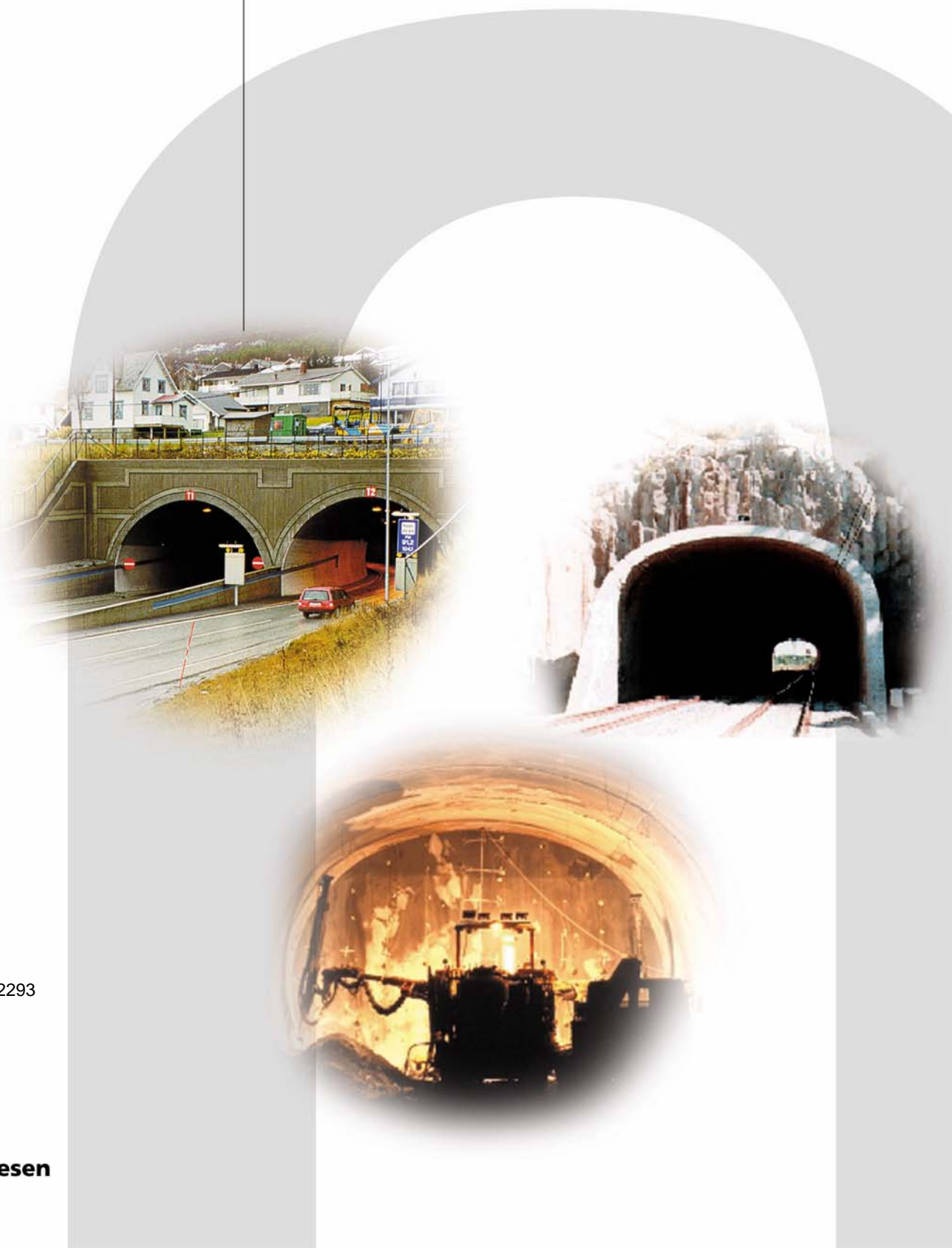


Status for NFR-prosjektet august 2002



Intern rapport nr. 2293



Statens vegvesen

Intern rapport nr. 2293

«Miljø- og samfunnstjenlige tunneler»

Status for NFR-prosjektet august 2002

Sammendrag

Rapporten beskriver status for bransjeprosjektet som går i perioden 2000-2003 med støtte fra Norges forskningsråd.

Rapporten gir en oversikt over organisering og rutiner, samt revidert budsjett. For de enkelte delprosjektene gis mål, ansvarlige for arbeidsoppgavene, resultater så langt, samt nye aktiviteter og endringer i forhold til opprinnelig plan.

For nærmere beskrivelse av bakgrunn for de ulike delprosjektene, se Rapport nr. 1 (intern rapport nr. 2201).

Emneord: *Tunnel, forundersøkelser, samspill med omgivelsene, tetteteknikk*

Kontor: *Geologi- og tunnelkontoret*

Saksbehandler: *Mona Lindstrøm*

/ML

Dato: *September 2002*

Statens vegvesen, Vegdirektoratet
Vegteknisk avdeling

Postboks 8142 Dep, 0033 Oslo
Telefon: 22 07 39 00 Telefax: 22 07 34 44

INNHOOLD

	Side
1. Innledning	2
2. Organisering, prosjektrutiner og budsjett	2
2.1 Organisering	2
2.2 Prosjektrutiner	3
2.3 Budsjett	4
3. Utprøvinger på konkrete anlegg	5
4. Beskrivelse av delprosjektene, status og nye aktiviteter	
6	
4.1 Delprosjekt A: Forundersøkelser	6
4.1.1 Mål	6
4.1.2 Oversikt over aktiviteter	6
4.1.3 Nye aktiviteter og endringer i delprosjekt A	7
4.1.4 Rapporter fra delprosjekt A	9
4.2 Delprosjekt B: Samspill med omgivelsene	10
4.2.1 Mål	10
4.2.2 Oversikt over aktiviteter	10
4.2.3 Nye oppgaver og endringer i delprosjekt B	10
4.2.4 Statusrapport fra delprosjekt B	12
4.3 Delprosjekt C: Tetteteknikk	13
4.3.1 Mål	13
4.3.2 Oversikt over aktiviteter	13
4.3.3 Nye oppgaver og endringer i delprosjekt C	13
4.3.4 Rapporter fra delprosjekt C	14
5. Administrasjon	15
5.1 Kvalitetsrevisjon	15
5.2 Informasjon, resultatformidling	15
6. Referanser	16
VEDLEGG A: Timelisteskjema	18
VEDLEGG B: Deltagere i prosjektgruppene	19

1 Innledning

Rapporten er en oppdatering i forhold til Rapport nr. 1 (intern rapport nr. 2201) «Miljø- og samfunnstjenlige tunneler. Prosjektbeskrivelse 2000-2003». Jernbaneverket og Statens vegvesen leder bransjeprosjektet, med støtte fra Norges forskningsråd. Utgangspunktet var å sette i gang utredninger i forbindelse med grunnvannsproblematikk ved tunneldrift.

