

Prosjektrapport

715
RV-707 TROLLA

*Utført av:
Knut Simen Jacobsen
Frode Nilsen*

1 INNLEDNING**1.1 BESKRIVELSE AV OPPDRAGETS ART**

Vegvesenet skal utbedre, delvis bygge ny RV 707 fra Trondheim til Flak. I den forbindelse skal det vurderes mulighetene for en eventuell tunnel ved Trolla.

1.2 TIDLIGERE UTFØRTE UNDERSØKELSER I OMRÅDET

Under utarbeidelsen av forprosjektrapport for anlegget, ble det gjort grundige studier av geologiske- og topografiske kart. Flyfotostudier ga ikke mye nyttig informasjon, da området er dekket med skog.

1.3 UTFØRTE UNDERSØKELSER

Som grunnlag for rapporten er det foretatt in situ målinger av strøk og fall på sprekker og svakhetssoner. Det ble også utført kartlegging av bergarter som var forventet å finne i området.

2 GRUNNLAGSMATERIALE

2.1 TOPOGRAFISKE KART / FLYBILDER

- * Trolla 1:1000 (Topografisk kart)
- * Flyfoto " Fjellanger Widerø "

2.2 GEOLOGISKE KART OG RAPPORTER

- * Trondheim 1:250 000 (Berggrunnskart)
- * Sør-Trøndelag fylke 1:250 000 (Kvantærgeologisk kart)

2.3 ANNET GRUNNLAGSMATERIALE

- * Sluttrapport Støren

3 RESULTATER

3.1 LØSMASSER, OVERDEKNINGSGRAD.

Under feltarbeidet 6.11.92 ble det observert at det var svært liten grad av løsmasse-overdekning langs tunnel-traséen. Området var dekket med skogbunn, anslagsvis 30-70 cm.

Deler av fjellet var blottet for dagen. Det var også enkelte steinblokker i området, noe som tyder på liten løsmasseoverdekning.

3.2 DAGFJELL, FORVITRING

Etter studier av berggrunnskart ventet vi å finne hovedsaklig grønnstein og grønskifer. Vi så heller ikke bort ifra å finne forekomster av kvartskeratofyr og granittiske bergarter langs tunneltraséen.

Det var svært liten forvitring i området med unntak av områdene rundt svakhetssonen (bergartsgrensen) og i grønskiferen ved påhugg.

3.3 BERGARTSFORDELING / BERGARTSTYPER

Området består hovedsaklig av grønnstein og til dels grønskifer, med innslag av granodioritt og kvartskeratofyr.

I vest-enden av tunnelen ble det observert grønskifer i tunnelens plan, det ble også observert feltspat som var omdannet ved metamorfose.

Enkelte steder ved påhugget kunne man også observere foldiasjon av grønskifer.

Omtrent ved pel 690 ble det observert forekomster av granodioritt.

Mektigheten av denne bergarten var cirka 1-2 m i traséens retning. Dette vil ikke ha noen stor betydning for drivinga. Av studier i en nærliggende skjæring ble det observert at denne bergarten ikke var gjennomsettende. Det kunne se ut som den bare ville penetrere de 1-2 øverste meter av tunnelen. Man kan ikke se bort ifra at den vil penetrere hele tunnelens tverrsnitt.

I områder fra pel 620 - 670 var det hovedsaklig grønnstein, men også forekomster av grønskifer.

Ved pel 630 ble det observert en smal stripe, 40-50 cm, av kvartskeratofyr. Langs resten av tunneltraséen ble det kun observert grønnstein.

Grønnstein:

Omdannet (metamorf) homogen bergart med: 0-50 % albittfeltspatt, 50-90 % amfibol, kloritt og epidot.

Grønnskifer:

Omdannet (metamorf) skifrig bergart med høyt klorittinnhold, oftest av vulkansk opprinnelse.

Granodioritt:

