
RAPPORT

Bergkunstmuséet, Hegra

OPPDRAGSGIVER
Stjørdal kommune

EMNE
Vurdering av områdestabilitet

DATO / REVISJON: 31. oktober 2014 / 02

DOKUMENTKODE: 413839-RIG-RAP-002



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

RAPPORT

| | | | |
|----------------|---------------------------------|-----------------|--------------------------------------|
| OPPDRAAG | Bergkunstmuséet, Hegra | DOKUMENTKODE | 413839-RIG-RAP-002 |
| EMNE | Vurdering av områdestabilitet | TILGJENGELIGHET | Åpen |
| OPPDRAAGSGIVER | Stjørdal kommune | OPPDRAAGSLEDER | Roar Skulbørstad |
| KONTAKTPERSON | Frank Nordby | UTARBEIDET AV | Ann Kristin Selmer/ Roar Skulbørstad |
| KOORDINATER | SONE: 32V ØST: 6079 NORD: 70396 | ANSVARLIG ENHET | 3012 Multiconsult AS |
| GNR./BNR./SNR. | 295 / 6 / 0 / Stjørdal | | |

SAMMENDRAG

Stjørdal kommune planlegger utbygging av et bergkunstmuseum i forbindelse med helleristningsfeltet ved Leirfall, ca. 2 km øst for Hegra. I utbyggingsplanene inngår et museumsbygg og en gangsti opp til helleristningsfeltet. Det planlagte museumsbygget ligger iht. NVEs kvikkleirekartlegging delvis innenfor kvikkleiresone nr. 662 Trælstad.

Foreliggende rapport inneholder faregradsevaluering av området iht. NVEs retningslinjer. Videre inneholder rapporten grunnlag for geotekniske beregninger og vurderinger samt resultater fra stabilitetsberegninger.

Basert på utførte grunnundersøkelser, registrert berg i dagen og topografiske forhold, er det gjort en ny vurdering av grensa av kvikkleiresona. Videre er det utarbeidet et forslag om å dele kvikkleiresone nr. 622 Trælstad i to separate soner. Det er vurdert faregrad, konsekvens- og risikoklasse for ny avgrensning av kvikkleiresonene før utbygging (lik for begge soner):

- Faregrad: Middels
- Konsekvensklasse: Meget alvorlig
- Risikoklasse: 4

Områdestabilitet

Beregninger viser at stabiliteten av skråninga fra øst og ned mot museumstomta er for lav. Videre er stabiliteten av bratte skråninger ned mot Leirfallbekken og Solemsbekken for lav.

For å oppnå tilfredsstillende sikkerhet mot utglidning er det foreslått å heve bekkeleiene med inntil 2 m. Videre må bekkeleiene erosjonssikres for å hindre initialskred som kan utløse bakovergrepene skred. For skråninga øst for tomta er det foreslått utlegging av motfylling i foten av skråninga.

Lokalstabilitet

Skråninga nord for museumstomta er bratt med gjennomsnittlig terrenghelning ca. 1:1,6. Slike bratte skråninger ligger omtrent på rasvinket og er stabilisert av et vekstdekke.

Stabilitetsberegningene viser at skråninga må slakes ned til 1:2,5 og avlastes ned til kote +56 for å oppnå tilfredsstillende skråningsstabilitet.

Det må utføres detaljprosjektering av terrengtiltakene.

| REV. | DATO | BESKRIVELSE | UTARBEIDET AV | KONTROLLERT AV | GODKJENT AV |
|------|------------|--|---|----------------------|-------------|
| | | | ANKS | HAN | SOH |
| 02 | 31.10.2014 | Revidert etter ny kvikkleireveileder 7/2014 | Ann Kristin Selmer/ Roar Skulbørstad | Håvard Narjord fo | Arne Vik |
| 01 | 27.05.2014 | Revidert etter kommentarer fra tredjepartskontroll | Ann Kristin Selmer/ Roar Skulbørstad | Håvard Narjord | Arne Vik |
| 00 | 04.04.2014 | Vurdering områdestabilitet | Ann Kristin Selmer/ Roar Skulbørstad | Håvard Narjord | Arne Vik |

INNHOLDSFORTEGNELSE

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1 | Innledning | 7 |
| 2 | Grunnlag..... | 8 |
| | 2.1 Kort omtale av prosjektet | 8 |
| 3 | Topografi og grunnforhold | 9 |
| | 3.1 Generelt | 9 |
| | 3.2 Helleristningsfeltet..... | 9 |
| | 3.3 Museumstomta..... | 10 |
| | 3.4 Kvikkleirsone Trælstad | 11 |
| 4 | Faregradsevaluering av kvikkleiresone..... | 13 |
| | 4.1 Generelt | 13 |
| | 4.2 Utbredelse av kvikkleire..... | 13 |
| | 4.3 Skadekonsekvensevaluering | 13 |
| | 4.4 Faregradsevaluering | 13 |
| | 4.5 Risikoklasseevaluering | 14 |
| 5 | Skredtype og maksimal utbredelse av skred | 14 |
| | 5.1 Generelt | 14 |
| | 5.2 Skredtype..... | 14 |
| | 5.3 Utbredelse av skred | 15 |
| 6 | Sikkerhetsprinsipper | 17 |
| 7 | Materialparametere | 18 |
| 8 | Stabilitet..... | 18 |
| | 8.1 Beregningsverktøy | 18 |
| | 8.2 Lokalstabilitet museumstomt | 18 |
| | 8.3 Kvikkleiresone Trælstad | 19 |
| 9 | Geoteknisk vurdering..... | 21 |
| | 9.1 Generelt | 21 |
| | 9.2 Områdestabilitet..... | 21 |
| | 9.3 Lokalstabilitet museumstomt | 21 |
| | 9.4 Terrengtiltak | 21 |
| | 9.5 Kritiske momenter | 22 |
| 10 | Referanser | 22 |

Tegninger

| | |
|--------------------|--|
| 413839-RIG-TEG-000 | Oversiktskart |
| -003, Rev 01 | Borplan med klassifisering av grunnundersøkelser |
| -004, Rev 02 | Situasjonsplan med terrengtiltak |
| -042.6, Rev 01 | CPTU BP.31C, udrenert skjærstyrke, c_{uC} , korrelert mot S_b OCR og I_p |
| -042.7, Rev 01 | CPTU BP.31C, udrenert skjærstyrke, c_{uC} , SHANSEP-analyse |
| -042.8 | CPTU BP.31C, prekonsolideringsspenning, p_c' |
| -042.9 | CPTU BP.31C, overkonsolideringsgrad, OCR |
| -043.6 | CPTU BP.36, udrenert skjærstyrke, c_{uC} , korrelert mot S_b OCR og I_p |
| -043.7 | CPTU BP.36, udrenert skjærstyrke, c_{uC} , SHANSEP-analyse |
| -043.8 | CPTU BP.36, prekonsolideringsspenning, p_c' |
| -043.9 | CPTU BP.36, overkonsolideringsgrad, OCR |
| -044.6 | CPTU BP.41, udrenert skjærstyrke, c_{uC} , korrelert mot S_b OCR og I_p |
| -044.7 | CPTU BP.41, udrenert skjærstyrke, c_{uC} , SHANSEP-analyse |
| -044.8 | CPTU BP.41, prekonsolideringsspenning, p_c' |
| -044.9 | CPTU BP.41, overkonsolideringsgrad, OCR |

- 075.3 Kontinuerlig ødometerforsøk, PR.31, d=6,25 m med tolkede deformasjonsegenskaper
- 076.3 Kontinuerlig ødometerforsøk, PR.31, d=11,55 m med tolkede deformasjonsegenskaper
- 077.3 Kontinuerlig ødometerforsøk, PR.36, d=7,34 m med tolkede deformasjonsegenskaper
- 078.3 Kontinuerlig ødometerforsøk, PR.36, d=13,45 m med tolkede deformasjonsegenskaper
- 079.3 Kontinuerlig ødometerforsøk, PR.41, d=6,30 m med tolkede deformasjonsegenskaper
- 080.3 Kontinuerlig ødometerforsøk, PR.113, d=10,45 m med tolkede deformasjonsegenskaper
- 090.4 Treksialforsøk, BP. 31, d=6,30 m, spenningssti med tolket styrke
- 091.4 Treksialforsøk, BP. 36, d=7,45 m, spenningssti med tolket styrke
- 092.4 Treksialforsøk, BP. 41, d=6,35 m, spenningssti med tolket styrke
- 094.4 Treksialforsøk, BP. 41, d=10,30 m, spenningssti med tolket styrke
- 095.1 Samleplott treksialforsøk, spenningssti med tolket styrke
- 095.2 Samleplott treksialforsøk, arbeidskurve
- 095.3 Samleplott treksialforsøk, vannutpressing – volumtøyning
- 200 Profil A-A, tolket lagdeling
- 201 Profil B-B, tolket lagdeling
- 202 Profil C-C, tolket lagdeling
- 203 Profil D-D, tolket lagdeling
- 204 Profil E-E, tolket lagdeling
- 205 Profil F-F, tolket lagdeling
- 206 Profil G-G, tolket lagdeling
- 207 Profil H-H, tolket lagdeling
- 250, Rev 01 Poretrykksmåling, BP. 3
- 251, Rev 01 Poretrykksmåling, BP. 31
- 252, Rev 01 Poretrykksmåling, BP. 41
- 260 Aktiv udrenert skjærfasthet, s_{uA} , profil C-C (BP. 3, 7 og 9)
- 261 Aktiv udrenert skjærfasthet, s_{uA} , profil C-C (BP. 21)
- 262 Aktiv udrenert skjærfasthet, s_{uA} , profil D-D
- 263 Aktiv udrenert skjærfasthet, s_{uA} , profil H-H
- 310.1 Beregningsprofil C-C, stabilitetsberegning, dagens geometri, ADP-analyse
- 310.2 Beregningsprofil C-C, stabilitetsberegning, dagens geometri, $\alpha\phi$ -analyse
- 310.3 Beregningsprofil C-C, stabilitetsberegning, permanenttilstanden, ADP-analyse
- 310.4 Beregningsprofil C-C, stabilitetsberegning, permanenttilstanden, $\alpha\phi$ -analyse
- 311.1 Beregningsprofil D-D, stabilitetsberegning, dagens geometri, ADP-analyse
- 311.2 Beregningsprofil D-D, stabilitetsberegning, dagens geometri, $\alpha\phi$ -analyse
- 311.3, Rev 01 Beregningsprofil D-D, stabilitetsberegning, permanenttilstanden, ADP-analyse
- 311.4, Rev 01 Beregningsprofil D-D, stabilitetsberegning, permanenttilstanden, $\alpha\phi$ -analyse
- 312.1 Beregningsprofil H-H, stabilitetsberegning, dagens geometri, ADP-analyse
- 312.2 Beregningsprofil H-H, stabilitetsberegning, dagens geometri, $\alpha\phi$ -analyse
- 312.3, Rev 01 Beregningsprofil H-H, stabilitetsberegning, permanenttilstanden, ADP-analyse
- 312.4, Rev 01 Beregningsprofil H-H, stabilitetsberegning, permanenttilstanden, $\alpha\phi$ -analyse

