



Statens vegvesen

Geologi

Fv107 Jondalstunnelen.

Geologisk oppfølging. Sluttrapport.

Oppdrag

Ressursavdelingen

Nr. 2012082282-001



Region vest
Ressursavdelingen
Vegteknisk seksjon
2012-07-02



Statens vegvesen

Region vest
Ressursavdelingen
Vegteknisk seksjon

www.vegvesen.no

Oppdragsrapport

Nr. 2012082282-001

Labsysnr.

Geologi

Fv107 Jondalstunnelen.
Geologisk oppfølging. Sluttrapport.

Fv107 Jondalstunnelen.
Geologisk oppfølging. Sluttrapport.

UTM-sone	Euref89 Ø-N	Oppdragsgiver:	Antall sider:
33	18023 - 6700994	Hallvor Solheim	7
		Dato:	Antall vedlegg:
		2012-07-02	3
Kommune nr.	Kommune	Utarbeidet av (navn, sign.)	Antall tegninger:
1227	JONDAL	Geir Bertelsen	
Papirarkivnummer		Seksjonsleder (navn, sign.)	Kontrollert
		Stein Olav Njøs	
Sammendrag			

Jondalstunnelen går fra Nordrepollen i Kvinnherad kommune til Torsnes i Jondal kommune. Tunnelen har et tverrsnitt på T8,5 og er ca 10 050 meter lang. Drivingen startet fra søndre påhugg i november 2009 og fra nordre påhugg i april 2010. Gjennomslag fant sted i november 2011. Prosjektet omfatter også den ca 587 meter lange Torsnestunnelen og tverrsnittsutvidelse i den ca 650 m lange Nordrepollentunnelen. Arbeidene er utført som totalentreprise / fastpriskontrakt av entreprenør Kruse Smidt AS (KSE). Sikringsarbeidene er imidlertid tatt ut og gjort opp etter medgåtte mengder.

KSE har hatt ansvar for geologisk kartlegging, klassifisering og implementering av sikring under driving av tunnelene. SVV, vegteknisk seksjon, har også foretatt geologisk oppfølging. Hensikten med denne oppfølgingen har vært å påse at prosedyrer er fulgt på en faglig forsvarlig måte, og at sikring er utført i henhold til bergklasser og gjeldende kvalitetskrav.

I denne rapporten oppsummeres den geologiske oppfølgingen med henvisning til krav i Hb 021 kapittel 12 om teknisk sluttrapport.

Emneord:

Tunnel. Geologi. Sikring.

Distribusjonsliste	Antall	Distribusjonsliste	Antall
Hallvor Solheim			

GEOTEKNISK KATEGORI/KONSEKVENSKLASSE

Geoteknisk kategori	Konsekvens-/pålitelighetsklasse		Konsekvens-klasse	Beskrivelse
Geoteknisk kategori 1	CC1/RC1	☐	CC1	Liten konsekvens i form av tap av menneskeliv, og små eller uvesentlige økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser
Geoteknisk kategori 2	CC2/RC2	☒	CC2	Middels stor konsekvens i form av tap av menneskeliv, betydelige økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser
Geoteknisk kategori 3	CC3/RC3 ev RC4	☐	CC3	Stor konsekvens i form av tap av menneskeliv, eller svært store økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser

Kategori/konsekvensklasse er fastsatt av			
	Enhet/navn	Signatur	Dato
Geoteknisk prosjekterende	Geir Bertelsen	Geir Bertelsen Digitalt signert av Geir Bertelsen DN: cn=Geir Bertelsen, o=Statens vegvesen, ou=Ressursavdelingen, email=geir.bertelsen@vegvesen.no, c=NO Date: 2012.07.04 12:34:01 +02'00'	2012.07.06
Oppdragsgiver	Hallvor Solheim	Hallvor Solheim	2012.07.06

Kommentarer til valg av geoteknisk kategori/konsekvensklasse (pålitelighetsklasse)