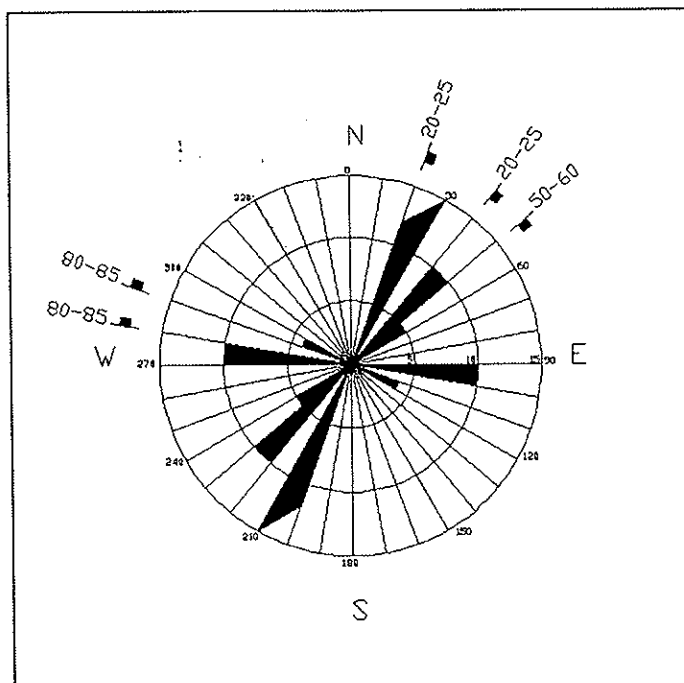
Sur dypbergart, 15-55 % kvarts, 15-75 % plagioklas, 0-25 % alkaliefeltspat, 5-40 % glimmer, hornblende eller pyroksen.

Kvartskeratofyr:

Størkningsbergart dannet av vulkansk aske.

3.4 OPPSPREKKING

Det ble foretatt endel feltmålinger av strøk og fall 6.11.92 og 9.11.92. Resultatene av disse målingene er fremstilt ved en sprekkerose, se fig 1



Figur 1 Sprekkerose.

Som det fremkommer av sprekkerosen, dreier det seg om to hovedsprekkesystemer. Et med strøk N 20-50 Ø og fall 20-25 Ø og et med

strøk N 90-100 Ø og fall 80-85 N. Sprekkesystemet med strøk N 110-120 Ø og fall 80-85 N så ut til å være deler av et foldiasjonsplan. I nærheten av tunnel-annlegget ble det observert foldiasjoner med andre strøk og fall men som antakeligvis er en del av samme foldiasjon. Derfor tas det forbehold om strøk og fall av foldiasjonen.

3.5 SVAKHETSSONER

Som antatt under forprosjekteringen, var det en svakhetssone omtrent 70 m inn i tunnelen fra påhugg. Denne kom frem som et markert søkk i terrenget over tunnelen. Det er ikke direkte en svakhetssone, det ser heller ut som en bergartsgrense enn en tektonisk bruddsone, derfor vil det ikke få noen konsekvenser for drivinga gjennom tunnelen. Men man kan ikke se bort ifra at det kan være stor grad av oppsprekking i bergartgrensene. Det viste seg at svakhetssonen besto av en 30-40 cm. tykk stripe av kvartskeratofyr med strøk N 51 Ø og fall 45 Ø.

3.7 BERGTRYKK

Det er relativt liten fjelloverdekning der tunnelen planlegges å plasseres, det er derfor ikke nødvendig å ta noen spesielle hensyn til høye bergtrykk.

3.8 LABORATORIEUNDERSØKELSER

Det er ikke foretatt noen laboratorieundersøkelser da det ikke har vært midler eller muligheter til å utføre dette.

4. RESULTATER

4.1 PLASSERING, ORIENTERING, UTFORMING OG DIMENSJONERING

Tunnelen skal ha tverrsnitt T8 og er valgt plassert slik som vist på tegning 707-02. Dette er hensiktsmessig først og fremst med tanke på oppsprekking og svakhetssoner. kfr.fig.1

Dette er også hensiktsmessig med tanke på å oppnå minst mulig tunnellengde og masser. Overdekningen for tunnelen bør som en tommelfingerregel minst være en gang bredden av tunnelen, dvs 8.0 m . Med denne plasseringen oppnås en fjelloverdekning på minst 10-11 meter.

4.2 DRIVEMETODER

I og med at tunnelen er kort, vil det være uaktuelt med noe annet enn konvensjonell drift.

Tunnelen drives i stigning, da minsker man behovet for utpumping av vann fra eventuelle lekkasjer i fjellet og reduserer forurensingen fra forbrenningsmotorene i anlegget.

Anleggstiden antas til være omtrent 2 mnd.

4.3 STABILITETSFORHOLD / VANNLEKKASJER

Velger å bruke Q-verdien for å bestemme stabiliteten av tunnelen.

Q-Verdien er et tall for kvaliteten av en bergmasse med hensyn til stabilitet i bergrom beregnet på grunnlag av 6 materialtekniske parametre.

Q-verdien beregnes etter formelen:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_r}{J_a} \cdot \frac{J_w}{SRF}$$

RQD - Oppsprekningstall	= 90
J _n - Sprekkesett-tall	= 4-6
J _r - Sprekkens ruhetstall	= 3.0
J _a - Sprekkematerialets styrketall	= 3.0
J _w - Sprekkevannsfaktor	= 0.7-0.8
SRF - Bergspenningsfaktor	= 2.5

Dette fører til Q= 11-20 ; middels til gode stabilitetsforhold.

