



SINTEF

## Prosjektering av løsninger som minimerer innlekkasje for økt levetid på bergsikring

*Vårsleppet NBG 2024*

Helene Strømsvik

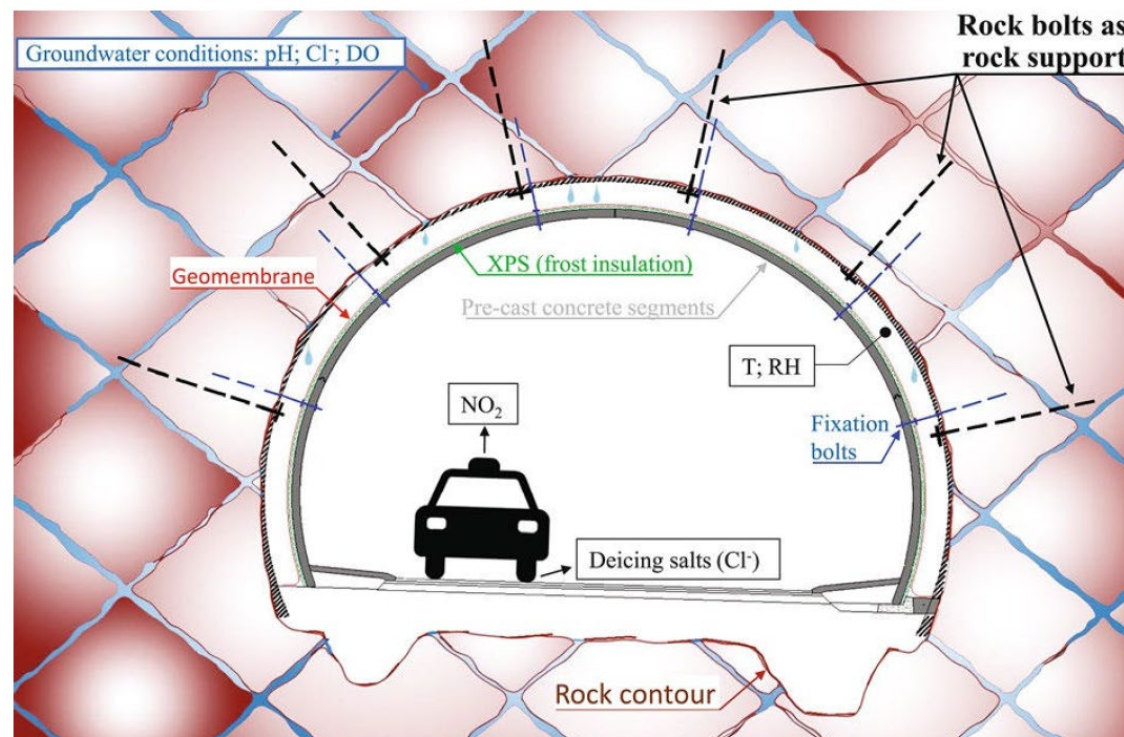


SINTEF

# Vann –en av hovedfaktorene for nedbrytning

Vann og rennende vann med ulike vannkjemi er en av hovedfaktorene i nedbrytningsprosessene til bolter, sprøytebetong og betong.

Cristobal Javier Manquehual (NTNU) har i sin PhD utført et grundig studie nedbrytningsmekanismer på sikring i norske vegtunneler, som er verdt å ta en titt på.



(Manquehual et.al, 2021, modifisert fra NPRA (2016))



