
- Dokumentasjon



Forventinger

- **Produktutvikling**
 - **Kloridmotstand** for reparasjonsmørtler
 - Reparasjonsmørtler for **katodisk** rehabilitering
 - Reparasjonsmørtler med **lavere CO2-** «footprint»
 - Mørtler for spennkabler



The EU will:



Become
climate-neutral
by 2050



Metodebeskrivelser – mekanisk reparasjon

SYSTEMESKRIVELSE

System for vannetting
PURTOP 1000 AQUA – HØYELASTISK POLYUREAMEMBRAN TIL
BRUK I TANKER

MAPEI: W 03
Versjon: 10/03/2025
Revisjon: R 04

1. DOKUMENTASJON

A. Norske Standarder:

NS-EN 1504-2 - Produkter og systemer for beskyttelse og reparasjon av betongkonstruksjoner - Definisjoner, krav, kvalitetskontroll og samsvarsvurdering - Del 2: Overflatebeskyttelsesystemer for betong.
NS-EN 1504-10 - Produkter og systemer for beskyttelse og reparasjon av betongkonstruksjoner - Definisjoner, krav, kvalitetskontroll og evaluering av samsvar - Del 10: Bruk av produkter og systemer på stedet og kvalitetskontroll av arbeidene.

B. Teknisk informasjon fra MAPEI AS:

TDS – Mapepoxy Cem-S, Mapeprimer M, Purtop Easy DW
SDS – Mapepoxy Cem-S, Mapeprimer M, Purtop Easy DW
Kontrollskjema for forbehandling av betong (iht. NS-EN 1504-10)
Kontrollskjema for påføring av epoksyprimer (iht. NS-EN 1504-10)
Kontrollskjema for påføring av polyuretanbelegg (iht. NS-EN 1504-10)
FDV – Purtop Easy DW

C. Kompetansekrav for utførelse etter NS-EN 1504-9 + NA 2013:

Utførende entreprenør skal ha kompetansebevis utstedt av Betongopplæringsrådet (BOR) i klassene:

- RFB Formann, bas, betongrehabilitering - alle utførelsesklasser
- RPK2 Produksjonsleder, betongrehabilitering, utførelsesklasse 1 og 2

D. Sikker bruk av diisocyanater (iht. Arbeidstilsynets krav av 24. august 2023)

Kursmodul T049: Profesjonell bruk, gulvbelegg og vannetting, nivå 2- og kursmodul

2. FORUTSETNINGER

1. Betongen må være ferdig utherdet, bærekraftig og ha trykkfasthet > 25 MPa og heftstyrke > 1,5 MPa.
2. Riss og sprekker uten bevegelse fylles / sparkles med **Mapepoxy BI-IMP**.
3. Det etableres hulkil i overgangen mellom vertikale og horisontale flater.

3. FORBEHANDLING AV UNDERLAG

- 3.1 Betongen skal være ren, støvfri og ha en jevn, fast overflate. Vanlige rengjøringsmetoder er fresing, sliping eller slyngrensing.
- 3.2 Alle løse bestanddeler og bestanddeler som gir redusert heft (smuss, sementhud, belegg osv.) skal fjernes fra underlaget på en hensiktsmessig måte, f.eks. sandblåsing eller høytrykksspyling slik at porerstrukturen åpnes best mulig opp.
- 3.3 Systemet er egnet til bruk på underlag av betong og andre sementbaserte underlag.

4. POREFYLLING

- 4.1 Før påføring av **Mapepoxy Cem-S** skal underlaget forvannes til det er mettet og deretter tørke til det er matt fuktig.
- 4.2 Temperaturen i underlaget må være minimum +10°C.
- 4.3 Massen sparkles på underlaget med stålbrett eller stålsparke! Deretter gattes flaten med stålbrett eller svampebrett. Det skal ikke benyttes ekstra vann ved glatting. **Mapepoxy Cem-S** (Komp. A+B+C) har et forbruk på ca. 19 kg/m² per mm tykkelse.
- 4.4 Ved sparkling av porer vil det være en fordel å kaste over massen med lett fuktet slammekost eller fisebrett, dette gjør at **Mapepoxy Cem-S** lettere fyller porene.
- 4.5 OBS! Slammekosten eller fisebrettet skal ikke fuktet under arbeidets gang.

SYSTEMESKRIVELSE

System for vannetting
PURTOP 1000 AQUA – HØYELASTISK POLYUREAMEMBRAN TIL
BRUK I TANKER

MAPEI: W 03
Versjon: 10/03/2025
Revisjon: R 04

5. PRIMER

- 5.1 Komp. A og komp. B bør ved blanding ha en temperatur på minst +15°C. Komp. B helles i spannet til komp. A, og blandes med en langsomt gående drill med visp i minst 3 minutter til produktet er helt homogent.
- 5.2 Produktet må ikke tynnes.
- 5.3 **Mapeprimer M** påføres med rull eller svaber i to strøk, og **Primer PU 60** etter andre strøk. Primeren skal etter påføring danne et dekkende sjikt uten tørre områder. Forbruk ca. 0,2 - 0,4 kg/m² per strøk. Forbruk er avhengig av temperatur samt underlagets ruhet og absorpsjon.
- 5.4 Dersom det er mer enn 48 timer ved +20°C til påføring av belegg skal primer avstras lett (korn ved korn) med tarr **Sand 0,4 - 0,8 mm** for å sikre heft til etterfølgende belegg.

6. BELEGG

- 6.1 **Purtop 1000** må påføres ved temperaturer mellom +5 °C og +40 °C.
- 6.2 Før påføring av **Purtop 1000** må alle rester av stav fjernes fra overflaten med en støvsuger eller blåses rent med oljefri trykkluft.
- 6.3 Temperaturen i underlaget skal være minst +3 °C høyere enn duggpunktstemperatur, og restfuktighetsnivået ikke være høyere enn 4%.
- 6.4 Før bruk må komponent A blandes nøye til den har en jevn farge.
- 6.5 Til påføring av **Purtop 1000** benyttes en høytrykkspumpe med mengde- og temperaturkontroll, fortrinnsvis med selvrensende dysse.
- 6.6 Påføringstemperaturen i de to komponentene må være mellom +65 °C og +85 °C, og trykket må være mellom 60 og 200 bar.
- 6.7 **Purtop 1000** påføres på alle horisontale og vertikale flater i en kontinuerlig operasjon. Forbruket av **Purtop 1000** avhenger av hvor jevnt og ru underlaget er. Teoretisk forbruk på en glatt flate der underlaget har en temperatur på mellom +15 °C og +25 °C er ca 2,2 kg/m² per 2,0 mm tykkelse.
- 6.8 Hvis påføringen av **Purtop 1000** avbrytes og påbegynnes igjen etter maksimal åpenid (2 timer) må det legges en overlapp på minimum 30 cm. Overlappsonen grunnes først med et strøk med **Primer PU 60** (maksimal åpenid er 1 time).
- 6.9 Vær oppmerksom på at selv om **Purtop 1000** egner seg til overflater som er helt nedsenket i vann og er motstandsdyktig mot mange kjemiske midler, anbefaler vi at kompatibiliteten av membranen og de stoffer den kommer i kontakt med alltid sjekkes på forhånd.

7. HULLTAGNING

- 7.1 Hulltagning bør fortrinnsvis foregå etter at **Purtop 1000** er påført på overflaten. Lokaltiteten det skal bores hull i merkes ut. Foreta om nødvendig overdekningsmålinger for å unngå å bore i armeringsjern.
- 7.2 Det skal bores hull med et bor som er avpasset diameteren på bolten eller gjengestaget som skal benyttes. Borhullets dybde anpasses lengden til bolt/gjengestag og rengjøres godt. Sørg også for å renskjære kanten rundt borhullet for løststående polyurea.
- 7.3 Bolt/gjengestag skal festes med kjemisk anker, f.eks fra **Mapefix** -serien som er tilpasset miljøet i omgivelsene og tiltenkt bruk. Følg anvisningene på forpakningen. Tark vekk overfladig materiale og sørg for at overgang mellom bolt/gjengestag og borhull tettes skikkelig.
- 7.4 Rengjør området rundt bolt/gjengestag godt. Overflate av polyurea primes med **Primer PU 60**, overflate av stål primes med **Primer EP Rustop**. Begge primere påføres med pensel i et tynt sjikt. Påfør **Purfix C** (håndapplicable polyuretan) eller **Purtop 1000** på de primede flatene.
- 7.5 Utfør visuell kontroll i etterkant av arbeidene, kontroller at overgangene er tette.

Mål

- «etablere» best practice
- Pågår





KOMBINASJON AV NDT-METODER FOR ET KOMPLET BILDE AV TILSTAND

Jelena Zivkovic, Rådgiver for marin betong konstruksjoner, Equinor ASA
Delpakke leder for H1.1 og H3.4

Historikk: Bruk av Ikke destruktive metoder (NDT) i Norge

Ikke brukt NDT	Formell etablering og fasevis innføring av NDT for betong	Gjennombrudd for NDT som verktøy for tilstandsanalyse av betong	NDT etablert som standard og forventet praksis	NDT er mye brukt og enda høyere utvikling
Før 1980	1980-årene	1990-årene	2000-tallet	2020 – I dag
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tilstandsvurdering basert på visuelle inspeksjoner ▪ Lyte systematisk vurdering av skjulte skader og materialegenskaper 	<ul style="list-style-type: none"> • Introduksjon av metoder som Schmidt-hammer og ultral lyd (UPV) • Brukt særlig på broer, dammer og større infrastrukturkonstruksjoner 	<ul style="list-style-type: none"> • Rutinemessing bruk knyttet til problemer med armeringskorrosjon og bestandighet • Faglig utvikling gjennom SINTEF/NTNU og Statens Vegvesen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Avanserte metoder som GPR, Impact-Echo, ultralyd og kombinerte metoder ▪ Integrert i forvaltning, vedlikehold og levetidsvurdering av betongkonstruksjoner 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Standard praksis for spesielle inspeksjoner og for levetidsvurdering ▪ Mye utvikling, spesielt med kombinasjon med robotikk

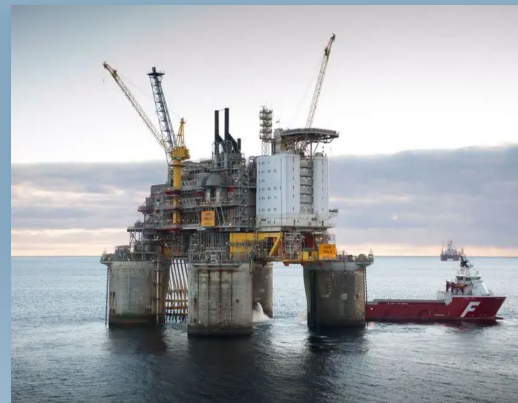
Excon H3. Tilstandsanalyse

Mål:

- Lage en oversikt over tilgjengelige metoder vi har og bruker i dag
- Hvilke metoder kan kombineres for å finne ulike defekter (mock-up tester, case study, felt tester)
- Veileder for bruk av NDT med og uten robot/drone, samt rammeverk for avansert konstruksjonsanalyse.

Formål:

- Utvikle metodikk som minimaliserer bruk av destruktive metoder, fysisk arbeid og rigging, det vil si større andel av NDT og bruk av robot/drone, datahåndtering og avansert konstruksjonsanalyse tilrettelagt for eksisterende beregningsverktøy og for bruk i digital tvilling.



Rapporter fra 3.3 og 3.4



Report

NDT methods and sensors for existing concrete structures

Literature review

Author(s):

Cosmin Popescu, Tobias Danner, Roar Myrdal, Jan Lindgård, Andres Belda Revert, Björn Täljsten

Report No:

2023:01487 - Unrestricted

Client(s) (pos partner):

SINTEF AS



Rapport

Development and verification of NDT for detecting voids in tendon ducts

Validation through mock-up specimens for post-tensioned concrete structures

Author(s):

Cosmin Popescu, Björn Täljsten, Kamal Raj Chapagain, Werner Bjerke, Jelena Tobias Danner, Rune Nilsen

Report no.: 2025:01222

Partner(s):

SINTEF

Case study for combining NDT methods for inspection of concrete structures

Use of drones and NDT methods attached to the crawler

EMNEORD
Non-destructive
methods, drones,
crawler

VERSJON

1

DATO

2025-12-30

FORFATTER(E)

Jelena Zivkovic, Ørjan Nyberg Ladsten, Cosmin Popescu, Joachim Hovland, Kamal Raj Chapagain, Werner Bjerke

OPPDRAGSGIVER(E)

SINTEF

OPPDRAGSGIVERS REFERANSE

Tor Arne Hammer

PROSJEKTNUMMER

102028198/340843

ANTALL SIDER OG VEDLEGG

50

SAMMENDRAG

This report summarizes research on combining different non-destructive testing (NDT) methods for detecting reinforcement, post-tension cables, and defects (voids, cracks, honeycombs, etc.) in reinforced concrete structures. The work started in the laboratory with tests on produced concrete blocks which represent bridges and offshore concrete structures. Later research was performed in the field on several study cases. At the end, NDT equipment was attached to the crawler to have more automatized inspections. As automatized general visual inspection, drones have been used.

The results confirmed that it is very crucial to combine several NDTes to find location of the reinforcement/cables and all defects. By using crawlers, it was possible to increase the safety and efficiency of the inspections and avoid complex and time-consuming scaffolding.

There is a big potential in future by combining NDT with crawlers, and more work should be done when registering and reporting the inspection data.

UTARBEIDET AV

Jelena Zivkovic

SIGNATUR

KONTROLLERT AV

Cosmin Popescu

SIGNATUR

GODKJENT AV

Tor Arne Martius-Hammer

SIGNATUR

RAPPORT NR.

2026:

ISBN

978-.....

GRADERING

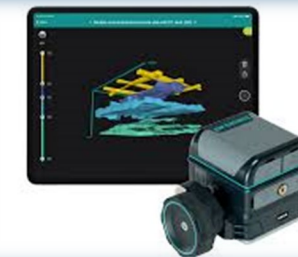
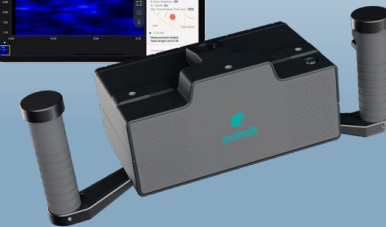
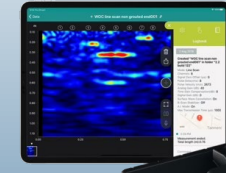
Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

Inspeksjon metoder som ble testet

- GVI: Drone, ROV, crawler
- GPR-radar som effektivt måler overdekningsdybder og lokaliserer vertikal, horisontal, skjærarmring og skjær-, T-hode- og strekkarmring.
- UT Pulsed Echo Ultra lydenhet som måler veggtykkelse, dekning, deteksjon av luft i strekkabler, armering og laminering.
- Elop rullende ultra lyd skanner uten bruk av koblingsmiddel.

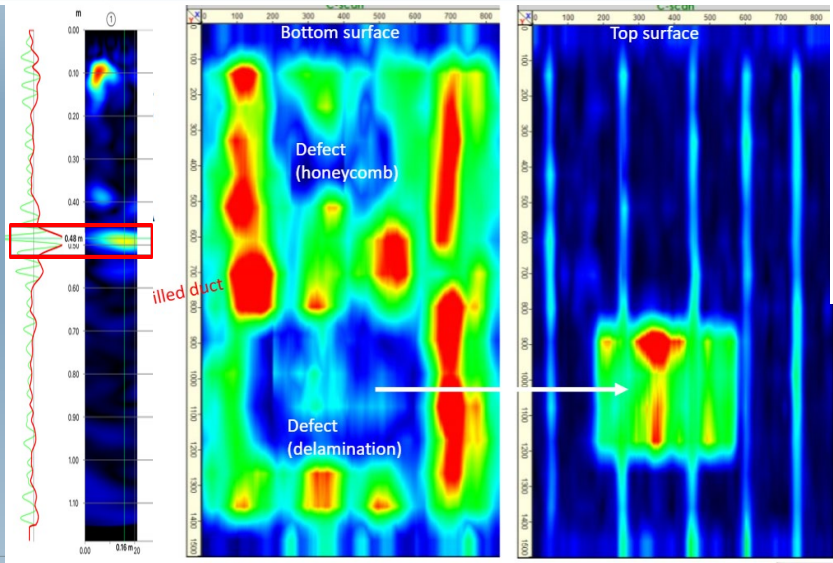
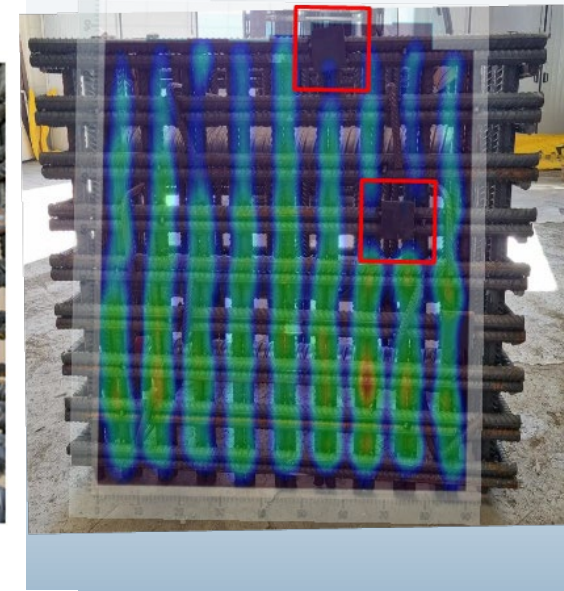
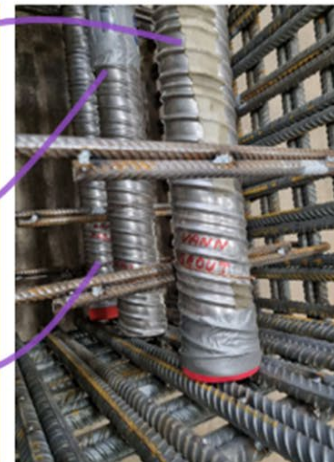
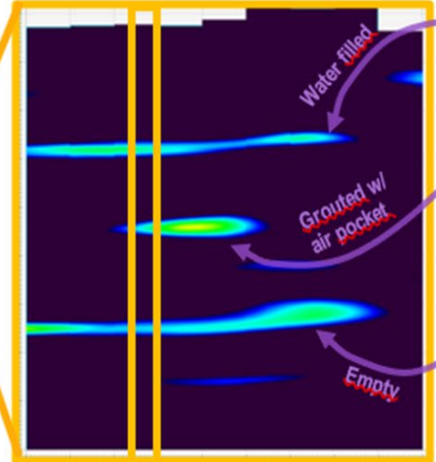
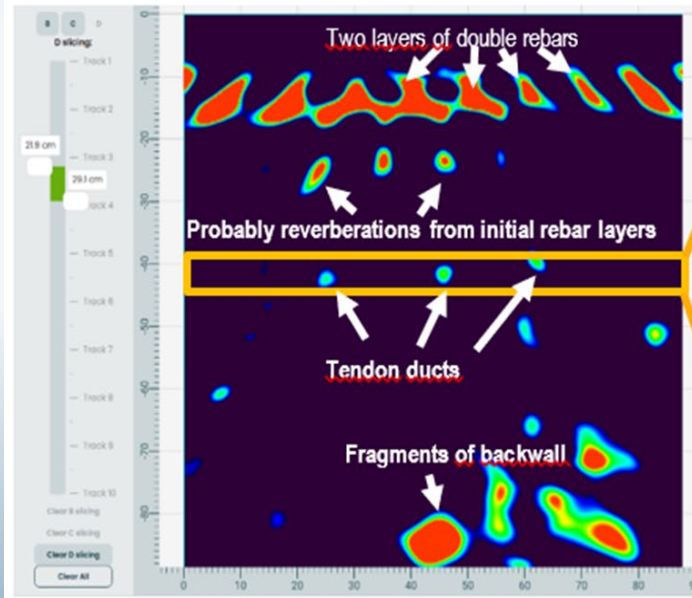
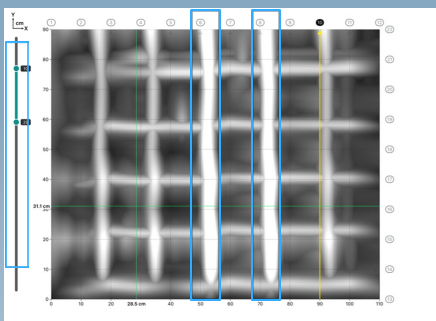
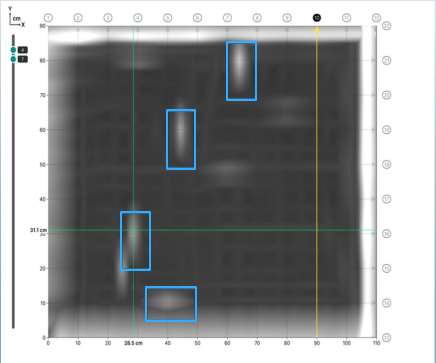


Mock-up

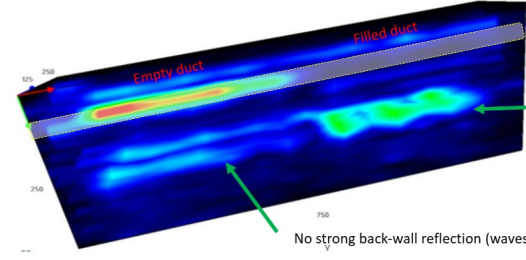
- Bruer
- Offshore betong



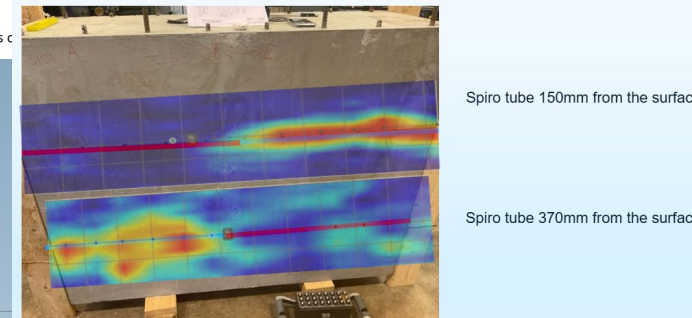
Mock-up resultater



• Ultrasonic tomography – MIRA (Specimen 2)



Bridge constructions - test object 3 – Ultrasonic Testing



Felt bruer

1. Herøybrua: W25-26 & w34 2023
2. Måløybrua: 25 September – 4 October
3. Gisundbrua: 16 – 20 October



Gisundbrua Dukten funnet enten delvis fuget eller helt tomme

Table 3 Openings in the south girder

Opening nr	Duct	Placement	Grouting status
1S	31 South	1,0 m from X13	Empty
2S	31 South	8,1 m from X13	Empty
3S	31 South	9,9 m from X13	Partially grouted
4S	32 South	2,0 m from axis 9	filled

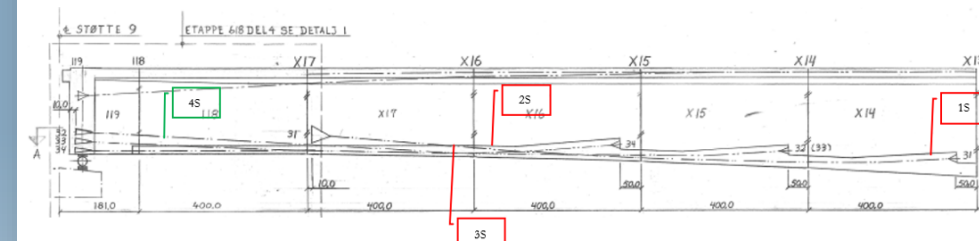
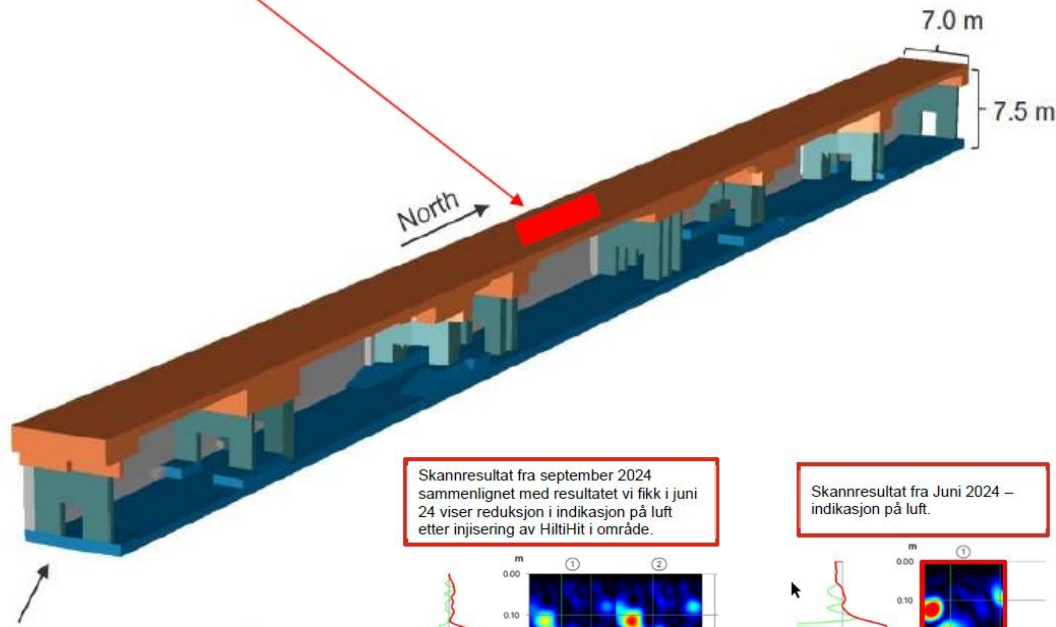


Figure 8-8 Locations where core-drilling was conducted in the south girder.

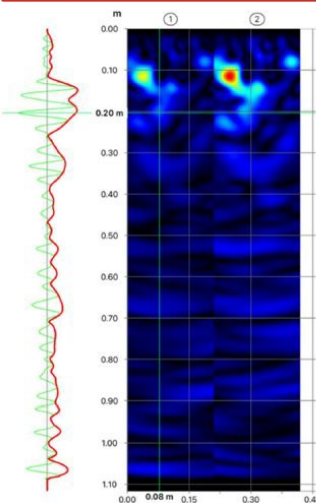
Felt offshore

Område markert i **rodt** under illustrerer hvor skann er utført.

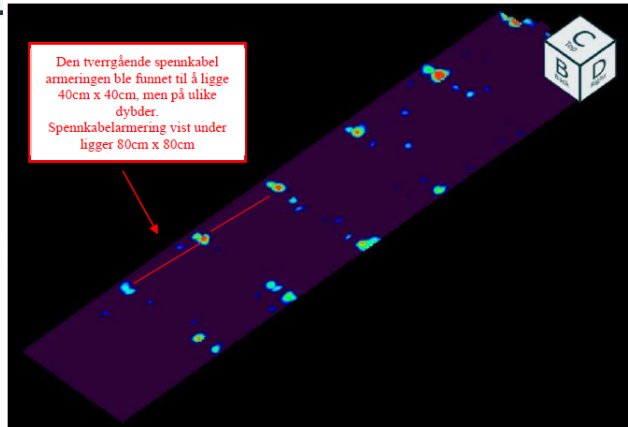
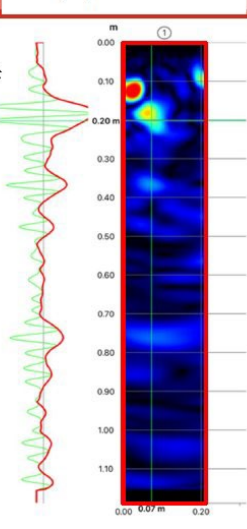


Module Support Beam (MSB)

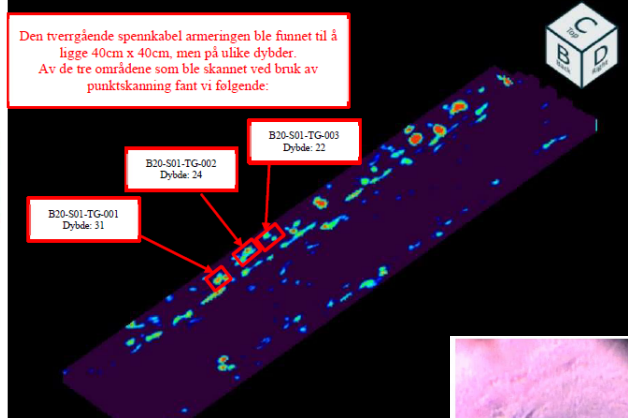
Skannresultat fra september 2024 sammenlignet med resultatet vi fikk i juni 24 viser reduksjon i indikasjon på luft etter injisering av HiltiHit i område.



Skannresultat fra Juni 2024 – indikasjon på luft.

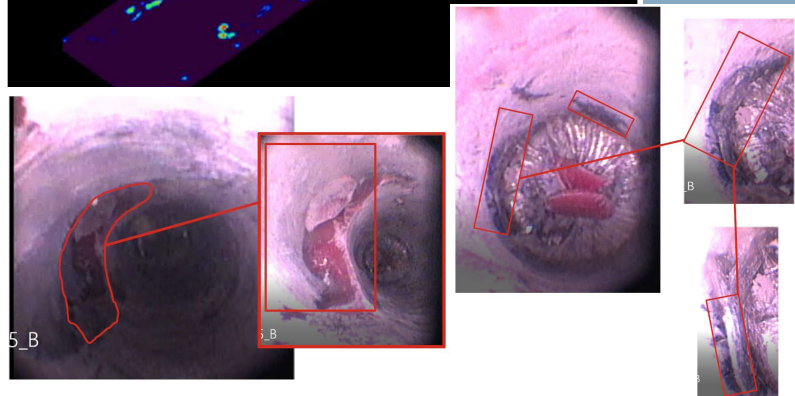
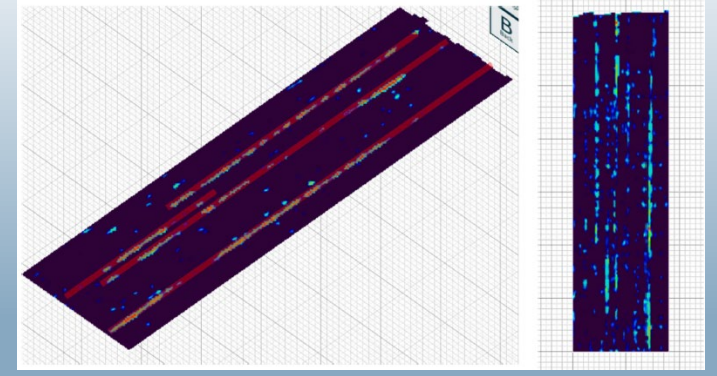
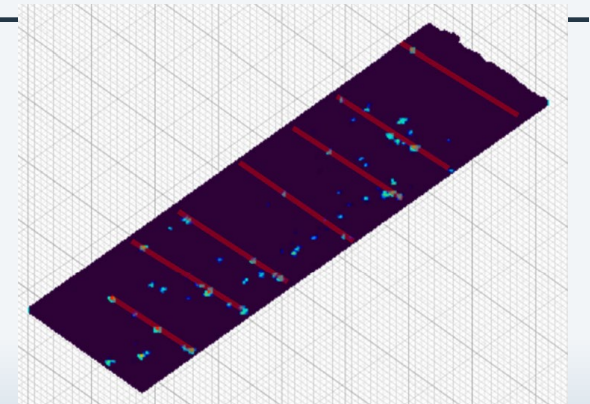


Den tverrgående spennkabel armeringen ble funnet til å ligge 40cm x 40cm, men på ulike dybder. Spennkabelarmert vist under ligger 80cm x 80cm



Den tverrgående spennkabel armeringen ble funnet til å ligge 40cm x 40cm, men på ulike dybder. Av de tre områdene som ble skannet ved bruk av punktscanning fant vi følgende:

B20-S01-TG-001 Dybde: 31
B20-S01-TG-002 Dybde: 24
B20-S01-TG-003 Dybde: 22



Felt offshore

B10-06-P10

← NORD				SØR →		
5	7	3	1 & 2	4	8	6

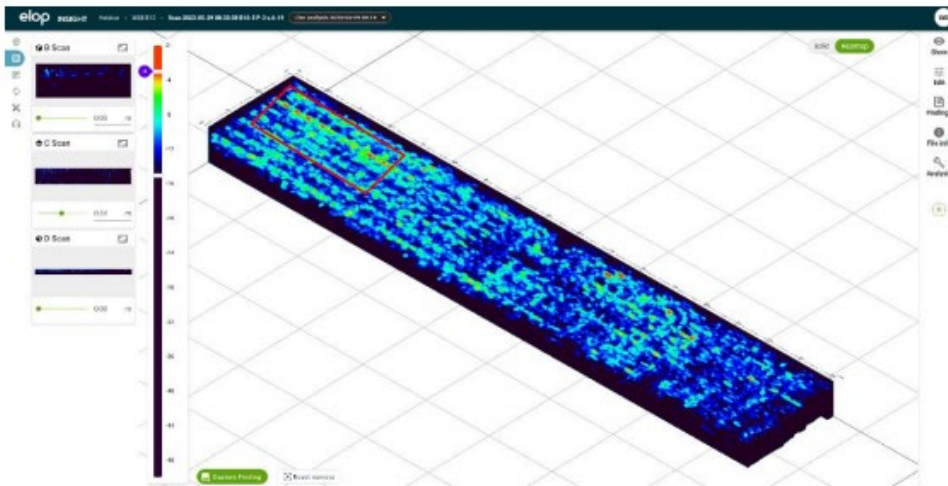
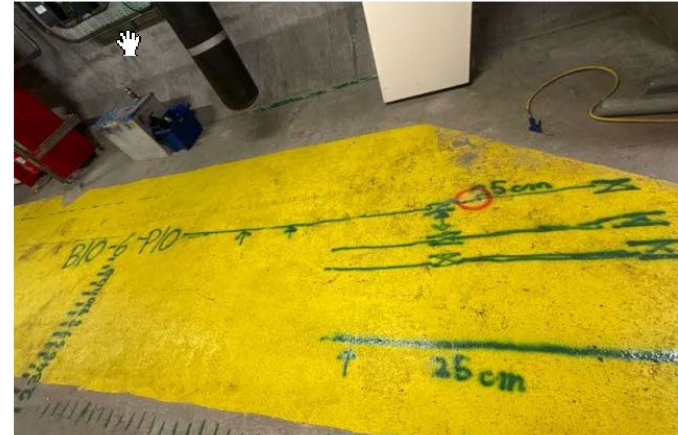
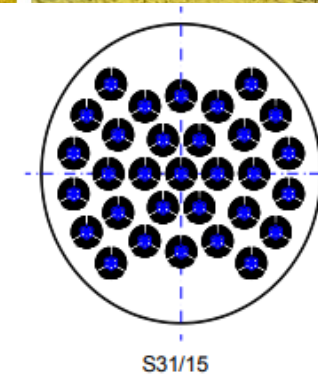
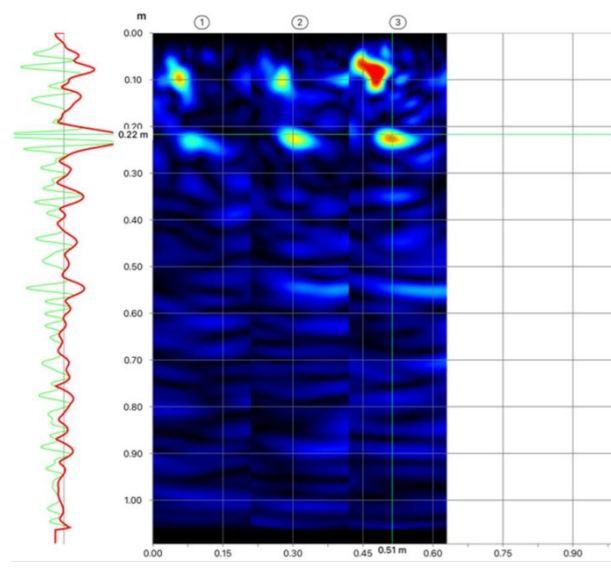
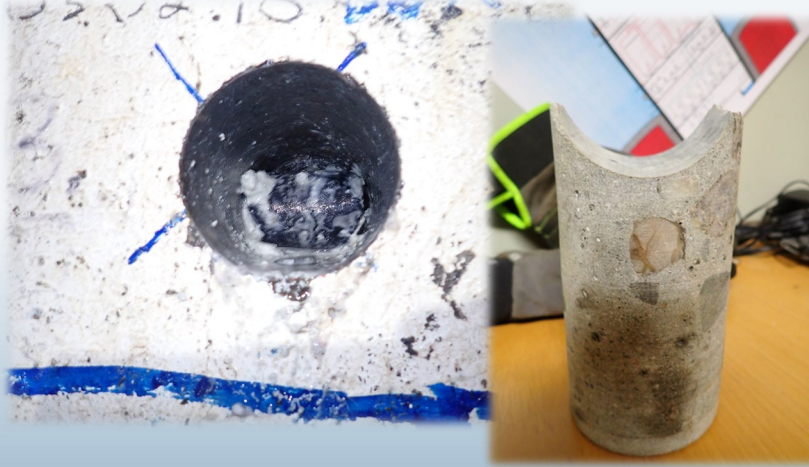
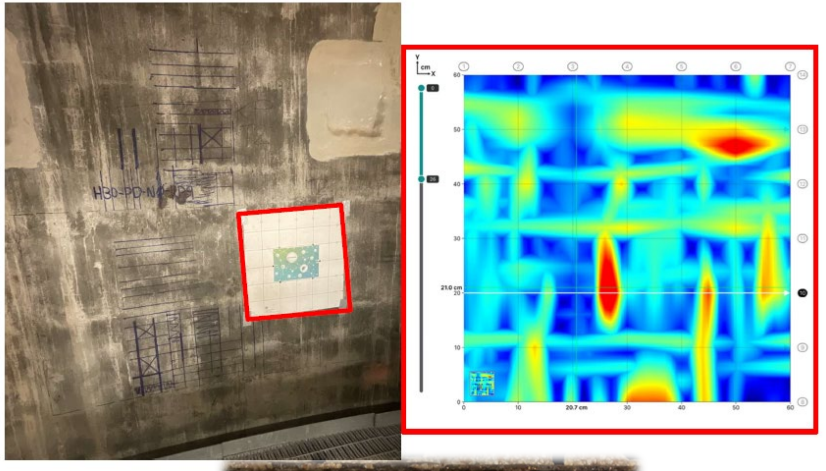


Figure 44 B10-5 P3 s6-s19. Scan area with a 3D-view highlighting the areas with higher amplitude (znd inspection).