På grunnlag av feltarbeidet antas det middels vannlekkasje, dette kan man observere i "gamle" fjellskjæringer i nærheten av traséen.

4.4 VANSKELIGHETSGRAD & SIKRINGSOMFANG

Vanskelighetsgraden kan sies å være lav, i og med at grunnforholdene er enkle og oversiktlige. Enkle grunnundersøkelser kreves for å fastlegge eventuelle nødvendige geotekniske parametre. Tilfredsstillende erfaringer fra tilsvarende grunnforhold og konstruksjoner kan dokumenteres.

Ut ifra Q-verdien, bredden på tunnelen, forholdstall for bergsikring (ESR) og vedlegg 3, kommer man frem til at det bør gjennomføres systematisk bolting gjennom hele tunnelen.

Antakeligvis må det brukes sprøytbetong gjennom svakhetssonen og i partiet med grønnskifer. Omfanget på dette er kalkulert til omtrent 800 m². I tunnelendene må det støpes mot ras, omfanget på dette er utregnet til omtrent 8 lm betong.

I vestenden kan det være en fordel å støpe ut mer da det er prosjektetert ny vei til byggefeltet vest for påhugget, kfr. tegning nr 707-01.

4.5 BORBARHET OG SPRENGBARHET

Da det ikke har vært muligheter for prøvetaking og testing i laboratoriet, har vi brukt data fra tidligere prøver fra nærliggende områder. Ut ifra verdier fra Høvringen, som ligger ca 900 m fra Trolla, er det kommet frem til følgende resultat:

BERGARTSTYPE:	DRI	BORBARHET	SPRENGBARHET
Grønnstein	52-58	Middels/høy	Middels-tungspr.
Grønnskifer	56-61	Høy/middels	Dårlig
Granodioritt	36-46	Lav	God
Kvartskeratofyr	63-68	Høy	God

4.6 ANVENDELSE AV UTSPRENGTE MASSER

De utsprenge massene består hovedsaklig av grønnstein som er godt egnet til veibyggingsmateriale. Disse massene kan derfor benyttes i fylling til prosjektetert vei opp til Granskauen boligfelt vest for anlegget.

Det kan også tenkes at disse massene kan inngå som en del av massebalansen på andre deler av den prosjekterte veien.

4.7 KOSTNADSVURDERING

Kostnadsberegninger er basert på erfaringsmateriell fra tidligere anlegg av omtrent samme art, samt egne vurderinger og antakelser.

Kalkylen er foretatt ved å anslå laveste, sannsynlig og høyeste anslag. På grunnlag av dette er det beregnet middelvei og standardavvik. kfr.vedlegg "kostnadskalkyle".

Dette gir følgende :

Prosjekteringskostnader	0,-
Totalkostnader (før mva. og rigg)	2.383.100,-
Riggkostnader (10 % av totalkostnader)	238.310,-
Merverdiavgift	262.141,-
Sum	2.883.551,-

Riggkostnader beregnes ut fra erfaring til 10 % av totalkostnadene. I riggkostnadene inngår også kostnader til administrasjon o.l.

Anlegg hvor staten er byggherre betales kun moms på varer, ikke på tjenester. For å få beregnet momsen, uten å gå for mye i detalj, er det valgt å fordele kostnadene likt på varer og tjenester, dvs 10 % moms av totalen.

Usikkerheten i kostnadskalkylen gjenspeiles både fra usikkerheten i enhetsprisene og i mengdene.

Det kommer også frem av kostnadskalkylen hvor den er mest følsom for variasjoner i enhetsprisene.

Dersom man akter å gjøre en mer detaljert kalkyle bør man se nærmere på følgende poster i prioritert rekkefølge:

1. Tunnel
2. Utstøping

5 KONKLUSJON

5.1 ANBEFALINGER MHT. PLASSERING / ORIENTERING

Beregninger er utført på bakgrunn av at tunnelen blir valgt plassert og orientert slik som beskrevet under punkt 4.1. Dette er også den beste løsningen med tanke på god økonomi. Slik tunnelen er plassert vil stigningen på veien bli 7,5 %.

