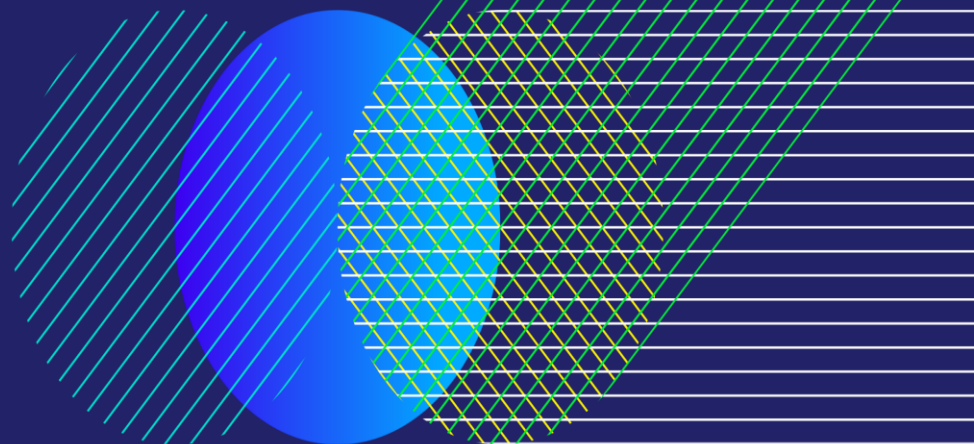


Vann og frostsikring – bergsikring i nye jernbanetunneler

Tunneldagene Lillestrøm 10.-11.04.2018

Prosjektleder Jan Ausland



Teknisk regelverk:

Konstruksjoner for vann og frostsikring.

Konstruksjonstyper:

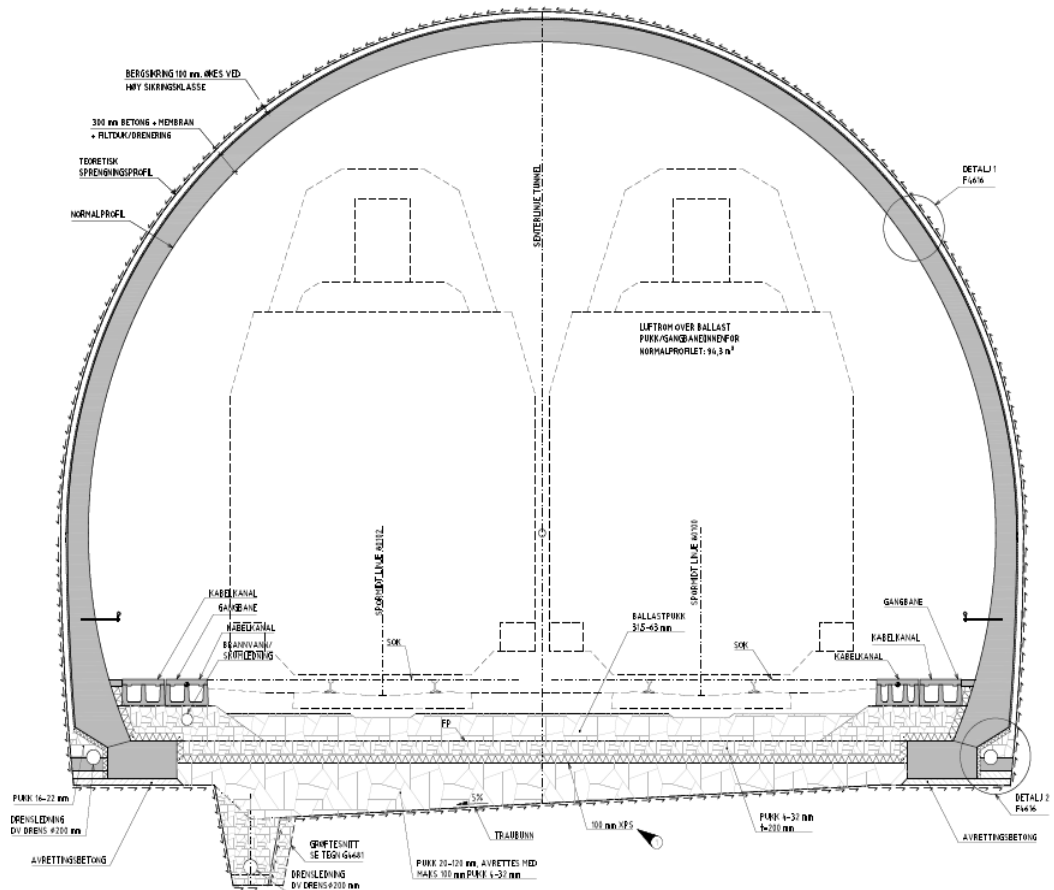
- a) Betongsegmenter for TBM
- b) Kontaktstøpt betonghvelv med membran
- c) Sprøytebetongkledning vanntett med sprøytbar membran