Bruk av NDT-metoder ved kjerneboring (GPR og Ultralyd) og riss dybde måling (Ultralyd)

Bildene under er tatt med for å vise armerings-tetthet i område. Bildene illustrerer på en god måte hvor lite plass det var i dette område med hensyn til å kjerne-bore med borr på 81mm.



UT scan – U02 – RISS 04.02	
	Dybde
UT 01	23 cm
UT 02	23 cm
UT 03	17 cm
UT 01-002	24 cm



Testing av Hausbots crawler med radar og ultralyd i felt

Hausbots-crawler kan bære flere forskjellige NDT-verktøy, og et høyoppløselig kamera med live feed og 32 ganger optisk zoom. Produsenten oppgir at den kan bære en nytte last på opptil 25 kg på glatte overflater.



- Hvilke metoder og utstyr kan kombineres med Hausbots
- Penetrasjonsmetode
- Rebound hammer-metode
- Pull out-testmetode
- Ultralyd pulshastighetsmetode og ultralyd pulsekkoteknologi
- Radarbølgeteknologi
- Karbonasjonstesting
- Halvcellepotensialtesting
- Betonglodding (også kjent som hammertest eller akustisk test)



Testing av EasyX crawler med ultralyd – eksperimentalt arbeid

EasyX

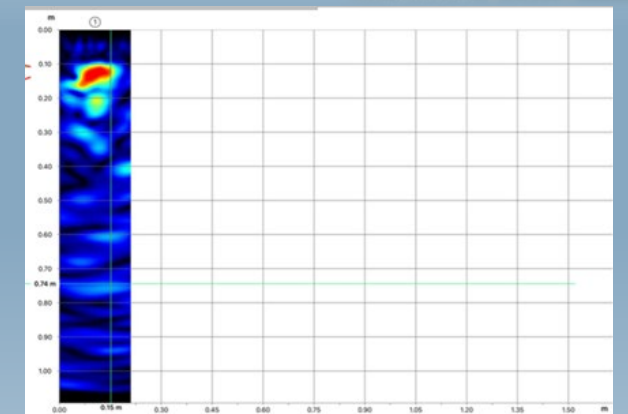
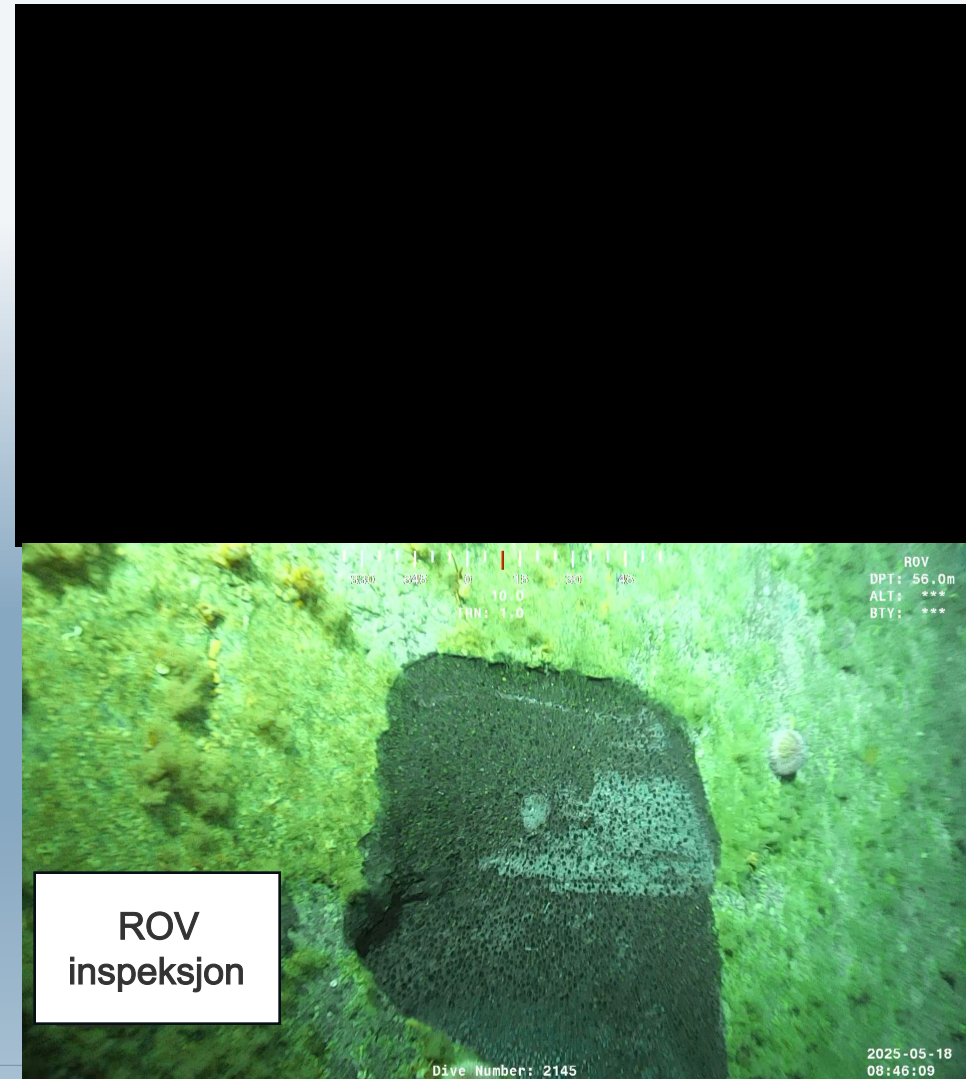
For å gå en steg videre og kunne skanne vertikale overflater, Elop ble montert på EasyX robot

Produsenten oppgir at den kan bære en nytte last på opptil 300 kg på glatte overflater. Vekt av selv robot er ca. 350 kg.



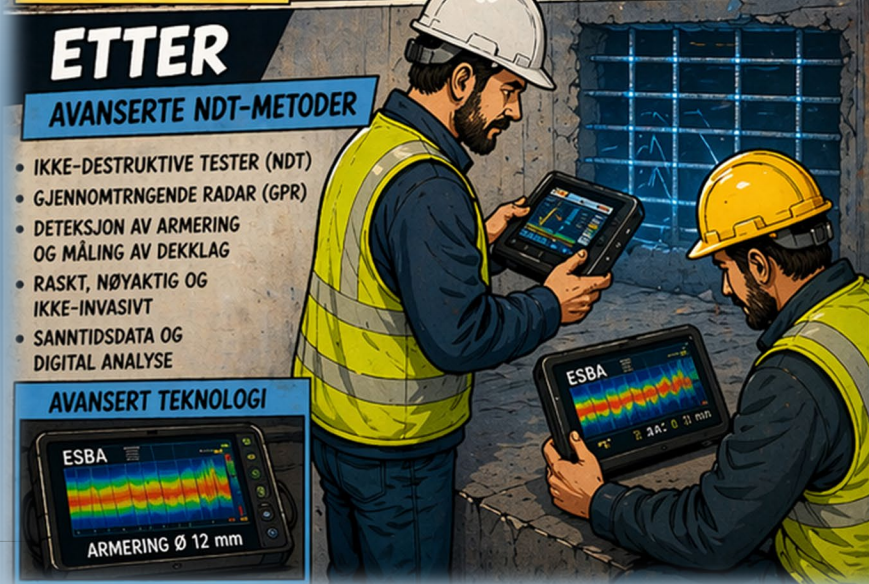
Bruk av flere NDT metoder for et komplett bilde

Kombinasjon av drone, ROV, crawler, GPR og ultralyd



Konklusjon

- Stort potensial ved bruk av ikke-destruktive metoder
- Økt effektivitet, økonomisk besparelser, kut av CO₂-utslip
- Generelt viste ultralydskanneren bedre ytelse enn GPR
- Mange tester og kontroller er fortsatt nødvendig for å verifisere nøyaktighet av alle metodene
- Den største utfordringen er å teste spennkablene og teste områder under vann



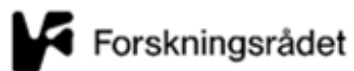
- Excon - Grønn forvaltning av konstruksjoner for infrastruktur
- Workshop 23.04.2026.

norsk forening for
betongrehabilitering



EXCON

<https://www.sintef.no/prosjekter/2023/excon-gronn-forvaltning-av-konstruksjoner-for-infrastruktur/>



Prosjektet er finansiert av Grønn Plattform ordningen som er et samarbeid mellom Forskningsrådet, Innovasjon Norge, Siva og Enova, og følgende deltagere:



Takk for oppmerksomheten !!!



Jelena Zivkovic
Mobil: +47 468 11760
Epost: jziv@equinor.com

Equinor ASA

© Equinor ASA

This presentation, including the contents and arrangement of the contents of each individual page or the collection of the pages, is owned by Equinor. Copyright to all material including, but not limited to, written material, photographs, drawings, images, tables and data remains the property of Equinor. All rights reserved. Any other use, reproduction, translation, a daption, arrangement, alteration, distribution or storage of this presentation, in whole or in part, without the prior written permission of Equinor is prohibited. The information contained in this presentation may not be accurate, up to date or applicable to the circumstances of any particular case, despite our efforts. Equinor cannot accept any liability for any inaccuracies or omissions.

ALKALIREAKSJONER - HVORDAN REHABILITERE, TILTAK?

Jan Lindgård og Bård Arntsen (SINTEF)

Excon - Avslutningsseminar, 23. april 2026

Innhold



Foto: Jan Lindgård

- Innledning
 - Litt om skadeutvikling / konsekvenser
- Ambisjoner i Excon
- Oversikt litteratur og FoU-prosjekter
- STAR RILEM
 - Hovedanbefalinger
- Aktuelle rehabiliteringstiltak
 - Prinsipp
 - Eksempler - hovederfaringer

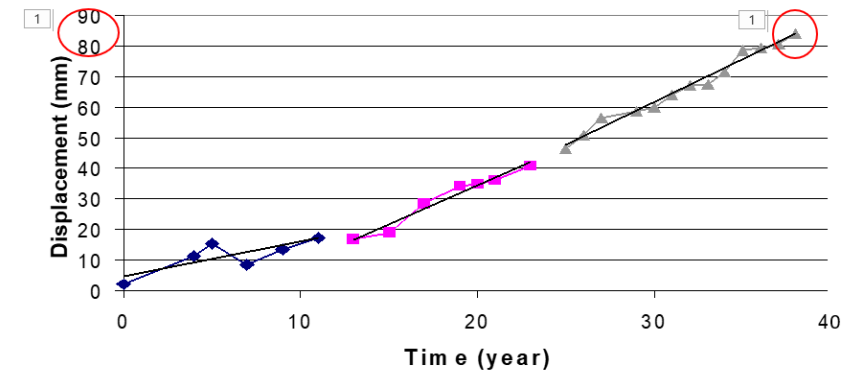
Innledning

Typiske spørsmål fra konstruksjonseiere:

- Skadeårsak?
- Skadeomfang?
- Varierer skadene over konstruksjonen?
- Videre skadeutvikling?
- Konsekvenser?
- Bør det gjøres tiltak?
- Hvilke tiltak fungerer?

Alkalireaksjoner (AR) og skadeutvikling - hovederfaringer

- Ekspansjon pga. AR fører til en ekstra «last»
 - Deformasjon; ny last-/spennings-situasjon
 - Evt. tvangskrefter
 - Evt. følgeskader
- Ekspansjonen fortsetter i lang tid (hvis ikke meget slanke konstruksjoner)
- Viktig å følge skadeutviklingen over tid (instrumentering)
 - «Neste 10 år tilnærmet som forrige 10 år» (spesielt der «fri» ekspansjon)
- Materialegenskapene reduseres «sakte men sikkert»
 - Redusert E-modul og strekkfasthet; trykkfasthet mindre påvirket
 - SDT-analyse har vist seg å være et nyttig verktøy
 - Gir et uttrykk for intern opprissing («skadeparameter»)
 - Kan gi et estimat for størrelsen på ekspansjon
- Svært viktig med en grundig kartlegging (felt- og lab-undersøkelser)
 - Se f.eks. Statens vegvesen rapport 852 «Inspeksjon av bruer med alkalireaksjoner»





Ambisjoner i Excon



- Fokus på betongdammer
- Oppdatert litteraturgjennomgang
 - Samarbeid med RILEM TC 300-ARM
 - STAR-rapport
- Norske betongdammer: Samle erfaringer fra utførte tiltak
 - Spørreundersøkelse
 - Etterkontroll av utvalgte case
- Rapport med hovederfaringer

«Nedjusterte» ambisjoner i Excon



- Oppdatert litteraturgjennomgang
 - RILEM TC 300-ARM
 - Forsinket STAR-rapport (draft nylig mottatt)
 - Hovederfaringer vil oppsummeres
 - Erfaringer fra andre FoU-prosjekter
 - Primært mht. skadeomfang/-utvikling
- Norske betongdammer:
 - Liten respons på spørreundersøkelsen
 - Stort sett «mislykket overflatebehandling»
 - Etterkontroll utgår
 - Oppsummere noen norske erfaringer
- Rapport med hovederfaringer

Oversikt litteratur

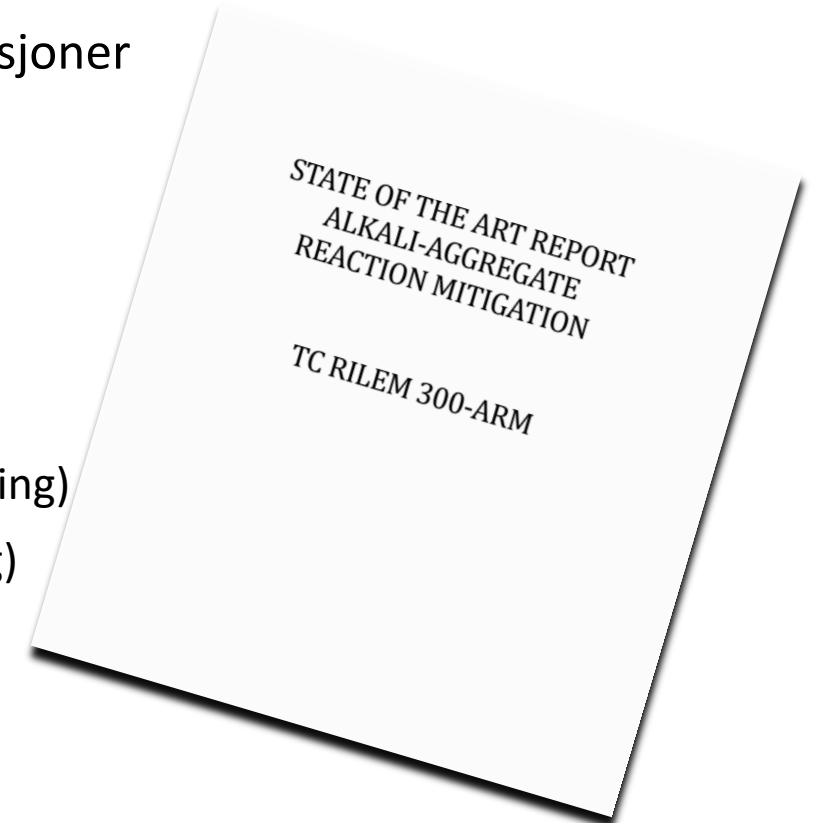
- SINTEF-rapport (EBL-Kompetanse publ. nr. 163-2004)
 - «Betongdammer – typiske nedbrytingsmekanismer, prinsipielle rehabiliteringsmetoder og erfaring med ulike tiltak» (Rodum, Lindgård og Justnes)
- ICOLD committee on Concrete Dams (2019)
 - «Management of expansive chemical reactions in concrete dams & hydroelectric projects»
- Svensk Betongförening, Betongrapport nr. 18 (2019)
 - «ASR i svensk betong – vägledning för nya ock befintlige konstruktioner»
- RILEM TC 300-ARM (2026)
 - «State of the art report AAR mitigation»

Viktige FoU-prosjekter

- Spesielt Statens vegvesen har gjort systematisk kartlegging av utvalgte bruer
 - «Varige konstruksjoner» (2012-2015) og «Bedre bruvedlikehold» (2017-2022)
 - Forskningspartnere: NTNU og SINTEF
- MESLA (2021-2026)
 - Hvordan «håndtere» bruer med alkalireaksjoner?
 - Fokus på input fra felt og lab. til kapasitetsberegninger (inkl. modellering)
 - Input til NB40: «*Analyse og kapasitetsberegning av eksisterende og skadete betongkonstruksjoner*»
 - NTNU, SINTEF, samarbeid med internasjonale ledende fagmiljø
 - «Case bruer»: Statens vegvesen, Bane NOR, to fylkeskommuner

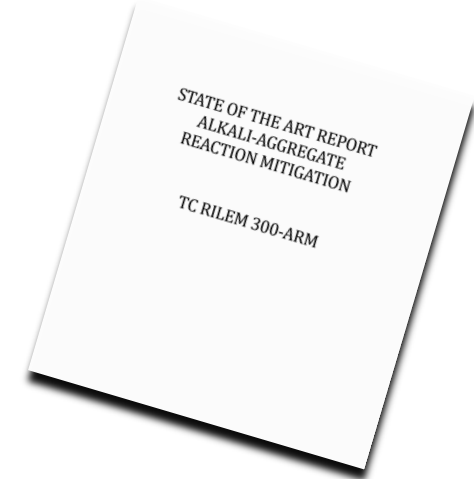
RILEM TC 300-ARM: «STAR AAR mitigation» (2026)

- Formål
 - Evaluere strategier for å håndtere alkalireaksjoner i ulike konstruksjoner
 - Gi en oversikt over relevante tiltak på konstruksjoner med AR
 - Evaluere ulike tiltak – gi anbefalinger til byggherrer og rådgivere
- Omfattende rapport (157 sider – ulike deltema)
 - Diagnostisering (skadeårsak og –omfang)
 - Prognose for videre skadeutvikling (lab-prøving, konstruktiv modellering)
 - Prinsipielle tiltak (konstruktive; fuktreduserende; «kjemiske»; utskifting)
 - Case-eksempler
 - Kritisk evaluering av ulike tiltak
 - Utradisjonelle løsninger (redusere fuktinnhold og rissomfang)



“STAR AAR mitigation” - Hovederfaringer og anbefalinger

- Meget viktig å foreta en helhetlig vurdering av konstruksjonen
 - «Enkelttiltak» er sjelden vellykket
 - Felt- og lab-undersøkelser
 - Skadeårsak, skadeomfang, variasjoner,
 - «Hvor trykker skoen»?
 - Prognose for videre skadeutvikling
 - Lab-prøving (restekspansjon)
 - Klima (fukt) og «randbetingelser» (armering, fastholding,)
 - Instrumentering
 - Input til konstruktiv modellering
- Valg av metode/tiltak
 - Bør basere seg på omfattende dokumentasjon (fra felt, lab, prognose, beregninger), kritisk vurdering av alternativer tiltak og en risikovurdering





SINTEF

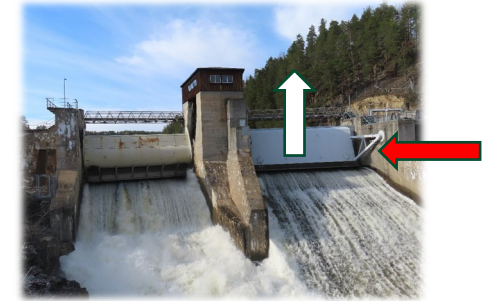
— 75 år —

Aktuelle rehabiliteringstiltak

- AR-skader er kompliserte
 - Hver konstruksjon bør vurderes spesielt
 - Avhengig av «*hvor skoen trykker*»
 - *Utfordring å lage generelle retningslinjer*
- Behov for å samle erfaringer
 - Enkeltkonstruksjoner er rehabilitert, men “pålitelig” dokumentasjon om utførte tiltak er mangelvare i Norge
- Prinsipielt er tre tiltak aktuelle:
 - 1. Forsøke å redusere reaksjonshastigheten**
 - 2. Redusere effekten av ekspansjonene (inkl. forsterke)**
 - 3. Hel – eller delvis utskifting**
 - Noen tiltak kan påvirke både 1) og 2)



Foto: Jan Lindgård





SINTEF

— 75 år —

AR – aktuelle rehabiliteringstiltak

1. Forebygge eller redusere reaksjonshastigheten

a. Overflatebeskyttelse (ulike metoder; hindre vanntilførsel)

- Mindre aktuelt for dammer (evt. kun der regnvann er kilden)
- Kan være egnet f eks for deler av bruer
 - Silan (hydrofoberende impregnering):
 - Kan ha en positiv effekt (reduisert RF og evt. redusert ekspansjon)
 - Best effekt ved beskjeden opprissing
 - Belegg:
 - Større risiko (kan risikere å stenge inne fukt; mer vedlikehold, ...)
- Statens vegvesen og SINTEF vil oppsummering 10 års feltforsøk i 2026
 - SINTEFs feltstasjon (Voll) i Trondheim
 - 3 produkter (2 x hydrofoberende impregnering, 1 x belegg) og 3 referanser
 - Måling av fukt og ekspansjon, samt etterdokumentasjon etter hhv. 4 og 10 år
 - Foreløpige resultater: Fukten reduseres, men ekspansjonen stopper ikke

Uelastiske belegg vil risse opp - ikke egnet ved AR!

Foto: Jan Lindgård

Ved stor rissutvikling vil selv elastiske belegg kunne risse opp!

Foto: Jan Lindgård



Foto: Jan Lindgård



SINTEF

— 75 år —

AR – aktuelle rehabiliteringstiltak

1. Forebygge eller redusere reaksjonshastigheten

a. Overflatebeskyttelse

b. Tetting / forsegling av riss

- Begrense vanninntrengning
- Redusere faren for utvikling av frostskafer
- *Riss vil utvikles videre hvis fortsatt ekspansjon*



c. Vanntett membran

- Oppstrøms dam: Redusere lekkasjer
 - *Ikke dokumentert effekt på redusert ekspansjon (dvs. reduserer ikke fuktinnholdet)*
- Elgeseter bru: Ny membran i 2014/2015

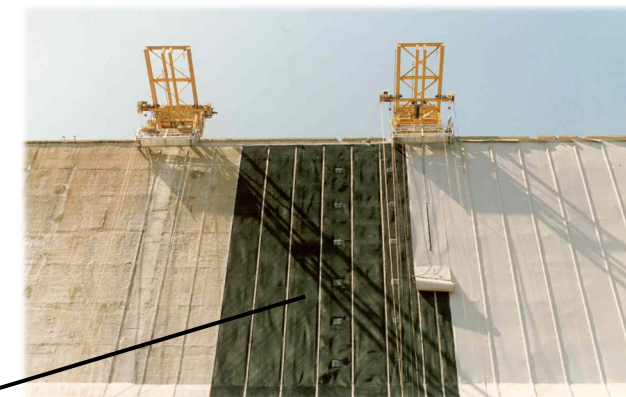


Foto fra RILEM STAR rapport



Foto: Jan Lindgård



SINTEF

— 75 år —

AR – aktuelle rehabiliteringstiltak

2. Redusere effekten av ekspansjonene

a. Injisering

- Sikre betongens strukturelle og funksjonelle egenskaper (f.eks. økt glidesikkerhet i «løfteriss»)
 - «Limer sammen» deler
 - Obs! Trykk kan påvirke spenningstilstanden
- Redusere vanninntrengning og lekkasjer (eks. i en dam)
- «Levende riss» (pga. fortsatt AR-ekspansjon) vil åpne seg igjen
- Behov for ny injisering etter en viss tid

b. Fjellankere (etteroppspente stag eller kabler) eller andre konstruktive tiltak

- Øke stabiliteten («holde igjen ekspansjonen») (eks.: Mactaquac dam)
- Usikker effekt mht. å redusere ekspansjonshastigheten



Alle foto: Jan Lindgård





SINTEF

— 75 år —

AR – aktuelle rehabiliteringstiltak

2. Redusere effekten av ekspansjonene

a. Injisering

b. Fjellankere e.l.

c. Konstruktiv forsterkning

- Ytre fastholding som reduserer volumutvidelsen
 - Kan øke ekspansjon og intern opprissing i «frie retninger»
- Lokal forsterkning
- Kappestøp (eks.: Dam Hjelmevatn)
- Innstøping mellom pilarer for platedammer (eks.: Dam Krokavatn)
- Ny plate oppstrøms (eks.: Dam Krokavatn, Dam Votna II)



Foto: SFE



Foto (drone): Henrik Eeg Kjærnsmo

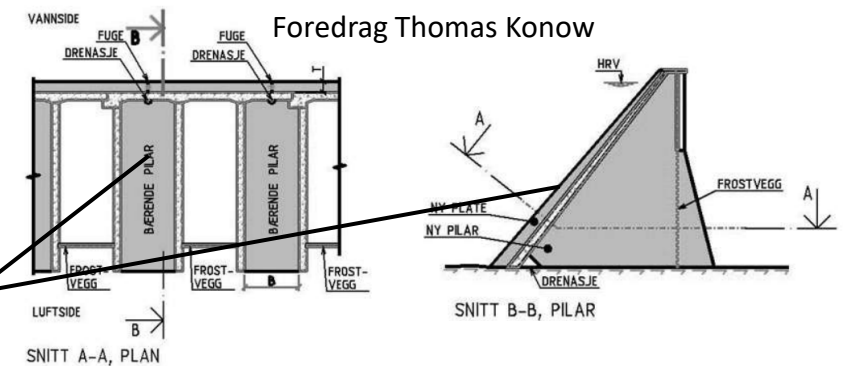


Foto: Jan Lindgård



SINTEF

— 75 år —

AR – aktuelle rehabiliteringstiltak

2. Redusere effekten av ekspansjonene

d. Slissing («slot cutting»)

- Hindre/utløse indre trykkspenninger som følge av volumutvidelsen
- Gi rom for videre ekspansjon
- Brukt med hell på mange dammer! (eks. Dam Votna II; Mactaquac dam)
- Vurdér evt. negative konsekvenser
- *Ekspansjonen vil normalt øke når «motholdet forsvinner»*
- *Må (ofte) gjentas ved ulike tidsintervaller*

e. Lokale tiltak

- Unngå kiling av damluker (nye lukeføringer – eks. Hunderfossen dam; «kappe» luker)
- Unngå skader på «nabokonstruksjoner»; unngå «knusningsskader»
- Åpne fuger og rette opp søyler (bruer)

f. Delvis eller hel utskifting av konstruksjonsdeler

g. Følge skadeutviklingen/ekspansjonen – instrumentere (inkl. FEM-analyser)

- Kan beholde konstruksjonene lenge! (formål med «Excon»)



Foto: Jan Lindgård

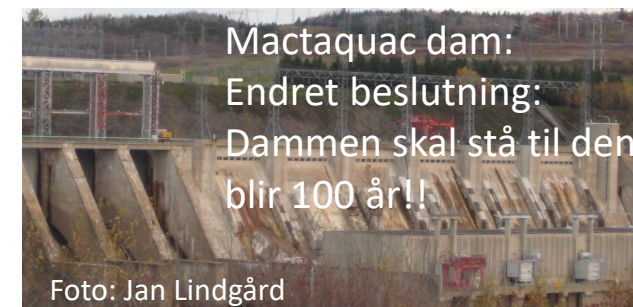


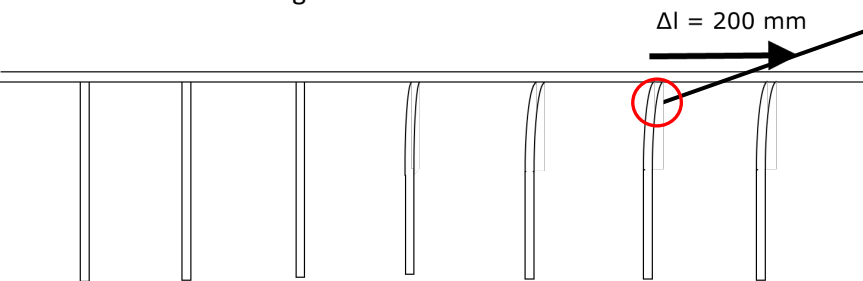
Foto: Jan Lindgård

AR – aktuelle rehabiliteringstiltak; eksempel på «spreke tiltak»

- Elgeseter bru (1951)



Foto og skisse: Eva Rodum



“Mikro-sprengning” (2003)



Skiftet ut øvre ca. 1,5 m av to søylerader

Nytt lager i akse 9, etter oppretting av søyla

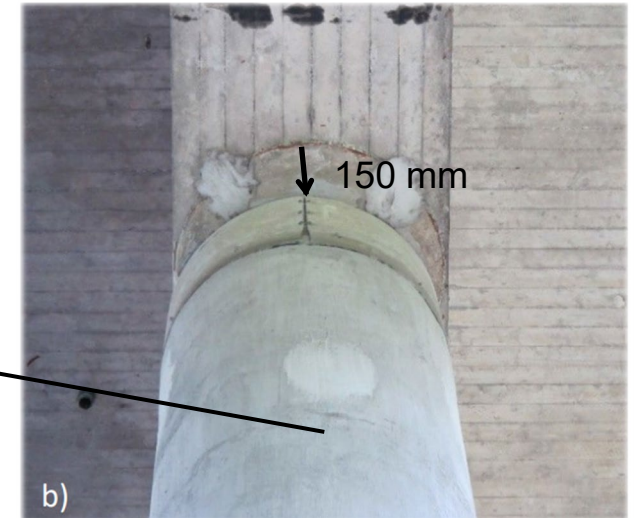


Foto: Eva Rodum

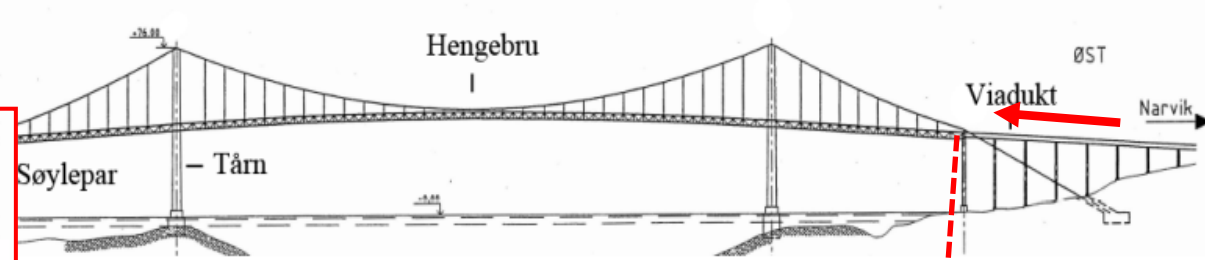
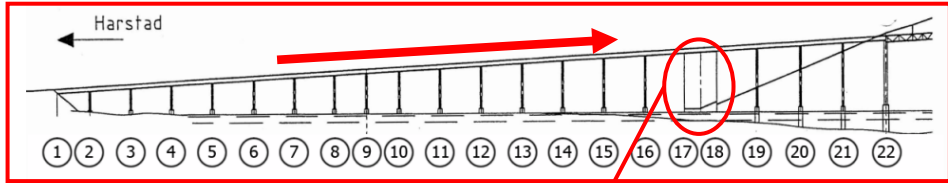


SINTEF

75 år

AR – aktuelle rehabiliteringstiltak; eksempel på «spreke tiltak»

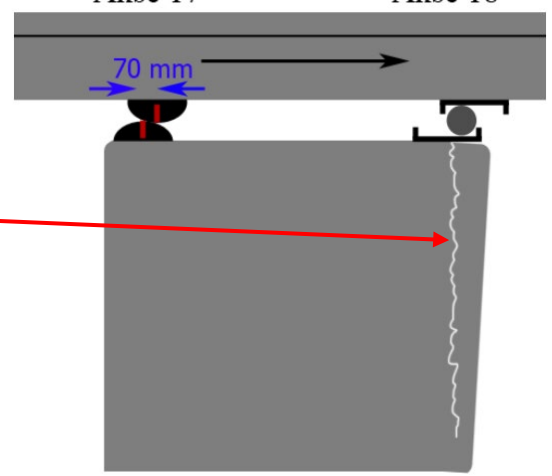
Tjeldsundet bru (1960)



Ekspertutvalg satt ned for å planlegge tiltak:
Haug og Blom-Bakke AS, SINTEF, NTNU, Vegdirektoratet,
Statens vegvesen Region Nord (tyngre bruvedlikehold)



Foto av kassepilar: Eva Rodum



Skisse av kassepilar
(Grimsmo og Welle, MSc NTNU)



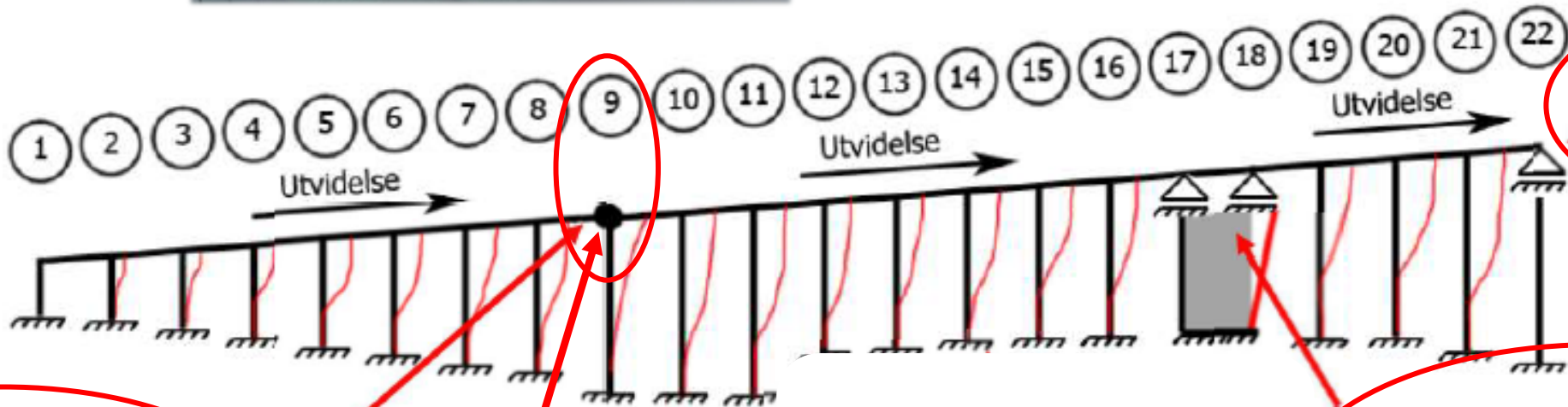
Slide «lånt» fra Terje Kanstad



SINTEF

— 75 år —

https://www.youtube.com/watch?v=voFmbRhtKCI&ab_channel=Bygg-TV

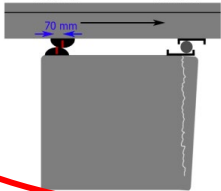


Jack/push

Cut/increase the joint

Pilar i akse 9 forsterket i toppen

Strengthen & repair





SINTEF

— 75 år —

75 år med teknologi for et bedre samfunn

sintef.no/75

KOMBINASJON AV NDT-METODER FOR ET MER KOMPLETT BILDE AV TILSTAND OG SKADEUTVIKLING

Jan Lindgård (SINTEF), Werner Bjerke (ELOP) et al.

