

# Oppsummering SINTEF

---

## Innledning

Professor Eivind Grøv, sjefsforsker ved SINTEF Byggforsk, har ledet en gruppe ved SINTEF som har analysert prøvene fra kjerneboringene gjennomført langs tunneltraséen.

Hensikten med gruppens arbeid har vært å avklare geologiske forhold og etablere en geologisk modell for bergkvaliteten langs traséen. Gruppen har deretter benyttet den geologiske modellen til å utarbeide et konsept for hhv. bergsikring og vann- og frostsikring med tilhørende mengdeestimerer. Konseptene og mengdeestimatene er så brukt som grunnlag for oppdateringen av kostnadsestimatene i prosjektet.

I dette notatet oppsummeres hovedresultatene til gruppen.

## Bergsikring

Tunnelen vil kunne sikres med helt ordinære bergsikringstiltak. Dette er typisk tiltak som bolter og sprøytebetong. Mengdene er tatt ut ifra Q-systemet med basis i de kartlagte kjernene. Totalt er det utført kjerneboringer over en lengde som tilsvarer ca. 45% av lengden på planlagt Stad skipstunnel.

Kjernene er så blitt kartlagt av Multiconsult med hensyn på blant annet flere av Q-systemets parametere. SINTEF har benyttet dette grunnlaget og lagt inn de parameterne som Multiconsult ikke hadde i sin kartlegging, nemlig  $J_w/SRF$ , og bestemt disse ut ifra lekkasjemålinger i kjerneborhullene samt bestemt SRF ut fra observasjoner av vann i kjernehullene.

Isolert sett, på Kjødepollen så viser kjernene at rett i underkant av 40% av tunnelens lengde vil bli drevet i bergmassekvalitet som tilsvarer 'Meget bra bergmassekvalitet' eller bedre, tilsvarende en Q-verdi større enn 40. Snaut 60 % av tunnelens lengde er antatt å bli drevet i bergmassekvalitet som tilsier 'Bra bergmassekvalitet' eller  $10 < Q < 40$ , og noen få prosenter av tunnels lengde er forventet å drives i dårligere bergmassekvalitet enn 'Bra bergmassekvalitet', det vil si  $Q < 10$ . Fra oppstarten av kjerneborhullet og ca. 20 meter innover øker Q-verdien jevnt og når 'Bra bergmassekvalitet'.

Likeledes er det fra Moldefjorden kartlagt kjerner som gir 49 % av kjernehullet en Q-verdi som er like eller større enn 40 tilsvarende 'Meget bra bergmassekvalitet', 49 % faller innenfor  $10 < Q < 40$  som er 'Bra bergmassekvalitet' mens kun et par prosent er av dårligere bergmassekvalitet enn dette. Fra Moldefjorden og i de første 50 meterne innover i hullet veksler Q-verdiene fra 3 til 70, med andre ord vekslende bergforhold.

Q-verdier logget i kjerneborehull representerer ikke alltid situasjonen man har når et fullt tunnelprofil skal tas ut, i tilfellet Stad Skipstunnel er tunnelprofilet stort, det skiller 50 meter i høyden fra såle til heng og nesten 40 meter fra vegg til vegg. Det vil kunne være færre svakheter som fanges opp av et kjerneborhull enn det antallet som kan opptre i et slikt fullskala tunnelprofil og man kan risikere en underestimert av antall sprekker og sprekkesystem, noe som kan gi for gunstige verdier for RQD og  $J_n$ .

Fordelen med det retningsstyrte kjerneborhullet for Stad tunnelen er at det er boret langs tunnelens trasé og har vært fiksert så godt det lar seg gjøre til toppen av tunnelen og langs senterlinjen. Vår oppfatning er derfor at kjerneboringen representerer på en rimelig god måte de forholdene som

tunnelen vil komme til å møte, men størrelsesfaktoren er et element som må vurderes ved bruk av dataene.

Vi har lagt til grunn et konsept der man gjennomgående sikrer tunnelhengen med sprøytebetong og bolter. Når det gjelder tykkelsen av sprøytebetong så benytter vi anbefalingene til Statens vegvesen knyttet til tykkelse og type for bruk i undersjøiske veggutstillinger der miljøet i tunnelen er salt og korroderende som følge av havvannet i tunnelen (selv om lekkasjevann inn vil være ferskvann); det benyttes minimum 90 mm tykk sprøytebetong, kvaliteten skal være av fasthetsklasse B35 og bestandighetsklasse M40.

