

Prosjekt: Suldal. Ras Suldalslågen

Oppdrag: Suldal. Ras Suldalslågen

Beregning: Stabilitet

Dato: 2. mars 2015

Dokumentnr: 111304tb1

Utarbeidet av: Lars Erik Haug

Kontrollert av: Geir Solheim

---

## **Suldal. Ras Suldalslågen Stabilitet**

### **Sammendrag:**

I oktober 2014 gikk det et ras i en elveskråning i Suldalslågen ved Sand i Suldal kommune. GrunnTeknikk AS er engasjert av Suldal kommune til å utføre grunnundersøkelser og for geoteknisk bistand i forbindelse med raset.

Kon-Sul AS v/Reidar Blesvik er engasjert av Suldal kommune til å koordinere arbeidene med raset og har vært vår kontaktperson i oppdraget.

Foreliggende tekniske beregningshefte inneholder resultater fra stabilitetsberegninger i rasområdet og elveskråningene på siden av raset.

Beregningsmessig sikkerhet er lav og beskriver en tilnærmet labil situasjon for rasområdet og skråningen lenger nedstrøms nedenfor gården. For å oppnå tilstrekkelig forbedring av sikkerheten, er det vurdert en 2 m høy terrengavlasting av jordet bak raskanten og en motfylling/anleggsvei langs elva lenger nedstrøms raset.

Nærmere beregningsresultater fremgår av beregningsheftet.

## INNHALDSFORTEGNELSE

1	Innledning.....	3
2	Terreng og grunnforhold.....	3
3	Stabilitet.....	4
3.1	Regelverk.....	4
3.2	Sikkerhetskrav.....	4
3.3	Grunnforhold og terreng.....	6
3.4	Lagdeling og parametere.....	6
3.5	ADP.....	8
3.6	Grunnvann.....	8
3.7	Beregningsresultater.....	8

## VEDLEGG

1	Borplan
2	Profil A - A og H - H
3	Designlinje $s_u$
4	Beregningsutskrifter for profil A-A
5	Beregningsutskrifter for profil H-H

## REFERANSER

[1]	GrunnTeknikk AS datarapport 111304r1, datert 2. mars 2015
[2]	NS-EN 1990-1:2002 + NA:2008 (EC 0) og NS-EN 1997-1:2004 + NA:2008 (EC 7)
[3]	NVE retningslinjer 2014_02 «Flaum og skredfare i arealplanar»
[4]	NVE veileder 2014_7 «Sikkerhet mot kvikkleireskred»
[5]	GrunnTeknikk AS geoteknisk rapport 111304r2, datert 6.mars 2015 (ikke oversendt)
[6]	Statens vegvesen håndbok V220

## 1 Innledning

I oktober 2014 gikk det et ras i en elveskråning i Suldalslågen ved Sand i Suldal kommune. GrunnTeknikk AS er engasjert av Suldal kommune til å utføre grunnundersøkelser og for geoteknisk bistand i forbindelse med raset.

Kon-Sul AS v/Reidar Blesvik er engasjert av Suldal kommune til å koordinere arbeidene med raset og har vært vår kontaktperson i oppdraget.

Foreliggende tekniske beregningshefte inneholder resultater fra stabilitetsberegninger i rasområdet og elveskråningene på siden av raset.



*Fig.1 Foto av rasområdet, oktober 2014*

## 2 Terreng og grunnforhold

Grunnforholdene i området er beskrevet i geoteknisk datarapport 111304r1, datert 2. mars 2015 fra GrunnTeknikk AS, ref.[1].

Suldalslågen er et meandrerende regulert vassdrag, som har sitt utløp ved Sand. Ved Hauga ca. 1,7 km sørøst for Sand sentrum gjør elva en ca. 180 grader sving. I yttersving er det en bratt skråning opp til en elvetarrasse ca. 15 m over nivået i elva. Det var i denne skråningen raset gikk. Terrenget stiger så relativt slakt mot sør et godt stykke, før terrenget stiger bratt oppover i dalsiden. På motsatt side stiger terrenget slakt nordover fra elva.

Utførte grunnundersøkelser viser at grunnen består av et ca 5 m tykt topplag av sand/grus (elveavsetning) over middels fast siltig leire ned til 13-14 m under terreng. Derunder er det registrert bløt, siltig kvikkleire til stor dybde (>35 m). Lagdelingen i grunnen er tilnærmet horisontal og boringene tyder på at det er underliggende kvikkleire i nivå med elvebunnen til begge sider av elva inn mot dalsidene. I elva er det bløt/sensitiv leire tilnærmet helt opp i elvebunn.

Oversiktsbilde fra 1881.no sin kartløsning er vist på neste side.



Fig.2 Oversiktsbilde fra 1881.no

## 3 Stabilitet

### 3.1 Regelverk

Følgende regelverk legges til grunn for beregningene,

- NS-EN 1990-1:2002+NA:2008 (Eurokode 0)
- NS-EN 1997-1:2004+NA:2008 (Eurokode 7)
- NVE retningslinjer 2014\_02 «Flaum og skredfare i arealplanar»
- NVE veileder 2014\_7 «Sikkerhet mot kvikkleireskred»

### 3.2 Sikkerhetskrav

En faregradsvurdering av skråningen gir faregrad «middels», se geoteknisk rapport 111304r2, datert ..... mars 2015.

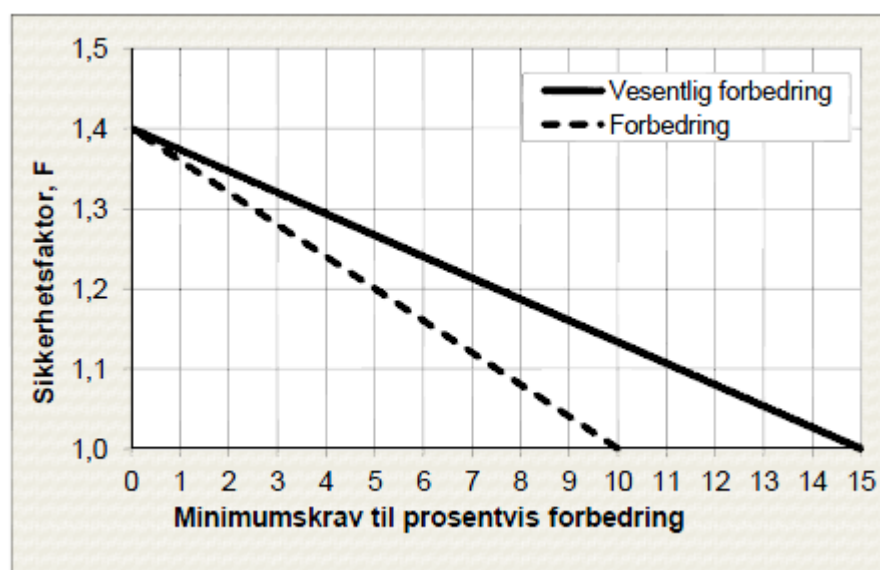
Krav til tilstrekkelig sikkerhet for områdestabilitet ved faregrad «middels» er  $F \geq 1,4$  for den mest kritiske glidesirkel. Dersom sikkerheten er lavere, er det forskjellige krav til sikkerhetstiltak avhengig av hvilken tiltakskategori man er i:

- K2: ikke forverring.
- K3: ikke forverring hvis  $F \geq 1,2$  eller forbedring  $F < 1,2$
- K4: Forbedring

Da vi har forstått at det ikke foreligger andre planer for området enn fortetting av boliger og boenheter i landbruket, har vi lagt til grunn tiltakskategori K3 for tiltaket, ref. tabell 5.2 fra ref.[4] (se neste side).

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

Prosentvis forbedring kan bare nyttes ved å gjøre topografiske endringer og ved bruk av lette masser. Prosentvis forbedring følger figur 5.1 i ref. 2, vist under.



Figur 3 Krev til prosentvis forbedring, figur 5.1 [4].

Det er i revidert veileder ref. [4] ikke krav om forbedring av alle glideflater med  $F < 1,4$ ;  
«Det er normalt tilstrekkelig å sammenligne den mest kritiske glideflaten før tiltak med  
den mest kritiske glideflaten etter tiltak.»

