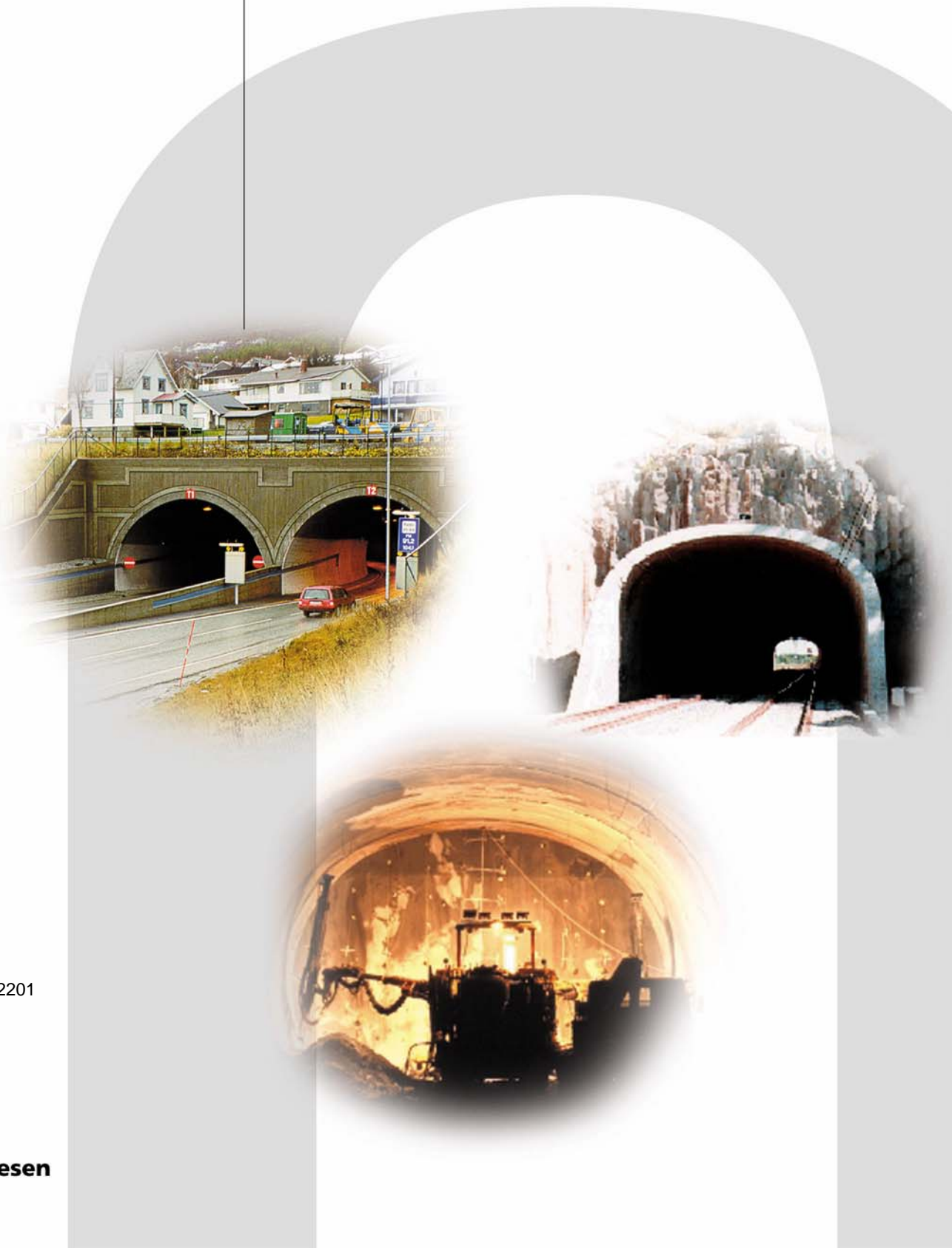


MILJØ- OG SAMFUNNSTJENLIGE TUNNELER

Rapport nr:

1

Prosjektbeskrivelse 2000 - 2003



Intern rapport nr. 2201



Statens vegvesen

Intern rapport nr. 2201

Prosjektbeskrivelse 2000 - 2003

NFR-prosjekt "Miljø – og samfunnstjenlige tunneler"

Sammendrag

Rapporten beskriver et stort bransjeprosjekt støttet av Norges forskningsråd.

Prosjektet har en varighet på 4 år; 2000 – 2003 og er basert på et forprosjekt som ble gjennomført i 1999.

Tunnelbransjen vil gjennom dette prosjektet oppnå:

- Større sikkerhet mot miljøskader spesielt relatert til grunnvann
- Bedret grunnlag for prognostisering av tunnelprosjekter
- Større teknisk og økonomisk sikkerhet ved gjennomføring av tunnelprosjekter
- Styrket tillit i samfunnet
- Øke kunnskap og kompetanse

Prosjektet finansieres av:

Jernbaneverket, Statens vegvesen, Norges forskningsråd, Samferdselsetaten i Oslo, NCC Anlegg AS, Veidekke ASA og Selmer ASA.

Prosjektet ledes av Statens vegvesen.

Emneord: *Tunnel, miljø, samfunnstjenlighet, forundersøkelser, grunnvann, samspill med omgivelsene, tetteteknikk, injeksjon*

Kontor: *Geologi- og tunnelkontoret*

Saksbehandler: *Kjell Inge Davik*

/ KID

Dato: *April 2001*

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. FORPROSJEKTET	2
3. HOVEDPROSJEKTET, 2000-2003	3
3.1 Organisering	3
3.2 Prosjektrutiner	5
3.3 Hovedmål	6
3.4 Delprosjekter	6
3.5 Konsekvenser av måloppnåelse i delprosjektene	7
3.6 Finansieringsplan	8
3.7 Budsjett	9
3.8 Kvalitets- og regnskapsrevisjoner	10
3.9 Framdrift og milepæler	10
3.10 Informasjonsstrategi	11
4. BESKRIVELSE AV DELPROSJEKTENE	12
4.1 Delprosjekt A. Forundersøkelser	12
4.2 Delprosjekt B. Samspill med omgivelsene	30
4.3 Delprosjekt C. Tetteteknikk	34
5. REFERANSER	43
VEDLEGG A: TIMELISTESKJEMA	
VEDLEGG B: AVTALE UTFORMING T-BANERINGEN	
VEDLEGG C: SKISSE FOR DR. ING STUDIER	
VEDLEGG D: DELTAKERE I DELPROSJEKTENE	

1. Innledning

Med utgangspunkt i den negative omtalen av bygg- og anleggsbransjen i 1998 søkte en rekke utdanningsinstitusjoner, forskningsmiljøer mm. Jernbaneverket, Statens vegvesen, Samferdselsdepartementet, Norges forskningsråd m.fl. om støtte til utredninger i forbindelse med grunnvannsproblematikk ved tunneldrift. Disse forslagene hadde tildels likelydene og overlappende problemdefinisjon. Hovedmålene var å styrke tilliten i samfunn, heve den generelle kompetansen relatert til grunnvann og tunnelanlegg og komme fram til riktige designkriterier.

Med dette som utgangspunkt tok Norges forskningsråd (NFR) initiativ til å samle bransjen for å komme fram til hvordan en videre prosess skulle gjennomføres. Det var på dette allmøtet enighet om at Statens vegvesen og Jernbaneverket i fellesskap måtte ta føringen i arbeidet.

Jernbaneverket og Statens vegvesen sendte sommeren 1998 ut en felles forespørsel til fagmiljøet om deltagelse i NFR-prosjektet, og disse tilbakemeldingene ble evaluert høsten 1998.

Disse tilbakemeldingene dannet grunnlaget for et stort forprosjekt som involverte hele bransjen. Dette forprosjektet ble avsluttet og rapportert i slutten av 1999 og dannet bakgrunnen for søknaden til Norges forskningsråd for perioden 2000-2003.

2. Forprosjektet

Prosjektet har igjennom forprosjektet etablert et bredt nettverk av kontakter og relasjoner mellom byggherrer, entreprenører, forskningsinstitutter og utdanningsinstitusjoner, og optimal bruk av dette i gjennomføringen av hovedprosjektet vil være en vesentlig faktor for måloppnåelse.

*Målet for forprosjektet har vært å:
Konkretisere satsingsområder, strategi og økonomi i et hovedprosjekt.*

Forprosjektet er rapportert i en rapportserie som var ferdig i midten av januar år 2000. Deler av denne ligger som et vedlegg til søknaden til Norges forskningsråd med frist 13. mars 2000.

Forprosjektet ble delt i 4 delprosjekter og disse er rapportert i en serie på 4 separate rapporter og én hovedrapport:

- Intern rapport 2124: Prosjektskisse for hovedprosjekt
- Intern rapport 2128: Delprosjekt A: Forundersøkelser
- Intern rapport 2129: Delprosjekt B: Samspill med omgivelsene
- Intern rapport 2130: Delprosjekt C: Tetteteknikk
- Intern rapport 2131: Delprosjekt D: Organisering

3. Hovedprosjektet, 2000- 2003.

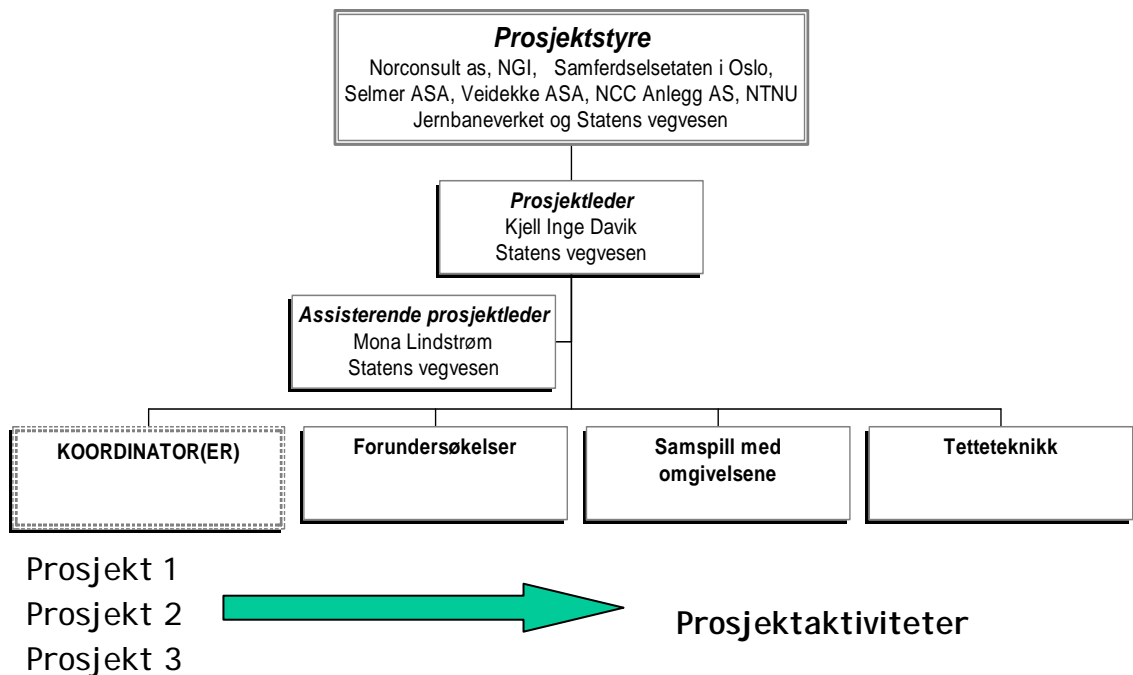
I gjennomføringen av hovedprosjektet vil majoriteten av problemstillingene dreie seg om byer og bynære strøk og fokusere på miljøriktig håndtering av grunnforhold ved bygging av tunneler for infrastruktur. Her ligger prosjektets sentrale utfordringer ved blant annet å komme fram til riktig nivå på forundersøkelser, hvordan naturmiljø influeres av grunnvannsendringer og hvordan man i tunneler best mulig kan tette mot skadelige vannlekkasjer. Dette grunnlaget er imidlertid også avhengig av de organisatoriske og kontraktmessige forhold slik at teknologien skal få utløp i praktisk gjennomføring.