Prosjektet er tredelt: A: Forundersøkelser
B: Samspill med omgivelsene
C: Tetteteknikk

Arbeidet består i å komme fram til riktig nivå på forundersøkelser, utrede hvordan naturmiljø influeres av grunnvannsendringer og hvordan tunneler best mulig kan tettes mot skadelige vannlekkasjer. Dette vil også bli vurdert i organisatorisk og kontraktsmessig sammenheng slik at teknologien skal få utløp i praktisk gjennomføring.

Det har vært stor aktivitet i prosjektet, med bred deltagelse fra en rekke firmaer og institusjoner. Prosjektet kan så langt vise til en rekke funn som fornyer og forbedrer tunnelprosjektering og -bygging. Resultater presenteres fortløpende, disse publiseres i vår rapportserie og på internettsiden www.tunneler.no.

Arbeidet til nå har i hovedsak funnet sted i nært samarbeid med pågående tunnelanlegg, spesielt T-baneringen og Lunnertunnelen (se s. 5). Våren 2002 var det oppstart på Jong-Asker-tunnelene, og enkelte utprøvinger og oppfølginger fortsetter i forbindelse med dette anlegget. I tillegg er det sammenstilt data og erfaringer fra andre, ferdigstilte tunneler. Delprosjekt B har utarbeidet en statusrapport som grunnlag for videre arbeid.

Fordeling av midler for dette året (2002) er foretatt med utgangspunkt i hva som er utført, eventuelt slutført, og nye aktiviteter som er tatt inn i prosjektet. Hoveddelen av aktivitetene vil foregå i løpet av 2002. Til neste år vil arbeidet konsentreres om rapportering, oppsummering og konklusjoner for de ulike aktivitetene. Det vil bli utarbeidet sluttrapporter i form av veiledninger til bruk ved framtidig planlegging, prosjektering og bygging av tunneler.

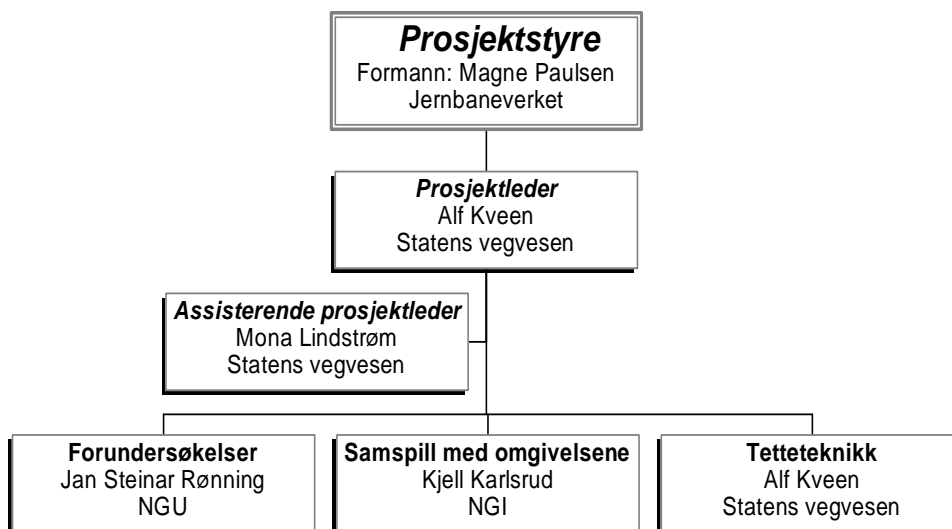
2 Organisering, prosjektrutiner og budsjett

2.1 Organisering

Følgende utgjør styret:

Jernbaneverket (formannskap)
Statens vegvesen (prosjektledelse)
Samferdselsetaten i Oslo
Norconsult AS
Norges Geotekniske Institutt
NCC Anlegg AS
Selmer Skanska
Veidekke ASA
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Norges geologiske undersøkelser

I tillegg bidrar en rekke firmaer og institusjoner i gjennomføringen av de konkrete arbeidsoppgaver i delprosjektene.



2.2 Prosjektrutiner

Månedlig timerapportering. Hver enkelt person/firma skal rapportere på timerapporterings-skjema som vist i vedlegg A.

Egeninnsats. Det er definert en minimum egeninnsats på 20 %.

I tillegg til disse 20 % går delprosjektmøtene inn som egeninnsats.

Timerate. Timesatsen er fastlagt til kr 750,- pr. time. Det skal faktureres hver annen måned og faktura skal merkes med prosjektnavn og aktivitet som vist i eksempelet under:

Statens vegvesen Vegdirektoratet
Vegteknisk avdeling
Postboks 8142 Dep.
0033 OSLO

Att.: Alf Kveen

Merkes: Miljø- og samfunnstjenlige tunneler, C1

aktivitet

Resultatrapportering.

Resultater underveis i delprosjektene utgis i prosjektets rapportserie og presenteres på www.tunneler.no. Det oppfordres til å reklamere for prosjektet i fagpresse og foredragsserier. Ved ekstern bruk og presentasjon av resultater skal dette avklares med prosjektleder.

2.3 Budsjett

Tabell 2.1 viser det reviderte kontantbudsjettet for prosjektet og delprosjektene. Budsjettallene for 2003 er kun foreløpige.