Alternative sannsynlige glideflater skal kontrolleres for en reduksjon i sikkerheten; «Glideflater som får  
en forverring som følge av tiltaket skal ikke ha en beregnet sikkerhetsfaktor mindre enn 1,4».

### 3.3 Grunnforhold og terreng

Terrengprofil A-A og H-H er opptegnet med bakgrunn i digitalt kart mottatt fra Kon-Sul AS v/ Reidar  
Blesvik, innmålte boringer og utførte grunnundersøkelser [1]. Profilet viser terreng og grunnforhold for  
beregningene.

### 3.4 Lagdeling og parametere

Det er utført beregninger på kombinert totalspenningsbasis med gjennomsnittlig  $s_u$ -verdier i leire samt  
effektivspenningsparametere i topplag av sand/grus. Følgende lagdeling og grunnparametere er  
benyttet;

Tørreskorpeleire/silt:  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ ,  $a = 0$ ,  $\varphi = 31^\circ$   
Sand og grus:  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ ,  $a = 0$ ,  $\varphi = 34^\circ$   
Leire og kvikkleire:  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ ,  $s_{ud} = \text{C-profil (designlinje, gjennomsnittlig } s_u)$   
for a- $\varphi$ :  $a = 0$  og  $\varphi = 26^\circ$

Valgte designparametere for C-profilene er vist i figur 3 på neste side.

I forbindelse med forbedring av sikkerheten for utglidning er det vurdert en mulig  
anleggsvei/motfylling i bunnen av skråningen ved elva. Følgende parametere er benyttet for  
steinfylling:

Steinfylling:  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ ,  $a = 0$ ,  $\varphi = 42^\circ$

Dimensjonerende gjennomsnittlig (direkte) udrenert styrke er basert på  $s_u$  direkte tolket fra programmet  
Conrad og vist i vedlegg 3. Tolkningen av udrenert styrke i Conrad baserer seg på målt spissmotstand.  
Dette er en sammenstilling av CPTU i borpunkt A3 og B1 samt konus- og enaksiale trykkforsøk fra  
prøveserie A3.

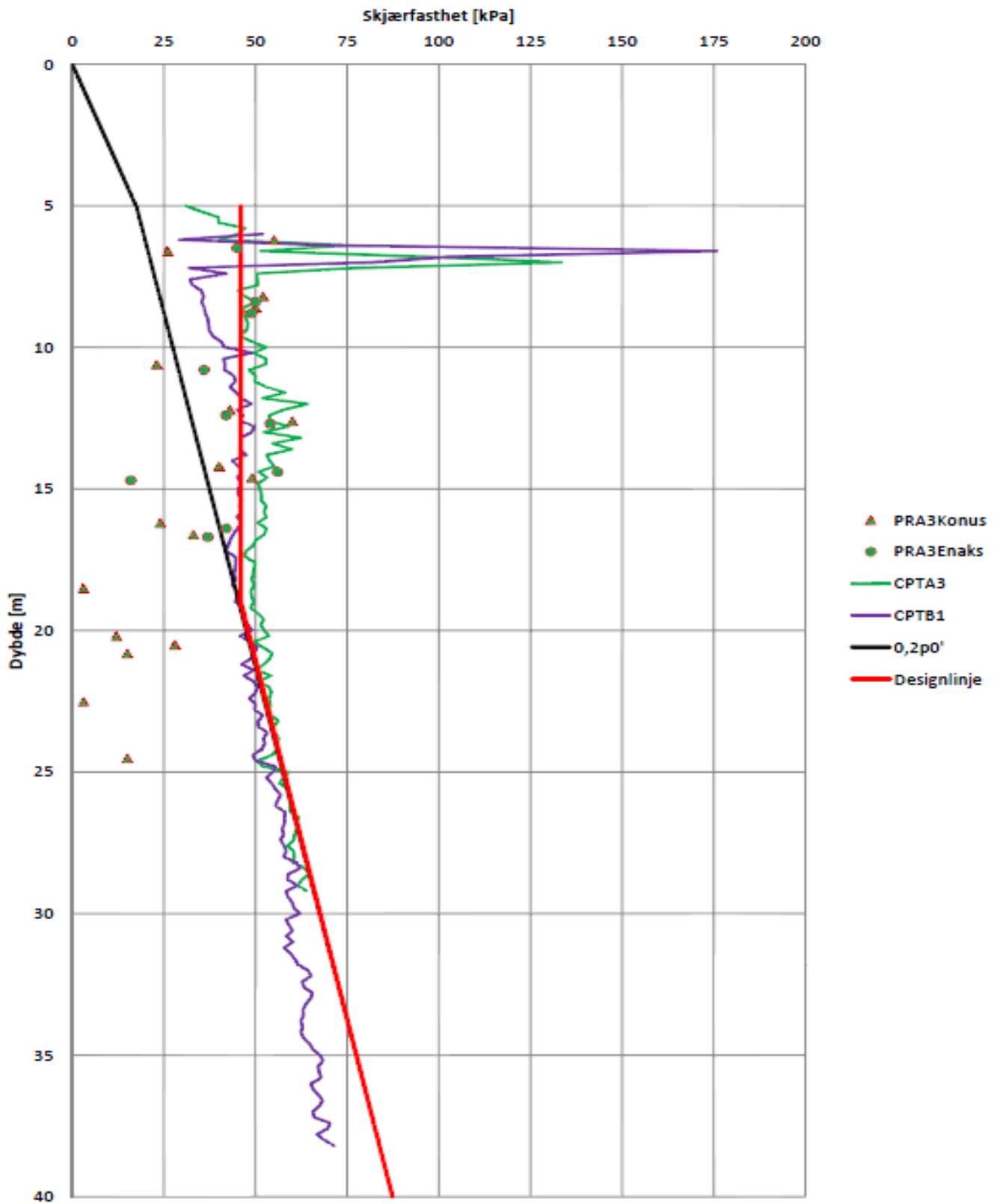
Valgt designprofil i leire er valgt som;

0 - 19 m:  $s_{ud}$  er konstant 46 kPa ned til 19 m dybde.  
19 - m:  $s_{ud} = 2z+8$  ned til fast grunn/antatt berg. Hvor  $z$  [m], er dybden fra terreng.

Designprofilet tar utgangspunkt i terreng på topp skråning bak raskanten (0-nivå). Ved styrkeprofil i  
bunn skråning har vi tatt utgangspunkt i at grunnen er lagdelt horisontalt, overkonsolidert og  
nederodert fra et nivå minst på kote +25 (laveste elveterrasse). Vi har derfor benyttet samme  
styrkeprofil som topp skråning og med en overlaging ( $s_u/p$ -forhold) i forhold til kote +25.

Ved valg av dimensjonerende designprofil har vi valgt å se bort fra treaksialforsøkene da forsøkene  
tyder på forstyrrede prøver og lite sannsynlige/lave styrkeverdier.

### Designprofil, gjennomsnittlig $s_u$



Figur 4 C-profil gjennomsnittlig  $s_u$ .

### 3.5 ADP

Det er benyttet ADP-analyse i beregningene. Følgende anisotropiparametere er benyttet i beregningene, ref. Statens vegvesen håndbok V220 [6];

Leire: A - 1,5, D - 1,0, P - 0,5.

I kvikkleire er den aktive delen redusert med 15% ref.[4] og benyttede ADP-verdier blir da:

Kvikkleire: A - 1,275, D - 1,0, P - 0,5.

### 3.6 Grunnvann

Grunnvannstanden på topp skråning er målt til å ligge i overgangen sand/grus og underliggende leire. I bunnen av skråningen er grunnvannstanden antatt å ligge tilnærmet i terrengnivå med Suldalslågen.

