



Statens vegvesen

Norwegian
Public Roads Administration

CIR-dagen 2008

Erfaringer fra tunnelras i Norge 25.12.2006

Mona Lindstrøm

Teknologiavdelingen, Vegdirektoratet

mona.lindstrom@vegvesen.no

Hanekleivtunnelen, des. 2006

- Nedfall fra tunneltaket (250 m³) over en 25 m lang strekning
- Ingen ble skadet
- Syv tunneler på strekningen ble stengt for reparasjoner og utbedringer fram til juli 2007
- Nye krav og retningslinjer utarbeidet



Rapport fra undersøkelseskommissjonen:

- Raset skyldtes svelleleire (smektitt) og dypforvitret bergart langs en svakhetssone
- Forundersøkelsene var gode nok
- Geologisk oppfølging i tunnelen og dokumentasjon av sikringsarbeidene var mangelfull
- Behovet for bergsikring var undervurdert
- Organisering av prosjektet var uheldig, med uklar rollefordeling og ansvarsfordeling
- Drift-/vedlikeholdskontrakten omfattet ikke periodisk inspeksjon av sikringsarbeidene

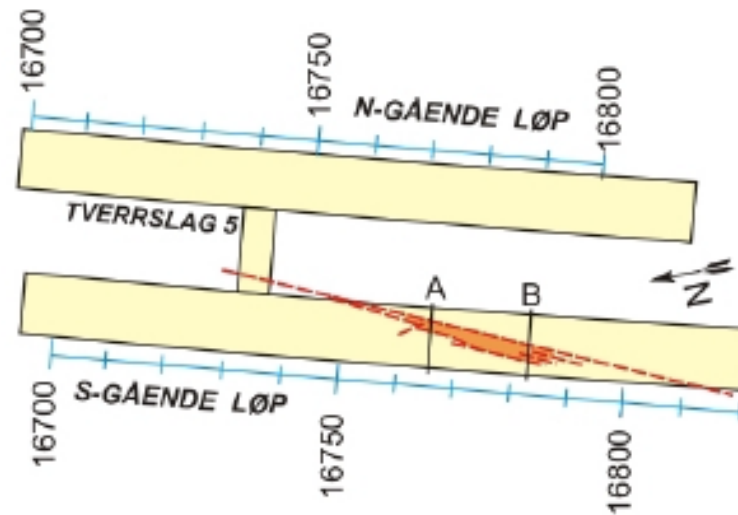
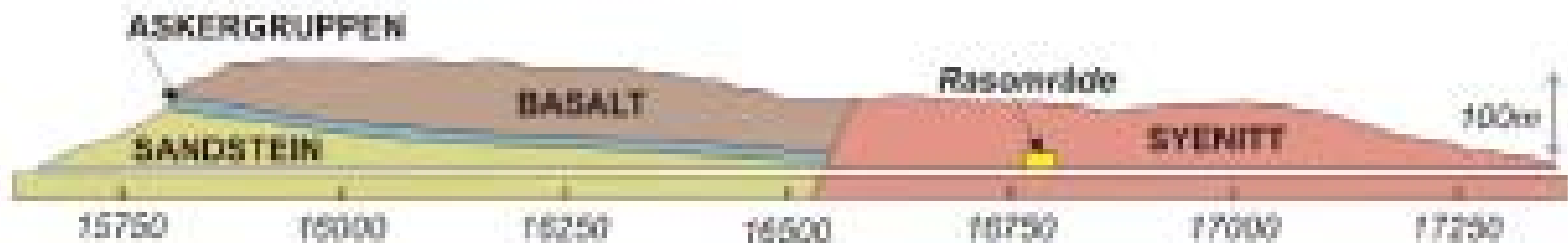