PROSJEKTKONTROLL

	Enhet/Navn	Signatur	Dato
Grunnleggende kontroll	Geir Bertelsen	Geir Bertelsen Digitalt signert av Geir Bertelsen DN: cn=Geir Bertelsen, o=Statens vegvesen, ou=Ressursavdelingen, email=geir.bertelsen@vegvesen.no, c=NO Date: 2012.07.04 12:34:41 +02'00'	2012.07.06
Kollegakontroll	Harald Hauso	Harald Hauso Digitalt signert av Harald Hauso DN: cn=Harald Hauso, o=SVV, ou=Vegeteknisk seksjon, email=harald.hauso@vegvesen.no, c=NO Date: 2012.07.04 13:02:53 +02'00'	2012.07.06
Utvidet kontroll			
Uavhengig kontroll			
Godkjent	Hallvor Solheim	Hallvor Solheim	2012.07.06

Kontrollklasse	Kontrollform					
	Prosjektering			Utførelse		
	Grunnleggende kontroll	Kollega-kontroll	Uavh. eller utvidet kontroll	Basis kontroll	Intern systematisk kontroll	Uavhengig kontroll
B (begrenset)	kreves	kreves ikke	kreves ikke	kreves	kreves ikke	kreves ikke
N (normal)	kreves	kreves	kreves ikke	kreves	kreves	kreves ikke
U (utvidet)	kreves	kreves	kreves	kreves	kreves	kreves

Innhold:

1. Innledning	4
2. Geologiske oppfølging / Sikringsarbeider	4
2.1.Grunnlag	4
2.2.KSEs rutiner for kartlegging og bergmasseklassifisering	4
2.3.Byggherrens geologiske oppfølging.....	5
2.4.Geologiske sluttrapporter fra KSE.	5
Sluttkommentarer og konklusjoner	7

VEDLEGG:

- Vedlegg 1: Dr.ing. Buen AS: Jondalstunnelen. Sluttrapport.
Vedlegg 2: Dr.ing. Buen AS: Nordrepollentunnelen. Sluttrapport.
Vedlegg 3: Dr.ing. Buen AS: Torsnestunnelen. Sluttrapport

1. Innledning

Jondalstunnelen går fra Nordrepollen i Kvinnherad kommune til Torsnes i Jondal kommune. Tunnelen har tverrsnitt T8,5 og er ca. 10 050 meter lang. Drivingen startet fra søndre påhugg i november 2009, og fra nordre påhugg april 2010. Gjennomslag fant sted i november 2011.

Prosjektet omfatter også en kort tunnel ved Torsnes (Torsnestunnelen), ca. 587 m lang, og utvidelse av den eksisterende, ca. 650 meter lange Nordrepollentunnelen.

Arbeidene er utført som totalentreprise / fastpriskontrakt av hovedentreprenør Kruse Smidt AS, heretter forkortet KSE. Sikringsarbeidene er imidlertid skilt ut og gjort opp etter medgåtte mengder. Entreprenøren har hatt ansvaret for geologisk oppfølging og fortløpende kartlegging / bergmasseklassifisering ved stoff i henhold til godkjente prosedyrer.

Ingeniørgeolog Geir Bertelsen fra SVV, Vegteknisk seksjon har foretatt befaringer etter tilkalling og deltatt på jevnlig geologimøter med entreprenøren. Her sammenfattes denne oppfølgingen.

2. Geologiske oppfølging / Sikringsarbeider

2.1. Grunnlag

Grunnlaget for geologisk oppfølging og bestemmelse av permanent sikring har i hovedsak vært følgende:

1. SVV: Håndbok 021
2. NGI 1972: Beskrivelse av Q-systemet.
3. SVV: Jondalstunnelen. Geologisk rapport 2008237017
4. KSE: Rutine for utarbeidelse av permanentsikringsplan.

2.2. KSEs rutiner for kartlegging og bergmasseklassifisering

KSEs skiftformenn har på grunnlag av kurs og veiledning foretatt den fortløpende geologiske kartleggingen og bergmasseklassifiseringen ved stoff. Sikringsklasser er umiddelbart kommunisert til skiftbas.

Ved kartleggingen / klassifiseringen er det benyttet et skjema etter mal fra SVV. Utfylte skjema er digitalisert og lagt ut på «eRoom».

Data fra stoffkartleggingen er samordnet og overført til digitalt tunnelskjema i dwg-format (Auto Cad) og jevnlig lagt ut på «eRoom» for kontroll og godkjenning. Her er geologiske strukturer og klassifiseringsdata lagt inn for seksjoner på 75 meter.

KSE har engasjert Dr.ing. Bjørn Buen AS for faglig ingeniørgeologisk oppfølging og kvalitetssikring. Dette er bl.a. gjennomført ved jevnlig befaringer, der befaringsrapporter er lagt ut på «eRoom».