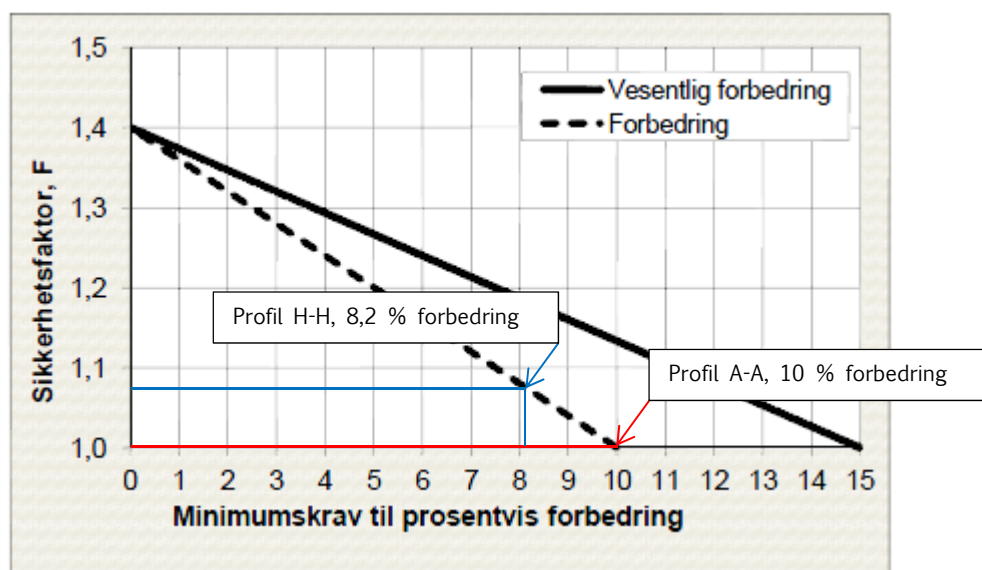
### 3.7 Beregningsresultater

Resultater fra beregningsprogrammet Geosuite Stabilitet for dagens situasjon er vist i tabell 1 under.

Beregning	Beskrivelse	Sikkerhet, Fc
4 - 1	Profil A-A, Dagens situasjon	0,93
5 - 1	Profil H-H, Dagens situasjon	1,07

Tabell 1 Resultater fra beregninger med dagens situasjon.

Beregningsmessig sikkerhet er lav og beskriver en tilnærmet labil situasjon. Resultatene stemmer bra med den faktiske rassituasjonen som tilsier en sikkerhet < 1,0. I beregningene er det ikke lagt inn terrenglaster. Det må gjøres tiltak for å oppnå prosentvis forbedring. Det er tatt utgangspunkt i verdi før tiltak, dvs. Fc = 0,93 og 1,07 for vurdering av oppnådd forbedring. Vi legger derfor til grunn at disse resultatene tilsvarer en labil skråning (1,0). Nødvendig Prosentvis forbedring for de ulike profilene er vist i figur 5 under:



Figur 5 Krev til prosentvis forbedring, figur 5.1 [2]. Profil A-A vist med rød farge og profil H-H med blå.



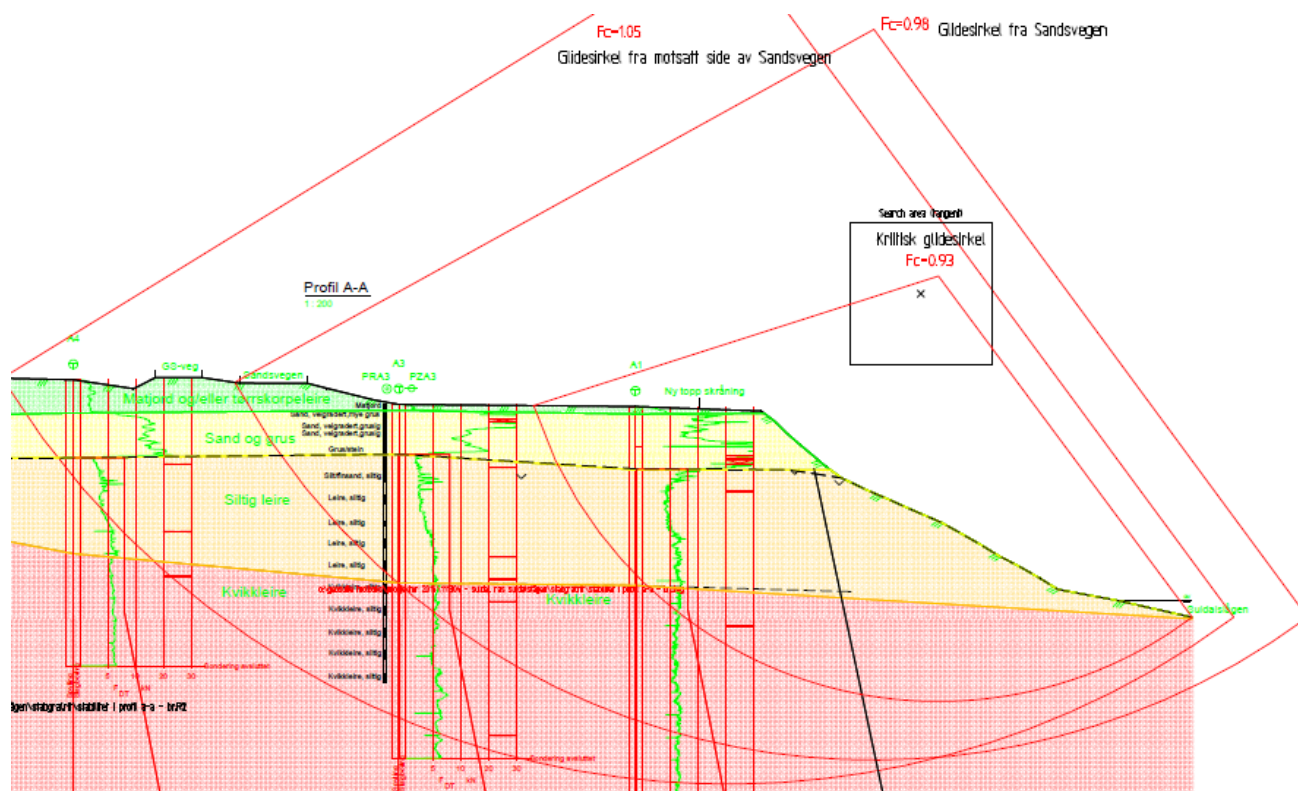
Resultater fra beregningsprogrammet Geosuite Stabilitet for prosentvis forbedring i henhold til figur 3 er vist i tabell 2 under.

Beregning	Beskrivelse	Krav til forbedring	Beregnet sikkerhet, Fc
4 - 2	Profil A-A, Avlastning av terrenget	1,02	1,02
5 - 2 5 - 3 5 - 4	Profil H-H, 4 m bred anleggsvei i forskjellige posisjoner i skråningen	1,15	1,09
5 - 5 5 - 6	Profil H-H, motfylling som gir tilstrekkelig forbedring	1,15	1,16
5 - 7	Profil H-H, Kontroll av lokalstabilitet for motfylling	1,4	2,33

Tabell 2 Resultater fra beregninger med tiltak for å forbedre sikkerheten.