Tabell 2.1 Revidert budsjett for perioden 2001-2003. Beløp i 1000 kr

Aktivitet:	År:	2001	2002	2003	Kommentar:
A Forundersøkelser			1300		Hovedsaklig objektrettet
A1 Lunnertunnelen		750	350	200	Rapport nr. 5, 7, 9, 10, 12, 15, 20
A2 Riktig omfang av forundersøkelser		0	0	200	veiledning
A3 T-baneringen		250	200	0	
A4 Frøyatunnelen		150	0	0	Rapport nr. 11
A5 Romeriksporten		100	0	0	Rapport nr. 8 (Videreføres A9)
A6 Krokskogen		0	100	0	NGU
A7 Holmedal		0	0	0	
A8 Jong-Asker			300	150	ny, NGU
A9 Dr.ing.-studium			0	0	NTNU og Statens vegvesen
A10 Driftsmidler, dr.ing.			150	150	
A11 Refraksjonsseismisk modellering			200	0	ny, NGI
B Samspill med omgivelsene			920		Rapport nr. 14
B1 Vegetasjonstypers sårbarhet, og		100			
B2 Vannkilders sårbarhet		100	270		
B3 Modelleringer		150	580		Koordinert med A1
B4 Poretrykk og skader i urbanområder		100	0	0	
B5 Akseptkriterier		50	20		
B6 Veiledning			50	300	ny
C Tetteteknikk			1330		
C1 Injeksjonssementer		500	400	0	
C2 Injeksjonsstrategi		600	460	100	Rapport nr. 2, 3, 16
C3 Naturlige tetteprosesser		300	200	0	Rapport nr. 13
C4 Vanninfiltrasjon		200	170	0	veiledning
C6 Håndbok i injeksjonsteknikk		50	0	100	veiledning
C8 Laboratorietesting av inj.sementer			0	0	Rapport nr. 4, 6
C9 Dokumentasjon			100	100	ny, NVK
P Prosjektutgifter			775		
P1 Kvalitetsrevisjon		50	50		
P2 Koordinering av aktiviteter mot prosj.		300	100	0	
P3 Organisering - kontraktsforhold		0	0	100	
P4 Informasjon, resultatformidling		200	100	100	
P5 Adm., prosjektledelse		400	425	425	Ass. prosjektleder
P6 Prosjektutgifter		305	100		
	SUM	4930	4325	2175	

3 Utprøvinger på konkrete anlegg

Store deler av prosjektet har i følge planen vært spesielt rettet mot praktisk utprøving og oppfølging ved konkrete tunnelanlegg. For prosjektet er det svært verdifullt å få delta med våre aktiviteter parallelt med bygging av tunnelene. Arbeidet gir oss en unik mulighet til å sammenligne resultater fra ulike forundersøkelser og utprøvinger med dokumentasjon fra ferdig tunnel.

Her gis en kort oversikt over arbeidet i forbindelse med de aktuelle anleggene.

T-baneringen

En 1240 m lang tunnel drevet mellom Ullevål og Nydalen i Oslo, som del av ny t-banelinje. Tunnelen ble påbegynt i 2000 og hadde gjennomslag januar 2002. Samferdselsetaten i Oslo er utbygger, med Veidekke ASA som entreprenør for tunnelen.

Delprosjekt C (spesielt C2 Injeksjonsstrategi og C8 Laboratorietesting) har vært nært knyttet til arbeidet med T-banetunnelen, med blant annet ingeniørgeologiske registreringer, utprøvinger av ulike sementblandinger og injeksjonsprosedyrer og forsøk med tidsoptimal drift.

I forbindelse med delprosjekt A (A3 T-baneringen) skal data fra forundersøkelsene sammenstilles med dokumentasjon fra tunnelkartleggingen.

Lunnertunnelen

En 3,8 km lang tunnel på ny rv 35 mellom Grua og Gardermoen (Oppland - Akershus). Tunnelen bygges av Statens vegvesen og NCC og skal være ferdig i 2003. Tunnelen går under Langvatnet og verneområdet Rinilhaugen.

Lunnertunnelen (tidligere kalt Gualiatunnelen) ble valgt ut som referanseprosjekt i oppstarten av prosjektet. En lang rekke nye undersøkelsesmetoder utprøves i området i forbindelse med delprosjekt A (A1 Lunnertunnelen), med mulighet til å vurdere resultater fra utførte undersøkelser mot erfaringer fra tunneldrivingen. Data fra forundersøkelsene sammenlignes med numeriske modelleringer av grunnvann som utføres under delprosjekt B (B3 Modelleringer).

Innledende arbeid i A9 Dr.ing.-studium utføres i forbindelse med Lunnertunnelen, og skal fortsette ved Jong-Asker-anlegget.

Jong-Asker

To jernbanetunneler, 2,7 og 3,7 km med en mellomliggende 600 m dagsone bygges mellom Jong (Sandvika) og Asker i Akershus. Arbeidet utføres av AF og MIKA, med oppstart våren 2002, og strekningen skal være ferdig i 2005.

Aktiviteter i delprosjekt C (C2) som fant sted ved T-banetunnelen ønskes videreført ved Jong-Asker-anlegget. Det samme gjelder forundersøkelsesmetoder utprøvd under delprosjekt A (A1), som videreføres under A8 Jong-Asker. Innledende arbeid gjøres i 2002. Siden anlegget ikke blir ferdig innen tidsrammen til dette prosjektet må det i løpet av året avklares hvor mye prosjektet skal utføre her. Ny søknad sendes til NFR om midler til å følge anlegget til 2005.

4 Beskrivelse av delprosjektene, status og nye aktiviteter

4.1 Delprosjekt A: Forundersøkelser

4.1.1 Mål

Utprøving av ulike undersøkelsesmetoder i forbindelse med tunnelanlegg, blant annet en rekke geofysiske metoder som tidligere har vært lite benyttet innen forundersøkelser for tunneler. Nyten av disse metodene vurderes for bruk ved framtidige tunnelprosjekter.

Sammenligne resultatene med data fra tunnelkartlegging og lekkasjemålinger. Forholdet mellom prognoser basert på forundersøkelser og den faktiske situasjonen i tunnelen kan vise oss hvilke forundersøkelser som gir de mest pålitelige prognoser under de gitte forhold.

For å underbygge dette arbeidet skal det også foretas sammenstillinger av tilgjengelig dokumentasjon fra eksisterende tunneler.

Videreutvikle kjente metoder for forundersøkelser (refraksjonsseismikk). Ved hjelp av modelleringer forbedre tolkningsmetoder for om mulig å få ut mer informasjon.

Resultater fra delprosjektet skal sammenstilles i en brukerveiledning til bruk ved planlegging og prosjektering av tunneler. Riktig type forundersøkelser for et gitt område, og riktig omfang av forundersøkelsene, medfører sikrere prognoser og større sikkerhet i gjennomføringen.

En doktorgradsoppgave utføres i forbindelse med delprosjektet for i best mulig grad utnytte data fra arbeidet som er i gang.

