

G-rap-001, Rore-Lindtveit

Kvikkleireutredning Nidelva

Dato: 28.03.2022

Oppdragsgiver: Aprova AS/Arendal kommune

Oppdragsnummer: 21077



Sammendrag:

Dagfin Skaar AS er blitt engasjert av Aprova AS på vegne av Arendal kommune som geoteknisk rådgiver (RIG) i forbindelse med etablering av ny hovedvannledning mellom Rore og Lindtveit i Grimstad og Arendal kommune.

Prosjektet plasseres i tiltakskategori K3 ettersom prosjektet omhandler et større VA-prosjekt.

Denne rapporten tar for seg steg 1 til 11 i NVEs prosedyre for vurdering av områdestabilitet i henhold til NVE 1/2019 i forbindelse med kryssingen av Nidelva.

Det anbefales å opprette en ny faresone for kvikkleireskred.

Det er behov for stabiliserende tiltak for etableringen av hovedvannledningen i nordre kryssing, da vestre skråning har for dårlig stabilitet slik det ligger i dag.

For Dagfin Skaar AS

Utarbeidet av:



Morten Tveit
Siv.ing geotekniker
morten@dagfinskaar.no
+47 95 88 69 75

Kontrollert av:



Leif Tore Larsen
Siv.ing geotekniker
Artenz & Kjellesvig AS

Innhold

Sammendrag:.....	2
Figuroversikt	4
Tabelloversikt.....	4
Tegninger	5
Vedlegg	5
1. Innledning	6
2. Regelverk og krav	6
3. Grunnlag.....	7
3.1 Topografi.....	7
3.2 Kvartærgeologi og marin grense	8
3.3 Grunnforhold	8
3.4 Tidligere utførte undersøkelser.....	8
3.5 Kritiske skråninger.....	9
4. Befaring.....	10
5. Grunnundersøkelser.....	10
5.1 Kvalitet på utføre undersøkelser	11
6. Avgrensning av faresone	12
6.1 Aktuelle skredmekanismer.....	12
6.2 Løsneområde	14
6.3 Utløpsområde	15
7. Klassifisering av faresone	16
8. Kritiske snitt og materialparametere.....	17
8.1 Kritiske snitt	17
8.2 Lagdeling og beliggenhet av sprøbruddsmateriale.....	18
8.3 Laster	19
8.4 Grunnvannstand og poretrykksforhold	20
8.5 Konsolideringsforhold	20
8.6 Skjærfasthet	21
8.6.1 Udrenert skjærfasthet	21
8.6.2 Drenert skjærfasthet	22
9. Stabilitetsberegninger	23
10. Stabiliserende tiltak.....	26
11. Konklusjon.....	27
Referanser.....	29

Figuroversikt

Figur 1 Beskrivelse av når kvalitetssikringen skal utføres.....	7
Figur 2 Situasjonsplan med ca. plassering av mulige kryssinger.....	7
Figur 3 Kvartærgeologisk kart med ca. plassering av mulige kryssinger. Kart.ngu.no	8
Figur 4 Situasjonsplan med plassering av kritiske skråninger.....	9
Figur 5 Situasjonsplan med utførte grunnundersøkelser.	10
Figur 6 Prinsipp for vurdering av andel sprøbruddsmateriale over den mest kritiske glideflate	12
Figur 7 Flytskjema for vurdering av aktuell skredmekanisme	12
Figur 8 Profil E1-Vest med målsetning. Tegning G 40 013.....	12
Figur 9 Profil E1-Øst med målsetning. Tegning G 40 014	12
Figur 10 Profil E3 med målsetning. Tegning G 40 014	13
Figur 11 Profil E2 med målsetning. Tegning G40 011	13
Figur 12 Profil E5. Avgrensning ved NGI-metoden. Tegning G40 012.....	14
Figur 13 Forslag til ny faresone og løснеområde inkludert begrunnelse for soneavgrensning	14
Figur 14 Forslag til utløpsområde. Forventet retning på utglidning er skissert inn.	15
Figur 15 Situasjonsplan med plassering av beregningsprofiler	17
Figur 16 Profil E1 - Vest. Lagdeling. Tegning G 40 001.....	18
Figur 17 Profil E1 - Øst. Lagdeling. Tegning G 40 004	18
Figur 18 Profil E3. Lagdeling. Tegning G 40 007.....	19
Figur 19 Oversiktskart med plassering av Rykene dam	20
Figur 20 Typiske verdier for normalkonsoliderte leirer. NIFS-rapport 7/2014, vedlegg B	22
Figur 21 Friksjonsvinkel i leire og silt. Figur 2.41 SVV Hb221.....	22
Figur 22 Attraksjon i leire og leirig silt. Figur 2.42 SVV Hb221.....	22
Figur 23 Stabilitetsberegning. Profil E1 - Vest. Korttidssituasjon. Tegning G40 002.....	23
Figur 24 Stabilitetsberegning. Profil E1 - Vest. Langtidssituasjon. Tegning G40 003	23
Figur 25 Profil E1 - Øst. Korttidssituasjon. Tegning G40 005	24
Figur 26 Stabilitetsberegning. Profil E1 - Øst. Langtidssituasjon. Tegning G40 006.....	24
Figur 27 Stabilitetsberegning. Profil E3 - Korttidssituasjon. Tegning G40 008.....	24
Figur 28 Stabilitetsberegning. Profil E3 - Langtidssituasjon. Tegning G40 009	25
Figur 29 Stabilitetsberegning. Profil E3 - Stabiliserende tiltak. Tegning G 40 010	26
Figur 30 Situasjonsplan - Ca. utstrekning av stabiliserende tiltak.....	26

Tabelloversikt

Tabell 1 Anvendelsesklasse for CPTU	11
Tabell 2 Vurderinger av skredmekanisme	13
Tabell 3 Vurdering av lengden av utløpsområdet	15
Tabell 4 Beregning av faregradklasse	16
Tabell 5 Beregning av konsekvensklasse	16
Tabell 6 Resultater for prekonsolideringstolkning fra CPTU.....	20
Tabell 7 Skjærstyrkeprofil ved punkt 203.....	21
Tabell 8 Skjærstyrkeprofil ved punkt 206.....	21
Tabell 9 Skjærstyrkeprofil ved punkt 210.....	21
Tabell 10 Benyttete anisotropifaktorer.....	21
Tabell 11 Drenerte materialparametere til bruk i beregning	22
Tabell 12 Resultater fra stabilitetsberegninger	25
Tabell 13: Prosedyre for utredning av områdeskredfare	27

Tegninger

- G 10 001 - Situasjonsplan med utførte grunnundersøkelser og stabilitetsprofil
- G 10 002 - Forslag til faresone og utløpsområde
- G 40 001 - Profil E1 - Vest. Lagdeling
- G 40 002 - Profil E1 - Vest. Stabilitetsberegninger, korttidstilstand
- G 40 003 - Profil E1 - Vest. Stabilitetsberegninger, langtidstilstand
- G 40 004 - Profil E1 - Øst. Lagdeling
- G 40 005 - Profil E1 - Øst. Stabilitetsberegninger, korttidstilstand
- G 40 006 - Profil E1 - Øst. Stabilitetsberegninger, langtidstilstand
- G 40 007 - Profil E3. Lagdeling
- G 40 008 - Profil E3. Stabilitetsberegninger, korttidstilstand
- G 40 009 - Profil E3. Stabilitetsberegninger, langtidstilstand
- G 40 010 - Profil E3. Stabilitetsberegninger. Forslag til stabiliserende tiltak
- G 40 011 - Profil E2. Avgrensning av kvikkleiresone
- G 40 012 - Profil E5. Avgrensning av kvikkleiresone
- G 40 013 - Profil E1. Vurdering av skredmekanisme
- G 40 014 - Profil E3. Vurdering av skredmekanisme

Vedlegg

1. Tolkning av CPTU 203
2. Tolkning av CPTU 206
3. Tolkning av CPTU 210

1. Innledning

Dagfin Skaar AS er blitt engasjert av Aprova AS på vegne av Arendal kommune som geoteknisk rådgiver (RIG) i forbindelse med etablering av ny hovedvannledning mellom Rore i Grimstad kommune og Lindtveit i Arendal kommune.

Prosjektet plasseres i tiltakskategori K3 ettersom prosjektet omhandler et større VA-anlegg.

Denne rapporten tar for seg steg 1 til 11 i NVEs prosedyre for vurdering av områdestabilitet i henhold til NVE 1/2019 i forbindelse med kryssingen av Nidelva.

2. Regelverk og krav

Prosjekteringen er utført i henhold til følgende regelverk:

Lover:

- Plan og bygningsloven, pbl § 28-1

Forskrifter:

- Teknisk regelverk, TEK17 §7-3 og §10-2
- Byggesakforskriften, SAK10

Prosjekteringsstandarder:

- NS-EN 1990-1:2002+A1:2005+NA:2016 (Eurokode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner)
- NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 (Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering-Del 1: Allmenne regler)

Veiledninger:

- NVE, Sikkerhets mot kvikkleireskred, 1/2019, Desember 2020
- Statens vegvesen Håndbok V220, Juni 2018
- Statens vegvesen Håndbok V221, Juni 2014

Sikkerhetskrav:

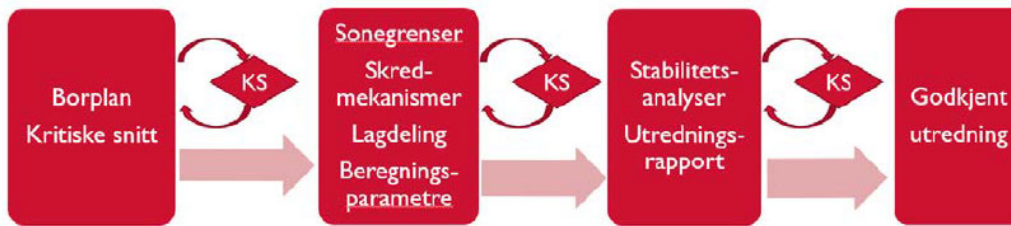
Det skal etableres et tiltak som vurderes som et større VA-anlegg, og prosjektet plasseres derfor i tiltakskategori **K3** i henhold til Tabell 3.2^[1]. Det er valgt å ikke plassere tiltaket i K4, da det eksisterer en eksisterende hovedvannledning som fortsatt skal være i drift selv etter at tiltaket er fullført.

Det ene trasé-alternativet ligger delvis innenfor løsneområdet til en foreslått faresone og alternativ trasé ligger delvis innenfor utløpsområdet.

Sikkerhetskrav er at løsneområde må tilfredsstillende stabilitetskravene $F_{c\varphi} \geq 1,25$ og $F_{cu} \geq 1,40$ så lenge tiltaket ikke forverrer stabiliteten for å etablere nordlig trasé i løsneområdet. Eventuelt kan det utføres stabiliserende tiltak. Sørlig trasé kan etableres i utløpsområdet så lenge $F_{c\varphi} \geq 1,25$ og $F_{cu} \geq 1,20$ er tilfredsstillende for relevante løsneområder.

Kvalitetssikring:

Det må engasjeres et uavhengig foretak for å gjennomføre en kvalitetssikring av arbeidene. Se Figur 1 for utklipp fra kvikkleireveilederen når kvalitetssikringen bør utføres.



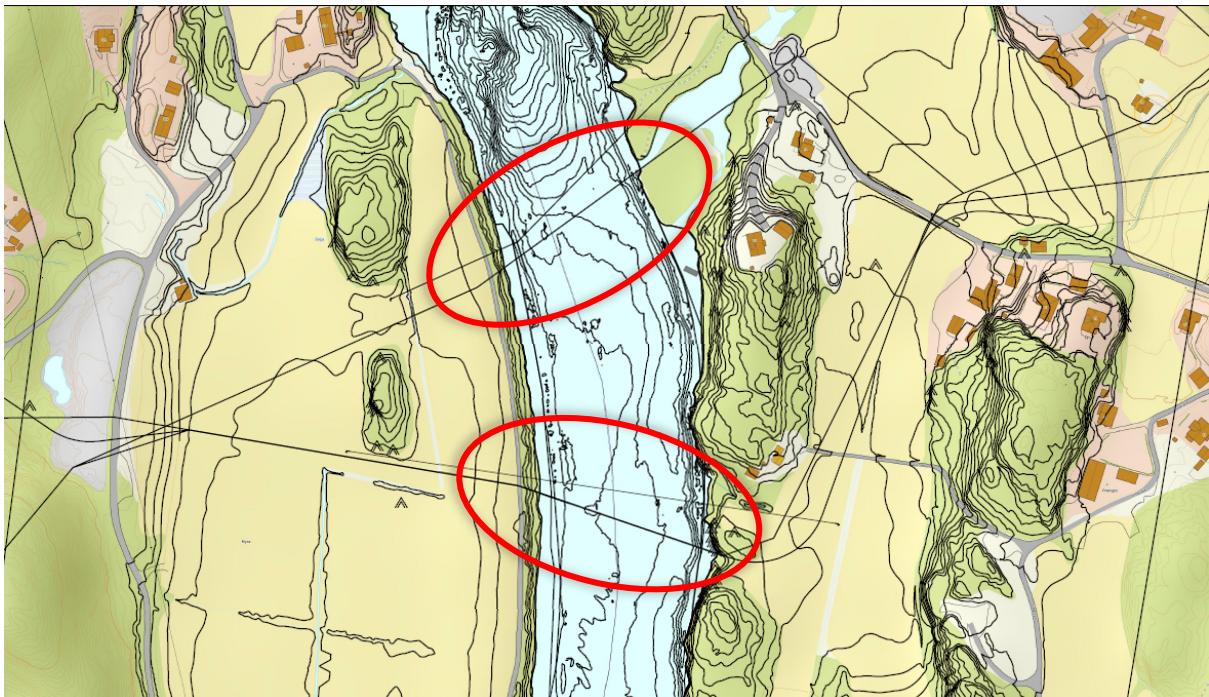
Figur 1 Beskrivelse av når kvalitetssikringen skal utføres

I dette prosjektet er kvalitetssikringen kun utført etter utførte stabilitetsanalyser, da uavhengig foretak ikke var engasjert når grunnundersøkelsene ble utført.

3. Grunnlag

3.1 Topografi

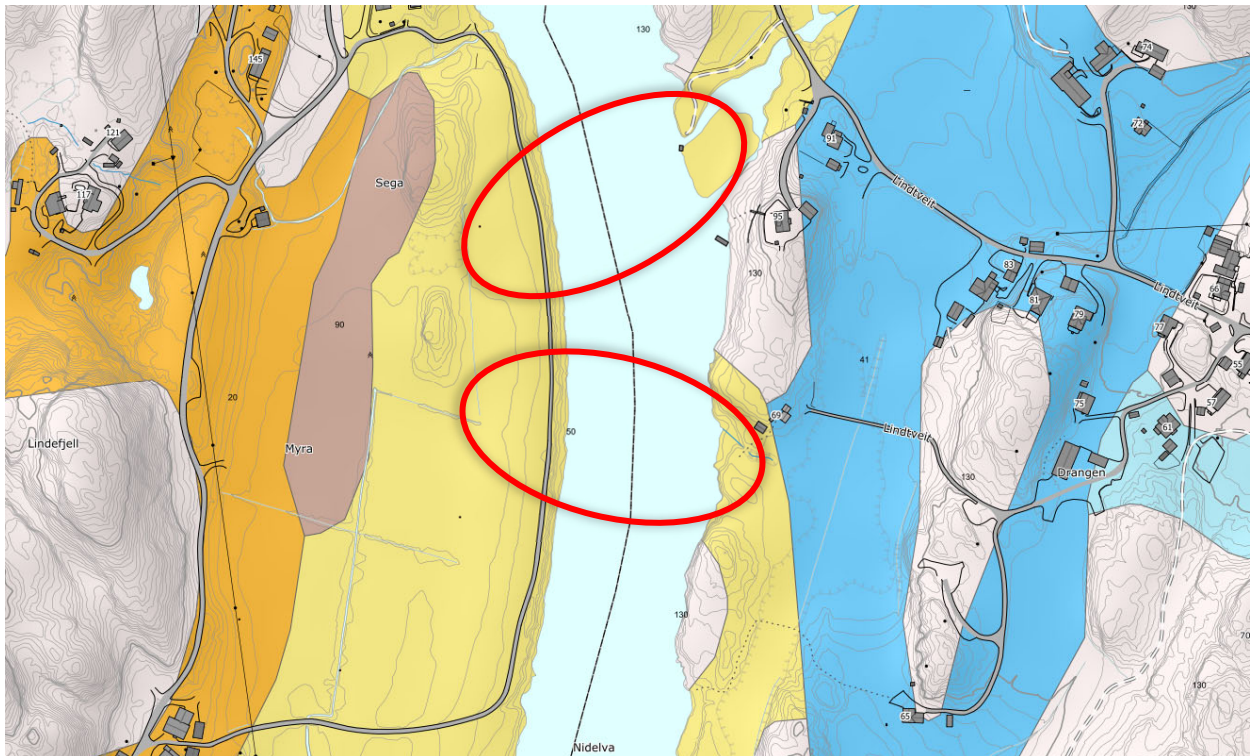
Området består av et platå i vest som ligger på ca. kote +42. Terrenget faller mot Nidelva i øst med en helning på ca. 1:2 til vannivå på ca. kote +39. Elvebunnen er dypest i nord. Ved kryssingene er elvebunn på ca. kote +31 i nordlig trasé og +33 i sørlig trasé.



Figur 2 Situasjonsplan med ca. plassering av mulige kryssinger.

3.2 Kwartærgeologi og marin grense

Området ligger under marin grense og er markert som elveavsetninger på kvartærgeologisk kart fra NGU.



Figur 3 Kwartærgeologisk kart med ca. plassering av mulige kryssinger. Kart.ngu.no

3.3 Grunnforhold

Platået består generelt av 5-12 meter sand og grus over kvikkleire/kvikk silt til berg. Berget ligger ca. 19 meter under terreng.

I nordlig kryssing er det ca. 1-2 meter med sand over sprøbruddsmateriale. Det er flere sandlag i silt/leir-laget. Berget er ca. 10-15 meter under elvebunn i vestlige deler, mens i øst er det ca. 5 meter til berg.

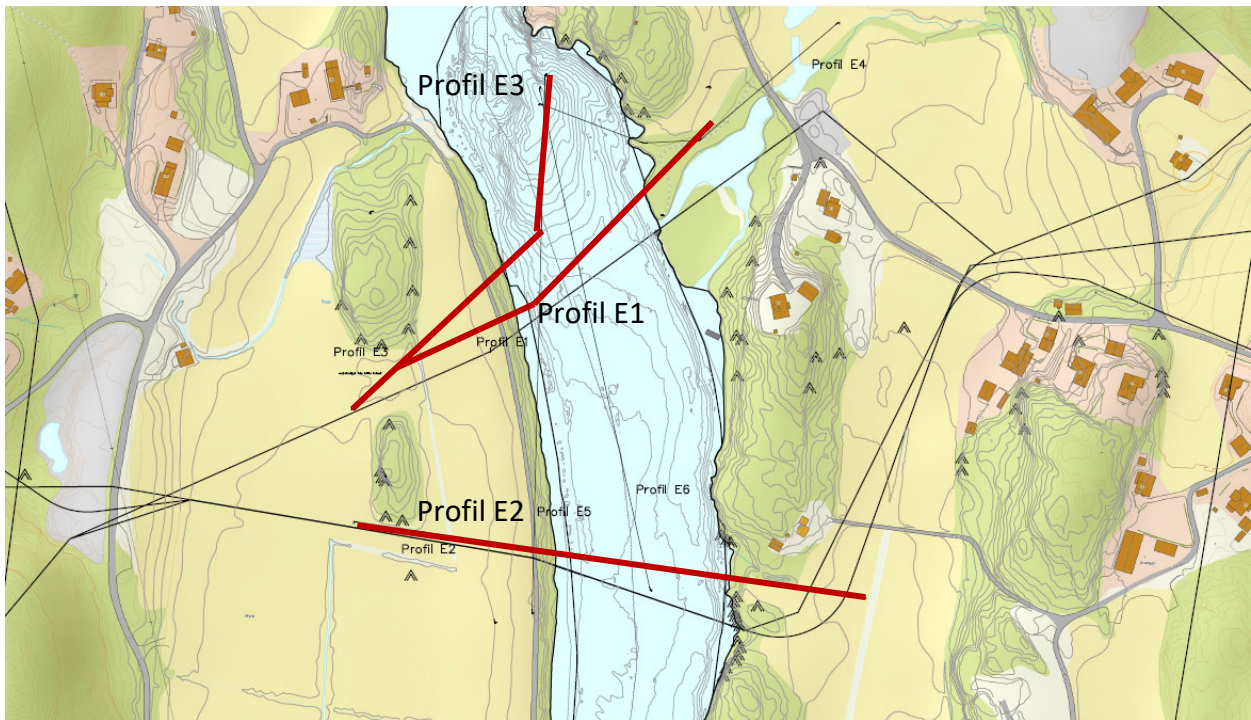
I sørlig kryssing er det ca. 10 meter med sand over sprøbruddsmateriale i vest og 1 meter sand over sprøbrudd i øst. Det er flere sandlag i silt/leir-laget. Det er ca. 20 meter til faste masser/berg i vestlig del av elva mens det er bare ca. 3 meter til berg i øst.

3.4 Tidligere utførte undersøkelser

Det er ikke kjent at det tidligere har vært utført grunnundersøkelser i området.

3.5 Kritiske skråninger

Vurdering av kritisk skråning med hensyn på stabiliteten er markert med rødt på Figur 4.



Figur 4 Situasjonsplan med plassering av kritiske skråninger

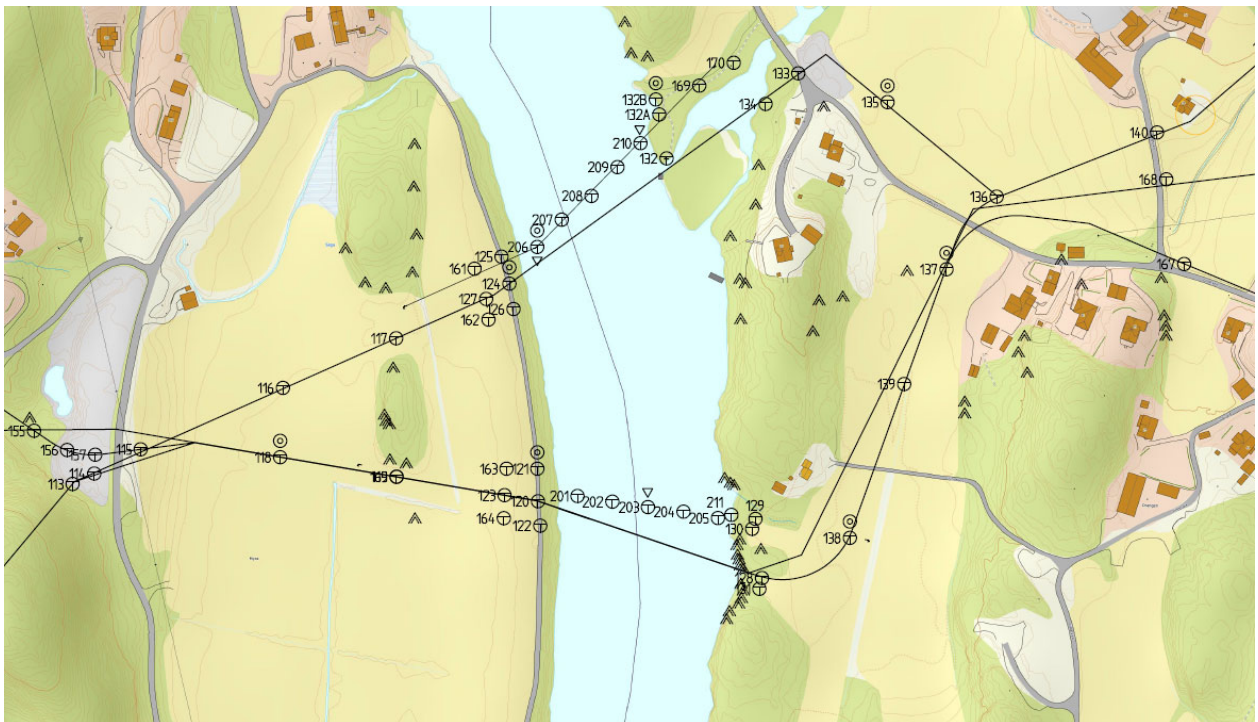
4. Befaring

Geotekniker Morten Tveit utførte en befaring i området 12.10.2021. Det ble observert litt erosjon langs elva i vest. Det var skjeve trær og en liten bruddkant i toppen av skråningen, men området i vest ligger i innersving og løsmassene i elvekanten består av elveavsetning.

Store deler av østlig elvekant består av berg i dagen.

5. Grunnundersøkelser

Grunnboring Sør AS har utført geotekniske grunnundersøkelser i dette området. Det henvises til datarapport for detaljer vedrørende undersøkelsene.



Figur 5 Situasjonsplan med utførte grunnundersøkelser.

5.1 Kvalitet på utføre undersøkelser

Generelt vurderes kvaliteten på utførte grunnundersøkelser som tilfredsstillende. Se under for kommentarer til de ulike undersøkelsene.

Totalsondering:

Totalsonderingene viser antageligvis lavere bormotstand i øvre lag under elvebunnen enn det som er reelt med hensyn på skjærstyrke. Basert på totalsonderingene kan øvre sandlag vurderes som relativt bløtt, men dette laget er så fast at det var tilnærmet umulig å komme igjennom det med prøvetakning og CPTU. For å komme ned med prøvetakeren ble det forboret flere ganger.

Prøvetakning 203:

Det var ikke mulig å penetrere øvre sandlag med prøvetakeren. Det ble kun tatt opp tomme sylindre fra 2 og 2,8 meters dybde.

Prøvetakning 206:

Rutineundersøkelsene antas å ha blitt utført på noe forstyrrete prøver. Opptak av kvikke masser med høyt siltinnhold og som har svært lav omrørt skjærstyrke vurderes å raskt bli noe forstyrret.

CPTU:

Se Tabell 1 for anvendelsesklasse for CPTU.

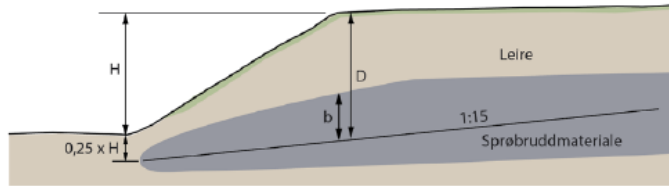
Tabell 1 Anvendelsesklasse for CPTU

CPTU	Anvendelses- klasse
203	<i>1</i>
206	<i>1</i>
210	<i>1</i>

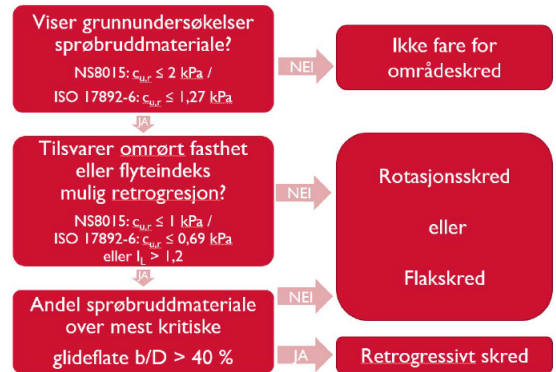
6. Avgrensning av faresone

6.1 Aktuelle skredmekanismer

Vurderinger av aktuelle skredmekanismer er basert på beliggenheten av sprøbruddsmateriale over kritisk glideflate for et platåterreng. Beliggenheten av glideflaten er begrenset av ei linje med helning 1:15 fra 0,25H under skråningsfoten.

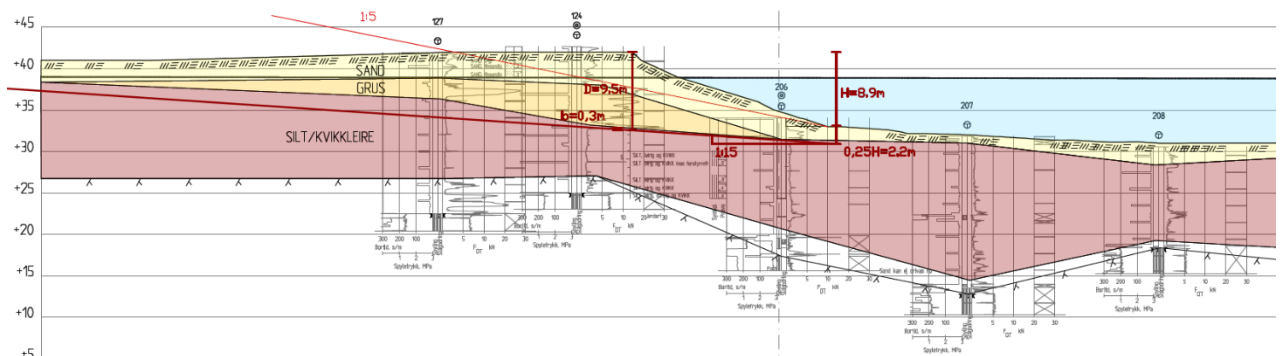


Figur 6 Prinsipp for vurdering av andel sprøbruddsmateriale over den mest kritiske glideflate



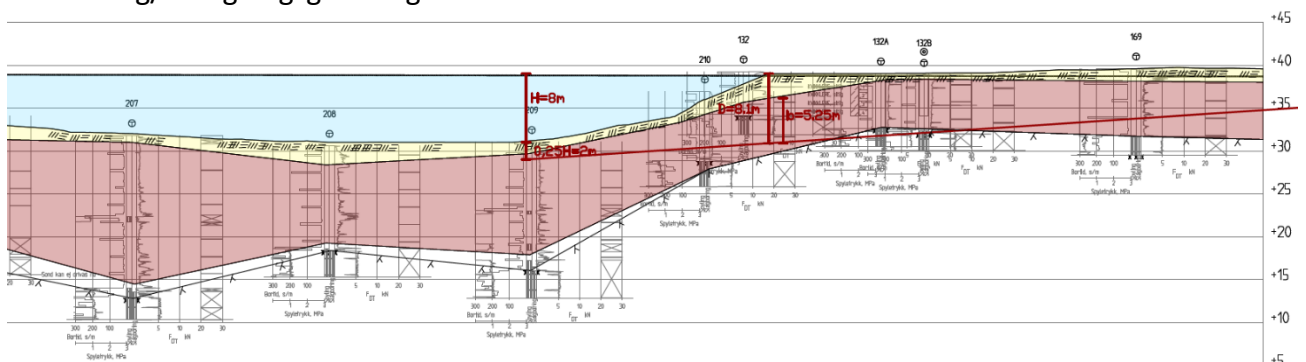
Figur 7 Flytskjema for vurdering av aktuell skredmekanisme

Det er tatt utgangspunkt i profil E1 og E3 for å vurdere skredmekanismene. I profil E1-Vest ligger kvikkleira dypt, og her vurderes det at aktuell skredmekanisme for platået og ned mot Nidelva i de grunnere områdene er et rotasjonsskred ettersom andelen kvikkleire over 1:15-linja som begynner 0,25H under skråningsfoten er ca. 3%. Se Figur 8 for målsetning/beregningsgrunnlag.

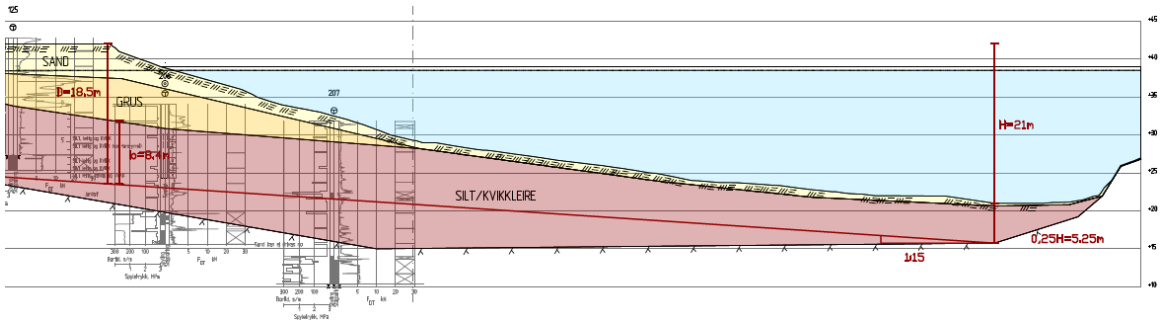


Figur 8 Profil E1-Vest med målsetning. Tegning G 40 013

I profil E1-Øst og E3 ligger kvikkleira grunt under terreng, og i disse profilene er det risiko for retrogressive skred ettersom b/D-forholdet er større enn 40%. Se Figur 8 og Figur 9 for målsetning/beregningsgrunnlag.