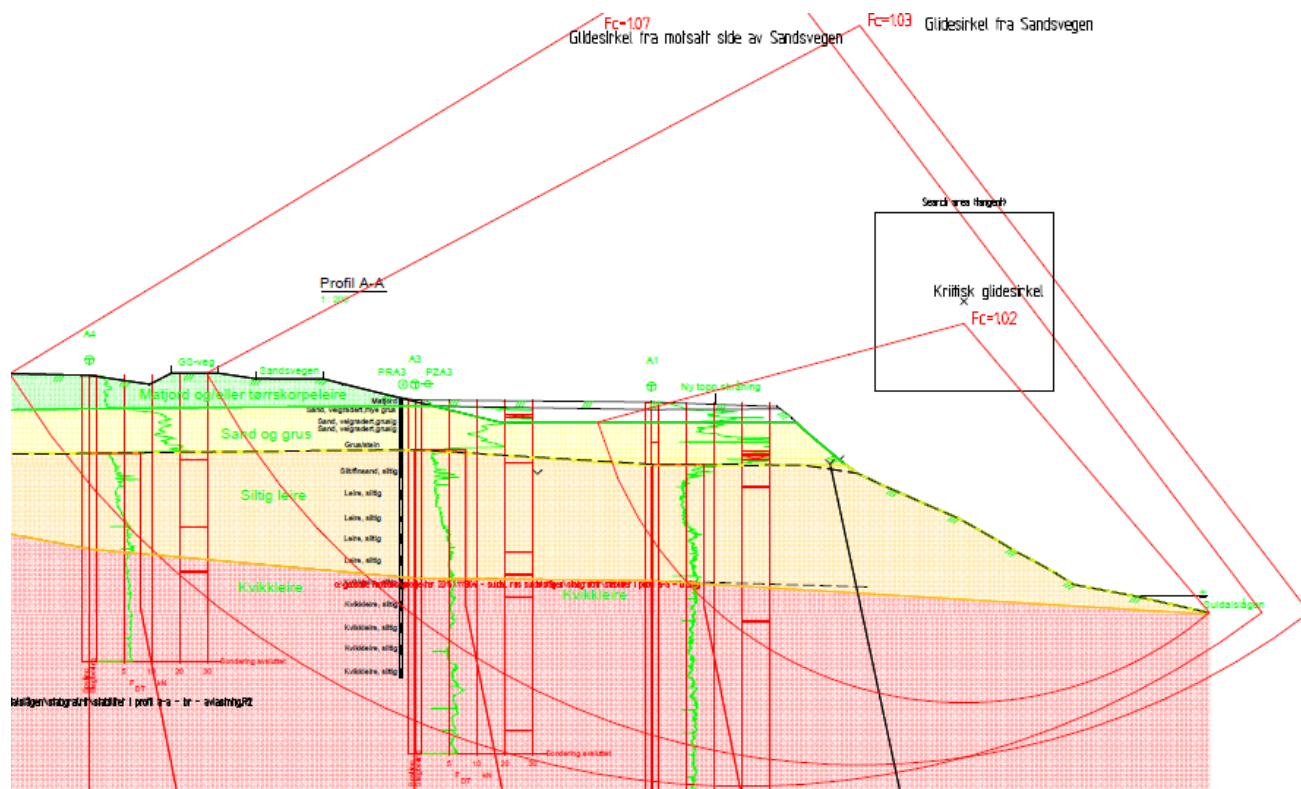
### Profil A-A

Beregningene viser lav sikkerhet ved dagens situasjon (labil situasjon),  $F_c = 0,93$ . Ved å avlaste terrenget 2 m på toppen fås det tilstrekkelig prosentvis forbedring  $F_c = 1,02$ .



Figur 6 Kritisk gledesirkel fra Geosuite Stabilitet for profil A - A, dagens situasjon.

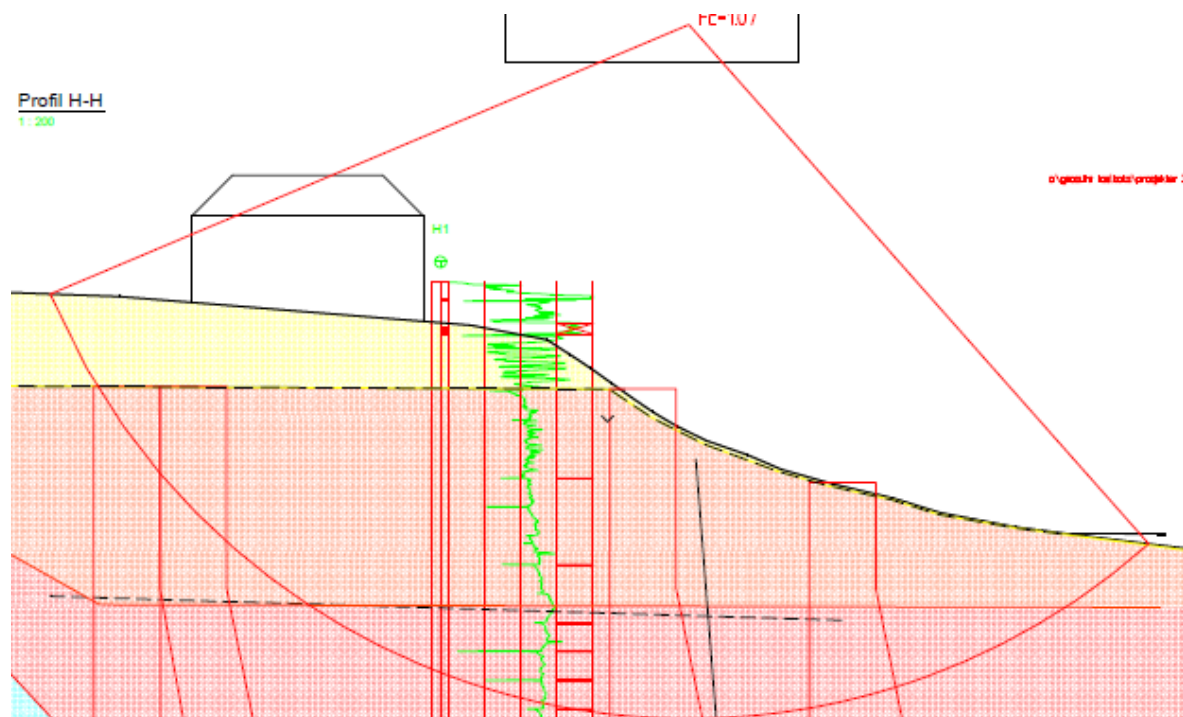
Lengre og dypere gledesirkler med start lenger bak veien får ikke forverring.



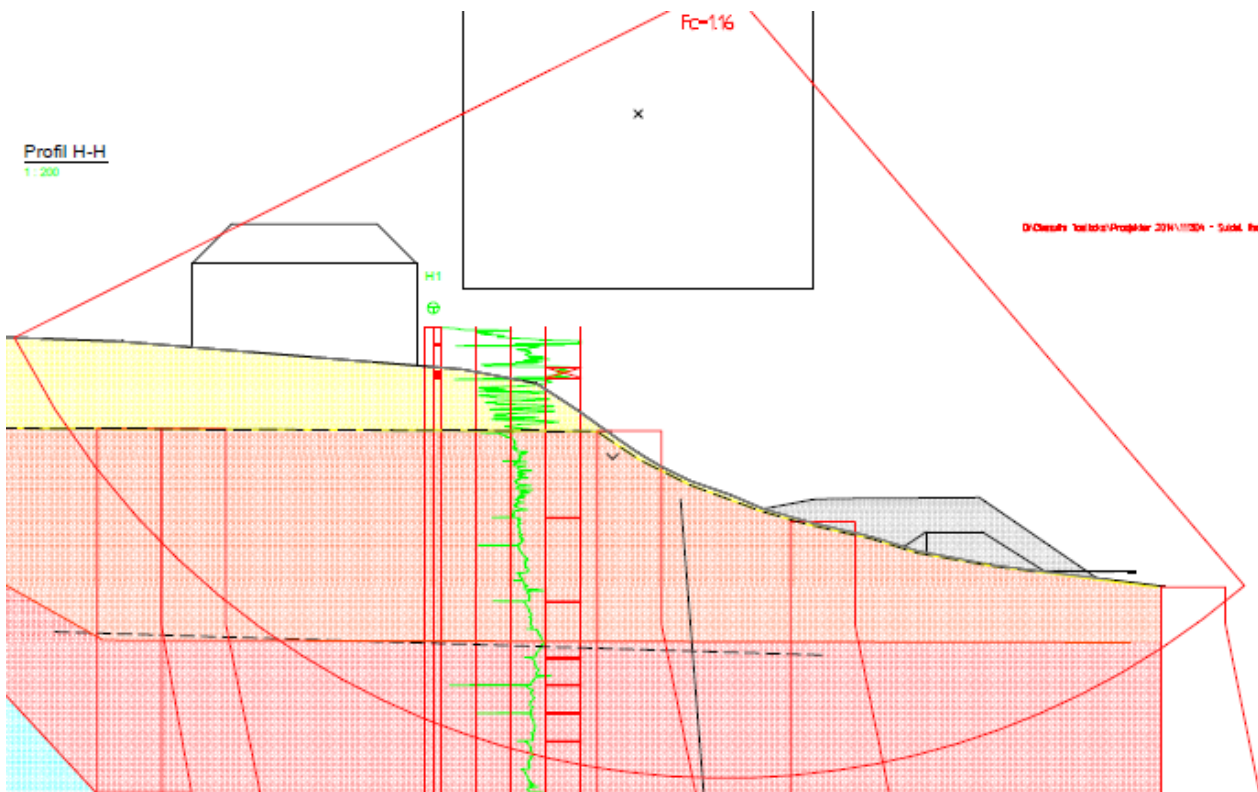
Figur 7 Kritisk gldesirkel fra Geosuite Stabilitet for profil A - A, avlasting av 2 m terreng bak skråning.