2.3. Byggherrens geologiske oppfølging

Formålet med byggherrens (SVVs) geologiske oppfølging har vært å påse at godkjente prosedyrer og rutiner ble fulgt på en faglig forsvarlig måte av totalentreprenør KSE, og at sikringen ble utført i henhold til sikringsklasser og kvalitetskrav.

Dette er gjort ved befaringer, deltakelse i egne geologimøter med KSE og ved kontroll av dokumentasjon som er lagt ut på «eRoom». Det vises i den forbindelse også til befaringsrapporter og til referat fra geologimøtene.

2.4. Geologiske sluttrapporter fra KSE.

KSE har i henhold til Hb 021 utarbeidet sluttrapporter, både for hovedtunnelen (Jondalstunnelen), og for de to korte tunnelene Torsnestunnelen og Nordrepollentunnelen. Nedenfor kommenteres disse kort:

Generelt

Krav til teknisk sluttrapport for tunneler er gitt i Hb 21 kapittel 12. Den skal i korthet inneholde:

- Geologisk- /ingeniørgeologisk dokumentasjon med kartlegging og beskrivelser. Bakgrunnsmateriale skal inkluderes og arkiveres. Elektronisk dokumentasjon skal være søkbar og klargjort for lagring i database.
- Inspeksjonsrutiner skal angis. Områder som krever spesiell oppfølging skal beskrives.
- Eventuelle avvik i utførte sikringsmengder i forhold til det som var forutsatt i konkurransegrunnlaget skal begrunnes.

Jondalstunnelen

Det vises til sluttrapport fra Dr.ing. Bjørn Buen AS i vedlegg 1.

I rapporten vises det til at godkjente elektroniske kartleggingsskjema er lagt ut på «eRoom» og klargjort for lagring i database. Det samme gjelder relevant grunnlagsmateriale.

Rapporten beskriver en del spesielle ingeniørgeologiske forhold og sammenholder disse med geologisk rapport for konkurransegrunnlag. Noen avvik forekommer, og er forklart.

Det påpekes at muligheten for spenningsavskalling / sprakefjell er nevnt i geologisk rapport, med henvisning til erfaring fra Folgefonntunnelen. Omfanget vurderes å ha blitt vesentlig mindre enn det som kunne forventes ut fra rapporten.

Sluttrapporten beskriver spesielt 3 store svakhetssoner ved følgende lokaliter som har krevd tung sikring.

1. 9 040-9 115.
2. 13 385-13 430
3. 14.720-14.830

Alle sonene er krysset med forbolting, korte salvelengder og sikring med armerte sprøytebetongbuer, i tillegg til tett, radiell bolting og fiberarmert sprøytebetong. For to av sonene (1 og 2) er det utført konvergensmålinger for å dokumentere stabile forhold. Målingene viser stabile forhold etter noe supplerende sikring i veggene, senest dokumentert for sone 2 i e-post datert 23.06.2012. Dokumentasjon er lagt ut på «eRoom» og klargjort for digitalt arkiv.

Rapporten anbefaler visuell inspeksjon av de tre nevnte svakhetssonene for riss / deformasjoner. Det samme gjelder for to skyvesoner ved henholdsvis 7 100 og 11 600. Inspeksjon for mulig utvikling av spenningsbetinget avskalling i veggene anbefales også som en del av rutinen.

For disse lokalitetene anbefales en inspeksjonsfrekvens på 3 mnd. det første driftsåret og deretter normale inspeksjonsrutiner.

Nordrepollentunnelen

Det vises til sluttrapport fra Dr.ing. Bjørn Buen AS i vedlegg 2.

Den ca. 40 år gamle tunnelen med en kjørebane ble besluttet utvidet til tverrsnitt T8,5. Rapporten beskriver ingeniørgeologi, stabilitetsforhold og utført sikring. Bergmassekvaliteten beskrives i hovedsak som god etter Q-systemet, men enkelte parti med middels kvalitet forekommer. Det dominerende sprekkesystemet er overflateparallele avlastingssprekker. Dette sprekkesystemet har også spiss vinkel til tunnelen. Det har gjort det nødvendig med relativt omfattende bolting.

Det er ikke registrert svakhetssoner i tunnelen.

Sikring for den utvidede tunnelen er utført i henhold til bergmasseklassifisering etter samme rutiner som for Jondalstunnelen.