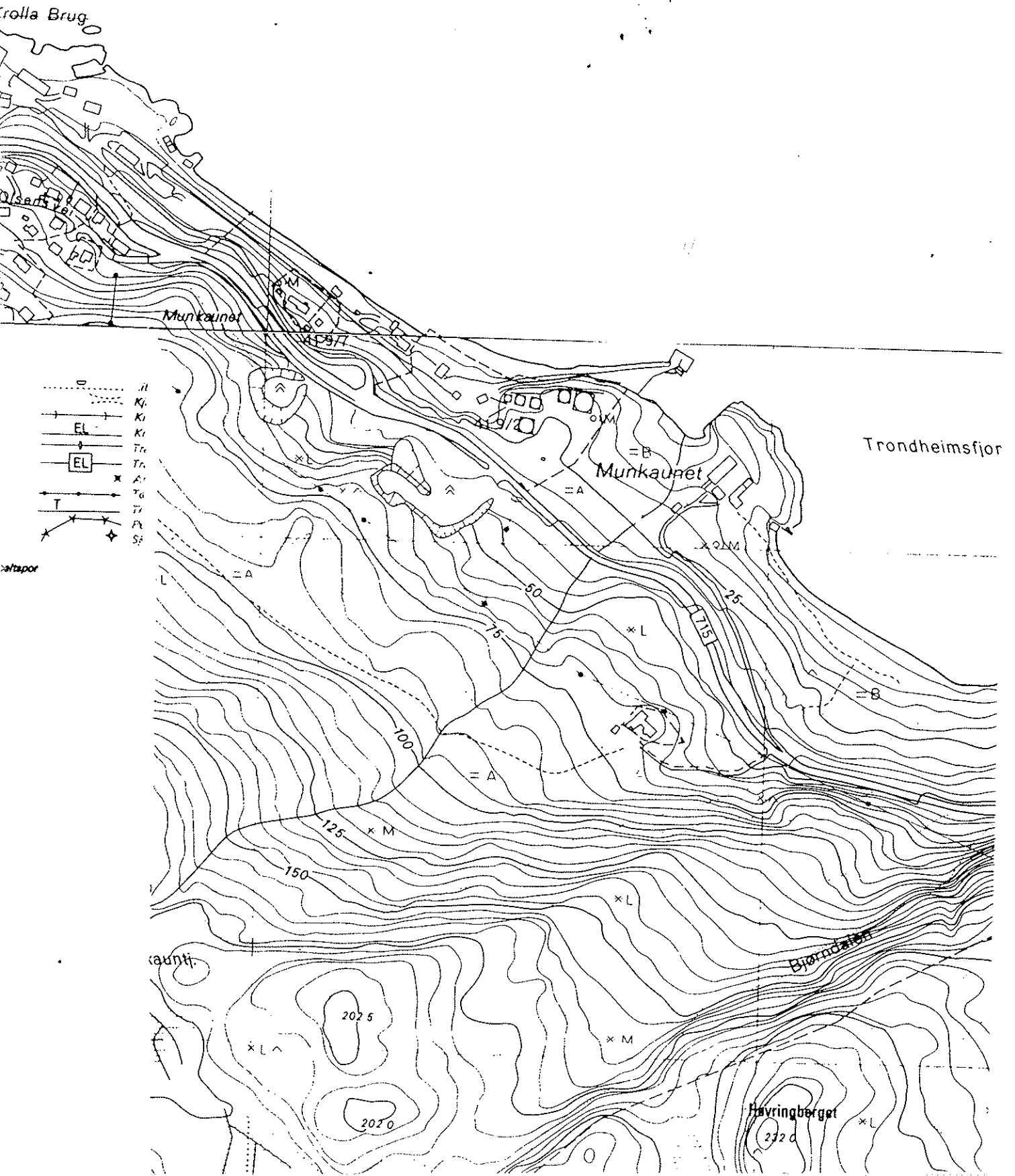
Dersom det er ønskelig med mindre stigning anbefales det å senke tunnelen i sørøst. En eventuell heving av tunnelen i nordvest vil kunne føre til for liten overdekningsgrad, samt komplikasjoner med veien til Granskauen boligfelt.

5.2 VIDERE UNDERSØKELSER

Det kunne vært en fordel og utført undersøkelser med hensyn på vanninntrengning i tunnelen og eventuelle laboratorieundersøkelser for å å bestemme bergkonstanter.