Excon - Avslutningsseminar, 23. april 2026

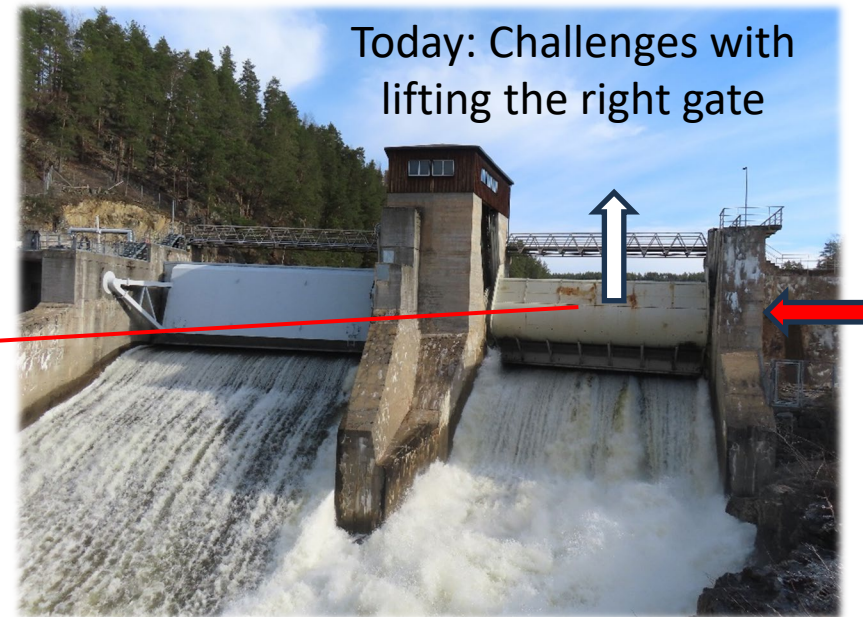
Outline



- Case dams
- Aim and scope of the dam study
- Applied test methods
 - Overview
 - Main experiences
- Conclusions

Case dams (with ASR)

Dam I (90 years, 80 m): Gravity dam,
and three buttresses with flood gates



Most likely due to ASR expansion of the
massive dam

Case dams (with ASR)

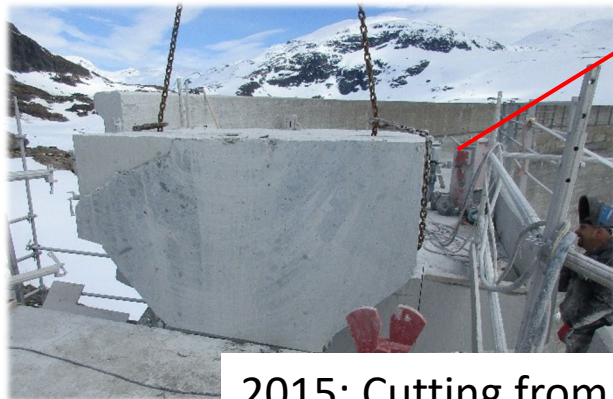
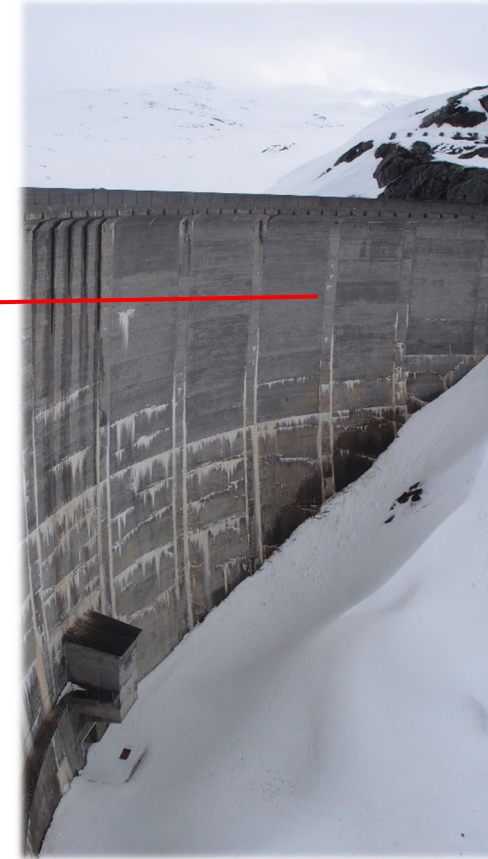
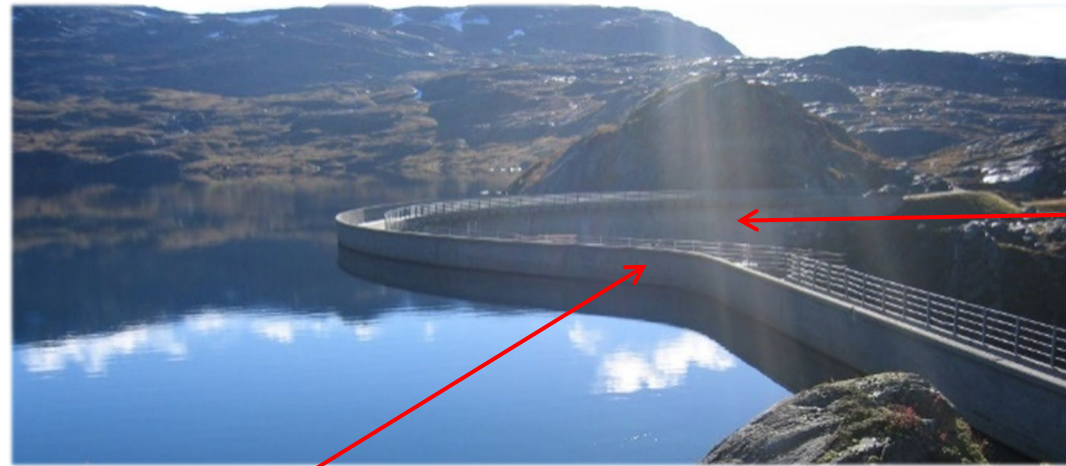
Dam II (73 years): Arch dam (h = 23 m),
and two concrete gravity dams



The owner will collect relevant data during the next 15 years as input to the next re-assessment

Case dams (with ASR)

Dam III (60 years): Arch dam (h = 55 m), and a connected slab dam

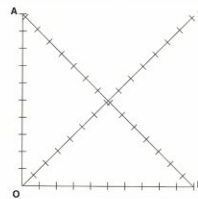


2015: Cutting from top to bottom to release stresses due to ASR expansion

Today: Re-assessment is on-going

Aim and scope of the Excon dam study

- Perform relevant lab. analysis
 - SDT (Stiffness Damage Test)
- Try out Non-Destructive (ND) test methods on case dams
 - Surface Cracking Index (CI)
 - Expansion between steel bolts
 - Laser scanning
 - Photogrammetry
 - Ultrasound scanning
 - *The world's first rolling ultrasound scanner for concrete*



SDT

Preparation
(sawing/grinding)

C

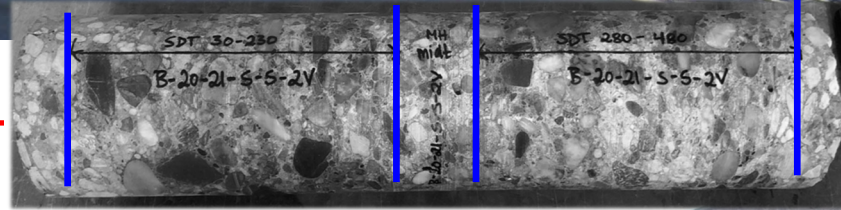
Rig and
instrumentation
(measurement of strains)

D

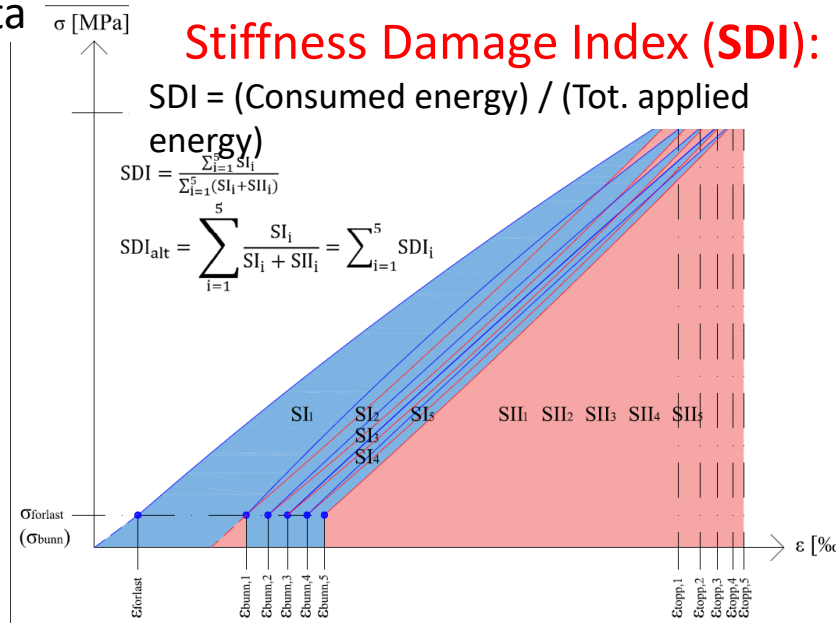
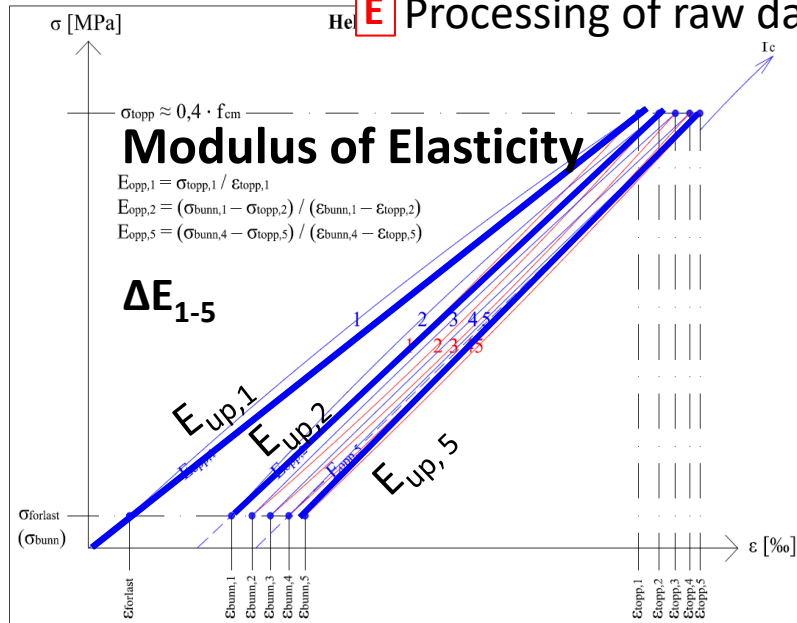
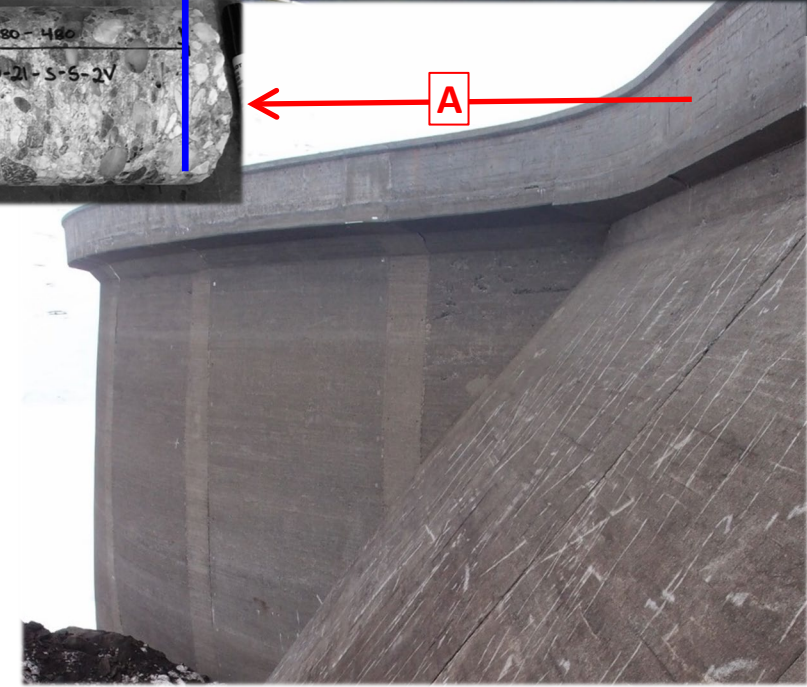
Compressive testing
(5 load cycles: up to 40% of f_c)

E

Processing of raw data



Coring



Stiffness Damage Index (SDI):

→ SDI, E_{up1} , ΔE_{1-5} and E_{up5}/E_{ref}

- can indicate:
- extent of **internal cracking**
 - **expansion** up to date caused by ASR

→ Main laboratory method used in the **MESLA project**

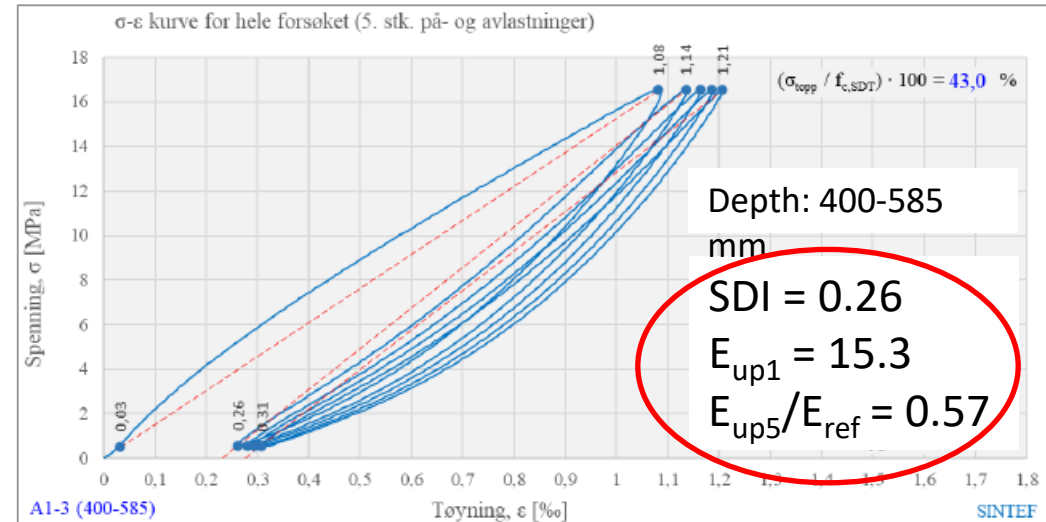
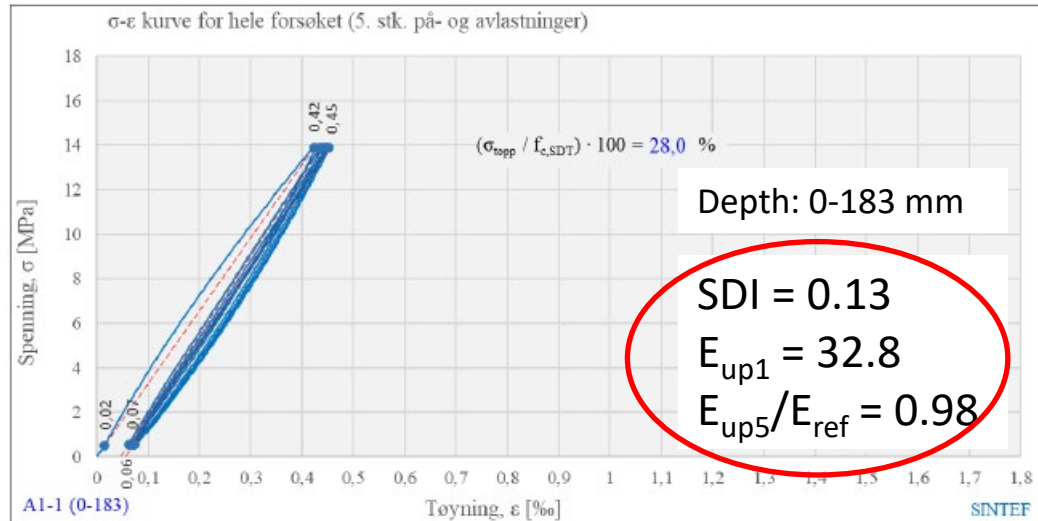
SDT - main experiences

- Destructive, but cheap and very useful test method



- Examples Dam I:

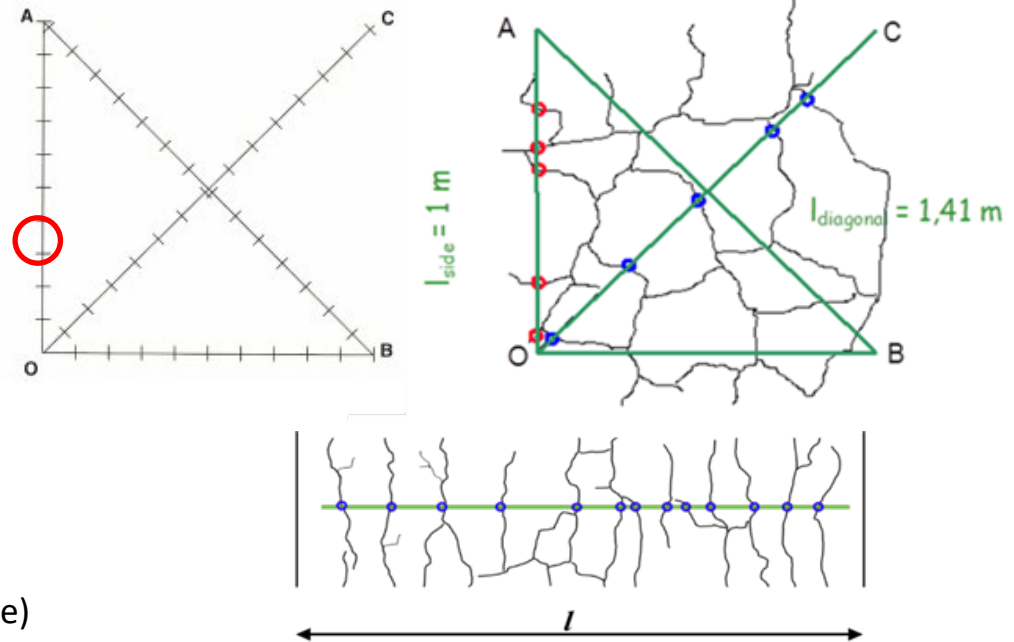
Increasing damage with depth



NDT methods - Overview and main experiences

- **Surface Cracking Index (CI)**

- Establishment of test fields
 - Square (1m², bolt in each corner)
 - Along a line
- Counting of crack widths
 - In every 100 mm “section”
- Calculation of Cracking Index (CI)
 - $CI = \text{sum of cracks (mm)} / \text{total length (m)}$ (average)
 - Damage parameter (normal range: 0-10)
- New measurements every X year (evolution?)
- Can preferably be combined with:
 - measuring expansion between drilled and glued bolts
 - SDT analysis



NDT methods - Overview and main experiences

- Surface Cracking Index (CI) – main experiences
 - Practical and cheap tool, easy to learn
 - Reliably tool, provided the operator is precise
 - Preferably, repeated measurements performed by the same operator
 - Better accuracy by use of a magnifying lens
 - Cracks filled with precipitations is a challenge
 - Example Dam I: Two operators
 - Quite good correlation:
 - both concluded with “large” damage
 - Agrees with the ranking in the SDT analysis
 - assumed “high” to “very high” expansion based on the SDI



NDT methods - Overview and main experiences

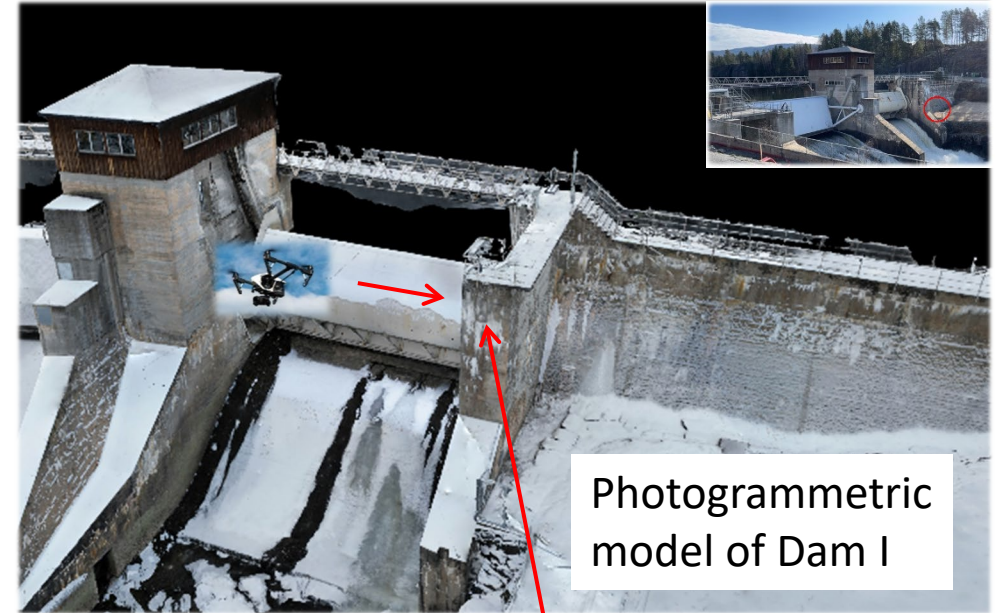
- **Photogrammetry** (ProXpect Drones)
 - Drone carried camera
 - Capture overlapping images to produce a 3D model of the surface
 - A preferred complementary method to laser scanning
 - Filling gaps in the laser scanning data set
 - Can fly “anyplace” on the structure



NDT methods - Overview and main experiences



- Photogrammetry – Main experiences
 - Practical and cheap tool
 - Accuracy depending on many factors:
 - Camera quality
 - Lighting conditions, shadows, weather
 - Accuracy of equipment used
 - Good overview of extent of surface cracking
 - Not acceptable accuracy for reliable detection of crack widths
 - Length of wider cracks: accuracy about ± 10 cm



NDT methods - Overview and main experiences

Ultrasound scanning (Elop)



- **“Elop Insight” - The world’s first rolling ultrasound scanner for concrete**
- Advantages:
 - Highly efficient – Scan depth up to 2 m (up to 4 m in development)
 - Ultrasound is sensitive to cracking & stiffness reduction from ASR
 - Positions & sizes of “internal objects” can be estimated



- Typical applications:
 - Detection & location of concrete defects (voids, cracks, delamination, etc.)
 - Detection and condition of technical pipes & tendon ducts
 - Rebar location
 - Measurement of concrete thickness
 - E-modulus mapping

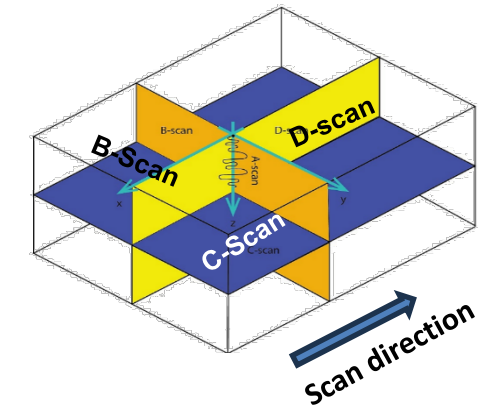
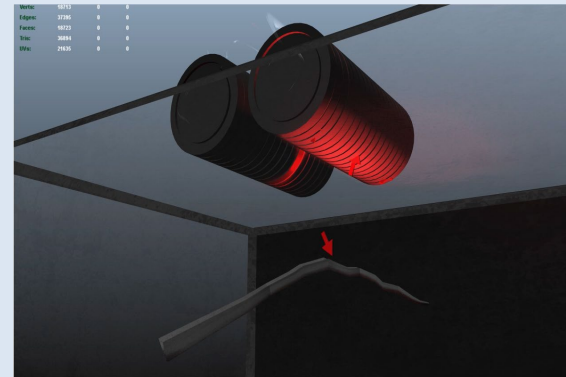
NDT methods - Overview and main experiences

Ultrasound scanning



- Principle of operation:

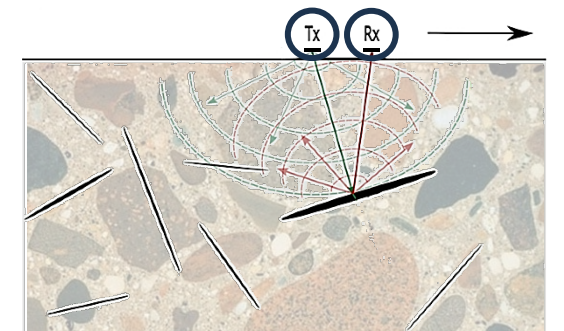
- Transmission of ultrasound pulses during movement
- Reception of echoes from “internal interfaces” with different acoustic properties than concrete (~100% reflection from air)
- Generation of 3D subsurface images



Presentation of scanning data in orthogonal cross sections

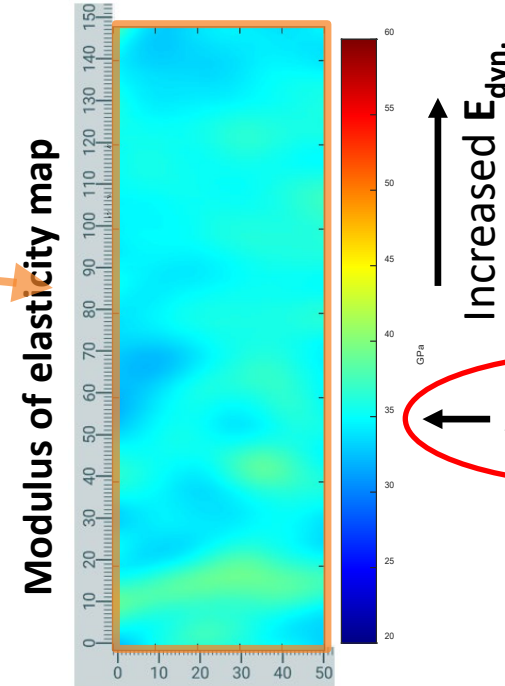
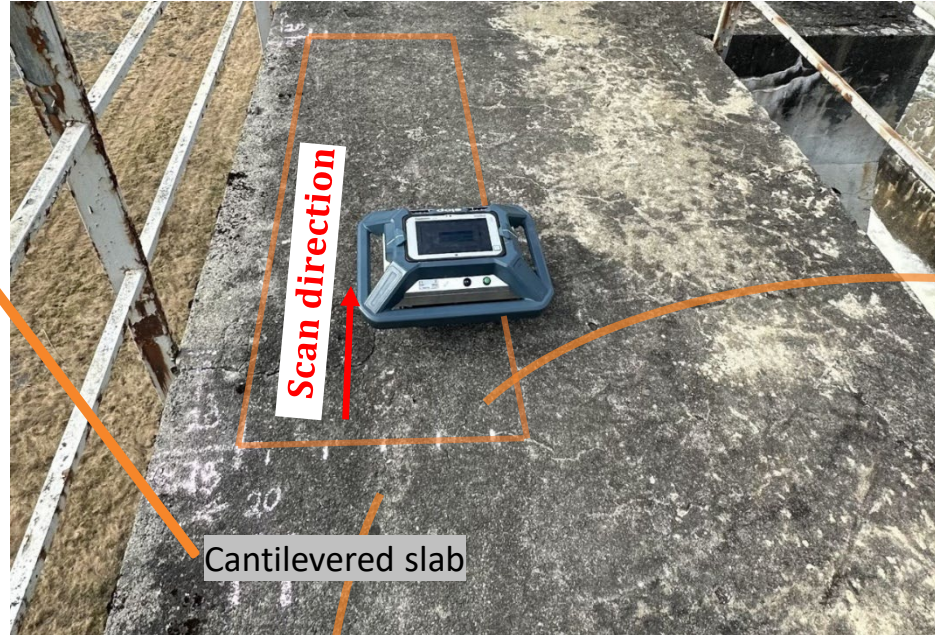
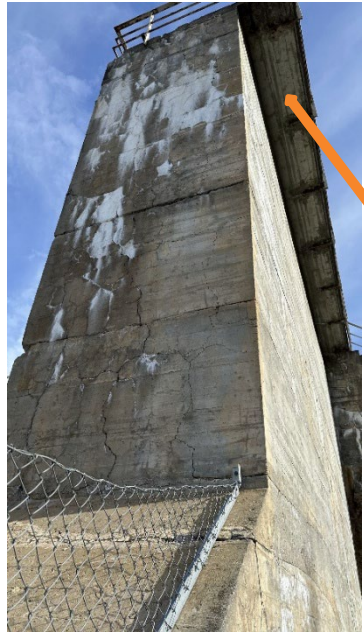
- Challenges:

- High scattering & complex interpretation for ASR affected structures
- Objects behind air-gaps generally not visible
- Variable signal coupling for rough surfaces
- Higher penetration generally means lower resolution

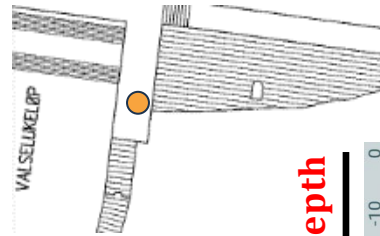


→ Reflected wave - - - - - Reflected wave front
→ Transmitted wave - - - - - Transmitted wave front
→ x-direction

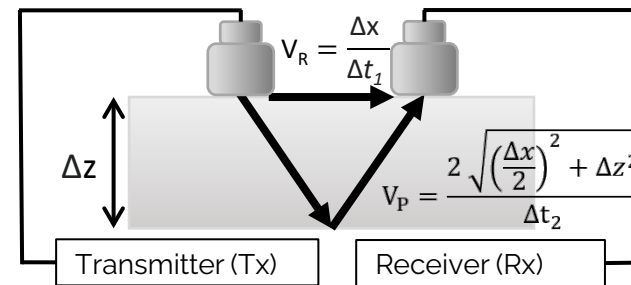
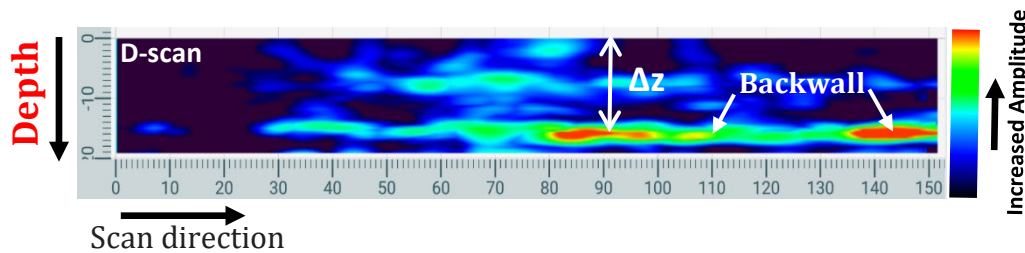
Dam I – Example I: Ultrasound mapping of estimated modulus of elasticity (E_{dyn})



In agreement with E-modulus from SDT testing (in areas with low damage)



Thickness measurement: $\Delta z \approx 16\text{cm}$



$$V_p = \sqrt{\frac{E(1-\nu)}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)}}$$

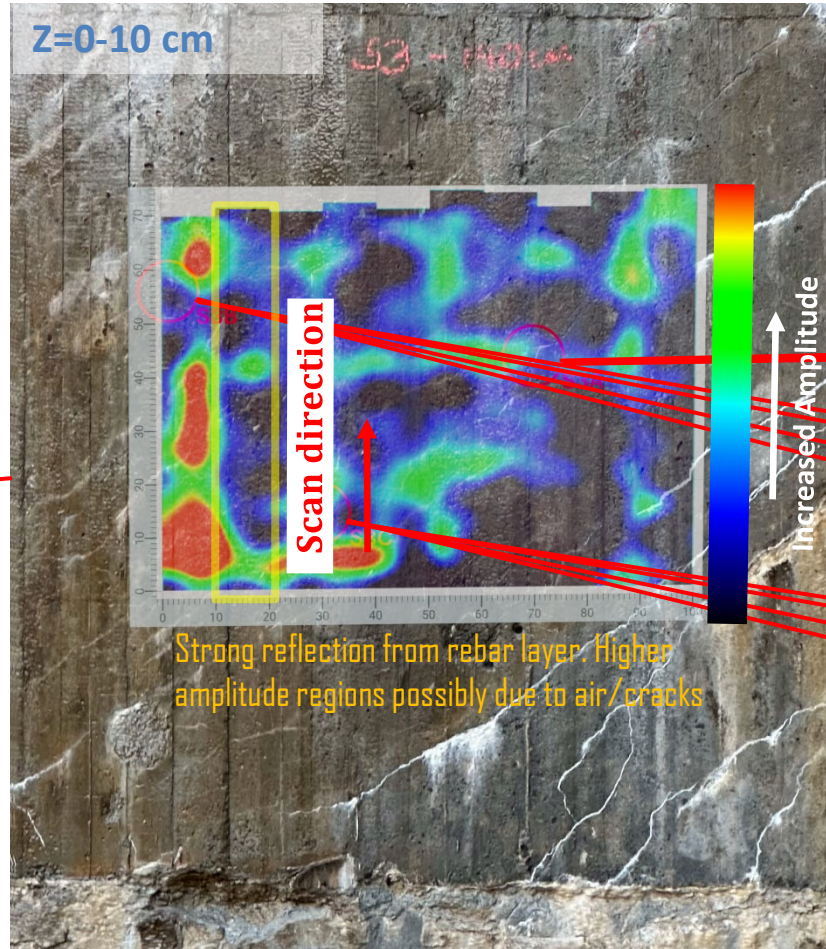
$$V_R = \frac{0.87 + 1.12\nu}{1 + \nu} \sqrt{\frac{E}{2\rho(1 + \nu)}}$$

