

Gjenbruk av tunnelstein som tilslag - Follobanen

Kursdagene, NFF: Ulik bruk og utnyttelse av berggrunnen

Trondheim, 01.06.2022

Stine Maria Frøiland Jensen



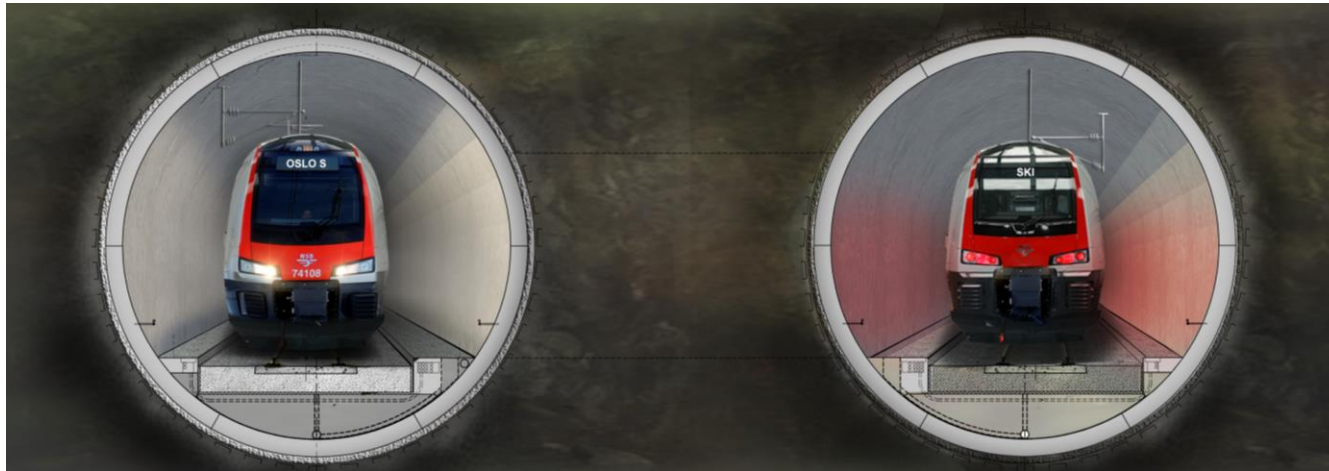
- Kort om Follobaneprosjektet
- Bruk av tunnelmasser lokalt på Åsland
- Bruk av tunnelmasser som betongtilslag

