

# Stabilitetsnotat G-04

## Landfallbakken Vellingbekken

10224893-NOT-RIG-04 Stabilitetsnotat Landfallbakken Vellingbekken

Sweco Norge AS 967032271  
 Prosjekt Landfallbakken – Vellingbekken - RIG  
 Prosjektnummer 10224893  
 Kunde Lier kommune  
 Opprettet av Niklas Burau  
 Sidemannskontrollert av Øivind Martin Hasle  
 Dato 09.06.2023  
 Dokumentreferanse 10224893\_not-rig-04-stabilitetsnotat\_landfallbakken\_vellingbekken\_rev01

### Revisjonshistorikk

Rev	Dato	Beskrivelse av endringen	Utarbeidet av	Godkjent av
00	23.05.2023	Første utgave	NONIBU	NOOIHA
01	11.01.2024	Tilføyet data fra piezometer i kap. 2.3, endret Beskrivelse tolkning su-profil i kap 2.4	NONIBU	NOOIHA

Digitally signed by Niklas Burau  
 DN: cn=Niklas Burau, c=NO,  
 o=Sweco Norge AS,  
 email=niklas.burau@sweco.no  
 Location: Sarpsborg  
 Date: 2024.01.11 11:54:12 +01'00'

#### Sammendrag:

Sweco er engasjert som geoteknisk rådgiver av Lier kommune i forbindelse med forbedringstiltak med hensyn på utrasinger og stabilitetssituasjonen i en strekning langs Vellingbekken i Lier. Det skal søkes tilskudd fra NVE for tiltakene på basis av utarbeidet kostnadsestimert.

Dette notat omhandler stabilitetsberegningene som er utført for å få oversikt over stabilitetsforholdene i området. I tillegg er det sett på virkningen av stabiliserende tiltak. Vurdering av stabiliserende tiltak behandles mer detaljert i eget notat, se 10224893-NOT-RIG-05.

Stabilitetsberegninger er utført med hjelp av data fra grunnundersøkelser utført i begynnelsen av 2023, se 10234829 RIG\_R01\_A01 Datarapport Grunnundersøkelser.

Det er vurdert at stabiliteten er kritisk særlig i den nordlige delen av området (snitt 1). Der er sikkerheten vurdert til ca. 1,0 i udrenert tilstand (Korttidstabilitet). Sikkerheten i de andre 3 snitt ligger noe høyere på 1,1-1,2 og oppover i udrenert tilstand. Generelt viser beregninger i drenert situasjon (Langtidsstabilitet) noe høyere sikkerhetsfaktorer enn udrenerte beregningene.

Aktuell skredmekanisme er vurdert til rotasjonsskred for samtlige snitt.

I snitt 1 er det sett på å legge en fylling i elva på 3-3,5 m høyde som stabiliserende tiltak for å forbedre stabilitetsforhold. Det stabiliserende tiltaket viser tilfredsstillende økning av sikkerhetsfaktoren på 15 %.

## Innholdsfortegnelse

1	Innledning .....	3
2	Grunnlag for stabilitetsvurdering .....	3
2.1	Grunnlagsdata og -litteratur .....	3
2.2	Kritiske snitt .....	3
2.3	Grunnforhold, lagdeling .....	4
2.4	Materialparametere .....	5
3	Stabilitetsanalyse .....	8
3.1	Vurdering av aktuell skredmekanisme .....	8
3.2	Faregrads- og skadekonsekvensvurdering .....	10
3.3	Avgrensning av løsne- og utløpsområde .....	10
3.4	Krav til stabilitetsfaktoren i beregninger .....	11
3.5	Resultater fra stabilitetsberegninger .....	12
3.6	Virkning av stabiliserende fylling i bekken .....	12
	Vedlegg .....	12

# 1 Innledning

Dette notatet dokumenter stabilitetsvurderinger utført ifm. prosjektet Landfallbakken, Lier kommune. Hensikten med stabilitetsvurderingen er

- å kontrollere stabilitetsforhold i det aktuelle området.
- å vurdere evl. omfang av stabiliserende tiltak i det aktuelle området.

Det aktuelle området ligger innenfor kvikkleiresone 309 «Landfall». Sonen er tidligere vurdert med faregrad «middels», konsekvens «alvorlig» og risikoklasse 3.

For historien av området mtp. skredaktivitet og vurderinger henvises til tidligere utarbeidete notater fra Terraplan AS [1], samt tiltaksnotatet. [2]

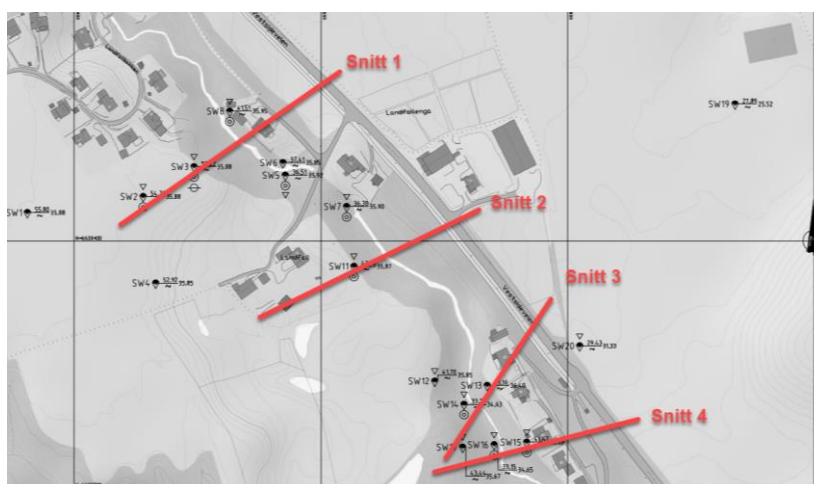
## 2 Grunnlag for stabilitetsvurdering

### 2.1 Grunnlagsdata og -litteratur

- 21047-RIG-NOT-01 Notat etter grunnboringer ifm. ras i skråning utenfor bolighuset Landfallbakken3 i Lier, Terraplan, 2021 [1]
- 10224893-NOT-RIG-05 Geoteknisk notat om tiltak [2]
- Datarapport grunnundersøkelser, Sweco, datert 23.03.2023 [3]
- NVE kvikkleireveilederen 1/2019 [4]
- NIFS rapport 14-2014 «En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer.» [5]
- NIFS rapport 77/2014 «Valg av karakteristisk cuA-profil basert på felt- og laboratorieundersøkelser.» [6]
- NVE Ekstern rapport Nr. 9/2020 «Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred». [7]
- SOSI terrengmodell

### 2.2 Kritiske snitt

Stabilitetsanalysene er utført i de 4 kritiske snittene som vises i Figur 1.



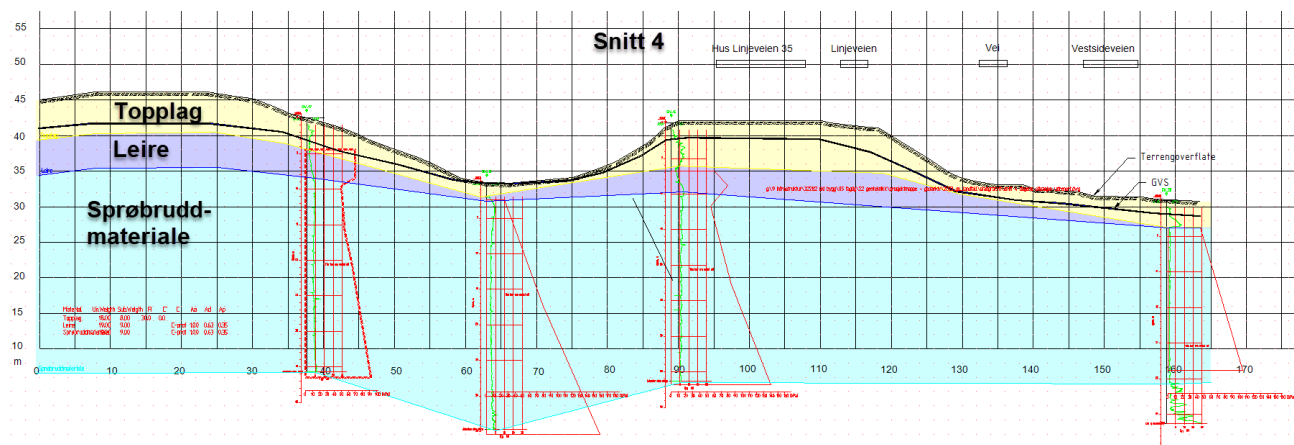
Figur 1: Oversikt over kritiske snitt som er vurdert med stabilitetsanalyser. Kilde: Datarapport [3]

## 2.3 Grunnforhold, lagdeling

Grunnforholdene er i det vesentlige preget av 3 lag.

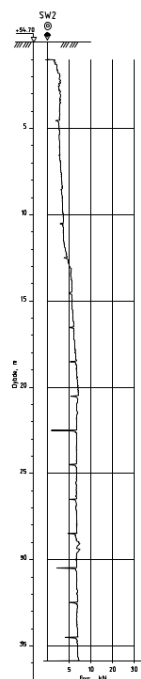
1. Topplag
2. Leire (ikke sprøbruddmateriale)
3. Leire (Sprøbruddmateriale)

Typisk lagdeling vises i Figur 2.



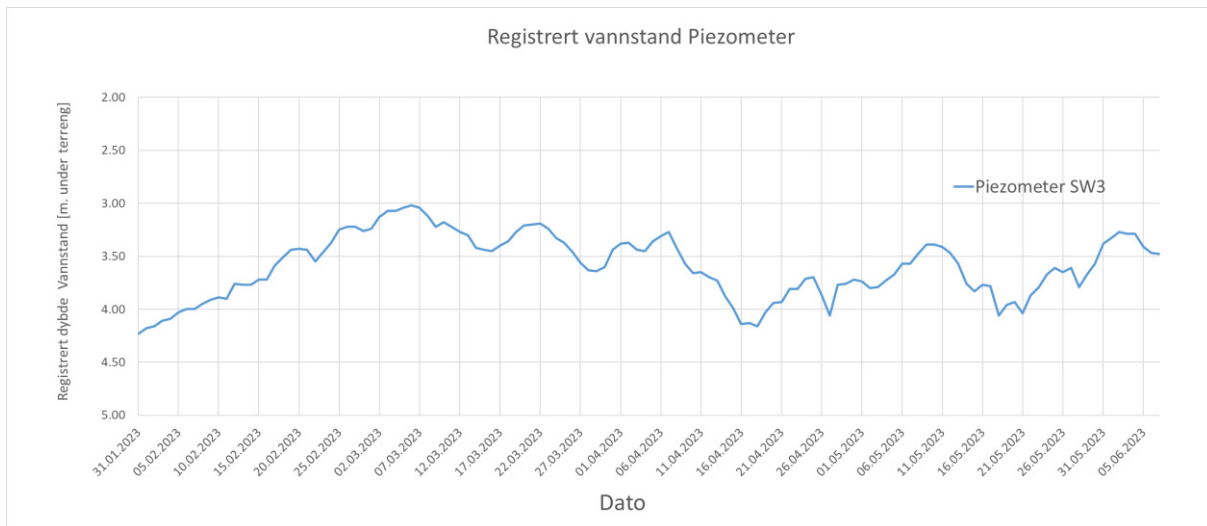
Figur 2: Typisk lagdeling, eksempelvis fra snitt 4. Grunnforholdene er preget av et topplag + leire derunder. Fra og med ca. 3-10m under terrengoverflate viser leira sprøbruddoppførsel til stor dybde. Tykkelse topplag samt ikke sprø leire er minst under bekken, slik at sprøbrudd-leire forekommer fra og med ca. 3 m under bekken.

Typisk dreietrykksondering eksempelvis fra borpunkt SW2 vises i Figur 3.



Figur 3: Typisk dreietrykksonderingsprofil, eksempelvis fra borpunkt SW2.

Grunnvannstand er tolket fra elektrisk piezometer som ble installert den 30.01.2023 ved borpunkt SW3, vannstands nivå bekk samt resultater fra CPTU. Registrert vannstand fra installasjonstidspunkt frem til 07.06.2023 vises i Figur 4.



Figur 4: Resultater fra elektrisk piezometer i borpunkt SW3. Registrert grunnvannstand varierer mellom ca. 3 m og 4,2 m under terreng.

For samtlige resultater fra de utførte grunnundersøkelsene henvises til datarapport. [3]

## 2.4 Materialparametere

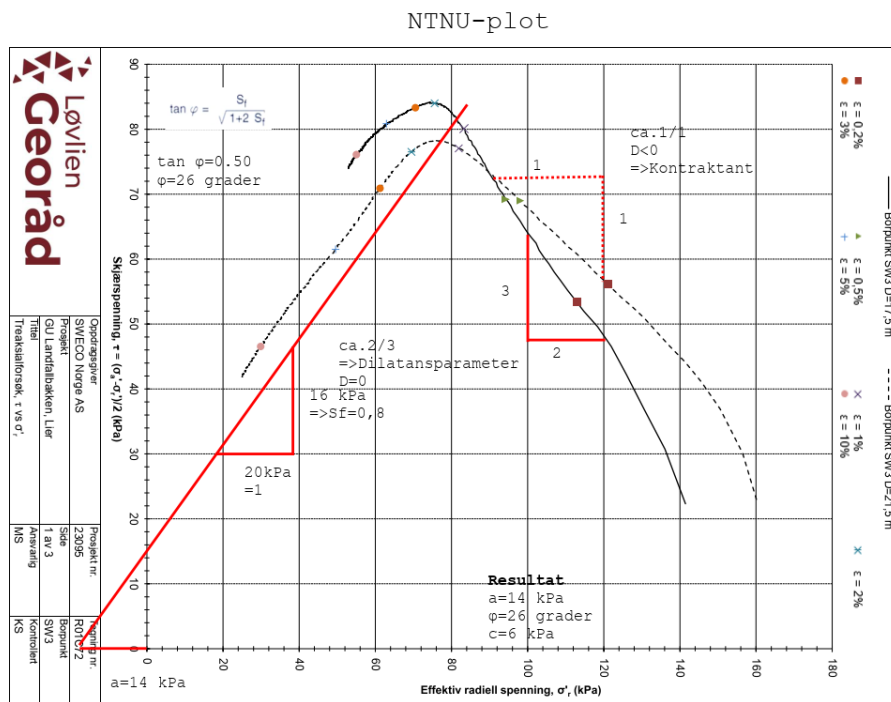
### Drenerte materialparametere

Drenerte materialparametere er vurdert ut fra erfaringsverdier for topplaget og ut fra treaksforsøk for de 2 leirelagene, se Tabell 1.

Figur 5 viser typisk tolkning av materialparametere fra treaksforsøk. Samtlige tolkninger vises i vedlegg 1.

Tabell 1: Oversikt over drenerte materialparametere for de respektive jordlagene samt grunnlag for vurderingen.

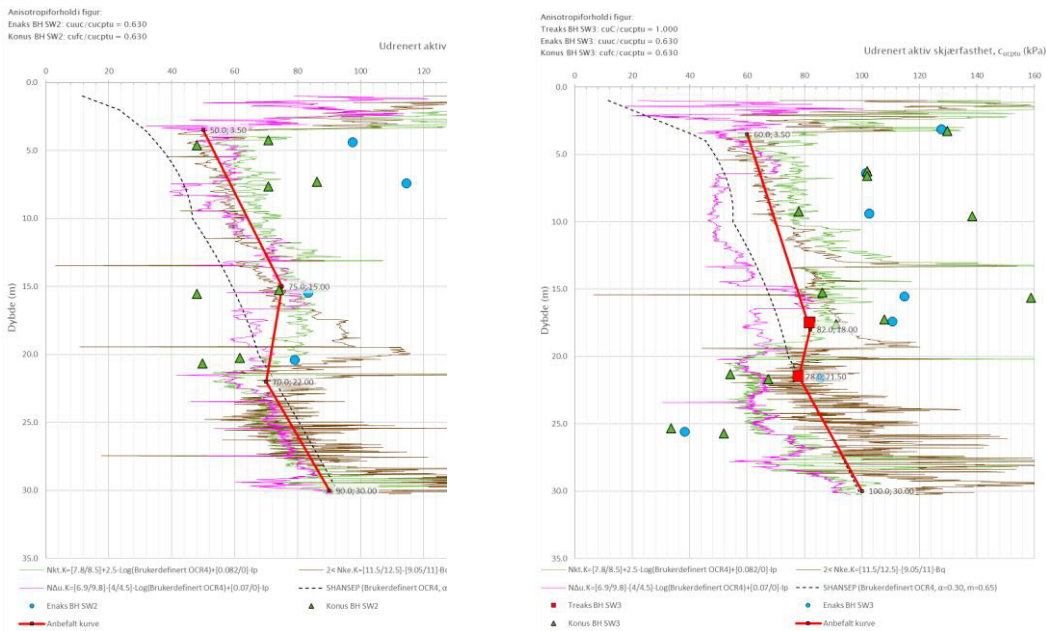
Jordart	Tyngdetetthet $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Kohesjon $c'$ [kPa]	Friksjonsvinkel $\varphi$ [°]	Grunnlag for vurderte parametere
Topplag	18	0	30	Erfaringsverdi
Leire	19	8	30	Treaks Caua SW5, dybde 4,4 m
Leire Sprøbruddmateriale	19	6	26	Treaks Caua SW3, dybde 17,5 Treaks Caua SW3, dybde 21,5



Figur 5: Tolkning av materialparametere fra treksforsøk fra borpunkt SW3 på kvikkleire, dybder 17,5m og 21,5m. Tolkningen er utført i NTNU-plot. Se vedlegg for samtlige tolkninger.

### Udrenerte materialparametere

Sua-design profil er tolket ut fra CPTU-sonderinger, se typisk tolkning i Figur 6. Su-profiler er tolket etter NIFS rapport 77/2014. [6] Det er lagt mest vekt på tolkning etter  $N_{kt}$ -kurven, siden poretrykkmåling ligger delvis utenfor anvendelsesklasse 1. Samtlige su-design profiler vises i vedlegg 2.

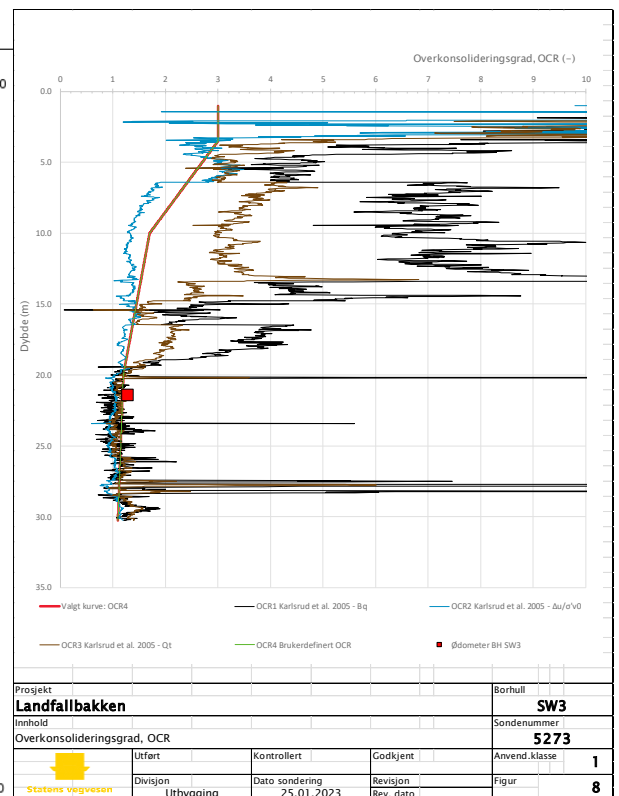
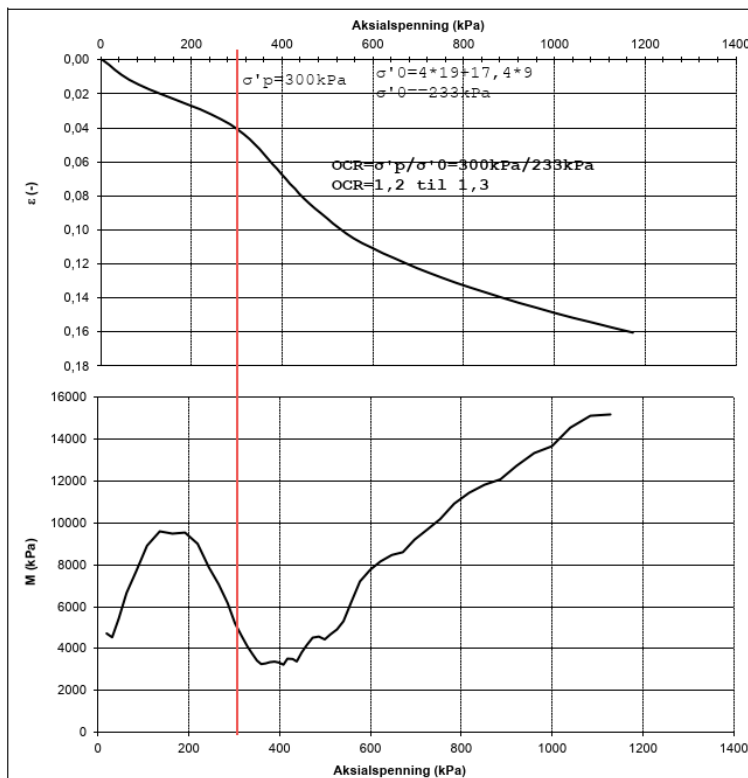


Figur 6: Typisk tolkning av su-design-profil ut fra CPTU, eksempelvis fra borpunkt SW2 (til venstre) og SW3 (til høyre). Tolkete su-profiler er vurdert til å ligge ca. på Nkt-kurven henholdsvis med Shansep-profil ( $\alpha=0,3$ ;  $m=0,65$ ) som nedre grense. Samtlige tolkninger vises i vedlegg 2.

Der det ikke er utført grunnundersøkelser antas Shansep-profil iht. nedenstående formel med  $\alpha=0,3$  som su-profil og  $m=0,65$  som rimelig for stabilitetsberegningene.

$$s_{ua} = \alpha * OCR^m * p'_0$$

OCR er tolket på grunnlag av CPTU-sonderinger samt ødometerforsøkene, se Figur 7 for tolkning av ødometerforsøk fra borpunkt SW3.



Figur 7: Til venstre: OCR tolket fra ødometerforsøk i borpunkt SW3, dybde 21,4 m. OCR ligger på ca. 1,2 til 1,3.

Til høyre: Tolket OCR-profil for CPTU-sondering som viser god overenstemmelse med tolkning fra ødometer.

### Anisotropiforhold

Iht. NIFS rapport 14-2014 /3/ bør det tas hensyn til spenningsendringer i leire pga. at leire har forskjellige fysiske egenskaper i ulike retninger. I norske leirer anbefales det å bruke ADP-faktorer. Det velges  $c_{ud}/c_{uc}=0,63$  og  $c_{ue}/c_{uc}=0,35$  som tilnærming.

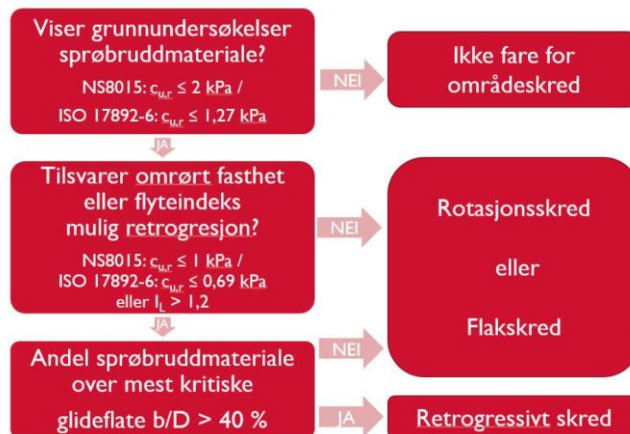
Tolket aktiv skjærfasthet  $S_{ua}$  er tatt om lag ved peak av skærspennings-/tøynings kurven for sprøbruddmateriale samt ikke-sprøbruddmateriale fra de utførte treaksforsøkene, sammenlign tolkninger fra treaksforsøk i vedlegg 1. Bruddtøyning fra de forskjellige treaksforsøk ligger i om lag samme størrelsesorden, slik at prinsippet om tøyningskompatibilitet anses som ivaretatt.

## 3 Stabilitetsanalyse

### 3.1 Vurdering av aktuell skredmekanisme

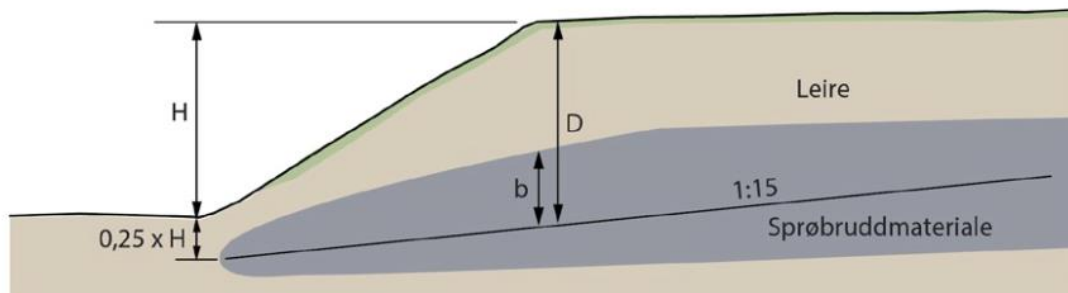
Vurdering av aktuell skredmekanisme er utført i Tabell 2 og i vedlegg 3 etter flytskjema i kvikkleireveileder 1/2019, se Figur 8. For vurdering av steg 1 og 2 er det tatt parametere fra datarapport av de utførte grunnundersøkelsene. Konusforsøk er utført etter NS EN ISO 17892-6, slik at det kontrolleres for de tilsvarende verdiene i flytskjema.





Figur 8: Flytskjema for vurdering av aktuell skredmekanisme Kilde: Kvikkleireveileder 1/2019 figur 4.7.

b/D forhold er vurdert på grunnlag av figur 4.5 fra kvikkleireveilederen, sammenlign Figur 9.



Figur 4.5. Prinsipp for vurdering av b/D (andel sprøbruddmateriale over den mest kritiske glideflate) ved dype glideflater eller i skråninger hvor det ikke er utført stabilitetsberegninger.

