



TRONDHEIM KOMMUNE

Kommunalteknikk

Rapport fra Geoteknisk avdeling

R.1577-3-rev.02

Kristiansten barnehage. Områdestabilitet

Dato: 03.10.2013



**TRONDHEIM KOMMUNE**Kommunalteknikk
Geoteknisk avdeling

Rapport R1577-3	KRISTIANSTEN BARNEHAGE		
	Områdestabilitet		
Trondheim den:	03.10.2013		
Rev. nr. / dato:	02 / 13.08.2014 (endelig versjon)		
Oppdragsgiver:	Utbyggingsenheten	Oppdrag ved: Kristin H. Bjerge	
Repr. punkt:	Euref 89. øst: 570 620	Euref 89 nord: 7 033 840	
Sted:	Singsaker	Antall tekstsider:	12
		Antall bilag:	1
Emneord:	Områdestabilitet	Kvikkleire	
Saksbehandler:	Kvalitetssikrer:		
<i>Konstantinos Kalomoiris</i> Konstantinos Kalomoiris	<i>Tone Furuberg</i> Tone Furuberg		

Sammendrag:

Kommunalteknikk ved Geoteknisk avdeling fikk i oppdrag av Kristin H. Bjerge, Utbyggingsenheten, å gjøre en vurdering av områdestabilitet for Kristiansten barnehage. I tilfelle utilstrekkelig stabilitet skal det også vurderes hvilke tiltak som er nødvendig for å oppnå vesentlig forbedring av stabilitet i hht NVEs retningslinje, og om det er realistisk å få gjennomført disse tiltakene.

Barnehagetomta ligger i utløpssone for Tyholt-Singsaker kvikkleiresone klassifisert i lav faregradsklasse, og kan bli rammet av eventuelt kvikkleireskred fra skråningen sørøst for tomta. I tillegg må det vurderes om initialras i nedre del av sonen kan forplante seg og utløse skred som så kan ramme barnehagetomta.

Det er gjort stabilitetsberegninger i 3 profiler på både total- og effektivspenningsbasis. NVE retningslinje 2-2011 stiller krav til materialfaktor lik eller høyere enn 1,4. Beregningene viser at materialfaktoren er over 1,4 i alle profiler. Utførte grunnundersøkelser viser at det ikke er sammenhengende kvikkleirelag som muliggjør at et initialras i Duedalen kan utløse skred i skråningen ovenfor barnehagetomta. Det er dermed dokumentert at det er tilfredsstillende sikkerhet mot kvikkleireskred for ny barnehage i Festningsgata 36.

Faresonen er oppklassifisert fra lav til middels faregradsklasse.

Kommentarer fra Rambølls kontroll av andre utgave av rapporten (Rev.01) er innarbeidet i denne revisjonen av rapporten (Rev.02). Rambølls kontroll er oppsummert i verifikasjonsrapport 1350000081 nr. 01 rev.01. Alle tidligere kommentarer er lukket.

1. INNLEDNING

1.1 Prosjekt

Kommunen skal bygge barnehage i Festningsgata 36 i en eksisterende bunker med nytt påbygg. Gjeldende reguleringsplan stiller krav om geoteknisk prosjektering før igangsettingstillatelse kan gis, og dokumentasjon av sikkerhet mot kvikkleireskred før rammetillatelse kan gis. Tomta ligger i utløpssonen for kvikkleiresonen "Singsaker – Tyholt" som er klassifisert i lav faregradsklasse.

Barnehageområdet må dokumenteres å være skredsikkert, jfr. PBL §28-1 og 3, og TEK10, kapittel 7, som stiller krav til skredsikkerhet for ny bebyggelse.

NVE retningslinje 2-2011, ref. /1/, med vedleggene "Vurdering av områdestabilitet ved utbygging på kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper" og "Kartlegging og vurdering av skredfare i arealplaner" beskriver *hvordan* skredsikkerhet kan dokumenteres.

1.2 Oppdrag

Kommunalteknikk ved Geoteknisk avdeling fikk i oppdrag av Kristin H. Bjerge, Utbyggingsenheten, å gjøre en vurdering av områdestabilitet for Kristiansten barnehage. I tilfelle utilstrekkelig stabilitet skal det også vurderes hvilke tiltak som er nødvendig for å oppnå vesentlig forbedring av stabilitet i hht NVEs retningslinje, og om det er realistisk å få gjennomført disse tiltakene.

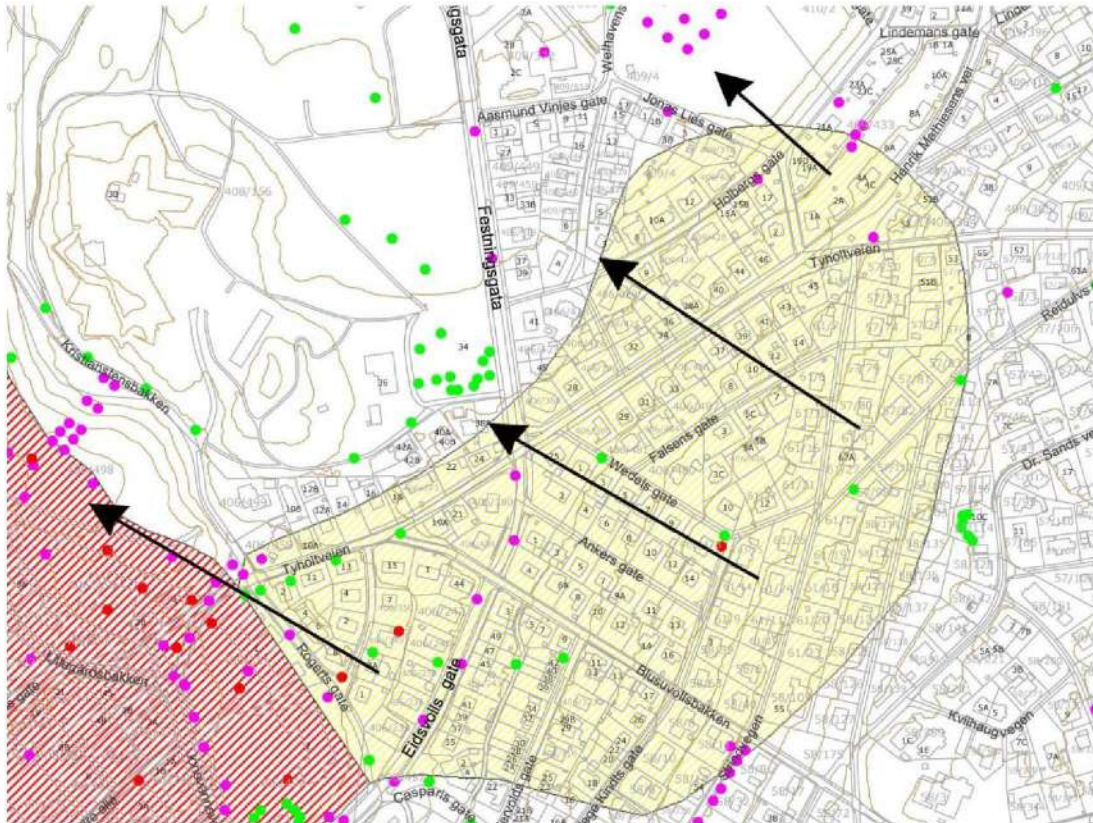
I denne rapporten er det angitt hvilke beregningsmetoder som skal benyttes og hvilke sikkerhetsprinsipper som legges til grunn for vurderingene. Videre presenteres resultater av stabilitetsberegninger for dagens tilstand og vurdering av om sikkerheten mot kvikkleireskred er tilfredsstillende ihht NVE retningslinjer 2-2011. Rapporten inneholder også tolkning av ødometerforsøk og utførte trykksonderinger (CPTU). Der er også gitt en oversikt over rapporter med grunnundersøkelser som inngår i beregningsgrunnlaget. Det framgår av situasjonskart, tegning nr. 102, hvilke data som er tatt med i denne vurderingsrapporten.

I henhold til NVE retningslinje 2-2011, ref. /1/, er det nødvendig med uavhengig kontroll av det geotekniske beregningsgrunnlaget og stabilitetsutredningen for den nye barnehagen. **Uavhengig kontroll er foretatt av Rambøll Norge AS, ref /2/. Rapporten er revidert i tråd med Rambølls merknader.**

1.3 Kvikkleire

NVEs kvikkleireveileder, vedlegg til NVE retningslinje 2-2011, omhandler bygging i og nedenfor områder med "sprøbruddmaterialer". I praksis er sprøbruddmaterialer leire med sensitivitet ≥ 15 og omrørt skjærfasthet < 2 kPa. Kvikkleire er også et sprøbruddmateriale. For at leira skal være kvikk må den omrørte skjærfastheten være $< 0,5$ kPa.

I forbindelse med reguleringsplanen må den reelle faren for kvikkleireskred utredes. Når dette ikke er gjort i forbindelse med reguleringsplanen, må det gjøres i byggesaken, som i dette tilfellet.



Figur 1: Kvikkleiresonene ved den nye Kristiansten barnehage (Fesningsgata 36). Pilene angir mulige skredretninger

Barnehagetomta ligger i utløpssone for Tyholt-Singsaker kvikkleiresone klassifisert i lav faregradsklasse, se figur 1, og kan bli rammet av kvikkleireskred fra skråningen sørøst for tomte. Tyholt-Singsaker kvikkleiresone grenser i sørvest mot Øvre Bakklandet-Singsaker kvikkleiresone, klassifisert i høy faregradsklasse.