Vedlegg

1. Skadekonsekvens-, faregrads- og risikoklasseevaluering
2. Sikkerhetsprinsipper
3. Materialparametere
4. Oppsummering av ødometerforsøk
5. Oppsummering av treksialforsøk

1 Innledning

Stjørdal kommune planlegger utbygging av et bergkunstmuseum i forbindelse med helleristningsfeltet ved Leirfall, ca. 2 km øst for Hegra. I utbyggingsplanene inngår et museumsbygg og en gangsti opp til helleristningsfeltet. Det planlagte museumsbygget ligger iht. NVEs kvikkleirekartlegging delvis innenfor kvikkleiresone nr. 662 *Trælstad*.

Multiconsult AS er engasjert for å utføre grunnundersøkelser, vurdere områdestabiliteten for den planlagte utbygging samt å vurdere fundamenteringsløsning for museumsbygget. Utførte grunnundersøkelser er presentert i rapport nr. 413839-RIG-RAP-001 [11].

Det er ikke registrert kvikkleire på museumstomta ved de utførte grunnundersøkelsene, men kvikkleiresone nr. 662 *Trælstad* ligger høyere enn museumstomta. Videre har NVE kommet med innsigelse på reguleringsplanen om at sikkerheten mot skred må dokumenteres. Iht. NVEs retningslinjer nr. 2/2011 rev 22.mai 2014 «*Flaum- og skredfare i arealplanar*» [1] og veileder nr. 7/2014 «*Sikkerhet mot kvikkleireskred*» [18], må det vurderes om det er risiko for at museumstomta ligger i utløpsområdet for kvikkleireskred.

Utredning av skredfaren utføres stegvis iht. følgende punkter:

1. **Faregradsevaluering**
Faregradsevaluering omfatter å identifisere fareutsatt areal (utstrekning av faresone) samt å vurdere sannsynlighet for skred.
2. **Vurdering av bruddtype og maksimal utbredelse av skred**
Vurdering av skredtype og utløsende skredfaktor (for eksempel initialscred og retrogressivt skred eller flaskred utløst ved progressiv bruddutvikling i sprøbruddmateriale). Utredninga omfatter videre vurdering av både løsnemråder og utløpsområder for skredmasser.
3. **Stabilitetsanalyser**
Beregning av sikkerheten mot utglidning, både for dagens situasjon og for tiltak/ utbygging.
4. **Evt. utredning av stabilitetsforbedrende tiltak**
Utredning av stabiliserende tiltak som eventuelt må gjennomføres i og utenfor planområdet for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet.

Foreliggende rapport inneholder faregradsevaluering av området iht. NVEs retningslinjer. Videre inneholder rapporten grunnlag for geotekniske beregninger og vurderinger samt resultater fra stabilitetsberegninger. I tillegg er det gitt en vurdering av nødvendige tiltak for å oppnå tilfredsstillende stabilitet iht. NVEs Veileder nr. 7/2014.

Revisjon 01: Rapporten er revidert etter kommentarer fra tredjepartskontroll utført av Norconsult AS. Det vises til kontrollnotat nr. 5140855-01 og tilsvar i notat nr. 413839-RIG-NOT-004. I revidert rapport er følgende medtatt:

- *Kvikkleiresone nr. 662 Trælstad er foreslått delt inn i to separate soner med oppdeling langs Leirfallbekken og Solemsbekken. Videre er soneavgrensninga justert noe øst for museumstomta.*
- *Faregrads-, skadekonsekvens- og risikoevaluering for sonene er justert.*
- *Skrivefeil er rettet opp.*
- *Designlinje udrenert skjærfasthet for CPTU BP. 31C er rettet opp.*
- *Nærmere begrunnelse for valgte styrkeprofiler i beregninger er innarbeidet i rapporten.*

Revisjon 02: Rapporten er revidert etter NVEs retningslinjer nr. 2/2011 rev 22.mai 2014 og veileder nr. 7/2014. I revidert rapport er følgende medtatt:

- *Nye beregninger med revidert sikkerhetsfaktor.*
- *Revisjon av rapporttekst iht. nye beregningsresultater.*
- *Revisjon av tegninger som viser anbefalte terrengtiltak.*
- *Skrivefeil er rettet opp.*

2 Grunnlag

Det er tidligere utført grunnundersøkelser i området og disse fremgår i følgende rapporter:

- NOTEBY AS (2001) rapport nr. 300571-1 [2]
- NGI (1988) rapport nr. 82033-1 [3]

Resultatene fra disse er delvis innarbeidet i rapport nr. 413839-RIG-RAP-001 og foreliggende rapport.

Videre er følgende dokumenter/tegninger benyttet som grunnlag:

Tabell 2.1 Grunnlagsdokumenter

| Nr. | Tegning/dokument | Tittel/Kommentar | Mottatt dato |
|-----|------------------|---|--------------|
| 1 | 413839 RIG 01 | Foreløpig geoteknisk vurdering, notat datert 01.10.2009 | |
| 2 | 413839 RIG 02 | Risiko for kvikkleireskred, notat datert 15.10.2009 | |
| 3 | 413839 RIG 03 | Utbygging i kvikkleireområder, notat datert 20.10.2009 | |
| 4 | Situasjonsplan | Forprosjekt Bergkunstmuséet utarbeidet av Per Knudsen Arkitektkontor AS. Datert 29.08.2013. | 06.11.2013 |
| 5 | Plan | Forprosjekt Bergkunstmuséet utarbeidet av Per Knudsen Arkitektkontor AS. Datert 29.08.2013. | 06.11.2013 |
| 6 | Perspektiv | Forprosjekt Bergkunstmuséet utarbeidet av Per Knudsen Arkitektkontor AS. Datert 29.08.2013. | 06.11.2013 |
| 7 | Snitt | Forprosjekt Bergkunstmuséet utarbeidet av Per Knudsen Arkitektkontor AS. Datert 29.08.2013. | 06.11.2013 |

2.1 Kort omtale av prosjektet

Museumsbygget er planlagt plassert inn i foten av ei skråning øst for Lerfallbekken, se figur 2.1. Helleristningsfeltene er på vestsida av bekken.

Museumsbygget er planlagt med to etasjer pluss kjeller.



Figur 2.1: Perspektiv av planlagt museumsbygg (utarbeider av pka arkitekter)

3 Topografi og grunnforhold

3.1 Generelt

Det aktuelle området ligger ved Leirfall, ca. 2,6 km øst for Hegra. Feltet ligger i en skråning opp mot Trælstad. Generelt er området bestående av platåer nord og øst for feltet, og i tillegg ravinert terreng i forbindelse med bekkefar. Sørlige områder er flatere og er for det meste dyrket mark.

Museumsbygget er planlagt plassert i foten av skråningen opp mot Trælstad. Eksisterende terreng for planlagt museumsbygning varierer mellom kote +23 og kote +30. Søndre del av museet ligger på ei elveslette (dyrket mark). Terrenget på elvesletta er relativt flatt og varierer mellom kote +23 og +26. Nordre del av bygget er plassert i skråninga opp mot Trælstad. Trælstad er et terrengplatå på ca. kote +70 til +75. Gjennomsnittlig skråningshelning ned mot bergmuseet er ca. 1:4. Lokalt er skråninga brattere og nedre del av skråninga mot museumsbygget har skråningshelning på ca. 1:1,6.

For beskrivelse av grunnforholdene er området delt inn i 3 delområder:

- Helleristningsfelt
- Museumstomt
- Kvikkleiresone Trælstad

3.2 Helleristningsfeltet

Ved helleristningsfeltet er det stedvis berg i dagen, og rundt helleristningsfeltet indikerer utførte sonderinger at løsmasseoverdekninga er liten. Områder med berg i dagen er vist på borplanene, tegning nr. -001 og -002. Sonderinger utført ved helleristningsfeltet er avsluttet mot antatt berg mellom 0,6 og 1,5 m under terreng. Da det ikke er boret i berg er bergpåsvisninga usikker.

Leirfallbekken avgrenser helleristningsfeltet mot øst. Bekken renner på berg gjennom feltet. I bunn av skråninga eroderer bekken i yttersvinger.

3.3 Museumstomta

Løsmassemektingheten i borpunktene utført ved museumstomta varierer mellom 0 og 14 m. Opptatte prøver viser at løsmassene består i hovedsak av et topplag av tørrskorpeleire på 1 til 2 m over leire med siltlag. Leira er delvis blandet med silt- og sandlag og til dels mye organisk materiale ned til ca. 5 m under terreng. Det høye humusinnholdet stammer trolig fra organisk materiale avsatt fra Stjørdalselva eller fra tidligere ras i området. Over berg er det et fast lagret lag med mektighet på 2 til 8 m. Dette laget er basert på sonderingsmotstanden vurdert til å være sand/grus.