Figur 9: Utklipp av anvendt prinsipp for vurdering av b/d andel. Kilde: kvikkleireveilederen 1/2019. [4]

Resultatet etter flytskjema er at aktuelle skredmekanismer vurderes til rotasjonsskred eller flakskred samtlige vurderte snitt. Imidlertid vurderes det videre at flakskred som skredmekanisme er ikke aktuelt. Dette pga. at de svake sprøbruddmaterialelag ligger hovedsakelig dyp under terrengoverflate, slik at rotasjonsskred vurderes som aktuell skredmekanisme.

Tabell 2: Tabellarisk vurdering av skredmekanisme etter flytskjema for de respektive kritiske snittene.

Snitt	Flytskjema	Svar	Vurdert skredmekanisme
<b>Snitt 1</b> Borpunkter: SW2, SW3, SW8	Viser GU sprøbruddmateriale sur $\leq 1,27$ kPa?	Ja, påvist gjennom prøver i SW2, SW3, SW8 og CPT tyder på det i SW2, SW3, SW8	<b>Rotasjonskred</b>
	Tilsvarende omrørt fasthet eller flyteindeks mulig retrogresjon sur $\leq 0,69$ kPa? eller IL $> 1,2$ ?	Ja, påvist gjennom prøver i <ul style="list-style-type: none"> <li>• SW3 (dybde 20 m)</li> <li>• SW8 (dybde 14m)</li> </ul>	
	Andel sprøbruddmateriale over mest kritiske glideflate $b/D > 40\%$ ?	Nei, se tegning.	
<b>Snitt 2</b> Borpunkter: SW4, SW11	sur $\leq 1,27$ kPa?	Ja, påvist gjennom prøver i SW11 og CPT tyder på det i SW11, SW8 og SW20	<b>Rotasjonskred</b>
	sur $\leq 0,69$ kPa? eller IL $> 1,2$ ?	Ja, påvist gjennom prøver i <ul style="list-style-type: none"> <li>• SW11 (dybde 12m)</li> <li>• SW8 (dybde 14m)</li> </ul>	
	$b/D > 40\%$ ?	Nei, se tegning.	
<b>Snitt 3</b> Borpunkter: SW13, SW14, SW17, SW20	sur $\leq 1,27$ kPa?	Ja, påvist gjennom prøver i SW14 og CPT tyder på det i SW14, SW17, SW20	<b>Rotasjonskred</b>
	sur $\leq 0,69$ kPa? eller IL $> 1,2$ ?	Ja, påvist gjennom prøver i <ul style="list-style-type: none"> <li>• SW14 (dybde 7,7m)</li> </ul>	
	$b/D > 40\%$ ?	Nei, se tegning.	
<b>Snitt 4</b> Borpunkter: SW15, SW16, SW17, SW20	sur $\leq 1,27$ kPa?	Ja, påvist gjennom prøver i SW15 og SW16 og CPT tyder på det i SW15, SW16, SW17 SW20	<b>Rotasjonskred</b>
	sur $\leq 0,69$ kPa? eller IL $> 1,2$ ?	Ja, påvist gjennom prøver i <ul style="list-style-type: none"> <li>• SW15 (dybde 12m)</li> <li>• SW16 (dybde 4m)</li> </ul>	
	$b/D > 40\%$ ?	Nei, se tegning.	

### 3.2 Faregrads- og skadekonsekvensvurdering

Evaluerings av faregrad samt skadekonsekvens er utført etter eksternrapport Nr. 9/2020. [7] Vurderingen har ført til middels faregrad samt alvorlig skadekonsekvens. Se vedlegg 4 for fullstendig utredning.

### 3.3 Avgrensning av løсне- og utløpsområde

Løсне- og utløpsområdet er avgrenset i henhold til kap. 4.5.3 henholdsvis kap.4.6 etter kvikkleireveileder [4]. Tegning G-01 i vedlegg 5 viser vurdert løсне- og utløpsområde for det aktuelle området.

For vurdering av utforming løснеområdet er det lagt til grunn et forhold mellom løснеområdet (L) og skråningshøyde (H) på  $L/H \leq 5$ .

For vurdering av utforming utløpsområdet er det lagt til grunn «skred i kanalisert terreng». Massene vurderes å flyte ned elveforløpet i tilfelle skred.

### 3.4 Krav til stabilitetsfaktoren i beregninger

Det er ikke satt noe spesifikke krav til sikkerhetsfaktor som skal oppnås, siden det ikke skal bygges noe nytt. Likevel er det ønskelig at en viss sikkerhetsfaktor oppnås slik at spesielt der eksisterende bygg står i skråningstopp en viss sikkerhet påvises, viser til tiltaksnotat [2] hvor dette er diskutert mer i detalj.

### 3.5 Resultater fra stabilitetsberegninger

Tabell 3 viser en tabellarisk sammenstilling av resultater fått fra stabilitetsanalysene.

Tabell 3: Oppsummering resultater fra stabilitetsanalyser skråninger mot bekken. IR=Ikke relevant. Sikkerhetsfaktorene er tatt fra GeoSuite snitt som vises i vedlegg 6.

Snitt	Situasjon	Type analyse	Laveste sikkerhetsfaktor Glideflate mot bekk fra vest	Laveste sikkerhetsfaktor Glideflate mot bekk fra øst	Laveste sikkerhetsfaktor Glideflate mot Vestsidenveien
<b>1</b>	Dagens situasjon	Effektivspenning	1,20	1,53	1,97
		Totalspenning	1,01	2,4	IR
	Fremtidig situasjon 3 m fylling i bekk	Effektivspenning	1,32 (10% forbedring ift. F=1,20)	IR	IR
		Totalspenning	1,16 (15% forbedring ift. F=1,01)	IR	1,26
<b>2</b>	Dagens situasjon	Effektivspenning	1,17	1,47	2,13
		Totalspenning	1,11	1,09	1,34
<b>3</b>	Dagens situasjon	Effektivspenning	1,21	1,42	1,40
		Totalspenning	1,19	1,11	1,04
<b>4</b>	Dagens situasjon	Effektivspenning	1,36	1,28	1,60
		Totalspenning	1,14	1,40	1,40

### 3.6 Virkning av stabiliserende fylling i bekken

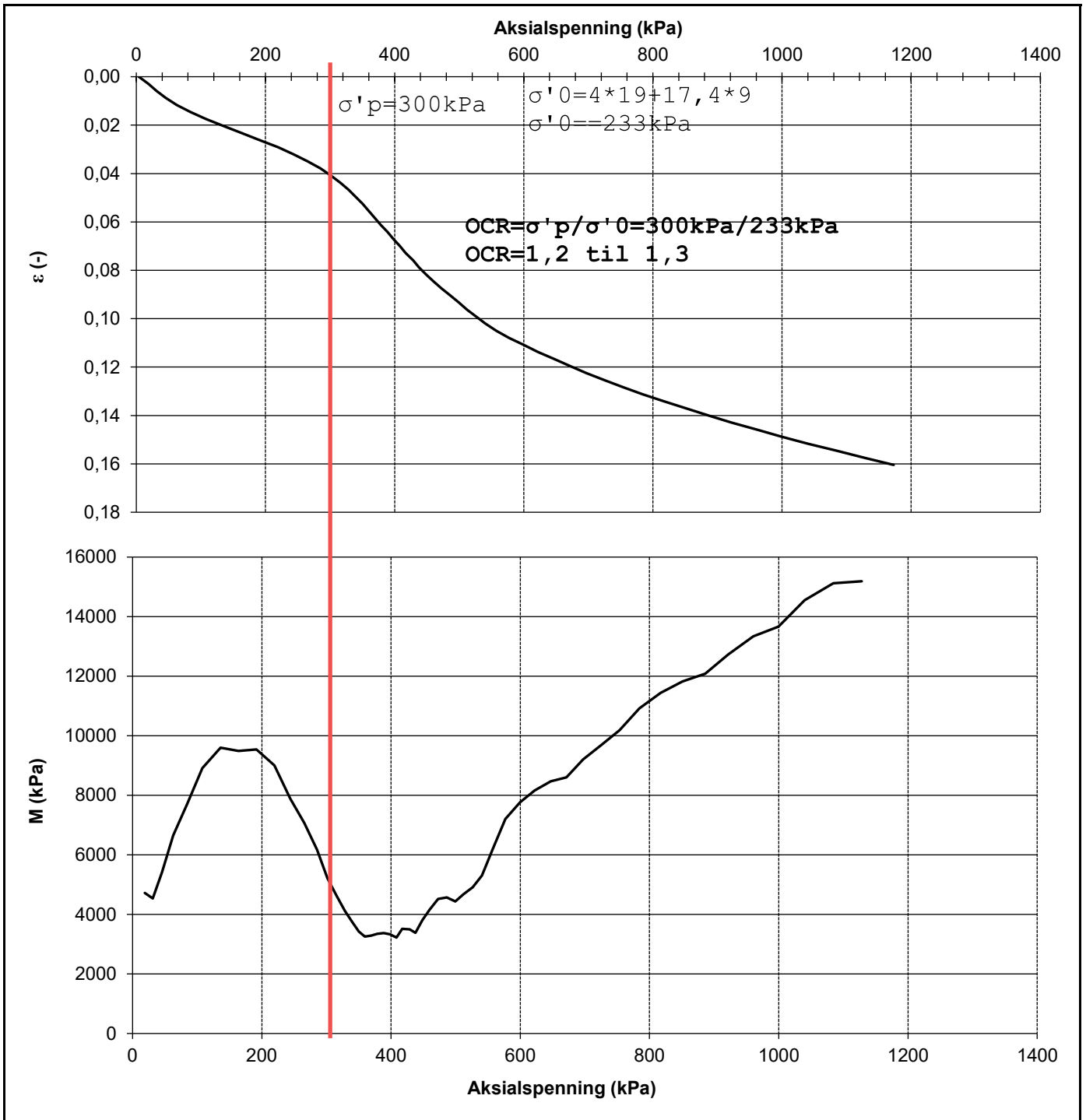
Stabiliteten i snitt 1 udrenert tilstand med sikkerhetsfaktor på ca.  $F=1,0$  vurderes som mest kritisk.


Derfor er det vurdert fylling i elva som stabiliserende tiltak. Ifølge utførte stabilitetsberegningene ville en fylling på 3 m øke stabiliteten om 16% til sikkerhetsfaktor på  $F=1,16$ .

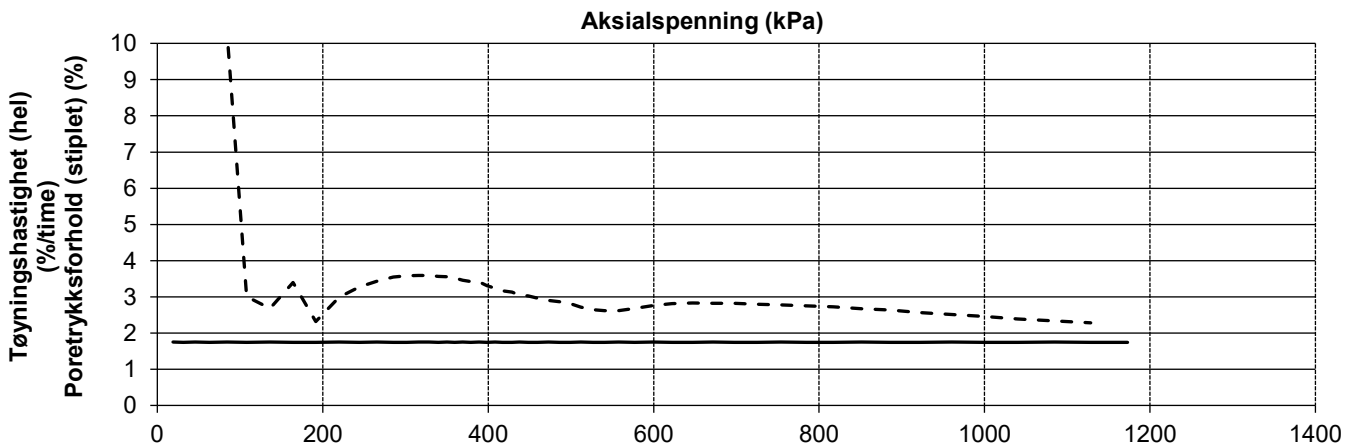
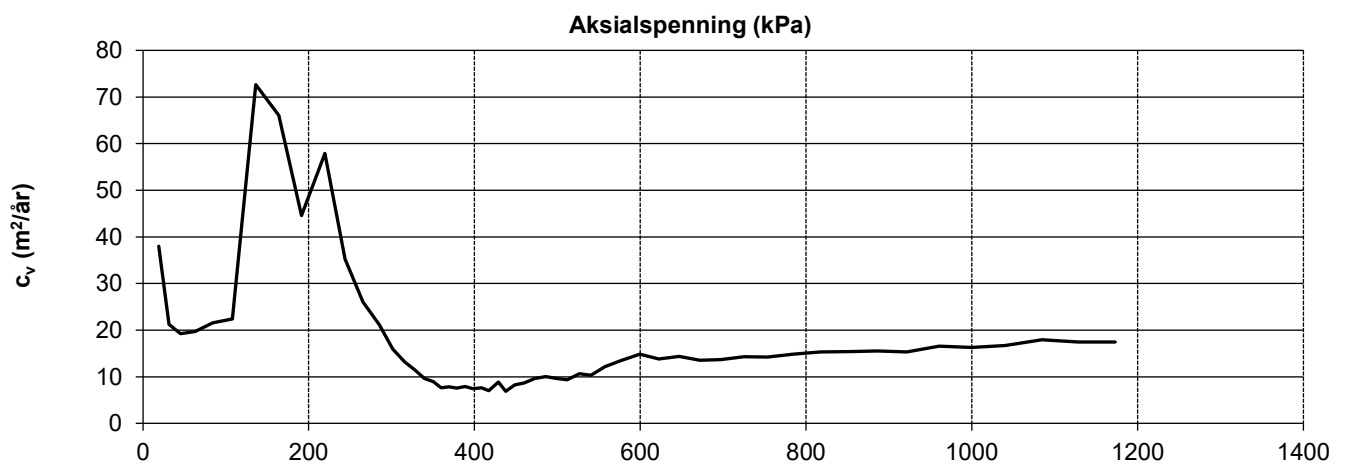
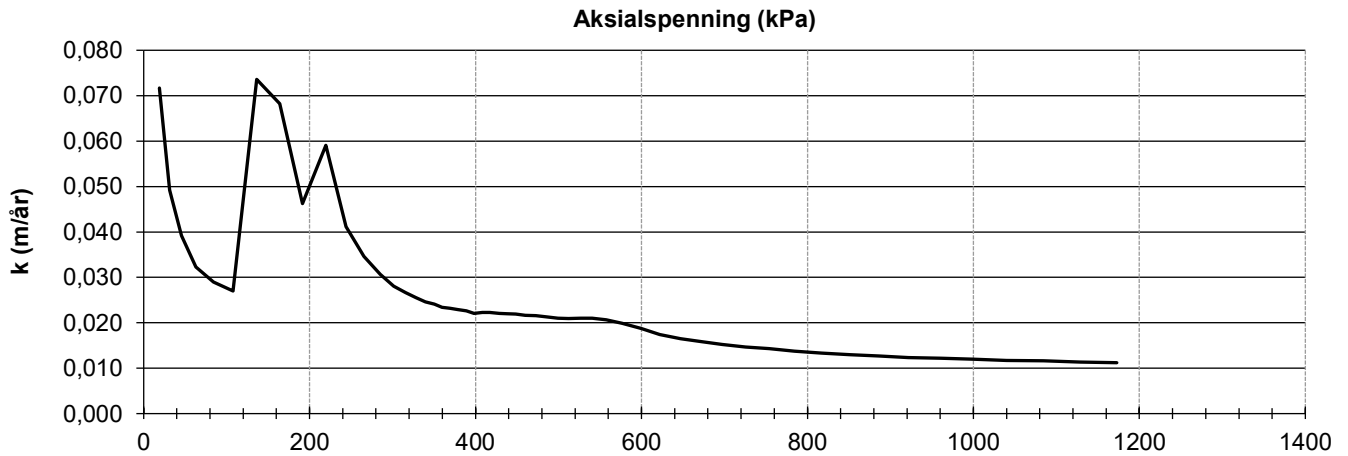
## Vedlegg

- Vedlegg 1: Tolkning ødometer- og treaksialforsøk
- Vedlegg 2: CPTU-tolkninger
- Vedlegg 3: Vurdering aktuell skredmekanisme
- Vedlegg 4: Vurdering av faregrad- og skadekonsekvensklasse
- Vedlegg 5: Tegning G-1 Løsne- og utløpsområde
- Vedlegg 6: Stabilitetsberegninger





Dato prøvetagning	31.01.2023	Dato forsøk	07.03.2023
Dybde (m)	21,4	Prøve nr.	6
Tyngdetetthet ved start av prøving $\gamma \text{ (kN/m}^3\text{)}$	19,7	Kommentar	KVIKKLEIRE, siltlag gjennomgående
Vanninnhold ved start av prøving $w \text{ (%)}$	26,8		
	Oppdragsgiver	Prosjekt nr.	Tegning nr.
	SWECO Norge AS	23095	R01C61
	Prosjekt	Side	Borpunkt
	GU Landfallbakken, Lier	1 av 2	SW3
Tittel	Ansvarlig	Kontrollert	
Ødometerforsøk, $\varepsilon$ & $M$ vs $\sigma'$	MS	KS	

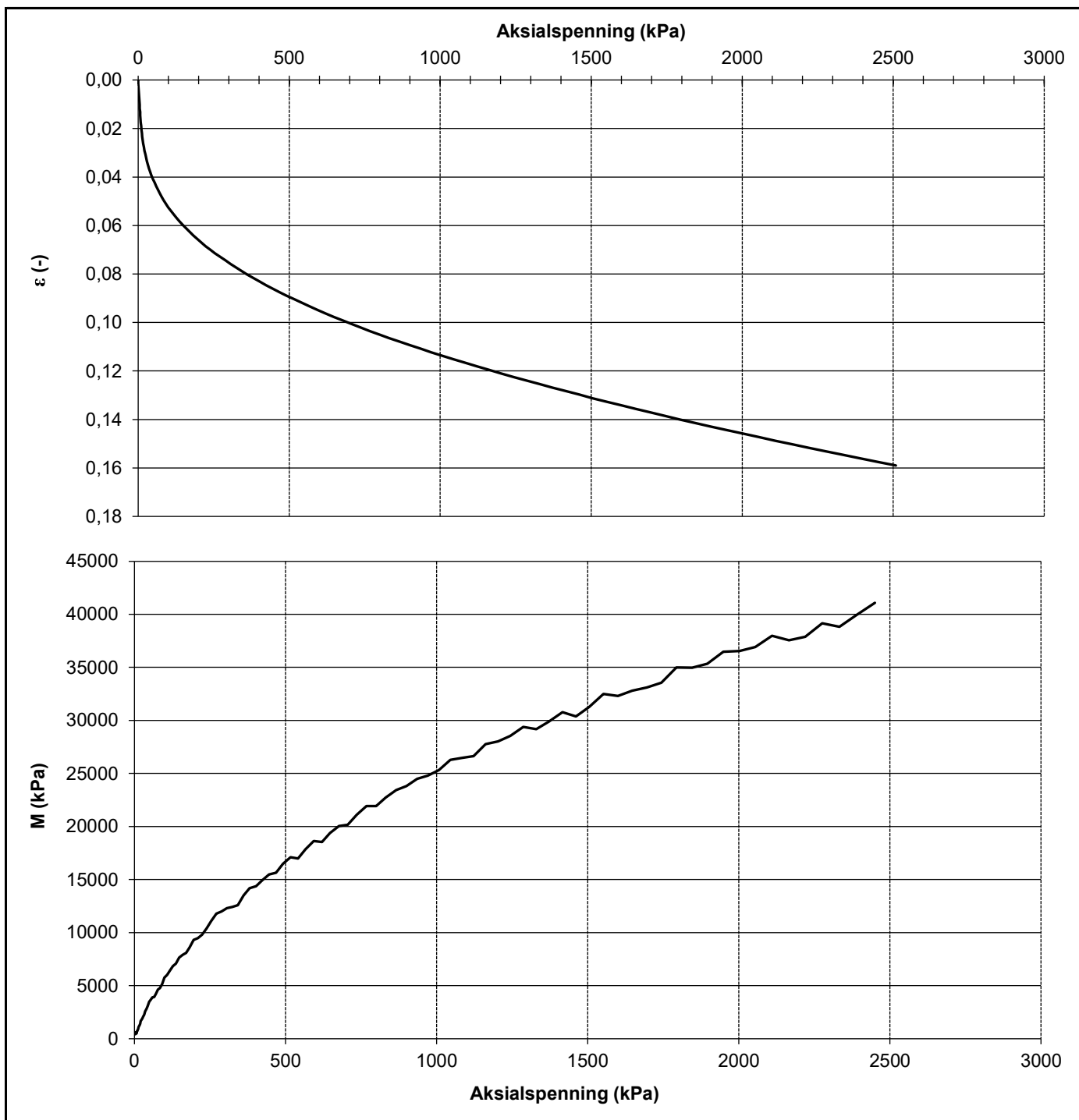



Dato prøvetagning	31.01.2023	Dato forsøk	07.03.2023
Dybde (m)	21,4	Prøve nr.	6
Tyngdetetthet ved start av prøving $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	19,7	Kommentar	KVIKKLEIRE, siltlag gjennomgående
Vanninnhold ved start av prøving $w$ (%)	26,8		



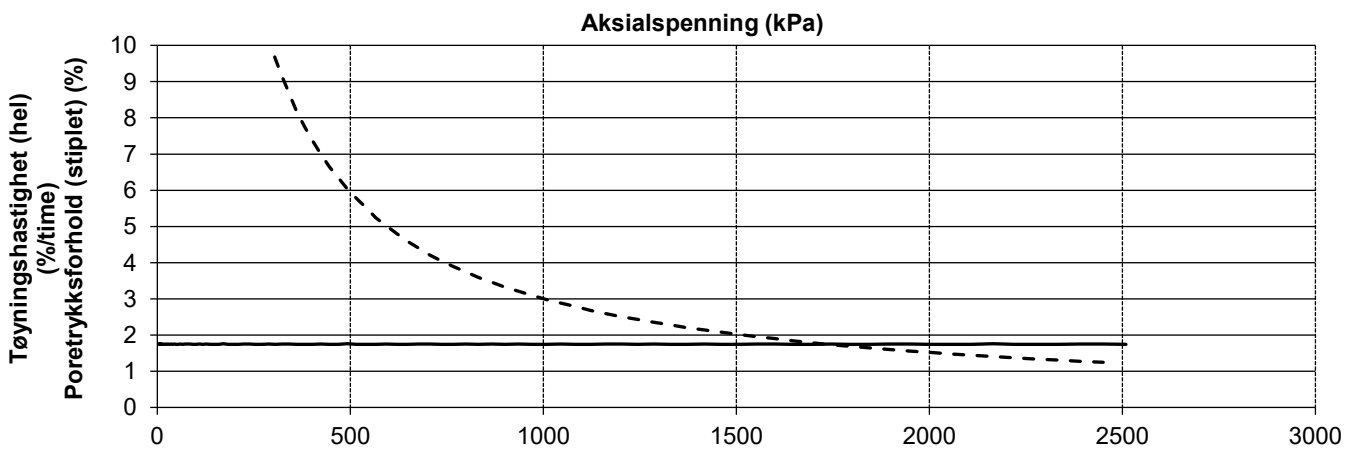
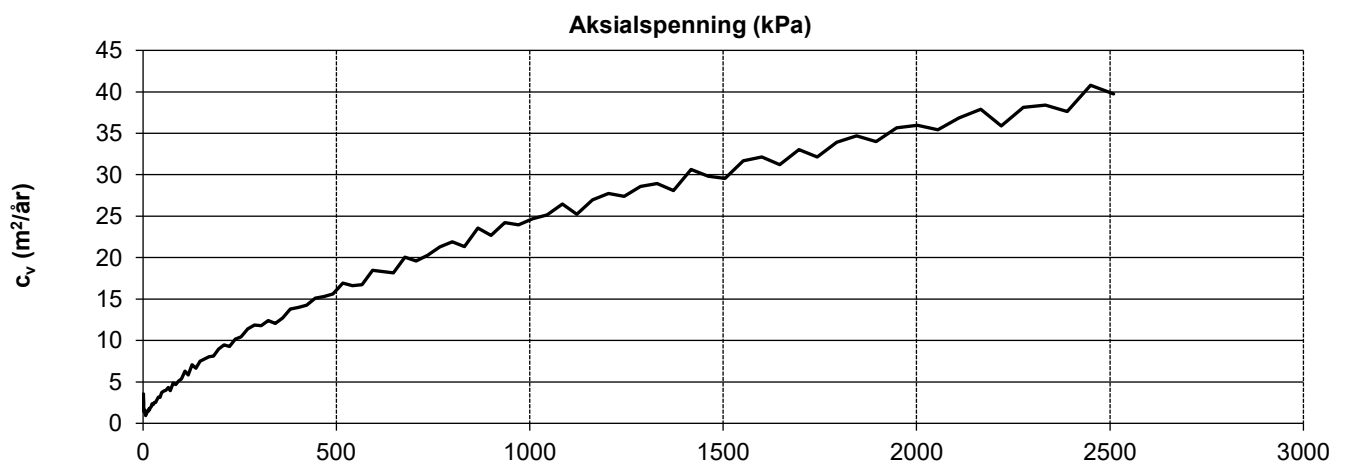
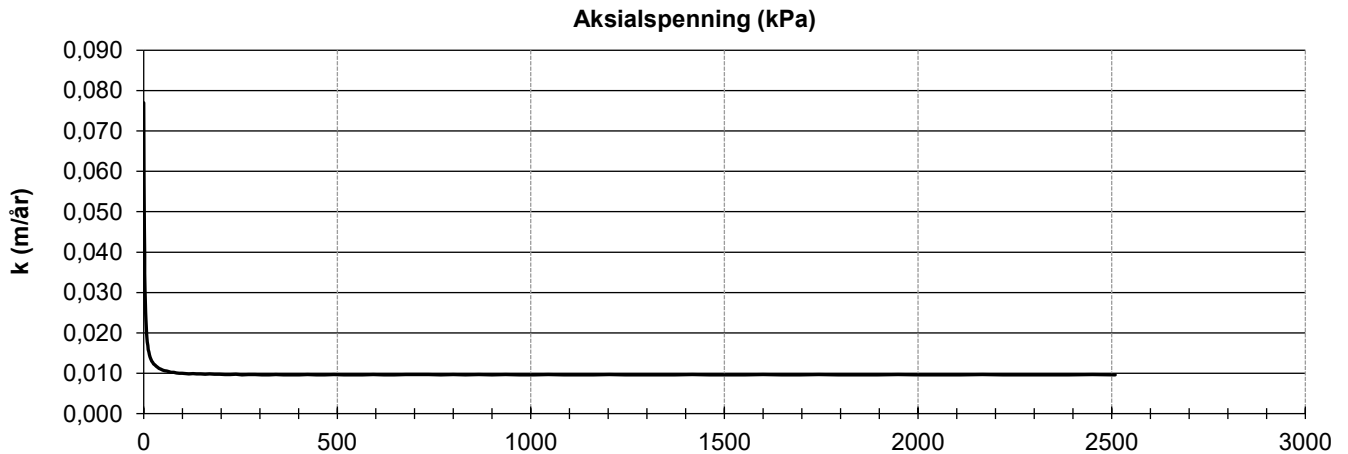
Oppdragsgiver SWECO Norge AS	Prosjekt nr. 23095	Tegning nr. R01C61
Prosjekt GU Landfallbakken, Lier	Side 2 av 2	Borpunkt SW3
Tittel Ødometerforsøk, $k$ , $c_v$ & tøyningshastighet	Ansvarlig MS	Kontrollert KS

