

## → 30 km dobbeltspor i Stange

Bærekraftig tunneldriving - systematisk forinjeksjon  
som alternativ for VF-sikring i Hestnes tunellen

Anteja Solberg, prosjektleder

# Dobbeltspor fra Kleverud og over Åkersvika

- 30 km med ny dobbeltsporet jernbane fra Kleverud til Åkersvika
- Hestnestunnelen på 3 km
- Tangenvika jernbanebru på drøye 1 km
- To stasjoner, ny på Tangen og oppgradert på Stange
- Over 30 store konstruksjoner (kulverter/bruer)
- Bygger for maks hastighet på 250 km/h
- Investeringsomfang > 17 milliarder kroner

## Hva skal vi oppnå?

- To tog i timen hver vei mellom Oslo og Hamar
- Redusert reisetid
- Flere avganger i timen
- Økt kapasitet for gods
- Bærekraftig samfunnsutvikling
- Mer jernbane for pengene



Mer på skinner  
setter mindre spor



→ Hestnestunnelen (KS-1)

## → KS-1 Hestnestunnelen

- ❖ Entreprisen KS1 omhandler ny jernbanetrasé, hvor det i dagsonen ved Kleverud blant annet blir etablert en fylling ut i Mjøsa, samt en kort dagsone på Espa. Totalt ca. 1250 meter dagsoner.
- ❖ Selve Hestnestunnelen er en 3,1 km lang dobbeltsporet jernbanetunnel i ett løp. Tunnelen skal utstyres med nisjer for teknisk utstyr og utvidelser for bedre siktlinjer til signaler.
- ❖ Tunnelen har i tillegg to tverrgående tunneler som vil fungere som rømningsveier.
- ❖ Hestnestunnelen vil bli betjent fra Kleveruds søndre portal og søndre tverrsnitt.
- ❖ Entreprisen omhandler i tillegg bygging av nye veger som er tilpasset den fremtidige jernbanen.
- ❖ Kontrakten for bygging ble signert 15. mars 2022 med Veidekke. Entreprisen er planlagt ferdigstilt i 2026.

# Dagsone Kleverud



# Dagsone Espa





➔ **Bærekraftig tunneldriving**



# Historikk



- I konkurransfasen ble arbeidsomfang tilknyttet vann- og frostsikring (full utstøpning) lagt ut som en opsjon til kontrakten.
- Hensikten var å kunne vurdere andre alternative løsninger for vann- og frostsikring på et senere tidspunkt etter kontraktsignering, som en mulig optimalisering.
- Leverandør foreslo flere optimaliseringsforslag tilknyttet vann- og frostsikring som prosjektet måtte vurdere.
- Det ble brukt mye tid i optimaliseringsfasen på metode med sprøytemembran som var det mest aktuelle alternativet.
- Prosjektet valgte etter hvert å vektlegge optimalisering av metode med mer konservativ forinjeksjon, og unngå sprøytemembran i sin helhet.
- Optimaliseringstid tok 9 måneder fra kontraktsignering.

# Felles mål i prosjektet

- Eierskap og endringsvilje i ledelsen og i linja
- Kontraktstrategi som åpner for optimaliseringsmuligheter
- Aktivt ta i bruk ny teknologi
- Godt samarbeid
- Ta en aktiv felles rolle i overgangen til et netto null samfunn

Redusere innlekkasjene så vi får en funksjonelt tørr tunnel med en metode som gir vesentlig besparelse for både kostnader og CO<sub>2</sub>-utslipp