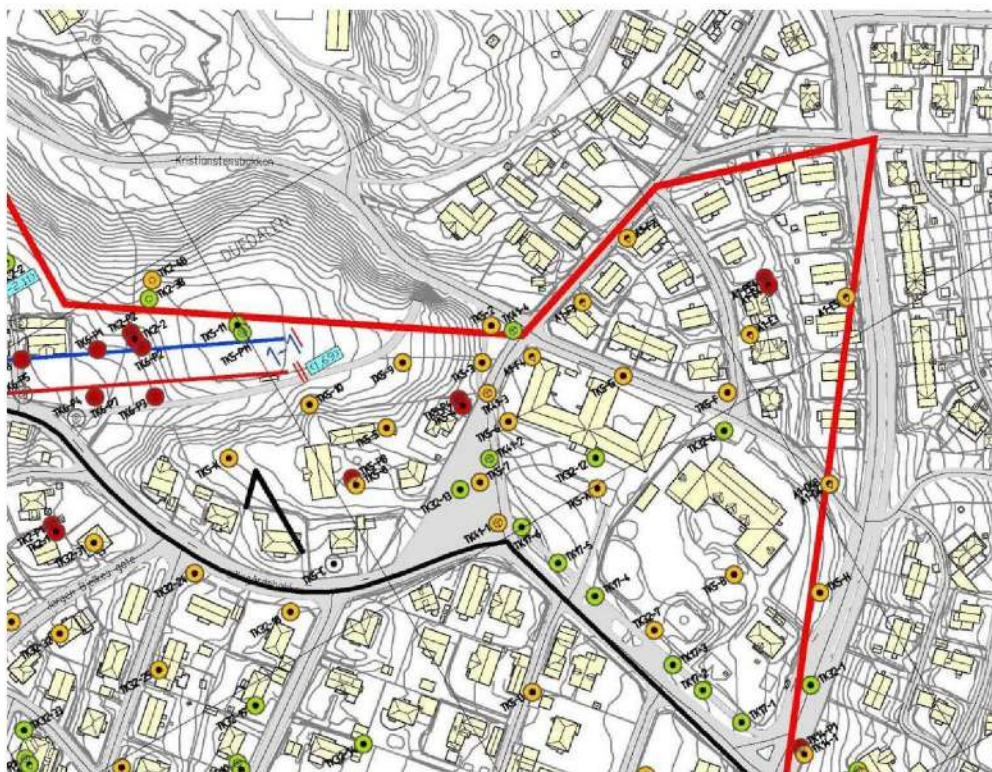
De nylige utførte grunnundersøkelsene i Tyholt-Singsaker kvikkleiresone, ref. /3/, /4/, og /5/ viste at det ligger en stor kvikkleireforekomst under størstedelen av kvikkleiresonen og nordvest for den. Beliggenhet av sprøbruddeleire er vist på tegning 121. Grensen for Tyholt-Singsaker kvikkleiresone er trukket noe for langt mot øst, og kvikkleiresonen strekker seg lenger mot **nord-nordvest** enn det som er vist på NGUs kvikkleirekart.

I tillegg til stabiliteten i selve skråningen ovenfor tomte må det derfor i forbindelse med utredningen av den reelle faren, vurderes om initialras i området kan forplante seg og utløse skred i skråningen ovenfor barnehagetomte og om utløpsmasser fra dette skredet så kan ramme barnehagetomte. De mulige skredretninger som skal vurderes er tegnet inn i figur 1.

Krav til forbedring av stabilitet avhenger av tiltakskategorien for planlagt utbygging, faregradsklassen for kvikkleiresonen og beregnet materialfaktor. Ny barnehage klassifiseres i tiltaksklasse K3, noe som medfører krav om "vesentlig forbedring" av materialfaktoren. Kvikkleiresonen er klassifisert på nytt, på grunnlag av de nylige utførte grunnundersøkelsene. Faresonen er oppklassifisert fra lav til middels faregradsklasse, bilag 1, noe som medfører strengere krav ved utføring av tiltak, jfr. NVEs kvikkleireveileder. Klassifiseringen er gjennomført ihht ref. /6/.

1.4 Skredretning mot Duedalen

Multiconsult AS har tidligere i forbindelse med et forprosjekt for Gløshaugen – Bakklandet kvikkleireutredning, ref. /7/, gjennomgått alle utførte grunnundersøkelsene i området og klassifisert dem med hensyn på sprøbruddleirestatus; der påvist sprøbruddleire i prøve vises med rød, antatt eller usikker bedømmelse av sprøbruddleire med oransje, og ikke påvist eller antatt sprøbruddleire med grønn, figur 2.



Figur 2: Utklipp fra Multiconsult tegning 2 i rapport 414871-001 Gløshaugen bakklandet kvikkleireutredning. Pilene angir mulige skredretninger

Det er flere punkt med antatt eller påvist sprøbruddleire i denne delen av sonen, nær Duedalen, men (borpunktbetegnelse viser til situasjonskartet i tegning 102):

- ∞ Kommunes borpunkt TK6-4 viser ikke sprøbruddleire til antatt fjell, 15,90 m under terreng
- ∞ Kommunes borpunkt TK6-2 viser ikke sprøbruddleire til antatt fjell, 15,00 m under terreng
- ∞ Kommunes borpunkt TK4-6 viser ikke sprøbruddleire til antatt fjell, 30 m under terreng
- ∞ Statens vegvesens borpunkt STV-F1 til -F3 viser ikke sprøbruddleire i de øverste 10 m.
- ∞ Statens vegvesens borpunkt STV-F4 viser ikke sprøbruddleire i de øverste 5 m, og kun et mulig tynt sprøbruddleirelag.

Grunnundersøkelsene viser med andre ord at det ikke ligger noe tykt og sammenhengende lag av sprøbruddleire i skredretningen mot Duedalen. Et initialras i Duedalen vil derfor ikke kunne utløse skred i skråningen ovenfor barnehagetomta, og vil stoppe før det har nådd Eidsvolls gate.

2. BEREGNINGSFORUTSETNINGER

2.3 Generelt

Hvis det kan vises at sikkerheten mot kvikkleireskred i de 3 gjenstående skredretningene i figur 1 er tilfredsstillende er den nye barnehagen skredsikker.

Stabilitetsberegninger skal utføres både ved totalspenningsanalyse (udrenert korttidstilstand) og effektivspenningsanalyse (drenert langtidssituasjon).

Materialfaktor fra totalspenningsanalysen vurderes som kritisk for terrengendringer eller lastendringer. Effektivspenningsanalysen vurderes som representativ for langtidssituasjonen for skråningene slik de står i dag, eventuelt også for en sakte terrengendring dersom dette ikke medfører udrenerte spenningsendringer.

Stabilitetsanalyse utføres med beregningsprogrammet Geosuite Stabilitet, en del av Geosuite-pakken. Programmet baserer seg på en likevektsbetraktning for potensielle bruddflater. Stabilitetsberegningene skal utføres for en plan spenningstilstand.

2.4 Beregningsprofiler

Det er utført beregninger i 3 profiler. Beliggenhet av profilene er vist på situasjonskartet, tegning 102. Profiler med antatte laggrenser er vist på tegningene 111 – 113. Laggrensene er tegnet på grunnlag av nye og tidligere boringer.

2.5 Geometrieffekter

Alle beregninger er utført for en plan spenningstilstand. Det betyr at profilets bredde antas å være uendelig. Dette er en konservativ antagelse, men her er det ikke noe betydelig romvirkning i noen av profilene, så antagelsen er fornuftig.

2.6 Grunnforhold

Terrenget stiger fra Festningsgata/Eidsvoll's gate og østover i kvikkleiresonen med helning 1:8 i gjennomsnitt, og kotehøyder ligger fra 50 til 90 moh.

Det er gjort flere grunnundersøkelser i forbindelse med kvikkleireutredningen for Kristiansten barnehage, ref. /3/, /4/ og /5/. Grunnen i vestre del av kvikkleiresonen består hovedsakelig av et topplag av tørrskorpeleire/fyllmasser over bløt til middels fast kvikk-/sprøbruddeleire til stor dybde. Kvikkleirelaget avtar i tykkelse og ligger noe dypere i østre del av sonen.

Helt øst i kvikkleiresonen er det ikke antatt eller påvist kvikk eller sensitiv leire, og fjellovergangen ligger relativt grunt.

Mot nordvest er kvikkleirelaget begrenset av Festningsgata, mens helt i nord strekker kvikkleirelaget seg under Rosenborg idrettsplass. Kvikkleire er ikke kartlagt nord for Idrettsplassen da dette ikke har noen betydning for områdestabilitetsutredningen for den nye barnehagen.

Leira som ikke er kvikk eller sensitiv er middels fast til fast. Enkelte siltlag er også registrert. For detaljer om grunnforholdene vises det til ref. /3/, /4/ og /5/.

2.7 Tidligere undersøkelser

Det er tidligere gjort grunnundersøkelser i området, de fleste undersøkelser er gjort i sørvest mot Duedalen og helt i nord. Rapportene er listet opp nedenfor.

Trondheim Kommune:*R.52 Framhaldsskolen på Rosenborg**R.418 Sporvegstracéer Midtbyen**R.421 Tilfluktstunnel Holbergsgt**R.1006 Duedalen**R.1293 Rosenborgbanen**R.1313 Tyholtveien**R.1396 Rosenborg skole*NGI:*84050 Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred*Statens vegvesen:*Med mer606A Tunneltrase mellom Lerkendal og Bakkegata*

Situasjonskart og profiler viser resultater som er benyttet i denne rapporten.