Det er ikke registrert forhold som krever spesielle inspeksjonsrutiner. Det anbefales altså normale inspeksjonsrutiner for denne tunnelen.

Torsnestunnelen

Det vises til sluttrapport fra Dr.ing. Bjørn Buen i vedlegg 3.

Rapporten beskriver ingeniørgeologi, stabilitetsforhold og utført sikring. Bergarten varierer noe langs den tunnelen, fra en granittisk gneis i syd, til en migmatittisk gneis i midtpartiet og en grå båndet gneis i nordre del.

Bergmassekvaliteten i tunnelen varierer også en del. Det skyldes i hovedsak varierende sprekke tetthet og forvitringsgrad.

Det er ikke registrert noen markerte svakhetssoner i tunnelen.

Sikring i denne tunnelen er også utført i henhold til bergmasseklassifisering og etter samme rutiner som for Jondalstunnelen.

Sluttkommentarer og konklusjoner

Data for geologi, bergmasseklassifisering og sikring er sammenfattet i digitale tunnelskjema, inndelt i seksjoner på 75 m. Disse er gjennomgått og godkjent av SVVs geolog basert på befaringer og gjennomgang av bakgrunnsmateriale. Både skjemaene og relevant grunnlagsdokumentasjon er klargjort for digitalt arkiv. Dette gjelder både for hovedtunnelen (Jondalstunnelen) og for de to korte tunnelene, Nordrepollentunnelen og Torsnestunnelen.

Jondalstunnelen har krysset tre store svakhetssoner der det er utført tung sikring med armerte sprøytebetongbuer. Ved to av dem viser innsendte leirprøver svellende materiale og det er utført konvergensmålinger for å dokumentere stabile forhold. Målingene viser stabilitet, etter at noe supplerende sikring er utført. Dokumentasjon for dette er klargjort for digitalt arkiv. Det anbefales utvidet visuell inspeksjon ved de tre sonene i noen år framover (se vedlegg 1).

For øvrige deler av tunnelsystemet anbefales normal inspeksjon.

For Jondalstunnelen sammenlignes prognoser i geologisk rapport for konkurransegrunnlag, med de forholdene man har erfart under utførelse. Avvik vurderes og forklares. Det gjelder både geologi, stabilitetsforhold og sikringsmengder.

Etter dette vurderes sluttrapportene fra KSE / Dr.ing. Bjørn Buen AS å tilfredsstille kravene i Hb 021, kapittel 12, og kan dermed godkjennes. Det samme gjelder tunnelskjema og annen grunnlagsdokumentasjon som er klargjort for digitalt arkiv.

JONDALSTUNNELEN

Sluttrapport

Generelt

Jondalstunnelen går fra Nordrepollen til Torsnes, er bygget med profil T8.5 og er ca 10050 meter lang. Byggingen startet fra søndre påhugg i Nordrepollen i november 2009, dernest fra nordre påhugg ved Torsnes i april 2010. Gjennomslag fant sted i november 2011, på dagen 2 år etter første salve i påhugget i sør. Den valgte linjeføring, et av flere alternativer, samsvarer med Alternativ S6 – N6 i anbudsgrunnlaget.

Avtalen mellom Statens Vegvesen og entreprenøren Kruse-Smith AS er fast pris, men med regulering av sikringsarbeider. Entreprenøren gjør for detaljplanlegging og dokumenterer denne. For tunnelarbeidene betyr dette at hver salve blir kartlagt, bergmassekvaliteten klassifisert i henhold til Q-metoden og sikring blir valgt i henhold til sikringsklasse. Systemet er beskrevet i Håndbok 021. For Jondalstunnelen ble bruk av sprøytebetong til vegg sikring i den beste bergmassekvaliteten redusert i henhold til pålegg fra Byggherren.

Kartlegging av de enkelte salver og notater fra verifikasjon utført av ingeniørgeolog med planleggingsansvar foreligger, ref. «eRoom». En oppsummering av kartlegging og utført sikring er gjort i 75 meter bolker og foreligger i papirformat og elektronisk, ref. «eRoom».

Topografi

Terrenget stiger ganske raskt opp mot nivå 1000 moh. med topper på vel 1200 meter. Flatebødalen som går omtrent N-S fra Nordrepollen er eneste store dalføre som krysser tunneltraseen. Daurnåldalen med markert N-S oppsprekking er en mindre markert struktur.