Figur 9 Profil E1-Øst med målsetning. Tegning G 40 014



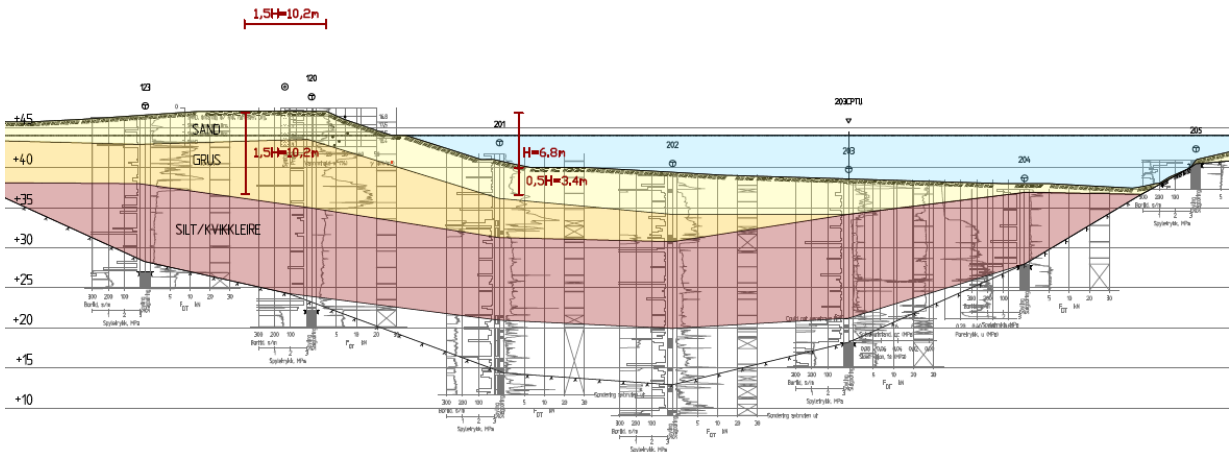
Figur 10 Profil E3 med målsetning. Tegning G 40 014

Se Tabell 2 for oppsummering av vurderingene vedrørende skredmekanisme.

Tabell 2 Vurderinger av skredmekanisme

Profil	Skråningshøyde, H	Dybde 1:15-linje, D	Mektighet kvikkleire, b	b/D-forhold	Skredmekanisme
E1-Vest	8,9 meter	9,5 meter	0,3 meter	3%	Rotasjonsskred
E1-Øst	8 meter	8,1 meter	5,25 meter	65%	Retrogressivt skred
E3	21 meter	18,5 meter	8,4 meter	45%	Retrogressivt skred

Det er også utført en vurdering av profil E2 i sør. Her ligger kvikkleira dypere enn $1,5 \cdot H$, noe som i henhold til kapittel 2.3 i NVE 9/2020 vurderes å være under kritisk nivå med hensyn til skredfaren. [4] Det vurderes derfor at dette profilet ikke er et løsnemråde for områdeskred mot Nidelva. Se Figur 11 for målsetning.

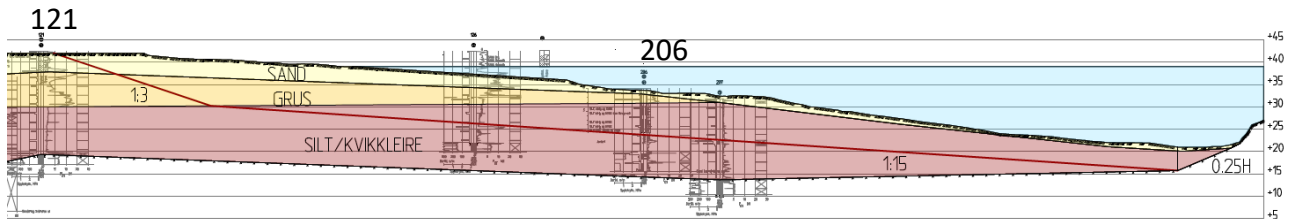


Figur 11 Profil E2 med målsetning. Tegning G40 011

6.2 Løsneområde

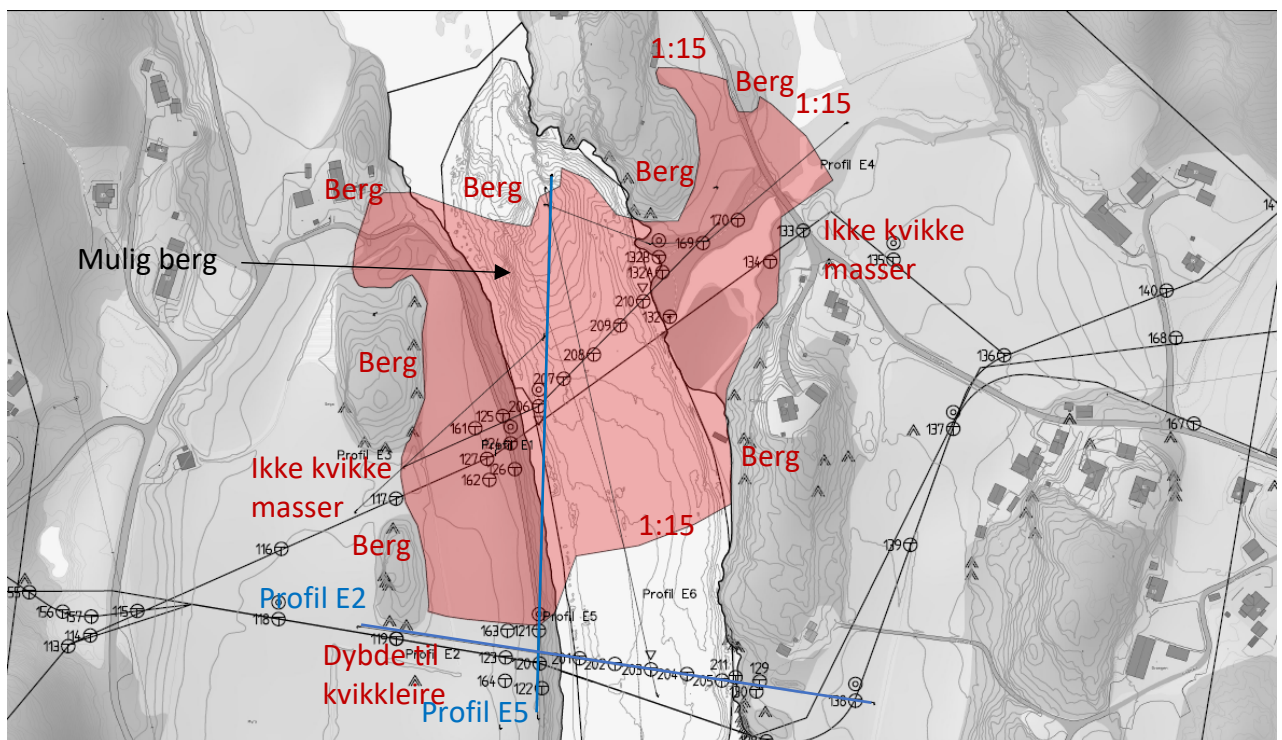
Løsneområdet vurderes generelt å ha en utstrekning på L/H lik 15 basert på profil E3, målt fra elvebunn og begrenses flere steder av berg i dagen.

I sørvest begrenses løsneområdet av at kvikkleira ligger dypt under et mektig sandlag i bakre del av profil E5. Se Figur 12 for Profil E5 og avgrensning av retrogressivt skred basert på NGI-metoden. Antageligvis vil skredet stoppe enda tidligere på grunn av oppstuvning mot nord. Se kapittel 6.3 for vurderinger vedrørende utløpsområdet som følge av dette.



Figur 12 Profil E5. Avgrensning ved NGI-metoden. Tegning G40 012

Se Figur 13 for forslag til ny faresone.



Figur 13 Forslag til løsneområde inkludert begrunnelse for soneavgrensning

6.3 Utløpsområde

Lengden av utløpsområdet, L_u , er for profil E1-Vest og profil E1-Øst vurdert som en funksjon av lengden på løснеområdet, L , i henhold til følgende kriterier:

- Retrogressive skred i kanalisert terreng: $L_u = 3L$
- Rotasjonsskred: $L_u = 0,5L$

Utløpsområdet for profil E3 er skjønnsmessig vurdert å stoppe i samme høydekote som sørlig elvebunn (kote +30). Utglidningen her vil være motstrøms Nidelva hvor elvebunnen også stiger, noe som vil begrense utløpsområdet i forhold til normale kriterier for beregning av utløpsområdet.

Se Tabell 3 for vurdering av lengden til utløpsområde og Figur 14 for utløpsområde.

Tabell 3 Vurdering av lengden av utløpsområdet

Profil	Skråningshøyde	Type skred	Løснеområde, L	Utløpsområde, L_u	Retning på utløp
E1-Vest	8,9 meter	Rotasjonsskred	45 meter	$0,5 * 45m = 22,5m$	Øst -> Sør
E1-Øst	8 meter	Retrogressivt skred	120 meter	$3 * 120m = 360m$	Vest -> Sør
E3	21 meter	Retrogressivt skred	315 meter	110m	Nord



Figur 14 Forslag til utløpsområde. Forventet retning på utglidning er skissert inn.

7. Klassifisering av faresone

Faregraden til faresonen klassifiseres som *Høy* og konsekvensklasse *Mindre alvorlig*. Se Tabell 4 og Tabell 5 for vurderinger.

Tabell 4 Beregning av faregradklasse

Faktorer	Vekttall	Faregrad, score					Kommentar
		3	2	1	0	Score	
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	1	Ingen kjente skred
Skråningshøyde, meter	2	>30	20 - 30	15 - 20	<15	4	21 meter
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0 - 1,2	1,2 - 1,5	1,5 - 2,0	>2,0	6	Antatt basert på CPTU i skråningsfot
Poretrykk (overtrykk) [kPa]	3	>+30	10 - 30	0 - 10	Hydrostatisk	0	Antatt, basert på topografi
Poretrykk (undertrykk) [kPa]	-3	>50	-(20 - 50)	-(0 - 20)	Hydrostatisk	0	
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2 - H/4	<H/4	Tynt lag	6	Profil E3
Sensitivitet	1	>100	30 - 100	20 - 30	<20	3	Borpunkt 206
Erosjon	3	Kraftig	Noe	Litt	Ingen	6	Skjeve trær og en liten utglidning. Antar erosjon i elvebunn mot nord.
Inngrep (forverring)	3	Stor	Noe	Liten	Ingen	0	
Inngrep (forbedring)	-3	Stor	Noe	Liten	Ingen	0	
SUM						26	Faregrad Høy
Faresonene fordeles i faregradklasser etter samlet poengsum:							
Lav faregrad = 0 - 17 poeng							
Middels faregrad = 18 - 25 poeng							
Høy faregrad = 26 - 51 poeng							

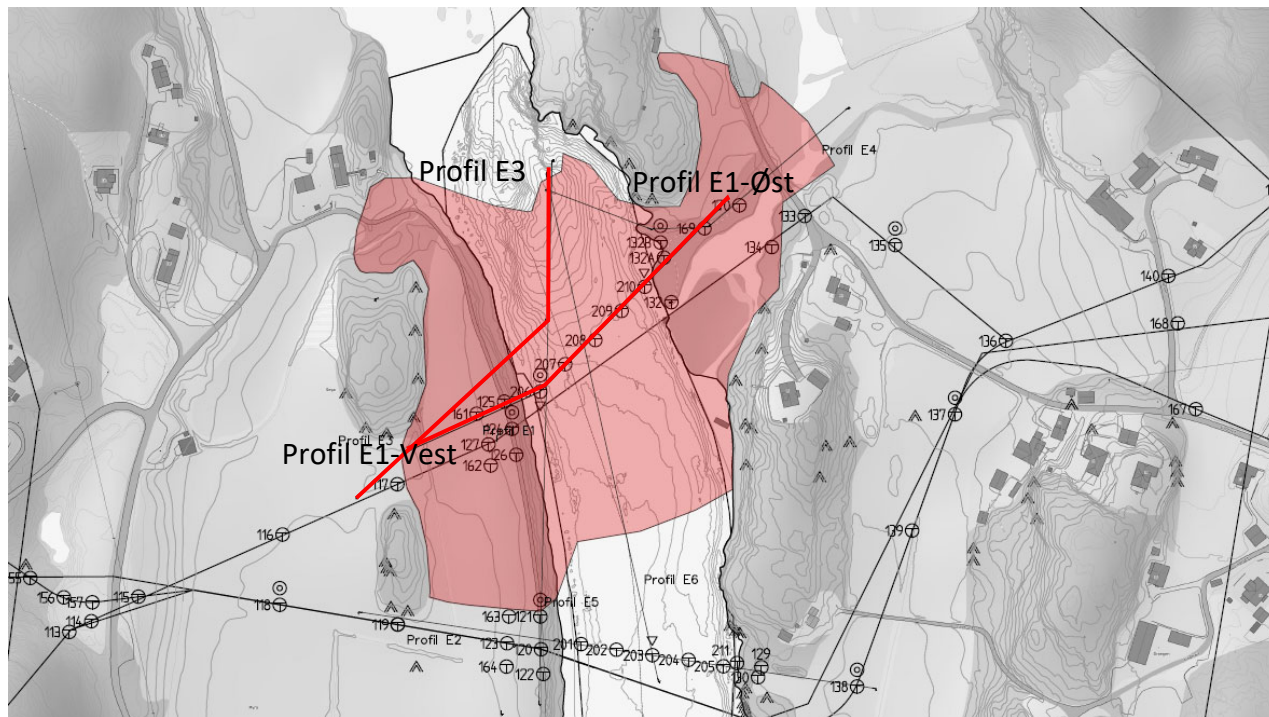
Tabell 5 Beregning av konsekvensklasse

Faktorer	Vekttall	Faregrad, score					Kommentar
		3	2	1	0	Score	
Boligheter, antall	4	Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen	0	
Næringsbygg, personer	3	> 50	10 - 50	< 10	Ingen	0	
Annen bebyggelse, verdig	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen	0	
Vei, ÅDT	2	> 5000	1001 - 5000	100 - 1000	< 100	0	
Toglinje, bruk	2	Persontrafikk	Godstrafikk	Normalt ingen trafikk	Ingen	0	
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal	0	Ingen
Oppdemming og flodbølge	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen	2	Lite bebyggelse inntil elva
SUM						2	Mindre alvorlig
Faresonene fordeles i konsekvensklasser etter samlet poengsum:							
Mindre alvorlig = 0 - 17 poeng							
Alvorlig = 18 - 25 poeng							
Meget alvorlig = 26 - 51 poeng							

8. Kritiske snitt og materialparametere

8.1 Kritiske snitt

Det er valgt å se videre på to kritiske snitt for å vurdere stabiliteten i sonen. Henholdsvis vestre og østre side av profil E1 samt profil E3.



Figur 15 Situasjonsplan med plassering av beregningsprofiler

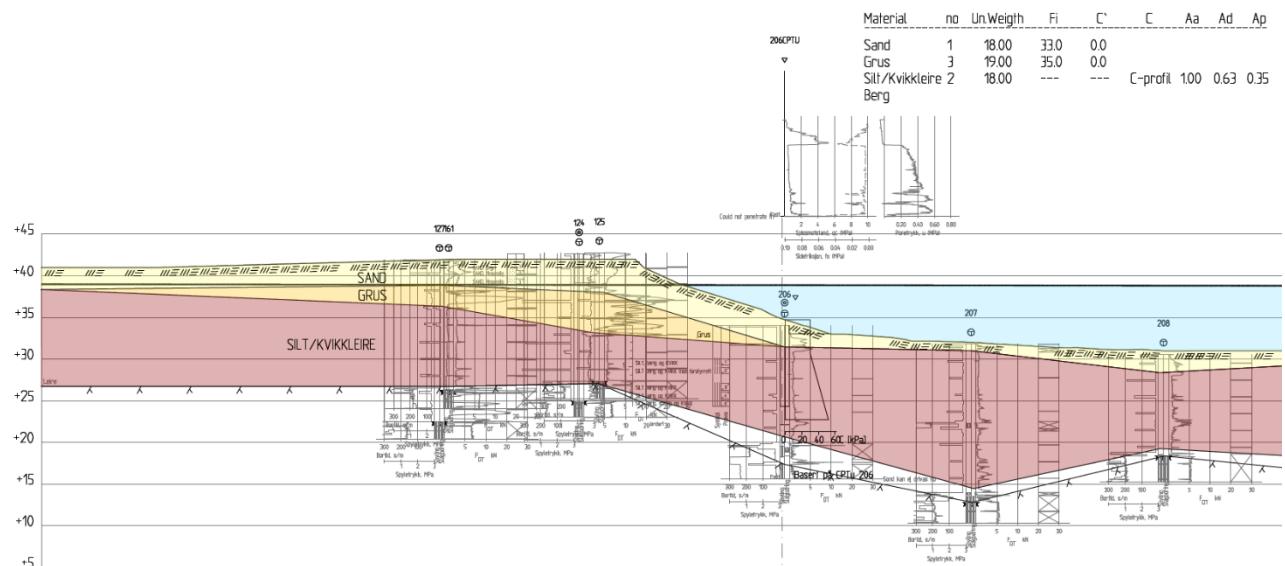
8.2 Lagdeling og beliggenhet av sprøbruddsmateriale

Lagdelingen er generelt basert på tolkning av totalsonderinger, og er justert opp mot nærliggende prøvetakning.

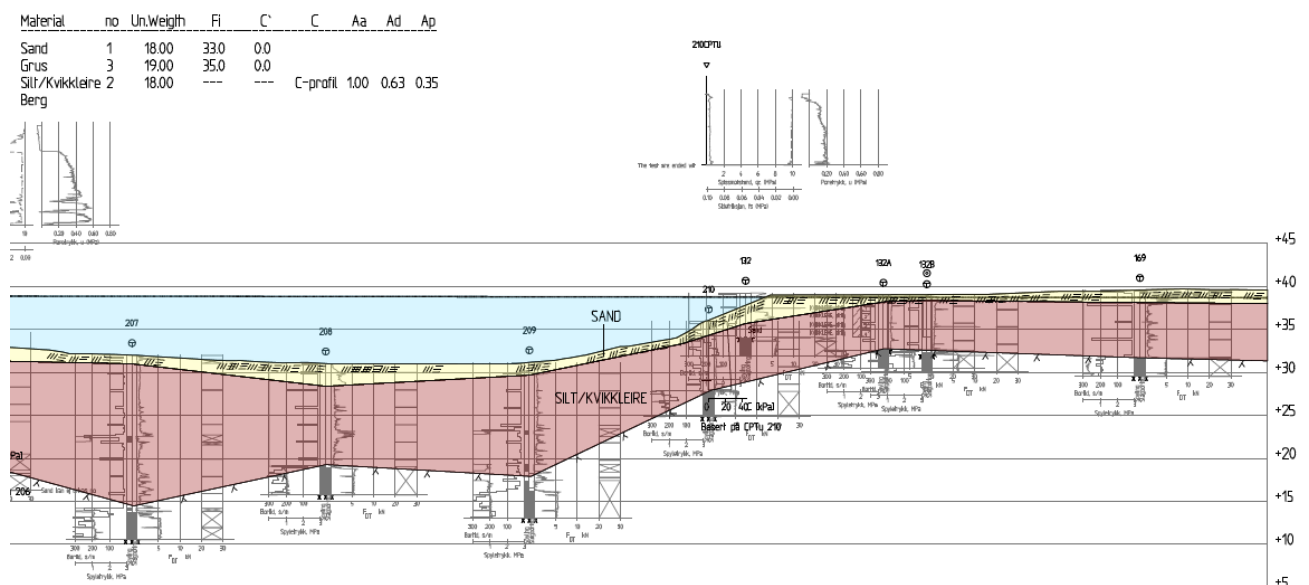
Det er utført en forenkling av lagdelingen slik at interpoleringen mellom borpunktene blir mest mulig korrekt, med det menes for eksempel at tynne sjikt av sand i silt/leirlaget er ignorert da dette uansett ikke vil ha noen beregningsmessig innvirkning på stabiliteten.

I Profil E3 er bergnivå og løsmassene vurdert utfra skjønn, da det ikke er utført boringer i nedre del av profilet. Bergnivå er antatt å være $0,25 \cdot H$ under skråningsfoten basert på konservativ beregning av løsneområde.

Grunnvannstanden er vist på profilene, og det henvises til kapittel 0 for vurderinger vedrørende dette.

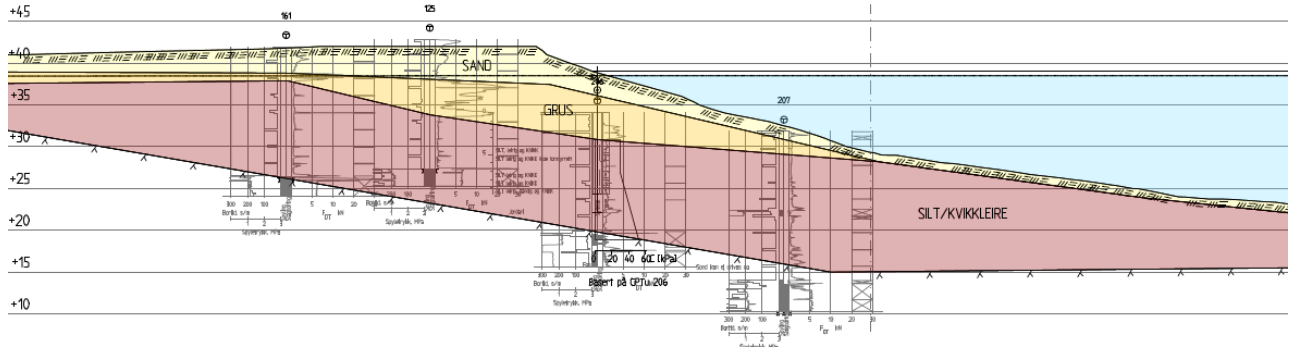


Figur 16 Profil E1 - Vest. Lagdeling. Tegning G 40 001



Figur 17 Profil E1 - Øst. Lagdeling. Tegning G 40 004

Material	no	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand	3	18.00	33.0	0.0				
Grus	2	19.00	35.0	0.0				
Silt/Kvikkleire	1	18.00	---	---	C-profil	100	0.63	0.35
Berg								



Figur 18 Profil E3. Lagdeling. Tegning G 40 007

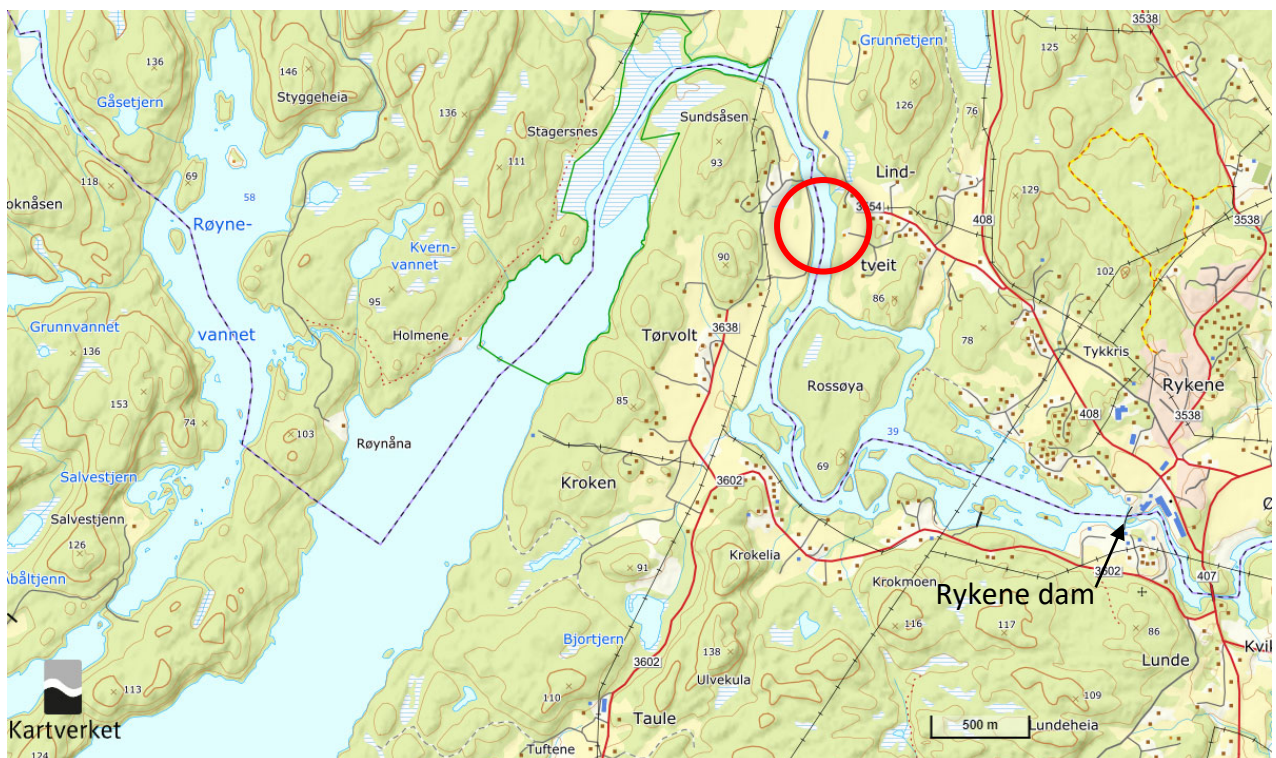
8.3 Laster

Det er ingen relevante terrenglaster som påvirker stabilitetsberegningene.

8.4 Grunnvannstand og poretrykksforhold

Grunnvannstanden forventes å følge vannivået i Nidelva. I stabilitetsberegninger skal det i henhold til NVE 1/2019 legges til grunn laveste observerte vannstand. Det er ikke kjent hva denne er, så det er skjønsmessig lagt til grunn et vannivå tilsvarende 0,5 meter under normalvannstand målt fra kart.

Det er undersøkt om en nedtapping ved Rykene dam vil påvirke vannstanden ved elvekryssingen. I henhold til grunneiere i området, elveeierforeningen og Agder Energi er vannstanden ved planlagt kryssing helt uavhengig av nedtapping ved Rykene dam. Vassdragsmodellen til NVE indikerer det samme og flyfoto fra 2019 viser at det er nedstrøms Rossøya at man får vannstandsendingene i forbindelse med nedtapping.



Figur 19 Oversiktskart med plassering av Rykene dam

8.5 Konsolideringsforhold

Prekonsolideringen er tolket fra trykksonderinger. Generelt vurderes kvikkleira som overkonsolidert i bunnen av skråningen og tilnærmet normalkonsolidert under toppen av skråningen.

Tabell 6 Resultater for prekonsolideringstolkning fra CPTU

Borpunkt	Elvebunn	$\Delta\sigma'c$
203	+33,4	80 kPa
206	+34	120 kPa
210	+36,9	80 kPa

8.6 Skjærfasthet

8.6.1 Udrenert skjærfasthet

Skjærfastheten til leira/kvikkleira er basert på tolkning av CPTU som er kalibrert mot utførte rutineforsøk fra opptatte prøver. Det er i hovedsak lagt til grunn tolkninger basert på korrelasjoner mot $N_{\Delta u}$ av Lunne et al. (1990) og Karlsrud et al. (2005) ettersom B_q generelt er over 0,5.

Utførte laboratorieforsøk viser generelt en del lavere skjærstyrke enn det tolkningen fra trykksonderingene kunne forvente. Det er derfor valgt å konservativt legge seg lavt ved tolkning av skjærstyrken fra trykksonderingene. Det er mulig at laboratorieforsøkene viser såpass lave resultater da kvikkleira er meget sensitiv, og det kan være noe forstyrning av massene under opptak/transport/åpning av prøvene. Rutineundersøkelsene er vist på CPTU-tolkningen uten skalering med hensyn på anisotropiforholdet.

Det henvises til vedlagte tolkninger av trykksonderinger som bakgrunn for valg av skjærstyrke.

Benyttet skjærstyrkeprofil er vist på stabilitetsberegningene og i Tabell 7 og Tabell 9. Det er kun benyttet skjærstrykeprofil fra CPTU i punktene hvor trykksonderingene er utført og beregningene er ikke supplert med SHANSEP-profiler. I profil E1-vest er skjærstrykeprofilen lagt inn i foten av skråningen, og dette vurderes som en konservativ beregning. I profil E1-øst og E3 er skjærstrykeprofilen lagt inn i midten av skråningene, og det vurderes at supplerings med SHANSEP-profiler vil utgjøre en minimal forskjell.

Tabell 7 Skjærstyrkeprofil ved punkt 203

Dybde [m]	S_{uA} [kPa]
0	30 kPa
5	30 kPa
18	62 kPa

Tabell 8 Skjærstyrkeprofil ved punkt 206

Dybde [m]	S_{uA} [kPa]
0	30 kPa
4	30 kPa
12	52 kPa

Tabell 9 Skjærstyrkeprofil ved punkt 210

Dybde [m]	S_{uA} [kPa]
0	22 kPa
8	27 kPa

ADP-forholdet til leira/kvikkleira er basert NIFS-rapport 14/2014. Ettersom massene er lite plastiske, vurderes ADP-forholdet i henhold til $I_p < 10\%$.

Tabell 10 Benyttete anisotropifaktorer

Anisotropi	Anisotropifaktor
Aktiv	1,0
Direkte	0,63
Passiv	0,35

Det er lagt inn tolkninger fra SHANSEP i CPTU-tolkningene for å vurdere dimensjonerende skjærstryke. Minimumsverdier for s_{UA} er vist som $0,25 * \sigma'_{v0}$. I tillegg er SHANSEP tolkning basert på $\alpha * OCR^m * \sigma'_{v0}$ vist. I punkt 203 og 210 er α og m satt til henholdsvis 0,25 og 0,65, mens for punkt 206 er α og m korrelert mot vanninnholdet i opptatte prøver i punkt 206. Korrelasjonen mot vanninnhold er beregnet etter følgende formler:

$$\alpha = 0,27 + 0,1 * w$$

$$m = 0,58 + 0,33 * w$$

Se Figur 20 for typiske verdier for α ved normalkonsoliderte leirer.

Type forsøk	Ung leire (OCR = 1)	Aldret leire (OCR = 1,2-1,4)
Aktiv - kompresjon	0,25 - 0,30	0,30 - 0,38
Direkte skjær	0,18 - 0,22	0,22 - 0,28
Passiv - ekstensjon	0,10 - 0,16	0,12 - 0,20

Figur 20 Typiske verdier for normalkonsoliderte leirer. NIFS-rapport 7/2014, vedlegg B

8.6.2 Drenert skjærfasthet

Skjærfastheten til sand og grus er basert på erfaringsverdier oppgitt i Statens vegvesen Håndbok V220, figur 2.39.

Skjærfastheten til silt/kvikkleire er basert på tolkning av CPTU i 210 samt figur 2.41 og 2.42 i Håndbok V220. Det er lagt til grunn ett vanninnhold på 40% og bløt leire. Se Figur 21 og Figur 22 for bakgrunn til valg av friksjonsvinkel og attraksjon i silt og leire.

w i % av tørrstoff	ϕ'
0 - 10	30°
10 - 40	$30^{\circ} - 20^{\circ}$
> 40	$20^{\circ} *$

* I kvikkleirer kan ϕ' bli lavere enn 20°

Figur 21 Friksjonsvinkel i leire og silt. Figur 2.41 SVV Hb221

Leirtype	a (kPa)
Fast	$20 < a < 35$
Middels	$0 < a < 20$
Bløt	$a = 0$

Figur 22 Attraksjon i leire og leirig silt. Figur 2.42 SVV Hb221

I henhold til tolkning av CPTU så beregnes friksjonsvinkelen å være i størrelsesorden 25° til 30° mens i henhold til erfaringsverdier i håndbok V220 antas friksjonsvinkelen å være 20° . Det benyttes derfor 22° i stabilitetsberegningene.