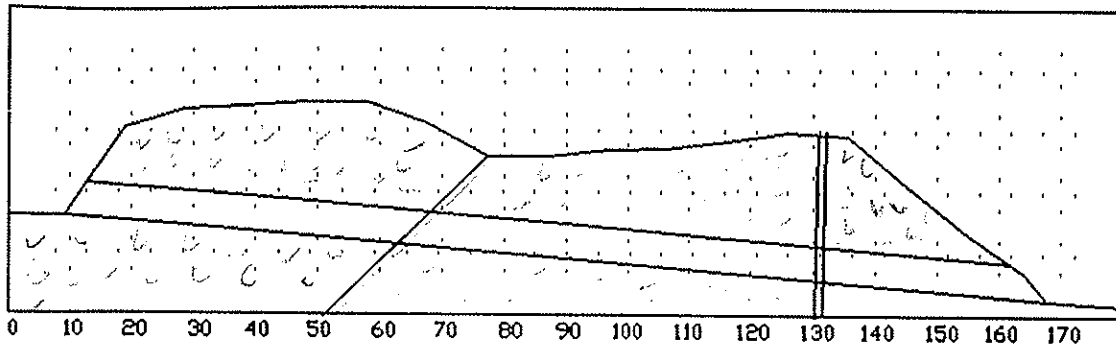
6 LITTERATURLISTE

- * Ingeniørgeologi-fjell gk
- * Prosjektrapport 13.90, Drillability
- * Rapport NGI, Q-metoden
- * Praktisk bergmekanikk for tunneler og bergrom
- * Trinnvis kalkulasjon, Austeng & Husted

