



RAPPORT

Kvikkleiresoner i Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus

GEOTEKNISK UTREDNING AV SONENE 322

LYSTAD, 1878 LYSTAD SØR OG 709

SUNDHAGEN, FET OG SØRUM KOMMUNER

DOK.NR. 20100119-00-7-R

REV.NR. 2 / 2016-09-23

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.



Prosjekt

Prosjekttittel: Kvikkleiresoner i Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus
Dokumenttittel: Geoteknisk utredning av sonene 322 Lystad, 1878 Lystad sør og 709 Sundhagen, Fet og Sørum kommuner
Dokumentnr.: 20100119-00-7-R
Dato: 2013-06-24
Rev.nr. / Rev.dato: 2 / 2016-09-23

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: NVE Region øst
Kontaktperson: Jaran Wasrud
Kontraktreferanse: Bestilling 011798, datert 16. februar 2010

for NGI

Prosjektleder: Håkon Heyerdahl
Utarbeidet av: Håkon Heyerdahl, Søren Holm, Eivind M. Paulsen
Kontrollert av: Bjørn Kalsnes

Sammendrag

Oppdrag

På oppdrag for NVE Region Øst har NGI utført geoteknisk utredning av tre kvikkleiresoner, sone 322 Lystad i Sørum kommune og sonene 1878 Lystad sør og 709 Sundhagen i Fet kommune.

Grunnforhold

Kvikkleire er påvist eller tolket innenfor alle de tre sonene 322 Lystad, 1878 Lystad sør og 709 Sundhagen.

I sone 322 Lystad og 1878 Lystad ligger kvikkleira relativt dypt, fra 10-12 m dybde eller mer, med nokså horisontal lagdeling. I deler av disse sonene med høyest beliggende berg er det ikke påvist kvikkleire. Bergoverflaten stiger generelt mot øst, men er også varierende innenfor sonene. I sone 709 Sundhagen er kvikkleira også påtruffet relativt dypt i de nordlige delene av sonen, dvs. nærmest Glomma. Bakover i sonen mot sør er

det imidlertid påtruffet kvikkleire rett under terrengoverflaten, fra dybde 1-2 m og til stor dybde.

Risikoevaluering

Faregradsklassifisering for sonene er revurdert. Sone 322 Lystad har ved ny vurdering fått økt faregrad (fra "1 – lav" til "2 – middels"), førøvrig er klassifisering uendret. Sone 1878 Lystad sør hadde ikke tidligere egen klassifisering, men inngikk i sone 322 Lystad. Tabellen nedenfor viser revidert vurdering av klassifisering for alle sonene.

Tabell 1 - Revidert klassifisering av sonene. 322

Sone	Faregradklasse	Konsekvens	Risikoklasse
322 Lystad	2 – Middels	2 – Alvorlig	3 – Middels prioritet
1878 Lystad sør	1 – Lav	2 – Alvorlig	2 – Lav prioritet
709 Sundhagen	2 – Middels	3 – Meget alvorlig	4 – Høy prioritet

Soneutbredelse

Sonenes utbredelse er vurdert basert på forekomst og fordeling av kvikkleire innenfor sonene. Det er ikke funnet grunnlag for å redusere sonenes utbredelse, men de øvre deler av sonene 322 Lystad og 1878 Lystad Sør kan trolig justeres noe, dersom supplerende undersøkelser utføres. Med nærliggende kvikkleire vil også områder uten kvikkleire ut mot de bratte ravinene inngå i sonene. For sone 709 Sundhagen er svært stor mektighet av kvikkleire bekreftet i søndre del av sonen, og soneutbredelsen her kan ikke reduseres.

Stabilitet

Innenfor alle tre soner viser stabilitetsanalyser basert på foreliggende data at beregningsmessig sikkerhet for enkelte skråninger ikke er tilfredsstillende. Dette gjelder særlig de bratte ravineskråningene. Skråningene ned mot Glomma har generelt brukbare stabilitetsforhold.

Tiltak for å redusere faren for kvikkleireskred

For eksisterende bebyggelse uten planlagt tilflytting til området er det ingen spesifikke krav til skråningsstabiliteten. Tiltak bør derfor i første rekke rette seg mot å forhindre prosesser som forverrer stabilitetsforholdene, slik som erosjon og overflateglidninger. Det er viktig å forhindre uønsket menneskelig aktivitet innenfor sonene, slik som graving/utfylling osv. uten forutgående geoteknisk prosjektering, da dette kan forverre stabilitetsforholdene.

Basert på befaring pågår det i liten grad naturlige prosesser innenfor sonene som forverrer stabilitetsforholdene slik at kvikkleireskred kan utløses. Langs Glomma forbi sonene 322 Lystad og 1878 Lystad sør er elvebredden steinsatt. Forbi sone 709 Sundhagen er elvebredden og elvebunnen slak, uten synlig erosjon. Det er imidlertid ved tidligere kartlegging av elvebunnen påvist et større erosjonshull i elva utenfor sonen. Evt. videre utvikling av erosjonen i de ca. 10 år som er gått siden elvebunnskartleggingen er ukjent, og en ny inspeksjon kan være fornuftig. Beregningsmessig stabilitet ut mot

Glomma for sone 709 Sundhagen er forholdsvis god, men det er ikke gjort grunnboringer ute i elva.

Tiltak er beregnet ut fra hva som ville være nødvendig for å sikre sonene for evt. generell tilflytting til sonen iht. NVEs retningslinjer (dvs. tiltakskategori K4). Dette vil kreve betydelige tiltak i form av støttefyllinger. Tiltak av denne størrelse anses ikke nødvendige for å sikre dagens bebyggelse. Langs de bratteste skråningene hvor beregningsmessig stabilitet er dårlig, anbefales det imidlertid noe sikring i form av oppfylling på bunnen av ravinene i alle sonene. Dette anses som tilstrekkelig for å redusere sannsynligheten for dyperegående glidninger.

Stabiliserende tiltak må detaljprosjekteres av geotekniker. Feil utførelse av tiltak kan i verste fall medføre utløsning av skred, med potensielt store konsekvenser.

Overflateskred

Foreslåtte tiltak som forbedrer stabilitetsforholdene for dyperegående glidninger, vil ikke forhindre grunne glidninger i øvre del av skråningene. Det er i liten grad påvist overflateglidninger innenfor sonene, men grunne glidninger kan skje i de bratte skråningene, særlig som følge av høy langtidsnedbør. Egnede tiltak mot overflateskred kan være bl.a. steinplastring, drengrofter, kontrollert nedføring av overvann mv. Overflateskred kan være spesielt ugunstig der kvikkleira ligger grunt.

Byggeprosjekter innenfor sonen

Prosjekter innenfor sonene, og innenfor evt. justerte fremtidige sonegrenser, må håndteres iht. krav til utbygging innenfor kvikkleireområder, som angitt i teknisk veileder til Plan- og Bygningsloven (TEK10). Dette innebærer at byggeprosjekter som omfatter tilflytting til sonen må håndteres iht. krav til områdestabiliteten (dvs. kvikkleireskredfare) ut fra NVEs kvikkleireveileder. I prinsippet kreves sikring av hele sonen til angitt sikkerhetsnivå for byggeprosjekter i kategoriene K3 og K4. Det er gitt enkelte formildende bestemmelser for bygging av enkelthus (inntil 2 boenheter).

Det bemerkes at vanlige prosjekteringsregler uansett gjelder, bl.a. Eurokode 7. Selv om et byggeprosjekt anses akseptabelt mht. områdestabilitet, må geotekniske vurderinger gjøres i hvert byggeprosjekt, inkludert vurdering av lokale stabilitetsforhold.

Detaljerte grunnundersøkelser og lokale geotekniske vurderinger for enkeltprosjekter vil kunne gi som konklusjon at det ikke er kvikkleireskredfare innenfor et byggeområde, selv om tomten ligger innenfor en kartlagt/eksisterende faresone. En mer detaljert vurdering av skredfaren basert på nærmere kartlegging som ledd i geoteknisk prosjektering går foran den generelle kartleggingen. Slike lokale vurderinger for enkelttiltak må imidlertid underlegges nødvendig og lovpålagt kvalitetskontroll, i praksis ekstern uavhengig kontroll, som skal utføres av annet geoteknisk firma enn det som utfører prosjekteringen. I denne rapporten er det flere eksempler på at fravær av kvikkleire på en tomt ikke nødvendigvis er tilstrekkelig til at områdestabiliteten anses ivaretatt, pga. nærhet til skråninger med kvikkleire.

Digital leveranse

I tillegg til denne rapporten inngår også en digital leveranse i SOSI-format samt dataark for de utredete sonene.

Innhold

1	Innledning	9
2	Sikkerhetskrav	11
2.1	Krav til beregningsmessig sikkerhet ved vurdering av områdestabilitet	11
2.2	Mulighet for å anvende prosentvis forbedring i forbindelse med topografiske endringer	11
2.3	Lempende bestemmelser for lav og middels faregrad i tiltakskategori K2 og K3	13
2.4	Kritisk (labil) skråning og sprøbruddeffekt	14
2.5	Endringer i nytt regelverk	14
2.6	Krav til sikkerhet	14
3	Grunnundersøkelser og materialparametere	16
3.1	Tilgjengelige data om grunnforholdene	16
3.2	Forekomst av kvikkleire / sprøbruddmateriale	16
4	Stabilitetsanalyser og stabiliserende tiltak	20
4.1	322 Lystad	20
4.2	1878 Lystad sør	23
4.3	709 Sundhagen	26
5	Faregrads-, konsekvens- og risikovurdering	29
5.1	Gjeldende soneklassifisering	29
5.2	Revidert soneklassifisering	29
6	Utbredelse av kvikkleiresonene og utløpsområder	30
6.1	Soneutbredelse	30
6.2	Utløpsområder	30
6.3	Utløp av skred som løsner utenfor et planområde	30
7	Stabilitet av naturlige skråninger i og utenfor kvikkleiresonen	31
7.1	Innenfor kvikkleiresone	31
7.2	Kvikkleire påvist utenom kvikkleiresoner	32
7.3	Utenfor kvikkleireområder	32
8	Digital leveranse	32
9	Referanser	32

Tegninger

Tegning nr. 020	Borplan 1878 Lystad sør
Tegning nr. 021	Borplan 709 Sundhagen
Tegning nr. 030	Borplan 322 Lystad
Tegning nr. G020	Omfang av sikring for K4-tiltak, 1878 Lystad sør
Tegning nr. G021	Omfang av sikring for K4-tiltak, 709 Sundhagen
Tegning nr. G030	Omfang av sikring for K4-tiltak, 322 Lystad

Vedlegg

A:	Grunnundersøkelser og materialparametere
Figur A1-A7:	Tolkning av aktiv skjærfasthet fra CPTU-sonderinger

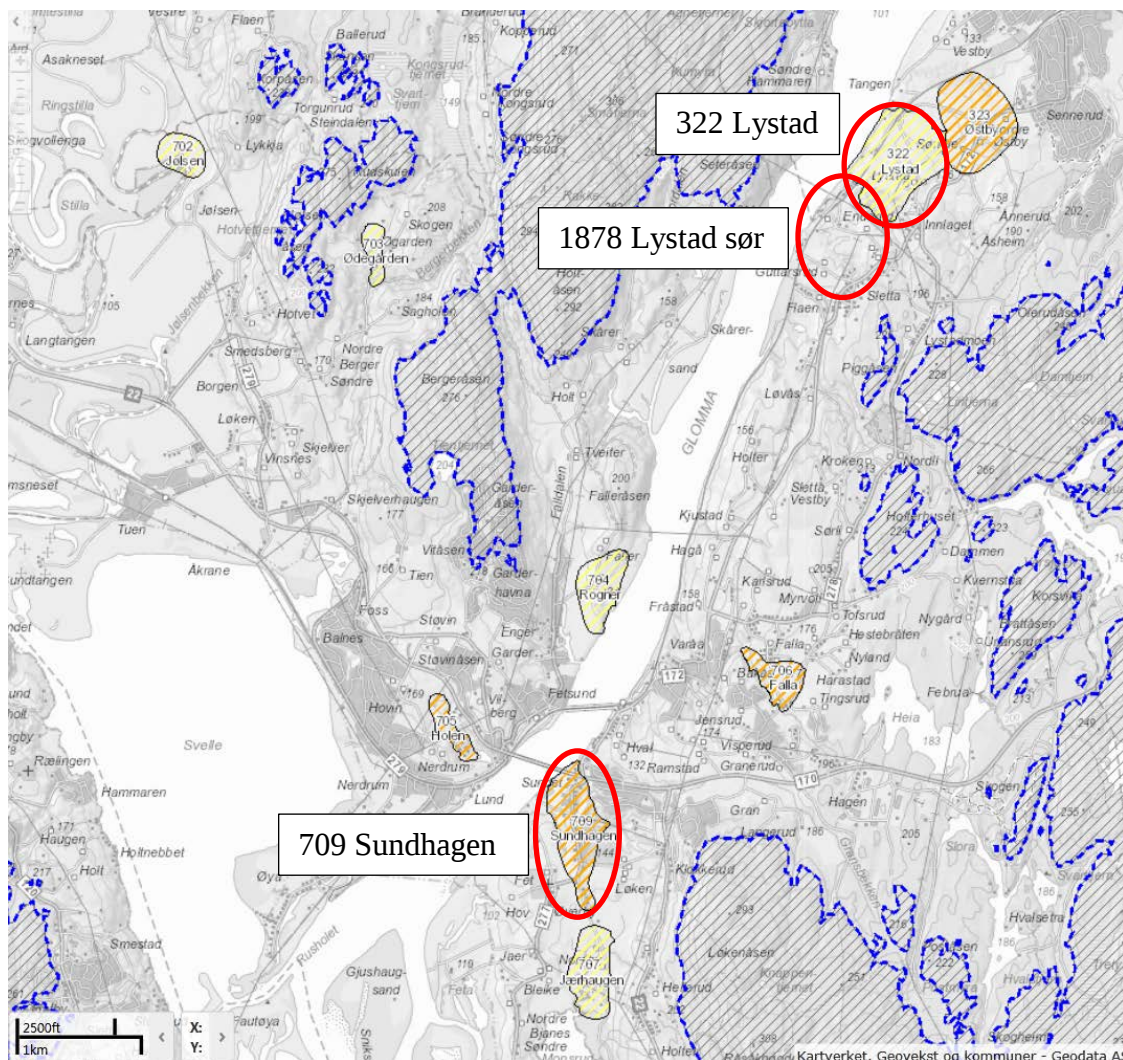
B:	Stabilitetsberegninger, sone 322 Lystad
Figur B1-B2:	Beregningsresultater, profil P2
Figur B3-B5:	Beregningsresultater, profil P3
Figur B6-B10:	Beregningsresultater, profil P4
C:	Stabilitetsberegninger, sone 1878 Lystad sør
Figur C1-C2:	Beregningsresultater, profil P1
Figur C3-C8:	Beregningsresultater, profil P2
D:	Stabilitetsberegninger, sone 709 Sundhagen
Figur D1-D5:	Beregningsresultater, profil A-A
Figur D6-D9:	Beregningsresultater, profil B-B
Figur D10-D11:	Beregningsresultater, profil C-C
Figur D12-D16:	Beregningsresultater, profil D-D
E:	Faregradsevaluering
F:	Utbredelse av kvikkleiresonen
Figur F1-F5:	Kart med tolkning av kvikkleireforekomst
Figur F6-F8:	Sammenstilling av tolket kvikkleire
G:	Faktaark og digital leveranse
Figur G1-G3:	Faktaark for sonene 322 Lystad, 1878 Lystad sør og 709 Sundhagen

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

På oppdrag fra NVE har NGI utført utredning av kvikkleiresone 322 Lystad, 1878 Lystad sør og 709 Sundhagen i Sørum og Fet kommuner, jfr. Figur 1. Kontaktperson i NVE Region Øst er Jaran Wasrud¹.

Denne rapporten oppsummerer geotekniske vurderinger gjort i forbindelse med soneutredningene. Det er utført stabilitetsberegninger for utvalgte lengdeprofiler innenfor hver sone basert på foreliggende grunnundersøkelser. Det gjøres iht. ref. /6/ også en revurdering av sonenes klassifisering, samt gis en vurdering av potensial for justering av sonegrensen.

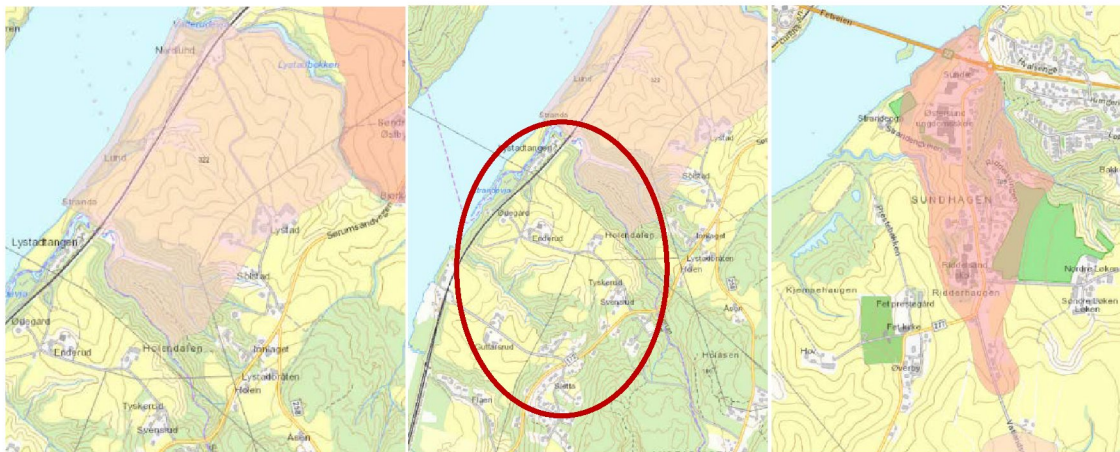


Figur 1 Oversiktskart (www.skrednett.no). Kvikkleirefaresonene 322 Lystad, 1878 Lystad sør og 709 Sundhagen markert med rødt. Sone 1878 Lystad sør er ikke publisert på www.skrednett.no.

¹ Ved oppstart av utredningen var Roar Øvre kontaktperson for oppdraget

Sone 322 Lystad ligger langs Glommas østre bredd i Sørums kommun, rett nord for kommunegrensen til Fet. Opprinnelig sone 322 Lystad omfattet arealer på begge sider av kommunegrensen Fet/Sørums (ref. /1/), men arealer på Fet-siden av kommunegrensen har senere falt ut av sonen, og er ikke vist på gjeldende publisering på www.skrednett.no. Areal fra opprinnelig sone innenfor Fet kommune er i forbindelse med pågående utredning definert som en selvstendig sone: 1878 Lystad sør (sonenummer mottatt fra NVE). Figur 2 viser beliggenhet/utstrekning av kvikkleiresonene.

- Sone 322 Lystad har fra tidligere vurdering faregradklasse "1 - lav", konsekvensklasse "2 - alvorlig" og risikoklasse "3 – middels prioritet".
- Sone 1878 Lystad sør inngikk tidligere i sone 322 Lystad, og har fra før ikke egen klassifisering.
- Sone 709 Sundhagen har fra tidligere vurdering faregradsklasse "2 - middels", konsekvensklasse "3 - meget alvorlig" og risikoklasse "4 - høy prioritet".



Figur 2 Kvikkleirefaresone 322 Lystad (til venstre), 1878 Lystad sør (i midten) og 709 Sundhagen (til høyre)

2 Sikkerhetskrav

2.1 Krav til beregningsmessig sikkerhet ved vurdering av områdestabilitet

For utbygging innenfor kvikkleireområder stiller NVEs retningslinjer krav til områdestabiliteten (ref. /5/). Referanse til retningslinjene er også tatt inn i TEK10 (/16/). Krav til områdestabiliteten knytter seg til alle skråninger innenfor kvikkleiresonen hvor evt. brudd kan resultere i utløsning av kvikkleireskred. Dette gjelder selv om det planlagte tiltaket kan ligge i relativt stor avstand fra skråning, og i realiteten heller ikke har noen innvirkning på skråningsstabiliteten. Kravene gjelder generelt ikke for eksisterende boliger, men for tiltakskategorier spesifisert i ref. /5/. For eksisterende bebyggelse er det generelt ingen spesifikke krav til skrånings- eller områdestabilitet (men ved regulering av boligområder i nyere tide kan likevel krav om sikkerhet være fastlagt).

I tilfeller der det planlegges tilflytting til en kvikkleiresone, er krav til områdestabiliteten som hovedprinsipp innfridd dersom det kan dokumenteres tilstrekkelig beregningsmessig sikkerhet, dvs. både drenert og udrenert analyse gir materialfaktor $\gamma_m \geq 1,4$ for skråningen. Dersom skråningen har for lav sikkerhet før tiltak, må stabiliserende tiltak gjennomføres slik at kritisk glideflate etter tiltak får materialfaktor $\gamma_m \geq 1,4$.

I tillegg til bestemmelser med krav til beregningsmessig sikkerhet, åpner ref. /5/ mulighet for prosentvis forbedring av stabiliteten, se avsnitt 2.2. Det er også gitt enkelte lempende bestemmelser til kravet om beregnet materialfaktor, avhengig av faregrad for sonen, se avsnitt 2.3.

2.2 Mulighet for å anvende prosentvis forbedring i forbindelse med topografiske endringer

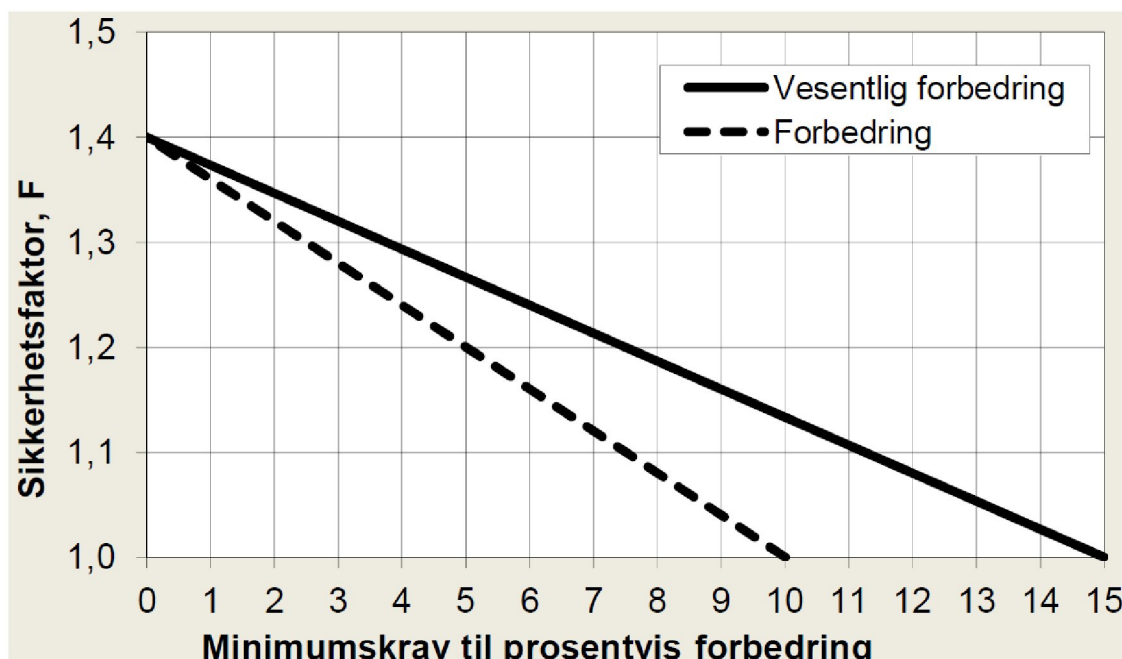
Kravet til materialfaktor $\gamma_m \geq 1,4$ er ofte ikke gjennomførbart av praktiske/økonomiske årsaker. Alternativt kan det da gjøres tiltak som medfører en forbedring av stabilitetsforholdene, etter gitte kriterier. Aktuelle tiltak omfatter topografiske endringer, dvs. typisk støttefylling eller utslaking/avlastning av skråninger, i tillegg til masseskifting med lette masser. Konstruktive tiltak, som grunnforsterkning, spunt- og andre støttekonstruksjoner, omfattes ikke av denne bestemmelsen, og for slike tiltak må det dokumenteres materialfaktor $\gamma_m \geq 1,4$.

Utdrag av sikkerhetskrav fra ref. /5/ for spesifiserte tiltakskategorier K2-K4 er vist i Figur 3. De alternative strategiene for å innfri sikkerhetskravene, enten ut fra absolutt krav til materialfaktor, eller ut fra prosentvis forbedring, fremgår av tabellen (Figur 3). Tiltak som medfører tilflytting til et kvikkleireområde, vil havne enten i tiltaksklasse K3 eller K4.

Spesifikke krav til økning av materialfaktoren ved anvendelse av prosentvis forbedring er gitt i Figur 4. Det skilles mellom "forbedring" og "vesentlig forbedring", ut fra tiltaksklasse/faregrad. Krav om "forbedring" og "vesentlig forbedring" iht. ref. /5/ innebærer krav om maksimalt hhv. 10 % og 15 % forbedring av beregningsmessig sikkerhet sammenliknet med dagens situasjon (situasjon før tiltak). Maksimalkravet gjelder for labil skråning, dvs. stabilitetsberegning viser at skråningen i dagens situasjon er på grensen til brudd (beregnet $\gamma_m \leq 1,0$).

Tiltakskategori. Type tiltak som inngår i tiltakskategorien	Hvordan oppnå tilfredsstillende sikkerhet for ulike faregrad		
	Faregrad før utbygging: Lav	Faregrad før utbygging: Middels	Faregrad før utbygging: Høy
<p>K2: Tiltak som er nevnt under kategori K1 når tiltaket vil påvirke stabiliteten negativt dersom det ikke gjennomføres stabiliserende tiltak utenom selve tiltaket.</p> <p>Dersom tiltaket medfører tilflytting av personer skal tiltaket plasseres i tiltakskategori K3 eller K4.</p>	<p>a) Stabilitetsanalyse som dokumenterer sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ eller</p> <p>b) Ikke forverring **</p> <p>Kvalitetssikres av kollega.*</p>		<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ eller</p> <p>b) Ikke forverring hvis $F > 1,2$, eller</p> <p>c) Forbedring hvis $F \leq 1,2$, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>
<p>K3: Tiltak som medfører tilflytting av personer med inntil to boenheter, begrenset personopphold eller tiltak med stor verdi (utover tiltak i K0-K2). Ved planlagt større tilflytting/ personopphold gjelder K4.</p> <p>Eksempler er bolighus og fritidsbolig med inntil to boenheter, større driftsbygninger i landbruket, mindre utendørs publikumsanlegg, mindre næringsbygg, større VA-anlegg.</p>	<p>a) Stabilitetsanalyse som dokumenterer sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ eller</p> <p>b) Ikke forverring**</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>	<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ eller</p> <p>b) Ikke forverring hvis $F \geq 1,2$, eller</p> <p>c) Forbedring hvis $F < 1,2$, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>	<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ eller</p> <p>b) Forbedring hvis $F < 1,4$, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>
<p>K4: Tiltak som medfører større tilflytting/personopphold enn tiltak i K3 samt tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner.</p> <p>Eksempler er mer enn to eneboliger /fritidsboliger, rekkehus/boligblokk, bolig- og hyttefelt, skole og barnehage, sykehjem, større næringsbygg, kontorbygg, idretts- og industrianlegg, større utendørs publikumsanlegg, lokale beredskapsinstitusjoner.</p>	<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ eller</p> <p>b) Forbedring hvis $F < 1,4$, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>		<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ eller</p> <p>b) Vesentlig forbedring hvis $F < 1,4$, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>

Figur 3 Tiltakskategorier K2 - K4 og sikkerhetskrav iht. ref. /5/



Figur 4 Krav til prosentvis forbedring ut fra beregnet sikkerhetsfaktor før tiltak iht. ref. /5/

2.3 Lempende bestemmelser for lav og middels faregrad i tiltakskategori K2 og K3

For lav og middels faregrad (før utbygging) er det i gjeldende NVE-retningslinjer (ref. /5/) gitt enkelte lempende bestemmelser, ut fra en kombinasjon av faregrad og beregningsmessig sikkerhet for dagens situasjon.

- Tiltak i tiltakskategori K2 er akseptable dersom tiltaket i seg selv ikke fører til forverring av områdestabiliteten. Tiltakskategori 2 er ikke aktuell for tilflytting av personer til en kvikkleiresone.
- Det åpnes samtidig for tiltak som medfører tilflytting til en kvikkleiresone med inntil 2 boenheter (dvs. tiltakskategori K3) i soner med lav og middels faregrad, uten å innfri krav om materialfaktor $\gamma_m > 1,4$. For lav faregrad er det tilstrekkelig at stabiliteten ikke forverres, mens det for middels faregrad skilles mellom beregnet materialfaktor $\gamma_m < 1,2$ eller $\gamma_m > 1,2$. For beregnet materialfaktor $\gamma_m > 1,2$ er det tilstrekkelig å unngå forverring, mens forbedring av stabiliteten kreves for lavere beregnet sikkerhet.
- For tiltak som faller innunder tiltakskategori K4 (dvs. større planlagt tilflytting/personopphold) er kravet enten beregnet materialfaktor $\gamma_m > 1,4$ eller prosentvis forbedring iht. Figur 4, som angir "forbedring" (lav og middels faregrad) eller "vesentlig forbedring" (høy faregrad).

2.4 Kritisk (labil) skråning og sprøbruddeffekt

Teoretisk sett kan ikke en eksisterende skråning ha lavere materialfaktor enn $\gamma_m = 1,0$ (skråningen ville da gå til brudd). Ofte resulterer stabilitetsberegninger likevel i materialfaktor $\gamma_m < 1,0$. Dersom beregnet materialfaktor er vesentlig lavere enn $\gamma_m = 1,0$ kan det være aktuelt å oppjustere styrkeparametrene, slik at beregnet materialfaktor blir $\gamma_m = 1,0$ (dvs. skråningen er beregningsmessig kritisk). Dette vil så danne utgangspunkt for nye beregninger, eksempelvis for stabiliserende tiltak ved prosentvis forbedring.

Kravene i NVEs retningslinjer om 15% reduksjon av aktiv skjærfasthet i sprøbruddmateriale kan ha vesentlig innflytelse på beregningsmessig sikkerhet. I noen tilfeller medfører denne reduksjonen i seg selv at beregnet materialfaktor γ_m blir mindre enn 1,0 for eksisterende skråninger. Reduksjon av skjærfastheten er ment å være en "en bloc" kompensasjon for "sprøbruddeffekten", dvs. styrkereduksjon i sensitiv leire ved økende skjærtøyning. Reduksjonen i styrke inntreffer ikke før skråningen nærmer seg brudd, og vil derfor kunne ha den beskrevne betydning for beregningsresultatet. Dette gjelder særlig der store deler av glideflaten går gjennom kvikkleire. I slike situasjoner er det ikke nødvendigvis riktig å oppjustere styrkeprofilen.

Det er også andre faktorer som kan bidra til at beregnet sikkerhet blir lav, blant annet at valg av styrkeparametere skal gjøres forsiktig (e.g. i hht. Eurokode 7, ref. /22/, /23/). Stabiliserende effekt av bl.a. tørrskorpelag vil også ofte undervurderes eller vurderes forsiktig. Alternativt til å øke styrkeprofilen kan derfor prosentvis forbedring ta utgangspunkt i beregnet materialfaktor, selv om beregnet $\gamma_m < 1,0$.

FOU-prosjekter ved NGI (som del av "NIFS"-prosjektet) har studert størrelse av sprøbruddeffekten og differensiering mellom belastningssituasjoner som har/ikke har betydning for aktivering av "sprøbruddeffekt" i kvikkleire (ref. /15/). Foreløpig er resultatene ikke tatt inn i NVEs retningslinjer.

2.5 Endringer i nytt regelverk

I gjeldende NVE-retningslinjer (ref. /5/) er det ikke lenger krav om at alle glidesirkler som har $\gamma_m < 1,4$ i dagens situasjon skal ha forbedring iht. Figur 4 dersom det benyttes prosentvis forbedring. Størrelse av tiltak vurderes vanligvis derfor kun ut fra mest kritiske glideflate før og etter tiltak (og disse er normalt forskjellige). I enkelte tilfeller kan det likevel vurderes nødvendig å se på økning i sikkerhetsfaktorer for flere alternative glideflater.

2.6 Krav til sikkerhet

Utredningen har ikke som uttalt mål at det skal åpnes for generell tilflytting til sonene, men oppdragsbeskrivelsen (ref. /6/) beskriver at det skal gis forslag til sikringstiltak og stabilitetsforbedrende tiltak. Ut fra retningslinjene vil tilflytting til kvikkleiresoner

(uansett faregrad) generelt havne i tiltakskategori K3 eller K4. Det er som del av utredningen vurdert nødvendig omfang av tiltak dersom målet var å legge til rette for tiltak i tiltakskategori K4, dvs. tiltak som gjør det mulig å åpne sonene for generell tilflytting uten begrensning på antall boenheter.

2.6.1 Tiltakskategori K4

Tiltakskategori K4 omfatter tiltak som medfører generell tilflytting, for eksempel større feltutbygginger.

Forutsetninger for tiltak i tiltakskategori K4:

- For tiltak i tiltakskategori K4 kreves generelt materialfaktor $\gamma_m > 1,4$ for alle skråninger innenfor sonen som kan ha betydning for områdestabiliteten (Figur 3).
- Dersom tiltak består av topografiske endringer, er kravet prosentvis forbedring tilsvarende "forbedring" (0-10 % forbedring) eller "vesentlig forbedring" (0-15 % forbedring), avhengig av opprinnelig faregrad for sonen. Den prosentvise forbedring er maksimal for skråning som er beregningsmessig kritisk, avtakende til ingen krav til forbedring for materialfaktor $\gamma_m = 1,4$ i dagens situasjon.

2.6.2 Tiltakskategori K3

Dersom utredning av sonene ikke åpner for tiltak i tiltakskategori K4, kan tiltak likevel vurderes ut fra krav til tiltakskategori K3.

Denne tiltakskategorien omfatter bl.a. oppføring av inntil 2 bolighus, men ikke planlagt større tilflytting (feltutbygging). Derved vil det eksempelvis kunne bygges enkelthus ved utskilling av tomter fra eksisterende boliger. Det er ikke gitt noe tak for antall ganger dette kan skje innenfor en sone.

Forutsetninger for tiltak i tiltakskategori 3:

- For tiltak i tiltakskategori K3 kreves generelt materialfaktor $\gamma_m > 1,4$ (Figur 3).
- Tiltak i tiltakskategori K3 (Figur 3) kan gjennomføres innenfor sonen dersom beregnet materialfaktor for områdestabiliteten tilfredsstillende $1.4 > \gamma_m > 1.2$ (for faregradsklasse "middels") eller $1.4 > \gamma_m$ (for faregradsklasse "lav"), forutsatt at tiltaket ikke medfører forverring av stabiliteten.
- For $\gamma_m < 1.2$ (for faregradsklasse "middels") kreves "forbedring"² iht. Figur 4.

² For skråninger med γ_m ca. 1.12-1.2 vil "forbedring" resultere i $\gamma_m > 1.2$ etter tiltak, dvs. bedre sikkerhet enn grenseverdien på $\gamma_m = 1.2$ som utløser krav om forbedring.

3 Grunnundersøkelser og materialparametere

Kvikkleiresonene 322 Lystad, 1878 Lystad sør og 709 Sundhagen ligger i sin helhet under marin grense i områder hvor det ifølge NGUs løsmassekart er tykke havavsetninger.

3.1 Tilgjengelige data om grunnforholdene

Det er benyttet data fra tidligere kvikkleirekartlegging (ref. /1/) samt grunnundersøkelser utført i forbindelse med soneutredningen (ref. /4/). Beliggenhet av boringer benyttet i utredningsarbeidet for de tre sonene er vist på Tegning 020, Tegning 021 og Tegning 030. Det vises til vedlegg A for detaljert beskrivelse av grunnundersøkelser og materialparametere.

Borpunkter utført i forbindelse med soneutredningen:

Sone 322 Lystad	Borpunktene 101-106
Sone 1878 Lystad sør	Borpunktene 201-206
Sone 709 Sundhagen	Borpunktene 401-406

Borpunkter utført i forbindelse med tidligere kvikkleirekartlegging:

Sone 322 Lystad	Borpunktene 121_NGI og 122_NGI
Sone 1878 Lystad sør	Borpunkt 120_NGI
Sone 709 Sundhagen	Borpunktene 107_NGI og 110_NGI

Basert på tilgjengelige grunnundersøkelser er en generell beskrivelse av grunnforholdene gitt i

Tabell 1 for de tre sonene.

3.2 Forekomst av kvikkleire / sprøbruddmateriale

Tolkning av forekomst av sprøbruddmateriale i borpunktene er oppsummert i

Tabell 2³. Det er gjort en vurdering av mulig forekomst av sprøbruddmateriale for hvert enkelt borpunkt, med angivelser som følger:

- ↗ "Påvist": Prøver bekrefter at det er sprøbruddmateriale i punktet.
- ↗ "Sannsynlig": Tolkning tilsier at det må antas sprøbruddmateriale i punktet.
- ↗ "Mulig": Det kan ikke sees helt bort fra muligheten for sprøbruddmateriale i punktet, men tolkning tilsier at det trolig ikke er sprøbruddmateriale.
- ↗ "Lite sannsynlig": Prøver viser at det ikke er sprøbruddmateriale i punktet, eller tolkning av soneringsdata tilsier at det sannsynligvis ikke er sprøbruddmateriale.

I Vedlegg A er det gitt en nærmere diskusjon av tolkningen av data og valg av materialparametere for stabilitetsanalysene. Tolkning av lagdeling og valgte materialparametere er også illustrert på figurene i Vedlegg B–Vedlegg D med beregningsprofiler og -resultater.

Tabell 1 Generell beskrivelse av grunnforholdene i de tre sonene basert på tilgjengelige grunnundersøkelser

Sone	Beskrivelse av grunnforhold
322 Lystad	<ul style="list-style-type: none"> - Sondert dybde gjennom løsmasser er fra 3 m til 40 m. - Berg er antatt påtruffet i to av dreietrykksoneringene i den sørlige del av sonen, hvor antatt berg ligger på kote ca. +85 i det ene punktet og ca. +112 i det andre punktet. - Det er i hovedsak boret gjennom et tynt topplag av antatt sand (silt), deretter tørrskorpeleire i noen meters tykkelse, og deretter gjennom et tykt lag med middels fast leire, som i dybden antas å være kvikk i flere av borpunktene. - Det er begrenset med data for å vurdere poretrykksforhold, se Vedlegg A.
1878 Lystad sør	<ul style="list-style-type: none"> - Sondert dybde gjennom løsmasser er fra 2 m til 42 m. - Berg er antatt påtruffet i fire av dreietrykksoneringene – de to mest vestlige borpunktene og de to mest østlige borpunktene. I de vestlige borpunktene er berg antatt på kote ca. +100 og i de østlige borpunktene er berg antatt på kote ca. +113 og +144. - Det er i hovedsak boret gjennom tørrskorpeleire med flere meters tykkelse. I enkelte borpunkter er det et fast topplag av antatt sand (silt). Under tørrskorpa går massene gradvis over til middels fast leire, som i dybden antas å være kvikk i flere av borpunktene. - Det er begrenset med data for å vurdere poretrykksforhold, se Vedlegg A.

³ Sprøbruddmateriale er definert som materiale med omrørt skjærfasthet < 2 kPa og antatt sensitivitet > 15 i ref. /5/

709 Sundhagen

- Sondert dybde gjennom løsmasser er fra 17 m til 41 m.
- Berg er antatt påtruffet i tre av dreietrykksonderingene - det nordligste borpunkt og de to mest østlige borpunktene. I det nordligste borpunkt ligger berg antatt på kote ca. +98 og i de to østligste borpunktene er berg antatt på kote ca. +103 og +125.
- Det er i hovedsak boret gjennom et topplag av tørrskorpe ned i tykke lag av middels fast leire og kvikkleire.
- Det er begrenset med data for å vurdere poretrykksforhold, se Vedlegg A.

Tabell 2 Borpunkter med antatt beliggenhet av sprøbruddmateriale

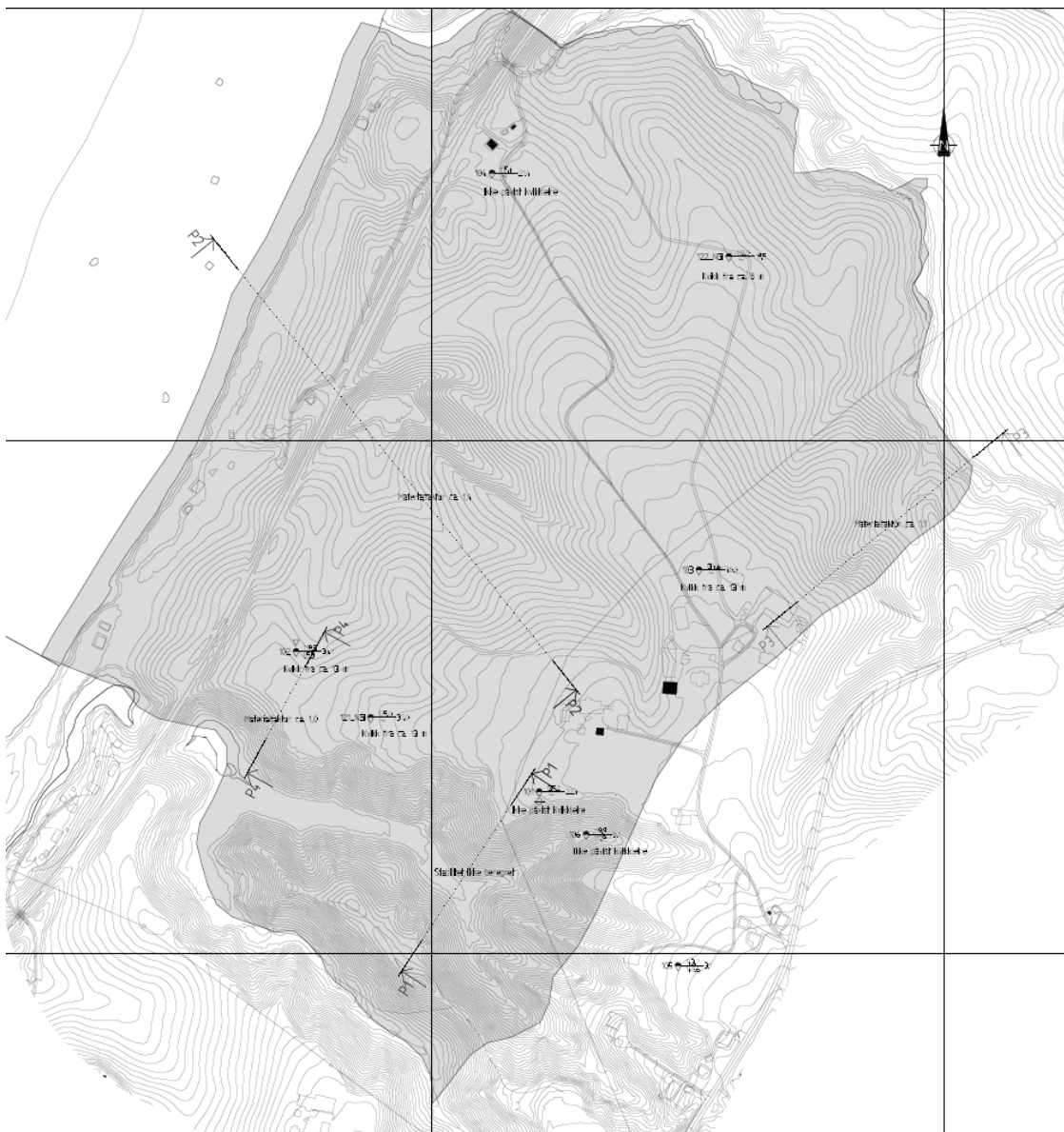
Sone	Punkt	Profil	Terreng	Antatt ok. sprøbruddmateriale	Antatt berg*	Mektighet løsmasser	Kvikkleire?	Kommentar
	[Nr.]	[Nr.]	[kote]	[kote]	[kote]	[m]	-	-
322 Lystad	101	P1 P2	135,2	-	110,8	>22	Lite sannsynlig	Prøver til 13 m (ikke kvikkleire)
	102	P4 P2	119,3	105,8	85,3	~34	Sannsynlig	Stopp mot antatt berg
	103	P3	134,6	116,1	87,7	>40	Sannsynlig	-
	104	P2	115,4	-	94,0	~21	Lite sannsynlig	-
	105	-	143,7	-	140,6	~3	Lite sannsynlig	Stopp mot antatt berg
	106	-	119,9	-	111,9	~8	Lite sannsynlig	Stopp mot antatt berg
	121_NGI	-	125,0	112,0	88,0	~37	Sannsynlig	Stopp mot antatt berg
	122_NGI	-	118,0	110,0	98,5	~20	Sannsynlig	Stopp mot antatt berg
1878 Lystad sør	201	P1	136,9	-	122,1	~15	Lite sannsynlig	Prøver til 13 m (ikke kvikkleire)
	202	P2	121,1	104,0	99,7	~21	Sannsynlig	Stopp mot antatt berg
	203	-	123,4	104,0	93,0	~30	Sannsynlig	-
	204	-	148,5	-	143,7	~5	Lite sannsynlig	Stopp mot antatt berg
	205	P2	102,1	101,5	100,2	~2	Mulig	Stopp mot antatt berg
	206	P1	118,3	113,3	112,7	~6	Mulig	Stopp mot antatt berg
	120_NGI	-	127,0	112,0	84,6	~42	Sannsynlig	-
709 Sundhagen	401	A-A	130,3	115,0	102,7	~28	Påvist	Prøver til 23 m (kvikk under 16 m)
	402	D-D	114,6	102,0	97,8	~17	Sannsynlig	-
	403	B-B D-D	120,2	100,0	94,1	~26	Sannsynlig	Prøver til 19 m (ikke kvikkleire)
	404	C-C	127,4	127,0	87,4	~40	Sannsynlig	-
	405	-	129,1	127,0	94,3	~35	Påvist	Prøver til 15 m (kvikk under 4 m)
	406	-	143,1	-	125,2	~18	Lite sannsynlig	-
	107_NGI	-	129,0	126,5	87,8	~41	Sannsynlig	-
	110_NGI	A-A	130,0	116,0	98,0	~32	Sannsynlig	Stopp mot antatt berg

*) Generelt ikke utført bergkontroll

4 Stabilitetsanalyser og stabiliserende tiltak

4.1 322 Lystad

Det er valgt fire, antatt kritiske, tversnitt i terrenget for beregning av skråningsstabiliteten. Profilene P1, P2, P3 og P4 er vist på på Figur 5 og i større format på Tegning 030.



Figur 5 Sone 322 Lystad med beregningsprofiler P1 tom. P4. Utsnitt fra Tegning 030. En rute på kartet utgjør 500 m i terrenget.

Beregningsresultater fra stabilitetsanalyser er presentert i Vedlegg B og kort oppsummert i Tabell 3.

Tabell 3 Oppsummering av stabilitetsberegninger (sone 322 Lystad) for dagens situasjon og krav i ref. /5/ til forbedring av skråningsstabiliteten (for tiltakskategori K4).

Profil	Beskrivelse	γ_m			
		Udrenert analyse		Drenert analyse	
		Dagens situasjon	Krav til forbedring*)	Dagens situasjon	Krav til forbedring*)
P1	Ingen indikasjon på kvikkleire	-	-	-	-
P2		1,39	-	2,81**) 2,90 ***)	-
P3		1,09	1,17	1,78	-
P4		1,00	1,10	1,31	1,34

*) Krav til forbedring i hht. ref. /5/

**) Kritisk glideflate skjærer ikke ned i kvikkleire

***) Gjelder glideflate som skjærer ned i kvikkleire

Profil P1

Profil P1 går sørvestover ned i den dype ravinen som avgrensner kvikkleiresonen mot syd. Skråningen ned i ravinen er ca. 30 m høy, med helning ca. 1:2,4.

Tilgjengelig data fra grunnundersøkelsene gir ingen indikasjon på kvikkleire i dette profilet, og derfor er det ikke utført noen stabilitetsberegninger her.

Profil P2

Profil P2 går fra plataået midt i sonen og mot vest, ned den relativt slake skråningen mot jernbanefyllingen og mot Glomma. Skråningen ned mot jernbanen har snitthelning ca. 1:10. Høydeforskjellen langs profilet er ca. 30 m.

Det anses ikke å være behov for tiltak for å forbedre stabiliteten i profil P2 basert på beregningene for dagens situasjon (Tabell 3).

Profil P3

Profil P3 går fra den nordlige bebyggelsen på Lystad, og ned skråningen mot ravinen som avgrensner kvikkleiresonen i nord. Skråningshelningen er ca. 1:5,5–1:6 mellom kote 110 og 135. Skråningen faller så noe slakere ned i ravinen.

Stabilitetsanalyse for dagens situasjon gir $\gamma_m < 1,4$ (Tabell 3) for udrenert analyse. Kvikkleire antas å ligge grunt i foten av skråningen. Tiltak som omfatter 2 m oppfylling med stein fra stedet hvor skråningen begynner å falle noe slakere (ca. kote 120) og med

bredde ca. 70 m ned mot bunn av ravinen er tilstrekkelig for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet i henhold til angitt krav til forbedring for tiltakskategori K4.

Profil P4

Profil P4 går fra borpunkt 102 ned i ravinen mot sør. Skråningen er her ca. 18 m høy, og blir gradvis høyere i retning profil P1 lenger øst i ravinen.

Stabilitetsanalyse for dagens situasjon gir $\gamma_m < 1,4$ (Tabell 3) for både udrenert og drenert analyse. Kvikkleire antas å ligge grunt i foten av skråningen. Tiltak som omfatter en 28 m bred og 3 m høy fylling med stein i foten av skråningen er tilstrekkelig for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet i henhold til angitt krav om forbedring for tiltakskategori K4.

Tiltak innenfor sonen

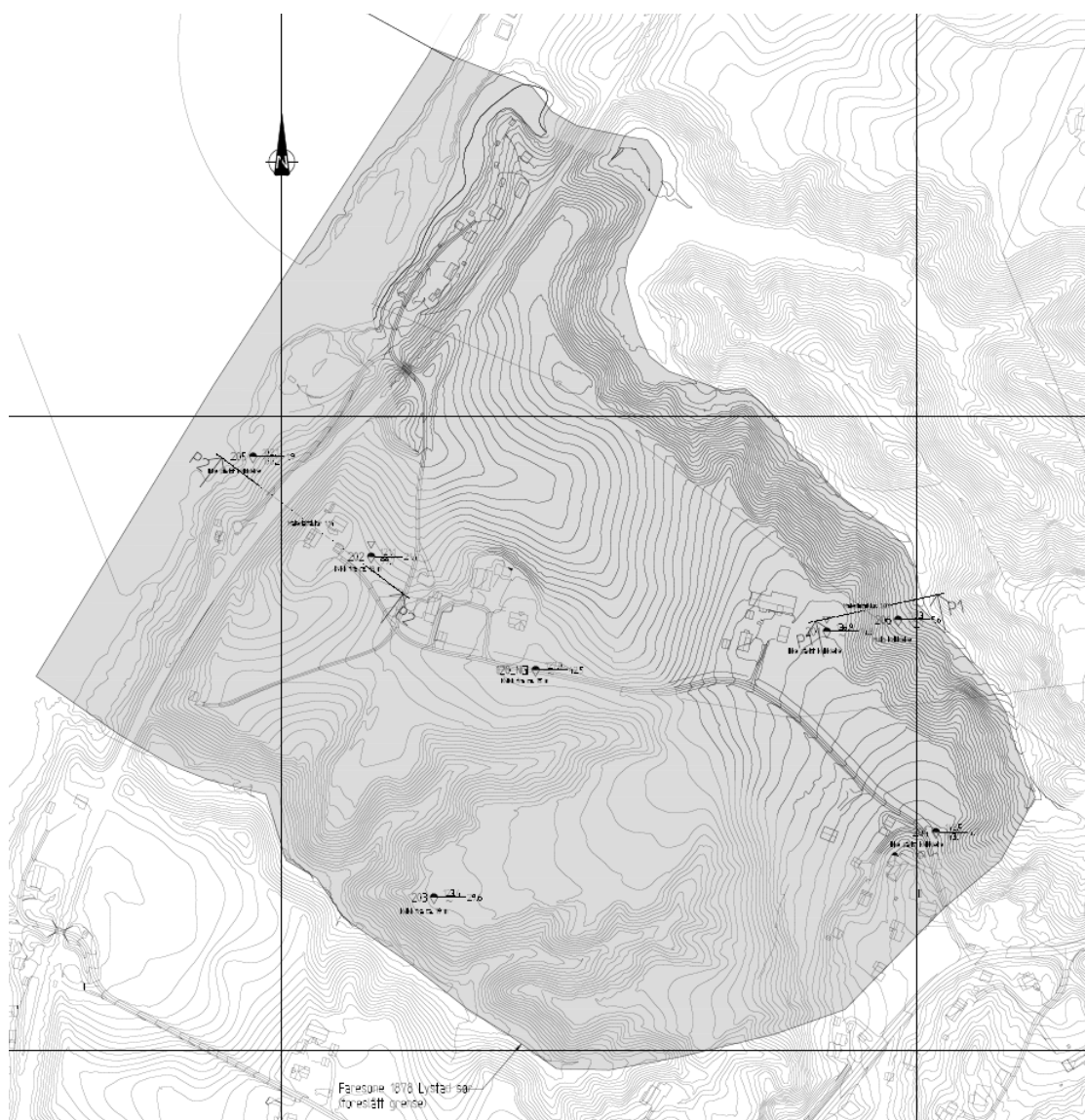
Noenlunde omfang av nødvendige tiltak for å oppnå tilfredsstillende skråningsstabilitet for tiltak som innebærer tilflytting til sonen (dvs. tiltakskategori K4 i ref. /5/), er vist på Tegning G030. Dersom større utbygginger planlegges innenfor sonen, vil det normalt være opp til utbyggere, evt. i samarbeid med kommunen, å utføre sikringstiltak som fullt ut tilfredsstiller kravene i NVEs kvikkleireveiledning (ref. /5/). Tiltak må detaljprosjekteres.

For eksisterende situasjon alene kan det vanskelig forsvares å utføre tiltak av den størrelse som beregningene viser at er nødvendig for å oppnå "full sikring". Ettersom det ikke er observert erosjon av betydning i bekkene innenfor sonen, og heller ikke langs Glomma, hvor elvebredden er steinsatt, vil dagens situasjon i prinsippet være noenlunde under kontroll, og sannsynligheten for naturlig utløste skred moderat. For å sikre sonen kun for eksisterende bebyggelse anbefales derfor ikke så omfattende tiltak som vist på Tegning G030.

Noe stabilitetsforbedring anbefales imidlertid for ravinene både i nord og i sør. Som alternativ til beregnet tiltak foran, foreslås fyllinger med begrenset tykkelse (1-2 m) i bunnen av ravinen. Dette vil gi noe forbedring av stabilitetsforholdene og redusere potensialet for naturlig utløste dyperegående glidninger i disse skråningene. Samtidig vil slike tiltak (dersom de utføres riktig) redusere potensialet for evt. fremtidig erosjon langs bekkeleier/bunnen av raver. Tiltaket er imidlertid ikke tilstrekkelig til å åpne for generell tilflytting til sonen.

4.2 1878 Lystad sør

Det er valgt to tverrsnitt i terrenget for beregning av skråningsstabiliteten. Profilene P1 og P2 er vist på Figur 6 og i større format på Tegning 020.



Figur 6 Sone 1878 Lystad sør med beregningsprofiler P1 og P2. Utsnitt fra Tegning 020. En rute på kartet utgjør 500 m i terrenget.

Beregningsresultater fra stabilitetsanalyser er presentert i Vedlegg C og kort oppsummert i Tabell 4.

Tabell 4 Oppsummering av stabilitetsberegninger (sone 1878 Lystad sør) for dagens situasjon og krav i ref. /5/ til forbedring av skråningsstabiliteten (for tiltakskategori K4).

Profil	Beskrivelse	γ_m			
		Udrenert analyse		Drenert analyse	
		Dagens situasjon	Krav til forbedring*)	Dagens situasjon	Krav til forbedring*)
P1	Ingen indikasjon på kvikkleire	1,18	-	1,07	-
P2	Dypt beliggende berg	1,14	1,21	1,17**) 1,51***)	-
	Grunt beliggende berg	1,30	1,33	1,17**) 1,52***)	-

*) Krav til forbedring i hht. ref. /5/

**) Kritisk glideflate skjærer ikke ned i kvikkleire

***) Gjelder glideflate som skjærer ned i kvikkleire

Profil P1

Profilen går østover ned i ravinen, fra jordet ved bebyggelsen på Tyskerud nordøst i sonen.

Grunnundersøkelsene gir ikke indikasjon på kvikkleire i dette profilet, men det er likevel utført en orienterende stabilitetsberegning for dagens situasjon. Stabilitetsanalyse for dagens situasjon gir $\gamma_m < 1,4$ (Tabell 4) for både udrenert og drenert analyse. Det er ikke foreslått stabiliserende tiltak, da det ikke er antatt å være kvikkleire/sprøbruddmateriale i profilet. Stabiliserende tiltak må vurderes ved evt. nye byggeprosjekter, ut fra krav i veiledning til TEK10 (ref. /17/). Det bemerkes at tolket lagdeling indikerer at kvikkleire må antas å slå ut i skråningen/ravinen noe vest for profil P1.

Profil P2

Profilen går nordvestover ned elveskråningen mot Glomma fra bebyggelsen på Enerud og Ødegård. Kvikkleire slår muligens ut i foten av skråningen mot Glomma, men kan ikke tolkes sikkert fra borpunkt 205, jfr. tegning 020.

Det er av hensyn til usikkerhet om bergnivået i foten av skråningen gjort analyse med bergoverflate på to ulike nivåer. I begge tilfeller gir stabilitetsanalyse for dagens situasjon $\gamma_m < 1,4$ (Tabell 4) for udrenert analyse. Den mest kritiske glideflate ved drenert analyse gir også $\gamma_m < 1,4$ (Tabell 4) men denne glideflate går ikke ned i kvikkleire/sprøbruddmateriale. Den mest kritiske glideflate som involverer kvikkleire/-sprøbruddmateriale gir $\gamma_m > 1,4$ og skråningsstabiliteten er dermed tilfredsstillende i

drenert tilstand iht. ref. /5/. For glideflater som ikke involverer kvikkleire/sprøbruddmateriale må skråningsstabiliteten vurderes ut fra generelle krav i veiledning til TEK10 (ref. /17/) og spesifikke krav i Eurokode 7 (ref. /23/).

For å oppnå tilfredsstillende sikkerhet for udrenert tilstand iht. ref. /5/ må det gjøres tiltak. Oppfylling med 2,5 m stein fra foten av skråningen og med bredde 45 m oppover nedre del av skråningen gir tilstrekkelig forbedring, uansett om det antas grunt eller dypt beliggende fjell.