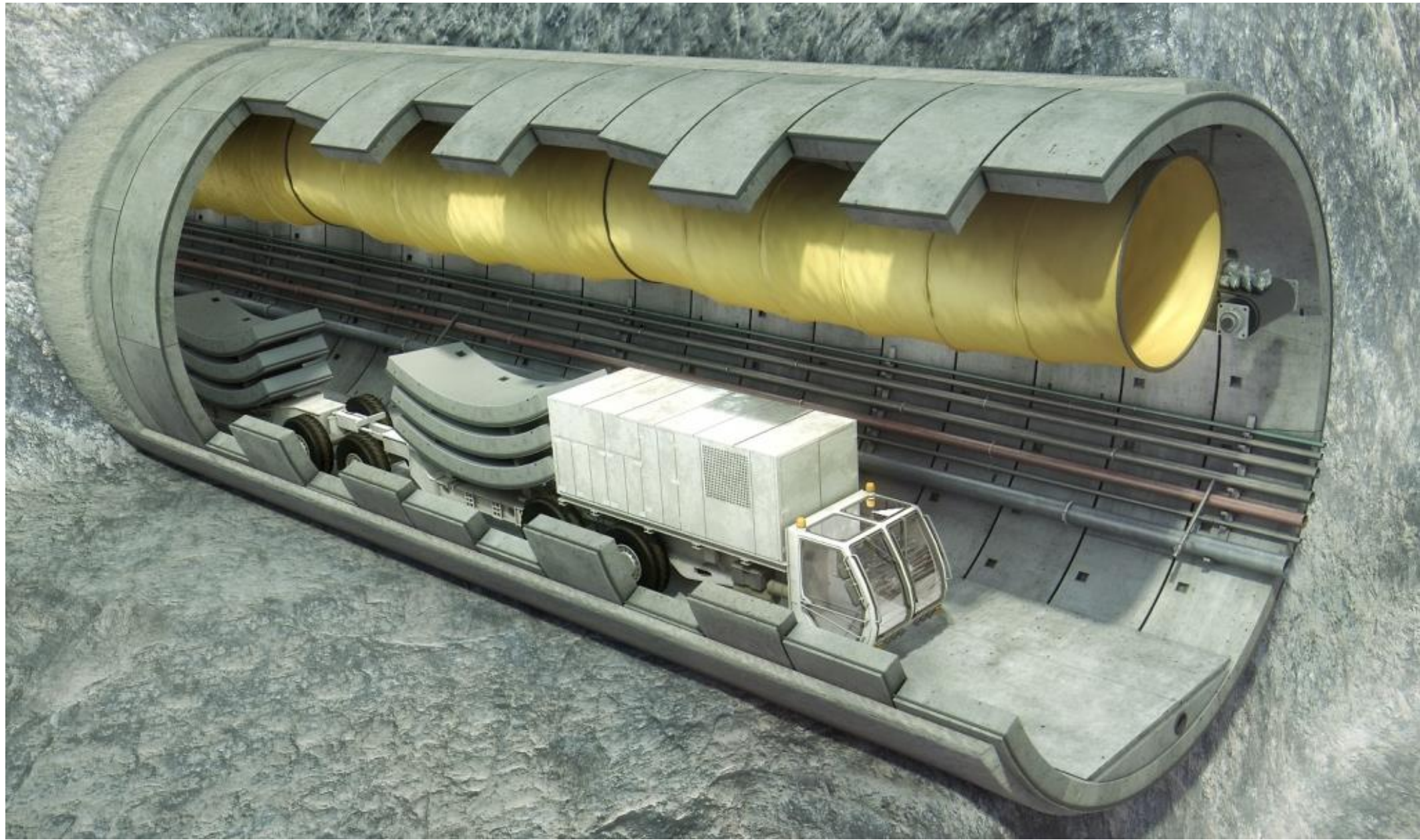
Follobanen

- 22 kilometer nytt dobbeltspor mellom Oslo og Ski
- Hastighet opp til 250 km/t
- Reisetid på 11 minutter
- Gir dobbelt så stor togkapasitet Oslo-Ski

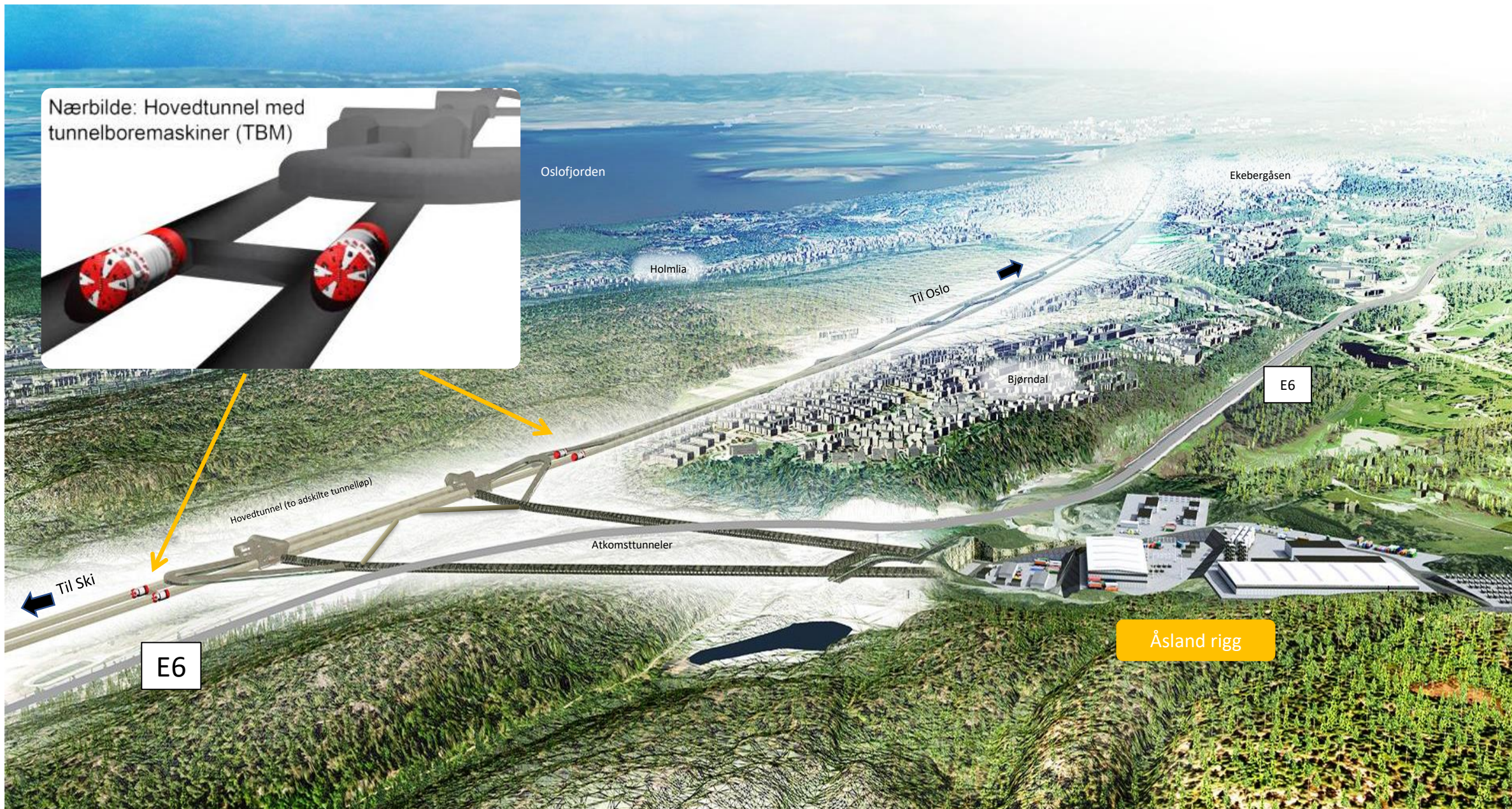
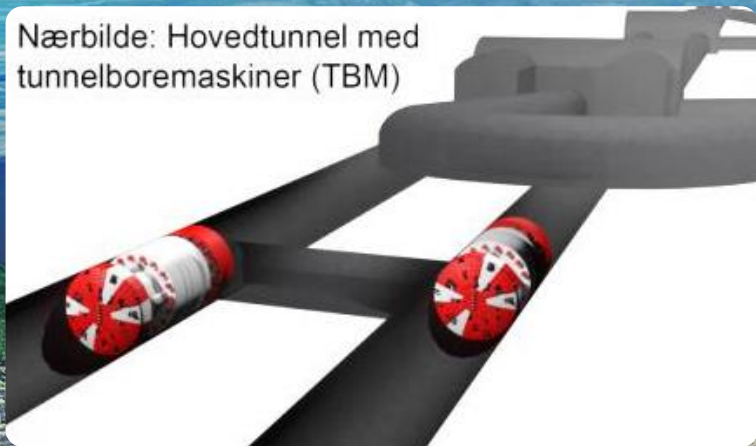


Follobanen





Nærbilde: Hovedtunnel med tunnelboremaskiner (TBM)



Oslofjorden

Holmlia

Til Oslo

Ekebergåsen

Bjørndal

E6

Hovedtunnel (to adskilte tunneløp)

Atkomsttunneler

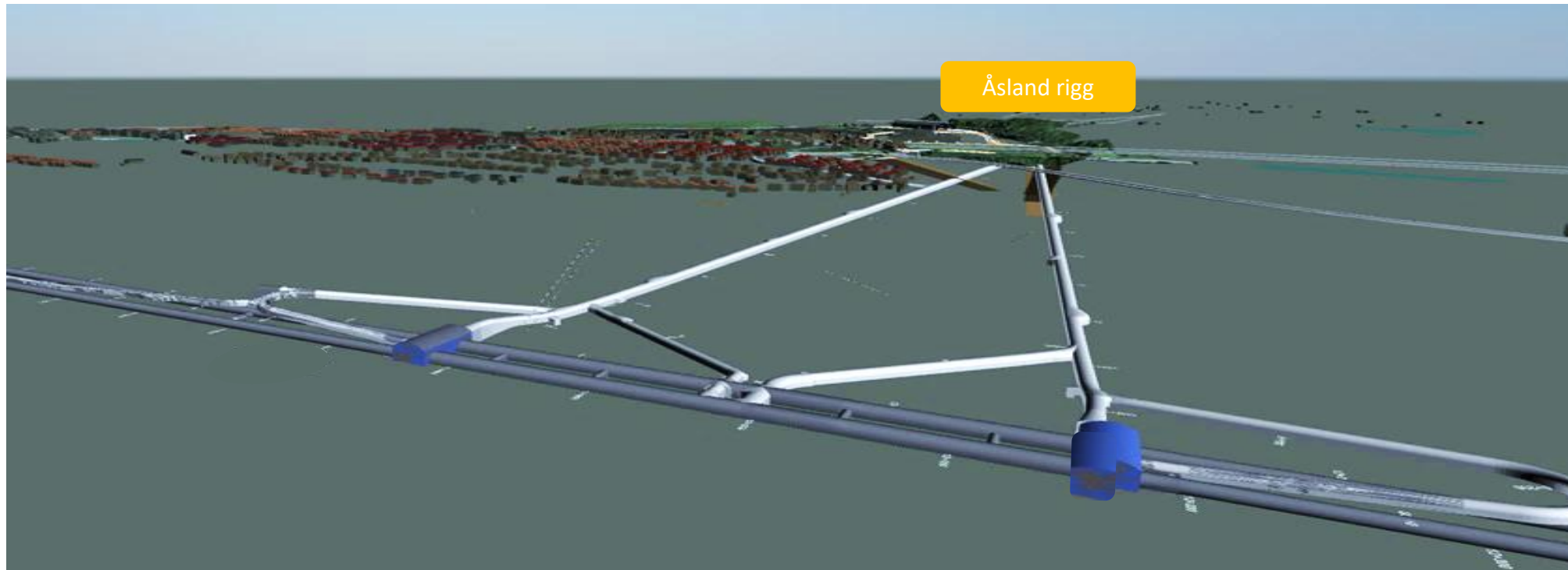
Til Ski

E6

Åsland rigg

Bruk av tunnelmasser lokalt på Åsland

- Totalt 9 millioner tonn tunnelmasser tatt ut



Bruk av tunnelmasser lokalt på Åsland

Opprinnelig plan:

- Krav i tilbudet at 10 – 15% av massene skulle benyttes til tilslag i betongelementene
- Mulighet for å etablere og utvikle et fremtidig boligfelt på Åsland – 50% av massene
- 20% av massene til re-etablering av riggområde etter endt byggetid





2016



2018



Bruk av tunnelmasser som betongtilslag – geologi

- Hovedsakelig prekambrisk gneis, samt amfibolitt
 - Tonalitisk til granittisk gneis
 - Kvarts-feltpat gneiss
 - Biotittisk gneis
- Gneis-formasjonen kan sees som én geologisk enhet for hele Follobanens trasé, bergartene kan ikke tildeles bestemte seksjoner av tunneltraseen
- Produksjon av tilslag kan ikke tilpasses bergart - selektiv produksjon vanskelig



Betongtilslag – produksjon

- Kvalitet i henhold til NS-EN 12620+NA
 - Innledende typeprøving – kontrollere at spesifikke krav er oppfylt
 - Produksjonskontroll iht. standarden
- Produksjon av 3 fraksjoner:
 - 0 – 8 mm
 - 8 – 11 mm
 - 11 – 22 mm



Betongtilslag – egenskaper

- LA-verdi: $LA_{30} - LA_{40}$
- Kornform: Fl_{15}

- Finstoff:

Grov tilslag: $f_{1.5}$

Fint tilslag: f_{10}

- Ikke alkalireaktivt

- Syreløselig sulfatinnhold: $< 0,007$ ($AS0.2$)

- Totalt svovelinnhold: $0,02 - 0,28 \% S$

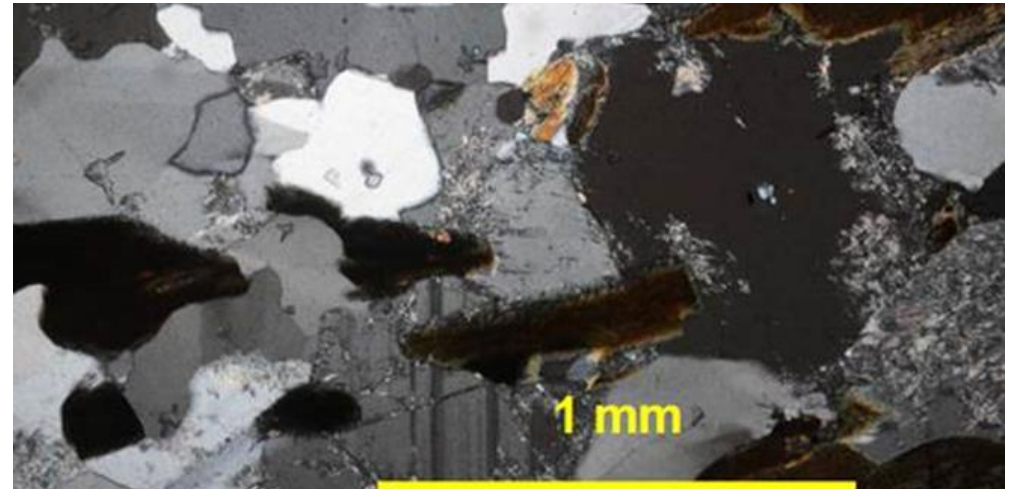
Kontraktskrav:

$(\leq LA_{35})$

$(< Fl_{35})$

$(f_{1.5})$

(f_{10})



Betongegenskaper med TBM-tilslag

- Lavere fasthet ved høy LA-verdi
- Variasjoner i finstoffinnholdet påvirket bearbeidbarheten og vannbehovet til betong
- Høyt fuktinnhold i den fineste fraksjonen (sand) – rakk ikke tørke etter vasking – opp til 17%, anbefalt verdi er 3-7%
- Utfordrende for produksjon å ta høyde for variasjoner i tilslaget

Betongtilslag – magnetkis og svovelinnhold

- Ble oppdaget forekomst av magnetkis (pyrrhotitt – Fe_{1-x}S)

Oksidasjon av magnetkis , reagerer med vann og oksygen → dannelse av svovelsyre
→ svovelsyre reagerer aluminatene i sementen → dannelse av etringitt →
ekspansjon og opprissing av betongen

- Påvist at mineralet har ført til skade på betong i andre tilfeller

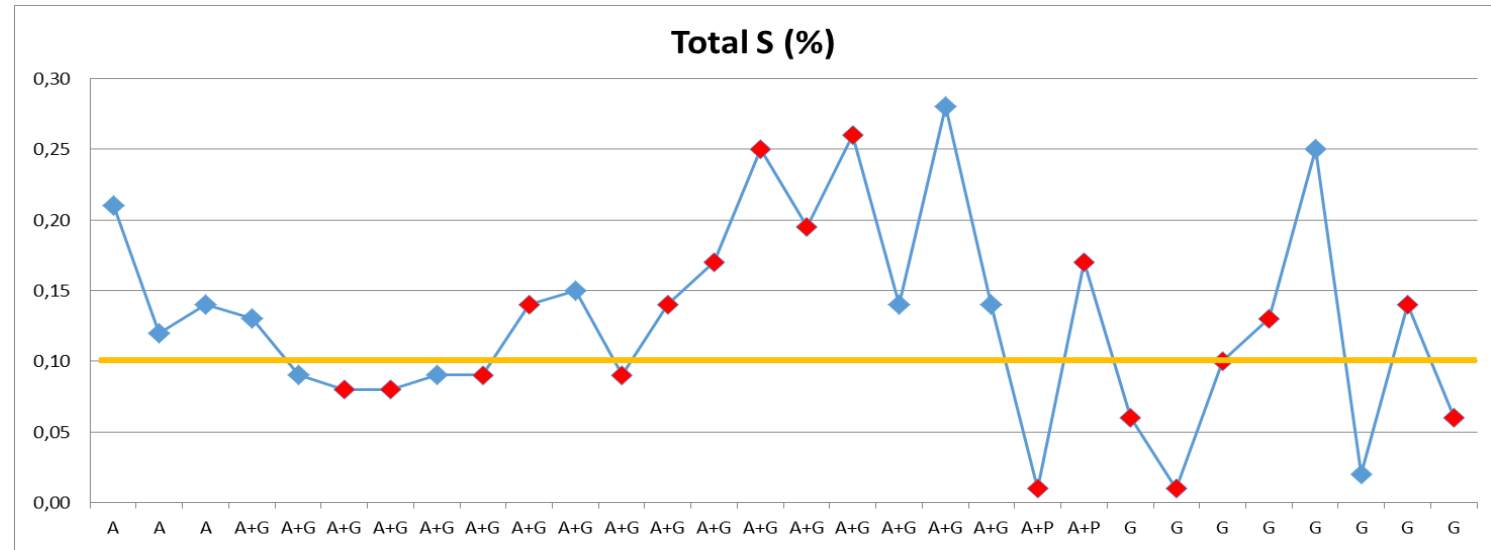
- NS-EN 12620+NA avsnitt 6.3.2:

Totalt innhold av svovel < 1 masseprosent S

Hvis det er kjent at magnetkis finnes i tilslaget, gjelder totalt innhold av svovel på høyst 0,1 %