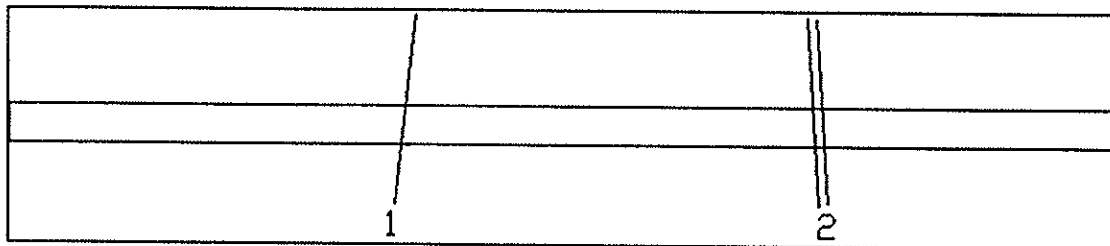




VERTIKAL PROFIL



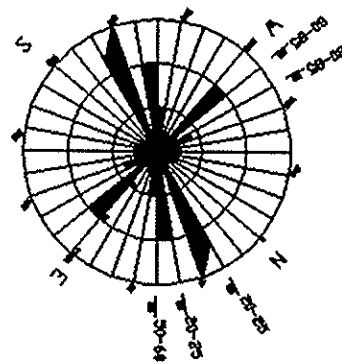
HORISONTALT PROFIL

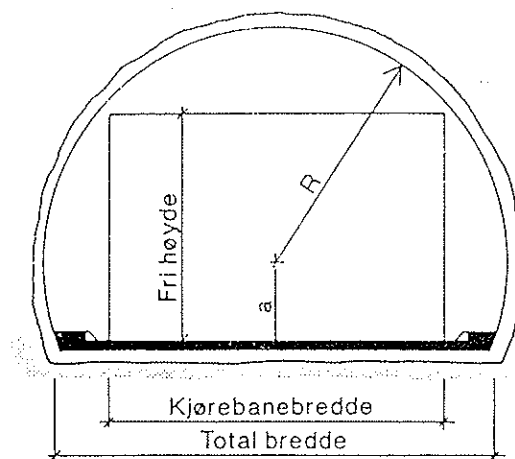


1. Svakhetszone

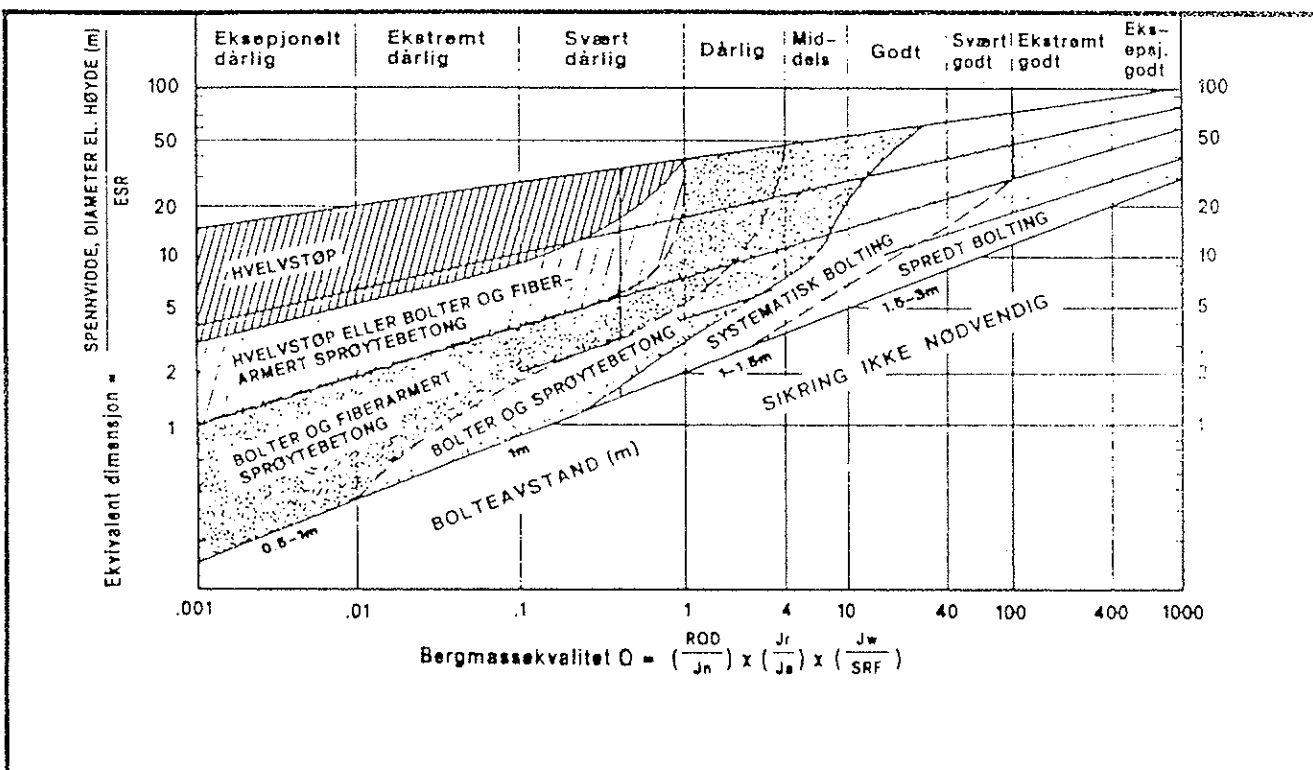
2. Bergartsgrenser

-  Gronnstein
-  Gronnskifer
-  Granodioritt
-  Kvartskeratofyr





PRO-FIL	TOTAL BREDDE m	KJØREBANE BREDDE m	FRI HØYDE m	SENTER-HØYDE a m	RADIUS R m	AREAL F m ²
T10	10,0	7,0	4,6	1,05	5,13	52,03
T9	9,0	7,0	4,6	1,53	4,79	50,45
T8,5	8,5	6,5	4,6	1,62	4,55	46,90
T8	8,0	6,0	4,6	1,64	4,36	43,78
T5	5,0	4,0	4,6	2,16	3,31	25,62
T4	4,0	3,0	3,0	1,33	2,40	13,63



Figur 18. Q-systemet viser sammenhengen mellom bergmassens kvalitet, spennvidde og sikringsbehov (etter Grimstad et al., 1986).

1-15a

KOSTNADSKALKYLE										Deltotaler		
Delpost			Enh	Mengde	Laveste	Sanns.	Høyeste	Middel	Std.	Middel-verdi	Std. avvik	Varians
Nr.	Betegnelse				anslag	anslag	anslag	verdi	avvik			
1	Sprenging				kkr.	kkr.	kkr.	kkr.				
1.1	Forskjæring	fm3		1850,0	94,0	109,2	115,0	107,3	4,2	107,3		0,5 %
1.2	Tunnel	fm3		5690,0	1422,5	1564,8	1707,0	1564,8	56,9	1564,8		83,5 %
2	Sikring											
2.1	Ekstrarensk, spettrensk	m2		1820	21,8	27,3	32,8	27,3	2,2	27,3		0,1 %
2.2	Bolter, endeforankrede 3m	stk.		300	156,0	168,0	174,0	166,8	3,6	166,8		0,3 %
2.3	Bolter, endeforankrede 4m	stk.		110	68,2	71,5	74,8	71,5	1,3	71,5		0,0 %
2.4	Sprøytebetong m/fiber	m3		60	180,0	192,0	204,0	192,0	4,8	192,0		0,6 %
2.5	Ulstøping	lm		8	160,0	224,0	280,0	222,4	24,0	222,4		14,9 %
3	Ventilasjon			R.S.	20,0	25,0	30,0	25,0	2,0	25,0		0,1 %
4	Kjørebane,oppretting	m2		1200	4,8	6,0	7,2	6,0	0,5	6,0		0,0 %
PROSJEKT: Ny RV 707					Total denne post							
Tunnelanlegg trolla					Tidligere total denne post							
					Differens							
MERKNADER:					Tidligere total kalkyle							
Mengdene er usikre					Ny total kalkyle			2383,1	4,2 %	3878,0		