# Ikke mulig å tolke pga. forstyrrelse



Dato prøvetagning	01.02.2023	Dato forsøk	09.03.2023	
Dybde (m)	7,2	Prøve nr.	2	
Tyngdetetthet ved start av prøving $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	20,1	Kommentar	LEIRE, siltlag, delvis forstyrret prøve	
Vanninnhold ved start av prøving $w$ (%)	20,9			
	Oppdragsgiver		Prosjekt nr.	Tegning nr.
	SWECO Norge AS		23095	R01C62
	Prosjekt		Side	Borpunkt
	GU Landfallbakken, Lier		1 av 2	SW11
Tittel		Ansvarlig	Kontrollert	
Ødometerforsøk, $\epsilon$ & $M$ vs $\sigma'$		MS	KS	





Dato prøvetagning	01.02.2023	Dato forsøk	09.03.2023
Dybde (m)	7,2	Prøve nr.	2
Tyngdetetthet ved start av prøving $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	20,1	Kommentar	LEIRE, siltlag, delvis forstyrret prøve
Vanninnhold ved start av prøving w (%)	20,9		

	Oppdragsgiver	SWECO Norge AS	Prosjekt nr.	23095	Tegning nr.	R01C62
	Prosjekt	GU Landfallbakken, Lier	Side	2 av 2	Borpunkt	SW11
	Tittel	Ødometerforsøk, k, cv & tøyningshastighet		Ansvarlig	MS	Kontrollert



### Nøkkeldata fra treaksialforsøk - Borpunkt SW3

Oppdragsgiver SWECO Norge AS	Prosjekt nr. 23095	Tegning nr. R01C71
Prosjekt GU Landfallbakken, Lier	Ansvarlig MS	Kontrollert KS

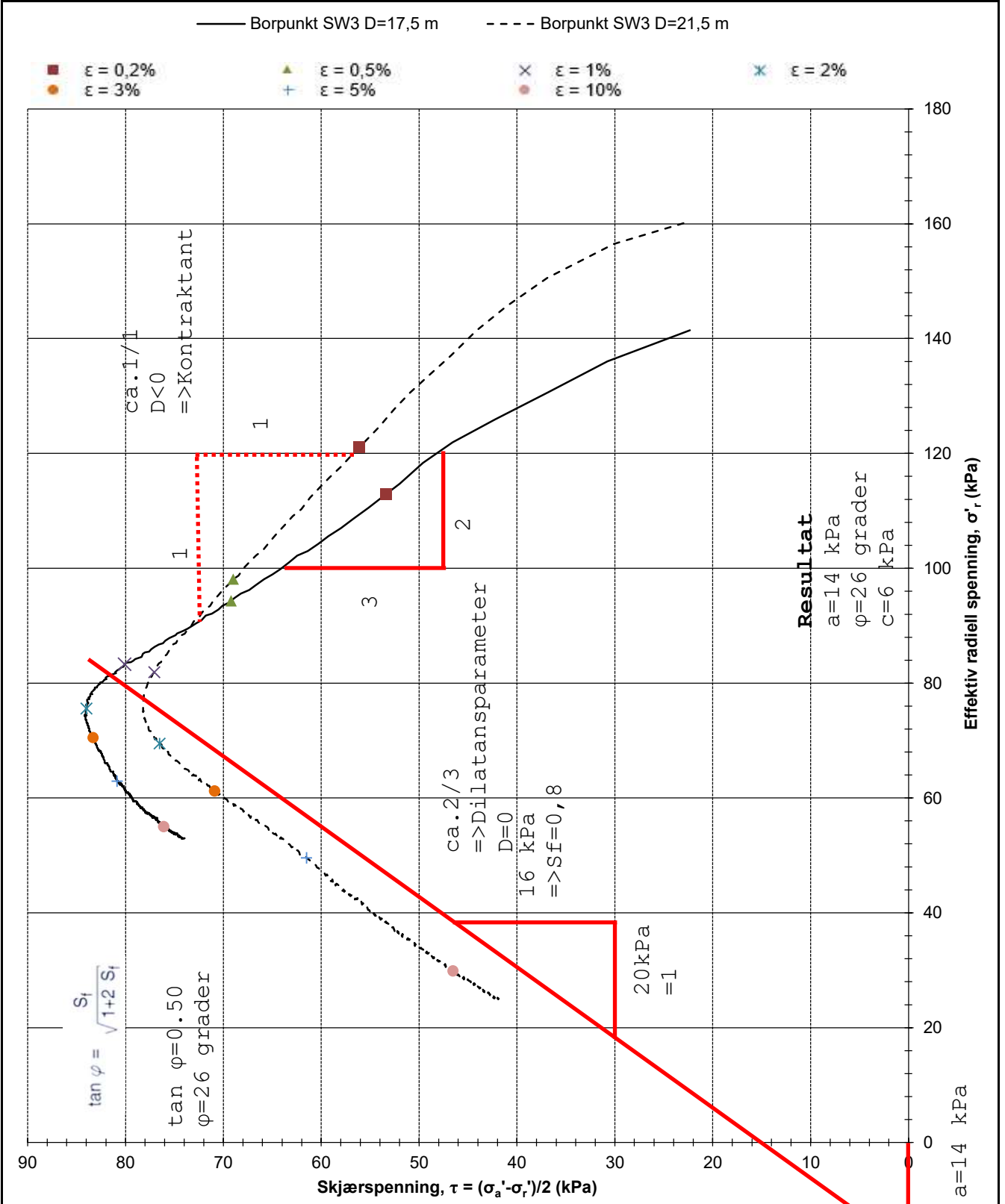
PrøveID og data					Indeksparametere							Konsolidering					Kvalitet				Skjærforsøk			
Borpunkt nr.	Dybde	Dato prøvetaking	Dato forsøk	Diameter	$w_{f\text{ør}}$	$w_{\text{etter}}$	Ip	Leirinnhold	$Y_s$	$V_{f\text{ør}}$	$Y_{\text{etter}}$	Forsøkstype	$\sigma'_{ac}$	$\sigma'_{rc}$	$K_0'$	$\epsilon_{volc}$	$\epsilon_{ac}$	B	$\Delta e/e_0$	OCR	Kvalitet	$\tau_f$	$\epsilon_f$	$\tau$ ved 2 % tøyning
-	m	dd.mm.åååå	dd.mm.åååå	mm	%	%	%	%	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>		-	kPa	kPa	-	%	%	-	-	-	-	kPa	%	kPa
SW3	17,5	31.01.2023	07.03.2023	54	31	30,2	7,5		27,6	19,0	19,2	CAU	186,1	141,5	0,76	2,13	1,39	0,98	0,046	1-2	2	84,2	2,17	84,0
SW3	21,5	31.01.2023	07.03.2023	54	26,8	27,3	1,3		27,3	19,7	19,8	CAU	206,1	160,1	0,78	4,76	1,47	0,97	0,113	1-2	3	78,2	1,37	-

- $w_{f\text{ør}}$  Vanninnhold før forsøk
- $w_{\text{etter}}$  Vanninnhold etter forsøk
- $Y_s$  Faststoffdensitet
- $Y_{f\text{ør}}$  Tyngdetetthet før forsøk
- $Y_{\text{etter}}$  Tyngdetetthet etter forsøk
- $\sigma'_{ac}$  Aksial konsolideringsspenning (celletrykk + deviator)
- $\sigma'_{rc}$  Celletrykk under konsolidering
- $K_0'$   $\sigma'_{rc}/\sigma'_{ac}$
- $\epsilon_{volc}$  Volumtøyning ved konsolidering
- $\epsilon_{ac}$  Aksialtøyning ved konsolidering
- B Skemptions poretrykksfaktor,  $\Delta u/\sigma_v$
- $\Delta e$  endring i porettall under konsolidering
- $e_0$  porettall før forsøk
- OCR Forventet in situ konsolideringsfaktor
- $\tau_f$  Høyeste målte skjærspenning
- $\epsilon_f$  Vertikal tøyning ved maks skjærspenning

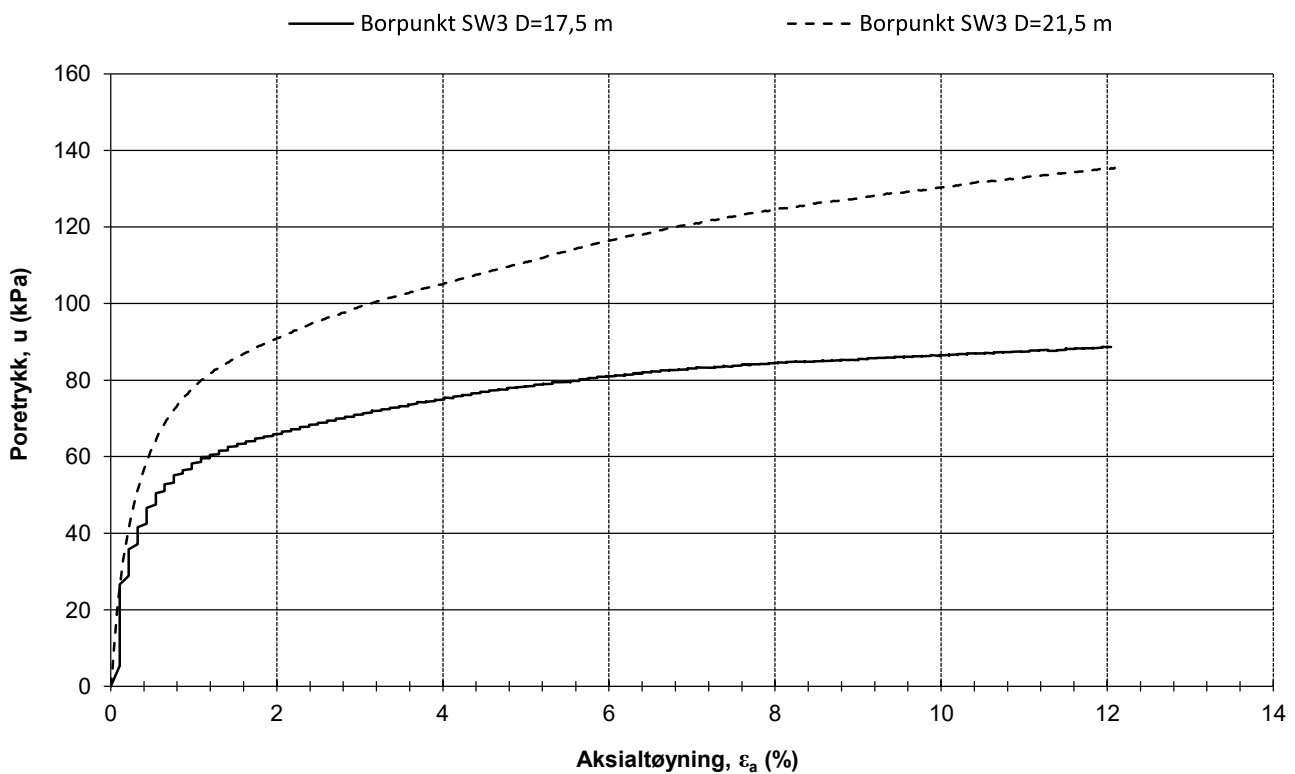
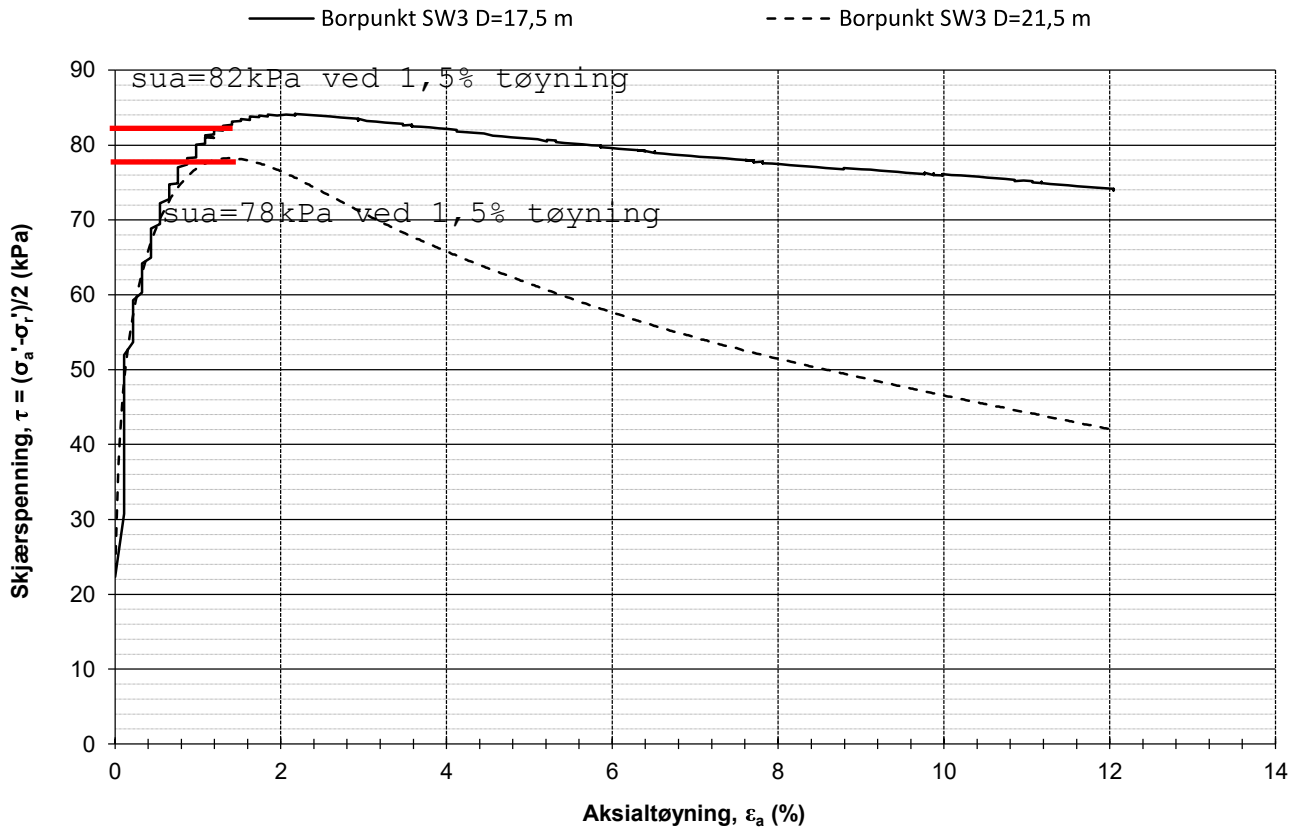
OCR	$\Delta e/e_0^4$			
	Veldig god til utmerket 1	God til brukbar 2	Dårlig 3	Veldig dårlig 4
1-2	<0,04	0,04-0,07	0,07-0,14	>0,14
2-4	<0,03	0,03-0,05	0,05-0,10	>0,10
4-6	<0,02	0,02-0,035	0,035-0,07	>0,07

Kriterier for evaluering av prøve kvalitet iht. NGF melding 11

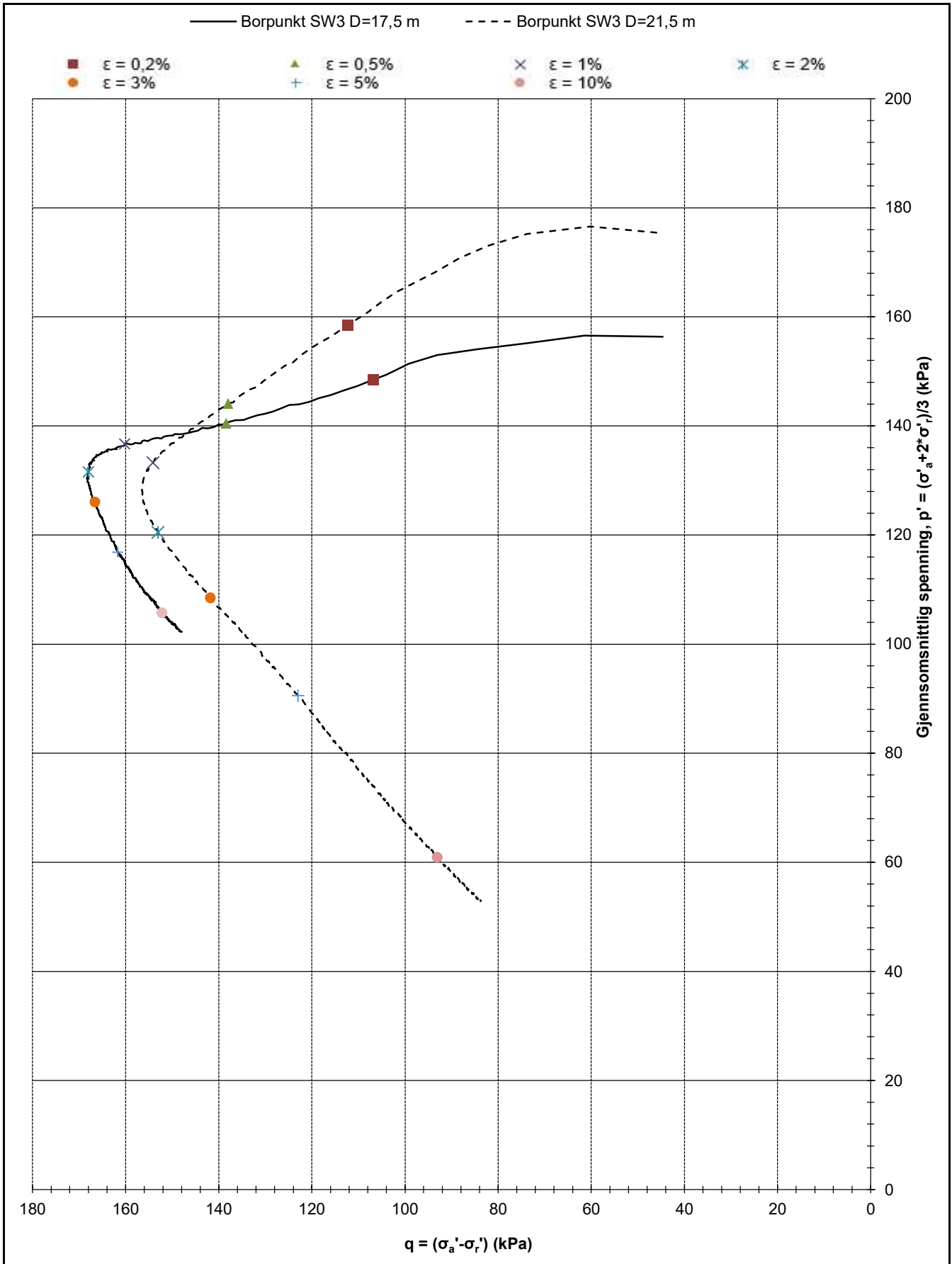
# NTNU-plot



Oppdragsgiver SWECO Norge AS	Prosjekt nr. 23095	Regning nr. R01C72
Prosjekt GU Landfallbakken, Lier	Side 1 av 3	Borpunkt SW3
Tittel Treaksialforsøk, $\tau$ vs $\sigma'_r$	Ansvarlig MS	Kontrollert KS



Oppdragsgiver SWECO Norge AS	Prosjekt nr. 23095	Tegning nr. R01C72
Prosjekt GU Landfallbakken, Lier	Side 2 av 3	Borpunkt SW3
Tittel Treaksialforsøk, $\tau$ og $u$ mot $\epsilon_a$	Ansvarlig MS	Kontrollert KS





### Nøkkeldata fra treaksialforsøk - Borpunkt SW5

Oppdragsgiver SWECO Norge AS	Prosjekt nr. 23095	Tegning nr. R01C73
Prosjekt GU Landfallbakken, Lier	Ansvarlig MS	Kontrollert KS

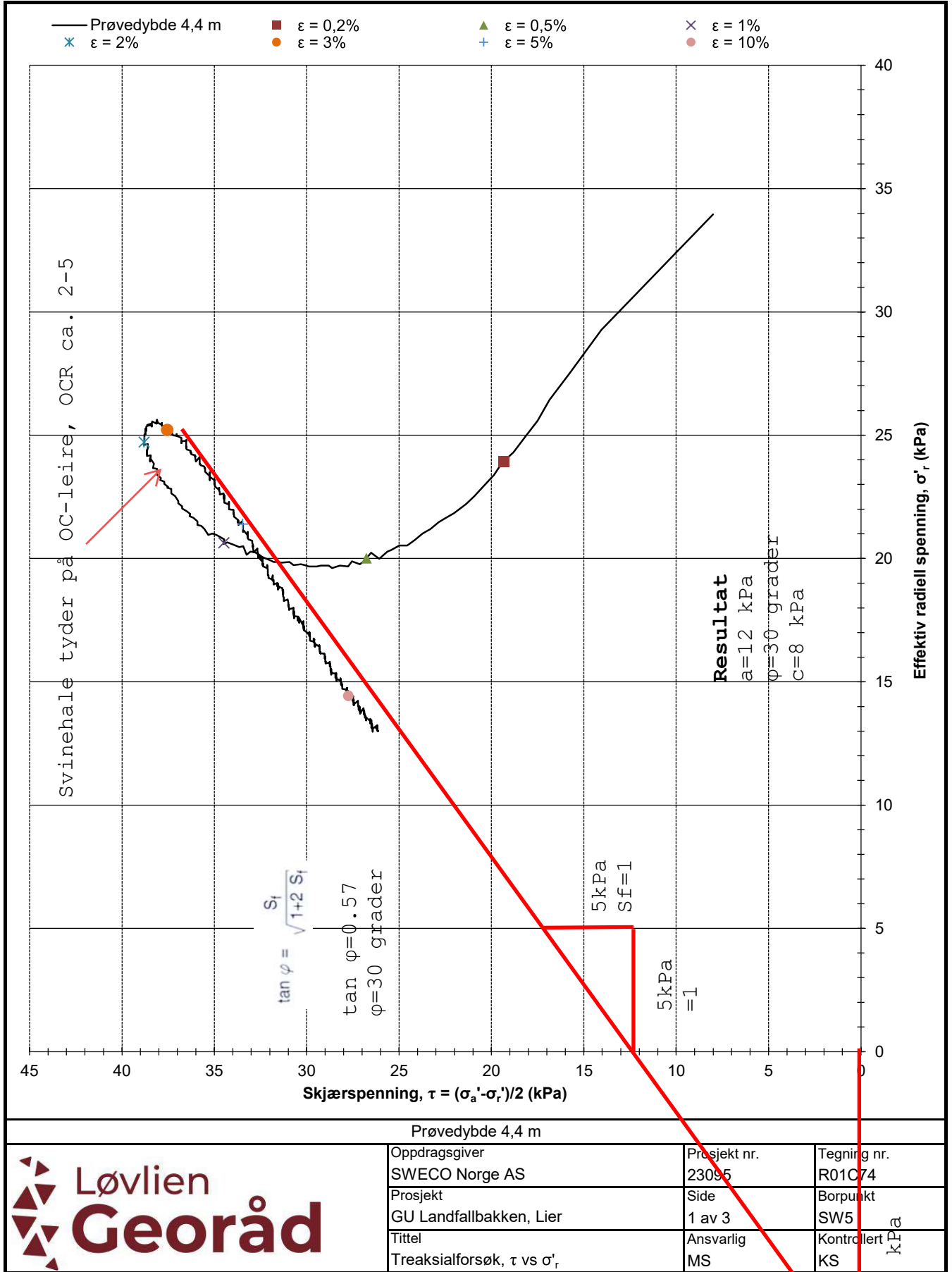
PrøveID og data				Indeksparametere							Konsolidering						Kvalitet				Skjærforsøk			
Borpunkt nr.	Dybde	Dato prøvetaking	Dato forsøk	Diameter	$w_{f\text{ør}}$	$w_{\text{etter}}$	Ip	Leirinnhold	$Y_s$	$V_{f\text{ør}}$	$Y_{\text{etter}}$	Forsøkstype	$\sigma'_{ac}$	$\sigma'_{rc}$	$K_0'$	$\epsilon_{volc}$	$\epsilon_{ac}$	B	$\Delta e/e_0$	OCR	Kvalitet	$\tau_f$	$\epsilon_f$	$\tau$ ved 2 % tøyning
-	m	dd.mm.åååå	dd.mm.åååå	mm	%	%	%	%	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>		-	kPa	kPa	-	%	%	-	-	-	-	kPa	%	kPa
SW5	4,4	08.02.2023	08.03.2023	54	30,9	32,0	7,8		26,8	19,0	19,1	CAU	50,0	34,0	0,68	0,78	0,75	0,94	0,017	1-2	1	38,8	1,94	-
SW5	13,4	08.02.2023	08.03.2023	54	28,4	27,1			27,1	19,3	19,6	EAU	126,9	86,6	0,68	1,69	0,57	0,95	0,039	1-2	1	-21,3	-1,50	-