Sikringsbolter skal varmforsinkes og pulverlakkeres med epoxy i henhold til Statens vegvesens krav til korrosjonsbeskyttelse. Derfor er det benyttet gjennomgående 90mm i hele hengflaten, og et boltemønster tilsvarende minst 2x2 meter og lokalt tettere. Med det store profilet som skal bygges vil spenningspåvirkningen nå dypt slik at lange bolter bør fortrinnsvis benyttes, og da legges det opp til gjennomgående 6 meter lange bolter både i heng og vegger.

Det blir store veggflater som må sikres spesielt for å ivareta stabiliteten av potensielle kileutglidninger som kan få store dimensjoner når veggene er så høye som i Stadttunnelen. Før man starter strossingen av hver av pallene under takskiva må det gjøres en grundig analyse av potensialet for kileutglidning i veggflatene basert på den geologiske kartleggingen gjennomført først under drivingen av takskiva, deretter i påfølgende strossnivåer. Sikring av potensielle kiler må påbegynnes høyt oppe i veggene for å kunne sikre disse tilfredsstillende. Det er ikke lagt til grunn systematisk sikring av veggflatene, med hverken bolter eller sprøytebetong, men en viss mengde er lagt med dedikert sikring av kiler. Det er ikke lagt til grunn sikring av veggene under vannstands nivået i tunnelen, kun for å håndtere eventuelle utgående av kiler.

### Sikringsmengder

Under følger en oversikt over sikringsmengdene som følger av det beskrevne sikringskonseptet.

Type	Forventet	Beste fall	Verste fall
Bolter L=6m Ø=25mm	31493 stk	21465 stk	36929 stk
Sprøytebetong fiberarmert	13750 m <sup>3</sup>	10450 m <sup>3</sup>	15119 m <sup>3</sup>
Anker L = 10 m	500 stk	0 stk	1000 stk
Anker L = 15 m	500 stk	0 stk	1000 stk
Forbolter	1120 stk	560 stk	1680 stk
Buer	30 stk	30 stk	60 stk
Armeringsjern	26000 kg	26000 kg	52000 kg

Forskjæringene er ikke justert, men et potensial for mindre steinuttak vil også medføre mindre sikring.

### Vann- og frostsikring

Det er vurdert en alternativ løsning med bruk av Giertsen Tunnelhvelv. Løsningen innebærer at man går fra et konsept der man forbruker mye sprøytebetong bare for å brannsikre et materiale man knapt har behov for å anvende. Klarer man å lukke frosten ute, eller fange varmen inne bak duken, så trenger man ikke frostisolasjon og dermed heller ikke brannsikring. Det er hovedforskjellen sammenlignet med konseptet som lå til grunn i forprosjektet.



Leverandør har gitt en montasjepris på [REDACTED] per m2 Giertsen Tunnelhvelv, i tillegg kommer ca. kr. [REDACTED] per lm vannrenne langs installasjonen.

Det antas at det må legges vannsikring over hele hengen i hvert fall 100 meter inn fra hver side. Det blir 200 meter x 60 m2 = 12000 m2 og 400 meter takrenne. I tillegg ville jeg lagt 200 meter til, altså 12000 m som beste fall. Det er ytterligere 400 meter takrenne. Sannsynlig mengde vil trolig ligge høyere enn det Norconsult har lagt til grunn i forprosjektet. Verst kan benyttes, men mest sannsynlig må nok heves noe.

Man kan imidlertid få en effekt ved å bruke en lavere pris per m2 ved å bruke et annet konsept uten at man løper en stor risiko for istapper i hengen. På veggene så foreslås det å bruke enkle kanaler, man kan velge system der man skaper kanaler uten at de behøver brannsikring og dermed heller ikke tildekkes med sprøytebetong.

Dersom man antar at det blir 100 lekkasjepunkter i veggene som blir ført ned til vannflaten i tunnelen så har vi om lag 2000 meter med installasjon. Prisen er usikker, men antas at uten brannsikring i form av sprøytebetong, kan hende [REDACTED] per lm ferdig installert. Om man kan tåle fukt på veggene, så slipper man nettene som eventuelt skulle spennes opp.

#### Sikringsmengder

Under følger en oversikt over sikringsmengdene som følger av det beskrevne konseptet for vann- og frostsikring.

Type	Sannsynlig	Beste	Verste
Giertsen tunnelduk i heng med takrenne	30240 m2 + 1080 m takrenne	24000 m2	66000 m2 + 1800 m takrenne
Punktlekkasjer som ledes til vannflaten	2000 lm	500 lm	3000 lm