2.8 Grunnvannstand – poretrykk

Det er utført poretrykksmålinger i 2 punkt som viser at grunnvannstanden ligger ca 1,5 m under terreng sentralt i kvikkleiresonen, og 5,40 meter under terreng i skråningen øst for idrettsbanen. Poretrykket øker hydrostatisk og noe høyere enn hydrostatisk med dybden henholdsvis. Poretrykksmålingene gir tilstrekkelig grunnlag for å anta følgende poretrykksfordelinger der disse er utført:

Tabell 1 Oppsummering av poretrykksmålinger

Rapport nr., borehull nr.	GV dybde (m)	GV kote (m)	Poretrykksøkning
R.1577-1, 8	1,50	+61,07	Hydrostatisk med dybden
R.1577-2, 8	5,40	+55,60	137 % Hydrostatisk med dybden

For punkt R.1577-2, 8 er poretrykket modellert med antatt grunnvannstand 3,50 m under terreng og hydrostatisk fordeling med dybden. På den måten blir poretrykket noe høyere enn målt til 10 m dybde, der den kritiske bruddflaten for effektivspenningsanalyse forventes å ligge, og noe lavere under 10 m dybde, noe som ikke har noe stor betydning for beregningene. **Ved å bruke noe høyere poretrykk enn det som er målt** tas det også høyde for årstidsvariasjoner i for grunnvannsstand i den skråningen.

3. MATERIALPARAMETERE**3.3 Tyngdetetthet**

For de stedlige massene er tyngdetetthet bestemt ut fra utførte laboratorieundersøkelser.

3.4 Udrenert skjærfasthet

Valg av udrenert skjærfasthet er prioritert i forhold til følgende:

1. CPTU – tolkning
2. Laboratorieundersøkelser (konus- og enaksiale trykkforsøk) på 54 med mer prøver.

Tolket aktiv skjærfasthet fra CPTU er vist i tegning 171 – 174. Tolkning av CPTU sonderingene er utført på grunnlag av poretrykksfaktoren $N_{\Delta u}$ og spissmotstandsfaktoren N_{kt} , som gitt i ref. /8/:

$$\begin{array}{ll} \text{Poretrykbasert} & s_{uA}=(u_2-u_0)/N_{\Delta u} \\ \text{Spissmotstandbasert} & s_{uA}=(q_t-\sigma_{v0})/N_{kt} \end{array}$$

Det er lagt hovedvekt på følgende verdier ved bestemmelse av aktiv udrenert skjærfasthet:

$S_t < 15$:

$$N_{kt}=7,8+2,5*\log OCR+0,082*I_p \quad N_{\Delta u}=6,9-4,0*\log OCR+0,07*I_p$$

$S_t > 15$:

$$N_{kt}=8,5+2,5*\log OCR \quad N_{\Delta u}=9,8-4,5*\log OCR$$

OCR og I_p er henholdsvis overkonsolideringsgrad og plastisitetsindeks. OCR er bestemt på grunnlag av ødometerforsøk og antatt tidligere terreng. I_p er bestemt ved laboratorieundersøkelser.

Parametrene som ble brukt i tolkning av CPTU er plastisitetsindeksen, in situ poretrykk, romvekt og sensitivitet. Disse er bestemt ved felt- og laboratorieundersøkelser.

Ved tolking av CPTU er det benyttet romvekt $19,5 \text{ kN/m}^3$. In situ poretrykk er bestemt ved poretrykksmålinger i de aktuelle punkter, eller vurdert ut fra måling i nærliggende punkter, se avsnitt 2.6. Sensitiviteten er vurdert på grunnlag av konusforsøkene.

Generelt er $N_{\Delta u}$ benyttet ved B_q – verdi (poretrykksrespons) høyere enn 0,5 og N_{kt} er benyttet ved B_q lavere enn 0,5. For de valgte korrelasjonene for $N_{\Delta u}$ – og N_{kt} – faktorene skiller det mellom leire med sensitivitet (S_t) lavere og høyere enn 15.

Designverdien for aktiv udrenert skjærfasthet er vist med stiplet linje i tokningsdiagrammene i tegning 171 – 174. Design verdien er sammenlignet med tolket SHANSHEP skjærstyrke og er i alle tilfeller antatt høyere enn skjærfasthet for normalkonsolidert leire, $s_{uNC}=0,28p_0$.

SHANSHEP fastheten er beregnet vha følgende formel:

$$s_{uA}=\alpha p_0 \cdot OCR^m$$

hvor α og m er faktorer, p_0 er in situ effektivspenning og OCR er overkonsolideringsgrad. Her er det valgt $\alpha=0,30$ og $m=0,60$ for tolking av aktiv skjærstyrke, ref /8/.

Overkonsolideringsgrad er tolket fra ødometerforsøk (avsnitt 3.5) og er lik 1,2. Det er brukt samme OCR, α - og m - faktor i hele området, mens p_0 varierer for hvert punkt.

I større dybder der det ikke foreligger målinger, er det antatt økende skjærfasthet med dybden. Det er gjort ekstrapolering av overliggende målinger.

I Geosuite legges det inn en fasthetsreduksjon på 15 % av design skjærfasthet når denne er bestemt fra CPTU (fasthetsreduksjonen legges inn i beregningene, ikke ved tolking av skjærfastheten). Vurdering av leiras sensitivitet er basert på utførte laboratorieundersøkelser og vurdering/ tolkning av sonderinger (trykk- og dreietrykkssondering).

For den faste leira er det valgt designverdier for udrenert skjærfasthet ut fra en vurdering av tilgjengelige grunnundersøkelser som er relevante for det enkelte profil og SHANSHEP.

3.5 Su-profiler

Udrenert skjærfasthet er modellert vha s_u -profiler i Geosuite. Det er valgt å legge inn su-profiler i bestemte knekkepunkt i profilen. Su-verdien er valgt på grunnlag av avsnitt 3.2. Følgende su-profiler er brukt i hver profil, fra vest til øst:

Tabell 2 Benyttede aktive s_u -profiler

Nærliggende punkt	Aktiv s_u	Grunnlag
Profil A		
TK7-4	60-120 kPa, z=52,73-32,00 m	Laboratorieundersøkelser, Shanshep
TK7-7	60-75 kPa, z=55,31-50,01 m 40-50 kPa, z=50,00-44,01 m 90-180 kPa, z=44,00-15,24 m	Laboratorieundersøkelser, Shanshep
TK7-8	40-170 kPa, z= 58,54-15,00 m	CPTU: 40kPa+2,9*(d-4)
TK7-9	53-70 kPa, z=68,78-57,85 m 55-123 kPa, z=57,84-41,31 m	CPTU: 50kPa+1,67*(d-3), d=3-15 m 55kPa+4,1*(d-15), d=15-32 m
NGI-141	60-96 kPa, z=74,00-62,01 m 60-109 kPa, z=62,00-50,01 m 120-155 kPa, z=50,00-41,30 m	Shanshep, CPTU i TK7-9
TK7-10	70-120 kPa, z=82,00-66,66 m	Shanshep, erfaringsverdier
Profil B		
	40-122 kPa, z=48,50-21,00 m	Shanshep, erfaringsverdier
TK8-4	40-183 kPa, z=52,90-5,39 m	CPTU i TK8-2, laboratorieundersøkelser
TK8-2	40-160 kPa, z=60,10-20,24 m	CPTU: 40kPa+3*(d-4)
TK8-1	50-80 kPa, z=67,69-57,20 m 60-97 kPa, z=57,19-45,00 m 117-145 kPa, z=44,99-35,00 m	Laboratorieundersøkelser, Shanshep
	60-130 kPa, z=77,00-54,12 m	Shanshep, erfaringsverdier
Profil H		
	40-130 kPa, z=48,51-15,00 m	Laboratorieundersøkelser, Shanshep
	40-137 kPa, z=51,00-15,00 m	Shanshep, erfaringsverdier
TK8-8	40-70 kPa, z=58,00-47,00 m 70-140 kPa, z=47,00-30,00	CPTU: 40kPa+2,7*(d-3), d=3-14 m Shanshep, d=14-36 m
TK8-9	50-158 kPa, z=70,00-30,00 m	Shanshep, erfaringsverdier

3.6 Effektiv skjærfasthet

Bestemmelse av effektive skjærfasthetsparametere for leira er basert på erfaringsverdier. Benyttede verdier er vist i Tabell 3.

Tabell 3 Benyttede verdier for effektiv skjærfasthet.

Materiale	Friksjonsvinkel (°)	Tangent (-)	Attraksjon (kPa)	Kohesjon (kPa)
Tørskorpeleire	31	0,60	0	0
Fast leire	25	0,47	10,6	5
Kvikkleire	22	0,40	6,25	2,5

Det er valgt konservative benyttede verdier da det ikke foreligger data fra treaksialforsøk.

3.7 Overkonsolidering

Tolking av de utførte ødometerforsøkene er vist i tabell 4.

Tabell 4 Konsolideringsgrad fra utførte ødometerforsøk.

Borpunkt	Dagens terreng kote (TK lokal)	GVS (m under terreng)	γ (kN/m ³)	Dyp (m)	Tolket p_c' (kPa)	p_0' (kPa)	OCR = p_c'/p_0'
R.1577, 8	62,56	1,5	19,5	14,45	175	152,3	1,15
R.1577-2, 4	56,94	1,5	19,5	9,35	115	103,8	1,11

Ødometerforsøk viser at leira i området er tilnærmet normalkonsolidert, **det er valgt OCR=1,2.**

3.8 Anisotropi

I beregningene tas det hensyn til spenningsanisotropien i leira. Udrenert skjærfasthet varierer med hovedspenningene (ADP-analyse). Utgangspunktet er udrenert aktiv skjærfasthet s_{uA} som er tolket fra CPTU-sonderingene og laboratorieundersøkelsene. Direkte og passiv skjærfasthet er beregnet ut fra følgende formler:

$$s_{uD}=0,7s_{uA}$$

$$s_{uP}=0,4s_{uA}$$

Det er ikke utført passive treaksialforsøk eller direkte skjærforsøk i dette prosjektet. De anvendte anisotropiforhold er i henhold til erfaringer fra tidligere forsøk utført av flere konsulentfirmaer. Bruk av de angitte verdier vurderes å ta hensyn til prinsippet om tøyingskompatibilitet. Det samme gjelder fasthetsreduksjon på 15 % som er foretatt for sprøbruddeleire når designskjærfasthet er bestemt på grunnlag av CPTU, og som skal ivareta både sprøbruddegenskaper og prinsippet om tøyingskompatibilitet.