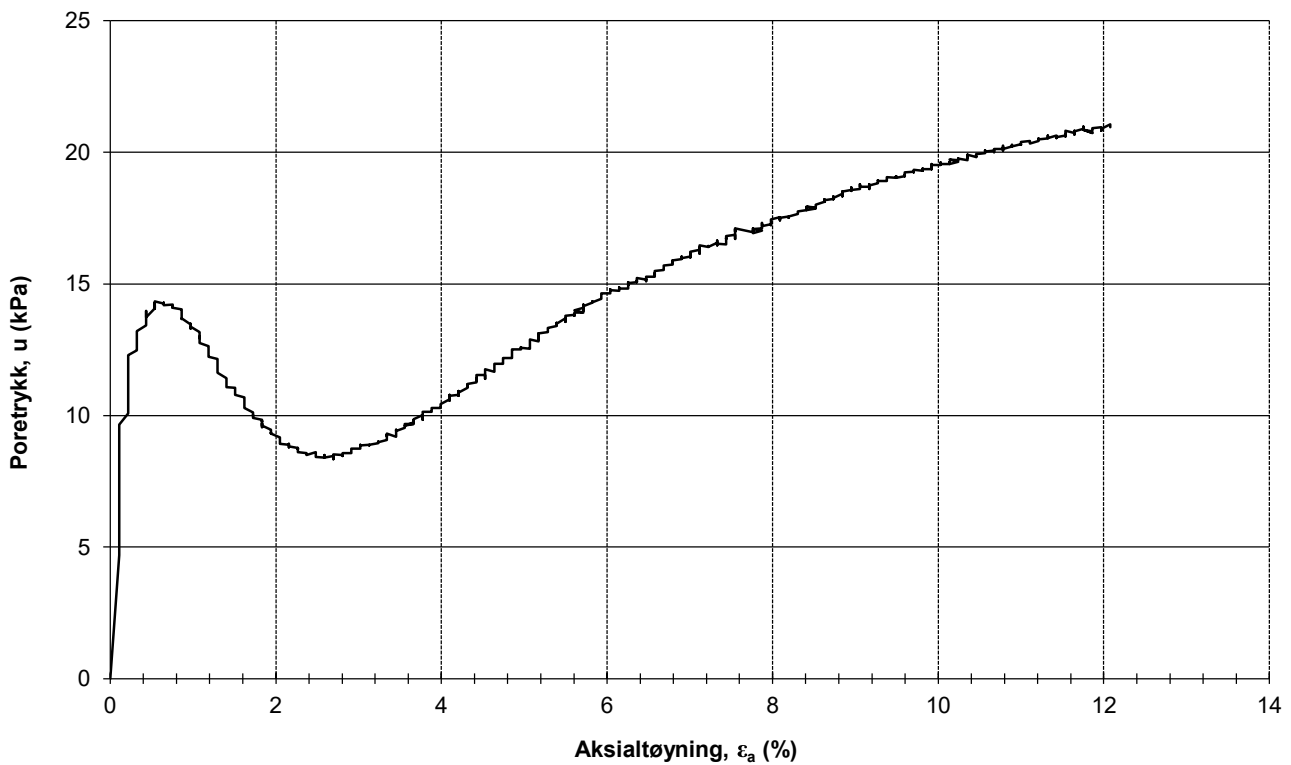
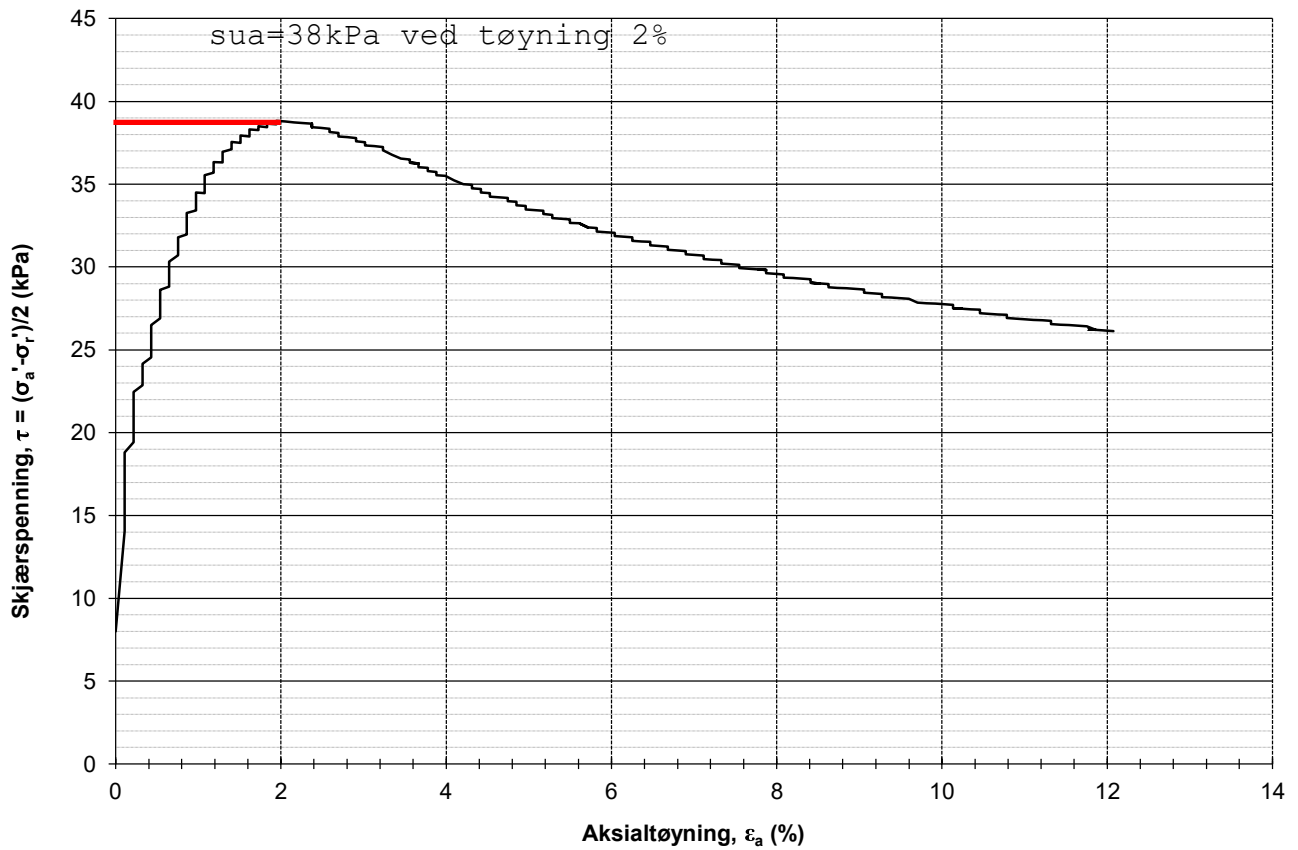
- $w_{f\text{ør}}$  Vanninnhold før forsøk
- $w_{\text{etter}}$  Vanninnhold etter forsøk
- $Y_s$  Faststoffdensitet
- $Y_{f\text{ør}}$  Tyngdetetthet før forsøk
- $Y_{\text{etter}}$  Tyngdetetthet etter forsøk
- $\sigma'_{ac}$  Aksial konsolideringspenning (celletrykk + deviator)
- $\sigma'_{rc}$  Celletrykk under konsolidering
- $K_0'$   $\sigma'_{rc}/\sigma'_{ac}$
- $\epsilon_{volc}$  Volumtøyning ved konsolidering
- $\epsilon_{ac}$  Aksialtøyning ved konsolidering
- B Skemptions poretrykksfaktor,  $\Delta u/\sigma_v$
- $\Delta e$  endring i porettall under konsolidering
- $e_0$  porettall før forsøk
- OCR Forventet in situ konsolideringsfaktor
- $\tau_f$  Høyeste målte skjærspenning
- $\epsilon_f$  Vertikal tøyning ved maks skjærspenning

OCR	$\Delta e/e_0^4$			
	Veldig god til utmerket 1	God til brukbar 2	Dårlig 3	Veldig dårlig 4
1-2	<0,04	0,04-0,07	0,07-0,14	>0,14
2-4	<0,03	0,03-0,05	0,05-0,10	>0,10
4-6	<0,02	0,02-0,035	0,035-0,07	>0,07

Kriterier for evaluering av prøve kvalitet iht. NGF melding 11

# NTNU-plot



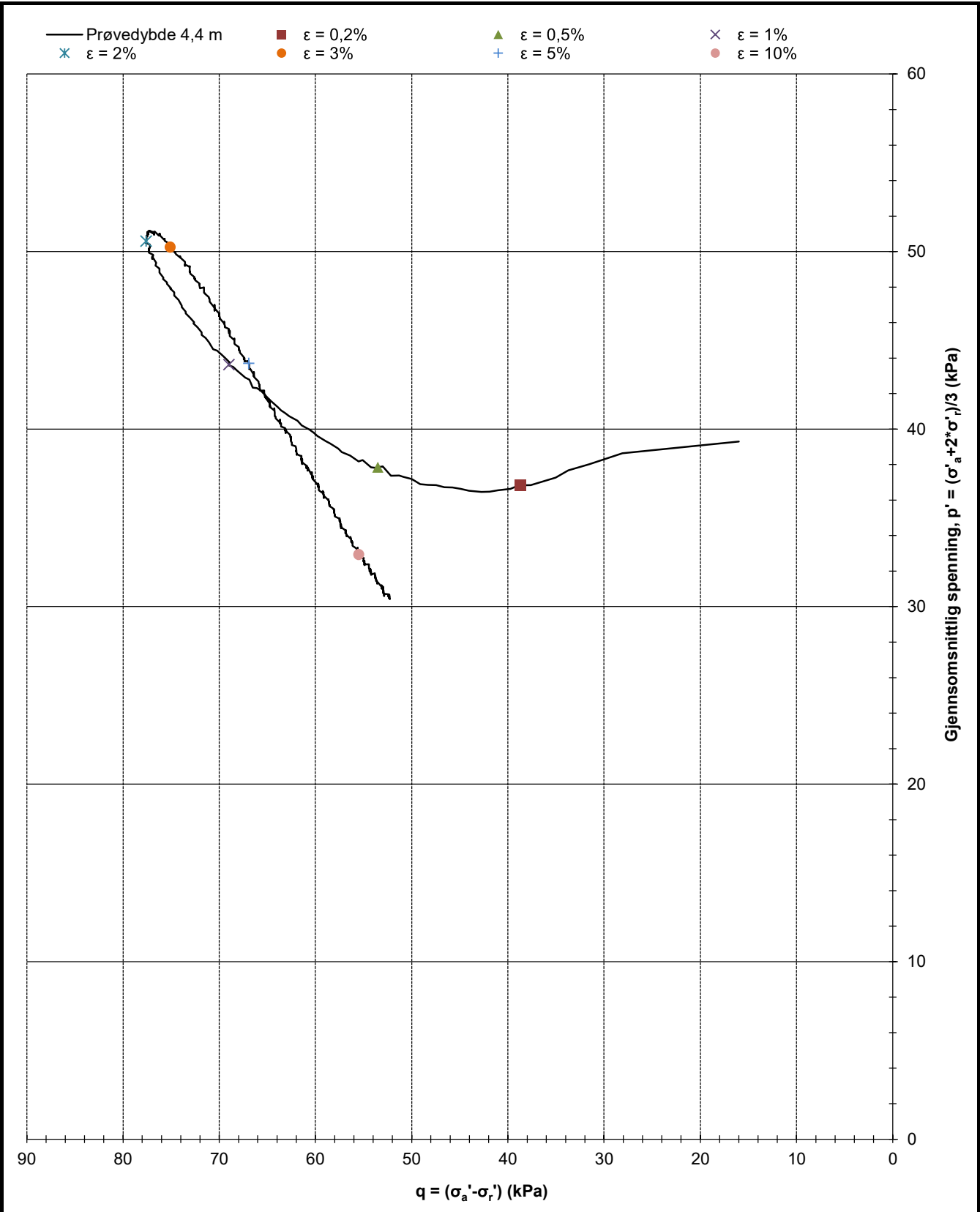


Prøvedybde 4,4 m



Oppdragsgiver SWECO Norge AS	Prosjekt nr. 23095	Tegning nr. R01C74
Prosjekt GU Landfallbakken, Lier	Side 2 av 3	Borpunkt SW5
Tittel Treaksialforsøk, $\tau$ og u mot $\epsilon_a$	Ansvarlig MS	Kontrollert KS





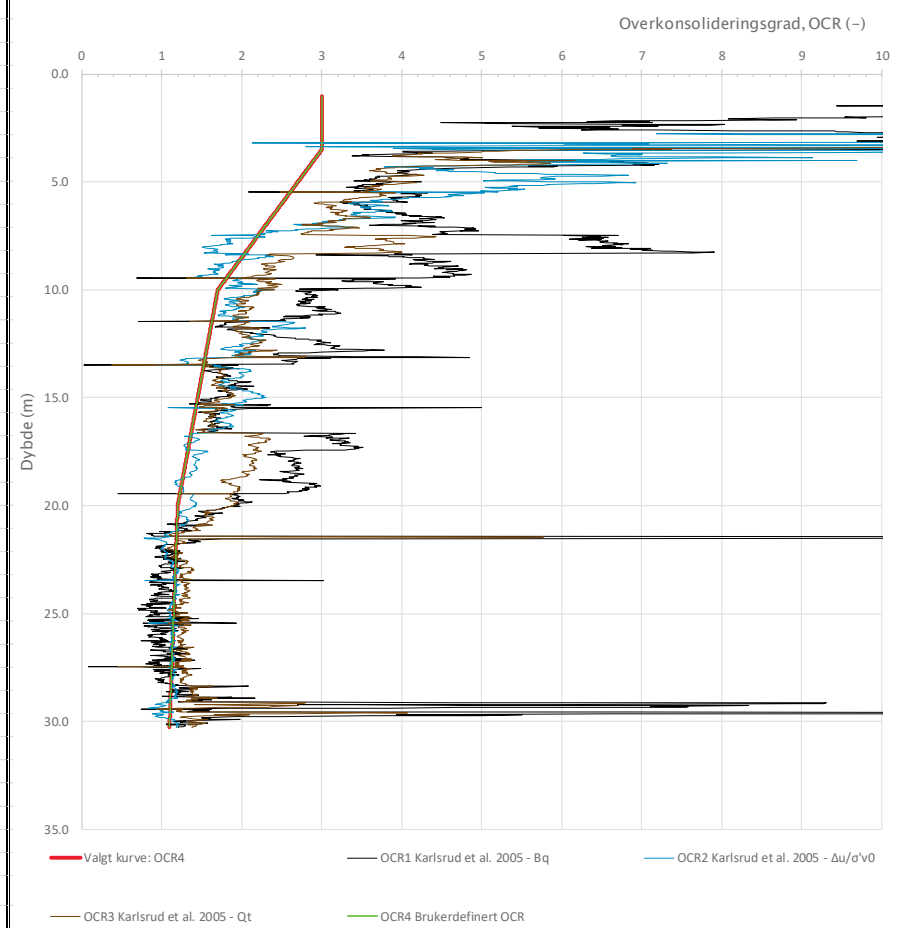
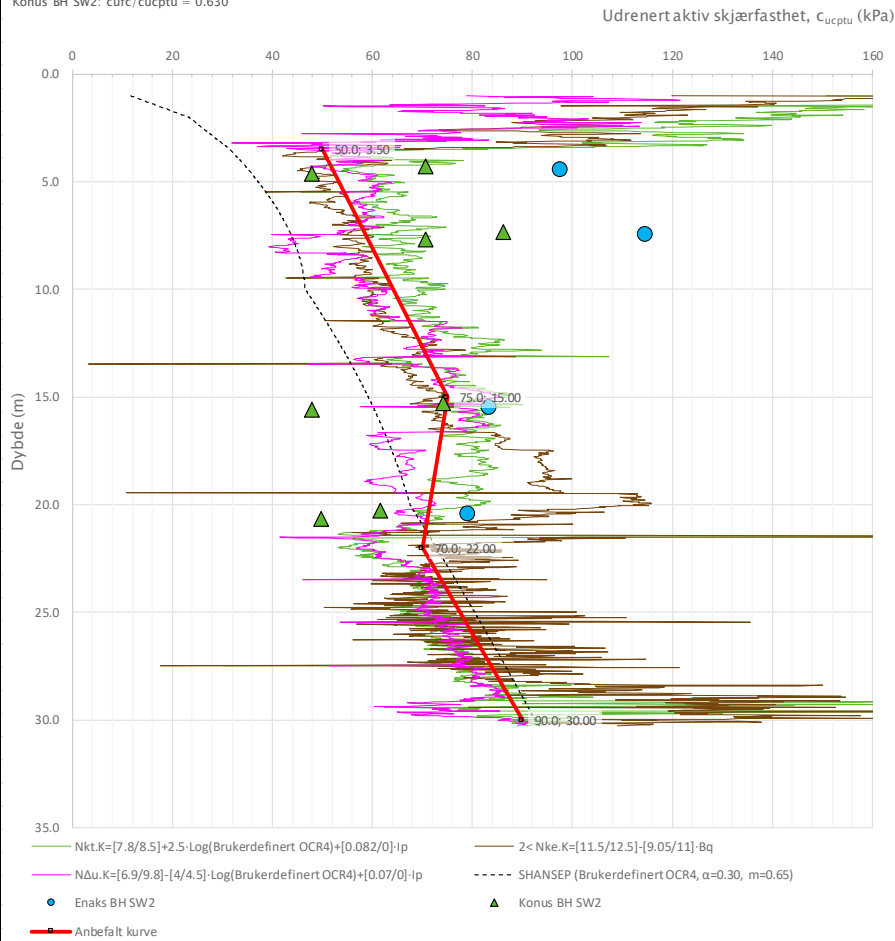
Prøvedybde 4,4 m



Oppdragsgiver SWECO Norge AS	Prosjekt nr. 23095	Tegning nr. R01C74
Prosjekt GU Landfallbakken, Lier	Side 3 av 3	Borpunkt SW5
Tittel Treaksialforsøk, q - p'	Ansvarlig MS	Kontrollert KS

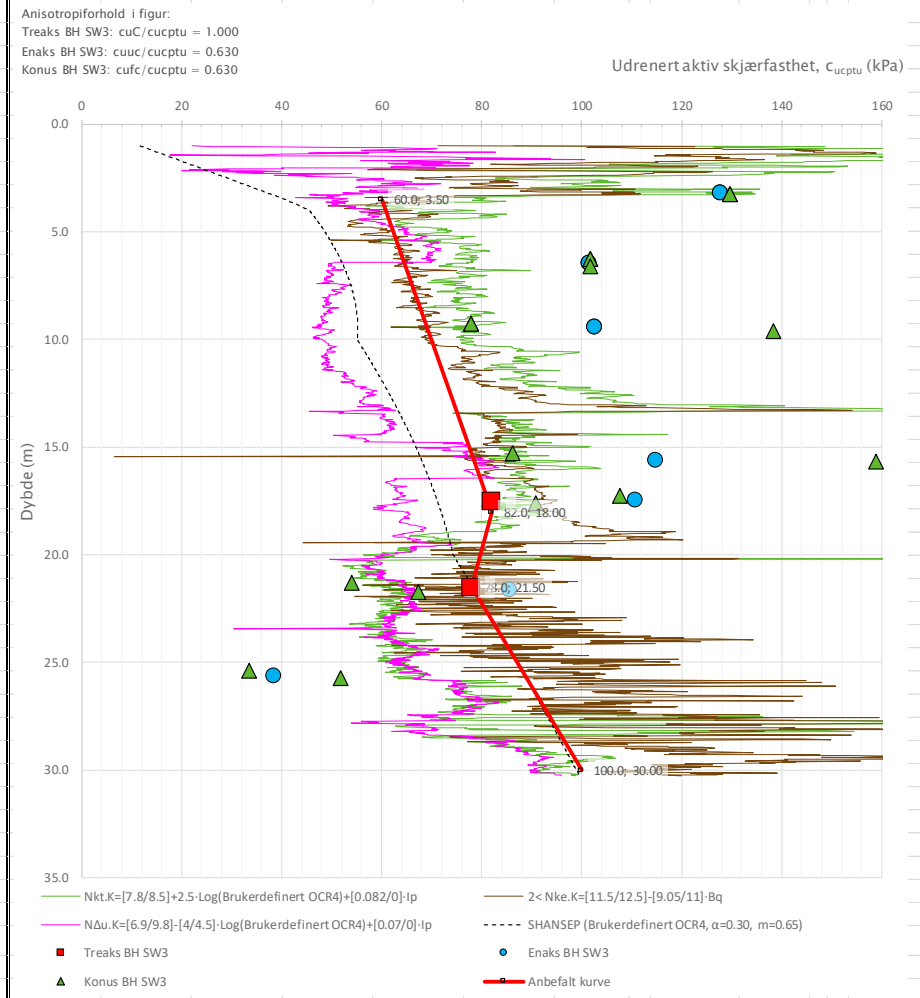
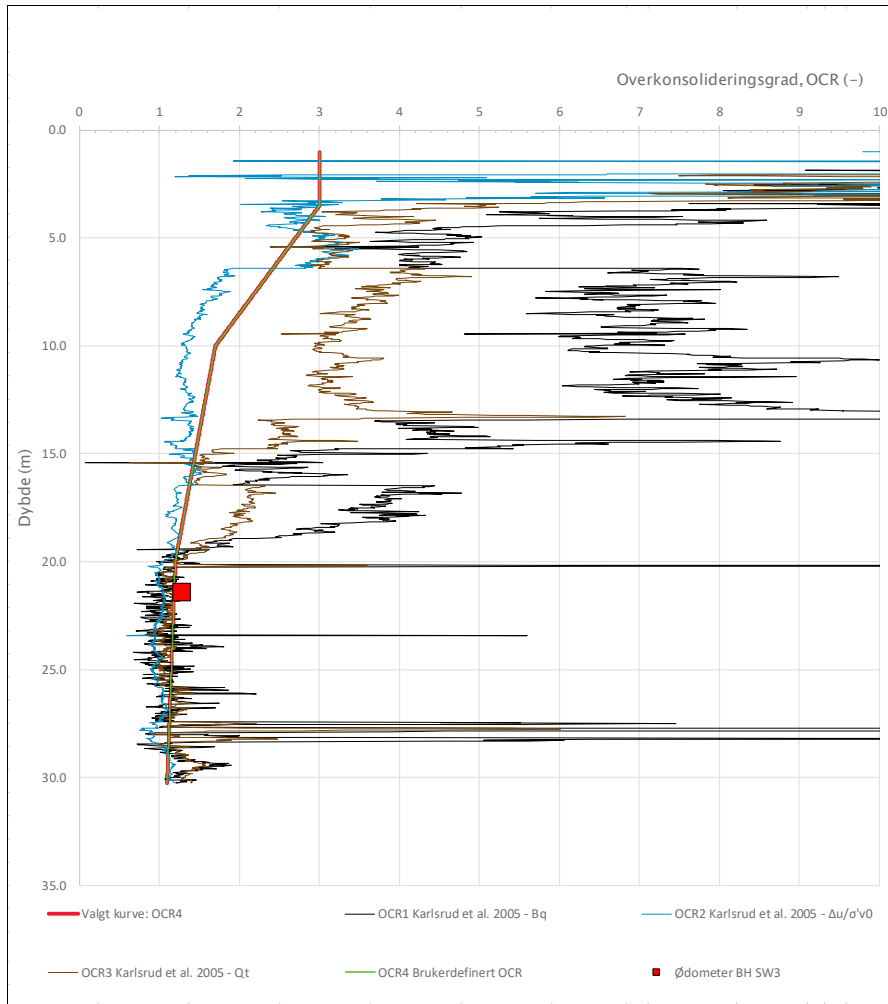
## Vedlegg 2: CPTU-tolkning

Anisotropiforhold i figur:  
 Enaks BH SW2:  $c_{uc}/c_{ucptu} = 0.630$   
 Konus BH SW2:  $c_{ufc}/c_{ucptu} = 0.630$



Prosjekt				Borhull	
<b>Landfallbakken</b>				<b>SW2</b>	
Innhold				Sondenummer	
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				<b>5273</b>	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	<b>1</b>
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 25.01.2023	Revisjon Rev. dato	Figur	<b>5</b>

Prosjekt				Borhull	
<b>Landfallbakken</b>				<b>SW2</b>	
Innhold				Sondenummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR				<b>5273</b>	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	<b>1</b>
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 25.01.2023	Revisjon Rev. dato	Figur	<b>8</b>

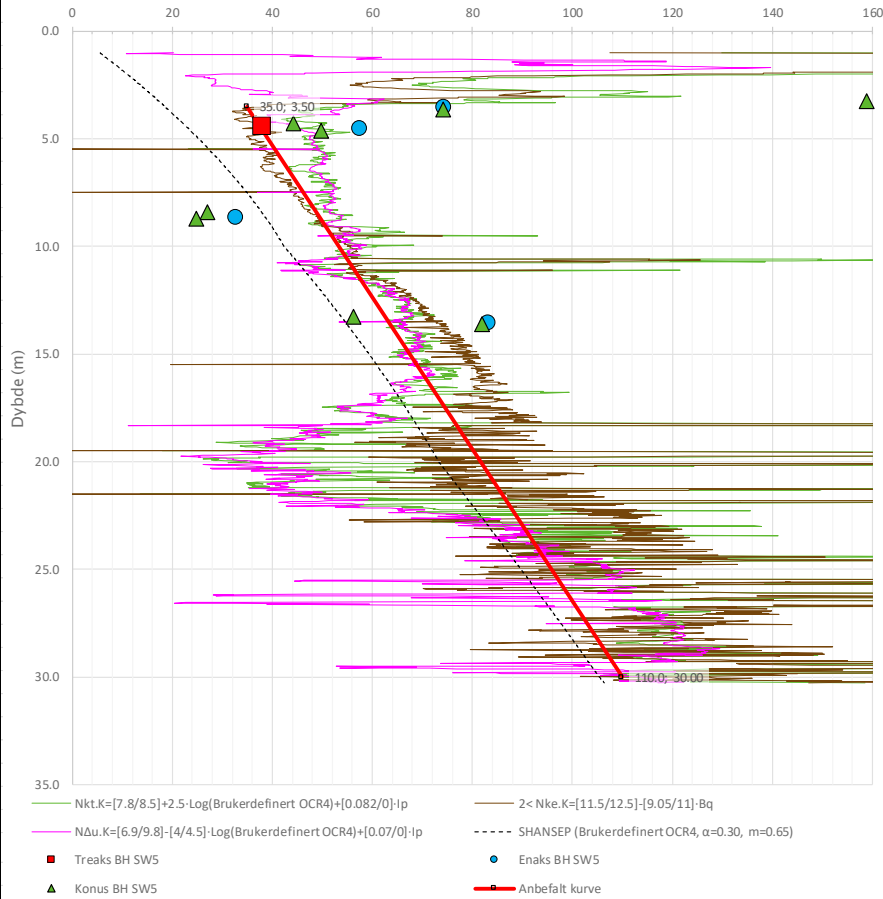


Prosjekt				Borhull	
<b>Landfallbakken</b>				<b>SW3</b>	
Innhold				Sondenummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR				<b>5273</b>	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	<b>1</b>
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	<b>8</b>
Statens vegvesen	Utbygging	25.01.2023	Rev. dato		