Bortsett fra bekken i Flatebødalen er det ikke reservoarer i som kan gi opphav til betydelige konsentrerte lekkasjer i tunnelen.

Overlagringen gir en effektiv overlaging på 800 til 1000 meter for store deler av tunnelen. Med romvekt 26 – 27 kN/m³ gir dette en teoretisk vertikalspenning på 21 til 27 MPa i tunnelnivå.

Bergartsfordeling

Det har ikke vært gjort noen petrografiske analyser av bergartstypene som er truffet på i tunnelen. Ut fra kartleggingen i tunnelen dominerer båndet gneis fra påhugg i Nordrepollen i syd en strekning på ca 6 kilometer. Foliasjonen i gneisen har generelt strøk med spiss vinkel til tunnelaksen og varierende, ofte steilt fall. I de mørke båndene opptrer både biotitt og amfibol. Avhengig av feltspattype varierer fargen på de lysere båndene fra rødlig (kalifeltspat) til lys grå (plagioklas) der lys grå dominerer som farge.

Et parti ved kilometer 7.1 til 7.3 består av glimmergneis, delvis klorittførende. Sonen stryker Ø – V og har midlere nordlig fall. Karakteren tilsier at dette er en skyvesone som for øvrig var beskrevet i den geologiske rapporten til anbudet.

En mindre skyvesone med strøk NØ – SV og fall 20 -30° NV krysser tunnelen ved kilometer 11.57. Sonen har tett parallell oppsprekking og glidespeil på enkelte av flatene.

De nordligste ca 4 kilometer av tunnelen krysser båndet gneis i veksel med øyegneis (migmatitt) der øyegneis dominerer de siste 1.5 kilometer frem til Torsnes. Gneisen har strøk som danner spiss vinkel med tunnelaksen og overveiende midlere vestlig fall.

En grov samlebetegnelse på berget i tunnelen vil være granittisk gneis.

Prognosen fra den geologiske rapporten, som igjen baserer seg på berggrunnskart fra NGU, tilsa båndet gneis i syd, øyegneis i nord og granitt i midtpartiet av tunnelen. Den beskrevne granitten ble ikke påtruffet, noe som trolig skyldes skyvedekketektonikken i regionen.

Svakhetssoner

Tunnelen krysser 3 store svakhetssoner; ved kilometer 9.1, 13.4 og 14.75.

Mellom kilometer 9.040 og 9.115 er berget tett oppsprukket, delvis knust og omvandlet. Prøve av leirmateriale fra sonen er analysert ved SINTEF, rapport 10076IG, og viser meget aktivt svellende materiale. Den steile sonen med forløp NNØ – SSV ligger midt i Flatebødalen og har bredde ca 30 meter og skjærer tunnelen under spiss vinkel. Ved driving ble det brukt forbolter og armerte buer, salvelengde var i regel 3 meter. Det ble ettersikret med flere armerte buer samt raster med 6 meter lange innstøpte bolter i veggene. Alt ble sprøytet inn med tykk fiberbetong. Sikringskapasiteten ble kontrollert med konvergensmåling. Veggdeformasjon på 1 – 2 cm stanset etter veggbolting. Tunnelen krysser noen mindre slepper og sprekker med samme forløp, N20°/70°V over en 0.5 kilometerstrekning videre mot nord.

En konsekvens av sonen var at en nisje som var planlagt i området der svakhetssonen krysser tunnelen ble flyttet mot nord ut av området med svært lav bergmassekvalitet.

Mellom kilometer 13.385 og 13.430 skjærer en svakhetssone med strøk N-S og vertikalt fall tunnelen under spiss vinkel. Sonen er tett oppsprukket, berget delvis omvandlet og leire opptrer som sprekkefylling. Leirprøve analysert av SINTEF, rapport 11020IG, viser aktivt svellende materiale. Strekningen ble drevet ut med korte salver, forbolting og armerte buer. Konvergensmåling indikerte behov for systematisk bolting av vegger med lange innstøpte bolter og ekstra tykkelse med fiberarmert sprøytebetong.

Mellom kilometer 14.720 og 14.830 krysser tunnelen en sone med strøk N-S og 80° vestlig fall. Sonen faller sammen med Daurmålsdalen og var indikert i den geologiske rapporten. Korte salver, forbolter og armerte buer ble brukt gjennom sonen. Leirprøve analysert av SINTEF, rapport 10055IG, indikerte lite aktivt sprekke materiale.