3.9 Kvalitet av undersøkelser

Grunnundersøkelsene ble utført i henhold til NGF meldinger og håndbøker fra Statens Vegvesen, **ref. /9/ til /16/.**

CPTU-sonden ble sist kalibrert 13.09.2013. For CPTU sonderingene som er utført før den tida var sonden sist kalibrert 27.01.2012. Resultatene tyder ikke på uakseptabel kvalitet. Det er tilfredsstillende kvalitet i henhold til NGF melding nr.5, **ref. 10.**

Trykksonderingen 9 i R.1577 og trykksonderingene 2 og 8 i R.1577-2 har en helning som er større enn 2° i bunnen av sonderingen. Grunnen er trolig at sonderingene er ført til stor dybde. Ved tolking av CPTU er det ikke korrigeret for dette avviket, da det ikke vil ha stor betydning i relevante dybder, opp til 20 m under terreng. For den store sammenhengen anses dette avviket som ubetydelig.

3.10 Krav til materialkoeffisient

Krav til materialkoeffisient er gitt i NVE retningslinje 2-2011, i tabell 3.1, i vedlegg 1 til retningslinjen.

Ny barnehage klassifiseres i tiltakskategori K3. Hvis materialfaktor $\gamma_m=1,4$, ikke kan oppnås må man se på hva som er mulig å få til av stabiliserende tiltak for å oppnå ”vesentlig forbedring” av materialfaktor, altså tilfredsstillende stabilitet. Et kompliserende forhold i så måte er at området er tettbebygget, det er ikke plass til topografiske endringer som kunne forbedre stabiliteten.

4. STABILITETSBEREGNINGER OG –VURDERINGER

4.3 Generelt

Det er gjort stabilitetsberegninger i 3 profiler. Profil A er dekkende for søndre del av sonen, mens profil E er dekkende for nordre del av sonen. Profil H omfatter lokalstabiliteten ved Rosenborgbanen. I dagens situasjon er krav til materialfaktor i NVE retningslinje 2-2011, oppfylt i alle profiler. Nedenfor er det gitt en oppsummering av stabilitetsberegningene for hver profil.

4.4 Resultat fra stabilitetsberegninger

Profil A

Udrenert skjærfasthet er bestemt på grunnlag av tolket CPTU, laboratorieundersøkelser og Shanshep metoden. I Geosuite er det lagt inn en fasthetsreduksjon på 15 % i lag med kvikk- eller sprøbruddleire. Videre er materialfaktoren beregnet for plan spenningstilstand. For totalspenningsanalyse oppnås materialkoeffisient $\gamma_m=1,41$, 1,60, og 2,15, mens for effektivspenningsanalyse oppnås materialkoeffisient $\gamma_m=1,89$. Stabiliteten er tilfredsstillende både på totalspenningsbasis og effektivspenningsbasis.

Profil E

Udrenert skjærfasthet er bestemt på grunnlag av tolket CPTU, laboratorieundersøkelser og Shanshep metoden. I Geosuite er det lagt inn en fasthetsreduksjon på 15 % i lag med kvikk- eller sprøbruddleire. Videre er materialfaktoren beregnet for plan spenningstilstand. For totalspenningsanalyse oppnås materialkoeffisient $\gamma_m=1,47$, 1,69, og 2,10, mens for effektivspenningsanalyse oppnås materialkoeffisient $\gamma_m=2,04$ og 2,06. Stabiliteten er tilfredsstillende både på totalspenningsbasis og effektivspenningsbasis.

Profil H

Udrenert skjærfasthet er bestemt på grunnlag av tolket CPTU, laboratorieundersøkelser og Shanshep metoden. I Geosuite er det lagt inn en fasthetsreduksjon på 15 % i lag med kvikk- eller sprøbruddleire. Videre er materialfaktoren beregnet for plan spenningstilstand. For totalspenningsanalyse oppnås materialkoeffisient $\gamma_m=1,41$, mens for effektivspenningsanalyse oppnås materialkoeffisient $\gamma_m=1,77$. Stabiliteten er tilfredsstillende både på totalspenningsbasis og effektivspenningsbasis. Etter kommentar fra Rambøll Norge AS er det også utført beregninger med plan glideflate. For totalspenningsanalyse oppnås materialkoeffisient $\gamma_m=1,70$, mens for effektivspenningsanalyse oppnås materialkoeffisient $\gamma_m=2,14$.

4.5 Stabilitetsvurderinger

Det er gjort stabilitetsberegninger i 3 profiler på både total- og effektivspenningsbasis. NVE retningslinje 2-2011 stiller krav til materialfaktor lik eller høyere enn 1,4. Beregningene viser at materialfaktoren er over 1,4 i alle profiler. Et initialras i Duedalen vil dessuten ikke kunne utløse skred i skråningen ovenfor barnehagetomta. Det er dermed dokumentert at barnehageområdet har tilfredsstillende sikkerhet mot kvikkleireskred.

Vi gjør oppmerksom at alle fremtidige tiltak i kvikkleiresonen må dokumenteres mhp påvirkning av skredfaren i kvikkleiresonen.

5. REFERANSELISTE

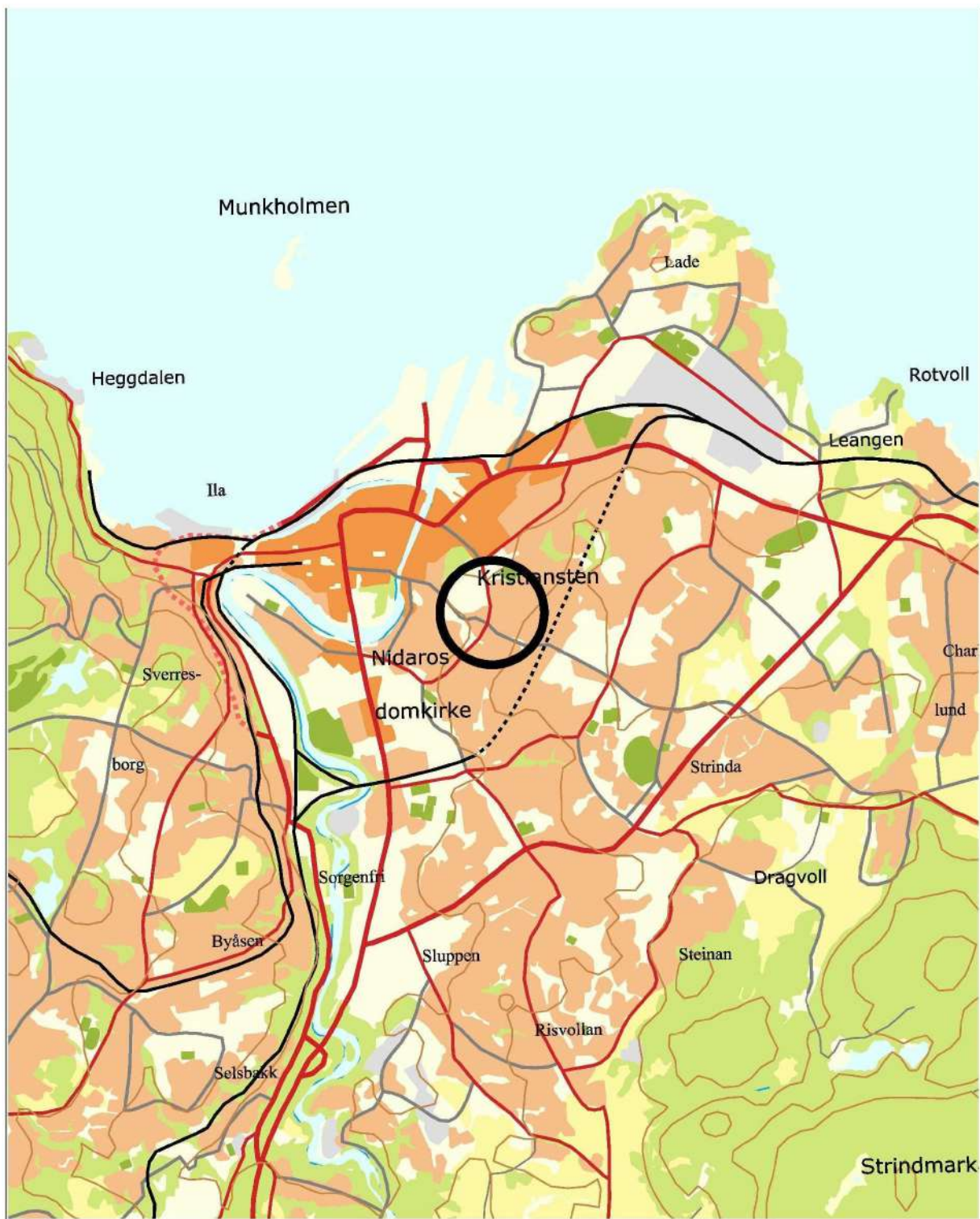
- 01 NVE retningslinje 2-2011 "Flaum- og skredfare i arealplanar"
- 02 Rambølls verifikasjonsrapport 1350000081 nr. 01 rev.01 datert 21.05.2014: "Utført 3. Parts kontroll. Utredning av områdestabilitet i kvikkleiresoner. Kristiansten barnehage"
- 03 Rapport R.1577 Kristiansten barnehage. Trondheim kommune, 01.10.2013, (grunnundersøkelser)
- 04 Rapport R.1577-2 Kristiansten barnehage. Trondheim kommune, 02.10.2013, (supplerende grunnundersøkelser)
- 05 Rapport R.1577-4 Kristiansten barnehage. Supplering Trondheim kommune, 21.01.2014 (supplerende grunnundersøkelser etter 3.parts kontroll)
- 06 Rapport 20001008-2 rev 3 Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire. NGI, 08.10.2008
- 07 Rapport 414871-001 Gløshaugen Bakklandet kvikkleireutredning. Geoteknisk vurdering – Forprosjekt. Multiconsult AS, 14.10.2011
- 08 Karlsrud, K., Lunne, T. Kort, D.A., Strandvik, S. (2005) "CPTU Correlations for Clays"
- 09 NGF melding nr. 3 Dreiesondering
- 10 NGF melding nr. 5 Trykksondering
- 11 NGF melding nr. 6 Grunnvannstand og poretrykk
- 12 NGF melding nr. 7 Dreietrykksondering
- 13 NGF melding nr. 9 Totalsondering
- 14 Statens vegvesen, håndbok 015, Feltundersøkelser
- 15 Statens vegvesen, håndbok 280, Geoteknisk felthåndbok
- 16 Statens vegvesen, håndbok 016, Geoteknikk i vegbygging

