

Til: NVE Region Sør  
v/ Martin N. Jespersen  
Kopi til:  
Dato: 2015-06-16  
Rev.nr. / Rev.dato: 2 / 2016-03-29  
Dokumentnr.: 20110045-16-TN  
Prosjekt: Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1255 Stubberud i Larvik  
Utarbeidet av : Håkon Heyerdahl, Åse Marit Wist Amdal, Eivind Magnus Paulsen  
Prosjektleder: Håkon Heyerdahl  
Kontrollert av: Øyvind A Høydal

## Revurdering av kvikkleirefaresone 1258 Gjelstad

### Sammendrag

#### Risikovurdering

Basert på nye grunnundersøkelser er det utført en revidert faregrads-, skadekonsekvens- og risikovurdering for kvikkleiresone 1258 Gjelstad.

- ↗ Faregradsklasse for sonen endres fra "1 – Lav" til "3 – Høy".
- ↗ Skadekonsekvensklassen er uendret ("2 – Alvorlig").
- ↗ Risikoklassen forblir uendret ("3 – Middels prioritet").

#### Soneutbredelse

Sonen foreslås noe utvidet, særlig i den bebygde nordre delen av sonen, hvor det er påvist stor mektighet av kvikkleire. Kvikkleire er påvist helt opp mot områder med oppstikkende berg i øvre del av sonen. Stabilitet av elveskråningen er tidligere vurdert å være beregningsmessig dårlig. Kvikkleire antas eksponert i dagen eller grunt beliggende ved elvenivå, og noe erosjon er observert langs elva.

#### Deling av sonen

En underdeling av sonen, hvor deler av den ubebygde, søndre del av sonen evt. skilles ut som egen sone, kan være mulig. En underdeling forutsetter imidlertid at nærmere undersøkelser evt. bekrefter at kvikkleirelaget ikke er sammenhengende i den sørlige delen av sonen.

#### Behov for sikring i kvikkleiresone Gjelstad pga. tiltak i kvikkleiresone Stubberud

Basert på strømningsberegninger for Lågen forbi Stubberud og Gjelstad antas erosjonen langs elva ikke å øke som følge av planlagt sikringstiltak på vestsiden av elva

(Stubberud). Det er derfor ikke behov for sikringstiltak langs Gjelstad for å kompensere mot negativ virking av tiltaket langs Stubberud.

### **Sikring mot naturlig erosjon**

Naturlig erosjon pågår i områder med grunt beliggende kvikkleire langs østsiden av elva, noe som kan resultere i utløsning av skred. Erosjonen er uavhengig av planlagt sikringstiltak ved Stubberud på vestsiden av elva, og sikringstiltak bør vurderes. Erosjonssikring ved steinplastring langs elva vil forhindre gradvis forverring av stabilitetsforholdene, og anses å være et effektivt tiltak mot utløsning av skred. Prioritert strekning omfatter strekningen sør for profil I-I/ravinen, samt evt. sikring av selve ravinen. Beregningsmessig antas stabilitetsforholdene av skråningen mot elva å være dårlige, og tiltak som ikke er geoteknisk prosjektert må unngås. Beboerne bør informeres om aktuell skredfare, slik at uønskede terrenginngrep unngås.

### **Delvis sikring**

Skred som løsner til side for utført erosjonssikring må antas å kunne bre seg sideveis innenfor en sone, også inn i områder hvor erosjonssikring er utført.

### **Dataveranse**

Faktaark for sonen og SOSI-data følger vedlagt sammen med det tekniske notatet (oversendes pr. epost).

## Innhold

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Innledning</b>   | <b>4</b>  |
| <b>2</b> | <b>Kvikkleiresone 1258 Gjelstad</b>                               | <b>5</b>  |
| <b>3</b> | <b>Grunnforhold</b>   | <b>6</b>  |
| <b>4</b> | <b>Justert soneutbredelse og underdeling av sonen</b>             | <b>9</b>  |
| 4.1      | Forslag til justert sonegrense                                    | 9         |
| 4.2      | Skredutløsningsmekanismer   | 10        |
| 4.3      | Oppdeling av sonen  | 12        |
| <b>5</b> | <b>Revurdering av faregrad, skadekonsekvens og risiko</b>         | <b>13</b> |
| 5.1      | Faregrad  | 13        |
| 5.2      | Skadekonsekvens   | 13        |
| 5.3      | Risiko  | 14        |
| 5.4      | Faktaark og digital leveranse (SOSI-filer)                        | 14        |
| <b>6</b> | <b>Forebyggende tiltak mot utløsning av skred</b>                 | <b>15</b> |
| 6.1      | Behov for erosjonssikring som følge av sikringstiltak i Stubberud | 15        |
| 6.2      | Sikringsbehov ut fra dagens situasjon                             | 15        |
| <b>7</b> | <b>Referanser</b>   | <b>17</b> |

## Vedlegg

|           |                   |
|-----------|-------------------|
| Vedlegg A | Faresonevurdering |
| Vedlegg B | Digital leveranse |

## Tegninger

010, rev. 02: Borplan og beregningsprofiler

## Kontroll- og referanseside

## 1 Innledning

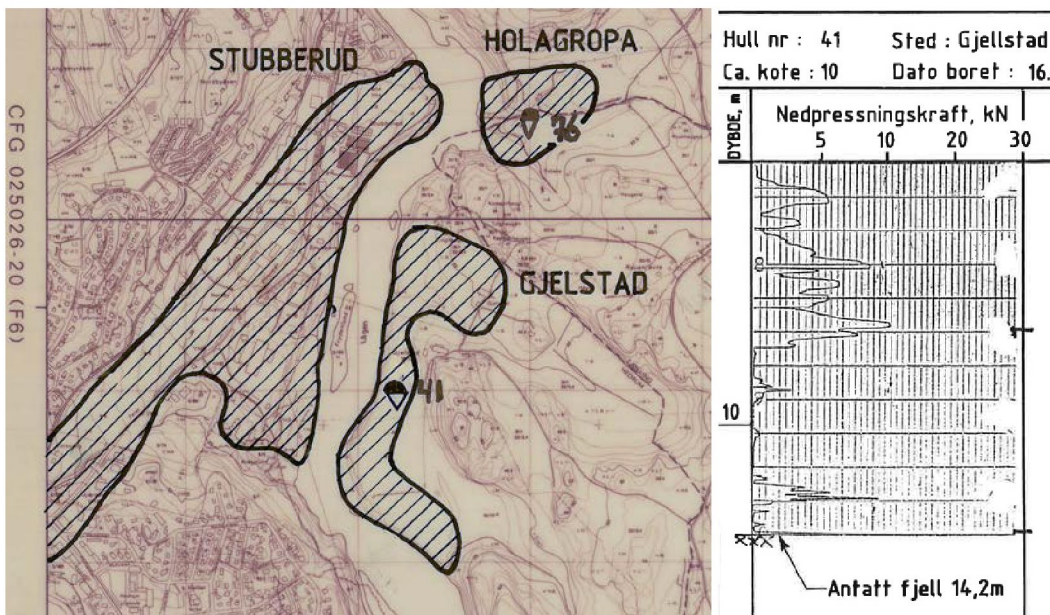
NGI bistår NVE Region Sør med geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1255 Stubberud i Larvik, med siktemål at sonen skal sikres. Stabiliserende tiltak i form av støttefylling mot Lågen ble foreslått i ref. /1/. Prosjekterte tiltak er oppsummert i ref. /2/. Detaljerte stabilitetsanalyser pr. delstrekning er dokumentert i ref. /3/-/5/. Vurdering av behov for sikring på østsiden av elva er gitt i ref. /6/. Orienterende stabilitetsberegning for et beregningsprofil innenfor Gjelstad kvikkleiresone er gitt i ref. /7/.

Hensikten med dette notatet er tredelt:

- Revurdere soneutbredelse og faregradsvurdering for kvikkleiresone 1258 Gjelstad, basert på nye data om grunnforholdene.
- Gjøre en generell vurdering av sikringsbehov for sonen ut fra naturlige prosesser.
- Vurdere behov for sikring for å kompensere for evt. forverring som følge av planlagte sikringstiltak langs på motsatt side av elva.

## 2 Kvikkleiresone 1258 Gjelstad

Kvikkleiresone 1258 Gjelstad er en av to kvikkleiresoner på østsiden av Lågen vis á vis Stubberud kvikkleiresone. Sonen er i dag klassifisert til skredfaregrad "1 – Lav", skadekonsekvensklasse "2 – Alvorlig og skredrisikoklasse "3 – Middels prioritet" (ref. /8/). Opprinnelig faresonekartlegging ble basert på en enkelt dreietrykksondering plassert som vist på Figur 1 (ref. /9/). Sonderingsresultatet er også vist i Figur 1.



Figur 1 Venstre: Kvikkleiresoner ved Stubberud (ref. /9/). Høyre: Dreietrykksondering i borpunkt 41. Kvikkleire antatt fra ca. 7 m (ref. /9/).

### 3 Grunnforhold

Det er i forbindelse med sikringsprosjektet for Stubberud kvikkleirefarezone også utført nærmere grunnundersøkelser innenfor Gjelstad kvikkleiresone, vis å vis Stubberud kvikkleire. Boringer er utført i to omganger (ref. /10/ og /11/), og er oppsummert i Tabell 1. For mange boringer er boremotstanden lav, men det er også faste lag i mange av boringene. Tolket beliggenhet/mektighet av kvikkleire er framstilt i Figur 2, basert på Tabell 1. Det understrekes at det er en del sand/siltlagt i massene, særlig på plataet langs elva, og tolkning er stedvis vanskelig/usikker. Særlig på plataet langs kanten av elveskråningen varierer forholdene raskt både i dybden og lateralt. Utvidet prøvetaking, evt. CPTU-sondering, vil redusere/avklare usikkerhet om tolkning.

