

Temautredning Grunnforhold

Mars 2011

Dok nr: UOS00-A-36105 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 2 av 38	Temarapport Grunnforhold	Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski
---	-------------------------------------	---

Nytt Dobbeltspor OSLO – SKI

Plandokumenter med tilhørende konsekvensutredning

Oslo, Oppegård og Ski kommuner

TEMARAPPORT

Grunnforhold

HØRINGSUTGAVE

00-A	HØRINGSUTGAVE	29.03.2011	ER	KL	TEV	
Rev.	Revisjonen gjelder	Dato:	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av	
Follobanen Oslo– Ski Temarapport – Grunnforhold		Antall sider				
		38				
		Produsent	Asplan Viak AS			
		Prod. dok. nr.				
		Erstatning for				
		Erstattet av				
Prosjekt: Oslo - Ski Parsell: Oslo S - Ski stasjon		Dokument nr. UOS00-A-36105			Rev. 00-A	
 Jernbaneverket		Dokument nr.			Rev.	

Dok nr:	UOS00-A-36105	Temarapport Grunnforhold	Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski
Rev nr :	00-A		
Dato:	29.03.2011		
Side:	4 av 38		

Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski	Temarapport Grunnforhold	Dok nr: UOS00-A-36105 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 5 av 38
---	---	---

Forord

Denne temarapporten er sammensatt av utdrag av tekst og illustrasjoner fra rapporter om grunnforhold produsert av flere fagmiljøer. Rapporten skal gi en samlet fremstilling av de geologiske og geotekniske forhold som påvirker de tekniske løsningene for Follobanen. Rapporten har en inndeling som avspeiler slik plan- og utredningsarbeidet er organisert; Innføring til Oslo S i Gamlebyen (Aas-Jakobsen AS), Tunnelstrekning (Aas-Jakobsen AS) og Innføring til Ski stasjon (Norconsult AS). Følgende rapporter ligger til grunn for denne temarapporten:

Fagrapport ingeniørgeologi og hydrogeologi - Rev. hovedplan 01.09.2010 UOS-00-A-10034, Aas-Jakobsen AS

Innspill til Hovedplan - Nytt dobbeltspor Oslo – Ski, dagstrekning nord for Ski stasjon - UOS-80-A-11300, Norconsult AS, 01.10.2010

FOLLOBANEN, INNFØRING OSLO S – Geoteknisk fagrapport – hovedområder - UOS-10-A-10010, Aas-Jakobsen 06.10.2010

Geologiske forhold langs planlagt jernbanetrasé Oslo – Ski - NGU Rapport 2007.048 – 30.11.2007

Rambøll AS – Datarapporter 1-10 - Grunnundersøkelser – september -08 til oktober -10

Sandvika, mars 2011

Esben Rude

Oppdragsansvarlig
Rådgiving offentlig plan.

Dok nr: UOS00-A-36105 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 6 av 38	Temarapport Grunnforhold	Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski
---	-------------------------------------	---

<p style="text-align: center;">Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</p>	<p style="text-align: center;">Temarapport Grunnforhold</p>	<p>Dok nr: UOS00-A-36105 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 7 av 38</p>
---	---	---

Innholdsfortegnelse

SAMMENDRAG	9
GRUNNFORHOLD GENERELT	9
OSLO KOMMUNE	9
OPPEGÅRD KOMMUNE	10
SKI KOMMUNE.....	10
AVBØTENDE TILTAK.....	10
OPPFØLGENDE UNDERSØKELSER	11
1. GRUNNFORHOLD OG GEOTEKNIKK I GAMLEBYEN.....	13
1.1 TOPOGRAFI OG GRUNNFORHOLD	13
1.1.1 <i>Topografi</i>	13
1.1.2 <i>Løsmasser og berggrunn</i>	14
1.1.3 <i>Grunnvannstand og poretrykk</i>	14
1.1.4 <i>Styrkeegenskapene til løsmassene</i>	14
1.1.5 <i>Deformasjonsparametere</i>	15
1.1.6 <i>Byggegropsikring</i>	15
1.1.7 <i>Fundamentering</i>	16
2. GRUNNFORHOLD OG GEOTEKNIKK I TUNNELTRASEEN.....	17
2.1 GEOLOGISK BESKRIVELSE	17
2.1.1 <i>Topografi og løsmasser</i>	17
2.1.2 <i>Løsmassetyper og setningspotensial</i>	17
2.1.3 <i>Berggrunnsgeologi</i>	19
2.1.4 <i>Bergartsfordeling langs traseen</i>	21
2.1.5 <i>Oppsprekning</i>	21
2.1.6 <i>Svakhetssoner</i>	22
2.2 <i>Stabilitetssikring av tunnelen</i>	25
3. GRUNNFORHOLD OG GEOTEKNIKK, DAGSONE SKI NORD.....	27
3.1 GENERELT OM GRUNNFORHOLD.....	27
3.1.1 <i>Alternativ Øst</i>	27
3.1.2 <i>Alternativ vest</i>	28
3.2 STABILITET AV OG INNGREP I EKSISTERENDE JERNBANEFYLLING MOT KAPELLDAMMEN.....	28
3.2.1 <i>Dagens situasjon</i>	28
3.2.2 <i>Fylling for Follobanen vest for Kapelldammen</i>	30
3.3 UNDERBYGNING FOR JERNBANEANLEGGET FORØVRIG	31
3.3.1 <i>Alternativ Øst 3</i>	31
3.3.2 <i>Tunneler for Østfoldbanen gjennom kollen i nord i alternativ Øst 3</i>	33
4 KONSEKVENSER	35
4.1 OSLO KOMMUNE	35
4.2 OPPEGÅRD KOMMUNE	35
4.3 SKI KOMMUNE.....	35
5 AVBØTENDE TILTAK	37
6 FORSLAG TIL OPPFØLGENDE UNDERSØKELSER	37

Dok nr: UOS00-A-36105 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 8 av 38	Temarapport Grunnforhold	Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski
---	-------------------------------------	---

<p style="text-align: center;">Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</p>	<p style="text-align: center;">Temarapport Grunnforhold</p>	<p>Dok nr: UOS00-A-36105 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 9 av 38</p>
---	---	---

SAMMENDRAG

Fra utredningsprogrammet:

Geoteknisk vurdering av berg og forslag til anleggsteknisk løsning vurderes og eventuelle avbøtende tiltak beskrives.

Tunnelen kan virke som "drensledning". Tunnelstrekningene gjennom kommunen går under bebygde områder, og kan generelt virke drenerende på områdene over. Grunnforholdene er preget av at området ligger under marin grense med leire-avsetninger. Drenering av grunnen kan medføre setninger og eventuelt setningsskader på bebyggelse.

Marine avsetninger med til dels dårlige grunnforhold preger også dagstrekningene inn mot Ski stasjon. Skjæring i leire kan på enkelte steder bli dyp. Tiltak for å hindre skader både på omkringliggende bebyggelse, omgivelser generelt og vassdrag spesielt må ha høy fokus i byggeperioden.

Grunnforhold generelt

Kort summert består bergartene på strekningen overveiende av prekambriske gneisbergarter. Det opptrer et betydelig antall intrusivganger fra permtiden, de fleste gangene i metertykkelse, et fåtall mektigere enn 10 m. Sedimentære skifrigre bergarter, deriblant alunskifer, opptrer på en meget kort strekning i nord inn mot Oslo S.

Løsmassetypene i prosjektområdet er i stor grad marine avsetninger. Normalt er det også noen morenemasser helt ned mot bergoverflaten. I tillegg finnes enkelte begrensede områder med organiske masser (torv/myr).

Setningspotensialet i løsmasseområdene er vurdert basert på løsmassenes mektighet og løsmassenes setningsegenskaper. Opplysninger som er lagt til grunn, er løsmassekartene samt data fra utførte grunnundersøkelser. Det er utført fjellkontrollboringer, totalsonderinger, poretrykkmålinger og opptak av prøveserier med laboratorieanalyser. For setningsberegningene er det antatt et generelt grunnvannsnivå i underkant tørrskorpeleire.

Geologiske forhold og forekomsten av løsmasser er anvendt som grunnlag for den tekniske prosjektering av konstruksjoner og tunneler.

Oslo kommune

Grunnet strenge krav til stigning/fall på jernbanesporene blir det nødvendig å legge store deler av strekningen i kulvert/løsmassetunnel frem mot fjelltunnelen i . På strekningen er det planlagt å bygge en lukket kulvert første strekningen fra Bispegata og noe sydover, mens den etter hvert går over i et åpent betongtrau.

Grunnforholdene i Gamlebyen tilsier at anleggsgjennomføring og konstruksjoner må utføres med innbygde tiltak som skal hindre grunnbrudd, varige setninger på tilgrensende konstruksjoner og for Follobanens konstruksjoner. For å sikre seg mot slike konsekvenser prosjekteres kulverter, trau og støttemurer fundamentert med peler. Konstruksjonene vil da ikke være utsatt for setninger og vil heller ikke belaste

Dok nr: UOS00-A-36105	Temarapport Grunnforhold	Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski
Rev nr : 00-A		
Dato: 29.03.2011		
Side: 10 av 38		

grunnen, slik at det er fare for setninger eller oppressing av tilliggende konstruksjoner som ikke er sikret med peling. Alle konstruksjoner prosjekteres vanntette.

Tunneltraseen vil passere to svakhetssoner i fjellet i området ved Ljanselva og Gjersrudbekken. Tunnelene ligger så dypt at det antas at det ikke vil være nødvendig med "cut&cover" løsninger. Det prosjekteres full utstøping når tunnelen passerer svakhetssonene dersom konvensjonell tunneldrift blir valgt. Blir Tunnelboremaskin (TBM) valgt vurderes tunnelene å bli kledd med betongelementer og vil da i prinsippet være vanntette. Tunnelene blir prosjektert slik at innlekkasje av grunnvann skal begrenses til 4-8 l/min. pr 100m i spesielt sensitive områder med løsmasser over tunnelene. For mindre sensitive områder aksepters en innlekkasje på 10-15 l/min. pr 100m tunnel.

I driftsperioden vil tiltaket ikke medføre noen konsekvenser mht grunnforholdene.

Oppegård kommune

Follobanen vil ligge dypt som fjelltunnel gjennom hele Oppegård kommune. Ved valg av konvensjonell tunneldrift basert på sprengning vil et tverrslag ved Taraldrud i Ski ligge nær Oppegårds grense mot øst.

I driftsperioden vil tiltaket ikke medføre noen konsekvenser mht grunnforholdene i Oppegård.

Ski kommune

I området fra Oslo grense til tunnelpåhugget ved Roås i Ski vil tunnelene prosjekteres som tilnærmet vanntette konstruksjoner. Mellom Assurdalen og Roås er det imidlertid flere svakhetssoner. Det prosjekteres full utstøping når tunnelen passerer svakhetssonene i det tilfellet at konvensjonell tunneldrift blir valgt.

Blir TBM valgt vil tunnelene bli kledd med betongelementer og være vanntett. Tunnelene blir prosjektert slik at innlekkasje av grunnvann begrenses til 4-8l/min. pr 100m i spesielt sensitive områder med løsmasser over tunnelene. For øvrig er innlekkasjekravet 10-15l/min. pr 100m.

Spesielt er det et område ved kryssing under Sloraveien der fjelloverdekningen er liten. Her kan det bli aktuelt med en "cut&cover" løsning. Det må gjennomføres et arbeid i den videre prosjekteringen for å avklare om en slik løsning er nødvendig. Hvis ikke "cut&cover" løsning kan unngås må to-tre boliger innløses.

Nord for Ski stasjon er det områder med løsmasser uten tilstrekkelig bæreevne. Det er derfor prosjektert med tiltak som skal kompensere for dette i form av kalkstabilisering og motfylling, samt tetttiltak mot Kapelldammen.

I driftsperioden vil tiltaket ikke medføre noen konsekvenser mht grunnforholdene.

Avbøtende tiltak

Som beskrevet i kapitlet foran forutsettes avbøtende tiltak å bli innarbeidet i premissene for den videre prosjekteringen.

<p style="text-align: center;">Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</p>	<p style="text-align: center;">Temarapport Grunnforhold</p>	<p>Dok nr: UOS00-A-36105 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 11 av 38</p>
---	---	--

Oppfølgende undersøkelser

Det vil gjennomføres supplerende grunnboringer i traseen for å skaffe frem tilstrekkelig grunnlag for valg av byggemetode i områdene med svakhetssoner i forbindelse med arbeidet med detaljplanen for tiltaket, som skal være grunnlaget for utarbeidelse av reguleringsplaner i alle tre kommuner.

