



**SINTEF Byggforsk**  
Berg og geoteknikk

Postadresse: 7465 Trondheim

Besøk: Rich Birkelands vei 3  
Telefon: 73 59 46 00  
Telefaks: 73 59 71 36

Besøksadresse: Høgskoleringen 7a  
Telefon: 73 59 46 00  
Telefaks: 73 59 53 40

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

# SINTEF RAPPORT

TITTEL

**3. partskontroll av KU / reguleringsplan for E6 Jaktøyen - Tonstad**

FORFATTER(E)

Vikas Thakur, Even Øiseth, Inger-Lise Solberg

OPPDRAGSGIVER(E)

Statens vegvesen, Region midt

RAPPORTNR. <b>SBF IN F08111</b>	GRADERING <b>Prosjekt intern</b>	OPPDRAGSGIVERS REF. <b>Ivar Berg</b>	
GRADER. DENNE SIDE <b>Prosjekt intern</b>	ISBN	PROSJEKTNR. <b>3C0256.02</b>	ANTALL SIDER OG BILAG <b>8</b>
ELEKTRONISK ARKIVKODE 2008-05-13 3part E6 Jaktøyen -Tonstad SINTEF RAPPORT.doc		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) <b>Even Øiseth</b> <i>Even Øiseth</i>	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) <b>Stein Christensen</b> <i>Stein Christensen</i>
ARKIVKODE	DATO <b>2008-05-13</b>	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) <b>Eivind Grøv, Forskningsleder</b> <i>Eivind Grøv</i>	
<b>SAMMENDRAG</b> SINTEF har fått i oppdrag å utføre 3. partskontroll av KU /reguleringsplan for ny E6 på strekningen Jaktøyen – Tonstad (Melhus og Trondheim). Traseen krysser områder som er markert som potensielle fareområder for kvikkleireskred, og oppdraget omfatter kontroll av geotekniske vurderinger av stabilitet i området som er gitt i rapport 20071661-2 (Rev.1) fra NGI.  Ingen av SINTEFs innvendinger og kommentarer har direkte konsekvens for de konklusjoner og anbefalinger som er gitt tilsendt rapport.  SINTEF vurderer rapporten for å være dekkende med hensyn til å vurdere områdestabilitet i området med tilhørende behov for tiltak for en KU/reguleringsplan.			
<b>STIKKORD</b>	<b>NORSK</b>	<b>ENGELSK</b>	
GRUPPE 1	Geoteknikk	Geotechnical Engineering	
GRUPPE 2	Stabilitet	Stability	
EGENVALGTE	Kontroll	Verification	
	Kvikkleire	Quick clay	

**INNHOLD**

<b>1</b>	<b>Bakgrunn og oppdrag</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Grunnforhold</b> .....	<b>3</b>
2.1	Kommentarer til delkapittel 2.1 Kwartærgeologi .....	3
2.2	Kommentarer til delkapittel 2.2 Topografi .....	3
2.3	Noen betraktninger rundt fjelltopografi .....	3
2.4	Styrkeparametre .....	4
<b>3</b>	<b>Analyserte profiler</b> .....	<b>4</b>
3.1	Generelle kommentarer knyttet til de opptegnede profilene .....	4
3.2	Profil 1-1 .....	4
3.3	Profil 2-2 .....	5
3.4	Profil 3-3 .....	5
3.5	Profil 4-4 .....	5
3.6	Profil 5-5 .....	6
3.7	Profil 6-6 .....	6
3.8	Profil 7-7 .....	6
3.9	Profil 8-8 .....	6
3.10	Profil 9-9 .....	7
3.11	Profil 10-10 .....	7
3.12	Profil 11-11 .....	7
3.13	Profil 12-12 .....	7
3.14	Profil 13-13 .....	7
3.15	Profil 14-14 .....	7
<b>4</b>	<b>Oppsummering</b> .....	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Konklusjon</b> .....	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>Referanser</b> .....	<b>8</b>

## 1 Bakgrunn og oppdrag

SINTEF har fått i oppdrag å utføre 3. partskontroll av KU /reguleringsplan for ny E6 på strekningen Jaktøyen – Tonstad (Melhus og Trondheim). Traseen krysser områder som er markert som potensielle fareområder for kvikkleireskred, og oppdraget omfatter kontroll av geotekniske vurderinger av stabilitet i området som er gitt i rapport 20071661-2 (Rev.1) fra NGI.