4.1.2 Oversikt over aktiviteter

Tabell 4.1 Oversikt over aktivitetene under delprosjekt A Forundersøkelser

Ansvarlig: Jan Steinar Rønning, NGU			
Aktiviteter	Utførende	Aktivitetsansvarlig	Tidsplan, rapportering
A1 Lunnertunnelen	NGU m.fl.	Jan Steinar Rønning	Sluttrapport 2003
A2 Riktig omfang av forund.	Norconsult	Arild Palmstrøm	Utføres i 2003
A3 T-baneringen	NGI, NGU	Vidar Kveldsvik	Sluttstilles 2002
A4 Frøyatunnelen	NGI, NGU	Vidar Kveldsvik	Sluttstilt. Rapport nr. 11
A5 Romeriksporten	(NGU)		Rapport nr. 8, 9. Videreføres: A9
A6 Krokskogen	NGU	Jan Steinar Rønning	Utføres 2002
A7 Holmedal	(NGU)		tatt ut av prosjektet
A8 Jong-Asker	NGU, NGI	Jan Steinar Rønning	Utføres, rapporteres 2002-2003
A9 Dr.ing.-studium	NTNU	Kristin H. Holmøy	2002-2005
A10 Driftsmidler A9	NTNU, Svv	Alf Kveen	
A11 Refraksjonsseismisk modellering	NGI	Harald Westerdahl	Utføres og rapporteres 2002

Budsjett for aktivitetene, se side 4.

4.1.3 Nye aktiviteter og endringer i delprosjekt A

En gjennomgang av nye aktiviteter under delprosjektet og endringer i forhold til tidligere beskrivelse (Rapport nr. 1) er gitt i det følgende.

A1 Lunnertunnelen

Ingeniørgeologisk oppfølging

Et stort arbeid er lagt ned i forundersøkelsesdelen, og en lang rekke nye metoder er utprøvd i regi av prosjektet. For å oppnå optimal utnyttelse av dataene er det nødvendig at vi sammenligner med data fra stoff. Dette innebærer ingeniørgeologisk kartlegging og lekkasjemålinger, i tillegg er registreringer med Rockma-systemet tatt inn i prosjektet.

Refraksjonsseismikk

Ny post under A1. Refraksjonsseismikk er en kjent og velprøvd forundersøkelsesmetode innen tunnelprosjektering, spesielt for undersjøiske tunneler. Prosjektet vil videreutvikle denne metoden, for om mulig å forbedre tolkningen av refraksjonsseismiske data. Ved å skyte seismikk på en spesiell måte over en kjent svakhetsone kan informasjon om fordeling av lave hastigheter kartlegges mot dypet. Under aktivitet A11 vil det bli gjort teoretiske studier på denne teknikken. Denne undersøkelsen vil kunne sammenligne tradisjonell og mer avansert refraksjonsseismikk med de øvrige undersøkelsene som er utført i området.

Indusert polarisasjon

Ny post under A1. To svakhetssoner øst i tunneltraséen viser ulike egenskaper (mht. vannmengder, leirinnhold) ved inspeksjon. Teoretisk skal det være mulig å skille disse typene ved måling av Indusert Polarisasjon (IP). For å vurdere om 2D IP-målinger kan karakterisere svakhetssoner skal det utføres målinger i en lengde av ca. 400 meter langs etablerte resistivitetsprofil.

Tabell 4.2 Oppgaver og delbudsjett for A1 Lunnertunnelen

Oppgave	Utførende	Budsjett 2002	Budsjett 2003
Ingeniørgeologisk oppfølging	Svv, NGI	40 000	
Registreringer i tunnel	Rockma	60 000	
Hydrogeologi, strukturgeologi	NGU	50 000	
Refraksjonsseismikk, tolkninger	Geomap, NGI	125 000	
Indusert polarisasjon	NGU	75 000	
Sluttrapportering	NGU	-	200 000 *
SUM		350 000	200 000 *

* Foreløpig

I forhold til fjorårets plan for A1 er det også tatt ut en del oppgaver:

- Modellering av grunnvann er samordnet med modelleringsdelen under delprosjekt B (se B3).
- Radartomografi var planlagt for å studere vannstrømning i fjell. Imidlertid raste borehullene i det aktuelle området, og oppgaven ble tatt ut.

A8 Jong-Asker

Objektet var ikke med i den opprinnelige planen. Det ble besluttet en begrenset FoU-innsats basert på resultater til nå i prosjektet samt tilgjengelige data fra Jong-Asker prosjektet. Videre innsats vurderes ut fra midler for neste år og eventuell mulighet for å følge tunnelprosjektet ut over 2003.

NGU og andre har tidligere på oppdrag fra Jernbaneverket foretatt geologisk kartlegging i området (se NGU-rapporter 98.124 og 2001.002). Det er satt strenge krav til at tunnelene ikke skal påføre skade på boliger eller naturmiljø som følge av endrete grunnvannsforhold. For å overvåke tunnelens innvirkning på det ytre miljø er det etablert en rekke brønner. NGI har ansvaret for utførelsen av et overvåkings-program mht. poretrykk og grunnvannsmålinger.

Planer:

NGU ønsker å belyse noen geologiske problemstillinger i området. Selv om de geologiske forholdene må anses som relativt godt dokumentert, er det behov for å utføre detaljkartlegging i mindre områder, med spesiell vekt på sprekkesystemer knyttet til større bruddsoner og forkastninger. Tunneldrift i de lagdelte bergartene i Asker-gruppen og overliggende lavapakke kan by på store hydrogeologiske utfordringer. For å studere dette utføres integrerte geologiske, geofysiske og hydrogeologiske studier. En spesiell problemstilling er å se om 2D resistivitet kan estimere spranghøyde på forkastninger. Selv om det er foretatt noe kjerneboring, er det behov for brønnboring for evaluering av lekkasjepotensiale og fjellkvalitet. Det er planlagt borehullsinspeksjon/-logging og prøvepumping etter samme mønster som ved Gualia, samt en sammenligning av resultater fra kjerneboring med kombinasjonen brønnboring og video-inspeksjon.

A9 Doktor ingeniør-studium

Kristin Hilde Holmøy ble tilsatt i stillingen fra januar 2002 ved Institutt for geologi og bergteknikk, NTNU, med Bjørn Nilsen som veileder. Studiet går over fire år og er lønnet ifølge rammeavtale mellom Statens vegvesen og NTNU.

Emnet for dr.ing.-oppgaven er sammenhengen mellom regional-/strukturgeologi og vannlekkasjer. Se beskrivelse av oppgaven i Rapport nr. 1.