Dok nr:	UOS00-A-36105	Temarapport Grunnforhold	Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski
Rev nr :	00-A		
Dato:	29.03.2011		
Side:	12 av 38		

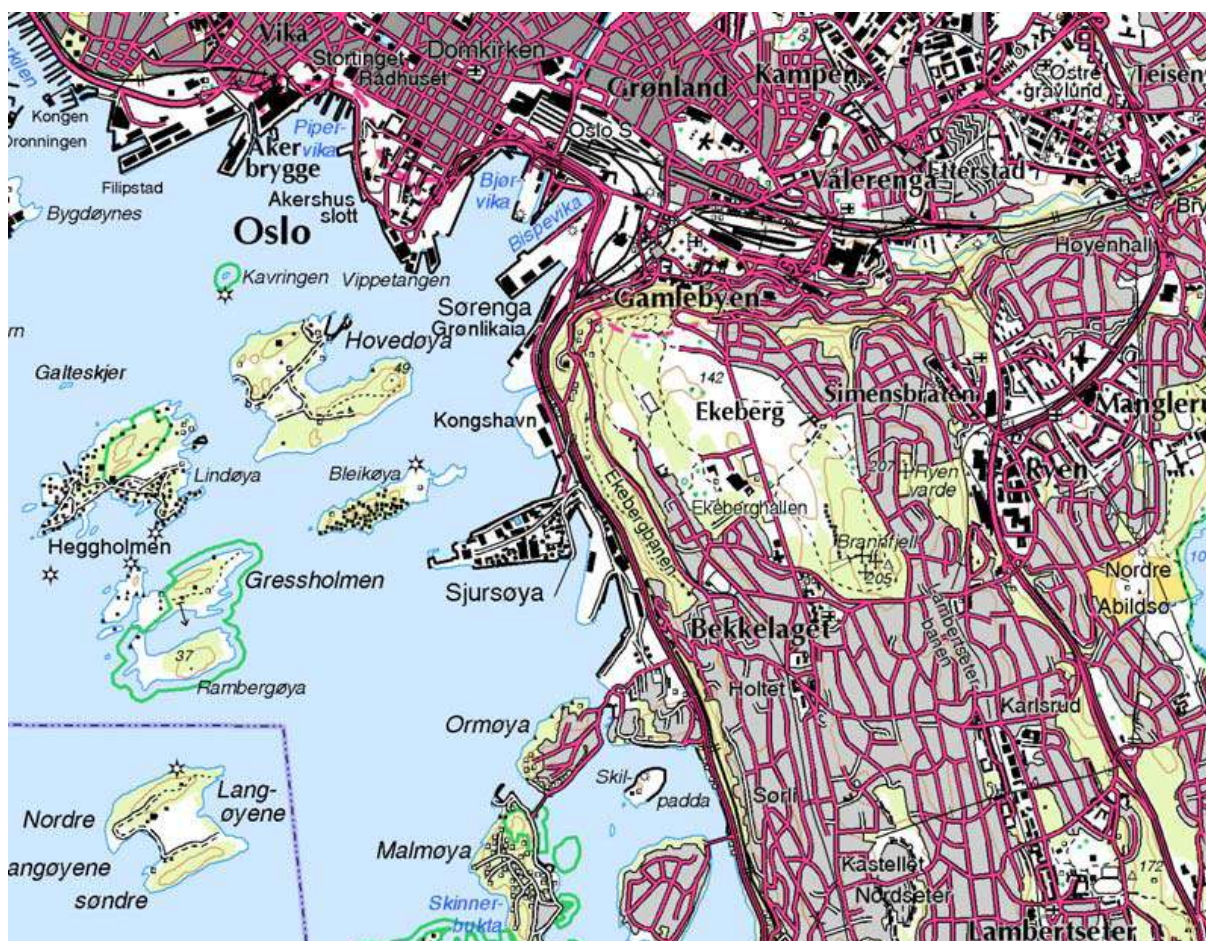
<p style="text-align: center;">Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</p>	<p style="text-align: center;">Temarapport Grunnforhold</p>	<p>Dok nr: UOS00-A-36105 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 13 av 38</p>
---	---	--

1. GRUNNFORHOLD OG GEOTEKNIKK I GAMLEBYEN

Norges geotekniske Institutt (NGI) har sammen med Dr. Ing. Aas-Jakobsen AS gjennomført et arbeid med hovedplan for innføring av nytt dobbeltspor fra Ski til Oslo S (Follobanen), se oversiktskart på figur. 1.

Geotekniske vurderinger av traséalternativ Loenga 4i "Klypen" er gjennomført. Den aktuelle traseen går ut fra Oslo S i retning østover før den svinger sørover og krysser under Bispegata i kulvert. Videre går den i "Klypen" og under Loenga i kulvert og videre til Ekebergsåsen der den skal gå i fjelltunnel.

Grunnet strenge krav til stigning/fall på jernbanesporene blir det nødvendig å legge store deler av strekningen i kulvert/løsmassetunnel frem mot fjelltunnelen i . På strekningen er det planlagt å bygge en lukket kulvert første strekningen fra Bispegata og noe sydoover, mens den etter hvert går over i et åpent betongtrau.



Figur 1 - Oversiktskart (ikke målestokk)

1.1 Topografi og grunnforhold

1.1.1 Topografi

På terminalområdet ved Oslo S ligger terrenget/jernbanesporene tilnærmet flatt på ca kote +3. Utgående Øsfoldbane og inngående Østforlbane og Follobane svinger sørover og krysser under Bispegata i kulvert. Her stiger banen slakt oppover, og ved Loenga ligger sporene rundt kote +5. Langs den østre siden av banen er det en ca 4-8 meter høy skråning opp mot Kanslergata.

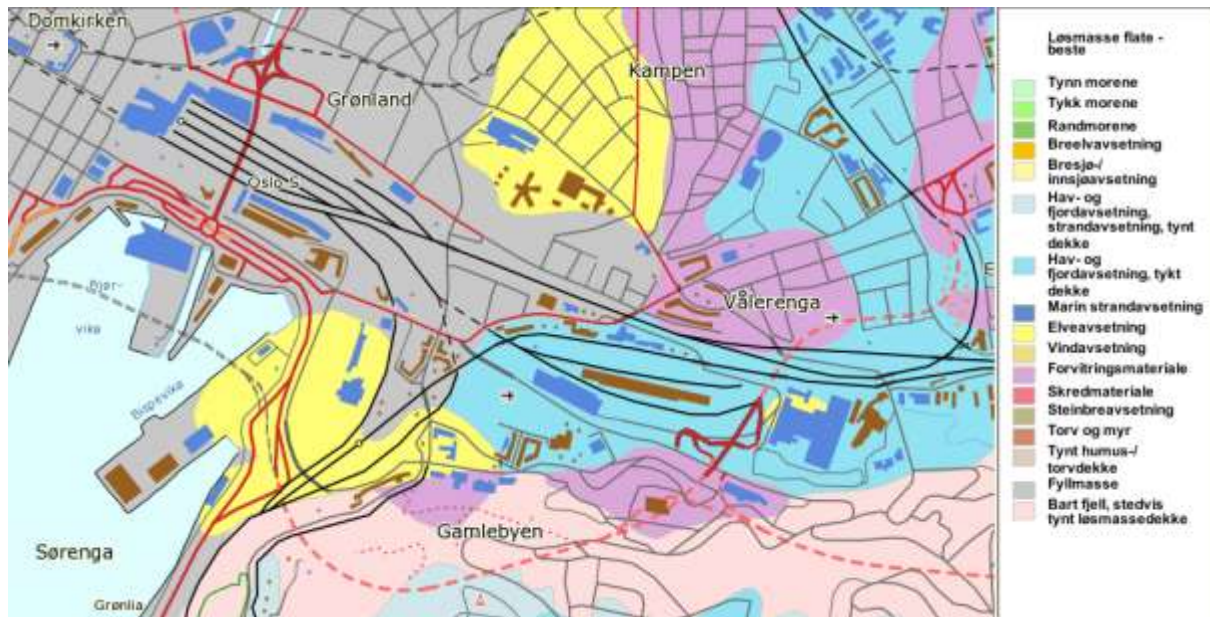
Dok nr: UOS00-A-36105	Temarapport Grunnforhold	Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski
Rev nr : 00-A		
Dato: 29.03.2011		
Side: 14 av 38		

1.1.2 Løsmasser og berggrunn

Kvartærgeologisk kart av området indikerer at løsmassene består av en del fyllmasser, samt elve- og bekkeavsetninger (fluvial avsetning), se figur 3. Rambøll Norge AS (2009) har utført grunnundersøkelser for det aktuelle prosjektet, se ref. 1. Resultater fra disse grunnundersøkelsene indikerer at løsmassene i området består av mellom 1-5 m fyllmasse/tørreskorpe i toppen. Under tørreskorpen påtreffes siltig leire i varierende mektighet mellom ca 15 m til over 40 m på det meste. Det er påvist sensitiv leire (kvikkleire) i enkelte borepunkt på det sydlige området mot .

Anlegget i Klypen

Utførte totalsonderinger indikerer at dybde til fjell varierer mellom ca 22 m i den sørlige delen, og over 40 m lengst nord mot Bispegata, tilsvarende fjell henholdsvis på ca kote -17 til dypere kote -30. Boringene lengst nord er avsluttet etter 40 m boring og fjelldybden i dette området er derfor ukjent.



Figur 2 - Kvartærgeologisk kart (NGU)

1.1.3 Grunnvannstand og poretrykk

I forbindelse med grunnundersøkelsene som Rambøll utførte i 2009 ble det installert flere poretrykksmålere i i den sørlige delen av området. Målerne indikerer tilnærmet hydrostatisk poretrykksfordeling med dybden og en grunnvannstand som ligger på ca. kote +4.

1.1.4 Styrkeegenskapene til løsmassene

Vurdering av styrkeegenskapene til løsmassene i Klypen er basert på tolkning av trykksonderinger (CPTu) og Ø54 mm prøveserier utført av Rambøll. Det er foretatt tolkning av CPTu sonderinger utført i flere borpunkter. Det er i beregningene antatt tørreskorpe ned til kote +5 som er modellert med drenerte styrkeparametere. Underliggende leire er modellert med udrenerte styrkeparametere, se tabell 1.

Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski	Temarapport Grunnforhold	Dok nr: UOS00-A-36105 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 15 av 38
---	-------------------------------------	--

Tabell 1: Udrenerte styrkeparametere valgt for Klypen

Kote [m.o.h.]	suA [kPa]
+5 til -4	40
-4 til -22	40-85 (dvs. +2,5kPa/m)

1.1.5 Deformasjonsparametere

Det er utført innledende geotekniske vurderinger og gjennomførbarhetsstudier av det aktuelle trasé-alternativet. Primært er det fokusert på stabilitet av byggegrop, og ikke så mye på deformasjoner i konstruksjoner og terreng. Ved en eventuell senere planfase bør valgt løsningsmetode optimaliseres.

I beregningene er skjærmodulen erfaringsmessig valgt lik $G=150 \cdot su$.

1.1.6 Byggegropsikring

Det er vurdert som mest aktuelt å sikre byggegropen for etablering av kulvert/betongtrau i Klypen ved hjelp av bakforankret spuntvegg med stylder til fjell. Innvendig avstivet spuntvegg er også vurdert, men ansees som betydelig vanskeligere å gjennomføre og er derfor ikke kostnadsberegnet i denne omgang.

For å ivareta tilfredsstillende krav til stabilitet av byggegropen er det nødvendig med grunnforsterkning inne i byggegropen ved hjelp av kalk/semmentpeler satt i et ribbemønster. Hver ribbe består av to rader med 60 cm diameter peler. Ribbene settes med senteravstand 3,0 m til en dybde på typisk 10 m under traubunnen.

For å få satt spuntveggen langs et parti på østsiden hvor spuntlinjen vil ligge i en ganske bratt skråning må det her først fylles opp for en anleggsvei. Det gjøres oppmerksom på at det er utfordrende å gjennomføre dype utgravinger i leire uten at tilstøtende terreng og/eller konstruksjoner blir berørt.

Erfaringer fra tilsvarende prosjekt i Oslo-området viser at det må forventes skjærdeformasjoner/setninger av bakenforliggende terreng i en avstand fra bakforankrede spuntvegger på mellom 3-4 ganger utgravingsdybde. Langs den aktuelle traseen er områder som kan bli nevneverdig berørt av arbeidene hovedsakelig bebyggelse langs Kanslergata og Saksegata på østsiden av traseen.

Fordi traubunnen i sin helhet vil ligge i leire og ikke komme i nær kontakt med fjell forventes det ikke å være særlig fare for senking av grunnvannstanden eller poretrykk i dette tilfellet. Lekkasje av grunnvann gjennom staghull kan skape noen problemer. Boring gjennom spesielle pakkere kan derfor være aktuelt.