Tiltak innenfor sonen

Noenlunde omfang av nødvendige tiltak for å oppnå tilfredsstillende skråningsstabilitet for tiltak som innebærer tilflytting til sonen (dvs. tiltakskategori K4 i ref. /5/), er vist på Tegning G020. Dersom større utbygginger planlegges innenfor sonen, vil det normalt være opp til utbyggere, evt. i samarbeid med kommunen, å utføre sikringstiltak som fullt ut tilfredsstillende kravene i NVEs kvikkleireveiledning (ref. /5/). Tiltak må detaljprosjekteres.

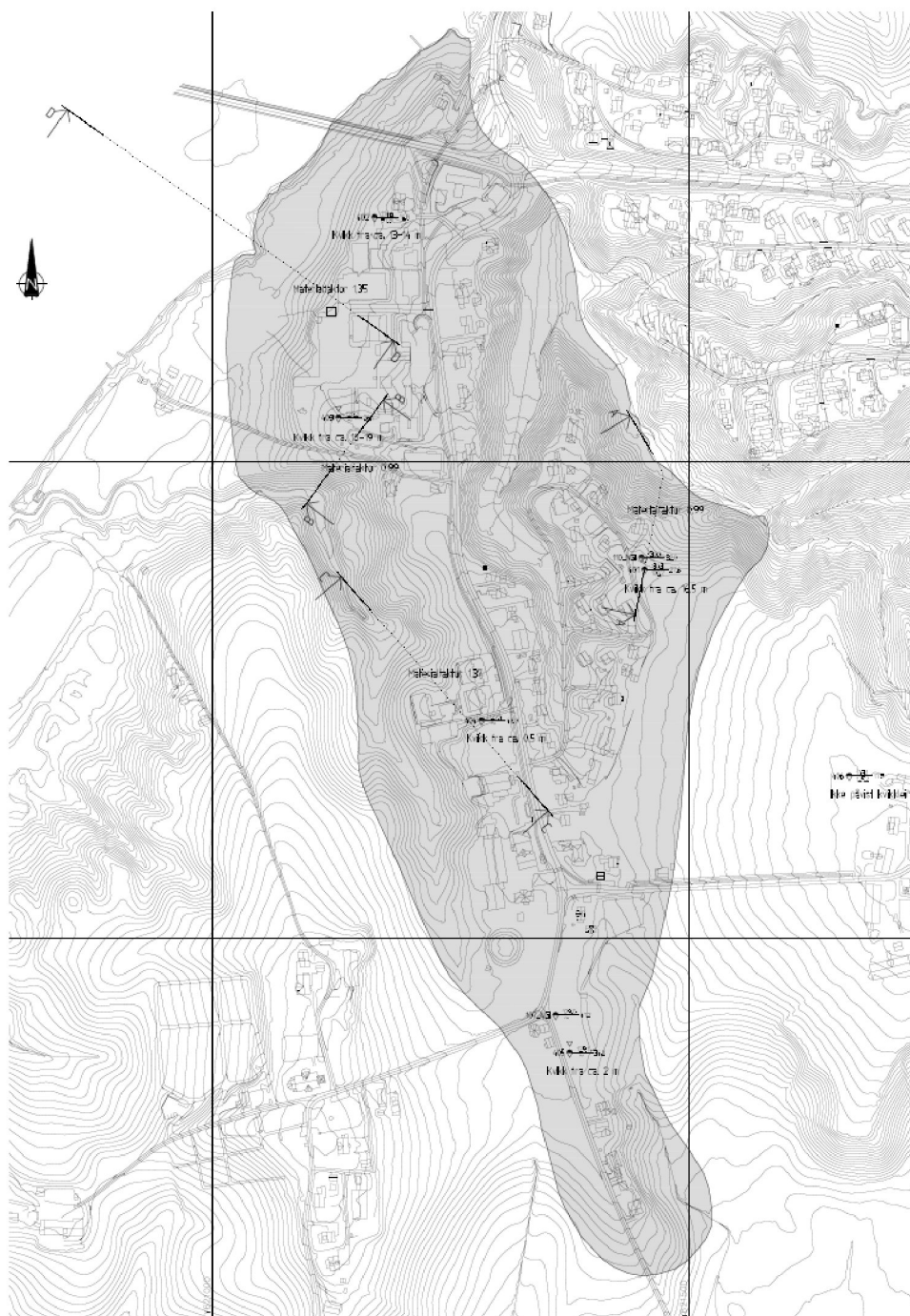
For eksisterende situasjon alene kan det vanskelig forsvares å utføre tiltak i omfang som vist på Tegning G020 for å oppnå "full sikring". Behovet for sikringstiltak for eksisterende bebyggelse vurderes ikke som akutt (noe som også reflekteres i lav faregrad for sonen). I profil P2 fra Enerud/Ødegård ned mot Glomma er stabilitetsforholdene beregningsmessige ikke kritiske, verken for dypt eller grunt beliggende berg. Det ble heller ikke observert erosjon langs elvekanten ved befaring. For skråningen mot ravinen mot nord er det ikke påvist/antatt kvikkleire på plataet ved profil P1 fra Tyskerud øst i ravinen.

Ut fra sonderingene på toppen av plataet kan det imidlertid være grunt til kvikkleire i foten av skråningene mot elva og ravinene. Begrensede stabilitetsforbedrende tiltak, eksempelvis 1-2 m oppfylling i bunnen av ravinene mot nord og sør (som også foreslått for nabosonen 322 Lystad), vil være gunstig, og redusere sannsynligheten for naturlig utløste skred ned i kvikkleire, særlig for dyperegående glidninger.

I bratte skråningspartier vil tiltak i bunnen av ravinen ikke bidra til å forbedre overflatestabiliteten, med mindre fyllingene trekkes langt oppover skråningen. Det kan derfor fortsatt være en viss fare for initialskred som skjærer inn i kvikkleire i nedre del av skråningene etter tiltak som foreslått foran. Utløsende faktor kan være økte poretrykk i grunnen som følge av ekstreme nedbørsforhold (langtidsnedbør).

4.3 709 Sundhagen

Det er utvalgt fire tverrsnitt i terrenget for beregning av skråningsstabiliteten. Profilene er vist på Figur 7 og i større format på Tegning 021.



Figur 7 Sone 709 Sundhagen med beregningsprofiler A-A tom. D-D. Utsnitt fra Tegning 021. En rute på kartet utgjør 500 m i terrenget.

Beregningsresultater fra stabilitetsanalyser er presentert i Vedlegg C og kort oppsummert i Tabell 5.

Tabell 5 Oppsummering av stabilitetsberegninger (sone 709 Sundhagen) for dagens situasjon og krav i ref. /5/ til forbedring av skråningsstabiliteten (for tiltakskategori K4).

Profil	Beskrivelse	γ_m			
		Udrenert analyse		Drenert analyse	
		Dagens situasjon	Krav til forbedring*)	Dagens situasjon	Krav til forbedring*)
A-A		0,99	1,14	1,12	1,24
B-B		0,99	1,14	1,11**) 1,21***)	1,30
C-C		1,37	1,39	2,08	-
D-D	Med erosjonshull	1,35	1,38	1,73	-
	Flat elvebunn	1,44	-	-	-

*) Krav til forbedring i hht. ref. /5/

**) Kritisk glideflate skjærer ikke ned i kvikkleire

***) Gjelder glideflate som skjærer ned i kvikkleire

Profil A-A

Profilet går i nord-nordøstlig retning fra toppen av skråningen ved Riddersvingen ned i ravinen som avgrenser sonen mot øst. I foten av skråningen er det lagt inn et knekkpunkt slik at profilet følger bunnen av ravinen.

Stabilitetsanalyse for dagens situasjon gir $\gamma_m < 1,4$ (Tabell 5) for både udrenert og drenert analyse. For udrenert analyse er skråningen beregningsmessig labil. Tiltak som omfatter en 40 m lang og 3-5 m høy fylling med stein i foten av skråningen er tilstrekkelig for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet i henhold til angitt krav om forbedring.

Profil B-B

Profilet går fra toppen av ravinen vest for ungdomsskolen og mot sørvest ned i ravinen.

Stabilitetsanalyse for dagens situasjon gir $\gamma_m < 1,4$ (Tabell 5) for både udrenert og drenert analyse. For udrenert analyse er skråningen beregningsmessig labil. Tiltak som omfatter oppfylling med 2-2,5 m stein i bunn av ravinen er tilstrekkelig for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet i henhold til angitt krav om forbedring.

Profil C-C

Profilet går fra plataet ved Riddersand skole og mot nordvest ned gjennom bunnen av ravinen mot nord.

Stabilitetsanalyse for dagens situasjon gir $\gamma_m < 1,4$ (Tabell 5) for udrenert analyse. Tiltak som omfatter utlegging av 1,5 m oppfylling med stein fra foten av skråningen og ca. 40 m opp langs skråningen er tilstrekkelig for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet i henhold til angitt krav til forbedring.

Profil D-D

Profilen går fra Østersund ungdomsskole og i nordvestlige retning ned elveskråningen mot Glomma, og følger elvebunnen gjennom et lokalt erosjonshull. Det er gjort analyser både gjennom og til side for erosjonshullet.

For situasjonen med flat elvebunn er det ikke behov for tiltak for å forbedre stabiliteten i profil D-D basert på beregningene for dagens situasjon (Tabell 5).

For situasjonen med erosjonshull gir stabilitetsanalyse for dagens situasjon $\gamma_m < 1,4$ (Tabell 5) for udrenert analyse. Betydningen av erosjonshullet kan vurderes neglisjert, alternativt inkludert ved å ta med effekt av sidefriksjon i analysene, ut fra at erosjonshullet antas begrenset i utstrekning. Det er imidlertid ikke kjent hvilke prosesser som pågår i elva pr. i dag. Begynnende erosjon kan ved uheldige forhold raskt utvikle seg til å dekke større strekninger langs elva (og skråningen). Dersom erosjonshullet i elva fylles med stein til nivå med omliggende elvebunn blir materialfaktoren tilsvarende som dagens situasjon for profil med flat elvebunn, jfr Tabell 5. For å oppnå tilstrekkelig beregningsmessig stabilitet er det tilstrekkelig å fylle erosjonshullet med 1,5 m stein (gitt at dagens elvebunnstopografi overensstemmer med tidligere oppmåling).

Tiltak innen sonen

Noenlunde omfang av nødvendige tiltak for å oppnå tilfredsstillende skråningsstabilitet i henhold til ref. /5/ for tiltak som innebærer tilflytting til sonen (dvs. tiltakskategori K4), er vist på Tegning G021. Dersom større utbygginger planlegges innenfor sonen, vil det normalt være opp til utbyggere, evt. i samarbeid med kommunen, å utføre sikringstiltak som fullt ut tilfredsstiller kravene i NVEs kvikkleireveiledning (ref. /5/). Tiltak må detaljprosjekteres.

Sikring med så stort omfang som vist på Tegning G021 anses ikke nødvendig for å sikre eksisterende bebyggelse. Flere av profilene (A-A og B-B) har imidlertid beregningsmessig kritisk stabilitet for dagens forhold. En viss sikring anbefales derfor for disse skråningene. Særlig i sørlige del av sonen er mektigheten av kvikkleire også stor, og kvikkleire påtreffes grunt (nesten til topps av plataet) hvor bebyggelsen ligger.

Begrensede stabilitetsforbedrende tiltak, eksempelvis 1-2 m oppfylling i bunnen av ravinene mot nord og sør, anbefales ut fra dette, og anses å redusere sannsynligheten for naturlig utløste skred ned i kvikkleire, særlig for dyperegående glidninger. Dårlig beregningsmessig stabilitet understøtter sikringsbehovet som indirekte følger av at sonens faregrad vurderes til "3 -høy".

I bratte skråningspartier vil tiltak i bunnen av ravinen ikke bidra til å forbedre overflatestabiliteten, med mindre fyllingene trekkes langt oppover skråningen. Det kan derfor fortsatt være en viss fare for initialskred som skjærer inn i kvikkleire i nedre del av skråningene etter tiltak som foreslått foran. Utløsende faktor kan være økte poretrykk i grunnen som følge av ekstreme nedbørsforhold (langtidsnedbør).

5 Faregrads-, konsekvens- og risikovurdering

5.1 Gjeldende soneklassifisering

Faregrads-, konsekvens- og risikoklasse har tidligere blitt evaluert i forbindelse med kvikkleirekartleggingen. Sonen 1878 Lystad sør inngikk i opprinnelig kartlegging i en større sone 322 Lystad og har fra før ikke egen klassifisering. Det er i utgangspunktet antatt samme klassifisering som for sone 322 Lystad. Gjeldende klassifisering av sonene (ref. /20/ og ref. /21/) er oppsummert i Tabell 6.

Tabell 6 Gjeldende klassifisering av sonene (ref. /20/ og ref. /21/)

Sone	Faregradklasse (score)	Konsekvensklasse (score)	Risikoklasse (poeng)
322 Lystad 1878 Lystad sør	1 – Lav (17)	2 – Alvorlig (9)	3 – Middels prioritet (667)
709 Sundhagen	2 – Middels (22)	3 – Meget alvorlig (29)	4 – Høy prioritet (2780)

Detaljerte faregrads-, konsekvens- og risikovurderinger er gitt i Vedlegg E.

5.2 Revidert soneklassifisering

Faregrads-, konsekvens- og risikoklasse er revurdert basert på den pågående utredning av sonene. Supplerende grunnundersøkelser og stabilitetsberegninger inngår i evaluering. Det er opprettet en separat klassifisering av sone 1878 Lystad sør. Revidert klassifisering av sonene er oppsummert i Tabell 7.

Tabell 7 Revidert klassifisering av sonene

Sone	Faregradklasse (score)	Konsekvensklasse (score)	Risikoklasse (poeng)
322 Lystad	2 – Middels (23)	2 – Alvorlig (10)	3 – Middels prioritet (1002)
1878 Lystad sør	1 – Lav (9)	2 – Alvorlig (14)	2 – Lav prioritet (549)
709 Sundhagen	2 – Middels (22)	3 – Meget alvorlig (29)	4 – Høy prioritet (2780)

Klassifiseringen av sone 709 Sundhagen er uendret. Sone 322 Lystad har fått endret faregradsklassen fra "1 – Lav" til "2 – Middels" mens konsekvens- og risikoklasse begge er uendret. Sone 1878 Lystad sør har fått egen klassifisering, og er klassifisert til faregrad "1 – Lav" og konsekvensklasse "2-Alvorlig" med resulterende risikoklasse "2 – Lav prioritet".

Detaljerte faregrads-, konsekvens- og risikovurderinger er gitt i Vedlegg E.

6 Utbredelse av kvikkleiresonene og utløpsområder

6.1 Soneutbredelse

Sonenes utbredelse er revurdert på grunnlag av nye grunnundersøkelser. Kort oppsummert gir nye data ikke grunnlag for å redusere sonenens utbredelse, se nærmere diskusjon for hver sone i vedlegg F.

Det kan trolig være mulig å redusere størrelsen av sonene 322 Lystad og 1878 Lystad noe ved evt. nærmere kartlegging i områder hvor bergoverflaten ligger høyt. Det anses derimot ikke å være grunnlag for å redusere størrelsen av sone 709 Sundhagen. Kvikkleira har stor mektighet i den sørlige delen av sonen, og påtreffes like under terreng.

6.2 Utløpsområder

Utløp av skred har gjennom mange tiår rutinemessig inngått i vurdering av fareområder for skredtyper som snøskred, sørpeskred og flomskred, men først i nyere tid har krav om å vurdere utløpsområder fra kvikkleireområder blitt tatt inn i krav og retningslinjer. For typisk ravinlandskap ligger bebyggelsen oftest på plataået, dvs. i løsneområdet, og ikke i utløpsområdet, og en vurdering av løsneområdet har derfor vært det viktigste. Problemstillingen må likevel ikke neglisjeres, blant annet av hensyn til flom/oppstuvning, infrastruktur og evt. byggeplaner.

En vurdering av utløpsområder er gitt i vedlegg F. I hovedsak vil utløp av skred gå ned i ubebygde raviner, eller ut mot Glomma.

I sone 709 Sundhagen vil bebyggelse på strandflaten ved Glomma kunne ligge i utløpsområdet fra potensielle skred som løsner innenfor sonen.

6.3 Utløp av skred som løsner utenfor et planområde

Skred som løsner utenfor et planområde kan ha utløp mot dette, og dette må vurderes. Planleggere av byggefelt og annen bebyggelse må få mulig utløp av skred mot planområdet vurdert av fagpersoner. For kvikkleireskred vil dette primært være geotekniker. For planområder som ikke ligger innenfor potensielle løsneområder for kvikkleireskred,

kan det fortsatt være mulig at planområdet kan nås av skredutløp fra skråninger utenfor planområdet. Dette gjelder både eksisterende kvikkleiresoner, hvor utløpsområder generelt ikke er vurdert, og utløp av skred fra skråninger som ikke er undersøkt gjennom kvikkleirekartlegging; skred fra skråninger utenfor kvikkleiresoner kan likevel være mulig. Stabilitetsvurderinger av områder utenfor planområdet og kjente faresoner kan mao. være nødvendig, men kan lett bli uteglemt i planleggingsprosessen.

- For sonene 322 Lystad, 1878 Lystad sør og 709 Sundhagen vurderes det ikke å være fare for utløp fra kvikkleireskred fra skråninger utenfor sonene.

7 Stabilitet av naturlige skråninger i og utenfor kvikkleiresonen

Geotekniske vurderinger er i prinsippet nødvendige for alle byggeprosjekter nær skråninger, både innenfor og utenfor kvikkleiresoner.

7.1 Innenfor kvikkleiresone

Normalt vil tiltak i tiltaksklasse K3 og K4 medføre krav om vurdering/sikring av hele sonen (Figur 3). Avhengig av stabilitetsforhold og faregradsklasse for sonen før tiltak gir ref. /5/ krav til områdestabiliteten, formulert som krav om minimum materialfaktor for sonen som helhet. Hvis grunnboringer viser at det ikke er kvikkleire på en byggetomt, kan byggetiltak gjennomføres uten at hele sonen sikres, selv om tomten ligger innenfor en eksisterende kvikkleiresone.

Det er imidlertid ikke nødvendigvis tilstrekkelig at kvikkleire ikke påvises på den aktuelle tomten for at den skal være skredsikker. Eksempelvis kan det være slik at bakenforliggende skråning har kvikkleire, eller skred i kvikkleire i tilstøtende områder vil kunne medføre at byggetomten må anses utsatt. Vurderinger av områdestabiliteten må derfor gjøres av geotekniker, og i tillegg bør vurderingen kvalitetssikres ved uavhengig geoteknisk kontroll.

Siden byggesaker ofte skjer som fortetting eller utskilling innenfor regulerte områder, vil det i mange tilfeller ikke være aktuelt med ny reguleringsplan. Slike saker kommer derfor ofte ikke på høring (e.g. til NVE), men behandles kun som byggesak i kommunen. Kommunen bør derfor være bevisst på kravene til skredsikkerhet i Plan- og Bygningsloven, og evt. etterlyse skredvurderinger og geotekniske vurderinger.

7.2 Kvikkleire påvist utenom kvikkleiresoner

Dersom det påvises kvikkleire i grunnen utenom kartlagte kvikkleiresoner, stilles i prinsippet akkurat de samme krav til områdestabilitet som for tiltak innenfor allerede kartlagte kvikkleiresoner, og NVEs veiledning (/5/) kommer til anvendelse.

7.3 Utenfor kvikkleireområder

Også der det ikke er kvikkleire i grunnen, og man heller ikke ligger innenfor en kvikkleiresone, stilles det krav til skråningsstabilitet (e.g. Eurokode 7). Problemstillingen er imidlertid da som regel mer avgrenset, som regel til lokale stabilitetsvurderinger og sikringstiltak.

For byggetomter utenom kvikkleireområder, i "trygg avstand" fra skråningskanter, vil geotekniske vurderinger av skråningsstabilitet ikke være nødvendige, eller kunne gjøres relativt summarisk. Geotekniker må vurdere hva som er "trygg avstand" fra skråning i hvert tilfelle.

8 Digital leveranse

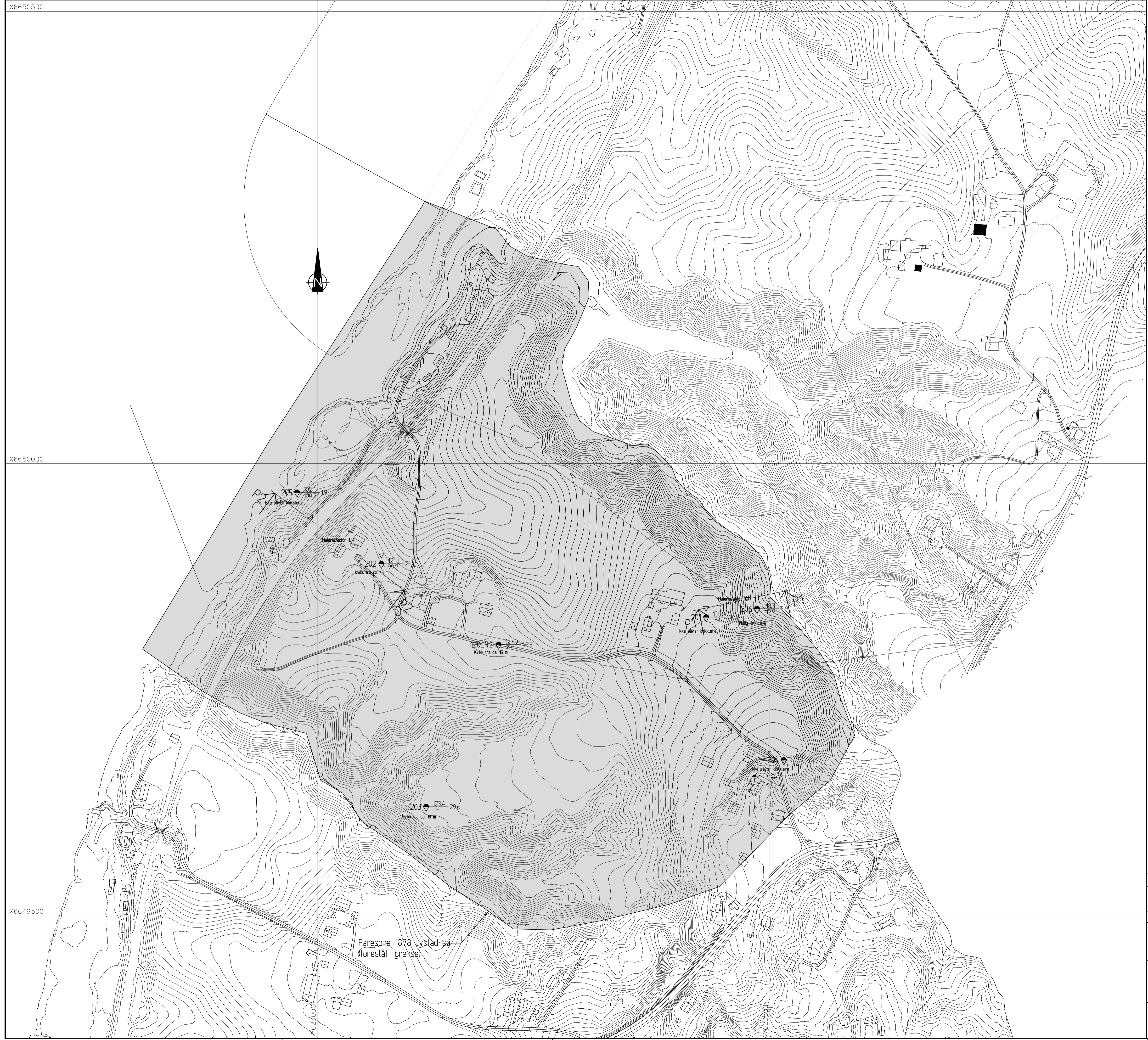
Ved oversendelse av denne rapporten til NVE vedlegges også digital leveranse i form av SOSI-data og dataark for de utredete sonene, se beskrivelse i vedlegg G.

9 Referanser

- /1/ NGI (1995). Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartbladet Fet, M = 1:50.000. Rapport nr. 900010-2, 10. november 1995.
- /2/ NGI (2005). CPTU-korrelasjoner for leire – CPTU-korrelasjoner for leire basert på blokkprøver. Rapport nr. 20041198-1, datert 10 januar 2005.
- /3/ NGI (2010): Kvikkleiresoner i Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus. Forslag til undersøkelsesprogram. Prosjekt 20100119, teknisk notat datert 23. mars 2010.
- /4/ Norconsult Fältgeoteknik AB (2011): Kvikkleiresoner Sørum, Fet, Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus. Rapport Geoteknik, RGeo, Fält- och laboratorieresultat. Oppdragsnr. 211 03 40, rapport datert 11. mai 2011.
- /5/ 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.
- /6/ NVE (2010): Minikonkurranse iht. rammeavtale for geoteknisk utredning av kvikkleiresoner. Tilbudsgrunnlag. Sone 322 Lystad, 709 Sundbyhagen, 343

- Skjetten, 715 Krogsbøl, 719 Gran, 723 Nordli, 734 Nordli Vest og 724 Årsrud i Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner. Datert 08.01.2010.
- /7/ ViaNova GeoSuite AB (2009): GeoSuite. GS Stability. Version 5.0.5.
 - /8/ NGU (2012). Løsmassekart på internett. <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>
 - /9/ NIF (1978). NIF-kurs 1978: Skredfare og arealplanlegging. Vurdering av faregrad og sikringstiltak.
 - /10/ Løvlien Georåd (2013): Data fra utførte grunnundersøkelser innenfor Skjetten kvikkleiresone. Oversendt NGI v/Håkon Heyerdahl pr. epost 17.01.2013 og 13.07.2013 fra Løvlien Georåd v/Kristoffer Rabstad.
 - /11/ NGI (2005): Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred. Skedsmo kommune. Rapport 20001008-9, datert 15. mars 2005.
 - /12/ NGI (2008): Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire. Rapport 20001008-2, rev. 3. datert 8. oktober 2008.
 - /13/ Karlsrud, K., Lunne, K., Kort, D.A. and Strandvik, S. (2005): CPTU correlations for clays. Prov. 16th ICSMGE, Osaka, pp. 693-702.
 - /14/ Lunne, T., T. Berre, K.H. Andersen, S. Strandvik and M. Sjørusen (2006): Effects of sample disturbance and consolidation procedures on measured shear strength of soft marine Norwegian clays. Can. Geotechnical Journal, vol. 43, No. 7.
 - /15/ NGI (2014). NIFS N-6.5.2 Sikkerhet ifm utbygging i kvikkleireområder. Oppsummeringsrapport. Rapport nr. 20140075-01-R, datert 19. november 2014.
 - /16/ NGI (2015): Geotekniske og miljøtekniske grunnundersøkelser i Øvre Ryens vei, Skedsmo kommune. Datarapport – geotekniske grunnundersøkelser. Rapport nr. 20140872-02-R, datert 10. april 2015.
 - /17/ DIBK (2011). Byggteknisk forskrift med veiledning (TEK10). Publikasjonsnummer: HO-2/2011
 - /18/ NGI (2015): Geotekniske grunnundersøkelser i Nybakveien 64, Skedsmo kommune. Datarapport – geotekniske grunnundersøkelser. Rapport nr. 20150229-01-R, datert 17. april 2015.
 - /19/ NGI (2015): Geotekniske og miljøtekniske grunnundersøkelser i Øvre Ryens vei, Skedsmo kommune. Innledende geotekniske vurderinger – stabilitetsberegninger. Teknisk notat nr. 20140872-01-TN, datert 28. august 2015.
 - /20/ NGI (2005): Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred Sørum kommune. Rapport 20001008-10, datert 3. mars 2005.

- /21/ NGI (2006): Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred Fet kommune. Rapport 20001008-51, datert 19. mai 2006.
- /22/ Standard Norge: Eurokode: NS-EN 1990:2002+NA:2008. Eurokode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner. April 2002.
- /23/ NS-EN 1997-1:2004+NA:2008. Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 1: Allmenne regler. November 2004.



FORKLARINGER:

- Dreiesondring
- Enkel sondring
- ▽ Trykksondring
- ☆ Fjellkontrollboring
- ⬇ Dreietrykksondring
- ⊕ Totalsondring
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrøp
- +
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen

Barhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

Kvikkleiresone

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

A	Rev. rapport/tegningsmal	2015-12-11	SHo	BGK	HHe
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godk.
NVE Kvikkleiresoner i Akershus		Status: -- Original format: A-1 Tegningens tittel: 322-1878-A-F2 Overblikk 1878-Lystad sør - Rev.2015 NB: Bestikk			
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger 322 Lystad, 1878 Lystad sør og 709 Sundhagen Borplan og beregningsprofiler, 1878 Lystad sør		12000			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3830 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato: 18.06.2013 Oppr. av:	Karakt. / Tegnet: K JA Tegning nr.:	Kontrollert: HHe Rev:	Godkjent: OAH Rev:
		20100119	020	A	



FORKLARINGER:

- Dreiesonering
- Enkel sonering
- ▽ Trykksone
- ☆ Fjellkontrollboring
- ◆ Dreietrykksone
- ⊕ Totalsonering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrøp
- +
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen

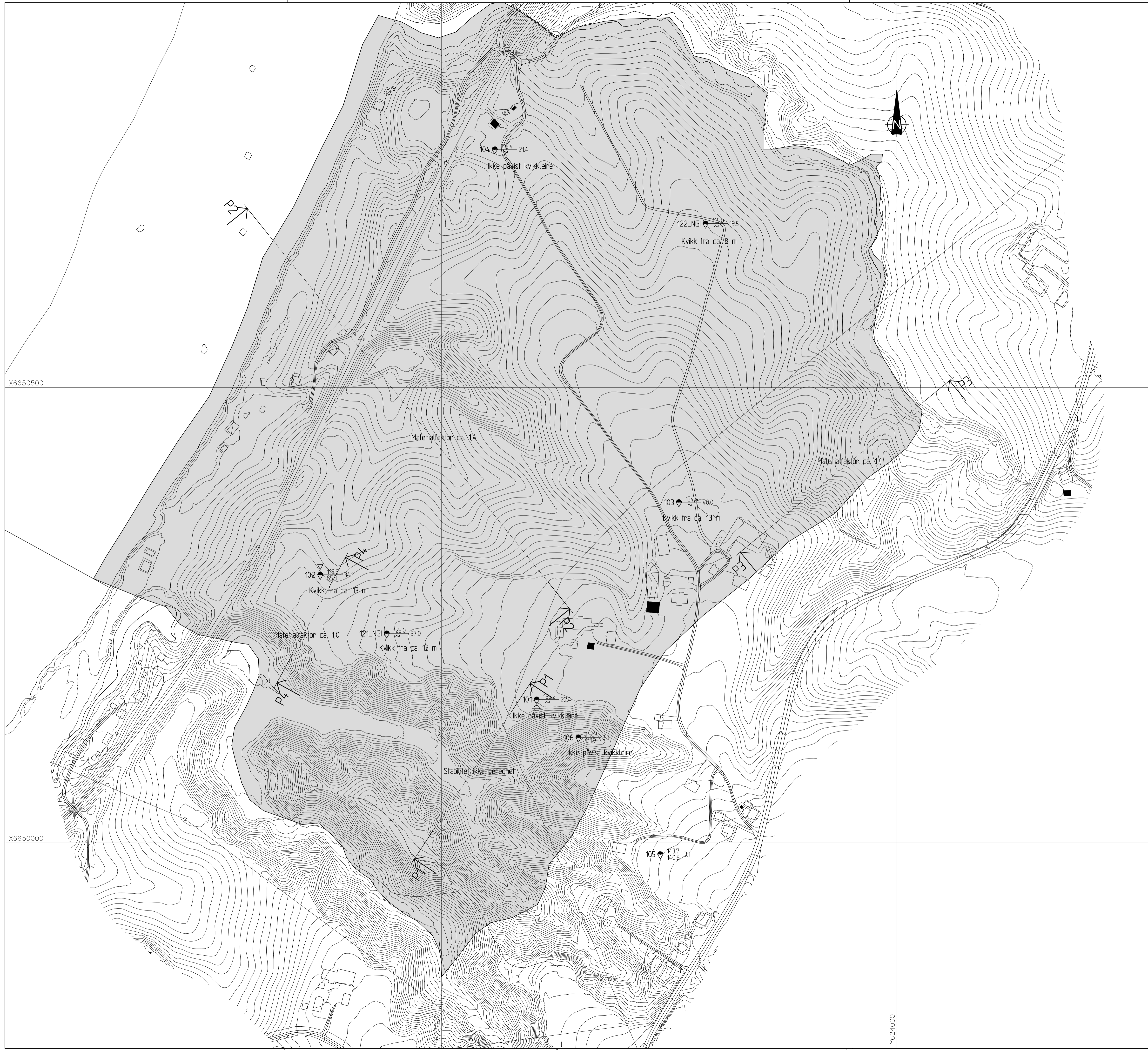
$$\text{Borhull nr.} \frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}} \text{ Boret dybde + (boret i fjell)}$$

Kvikkleiresone

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

A	Rev. rapport/tegningsmal	2015-12-11	SHo	BGK	HHe
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontroll.	Godkj.
NVE Kvikkleiresoner i Akershus		Status: --- Original format: A-1 Tegningsnr./tittel: 221-A-091-LA-F3 Overblikk, 709 Sundhagen - REV2015 NB: Bestikk			
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger Borplan og beregningsprofiler, 709 Sundhagen		1:2500			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato: 18.06.2013 Oppdragsnr: 20100119	Karakt./Tegnet: K JA Tegningsnr: 021	Kontrollert: HHe Rev:	Godkjent: OAH Rev: A



- FORKLARINGER:**
- Dreiesondering
 - Enkel sondering
 - ▽ Trykksondering
 - ☆ Fjellkontrollboring
 - ◆ Dreietrykksondering
 - ⊕ Totalsondering
 - ⊙ Prøveserie
 - Prøvegrop
 - ⊕ Vingeboring
 - ⊖ Poretrykksmåling
 - ⚡ Fjell i dagen

$$\text{Borhull nr.} \frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}} \text{ Boret dybde + (boret i fjell)}$$

Kvikkleiresone

BESTEMMELSER:

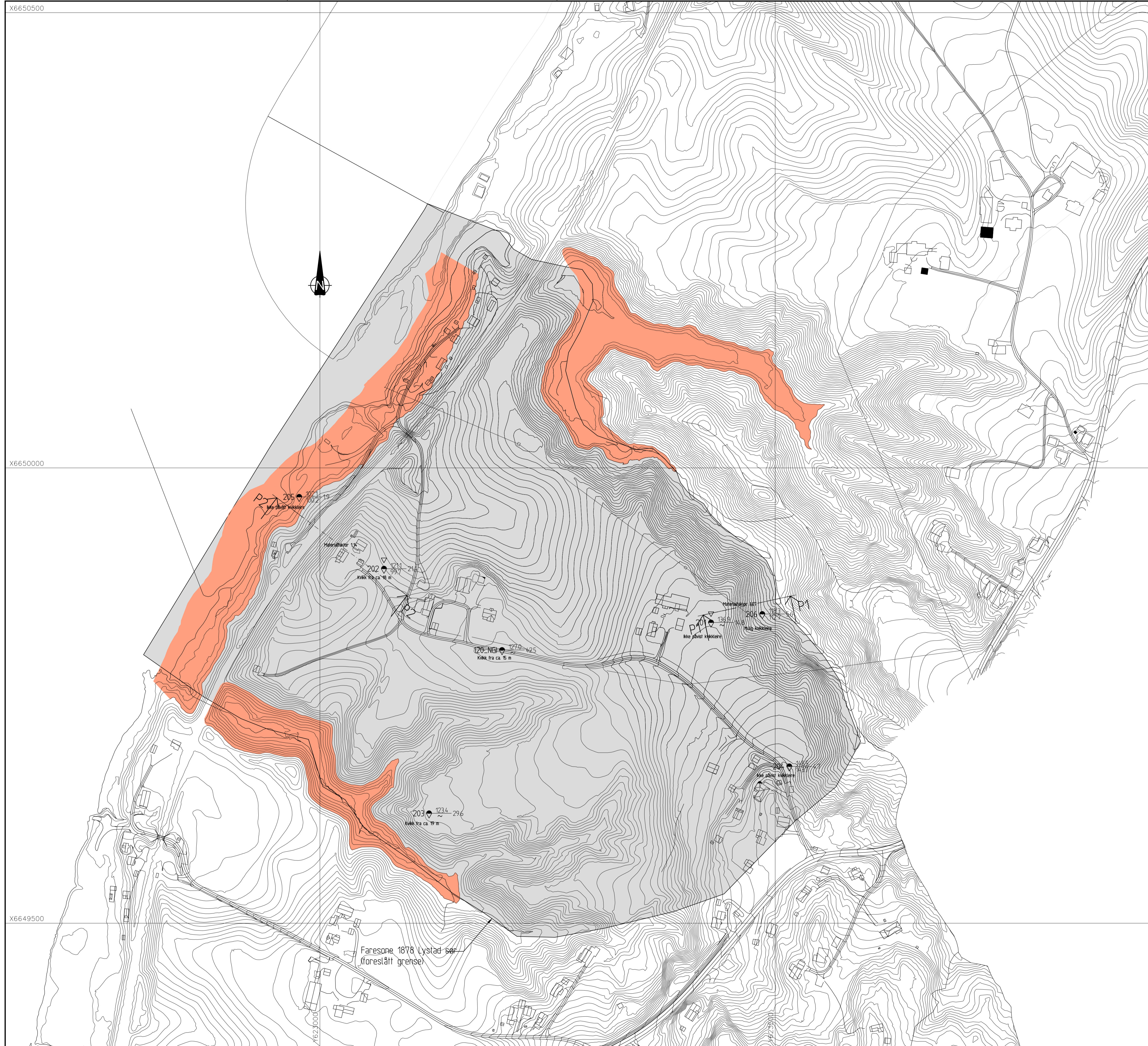
HENVISNINGER:

X6650500

X6650000

Y624000

A	Rev. rapport/tegningsmal	2015-12-11	SHo	BGK	HHe
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontroll.	Godkj.
		—			
	NVE	Original format			
	Kvikkleiresoner i Akershus	A-1			
	Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner	Tegningens tittel			
	Stabilitetsvurderinger	2015-12-11			
	322 Lystad, 1878 Lystad sør og 709 Sundhagen	12000			
	Borplan og beregningsprofiler, 322 Lystad				
	NGI	Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjert
	Sognsveien 72 · PO Box 3930 Ullevål Stadion	18.06.2013	K JA	HHe	OAH
	NO-0806 Oslo, Norway	Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
	T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48	20100119	030		A
	www.ngi.no				



FORKLARINGER:

- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ☆ Fjellkontrollboring
- ⬇ Dreietrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrøp
- +
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen

$$\text{Borhull nr.} = \frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}} \text{ Boret dybde + (boret i fjell)}$$

- Kvikkleiresone
- Opptylling

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

A	Revidert omfang av sikrings tiltak	2015-12-11	SHo	BGK	HHe
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontroll.	Godkj.
NVE Kvikkleiresoner i Akershus		Status: -- Original format: A-1 Tegningens tittel: 225-A-020-A-F2 Overblikk 1878-Lystad sør - Rev.2015 Skala: 1:2000 			
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger 322 Lystad, 1878 Lystad sør og 709 Sundhagen Omfang av sikring for K4-tiltak, 1878 Lystad sør					
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3830 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato: 11.12.2015 Oppdragsnr: 20100119	Karakt. / Tegnet: K JA Tegningst.: G020	Kontrollert: HHe Godkjent: OAH	Rev.: A



FORKLARINGER:

- Dreiesonering
- Enkel sonering
- ▽ Trykksone
- ☆ Fjellkontrollboring
- ◆ Dreietrykksone
- ⊕ Totalsonering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrøp
- ⊕ Vingeboring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen

$$\text{Borhull nr.} \frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}} \text{ Boret dybde + (boret i fjell)}$$

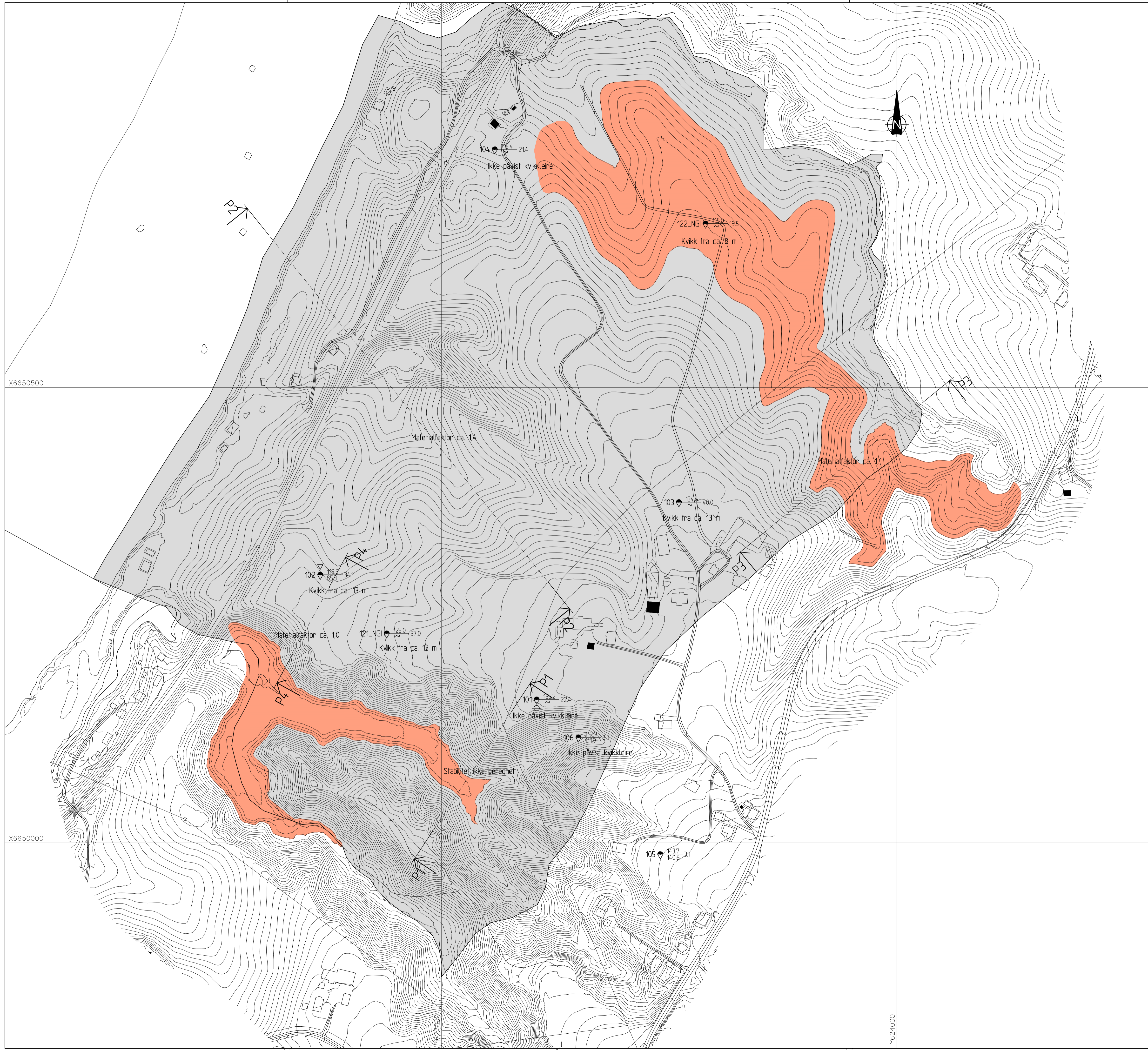
- Kvikkleiresone
- Oppfylling

BESTEMMELSER:

-

HENVISNINGER:

	A	2015-12-11	SHo	BGK	HHe
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontroll.	Godkjent
NVE Kvikkleiresoner i Akershus		Status: --- Original format: A-1 Tegningsnavn: NVE - 322 Lystad sør og 709 Sundhagen - REV2015 NB: Bestikk			
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger 322 Lystad, 1878 Lystad sør og 709 Sundhagen Omfang av sikring for K4-tiltak, 709 Sundhagen		1:2500			
NVE Sognsveien 72 - PO Box 3830 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato: 18.06.2013 Oppdragsnr: 20100119	Karakt. / Tegnet: K JA Tegningsnr: G021	Kontrollert: HHe Rev:	Godkjent: OAH Rev: A



- FORKLARINGER:**
- Dreiesondring
 - Enkel sondering
 - ▽ Trykksondring
 - ☆ Fjellkontrollboring
 - ◆ Dreietrykksondring
 - ⊕ Totalsondring
 - ⊙ Prøveserie
 - Prøvegrop
 - +
 - ⊖ Poretrykksmåling
 - ⚡ Fjell i dagen
- $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

- Kvikkleiresone
- Oppfylling

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

X6650500

X6650000

Y624000

A	Revidert omfang av sikrings tiltak	2015-12-11	SHo	BGK	HHe
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Kvikkleiresoner i Akershus		Status: -- Original format: A-1 Tegnings tittel: 830-A 6030-A F1 Overblikk 322 Lystad - REV2015 12000			
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger 322 Lystad, 1878 Lystad sør og 709 Sundhagen Omfang av sikring for K4-tiltak, 322 Lystad					
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato: 14.06.2013 Oppdragsnr: 20100119	Karstr./Tegnet: K JA Tegning: G030	Kontrollert: HHe Rev: OAH	Godkjent: A

Vedlegg A

GRUNNUNDERSØKELSER OG MATERIALPARAMETERE

Innhold

A1	Grunnundersøkelser	2
A2	Kvartærgeologi	2
A3	Poretrykksmåling	4
A4	Lagdeling og topografi	6
A4.1	Sone 322 Lystad	6
A4.2	Sone 1878 Lystad sør	8
A4.3	Sone 709 Sundhagen	10
A5	Skjærfasthetsparametre og overkonsolideringsforhold	13
A5.1	Udrenert skjærfasthet	13
A5.2	Drenert skjærfasthet	14
A5.3	Prøvekvalitet	15
A5.4	Tidligere overlaging tolket fra CPTU-sonderinger	15
A5.5	CPTU-sonderinger, kvalitet	15
A5.6	Anisotropi og sprøbruddmekanisme	17
A6	Referanser	17

A1 Grunnundersøkelser

Det er utført grunnundersøkelser i forbindelse med soneutredningen (ref. /4/). Grunnundersøkelsene ble utført av Norconsult Fältgeoteknik AB på oppdrag fra NVE, basert på undersøkelsesprogram utarbeidet av NGI (ref. /3/). Grunnundersøkelsene omfatter dreietrykksonderinger, CPTU-sonderinger, poretrykksmålinger og prøvetaking med tilhørende laboratorieanalyser. NGI fulgte opp entreprenøren under feltarbeidene, og foreslo posisjoner og dybder for prøvetaking, CPTU-sonderinger og piezometre basert på sonderingsresultatene. Disse ble løpende rapportert fra boreentreprenør. Dreietrykksonderinger, som erfaringsmessig gir best tolkning av overgang til sensitiv leire, skulle først utføres ned til dybde som angitt i undersøkelsesprogrammet (ref. /3/), dvs. ca. 1,5 x skråningshøyden, dersom fast grunn/antatt berg ikke er påtruffet grunnere. På grunnlag av sonderingene er øvrige undersøkelser bestemt.

Beliggenhet av boringer benyttet i utredningsarbeidet er vist på tegning 020 (sone 322 Lystad), 021 ("Lystad sør") og 030 (sone 709 Sundhagen). Følgende boringer er utført (ref. /4/):

Sone 322 Lystad:	Borpunktene 101-106.
Sone "Lystad sør":	Borpunktene 201-206.
Sone 709 Sundhagen:	Borpunktene 401-406.

Følgende borpunkter er utført i forbindelse med tidligere kvikkleirekartlegging (ref. /1/):

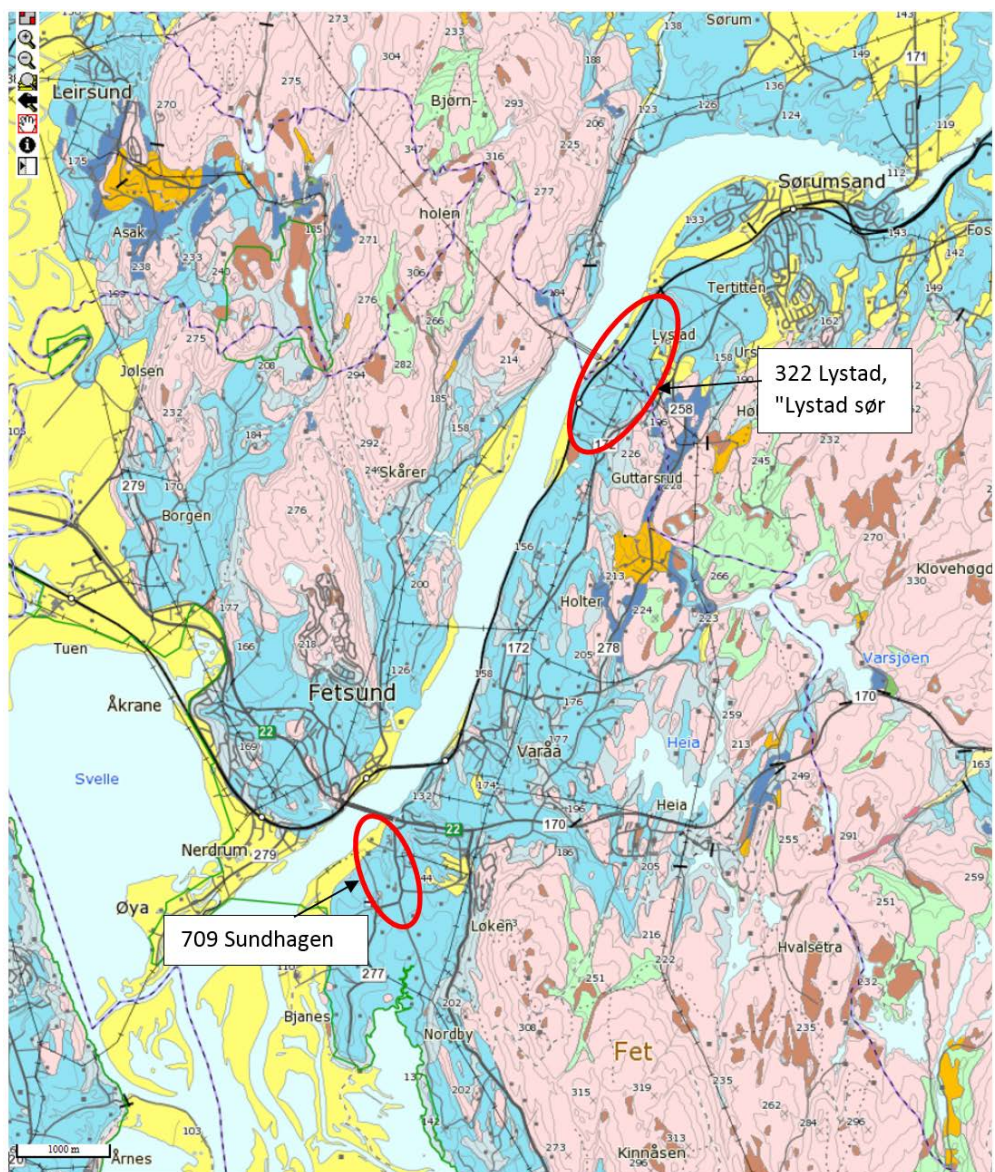
Sone 322 Lystad:	Borpunktene 121_NGI og 122_NGI
Sone "Lystad sør":	Borpunkt 120_NGI
Sone 709 Sundhagen:	Borpunktene 107_NGI og 110_NGI

Innenfor sone 709 Sundhagen er det tidligere utført grunnundersøkelser, bl.a. av Multiconsult AS, men data fra disse har ikke vært tilgjengelige ved utredningen.

A2 Kvartærgeologi

Nedre Romerike er et utpreget ravineområde, dannet ved erosjon i marine sedimenter avsatt som havbunn da havet stod høyere enn i dag (på Østlandet ca. 200 m over dagens havnivå). Mektigheten av løsmasser er generelt stor, og kvikkleire er påvist mange steder. En lang rekke kvikkleiresoner er kartlagt, men kvikkleire vil også kunne påtreffes utenom allerede kartlagte soner. Glomma har erodert seg ned gjennom løsmassene, som danner til dels høye skråninger langs elva. Enkelte steder er det bergterskler som begrenser dybdeerosjon. Generelt er det stor skredaktivitet på Romerike.

Kvikkleiresonene 322 Lystad i Sørums kommun og sonene "Lystad sør" og 709 Sundhagen i Fet kommune ligger alle ned mot Glommas venstre bredd, dvs. østsiden av elva mellom Fetsund og Sørumsand. Sonene ligger under marin grense, og i områder med kartlagte marine havavsetninger (Figur 1).



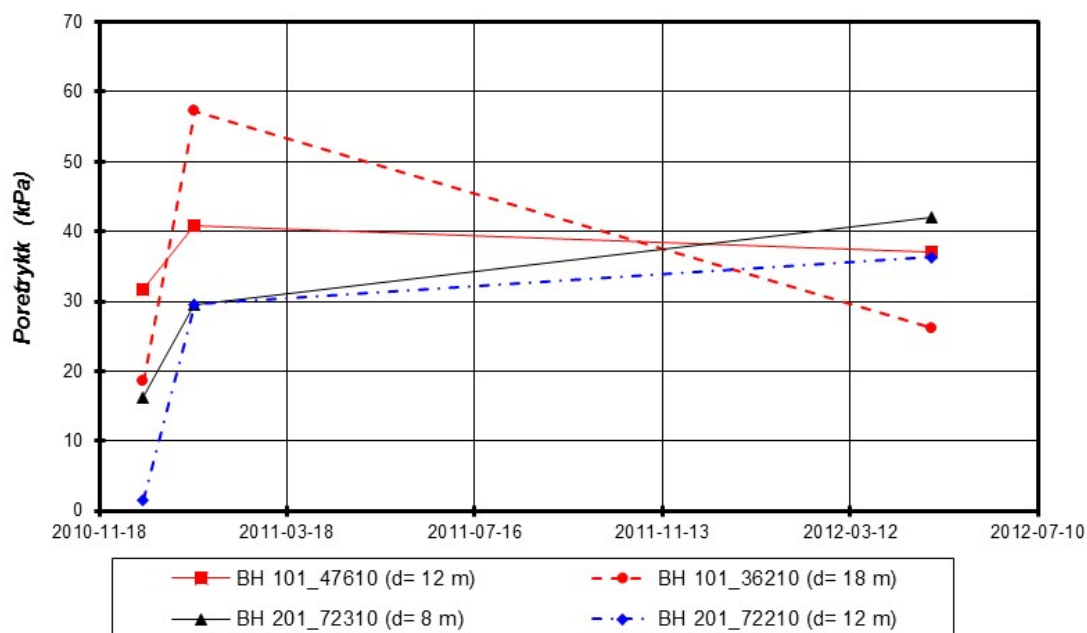
Figur A-1 Løsmassekart for strekningen langs Glomma mellom Fetsund og Sørumsand.

A3 Poretrykksmåling

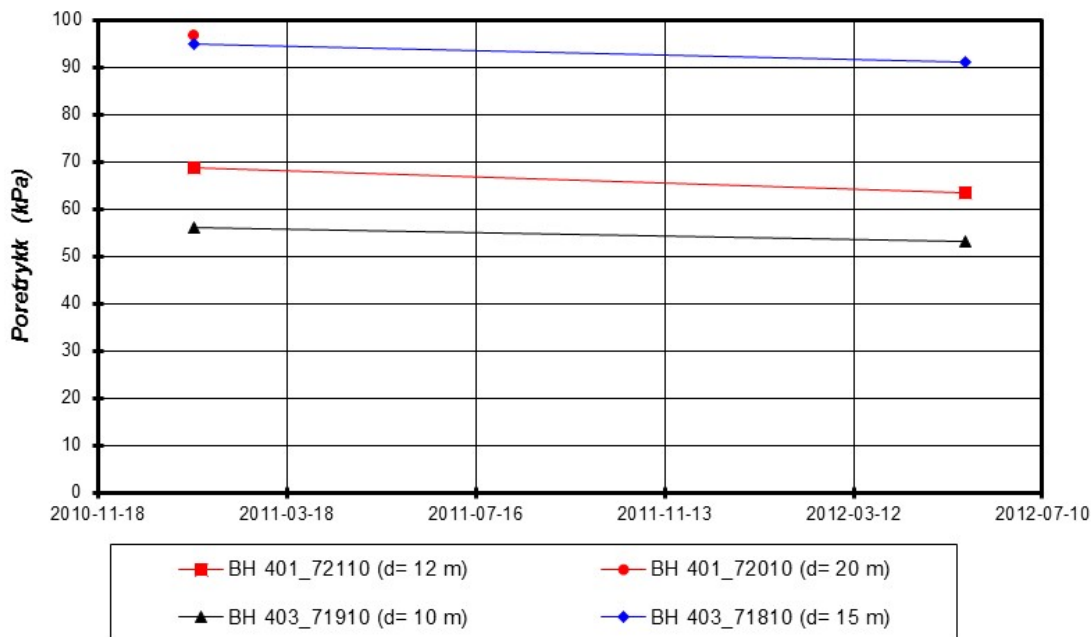
Det er installert minst 1 poretrykksstasjon med 2 målere i forskjellig dybde i hver sone. Poretrykksmålere og avlesninger utført i forbindelse med utredningen er oppsummert i Tabell A-1 og Figur A-2.

Tabell A-1 Poretrykksmålere og avlesninger

Sone	Borpunkt (kote)	Dybde	Poretrykk (kPa)		
			2010-12-16	2011-01-18	2012-05-03
322 Lystad	101	12 m	31.8	40.8	37.0
	(135.2)	18 m	18.5	57.3	26.2
"Lystad sør"	201	8 m	16.2	29.5	42.1
	(136.9)	12 m	1.6	29.5	36.4
709 Sundhagen	401	12 m	-	68.8	63.3
	(130.3)	20 m	-	96.6	-
	403	10 m	-	56.0	53.2
	(120.2)	15 m	-	94.9	91.2



a)



b)

Figur A-2 Poretrykksavlesninger. a) Sone 322 Lystad og "Lystad sør". b) Sone 709 Sundhagen.

I sone 322 Lystad og "Lystad sør" er det målt lave poretrykk (Figur 1a). Målt poretrykk er noenlunde likt ved de to siste avlesningene. Dypeste måler i borpunkt 101 (på 18 m dybde) har imidlertid betydelig lavere poretrykk ved siste avlesning enn ved forrige, mens samme måler ved forrige avlesning hadde betydelig høyere poretrykk enn øvrige målere. Muligens er måleren i borpunkt 101 (18 m dybde) skadd. Poretrykksfordeling i dette punktet må antas uavhengig av denne måleren.

