



Bent Aagaard



SWECO 
Sustainable engineering and design

Metodikk og dokumentasjon ut fra Eurocode 7

Bestemmelse av permanent sikring i tunneler må baseres på

- **Prognose** for forventede bergforhold (ut fra ingeniørgeologisk kartlegging, noen ganger supplert med kjerneboring og spenningsmålinger)
- Beskrivelse av nødvendig sikring for forskjellige bergmasseklasser (ut fra Q-systemet eller andre klassifiseringssystemer)

Siden kvaliteten på bergmassen ikke blir kjent før etter utdriving (og observasjon i lang tid etter det) må endelig permanent sikring bestemmes ut fra

- Ingeniørgeologisk **kartlegging** i tunnel
- **Målinger/observasjoner** av borsynk etc (MWD) innlekkasje, spenninger og deformasjoner

Eurocode 7

Eurocode 7 krever bestemmelse av Geoteknisk kategori, men kriteriene er lite relevante for tunnel og permanent sikring.

Uavhengig av hvilken geoteknisk kategori som finnes mest relevant, er det de samme forholdene som må vurderes på et hvert tunnelprosjekt:

- Mulig nedfall pga oppsprekking eller svakhetssoner
- Svelletrykk
- Spenninger.

Stor forskjell i konsekvensene ved et nedfall, gjør at innsatsen for kartlegge og dokumentere varierer.

Permanent sikring i tunneler og bergrom

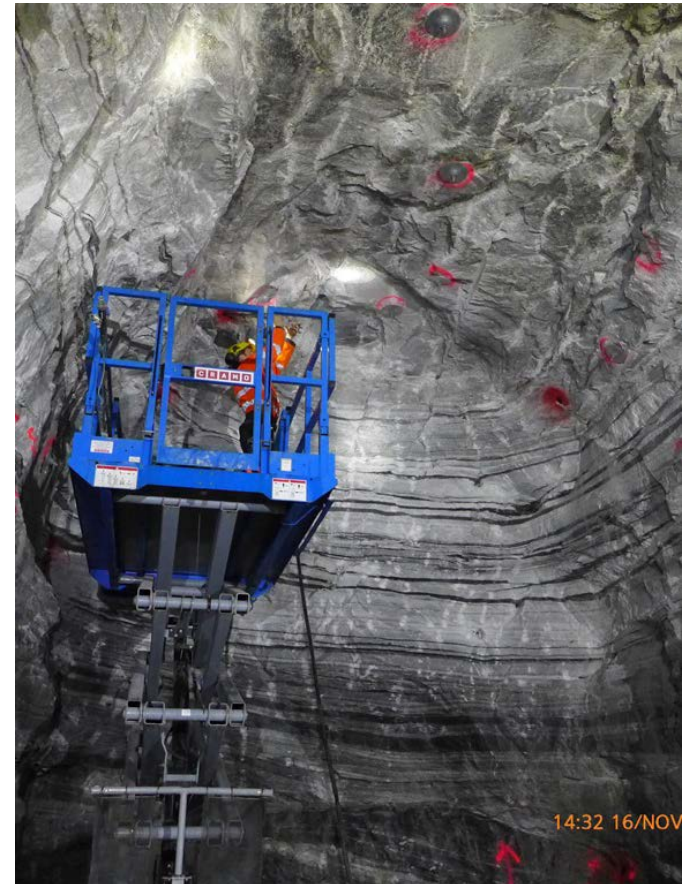
Samferdselstunneler – 0-toleranse
for nedfall i driftssituasjonen