## 2 Grunnforhold

### 2.1 Kommentarer til delkapittel 2.1 Kvartærgeologi

Det mangler henvisning til litteratur i dette delkapitlet. Spesielt det andre avsnittet burde hatt en referanse.

### 2.2 Kommentarer til delkapittel 2.2 Topografi

Det er noe mangelfull henvisning til litteratur også i dette delkapitlet.

Ved gjennomgang har vi funnet noen flere detaljer om området som kan være med å gi et mer helhetlig bilde for tolkning av lagdeling og sammensetning;

- Det kunne vært kommentert i første avsnitt at breelvavsetningen i øst-sørøst er en israndavsetning. Skrålagene i avsetningen viser helning mot Gauldalen, noe som vil kunne ha betydning for lagdelingen for deler av området rapporten gjelder for (spesielt den østlige delen) (Reite 1983; Reite et al. 1999).
- I avsnitt to nevnes det at det er dype raviner på begge sider av E6. Her kan det være naturlig å nevne det relativt store Jesmoskredet som startet nedenfor Jesmo-gårdene, og gikk ut mot Gaula mellom Lilleler og Bekkenget (Grønlie 1953). Området er ravinert i ettertid, noe som ofte skjer i gamle skredgroper. I følge Grønlie (1953) demmet skredet fra Jesmo opp ei grop etter et tidligere skred, som i ettertid førte til myrdannelse (myr ved Sørnypan). Trykket fra vannmassene lagret i randavsetningen, i tillegg til utvasking og oppbløting av leira svekket trolig stabiliteten og førte til Jesmo-skredet.

### 2.3 Noen betraktninger rundt fjelltopografi

Det er lite informasjon om fjelltopografi i området og linjen som definerer nedre grense i beregningsmodellene vil stort sett ikke kunne tolkes som fjell (Det er viktig at linjen legges dypt nok til ikke å påvirke beregningsresultatene). Noen steder er imidlertid beregningsmodellene begrenset i dybden med antakelse om fjell selv om det er svært lite informasjon om fjelltopografien.

Fjelltopografien vil påvirke dannelsen av kvikkleire. Det er mye som tyder på en undulerende fjelloverflate i området, og dette vil kunne føre til dannelse av kvikkleirelommer, kanskje i større grad enn som sammenhengende lag. I tillegg vil mulige skjærflater kunne styres av hvor fjelloverflaten ligger ved at de begrenses i dybden. Det er ikke utført noen sonderinger som bekrefter hvor fjelloverflaten ligger. For å få kontroll på fjelltopografien kan det for eksempel utføres seismiske undersøkelser.

Vi har likevel ikke funnet grunn til å tro at disse forholdene direkte vil påvirke konklusjonene i denne rapporten.

## 2.4 Styrkeparametre

Valg av materialparametre er i stor grad basert på tolkede CPTU resultater og beregnet  $s_u$  ut fra antatt overkonsolideringsgrad. Valgte  $s_u$ -profiler er imidlertid ikke alltid i samsvar med indekstester og sonderingsresultater som er utført i området. I beregningene er styrkeparametrene i enkelte tilfeller valgt ikke-konservativt ved at det ikke er tatt hensyn til markerte svakere lag eller at sonderingsmotstand ikke øker så mye med dybden som teorigrunnlaget tilsier.

Det er ikke angitt hvilke verdier for  $N_{kt}$  og  $N_{du}$  som er benyttet ved tolkning av CPTU-sonderinger.

Det er for beregningene benyttet  $s_u$ -profiler basert på noen få av sonderingene. Disse er videre benyttet over en større del av området enn det profilet sonderingen er gjort. Vi kan imidlertid ikke alltid se rimeligheten i at et skjærstyrkeprofil basert på en sondering som ligger et stykke fra analysert snitt er valgt fremfor et som er basert på en nærliggende sondering. For eksempel er et valgt skjærstyrkeprofil fra et område uten kvikkleire og med relativt høy skjærstyrke benyttet i et område markert med mulig kvikkleire. Dette er etter vår mening ikke-konservativt. Vi har valgt å kommentere dette under kapittel 3 i sammenheng med aktuelle profil.