Rutinedata

Resultater fra rutineanalyser i laboratoriet på opptatte prøver er oppsummert i tabell 3.1 under.

Tabell 3.1 Oppsummering rutinedata museumstomt

| Materiale | w [%] | ρ [g/cm ³] | c_{uD} [kPa] | c_{urfc} [kPa] | I_p [%] |
|------------|---------|-----------------------------|----------------|------------------|-----------|
| Tørrskorpe | 20 – 25 | 1,95 | 123 - 225 | 71 - 175 | |
| Leire | 16 – 45 | 1,88 – 2,16 | 34 - 175 | 6 - 54 | |
| Sand/grus | 24 | 2,08 | | | |

w naturlig vanninnhold

ρ densitet

c_{uD} udrenert skjærfasthet (fra konus og enaks)

c_{urfc} omrørt skjærfasthet

I_p plastisitetsindeks

I oppsummeringa av udrenert skjærfasthet er det sett bort fra prøver med synlig prøveforstyrrelse.

Grunnvann

Det er satt ned to hydrauliske poretrykksmålere. Disse er satt ned ved BP. 3 i dybde 4 og 7 m under terreng. Målerne er avlest sju ganger i perioden 18. november 2013 til 23. mars 2014. Målt poretrykk er vist på tegning nr. 413839-RIG-TEG-250. Tabell 3.2 viser målt poretrykk og tilsvarende grunnvannsnivå.

Tabell 3.2 Poretrykksavlesning

| BP. | Kote terreng | Kote piezometerspiss | Løsmasser ved pz-spiss | Høyeste avleste poretrykk [kPa] | Grunnvannsnivå fra poretrykk [kote]* |
|-----|--------------|----------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| 3 | +25,6 | +21,6 | Leire m/tynne sand- og siltlag | 12,0 | +22,8 |
| 3 | +25,6 | +18,6 | Antatt leire m/siltlag | 36,0 | +22,2 |

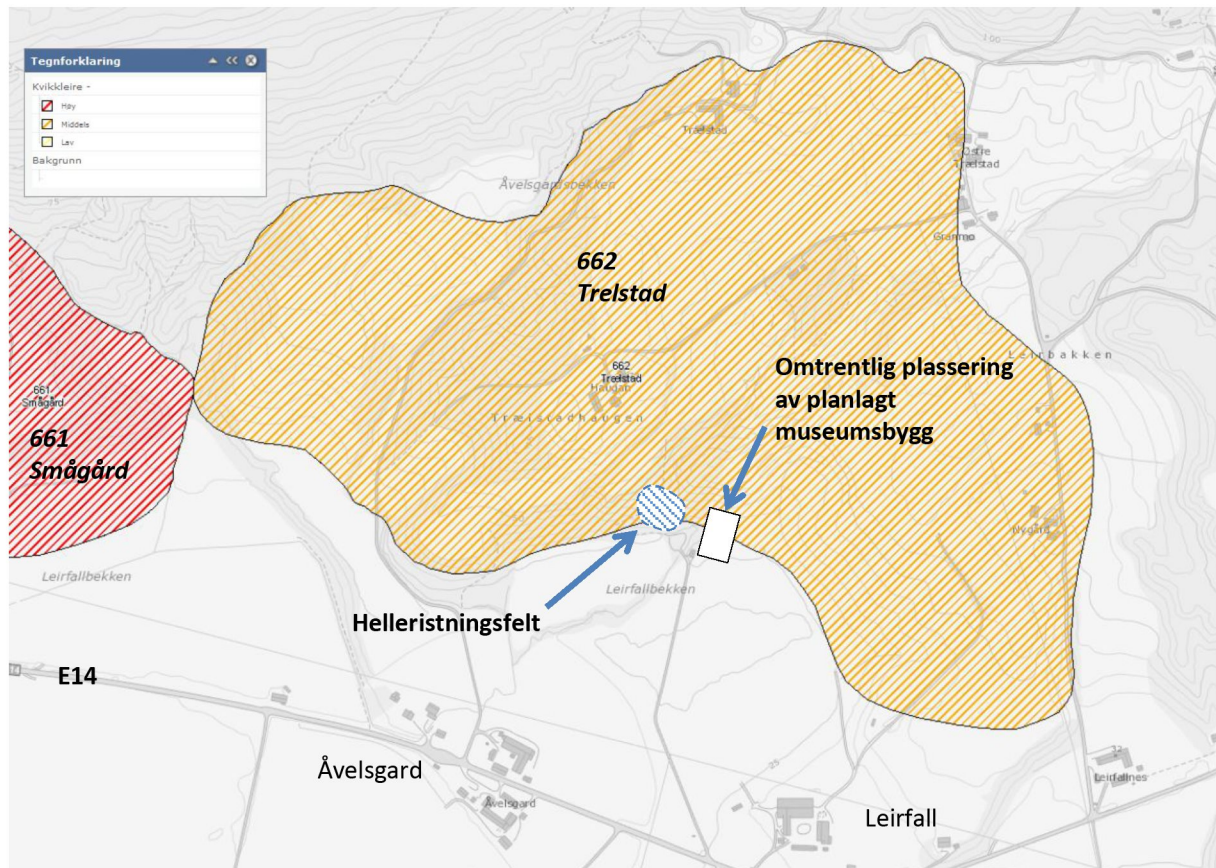
* Hydrostatisk poretrykksfordeling

Grunnvannstanden varierer normalt med årstider og nedbør. Erfaringsmessig kan grunnvannsnivået stå vesentlig høyere i perioder med nedbør og/eller snøsmelting.

Poretrykksmålingene bør videreføres for å dokumentere poretrykksvariasjoner over tid.

3.4 Kvikkleirsone Trælstad

Den aktuelle tomta ligger delvis innenfor kvikkleiresone nr. 662 *Trælstad*, se figur 3.1. Sona er klassifisert med middels faregrad, konsekvensklasse alvorlig og risikoklasse 3.



Figur 3.1: Utsnitt av kvikkleiekart - faregrad (kilde: www.skrednett.no)

Løsmassene i kvikkleiresona består i hovedsak av et topplag av tørrskorpeleire på 1-5 m over leire med enkelte silt- og finsandlag. Det er registrert enkelte innskutte lag med sand og grus i leira. Videre er det registrert mektige lag med kvikkleire i store deler av kvikkleiresona. Størst mektighet med kvikkleire er registrert ved gårdene Trælstad og Trælstadhaugen, hvor sonderingsresultatene indikerer mektighet på over 40 m kvikkleire. Overgangen til kvikkleire ligger på ca. kote +50 til +60 nord i sona, og faller slakt av sørover mot gården Leirfall. I BP. 41, i søndre del av sona, er overgangen til kvikkleire på ca. kote +44.

Bekkeleie for Leirfallbekken og Solemsbekken ligger omtrent i nivå med overgangen til kvikkleire.

Rutinedata

Rutinedata er oppsummert i tabell 3.3 under.

Tabell 3.3 Oppsummering rutinedata kvikkleiresone

| Materiale | w [%] | ρ [g/cm ³] | c_{uD} [kPa] | c_{urfc} [kPa] | I_p [%] |
|------------|---------|-----------------------------|----------------|------------------|-----------|
| Tørrskorpe | 20 - 34 | 2,04 | 123 - 225 | 24 - 67 | |
| Sand/grus | 8 - 12 | | | | |
| Leire | 18 - 36 | 1,94 – 2,09 | 43 – 100 | 1 – 21 | 7 - 15 |
| Kvikkleire | 21 - 34 | 1,97 – 2,10 | 30 – 105 | <0,5 | 4 - 5 |

| | |
|------------|--|
| w | naturlig vanninnhold |
| ρ | densitet |
| c_{uD} | udrenert skjærfasthet (fra konus og enaks) |
| c_{urfc} | omrørt skjærfasthet |
| I_p | plastisitetsindeks |

I oppsummeringa av rutinedata er det sett bort fra prøver med synlig prøveforstyrrelser.

Grunnvann

Det er satt ned fire hydrauliske poretrykksmålere ved BP. 31 (2 stk) og BP. 41 (2 stk). Videre satte NGI ned to hydrauliske poretrykksmålere (BP. 1-96) i forbindelse med grunnundersøkelsene i 1987 [3]. Målerne er avlest henholdsvis fem og seks ganger i perioden 10. desember 2013 til 23. mars 2014. Målt poretrykk er vist på tegning nr. 413839-RIG-TEG-251 og -252. Tabell 3.4 viser målt poretrykk og tilsvarende grunnvannsnivå.

Tabell 3.4 Poretrykksavlesninger

| BP. | Kote terreng | Kote piezometerspiss | Løsmasser ved pz-spiss | Høyeste avleste poretrykk [kPa] | Grunnvannsnivå fra poretrykk [kote]* |
|------|--------------|----------------------|---|---------------------------------|--------------------------------------|
| 31 | +59,2 | +52,2 | Leire m/enk. Tynne silt- og finsandlag | 41,0 | +56,3 |
| 31 | +59,2 | +44,2 | Kvikkleire m/enk. Tynne siltlag | 77,0 | +51,9 |
| 41 | +55,5 | +48,5 | Leire m/enk. Tynne silt- og finsandlag | 2,0 | +48,7 |
| 41 | +55,5 | +40,5 | Kvikkleire m/enk. Tynne silt- og finsandlag | 17,0 | +42,2 |
| 1-96 | Ca. +70 | Ca. +48 | Ant. Kvikkleire | ** | ** |
| 1-96 | Ca. +70 | Ca. +37 | Ant. Kvikkleire | ** | ** |

*Hydrostatisk poretrykksfordeling

**Måledata er ikke oppgitt i NGI rapport nr. 82033-1, men i rapporten er det angitt at det er målt lavt poretrykk i begge dybdene.

Grunnvannstanden varierer normalt med årstider og nedbørsmengder. Erfaringsmessig kan grunnvannsnivået stå vesentlig høyere i perioder med snøsmelting og/eller nedbør.

Poretrykksmålingene bør videreføres for å dokumentere poretrykksvariasjoner over tid.