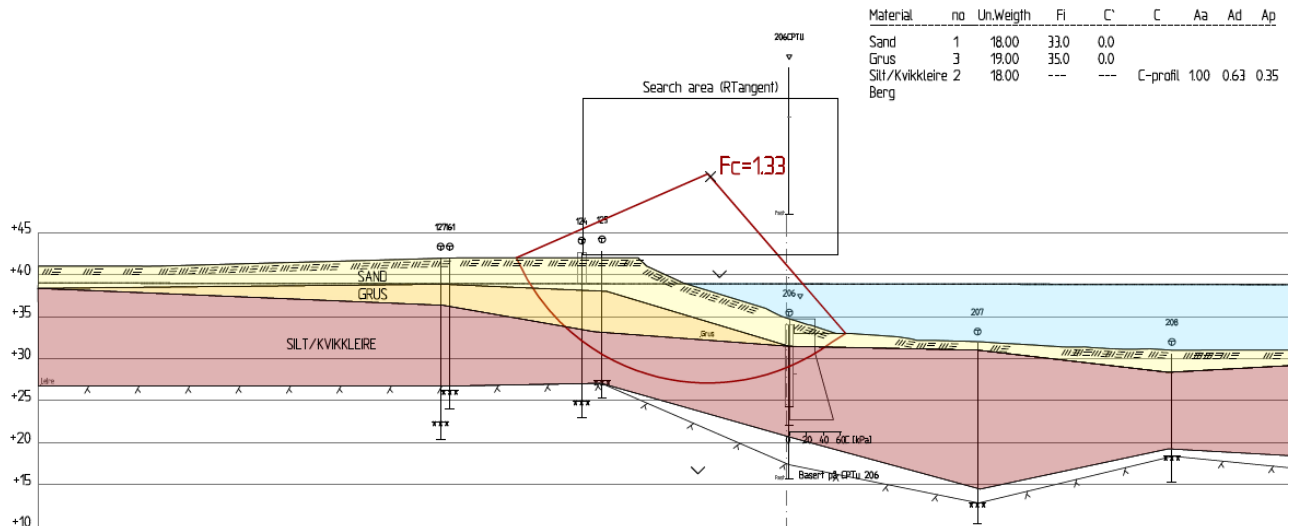
Benyttete drenerte materialparametere er vist i Tabell 11.

Tabell 11 Drenerte materialparametere til bruk i beregning

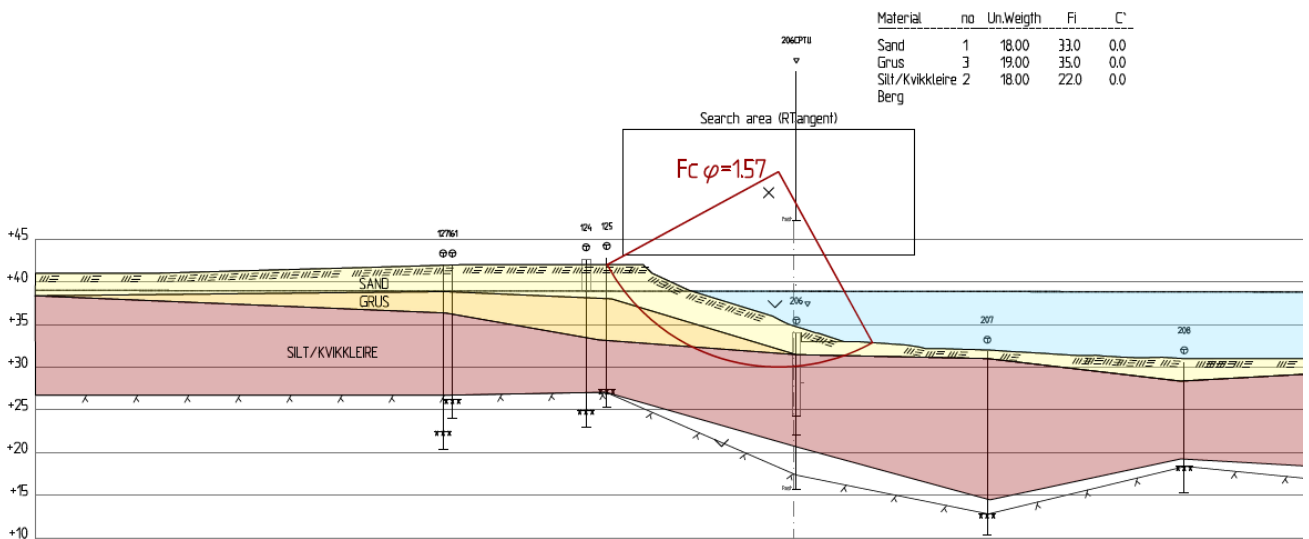
Løsmasse	Friksjonsvinkel	Attraksjon	Tyngdetetthet
Sand	33°	0 kPa	18 kN/m^3
Grus	35°	0 kPa	19 kN/m^3
Silt/kvikkleire	22°	0 kPa	18 kN/m^3

9. Stabilitetsberegninger

Det er utført stabilitetsberegninger i to profiler for både korttids- og langtidsstilstand (udrenert og drenert situasjon). Beregningene er utført i GeoSuite Stability. Se figur 23 til Figur 28 for resultatet fra stabilitetsberegningene. Det er kun tatt med resultatene fra de mest kritiske sirkulære glideflatene. Sammensatte glideflater vurderes ikke som kritiske, ettersom det ikke er noen svake lag eller topografi som er relevant for slike brudd.

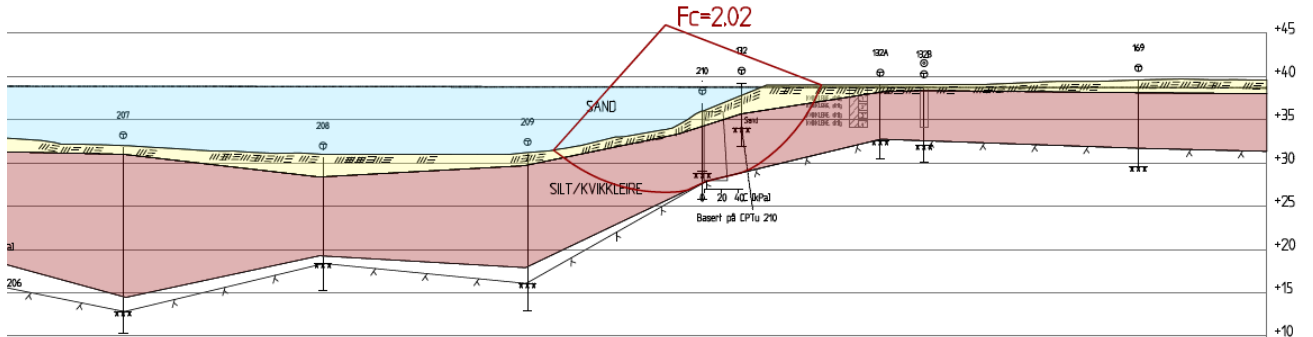


Figur 23 Stabilitetsberegning. Profil E1 - Vest. Korttidssituasjon. Tegning G40 002



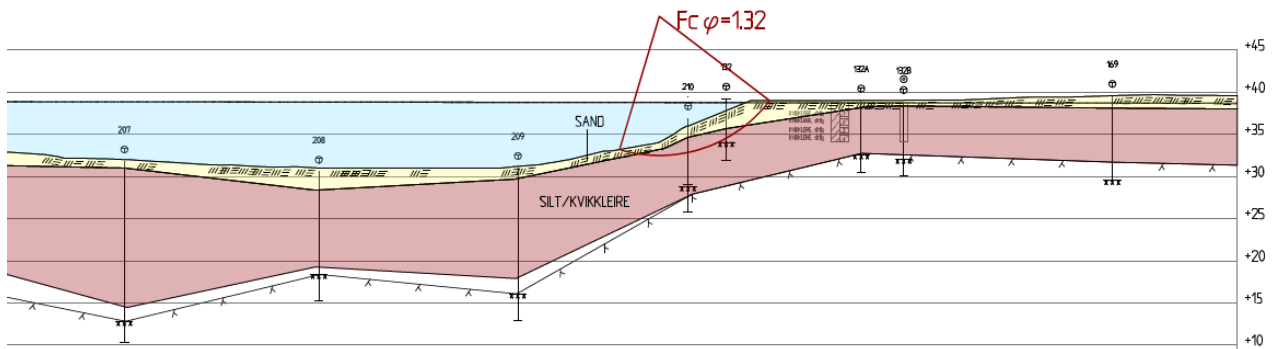
Figur 24 Stabilitetsberegning. Profil E1 - Vest. Langtidssituasjon. Tegning G40 003

Material	no	Un.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand	1	18.00	33.0	0.0				
Grus	3	19.00	35.0	0.0				
Silt/Kvikkleire	2	18.00	---	---	C-profil	1.00	0.63	0.35
Berg								



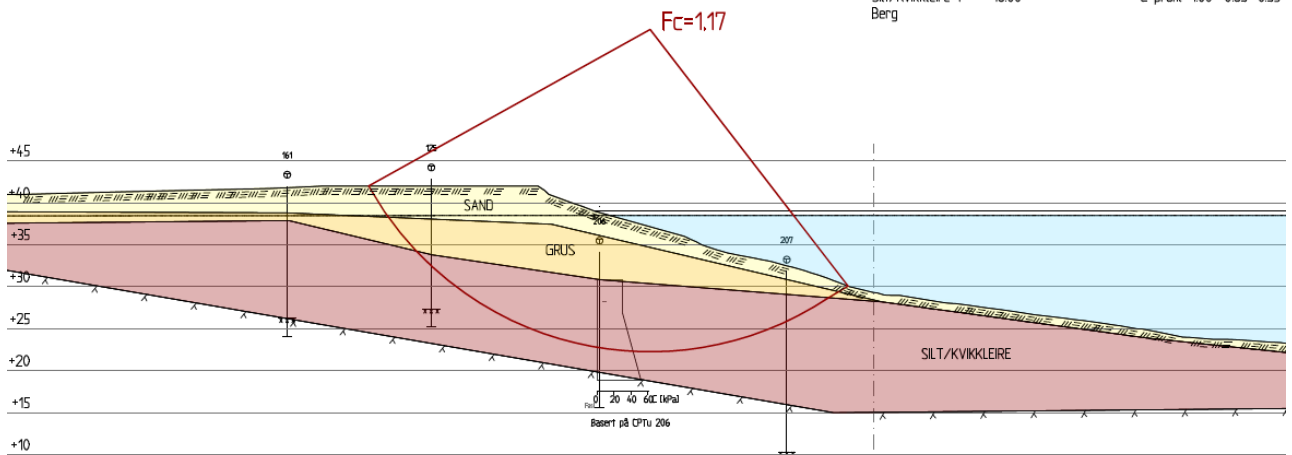
Figur 25 Profil E1 - Øst. Korttidssituasjon. Tegning G40 005

Material	no	Un.Weigh	Fi	C'
Sand	1	18.00	33.0	0.0
Grus	3	19.00	35.0	0.0
Silt/Kvikkleire	2	18.00	22.0	0.0
Berg				

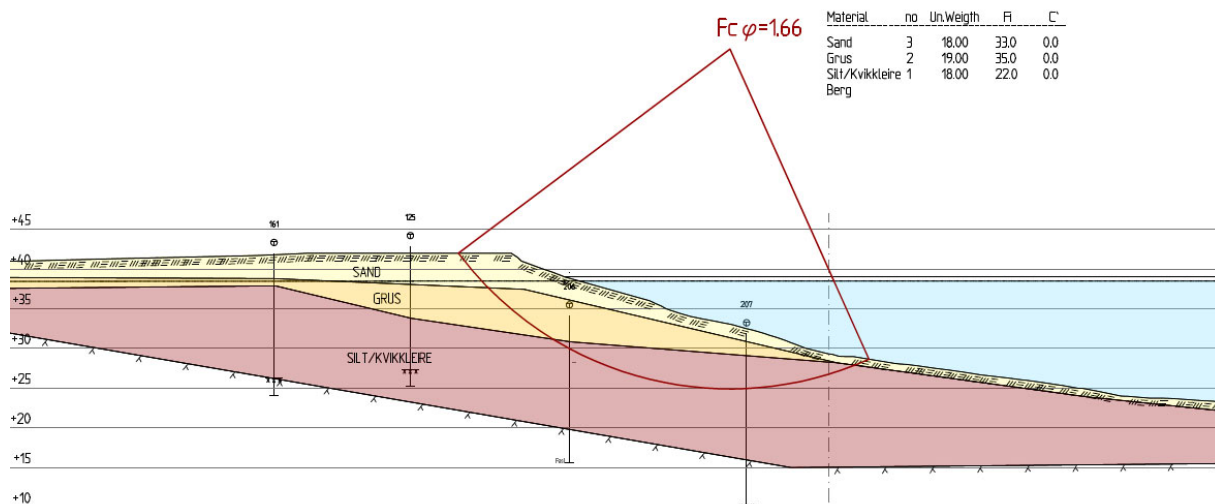


Figur 26 Stabilitetsberegning. Profil E1 - Øst. Langtidssituasjon. Tegning G40 006

Material	no	Un.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand	3	18.00	33.0	0.0				
Grus	2	19.00	35.0	0.0				
Silt/Kvikkleire	1	18.00	---	---	C-profil	1.00	0.63	0.35
Berg								



Figur 27 Stabilitetsberegning. Profil E3 - Korttidssituasjon. Tegning G40 008



Figur 28 Stabilitetsberegning. Profil E3 - Langtidssituasjon. Tegning G40 009

Beregningene viser at det ikke er tilfredsstillende korttidsstabilitet for vestre elveskråning og ikke tilfredsstillende langtidssstabilitet for østre elveskråning. Se Tabell 12 for beregningsresultater.

Tabell 12 Resultater fra stabilitetsberegninger

Profil	Udrenert stabilitet (Korttidssituasjon)	Drenert stabilitet (Langtidssituasjon)	Kommentar
E1 - Vest	1,33	1,57	Ikke tilfredsstillende korttidsstabilitet
E1 - Øst	2,02	1,32	Tilfredsstillende stabilitet.
E3	1,17	1,66	Ikke tilfredsstillende korttidsstabilitet

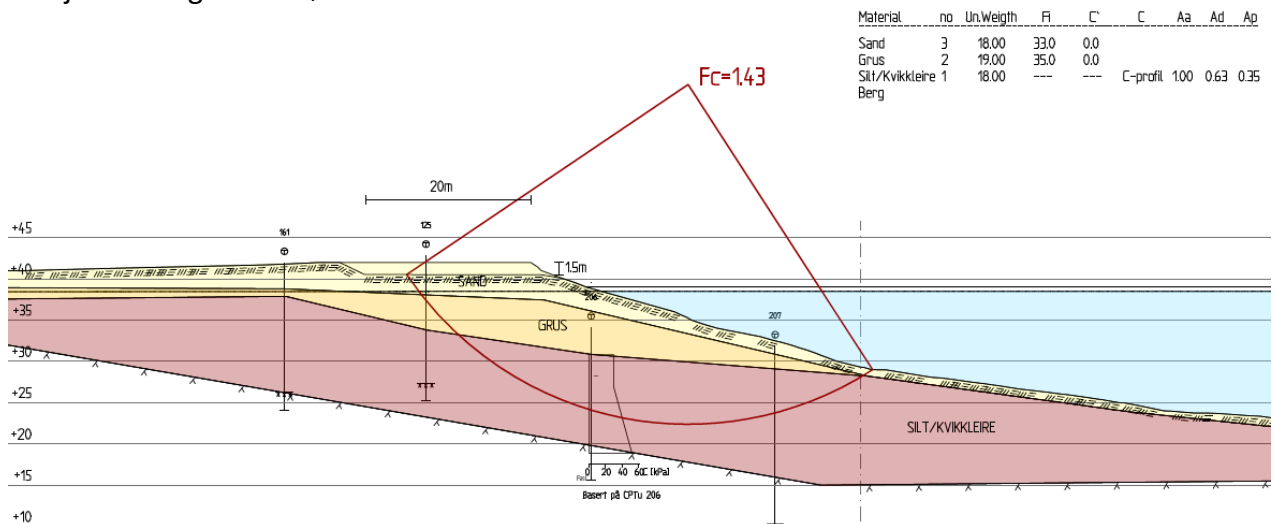
Ettersom planlagt tiltak ikke vil forverre områdestabiliteten, er kravet til sikkerhet $F_{cu} \geq 1,40$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$. Hverken profil E1-Vest eller E3 tilfredsstiller dette sikkerhetskravet og det stilles dermed krav om *Forbedring* for alle potensielle glideflater som har for lav stabilitet.

Det er ikke utført en sensitivitetsanalyse for stabilitetsberegningene da beregnet sikkerhetsfaktor er et stykke under kravet til stabilitet.

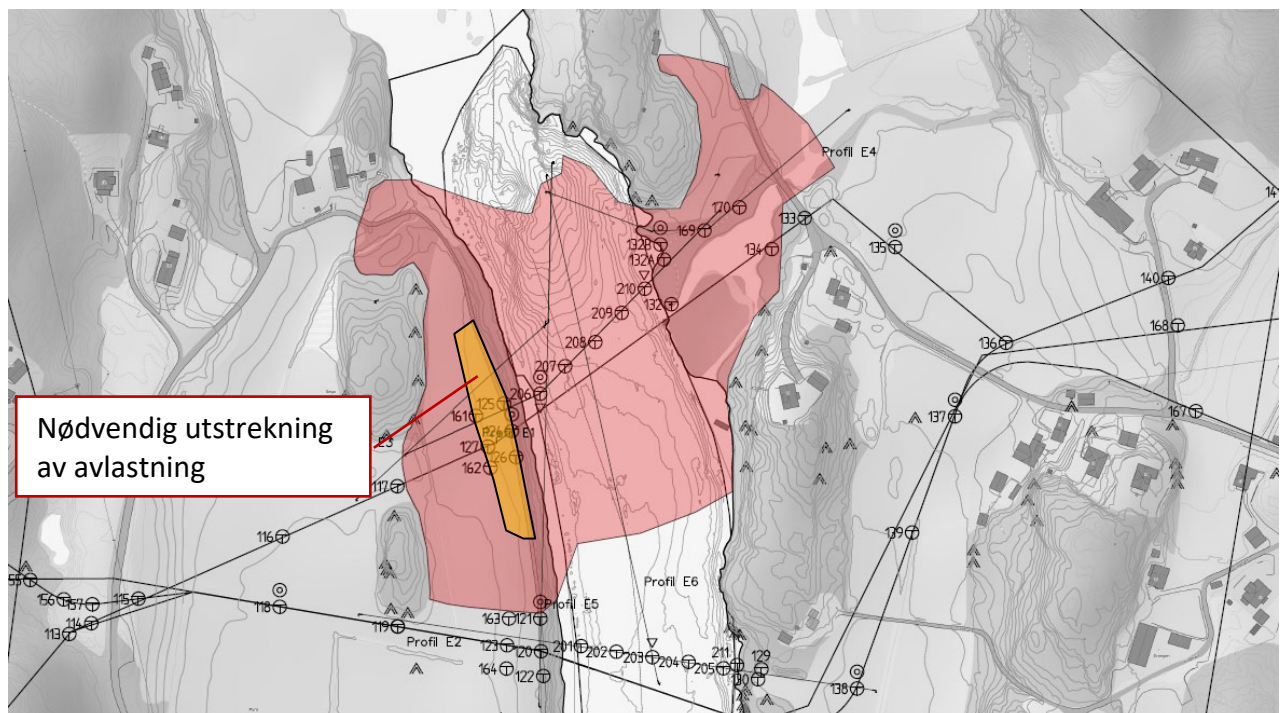
10. Stabiliserende tiltak

Stabilitetsberegningene viser at det er behov for stabiliserende tiltak for etableringen av ny hovedvannledning i dette området.

For å oppnå tilstrekkelig stabilitet, må det delvis omfattende terrenginngrep til. Terrenget på toppen av skråningen kan senkes 1,5 meter i et 20 meter bredt belte langs Nidelva for å oppfylle kravet til forbedring. Dette må gjøres i store deler av sonen. I tillegg må det vurderes behov for erosjonssikring i de berørte områdene.



Figur 29 Stabilitetsberegning. Profil E3 - Stabiliserende tiltak. Tegning G 40 010



Figur 30 Situasjonsplan - Ca. utstrekning av stabiliserende tiltak

11. Konklusjon

Basert på utførte grunnundersøkelser anbefales det å opprette en ny faresone for kvikkleireskred.

Utførte beregninger viser at det er behov for stabiliserende tiltak for å kunne etablere en ny hovedvannledning igjennom faresonen (nordlig trasé). Det tillates å etablere ledningen i sørlig utløpsområde (sørlig trasé) uten stabiliserende tiltak.

Se Tabell 13 for prosedyre og oppsummering av vurderingene vedrørende utredningen for områdeskred.

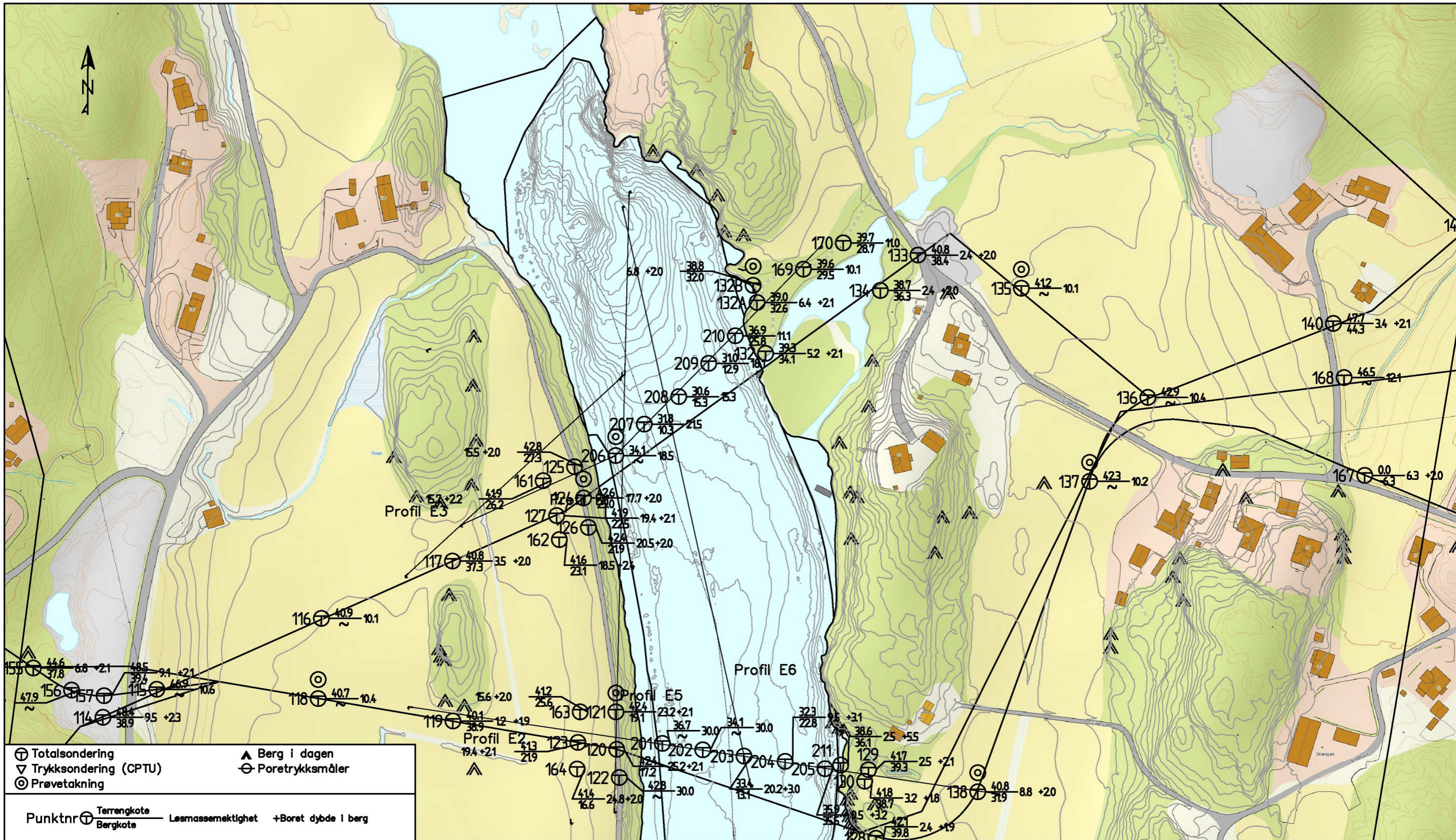
Tabell 13: Prosedyre for utredning av områdeskredfare

	Punkt	Vurderingspunkt	Vurdering
DEL I: AKTSOMHESTOMRÅDER	1	Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området.	Ingen nærliggende faresoner.
	2	Avgrens områder med mulig marin leire.	Området ligger under marin grense. Berg i dagen flere steder.
	3	Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred.	Det aktuelle området har terreng med brattere terrenghelning enn 1:20 og total skråningshøyde over 5 meter.

	Punkt	Vurderingspunkt	Vurdering
DEL 2: UTREDNING AV FARESONER	4	Tiltakskategori	Tiltakskategori K3, ettersom det er planlagt etablering av reserve hovedvannledning til Arendal.
	5	Kritiske skråninger og løснеområde	Skråningen fra elvebredden til Nidelva, og spesielt der elva er dypes, vurderes som kritisk for prosjektet. Det er tegnet ut fire profiler, hvorav det beregnes stabilitet i Profil E1 og E3.
	6	Befaring	Befaring ble utført 12.10.2021. Det ble observert litt erosjon langs elva.
	7	Grunnundersøkelser	Grunnboring Sør AS har utført geotekniske grunnundersøkelser for dette prosjektet.
	8	Skredmekanismer og avgrensning av løsne- og utløpsområder	Aktuell skredmekanisme for elvebredden og ned mot det dypeste området i elva vurderes som retrogressivt skred på grunn av tykkelsen og beliggenheten til kvikkleira. For de grunnere delene av Nidelva vurderes skredmekanismen som rotasjonskred. Løsneområdet vurderes å ha en utstrekning på L/H lik 15, målt fra elvebunn og begrenses flere steder av berg i dagen. I sørvest begrenses løsneområdet av at kvikkleira ligger dypt under øvre sandlag. Utløpsområdet vurdert som 3*løsneområdet mot sør og skjønnsmessig avgrenset mot nord som følge av stigende terreng og strømningsretning på Nidelva.
	9	Klassifisering av faresone	Faresonen klassifiseres som faregrad <i>Høy</i> og konsekvensklasse <i>Lite alvorlig</i> .
	10	Stabilitetsberegninger	Stabilitetsberegninger viser at det er ikke-tilfredsstillende stabilitet fra vestre elvekant samt mot nord.
	11	Meld inn faresoner og grunnundersøkelser til NVE	Utføres etter at endelig kvalitetssikring er utført.



Referanser

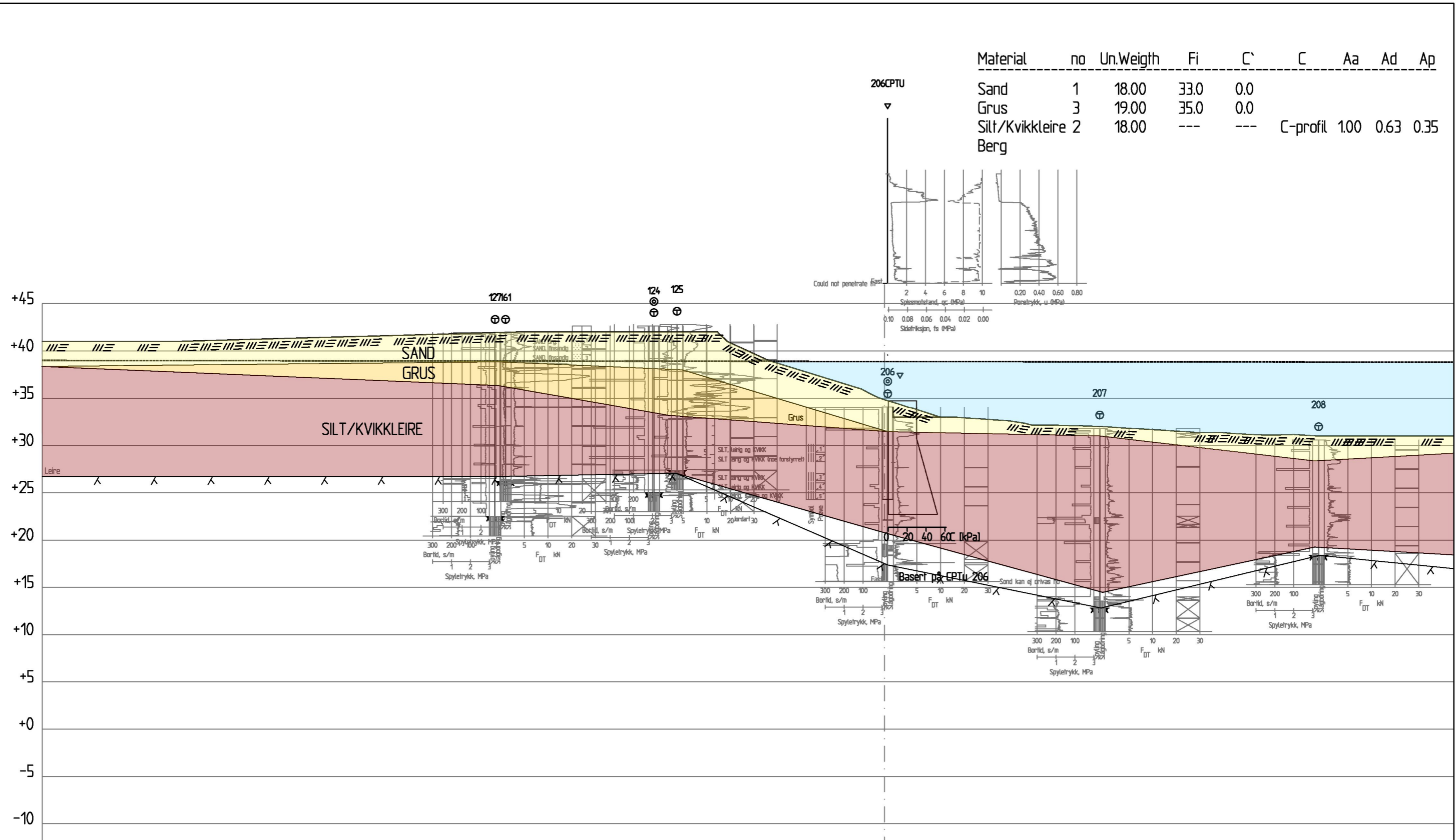
- /1/ NVE. Veileder 1/2019, Sikkerhet mot kvikkleireskred. Datert desember 2020
- /2/ Grunnboring Sør AS. Datarapport. Rapportnummer 21030. Hovedvannledning Rore-Lindtveit. Ikke ferdigstilt.
- /3/ NVE. Rapport 77/2014. Valg av karakteristisk c_{uA} -profil basert på felt- og laboratorieundersøkelser. Datert 19.05.2015
- /4/ NVE. Ekstern rapport 9/2020. Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred. Datert desember 2020
- /5/ NIFS. Rapport 14/2014. En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktor i prosjektering av norske leirer. Datert januar 2014



⊕ Totalsondering ▲ Berg i dagen
 ▽ Trykksondering (CPTU) ⊖ Poretrykksmåler
 ⊙ Prøvetakning

Punktnr ⊕ Terrangkode Lesmassemektighet +Boret dybde i berg
 Bergkode

FASE	REGULERINGSPLAN			O.NR	21096	Kundnr.	Fag	RIG	TEGN.NR	G10 001	Rev.nr	0
TYPE	SITUASJONSPLAN			PROSJEKT	Aprova AS		Hovedvannledning		Utførte grunnundersøkelser		Grunnboring Sør AS (21030)	
DATO	25.03.2022	MÅL	1:2000 (A3)		Rore - Lindtveit		 Dagfin Skaar AS Rådgivende ing. MRIF TLF 38 14 45 25 www.dagfinskaar.no					
FIL	SITUASJONSPLAN.DWG	SIGN.	MT	KTRL.	LTL							
Revisjon	Revisjonstekst	Dato	Tegnet	Kontr.								