Ved kryssing av sporområdet i overgangen mellom løsmassetunnel og fjelltunnel inn mot er det større potensial for å påvirke grunnvannstand og poretrykk. Dette blir ivaretatt av GeoVita AS som er geoteknisk rådgiver for dette området.

Det er utført innledende beregninger med elementmetodeprogrammet Plaxis av spuntavstivet utgraving i de utvalgte snittene A-A, B-B, C-C og D-D, se vedlegg A. Modellene er basert på oversendte plan- og snitt tegninger av alt. 41C – Klypen fra Dr. Ing. Aas-Jakobsen. Skisserte løsninger for byggegropsikring er vist i vedlegg C.

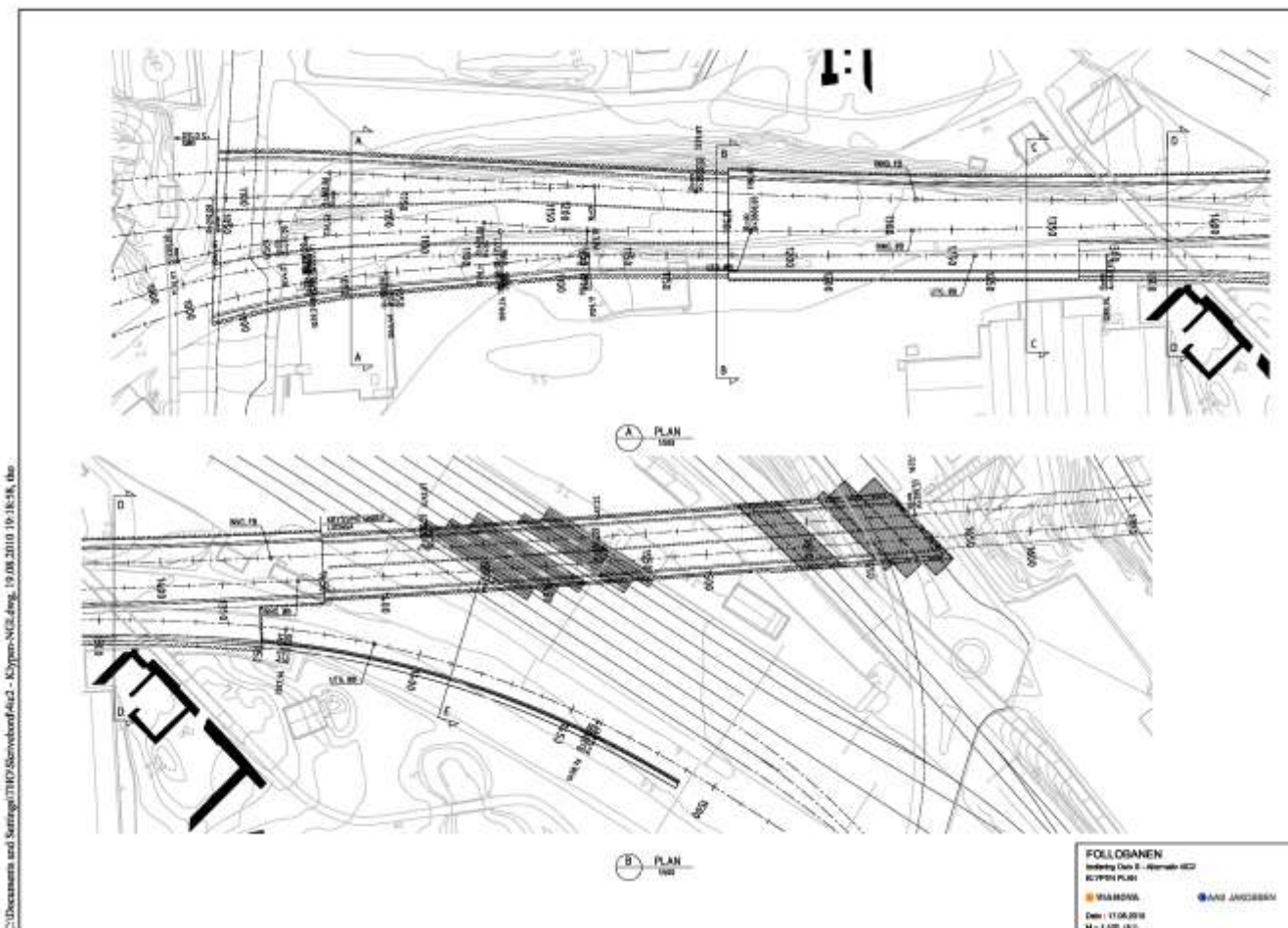
Basert på beregningene har vi kommet frem til nødvendige dimensjoner på konstruksjonselementene. Beregningene er utført med karakteristiske jordparametere, og i denne planfasen er de karakteristiske kreftene som konstruksjonselementene blir utsatt for multiplisert med en konservativ "lumpfaktor" for å få frem dimensjonerende krefter. Det er videre satt krav til at byggegropen skal ha en beregningsmessig sikkerhet på 1,4 eller bedre mot grunnbrudd. Den beregningsmessige sikkerheten er lavere enn 1,4 i enkel snitt, men dette ivaretas ved hjelp av seksjonsvis utgraving.

1.1.7 Fundamentering

Det pågår i dag noe generelle terrengsetninger i området slik det gjør i det meste av Oslo. Interferometriske radardata (data fra satellitt), kalt INTSARdata, som tidligere er anskaffet av NGU for hele Oslo-området, viser at dagens setningshastighet på eksisterende bygninger langs traseen varierer fra ca. 0,5 til 3,0 mm/år. Tunnelkilverten vil innebære en generell netto avlastning av grunnen, og derfor ventelig gi noe reduserte setningshastigheter som isolert sett kanskje kan være akseptable.

Med hensyn til fundamentering av tunnelkilverten er det likevel foreløpig valgt å legge til grunnpelefundamentering av hele konstruksjonen. Dette aspektet bør sees nærmere på ved detaljprosjektering.

Langs den lukkede kulvertdelen er det planlagt å fylle løsmasser over taket, med avtrappende fyllingsnivå vestover på utsiden av kulverten. Fyllingshøydene vil være 4-6 m nærmest tunnelen. Dette kan bidra til uakseptabelt store skjevsetninger på terrenget i dette området. For å unngå ulempene ved en skarp overgang i setninger mellom en kulvert som står på fjell og terrenget bør det etableres en ca. 10 m bred overgangsplate fra enden av kulvert taket og ut på terrenget.



Figur 3 - Konstruksjonene i Klypen og under Loenga

<p style="text-align: center;">Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</p>	<p style="text-align: center;">Temarapport Grunnforhold</p>	<p>Dok nr: UOS00-A-36105 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 17 av 38</p>
---	---	--

2. GRUNNFORHOLD OG GEOTEKNIKK I TUNNELTRASEEN

2.1 Geologisk beskrivelse

Detaljer om de utførte grunnundersøkelser, geologisk kartlegging, kjerneboringer, seismikk og laboratorieundersøkelser er gitt i rapport UOS-00-A-10033, "Grunnundersøkelser. Datarapport" /10/, og rapport UOS-00-A-10034, "Fagrappport ingeniørgeologi og hydrogeologi." /11/.

2.1.1 Topografi og løsmasser

Det høyeste terrengpunktet over traséene er 227 moh. Den marine grense i Osloområdet er på ca. 220 moh, noe som betyr at praktisk talt hele prosjektområdet ligger under den marine grense. Dermed vil man kunne ha marine avsetninger (silt og leire) langs begge traséer, noe som har betydning for vurdering av setningsfaren.

Den første delen av prosjektområdet over Ekeberg/Nordstrandsplatået til Ljanselva (km 1,9 - 7,9) preges av et jevnt profil hvor terrenget ligger på ca. 120-140 moh. På denne strekningen er det større partier med marine avsetninger mellom ca. km 5,3 – 6,1, og fra km 6,6 – 7,0. For øvrig er det mye berg i dagen eller tynt løsmassedekke. Den største delen av strekningen fra Loenga/Gamlebyen til Ljanselva er tett bebygd med småhusbebyggelse.

Fra Ljanselvområdet går traseene under naturområder begrenset av Grønliåsen, Flatåsen og Pinnåsen frem til Assurdalen/Tussetjern (km 7,9-15,7). Terrenget stiger opp til 227 moh (Grønliåsen), men ligger for øvrig rundt ca. 120-150 moh. Det er svært lite bebyggelse på denne strekningen, og mye berg i dagen.

I områdene Prinsdal, Fløysbonn og Taraldrud er det større områder med marine avsetninger, vesentlig tynne og usammenhengende, men i enkelte av dalgangene er det tykke avsetninger med torv og myr som ved Grytetjern.

Fra Assurdalen til Langhus er det bebygde områder med variert topografi, og veksling mellom berg i dagen og løsmasseområder med til dels stor mektighet (>10 m). Videre sørover mot Ski er det vesentlig områder med dyrket mark og skog, også her med mektige løsmasseavsetninger og berg i dagen.

2.1.2 Løsmassetyper og setningspotensial

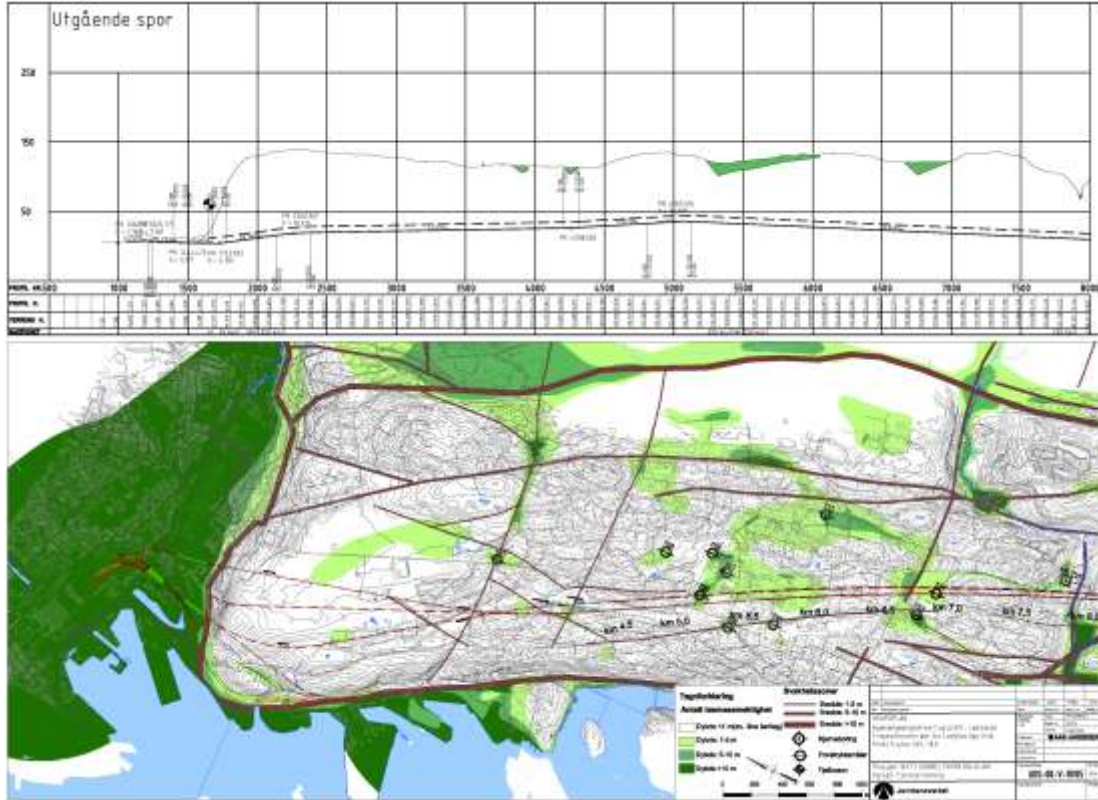
Løsmassetypene i prosjektområdet, er i stor grad marine avsetninger. Normalt er det også noen morenemasser helt ned mot bergoverflaten. I tillegg finnes enkelte begrensede områder med organiske masser (torv/myr).

Ved løsmassemektigheter < ca. 5 m er det svært begrenset setningspotensial. Store deler av de områdene som har løsmassedekke er kartlagt som tynne og usammenhengende, og kan derfor bli vurdert som lite setningsømfintlige. Erfaringsmessig kan det imidlertid også i slike områder være lommer med større dyp, og som dermed har et setningspotensial.