Det kan benyttes ulike konstruksjonstyper for ulike deler av tunnelen

Kontaktstøp med membran

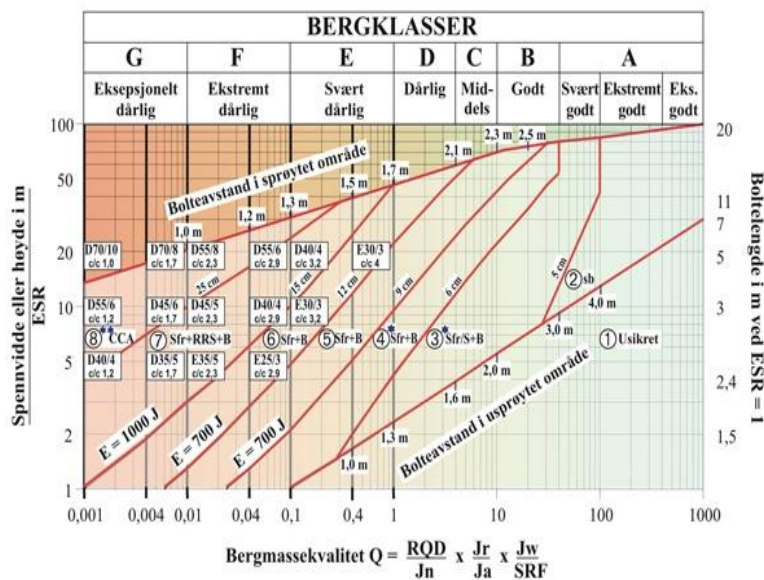
Ny løsning for vann- og frostsikring etter europeisk modell – helstøpt betonghvelv.

- Avretting med sprøytebetong
- Fiberduk og fleksibel plast-membran
- 30 cm betongutstøping mot membran



Bergsikring utføres som tidligere:

- NMT - "Norwegian method of tunnelling"
- Q-metoden, kartlegging, dokumentasjon
- Håndbok 021 for vegtunneler, tabell 7.1
- 100 års levetid
- Minimum 8 cm sprøytebetong
- Bolter, varmforsinking +epoxy pulverlakk



SIKRINGSKATEGORIER

- 1) Usikret
- 2) Spredt bolting, sb
- 3) Systematisk bolting og uarmert eller fiberarmert sprøytebetong, 5-6 cm, Sfr/B+S
- 4) Fiberarmert sprøytebetong og bolting, 6-9 cm, Sfr+B
- 5) Fiberarmert sprøytebetong og bolting, 9-12 cm, Sfr (E700) +B
- 6) Fiberarmert sprøytebetong og bolting, 12-15 cm, Sfr (E700) +B
- 7) Fiberarmert sprøytebetong > 15 cm + armerte ribber av sprøytebetong og bolting, Sfr (E1000) +RRS+B
- 8) Betongutstøping, CCA eller Sfr (E1000) +RRS+B