Bergtrykk

Det var forventet avskalling på grunn av høyt bergtrykk i tunnelen. Dette var grunnet i høy effektiv overlagering og en bergart som var stiv og hadde relativt lav strekkfasthet.

I praksis viste det seg at avskallingsintensiteten mest var lav til moderat på strekningene med høy overdekning og at strekk med det som kan benevnes middels intensitet var begrenset. Tendens til avskalling viste seg ca 1.5 kilometer inn fra påhuggene både fra Austrepollen og fra Torsnes. På strekningene med middels intensitet ble det sikret med 10 cm fiberbetong i hele tverrsnittet samt systematisk bolting med bolteavstander 1.5 meter.

Årsaken til gjennomgående lavere avskallingsintensitet enn forventet kan ha årsak i forhold som liten spenningsanisotropi, oppsprekkingsgrad høy nok til å redusere elastisitetsmodulen i bergmassen og høyere strekkfasthet i berget enn forventet.

Bortsett fra en observert sammenheng mellom oppsprekkingsgrad og avskalling der intensiteten var høyere i lite oppsprukket berg, er det ikke gjort registreringer som kvantifiserer virkninger av bergmekaniske forhold.

Vannlekkasje

Et lite stykke inn fra portalen i Nordrepollen opptrer ”normale” drypplekkasjer som varierer med årstid og nedbør. Sydover fra portalen ved Torsnes er tunnelen gjennomgående fuktig med hyppige drypp og fuktutslag over en strekning på ca 1.5 kilometer. Strekningen samsvarer grovt med forekomst av øyegneis i tunnelen. Etter ca 1.5 kilometer endres bergmassen til øyegneis og båndgneis i veksling, spenningsavskalling merkes og tunnelen blir ”tørr”. Den nordre ”våte” delen av tunnelen ligger vest for sprekker og svakheter markert av Daurmålsdalen mens ”tørr” tunnel ligger på østsiden.

Geologisk prognose sammenlignet med bygget tunnel

Prognosen er gitt i rapport til konkurransegrunnlaget nr. 2008237017-3. Som nevnt foran er det ikke påtruffet granitt i tunnelen, kun gneis. Det er tatt forbehold om bergartsgrenser i rapporten, grunnlagt med usikkerhet på grunn av stor overdekning. Endring i bergartstype i forhold til prognose vurderes ikke å være av vesentlig anleggsteknisk betydning og innenfor akseptabel presisjon sett i forhold til overdekning.

To av de større svakhetssonene, Flatebødalen og Daurmålsdalen var indikert i rapporten, sannsynlighet for flere soner var presisert, likeledes potensialet for svellende leirminerale i sonene. Rapporten vurderes å gi et godt bilde av hva som kunne forventes av svakhetssoner.

Oppsprekkingsgraden i berget synes å være noe undervurdert i rapporten vurdert ut fra kapittel 6, Tabell 1 med forventede Q-verdier. Normalsituasjonen i tunnelen var 3 sprekkesett der sprekker gneisens foliasjonsplan gjerne representerte et av settene.

Spenningsbetinget avskalling benevnt sprakefjell i rapporten omtales som usikkert i omfang og intensitet. Det vises til den nærliggende Folgefonntunnelen som sammenligningsgrunnlag. Rapporten påpeker klart at avskalling må forventes, men omfanget vurderes å ha blitt merkbart mindre enn hva som kunne trekkes ut av en direkte sammenligning med Folgefonntunnelen.

Sikringsmengder

Sikring i tunnelen har vært basert på klassifikasjon etter Q-systemet. Tabell 7.1 i Håndbok 021 ”Veggtunneler – Normaler” har vært veiledende med hensyn til valg av sikringskapasitet i forhold til kartlagt bergmasekvalitet. En tilpassing av veggsikring Sikringsklasse I etter pålegg fra Byggherren har medført at sprøytebetongsikringen der bergmassekvaliteten har tillatt dette er avsluttet noe høyere i veggene, men alltid slik at kjørebanelen har vært dekket.

Sikringsklassene I og II med 8 cm sprøytebetong E700 og tilpasset, enten spredt eller systematisk bolting med 3 meter endeforankrede bolter har vært dominerende i tunnelen. Sikringsklasse III med 10 cm sprøytebetong E1000 har i hovedsak kommet til anvendelse der det har vært bergtrykksbetinget avskalling. Sikringsklasse IV med forbolter, armerte buer og spesielt tilpasset sikring har i hovedsak blitt benyttet i de 3 større svakhetssonene beskrevet foran.