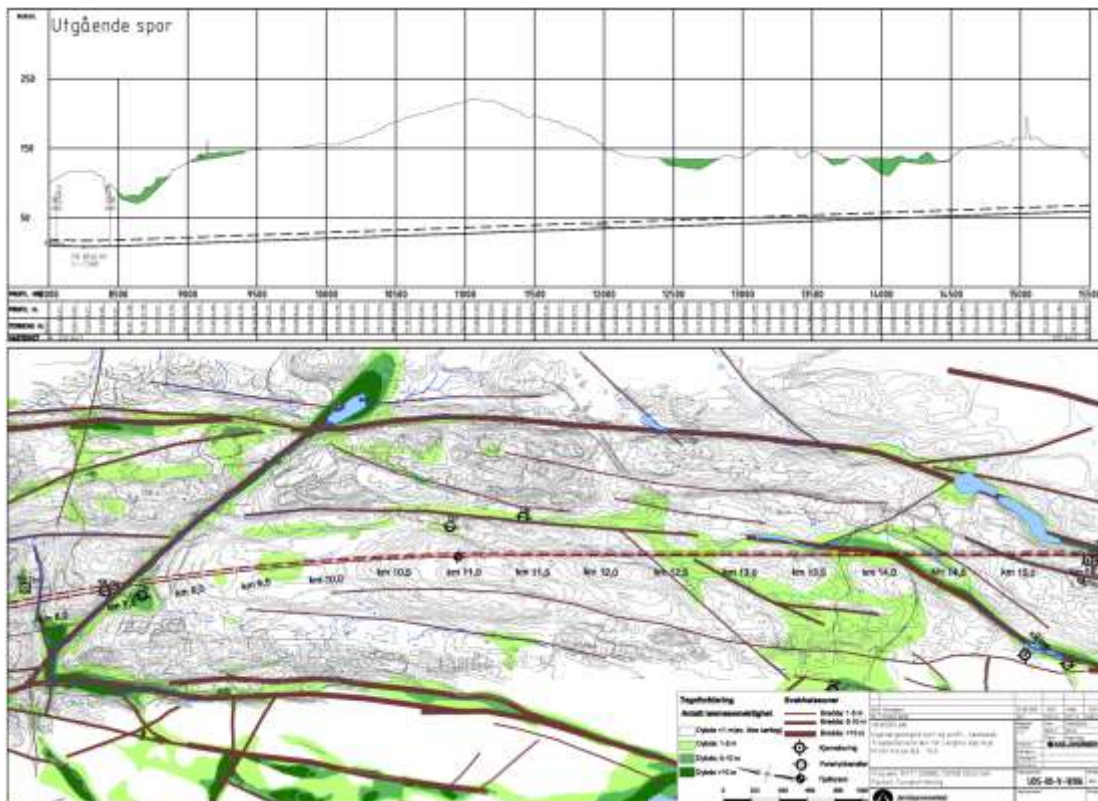
Setningspotensialet i løsmasseområdene er vurdert basert på løsmassenes mektighet og løsmassenes setningsegenskaper. Opplysninger som er lagt til grunn, er løsmassekartene, samt data fra utførte grunnundersøkelser. Det er utført fjellkontrollboringer, totalsonderinger, poretrykksmålinger og opptak av prøveserier med laboratorieanalyser. For setningsberegningene er det antatt et generelt grunnvannstands nivå i underkant tørrskorpeleire.

Det er utført setningsberegninger for jordprofil med hhv 5, 10 og 15m løsmassemektighet over fjell. Resultatene er presentert som totale setninger mot økende poretryksfall ved fjell.

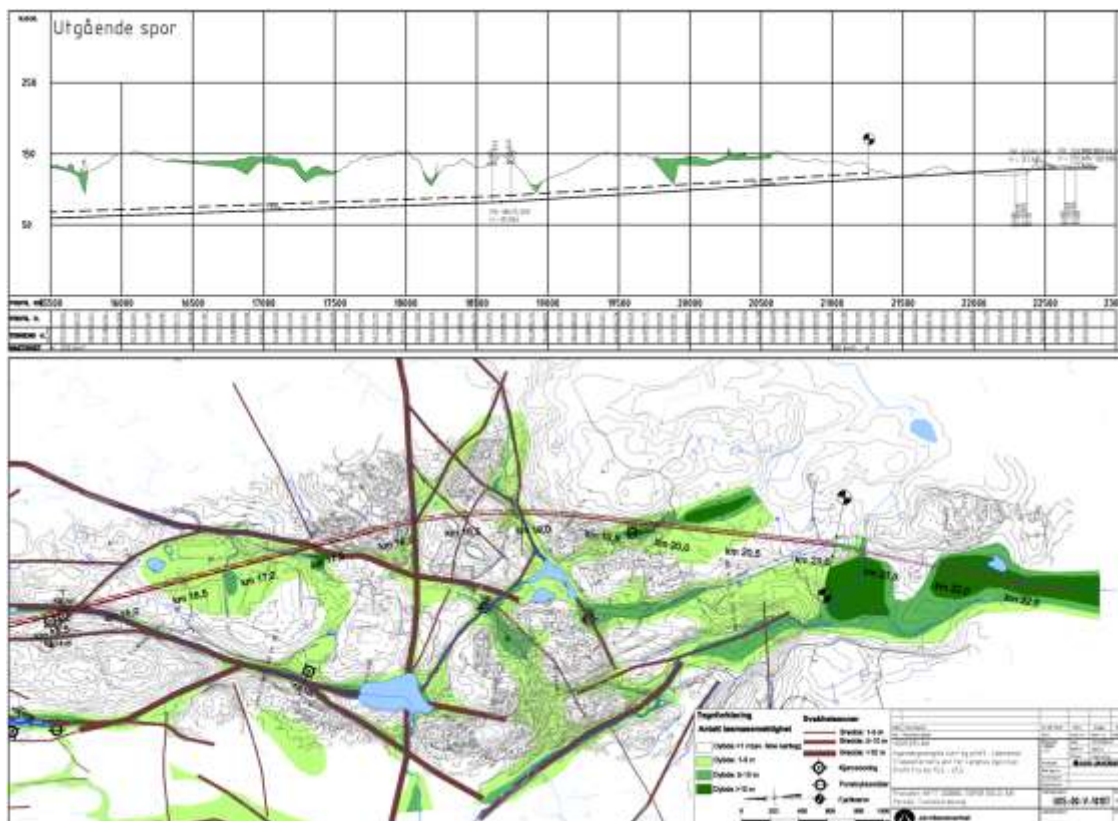
Det er utført overslagsberegninger av setninger for tre forskjellige løsmassetykkelser. For poretrykksfall på ca 25 kPa ved fjell er det beregnet setninger i størrelsesorden 10-12 mm ved 15 m løsmassemekthet som vist i figurene nedenfor.



Figur 4 - Plan- og profiltegning som viser løsmassemekthet fra Oslo S til Hauketo



Figur 5 - Plan- og profiltegning som viser løsmassemekthet fra Hauketo til Assurtjern



Figur 6 - Plan- og profiltegning som viser løsmassemektighet fra Assurtjern til Ski

Beregningene er utført med flere forenkende forutsetninger (gjennomsnittlig modultall m i aktuelt spenningsområde, dybdevariasjon av pc'/p_0' forhold, fordeling av poretrykksfall i dybdeprofil), og må derfor betraktes som orienterende.

Det er særlig ved Loenga/Gamlebyen, Nordstrand, ved Ljanselva, i Prinsdalsområdet, ved Fløysbonn, samt området Vevelstad - Ski en har områder med setningspotensial. Av disse områdene er det Ekeberg/Nordstrand og Vevelstad - Ski som har størst skadepotensial for bebyggelse.

2.1.3 Berggrunnsgeologi

Geologiske forhold langs korridoren for planlagte jernbanetraseer på strekningen Oslo til Ski, er gjennomgått og rapportert av Norges geologiske undersøkelse, NGU, (ref. /16/). Rapporten gir en sammenfatning og oppgradering av geologisk- og geofysisk grunnlagsmateriale som var tilgjengelig per medio 2007. Fra høsten 2007 har geologer fra Jernbaneverket og Multiconsult gjort supplerende registreringer og evalueringer i området. Det er også utført refraksjonseismiske undersøkelser, kjerneboringer, en grunnvannsbrønn, og det er gjort geotekniske boringer i antatt kritiske lokaliteter.

Kort summert består bergartene på strekningen overveiende av prekambriske gneisbergarter. Det opptrer et betydelig antall intrusivganger fra permtiden, de fleste gangene i metertykkelse, et fåtall mektigere enn 10 m. Sedimentære skifrige bergarter, deriblant alunskifer, opptrer på en meget kort strekning i nord inn mot Oslo S. Det vises for øvrig til tegningene UOS-00-V-10101 til -10103 som viser berggrunnen langs traséalternativene.

De prekambriske gneisene er foldet i skarpe isoklinalfolder og de er tydelig folierte. Den dominerende bergartsstruktur i prosjektområdet stryker N-S til NV-SØ. Lengst i sør mot Ski dreier strukturen over mot Ø-V. Lag i gneisen med lavere erosjonsmotstand på grunn av mineralsammensetning (høyt glimmer eller amfibolinnhold), ofte trolig kombinert med forskyvninger, har gitt lange markerte rygger og dalsøkk.

Dok nr: UOS00-A-36105	Temarapport Grunnforhold	Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski
Rev nr : 00-A		
Dato: 29.03.2011		
Side: 20 av 38		

Flere grupper av markerte svakhetssoner stryker på tvers av gneisens struktur. Dannelsesmessig og tektonisk har bergartene i prosjektområdet en lang historie. Viktig for dagens situasjon er dannelsen av Oslo graben med stor innsynking like vest for og i nordre begrensnig av prosjektområdet. Magmatisk virksomhet i denne perioden har injisert et større antall ganger av varierende tykkelse og lengde. Gangene løper både parallelt gneisenes foliasjon og de påtreffes også i forbindelse med svakhetssoner som krysser gneisstrukturen.

Innsynkingen i Oslofeltet førte til brudd av typen normalforkastning med strøk i N-S sektoren. Det er sannsynlig at en del av svakhetssonene som følger gneisens struktur og samtidig ligger nær strøket til hovedforkastningen langs Oslofjorden også har karakter av normalforkastninger. Innsynkingen som avgrensner Ekebergplatået mot nord har også karakter av normalforkastning og det gjenfinnes flere bruddsoner sørover mot Ski med samme retning (i Ø-V sektoren). Her kan det påregnes å finne skit med alunskifer. Ved normalforkastning er spenningen tvers på forkastningsplanet lav, noe som letter sirkulasjon og kan føre til omdanning av materiale i sone og tilgrensende berg.

Det er ikke nødvendigvis slik at dagens spenningssituasjon reflekterer tilstanden på dannelsesstidspunktet, men tektonisk forhistorie bidrar til tolking av karakteren til svakhetssonene i prosjektområdet. De prekambriske gneisbergartene som opptrer i prosjektområdet er delt i 3 hovedgrupper. På det geologiske kart til NGU-rapporten er det skilt mellom:

- Tonalittisk til granittisk gneis
- Kvarts-feltspatrik gneis
- Biotittrik øyegneis

Gneistypene er beskrevet i NGU publikasjon 398 av O. Graversen (ref. /22/) Mineralogisk sammensetning gjengitt under er hentet fra denne publikasjonen. Tonalittisk til granittisk gneis er betegnelsen på en gruppe der forskjell i sammensetning av feltspattyper er grunnen til differensiering i betegnelse. Tonalitt blir beskrevet med ca 30 % kvarts, 40 % feltspat, 20% biotitt, og diverse aksessoriske mineraler deriblant kloritt og muskovitt.

Granittisk gneis er beskrevet med 30 % kvarts, 65 % feltspattyper, 5 % biotitt pluss aksessoriske mineraler. Tonalittisk gneis fremstår som mørk mens granittisk gneis er lysere grå. Årsaken ligger i forskjell i innhold av mørk glimmer. Kvarts-feltspatrik gneis er betegnet suprakrustalgneis fordi det gjenfinnes relikte sedimentære strukturer. Bergarten oppgis typisk å føre 40 % kvarts, 50 % feltspat av forskjellige typer, mørk glimmer (biotitt) er dominerende mørkt mineral men en rekke andre typer forekommer aksessorisk.

Biotittrik øyegneis oppgis å føre 25 % kvarts, 60 % feltspat av forskjellige typer, 10 % biotitt pluss granat. Bergarten beskrives som homogen grå med 2-4 cm lange øyne av feltspat og stedvis med cm store granater. Foliasjonen er velutviklet. Detaljregistreringer i bergrom og i overflaten viser at i mindre skala har de forskjellige hovedgruppene et ganske heterogent preg. Det skyldes lokal omdanning mot migmatitt, eldre omdannede intrusjoner og trolig også lokal innfolding av en hovedgruppe i en av de andre.

I tillegg til hovedgruppene av bergarter opptrer flere generasjoner med intrusjoner. En del av de eldre intrusjonene har ennå karakter av diabas mens andre er omvandlet mot amfibolitt og innfoldet i gneisene. De yngste permiske intrusjonene er gjennomskjærende og finnes som nevnt foran også som ganger langs foliasjonssvakheter og langs tversgående svakhetssoner. En spesiell intrusjon er en 20 – 30 m tykk steil rombeporfyrgang som kan følges fra Ekeberg mot sør over en strekning på ca 15 km.