4 Faregradsevaluering av kvikkleiresone

4.1 Generelt

Det planlagte museumsbygget ligger delvis innenfor kvikkleiresonen, og siden det er vurdert at tomten ligger i utløpssonen for et eventuelt skred fra kvikkleiresonen, kreves det i henhold til NVEs Veileder nr. 7/2014, at det bl.a. skal foretas en evaluering av skadekonsekvensklasse og faregradsevaluering.

4.2 Utbredelse av kvikkleire

Basert på utførte grunnundersøkelser, registrert berg i dagen og topografiske forhold, er det gjort en vurdering av grensa av kvikkleiresona. Videre er det utarbeidet et forslag om å dele kvikkleiresone nr. 622 *Trælstad* i to separate soner. Forslag til ny kvikkleireavgrensning er vist på tegning nr. 413839-RIG-TEG-003. Følgende vurderinger ligger til grunn for grenselinjene:

- Alle kjente grunnundersøkelser i området er tatt med i vurderingen. Plassering av borpunkt er vist på tegning nr. 413839-RIG-TEG-003. Boringer hvor det er påvist kvikkleire eller sprøbruddsmateriale er markert med rød farge, boringer hvor det kan antas at det er kvikkleire eller sprøbruddsmateriale er markert med gul farge og boringer uten kvikkleire eller sprøbruddsmateriale er markert med grønn farge.
- Sonene er trukket ut i fra de registrerte boringene med kvikkleire/sprøbruddsmateriale.
- Videre er sonene avgrenset mot området med oppstikkende berg eller områder hvor løsmasseoverdekningen er liten.
- Eksisterende kvikkleiresone er delt langs bekkefare (Leirfallbekken og Solemsbekken) som stekker seg fra helleristningsfeltet og forbi Granmo og mot Solem. Dette pga at skred erfaringsmessig ikke krysser bekkedalene.

4.3 Skadekonsekvensevaluering

Det er utført en evaluering av begge sonenes skadekonsekvensklasse for den antatt mest ugunstige delen av sonene etter gjennomføring av planlagt utbygging.

Skadekonsekvensevalueringen er utført i henhold til retningslinjer i NGI-rapport 20001008-2, rev. 3 datert 08.10.2008 «Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire», tabell 1.

Evalueringa av kvikkleiresone nr. 622 *Trælstad* og sone *Trælstad øst* er gitt i tabell 2 og 3 i Vedlegg 1.

Skadekonsekvensevalueringa gir en poengverdi på 25 for både 622 *Trælstad* og *Trælstad øst* og medfører at sonene plasseres i skadekonsekvensklasse «Meget alvorlig». Sonene vil dermed endre skadekonsekvensklasse etter at planlagt bergkunstmuseum er oppført.

4.4 Faregradsevaluering

Det er utført faregradsevaluering for den antatt mest ugunstige delen av sonene før og etter gjennomføring av planlagt utbygging.

Faregradsevalueringa er utført i henhold til retningslinjer i NGI-rapport 20001008-2, rev. 3 datert 08.10.2008 «Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire».

Evalueringa av kvikkleiresone nr. 622 *Trælstad* er gitt i tabell 5 og 6 i Vedlegg 1.

Faregradsevalueringa gir poengverdi på 25 for begge sonene og medfører at sonene plasseres i faregradsklasse «Middels», som omfatter soner med poengverdi fra 18 til 25 poeng jfr. [5]. På grunnlag av de oppsatte kriteriene vil dermed sonene, relativt sett, ha høy sannsynlighet for at skred skal inntreffe.

Sonene vil endre faregrad etter utbygging, da det vil foretas stabiliserende tiltak i området.

4.5 Risikoklasseevaluering

Skadekonsekvens og faregradsevaluering er grunnlaget for bestemmelse av risikoklasse: $risiko = skadekonsekvens \times faregrad$. Risiko er delt inn i fem klasser, hvor 5 er høyeste risikoklasse.

Risikoklassene er inndelt i 5 klasser iht. [3]:

- Risikoklasse 1: Tallverdi fra 0 til 170
- Risikoklasse 2: Tallverdi fra 171 til 630
- Risikoklasse 3: Tallverdi fra 631 til 1900
- Risikoklasse 4: Tallverdi fra 1901 til 3200
- Risikoklasse 5: Tallverdi fra 3201 til 10000

Hvilken risikoklasse ei sone kommer i vil være bestemmende for prioriteringen av denne sona i det videre arbeidet med sikring mot skred.

Evalueringa av begge sonene gir en poengsum på 2724, og vil falle under risikoklasse 4.

Tabell 4.1 Faregrads-, konsekvens og risikoklasseevaluering av kvikkleiresonen

| Sone | | Tidligere vurdering (NGI 2004) | Vurdering (2014) | |
|--------------|-----------------|-----------------------------------|------------------|-----------------|
| | | | Før utbygging | Etter utbygging |
| Trælstad | Faregrad | Middels | Middels | Lav |
| | Skadekonsekvens | Alvorlig | Meget alvorlig | Meget alvorlig |
| | Risikoklasse | 3 | 4 | 3 |
| Trælstad øst | Faregrad | | Middels | Lav |
| | Skadekonsekvens | | Meget alvorlig | Meget alvorlig |
| | Risikoklasse | | 4 | 3 |

5 Skredtype og maksimal utbredelse av skred

5.1 Generelt

Formålet med å vurdere skredtype og utbredelse av skred er å belyse hvilken utstrekning et eventuelt skred utløst i sonen kan få, og hvilke følgerisiko for skader på bebyggelse nedstrøms sonen et skred kan medføre.

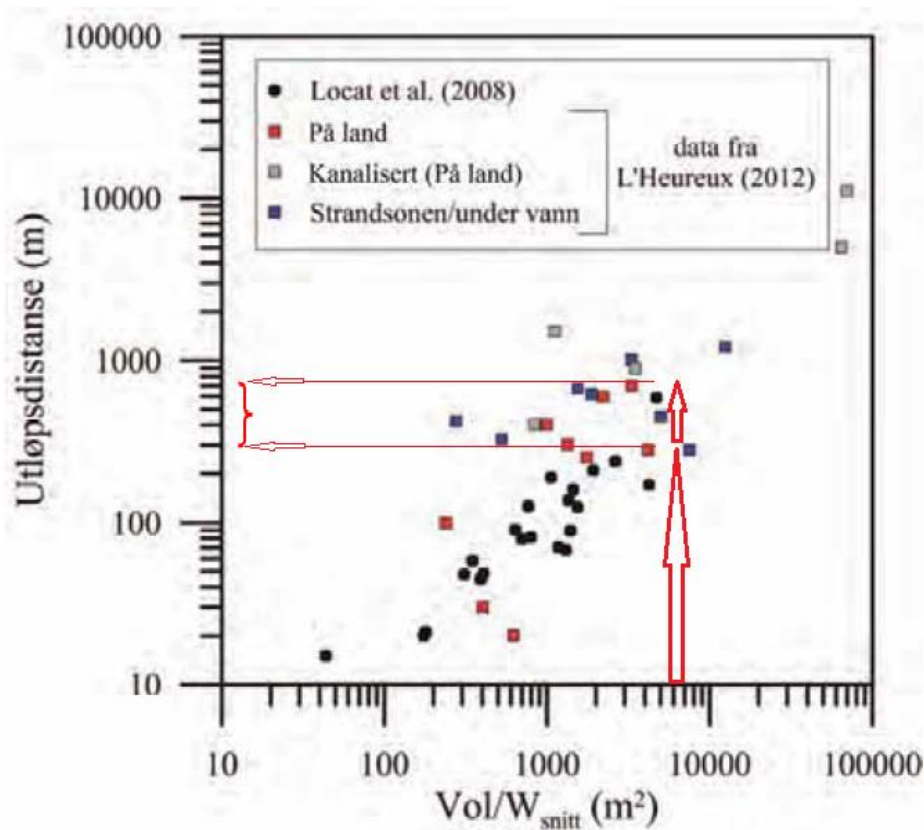
5.2 Skredtype

Basert på topografi og grunnforhold vurderer vi at mest sannsynlig skredtype for området Leirfall er et retrogressivt skred. Et retrogressivt skred karakteriseres ved serie av hurtig bakovergripende skred. Det vil si at raset forplanter seg bakover gradvis med påfølgende delras. Retrogressivt skred

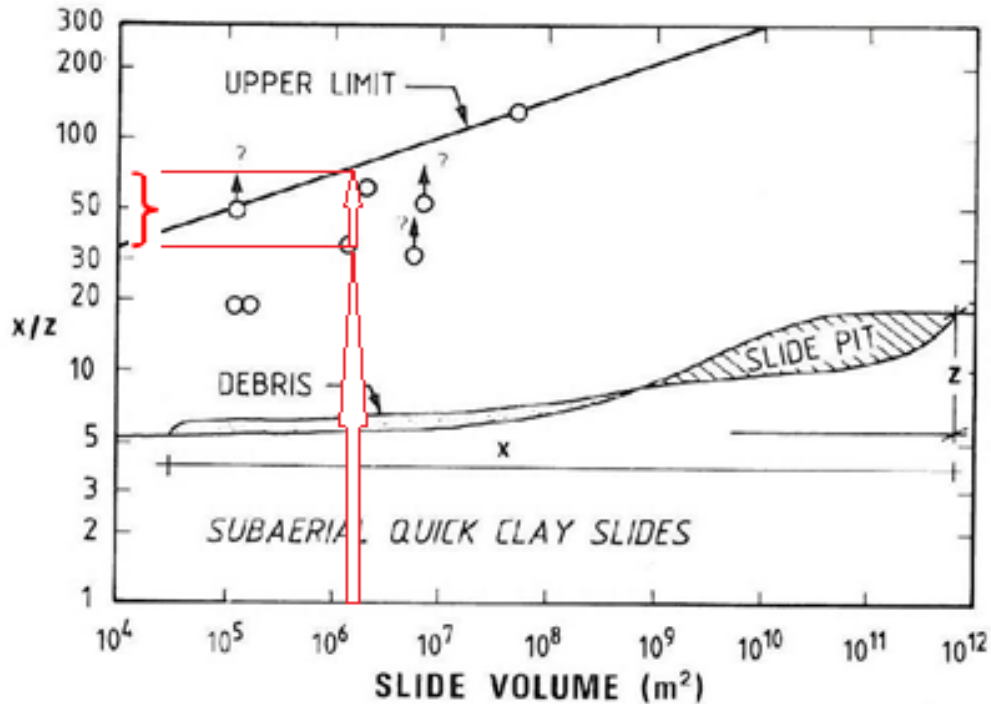
blir ofte utløst ved et monolittisk initialskred (rotasjonsskred). Skred blir enten forårsaket av byggetekniske inngrep eller utløst av naturkrefter.