Hanekleivtunnelen, noen fakta

- Hanekleivtunnelen: 1750 m, to løp
- Til sammen 7 bergtunneler langs en 30 km strekning på E18 i Vestfold, åpnet i 2001
- Tunnelene bygd i perioden 1996 – 1999. Tre entreprenører: 2 nasjonale og Statens vegvesen egenproduksjon
- Vann-/frostsikringshvelv: betongelementer (3,5 m) i vegg og PE-skum/sprøytebetong i heng



Hanekleivtunnelen, geologi



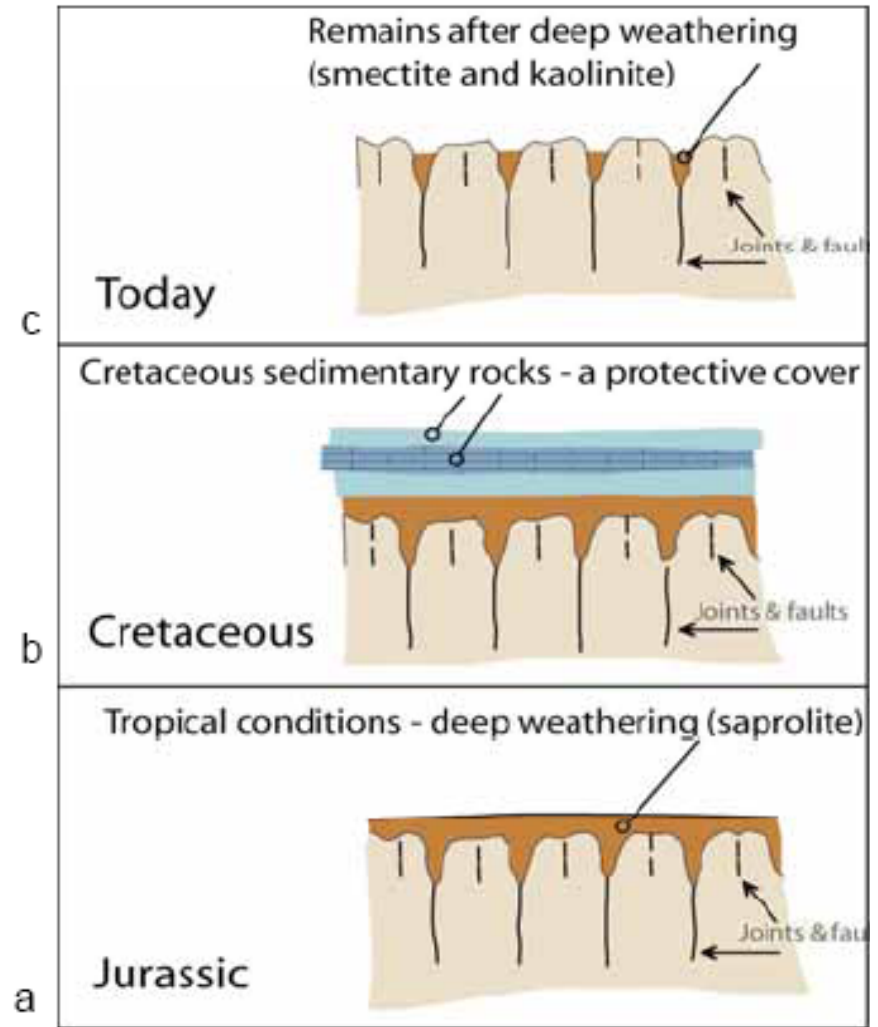
Tunnelraset

- Tunnelraset skyldtes svelleleire og dypforvitret bergart langs en svakhets-sone, kombinert med ufullstendig bergsikring
- Utrasing langs en 25 m sone avgrenset av forkastning med steilt fall. Bredde fra 0,5 til 2,5 m. Sidebergarten er en massiv syenitt med få sprekker
- Svulleegenskapene til leira viser en middels aktiv svelleleire. XRD-analyser viser saponitt, montmorillonitt m.fl.