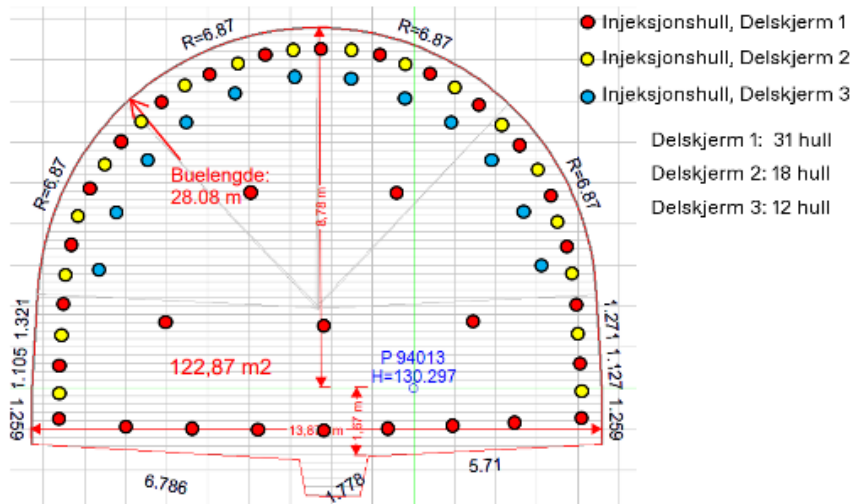
# Systematisk forinjeksjon - metode

Metoden består av tre ulike delskjermjer for ett og samme pelnummer:

**Delskjerm 1:** Grovtetting ved bruk av sementbasert injeksjonsmasse

**Delskjerm 2:** Fintetting ved bruk av Silica sol

**Delskjerm 3:** Fintetting i boltesonen i hengen ved bruk av Silica sol

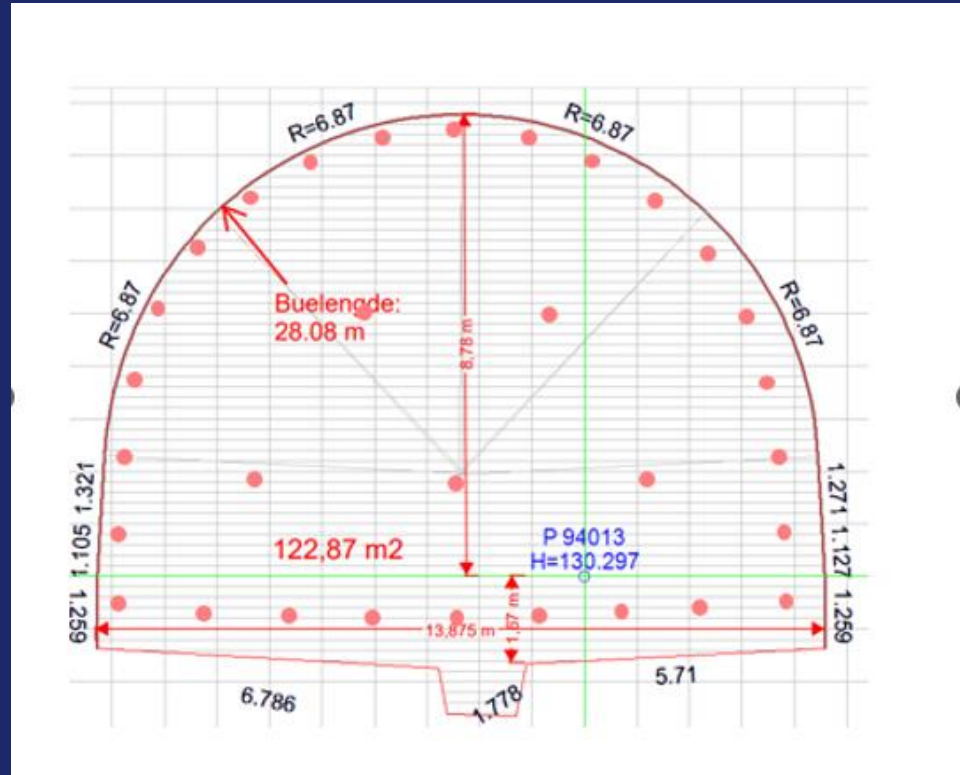


## Innlekkasje mål :

- **Vegg og heng:** Liten innlekkasje i størrelsesorden < 2 l/min/100m.
- **Såle:** Noe høyere tillatt innlekkasje enn i vegg og heng.
- **Hele tverrsnittet:** ca. 5 l/min/100m.