Dam II – Example I: Ultrasound measurement – downstream side of the arch dam

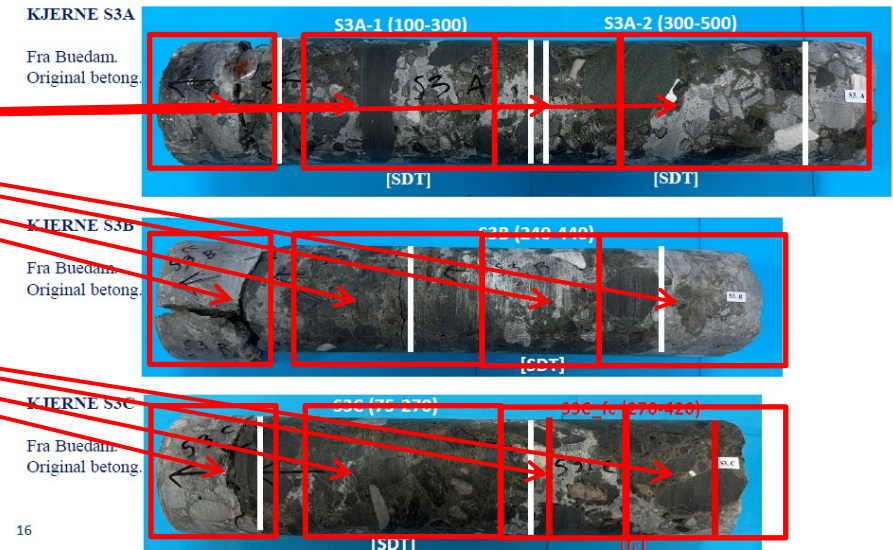
The scan location



C-scans, parallel to surface



Core samples



In good agreement with core samples:
Consistent with breakage near rebar layer

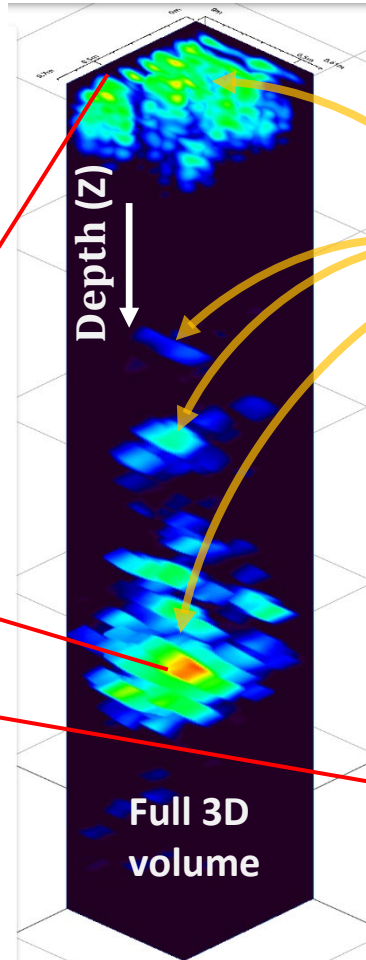
Dam II – Example II: Ultrasound measurement of a 2.5 m thick pilaster

Larger than 2 meter scan thickness is a feature under development

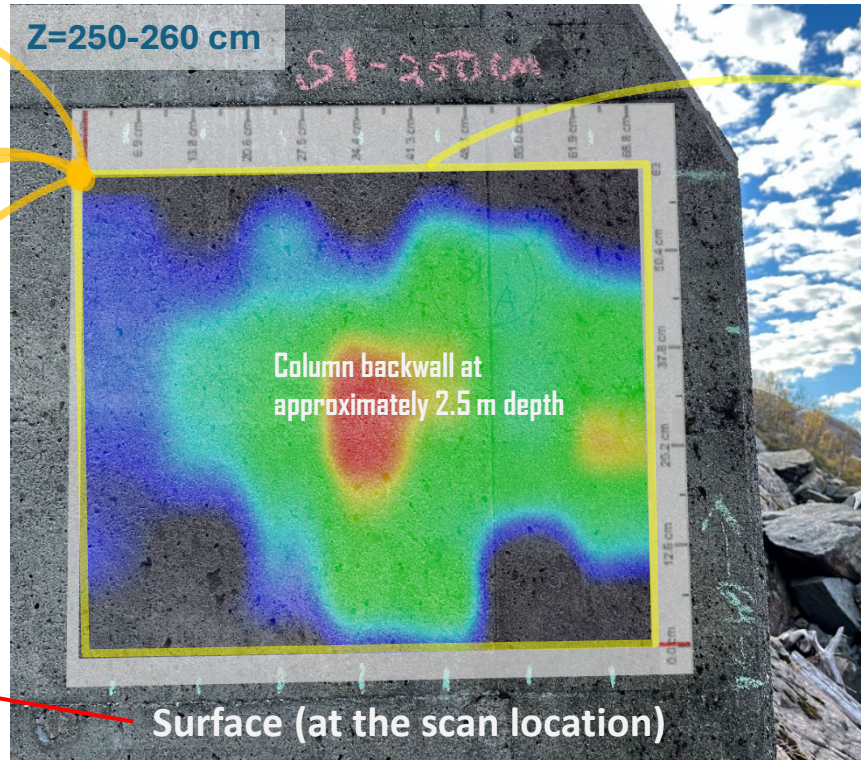
The scan location



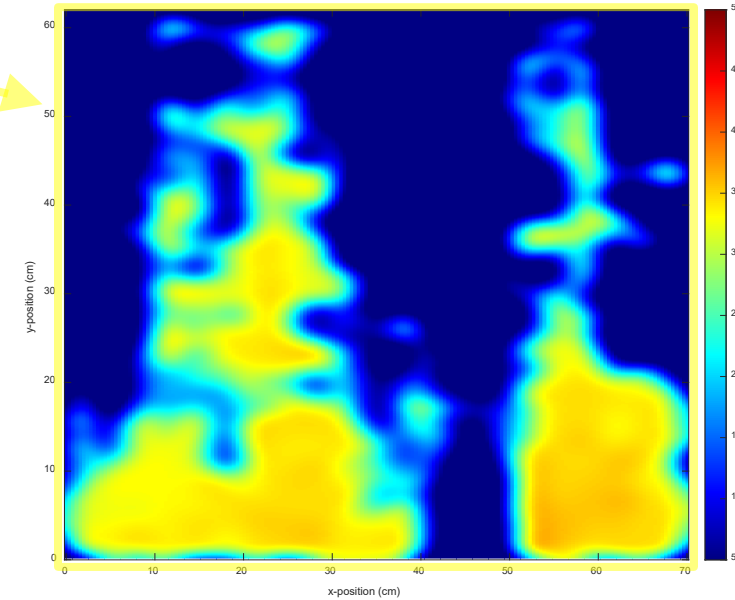
Surface



C-scans, parallel to surface



Estimation of E-modulus



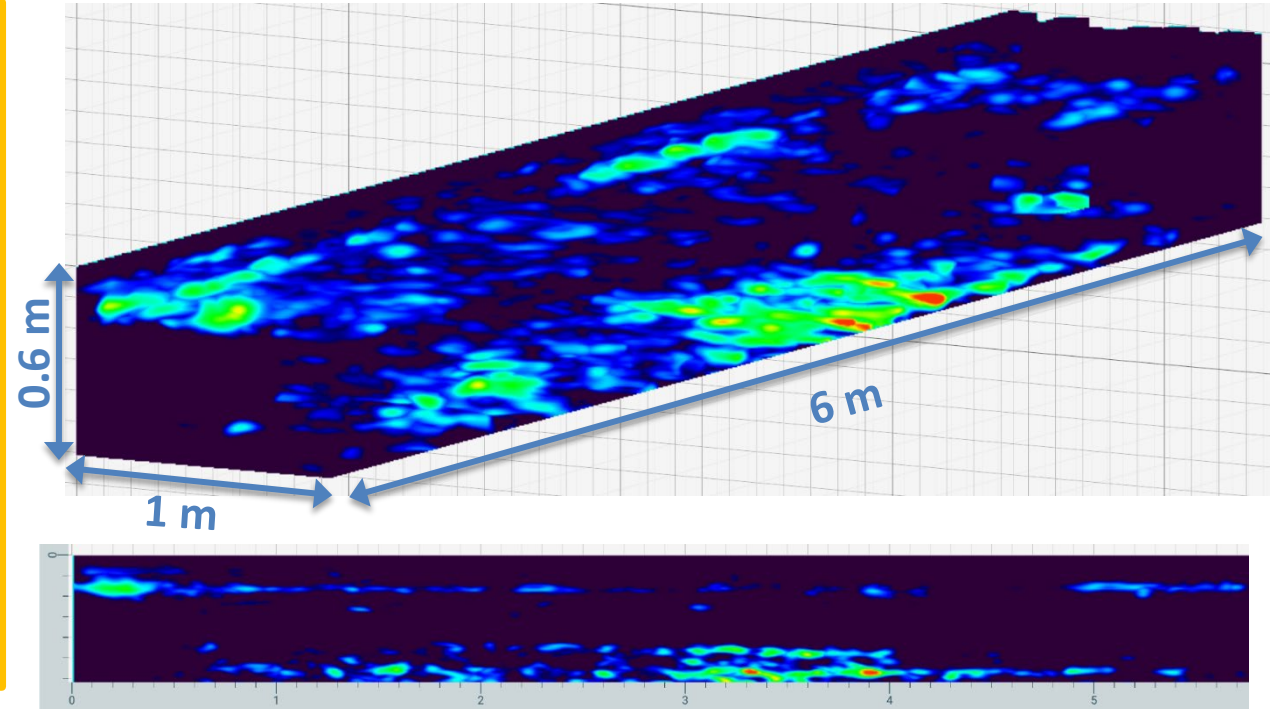
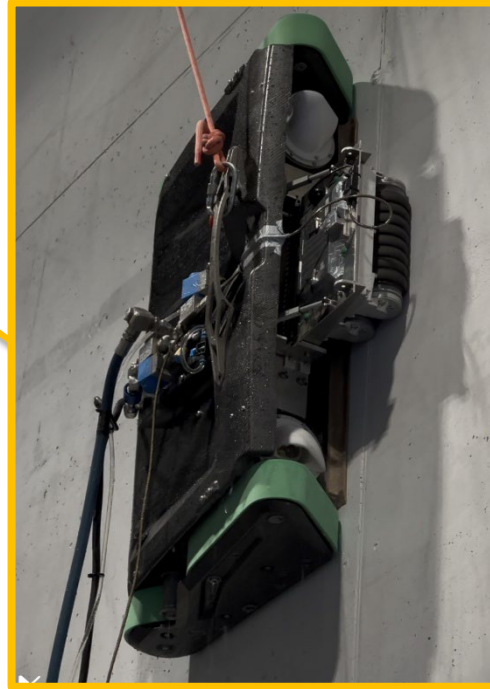
Average (excluding low-quality data and outliers):

$$E_{dyn} = 34 \text{ GPa}$$

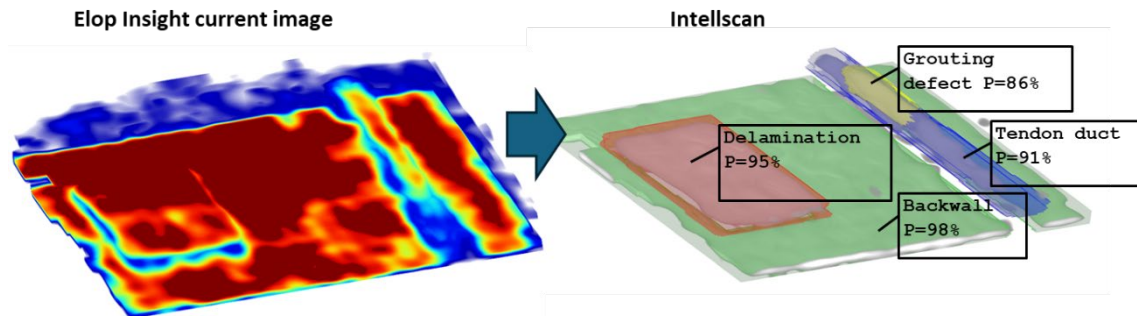


Lab core: $E_{dyn,1}$ (before SDT) = 35.8 GPa

Continuing developments for faster inspection of dams and other large structures: Integration with robotic vacuum crawler for large area coverage, speed, accessibility & safety



AI-assisted interpretation:



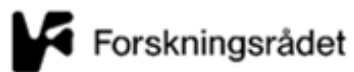
Conclusions



- The study has shown that SDT and ND testing can give very useful input to assessment of damage induced by ASR
- Relatively good agreement between results from SDT analysis and
 - surface Cracking Index (CI)
 - ultrasound measurements

EXCON

<https://www.sintef.no/prosjekter/2023/excon-gronn-forvaltning-av-konstruksjoner-for-infrastruktur/>



Prosjektet er finansiert av Grønn Plattform ordningen som er et samarbeid mellom Forskningsrådet, Innovasjon Norge, Siva og Enova, og følgende deltagere:



Mekanisk respons av bjelker med pitting korrosjon

Jan Arve Øverli

Institutt for konstruksjonsteknikk

NTNU

EXCON - H5 - Levetidsberegning

H5.4 Levetidsmodell på materialnivå for skadede og rehabiliterte konstruksjoner

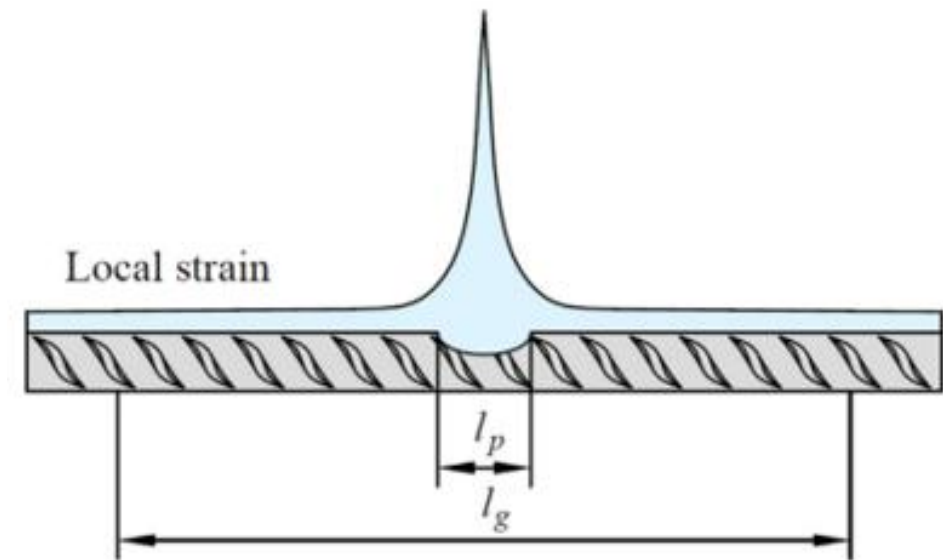
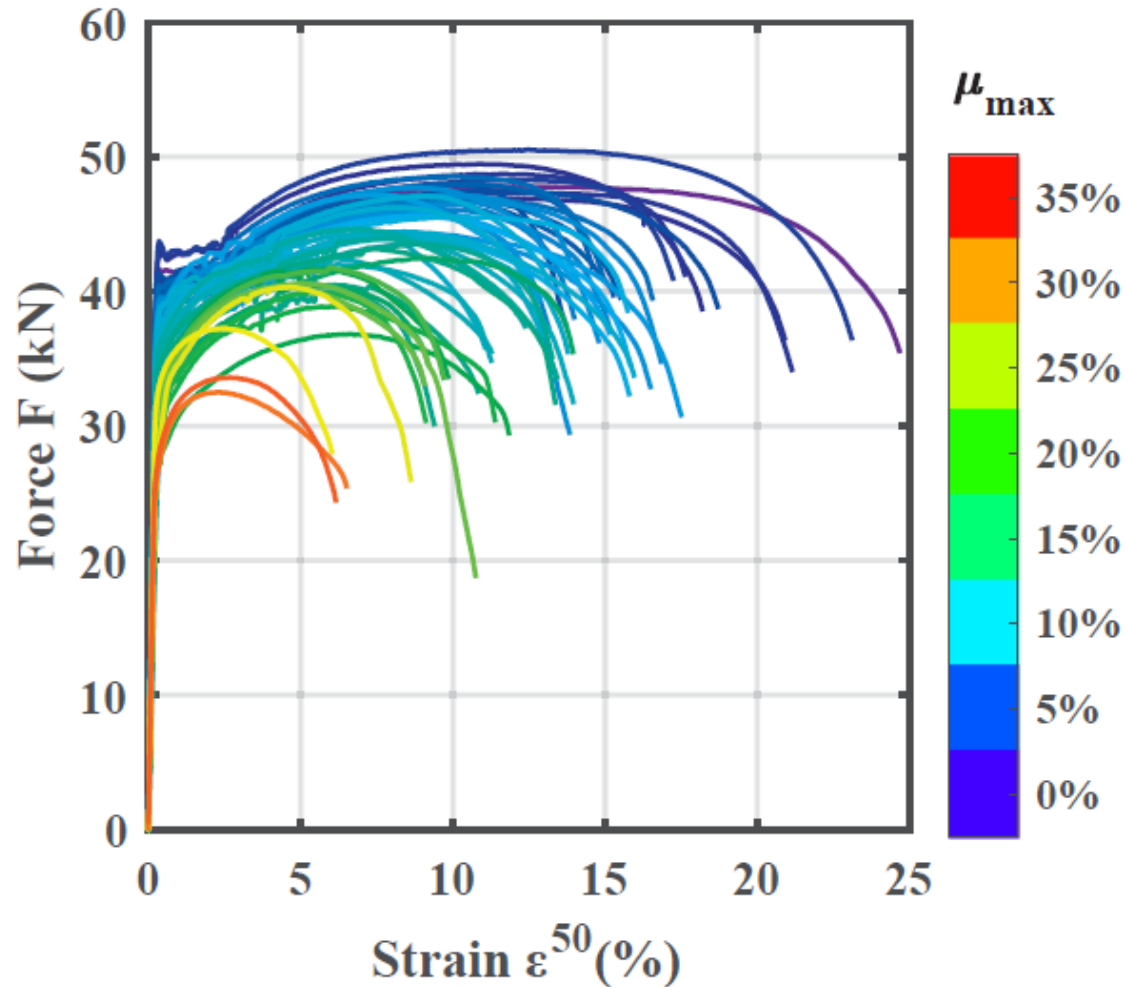
Hovedleveranse:

Model på materialnivå av korrosjonsnedbrytning av rehabiliterte og ikke-rehabiliterte betongkonstruksjoner, inkludert ramme for kopling til digitale tvillinger for avansert konstruksjonsanalyse (H3)

Hva trenger vi:

- Når starter korrosjonen
- Hvordan utvikler korrosjonen seg
- Størrelse på pitt, både tverrsnitt og lengde
- Fordeling av korrosjonsangrep i konstruksjonen

Endring av arbeidsdiagram med pitting korrosjon



Chen et.al., Engineering Structures (2020)

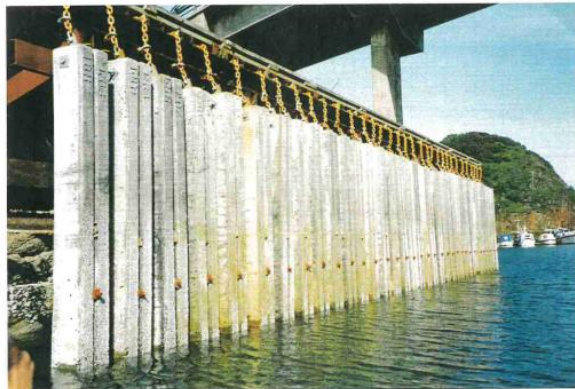
SVV – Utvikling av kloridbestandig betong



Statens vegvesen
Vegdirektoratet

UTVIKLING AV KLORIDBESTANDIG BETONG

Rapport fra produksjon av prøveelementer



Bruavdelingen

Rapport 94-13



Statens vegvesen
Vegdirektoratet

UTVIKLING AV KLORIDBESTANDIG BETONG

Resepter og fastheter

Bruavdelingen

Rapport 95-07

Myndighet og regelverk
Konstruksjoner
Konstruksjonsteknikk
12.03.2020



Statens vegvesen



Field station Sandnessjøen

Effect of cracks in concrete after 25 years - Data report

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 374

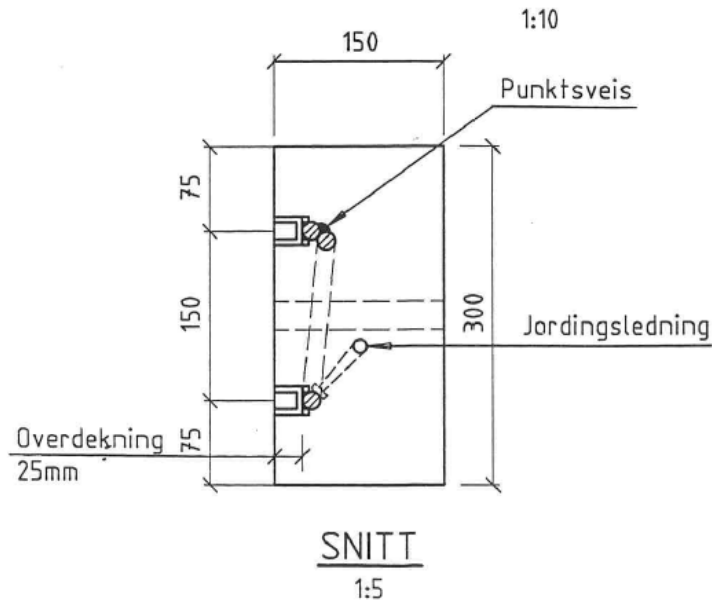
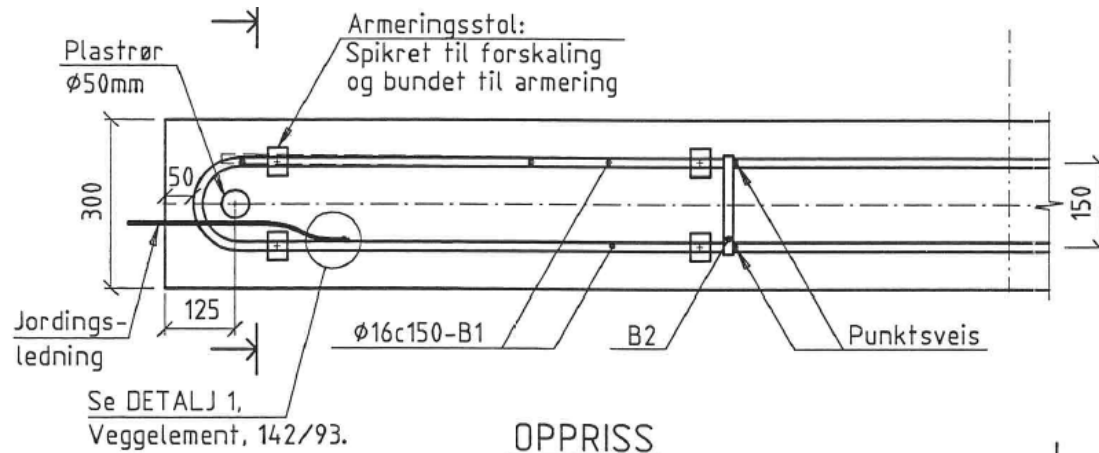


33 30 år gamle bjelker fra feltstasjon til Statens vegvesen



Statens vegvesen

Bjelkegeometri



27.10.93	Arbeidstegning	A	Li	
Date	Rettelset	Merke	Rettet	Kfr.
STATENS VEGVESEN		Målestokk	Tegn.	10.93
FoU-prosjekt:		1:10	Kfr.	10.93
Utvikling av kloridbestandig betong		1:5	Trac.	10.93
TRINN 2		Mål i mm	Kfr.	IMJ
Bjelkeelement		Erstatning for/av:		
4 stk. pr. prøveblanding			145/93	A
		Ident: FOU-HILDE-4		

17 ulike resepter

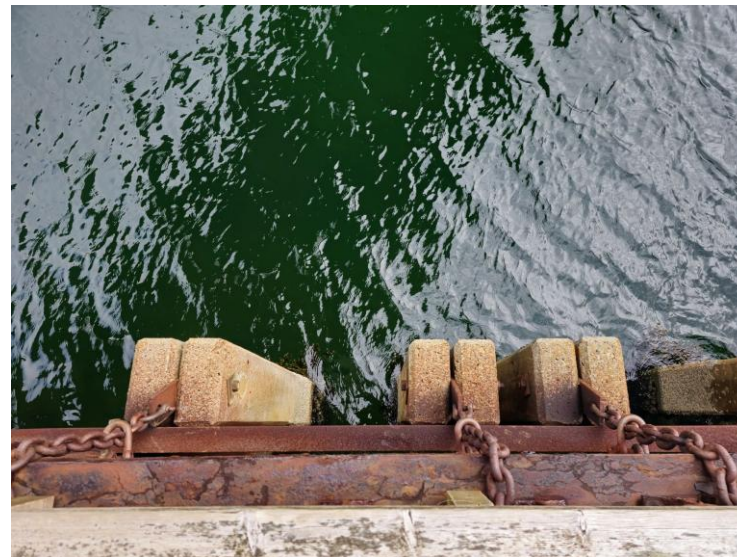
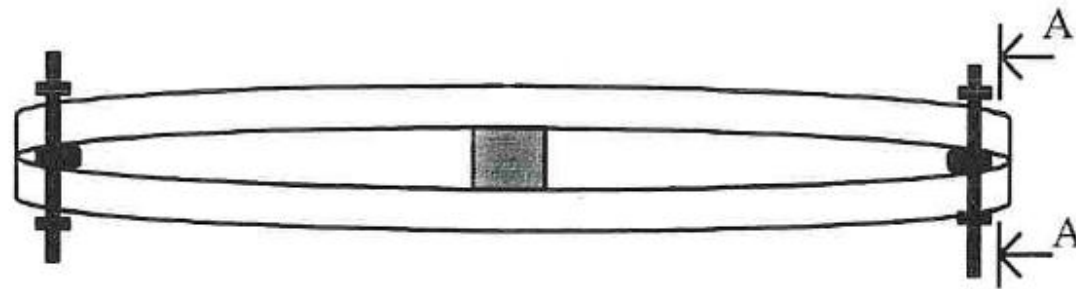
Concrete recipe	Beams tested	Compressive strength (MPa)								Young's modulus**	
		3 days	7 days	28 days	90 days	365 days	33 years		DT	NDT	
							DT	NDT			
A	AB2	31.5	38.5	52.5	57	59.7			-		
D	DB2, DB3	40.9	61.4	78.1	89.1	84.4			-		
G	GB2	40.2	54	74.2	83.1	88.7			-		
H	HB1, HB2	46.9	59.8	80	83.9	85.5			-		
I	IB3, IB4	45.8	53.9	70.5	70.4	77.1			-		
J	JB4	56.8	71.4	94.4	103.1	107.4					
K	KB1	44.7	50.7	70.8	72.6	89.7					
L***	LB1, LB2, LB5	47.2	54.9	76.7	86.6	96.9			-		
M***	MB1, MB4	42.8	57.0	83.9	86.2	94.2			-		
N	NB2, NB3	47.2	59.3	82.8	87	93.7			-		
O	OB2	44.9	62.9	75.7	87.7	94.3					
P	PB1, PB2	41.9	50.2	61.9	68.9	74.6			-		
Q	QBx, QB2	41.9	59.7	75.8	89.8	94.6			-		
R	RB2, RB4	41.8	57.1	90.8	98.8	101.1			-		

Vi dro til Sandnessjøen og hentet bjelkene!!!



Bjelkene er forhåndsopprisset og satt i spenn

SAMMENKOBLING AV BJELKER



Undersøkelser på bjelkene

- **Visuell inspeksjon**
- **Potensialmålinger**
- **Resistivitet**
- **Mekanisk testing for å se på lastkapasitet og deformasjon**
- **Trykkfasthet og E-modul**
- **Ta ut armering for å se på omfang og størrelse på korrosjon**

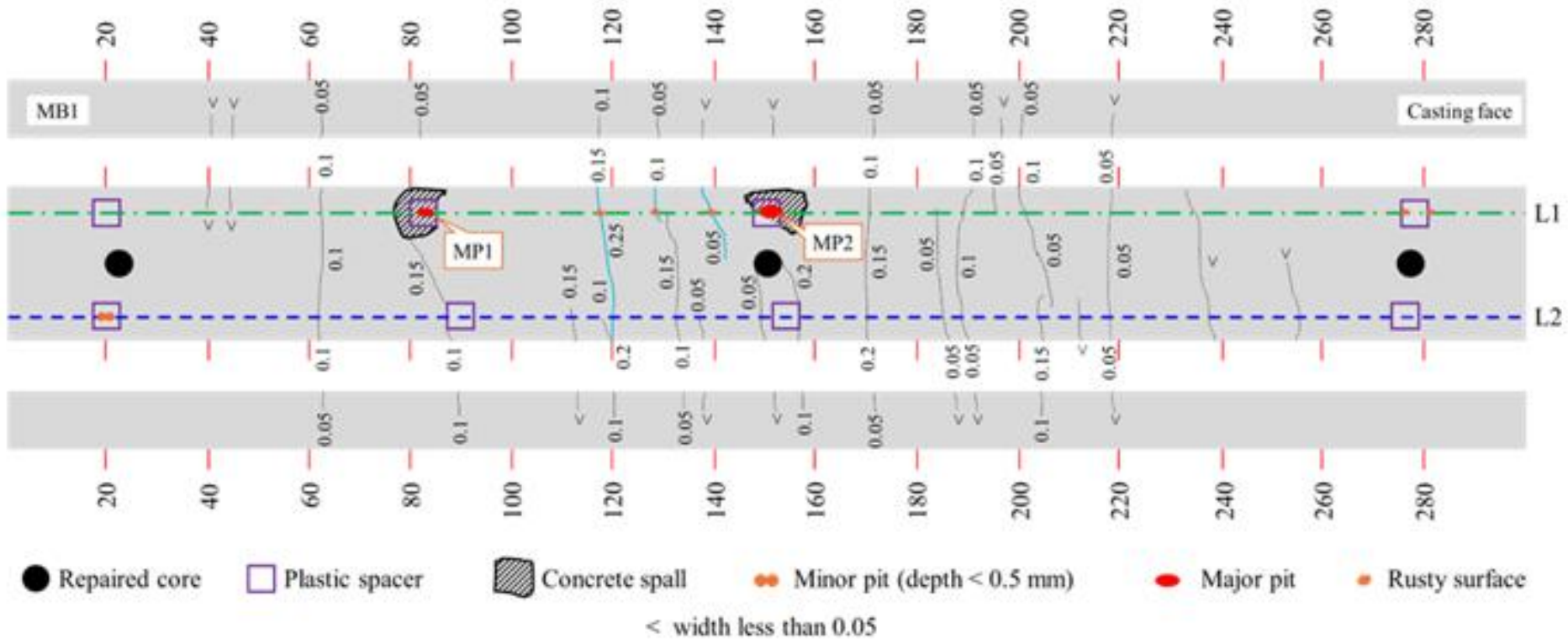
Arbeidet er utført av:

PhD student Kedar Baral

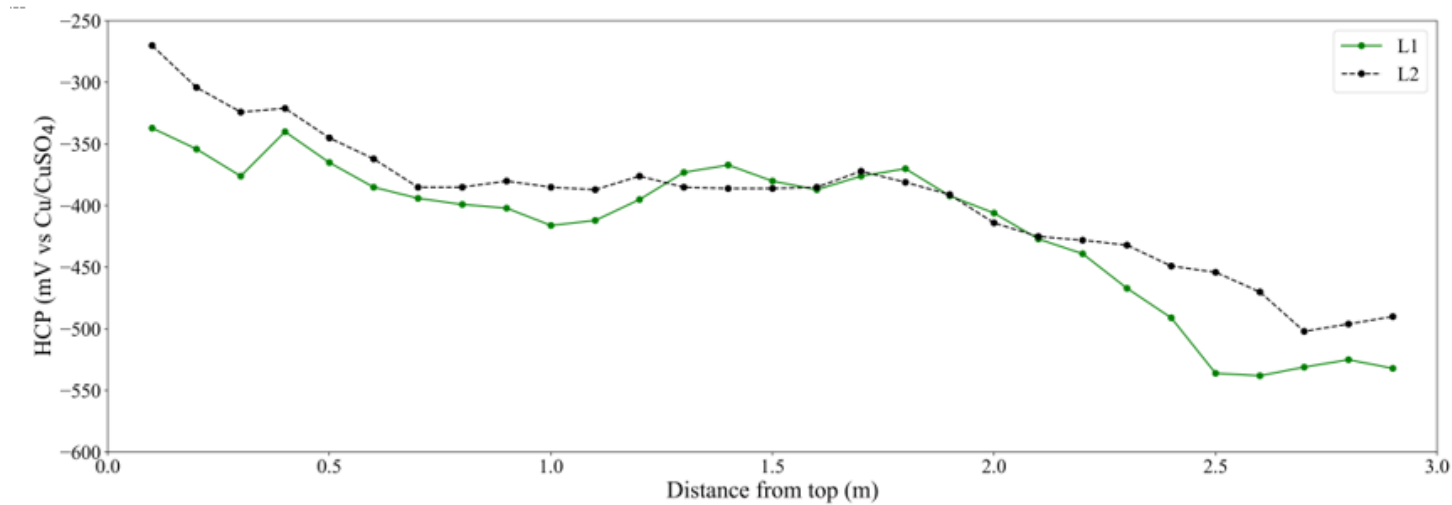
Masterstudentene:

- Maja Sørensen
- Emil Ravnåsen Vangen
- Emil Richstad Ellingsen
- Kasper Akerholt
- Ludvig Erlandsen Eide
- Marius Elvedal Gangsaas
- Martin Thronæs