<p style="text-align: center;">Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</p>	<p style="text-align: center;">Temarapport Grunnforhold</p>	<p>Dok nr: UOS00-A-36105 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 21 av 38</p>
---	---	--

2.1.4 Bergartsfordeling langs traseen

I det følgende er kommentarer knyttet til traséalternativet øst for Langhus, dyp linje. Fra nord vil traséen ligge i 100 til 200 m skifrige sedimenter, bl.a. alunskifer, som er betydelig påvirket av Ekebergforkastningen. Omfanget av tektoniseringen varierer betydelig, men kan ytre seg som oppsprukket og oppkjust berg opp mot 50 m fra hovedforkastningen.

Fra ca. km 1,7 til ca. km 17,9 går traséen i tonalittisk og granittisk gneis før den går gjennom et ca. 0,5 km langt parti av biotittrik øyegneis og så avsluttes i tonalittisk og granittisk gneis.

Kartlegging i Ekeberg tunnelen, registreringer i Bekkelaget renseanlegg og logging av kjerneborhull, viser en bergart som i hovedsak er moderat oppsprukket. Fra kartleggingen av Ekeberg tunnelen fremgår at amfibolitt med forløp parallelt foliasjonen til gneisen forekommer ganske ofte. Videre opptrer et antall eruptivganger med strøk parallelt foliasjonen. Disse gangene har en høyere oppsprekingsgrad og ledsages som regel av vannlekkasjer.

Observasjoner i bergrom indikerer at gjennomsettende sprekker, amfibolittlinser og intrusiver parallelt foliasjonen opptrer med innbyrdes avstand i området 10-50 m. Dette trekkes frem som moment fordi tunnelen planlegges med akseretning som dels er parallell dels har spiss vinkel med foliasjonens strøk.

2.1.5 Oppsprekning

Under feltkartleggingen er det foretatt registrering av sprekkenes karakter, strøk og fall, og sprekkeavstand. Disse observasjonene er samlet for delstrekninger av prosjektområdet og fremstilt som sprekkeroser. Det er laget en sprekkerose for hvert av de ingeniørgeologiske kartene.

Studier av sprekkeobservasjonene viser at det i hovedsak er observert variasjoner over to sprekkesett langs hele traséen. Det ene sprekkesettet er steilt og har i grove trekk orientering øst-vest. Det andre sprekkesettet følger foliasjonen som hovedsakelig er orientert nord-sør og faller mot vest (35°-90°).

Ved analyse av variasjoner i detaljoppsprekningen langs traséen, har det vært naturlig å slå sammen flere delstrekninger. Den følgende kilometreringen referer seg til traséalternativ øst for Langhus dyp linje. Sprekkenes karakter i den nordligste traséstrekningen er noe preget av nærheten til forkastningssonene dannet ved nedsynkningen av Oslo graben. Dette gjør seg hovedsakelig gjeldende ved at det er registrert mange ulike sprekkeretningen i området, og sprekkerosen viser derfor mange "villsprekker". Til tross for mange sprekkeretninger er det avdekket tre hovedsprekkesett i denne delen av traséen.

Foliasjonen har retning NV-SØ og faller hovedsakelig 35° - 80° mot SV, men også fall mot NØ er registrert. Gjennomsnittlig sprekkeavstand for foliasjonssprekkene er på 1,0 m. Et annet sprekkesett består av steile sprekker som stryker NNØ-SSV. Avstanden mellom sprekkeene i dette settet er på 0,8 m. I tillegg er det observert et ØNØ-VSV-gående steilt sprekkesett som har en gjennomsnittlig sprekkeavstand på 0,9 m.

Km. 1,5 – 2,7

I området fra Ekeberg til Nordstrand er steile ØNØ-VSV-gående sprekker mest framtrædende i tillegg til den NV-SØ-gående foliasjonen. Foliasjonen har fortsatt i hovedsak fall mot vest. De fleste sprekkeene er plane og

Dok nr: UOS00-A-36105	Temarapport Grunnforhold	Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski
Rev nr : 00-A		
Dato: 29.03.2011		
Side: 22 av 38		

er karakterisert som glatte til ru. Foliajonssprekkene har en gjennomsnittlig sprekkavstand på 0,5 m mens avstanden mellom sprekkene med orientering ØNØ-VSV er på 0,8 m.

Km. 2,7 – 8,0

I området som strekker seg fra Nordstrand til Bjørndal dreier den steile ovedsprekkeretningen mer mot Ø-V. Gjennomsnittlig sprekkavstand for disse sprekkene er på 0,9 m. Foliajonen dreier NNV-SSØ og faller med 35° - 80° mot vest. Gjennomsnittlig sprekkavstand for foliasjonssprekkene er på 0,6 m.

Sprekkene er glatte til ru og plane. Både for foliasjonssprekkene og for de Ø-V-gående sprekkene er sprekkavstanden minst i området rundt Hauketo.

På Grønliåsen er hovedsprekkeretningen den samme som for området lenger nord, men det er observert færre villsprekker enn i de øvrige områdene. Sprekkene er ru og plane til bølgete. Gjennomsnittlig sprekkavstand for de Ø-V-gående sprekkene er på 0,9 m, mens avstanden mellom foliasjonssprekkene er på 0,8 m.

Km. 8,0 – 15,5

Fra Snipetjern til Taraldrud dreier det steile sprekkesettet ØNØ-VNV, og gjennomsnittlig avstand mellom disse sprekkene er på 1,0 m. Foliajonen har orientering N-S og faller med 40°-90° mot vest. Foliajonssprekkesettets gjennomsnittlige sprekkavstand er på 1,1 m. Avstanden mellom foliasjonssprekkene er mindre ved Taraldrud enn lenger nord i området.

Trenden som man har observert ved Taraldrud fortsetter gjennom Langhus til Ramstad. Det er mye villsprekker i området, men det er avdekket tre hovedsprekkesett.

Km 15,5 – 21,0

Det steile sprekkesettet dreier enda litt mer ØNØ-VNV. Sprekkavstanden for dette sprekkesettet er stedvis svært tett, ned mot 0,05 m. Foliajonen varierer mye innenfor små områder, men det er flest observasjoner med retning NV-SØ til NNV-SSØ. Fallet varierer fra 40 til 90o mot øst og 70 til 90o mot vest, med en overvekt av steile foliasjonssprekker.

Et tredje sprekkesett har strøkretning NØ-SV og fall fra 60 til 90o i hovedsak mot vest men også mot øst. De fleste sprekkene er karakterisert som plane og ru. Ved Ospelia er det observert en ca. 20 cm tykk, steil diabasgang med retning N-S. Her er sideberget noe tettere oppsprukket. For øvrig er det observert lite eruptivganger i blotningene i dette området.

2.1.6 Svakhetssoner

Prosjektområdet gjennomskjæres av en rekke svakhetssoner som vist på de ingeniørgeologiske kartene, tegning UOS-00-V-10101 til -10103.

<p style="text-align: center;">Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</p>	<p style="text-align: center;">Temarapport Grunnforhold</p>	<p>Dok nr: UOS00-A-36105 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 23 av 38</p>
---	---	--

Svakhetssonene kan opptre som sprekkesoner med tett oppsprukne partier, eller som knusningssoner hvor berget er knust og leirinfisert, delvis også med leirslepper som kan være fra noen centimeter- til flere desimeter tykke.

Den mest markerte sonen er den som følger hovedforkastningen mellom kambrosilurbergartene og grunnfjellsområdene. Forkastningen er mest eksponert langs strandlinjen mellom Ljan-Nordstrand-Bekkelaget (N-S), og mellom Sørenga-Gamlebyen-Bryn (Ø-V) nord for Ekebergplatået. Den vertikale forskyvningen mellom de to delene i forkastningssonen, er antatt å være ca. 900 m, og berget er sterkt påvirket av dette på begge sider av forkastningen. Særlig den delen som går Ø-V ved Gamlebyen har betydning for prosjektet, da man her har alunskifer i et parti mot grunnfjellet.

Erfaringer fra bl.a. Romeriksporten og kloakktunnelen mellom Kværner og Bekkelaget tilsier at man her har meget dårlige bergmasseforhold. Alunskiferen vil delvis være omdannet og forvitret til en løs masse som kan graves. Det er i tillegg til kjerneborhullene boret tidligere, utført 5 kjerneboringer i 2009 gjennom antatte svakhetssoner. Kjerneboringene er i hovedsak utført for å kartlegge markerte svakhetssoners forløp og karakter, og informasjonen fra disse boringene finnes i datarapporten for grunnundersøkelsene og i fagrapporten for ingeniørgeologi og hydrogeologi.

De mest markerte svakhetssonene som er gjennomboret med kjerneboring, viser oppknuste partier på opptil ca. 15 m i borhullet. Ved vurdering av hvordan disse sonene vil arte seg i tunnelen må man ta hensyn til borhullenes vinkel med sonene, og også tunnelens vinkel med sonene. Dessuten er det en vanlig erfaring at sonenes karakter og mektighet kan endre seg over forholdsvis korte avstander, slik at sonene kan opptre annerledes i tunnelen enn i kjerneborhullene.

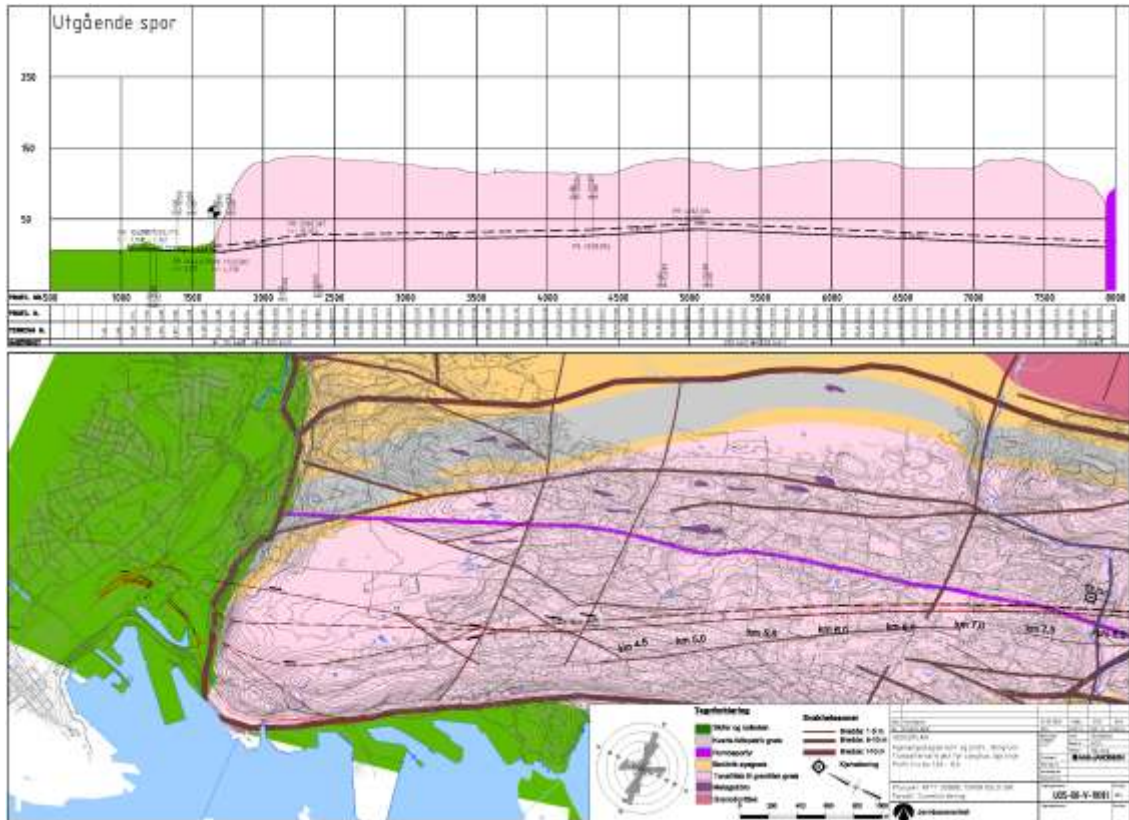
Også de utførte refraksjonsseismiske undersøkelsene gir informasjon om svakhetssoner i berget. Disse registreringene sier noe om sonenes forløp i bergoverflaten, men ikke noe om helning og karakter mot dypet. Seismikken viser ofte en viss overeksponering av sonene i bergoverflaten. Sonene er oftest smalere mot dypet.