Vannkrafttunneler – aksept for nedfall
inntil noen m³) i driftssituasjonen

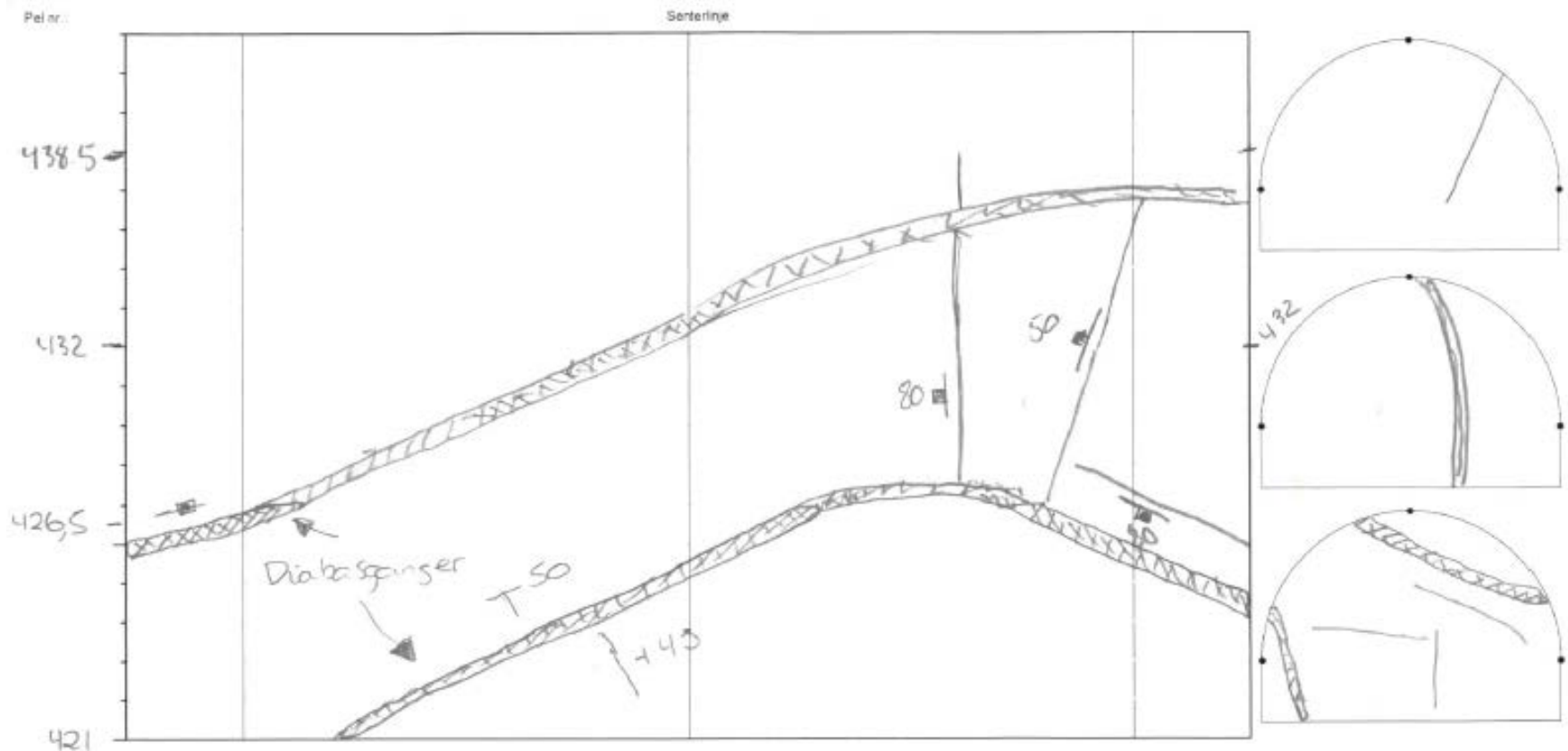
Kartlegging i jernbanetunnel

- Kartlegging skjer etter hver salve fra kurv/ bakstufbil for dekking av hele profilet
- Alle parametere i Q-systemet angis
- Permanent sikring utføres ut fra Q-verdi og sikringsklasser, men modifikasjoner gjøres
- MWD benyttes aktivt som korrelasjon mot Q-verdien
- Alle notater legges inn i digital dagbok
- Kartlegging og sikring legges inn i Novapoint





Kartlegging på stuff Skillingsmyr tunnel



SKILLINGSMYR TUNNEL UFP05		STUFF:	LØKKA VENSTRE
Dato/klokkeslett	01/11/13 09:00	04/11/13 - 10:00	05/11/13 - 09:00
Pel nr. fra - til	170421 - 170426,5	170426,5 - 170433	170433 - 170438
Kontrollingeniør	JS	AH	AH
Bergart(er)	larv. / diabas	larv. / diabas	larv. / diabas
RQD	80	80	90
Jn	3	3	3
Jr	1,5	2	3
Ja	3	3	3
Jw	1	1	1
SRF	1	1	1,5
Q	13,3	17,8	20
Sikringsklasse	I	I	I
KOMMENTARER	Mørk, massiv larvikitt 2 diabesganger; 1 som går ut av profilet på neste sølve, og 1 som kommer inn fra venstre. (S-15cm) Noe mere å rengjøre på denne sølve, men godt fiell. Sand/lure i sprekkbefylling l.a. Ok kontur Tørt.	Massiv, bra larvikitt 2 smale diabaser. 1 går ut av profilet 1 kommer inn. Litt sprekkbelegg i diabaser. Tørt, ok kontur. Generelt veldig bra.	Veldig bra berg, nesten ikke sprekker. Diabas ut i høyre vegg, litt sprekkbelegg på den ne. Tørt, ok kontur
 60m Strok/fall tegn for svakhetssone, sprekker o.l. + Horizontal diskontinuitet - Vertikal diskontinuitet  45m Forkastning med angitt fall + + + + + Svakhetssone (strekktykkelse kan angi mektighet) - - - - - Sprekkesone — Enkel sprekk (sleppe eller stikk) — Bergartsgrense - - - - - Bergartsgrense (antatt forlop)  Drypp			