5.3 Utbredelse av skred

Det foreligger lite erfaringsmateriale og beregningsmodeller for å vurdere utbredelse av skred. Vurderingen av utløpsdistanser for Trælstad kvikkleiresone er basert på to metoder. I NGI publikasjon nr. 158, figur [10], er det gitt en sammenstilling av skredvolum, skråningshøyde og utbredelse av skred. Figuren er gjengitt i figur 5.2. NGU rapport nr. 2012.040 [8] gir en estimering av utløpsdistanse basert på mobilisert volum av kollapset sediment pr. breddeenhet. Figuren er gjengitt i figur 5.1.



Figur 5.1 Utløpsdistanse estimert for skred i norske leirer som funksjon av mobilisert volum av kollapset sediment pr. breddeenhet (fra NGU rapport nr. 2012.040, 2014).



Figur 5.2 Normalisert utløpsdistanse fra norske kvikkleireskred i forhold til total skredvolum (fra NGI publikasjon nr. 158, 1985).

Disse erfaringsdataene er benyttet for å estimere utløpsdistanse av eventuelt skred i kvikkleiresone Trælstad øst:

- **Skredvolum pr. breddenhet**

Maksimalt volum pr. breddenhet er estimert til å være ca. 6300 m^2 .

- **Skredvolum**

Maksimalt skredvolum er estimert til ca. $1\,600\,000 \text{ m}^3$. Det stipulerte volumet er basert på at ca. 80 % av sona raser ut. Dette omfanget vurderes som "verste tilfelle", og er trolig vesentlig større enn det som vil inntreffe ved et skred.

- **Skråningshøyde**

Total høydeforskjell fra Leirbakken/ Nygård øverst i sonen og ned til flatt terreng på kote + 25 er ca. 43 m.

Utløpsdistanse mhp. volum pr. breddenhet (NGU)

Skredvolum pr. lengdeenhet er estimert til ca. 6300 m^3 . Det vil si at utløpsdistansen fra et skred kan være i størrelsesorden 300 – 700 m.

Utløpsdistanse mhp. volum (NGI)

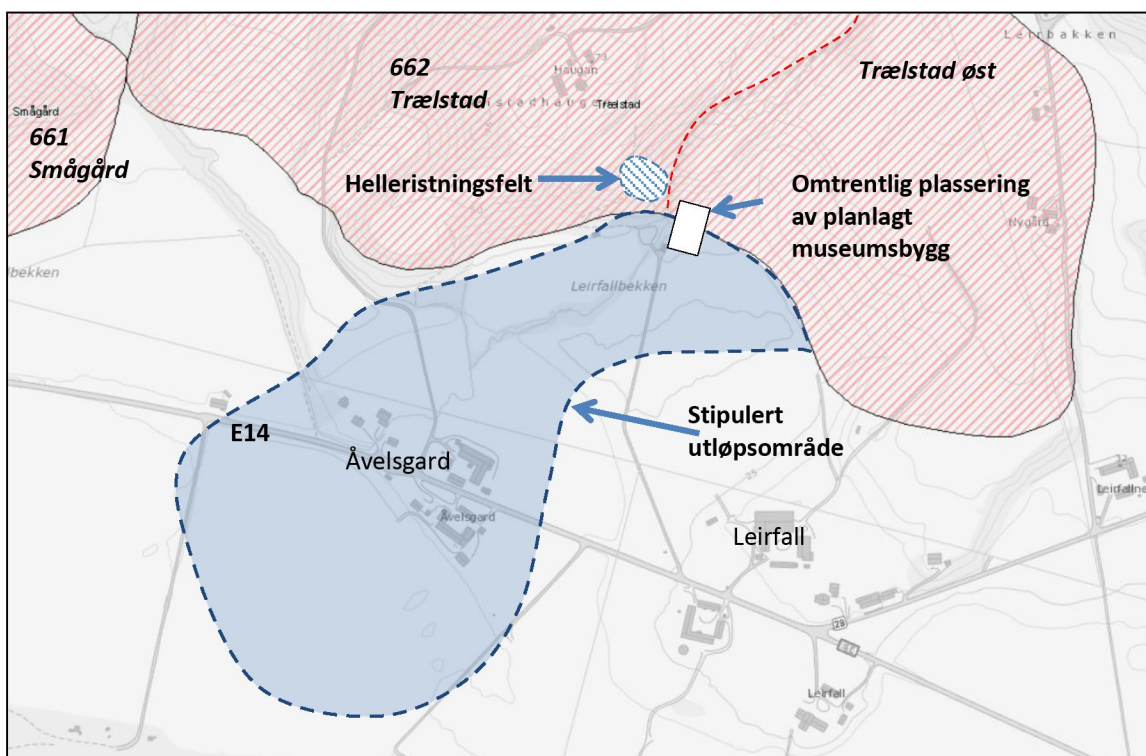
Skredvolum på ca. $1\,600\,000 \text{ m}^3$ ($1,6 \cdot 10^6$) og skråningshøyde, z , på 43 m gir et forholdstall på utbredelse av skred (x) på skråningshøyde (z) på ca. 45 m. Det vil si at utløpsstrekninga av et skred er i størrelsesorden 1380 – 3200 m regnet fra bakre skredkant.

Vurdering

Det er noe forskjell i beregnet utløpsdistanse med de to overnevnte korrelasjonene. Men begge viser at museumstomta ligger i utløpssona.

I utgangspunktet kan utløsningen av et evt. kvikkleireskred tenkes å ha utløp av skredmasser mot sørvest. Hoveddelen av et skred vil trolig kunne støte ned mot gården Åvelsgard.

Vurderingene viser at det ved et evt. skred er risiko for at bebyggelse ved Åvelsgard samt E14 kan bli berørt av skredmasser. Avgrensning og omtrentlig areal for utløpsområdet ved et evt. skred fra Trælstad kvikkleiresone er vist som skravur i figur 5.3.



Figur 5-3 Omtrentlig utstrekning av utløpsområdet

Det er knyttet stor usikkerhet i forhold til anslaget av utløpsdistansen. Skredvolumet er beregnet meget konservativt.

Det understrekes at vurderingene gitt i dette kapitlet er basert på «verste tilfelle» og viser *potensiell* skredfare. Beregning av *reell* skredfare er vist i kapittel 8.

6 Sikkerhetsprinsipper

Prosjektet er vurdert iht. NVEs retningslinjer nr. 2/2011 rev 22.mai 2014 [1], NVEs Veileder nr. 7/2014 [18], Eurokode 0 [16] og Eurokode 7 [17] til:

- Geoteknisk kategori 3
- Pålitelighetsklasse (CC/RC) 3
- Kontrollklasse «Utvidet» for prosjektering og utførelse
- Tiltakskategori K4 iht. NVEs Veileder nr. 7/2014

Nærmere begrunnelse for klassifisering av prosjektet er gitt i vedlegg 2.

7 Materialparametere

Vurdering av kvalitet på undersøkelser, opptatte prøver samt tolkning av materialparametere er vist i vedlegg 3. Valgte styrkeprofiler er basert på styrkeparametre fra opptatte prøveserier samt utførte CPTU-sonderinger.

Tolkning styrke og deformasjonsegenskaper av ødometer og treaks er oppsummert i vedlegg 4 og 5.

8 Stabilitet

8.1 Beregningsverktøy

Stabilitetsberegningene er utført med beregningsprogrammet «GeoSuite Stability» versjon 14.0.0 med beregningsmetode Beast 2003. Beregningsmetoden er basert på grenselikevektsmetode, og anvender en versjon av lamellmetoden som tilfredsstiller både kraft- og momentlikevekt. Programmet søker selv etter kritisk sirkulærsylindrisk glideflate for definerte variasjonsområder av sirkelsentrum. Det er også mulig å definere egne glideflater i programmet.

I denne fasen er det utført beregninger for:

- Områdestabilitet
- Lokalstabilitet ned mot planlagt museumsbygg

Dagens geometri er beregnet ved udrenert totalspenningsanalyse, ADP-analyse, og drenert effektivspenningsanalyse, $\alpha\phi$ -analyse.

Stabiliteten i permanenttilstanden er beregnet ved udrenert totalspenningsanalyse samt drenert $\alpha\phi$ -analyse.

Plassering av beregningsprofilene er vist på tegning nr. 413839-RIG-TEG-003.

Der beregningsmessig sikkerhet er for lav, er det vist tiltak som gir prosentvis forbedring av stabiliteten ved vurdering av områdestabilitet (jfr. krav i NVEs Veileder nr. 7/2014). For lokalstabilitet av bygg er tiltakene utformet slik at kravene til absolutte sikkerhetsfaktorer i Eurokode 7 blir tilfredsstilt.

I beregningene før og etter tiltak er det foretatt sammenligning av kritisk skjærflate før tiltak med kritisk skjærflate etter tiltak. I revidert NVE Veileder nr. 7/2014 «Sikkerhet mot kvikkleireskred», datert april 2014 står det bl.a. at «*Det er normalt tilstrekkelig å sammenligne den mest kritiske glideflaten før tiltak med den mest kritiske glideflaten etter tiltak. I enkelte tilfeller kan det likevel være nødvendig å se på økning i sikkerhetsfaktorer for flere alternative glideflater som vurderes av geotekniker som realistiske for utløsning av skred. Behovet for slike analyser må vurderes for hvert enkelt tilfelle*».