Også målerne i sone 709 Sundhagen viser lave poretrykk. Avlesningene er konsistente, dvs. samtlige målere som har gitt verdi ved begge avlesninger har omtrent samme nedgang i målt poretrykk.

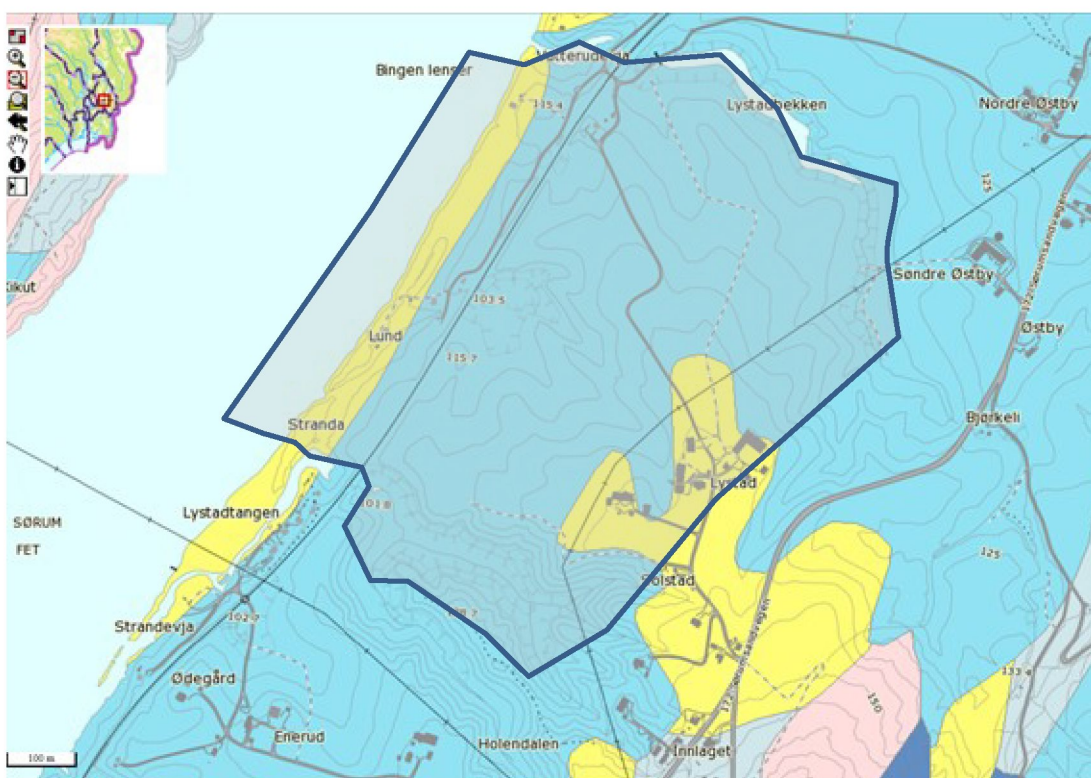
Poretrykksmålere er generelt plassert på platået på toppen av ravineskråningene. For modellering i forbindelse med stabilitetsanalyser må det antas høyere poretrykk og økende gradient mot bunnen av ravinene og videre i dybden.

A4 Lagdeling og topografi

Utførte grunnundersøkelser i forbindelse med utredningen er beskrevet i ref. /4/. Tolket lagdeling fremgår av beregningsprofilene (figurer til Vedlegg B-D). Lagdeling i de enkelte beregningsprofiler er generelt tolket ut fra sonderinger, supplert med opphentede prøver der dette finnes. Der det er usikkert hvilken dybde det er til fast grunn/antatt berg, er det valgt stor dybde til fast grunn/berg i beregningsmodellen, da dette er konservativt.

A4.1 Sone 322 Lystad

Beliggenhet av borpunkter innenfor sonen er vist på tegning 30. En oppsummering av utførte boringer innenfor sonen er gitt i Tabell 2. Sondert dybde gjennom løsmasser er fra 3.1 m til 40 m. Antatt berg er påtruffet i noen av boringene, mens andre boringer er avsluttet i faste masser eller uten at antatt berg eller faste lag er påtruffet. Største borede dybde i løsmasser er i borpunkt 103 ved gårdsbebyggelsen øverst/lengst øst i sonen, men det er også boret til stor dybde (> 30 m) i flere andre punkter. Boring 106 nede i ravinen i søndre/østre del av sonen er stanset mot antatt berg i 8.1 m dybde, dvs. kote ca. 112. Bergoverflaten antas å stige i den sørøstre delen av sonen, jfr. løsmassekartet (Figur A-3). I nordøstre del av sonen synes det å være større løsmassemektighet.



Figur A-3 Løsmassekart med cirka omriss av sone 322 Lystad

Det er i hovedsak boret gjennom et tynt topplag av antatt sand (silt), deretter tørrskorpeleire i noen meters tykkelse, og deretter gjennom et tykt lag med middels fast leire, som i dybden antas å være kvikk i flere av borpunktene. Det er tatt opp en uforstyrret prøveserie i borpunkt 101, med prøver ned til 13 m dybde. Ut fra dreietrykksondering var det her forventet sensitiv leire, men ingen av de opptatte prøvene fra borpunkt 101 karakteriseres som sprøbruddmateriale. Imidlertid antas det kvikkleire på større dybde i andre borpunkter (102, 103, 121_NGI og 122_NGI). I disse sonderingene antas overkant av kvikkleirelaget påtruffet i varierende nivå fra kote +106 til +116. I sonderingene 103, 101 og 106 (innenfor sonen) og i sondering 105 (utenfor sonen) antas det ikke sondert gjennom kvikkleire.

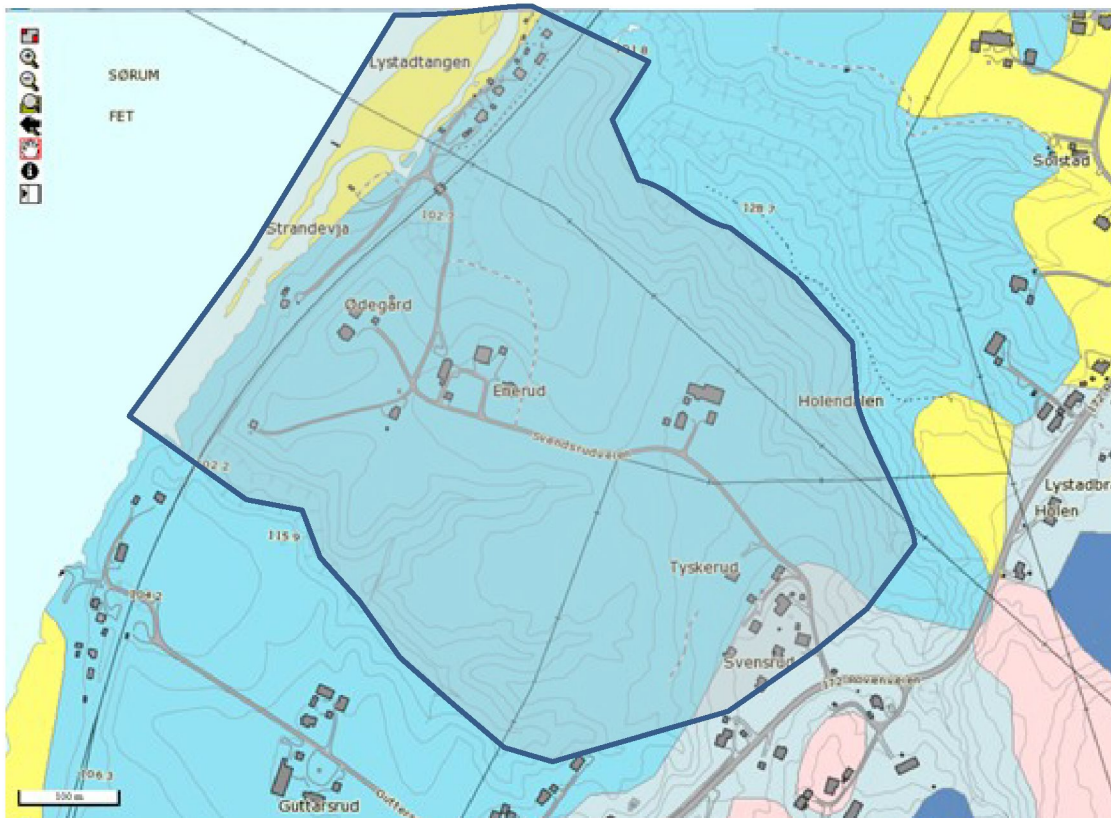
Tabell A-2 Grunnboringer innenfor sone 322 Lystad

Bor-punkt	Terren-g-kote	Type boring	Boret dybde	Antatt berg (kote)	Overkant antatt kvikkleirelag		Beskrivelse
					Dybde	Kote	
101	+135.2	Dreietrykk	22.4 m	(+110.8)	Antatt ikke kvikkleire		Stopp mot fast lag
		Piezometer	12 m 18 m				-
		Prøveserie	13 m				Ikke sprøbruddmat.
		CPTU	20 m				-
102	+119.3	Dreietrykk	34.1 m	+85.3	13.5 m	+105.8	Stopp mot antatt berg
		CPTU	25 m				-
103	+134.6	Dreietrykk	40 m		18.5 m	+116.1	Stopp i bløt leire
104	+115.4	Dreietrykk	21.4 m	(+94.0)	Antatt ikke kvikkleire		Stopp mot fast lag
105	+143.7	Dreietrykk	3.1 m	+140.6	Antatt ikke kvikkleire		Stopp mot antatt berg Utenfor sonen.
106	+119.9	Dreietrykk	8.1 m	+111.9	Antatt ikke kvikkleire		Stopp mot antatt berg
121_NGI	+125	Dreietrykk	37 m	(+88)	13 m	+112	Stopp mot antatt berg
122_NGI	+118	Dreietrykk	19.5 m	(98.5)	8 m	+110	Stopp mot antatt berg

Høydeforskjellen fra Glomma og til de øvre, østre deler av sonen, er over 35 m. De bratte skråningene ned i ravinen sør i sonen er opp mot 20-30 m høye, og er høyest lengst inn (øst) i ravinene. Her er det imidlertid ikke påvist kvikkleire i borpunktene 101 og 106. Lenger ut i ravinen mot sør, ved borpunkt 121_NGI, er den bratte skråningen opp mot 20-25 m høy.

A4.2 Sone 1878 Lystad sør

Beliggenhet av borpunkter innenfor sonen er vist på tegning 20. En oppsummering av utførte boringer innenfor sonen er gitt i Tabell 3. Sondert dybde gjennom løsmasser er fra 1.9 m til 42.4 m. Antatt berg er påtruffet i noen av boringene, mens andre boringer er avsluttet i faste masser eller uten at antatt berg eller faste lag er påtruffet. Største borede dybde i løsmasser er i borpunkt 120_NGI sentralt i sonen (42.4 m og ikke stopp mot fast lag eller antatt berg), men det er også boret til ca. 30 m i borpunkt 203. Ut fra boringene synes bergoverflaten å ligge lavest, og løsmassemengden å være størst, i sentrale og sørlige deler av sonen. Boringer i nabosonen 322 Lystad rett nord for sonegrensen indikerer imidlertid stor løsmassemengde også nordvest i sonen. Bergoverflaten antas å stige østover i sonen, jfr. løsmassekartet (Figur A-4). Lenger inne i ravinen mot nord er boring 206 stanset mot antatt berg i 5.6 m dybde, dvs. kote +112.7.



Figur A-4 Løsmassekart med cirka omriss av sone 1878 Lystad sør

I enkelte av punktene er det et fast topplag, muligens sand/silt, evt. tele (boringer ble utført vinterstid). Deretter er det tørrskorpeleire til flere meters tykkelse, e.g. minst 4 m i borpunkt 201, før massene gradvis går over til middels fast leire, som i dybden antas kvikk i flere av borpunktene (Tabell 3). Det er tatt opp en uforstyrret prøveserie i borpunkt 201, med prøver ned til 13 m dybde. Ut fra dreietrykksonderingen i dette

punktet var det forventet sensitiv leire ned til 8-9 m dybde, men opptatte prøver karakteriseres ikke som sprøbruddmateriale. Imidlertid antas det kvikkleire fra dybder mellom 5 og 19 m i andre borpunkter (202, 203, 206, 120_NGI), jfr. Tabell A-3. Overkant av kvikkleirelaget antas å ligge i varierende nivå fra kote +104 til +113 (noenlunde tilsvarende som i sone 322 Lystad i nord). I sonderingene 201, 204 og 205 antas det ikke sondert gjennom kvikkleire.

Tabell A-3 Grunnboringer innenfor sone 1878 Lystad sør

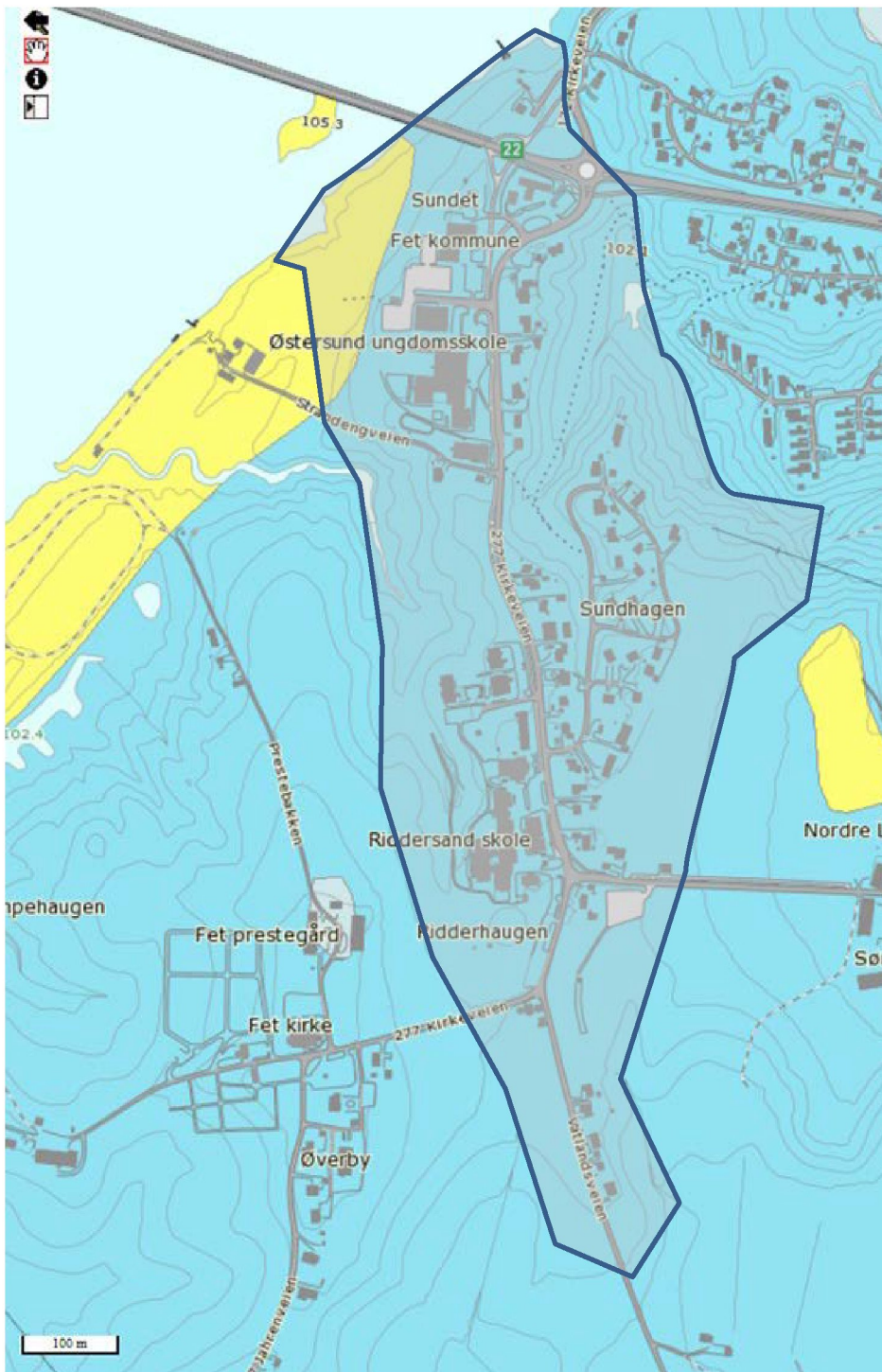
Bor-punkt	Terreng-kote	Type boring	Boret dybde	Antatt berg (kote)	Overkant antatt kvikkleirelag		Beskrivelse
					Dybde	Kote	
201	+136.9	Dreietrykk	14.8 m	(+122.1)	Antatt kvikkleire	ikke	Stopp mot fast lag
		Piezometer	8 m				-
		Prøveserie	13 m				Ikke kvikkleire
		CPTU	13.0 m				-
202	+121.1	Dreietrykk	21.4 m	+99.7	17 m	+104	Stopp mot antatt berg
		CPTU	16.6 m				-
203	+123.4	Dreietrykk	29.6 m	(+93.0)	19 m	+104	Stopp mot fast lag
204	+148.5	Dreietrykk	4.7 m	+143.7	Antatt kvikkleire ikke		Stopp mot antatt berg
205	+102.1	Dreietrykk	1.9 m	+100.2	Trolig ikke kvikkleire		Stopp mot antatt berg
206	+118.3	Dreietrykk	5.6 m	+112.7	5 m	+113.3	Stopp mot antatt berg
120_NGI	+127	Dreietrykk	42.4 m	+84.6	15 m	+112	Avsluttet uten fast lag/ antatt berg

Høydeforskjellen fra Glomma og til de øvre, østre deler av sonen, er over 50 m. De bratte skråningene ned i ravinen lengst nord i sonen er opp mot 25-30 m høye, og er høyest lengst inn (øst) i ravinene. Det er ikke påvist kvikkleire i borpunktene 201 på toppen av skråningen ved bebyggelsen i nord, men kan ikke utelukkes i borpunkt 206 nede i ravinen.

De bratte skråningene ned i ravinen mot sør, ved borpunkt 203, er opp mot 20 m høye.

A4.3 Sone 709 Sundhagen

Et omriss av sonen er vist på løsmassekart på Figur A-5. Kartet viser dype avsetninger med marin leire i hele området, uten oppstikkende berg, med sandavsetninger langs elva. Beliggenhet av borpunkter innenfor sonen er vist på tegning 21. En oppsummering av utførte boringer innenfor sonen er gitt i Tabell 4. Sondert dybde gjennom løsmasser er fra 16.8 m til 41.2 m. Antatt berg er påtruffet i noen av boringene, mens andre boringer er avsluttet i faste masser eller uten at antatt berg eller faste lag er påtruffet. Største borede dybde i løsmasser er i borpunkt 107_NGI sør i sonen (41.2 m og ikke stopp mot fast lag eller antatt berg), men det er også boret til ca. 40 m i borpunkt 404 ved Ridderhaugen skole og til 32 m på toppen av skråningen mot ravinen øst for sonen (borpunkt 110_NGI).



Figur A-5 Løsmassekart med cirka omriss av sone 709 Sundhagen

Det er boret gjennom topplag av tørrskorpe ned i tykke lag av middels fast leire og kvikkleire. Sonderingene indikerer kvikkleire i mange av borpunktene (Tabell A-4). Prøveserie i punkt 401 bekrefter kvikkleire under 16 m dybde. I borpunkt 402 tolkes det kvikkleire under 13 m dybde. Prøveserie i borpunkt 403 er ikke kvikkleire til 19 m, men sondering indikerer kvikkleire under 20 m dybde. Prøveserie og sondering i borpunkt 405 og nærliggende borpunkt 107_NGI bekrefter at det her er sprøbruddmateriale fra like under terreng og til stor dybde. Det samme antas å være tilfelle ved borpunkt 404. Oppsummert tilsier resultatene at overflaten av kvikkleirelaget ligger ca. ved kote 100-102 ut mot elva, men stiger til ca. kote +115 "midtveis" i sonen ved borpunkt 401 og 110_NGI, og videre til ca. kote 127 lengst sør i sonen.

Tabell A-4 Grunnboringer innenfor sone 709 Sundhagen

Bor-punkt	Terren-g-kote	Type boring	Boret dybde	Antatt berg (kote)	Overkant antatt kvikkleirelag		Beskrivelse
					Dybde	Kote	
401	+130.3	Dreietrykk	27.6	+102.7	15 m	+115	Stopp mot stein
		Piezometer	12 m 20 m				-
		Prøveserie	23 m				Prøver kvikke under 16 m
		CPTU	25 m				-
402	+114.6	Dreietrykk	16.8	+97.8	13 m (?)	+102	Stopp mot stein
403	+120.2	Dreietrykk	26.1	(+94.1)	20 m	+100	Stopp mot fast lag
		Piezometer	10 m 15 m				-
		Prøveserie	19 m				Ikke kvikkleire til 19 m
		CPTU	20 m				-
404	127.4	Dreietrykk	40.0 m	+87.4	0.5 m	+127	Avsluttet uten fast lag eller antatt berg
405	+129.1	Dreietrykk	34.8 m	(+94.3)	2 m	+127	Avsluttet i faste masser
		Prøveserie					Sprøbruddmateriale i prøver 4-5 m og 14-15 m (ant. til stor dybde)
		CPTU	20 m				--
406	+143.1	Dreietrykk	17.9 m	(+125.2)	Antatt ikke kvikkleire		Stopp mot stein. Utenfor sonen
107_NGI	+129	Dreietrykk	41.2 m	(+87.8)	2.5 m	+126.5	Stopp mot fast lag
110_NGI	130	Dreietrykk	32 m	(+98)	14 m	+116	Stopp mot antatt berg

Høydeforskjellen fra Glomma øker bakover (sørover) i sonen. Ved rådhuset og ungdomsskolen er skråningshøyden mot elva ca. 20 m (i tillegg kommer elvedybden, som her i hovedsak er liten, med unntak av en erojonsgrøp). Løsmasseplatået (Riddersvingen) ut mot ravinen øst for sonen ligger på ca. kote +130, og tilsvarende terrenghøyde finner vi ved Ridderhaugen og ved Riddersand skole. Lengst sør i sonen stiger terrenget noe brattere opp mot kote +138, slik at total høydeforskjell er ca. 40 m fra Glomma og til sonegrensen lengst sør.

A5 Skjærfasthetsparametre og overkonsolideringsforhold

Udrenert skjærfasthet for leire er tolket ut fra CPTU-sonderinger iht. ref. /11/, med støtte i laboratorieforsøk utført på opptatte prøver fra sonen og antatt/målt poretrykksfordeling i grunnen. Tolkede aktive skjærfasthetsprofiler er vist i figurene A1-A7.

Tolkning er basert på estimert overkonsolidering fra CPTU-sondering og ut fra topografiske forhold. Raviner antas her generelt dannet ved erosjon/skredaktivitet, og i bunnen av raviner er det som hovedregel antatt overkonsolidering minimum tilsvarende høyden på sideterrenget. Tolkningsmodellen angir overkonsolideringsforhold vurdert ut fra forutsetning om horisontalt terreng og grunnvann i terrengnivå for "før-situasjonen".

A5.1 Udrenert skjærfasthet

Det er utført triaksialforsøk på to prøver fra kvikkleiresone 709 Sundhagen (ref. /4/). Forsøkene er utført på prøver fra punkt 401, fra dybder hhv. 9,5 og 16,5 m. Triaksialforsøk konsolidert til antatt in situ effektivspenningstilstand er utført på NGIs løsmasselaboratorium. Målt aktiv skjærfasthet fra triaksialforsøkene er plottet i diagram som viser tolkning av CPTU 401 (Vedlegg A5). Konsolideringsspenninger fra triaksialforsøkene er gitt i Tabell 5, sammen med målt aktiv udrenert skjærfasthet (s_{uA}) og forholdet s_{uA}/σ'_1 . For beregning av konsolideringsspenninger er det presumpivt gjort en konservativ vurdering av poretrykk for ikke å overbelaste prøvene. Ved tolkning av CPTU 401 er effektiv vertikalspenning på dybde hhv. 9.5 m og 16.5 m beregnet til 121.3 kPa og 217.5 kPa, dvs. 7-11 kPa lavere enn konsolideringsspenningene benyttet ved triaksialforsøket. Målt skjærfasthet fra triaksialforsøkene kan derfor være noe for høye og bør anvendes forsiktig. Resultatene fra triaksialforsøkene er plottet i Figur A-6 i den dybden hvor in situ-spenninger fra CPTU-tolkningen tilsvarer konsolideringsspenningene fra triaksialforsøket. (gule firkanter). Forholdet mellom aktiv skjærfasthet og in situ vertikalspenning tilsier en svak overkonsolidering, og avtar noe med dybden (Tabell A-5). Fra dybde 20 m og nedover tilsier tolkning av CPTU 401 at materialet er nær normalkonsolidert (Figur A5). Overgang til sensitiv, lite plastisk leire på 15 m dybde slår ut i et sprang i tolket skjærfasthet. Det er valgt å tolk overkonsolideringsforholdet og derved karakteristisk styrkeprofil med utgangspunkt i den nedre delen av CPTU-sonderingen.

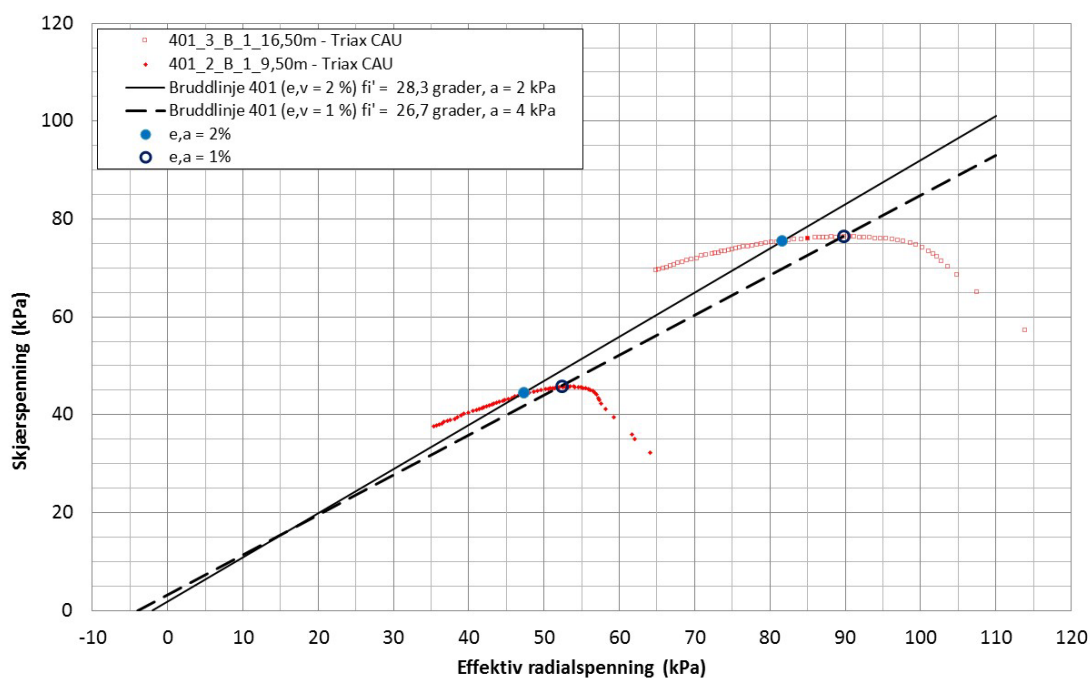
Tabell A-5 Konsolideringsspenninger, målt udrenert aktiv skjærfasthet og S_{uA}/σ'_1 fra triaksialforsøk på materiale fra prøveserie 301 i kvikkleiresone Skjetten.

nr.	Dybde (ca.) m	σ'_1 *) kPa	σ'_3 *) kPa	S_{uA} kPa	S_{uA}/σ'_1 -
401	9.5	128.8	64.0	45.7	0.355
401	16.5	228.8	113.9	76.2	0.333

*) Forsiktig anslått in situ-spenning

A5.2 Drenert skjærfasthet

Spenningsstier fra triaksialforsøkene er plottet i Figur A-6. Bruddlinjer gjennom 1 % og 2 % vertikaltøyning er angitt. I stabilitetsberegningene er det benyttet en noe lav effektiv friksjonsvinkel (27°) sammen med kohesjon på 5 kPa, jfr. Tabell A-6.



Figur A-6 Triaksialforsøk, prøveserie 401. Skjærspenning mot effektiv radialspenning.

Tabell A-6 Romvekt og effektive styrkeparametere benyttet i stabilitetsberegninger (for steinfylling og tørrskorpeleire er det benyttet erfaringsverdier)

	Total romvekt [kN/m ³]	Friksjonsvinkel ϕ' [°]	Kohesjon c' [kN/m ²]
Steinfylling (drenert)	19	42	0
Tørrskorpeleire	18	32	0
Leire/kvikkleire	Basert på prøver	27	5

A5.3 Prøvekvalitet

Prøvekvalitet er tolket basert på triaksialforsøk, iht. ref. /11/. Av Tabell A-7 fremgår at det dypeste triaksialforsøket (prøve fra 16,5 m dybde) har noe dårligere prøvekvalitet enn forsøket på prøve fra 9,5 m. Den dypeste prøven er kvikk/sprøbruddmateriale, mens den grunneste har middels sensitivitet. Ut fra at sylindrerprøvene er Ø54 mm, vurderes prøvekvaliteten å være akseptabel.

Tabell A-7 Prøvekvalitet vurdert fra triaksialforsøk

Prøveserie	Forsøk	Dybde	Prøvekvalitet
401	2-B-1	9,5 m	1 (svært god til fremragende)
401	3-B-1	16,5 m	2 (god til brukbar)

A5.4 Tidligere overlaging tolket fra CPTU-sonderinger

En oversikt over tidligere overlaging tolket fra CPTU-sonderinger er vist i Tabell A-8. Overkonsolideringsnivå er vurdert ut fra den dypeste delen av sonderingskurven, hvor kurven stiger jevnt. Det er en del variasjon mellom CPTU-resultatene. En noenlunde lik forståelse av overkonsolideringen innenfor hver sone er forsøkt anvendt, også for å unngå for stor uoverensstemmelse mellom laboratorieforsøk på opptatte prøver og CPTU-tolkningen. Dette innebærer at enkelte CPTU-sonderinger vil synes tolket noe forsiktig (eksempelvis 201, Figur A3). Opptatte prøver fra borpunkt 201 er ikke kvikke, og et visst samsvar mellom styrkeprofil og laboratorieprøver bør forventes. Lav plastisitet pga. høyt siltinnhold kan være en årsak til at prøvene likevel kan ha vært forstyrret.

Tabell A-8 Oversikt, tolkning av CPTU

	Sone 322 Lystad		Sone "Lystad sør"		Sone 709 Sundhagen		
	CPTU-101	CPTU-102A	CPTU-201	CPTU-202	CPTU-401	CPTU-403	CPTU-405
Terreng, kote	135,16	119,35	136,9	121,1	130,26	120,23	129,1
Tidligere overlaging over dagens terreng	15 m	0 m	15 m	15 m	15 m	12 m	10 m

A5.5 CPTU-sonderinger, kvalitet

Avvik for målte parametre før og etter CPTU-sondering er oppsummert i Tabell 9. Avvik for spissmotstand, sidefriksjon og poretrykk er små for samtlige borer og innenfor krav til anvendelsesklasse 1 (ref. /14/, gjengitt i Tabell 10). Helningen av sonden ved siste måleavlesning er større enn 3° (helt opp til 9°) for samtlige sonderinger, og ligger utenfor kravene til alle anvendelsesklasse 1 og 2. Helningsavviket tilfredsstiller anvendelsesklasse 3, med unntak av CTPU 101, 102A og 401, som kun tilfredsstiller

anvendelsesklasse 4 (som ikke stiller krav til helning). Resulterende avvik i nedtrengningslengde tilfredsstiller anvendelsesklasse 1 for alle boringer unntatt CPTU 102A.

Tabell A-9 Kvalitet av CPTU-sonderinger. Røde verdier tilfredsstiller ikke anvendelsesklasse 1.

Avvik	Sone 322 Lystad		Sone 1878 Lystad sør		Sone 709 Sundhagen		
	CPTU 101	CPTU 102A	CPTU 201	CPTU 202	CPTU 401	CPTU 403	CPTU 405
Spissmotstand (kPa)	17,8	2,6	4,0	3,2	8,5	-32,5	-0,5
(%)	1,35	0,27	0,40	0,04	0,75	3,40	0,06
Sidefriksjon (kPa)	-1,2	0,3	-0,3	-3,2	-0,1	0,0	0,5
(%)	7,1	4,11	1,52	6,14	0,61	0,00	7,04
Poretrykk (kPa)	0,1	-0,1	-0,4	-8,5	0,6	-0,7	0,2
(%)	0,01	0,01	0,10	1,12	0,05	0,07	0,02
Helning (°)	5,47	9,01	3,10	3,08	6,20	3,89	3,90
Nedtrengn.avvik (m)	0,09	0,31	0,02	0,02	0,15	0,06	0,05
(%)	0,55	1,54	0,17	0,17	0,73	0,29	0,28
Anvendelsesklasse	4	*)	3	3	4	4	3

*) Tilfredsstiller ikke noen av anvendelsesklassene 1-4

Tabell A-10 Anvendelsesklasser for CPT og CPTU fra ref. /14/

Anvendelses-klasse	Forsoks-type	Målestørrelse	Tillatt minimums-nyaktighet ^a	Maksimum avstand mellom målinger	Bruk	
					Profil ^b	Tolkning ^c
1	TE2	Spissmotstand Sidefriksjon Poretrykk Helning Nedtrengingslengde ^e	35 kPa eller 5% 5 kPa eller 10% 10 kPa eller 2% 2° 0.1 m eller 1%	20 mm	A	GH
2	TE1 TE2	Spissmotstand Sidefriksjon Poretrykk ^d Helning Nedtrengingslengde	100 kPa eller 5% 15 kPa eller 15% 25 kPa eller 3% 2° 0.1 m eller 1%	20 mm	A B C D	GH* GH GH GH
3	TE1 TE2	Spissmotstand Sidefriksjon Poretrykk ^d Helning Nedtrengingslengde	200 kPa eller 5% 25 kPa eller 15% 50 kPa eller 5% 5° 0.2 m eller 2%	50 mm	A B C D	G GH* GH GH
4	TE1	Spissmotstand Sidefriksjon Nedtrengingslengde	500 kPa eller 5% 50 kPa eller 20% 0.2 m eller 2%	50 mm	A B C D	G* G* G* G*

- A Homogen jord med meget bløt til fast leire og silt (typisk $q_c < 3$ MPa)
 B Lagdelt jord med bløt til fast leire (typisk $q_c \leq 3$ MPa) og middels fast sand (typisk $5 \text{ MPa} \leq q_c < 10$ MPa)
 C Lagdelt jord med fast leire (typisk $1.5 \text{ MPa} \leq q_c < 3$ MPa) og meget fast sand (typisk $q_c > 20$ MPa)
 D Meget fast til hard leire (typically $q_c \geq 3$ MPa) og meget fast, grov jord ($q_c \geq 20$ MPa)

A5.6 Anisotropi og sprøbruddmekanisme

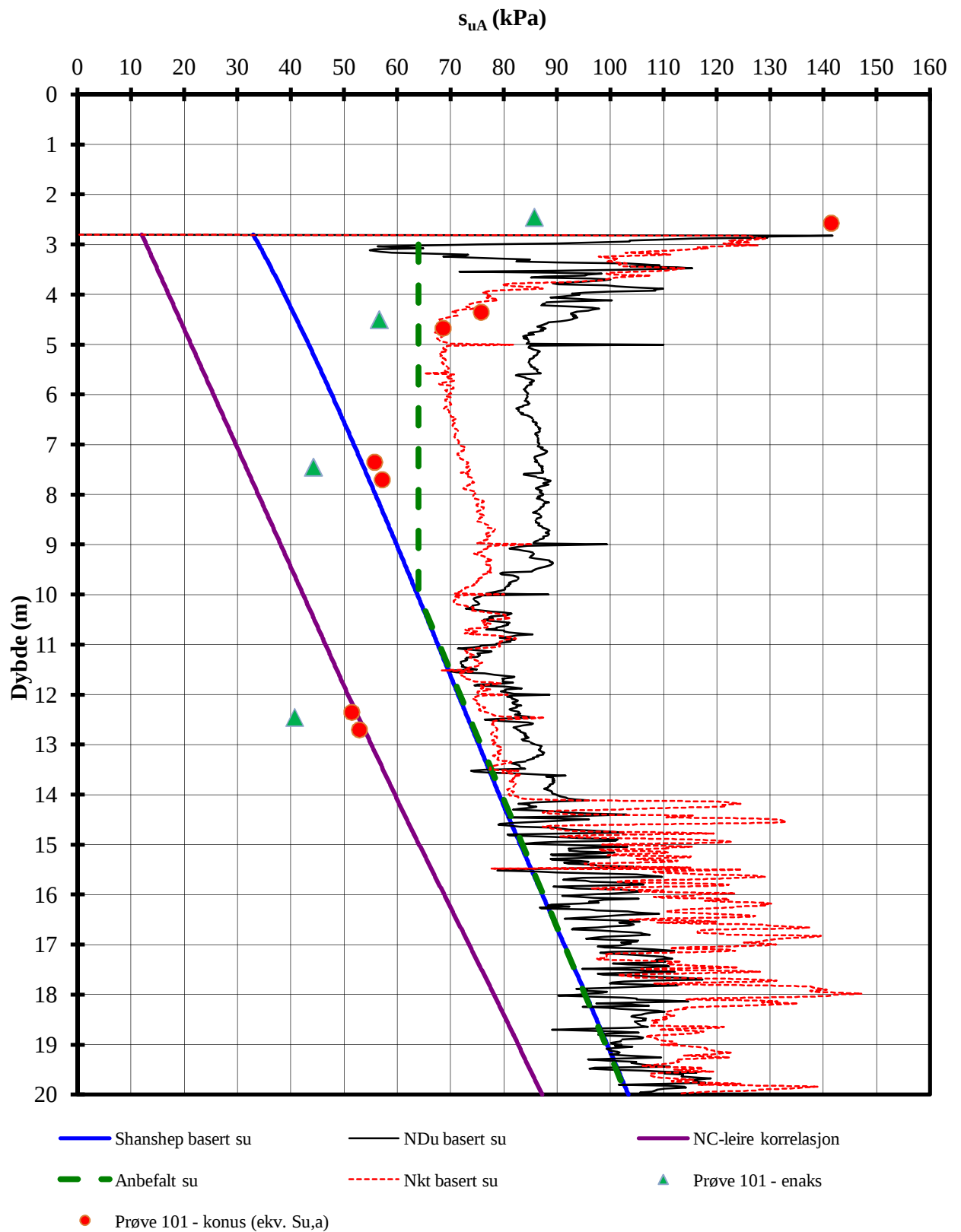
Leiras udrenerte styrke varierer med retning på skjærplanet. For ”ikke sprøbruddmateriale” er følgende anisotropifaktorer benyttet ved udrenert ADP-analyse i leire: 1, 0,7 og 0,4 for hhv. aktiv, direkte og passiv skjærfasthet. For ”sprøbruddmateriale” er anisotropifaktorene satt til 1, 0,65 og 0,35.

I tillegg til anisotropifaktorer er aktiv skjærfasthet redusert med 15% iht. ref. /5/ for å ta hensyn til sprøbruddmekanisme. Dette gjelder der skjærfastheten er tolket fra CPTU-sondering korrelert med blokkprøver basert på ref. /10/. Aktiv skjærfasthet uten reduksjon er lagt inn som karakteristiske styrkeprofiler i beregningsprogrammet GeoSuite Stabilitet (ref. /7/). Evt. reduksjon av udrenert skjærfasthet (for å ta hensyn til sprøbruddmekanisme) er gjort ved justering av anisotropifaktorene for hvert enkelt jordlag i beregningsmodellen.

A6 Referanser

- /1/ NGI (1995). Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartbladet Fet, M = 1:50.000. Rapport nr. 900010-2, 10. november 1995.
- /2/ NGI (2010): Kvikkleiresoner i Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus. Forslag til undersøkelsesprogram. Prosjekt 20100119, teknisk notat datert 23. mars 2010.
- /3/ Norconsult Fältgeoteknik AB (2011): Kvikkleiresoner Sørum, Fet, Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus. Rapport Geoteknik, RGeo, Fält- och laboratorieresultat. Oppdragsnr. 211 03 40, rapport datert 11. mai 2011.
- /4/ 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.
- /5/ NVE (2010): Minikonkurranse iht. rammeavtale for geoteknisk utredning av kvikkleiresoner. Tilbudsgrunnlag. Sone 322 Lystad, 709 Sundbyhagen, 343 Skjetten, 715 Krogsbøl, 719 Gran, 723 Nordli, 734 Nordli Vest og 724 Årsrud i Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner. Datert 08.01.2010.
- /6/ ViaNova GeoSuite AB (2009): GeoSuite. GS Stability. Version 5.0.5.
- /7/ NGU (2012). Løsmassekart på internett. <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>
- /8/ NIF (1978). NIF-kurs 1978: Skredfare og arealplanlegging. Vurdering av faregrad og sikringstiltak.
- /9/ NGI (2008): Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire. Rapport 20001008-2, rev. 3. datert 8. oktober 2008.


- /10/ Karlsrud, K., Lunne, K., Kort, D.A. and Strandvik, S. (2005): CPTU correlations for clays. Proc. 16th ICSMGE, Osaka, pp. 693-702.
- /11/ Lunne, T., T. Berre, K.H. Andersen, S. Strandvik and M. Sjursen (2006): Effects of sample disturbance and consolidation procedures on measured shear strength of soft marine Norwegian clays. Can. Geotechnical Journal, vol. 43, No. 7.
- /12/ NGI (2014). NIFS N-6.5.2 Sikkerhet ifm utbygging i kvikkleireområder. Oppsummeringsrapport. Rapport nr. 20140075-01-R, datert 19. november 2014.
- /13/ DIBK (2011). Byggteknisk forskrift med veiledning (TEK10). Publikasjonsnummer: HO-2/2011
- /14/ NGF (1982). Melding nr. 5. Veiledning for utførelse av trykksøndering. Rev. 3, 2010.

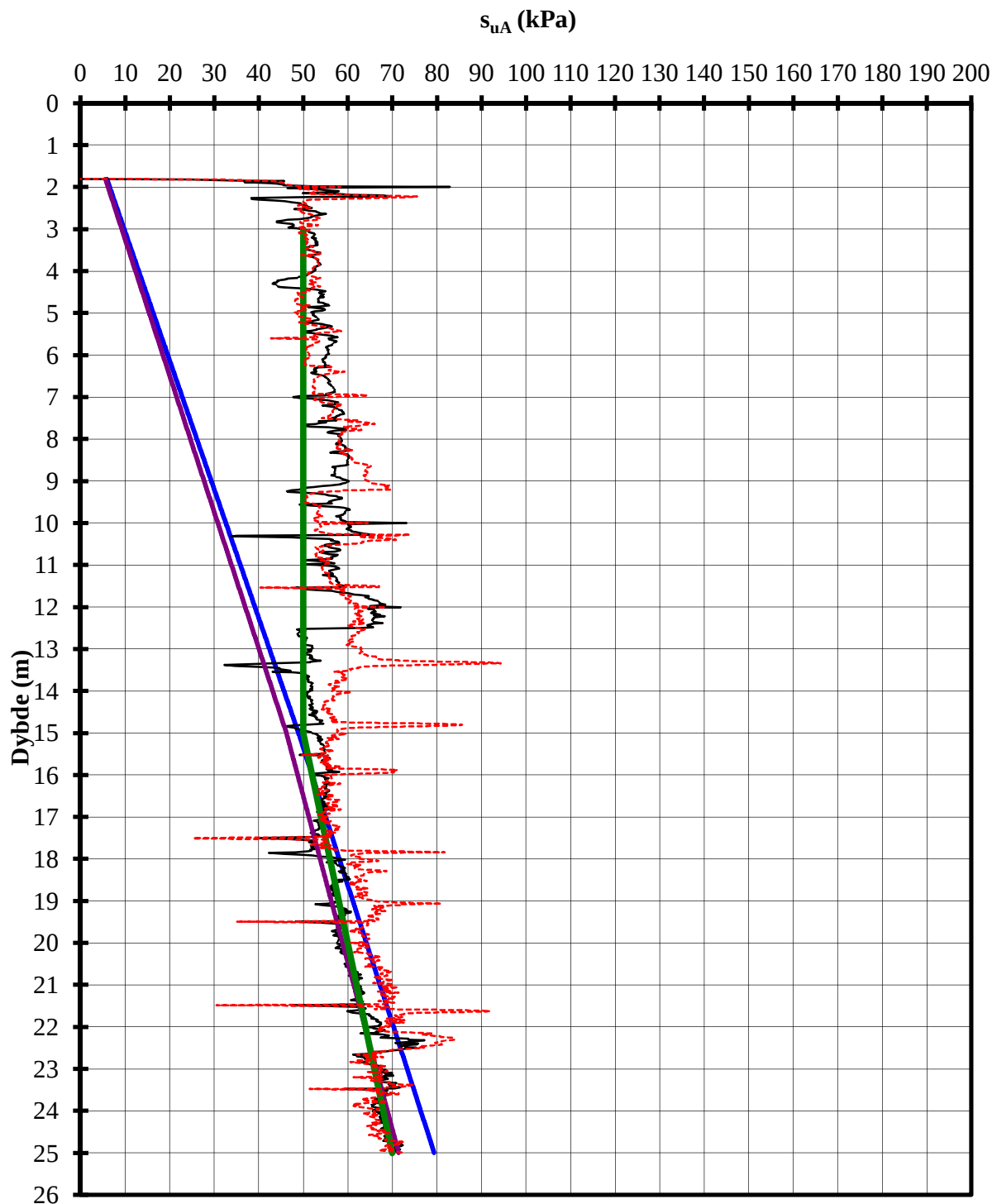


Terrengkote : 135.16 m

Tidligere terrengnivå : 150,2 m

P:\201001\20100119\Beregninger\CPTU-tolkning\CPTU-tolk2006_101.xls]sua profil


Kvikkleiresoner i Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk komm, Akershus	Rapport nr.	Figur nr.
	20100119-00-7	A1
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull 101	Tegner	Dato
	HHe	09.03.2011
	Kontrollert	
Godkjent		
	HHe	

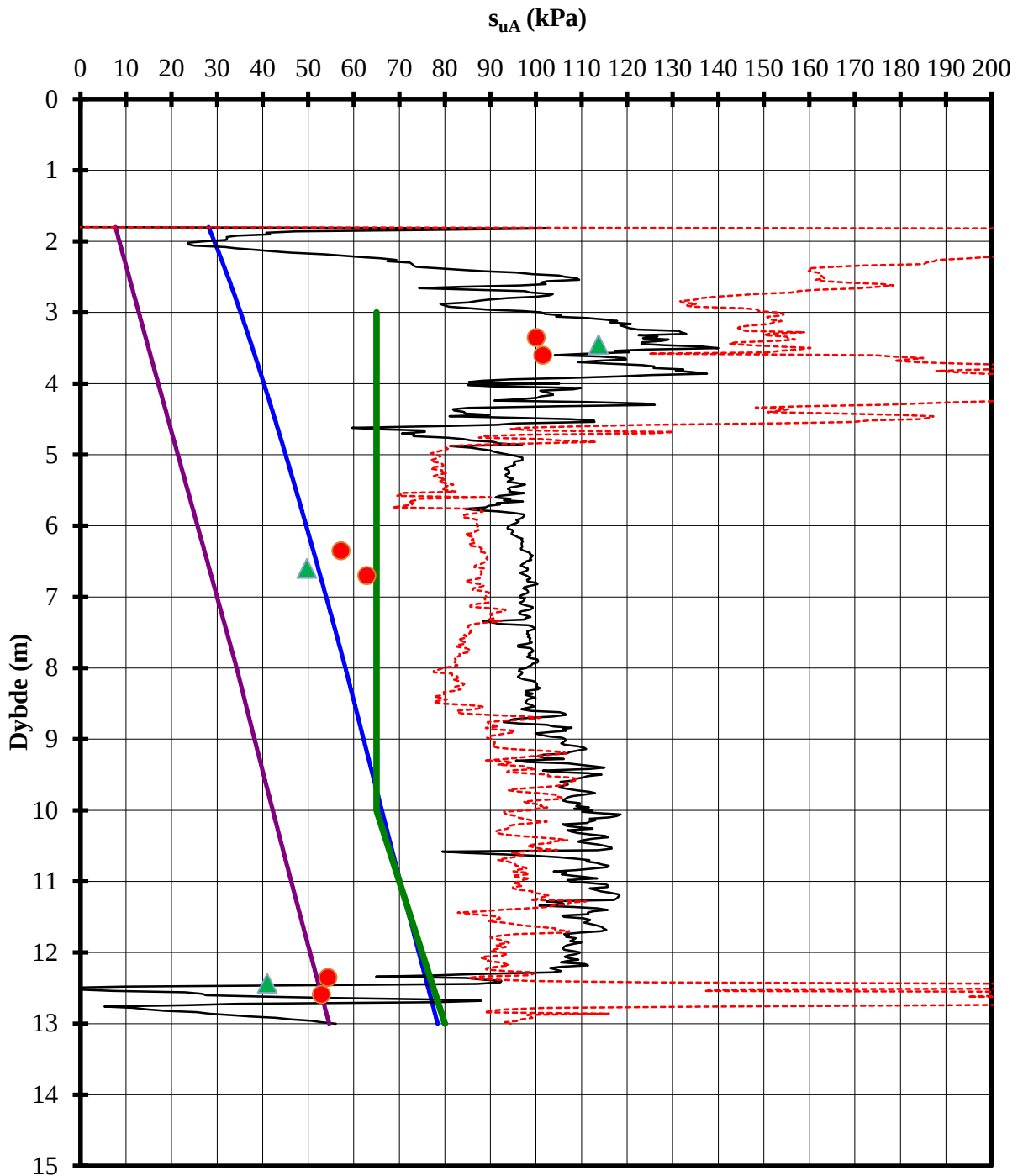


- Shanshep basert su
- NC-leire korrelasjon
- - - Nkt basert su
- Prøve 901 - konus (ekv. Su,a)
- NDu basert su
- Anbefalt su
- ▲ Prøve 901 - enaks

Terrengkote : 119.35 m
Tidligere terrengnivå : 119,35 m

P:\2010\01\20100119\Beregninger\CPTU-tolkning\CPTU-tolk2006_102A.xls\Inngangsdata


Kvikkleiresoner i Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk komm, Akershus	Rapport nr.	Figur nr.
	20100119-00-7	A2
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull 102A	Tegner	Dato
	Kontrollert	09.03.2011
	Godkjent	

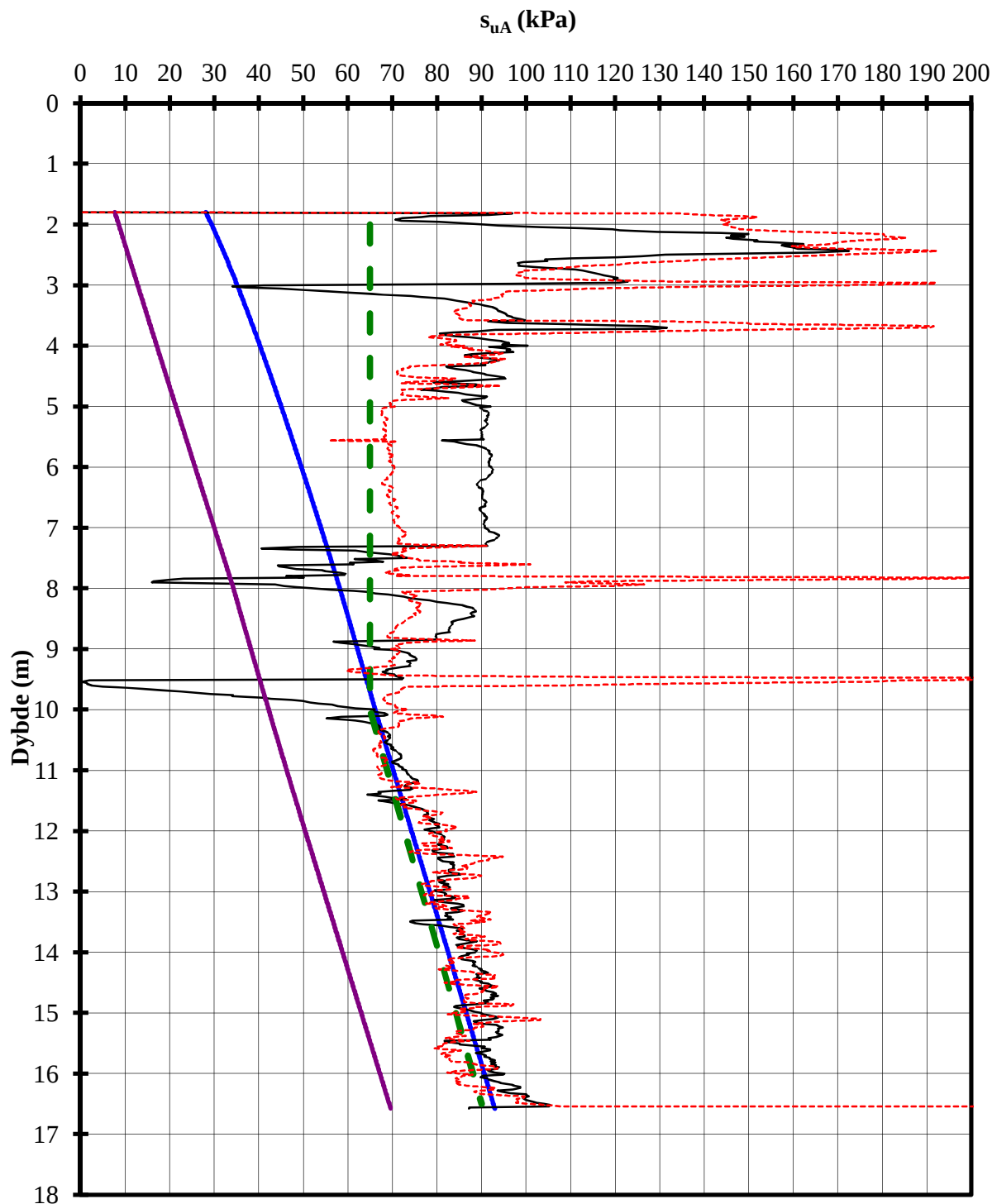


- Shanshep basert su
- NC-leire korrelasjon
- - - Nkt basert su
- Prøve 201 - konus (ekv. Su,a)
- NDu basert su
- Anbefalt su
- ▲ Prøve 201 - enaks

Terrengkote : 136,9 m
 Tidligere terrengnivå : 151,9 m

P:\2010\01\20100119\Beregninger\CPTU-tolkning[CPTU-tolk2006_201.xls]sua profil

	Rapport nr.	Figur nr.
Kvikkleiresoner i Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk komm, Akershus	20100119-00-7-R	A3
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull 201	Tegner	Dato
	Kontrollert	2011-03-09
	Godkjent	



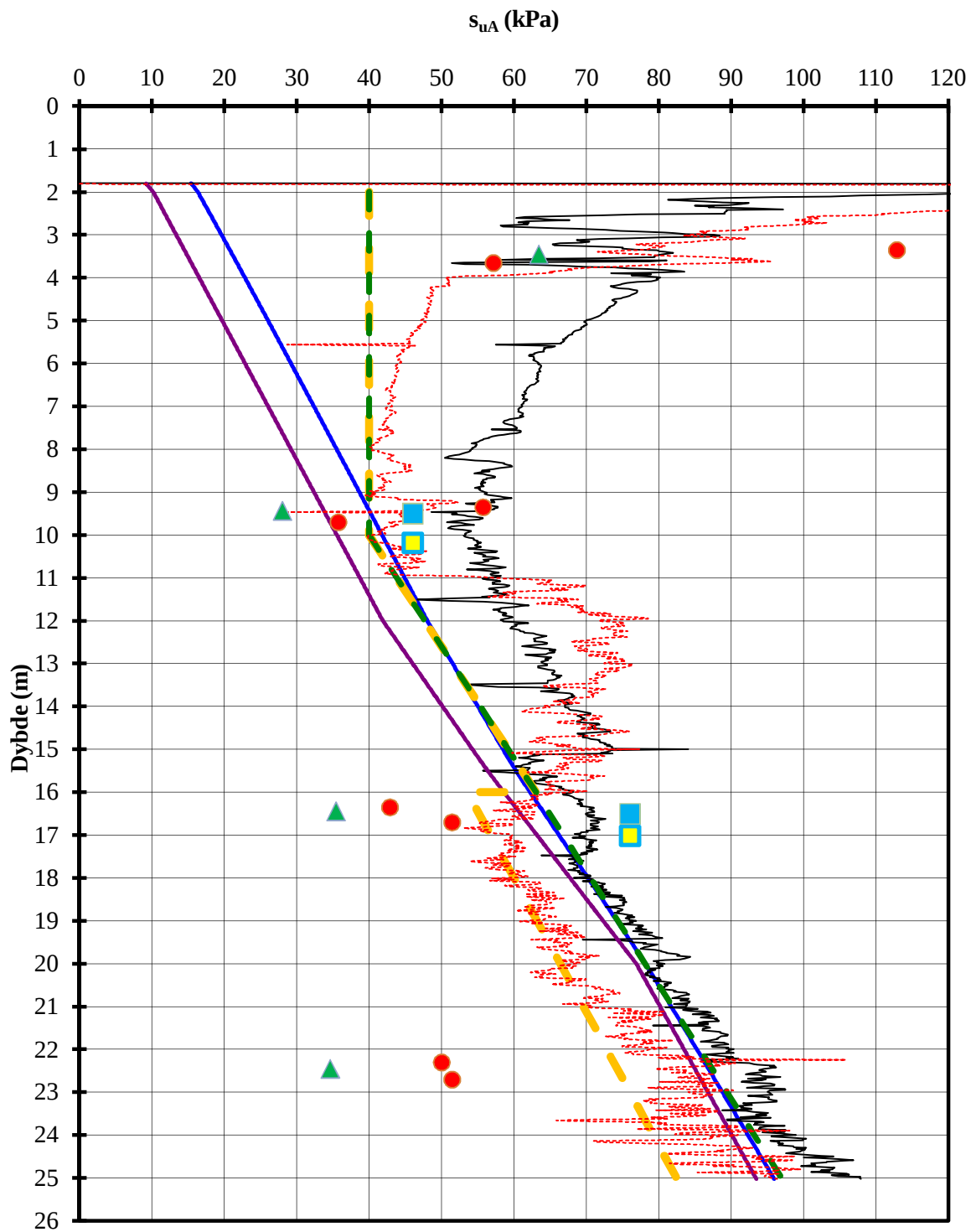
- Shanshep basert su
- NDU basert su
- NC-leire korrelasjon
- - - Anbefalt su
- - - Nkt basert su
- ▲ Prøve 901 - enaks
- Prøve 901 - konus (ekv. Su,a)