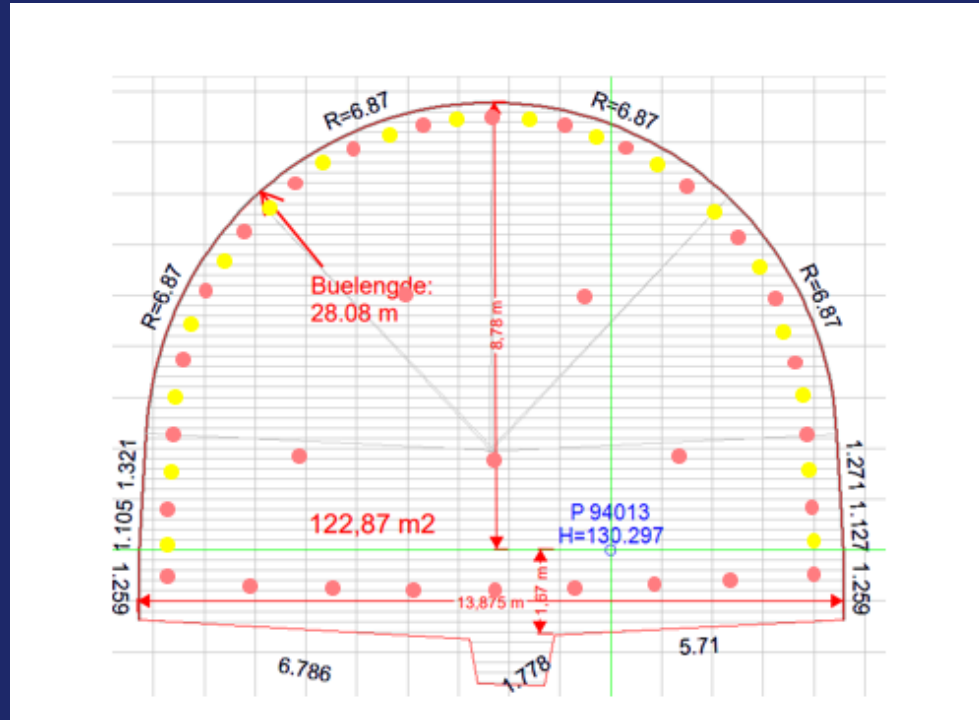
# Delskjerm 1: Grovtetting (sementbasert)