6. TEGNINGSLISTE

<i>Tegning</i>	<i>Revisjon</i>	<i>Tema</i>
101	00	Oversiktskart
102	01	Situasjonskart, målestokk 1:2000
111	01	Profil A, målestokk 1:500
112	01	Profil E, målestokk 1:500
113	02	Profil H, målestokk 1:500
121	01	Utbredelse av sprøbruddleire
171	01	CPTU 8 fra rapport R.1577. Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet
172	01	CPTU 9 fra rapport R.1577. Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet
173	01	CPTU 2 fra rapport R.1577-2. Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet
174	01	CPTU 8 fra rapport R.1577-2. Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet

7. BILAGSLISTE

<i>Bilag</i>	<i>Tema</i>
01	Klassifisering av Tyholt-Singsaker kvikkleiresone i forhold til NGI rapport 20001008-2 rev 3



Kristiansten barnehage
 Områdestabilitet
 Oversiktskart

Tegnet:	2FX
Godkjent:	
Saksbeh:	2FX
Dato:	30.09.2013
Målestokk:	
Prosjekt nr. R.1577-3	Tegn.nr. 101



TRONDHEIM KOMMUNE



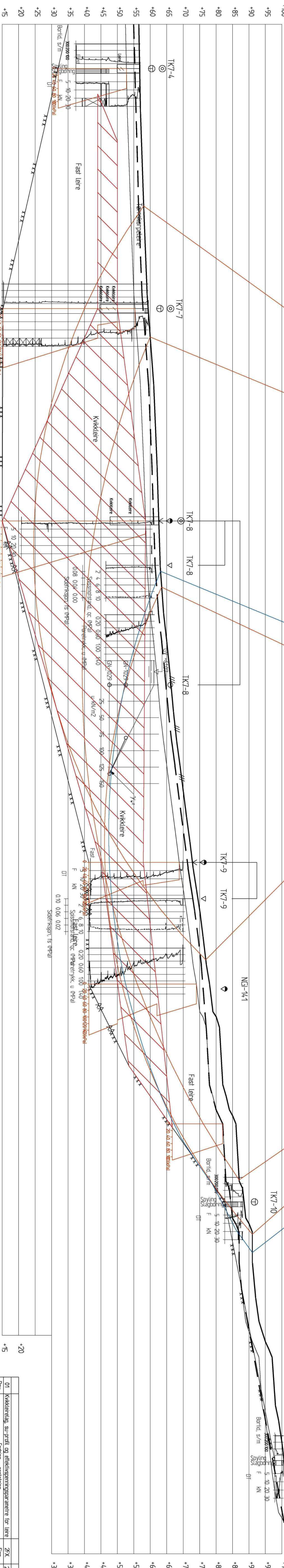
<p>Y5714,00</p>													
<p>Tidligere rapporter Trondheim kommune: TK1 R52 Framhaldskolen på Rosenborg TK2 R418 Sporveigraceer Midtbyen - Universitetet TK3 R421 Tiltaksstunnel Holbergsgt. TK4 R1006 Duedalen TK5 R1293 Rosenborgbanen TK6 R1313 Tyholtsveien 4-8 TK7 R1577 Kristiansten barnehage TK8 R1577-2 Kristiansten barnehage Supplering TK9 R1577-4 Kristiansten barnehage Supplering TK10 R1396 Rosenborg skole</p>	<p>Andre: NGI Rapport 84050 Kvikkleirekanlegg, NGI STV Rapport Ud606A Tunneltrase mellom Lerkendal og Bakkegata, Statens vegvesen</p>												
<p>TEGNFORKLARING:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td>● Dreiesondring</td> <td>⊛ Fjellkontrollboring</td> <td>⊙ Prøveserie</td> <td>⊕ Poretrykkmåling</td> </tr> <tr> <td>○ Enkelt sondring</td> <td>⬇ Dreietrykksondring</td> <td>□ Prøvegrav</td> <td>⚡ Fjell i dagen</td> </tr> <tr> <td>▽ Trykksondring</td> <td>⊕ Totalsondring</td> <td>+ Vingebaring</td> <td>○ Torvdybemåling</td> </tr> </table> <p>Barull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)</p> <p>Kartplan (x,y) Eurf 89 - UTM32, høydereferanse: NN2000</p>		● Dreiesondring	⊛ Fjellkontrollboring	⊙ Prøveserie	⊕ Poretrykkmåling	○ Enkelt sondring	⬇ Dreietrykksondring	□ Prøvegrav	⚡ Fjell i dagen	▽ Trykksondring	⊕ Totalsondring	+ Vingebaring	○ Torvdybemåling
● Dreiesondring	⊛ Fjellkontrollboring	⊙ Prøveserie	⊕ Poretrykkmåling										
○ Enkelt sondring	⬇ Dreietrykksondring	□ Prøvegrav	⚡ Fjell i dagen										
▽ Trykksondring	⊕ Totalsondring	+ Vingebaring	○ Torvdybemåling										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">01 Nye grunnundersøkelser tatt med profil H er fortenget</td> <td style="width: 25%;">2FX</td> <td style="width: 25%;">23.01.2014</td> </tr> <tr> <td>Rev. Endring - erstatning</td> <td>Sign.</td> <td>Dato</td> </tr> </table>		01 Nye grunnundersøkelser tatt med profil H er fortenget	2FX	23.01.2014	Rev. Endring - erstatning	Sign.	Dato						
01 Nye grunnundersøkelser tatt med profil H er fortenget	2FX	23.01.2014											
Rev. Endring - erstatning	Sign.	Dato											
<p>Kristiansten barnehage Områdestabilitet</p> <p>Tegningstittel Høydesystem NN2000</p> <p style="text-align: right;">— Sonegrense</p>													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;"> <p>TRONDHEIM KOMMUNE</p> </td> <td>Prosjekt nr. R.1577-3</td> <td>Tegn.nr. 102</td> <td>Rev. 01</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Filbane:</td> </tr> </table>		<p>TRONDHEIM KOMMUNE</p>	Prosjekt nr. R.1577-3	Tegn.nr. 102	Rev. 01	Filbane:							
<p>TRONDHEIM KOMMUNE</p>	Prosjekt nr. R.1577-3		Tegn.nr. 102	Rev. 01									
	Filbane:												

Totalspenningsanalyse

Material	UnWeight	SubWeight	F _i	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørreskorpeler	20,00	10,00	310	0,0				
Fast leire 1	20,00	10,00						
Kvikkleire/Sprø	9,50	9,50						
Fast leire 2	20,00	10,00						
C-prøf	100	0,70	0,40					
C-prøf	0,85	0,60	0,34					
C-prøf	100	0,70	0,40					

Effektivspenningsanalyse

Material	UnWeight	SubWeight	F _i	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørreskorpeler	20,00	10,00	310	0,0				
Fast leire 1	20,00	10,00	250	5,0				
Kvikkleire/Sprø	9,50	9,50	220	25				
Fast leire 2	20,00	10,00	250	5,0				



Profil A-A
1 : 500

Bortlid, s/m
300,000
5 10 20 30
F KN
DT

Bortlid, s/m
300,000
5 10 20 30
F KN
DT

Bortlid, s/m
300,000
5 10 20 30
F KN
DT

Bortlid, s/m
300,000
5 10 20 30
F KN
DT

Bortlid, s/m
300,000
5 10 20 30
F KN
DT

01	Kvikkleirelag, su-profil og effektivspenningsparametre for leire	ZFX	23.01.2014
Rev.	Endring - erstalling	ZFX	

Kristiansten barnehage

Profil A
Total- og effektivspenningsanalyse

Høydesystem NN2000

Prosjekt nr.	R 4577-3	Formål:	A1
Rev.	111	Rev.	01

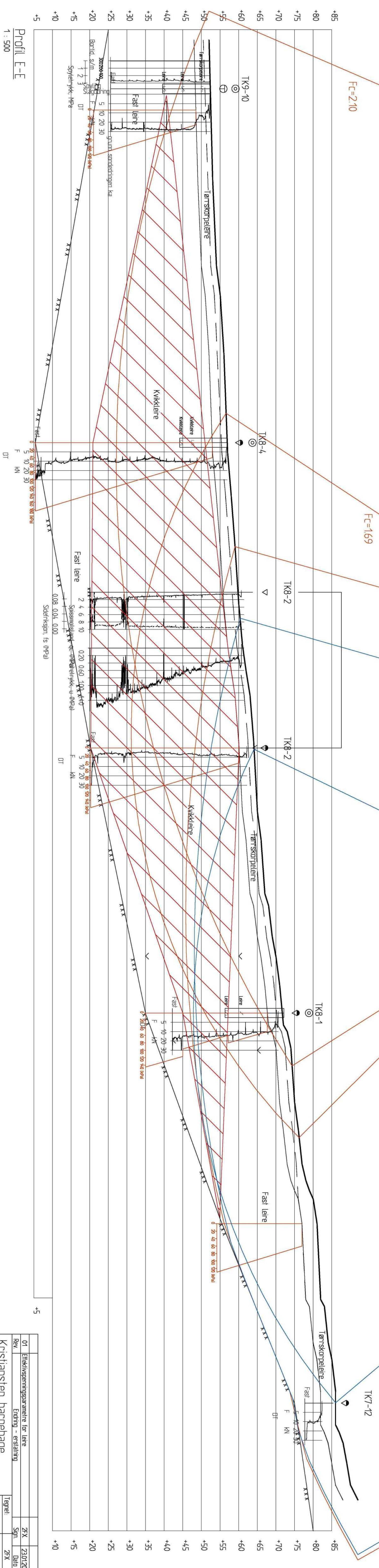
TRONDHEIM KOMMUNE
Filbane

Totalspenningsanalyse

Material	UnWeight	SubWeight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Tørstorpeløire	20,00	10,00	310	0,0				
Fast leire 1	20,00	10,00			C-prof	1,00	0,70	0,40
Kvikkleire/Sprøff	50	9,50			C-prof	0,85	0,60	0,34
Fast leire 2	20,00	10,00			C-prof	1,00	0,70	0,40