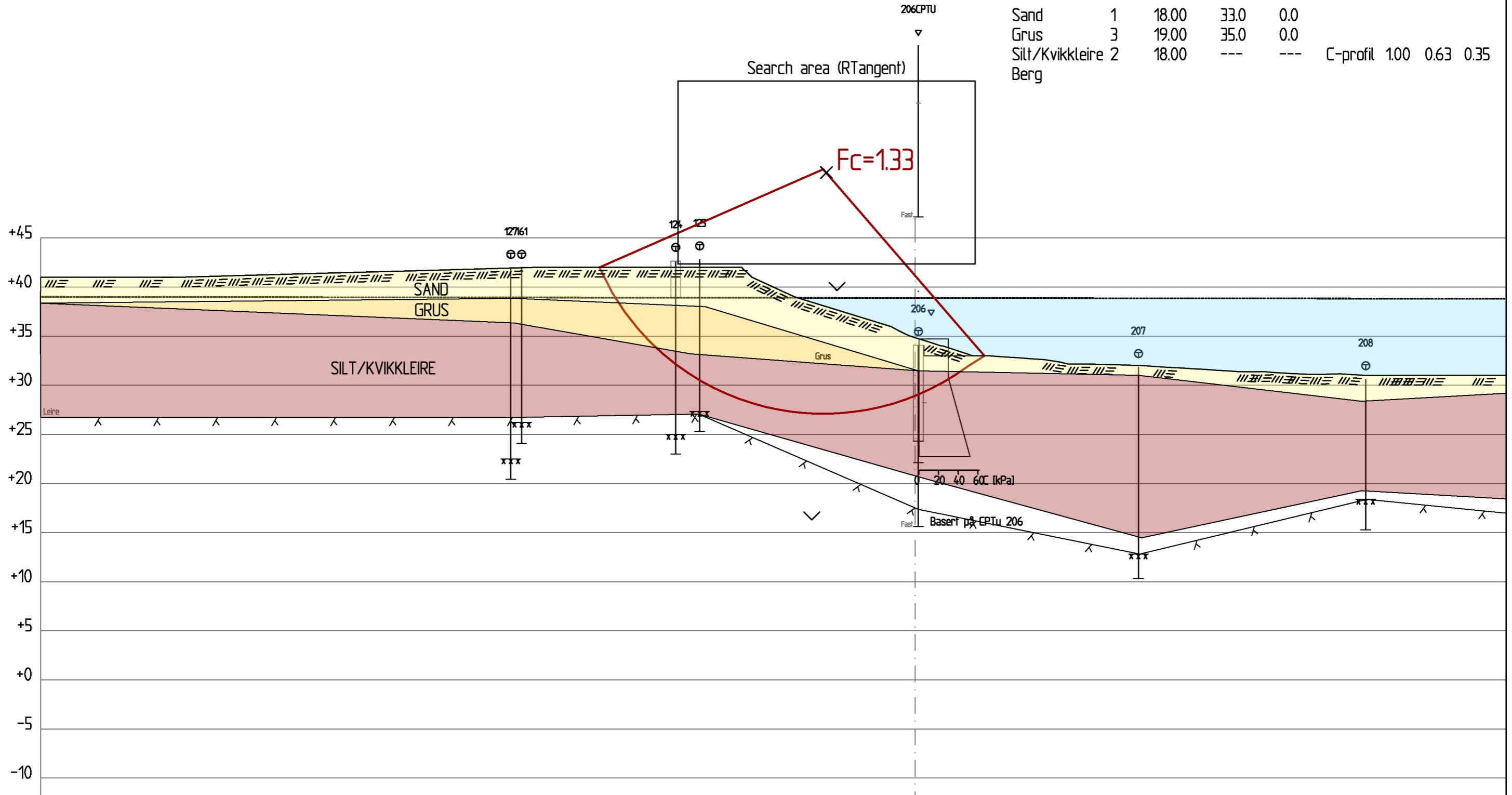


Revisjon	Revisjonstekst	Dato	Tegnet	Kontr.	FASE	REGULERINGSPLAN	O.NR	21096	Kundenr.	Fag	RIG	TEGN.NR	G40 001	Rev.nr	0
					TYPE	LAGDELING	PROSJEKT	Aprova AS				TEGNING	Profil E1 - Vest		
					DATE	14.03.2022	MÅL	Hovedvannledning					LAGdeling		
					FIL	ELV E1 - SU01.DWG	SIGN.	Rore - Lindtveit							


Dagfin Skaar AS
 Rådgivende ing. MRIF
 TLF 38 14 45 25
 www.dagfinskaar.no




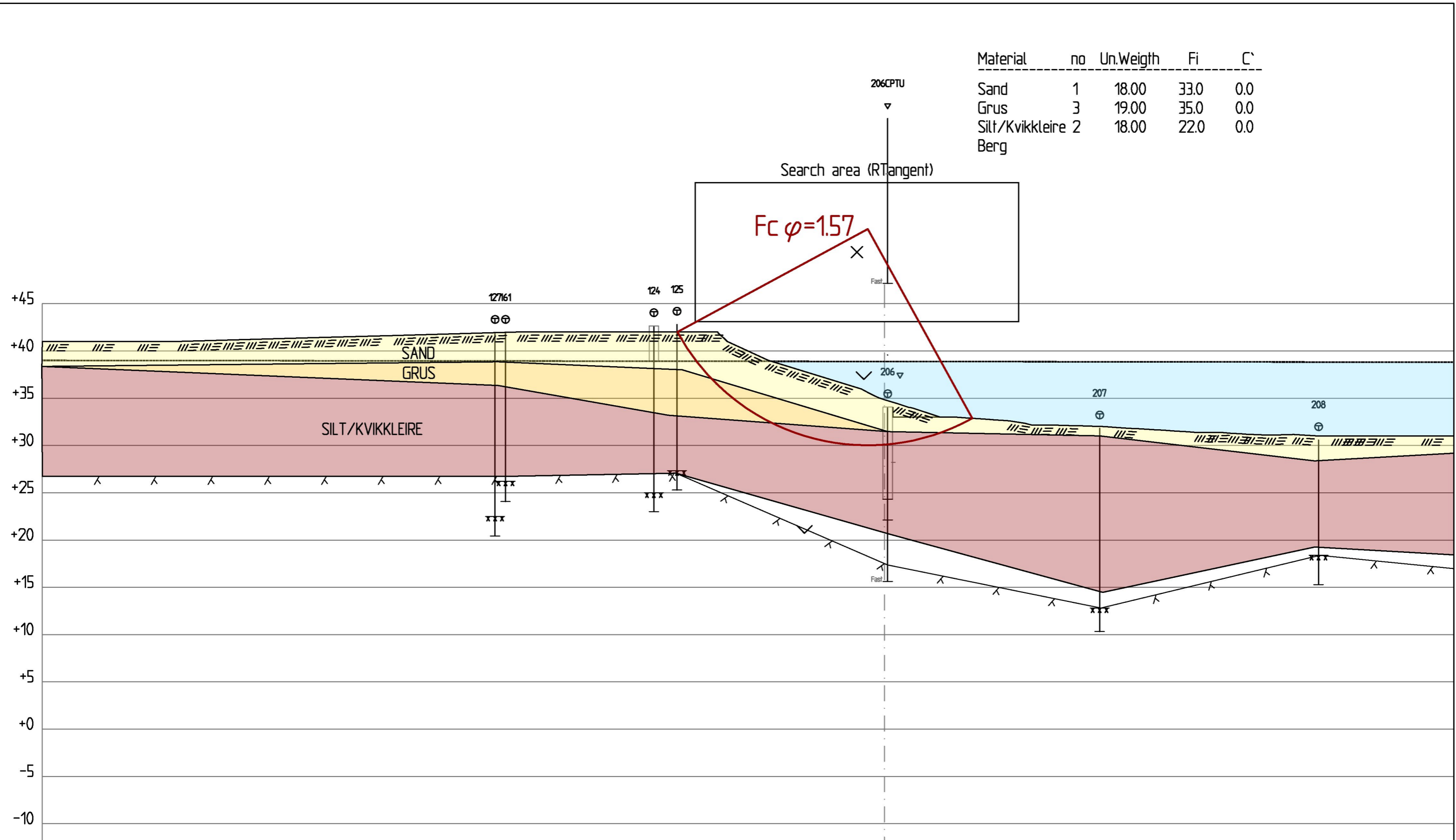
Material	no	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand	1	18.00	33.0	0.0				
Grus	3	19.00	35.0	0.0				
Silt/Kvikkleire	2	18.00	---	---	C-profil	1.00	0.63	0.35
Berg								




					FASE	REGULERINGSPLAN				O.NR	21096	Kundenr.	Fag	RIG	TEG.NR	G40 002	Rev.nr	0
					TYPE	STABILITETSBEREGNING				PROSJEKT	Aprova AS Hovedvannledning Rore - Lindtveit			TEG.NING	Profil E1 - Vest Dagens situasjon - Udrenert			
					DATO	14.03.2022	MÅL	1:400 (A3)										
Revisjon	Revisjonstekst	Dato	Tegnet	Kontr.	FIL	ELV E1 - SU01.DWG	SIGN.	MT	KTRL	LTL								


Dagfin Skaar AS
 Rådgivende ing. MRIF
 TLF 38 14 45 25
 www.dagfinskaar.no



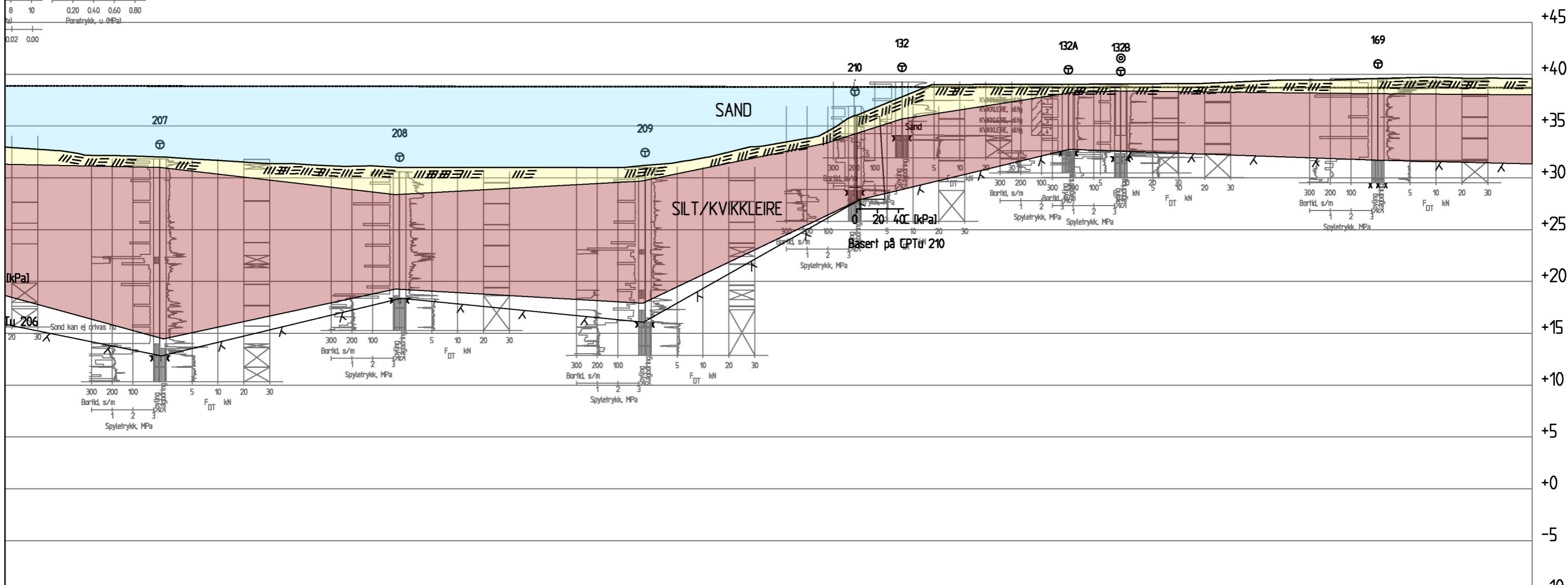
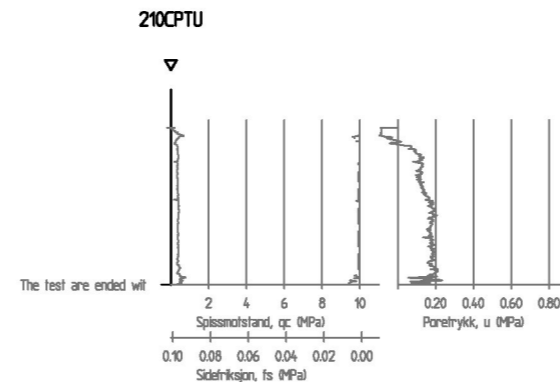
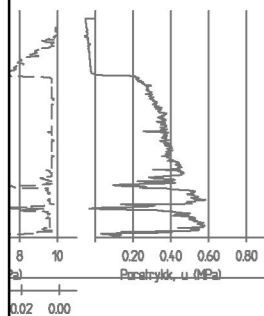


Material	no	Un.Weigth	Fi	C'
Sand	1	18.00	33.0	0.0
Grus	3	19.00	35.0	0.0
Silt/Kvikkleire	2	18.00	22.0	0.0
Berg				

				FASE	REGULERINGSPLAN				O.NR	21096		Kundenr.	Fag	RIG	TEGN.NR	G40 003		Rev.nr	0
				TYPE	STABILITETSBEREGNING				PROSJEKT	Aprova AS				TEGNING	Profil E1				
				DATO	24.03.2022		MÅL	1:400 (A3)		Hovedvannledning					Dagens situasjon - Drenert				
				FIL	ELV E1 - AF101.DWG		SIGN.	MT	KTRL	LTL	Rore - Lindtveit				 Dagfin Skaar AS Rådgivende ing. MRIF TLF 38 14 45 25 www.dagfinskaar.no				
Revisjon	Revisjonstekst	Dato	Tegnet	Kontr.															

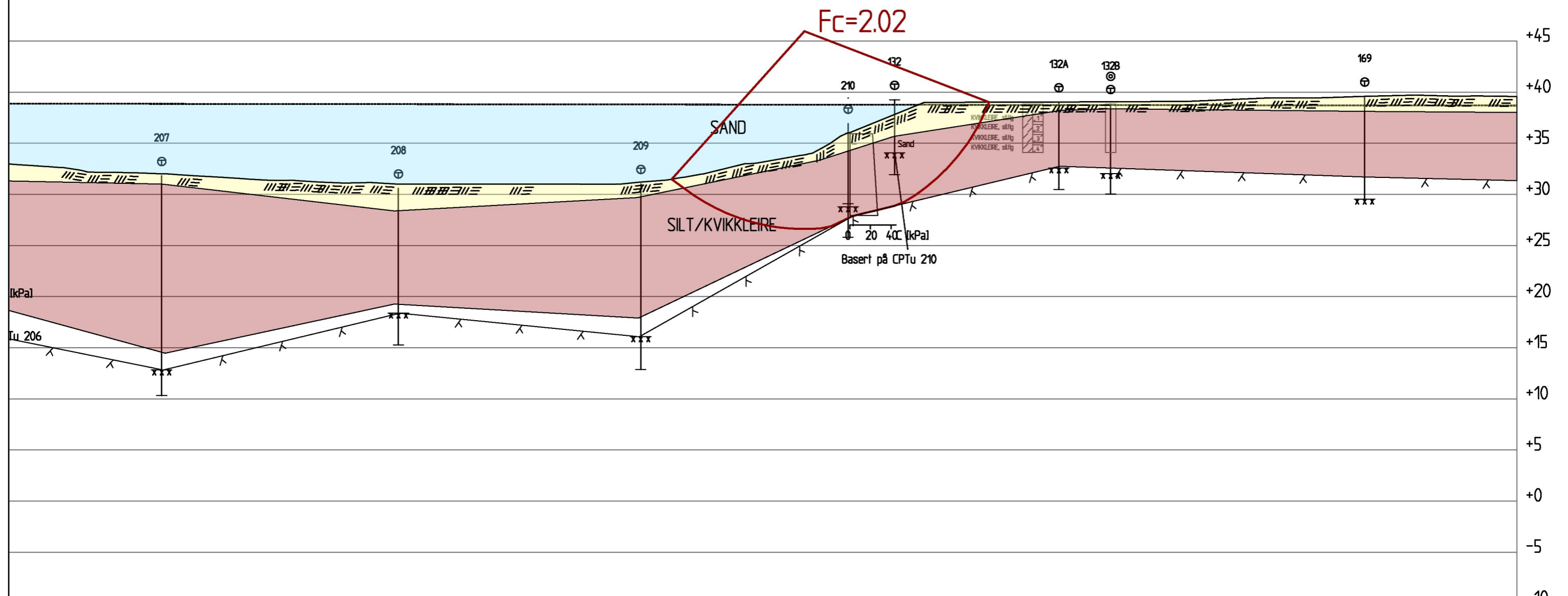




Material	no	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand	1	18.00	33.0	0.0				
Grus	3	19.00	35.0	0.0				
Silt/Kvikkleire	2	18.00	---	---	C-profil	1.00	0.63	0.35
Berg								



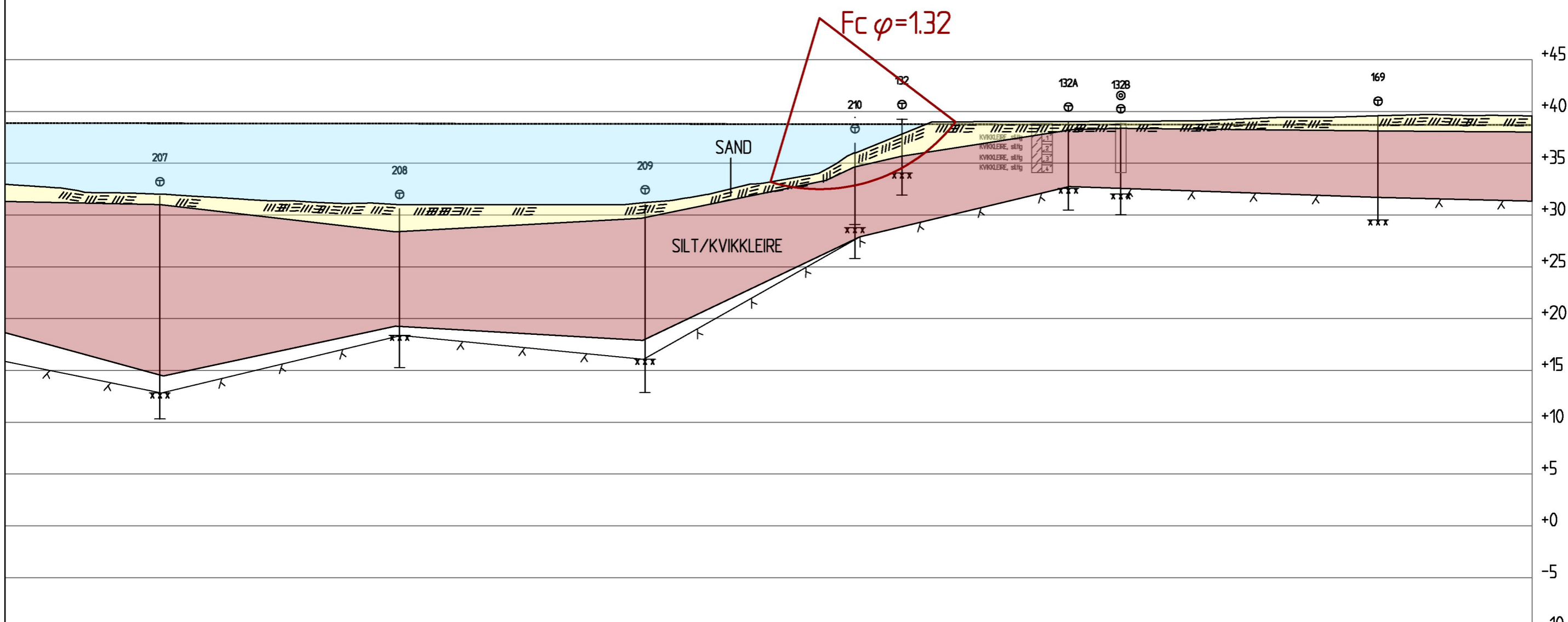
Revisjon	Revisjonstekst	Dato	Tegnet	Kontr.	FASE	REGULERINGSPLAN	O.NR	21096	Kundenr.	Fag	RIG	TEG.NR	G40 004	Rev.nr	0
					TYPE	LAGDELING	PROSJEKT	Aprova AS				TEGNING	Profil E1 - Øst Lagdeling		
					DATO	14.03.2022	MÅL	1:400 (A3)							
					FIL	ELV E1 - SU01.DWG	SIGN.	MT	KTRL	LTL					
													 Dagfin Skaar AS Rådgivende ing. MRIF TLF 38 14 45 25 www.dagfinskaar.no		



Material	no	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand	1	18.00	33.0	0.0				
Grus	3	19.00	35.0	0.0				
Silt/Kvikkleire	2	18.00	---	---	C-profil	1.00	0.63	0.35
Berg								



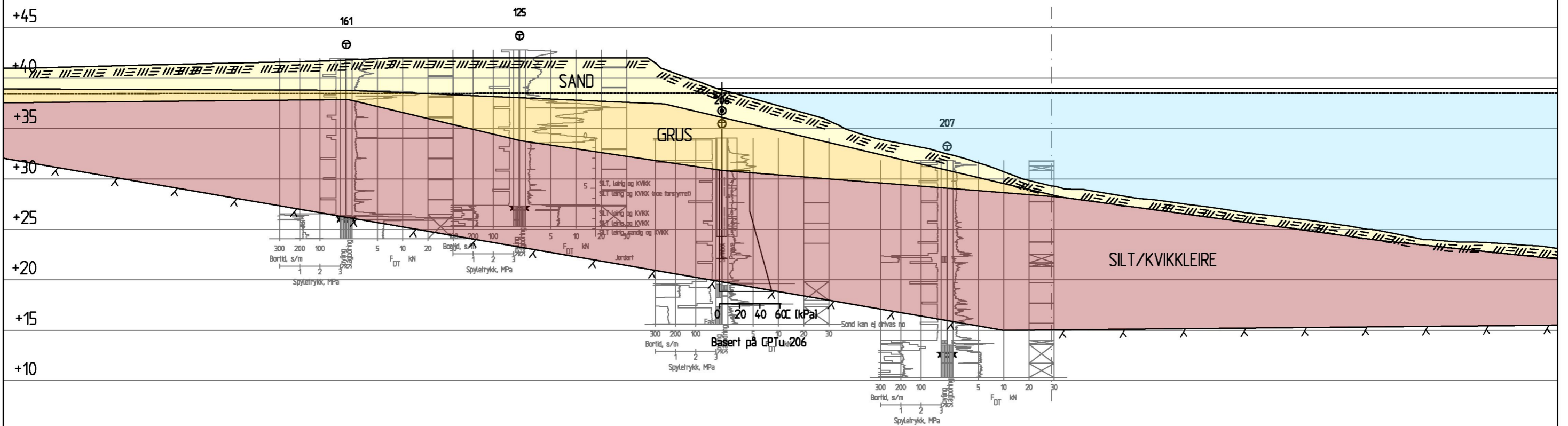
FASE	REGULERINGSPLAN				O.NR	21096	Kundnr.	Fag	RIG	TEG.NR	G40 005	Rev.nr	0
TYPE	STABILITETSBEREGNING				PROSJEKT	Aprova AS			Profil E1 - Øst				
DATO	14.03.2022	MÅL	1:400 (A3)			Hovedvannledning			Dagens situasjon - Udrenert				
FIL	ELV E1 - SU01.DWG		SIGN.	MT	KTRL.	LTL	 Dagfin Skaar AS Rådgivende ing. MRIF TLF 38 14 45 25 www.dagfinskaar.no						
Revisjon	Revisjonstekst	Dato	Tegnet	Kontr.									


Material	no	Un.Weigth	Fi	C'
Sand	1	18.00	33.0	0.0
Grus	3	19.00	35.0	0.0
Silt/Kvikkleire	2	18.00	22.0	0.0
Berg				



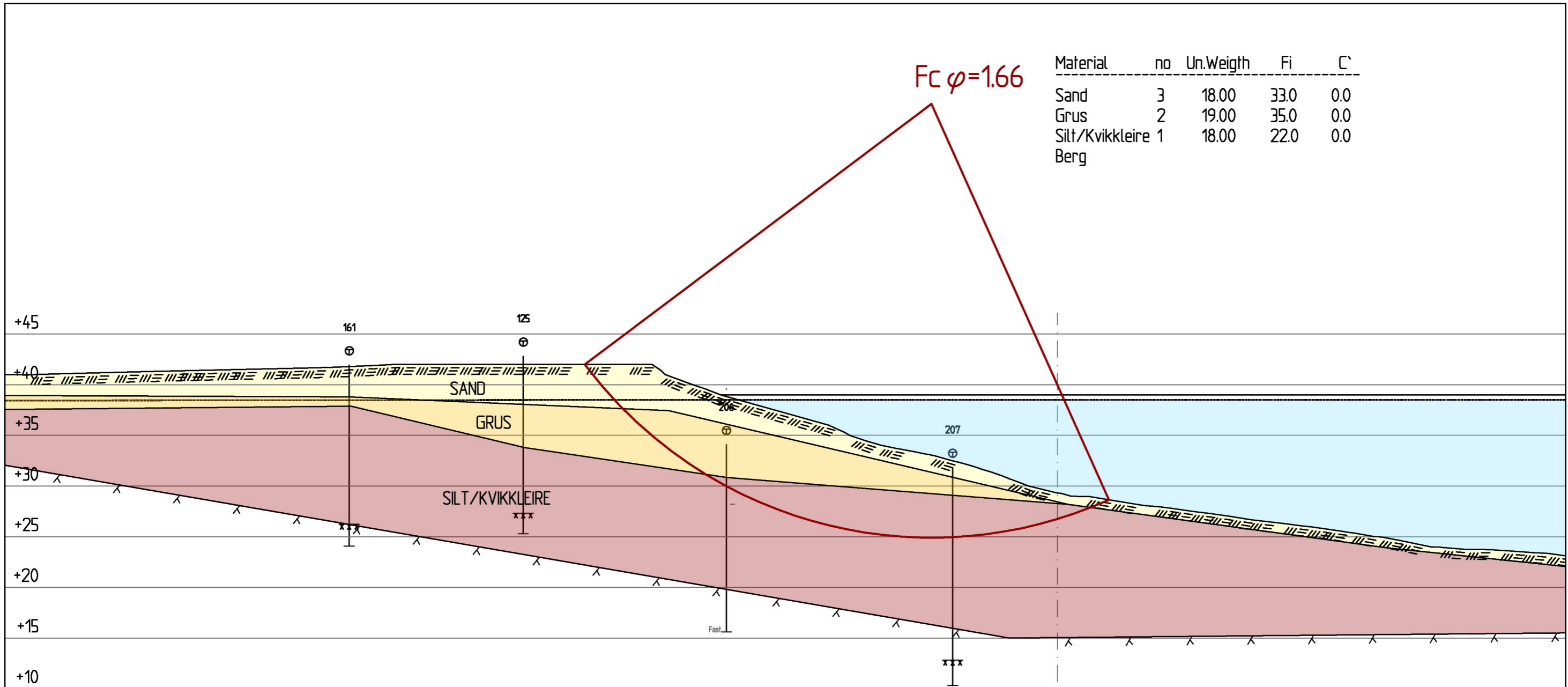
					FASE	REGULERINGSPLAN				O.NR	21096	Kundnr.	Fag	RIG	TEGN.NR	G40 006	Rev.nr	0				
					TYPE	STABILITETSBEREGNING				PROSJEKT	Aprova AS		Hovedvannledning		Rore - Lindtveit		TEGNING		Profil E1 - Øst		Dagens situasjon - Drenert	
					DATO	24.03.2022	MÅL	1:400 (A3)														
Revisjon	Revisjonstekst	Dato	Tegnet	Kontr.	FIL	ELV E1 - AF101.DWG		SIGN.	MT	KTRL	LTL							 Dagfin Skaar AS Rådgivende ing. MRIF TLF 38 14 45 25 www.dagfinskaar.no				

Material	no	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand	3	18.00	33.0	0.0				
Grus	2	19.00	35.0	0.0				
Silt/Kvikkleire	1	18.00	---	---	C-profil	1.00	0.63	0.35
Berg								



Revisjon	Revisjonstekst	Dato	Tegnet	Kontr.	FASE	REGULERINGSPLAN				O.NR	21096	Kundenr.	Fag	RIG	TEG.NR	G40 007	Rev.nr	0
					TYPE	LAGDELING				PROSJEKT	Aprova AS Hovedvannledning Rore - Lindtveit			TEGNING	Profil E3			
					DATO	14.03.2022	MÅL	1:400 (A3)										
					FIL	ELV E3 - SU01.DWG		SIGN.	MT	KTRL.	LTL	 Dagfin Skaar AS Rådgivende ing. MRIF TLF 38 14 45 25 www.dagfinskaar.no						

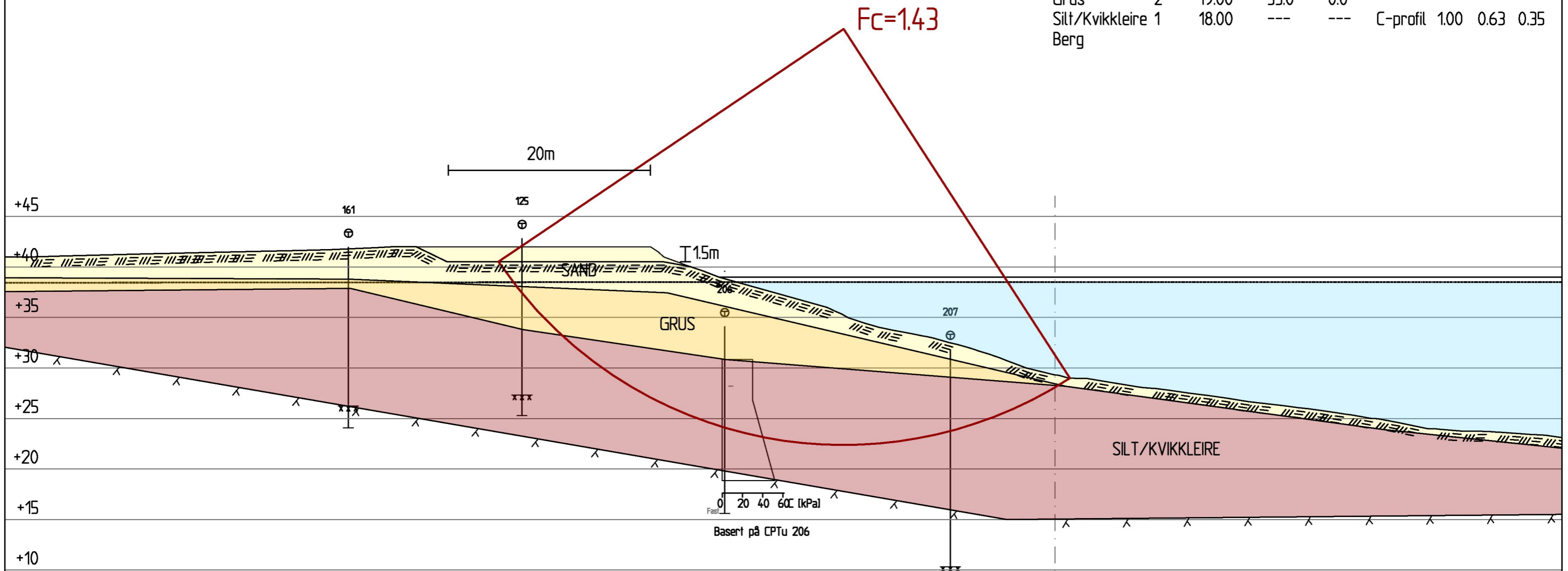






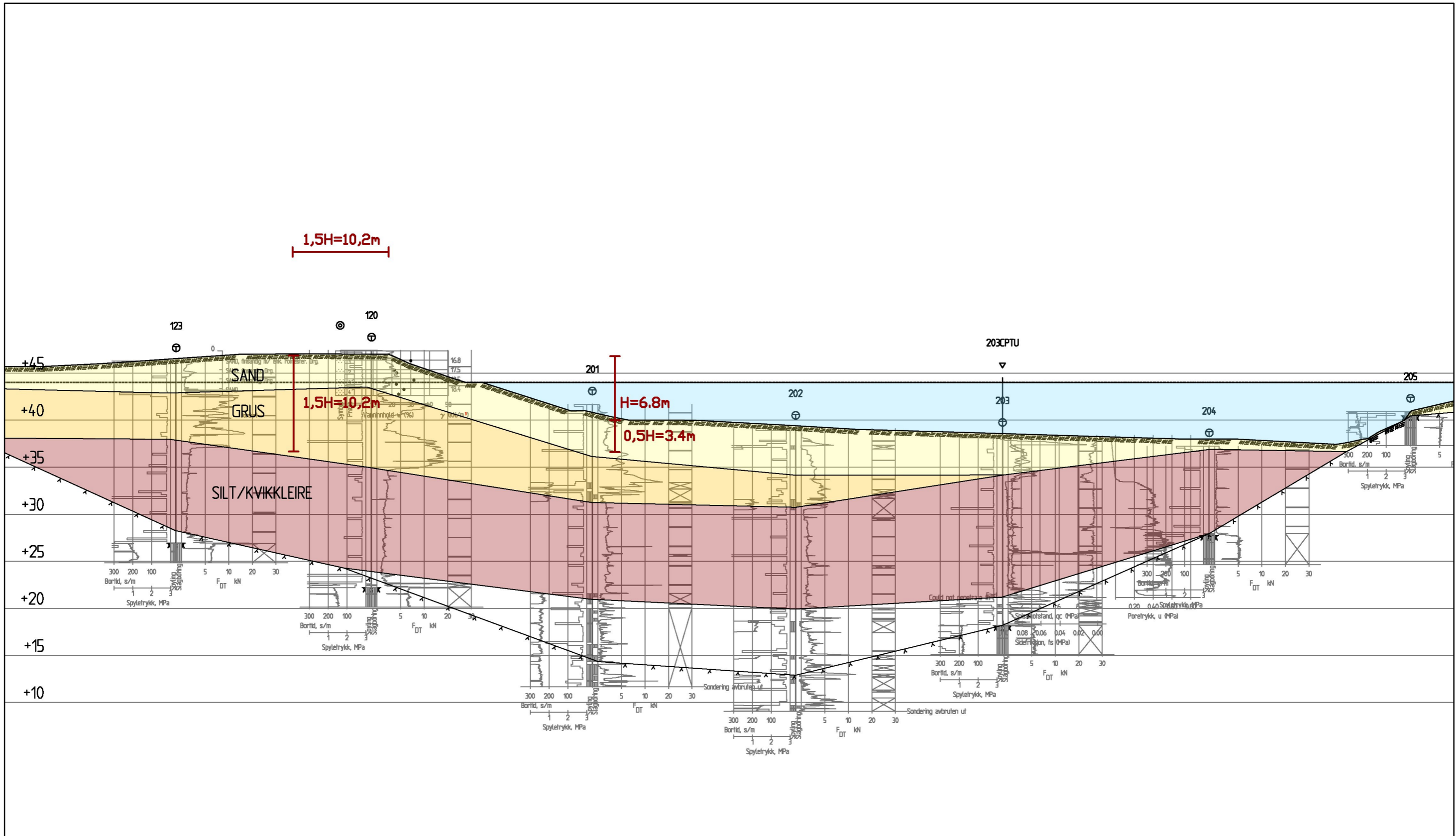
Material	no	Un.Weigth	Fi	C'
Sand	3	18.00	33.0	0.0
Grus	2	19.00	35.0	0.0
Silt/Kvikkleire	1	18.00	22.0	0.0
Berg				