Terrengkote : 121.1 m

Tidligere terrengnivå : 136,1 m

P:\2010\01\20100119\Beregninger\CPTU-tolkning\[CPTU-tolk2006_202.xls]Inngangsdata

Kvikkleiresoner i Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk komm, Akershus	Rapport nr. 20100119-00-7	Figur nr. A4
	Tegner	Dato 09.03.2011
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull 202	Kontrollert	
	Godkjent	

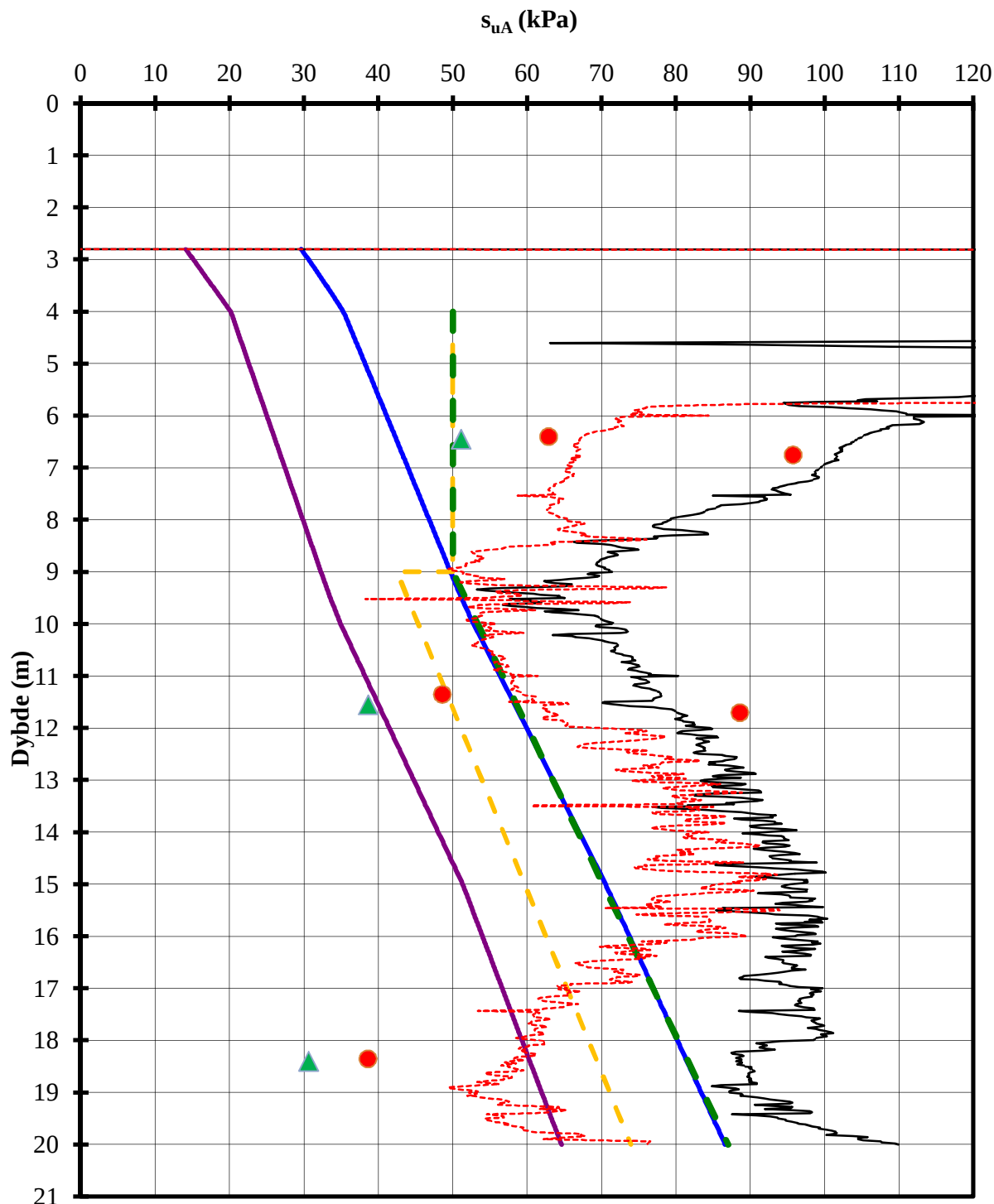


- Shanshep basert su
- NC-leire korrelasjon
- - - Anbefalt su
- Prøve 401 triaks, ekvivalent dybde
- ▲ Prøve 401 enaks
- NDU basert su
- - - Design su (sprøbrudd, CPTU-korrelasjon)
- - - Nkt basert su
- Prøve 401 triaks
- Prøve 401 - konus (ekv. Su,a)

Terrengkote : 130,26 m
 Tidligere terrengnivå : 135,26 m

P:\2010\01\20100119\Beregninger\CPTU-tolkning\CPTU-tolk2006_401.xls\sua profil

Kvikkleiresoner i Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk komm, Akershus	Rapport nr.	Figur nr.
	20100119-00-7-R	A5
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull 401	Tegner	Dato
	Kontrollert	14.03.2011
	Godkjent	




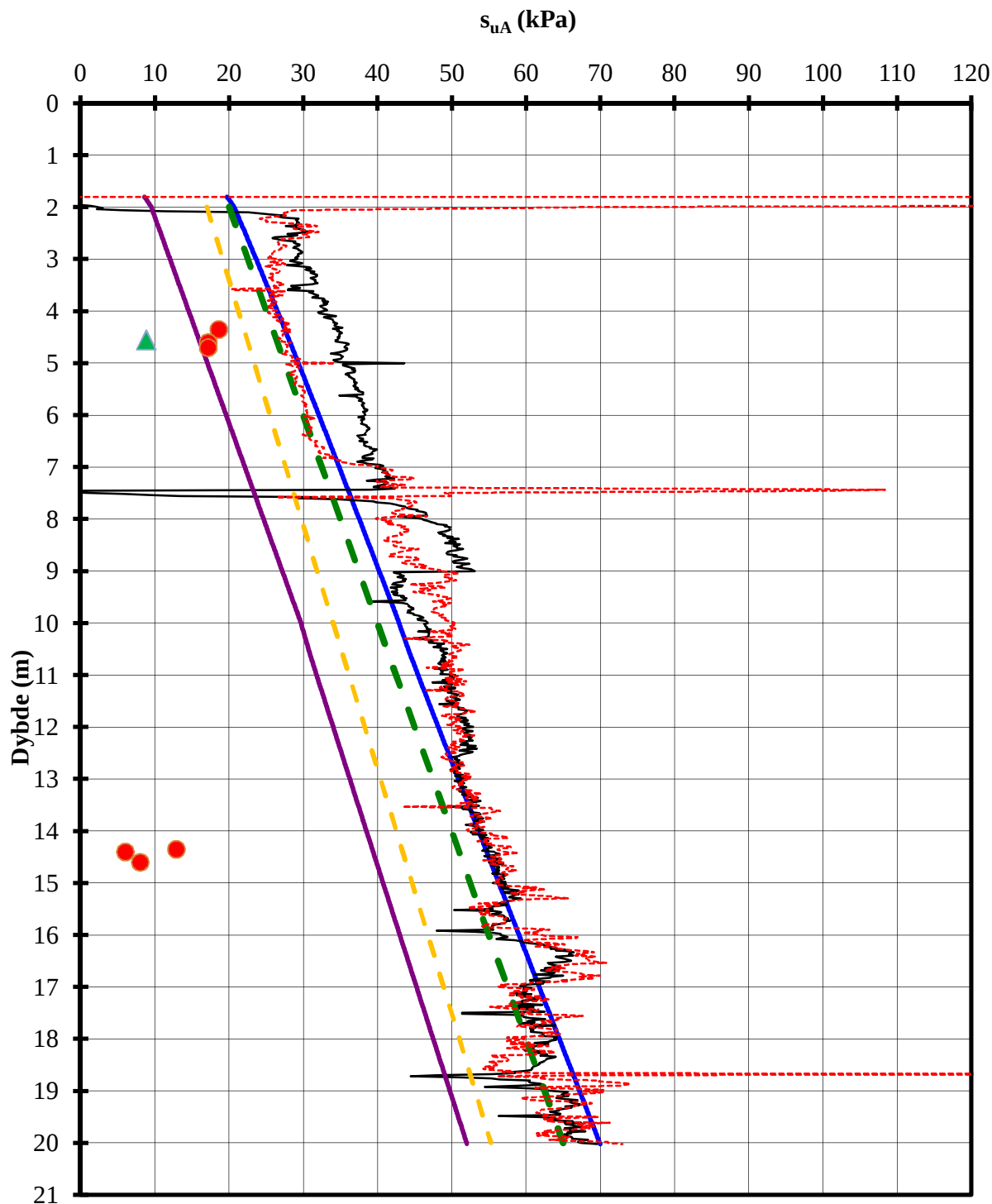
- Shanshep basert su
- NC-leire korrelasjon
- Anbefalt su
- ▲ Prøve 401 enaks
- NDu basert su
- suA i sprøbruddmat.(CPTU-korrelasjon)
- Nkt basert su
- Prøve 401 - konus (ekv. Su,a)

Terrengkote : 120.23 m

Tidligere terrengnivå : 132,2 m

P:\2010\01\20100119\Beregninger\CPTU-tolkning\CPTU-tolk2006_403.xls]sua profil

Kvikkleiresoner i Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk komm, Akershus	Rapport nr.	Figur nr.
	20100119-00-7-R	A6
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull 403	Tegner	Dato
	Kontrollert	14.03.2011
	Godkjent	



- Shanshep basert su
- NC-leire korrelasjon
- - - Anbefalt su
- ▲ Prøve 405 enaks
- NDu basert su
- - - Design su,a
- - - Nkt basert su
- Prøve 405 - konus (ekv. Su,a)

Terrengkote : 129,1 m

Tidligere terrengnivå : 139,1 m

P:\2010\01\20100119\Beregninger\CPTU-tolkning\CPTU-tolk2006_405.xls]sua profil

Kvikkleiresoner i Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk komm, Akershus	Rapport nr. 20100119-00-7-R	Figur nr. A7
	Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull 405	
Tegner	Dato 15.03.2011	
Godkjent		

Vedlegg B

STABILITET SONE 322 LYSTAD

Innhold

B1	Stabilitetsberegninger sone 322 Lystad	2
B2	Grunnforhold	2
B3	Sone 322 Lystad, profil P1	2
B4	Stabilitetsberegning, sone 322 Lystad, profil P2	3
B5	Stabilitetsberegning, sone 322 Lystad, profil P3	4
	B5.1 Dagens situasjon, sone 322 Lystad, profil P3	4
	B5.2 Stabiliserende tiltak, 322 Lystad, Profil P3	5
B6	Stabilitetsberegning, 322 Lystad, profil P4	6
	B6.1 Dagens situasjon, 322 Lystad, profil P4	6
	B6.2 Stabiliserende tiltak, 322 Lystad, Profil P4	7
B7	Sone 322 Lystad – oppsummering	8
	B7.1 Stabilitetsforhold	8
	B7.2 Stabiliserende tiltak	8
	B7.3 Detaljprosjektering og supplerende boringer	9
B8	Referanser	10

B1 Stabilitetsberegninger sone 322 Lystad

Sonen Lystad ligger langs Glommas østre bredd (dvs. venstre side i strømrretningen) i Sørums kommune, rett nord for kommunegrensen mot Fet.

Tegning 030 viser beliggenhet av borepunkter fra ref. /1/ samt ca. posisjon av boringer fra ref. /6/ (disse er ikke innmålt, og plasseringen, som er tatt fra kart med liten målestokk, er ikke eksakt). Profiler for evt. stabilitetsberegning er vist (P1 tom. P4). Det er kun utført stabilitetsberegning for P2 tom. P4, da kvikkleire ikke er påvist i profil P1.

Sonen er etter revurdering av faregraden (vedlegg E) foreslått klassifisert til middels faregrad, hvilket tilsier at evt. sikring iht. NVE-veiledningen skal gjøres ut fra krav til "forbedring". Dette forutsatt tilflytting til sonen; for gjeldende bebyggelse gjelder det ingen spesifikke krav til sikkerhet.

B2 Grunnforhold

Ved grunnundersøkelsene (ref. /1/) er det boret til inntil 40 m dybde i øvre del av sonen (største borede dybde i borepunkt 103 på platået vest for bebyggelsen nord i sonen). Også ved tidligere kvikkleireboringer er det boret til nesten 40 m dybde på kanten av ravinen vest for bebyggelsen sør i sonen.

Sensitiv leire antas påtruffet i sonderingene 102 (profil P4), 103 (profil P3) og muligens i 105 (utenfor sonens avgrensning i øst), men ikke i 101 (profil P1) hvor det også er tatt opp en prøveserie, og antatt heller ikke i sonderingene 104 (øst for jernbanesporet nordvest i sonen) og 106 (nede i ravinen nord for profil P1).

Tidligere sonderinger, 121_NGI på kanten av ravinen i sør og 122_NGI på kanten av ravinen i nord (ref. /6/), indikerer begge sensitiv leire, fra hhv. 12-13 m og fra 8 m dybde.

Fjellet synes generelt å stige østover i sonen, det samme gjelder løsmasseskråningene, som stiger jevnt mot øst-sørøst øst for elveskråningen ned mot Glomma. Den bratte skrånningen ned i ravinen som avgrenser sonen i sør er hele 30 m høy sørøst i sonen. I nord er ravinen som avgrenser sonen mindre bratt, men det er tilsvarende høydeforskjell fra toppen av terrassen og ned til bunn av ravinen.

B3 Sone 322 Lystad, profil P1

Profil P1 går ned i den dype ravinen som avgrenser kvikkleiresonen mot syd. Skrånningen ned i ravinen er ca. 30 m høy, med helning ca. 1:2,4.

Prøveserie 101 til 13 m dybde viser at det ikke er kvikkleire til denne dybden. Dreietrykk-/CPTU-sondering i borpunkt 101 indikerer heller ikke kvikkleire på større dybder. Målte poretrykk på 12 m og 18 m dybde er lave. Sonderingene 101 og 106 (som ligger i ravinen øst for P1) er begge stoppet i faste masser på nivå over bunn av ravinen. CPTU-sondering 101 indikerer en betydelig overkonsolidering, tilsvarende ca. 15 m tidligere overlaging over dagens terreng.

Fordi det ikke er påvist kvikkleire i dette profilet, er det heller ikke utført stabilitetsberegning. Det antas imidlertid overgang til antatt kvikk/meget sensitiv leire i retning profil P4 lenger ned (vest) i ravinen.

Det vises til rapportens hoveddel vedrørende krav til sikkerhet for leirskråninger uten påvist kvikkleire.

B4 Stabilitetsberegning, sone 322 Lystad, profil P2

Profil P2 går fra platået midt i sonen og mot vest, ned den relativt slake skråningen mot jernbanefyllingen. Skråningen ned mot jernbanen har snitthelning ca 1:10. Høydeforskjellen langs profilet er ca. 30 m. Det er ikke utført boringer i selve profilet. Beregninger må derfor ta utgangspunkt i data på begge sider av profilet. På bakgrunn av data fra punkt 101 er det antatt at det ikke er sensitive masser over kote 105. I dybden er det imidlertid mulig at det kan være mer sensitive masser, basert på dreietrykksonderingene 121_NGI og 102.

Det er benyttet skjærfasthetsprofiler fra CPTU 101 (kote 135) og CPTU 102 (kote 119) på tilsvarende kotenivå i profil P2. Skjærfasthetsprofilet fra CPTU 102 er benyttet også i skråningen nedenfor kote 119. Det er lagt inn et tørrskorpelag med tykkelse 2-4 m.

Udrenert analyse for dagens situasjon gir materialfaktor $\gamma_m=1,40$. Med høy grunnvannstand på ca. 0,5-1 m under terreng i tørrskorpelaget reduseres materialfaktoren marginalt, til $\gamma_m=1,39$ (hoveddelen av kritisk skjærflate går i leire). Drenert analyse av dagens situasjon, med den restriksjon på glidesirklene at de må gå ned i leira under tørrskorpelaget, gir materialfaktor $\gamma_m>2,5$. Resultatene er vist i figur B1 (udrenert analyse) og B2 (drenert analyse) og oppsummert i Tabell B1.

→ Det anbefales ingen stabiliserende tiltak i dette profilet.

Tabell B1 Stabilitetsberegninger, 322 Lystad, profil P2, dagens situasjon.

Beregn. nr.	Beskrivelse	γ_m		Figur
		Udrenert analyse	Drenert analyse	
P2_0	Dagens situasjon	1,40	2,81	B1 / B2
P2_0a	Dagens situasjon, grunnvannstand i tørrskorpelaget	1,39	-	

B5 Stabilitetsberegning, sone 322 Lystad, profil P3

Profil P3 går fra den nordlige bebyggelsen på Lystad, og ned skråningen mot ravinen som avgrenser kvikkleiresonen i nord¹. Skråningshelningen er ca. 1:5,5–1:6 mellom kote 110 og 135. Skråningen faller så noe slakere ned i ravinen.

CPTU-sondering 101 er lagt til grunn for vurdering av aktiv skjærstyrke på terrassen ved bebyggelsen. Dette skjærfasthetsprofilen (og samme poretrykksfordeling som benyttet i tolkning av CPTU 101) er antatt å gjelde oppe på terrassen (ca. kote 135), med betydelig overkonsolidering (ca. 15 m) over dagens terrengnivå, i tillegg til konstant skjærfasthet ned til ca. 10 m dybde. Noe av den høye skjærfastheten nær terreng elimineres ved modellering av tørrskorpen som et drenert materiale (effektive styrkeparametre).

Profilen faller relativt slakt inn mot ravinen både fra nord og sør, og omliggende terreng gir ikke like sikkert estimat for tidligere terrengnivå som ved ravinen i sør (profil P4). Det er (konservativt) antatt tidligere overlaging 20 m over dagens terrengnivå i bunnen av ravinen (kote 105). En tenkt linje for tilsynelatende tidligere terrengnivå som begynner 15 m over dagens terrengnivå på toppen av skråningen og derfra faller mot et nivå 20 m over bunn av ravinen (inntegnet på Figur B3), vil gi ca. 20 m tidligere overlaging også opp mot kote 118. Skjærfasthetsprofiler på kote 105, 110 og 118 er estimert ut fra antakelse om 20 m tidligere overlaging og hydrostatisk poretrykksøkning fra terreng.

Uten sikker fjellpåvisning er fjelloverflaten i modellen lagt på ca. 40 m dybde.

B5.1 Dagens situasjon, sone 322 Lystad, profil P3

Udrenert stabilitetsanalyse av dagens situasjon med forutsetningene over, gir materialfaktor $\gamma_m = 1,09$ for mest kritiske glideflate. Kritisk glideflate er ca. 140 m lang og 25 m dyp.

¹ I stabilitetsberegningen er profil P3 justert ved at terrengforhøyningen i nedre del av profilen er fjernet. Profilen vil da for nedre del av profilen tilsvare en linje ned gjennom forsenkningen (fra ca. kote 110 og videre nedover).

Drenert analyse for dagens situasjon, med de samme poretrykksbetingelser som lagt til grunn for udrenert analyse, gir materialfaktor $\gamma_m = 1,78$, dvs. det er ikke behov for tiltak ut fra drenert analyse.

Kritiske glideflater for dagens situasjon fremgår av Figur B3 for udrenert analyse og av Figur B4 for drenert analyse.

Tabell B2 oppsummerer beregnede materialfaktorer for dagens situasjon. Det er også angitt nødvendig materialfaktor etter stabiliserende tiltak for å oppnå ”forbedring” for de enkelte glidesirkler iht. kravet i ref. /3/. I denne nyeste versjonen av NVEs retningslinjer er imidlertid det tidligere kravet om forbedring av alle glidesirkler som ikke tilfredsstillende materialfaktor $\gamma_m \geq 1,4$ tatt ut. Det er etter ref. /3/ tilstrekkelig at mest kritiske glidesirkel før og etter tiltaket tilfredsstillende kravet. Det vil likevel kunne være aktuelt å gjøre en vurdering av om forbedring også bør søkes oppnådd for andre (ikke-kritiske) glidesirkler.

Tabell B2 Stabilitetsberegninger, 322 Lystad, profil P3, dagens situasjon. Materialfaktor for dagens situasjon og krav til forbedring.

Beregn. nr.	Beskrivelse	γ_m			Figur
		Udrenert Analyse		Drenert analyse	
		Dagens situasjon	Forbedring *)	Dagens situasjon	
P3_0	Dagens situasjon - kritisk skjærflate	1,09	1,17	1,78	B3 /B4

*) Krav i hht. ref. /3/.

B5.2 Stabiliserende tiltak, 322 Lystad, Profil P3

Beregningsresultater for stabiliserende tiltak (motfylling) er vist i Figur B5 (kun udrenert analyse). Utlekking av motfylling av stein i nedre del av skråningen vil forbedre stabiliteten av skråningen.

Tabell B3 oppsummerer resulterende materialfaktor for en langstrakt motfylling, med gjennomsnittlig tykkelse på ca. 2 m og ca. 70 m lengde (geometrien er resultat av en optimalisering). Kritisk skjærsirkel er vist. Etter oppfylling er beregnet materialfaktor tilfredsstillende.

- ➔ Ut fra Tabell B3 oppnås nødvendig stabilitetsforbedring for profil P3 ved ca. 2 m oppfylling med stein i bunn av ravinen.

- ➔ Horisontal utstrekning av motfyllingen er ca. 70 m, og det skisserte tiltaket i profil B-B har et tverrsnittsareal på ca. 125 m². Fyllingen går fra k. +111 opp til k. +119.
- ➔ En generell oppfylling i bunnen av ravinen kan være formålstjenlig.

Tabell B3 Stabilitetsberegninger, 322 Lystad, profil P3, stabiliserende tiltak. Materialfaktor for dagens situasjon og etter utlegging av motfylling (udrenert analyse).

Beregning nr.	Beskrivelse	γ_m			Figur
		Udrenert analyse			
		Dagens situasjon	Krav til forbedring *)	Etter tiltak	
P3_1	Kritisk skjærflate	1,09	1,17	1,17 **)	B5

*) Krav i hht. ref. /3/.

***) Kritisk skjærsirkel med motfylling ikke identisk med før oppfylling.

B6 Stabilitetsberegning, 322 Lystad, profil P4

Profil P4 går fra borpunkt 102 ned i ravinen mot sør. Skråningen er her ca. 18 m høy, og blir gradvis høyere i retning profil P1 lenger øst i ravinen.

Ved borepunkt 102 indikerer dreietrykk- og CPTU-sondering sensitiv leire fra ca. 15 m dybde og ned til 34 m dybde. Tolkning av CPTU-sondering 102 indikerer at materialet under ca. 15 m dybde er normalkonsolidert, men med ca. konstant udrenert skjærfasthet ned til denne dybden. Det er antatt relativt høye poretrykk for å få en konsistent tolkning av CPTU 101; 80 % av hydrostatisk poretrykk fra terreng og ned til dybde 15 m på toppen av skråningen, og hydrostatisk poretrykksøkning videre fra 15 m.

Sammenliknet med øvrige CPTU-sonderinger i sonene 322 Lystad (CPTU 101) og "Lystad sør" (CPTU 201 og 202) er tolket aktiv skjærfasthet fra CPTU 102 vesentlig lavere. For de andre CPTU-sonderingene indikerer tolkningen et overkonsolideringsforhold tilsvarende minimum 15 m tidligere overlaging over dagens terrengnivå.

I bunn av ravinen er det antatt hydrostatisk poretrykksøkning fra terreng, og overkonsolidering tilsvarende tidligere terreng på nivå med toppen av skråningen.

B6.1 Dagens situasjon, 322 Lystad, profil P4

Udrenert stabilitetsanalyse av dagens situasjon med forutsetningene ovenfor, resulterte i materialfaktor $\gamma_m = 0,80$ for mest kritiske glideflate, se Figur B6.

På denne bakgrunn er det gjort en "en bloc" økning av udrenert skjærfasthet med 25 % for alle skjærfasthetsprofiler. Ny beregning resulterer i beregnet materialfaktor $\gamma_m=1,00$, dvs. labil likevekt. Dette er antatt representativt for minimum skjærfasthet av leira i skråningen, siden skråningen står i dag. Kritisk sirkulær glideflate er ca. 84 m lang, og 20 m dyp. Underkant av kritisk skjærsirkel går ned til et nivå ca. 10 m under bunn av ravinen, se Figur B7.

Drenert analyse resulterer i beregnet materialfaktor $\gamma_m=1,31$, se Figur B7, dvs. at en liten forbedring er tilstrekkelig mht. drenerte forhold. Tabell B4 oppsummerer beregnede materialfaktorer for dagens situasjon, og viser nødvendig materialfaktor etter stabiliserende tiltak for å oppnå "forbedring" i hht ref. /3/.

Tabell B4 Stabilitetsberegninger, 322 Lystad, profil P3, dagens situasjon. Materialfaktor for dagens situasjon og krav til forbedring. Udrenert skjærstyrke er oppjustert med 25 %.

Tiltak nr.	Beskrivelse	γ_m				Figur
		Udrenert analyse		Drenert analyse		
		Dagens situasjon	Forbedring *)	Dagens situasjon	Forbedring *)	
P3_0	Dagens situasjon – kritisk skjærflate	1,00	1,10	1,31	1,34	B7/B8

*) Krav i hht. ref. /3/

B6.2 Stabiliserende tiltak, 322 Lystad, Profil P4

Beregningene er vist i Figur B9 (udrenert analyse) og B10 (drenert analyse), og oppsummert i Tabell B5.

Ved utlegging av motfylling i ravinen vil stabilitetsforholdene forbedres. Det er, med utgangspunkt i den oppjusterte skjærstyrkemodellen (25 % økning av S_{uA} i alle profiler) gjort en analyse av stabilitetsforbedring som resultat av utlegging av motfylling i ravinen. Beregning er gjort for kritisk glideflate (søkt på ny kritisk glideflate).

Det er foretatt en optimalisering via beregning av flere fyllingskonfigurasjoner. Den resulterende motfyllingen ligger i bunnen av skråningen på kote +103 og har et horisontalt platå inn mot eksisterende skråning på kote +106. Platået er ca. 22 m bredt. I praksis kan det være aktuelt å heve bunnen jevnt i hele ravinen med 2-3 m, evt. kombinert med noe utslaking i foten av skråningen.

Oppsummering av beregningene i Tabell B5 viser at foreslått tiltak gir tilstrekkelig forbedring av stabiliteten ut fra krav om "forbedring" iht. ref. /3/.

- ➔ I profil P4 er horisontal utstrekning av motfyllingen ca. 28 m, og det skisserte tiltaket har et tverrsnittsareal på ca. 60 m². Bredden av ravinebunnen og evt. motfylling avtar oppover i retning profil P1 (hvor det ikke er påvist kvikkleire). Fylling begynner på ca. kote +103, og går opp til kote +106.
- ➔ En generell oppfylling i bunnen av ravinen kan være formålstjenlig.

Tabell B5 Stabilitetsberegninger, 322 Lystad, profil P4, stabiliserende tiltak. Materialfaktor for dagens situasjon og krav til forbedring. Udrenert skjærstyrke er oppjustert med 25 %.

Tiltak nr.	Beskrivelse	γ_m					Figur
		Udrenert analyse			Drenert		
		Dagens situasjon	Forbedring *)	Etter tiltak	Dagens situasjon	Etter tiltak	
P4_1	Kritisk skjærflate	1,00	1,10	1,10 **)	1,31	1,48	B9/B10

*) Krav i hht. ref. /3/.

***) Kritisk skjærsirkel etter oppfylling er ikke identisk med før oppfylling.

B7 Sone 322 Lystad – oppsummering

B7.1 Stabilitetsforhold

- ↗ I profil P1 er det ikke påvist sprøbruddmateriale, og derfor ikke utført beregninger.
- ↗ For profil P2 ned mot elva er beregningsmessig stabilitet funnet tilfredsstillende. Det er ikke utført boring i selve profilet; materialparametre er basert på øvrige data fra sonen.
- ↗ For profil P3 mot nord og P4 mot sør (vest for P1) er materialfaktor hhv. lav og beregningsmessig kritisk for dagens situasjon. Det er beregnet nødvendige stabiliserende tiltak i form av motfyllinger i disse profilene, dersom NVEs kvikkleireveiledning for nye tiltak skulle legges til grunn for sikring.

B7.2 Stabiliserende tiltak

For profilene P3 og P4 er det gjort analyser av nødvendig omfang av tiltak for å tilfredsstille krav til sikring iht. NVEs kvikkleireveiledning (ref. /3/), forutsatt tilflytting til sonen. Utstrekning av stabiliserende tiltak med denne forutsetningen er skissert på tegning G030. Volum av motfyllinger er beregnet til hhv. 60-125 m³/lm i de aktuelle profilene. Ut fra valgt sikkerhetsnivå blir estimert fyllingsvolum derved betydelig

(6.000-12.500 m³ pr. 100 m langs aktuelle raviner). I forbindelse med evt. sikring ved profil P4 kan det være formålstjenlig å inkludere også lenger inn i ravinen, ved profil P1, selv om det ikke er påvist kvikkleire her ved boring på toppen av skråningen. Overgangen til kvikkleirelaget lateralt er ikke detaljert kartlagt.

Det påpekes at dersom sikringen evt. skulle utføres etter denne planen, vil detaljprosjektering være nødvendig. Generelt innebærer kravene i ref. /3/ relativt omfattende motfyllinger, og tilsvarende store sikringskostnader.

Dersom større utbygginger planlegges innenfor sonen, vil det normalt være opp til utbyggere, evt. i samarbeid med kommunen, å utføre sikringstiltak som fullt ut tilfredsstiller kravene i NVEs kvikkleireveiledning (ref. /3/). For eksisterende situasjon alene kan det vanskelig forsvares å utføre tiltak av den størrelse som beregningene viser er nødvendig for å oppnå "full sikring". Ettersom det ikke er observert erosjon av betydning i bekkene innenfor sonen, og heller ikke langs Glomma, hvor elvebredden er steinsatt, vil dagens situasjon i prinsippet være noenlunde under kontroll og sannsynligheten for naturlig utløste skred moderat. For å sikre sonen kun for eksisterende bebyggelse anbefales derfor ikke et så omfattende tiltak som vist på tegning G030.

Beregningsmessig stabilitet er likefullt kritisk eller dårlig for enkelte skråninger i sonen, hvor det samtidig er påvist kvikkleire. Dette gjelder i profil 4 hvor materialfaktoren $\gamma_m=1,00$ etter oppjustering av udrenert skjærfasthet med 25 %. Kritisk glideflate for dagens situasjon i profil P4 er dyptgående og slår ut i ravinen. Også i profil 3 er beregningsmessig sikkerhet liten (materialfaktor $\gamma_m=1,09$).

Noe stabilitetsforbedring anbefales ut fra dette både for ravinene i nord og i sør. Som alternativ til beregnet tiltak foran, foreslås fyllinger med tykkelse på 1-2 m i bunnen av ravinen. Dette vil gi noe forbedring av stabilitetsforholdene og redusere potensialet for naturlig utløste dyperegående glidninger i disse skråningene. Samtidig vil slike tiltak (dersom de utføres riktig) redusere potensialet for evt. fremtidig erosjon langs bekkeleier/bunnen av raviner.

B7.3 Detaljprosjektering og supplerende boringer

Ut fra stabilitetsberegningene, som stedvis gir lave/kritiske verdier for glideflater ned i kvikkleire (profil 3 og 4) synes det å være behov for noe stabiliserende tiltak i sonen. Detaljprosjektering må gjøres for evt. tiltak. Ved begrenset tiltak som anbefalt foran (1-2 m oppfylling i ravinene i nord og sør), anses det ikke å være behov for supplerende boringer.

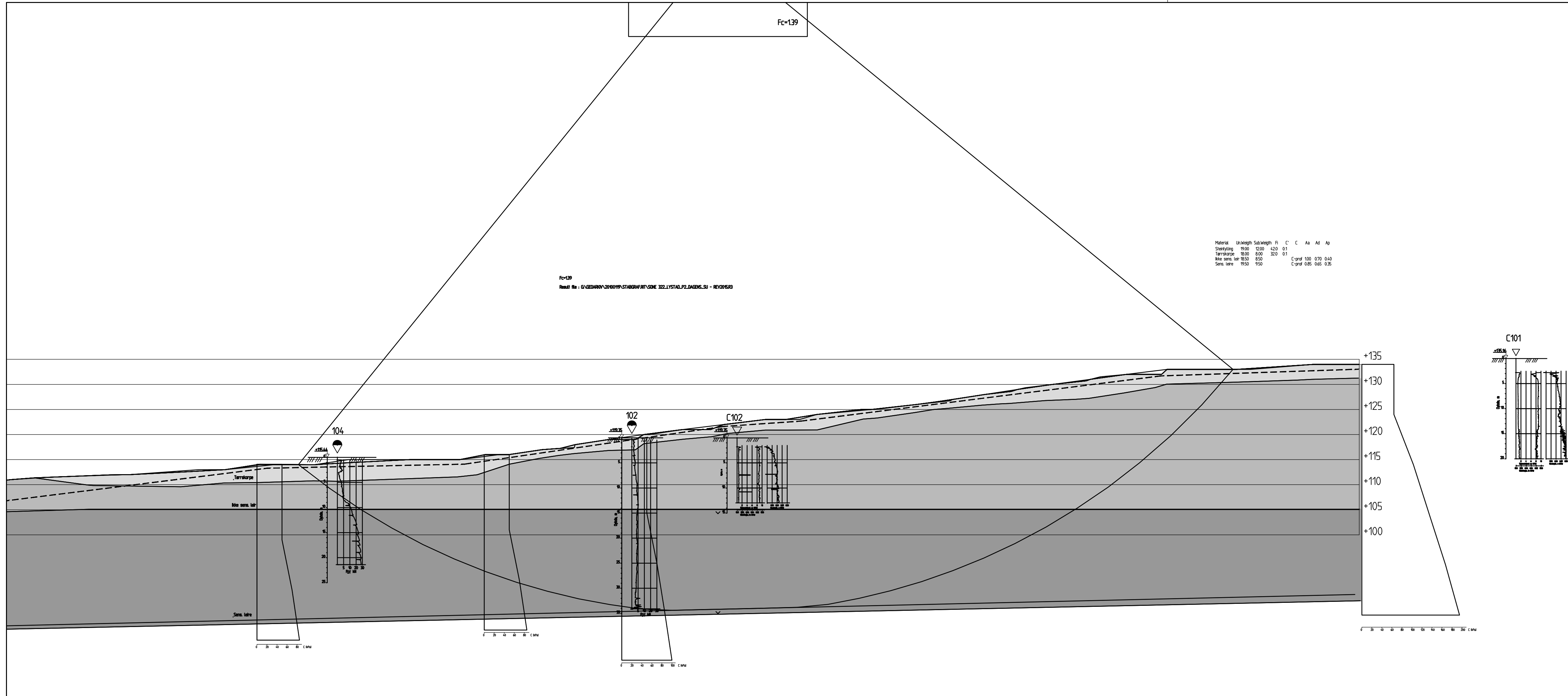
For nærmere detaljering av sonens utbredelse vil imidlertid supplerende boringer være en fordel.

Supplerende boringer vil også gi grunnlag for kontroll av antakelser gjort ved stabilitetsberegningene, derunder lagdeling og skjærfasthet/ overkonsolideringsforhold ned i raviner og ut mot Glomma. Spesielt vil det være aktuelt å utføre supplerende boringer i foten av skråningene der dette er mulig.

B8 Referanser

- /1/ Norconsult Fältgeoteknik AB (2011): Kvikkleiresoner Sørums, Fet, Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus. Rapport Geoteknik, RGeo, Fält- och laboratorieresultat. Oppdragsnr. 211 03 40, rapport datert 11. mai 2011.
- /2/ NGI (2010): Kvikkleiresoner i Fet (Sørums), Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus. Forslag til undersøkelsesprogram. Prosjekt 20100119, teknisk notat datert 23. mars 2010.
- /3/ 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.
- /4/ Ladd, C. C. and R. Foott (1974): New design procedure for stability of soft clays. Journal of the geotechnical engineering division, ASCE, Vol. 100, No. GT7, July, pp. 763-786.
- /5/ NGI (in press): Kvikkleiresoner i Fet (Sørums), Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus. Stabilitet av sonene 719 Gran, 723 Nordli, 724 Årsrud og 734 Nordli vest i Enebakk kommune. Rapport 20100119-00-6-R (in press).
- /6/ NGI (1995): Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad Fet, 1914-1. Rapport nr. 900010-2, datert 10.11.1995.
- /7/ NGI (1995): Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad Oslo, 1914-IV. Rapport nr. 900000-3, datert november 1995.
- /8/ NGI (2005): Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred Sørums kommune. Rapport nr. 20001008-10, datert 3. mars 2005.
- /9/ NGI (2006): Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred Fet kommune. Rapport nr. 20001008-51, datert 19. mai 2006.

- /10/ Marin Mätteknik AB (2005) Batymetrisk Survey i Vormo och Glomma. Dybdekart Glomma. Sørumsand - Fetsund. M = 1 : 5 000.
- /11/ NGU (2011). Kvartærgeologisk kart. <http://www.ngu.no/no/hm/Kart-og-data/Losmasser/>
- /12/ Kommunal- og regionaldepartementet. Byggteknisk forskrift (TEK 10). FOR-2010-03-26-489.
- /13/ Direktoratet for byggkvalitet (2013). Veiledning til forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK 10). Kapittel 7. Sikkerhet mot naturpåkjenninger. Publikasjonsnummer: HO-2/2011.
- /14/ Standard Norge AS (2004). Norsk Standard NS-EN 1997-1:2004+ NA:2008. Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 1: Almenne regler.



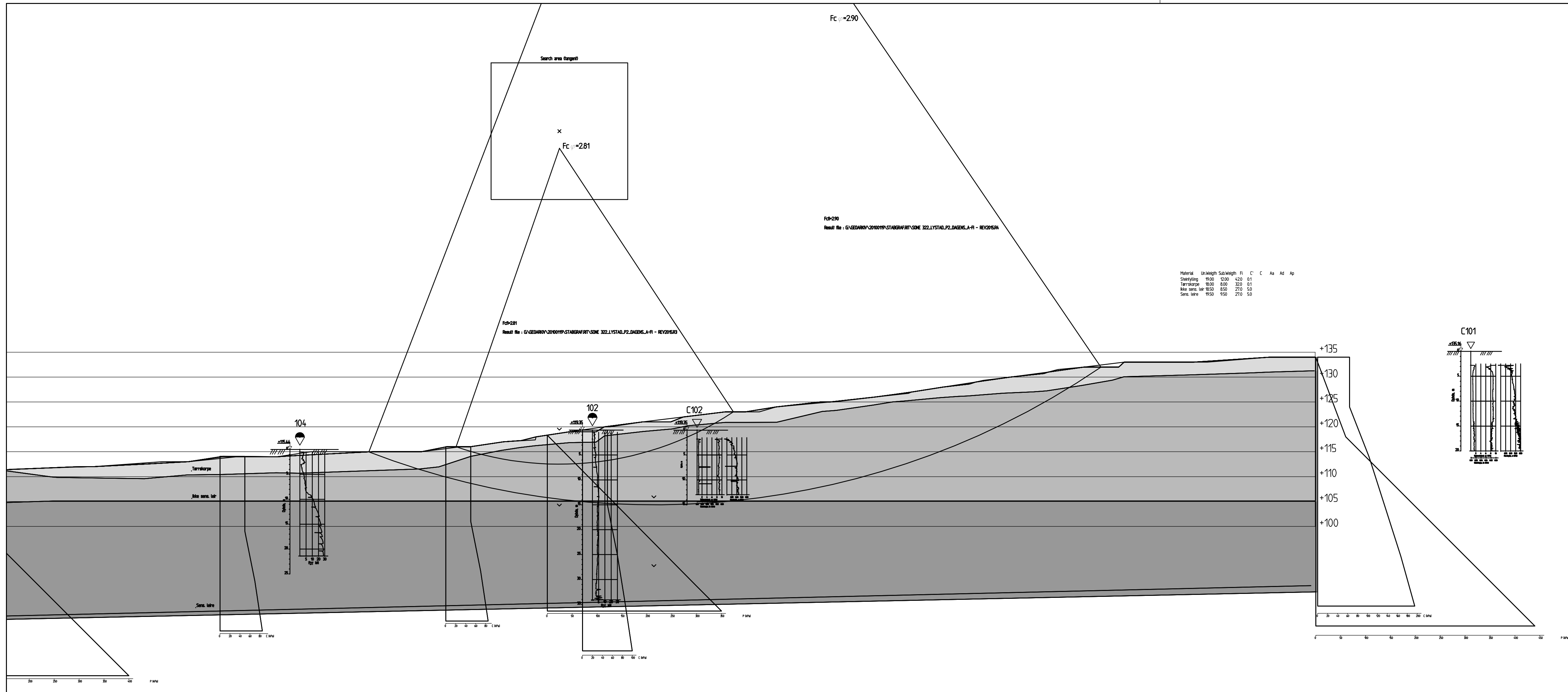
FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Kvikkleiresoner i Akershus		Status Original format A-3.1 Tegningens filnavn B1 SONE322 LYSTAD P2 DAGENS SU Målestokk 1500			
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger 322 Lystad, "Lystad sør" og 709 Sundhagen Sone 322, Lystad profil P2, dagens situasjon, Udrenert analyse		NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 09.12.2015 Oppdragsnr. 20100119	Konstr./Tegnet HHe / SHo Tegningsnr. B1	Kontrollert HHe	Godkjent OAH Rev. -





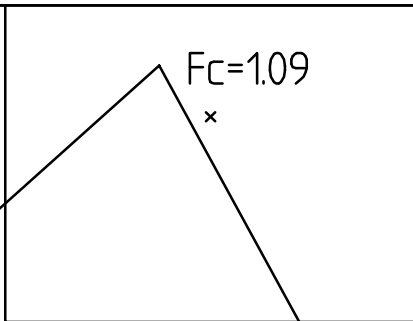
FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

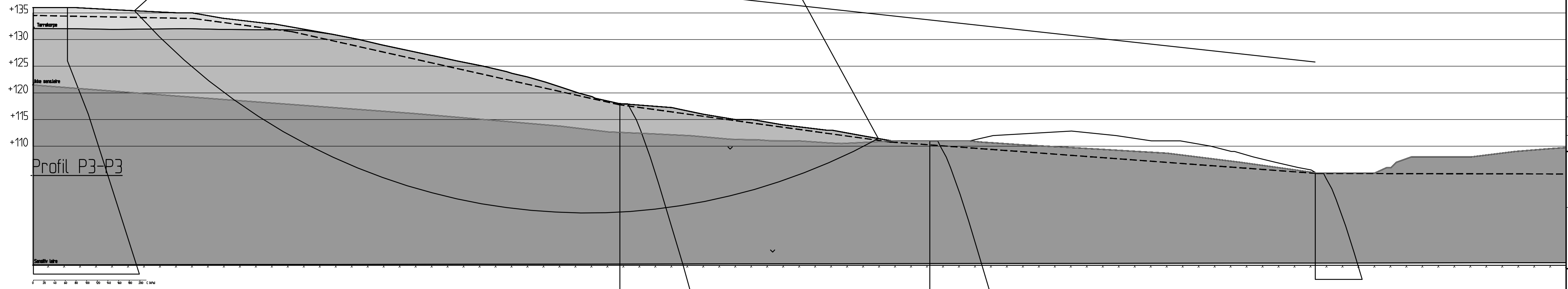
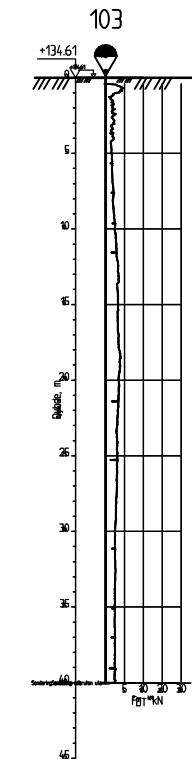
HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Kvikkleiresoner i Akershus		Status Original format A-3.1 Tegningens filnavn B2 SONE322 LYSTAD P2 DAGENS a-fi			
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger 322 Lystad, "Lystad sør" og 709 Sundhagen Sone 322, Lystad profil P2, dagens situasjon, Drenert analyse		Målestokk 1500			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 09.12.2015 Oppdragsnr. 20100119	Konstr./Tegnet HHe / SHo Tegningsnr. B2	Kontrollert HHe	Godkjent OAH Rev. -

Material	Utleiingsh	Subveigth	F	C	C	Aa	Ad	Ap
Skrytting	1900	1200	420	01				
Tærskape	1800	800	320	01				
Ikke sandlere	1850	850			C prof	100	0.70	0.40
Sandliv laere	1950	1950			C prof	0.95	0.65	0.35



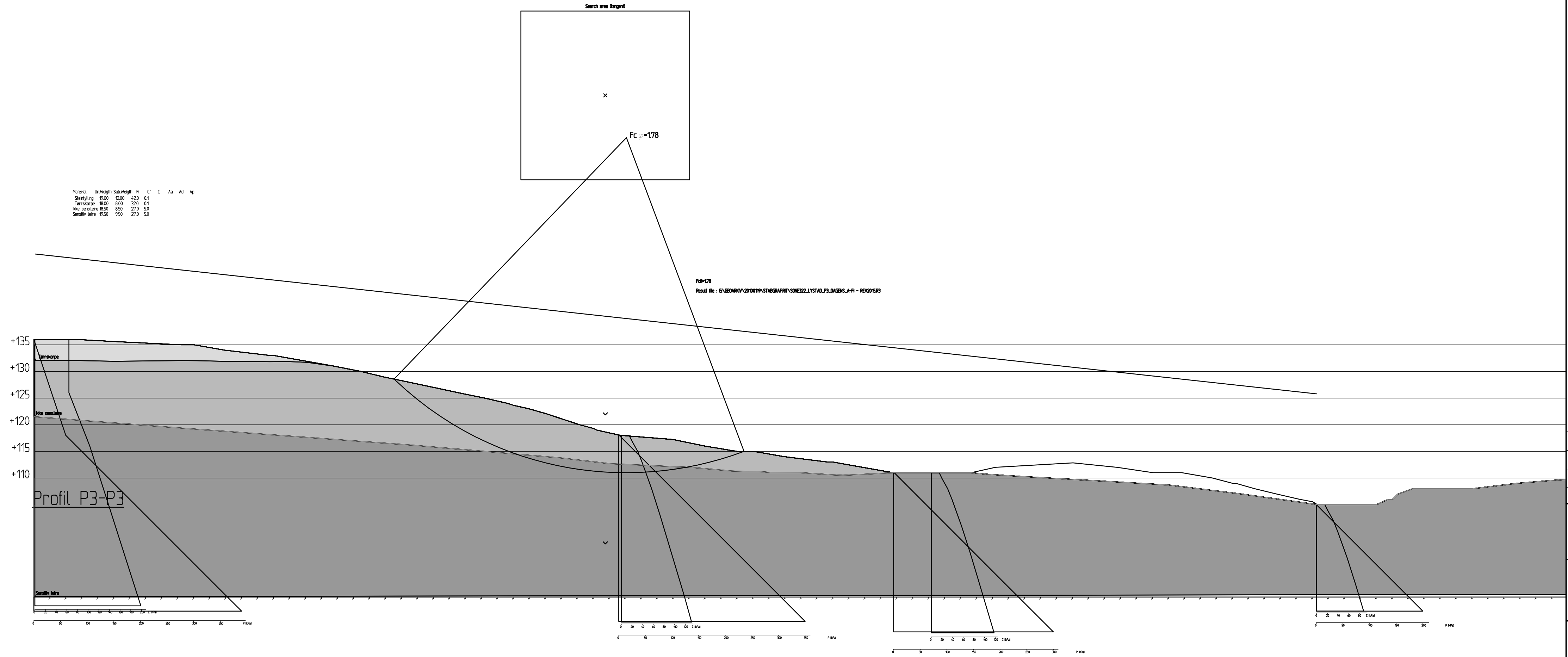
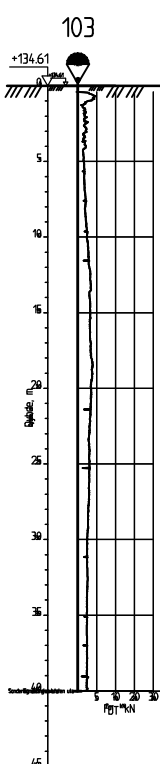
$F_c=1.09$
 Kritisk glideflate, dagens sit. (udrenert)
 Result file : G:\GEOARKIV\20100119\STABGRAF.RIT\SONE322_LYSTAD_P3_DAGENS_SU - Rev2015.R8



FORKLARINGER:
 -
 BESTEMMELSER:
 -
 HENVISNINGER:
 -

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Kvikkleiresoner i Akershus		Status - Original format A-3.1 Tegningens filnavn B3_SONE322_LYSTAD_P3_DAGENS_SU		Målestokk 1500	
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger 322 Lystad, "Lystad sør" og 709 Sundhagen Sone 322, Lystad profil P3, dagens situasjon, Udrenert analyse					
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 09.12.2015	Konstr./Tegnet HHe / SHo	Kontrollert HHe	Godkjent OAH
Oppdragsnr. 20100119		Tegningsnr. B3		Rev. -	

Material	Unvegh	Subvegh	F	C	C	Aa	Ad	Ap
Størfylling	1900	1200	420	01				
Tærskorpe	1800	800	320	01				
Bløt sandvirk	1850	850	270	50				
Sensitiv leire	1950	950	270	50				



FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

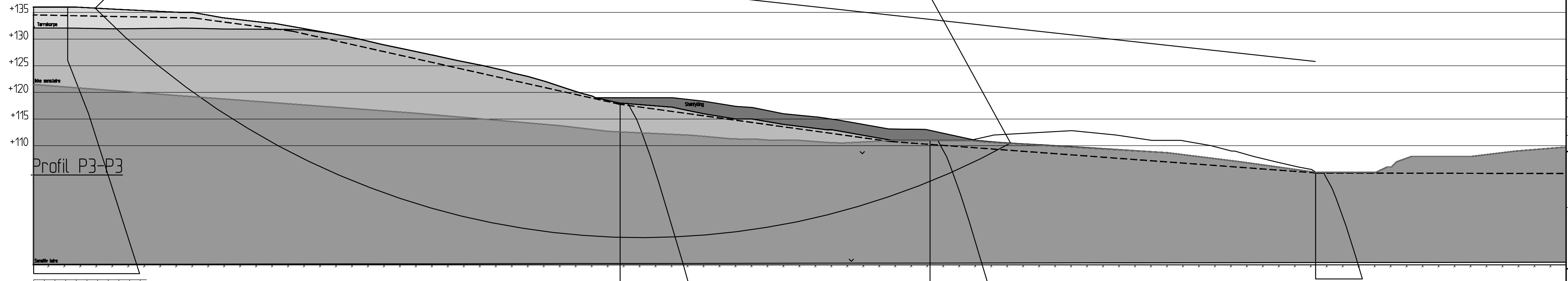
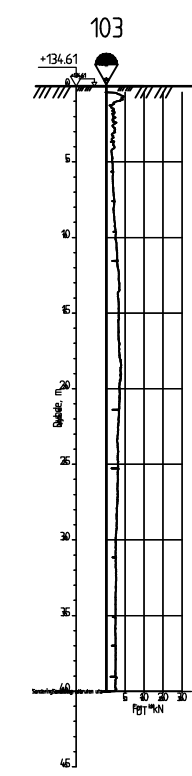
HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE		Status			
Kvikkleiresoner i Akershus		Original format			
		A-3.1			
		Tegningens filnavn			
		B4_SONE322_LYSTAD_P3_DAGENS_a-fi			
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner		Målestokk			
Stabilitetsvurderinger		1500			
322 Lystad, "Lystad sør" og 709 Sundhagen					
Sone 322, Lystad profil P3, dagens situasjon, Drenert analyse					
NGI		Dato	Konstr. / Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion		09.12.2015	HHe / SHo	HHe	OAH
NO-0806 Oslo, Norway		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48		20100119	B4		-
www.ngi.no					

FC=117

FC=117
Kilde: gjeldende stabiliserende tiltak (skrevet)
Resultat: E:\VEDARBEYD\20100119\STABERAFIT\SONE322.LYSTAD.P3.TILTAK.SU - REV2015.RP

Material	Un	Weggh	Sub	Veiggh	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Skrytving	19.00	12.00	4.20	0.1						
Tærskorpe	18.00	8.00	3.20	0.1						
Kke senesjere	18.50	8.50			C-prof	1.00	0.70	0.40		
Senesjiv laire	19.50	9.50			C-prof	0.85	0.65	0.35		

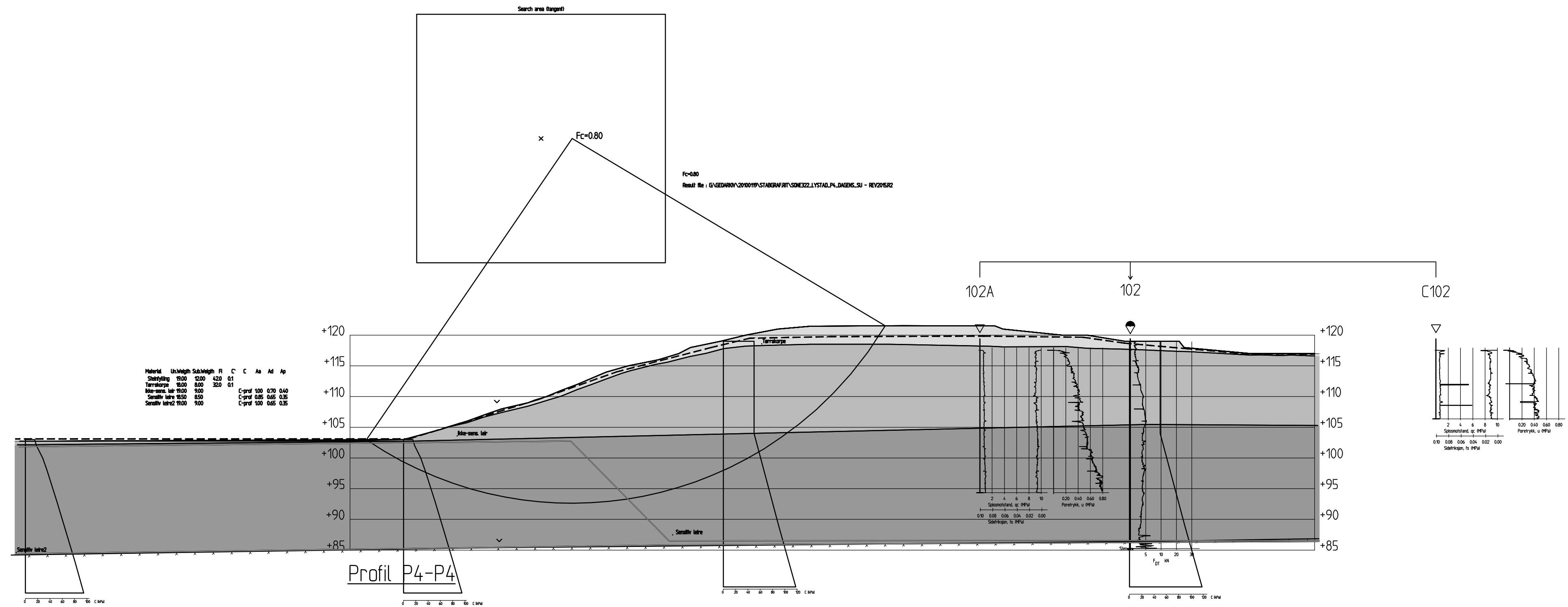


FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Kvikkleiresoner i Akershus		Status —		Original format A-3.1	
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger 322 Lystad, "Lystad sør" og 709 Sundhagen Sone 322, Lystad profil P3, tiltak, Udrenert analyse		Tegningens filnavn B5 SONE322 LYSTAD P3 TILTAK SU		Målestokk 1500	
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 09.12.2015	Konstr./Tegnet HHe / SHo	Kontrollert HHe	Godkjent OAH
		Oppdragsnr. 20100119	Tegningsnr. B5	Rev. —	

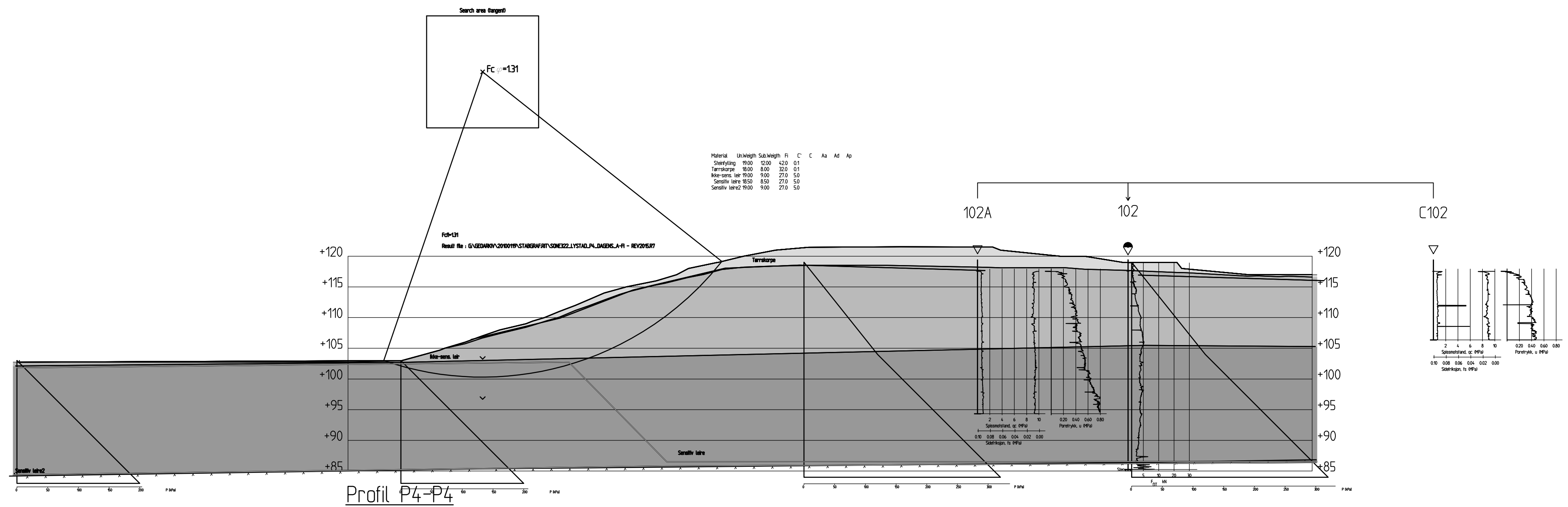


FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Kvikkleiresoner i Akershus		Status Original format A-3.1 Tegningens filnavn B6 SONE322.LYSTAD.P4.DAGENS.SU			
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger 322 Lystad, "Lystad sør" og 709 Sundhagen Sone 322, Lystad profil P4, dagens situasjon, Udrenert analyse		Målestokk 1500			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 09.12.2015	Konstr./Tegnet HHe / SHo	Kontrollert HHe	Godkjent OAH
		Oppdragsnr. 20100119	Tegningsnr. B6	Rev. -	

