

Neset kommune

Eidsvåg - Kvikkleireutredning

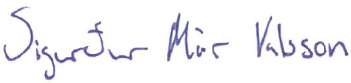


Holtanområdet og Stubø øst

Vurderingsrapport

2013-05-28 Oppdrags-rapport nr.: 5123694-3



Rapport tittel: Eidsvåg - Kvikkleireutredning Holtanområdet og Stubø øst Vurderingsrapport	Rapport nr. : 5123694-3 Revisjon nr. : A Dato : 2013-05-28
--	---

Utført av:  Sigurdur Már Valsson Siv.Ing.	Kontrollert av:  Torgeir Døssland Dr.Ing.	Godkjent av:  Sigurdur Már Valsson Siv.Ing.
--	--	--

Oppdragsgiver: Nesset kommune	Referanseperson: Claus Reiners
---	--

Sammendrag

I forbindelse med utbyggingsplaner i Eidsvåg er vi engasjert for å vurdere risiko for kvikkleireras. I den forbindelsen har vi utført relativt omfattende grunnundersøkelser og etterfølgende laboratorieanalyser kombinert med innhenting av data fra relevante tidligere undersøkelser i området.

Etter innhenting av data, tolking av styrkeparametere og analyse av terrengets skråningshelning i området har vi valgt å analysere stabiliteten nærmere i 8 beregningsprofiler.

Ved Holtanområdet har vi identifisert et profil (Profil A) der stabiliteten ved dagens situasjon ikke er tilfredsstillende. Dette profilet er spesielt vanskelig å håndtere på grunn av kombinasjon av vanskelige grunnforhold, terrengforhold og *bygg* som begrenser mulige stabiliserende tiltak. Vi vurderer det som en reell fare at et lite initialskred ned mot elva i dette profilet kan utvikle seg retrogressivt bakover og i verste fall utløse et enda større ras. Krav om materialfaktorer etter gjeldende regelverk kan tilfredsstilles med en motfylling ved skråningsfoten *og ved utgraving av toppen av skråningen*.

For andre profiler nær Holtanområdet der det er krav om bedring på dagens situasjon kan kravene tilfredsstilles ved relativt enkle inngrep i form av utgraving av skråningstopp og motfylling ved skråningsfot.

For Stubø øst har vi regnet på stabiliteten i tre profiler. Vi har konkludert med at selv om beregningene i disse viser materialfaktorer under gjeldende krav, kan situasjonen i alle tilfeller forbedres ved relativt enkle inngrep i form av utslaking av skråninger og avlastning av skråningstopper.

Vi har også analysert en rekke profiler nord og øst for grensene av foreliggende reguleringsplaner. I noen tilfeller har vi påvist materialfaktorer under gjeldende krav. Ifølge dagens regelverk må situasjonen for disse tilfellene forbedres ved eventuelle fremtidige tiltak i området.

Det er nylig tatt i bruk revidert versjon av den såkalte NVE-veileder der tiltakskategori K0 er spesielt for små og relativt enkle tiltak som medfører svært begrensede terrenginngrep. For slike tiltak kan en nå se bort fra kravene om stabiliserende tiltak, men hvert tilfelle må vurderes for seg.

Vi har ved en gjennomgang av utførte sonderinger vurdert hvor det er sannsynlig eller bekreftet forekomst av kvikkleire/sprøbruddmateriale i området, og laget kart som viser avgrensingen av denne sonen mot nord, øst og sørøst.

Opprinnelig versjon av vurderingsrapporten er nå revidert (Rev. A) på bakgrunn av kommentarer mottatt fra uavhengig kontroll utført av SINTEF Byggforsk. Revisjoner er markert med blå farge, dette gjelder både rapporttekst og tekst/skjærflategeometri på tegninger.

Stikkord: Geoteknikk, grunnundersøkelse, kvikkleire, stabilitet	Posisjon (UTM sone 32V) N= 6961400 E= 453000
---	--

INNHold.....	Side
1 Orientering	4
2 Tidligere relevante grunnundersøkelser	4
3 Grunnforhold	5
4 Styrkeparametere	6
5 Setningsparametere	10
6 Stabilitet	11
7 Kvikkleire – utbredelse – avgrensning	21
8 Tabeller	22
9 Figurer	22
10 Referanser	23

VEDLEGG

Innhold	Vedlegg
Tolking av styrkeparametere fra CPTU- og laboratorieforsøk	A
Geoteknisk kategori m.m. B	B

TEGNINGER

Innhold	Målestokk	Format	Tegning nr.
Oversikt grunnundersøkelser og navnesystem	1:5000	A3	201
Poretrykksmålinger	1:200	A3	202
Skråningshelningskart og beregningsprofiler	1:4000	A3	203
Stabilitetsberegninger – Profil A	1:400	A3	204-206
Stabilitetsberegninger – Profil B	1:400	A3	207-210
Stabilitetsberegninger – Profil C	1:400	A3	211-212
Stabilitetsberegninger – Profil D	1:400/1:2000	A3	213-215
Stabilitetsberegninger – Profil E	1:400	A3	216-217
Stabilitetsberegninger – Profil F	1:400	A3	218-219
Stabilitetsberegninger – Profil G	1:400	A3	220-221
Stabilitetsberegninger – Profil H	1:400	A3	222-224
Forekomst av kvikkleire	1:4000	A3	225

1 ORIENTERING

I forbindelse med utbyggingsplaner i Eidsvåg har Nesset kommune engasjert Norconsult for å vurdere risiko for kvikkleireras og foreslå eventuelle utbedrende tiltak der dette er vurdert nødvendig. Oppdraget er avgrenset til sentrumsområdet, Holtanområdet, Stubø øst og Eidsvåg badeplass. Denne rapporten inneholder tolking av måledata fra og geotekniske vurderinger for Holtanområdet og Stubø øst.

2 TIDLIGERE RELEVANTE GRUNNUNDERSØKELSER

2.1 Tidligere relevante grunnundersøkelser

Innenfor området er det tidligere utført grunnundersøkelser av flere parter. For denne delen av oppdraget er det spesielt 7 rapporter som inneholder relevant informasjon.

Geovest-Haugland AS utførte i 2009 og 2011 innledende- og senere supplerende grunnundersøkelser for vurdering av plassering og fundamentering/stabilitet av planlagt ny flerbrukshall i Eidsvåg; Ref. 3 og Ref. 2.

I 2007 utførte Geovest Haugland AS grunnundersøkelser for et av tomtealternativene for planlagt flerbrukshall i Eidsvåg; Ref. 4.

Sivilingeniør Ottar Kummeneje AS utførte i 1987 en orienterende grunnundersøkelse for planlagt ny idrettshall på Holtan, Eidsvåg; Ref. 8.

I 1969 utførte Sivilingeniør Ottar Kummeneje AS grunnundersøkelse for planlagt ny ungdomsskole på Holtan, Eidsvåg; Ref. 9.

Statens vegvesen utførte i 2008 grunnundersøkelser for en planlagt gang- og sykkelveg langs Rv. 62; Ref. 6.

I forbindelse med utarbeidelse av hovedplan utførte Statens vegvesen i 1982, 1983 og i 1987 grunnundersøkelser rettet mot tre alternative vegtraséer for Rv. 62. Ref. 7.

2.2 Supplerende grunnundersøkelser

Med bakgrunn i ovennevnte rapporter og oppgavens hovedmål ble behovet for supplerende grunnundersøkelser identifisert; jf. Ref. 5. Planene ble siden justert betydelig underveis etter hvert som ny informasjon ble hentet inn fra feltundersøkelsene.

Det vises til vår datarapport, Ref. 1, for presentasjon av nye måledata fra felt og laboratorium fra de aktuelle områdene.

3 GRUNNFORHOLD

Grunnforholdene innenfor området Holtan og Stubø øst er beskrevet i Ref. 1 til Ref. 9. Tegning 201 viser områdene dekket av hver rapport med en forklaring på introdusert navnesystem for å skille mellom nye og eldre boringer.

For kort beskrivelse av grunnforholdene innenfor områdene Holtan og Stubø øst vises det til kapitler 4.2 og 4.3 i Ref. 1.

3.1 *Grunnvann og poretrykksforhold*

Det er registrert flere observasjoner av grunnvannstand og poretrykksforhold innenfor området.

Rundt planlagt flerbrukshall ble grunnvannstanden registrert i 4 Posisjoner i 1969, jf. Ref. 9. Dette ble senere supplert med observasjoner i åpne borhull i 2009, jf. Ref. 3, og poretrykksmålinger med hydrauliske piezometre i 2 posisjoner i 2011, Ref. 2.