### Profil H-H

Beregningene viser lav sikkerhet for dagens situasjon,  $F_c = 1,07$ . Beregninger med en 1,5 m høy anleggsvei i bunn skråning viser sikkerhet på  $F_c = 1,09$ , dette gir ikke tilstrekkelig forbedring. En ca 4,5 m høy motfylling gir tilstrekkelig forbedring med  $F_c = 1,16$  (se fig.8).



Figur 8 Kritisk gldesirkel fra Geosuite Stabilitet for profil H - H, dagens situasjon.



Figur 9 Kritisk glidesirkel fra Geosuite Stabilitet for profil H - H, motfylling h = 4,5 m

Motfyllingen kan evt også utformes med lavere fyllingshøyde men større bredde som vist på fig. 9. Denne løsningen gir også tilstrekkelig forbedring, men fyllingen vil da gå lenger ut i elveløpet.

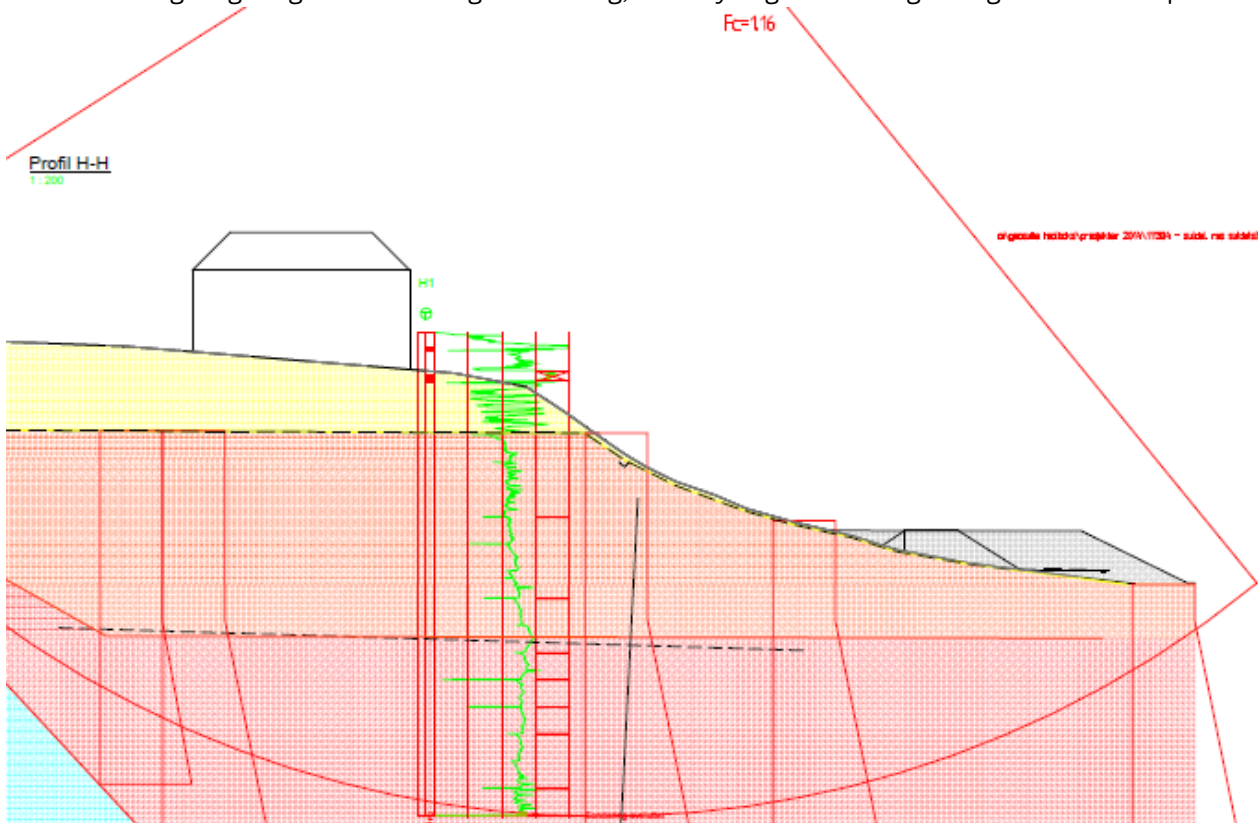



Fig 10 Lavere motfylling ut i elveløpet

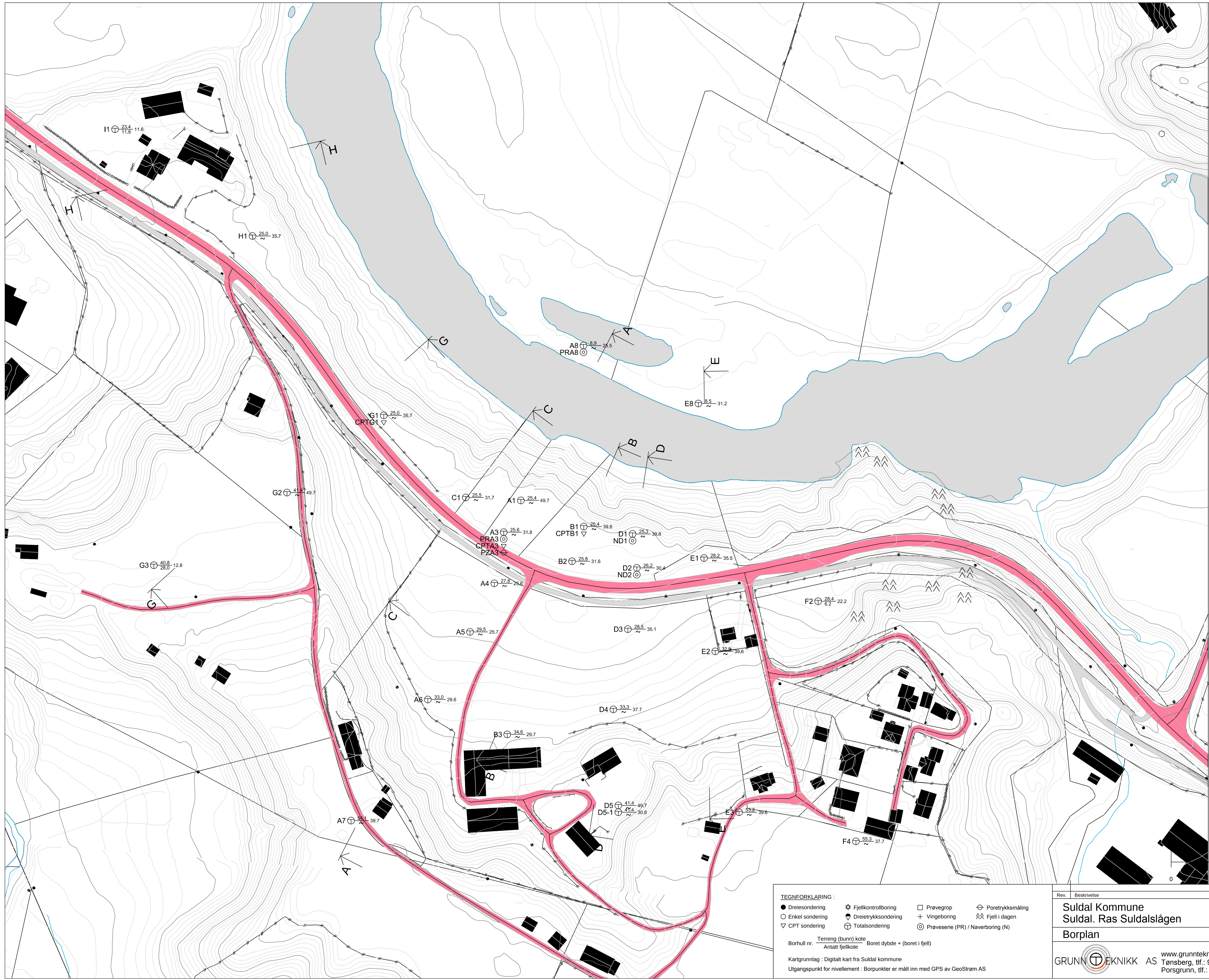
Kontrollside

Dokument	
Dokumenttittel: Suldal. Ras Suldalslågen, Stabilitet	Dokument nr: 111304tb1
Oppdragsgiver: Suldal kommune	Dato: 2. mars 2015
Emne/Tema: Stabilitet	