● Injeksjonshull, Delskjerm 1



# Delskjerm 2 : Fintetting ved bruk av Silica sol i vegg og heng

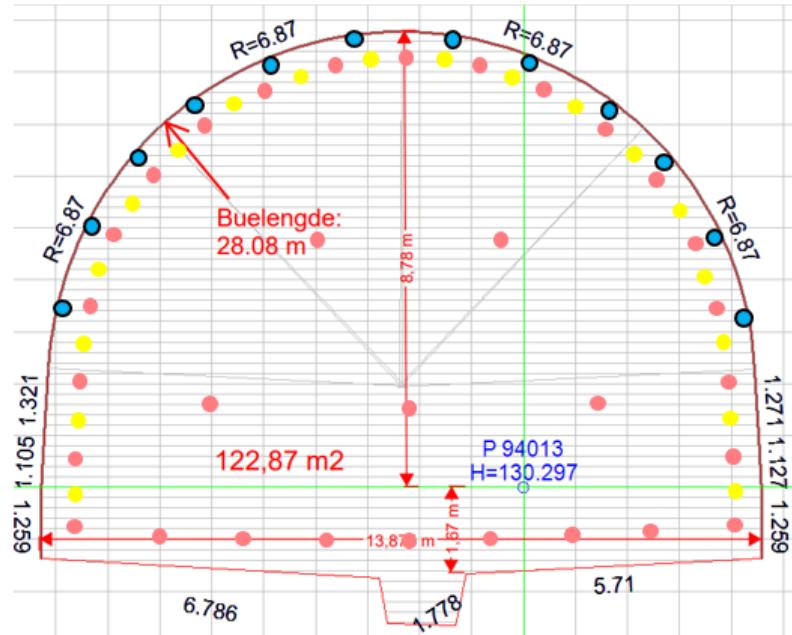
● Injeksjonshull, Delskjerm 2



Delskjerm 2: 18 hull med hullavstand c/c 1,5 m

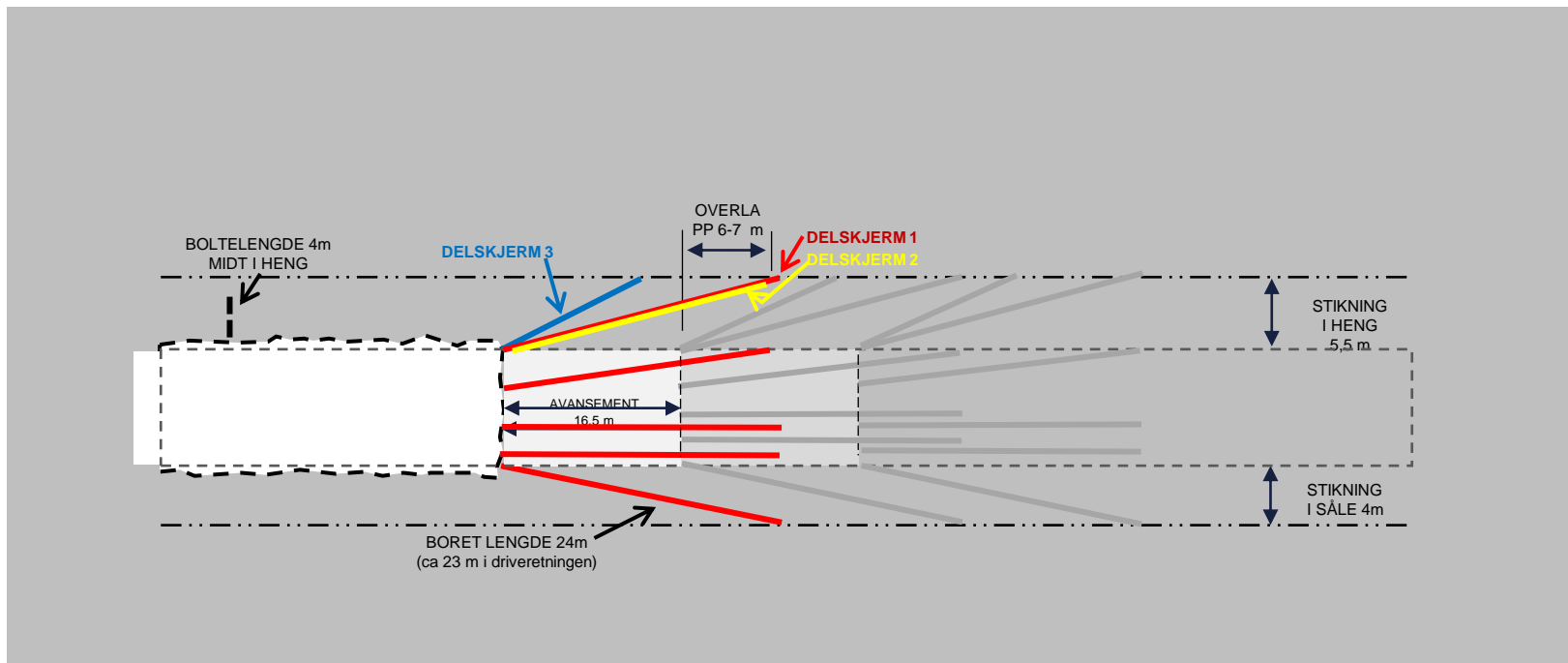
# Delskjerm 3 : Fintetting i boltesonen i hengen ved bruk av Silica sol