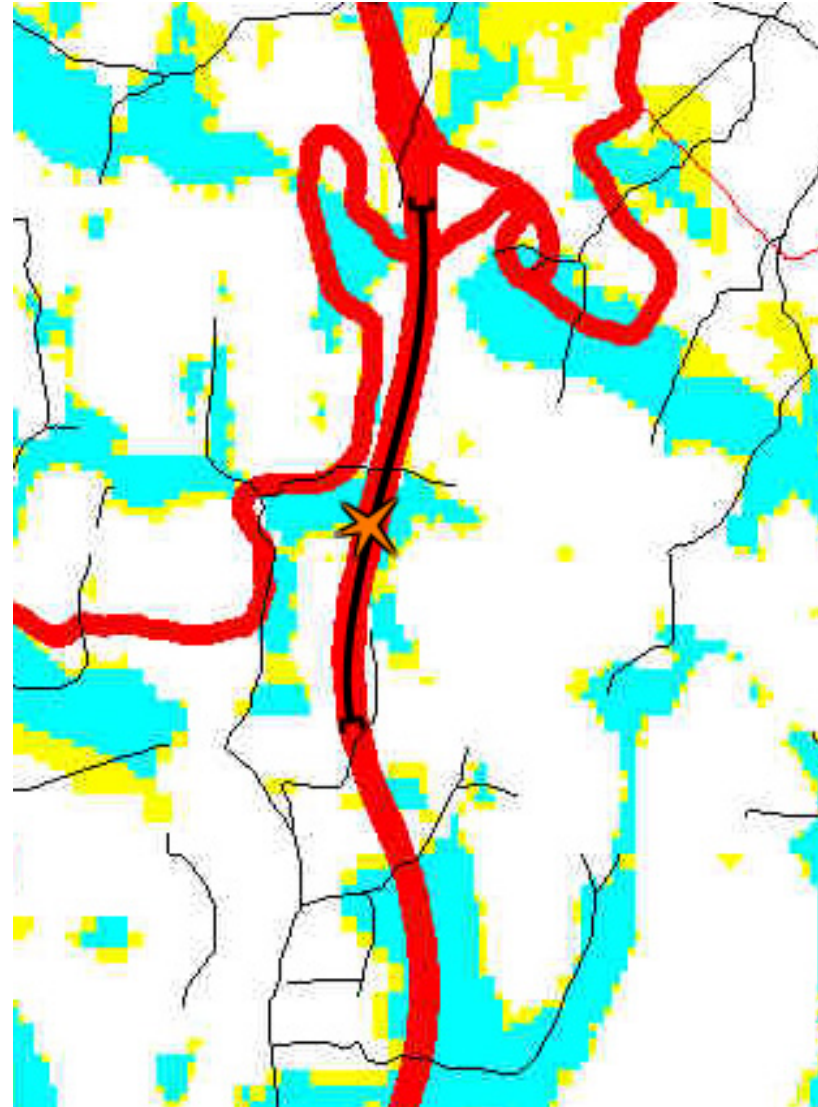
Dypforvitring

- Originale feltspatmineraler har blitt erstattet med leirmineraler. Bergarten framstår hard under driving, men går i oppløsning når den eksponeres for fuktighet og vann
- Raset kom 8 år etter at tunnelen åpnet. I Oslofjordtunnelen skjedde en tilsvarende, mindre hendelse etter 3 år



Kartleggingsverktøy for dypforviting

- Norges geologiske undersøkelser, med bidrag fra Statens vegvesen har prøvd ut et nytt verktøy for regional kartlegging av områder med mulig dypforviting (2006)
- Metoden kombinerer data fra topografi og lavmagnetiske områder
- Raset oppstod i et område tolket som mulig dypforviting



Sikringstiltak etter raset

- Inspeksjon av bergsikringen bak hvelv i alle syv tunnelene avdekket flere soner med ustabil berg. Alle tunnelene ble stengt for reparasjoner
- Syv to-løpstunneler, totalt ca. 11 km tunnel i berg
- Over 50 % av tunnelstrekningen har en form for tilleggssikring
- De fleste reparasjoner foregikk uten å rive eksisterende hvelv