Sted		
Land og fylke: Norge, Rogaland	Kommune: Suldal	
Sted: Hauga		
UTM sone: 32	Nord: 6596360	Øst: 345902

Kvalitetssikring/dokumentkontroll					
Rev	Kontroll	Egenkontroll av		Sidemannskontrav	
		dato	sign	dato	sign
	Oppsett av dokument/maler	2.3.15	LEH	3.3.15	ges
	Korrekt oppdragsnavn og emne	2.3.15	LEH	3.3.15	ges
	Korrekt oppdragsinformasjon	2.3.15	LEH	3.3.15	ges
	Distribusjon av dokument	2.3.15	LEH	3.3.15	ges
	Laget av, kontrollert av og dato	2.3.15	LEH	3.3.15	ges
	Faglig innhold	2.3.15	LEH	3.3.15	ges

Godkjenning for utsendelse	
Dato: 3.3.2015	Sign.: 



**TEGNFORKLARING :**

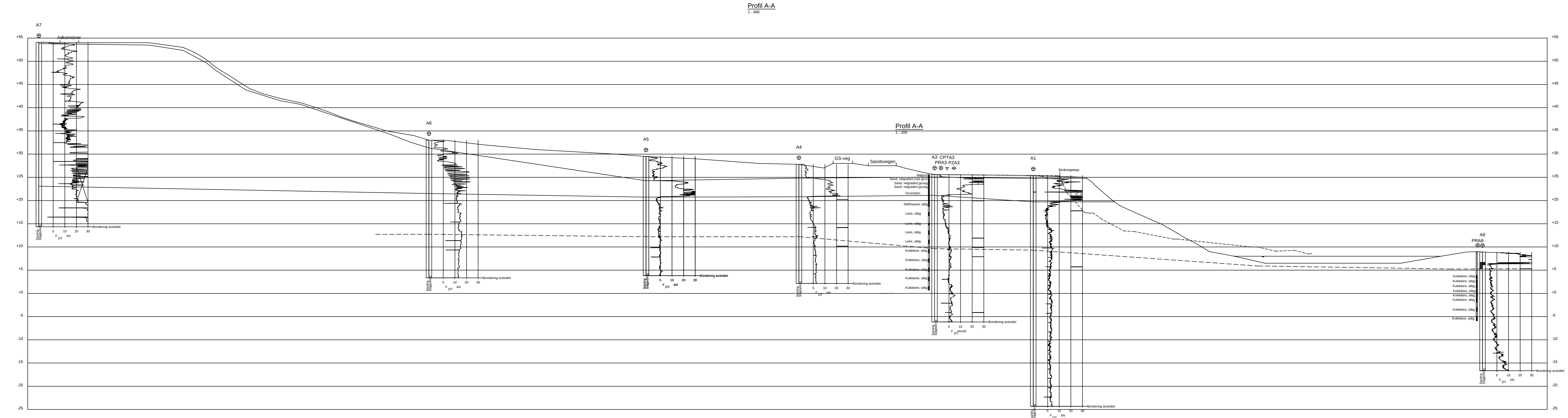
● Dreiesondering	⊛ Fjellkontrollboring	□ Prøvegrop	⊖ Poretrykkmåling
○ Enkel sondering	⊙ Dreietrykksondering	+ Vingeboring	⚡ Fjell i dagen
▽ CPT sondering	⊕ Totalsondering	⊙ Prøveserie (PR) / Naverboring (N)	

Borhull nr.      Terreng (bunn) kote      Boret dybde + (boret i fjell)  
 Antatt fjellkote

Kartgrunnlag : Digitalt kart fra Suldal kommune  
 Utgangspunkt for nivålement : Borpunkter er målt inn med GPS av GeoStram AS

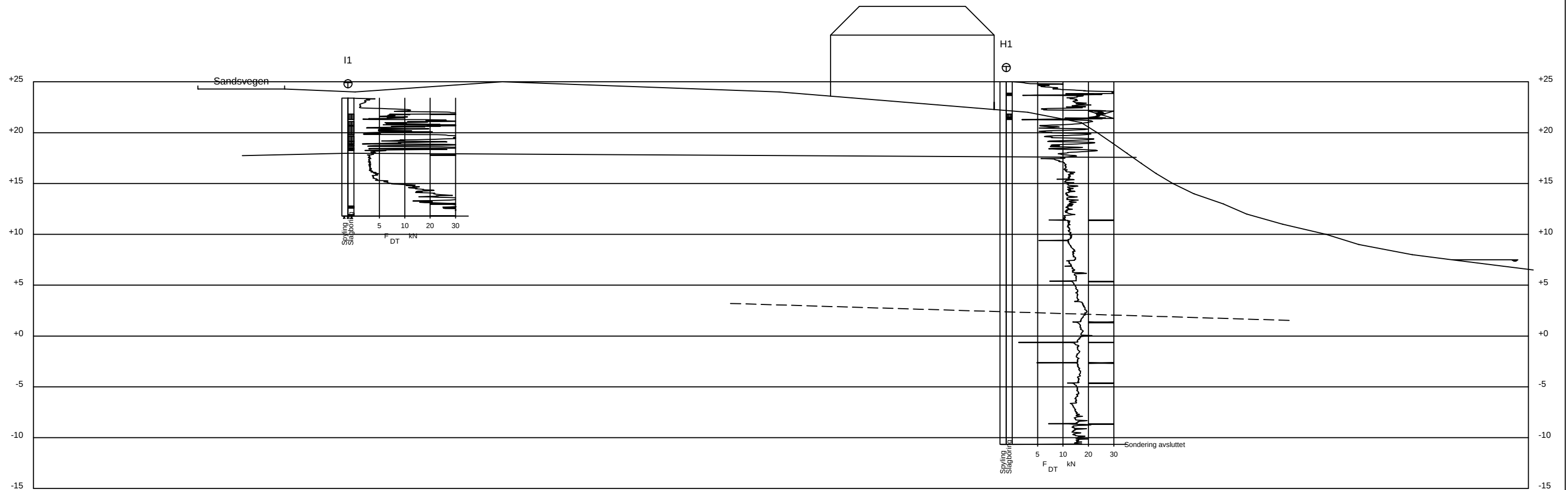
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.
	<b>Suldal Kommune</b>	05.02.2015	LEH	GES
	<b>Suldal. Ras Suldalslågen</b>	Målestokk	M = 1 : 1000	Originalformat
	<b>Borplan</b>		A1	
		Tegningsnummer	111304-1	
		Rev.		