Følgende firmaer/etater/ utdanningsinstitusjoner vil utgjøre styret i hovedprosjektperioden:

Jernbaneverket (formannskap)
Statens vegvesen (prosjektledelse)
Samferdselsetaten i Oslo
Norconsult AS
Norges Geotekniske Institutt
NCC Anlegg AS
Selmer ASA
Veidekke ASA
NTNU

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

3.1 Organisering



3.1.1 Prosjektstyret

skal:

- skape en klar forståelse for i hvilken retning prosjektet bør utvikles
- definere hovedmål og tilhørende delmål (i samarbeid med prosjektleder)
- stå for strategisk overvåkning, dvs. se til at prosjekt arbeider mot oppsatt mål
- ha overordnet økonomisk kontroll gjennom nøkkeltall i forhold til årets budsjett og årsregnskap
- se til at prosjektet er riktig organisert
- se til at styret er riktig sammensatt
- se til god etikk og moral i virke og ansvarsområder

Det avholdes styremøter 4-5 ganger pr. år.

3.1.2 Prosjektleder

Rapporterer til styret og skal:

- drive prosjektet og koordinere aktiviteter iht. styrets overordnede direktiver
- ha ansvar for den daglige drift og gjennomføring
- ha ansvar for økonomisk rapportering til styret og Norges forskningsråd
- ha ansvar for faglig rapportering til styret
- forberede styremøter og materiale til dette

3.1.3 Assisterende prosjektleder

Rapporterer til prosjektleder og skal:

- bistå prosjektleder med koordinering, rapportering og økonomioppfølging av NFR-prosjekt
- bidra redaksjonelt med utforming av nyhetsbrev og annen informasjon om prosjektet
- oppnå de målsetninger og imøtekomme de tidsfrister som det i fellesskap er blitt enighet om
- bistå i gjennomføring av delprosjekter

3.1.4 Aktivitetslederene

Rapporterer til prosjektleder og skal:

- ha ansvar for koordinering og framdrift innen hver aktivitet i delprosjektene
- se til at totalbudsjettet for aktiviteten blir fulgt og gi beskjed til prosjektleder dersom mindreforbruk ser ut til å oppstå
- ha ansvar for rapportering av aktiviteten

3.1.5 Koordinator

Rapporterer til prosjektleder og skal:

- være prosjektets kontakt ved det aktuelle utprøvningsanlegget
- løse de oppgaver for prosjektet som det i felleskap blir enighet om

3.2 Prosjektrutiner

Månedlig timerapportering

Hver enkelt person/firma skal rapportere månedlig på timerapporteringsskjema som vist i vedlegg A.

Egeninnsats/ timerate

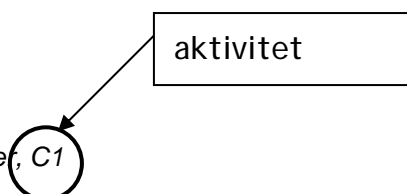
Det er definert en minimum egeninnsats på 20 %. I tillegg til disse 20 % går delprosjektmøtene inn som egeninnsats.

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

*Statens vegvesen Vegdirektoratet
Vegteknisk avdeling
Postboks 8142 Dep.
0033 OSLO*

Att.: Kjell Inge Davik

Merkes: Miljø- og samfunnstjenlige tunneler, C1



Resultatrapportering

Det skal rapporteres i henhold til framdriftsplan og ved spesielle tilfeller på oppfordring fra prosjektleder. Det oppfordres til å reklamere for prosjektet i fagpresse og foredragsserier. Ved ekstern bruk og presentasjon av resultater skal dette avklares med prosjektleder.

Avtale med utprøvningsprosjekter

Det skal foreligge en avtale mellom NFR-prosjekt og det konkrete tunnelprosjekt og omfang og begrensninger på utprøvingen som vist for T-Baneringen i vedlegg 2.

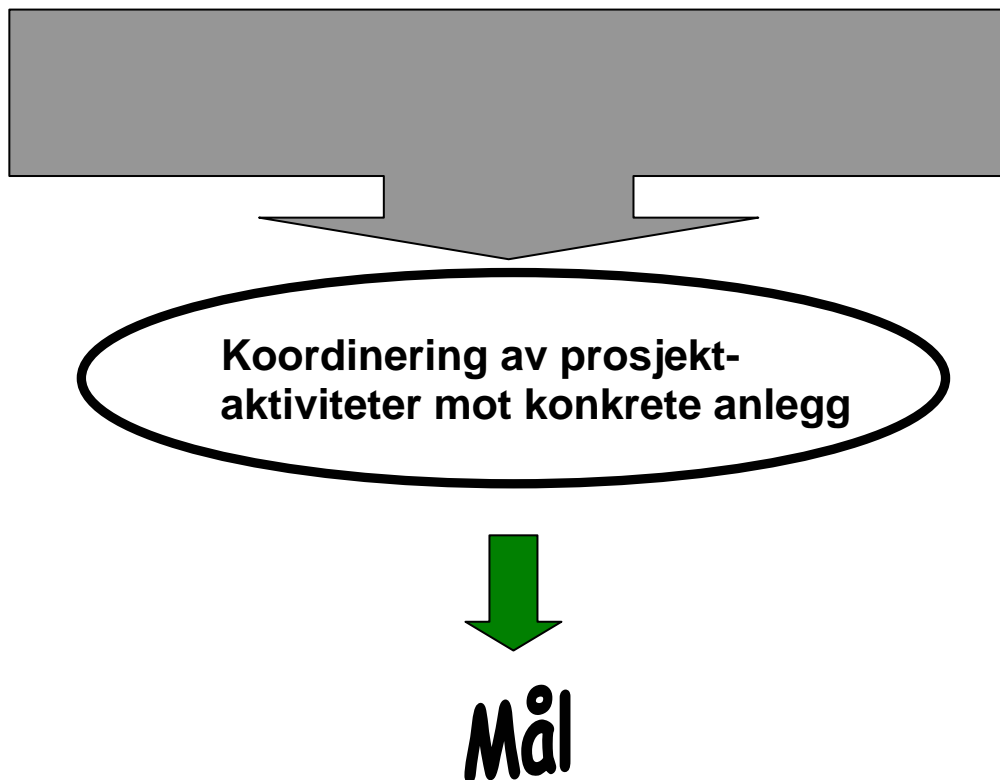
3.3 Hovedmål for prosjektet

Tunnelbransjen vil gjennom dette prosjektet oppnå:

- Større sikkerhet mot miljøskader spesielt relatert til grunnvann
- Bedret grunnlag for prognostisering av tunnelprosjekter
- Større teknisk og økonomisk sikkerhet ved gjennomføring av tunnelprosjekter
- Styrket tillit i samfunnet
- Øke kunnskap og kompetanse

3.4 Delprosjekter

A. Forundersøkelser	B. Samspill med omgivelsene	C. Tetteteknikk
<ul style="list-style-type: none"> • evaluering av borhull • omfang • regionalgeologi • undersøkelsesmetoder mm. KNYTTET TIL OBJEKTER	<ul style="list-style-type: none"> • vegetasjoners sårbarhet • vannkilders sårbarhet • lekkasje vs. endr. i grunnvannstand • poretrykksendringer urbanomrd. • akseptgrenser for lekkasjer 	<ul style="list-style-type: none"> • mikrosementer • injeksjonsstrategi • naturlige tettemetoder • vanninfiltrasjon



Detaljer i delprosjektene er presentert i kapittel 4.

3.5 Konsekvenser av måloppnåelse i delprosjektene

Dersom prosjektet oppnår sine definerte hovedmål (se kapittel 3.2) antar man at det vil få følgende konsekvenser:

For delprosjekt A: Forundersøkelser

- Dokumenterte retningslinjer for valg av omfang, metoder og verktøy til bruk ved forundersøkelser basert på anerkjente normer og standarder også anvendbare i det internasjonale marked.
- Reduserte kostnader ved tunneldrift ved at man er forberedt på foreskrevne problemer og kan sette inn tiltak og anvende riktige metoder og utstyr som er priset i anbudet, og i beste fall unngår problemområder.
- Større sikkerhet ved gjennomføringen av tunnelprosjekter ved at man kvalitativt utfører bedre kartlegging av problemområder og entydig kan foreskrive fenomen som kan medføre skade på personer, utstyr eller konstruksjoner.
- Større sikkerhet mot miljøskader og negative samfunnsmessige konsekvenser ved at man på forhånd identifiserer problemområder der slike skader kan oppstå, og planlegger/utfører tiltak for å unngå skadene, enten på forhånd eller underveis.
- Mer pålitelig geologisk informasjon gir sikrere tids- og kostnadsoverslag og bedre grunnlag for å fatte riktige beslutninger og kunne gjøre dette på et tidligere stadium i et prosjekt.

Delprosjekt B: Samspill med omgivelsene

- Sammen med at grunnlaget for bedømming av berørte områders sårbarhet i en tidlig planleggingsfase bedres, vil dette gi større treffsikkerhet ved beregning av kostnadene ved framtidige tunnelprosjekt.

Delprosjekt C: Tetteteknikk

- Dagens nivå for usikkerhet knyttet til både oppnåelig tetthet, tidsbehov og kostnader vil reduseres. I tillegg til de teknisk/økonomiske konsekvenser dette har vil også tunnelbransjens omdømme i samfunnet bedres.
- Vil bidra til å sikre gjennomførbarheten mht. konsekvenser av grunnvannssenkning for tunnelprosjekter i både tettbebygde strøk og spesielt sårbare naturområder.
- Geometrisk utforming av tunneltraseene vil kunne bli mer uavhengig av grunnforholdene.
- Redusert risiko i tunnelprosjekter for uønskede konsekvenser mht. ytre og indre miljø.
- Vil fremskaffe oppdatert kunnskap og materiale som bør anvendes i utdanningssammenheng ved f.eks. NTNU.

- Ny oppdatert NFF håndbok i berginjeksjon gir bransjen kjøreregler som har absorbert de nyeste erfaringer

Videre er det prosjektets klare intensjon at det parallelt blir sett på det organisatoriske og kontraktmessige forhold som i enkelte tilfeller kan virke som barrierer for en riktig bruk av tekniske hjelpemidler og metoder. Dette vil medføre at kontrakter og anbudsgrunnlag blir riktig utformet for en profesjonell og fagmessig gjennomføring av arbeidene til beste for miljø og omgivelser.

3.6 Finansieringsplan

Finansieringsplanen for prosjektet er vist i tabell 3.1. Prosjektet har en viss finansieringsforskyvning da Norges forskningsråd går inn med hovedtyngden av kontanter i perioden 2000-2002, mens Jernbaneverket og Statens vegvesen går inn med hovedtyngden i perioden 2001-2003.

Tabell 3.1 Finansieringsplan (i 1000 kroner)

Firma:	År:	2000	2001	2002	2003	Kommentar:
Statens vegvesen		300	1000	1000	1000	
Jernbaneverket		300	1000	1000	1000	
Selmer ASA		25	25	25	25	
Veidekke ASA		25	25	25	25	
NCC Anlegg AS		25	25	25	25	
Samferdselsetaten i Oslo		0	100	100	100	
Norconsult AS		0	0	0	0	kun egeninnsats i timer
NGI		0	0	0	0	kun egeninnsats i timer
NTNU		0	0	0	0	kun egeninnsats i timer
Norges forskningsråd		1000	1900	1700	0	
	SUM	1675	4075	3875	2175	

Det totale kontantbudsjettet for prosjektet er således 11,8 millioner kroner. I tillegg vil prosjektet ha en egeninnsats anslått til ca. 12 millioner. Norges forskningsråds finansieringsandel vil derfor totalt ligge rundt 19 %.

3.7 Budsjett

I tabell 3.2 er det reviderte kontantbudsjettet for prosjektet og delprosjektene vist.

Tabell 3.2 Revidert budsjett for perioden 2001-2003

Aktivitet:	År:	2001	2002	2003	Kommentar:	
A1. Lunnerhøgda		750	350	200	Objektretting av delprosjekt A Se beskrivelse i kap. 4.	
A2. Riktig omfang av forundersøkelser		0	0	200		
A3. T-Baneringen		250	250	0		
A4. Frøyatunnelen		150	0	0		
A5. Romeriksporten		100	250	100		
A6. Krokskogen mot Oslo			400	150		
A7. Holmedal				200		
A8. Øvrige delprosjekt A		50	150	150		Adm.,rapportering NGU, NGI
B1. Vegetasjoners sårbarhet		100				
B2. Vannkilders sårbarhet		100				
B3. Lekkasje - endr. Grunnvannsstand		150				
B4. Poretrykksendringer og skader i urbanområder		100				
B5. Akseptgrenser for tunnellekkasjer		50				
Vurderes utfra rapport i sept. 2001		275	875	575		
C1. Mikrosementer		500	600	0		
C25. Injeksjonsstrategi		600	200	100		
C3. Naturlige tetteprosesser		300	200	0	Økes fra 200' Reduseres fra 200', foreligger NOTEBY rapport	
C4. Vanninfiltrasjon		200	0	0	NFF arbeid	
C6. Håndbok i injeksjonsteknikk		50	0	0	høsten 2001	
P1. Kvalitetsrevisjon		100	0	0	Økes med 200' - kritisk suksesskriterie	
P2. Koordinering av aktiviteter mot prosjekter		300	100	0		
P3. Organisering - kontraktsforhold		100	100	0		
P4. Informasjon, resultatformidling		200	100	100	Internettetablering, mai 2001	
P5. ADM, Prosjektledelse		400	400	400	Ass.prosjektleder	
Til disposisjon, ev.t overføring 2002		305	0	0		
	SUM	4930	3975	2375		

3.8 Kvalitets- og regnskapsrevisjoner

Det skal gjennomføres årlige regnskapsrevisjoner. Revisjon utføres av regnskapsinstans i Statens vegvesen.