● Injeksjonshull, Delskjerm 3



Delskjerm 3: 12 hul med hullavstand c/c 1,5 m

KONSEPTSKISSE INJEKSJON  
VERTIKALT LENGDESNITT, PARTIER MED NORMALT GUNSTIGE INGENIØRGEOLOGISKE  
FORHOLD  
SEKVENNS AV SKJERMER OG AVANSEMENT



## → Etterinjeksjon – metoder

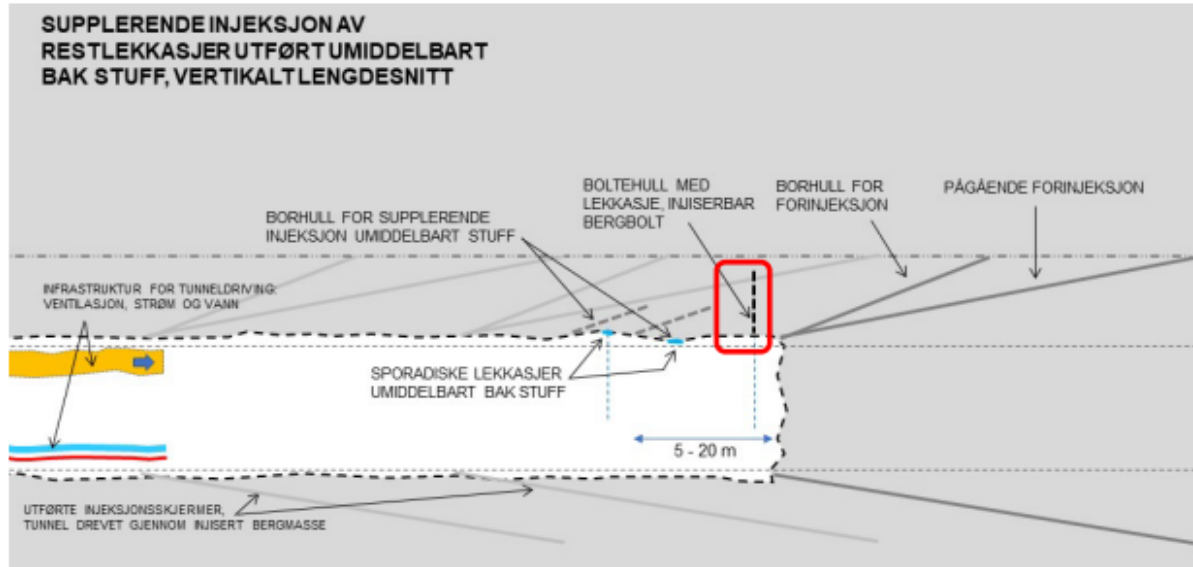




# Etterinjeksjon - metode 1

## **Metode 1; Injeksjon av boltehull med injiserbare bergbolter utført som umiddelbar bergsikring**

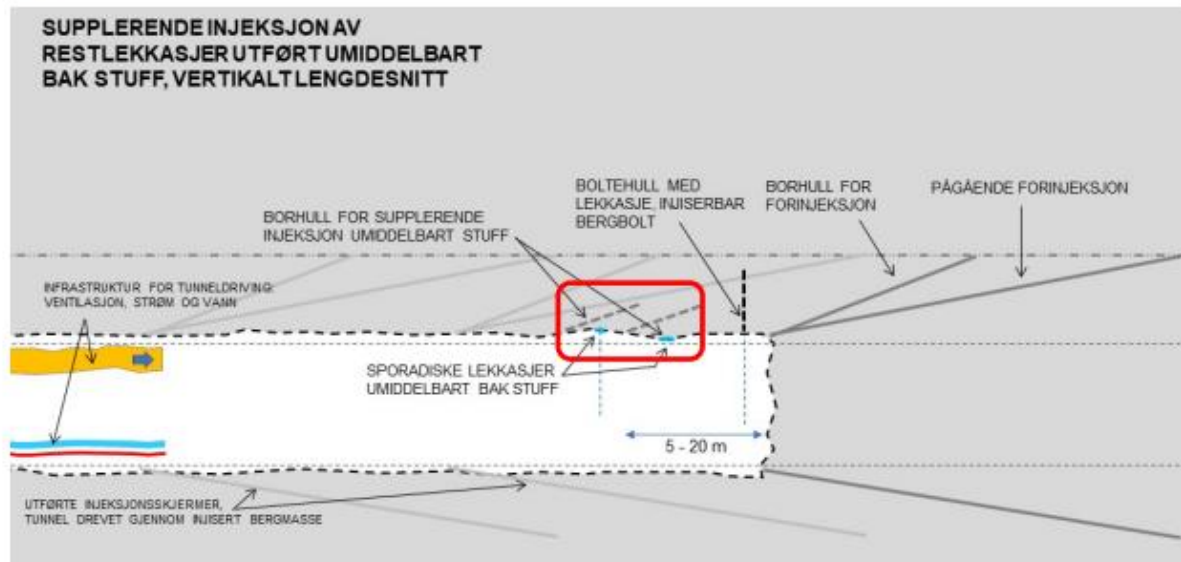
Denne metoden utføres på stoff når berget sikres. Boring for sikringsbolter kan i noen tilfeller føre til innlekkasje. Dersom det skjer kan lekkasjen stoppes ved å bruke en injiserbar bolt (Fin-bolt). Bolten har en ekspanderende hylse nederst på boltestammen som tetter hullet når den monteres og strammes. Deretter pumpes gysmassen inn i hullet og tetter lekkasjen, samtidig som den forankrer bolten. Det anvendes ordinær boltemørtel.



## Etterinjeksjon – metode 2

### **Metode 2; Supplerende injeksjon av opptredende drypp- og fuktpunkter utført umiddelbart bak stuff**

Denne metoden kan anvendes rett bak stuff dersom det er tegn til punktlekkasjer etter at sikring med bolter og sprøytebetong er utført. Metoden må anvendes før man flytter fram midlertidige installasjoner dvs. ventilasjonsduk, vannledninger og strømledninger. Metoden går ut på at det bores lokale etterinjeksjonshull med lengde 5-6 meter på skrå i forhold til tunnelretningen, som deretter injiseres på vanlig måte. Anvendt injeksjonsmateriale er mikrosement eller kolloidal silika.