Under feltarbeidet i 2012 ble det installert hydrauliske piezometre i 6 posisjoner der det også ble utført CPTU. Det ble også utført avlesning av poretrykksmålerne installert i 2011. Resultatene fra samtlige avlesninger er presentert i Tabell 5 i Ref. 1 og Tabell 11 i dette dokumentet.

Årstidsvariasjoner

Målingene er utført om høsten i perioder der nedbøren var like over siste 10 års årsmiddel, jf. Figur 1. Derfor er det vår vurdering at målingene gir et rimelig bilde av hvor høy grunnvannstanden og in-situ poretrykk minst kan være i disse posisjonene. I tørrere perioder på vår- og sommerstid er det imidlertid rimelig å forvente lavere grunnvannstand og poretrykk.

Poretrykksprofiler

Ved en kombinasjon av avlesning av piezometre og merknader fra grunnborere om antatt grunnvannstand har vi har endt opp med å anbefale poretrykksprofiler mot dybden for alle posisjoner der piezometre er installert. For en presentasjon av disse vises det til Tegning 202.

Det viser seg at poretrykket avviker noe fra hydrostatisk trykk. Tydeligst er dette ned mot Eidsvågelva der vi har målt poreovertrykk på ca. 20,6kPa ved 9m dybde. Pos. 9 i Ref. 2 viser også et poreovertrykk av samme størrelsesorden ved 8,5m dybde. Videre ned mot dybden har vi i disse profilene antatt hydrostatisk poretrykksfordeling.

Det er interessant å se at i Pos. 46, som også ligger nede i ravinen, ca. 500m oppstrøms for Pos. 33, er det også målt poreovertrykk mens i alle posisjoner som ikke ligger ned mot elva er det tilnærmet hydrostatisk trykk eller undertrykk.

I stabilitetsberegningene har vi konservativt regnet med poreovertrykk ned mot elva og hydrostatisk trykk fra antatt grunnvannstand oppe på plataene (dvs. uten sug-effekten).

4 STYRKEPARAMETERE

4.1 Tolkingsgrunnlag

Tolkning av styrkeparametere er konsentrert omkring leirlaget (Lag B; jf. Ref. 1).

5 aktive treaksialforsøk i 4 posisjoner og CPTU sonderinger i 15 posisjoner utgjør det primære tolkningsgrunnlaget sammen med relativt omfattende øvrige data fra felt og laboratorium.

4.2 Udrenerte styrkeparametere (totalspenningsanalyse)

Treaksialforsøk (CAUC)

Tolket udrenert aktiv skjærfasthet (c_{uc}) fra treaksialforsøkene er oppsummert i Tabell 1 og vist i Figur A2-A3.

Tabell 1: Tolkning av treaksialforsøk

Prøveidentifikasjon					Aktiv udrenert skjærfasthet c_{uc}	Aksial bruddtøyning ε_{af}	Attraksjon a	Friksjons vinkel
Pos. nr.	Prøve -diam.	Sylinder nr.	Dybde	Jordart				
	[mm]		[m]		[kPa]	[%]	[kPa]	[°]
34	54	GH-51	4,50	Sandig Silt	-	-	10	32,5
41	54	GH-85	4,85	Siltig Leire	35	~1,35	10	30
41	54	NC-3	12,90	Leire	-	-	10	32
OK4-5	54	-	5,45	Kvikkleire	23	~1,7	10	29
OK4-5	54	-	5,65	Kvikkleire	25	~2,0	10	29

For mer detaljerte plott av resultatene fra CAUC-forsøkene vises det til Vedlegg F i Ref. 1 samt bilag 8 i Ref. 8.

Trykksonderinger (CPTU)

Aktiv udrenert skjærfasthet (c_{uc}) er tolket ut fra CPTU-ene etter metoder beskrevet hovedsakelig i Ref. 14 og Ref. 15.

For metode 1, basert på Ref. 14, er følgende korrelasjoner mellom N-faktorene og poretrykksfaktor B_q benyttet:

$$\begin{aligned} N_{kt} &= 19 - 12,5 \cdot B_q \\ N_{ke} &= 16 - 14,5 \cdot B_q \\ N_{\Delta u} &= 1 + 9,0 \cdot B_q \end{aligned}$$

For metode 2, basert på Ref. 15, er det angitt forskjellige N-faktorer for sensitivitet $S_t < 15$ og $S_t > 15$.

Følgende N-faktorer benyttes i intervall der $S_t > 15$:

$$\begin{aligned} N_{kt} &= 8,5 + 2,5 \cdot \log(\text{OCR}) \\ N_{ke} &= 12,5 - 11,0 \cdot B_q \geq 2,0 \\ N_{\Delta u} &= 9,8 - 4,5 \cdot \log(\text{OCR}) \end{aligned}$$

Følgende N-faktorer benyttes i intervall der $S_t < 15$:

$$\begin{aligned} N_{kt} &= 7,8 + 2,5 \cdot \log(\text{OCR}) + 0,082 \cdot I_p \\ N_{ke} &= 11,5 - 9,05 \cdot B_q \geq 2,0 \\ N_{\Delta u} &= 6,9 - 4,0 \cdot \log(\text{OCR}) + 0,07 \cdot I_p \end{aligned}$$

Plastisitetsindeksen (I_p) inngår i prosent (%).

I Ref. 15 er tre forskjellige OCR-korrelasjonsvarianter vurdert; én av dem, OCR relatert til Q_t , er anbefalt som den beste og vi har med bakgrunn i dette valgt å kun å bruke den i våre tolkninger med denne metoden.

Følgende OCR-korrelasjon benyttes:

$$\begin{aligned} \text{OCR} &= (Q_t / 2)^{1.11} && (\text{der } S_t > 15) \\ \text{OCR} &= (Q_t / 3)^{1.20} && (\text{der } S_t < 15) \end{aligned}$$

Aktiv udrenert skjærfasthet (c_{uC}) tolkes deretter ut på vanlig måte som:

$$\begin{aligned} c_{uC} &= (q_t - \sigma_{V0}) / N_{kt} \\ c_{uC} &= (q_t - u) / N_{ke} \\ c_{uC} &= \Delta u / N_{\Delta u} \end{aligned}$$

N-korrelasjonene beskrevet ovenfor er basert på korrelasjoner mellom CPTU og laboratorieforsøk på blokkprøver.

For hver trykksone har vi ved tolkningen benyttet et antatt beste estimat for grunnvannstanden. Videre er poretrykksfordelingen mot dybden justert for hver CPTU-posisjon i henhold til poretrykksprofilene vist på Tegning 202. Ved bestemmelse av anbefalt c_{uC} har vi lagt mest vekt på korrelasjoner fra Ref. 15.

Vingeboring

Det ble i 2009 utført vingeboring i én posisjon. Det finnes diverse veiledninger om korrigerende av resultater fra vingeboring, som f.eks. i Ref. 18. Vi har valgt å korrigere resultatene fra forsøket ved å benytte korrelasjoner mellom $C_{u, \text{ving}}$ og $C_{u, \text{lab}}$ basert på effektivt overlagingstrykk (p_0') som er beskrevet i Ref. 19. $C_{u, \text{lab}}$ er der definert på følgende måte

$$C_{u, \text{lab}} / p_0' = (C_{uC} / p_0' + C_{uD} / p_0' + C_{uE} / p_0') / 3 \approx (C_{u, \text{ving}} / p_0')_{\text{korr}}$$

Der C_{uC} , C_{uD} og C_{uE} er bestemt med aktivt treaksialtest, direkte skjærforsøk og passivt treaksialtest. Følgende korrelasjon er benyttet ved korrigeringen (tilpasning til måledata presentert i Fig. 3 i Ref. 19)

$$C_{u, \text{lab}} = C_{u, \text{ving}} / (3,7616 \cdot (C_{u, \text{ving}} / p_0')^3 - 7,9446 \cdot (C_{u, \text{ving}} / p_0')^2 + 6,0166 \cdot (C_{u, \text{ving}} / p_0') - 0,0034)$$

Resultatene fra korreksjonen mener vi skal likestilles med direkte skjærfasthet.

Anisotropi

Det er i dette tilfellet ikke utført skjærforsøk for bestemmelse av direkte udrenert (c_{uD}) og passiv udrenert skjærfasthet (c_{uE}). Uten slik informasjon blir direkte- og passiv udrenert skjærfasthet ofte etablert som 0,6-0,7 og 0,3-0,4 av tolket c_{uC} .