Innledningsvis vil arbeidet gå ut på å systematisere og analysere data fra fullførte tunnelanlegg og anlegg under bygging (bl.a. Romeriksporten, Frøyatunnelen, T-baneringen, Lunnertunnelen), og sammenholde dette med data fra forundersøkelser. Oppgaven blir en videreføring av prosjektet.

A10 Driftsmidler, dr.ing.-oppgaven

Prosjektet bidrar med driftsmidler til studiet, satt til kr 300 000 over to år (2002-2003).

A11 Refraksjonsseismisk modellering

Ny aktivitet i delprosjekt A. Syntetiske seismiske data lages for ulike geologiske situasjoner ved hjelp av elastisk seismisk modellering. På bakgrunn av dette testes ulike tolkningsteknikker for å se hvilke metoder som er egnet for å finne bunnen av svakhetssoner.

Prosjektet gjennomføres ved NGI i samarbeid med Geomap. NGI beregner de syntetiske dataene, og tester ulike tilgjengelige tolkningsverktøy. Geomap bidrar med tolkning av dataene etter tradisjonelle metoder og erfaring. I tillegg til seismiske modelleringsprogrammer har NGI en egen "seismisk syntetisk støygenerator", som kan brukes for å få dataene enda mer realistiske. Prosjektet følges opp med feltmålinger ved Gualia hvis resultatene fra modellene viser at det er realistisk å identifisere lave hastigheter mot dypet.

4.1.4 Rapporter fra delprosjekt A pr. september 2002:

Rapport nr. 5: Vurdering av geofysiske anomalier ved Langvatnet med bruk av helikoptermålinger. Anomalier representerer bl.a. bergartskontakter og bruddsoner, fremskaffer geofysisk informasjon for forbedring av kartlegging ved tunnelbygging. (A1)

Rapport nr. 7: Geofysiske målinger ved Langvatnet. Tester nye teknikker som hittil er lite benyttet i forundersøkelser for tunnel. På bakkenivå: 2D resistivitet, VLF og magnetometri. I borhull: resistivitet, optisk televiewer. 2D resistivitet gir informasjon om sprekkesoners forløp mot dypet. (A1)

Rapport nr. 8: Inspeksjon og logging av brønner over Romeriksporten. Vurdering av lekkasjepotensial og stabilitet. Sammenstilling av data fra optisk televiewer og andre geofysiske logger fra 4 borhull i området Lutvann-Puttjern. (A5)

Rapport nr. 9: Borehullsinspeksjon. En utprøving og sammenligning av optisk og akustisk televiewer. Resultater fra ett borhull ved Lutvann. Tre instrumenter: optv (2 stk) og aktv. Metoden gir et detaljert bilde av borehullsveggen (oppsprekking, grenser, ganger, etc.). Alternativ til tradisjonell kjerneboring. (A5)

Rapport nr. 10: Borehullslogging og strukturgeologiske studier, Gualia. Optv gir detaljert informasjon om sprekker samt berggrunnsgeologi i borhullet. Prøvepumping i kombinasjon med strømningsmåling vil i tillegg kunne kvantifisere lekkasjepotensialet. Sammenligner fjellkvalitet og vanngiverevne. (A1)

Rapport nr. 11: Frøyatunnelen. Vurderinger av injeksjon i forhold til Q-parametre. Ut fra data fra Frøyatunnelen er det gjort en sammenligning mellom Q-verdier, injeksjonsmengde, vannlekkasjer og geologi. I tillegg er prognosene sammenlignet med de faktiske forhold i tunnelen. (A4)

Rapport nr. 12: Forundersøkelser tunneler. Nyere undersøkelsesmetoder. En oppsummering av de nye metodene for forundersøkelser, presentert på NIFs kursdager. (A1)

Rapport nr. 15: Oppsummering av utførte undersøkelser og prognose for innlekkasje ved Gualiatunnelen. Oppsummering av en rekke tradisjonelle og nye metoder for forundersøkelser over en gitt strekning av tunnelen som ikke var ferdig drevet, med en prognose for innlekkasje basert på disse metodene. (A9)

Rapport nr. 20: Hydraulisk testing av borehull i fjell i Gualia, Lunner kommune. Resultater fra pumpetester på fire brønner over traséen til Lunnertunnelen. Brønnene er også fulgt opp med optv og geofysiske loggemetoder. Pumpetestene viser stor vanngiverevne, som igjen gir informasjon om lekkasjepotensiale ved tunneldrift.

Rapporter under utarbeidelse:
T-baneringen (NGI/NGU)

4.2 Delprosjekt B: Samspill med omgivelsene

4.2.1 Mål

Utvikle metoder for kartlegging og vurdering av sårbare naturområder. Utvikle beregningsmetoder (parametre) for modellering av endring i grunnvannsnivå som følge av tunneldrenering. Utarbeide et sett med akseptkriterier for endringer i omgivelsene som følge av tunneldrenering.

Utarbeide en veiledning til bruk for utbyggere og planleggere i en tidlig planleggingsfase. Resultatene vil gi bedre grunnlag for beslutninger om trasévalg, og fastsettelse av lekkasjekrav som er fornuftige i forhold til hva området kan tåle, og hva som kan aksepteres. Dette vil igjen bidra til bedre sikring mot miljøskader og større treffsikkerhet ved beregning av kostnadene ved framtidige tunnelprosjekt.

4.2.2 Oversikt over aktiviteter

Tabell 4.3 Oversikt over aktiviteter under delprosjekt B

Ansvarlig: Kjell Karlsrud, NGI			
Aktiviteter	Utførende	Aktivitetsansvarlig	Tidsplan, rapportering
B1 Sårbarhet vegetasjon	NINA	Lars Erikstad	Feltarb., dokumentasjon 2002 - 2003
B2 Sårbarhet vannkilder	Jordforsk	Petter Snilsberg	
B3 Modelleringer: Parameterstudier Sprekkemodell Nedbørfeltsimulering	Norconsult NGI Jordforsk	Kevin Tuttle Vidar Kveldsvik Petter Snilsberg	Sluttstilles 2002
B4 Poretrykksendringer ..	NGI,	Vidar Kveldsvik	Sluttstilt. I rapport nr. 14
B5 Akseptkriterier	NGU	Vidar Kveldsvik	
B6 Veiledning	NGI	Kjell Karlsrud	Sluttrapport 2003

Budsjett for aktivitetene, se side 4 og tabell 4.4.