Effektivspenningsanalyse

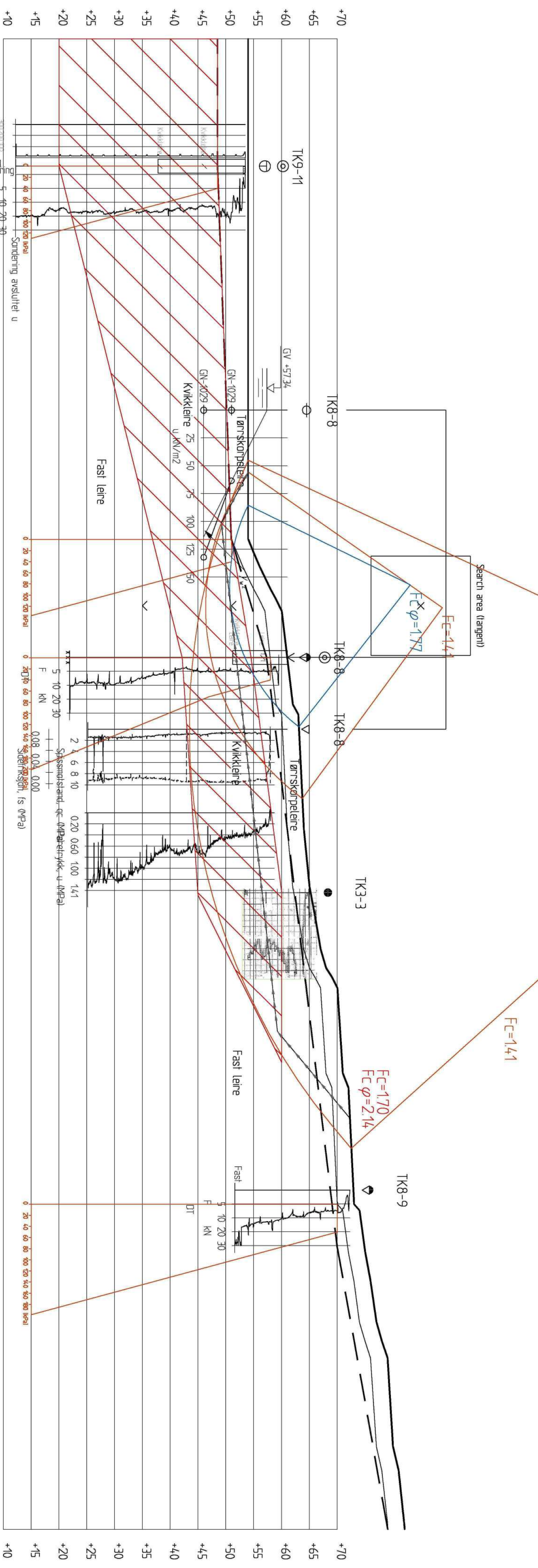
Material	UnWeight	SubWeight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Tørstorpeløire	20,00	10,00	310	0,0				
Fast leire	20,00	10,00	250	5,0				
Kvikkleire	19,50	9,50	220	2,5				
Fast leire	20,00	10,00	250	5,0				



Profil E-E
1 : 500

01	Effektivspenningsparametre for leire	ZFX	23.01.2014
Rev	Endring - erstalling	Sign.	Dato
Kristiansten barnehage			
Profil E			
Total- og effektivspenningsanalyse			
Høydesystem NN2000			
Prosjekt nr.	R1577-3	Tegnr.	112
Filnavn		Rev	01
TRONDHEIM KOMMUNE			

Totalspenningsanalyse							Effektivspenningsanalyse												
Material	Un	Wegh	Sub	Wegh	F	C	Aa	Ad	Ap	Material	Un	Wegh	Sub	Wegh	F	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpeler	Ø2000	10000			310	0.0				Tørrskorpeler	Ø2000	10000			310	0.0			
Fast leire 1	2000	10000								Fast leire 1	2000	10000			250	5.0			
Kvikkleire/Spr	Ø950	950								Kvikkleire/Spr	Ø950	950			220	2.5			
Fast leire 2	2000	10000								Fast leire 2	2000	10000			250	5.0			



Profil H
 1 : 500
 Spleielykk, MPa
 DT

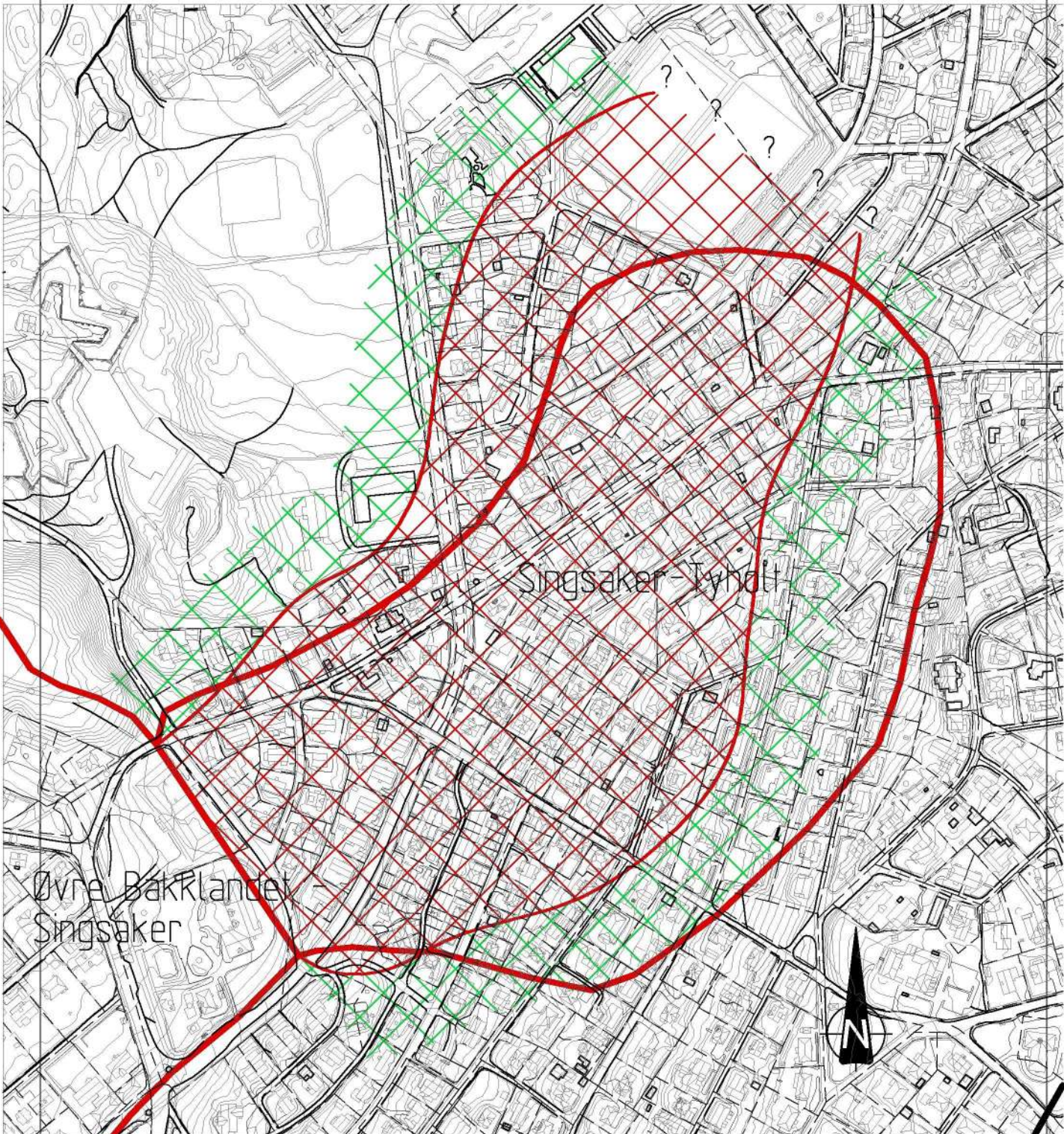
02	Stabilitetsregninger med plan gjeldelate	ZF-X	21052014
01	Kvikkleirelag su-profil, effektivspenningsparametre for leire	ZF-X	23012014
Rev	Endring - erstating	Sign	Dato