PROSJEKT : STATENS VEGVESEN - TUNNEL PÅ NY RV 707

OST	KODE	Spesifikasjon	Enh	Mengde	Pris	Sum
.00		RIGG OG DRIFT Koden ved de enkelte poster henvises til NS 3419. Spesifikasjonsnivå B. I dette kapittel skal det medtas alt vedrørende tilrigging og drift av byggeplassen som ikke er medtatt i produksjonsbeskrivelsen og som er nødvendig for å utføre de arbeider som er beskrevet der. Anbyder plikter å gjøre seg kjent med alle forhold på stedet som kan ha betydning for byggearbeidene eller medføre ansvar. Feilvurdering eller unnlatelse med hensyn til ovennevnte, berettiger ikke entreprenøren til ekstra krav med mindre det er tatt skriftlig forbehold i anbudet.				
	D20	ANLEGGSTOMT TILFØRSEL OG FORSYNINGSANLEGG Riggområdet er forutsatt på det gamle "Trolla steinbrudd" som ligger sydøst for anlegget. Byggeplassen skal ha anleggskontor med egen telefon.			R.S.	
	D30	RIGGING BRAKKER FOR FORLEGNING, KONTOR OG LAGER Riggområdet for kontor og lagerbrakker er forutsatt på steinbruddet sydøst for anlegget. Forlegningsbrakker plasseres i samme område. Entreprenøren skal utarbeide egen riggplan som skal godkjennes av byggherren.			R.S.	
	D40	RIGGING TRANSPORTANLEGG, RIGGTRANSPORTER			R.S	
	D50	RIGGING PRODUSERENDE ANLEGG			R.S.	
	D60	FORHÅNDSRIGGING FOR VINTERARBEIDER			R.S.	
		SUM POST 1.00 RIGG OG DRIFT OVERFØRES				

KODE	Spesifikasjon	Enh	Mengde	Pris	Sum
D80	SUM POST 1.00 OVERFØRT				
	SPESIELL RIGGING, KLARGJØRING				
	Entreprenøren skal rigge tilstrekkelig med avfallskonteinere slik at byggeplassen og nærliggende områder til enhver tid holde ryddige.				
	Her medtar entreprenøren også kostnader til nedrigging, samt rydding og klargjøring av ferdig tunnel og utearealer før overlevering til byggherren.			R.S.	
	DRIFT AV BYGGEPLASS				
E10	KAPITALYTELSER			R.S.	
E20	DRIFT ANLEGGSTOMT, TILFØRSEL- OG FORSYNINGSANLEGG			R.S.	
E30	DRIFT FORLEGNINGER, KONTOR OG LAGER.			R.S.	
E40	DRIFT TRANSPORTANLEGG, DRIFTSTRANSPORTER.			R.S.	
E50	DRIFT PRODUSERENDE ANLEGG.			R.S.	
E60	VINTERARBEIDER.			R.S.	
E80	ADMINISTRASJON, REISER, KONTROLL.				
	Her medtas kostnader til administrasjon, reiser, dietter etc. som ikke er medtatt i produksjonsprisene.				
	Her medtas også kostnader til utstikking, oppmåling, kontroll og nødvendig sluttokumentasjon for utførte arbeider.				
	Entreprenøren skal ved egnet måleutstyr dokumentere at rystelser fra spengningsarbeidene ikke overskrider grenseverdier fastsatt under kap. 2.				
	Arbeidene betraktes først som avsluttet når alt er levert og utført i samsvar med kontrakten, herunder opprydding på byggeplassen og fjerning av alt materiell som ikke vedkommer det ferdige bygg.			R.S.	
	SUM POST 1.00 RIGG OG DRIFT OVERFØRES				