4.2.3 Nye oppgaver og endringer i delprosjekt B

Arbeidet med delprosjekt B kom i gang i 2001, med en første målsetting å utarbeide en statusrapport som behandler spørsmål som går på et tunnelanleggs mulige og akseptable konsekvenser for det ytre miljø. Resultatet foreligger i Rapport nr. 14 (se 4.2.4). Planer for videre arbeid:

B1 Klassifisering av vegetasjonstypers sårbarhet

B2 Klassifisering av vannkilders sårbarhet

I planen for 2002 er de to aktivitetene B1 og B2 slått sammen til et samarbeidsprosjekt med kartlegging og analyser over eksisterende, eldre og nyere, tunnelanlegg.

I statusrapporten slås det fast at det er en viss mangel på empirisk kunnskap knyttet til hvor - og i hvor stor grad - vesentlige og varige skader på naturmiljøet oppstår i forbindelse med tunnelbygging. Som en tilnærming til problemet skal det derfor utføres registreringer av tilstand på vegetasjonstyper i terrenget over utvalgte tunneler. Disse data kobles med hydrologiske og hydrogeologiske data. Hensikten er å dokumentere skader i sammenheng med lekkasjer og endringer i grunnvannstanden, utarbeide feltregistreringsskjema som tar vare på relevante opplysninger mht. sårbarhet i forhold til tunnellekkasjer, samt vurdere hvilke parametre som best kan forutsi effekter på overflaten som følge av grunnvannsenkning.

På bakgrunn av data fra NGI er det valgt ut ca. 20 tunneler, veg-, jernbane- og vanntunneler, området over tunnelene skal undersøkes i løpet av dette og neste år.

B3 Modelleringer

Tar utgangspunkt i temaet «Sammenheng mellom lekkasjer og endring i grunnvannstand» beskrevet i rapport nr. 14. Det arbeides videre med modelleringene. Modelleringsforsøk med data fra Lunner-tunnelen (tidligere under A1) tatt med under B3. Aktiviteten har tre delemner:

I) Parameterstudier

Enkle beregninger kan gjøres for å illustrere sammenheng mellom innlekkasje til et tunnelanlegg og mulig påvirkning på grunnvannstanden for ulike grunnforhold, topografi, nedbørsforhold/avrenning og tunnelens dybde. En rekke eksempler på slike beregninger er presentert i Rapport nr. 14.

Ved analyser med "porøse" 2-D modeller (Modflow) søkes det å finne sammenheng mellom endring i grunnvannstand, bergmassens konduktivitet, tunneldybde, naturlig infiltrasjon og effekt av tetting. Det ses spesielt på parametre som har størst betydning for drenering og omfang av skadeeffekter på naturen.

II) Hydrogeologisk strømningsmodell (NAPSAC)

NGI har bygd opp en hydrogeologisk modell for deler av profilet til Lunnertunnelen. Modellen dekker en 500 m bred korridor langs 500 m av tunnelen i området med prøvebrønner. Modellen er bygget opp i programmet NAPSAC, 3D med sprekker i bergmassen. Input data for modellen er forundersøkelsene utført i prosjektet (A1). Videre planlegges parameterstudier for gi et sett av resultater som igjen gir grunnlag for å evaluere modellens egnethet og følsomhet. Arbeidet vil gi et vesentlig bidrag for å kunne vurdere hvor egnet/nyttig et avansert 3D-program er til å modellere relativt kompleks geologi med strømming i sprekker.

Programmet Visual Modflow dominerer modellering av strømming. I utgangspunktet er det mest egnet for løsmasser, men brukes også i bergsammenheng. Det skal gjøres en sammenligning av resultatene som gis av et "avansert" program (NAPSAC) med resultater fra et "enkelt" program (Visual Modflow).

III) Nedbørfeltsimuleringer

Modellverktøy for analysering av hydrologiske tidsserier samt karakterisering av vannbudsjett. Modellresultatene gir en enkel men helhetlig oversikt over de ulike trinnene i det hydrologiske kretsløpet, og en parametersetting for videre analyser i for eksempel numeriske grunnvannsmoeller. En gjennomgang av modellenes parametre bidrar til kvantifisering av naturområders sårbarhet. Det bør være en målsetting ved framtidige konsekvensutredninger å kunne modellere effekter på vegetasjon og vannkvalitet i ulike naturtyper med ulik grunnvannsdrenering.

Det arbeides mye med geologiske modeller som tar hensyn til sprekker og generell strømningshydrogeologi i forbindelse med tunnellekkasje. Disse modellene kobles til nedbørfelt-hydrologiske modeller, for å kunne si mer om sårbarhet på natur. Nedbørfeltmodeller skal i en innledende fase benyttes for å simulere regionalt og lokalt vannbudsjett. Dette brukes for å angi inngangsparametre for infiltrasjonsrater og andre inngangsdata (gjennomsnitt og tidsserier) til f.eks. SEEP numerisk modell (2D-mettet og umettet strømningsmodell). Resultatene av strømningsmodelleringen benyttes deretter i nedbørfeltmodellene til å simulere vannbudsjett i de øvre lag etter lekkasjen for sårbarhetsvurderinger.

Det foreligger flere modeller som kan være aktuelle. HBV og TOPMODEL er enkle modeller mht. inngangsdata, men vil kunne gi gode parametervurderinger av bl.a. infiltrasjonsrater og vannbudsjett-simuleringer i de øvre lag.

B6 Veiledning

Ny post i delprosjekt B. Det skal utarbeides en sluttrapport i form av en veiledning, til bruk ved planlegging og prosjektering av tunneler. Det tas utgangspunkt i Rapport nr. 14, med innarbeiding av resultater fra det pågående arbeidet i delprosjektet.

Tabell 4.4 Budsjett for aktivitetene i delprosjekt B

Aktivitet	Budsjett 2002
B1 Vegetasjonstypers sårbarhet	270 000
B2 Vannkilders sårbarhet	
B3 Modelleringer:	
Parameterstudier	130 000
3D sprekkemodell	280 000
Nedbørfeltsimulering	170 000
B4 Poretrykksendringer og skader	0
B5 Akseptkriterier	20 000
B6 Veiledning	50 000
SUM	920 000

4.2.4 Statusrapport fra delprosjekt B

Rapport nr. 14: Konsekvenser av tunnellekkasjer for det ytre miljø. Statusrapport 2001

Statusrapporten omhandler et tunnelanleggs mulige og akseptable konsekvenser for det ytre miljø. Rapporten gir en samlet vurdering av naturens tålegrenser, vannbalanse og konsekvenser ved endringer i grunnvannstanden. I tillegg er det utarbeidet et utkast til vurdering av akseptkriterier ved inngrep. Sammenstillingen er enestående i sitt slag. Det finnes ingen tilsvarende systematisk gjennomgang av konsekvensvurderinger for grunnvann, vannkilder, vegetasjon og setningsproblematikk i forbindelse med tunnelbygging. Statusrapporten er et utgangspunkt for videre utvikling av et redskap som skal gjøre utbyggere i stand til å bedømme berørte områders sårbarhet og følgene av en grunnvannsenkning i en tidlig fase av prosjektet.