Det skal gjennomføres en kvalitetsrevisjon av prosjektet. Denne revisjon utføres når prosjektet er kommet igang og har som hovedhensikt å kvalitetssikre kurs og faglige prioriteringer, samt oppnådde resultater.

3.9 Framdrift og milepæler

I tabell 3.3 er hovedpunktene i framdriftsplanen og milepæler skissert. For detaljer vises det til beskrivelse av delprosjektene i kapittel 4.

Tabell 3.3 Milepæler i prosjektet

Prosjektperiode: Fra dato:	1.jan 2001	Til dato:	31.des 2003	2001				2002				2003				
					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Aktivitet- produkt																
P4 - Prosjektbeskrivelse				✓												
P5 - Regnskapsrevisjon				✓			✓				✓					✓
P4 - Internettlansering					✓											
C1 - Testtrigg klar til utprøving					✓											
C25 - Rapporting av erfaringsintervjuer					✓											
B - Foreløpig veiledning*						✓										
P1 - Kvalitetsrevisjon							✓									
C6 - NFF Håndbok							✓									
A4 - Rapportering Frøyatunnelen							✓									
A3 - Rapportering T-Baneringen								✓								
P5 - Statusrapportering								✓			✓					
C4 - Veiledning i vannfiltrasjon								✓								
C3 - Statusrapport Naturlige tettepros.								✓								
A1 - Statusrapport Lunnerhøgda									✓							
A5 - Statusrapport Romeriksporten									✓							
C25 - Rapportering T-Baneringen									✓							
P3 - Organisering - kontraktsforhold										✓						
C1 - Sluttrapportering											✓					
C3 - Sluttrapport												✓				
A6 - Krokskogen - sluttrapport													✓			
C25 - Systematisk utprøving – Sluttrapp.													✓			
A7 - Holmedal - sluttrapport															✓	
A1 - Sluttrapport Lunnerhøgda															✓	
A5 - Sluttrapport Romeriksporten															✓	
P5 - SLUTTRAPPORT PROSJEKT																✓

* milepæler innen delprosjekt B, vurderes ut fra nytt ståsted i 3 tertial 2001.

3.10 Informasjonsstrategi

Internett

Det legges opp til en informasjonsstrategi spesielt rettet mot internett. Denne siden skal:

- Oppdateres hyppig
- Være linket mot alle bidragsyttere
- Ha en engelsk versjon
- Linkes mot NFF's side; www.tunnel.no

Siden lanseres i 2. tertial 2001.

Artikler og foredrag

Det er viktig at resultatene i prosjektet blir formidlet til bransjen og samfunnet, og dette vil bli hyppig fokusert på delprosjektmøtene. Dette kan bli gjort gjennom artikler i fagpressen eller ved bidrag på konferanser og seminarer. Se forøvrig pkt. 3.2 for prosjektrutiner for dette.

Presse

Ved behov vil det bli laget pressemeldinger. Utenom dette oppfordres styret til å bruke sine kontakter for å få prosjektet fram i lyset. Det kan være aktuelt å invitere pressen til lunsj for å presenter viktige funn i prosjektet.

4. Beskrivelse av delprosjektene

4.1 Delprosjekt A. Forundersøkelser

Beskrivelse av aktivitetene er utarbeidet av Øystein Nordgulen og Jan S. Rønning (begge NGU) i samarbeid med Vidar Kveldsvik (NGI), Ole Bernt Lile (NTNU), Ole Chr. Pedersen (Geomap) og Harald Westerdahl (NGI). Ut fra gitte forutsetninger har en valgt å omstrukturere aktiviteten og gjøre den mer objektrettet. De fleste tema som opprinnelig ble foreslått, er bakt inn i dette forslaget, men omfanget er betydelig redusert. Det er foreslått aktivitet på i alt 6 objekter og i tillegg et mindre beløp til administrasjon. For å ta opp interessante oppgaver underveis, er det satt av et mindre beløp i reserve. Aktuelle objekter, tidsplan og omfang fremgår av tabellene nedenfor.

Tabell 4.1

Prosjektperiode: Fra dato:	01.03. 01	Til dato:	31.12. 03	2001				2002				2003				
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Hovedaktiviteter/oppgaver fordelt over prosjektperioden																
A1 Lunnerhøgda					X	X	X	X	X	X	X				X	X
A2 Riktig omfang av forundersøkelser														X	X	
A3 T-Baneringen				X	X	X	X	X	X							
A4 Frøyatunnelen					X	X										
A5 Romeriksporten					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
A6 Krokskogen mot Oslo									X	X	X	X	X			
A7 Holmedal												X	X	X		

Tabell 4.2

Aktivitet/År	2001	2002	2003	Sum
A0 Administrasjon	50	50	50	150
A0 Driftsmidler dr.ing. NTNU	10	40	50	100
A1 Lunnerhøgda	750	350	200	1300
A2 Riktig omfang av forundersøkelser			200	200
A3 T-baneringen Oslo	250	250		500
A4 Frøyatunnelen	150			150
A5 Romeriksporten	90	210	50	350
A6 Krokskogen mot Oslo		400	150	550
A7 Holmedal			200	200
Reserve		100	100	200
Totalt	1300	1400	1000	3700

INNLEDNING

Forprosjektet Miljø- og samfunnstjenlige tunneler ble gjennomført i løpet av 1999. NGU hadde hovedansvar for forundersøkelser, og dette arbeidet resulterte i en rapport hvor i alt 14 metodiske tema ble foreslått for videre arbeid (Grøv & Neeb 1999). Forskningsrådet hadde ikke tilstrekkelige midler til å gå inn på noen av disse, og prosjektet ble lagt på is en tid. I løpet av år 2000 ble det frigitt noen midler til å ta fatt på de oppgavene som opprinnelig ble foreslått. Selv om dette ikke er ubetydelige midler, er det likevel langt mindre enn hva som er nødvendig for å gjennomføre det opprinnelige programmet. En komprimert prosjektbeskrivelse ble utarbeidet av Davik, og denne ble diskutert på et møte under Samferdselsdagene 2001, 18. januar (se referat fra møte A-01-1). Her ble det besluttet at NGU skulle konkretisere oppgavene, og at NGU skulle komme tilbake med en ny prosjektbeskrivelse i god tid før et nytt møte 26. februar.

NYERE UTVIKLING

I løpet av år 2000 har det skjedd en viss utvikling, spesielt innenfor geofysikk, som gjør det nødvendig å se på de foreslåtte oppgavene i nytt lys.

- NGU har, på grunnlag av erfaringene en fikk under forprosjektet, anskaffet en optisk televiewer (OPTV). Det er allerede bygd opp kompetanse på bruk av denne og andre inspeksjonsmetoder.
- Det er gjennomført et NORFA-kurs i Ingeniørgeofysikk med målinger bl.a. over Romeriksporten i Oslos østmark. Her ble teknikker som hittil ikke er benyttet i Norge testet.
- NGI har en gjesteforsker (Dr. Mary Roth) som er ekspert på elektriske resistivetsmålinger på besøk (frem til juni 2001).
- NTNU har lyst ut et professorat/utdanningsstipend innenfor Ingeniørgeofysikk.
- NGU har gjennomført helikoptermålinger i et område som er aktuelt for tunnelutbygging (Lunnerhøgda).
- Det er fremskaffet midler til et dr.ing.-stipend ved NTNU.

Den opprinnelige prosjektbeskrivelse er diskutert i lys av de nye opplysningene. En har kommet frem til at en trolig får mer effekt ut av midlene ved å konsentrere aktiviteten om et fåtall spesielle objekter. Dette betyr at den tematiske oppbygningen av prosjektet erstattes av en mer objektrettet prosjektgjennomføring. Følgende objekter er aktuelle for videre arbeider:

- Lunnerhøgda
- Frøyatunnelen
- T-baneringen Oslo
- Romeriksporten
- Krokskogen mot Oslo
- Holmedal

I det følgende gis en kort beskrivelse av hvert objekt, mål for undersøkelsen, metoder, tidsplan, deltagere og et budsjett fordelt på år.

A1. Lunnerhøgda

Prosjektet omfatter undersøkelser i tilknytning til planlagt tunnel på en ny vegstrekning (Rv 35) fra Grua til Gardermoen. En tunnel på ca 3,8 km går fra området ved Grua i østlig retning under Langvannet og videre inn under naturvernområdet Rinilhaugen. Det er viktig å unngå uakseptable vannlekkasjer ved Langvann.

Beskrivelse

Den vestlige delen av den planlagte tunnelen går gjennom delvis hornfelsiske kambrosilurbergarter fram til grensen mot permiske eruptivbergarter like vest for Langvann. Ved Langvann er det syenittiske bergarter, og videre østover er felsittiske lavabergarter blottet i dagen. Området gjennomsettes av en rekke sprekker og forkastninger med hovedretning N-S til NNØ-SSV, og det finnes noen ganger av syenitt og diabas.

Følgende grunnlagsdata foreligger.

- Geologiske rapporter med kart og kort beskrivelse av geologi (Vegdirektoratet, E. Iversen, rapport E-218A-nr.2).
- Generelt berggrunnsgeologisk kartgrunnlag eksisterer ved NGU, og kartblad Gran (1:50000) er satt sammen digitalt av NGU.
- Geofysiske helikoptermålinger er gjennomført av NGU. Dette omfatter magnetiske, elektromagnetiske, VLF og radiometriske data. Data er prosessert, men ikke tolket.
- NGU har hydrogeologiske data på en rekke fjellbrønner i området.
- Rapport fra seismiske undersøkelser og kjerneboring foreligger fra Vegdirektoratet (E. Iversen, rapport nr. E-218 A nr.3).
- Hydrologiske vurderinger fra området (A. Gaut, Prosjektrapport Statkraft Grøner).

Hovedmål:

Gjennomføre forundersøkelser med metoder som hittil er lite benyttet og evaluere nytten av disse metodene ved fremtidige prosjekter.

Delmål/-oppgaver:

1. Tolke tilgjengelige data fra helikoptermålinger.
2. Sammenstille regionale berggrunnsgeologiske data.
3. Gjennomføre oppfølgende geofysikk på bakken.
4. Bore inntil 3 brønner og foreta borehullslogging/-inspeksjon.
5. Gjennomføre hydrogeologiske undersøkelser.
6. Studere vannstrømning ved radartomografi.
7. Evaluere oppnådde resultater med henblikk på nytten ved tunneldriving.

Metoder

I det følgende blir de enkelte undersøkelser beskrevet noe mer detaljert. Henvisning til tema refererer til den opprinnelige prosjektplanen.

Data fra helikoptermålinger foreligger i prosessert form. Disse foreslås tolket ved å trekke ut informasjon som er relevant for tunneldriving (Tema 6). På grunnlag av geofysiske tolkninger og tidligere kartlegging utført av Vegdirektoratet foretas mer detaljert berggrunnsgeologisk kartlegging med spesielt fokus på regional strukturgeologi og oppbygging av sprekkesoner (Tema 2). Oppfølging på bakken foretas med tradisjonelle og nye teknikker. Det vil bli lagt hovedvekt på 2D resistivitetskartlegging (Tema 8). Det foreslås boret 3 brønner til ca 150 meter og disse vil bli fulgt opp med borehullslogging bestående av optisk televiewer (OPTV), vannets temperatur og ledningsevne samt naturlig radioaktivitet (Tema 5). En hydrogeologisk undersøkelse inkluderer sammenstilling av tilgjengelige data fra brønnregisteret, prøvepumping og strømningsmålinger. Dette er aktiviteter som i den opprinnelige prosjektbeskrivelsen var lagt under delprosjekt B, Samspill med omgivelsene. Vannstrømning på sprekker i fjell kan studeres med radartomografi kombinert med saltvann som tracer (Tema 10).