Sonene opptrer i to markerte hovedretninger:

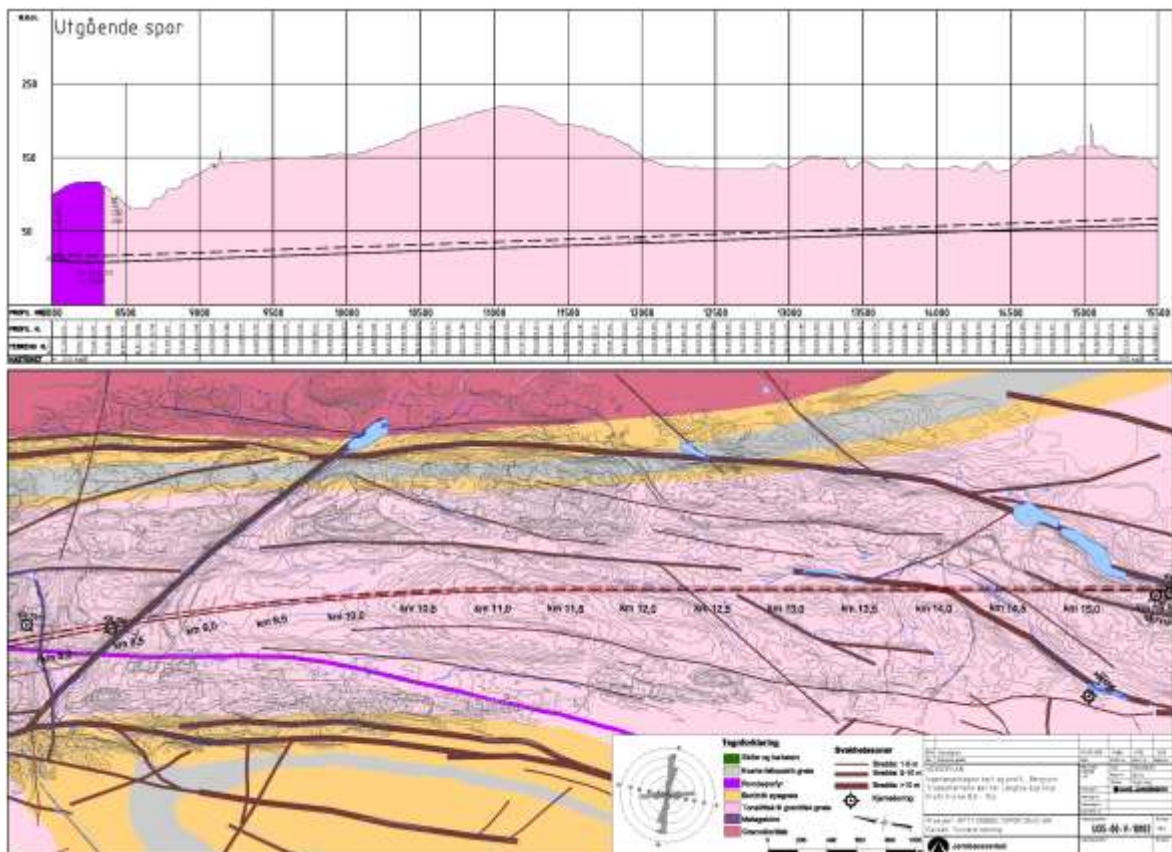
- Nord-Syd
- Øst-Vest

Det er avvik fra disse retningene med enkelte soner i retning NV-SØ og NØ-SV.

Geologiske kart som viser bergtyper, sprekker og svakhetssoner er vis på figurene nedenfor.

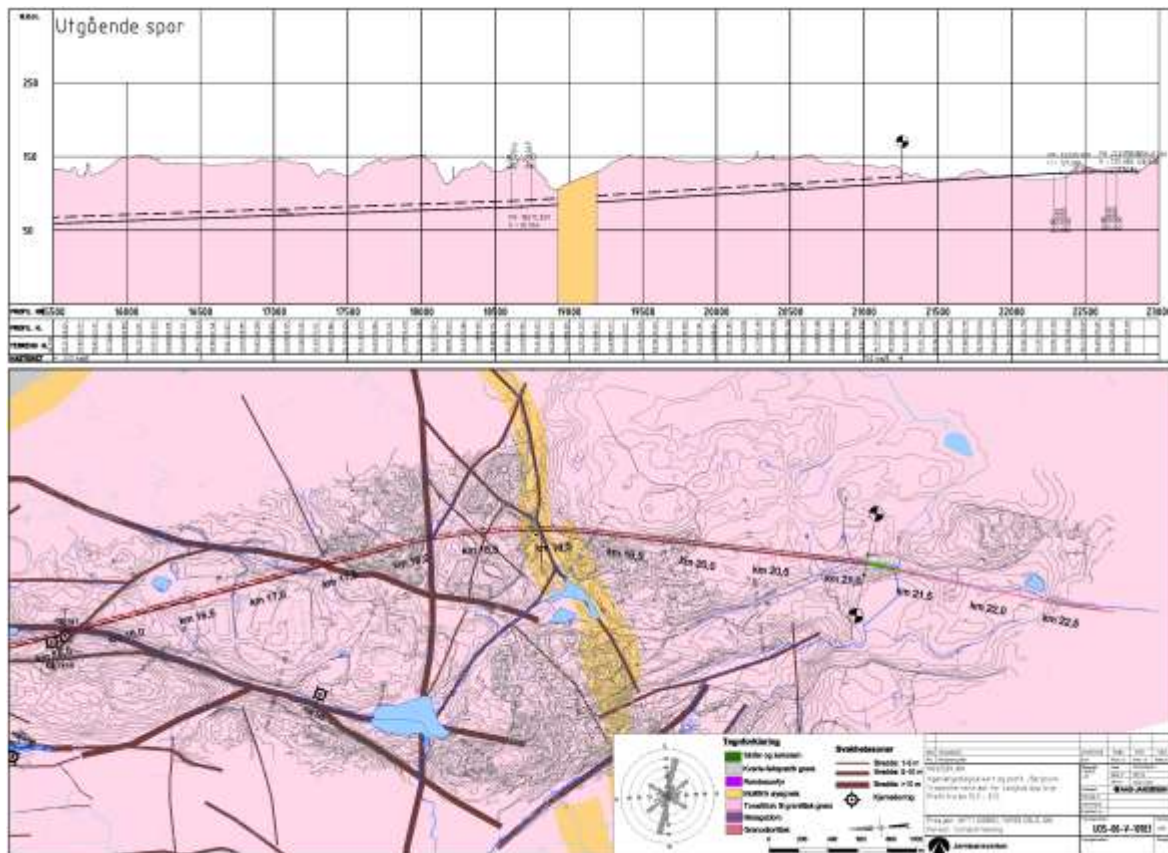


Figur 7 - Plan- og profiltegning, ingeniørgeologi - strekningen Oslo S til Hauketo



Figur 8 - Plan- og profiltegning, ingeniørgeologi - strekningen Hauketo til Assurtjern

<p style="text-align: center;">Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</p>	<p style="text-align: center;">Temarapport Grunnforhold</p>	<p>Dok nr: UOS00-A-36105 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 25 av 38</p>
---	---	--



Figur 9 - Plan- og profiltegning, ingeniørgeologi - strekningen Assurtjern til Ski

2.2 Stabilitetssikring av tunnelen

Hvis TBM blir valgt som drivemetode er det sannsynlig at tunnelen blir kledd med betongsegmenter som ivaretar all stabilitetssikring og vannetting.

Dette kapittelet er derfor skrevet med utgangspunkt i at tunnelen blir konvensjonelt sprengt.

De vanligste sikringsmetodene brukt her i landet er:

- Rensk, maskinell og manuell.
- Bolter, normalt $\varnothing 20$ mm med lengder 2,4-6 m.
- Forbolter (spiling), normalt $\varnothing 25$ -32 mm og lengde 4-6 m.
- Sprøytebetong, uarmert eller armert med fiber (stål, polypropylen) eller nett.
- Armerte sprøytebetongbuer, normalt armert med $\varnothing 20$ mm stål, 6 stk. i hver bue.
Alternativt kan det benyttes gitterdragere som sprøytes inn.
- Betongutstøpning med forskaling (støpeskjold), armert eller uarmert
- Også injeksjon med sementbaserte- eller kjemiske injeksjonsmidler kan benyttes til stabilisering av dårlig berg, men effekten varierer og kan være tvilsom.

Disse sikringsmetodene antas å kunne ivareta nærmest ethvert stabilitetsproblem i tunnelen.

I spesielle tilfelle kan man benytte grunnfrysing for å komme gjennom spesielt vanskelige soner. Sikring i områder med lite overdekning kan innebære systematisk sonderboring for å kontrollere overdekning og

Dok nr: UOS00-A-36105 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 26 av 38	Temarapport Grunnforhold	Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski
--	-------------------------------------	---

bergkvalitet, forinjeksjon for å stabilisere dårlig fjell og hindre utvasking av masser, forbolting, sømboring, korte salvelengder/delte tverrsnitt/pigging for å ha bedre kontroll mot utrasing. Tung sikring på stuff, for eksempel full utstøpning eller armerte sprøytebetongbuer antas å bli nødvendig.

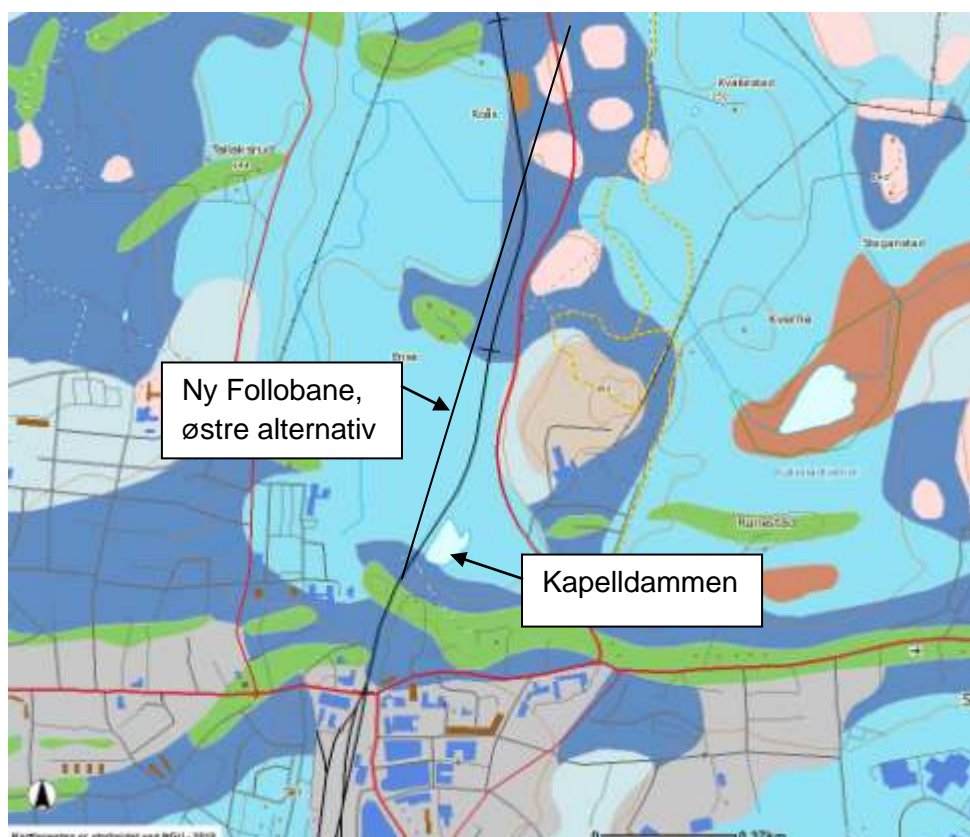
<p style="text-align: center;">Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</p>	<p style="text-align: center;">Temarapport Grunnforhold</p>	<p>Dok nr: UOS00-A-36105 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 27 av 38</p>
--	---	--

3. GRUNNFORHOLD OG GEOTEKNIKK, DAGSONE SKI NORD

3.1 Generelt om grunnforhold

3.1.1 Alternativ Øst

Ut fra Ski stasjon skjærer traséen gjennom en randmorenerygg (markert med grønt på kartet under). Videre nordover forbi Kapelldammen er det hav- og fjordavsetninger med stor mektighet (lyseblått). Endsjø gård, (Ense på kartet), ligger på en randmorene og videre nordover ligger traseen i overgangen mellom marine strandavsetninger (mørkeblått) og hav- og fjordavsetninger før den går inn i områder med berg i dagen.



Utsnitt fra kvartærgeologisk kart. Referanse: <http://www.ngu.no/kart/arealisNGU/>

Grunnforholdene er varierende på strekningen fra berg i dagen lengst nord til over 50 m løsmassemektighet vest for Kapelldammen.