Bergmasseklasse	Beskrivelse av bergmassen	Sikringsklasse Permanent sikring
A/B	Lite oppsprukket bergmasse. RQD = 75-100 / $J_v = 1-3$ sprekker/m³. For det meste kun sprekker langs foliasjonen. (Q = 10 – 100)	Sikringsklasse I - Spredt bolting. - Sprøytebetong B35 E700, tykkelse 80 mm, ned til 2 m over såle.
C	Moderat oppsprukket bergmasse. RQD = 50-75 / $J_v = 3-10$ sprekker/m³. Flere sprekker krysser foliasjonssprekkene. (Q = 4 – 10)	Sikringsklasse II - Sprøytebetong B35 E700, tykkelse 80 mm, sprøytes ned til såle. - Systematisk bolting (c/c 2 m), fullt innstøpte.
D	Tett oppsprukket bergmasse eller lagdelt/skifrig bergmasse. RQD = 25-50 / $J_v > 10$ sprekker/m³, blokkstørrelse < 30 dm³. Sprekker med og uten leirbelegg (ikke svelleleire). (Q = 1 – 4)	Sikringsklasse III - Sprøytebetong B35 E700, tykkelse 100 mm eller mer. - Systematisk bolting (c/c 1,5 m), fullt innstøpte.
E	Svært dårlig bergmasse / liten til moderat svakhetsone. RQD = 10-25. Grovfragmentert knusningssone, sprekker med og uten leirbelegg. (Q = 0,1 – 1)	Sikringsklasse IV - Sprøytebetong B35 E1000, tykkelse 150 mm. - Systematisk bolting, c/c 1,5 m, fullt innstøpte. - Armerte sprøytebetongbuer ved Q < 0,2 samt vurderes ved opptreden av svelleleire, buedimensjon E30/6 ø20 mm, c/c 2-3 m, buene boltes systematisk, c. 1,5 m, boltelengde 3-4 m. - Sålestøp vurderes.
F	Ekstremt dårlig bergmasse / moderat til stor svakhetsone. RQD ≤ 10. Finfragmentert knusningssone, tett oppsprukket berg, evt. med tynne leirslepper. (Q = 0,01 – 0,1)	Sikringsklasse V - Sprøytebetong B35 E1000, tykkelse 150 - 250 mm. - Systematisk bolting, c/c 1,0 - 1,5 m, fullt innstøpte. - Armerte sprøytebetongbuer, buedimensjon D60/6+4, ø20 mm, c/c 1,5 - 2 m, buene boltes systematisk c. 1,0 m, boltelengde 3-6 m. Alternativt gitterbuer. - Armert sålestøp, pilhøyde min. 10 % av tunnelbredden. - Ved opptreden av svelleleire vurderes sikringen spesielt.
G	Eksepsjonelt dårlig bergmasse / stor svakhetsone. RQD ≤ 10. Leirinfisert knusningssone – oppknust berg med flere markerte leirslepper. Evt. leirsone. Stort sett løsmasse. (Q < 0,01)	Sikringsklasse VI - Driving og permanent sikring dimensjoneres spesielt.

Prinsipp for helstøpt tunnelhvelv

Fokus på konturkvalitet på grunn av kontaktstøpt betonghvelv:

- Krav til nøyaktig og tettere boring i kontur og innerkontur.
0,5m/0,6m
- Redusert ladning i kontur, utføres med strengladning
- Skanning med høy tetthet etter hver salve for dokumentasjon



Montering av membran

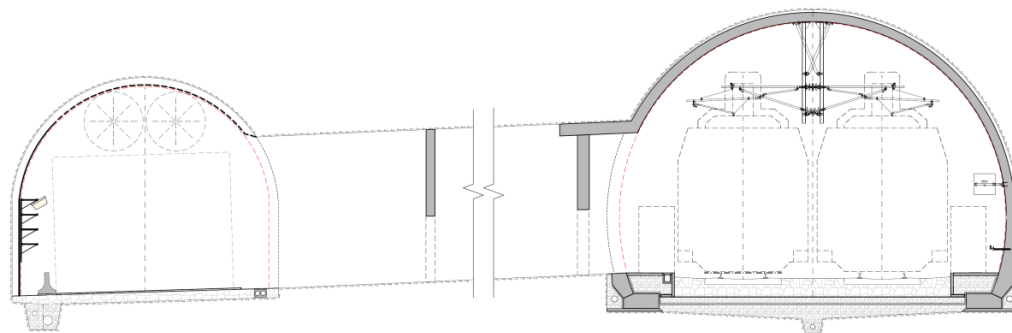


- Kan gjennomføre en støp hver dag pr. støpeform(12m) med optimal logistikk.
- Største produksjon på FP var 132 m(to former a 12 m) på en uke.



Prosjektets anbefaling for Ringeriksbanen

- **To tunnellop fordelt på dobbeltsportunnel med langsgående service- og rømningstunnel.**



- **Dimensjonerende trafikk (behov for sporveksler og effektiv vedlikehold inkl. servicespor):** Dobbeltspor med servicetunnelen gjør det mulig å gjennomføre vedlikeholdsarbeid uten at togtrafikken påvirkes. Sammen med bruk av vedlikeholdstog legger dette til rette for en effektiv og robust trafikkavvikling, rask og kostnadseffektiv feilretting og forebyggende vedlikehold, og enkel tilkomst uten behov for skinnegående materiell.
- **Økonomi:** De foreløpige beregningene viser at dobbeltsportunnel med servicetunnel gir lavest investeringskostnader, mest effektivt drifts- og vedlikeholdskonsept og lavest energiforbruk for togfremføringen.
- **Byggetid og fremdrift:** Dobbeltsportunnel med servicetunnel gir kortest byggetid og det antas at konseptet gir størst mulighet for optimalisering og minst risiko i anleggsfasen.