Det er viktig at arbeidet følges opp med kontinuerlige registreringer på stuff under drivingen av tunnelen (geologi, ingeniørgeologi m.m.).

Milepæl/tidsplan

Driving av tunnelen starter allerede til høsten. Dette påvirker gjennomføringen av prosjektet ved at det meste av undersøkelsene legges til første driftsår.

Tabell 4.3

Prosjektperiode: Fra dato:	01.04. 01	Til dato:	31.12. 03	2001				2002				2003				
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Hovedaktiviteter/oppgaver fordelt over prosjektperioden																
Prosjektnavn: "Lunnerhøgda"																
Tolkning helikopterdata					X											
Tunnelkartlegging						X	X	X	X							
Regional geologi og ingeniørgeologi					X	X	X	X	X	X	X					
Oppfølgende geofysikk på bakken					X	X										
Brønnboring og logging						X										
Hydrogeologiske undersøkelser						X	X		X	X						
Radartomografi									X	X						
Evaluering og sluttrapportering															X	X

Aktivitetsansvarlig (Firma, person):

NGU, Jan Steinar Rønning

Budsjett

Budsjettet nedenfor bygger på full dekning av direkte kostnader (instrumentleie, reisekostnader og lignende), 50 % dekning av NGUs timekostnader og 80% dekning av NGIs timekostnader. NTNUs og Vegdirektoratets timekostnader forventes dekt over egne budsjett. Beløpet er angitt i 1000 kr.

Tabell 4.4

Aktivitet/År	2001	2002	2003	Sum
Tolkning helikoptergeofysikk	50			50
Regional geologi / strukturgeologi	125	25		150
Ingeniørgeologi	25	25		50
Oppfølgende geofysikk	150			150
Brønnboring og logging	200			200
Hydrogeologiske undersøkelser	200	100		300
Radartomografi		200		200
Evaluering og sluttrapportering			200	200
Sum kostnader pr. år	750	350	200	1300

A2. Riktig omfang av forundersøkelser

For tunnelanlegg der "det har gått galt pga. vanskelig fjell" er årsaken i langt de fleste tilfellene å finne i mangelfulle grunnundersøkelser eller at byggherre og/eller entreprenør ikke har viet grunnforholdene nok oppmerksomhet under byggingen. Det er derfor viktig at det tidsnok blir utført tilstrekkelige grunnundersøkelser for å klarlegge kvaliteten av grunnforholdene. I tillegg til dette bør omfanget av grunnundersøkelsene tilpasses den planfasen det gjelder samt prosjektets størrelse, type og dets innvirkning på omgivelsene.

Hensikten med prosjektet er å avklare hva som er rimelig omfang og hva som bør utføres av grunnundersøkelser for å kunne få tilstrekkelig viten om kvaliteten av grunnen i forhold til de krav som stilles til det aktuelle tunnelanlegget.

Mål:

Det skal utarbeides retningslinjer for det omfanget forundersøkelser bør ha i de ulike nivåer av planleggingen ut fra 1) de krav som stilles til tunnelanlegget, 2) grunnforholdenes vanskelighetsgrad, 3) anleggets innvirkning på omgivelsene. Retningslinjene vil bli tilpasset den nye CEN-normen ENV 1997 (førstandard for Eurocode 7, geoteknisk prosjektering). De vil videre bli basert på norske erfaringer fra ulike prosjekter, samt kost/nyttevurderinger.

Metode:

Det skal gjennomføres et litteratursøk i tillegg til de erfaringer en får fra de øvrige delprosjektene. Dette delprosjektet skal sammenfatte erfaringene fra alle aktivitetene i delprosjekt A, se dette i lys av andre erfaringer og internasjonale standarder og spesifisere et riktig omfang på forundersøkelsene.

Milepæler:

1. Innsamling av materiale (Mars 2003)
2. Bearbeiding av materiale og utvikling i delprosjekt A (Juli 2003)
3. Sammenstilling og utarbeidelse av foreløpig rapport (September 2003).
4. Etter gjennomgåelse av den foreløpige rapporten i gruppen for forundersøkelser (ca. 1 måned), vil kommentarene bli innarbeidet til endelig rapport (ca. 1 måned) (November 2003).

Aktivitetsleder (Firma, person).

Norconsult, Arild Palmstrøm

A3. T-baneringen (Oslo)

Prosjektet ligger sentralt i Oslo-området kambrosiluriske bergarter og er dermed representativt for en type geologi der det foregår og vil foregå større utbyggingsprosjekt i årene framover.

Beskrivelse

Tunnelen er ca 1,2 km lang og går fra Ullevål i nordøstlig til østlig retning til Tåsen og deretter mot øst-sørøst til Nygårdsveien. I den vestlige delen vil tunnelen dermed gå omtrent parallelt med strøket i kambrosilurbergartene, og langs den østlige delen skrått på strøket. Tunnelen vil skjære de antatt viktigste sprekkeretningene med relativt stor vinkel. Dette gjør at tunnelen er godt egnet for å høste informasjon om tunneldrift i denne typen bergarter. I tillegg vil det være mulig å dra nytte av data fra Tåsentunnelen som ligger nær T-baneringen.

Driving av denne tunnelen er begynt og antas å bli ferdig mot slutten av 2001. En kan dermed få fram et godt dokumentert og fullstendig datasett tidlig i prosjektperioden. Dette vil gjøre det mulig å vurdere innsatsen på FoU-siden, og eventuelt gjøre justeringer i forhold til planer for andre eksempelstudier.

Mål

Hovedmålet er å bruke data fra tunnelkartleggingen til å karakterisere bergmassen med hensyn til permeabilitet og bergmassekvalitet og vurdere dette opp mot regional-/strukturgeologi og utførte undersøkelser.

Delmål

- Bruke data fra tunnelen til å vurdere sammenhengen mellom sprekkesoner på regional og lokal skala og finne ut om, og på hvilken måte, informasjon om regionale forhold kan overføres til praktisk ingeniørgeologisk arbeid.
- Bruke data fra tunnelen til å karakterisere berggrunnen med hensyn til vannlekkasjer og vurdere dette mot struktur- og ingeniørgeologiske forhold.
- Vurdere bruk og nytte av geofysiske data.
- Bruke all informasjon fra tunnelen til å vurdere ulike typer grunnlagsdata og forundersøkelser med hensyn til relevans og kvalitet.
- Vurdere andre forhold (f. eks. sikringsomfang i forhold til forutsetninger).
- Vurdere erfaringene fra eksempelstudiet; konsekvenser for gjennomføring av lignende eksempelstudier.

Metoder/gjennomføring

- Geologisk kart (berggrunnskart, kart over dyp til fjell) og annet bakgrunnsmateriale over området er tilgjengelig og kan sammenstilles på en ensartet måte (NGI disponerer dette). Dette er viktig for å vurdere forholdet mellom regional geologi og ingeniørgeologiske forhold, særlig sett i forhold til utførte forundersøkelser.
- En ingeniørgeolog (Ann E. Bøyeie), som også har erfaring fra Tåsentunnelen, følger opp prosjektet. Dette gir tilgang til relevante data (sprekker/Q-verdi) fra drivingen av tunnelen. Med et mindre tillegg i datainnsamling vil det være mulig å sette den ingeniørgeologiske karakteriseringen av berggrunnen inn i et strukturgeologisk rammeverk. Dette rammeverket er tidligere utarbeidet på grunnlag av empiriske studier i ulike typer fjell og er publisert i Gråsteinen 7 (Braathen & Gabrielsen 2000).
- Data fra vanninnstrømming fra sonderhull vil være tilgjengelig og kan gi informasjon om vannlekkasjer i forhold til ingeniørgeologiske forhold.
- Data fra injeksjonsarbeider (mengde, type etc) vil være tilgjengelig. Injeksjonsarbeider i forbindelse med drivingen følges opp i et separat prosjekt (Lise Backer – NGI).
- Mengde og type sikringstiltak vil være dokumentert og tilgjengelig for prosjektet.
- Teste muligheten for bruk av geofysiske målemetoder (resistivitet) i tettbygde område.

Milepæler

1. Mars 2001: Iverksette systematisk innsamling av strukturgeologiske data og andre relevante data fra driving av tunnelen
2. Juni 2001: Sammenstille geologiske bakgrunnsdata (bør til slutt foreligge som digitale kart)
3. Januar 2002: Oppsummering av innsamlet datagrunnlag
4. April 2002: Rapportering, publisering og evaluering i forhold til mål

Tidspunkt for milepæl 3 og 4 vil kanskje måtte justeres noe i forhold til sluttdato for driving av tunnelen og andre praktiske forhold.

Aktivitetsleder (Firma, person).

NGI, Vidar Kveldsvik

Budsjett:

Budsjettet nedenfor bygger på full dekning av direkte kostnader (instrumentleie, reisekostnader og lignende), 50 % dekning av NGUs timekostnader og 80% dekning av NGIs timekostnader. NTNUs og Vegdirektoratets timekostnader forventes dekt over egne budsjett. Beløpet er angitt i 1000 kr.

Tabell 4.5

Aktivitet/År	2001	2002	2003	Sum
Innsamling og sammenst. av data	200	50		250
Reiser, andre utgifter	25			25
Geofysikk	25			25
Evaluering og sluttrapportering		200		200
Sum kostnader pr. år	250	250		500

A4. Frøyatunnelen

INNLEDNING

Grunnlag for dette forslaget er den generelle beskrivelsen av Delaktivitet A3 Regionalgeologi.

Den undersjøiske Frøyatunnelen anses som et velegnet prosjekt for eksempelstudie siden prosjektet er svært godt dokumentert, fra tidlig planfase t.o.m. byggefasen. Det er med andre ord grunnlag for å gjøre analyser basert på eksisterende dokumentasjon.

ARBEIDSBESKRIVELSE

Det foreslås å gjennomføre analyser innenfor følgende områder:

1. Vannlekkasjer og injeksjon sett i forhold til ingeniørgeologiske forhold, nærmere bestemt bergarter, Q-verdier, bruddsoner og sprekkesystemer.
2. Ingeniørgeologiske (inklusive Q-verdier og utført stabilitetssikring) og hydrogeologiske forhold erfart under tunneldrivingen sett i relasjon til regionalgeologiske forhold.
3. Regionalgeologi og ingeniørgeologi sett i forhold til resultater fra forundersøkelser.
4. Evaluere hvilke av utførte forundersøkelser som ga mest verdifull informasjon sett i forhold erfaringene under driving.

I tillegg til studie av et omfattende materiale mottatt direkte fra Frøyatunnelens prosjektledelse, vil det kunne bli aktuelt å supplere med egne regionalgeologiske studier. Det vil også bli gjennomført intervjuer med sentrale personer på anlegget og referansegruppen for prosjektet. En to-tre dagers befarings i området kan også bli aktuelt. Dette tas det stilling etter at foreliggende materiale er gjennomgått i detalj.

NGI er på eget initiativ i gang med å analysere utført seismikk for Frøyatunnelen mot kartlagte Q-verdier som en del av prosjektet *Sammenheng mellom lydbølgeforplantning i bergmasse (Vp og Vs) og bergmassekvalitet*. Frøyatunnelen vil også bli brukt som et av mange underjordsprosjekter i NGI prosjektet *Oppdatering av Q-systemet*, hvor utført sikring mot kartlagt Q-verdi skal analyseres. Disse prosjektet vil gi resultater som kan brukes direkte i eksempelstudiet Frøyatunnelen.

Fredrik Løset, NGI, jobber for tiden med et bokprosjekt med arbeidstittel *Norges tunnelgeologi*. I den forbindelse har han allerede samlet materiale fra andre tunneler i regionen (Nordmøre – Ytre Sør-Trøndelag og Romsdal – Sunmøre) som per dags dato er gitt en kort oppsummering med hensyn til regionalgeologi og ingeniørgeologi. En mer detaljert analyse av data fra disse tunnelene foreslås innarbeidet i eksempelstudiet Frøyatunnelen.

UTFØRENDE

Det foreslås at NGI tar hovedansvaret for eksempelstudiet Frøyatunnelen. NGU bidrar, spesielt innenfor området regionalgeologi og kvalitetssikring av rapporten.

Ansvarlig (Firma, person).

NGI, Vidar Kveldsvik

BUDSJETT

Budsjettet nedenfor bygger på full dekning av direkte kostnader (reisekostnader og lignende), 50 % dekning av NGUs timekostnader og 80% dekning av NGIs timekostnader. Vegdirektoratets timekostnader forventes dekt over eget budsjett. Beløpet er angitt i 1000 kr.