SINTEF

# Dagens vegtunneler

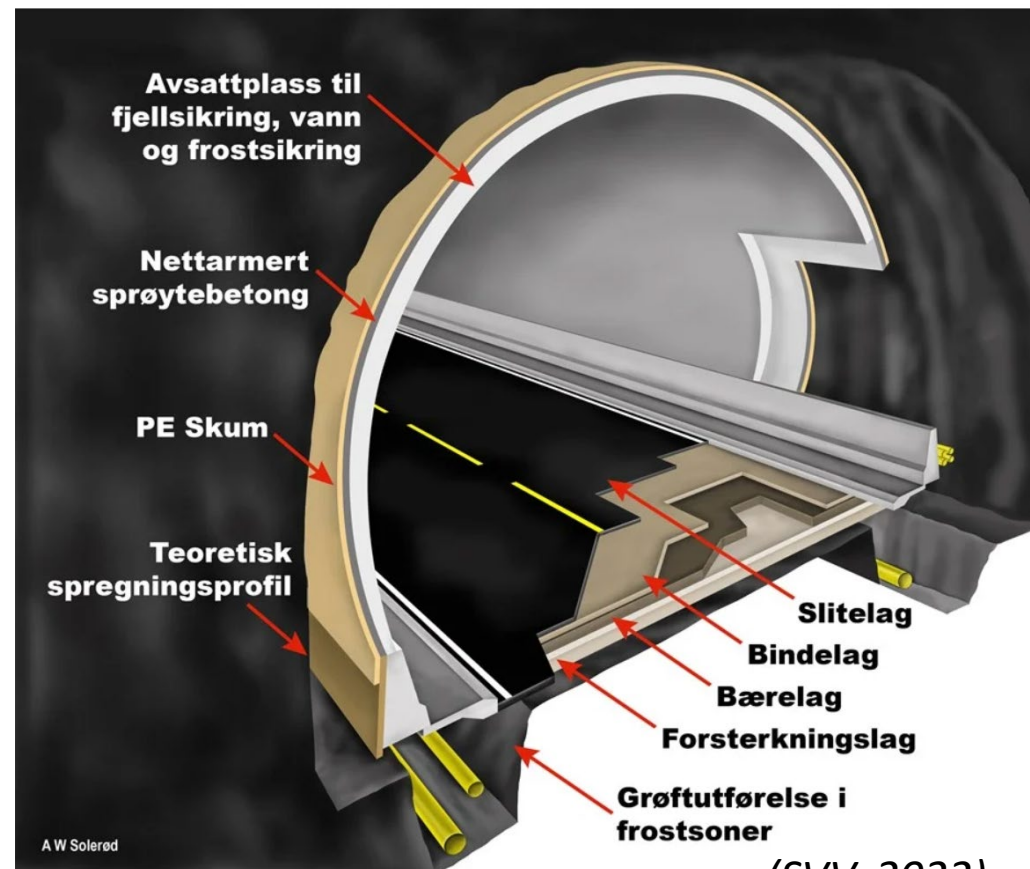
## Drenerte løsninger med vann- og frostsikringshvelv

### Fordeler

- Enkel og rimelig løsning i byggefasen.
- Unngår full utstøpning, som i de fleste tilfeller ikke er nødvendig mhp. stabilitet.
- Jevn kontur, visuelt pent, enklere renhold

### Ulemper

- Rennende vann der bergsikringen er installert (nedbrytningsprosesser på sprøytebetong og bergbolter)
- Øker utsprengt tverrsnitt
- Utløser behov for økte sikringsmengder
- Ikke synlig om det skulle oppstå hendelser med nedfall eller deformasjon i sprøytebetong.



(SVV, 2022)



SINTEF

# Fremtidig fokus for kledninger i transporttunneler

Viktig å ivareta norske prinsipper:

- bergmassens selvbærende evne utnyttes
- kostnadseffektiv tunneldriving

For å ivareta fremtidige krav i forhold til levetid, vedlikehold, kostnader og CO<sub>2</sub>-belastning bør følgende punkter være et mål for forbedring:

- Minimere vannmengden der bergsikringen er installert for å redusere nedbrytningsprosesser på sprøytebetong og bergbolter.
- Etablere slanke kledningsløsninger som reduserer tverrsnitt (mindre uttak av masse).
- Etablere kledninger som ikke gir unødvendig økte sikringsmengder.



SINTEF

To prosjekter som eksempel

# Hestnestunnelen og SUPERCON

## Hestnestunnelen (jernbanetunnel)

*Entreprenør: Veidekke, byggherre: Bane NOR*

Her ble det foreslått et alternativ konsept for å unngå vann- og frostsikring i form av full utstøpning. Utføres systematisk forinjeksjon, der målet er funksjonelt tørr tunnel.

## SUPERCON

*Forskningsprosjekt på sprøytebetong*

Sprøytebetongteknologi for bedre og jevnere kvalitet, redusere CO<sub>2</sub>-utslippet, samt utvikle en sprøytebetong med egenskaper som kan redusere/eliminere vanntransport, for å fremme sprøytebetong som en endelig tunnelkledning (redusere/fjerne behovet for annen vann- og frostsikring i tunneler og bergrom)



SINTEF

# Hestnestunnelen

Systematisk forinjeksjon, med mål om funksjonelt tørr tunnel. Unngå vann- og frostsikring i form av full utstøpning.