Vi har valgt å benytte korrelasjon mellom anisotropi i skjærfasthet og plastisitetsindekset for sensitive norske leirer likt og presentert i Ref. 13 som

$$\begin{aligned} C_{uD}/C_{uC} &= 0,0053 \cdot I_p + 0,5840 \\ C_{uE}/C_{uC} &= 0,0070 \cdot I_p + 0,2289 \end{aligned}$$

Plastisitetsindeksen (I_p) inngår i prosent (%).

Med bakgrunn i utført laboratoriearbeid har vi ut fra en totalvurdering valgt å benytte en plastisitetsindeks på $I_p=5\%$ for hele det undersøkte området. Dette tilsvarer anisotropifaktorer på $C_{uD}/C_{uC}=0,61$ og $C_{uE}/C_{uC}=0,26$ primært for alle leirlag, basert på C_{uC} uten reduksjon.

I figurer der vi har plottet sammen resultater fra forskjellige skjærforsøk har vi også presentert hvilket anisotropiforhold som er benyttet. Det vises til Ref. 20 for forklaring på navnesystemet på forsøkene.

Karakterisk skjærfasthet

På basis av utførte undersøkelser har vi endt opp med et anbefalt karakteristisk aktivt skjærfasthetsprofil (c_{uC}) mot dybden for hver posisjon der CPTU er utført; det vises til Figur A1-A15 for detaljerte plott.

Ifølge Ref. 12 skal tolket aktiv skjærfasthet (c_{uC}) reduseres med 15% i tilfeller der meget sensitive/kvikke leirer er påtruffet. Dette gjelder alle materialer der omrørt skjærfasthet (C_{urfC}) under 0,5 kPa samt alle materialer som både har omrørt skjærfasthet under 2,0 kPa og en sensitivitet (St) større enn 15 – såkalte sprøbruddmaterialer. Figur A1-A15 viser C_{uC} -profil uten styrkereduksjon.

Ved etablering av karakterisk c_{uC} -profil er NC-linjen (dvs. $C_{uC} = 0,28 \cdot p_0'$) antatt å være en nedre begrensning. Dette gjelder også for større dybde i finkornige masser enn det som er dekt via sonderinger/forsøk i felt/laboratorium; dvs. videre ned til fast grunn eller berg.

I posisjoner med kun 54mm prøvetaking og etterfølgende rutineanalyser i laboratoriet (dvs. ikke CPTU) har vi først etablert et karakteristisk skjærfasthetsprofil mot dybden basert på utførte enaks- og konusforsøk. Dette styrkeprofil er antatt å tilsvare karakterisk direkte skjærfasthet (c_{uD}). Deretter har vi brukt antatt c_{uD}/c_{uC} -forhold for å etablere et karakteristisk skjærfasthetsprofil (c_{uC}) mot dybden; se Figur A31-A32.

4.3 Drenerte styrkeparametere (effektivspenningsanalyse, a , φ)

Treksialforsøk (CAUC)

Tolkede styrkeparametere (a og φ) på effektivspenningsbasis ut fra spenningsstiene fra de 5 utførte treksiale trykkforsøk er oppsummert i Tabell 1, samt vist på Figur A17-A18.

For detaljerte plott av spenningsstiene fra CAUC-forsøkene vises det til Vedlegg F i Ref. 1.

Trykksonderinger (CPTU)

Effektive styrkeparametere (a og φ) er videre tolket ut fra CPTU-ene i de aktuelle 15 posisjonene ved bruk av den såkalte NTNU-metoden (også kalt NTH-metoden), primært etter Ref. 16.

Denne tolkningsmetoden er implementert i vårt tolkningsregneark; jf. Ref. 17.

Erfaringsmessig kan det ved CPTU-tolking være vanskelig å bestemme en entydig fast β selv for et gitt tilfelle med antatt uniform leire. I mange tilfeller har det således blitt funnet påkrevd å benytte mere negativ β enn hva relevant faglitteratur har anbefalt eller indikert for å få god overenstemmelse med verdier fra treaksialforsøk.

Basert på egne erfaringer og relevant faglitteratur har vi derfor som regel sett på en variasjonsbredde i denne parameteren før endelig valg av friksjonsvinkel blir gjort; dvs. utført en sensitivitetsstudie. I praksis har vi funnet det hensynsmessig å utføre dette for antatt rimelige kombinasjoner av plastifiseringsvinkel (β) og attraksjon (a).

For hver CPTU har vi derfor utført tolking for følgende 4 kombinasjoner $a=10\text{kPa}$ $\beta = -10^\circ$, $a=15\text{kPa}$ $\beta = -15^\circ$, $a=20\text{kPa}$ $\beta = -20^\circ$ og $a=10\text{kPa}$ $\beta = 0^\circ$. Deretter har vi utfra en totalvurdering foretatt det endelige valget av aktuell friksjonsvinkel og attraksjon.

Karakteriske effektivspenningsparametere (a og φ)

Med bakgrunn i utførte undersøkelser og tolkninger i kombinasjon med erfaring fra lignende forhold har vi endt opp med å anbefale karakteriske effektivspenningsbaserte styrkeparametere mot dybden for hver posisjon der CPTU er utført; Se Figur A16-A30 i Vedlegg A.

For større dybde i finkornige masser enn det som er dekt via sonderinger/forsøk i felt/laboratorium, antas samme styrkeparametere videre ned til fast grunn eller berg.

Når det gjelder massene nærmest terreng (antakelig primært tørrskorpe), har vi valgt å benytte drenerte styrkeparametere med attraksjon (a) lik 0 kPa og for friksjonsvinkel (φ) lik 30° i etterfølgende stabilitetsanalyser i samsvar med anbefaling i Ref. 11.

Videre ned er det et fastere lag av varierende mektighet som prøver viser at består av sand og silt. For dette laget har vi valgt å benytte drenerte styrkeparametere for attraksjon (a) lik 5 kPa og friksjonsvinkel (φ) lik 30° i etterfølgende stabilitetsanalyser.

Der det er påtruffet faste masser under leirlaget, evt. mellom leirlaget og berg, antas en karakteristisk friksjonsvinkel (φ) på 33° og en karakteristisk attraksjon (a) på minst 10 kPa.

5 SETNINGSPARAMETERE

5.1 Generelt

Tolkning av setningsparametere er konsentrert til leirlaget.

Primære data er ødometerforsøk utført av NTNU i 2012 (CRSC) samt ødometerforsøk utført av Sivilingeniør Ottar Kummeneje i 1969 og 1987. For en oversikt over resultater fra utførte forsøk vises det til Tabell 2

Tabell 2: Tolkning av ødometerforsøk (CRSC og trinnvis belastet)

Prøveidentifikasjon				For $p_0' + \Delta p \leq p_c'$	For $p_0' + \Delta p > p_c'$					
Pos. nr.	Prøve-diam.	Dybde	Jordart	M_{oc}	m	a	p_r'	p_c'	p_0'	OCR = p_c'/p_0'
	[mm]	[m]		[Mpa]	[-]	[-]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[-]
34	54	4,44	Sandig Silt	~1,5	45	0,2	-10	5-10	55	1
41	54	4,95	Siltig Leire	4,0	21	0,0	80	200-230	75	2,5-3,0
OK2-3	54	4,4	Grov Silt	1,6	15	0,0	0	100-120	55	1,8-2,2
OK2-6	54	9,3	Kvikkleire	4,5	19	0,0	80	160-180	95	1,5-2,0
OK4-5	54	2,65	Siltig Leire	4,5	18	0,0	-200	40-60	35	1,1-1,9
OK4-8	54	7,55	Kvikkleire	3,0	19	0,0	120	120-150	75	1,6-2,0

For detaljerte resultater fra ødometerforsøkene vises det til vedlegg F i Ref. 1, bilag/tegning nr. 8 i Ref. 8 og bilag nr. 6 i Ref. 9.

5.2 Overkonsolidering

Tabell 2 viser prekonsolideringstrykk (p_c') og overkonsolideringsgrad (OCR) tolket ut fra ødometerforsøkene i Posisjoner 34, 41, OK2-3, OK2-6, OK4-5 og OK4-8.

Tolket OCR fra CPTU-data er funnet å variere mellom ca. 1,0 og 3,0 dog de fleste av forsøkene havner på intervallet 1,0-2,0.

I Posisjon 34 er overlagingstrykket (p_0') høyere enn prekonsolideringstrykket (p_c'), noe som per definisjon er umulig. Vi har ingen forklaring for dette annet enn prøveforstyrrelse eller problem ved utførelse av ødometerforsøket. Tolket OCR fra CPTU data i Pos. 34 gir verdier mellom ca. 3-7 for dybdeintervallet 4-7m men avtar raskt til ca. 2 på 8m dybde. Videre ned avtar OCR ifølge CPTU data til ca. 1,5 på 18m dybde.