Reparasjoner og utbedringer

- Utstøping bak eksisterende hvelv
- Bolting gjennom eksisterende hvelv
- Riving av 'vinduer' i heng med sikring (ribber, bolter, sprøytebetong)



Arbeidsgrupper og rapporter

- Rapport fra undersøkelsesgruppen. Nilsen et al. 14/2-07
- Arbeidsgruppe i Statens vegvesen: gjennomgang av egne retningslinjer, krav og dagens rutiner
- Bransjesammensatt arbeidsgruppe med RIF, MEF, EBA og Statens vegvesen. Rapport 'Tunnelsikkerhet' 11/6-07
- Intern revisjon Statens vegvesen. Rapport 13/6-07
- NA-rundskriv 2007/3, Vegdir. juli-07
- NA-rundskriv 2007/6, HMS, Vegdir. juni-07
- Agenda: 'Statens vegvesens systemer for rapportering og formidling av styringsinformasjon'. 15/10-07



Enighet i bransjen om norsk tunnelbyggemetode

- Det norske konseptet for tunnelbygging videreføres, ved at berget brukes som selvstendig byggemateriale
- Sikringsmengder og sikringsomfang anslås ut fra geologiske forundersøkelser, som en del av konkurransegrunnlaget
- Endelig avgjørelse om sikringsmengder og sikringsomfang bestemmes mens tunnelen bygges.

Nye og utbedrete krav og retningslinjer



Tiltak i plan- og prosjekteringsfase

- Kvalitetssikringsrutiner for geologiske rapporter og konkurransegrunnlag mht sikringsmetoder og -mengder
- Spesifisering av kontrollomfang baseres på NS 3480 'Geoteknisk prosjektering' (Eurokode 7). Kontrollen følger prosjektet fra planlegging til bygging og inn i driftsfasen



Byggefasen, nye bestemmelser

- Prosjektet skal ha minst én person med nødvendig ingeniørgeologisk / bergteknisk kompetanse, med ansvar for geologisk registrering og dokumentasjon og teknisk sluttrapport
- Kontinuerlig kartlegging og dokumentasjon av geologi før påføring av sprøytebetong: ny prosess for tidsbruk
- Utført bergsikring skal kontrolleres før vann-/frost-sikring monteres



Tunnelinspeksjoner, geometrisk utforming

- Teoretisk sprengningsprofil utvides med 0,2 m for å bedre tilgang for inspeksjon (for tunneler med ÅDT > 4 000)
- Krav om inspeksjonsluker i vann-/ frostsikringshvelv, markering av profilnummer
- Bergsikringen skal ha et slikt omfang at inspeksjoner bare unntaksvis skal avdekke svakheter
- Behov for inspeksjon over tid; av nedfall på hvelv og i vegg, sprekker i sprøytebetong etc.



Drift og vedlikehold, tunnelinspeksjoner

- Inspeksjonsrutiner skal være presisert i slutt-rapporten.
Funksjonskontrakt eller bestilling (ettersyn - særtilsyn- hovedtilsyn)
- HMS-tiltak ved inspeksjoner bak hvelv er innført
- Metoder for teknisk inspeksjon testes



Konklusjoner, videre arbeid

- Krav og retningslinjer er gode
- Skjerpet krav til oppfølging og dokumentasjon (standardiserte systemer, sluttrapport)
- Skjerpet krav til bemanning og kompetanse i alle faser av et tunnelprosjekt
- Innsats for å forbedre samarbeidet innen tunnelbransjen (byggherre, konsulenter, entreprenør)
- Nye kontroll- og kvalitetssikringsrutiner er innført
- Prosedyrer for rutinemessig inspeksjon av bergsikring
- Kurs og opplæring innen ingeniørgeologi og tunnelsikring ("Tunnelskole")
- Videreutvikle forvaltningssystem for tunneler