Hovedmengdene i sikringsmidler er gitt i tabellen under. For lange innstøpte bolter er det ikke skilt mellom forbolter og andre innstøpte bolter da begge bruksområder regnes som del av den permanente sikringen i tunnelen.

Sikringsmiddel	Mengde	Fordeling per meter tunnel
Sprøytebetong E 700	14707,5 m ³	
Sprøytebetong E1000	6942 m ³ Total 21650m ³	2,15 m ³ /m
Endeforankret bolt 2.4 -4m	40363 stk	
Kombinasjonsbolt 2.4 -4m	1474 stk Total 41837 stk	4,16 stk/m
Innstøpt bolt > 3m	1717 stk	-----
Armerte buer	27 stk	-----
Fjellbånd	2384 m	-----

Det har ikke forekommet lekkasje som har gjort bruk av injeksjon til tetting nødvendig.

Inspeksjonsrutiner

De 3 større svakhetssonene beskrevet foran bør kontrolleres visuelt for riss som kan indikere deformasjon. Det samme gjelder skyvesonene ved kilometer 7.1 og 11.6. Dette kommer i tillegg til en normal visuell kontroll av tunneloverflaten. Generelt gjelder at spenningsbetinget avskalling med lav intensitet utvikler seg sakte. Mulig utvikling av skiver i veggene bør inngå som punkt i inspeksjonsrutinen.

Anbefalt inspeksjonsfrekvens er hver 3 måned i det første bruksåret dernest følges normale rutiner.

Røyken 30.12.11

Bjørn Buen

NORDREPOLLENTUNNELEN

Sluttrapport

Nordrepollentunnelen er ca 650 meter lang. Tunnelen ble bygget i forbindelse med vannkraftutbyggingen i Mauranger for ca 40 år side og da med et tverrsnitt tilpasset en kjørebane. I forbindelse med bygging av Jondalstunnelen ble det besluttet å strosse eksisterende tunnel til tverrsnitt T8.5.

Den ”gamle” tunnelen var sikret med spredt bolting i tillegg til rensk. Bergmassekvaliteten ble i hovedsak vurdert som god, men avlastningssprekker med forløp parallelt terrengoverflaten var tydelige over en strekning på ca 200 meter fra nordlig påhugg. Disse avlastningssprekkene var delvis åpne. Dette førte til noe drypplekkasje, noe som også forekom ved begge påhuggene.

I den utvidede tunnelen er klassifisering og sikring utført etter retningslinjene i Håndbok 021. Kartleggingsskjemaer og notater foreligger, ref. eRoom. En oppsummering av kartlegging og utført sikring er gjort i 75 meter seksjoner og foreligger i papirformat og elektronisk ref. eRoom.

Topografi

Tunnelen ligger nær fjorden i en bratt dalside med topp i nivå kote 1000. Dybden av fjorden på stedet er ikke kjent. Tunnelen ligger nær terrengoverflaten slik at bergtrykket vil være anisotropt. Observasjoner i den ”gamle” tunnelen indikerer at den ligger i den ytre delvis avspente sone.

Bergartsfordeling

Opptredende bergart i tunnelen er en grå båndet gneis. I et område på ca 50 meter ved nordlig påhugg er andel mørke mineraler høyt slik at betegnelse glimmergneis er dekkende for den noe skifrige bergarten. På grunn av omdanning (migmatitt) er strukturen ofte diffus, men et gjennomgående forløp med svakt vestlig fall synes å dominere.

Bergmassekvalitet

Bergmassen er gjennomgående moderat til middels oppsprukket. Overflateparallele avlastningssprekker med varierende, ofte liten, sprekkavstand utgjør hovedsprekkesystemet. Dette systemet har til dels spiss vinkel med tunnelaksen og har medført en del bolting. Generelt er bergmassekvaliteten i tunnelen god avløst av enkelte kortere brukbare partier

Det er ikke observert noen svakhetssoner i tunnelen. Noe forvitring opptrer langs de mest åpne og permeable avlastingssprekkene.

Bergtrykk

En svak tendens til avskalling kunne spores i midtpartiet av tunnelen der denne ligger med størst avstand til terrengoverflaten. Effekten ble kontrollert med standart 8 cm sprøytebetong og bolter.