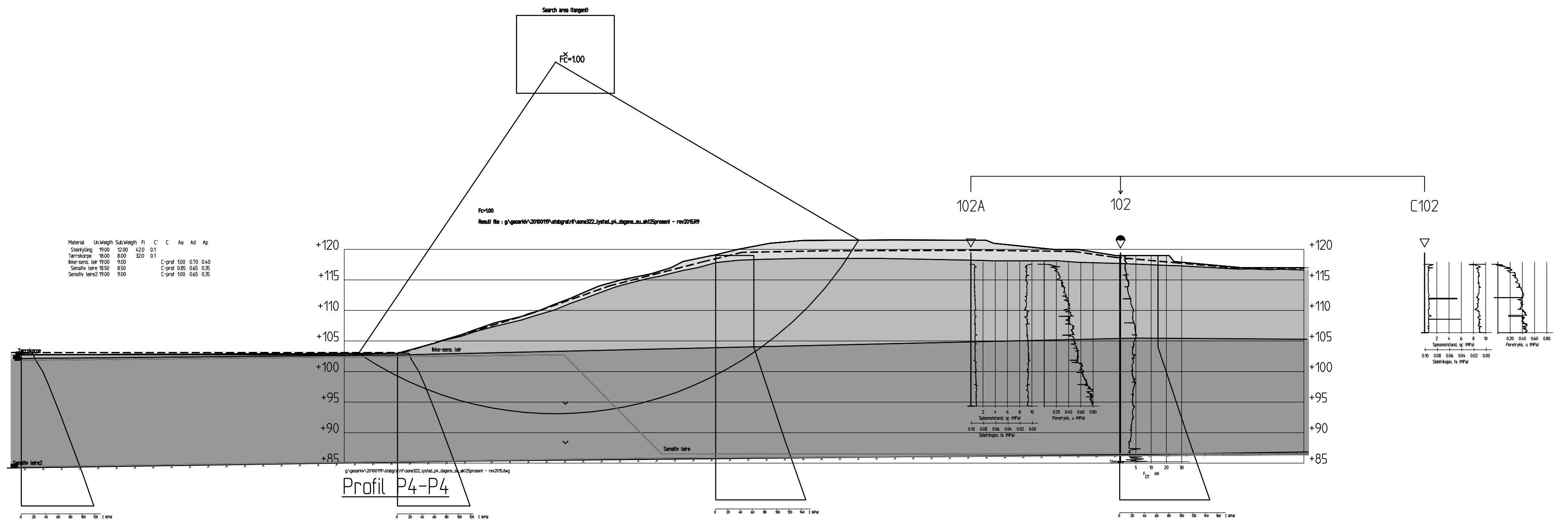


FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Kvikkleiresoner i Akershus		Status Original format A-3.1 Tegningens filnavn B7 SONE322 LYSTAD P4 DAGENS a-fi			
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger 322 Lystad, "Lystad sør" og 709 Sundhagen Sone 322, Lystad profil P4, dagens situasjon, Drenert analyse		Målestokk 1500			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 09.12.2015 Oppdragsnr. 20100119	Konstr./Tegnet HHe / SHo Tegningsnr. B7	Kontrollert HHe	Godkjent OAH Rev. -

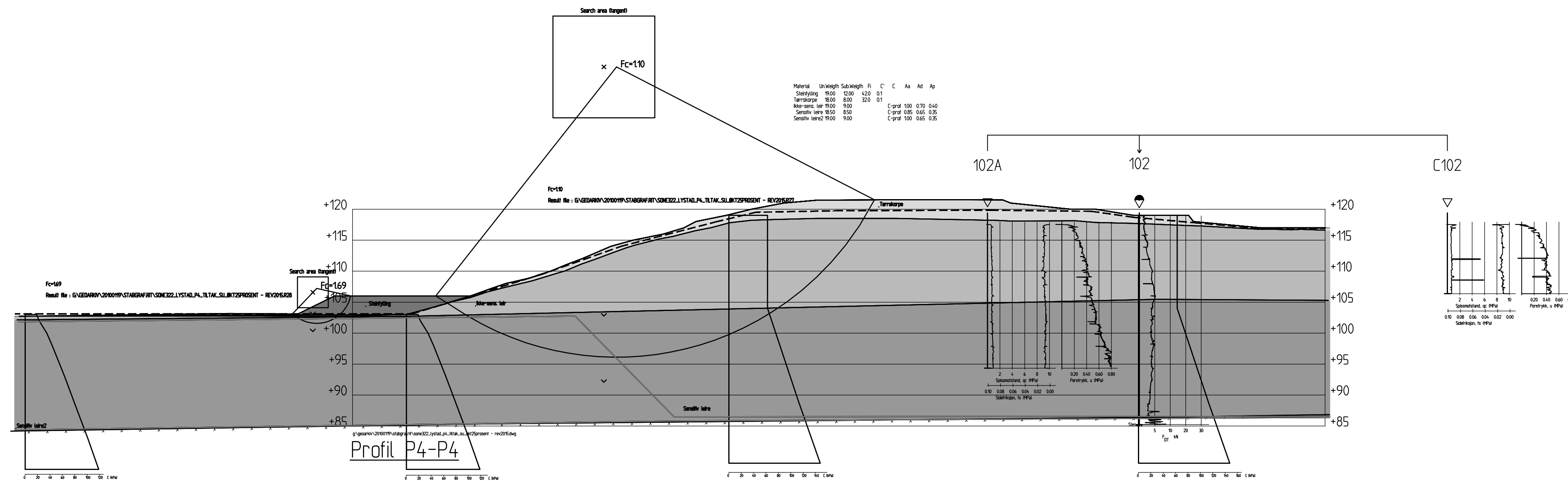


FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Kvikkleiresoner i Akershus		Status Original format A-3.1 Tegningens filnavn B8 SONE322 LYSTAD P4 DAGENS SU - ØKT			
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger 322 Lystad, "Lystad sør" og 709 Sundhagen Sone 322, Lystad profil P4, dagens situasjon, Udrenert analyse		Målestokk 1500			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 09.12.2015 Oppdragsnr. 20100119	Konstr./Tegnet HHe / SHo Tegningsnr. B8	Kontrollert HHe	Godkjent OAH Rev. -

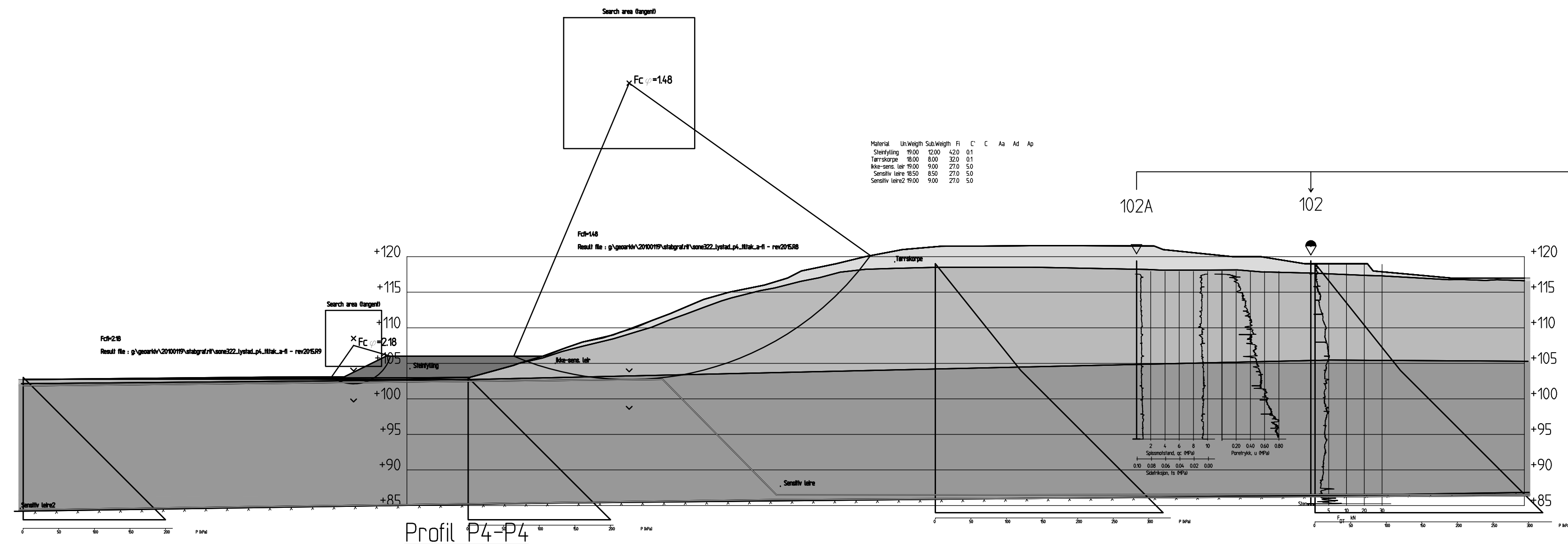


FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Kvikkleiresoner i Akershus		Status Original format A-3.1 Tegningens filnavn B9 SONE322 LYSTAD P4 TILTAK SU - ØKT			
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger 322 Lystad, "Lystad sør" og 709 Sundhagen Sone 322, Lystad profil P4, tiltak, Udrenert analyse		Målestokk 1500			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 09.12.2015	Konstr./Tegnet HHe / SHo	Kontrollert HHe	Godkjent OAH
		Oppdragsnr. 20100119	Tegningsnr. B9	Rev. -	



FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

NVE
Kvikkleiresoner i Akershus

Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner
 Stabilitetsvurderinger
 322 Lystad, "Lystad sør" og 709 Sundhagen
 Sone 322, Lystad profil P4, tiltak, Drenert analyse

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
	09.12.2015	HHe / SHo	HHe	OAH
Oppdragsnr.	Tegningsnr.		Rev.	
20100119	B10		-	



Vedlegg C

STABILITET SONE 1878 LYSTAD SØR

Innhold

C1	Stabilitetsberegninger sone 1878 Lystad sør	2
C2	Grunnforhold	2
C3	Stabilitetsbering sone 1878 Lystad sør, profil P1	2
C4	Stabilitetsberegning, sone 1878 Lystad sør, profil P2	4
	C4.1 Profil P2, dypt beliggende berg	5
	C4.2 Profil P2, grunt beliggende berg	6
C5	Sone 1878 Lystad sør – oppsummering	8
	C5.1 Stabilitetsforhold	8
	C5.2 Stabiliserende tiltak	8
	C5.3 Detaljprosjektering og supplerende boringer	9
C6	Referanser	9

C1 Stabilitetsberegninger sone 1878 Lystad sør

Sonen 1878 Lystad sør ligger langs Glommas østre bredd i Fet kommune, på kommunegrensen mellom Fet og Sørum. Sonen ligger ikke inne i Skrednett. Opprinnelig kartlagt sone fra ref. /6/ omfattet arealer på begge sider av kommunegrensen Fet/Sørum, men i dag omfatter sone 322 Lystad kun arealer i Sørum. Muligens er 1878 Lystad sør i Fet falt ut i forbindelse med foretatt underdeling, utført som ledd i risikovurdering av soner i Sørum og Fet kommuner (ref. /8/ og /9/). Sonenummer "1878" og navn "Lystad sør" er definert i forbindelse med pågående utredning.

Tegning 020 viser beliggenhet av borepunkter fra ref. /1/, samt ca. posisjon av boringer fra ref. /6/ (ikke innmålt, plasseringen er tatt fra kart med liten målestokk og er ikke eksakt). Profiler for evt. stabilitetsberegning er vist (P1 tom. P4).

Sonen er etter revurdering av faregraden (vedlegg E) foreslått klassifisert til faregrad "1 –lav", dvs. det samme som tidligere farevurdering for sone 322 Lystad (som også omfattet området sør for kommunegrensen Sørum/Fet som nå er definert som sone 1878 Lystad sør). Faregrad "lav" tilsier at for tiltak som krever sikring iht. NVE-veiledningen skal dette gjøres ut fra krav til "forbedring".

C2 Grunnforhold

Ved grunnundersøkelsene (ref. /1/) er det boret i løsmasser til maksimumsdybder inntil ca. 30 m innenfor sone 1878 Lystad sør. I tidligere kartlegging er det boret til dybde 42,5 m i på plataet på toppen av skråningen mot elva, med antatt sensitiv leire fra 15 m dybde (sondering 120_NGI, ref. /6/). Sondering 205 nær bredden av Glomma er avsluttet i fast masse mot antatt stein på 2 m dybde, mens sondering 206 nede i ravinen i nordøst er avsluttet i 5,5 m dybde, i antatt bløt (muligens sensitiv) leire. Sonderingene indikerer også sensitiv leire i borepunkt 202 og 203. Ut fra sonderingene er det ikke sensitivt materiale i grunnen ved borepunkt 201 og 204, og trolig heller ikke ved borepunkt 205. Prøven i punkt 201 viser ikke sensitiv leire. Fjellet stiger østover sonen, og det er synlig fjell øst for sonen nær Rv. 172.

C3 Stabilitetsbering sone 1878 Lystad sør, profil P1

Profilet går ned i ravinen fra nordøstre hjørne av sonen, fra jordet ved bebyggelsen på Tyskerud.

Det er foretatt orienterende stabilitetsberegninger for profilet, selv om det ikke er påvist sprøbruddmateriale ved punkt 201. Det er kun gjort beregninger for dagens situasjon for drenert og udrenert tilstand.

Dreietrykksondering 201 på toppen av skråningen er stoppet i faste masser på 15 m dybde (fast fra ca. 13 m). Ut fra dreietrykksonderingen ble det vurdert at det kunne være sensitiv leire mellom ca. 3 og ca. 10 m, mens økende boremotstand fra 10 m dybde indikerte ikke-sensitiv leire videre nedover. Prøveserien i borepunkt 201 (prøver på hhv. 3-4, 6-7 og 12-13 m dybde) viser middels fast og middels sensitiv leire under tørrskorpen. Laboratorieundersøkelsene viser økende romvekt og avtakende vanninnhold i dybden, samtidig som plastisiteten avtar. I dypeste prøve er prøven lite plastisk og vanninnholdet er over flytegrensen; prøven har mye siltlag. Prøven er likevel ikke sprøbruddmateriale, selv om det skulle antas at dypeste prøve er noe forstyrret. Omrørt skjærfasthet er 7-8 kPa. Det er imidlertid bløt leire og muligens sprøbruddmateriale ned til ca. 3 m dybde ved foten av skråningen (borepunkt 206).

Tolkning av CPTU-sondering i punkt 201 indikerer betydelig overkonsolidering, tilsvarende minst 15-20 m over eksisterende terreng. Rutinedata fra ca. 6,5 m dybde i prøveserie 201 støtter opp under et slikt overkonsolideringsnivå. For dypeste prøve er det trolig noe prøveforstyrrelse, og verdiene fra konusforsøk er lave sammenliknet med CPTU-dataene (og lavere enn grunnere beliggende prøve).

Udrenert skjærfasthet er estimert med utgangspunkt i overkonsolidering tilsvarende tidligere terrengnivå 15 m over dagens terreng. For bunnen av ravinen er det antatt tidligere terrengnivå likt toppen av skråningen. Målt poretrykk er benyttet ved punkt 201, mens hydrostatisk poretrykksøkning fra terreng er antatt i bunnen av ravinen.

Ved udrenert analyse er materialfaktor beregnet til $\gamma_m=1,18$. Kritisk glidesirkel starter ca. 8 m bakenfor toppen av skråningen og går ned til ca. kote 118, hvor skråningen slaker noe av. Kritisk glidesirkel er ca. 47 m lang og ca. 10 m dyp. Det er også forsøkt plane glideflater; disse er funnet å være mindre kritiske.

Drenert analyse gir beregnet materialfaktor er $\gamma_m = 1,07$. Kritisk glidesirkel starter ca. 5 m nedenfor toppen av skråningen og slår ut nær foten av skråningen, på kote ca. 116. Kritisk glidesirkel er ca. 44 m lang og ca. 5 m dyp.

Beregningsresultatene er vist i vedlegg C1 (udrenert analyse) og vedlegg C2 (drenert analyse), og oppsummert i Tabell 6.

Tabell C1 Stabilitetsberegninger, sone 1878 Lystad sør, profil P1

Tiltak nr.	Beskrivelse	γ_m		Figur
		Udrenert analyse	Drenert analyse	
P1_0	Dagens situasjon	1,18	1,07	C1 / C2

- ➔ For profil P1 er det ikke foreslått stabiliserende tiltak, da det ikke er påvist kvikkleire/sprøbruddmateriale i lengdeprofilen.
- ➔ For evt. nye byggeprosjekter må stabiliserende tiltak uansett vurderes, da skråningsstabiliteten er dårligere enn det som kreves etter veiledning til TEK10 (ref. /13/).

C4 Stabilitetsberegning, sone 1878 Lystad sør, profil P2

Profilen går ned elveskråningen mot Glomma ved bebyggelsen på Enerud og Ødegård. Ca. nivå for elvebunnen er tatt fra NVEs dybdekart for Glomma (ref. /10/). Det er utført sonderinger i to punkter langs profilen, 202 og 205. Ved 202 er det også utført CPTU-sondering.

I borepunkt 202 kan dreietrykksonderingen indikere mulig sensitive masser ned til +10 m. Ut fra sammenlikning med borepunkt 201 (profil P1) samt CPTU 202 er dette likevel trolig ikke sensitivt materiale. Fra ca. 17 m og ned til avsluttet boring på ca. 21 m, hvor det er påtruffet stein (eller muligens berg), antas det imidlertid sensitivt materiale.

CPTU 202 til 16,5 m dybde indikerer, som ved punkt 201, betydelig overkonsolidering, tilsvarende ca. 15 m over eksisterende terreng for dybder større enn ca. 10 m. Poretrykkene fra borepunkt 201 er benyttet ved tolkningen.

Sondering 120 fra ref. /6/ lenger opp på plataet (ca. kote 128) indikerte sensitiv leire fra ca. 15 m dybde og ned til 36 m, dvs. at her er bergdybden større enn ved borepunkt 202.

Boring 205 indikerer mulig grunt berg i foten av skråningen (< 2 m dybde), i ca. samme kotenivå som sondering 202 er avsluttet. I så fall burde berg kunne være synlig i skråningsfoten nede ved elvebredden eller på elvebunn, som ligger vesentlig lavere. Ved befaring 3. mai 2012 ble det imidlertid ikke observert berg i dagen i dette området.

Det er av hensyn til usikkerhet om fjellnivået gjort analyse med fjelloverflate på to ulike nivåer; ut fra sondering 205 og ved antakelse om større dybde til berg.

Skjærfastheten er vurdert basert på CPTU-sondering 202. I bunn av skråningen mot elva er det antatt overkonsolidering tilsvarende tidligere overlagering til ca. kote +130. Utover

i elva blir det i økende grad usikkert hvilket tidligere terrengnivå som kan antas. Det er antatt et forkonsolideringsnivå tilsvarende kote +115. Poretrykksfordelingen er antatt hydrostatisk fra terreng/elvøbunn, og fra terreng i foten av skråningen. Overkonsolideringsnivå (tidligere overlaging) antatt ved beregningene er inntegnet i vedlegg C3.

Det er trolig et tynt sandlag over leire i elvenivå (angitt på løsmassekart, ref. /11/), men mektigheten av sandlaget er ikke kjent. Det er derfor modellert med leire fra terreng.

C4.1 Profil P2, dypt beliggende berg

C4.1.1 Dagens situasjon

I denne beregningsmodellen er bergoverflaten ved elvebredden forutsatt å ligge på ca. 15 m dybde ved borepunkt 205. Dette resulterer i at kritiske glideflater blir dype, ned mot antatt bergoverflate.

Udrenert analyse gir beregnet materialfaktor $\gamma_m=1,14$ (Figur C3). Glideflaten er ca. 125 m lang og 22 m dyp.

Drenert analyse av skråningen resulterer i materialfaktor $\gamma_m=1,17$ for mest kritiske glide-sirkel, som for drenert tilstand omfatter skråningen ovenfor jernbanen. Den mest kritiske bruddflaten går imidlertid ikke ned i sensitiv leire med de antakelser som er gjort om lagdeling. For glidesirkel som så vidt går ned i kvikkleire blir beregnet materialfaktor $\gamma_m=1,51$ for drenert analyse.

Kritiske glideflater for dagens situasjon fremgår av vedlegg C3 (udrenert analyse) og C4 (drenert analyse). Tabell 7 oppsummerer beregnede materialfaktorer for dagens situasjon, og gir også nødvendig materialfaktor dersom ”forbedring” av stabiliteten etter ref. /3/ skal oppnås for bruddflater ned i sensitiv leire.

Tabell C2 Stabilitetsberegninger, 1878 Lystad sør, profil P2, dagens situasjon, dypt beliggende berg. Materialfaktor for dagens situasjon, og krav til materialfaktor ved ”vesentlig forbedring”.

Tiltak nr.	Beskrivelse	γ_m				Figur
		Udrenert analyse		Drenert analyse		
		Dagens situasjon	Forbedring *)	Dagens	Vesentlig forbedring *)	
P2_0	Globalt kritisk skjærflate	1,14	1,21	1,51 **) 1,17 ***)	ok	C3 / C4

*) Krav i hht. ref. /3/

**) Glideflate ned i kvikkleirelaget.

**) Glideflate ikke ned i kvikkleirelaget.

C4.1.2 Stabiliserende tiltak

For antakelse om dypt beliggende berg vil ”forbedring” med utgangspunkt i materiafaktor $\gamma_m = 1,14$ for dagens situasjon (udrenert analyse) innebære at materialfaktor må forbedres med ca. 6 %, og etter tiltak være minimum $\gamma_m=1,21$, dersom NVEs retningslinjer skal tilfredsstilles (ved evt. nye tiltak).

Beregningsresultater for stabiliserende tiltak for profil P2 med dypt beliggende berg er vist i vedlegg C5 og oppsummert i Tabell C3. Motfylling langs elvebredden vil bedre stabiliteten av skråningen. Det er kun utført udrenert analyse, da analysen foran ga tilfredsstillende stabilitet for drenert analyse ned i kvikkleire.

Tabell C3 Stabilitetsberegninger, 1878 Lystad sør, profil P2, dypt beliggende fjell. Stabiliserende tiltak. Beregnet materialfaktor ved beskrevet tiltak, udrenert analyse.

Tiltak nr.	Beskrivelse	γ_m				Figur
		Udrenert			Drenert	
		Dagens situasjon	Forbedring *)	Etter tiltak	Dagens situasjon	
P2_0	Kritisk glideflate (dypt berg),	1,14	1,21	-	1,50 **) 1,17 ***)	C5
P2_1	Motfylling til k. +105, kritisk glideflate	-	-	1,22	-	

*) Krav i hht. ref. /3/

**) Glideflate ned i kvikkleire

***) Glideflate ikke ned i kvikkleire

Ca. 2.5 m motfylling gir tilstrekkelig forbedring av stabiliteten for profil P2, gitt dypt beliggende berg. I profil P2 er beregnet horisontal utstrekning av motfyllingen ca. 50 m. Fyllingen går fra ca. kote +98 til ca. kote +105. Det skisserte tiltaket har et tverrsnittsareal på ca. 110 m².

C4.2 Profil P2, grunt beliggende berg

C4.2.1 Dagens situasjon

Beregningsresultatene er vist i vedlegg C6 (udrenert analyse) og vedlegg C7 (drenert analyse), og er oppsummert i Tabell 9.

Ved antakelse om grunt fjell i ytre del av skråningen blir beregnet materialfaktor for kritisk glidesirkel $\gamma_m=1,30$ for udrenert tilstand, dvs. betydelig bedre enn ved stor dybde til berg (avsnitt C4.1).

Drenert analyse resulterer i tilsvarende resultater som for grunt fjell, dvs. det er ikke behov for tiltak av hensyn til drenert analyse for glidelater ned i kvikkleire.

Tabell C4 Stabilitetsberegninger, 1878 Lystad sør, profil P2, dagens situasjon, grunt beliggende fjell. Materialfaktor for dagens situasjon, og krav til materialfaktor ved "vesentlig forbedring".

Tiltak nr.	Beskrivelse	γ_m		
		Udrenert analyse		Drenert analyse
		Dagens situasjon	Forbedring *)	Dagens situasjon
P2_00	Dagens situasjon, kritisk skjærflate	1,30	1,33	1,52 **) 1,17 ***)

*) Krav i hht. ref. /3/

**) Glideflate ned i kvikkleire

***) Glideflate ikke ned i kvikkleire

C4.2.2 Stabiliserende tiltak

Tabell C5 oppsummerer stabilitetsforhold og nødvendige stabiliserende tiltak for å oppnå "forbedring" i hht. NVE-retningslinjene, gitt antakelse om grunt fjell i ytre del av skråningen. Beregningsresultatene er vist i vedlegg C8 (udrenert analyse). Stabiliserende tiltak er ikke påkrevet ut fra drenert analyse.

For antakelse om grunt fjell vil motfylling tilsvarende motfylling for dypt liggende berg gi tilstrekkelig forbedring av stabiliteten (NB: kritisk glideflate med tiltak er ikke den samme som før tiltak).

Tabell C5 Stabilitetsberegninger, 1878 Lystad sør, profil P2, grunt beliggende fjell, stabiliserende tiltak

Tiltak nr.	Beskrivelse	γ_m			
		Udrenert analyse			Drenert analyse
		Dagens situasjon	Forbedring *)	Etter tiltak	Dagens situasjon
P2_00	Dagens situasjon, (ant. grunt fjell)	1,30	1,33	-	1,52 **) 1,17 ***)
P2_01	Motfylling til k. 105, kritisk glideflate			1,35	

*) Krav i hht. ref. /3/

**) Glideflate ned i kvikkleire

***) Glideflate ikke ned i kvikkleire

C5 Sone 1878 Lystad sør – oppsummering

C5.1 Stabilitetsforhold

Stabilitetsberegninger er utført for 2 profiler i sone 1878 Lystad sør (P1 og P2).

- I profil P1 ved Tyskerud er det ikke påvist sprøbruddmateriale ved boring til antatt berg oppe på plataet. Nede i ravinen i nedre ende av profil P1 kan det være et lag av sensitiv leire, som antas å øke i tykkelse nedover langs ravinen i retning mot Glomma. Det er utført en orienterende beregning for dagens situasjon, som viser at udrenert materialfaktor for skråningen ned i ravinen ikke er kritisk lav for dette profilet ($\gamma_m=1,18$).
- For profil P2 ned skråningen fra Enerud/Ødegård mot Glomma er stabilitetsforholdene avhengige av dybden til berg. Bergkoten er usikker ut fra utførte sonderinger og feltobservasjoner. For dypt beliggende berg er stabilitetsforholdene beregningsmessig dårligere, men likevel ikke kritiske.
- Skråningen mot ravinen i nord er relativt bratt (ca. 1:2 på det bratteste) og > 20 m høy. Mot sør er skråningene noe mindre bratte og lavere enn i nord (tegning 020). Sikkerhet mot grunne glidninger (dvs. overflatestabiliteten) avhenger av lokale forhold som avrennings- og infiltrasjonsforhold, rotsone osv. Det er ikke utført detaljerte undersøkelser av overflatemassenes geotekniske egenskaper.

C5.2 Stabiliserende tiltak

Nødvendig omfang av stabiliserende tiltak er beregnet og skissert, forutsatt at NVEs kvikkleireveiledning (ref. /3/) legges til grunn for sikring, iht. krav til "forbedring" av stabilitetsforholdene, se tegning G021. Dersom større utbygginger planlegges innenfor sonen, vil det normalt være opp til utbygger, evt. i samarbeid med kommunen, å utføre sikringstiltak som tilfredsstillende disse kravene. For nåværende situasjon og eksisterende bebyggelse anbefales ikke tiltak av denne størrelse. Behovet for sikringstiltak vurderes ikke som akutt (noe som også reflekteres i lav faregrad for sonen). I profil P2 fra Enerud/Ødegård ned mot Glomma er stabilitetsforholdene ikke beregningsmessige kritiske, verken for antakelse om dypt eller grunt beliggende berg. Det ble heller ikke observert erosjon langs elvekanten ved befaring.

For skråningen mot ravinen mot nord er det ikke påvist/antatt kvikkleire på plataet ved profil P1 fra Tyskerud øst i ravinen. Ut fra sonderingene på toppen av plataet kan det imidlertid være grunt til kvikkleire i foten av skråningen. Overkant av kvikkleire tolkes til ca. kote 102-103 i sonderingene 202 og 203, og fra kote 112 i boring 120_NGI (tegning 020). Begrensede stabilitetsforbedrende tiltak, eksempelvis 1-2 m oppfylling i bunnen av ravinene mot nord og sør (som også foreslått for nabosonen 322 Lystad), vil

ut fra dette være gunstig, og redusere sannsynligheten for naturlig utløste skred ned i kvikkleire, særlig for dyperegående glidninger.

I bratte skråningspartier vil tiltak i bunnen av ravinene ikke bidra til å forbedre overflatestabiliteten, med mindre fyllingene trekkes langt oppover skråningen. Det kan derfor fortsatt være en viss fare for initialskred som skjærer inn i kvikkleire i nedre del av skråningene etter tiltak som foreslått foran. Utløsende faktor kan være økte poretrykk i grunnen som følge av ekstreme nedbørsforhold (langtidsnedbør).

C5.3 Detaljprosjektering og supplerende boringer

Store sikringstiltak som medfører høye motfyllinger må generelt detaljprosjekteres (ref. /13/, /14/). Dersom "full sikring" for evt. utbygging innenfor sonen iht. ref. /6/ blir aktuelt, antas dette å medføre behov for enkelte supplerende undersøkelser, særlig i foten av skråningene.

Ved evt. mindre sikringstiltak, dvs. 1-2 m oppfylling i bunnen av ravinene i nord og sør, anses det ikke å være behov for supplerende boringer.

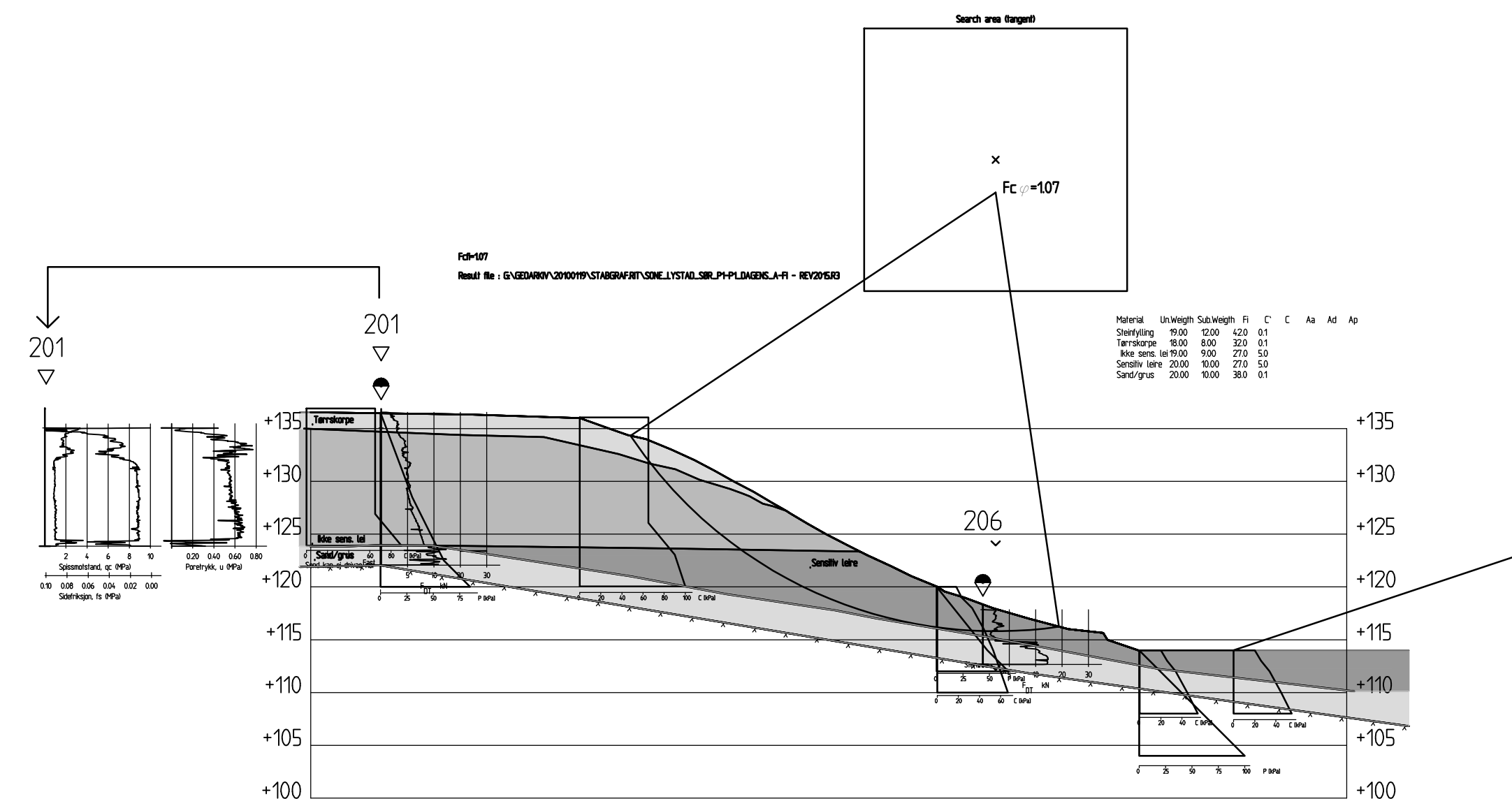
Usikker bergdybde ut mot Glomma i profil P2 slår ut på beregnet materialfaktor. En kontroll av bergdybden vil redusere denne usikkerheten. Udrenert materialfaktor har imidlertid en rimelig god sikkerhetsmargin også for det mest kritiske tilfellet ($\gamma_m = 1,14$ for antatt stor dybde til berg), og behovet for å avklare dybden til berg her vurderes som lite.

For evt. justering av sonens utbredelse vil supplerende boringer være en fordel. Det er enkelte punkter med kvikkleire, og enkelte punkter hvor kvikkleire ikke er påvist, men nivå for tolket overgang til kvikkleirelaget varierer betydelig fra bakkant av sonen og i retning elva.

C6 Referanser

- /1/ Norconsult Fältgeoteknik AB (2011): Kvikkleiresoner Sørums, Fet, Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus. Rapport Geoteknik, RGeo, Fält- och laboratorieresultat. Oppdragsnr. 211 03 40, rapport datert 11. mai 2011.
- /2/ NGI (2010): Kvikkleiresoner i Fet (Sørums), Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus. Forslag til undersøkelsesprogram. Prosjekt 20100119, teknisk notat datert 23. mars 2010.
- /3/ 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.

- /4/ Ladd, C. C. and R. Foott (1974): New design procedure for stability of soft clays. Journal of the geotechnical engineering division, ASCE, Vol. 100, No. GT7, July, pp. 763-786.
- /5/ NGI (2011): Kvikkleiresoner i Fet (Sørums), Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus. Stabilitet av sonene 719 Gran, 723 Nordli, 724 Årsrud og 734 Nordli vest i Enebakk kommune. Rapport 20100119-00-6-R (foreløpig rapport).
- /6/ NGI (1995): Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad Fet, 1914-1. Rapport nr. 900010-2, datert 10.11.1995.
- /7/ NGI (1995): Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad Oslo, 1914-IV. Rapport nr. 900000-3, datert november 1995.
- /8/ NGI (2005): Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred Sørums kommuner. Rapport nr. 20001008-10, datert 3. mars 2005.
- /9/ NGI (2006): Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred Fet kommune. Rapport nr. 20001008-51, datert 19. mai 2006.
- /10/ Marin Mätteknik AB (2005) Batymetrisk Survey i Vormo och Glomma. Dybdekart Glomma. Sørumsand - Fetsund. M = 1 : 5 000.
- /11/ NGU (2011). Kvartærgeologisk kart. <http://www.ngu.no/no/hm/Kart-og-data/Losmasser/>
- /12/ Kommunal- og regionaldepartementet. Byggteknisk forskrift (TEK 10). FOR-2010-03-26-489.
- /13/ Direktoratet for byggkvalitet (2013). Veiledning til forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK 10). Kapittel 7. Sikkerhet mot naturpåkjenninger. Publikasjonsnummer: HO-2/2011.
- /14/ Standard Norge AS (2004). Norsk Standard NS-EN 1997-1:2004+ NA:2008. Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 1: Almenne regler.



Profil P1-P1

FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
------	-------------	------	-------	--------	--------

NVE
Kvikkleiresoner i Akershus

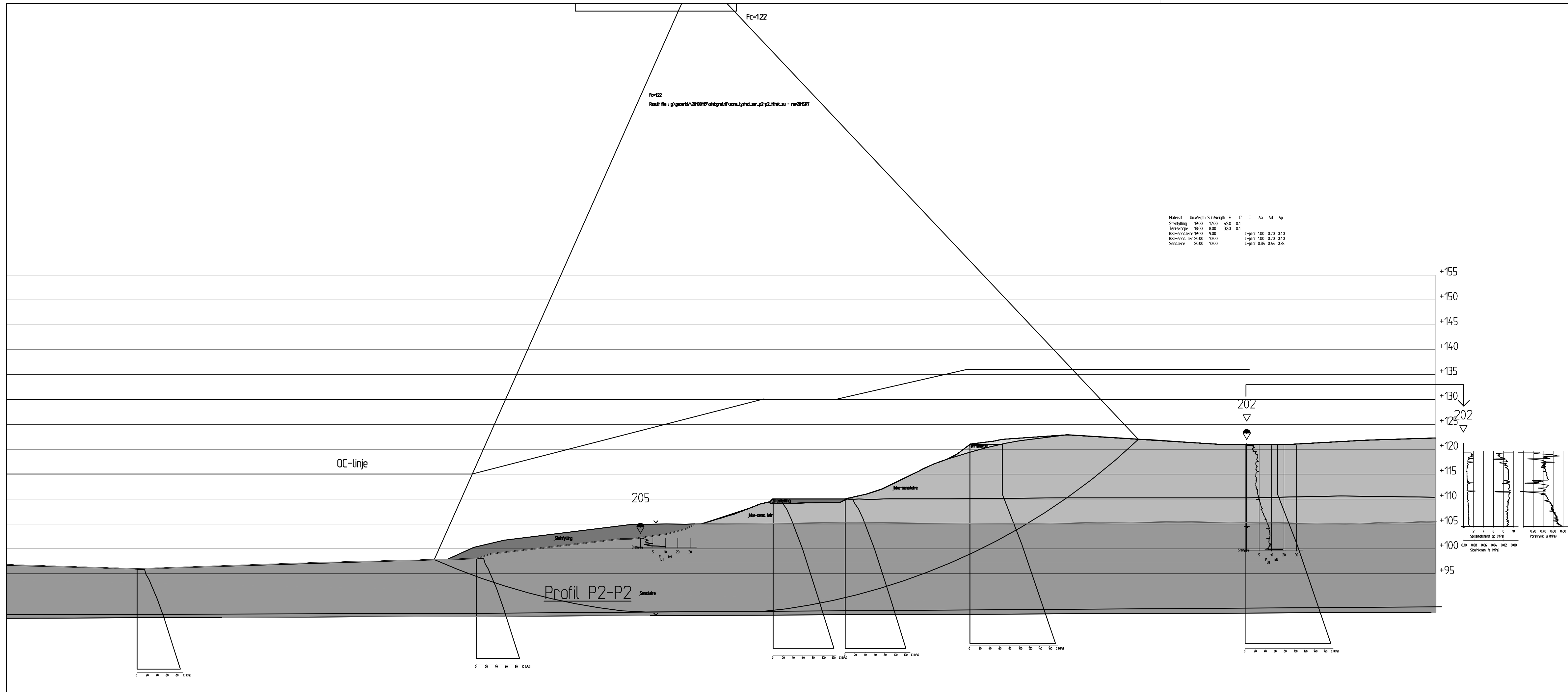
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner
Stabilitetsvurderinger
322 Lystad, "Lystad sør" og 709 Sundhagen
Sone Lystad sør, profil P1, dagens situasjon, Dreneret analyse

Status
Original format
A-3.1
Tegningens filnavn
C2 SONE LYSTAD SØR P1 DAGENS a-fi

Målestokk
1500




NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 10.12.2015 Oppdragsnr. 20100119	Konstr./Tegnet HHe / SHo Tegningsnr. C2	Kontrollert HHe	Godkjent OAH
---	---	--	--------------------	-----------------

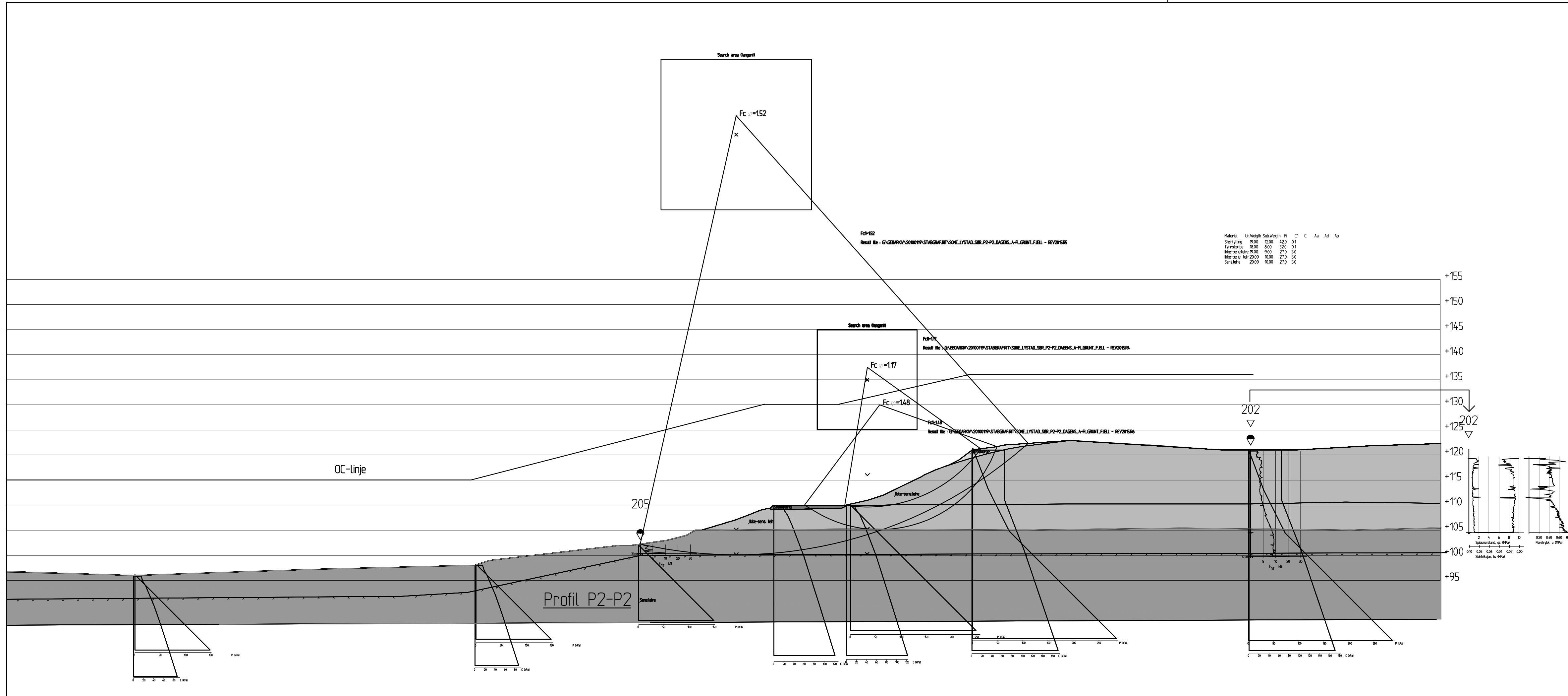


FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Kvikkleiresoner i Akershus		Status Original format A-3.1 Tegningens filnavn C5 SONE LYSTAD SØR P2 TILTAK SU			
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger 322 Lystad, "Lystad sør" og 709 Sundhagen Sone Lystad sør, profil P2, tiltak, Udrenert analyse		Målestokk 1500			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 10.12.2015	Konstr./Tegnet HHe / SHo	Kontrollert HHe	Godkjent OAH
		Oppdragsnr. 20100119	Tegningsnr. C5	Rev.	-

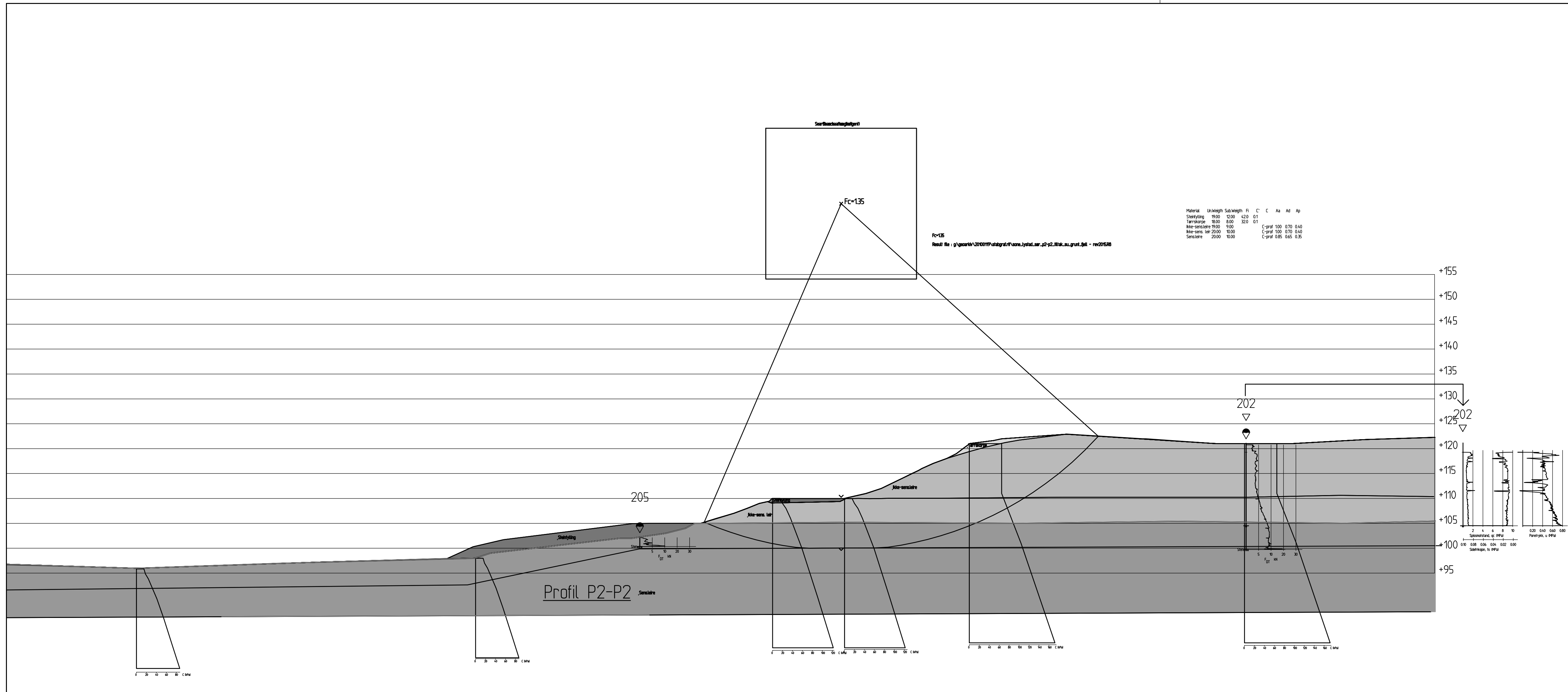


FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Kvikkleiresoner i Akershus		Status Original format A-3.1 Tegningens filnavn C7 SONE LYSTAD SØR P2 DAGENS a-fi - GRUNT FJELL			
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger 322 Lystad, "Lystad sør" og 709 Sundhagen Sone Lystad sør, profil P2, dagens situasjon, Dreneret analyse		Målestokk 1500			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 10.12.2015	Konstr./Tegnet HHe / SHo	Kontrollert HHe	Godkjent OAH
Oppdragsnr. 20100119		Tegningsnr. C7		Rev. -	



FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Kvikkleiresoner i Akershus		Status Original format A-3.1 Tegningens filnavn CS SONE LYSTAD SØR P2 TILTAK SU - GRUNT FJELL Målestokk 1500			
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger 322 Lystad, "Lystad sør" og 709 Sundhagen Sone Lystad sør, profil P2, tiltak, Udrenert analyse		NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 10.12.2015	Konstr./Tegnet HHe / SHo	Kontrollert HHe	Godkjent OAH
Oppdragsnr. 20100119		Tegningsnr. C8		Rev. -	

Vedlegg D

STABILITET SONE 709 SUNDHAGEN

Innhold

D1	Stabilitetsberegninger sone 709 Sundhagen	2
D2	Grunnforhold	2
D3	Stabilitetsberegning sone 709 Sundhagen, profil A-A	3
	D3.1 Dagens situasjon, profil A-A	3
	D3.2 Stabiliserende tiltak, profil A-A	4
D4	Stabilitetsberegning sone 709 Sundhagen, profil B-B	5
D5	Stabilitetsberegning sone 709 Sundhagen, profil C-C	7
D6	Stabilitetsberegning sone 709 Sundhagen, profil D-D	9
	D6.2 Stabiliserende tiltak, profil D-D	11
D7	Sone 709 Sundhagen – oppsummering	12
	D7.1 Stabilitetsforhold	12
	D7.2 Stabiliserende tiltak	12
	D7.3 Detaljprosjektering og supplerende boringer	13
D8	Referanser	13

D1 Stabilitetsberegninger sone 709 Sundhagen

Sone 709 Sundhagen går fra nord til sør på østre (venstre) breidd av Glomma ved Fetsund sentrum nær vegbrua (tegning 002). Sonen er delvis avgrenset ved dype raviner i sør og nord. Terrenget stiger fra elva, men er relativt flatt bakover i sonen, med terrasser på ca. kote 130. Sonen omfatter mye boligbebyggelse i Kirkevegen, Riddersvingen og Vatlandvegen, Østersund og Riddersand skoler samt Fet kommunes rådhus.

Tegning 021 viser beliggenhet av borepunkter fra ref. /1/, samt ca. posisjon av boringer fra ref. /6/ (ikke innmålt, plasseringen er tatt fra kart med liten målestokk og er ikke eksakt). Beliggenhet av profiler A-A tom. D-D for evt. stabilitetsberegning er også vist på tegning 021.

D2 Grunnforhold

Det er ved boringene i ref. /1/ boret gjennom løsmasser til dybder mellom 16 og 40 m. Størst løsmassemektighet er påvist i punkt 404, hvor dreietrykkssonderingen er avsluttet på avtalt maksimumsdybde uten at det er påtruffet fast grunn eller antatt fjell.

Sonderingene gir grunn til å anta sensitiv leire, noe som bekreftes av opptatte prøveserier i punkt 401, 403 og 405. I punkt 401 er det på basis av sonderinger og prøver antatt sensitiv leire ("sprøbruddmateriale") fra ca. 15 m dybde. I punkt 403 antas sprøbruddmateriale fra ca. 8 m (dog er en prøve på dybde 18-19 m tilsynelatende ikke sensitiv, men det er trolig at reell sensitivitet ikke reflekteres fullt ut i laboratorieundersøkelsene, grunnet prøveforstyrrelse). Sonderingsmotstanden er meget lav i sonderingene 404 og 405. Prøver fra prøveserie i borpunkt 405 fra dybder 4-5 og 14-15 m bekrefter sensitiv leire (sprøbruddmateriale), i dybden karakterisert som kvikk. I punkt 404 indikerer sonderingen at den sensitive leira starter bare 0,5 m under terreng og fortsetter ned til ca. 35 m dybde, mens sonderingen i punkt 405 indikerer sensitiv leire fra ca 2 til ca. 30 m dybde.

Punkt 406 ligger utenfor den eksisterende kvikkleiresonen, og ble tatt med som en sjekk. I punkt 406 indikerer sonderingen at det her trolig ikke er sensitiv leire, evt. er det snakk om et avgrenset lag med sensitivt materiale med ca. 2 m mektighet (3-5 m dybde).

Poretrykk er målt i to dybder punkt 401 (piezometre på 12 m og 20). Målingene indikerer at poretrykket er relativt lavt i skråningene.

Tolkning av aktiv udrenert skjærfasthet fra CPTU-sondering indikerer noe overkonsolidering, tilsvarende tidligere terrengnivå ca. 5 m over dagens terreng ved punkt 401, ca. 10 m over dagens terreng ved punkt 403, samt ca. 7 m over dagens terreng ved punkt 405.

D3 Stabilitetsberegning sone 709 Sundhagen, profil A-A

Profilen går fra toppen av skråningen ved Riddersvingen ned i ravinen som avgrensner sonen mot øst. I foten av skråningen er det lagt inn et knekkpunkt slik at profilen følger bunnen av ravinen. (tegning 021).

Det er antatt leire fra terreng, med antatt tørrskorpe ned til grunnvannstand, og deretter lite sensitiv leire ned til ca. kote +115 (15 m dybde) ved borpunkt 401. Herfra er leira videre i dybden antatt å tilfredsstille kriterier for "sprøbruddmateriale" (ref. /3/). Poretrykket er modellert som hydrostatisk fra terreng i bunn av ravinen, ca. 70 % av hydrostatisk fra antatt grunnvannstand på brinken nedenfor toppen av skråningen, og som målt poretrykk ved CPTU 401 (måling i to dybder), med økning til hydrostatisk poretrykkøkning fra nivå med bunn av ravinen. Poretrykksbetingelsene har påvirkning både på drenert og udrenert analyse.

D3.1 Dagens situasjon, profil A-A

En første udrenert stabilitetsanalyse av dagens situasjon ut fra tolkede data og med forutsetningene som beskrevet foran, resulterte i materialfaktor $\gamma_m=0,82$ (se vedlegg D1). En oppjustering av udrenert skjærfasthet med 20 % ble så gjort for alle skjærfasthetsprofiler i profil A-A, og ga beregnet materialfaktor $\gamma_m=0,99$, dvs. i praksis labil likevekt ($\gamma_m=1,0$), se vedlegg D2. Dette er representativt for minimum skjærfasthet av leira i skråningen, siden skråningen står i dag¹. Kritisk sirkulær glideflate er ca. 15 m dyp på det meste, og går ned til et nivå ca. 5 m lavere enn bunn av ravinen.

Resultater for udrenert analyse er oppsummert i Tabell D1. Beregningene er også vist i vedlegg D1 (udrenert analyse med tolket skjærfasthetsprofil) og D2 (udrenert analyse med oppjustert skjærfasthetsprofil). Drenert analyse med poretrykksbetingelser beskrevet ovenfor resulterer i beregnet materialfaktor $\gamma_m=1,12$, med den betingelse at skjærsirkelen må gå ned under tørrskorpelaget, jfr. Tabell D1 og vedlegg D3.

¹ I tillegg kommer "sprøbruddeffekten" iht. NVEs retningslinjer, som også kan medføre reduksjon av materialfaktoren med anslagsvis 5-10 %, og medføre at skråninger med liten sikkerhetsmargin blir beregningsmessig ustabile. For å kompensere denne effekten og oppnå beregningsmessig likevekt (dvs. materialfaktor $\gamma_m=1,0$) må udrenert skjærstyrke iht. NVEs retningslinjer oppjusteres igjen.

Tabell D1 Stabilitetsberegninger, 709 Sundhagen, profil A-A. Materialfaktor for dagens situasjon, og krav til materialfaktor ved "vesentlig forbedring".

Tiltak nr.	Beskrivelse	γ_m				Figur
		Udrenert analyse		Drenert analyse		
		Dagens situasjon	Vesentlig forbedr. *)	Dagens situasjon	Vesentlig forbedr. *)	
A-A_00	Dagens situasjon, kritisk skjærflate, opprinnelig su-profil	(0,82)	-	-	-	D1
A-A_0	Dagens situasjon, kritisk skjærflate, revidert su-profil	0,99 **)	1,14	1,12 ***)	1,24	D2/D3

*) Krav i hht. ref. /3/

***) Udrenert skjærfasthet oppjustert slik at materialfaktor blir ca. 1,0.

****) Begrensning lagt på skjærflaten; må gå ned under tørrskorpelaget.

D3.2 Stabiliserende tiltak, profil A-A

Beregningsresultater for stabiliserende tiltak er vist i vedlegg D4 og D5.

Det er gjort analyser for å vise omfanget av tiltak dersom "vesentlig forbedring" i ht. ref. /3/ skal oppnås (eksempelvis ved evt. utbygging). Kravet til forbedring av materialfaktoren er da 15 %, med utgangspunkt i beregningsmessig labil likevekt for dagens situasjon ($\gamma_m=0,99$). Krav til resulterende materialfaktor er $\gamma_m=1,14$. For drenert analyse kreves det økning i materialfaktor til $\gamma_m=1,24$ for å oppnå "vesentlig forbedring".

Det antatt enkleste stabiliserende tiltaket vil være utlegging av steinfylling i ravinen. Materialfaktoren er beregnet med utgangspunkt i nødvendig tiltak for udrenert analyse, og deretter er tiltaket kontrollert for drenert tilstand.

Motfylling med 3-5 m høyde og bredde ~40 m, gir tilfredsstillende beregningsmessig sikkerhet både for udrenert og drenert analyse dersom det kreves "vesentlig forbedring", og bare mest kritiske glideflate vurderes. Det skisserte tiltaket i profil A-A har et tverrsnittsareal på ca. 130 m² (vedlegg D4/D5)

Tabell D2 Stabilitetsberegninger, 709 Sundhagen, profil A-A. Dagens situasjon og stabiliserende tiltak.

Tiltak nr.	Beskrivelse	γ_m				Figur
		Udrenert analyse			Drenert	
		Dagens situasjon	Vesentlig forbedring *)	Etter tiltak	Etter tiltak	
A-A_0	Kritisk glidesirkel, dagens situasjon	0,99	1,14	-	1,12 (dagens)	D2 / D3
A-A_1	Motfylling høyde 3-5m, b.40m			1,14	1,31	D4 / D5

*) Krav i hht. ref. /3/

D4 Stabilitetsberegning sone 709 Sundhagen, profil B-B

Profilen går fra toppen av ravinen vest for ungdomsskolen og ned i ravinen. Det er leire i hele ryggen. Dreietrykksondering indikerer sensitive masser fra ca. 15-20 m. Omrørt styrke fra prøver ned til 19 m er 3-6 kPa (avtar med dybden). Trolig øker sensitiviteten noe i dybden (jfr. dreietrykksondering 403) og kvikkleire påtreffes trolig muligens under 20 m (Bq-faktor fra CPTU indikerer også dette). I beregningene er det noe konservativt antatt sensitiv leire ("sprøbruddmateriale") fra dybde 15 m, for å ta høyde for evt. grunnere kvikkleire mot bunn av ravinen.

Poretrykk er målt i to dybder (7 og 12 m) i borepunkt 403, og viser poretrykksfordeling lavere enn hydrostatisk poretrykk. Fra 15 m dybde er det antatt hydrostatisk poretrykksfordeling videre nedover, det samme er antatt fra terreng i bunn av ravinen.

D4.1.1 Dagens situasjon, profil B-B

Beregningene for dagens situasjon er oppsummert i Tabell D3, og vist i vedlegg D6 (udrenert analyse) og vedlegg D7 (drenert analyse).

Udrenert stabilitetsanalyse resulterer i materialfaktor $\gamma_m = 0,99$, dvs. i praksis labil likevekt. Kritisk glideflate er sirkulær (plane glideflater er forsøkt, og funnet mindre kritiske), med dybde ca. 18 m (ned til ca. kote +95) og lengde ca. 66 m.

Drenert analyse gir materialfaktor $\gamma_m = 1,11$ for grunn glidning i tørrskorpe (sirkulær, ca. 6 m lang og ca. 1 m dyp). Med den begrensning på beregningen at kritisk glideflate må gå ned under tørrskorpelaget, øker materialfaktoren for drenert analyse til $\gamma_m = 1,21$. Den kritiske glideflaten er sirkulær, ca. 5 m dyp og 30 m lang.

Tabell D3 Stabilitetsberegninger, 709 Sundhagen, profil B-B. Materialfaktor for dagens situasjon, og krav til materialfaktor ved "vesentlig forbedring".

Tiltak nr.	Beskrivelse	γ_m				Figur
		Udrenert analyse		Drenert analyse		
		Dagens situasjon	Vesentlig forbedr. *)	Dagens situasjon	Vesentlig forbedr. *)	
			-	-	-	
B-B_0	Dagens situasjon, kritisk glideflate	0,99	1,14	1,11 **) 1,21 ***)	- 1,30	D6 / D7

*) Krav i hht. ref. /3/

**) Glidesirkel i tørrskorpe

***) Skjærflaten tvunget ned under tørrskorpelaget.

D4.1.2 Stabiliserende tiltak, profil B-B

Beregningene for stabiliserende tiltak er oppsummert i Tabell D4, og utvalgte glideflater er vist i vedlegg D8 (udrenert analyse) og D9 (drenert analyse). Utgangspunkt for forbedring av stabiliteten er udrenert analyse av dagens situasjon, med $\gamma_m = 0,99$. "Vesentlig forbedring" innebærer at materialfaktoren økes med 15 % til $\gamma_m = 1,14$.

Tabell D4 Stabilitetsberegninger, 709 Sundhagen, profil B-B. Dagens situasjon og stabiliserende tiltak.

Beregn. nr.	Motfylling, beskrivelse	γ_m					Figur	
		Udrenert analyse			Drenert analyse			
		Dagens sit.	Vesentl. forbedr. *)	Etter tiltak	Dagens sit.	Vesentl. forbedr. *)		
B-B_0	Dagens sit.	0,99	1,14	-	1,21	1,30	-	D6/D7
B-B_2	2-2,5 m motfylling			1,14			1,11 ***)	

*) Krav i hht. ref. /3/

**) Glidesirkel ned i leire. Overgangen til sensitiv leire i foten av skråningen er ikke kartlagt i detalj, og det er derfor ikke forutsatt at glidesirkel må nå ned i laget som er modellert som sensitiv leire.

***) Grunn glidning i tørrskorpe

- ➔ Beregningene viser at nødvendig forbedring av beregningsmessig sikkerhet for profil B-B oppnås ved oppfylling med 2-2,5 m stein i bunn av ravinen. Horisontal utstrekning av motfyllingen er ca. 30 m i profil B-B. Det skisserte tiltaket har et tverrsnittsareal på ca. 52 m².

D5 Stabilitetsberegning sone 709 Sundhagen, profil C-C

Profil C-C går fra platået ved borepunkt 404 og ned gjennom bunnen av ravinen mot nord. Profilet går ned til profil B-B i ravinen nedenfor borepunkt 403. I dreietrykksondering 404 er det boret til 40 m uten å ha påtruffet faste masser, med en antatt overgang til mindre sensitivt materiale på ca. 35 m dybde.

Poretrykk er ikke målt nær dette profilet. På platået er det antatt grunnvannstand i ca. 2 m dybde. Derfra antas poretrykksøkning med 80 % av hydrostatisk poretrykksfordeling ned til 10 m, og hydrostatisk poretrykksøkning under dette nivå. Den samme poretrykksfordelingen er antatt for tolkning av CPTU 405, og gir en rimelig god tolkning av denne. Imidlertid spiller også romvektene inn. Relativt lav romvekt ($16,84 \text{ kN/m}^3$) er målt i prøve 405 på 4 m, men betydelig høyere på 14,7 m dybde ($18,66 \text{ kN/m}^3$).

I bunn av ravinen er det som for profil B-B antatt hydrostatisk poretrykksøkning med grunnvannstand i terreng.

Aktiv skjærfasthet fra CPTU 405 er benyttet for platået ved borepunkt 404. Med de forutsetninger som er gjort, innebærer tolkningen av CPTU 405 at det antas overkonsolidering tilsvarende tidligere overlaging på ca. 10 m over dagens terreng. Borepunkt 404 ligger på samme nivå som CPTU 405, og har tilsvarende boremotstand ved dreietrykksondering (dvs. så godt som ingen boremotstand i hele dybdeforløpet).

D5.1.1 Dagens situasjon, profil C-C

Udrenert analyse av dagens situasjon gir en beregnet materialfaktor på $\gamma_m=1,37$, dvs. nær kravet i NVEs retningslinjer (ref. /3/). Den kritiske glideflaten starter noe bakenfor skråningskanten og går ned til bunnen av skråningen, er ca. 22 m dyp og ca. 125 m lang.

Drenert analyse resulterer i beregnet materialfaktor $\gamma_m=2,08$. Kritisk skjærsirkel er ca. 9 m dyp, 70 m lang og går fra nær topp til nær bunn av skråningen.

Kritiske glidesirkler for drenert og udrenert analyse er vist i vedlegg D10. Ut fra beregningene er dagens situasjon tilfredsstillende for drenert analyse, mens materialfaktoren er noe lav for udrenert analyse ($\gamma_m=1,37$, mot krav $\gamma_m=1,40$ i ref. /3/).

For profil C-C må det antas å være sideeffekter som har positiv virkning på beregningsmessig sikkerhet, da profilet følger bunnen av en trang ravine. Skråningen er mer gunstig hva angår stabilitetsforholdene til side for profil C-C. Tas det ut fra dette hensyn til en liten sideeffekt på 2-3 % i tillegg til beregnet materialfaktor, kan situasjonen for dette profilet trolig anses å være tilfredsstillende også for udrenert analyse av dagens situasjon.

Tabell D5 Stabilitetsberegninger, 709 Sundhagen, profil C-C. Materialfaktor for dagens situasjon, og krav til materialfaktor ved "vesentlig forbedring".

Tiltak nr.	Beskrivelse	γ_m				Figur
		Udrenert analyse		Drenert analyse		
		Dagens situasjon	Vesentlig forbedr. *)	Dagens	Vesentlig forbedr. *)	
C-C_0	Dagens situasjon, kritisk glideflate	1,37	1,39	2,08	-	D10

*) Krav i hht. ref. /3/

D5.1.2 Stabiliserende tiltak, profil C-C

Dersom tiltak utføres i ravinen nedenfor profil B-B vil det være naturlig å forlenge steinplastringen opp gjennom ravinen langs profil C-C fram til skråningsfoten (dagens terrengnivå ca. kote 107). Dette er imidlertid ikke nok for å oppnå tilstrekkelig materialfaktor.

"Vesentlig forbedring" med utgangspunkt i materialfaktor $\gamma_m=1,37$ for dagens situasjon innebærer at materialfaktor etter tiltak må være minimum $\gamma_m=1,39$, dvs. en marginal forbedring fra dagens situasjon. Tabell D6 nedenfor viser virkningen på tiltak som gir tilfredsstillende stabilitet. Glidesirkel for stabiliserende tiltak (udrenert analyse) er vist i vedlegg D11.

Udrenert analyse for 1,5 m oppfylling medfører økning i beregnet materialfaktor fra 1,37, til $\gamma_m=1,39$ som tilfredsstillende kravet i ref. /2/ for "vesentlig forbedring".

Tabell D6 Stabilitetsberegninger, 709 Sundhagen, profil C-C

Tiltak nr.	Motfylling, beskrivelse	γ_m				Figur
		Udrenert analyse				
		Dagens sit.	Vesentlig forbedr. *)	Etter tiltak	Drenert analyse	
C-C_0	Dagens situasjon	1,37	1,39	-	2,08	
C-C_1	1,5 m oppfylling	-	-	1,39	-	D11

*) Krav iht. ref. /3/

Utgående for kritisk glidesirkel kryper oppover skråningen med økt oppfylling, og kritiske glidesirkler blir noe grunnere etter tiltak enn for dagens situasjon.

Stabiliserende effekt av oppfylling i bunn av ravinen er relativt liten, fordi de kritiske glidesirklene er lange og dype. Oppfylling må foretas opp til kote +112,5 for å oppnå tilstrekkelig beregningsmessig stabilitet.

- ➔ For profil C-C vil stabiliserende tiltak for å oppnå "vesentlig forbedring" oppnås ved utlegging av 1,5 m steinfylling på den nedre del av skråningen. Det skisserte tiltaket har et tvernsnittsareal på ca. 43 m³.
- ➔ Evt. tiltak sees i sammenheng med tiltak ved profil B-B, og vil innebære generell heving av bunnen av denne ravinen med 2-3 m. Langsetter ravinen vil oppfyllingen utgjøre ca. 80 m³/lm, profil B-B.

D6 Stabilitetsberegning sone 709 Sundhagen, profil D-D

Profil D-D går fra Østersund ungdomsskole ned skråningen mot elva mellom boringpunktene 402 og 403, og følger elvebunnen gjennom erosjonshull nedenfor "grunne" avmerket i ref. /10/.

Lagdeling baseres på informasjon fra boringpunktene 403 og 402, hvor det er indikasjon på sensitiv leire under ca. kote 106. Poretrykk i øvre del av skråningen baseres på poretrykksmåling i punkt 403. I nedre del av skråningen antas det hydrostatisk poretrykkfordeling fra terreng eller rett under terreng, i elva fra elvebunn. Vannstand i elva er ikke medtatt, og deler av profilet er trolig tørt på lav vannføring. Boringene gir ikke sikker fjellpåvisning. Fjelloverflaten antas å falle i retning elva, samtidig som løsmassemekktigheten muligens avtar (det er ikke utført boringer ved elvebredden).

I foten av den bratteste delen av skråningen (kote 106) er kote 116 (toppen av skråningen) satt som antatt nivå for tidligere terrengoverflate, dvs. 10 m tidligere overlaging. Lenger ut i elva er tidligere terrengoverflate antatt å falle til kote 105 (6 m tidligere overlaging), mens tidligere overlaging på toppen av skråningen er tolket til 12 m over dagens terrengnivå (CPTU-sondering 403). Antakelsene blir i økende grad i retning mot elva.

D6.1.1 Dagens situasjon, profil D-D (grunt berg)

Kritiske glidesirkler for hhv. udrenert og drenert analyse er vist i vedlegg D12 og D14 for profil gjennom erosjonshullet. For udrenert med flat elvebunn (dvs. til side for erosjonshullet) er beregningsresultater vist i hhv. vedlegg D13. Drenert analyse for flat elvebunn er ikke vist, men vil være bedre enn vist i vedlegg D14 og tilfredsstillende. Resultatene er oppsummert i Tabell D7.

Tabell D7 Stabilitetsberegninger, 709 Sundhagen, profil D-D. Materialfaktor for dagens situasjon med og uten erosjonshull, antatt grunt beliggende bergoverflate, med krav til materialfaktor ved "vesentlig forbedring".

Tiltak nr.	Beskrivelse	γ_m			Figur
		Udrenert analyse		Drenert analyse	
		Dagens situasjon	Vesentlig forbedr. *)	Dagens situasjon	
D-D_0a	Kritisk glideflate, med erosjonshull	1,35	1,38	1,73 **)	D12 D13
D-D_0b	Kritisk glideflate, flat elvebunn	1,44	-	-	D14

*) Krav i hht. ref. /3/

**) Ned i erosjonshullet

Udrenert analyse av dagens situasjon resulterer i minste beregnede materialfaktor på $\gamma_m=1,35$. Den kritiske glideflaten er langstrakt med bakkant på toppen av skråningen, og slår ut i erosjonshullet ute i elva. Dersom profilet legges til side for erosjonshullet ("flat elvebunn"), viser beregningene at minste beregnede materialfaktor blir $\gamma_m>1,40$ (vedlegg D13). Øvre del av skråningen har $\gamma_m=1,44$ som er tilfredsstillende. Drenert analyse gir beregnet $\gamma_m>1,7$ for skråningen ned i erosjonshullet, og $\gamma_m>2$ for øvre del av skråningen.

Betydningen av erosjonshullet kan diskuteres, og evt. neglisjeres. Alternativt kan effekten av hullet inkluderes ved å ta med sidefriksjon i analysene ut fra at erosjonshullet har begrenset utstrekning. Det er imidlertid ikke kjent hvilke prosesser som pågår i elva pr. idag. Innmålingene av elvebunnen er utført for minst 10 år siden (ref. /10/). Begynnende erosjon kan ved uheldige forhold raskt utvikle seg til å dekke større strekninger langs elva (og skråningen). Ved å medta erosjonshullet i en 2D-modell kan effekten av dette (dvs. i verste tilfelle) studeres, gitt de usikre antakelser som gjelder for grunnforholdene og bunntopografien ute i elva.

D6.1.2 Dagens situasjon, profil D-D (dypt berg)

Det er utført en beregning med berget beliggende noe dypere i foten av skråningen ved sondering 402 enn antatt foran (for situasjon med gjenfylt erosjonshull). For dagens situasjon blir materialfaktoren marginalt redusert som følge av endret bergnivå (vedlegg D16). Kritiske glidesirkler for drenert analyse er vist i vedlegg D16 for profil gjennom erosjonshullet. Resultatene er oppsummert i Tabell D8. Udrenert analyse av dagens situasjon resulterer i materialfaktor på $\gamma_m=1,35$ for langstrakt glideflate som omfatter hele skråningen, og materialfaktor på $\gamma_m=1,33$ for en lokal glideflate ned i erosjonshullet.

Tabell D8 Stabilitetsberegninger, 709 Sundhagen, profil D-D. Materialfaktor for dagens situasjon med erosjonshull og antakelse om dypt beliggende berg, med krav til materialfaktor ved "vesentlig forbedring".

Tiltak nr.	Beskrivelse	γ_m		Figur
		Udrenert analyse		
		Dagens situasjon	Vesentlig forbedring. *)	
D-D_0a	Kritisk glideflate, med erosjonshull	1,35 **) 1,33 ***)	1,38 1,35	D16

*) Krav i hht. ref. /3/

**) Langstrakt glideflate over hele skråningen

***) Glideflate ned i erosjonshullet

D6.2 Stabiliserende tiltak, profil D-D

Beregninger for stabiliserende tiltak er vist i Vedlegg D15 (grunt berg) og vedlegg D16 (dypt berg). For drenert analyse er det foran vist at stabilitetsforholdene er akseptable, slik at tiltak bare analyseres for udrenerte forhold.

Dersom erosjonshullet i elva fylles med stein til nivå med omliggende elvebunn blir materialfaktoren tilsvarende som dagens situasjon for profil med flat elvebunn, jfr. Tabell D7, dvs. materialfaktoren forbedres til $\gamma_m=1,44$ for kritisk glideflate. For å oppnå tilstrekkelig beregningsmessig stabilitet (iht. ref. /3/) er det tilstrekkelig å fylle erosjonshullet med 1,5 m stein jfr. Vedlegg D15 og D16. Kritisk glidesirkel for større bergdybden gir høyere materialfaktor etter tiltak, hvor materialfaktoren $\gamma_m=1,38$ endres til $\gamma_m=1,41$ for kritisk glideflate.

Oppsummering av dagens situasjon og situasjon med etter tiltak er gitt i Tabell D8 (drenert analyse).

Tabell D9 Stabilitetsberegninger, 709 Sundhagen, profil D-D, stabiliserende tiltak

Tiltak nr.	Motfylling, beskrivelse	γ_m			Figur
		Udrenert analyse			
		Dagens situasjon	Vesentlig forbedr. *)	Etter tiltak	
D-D_0a	Dagens situasjon, kritisk glideflate (med erosjonshull)	1,35 1,33 *)	1,38 1,36		D12 /D16
D-D_1a	1,5 m oppfylling i erosjonshull, grunt beliggende fjell.	-	-	1,38	D15
D-D_1b	1,5 m oppfylling i erosjonshull, dypt beliggende fjell.	-	-	1,41	D16

*) Krav i hht. ref. /3/

- ➔ For profil D-D er gjenfylling med 1,5 m stein av erosjonshullet i elva tilstrekkelig tiltak for å oppnå nødvendig materialfaktor for drenert og udrenert analyse, ut fra krav i NVEs retningslinjer til skråningsstabilitet i utbyggingsområder innenfor kvikkleiresoner. Iht. Tabell D8 er det ikke nødvendig med ytterligere tiltak i dette profilet. Også for antakelse om dypere beliggende berg i foten av skråningen er stabiliteten tilfredsstillende.
- ➔ NB: Tilstrekkelig sikkerhet for skråningen er ikke tilstrekkelig for utbygging som medfører tilflytting til sonen, også øvrige skråninger må sikres iht. krav til områdestabilitet i ref. /3/.

D7 Sone 709 Sundhagen – oppsummering

D7.1 Stabilitetsforhold

Stabilitetsberegninger er utført for fire profiler i sone 709 Sundhagen.

- ↗ For profiler ned i ravinene er beregningsmessig stabilitet dårlig (profil A-A og B-B). Det antas at stabilitetsforholdene er noenlunde tilsvarende for ravine-skråninger hvor det ikke er utført beregninger i denne omgang (gjelder bl.a. ravine på østsiden av Østersund ungdomsskole).
- ↗ I profil C-C er stabilitetsforholdene beregningsmessig brukbare, med materialfaktor $\gamma_m = 1,37$.
- ↗ I lengdeprofil D-D mot Glomma er stabilitetsforholdene beregningsmessig tilfredsstillende, med unntak av lokalt ut mot erosjonshullet i elva (ved 2D-analyse).
- ↗ Omfanget av stabiliserende tiltak i form av motfyllinger for profilene A-A, B-B, C-C og D-D er beregnet ut fra krav til "vesentlig forbedring" iht. ref. /3/. Volum av motfyllinger er beregnet til ca. 25-130 m³/lm for profilene A-A, B-B, C-C og D-D.

D7.2 Stabiliserende tiltak

Nødvendig omfang av stabiliserende tiltak, forutsatt "vesentlig forbedring" av stabilitetsforholdene iht. ref. /3/ er skissert på tegning G020. Dersom større utbygginger planlegges innenfor sonen, vil det normalt være opp til utbygger, evt. i samarbeid med kommunen, å utføre sikringstiltak som tilfredsstillende kravene. Sikring med så stort omfang anses ikke nødvendig for å sikre eksisterende bebyggelse.

Flere av profilene (A-A og B-B) har imidlertid beregningsmessig kritisk stabilitet for dagens forhold. Særlig i sørlige del av sonen er mektigheten av kvikkleire også stor, og kvikkleire påtreffes grunt (nesten til topps av plataet) hvor bebyggelsen ligger. En viss

sikring anbefales derfor. Begrensede stabilitetsforbedrende tiltak, eksempelvis 1-2 m oppfylling i bunnen av ravinene mot nord og sør, vil ut fra dette være gunstig, og redusere sannsynligheten for naturlig utløste skred ned i kvikkleire, særlig for dyperegående glidninger. Dårlig beregningsmessig stabilitet understøtter sikringsbehovet som følger av at sonens faregrad er vurderes "høy".

I bratte skråningspartier vil tiltak i bunnen av ravinen ikke bidra til å forbedre overflatestabiliteten, med mindre fyllingene trekkes langt oppover skråningen. Det kan derfor fortsatt være en viss fare for initialskred som skjærer inn i kvikkleire i nedre del av skråningene etter tiltak som foreslått foran. Utløsende faktor kan være økte poretrykk i grunnen som følge av ekstreme nedbørsforhold (langtidsnedbør).

D7.3 Detaljprosjektering og supplerende boringer

Store sikringstiltak må generelt detaljprosjekteres (ref. /13/, /14/).

Dersom "full sikring" for evt. utbygging innenfor sonen iht. ref. /6/ blir aktuelt, antas dette å medføre behov for enkelte supplerende undersøkelser, særlig i foten av skråningene.

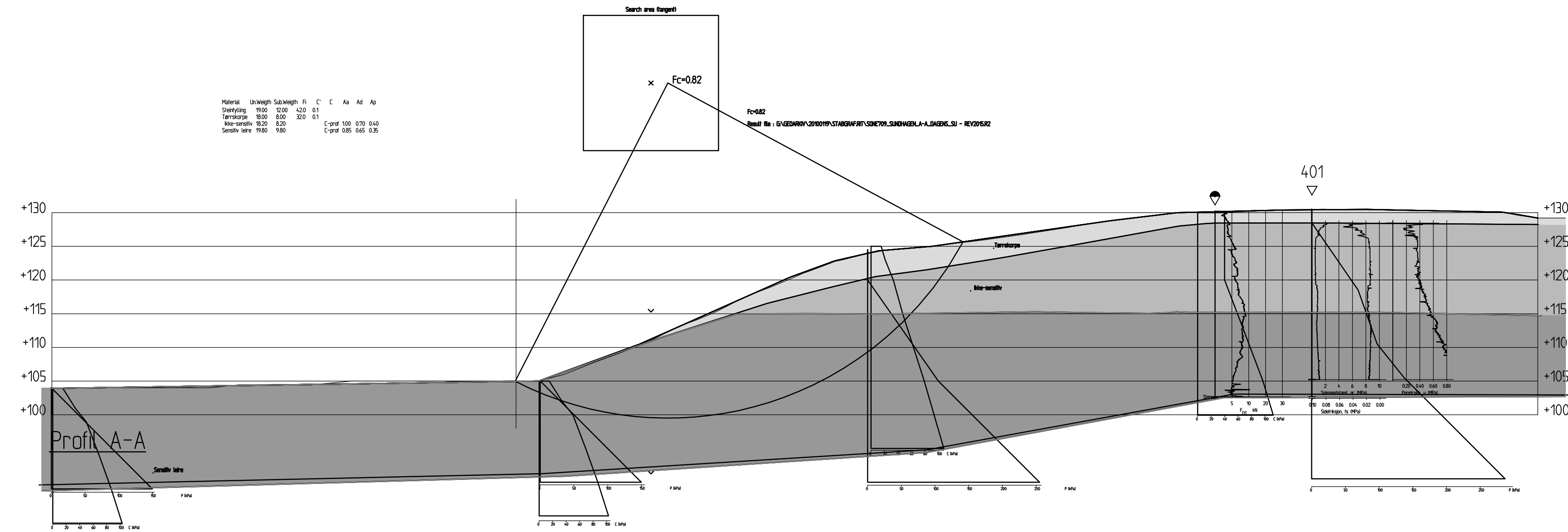
Ved evt. mindre sikringstiltak, dvs. 1-2 m oppfylling i bunnen av ravinene i nord og sør, anses det ikke å være behov for supplerende boringer.

For evt. justering av sonens utbredelse er supplerende boringer nødvendig. Det er tolket eller påvist kvikkleire i alle borpunkter innenfor sonen, til dels i stor mektighet. I boring noe øst for sonen er det ikke påvist kvikkleire. En nærmere avgrensning av sonen i denne retningen kan være aktuelt, men krever boringer.

D8 Referanser

- /1/ Norconsult Fältgeoteknik AB (2011): Kvikkleiresoner Sørums, Fet, Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus. Rapport Geoteknik, RGeo, Fält- och laboratorieresultat. Oppdragsnr. 211 03 40, rapport datert 11. mai 2011.
- /2/ NGI (2010): Kvikkleiresoner i Fet (Sørums), Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus. Forslag til undersøkelsesprogram. Prosjekt 20100119, teknisk notat datert 23. mars 2010.
- /3/ 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.
- /4/ Ladd, C. C. and R. Foott (1974): New design procedure for stability of soft clays. Journal of the geotechnical engineering division, ASCE, Vol. 100, No. GT7, July, pp. 763-786.

- /5/ NGI (2011): Kvikkleiresoner i Fet (Sørums), Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus. Stabilitet av sonene 719 Gran, 723 Nordli, 724 Årsrud og 734 Nordli vest i Enebakk kommune. Rapport 20100119-00-6-R (foreløpig rapport).
- /6/ NGI (1995): Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad Fet, 1914-1. Rapport nr. 900010-2, datert 10.11.1995.
- /7/ NGI (1995): Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad Oslo, 1914-IV. Rapport nr. 900000-3, datert november 1995.
- /8/ NGI (2005): Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred Sørums kommune. Rapport nr. 20001008-10, datert 3. mars 2005.
- /9/ NGI (2006): Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred Fet kommune. Rapport nr. 20001008-51, datert 19. mai 2006.
- /10/ Marin Mättekning AB (2005) Batymetrisk Survey i Vormå och Glomma. Dybdekart Glomma. Sørumsand - Fetsund. M = 1 : 5 000.
- /11/ NGU (2011). Kvartærgeologisk kart. <http://www.ngu.no/no/hm/Kart-og-data/Losmasser/>
- /12/ Kommunal- og regionaldepartementet. Byggteknisk forskrift (TEK 10). FOR-2010-03-26-489.
- /13/ Direktoratet for byggkvalitet (2013). Veiledning til forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK 10). Kapittel 7. Sikkerhet mot naturpåkjenninger. Publikasjonsnummer: HO-2/2011.
- /14/ Standard Norge AS (2004). Norsk Standard NS-EN 1997-1:2004+ NA:2008. Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 1: Almenne regler.

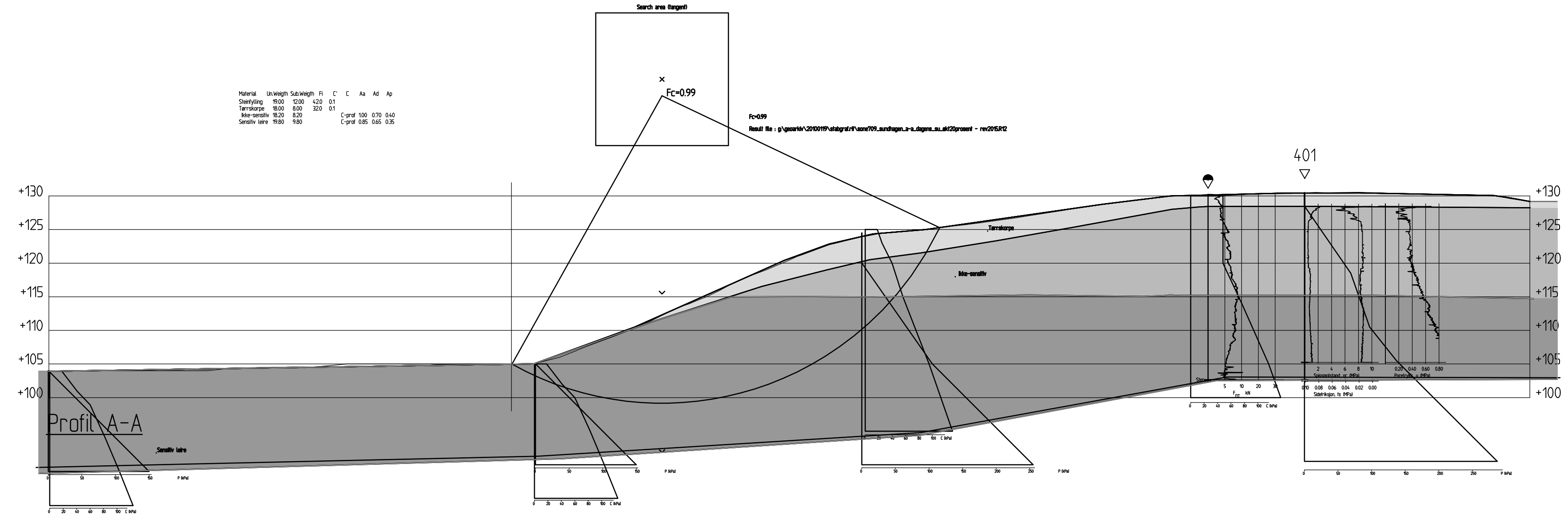


FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Kvikkleiresoner i Akershus		Status Original format A-3.1 Tegningens filnavn D1 SONE709 SUNDHAGEN A-A DAGENS SU			
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger 322 Lystad, "Lystad sør" og 709 Sundhagen Sone 709, Sundhagen profil A, dagens situasjon, Udrenert analyse		Målestokk 1500			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 11.12.2015	Konstr./Tegnet HHe / SHo	Kontrollert HHe	Godkjent OAH
		Oppdragsnr. 20100119	Tegningsnr. D1	Rev. -	

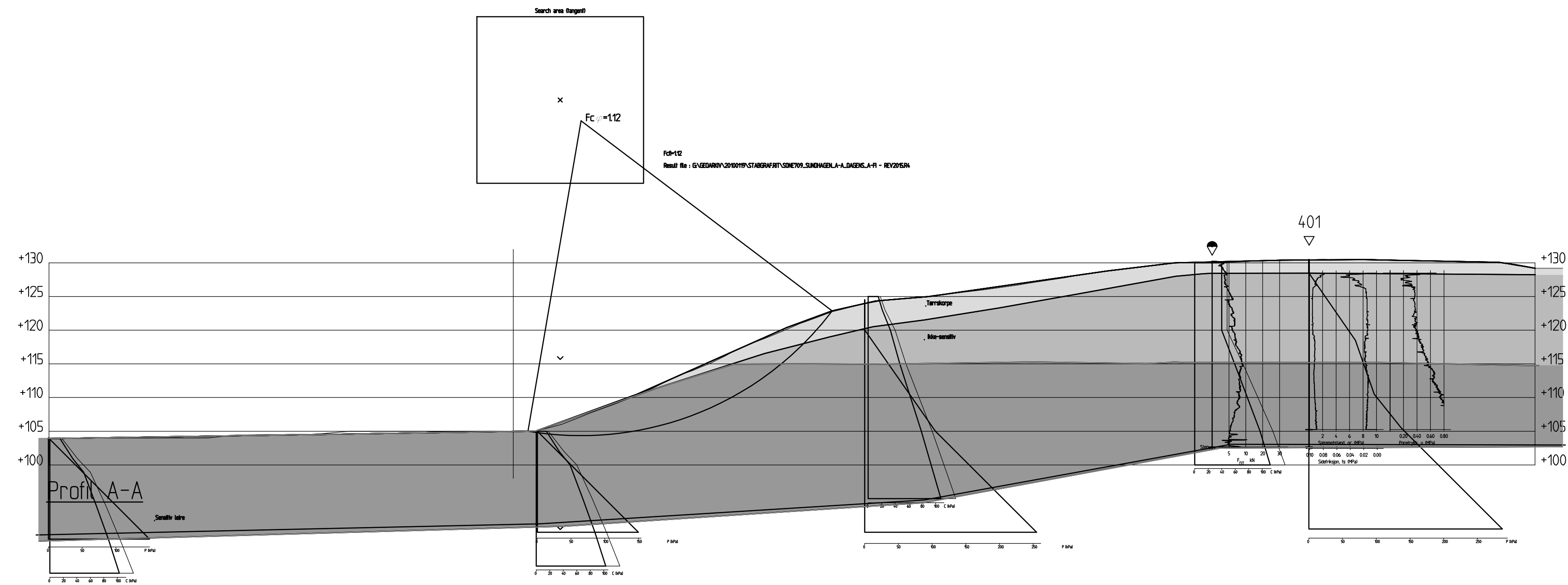


FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
		Status			
		Original format			
		A-3.1			
		Tegningens filnavn			
		d2_SONE709_SUNDHAGEN A-A DAGENS SU - ØKT			
		Målestokk			
		1500			
NVE Kvikkleiresoner i Akershus Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger 322 Lystad, "Lystad sør" og 709 Sundhagen Sone 709, Sundhagen profil A, dagens situasjon, Udrenert analyse					
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		11.12.2015	HHe / SHo	HHe	OAH
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		20100119	D2	-	

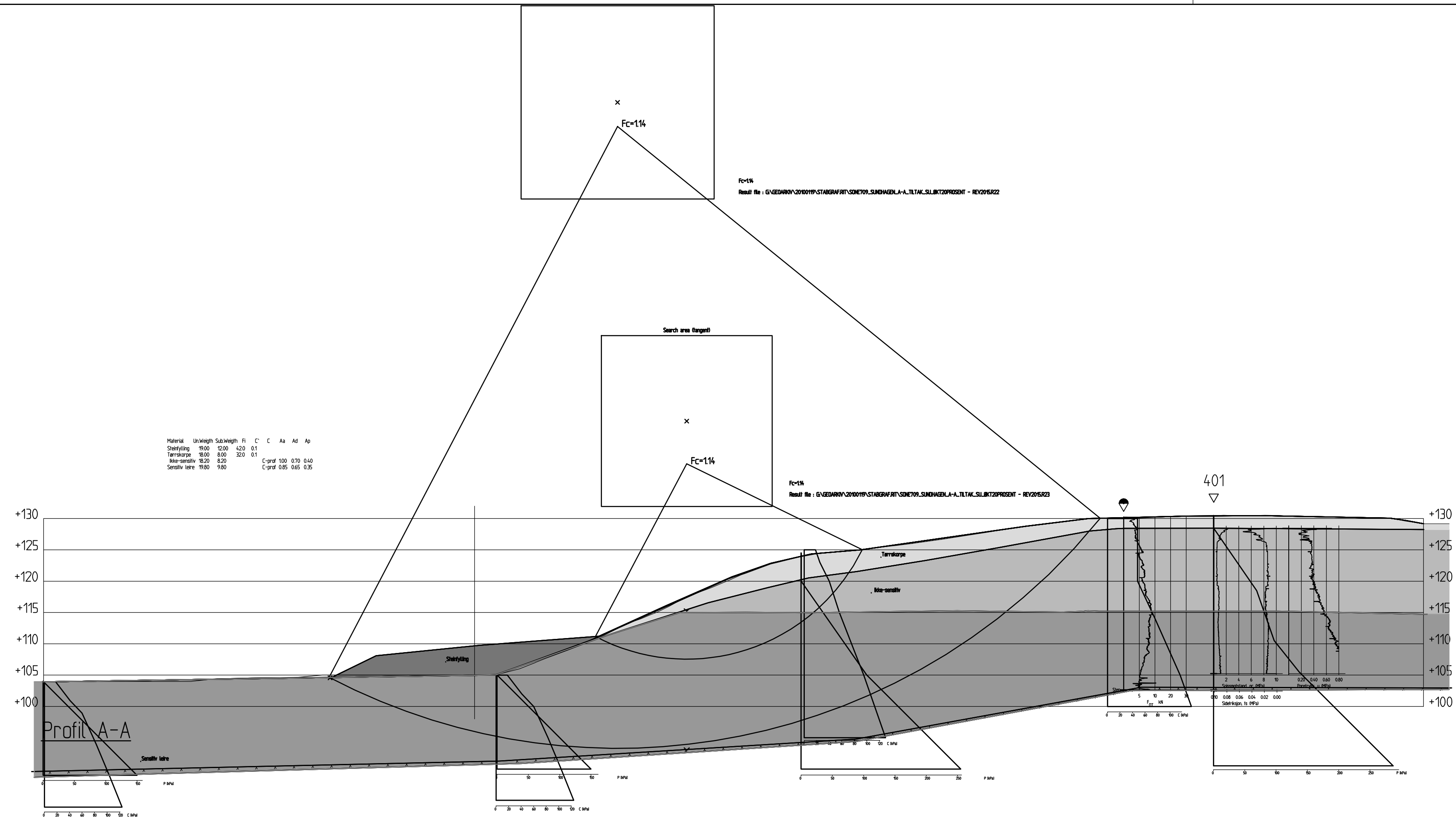


FORKLARINGER:
-

BESTEMMELSER:
-

HENVISNINGER:
-

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Kvikkleiresoner i Akershus		Status Original format A-3.1 Tegningens filnavn D3 SONE709 SUNDHAGEN A-A DAGENS a-fi		Målestokk 1500	
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger 322 Lystad, "Lystad sør" og 709 Sundhagen Sone 709, Sundhagen profil A, dagens situasjon, Drenert analyse		NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 11.12.2015 Oppdragsnr. 20100119	
Konstr./Tegnet HHe / SHo Tegningsnr. D3		Kontrollert HHe Godkjent OAH		Rev. -	



FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

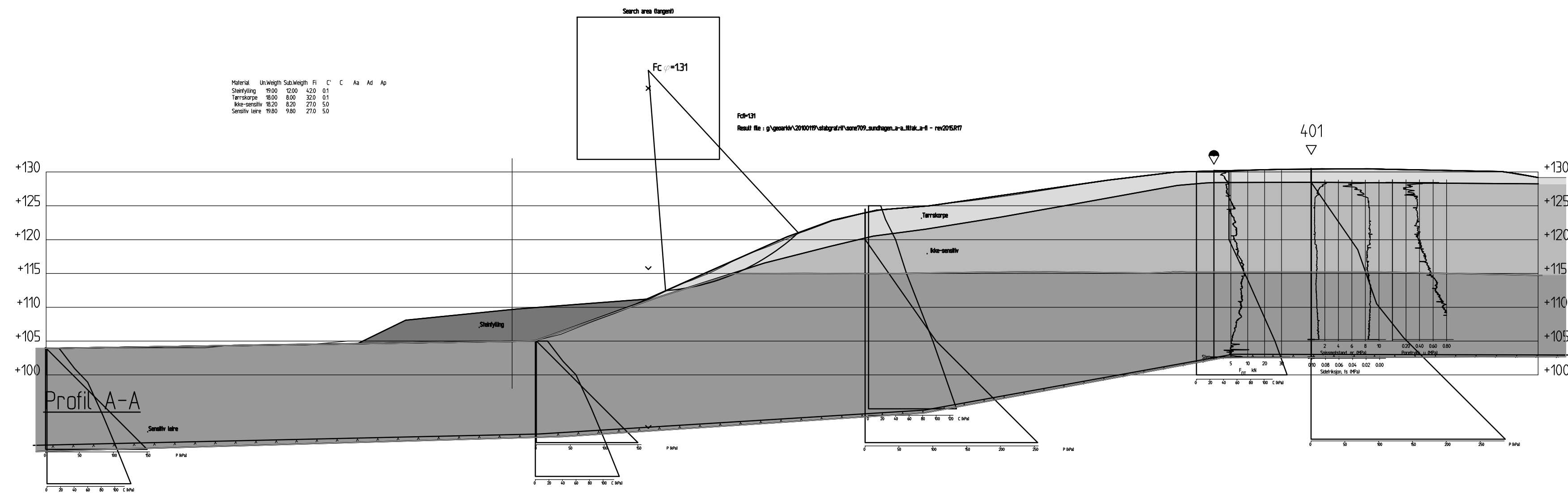
NVE
Kvikkleiresoner i Akershus

Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner
 Stabilitetsvurderinger
 322 Lystad, "Lystad sør" og 709 Sundhagen
 Sone 709, Sundhagen profil A, tiltak, Udrenert analyse

Status
 Original format
 A-3.1
 Tegningens filnavn
 D4_SONE709_SUNDHAGEN A-A TILTAK SU - ØKT
 Målestokk
 1500



NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 11.12.2015 Oppdragsnr. 20100119	Konstr./Tegnet HHe / SHo Tegningsnr. D4	Kontrollert HHe	Godkjent OAH
---	--	---	--------------------	-----------------

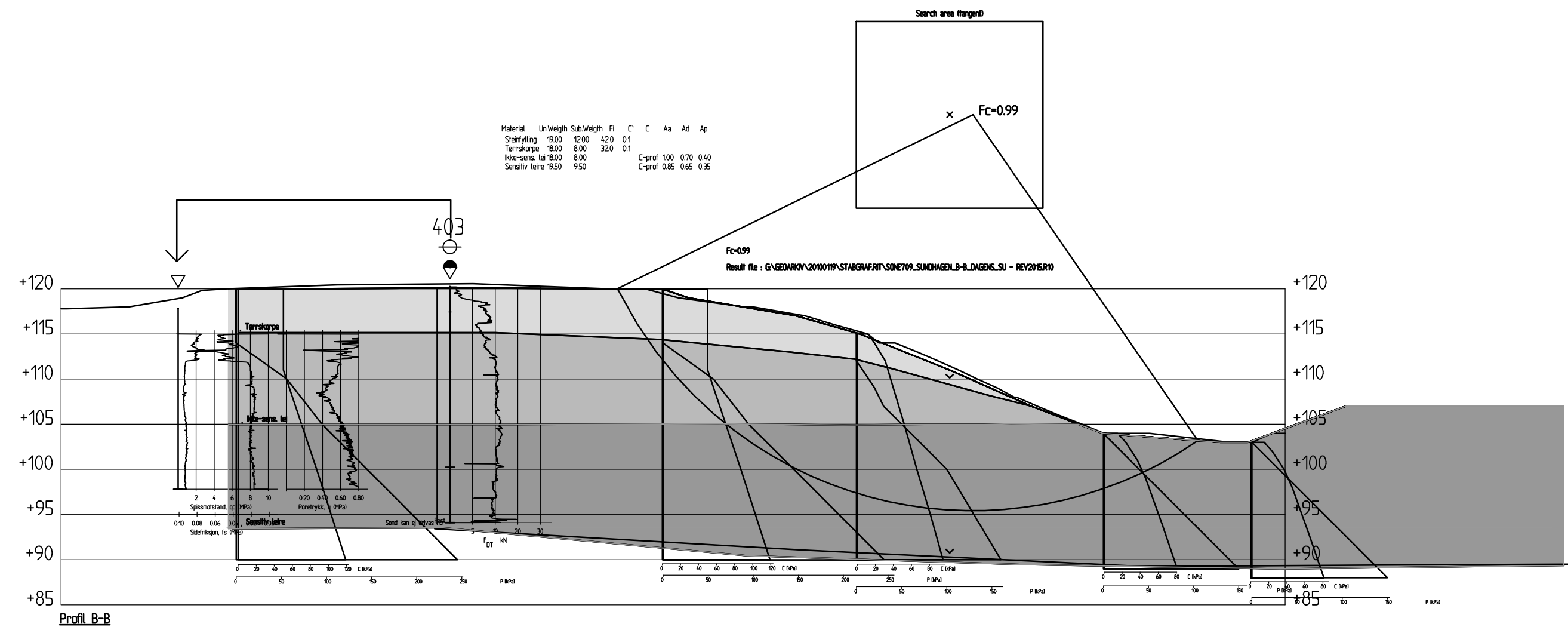


FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Kvikkleiresoner i Akershus		Status Original format A-3.1 Tegningens filnavn D5 SONE709 SUNDHAGEN A-A TILTAK a-fi			
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger 322 Lystad, "Lystad sør" og 709 Sundhagen Sone 709, Sundhagen profil A, tiltak, Drenert analyse		Målestokk 1500			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 11.12.2015	Konstr./Tegnet HHe / SHO	Kontrollert HHe	Godkjent OAH
Oppdragsnr. 20100119		Tegningsnr. D5		Rev. -	

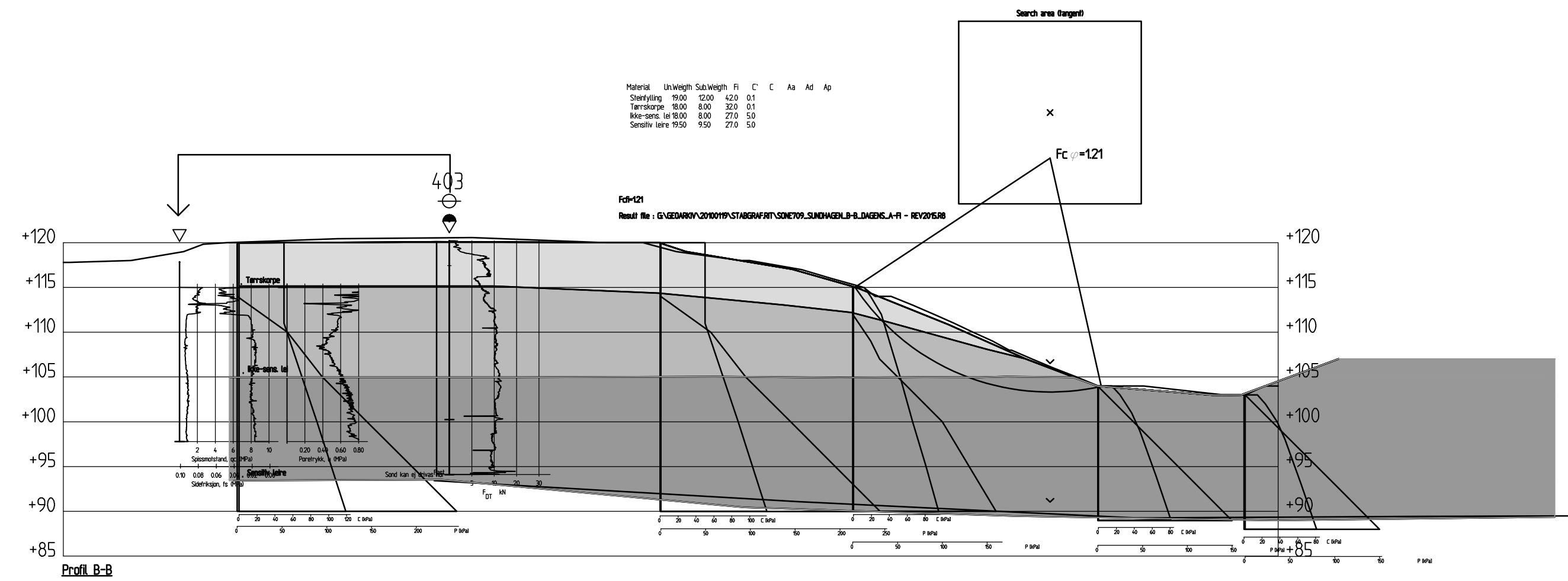


FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Kvikkleiresoner i Akershus			Status Original format A-3.1 Tegningsnavn D6 SONE709_SUNDHAGEN B-B DAGENS SU Målestokk 1500		
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger 322 Lystad, "Lystad sør" og 709 Sundhagen Sone 709, Sundhagen profil B, dagens situasjon, Udrenert analyse					
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 11.12.2015	Konstr./Tegnet HHe / SHo	Kontrollert HHe	Godkjent OAH
		Oppdragsnr. 20100119	Tegningsnr. D6	Rev. -	

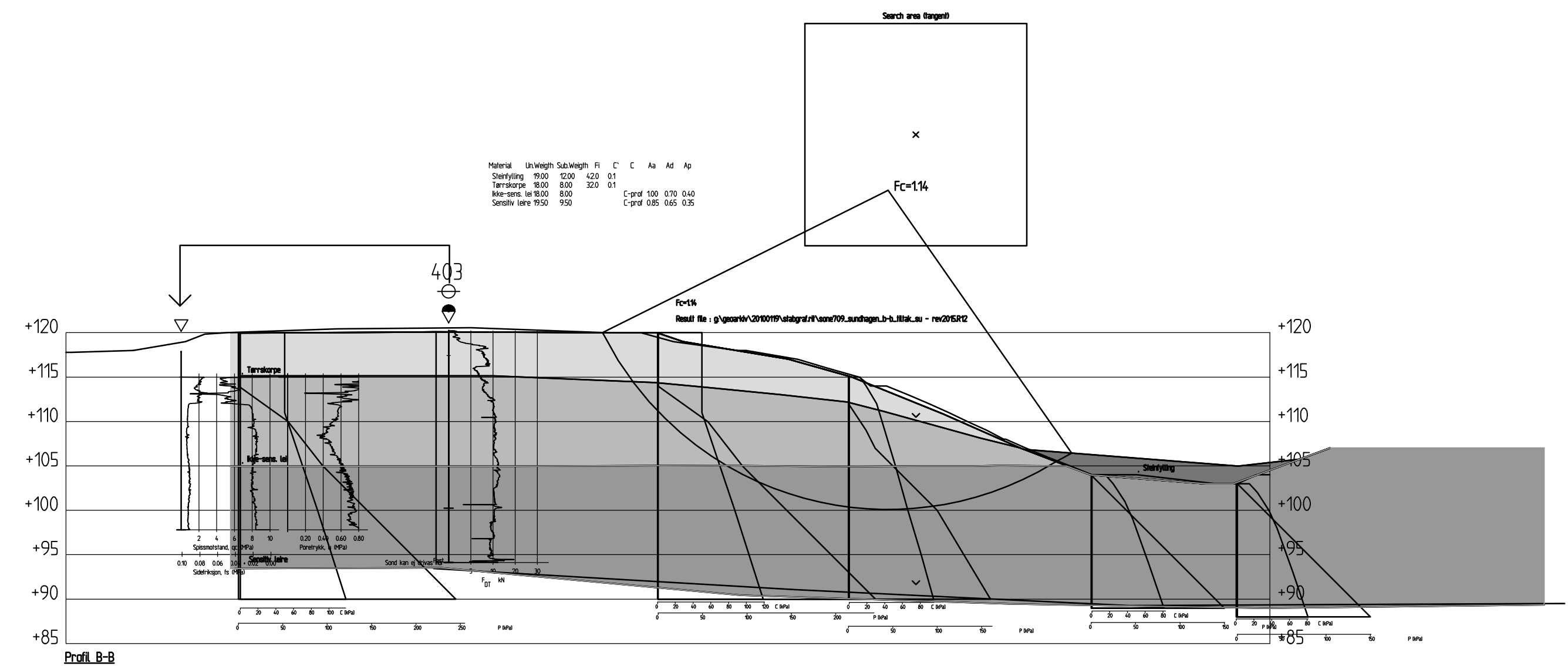


FORKLARINGER:
-

BESTEMMELSER:
-

HENVISNINGER:
-

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Kvikkleiresoner i Akershus		Status Original format A-3.1 Tegningens filnavn D7_SONE709_SUNDHAGEN_B-B_DAGENS_a-fi			
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger 322 Lystad, "Lystad sør" og 709 Sundhagen Sone 709, Sundhagen profil B, dagens situasjon, Drenert analyse		Målestokk 1500			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 11.12.2015 Oppdragsnr. 20100119		Konstr./Tegnet HHe / SHo Tegningsnr. D7	
		Kontrollert HHe		Godkjent OAH	
				Rev. -	



FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

NVE
Kvikkleiresoner i Akershus

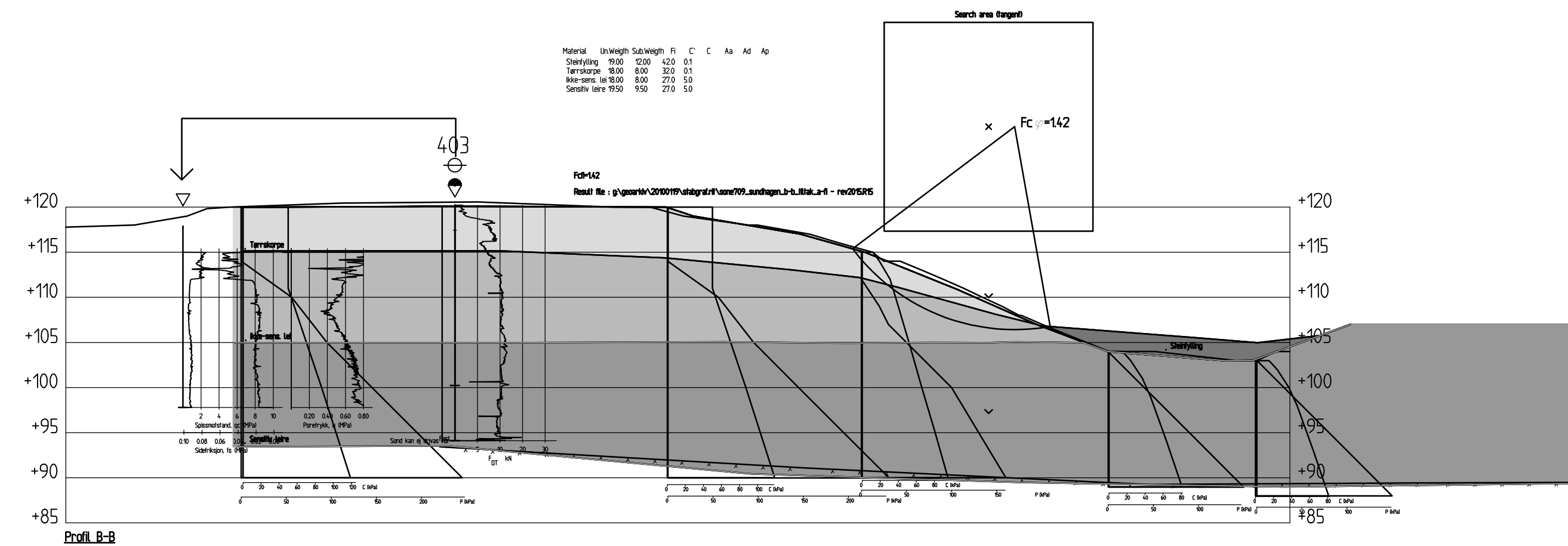
Original format
 A-3.1
 Tegningens filnavn
 D8_SONE709_SUNDHAGEN B-B_TILTAK_SU

Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner
 Stabilitetsvurderinger
 322 Lystad, "Lystad sør" og 709 Sundhagen
 Sone 709, Sundhagen profil B, tiltak, Udrenert analyse

Målestokk
 1500

NGI

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 11.12.2015	Konstr./Tegnet HHe / SHo	Kontrollert HHe	Godkjent OAH
	Oppdragsnr. 20100119	Tegningsnr. D8	Rev. -	

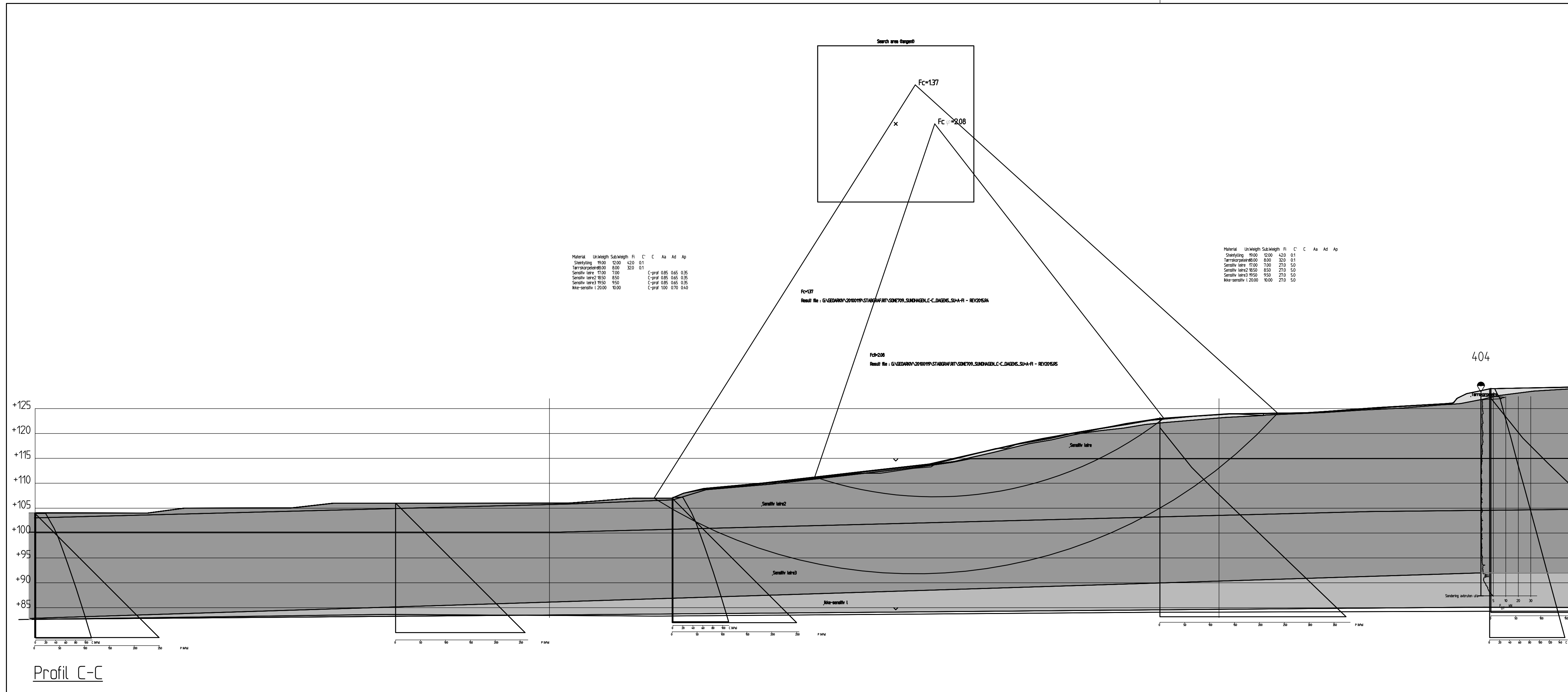


FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Kvikkleiresoner i Akershus		Status Original format A-3.1 Tegningens filnavn D9 SONE709 SUNDHAGEN B-B TILTAK a-f Målestokk 1500			
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger 322 Lystad, "Lystad sør" og 709 Sundhagen Sone 709, Sundhagen profil B, tiltak, Drenert analyse					
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 11.12.2015	Konstr./Tegnet HHe / SHo	Kontrollert HHe	Godkjent OAH
		Oppdragsnr. 20100119	Tegningsnr. D9	Rev. -	

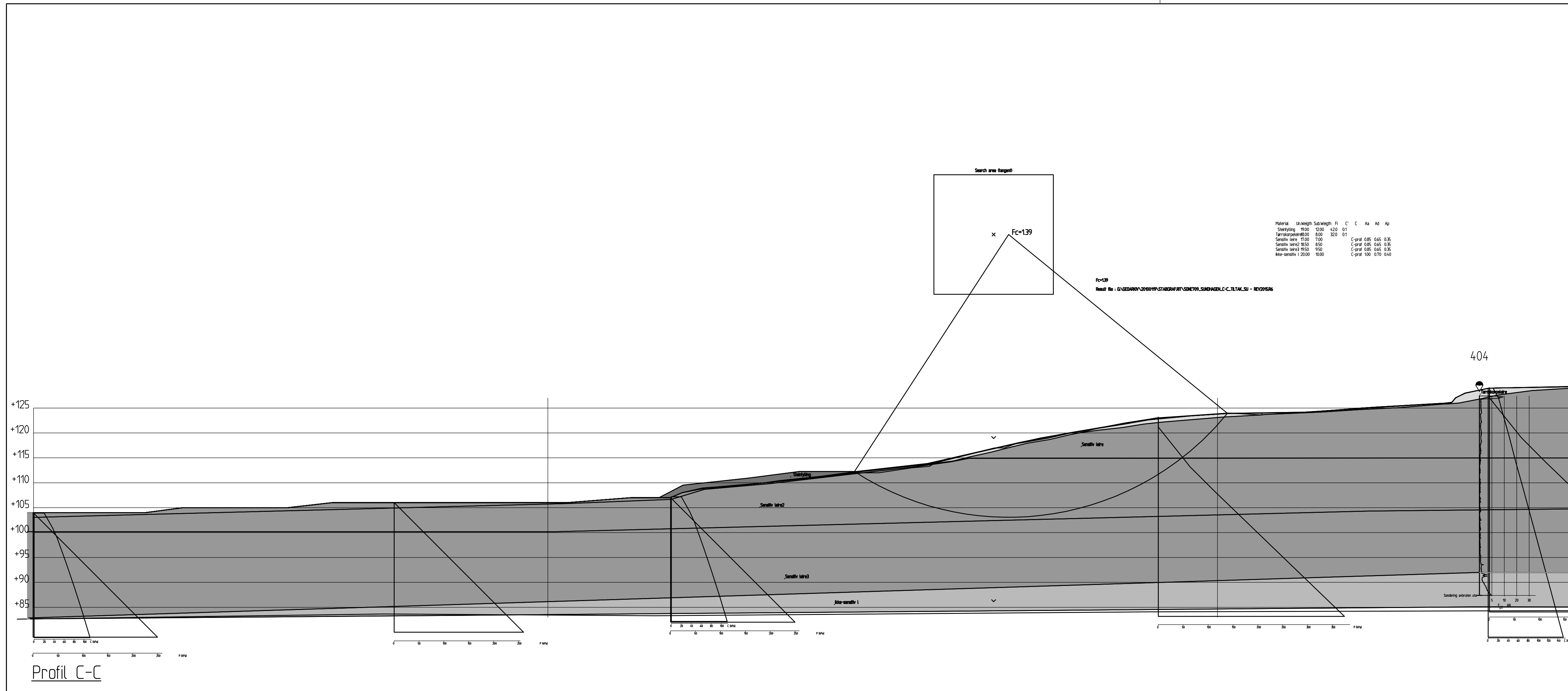


FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Kvikkleiresoner i Akershus		Status Original format A-3.1 Tegningens filnavn D10_SONE709_SUNDHAGEN_C-C_DAGENS_SU/a-fi Målestokk 1:500			
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger 322 Lystad, "Lystad sør" og 709 Sundhagen Sone 709, Sundhagen profil C, dagens situasjon, Udrenert/Drenert analyse		NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no			
Dato 11.12.2015 Oppdragsnr. 20100119		Konstr./Tegnet HHe / SHo Tegningsnr. D10		Kontrollert HHe Godkjent OAH	

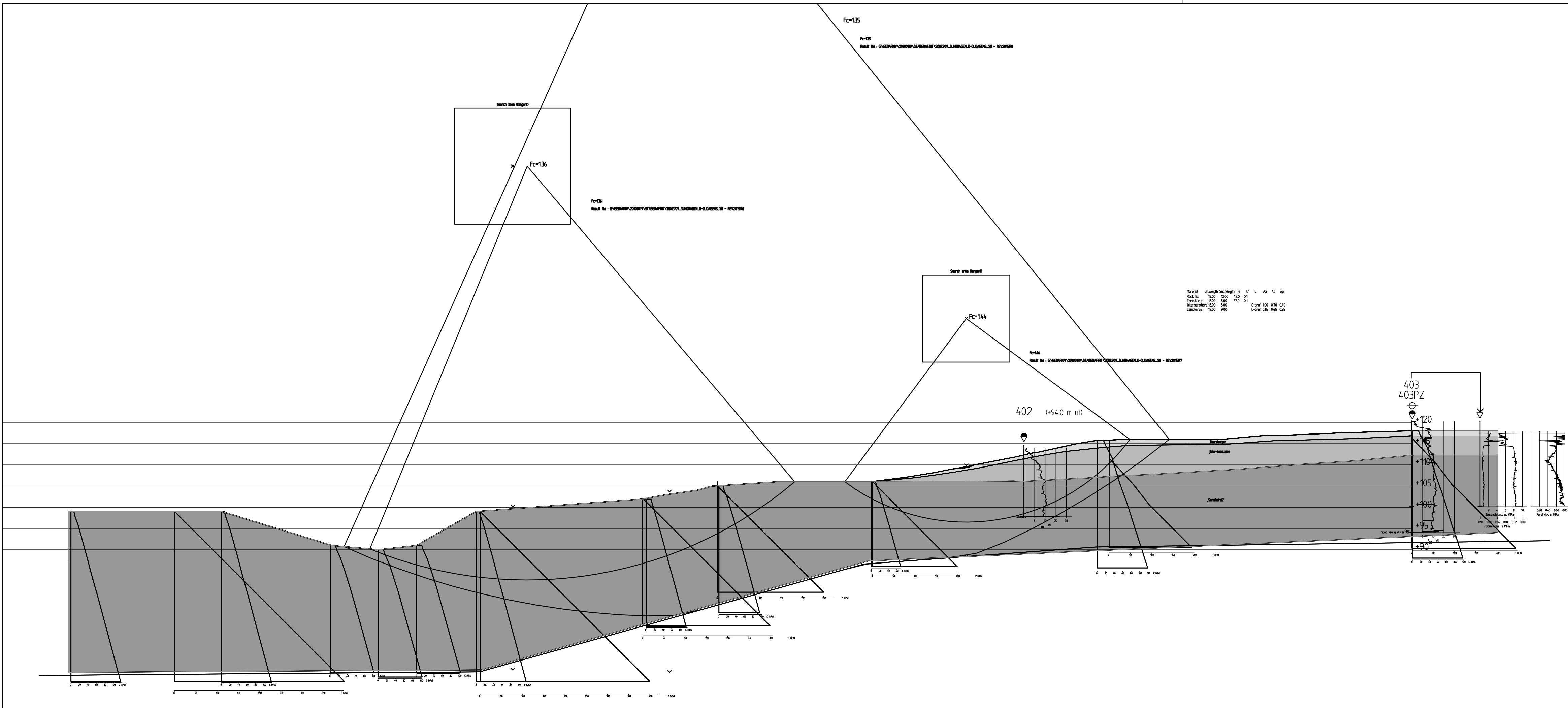


FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Kvikkleiresoner i Akershus		Status Original format A-3.1 Tegningens filnavn D11 SONE709 SUNDHAGEN C-C TILTAK SU			
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger 322 Lystad, "Lystad sør" og 709 Sundhagen Sone 709, Sundhagen profil C, tiltak, Udrenert analyse		Målestokk 1500			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 11.12.2015	Konstr./Tegnet HHe / SHo	Kontrollert HHe	Godkjent OAH
Oppdragsnr. 20100119		Tegningsnr. D11		Rev. -	

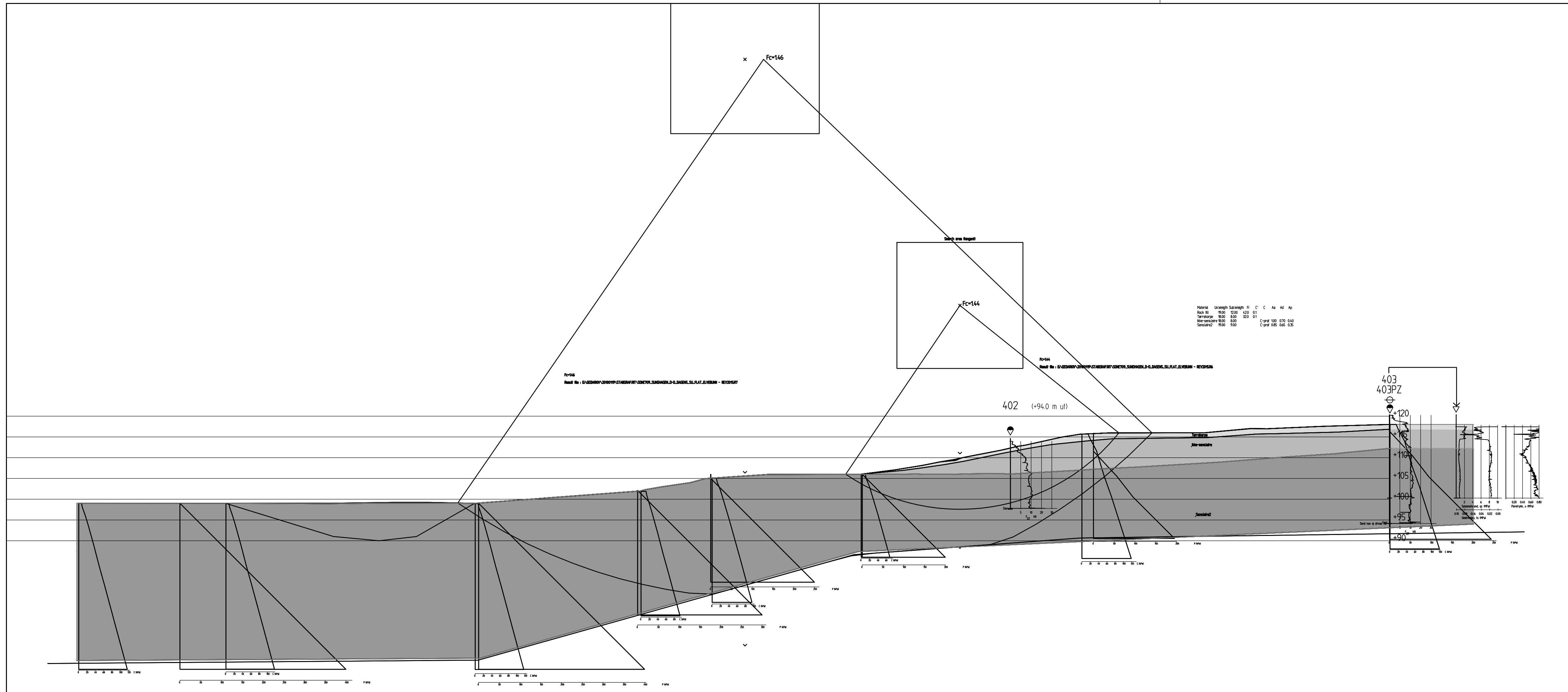


FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Kvikkleiresoner i Akershus		Status Original format A-3.1 Tegningens filnavn D12_SONE709_SUNDHAGEN D-D DAGENS_SU			
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger 322 Lystad, "Lystad sør" og 709 Sundhagen Sone 709, Sundhagen profil D, dagens situasjon, Udrenert analyse		Målestokk 1:600			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 11.12.2015 Oppdragsnr. 20100119	Konstr./Tegnet HHe / SHo Tegningsnr. D12	Kontrollert HHe	Godkjent OAH Rev. -

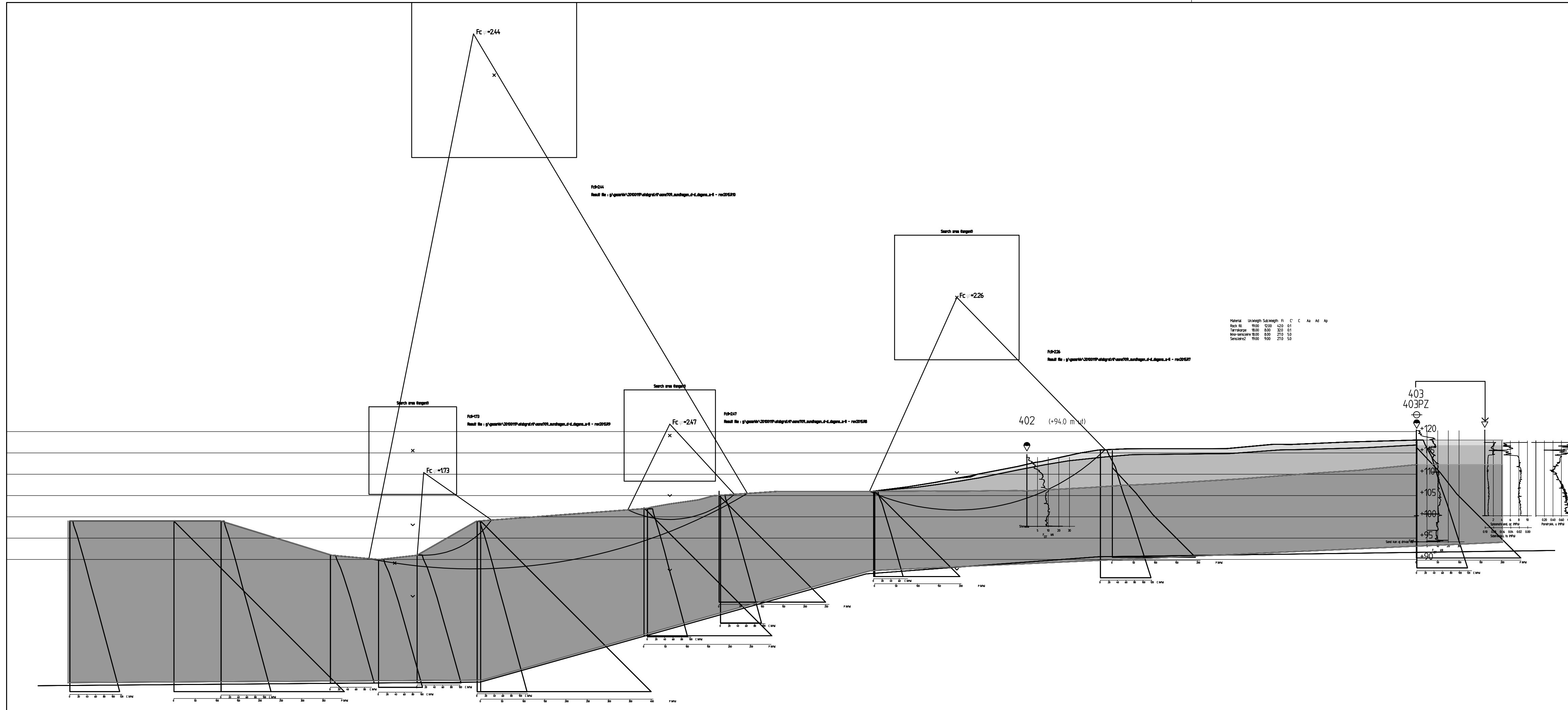


FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Kvikkleiresoner i Akershus		Status Original format A-3.1 Tegningens filnavn D13 SONE709 SUNDHAGEN D-D DAGENS SU - FLAT ELVEBUNN Målestokk 1:600			
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger 322 Lystad, "Lystad sør" og 709 Sundhagen Sone 709, Sundhagen profil D, dagens situasjon, Udrenert analyse		NGI			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 11.12.2015	Konstr./Tegnet HHe / SHo	Kontrollert HHe	Godkjent OAH
		Oppdragsnr. 20100119	Tegningsnr. D13		
				Rev. -	



FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

NVE
Kvikkleiresoner i Akershus

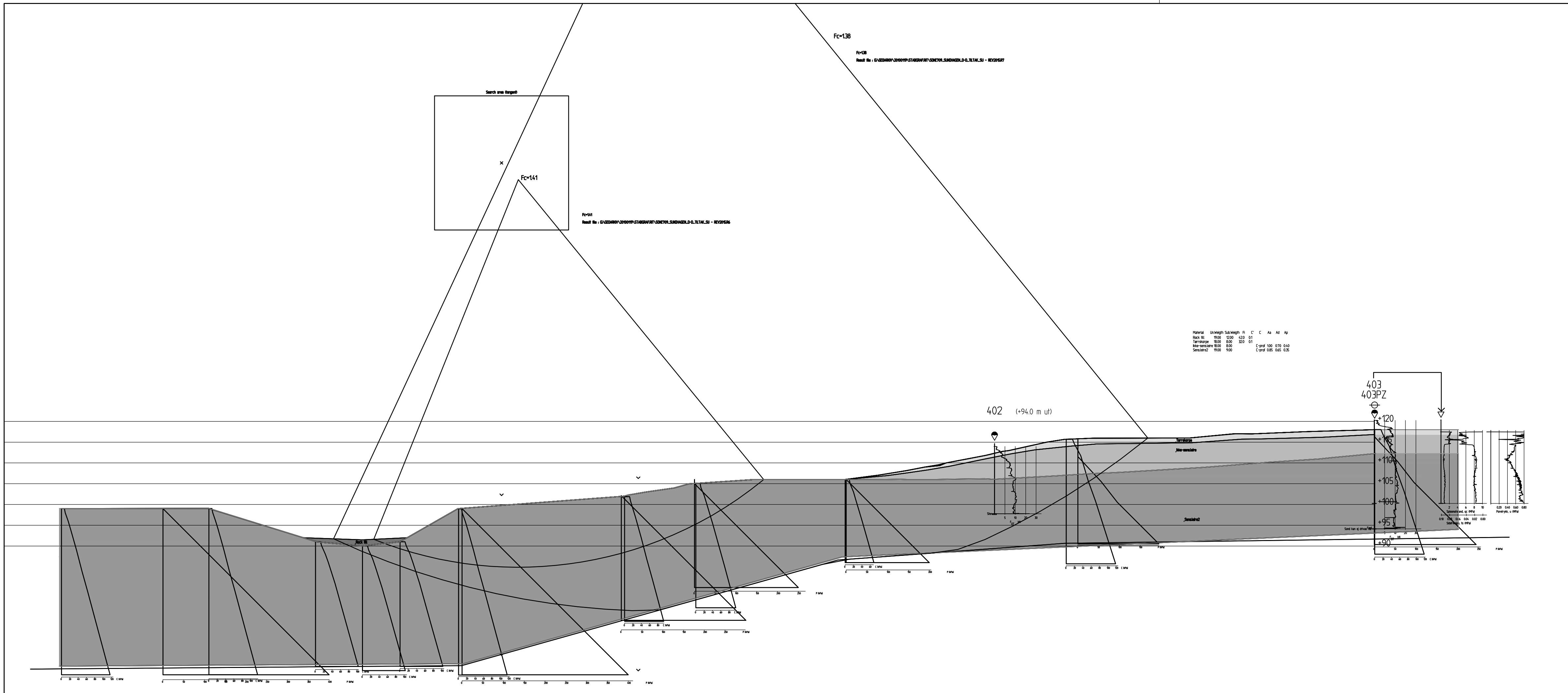
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner
Stabilitetsvurderinger
322 Lystad, "Lystad sør" og 709 Sundhagen
Sone 709, Sundhagen profil D, dagens situasjon, Drenerf analyse

Målestokk: 1:600

NGI

Dato: 11.12.2015	Konstr./Tegnet: HHe / SHo	Kontrollert: HHe	Godkjent: OAH
Oppdragsnr.: 20100119	Tegningsnr.: D14	Rev.: -	

NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

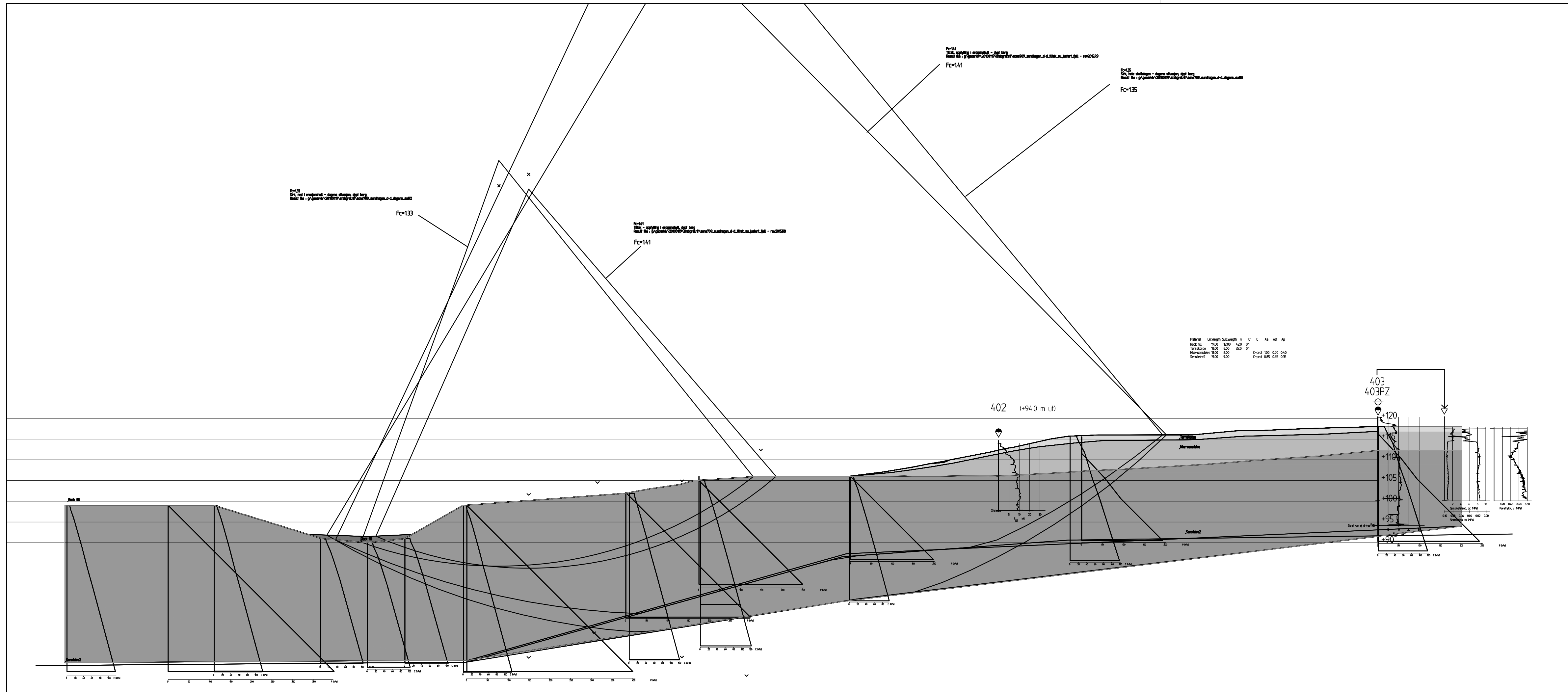


FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Kvikkleiresoner i Akershus		Status Original format A-3.1 Tegningens filnavn D15 SONE709 SUNDHAGEN D-D TILTAK SU			
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger 322 Lystad, "Lystad sør" og 709 Sundhagen Sone 709, Sundhagen profil D, tiltak, Udrenert analyse		Målestokk 1:600			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 11.12.2015	Konstr./Tegnet HHe / SHo	Kontrollert HHe	Godkjent OAH
Oppdragsnr. 20100119		Tegningsnr. D15		Rev. -	



FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Kvikkleiresoner i Akershus		Status Original format A-3.1 Tegningens filnavn D:\S\SONE79 SUNDHAGEN D-D TILTAK SU - JUSTERT FJELL REV2015			
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger 322 Lystad, "Lystad sør" og 709 Sundhagen Sone 709, Sundhagen profil D, dypt berg, dagens sit./ tiltak, Utløst analyse		Målestokk 1:600			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 11.12.2015 Oppdragsnr. 20100119	Konstr./Tegnet HHe / SHo Tegningsnr. D16	Kontrollert HHe	Godkjent OAH Rev. -

Vedlegg E

FAREGRADSEVALUERING SONENE 322
 LYSTAD, 1878 LYSTAD SØR OG 709
 SUNDHAGEN

Innhold

E1	Innledning og sammendrag	2
E2	Gjeldende soneklassifisering	2
	E2.1 Revidert soneklassifisering	2
E3	Metodikk for risikoevaluering	3
E4	Kvartærgeologi og topografi	4
E5	Tidligere risikoevaluering, sone 322 Lystad (2005)	6
E6	Revurdert risikoevaluering, sone 322 Lystad (2015)	8
	E6.1 Faregradsvurdering	9
	E6.2 Konsekvensvurdering	10
	E6.3 Risikoberegning	11
E7	Risikoevaluering, sone 1878 Lystad sør	11
	E7.1 Faregradsvurdering	12
	E7.2 Konsekvensvurdering	13
	E7.3 Risikoberegning	14
E8	Risikoevaluering, sone 709 Sundhagen	14
	E8.1 Tidligere risikoevaluering	14
	E8.2 Revidert risikoevaluering	16
	E8.3 Risikoberegning	19
E9	Referanser	19

E1 Innledning og sammendrag

NVE har gitt NGI i oppdrag å utrede utvalgte kvikkleirefaresoner i Akershus. Foreliggende rapport tar for seg faresonene 322 Lystad i Sørums kommuner og 1878 Lystad sør samt 709 Sundhagen i Fet kommune. Formålet med utredningen er å vurdere reell skredfare iht. NVEs retningslinjer. I dette vedlegget gjøres en revidert klassifisering av sonene, basert på metodikk fra ref. /1/.

Sone 322 Lystad i Sørums kommuner og 1878 Lystad sør i Fet kommune er typiske landbruksområder med noen gårder, hytter og få boligenheter. Sone 709 i Fet kommune dekker sentrale områder av tettstedet Fetsund, med bl.a. Østersund ungdomsskole, Riddersand skole og rådhuset i Fet kommune, samt et høyt antall boliger.

E2 Gjeldende soneklassifisering

Tidligere (dvs. gjeldende) klassifisering av sonene (ref. /2/ og /3/ /4/) er oppsummert i Tabell E1.

Tabell E1 Tidligere klassifisering av sonene (ref. /2/)

Sone	Faregradklasse (score)	Konsekvens (score)	Risikoklasse (poeng)
322 Lystad	1 – Lav (17)	2 – Alvorlig (9)	3 – Middels prioritet (667)
1878 Lystad sør *)			
709 Sundhagen	2 – Middels (22)	3 – Meget alvorlig (29)	4 – Høy prioritet (2780)

*) Sone 1878 Lystad sør inngikk i opprinnelig kartlegging i en større sone 322 Lystad, og har ikke egen klassifisering. Ved senere risikoklassifisering har den del av sonen som tilhører Fet kommune falt ut. I utgangspunktet antas samme klassifisering som for sone 322 Lystad.

E2.1 Revidert soneklassifisering

Revidert klassifisering fra pågående utredning av sonene er oppsummert i Tabell E2. Der ny vurdering har resultert i ny klassifisering/scoreverdi/poeng er dette angitt med rødt.

Tabell E2 Revidert klassifisering av sonene.

Sone	Faregradklasse (score)	Konsekvens (score)	Risikoklasse (poeng)
322 Lystad	2 – Middels (23)	2 - Alvorlig (10)	3 – Middels prioritet (1002)
1878 Lystad sør	1 - Lav (9)	2 - Alvorlig (14)	2 – Lav prioritet (549)
709 Sundhagen	2 – Middels (22)	3 – Meget alvorlig (29)	4 – Høy prioritet (2780)

*) 1878 Lystad sør inngikk i opprinnelig kartlegging i en større sone 322 Lystad. Ved senere risikoklassifisering har den del av sonen som tilhører Fet kommune falt ut. Sonen har ikke tidligere hatt egen klassifisering. Tidligere klassifisering antas å være som for sone 322 Lystad.

E3 Metodikk for risikoevaluering

Risikoevaluering følger metodikk utviklet av NGI (ref. /1/). Sonene evalueres først iht. faregrad og konsekvens basert på en rekke faktorer.

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. Ut fra oppnådd score plasseres sonen i en av tre mulige faregradsklasser iht. Tabell E3.

Tabell E3 Faregradsklassifisering

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

Skadekonsekvenser skal omfatte mulige tap av liv, skade på mennesker, økonomiske tap og verdiforringelse, samt at viktige samfunnsmessige funksjoner stopper opp. Som for faregrad gis det score for en rekke elementer, som summeres opp og gir plassering i faregradsklasse iht. Tabell E4.

Tabell E4 Konsekvensklassifisering

Konsekvensklasse	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

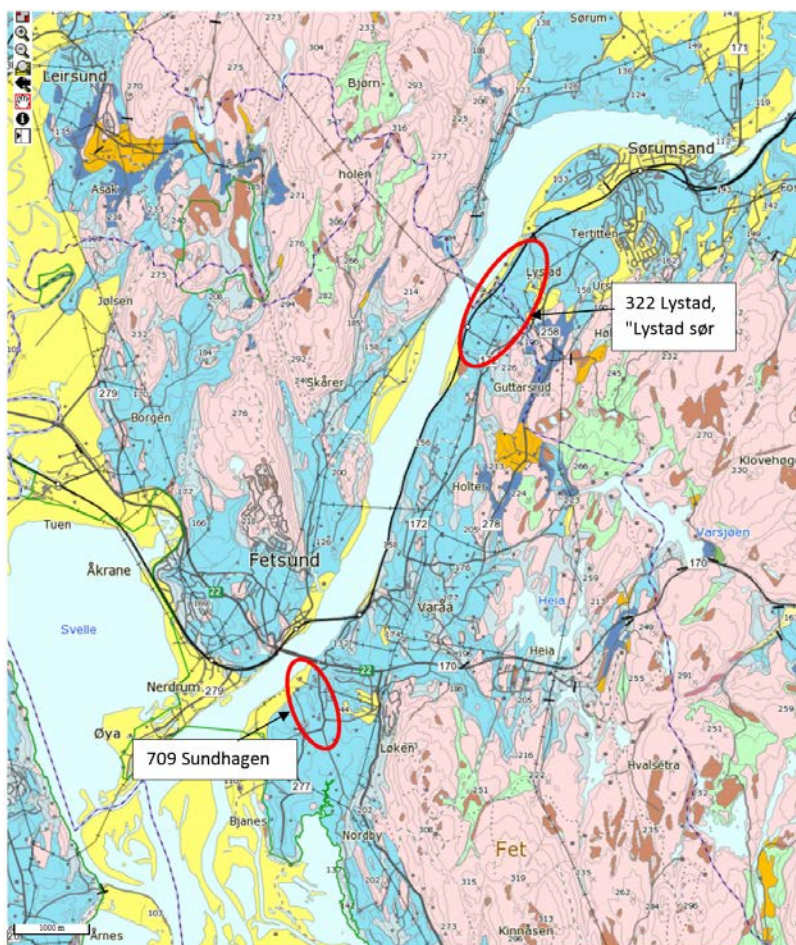
Produktet av score-verdier for faregrad og konsekvens gir risikoklassifisering i en av i alt fem risikoklasser, hvor 5 er den alvorligste risikoklassen.

Tabell E5 Risikoklassifisering

Risikoklasse	1	2	3	4	5
Tallverdi	0-170	171-630	631-1900	1901-3200	3201-10000
Prosent	0-1.7	1.71-6.3	6.31-19.0	19.01-32.0	32.01-100

E4 Kwartærgeologi og topografi

Nedre Romerike er et utpreget ravineområde, dannet ved erosjon i marine sedimenter avsatt som havbunn da havet stod høyere enn i dag (på Østlandet ca. 200 m over dagens havnivå). Mektigheten av løsmasser er generelt stor, og kvikkleire er påvist mange steder. En lang rekke kvikkleiresoner er kartlagt, men kvikkleire vil også kunne påtreffes utenom allerede kartlagte soner. Glomma har skåret seg ned gjennom løsmassene, som danner til dels høye skråninger langs elva. Enkelte steder er det bergterskler som begrenser dybdeerosjon. Generelt er det stor skredaktivitet på Romerike.



Figur E4-1 Kvartærgeologisk kart (www.ngu.no). Beliggenhet av faresoner angitt (ikke detaljerte sonегrenser).

I følge løsmassekartet er det elveavsetninger langs Glomma (gult), som generelt antas å ligge over marine avsetninger med potensielt stor mektighet (lyseblått). Marine avsetninger utgjør mesteparten av løsmassene på strekningen Sørumsand-Fetsund (Figur E4-1). Det er områder med berg i dagen på begge sider av elva (lyserødt). Faresonene 322 Lystad / "Lystad sør" og 709 Sundhagen ligger alle langs Glommas venstre bredd, dvs. på østsiden av elva (Figur E4-1). Risikoevaluering sone 322 Lystad

Sonene 322 Lystad og "Lystad sør" har felles grense (og utgjorde tidligere én sone). Sonегrensen sammenfaller med kommunegrensen mellom Fet og Sørum nede i en ravine. Begge sonene er landbruksområder. For denne utredningen gjøres det separat risikovurdering for hver av disse to sonene.

E5 Tidligere risikoevaluering, sone 322 Lystad (2005)

Sone 322 Lystad ble i 2005 klassifisert til faregradsklasse "1 – lav" og konsekvensklasse "2 – alvorlig", noe som resulterte i risikoklasse "3 – middels prioritet". (ref. /2/).

Tabell E6 viser den tidligere faregradsvurderingen. Kommentarer til scoreverdiene er gitt i Tabell E6. Scoreverdi for faregrad er 17.

Tabell E6 Gjeldende faregradsvurdering av for sone 322 Lystad (ref. /2/)

Faktorer	Vekt tall	Faregrad, score				343	343
		3	2	1	0	Score	Vektet Poeng
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	3	3
Skråningshøyde, meter	2	>30	20 – 30	15 – 20	<15	1	2
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	2	4
Poretrykk Overtrykk, kPa:	3	> + 30	10 – 30	0 – 10	Hydrostatisk	0	0
Undertrykk, kPa:	-3	> - 50	-(20 – 50)	-(0 – 20)		0	0
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag	3	6
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20	2	2
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen	0	0
Inngrep: Forverring	3	Stor	Noe	Liten	Ingen	0	0
Forbedring	-3	Stor	Noe	Liten		0	0
Sum (NB: disse verdiene er ikke faregradsgrenser)		51	34	17	0	-	17
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %	-	33.3 %

Tabell E7 Kommentarer til gjeldende faregradsvurdering for sone 322 Lystad

Faktorer	Kommentarer til tidligere faregradsvurdering
Tidligere skredaktivitet	Kvartærgeologisk kart viser høy aktivitet. Det ble observert en nyere skredkant.
Skråningshøyde, meter	I overkant av 15 m, ikke større enn 20 m.
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	Terrenget er noe senket.
Poretrykk	Ingen målinger, antar hydrostatisk poretrykk.
Kvikkleiremektighet	Dreietrykksondering 122 viser en kvikkleiremektighet på 12 m.
Sensitivitet	Antatt kvikkleire basert på dreietrykksondering.
Erosjon	Liten vannføring, liten gradient. Observert gammel raskant.
Inngrep:	Ikke observert.

Tabell E8 viser den tidligere konsekvensvurderingen. Kommentarer til scoreverdiene er gitt i Tabell E9. Scoreverdi for konsekvens er 9.

Tabell E8 Gjeldende skadekonsekvensvurdering for sone 322 Lystad (/2/)

Faktorer	Vekt-tall	Konsekvens, score				322	322
		3	2	1	0	Score	Vektet poeng
Boligheter, antall	4	Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen	4	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	2	4
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal	1	1
Oppdemning/floam	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen	0	0
Sum poeng	-	45	30	15	0	-	9
% av maksimal poengsum	-	100 %	67 %	33 %	0 %	-	20,0 %

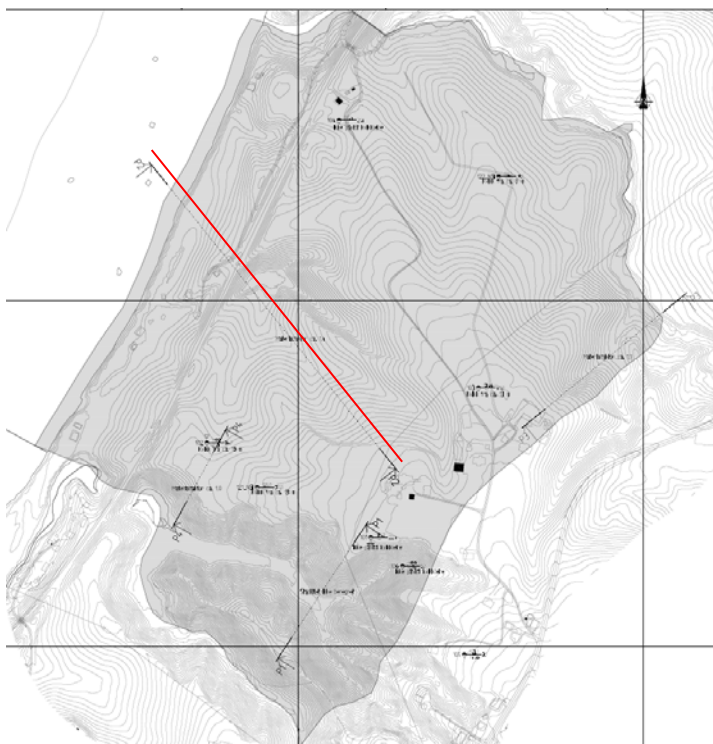
Tabell E9 Kommentarer til tidligere konsekvensvurdering for sone 322 Lystad

Faktorer	Kommentarer til tidligere konsekvensvurdering
Boligheter, antall	3 gårdsbruk
Næringsbygg, personer	Ingen
Annen bebyggelse, verdi	Ingen
Vei, ÅDT	Skogsbilvei, antatt ÅDT
Toglinje, baneprioritet	Kongsvingerbanen
Kraftnett	Antatt distribusjonsnett
Oppdemning/flom	Liten vannføring

Basert på faregradscore 17 og konsekvensscore 9 oppnås en tallverdi på 667, dvs. risikoklasse 3 – middels prioritet (2/).

E6 Revurdert risikoevaluering, sone 322 Lystad (2015)

Det er foretatt en ny risikoevaluering basert på supplerende grunnundersøkelser og stabilitetsberegninger. Vurderingen er utført for alle beregningsprofilene P1-P4, men bare vurdering for profil P2 som går ned mot elva, som er mest kritisk ut fra ny faregradsvurdering, er vist nedenfor (Figur E6-1).



Figur E6-1 Belliggenhet av profil P2 i sone 322 Lystad

E6.1 Faregradsvurdering

Tabell E10 Revidert faregradsvurdering for sone 322 Lystad, profil P2

Faktorer	Vekt tall	Faregrad, score				322	322
		3	2	1	0	Score	Vektet Poeng
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	3	3
Skråningshøyde, meter	2	>30	20 – 30	15 – 20	<15	3	6
Tidligere/nåværende terrengnivå (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	0
Undertrykk, kPa:	-3	> - 50	-(20 – 50)	-(0 – 20)		0	0
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag	3	6
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20	2	2
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen	0	0
Inngrep: Forverring	3	Stor	Noe	Liten	Ingen	0	0
Forbedring	-3	Stor	Noe	Liten		0	0
Sum (NB: disse verdiene er ikke faregradsgrenser)		51	34	17	0	-	23
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %	-	15.7 %

Tabell E11 Kommentarer til revidert faregradsvurdering for sone 322 Lystad, profil P2

Faktorer	Kommentarer til revidert faregradsvurdering
Tidligere skredaktivitet	Kvartærgeologisk kart viser høy aktivitet. Det ble observert en nyere skredkant.
Skråningshøyde, meter	Høydeforskjell langs profilet > 30 m.
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	CPTU 101 på toppen av skrånningen (NGI-rapp. 20100119-08-R).
Poretrykk	Lave poretrykk målt i PZ 101 på toppen av skrånningen i 12 m og 18 m dybde. Poretrykk antas å øke mer i dybden.
Kvikkleiremektighet	Ikke kvikkleire i prøveserie punkt 101 på toppen, men antar kvikkleire lenger ned i skrånningen ut fra andre sonderinger.
Sensitivitet	Ikke kvikkleire i prøver til 13 m, antatt kvikkleire lenger ned i skrånningen basert på andre dreietrykksonderinger.
Erosjon	Liten vannføring, liten gradient. Ikke observert erosjon. Steinplastring langs Glomma.
Inngrep	Ikke observert.

De bratteste skråningene mot ravinene er lokalt ca. 15-20 m, som benyttet i tidligere faregradsvurdering. Tidligere høydeangivelse (skråning 15-20 m) er for liten dersom total høydeforskjell innenfor sonen tas med.

Poretrykksantakelsene slår kraftig ut på poengsum for de forskjellige profilene. Selv om det er målt lavt poretrykk i to dybder i borpunkt 101, antas det høyere poretrykk andre steder, eksempelvis i skråningen mot elva, generelt økende med dybden. CPTU 102 tolkes som nær normalkonsolidert (i dybden), mens CPTU 101 har en betydelig forkonsolidering. Prøveserie fra borpunkt 101 er ikke kvikke til dybde 13 m, men på større dybde antas det likevel kvikkeleire ut fra soneringene.

Profil P2 er vurdert til å ha størst samlet scoreverdi, med 23 poeng. Dette innebærer at sonen plasseres i skredfareklasse "2 – middels" mot dagens klassifisering "1 – lav".

E6.2 Konsekvensvurdering

Konsekvenser av skred innenfor sonen vurderes ikke endret siden tidligere risiko-vurdering (/2/). Sonen vurderes derfor fortsatt å ligge i konsekvensklasse "3 – **meget alvorlig**". Konsekvensvurderingen gir en score på 28 av totalt 45 oppnåelige poeng (62.2%).

Tabell E12 Revidert skadekonsekvensvurdering for sone 322 Lystad (/2/)

Faktorer	Vekt-tall	Konsekvens, score				322	322
		3	2	1	0	Score	Vektet poeng
Boligheter, antall	4	Tett > 5	Spredd > 5	Spredd < 5	Ingen	1	4
Næringsbygg, personer	3	> 50	10a – 50	< 10	Ingen	0	0
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen	1	1
Vei, ÅDT	2	> 5000	1001 – 5000	100 - 1000	< 100	0	0
Toglinje, baneprioritet	2	1 – 2	3 – 4	5	Ingen	2	4
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal	1	1
Oppdemning/floam	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen	0	0
Sum poeng	-	45	30	15	0	-	10
% av maksimal poengsum	-	100 %	67 %	33 %	0 %	-	22,2 %

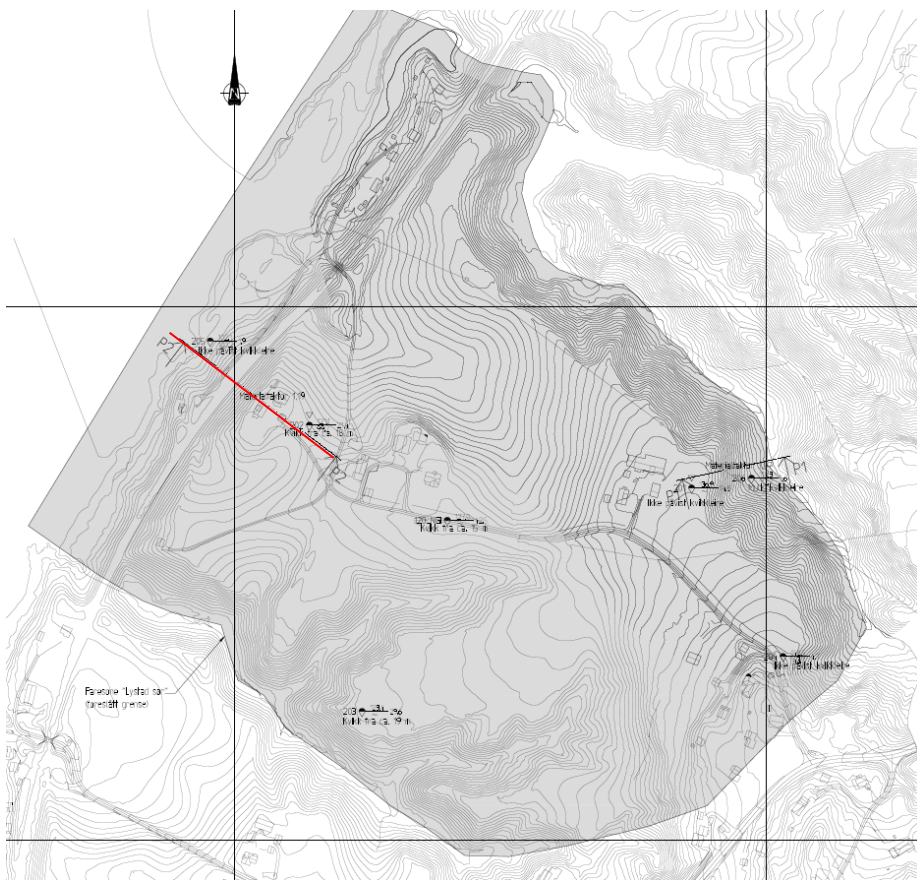
E6.3 Risikoberegning

Risiko beregnes som produktet av prosentpoeng for oppnådd score for hhv. faregrad og konsekvens. Basert på faregradscore 23 og konsekvensscore 10 oppnås en tallverdi på 1002, dvs. en liten økning fra tidligere vurdering, hvor tallverdien var 667 (/2/).

Kvikkleiresone 322 Lystad ligger fortsatt i **risikoklasse 3** etter ny vurdering (risikoklasse 3 omfatter tallverdier i området 631-1900).

E7 Risikoevaluering, sone 1878 Lystad sør

Det er foretatt en separat risikoevaluering for sone 1878 Lystad sør basert på supplerende grunnundersøkelser og stabilitetsberegninger. Det er to beregningsprofiler innenfor sonen. Da grunnundersøkelsene ikke indikerer kvikkleire ved profil P1, er faregradsvurderingen basert kun på profil P2, som går nordvestover ned skråningen mot elva (Figur E7-1).



Figur E7-1 Beliggenhet av profil P2 i sone 1878 Lystad sør

E7.1 Faregradsvurdering

Tabell E13 Faregradsvurdering for sone 1878 Lystad sør, profil P2

Faktorer	Vekt tall	Faregrad, score				-	-	
		3	2	1	0	Score	Vektet Poeng	
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	2	2	
Skråningshøyde, meter	2	>30	20 – 30	15 – 20	<15	3	6	
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	1	2	
Poretrykk	Overtrykk, kPa:	> + 30	10 – 30	0 – 10	Hydro-statisk	0	0	
	Undertrykk, kPa:	> - 50	-(20 – 50)	-(0 – 20)		3	-9	
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag	3	6	
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20	2	2	
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen	0	0	
Inngrep:	Forverring	3	Stor	Noe	Liten	Ingen	0	0
	Forbedring	-3	Stor	Noe	Liten		0	0
Sum (NB: disse verdiene er ikke faregradsgrenser)		51	34	17	0	-	9	
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %	-	17,6%	

Tabell E14 Kommentarer til faregradsvurdering for sone 1878 Lystad sør, profil P2

Faktorer	Kommentarer til tidligere faregradsvurdering
Tidligere skredaktivitet	Høy skredaktivitet på Romerike generelt, men ikke observert skredgroper innenfor sonen.
Skråningshøyde, meter	>30 m innenfor sonen.
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	NGI-rapp. 20100119-07-R: CPTU 201/ 202 indikerer 15 m tidl. overlaging, OCR 1.5-2
Poretrykk	Målt i 201, lavt poretrykk til 12 m dybde. Ikke målt ut mot elva, CPTU 202 stemmer godt med målt poretrykk. Mye silt i prøve 201.
Kvikkleiremektighet	Vurdert fra kritisk glideflate beregn.profil P2 . Ant. kvikkleire fra hhv. 17, 18 og 19 m i sond. 120, 202 og 203 (under hhv. kote 112, 103 og 104.
Sensitivitet	Prøveserie 201 går ikke ned i kvikkleire. Antar kvikkleire i dybden i sond. 120, 202 og 203.
Erosjon	Ingen erosjon observert. Steinplastring langs Glomma.
Inngrep	Antatt ingen større tiltak (bortsett fra jernbanen i foten av skråningen).

Basert på oppnådd scoreverdi plasseres "Lystad sør" i faregradsklasse "**1 – lav**". De lave poretrykkene som er målt slår kraftig ut i faregradsvurderingen.

E7.2 Konsekvensvurdering

Hytter i nedre del av sonen bør tas med som "annen bebyggelse". Forøvrig vurderes konsekvenser av skred innenfor sonen ikke endret siden tidligere risikovurdering. Konsekvensvurderingen gir en score på 10 av totalt 45 oppnåelige poeng (22,2%) og vurderes fortsatt å ligge i konsekvensklasse "**3 – meget alvorlig**".

Tabell E15 Skadekonsekvensvurdering for sone 1878 Lystad sør

Faktorer	Vekt-tall	Konsekvens, score				-	-
		3	2	1	0	Score	Vektet poeng
Boligheter, antall	4	Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen	2	8
Næringsbygg, personer	3	> 50	10 – 50	< 10	Ingen	0	0
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen	1	1
Vei, ÅDT	2	> 5000	1001 – 5000	100 – 1000	< 100	0	0
Toglinje, baneprioritet	2	1 – 2	3 – 4	5	Ingen	2	4
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal	1	1
Oppdemning/flom	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen	0	0
Sum poeng	-	45	30	15	0	-	14
% av maksimal poengsum	-	100 %	67 %	33 %	0 %	-	31,1 %

Tabell E16 Kommentarer til konsekvensvurdering for sone 1878 Lystad sør

Faktorer	Kommentar til konsekvensvurdering
Boligheter, antall	3-4 gårdsbruk, en del eneboliger, særlig i øvre del av sonen (men evt. utenfor ny soneavgrensning?)
Næringsbygg, personer	Ingen
Annen bebyggelse, verdi	6-7 hytter nedenfor jernbanen, langs elva
Vei, ÅDT	Adkomstvei til boliger og hyttebebyggelse, antatt ÅDT
Toglinje, baneprioritet	Kongsvingerbanen
Kraftnett	Antatt distribusjonsnett
Oppdemning/flom	Liten vannføring.

E7.3 Risikoberegning

Risiko beregnes som produktet av prosentpoeng for oppnådd score for hhv. faregrad og konsekvens (hhv. 9 og 14 poeng). Oppnådd tallverdi for risiko er **549**.

Kvikkleiresonen plasseres i **risikoklasse 2** (risikoklasse 2 omfatter tallverdier i området 171-630).

E8 Risikoevaluering, sone 709 Sundhagen

E8.1 Tidligere risikoevaluering

Sone 709 Sundhagen ble i 2005 klassifisert til faregradsklasse "2 – middels" og konsekvensklasse "3 – meget alvorlig", noe som resulterte i risikoklasse "4 – høy prioritet" (ref. /3/). Tabell E17 viser den tidligere faregradsvurderingen. Kommentarer til scoreverdiene er gitt i Tabell E18. Scoreverdi for faregrad er 22.

E8.1.1 Tidligere faregradsvurdering

Tabell E17 Tidligere faregradsvurdering for sone 709 Sundhagen (ref. /2/)

Faktorer	Vekt tall	Faregrad, score				709	709
		3	2	1	0	Score	Vektet Poeng
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	3	3
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	2	4
Poretrykk	Overtrykk, kPa:	> + 30	10 – 30	0 – 10	Hydrostatisk	0	0
	Undertrykk, kPa:	> - 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	2	2
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen	1	3
Inngrep:	Forverring	Stor	Noe	Liten	Ingen	0	0
	Forbedring		-3	Noe		Liten	0
Sum (NB: disse verdiene er ikke faregradsgrenser)		51	34	16	0	-	22
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %	-	43.1%

Tabell E18 Kommentarer til tidligere faregradsvurdering for sone 709 Sundhagen

Faktorer	Kommentar til tidligere faregradsvurdering
Tidligere skredaktivitet	Romerike har, historisk sett, hatt mange kvikkleireskred
Skråningshøyde, meter	Maksimal skråningshøyde ved Sundhagen er ca. 25 m
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	Opprinnelig havbunn synes å ha ligget på kt. +140-150. Antar derfor minst 10 meter terrengsenkning.
Poretrykk	Ingen målinger, antar hydrostatisk poretrykk.
Kvikkleiremektighet	Dreietrykksondering nr. 110 indikerer kvikkleire fra 14-29 m dybde. Dreietrykksondering nr. 107 ved Ridderhaugen viser meget liten motstand fra 3-39 m, og dette er tolket som kvikkleire.
Sensitivitet	Antar sensitivitet i intervallet 30-100.
Erosjon	Ravine i vest (nord for Ridderhaugen): Lite erosjon, synlig leire i bekkefar. Ravine i øst: Ingen erosjon. Ingen vesentlig erosjon ved Glomma.
Inngrep:	Ingen registrerte inngrep som påvirker skredfaren i vesentlig grad. Glomma er forbygd med stein.

E8.1.2 Tidligere konsekvensvurdering

Tabell E19 viser den tidligere konsekvensvurderingen. Kommentarer til scoreverdiene er gitt i Tabell E20. Scoreverdi for konsekvens er 29.

Tabell E19 Gjeldende skadekonsekvensvurdering for sone 709 Sundhagen /2/)

Faktorer	Vekt-tall	Konsekvens, score				709	709
		3	2	1	0	Score	Vektet poeng
Boligheter, antall	4	Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen	3	12
Næringsbygg, personer	3	> 50	10a – 50	< 10	Ingen	2	6
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen	0	0
Vei, ÅDT	2	> 5000	1001 – 5000	100 - 1000	< 100	3	6
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	2	4
Sum poeng	-	45	30	15	0	-	29
% av maksimal poengsum	-	100 %	67 %	33 %	0 %	-	64,4 %

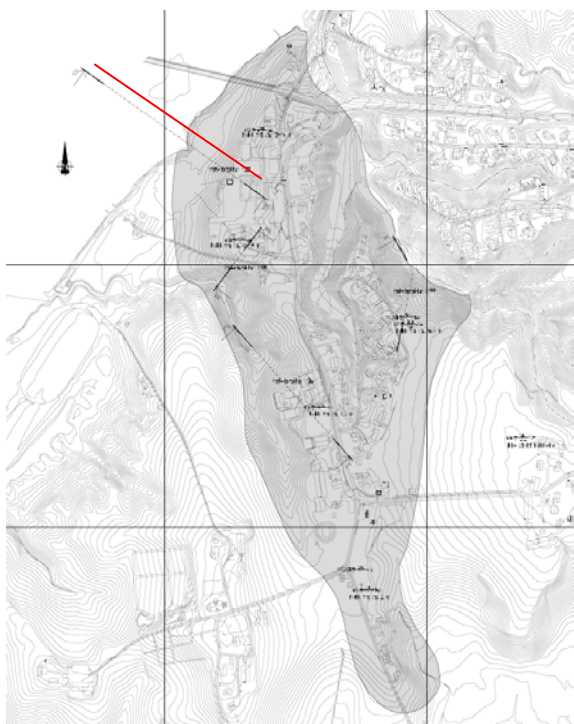
Tabell E20 Kommentarer til tidligere konsekvensvurdering for sone 709 Sundhagen

Faktorer	Kommentarer til tidligere konsekvensvurdering
Boligheter, antall	Ca. 45 bolighus
Næringsbygg, personer	2 skoler, barnehage, offentlige bygninger, bensinstasjon, grustak.
Annen bebyggelse, verdi	Ingen
Vei, ÅDT	Rv. 22, ÅDT = 10800.
Toglinje, baneprioritet	Ingen
Kraftnett	Distribusjon
Oppdemning/flom	Et kvikkleireskred, løst ut mot Glomma, vil kunne demme opp deler av elveløpet og medføre flomskader.

Basert på faregradscore 22 og konsekvensscore 29 oppnås en tallverdi på 2780, dvs. risikoklasse 4 – Høy prioritet (/3/).

E8.2 Revidert risikoevaluering

Det er foretatt en ny risikoevaluering basert på supplerende grunnundersøkelser og stabilitetsberegninger. Vurderingen er utført for beregningsprofilene A-A tom. D-D. Bare vurdering for profil D-D ned mot Glomma ravinen, som gir størst faregradscore, er vist nedenfor.



Figur E8-1 Beliggenhet av profil D-D i sone 709 Sundhagen

E8.2.1 Faregradsvurdering

Tabell E21 Faregradsvurdering profil D-D, sone 709 Sundhagen

Faktorer	Vekt tall	Faregrad, score				709	709
		3	2	1	0	Score	Vektet Poeng
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	3	3
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 Overtrykk, kPa:	3	> + 30	10 – 30	0 – 10	Hydrostatisk	-	-
Undertrykk, kPa:	-3	> - 50	-(20 – 50)	-(0 – 20)		2	-6
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	0
Forbedring	-3	Stor	Noe	Liten			
Sum (NB: disse verdiene er ikke faregradsgrenser)		51	34	17	0	-	22
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %	-	43.1 %

Tabell E22 Kommentarer til faregradsvurdering profil D-D, sone 709 Sundhagen

Faktorer	Kommentar til tidligere faregradsvurdering
Tidligere skredaktivitet	Romerike har, historisk sett, hatt mange kvikkleireskred
Skråningshøyde, meter	Skråningshøyde ved profil D-D er over 30 m
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	CPTU 403 indikerer lite overkonsolidering i dette profilet.
Poretrykk	Målinger i 403 indikerer poreundertrykk.
Kvikkleiremektighet	Dreietrykksondering nr.402 og 403 indikerer kvikkleire fra terreng 13-14 m og 18-19 m dybde.
Sensitivitet	St > 100 i kvikkleire fra prøveserie punkt 405.
Erosjon	Det er tidligere registrert en erosjonsgrop ute i elva, usikkert hvordan denne endrer/flytter seg over tid.
Inngrep:	Ingen registrerte inngrep som påvirker skredfaren i vesentlig grad. Kan muligens være noe oppfylt i ravinen og langs skråningskanter.

Basert på oppnådd scoreverdi plasseres sone 709 Sundhagen fortsatt i faregradsklasse "2 – *middels*". Det er tolket kvikkleire i samtlige boringer innenfor sonen. Lengst nord i sonen ligger overkant av kvikkleira cirka i nivå med elva. Toppen av kvikkleirelaget stiger sørover i sonen, og ligger nesten i terreng ved Ridderhaugen. Poretrykkene er målt å være lave i nordre del av sonen, på toppen av de bratteste ravineskråningene, men antas å være noe høyere lenger sør i sonen.

E8.2.2 Konsekvensvurdering

Tabell E23 viser konsekvensvurderingen for sone 709 Sundhagen, som er uendret fra tidligere vurdering. Kommentarer til scoreverdiene er gitt i Tabell E24. Scoreverdi for konsekvens er 29, som plasserer sonen i konsekvensklasse "3 – *meget alvorlig*".

Tabell E23 Gjeldende skadekonsekvensvurdering for sone 709 Sundhagen /2/)

Faktorer	Vekt-tall	Konsekvens, score				709	709
		3	2	1	0	Score	Vektet poeng
Boligheter, antall	4	Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen	3	12
Næringsbygg, personer	3	> 50	10 – 50	< 10	Ingen	2	6
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen	0	0
Vei, ÅDT	2	> 5000	1001 – 5000	100 - 1000	< 100	3	6
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	2	4
Sum poeng	-	45	30	15	0	-	29
% av maksimal poengsum	-	100 %	67 %	33 %	0 %	-	64,4 %

Tabell E24 Kommentarer til tidligere konsekvensvurdering for sone 709 Sundhagen

Faktorer	Kommentarer til tidligere konsekvensvurdering
Boligheter, antall	Ca. 45 bolighus
Næringsbygg, personer	2 skoler, barnehage, offentlige bygninger, bensinstasjon, grustak.
Annen bebyggelse, verdi	Ingen
Vei, ÅDT	Rv. 22, ÅDT = 10800.
Toglinje, baneprioritet	Ingen
Kraftnett	Distribusjon
Oppdemning/flom	Et kvikkleireskred, løst ut mot Glomma, vil kunne demme opp deler av elveløpet og medføre flomskader.