					FASE REGULERINGSPLAN	O.NR 21096	Kundenr.	Fag RIG	TEG.NR G40 009	Rev.nr 0
					TYPE STABILITETSBEREGNING	PROSJEKT Aprova AS Hovedvannledning Rore - Lindtveit			TEG.NING Profil E3 Dagens situasjon - Drenert	
					DATE 24.03.2022		MÅL 1:400 (A3)			Dagfin Skaar AS Rådgivende ing. MRIF <small>TLF 38 14 45 25 www.dagfinskaar.no</small>
Revisjon	Revisjonstekst	Dato	Tegnet	Kontr.	FIL ELV E3 - AF101.DWG	SIGN. MT	KTRL.	LTL		

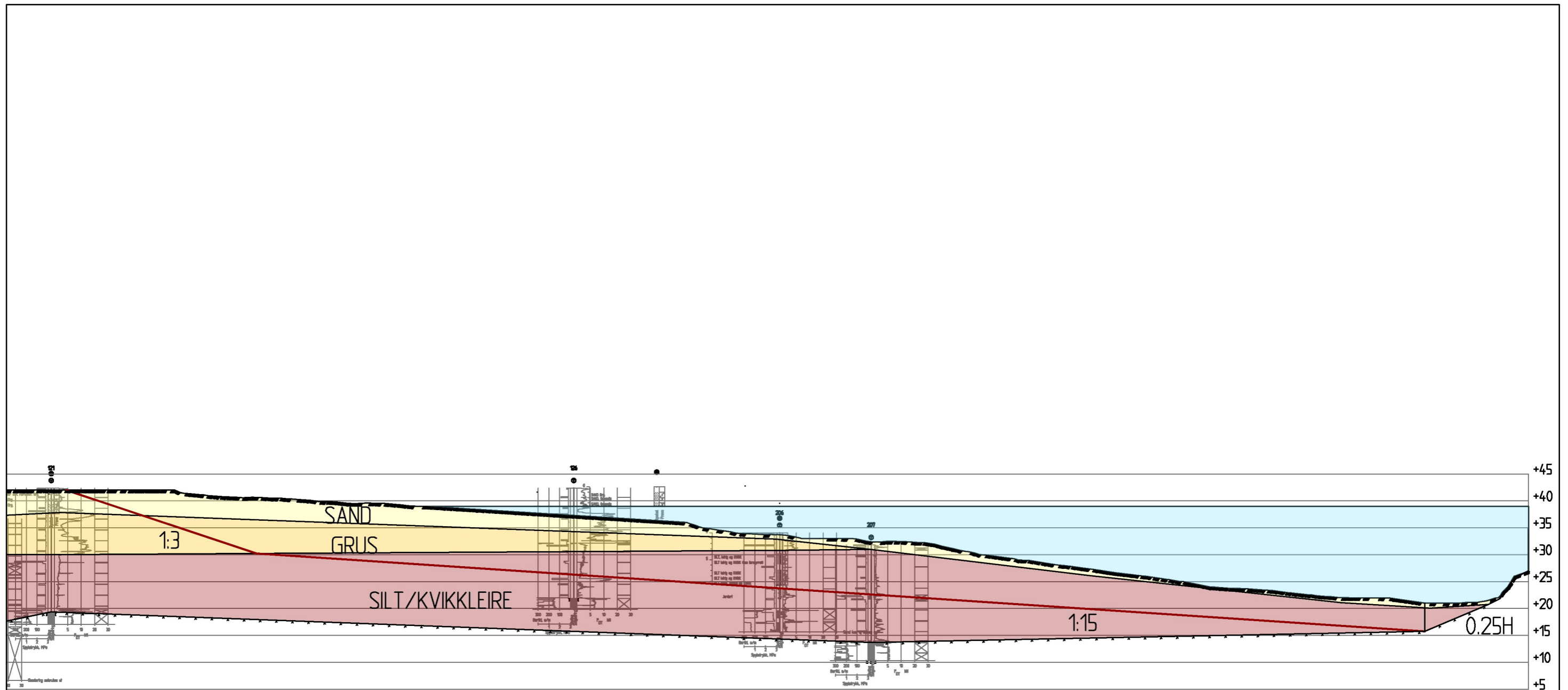
Material	no	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand	3	18.00	33.0	0.0				
Grus	2	19.00	35.0	0.0				
Silt/Kvikkleire	1	18.00	---	---	C-profil	1.00	0.63	0.35
Berg								





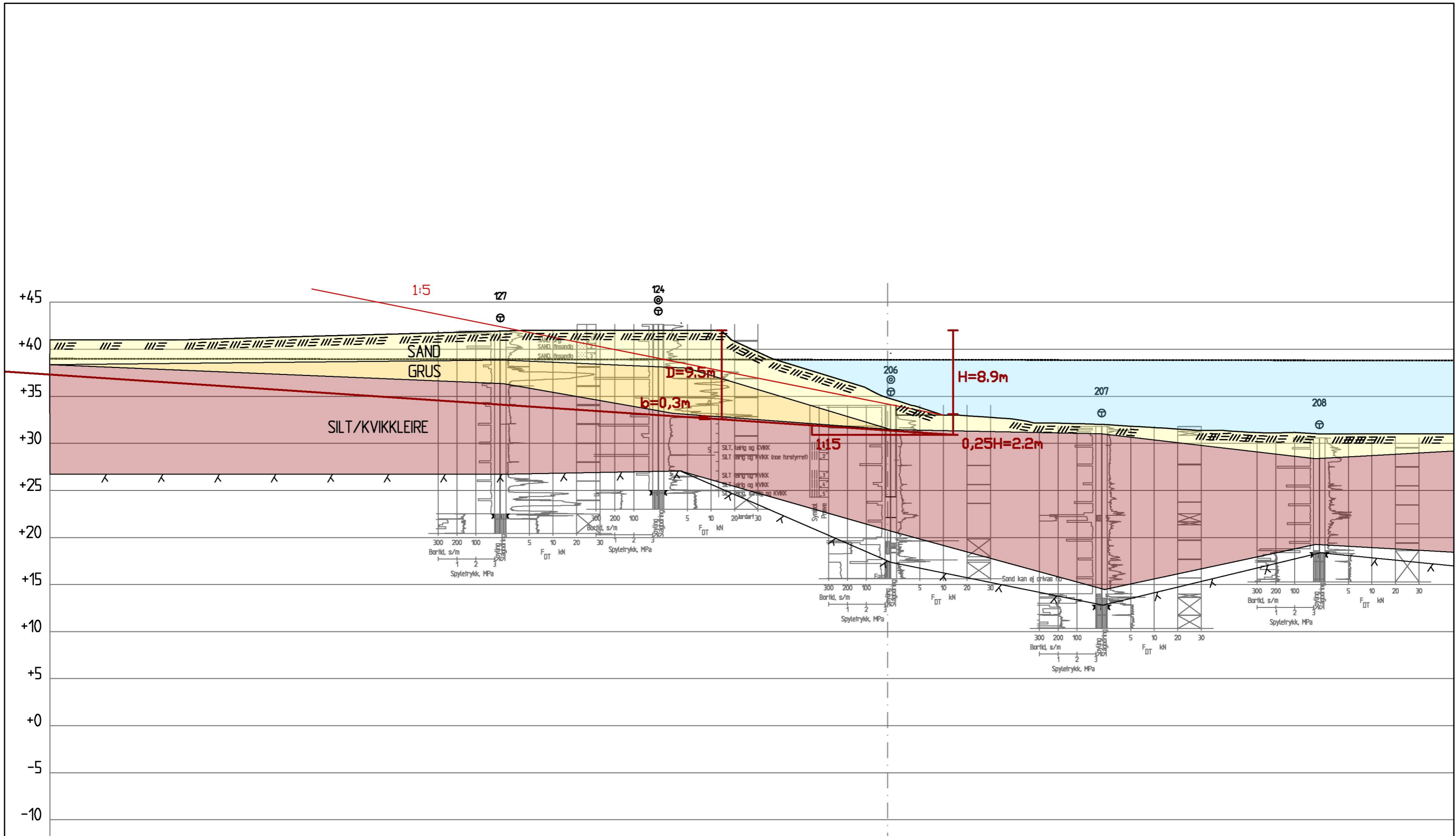
					FASE	REGULERINGSPLAN				O.NR	21096	Kundenr.	Fag	RIG	TEG.NR	G40 010	Rev.nr	0
					TYPE	STABILITETSBEREGNING				PROSJEKT	Aprova AS Hovedvannledning Rore - Lindtveit			TEG.NING	Profil E3 Stabiliserende tiltak - Udrenert			
					DATO	14.03.2022	MÅL	1:400 (A3)										
Revisjon	Revisjonstekst	Dato	Tegnet	Kontr.	FIL	ELV E3 - SU02.DWG		SIGN.	MT	KTRL	LTL	 Dagfin Skaar AS Rådgivende ing. MRIF TLF 38 14 45 25 www.dagfinskaar.no						





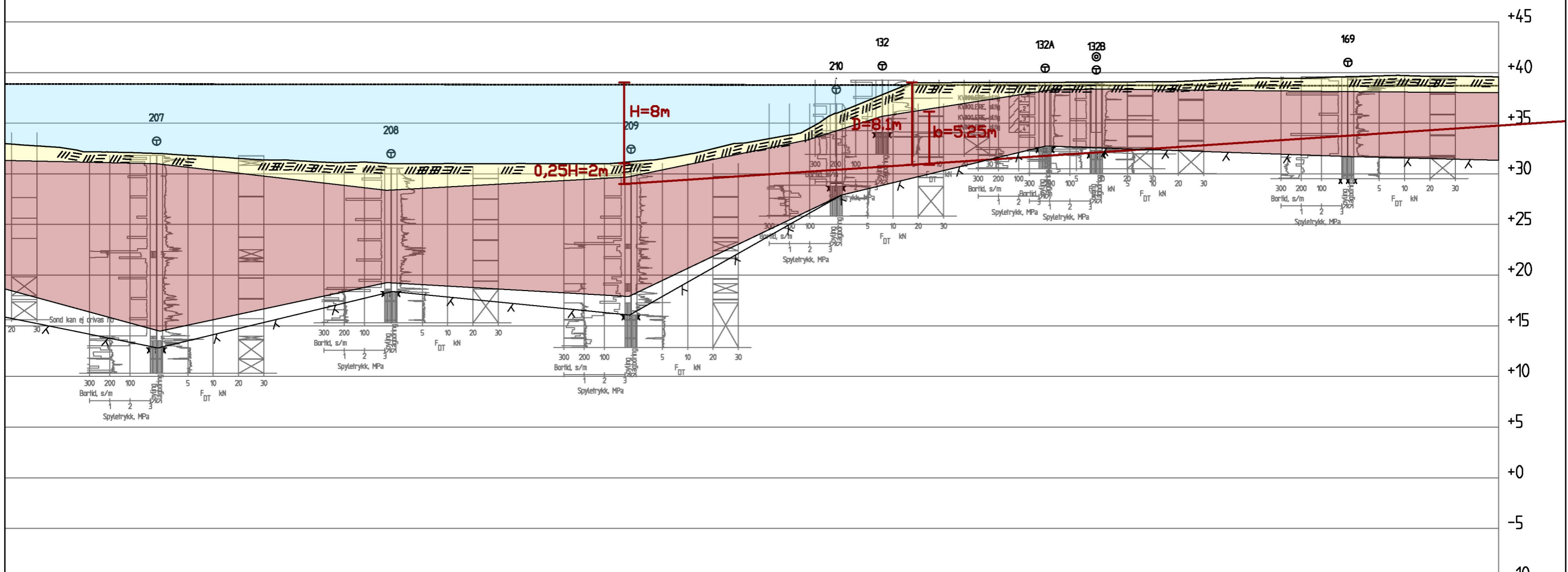
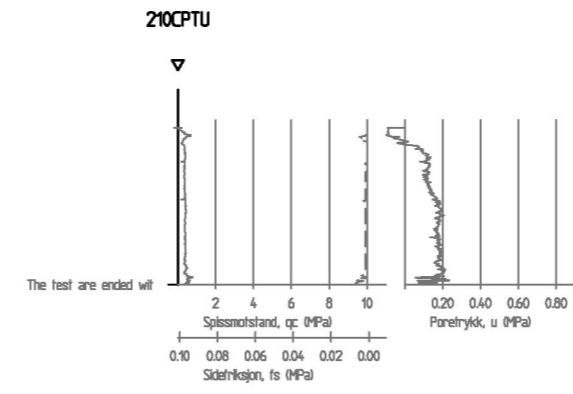
					FASE	REGULERINGSPLAN			O.NR	21096	Kundnr.	Fag	RIG	TEG.NR	G40 011	Rev.nr	0	
					TYPE	SONEUTREDNING			PROSJEKT	Aprova AS Hovedvannledning Rore - Lindtveit				TEG.NING	Profil E2 Avgrensning av kvikkleiresone			
					DATO	14.03.2022	MÅL	1:400 (A3)										
Revisjon	Revisjonstekst	Dato	Tegnet	Kontr.	FIL	ELV E2 - SU01.DWG	SIGN.	MT	KTRL	LTL	 Dagfin Skaar AS Rådgivende ing. MRIF TLF 38 14 45 25 www.dagfinskaar.no							



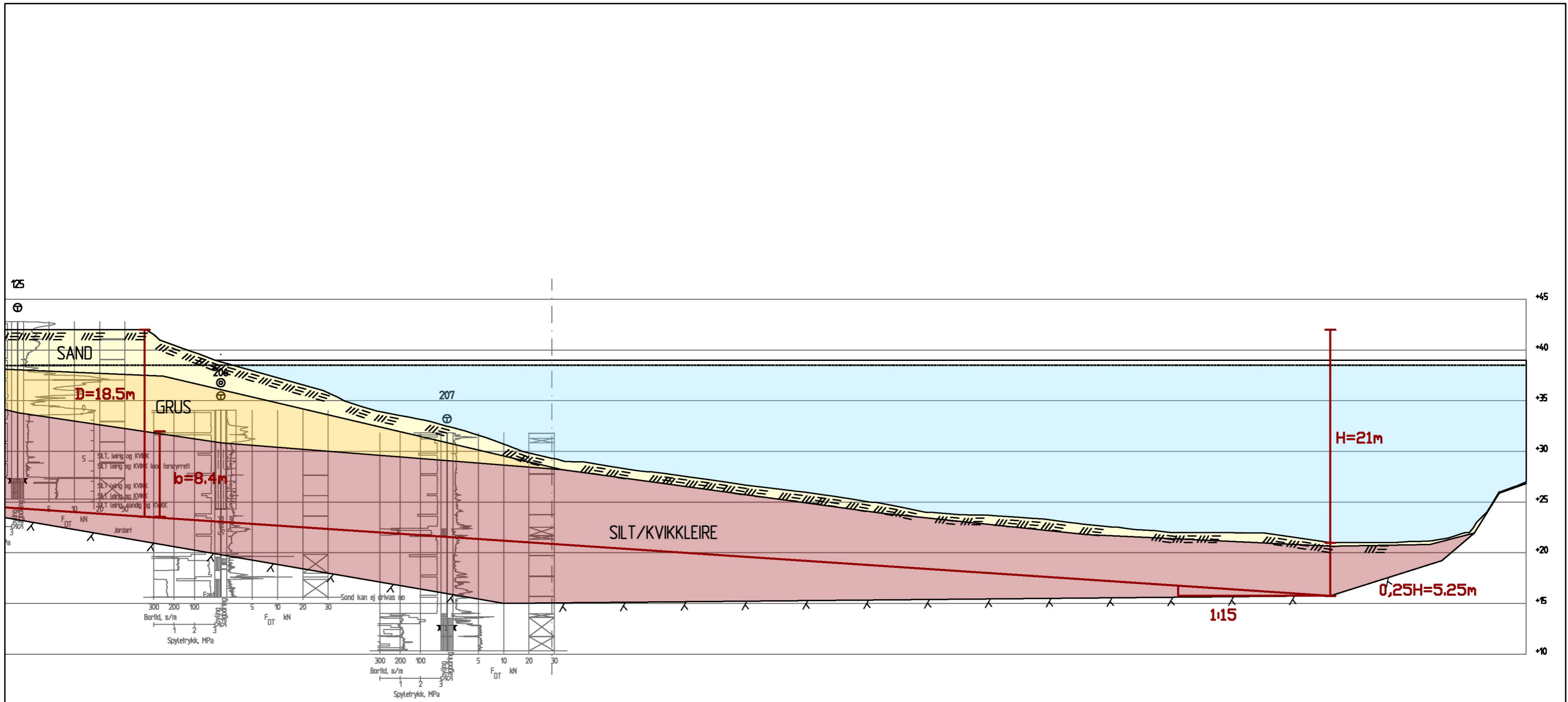
					FASE	REGULERINGSPLAN				O.NR	21096	Kundenr.	Fag	RIG	TEGN.NR	G40 012	Rev.nr	0				
					TYPE	SONEUTREDNING				PROSJEKT	Aprova AS		Hovedvannledning		Rore - Lindtveit		TEGNING		Profil E5		Avgrensning av kvikkleiresone	
					DATO	14.03.2022	MÅL	1:750 (A3)														
Revisjon	Revisjonstekst	Dato	Tegnet	Kontr.	FIL	ELV ES.DWG		SIGN.	MT	KTRL.	LTL							 Dagfin Skaar AS Rådgivende ing. MRIF TLF 38 14 45 25 www.dagfinskaar.no				



FASE		REGULERINGSPLAN			O.NR	21096	Kundnr.	Fag	RIG	TEGN.NR	G40 013	Rev.nr	0
TYPE		SONEUTREDNING			PROSJEKT	Aprova AS			Profil E1 - Vest				
DATO		14.03.2022	MÅL	1:400 (A3)		Hovedvannledning			Vurdering av skredmekanisme				
FIL		ELV E1 - SU01.DWG			SIGN.	MT	KTRL.	LTL	 Dagfin Skaar AS Rådgivende ing. MRIF TLF 38 14 45 25 www.dagfinskaar.no				
Revisjon	Revisjonstekst	Dato	Tegnet	Kontr.									





Revisjon	Revisjonstekst	Dato	Tegnet	Kontr.	FASE	REGULERINGSPLAN	O.NR	21096	Kundenr.	Fag	RIG	TEG.NR	G40 014	Rev.nr	0
					TYPE	SONEUTREDNING	PROSJEKT	Aprova AS Hovedvannledning Rore - Lindtveit				TEGNING	Profil E1 - Øst Vurdering av skredmekanisme		
					DATO	14.03.2022	MÅL	1:400 (A3)							
					FIL	ELV E1 - SU01.DWG	SIGN.	MT	KTRL	LTL					
													 Dagfin Skaar AS Rådgivende ing. MRIF TLF 38 14 45 25 www.dagfinskaar.no		

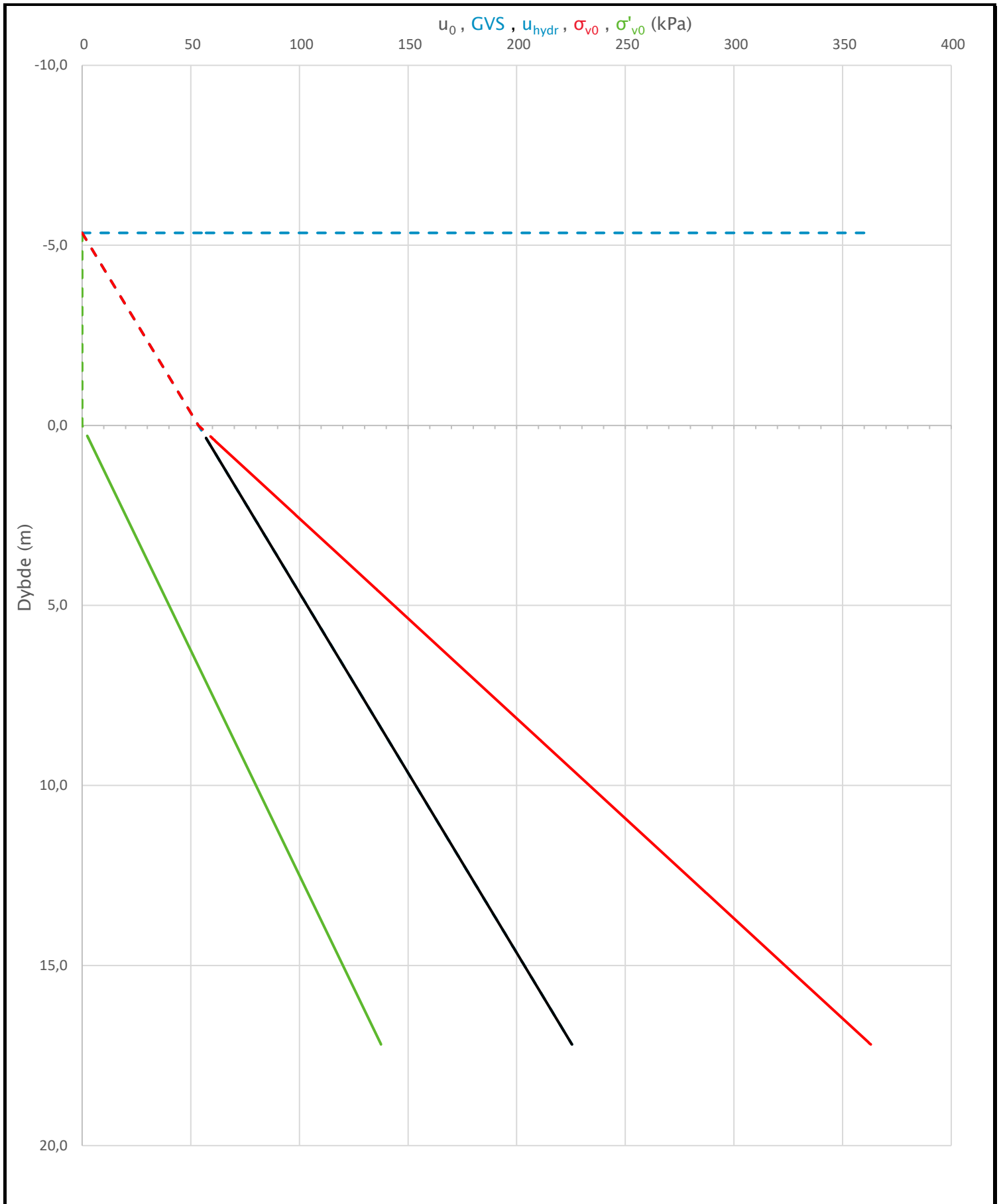


Revisjon	Revisjonstekst	Dato	Tegnet	Kontr.	FASE	REGULERINGSPLAN	O.NR	21096	Kundenr.	Fag	RIG	TEGN.NR	G40 015	Rev.nr	0
					TYPE	SONEUTREDNING	PROSJEKT	Aprova AS Hovedvannledning Rore - Lindtveit				TEGNING	Profil E3 Vurdering av skredmekanisme		
					DATO	14.03.2022			MÅL	1:400 (A3)					
					FIL	ELV E3 - SU01.DWG	SIGN.	MT	KTRL	LTL					

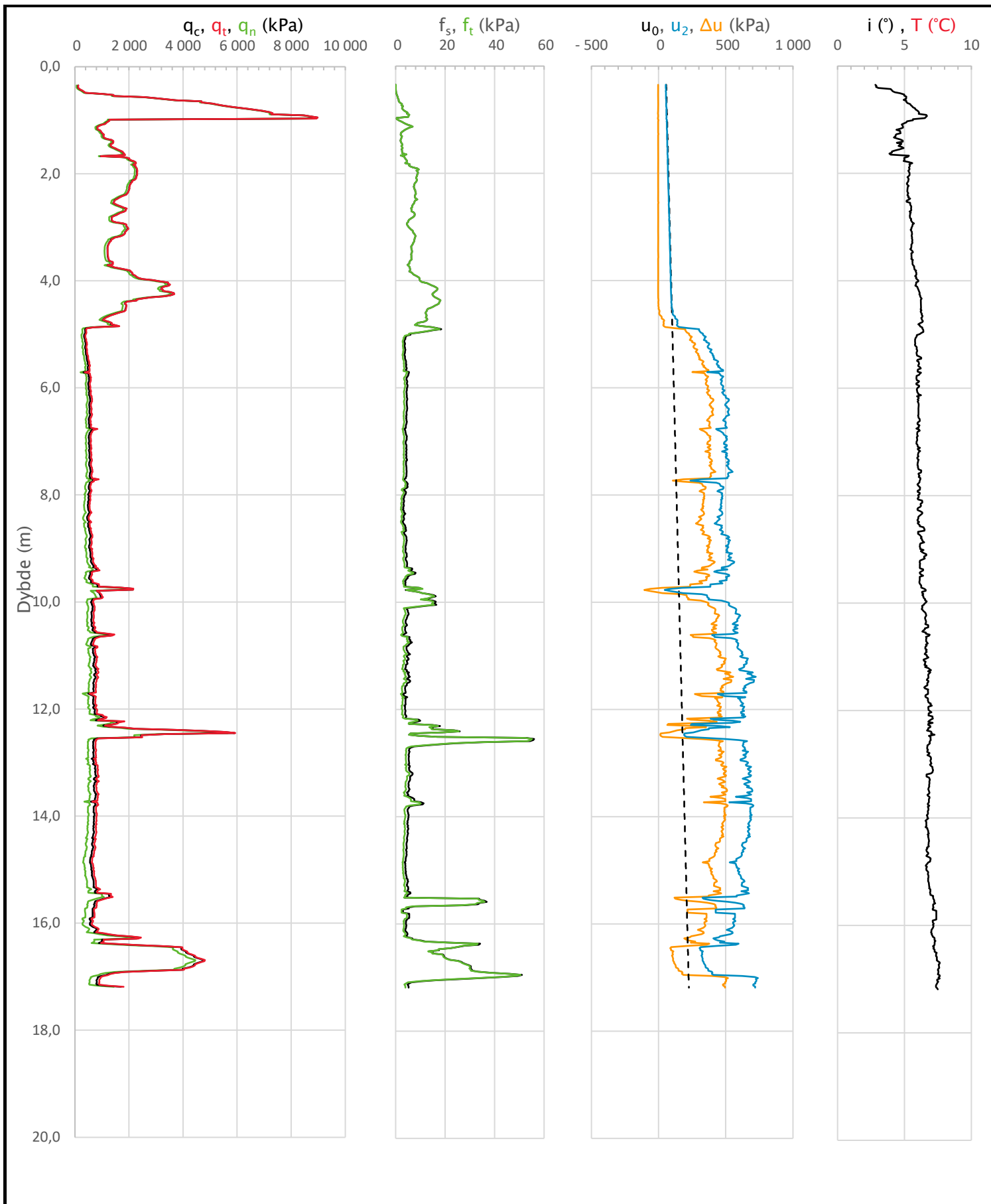

Dagfin Skaar AS
 Rådgivende ing. MRIF
 TLF 38 14 45 25
 www.dagfinskaar.no




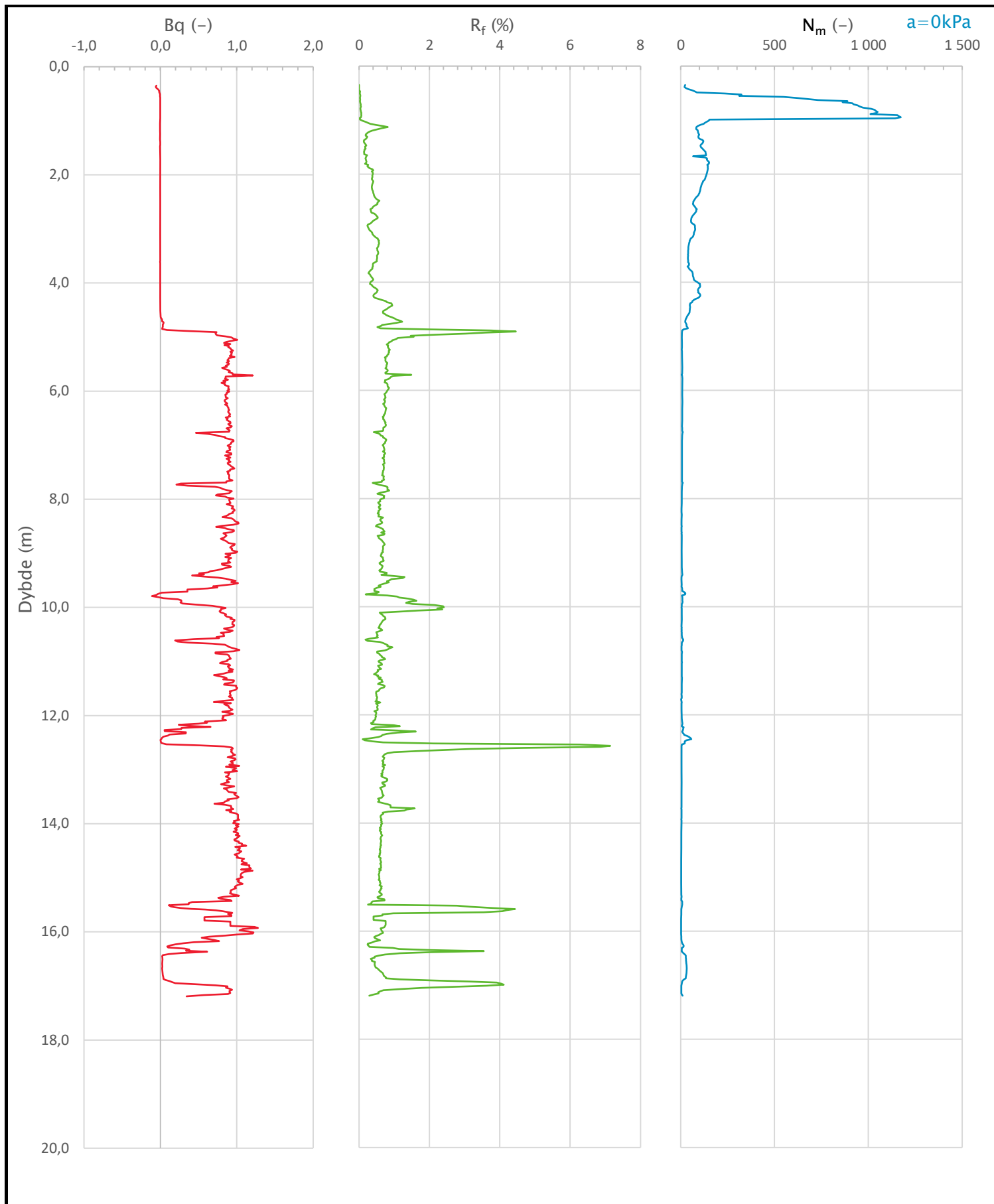
Sonde og utførelse						
Sondennummer	5564		Boreleder	SF		
Type sonde	Nova		Temperaturendring (°C)	0		
Kalibreringsdato	01.12.2021		Maks helning (°)	7,6		
Dato sondering	17.02.2022		Maks avstand målinger (m)	0,02		
Filtertype						
Kalibreringsdata						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
Maksimal last (MPa)	50		0,5		2	
Måleområde (MPa)	50		0,5		2	
Skaleringsfaktor	1269		3615		3728	
Oppløsning 2 ¹² bit (kPa)	-		-		-	
Oppløsning 2 ¹⁸ bit (kPa)	0,6012		0,0106		0,0205	
Arealforhold	0,8670		0,0000			
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	27,639		0,527		1,124	
Temperaturområde (°C)	40					
Nullpunktskontroll						
	NA		NB		NC	
Registrert før sondering (kPa)	7479,0		129,7		246,8	
Registrert etter sondering (kPa)	-9,0		-0,4		0,8	
Avvik under sondering (kPa)	9,0		0,4		0,8	
Maksimal temperatureffekt (kPa)	0,0		0,0		0,0	
Maksverdi under sondering (kPa)	8975,9		56,0		740,4	
Vurdering av anvendelsesklasse ihht. ISO 22476-1:2012						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
Samlet nøyaktighet (kPa)	9,6	0,1	0,4	0,7	0,8	0,1
Tillatt nøyaktighet klasse 1	35	5	5	10	10	2
Tillatt nøyaktighet klasse 2	100	5	15	15	25	3
Tillatt nøyaktighet klasse 3	200	5	25	15	50	5
Tillatt nøyaktighet klasse 4	500	5	50	20		
Anvendelsesklasse	1	1	1	1	1	1
Anvendelsesklasse måleintervall	1					
Anvendelsesklasse	1					
Måleverdier under kapasitet/krav						
Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk	Helning	Temperatur		
OK	OK	OK	OK	OK		
Kommentarer:						
Prosjekt			Prosjektnummer: 21096		Borhull	
Rore-Lindtveit					203	
Innhold					Sondennummer	
Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet					5564	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse		
	MT	LTL	MT	1		
	Firma	Dato sondering	Revisjon	Figur		
	Dagfin Skaar AS	17.02.2022	Rev. dato	1		