Spesielle forhold

Begge påhugg krevde forbolting og radiell bolting med bånd. Påhugget i nord var utfordrende på grunn av forvitring og åpne overflateparallele sprekker. For det nordlige påhugg ble det

valgt å drive innenfra og ut slik at ”skivene” i hengen kunne sikres og bindes sammen for hver salve.

Sikringsmengder

Sikringsmiddel	Mengde	Fordeling per meter tunnel
Sprøytebetong E 700	1681,5 m ³	
Sprøytebetong E 1000	0 m ³ Total 1681,5 m ³	2,59 m ³ /m
Endeforankret bolt 2.4 – 4 m	2225 stk	
Kombinasjonsbolt 2.4 – 3m	37 stk Total 2262 stk	3,48 stk/m
Innstøpt bolt > 3m	231 stk	-----
Armerte buer	stk	-----
Fjellbånd	m	-----

Det har ikke forekommet lekkasje som har nødvendiggjort bruk av injeksjon.

Inspeksjonsrutiner

Det er ikke observert forhold knyttet til berget som krever at normale inspeksjonsrutiner fravikes.

Røyken 31.05.12

Bjørn Buen

TORSNESTUNNELEN**Sluttrapport***Generelt*

Torsnestunnelen med tverrsnitt T8.5 og lengde ca 587 meter ble drevet som del av prosjektet Jondalstunnelen og ligger ca 1.5 km nord for dennes nordlige portal. Tunnelen ble drevet i 2010 med gjennomslag i slutten av januar 2011.

Kartlegging, klassifisering og sikring i tunnelen er utført i henhold til retningslinjer gitt i Håndbok 021. Kartleggingsskjemaer og befaringsnotater foreligger, ref. eRoom. Sammendrag av kartlegging og utført sikring er gjort i 75 meter seksjoner og foreligger i papirformat og elektronisk, ref. eRoom.

Topografi

Tunnelen ligger i en fjellside som lokalt når nivå ca 1000 moh. Selve tunnelen ligger i nivå 80 – 90 moh. med overdekning i området 10 til 50 meter med 30 meter som et ganske typisk gjennomsnitt. Topografien med høydeforskjell og bratt fjellside tilsier at et dyptliggende anlegg ville kunne bli utsatt for spenningsbetinget avskalling, men at denne tunnelen, som ligger grunt, ligger i en ytre avspenningssone.

Bergartsfordeling

Bergartstypene varierer langs tunnelen. I syd opptrer en granittisk gneis, i midtpartiet en migmatitt der blokker av mørke bergarter flyter i en lysere, ofte pegmatittisk, masse og i nord opptrer en grå båndet gneis.

Bergmassekvalitet

Variierende oppsprekingsgrad, ofte fra middels til noe høy, bidrar til variasjoner i kvalitet. I tillegg bidrar dagfjellsproblematikk med forvitring og vannsig til lokal kvalitetsreduksjon. Typiske områder finnes mellom kilometer 16575 og 16675 og mellom 16790 og 16815. Det er her ikke tale om egentlige svakhetssoner, men områder der oppsprekingsgrad og forvitring har ført til redusert kvalitet.

Det er ikke registrert spenningsbetinget avskalling i tunnelen.

Sikringsmengder

I områdene hvor bergmassekvaliteten er lav er det benyttet 10 cm fiberbetong og systembolting både i heng og vegger. I øvrig er det i stor utstrekning benyttet 8 cm fiberbetong i kombinasjon med bolting. Boltemengden reflekterer en relativ høy oppsprekingsgrad i berget.

Sikringsmiddel	Mengde	Fordeling per meter tunnel
Sprøytebetong E 700	1199 m ³	
Sprøytebetong E 1000	0 m ³ Total 1199m ³	2,04 m ³ /m
Endeforankret bolt 2.4 – 4 m	2419 stk	
Kombinasjonsbolt 2.4 – 3 m	4 stk Total 2423stk	4,13 stk/m
Innstøpt bolt > 3 m	107 stk	-----
Armerte buer	stk	-----
Fjellbånd	m	-----

Det er ikke vurdert å være behov for injeksjon for vanntetting i tunnelen.

Inspeksjonsrutiner

Det er ikke observert forhold knyttet til berget som tilsier at normale inspeksjonsrutiner bør frafikes.

Røyken 31.05.12

Bjørn Buen