Terrengtiltakene som er beskrevet i foreliggende rapport omfatter avlastning av skråningstopp, oppfylling ved skråningsfot samt plastring og heving av bekker. Ut fra skredteknisk vurdering av bruddmekanismer, jf. kap. 5, og omfanget av de stabiliserende tiltakene, vurderes at sammenligning av kritiske skjærflater før og etter tiltak er tilstrekkelig. Vi mener således at de beskrevne tiltakene gir et realistisk uttrykk for stabilitetsforbedring av de undersøkte terrengprofilene.

For beregninger på totalspenningsbasis (ADP-analyser) er det benyttet anisotropisk jordmodell.

8.2 Lokalstabilitet museumstomt

Det er utført stabilitetsberegninger for ett utvalgt profil. Profilet er antatt å være mest kritisk på bakgrunn av grunnforhold og topografi.

Profil C-C

Profil for vurdering av lokalstabilitet for planlagt museumsbygg. Profilet går fra toppen av haugen nord for det planlagte museumsbygget og ned tomta. Tolket lagdeling for profil C-C er vist på tegning nr. 413839-RIG-TEG-202.

Udrenert skjærfasthet er vurdert ut i fra prøveserier i BP. 3, 7, 9 og 21. Rutinedata og designlinje s_{UA} er plottet på tegning nr. 413839-RIG-TEG-260 og -261.

Det er tidligere utført jordbruksplanering i skråninga som har bedret stabiliteten av skråninga noe. Da vi ikke kjenner til hvor mye jordbruksplanering det er utført, har vi valgt å se bort fra dette i beregningene.

Beregningsresultater er sammenstilt i tabell 8.1.

Tabell 8.1 Sikkerhetsfaktor for kritisk skjærflate for profil C-C

| Tegning nr. | Beregning | Analyse | Sikkerhetsfaktor γ_M for kritisk skjærflate |
|----------------------|---|-------------|--|
| 413839-RIG-TEG-310.1 | Profil C-C, dagens geometri | ADP-analyse | 1,30 |
| 413839-RIG-TEG-310.2 | Profil C-C, dagens geometri | aφ-analyse | 0,98 |
| 413839-RIG-TEG-310.3 | Profil C-C, nedslaking av skråning og avlastning, permanenttilstanden | ADP-analyse | 1,74 |
| 413839-RIG-TEG-310.4 | Profil C-C, nedslaking av skråning og avlastning, permanenttilstanden | aφ-analyse | 1,39 |

Stabilitetsberegningene viser at stabiliteten for eksisterende skråning nord for museumstomta er for lav.

Med beskrevet/angitt nedslaking og terrengavlastning oppnås en beregningsmessig sikkerhet for lokalstabilitet på $\gamma_M \approx 1,4$.

8.3 Kvikkleiresone Trælstad

Det er utført stabilitetsberegninger for to utvalgte profiler med tanke på vurdering av områdestabilitet. Profilene er antatt å være mest kritisk på bakgrunn av grunnforhold og topografi.

Profil D-D

Profilet går fra veien mellom Nygård og Granmo og ned mot museumstomta. Stabilitetsberegninger er utført for vurdering av områdestabilitet for Trælstad kvikkleirsoner. Tolket lagdeling for profil D-D er vist på tegning nr 413839-RIG-TEG-203. Sonderingene indikerer et sammenhengende sand-/gruslag. I tolket lagdeling har vi valgt å ikke ta med dette som en konservativ antagelse da det er langt mellom borpunktene.

Udrenert skjærfasthet er vurdert ut i fra prøveserier og CPTU-sonderinger i BP. 36 og 41. Styrkeprofil på sletta ved museumstomta er vurdert fra opptatte prøveserier i BP. 3, 7, 9 og 2-PR1. Rutinedata og designlinje s_{UA} er plottet på tegning nr. 413839-RIG-TEG-262.

Beregningsresultater er sammenstilt i tabell 8.2.

Tabell 8.2 Sikkerhetsfaktor for kritisk skjærflate for profil D-D

| Tegning nr. | Beregning | Analyse | Sikkerhetsfaktor γ_M for kritisk skjærflate |
|----------------------|--|-----------------------|--|
| 413839-RIG-TEG-311.1 | Profil D-D, dagens geometri | ADP-analyse | 1,22 |
| 413839-RIG-TEG-311.2 | Profil D-D, dagens geometri | $\alpha\phi$ -analyse | 1,76 |
| 413839-RIG-TEG-311.3 | Profil D-D, terrengtiltak (avlastning og motfylling) | ADP-analyse | 1,30 |
| 413839-RIG-TEG-311.4 | Profil D-D, terrengtiltak (avlastning og motfylling) | $\alpha\phi$ -analyse | 1,80 |

Beregningene for dagens geometri viser for lav sikkerhet mot utglidning for udrenerte analyser ($\gamma_M=1,22$). Figur 5.2 i NVEs Veileder 7/2014 gir da et krav om minimum 4,6 % forbedring ved topografiske endringer.

På tegning nr. -311.3 og -311.4 er det vist terrengtiltak som gir tilfredsstillende prosentvis forbedring. De skisserte terrengtiltakene består av utlegging av motfylling på inntil 2 m mektighet i foten av skrånninga.

Profil H-H

Beregningsprofilen går fra Trælstadhaugen og sørøst ned mot Leirfallbekken. Stabilitetsberegninger er utført for vurdering av områdestabilitet for Trælstad kvikkleirsoner. Tolket lagdeling for profil H-H er vist på tegning nr. 413839-RIG-TEG-207.

Udrenert skjærfasthet er vurdert ut i fra prøveserier og CPTU-sonderinger i BP. 31. Styrkeprofil ved Leirfallbekken og Trælstadhaugen er vurdert med SHANSEP-formelen. Det er da forutsatt at terreng tidligere har vært på ca. kote +70. I SHANSEP-vurderingene er det lagt mest vekt på målte data (laboratorieundersøkelser og CPTU) i BP. 31. SHANSEP-faktorene α og m er justert slik at de tilpasses målte data, se tegning nr. -263.

Tabell 8.3 Sikkerhetsfaktor for kritisk skjærflate for profil H-H

| Tegning nr. | Beregning | Analyse | Sikkerhetsfaktor γ_M for kritisk skjærflate |
|----------------------|---|-----------------------|--|
| 413839-RIG-TEG-312.1 | Profil H-H, dagens geometri | ADP-analyse | 1,14 |
| 413839-RIG-TEG-312.2 | Profil H-H, dagens geometri | $\alpha\phi$ -analyse | 1,14 |
| 413839-RIG-TEG-312.3 | Profil H-H, terrengtiltak (heving og erosjonssikring av bekkeløp) | ADP-analyse | 1,21 |
| 413839-RIG-TEG-312.4 | Profil H-H, terrengtiltak (heving og erosjonssikring av bekkeløp) | $\alpha\phi$ -analyse | 1,34 |

Beregningene for dagens geometri viser for lav sikkerhet mot utglidning for udrenerte analyser ($\gamma_M=1,14$). Figur 3.1 i NVEs veileder nr. 7/2014 gir da et krav om minimum 6,5 % forbedring ved topografiske endringer.

På tegning nr. -312.3_rev01 og -312.4_rev01 er det vist terrengtiltak som gir tilfredsstillende prosentvis forbedring. De skisserte terrengtiltakene består av heving av Leirfallbekken med 2 m.

9 Geoteknisk vurdering

9.1 Generelt

Det planlagte museumsbygget ligger i utløpsområdet for et evt. kvikkleireskred i Trælstad kvikkleiresone.

Kritiske forhold i forbindelse med oppføring av museumsbygget vil være relatert områdestabilitet og lokalstabilitet for museumstomta i bygge- og anleggsfasen. Stabiliteten bør ikke forverres i noen fase av utbygginga. Det må gjennomføres stabiliserende tiltak for de mest stabilitetsutsatte området i forkant av utbygginga. Dette vil sette krav til rekkefølge av anleggsarbeidene og utførelse av arbeidene.

9.2 Områdestabilitet

Beregninger viser at stabiliteten av skråninga fra øst og ned mot museumstomta er for lav. Videre er stabiliteten av bratte skråninger ned mot Leirfallbekken og Solemsbekken for lav.

For å oppnå tilfredsstillende sikkerhet mot utglidning er det foreslått å heve bekkleiene med inntil 2 m. Videre må bekkleiene erosjonssikres for å hindre initialskred som kan utløse bakovergrepene skred. For skråninga øst for tomta er det foreslått utlegging av motfylling i foten av skråninga. Omfang av motfylling er skissert på tegning nr. -004_Rev02.

9.3 Lokalstabilitet museumstomt

Skråninga nord for museumstomta er bratt med gjennomsnittlig terrenghelning ca. 1:1,6. Slike bratte skråninger ligger omtrent på rasvinkel og er stabilisert av et vekstdekke.

Stabilitetsberegningene viser at skråninga må slakes ned fra 1:1,6 til 1:2,5 og avlastes ned til kote +56 for å oppnå tilfredsstillende skråningsstabilitet.

9.4 Terrengtiltak

Omfang av terrengtiltak er skissert på tegning nr. -004. I tabell 9.1 under er det gitt et overslag volum for de forskjellige terrengtiltakene. Id nr. på tiltakene er vist på tegninga.

Tabell 9.1 Masseoversikt terrengtiltak

| Id | Terrengtiltak | Stipulert volum [m ³] | | Kommentar |
|----|-------------------------------|-----------------------------------|------------|---|
| | | Avlastning | Motfylling | |
| 2 | Motfylling | | 12 000 | Volum er vurdert ut i fra gjennomsnittlig fyllingsmektighet på 0,7 m. |
| 3 | Avlastning/nedslaking | 25 000 | | Nedslaking og avlastning av skråning/rygg nord for museumstomta for å sikre tilfredsstillende lokalstabilitet for bygget. |
| 4 | Motfylling/heving av bekkeløp | | 10 000 | Heving og erosjonssikring av bekkeløp for å bedre stabiliteten samt hindre initialskred forårsaket av erosjon. Volum er vurdert ut i fra gjennomsnittlig heving av bekkeløp med 1 m. |

Det må utføres detaljprosjektering av terrengtiltakene og utarbeides kontrollplan for arbeidene.