Strategien ble utviklet gjennom et samarbeid mellom Veidekke og et rådgiverteam (NGI og SINTEF).

Tunneldrivingen nesten ferdig, og resultatene er gode:

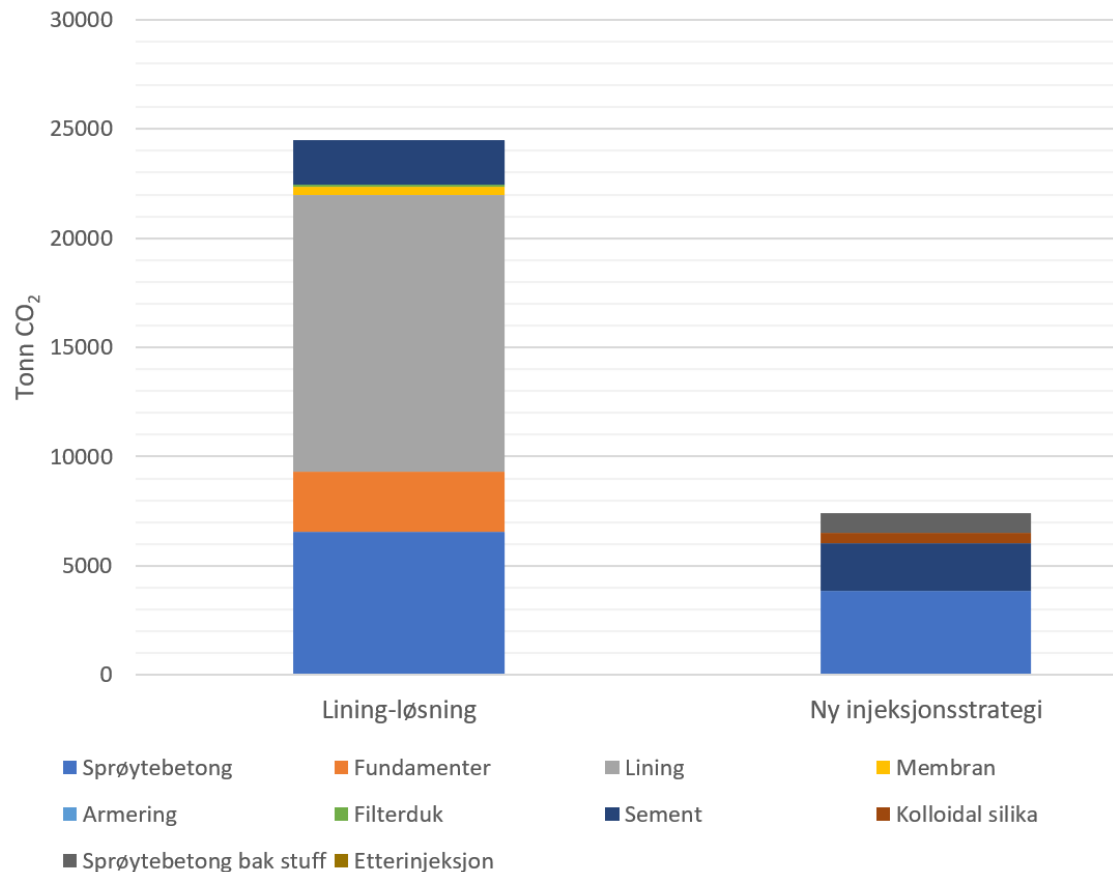
- Gjennomgående tørr tunneloverflate med sporadisk forekommende fuktpunkter.
- produksjonsdata viser et lavere totalt gjennomsnittlig ressursforbruk enn forventet.



*Holter et. al (2023)*

# Anslått CO<sub>2</sub>-utslipp og kostnader

## Hestnestunnelen



Prognosen indikerte en besparelse på ca. 49 000 kr/m tunnel

Prognosene stemmer godt med faktiske kostnader

*Holter et. al (2023)*



SINTEF

# Hestnestunnelen

Formålet i dette prosjektet var å unngå full utstøpning på grunn av kostnad og CO2. Levetid på bergsikring var også ivaretatt med full utstøpning

**Dette konseptet kan med fordel utprøves på vegtunneler på følgende grunnlag:**

- Minimalt med vann der bergsikringen er installert (reduserer nedbrytningsprosesser på sprøytebetong og bergbolter)
- Reduksjon i utsprengt tverrsnitt
- Fjerner dagens behov for økte sikringsmengder
- Synlig om det skulle oppstå hendelser med deformasjon og oppsprekking i kledning.