Grunnlaget for å vurdere mulige områder med kvikkleire er flere steder noe svakt og gjør det vanskelig å vurdere avgrensning av kvikkleireområdene. Noen steder skyldes dette at sonderingene ikke er ført ned til tilstrekkelig dybde.

## 3 Analyserte profiler

Vi har utført stikkprøver av stabilitetsanalysene, men vi har ikke avdekket forhold som indikerer feil i selve beregningsmetodikken. De videre kommentarene vil derfor referere til resultater fra beregningene NGI har utført og vurderinger av disse opp mot valg av styrkeparametre.

### 3.1 Generelle kommentarer knyttet til de opptegnede profilene

Markering av laggrenser er mange steder satt ut fra meget tynt grunnlag. Definerings av laggrenser er viktig fordi potensielle skjærflater i beregningene ikke vil penetrere ned i faste lag (sand etc. eller berg) der disse ligger under mer bløte masser (leire).

Vi har vurdert de valgte profilene opp mot kart over terrenget i området. Vår vurdering er at valgte profiler er rimelig godt dekkende for området med forutsetning om at utførte grunnundersøkelsene er representative og viser et riktig bilde av grunnforholdene i området.

### 3.2 Profil 1-1

Profilet krysser tre borpunkt med dreietrykksonderinger, K1, K2 og K3. Det er i tillegg utført CPTU i K1 og K2. Dreietrykksonderingene for de tre borpunktene viser stopp i faste masser på dyp K1: 17 m, K2: 31 m og K3: 39 m. Det er ingen direkte indikasjoner på kvikkleire i disse borprofilene, bortsett fra de nederste 14 m av K3 som kan være sensitive masser slik borprofilet er vist uten økning i sonderingsmotstand.

K1 viser leire (muligens med noen siltlag) ned til 10 m dyp (ca. kote 112 moh). Dypere i profilet indikerer CPTU-profilet lagdelt leire og sand/grus. For K2 opptrer lagdelt leire/sand/grus på ca. kote 119-116 moh og 111 moh og ut profilet (108 moh). K3 har bare dreietrykksondering, som indikerer enkelte sand/grus-lag rundt kote 113-99 moh. De grovere lagene er muligens avsatt som en del av de distale delene av israndavsetningen i øst, og opptrer derfor lagvis med marin/glasimarin leire. De grove lagene vil kunne virke drenerende i avsetningen. Borprofilene er

tolket sammen og det er antydning sammenhengende lag mellom borpunktene. Det er ikke tilgjengelig informasjon om sedimentene under det nivå hvor boringene er avsluttet. Nedre avgrensning i beregningsmodellen kan derfor ikke tolkes som fjell. I tillegg er det trolig ikke ren sand i lagene som er markert, men leire/sand/grus. Det er for dette profilet for lite informasjon til å trekke sandlagene så langt SØ og NV som det er gjort. De behøver dessuten ikke å være kontinuerlige.

Det er imidlertid ikke påkrevd med nye beregninger her fordi:

- 1) Terrenget er generelt nokså flatt i dette profilet og større mektighet av det øverste laget med leire vil ikke nødvendigvis føre til vesentlig dypere skjærflater
- 2) Kritisk skjærflate er langt unna konstruksjonsområdet
- 3) Beregnet materialfaktor i dette området er høy (2,27)

### 3.3 Profil 2-2

Profil 2-2 har kun to dreietrykksonderinger. Borprofil K5 når ned til kun 4 m før den stoppet i faste masser (ca. kote 117 moh). Borprofil K4 viser økende motstand de øverste 4 m, deretter relativt uendret styrke fra kote 117-108 moh til boringen stoppet i fastere masser. Med henvisning til andre grunnundersøkelserapporter fra området vises kvikkleire innen dette profilet under de faste massene i borprofil K5. Borpunkt K4 stoppet også i faste masser. Beregnet sikkerhet er tilstrekkelig for skråning nærmest vegen ( $\gamma_m = 1,63$ ). Materialfaktoren er imidlertid lav for skråning lenger sør ( $\gamma_m = 1,03$ ), og det er nødvendig med tiltak for sikre skråningen. Det er ikke utført detaljerte vurderinger av tiltak som kreves og hvilken sikkerhet skråningen får etter at dette er utført.