Kristiansten barnehage

Profil H
 Total- og effektivspenningsanalyse
 Høydesystem NN2000

Tegn nr.	ZF-X
Dato	30.09.2013
Målestokk	1:500
Formål	A1
Tegn nr.	113
Rev.	02

TRONDHEIM KOMMUNE
 Filbare



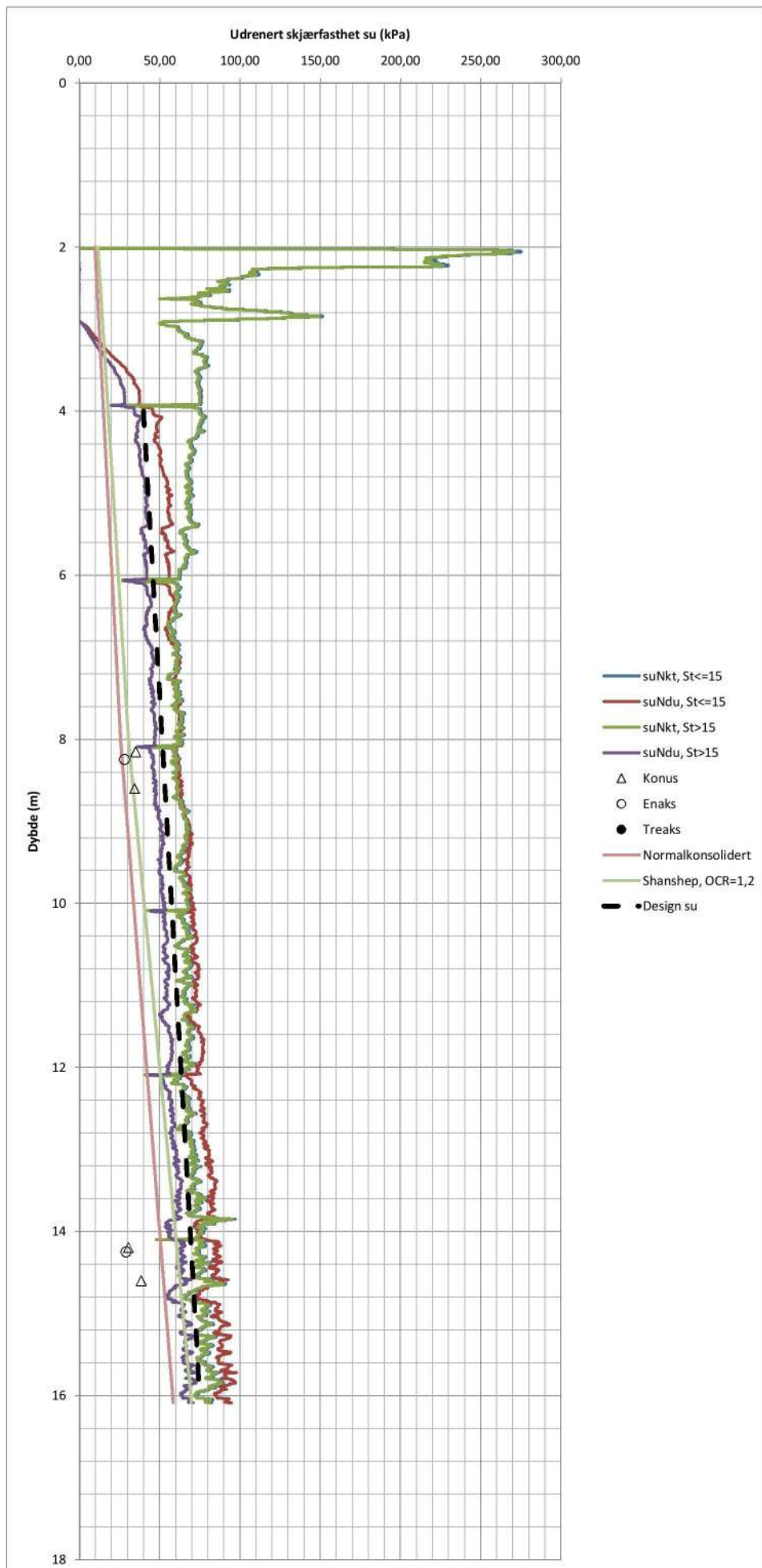
Utbredelse av sprøbruddleire ikke vist i Øvre Baklandet-Singsaker kvikkleiresone