Fra tunnelpåhugget for det østre tunnelalternativet og mot Roåsbekken er det utført seismikk som viser inntil ca. 6 m løsmasser mellom ca. km 22,52 og 22,64. Det er også påvist berg i dagen i området. I skråningen ned mot Rosåbekken og eksisterende jernbane viser seismiske profiler inntil 15 løsmasser. Fra kryssing av Rosåbekken og frem til Endsjø gård er det dels berg i dagen øst for traseen mens løsmassemektigheten øker mot vest. Eksisterende jernbane ligger på fylling over Roåsbekken. I foten av fyllingen er det berg i dagen eller faste stein- eller grusholdige løsmasser, mens videre mot vest er det bløt leire. Ved Endsjø gård er det boret inntil ca. 25 m og løsmassene består generelt av fast leire med mektighet på inntil ca. 5 m over morenemasser. Mellom ca. km 23,3 og 23,4 er det inntil 12 m bløt leire over morenemassene. Videre mot Ski skjærer traseen gjennom et område med fastere masser frem til ca. km 23,5, trolig morene som ligger

Dok nr: UOS00-A-36105	Temarapport Grunnforhold	Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski
Rev nr : 00-A		
Dato: 29.03.2011		
Side: 28 av 38		

helt opp i dagen. Morenemassene har vekslende fasthet. Vest for Kapelldammen er det bløt leire og dels kvikkleire i inntil 20 m dybde. Derunder er det fastere friksjonsmasser bestående av mer sandig, grusig materiale, trolig morene ned til inntil ca. 50 m. Området med bløt leire strekker seg helt inn til foten av eksisterende jernbanefylling vest for Kapelldammen.

3.1.2 Alternativ vest

Fra påhugg for tunnelen ved Langhus i nord og sørover til km 21,57 er det boret mellom 0,6 m og 13,5 m til fast grunn eller antatt berg. I et borpunkt ved adkomstveien til Norås er dybden til berg 18,4 m. Løsmassene består av ca. 5 m leire over friksjonsmasser. Videre mot sør forbi Norås gård er dybde til antatt berg mellom 0,4 og 3,4 m i borpunktene. I et punkt ved eksisterende jernbane i km 21,93 er det registrert 7,9 m løsmasser.

Vestalternativet ligger mellom km 22,0 og 22,45 på østsiden av eksisterende jernbane. Boringene i dette området viser små løsmassemektheter, mellom 0,5 og 4,4 m i borpunktene. Seismiske profiler mellom Langhusveien og eksisterende jernbane viser inntil 12 m løsmasser.

Ved kryssingen av Roåsbekken er det i traseen for det vestre alternativet boret inntil 26,6 m til berg. Det er i borpunktet ca. 7 m bløt leire over fast sand/grus eller morene over berg. Mektigheten av det bløte leirlaget øker til ca. 14 m ca. 30 m vest for traseen ved Roåsbekken.

Videre mot Endsjø gård er det fastere masser og grunnforholdene er tilsvarende som beskrevet over for alternativ øst.

3.2 Stabilitet av og inngrep i eksisterende jernbanefylling mot Kapelldammen

3.2.1 Dagens situasjon

Kapelldammen er kunstig etablert i 1905 iht. gamle arkiver. Vannstanden i dammen er i underkant av kote 125 og det er etablert et overløp ved ca. km 23,61.

Eksisterende jernbanefylling ligger med skråningshelning ca. 1:1,5. Det antas at fyllingen er bygd opp av friksjonsmasser (sand, grus, sprengstein) siden den er etablert med bratte skråninger. For å holde på vannet i Kapelldammen er det trolig benyttet tette masser i en kjerne eller mot dammen.

Jernbaneverket opplyser at det er registrert vanngjennomtrengning i fyllingen. For å unngå fremtidig vannsig inn i jernbaneanlegget, kan dammen tettes på innsiden ved utlegging av et lag med ca. 1 m tette naturlig løsmasser f.eks moreneleire samt filterlag og plastring. En alternativ løsning kan være å ramme en tettespunt på innsiden mot dammen. Dammen må tørrlegges i størst mulig grad før arbeidene kan utføres.

Stabilitetsberegninger av eksisterende jernbanefylling ved Kapelldammen viser at stabiliteten ikke er tilfredsstillende i henhold til gjeldende sikkerhetsprinsipper. Det er derfor foreslått utlegging av en motfylling så raskt som mulig for å øke sikkerheten mot brudd. Motfyllingen må bestå av masser som er egnet til å

<p style="text-align: center;">Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</p>	<p style="text-align: center;">Temarapport Grunnforhold</p>	<p>Dok nr: UOS00-A-36105 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 29 av 38</p>
---	---	--

sette kalk-/sementpeler gjennom. Eventuelt må det utføres grunnforsterkning med kalk-/sementpeler under motfyllingen som forberedelse for bygging av Follobanen.

Alternativ Øst 3

Nytt inngående spor for Østfoldbanen medfører inngrep i eksisterende fylling. Inngående spor ligger på fylling som skjærer seg inn i eksisterende fylling vest for Kapelldammen, mens utgående spor ligger dels i lav skjæring og dels på lav fylling. Etablering av Østfoldbanen kan ikke utføres uten både midlertidige og permanente tiltak i eksisterende jernbanefylling. Deler av vestre del av fyllingen må graves bort og høyden reduseres for å kunne etablere skråning med helning 1:1,5 mot nytt spor.

For å oppnå tilfredsstillende sikkerhet mot utglidning under bygging av Østfoldbanen må eksisterende jernbanefylling senkes ned til kote +127, dvs. 2 m avgraving frem til km 23,70, og ned til kote +128 ved km 23,74.

For permanent situasjon må fyllingen senkes ned til kote +127 ved km 23,62, +127,5 ved km 23,70 og kote +128 ved km 23,74 for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet mot utglidning.

Endelige nivåer og terrengutforming må vurderes i senere fase basert på nye grunnundersøkelser. Alternativ løsning, dersom det er ønskelig å begrense senkningen av fyllingen, kan være å erstatte dagens fyllmasser med lette eller superlette masser.

Det må vurderes behov for setningsreducerende tiltak der Østfoldbanen ligger på fylling. Det kan settes kalk-/sementpeler under fyllingen etter at eksisterende jernbane er lagt om eller benyttes lette masser i fyllingene.

Alternativ Øst 4

Alternativet medfører ikke inngrep i den eksisterende fyllingen mot Kapelldammen. Østfoldbanen ligger i eksisterende trase. Det må utføres tiltak for å sikre stabilitet av eksisterende fylling samtidig som trafikken på Østfolbanen opprettholdes. Stabiliteten må sikres ved utlegging av en motfylling eventuelt i kombinasjon med kalk-/sementpeler under fyllingen som beskrevet over under dagens situasjon. Motfyllingene blir for alternativ øst 4 en permanent løsning for å sikre stabilitet av eksisterende fylling.

Alternativ Øst 5

Alternativet medfører ikke inngrep i den eksisterende fyllingen mot Kapelldammen. Østfoldbanen og Follobanen ligger parallelt på fylling vest for eksisterende trasé. Stabiliteten av eksisterende fylling må imidlertid sikres ved utlegging av en motfylling som beskrevet for dagens situasjon, eventuelt i kombinasjon med senking av terrenget forbi Kapelldammen.

Alternativ Vest

Utgående Østfoldbane ligger i foten av den eksisterende fyllingen. Utgravingen for banen sikres med spunt som også vil fungere som tetting mot Kapelldammen i anleggsfasen. Inngående Østfoldbane ligger omtrent i dagens trase. Sporene for Østfoldbanen vil ikke gjøre det mulig å legge motfylling eller senke terrenget forbi Kapelldammen. Tilstrekkelig sikkerhet mot brudd i eksisterende fylling kan oppnås ved å sette kalk-/sementpeler under Østfoldbanenes utgående spor. Dette må utføres seksjonsvis og i en rekkefølge slik at sikkerhet mot brudd i fyllingen under utførelse er ivaretatt. Østfolbanen bør midlertidig flyttes over på Follobanen mens disse arbeidene pågår.

Dok nr: UOS00-A-36105	Temarapport Grunnforhold	Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski
Rev nr : 00-A		
Dato: 29.03.2011		
Side: 30 av 38		

3.2.2 Fylling for Follobanen vest for Kapelldammen

Banen blir liggende på en ca. 8 m høy fylling i området vest for Kapelldammen for alle alternativene. I borpunktene er det mellom 9 m og 50 m til faste masser eller antatt berg. Løsmassene består av inntil ca. 20 m bløt leire over fastere friksjonsmasser trolig bestående av sand/grus eller morene til berg. Det er registrert noe torv og humusholdig jord over leira som må graves bort uansett valg av løsning. Fyllingen er ikke stabil uten geotekniske tiltak og tiltakene vil være de samme for alle alternativene.

Følgende geotekniske tiltak er vurdert:

- Grunnforsterkning med kalk-/sementpeler og oppfylling med sprengstein eller egnede morenemasser
- Oppfylling med lette fyllmasser som lettklinker eller skumglass
- Fundamentering på peler og oppfylling med sprengstein eller egnede morenemasser
- Vertikaldrenering og forbelastning

Ved grunnforsterkning med kalk-/sementpeler vispes en blanding av kalk og sement inn i leira og danner en pel med betydelig høyere styrke enn opprinnelig leire. Kalk-/sementpeler settes til fast grunn i skiver eller ribber på tvers av fyllingen for å ivareta stabilitet av fyllingen eller som enkeltpeler som setningsreducerende tiltak. Dekningsgraden eller området som må kalk-/sementstabiliseres utgjør ca. 30 – 40 % av arealet under fyllingen for å ivareta stabiliteten. Som setningsreducerende tiltak kan dekningsgraden økes ytterligere for å minimere setningene.

Ved bruk av kalk-/sementpeler vil stabiliteten være ivaretatt med tilfredsstillende sikkerhet mot brudd og i tillegg vil kalk-/sementpeler redusere og fremskynde setningene i området i forhold til setninger i uberørt leire. Lasten fra fyllingen vil bli fordelt mellom kalk-/sementpelene og den mellomliggende leira der pelene bærer størstedelen av lasten. Beregnede setninger er inntil 30 cm for 8 m fylling og 20 m leire under fyllingen forutsatt 40 % dekning med kalk-/sementpeler. Setningene vil komme raskt da kalk-/sementpelene har større permeabilitet enn leira. Størstedelen av setningene forventes å være unnagjort i anleggsperioden før jernbanen tas i bruk.

Ved oppfylling med lette fyllmasser viser stabilitetsberegningene en sikkerhet mot brudd for lettklinker på 1,7 og for skumglass 1,8, det vil si tilfredsstillende sikkerhet. Overslagsberegninger for setninger gir setninger på inntil ca. 60 cm med lettklinkerfylling og ca. 40 cm med skumglass for 8 m fylling og 20 m leire under fyllingen. Setningene vil pågå over lang tid. Alternativet med lette fyllmasser anses derfor ikke å være en aktuell løsning.

Fyllingen kan fundamenteres på peler til fast grunn. Tyngden av fyllingen føres ned til fast grunn gjennom spissbærende peler eller friksjonspeler. Det er usikkert om tilstrekkelig bæreevne kan oppnås i morenelaget og hvor lange peler som er nødvendig. Det forutsettes at det kan benyttes betongpeler som rammes ned i morenelaget eventuelt til berg. Over pelene støpes pelehatter eller betongstriper kombinert med jordarmering eller hel betongplate. Fyllingen bygges opp med sprengstein eller egnede morenemasser.

En løsning med vertikaldrenering og forbelastning krever i tillegg motfyllinger for å oppnå tilfredsstillende stabilitet. Det er begrenset plass til motfyllinger og løsningen må eventuelt kombineres med lette masser noe

<p style="text-align: center;">Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</p>	<p style="text-align: center;">Temarapport Grunnforhold</p>	<p>Dok nr: UOS00-A-36105 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 31 av 38</p>
---	---	--

som vil redusere effekten av forbelastningen. Setninger vil fremskyndes ved nedsetting av vertikale dren og en stor andel vil være unnagjort i løpet av anleggsperioden.

Det kan ikke aksepteres setninger i området med sporveksler. Basert på dagens kunnskap om grunnforholdene synes alternativet med fundamentering av fyllingen på peler og alternativet med grunnforsterkning med kalk-/sementpeler å være de beste løsningene. For alternativet med grunnforsterkning med kalk-/sementpeler forutsettes det at grunnforsterkningen og utleggingen av fyllingen utføres i en tidlig fase i anleggsperioden.

Endelig valg av løsning gjøres etter nærmere utredning i senere planfase.

3.3 Underbygning for jernbaneanlegget forøvrig

3.3.1 Alternativ Øst 3

Follobanen skjærer seg inn i eksisterende jernbanefylling over Roåsbekken og ligger videre sydover i lav skjæring til km 23,05.