I Posisjon 41 er OCR funnet å variere mellom ca. 2,5 og 3,0. Tolket OCR fra CPTU gir stort sett samme resultat ved ca. 5m dybde og ifølge tolkingene avtar OCR-verdiene til henimot 1,5 dyper ned.

5.3 Deformasjonsmoduler

I overkonsolidert område

Tabell 2 viser tolket deformasjonsmodul (M_{oc}) i overkonsolidert område spenningsområde ($\sigma' < p_c'$) for de 6 ødometerforsøkene.

M_{oc} varierer mellom ca. 1,5 MPa og 4,5 MPa.

I normalkonsolidert område

Tabell 2 viser tolket modultall (m), referansespenning (p_r') og spenningsekspONENT (a) som inngår i deformasjonsmodulen i normalkonsolidert spenningsområde for de 6 ødometerforsøkene

$$M_{NC} = m \cdot p_a \cdot ((p' - p_r') / p_a)^{1-a}$$

der p_a er referansespenning på 1 atm (100 kPa).

6 STABILITET

6.1 Geoteknisk kategori

Bakgrunn for arbeidet presentert i Ref. 1 og denne rapporten er at på grunn av dokumentert forekomst av kvikkleire i området (jf. Ref. 2 til Ref. 9) har NVE gått til innsigelse mot reguleringsplan for Holtanområdet.

Grunnundersøkelsene har som hovedmål å kartlegge utbredelsen av kvikkleiresonen og hente inn grunnlag for å bestemme nødvendige styrkeparametere for stabilitetsvurderinger.

Ifølge grunnundersøkelsene strekker kvikkleiresonen seg langt utover grensene på reguleringsplanen for Holtanområdet. Det er mulig at et skred som løses ut utenfor regulerte områder kan føre til utglidning av områder innenfor grensene av reguleringsplanen, eller føre til flom som følge av at skredmassen demmer opp elva.

Krav til sikkerhet i kvikkleireområder er den samme for byggesak som for en reguleringsplan, derfor har vi i etterfølgende beregninger benyttet samme tiltakskategori og krav til materialfaktorer som for Nettet flerbrukshall i alle våre beregninger. Dette gjelder både innen- og utenfor grensene på reguleringsplanene.

Eurocode 7 / Statens vegvesen HB016

Som beskrevet i Ref. 2 plasseres Flerbrukshallen etter kravregimet i Ref. 10 og Ref. 11 i konsekvensklasse CC3 (meget stor konsekvens), og derav i Geoteknisk kategori 3.

Flere prøver fra leirlaget (Lag B i Ref. 1) viser at det har tendens til sprøtt og kontraktant brudd. Ifølge Figur 0.3 i Ref. 11 tilsier dette et krav på material- / partialfaktor på $\gamma_M=1,6$, dette både for total- og effektivspenningsanalyser dersom prosjektet berører offentlig veg direkte.

NVE veileder

Flerbrukshallen ble også vurdert ut fra kravregimet gitt i Ref. 12. Dette kravregimet gjelder for skjærflater som ikke involverer offentlig veg.

Flerbrukshallen ble i Ref. 2 etter Tabell 3.1 i Ref. 12 plassert i tiltakskategori K3 med høy faregrad for utbygging. Dette medfører en material- / partialfaktor på $\gamma_M=1,4$ eller «vesentlig forbedring», både for total- og effektivspenningsanalyser.

Valg av material- / partialfaktor

Ingen av de planlagte tiltak involverer offentlig veg direkte. Vi har derfor valgt å benytte kravene i NVE veilederen som basis for stabilitetsberegninger og forslag til evt. forbedrende tiltak. Dette betyr at krav til material- / partialfaktor er at γ_M etter utbygging skal være større enn den minste av

$$\begin{aligned} \text{Absoluttkrav} \quad \gamma_{M,\text{etter}} &= 1,4 \\ \text{vesentlig \% -forbedring} \quad \gamma_{M,\text{etter}} &= \gamma_{M,\text{før}} * (1 + (0,525 - \gamma_{M,\text{før}} * 0,375)) \end{aligned}$$

Det påpekes at ved bruk av %-forbedring skal alle nye glideflater som skapes ved stabiliserende tiltak (dvs. lokale skjærflater ved fyllinger / skjæringer) oppnå absoluttkravet (jf. forklaring i Fig 0.5 i Ref. 11).

6.2 *Analyseverktøy*

Stabilitetsanalyser

Vi har valgt å utføre stabilitetsanalysene med programmet GeoSuite Stability; jf. Ref. 21. Stabilitetsvurderingene er utført på både totalspenning- og effektivspenningsbasis.

Alle totalspenningsanalyser er utført ved bruk av såkalte skjærfasthetsprofiler (C-Profil) for å definere skjærfastheten i udrenerte lag. Skjærfasthetsprofilene er modellert etter anbefalt skjærfasthet mot dybden presentert i Fig A1-A15; dvs. uten 15% styrkereduksjon for C_{UC} . Skjærfasthetsprofilene kaller vi her for C_{pr} . Alle totalspenningsanalyser for udrenert tilstand er utført med styrkeanisotropiforhold $C_{pr}/C_{UC}/C_{UD}/C_{UE}$ på 1,00/0,85/0,61/0,26; dvs. med 15% reduksjon av aktiv skjærfasthet.

Leirlaget ble delt opp i to lag i alle profiler, dette for å kunne skille mellom partier med og uten en slik styrkereduksjon (lagnavn Leire1 og Leire2). Dette ble i praksis ikke benyttet og lagene er i alle profiler definert med samme materialeegenskaper.

For effektivspenningsanalysene i drenert tilstand er beregningene utført i henhold til vanlig praksis uten styrkereduksjon og uten anisotropi i styrkeparametere i bruddflatene.

Beregningene er utført i alle profiler både med sirkulærsylindriske skjærflater og sammensatte skjærflater etter antatt svakeste partiet i hver profil.

Vi har valgt å benytte en karakteristisk trafikklast på **13kPa** for Fv. 62 og karakteristisk last for bolighus på 15kPa i alle våre beregninger.

6.3 *Stabilitetsvurderinger*

Innledende vurderinger og områdestabilitet

Vi har valgt å analysere det aktuelle området ut fra kriterier for kartlegging og risikoklassifisering av kvikkleiresoner gitt i Ref. 22. Kriteriene for nærmere analyse er

1. Jevnt hellende terreng brattere enn 1:15
2. Terreng høydeforskjell på 10m og mer
3. Skred vil maksimalt få en utløpslengde på 15 x skråningshøgden

For å ta stilling til punkt 1 har vi analysert skråningshelningen på hele området der vi har påvist forekomst av kvikkleire. Dette ledet fram til skråningshelningskartet vist på Tegning 203.

På denne bakgrunn samt studie av høydekurver har vi endt opp med å velge 8 profiler for nærmere analyse. Dette med hensyn både til lokal stabilitet av skråninger samt områdestabilitet der større glideflater er involvert.

Vi har stort sett valgt å kun presentere de mest kritiske delene av hvert profil, se Tegning 204 – Tegning 224, men på Tegning 213 er også hele beregningsprofilen vist med tilfellet av lengre sammensatte glideflater til begge sider.

For detaljer om plassering og lengde av beregningsprofiler fra stabilitetsanalysene vises det til Tabell 12.

Ifølge høydekurver fra området er høyeste skråninger ned mot Eidsvågaelva ca. 10-15m. Sett i sammenheng med punkt 3 kan en forvente en maksimal skredlengde på ca. 150-230m i området.

Siden stabiliteten rundt planlagt flerbrukshall allerede er dokumentert i egen rapport, Ref. 2, har vi ikke utført ytterligere beregninger her. Vi kjenner heller ikke til andre planlagte tiltak i området. Derfor har vi kun sett på dagens tilstand i alle utvalgte profiler, samt hvilken (hvis noen) tiltak som må til for å heve materialfaktoren over absoluttkravet på 1,4 eller vesentlig forbedring.

Vi har benyttet samme kriterier i alle profiler, uansett om de ligger innenfor grensene på reguleringsplaner som avventer vedtak eller ikke. Det kan diskuteres om dette er strengt for områder som ligger utenfor reguleringsplaner med større margin enn forventet maksimal skredlengde.

Profil A

Profil A er valgt på grunn av at i dette profilen er det en ugunstig kombinasjon av poreovertrykk ned mot elven samt et bolighus som belaster terrenget på toppen av skråningen til venstre (vest) for ravinen (elvedalen). Bolighuset begrenser også mulighetene for forbedrende tiltak i form av avlastning av skråningstoppen.