Prosjekt			Prosjektnummer: 21096	Borhull
Rore-Lindtveit				203
Innhold			Sondenummer	
In-situ poretrykk, total- og effektiv vertikalspenning i beregninger			5564	
 Dagfin Skaar A/S Rådgivende ing. MRIF	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	MT	LTL	MT	1
	Firma	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Dagfin Skaar AS	17.02.2022	Rev. dato	2

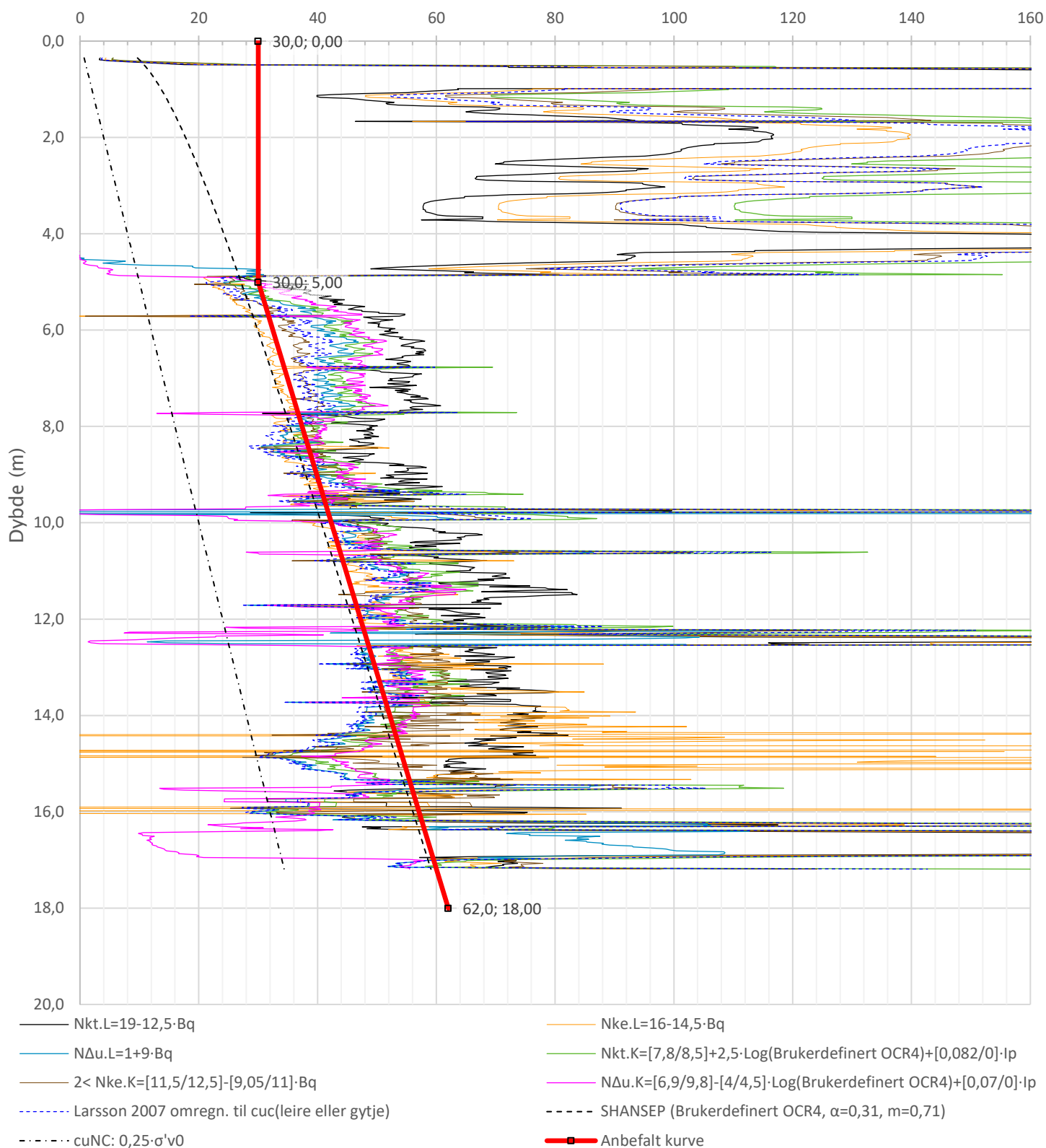



Prosjekt		Prosjektnummer: 21096		Borhull
Rore-Lindtveit				203
Innhold				Sondennummer
Måledata og korrigerte måleverdier				5564
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	MT	LTL	MT	1
Firma	Dato sondering	Revisjon	Figur	3
	Dagfin Skaar AS	17.02.2022		



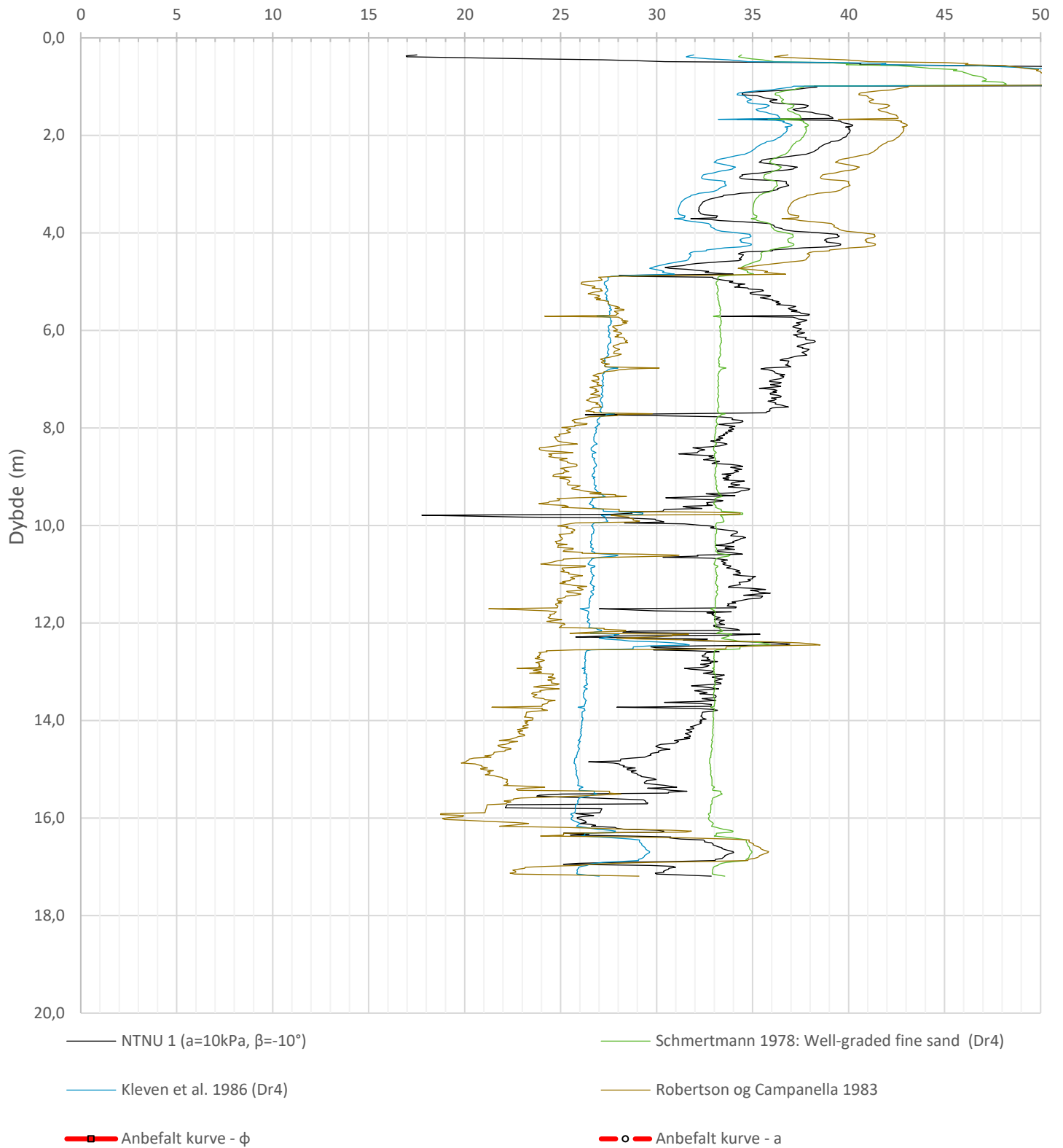
Prosjekt		Prosjektnummer: 21096		Borhull
Rore-Lindtveit				203
Innhold				Sondennummer
Avledede dimensjonsløse forhold				5564
 Dagfin Skaar AS <small>Rådgivende ing. MRIF</small>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	MT	LTL	MT	1
	Firma	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Dagfin Skaar AS	17.02.2022	Rev. dato	4


Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)

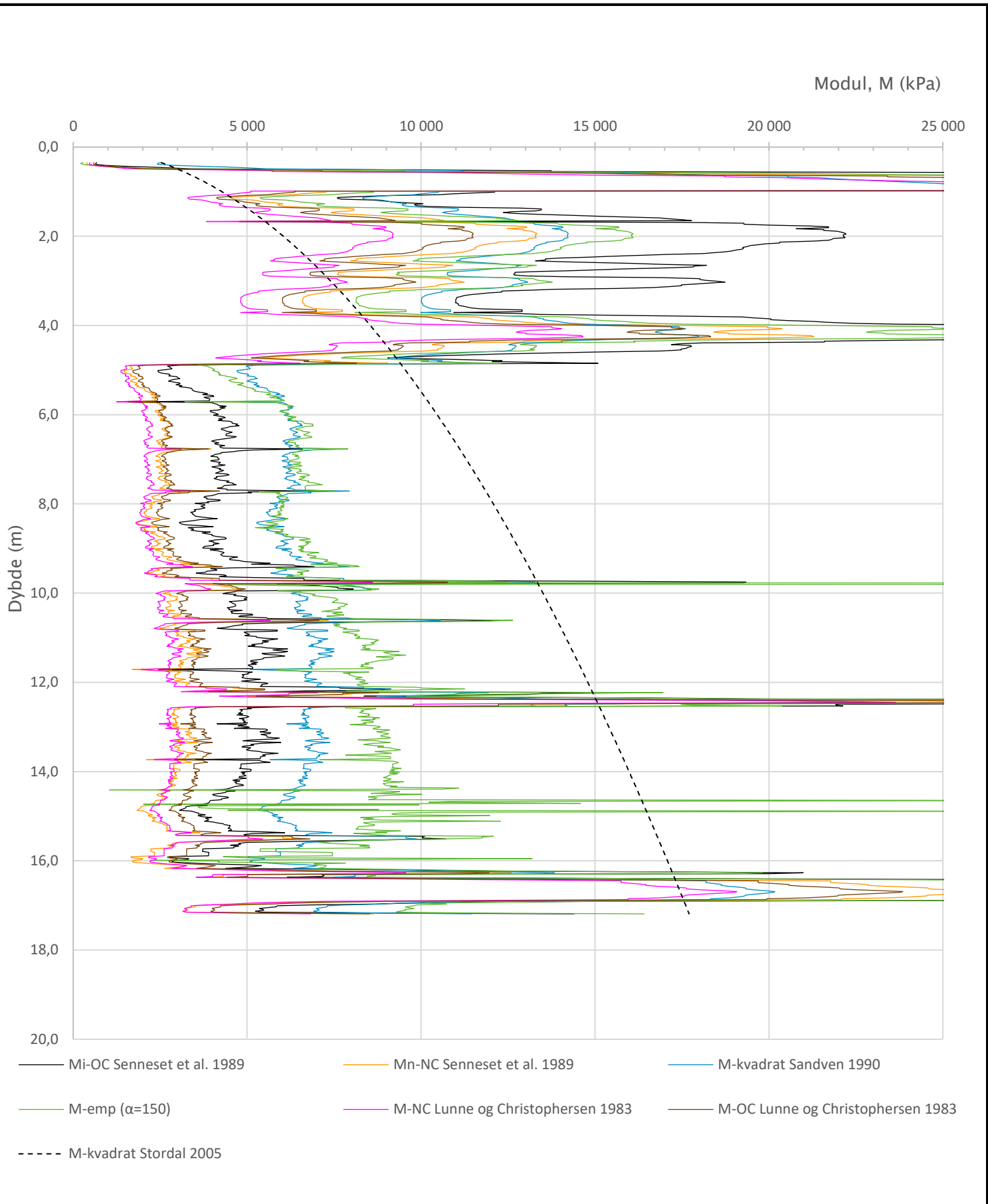



Prosjekt		Prosjektnummer: 21096		Borhull
Rore-Lindtveit				203
Innhold				Sondennummer
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				5564
 Dagfin Skaar A/S Rådgivende ing. MRIF	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	MT	LTL	MT	1
Firma	Dato sondering	Revisjon	Figur	
Dagfin Skaar AS	17.02.2022	Rev. dato	5	

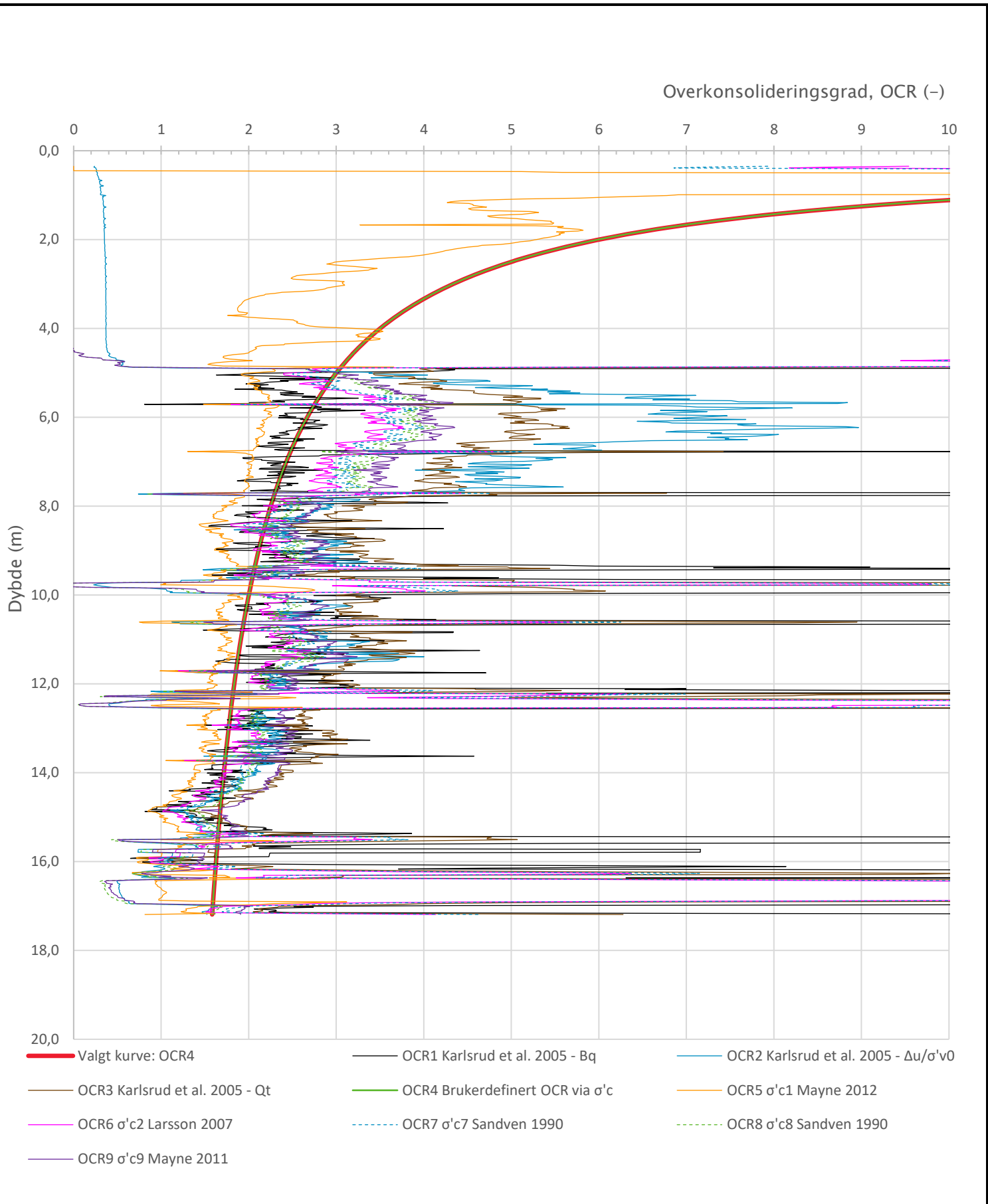
Friksjonsvinkel, ϕ (°)
attraksjon, a (kPa)



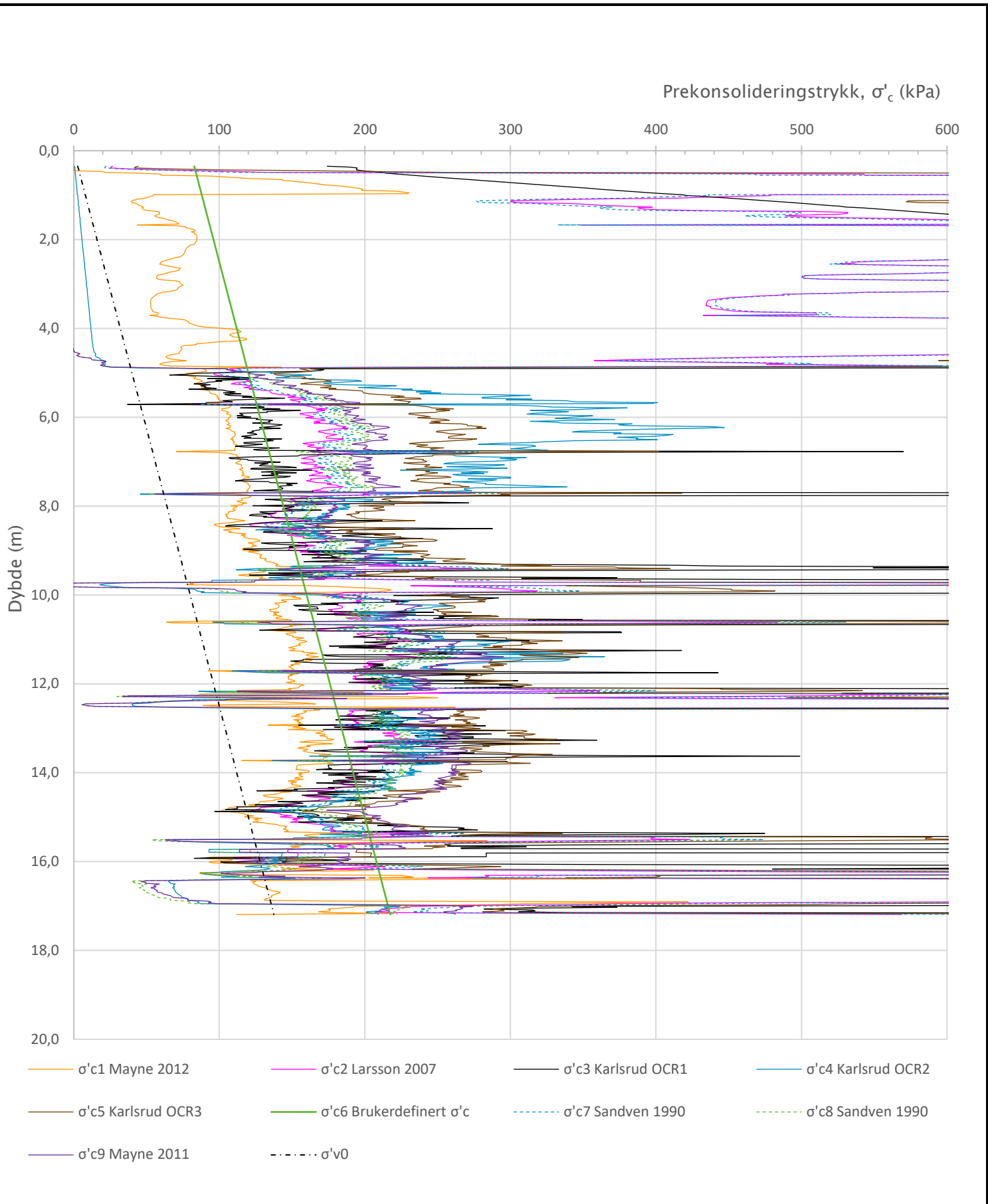
Prosjekt Rore-Lindtveit			Prosjektnummer: 21096	Borhull 203
Innhold Tolkning av friksjonsvinkel og attraksjon			Sondennummer 5564	
	Utført MT	Kontrollert LTL	Godkjent MT	Anvend.klasse 1
	Firma Dagfin Skaar AS	Dato sondering 17.02.2022	Revisjon Rev. dato	Figur 6




Prosjekt			Prosjektnummer: 21096	Borhull
Rore-Lindtveit				203
Innhold			Sondennummer	
Tolkning av modul			5564	
 Dagfin Skaar A/S Rådgivende ing. MRIF	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	MT	LTL	MT	1
Firma	Dato sondering	Revisjon	Figur	
Dagfin Skaar AS	17.02.2022	Rev. dato	7	

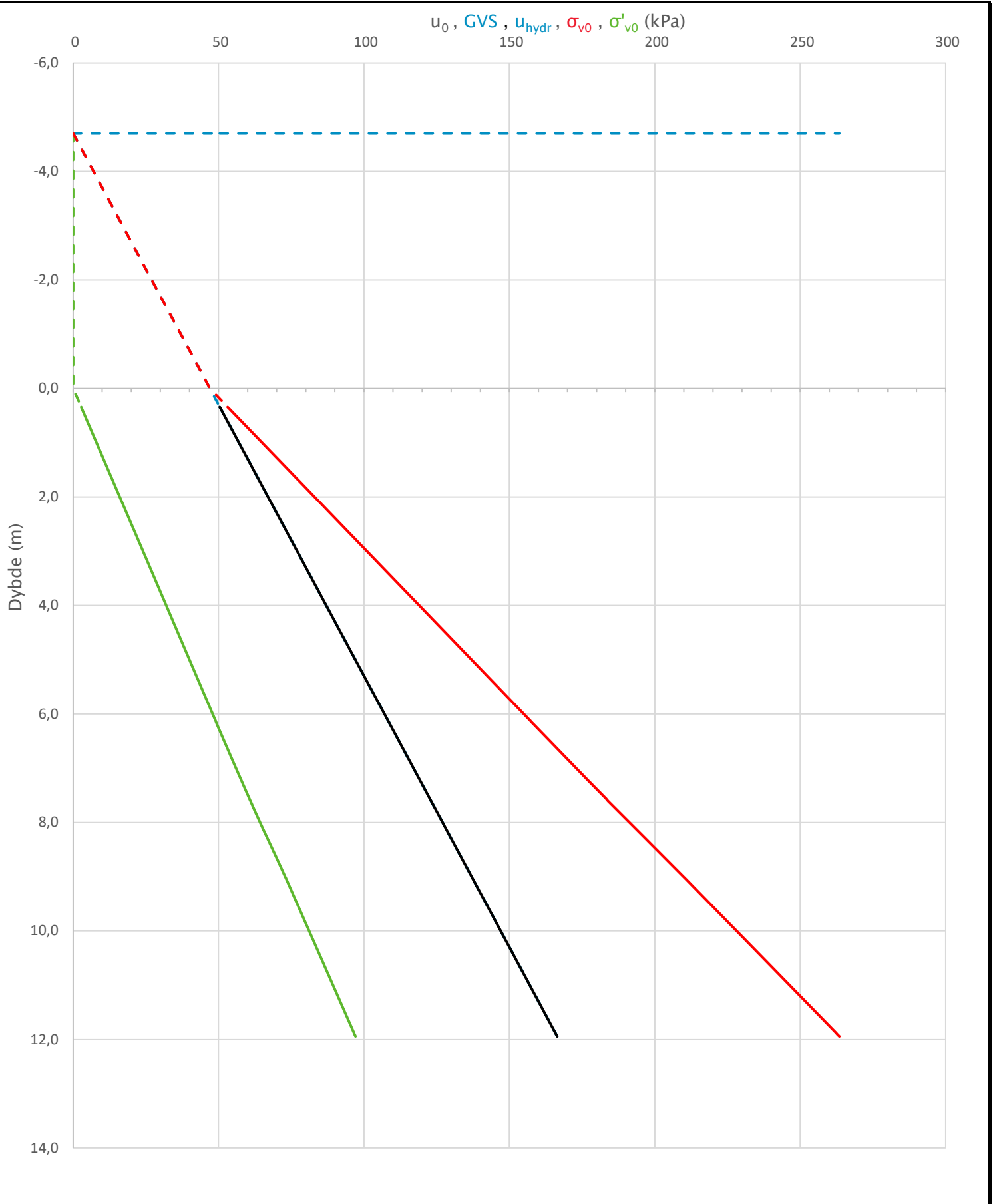



Prosjekt		Prosjektnummer: 21096		Borhull
Rore-Lindtveit				203
Innhold			Sondenummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR			5564	
 Dagfin Skaar A/S <small>Rådgivende ing. MRIF</small>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	MT	LTL	MT	1
Firma	Dato sondering	Revisjon	Figur	
Dagfin Skaar AS	17.02.2022	Rev. dato	8	

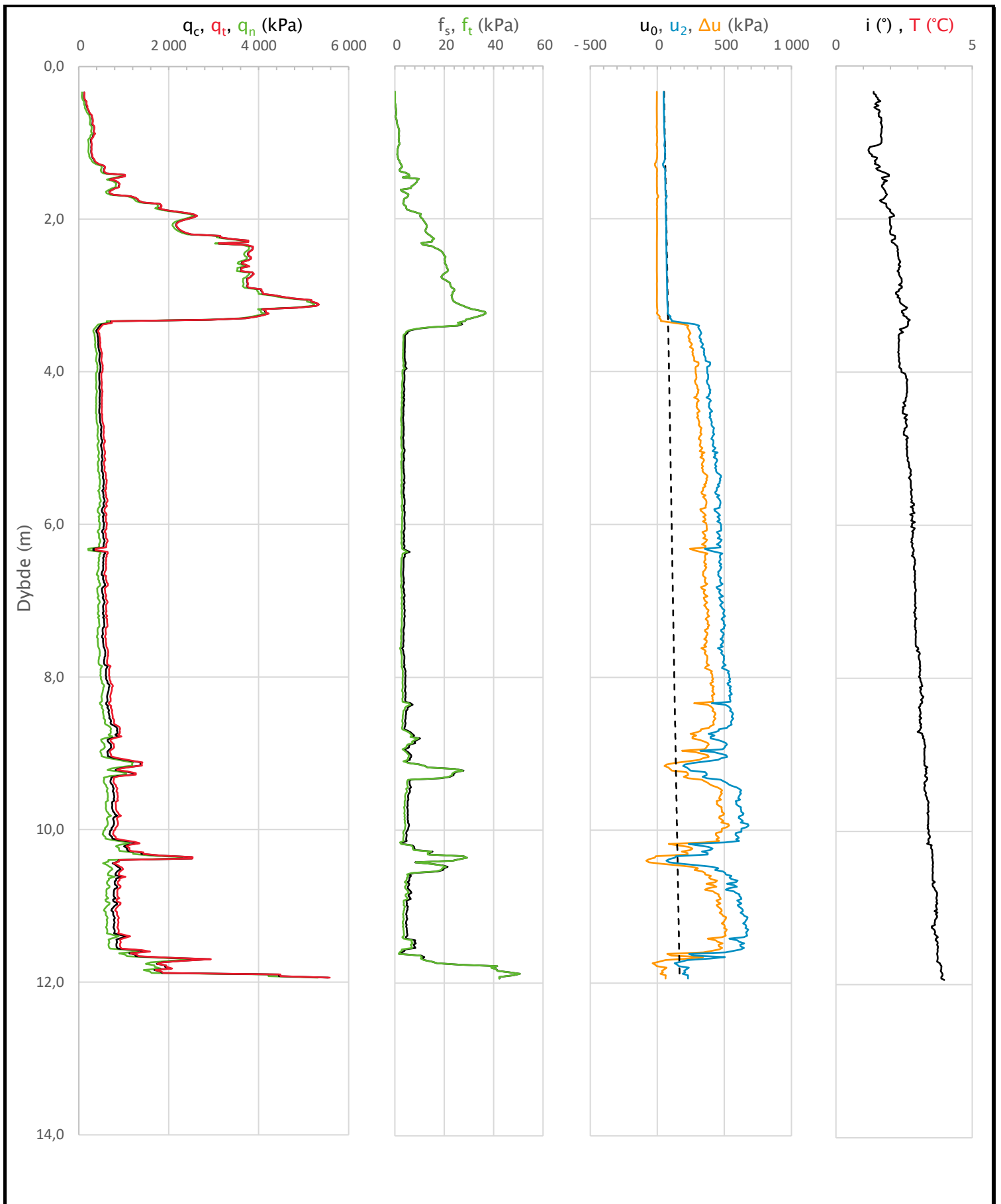



Prosjekt Rore-Lindtveit			Prosjektnummer: 21096	Borhull 203
Innhold Prekonsolideringstrykk, σ'_c			Sondennummer 5564	
 Dagfin Skaar A/S Rådgivende ing. MRIF	Utført MT	Kontrollert LTL	Godkjent MT	Anvend.klasse 1
	Firma Dagfin Skaar AS	Dato sondering 17.02.2022	Revisjon Rev. dato	Figur 9