Tabell 4.6

Aktivitet/År	2001	2002	2003	Sum
Innsamling og sammenst.av data	150			150
Sum kostnader pr. år	150			150

A5. ROMERIKSPORTEN

Romerriksporten er kjent for de fleste og en nærmere presentasjon er ikke nødvendig. Det var store problemer med vannlekasjer under drivingen, og det injiseres vann for å opprettholde vannbalanse også i dag. Problemene har vært så store at en bør følge opp disse for eventuelt å ta lærdom ved fremtidige prosjekter.

Beskrivelse

Flere institusjoner har arbeidet på tunnelen og det finnes en lang rekke rapporter som behandler berggrunnsgeologi, strukturgeologi, hydrogeologi o.s.v. Under et NORFA-kurs i ingeniørgeofysikk, som ble arrangert i august 2000, ble det foretatt en serie målinger på bakken (bl.a. 2D resistivitet, tema 8) og i alt 4 brønner ble inspisert med optisk televiewer (tema 5). I tillegg er det foretatt logging av vannets temperatur og ledningsevne samt naturlig radioaktivitet. I to av brønnene er det foretatt vertikalseismisk profilering (VSP).

Mål

Foreta en vurdering av tilgjengelige og nye data for å vurdere om problemene under drivingen av Romeriksporten kunne vært avdekket på forhånd.

Delmål/oppgaver

1. Vurdere eksisterende inspeksjonsdata i lys av lekkasjedata.
2. Foreta og evaluere helikoptermålinger i et avgrenset område over tunnelen.
3. Sammenstille alle data og evaluere mulighetene de anvendte teknikker har for å avdekke problemer ved tunneldrivingen.

Metode

De foreliggende inspeksjonsdata analyseres og sammenstilles med øvrige data for å vurdere hvilken informasjon optisk televiewer kan bidra med ved vurdering av lekkasjer (tema 5). Resistivitetsmålinger på bakken avdekker flere til dels godt ledende knusningssoner, og for å se om disse kan påvises fra luften foreslår NGU å utføre helikoptermålinger i et begrenset område (tema 6). Målingene tenkes utført når utstyr likevel er i området, og de begrenses til ca 8 km². Punktene 1 og 2 utføres av NGUs faste stab. En sammenstilling av alle tilgjengelige data bør kunne utføres innefor det planlagte doktorgradsstudium ved NTNU (vedl. 3). Det vil i denne sammenheng være behov for oppfølgende feltarbeid.

Milepæler/tidsplan.

Det kan settes opp følgende tidsplan for aktivitetene.

Tabell 4.7

Prosjektperiode: Fra dato: 01.08.	Til dato: 31.12.04	2001				2002				2003			
Hovedaktiviteter/oppgaver fordelt over prosjektperioden		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Prosjektnavn: "Romeriksporten"													
Analyse inspeksjonsdata			X	X									
Helikoptermålinger inkl. bearbeiding								X	X				
Sammenstilling alle data				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Ansvarlig (Firma, person):

Aktivitet 1 og 2: NGU, Jan S. Rønning

Aktivitet 3: NTNU, Bjørn Nilsen

Budsjett.

Budsjettet nedenfor bygger på full dekning av direkte kostnader (instrumentleie, reisekostnader og lignende) og 50 % dekning av NGUs timekostnader. NTNUs og Vegdirektoratets timekostnader forventes dekt over egne budsjett. Beløpet er angitt i 1000 kr.

Tabell 4.8

Aktivitet/År	2001	2002	2003	Sum
Analyse inspeksjonsdata	90			90
Helikoptermålinger inkl. bearbeiding		150		150
Sammenstilling alle data		60	50	110
Sum kostnader	90	210	50	350

A6 Krokskogen mot Oslo.

Jernbaneverket har utredet en rekke tunneltraseer under Krokskogen (Ringeriksbanen), og i denne forbindelse har bl.a. NGU utført helikoptermålinger og noe geologisk kartlegging. Oslo kommune har utredet alternative traseer for vannføringstunnel mellom Holsfjorden og Oslo hvor NGI har utført omfattende ingeniørgeologisk feltkartlegging (bergmasseklassifisering) og analysert kjerneborehull. Det foreligger her et datagrunnlag som burde vært fulgt opp på en systematisk måte.

Beskrivelse.

NGU utførte i 1997 et oppdrag for Jernbaneverket hvor det i tillegg til geologisk kartlegging ble foretatt helikoptermålinger. Helikoptermålingene er prosessert og det foreligger et tolkningskart over geofysiske lineamenter (Beard og flere 1997). Disse tolkningene var vanskelig å konkretisere, og i sluttrapporten står det for mange spørsmålsteget. Det er foretatt en begrenset oppfølging av tolkningen (Beard 1999). NGU føler et sterkt behov for å følge dette opp videre, slik at en på sikt med større sikkerhet kan si hva de enkelte lineamentene representerer, og om dette har noen betydning for tunneldriving. Geolog Ingolf Rui har gjennom flere ti år kartlagt området med hensyn på bergartsfordeling og bruddsoner.

I forbindelse med Holsfjordprosjektet, hvor NGI var ansvarlig for grunnundersøkelser, er det utført ca 7,3 km refraksjonsseismikk, ca 6 km VLF bakkemåling fordelt på 21 profiler, 9 kjerneborehull og 11 hammerboringer med hydrotester ned til 270 m under bakken. Det foreligger et omfattende datagrunnlag fra feltkartlegging i målestokk 1: 5000 og Q-klassifisering for ulike bergarter.

Det foreslås oppfølgende målinger på bakken, spesielt i et område hvor VLF-data målt fra helikopter viser ledende strukturer som krysser hovedretningen for sprekker og forkastninger, og på utvalgte lokaliteter hvor VLF-bakkemålinger og hammerboringer med hydrotester (og eventuelt refraksjonsseismikk) er utført. Oppfølgingen bør konsentreres om 2D-resistivitetskartlegging, boring av to brønner ned til 150 meter og inspeksjon av disse der det er utført helikoptergeofysikk. I forbindelse med Holsfjordprosjektet bør eksisterende borehull inspiseres med optisk televiewer.

Mål.

Øke forståelsen av hva geofysiske anomalier målt fra helikopter og på bakken betyr for tunneldriving.

Delmål/oppgaver.

1. Utføre og evaluere oppfølgende geofysikk på bakken.
2. Bore to brønner og foreta inspeksjon av disse.
3. Inspisere et utvalg av eksisterende borehull.

Metode.

Oppfølgende målinger på bakke konsentreres omkring 2D-resistivitetskartlegging. Det er viktig her å benytte lange kabelutlegg slik at en kan se så dypt som mulig. På den måten kan strukturenes forløp mot dypet bestemmes. På grunnlag av resultater fra bakkemålingene bores to brønner som senere følges opp med borehullslogging/-inspeksjon. På denne måten kan resultater fra helikoptermålinger og bakkeoppfølging sammenholdes med bergets kvalitet.

For å få et bilde av bergets kvalitet, utføres borehullsinspeksjon på brønner boret i forbindelse med vannføringstunnel mellom Holsfjorden og Oslo.

Milepæler/tidsplan.

Det kan settes opp følgende tidsplan for aktivitetene.

Tabell 4.9

Prosjektperiode: Fra dato:	01.08. 01	Til dato:	31.12. 04	2001				2002				2003			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Hovedaktiviteter/oppgaver fordelt over prosjektperioden															
Prosjektnavn: "Krokskogen"															
Oppfølgende bakkegeofysikk								X	X						
Brønnboring og inspeksjon									X						
Inspisere eksisterende borehull										X	X				
Rapportering og evaluering												X	X		

Ansvarlig (Firma, person):

NGU, Jan S. Rønning

Budsjett.

Budsjettet nedenfor bygger på full dekning av direkte kostnader (instrumentleie, reisekostnader og lignende) og 50 % dekning av NGUs timekostnader. NTNUs timekostnader forventes dekt over egne budsjett. Beløpet er angitt i 1000 kr.

Tabell 4.10

Aktivitet/År	2001	2002	2003	Sum
Oppfølgende bakkegeofysikk		200		200
Brønnboring og inspeksjon		150		150
Inspisere eksisterende borehull		50	50	100
Rapportering og evaluering			100	100
Sum kostnader		400	150	550

Referanser:

Beard, I.: Geophysical investigations: Krokskogen, Oppkuven and Gran. NGU Rapport 99.027.

Beard, L.P., Lutro, O., Nordgulen, Ø., Rønning, J.S. & Siedlecka, A.: Geologiske og geofysiske undersøkelser på Tingerike og Krokskogen. NGU Rapport 97.153.

Divers rapporter fra NGI/Ingolf Rui/VBB VIAK i forbindelse med Ringeriksbanen og Holsfjordprosjektet.

A7. Holmedal

Under forprosjektet "Miljø- og samfunnstjenlige tunneler" utførte NGU tomografimålinger med georadar mellom flere brønner på NGUs forskningsfelt ved Holmedal, Askvoll kommune. Foreløpig prosessering viser interessante data og indikerer at teknikken kan benyttes til studie av hvordan grunnvann strømmer på sprekker i berg.

Beskrivelse

Ved Holmedal i Askvoll kommune har NGU etablert et forskningsfelt som består av i alt 9 brønner (Braathen og flere 1999). Disse er boret nært opp til hverandre, og det er utført prøvepumping. Det er også foretatt logging og inspeksjon av brønnene. Høsten 1999 ble det foretatt tomografiske målinger med georadar mellom utvalgte brønner.

Det forligger data fra tomografimålinger mellom tre par brønner. Målingene ble først gjort ved naturlig tilstand og så etter at saltvann ble injisert som tracer. Foreløpig prosessering viser at saltvannet demper radarbølgene og at dette kan benyttes til å studere hvordan vannet strømmer mellom borehullene. Det er hittil kun utført delvis prosessering av data fra ett datasett. Det foreslås å prosessere alle data og sammenholde resultatene med informasjon fra brønnlogging, pumpetester og andre tracerforsøk.

Mål

Vurdere georadartomografi som et verktøy for kartlegging av grunnvannsstrøm på sprekker i berg.

Metode

Prosesseringsrutiner er utviklet og lisens kan leies fra Malå Geoscience AB i Sverige. Prosjektet krever ikke andre ressurser enn timeinnsats og leie av programvare.

Milepæler/tidsplan

Det kan settes opp følgende tidsplan for aktivitetene.

Tabell 4.11

Prosjektperiode: Fra dato:	01.08. 01	Til dato:	31.12. 04	2001				2002				2003			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Hovedaktiviteter/oppgaver fordelt over prosjektperioden															
Prosjektnavn: "Holmedal"															
Prosessering av data												X	X		
Rapportering og evaluering														X	

Ansvarlig (Firma, person):

NGU, Jan S. Rønning

Budsjett

Budsjettet nedenfor bygger på full dekning av direkte kostnader (programvarelisens m.m.) og 50 % dekning av NGUs timekostnader. NTNUs timekostnader forventes dekt over egne budsjett. Beløpet er angitt i 1000 kr.

Tabell 4.12

Aktivitet/År	2001	2002	2003	Sum
Prosessering			150	150
Rapportering og evaluering			50	50
Sum kostnader			200	200

Braathen, A., Berg, S., Storrø, G., Jæger, Ø., Henriksen, H. og Gabrielsen, R.:
Bruddsone geometri og grunnvannsstrøm; resultater fra bruddstudier og testboring i
Sunnfjord. NGU Rapport 99.017.

4.2 Delprosjekt B. Samspill med omgivelsene

Innledning/formål

Forprosjektet Miljø- og samfunnstjenlige tunneler ble gjennomført i løpet av 1999. NVE hadde hovedansvar for delprosjekt B "Samspill med omgivelsene", og dette arbeidet resulterte i en rapport hvor en rekke tema ble foreslått for videre arbeid (Int. rapport 2129). Forskningsrådet hadde ikke tilstrekkelige midler til å gå inn på noen av disse, og prosjektet ble lagt på is en tid. I løpet av år 2000 ble det arbeidet fram nye finansieringskilder slik at det er mulig å ta fatt på enkelte av de oppgavene som opprinnelig ble foreslått. Selv om dette ikke er ubetydelige midler, er det likevel langt mindre enn hva som er nødvendig for å gjennomføre det opprinnelige programmet. I år 2000 ble NGI ved Kjell Karlsrud bedt om å trekke ut essensen i det arbeidet som til nå er gjort og å skissere en framdrift med utgangspunkt i et nytt budsjett og reduserte målsettinger.