Tabell 1 Oppsummering, tolkning av kvikkleire i boringer innenfor Gjelstad kvikkleiresone

| Bor-punkt<br>(nr) | Terreng<br>(kote) | Boret<br>dybde<br>dreietrykk<br>(m) | Boret<br>dybde<br>CPTU<br>(m) | Prøver<br>(-)  | Topp ant.<br>kvikkleirelag |             | Mektighet<br>kvikkleire<br>(m) |
|-------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------------------|--|----------------------------|-------------|--------------------------------|
|                   |                   |                                     |                               |  | Dybde<br>(m)               | Kote<br>(-) |                                |
| 41                | ~10               | 14.2                                | -                             | -  | 6.5                        | 7.7         | 8                              |
| 501               | -1.2              | 20.9                                | -                             | 0.5-1.5 m, 3-4 m, 6-7 m<br>Kvikkl./sprøbr.mat. til 5 m | 0.5                        | -1.7        | 5                              |
| 502               | 13.0              | 35.7                                | 11.4                          | -  | 14.0                       | -1.0        | 22                             |
| 503               | 26.2              | 20.3                                | -                             | 0-4 m, 8-9 m, 12-13 m.<br>Sprøbr.mat. fra 3 (8) m.     | 3.0                        | 23.2        | 17                             |
| 504               | -1.1              | 3.2                                 | -                             | -  | 0                          | -1.1        | 2                              |
| 505               | 13.8              | 17.0                                | -                             | 13-14 m. Sandlag.                                      | 10.0                       | 3.8         | 4                              |
| 506               | -1.6              | 21.0                                | -                             | 2-3 m, 6-7 m, 10-11 m<br>Ikke sprøbruddmat.            | -                          | -           | 0                              |
| 507               | 4.5               | 20.1                                | -                             | -  | 2.0                        | 2.5         | 6                              |
| 508               | 12.8              | 26.0                                | -                             | -  | 11.0                       | 1.8         | 7                              |
| 509               | 4.1               | 21.1                                | -                             | -  | 1.3                        | 2.8         | 8                              |
| 510               | 13.4              | 41.0                                | -                             | -  | 11.0                       | 2.4         | 8                              |
| 511               | 11.2              | 30.7                                | -                             | -  | 15.0                       | -3.8        | 5                              |
| 520               | 28.9              | 27.0                                | -                             | -  | 1.4                        | 27.5        | 22.5                           |
| 521               | 31.4              | 9.9                                 | 9.9                           | 3-8 m. På grensen til<br>sprøbruddmateriale.           | 9.0                        | 22.4        | 1                              |
| 522               | 21.3              | 20.9                                | -                             | -  | 5.0                        | 16.3        | 12                             |
| 523               | 10.4              | 15.5                                | 12.9                          | 0-5 m og 11-12 m.<br>Kvikkleire 11-12 m.               | 5.7                        | 4.7         | 8                              |
| 524               | 12.6              | 30.1                                | -                             | 0-11 m og 13-17 m.<br>Kvikkleire 16-17 m.              | 16.0                       | -3.4        | 14                             |
| 525               | 19.3              | 36.5                                | -                             | -  | 2.5                        | 16.8        | 28                             |
| 526               | 26.3              | 24.3                                | 19.3                          | 0-16 m.<br>Kvikkleire 4-5 m.                           | 3.0                        | 23.3        | 14.5                           |
| 527               | 18.9              | 8.8                                 | -                             | -  | 4.8                        | 14.1        | 1.8                            |

Tolket lagdeling i borpunktene, basert på sonderinger og prøver, er oppsummert i Figur 2. NB: Figuren er ikke et lengdeprofil, men viser sonderingene sortert etter kotehøyde for å gi et inntrykk av hvorledes forholdene varierer fra høyereliggende til lavere-liggende del av sonen. Siden terrenget generelt faller mot elva, gir figuren likevel et visst inntrykk av lagdelingen i økende avstand fra elva.



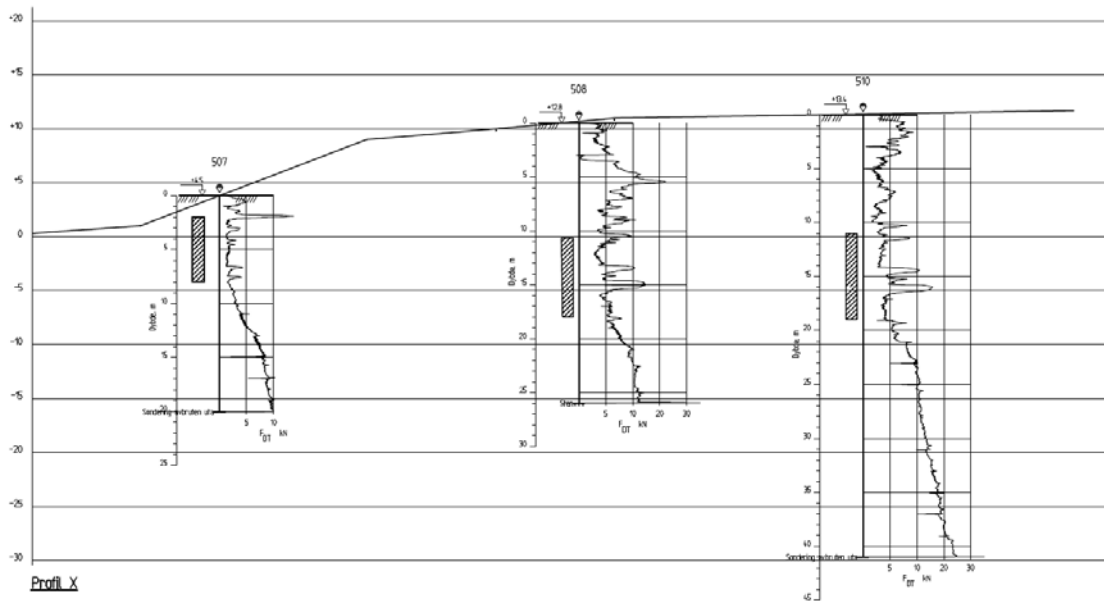
Figur 2 Tolket lagdeling (kvikkleire) i borerer innenfor Gjelstad kvikkleiresone. Boringene er sortert etter kotehøyde for terreng ved borpunktet (men fremstiller ikke et sammenhengende terrengprofil).

### Høyereleggende områder

For borerer beliggende høyere enn kote +15 er det generelt stor mektighet av kvikkleire (opptil 27 m lagtykkelse). Disse borerene ligger alle i den nordlige delen av sonen. Antatt overkant av kvikkleirelaget følger noenlunde terrengoverflaten, for de fleste punkter i dybde ca. 1-5 m. Mektigheten av kvikkleire styres av beliggenhet av bergoverflaten. I punktene 521 og 527 er det kun antatt et tynt lag kvikkleire over berg.

### Platået bakenfor skråningskanten

For borerer på platået bak elveskråningen (kote +10 til +15) antas kvikkleira å ligge relativt dypt i profilet, men tolkningen er ikke entydig. Borerer utført relativt nær hverandre, som boring 508 og 510, gir svært forskjellig signatur ned til 10-15 m dybde, jfr. Figur 3. Ved usikkerhet om lagdeling er det generelt gjort en konservativ tolkning der det ikke finnes verifikasjon ved prøver. Ytterligere kartlegging forventes å kunne redusere tolket mektighet av kvikkleire i flere av borerene.



Figur 3 Profil ned elveskråningen i sørlig del av sonen. Signatur for borer med liten innbyrdes avstand er svært forskjellig, særlig i øvre 10-15 m, og tolkning av mulig kvikkleire (angitt med skravur) er usikker. Dypere ned samsvarer tolket overgang til lite sensitiv leire godt innbyrdes for alle boringene (ca. kote -5 til -8).

#### Lavereliggende områder og borer i Lågen

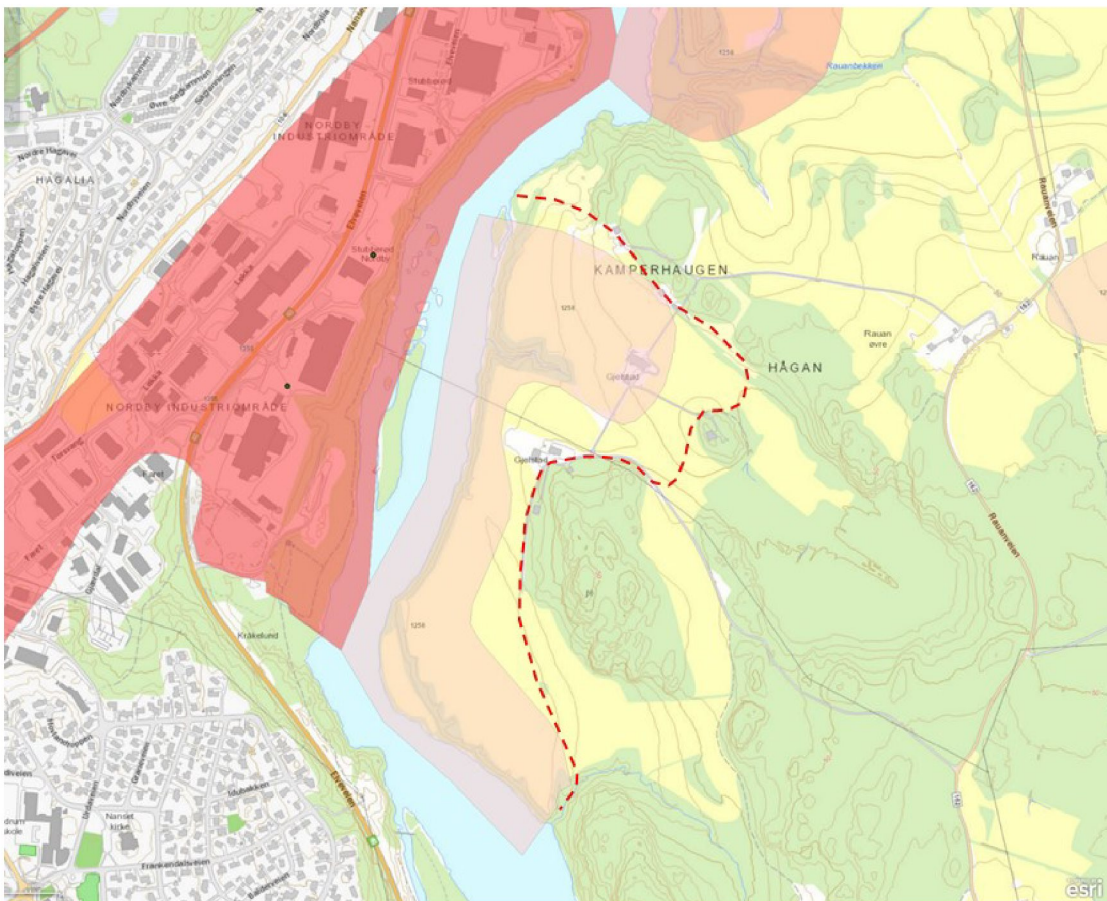
For områder under kote +10 (boringer i elva og på den lavere terrassen i søndre del av sonen) er det relativt god overensstemmelse innbyrdes mellom boringen, og det synes å være et lag med grunt beliggende kvikkleire i alle disse boringene. Ved elvenivå er det kvikkleire i dagen (dvs. fra elvebunn), noe som er bekreftet ved prøvetaking (ref. /10/).



## 4 Justert soneutbredelse og underdeling av sonen

### 4.1 Forslag til justert sonегrense

Basert på nye grunnundersøkelser foreslås sonегrensen justert. Med større mektighet av kvikkleire får sonen større utbredelse enn tidligere. En skisse med forslag til ny sonегrense er vist i Figur 4. Foreslått utvidelse får størst betydning i den bebygde nordre del av sonen, hvor kvikkleira ut fra boringene synes å strekke seg helt inn mot oppstikkende berg. Også i den sørlige delen av sonen foreslås en utvidelse, med bakgrunn i målt dybde av elva.



Figur 4 Skisse med forslag til justert faresonegrense for kvikkleiresone 1258 Gjelstad (rød stiplet linje). Dagens soneutbredelse er vist med rosa skyggelegging.

## 4.2 Skredutløsningsmekanismer

Naturlig utløsning av skred antas primært knyttet til erosjon og suksessive glidninger langs elvekanten, som til slutt kan resultere i skredutløsning. Mindre glidninger langs elva er observert ved befaring, særlig der elvedybden er størst, langs den sørlige delen av sonen. Ikke-naturlig skredutløsning kan knyttes til terrenginngrep.

### 4.2.1 Skredutløsning som følge av sikringstiltak for Stubberud kvikkleiresone

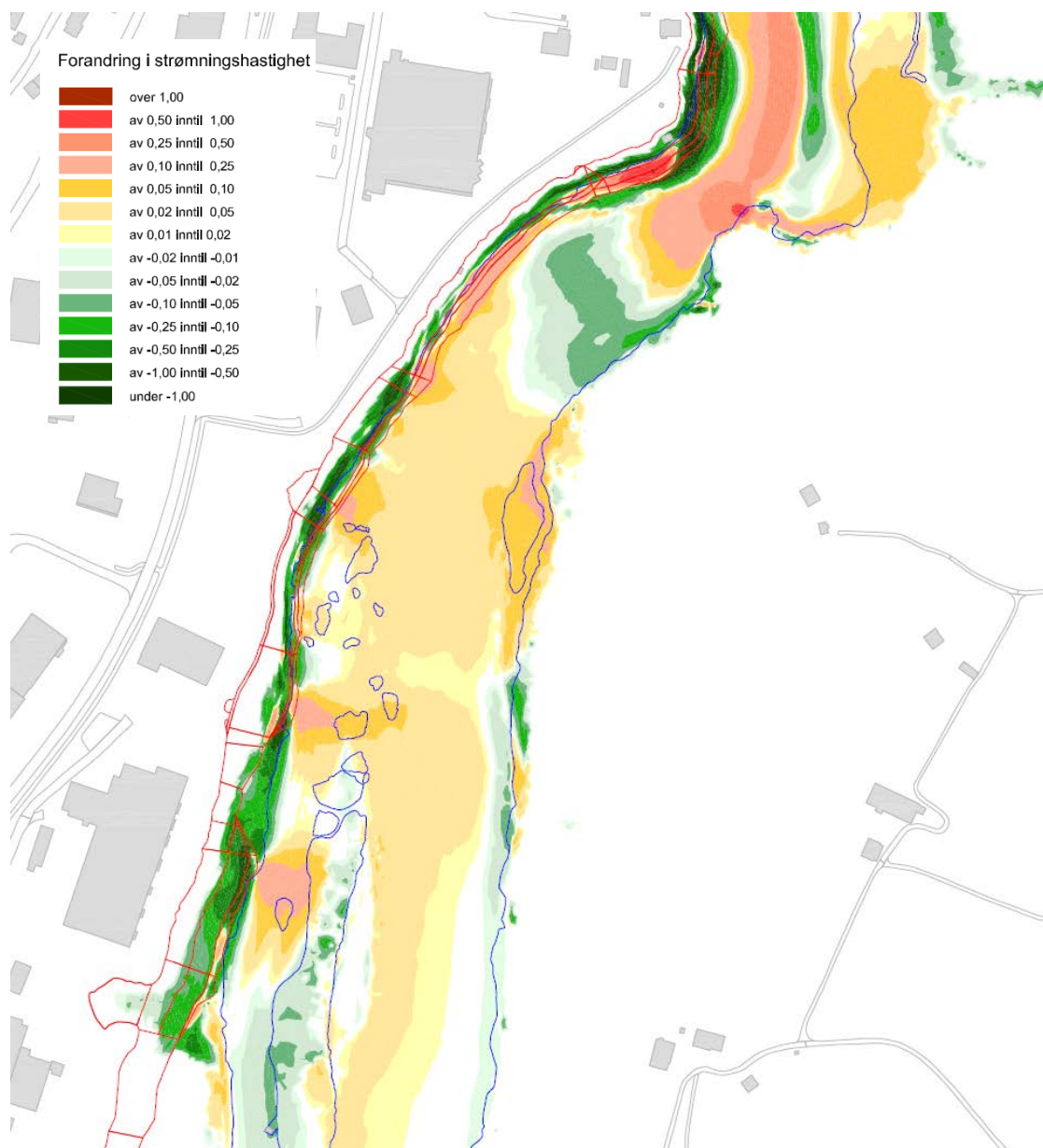
Planlagt stabiliserende tiltak langs Stubberud kvikkleiresone på vestsiden av elva medfører utfylling i elva på delstrekninger. Dersom tiltaket resulterer i økt strømningshastighet i elva forbi Gjelstad kvikkleiresone, vil erosjonsforholdene kunne forverres.

Resultater fra strømningsberegninger utført av Dr. Blasy – Dr. Øverland er vist på Figur 5 (ref. /15/). Beregningstilfellet er utført for storflom i elva ( $Q_{200} = 1700 \text{ m}^3/\text{s}$ ) samtidig som det er antatt lavvann i fjorden (kote -1.1). Beregningene viser at modellert endring i strømningshastighet forbi Gjelstad må sies å være marginale (økning på 0.02-0.25 m/s nord for ravinen, og enda mindre videre mot sør).

Ut fra en skredfarevurdering er spørsmålet imidlertid ikke hvor mye vannhastigheten endres, men i første rekke hva hastigheten er i dag og hvilke sedimenter som i dag vaskes ut og transporteres.

I nordre del av sonen og nord for ca. profil I-I (jfr. tegning 010) er vanndybden inn mot skråningen liten, og økt erosjon antas ikke å inntreffe i dette området som følge av tiltaket. Sør for ravinen og profil I-I (tegning 010), hvor vanndybden er større enn lenger nord, er det påvist noe erosjon i dag. Dette forventes likevel ikke å øke som følge av tiltaket. Beregningene fra ref. /15/ viser små endringer (svak økning/reduksjon) i beregnet strømning på denne strekningen.

- ➔ Ut fra beregningene forventes det ikke forverring av erosjonsforholdene langs kvikkleiresone 1258 Gjelstad som følge av sikringstiltak ved Stubberud.



Figur 5 Endring i strømningshastighet for situasjon med og uten tiltak (fra ref. /15/). Beregningstilfelle med 200-årsflom i elva (1700 m<sup>3</sup>/s) kombinert med lavvann (kote -1,1) i fjorden.

## 4.2.2 Andre faktorer som kan utløse skred

- ↗ Høy grunnvannstand i skråningen mot elva som følge av høy (langtids-)nedbør utgjør en mulig utløsningsfaktor, men er antatt mindre viktig enn erosjon. Grunnvannstand i skråningen endres ikke som følge av sikringstiltaket på vestsiden av elva.
- ↗ Naturlig erosjon langs skråningen vil fortsette som før, mer eller mindre upåvirket av stabiliserende tiltak langs Stubberud. Særlig sør for profil I-I / ravinen vest for Gjelstad antas erosjon å pågå inn i lag med grunt beliggende kvikkleire.
- ↗ Stabilitetsforholdene varierer langs skråningskanten, avhengig av bl.a. topografi og lagdeling. En vurdering av stabilitet av profil I-I fra Gjelstad og ned elveskråningen er tidligere utført (ref. /7/). Beregningsmessig sikkerhet var marginal med de forutsetninger som ble gjort. Resultatet antas representativt for flere profiler langs skråningen. Inngrep som forverrer stabiliteten vil derfor kunne resultere i skred, uavhengig av kvikkleireproblematikk.
- ↗ Med påvist bløt/sensitiv eller kvikk leire fra liten dybde og i stor mektighet, og antatt i et sammenhengende skråstilt lag ned til elva, kan skredutløsning også skje som følge av grave- og fyllingsarbeider som destabiliserer skråningen lokalt. Slike arbeider, selv i relativt lite omfang, vil kunne utgjøre en reell fare i områder hvor grunnen har sprøbruddegenskaper.

## 4.3 Oppdeling av sonen

### 4.3.1 Problemstilling

Oppdeling av sonen i to mindre soner vil være gunstig, fordi dette kan gi mulighet for å begrense sikringstiltak til et avgrenset område (én sone). Dersom det skulle vise seg at kvikkleira ikke er sammenhengende langs den smalere sørlige delen av sonen, ville det være mulig å dele av sørlige deler av sonen som egen sone.

### 4.3.2 Vurdering av mulighet for soneoppdeling

Langs elveskråningen og i den sørlige delen av sonen er det i varierende grad sandlag over kvikkleire, og boringene viser til dels varierende forhold. Basert på en konservativ tolkning, er det imidlertid antatt kvikkleire i alle borpunkter og i samme nivå. Med den informasjon vi har pr. i dag, er det derfor ikke mulig å konkludere med en oppdeling av sonen ut fra tolket forekomst av kvikkleire, selv om kvikkleiremektigheten ikke antas å være like stor i alle borpunkter.

Ravinen i nordre del av sonen utgjør i dette tilfellet ikke en naturlig sonegrense som gjør oppdeling av sonen mulig. Skred som starter enten sør eller nord for ravinen vil kunne medføre skred som berører bebyggelsen og omfatter hele det bebygde området, da kvikkleirelaget her er mektig og sammenhengende. Ravinen kan også være et mulig startpunkt for skred, da det antas at erosjonen her muligens går ned i kvikkleire.

### 4.3.3 Delvis sikring av sonen

Sannsynligheten for at skred som løsner i den sørlige delen av sonen vil spre seg til å omfatte også den bebygde nordre delen av sonen vil avta med økende avstand mellom bebyggelsen og det sted for (initial-)skredet løsner. Ut fra en slik tankegang kunne man tenke seg en delvis erosjonssikring, som ikke omfatter hele den sørlige delen av sonen. Hvis det først skulle løsne et skred utenfor det sikrede området, vil imidlertid grensen for sideveis spredning være meget usikker. Erosjonssikring vil ikke kunne forhindre videre utbredelse av et skred. Delvis erosjonsbeskyttelse vil derfor medføre en usikkerhet også for de sikrede deler av sonen. Sannsynligheten for at skred løsner, vil likevel reduseres, fordi strekning eksponert for erosjon reduseres.

### 4.3.4 Konklusjon mht. deling av sonen

Oppdeling av sonen vil ut fra ovennevnte vurderinger ikke kunne tilrås, uten en nærmere kartlegging og evt. bekreftelse på ikke sammenhengende kvikkleire i sørlig del av sonen.

## 5 Revurdering av faregrad, skadekonsekvens og risiko

Basert på den nye kunnskapen om grunnforholdene er det gjort en ny vurdering av faregrad, skadekonsekvens og risiko for sonen. Framgangsmåten for risikovurdering er beskrevet i ref. /14/. Detaljerte vurderinger er gitt i vedlegg A.

### 5.1 Faregrad

Grunnundersøkelsene har påvist større mektighet av kvikkleire enn tidligere antatt. Kvikkleire er dokumentert fra grunt nivå til stor dybde i øvre del av sonen, og dette gir i tillegg økt skråningshøyde og relativ andel kvikkleire i skråningen. Sonens faregradsklasse endres fra "1 – Lav" til "3 – Høy". Ny scoreverdi på 28 ligger lavt innenfor faregradsklassen ("3 – Høy" har scoreverdi fra 26 til 51).

### 5.2 Skadekonsekvens

Skadekonsekvensklasse er uendret, men scoreverdi øker fra 11 til 15 pga. flere boliger innenfor foreslått justert sonegrense. Det er ikke gjort endringer i konsekvenser for annen infrastruktur. Skadekonsekvensklasse "2 – Alvorlig" omfatter scoreverdier fra 7 til 22, og scoreverdi ligger derved midt i klassen.

## 5.3 Risiko

Risiko beregnes som produktet av scoreverdiene fra skadekonsekvens- og faregradsvurdering. Endring av scoreverdi kan derved få betydning også i tilfeller der faregrads- eller skadekonsekvensklassen evt. ikke endres som følge av nye vurderinger. Risikoklasse "3 – *Middels prioritet*" dekker poengverdier fra 631 til 1900 poeng. Ny vurdering mer enn dobler poengverdien, fra 815 til 1830 poeng, men dette resulterer ikke i høyere risikoklasse.

Oppsummering av utførte vurderinger av faregrad, skadekonsekvens og risiko (før og nå) er gitt i Tabell 2.

*Tabell 2 Revurdering av faregrads-, skadekonsekvens- og risikoklasse for kvikkleiresone 1258 Gjelstad. Faregradsklasse er forhøyet sammenliknet med tidligere vurdering, mens skadekonsekvens- og risikoklasse er uendrede.*

|                              | 2005 (ref. /8/) |           |                       | 2015        |           |                       |
|------------------------------|-----------------|-----------|-----------------------|-------------|-----------|-----------------------|
|                              | Score/poeng     | Poeng (%) | Klasse                | Score/poeng | Poeng (%) | Klasse                |
| Faregrad (F)                 | 17/51           | 33.33     | 1 – Lav               | 28/51       | 54.90     | 3 – Høy               |
| Skadekonsekvens (K)          | 11/45           | 24.44     | 2 – Alvorlig          | 15/45       | 33.33     | 2 – Alvorlig          |
| Risiko (R): $R = F \times K$ | 815/10000       | 8.2       | 3 – Middels prioritet | 1830/10000  | 18.3      | 3 – Middels prioritet |

## 5.4 Faktaark og digital leveranse (SOSI-filer)

Vedlegg B inneholder faktaark som dokumenterer beregningsgrunnlaget for revidert sone 1258 Gjelstad. Dette er grunnlaget for den digitale leveransen på SOSI 4.0 format.

## 6 Forebyggende tiltak mot utløsning av skred

### 6.1 Behov for erosjonssikring som følge av sikringstiltak i Stubberud

Strømningsberegningene for fremtidig situasjon, etter sikringstiltak i Stubberud, viser svært små hastighetsendringer (ref. /15/). Erosjonsforholdene langs Gjelstad kvikkleiresone vurderes derfor ikke å bli vesentlig forverret som følge av sikringstiltakene. Av denne grunn vurderes det heller ikke å være behov for kompensierende tiltak i Gjelstad som følge av sikringstiltaket i Stubberud.

### 6.2 Sikringsbehov ut fra dagens situasjon

#### 6.2.1 Generell forbedring av stabilitetsforholdene

Skråningen mot elva er i dag stabil (med unntak av mindre glidninger i og under vannkanten). Forbedring av beregningsmessig stabilitet for skråningen vil være et langt mer krevende tiltak enn erosjonssikring, og anses heller ikke nødvendig, så lenge det ikke foreligger planer om større utbygging innenfor sonen.

#### 6.2.2 Erosjonssikring med hensyn til naturlig erosjon i elva

Basert på befaring/observert erosjon, kombinert med tolkning av utførte grunnundersøkelser, fastslås det at naturlig erosjon i dag pågår langs elva i noen grad. Erosjon antas dessuten å skje inn i lag med påvist/antatt kvikkleire. Ut fra kjent forekomst av kvikkleire i Gjelstad kvikkleiresone er dette uheldig. Den naturlige erosjonsprosessen, som vil fortsette uendret av planlagte sikringstiltak på vestsiden av elva, kan i verste fall resultere i utløsning av skred, og vurdering av behov for sikring er derfor gitt nedenfor.

#### 6.2.3 Sør for ravine/profil I-I

Det viktigste fysiske sikringstiltaket for å forhindre utløsning av skred i Gjelstad kvikkleiresone vil være erosjonssikring langs elvekanten (steinplastring). Ved å erosjonssikre, unngås gradvis forverring av stabilitetsforholdene for skråningen, men sikringen vil ikke resultere i noen vesentlig økning i beregningsmessig sikkerhet.

Behovet for erosjonssikring vurderes å være størst fra ravinen/profil I-I og videre sørover (tegning 010). Nord for ravinen/profil I-I er det liten vanndybde, og mindre aktiv erosjon.

Erosjonssikring (steinstørrelse) må dimensjoneres ut fra beregnet maksimal strømningshastighet i elva, jfr. ref. /16/.

#### 6.2.4 Nord for ravine/profil I-I

Nord for ravinen er elva grunn på østsiden, og pågående naturlig erosjon antas å utgjøre et mindre problem i nordre del av sonen enn lenger sør.

Dersom tiltak skal utføres for øvrig del av sonen (lenger sør), bør det gjøres en vurdering av behov for erosjonssikring også på denne strekningen. Tiltak her kan trolig være nokså enkle og lite omfattende.

#### 6.2.5 Ikke-strukturelle sikringstiltak

Ikke-strukturelle sikringstiltak bør vurderes, i tillegg til strukturelle sikringstiltak i form av erosjonssikring osv. Viktigst her anses å være informasjon rettet mot beboerne innenfor sonen. Informasjonen bør omfatte orientering om aktuell skredfare og mulige utløsningsmekanismer, da spesielt med vekt på å unngå arbeider som omfatter større terrengendringer.

- ➔ Informasjon til beboerne bør derfor gis, slik at de kan forholde seg til skredfaren, og unngå uheldig virksomhet på sine eiendommer.
- ➔ Geoteknisk rådgivning vil være nødvendig for arbeider som innebærer terrengendringer.

Varsling anses ikke å være en farbar vei mht. kvikkleireskredfare.



## 7 Referanser

- /1/ NGI (2013). Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1255 Stubberud i Larvik kommune. Stabilitetsberegninger. Rapport nr. 20110045-00-5-R, rev. 0, datert 23.august 2013.
- /2/ NGI (2014). Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1255 Stubberud i Larvik. Oppsummering av stabiliserende tiltak. Teknisk notat nr. 20110045-10-TN, rev. 0, datert 18. desember 2014.
- /3/ NGI (2014). Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1255 Stubberud i Larvik. Stabilitetsberegninger og stabiliserende tiltak – profil E-E, K-K, L-L. Teknisk notat nr. 20110045-05-TN, rev. 0, datert 15. juli 2014.
- /4/ NGI (2014). Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1255 Stubberud i Larvik. Stabilitetsberegninger og stabiliserende tiltak – profil C-C, I-I, J-J. Teknisk notat nr. 20110045-06-TN, rev. 0, datert 13. juli 2014.
- /5/ NGI (2014). Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1255 Stubberud i Larvik. Stabilitetsberegninger og stabiliserende tiltak – profil A-A, B-B, H-H. Teknisk notat nr. 20110045-07-TN, rev. 0, datert 14. juli 2014.
- /6/ NGI (2014). Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1255 Stubberud i Larvik kommune. Sikringstiltak øst for Lågen. Teknisk notat nr. 20110045-09-TN, rev. 1, datert 15. desember 2014.
- /7/ NGI (2015). Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1255 Stubberud i Larvik kommune. Stabilitetsberegning profil P-P (Gjelstad). Teknisk notat nr. 20110045-11-TN, rev. 0, datert 1. desember 2014.
- /8/ NGI (2006). Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred Larvik kommune. Rapport nr. 20001008-62, datert 8. juni 2006.
- /9/ NGI (1994). Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad Sandefjord M=1:50.000. Boreresultater. Rapport nr. 830073-2, datert 18. mars 1994.
- /10/ Geostrøm AS (2014). Supplerende grunnundersøkelse i faresonen Stubberud i Larvik kommune. Oppdrag/rapport nr. 584/3, datert 5. juni 2014.
- /11/ Geostrøm AS (2015). Supplerende grunnundersøkelse ved Stubberud, Gjelstad. Oppdrag/rapport nr. 1284/R1, datert 9. april 2015.

- /12/ NVE (2014). Veiledning nr. 7-2014. Sikkerhet mot leirskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper.
- /13/ NVE (2015). Poretrykksavlesninger fra Stubberud, oversendt NGI pr. epost 2015-03-25.
- /14/ NGI (2001). Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire. Rapport nr. 20001008-2, datert 31. august 2001. Rev. 3, datert 8. oktober 2008.
- /15/ Dr. Blasy – Dr. Øverland (2014). Numedalslågen ved Stubberud hydraulisk modellering og konsekvensutredning. Forandring i strømningshastighet (planlagt – nåværende tilstand).  $Q_{200}$  (1700 m<sup>3</sup>/s) med havvannstand -1,1 m. Tegning nr. H 227, datert 10.12.2014.
- /16/ Dr. Blasy – Dr. Øverland (2014). Numedalslågen ved Stubberud hydraulisk modellering og konsekvensutredning. Oversiktskart strømningshastighet.  $Q_{200}$  (1700 m<sup>3</sup>/s) med havvannstand -1,1 m. Tegning nr. H 127, datert 10.12.2014.

# Vedlegg A

## EVALUERING AV FAREGRAD, SKADEKONSEKVENNS OG RISIKOKLASSE

### Innhold

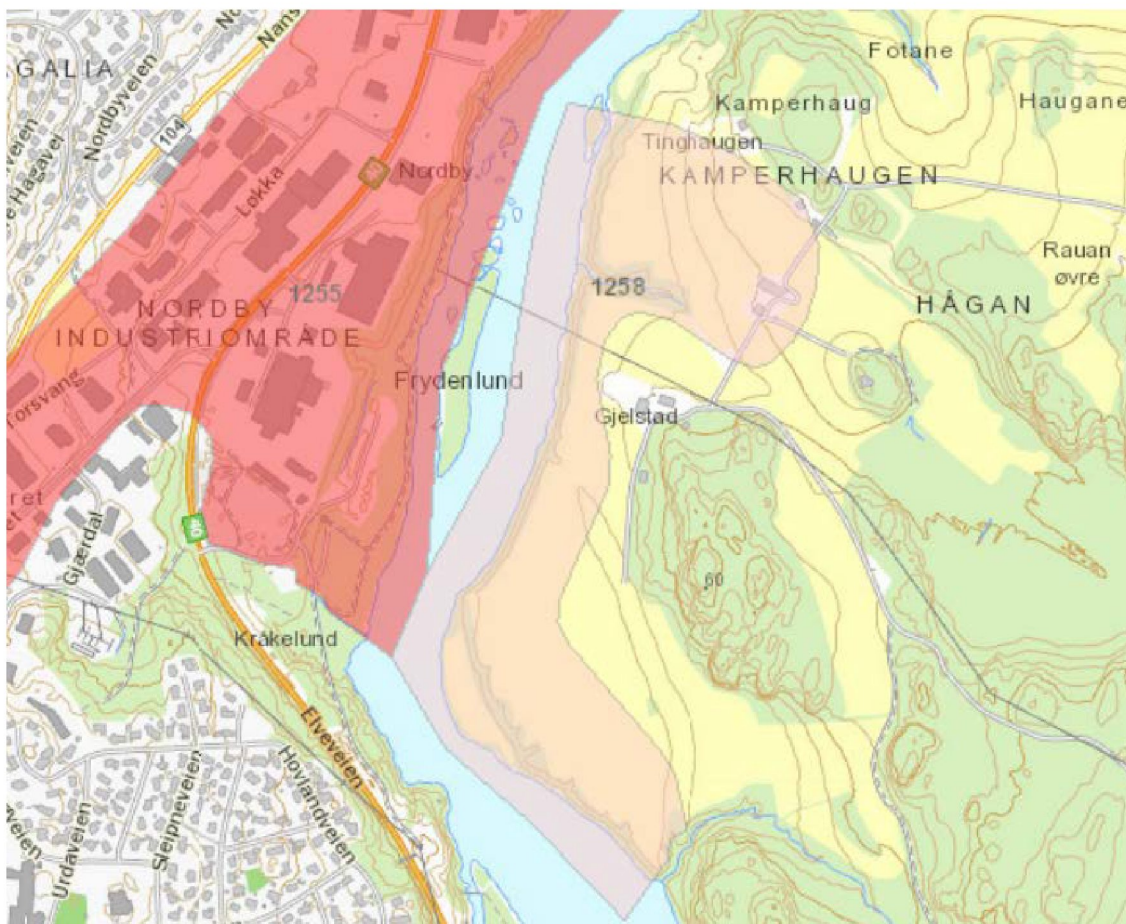
|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>A1</b> | <b>Innledning</b>                                  | <b>2</b>  |
| <b>A2</b> | <b>Grunnforhold og topografi</b>                   | <b>3</b>  |
| <b>A3</b> | <b>Evaluering av faregradsklasse</b>               | <b>4</b>  |
|           | A3.1 Tidligere vurdering av faregrad               | 5         |
|           | A3.2 Revurdering av faregrad (2015)                | 5         |
| <b>A4</b> | <b>Evaluering av skadekonsekvensklasse</b>         | <b>7</b>  |
|           | A4.1 Tidligere vurdering av skadekonsekvens (2005) | 7         |
|           | A4.2 Revurdering av skadekonsekvens (2015)         | 8         |
| <b>A5</b> | <b>Evaluering av risikoklasse</b>                  | <b>9</b>  |
| <b>A6</b> | <b>Referanser</b>                                  | <b>10</b> |

## A1 Innledning

Klassifisering av soner gjøres på grunnlag av beregning av skadekonsekvens, S, og faregrad, F. Risiko er definert som  $S \times F$  og er basert på en kvalitativ metode. Metoden er beskrevet i "Program for økt sikkerhet mot leirskred" (ref. 0).

Fra tidligere evaluering er sonen plassert i faregradsklasse 1 – lav (ref. 0), skadekonsekvensklasse 2 – alvorlig og risikoklasse 3 – Middels. Basert på ny informasjon om grunnforholdene er det gjort en ny risikovurdering av faregraden, skadekonsekvens og risiko.

Eksisterende sone er vist på kart i Figur 1.



Figur 1 Eksisterende kvikkleiresone 1258 Gjelstad (faregradsklasse "1 – lav")

## A2 Grunnforhold og topografi

1258 Gjelstad kvikkleiresone ligger vis á vis 1255 Stubberud kvikkleiresone (Figur 1). Sonen starter ved elva. Elvebunn ligger på ca. kote -1 til -4. Øvre del av sonen ved bebyggelsen i nord går opp til ca. kote 30-35. Kvartærgeologisk kart (Figur 2) indikerer marin strandavsetning (mørkeblått), elveavsetning (lysegult), tykk havavsetning (lyseblått) og bart fjell, stedvis tynt dekke (lysegrått). Løsmassekartet viser bare masser på terrengoverflaten, og gir ikke informasjon om underliggende masser.



Figur 2 Kvartærgeologisk kart ([www.ngu.no](http://www.ngu.no)). Sone 1258 Gjelstad ligger innenfor avmerket område.

Utførte grunnundersøkelser viser stor løsmassemektighet i den nordlige delen av sonen (ved bebyggelsen). Det er boret inntil 37 m gjennom løsmasser i den nordlige del av sonen. I flere borpunkter antas det overgang til kvikkleire/sprøbruddmateriale i 1-2 m dybde, med mektighet av bløt leire inntil 30 m. Kvikkleire er bekreftet i flere opptatte prøver. Nede ved elva antas det kvikkleire i dagen (på elvebunn) eller grunt beliggende.

### A3 Evaluering av faregradsklasse

Faregraden skal fastlegges slik at den gjenspeiler graden av usikkerhet med hensyn til områdets stabilitet. Sonens faregradsklasse bestemmes med semi-kvantitativ metode på basis av oppnådd score (poeng) for et sett med topografiske, geologiske og geotekniske kriterier, samt utførte terrengendringer.

Faregraden inndeles i tre klasser som følger (ref. /4/):

*1 - Lav: Gunstige topografiske forhold. Det foreligger grunnundersøkelser som viser at grunnforholdene er gunstige. Det er lite eller ingen aktiv erosjon i vassdraget. Det har vært liten skredaktivitet i området. Ingen terrenginngrep/terrenginngrep har hatt gunstig innvirkning på stabiliteten.*

*2 – Middels: Mindre gunstige topografiske forhold. Mangelfulle grunnundersøkelser, eller grunnundersøkelsene viser mindre gunstige grunnforhold. Det er aktiv erosjon i vassdraget. Det har vært betydelig skredaktivitet i området. Eventuelle terrenginngrep har liten eller ingen stabilitetsforbedrende virkning.*

*3 – Høy: Ugunstige topografiske forhold. Mangelfulle grunnundersøkelser eller grunnundersøkelsene viser ugunstige grunnforhold. Det er aktiv erosjon i vassdraget. Det har vært stor skredaktivitet i området. Terrenginngrep med stabilitetsforverrende virkning.*

Ut fra oppnådd score gjøres plassering av sonen i en av tre mulige faregradsklasser iht. Tabell 1.

Tabell 1 Inndeling av faregradsklasser ut fra oppnådd score

| Faregrad | 1 - Lav | 2 - Middels | 3 - Høy  |
|----------|---------|-------------|----------|
| Poeng    | 0-17    | 18-25       | 26-51    |
| Prosent  | 0-33,3  | 35,3-49,0   | 51,0-100 |

### A3.1 Tidligere vurdering av faregrad

Kvikkleiresone 1258 Gjelstad ble ved tidligere vurdering vurdert å ligge i faregradsklasse "1- lav" (ref. /3/).

Tabell 2 viser evalueringssystemet med scoreverdier og vekttall, og tidligere utført evaluering av faregrad.

Tabell 2 Evaluering av faregrad for sone 1258 Gjelstad utført i 2005 (ref. /3/)

| Faktorer  | Vekt-tall | Faregrad, score |            |           |              | 343   | 343          |
|---|-----------|-----------------|------------|-----------|--------------|-------|--------------|
|   |           | 3               | 2          | 1         | 0            | Score | Vektet Poeng |
| Tidligere skredaktivitet                          | 1         | Høy             | Noe        | Lav       | Ingen        | 1     | 1            |
| Skråningshøyde, meter                             | 2         | >30             | 20 – 30    | 15 – 20   | <15          | 2     | 4            |
| Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)             | 2         | 1,0-1,2         | 1,2-1,5    | 1,5-2,0   | >2,0         | 3     | 6            |
| Poretrykk   | 3         | > + 30          | 10 – 30    | 0 – 10    | Hydrostatisk | 0     | 0            |
| Overtrykk, kPa:<br>Undertrykk, kPa:               | -3        | > - 50          | -(20 – 50) | -(0 – 20) |              |       |              |
| Kvikkleiremektighet                               | 2         | >H/2            | H/2-H/4    | <H/4      | Tynt lag     | 2     | 4            |
| Sensitivitet                                      | 1         | >100            | 30-100     | 20-30     | <20          | 2     | 2            |
| Erosjon   | 3         | Aktiv/glidn.    | Noe        | Lite      | Ingen        | 0     | 0            |
| Inngrep:  | 3         | Stor            | Noe        | Liten     | Ingen        | 0     | 0            |
| Forverring<br>Forbedring                          | -3        | Stor            | Noe        | Liten     |              |       |              |
| Sum (NB: disse verdiene er ikke faregradsgrenser) |           | 51              | 34         | 16        | 0            |       | 17           |
| % av maksimal poengsum                            |           | 100 %           | 67 %       | 33 %      | 0 %          |       | 33%          |

### A3.2 Revurdering av faregrad (2015)

Det er foretatt en ny evaluering av faregraden basert på supplerende grunnundersøkelser. Vurdering gjøres for et profil på nordsiden av sonen. Evalueringen gir poengsum som faller inn i kategorien faregrad "3 – Høy". Vurderingene er vist i Tabell 3.

#### Kommentarer til tabellen

**Skråningshøyde:** Høyeste kotenivå i nordre del av sonen, hvor det er påvist kvikkleire opp til over kote 30, benyttes som referanse. Skråningshøyden er derfor over 30 m.

**Poretrykk:** Det er installert én poretrykksmåler på toppen skråningen ned mot elva (ca. kote +11). Målingene antyder lav grunnvannstand, på 7 m dybde, samtidig som målt poretrykksøkning med dybden er 115 % av hydrostatisk poretrykksøkning mellom 7 og

14 m dybde. Det lave grunnvannsnivået kan forklares av drenerende masser (sand/silt) i øvre lag på toppen av skråningen langs elva, som også tolket fra dreietrykksonderingene i dette området. Lenger inn på platået øker imidlertid mektigheten av leire, og poretrykkforholdene kan være betydelig annerledes. Berget stiger dessuten opp i bakkant av sonen. Det er usikkerhet om poretrykkforholdene i sonen, og som en middelværdi er det antatt hydrostatisk poretrykk.

**Kvikkleiremektighet:** Dreietrykksonderinger og prøver i borpunktene 520, 522, 524, 525 og 526 viser stor kvikkleiremektighet, nesten sammenhengende gjennom hele dybdeprofilen.

**Sensitivitet:** Prøver fra borhull 524 (ned til 17 m dybde) har maksimal sensitivitet på 200.

**Erosjon:** Nord i sonen, hvor vanddybden i elva er liten, antas det å være lite aktiv erosjon langs elvebredden. Lenger sør, hvor elvebunnen er dypere, er det observert noe erosjon.

Tabell 3 Revurdering av faregrad for sone 1256 Gjelstad utført i 2015

| Faktorer  | Vekt-tall        | Faregrad, score |         |            |           | 343          | 343          |
|---|------------------|-----------------|---------|------------|-----------|--------------|--------------|
|   |                  | 3               | 2       | 1          | 0         | Score        | Vektet Poeng |
| Tidligere skredaktivitet                          | 1                | Høy             | Noe     | Lav        | Ingen     | 1            | 1            |
| Skråningshøyde, meter                             | 2                | >30             | 20 – 30 | 15 – 20    | <15       | 3            | 6            |
| Tidligere/nåværende terreng-nivå (OCR)            | 2                | 1,0-1,2         | 1,2-1,5 | 1,5-2,0    | >2,0      | 3            | 6            |
| Poretrykk   | Overtrykk, kPa:  | 3               | > + 30  | 10 – 30    | 0 – 10    | Hydrostatisk | 0            |
|   | Undertrykk, kPa: | -3              | > - 50  | -(20 – 50) | -(0 – 20) |              |              |
| Kvikkleiremektighet                               | 2                | > H/2           | H/2-H/4 | < H/4      | Tynt lag  | 3            | 6            |
| Sensitivitet                                      | 1                | >100            | 30-100  | 20-30      | <20       | 3            | 3            |
| Erosjon   | 3                | Aktiv/glidn.    | Noe     | Lite       | Ingen     | 2            | 6            |
| Inngrep:  | Forverring       | 3               | Stor    | Noe        | Liten     | Ingen        | 0            |
|   | Forbedring       | -3              | Stor    | Noe        | Liten     |              |              |
| Sum (NB: disse verdiene er ikke faregradsgrenser) |                  |                 | 51      | 34         | 16        | 0            | <b>28</b>    |
| % av maksimal poengsum                            |                  |                 | 100 %   | 67 %       | 33 %      | 0 %          | 55 %         |



## A4 Evaluering av skadekonsekvensklasse

Skadekonsekvens evalueres ved at det beregnes poeng for sonen i henhold til utarbeidede klassifiseringskriterier. Avhengig av antall poeng deles konsekvensen av et skred inn i tre klasser i hht. ref. /4/:

*1 - Mindre alvorlig: Liten risiko<sup>1</sup> for skade på mennesker, tap av liv, begrensede økonomiske og samfunnsmessige konsekvenser.*

*2 - Alvorlig: Risiko for skade på mennesker/tap av liv eller betydelige økonomiske og samfunnsmessige konsekvenser.*

*3 - Meget alvorlig: Stor risiko for skade på mennesker/tap av liv eller meget store økonomiske og samfunnsmessige konsekvenser.*

Inndeling i skadekonsekvensklasser ut fra oppnådd score er vist i Tabell 4.

Tabell 4 Inndeling av skadekonsekvensklasser ut fra oppnådd score

| Skadekonsekvens-klasse | 1 - Mindre alvorlig | 2 - Alvorlig | 3 - Meget alvorlig |
|------------------------|---------------------|--------------|--------------------|
| Poeng                  | 0-6                 | 7-22         | 23-45              |
| Prosent                | 0-13,3              | 15,6 - 48,9  | 51,1 - 100         |

### A4.1 Tidligere vurdering av skadekonsekvens (2005)

Basert på tidligere evaluering er sone 1258 Gjelstad vurdert til å ligge i skadekonsekvensklasse "2 – Alvorlig". Den tidligere vurderingen er vist i Tabell 5.

<sup>1</sup> Begrepet "risiko" benyttes her i betydningen "risiko for skader på utsatte objekter gitt en skredhendelse"

Tabell 5 Evaluering av skadekonsekvensklasse for sone 1258 Gjelstad utført i 2005 (ref. /3/)

| Faktorer                | Vekt-tall | Konsekvens, score |             |              |       | Score | Vektet poeng |
|-------------------------|-----------|-------------------|-------------|--------------|-------|-------|--------------|
|                         |           | 3                 | 2           | 1            | 0     |       |              |
| Boligenheter, antall    | 4         | Tett > 5          | Spredt > 5  | Spredt < 5   | Ingen | 1     | 4            |
| Næringsbygg, personer   | 3         | > 50              | 10a – 50    | < 10         | Ingen | 0     | 0            |
| Annen bebyggelse, verdi | 1         | Stor              | Betydelig   | Begrenset    | Ingen | 0     | 0            |
| Vei, ÅDT                | 2         | > 5000            | 1001 – 5000 | 100 - 1000   | < 100 | 0     | 0            |
| Toglinje, baneprioritet | 2         | 1 – 2             | 3 – 4       | 5            | Ingen | 0     | 0            |
| Kraftnett               | 1         | Sentral           | Regional    | Distribusjon | Lokal | 1     | 1            |
| Oppdemning/floam        | 2         | Alvorlig          | Middels     | Liten        | Ingen | 3     | 6            |
| Sum poeng               |           | 45                | 30          | 15           | 0     |       | 11           |
| % av maksimal poengsum  |           | 100 %             | 67 %        | 33 %         | 0 %   |       | 24,4 %       |

## A4.2 Revurdering av skadekonsekvens (2015)

I forbindelse med utredningen av kvikkleiresonen er det foretatt en ny evaluering av skadekonsekvensklassen, se Tabell 6. Oppnådd poengsum tilsier at sonen plasseres i skadekonsekvensklasse "2 – Alvorlig" (uendret fra tidligere vurdering).

### Kommentarer til tabellen

*Boligenheter, antall:* Kvikkleiresone 1258 foreslås noe utvidet i nordre del, og dette medfører at sonen for nytt foreslått omriss vil inkludere > 5 boligenheter.

Tabell 6 Revurdering av skadekonsekvens for sone 1256 Gjelstad (2015)

| Faktorer                | Vekt-tall | Konsekvens, score |             |              |       | Score | Vektet poeng |
|-------------------------|-----------|-------------------|-------------|--------------|-------|-------|--------------|
|                         |           | 3                 | 2           | 1            | 0     |       |              |
| Boligeneheter, antall   | 4         | Tett > 5          | Spredd > 5  | Spredd < 5   | Ingen | 1     | 8            |
| Næringsbygg, personer   | 3         | > 50              | 10 – 50     | < 10         | Ingen | 0     | 0            |
| Annen bebyggelse, verdi | 1         | Stor              | Betydelig   | Begrenset    | Ingen | 0     | 0            |
| Vei, ÅDT                | 2         | > 5000            | 1001 – 5000 | 100 - 1000   | < 100 | 0     | 0            |
| Toglinje, baneprioritet | 2         | 1 – 2             | 3 – 4       | 5            | Ingen | 0     | 0            |
| Kraftnett               | 1         | Sentral           | Regional    | Distribusjon | Lokal | 1     | 1            |
| Oppdemning/flom         | 2         | Alvorlig          | Middels     | Liten        | Ingen | 3     | 6            |
| Sum poeng               |           | 45                | 30          | 15           | 0     |       | 15           |
| % av maksimal poengsum  |           | 100 %             | 67 %        | 33 %         | 0 %   |       | 33,3 %       |

## A5 Evaluering av risikoklasse

Tallverdien av risiko fremkommer ved å multiplisere %-tallet (dvs. prosentpoeng) for skadekonsekvens med %-tallet for faregrad. Inndelingen av risikoklasser ut fra oppnådd tallverdi er vist i Tabell 7.

Tabell 7 Klassifisering av risiko ut fra tallverdi oppnådd ved produkt av poeng fra score for hhv. faregrad og skadekonsekvens (ref. /4/).

| Risikoklasse | Tallverdi      |
|--------------|----------------|
| 1 (Lavest)   | 0 – 170        |
| 2            | 171 – 630      |
| 3            | 631 – 1 900    |
| 4            | 1 901 – 3 200  |
| 5 (Høyest)   | 3 201 – 10 000 |

I Tabell 8 er det gitt en oppsummering av beregnet risiko, både fra tidligere vurdering utført i 2005 (ref. /3/) og etter revurdering i 2015. Som det framgår av tabellen forblir risikoklassen uendret, og sonen ligger fortsatt i risikoklasse "3 - Middels prioritet" (selv om poengverdien mer enn dobles, og etter ny evaluering ligger i øvre sjikt innenfor risikoklasse 3, mot tidligere i nedre sjikt, jfr. Tabell 7).

*Tabell 8 Oppsummering av vurdering av faregrad, skadekonsekvens og risiko for kvikkleiresone 1258 Gjelstad utført hhv. i 2005 og 2015. Faregrad er som følge av nye data om grunnforholdene oppjustert fra lav til høy; øvrig klassifisering er uendret. Oppnådd*

|                         | 2005 (ref. /3/) |           |                       | 2015        |           |                       |
|-------------------------|-----------------|-----------|-----------------------|-------------|-----------|-----------------------|
|                         | Score/Poeng     | Poeng (%) | Klasse                | Score/Poeng | Poeng (%) | Klasse                |
| Faregrad (F)            | 17/51           | 33.33     | 1 – Lav               | 28/51       | 54.9      | 3 – Høy               |
| Konsekvens (K)          | 11/45           | 24.44     | 2 – Alvorlig          | 15/45       | 33.3      | 2 – Alvorlig          |
| Risiko (R) R =<br>F x K | 815/10.000      | 8.15      | 3 – Middels prioritet | 1830/10.000 | 18.3      | 3 – Middels prioritet |

## A6 Referanser

- /1/ Geostrøm AS (2014). Supplerende grunnundersøkelse i faresonen Stubberud i Larvik kommune. Oppdrag/rapport nr. 584/3, datert 5. juni 2014.
- /2/ Geostrøm AS (2015). Supplerende grunnundersøkelse ved Stubberud, Gjelstad. Oppdrag/rapport nr. 1284/R1, datert 9. april 2015.
- /3/ NGI (2006). Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred Larvik kommune. Rapport nr. 20001008-62, datert 8. juni 2006.
- /4/ NGI (2001). Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire. Rapport nr. 20001008-2, datert 31. august 2001. Rev. 3, datert 8. oktober 2008.

# Vedlegg B

EVALUERING AV FAREGRAD,  
SKADEKONSEKVENNS OG RISIKOKLASSE

## Innhold

|           |   |          |
|-----------|---|----------|
| <b>B1</b> | <b>Faktaark og SOSI-data for sone 1258 Gjelstad</b> | <b>2</b> |
|-----------|---|----------|

## B1 Faktaark og SOSI-data for sone 1258 Gjelstad

Oversikt over digitale leveranser er gitt i Tabell B1.

- Faktaark for kvikkleiresone 1258 Gjelstad med revidert risikovurdering og utbredelse er gitt i dette vedlegget, og oversendes som separat fil sammen med dette tekniske notatet.
- SOSI-data for sonen er også vedlagt eposten ved oversendelse av dette tekniske notatet. Innholdet i filen er gjengitt i Tabell B2.

Tabell B1 Oversikt over digitale leveranser

| Beskrivelse | Filnavn   |
|-------------|---|
| Faktaark    | 20110045-16-TN-Gjelstad-Rev2-Faktaark_1258_Gjelstad.pdf |
| SOSI-fil    | 20110045-16-TN-Gjelstad-Rev2-Sone1258_Gjelstad.sos      |

Tabell B2 Innhold i SOSI-fil 20110045-16-TN-Gjelstad-Rev2-Sone1258\_Gjelstad.sos

|                                  |
|----------------------------------|
| .HODE                            |
| ..TEGNSETT ISO8859-1             |
| ..TRANSPAR                       |
| ...KOORDSYS 23                   |
| ...ORIGO-NØ 0 0                  |
| ...ENHET 0.01                    |
| ..OMRÅDE                         |
| ...MIN-NØ 6557916 217041         |
| ...MAX-NØ 6559129 217781         |
| ..SOSI-NIVÅ 4                    |
| ..SOSI-VERSJON 4.0               |
| .KURVE 1:                        |
| ..OBJTYPE KvikkleireFaresoneAvgr |
| ..NØ                             |
| 655910436 21733127 ...KP 1       |
| ..NØ                             |
| 655908961 21741196               |
| 655905621 21748855               |
| 655902761 21753716               |
| 655897114 21757790               |
| 655892758 21761909               |
| 655889526 21764361               |
| 655886167 21770524               |

655880875 21776503  
655875258 21776561  
655871914 21774512  
655872252 21771397  
655872009 21769218  
655871173 21768285  
655868617 21767398  
655865617 21766683  
655861329 21765662  
655859475 21764745  
655858954 21763557  
655860004 21760615  
655861936 21758975  
655863671 21756899  
655864018 21753863  
655864452 21749611  
655863324 21744840  
655862890 21741629  
655853433 21737985  
655841200 21737552  
655828984 21740154  
655817550 21742969  
655811634 21746078  
655807073 21747771  
655804533 21746620  
655803501 21745231  
655801380 21744365  
655800088 21743127  
655793991 21737522  
655807266 21724775  
655817539 21713032  
655829984 21705627  
655841684 21710515  
655859902 21720592  
655881179 21723837  
655897525 21726820  
655906038 21729784  
655910436 21733127 ...KP 1  
.FLATE 2:  
..OBJTYPE KvikkleireFaresone  
..FØRSTEDIGITALISERINGSDATO 20051209155449  
..KOMM 0709  
..OPPDATERINGSDATO 20150820140832  
..SKREDFAREGRADSCORE 28

..SKREDFAREGR\_KL Høy  
..SKREDKONSSCORE 15  
..SKREDKVALKARTLEGGING 2  
..SKREDOMRID 1258  
..SKREDOMRNAVN Gjelstad  
..SKREDRISIKO\_KL 3  
..SKREDSKADKONS\_KL 2  
..REF :1  
..NØ  
655885241 21741094  
.SLUTT



## Kvikkleiresone: 1258 Gjelstad

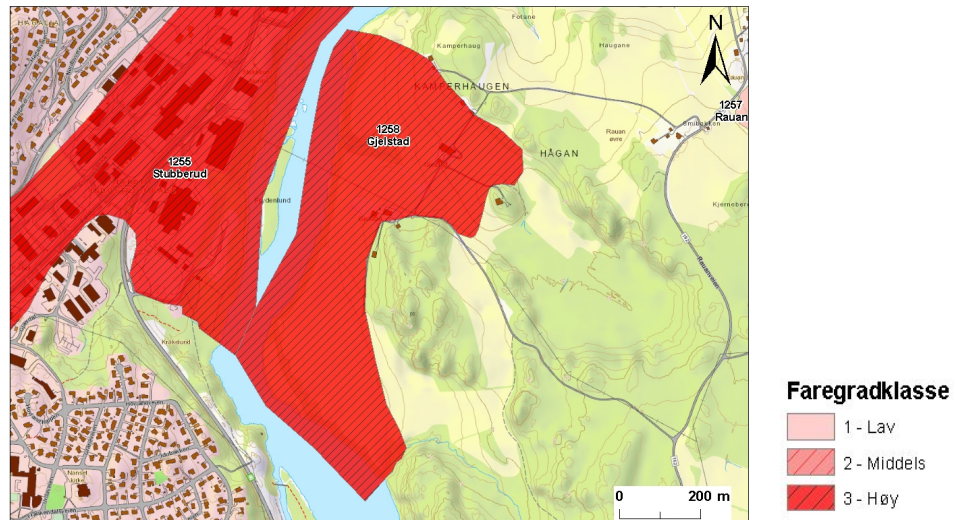
Larvik kommune

**Faregradklasse 3 - Høy**

**Konsekvensklasse 2 - Alvorlig**

**Risikoklasse 3 - Middels prioritet**

*Opprettet: 09.12.2005 Beregnet: 13.07.2015*



### **Bemerkninger/supplerende undersøkelser:**

Bedre oversikt over løsmassenes beskaffenhet, utstrekning av materialer med sprøbruddegenskaper, samt bestemmelse av poretrykksforholdene trengs for å kunne foreta en mer pålitelig vurdering av faregraden i området. Følgende undersøkelser foreslås utført : 1. 1-2 dreietrykksonderinger 2. 1 CPTU-sondering 3. 1 prøveserie 4. poretrykksmålere i to nivåer.

### **Referanser:**

1.NGI- rapport 83073-1, datert juni 1988. 2.NGI- rapport 830073-2, datert mars 1994.

### **Merknader:**

## Fareberegning

| Faktorer                             | Beskrivelse  | Faregrad     | Score | Vekttall | Poeng |
|--------------------------------------|--|--------------|-------|----------|-------|
| Skredaktivitet                       | På kvartærgeologisk kart over Larvik kommune fremkommer det lite skredaktivitet. Noen få rasgroper er nedtegnet.   | Lav          | 1     | 1        | 1     |
| Skråningshøyde,m                     | Høydeforskjell fra terrasse ned til Lågen er ca 10-15 m, og i nordre del er høydeforskjellen til øvre del av sonen > 30 m fra elva.  | Over 30      | 3     | 2        | 6     |
| Skjærstyrke:<br>su/p0 eller OCR      | Nordre deler av sonen er dekket av strandavsetninger og er trolig opprinnelig terrengnivå. I søndre deler av sonen ut mot Lågen er det erodert i gamle avsetninger. Antar normalkonsolidert for sonen i helhet. OCR-antakelse bekreftet ved supplerende grunnundersøkelser (Geostrøm rapport 1284/R1). | 1,0 - 1,2    | 3     | 2        | 6     |
| Poretrykk                            | Lav grunnvannstand ut mot elva der det er friksjonsmasser på toppen, men i øvre deler av sonen er det massive lag med leire, og oppstigende berg i bakkant. Som middelvei antas hydrostatisk poretrykk.  | Hydrostatisk | 0     | 3        | 0     |
| Kvikkleiremektighet                  | Dreietrykksondering nr. 41 fra NGI 83073/2 indikerte kvikkleire fra 7-14,2 m under terreng. Supplerende boringer viser kvikkleire med mektighet, Geostrøm rapport 1284/R1.   | > H/2        | 3     | 2        | 6     |
| Sensitivitet                         | Sensitivitet målt til > 200 (borhull 524), Geostrøm rapport 1284/R1.   | Over 100     | 3     | 1        | 3     |
| Erosjon                              | Noe erosjon langs elva   | Noe          | 2     | 3        | 6     |
| Inngrep:<br>Forverring<br>Forbedring | Ingen inngrep observert.   | Ingen        | 0     | 3        | 0     |

**Totalt 28 poeng. 54.9% av maksimum**

**Sist oppdatert 06.07.2015 av hhe**

## Konsekvensberegning

| Faktorer         | Beskrivelse  | Konsekvens     | Score | Vekttall | Poeng |
|------------------|--|----------------|-------|----------|-------|
| Boligenheter     | Ved revidert soneutbredelse omfattes mer enn 5 boenheter, spredt bebyggelse.   | Spredt, over 5 | 2     | 4        | 8     |
| Næringsbygg      | Ingen.   | Ingen          | 0     | 3        | 0     |
| Annen bebyggelse | Ingen.   | Ingen          | 0     | 1        | 0     |
| Veier            | Privat vei.  | Under 100      | 0     | 2        | 0     |
| Toglinje         | Ingen.   | Ingen          | 0     | 2        | 0     |
| Kraftnett        | Antatt distribusjonsnett.  | Distribusjon   | 1     | 1        | 1     |
| Oppdemning       | Et ras i dette området vil kunne skape store skader, og lenger nedstrøms vil flombølge kunne skape store ødeleggelser. To bruer kan bli tatt av direkte flombølge. Få boliger langs Lågen. | Alvorlig       | 3     | 2        | 6     |

**Totalt 15 poeng. 33.3% av maksimum**

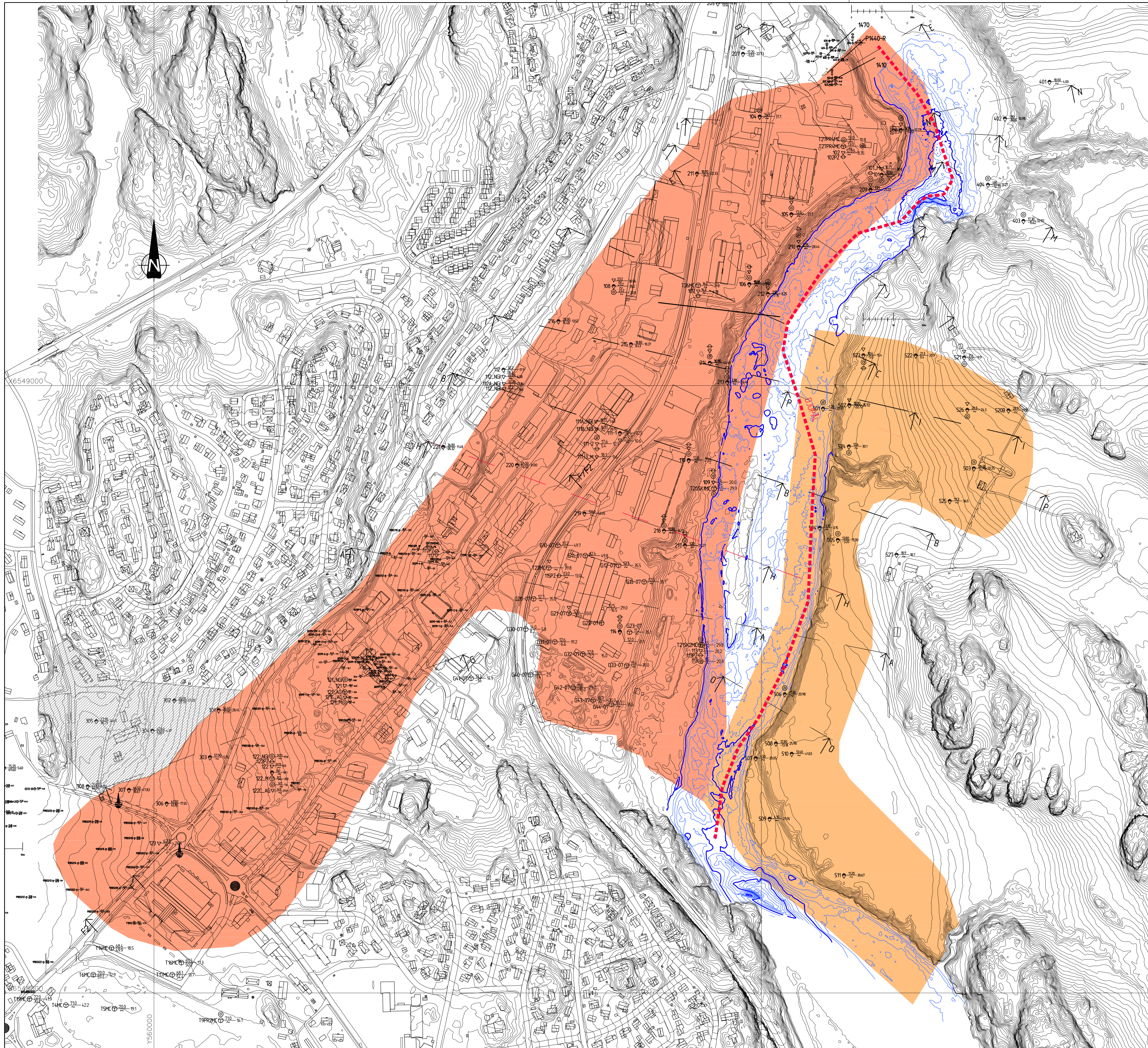
**Sist oppdatert 06.07.2015 av hhe**

## Risiko

**Poeng: 1830**

**Prosent av maksimum: 18.3 %**

**Skrevet ut 2016-03-18**



**FORKLARINGER:**

Boringer utført i forbindelse med utredning av sonen:  
 Boringer med nr. 101 tom. 123 er utført av GeoStrøm AS.  
 Supplerende boringer med nr. 103.M og tilsvarende er utført av Mesta Drift AS.  
 Supplerende boringer med nr. 122.AG og tilsvarende er utført av AkerShus Grunnboring AS.  
 Boringer 103.NG3 og tilsvarende er utført av NGI.

Plassering av tidligere boringer innenfor sonen er omtrentlig angitt (ikke innmålt, koordinater tatt fra kart)  
 Boringer med nr. 122.M, 127.PRM.C og tilsvarende er utført av Multiconsult AS  
 Boringer med nr. 99BS101, BS99-1 og tilsvarende er utført av Bjørn Strøm AS  
 Boringer med nr. G10-07, G11-07 og tilsvarende er utført av Sweco Graner AS

Sirkler angir områder hvor NGIs supplerende boringer ble utført i 2012.

**HENVISNINGER:**

- GeoStrøm AS (2011): Grunnundersøkelse i farezone Stubberud i Larvik kommune. Supplerende grunnundersøkelser og geoteknisk datarapport. Rapport nr. 584/1, utført for NVE Region Sør, datert 23. november 2011.
- Siving, Bjørn Strøm AS (1998): Planlagt bransjesenter, Torstvedt Syd - Grunnundersøkelser. Rapport utført for Hacan Holding AS, datert 27. januar 1998
- Siving, Bjørn Strøm AS (1999): Område for foreretning/kontor ved Nanselveien, Torstvedt Syd - Orienterende grunnundersøkelser. Rapport utført for Hacan Holding AS, datert 22. februar 1999.
- Siving, Bjørn Strøm AS (2005): Grunnundersøkelser for planlagt næringsområde Torstvedt Syd. Rapport utført for Torstvedt Utvikling AS, datert 5. april 2005.
- Siving, Bjørn Strøm AS (1999): Nybygg Torsvang, del 12 --- Geoteknisk rapport. Rapport utført for Allum Bygg AS, datert 7. februar 1999
- Multiconsult AS (2008): Oppdrag 116449. Hovland, Larvik. Grunnundersøkelser: Geoteknisk rapport. Rapport 116449-1, datert 1. februar 2008.
- Multiconsult AS (2008): Oppdrag 116449. Hovland, Larvik. Grunnundersøkelser: Geoteknisk datarapport. Rapport 116449-2, datert 14. august 2008.
- WECO GRØNER AS (2007): Fryslager Hedrum. Grunnundersøkelser. Datarapport. Oppdrag for Findus Norge AS. Rapport nr. 154680-01, datert 13. april 2007.
- COWI AS (2012): Larvik - NVE. Geotekniske grunnundersøkelser, datarapport. Oppdrag for MESTA Drift AS. Oppdragsnr. A031451-01, dok.nr. 1, versjon 1, datert 06.09.2012.
- AkerShus Grunnboring AS: Boredata fra supplerende boringer i Stubberud kvikkleiresone, oversendt pr. e-post til NGI 26.09.2012 og 02.10.2012 fra Per Lovlien, Lovlien Georåd AS.

|             |     |      |    |
|-------------|-----|------|----|
| Tegningsnr: | 010 | Rev: | 02 |
|-------------|-----|------|----|

|                                       |          |                   |
|---------------------------------------|----------|-------------------|
| Borplan og beregningsprofiler         | 010      | 02                |
| 02 Nye grunnundersøkelser             | 2105.15  | AMW ØAH HHe       |
| 01 Nye grunnundersøkelser og profiler | 04.06.14 | Lah ØAH HHe       |
| Rev. Beskrivelse                      | Dato     | Tegn. Kontr. Code |

|  |            |                                  |         |
|--|------------|----------------------------------|---------|
| <b>Stubberud kvikkleiresone</b>              |            | Original format                  |         |
| <b>Geoteknisk utredning</b>                  |            | A1                               |         |
| Borplan og beregningsprofiler                |            | Tegningsfilnavn                  |         |
| 13000  |            | g:\_autograf\rit\010 borplan.dwg |         |
| NGI  |            | Målestokk                        |         |
| Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lillelva Stadion |            | 13000                            |         |
| NO-0806 Oslo, Norway                         |            | NGI                              |         |
| T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48    |            | NGI                              |         |
| www.ngi.no                                   |            | NGI                              |         |
| Dato   | 25.01.2013 | Kontroll / tegner                | KJA/HHe |
| Oppdragsnr:                                  | 20110045   | Kontrollert                      | ØAH     |
| Tegningsnr:                                  | 010        | Godkjent                         | HHe     |
|  |            | Rev.                             | 02      |

| <b>Dokumentinformasjon/Document information</b>   |   |  |
|---|---|--|
| <b>Dokumenttittel/Document title</b><br>Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1255 Stubberud i Larvik<br>Gjelstad kvikkleiresone |   | <b>Dokumentnr./Document No.</b><br>20110045-16-TN          |
| <b>Dokumenttype/Type of document</b><br>Teknisk notat / Technical note  | <b>Distribusjon/Distribution</b><br>Begrenset/Limited | <b>Dato/Date</b><br>2015-06-16                             |
|   |   | <b>Rev.nr.&amp;dato/Rev.No.&amp;date</b><br>2 / 2016-03-29 |
| <b>Oppdragsgiver/Client</b><br>NVE Region Sør   |   |  |
| <b>Emneord/Keywords</b><br>kvikkleire, stabilitet, fylling, poretrykk, risikovurdering  |   |  |

| <b>Stedfesting/Geographical information</b>                         |  |
|---|--|
| <b>Land, fylke/Country</b><br>Norge, Vestfold                       | <b>Havområde/Offshore area</b>         |
| <b>Kommune/Municipality</b><br>Larvik                               | <b>Feltnavn/Field name</b>             |
| <b>Sted/Location</b><br>Gjelstad                                    | <b>Sted/Location</b>                   |
| <b>Kartblad/Map</b><br>1813 III Sandefjord                          | <b>Felt, blokknr./Field, Block No.</b> |
| <b>UTM-koordinater/UTM-coordinates</b><br>Sone: 32 N6548770 E560769 |  |

| <b>Dokumentkontroll/Document control</b>   |   |  |   |   |  |
|--|---|--|---|---|--|
| <b>Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001</b> |   |  |   |   |  |
| <b>Rev/Rev.</b>  | <b>Revisjonsgrunnlag/Reason for revision</b>  | <b>Egenkontroll av/Self review by:</b> | <b>Sidemanns-kontroll av/Colleague review by:</b> | <b>Uavhengig kontroll av/Independent review by:</b> | <b>Tverrfaglig kontroll av/Inter-disciplinary review by:</b> |
| 0  | Originaldokument  | 2015-06-03<br>Åse Marit Wist<br>Amdal  | 2015-06-16<br>Øyvind A. Høydal                    |   |  |
| 1  | Korrigert faresone/konsekvenstabeller i vedlegg A   | 2015-07-06<br>Håkon Heyerdahl          | 2015-07-06<br>Øyvind A. Høydal                    |   |  |
| 2  | Beskrivelse av digital leveranse (SOSI-filer).<br>Lagt ved faktaark for kvikkleiresonen som vedlegg B | 2016-03-29<br>Håkon Heyerdahl          | 2016-03-29<br>Øyvind A. Høydal                    |   |  |
|  |   |  |   |   |  |
|  |   |  |   |   |  |
|  |   |  |   |   |  |
|  |   |  |   |   |  |

|   |                                   |   |
|---|-----------------------------------|---|
| <b>Dokument godkjent for utsendelse/Document approved for release</b> | <b>Dato/Date</b><br>29. mars 2016 | <b>Prosjektleder/Project Manager</b><br>Håkon Heyerdahl |
|---|-----------------------------------|---|

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.