4.3 Delprosjekt C Tetteteknikk

4.3.1 Mål

Utvikle metoder og utstyr for å bestemme inntrengningsegenskaper for ulike typer sementer til bruk ved forinjisering av tunnel.

Dokumentere metoder, utstyr og gjennomføringsprosedyrer for best mulig tetting av tunneler ved forinjeksjon ut fra oppsatte tetthetskrav.

Utarbeide en håndbok i berginjeksjon som gir bransjen kjøreregler basert på de nyeste erfaringene. Redusere usikkerhet knyttet til oppnåelig tetthet, tidsbehov og kostnader, sikre gjennomførbarheten mht. konsekvenser av grunnvannssenkning for tunnelprosjekter i både tettbebygde strøk og spesielt sårbare naturområder.

4.3.2 Oversikt over aktivitetene

Tabell 4.5 Oversikt over aktiviteter i delprosjekt C

Ansvarlig: Alf Kveen Statens vegvesen			
Aktiviteter	Utførende	Aktivitetsansvarlig	Kommentarer
C1 Injeksjonssementer	SINTEF	Anders Beitnes	Testrigg
C2 Injeksjonsstrategi	NVK	Oddbjørn Aasen	T-baneringen, Jong-Asker
C3 Naturlige tetteprosesser	Aquateam	Lars Hem	Sluttstilles 2002 (2003)
C4 Vanninfiltrasjon	NGI	Vidar Kveldsvik	Sluttstilles 2002
C6 Håndbok injeksjon		Alf Kveen	Utføres 2003
C8 Laboratorieprøving	Noteby	Per Heimli	Utført 2001, Rapport nr. 4, 6
C9 Dokumentasjon	NVK	Oddbjørn Aasen	Utføres 2002

Budsjett for aktivitetene, se side 4.

4.3.3 Nye oppgaver og endringer i delprosjekt C

C2 Injeksjonsstrategi

Arbeidet ved T-baneringen er avsluttet og rapportert. Noen resultater og erfaringer er videreført til Jong-Asker anlegget og fortsetter i 2003. En søknad om midler for å kunne følge anlegget til planlagt avslutning i 2005 sendes til NFR høsten 2002.

C6 Håndbok i injeksjonsteknikk

I utgangspunktet var arbeidet i C6 delprosjektgruppens deltagelse i revisjonsarbeidet med NFFs håndbok nr 1 i 2001. Det er videre besluttet å sammenfatte resultater og erfaringer fra delprosjekt C i en egen veiledning fra prosjektet. Som en del av dette arbeidet er det utført en sammenstilling av den teoretiske bakgrunnen for injeksjon. Hoveddelen av arbeidet i C6 vil finne sted i 2003.

C9 Dokumentasjon

Ny aktivitet i delprosjekt C.

Sammenstilling av dokumentasjon fra pågående og nylig avsluttede anlegg; Hagantunnelen og Lunnertunnelen. En lignende sammenstilling er utført fra 6 tunneler, beskrevet i Rapport nr. 2.

4.3.4 Rapporter fra delprosjekt C pr. september 2002

Rapport nr. 2: Injeksjon - erfaringer fra utførte tunnelprosjekter. En sammenstilling av erfaringer fra injeksjonsarbeidene ved 6 tunneler (fem i Norge, en i Sverige). Rapporten beskriver valgte injeksjonsstrategier, utstyr, injeksjonsmidler, utførelse, samt erfaringer og resultater i forhold til tetthetskravene. (C2)

Rapport nr. 3: Injeksjon av problemsone ved byggingen av T-baneringen. Tunnelen går gjennom en ca. 50 m bred sone bestående av en syenittgang og sideberg som er svært oppsprukket. Forinjiseringen av denne sonen ble meget krevende, rapporten beskriver i detalj hvordan anlegget løste denne utfordringen. (C2)

Rapport nr. 4: Laboratorietesting av mikrosementer ved T-baneringen Feltprøving av sement som ble brukt under injeksjonen i T-baneringstunnelen over en kort periode. Formålet var å undersøke herdeforløp og utvikling av tidligfasthet hos de blandinger som ble brukt. (C8)

Rapport nr. 6: Laboratorieprøving av injeksjonssementer Prøvedata fra injeksjonsarbeidene ved T-baneringstunnelen, med formål å finne temperaturens betydning for injeksjonsmassens egenskaper mht. herdeforløp. Resultatene viser at temperaturen i omgivelsene (berget) har mest betydning, i tillegg til vann/sement-forholdet. (C8)

Rapport nr. 13: Naturlig tetting av tunneler. Rapporten oppsummerer arbeidet med naturlige tetteprosesser og erfaringer så langt, presentert på NIFs kursdager. (C3)

Rapport nr. 16: Sluttrapport for injeksjonsarbeidene ved T-baneringen. Arbeidet med byggingen av T-baneringstunnelen er i denne rapporten grundig dokumentert. Målet med utprøvingene har vært å få til en injeksjonsstrategi som gir tilstrekkelig tett tunnel på en enkel måte og på kortest mulig tid, det er sett på injeksjonsmetoder, vann/sement-forhold og injeksjonstrykk, sementtyper, og det er gjort forsøk med opplegg for tidsoptimal injisering. (C2)

Rapport nr. 18: Resultatrapport fra injiseringsforsøk. Beskriver foreløpige resultater fra forsøk med SINTEFs testrigg i Trondheim. Testriggen skal benyttes til å studere bl.a. inntrengningsevne for ulike typer sementer som benyttes i injeksjonsarbeider. (C1)

Rapport nr. 19: Prosedyrer for injiseringsforsøk Prosedyrer for forsøk med SINTEFs testrigg, presentert i rapport nr. 18. (C1)

Rapporter under utarbeidelse:

Vanninfiltrasjon. Veiledning (NGI)

Teoretisk og empirisk forståelse av forinjeksjon og mulig redusert sikringsbehov (N. Barton)

5 Administrasjon

5.1 Kvalitetsrevisjon (P1)

En kvalitetsrevisjon av prosjektet er utført og rapportert i mars 2002.