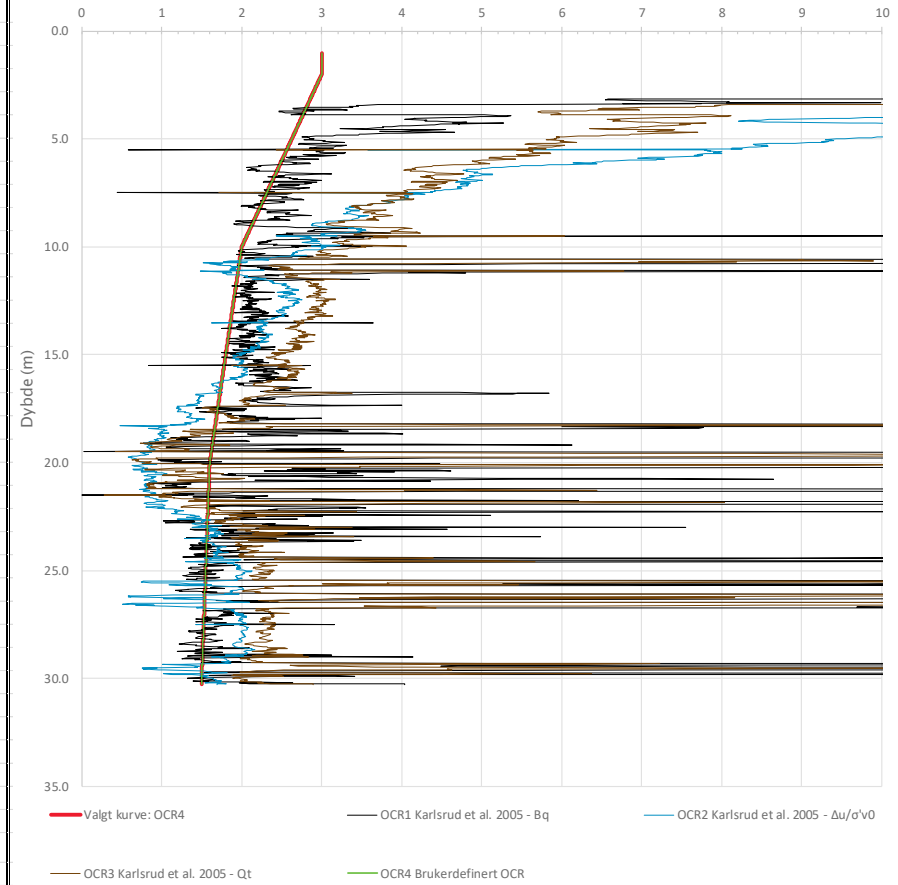
Prosjekt				Borhull	
<b>Landfallbakken</b>				<b>SW3</b>	
Innhold				Sondenummer	
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				<b>5273</b>	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	<b>1</b>
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	<b>5</b>
Statens vegvesen	Utbygging	25.01.2023	Rev. dato		

Anisotropiforhold i figur:  
 Treks BH SW5:  $c_u/c_{ucptu} = 1.000$   
 Enaks BH SW5:  $c_{uc}/c_{ucptu} = 0.630$   
 Konus BH SW5:  $c_{ufc}/c_{ucptu} = 0.630$

Udrenert aktiv skjærfasthet,  $c_{ucptu}$  (kPa)



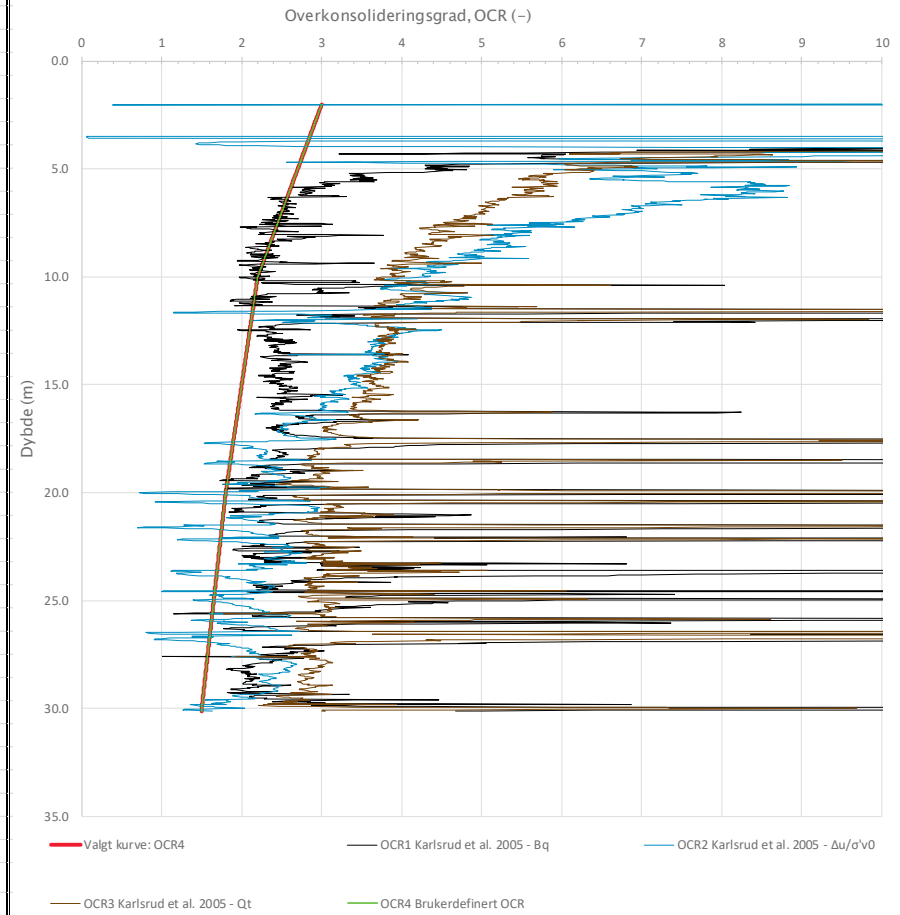
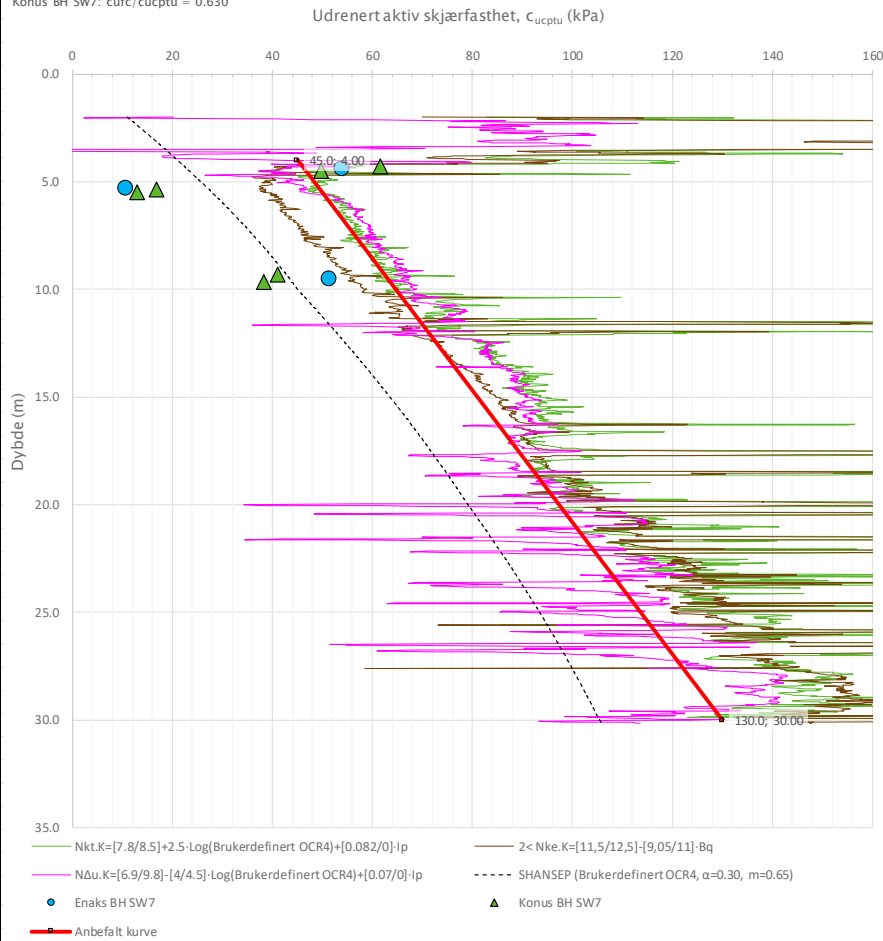
Overkonsolideringsgrad, OCR (-)



Prosjekt				Borhull	
<b>Landfallbakken</b>				<b>SW5</b>	
Innhold				Sondenummer	
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				<b>5273</b>	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	<b>ASSE</b>
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 08.02.2023	Revisjon Rev. dato	Figur	<b>5</b>

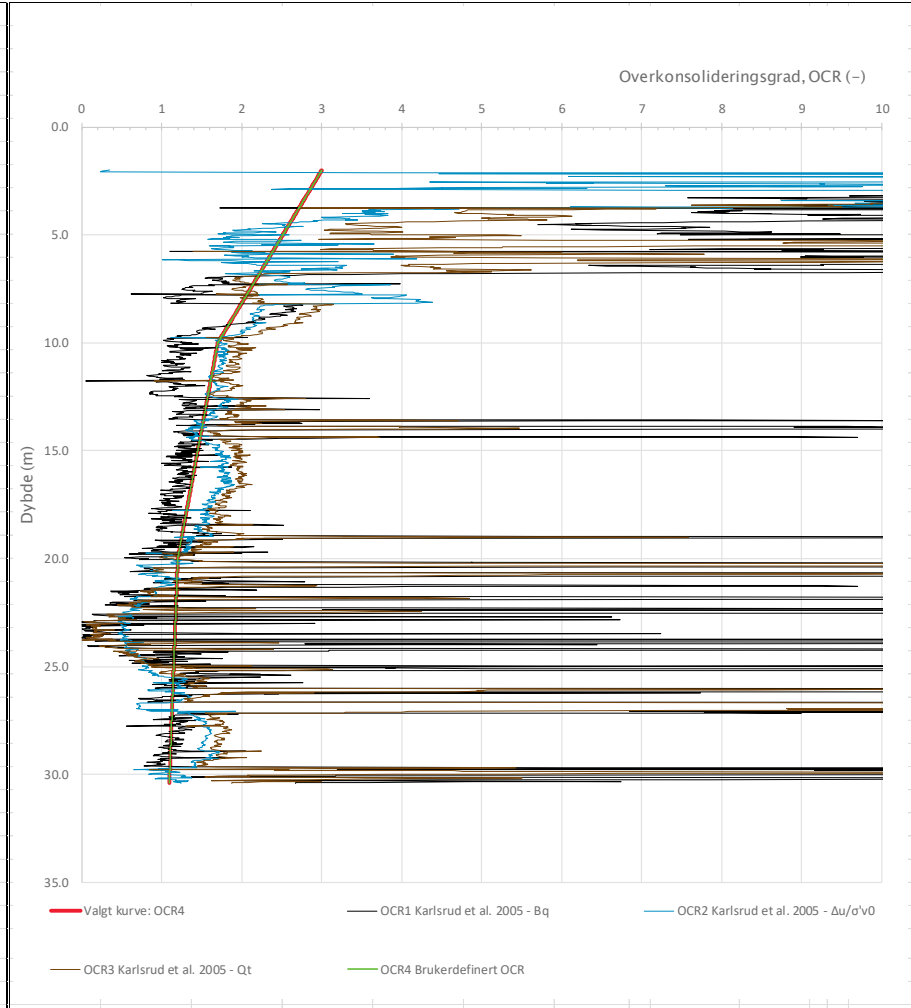
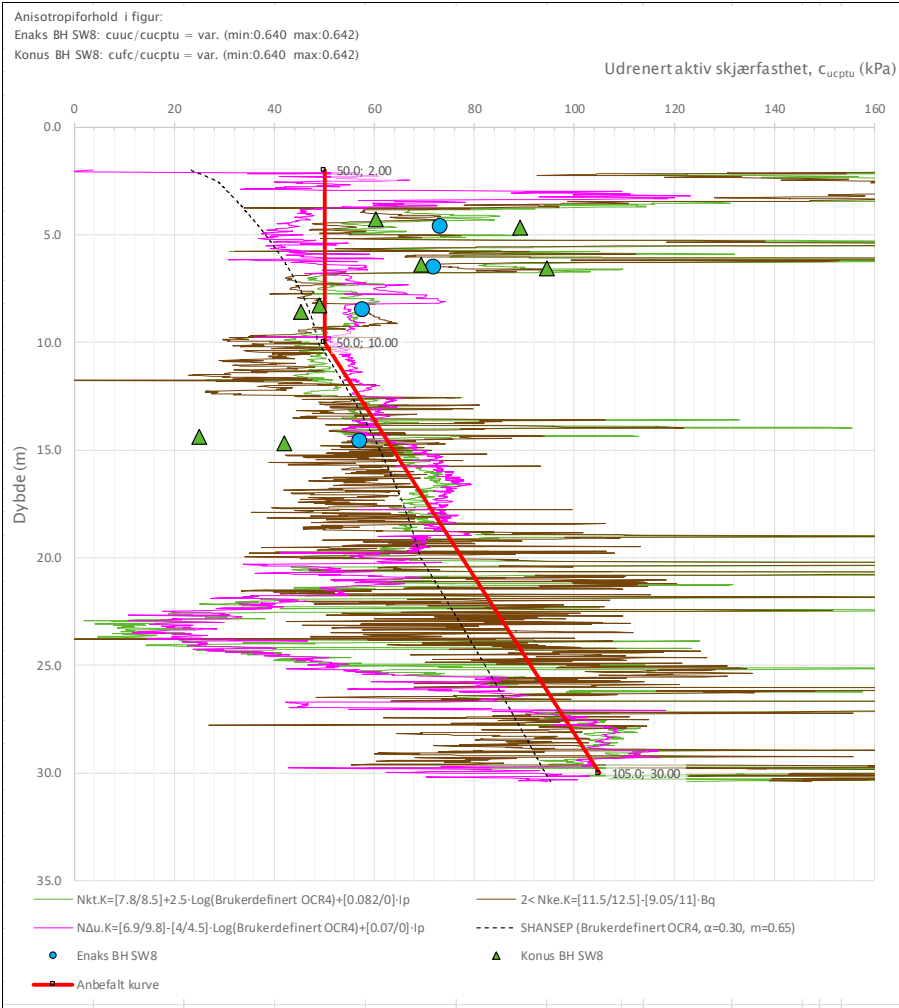
Prosjekt				Borhull	
<b>Landfallbakken</b>				<b>SW5</b>	
Innhold				Sondenummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR				<b>5273</b>	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	<b>ASSE</b>
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 08.02.2023	Revisjon Rev. dato	Figur	<b>8</b>

Anisotropiforhold i figur:  
 Enaks BH SW7:  $c_{uc}/c_{ucptu} = 0.630$   
 Konus BH SW7:  $c_{ufc}/c_{ucptu} = 0.630$



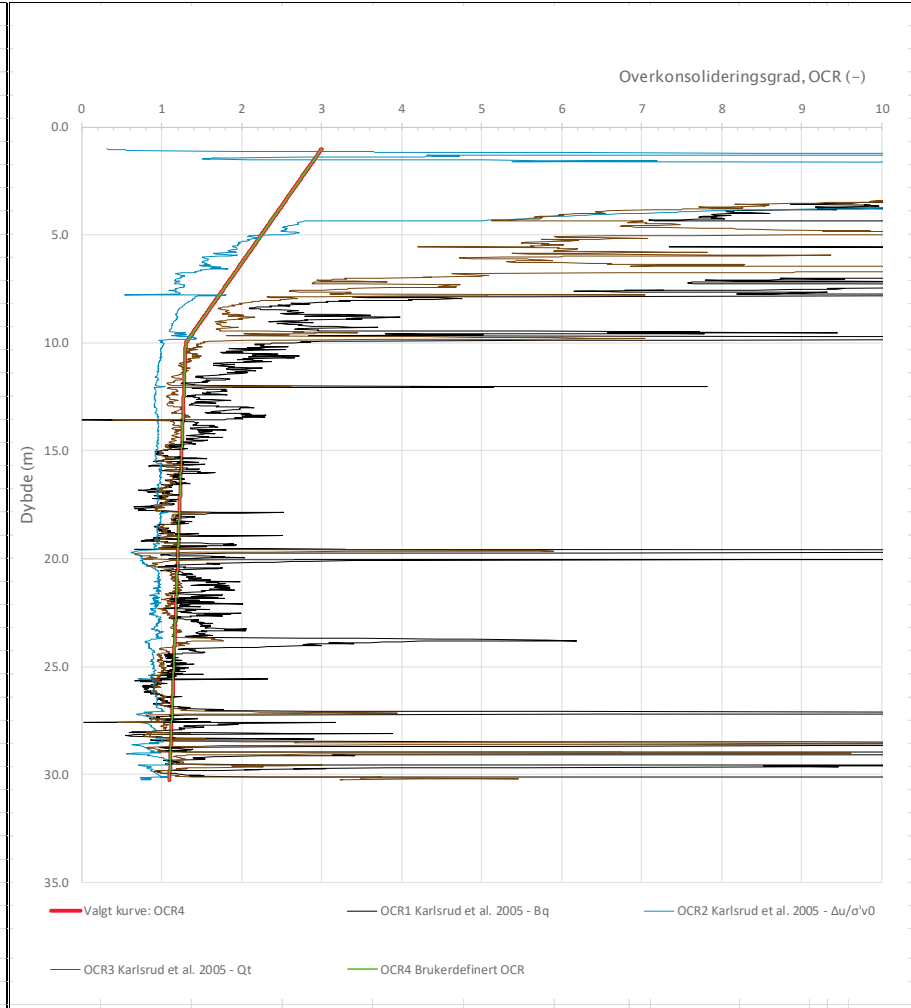
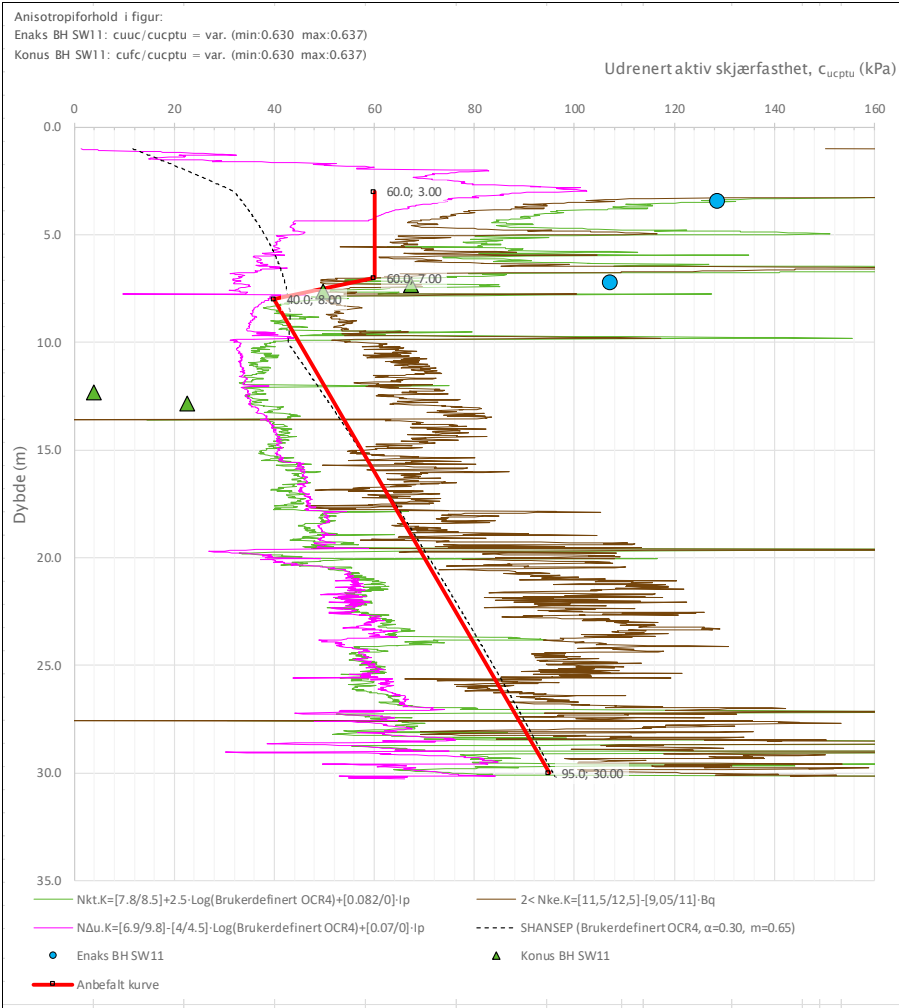
Prosjekt				Borhull	
<b>Landfallbakken</b>				<b>SW7</b>	
Innhold				Sondenummer	
Tolking av udrenert aktiv skjærfasthet				<b>5273</b>	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	<b>1</b>
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 24.01.2023	Revisjon Rev. dato	Figur	<b>5</b>

Prosjekt				Borhull	
<b>Landfallbakken</b>				<b>SW7</b>	
Innhold				Sondenummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR				<b>5273</b>	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	<b>1</b>
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 24.01.2023	Revisjon Rev. dato	Figur	<b>8</b>



Prosjekt				Borhull	
<b>Landfallbakken</b>				<b>SW8</b>	
Innhold				Sondenummer	
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				<b>5273</b>	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	<b>2</b>
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 07.02.2023	Revisjon Rev. dato	Figur	<b>5</b>

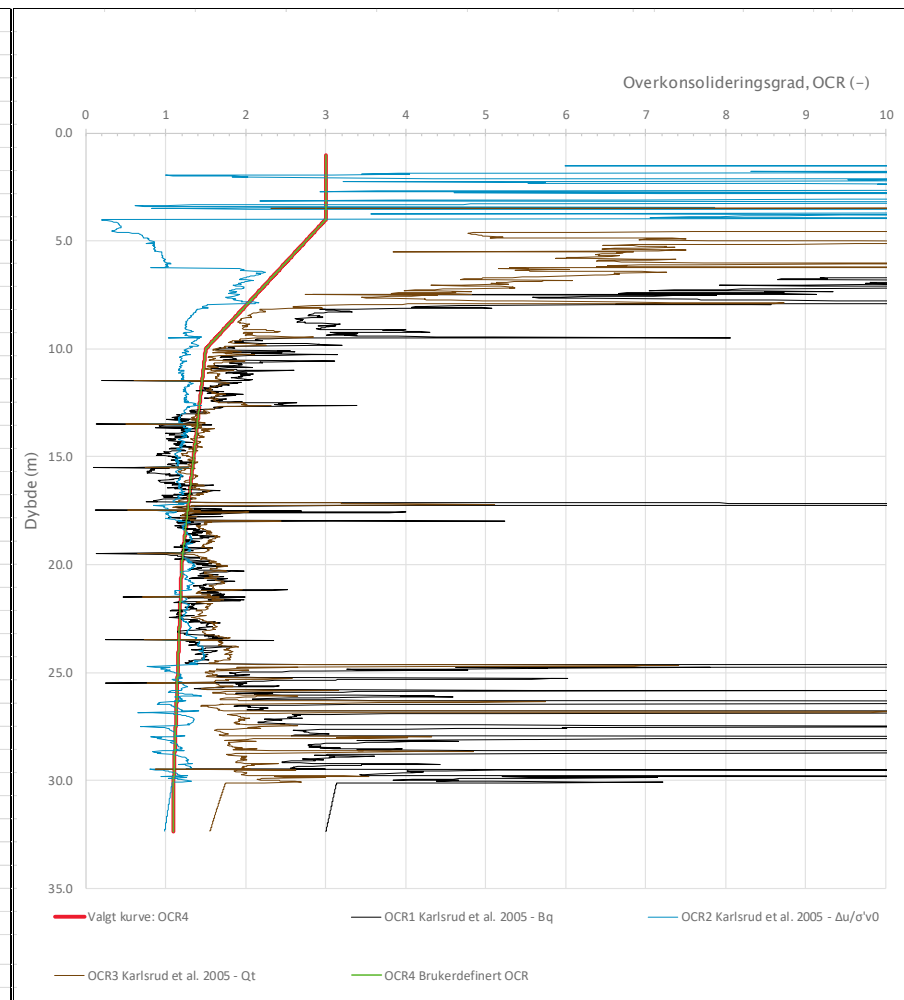
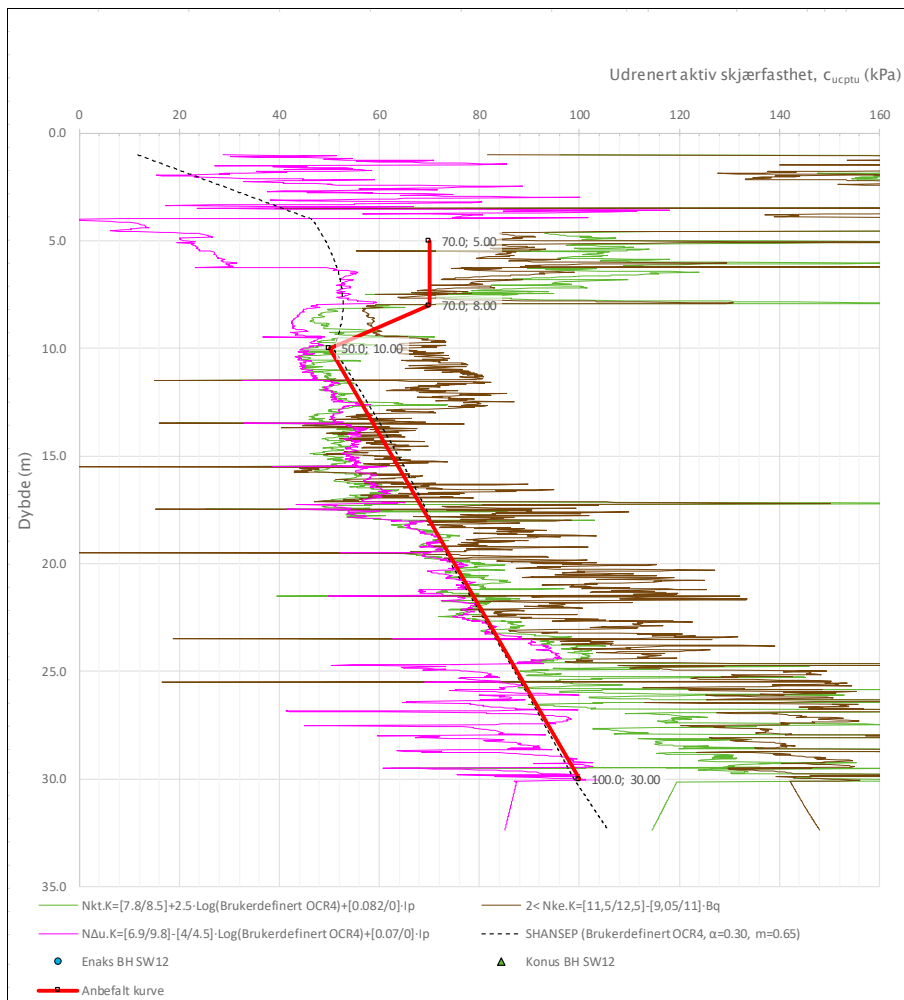
Prosjekt				Borhull	
<b>Landfallbakken</b>				<b>SW8</b>	
Innhold				Sondenummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR				<b>5273</b>	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	<b>2</b>
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 07.02.2023	Revisjon Rev. dato	Figur	<b>8</b>