GRUNNTEKNIKK AS      www.grunnteknikk.no  
 Tønsberg, tlf.: 90 75 91 15  
 Porsgrunn, tlf.: 95 20 25 07

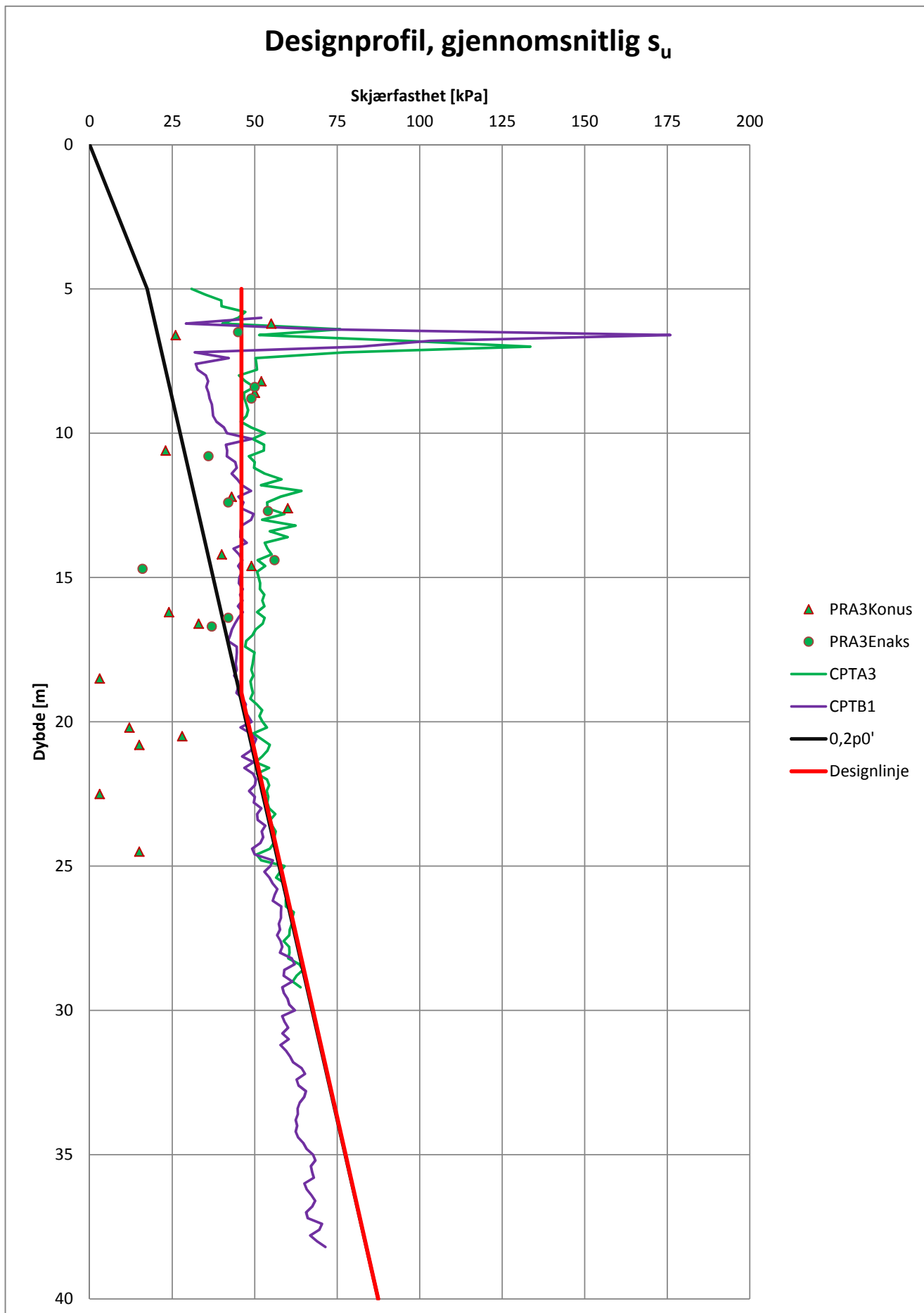


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.
	<b>Suldal Kommune</b> <b>Suldal, Ras Suldalslågen</b>	11.02.2015	LEH	GES
	<b>Profil A-A</b>	Målestokk M = 1 : 400	Originalformat A3XXL	
		Status Tegning i rapport	Tegningsnummer	Rev.
	GRUNNTEKNIKK AS www.grunnteknikk.no Tønsberg, tlf.: 90 75 91 15 Porsgrunn, tlf.: 95 20 25 07		111304-100	

Profil H-H  
1 : 400



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.
	Suldal Kommune Suldal. Ras Suldalslågen	Dato 11.02.2015	Tegn. LEH	Kontr. GES
		Målestokk M = 1 : 400	Originalformat A3	
	Profil H-H	Status Tegning i rapport		
	 GRUNNTEKNIKK AS www.grunnteknikk.no Tønsberg, tlf.: 90 75 91 15 Porsgrunn, tlf.: 95 20 25 07	Tegningsnummer <b>111304-106</b>		Rev.



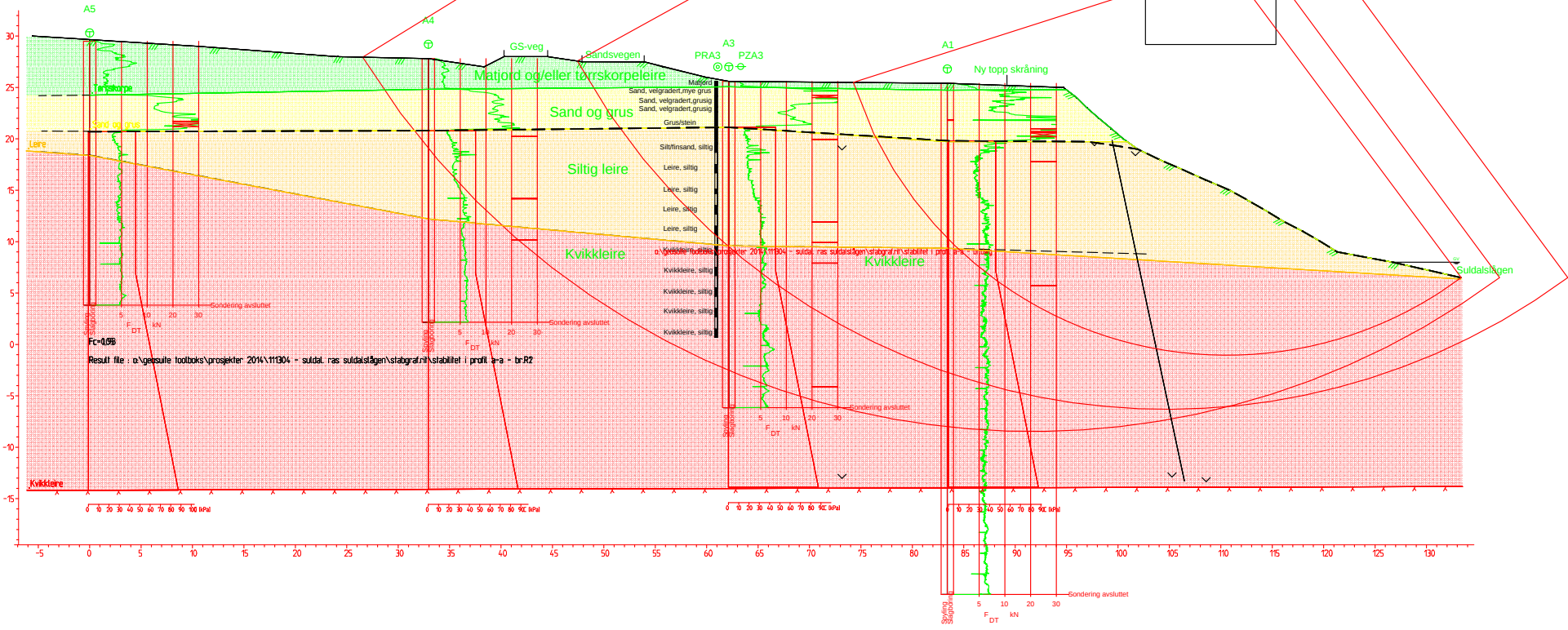


$F_c=1.05$  Glidesirkel fra motsatt side av Sandsvegen  
 $F_c=0.98$  Glidesirkel fra Sandsvegen