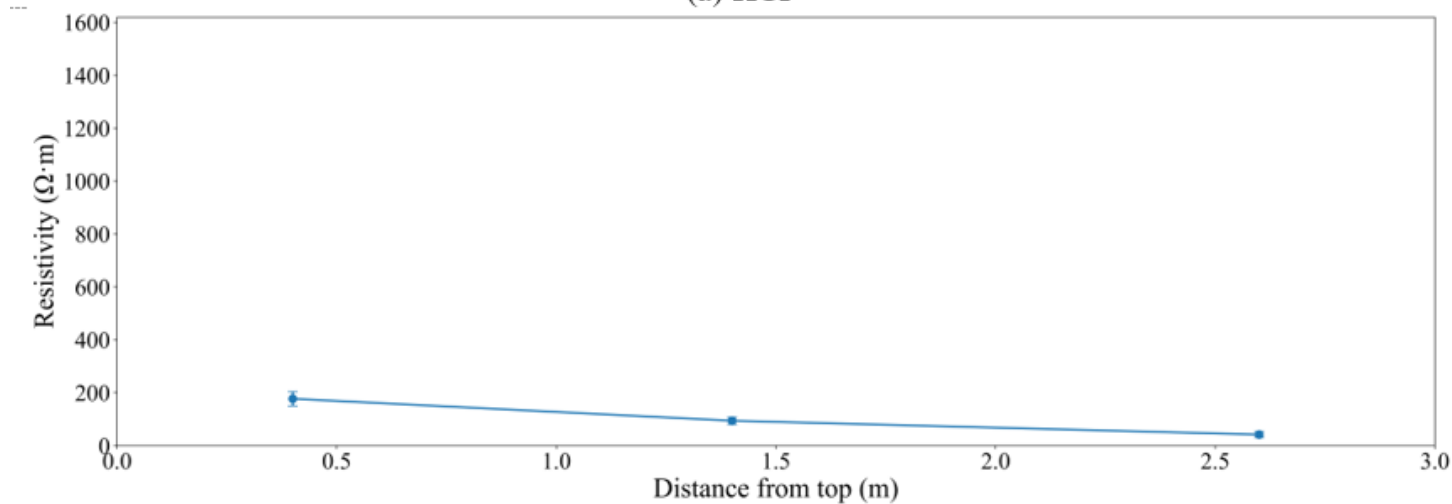
Visuell inspeksjon



Potensial og resistivitet måling

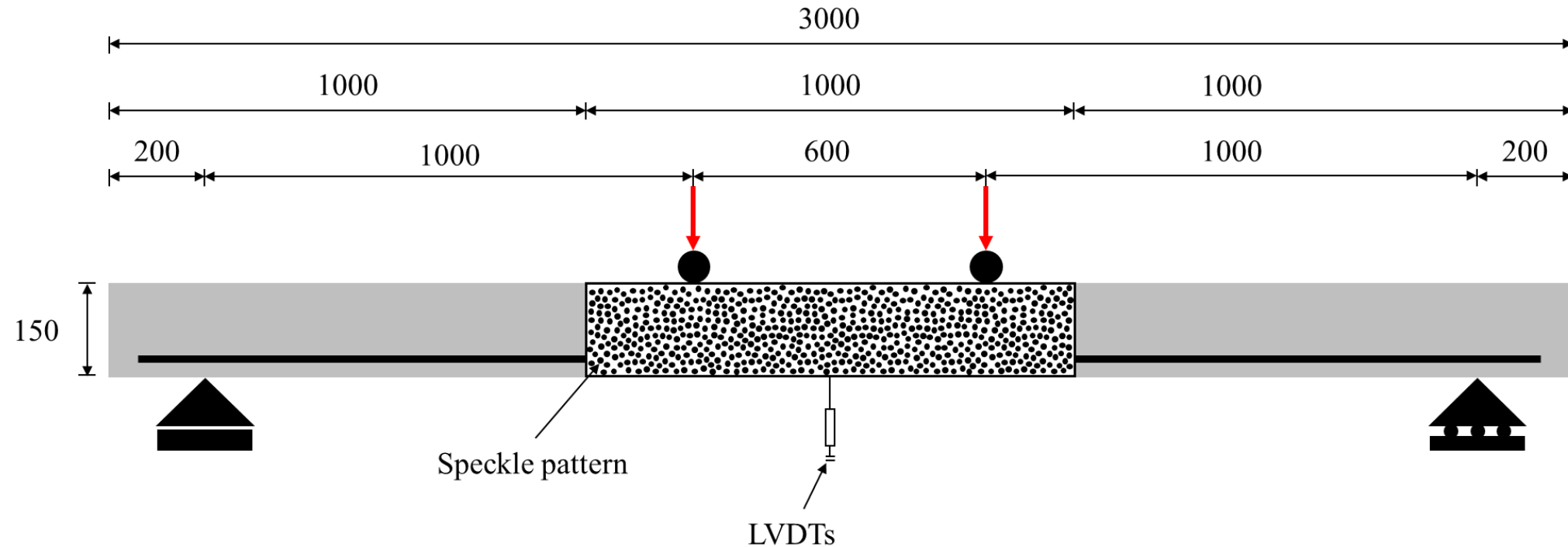


(a) HCP



(b) Resistivity

Mekanisk prøving

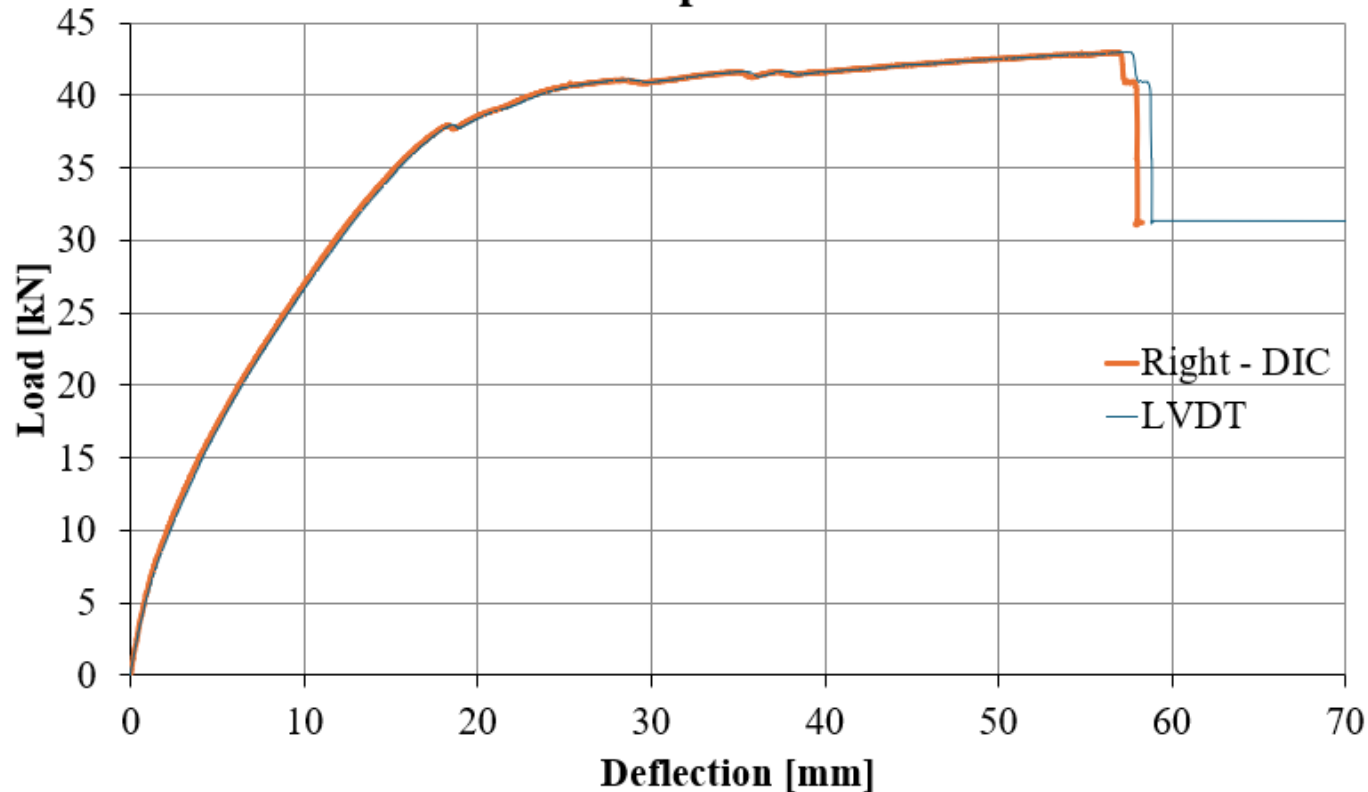


Lastkapasitet

Beregnet lastkapasitet uten armeringskorrosjon 49 kN

Oppnådd lastkapasitet på testbjelker uten armeringskorrosjon 43 kN

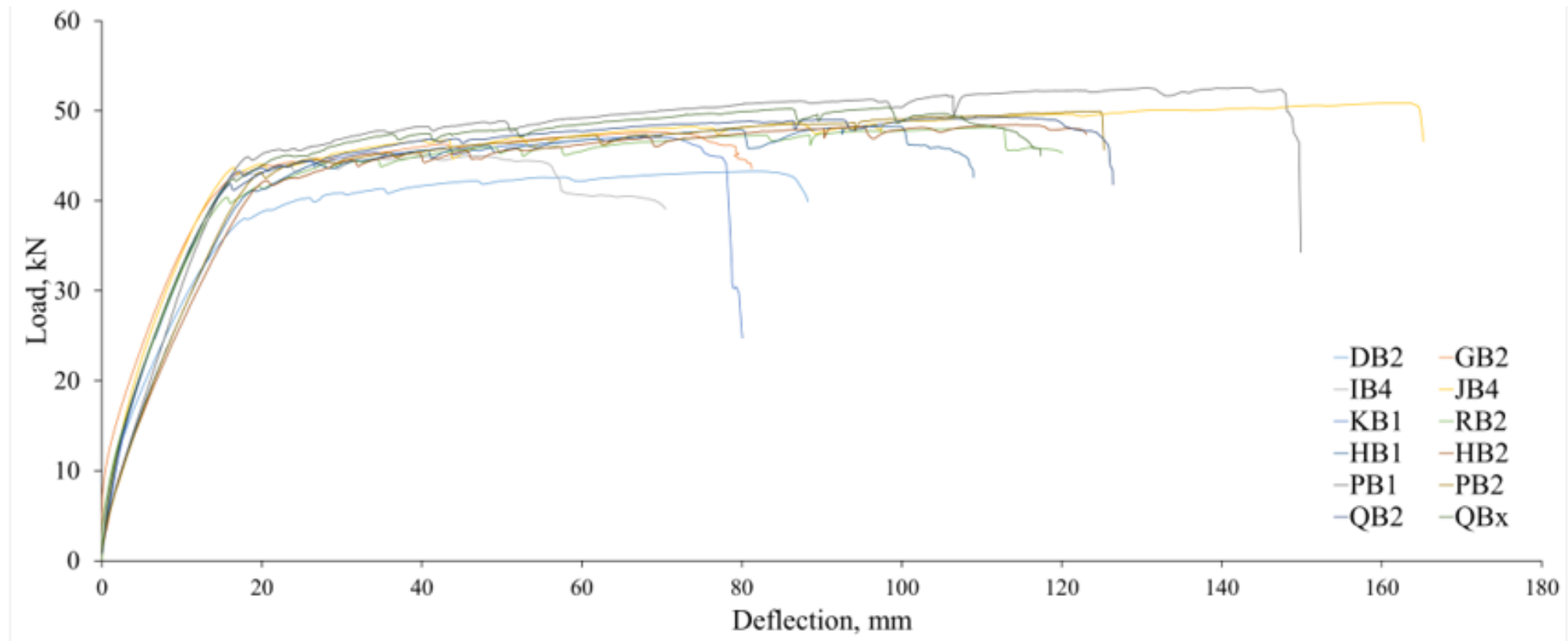
Load - Displacement BB4



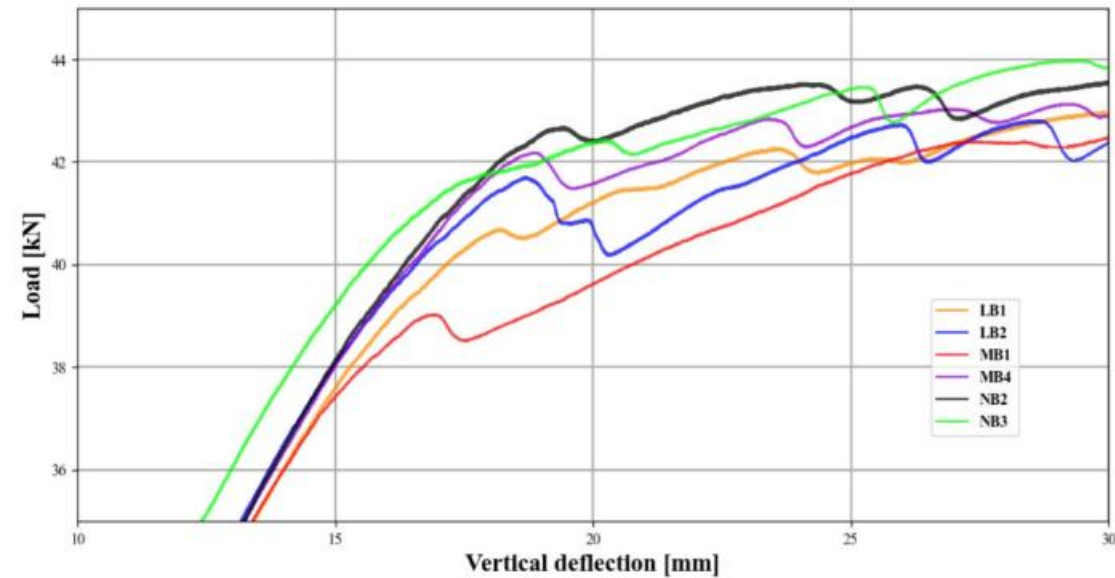
Momentbrudd!!



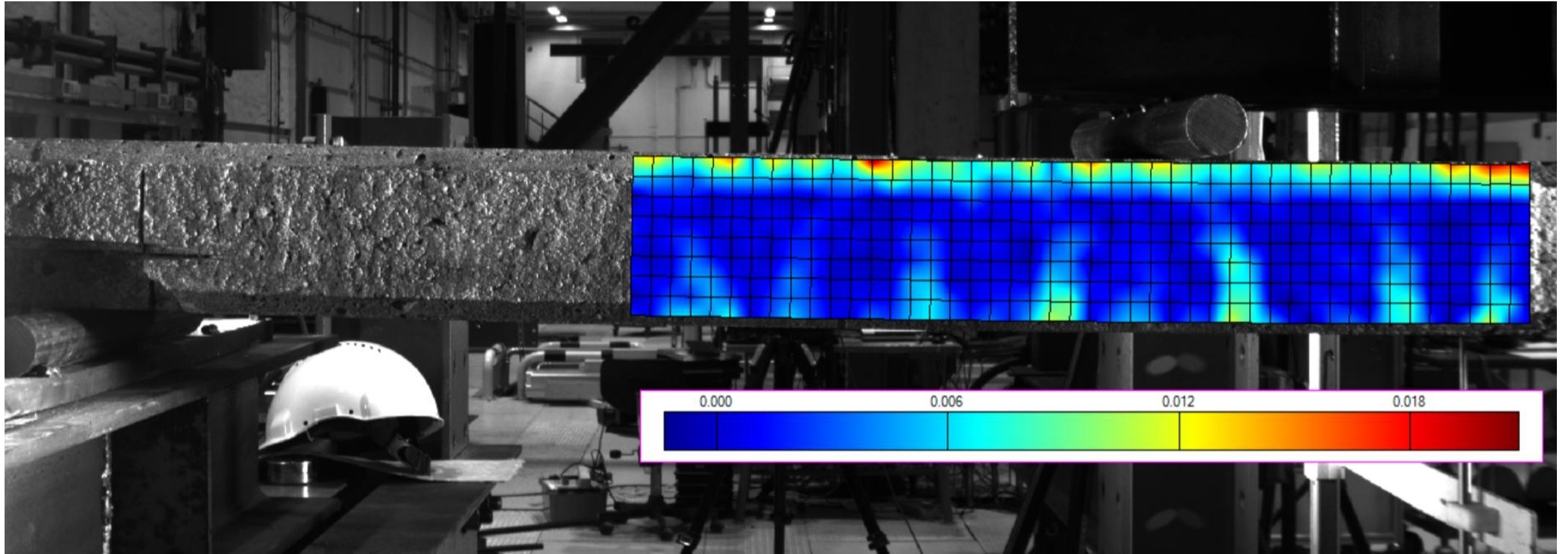
Last-deformasjon

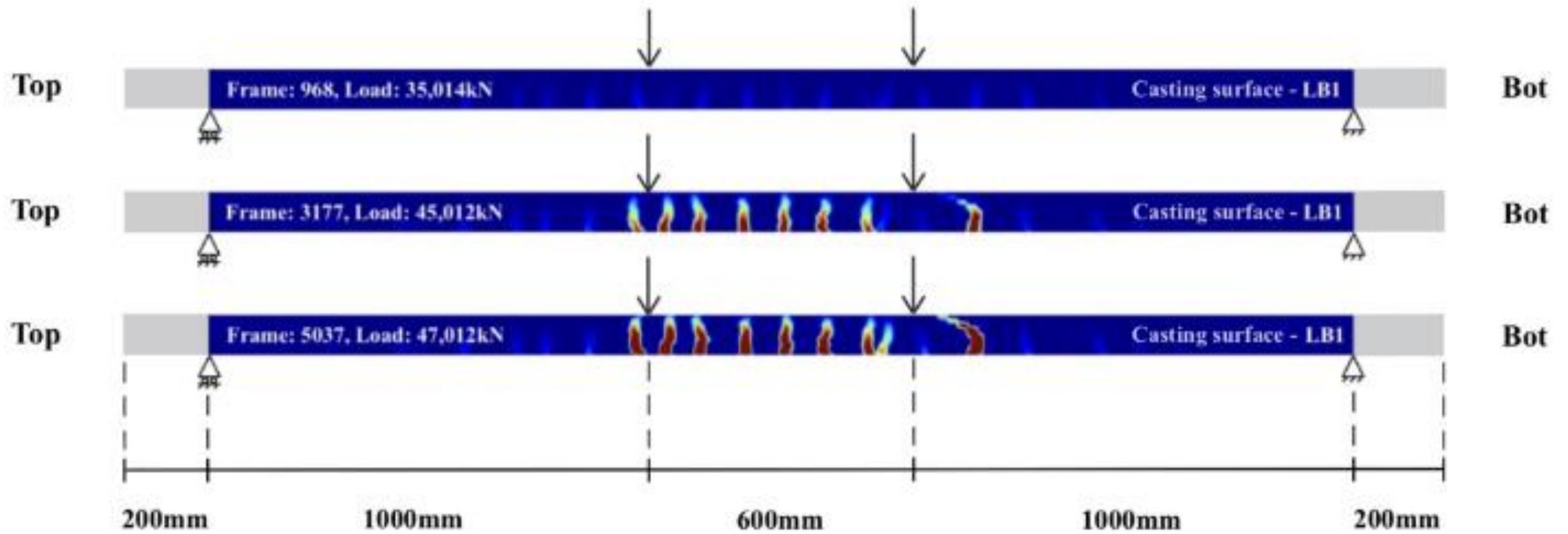


Last-deformasjon

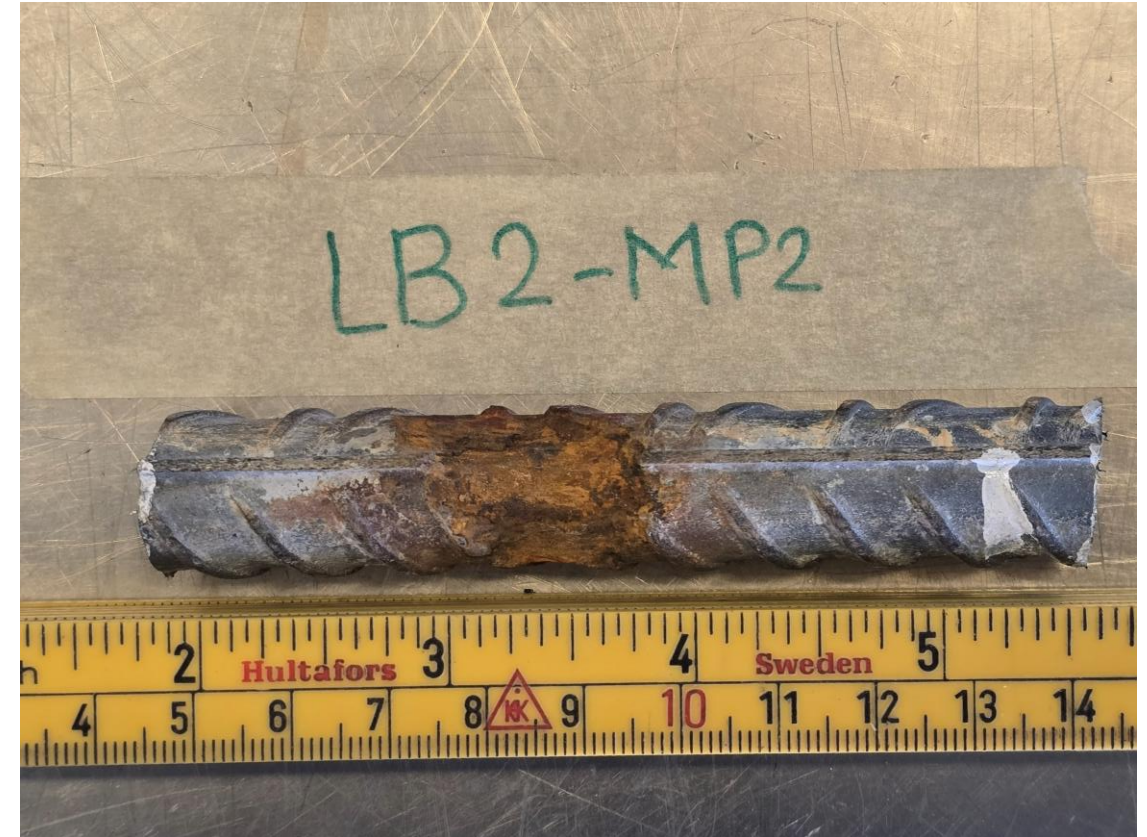


DIC – Digital Image Correlation

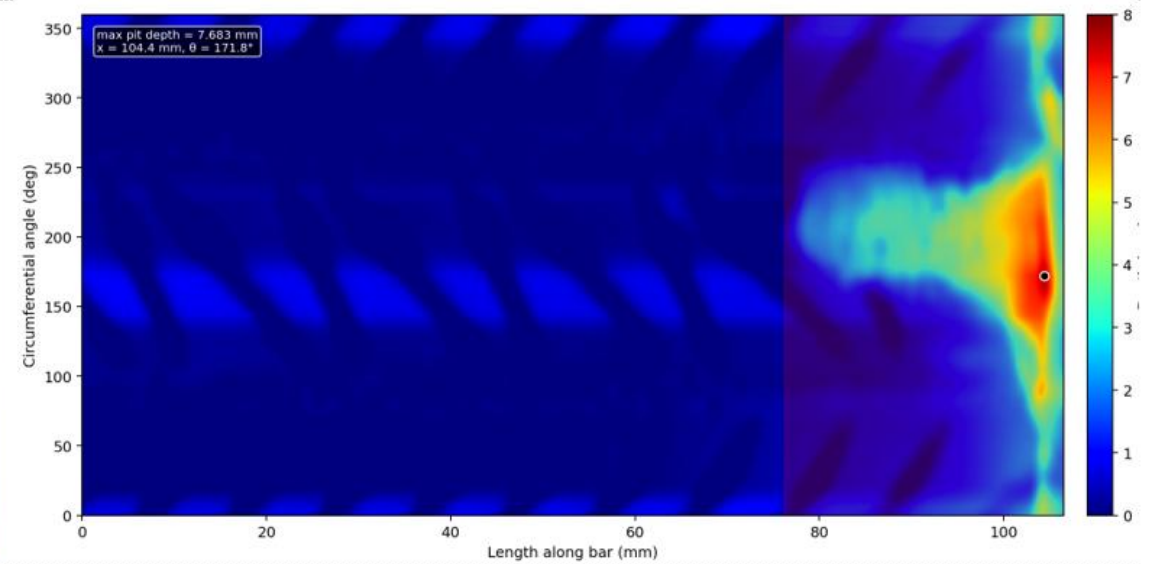
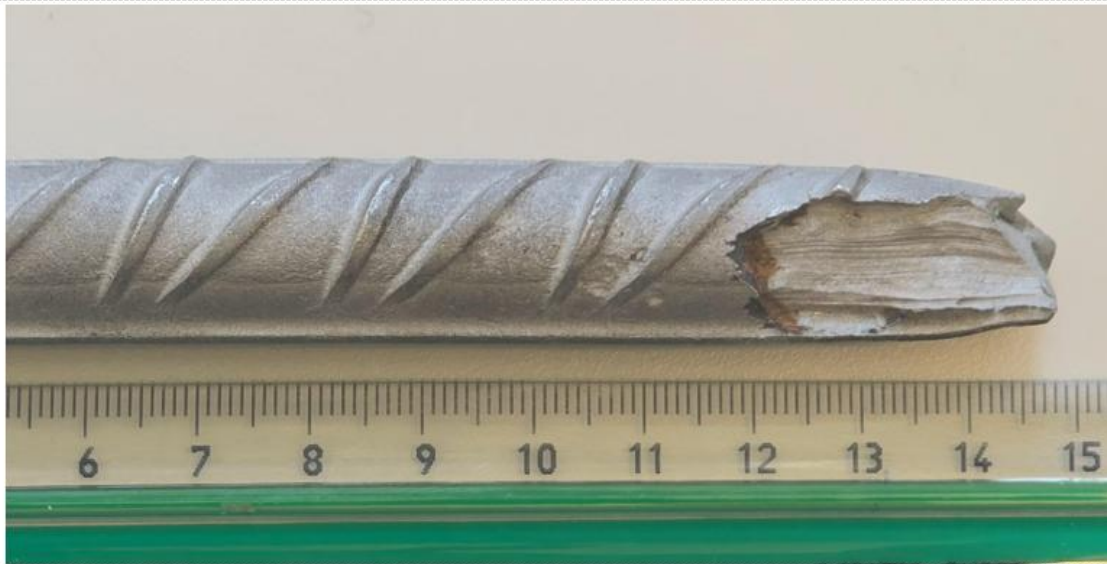




Meisle ut armering

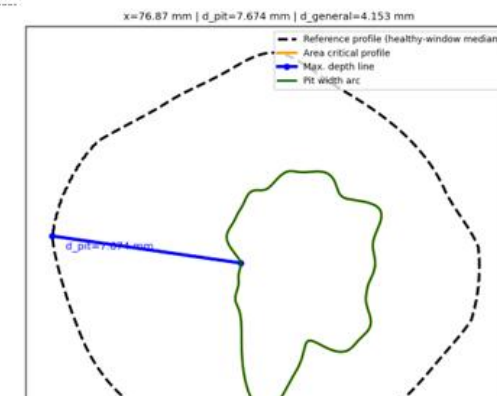
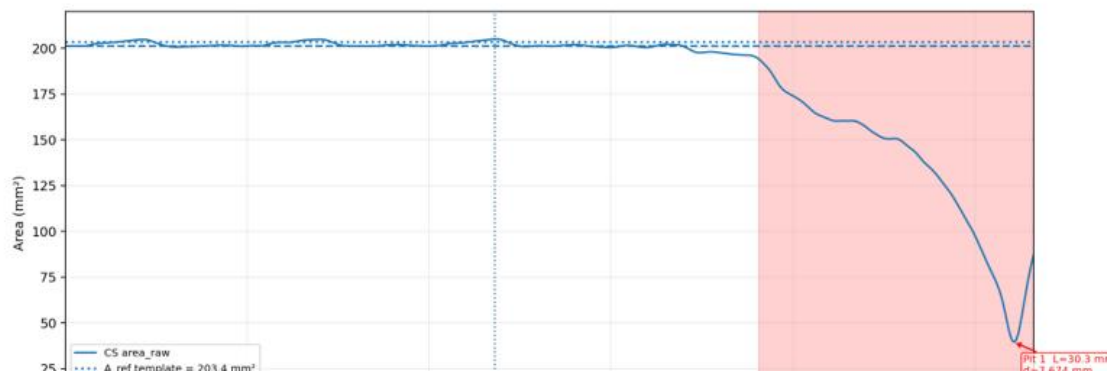


Måle korrosjonsomfang – størrelse på pitt



(a) Pit MP2 (sandblasted, taken from the beam MB1)

(b) Colour map (pit depth)



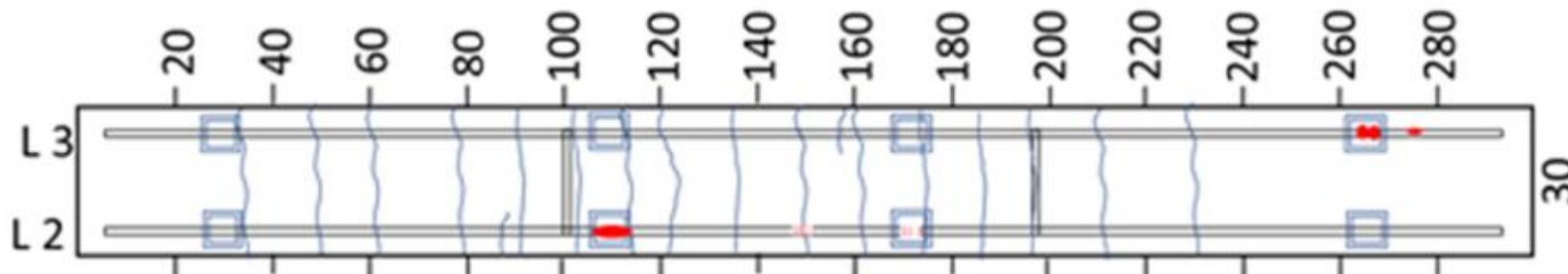
Veien videre

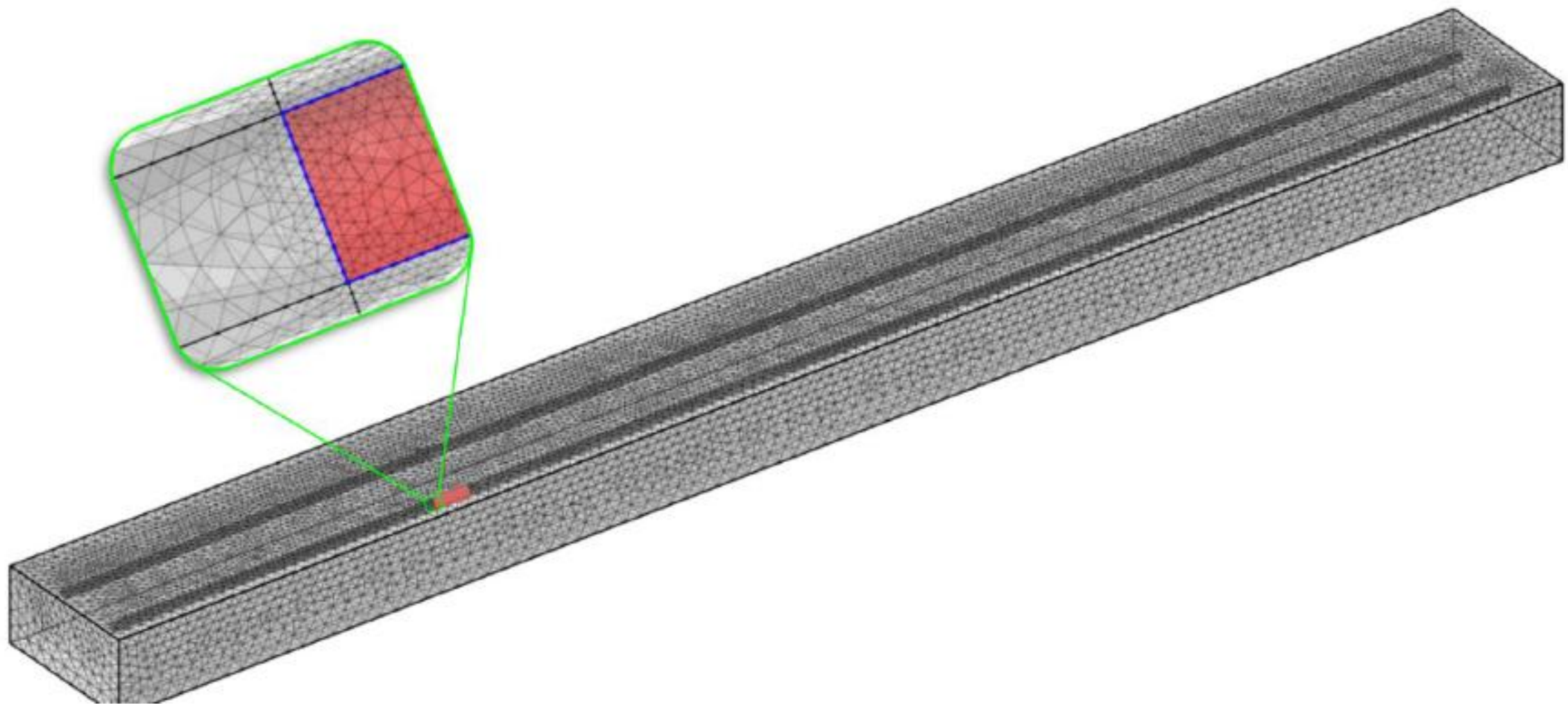
- Straks ferdig med alt av forsøk
- Sammenstille alle resultater
- Se på sammenhengen mellom størrelse av pitt og mekanisk respons
- Kloridprofil på utvalgte bjelker

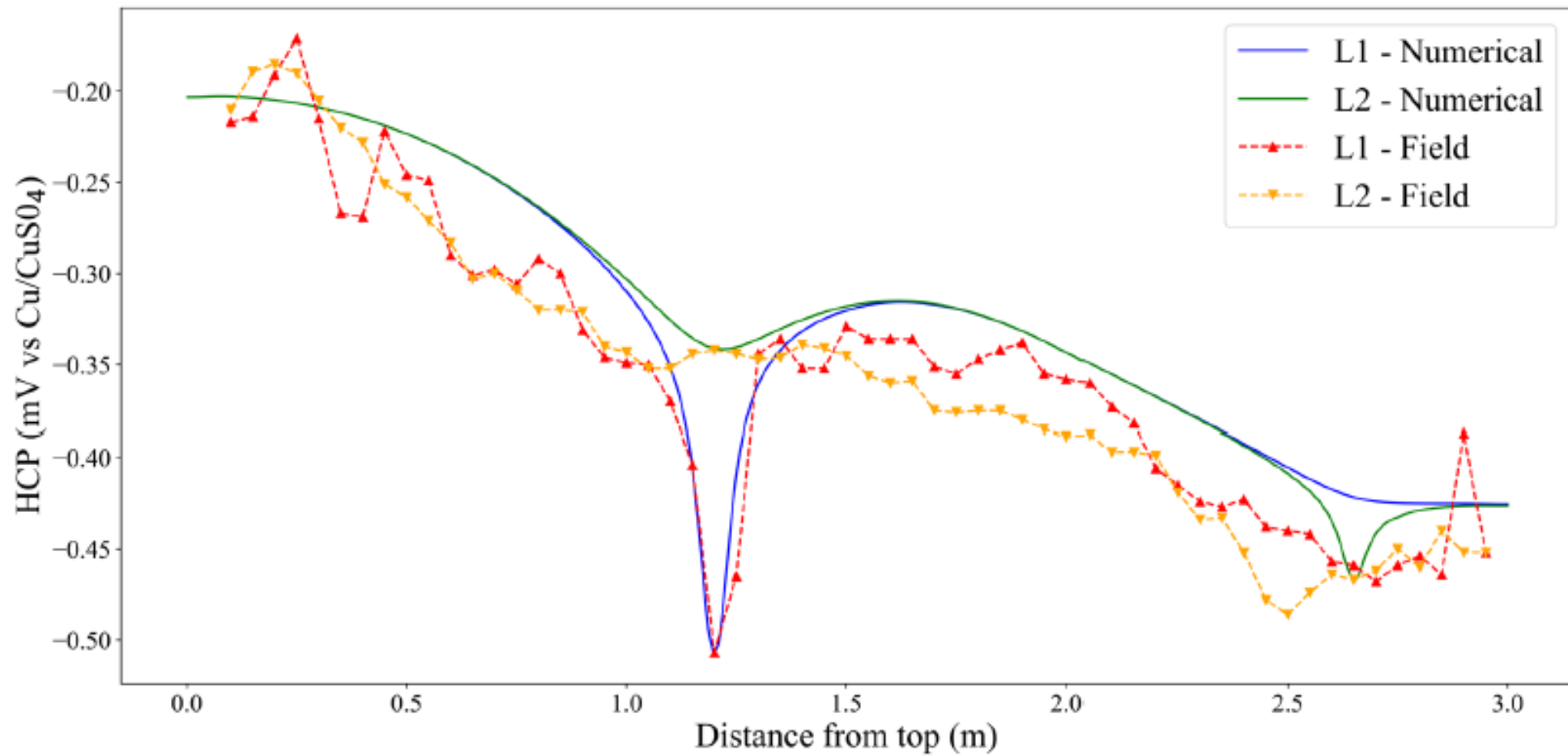
H5.4 Kan vi simulere korrosjonsutvikling og størrelsen på korrosjonspitts?

Case studie på en av bjelkene fra Sandnessjøen hvor armeringen er tatt ut og vi vet korrosjonsomfanget

- Numerisk modell som kobler kloridtransport med elektrokjemi
- Maange input parametere og forutsetninger...