Beregnete materialfaktorer fra utførte stabilitetsanalyser i Profil A er vist i Tabell 3.

Når det gjelder styrkeparametere for leirlaget på venstre (vest) siden av ravinen har vi sammenlignet anbefalte profiler fra alle utførte trykksonderinger fra området (jf. Ref. 1, Ref. 2 og Ref. 4). Ut ifra en totalvurdering har vi her valgt å benytte verdier tolket fra CPTU-data i Pos. 34 som karakteriske for dette laget.

Tabell 3: Beregnede materialfaktorer (γ_M) fra stabilitetsanalyser i Profil A

Situasjon	Materialfaktor (γ_M)						Tegn. nr.
	Venstre side			Høyre side			
	UTSA sirkulær	UTSA sammensatt	DESA sirkulær	UTSA sirkulær	UTSA sammensatt	DESA sirkulær	
Dagens tilstand	1,09	1,34	1,50	1,40	3,64	3,51	204
<i>min. %-bedring / 1,4</i>	1,22	1,37	1,40	1,40	1,40	1,40	-
Situasjon uten bygg	1,19	-	1,50	1,40	-	3,51	205
<i>Uten bygg med avlastning</i>	1,41	1,53	-				205b
1,5m motfylling	1,23	1,59	1,82	1,40	2,83	3,17	206

Udrenert totalspenningsanalyse (forkortet UTSA) for dagens tilstand har på venstre (vestre) side av Eidsvågaelva gitt en materialfaktor (γ_M) på 1,09 for sirkulær-sylindriske glideflater og 1,34 for en antatt ugunstig sammensatt glideflate. Det viser seg at når sammensatte flaten blir forlenget (til lavere profilnummer) heves resulterende materialfaktor.

Situasjonen til høyre (øst-) side tilfredsstiller kravet om absolutt materialfaktor. For drenert effektivspenningsanalyse (forkortet DESA) har vi både beregnet materialfaktorer for de mest kritiske flatene tvunget ned til elva (tvunget gir høyere materialfaktor - vist på Tegning 204) og deretter alle flater uten styring hvor i profilet de havner (lavere materialfaktor – vist på Tegning 206).

For å vurdere hvor stor effekt boligbygget har på problemstillingen har vi analysert situasjonen der bygget er fjernet. Med dette heves materialfaktoren for udrenert tilstand med ca. 10 %-poeng som er fortsatt under kravet om vesentlig forbedring. For å oppnå kravet på 1,22 trengs det ytterligere avlastning av skråningen. *Vi har kommet til at avlastning med utgraving av en 2m høy og 21m djup kile (til ca. kote +5,2) på toppen av skråningen er tilstrekkelig for å heve materialfaktoren over absoluttkravet på 1.4. Det vises til Tegning 205b for detaljer rundt dette.*

Vi har også sett på effekten av en motfylling ved skråningsfoten. Det viser seg at med en fyllingshøgd på 1,5m kan materialfaktoren for profilets mest ugunstige skjærflate heves over kravet på 1,22. Situasjonen for en antatt ugunstig sammensatt skjærflate er også forbedret.

Kulvert i området med fylling/motfylling

For å etablere en fylling der Eidsvågaelva renner i dag ser vi det som mest naturlig å legge elva i kulvert under fyllmassene i dette partiet. Vi forutsetter at det ikke blir utført graving/fordyping i elva med utbygging av kulverten da dette vil svekke stabiliteten; underkant kulvert må legges så høgt at dette ikke er nødvendig.

For å håndtere problemet med oversvømmelse må evt. kulvert dimensjoneres slik at den tar høyde for evt. flom (og isgang) som kan oppstå i Eidsvågaelva (dvs. er ikke underdimensjonert) og at det ikke er fare for at den tilstoppes; konsekvensene av en slik oversvømmelse kan være alvorlige.

Profil B

Profil B er valgt om lag på tvers av Profil A og ligger også igjennom bolighuset og tvers på skråningen lenger mot sør. Beregnede materialfaktorer fra utførte stabilitetsanalyser i Profil B er vist i Tabell 4.

Som i Profil A har vi i dette profilet også valgt å beskrive styrkeparametere for leirlaget med en kombinasjon av skjærfasthetsprofil fra Pos. 33 og Pos. 34.

På høyre side (sørsiden) av ravinen er det tidligere boret av Statens vegvesen (Ref. 6 og Ref. 7). Vi har med bakgrunn i dette bestemt lagdelingen i profilet men det er ikke utført skjærforsøk utover enkle forsøk ved liten dybde. Vi har på grunn av dette valgt å fortsette med skjærfasthetsprofil fra Pos. 33 så langt som profilet strekker seg. Hvis dette profilet skal analyseres nærmere på grunn av planlagt tiltak anbefaler vi at det her blir utført ytterligere grunnundersøkelser.

Tabell 4: Beregnede materialfaktorer (γ_M) fra stabilitetsanalyser i Profil B

Situasjon	Materialfaktor (γ_M)						Tegn. nr.
	Venstre side			Høyre side			
	UTSA sirkulær	UTSA sammensatt	DESA sirkulær	UTSA sirkulær	UTSA sammensatt	DESA sirkulær	
Dagens tilstand	1,46	3,23	1,65	1,29	1,72	1,69	207A
min. %-bedring / 1,4	1,40	1,40	1,40	1,34	1,40	1,40	-
Dagens tilst. - inkl. Fv. 62	-	-	-	1,30	-	-	208A
0,5m motfylling i elva	-	-	-	1,35	-	1,70	209A
0,5m motfylling i skråning	-	-	-	1,34	-	1,77	210A

I profil B er det kun udrenert totalspenningsanalyse for situasjonen til høyre av (sør for) Eidsvåg elva som havner under kravet om absolutt materialfaktor på 1,4. Sirkulær-sylindriske flater har i dette tilfellet gitt en kritisk materialfaktor på **1,29**, som fører til et krav om materialfaktor på **1,34** (vesentlig forbedring).

Den mest kritiske skjærflaten går igjennom Fylkesveg 62 (bl.a. på grunn av benyttet karakteristisk terrenglast). Ved første analyse modellerte vi Fylkesveg 62 som en del av tørrskorpen, dvs. med meget konservative styrkeparametere for vegfyllingen. Vi utførte også en tilleggsberegning for å sjekke om bruk av vanlige styrkeparametere for vegfyllinger under fylkesvegen ville føre til en vesentlig forbedring av situasjonen, men dette hadde ikke tilsiktet effekt.

Vi har også sett på situasjonen med en motfylling ved skråningsfoten og funnet at med en 0,5m fylling der Eidsvåg elva renner heves materialfaktoren over kravet om vesentlig forbedring til 1,35.

Analyse av skjærflategeometrien på Tegning **209A** viser at mest kritiske situasjonen kan også forbedres ved å legge fylling direkte på skråningen. Vi har også analysert dette nærmere og funnet at en ca. 6m lang og 0,5m høg fylling på det slake partiet i skråningen er nok til å heve materialfaktoren over kravet om vesentlig forbedring.

Profil C

Profil C krysser Eidsvåg elva ca. 120m oppstrøms fra elvekryssingen i Profil A. Vi har valgt å analysere dette profilet på grunn av at skråningshelningsanalysen viser at dette profilet har noen av de bratteste forholdene på begge sider av ravinen.

Beregnete materialfaktorer fra utførte stabilitetsanalyser i Profil C er vist i Tabell 5.

For å modellere det mest kritiske partiet i profilet har vi i hovedsak benyttet resultater fra dreietrykksonderinger i Pos. 37, Pos. 39 og Pos. 36 for å beskrive lagdelingen. Skjærfastheten i leirlaget har vi basert på skjærfasthetsprofiler i Pos. 34 for venstre (nord-) siden av profilet, Pos. 33 nede i ravinen og Pos 41 for høyre siden av profilet.

Tabell 5: Beregnede materialfaktorer (γ_M) fra stabilitetsanalyser i Profil C

Situasjon	Materialfaktor (γ_M)						Tegn. nr.
	Venstre side			Høyre side			
	UTSA sirkulær	UTSA sammensatt	DESA sirkulær	UTSA sirkulær	UTSA sammensatt	DESA sirkulær	
Dagens tilstand	1,00	2,19	1,45	1,00	1,93	1,66	211
min. %-bedring / 1,4	1,15	1,40	1,40	1,15	1,40	1,40	-
Avlasting og motfylling	1,15	-	1,47	1,16	-	1,68	212A

Drenert effektivspenningsanalyse gir materialfaktorer over kravet på begge sider av profilet men udrenert totalspenningsanalyse gir kritiske ($\gamma_M=1,0$) materialfaktorer. Det presiseres at styrkeparameterne som inngår i stabilitetsberegningene er hentet fra boringer utenfor profilet; dvs. det utelukkes ikke at den virkelige situasjonen er mer stabil enn beregningene tilsier men per definisjon kan situasjonen ikke være mer ustabil.