Videre mot syd til ca. km 23,26 er det ikke behov for spesielle tiltak for etablering av Follobanen eller Østfoldbanen utover tiltak i forbindelse med bygging av støttemurer og bru/lokk forbi Endsjø gård. Skjæringshøyden er inntil 10 m forbi Endsjø gård hvor det skal etableres støttemurer og lokk.

Østfoldbanens inngående spor ligger øst for Follobanen på fylling over Roåsbekken deretter sydover i skjæring i dels berg og dels løsmasser frem til km 23,0. Videre sydover mot Ski ligger banen i samme høyde som Follobanen frem til km 23,4 hvor den ligger lavere enn Follobanen men omtrent i nivå med eksisterende terreng frem til km 23,55 og deretter på inntil 4 m fylling forbi Kapelldammen. Under fyllingen må det utføres grunnforsterkning med kalk-/sementpeler som for Follobanen eller legges lette masser i fyllingen.

Østfoldbanens utgående spor og ventesporet for godstog ligger skjærer seg inn i eksisterende jernbanefylling over Roåsbekken i et nivå ca. 4 m over Follobanen. Videre sydover ligger traseen i skjæring og kommer opp i samme nivå som Follobanen ved km 22,95. Fra km 23,2 skjærer linja seg videre nedover i løsmasser og krysser under Follobanen i kulvert fra km 23,39 til 23,53. Videre ligger banen i dels i lav skjæring og lav fylling i foten av Kapelldammen. Kulvert må bygges i spuntet byggegrep.

Eksisterende Østfoldbane ligger på fylling mellom ca. km 23,3 og 23,4. Stabilitetsberegninger viser at sikkerheten ikke er tilfredsstillende i henhold til dagens sikkerhetsprinsipper. Det må utføres tiltak for å øke sikkerheten før anleggsarbeidene med ny Østfoldbane og Follobanen starter. Det anbefales å sette kalk-/sementpeler mellom ny trase og eksisterende bane samt legge motfylling inn mot eksisterende bane. Kalk-/sementpelene vil gi tilfredsstillende sikkerhet mot brudd for lange glideflater som går ut i foten av skjæringen for nytt inngående spor for Østfoldbanen. Motfylling forbedrer sikkerheten mot brudd lokalt for Østfoldbanen mens denne er i drift. Etter at eksisterende Østfoldbane er ute av drift kan deler av motfyllingen eventuelt fjernes.

Setting av kalk-/sementpeler må utføres på en slik måte og i en rekkefølge som sikrer at sikkerhet mot brudd av eksisterende fylling er ivaretatt i hele anleggsfasen.

Dok nr: UOS00-A-36105	Temarapport Grunnforhold	Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski
Rev nr : 00-A		
Dato: 29.03.2011		
Side: 32 av 38		

Alternativ Øst 4

Stabilitetsberegninger av fylling for Østfoldbanen mellom ca. km 23,3 og 23,4 viser at sikkerheten mot brudd ikke er tilfredsstillende som beskrevet for alternativ øst. Det må utføres tiltak for å øke sikkerheten før anleggsarbeidene med ny Follobanen starter. Det anbefales å sette kalk-/sementpeler mellom ny trase og eksisterende bane samt legge 2 m motfylling inn mot eksisterende bane. Kalk-/sementpelene vil gi tilfredsstillende sikkerhet mot brudd for lange glideflater som går ut i foten av skjæringen for ny Follobane. Motfylling forbedrer sikkerheten mot brudd lokalt for Østfoldbanen.

Nordover fra km 23,26 er det ikke behov for spesielle tiltak for etablering av Follobanen utover tiltak i forbindelse med bygging av støttemurer og kulvert forbi Endsjø gård. Skjæringshøyden er inntil 10 m forbi Endsjø gård hvor det skal etableres kulvert i løsmasser. Fra km 23,05 ligger linja i lav skjæring frem til kryssing av Østfoldbanen og Roåsbekken dels i løsmasser og dels i berg. Follobanen skjærer seg inntil 10 m inn i eksisterende jernbanefylling over Roåsbekken. Skjæringer i løsmasser etableres med helning 1:2.

Nytt godsspor og midlertidig spor ligger parallellt med Østfoldbanen frem til ca. km 22,6 og krysser over Roåsbekken ved km 22,77 på 10 m fylling. Skråningsutslag for fyllingen går utover området ved Roåsbekken der grunnundersøkelsene viser bløt leire. Stabilitet av fyllingsfoten er ikke tilfredsstillende uten tiltak. Alternative tiltak er masseutskifting til fast grunn eller grunnforsterkning med kalk-/sementpeler.

Alternativ Øst 5 – anbefalt alternativ

Østfoldbanen ligger parallellt med Follobanen på fylling forbi Kapelldammen frem til ca. km 22,9 der den krysser over Follobanen. En utvidelse av fyllingen forbi Kapelldammen medfører større omfang av tiltak i forhold til de øvrige alternativene.

Tiltakene blir tilsvarende som for alternativ øst 4 for Follobanen samt for godsspor og midlertidig spor ved Roåsbekken. Fyllingshøyden for godsspor over Roåsbekken er ca. 8 m.

Eksisterende fylling for Østfoldbanen ved ca. km 23,3-23,4 må sikres tilsvarende som for alternativ øst 3.

Alternativ Vest

Fra antatt påhugg for fjelltunnel ved ca. km 21,2 og frem til adkomstvei til Norås gård ved ca. km 21,6 ligger Follobanen fra 21 m under terreng til i nivå med dagens terreng. Boringene tyder på inntil 9 m skjæring i løsmasser. Linja ligger i kulvert fra påhugg frem til ca. km 21,3. Utgraving for kulvert utføres dels i uavstivet åpen byggegrop og dels i spuntet byggegrop.

Linja ligger i skjæring frem til ca. km 21,7, og videre blir det en lang kulvert frem til km 22,45 og deretter skjæring til km 22,65. Linja ligger inntil 20 m under terreng, og det antas å bli vesentlig bergskjæring for etablering av byggegrop for kulvert. Ved km 21,93 er det registrert ca. 8 m løsmasser over antatt berg og avhengig av plass kan det bli behov for noe spunt. Skjæringer i løsmasser etableres med helning 1:2.

Ved kryssingen av Roåsbekken blir fyllingen for jernbaneanlegget opptil 7 m høy. Det utføres grunnforsterkning med kalk-/sementpeler til fast grunn under fyllingen mellom ca. km 22,7 og 22,85 for

<p style="text-align: center;">Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</p>	<p style="text-align: center;">Temarapport Grunnforhold</p>	<p>Dok nr: UOS00-A-36105 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 33 av 38</p>
---	---	--

Follobanen og km 22,55 – 22,85 for Østfolbanens utgående spor som ligger vest for Follobanen. Fyllingen bygges opp med sprengstein.

Forbi Endsjø gård ligger Follobanen og Østfoldbanens inngående spor ca. 9 m under terreng, mens Østfoldbanens utgående spor ligger lavere for å krysse under Follobanen ved km 23,4. Løsningene blir tilsvarende som for alternativ øst 3 med spuntet byggegrop forbi Endsjø gård og for bygging av kulvert for ØBU. Follobanen ligger nærmere eksisterende Østfolbane i dette alternativet enn for østalternativene. Dette medfører spunt på en lengre strekning mot Østfoldbanen. Det må i tillegg utføres grunnforsterkning med kalk-/sementpeler mellom ca. km 23,27 og 23,38 både for utgraving for Follobanen og for ØBU.

3.3.2 Tunneler for Østfoldbanen gjennom kollen i nord i alternativ Øst 3

Både utgående og inngående Østfoldbane føres i fjelltunnel gjennom kollen i nord. For inngående Østfoldbane blir fjelltunnelen ca 100m lang mens den blir noe kortere for utgående spor. Fremføringen av jernbaneanlegget i fjelltunneler med tilhørende portalkonstruksjoner bevarer en stor del av de eksisterende terrengformasjonene i området.

Dok nr:	UOS00-A-36105	Temarapport Grunnforhold	Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski
Rev nr :	00-A		
Dato:	29.03.2011		
Side:	34 av 38		

<p style="text-align: center;">Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</p>	<p style="text-align: center;">Temarapport Grunnforhold</p>	<p>Dok nr: UOS00-A-36105 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 35 av 38</p>
---	---	--

4 KONSEKVENSER

4.1 Oslo kommune

Grunnforholdene i Gamlebyen tilsier at anleggsgjennomføring og konstruksjoner må utføres med innbygde tiltak som skal hindre grunnbrudd, varige setninger på tilgrensende konstruksjoner og for Follobanens konstruksjoner. For å sikre seg mot slike konsekvenser prosjekteres kulverter, trau og støttemurer fundamentert med peler. Konstruksjonene vil da ikke å være utsatt for setninger og vil heller ikke belaste grunnen, slik at det er fare for setninger eller oppressing av tiliggende konstruksjoner som ikke er sikret med peling. Alle konstruksjoner prosjekteres vanntette.

Tunneltraseen vil passere to svakhetssoner i området ved Ljanselva og Gjersrudbekken. Tunnelene ligger så dypt at det antas at det ikke vil være nødvendig med "cut&cover" løsninger. Det prosjekteres full utstøping når tunnelen passere svakhetssonene dersom konvensjonell tunneldrift blir valgt. Blir Tunnelboremaskin valgt vil tunnelene bli kledd med betongelementer og være vanntett. Tunnelene blir prosjektert slik at innlekkasje av grunnvann begrenses til 4-8l/min. pr 100m i spesielt sensitive områder med løsmasser over tunnelene.

I driftsperioden vil tiltaket ikke medføre noen konsekvenser mht grunnforholdene.

4.2 Oppegård kommune

Follobanen vil ligge dypt som fjelltunnel gjennom hele Oppegård kommune. Ved valg av konvensjonell tunneldrift basert på sprengning vil et tverrslag ved Taraldrud i Ski ligge nær Oppegårds grense mot øst.

I driftsperioden vil tiltaket ikke medføre noen konsekvenser mht grunnforholdene i Oppegård.

4.3 Ski kommune

I området fra Oslo grense til tunnelpåhugget ved Roås i Ski vil tunnelen prosjekteres som tilnærmet vanntette konstruksjoner. Det vil si at det i sårbare områder tillates en innlekkasje på 4-8 l/min/100m og i mindre sårbare områder en innlekkasje på 10-15 l/min/100m. Mellom Assurdalen og Roås er det imidlertid flere svakhetssoner. Det vurderes å prosjektere full utstøping når tunnelen passere slike svakhetssoner i det tilfellet at konvensjonell tunneldrift blir valgt.

Blir Tunnelboremaskin valgt vil det vurderes at tunnelene bli kledd med betongelementer og vil bli tilnærmet vanntett.

Spesielt er det et område ved kryssing under Sloraveien i Ski der fjelloverdekningen er liten. Her kan det bli aktuelt med en "cut&cover" løsning. Det må gjennomføres et arbeid i den videre prosjekteringen for å avklare om en slik løsning er nødvendig. Hvis det ikke kan unngås må to-tre boliger måtte innløses.

Nord for Ski stasjon er det områder med løsmasser uten tilstrekkelig bæreevne. Det vil derfor være nødvendig å prosjektere nødvendige tiltak som skal kompensere for dette.

Beregninger av stabiliteten i eksisterende jernbanefylling ved Kapelldammen viser at den ikke er tilfredsstillende i henhold til gjeldende sikkerhetsprinsipper. Det er derfor foreslått utlegging av en motfylling så raskt som mulig for å øke sikkerheten mot brudd. Motfyllingen må bestå av masser som er egnet til å

Dok nr: UOS00-A-36105 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 36 av 38	Temarapport Grunnforhold	Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski
--	-------------------------------------	---

sette kalk-/sementpeler gjennom, eventuelt må det utføres grunnforsterkning med kalk-/sementpeler under motfyllingen som forberedelse for bygging av Follobanen.

I driftsperioden vil tiltaket ikke medføre noen konsekvenser mht grunnforholdene.

Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski	Temarapport Grunnforhold	Dok nr: UOS00-A-36105 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 37 av 38
---	---	--

5 AVBØTENDE TILTAK

Som beskrevet i kapittelet foran er avbøtende tiltak innarbeidet i prosjekteringen.

6 FORSLAG TIL OPPFØLGENDE UNDERSØKELSER

Det vil gjennomføres supplerende grunnboringer i traseen for å skaffe frem tilstrekkelig grunnlag for valg av byggemetode i områdene med svakhetssoner i forbindelse med arbeidet med detaljplanen for tiltaket, som skal være grunnlaget for utarbeidelse av reguleringsplaner i alle tre kommuner.

<p>Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</p>	<p>Temarapport Grunnforhold</p>	<p>Dok nr: UOS00-A 0-36105 Rev nr : 00-A Dato: 20.10.2010 Side: 38 av 36</p>
---	---	--