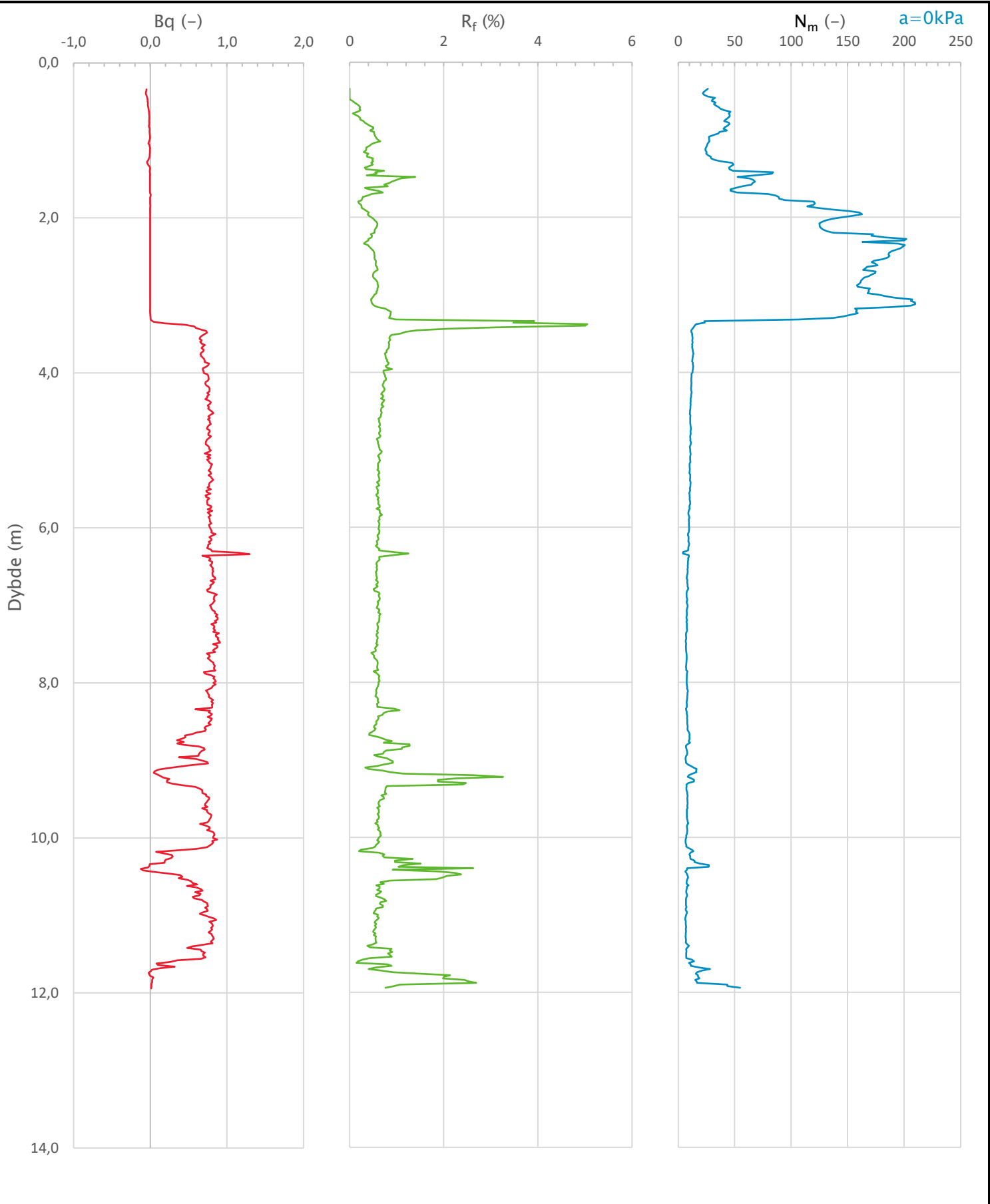
Sonde og utførelse						
Sondennummer	5564		Boreleder	SF		
Type sonde	Nova		Temperaturendring (°C)	0		
Kalibreringsdato	01.12.2021		Maks helning (°)	4,0		
Dato sondering	15.02.2022		Maks avstand målinger (m)	0,02		
Filtertype						
Kalibreringsdata						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
Maksimal last (MPa)	50		0,5		2	
Måleområde (MPa)	50		0,5		2	
Skaleringsfaktor	1269		3615		3728	
Oppløsning 2 ¹² bit (kPa)	-		-		-	
Oppløsning 2 ¹⁸ bit (kPa)	0,6012		0,0106		0,0205	
Arealforhold	0,8670		0,0000			
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	27,639		0,527		1,124	
Temperaturområde (°C)	40					
Nullpunktskontroll						
	NA		NB		NC	
Registrert før sondering (kPa)	7445,9		130,4		248,8	
Registrert etter sondering (kPa)	3,6		-0,2		-0,6	
Avvik under sondering (kPa)	3,6		0,2		0,6	
Maksimal temperatureffekt (kPa)	0,0		0,0		0,0	
Maksverdi under sondering (kPa)	5551,9		50,7		682,1	
Vurdering av anvendelsesklasse ihht. ISO 22476-1:2012						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
Samlet nøyaktighet (kPa)	4,2	0,1	0,2	0,4	0,6	0,1
Tillatt nøyaktighet klasse 1	35	5	5	10	10	2
Tillatt nøyaktighet klasse 2	100	5	15	15	25	3
Tillatt nøyaktighet klasse 3	200	5	25	15	50	5
Tillatt nøyaktighet klasse 4	500	5	50	20		
Anvendelsesklasse	1	1	1	1	1	1
Anvendelsesklasse måleintervall	1					
Anvendelsesklasse	1					
Måleverdier under kapasitet/krav						
Spissmotstand	Sidefriksjon		Poretrykk		Helning	
OK	OK		OK		OK	
Kommentarer:						
Prosjekt			Prosjektnummer: 21096		Borhull	
Rore-Lindtveit					206	
Innhold					Sondennummer	
Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet					5564	
	Utført		Kontrollert		Godkjent	
	MT		LTL		MT	
Firma		Dato sondering		Revisjon		Anvend.klasse
Dagfin Skaar AS		15.02.2022		Rev. dato		
						Figur
						1
						1




Prosjekt			Prosjektnummer: 21096	Borhull
Rore-Lindtveit				206
Innhold			Sondennummer	
In-situ poretrykk, total- og effektiv vertikalspenning i beregninger			5564	
 Dagfin Skaar AS <small>Rådgivende ing. MRIF</small>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	MT	LTL	MT	1
	Firma	Dato sondering	Revisjon	Figur
Dagfin Skaar AS	15.02.2022	Rev. dato	2	



Prosjekt Rore-Lindtveit		Prosjektnummer: 21096		Borhull 206
Innhold Måledata og korrigerte måleverdier				Sondennummer 5564
	Utført MT	Kontrollert LTL	Godkjent MT	Anvend.klasse 1
	Firma Dagfin Skaar AS	Dato sondering 15.02.2022	Revisjon Rev. dato	Figur 3



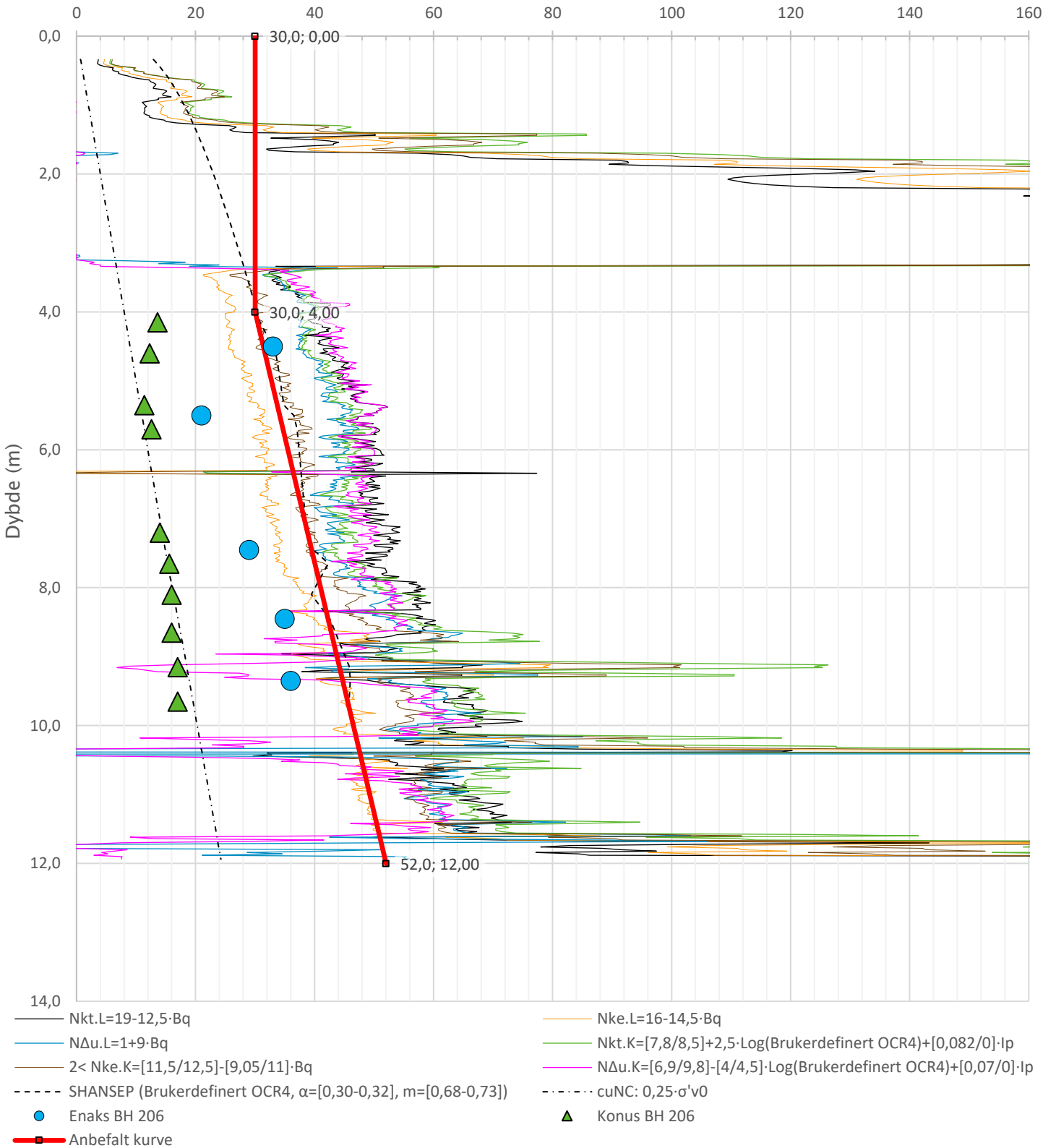
Prosjekt		Prosjektnummer: 21096		Borhull
Rore-Lindtveit				206
Innhold				Sondennummer
Avledede dimensjonsløse forhold				5564
 Dagfin Skaar AS <small>Rådgivende ing. MRIF</small>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	MT	LTL	MT	1
	Firma	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Dagfin Skaar AS	15.02.2022	Rev. dato	4


Anisotropiforhold i figur:

Enaks BH 206: $c_{uuc}/c_{ucptu} = 1,000$

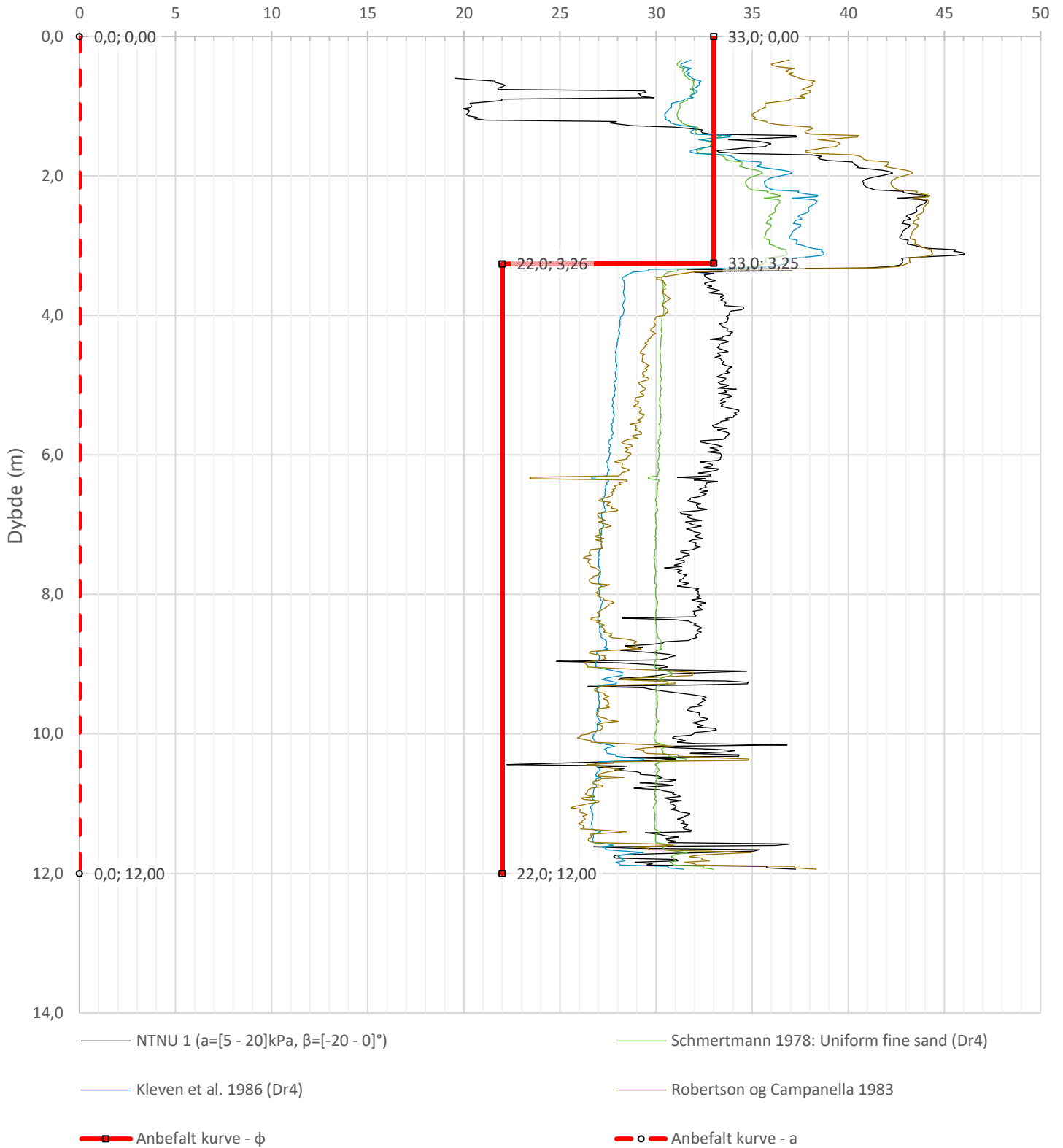
Konus BH 206: $c_{ufc}/c_{ucptu} = 1,000$


Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)

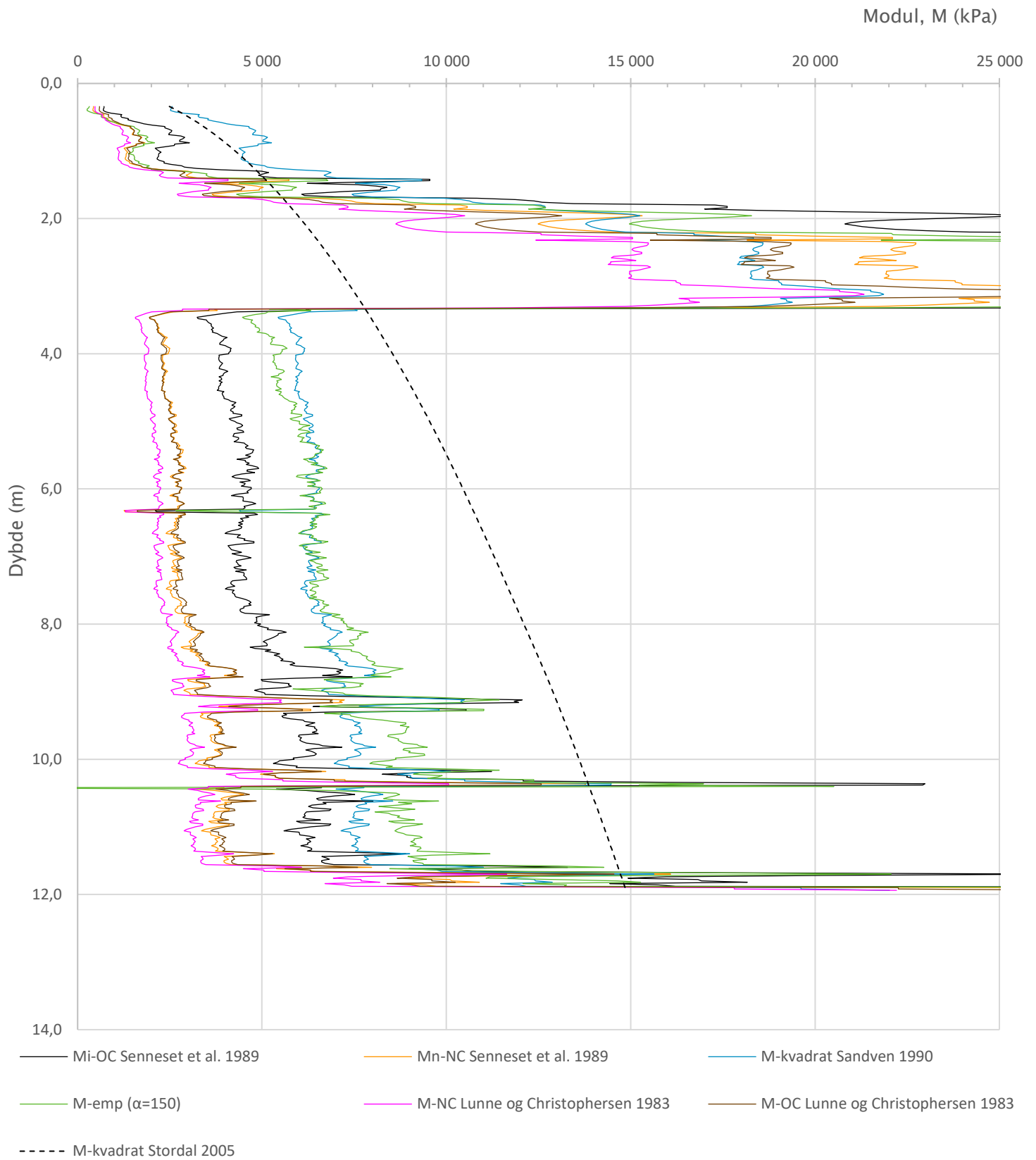



Prosjekt		Prosjektnummer: 21096		Borhull
Rore-Lindtveit				206
Innhold				Sondennummer
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				5564
 Dagfin Skaar A/S Rådgivende ing. MRIF	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	MT	LTL	MT	1
	Firma	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Dagfin Skaar AS	15.02.2022	Rev. dato	5

Friksjonsvinkel, ϕ (°)
attraksjon, a (kPa)

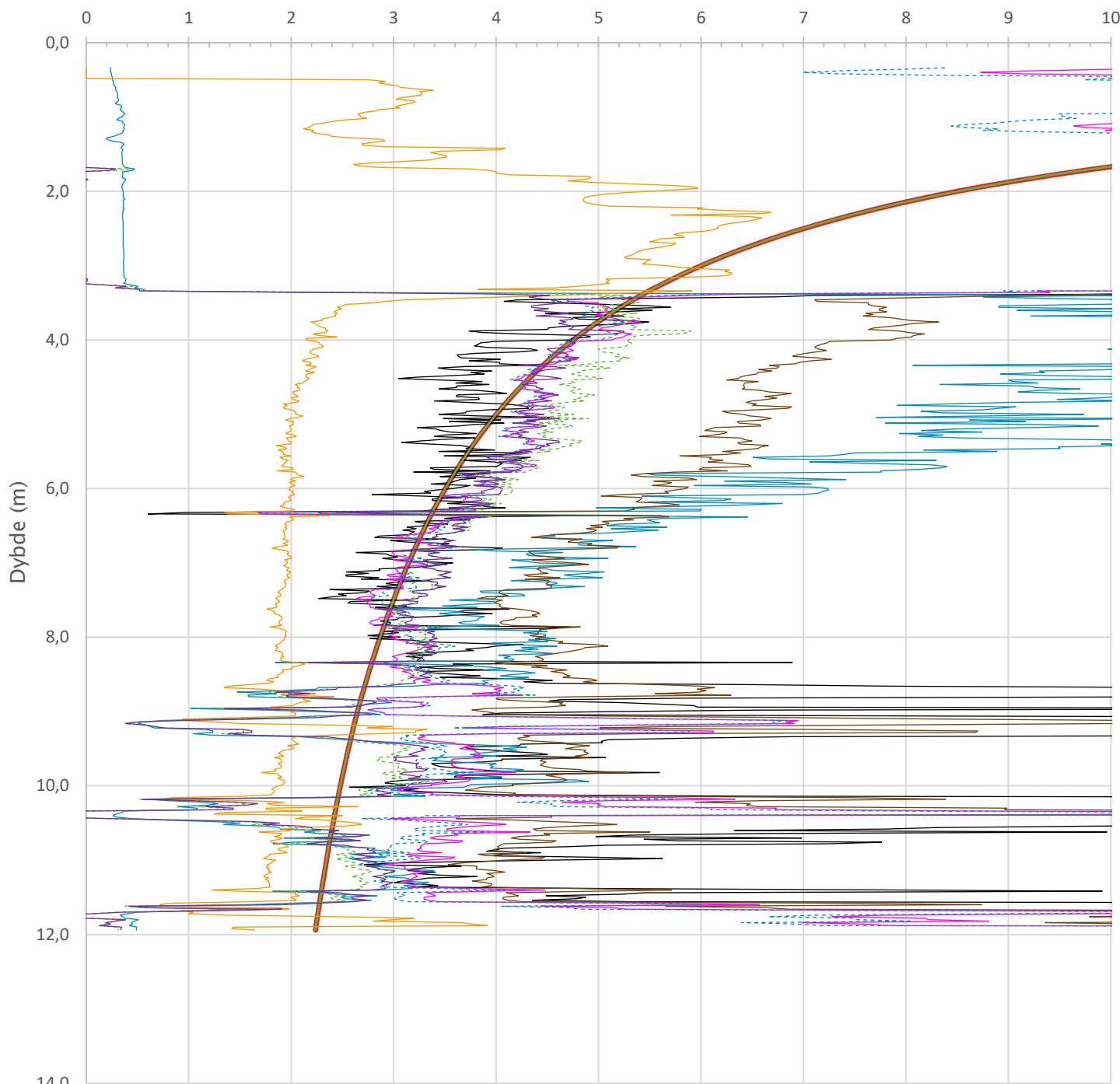


Prosjekt		Prosjektnummer: 21096		Borhull
Rore-Lindtveit				206
Innhold				Sondennummer
Tolkning av friksjonsvinkel og attraksjon				5564
 Dagfin Skaar A/S Rådgivende ing. MRIF	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	MT	LTL	MT	1
Firma	Dato sondering	Revisjon	Figur	
Dagfin Skaar AS	15.02.2022	Rev. dato	6	




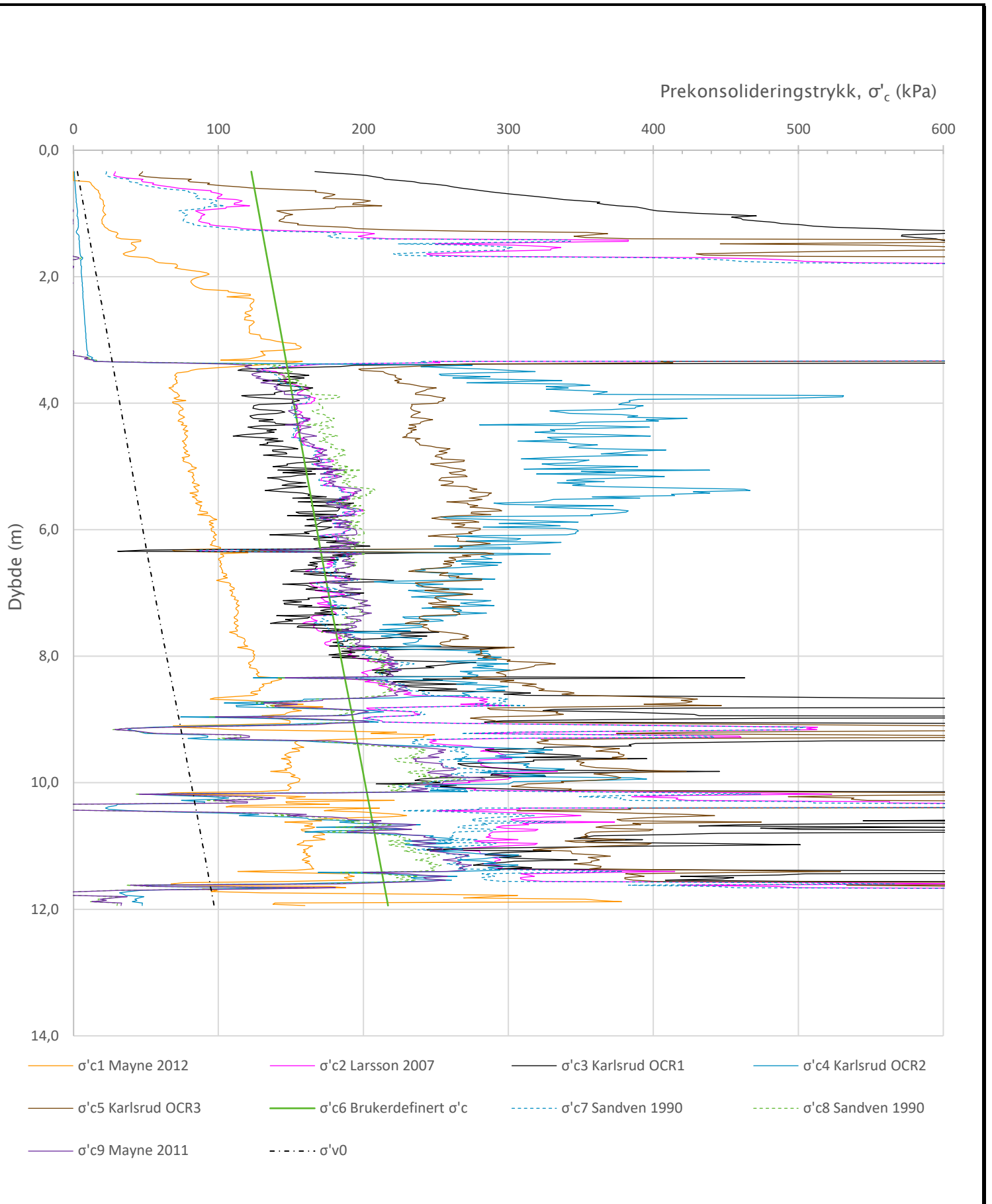
Prosjekt			Prosjektnummer: 21096		Borhull	
Rore-Lindtveit					206	
Innhold					Sondennummer	
Tolkning av modul					5564	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse		
	MT	LTL	MT	1		
Firma	Dato sondering	Revisjon	Figur		7	
Dagfin Skaar AS	15.02.2022	Rev. dato				

Overkonsolideringsgrad, OCR (-)




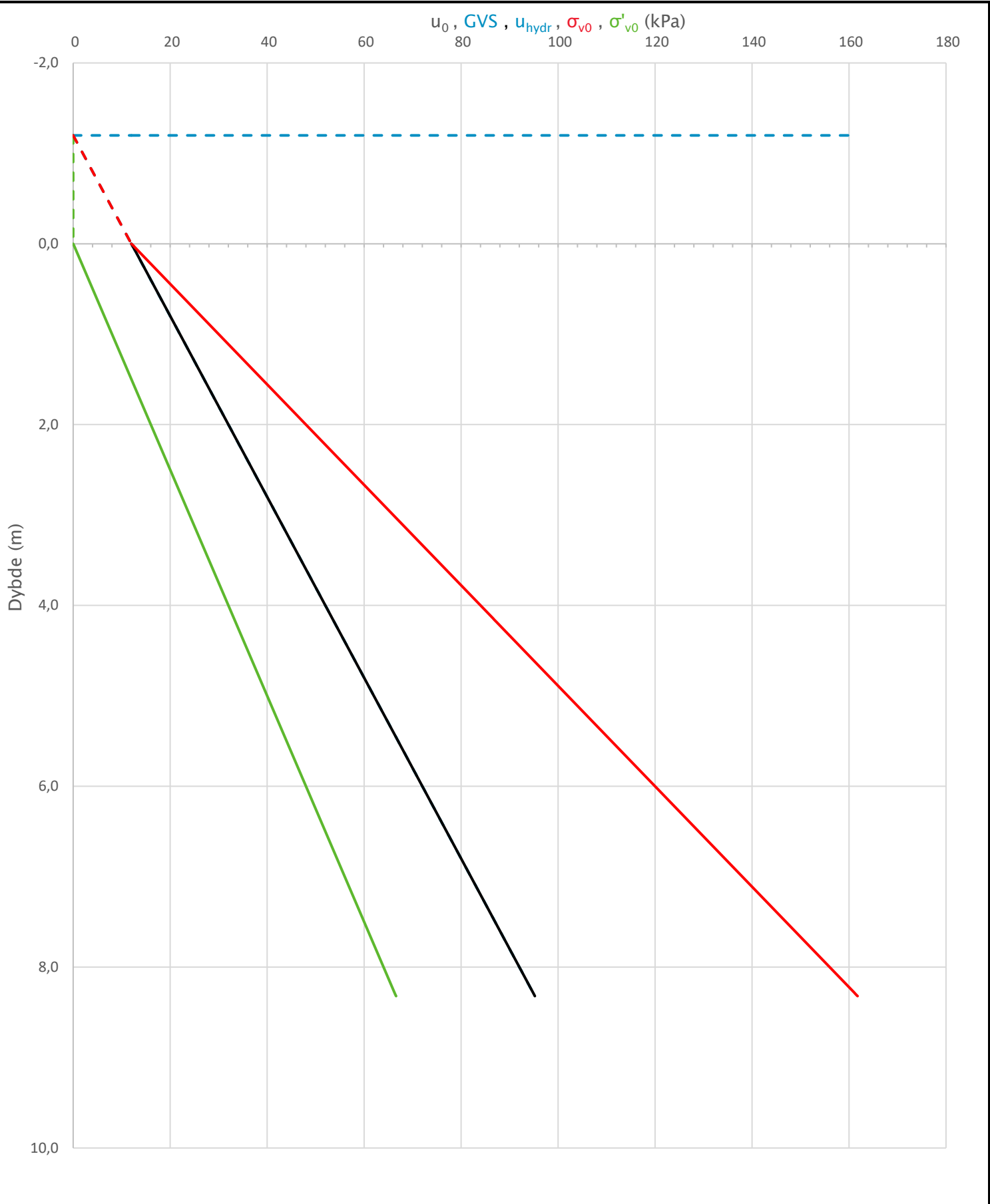
- Valgt kurve: OCR4
- OCR1 Karlsrud et al. 2005 - Bq
- OCR2 Karlsrud et al. 2005 - $\Delta u/\sigma'_{v0}$
- OCR3 Karlsrud et al. 2005 - Q_t
- OCR4 Brukerdefinert OCR via σ'_c
- OCR5 σ'_c1 Mayne 2012
- OCR6 σ'_c2 Larsson 2007
- OCR7 σ'_c7 Sandven 1990
- OCR8 σ'_c8 Sandven 1990
- OCR9 σ'_c9 Mayne 2011


Prosjekt			Prosjektnummer: 21096	Borhull
Rore-Lindtveit				206
Innhold				Sondennummer
Overkonsolideringsgrad, OCR				5564
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	MT	LTL	MT	1
Firma	Dato sondering	Revisjon	Figur	
Dagfin Skaar AS	15.02.2022	Rev. dato	8	