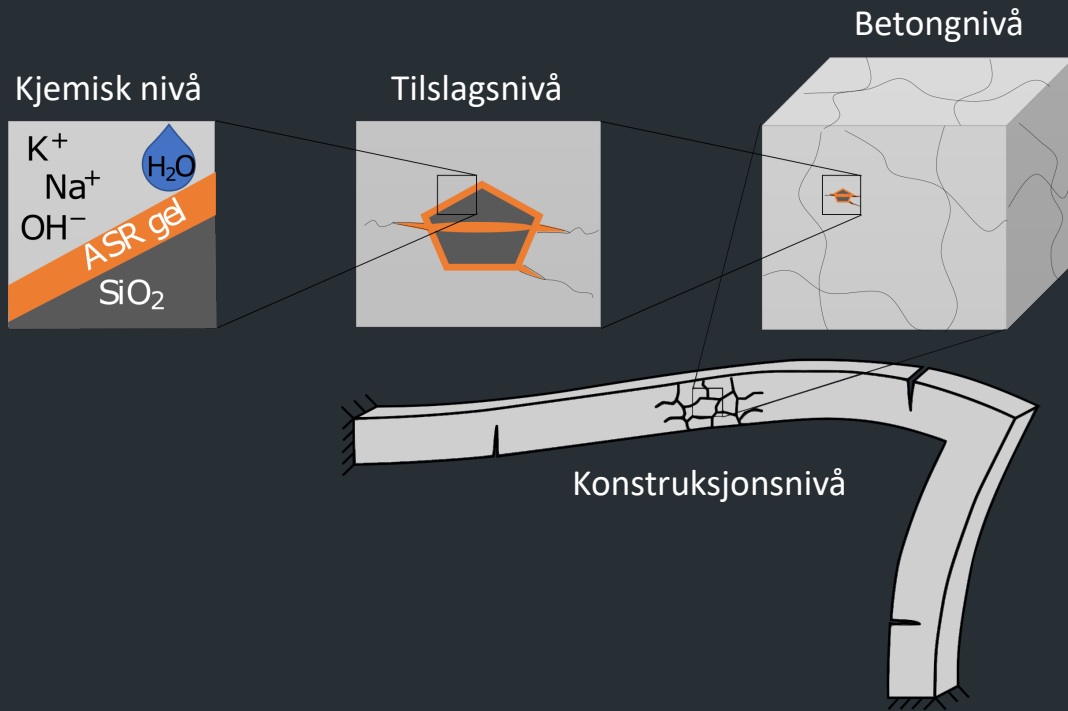


Konstruksjonsanalyser for vurdering av konsekvensen av ASR

Excon avslutningsseminar | 23/04-26

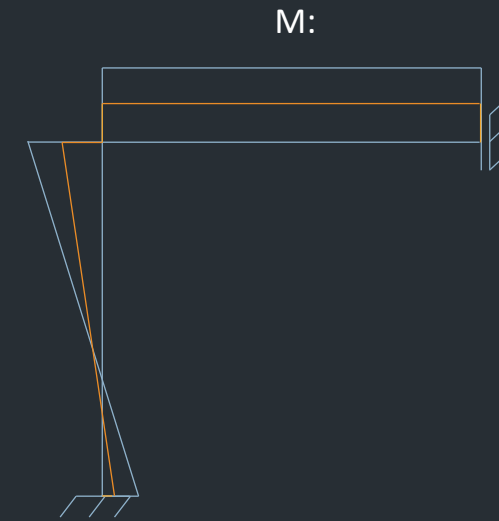
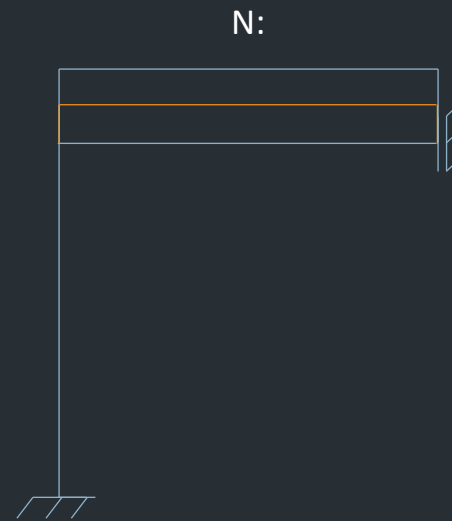
Reignard Tan

Konstruktive effekter

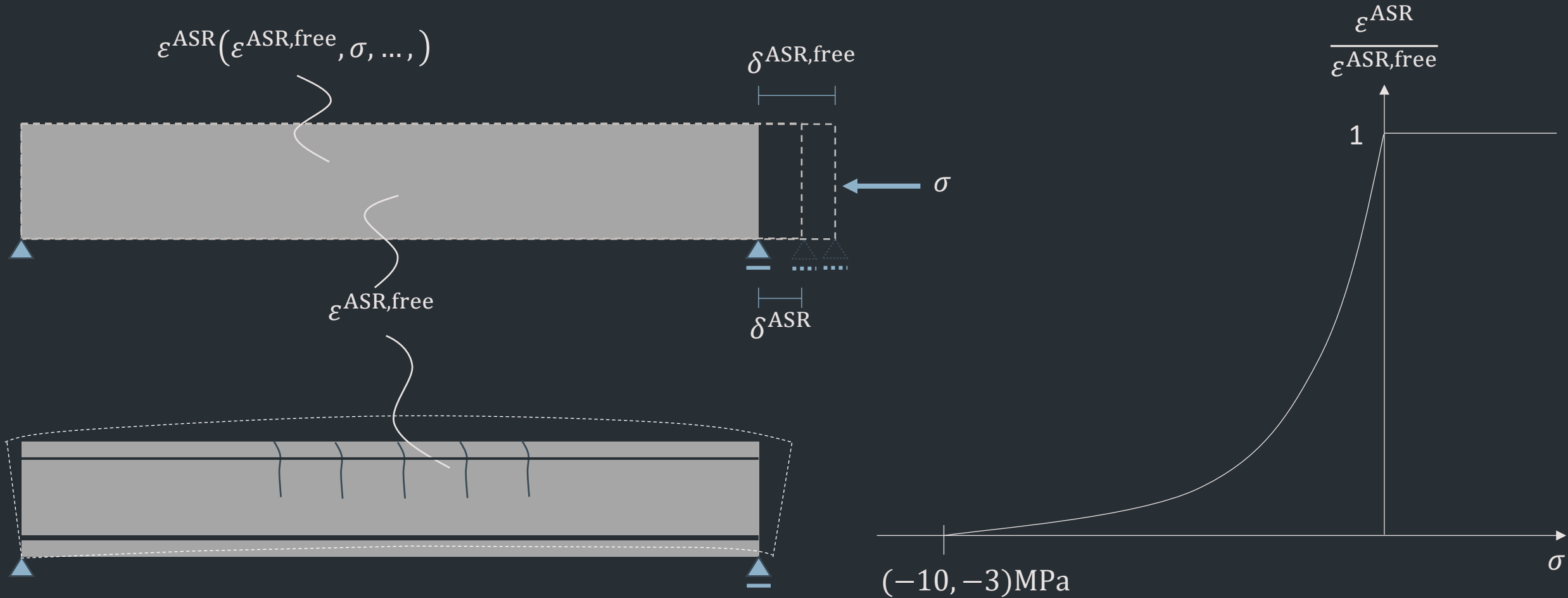


▶ Påvirkning av lastvirkning og kapasitet

- *Lastvirkning*
 - Spenningsavhengighet
 - Konstruksjonsstivhet
- *Kapasitet*
 - Påvirkning av materialegenskaper



Spenningsavhengighet



Tradisjonell metode

- Predifinerte ASR tøyninger påsatt som temperaturlaster ved LFEA
- Metodikken hensyntar ikke
 - Spenningsavhengighet
 - Opprisset konstruksjonstivhet
- Kapasitetsvurderinger for urealistiske lastvirkninger

Myndighet og regelverk
Konstruksjoner
Konstruksjonsteknikk
Desember 2022

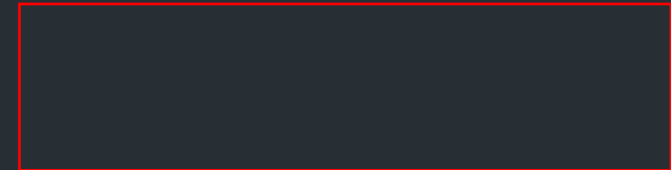
Statens vegvesen

Bæreevneklassifisering av bruer med alkalireaksjoner

FoU-programmet Bedre bruvedlikehold 2017–2021

STATENS VEGVESENS RAPPORTER Nr. 855

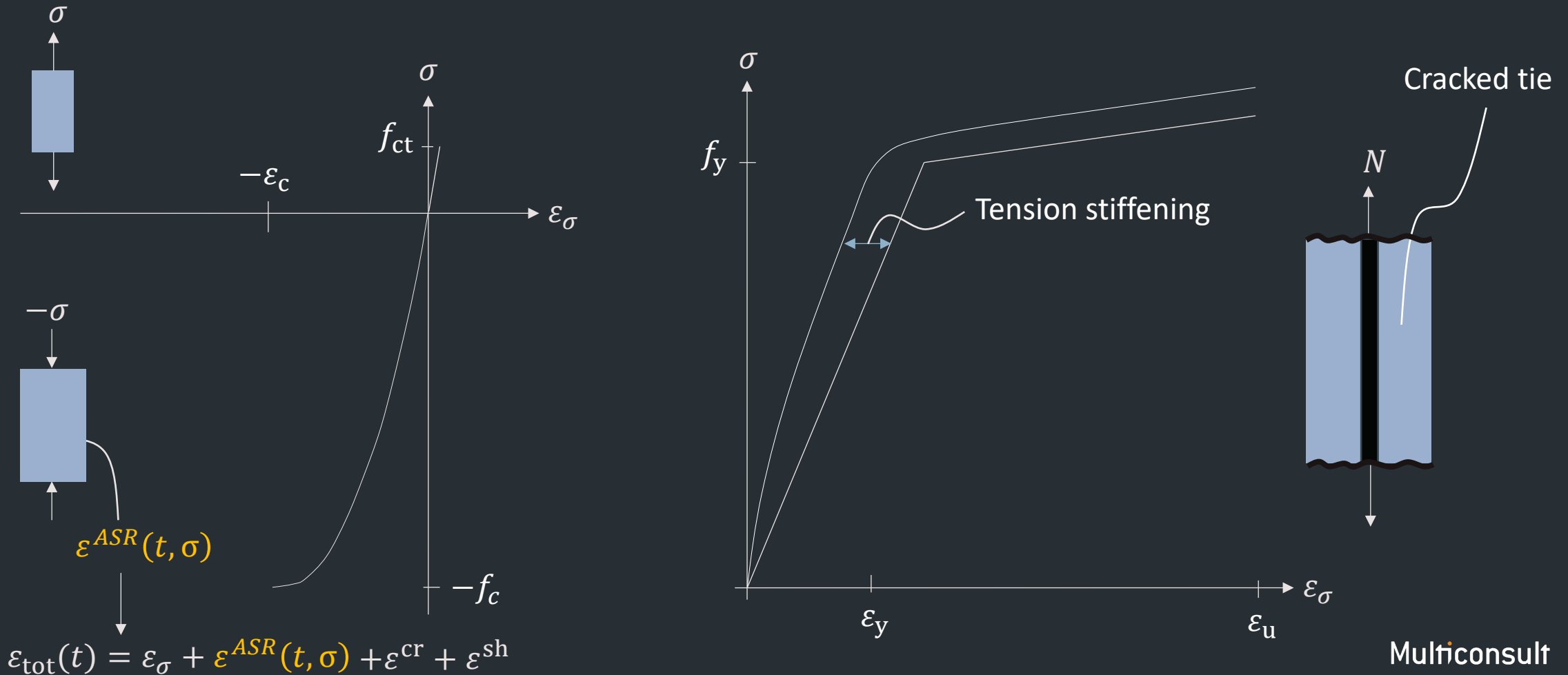
Illustrasjon: Håvard Johnsen og Oyvind Løken, Statens vegvesen



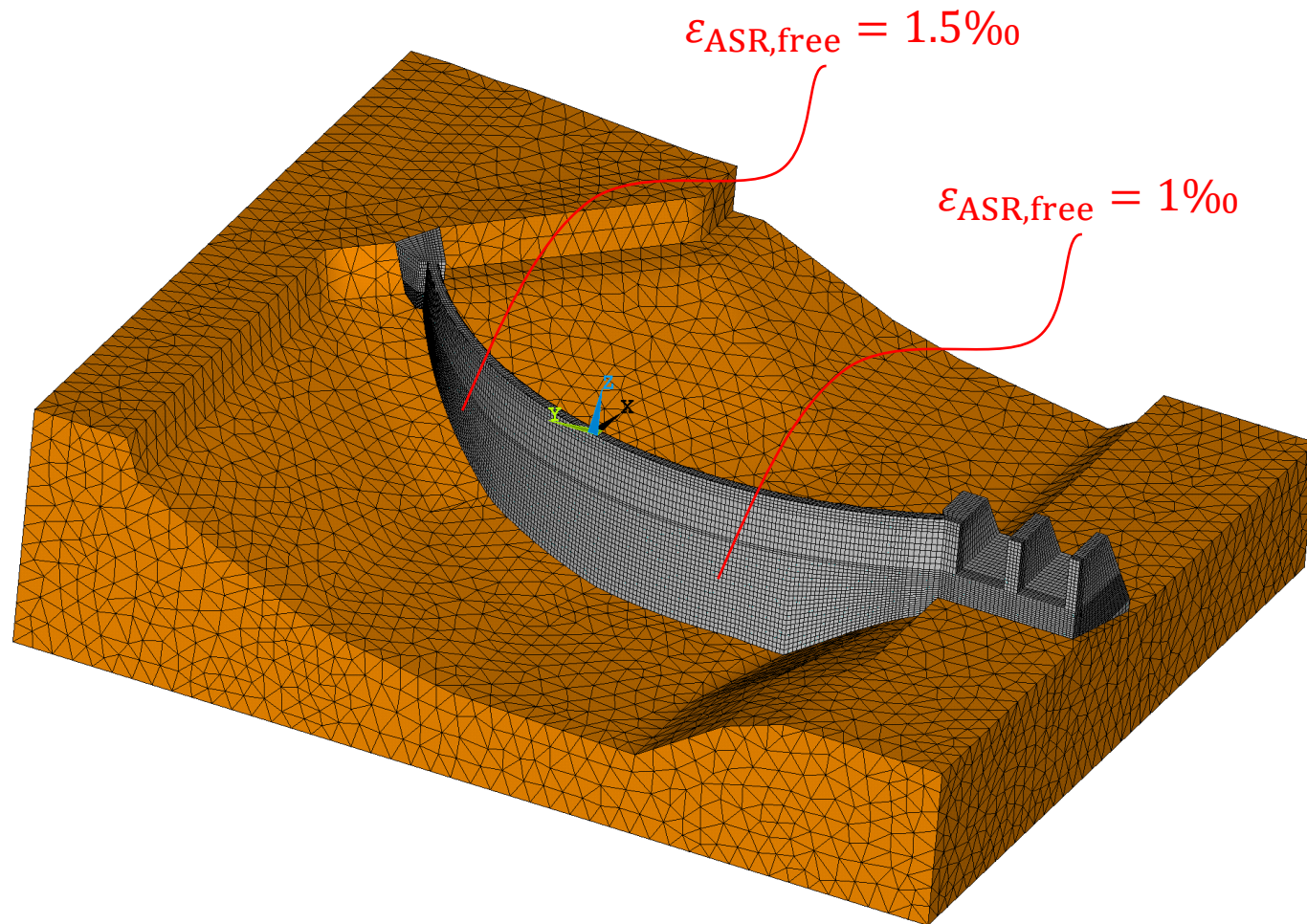


SAENC – Structural Analysis of Existing and New Concrete structures

- Sammensetning av materialmodeller iht. Excon H3-5

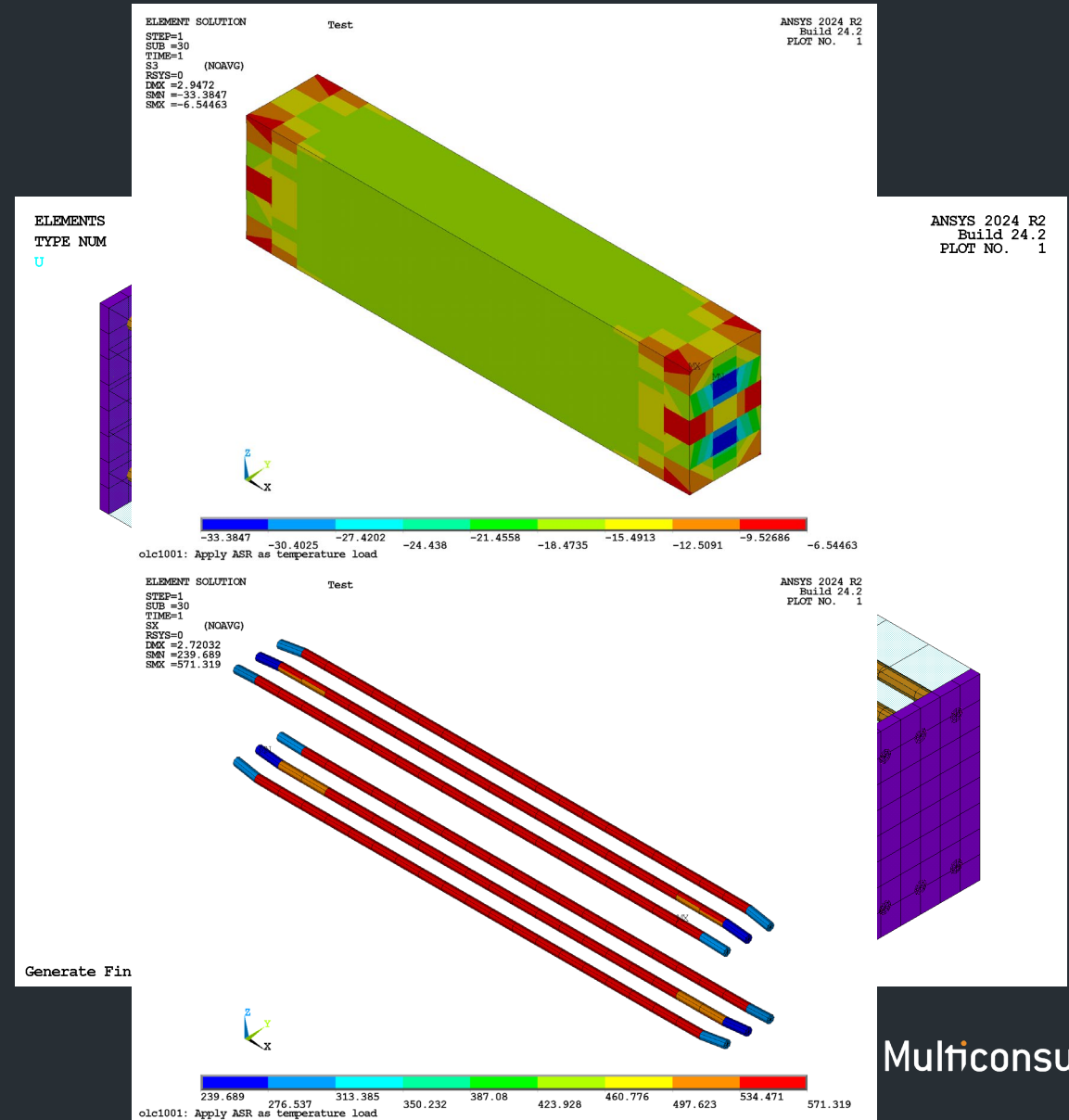
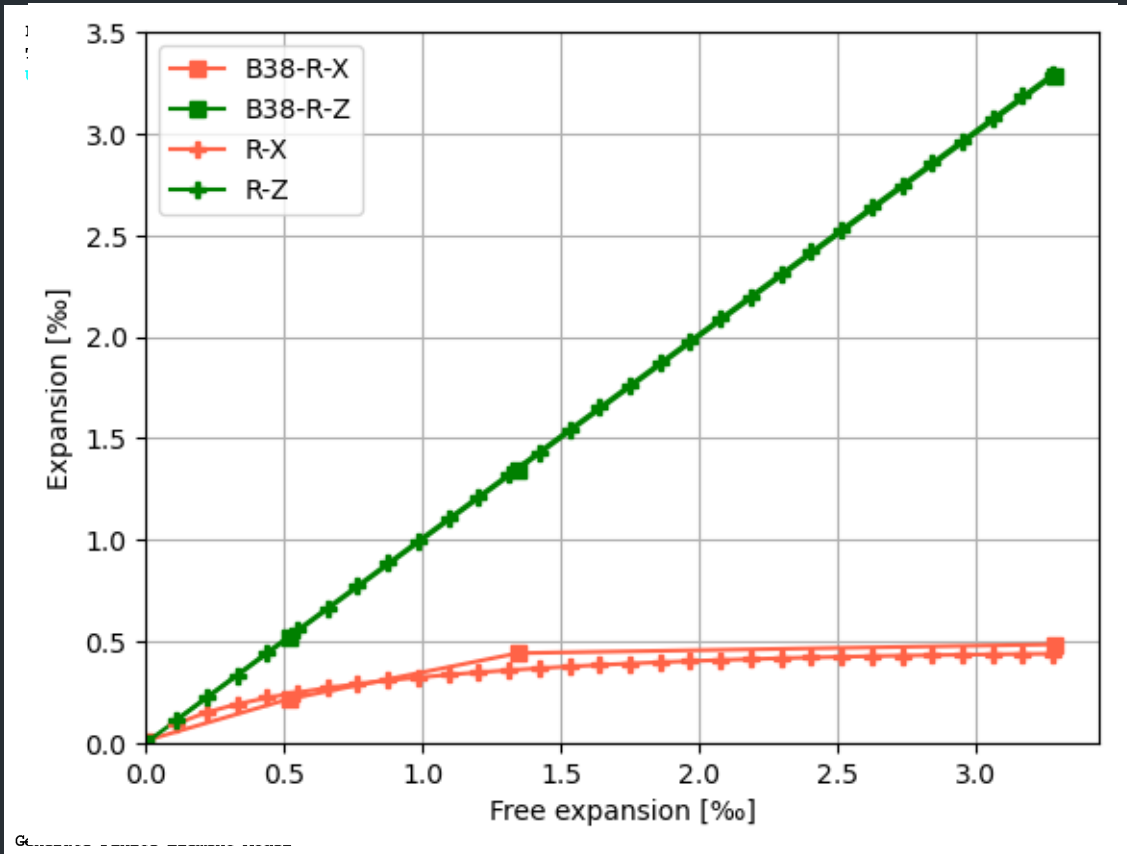


▼ Hva er nødvendig input?

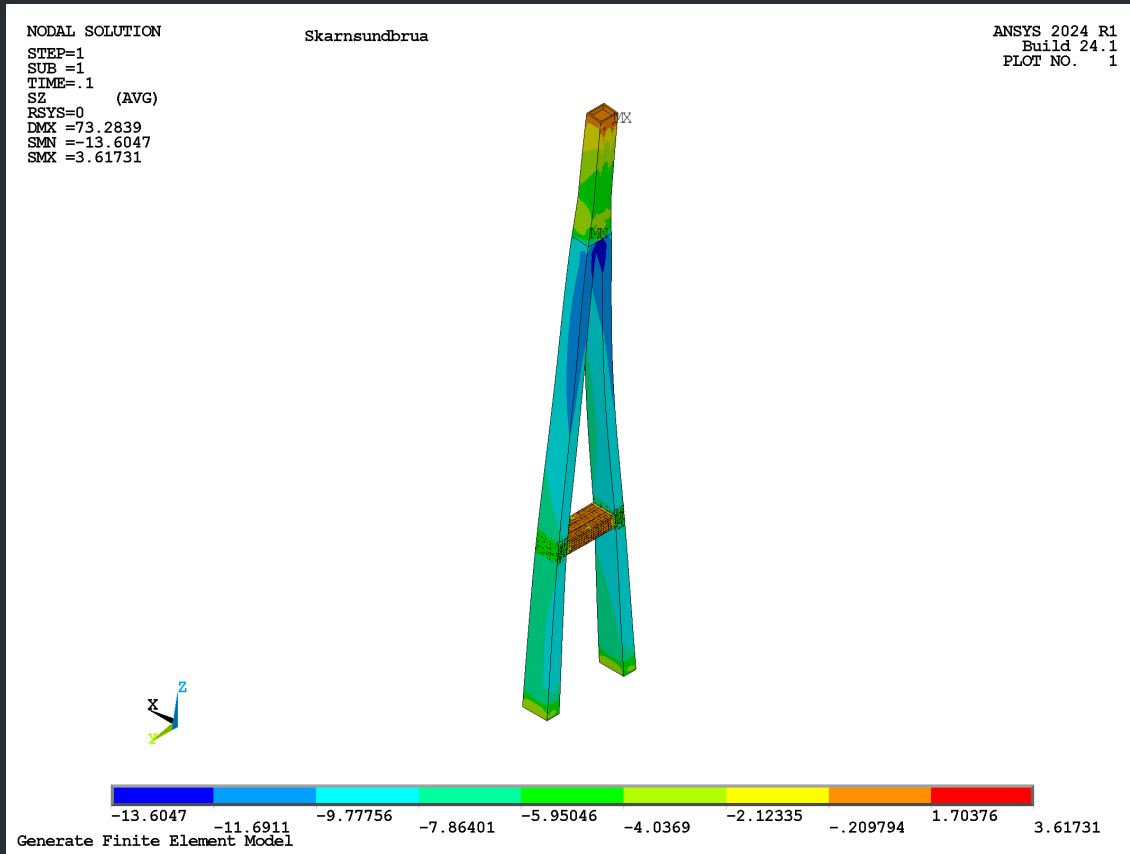


Benchmarking

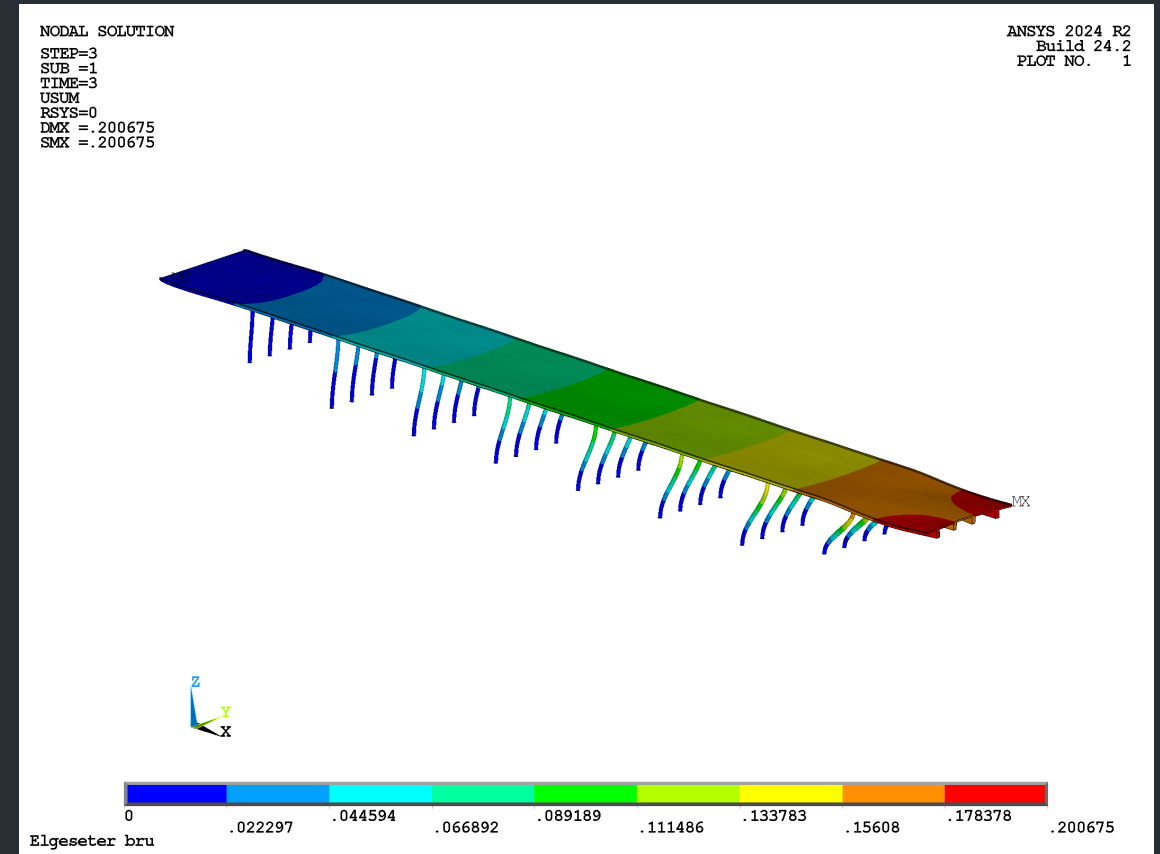
- Stemland, K. M.: (2024)



Skarnsundbrua



Elgeseter bru



Konklusjon

- Forbedret beslutningsgrunnlag for konstruksjonseier
- Lastvirkning
 - Spenningsavhengighet
 - Konstruksjonsstivhet
- Kapasitet
 - Materialdegradering
- Ikke-lineære effekter



Multiconsult

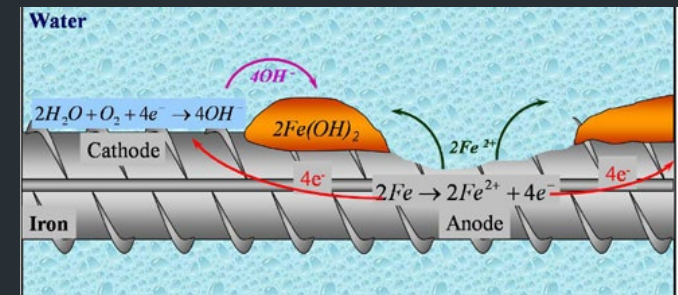


Konstruksjonsanalyser for vurdering av konsekvensen av korrosjon (og ASR)

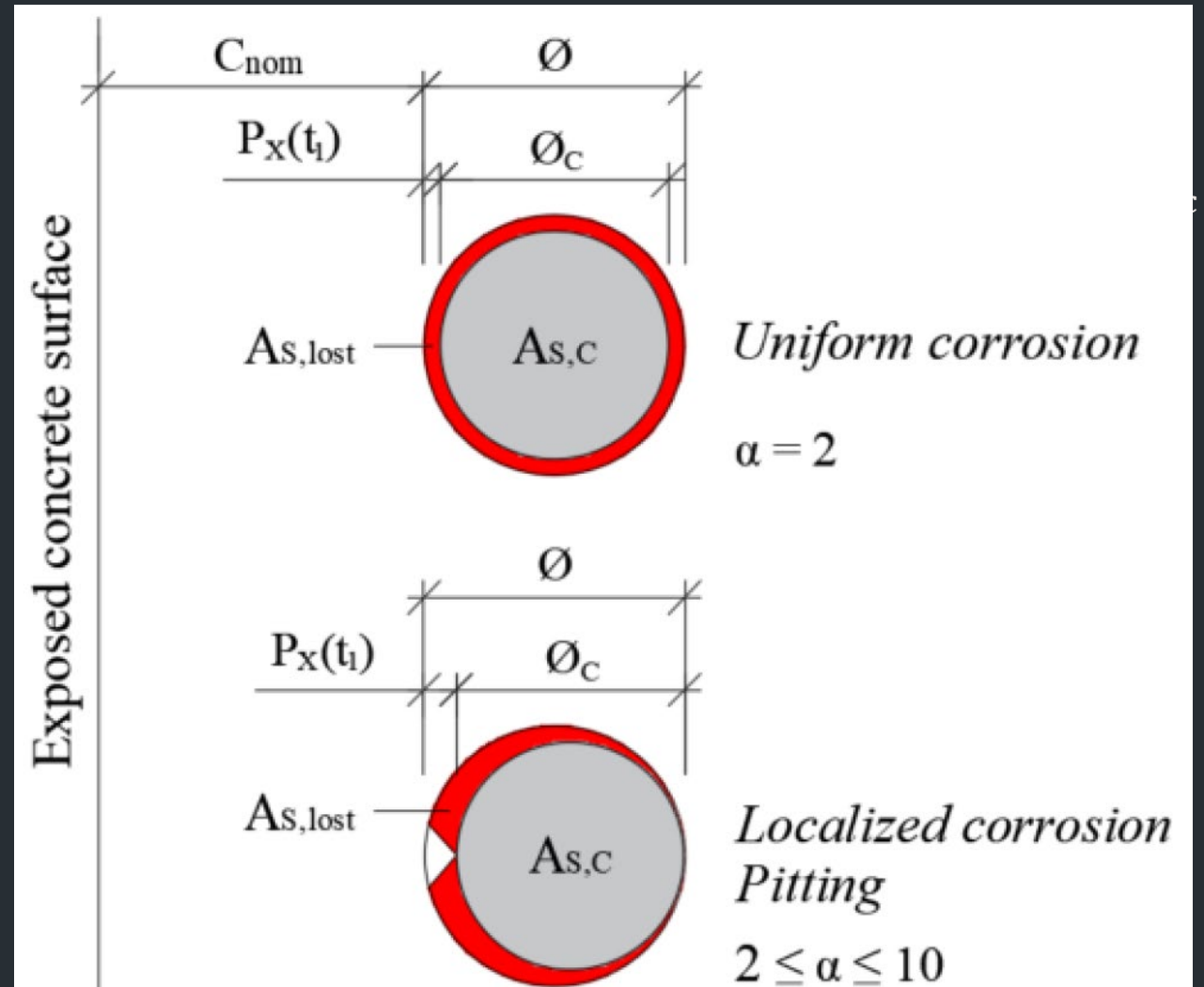
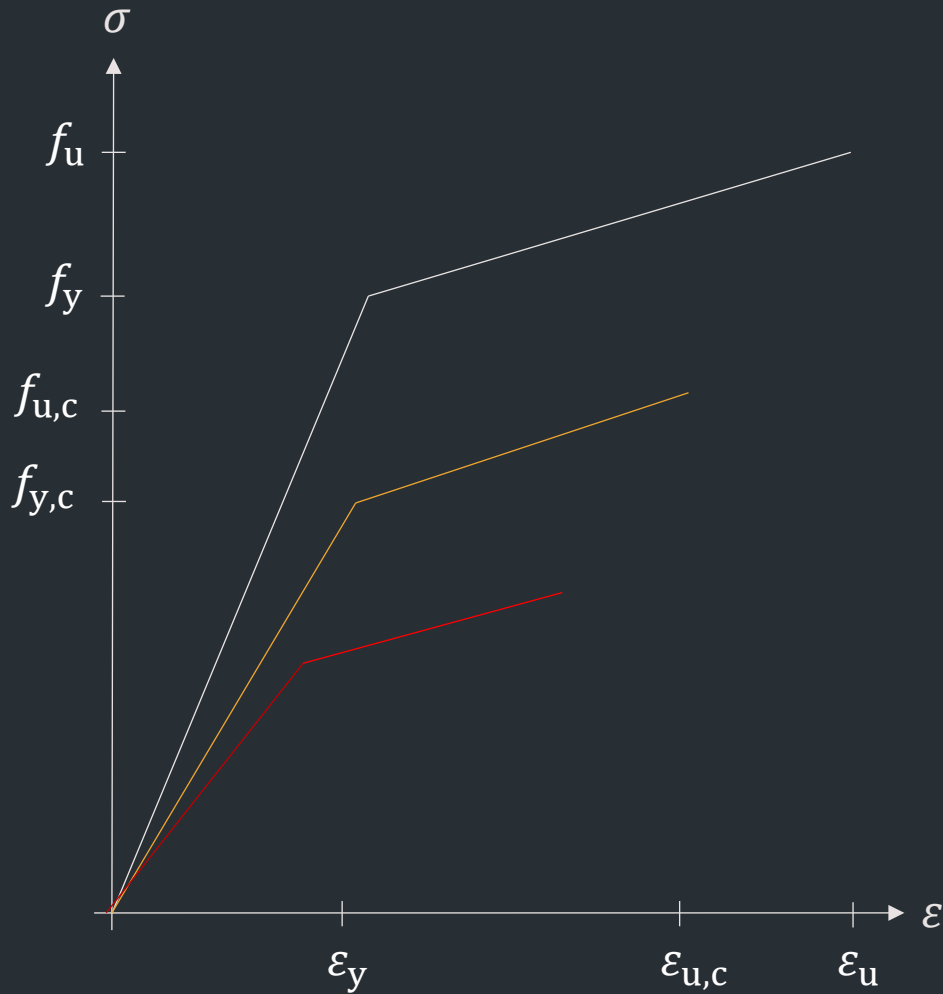
Excon avslutningsseminar | 23/04-26