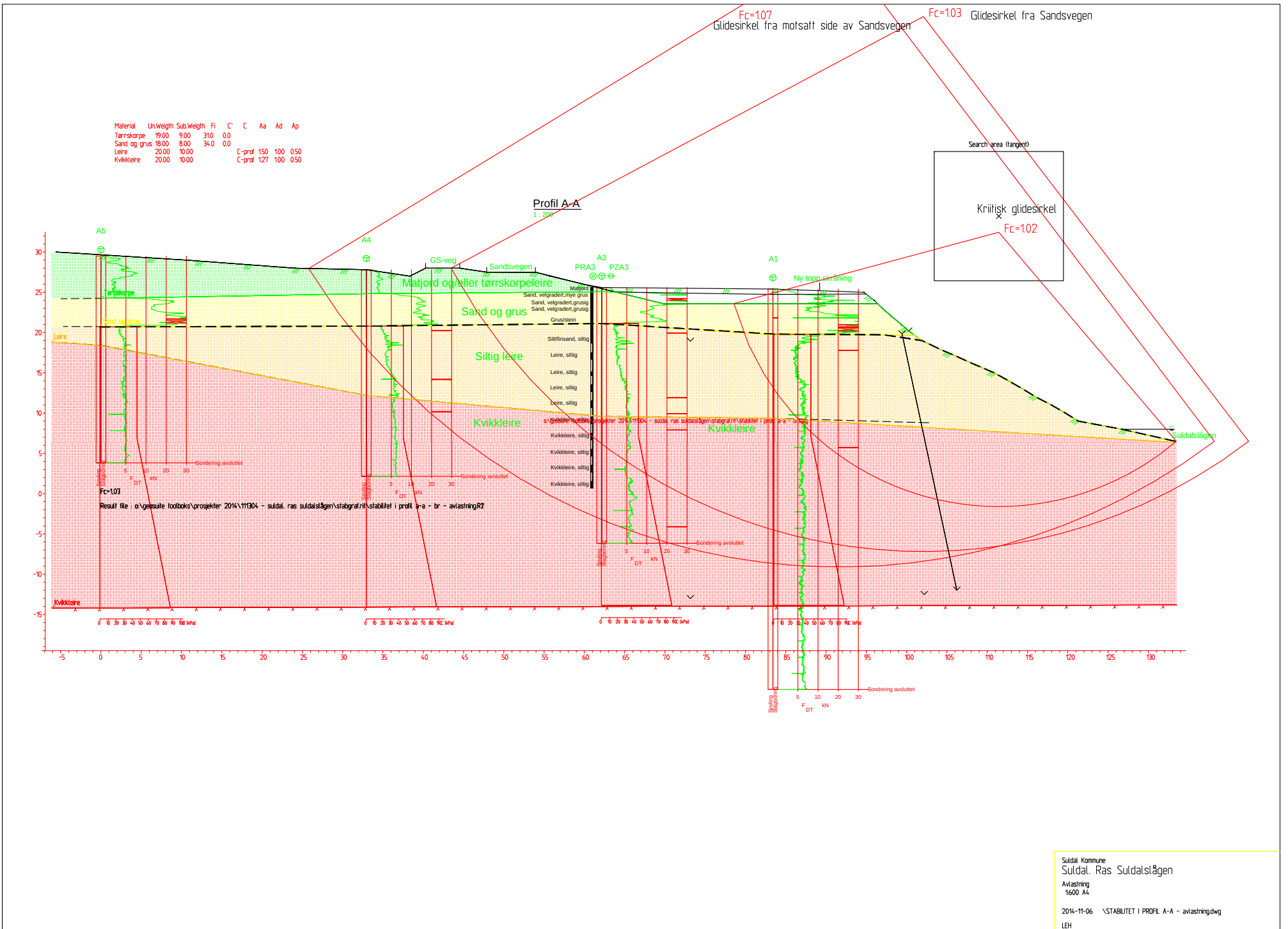
Material	Un	weigh	Sub	weigh	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Tærskorpe	19.00	9.00	310	0.0						
Sand og grus	18.00	8.00	34.0	0.0						
Leire	20.00	10.00				C-prof	150	100	050	
Kvikkleire	20.00	10.00				C-prof	127	100	050	

### Profil A-A 1:200

Search area (hengent)  
 Kritisk glidesirkel  
 $F_c=0.93$



$F_c=0.98$   
 Result file: \ogeisvare\tools\prosjekter\2014\11304 - suldal\_ras\_suldalstagen\stabgrafi\stabilitet i profil a-a - tr.R2





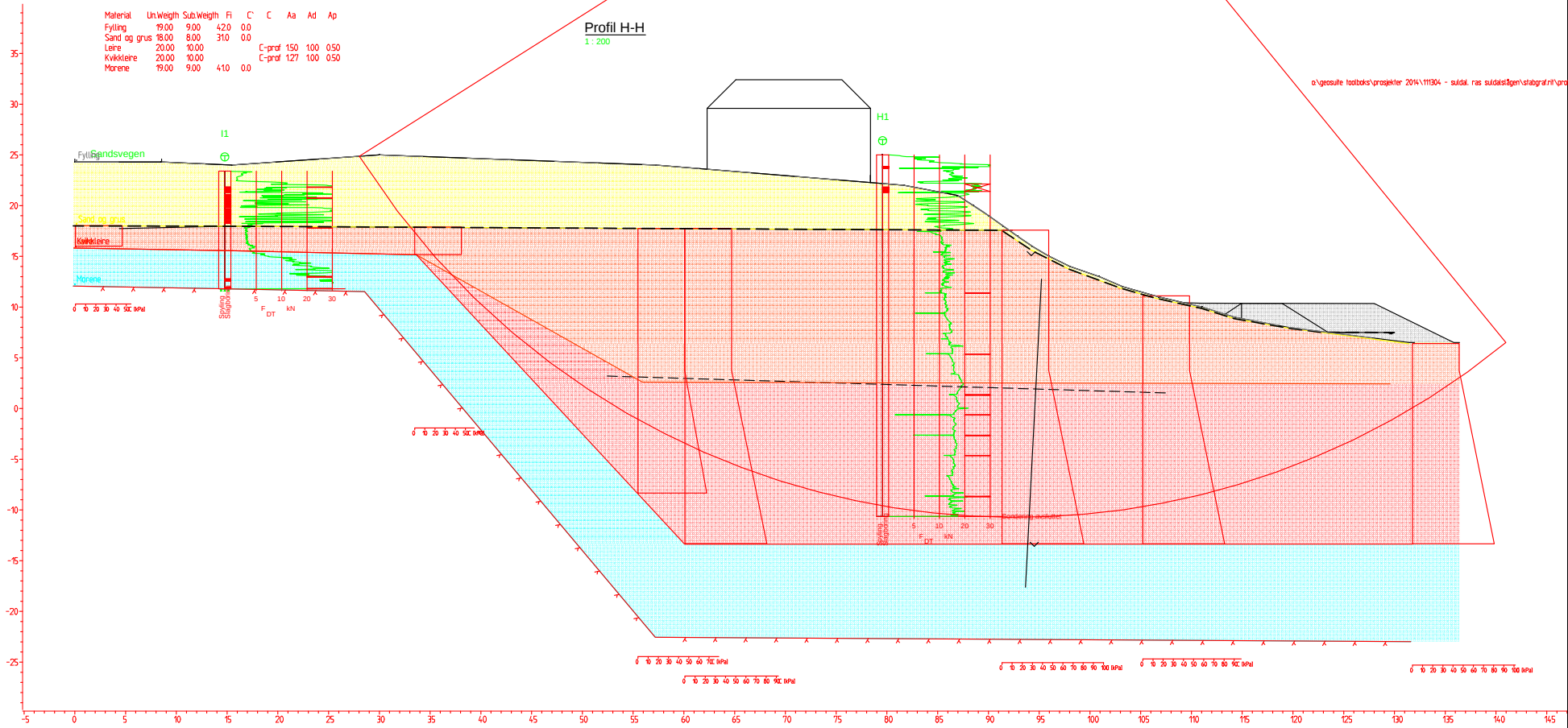








Fc=1.16



Suldal Kommune  
Suldal, Ras Suldalstågen  
mottying med %-vis forbedring, lav fylling  
1600 A4  
2015-02-12 \profil h-h - mottying - lavdvg  
LEH