Kravet om vesentlig forbedring blir derfor en materialfaktor på 1,15 på begge sider av ravinen.

På venstre (nord-) siden av Eidsvågelva har vi vurdert avlastning av skråningen som det mest attraktive måten for å tilfredsstille kravet. Med en 2m høg (*til ca. kote +7,0*) og min. **6m** lang avlastning heves materialfaktoren med ca. 15%; dvs. OK.

På høyre siden er det et flatt parti foran Eidsvågelva som er egnet for motfylling. Vi har funnet ut at en 1,5m høy og minst 12,5m lang fylling ved skråningsfoten hever materialfaktoren med ca. 16%; dvs. OK. Det er også mulig å få dette til med en avlastning/utgraving av skråningstoppen men vi har ikke analysert dette nærmere.

Profil D

Profil D er valgt med bakgrunn i at der viser skråningshelningskartet bratte skråninger på begge sider av Eidsvågelva i tillegg til at profilet treffer om lag vinkelrett på høydekurvene der terrenget begynner å skrå opp mot lia (i ca. Pr. 100 i Profil D).

Beregnete materialfaktorer fra utførte stabilitetsanalyser i Profil D er vist i Tabell 6.

Som i Profil C er laggrenser i grunnen modellert etter dreietrykksonderinger. Pos. 36 og Pos. 39 (utefor profilet) er flyttet til representativ plassering. Skjærfastheten av leirlaget er definert med bakgrunn i Pos. 34, Pos. 33, Pos. 41 og Pos. 44,.

Tabell 6: Beregnede materialfaktorer (γ_M) fra stabilitetsanalyser i Profil D

Situasjon	Materialfaktor (γ_M)						Tegn. nr.
	Venstre side			Høyre side			
	UTSA sirkulær	UTSA sammensatt	DESA sirkulær	UTSA sirkulær	UTSA sammensatt	DESA sirkulær	
Dagens tilstand	1,53	1,76	1,90	0,85	1,56	1,15	213
<i>min. %-bedring / 1,4</i>	1,40	1,40	1,40	1,03	1,40	1,26	-
<i>Avlastning</i>	-	-	-	1,04	-	1,39	214
Videre avl. høyre side	-	-	-	1,15	2,07	1,43	215

På venstre (nordre) siden viser reviderte beregninger at med skjærfasthetsprofil fra Pos. 44 tilfredsstiller dagens situasjon absoluttkravet om materialfaktor på totalspenningsbasis. Det samme gjelder også for effektivspenningsanalyser og derfor er stabiliserende tiltak ikke påkrevd i området.

På høyre side viser analyse av dagens tilstand materialfaktor på 0,85 for udrenert totalspenningsanalyse og 1,15 for drenert effektivspenningsanalyse. Siden materialfaktor under 1,0 betyr at situasjonen er ustabil vet vi at det virkelige tallet for materialfaktor er høyere enn dette (minst 1,0 siden ras har ikke gått). Mest sannsynlige forklaringen på dette er at vårt estimat av skjærfastheten i lærlaget er for lavt.

Vi har imidlertid ikke mer data fra området der vi kan hente inn mer relevant informasjon. For å konkludere om dette profilet har vi endt opp med å dele problemstillingen opp og beregne på hva må til for å tilfredsstille kravet om:

- a) vesentlig forbedring fra dagens situasjon (0,85 gir 18% forbedring - ekstrapolert)
- b) vesentlig forbedring fra materialfaktor på 1,0 (dette gir 30% forbedring – opp til 1,15).

På grunn av at Eidsvåg elva renner ved skråningsfoten på høyre siden av profilet har vi vurdert avlastning som det mest aktuelle løsningen for å heve materialfaktoren.

For å oppnå kravet beskrevet i punkt a) har vi funnet det nødvendig med avlastning i form av en minst 9m lang og 2m djup utgraving av toppen av skråningen. For å oppnå kravet i punkt b) trenges en minimum 12,5m lang og 3m djup utgraving i toppen av skråningen.

I tillegg til analysene beskrevet ovenfor er det utført en parameterstudie der skjærfastheten for dagens situasjon er oppjustert slik at materialfaktor beregnes som 1,0 (teoretisk laveste «stabil» situasjon), dette i henhold til anbefalinger i Ref. 12. Foreslåtte tiltak er siden vurdert utfra dette parametersettet.

Med en 2m djup og 9m lang utgraving (ned til ca. kote +9,0) blir materialfaktoren med oppskalert parametersett hevet til 1,21 (dvs. 21%). Dette tilfredsstillende m.a.o. også regelverkets krav om vesentlig forbedring.

Områdestabilitet / lange glideflater

På Tegning 213 presenterer vi også resultater fra beregninger av stabilitet for lange sammensatte skjærflater til begge sider. Skjærflatene har vi plassert øverst i leirlaget, dette på grunn av at tolket skjærfasthet viser tendens til å øke mot dybden for alle posisjoner der vi har CPTU-data (dvs. antakelig mest ugunstig hvis skjærflaten ligger øverst i leirlaget).

Selv om dette er eneste profilet der vi har lagret og presentert slike beregninger har vi i alle profiler utført en slik studie med sammensatte skjærflater og funnet at materialfaktoren har tendens for å øke når flatene blir lengere. Derfor har vi valgt kun å presentere tilfeller med kortere flater.

Profil E

Profil E er valgt igjennom snitt U-U i Ref. 1 (forlenget til begge sider) og treffer både Pos.41 og Pos. 43. Siden ravinen er her bredere enn i tidligere analyserte profiler har vi valgt å dele profilet opp og vise de mest kritiske skråningene til begge sider på Tegning 216 og Tegning 217.

Beregnete materialfaktorer fra utførte stabilitetsanalyser i Profil E er vist i Tabell 7.

På grunn av avstand til nærmeste CPTU på venstre (nordre) siden av profilet har vi her valgt heller å benytte resultater fra enkle skjærforsøk i Posisjon 44.

Tabell 7: Beregnede materialfaktorer (γ_M) fra stabilitetsanalyser i Profil E

Situasjon	Materialfaktor (γ_M)						Tegn. nr.
	Venstre side			Høyre side			
	UTSA sirkulær	UTSA sammensatt	DESA sirkulær	UTSA sirkulær	UTSA sammensatt	DESA sirkulær	
Dagens tilstand	1,45	3,39	1,55	1,14	2,08	2,22	216
<i>min. %-bedring / 1,4</i>	1,40	1,40	1,40	1,25	1,40	1,40	-
Motfyllinger	-	-	-	1,27	-	2,35	217

Situasjonen på venstre (nordre) siden tilfredsstillende kravene om absoluttmaterialfaktor mens på høyre siden har udrenert totalspenningsanalyse verdi på 1,14.

Med en 10m lang og 1m høy motfylling ved skråningsfoten kan denne faktoren heves til 1,27 som er over kravet på 1,25 for vesentlig forbedring av dagens situasjon.

Profil F

Profil F er lengste beregningsprofilen i dette oppdraget og ligger noenlunde over hele dalen og treffer ca. tvers på bratte skråninger på begge sider.

Beregnete materialfaktorer fra utførte stabilitetsanalyser i Profil F er vist i Tabell 8.

Vi har modellert laggrenser i grunnen etter resultater fra dreietrykksonderinger i/ved profilen, og som i Profil E har vi også her på venstre (nordre) side av profilen benyttet resultater fra skjærforsøk i Pos. 44 for å beskrive skjærfastheten i leirlaget.

Tabell 8: Beregnede materialfaktorer (γ_M) fra stabilitetsanalyser i Profil F

Situasjon	Materialfaktor (γ_M)						Tegn. nr.
	Venstre side			Høyre side			
	UTSA sirkulær	UTSA sammensatt	DESA sirkulær	UTSA sirkulær	UTSA sammensatt	DESA sirkulær	
Dagens tilstand	1,01	0,98	1,00	1,01	0,98	1,22	218A
<i>min. %-bedring / 1,4</i>	1,16	1,13	1,15	1,16	1,13	1,30	-
Avlastning	1,18	1,15	1,24	1,39	1,17	1,32	219A

Udrenert totalspenningsanalyse har på begge sider av dette profilen gitt samme materialfaktor på **0,98** for *sammensatte* skjærflater. I tillegg til dette er situasjonen for drenert effektivspenningsanalyse *tilnærmet* kritisk på venstre side av profilen.