Hovedmålsetting er nå å utarbeide en status/veiledning som behandler undersøkelsesmetodikk og spørsmål som går på et tunnelanleggs mulige og akseptable konsekvenser for det ytre miljø. Dette gjelder primært spørsmål knyttet det å vurdere/beregne de lokale skadeeffektene (endringene) på vegetasjon, åpne vannkilder og grunnvannsressursene, som følge av tunnellekkasje. I tillegg vil det bli sett på poretrykksendringer og potensielle setningsskader. Det er viktig å se miljø, økologi og biologisk mangfold i et helhetlig perspektiv og på et tidlig stadium definere tilstrekkelig faglig/tverrfaglig undersøkelsesmetodikk for å klarlegge slike forhold og eventuelle konsekvenser av endringer.

B1. Klassifisering av vegetasjonens sårbarhet

Vegetasjonens sårbarhet bør si noe om sannsynligheten og omfanget av skadeeffekter som kan oppstå på kort og lang sikt i ulike vegetasjonstyper som følge av tunneldrenering og nye grunnvannsforhold.

Klassifiseringen kan baseres på flere kriterier både med hensyn på sårbarhet og naturverdi.

Vi vil med utgangspunkt i eksisterende kunnskap og normalt eksisterende datagrunnlag (f.eks. terrengdata, dmk og vegetasjonskart) se i hvilken grad forhold knyttet til sårbarhet og naturverdi kan registreres innen realistiske rammer. Dessuten vil vi med utgangspunkt i eksisterende litteratur vurdere kunnskapsstatus om i hvilken grad ulik vegetasjon virkelig er avhengig av grunnvann, både høy grunnvannstand og regelmessig grunnvannssig (kilder). Deretter vil man kunne beskrive metoder for å kartlegge og undersøke mulige sårbare vegetasjonstyper på utvalgte lokaliteter (stedsspesifikke undersøkelser).

Aktivitetsleder (Firma, person):

NINA, Egil Bendiksen og Lars Erikstad

B2. Klassifisering av vannkilders sårbarhet

Vannkilders sårbarhet sier noe om endringer i vannmengde og vannkvalitet på kort og lang sikt som følge av tunneldrenering og nye grunnvannsforhold.

Sårbarhet kan klassifiseres ut fra mulig påvirkning på:

- Regional vannforsyning fra åpen drikkevannskilde
- Regional vannforsyning fra grunnvannsreservoar eller brønner
- Grunnvannets kjemi
- Lokale brønner (åpne eller dype borede brønner)
- Vannstand og/eller vannstandsvariasjoner i tjern eller vann (primært estetisk spørsmål, som man bør kunne se i sammenheng med de mange regulerte vann man ellers har).
- Rennende vann (bekker med mer)
- Påvirkning på fisk og andre organismer i vannet.

Metoder for å kartlegge og undersøke sårbarheten for og konsekvensene av skader (endringer) for grunnvann- og overflatevann beskrives.

Aktivitetsleder (Firma, person):

Jordforsk, Petter Snilsberg

B3. Sammenhenger mellom lekkasje og endring i grunnvannstand

En del relativt 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. Det bør også kunne utarbeides sammenheng mellom ulike hydrogeologiske hovedparametre omkring bestemmelse av lekkasjerate inn i tunnelen.

I denne sammenheng bør man også søke å få frem påvirkning på lokalt "hengende" grunnvann, og om eller i hvilken grad mindre bekker kan påvirkes.

Metoder for å kartlegge de viktigste geologiske og hydrogeologiske parametre skal beskrives. Fokus skal for hvert enkelt anleggene være de parametre som har største betydning for drenering og omfanget av skadeeffekter på naturen.

Aktivitetsleder (Firma, person):

Norconsult AS, Kevin Tuttle

B4. Poretrykksendringer og skader i urbanområder

Formålet med dette delprosjektet er å etablere rasjonelle metoder for å kartlegge potensialet for setninger og skader som følge av innlekkasje av grunnvann til tunnelanlegg i urbane områder. Dette er et aspekt som vil være helt avgjørende for hvilke lekkasjekrav som må stilles til et tunnelanlegg.

Prosjektforslaget inneholder følgende tre hovedaktiviteter:

- Bestemme endring av poretrykk/grunnvannstand i løsmassene rundt et tunnelanlegg i relasjon til innlekkasje
- Bestemmelse av setningspotensialet i løsmasser for en gitt endring av poretrykk/ grunnvannstand
- Bestemmelse av skadepotensialet på bygninger og andre anlegg, og tilhørende skadekostnader, i relasjon til størrelsen på setninger (total- og differensialsetninger)

Aktivitetsleder (Firma, person):

NGI, Kjell Karlsrud – Vidar Kveldsvik

B5. Grovklassifisering av akseptgrenser for tunnellekkasje

Basert på ovenstående klassifisering bør man kunne lage en grov inndeling av sammenhengen mellom naturgrunnlaget og skadepotensialet ved ulike innlekkasje under ulike forhold. En mulig løsning er en form for matrise med sentrale faktorer der en for hvert tunnelanlegg vekter de ulike faktorer ut fra mulig konsekvens (skadeomfang) og sannsynligheten for at den skal inntreffe ved forskjellige lekkasjer. En vurdering av faglig/politisk akseptabelt skadepotensial vil deretter resultere i lokale lekkasjekrav. Kravene vil videre være bestemmende for hvilke tekniske løsninger som kreves for å tette tunnelanlegget, hvilket igjen har avgjørende betydning for kostnader. Det kan eksempelvis nevnes at i forhold til en tunnel der det ikke utføres nevneverdig injeksjon, vil et krav til systematisk forinjeksjon langs hele tunnelanlegget typisk innebære en fordobling av tunnelkostnaden, og etablering av en vanntett utstøpning en tredobling av kostnadene.

Det må selvfølgelig bli en del synsing i dette, men det bør være et godt utgangspunkt for drøfting og diskusjon med miljøvernmyndigheter og NVE. Dette også sett i sammenheng med ny vannressurslov.

Formålet må være å komme i en dialog for å få mer generell forståelse for hele problemstillingen, og få frem rimelige og fornuftige krav i fremtiden.

Aktivitetsleder (Firma, person):

NGI, Kjell Karlsrud – Vidar Kveldsvik

Videre framdrift i delprosjekt B

Det inviteres til et oppstartsmøte for å diskutere elementene i dette delprosjektet. Det legges opp til at det innen september 2001 presenteres en foreløpig "State of the art" rapport, der det videre FoU behov er klart definert. Det vil da utkrystallisere seg de områder det vil være viktig å utrede i perioden september 2001 – 2003. Dette bør komme ut av den dialogen man har med godkjennende myndigheter og de usikkerheter som knytter seg til de enkelte elementer i denne foreløpige "veiledningen".

I tråd med de andre delprosjektene, A: Forundersøkelser og C: Tetteteknikk, ønsker prosjektet å gjøre utviklingsarbeidet objektrettet der dette er mulig.

Budsjett 2001

Aktivitet	Budsjett
I. Klassifisering av vegetasjonens sårbarhet	100 000,-
II. Klassifisering av vannkilders sårbarhet	100 000,-
III. Sammenheng lekkasje og grunnvannstand	150 000,-
IV. Poretrykksendringer/skader i urbanomr.	100 000,-
V. Akseptgrenser	50 000,-
Budsjett til vurdering sept 2001 – des 2001	275 000,-
Totalt budsjett 2001	775 000,-

Budsjettet bygger på full dekning av direkte kostnader (instrumentleie, reisekostnader og lignende), og maksimalt 80 % dekning av timekostnader (dvs. 20 % egeninnsats). Vi ber hvert enkelt firma/ institutt vurdere mulighetene for høyere egeninnsats. Vegdirektoratets timekostnader dekkes over egne budsjett. I NFR-prosjektet opereres det med en timerate på 750 kr/time.

Posten "budsjett til vurdering" bør søkes fordelt rett over sommerferien slik at kontinuiteten i arbeidet blir opprettholdt.

4.3 Delprosjekt C. Tetteteknikk

C1. Mikrosementer

Beskrivelse

Injeksjon med sementer har lange tradisjoner, og erfaringsmaterialet er omfattende. Det meste av disse erfaringen er fra bruk av industrisementer (rapid). Finkornete sementer (mikrosementer) som er spesielt utviklet for berginjeksjon er først blitt relativt vanlig de senere år. Det er en rekke parametre (presentert i rapport 2130, vedlegg A1) som vil innvirke på det endelig injeksjonsresultatet. Det er i dette prosjektet tenkt å gå nærmere inn på en dokumentasjon av rene materialeegenskaper, basert på utprøving av sementer og tilsetningsstoffer under kontrollerte laboratoriebetingelser. Parallelt med dette er det behov for at suspensjoner med kjente og dokumenterte materialeegenskaper utprøves mht. faktisk inntrengningsevne i tilstrekkelig stor laboratorieskala. Det er videre et ønske at disse utprøvinger korreleres mot konkrete forsøk i en reell tunnel.

Hovedmål:

- Dokumentere hvordan sementtyper, kornfordeling, forbehandling, tilsetningsstoffer, blandemetode, temperatur og trykk faktisk påvirker inntrengning og fasthetsutvikling (størkning og herding).
- I samarbeid med leverandørindustrien: Forbedre mikrosementtyper og arbeidsprosedyrer slik at godt tetteresultat kan oppnås i finest mulige sprekker.
- Forbedre beskrivelse, kvalitetsstyring og kontroll av injeksjon i praksis.
- Utnytte resultatene i sammenheng med delprosjekt C25

Metoder

Ved laboratoriestudier kan en illustrere inntrengning av mikrosementsuspensjoner i tynne sprekker/kanaler med kontrollert, lav temperatur. I store forsøksserier på en reproducerbar sprekkemodell varieres en og en av de aktuelle parametre for materiale og andre virkemidler. Parallelt med inntrengningsforsøkene er det nødvendig å gjennomføre laboratorieforsøk for å fremskaffe rene materialdata for forskjellige suspensjoner. Det vil samtidig bli utviklet materialprøvemethoder som kan benyttes enkelt og raskt ute i felt under daglig arbeid med injeksjon. Supplerende beskrivelser finnes i vedlegg A1, rapport 2130.

Milepæl/tidsplan

Tabell 4.13

Prosjektperiode: Fra dato:	01.08. 2000	Til dato:	31.12. 2000	2001				2002				2003			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Hovedaktiviteter/oppgaver fordelt over prosjektperioden															
Ferdigstillelse av testrigg					✓										
Sluttrapportering											✓				

Aktivitetsleder (Firma, person):

SINTEF Bergteknikk, Anders Beitnes

Budsjett

Tabell 4.14

Aktivitet/År	2001	2002	2003	Sum
Oppbygging og testing av rigg	500	600	0	1100

C25. Injeksjonsstrategi

Beskrivelse

På tross av mange sprikende momenter og betraktninger når det gjelder berginjeksjon, finnes det noen grunnforutsetninger som alltid vil være gjeldende uansett type prosjekt. Et injeksjonsmiddel som pumpes inn i berg vil følge vanlige hydrauliske lover og gå minste motstands vei. Et borhull med blanding av fine og grove kanaler/sprekker vil bare delvis bli utnyttet hvis injeksjon foretas med for lav trykk- og pumpekapasitet. De fine kanalene vil bli blokkert på et tidligere stadium og forhindre videre inntrenging når injeksjonstrykket til slutt bygger seg opp. Tilsvarende effekt forsterkes når flere hull injiseres samtidig over en felles manifold. Disse betraktninger sammen med andre praktiske erfaringer fører til følgende hovedretningslinje for det videre arbeid:

Injeksjon i berg skal utføres på en slik måte at optimalt injeksjonstrykk oppnås allerede fra første pumpeslag.

Med optimalt injeksjonstrykk menes det høyeste tillatte trykk som på forhånd er bestemt ut fra de stedlige forhold.

I hovedprosjektet må følgende utredes:

- Vurdering av begrepet optimalt trykk sett i relasjon til tetthetskrav, omgivelsene og øvrige variable.
- Injeksjonsutstyr etter ovennevnte modell
- Fremskaffelse av injeksjonsmateriale og styringsmetodikk som tilfredstiller ovennevnte krav
- Prosedyrer for injeksjon på stuff mht. boring/injeksjon etter ovennevnte krav
- Teste dette ut på aktuelt prosjekt

En stor del av forventede fremtidige tunnelprosjekter innen samferdselssektoren i Norge vil være knyttet til tettbygde strøk. Slike tunneler vil ofte være grunntiggende og pålagt meget strenge tetthetskrav. Denne kombinasjonen innebærer også i mange tilfeller at det forekommer dårlige bergforhold i tilknytning til disse kritiske områder.