Prosjekt				Borhull	
<b>Landfallbakken</b>				<b>SW11</b>	
Innhold				Sondenummer	
Tolking av udrenert aktiv skjærfasthet				<b>5273</b>	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	<b>1</b>
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 24.01.2023	Revisjon Rev. dato	Figur	<b>5</b>

Prosjekt				Borhull	
<b>Landfallbakken</b>				<b>SW11</b>	
Innhold				Sondenummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR				<b>5273</b>	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	<b>1</b>
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 24.01.2023	Revisjon Rev. dato	Figur	<b>8</b>

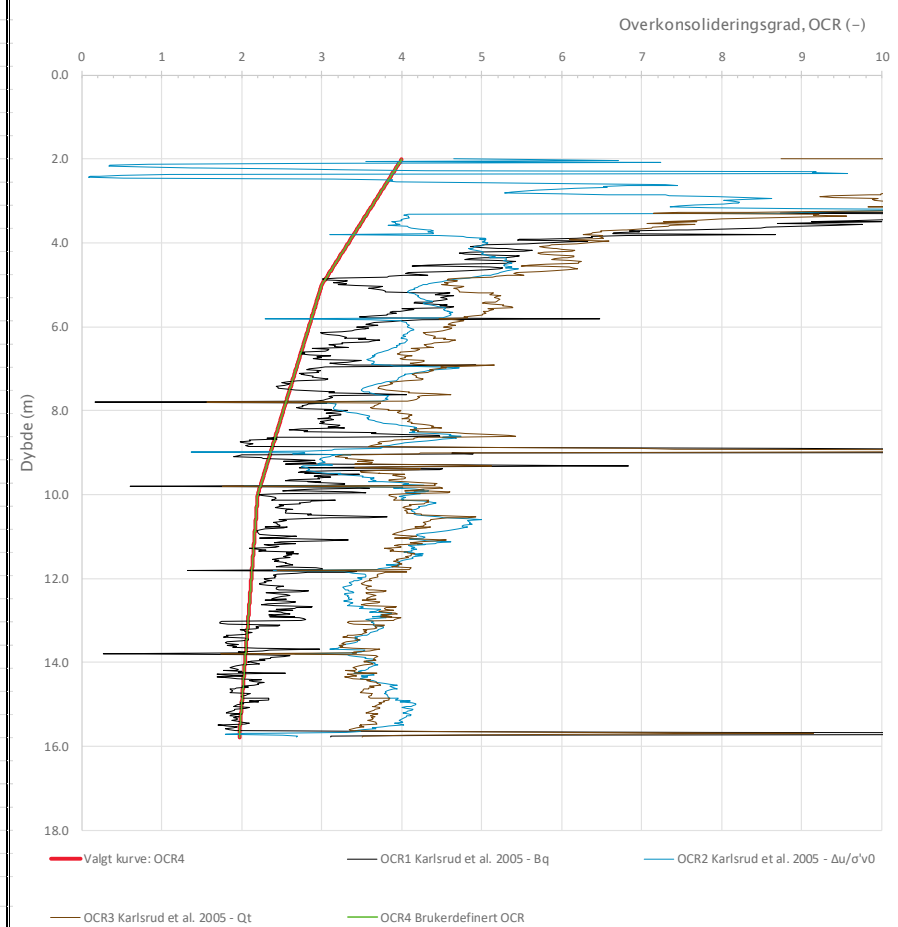
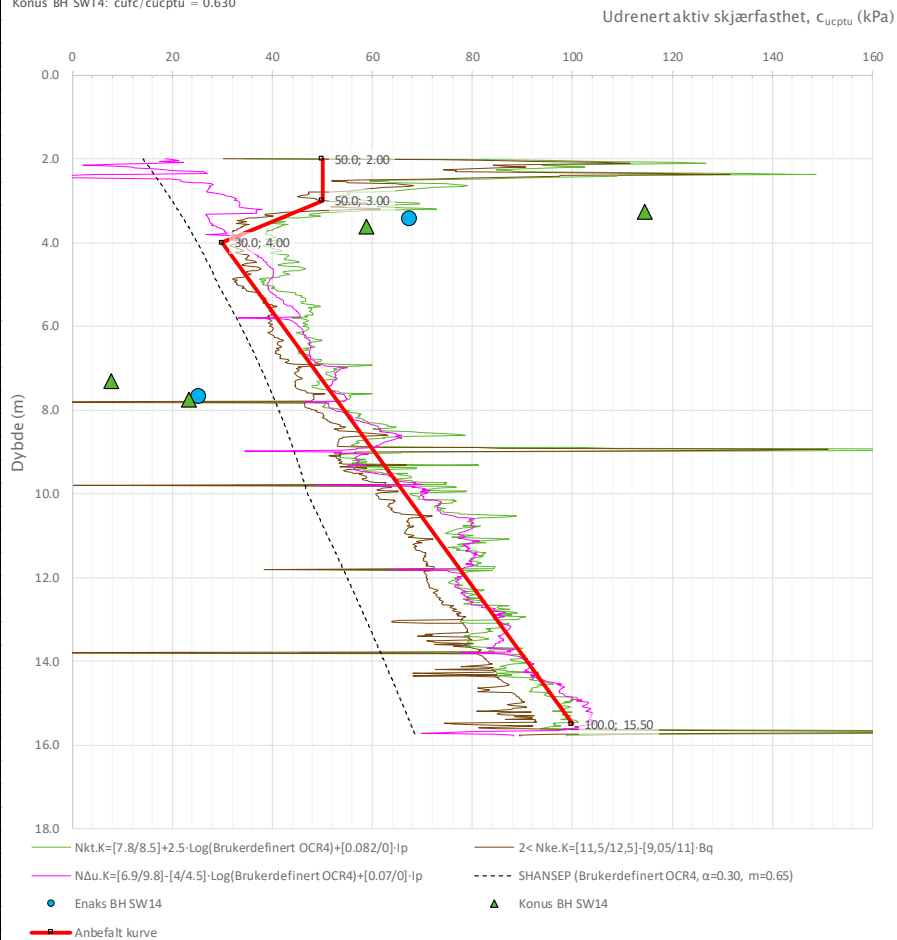




Prosjekt				Borhull	
<b>Landfallbakken</b>				<b>SW12</b>	
Innhold				Sondenummer	
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				<b>5273</b>	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	<b>1</b>
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 24.01.2023	Revisjon Rev. dato	Figur	<b>5</b>

Prosjekt				Borhull	
<b>Landfallbakken</b>				<b>SW12</b>	
Innhold				Sondenummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR				<b>5273</b>	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	<b>1</b>
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 24.01.2023	Revisjon Rev. dato	Figur	<b>8</b>

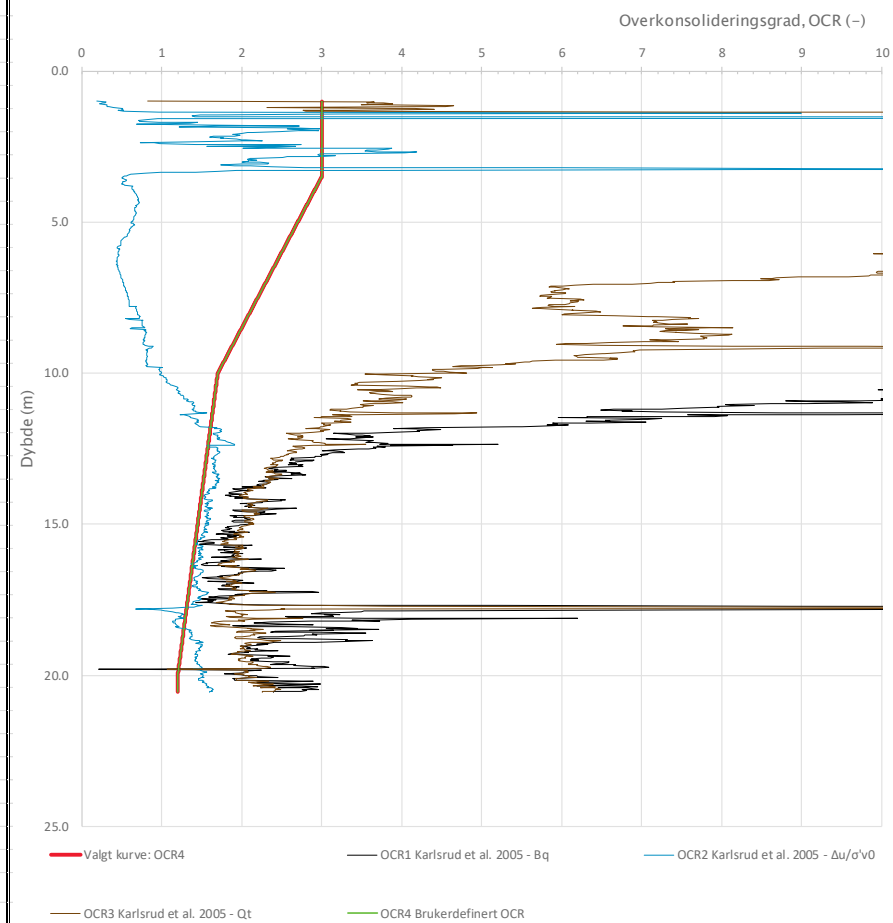
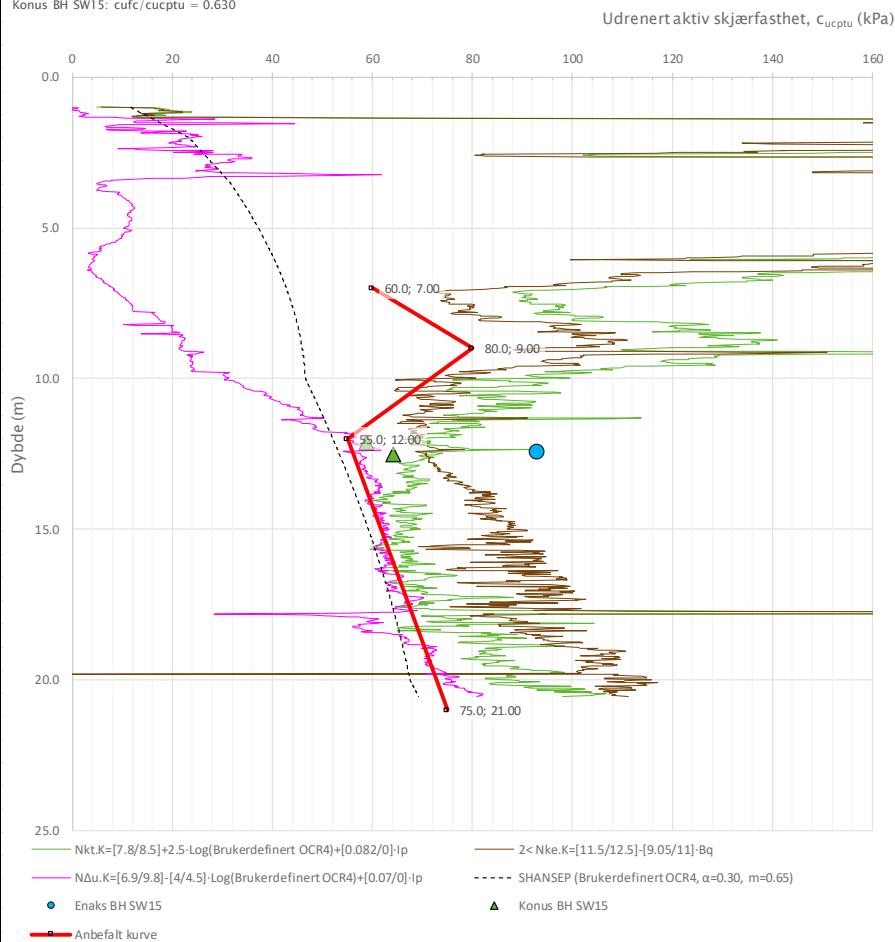
Anisotropiforhold i figur:  
 Enaks BH SW14:  $c_{uc}/c_{ucptu} = 0.630$   
 Konus BH SW14:  $c_{uc}/c_{ucptu} = 0.630$



Prosjekt				Borhull	
<b>Landfallbakken</b>				<b>SW14</b>	
Innhold				Sondenummer	
Tolking av udrenert aktiv skjærfasthet				<b>5273</b>	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	<b>3</b>
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 09.02.2023	Revisjon Rev. dato	Figur	<b>5</b>

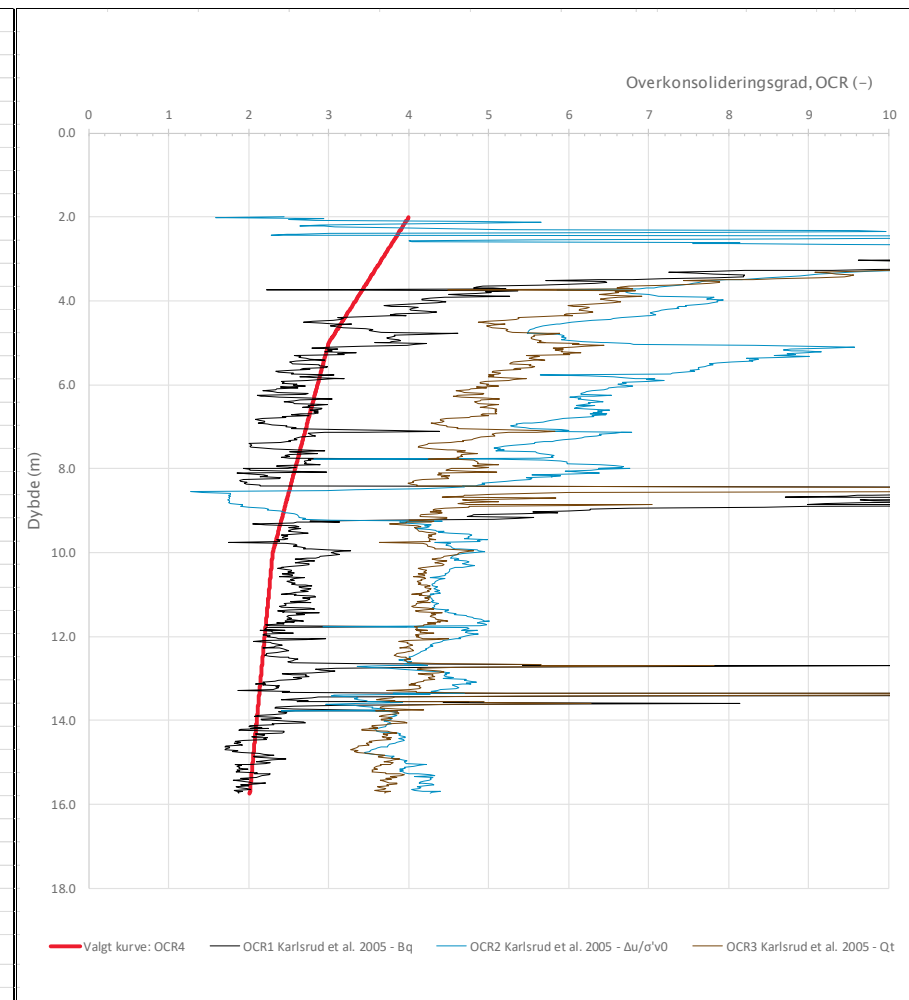
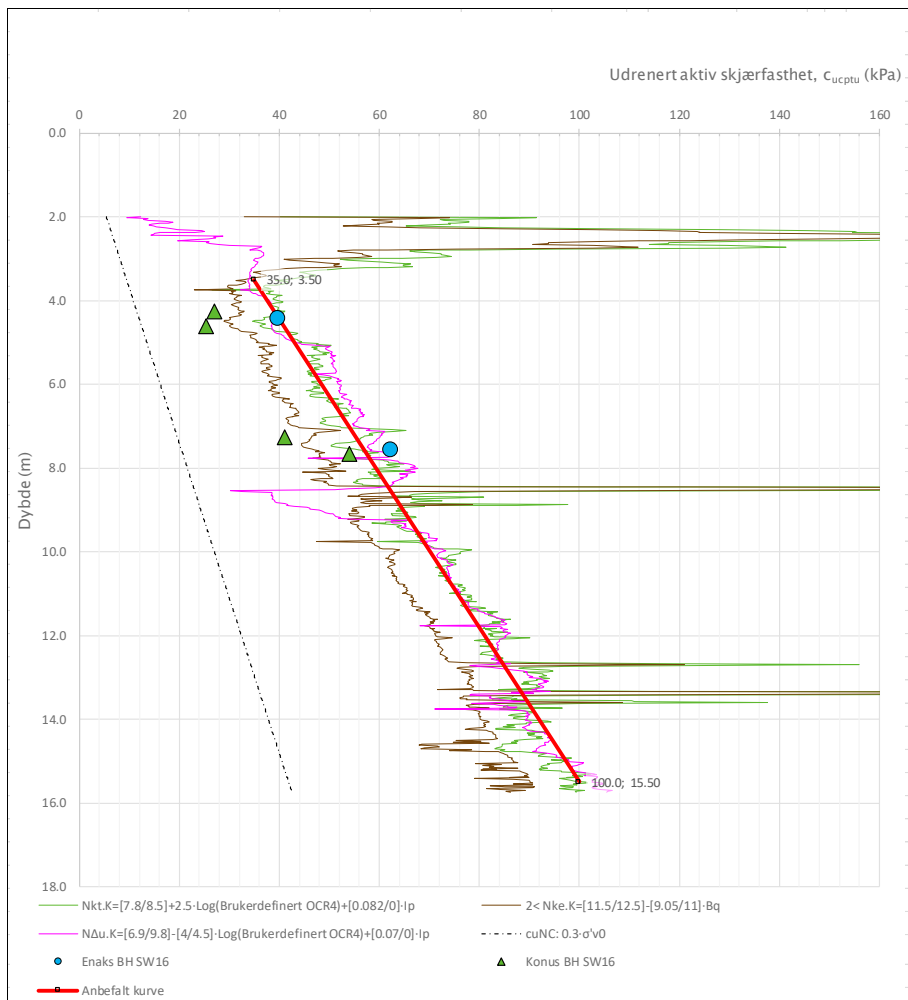
Prosjekt				Borhull	
<b>Landfallbakken</b>				<b>SW14</b>	
Innhold				Sondenummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR				<b>5273</b>	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	<b>3</b>
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 09.02.2023	Revisjon Rev. dato	Figur	<b>8</b>

Anisotropiforhold i figur:  
 Enaks BH SW15:  $c_{uc}/c_{cuptu} = 0.630$   
 Konus BH SW15:  $c_{ufc}/c_{cuptu} = 0.630$



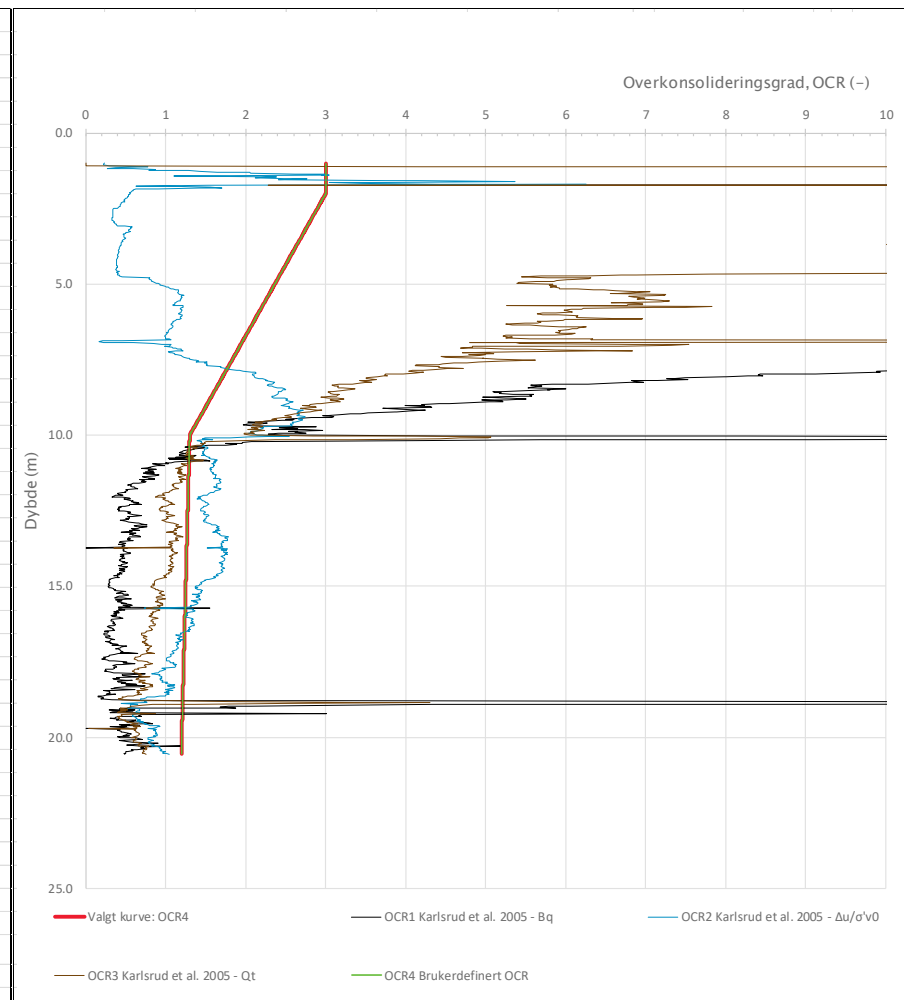
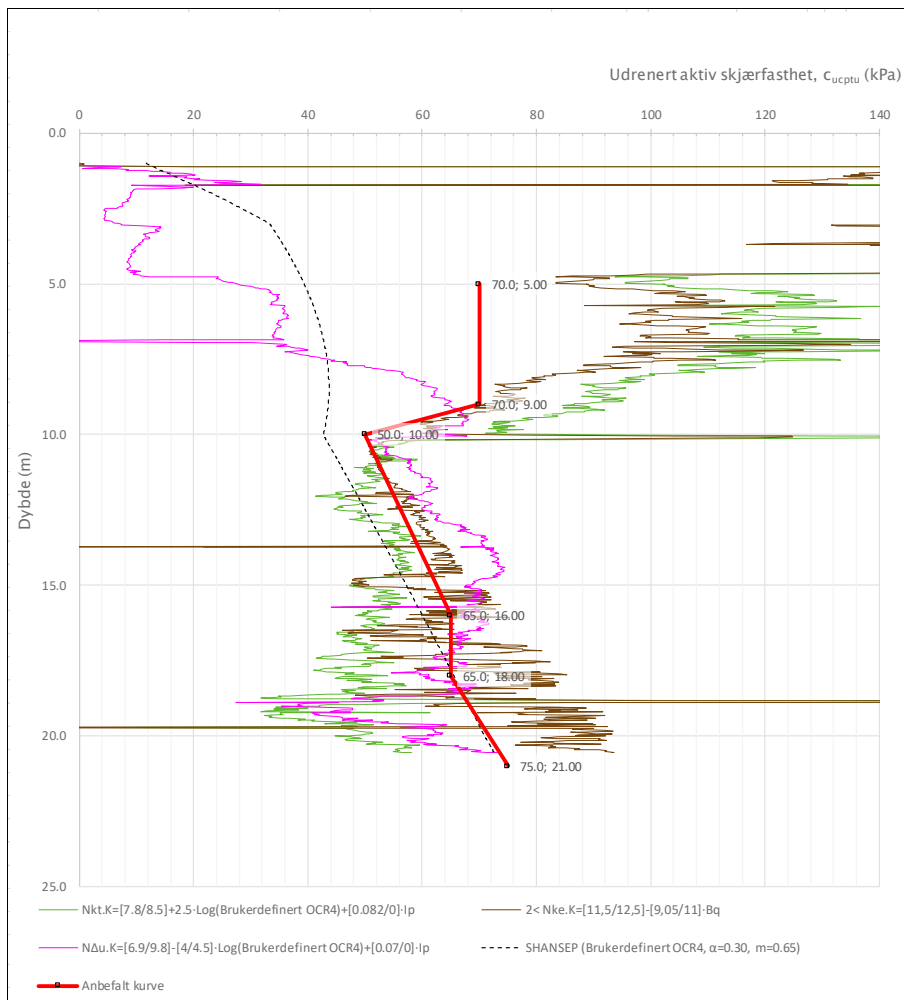
Prosjekt				Borhull	
<b>Landfallbakken</b>				<b>SW15</b>	
Innhold				Sondenummer	
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				<b>5273</b>	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	<b>1</b>
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	<b>5</b>
Statens vegvesen	Utbygging	15.02.2023	Rev. dato		

Prosjekt				Borhull	
<b>Landfallbakken</b>				<b>SW15</b>	
Innhold				Sondenummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR				<b>5273</b>	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	<b>1</b>
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	<b>8</b>
Statens vegvesen	Utbygging	15.02.2023	Rev. dato		