Vi er enige i at det er knyttet usikkerhet til utbredelse av kvikkleire i området, og at det er behov for tiltak for å sikre skråning med lavest sikkerhet. Det er vanskelig å vurdere direkte om det er stor risiko for en større utglidning uten at utbredelse av kvikkleire er bedre kartlagt.

### 3.4 Profil 3-3

Borprofil K5 er med både i profil 2-2 og 3-3. I tillegg finnes dreietrykksondering og prøvetaking i K6. Fra borprofilen i K6 er det trolig sand/grus-lag rundt kote 98 moh og 93 moh. Prøvetakingen dekker ikke disse kotene. For øvrig er det lite sensitiv siltig leire.

NGI viser til andre rapporter som antyder kvikkleire under K5, samt delvis under K6 og SSØ for K6. Kun ett borprofil fra andre rapporter er vist på tegning, og det er vanskelig å si noe om utbredelsen av kvikkleire.

De valgte  $s_u$ -profilene for beregningene ser ut til å være lite konservative (tatt fra K8). F.eks. er  $s_u$  ca. 150 kPa på 12 m dyp, mens enkelte laboratorietester angir at  $s_u$  burde være ca. 100 kPa på dette dypet. Vi har utført noen enkle beregninger med justerte skjærstyrkeverdier. Beregningene viser at minimum Materialfaktor ikke vil endres nevneverdig ( $\gamma_m = 1,80$ ), men kritisk skjærflate vil gå dypere slik at den går gjennom sonen som er antydning som kvikkleire. Dette viser at kritisk skjærflate kan gå gjennom kvikkleiresonen og at kravet til sikkerhet og eventuell erosjonssikring bør settes tilsvarende.

### 3.5 Profil 4-4

Det er antydninger om kvikkleire i Profil 4-4 ut fra beskrivelse gitt i andre rapporter, mens det ikke er registrert kvikkleire i boringene som er vist i denne rapporten. Det er i profilet utført to dreietrykksonderinger, samt prøvetaking, poretrykk og CPTU i K8. Det er antydning (basert på tidligere rapporter) at kvikkleire kan finnes under "faste lag" i borhull K5 og K7.

Rapporten påpeker at den lave grunnvannsstanden i K8 skyldes drenerende lag. Borpunktet er plassert på en rygg mellom to raviner som kan være medvikende til den lave grunnvannstanden. Det er vanskelig å si noe om utbredelsen av det antydende kvikkleirelaget i SSØ, men vi støtter forslaget om erosjonssikring langs Leersbekken.

Den laveste beregnede materialfaktoren for profilet er  $\gamma_m = 1,66$ , som er akseptabelt for områder med kvikkleire. Det valgte  $s_u$ -profilet ved borpunkt K8 er her benyttet over et ganske stort område, og er ikke spesielt konservativt valgt. Noe lavere verdier er imidlertid angitt for borpunkt K7 som også påvirker styrken langs store deler av kritisk skjærflate.

### 3.6 Profil 5-5

Profil 5-5 når i NNV opp til et område som er kartlagt som “fjell i dagen”, og borprofil K9 viser relativt tynt overdekke før fast lag er påtruffet (2,5 m). Området ligger imidlertid langt fra kritisk skjærflate og påvirker ikke beregnet materialfaktor. Vi er for øvrig enige med de vurderinger som er gjort.

### 3.7 Profil 6-6

Profil 6-6 krysser tre borpunkt med sonderinger, K12, K13 og K14. Sonderingene indikerer leire. Det er utført CPTU i borpunkt K14. Skjærstyrke er basert på borpunkt K14 samt CPTU i borpunkt K8 (fra profil 4).

Beregnet sikkerhet for skråning mot vegen er høy ( $\gamma_m = 3,58$ ), men skjærflatens dybde er begrenset av antatt nedre utbredelse av lag med leire. Lagtykkelse er usikker/ikke påvist, men en vurdering av terrengets geometri tilsier at dette likevel er tilnærmet laveste sikkerhet for denne skråningen. Minste materialfaktor funnet er  $\gamma_m = 1,24$  nær Leersbekken, men skråningen truer ikke direkte ny vegtrasé. SINTEF er enig i anbefalt tiltak med erosjonssikring.