Reignard Tan

Konstruktive effekter




Modellering av materialoppførsel

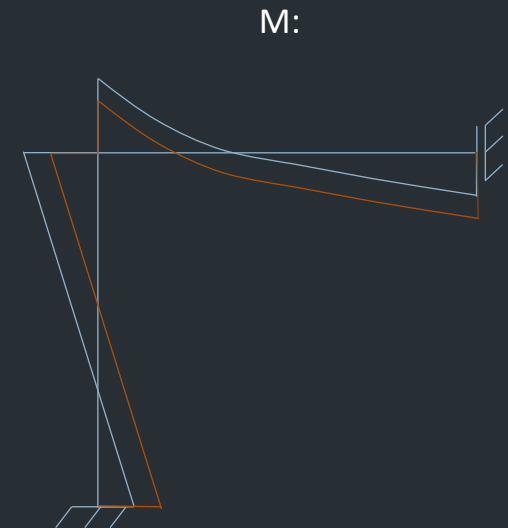
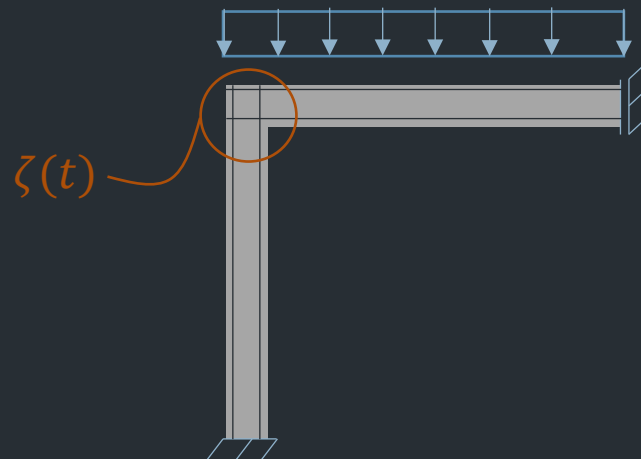




Påvirkning av lastvirkning og kapasitet

- *Lastvirkning*
 - Påvirker konstruksjonsstivhet pga redusert armeringsareal (og avskalling)
- *Kapasitet*
 - Redusert flytespenning og duktilitet


$$\zeta = \frac{A_{s,lost}}{A_s} \leq 1$$



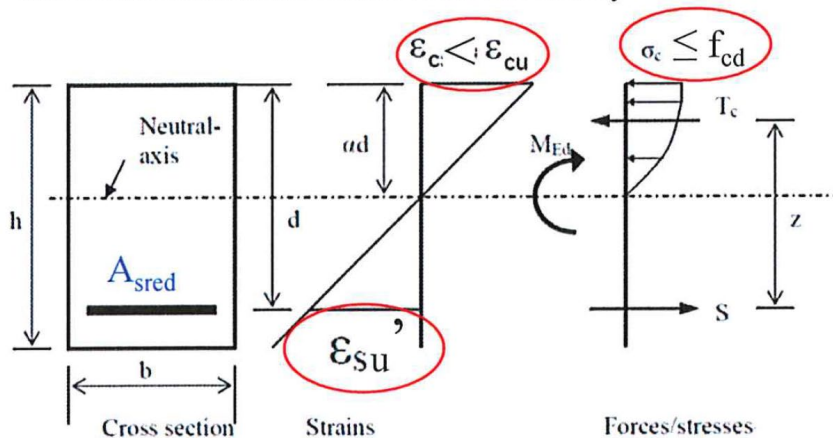
Tradisjonell metode

- Tverrsnittsreduksjon hensyntas ved kapasitetsvurderinger
- Kapasitetsvurderinger for urealistiske *lastvirkninger*
- Ikke-lineære effekter

NTNU

Moment capacity – Better approach

Reduce the reinforcement-area and modify the failure criterion for the corroded reinforcement due to reduced ductility

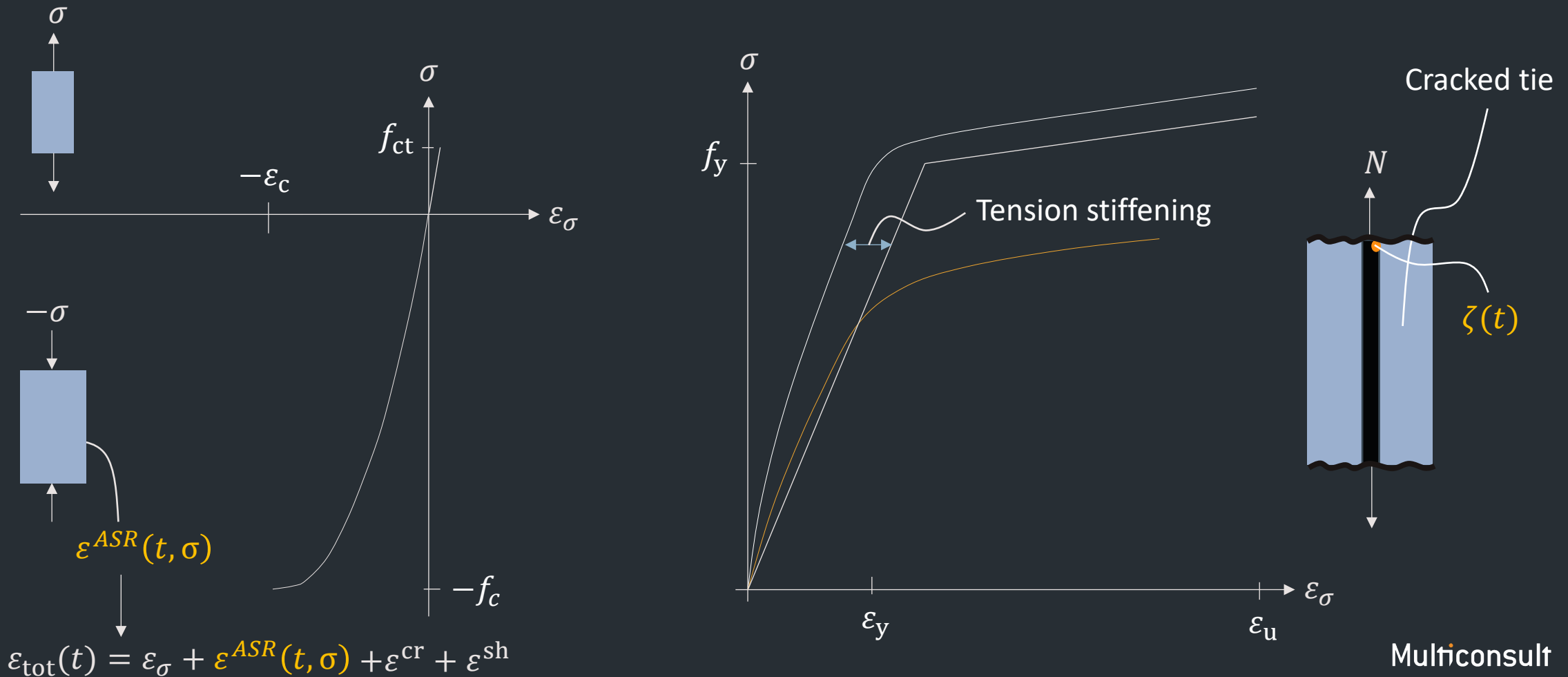


$\epsilon_{su}' =$ function of the corrosion damage

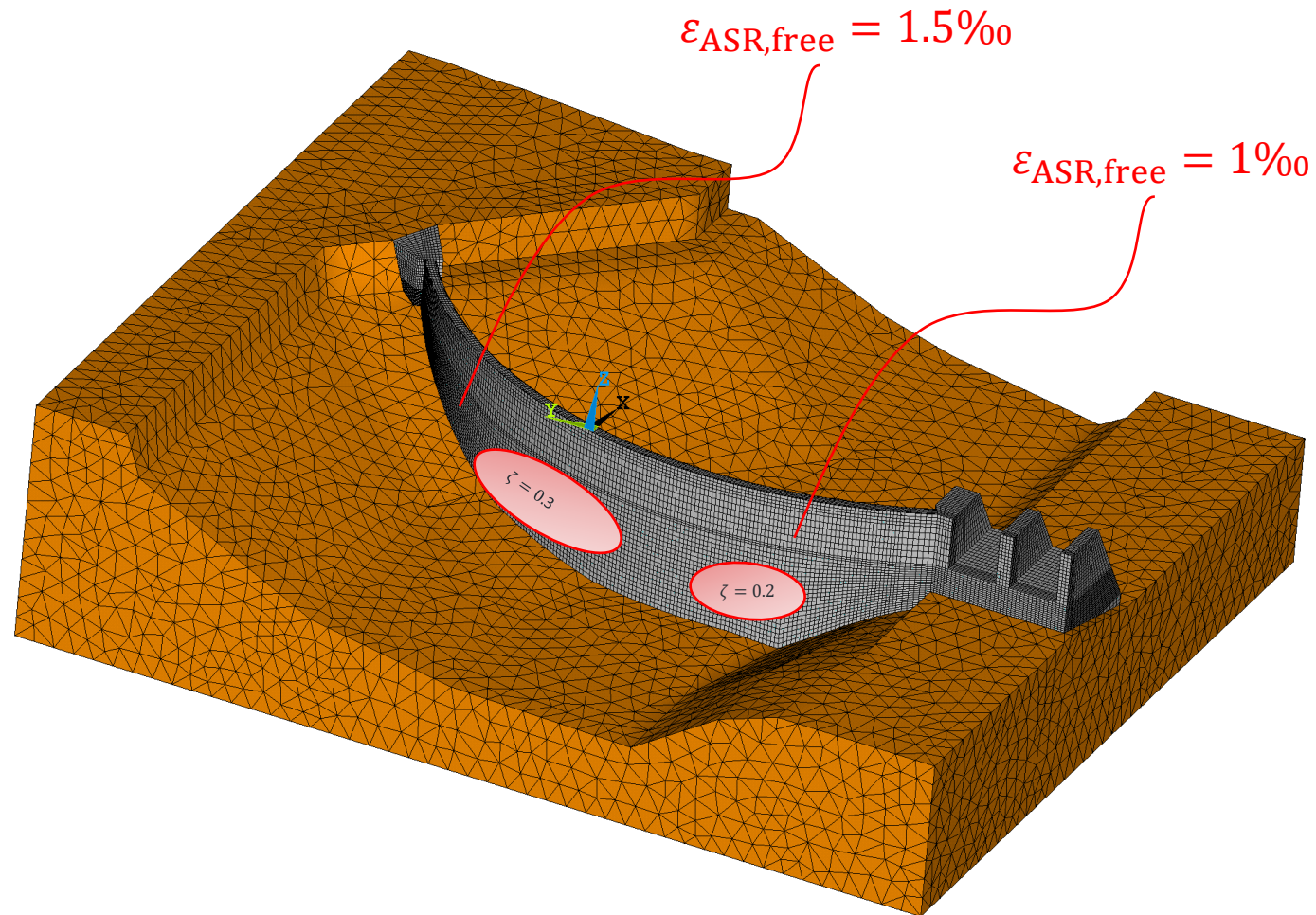


SAENC – Structural Analysis of Existing and New Concrete structures

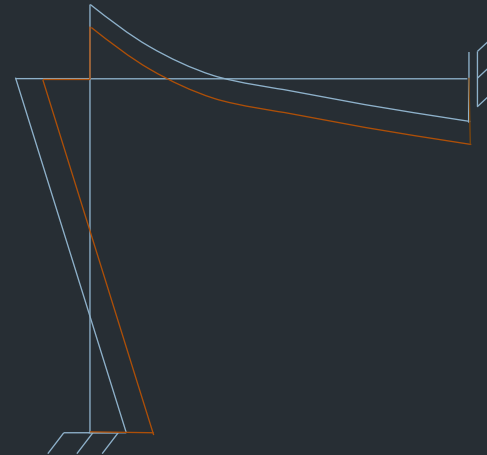
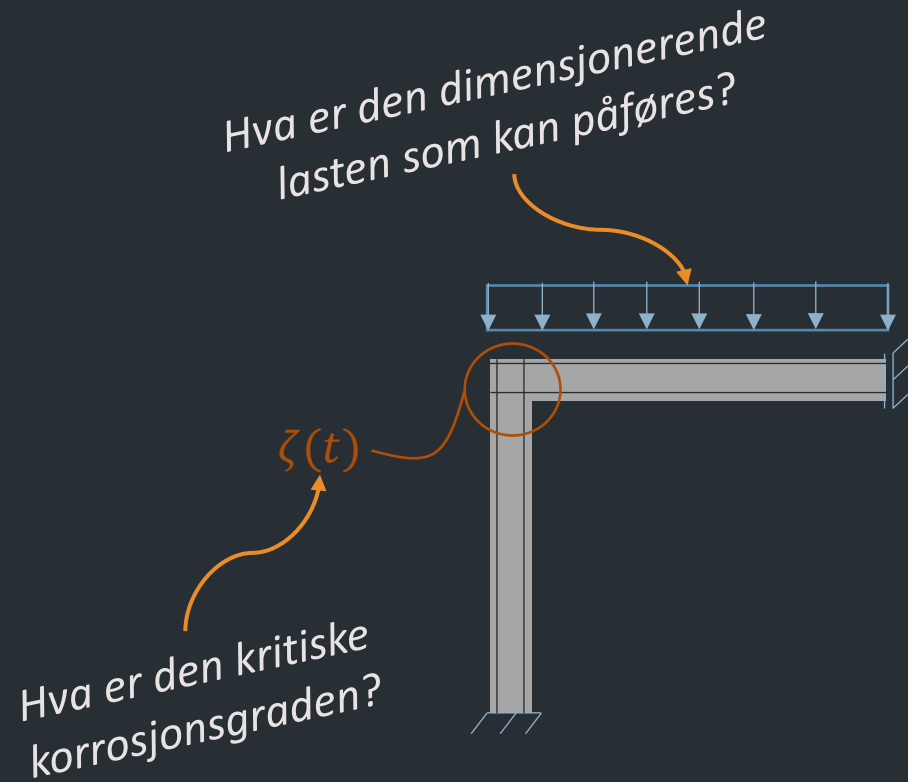
- Sammensetning av materialmodeller iht. Excon H3-5



▼ Hva er nødvendig input?



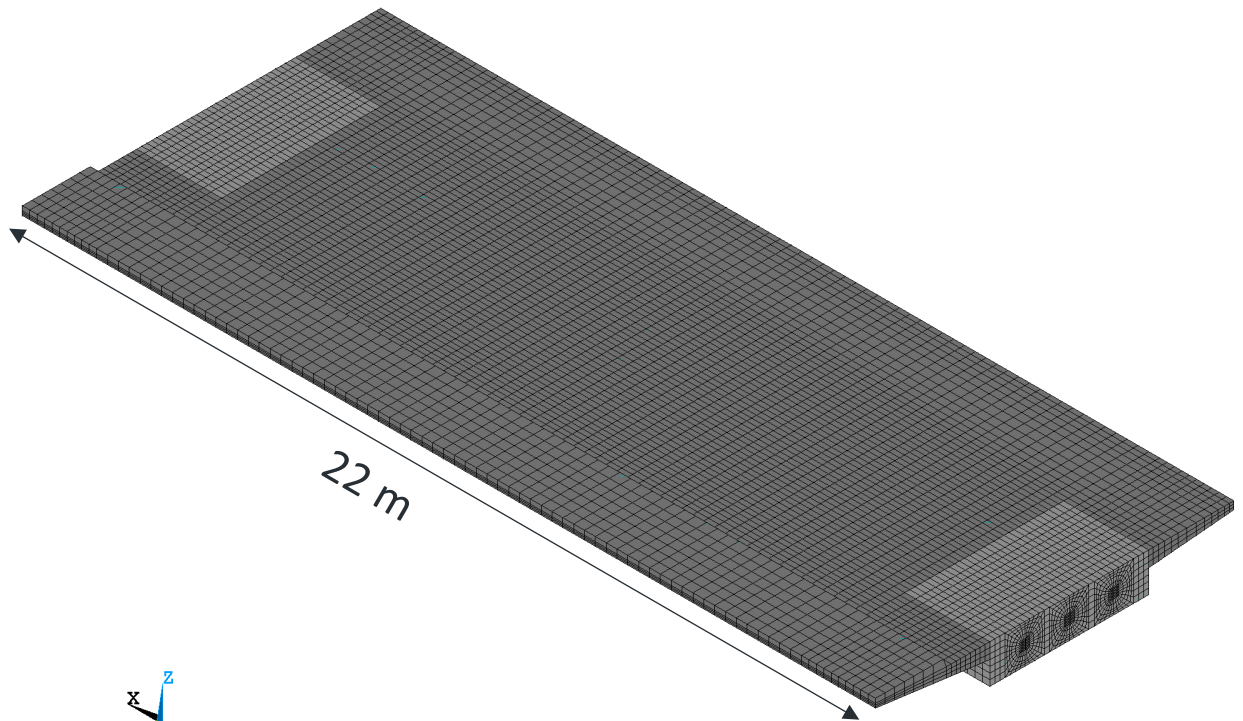
► Sikkerhetsformat



I stedet for å vurdere kapasiteten i kritiske snitt, kontrolleres konstruksjonens globale bæreevne.

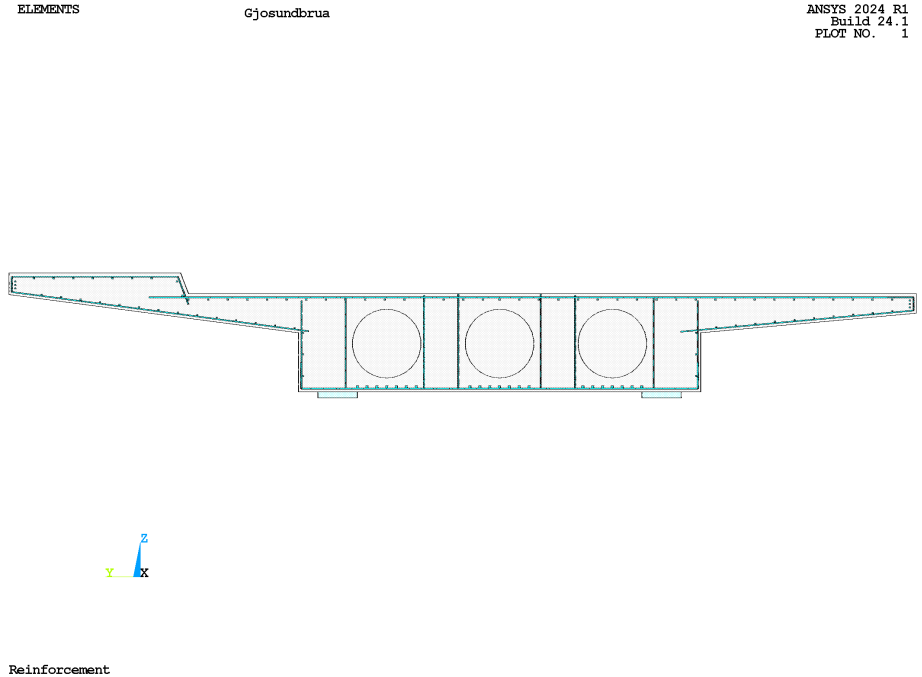
Korrosjon

ELEMENTS Gjosundbrua ANSYS 2024 R1 Build 24.1 PLOT NO. 1



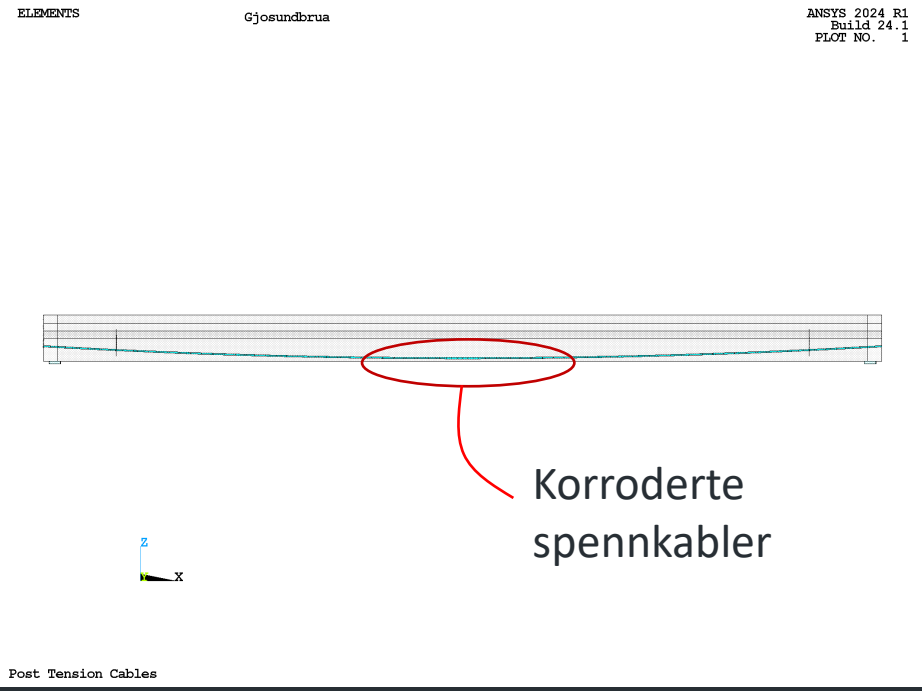
Finite Element Model

1
ELEMENT S
STEP=7
SUB =1
TIME=1000
SVAR11
DMX =.008
SMX =2



Reinforcement

0
Trafikkla



Korroderete spennkabler

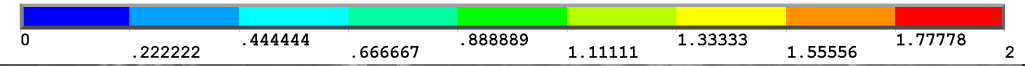
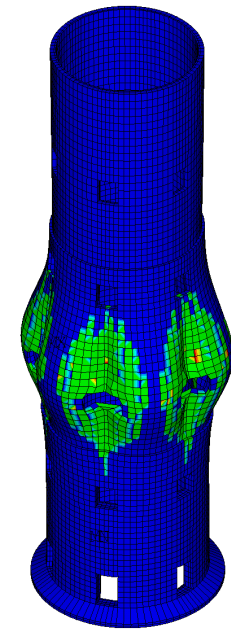
Post Tension Cables

Avskalling



ELEMENT SOLUTION
STEP=2
SUB =40
TIME=2
SVAR11 (NOAVG)
DMX = .003722
SMX =2

ANSYS 2024 R1
Build 24.1
PLOT NO. 1



Konklusjon

- Forbedret beslutningsgrunnlag for konstruksjonseier
- Lastvirkning
 - Påvirket konstruksjonsstivhet pga redusert armeringsareal (og avskalling)
- Kapasitet
 - Redusert flytespenning og duktilitet
- Ikke-lineære effekter



Multiconsult

A composite background image showing a snowy mountain range under a blue sky with clouds. In the foreground, there are wind turbines on a rocky island and an offshore oil rig in the water. A small boat is visible in the water, and a yellow subsea structure is on the seabed. In the upper right, a satellite and an airplane are visible in the sky.

MOCK-UP VALIDATION OF NDT FOR TENDON DUCT ASSESSMENT. *A step towards NDT certification*

Cosmin Popescu

Sintef Narvik



excon

Grønn forvaltning av konstruksjoner for infrastruktur

Kilde: Votna I

Report

NDT methods and sensors for existing concrete structures

Literature review

Author(s):

Cosmin Popescu, Tobias Danner, Roar Myrdal, Jan Lindgård, Andres

2 Belda Revert, Björn Täljsten

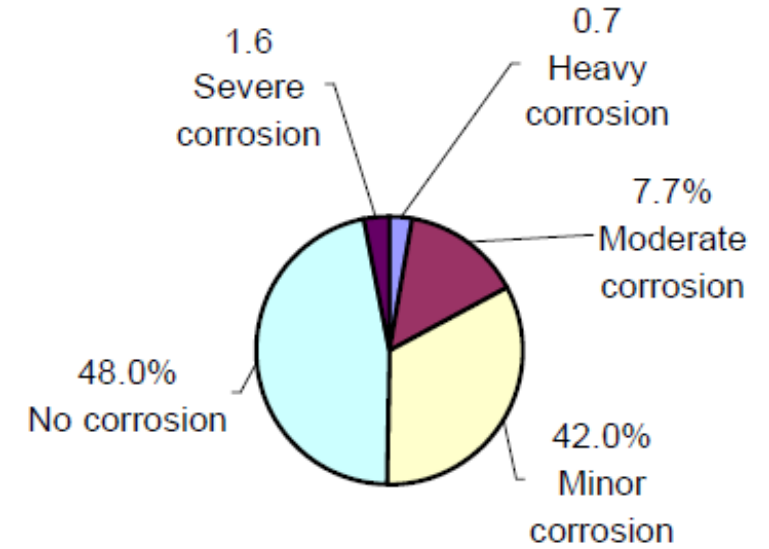
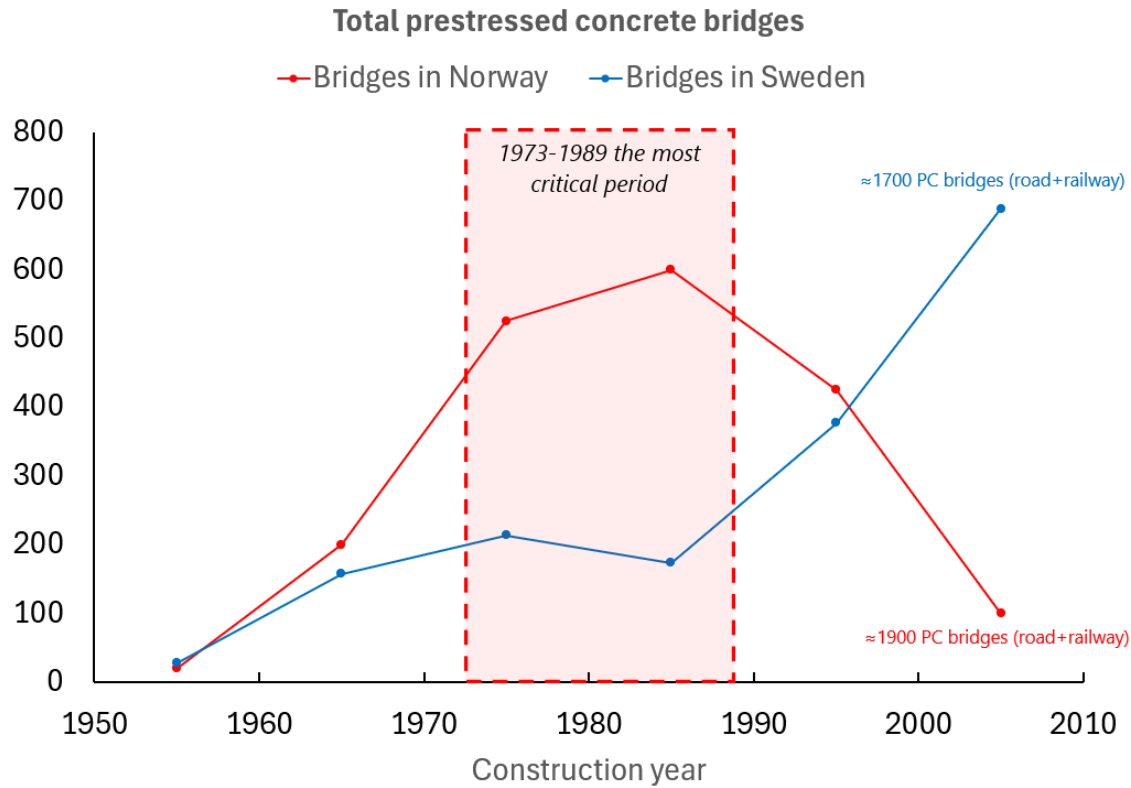
Report No:

2023:01487 - Unrestricted

H3.3 Tilstandsanalyse

- Aim: A guide for the use of NDT with and without robots/drones, as well as a framework for advanced structural analysis.
- Objective: Develop a methodology that minimizes the use of destructive methods and physical labor
 - H3.1. Development/further development of prioritized NDT methods based on previous experience and literature
 - H3.3 Develop procedures and methods for testing and verification of NDT methods

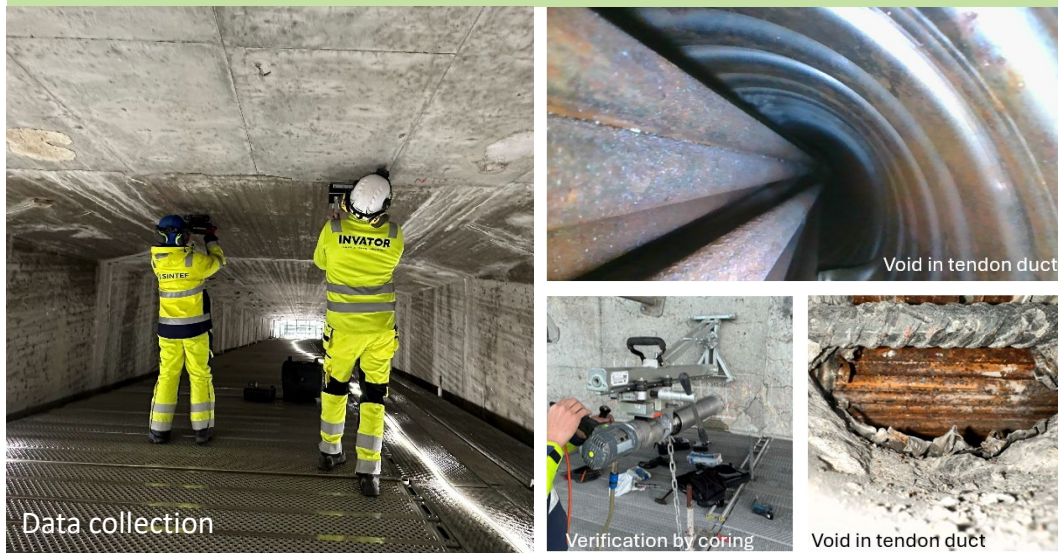
Existing assets aging



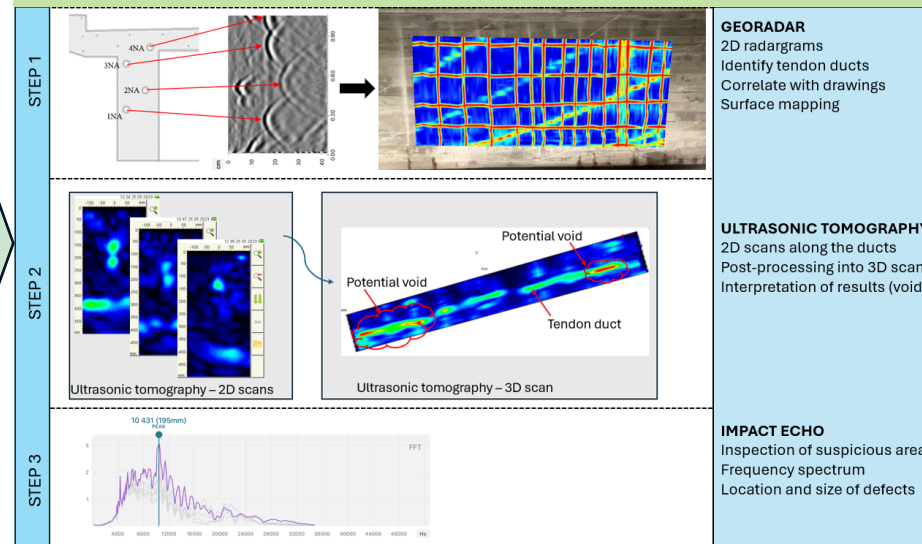
Results of post-tensioning tendon inspection of 447 bridges in the UK¹⁾

Inspection in practice

The problem: corrosion of tendon ducts



Our refined state-of-the-practice solution



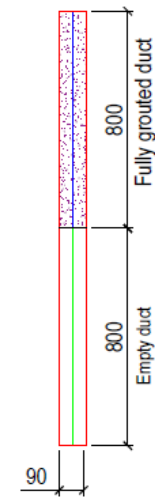
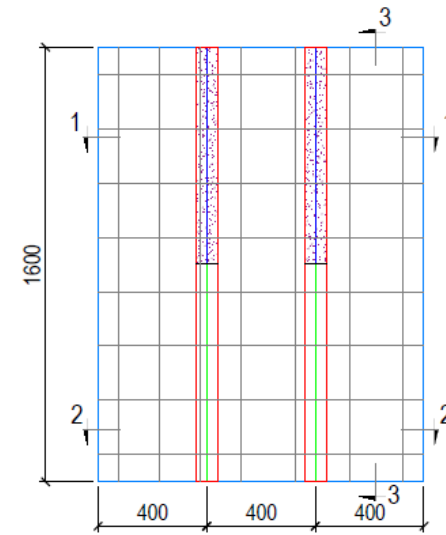
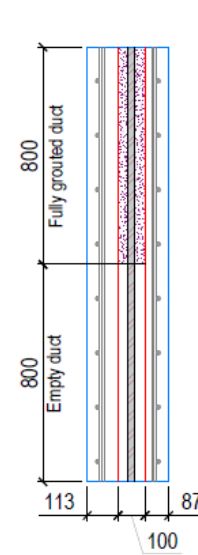
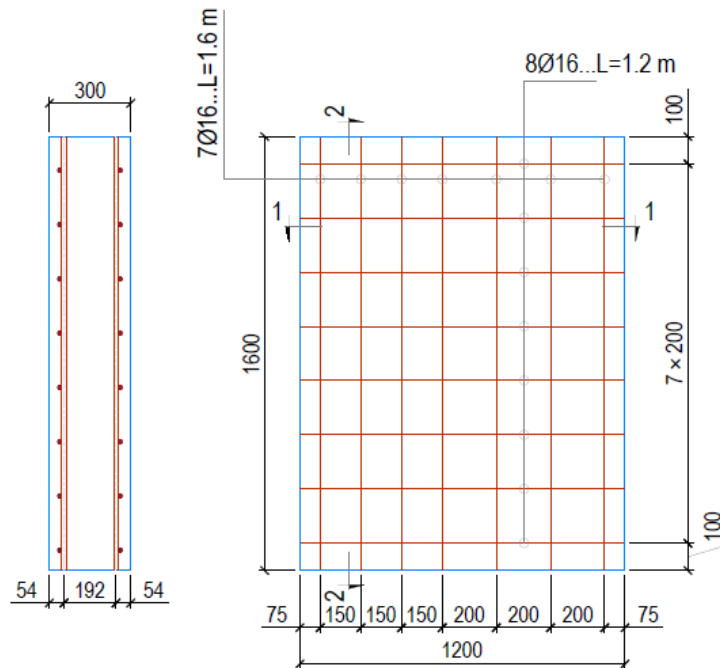
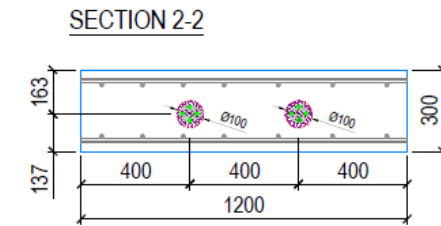
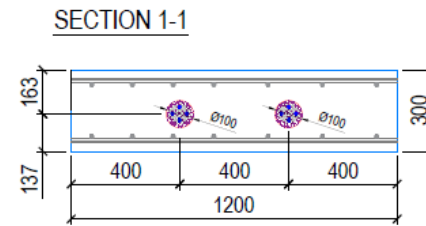
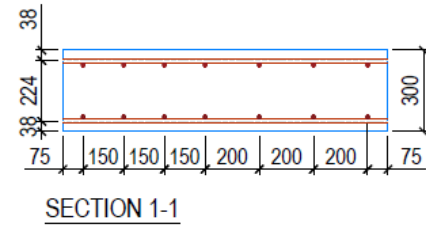
- Multiple NDT methods must be combined
- Stepwise and iterative process
- Results require interpretation

Different inspectors can reach different conclusions

Why mock-up specimens?