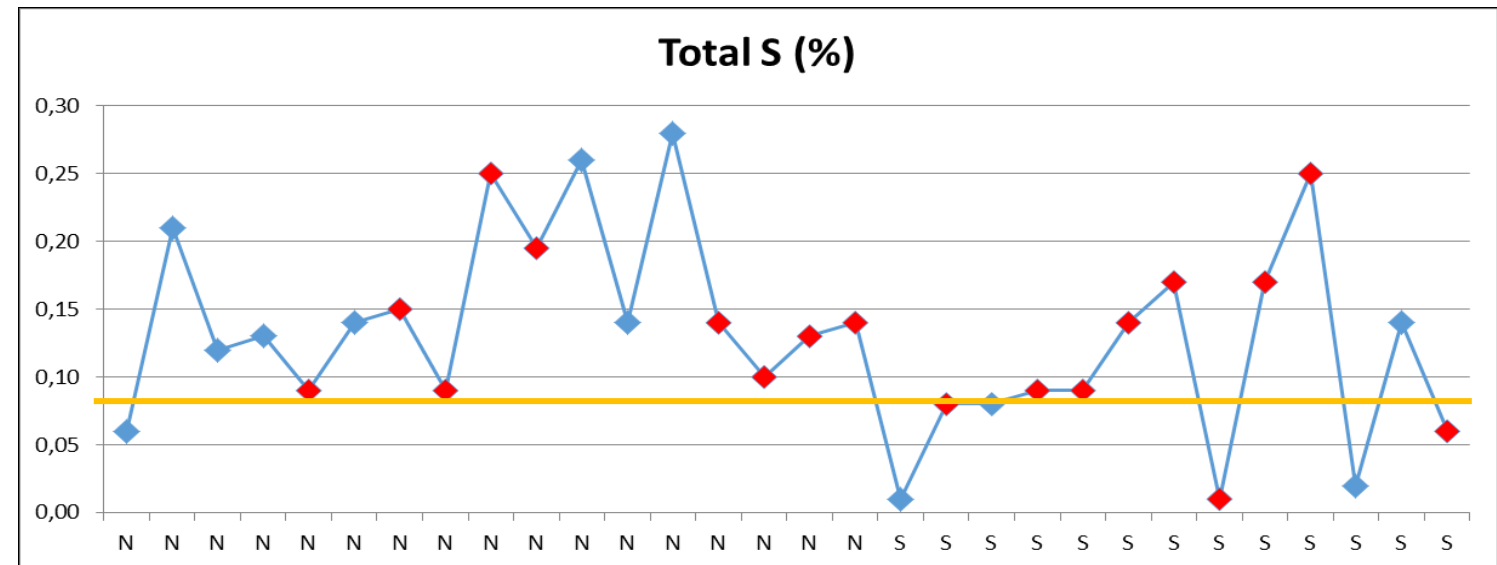


- Magnetkis identifisert i 60% av prøvene



Variasjon i forhold til geologi

- 20% av resultatene var utenfor kravet i standarden



Variasjon i forhold til stedlig variasjon

Betongtilslag – magnetkis og svovelinnhold

- Omfattende skader i Canada, Sverige, Sør-Afrika, Sveits. Lite erfaringer med skademekanismen i Norge.

Hvor «riktig» er grensen på 0,1% svovel?

Hvilken mengde magnetkis gir skader?

Hvorfor er ikke dette et problem som er mer kjent i bransjen, og hos andre tilslagsprodusenter?

- Follobanen dimensjonert med 100 års levetid
- Ble besluttet å ikke bruke TBM-masser som tilslag



Betongtilslag fra TBM-masser – erfaringer

- Kort tid mellom produksjon og bruk – utfordring med kvalitetskontroll
- Svært høyt fuktinnhold i sand etter vasking
- Geologiske forhold – vanskelig med selektiv produksjon
- NS-EN 12620+NA ikke tilpasset produksjon av betongtilslag fra tunnelmasser
- Show-stopperen var kjemisk sammensetning og magnetkis, ikke det at massene var fra TBM-boring



Hva med tunnelmassene som ble «til overs»?









Oppsummering

- Fikk ikke benyttet TBM-massene som betongtilslag i elementproduksjonen på Follobanen – kunne utnyttet de kortreiste massene enda bedre, og sluppet transporten for det ferdigproduserte tilslaget (ca 1 million tonn?)
- Problemet var ikke massenes karakter som følge av TBM-boring, men den kjemiske sammensetningen og forekomst av magnetkis
- Fullt mulig å gjenbruke TBM-masser som betongtilslag – men må gjøres nødvendig testing og kvalitetskontroll – arealkrevende
- Viktig med grundige analyser av mineralsammensetningen til bergartene som skal knuses til tilslagsmateriale – uansett drivemetode
- Behov for mer kunnskap om problemstillingen rundt magnetkis i Norge
- 100% av TBM-massene fra Follobanen er/blir gjenbrukt på stedet, til terrengforming og byggegrunn for nytt boligområde – fikk til «gjenbruk av kortreist stein»

Publication no 29, **Tunnelling in the Follo Line project**, som finnes på NFF (Norsk forening for fjellsprengningsteknikk) sine nettsider www.nff.no



Takk for oppmerksomheten!