### 3.8 Profil 7-7

Dette profilet krysser gjennom kun ett borpunkt, sondering K15. Valgt skjærstyrke er basert på CPTU i borpunkt K8 og K14. Disse punktene ligger langt unna det aktuelle profilet, og det finnes CPTU sonderinger i borpunkt som ligger vesentlig nærmere enn de valgte sonderingene. Det er ikke godt begrunnet i rapporten hvorfor disse sonderingene er valgt fremfor sonderinger som ligger i nærheten, for eksempel K16. Det er antatt kvikkleire i området og konservative parametre bør velges. Både laboratorieundersøkelser og CPTU i K16 antyder leire med lav skjærstyrke fra 8-16m, mens benyttet skjærstyrke er opptil 100 % større.

Beregnet materialfaktor for kritisk skjærflate for oppfylt skråning i nærheten av K16 er  $\gamma_m = 2,24$ , noe som gir rom for noe usikkerhet i valg av materialparametre.

Laveste sikkerhet er beregnet til  $\gamma_m = 1,52$  i skråning sør for ny vegtrasé, og vi er enige i at det kreves tiltak for å øke sikkerheten. Valgt skjærstyrkeprofil er ikke direkte basert på sonderinger i nærheten, og foreslått forbedring er marginal (4 % økning).

Det bør i denne fasen tas høyde for at det kan bli nødvendig med mer omfattende tiltak enn foreslått i NGI-rapport inntil nye undersøkelser verifiserer skjærstyrkeparameterne som er antatt og utbredelse av kvikkleire.

### 3.9 Profil 8-8

Skjærstyrkeprofil K16 og K20 (fra profil 11) er benyttet for beregninger. Valgt skjærstyrkeprofil for K16 er som tidligere nevnt etter vår mening valgt ikke-konservativt for deler av sonderingen.

Skjærflate med lavest beregnet sikkerhet i dette profilet ligger imidlertid ikke i direkte tilknytning til dette borpunktet. Laveste sikkerhet er beregnet til  $\gamma_m = 1,52$ . Kritisk skjærflate er i stor grad styrt av "antatt fjelloverflate". Skjærflaten antas imidlertid å skjære gjennom lag med kvikkleire og vi er enige i anbefaling om tiltak for å øke beregnet materialfaktor til minimum  $\gamma_m = 1,6$ .

### 3.10 Profil 9-9

Beregnet sikkerhet er tilfredsstillende for skjærflater som skjærer gjennom kvikkleirelag ( $\gamma_m > 1,95$ ). Sør for bekken er sikkerheten lavere og forutsetter at det ikke er kvikkleire i dette området.

### 3.11 Profil 10-10

Dette profilet krysser gjennom kun ett borpunkt, K18, hvor det er utført en sondering som bekrefter at det påtreffes et fast lag i relativt stor dybde (28 m). Det er ikke vist at det er kvikkleire i dette profilet. Laveste beregnede materialfaktor er  $\gamma_m = 1,23$ . Vi er enige i at dette er for lavt. Det er foreslått tiltak som forbedrer beregnet materialfaktor tilstrekkelig.

### 3.12 Profil 11-11

Profilet krysser gjennom borpunkt K19 og K20. Sonderingsprofilene viser ingen spesielt faste lag. Sonderingsmotstanden er relativt god, men stiger kun svakt med dybden, noe som kan antyde sensitive masser. Det anbefalte  $s_u$ -profilet fra CPTU-sonderingen er akseptabel. Laveste beregnet materialfaktor er  $\gamma_m = 1,06$ , og det er anbefalt tiltak som øker beregnet materialfaktor til  $\gamma_m = 1,69$ . Vi er enige i at det er nødvendig med tiltak og ny beregnet materialfaktor synes tilstrekkelig.