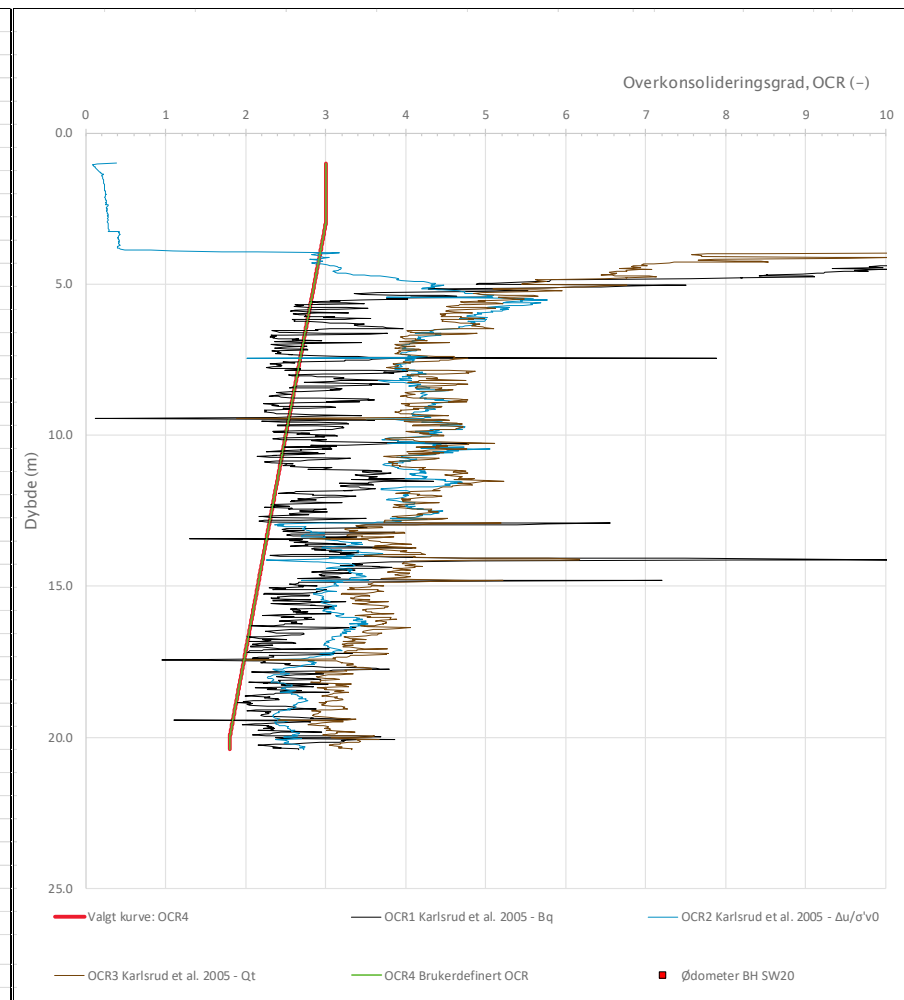
Prosjekt				Borhull	
<b>Landfallbakken</b>				<b>SW16</b>	
Innhold				Sondenummer	
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				<b>5273</b>	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	<b>1</b>
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 14.02.2023	Revisjon Rev. dato	Figur	<b>5</b>

Prosjekt				Borhull	
<b>Landfallbakken</b>				<b>SW16</b>	
Innhold				Sondenummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR				<b>5273</b>	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	<b>1</b>
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 14.02.2023	Revisjon Rev. dato	Figur	<b>8</b>



Prosjekt				Borhull	
<b>Landfallbakken</b>				<b>SW17</b>	
Innhold				Sondenummer	
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				<b>5273</b>	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	<b>2</b>
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 14.02.2023	Revisjon Rev. dato	Figur	<b>5</b>

Prosjekt				Borhull	
<b>Landfallbakken</b>				<b>SW17</b>	
Innhold				Sondenummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR				<b>5273</b>	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	<b>2</b>
	Divisjon Utbygging	Dato sondering 14.02.2023	Revisjon Rev. dato	Figur	<b>8</b>



Prosjekt				Borhull	
<b>Landfallbakken</b>				<b>SW20</b>	
Innhold				Sondenummer	
Tolkning av udrenerert aktiv skjærfasthet				<b>5273</b>	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	<b>3</b>
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	<b>5</b>
Statens vegvesen	Utbygging	20.02.2023	Rev. dato		

Prosjekt				Borhull	
<b>Landfallbakken</b>				<b>SW20</b>	
Innhold				Sondenummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR				<b>5273</b>	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	<b>3</b>
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	<b>8</b>
Statens vegvesen	Utbygging	20.02.2023	Rev. dato		

Vedlegg 3: Vurdering aktuell skredmekanisme

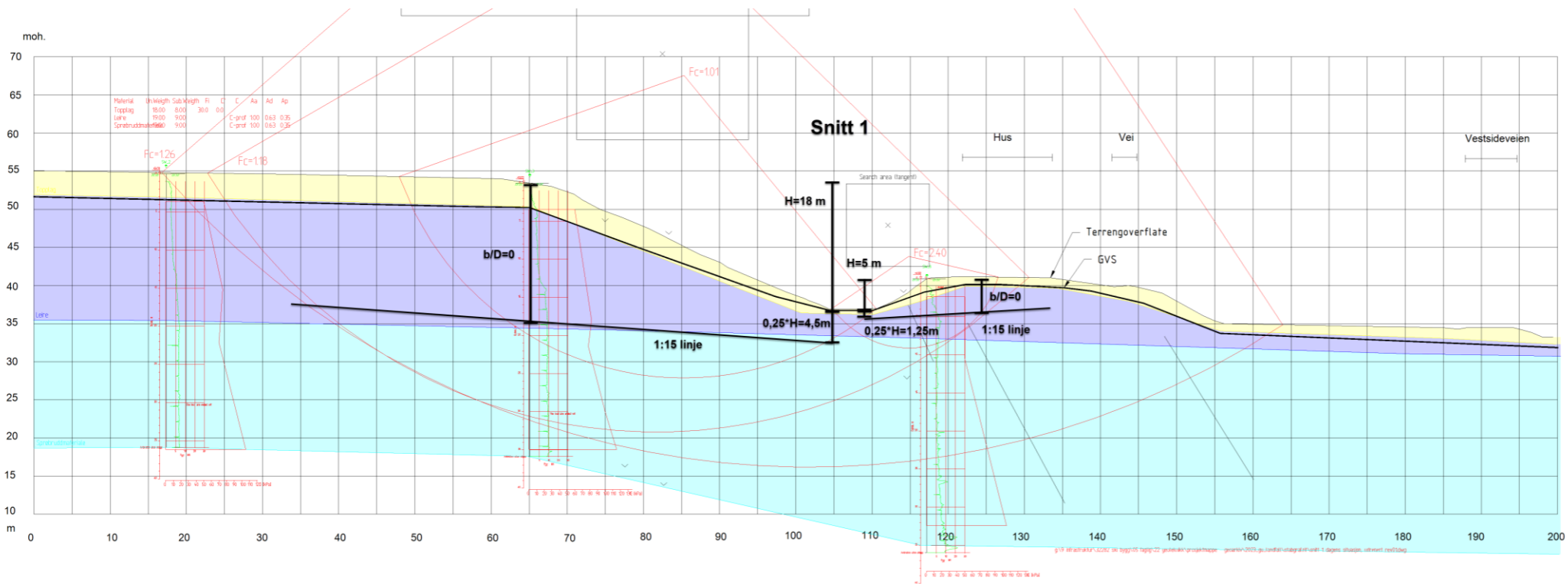
Sweco | Feil! Det er ingen tekst med den angitte stilen i dokumentet. Feil! Det er ingen tekst med den angitte stilen i dokumentet.

Prosjektnummer

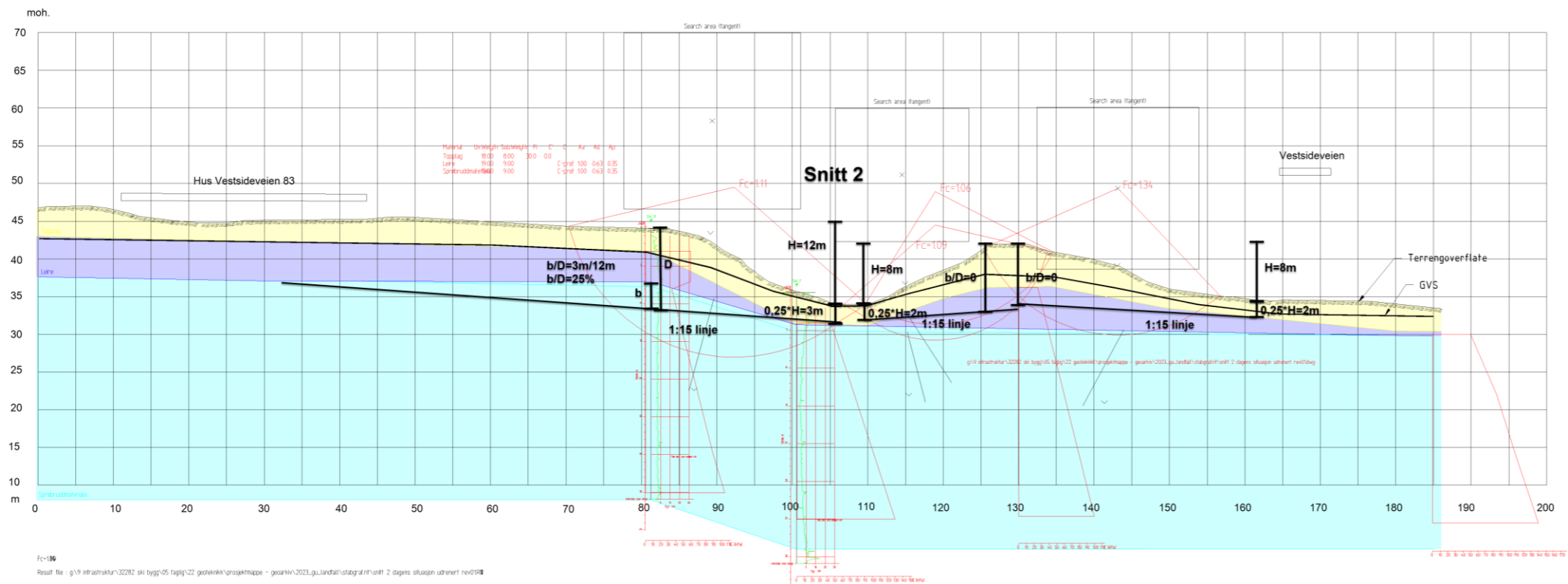
Dato Feil! Det er ingen tekst med den angitte stilen i dokumentet. Rev Feil! Det er ingen tekst med den angitte stilen i dokumentet.

Dokumentreferanse Vedlegg 3\_Vurdering aktuell skredmekanisme

Skredmekanisme snitt 1



Skredmekanisme snitt 2



Sweco | Feil! Det er ingen tekst med den angitte stilen i dokumentet. Feil! Det er ingen tekst med den angitte stilen i dokumentet.

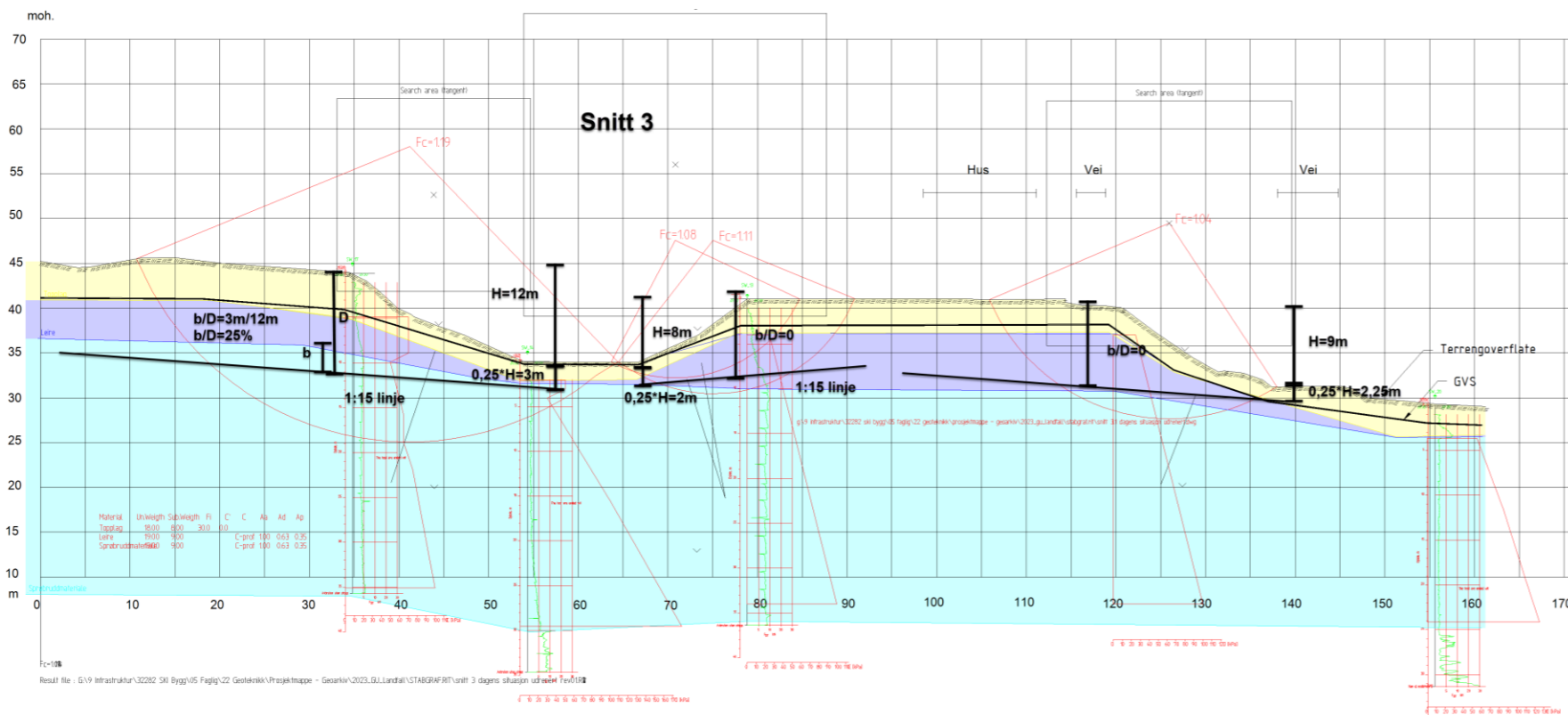
Prosjektnummer

Dato Feil! Det er ingen tekst med den angitte stilen i dokumentet. Rev Feil! Det er ingen tekst med den angitte stilen i dokumentet.

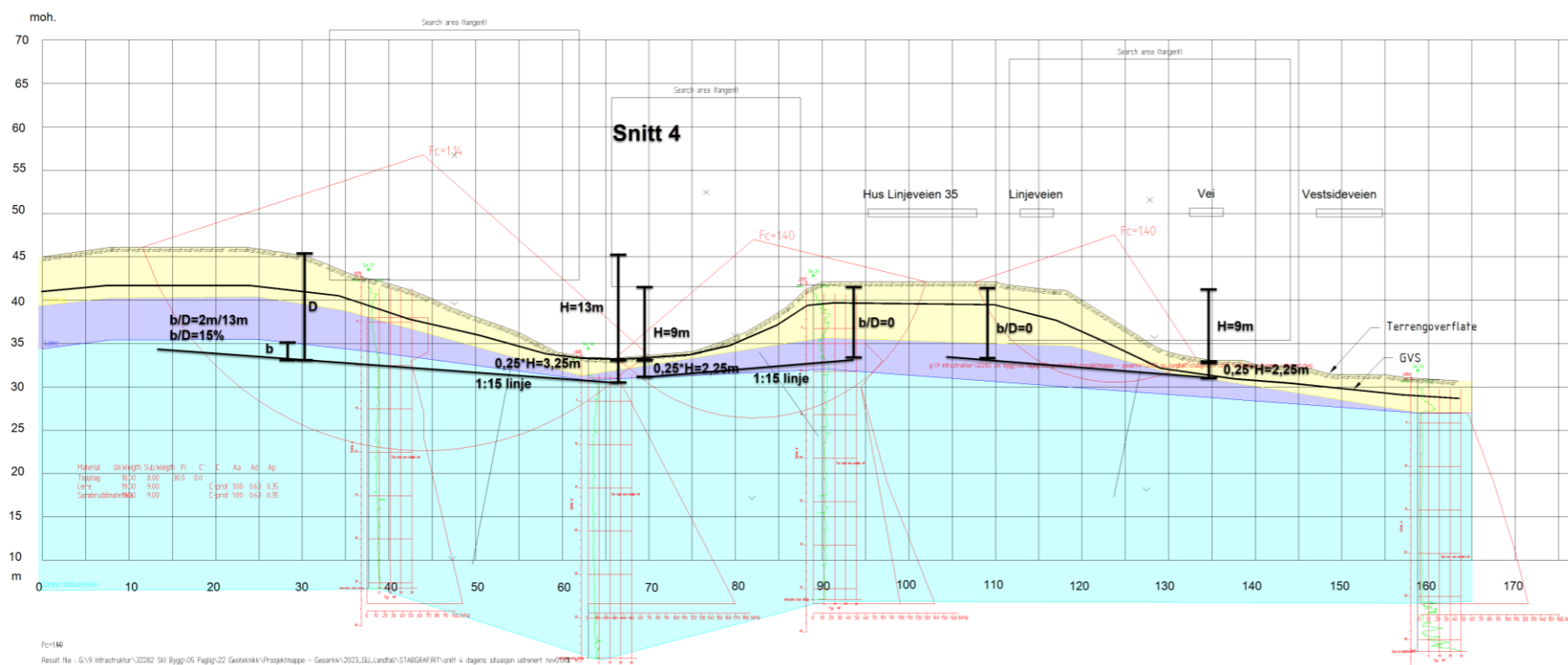
Dokumentreferanse Vedlegg 3\_Vurdering aktuell skredmekanisme



### Skredmekanisme snitt 3



### Skredmekanisme snitt 4



Sweco | Feil! Det er ingen tekst med den angitte stilen i dokumentet. Feil! Det er ingen tekst med den angitte stilen i dokumentet.

Prosjektnummer

Dato Feil! Det er ingen tekst med den angitte stilen i dokumentet. Rev Feil! Det er ingen tekst med den angitte stilen i dokumentet.

Dokumentreferanse Vedlegg 3\_Vurdering aktuell skredmekanisme

## Vedlegg 4: Klassifisering av faregrad- og konsekvensklasse

## Faregrads- og skadekonsekvensvurdering

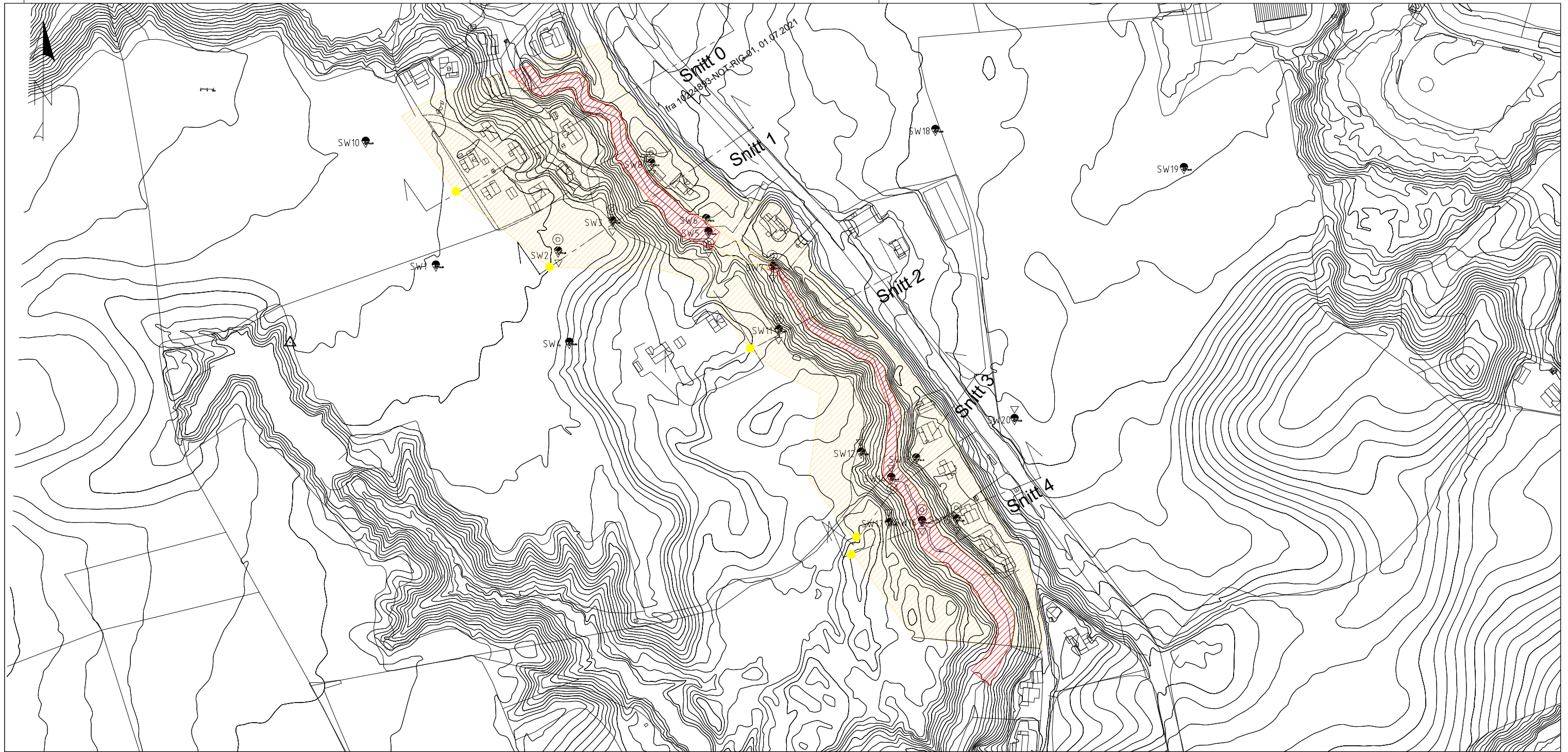
### Evaluering av faregrad

Faktor	Beskrivelse	Faregrad	Score	Vekttall	Poeng
Skredaktivitet	Flere mindre skredhendelser de siste årene.	Høy	3	1	3
Skråningshøyde i meter	Aktuell skråningshøyde ca. 18 m	15-20 m	1	2	2
Forkonsolidering pga. terrengsenkning	OCR på 1,2 til 1,3 i kritisk glideflate.	1,2-1,5	2	2	4
Poretrykk	Antar hydrostatisk, estimert på grunnlag av topografi og grunnforhold	Hydrostatisk	0	3	0
Kvikkleiremektighet	$>H/2 = 18m/2=9m$	$>H/2$	3	2	6
Sensitivitet	Sensitivitet på 120-130 inntil $H/2=9m$ under skråningsfot (Prøver SW5)	$>100$	3	1	3
Erosjon	Noe erosjon	Noe	2	3	6
Inngrep	Konservativt antatt ingen.	Ingen	0	3	0
<b>Total poengsum</b>					<b>24</b>
<b>FAREGRADSKLASSE: Middels Faregrad</b>					
Sist oppdatert 10.05.2023					

### Evaluering av skadekonsekvens



Faktor	Beskrivelse	Konsekvens	Score	Vekttall	Poeng
Boligheter	Spredt bebyggelse med >5 boligheter i nærheten	Spredt > 5	2	4	8
Næringsbygg	Ingen relevante næringsbygg i området	Ingen	0	3	0
Annen bebyggelse	Ingen relevant bebyggelse i området	Ingen	0	1	0
Veier	Vestsidveien (ÅDT=3000) kan evl. berøres	1001-5000	2	2	4
Toglinje	Ikke toglinje i området	Ingen	0	2	0
Kraftnett	Lokal	Lokal	0	1	0
Oppdemming og flodbølge	Oppdemming samt flodbølge vurderes som usannsynlig å kunne påføre skade på bebyggelse.	Ingen	0	2	0
<b>Total poengsum</b>					<b>12</b>
<b>KONSEKVENSKLASSE: ALVORLIG</b>					
Sist oppdatert 10.05.2023					


Vedlegg 5: Tegning G-1 Løsne- og utløpsområde




### Anmerkninger

Vurdering av løsne- og utløpsområdet er begrenset til området der sikringstiltak vurderes, se også figur 1 i notat NOT-RIG-01\_01.07.2021 fra Sweco.