9.5 Kritiske momenter

I områder med kvikkleire med liten overdekning kan selv mindre utglidninger og initialras ett eller annet sted i avsetninga utløse et større skred. Dette faremomentet må ha høy fokus fra entreprenørens side under anleggsarbeidene.

De største risikomomentene knyttet til utførelsen av arbeidene er:

- unøyaktig grave- og fyllingsarbeid
- utilsiktet mellomlagring av masser
- destabiliserende poretrykksoppbygning i grunnen

Alle stabilitetskritiske grunnarbeider må følges opp nøye med jevnlig kontroll og registreringer for å påse at forutsetninger i prosjekteringa blir fulgt.

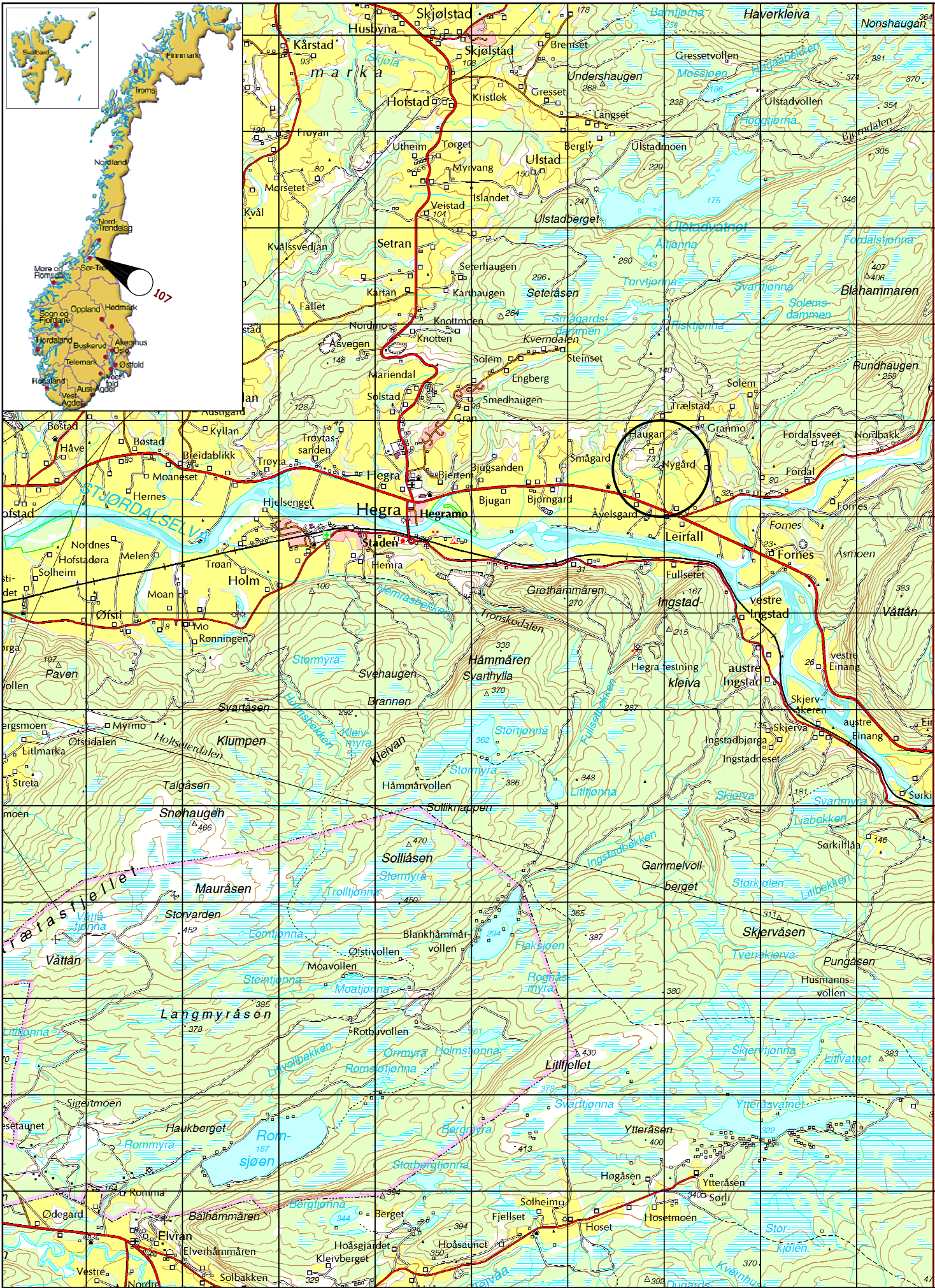
Utbygging i områder med kvikkleire skal utføres på en slik måte at stabilitetsforholdene etter utbyggingen ikke forverres, men fortrinnsvis forbedres i forhold til dagens situasjon. Dette prinsippet gjelder også for anleggsperioden.

For å ivareta stabiliteten er det beskrevet tiltak som nedslaking og nedplanering av terrengrygger, utlegging av motfylling samt plastring og heving av bekkeløp. Som hovedregel skal stabiliseringstiltakene utføres før arbeider med selve museumsbygget starter opp.

10 Referanser

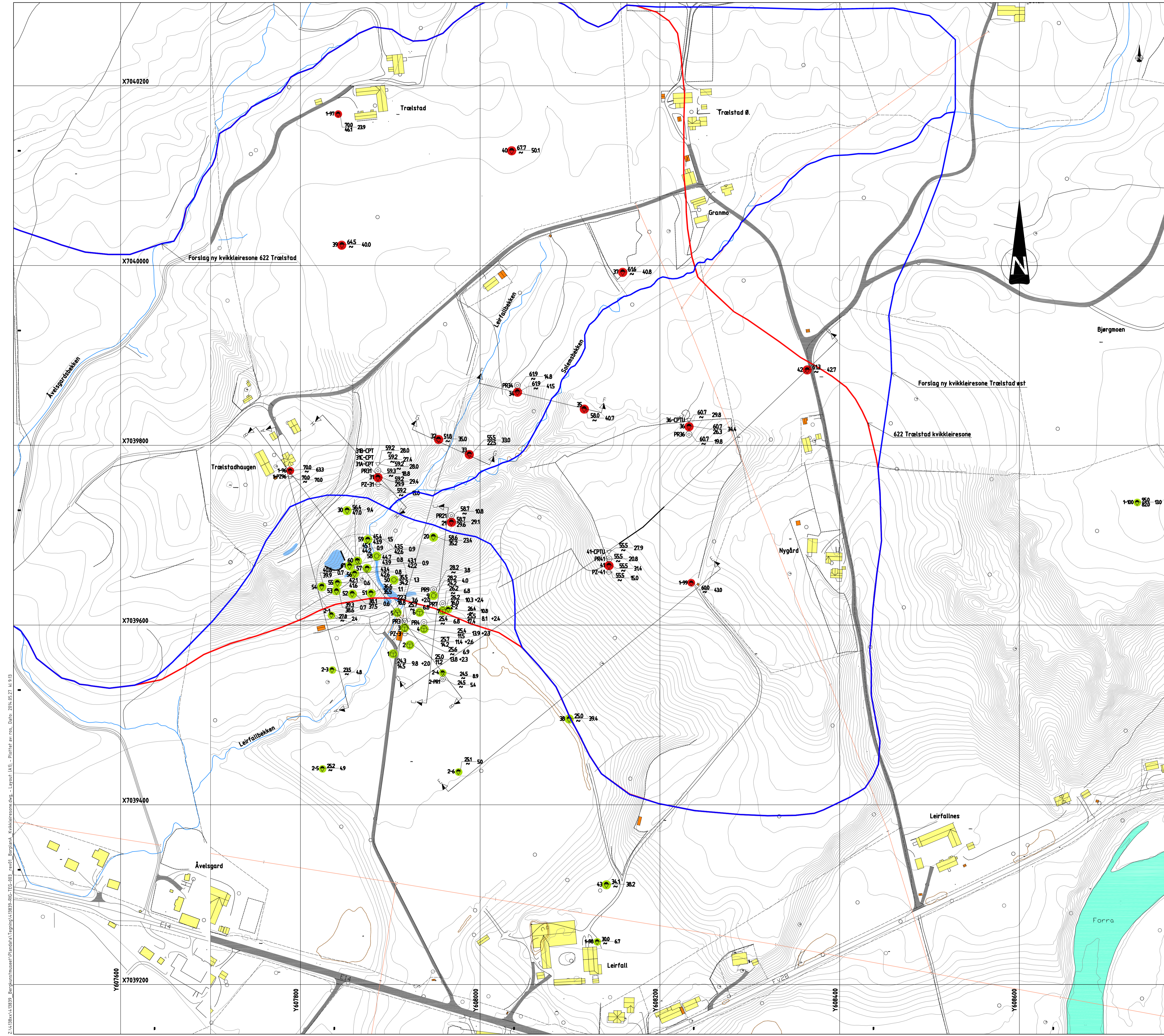
- [1] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), *Flaum- og skredfare i arealplanar*. Retningslinjer nr. 2-2011, rev 22. mai 2014.
- [2] NOTEBY AS (2001), rapport nr. 300751-1, *Helleristningsmuseum, Lerfald, Hegra*.
- [3] Norges Geotekniske Institutt (NGI) (1988) rapport nr. 82033-1. *Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred*, Rapporten omfatter kartbladet Stjørdal.
- [4] Norges Geotekniske Institutt (NGI) (2008) rapport nr. 20001008-2, rev. 3, *Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire*.
- [5] Multiconsult AS (2009), notat nr. 413839 RIG 01, *Foreløpig geoteknisk vurdering*.
- [6] Multiconsult AS (2009), notat nr. 413839 RIG 02, *Risiko for kvikkleireskred*.
- [7] Multiconsult AS (2009), notat nr. 413839 RIG 03, *Utbygging i kvikkleiresoner*.
- [8] Statens vegvesen (2010), Håndbok V220, *Geoteknikk i vegbygging*.
- [9] Norges Geologiske undersøkelse (NGU) (2012), rapport nr. 2012.040. *Utstrekning og utløpsdistanse for kvikkleireskred basert på katalog over skredhendelser i Norge*.
- [10] Naturfare, infrastruktur, flom og skred, NIFS (2014), *En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer*. NIFS-rapport nr. 14/2014. Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire
- [11] Multiconsult AS (2014), rapport nr. 413839-RIG-RAP-001. *Bergkunstmuséet Hegra. Datarapport grunnundersøkelser*.