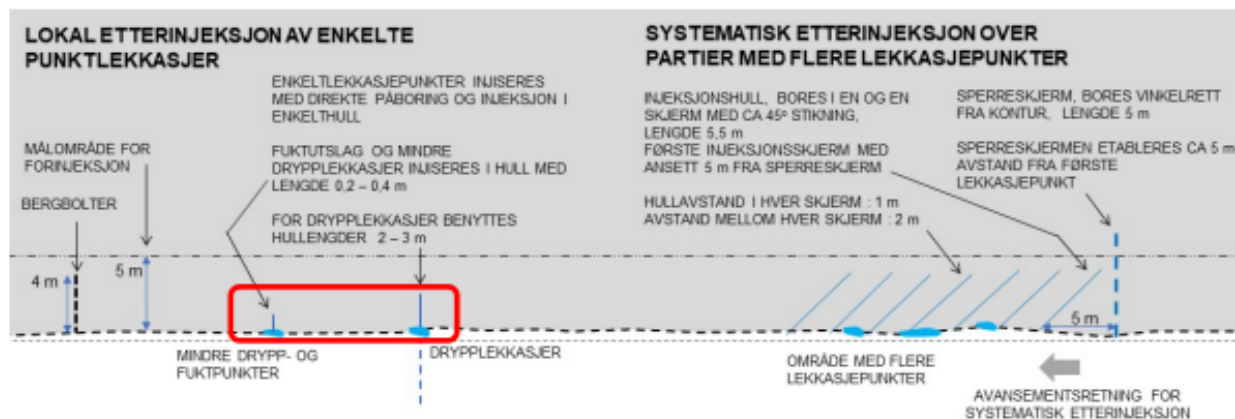


# Etterinjeksjon – metode 3

## Metode 3; Sporadisk etterinjeksjon utført bak stuff

Denne metoden utføres etter at midlertidige installasjoner (ventilasjonsduk, vannledninger og strømledninger) er rigget ned og fjernet, dvs. etter at tunnelen er ferdig drevet på den aktuelle strekningen.

Sporadisk etterinjeksjon kan anvendes der det etter en tid vises lokale fukt-/drypppunkter. Metoden går ut på å bore inn ett, eventuelt et begrenset antall hull, som deretter injiseres. Hull lengden vil variere fra 0,2-0,4 meter for mindre fukt-/drypppunkter og opp til 2-3 meter der det er drypplekkasjer. Anvendt injeksjonsmateriale kan være kolloidal silika og / eller polyuretan.



# Innovasjon

## Systematisk forinjeksjon

- **Utviklet i samarbeid mellom Bane NOR, Veidekke, Sintef og NGI**
- **Pilotprosjekt**
- Prosjektet har søkt BRE Group om å få metoden systematisk forinjeksjon godkjent som en «BREEAM Approved Innovation»

## Andre innovative løsninger ved prosjektet:

- **Teste ut betongelementer uten PP-fiber**
  - Redusere forbruk av plast
- **Pilotforsøk for Rockstop**
  - Automatisk detektor for stein i tvilling på lastebiler
- **Supercon**
  - Testing av vanntett sprøytebetong



## → Fordeler ved systematisk forinjeksjon som vann og frostsikring:

- Redusert betongforbruk
- Potensiale for mindre tverrsnitt i tunnelen, noe som medfører reduksjon i sprengstofforbruk og mengde stein som må transporteres ut
- Redusert transport på offentlig vei
- Reduserte kostnader
- Bedre sikkerhet ved at man unngår samtidige arbeider med driving av tunnel og støp av lining

Dette gir en reduksjon i klimagassutslipp på 5,3 tonn CO<sub>2</sub><sub>eq</sub> per meter tunnel når det gjelder materialforbruk.

- Estimaet viser en mulig reduksjon av klimagassutslipp med 20 000 tonn CO<sub>2</sub><sub>eq</sub> som tilsvarer 40% av hele klimagassbudsjettet til prosjektet.

### Reduksjon av klimagassutslipp:

- Ved full utstøpning ville det blitt benyttet 71t betong pr meter tunnel. Våre estimer viser at vi har injisert 1,1t injeksjonsmasse per meter tunnel.

# Erfaringer med systematisk forinjeksjon som vann og frostsikring:

- Svært viktig med godt og vellykket samarbeid med Leverandøren, NGI og Sintef
- Svært viktig med planlegging av metoden allerede i planfasen
- Beskrive prosesser
- Grensesnitt og involvering i tidligfasen, blant annet Drift og Vedlikehold og JBT entrepriser
- Kontinuerlig samle erfaringsdata
- Optimalisere metoden underveis
- Sporadiske fuktpunkter, noen få enkelt-drypp
- Utvikle effektive metoder for etterinjeksjon
- Potensiale for større reduksjon av klimagassutslipp
- Noe økt drivetid

**Takk for oss!**

**BANE NOR**

Vi forbedrer og moderniserer  
for at flere kan ta mer tog