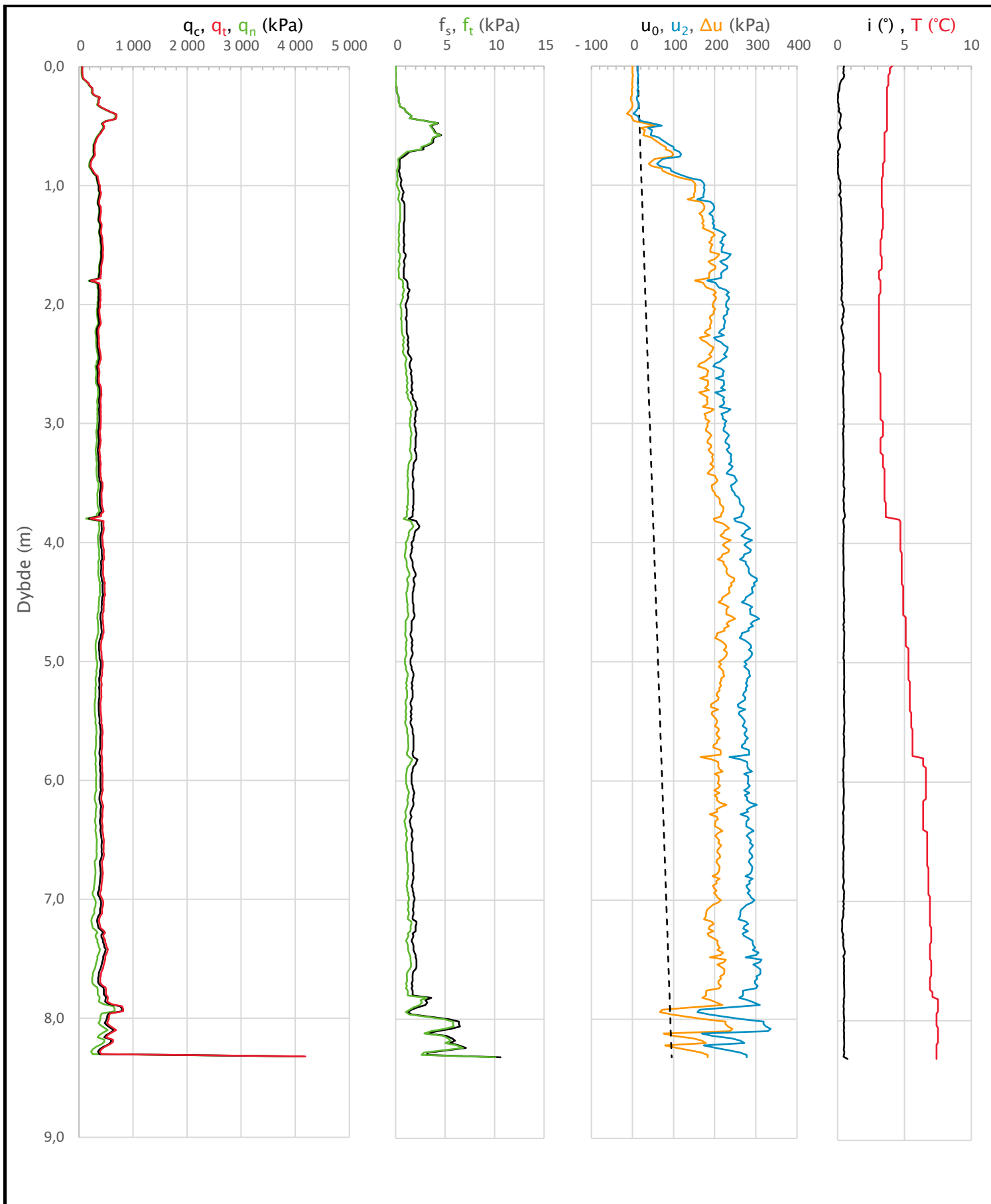



Prosjekt Rore-Lindtveit			Prosjektnummer: 21096	Borhull 206
Innhold Prekonsolideringstrykk, σ'_c			Sondennummer 5564	
 Dagfin Skaar A/S Rådgivende ing. MRIF	Utført MT	Kontrollert LTL	Godkjent MT	Anvend.klasse 1
	Firma Dagfin Skaar AS	Dato sondering 15.02.2022	Revisjon Rev. dato	Figur 9

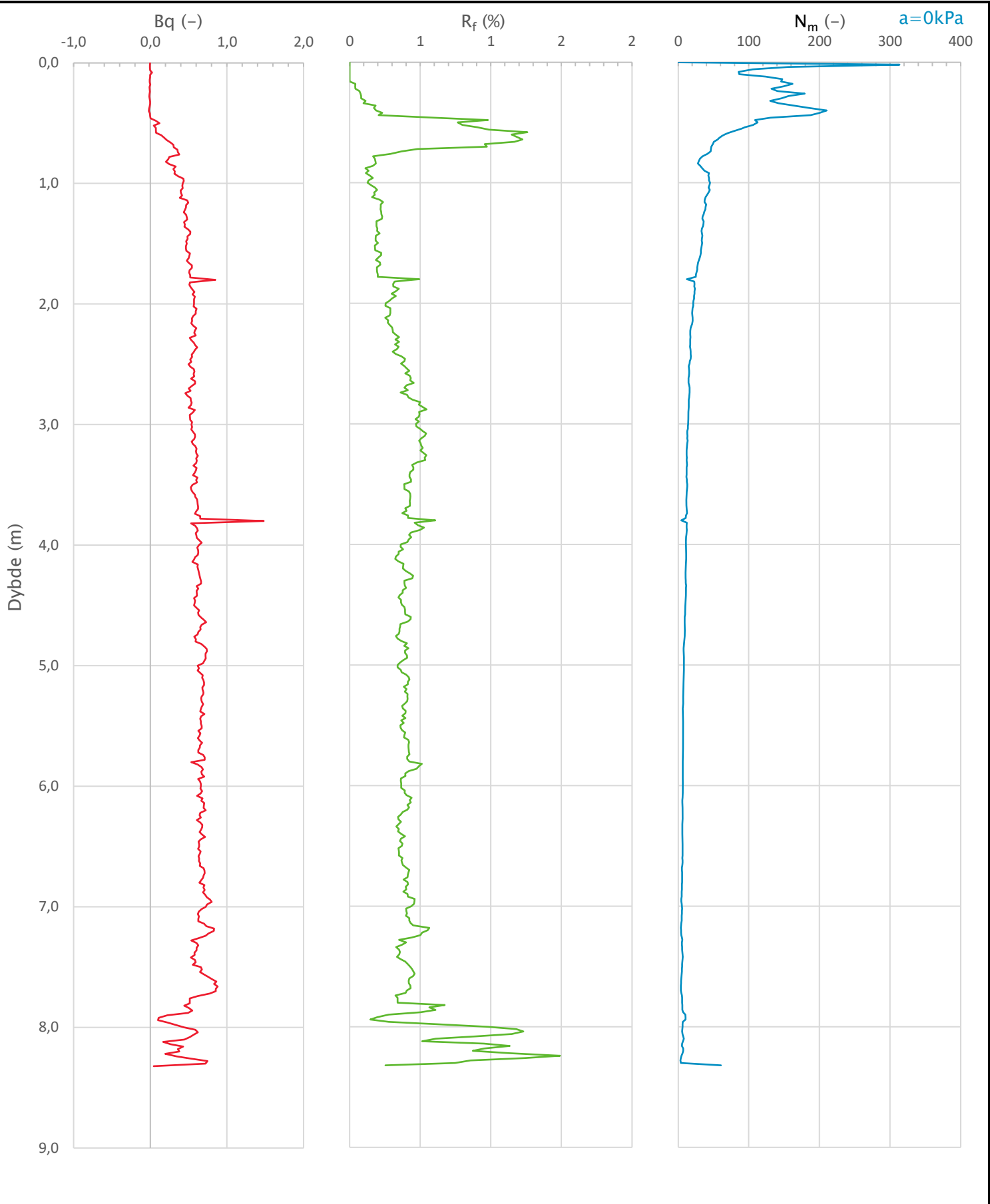
Sonde og utførelse						
Sondennummer	5564		Boreleder	SF		
Type sonde	Nova		Temperaturendring (°C)	4,4		
Kalibreringsdato	01.12.2021		Maks helning (°)	0,7		
Dato sondering	15.02.2022		Maks avstand målinger (m)	0,02		
Filtertype						
Kalibreringsdata						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
Maksimal last (MPa)	50		0,5		2	
Måleområde (MPa)	50		0,5		2	
Skaleringsfaktor	1269		3615		3728	
Oppløsning 2 ¹² bit (kPa)	-		-		-	
Oppløsning 2 ¹⁸ bit (kPa)	0,6012		0,0106		0,0205	
Arealforhold	0,8670		0,0000			
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	27,639		0,527		1,124	
Temperaturområde (°C)	40					
Nullpunktskontroll						
	NA		NB		NC	
Registrert før sondering (kPa)	7439,9		129,9		248,1	
Registrert etter sondering (kPa)	24,7		-0,1		-0,4	
Avvik under sondering (kPa)	24,7		0,1		0,4	
Maksimal temperatureffekt (kPa)	3,0		0,1		0,1	
Maksverdi under sondering (kPa)	4150,4		10,6		336,1	
Vurdering av anvendelsesklasse ihht. ISO 22476-1:2012						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
Samlet nøyaktighet (kPa)	28,3	0,7	0,2	1,6	0,5	0,2
Tillatt nøyaktighet klasse 1	35	5	5	10	10	2
Tillatt nøyaktighet klasse 2	100	5	15	15	25	3
Tillatt nøyaktighet klasse 3	200	5	25	15	50	5
Tillatt nøyaktighet klasse 4	500	5	50	20		
Anvendelsesklasse	1	1	1	1	1	1
Anvendelsesklasse måleintervall	1					
Anvendelsesklasse	1					
Måleverdier under kapasitet/krav						
Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk	Helning	Temperatur		
OK	OK	OK	OK	OK		
Kommentarer:						
Prosjekt			Prosjektnummer: 21096		Borhull	
Rore-Lindtveit					210	
Innhold					Sondennummer	
Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet					5564	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse		
	MT	LTL	MT	1		
	Firma	Dato sondering	Revisjon	Figur		
	Dagfin Skaar AS	15.02.2022	Rev. dato	1		




Prosjekt Rore-Lindtveit			Prosjektnummer: 21096	Borhull 210
Innhold In-situ poretrykk, total- og effektiv vertikalspenning i beregninger			Sondenummer 5564	
 Dagfin Skaar AS	Utført MT	Kontrollert LTL	Godkjent MT	Anvend.klasse 1
	Firma Dagfin Skaar AS	Dato sondering 15.02.2022	Revisjon Rev. dato	Figur 2

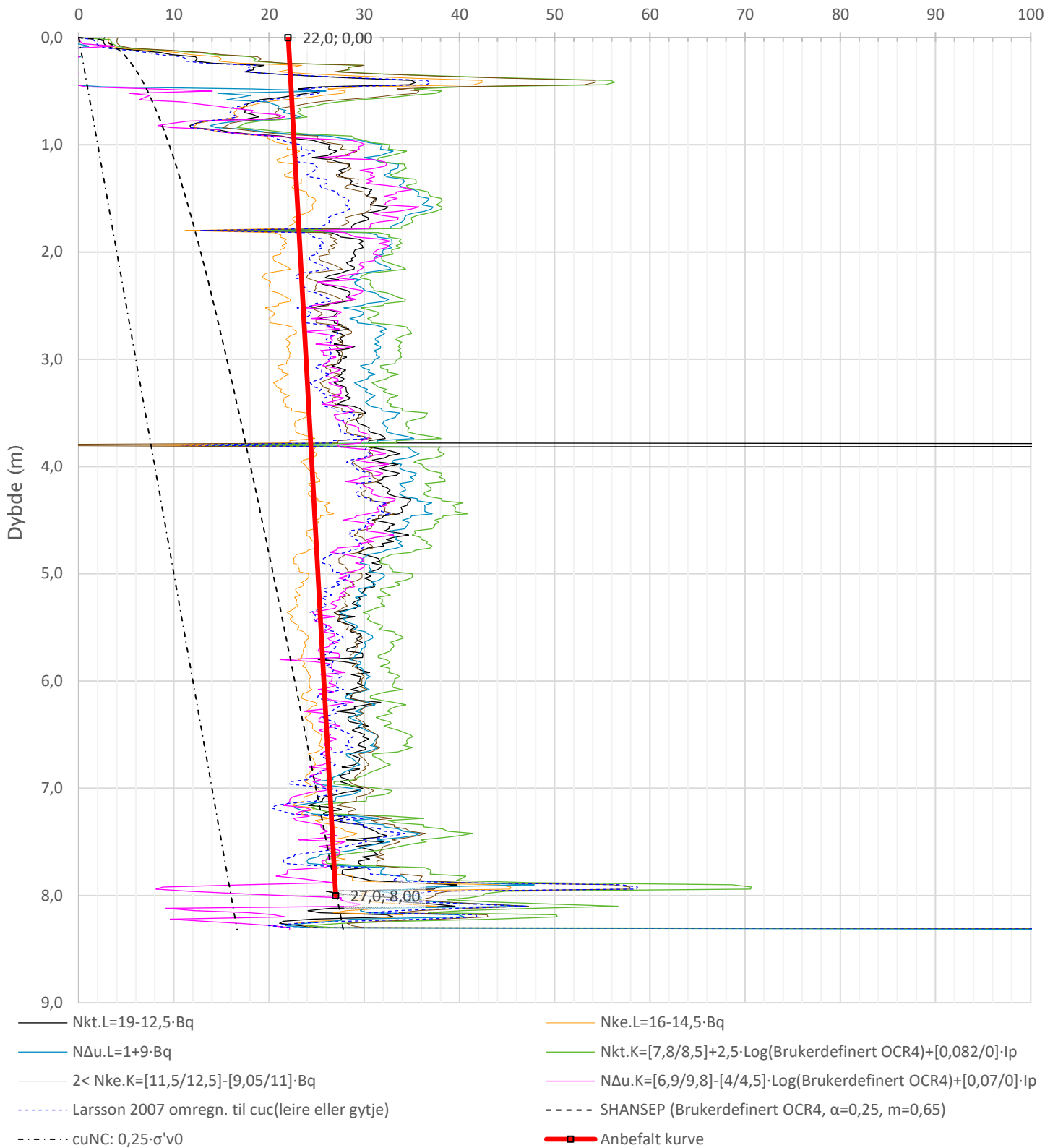



Prosjekt Rore-Lindtveit		Prosjektnummer: 21096		Borhull 210
Innhold Måledata og korrigerte måleverdier				Sondennummer 5564
	Utført MT	Kontrollert LTL	Godkjent MT	Anvend.klasse 1
	Firma Dagfin Skaar AS	Dato sondering 15.02.2022	Revisjon Rev. dato	Figur 3



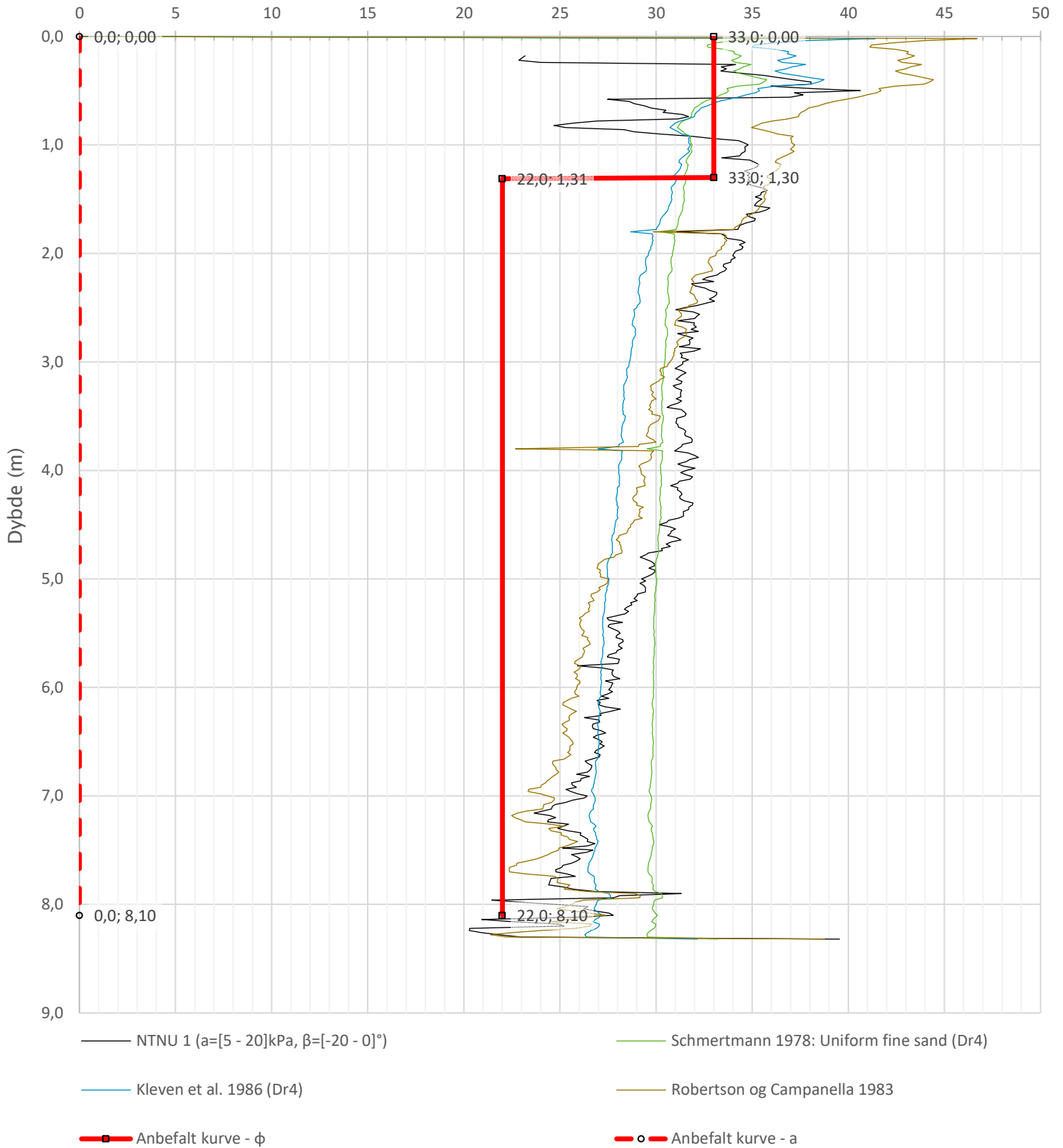
Prosjekt		Prosjektnummer: 21096		Borhull
Rore-Lindtveit				210
Innhold				Sondennummer
Avledede dimensjonsløse forhold				5564
 Dagfin Skaar A/S <small>Rådgivende ing. MRIF</small>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	MT	LTL	MT	1
Firma	Dato sondering	Revisjon	Figur	
Dagfin Skaar AS	15.02.2022	Rev. dato	4	


Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)

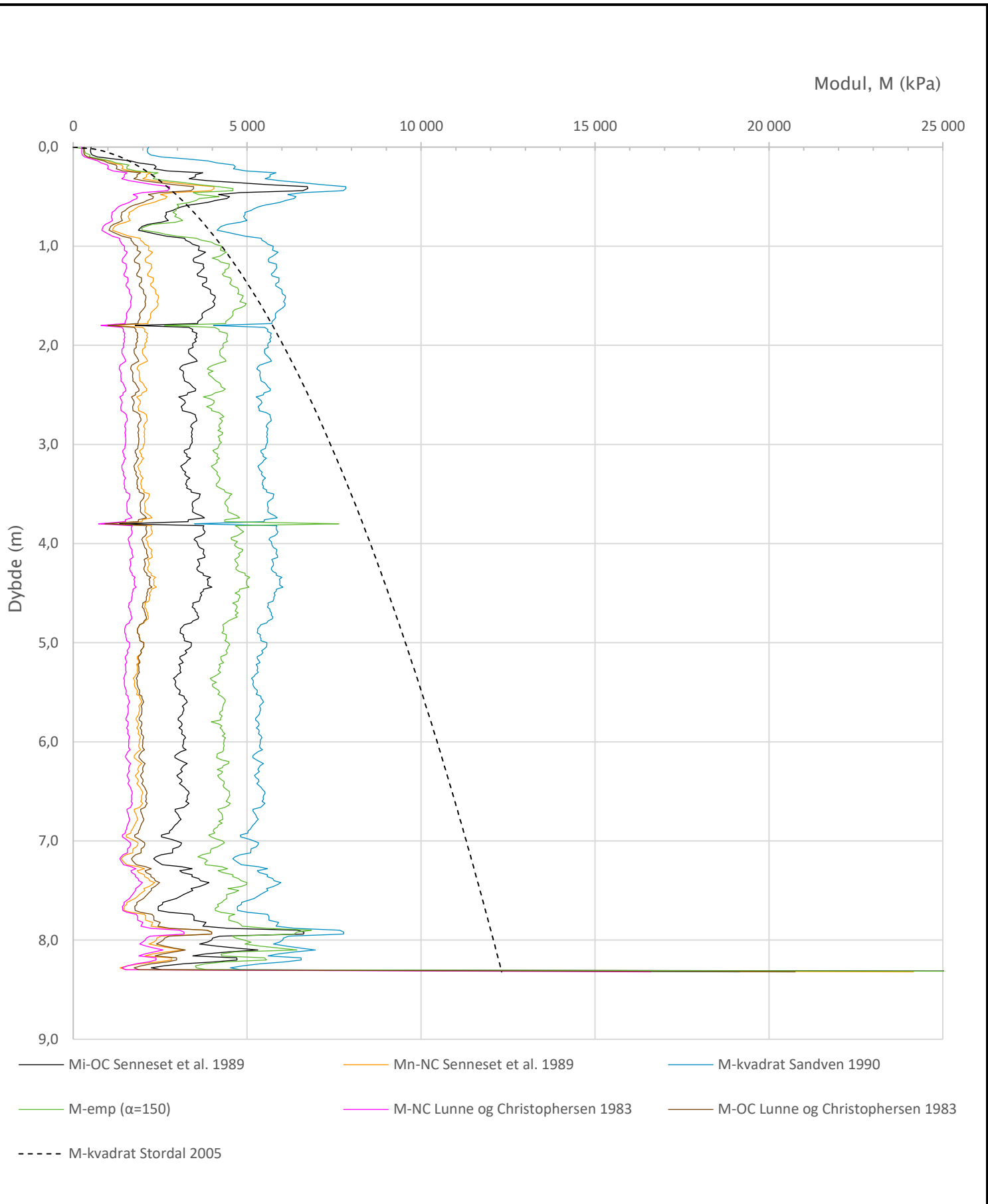



Prosjekt		Prosjektnummer: 21096		Borhull
Rore-Lindtveit				210
Innhold				Sondennummer
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				5564
 Dagfin Skaar A/S Rådgivende ing. MRIF	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	MT	LTL	MT	1
	Firma	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Dagfin Skaar AS	15.02.2022	Rev. dato	5

Friksjonsvinkel, ϕ (°)
attraksjon, a (kPa)

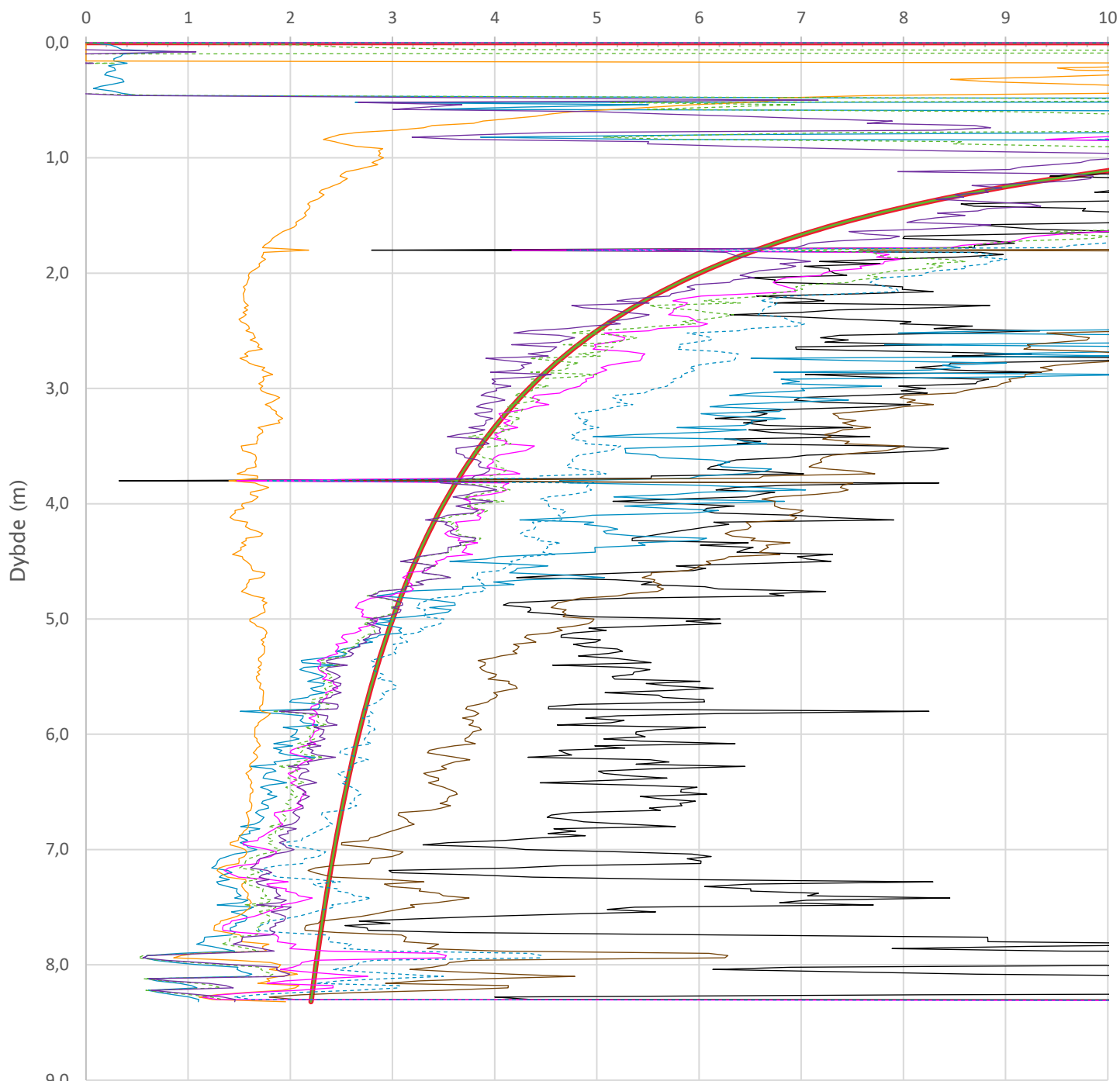


Prosjekt		Prosjektnummer: 21096		Borhull
Rore-Lindtveit				210
Innhold				Sondennummer
Tolkning av friksjonsvinkel og attraksjon				5564
 Dagfin Skaar A/S Rådgivende ing. MRIF	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	MT	LTL	MT	1
	Firma	Dato sondering	Revisjon	Figur
Dagfin Skaar AS	15.02.2022	Rev. dato	6	



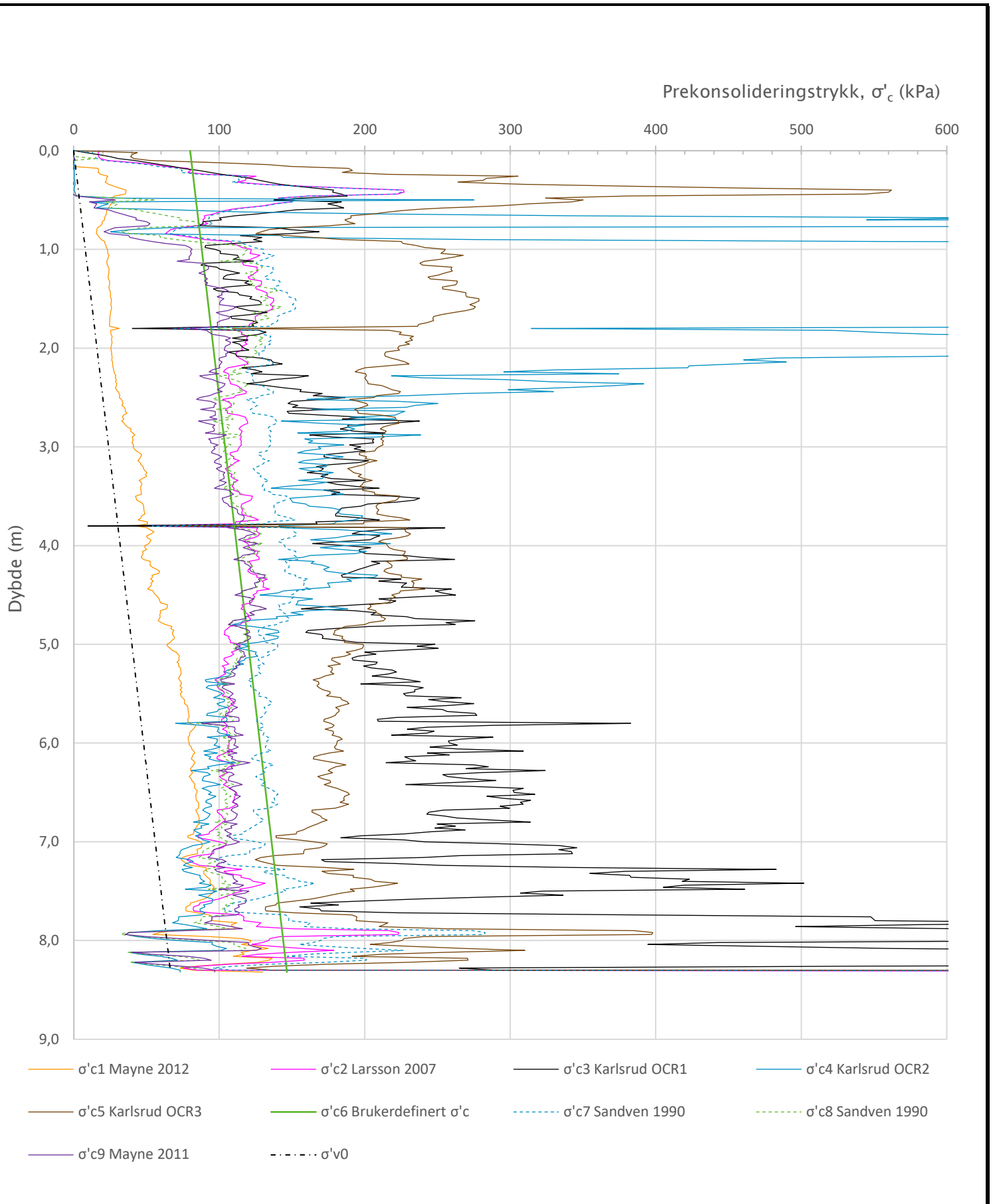
Prosjekt			Prosjektnummer: 21096		Borhull	
Rore-Lindtveit					210	
Innhold					Sondenummer	
Tolkning av modul					5564	
 Dagfin Skaar A/S Rådgivende ing. MRIF	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse		
	MT	LTL	MT	1		
	Firma	Dato sondering	Revisjon	Figur		
Dagfin Skaar AS	15.02.2022	Rev. dato	7			


Overkonsolideringsgrad, OCR (-)



- Valgt kurve: OCR4
- OCR1 Karlsrud et al. 2005 - Bq
- OCR2 Karlsrud et al. 2005 - $\Delta u/\sigma'v0$
- OCR3 Karlsrud et al. 2005 - Qt
- OCR4 Brukerdefinert OCR via $\sigma'c$
- OCR5 $\sigma'c1$ Mayne 2012
- OCR6 $\sigma'c2$ Larsson 2007
- OCR7 $\sigma'c7$ Sandven 1990
- OCR8 $\sigma'c8$ Sandven 1990
- OCR9 $\sigma'c9$ Mayne 2011

Prosjekt		Prosjektnummer: 21096		Borhull
Rore-Lindtveit				210
Innhold				Sondennummer
Overkonsolideringsgrad, OCR				5564
 Dagfin Skaar A/S <small>Rådgivende ing. MRIF</small>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	MT	LTL	MT	1
Firma	Dato sondering	Revisjon	Figur	
Dagfin Skaar AS	15.02.2022	Rev. dato	8	



Prosjekt Rore-Lindtveit			Prosjektnummer: 21096	Borhull 210
Innhold Prekonsolideringstrykk, σ'_c			Sondennummer 5564	
	Utført MT	Kontrollert LTL	Godkjent MT	Anvend.klasse 1
	Firma Dagfin Skaar AS	Dato sondering 15.02.2022	Revisjon Rev. dato	Figur 9