- [12] Karlsrud, K. (2003). *Tolkning og fastlegging av jordparametere. Karakteristisk jordprofil*. NGF-kurs. Stabilitetsanalyser av skråninger, skjæringer og fyllinger, innlegg 4.1. 20-22. mai 2003, Hell.
- [13] Lunne, T., Berre, T. & Strandvik, S. (1996) *Sample disturbance effects in soft low plastic Norwegian clay*, Canadian Geotechnical Journal Volume 43, page 726–750. Også publisert i NGI publikasjon nr. 204.
- [14] Karlsrud, K. et al. (2005). *CPTU correlations for clays*. Proceedings, ICSMGE, Osaka s 693 -702.
- [15] Karlsrud K. Lunne T. & Brattlien K. (1996) *Improved CPTU correlations based on block samples*. Proceedings, NGM 1996, Reykjavik
- [16] Standard Norge (2002). *Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner*. NS-EN 1990-1:2002 + NA:2008
- [17] Standard Norge (2004). *Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 1: Allmenne regler*. NS-EN 1997-1:2004 + NA:2008
- [18] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Veileder nr. 7-2014 «Sikkerhet mot kvikkleireskred», vedlegg nr. 1 til retningslinjer nr. 2-2011 rev 22.mai 2014, april 2014.



Z:\4.138xx\4.13839_Bergkunst museet\Plandata\Tegning\4.13839-RIG-TEG-000_rev.dwg - Layout: (A4 Stående skjema) - Plottet av: anks, Dato: 2014.02.13 kl 13:59

| | | | | |
|--|---|---|---|--|
| www.multiconsult.no | Bergkunst museet, Hegra Oversiktskart | Status: Utsendt Konstr./Tegnet: anks Oppdragsnr: 413839 | Fag: Geoteknikk Kontrollert: ros Tegningsnr.: RIG-TEG-000 | Original format: A4 Godkjent: arv Dato: 13.02.2014 Målestokk: 1:50000 Rev.: 00 |
|--|---|---|---|--|

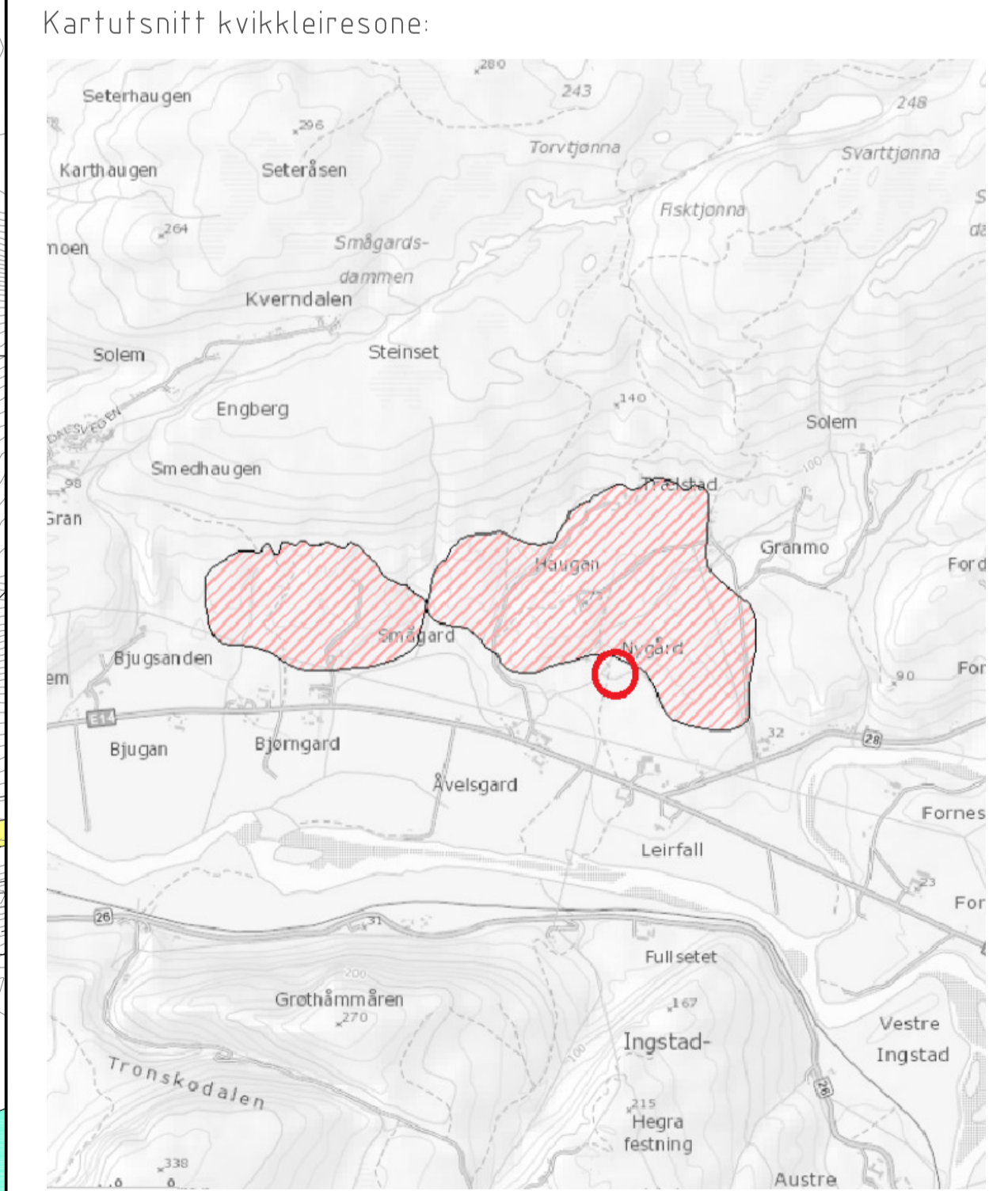


- FORKLARING:**
- TEGNFORKLARING:**
- DREIESONDERING
 - ⊙ PRØVESERIE
 - ⊕ PORETRYKTMÅLING
 - ENKEL SONDERING
 - PRØVEGROP
 - ⊗ KJERNEBORING
 - ▼ RAMSONDERING
 - ⊖ DREI TRYKSONDERING
 - ⊗ FJELLKONTROLLBORING
 - ▽ TRYKSONDERING
 - ⊠ SKRUPLATEFORSØK
 - ⊗ BERG I DAGEN
 - ⊕ TOTALSONDERING
 - + VINGEBORING
- KARTGRUNNLAG: Digitalt kart UTM Sone 32V NK 2000
 KOORDINATSYSTEM: Høyde Referanse: GPS GLONAS CPDS
 UTGANGSPUNKT FOR NIVELLET: 22093, 22555, 22673, 25194
 BORING NR: LAB.BOK NR:
- EXEMPEL: TERRENGKOTE/SJØBUNNKOTE
 BP 1 ⊕ 430 282 — 14,8 +24 — BORET DYBDE + BORET I BERG
 *ANTATT BERGKOTE

- ⬭ Avgrensning 662 Trælstad kvikkleiresone
- ⬭ Bart fjell
- ⬭ Forslag ny avgrensning 662 Trælstad kvikkleiresone
- ⬭ Forslag ny avgrensning Trælstad øst kvikkleiresone

- HENVISNINGER:**
- TIDLIGERE BORINGER:**
 Tidligere boringer er oppfegnet fra scannet kopi og kan ha noe avvik. Tidligere boringer er angitt med indiker foran boringsnr.
- 1-X BORINGER FRA NGI RAPPORT NR. 82033-1 TRÆLSTAD (1987)
 2-X BORINGER FRA NOTBY RAPPORT NR. 300571-1 (2001)

- KLASSIFISERING AV BORPUNKT:**
- PÅVIST KVIKKEIRE/SPRØBRUDDMATERIALE
 - MULIG KVIKKEIRE/SPRØBRUDDMATERIALE
 - IKKE PÅVIST KVIKKEIRE/SPRØBRUDDMATERIALE



Z:\15\Box\15039 - Bergkunstmuseet\Planer\1\Tegning\15039 - RIG - 003 - Boringsplan - Kvikkleiresone.dwg - Layout (A1) - Plot14 av 106 - Dato: 2014.05.27 kl. 0:03

| | | | | | |
|---|--|------------------|--------------------|----------|-----------|
| 01 Kvikkleiresone Trælstad oppdelt i to soner. Soneavgrensning justert øst for museumsfonta | | 27.05.2014 | ANKS | HAN | ARV |
| Rev. | Beskrivelse | Dato | Tegn. | Kontr. | Code |
| | Stjørdal kommune | | | | |
| | Bergkunstmuseet, Hegra | | | | |
| | Borplan med klassifisering av boringer | | | | |
| | Forslag til ny avgrensning kvikkleiresone | | | | |
| | | Dato | Fas | Fornat | |
| | | 02.04.2014 | | | |
| | | Format/Målestokk | | | |
| | | 1:2000 | | | |
| Multiconsult | Status | Konstr./Tegnet | Kontrollert | Godkjent | ARV |
| www.multiconsult.no | Oppdragsnr. | Tegningnr. | ank | ros | Rev. |
| | 413839 | | | | |
| | | | RIG-TEG-003 | | 01 |