Må i så fall bli aksept for ru kontur, i forhold til dagens hvelv-løsning, såkalt styrt profil.



*Holter et. al (2023)*





# SUPERCON

## Sprayed sUstainable PErmanent Robotized CONcrete tunnel lining

KPN-prosjekt finansiert av Forskningsrådet (prosjekt no. 294724)

**Varighet:** 2019-2023

**Prosjekteier:** SINTEF

**Forskingspartnere:** SINTEF, NGI and NTNU

**Industripartnere:** AMV, Master Builders, Bever Control, Bekaert, Elkem, Entreprenørservice, NORCEM, SWECO Norge, Veidekke, Wacker Chemicals Norway and Unicon AS, Bane NOR, Nye Veier and the Norwegian Public Roads Administration.

Sprøytebetongteknologi for bedre og jevnere kvalitet, redusere CO2-utslippet, samt utvikle en sprøytebetong med egenskaper som kan redusere/eliminere vanntransport, for å fremme sprøytebetong som en endelig tunnelkledning (redusere/fjerne behovet for annen vann- og frostsikring i tunneler og bergrom)





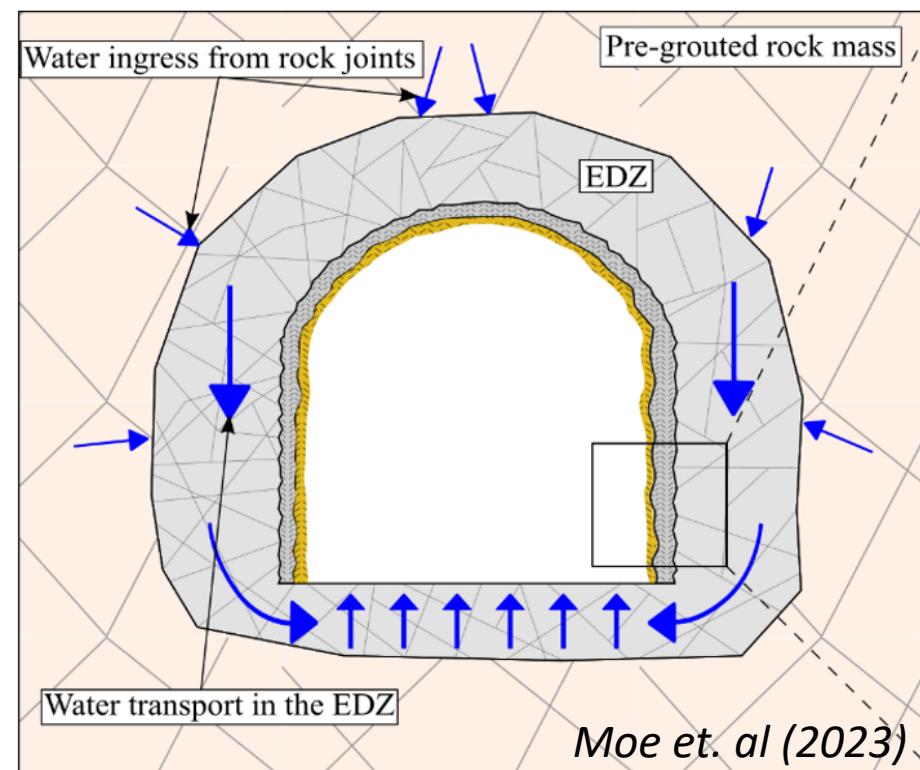
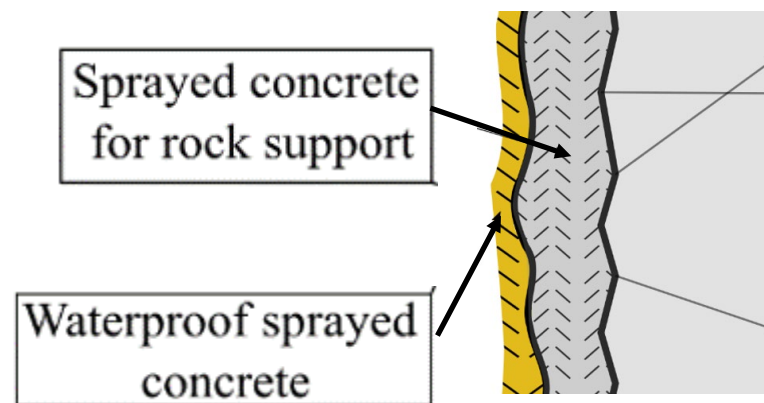
SINTEF

# SUPERCON

Sprøytebetong med egenskaper som kan redusere/eliminere vanntransport

Vanntransport gjennom sprøytebetong skjer hovedsakelig gjennom riss og gjennomsettende bolter.