- i forhold til krav i Eurocode 7

- Forundersøkelser er utført
- Kartlegging på stoff gir inngangsparametere for å beregne/vurdere permanent sikring
- Arbeidet på stoff dokumenteres på en god måte
- Observasjonsmetoden etter Eurocode 7 går i prinsipp ut på at forutsetninger og utført prosjektering verifiseres ved målinger og iakttagelser under bygging
- Det må kunne sies at det er i hovedsak iakttagelser som benyttes i vår kartlegging

Kartlegging i vanntunneler

- GK angis som regel ikke – oppfølging og målinger avklares undervegs ut fra opplevd vanskelighetsgrad
- Planlagt kontroll og oppfølging gjøres ut fra tilkalling fra byggherre når det oppstår spesielle situasjoner.
- Kartlegging utføres sporadisk på stuff.
Hovedkartleggingen foregår over lengre strekninger bak stuff
- Liten oppfølging gjør også at ingeniørgeologen blir lite «kjent med» forholdene
- Arbeidet med beskrivelse av permanent sikring konsentreres om partier med fare for betydelige forhold
- Det gjøres kun generell beskrivelse av partier som ikke har behov for spesiell permanent-sikring



11

Beskrivelse av permanent sikring

- Bare partier av spesiell interesse (større stabilitetsproblemer) dokumenteres
- Denne begrensningen angis i rapporter som følger kartleggingsskjemaene
- Prøver analyseres for å avdekke mulig svelleleire

SOME 682-707 	LAKSEN KRAFTVERK INGENIØRGEOLOGISK KARTLEGGING Tunnel: TRYKKTUNNEL	Utarbeidet av KWJ Dato: 8/11 Sign.:
------------------	--	---

BESKRIVELSE AV SVAKHETSSONER / SPREKKER

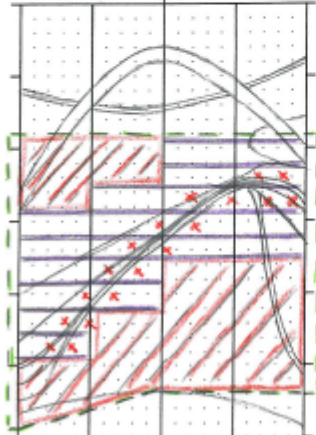
soner/ sprekk	type	strek/fall	uthold- enhet	utseende/ ruhet	fyllings- tykkelse	materiale	typ. spr.- avstand
1		/					
2		/					
3		/					
4		/					
5		/					

STASJONS NR.



- 15cm spraybetong, 5000
- ✗ Supplierende bolter langs
- Omrøde 5cm bolter med c/c 2,0m
- spraybetongbolter E35/s
- MERKNADER** c/c 1,7 m

Svingklasse	Overst	Midt	Jorda	Kvikkleire
-------------	--------	------	-------	------------