Erfaringer fra utførte prosjekter må undersøkes og dokumenteres ytterligere. Utprøving og dokumentasjon på nye prosjekter er imidlertid vesentlig, både mht. materialer, utstyr, metode, borhullgeometri, tid og ikke minst resultater.

Utfordringene i prosjektet ligger i å undersøke injeksjonstekniske metoder og resultater for prosjekter med

- Liten overdekning
- Dårlig bergkvalitet
- Strenge tetthetskrav
- Ugunstig tunnelgeometri (to løp, kryss i plan/to plan etc.)

Hovedmål:

- Utvikle utstyr og prosedyrer for optimal forinjeksjonsprosess mht. tidskostnader.
- Dokumentere erfaringer med forinjisering "på stuff" ved spesielle forhold også der anerkjent (tradisjonell) teknologi ikke har gitt gode resultater. Disse forhold kan være av type strenge tetthetskrav, liten overdekning, dårlig bergkvalitet og komplisert tunnelgeometri.
- Utvikle tetningsmetoder som er effektive ved slike forhold.

Metoder

Fase 1:

- Tidsoptimal metodikk prøves ut med et håndplukket utvalg av dagens materialer og utstyr ved T-baneringen. Om mulig prøves et oppsett med flere parallelle enlinjekretser (pumpe – kontrollenhet - akselleratordosering - mansjett)
- Metodeprøving; god nok tetthet på en runde med a) mikrosegment og b) industrisement.
- Innhenting og bearbeiding av tilgjengelige relevante erfaringer fra prosjektene: Tåsen-, Svartdal-, Baneheia-, Bragernes-, Storhaug og Lundbytunnelene.

Fase 2:

- Basert på erfaringene fra fase 1 og aktivitet C1 utvikles utstyrspakke, materialer og prosedyrer på nytt prosjekt. Supplerende beskrivelser finnes i vedlegg A2, rapport 2130.
- Praktisk feltutprøving av delmetoder og –komponenter ved utvalgt prosjekter. Et stort antall aktuelle forsøk er beskrevet i vedlegg A4, rapport 2130. Det vil bli sett på injeksjonsmetodikk ved sterkt oppsprukket bergmasse, liten overdekning og strenge tetthetskrav. Dette prosjektet vil i tillegg kunne være forsøksfelt for en del innledende utprøving som bearbeides av andre aktiviteter i NFR-prosjektets periode 2000-2002.

Fase 3:

- Systematisk utprøving av utvalgte delkomponenter på nytt prosjekt. Supplerende beskrivelser for fase 2 finnes i vedlegg A4, rapport 2130. Forsøksserier ved fase 3 avhenger av prosjektlokalitet og resultater av fase 2. Aktuelle lokaliteter kan være Jong-Asker, Rv35 Lunnerhøgda m.fl.

Milepæl/tidsplan

Tabell 4.15

Prosjektperiode: Fra dato:	01.08. 2000	Til dato:	31.12. 2002	2001				2002				2003			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Hovedaktiviteter/oppgaver fordelt over prosjektperioden															
Rapportering erfaringer					✓										
Rapportering T-Baneringen									✓						
Sluttrapportering													✓		

Aktivitetsleder (Firma, person):

NVK AS, Oddbjørn Aasen og Norconsult AS, Reidar Kjølberg

Budsjett

Tabell 4.16

Aktivitet/År	2001	2002	2003	Sum
Koordinering mot anlegg	300	100	0	400
Arbeid med aktiviteter	600	200	0	800
Sluttrapportering	0	0	100	100
SUM	900	300	100	1300

C3. Naturlige tetteprosesser

Beskrivelse

I tunneler er det naturlig å tenke seg at berggrunn og vannkvalitetsforhold (porøsitet, porestørrelse, type bergart, organisk stoffinnhold, næringssalter; nitrogen, sulfat, fosfor, red/oks forhold, vanntrykk, temperatur, partikkelstørrelsefordeling) i stor grad vil bestemme vannlekkasjerate og hvorledes de vil avta over tid. Ved å benytte eksisterende kunnskap fra miljøteknologi (offshore og forurenset grunn) og tilpasse kunnskapen til behov og stedsspesifikke forhold, vil det være mulig å kunne utvikle modeller som forklarer hva som vil skje under ulike forhold. Ved å samle inn eksisterende informasjon og sammenligne den med forventede resultater basert på teoretiske modeller, vil man kunne utvikle empiriske gode modeller som kan verifiseres og tilpasses de praktiske observasjoner. Innsamling av materialet fra eksisterende anlegg vil måtte omfatte en hel serie parametre.

Dette delprosjektet vil først utarbeide en hypotese for hva man forventer kan hende. Dernext gjennomføres en systematisk innsamling av data fra ulike prosjekter der man har opplevd dette. Resultater sjekkes mot hypotesen og justeres i forhold til praktiske observasjoner.

Hovedmål:

Øke kunnskapen om naturlige tetteprosesser i fjelltunneler/bergrom og dernest utnytte denne kunnskapen i tetteprosessen

Metoder

Naturlige tetteprosesser i utvalgte tunneler skal undersøkes for å finne ut om det er noen sammenheng mellom lekkasjevannets innhold av partikler og kjemiske sammensetning, og endring i innlekket vannmengde. Det er satt igang overvåking av hvor mye vann som faktisk lekker inn over tid, og hvilken kjemisk sammensetning dette vannet har. Basert på resultatene av disse målingene ønsker en i neste omgang å vurdere om det er mulig å redusere innlekkasjer til tunneler ved å infiltrere vann med bestemt kjemisk sammensetning gjennom overrisling eller injeksjon gjennom borhull. Både kjemiske, fysiske og biologiske prosessers innvirkning på lekkasjeutviklingen vil vurderes.

Følgende aktiviteter er identifisert:

1. Utarbeidelse av hypotese og forslag til undersøkelsesprogram.

Denne sendes ut på høring og bearbeides i forhold til kommentarer.

2. Valg av tunneler for detaljerte undersøkelser

Det velges noen undersjøiske og noen oversjøiske tunneler som skal undersøkes nærmere mht. lekkasjeutvikling og vannkvalitet i lekkasjevann. Det gjøres avtaler om nærmere undersøkelser og gjennomføres et oppfølgingsprogram for hver tunnel.

3. Gjennomgang av programmet med alle parter involvert i gjennomføringen

Programmet gjennomgås med alle involverte parter og videre arbeid avklares.

4. Utarbeidelse av notat med oversikt over foreløpige resultater

Det utarbeides et notat basert på oppnådde resultater. Dette sendes til arbeidsgruppen og alle involverte parter for kommentarer

5. Modifikasjon av hypotesene og utarbeidelse av forslag til videre arbeid

Det gjennomføres et arbeidsgruppemøte der resultatene gjennomgås, forslagene til modifikasjoner av hypotesene gjennomgås og det utarbeides forslag til videre arbeid; kortsiktig/langsiktig FoU og praktiske undersøkelser som så initieres for gjennomføring.

Milepæl/tidsplan**Tabell 4.17**

Prosjektperiode: Fra dato:	01.08. 2000	Til dato:	31.12. 2002	2001				2002				2003			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Hovedaktiviteter/oppgaver fordelt over prosjektperioden															
1. Utkast til hypotese				✓											
2. Valg av tunneler				✓											
3. Gjennomføring av programmet					✓										
4. Utarbeidelse av notat med foreløpige resultater							✓								
5. Modifikasjoner av hypoteser i samarbeid med arbeidsgruppe									✓						
6. Sluttrapport													✓		

Aktivitetsleder (Firma, person):

Aquateam AS, Eilen Arctander Vik

Budsjett**Tabell 4.18**

Aktivitet/År	2001	2002	2003	Sum
Arbeid med aktiviteter	300	200	0	500
SUM	300	200	0	500

C4. Vanninfiltrasjon

Beskrivelse

Formålet med dette delprosjektet er å etablere et rasjonelt grunnlag for prosjektering av vanninfiltrasjonsanlegg for å motvirke uønskede konsekvenser av innlekkasje av grunnvann til tunnelanlegg. Slike konsekvenser kan være i form av redusert poretrykk i nærliggende leirfylte dyprenner og medfølgende setninger og skader på byggverk, eller endring av grunnvannstand som kan påvirke natur/miljø.

Prosjektforslaget inneholder følgende aktiviteter som beskrevet i det etterfølgende:

- Sammenstilling av praktiske erfaringer fra tidligere anlegg
- Praktisk utforming, drift og vedlikehold av infiltrasjonsbrønner
- Sammenstilling av resultater i form av en veiledning

BESKRIVELSE AV AKTIVITETER

Sammenstilling av erfaringer

Vanninfiltrasjon har vært benyttet som et aktivt virkemiddel i forbindelse med mange av tunnelanleggene bygget i Oslo-området. I forbindelse med prosjektering av infiltrasjonsanlegg for Romeriksporten er en del av disse tidligere erfaringer allerede sammenstillet. Denne delaktiviteten vil derfor begrense seg til å supplere og utdype disse erfaringene noe. Man vil blant annet gi en fullstendig oversikt over alle anlegg i Norge der vanninfiltrasjon er benyttet og de viktigste erfaringer gjort ved det enkelte anlegget.

Det vil bli lagt spesiell vekt på å få frem kvalitative kriterier for at et vanninfiltrasjonsanlegg skal bli vellykket. Det gjelder både temporære og permanente anlegg. I denne sammenheng vil man både diskutere infiltrasjon i berg og i løsmasser.

Praktisk utforming, drift og vedlikehold

Man vil her ta for seg alle praktiske sider ved etablering og drift av vanninfiltrasjonsbrønner, slik som:

- Krav til utførelse av borhull
- Testing/utprøving for å verifisere om de fungerer etter hensikten
- Permanent tilkobling til ledningsnett, inklusive kummer, ventiler mm for å kontrollere trykk og vanninnngang.
- Kontroll av vannkvalitet og behov for spesialfilter for å unngå gjentetting av borhull.
- Vedlikeholdsrutiner, spesielt ved permanente anlegg.

Veiledning

Veiledningen vil gi en syntese av de resultater man er kommet frem gjennom de foregående delaktiviteter. Det vil i denne bli lagt spesiell vekt på å få frem konkrete og spesifikke anbefalinger relatert alle relevante aspekter ved prosjektering og utførelse av infiltrasjonsanlegg.

Aktivitetsleder (Firma, person):

NGI, Vidar Kveldsvik

Budsjett

Tabell 4.19

Aktivitet/År	2001	2002	2003	Sum
Arbeid med aktivitet	200	0	0	200
SUM	200	0	0	200

5 . Referanser

- Davik, K.I 2000, "NFR-prosjekt – Miljø- og samfunnstjenlige tunneler Prosjektskisse 2000-2002", Internrapport nr. 2124. Statens vegvesen Vegteknisk avdeling.
- Neeb, P.R &
Grøv, E m.fl. 2000, "NFR-prosjekt – Miljø- og samfunnstjenlige tunneler Delprosjekt A: Forundersøkelser – rapport fra forprosjekt", Internrapport nr. 2128. Statens vegvesen Vegteknisk avdeling.
- Pedersen, T.S
m.fl. 2000, "NFR-prosjekt – Miljø- og samfunnstjenlige tunneler Delprosjekt B: Samspill med omgivelsene – rapport fra forprosjekt", Internrapport nr. 2129. Statens vegvesen Vegteknisk avdeling.
- Aasen, O. m.fl. 2000, "NFR-prosjekt – Miljø- og samfunnstjenlige tunneler Delprosjekt C: Tetteteknikk – rapport fra forprosjekt", Internrapport nr. 2130. Statens vegvesen Vegteknisk avdeling.
- Klúver, B.H m.fl. 2000, "NFR-prosjekt – Miljø- og samfunnstjenlige tunneler Delprosjekt D: Organisering – rapport fra forprosjekt", Internrapport nr. 2131. Statens vegvesen Vegteknisk avdeling.
- Klúver, B.H 2000, "NFR-prosjekt – Miljø- og samfunnstjenlige tunneler Delprosjekt C: Berginjeksjon, Internrapport nr. 2151. Statens vegvesen Vegteknisk avdeling.

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 Kjell Inge Davik, fax. 22073288 el. mail: kjell.davik@vegvesen.no

Vedlegg B

Avtale med T-Baneringen

Samarbeidsavtale om forskning og utvikling

mellom

T-Baneringen
og
bransjeprojektet

 MILJØ- OG SAMFUNNSTJENLIGE
TUNNELER

1. Innledning

"Miljø- og samfunnstjenlige tunneler" er organisert som et forsknings- og utviklingsprosjekt som favner hele bransjen innenfor fjellarbeider. Prosjektet er støttet av NFR og organisert i 3 delprosjekter: Forundersøkelser, Samspill med omgivelsene og Tetteteknikk. En av suksessfaktorene for prosjektet er at en motivert bransje deltar, både byggherrer, entreprenører, konsulenter, utdanningsinstitusjoner og institutter.