I dette profilen ser det ut som *det er* mest gunstig å heve materialfaktoren ved å avlaste toppen av skråningen til venstre side. Med en 12,5m lang og 2m dyp utgraving (*ned til ca. kote +11,3*) kan materialfaktoren heves til **1,15** for udrenert tilstand og til **1,24** for drenert tilstand; dette tilfredsstillende kravet om vesentlig forbedring fra dagens situasjon.

En slik løsning er også funnet mest gunstig på høyre side av profilen og med en **21m** lang og **2m** dyp utgraving kan materialfaktoren heves til **1,17** for totalspenningsanalyse og **1,32** for effektivspenningsanalyse. Dette tilfredsstillende kravet om vesentlig forbedring fra dagens situasjon.

Profil G

Profil G er en forlenging av Profil F1-F1 i Ref. 1 (forlenget mot nord). Profilen starter ved Pos. 46 der vi har utført trykksondering og poretrykkmålinger og treffer både Pos. 61 og Pos. 62.

Beregnete materialfaktorer fra utførte stabilitetsanalyser i Profil G er vist i Tabell 9.

Tabell 9: Beregnede materialfaktorer (γ_M) fra stabilitetsanalyser i Profil G

Situasjon	Materialfaktor (γ_M)						Tegn. nr.
	Venstre side			Høyre side			
	UTSA sirkulær	UTSA sammensatt	DESA sirkulær	UTSA sirkulær	UTSA sammensatt	DESA sirkulær	
Dagens tilstand	1,87	2,85	1,94	1,25	1,22	1,53	220A
<i>min. %-bedring / 1,4</i>	<i>1,40</i>	<i>1,40</i>	<i>1,40</i>	1,32	<i>1,30</i>	<i>1,40</i>	-
Motfylling	-	-	-	1,43	1,30	1,80	221A
Avlasting	-	-	-	1,49	1,31	2,08	221b

Til venstre (nordre) side i profilet er situasjonen over kravet om absolutt materialfaktor både for effektiv og totalspenningsanalyse og **er** derfor ikke analysert nærmere.

På høyre (søndre) side av profilet har vi analysert stabiliteten ved bratteste skråningen i profilet samt situasjonen rundt Fylkesveg 62. Udrenert totalspenningsanalyse viser at situasjonen ved bratteste skråningen i Profilet har en materialfaktor på **1,22**. For å tilfredsstille kravet om vesentlig forbedring må denne faktoren heves til minimum **1,30**.

Vi har vurdert det gunstig å heve materialfaktoren ved å lage en motfylling ved skråningsfot av bratteste partiet. Ved en **21m** lang og 0,5m høg motfylling ved skråningsfoten kan materialfaktoren heves til **1,30** som tilfredsstiller kravet om vesentlig forbedring.

Alternativ der bratteste del av skråning avlastes ved utgraving er også analysert. For å heve materialfaktoren over kravet om %-vis forbedring må bratteste skråningen slakes ut til 1:6. Dette betyr full utslakning av skråningen mellom profil 137 og 157. med dette heves materialfaktoren til 1,31.

SINTEF har utført uavhengig kontroll av denne rapporten og har valgt å foretrekke avlasting fremfor pålasting i form av motfylling i dette profilet.

Profil H

Profil H er plassert der analyse av skråningshelningskartet viser om lag bratteste skråninger til begge sider av ravinen oppstrøms fra Profil G.

Beregnete materialfaktorer fra utførte stabilitetsanalyser i Profil G er vist i Tabell 10.

Tabell 10: Beregnede materialfaktorer (γ_M) fra stabilitetsanalyser i Profil H

Situasjon	Materialfaktor (γ_M)						Tegn. nr.
	Venstre side			Høyre side			
	UTSA sirkulær	UTSA sammensatt	DESA sirkulær	UTSA sirkulær	UTSA sammensatt	DESA sirkulær	
Dagens tilstand	1,57	3,23	1,77	1,24	1,73	1,35	222
<i>min. %-bedring / 1,4</i>	<i>1,40</i>	<i>1,40</i>	<i>1,40</i>	1,31	<i>1,40</i>	1,38	-
Avlasting - utgraving og utslaking		-	-	1,52	-	1,44	223
Avlasting og endring i parametervalg		-	-	1,32	-	1,41	224

Utførte stabilitetsanalyser viser at på venstre (nordre) siden av profilet havner materialfaktorer for dagens tilstand over absoluttkravet både for udrenert totalspenningsanalyse og drenert effektivspenningsanalyse. Dette blir derfor ikke analysert nærmere.

På høyre (søndre) siden av profilet havner materialfaktorene under absoluttkravet i begge tilfeller. Siden Eidsvågelva renner tett mot skråningsfoten er det vår mening at det er enklest å heve materialfaktoren med å avlaste på toppen av skråningen.

Når skjærflatene på Tegning 222 er analysert vises det at skjærsirkelen for drenert tilstand treffer hverken topp eller fot av skråningen, og at hele glideflaten ligger til høyre (drivende) fra sirkelens senterpunkt. Dvs. avlastning av toppen av skråningen og moderat motfylling ved skråningsfoten forbedrer ikke dette tilfellet.

For å heve materialfaktorene over kravet om vesentlig forbedring har vi først kombinert avlastning av toppen av skråningen ved en min. 6,5m lang og 1,5m høg utgraving og utslaking av øverste 15,5m til en maksimal helning på 1:3. Med dette heves materialfaktorene for udrenert og drenert tilstand til henholdsvis 1,52 og 1,44; dvs OK.

Her har vi i hovedsak benyttet drenerte styrkeparametere tolket fra CPTU-data i Pos. 54 (på venstre siden av profilet). Denne posisjonen har laveste drenerte styrkeparametere i området som ble tolket til ϕ på 28°. Andre CPTU sonderinger, som er i om lag lik avstand fra skråningen på høyre siden av Profil H, viser imidlertid noe høyere verdier. Vi har utført ekstra beregning der vi benytter drenerte styrkeparametere fra Pos. 59 og Pos. 46.

Uten utslaking av skråningen økes nødvendig avlastning av toppen av skråningen til min 10m lang og 1,5m dyp utgraving. Med dette heves materialfaktoren til 1,32 for drenert tilstand og dermed tilfredsstiller kravene om vesentlig forbedring. Med oppdaterte drenerte styrkeparametere materialfaktoren for drenert effektivspenningsanalyse 1,41; dvs over kravet.

Områdestabilitet

Innledningsvis har vi utført en analyse av terrengets skråningshelning i det aktuelle området, som ledet fram til skråningshelningskartet vist på Tegning 203. Med bakgrunn i dette har vi identifisert profiler som vi vurderte kritiske med hensyn til stabilitet.

Vi har i hvert profil begynt med søk etter den mest kritiske skjærflaten på et bredt område over antatt kritiskeste skråning og basert på resultatene har vi siden gjentatt beregningene med redefinert søkeområde inntil vi er sikker på at vi har funnet den mest kritiske glideflaten. I tillegg har vi i alle profiler også utført stabilitetsberegninger for lange sammensatte glideflater; selv om dette kun er presentert på Tegning 213 for Profil D.

Studie av slike sammensatte flater over hele området har vist at ettersom skjærflatene blir lengre heves generelt materialfaktoren. På hver enkelt tegning er kun de mest kritiske skjærflatene for drenert og udrenert tilstand vist. Dette betyr at etter vår vurdering er alle andre skjærflater i profilet (og som ikke er vist) mindre kritisk.

Det er med bakgrunn i dette at vi mener at lange glideflater ved dagens situasjon ikke er kritiske. Stabiliteten av større områder blir helst truet ved et lite initialscred ned mot elva som utvikler seg retrogressivt bakover inntil større flater kan gli ut.

7 KVIKKLEIRE – UTBREDELSE – AVGRENSNING

På tegning nr. 225 er samtlige undersøkte boreposisjoner klassifisert med hensyn til påvist eller antatt/mulig tilstedeværelse av kvikkleire og/eller sprøbruddmateriale. Posisjoner uten slike materialer er også identifisert.