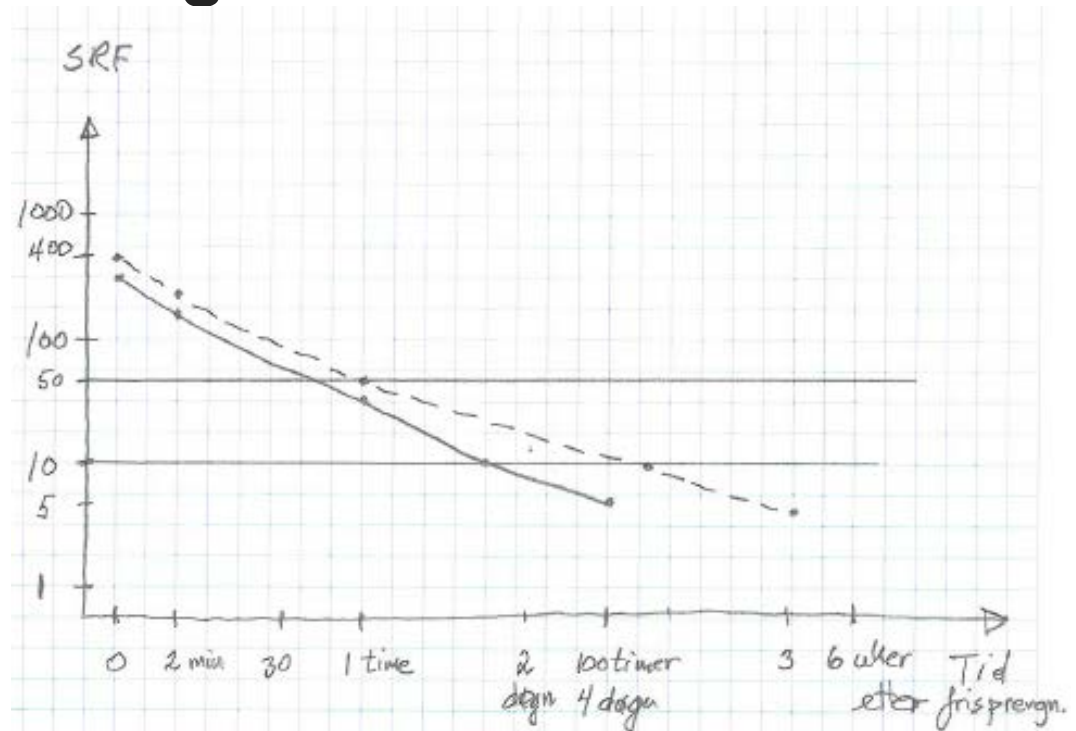


Svakheter i dagens praksis

- Selv om Q-verdien angis, er det ofte mangelfull beskrivelse av hvordan verdiene er vurdert. En sluttrapport der slike ting blir mer belyst, kan forbedre kvaliteten
- Enkelte av parameterne i Q-systemet har større usikkerhet enn andre. Dette gjelder kanskje i særdeleshet vurdering av SRF ved høye spenninger
- Entreprenørens egen kontroll med utførelsen er mangelfull. Gjelder spesielt tykkelse av sprøytebetong
- Ved kartlegging som skjer bak stuff, kan berg som ikke er kartlagt være dekket av sprøytebetong

SRF ved høye spenninger

Både SRF-verdien og tidsskalaen for observasjon følger logaritmisk skala



- Verdiene er tatt ut fra NGI-rapport 592046-2 datert 9.1.1997, side 22.
- Verdier fra "Using the Q-system", NGI, April 2013 side 29.

Ansvar for tilstrekkelig permanent sikring

- I et vannkraftprosjekt som innbefattet en ca 4000 m lang tilløpstunnel (ca 25 m²) hadde Sweco ansvaret for beskrivelse av permanent sikring.
- Ingeniørgeologisk kartlegging var forutsatt å skulle skje i løpet av to befaringer (halvvegs og i etterkant av drivingen).
- Et skifrig parti over ca 20 – 30 m av tunnelen viste tendenser til utrasing noen måneder etter at tunnelarbeidene var slutført. Undersøkelser viste at det var svellende materiale i soner av berget og at sikringen måtte oppdimensjoneres.
- Kostnadene til sikring økte med 3 mill. i forhold til om dette hadde blitt oppdaget og utført på et tidligere tidspunkt.
- Utbygger mente kostnaden burde dekkes av Sweco og at mao kartleggingen var utført på en uaktsom måte.

Hvilket ansvar bør vi som rådgivere påta oss?

Arbeidene var etter Swecos mening utført faglig på en god måte ut fra forutsetningene.

- Må det forventes at alle potensielt usikre partier blir oppdaget og sikret tilstrekkelig?
- I såfall, kan byggherre kreve rådgiver til ansvar i ettertid dersom det raser på et senere tidspunkt?
- Kan vi ta et slikt ansvar i jobber som går på «low cost» der ressurser til ingeniørgeologisk kartlegging og undersøkelser blir lagt til et minimum?
- Bør vi ta mange forbehold i våre rapporter som utelukker slikt ansvar?