Prosjektet har som hovedmål å:

- forbedre og videreutvikle bransjens kompetanse
- bidra til å sette korrekte akseptkriterier for innlekkasje
- oppnå større sikkerhet mot miljøskader
- oppnå større teknisk og økonomisk sikkerhet ved gjennomføring av tunnelprosjekter
- styrke tilliten i samfunnet

Prosjektet har en varighet på 4 år fra 2000-2003.

I 1999 ble det gjennomført et omfattende forprosjekt der hovedformålet var å kartlegge de områder et hovedprosjekt bør satse. Forprosjektet er dokumentert i en rapportserie. Arbeidet med forprosjektet dannet så grunnlag for prioriteringer i hovedprosjektet.

I prosjektstyret sitter:

Statens vegvesen (prosjektledelse), Jernbaneverket (formannskap), Samferdselsetaten i Oslo, Norconsult AS, NGI, NVE, Selmer ASA, Veidekke ASA, NCC Anlegg AS og NTNU.

I forbindelse med gjennomføringen av hovedprosjektet ønsker prosjektet å knytte nær kontakt mot et par anlegg slik at både anlegget og utviklingsprosjektet vil kunne dra nytte av hverandre. På T-Baneringen er flere av prosjektets aktører involvert i tillegg til at byggingen av T-Baneringen vil innbefatte utfordringer som ligger i utviklingsprosjektet hovedutfordringer; nemlig setningsproblematikk og tetteteknikk. Dessuten er prosjektet tidsmessig passende. De definerte innlekkasjekravene i T-Baneringen varierer mellom 7 l/min og 14 l/min. Utfra byggeplan og antatt inndrift vil man være inne ved det tøffeste kravet (7 l/min) i januar/februar 2001.

Det er vår tanke at de erfaringer bransjen har høstet de senere år kan videre utprøves og dokumenteres i T-Baneringen. Dette er spesielt rettet mot injeksjonsteknikk (trykk, v/c forhold, mikrosegmenter, skjermdesign etc.). Det antas at disse erfaringene vil være til nytte både for T-Bane prosjektet og FoU-prosjektet. Et samarbeidsprogram vil imidlertid måtte skje innenfor kontraktens rammer.

Samarbeidsavtale

T-Baneringen forplikter seg til å:

- delta i utprøving av injeksjon innen de muligheter som kontrakten gir
- dekke kr. 100.000 i forbindelse med kvalitetssikring av mikrosementer (kostnader utover dette skal tas opp med byggherren i hvert enkelt tilfelle)
- være behjelpelig med innsamling av data som er relevante for FoU-prosjektet
- stille til kontorplass til disposisjon (1-3 dag. pr uke) for koordinator, (Lise Backer, NGI)

FoU prosjektet forplikter seg til å:

- bidra med kompetanse og erfaring fra prosjektet
- stille hele eller deler av prosjektgruppen til disposisjon som referansegruppe
- dekke lønnsutgifter til koordinator
- ikke publisere materiale fra T-Baneringen uten etter spesielle avtale med prosjektet
- ikke tre inn i beslutningsprosessen uten på forespørsel fra byggeleder

Det er alle parters intensjon at dette utviklingsarbeidet skal føre til forbedret økonomi og kvalitet ved byggingen av T-Baneringen.

Oslo den .2.2001

Oddmund Jessen
For Samferdselsetaten i Oslo

Prosjektleder

Kjell Inge Davik
Statens vegvesen
Vegdirektoratet
Prosjektleder NFR-prosjekt

Vedlegg C

Forslag til Dr. ing arbeid

NFR-PROSJEKT "MILJØ- OG SAMFUNNSTJENLIGE TUNNELER"

FORSLAG TIL DR.ING.-OPPGAVER

1) Regional- og strukturgeologiske forholds betydning for vannlekkasjer i tunnelanlegg

Forundersøkelser for planlagte tunnelanlegg tar hensyn til en rekke ingeniørgeologiske forhold. De viktigste er vanligvis:

- Bergartsfordeling, -strukturer og -egenskaper.
- Detaljoppsprekning.
- Svakhetssoner/forkastninger.
- Bergspenningsforhold.
- Grunnvannsforhold.

Kartlegging av disse forholdene gir grunnlag for prosjektering og utarbeidelse av prognoser vedrørende:

- Vanskelighetsgrad og teknisk/økonomisk gjennomførbarhet.
- Inndrift.
- Stabilitetsforhold og sikringsomfang.
- Lekkasjeforhold, behov for avskjerming/tetting.

Omfang og krav til gjennomføring av undersøkelser og prosjektering tilpasses anleggstype og aktuelle ingeniørgeologiske forhold, som beskrevet f.eks. i NS 3480 og Eurocode 7. Som grunnlag for ingeniørgeologisk kartlegging benyttes bl.a. foreliggende berggrunnskart i ulike målestokker. Disse gir verdifull informasjon om mange av de forhold som inngår i undersøkelsene. De bidrar også til at videre undersøkelser kan fokuseres mot felter hvor behovet er størst, og kan dermed bidra til å øke sikkerheten av konklusjoner som trekkes på grunnlag av undersøkelsene.

Den største usikkerheten i forbindelse med planlegging av tunneler er ofte knyttet til bergmassens permeabilitet/vannlekkasjer. Det finnes flere ferske eksempler på store feil/misforståelser i forbindelse med prognosering av vannlekkasjer. Samtidig finnes en stor mengde ubearbeidede data, bl.a. fra tidligere prosjekt- og diplomoppgaver ved NTNU, som vil kunne gi grunnlag for sikrere prognoser i framtida med hensyn til vannlekkasje. Det foreslås derfor et dr.ing. prosjekt som skal ha som spesiell målsetting å utrede sammenhengen mellom regional-/strukturgeologi og vannlekkasjer.

Dr.ing.-oppgaven vil innledningsvis gå ut på å systematisere og analysere data fra fullførte tunnelanlegg og anlegg under bygging (landtunneler så vel som undersjøiske), og sammenholde dette med regionalgeologiske og strukturgeologiske data. Dette betinger at det gjennomføres systematisk innsamling av strukturgeologiske data i de aktuelle områdene. Relevante data kan samles fra blotninger på overflaten, fra borhull og borkjerner, og fra tunneler. På grunnlag av innsamlede og bearbeidede data vil det så være mulig å etablere forklaringsmodeller for innlekkasje. Numerisk analyse og kvantitativ strukturgeologi/3-D modellering vil stå sentralt i denne sammenheng.

Målsetningen er at dette dr.ing.-prosjektet skal resultere i anbefalte prosedyrer og retningslinjer som vil gi sikrere prognoser med hensyn til vannlekkasje for fremtidige tunnelanlegg.

Generelt for oppgavene

Oppgavene vil passe best for ingeniørgeolog med 2-3 års praksis, men kan også være aktuell for nyutdannede.

Dr.ing.-studiene gjennomføres ved NTNU, Institutt for Geologi og bergteknikk. For oppgaven vil det være naturlig med nært samarbeid spesielt med NGU, Statens Vegvesen og Jernbaneverket. Vanlig tidsramme for dr.ing.-oppgaver er 4 år.

Trondheim, 6. november 2000

Bjørn Nilsen

Vedlegg D.

Deltakere i prosjektgruppene pr. mars 2001.

A1: Lunnerhøgda

Jan Steinar Rønning, NGU (aktivitetsansvarlig)

Les Paul Beard, NGU (Regionalgeofysikk)

Alvar Braathen, NGU (Strukturgeologi)

Harald Elvebakk, NGU (Ingeniørgeofysikk)

Per Hagelia, Statens vegvesen

Bernt Olav Hilmo, NGU (Hydrogeologi)

Edvard Iversen, Statens vegvesen

Vidar Kveldsvik, NGI (Ingeniørgeologi)

Ole Bernt Lile, NTNU (Ingeniørgeofysikk)

Øystein Nordgulen, NGU (Berggrunnsgeologi)

Mary Roth, NGI (Gjesteforsker)

Harald Westerdahl, NGI (Geofysikk)

N.N., NTNU (Ingeniørgeofysikk)

A2: Riktig omfang av forundersøkelser

Arild Palmstrøm, Norconsult AS (aktivitetsansvarlig)

Alle i delprosjekt A

A3: T-Baneringen (Oslo)

Vidar Kveldsvik, NGI (aktivitetsansvarlig)

Alvar Braathen, NGU (Strukturgeologi)

Ann Elisabeth Bøyeie, Statens vegvesen (T-Baneringen)

Per Hagelia, Statens vegvesen

Jan Steinar Rønning, NGU

Øystein Nordgulen, NGU (Berggrunnsgeologi)

Mary Roth, NGI (Gjesteforsker)

Harald Westerdahl, NGI (Geofysikk)

A4: Frøyatunnelen

Vidar Kveldsvik, NGI (aktivitetsansvarlig)

Tor Erik Lynneberg, Statens vegvesen

Arild Palmstrøm, Norconsult AS

Bjørn Nilsen, NTNU

Øystein Nordgulen, NGU (Berggrunnsgeologi)

A5: Romeriksporten

Jan Steinar Rønning, NGU (aktivitetsansvarlig for del 1 og 2)

Bjørn Nilsen, NTNU (aktivitetsansvarlig for del 3)

Les Paul Beard, NGU (Regionalgeofysikk)

Alvar Braathen, NGU (Strukturgeologi)

Harald Elvebakk, NGU (Ingeniørgeofysikk)

Per Hagelia, Statens vegvesen

Vidar Kveldsvik, NGI (Ingeniørgeologi)

Ole Bernt Lile, NTNU (Ingeniørgeofysikk)
Øystein Nordgulen, NGU (Berggrunnsgeologi)
N.N., NTNU (Ingeniørgeofysikk)

A6: Krokskogen mot Oslo

Jan Steinar Rønning, NGU (aktivitetsansvarlig)

Les Paul Beard, NGU (Regionalgeofysikk)
Harald Elvebakk, NGU (Ingeniørgeofysikk)
Per Hagelia, Statens vegvesen
Ole Bernt Lile, NTNU (Ingeniørgeofysikk)
Øystein Nordgulen, NGU (Berggrunnsgeologi)
Ingolf Rui (Berggrunnsgeolog Geokart)
Harald Westerdahl, NGI (Geofysikk)
N.N., NTNU (Ingeniørgeofysikk)

A7: Holmedal

Jan Steinar Rønning, NGU (aktivitetsansvarlig)

Ole Bernt Lile, NTNU (Ingeniørgeofysikk)
Eirik Muring, NGU (Ingeniørgeofysikk)
Harald Westerdahl, NGI (Geofysikk)

B1: Klassifisering av vegetasjoners sårbarhet

Defineres i april 2001

B2: Klassifisering av vannkilders sårbarhet

Defineres i april 2001

B3: Sammenhenger mellom lekkasje og endring i grunnvannstand

Defineres i april 2001

B4: Poretrykksendringer og skader i urbanområder

Defineres i april 2001

B5: Grovklassifisering av akseptgrenser for tunnellekkasje

Defineres i april 2001

C1: Mikrosementer

Anders Beitnes, SINTEF Bergteknikk (aktivitetsansvarlig)

Per Heimli, NOTEBY
Bjørn Helge Klüver, Statens vegvesen
Reidar Kjølberg, Norconsult AS

C25: Injeksjonsstrategi**Oddbjørn Aasen, NVK AS og Reidar Kjølberg, Norconsult AS
(aktivitetsansvarlige)**Bjørn Helge Klüver, Statens vegvesen
Knut Boge, Geovita AS**C3: Naturlige tetteprosesser****Eilen Arctander Vik, Aquateam AS (aktivitetsansvarlig)**Bjørn Helge Klüver, Statens vegvesen
Knut Borge Pedersen, Statens vegvesen
Lars Hem, Aquateam AS
Axel Kelley, Aquateam AS
Knut Boge, Geovita AS
Gisle Grepstad, NVK AS
Trygve Dekko, NOTEBY AS**C4: Vanninfiltrasjon****Vidar Kveldsvik, NGI (aktivitetsansvarlig)**

Bjørn Helge Klüver, Statens vegvesen

C6: NFF Håndbok i injeksjonsteknikk**Kjell Inge Davik, Statens vegvesen og Knut Boge, Geovita AS
(aktivitetsansvarlige)**

Øvrige deltakere i delprosjekt C