- Utvikle en betong uten riss-dannelse.
- Ikke sikringsprøytebetong, men et lag som legges utenfor bergsikringen.

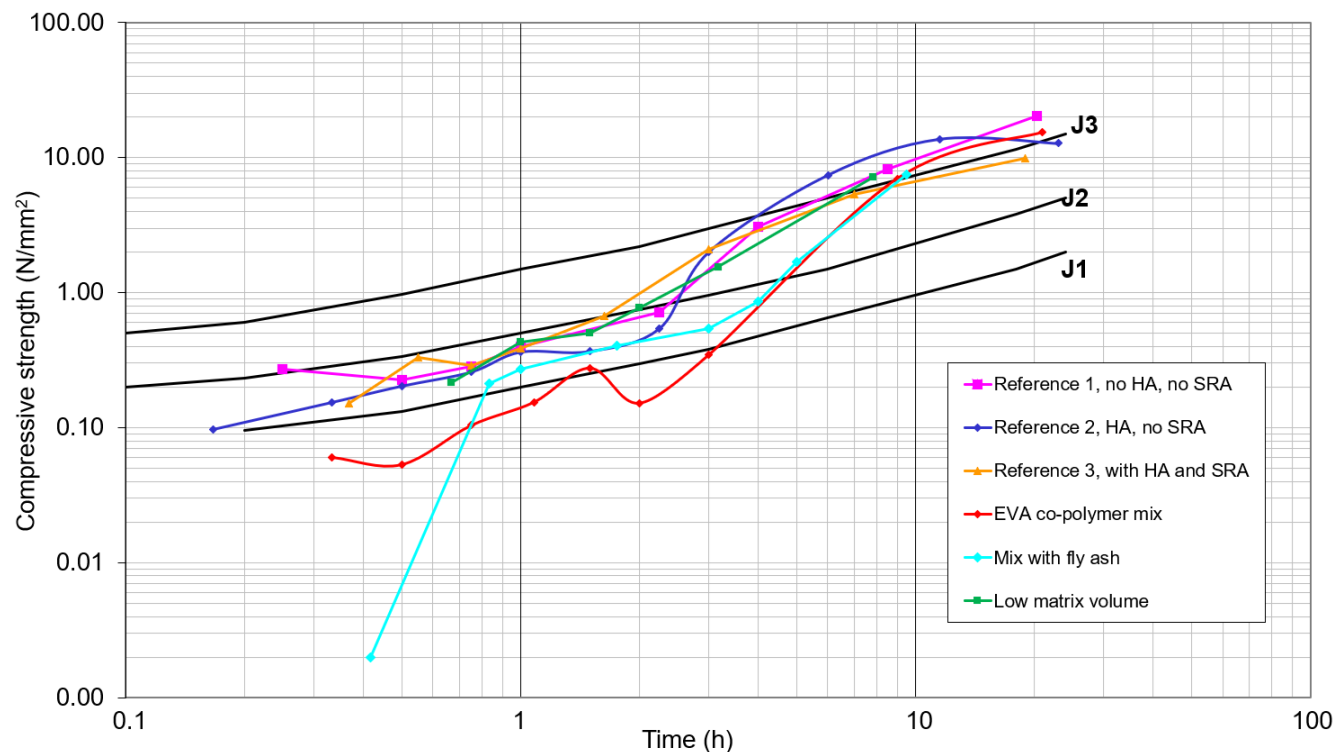




SINTEF

# SUPERCON -hovedpunkter

- Tidligfastheten er noe tregere, men etter ca. 10 timer er styrken tilsvarende ordinær sprøytebetong.
- Gradvis fasthetsutvikling reduserer rissdannelse som oppstår ved rask herding.
- Forutsetter at påføringsflaten ikke har dryppende eller rennende vann. Fører til kanaldannelse og vanngjennomgang under påføring.
- Kan fungere godt i kombinasjon med forinjeksjon.



Trussell et al. (2024)



SINTEF

# SUPERCON -Hestnestunnelen

- Prosjektets siste pilotering ble utført i med 4 ulike resepter i fuktige områder i Hestnestunnelen.
- Tilsynelatende gode resultater den første perioden
- Ble observert riss-dannelser etter noen mnd. Antatt at dette skyldes ekstrem uttørking i forbindelse med langvarige kuldeperioder, med svært lave temperaturer (ned i  $-25^{\circ}\text{C}$ )

Generelt er resultatene lovende og det er stor interesse av å fortsette utprøvingen av denne typen sprøytebetong.

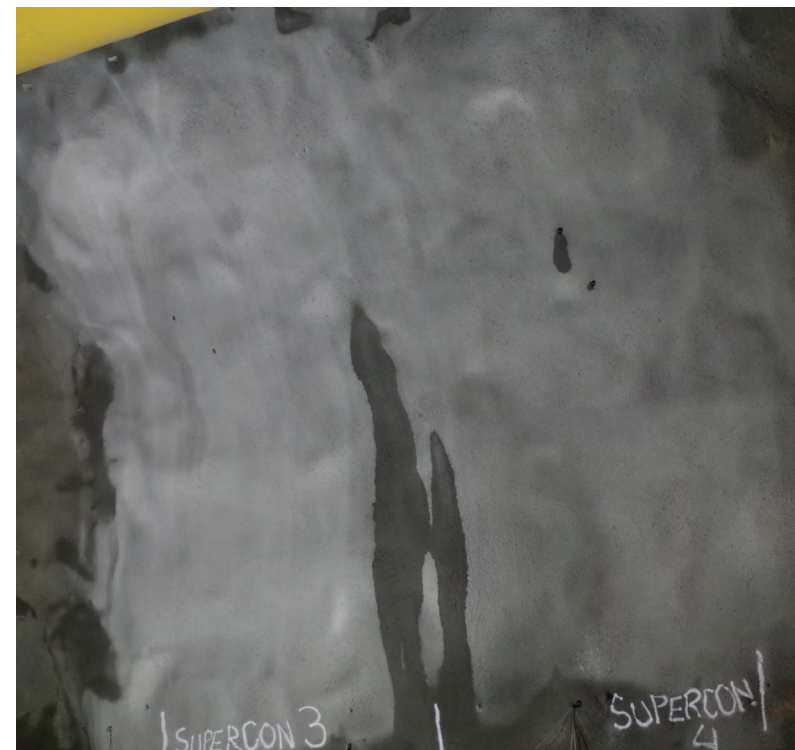


Foto: H. Strømsvik



SINTEF

# Prosjektering av løsninger som minimerer innlekkasje for økt levetid på bergsikring

- Der ikke nødvendigvis dyrere å utføre grundig arbeid med forinjeksjon, så lenge man har en god strategi med kontroll på prosedyrer og mengder.
- Om selve tunneldrivingen er mer tidkrevende kan det spares inn mye tid totalt, ved at montering av indre kledning utgår.
- For å fremme gode løsninger, er det nødvendig å gjøre beregninger på kostnader og CO<sub>2</sub>, som også inkluderer driftsfasen med levetid og vedlikehold.
- **Det bør utføres en helhetlig vurdering, prosjektplanleggingen.** Helst i god tid før anbudsfasen.



Foto: H. Strømsvik



# Takk for oppmerksomheten!

## Kilder

Holter, K.G., Hyllseth, M., Strømsvik, H., Myren, K.B. (2023). Innovativ forinjeksjonsmetodikk med tørr tunnel som mål. Erfaringer fra drivingen av Hestnestunnelen. Fjellsprengningsdagen 2023, NFF.

NPRA (2016) Håndbok N500, SVV

Manquehual, C. J., Jakobsen, P.D., Bruland, A. (2021), Corrosion Level of Rock Bolts Exposed to Aggressive Environments in Nordic Road Tunnels, Rock Mechanics and Rock Engineering.

Moe, E.S., Holter, K.G., Strømsvik, H. (2023) Waterproof sprayed concrete with improved sustainability performance, WTC, Athens

SVV (2022) <https://www.vegvesen.no/vegprosjekter/europaveg/e16barum/nyhetsarkiv/hvordan-foregar-tunneldriving/>

Trussell, N., Holter, K.G., Klausen, A. B. E., Cepuritis, R., Skjølvold, O., Hammer, T. O. (2024) More sustainable sprayed concrete tunnel linings with reduced cement content and reduced water transport properties. In press.



SINTEF

Teknologi for et bedre samfunn