### 3.13 Profil 12-12

Profilet krysser gjennom borpunkt K19, K21 og K22. Sonderingene viser lag av leire. Anbefalt  $s_u$ -profil for beregninger er akseptabelt. Beregningene gir laveste materialfaktor  $\gamma_m = 0,91$ , og det er foreslått tiltak som øker beregnet materialfaktor til  $\gamma_m = 1,33$ . Selv ny materialfaktor synes noe lav da kritisk skjærflate ligger tett opp mot et område med kvikkleire. Vist utkiling av kvikkleire fra K19 til K21 er skjønsmessig angitt. Det er en viss risiko for at kritisk skjærflate fremdeles skjærer gjennom kvikkleire. Sikkerheten er imidlertid vesentlig forbedret fra dagens situasjon, og med forutsetning om at vegen kun i begrenset grad vil være berørt av en eventuell utglidning, kan en redusert materialfaktor aksepteres.

### 3.14 Profil 13-13

Dette profilet krysser i nærheten av punkt K24 og K25. Sonderingene viser lag av leire. Anbefalt  $s_u$ -profil basert på CPTU test i K24 er akseptabelt. Fra ca 25 meters dybde øker ikke sonderingsmotstanden, noe som kan indikere sensitiv leire. Laveste materialfaktor beregnet er  $\gamma_m = 1,38$  for skråning mot øst. Det er imidlertid ingen sonderinger for denne skråningen som kan bekrefte at det ikke er kvikkleire i skråningen, men det er usikkert om en eventuell utglidning vil berøre vegen direkte. Skråningen som vender mot vegen (mot vest) har tilstrekkelig sikkerhet.

### 3.15 Profil 14-14

Beregnet sikkerhet for dette profilet er meget lav ( $\gamma_m = 0,98$ ), og NGI bemerket at erosjon og skredaktivitet ble observert ved deres befaring. Det er også funnet sensitiv leire ved sonderinger i dette området. Det er foreslått tiltak som bedrer beregnet sikkerhet med 20 % til  $\gamma_m = 1,21$ . Med henvisning til Statens vegvesens håndbok 016 er dette angitt å være tilstrekkelig. Beregnet sikkerhet er fremdeles meget lav, men med tilstrekkelig erosjonssikring vil det være mulig å oppnå en stabil situasjon som vil være en vesentlig forbedring fra dagens situasjon.

#### **4 Oppsummering**

NGI har stort sett satt krav om at materialfaktor skal være minst  $\gamma_m = 1,6$  for skjærflater som direkte går gjennom kvikkleirelag, noe som er i samsvar med håndbok 016. Lavere sikkerhet aksepteres for øvrige skjærflater, men det er ikke akseptert lavere materialfaktor enn 1,4 uten at tiltak er foreslått. To skråninger har lavere sikkerhet enn  $\gamma_m = 1,4$  etter at tiltak er utført. Begge skråninger har mer enn 20 % forbedring i forhold til dagens situasjon. Det kan med dagens grunnlag være vanskelig å fastslå med nødvendig grad av nøyaktighet avgrensning av kvikkleireområdene, men ingen potensielle skjærflater som berører vegen direkte har så lav beregnet materialfaktor at det er påkrevd med nye undersøkelser i denne fasen.

Valgte skjærstyrkeprofiler er ikke alltid i samsvar med resultater fra sonderinger og prøvetaking. Der dette er mest tydelig er imidlertid beregnet sikkerhet god.

Det er å anbefale at avgrensning av kvikkleireområdene kartlegges bedre.

#### **5 Konklusjon**

Ingen av SINTEFs innvendinger og kommentarer har direkte konsekvens for de konklusjoner og anbefalinger som er gitt i tilsendt rapport.

SINTEF vurderer rapporten for å være dekkende med hensyn til å vurdere områdestabilitet i området med tilhørende behov for tiltak for en KU/reguleringsplan.

#### **6 Referanser**

Grønlie, A. 1953: Leinstrand i den aller eldste tida. Johan Christiansens boktrykkeri. Trondheim 1953, 30 s.

Reite, A.J. 1983: Trondheim. Beskrivelse til kvartærgeologisk kart 1621 IV – M 1:50 000. Norges Geologiske Undersøkelse, 391, 44 p

Reite, A.J., Sveian, H. & Erichsen, E. 1999: Trondheim fra istid til nåtid – landskapshistorie og løsmasser. Gråsteinen No. 5. Norges Geologiske Undersøkelse