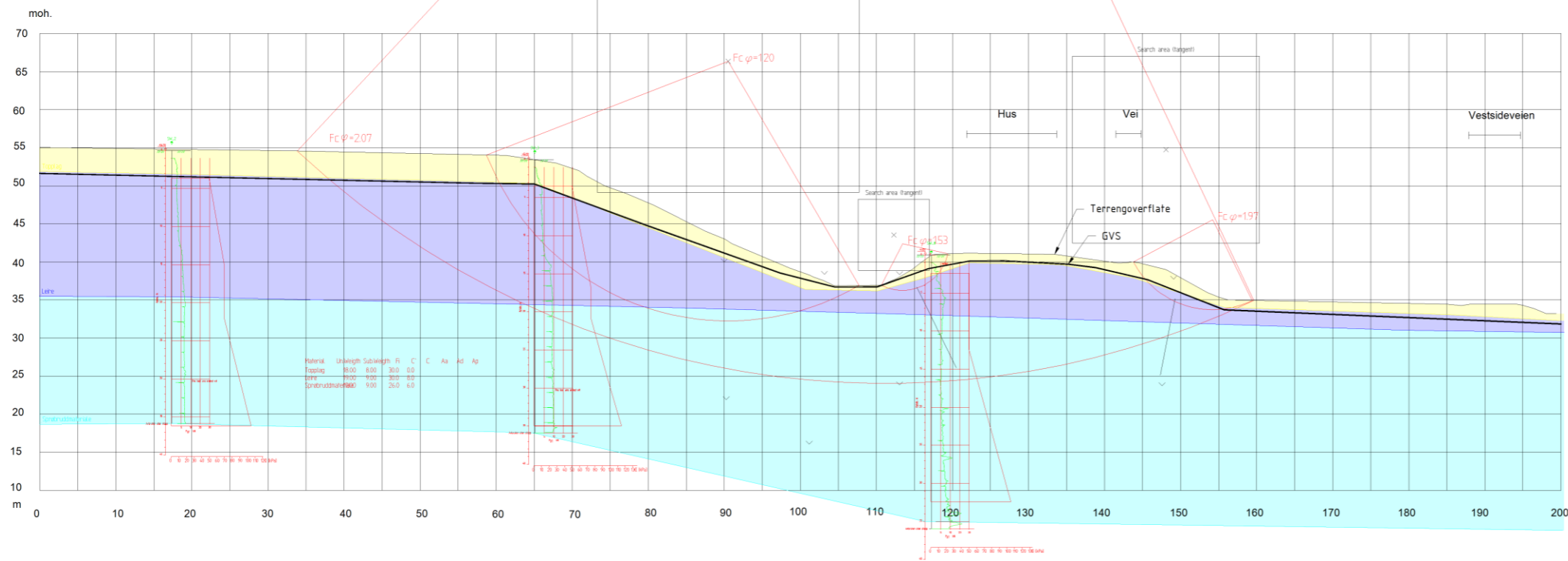
-  Løsneområde
-  Utløpsområde

 Punkt på beregningsnitt der sikkerhetsfaktor er beregnet til 1,20

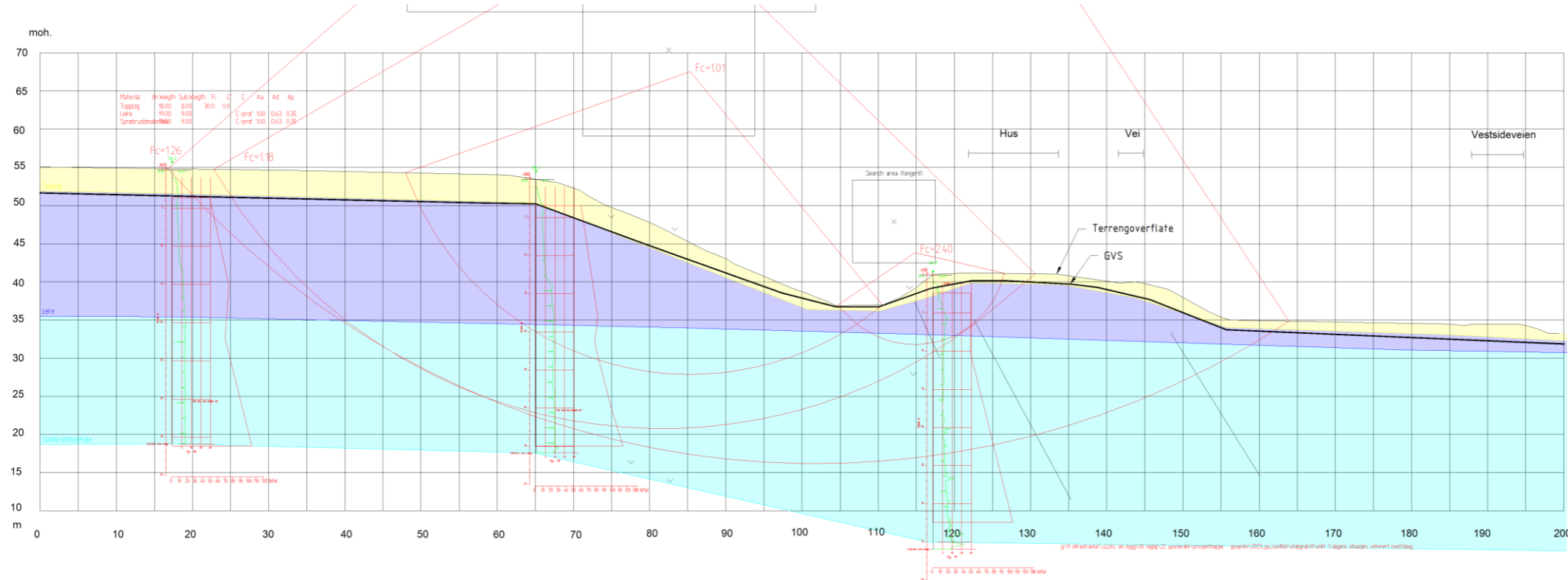
A	01	Tilpasning løsneområdet	NONIBU	NOOIIHA	NOHESV	10.01.2024
Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
Lier Kommune			NONIBU	NOOIIHA	NOHESV	23.05.2023
Landfallbakken Vellingbekken			Målestokk	1:3000		Format
Tegning			Oppdragsleder:			
Løsne- og utløpsområde			Øivind Martin Hasle			
			Oppdragsnr.			
			10224893			
SWECO 		SWECO Norge AS Drammensveien 260, 0283 Oslo TLF.: 67 12 80 00 FAX.: 67 12 58 40	Disiplin:	Løpenummer:	Status:	Rev:
			G	1	A	00



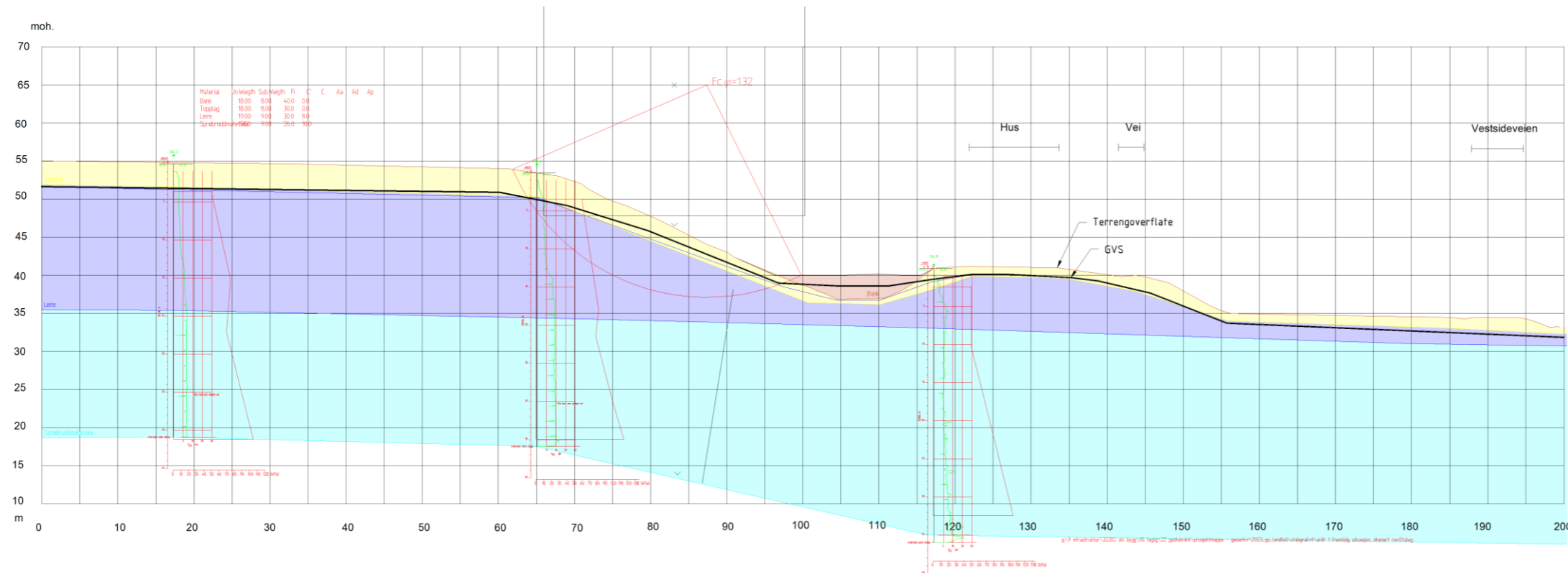
**Snitt 1, dagens situasjon, drenert**



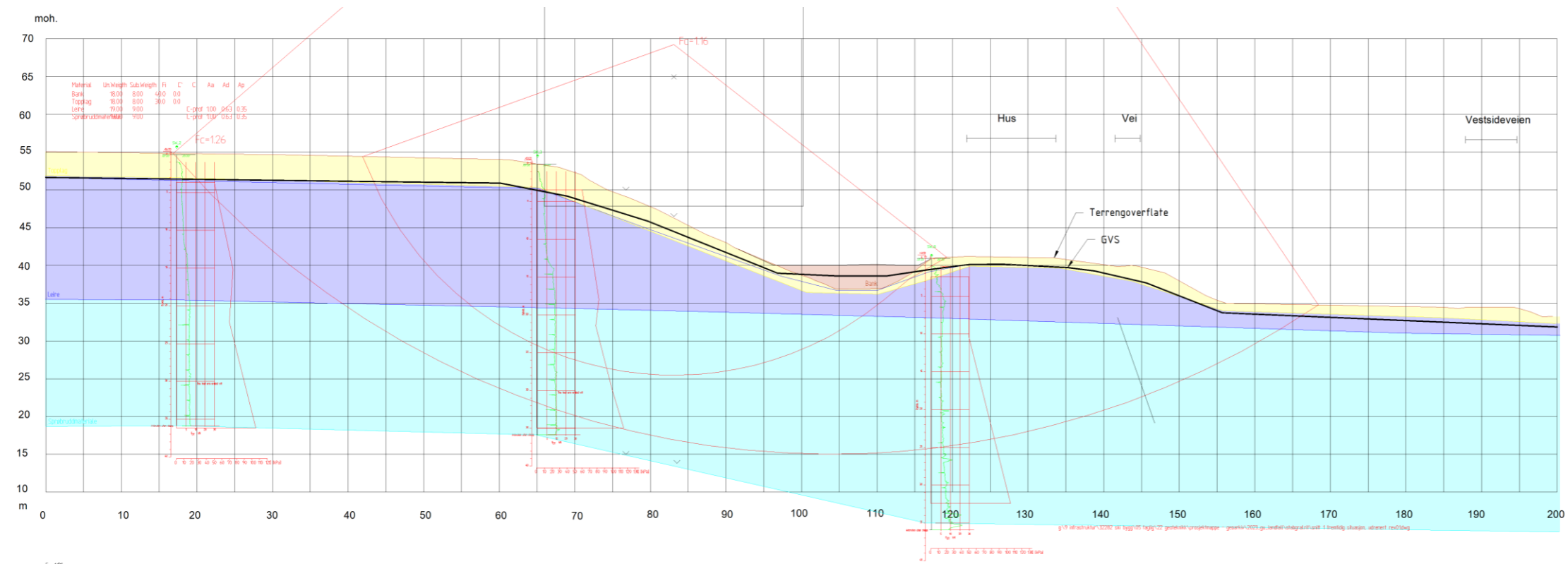
**Snitt 1, dagens situasjon, udrenert**



**Snitt 1, fremtidig situasjon, drenert**

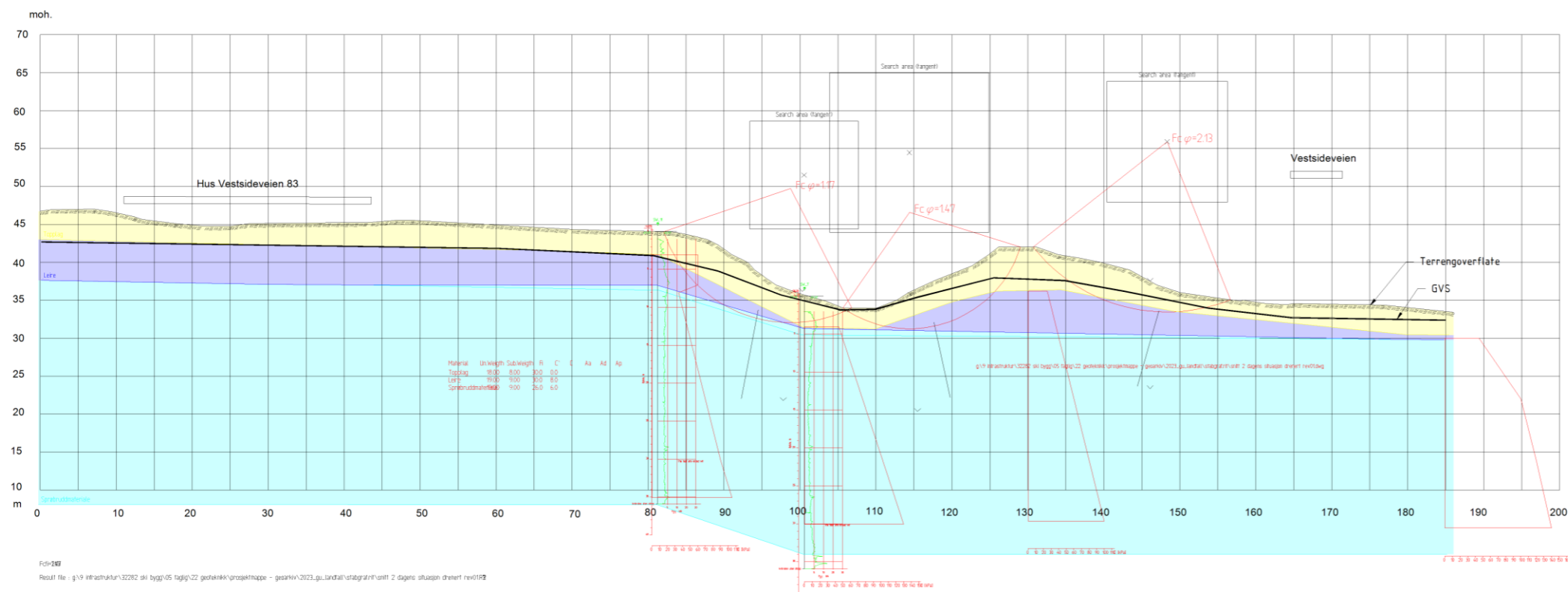


**Snitt 1, fremtidig situasjon, udrenert**

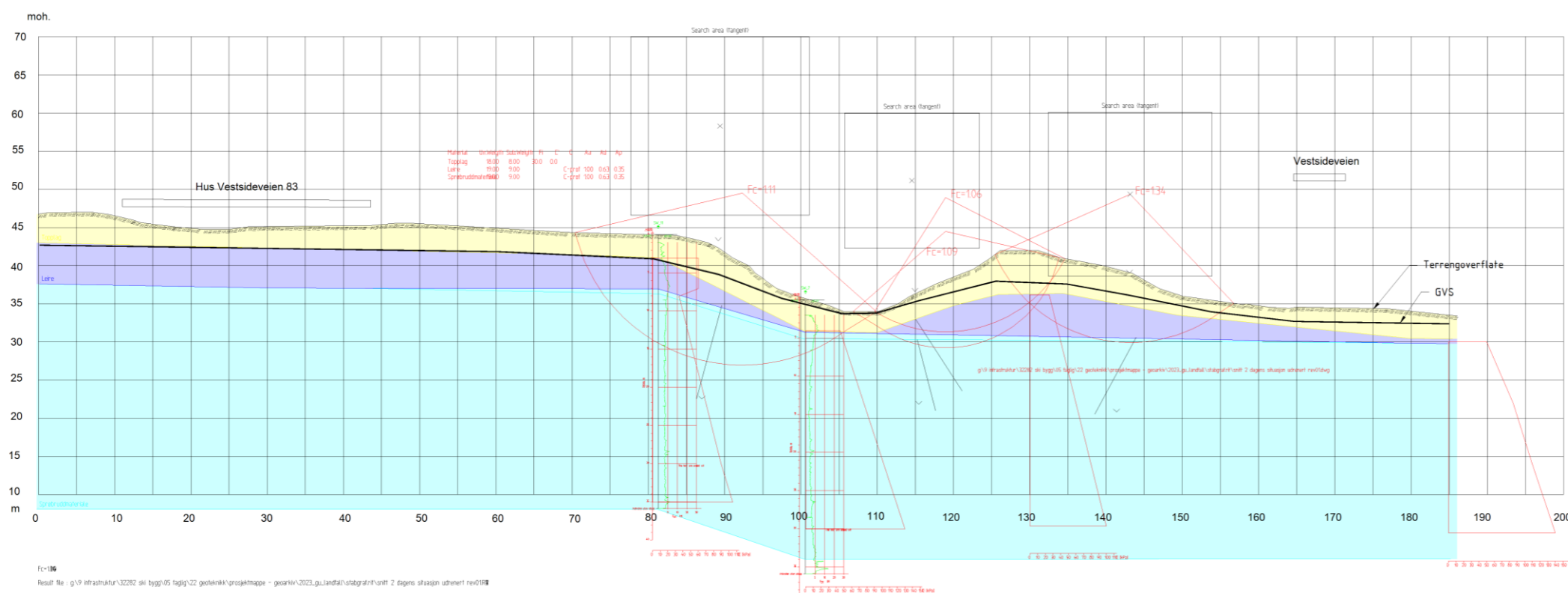




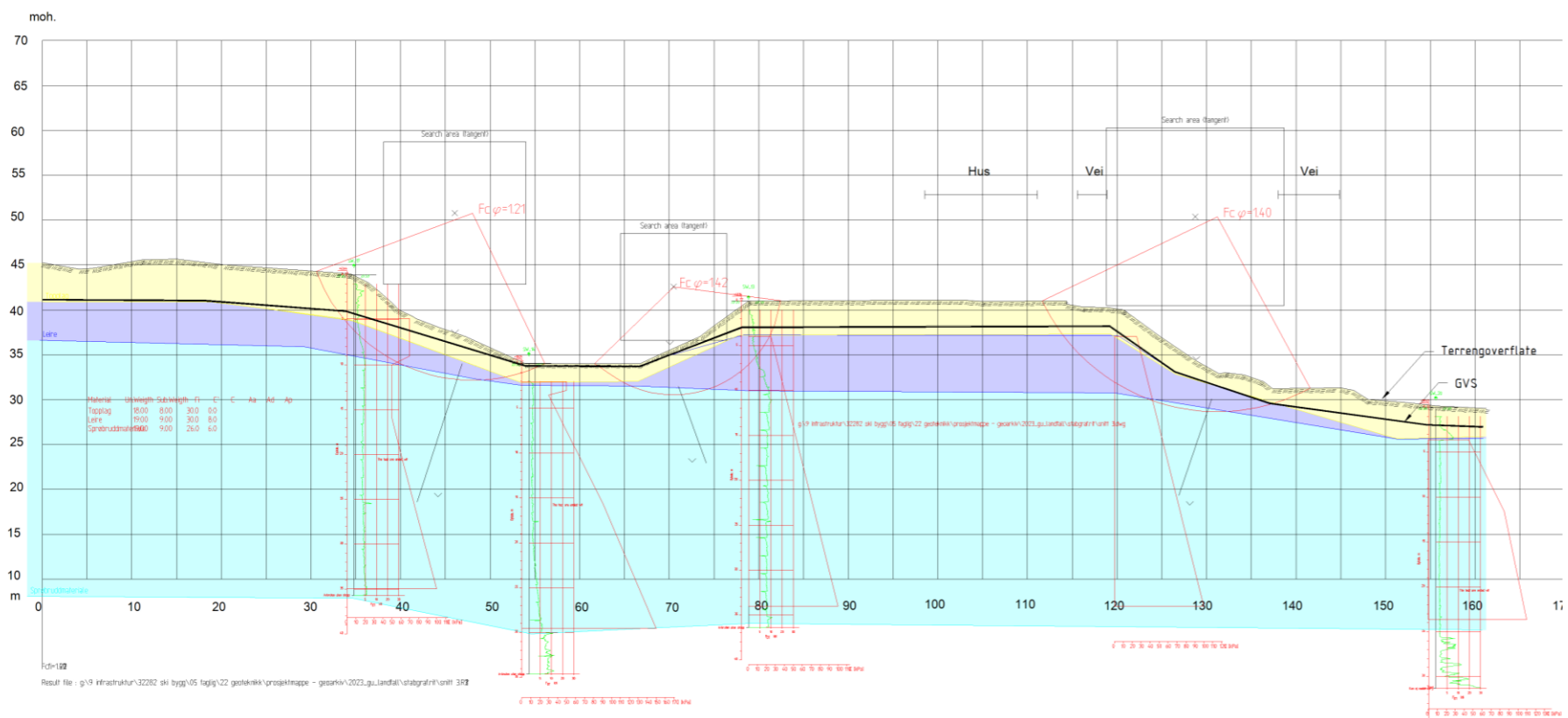
### Snitt 2, dagens situasjon, drenert



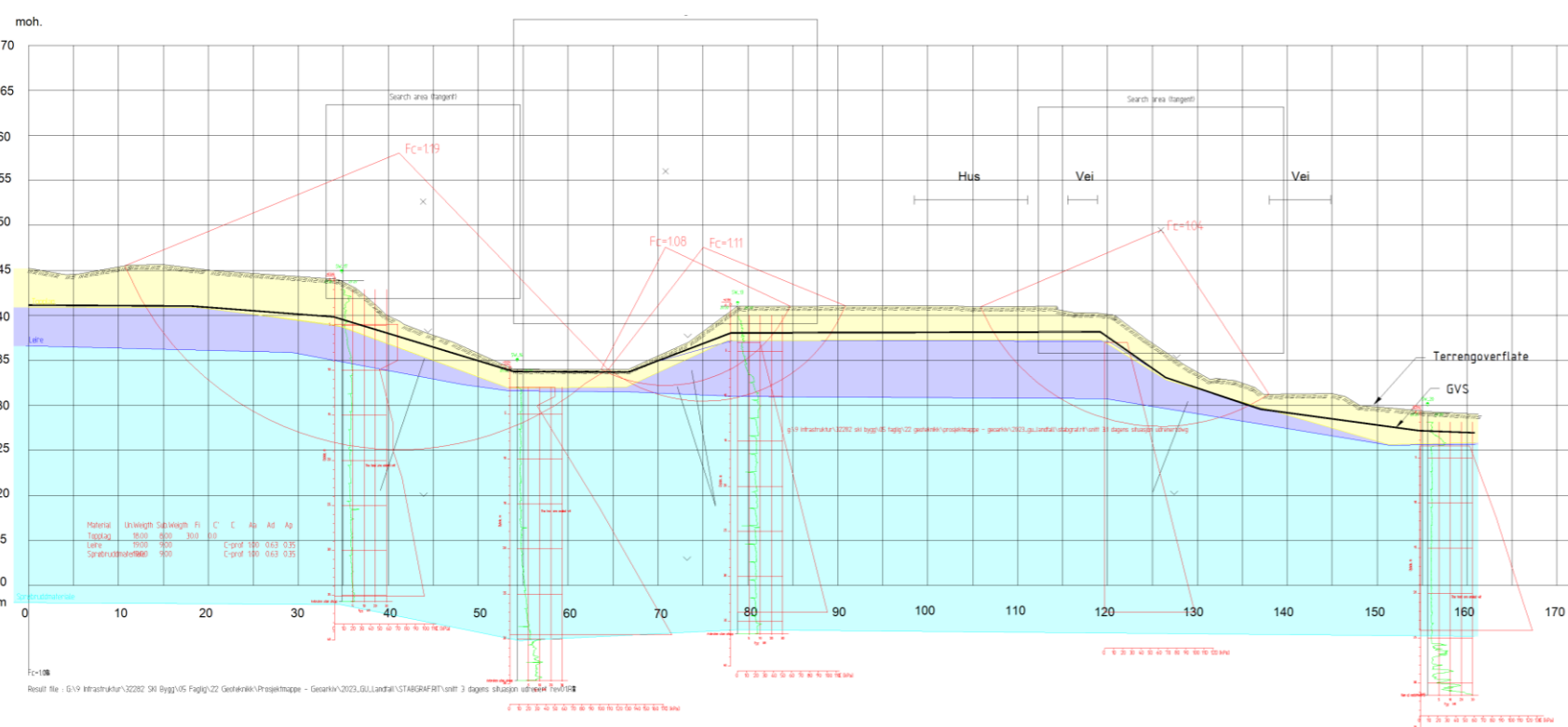
### Snitt 2, dagens situasjon, udrenert



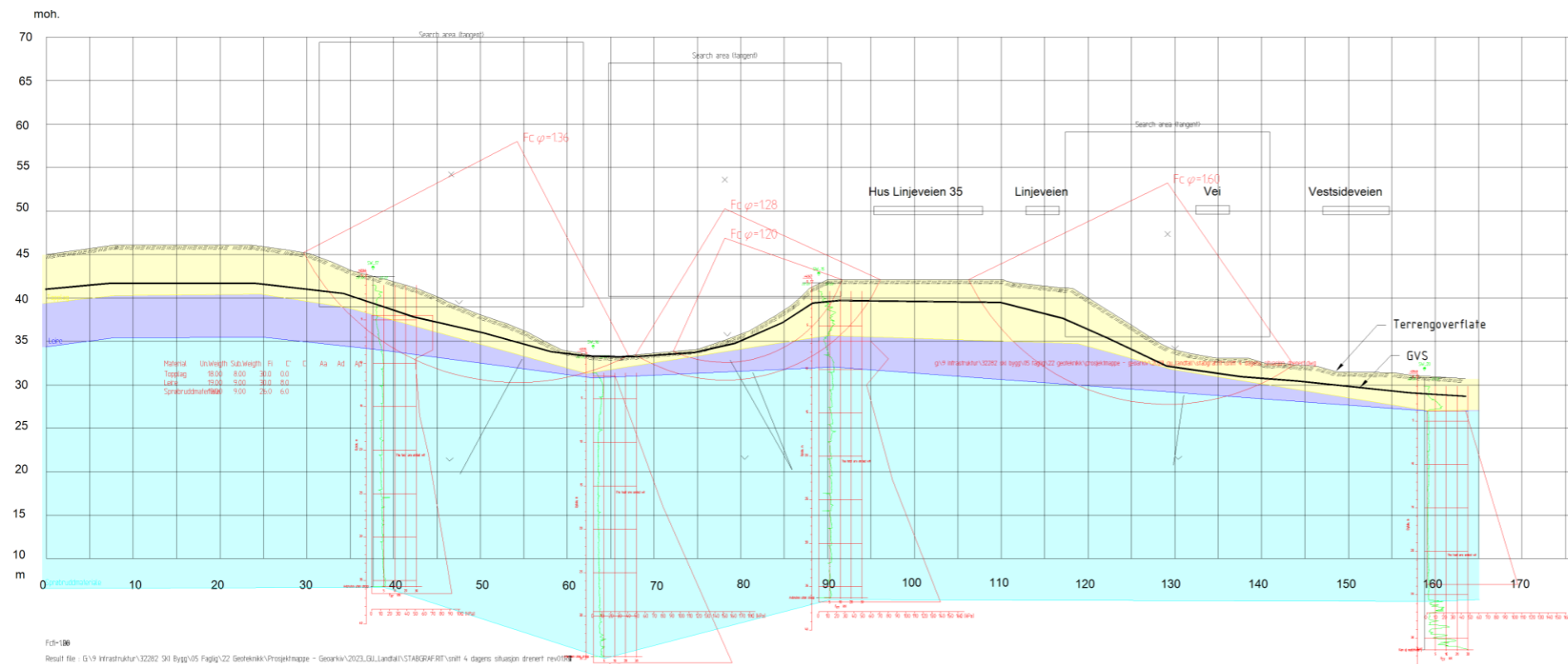
**Snitt 3 dagens situasjon, drenert**



**Snitt 3 dagens situasjon, udrenert**



### Snitt 4, dagens situasjon, drenert



### Snitt 4, dagens situasjon, udrenert