Kvikkleire er påvist i 13 Posisjoner innenfor det undersøkte området. I tillegg til dette er material med sprøbruddegenskaper påvist i 4 Posisjoner. Vi har definitivt avgrenset kvikkleiresonen med prøvetaking og laboratorieanalyser (dvs. påvist ikke kvikk materiale) i én posisjon både mot nord og øst for- og i 3 posisjoner sør for det undersøkte området. I tillegg til dette har vi identifisert posisjoner der dreietrykk eller totalsonderinger tyder på fastere masser i grunnen som definerer grensen av sonen mot nord øst og sør-øst.

Med bakgrunn i ovennevnte har vi tegnet antatt utstrekning av kvikkleiresonen i området inn på Tegning 225.

8 TABELLER

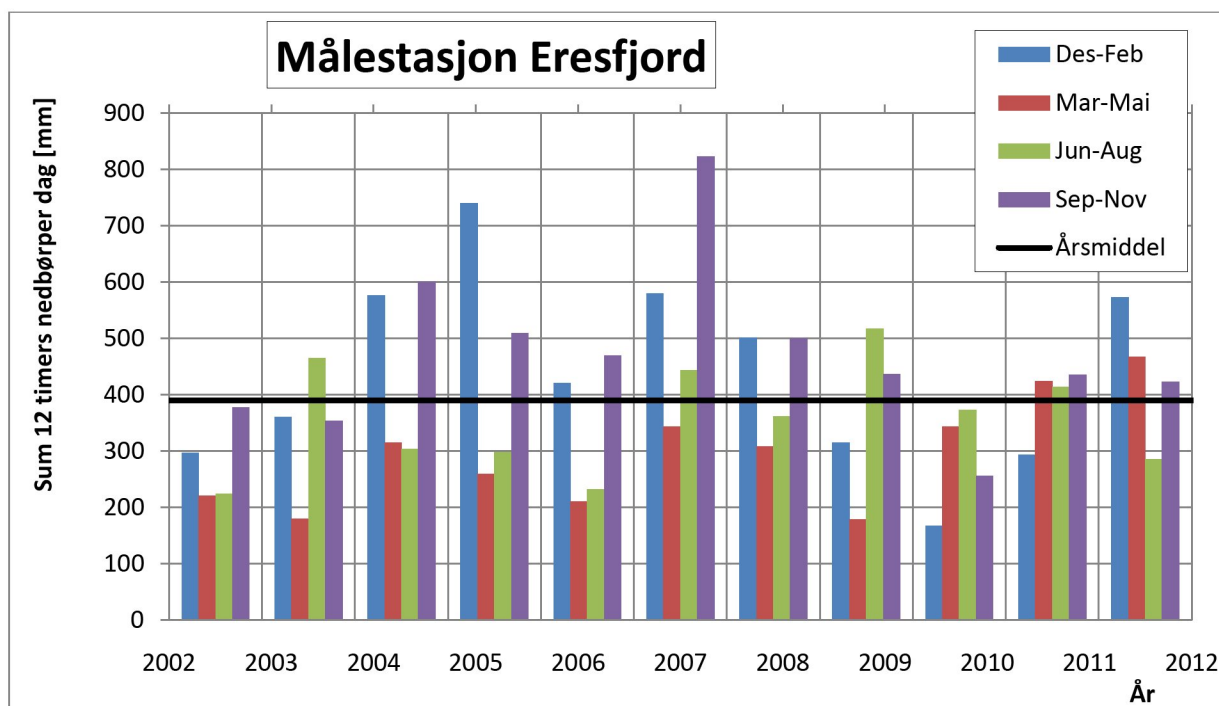
Tabell 11: Poretrykksmålinger fra 2011 og supplerende målinger i 2012

Pos./ ID	Installert	Dybde [m]	Måledato og målt vannivå relativt terreng [m] (positive tall under terreng)								
			2011								2012
			17.06	20.06	21.06	21.06	22.06	22.06	23.06	05.07	17.09
GVH3-3	15.06.2011	5	0,83	1,00	0,9		0,87		0,78	0,86	0,50
GVH3-3	15.06.2011	10	0,75	0,55	0,55		0,46		0,40	0,47	0,45
GVH3-9	22.06.2011	5							0,33	0,47	-1,75
GVH3-9	16.06.2011	8,5	1,50	-0,40	0,80	-1,04	-1,57	-1,73	-1,89	-1,92	-1,45

Tabell 12: Endepunkter på valgte beregningsprofiler for stabilitetsvurderinger

Profil	Koordinatsystem UTM/EUREF 89				Lengde (m)
	Startpunkt		Endepunkt		
	X	Y	X	Y	
A	6961300,43	452792,32	6961286,25	453177,06	385,0
B	6961603,17	452741,72	6961023,59	453000,35	634,7
C	6961544,11	452825,71	6961146,59	453207,85	551,4
D	6961657,02	452953,02	6961127,10	453162,27	569,7
E	6961714,96	453111,47	6961125,84	453177,40	592,8
F	6961725,22	453131,76	6961024,15	453339,04	731,1
G	6961444,79	453237,47	6961143,07	453558,82	440,8
H	6961700,89	453275,17	6961206,58	453644,17	616,8

9 FIGURER



Figur 1: Målt nedbør i Eresfjord i perioden 2002-2012 (data fra meteorologisk institutt)

10 REFERANSER

- Ref. 1 Norconsult (2013): Eidsvåg - Kvikkleireutredning for reguleringsplaner. Grunnundersøkelser- Datarapport nr. 5123694-2 datert 2013-02-06.
- Ref. 2 Geovest-Haugland (2011): Bjørnsonhallen, grunnundersøkelser – fundamentering. Rapport nr. 2011036-1.
- Ref. 3 Geovest-Haugland (2009): Holtanområdet i Eidsvåg – Grunnundersøkelse. Rapport nr. 2009050-1.
- Ref. 4 Geovest-Haugland (2007): Flerbrukshall Nettet – Grunnundersøkelser. Rapport nr. 2007117-1.
- Ref. 5 Geovest-Haugland (2011): Eidsvåg - Kvikkleireutredning - Geotekniske vurderinger med hensyn på forekomst av kvikkleire. Rapport nr. 2011035-1.
- Ref. 6 Statens vegvesen (2008): Rv62 Gangveg Stubø – Brekken. Rapport nr. 2008092064-2.
- Ref. 7 Statens vegvesen (1990): Hovedplan Eidsvåg Alternativ 3 4 og 5. Hovedarkiv: 47.062.09, Oppdrag: 89.079, Labarkiv: Rv62, Rapport nr. 1.
- Ref. 8 Kummeneje (1987): Idrettshall, Holtan Eidsvåg. Orienterende grunnundersøkelse. Rapport nr. o.5930-1.
- Ref. 9 Kummeneje (1969): Nettet ungdomsskole, Eidsvåg. Rapport nr. o.888.
- Ref. 10 NS-EN 1997-1:2004+NA:2008: Eurocode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 1: Allmenne regler.
- Ref. 11 Statens vegvesen (2010): Geoteknikk i vegbygging. Håndbok – 016.
- Ref. 12 NVE Retningslinjer 2/2011 rev. 15.4.2011: «Flaum- og skredfare i arealplanar» med Veileder for: "Vurdering av områdestabilitet ved utbygging på kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper"
- Ref. 13 NVE (2012): Bruk av anisotropiforhold I stabilitetsberegninger I sprøbruddmaterialer
- Ref. 14 Lunne et al, 1997: Cone penetration testing in geotechnical practice.
- Ref. 15 Karlsrud, K., Lunne, T., Kort, D. A. and Strandvik, S. (2005): CPTU correlations for clays. International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 16. Osaka 2005. Proceedings, Vol. 2, pp. 693-702.
- Ref. 16 Rolf Sandven (1990): Strength and deformation properties of fine grained soils obtained from piezocone tests
- Ref. 17 Arne Å. Skotheim (2010): Bruk av CPTU i Geovest-Haugland AS. Foredrag CPTU-seminar Vegdirektoratet 26. april 2010.
- Ref. 18 Norsk Geoteknisk Forening (1982): Veiledning for utførelse av vingeboing. Melding nr. 4 - Revidert 1989.
- Ref. 19 Gunnar Aas (1983): Geotekniske dimensjoneringsparametre, Tolkning av vingeboringer. Foredrag kursdagene ved NTH, 11. januar 1983.
- Ref. 20 Norsk Geoteknisk Forening (1982): Veiledning for symboler og definisjoner i geoteknikk – Identifisering og klassifisering av jord. Melding nr. 2 – Revidert 2011.
- Ref. 21 Novapoint: GeoSuite Stability Version 4.1.0.13
- Ref. 22 NGI (2001): Program for økt sikkerhet mot leirskred – Metoder for kartlegging og klassifisering av faresoner - Revidert 2008.