E8.3 Risikoberegning

Risiko beregnes som produktet av prosentpoeng for oppnådd score for hhv. faregrad (22 poeng) og konsekvens (29 poeng). Oppnådd tallverdi for risiko er 2780.

Kvikkleiresonen ligger fortsatt i "**risikoklasse 4 – høy prioritet**" etter ny vurdering (risikoklasse 4 omfatter tallverdier i området 1901-3200).

E9 Referanser

- /1/ NGI (2008): Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire. Rapport 20001008-2, rev. 3. datert 8. oktober 2008.
 - /2/ NGI (2005): Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred Sørum kommune. Rapport 20001008-10, datert 3. mars 2005.
 - /3/ NGI (2006): Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred Fet kommune. Rapport 20001008-51, datert 19. mai 2006.
- NGI (2010): Kvikkleiresoner i Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus. Forslag til undersøkelsesprogram. Prosjekt 20100119, teknisk notat datert 23. mars 2010.

Vedlegg F

UTBREDELSE AV SONENE 322 LYSTAD,
1878 LYSTAD SØR OG 709 SUNDHAGEN

Innhold

F1	Generelt om utbredelse av kvikkleiresoner	2
F2	Gjeldende soneutbredelse	2
F3	Grunnlag for revidert utbredelse av kvikkleiresonene	3
	F3.1 Forekomst av sprøbruddmateriale	4
	F3.2 Antatt bergoverflate og nivå av sprøbruddmateriale	4
F4	Revidert utbredelse av kvikkleiresonene	5
	F4.1 322 Lystad	5
	F4.2 1878 Lystad sør	6
	F4.3 709 Sundhagen	7
F5	Referanser	8

F1 Generelt om utbredelse av kvikkleiresoner

I den nasjonale kvikkleirekartleggingen (oversiktskartlegging) er soneutstrekning anslått ut fra metodikk beskrevet i ref. /1/ til en avstand L fra bunn av ravine eller skråningsfot tilsvarende $L = 15 \times H$, hvor H er høyde av skråningen. Forholdet $L/H = 15$ er fremkommet som et resultat av teoretiske betraktninger og empiriske studier av en rekke norske og svenske kvikkleireskred, e.g. ref. /2/. Forholdstallet $L/H=15$ anses å være et relativt konservativt estimat (men likevel ikke det største forholdstallet som er funnet for historiske skred).

Maksimal utbredelse av et skred betinger at flere ugunstige forutsetninger er til stede:

- Sammenhengende kvikkleirelag fra skråningsfot til bakkant av faresone.
- Kvikkleire fra like under terreng til betydelig mektighet.
- Kvikkleirens skjærspenningsnivå er tilnærmet lik kritisk nivå.
- Skredmassene har adgang til å renne ut av skredområdet uten å danne demning i vassdraget/ravinen.

Dersom ikke alle forutsetningene over er til stede, vil skredets utstrekning bli redusert i forhold til antatt maksimal utstrekning, eller skred vil ikke bli utløst. Til punktet om begrensning av skredutløp ut mot raviner, bemerkes at en viss horisontal bevegelse alltid vil være mulig, selv om skredmassene strømmer ut i en ravine. Den horisontale første skredbevegelsen kan likevel være tilstrekkelig stor til at en bakovergripende skredutvikling kan skje. Dersom kvikkleirelaget ligger dypt og bare utgjør en del av dybdeprofilen, vil gjensvarende (ikke-kvikke) skredmasser i ravinen bidra til å stabilisere situasjonen. I denne sammenheng er forholdene ved skråningsfoten avgjørende for mobilitet av skredmassene.

Opprinnelig er kvikkleiresoner generelt kartlagt i liten målestokk (typisk 1:5000). Det er viktig å være klar over at oversiktskartlegging ikke må brukes på detaljnivå uten nærmere vurderinger. Overføring av sonegrenser til digitalt format, hvor kartet kan skaleres opp til tilfeldig og stor målestokk, vil også kunne medføre at sonegrenser virker gale sammenliknet med topografien lokalt (ikke følger naturlige avgrensninger i terrenget). For anvendelse i plansammenheng, hvor den nøyaktige plassering av linjer og sonegrenser i kartet ofte er avgjørende, er det viktig at denne bakgrunnen for sonekartleggingen er forstått. Dersom det er tvil om f.eks. eksisterende sonegrenser er riktig plassert på plankartet, bør geoteknisk kompetanse trekkes inn for nærmere vurdering av skredfareproblematikken.

F2 Gjeldende soneutbredelse

Utstrekning av nåværende kvikkleiresoner er vist på Tegning 020, Tegning 021 og Tegning 030. Sonene viser kun potensielle løseområder for kvikkleireskred.

I henhold til gjeldende regelverk (ref. /3/) omfatter en komplett kartlegging av faresoner også vurdering av utløpsområder (i tillegg til løснеområder). Dette var ikke et krav ved den opprinnelige kartleggingen av kvikkleiresonene, og er derfor heller ikke tatt i betraktning for gjeldende soneutbredelse for de fleste eksisterende soner. For dagens kartlegging skal utløpsområder altså vurderes, men det finnes i realiteten ingen veldokumentert metode for dette. Metodikk for å kunne utføre gjøre detaljerte vurderinger av løснеområder og utløpsdistanse, samt dynamiske beregninger for skredmassene, er fortsatt på utviklingsstadiet. Geoteknisk og geomorfologisk erfaring og skjønn må anvendes i kombinasjon med tilgjengelige data.

Historisk har vurdering av utløpsområder som del av faresoner inngått for skredtyper som snøskred, flomskred og sørpesked gjennom flere tiår, men tidligere ikke inngått i vurderingene for kvikkleireskred. For de førstnevnte skredtypene er det i hovedsak utløpsområder, ikke løснеområder, som utgjør trusel mot bebyggelse og annen infrastruktur. For leirskred er det ofte i første rekke bebyggelse og infrastruktur innenfor selve løsnemrådet som rammes. Det bør imidlertid ikke være noen prinsipiell forskjell; bebyggelse og anlegg kan like gjerne rammes av skred som løsner utenfor sonen.

F3 Grunnlag for revidert utbredelse av kvikkleiresonene

Grunnundersøkelsene gir grunnlag for å revurdere sonens utbredelse, med hensyn til mer detaljert kunnskap om kvikkleireforekomsten enn kjent fra innledende kartlegging, dvs. lateral utbredelse av kvikkleire, dybde fra terreng til toppen av kvikkleirelaget og kvikkleirelagets mektighet, samt dybde til berg. Kritiske skjærflater fra stabilitetsberegningene benyttes i tillegg for å vurdere utbredelse av kvikkleiresonen i beregningsprofilene.

Gjennom NIFS-prosjektet har det vært utført arbeid med sikte på å utvikle empiriske metoder for å anslå utløpsdistanser for kvikkleireskred. Utløpsdistanse anslås i modellen som en faktor multiplisert med lengden av løsnemrådet. Foreslått metode forutsetter at det er utført i det minste en foreløpig stabilitetsberegning. Utløpsdistansen vurderes ut fra skredets størrelse, og derfor omfatter metoden også en metodikk for å vurdere størrelse av løsnemråder, dvs. i realiteten størrelsen av kvikkleiresoner (ref. /4/). Metoden må foreløpig sies å være på utviklingsstadiet.

Noen historiske skred er vurdert for å komme fram til et poengsystem for faktorer som er antatt å ha betydning for løsnemrådets størrelse. Løsnemrådets lengde L anslås ut fra skråningshøyden H , og forholdet L/H velges ut fra oppnådd poeng/score.

Poengsystemet er delt opp slik:

Omfang	Poengscore	Løsneområdet lengde
Lav	5-9	5 H
Middels	10-16	10 H
Høy	17-24	15 H

Metodikken er her anvendt på sonene 322 Lystad, 1878 Lystad sør og 709 Sundhagen. Informasjon for lagdeling ved skråningsfoten, som har stor betydning i metoden, er imidlertid begrenset, og resultatene anses som orienterende.

F3.1 Forekomst av sprøbruddmateriale

Det er gjort en vurdering av mulig forekomst av sprøbruddmateriale for hvert enkelt borpunkt, med angivelser som følger:

- ↗ "Påvist": Prøver bekrefter at det er sprøbruddmateriale i punktet.
- ↗ "Sannsynlig": Tolkning tilsier at det må antas sprøbruddmateriale i punktet.
- ↗ "Mulig": Det kan ikke sees helt bort fra muligheten for sprøbruddmateriale i punktet, men tolkning tilsier at det trolig ikke er sprøbruddmateriale.
- ↗ "Lite sannsynlig": Prøver viser at det ikke er sprøbruddmateriale i punktet, eller tolkning av sonderingsdata tilsier at det sannsynligvis ikke er sprøbruddmateriale.

Figur F1, F2 og F3 viser beliggenhet av boringer innen de tre sonene, med angivelse av sannsynlighet for kvikkleire i borpunktene. Kategorien "lite sannsynlig" er angitt som "ingen indikasjon på kvikkleire" (grønt), mens de tre andre kategoriene er angitt som "antatt/påvist kvikkleire" (rødt).

F3.2 Antatt bergoverflate og nivå av sprøbruddmateriale

Gruntliggende berg kan påvirke (begrense) soneutbredelsen. Gruntliggende berg er antatt stedvis i sonene 322 Lystad og 1878 Lystad sør.

Sammenstilling av boringene i sone 322 Lystad (vist på Figur F4) og sone 1878 Lystad sør indikerer at bergoverflaten er stigende mot sørøst i sone 322 Lystad og mot øst i sone 1878 Lystad, men at bergoverflaten er fallende i ravineområdet hvor de to sonene forenes. Denne fordypning i bergoverflaten gir også en naturlig forklaring på at det er oppstått et stort ravinert areal i dette området; terrengoverflaten gjenspeiler noenlunde den underliggende bergtopografi. I boringene hvor det er påvist eller antatt kvikkleire er overflaten beliggende rundt kote +110, men med veldig varierende dybde fra terreng (8-19 m under terreng).

Sammenstilling av boringene i sone 709 Sundhagen (vist på Figur F6) indikerer at bergoverflaten generelt er lokalisert dypt under eksisterende terreng og at bergoverflaten er forholdsvis flat innenfor dette kvikkleireområdet. Det er påvist eller antatt kvikkleire i alle boringene som ligger innenfor kvikkleiresonen, men mektighet, overflatenivå og dybde under terreng er varierende. Mektigheten øker mot sør, bakover i sonen, hvor toppen av kvikkleire ligger bare 1-2 m under terreng og fortsetter til stor dybde.

F4 Revidert utbredelse av kvikkleiresonene

F4.1 322 Lystad

Vurderingen av utbredelsen av kvikkleiresonen er delt opp i løsne- og utløpsområde.

F4.1.1 Løsneområde

Evalueringen av løsneområdet i henhold til metodikk presentert i NIFS-prosjektet (ref. /4/) gir følgende indikasjoner på løsneområdet størrelse basert på stabilitetsprofilene med beregning av kritisk skjærflate for dagens situasjon i udrenert tilstand:

Profil	Lengde bak skråningsfoten/utgående av kritisk skjærflate	Lengde bak bakkant av kritisk skjærflate	Referanse figur
P2	190 m	10 m	B1
P3	240 m	100 m	B3
P4	185 m	100 m	B8

Som det fremgår av Figur F1 viser borpunktene varierende indikasjoner på kvikkleire, men det ser ut som om at det ikke er kvikkleire i den sørøstlige del av området.

Som følge av svært varierende forhold i området i henhold til topografi og kvikkleire er det ikke grunnlag for å foreta en endring av utbredelsen av eksisterende kvikkleiresone. Sammenstilling av boringene i Figur F4 viser at kvikkleirelaget synes å ha en noenlunde horisontal øvre avgrensning, dvs. overkant av kvikkleirelaget synes ikke å stige med underliggende berg. I sonering 104 er det ikke tolket kvikkleire, men det kan synes som at det er bløt leire i deler av borprofilen, og ut fra sammenstilling av boredataene i Figur F5 ville man forvente kvikkleire også i denne boringen. Dette kan evt. undersøkes med supplerende prøvetaking.

Sonen kan muligens reduseres noe mot sørøst, hvor boringene ikke gir indikasjon på kvikkleire. Boringene lenger vest i området gir indikasjon på kvikkleire, og det anbefales ikke å endre sonegrensen basert på nåværende datagrunnlag. Eksempelvis er overgangen mellom kvikke og ikke-kvikke masser mellom 101 og 121_NGI ikke kjent i detalj, men dersom overkant av kvikkleirelaget er noenlunde horisontal kan det forventes å ligge kvikkleire like vest for borpunkt 113, og kvikkleire slår også trolig ut i skråningen

nedenfor borpunkt 101. Det at grunnboringer ikke viser kvikkleire akkurat der et evt. tiltak skal utføres, er således nødvendigvis ikke tilstrekkelig til å avblåse skredfaren når man har kvikkleire i tilstøtende områder.

F4.1.2 Utløpsområde

Utløpet av et eventuelt skred i denne sonen vil være ut mot elva eller ned i ravinene sør og nord for sonen. Ved skred i den sørlige del av området vil utløpet skje ned i ravinene og avhengig av skredets karakteristikk vil skredmassene bli oppdemmet i ravinene eller eventuelt følge bunnen av ravinene ut mot elva i vest. Relativt stor dybde til kvikkleira i ytre deler av sonen vil kunne medføre at skredmasser av tørrskorpe og ikke-kvikk leire blir liggende igjen i ravinene. Kritiske glideflater går imidlertid ned i kvikkleire, og det øvre laget av tørrskorpe og ikke-kvikk leire og skredmassene kan da bevege seg nedover ravinene på underliggende omrørte masser.

Utløpsområdene i denne sonen vil trolig ikke berøre bebygde områder, men løsneområdet, dvs. selve sonen, er bebygd. Evt. oppdemming i Glomma avhenger av skredvolumet og utløpslengden, dersom hele sonen skulle løsne under ett, vil noe oppstuvning måtte antas, og relativt stor mektighet av ikke-kvikke leirmasser vil medføre at skredmaterialet ikke vil transporteres vekk av elva umiddelbart, men bli liggende og medføre noe oppdemming av elveløpet på østsiden. Forholdene ved skråningsfot og i bunnen av ravinene er ikke kartlagt. Supplerende boringer ved skråningsfoten vil kunne gi bedre grunnlag for å vurdere mulig utløp av skredmasser, basert på kvikkleirelagets beliggenhet i forhold til terreng i nedre del av skråningen.

F4.2 1878 Lystad sør

Vurderingen av utbredelsen av kvikkleiresonen er delt opp i løsne- og utløpsområde.

F4.2.1 Løsneområde

Evalueringen av løsneområdet i henhold til metodikk presentert i NIFS-prosjektet (ref. /4/) gir følgende indikasjoner på løsneområdet størrelse basert på stabilitetsprofilene med beregning av kritisk skjærflate for dagens situasjon i udrenert tilstand:

Profil	Lengde bak skråningsfoten/utgående av kritisk skjærflate	Lengde bak bakkant av kritisk skjærflate	Referanse figur
P1	170 m	125 m	C1
P2	220 m	100 m	C3

Som det fremgår av Figur F2 er det påvist/antatt kvikkleire i alle boringene i den vestlige del av området. I den østlige del er det usikkert om det er kvikkleire ut mot ravinene i den nordøstlige del av sonen, som også var tilfellet ut mot denne ravinene i sone 322 Lystad. Sammenstillingen i Figur F5 viser at kvikkleira ikke følger underliggende bergoverflate

som et lag med konstant tykkelse; tilsvarende som i sone 322 Lystad synes kvikkleira å ha en noenlunde horisontal avgrensning mot overliggende leirmasser, og påtreffes derved ikke i øvre del av sonen der berget stiger opp (borpunto 201 og 204). Som for sone 322 Lystad vil også her være gjeldende at områder innenfor sonen uten påvist kvikkleire ikke nødvendigvis kan tas ut av sonen (som toppen av skråningen ved profil P1), da det må antas å være kvikkleire i foten av skråningen som ved evt. skråningsbrudd vil ha betydning for stabiliteten også i tilstøtende områder uten kvikkleire.

Løsneområdet er ut fra «NIFS-metoden» anslått å kunne strekke seg opp mot 125 meter innover terrenget fra toppen av skråningene, hvor terrenget danner et noenlunde flatt platå avgrenset av omliggende ravineskråninger. Det gjør at mer eller mindre hele den nåværende sonen anses å ligge i løsneområde også etter ny vurdering av soneutbredelsen. Da det er påvist/antatt kvikkleire i mesteparten av borpunktene, er det ikke grunnlag for å foreta en endring av utbredelsen av den eksisterende kvikkleiresone.

F4.2.2 Utløpsområde

Ved skred i den nordlige eller sørlige del av området vil utløpet skje ned i ravinene, og avhengig av skredets karakteristikk vil skredmassene bli oppdemmet i ravinene eller eventuelt følge bunnen av ravinene ut mot elva i vest. Supplerende boringer i ravinene vil kunne gi bedre grunnlag for nærmere vurdering av skreddynamikken og utløp. Ved skred i den vestlige del av sonen vil utløpet være direkte ut mot elva. Utløpsområdet fra skred innenfor denne sonen vil dermed trolig ikke berøre bebygde områder, men løsneområdene i seg selv er bebygde.

F4.3 709 Sundhagen

Vurderingen av utbredelsen av kvikkleiresonen er delt opp i løsne- og utløpsområde.

F4.3.1 Løsneområde

Evalueringen av løsneområdet i henhold til metodikk presentert i NIFS-prosjektet (ref. /4/) gir følgende indikasjoner på løsneområdet størrelse basert på stabilitetsprofilene med beregning av kritisk skjærflate for dagens situasjon i udrenert tilstand:

Profil	Lengde bak skråningsfoten/utgående av kritisk skjærflate	Lengde bak bakkant av kritisk skjærflate	Referanse figur
A-A	205 m	140 m	D2
B-B	105 m	105 m	D6
C-C	130 m	130 m	D10
D-D	380 m	185 m	D12

Som det fremgår av Figur F3 er det påvist eller antatt kvikkleire i samtlige borpunkter innen kvikkleiresonen, mens det ikke er indikasjon på kvikkleire i det ene borpunktet som er utført utenfor sonen.

Basert på denne informasjon er det ikke grunnlag for å foreta en endring av utbredelsen av den eksisterende kvikkleiresone.

F4.3.2 Utløpsområde

Ved skred i dette området vil utløpet i størstedelen av området skje mot ravinene som generelt ikke er bebyggt, med unntak av et gårdstun på strandflaten mot Glomma nord-vest i sonen. Avhengig av skredets karakteristikk og hvor evt. initialskred inntreffer, vil skredmassene kunne bli oppdemmet i ravinen eller eventuelt strømme ned mot elva. Skred som starter i den sørlige del av sonen, med utløp mot ravinen i vest, antas å ville strømme nærmest uhindret ut mot elva, da boringene fra dette området viser sammenhengende kvikkleire nesten fra terreng og til stor dybde. Dersom initialskred skjer lenger ut i ravinen, vil det øvre laget av ikke-kvikke masser, som i dette området har tykkelse 13-19 m, kunne bli liggende i ravinen og medvirke en oppdemming som forhindrer utstrømming av skredmasser fra området lenger sør, og også ha en effekt av å forhindre skredet i å øke sin utbredelse bakover i sonen. Særlig i nord består sonen av nokså smale løsmasserygger avgrenset av raviner, og dersom et større skred løsner i nordlig del av sonen, er det sannsynlig at løsneområdet for skred vil kunne berøre hele løsmasseplatået mellom ravinene.

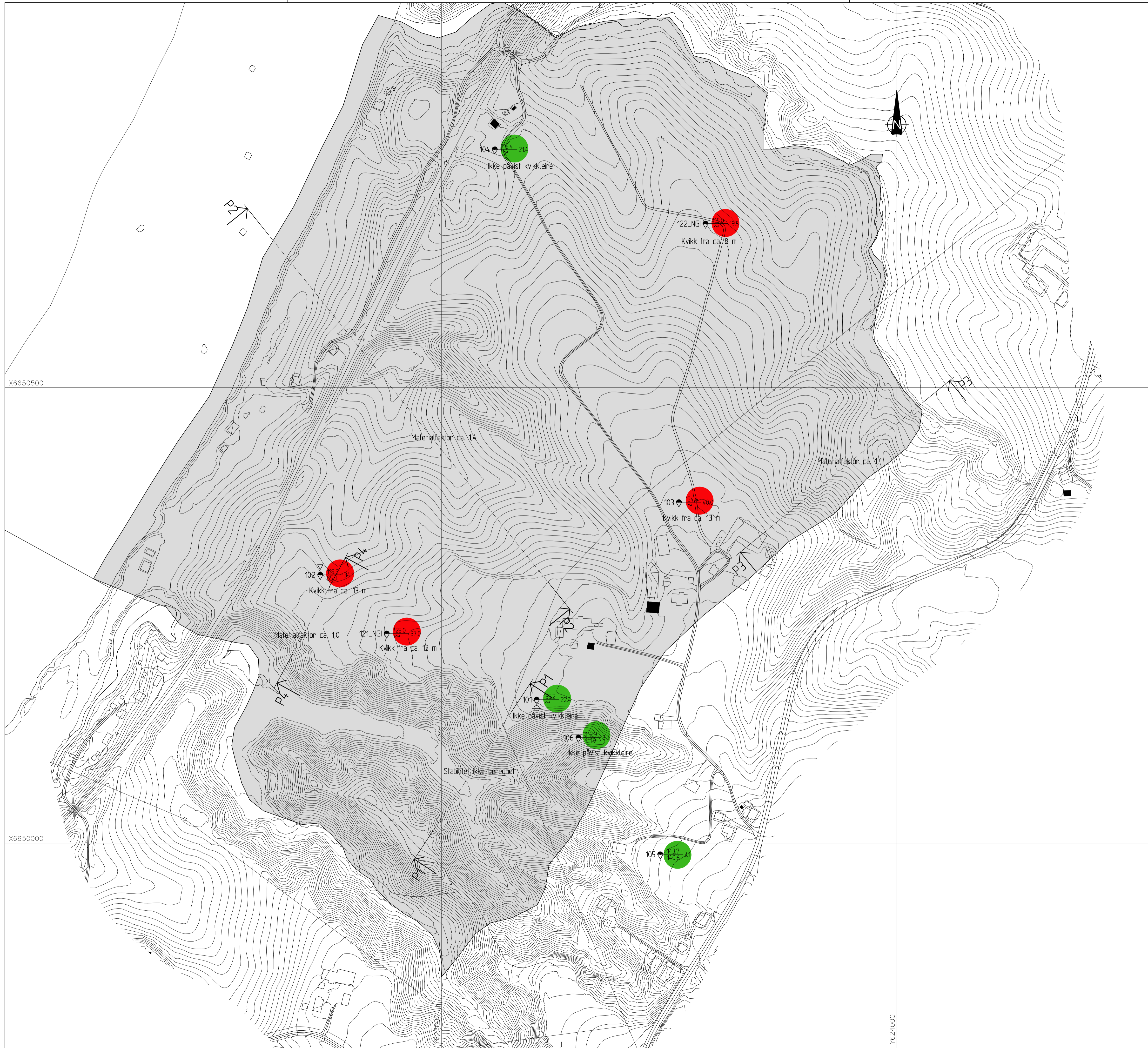
Utløp av skred mot ravinene øst i sonen vil stanse mot vegfyllingen som krysser ravinen ved rundkjøringen nord i sonen.

Ved skred som løsner i elveskråningen i den nordvestlige del av sonen vil utløpet være direkte ut mot elva. Ved et slikt skred eller ved skredmasser transportert langs ravinen vest i området, vil bebyggelsen på strandflaten ved Glomma kunne ligge i utløpsområdet.

F5 Referanser

- /1/ NGI (2008): Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire. Rapport 20001008-2, rev. 3. datert 8. oktober 2008.
- /2/ NIF (1978). NIF-kurs 1978: Skredfare og arealplanlegging. Vurdering av faregrad og sikringstiltak.
- /3/ 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.

NGI (2015). N-6.7.2 Metode for vurdering av løsne- og utløpsområder for områdeskred. Beskrivelse av L/H-tabellen for vurdering av løsneområdet for områdeskred. Teknisk notat 20140848-01-TN, datert 9. september 2015.



FORKLARINGER:

- Dreiesondring
- Enkel sondring
- ▽ Trykksondring
- ☆ Fjellkontrollboring
- ⬇ Dreietrykksondring
- ⊕ Totalsondring
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrøp
- +
- ⊕ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

■ Kvikkleiresone

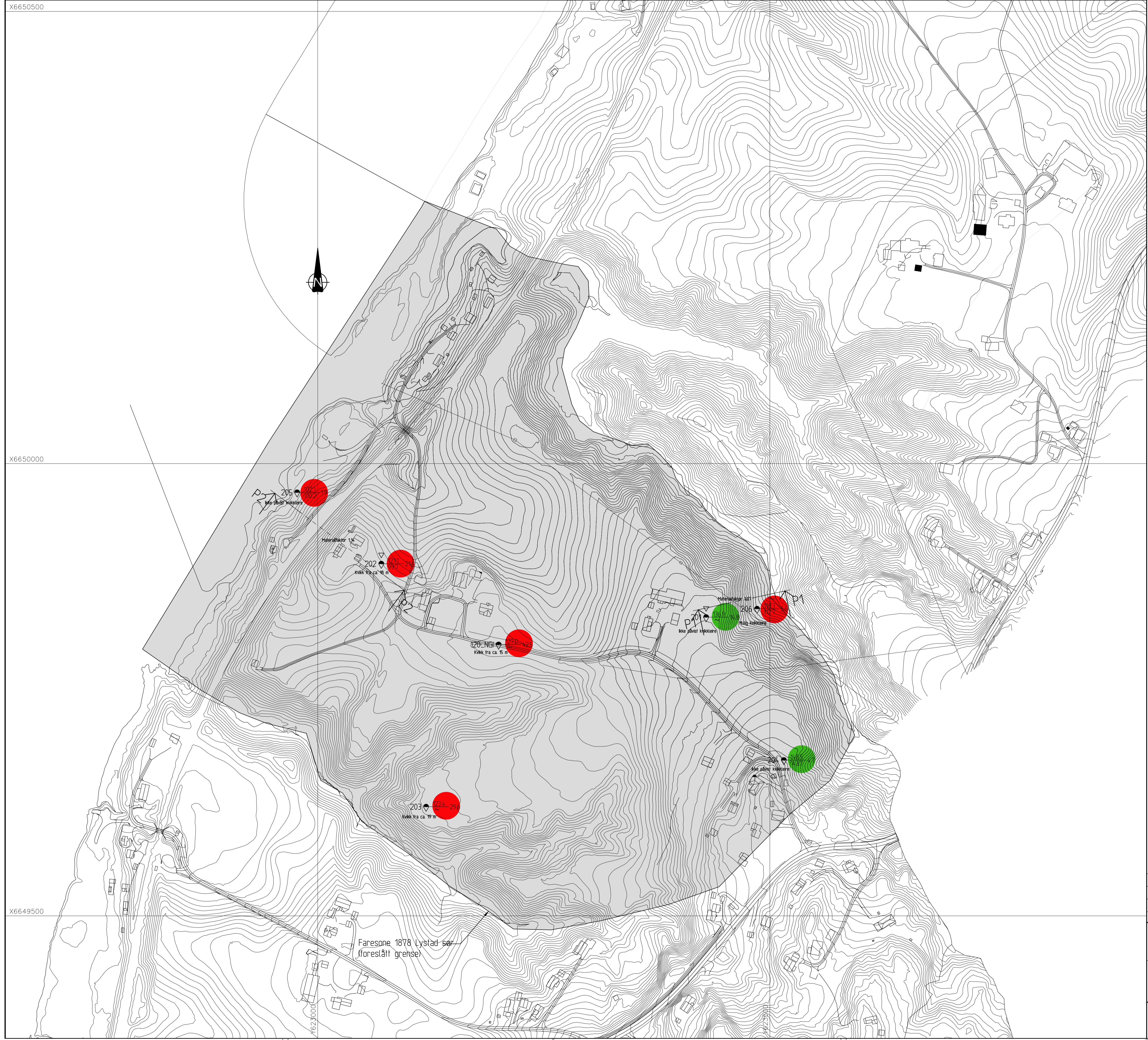
● Antatt/påvist kvikkleire

● Ingen indikasjon på kvikkleire

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontroll.	Godkj.
NVE Kvikkleiresoner i Akershus Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger 322 Lystad, 1878 Lystad sør og 709 Sundhagen Borplan med forekomst av sprøbruddmateriale, 322 Lystad					Status: -- Original format: A-1 Tegningens tittel: 235-A-038-A-F1 Overblikk 322 Lystad - REV2015 Skala: 1:2000
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3830 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato: 11.12.2015 Oppdragsnr:	Karstr./Tegnet: SHo Tegning:	Kontrollert: HHo Rev:	Godkjent: BGK
		20100119	F1		



FORKLARINGER:

- Dreiesondring
- Enkel sondring
- ▽ Trykksondring
- ☆ Fjellkontrollboring
- ⬇ Dreietrykksondring
- ⊕ Totalsondring
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrøp
- +
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen

Barhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

- Kvikkleiresone
- Antatt/påvist kvikkleire
- Ingen indikasjon på kvikkleire

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

X6650500

X6650000

X6649500

Faresone 1878 Lystad sør
(foreslått grense)

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontroll.	Godk.
NVE Kvikkleiresoner i Akershus		Status: -- Original format: A-1 Tegningsnivå: 1:2000 228-A-020-A-F2 Overblikk 1878-Lystad sør - Rev.2015 NB: Bestikk			
Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger 322 Lystad, 1878 Lystad sør og 709 Sundhagen Barplan med forekomst av sprengningsmateriale, 1878 Lystad sør		12000 			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3830 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato: 11.12.2015 Oppdragsnr: 20100119	Kartr./Tegnet: SHe Tegning: F2	Kontrollert: HHh Rev:	Godkjent: OAH Rev: -



FORKLARINGER:

- Dreiesonering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ☆ Fjellkontrollboring
- ◆ Dreietrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrøp
- ⊕ Vingeboring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen

$$\text{Borhull nr.} \frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}} \text{ Boret dybde + (boret i fjell)}$$

- Kvikkleiresone
- Antatt/påvist kvikkleire
- Ingen indikasjon på kvikkleire

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev. Beskrivelse Status Original format A-1 Tegningens tittel 221-A-021-LA-F3 Overblikk, 709 Sundhagen - REV2015 NB: Bestikk	Dato 11.12.2015 Tegningens nr. 20100119 Tegningens F3 Skala 1:2500 Prosjekt NGI
NVE Kvikkleiresoner i Akershus Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner Stabilitetsvurderinger 322 Lystad, 1878 Lystad sør og 709 Sundhagen Borplan med forekomst av sprøbruddmateriale, 709 Sundhagen	12500
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3830 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 11.12.2015 Oppdragsnr. 20100119 Karstr./Tegnet SHe Kontrollert HHe Godkjent OAH Rev. -

Vedlegg G

FAKTAARK OG DIGITAL LEVERANSE

Innhold

G1 Faktaark og SOSI-data for sonene 322 Lystad, 1878 Lystad sør og 709 Sundhagen	2
---	----------

G1 Faktaark og SOSI-data for sonene 322 Lystad, 1878 Lystad sør og 709 Sundhagen

Oversikt over digitale leveranser er gitt i Tabell G1.

- Faktaark for kvikkleiresonene 322 Lystad, 1878 Lystad sør og 709 Sundhagen med revidert risikovurdering og utbredelse er gitt i dette vedlegget, og oversendes som separate filer sammen med foreliggende utredningsrapport.
- SOSI-data for sonene er også vedlagt eposten ved oversendelse av dette tekniske notatet. Innholdet i filen er gjengitt i Tabell G2.

Tabell G1 Oversikt over digitale leveranser for soner i Fet/Sørumsund

Sone	Beskrivelse	Filnavn
322 Lystad	SOSI-fil	20100119-7-R-revisjon2.sos
	Faktaark	Faktaark_322_Lystad.pdf
1878 Lystad sør	SOSI-fil	20100119-7-R-revisjon2.sos
	Faktaark	Faktaark_1878_Lystad sør.pdf
709 Sundhagen	SOSI-fil	20100119-7-R-revisjon2.sos
	Faktaark	Faktaark_709_Sundhagen.pdf

Tabell G2 Innhold i SOSI-fil 20100119-7-R-revisjon2.sos

.HODE ..TEGNSETT ISO8859-1 ..TRANSPAR ...KOORDSYS 23 ...ORIGO-NØ 0 0 ...ENHET 0.01 ..OMRÅDE ...MIN-NØ 6647701 285574 ...MAX-NØ 6655045 289252 ..SOSI-NIVÅ 4 ..SOSI-VERSJON 4.0 .KURVE 1: ..OBJTYPE KvikkleireFaresoneAvgr ..NØ 664800654 28590319 ...KP 1 ..NØ 664803256 28590098 664805348 28589619 664807065 28589272

664808563 28588659
664811735 28586820
664814183 28584665
664815443 28583564
664817411 28582205
664819025 28581414
664821697 28580467
664825445 28579180
664828797 28578109
664833446 28576528
664836599 28575326
664838204 28574864
664840002 28574621
664841305 28574668
664842714 28574927
664845791 28574989
664848955 28575059
664850967 28574895
664852516 28574632
664853891 28574249
664855853 28573689
664858319 28572828
664861404 28571849
664863471 28571082
664865436 28570175
664867179 28569465
664868232 28568865
664868901 28568189
664869356 28567492
664869623 28566801
664870518 28565687
664871676 28564860
664872954 28564693
664874261 28564638
664875698 28564595
664877837 28564544
664880345 28564582
664882837 28564623
664885540 28564750
664887677 28565063
664889523 28565373
664891142 28565694
664892763 28566015
664894245 28566474

664894798 28567274
664894876 28567782
664894742 28568583
664895040 28568736
664895994 28568572
664897111 28568674
664898206 28569023
664899356 28569441
664900174 28570078
664900508 28570545
664900761 28570507
664900993 28570716
664900964 28571027
664901044 28571534
664901940 28571991
664902268 28572522
664902810 28573447
664903459 28574570
664904198 28575388
664905405 28576562
664906184 28576945
664906889 28577447
664907549 28577757
664908423 28579152
664909727 28580646
664910483 28581278
664910539 28582035
664911279 28582852
664911848 28583467
664911831 28584342
664911922 28584725
664912194 28585188
664912937 28585944
664913896 28587095
664914501 28588026
664914952 28589256
664915668 28590322
664916413 28591078
664916391 28591327
664916176 28591620
664915583 28591942
664915432 28592240
664915296 28593041
664914721 28593177

664913170 28593036
664911200 28592669
664909011 28592658
664906985 28592912
664905355 28593640
664903956 28594576
664901767 28597318
664900491 28598266
664899154 28599209
664897310 28600230
664895171 28601037
664894652 28601241
664893631 28601460
664892750 28601505
664890972 28601782
664889833 28601928
664887576 28601973
664886330 28601923
664885060 28602120
664884354 28602306
664883452 28602600
664882454 28603261
664881376 28604101
664879695 28605387
664878843 28605810
664878120 28606182
664877934 28606166
664876418 28606341
664875779 28606471
664874792 28606318
664874521 28606543
664873967 28607119
664873268 28607243
664872896 28607209
664872438 28607418
664871767 28607920
664871508 28608022
664871068 28608045
664870712 28607825
664870323 28607977
664869539 28608344
664868828 28609280
664867999 28610143
664866515 28611322

664865550 28612298
664865132 28612762
664864518 28614020
664864021 28615352
664863259 28616847
664862585 28618112
664862600 28619286
664862145 28619592
664861045 28619752
664859424 28619431
664858117 28618618
664856829 28617074
664855525 28615994
664853670 28614708
664851224 28613060
664846998 28610988
664841685 28609468
664837344 28608683
664832488 28607852
664825727 28606365
664820729 28604910
664815741 28603330
664812276 28601512
664808157 28601356
664805406 28601627
664800192 28603668
664796885 28605620
664794528 28606783
664792976 28607183
664791728 28607279
664790361 28607293
664788940 28607140
664787577 28606388
664786751 28605576
664785510 28604289
664784743 28602890
664784394 28601279
664784317 28599451
664784738 28597967
664785488 28596572
664786442 28595473
664787631 28594517
664789064 28593367
664790679 28592666

664792231 28591962
664793917 28591459
664797587 28590842
664800654 28590319 ...KP 1
.KURVE 2:
..OBJTYPE KvikkleireFaresoneAvgr
..NØ
665383971 28859740 ...KP 1
..NØ
665381754 28860793
665376189 28866391
665370262 28867184
665367986 28868454
665358719 28859157
665352641 28850516
665350524 28836810
665350577 28830301
665350524 28828132
665352270 28826121
665357191 28820565
665362801 28813527
665365552 28811622
665367034 28810405
665369151 28808447
665372167 28807759
665373966 28806542
665375289 28801674
665377829 28797969
665383447 28789986
665415214 28807910
665431311 28825389 ...KP 1
.KURVE 3:
..OBJTYPE KvikkleireFaresoneAvgr
..NØ
665431311 28825389 ...KP 1
..NØ
665427295 28833239
665425204 28834800
665424040 28836906
665422488 28841950
665420382 28843058
665418055 28842559
665413288 28839567
665411238 28838957

665404865 28840730
665403645 28842227
665402149 28846106
665402204 28848046
665399433 28850207
665397549 28850762
665395221 28853255
665392949 28854586
665391009 28856581
665389679 28858742
665386576 28859906
665383971 28859740 ...KP 1
.KURVE 4:
..OBJTYPE KvikkleireFaresoneAvgr
..NØ
665431311 28825389 ...KP 1
..NØ
665433403 28827247
665436235 28829418
665440793 28832783
665445266 28836219
665449930 28840152
665455465 28843286
665459275 28845228
665464580 28847385
665469651 28851427
665480347 28857634
665487164 28860405
665489880 28862400
665489381 28864838
665487497 28866889
665486832 28868995
665487164 28870824
665488882 28872653
665490157 28874870
665490268 28876255
665487995 28879414
665485668 28881520
665486721 28884125
665486998 28886951
665486998 28891440
665486887 28894322
665482287 28896484
665479516 28902247

665477687 28904242
665475969 28903799
665475082 28903965
665473364 28903245
665471646 28903189
665471369 28905240
665471535 28906792
665470815 28909286
665468820 28912555
665469762 28914939
665469734 28916187
665469665 28916174
665468913 28916037
665468381 28915357
665467407 28915647
665465223 28915613
665464288 28915371
665463848 28915231
665462366 28915544
665460880 28914718
665459599 28913972
665458833 28914222
665458013 28914944
665457793 28915137
665456542 28915449
665452794 28913991
665449722 28913287
665447182 28914332
665443612 28916186
665441354 28917986
665439313 28917543
665437274 28915899
665434322 28911425
665430899 28907389
665428275 28902047
665424702 28897496
665421058 28891983
665417557 28887519
665413698 28884376
665409829 28882192
665405422 28879797
665401103 28877332
665398098 28875305
665395387 28872666

665392893 28872040
665391074 28870998
665389902 28868101
665389564 28865678
665383971 28859740 ...KP 1
.FLATE 5:
..OBJTYPE KvikkleireFaresone
..FØRSTEDIGITALISERINGSDATO 20040415
..KOMM 0227
..OPPDATERINGSDATO 20160916153732
..SKREDFAREGRADSCORE 22
..SKREDFAREGR_KL Middels
..SKREDKONSSCORE 29
..SKREDKVALKARTLEGGING 1
..SKREDOMRID 709
..SKREDOMRNAVN Sundhagen
..SKREDRISIKO_KL 4
..SKREDSKADKONS_KL 3
..REF :1
..NØ
664853650 28592148
.FLATE 6:
..OBJTYPE KvikkleireFaresone
..FØRSTEDIGITALISERINGSDATO 20160415
..KOMM 0227
..OPPDATERINGSDATO 20160916160129
..SKREDFAREGRADSCORE 9
..SKREDFAREGR_KL Lav
..SKREDKONSSCORE 14
..SKREDKVALKARTLEGGING 2
..SKREDOMRID 1878
..SKREDOMRNAVN "Lystad sør"
..SKREDRISIKO_KL 2
..SKREDSKADKONS_KL 2
..REF :3 :2
..NØ
665389951 28829220
.FLATE 7:
..OBJTYPE KvikkleireFaresone
..FØRSTEDIGITALISERINGSDATO 20021101
..KOMM 0226
..OPPDATERINGSDATO 20160916161629
..SKREDFAREGRADSCORE 23
..SKREDFAREGR_KL Middels

..SKREDKONSSCORE 10
..SKREDKVALKARTLEGGING 2
..SKREDOMRID 322
..SKREDOMRNAVN Lystad
..SKREDRISIKO_KL 3
..SKREDSKADKONS_KL 2
..REF :4 :-3
..NØ
665440127 28871688
..SLUTT

Kvikkleiresone: 322 Lystad

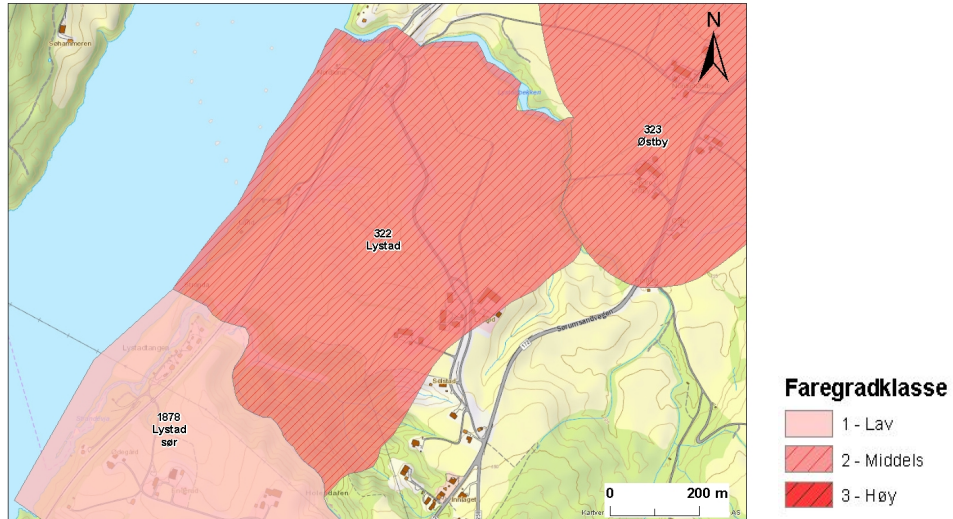
Sørum kommune

Faregradklasse 2 - Middels

Konsekvensklasse 2 - Alvorlig

Risikoklasse 3 - Middels prioritet

Opprettet: 01.11.2002 Beregnet: 19.04.2016



Bemerkninger/supplerende undersøkelser:

NGI har utført geoteknisk utredning av sonen på oppdrag for NVE Region Øst (referanse nr. 6). Det er utført supplerende grunnundersøkelser, stabilitetsberegninger, samt revidert vurdering av faregrad og soneutbredelse.

Referanser:

- 1). NGI (1995). Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartbladet Fet, M = 1:50.000. Rapport nr. 900010-01 2), NGI (1995). Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartbladet Fet, M = 1:50.000. Rapport nr. 900010-02. 3). Norconsult Fältgeoteknik AB (2011). Kvikkleiresoner Sørum, Fet, Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus. Rapport Geoteknik, RGeo, Fält- och laboratorieresultat. Oppdragsnr. 2011 03 40, rapport datert 11. mai 2011. 4) NGI (2005). Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred Sørum kommune. Rapport 20001008-10, 3. mars 2005. 5) NGI (2006). Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred Fet kommune. Rapport 20001008-51, 19. mai 2005. 6). NGI (2016). Kvikkleiresoner i Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus. Geoteknisk utredning av sonene 322 Lystad, 1878 Lystad sør og 709 Sundhagen, Fet og Sørum kommuner. Rapport nr. 20100119-00-7-R, rev. 2, oktober 2016.

Fareberegning

Faktorer	Beskrivelse	Faregrad	Score	Vekttall	Poeng
Skredaktivitet	Kvartærgeologisk kart viser høy aktivitet. Det ble observert en nyere skredkant.	Høy	3	1	3
Skråningshøyde,m	Høydeforskjell langs profilet > 30 m.	Over 30	3	2	6
Skjærstyrke: su/p0 eller OCR	CPTU 101 på toppen av skråningen (NGI-rapp. 20100119-08-R).	1,0 - 1,2	3	2	6
Poretrykk	Lave poretrykk målt i PZ 101 på toppen av skråningen i 12 m og 18 m dybde. Poretrykk antas å øke mer i dybden.	Hydrostatisk	0	3	0
Kvikkleiremektighet	Ikke kvikkleire i prøveserie punkt 101 på toppen, men antar kvikkleire lenger ned i skråningen ut fra andre sonderinger.	> H/2	3	2	6
Sensitivitet	Ikke kvikkleire i prøver til 13 m, antatt kvikkleire lenger ned i skråningen basert på andre dreietrykksonderinger.	30 - 100	2	1	2
Erosjon	Liten vannføring, liten gradient. Ikke observert erosjon. Steinplastring langs Glomma.	Ingen	0	3	0
Inngrep: Forverring Forbedring	Ikke observert.	Ingen	0	3	0

Totalt 23 poeng. 45.1% av maksimum

Sist oppdatert 19.04.2016 av EMP

Konsekvensberegning

Faktorer	Beskrivelse	Konsekvens	Score	Vekttall	Poeng
Boligenheter	3 gårdsbruk.	Spredt, under 5	1	4	4
Næringsbygg	Ingen.	Ingen	0	3	0
Annen bebyggelse	Ingen.	Begrenset	1	1	1
Veier	Skogsbilveg, antatt ÅDT.	Under 100	0	2	0
Toglinje	Kongsvingerbanen.	3 - 4	2	2	4
Kraftnett	Antatt distribusjonsnett.	Distribusjon	1	1	1
Oppdemning	Liten vannføring.	Ingen	0	2	0

Totalt 10 poeng. 22.2% av maksimum

Sist oppdatert 19.04.2016 av EMP

Risiko

Poeng: 1002

Prosent av maksimum: 10.0 %

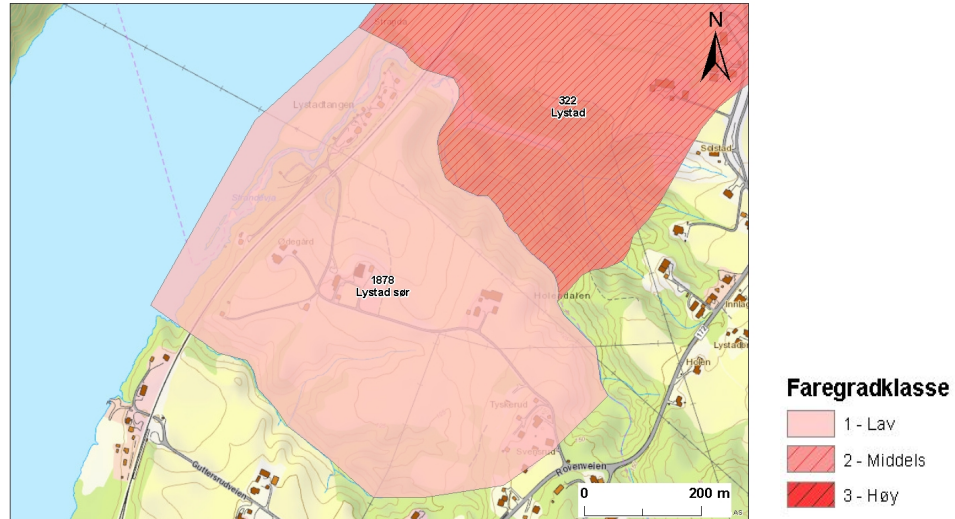
Skrevet ut 2016-09-19

Kvikkleiresone: 1878 Lystad sør

Sørum kommune

Faregradklasse	1 - Lav
Konsekvensklasse	2 - Alvorlig
Risikoklasse	2 - Lav prioritet

Opprettet: 15.04.2016 Beregnet: 19.04.2016



Bemerkninger/supplerende undersøkelser:

NGI har utført geoteknisk utredning av sonen på oppdrag for NVE Region Øst (referanse nr. 6). Det er i den anledning utført supplerende grunnundersøkelser, stabilitetsvurderinger og revidert vurdering av faregrad og soneutbredelse.

Referanser:

- 1). NGI (1995). Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartbladet Fet, M = 1:50.000. Rapport nr. 900010-01 2), NGI (1995). Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartbladet Fet, M = 1:50.000. Rapport nr. 900010-02. 3). Norconsult Fältgeoteknik AB (2011). Kvikkleiresoner Sørum, Fet, Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus. Rapport Geoteknik, RGeo, Fält- och laboratorieresultat. Oppdragsnr. 2011 03 40, rapport datert 11. mai 2011. 4) NGI (2005). Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred Sørum kommune. Rapport 20001008-10, 3. mars 2005. 5) NGI (2006). Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred Fet kommune. Rapport 20001008-51, 19. mai 2005. 6). NGI (2016). Kvikkleiresoner i Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus. Geoteknisk utredning av sonene 322 Lystad, 1878 Lystad sør og 709 Sundhagen, Fet og Sørum kommuner. Rapport nr. 20100119-00-7-R, rev. 2, oktober 2016.

Fareberegning

Faktorer	Beskrivelse	Faregrad	Score	Vekttall	Poeng
Skredaktivitet	Høy skredaktivitet på Romerike generelt, men ikke observert skredgroper innenfor sonen.	Noe	2	1	2
Skråningshøyde,m	>30 m innenfor sonen.	Over 30	3	2	6
Skjærstyrke: su/p0 eller OCR	NGI-rapp. 20100119-07-R: CPTU 201/202 indikerer 15 m tidl. overlaging, OCR 1.5-2	1,5 - 2,0	1	2	2
Poretrykk	Målt i 201, lavt poretrykk til 12 m dybde. Ikke målt ut mot elva, CPTU 202 stemmer godt med målt poretrykk. Mye silt i prøve 201.	> - 50	-3	3	-9
Kvikkleiremektighet	Vurdert fra kritisk glideflate beregn.profil P2 . Ant. kvikkleire fra hhv. 17, 18 og 19 m i sond. 120, 202 og 203 (under hhv. kote 112, 103 og 104.	> H/2	3	2	6
Sensitivitet	Prøveserie 201 går ikke ned i kvikkleire. Antar kvikkleire i dybden i sond. 120, 202 og 203.	30 - 100	2	1	2
Erosjon	Ingen erosjon observert. Steinplastring langs Glomma.	Ingen	0	3	0
Inngrep: Forverring Forbedring	Antatt ingen større tiltak (bortsett fra jernbanen i foten av skrånningen).	Ingen	0	3	0

Totalt 9 poeng. 17.6% av maksimum

Sist oppdatert 15.04.2016 av HHE

Konsekvensberegning

Faktorer	Beskrivelse	Konsekvens	Score	Vekttall	Poeng
Boligheter	3-4 gårdsbruk, en del eneboliger, særlig i øvre del av sonen (men evt. utenfor ny soneavgrensning?)	Spredt, over 5	2	4	8
Næringsbygg	Ingen	Ingen	0	3	0
Annen bebyggelse	6-7 hytter nedenfor jernbanen, langs elva	Begrenset	1	1	1
Veier	Adkomstvei til boliger og hyttebebyggelse, antatt ÅDT	Under 100	0	2	0
Toglinje	Kongsvingerbanen	3 - 4	2	2	4
Kraftnett	Antatt distribusjonsnett.	Distribusjon	1	1	1
Oppdemning	Liten vannføring	Ingen	0	2	0

Totalt 14 poeng. 31.1% av maksimum

Sist oppdatert 16.09.2016 av HHe

Risiko

Poeng: 549

Prosent av maksimum: 5.5 %

Skrevet ut 2016-09-19

Kvikkleiresone: 709 Sundhagen

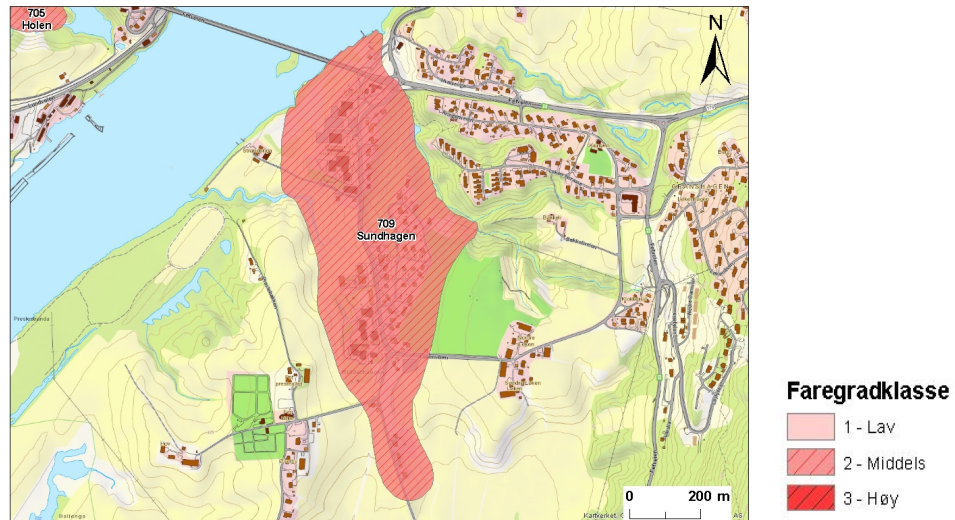
Fet kommune

Faregradklasse 2 - Middels

Konsekvensklasse 3 - Meget alvorlig

Risikoklasse 4 - Høy prioritet

Opprettet: 15.04.2004 Beregnet: 19.04.2016



Bemerkninger/supplerende undersøkelser:

I forbindelse med geoteknisk utredning av sonen er det utført supplerende grunnundersøkelser i form av dreietrykk- og CPTU-sonderinger, prøvetaking og installasjon av poretryksmålere. Stabilitetsanalyser er utført for flere profiler innenfor sonen.

Referanser:

- 1. NGI rapport 900010-1. "Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartbladet Fet." 2. NGI-rapport 900010-2, datert 10. november 1995. 3. NGI-rapport 73032-1, datert 2. mai 1974.
- 1. NGI (1995): Rapport 900010-1. "Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartbladet Fet, november 1995." 2. NGI (1995): Rapport 900010-2, 10. november 1995. 3. NGI (1974): Rapport 73032-1, datert 2. mai 1974. 4. NGI (2005): Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred. Sørums kommuner. Rapport 20001008-10, 3. mars 2005, 5. Norconsult Fältgeoteknik AB (2011): Kvikkleiresoner Sørums, Fet, Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus. Rapport. Geoteknik, RGeo, Fält- och laboratorieresultat. Oppdragsnr. 211 03 40, datert 11. mai 2011. 7.

Fareberegning

Faktorer	Beskrivelse	Faregrad	Score	Vekttall	Poeng
Skredaktivitet	Romerike har, historisk sett, hatt mange kvikkleireskred.	Høy	3	1	3
Skråningshøyde,m	Skråningshøyde ved profil D-D er over 30 m.	20 - 30	2	2	4
Skjærstyrke: su/p0 eller OCR	CPTU 403 indikerer lite overkonsolidering i dette profilet.	1,0 - 1,2	3	2	6
Poretrykk	Målinger i 403 indikerer poreundertrykk.	- (20 - 50)	-2	3	-6
Kvikkleiremektighet	Dreietrykksondering nr.402 og 403 indikerer kvikkleire fra terreng 13-14 m og 18-19 m dybde.	> H/2	3	2	6
Sensitivitet	St > 100 i kvikkleire fra prøveserie punkt 405.	Over 100	3	1	3
Erosjon	Det er tidligere registrert en erosjonsgrop ute i elva, usikkert hvordan denne endrer/flytter seg over tid.	Noe	2	3	6
Inngrep: Forverring Forbedring	Ingen registrerte inngrep som påvirker skredfaren i vesentlig grad. Kan muligens være noe oppfylt i ravinen og langs skråningskanter.	Ingen	0	3	0

Totalt 22 poeng. 43.1% av maksimum

Sist oppdatert 16.09.2016 av HHe

Konsekvensberegning

Faktorer	Beskrivelse	Konsekvens	Score	Vekttall	Poeng
Boligheter	Ca. 45 bolighus.	Tett, over 5	3	4	12
Næringsbygg	2 skoler, barnehage, offentlige bygninger, bensinstasjon, grustak.	10 - 50	2	3	6
Annen bebyggelse	Ingen.	Ingen	0	1	0
Veier	Rv. 22, ÅDT = 10800.	Over 5000	3	2	6
Toglinje	Ingen.	Ingen	0	2	0
Kraftnett	Antatt distribusjon.	Distribusjon	1	1	1
Oppdemning	Et kvikkleireskred, løst ut mot Glomma, vil kunne demme opp deler av elveløpet og medføre flomskader.	Middels	2	2	4

Totalt 29 poeng. 64.4% av maksimum

Sist oppdatert 11.03.2004 av RMO/SvR

Risiko

Poeng: 2780

Prosent av maksimum: 27.8 %

Skrevet ut 2016-09-19

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Kvikkleiresoner i Fet (Sørums), Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus. Geoteknisk utredning av sonene 322 Lystad, 1878 Lystad sør og 709 Sundhagen.		Dokumentnr./Document no. 20100119-00-7-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Oppdragsgiver/Client NVE Region øst	Dato/Date 2013-06-24
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract NGI		Rev.nr.&dato/Rev.no.&date 2 / 2016-09-23
Distribusjon/Distribution BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/Keywords kvikkleire, utredning, skjærfasthet, stabilitet, sikring		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Norge, Akershus	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Fet, Sørums	Feltnavn/Field name
Sted/Location Fetsund, Lystad	Sted/Location
Kartblad/Map 1914-1	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: 32 Øst: 623510 Nord: 6650535	Koordinater/Coordinates Projeksjon, datum: Øst: Nord:

Dokumentkontroll/Document control Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/ Self review by:	Sidemanns- kontroll av/ Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/ Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/ Inter- disciplinary review by:
0	Originaldokument	2013-01-24 Håkon Heyerdahl	2013-01-24 Øyvind A. Høydal		
1	Rev. Sikringsomfang og farevurdering	2016-01-28 Håkon Heyerdahl/ Søren Holm	2016-02-01 Bjørn Kalsnes		
2	Digital leveranse (SOSI/dataark) inkludert	2016-09-23 Håkon Heyerdahl/ Søren Holm/ Eivind M. Paulsen	2016-09-23 Bjørn Kalsnes		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 23. september 2016	Prosjektleder/Project Manager 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 datterselskaper i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

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 laboratories in Oslo, a branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