PROSJEKT : STATENS VEGVESEN - TUNNEL PÅ NY RV 707

PCST	KODE	Spesifikasjon	Enh	Mengde	Pris	Sum
2.00		SPRENGNING OG UTLASTING Koden ved de enkelte poster henviser til Norsk Standard 3420 "Beskrivelsestekster for bygg og anlegg", 2. utgave. I tillegg til de ytelser og utførelser som er spesifisert i denne standard gjelder de bestemmelser og spesifikasjoner som fremgår av de enkelte poster. RYSTELSER Byggherren vil montere rystelsesmålere på nærliggende bygninger. Det er satt følgende krav til maksimal tillatt rystelse og svingehastighet målt på nærmeste bygning. Maksimal svingehastighet = 50mm/s Maksimal svinge amplitude = 100my Det må imidlertid forutsettes at det er hensynet til fjellets beskaffenhet som også vil være medbestemmende når det gjelder tillatte rystelser ved sprengningen. Ved skade på bygning eller utstyr som skyldes rystelser ut over de angitte toleransegrenser, vil entreprenøren være ansvarlig for skaden. Ved rystelser innefor de angitte grenser vil byggherren dekk eventuelle skader fra rystelsene. LUFTSJOKK Det vil ikke bli satt grenseverdier for luftsjokk, men entreprenøren vil bli stilt ansvarlig for alle skader som oppstår på grunn av dette. STEINSPRUT Entreprenøren vil bli stilt ansvarlig for alle skader som skyldes steinsprut eller fremkast. Av preventive hensyn vil byggherren kreve at alle salver ved sprengning i dagen dekkes forsvarlig.				
		SUM POST 2.00 SPRENGNING & UTLASTING OVERFØRES				

PROSJEKT : STATENS VEGVESEN - TUNNEL PÅ NY RV 707

PCST	KODE	Spesifikasjon	Enh	Mengde	Pris	Sum
2.01		POST 2.00 OVERFØRT				
		SPRENGNING FOR VEIER				
	G22	SPRENGNING I VEISKJÆRING. MED KRAV TIL KONTUR. INKLUSIVE OPPLASTING.				
		Her medtas all sprengning i dagen for forskjæringen.	m3	1850.0		
	G23	KONTURSPRENGNING I VEISKJÆRING. UTFØRELSESKLASSE 2.				
		Kontursprengning i forskjæring.	m	400.0		
	G17	OPPLASTING AV UTSPRENGT BERG I DAGEN.	m3	1850.0		
	G28	TRANSPORT AV UTSPRENGT BERG FRA VEI				
		Utsprengt fjell kjøres på tipp, ca 250 m fra påhugg. Utlegging på tipp skal være inkludert i enhetsprisen. Mengden er oppgitt som prosjektert fast masse.	m3	1850.0		
2.02	G3	TUNNEL				
	G31	SPRENGNING I TUNNEL. MED KRAV TIL KONTUR. VOLUM.				
		Veitunnel med tverrsnitt 43.78 m2 i lengde 130 m. Enhetsprisen skal inkludere opplasting, transport og utlegging på tipp.	m3	5690.0		
	G32	KONTURSPRENGNING I TUNNEL				
		Det er medregnet 50 cm hullavstand langs kontur for vegger og tak.	m	3600.0		
	G37	OPPLASTING OG TRANSPORT INNTIL 500 m FRA PÅHUGG AV OVERFJELL.				
		Ved eventuell utrasing som skyldes fjellets beskaffenhet godtgjøres opplasting og transport av overfjell utenfor 300 mm bak teoretisk profil.	m3	5690.0		
		SUM POST 2. OVERFØRES				

PROSJEKT : STATENS VEGVESEN - TUNNEL PÅ NY RV 707

POST	KODE	Spesifikasjon	Enh	Mengde	Pris	Sum
2.03		SUM POST 2 OVERFØRT				
	G73	SPETTRENSK I tillegg til vanlig driftsrensk som skal inngå i sprengningsprisen under G31, skal det i tunnel utføres ekstra sikringsrensk. Vegger og tak skal spetttrenskes for alt oppsprukket og løst fjell.	m2	1820.0		
		SIKRING				
	G52	ENDEFORANKREDE BOLTER VED STUFF. Sikring ved stuff skal utføres etter behov som permanent sikring. Det skal benyttes ØRSTA-BOLTEN eller tilsvarende produkt med korrosjonsbeskyttelse etter Combi-Coat metoden, alternativt i varmforsinket utførelse til korrosjonsklasse 3 etter NS 3472. Boltene skal endeforankres med polyester patron tilpasset borhull og bolt. Til alle bolter skal benyttes mutter, halvkule og sfærisk skive med diameter 200 mm. Enhetsprisene skal inkludere levering og montering av bolter, samt boring av hull med diameter 43-48 mm.				
		Sikringsbolter M20 x 3000mm, VFZ	stk	150		
		Sikringsbolter M20 x 3000mm, Combi Coat	stk	150		
		Sikringsbolter M20 x 4000mm, VFZ	stk	55		
		Sikringsbolter M20 x 4000mm, Combi Coat	stk	55		
	G52	ENDEFORANKREDE BOLTER. ETTERSTRAMMING.	stk	410		
	L71	SPRØYTEBETONG Det skal benyttes betongkvalitet minimum C40.	m3	60		
		SUM ALLE POSTER				