5.2 Informasjon, resultatformidling (P4)

Bakgrunnen er beskrevet i Rapport nr. 1. Internettsiden fra prosjektet: www.tunneler.no, presenterer bakgrunn og status for prosjektarbeidet, og rapportene med resultater underveis i prosjektet.

I 2002 er det innledet et samarbeid med NFF med mål å fremme norsk tunnelteknologi. Et reklamebyrå er involvert for utforming av en informasjonsstrategi.

6 Referanser

Nr.	Intern rapport nr. ^⓪	Tittel	Del-prosj.	Dato	Utarbeidet av
1	2201	Prosjektbeskrivelse 2000-2003		Apr 01	K.I. Davik
2	2233	Injeksjon - erfaringer fra utførte tunnelprosjekter	C	Nov 01	NVK
3	2234	Injeksjon av «problemsone» ved byggingen av T-baneringen	C	Nov 01	NVK
4	2235	Laboratorietesting av mikrosementer ved T-baneringen	C	Nov 01	NOTEBY
5	2247	Forundersøkelser - vurderinger av geofysiske anomalier ved Langvatnet med bruk av helikoptermålinger	A	Nov 01	NGU
6	2250	Laboratorieprøving av injeksjonssementer	C	Nov 01	NOTEBY
7	2253	Geofysiske målinger ved Langvatnet, Lunner, Oppland	A	Des 01	NGU
8	2254	Inspeksjon og logging av brønner over Romeriksporten. Vurdering av lekkasjepotensial og stabilitet	A	Des 01	NGU
9	2255	Borehullsinspeksjon. En utprøving og sammenligning av optisk og akustisk televiwer	A	Des 01	NGU
10	2259	Borehullslogging og strukturgeologiske studier, Gualia, Lunner kommune	A	Mar 02	NGU
11	2261	Frøyatunnelen. Vurdering av injeksjon i forhold til Q-parametre	A	Mar 02	NGI
12	2273	Forundersøkelser tunneler. Nyere undersøkelsesmetoder	A	Apr 02	NGU
13	2274	Naturlig tetting av tunneler	C	Apr 02	Aquateam
14	2276	Konsekvenser av tunnellekkasjer for det ytre miljø Statusrapport 2001	B	Mai 02	NGI, NINA, Jordforsk, Norconsult
15	2284	Oppsummering av utførte undersøkelser og prognose for innlekkasje ved Gualiatunnelen	A	Mai 02	NTNU
16	2289	Sluttrapport for injeksjonsarbeidene ved T-baneringen	C	Juli 02	GeoVita, NVK, Norconsult
17	2293	Status for NFR-prosjektet, august 2002		Sep 02	Vegtek
18	2294	Resultatrapport fra injiseringsforsøk	C	Sep 02	SINTEF
19	2295	Prosedyrer for injiseringsforsøk	C	Sep 02	SINTEF
20	2296	Hydraulisk testing av borehull i fjell i Gualia, Lunner komm.	A	Sep 02	NGU

^⓪ Vegteknisk avdelings rapportserie

Tidligere utgitt:

Intern rapport nr. 2124: Miljø- og samfunnstjenlige tunneler. Prosjektskisse 2000-2002.

Vegteknisk avdeling 2000.

Intern rapport nr. 2128: Delprosjekt A: Forundersøkelser. Rapport fra forprosjekt.

Vegteknisk avdeling 2000

Intern rapport nr. 2129: Delprosjekt B: Samspill med omgivelsene. Rapport fra forprosjekt.

Vegteknisk avdeling 2000

Intern rapport nr. 2130: Delprosjekt C: Tetteteknikk. Rapport fra forprosjekt. Vegteknisk avdeling 2000

Intern rapport nr. 2131: Delprosjekt D: Organisering. Rapport fra forprosjekt. Vegteknisk avdeling 2000

Intern rapport nr. 2126: Erfaringer fra injeksjonsarbeider i Storhaugtunnelen.

E. Iversen, K.B. Pedersen, Vegteknisk avdeling 2000

Intern rapport nr. 2151: Berginjeksjon. B.H. Klüver, Vegteknisk avdeling 2000.

Vedlegg A

Timeskjema

Rapporterings skjema NFR-prosjekt 30640 TIMER

Periode (måned):

Delprosjekt:

Arbeid utført i perioden:

Arbeid planlagt neste periode:

Kommentarer:

Egeninnsats i perioden:

Firma:

Person:

Antall timer:

Fakturerte timer i perioden:

Firma:

Person:

Antall timer:

Sted:

Dato:

Underskrift:

Returneres til Alf Kveen, fax. 22073288 el. mail: alf.kveen@vegvesen.no

Vedlegg B

Deltakere i prosjektgruppene 2002:

A Forundersøkelser

Jan Steinar Rønning, NGU (aktivitetsansvarlig)

Øystein Nordgulen, NGU (Berggrunnsgeologi)

Vidar Kveldsvik, NGI

Harald Westerdahl, NGI

Bjørn Nilsen, NTNU

Kristin H. Holmøy, NTNU (Dr.ing.-student)

Brede Nerموen, Jernbaneverket

Johan Mykland, Jernbaneverket

Arild Palmstrøm, Norconsult AS

Bjørn Helge Klüver, Statens vegvesen

Alf Kveen, Statens vegvesen

Mona Lindstrøm, Statens vegvesen

B Samspill med omgivelsene

Kjell Karlsrud, NGI (Aktivitetsansvarlig)

Vidar Kveldsvik, NGI

Kevin Tuttle, Norconsult AS

Petter Snilsberg, Jordforsk

Lars Erikstad, NINA

Egil Bendiksen, NINA

Alf Kveen, Statens vegvesen

Mona Lindstrøm, Statens vegvesen

C Tetteteknikk

Alf Kveen, Statens vegvesen (Aktivitetsansvarlig)

Anders Beitnes, SINTEF Bergteknikk

Oddbjørn Aasen NVK

Helen Andersson, NVK

Per Heimli, NOTEBY

Reidar Kjølberg, Norconsult AS

Knut Boge GeoVita

Vidar Kveldsvik, NGI

Lars Hem, Aquateam

Kåre Digernes, Jernbaneverket

Arnstein Aarset, Jernbaneverket

Johan Mykland, Jernbaneverket

Bjørn Helge Klüver, Statens vegvesen

Knut Borge Pedersen, Statens vegvesen

Mona Lindstrøm, Statens vegvesen