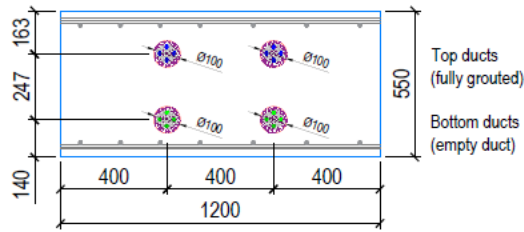
- A sample → simulates the characteristics of an actual component
 - Material & geometry (same material and similar geometric features)
 - Defects & Flaws (known artificial defects)
- Practice, Demonstrate, and Validate NDT techniques
 - Calibrate NDT equipment
 - Training
 - Validation and Certification (NDT procedure, NDT equipment, NDT personell)

Design of mock-up specimens and fabrication

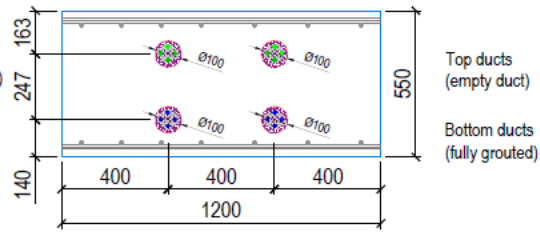


Design of mock-up specimens and fabrication

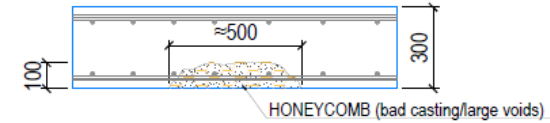
SECTION 1-1



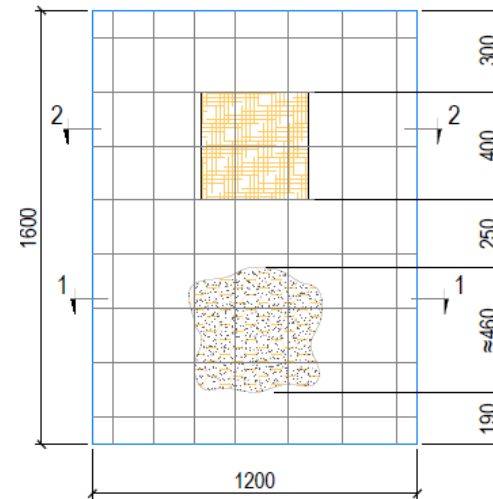
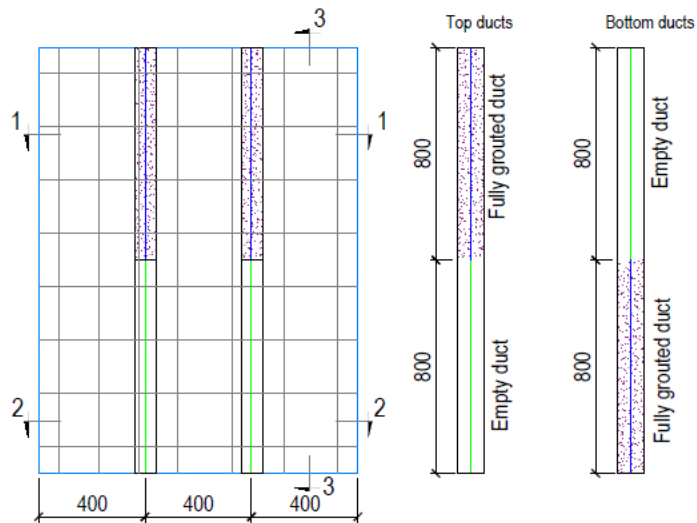
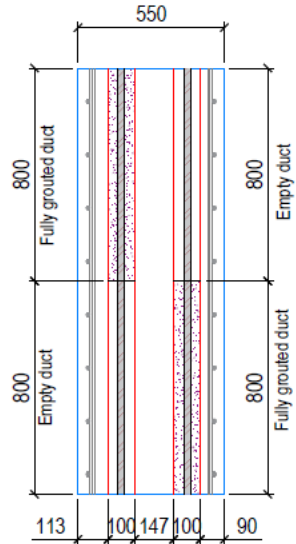
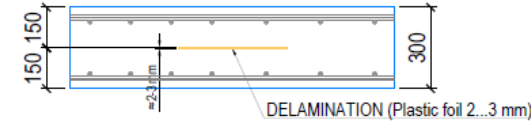
SECTION 2-2



SECTION 1-1



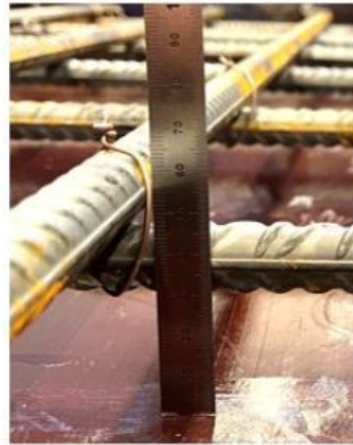
SECTION 2-2



SECTION 3-3

PLAN SPECIMEN 3

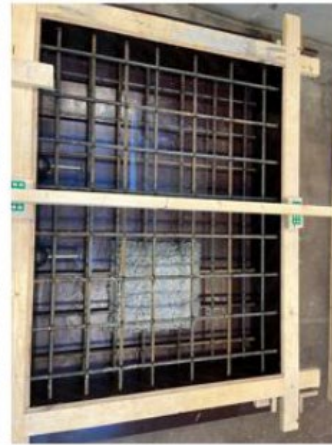
Design of mock-up specimens and fabrication



Rebar alignment



Duct preparation



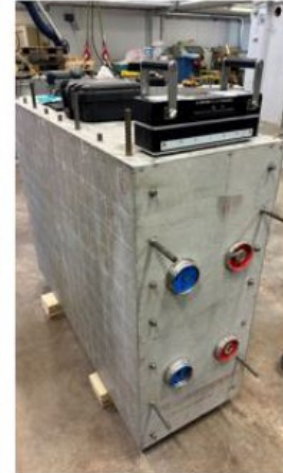
Artificial defects



Duct placement in formwork



Casting of specimens



Completed specimen



Participating teams

1. SINTEF Narvik & Invator AB
2. Elop AS
3. Equinor & Aker Solutions
4. Birdsvie

Methods applied:

- GPR → locating ducts and reinforcement
- Ultrasonic & impact echo → void detection



IMPACT ECHO



ULTRASONIC



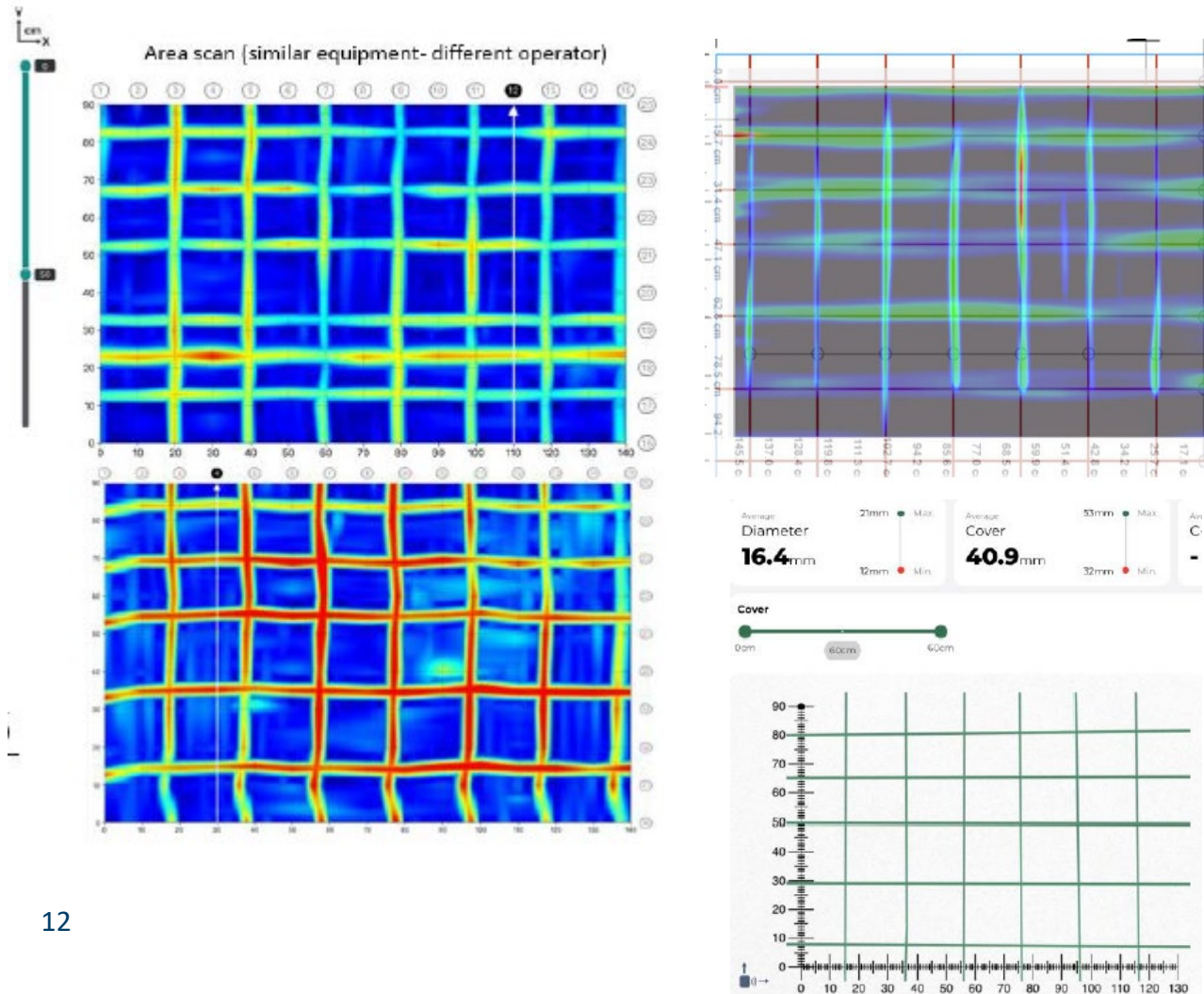
ELOP Insight



UPE



Can we detect surface reinforcement?



GPR (all teams)

- Surface reinforcement detected reliably
- Result presentation varies between inspectors

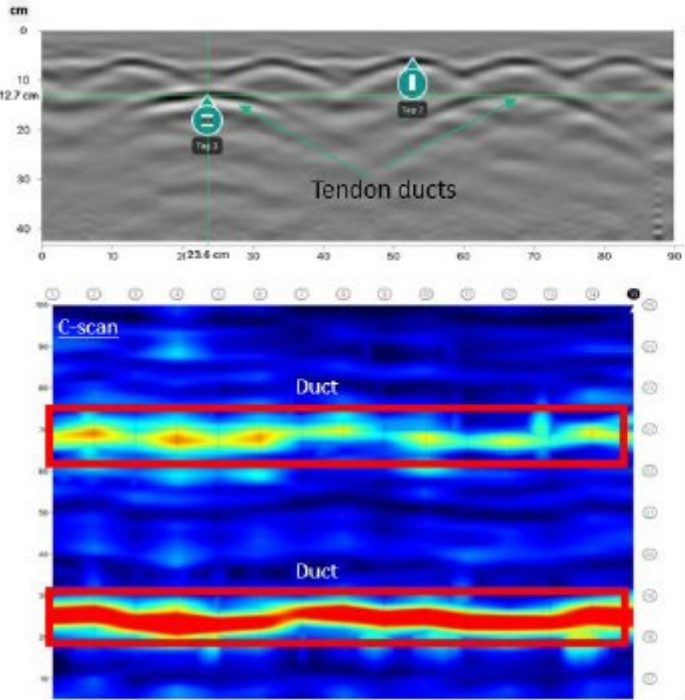
Ultrasonic methods

- Reinforcement can be detected
- Requires advanced processing and interpretation

Advanced GPR processing (one team)

- Automated reconstruction of reinforcement mesh
- Additional capability: estimation of rebar diameter

Can tendon ducts be located?

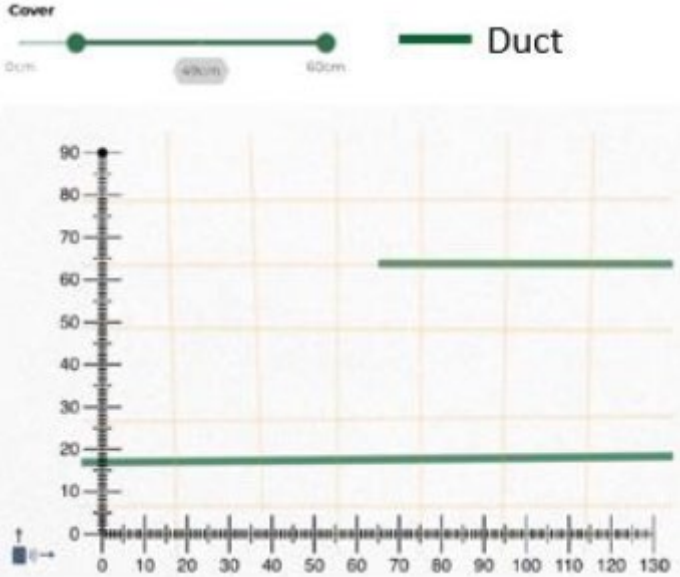


First layer (140 mm)

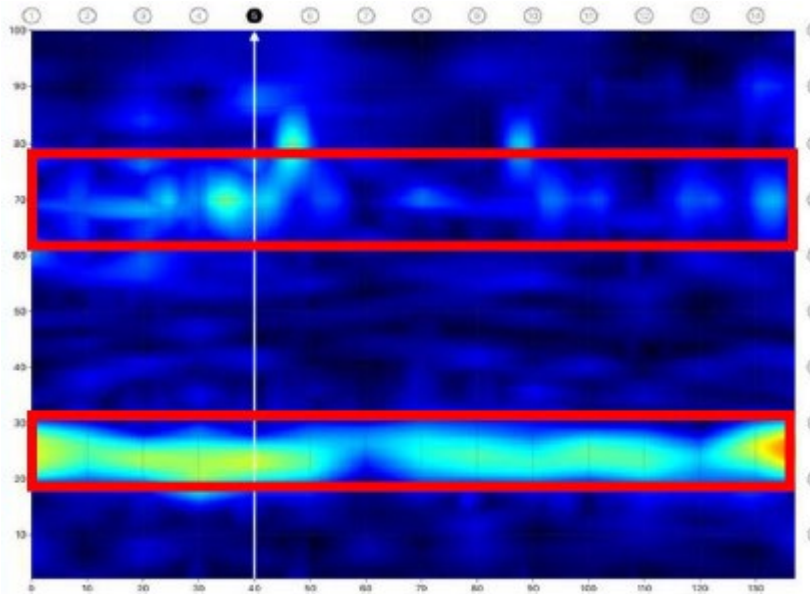
- Detected by all teams

Second layer (360 mm)

- Weak and fragmented signals



Can tendon ducts be located?



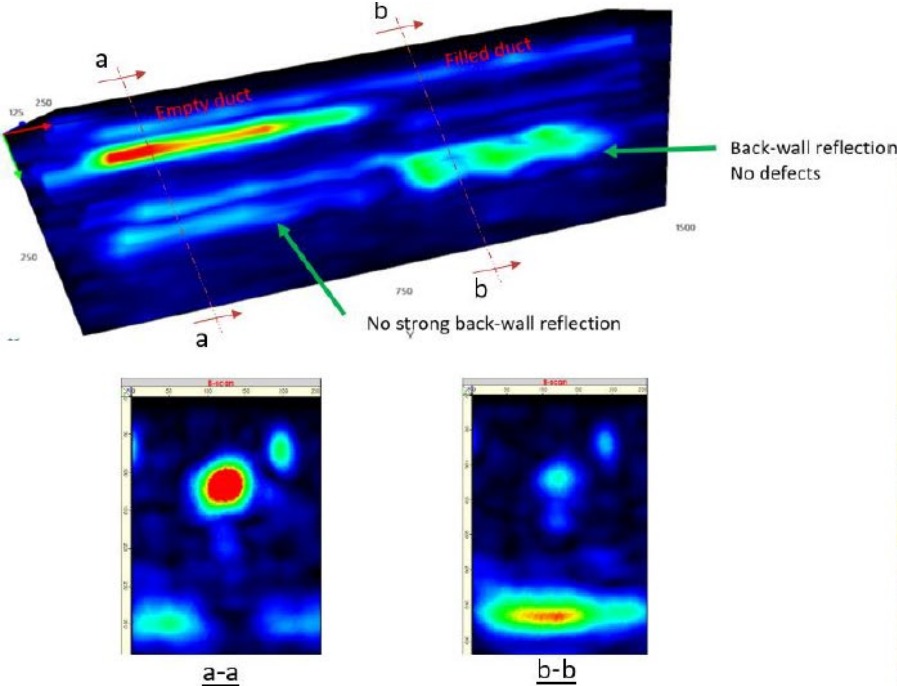
First layer (140 mm)

- Detected by all teams

Second layer (360 mm)

- Weak and fragmented signals

Can voids inside tendon ducts be detected?



Ultrasonic tomography (MIRA)

Clear distinction: filled vs empty ducts

Based on:

- Back-wall reflection

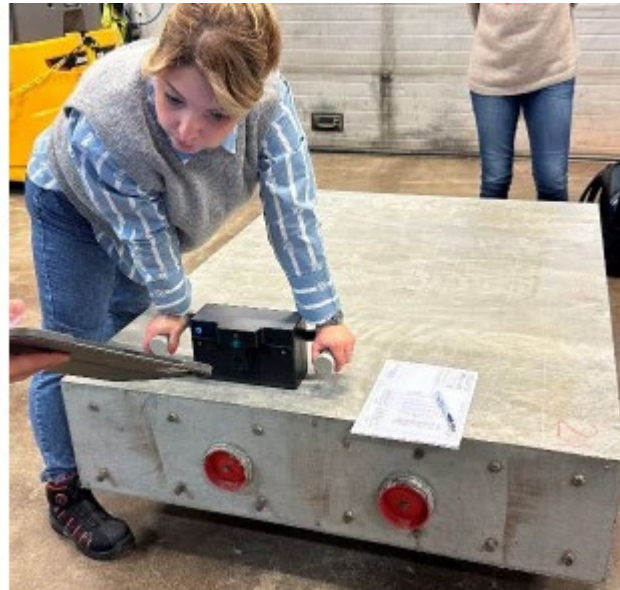
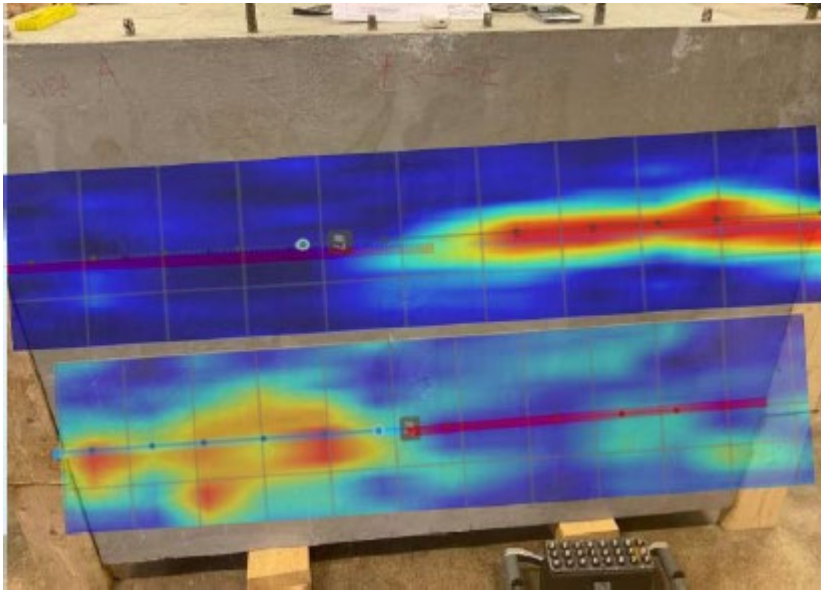
- Signal attenuation at duct level

Impact Echo (verification)

Filled duct → strong, sharp frequency peaks

Empty duct → weak, scattered response

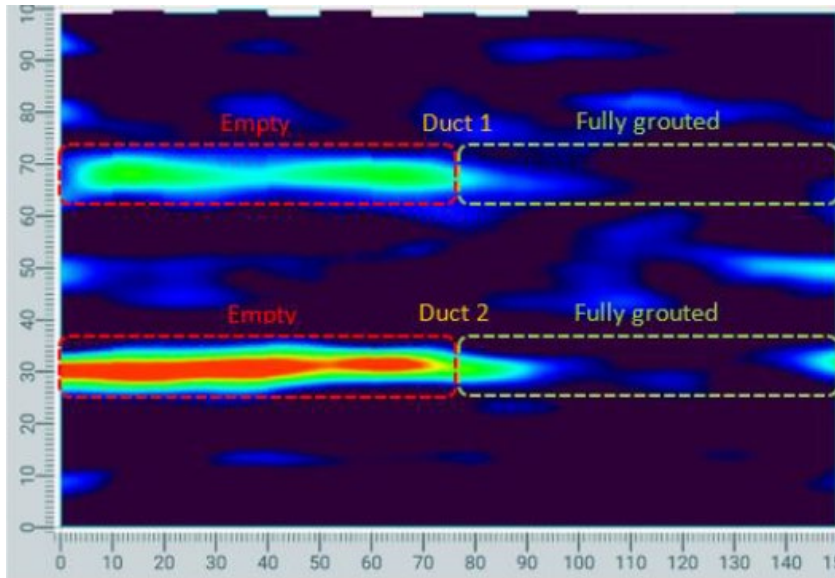
Can voids inside tendon ducts be detected?



Pulse Echo (Proceq)

- Ducts visible
- Difficult to distinguish filled vs empty

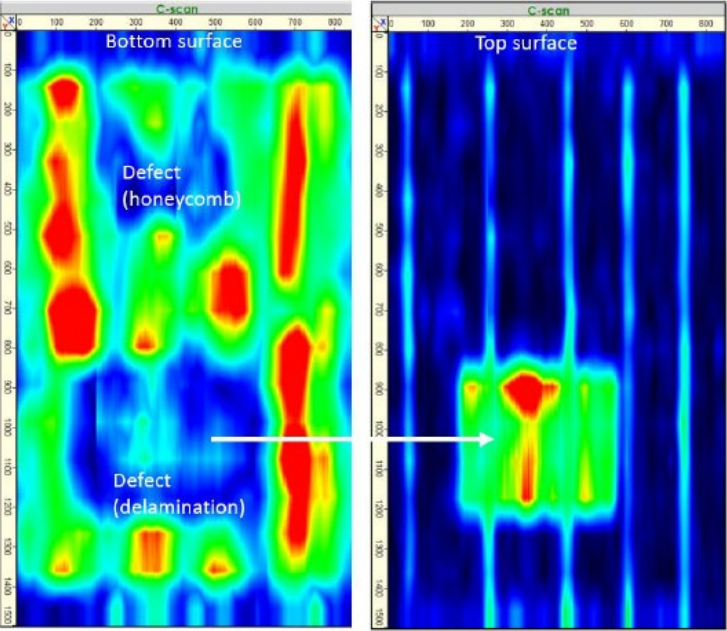
Can voids inside tendon ducts be detected?



Elop Insight ultrasonic system

- Voids detectable across all scanning methods
- Clear amplitude differences
- Back-wall shadowing supports interpretation

Can internal defects be detected?

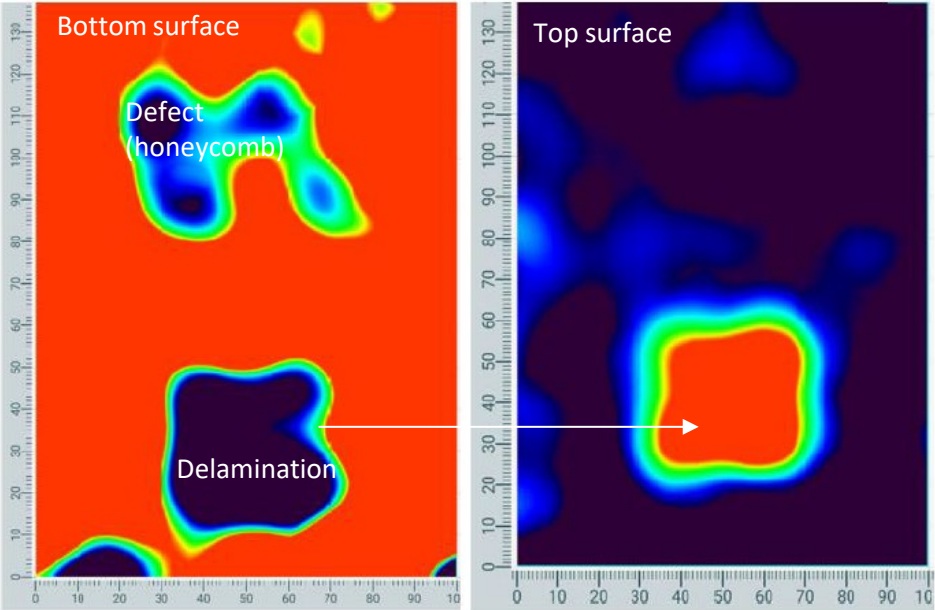


Ultrasonic tomography (MIRA)

- Detects delamination and honeycombing

Elop Insight

- Delamination clearly identified
- Honeycombing detected indirectly



Elop Insight

The way forward...

- We need...

A WAY TO QUANTIFY NDT PERFORMANCE

A WAY TO BUILD CONFIDENCE

A WAY TO ENSURE CONSISTENT RESULTS

Towards a certification

Level 1 — Detection & Mapping

- Basic data acquisition
- Interpretation of drawings
- Awareness of methods limitations
- GPR-based identification of:
 - Reinforcement
 - Tendon ducts

Level 2 — Verification

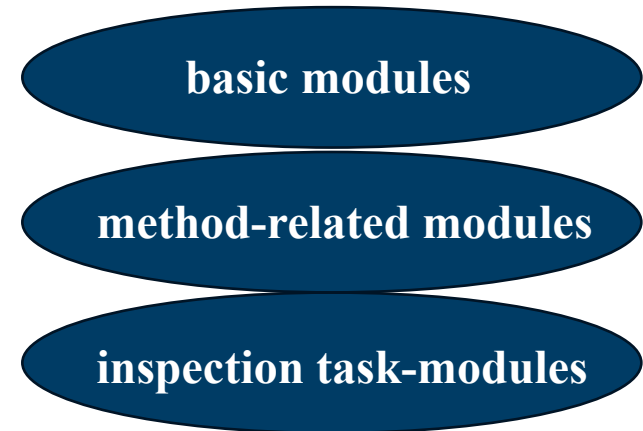
- Ultrasonic methods
- Identification of voids
- Internal defects
- Use of coring/validation

Level 3 — Full assessment

- Combination of multiple methods
- Advanced verification method (Impact echo)
- Results interpretation
- Evaluation of uncertainty

Towards a certification

- Personnel certification (core frameworks)
 - ISO 9712 / EN 4179 (Levels, qualification, examinations)
- Training & qualification guidance
 - ISO/TR 25107 / ISO/TR 25108 (training syllabi)
- Civil engineering adaptation
 - DIN 4871 (NDT-CE) - tailored to concrete structures

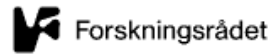


Acknowledgements



EXCON

<https://www.sintef.no/prosjekter/2023/excon-gronn-forvaltning-av-konstruksjoner-for-infrastruktur/>



Prosjektet er finansiert av Grønn Plattform ordningen som er et samarbeid mellom Forskningsrådet, Innovasjon Norge, Siva og Enova, og følgende deltagere:





Teknologi for et bedre samfunn



Statens vegvesen

ExCon H5.7

Reparasjon etter frilegging av spennarmering ved inspeksjon

Lise Bathen, Konstruksjonsteknikk, Vegdirektoratet



excon

Grønn forvaltning av konstruksjoner for infrastruktur

Kilde: [Votrial](#) / Jan Lindgård, SINTEF

Notat

Reparasjon etter frilegging av spennarmering ved inspeksjon

Forfatter(e):

Paul Stavem, Lise Bathen, Jon Luke, Hilde Rannem Isaksen, Magdalena Osmolska, Megan O'Sadnick, Tobias Danner

Rapportnummer:

Samarbeidspartner(e):

Norconsult AS, Mapei AS, Troms Fylkeskommune, SINTEF, Statens vegvesen

Svært ulike tilstander i en og samme konstruksjon

Notatet beskriver reparasjonsmetoder etter frilegging av henholdsvis førroppsrent og etterroppsrent spennarmering i forbindelse med inspeksjon.

Formålet med reparasjonen er å reetablere nødvendig overdekning og sikre at frilegging ikke medfører økt risiko for videre skade eller korrosjon. Notatet angir anbefalte metoder for utbedring i utvalgte, typiske situasjoner.

Hvorfor dette er kritisk for spennarmering

- ▶ Spennarmering er et **lukket og sårbart system**
 - ▶ Hulrom
 - ▶ Delvis injisering
 - ▶ Korrosjon i tidlig fase
- ▶ Hensyn ivaretatt med notatet:
 - ▶ Skadebildet er ofte **lokalt og ikke synlig**
 - ▶ Forhindre forhold som er til hinder for senere re-injisering
 - ▶ Små inngrep på feil sted kan få **uforholdsmessig stor konsekvens**

Forutsetning: Åpning er siste steg – ikke første

Åpning inn til spennkabel er et kritisk inngrep, ikke en «inspeksjonsdetalj»

- ▶ All åpning skal være **forankret i forutgående NDT-undersøkelser**
- ▶ Begrunnet beslutning om fysisk åpning
- ▶ Lokasjon og metode velges for å:
 - ▶ Minimere risiko (risikovurdering)
 - ▶ Bevare kanalens funksjon

Typisk metodikk før åpning:

- ▶ GPR for å lokalisere kabelkanaler
- ▶ Ultralyd / impact echo for hulrom
- ▶ Overdekningsmåler for øvrig armering

Åpning **uten forarbeid** gir høy risiko for alvorlig skade på spennsystemet

Åpning for inspeksjon av spennarmering – uten å gjøre skade

H5.7 handler ikke primært om å åpne, men om hvordan åpninger inn til spennkaler utbedres på en enhetlig måte.

- ▶ Inspeksjon kan i seg selv bli et skadebidrag.
- ▶ Åpning inn til spennkabel ikke skal endre faktisk tilstand i kabelkanalen
- ▶ Åpningen ikke skal vanskeliggjøre eller forhindre fremtidig utbedring
- ▶ Prinsippene er tydelig forankret i 1504-serien (materialer og utførelse)
- ▶ Det er stilt krav til kompetanse, med verifisering gjennom BOR



Grunnlag for planlegging av åpning

- ▶ Spennarmering må behandles som et *eget element/arbeidsoppgave* i inspeksjon og utbedring
- ▶ Kombinasjon av NDT + målrettet åpning er avgjørende
- ▶ Utbedring handler like mye om *å ikke gjøre feil* som å reparere



Åpning i praksis – hvordan unngå å endre tilstanden

Prinsipp: Minimer inngrep – maksimer informasjon

- ▶ Åpningen skal:
 - ▶ Være **så liten som mulig**
 - ▶ Gi **tilstrekkelig informasjon**
- ▶ Metoder som er vurdert:
 - ▶ Kikhull med bor (evt. endoskop)
 - ▶ Kjerneboring (Ø80–120 mm)
 - ▶ Kombinasjonsløsninger med sømboring
- ▶ Reparasjonsmateriale skal **aldri fylle kabelkanalen utilsiktet**
- ▶ Kabelens framtidige funksjon skal være styrende for alle valg
- ▶ Dette er arbeid som krever spesialisert kompetanse – både hos utførende og rådgiver.

Eksempel:

5.2.1 Boret hull 16-20 mm

Gjennom betong og kabelkanal inn til spennarmering. Dersom spennarmeringen ikke er fullstendig omsluttet av injiseringsmasse:

- Etabler en barriere for å lukke kabelkanalen, for eksempel ved å bruke en propp. Valg av barriere må vurderes på stedet.
- Rengjør ved spyling med vann, alternativt ved luftblåsing, slik at alt støv fjernes.
- Fyll med kjemisk anker i henhold til produsentens anvisninger.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning
2	Krav til Kompetanse.....
3	Prinsipp og metode.....
4	Produktkrav.....
4.1	Krav til epoksybasert lim for konstruktiv reparasjon eller påstøp til underbetong.....
4.2	Krav til korrosjonsbeskyttelse til armering
4.3	Krav til reparasjonsmørtel
5	Etteroppspent armering – utbedring etter inspeksjon.....
5.1	Nødvendige hensyn
5.2	Reparasjon
5.2.1	Boret hull 16-20 mm.....
5.2.2	Boret, utvidet og ikke-sirkulær åpning
5.2.3	Kjerneboret hull diameter 80-120 mm.....
5.2.4	Sømboring
6	Førøppspent armering
6.1	Nødvendige hensyn
6.2	Reparasjon
7	Rapportering
8	Oppfølging reparasjon
9	Definisjoner

BILAG/VEDLEGG

.....
Vedlegg A – Etteroppspent armering (åpning og skadebeskrivelse)

.....
Vedlegg B – Førøppspent armering (meisling og skadebeskrivelse)

Eksempel

Vedlegg A, pkt A2 Skadebeskrivelse etteroppspent armering

Det er gitt tre kategorier for skader/tilstand som kan registreres ved inspeksjon av etteroppspent spennarmering. Kategoriene er gruppert etter type skade og graden av påvirkning på spennarmeringen.

- Ingen korrosjon på spennarmering (3 inndelinger)
- Overflatekorrosjon på spennarmering (1 inndeling)
- Korrosjon med tverrsnittsreduksjon eller trådbrudd (4 inndelinger)

3b)	Hulrom.	Hulrom i kabelkanalen. Spor av injiseringsmørtel på spenetråder.	Skadefunnet rapporteres i forvaltningssystemet for konstruksjonen slik at det kan
	<p>Økende omfang av korrosjon på spennarmering.</p> 	<p>Korrosjon på spenetråder, også pittingkorrosjon.</p> <p>Brudd på tråder.</p>	<p>følges opp ved fremtidige inspeksjoner.</p> <p><i>Vurdering av skadens omfang knyttes til utbredelsen av hulrommet, kartlagt som lengdeutbredelse:</i></p> <p>a) Hulrom mindre enn 0,5 m. b) Hulrom 0,5–6,0 m. c) Hele kabelkanalen</p> <p>Skaden vurderes ut fra alvorlighetsgraden av korrosjonsomfanget.</p> <p>Konsekvensen av korrosjon og hulrom for bæreevnen vurderes ved konstruksjonsberegninger og rapporteres.</p>

Forankring i 1504-serien – ikke «frie løsninger

- ▶ Utbedring av overdekningssonen skal være **reversibel, dokumenterbar og standardbasert**
- ▶ Utbedring etter åpning **ikke er forsøksarbeid**

- ▶ Løsningene er forankret i **NS-EN 1504-serien:**
 - ▶ Krav til materialer
 - ▶ Krav til utførelse
 - ▶ Samvirke mellom system og konstruksjon

- ▶ Dette gjelder både:
 - ▶ Midlertidig lukking etter inspeksjon
 - ▶ Permanent reparasjon av åpningen
 - ▶ Reetablering av overdekning og tetthet
 - ▶ Reparasjonsmateriale skal ikke fylle kabelkanalen



Kompetansekrav – en forutsetning, ikke et tillegg

Kompetansen skal være:

- Verifisert
- Forankret i en verifiseringsordning,
- Notatet peker på BOR

Arbeid på spennarmering
krever **spesialisert
kompetanse**

Små feil kan få store
konsekvenser

Arbeidet ikke kan
«kontrolleres i etterkant»
på samme måte som
ordinær betongreparasjon

Krav til kompetanse stilles til utførende

Videre bruk!

Grunnlag for:

- Retningslinjer i forvaltning
- Krav til inspeksjon og utførelse
- Kompetansekrav i bransjen



excon

Grønn forvaltning av konstruksjoner for infrastruktur

Kilde: [Votnal](#) / Jan Lindgård, SINTEF

Notat

Reparasjon etter frilegging av spennarmering ved inspeksjon

Forfatter(e):

Paul Stavem, Lise Bathen, Jon Luke, Hilde Rannem Isaksen, Magdalena Osmolska, Megan O'Sadnick, Tobias Danner

Rapportnummer:

Samarbeidspartner(e):

Norconsult AS, Mapei AS, Troms Fylkeskommune, SINTEF, Statens vegvesen



Statens vegvesen