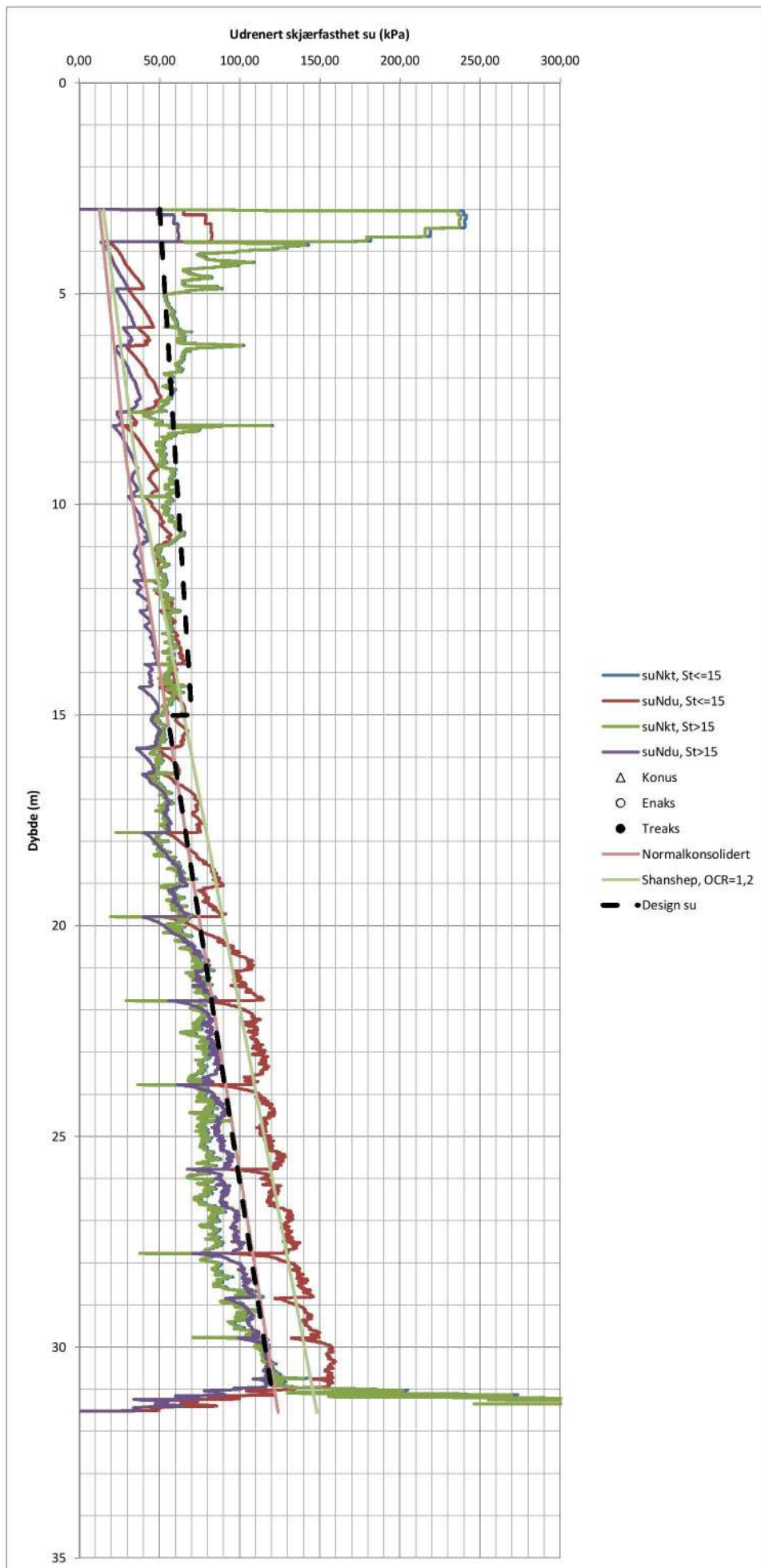
-  Soneegrense
-  Sprøbruddleiregrense

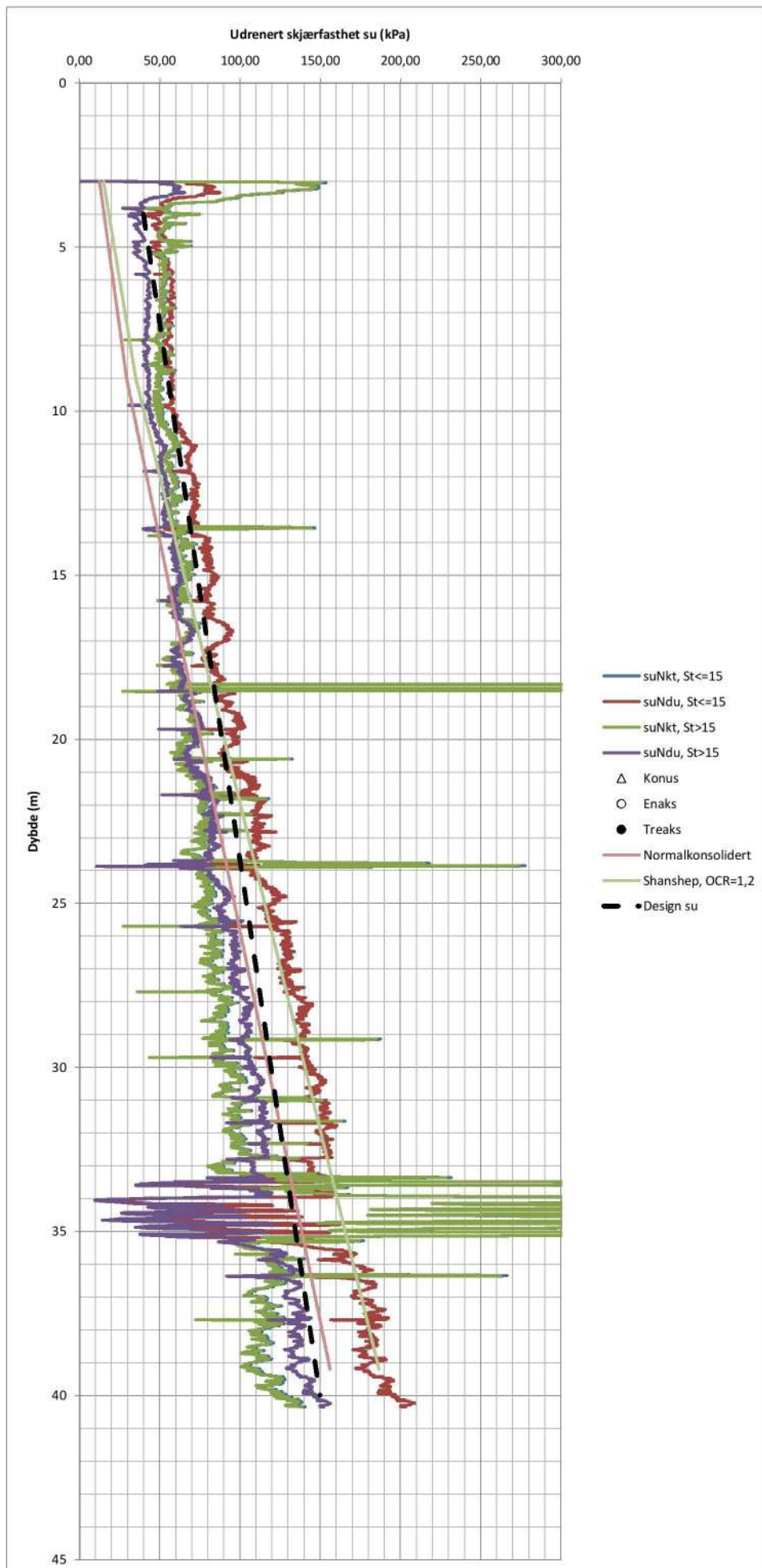
TEGNFORKLARING :

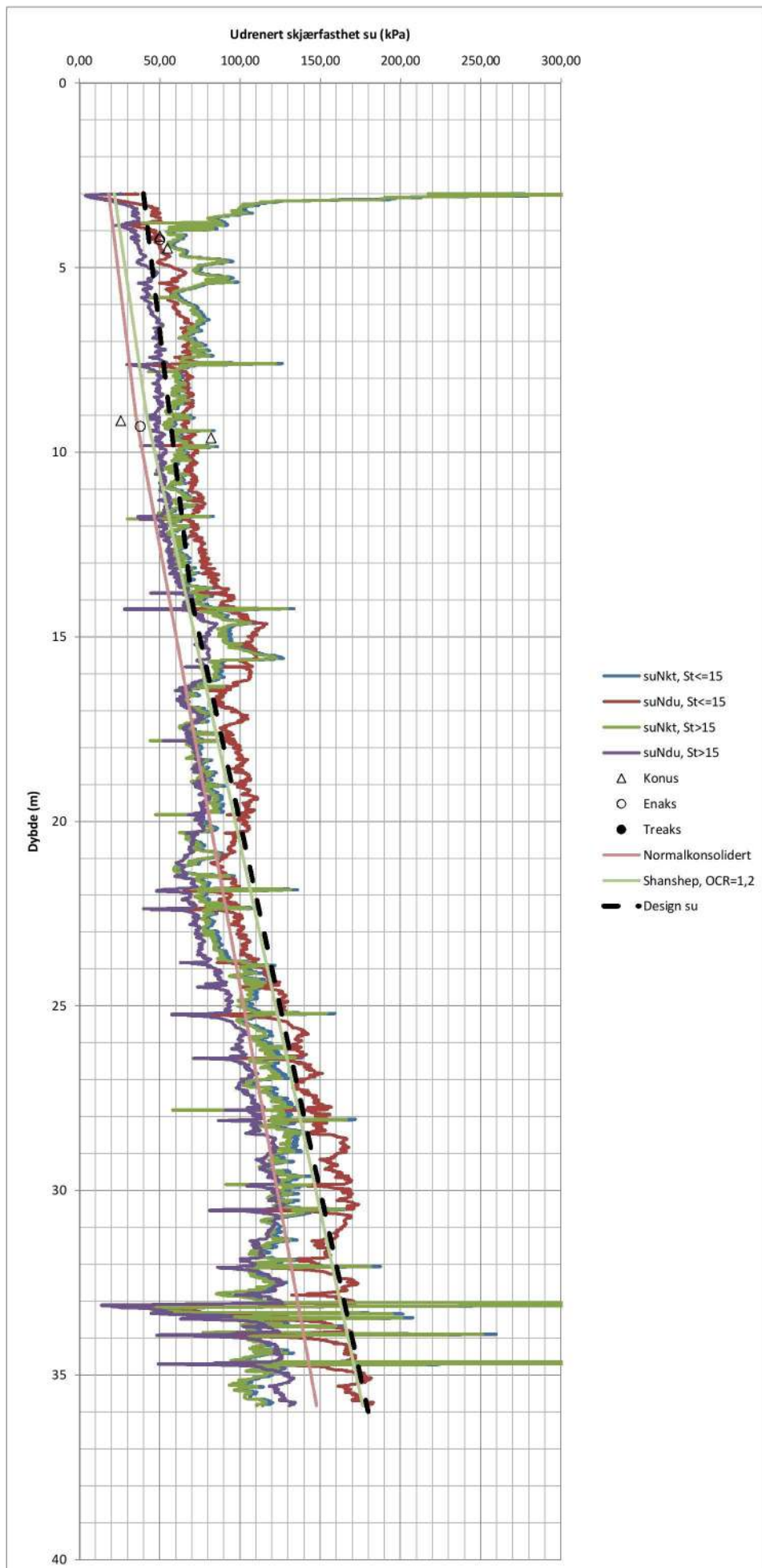
-  Antatt/Påvist sprøbruddleire
-  Ikke sprøbruddleire
-  Øvrige områder

01	Sprøbruddleiregrense er endret mot vest og nord	2FX	22.01.2014
Rev.	Endring - erstatning	Sign.	Dato
Kristiansten barnehage Områdestabilitet Utbredelse av sprøbruddleire		Tegnet:	2FX
		Godkjent:	
		Saksbeh:	2FX
		Dato:	30.09.2013
		Målestokk:	1:4000
 TRONDHEIM KOMMUNE		Format:	A4
		Prosjekt nr.	R.1577-3
		Tegn.nr.	121
		Rev.	01
		Filbane:	









R 1577-3 Kristiansten barnehage. Områdestabilitet

03.10.2013

Bilag 1

Klassifisering av Tyholt-Singsaker kvikkleiresone i forhold til
NGI rapport 20001008-2 rev 3

Rapportnr	R.1577-3	Saksbehandler	2fx
Rapportnavn	Kristiansten barnehage	Bilag	1
Dato	30.09.2013		

Faregradsklasse
Vurdering

Faktor	Vekttall	Analyse 2003	Korrigert analyse 2013	Kommentar
Tidligere skredaktivitet	1	1	1	
Skråningshøyde, m	2	3	3	H=35 m
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	2	3	På grunnlag av ødometerforsøk
Poretrykk, overtrykk, kPa	3	0	0	
Poretrykk, undertrykk, kPa	-3	0	0	
Kvikkleiremektighet	2	2	2	
Sensitivitet	1	2	3	På grunnlag av labundersøkelser
Erosjon	3	0	0	
Inngrep, forverring	3	0	0	
Inngrep, forbedring	-3	0	0	
Poeng (score x vektall):		17	20	

Beregnet faregradsklasse		Lav	Middels
Faregrad		0,33	0,39

Skadekonsekvens
Vurdering

Faktor	Vekttall	Analyse 2003	Korrigert analyse 2013	Kommentar
Boligheter, antall	4	3	3	
Næringsbygg, personer	3	3	3	
Annen bebyggelse, verdi	1	1	1	
Vei, ÅDT	2	2	2	
Toglinje, baneprioritet	2	0	0	
Kraftnett	1	1	1	
Oppdemning/flo	2	0	0	
Poeng (score x vektall):		27	27	

Beregnet skadekonsekvensklasse		Mindre alvorlig	Mindre alvorlig
Skadekonsekvens		0,60	0,60

Risiko (skadekonsekvens x faregrad)		2000	2353
Risikoklasse:		4	4

Faregradsklasser	1	Lav
	2	Middels
	3	Høy

Skadekonsekvensklasser	1	Mindre Alvorlig
	2	Alvorlig
	3	Meget Alvorlig

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

Evaluering av faregrad

Faktor	Vekttall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde, m	2	>30	20-30	15-20	<15
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0
Poretrykk, overtrykk, kPa	3	>+30	10-30	0-10	Hydrostatisk
Poretrykk, undertrykk, kPa	-3	>-50	-(20-50)	-(0-20)	Hydrostatisk
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20
Erosjon	3	Aktiv/Glidning	Noe	Lite	Ingen
Inngrep, forverring	3	Stor	Noe	Lite	Ingen
Inngrep, forbedring	-3	Stor	Noe	Lite	Ingen
Sum		51	34	16	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	31 %	0 %

Evaluering av skadekonsekvens

Faktor	Vekttall	Konsekvens, score			
		3	2	1	0
Boligheter, antall	4	Tett>5	Spredt>5	Spredt<5	Ingen
Næringsbygg, personer	3	>50	10-50	<10	Ingen
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen
Vei, ÅDT	2	>5000	1001-5000	100-1000	<100
Toglinje, baneprioritet	2	1-2	3-4	5	Ingen
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal
Oppdemning/flo	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
Sum		45	30	15	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %